

ISSN 2072-6724

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

ВЕСТНИК НГАУ



**НОВОСИБИРСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

№ 4(61)/2021

ISSN 2072-6724

MINISTRY OF AGRICULTURE OF THE RUSSIAN FEDERATION

VESTNIK NGAU



**NOVOSIBIRSK STATE
AGRARIAN UNIVERSITY**

№ 4(61)/2021

NOVOSIBIRSK 2021

ВЕСТНИК НГАУ

Новосибирский
государственный
аграрный
университет

Научный журнал

№ 4(61)2021

Н.Н. Кочнев
главный редактор,
доктор биологических наук,
профессор

Учредитель:
ФГБОУ ВО
«Новосибирский
государственный
аграрный университет»

Основан
в декабре 2005 года

Зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере связи и массовых
коммуникаций
ПИ № ФС 77-35145
29.01.2009.

Материалы издания
выборочно включаются
в международные базы данных
Agris, Ulrich's Periodicals
Directory

Электронная версия журнала
на сайте: www.elibrary.ru

Адрес редакции:
630039, г. Новосибирск,
ул. Добролюбова, 160, каб. 106
журнал «Вестник НГАУ»
(Новосибирский государственный
аграрный университет)
Телефоны: +7 (383) 264-23-62;
+7 (383) 264-25-46 (факс)
E-mail: vestnik.nsau@mail.ru

Подписной индекс издания 94091
Тираж 500 экз.

Редакционный совет:

Рудой Е.В. – д-р экон. наук, чл.-корр. РАН., ректор ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, председатель редакционной коллегии (Новосибирск, Россия)
Кочнев Н.Н. – д-р биол. наук, проф., главный редактор, проф. кафедры ветеринарной генетики и биотехнологии ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)
Камалдинов Е.В. – д-р биол. наук, доц., зам. главного редактора, проректор по научной и международной деятельности ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

Члены редколлегии:

Абрамов Н.В. – д-р с.-х. наук, проф., зав. кафедрой почвоведения и агрохимии ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет Северного Зауралья (Тюмень, Россия)
Беляев А.А. – д-р с.-х. наук, проф., зав. кафедрой защиты растений ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)
Буджапов Л.В. – д-р биол. наук, директор БурНИИСХ СО РАН (Улан-Удэ, Россия)
Булашев А.К. – д-р вет. наук, проф. кафедры биотехнологии и микробиологии Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина (Нур-Султан, Казахстан)
Бямбаа Б. – д-р вет. наук, акад. Монгольской академии наук, президент Монгольской академии аграрных наук (Улан-Батор, Монголия)
Власенко Н.Г. – д-р биол. наук, акад. РАН, гл. науч. сотрудник СибНИИЗиХ СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)
Вышегуров С.Х. – д-р с.-х. наук, проф., зав. кафедрой ботаники и ландшафтной архитектуры ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)
Галеев Р.Р. – д-р с.-х. наук, проф. кафедры растениеводства и кормопроизводства ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)
Гамзиков Г.П. – д-р биол. наук, акад. РАН, гл. науч. сотрудник НИЧ ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)
Главендекич М.М. – д-р биотехн. наук, проф. кафедры ландшафтной архитектуры Университета г. Белграда (Белград, Сербия)
Гончаров Н.П. – д-р биол. наук, акад. РАН, гл. науч. сотрудник ФИЦ ИЦИГ СО РАН (Новосибирск, Россия)
Добровотворская Н.И. – д-р с.-х. наук, гл. науч. сотрудник СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)
Донченко А.С. – д-р вет. наук, акад. РАН, гл. науч. сотрудник Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук (Новосибирск, Россия)
Донченко Н.А. – д-р вет. наук, чл.-корр. РАН, руководитель ИЭВСИДВ СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)
Дубовский И.М. – д-р биол. наук, зав. лабораторией биологической защиты и биотехнологии ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)
Жучаев К.В. – д-р биол. наук, проф., зав. кафедрой разведения, кормления и частной зоотехнии, декан биолого-технологического факультета ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)
Кауфман О. – д-р аграр. наук, проф. Гумбольдтского университета, факультет естественных наук, Институт сельского хозяйства и садоводства им. Альбрехта Даниэля Тэера, почетный доктор ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Берлин, Германия)
Кашеваров Н.И. – д-р с.-х. наук, акад. РАН, руководитель СибНИИ кормов СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)
Коуржил Я. – Ph. D., проф. лаборатории искусственного размножения рыб и интенсивной аквакультуры факультета рыбоводства и охраны вод Южно-Чешского университета (Чешские Будевеице, Чехия)
Кочетов А.В. – д-р биол. наук, чл.-корр. РАН, директор ФИЦ ИЦИГ СО РАН (Новосибирск, Россия)
Магер С.Н. – д-р биол. наук, проф., руководитель СибНИПТИЖ СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)
Мейсснер Р. – д-р техн. наук, проф. кафедры управления водообеспечением, Институт сельскохозяйственных наук и проблем питания в Мартин-Лютер университете (Халле-Виттенберг, Германия)
Ноздрин Г.А. – д-р вет. наук, проф., проф. кафедры фармакологии и общей патологии ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)
Нургазиев Р.З. – д-р вет. наук, проф., акад. НАН КР, ректор КНАУ им. К.И. Скрябина (Бишкек, Кыргызстан)
Петухов В.Л. – д-р биол. наук, проф., проф. кафедры ветеринарной генетики и биотехнологии ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)
Поповский З. – д-р аграр. наук, проф. кафедры биохимии и геномной инженерии Университета Св. Кирилла и Мефодия (Скопье, Северная Македония)
Солошенко В.А. – д-р с.-х. наук, акад. РАН, гл. науч. сотрудник СибНИПТИЖ СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)
Шарков И.Н. – д-р биол. наук, директор СибНИИЗиХ СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)
Шейко И.П. – д-р с.-х. наук, акад. НАН Республики Беларусь, первый зам. ген. директора РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству» (Жодино, Беларусь)

Технический редактор *Мищенко О.Н.*
Редактор *Коробкова Т.К.*
Переводчик *Рюмкина И.Н.*

Дата выхода в свет 29 декабря 2021 г. Свободная цена.
Формат 60 × 84 1/8. Объем 17,6 уч.-изд. л. Бумага офсетная.
Гарнитура «Times New Roman». Заказ № 2470.

Отпечатано в ИЦ НГАУ «Золотой колос»
630039, РФ, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, каб. 106.
Тел. +7 (383) 267-09-10. E-mail: 213-45-39@mail.ru

VESTNIK NGAU

**Novosibirsk
State
Agrarian
University**

Scientific journal

No. 4(61)2021

**H.H. Kochnev
Editor-in-Chief,
Doctor of Biological Sc
Professor**

**The founder is Federal State
State-Funded
Educational Institution
of Higher Education
“Novosibirsk State
Agrarian University”**

**The journal is based
in December, 2005**

**The journal is registered in the Federal
Service for Supervision in the Sphere
of Communications, Information
Technologies and Mass Media
Certificate PI No. FS 77-35145
29.01.2009.**

**The materials are included
into the database Agris,
Ulrich's Periodicals Directory
on a selective basis**

**E-journal is found at:
www.elibrary.ru**

**Address:
630039, Novosibirsk,
160 Dobrolyubova Str., office 106
VESTNIK NGAU
of Novosibirsk State Agrarian University
Tel: +7 (383) 264–23–62;
Fax: +7 (383) 264–25–46
E-mail: vestnik.nsau@mail.ru**

Subscription index is 94091

Circulation is 500 issues

Editors:

Rudoi E.V. – Dr. of Economic Sc., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Rector of NSAU, the Chairman of the Editorial Board, (Novosibirsk, Russia)

Kochnev H.H. – Doctor of Biological Sc., Professor, the Editor-in-Chief, Professor at the Chair of Veterinary Genetics and Biotechnology at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Kamaldinov E.V. – Dr. of Biological Sc., Associate Professor, the Deputy of Editor-in-Chief, Vice-Rector for Scientific and International Activities at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Editorial Board:

Abramov N.V. – Dr. of Agricultural Sc., Professor, the Head of the Chair of Soil Science and Agrochemistry at Northern Trans-Ural State Agricultural University (Tyumen, Russia)

Beliaev A.A. – Dr. of Agricultural Sc., Professor, the Head of the Chair of Plant Protection at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Budazhapov L.V. – Dr. of Biological Sc., the Head of Buryat Research Institute of Agriculture SD RAS (Ulan-Ude, Russia)

Bulashev A.K. – Doctor of Veterinary Sc., Professor at the Chair of Biotechnology and Microbiology at Seifulin Kazakh Agrotechnical University (Nur-Sultan, Kazakhstan)

Byambaa B. – Doctor of Veterinary Sc., Academician of the Academy of Sciences in Mongolia, President of Mongolian Academy of Agricultural Sciences (Ulaan Baator, Mongolia)

Vlasenko N.G. – Dr. of Biological Sc., Academician of Russian Academy of Science, Senior Research Fellow, Siberian Research Institute of Farming and Agricultural Chemicalization (Novosibirsk, Russia)

Vyshegurov S.Kh. – Dr. of Agricultural Sc., Professor, the Head of the Chair of Botany and Landscape Architecture at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Galeev R.R. – Dr. of Agricultural Sc., Professor of the Chair of Crop and Feed Production at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Gamzikov G.P. – Dr. of Biological Sc., Academician of Russian Academy of Sciences, Chief Research Fellow at the Department of Science and Research of Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Glavendekich M.M. – Dr. of Biological Sc., Professor at the Chair of Landscape Architecture at the University of Belgrade (Belgrade, Serbia)

Goncharov N.P. – Dr. of Biological Sc., Academician of Russian Academy of Sciences, Leading Research Fellow at Research Institute of Cytology and Genetics (Novosibirsk, Russia)

Dobrotvorskaia N.I. – Dr. of Agricultural Sc., Leading Research Fellow at Siberian Federal Research Centre for Agricultural Biotechnology RAS (Novosibirsk, Russia)

Donchenko A.S. – Dr. of Veterinary Sc., Academician of Russian Academy of Sciences, Leading Research Fellow at of Siberian Federal Research Centre of Agriculture and Biotechnology (Novosibirsk, Russia)

Donchenko N.A. – Dr. of Veterinary Sc., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Head at the Institute of Experimentally Veterinary Medicine of Siberia and Far East, at Siberian Federal Research Centre of Agriculture and Biotechnology (Novosibirsk, Russia)

Dubovskii I.M. – Dr. of Biological Sc., the Head of the Laboratory of Biological Protection and Biotechnology at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Zhuchayev K.V. – Dr. of Biological Sc., Professor, the Head of the Chair of Animal Husbandry, Dean of Biology-Technological Faculty at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Kaufmann O. – Doctor of Agricultural Sc., Professor at Humboldt University, Faculty of Life Sciences, Albrecht Daniel Thaer – Institute of Agricultural and Horticultural Sciences, Honorary Doctor of Novosibirsk State Agrarian University (Berlin, Germany)

Kashevarov N.I. – Dr. of Agricultural Sc., Academician of Russian Academy of Sciences, Head of the Siberian Research Institute of Feed SFSCA RAS (Novosibirsk, Russia)

Kouril Ja. – Ph. D., Professor of the Laboratory of Artificial Fish Propagation and Intensive Aquaculture at the Faculty of Fisheries and Protection of Waters at University of South Bohemia (Ceske Budejovice, Czech Republic)

Kochetov A.V. – Dr. of Biological Sc., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, the Head of Siberian Federal Research Centre for Agricultural Biotechnology (Novosibirsk, Russia)

Mager S.N. – Dr. of Biological Sc., Professor, the Head of Siberian Research Institute of Animal Husbandry (Novosibirsk, Russia)

Meissner R. – Dr. of Technical Sc., Professor at the Department of Water Management, Institute of Agricultural Sciences and Nutrition at Martin Luther University (Halle-Wittenberg, Germany)

Nozdin G.A. – Dr. of Veterinary Sc., Professor, Professor at the Chair of Pharmacology and General Pathology at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Nurgaziev R.Z. – Dr. of Veterinary Sc., Professor, Academician of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Rector of Kyrgyz National Agrarian University named after K.I. Skryabin (Bishkek, Kyrgyzstan)

Petukhov V.L. – Doctor of Biological Sc., Professor, Professor at the Chair of Veterinary Genetics and Biotechnology at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Popowski Z. – Doctor of Agricultural Sc., Professor at the Chair of Biochemistry and Genetic Engineering at Ss. Cyril and Methodius University (Skopje, Northern Macedonia)

Soloshenko V.A. – Doctor of Agricultural Sc., Academician of Russian Academy of Sciences, Leading Research Fellow at Siberian Research Institute of Animal Husbandry (Novosibirsk, Russia)

Sharkov I.N. – Dr. of Biological Sc., the Head of Siberian Research Institute of Farming and Chemicalization Siberian Federal Research Centre for Agricultural Biotechnology RAS (Novosibirsk, Russia)

Sheiko I.P. – Doctor of Agricultural Sc., Academician of National Academy of Sciences of Belarus, Vice-Head of Animal Husbandry Research Institute at National Academy of Sciences of Belarus (Zhodino, Belarus)

Typing: *Mishchenko O. H.*

Translator: *Ryumkina I.N.*

Date of publication 29 December 2021. Free price.
Size is 60 × 84 1/8. Volume contains 17,6 publ. sheets. Offset paper is used.
Typeface “Times New Roman” is used. Order no. 2470.

Printed in “Zolotoy Kolos” Publ. of Novosibirsk State Agrarian University
160 Dobrolyubova Str., office 106, 630039 Novosibirsk. Tel.: +7 (383) 267-09-10
E-mail: 2134539@mail.ru

АГРОНОМИЯ

Бопп В.Л., Кураченко Н.Л., Халипский А.Н., Чураков А.А., Ступницкий Д.Н. Семенная продуктивность гибридов рапса.	6
Галеев Р.Р., Потапова С.С., Рогова Е.В., Потапов Н.А. Сравнительная оценка продуктивности гибридов капусты белокочанной селекции фирмы Seminis в условиях лесостепи Западной Сибири.	17
Зенкова А.А., Гаврилова Д.Ю., Колоколов Р.Р. Влияние биологических препаратов на хищного клеща фитосейюлюса.	27
Кропова Ю.Г., Ховрин А.Н., Выродов И.В. Влияние транспортно-дорожного комплекса на загрязнение почв и растений тяжелыми металлами.	36
Мушинский А.А., Саудабаева А.Ж., Аминова Е.В. Результаты изучения перспективных селекционных гибридов картофеля в орошаемых условиях Оренбургской области.	45
Пилипова Ю.В., Шалдяева Е.М., Решетникова О.В., Горобей И.М. Эффективность протравителей инсектофунгицидов в подавлении ризоктониоза картофеля в Новосибирской области.	53
Садохина Т.А., Данилов В.П., Петров А.Ф., Матенькова Е.А., Гаврилец Т.В., Рыбакова К.Н. Влияние органических удобрений на основе птичьего помета на продуктивность кормовых культур и микробиологические показатели почвы.	62
Чагин Вит.В., Чагин В.В. Влияние химических средств защиты растений на засоренность посадок и продуктивность картофеля в степной зоне Хакасии.	73
Щемелева Г.В., Цындра Л.В., Галеев Р.Р., Шульга М.С. Урожайность и качество кукурузы, выращиваемой на зерно и силос в условиях орошаемого земледелия в лесостепи Приобья.	83

ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

Бойкова М.А., Бикетов О.В., Напримеров В.А. Анализ влияния жевательной мускулатуры на череп экспериментального животного при наличии травмирующего/изменяющего биомеханику мышцы фактора.	90
Голубков А.И., Ефимова Л.В., Голубков А.А. Молочная продуктивность коров енисейского типа красно-пестрой породы в зависимости от скорости роста и возраста плодотворного осеменения.	100
Кичеева А.Г., Терещенко В.А., Иванов Е.А., Иванова О.В., Любимова Ю.Г. Применение хвои и скорлупы кедрового ореха в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы (обзор).	108
Климанова Е.А., Поповски Зоран Т., Коновалова В.В., Тарасенко Е.И., Короткевич О.С., Себежко О.И. Ассоциация генотипов β -лактоглобулина у овец романовской породы с гематологическими показателями крови.	126
Петров А.Ф., Камалдинов Е.В., Богданова О.В., Шатохин К.С., Ефремова О.В., Рогозин В.А. Роль фиксированных факторов в изменчивости удоя скота ирменского типа в условиях промышленного комплекса.	137
Петрова М.Ю., Акифьева Г.Е., Косарева Н.А. Зависимость молочной продуктивности коров красной степной породы от сбалансированности рационов.	150

ХРОНИКА. СОБЫТИЯ. ФАКТЫ

Исаева Д.А., Короткевич О.С. Характеристика эдильбаевской породы овец Республики Казахстан.	157
---	-----

AGRONOMY

Bopp V.L., Kurachenko N.L., Khalipskiy A.N., Churakov A.A., Stupnitskiy D.N. Seed productivity of rapeseed hybrid.....	6
Gallev R.R., Potapova S.S., Rogova E.V., Potapov N.A. Comparative assessment of productivity of white cabbage hybrids of Seminis breeding in the forest-steppe conditions of Western Siberia.....	17
Zenkova A.A., Gavrilova D.Iu., Kolokolov R.R. Effect of biopreparations on the predatory mite <i>Phytoseiulus</i>	27
Kropova Yu.G., Khovrin A.N., Vyrodov I.V. The impact of the transport and road complex on soil and plant pollution by heavy metals.	36
Mishinskiy A.A., Saudabaeva A.Zh., Aminova E.V. Results of the study of promising breeding potato hybrids in irrigated conditions of the Orenburg region.....	45
Pillipova Iu.V., Shaldyaeva E.M., Reshetnikova O.V., Gorobey I.M. Effectiveness of insectofungicide dressing agents in suppressing potato rhizoctoniosis in the Novosibirsk Region.	53
Sadokhina T.A., Danilov V.P., Petrov A.F., Matenkova E.A., Gavrilets T.V., Rybakova K.N. Effect of organic fertilizers based on poultry manure on fodder crop productivity and soil microbiological parameters....	62
Chagin Vit.V., Chagin V.V. Effect of chemical crop protection agents on weed infestation and potato productivity in the steppe zone of the Republic of Khakassia.....	73
Shchemeleva G.V., Tsyndra L.V., Galeev R.R., Shulga M.S. The yield and quality of maize grown for grain and silage under conditions of irrigated agriculture in the forest-steppe of Priobye region.....	83

VETERINARY MEDICINE AND ANIMAL SCIENCE

Boykova M.A., Biketov O.V., Naprimerov V.A. Analysis of the effects of the masseter muscle on the skull of an experimental animal in the presence of a traumatic/changing muscle biomechanics factor.	90
Golubkov A.I., Efimov L.V., Golubkov A.A. Dairy productivity of Yenisei red-motley cows as a function of growth rate and age of fertile insemination.....	100
Kicheeva A.G., Tereschenko, Ivanov E.A., Ivanova O.V., Liubimova Iu.G. Application of pine needles and pine nut shells in the feeding of farm animals and poultry (review).....	108
Klimanova E.A., Popovski Zoran T., Konovalova V.V., Tarasenko E.I., Korotkevich O.S., Sebezhko O.I. Association of β -lactoglobulin genotypes in Romanov breed sheep with haematological blood parameters.	126
Petrov A.F., Kamaldinov E.V., Bogdanova O.V., Shatohin K.S., Efremova O.V., Rogozin V.A. The role of fixed factors in the variability of milk yield of Irmeni cattle under industrial complex conditions.....	137
Petrova M.Iu., Akifeva G.E., Kosareva N.A. Dependence of milk productivity of red steppe cows on the balance of rations.	150

CHRONICLE. EVENTS. FACTS

Isaeva D.A., Korotkevich O.S. Characteristics of the Edilbay sheep breed of the Republic of Kazakhstan.....	157
--	-----

АГРОНОМИЯ

УДК 633.853.494

DOI:10.31677/2072-6724-2021-61-4-6-16

СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ГИБРИДОВ РАПСА

В.Л. Бопп, кандидат биологических наук, доцент
Н.Л. Кураченко, доктор биологических наук, профессор
А.Н. Халипский, доктор сельскохозяйственных наук
А.А. Чураков, кандидат сельскохозяйственных наук
Д.Н. Ступницкий, кандидат сельскохозяйственных наук

Красноярский государственный аграрный университет,
Красноярск, Россия
E-mail: vl_kolesnikova@mail.ru

Ключевые слова: яровой рапс, гибрид, маслосемена, сохранность растений к уборке, масса 1000 зерен, урожайность

Реферат. Приведены результаты изучения гибридов рапса немецкой селекции на его семенную продуктивность в почвенно-климатических условиях Красноярской лесостепи. Исследования проводились на опытном участке учебно-опытно-производственного комплекса «Борский» Красноярского ГАУ (2018–2019 гг.). Погодные условия периода наблюдений отличались от многолетних данных: в 2018 г. с мая по август отмечены остро-засушливые условия на фоне повышенных температур; в 2019 г. – крайне неравномерное распределение осадков вегетационного периода, в мае и июле – недостаток увлажнения, температура весь сезон превышала климатическую норму. Представлена сравнительная оценка следующих гибридов F_1 рапса: Сальса КЛ, Культус КЛ, Кюрри КЛ и Люмэн. По результатам двухлетних исследований выявлено, что лучшая сохранность растений к уборке отмечена у гибрида Люмэн – 93,2%, самый низкий показатель у F_1 Сальса КЛ – сохранилось 78,1% растений. Способность к плодообразованию выше у гибрида Сальса КЛ, за 2 года наблюдений в среднем на каждом растении получено по 202 стручка. У остальных гибридов генеративных образований несколько меньше: от 139 стручков у гибрида Кюрри КЛ до 149 у гибрида Люмэн. Наибольшая озерненность плодов отмечена у гибрида Кюрри КЛ – по 31–32 шт. семян в стручке по годам исследований (пороговое значение для ярового рапса – 40 шт.). Меньше, чем у других гибридов, получено семян у гибрида Люмэн – в стручке насчитывалось по 22–24 шт. Выявлено, что на количество семян в стручке в большей степени влияет генотип гибрида, чем погодные условия периода опыления. Масса 1000 семян у ярового рапса в зависимости от биологических особенностей гибрида и погодных условий вегетационного периода может быть в пределах 3–5 г. Наиболее полновесные зерна сформировались у гибрида Люмэн – в среднем за 2 года наблюдений масса 1000 зерен составила 3,9 г, самые мелкие семена у гибрида Культус КЛ – 3,2 г. Все изучаемые гибриды ярового рапса высокопродуктивны. По урожайности маслосемян выделен F_1 Кюрри КЛ – 7,22 т/га в среднем за период исследований.

SEED PRODUCTIVITY OF RAPESEED HYBRID

V.L. Bopp, PhD in Biological Sciences, Associate Professor

N.L. Kurachenko, Doctor of Biological Sciences, Professor

A.N. Khalinskiy, Doctor of Agricultural Sciences

A.A. Churakov, PhD in Agricultural Sciences

D.N. Stupnitskiy, PhD in Agricultural Sciences

Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

Keywords: *spring rape, hybrid, oilseeds, survival to harvest, 1000-grain weight, yield.*

Abstract. *The authors cited the results of studying the seed productivity of rape hybrids of German selection in the soil and climatic conditions of the Krasnoyarsk forest-steppe. The studies were conducted at the experimental plot of the Borsky educational and experimental-production complex of the Krasnoyarsk State Agrarian University (in 2018-2019). The weather conditions of the observation period differed from multi-year data. In 2018, acutely dry conditions were recorded against elevated temperatures from May to August. In 2019, the authors observed a highly uneven rainfall distribution during the growing season. Lack of moisture was noted in May and July 2019; temperatures exceeded the climatic norm all season. A comparative evaluation of the following F1 rapeseed hybrids is presented: Salsa KL, Cultus KL, Currie KL and Lumen. The results of the two-year research showed that the best preservation of plants for harvesting was observed for hybrid Lumen 93.2%, the lowest indicator for F1 Salsa KL was 78.1% of plants preserved. The ability to produce fruit is higher in the Salsa CL hybrid, with an average of 202 pods per plant over two years of observation. The other hybrids had fewer generative pods, ranging from 139 pods in the Currie KL hybrid to 149 in the Lumen hybrid. The highest fruit number was observed for the Currie CL hybrid (31-32 seeds per pod) in each year of the study (the threshold value for spring rapeseed is 40 seeds). Less than in other hybrids, the Lumen hybrid had 22-24 origins in a pod. The authors revealed that the number of seeds in the pod is influenced more by the combination's genotype than by the pollination period's weather conditions. The weight of 1000 seeds in spring rape, depending on the hybrid's biological characteristics and the growing season's weather conditions, can be 3-5 grams. The complete grains were formed in hybrid Lumen on average for two years of observation weight of 1000 grains was 3.9 g, the smallest seeds in hybrid Kultus KL 3.2 g. All the studied hybrids of spring rape are highly productive. F1 Currie KL was the most effective in oilseed yield, averaging 7.22 t/ha over the study period.*

Россия занимает второе место в мире среди экспортеров рапсового масла. Востребованность маслосемян и рапсового масла на международном рынке, высокая маржинальность продукции, обусловленная стремительным ростом мировых цен на масличные культуры [1], многоцелевое направление использования [2, 3] привели к резкому увеличению площади возделывания рапса. Анализ динамики площадей посева ярового рапса в Красноярском крае в 15-летней ретроспективе, по данным Красноярскстата, показывает их существенный рост: от 3,1 тыс. га в 2007 г. до 179,6 тыс. га в 2021 г. Учитывая

ограниченность ресурсов пашни, повышение объемов производства маслосемян возможно за счет увеличения урожайности культуры [4, 5].

Одним из значимых элементов агротехнологии ярового рапса является подбор сортов или гибридов, адаптированных к почвенно-климатическим условиям региона культивирования. Максимальная реализация совокупности генетически обусловленных хозяйственно полезных признаков сортов и гибридов обеспечивает высокую продуктивность растений [6].

Перечень сортов и гибридов ярового рапса, включенных в Государственный реестр селекционных достижений, постоянно актуализируется. Цель работы – изучение семенной продуктивности новых гибридов ярового рапса.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены в УНПК «Борский» Красноярского ГАУ (Сухобузимский район), расположенном в лесостепной зоне Красноярского края. Почвенный покров опытного участка представлен черноземами выщелоченными мало- и среднемощными тяжелосуглинистого гранулометрического состава. Почвы характери-

тур яровой рапс более требователен к плодородию почвы [7, 8].

Погодные условия тёплого периода 2018 г. резко отличались от среднемноголетних данных (рис. 1, 2). Переход через $+5^{\circ}\text{C}$ отмечался во второй декаде апреля (по среднемноголетним данным – первая декада мая) с понижением температуры в мае и резким дальнейшим её нарастанием с 28 мая. Весь месяц характеризовался дождливой погодой со средней температурой на уровне многолетних данных. В июне отмечены острожасушливые условия с повышенной температурой. Среднемесячная температура на $5,4^{\circ}\text{C}$ превышала среднемноголетние показатели.

С первой декады июля отмечалось увеличение осадков и снижение среднесуточной температуры воздуха, в среднем температура

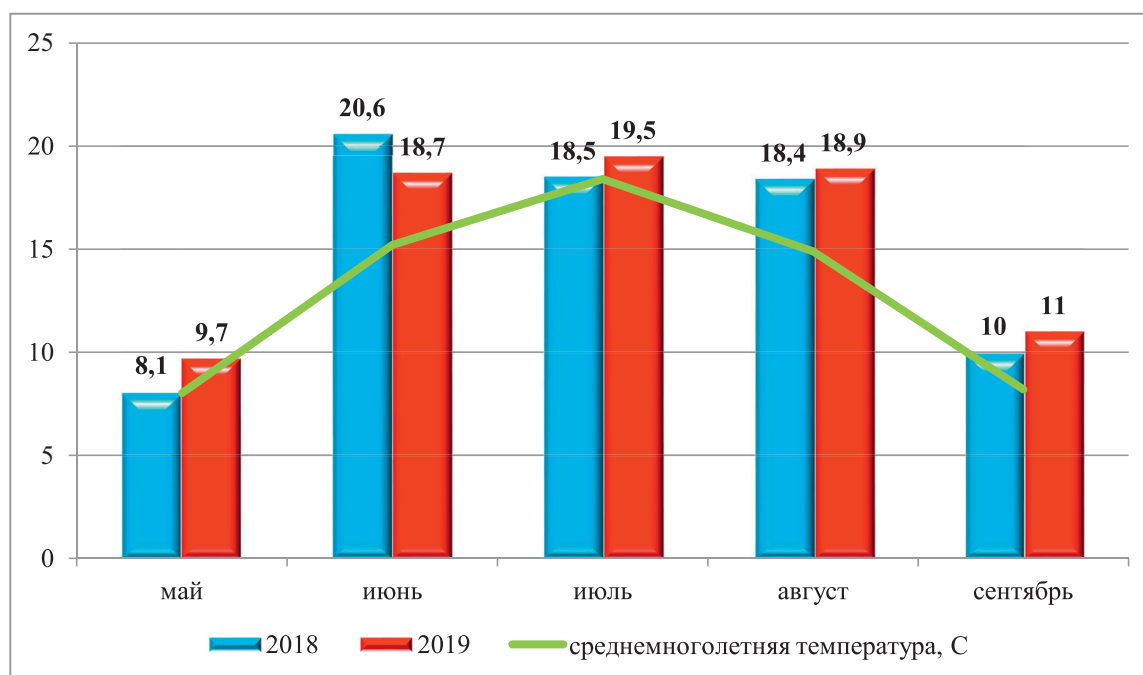


Рис. 1. Среднесуточная температура вегетационного периода
Fig. 1. The average daily temperature of the growing season

зуются высоким и средним содержанием гумуса (9,1–5,1%), нейтральной реакцией среды ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ – 6,6–6,8), высокой суммой обменных оснований (44–62 мг-экв/100 г). В пахотном слое черноземов содержится 141,9–233,0 мг/кг P_2O_5 , 229,0–234,2 мг/кг K_2O . При этом отметим, что среди масличных капустных куль-

юля соответствовала среднемноголетним параметрам, осадков выпало в 2 раза меньше среднемноголетней величины. Август также характеризовался засушливыми условиями (осадков выпало в 3 раза меньше нормы) с повышенной температурой.

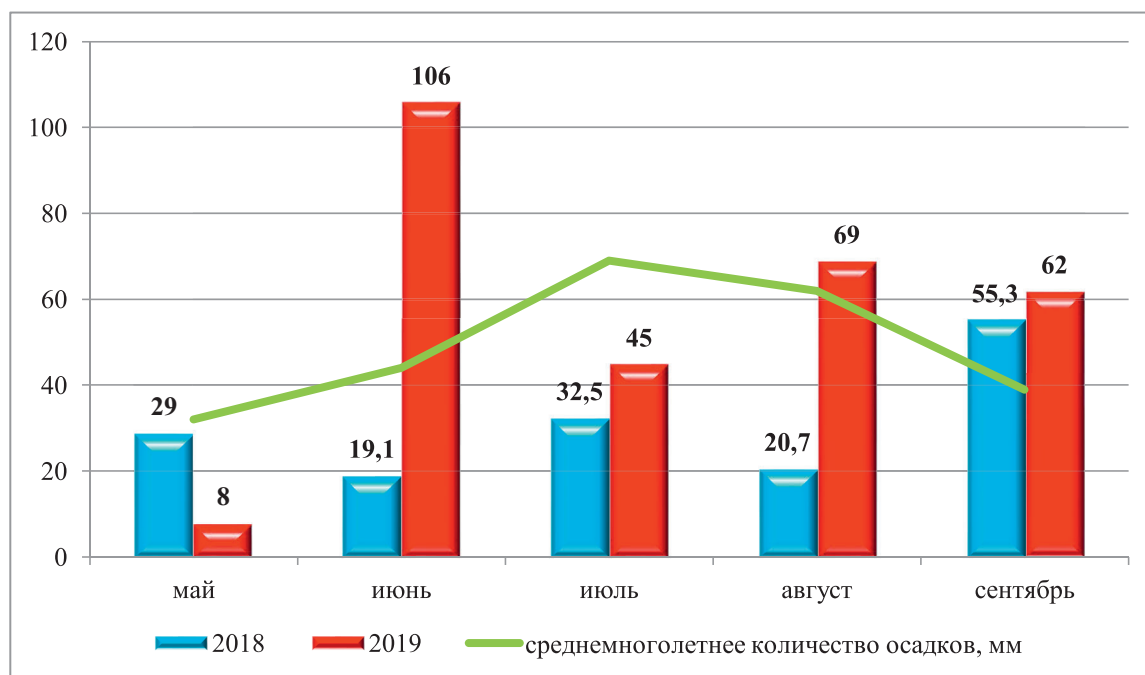


Рис. 2. Количество осадков
Fig. 2. Amount of precipitation

Период с мая по сентябрь 2019 г. был избыточно обеспечен теплом. Максимальное превышение нормы температур, составившее 3,5°C и 4°C, зафиксировано в июне и августе соответственно. Количество выпавших осадков превысило многолетнюю норму на 112 %, составив 275 мм. При этом распределение осадков было крайне неравномерным. Дефицит увлажнения наблюдался в мае и июле; в августе установлено незначительное превышение климатической нормы. В июне осадков выпало в 1,7 раза больше нормы. Однако 78 % осадков месяца (60 мм) пришлось на 24–25 июня. До этой даты период был очень засушливым, а семена, попавшие в верхний слой почвы, с глубины 2–3 см не прорастали, и их всходы появились только в конце июня. В связи с этим созревание у многих гибридов было неравномерным.

Гибриды рапса были высеяны в начале третьей декады мая по паровому предшественнику, агротехника опыта соответствовала зональным рекомендациям [6]. Сохранность растений определяли как отношение количества растений перед уборкой к

взошедшим растениям, выражая показатель в процентах. Фактический урожай учитывали в первой декаде октября селекционным комбайном TERRION 2010. Урожайность приводили к 12%-й влажности (ГОСТ 10583-76) [9] и 100%-й физической чистоте.

Статистическая обработка полученных результатов проведена методами дисперсионного анализа и описательной статистики с использованием программы Microsoft Excel XP.

Объекты исследований – гибриды первого поколения ярового рапса немецкой селекции: Сальса КЛ, Кюрри КЛ, Культус КЛ, Люмэн.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Слагаемые урожайности ярового рапса состоят из таких показателей, как сохранность растений к уборке, количество плодов на растении, количество семян в стручке и масса 1000 семян [10].

В Сибири, в условиях резко-континентального климата, выживаемость растений к уборке является важным параметром, харак-

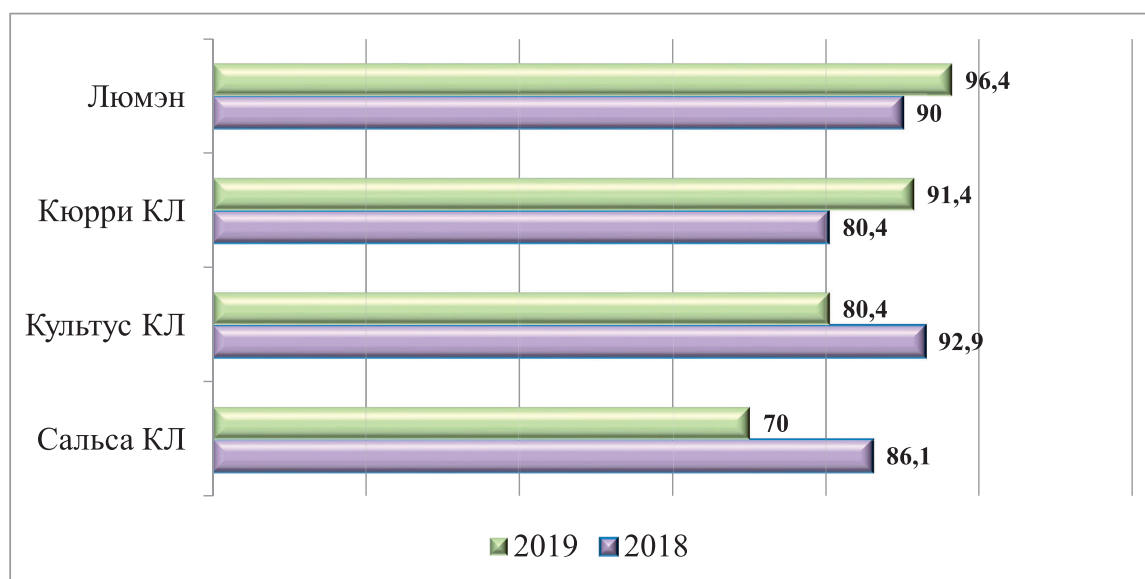


Рис. 3. Сохранность растений ярового рапса к уборке, %
Fig. 3. Conservation of spring rape plants for harvesting, %

теризующим адаптационный потенциал гибрида. Риски гибели растений ярового рапса на первых этапах органогенеза достаточно высокие. Как любая мелкосемянная культура, в фазу всходов рапс имеет очень незначительные морфометрические величины семядольных листочков и осевого корешка, что делает растение очень уязвимым перед неблагоприятными факторами абиотической (дефицит влаги, высокие температуры) и биотической среды (сорные растения, вредители крестоцветных культур). Выпады растений могут наблюдаться и в течение дальнейшей вегетации.

Норма высева семян всех гибридов была идентична – 70 всхожих семян на 1 м². Майские осадки 2018 г. обеспечили дружные всходы культуры. Выживаемость растений зависела от биологических особенностей гибрида и от погодных условий начала вегетационного периода. Учёт сохранности растений рапса к уборке показал, что выпады растений были незначительные (рис. 3). У F₁ Люмэн сохранилось 90% растений, у F₁ Культус КЛ – 92,9%. Несколько ниже показатели у гибридов Кюрри КЛ и Сальса КЛ – 80,4 и 86,1% соответственно.

Как отмечают Д. Шпаар и др. [11], корень у рапса стержневой, хорошо развиты боковые корни, при соответствующих почвенных условиях достигает глубины 2 м и более. Мощная корневая система, охватывающая большой объем почвы, включая нижние слои, способствует успешному противостоянию стрессовым условиям окружающей среды и формированию хорошего урожая.

Дефицит влаги в период появления всходов рапса в 2019 г. оказал влияние на сохранность растений. Вариабельность показателя увеличилась: от 70% сохранившихся растений у гибрида Сальса КЛ до 96,4% у гибрида Люмэн.

В целом за 2 года наблюдений лучшая устойчивость к стресс-факторам выражена у F₁ Люмэн – по годам исследований к уборке сохранялось не менее 90 % растений. Амплитуда отклика растений F₁ Сальса КЛ на напряженность условий вегетации наиболее широкая – 16,1%.

Плоды рапса (стручки) – важный элемент продукционного процесса. Существует прямая взаимосвязь между их количеством и урожайностью. Чем больше стручков, тем больше маслосемян формируется на одном растении. Но кроме этого, стручок, как и

другие поверхностные части растения, является донором фотосинтеза. По данным А.А. Карпачева, И.О. Пастухова [12], через 2 недели после окончания цветения, благодаря лучшей освещенности, ассимиляция органического вещества через поверхность стручков превосходит фотосинтетическую активность листового аппарата.

Первый год изучения гибридов показал, что максимальное количество плодов на растении получено у гибрида Люмэн – 169 шт. (табл. 1). У остальных гибридов генеративных образований сформировалось меньше. На следующий год наблюдений у гибридов Сальса КЛ, Культус КЛ, Кюрри КЛ завязываемость плодов увеличилась. Наибольший показатель у F₁ Сальса КЛ – по 240 стручков на каждом растении. В среднем за период наблюдений у гибридов Культус КЛ, Кюрри КЛ и Люмэн плодообразование зафиксировано на одном уровне – 142, 139 и 149 стручков

2019 г. Меньшая озерненность у F₁ Люмэн – 22–24 шт. в зависимости от года наблюдений.

Крупность семян ярового рапса варьирует от 3 до 5 г, что связано с биологией сорта или гибрида, а также гидротермическим режимом периода налива зерна. Наиболее полновесные маслосемена образовались в 2018 г. Масса 1000 семян у гибридов Сальса КЛ и Кюрри КЛ составила по 4,5 г, у гибрида Люмэн – 4,4 г. Это говорит о реализации генетического потенциала данных гибридов в части роста и развития семян. Вегетативный период 2019 г. сложился менее благоприятно для формирования морфологических параметров маслосемян и масса 1000 семян снизилась по всем изучаемым гибридам. Наиболее крупные семена получены у гибрида Люмэн – 3,4 г, но показатель ниже уровня предыдущего года на 22,7 процентных пункта (п.п.). На 33,3 и 34,2 п.п. меньше масса семян у гибридов Кюрри КЛ и Культус КЛ. Наибольшая разница между

Таблица 1

Структура урожая гибридов ярового рапса
Yield structure of spring rape hybrids

Гибрид	Плодов на растении, шт.		Семян в стручке, шт.		Масса 1000 семян, г	
	2018 г.	2019 г.	2018 г.	2019 г.	2018 г.	2019 г.
Сальса КЛ	163	240	26	27	4,5	2,3
Культус КЛ	140	143	27	31	3,8	2,5
Кюрри КЛ	113	164	31	32	4,5	3,0
Люмэн	169	129	22	24	4,4	3,4

соответственно. Из этого ряда выделяется гибрид Сальса КЛ, у которого образовалось по 202 стручка на каждом растении.

У ярового рапса в стручке может насчитываться до 40 шт. семян. Количество семян в стручке в большей степени зависело от генотипических особенностей гибрида, чем от погодных условий периода опыления. Наибольшее количество семян насчитывалось у F₁ Кюрри КЛ – в каждом стручке сформировалось по 31 шт. в 2018 г. и по 32 шт. в

массой маслосемян за два года наблюдений отмечена у гибрида Сальса КЛ: снижение показателя составило 49 п.п. относительно благоприятного 2019 г. Вероятно, это обусловлено не только общей тенденцией несоответствия абиотических условий требованиям культуры в данную фазу развития культуры, но и существенным увеличением количества стручков на растении (на 47,2% больше, чем в 2018 г.). Среднее количество семян с одного растения у F₁ Люмэн составило 3096 шт., у F₁ Сальса КЛ в 2,1 раза больше – 6480, т. е. для

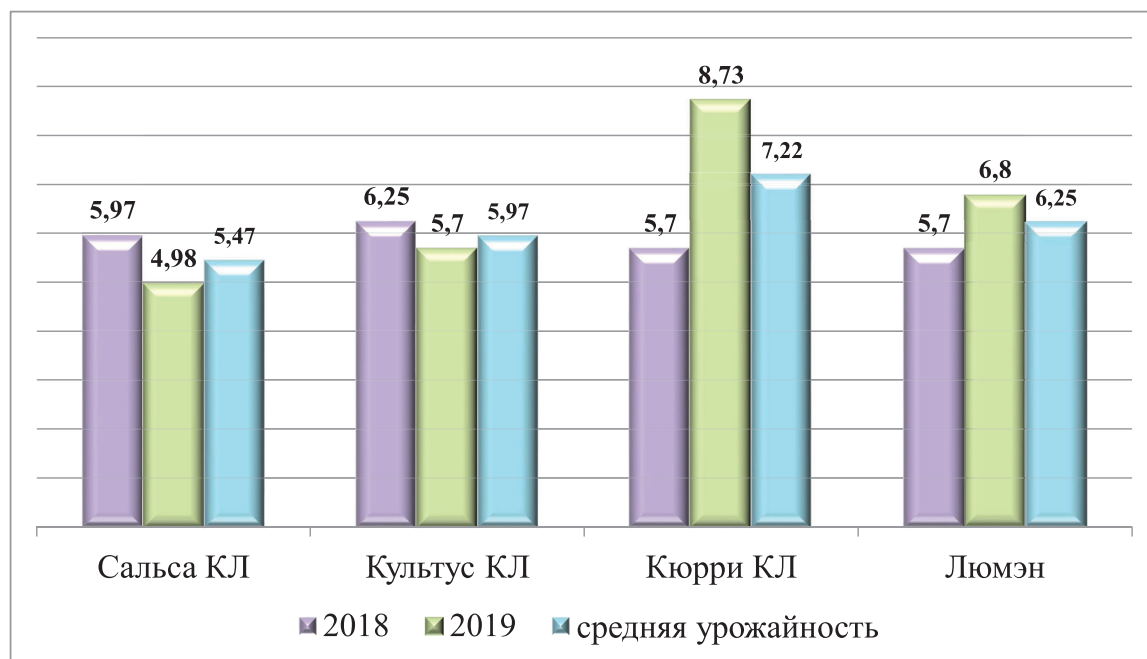


Рис. 4. Урожайность маслосемян ярового рапса, т/га
Fig. 4. The yield of oilseeds of spring rape, t/ha

обеспечения полноценного налива большого количества маслосемян гибриду Сальса КЛ потребовалось больше ресурсов.

Среднестатистическая урожайность маслосемян ярового рапса в регионе не превышает 2 т/га. Все изучаемые гибриды высокопродуктивны. Использование эффекта гетерозиса

гибридов рапса, по результатам исследований А.А. Карпачева, И.О. Пастухова [12], обеспечивает прибавку продуктивности в пределах 20–60%. Кроме того, А. Viabani et al. [13] показывают, что при создании современных высокоурожайных сортов (гибридов) рапса учитываются взаимосвязи между физиологиче-

Таблица 2

Матрица коэффициентов корреляции*, F₁ Сальса КЛ, 2018–2019 гг.

Correlation coefficient matrix, F₁ Salsa KL, 2018–2019

Показатель	Сохранность растений к уборке, %	Количество плодов на растении, шт.	Количество семян в стручке, шт.	Масса 1000 семян, г	Биологическая урожайность, т/га
Сохранность растений к уборке, %	1				
Количество плодов на растении, шт.	-0,90444	1			
Количество семян в стручке, шт.	-0,4055	0,376624	1		
Масса 1000 семян, г	0,969297	-0,88774	-0,26149	1	
Биологическая урожайность, т/га	0,874456	-0,73797	0,063035	0,919979	1

*Коэффициенты достоверны при $n-1 = 6$, $r \pm 0,707$.

скими признаками, включая эффективность использования радиации, и компонентами продуктивности. Различия в урожайности маслосемян у объектов исследования в 2018 г. составили 0,55 т/га (рис. 4). Наибольшая урожайность в условиях недостатка влаги в течение вегетационного периода получена у гибрида Культус КЛ – 6,25 т/га, наименьшая – у гибридов Кюрри КЛ и Люмэн – по 5,7 т/га.

Варьирование показателя в 2019 г. более широкое – 3,75 т/га. Максимальная урожайность отмечена у F_1 Кюрри КЛ – 8,73 т/га, урожайность F_1 Сальса КЛ несколько ниже, чем у других гибридов, – 4,98 т/га.

Сравнивая продуктивность ярового рапса по гибридам за два года наблюдений, отметим более стабильную урожайность F_1 Культус и F_1 Сальса КЛ, у которых различия в урожайности маслосемян составили 0,55 и 0,99 т/га соответственно.

Расчет коэффициентов корреляции показал у гибридов Сальса КЛ и Культус КЛ сильную положительную связь влияния на биологическую урожайность сохранности растений к уборке и массы 1000 семян (табл. 2 и 3).

У гибрида Кюрри КЛ обнаружены сильные положительные связи влияния на фор-

мирование биологической урожайности таких параметров, как сохранность растений к уборке, количество плодов на растении и сильная отрицательная связь с показателем массы 1000 семян (табл. 4). Сильные положительные связи между биологической урожайностью и количеством плодов на растении, а также массой 1000 семян наблюдались у гибрида Люмен, сильное отрицательное влияние оказала сохранность растений к уборке (табл. 5).

Из четырех изучаемых гибридов у гибридов Сальса КЛ, Культус КЛ и Кюрри КЛ выявлены сильные положительные связи влияния на урожайность маслосемян сохранности растений к уборке. При этом отметим, что это взаимодействие не трактуется однозначно. По материалам О.В. Ашаевой и др. [14], выпадения растений существенно влияют на урожайность семян. По данным же Y.C. Menendez et al. [15], рапс имеет совершенно иную структуру растения по сравнению с другими сельскохозяйственными культурами. Плотность растений определяет вегетативную архитектуру. При меньшей плотности растений на единице площади стебель рапса больше ветвится, и наоборот. В итоге за счет способно-

Таблица 3

Матрица коэффициентов корреляции, F_1 Культус КЛ, 2018–2019 гг.

Matrix of correlation coefficients, F_1 Cultus CL, 2018–2019

Показатель	Сохранность растений к уборке, %	Количество плодов на растении, шт	Количество семян в стручке, шт.	Масса 1000 семян, г	Биологическая урожайность, т/га
Сохранность растений к уборке, %	1				
Количество плодов на растении, шт.	-0,1809	1			
Количество семян в стручке, шт.	-0,85355	0,211673	1		
Масса 1000 семян, г	0,950204	-0,36697	-0,90222	1	
Биологическая урожайность, т/га	0,974815	-0,32104	-0,83179	0,982905	1

Таблица 4

Матрица коэффициентов корреляции, F₁ Кюрри КЛ, 2018–2019 гг.Correlation coefficient matrix, F₁ Currie KL, 2018–2019

Показатель	Сохранность растений к уборке, %	Количество плодов на растении, шт.	Количество семян в стручке, шт.	Масса 1000 семян, г	Биологическая урожайность, т/га
Сохранность растений к уборке, %	1				
Количество плодов на растении, шт.	0,772045	1			
Количество семян в стручке, шт.	0,261859	0,384488	1		
Масса 1000 семян, г	-0,79236	-0,99406	-0,45241	1	
Биологическая урожайность, т/га	0,972506	0,810855	0,30377	-0,8203	1

Таблица 5

Матрица коэффициентов корреляции, F₁ Люмэн, 2018–2019 гг.Correlation coefficient matrix, F₁ Lumen, 2018–2019

Показатель	Сохранность растений к уборке, %	Количество плодов на растении, шт.	Количество семян в стручке, шт.	Масса 1000 семян, г	Биологическая урожайность, т/га
Сохранность растений к уборке, %	1				
Количество плодов на растении, шт.	-0,81964	1			
Количество семян в стручке, шт.	0,744385	-0,69616	1		
Масса 1000 семян, г	-0,91462	0,851097	-0,74589	1	
Биологическая урожайность, т/га	-0,81303	0,931629	-0,48309	0,874021	1

сти главного стебля регулировать ветвление в зависимости от густоты стояния гибриды рапса имеют возможность реализации генетического потенциала по урожайности.

ВЫВОДЫ

1. Исследования семенной продуктивности гибридов ярового рапса Сальса КЛ, Культус КЛ, Кюрри КЛ и Люмэн в Красноярской лесостепи показали высокий адаптационный потенциал к почвенно-кли-

матическим условиям региона, обеспечивший урожай маслосемян на уровне 5–8 т/га.

2. Более стабильную урожайность по годам исследований показали F₁ Культус КЛ и F₁ Сальса КЛ.

Результаты получены при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках выполнения научных исследований и разработок по проекту «Создание комплексного высокотехнологичного производства растительного масличного сырья и продуктов его переработки в условиях Сибири».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Юрко Е. На пике цен // Новое сельское хозяйство. – 2021. – №1. – С. 36.
2. Бауер У.В. Повышение эффективности сельскохозяйственного производства за счет использования биотоплива на основе рапсового масла // Вестник НГАУ. – 2014. – №1. – С. 100–104.
3. Рапс яровой в одновидовых и поливидовых посевах с мятликовыми культурами / О.Т. Андреева, Н.Г. Пилипенко, Л.П. Сидорова, Н.Ю. Харченко // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2019. – Т. 49, № 2. – С. 41–48.
4. Сагирова Р.А. Перспективы возделывания масличных культур семейства капустные (Brassicaceae) в Иркутской области // Новые сорта и инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур – основа повышения эффективности сельскохозяйственного производства: материалы междунар. науч.-практ. конф. – 2019. – С. 53–59.
5. Рапс яровой: этапы рапсосоения и перспективы производства маслосемян / Н.И. Кашеваров, Р.Б. Нурлыгаянов, В.П. Данилов, О.М. Поцелуев, А.Н. Карома // Адаптивное кормопроизводство. – 2014. – № 1. – С. 22–27.
6. Современные технологии возделывания ярового рапса: науч.-практ. изд. / В.Л. Бопп, И.А. Васильев, А.А. Васильев, О.Н. Вебер, А.В. Коломейцев, Н.Л. Кураченко, А.А. Потехин, В.Ю. Соколов, Д.Н. Ступницкий, А.Н. Халипский, А.А. Чураков. – Красноярск, 2020. – 70 с.
7. Humus Substances Content in Agrochernozems using for Cultivation of Oilseeds in the Kansk Forest-Steppe / O.A. Vlasenko, N.L. Kurachenko, O.A. Ulyanova, V.V. Kazanov, F.Kh. Khalilzoda // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. – 2020. – С. 62043.
8. Кураченко Н.Л., Халипский А.Н., Казанов В.В. Влияние микробиологического удобрения «Азофит» на агрофизическое состояние чернозема и продуктивность рапса, возделываемого на маслосемена // Вестник КрасГАУ. – 2019. – № 3 (144). – С. 22–28.
9. ГОСТ 10583-76. Рапс для промышленной переработки. Технические условия. – М., 1976.
10. Сатубалдин К.К. Обоснование основных элементов технологии возделывания рапса и сурепицы на Среднем Урале. – Екатеринбург, 2004. – 294 с.
11. Рапс и сурепица (Выращивание, уборка, использование) / Д. Шпаар [и др.]; под общ. ред. Д. Шпаара. – М.: DLV Агродело, 2007. – 320 с.
12. Карпачев А.А., Пастухов И.О. Агробιοлогическая характеристика гибридов F₁ // Повышение эффективности селекции, семеноводства и технологии возделывания рапса и других масличных капустных культур: сб. науч. докл. на Междунар. координац. совещ. по рапсу. – 2015. – С. 74–79.
13. Physiological traits, yield, and yield components relationship in winter and spring canola / A. Biabani, A. Foroughi, A.R. Karizaki [et al.] // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2021. – Т. 101, N 8. – С. 3518–3528.
14. Ашаева О.В., Коблова И.С., Балуев Ю.С. Влияние сроков посева на урожайность семян ярового рапса // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 4. – С. 13–17.
15. Unraveling the impact on agronomic traits of the genetic architecture underlying plant-density responses in canola / Y.C. Menendez, D.H. Sanchez, R.J. Snowdon [et al.] // Journal of Experimental Botany. – 2021. – Т. 72, N15. – С. 5426–5441.

REFERENCES

1. Yurko E., *Novoe selskoe hozajstvo*, 2021, No. 1, pp. 36. (In Russ.)
2. Bauer W.W., *Vestnik NSAU*, 2014, No. 1, pp. 100–104. (In Russ.)
3. Andreeva O.T., Pilipenko N.G., Sidorova L.P., Kharchenko N.Yu., *Sibirskij vestnik sel'skhozajstvennoj nauki*, 2019, Vol. 49, No. 2, pp. 41–48. (In Russ.)
4. Sagirova R.A. *Novye sorta i innovatsionnye tekhnologii vozdel'yvaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur - osnova povysheniya effektivnosti sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva* (New varieties and innovative

- technologies for the cultivation of agricultural crops – the basis for increasing the efficiency of agricultural production), Materials of the international. scientific-practical Conf., 2019, pp. 53–59. (In Russ.)
5. Kashevarov NI, Nurlygayanov RB, Danilov VP, Potseluev OM, Karoma AN., *Adaptivnoe kormoproizvodstvo*, 2014, No. 1, pp. 22–27. (In Russ.)
6. Bopp V.L., Vasiliev I.A., Vasiliev A.A., Weber O.N., Kolomeytsev A.V., Kurachenko N.L., Potekhin A.A., Sokolov V.Yu., Stupnitsky D.N., Khalipsky A.N., Churakov A.A., *Sovremennye tekhnologii vozdeliyaniya yarovogo rapsa* (Modern technologies of cultivation of spring rapeseed), Krasnoyarsk, 2020, 70 p.
7. Vlasenko O.A., Kurachenko N.L., Ulyanova O.A., Kazanov V.V., Khalilzoda F.Kh., *Humus Substances Content in Agrochernozems using for Cultivation of Oilseeds in the Kansk Forest-Steppe*, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations, 2020, pp. 62043.
8. Kurachenko N.L., Khalipsky A.N., Kazanov V.V., *Vestnik KrasGAU*, 2019, No. 3 (144), pp. 22–28. (In Russ.)
9. GOST 10583-76, *Raps dlya promyshlennoy pererabotki. Tekhnicheskie usloviya* (Rapeseed for industrial processing. Technical conditions), Moscow, 1976.
10. Satubaldin K.K., *Obosnovanie osnovnykh elementov tekhnologii vozdeliyaniya rapsa i surepitsy na Srednem Urale* (Substantiation of the main elements of the technology of cultivation of rapeseed and rapeseed in the Middle Urals), Ekaterinburg, 2004, 294 p.
11. Shpaar D. et al., *Raps i surepitsa* (Vyrashchivanie, uborka, ispol'zovanie) (Rape and rapeseed (Cultivation, harvesting, use)), Moscow: ID LLC DLV Agrodelo, 2007, 320 p.
12. Karpachev A.A., Pastukhov I.O., *Povyshenie effektivnosti seleksii, semenovodstva i tekhnologii vozdeliyaniya rapsa i drugikh maslichnykh kapustnykh kul'tur* (Increasing the efficiency of selection, seed production and cultivation technology of rapeseed and other oilseed cabbage crops), Sat. scientific. report at the International Coordination Meeting on rapeseed, 2015, pp. 74–79. (In Russ.)
13. Biabani A., Foroughi A., Karizaki A.R., Rassam G.A., Hashemi M., Afshar R.K., Physiological traits, yield, and yield components relationship in winter and spring canola, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2021, T. 101, No. 8, pp. 3518–3528.
14. Ashaeva O.V., Koblova I.S., Baluev Yu.S., *Vestnik Nizhegorodskoi gosudarstvennoi srtskohozaistvennoj akademii*, 2016, No. 4, pp. 13-17. (In Russ.)
15. Menendez Y.C., Sanchez D.H., Snowdon R.J., Rondanini D.P., Botto J.F., Unraveling the impact on agronomic traits of the genetic architecture underlying plant-density responses in canola, *Journal of Experimental Botany*, 2021, T. 72, No. 15, pp. 5426–5441.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ ГИБРИДОВ КАПУСТЫ БЕЛОКОЧАННОЙ СЕЛЕКЦИИ ФИРМЫ SEMINIS В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

¹Р.Р. Галеев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

¹С.С. Потапова, кандидат биологических наук, доцент

¹Е.В. Рогова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

²Н.А. Потапов, кандидат сельскохозяйственных наук

¹Новосибирский государственный университет,
Новосибирск, Россия

²ООО АТФ «Агрос», Новосибирск, Россия

E-mail: svetsvyat@mail.ru

Ключевые слова: капуста белокочанная, гетерозисный гибрид, урожайность, сохраняемость, устойчивость к болезням

Реферат. В условиях лесостепи Приобья проведены комплексные исследования по оценке гетерозисных гибридов зарубежной селекции капусты белокочанной. Изучены хозяйственно-ценные признаки перспективных среднепоздних гибридов капусты белокочанной и особенности их выращивания на темно-серой лесной почве. В результате исследований, которые проводились в течение двух лет, выявлены гибриды с максимальной урожайностью, устойчивостью к слизистому бактериозу, устойчивые к растрескиванию на корню, дающие высокий выход стандартной продукции, сохраняющие товарные качества на протяжении всего периода хранения, способные обеспечивать получение стабильного дохода за счет продолжительного периода реализации товарной продукции. Самым урожайным был контрольный вариант – гибрид Коля F_1 . Более близким к нему был гибрид Арривист F_1 с урожайностью меньше на 4,4 т/га. Остальные гибриды показали урожайность в 1,1 (Гальватрон F_1) и 1,35 (Ферро F_1) раза ниже, чем Коля F_1 . Выход стандартной продукции составил от 84 до 94 %. Гибриды Арривист F_1 и Ферро F_1 показали самую лучшую сохраняемость, следовательно, лежкость этих гибридов на уровне пяти баллов. Таким образом, по коммерческой ценности и товарности выделились гибриды Арривист F_1 и Коля F_1 , по качеству кочана – все опытные гибриды. Высокую устойчивость в болезням во время выращивания и хранения проявили гибриды Арривист F_1 и Ферро F_1 . Все опытные гибриды рекомендуются для выращивания в овощеводческих хозяйствах и на личных подворьях. Лучшим по товарности, вкусовым качествам и периоду хранения (до февраля) является гибрид Ферро, а по устойчивости к бактериозам – Арривист F_1 . Для создания конвейера при продаже капусты в зимне-весенний период мы рекомендуем выращивать и закладывать на хранение все опытные гибриды.

COMPARATIVE ASSESSMENT OF PRODUCTIVITY OF WHITE CABBAGE HYBRIDS OF SEMINIS BREEDING IN THE FOREST-STEPPE CONDITIONS OF WESTERN SIBERIA

¹**R.R. Galeev**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

¹**S.S. Potapova**, PhD in Biological Sciences

¹**E.V. Rogova**, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor

²**N.A. Potapov**, PhD in Agricultural Sciences

¹**Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia**

²**LLC ATF Agros, Novosibirsk, Russia**

Keywords: *cabbage, heterosis hybrid, yield, persistence, disease resistance.*

Abstract. *The authors conducted comprehensive research on evaluating heterosis hybrids of foreign selection of cabbage in the forest-steppe conditions of the Priob'ye region. We studied economically valuable features of promising mid-late cabbage hybrids and features of their cultivation on dark-grey forest soil. The research was conducted for two years. As a result of research, hybrids with maximum yield, resistance to mucus bacteriosis, and resistance to root cracking were identified. These hybrids give a high work of standard products, retain marketable qualities throughout the storage period, and contribute to a stable income due to the long sale period of commercial products. The reference hybrid Kohl's F1 is the highest yielding hybrid. The Arrivist F1 hybrid is closer to the Kohl's F1 hybrid, with a yield lower by 4.4 t/ha. The other hybrids showed profits 1.1 (Galvatron F1) and 1.35 (Ferro F1) times lower than the Kola F1. The standard output was between 84% and 94%. The Arrivist F1 and Ferro F1 hybrids showed the best persistence. Due to the sound industry, the shelf-life of these hybrids is five points. Thus, the authors distinguished the hybrids Arrivist F1 and Kohl's F1 in commercial value and marketability. All the experimental hybrids were also distinguished for their cabbage. The hybrids Arriviste F1 and Ferro F1 showed high resistance to disease during cultivation and storage. All experimental hybrids are recommended for cultivation on vegetable farms and private households. The Ferro hybrid is the best marketability, palatability and storage period (until February). Arriviste F1 is the best hybrid in terms of resistance to bacteriosis. The authors recommend growing and storing all the experimental hybrids to create a conveyor belt for cabbage sales during the winter-spring period.*

Капуста – это главная овощная культура, отличающаяся отличными вкусовыми, питательными и целебными качествами. В Западной Сибири для ее выращивания складываются исключительно благоприятные агроклиматические условия [1]. Белокочанная капуста – универсальная культура по содержанию витаминов, микроэлементов, углеводов, клетчатки и использованию в питании и лечении человека. Она дает дешевую продукцию и почти не нуждается в защищенном грунте [1–3].

Общая мировая тенденция в сельском хозяйстве – стремительное увеличение объемов

выращивания овощей. За 10 лет в мире они возросли на 43%, однако в России – только на 20% [4].

Капуста белокочанная гарантирует продовольственную безопасность региона, но добиться этого можно только за счёт прогрессивного подхода к разработанным ранее технологиям возделывания овощных культур, использования удобрений и биологически активных веществ в конкретных условиях производства с введением экологически безопасных энергосберегающих технологий, сортов и гибридов интенсивного типа [2, 6].

Одним из основополагающих факторов, способствующих повышению урожайности и качества капусты белокочанной, является разработка перспективных и экологически безопасных элементов технологии выращивания, сортов и гибридов интенсивного типа [4, 6].

К числу основных показателей, характеризующих качество овощей, относятся их размер, форма, окраска, консистенция, содержание питательных веществ, вкус, аромат, транспортабельность, лежкость, пригодность для переработки.

Качество и тесно связанная с ним лежкость капусты формируются в процессе развития растений. Факторов, влияющих на них, много. Условно их можно разделить на группы: товароведная – соответствие требованиям стандартов; биохимическая – химический состав продукции, его изменение в процессе вегетации растений и характеристика в период уборки; биофизическая – степень протекания метаболических процессов; гистологическая – анатомическое строение покровных тканей, определяющее зрелость продукции; агротехническая – сортовая характеристика культур, их агротехника, технология уборки и товарной доработки продукции, природно-климатические условия вегетационного периода; микробиологическая – естественный иммунитет к фитопатогенной микрофлоре и его спонтанное изменение под влиянием условий выращивания и закладки продукции на хранение [7].

Для снижения потерь от возбудителей заболеваний следует выращивать устойчивые сорта и гибриды, минимизировать механические повреждения капусты, проводить дезинфекцию хранилищ и поддерживать оптимальный режим хранения [7, 8].

Обеспечение населения Западной Сибири овощами за счет местного производства – важная задача сельского хозяйства. По данным Росстата, производство овощей откры-

того грунта хозяйствами Западной Сибири составляет 37%, ввоз из стран Средней Азии и Китая – до 36%, выращивание населением – 27%, что влияет на потребление: 82 кг на человека при научно обоснованной норме 129 кг [1].

В наше время ассортимент овощных культур динамично обновляется. На современном рынке востребованы сорта и гибриды, показывающие высокую урожайность отличного качества, с высокой стандартностью кочанов [9].

Капуста белокочанная – это ведущая культура, которая обладает высокими потенциальными возможностями, поскольку успех любого производителя определяется возможностью обеспечить рынок качественными овощами [10].

Для круглогодичного обеспечения населения продукцией важно не только получить высокий урожай, но и сохранить его с минимальными потерями товарных и питательных веществ. В этом отношении важная роль отводится среднепоздним и позднеспелым сортам и гибридам капусты, предназначенным для хранения [11].

Основные ресурсы в увеличении производства овощей и, в частности, белокочанной капусты, нужно искать в совершенствовании технологии [12, 13].

В настоящее время в овощеводстве страны используются семена широкого круга фирм, различной селекции. Эти новые сорта и гибриды необходимо оценить по комплексу признаков, чтобы определить – подходят они для конкретной зоны выращивания или нет.

Цель исследований – изучить хозяйственно-ценные признаки гетерозисных гибридов капусты белокочанной в условиях лесостепи Западной Сибири. В задачи исследований входило: выделить гибриды капусты белокочанной, наиболее адаптированные к экологиче-

скому потенциалу лесостепи Новосибирского Приобья.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Экспериментальная работа проведена в 2019–2021 гг. на опытном поле ООО АТФ «Агрос», расположенном в Новосибирском районе Новосибирской области, в лесостепной зоне Новосибирского Приобья. В опыте изучали хозяйственно-ценные признаки капусты белокочанной голландской селекции Арривист F₁, Гальватрон F₁, Ферро F₁. За стандарт был взят гибрид Коля F₁ как давно и успешно возделываемый в Новосибирской области.

Количество осадков вегетационного периода в 2019 г. было в пределах среднеголетних данных, а в 2020 г. превышало среднеголетние значения в 1,5 раза. Среднемесячная температура воздуха в оба года исследований в самые жаркие месяцы (июнь–август) была выше или на уровне среднеголетних значений. Почвенный покров опытного поля представлен тяжелосуглинистой темно-серой лесной почвой.

Рассаду капусты выращивали по касетной технологии с использованием кассет № 144 и готового субстрата на основе верхового торфа «Агробалт-С»: рН_(KCl) – 5,0–6,2; рН_(H₂O) – 5,5–6,6; R < 15%; Ас – 10–20%; N – 180 мг/л, P – 210, K – 360, Mg – 40, Ca – 120–160 мг/л. Посев семян капусты производили в разводочной плёночной теплице. Все образцы взошли через 4–5 дней после посева, всхожесть варьировала от 96 до 100%. Уход за рассадой заключался в поливах по мере необходимости, подкормках минеральными удобрениями Акварин и Нутрисол, поддержании температурного режима и закаливании рассады.

Для комплексной закалки за 3 дня до посадки рассаду выставили из теплицы. Готовая к посадке закалённая рассада имела тёмно-зелёные листья с восковым налётом. Рассада была выравненной, не вытянутой, без признаков увядания. Перед посадкой её хорошо полили. Высадка рассады капусты белокочанной была проведена в 2019 г. 19 мая, в 2020 г. – 20 мая, схема посадки 70 x 40 см.

Капусту белокочанную изучаемых гибридов выращивали по общепринятой для зоны технологии. Предшественник – капуста. Обработка почвы была общепринятой для этой культуры – зяблевая вспашка, весеннее боронование, фрезерная культивация. Высадку рассады осуществляли вручную. Поливы: посадочный непосредственно в лунки нормой 400 м³/га и вегетационные по мере необходимости дождеванием нормой 150–200 м³.

Уход за растениями состоял из рыхления, ручных прополок по мере необходимости и подокучивания.

Полевые опыты проводили в четырехкратной повторности, площадь делянки 5 м², размещение опытных вариантов рендомизированное [14].

Оценка материала была дана на основе фенологических наблюдений, морфологического описания растений, учёта урожайности, устойчивости к болезням и сохранности [15]. Фенологические наблюдения проводились в период роста и развития растений. Были отмечены даты посева, массовых всходов, начала хозяйственной годности, уборки.

Морфологические признаки растения описывали во время их полного развития, т. е. во время уборки. Проводили описание 10 растений каждого гибрида: определяли величину розетки, форму, высоту и плотность кочана, размеры наружной и внутренней кочерыги.

Капусту убирали вручную при достижении товарных качеств. Урожайность опре-

деляли путём взвешивания общей партии кочанов, данные обрабатывали статистически с использованием пакета программ SNEDECOR [16].

Качество полученной продукции определяли выделением стандартных и нестандартных (треснувших, больных, недоразвитых) кочанов. Стандартные кочаны закладывали на хранение сразу после уборки. Капуста белокочанная, предназначенная для хранения, должна соответствовать требованиям ГОСТ 1724-85 Капуста белокочанная свежая

крупную (Коля F_1) розетку листьев, сильный восковой налёт. Форма кочана всех исследуемых гибридов была округлая, структура кочана плотная или очень плотная. Диаметр кочана в пределах 17,0–20,0 см, самым большим он был у гибрида Коля F_1 . Высота внутренней кочерыжки на уровне 6,5–10 см в зависимости от варианта опыта. На рис. 1 представлены кочаны гибридов Коля F_1 и Ферро F_1 .

По скороспелости выделился гибрид Ферро F_1 (табл. 1). Самый продолжительный период вегетации наблюдался у гибрида



Рис. 1. Вид кочанов после уборки (слева – Ферро F_1 , справа Коля – F_1)
Fig. 1. View of cabbage after harvesting (Ferro F_1 on the left, Kolya F_1 on the right)

заготавливаемая и поставляемая. Технические условия.

Сохранность проверяли после продолжительного хранения в стационарных хранилищах. В соответствии с методикой государственного сортоиспытания установлена балльная оценка лежкоспособности изучаемых образцов капусты белокочанной: 5 баллов – сохраняемость 75–80%, 4 балла – сохраняемость 75–80%, 3 балла – сохраняемость 65–70% [17].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали исследования, опытные гибриды капусты белокочанной имели среднюю (Ферро F_1 , Арривист F_1 , Гальватрон F_1) и

Арривист F_1 . В годы исследований гибриды показали себя как среднеспелые, а гибрид Ферро F_1 был отнесен к среднеранней сортовой группе.

Самым урожайным был контрольный вариант – гибрид Коля F_1 . Более близким к нему был гибрид Арривист F_1 . И если он имел урожайность меньше контрольного на 4,4 т/га, то остальные гибриды показали урожайность в 1,1 (Гальватрон F_1) и 1,35 (Ферро F_1) раза ниже.

Средняя масса товарного кочана составляла от 2,3 до 4,2 кг. Самый крупный кочан был у гибрида Коля F_1 , самый мелкий – у гибрида Ферро F_1 (2,3 – 2,5 кг). Остальные опытные гибриды дали средние по массе кочаны (около 3 кг – Гальватрон F_1 , больше 3,5 кг –

Таблица 1

Хозяйственно-ценные признаки опытных гибридов (среднее за 2 года)

Economic value traits of the experimental hybrids (2-year average)

Вариант	Наступление хозяйственной годности, сут	Общая урожайность, т/га	Стандартных кочанов, %	Масса товарного кочана, кг	Устойчивость растений к болезням
Коля F ₁	110	94,1	84,0	4,0-4,2	++
Ферро F ₁	90	69,2	94,0	2,3-2,5	+
Гальватрон F ₁	115	85,0	85,7	2,7-2,9	+
Арривист F ₁	120	89,7	85,0	3,6-3,8	+
НСР ₀₅	-	3,35	-	-	-

Примечание. 0 – устойчив к бактериозам; (+) – малое поражение;

(++) – среднее поражение; (+++) – сильное поражение.

Note. 0 – resistant to bacterioses; (+) – low damage; (++) – medium damage; (+++) – high damage.

Арривист F₁). У всех опытных гибридов кочаны были плотными, без пустот.

Выход стандартной продукции составил от 84 до 94 %. Максимальное количество стандартных кочанов получено у более раннего гибрида Ферро F₁, другие опытные гибриды отставали от него в среднем на 10 %. Нестандартная продукция была получена за счет кочанов, пораженных слизистым бактериозом, и мелких, невыполненных кочанов.

Во время выращивания проводились учеты по выявлению заболеваний растений бактериозами. Как показали исследования, опытные гибриды очень мало поражались этим возбудителем, за исключением гибрида Коля F₁ – у него выявлено среднее поражение по сравнению с другими гибридами.

Дегустация выявила высокие вкусовые качества у опытных гибридов, что подтвердилось средним баллом от 4,4 до 4,8. Самыми вкусными и сочными были кочаны самого скороспелого гибрида Ферро F₁, очень близкую оценку получил гибрид Коля F₁. Эта капуста также была очень сочной и вкусной, с хорошей консистенцией. Минимальная оценка получена гибридами Арривист F₁ и Гальватрон F₁ за счет того, что их кочаны

были менее сладкими и имели более плотную консистенцию (табл. 2).

Опытные гибриды закладывали на хранение сразу после уборки: кочаны капусты белокочанной Ферро F₁ 1 сентября в 2019 г. и 15 сентября в 2020 г., а гибриды Коля F₁, Гальватрон F₁ и Арривист F₁ 15 и 20 сентября соответственно. Хранили капусту в хранилищах ангарного типа, при активной вентиляции, в сетчатых мешках, которые были помещены в стандартные деревянные контейнеры. Влажность воздуха составляла 82,2–85,7%, температура от -0,8 до 0°C. Отмечались незначительные повышения температуры до +1°C.

Снимали с хранения кочаны капусты Ферро F₁ и Коля F₁ 1 февраля в 2019 г. и 15 февраля в 2020 г., другие опытные гибриды – 20 и 30 апреля соответственно. На рис. 2 показана капуста сразу после снятия с хранения, а в табл. 2 приведены данные по сохраняемости опытных кочанов капусты.



Рис. 2. Опытные кочаны после снятия с хранения
Fig. 2. Experimental cabbage after removal from storage

Таблица 2

Сохраняемость изучаемых гибридов капусты белокочанной (среднее за 2 года)
Storage of the studied white cabbage hybrids (average for two years)

Вариант	Дегустационная оценка, баллов	Сохраняемость, %	Убыль продукции, %	
			общая	в том числе за счет болезней
Коля F ₁	4,7	73,5	26,5	5,8
Ферро F ₁	4,8	85,2	14,8	3,4
Гальватрон F ₁	4,4	74,3	25,7	4,5
Арривист F ₁	4,4	87,7	12,3	1,3

Все опытные гибриды показали высокую лежкость – от 73,5 до 87,7 %, т. е., в соответствии с методикой исследований, по данным оценки лежкости, изучаемые гибриды капусты белокочанной Арривист F₁ и Ферро F₁ получили 5 баллов, а гибриды Гальватрон F₁ и Коля F₁ – 4 балла. Самая высокая сохраняемость выявлена у гибрида Арривист F₁ – на 14,2 % больше, чем у стандарта Коля F₁. Сохраняемость кочанов на уровне контроля была получена у гибрида Гальватрон F₁ (всего на 0,8% выше). Гибрид Ферро F₁ показал сохраняемость чуть ниже, чем гибрид

Арривист F₁, – на 2,5 %. В целом последние два гибрида показали лучшую лежкость, что можно объяснить более плотной консистенцией кочанов и большим содержанием сухих веществ в них.

На рис. 3 показана структура опытных кочанов при зачистке после хранения.

Убыль продукции произошла за счет естественных причин (дыхание и испарение влаги) и за счет развития болезней на зеленых кроющих листьях. Максимальная убыль продукции зафиксирована у гибрида Коля F₁ (26,5 %), в том числе и максимальная убыль



Рис. 3. Опытные кочаны после зачистки в разрезе

Fig. 3. Experimental sprouts after peeling in section

за счет развития болезней (5,8 %). Остальные опытные гибриды практически не подвергались микробиологической порче (Арривист F_1 – 1,3 %) или мало повреждались болезнями во время хранения (Ферро F_1 – 3,4 %, Гальватрон F_1 – 4,5 %).

ВЫВОДЫ

1. Все изучаемые гибриды белокочанной капусты имели высокий потенциал продуктивности. По коммерческой ценности и товарности выделились гибриды Арривист F_1 и Коля F_1 , по качеству кочана – все опытные гибриды. Все опытные гибриды были устойчивы к растрескиванию и мало поражались бактериозом, за исключением гибрида Коля

F_1 – у него выявлено среднее поражение по сравнению с другими гибридами.

2. Лучшую сохраняемость кочанов показали гибриды Арривист F_1 и Ферро F_1 . Эти же гибриды проявили высокую устойчивость к болезням во время хранения.

3. Оценка хозяйственно-ценных признаков дает основание все опытные гибриды рекомендовать для выращивания в овощеводческих хозяйствах и на личных подворьях, но лучшим по товарности, вкусовым качествам и периоду хранения (до февраля) является гибрид Ферро F_1 , а по устойчивости к бактериозам – гибрид Арривист F_1 . Для создания конвейера по продаже капусты в зимне-весенний период рекомендуем выращивать и закладывать на хранение все опытные гибриды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Потапова С.С., Потапов Н.А., Каманин А.А. Изучение хозяйственно-ценных признаков гибридов среднепоздней капусты в условиях лесостепи Приобья // Продуктивность культурных растений в зависимости от погодных условий: сб. тр. междунар. науч.-практ. конф. / Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск, 2012. – С. 218–222.
2. Овощные культуры в Сибири / Е.Г. Гринберг, В.Н. Губко, Э.Ф. Витченко, Т.Н. Мелешкина. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2004. – 400 с.

3. *Рогова Е.В., Потапова С.С.* Сравнительная характеристика гибридов белокочанной капусты селекции фирмы «Поиск» // Актуальные проблемы агропромышленного комплекса: сб. тр. науч.-практ. конф. преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов Новосибирского ГАУ. – Новосибирск, 2019. – Вып. 4. – С. 26–30.
4. *Потапов Н.А., Потапова С.С., Рогова Е.В.* Выращивание позднеспелых гибридов капусты белокочанной для продолжительного хранения в условиях лесостепи Западной Сибири // Сб. науч. тр. 6-й Междунар. науч.-практ. конф. «Коняевские чтения». – Екатеринбург, 2018. – С. 124–127.
5. *Рогова Е.В., Потапова С.С., Устименко А.В.* Влияние схемы посадки на урожайность и качество белокочанной капусты // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий: сб. всерос. (нац.) науч. конф. – Новосибирск, 2018. – С. 157–160.
6. *Рогова Е.В., Потапова С.С.* Продуктивность раннеспелых гибридов капусты белокочанной в условиях лесостепи Западной Сибири // Сб. науч. ст., посвящ. 190-летию опытного дела в Сибири. – Омск, 2018. – С. 237–240.
7. *Борисов В.А., Литвинов С.С., Романова А.В.* Качество и лежкость овощей. – М., 2003. – 625 с.
8. *Болезни и вредители овощных культур и картофеля* / А.К. Ахатов, Ф.Б. Ганнибал, Ю.И. Мешков, Ф.С. Джалилов, В.Н. Чижев, А.Н. Игнатов, В.П. Полищук, Т.П. Шевченко, Б.А. Борисов, Ю.М. Стройков, О.О. Белошапкина. – М.: Т-во науч. изд. КМК, 2013. – 463 с.
9. *Потапов Н.А., Галеев Р.Р.* Совершенствование элементов адаптивных экологически безопасных технологий возделывания капусты и картофеля в лесостепи Приобья // Проблемы экологии агросистем: Пути и методы их решения: материалы Всерос. науч. конф. / Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск, 2009. – С. 104–108.
10. *Потапова С.С., Рогова Е.В.* Сравнительная оценка гибридов раннеспелой капусты // Теория и практика современной аграрной науки: материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. – Новосибирск, 2018. – С. 68–71.
11. *Литвинов С.С., Романова А.В., Шатилов М.В.* Хранение белокочанной капусты // Картофель и овощи. – 2014. – №1. – С. 26–28.
12. *Ирков И.И., Костенко Г.А., Монахос Г.Ф.* Технология производства белокочанной капусты // Картофель и овощи. – 2014. – №1. – С. 3–9.
13. *Потапова С.С., Рогова Е.В.* Совершенствование элементов технологии возделывания капусты белокочанной в лесостепи Новосибирского Приобья // Актуальные проблемы агропромышленного комплекса: сб. тр. науч.-практ. конф. преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов Новосибирского ГАУ. – Новосибирск, 2019. – С. 23–26.
14. *Методика опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве* / под ред. В.Ф. Белик. – М.: Агропромиздат, 1992. – 123 с.
15. *Литвинов С.С.* Методика полевого опыта в овощеводстве. – М.: Изд-во ГНУ Всерос. НИИ овощеводства, 2011. – 650 с.
16. *Сорокин О.Д.* Прикладная статистика на компьютере. – Краснообск: ГУП РПО СО РАСХН, 2004. – 162 с.
17. *Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур.* – М.: Колос, 1975. – Вып. 4. – 183 с.

REFERENCES

1. Potapova S.S., Potapov N.A., Kamanin A.A., *Produktivnost' kul'turnykh rasteniy v zavisimosti ot pogodnykh usloviy* (Productivity of cultivated plants depending on weather conditions), Proceedings of the Conference Title, Novosibirsk, 2012, pp. 218–222. (In Russ)
2. Grinberg E.G., Gubko V.N., Vitchenko E.F., Meleshkina T.N., *Ovoshchnye kul'tury v Sibiri* (Vegetable crops in Siberia), Novosibirsk: Sib. univ. izd-vo, 2004, 400 p.

3. Rogova E.V., Potapova S.S., *Aktual'nye problemy agropromyshlennogo kompleksa* (Actual problems of the agro-industrial complex), Proceedings of the Conference Title, Novosibirsk, 2019, Vyp. 4, pp. 26-30. (In Russ)
4. Potapov N.A., Potapova S.S., Rogova E.V., *Konyaevskie chteniya* (Konyaev Readings), Proceedings of the Conference Title, Ekaterenburg, 2018, pp. 124–127. (In Russ)
5. Rogova E.V., Potapova S.S., Ustimenko A.V., *Rol' agrarnoy nauki v ustoychivom razvitii sel'skikh territoriy* (The role of agricultural science in sustainable development of rural areas), Proceedings of the Conference Title, Novosibirsk, 2018, pp. 157–160. (In Russ)
6. Rogova E.V. Potapova S.S., *Produktivnost' rannesplykh gibridov kapusty belokochannoy v usloviyakh lesostepi Zapadnoy Sibiri* (Productivity of early maturing hybrids of white cabbage in the forest-steppe conditions of Western Siberia), Proceedings of the Conference Title, Omsk, 2018, pp. 237–240. (In Russ)
7. Borisov V.A., Litvinov S.S., Romanova A.V., *Kachestvo i lezhkost' ovoshchey* (Quality and keeping quality of vegetables), Moscow, 2003, 625 p.
8. Akhatov A.K., Gannibal F.B., Meshkov Yu.I., Dzhililov F.S., Chizhov V.N., Ignatov A.N., Polishchuk V.P., Shevchenko T.P., Borisov B.A., Stroykov Yu.M., Beloshapkina O.O., *Bolezni i vrediteli ovoshchnykh kul'tur i kartofelya* (Diseases and pests of vegetables and potatoes), Moscow: T-vo nauch. izd. KMK, 2013, 463 p.
9. Potapov N.A. Galeev R.R., *Problemy ekologii agrosistem: Puti i metody ikh resheniya* (Ecology problems of agrosystems: Ways and methods of their solution), Proceedings of the Conference Title, Novosibirsk, 2009, pp. 104–108. (In Russ)
10. Potapova S.S., Rogova E.V., *Teoriya i praktika sovremennoy agrarnoy nauki* (Theory and practice of modern agricultural science), Proceedings of the Conference Title, Novosibirsk, 2018, pp. 68–71. (In Russ)
11. Litvinov S.S., Romanova A.V., Shatilov M.V., *Kartofel' i ovoshchi*, 2014, No. 1, pp. 26–28. (In Russ)
12. Irkov I.I., Kostenko G.A., Monakhos G.F., *Kartofel' i ovoshchi*, 2014, No. 1, pp. 3-9. (In Russ)
13. Potapova S.S., Rogova E.V., *Aktual'nye problemy agropromyshlennogo kompleksa* (Actual problems of the agro-industrial complex), Proceedings of the Conference Title, Novosibirsk, 2019, pp. 23–26. (In Russ)
14. *Metodika opytnogo dela v ovoshchevodstve i bakhchevodstve* (Experimental methodology in vegetable growing and melon growing), pod red. V.F. Belik, Moscow: Agropromizdat, 1992, 123 p.
15. Litvinov S.S., *Metodika polevogo opyta v ovoshchevodstve* (Field experiment technique in vegetable growing), Moscow: Izd-vo GNU Vseros. NII ovoshchevodstva, 2011, 650 p.
16. Sorokin O.D., *Prikladnaya statistika na komp'yutere* (Applied statistics on a computer), Krasnoobsk: GUP RPO SO RASN, 2004, 162 p.
17. *Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* (Methodology for state variety testing of agricultural crops), Moscow: Kolos, 1975, Vyp. 4, 183 p.

ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ НА ХИЩНОГО КЛЕЩА ФИТОСЕЙУЛЮСА

А.А. Зенкова, кандидат сельскохозяйственных наук

Д.Ю. Гаврилова, аспирант

Р.Р. Колоколов, аспирант

Новосибирский государственный аграрный универси-
тет, Новосибирск, Россия

E-mail: zenkova.biolab@yandex.ru

Ключевые слова: *Tetranychus urticae*, *Phytoseiulus persimilis*, устойчивость, биологический контроль, комплексное использование

Реферат. Обыкновенный паутиновый клещ *Tetranychus urticae* Koch – опасный вредитель, который чаще других встречается на культуре огурца и повреждает еще более 200 видов растений, в том числе баклажан, перец, томат, лимон, хризантему, розу и гвоздику. Специфические условия защищенного грунта позволяют более широко использовать биологические агенты для контроля вредителей. Современная концепция биологической защиты растений включает комбинацию нескольких агентов биологической борьбы, используемых для подавления популяций вредителей. В этом исследовании было изучено влияние биологических препаратов на выживаемость хищного клеща *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) в лабораторных условиях. Лабораторная оценка действия биопрепаратов показала, что препараты Битоксибациллин, 1% и Фитоверм, 0,2% существенно снижают численность акарифага при выпуске его сразу после обработки. Более высокую чувствительность хищный клещ проявлял в варианте с Фитовермом, 0,2%. При выпуске акарифага после обработки растений Биовертом (1%) и штаммом гриба *Metarhizium robertsii* численность снижалась, но незначительно. Таким образом, при выпуске фитосейулюса из-за негативных последствий биопрепаратов следует тщательно регулировать сроки обработки растений и выпуска акарифага. Результаты исследований подтверждают потенциальную возможность использования биологических препаратов в сочетании с хищным клещом *Phytoseiulus persimilis* против обыкновенного паутинового клеща *Tetranychus urticae*.

EFFECTS OF BIOLOGICAL PREPARATIONS ON THE PREDATORY MITE PHYTOSEIULUS

A.A. Zenkova, PhD in Agricultural Sciences

D.Yu. Gavrilova, Postgraduate student

R.R. Kolokolov, Postgraduate student

¹Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

Keywords: *Tetranychus urticae*, *Phytoseiulus persimilis*, resistance, biological control, integrated use.

Abstract. The common spider mite *Tetranychus urticae* Koch is a dangerous pest. This pest occurs more frequently on cucumber crops than other pests and damages more than 200 other plant species, including aubergine, pepper, tomato, lemon, chrysanthemum, rose and carnation. The specific conditions of the protected environment allow greater use of biological agents for pest control. The modern concept of natural plant protection involves a combination of several birth control agents used to suppress pest populations. In this study, the authors studied the effect of biological preparations on the survival of the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) under laboratory conditions. A laboratory evaluation was made of the effect of the biological preparations Bitoxybacillin, 1% and Fytoverm, 0.2%. These preparations significantly reduce acariphage numbers when released immediately after treatment. The predatory mite showed higher sensitivity in the variant with Fitoverm, 0.2%. Acariphage numbers decreased, but not significantly when plants were treated with Biovert (1%) and the fungus strain *Metarhizium robertsii*. Thus, plant treatment and acariphage release should be carefully regulated when phytoseiulus is released because of the adverse effects of bio preparations. The results confirm the potential use of biological practices combined with the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* against the common spider mite *Tetranychus urticae*.

Борьба с клещами-фитофагами – одна из самых распространенных проблем в условиях закрытого грунта. Они не только повреждают листовенную часть растений, но и способствуют ухудшению качества и количества урожая. В настоящее время проблема ограничения вредоносности клещей-фитофагов является одной из наиболее актуальных в сельскохозяйственном производстве не только на территории России, но и в других странах. Самым опасным видом из распространенных в теплицах является многоядный вредитель – обыкновенный паутинный клещ (*Tetranychus urticae* Koch.) [1]. При массовом размножении этот фитофаг вызывает большие очаги повреждения, что впоследствии приводит к его неконтролируемому размножению.

Вспышки *Tetranychus urticae* вызываются рядом факторов, в частности применением пестицидов, неселективных по отношению к

его природным врагам. Поскольку устойчивость к акарицидам у *T. urticae* быстро распространяется, тактика биологического контроля, основанная на использовании микробиологических агентов защиты растений и естественных врагов фитофагов, имеет решающее значение для управления популяциями данного вредителя [2, 3].

Из биологических средств, регулирующих численность паутинных клещей, в теплицах применяют бактериальный препарат Битоксибациллин и препараты на основе микробных метаболитов (Фитоверм, Акарин) [4]. Грибные энтомопатогенные препараты, используемые в теплицах против сопутствующих вредителей, также оказывают влияние на паутинных клещей. Учеными из разных стран показана возможность использования грибов *Beauveria bassiana*, *Paecilomyces fumosoroseus*, *Metarhizium anisopliae*,

Lecanicillium muscarium и др. для регуляции численности паутиных клещей [5–8]. Было выявлено, что данные грибные инфекции не только приводят к гибели самок *T. urticae*, но значительно снижают плодовитость выживших особей.

В тепличном растениеводстве возрастают также объемы применения энтомоакарифагов. Хищные фитосейидные клещи (Acari: Phytoseiidae) – это экономически важная группа клещей, которые охотятся на других клещей и мелких членистоногих [9]. Несколько видов фитосейидных клещей широко применяют для биоконтроля клещей-вредителей как альтернативу химическим пестицидам. Против паутиных клещей выпускают его специализированного акарифага – фитосейулюса *Phytoseiulus persimilis* Ath.-H. Из-за высокой значимости хищного клеща в биологическом контроле необходимо определить побочное влияние на его жизнедеятельность биологических препаратов [10–12]. Изучение влияния препаратов на естественных врагов клещей становится важной целью исследований, поскольку оно может помочь в оценке селективных препаратов, которые не влияют на полезных клещей. Исследования побочных эффектов препаратов на акарифагов и такие их особенности, как питание, размножение и обонятельные реакции на различную добычу, в лабораторных условиях необходимы для улучшения комплексной борьбы с паутиным клещом.

Исследования в области изучения взаимодействия биопрепарата и хищника имеют важное значение в попытке использовать комбинацию этих двух естественных групп врагов для биологического контроля вредителя.

Цель нашего исследования – провести оценку действия биологических препаратов разного спектра действия на хищного клеща фитосейулюса, чтобы проверить возможность совместного применения препаратов при од-

новременном заселении растений акарифагом для регуляции численности фитофага.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Эксперименты проводили в 2021 г. в лаборатории «Разведение энтомоакарифагов» испытательного лабораторного комплекса Новосибирского государственного аграрного университета.

В качестве объектов были использованы лабораторные популяции обыкновенного паутинового клеща *Tetranychus urticae* Koch. и хищного клеща *Phytoseiulus persimilis* Ath.-H., которые были заложены от выборки клещей, полученных из государственной коллекции Всероссийского научно-исследовательского института защиты растений (ВИЗР, г. Санкт-Петербург).

Для наработки хищного клеща фитосейулюса использована общеизвестная методика его разведения на основе триотрофа [13], адаптированная к условиям биолaborатории [14].

Для определения действия гриба рода *Metarhizium* на хищного клеща фитосейулюса в лабораторных экспериментах использовали штамм *Metarhizium robertsii*. Конидии смывали раствором Твина 80 с колонии культуры гриба, выращенной на среде Сабуро в чашках Петри при 26°C, для тестирования концентрацию конидий доводили 0,01%-м раствором Твина 80 до 1×10^7 спор/мл [15].

Битоксибацитлин (БТБ), П – бактериальный препарат (действующее вещество – спорово-кристаллический комплекс *Bacillus thuringiensis*, var. *thuringiensis*, БА-1500 ЕА/мг, титр не менее 20 млрд спор/г). *Bacillus thuringiensis* subsp. *thuringiensis* (патовар А) является основным действующим веществом. Также активными компонентами являются входящие в его состав токсины: дельта-эн-

дотоксин, бета-экзотоксин. Производитель – Сиббиофарм, г. Бердск [15].

Биоверт, СП – грибной препарат (действующее вещество – споры *Lecanicillium lecanii* Zimm. штамм В-80, титр не менее 106 КОЕ/г споры), производитель – Сиббиофарм, г. Бердск [15].

Фитоверм, КЭ – препарат на основе микробных токсинов (действующее вещество – Аверсектин С – 2 г/л, продуцент *Streptomyces avermitilis*), производитель – Фармбиомед, г. Москва [15].

В серии опытов хищных клещей по 10 особей помещали на обработанные биопрепаратами листья фасоли, зараженные обыкновенным паутинным клещом. Обработку листьев проводили из ручного опрыскивателя, подсушивали на воздухе в течение 20 мин. В качестве контроля использовали обработку водой.

После обработки чашки Петри с акарифагом выдерживали в постоянных условиях при температуре $25 \pm 1^\circ\text{C}$ и относительной влажности $70 \pm 5\%$ с фотопериодом 16 : 8 (L : D). Хищников по мере необходимости кормили смесью различных стадий неинфицированного *T. urticae*.

Смертность особей фиксировали на 1, 3, 5, 7-е сутки после обработки. Наблюдения за клещами проводили под бинокулярным микроскопом МБС-10 при 16-кратном увеличении.

Статистическая обработка данных проводилась методом дисперсионного, вариационного, корреляционного анализов с использованием пакета программ SNEDECOR.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При проведении исследований было выявлено, что при высокой численности популяции фитофага *Ph. persimilis* не может эффективно справиться с вредителем. В этом случае для эффективной защиты культуры от обыкновенного паутинного клеща возникает необходимость совместного применения акарицидов и хищника.

В результате первичной оценки установлено, что все испытанные биологические препараты при одновременном применении (выпуск акарифага в день обработки биологическими препаратами) оказались в разной

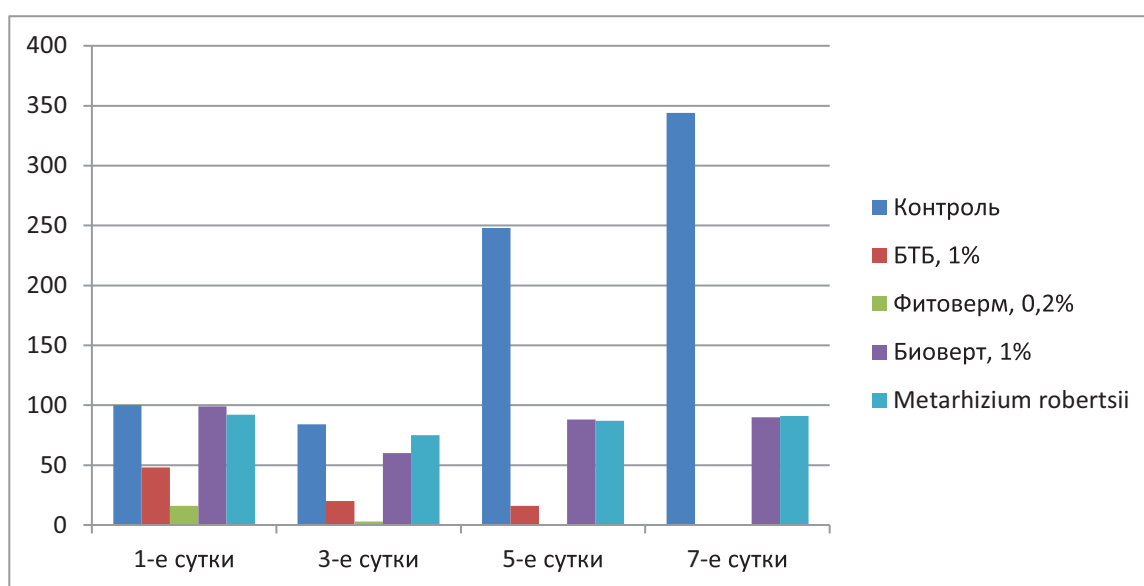


Рис. 1. Изменение численности акарифага относительно исходной, выпуск в день обработки биологическими препаратами

Fig. 1. Change in acariphagus abundance relative to baseline, release on the day of biological treatment

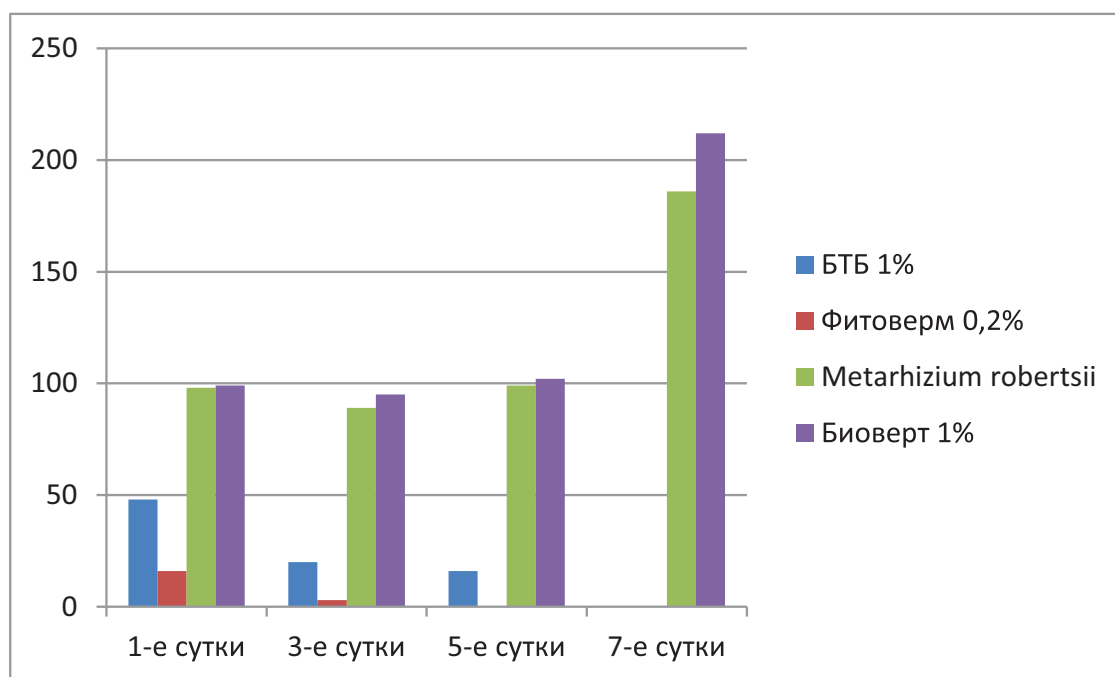


Рис. 2. Изменение численности акарифага относительно исходной, выпуск через сутки после обработки биологическими препаратами

Fig. 2. Change in acariphagus abundance relative to baseline, release one day after biological treatment

степени токсичными по отношению к фитосейулюсу (рис. 1).

В вариантах с обработкой производственными концентрациями препаратов Битоксибациллин, 1% и Фитоверм, 0,2% было обнаружено существенное снижение

численности акарифага. Более высокую чувствительность хищный клещ проявлял в варианте с Фитовермом, 0,2%. При этом под действием БТБ гибель имаго хищного клеща увеличивалась постепенно с максимумом на 7-е сутки эксперимента. В вариантах с БТБ

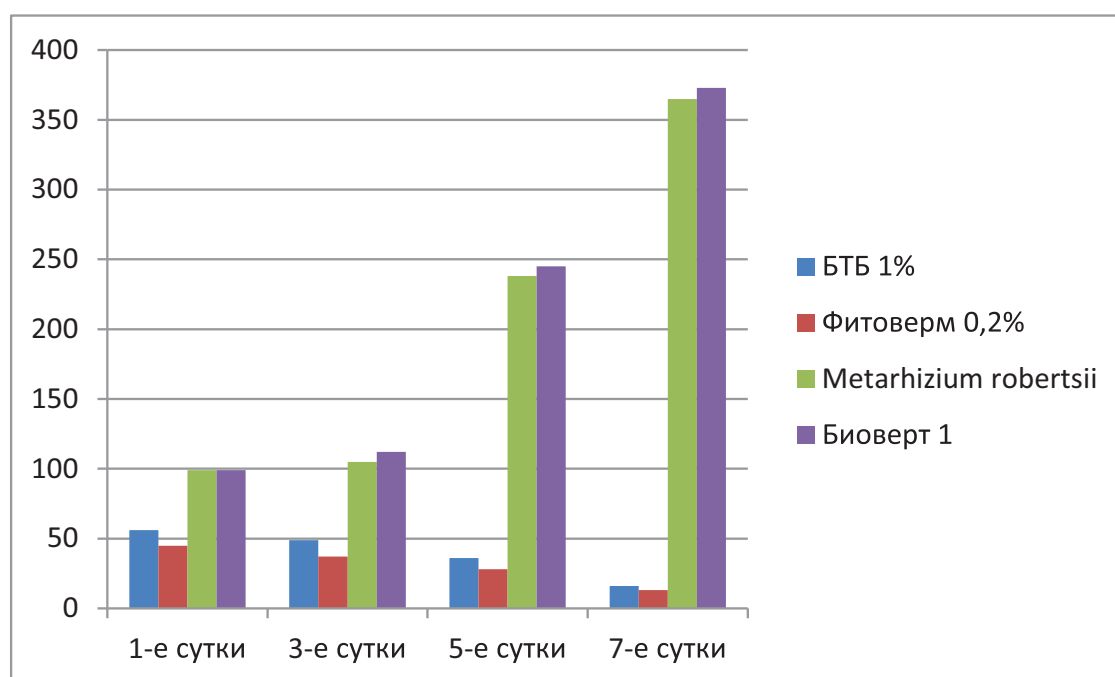


Рис. 3. Изменение численности акарифага относительно исходной, выпуск через 3 дня после обработки биологическими препаратами

Fig. 3. Changes in acariphagus abundance relative to baseline, release three days after biological treatment

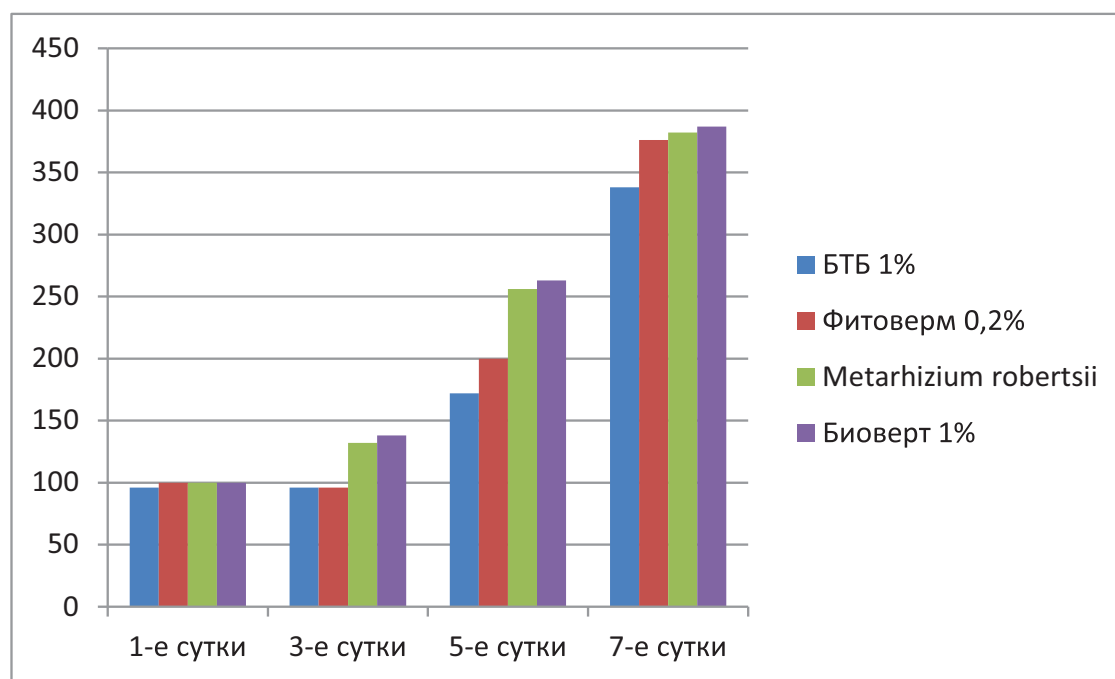


Рис. 4. Изменение численности акарифага относительно исходной, выпуск через 5 дней после обработки биологическими препаратами

Fig. 4. Changes in acariphagus abundance relative to baseline, release five days after biological treatment

и Фитовермом единичные яйца, отложенные самками после обработки, не отрождались.

При выпуске акарифага после обработки растений Биовертом (1%) и штаммом гриба *Metarhizium robertsii* численность его снизилась, но незначительно.

Длительность периода действия биопрепаратов на фитосейюлюса определяли с целью установления сроков его безопасного выпуска после обработок. Для этого проведена серия опытов с выпуском акарифага через 1, 3 и 7 суток после опрыскивания растений с вредителем микробиологическими препаратами (рис. 2–4).

В результате экспериментов установлено, что биопрепараты БТБ и Фитоверм при применении в производственных концентрациях являются токсичными для фитосейюлюса при его выпуске через 1 и 3 суток после обработки, при этом гибель акарифага под влиянием Фитоверма наступает быстрее, чем от БТБ. Безопасными для хищника являются сроки его выпуска не ранее чем через 5 дней после

применения этих препаратов в рекомендованных нормах расхода.

При выпуске акарифага на 3-и сутки после обработки растений Биовертом (1%) и штаммом гриба *Metarhizium robertsii* его численность (с учетом особей нового поколения, появившихся в период эксперимента) была на уровне контрольного варианта. При отсутствии отрицательного влияния биопрепаратов на хищного клеща самки начинали откладывать яйца уже в первые сутки после выпуска, первые единичные личинки отродились на 3-и сутки, массовое появление личинок и нимф акарифага отмечалось на 5-е сутки.

Таким образом, при выпуске фитосейюлюса на 3-и сутки после обработок Биовертом (1%) и штаммом гриба *Metarhizium robertsii* и через 5 суток после обработок Фитовермом и БТБ биопрепараты не оказывают отрицательного влияния как на выпускаемых особей, так и на их потомство.

Результаты исследований, представленные в статье, указывают на возможность совместного применения биологических пре-

паратов разного спектра действия с хищным клещом при условии выпуска хищника на защищаемые растения, предварительно обработанные биопрепаратами, не ранее 3 и 5 дней. Необходимо избегать прямых обработок хищных клещей, питающихся на растениях.

биологических препаратов разного спектра действия с хищным клещом *Phytoseiulus persimilis*.

2. Выпуск хищного клеща возможен на 3-и сутки после обработок Биовертом (1%) и штаммом гриба *Metarhizium robertsii* и через 5 суток после обработок Фитовермом и БТБ.

ВЫВОДЫ

1. Результаты исследований указывают на возможность совместного применения

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Новосибирской области в рамках научного проекта № 20-416-543001.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андреева И.В., Томилова О.Г., Штерншис М.В. Паутинный клещ. Биология и меры борьбы: рекомендации. – Новосибирск, 2000. – 12 с.
2. Коваленков В.Г., Тюрина Н.М. Резистентность в популяциях вредных насекомых и клещей к инсектоакарицидам и возможность ее реверсии // Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Краснодар, 2016. – С. 73–79.
3. Ramasubramanian T., Ramaraju K., Regupathy A. Acaricide resistance in *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) – global scenario // J. Entomol. – 2005. – Vol. 2, N 1. – P. 33–39.
4. Влияние фитоверма на вредителей овощных и ягодных культур / М.В. Штерншис, Т.В. Шпатова, А.И. Кузнецова, О.Г. Томилова, И.В. Андреева // Агрохимия. – 2006. – № 3. – С. 72–77.
5. Wei-Bing Shi, Ming-Guang Feng. Effect of fungal infection on reproductive potential and survival time of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) // Exp Appl Acarol. – 2009. – N 48. – P. 229–237.
6. Evaluation of entomopathogenic fungi for the control of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and the effect of *Metarhizium brunneum* on the predatory mites (Acari: Phytoseiidae) / Yagmur Oyku Dogan, Selcuk Hazir, Ayhan Yildiza, Tariq M. Butt, Ibrahim Cakmak // Biological Control. – 2017. – Vol. 111. – P. 6–12.
7. Штерншис М.В., Андреева И.В., Томилова О.Г. Биологическая защита растений: учебник. – СПб.: Лань, 2017. – 332 с.
8. Митина Г.В., Первушин А.Л., Чоглокова А.А. Штамм гриба *Lecanicillium muscarium* Г-033 (ВИЗР) для комплексной защиты растений от сосущих вредителей, паутинных клещей и болезней // Информационный бюллетень ВПРС МОББ издан по материалам XII сессии Генеральной Ассамблеи ВПРС МОББ (в связи с 40-летием деятельности) и докладов Международной научной конференции «Биологическая защита растений: успехи, проблемы, перспективы». – СПб., 2017. – № 52. – С. 207–211.
9. Ахатов А.К., Ижевский С.С. Защита тепличных и оранжерейных растений от вредителей (морфология, образ жизни, вредоносность, борьба). – М.: Т-во науч. изд. КМК, 2004. – 307 с.
10. Laboratory and greenhouse evaluation of the entomopathogenic fungi and garlic-pepper extract on the predatory mites, *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus* and their effect on the spider mite *Tetranychus urticae* / S.J. Numa Vergel, R.A. Bustos, C.D. Rodriguez, R.F. Cantor // Biol Control. – 2011. – N 57. – P. 143–149.
11. Effects of *Beauveria bassiana* on predation and behavior of the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* / Weinan Sun, Xuenong Xu, Ruixia Men, Zhongren Lei. // Journal of Invertebrate Pathology. – 2018. – P. 51–56.

12. Сухорученко Г.И., Козлова Е.Г., Иванова Г.П. Токсичность химических и микробиологических препаратов в отношении хищного клеща *Phytoseiulus persimilis* A.-H. // Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем // Материалы третьего всероссийского съезда по защите растений. – СПб., 2013. – Т. II. – С. 103–107.
13. Эколого-физиологические основы триотрофа и стратегия защиты растений // Вопросы экологической физиологии насекомых и проблемы защиты растений / И.Д. Шапиро, Н.А. Вилкова, К.В. Новожилов, К.Е. Воронин К., В.А. Шапиро. – Л., 1979. – С. 5–17.
14. Зенкова А.А., Андреева И.В. Производство и применение фитосейулюса в Сибири // Защита и карантин растений. – 2018. – № 11. – С. 12–14.
15. Зенкова А.А. Совершенствование биотехнологии хищного клеща *Phytoseiulus persimilis* Ath.-H. – акарифага паутинного клеща: дис. ... канд. с.-х. наук. – Новосибирск, 2020. – 138 с.

REFERENCES

1. Andreeva I.V., Tomilova O.G., Shternshis M.V., *Pautinny`j kleshh. Biologiya i mery` bor`by`* (Spider mite. Biology and control measures), Novosibirsk, 2000, 12 p.
2. Kovalenkov V.G., Tyurina N.M., *Biologicheskaya zashhita rastenij – osnova stabilizacii agroekosistem* (Biological plant protection - the basis for stabilizing agroecosystems), Proceedings of the Conference Title, Krasnodar, 2016, pp. 73–79. (In Russ)
3. Ramasubramanian T., Ramaraju K., Regupathy A., Acaricide resistance in *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) – global scenario, *J. Entomol.*, 2005, Vol. 2, No. 1, pp. 33–39.
4. Shternshis M.V., Shpatova T.V., Kuzneczova A.I., Tomilova O.G., Andreeva I.V., *Agroximiya*, 2006, No. 3, pp. 72–77. (In Russ)
5. Wei-Bing Shi, Ming-Guang Feng, Effect of fungal infection on reproductive potential and survival time of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae), *Exp Appl Acarol.*, 2009, No. 48, pp. 229–237.
6. Yagmur Oyku Dogan, Selcuk Hazir, Ayhan Yildiza, Tariq M. Butt, Ibrahim Cakmak, Evaluation of entomopathogenic fungi for the control of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and the effect of *Metarhizium brunneum* on the predatory mites (Acari: Phytoseiidae), *Biological Control*, 2017, Vol. 111, pp. 6–12.
7. Shternshis M.V., Andreeva I.V., Tomilova O.G., *Biologicheskaya zashhita rastenij* (Biological plant protection), Sankt-Peterburg: Izd-vo Lan`, 2017, 332 p.
8. Mitina G.V., Pervushin A.L., Chogloкова A.A., *Biologicheskaya zashhita rastenij: uspexi, problemy`, perspektivy`* (Biological plant protection: successes, problems, prospects), Proceedings of the Conference Title; Informacionny`j byulleten` VPRS MOBB, Sankt-Peterburg, 2017, No. 52, pp. 207–211. (In Russ)
9. Axatov A.K., Izhevskij S.S., *Zashhita teplichny`x i oranzherejny`x rastenij ot vreditelej (morfologiya, obraz zhizni, vredonosnost`, bor`ba)* (Protection of greenhouse and greenhouse plants from pests (morphology, lifestyle, harmfulness, control)), Moscow: Tovarišhestvo nauchny`x izdanij KMK, 2004, 307 p.
10. Numa Vergel S.J., Bustos R.A., Rodriguez C.D., Cantor R.F., Laboratory and greenhouse evaluation of the entomopathogenic fungi and garlic-pepper extract on the predatory mites, *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus* and their effect on the spider mite *Tetranychus urticae*, *Biol Control*, 2011, No. 57, pp. 143–149.
11. Weinan Sun, Xuenong Xu, Ruixia Men, Zhongren Lei, Effects of *Beauveria bassiana* on predation and behavior of the predatory mite *Phytoseiulus persimilis*, *Journal of Invertebrate Pathology*, 2018. – P. 51–56.

12. Suxoruchenko G.I., Kozlova E.G., Ivanova G.P., *Fitosanitarnaya optimizaciya agroekosistem* (Phytosanitary optimization of agroecosystems), *Materialy` tret`ego vserossijskogo s`ezda po zashhite rastenij*, Sankt-Peterburg, 2013, T. II, pp. 103–107. (In Russ)
13. Shapiro I.D., Vilkova N.A., Novozhilov K.V., Voronin K.E., Shapiro V.A., *Voprosy` e`kologicheskoy fiziologii nasekomy`x i problemy` zashhity` rastenij*, Leningrad, 1979, pp. 5–17. (In Russ)
14. Zenkova A.A., Andreeva I.V., *Zashhita i karantin rastenij*, 2018, No. 11, pp. 12–14. (In Russ)
15. Zenkova A.A. *Sovershenstvovanie biotekhnologii hishchnogo kleshcha Phytoseiulus persimilis Ath.-H. – akarifaga pautinnogo kleshcha* (Improving the biotechnology of the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* Ath.-H. - spider mite acariphage), candidate's thesis, Novosibirsk, 2020, 138 p.

ВЛИЯНИЕ ТРАНСПОРТНО-ДОРОЖНОГО КОМПЛЕКСА НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ И РАСТЕНИЙ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Ю.Г. Кропова, кандидат биологических наук, доцент
А.Н. Ховрин, кандидат педагогических наук, доцент
И.В. Выродов, старший преподаватель

Московский городской педагогический университет,
Москва, Россия
E-mail: vyrodov86@mail.ru

Ключевые слова: свинец, кадмий, цинк, медь, почва, карагана древовидная, одуванчик лекарственный, автомагистраль

Реферат. Целью данной работы явилось проведение сравнительного анализа тяжелых металлов (ТМ) в почвах и растениях г. Балашиха Московской области. Изучено содержание ТМ в почве и органах растений караганы древовидной (*Caragana arborescens*) и одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale*) в зависимости от удаленности автомагистрали. Показана связь между концентрацией ТМ в почве и их содержанием в растениях. Выявлены особенности накопления отдельных ТМ – кадмия, свинца, цинка и меди – в вегетативных и генеративных органах исследуемых растений. Наибольшая концентрация всех исследуемых тяжелых металлов отмечена у одуванчика, произрастающего вблизи автомагистрали. По доле в суммарном содержании определяемых элементов металлы можно расположить в следующем порядке: $Zn > Pb > Cu > Cd$. В растениях, расположенных на расстоянии 3000 м от автомагистрали, т.е. на почвах с меньшей загрязненностью, отмечена уже другая закономерность: $Zn > Cu > Pb > Cd$. Показано, что с удалением от автомагистрали на 3000 м по сравнению с 5-метровой зоной автодороги в почве и растениях происходит снижение содержания свинца в 1,13 раза, кадмия – в 1,74, цинка – в 1,89 и меди – в 1,66 раза. Проведенный анализ показал, что изучаемые растения можно использовать как биоиндикаторы загрязнения биоты крупных городов. Наиболее опасными элементами являются кадмий и свинец, относящиеся к первому классу опасности, нахождение которых в атмосфере и экосистемах городов связано с интенсивным движением автотранспорта. В рабочие дни интенсивность движения автотранспорта составляла в утренние часы (08.00–09.00) 2500 автомобилей, в вечернее время (18.00–19.00) – 3000 автомобилей (федеральная трасса М 7 «Волга»).

THE IMPACT OF THE TRANSPORT AND ROAD COMPLEX ON HEAVY METAL POLLUTION OF SOILS AND PLANTS

Iu.G. Kroppova, PhD in Biological Sciences, Associate Professor
A.N. Khovrin, PhD in Pedagogical Sciences, Associate Professor
I.V. Vyrodov, Senior Lecturer
Moscow City Pedagogical University, Moscow, Russia

Keywords: lead, cadmium, zinc, copper, soil, tree-rot, dandelion, motorway.

Abstract. This work aims to analyze heavy metals (HM) in soils and plants of the Balashikha, Moscow region. The authors studied HM content in soil and plant organs of *Caragana arborescens* and *Taraxacum officinale* depending on the distance of a motorway. The article shows the relationship between the concentration of HM in the soil and its content in plants. The authors also revealed the peculiarities of accumulation of some heavy metals - cadmium, lead, zinc and copper - in vegeta-

tive and generative organs of the studied plants. The authors noted the highest concentration of all heavy metals in dandelion growing near a motorway. According to the share in the total content of the determining elements, the metals can be arranged in the following order: $Zn > Pb > Cu > Cd$. The authors also observe a different pattern: $Zn > Cu > Pb > Cd$ in soils with less pollution, i.e. in plants located at a 3000 m from the motorway. It has been observed that with a length of 3000 m from the highway compared to the 5 m zone of the road. There is a 1.13 times reduction in lead, 1.74 times reduction in cadmium, 1.89 times reduction in zinc and 1.66 times reduction in copper content in the soil and plants. The analysis shows that the studied plants can be used as bio-indicators of pollution of the biota of large cities. The most hazardous elements are cadmium and lead, which belong to the first hazard class, found in the atmosphere and ecosystems of cities, which is connected with intensive vehicular traffic. On working days, the traffic intensity in the morning hours (08.00-09.00) was 2500 cars and in the evening hours (18.00-19.00) 3000 cars (federal road M7 "Volga").

Основными загрязнителями почв городов являются тяжелые металлы, которые могут негативно влиять на биосферу [1].

Под тяжелыми металлами обычно понимают металлы переходных групп с атомной массой более 50 и имеющих плотность более 8000 кг/м³. Эта группа металлов включает как физиологически необходимые микроэлементы (Zn, Cu, Mn, Fe, Co, Mo), так и элементы, способные вызывать нарушение жизнедеятельности организма (Pb, Ni, Cd, Hg) [2–4].

По данным Всемирной организации здравоохранения, среди поллютантов, оказывающих негативное влияние на человека, токсичные тяжелые металлы занимают второе место, уступая лишь пестицидам и значительно опережая такие хорошо известные загрязнители окружающей среды, как двуокиси углерода и серы [5].

Антропогенное вмешательство в природные циклы тяжелых металлов имеет два основных следствия. Во-первых, эти элементы являются ценным и редким сырьем для высокотехнологичных отраслей промышленности. Во-вторых, эти металлы при избыточном попадании в объекты окружающей среды аккумулируются в них. Загрязнение тяжелыми металлами объектов биосферы является причиной накопления их в пищевом сырье растительного и животного

происхождения и, как следствие, в организме людей [6].

В настоящее время в России и в мире существует агрохимическая проблема, связанная с истощением запасов доступных растениям форм биофильных макро- и микроэлементов в почвах сельскохозяйственных угодий [7].

Свинец, ртуть, кадмий и мышьяк считаются основными загрязнителями главным образом потому, что техногенное их накопление в окружающей среде идет особенно высокими темпами. Специальная информация о миграции, накоплении и распределении токсичных элементов по трофической цепи поможет прогнозировать их содержание в пищевом сырье растительного и животного происхождения, а также нормировать поступление их в пищевые цепи с целью предупреждения загрязнения организма животных, что определяет научную и практическую ценность данной работы [8].

В частности, кадмий, свинец, цинк, согласно ГОСТ 17.4.1.02-83, относятся к химическим веществам первого класса опасности, медь – ко второму классу [9].

С учетом того, что почва является первым звеном в пищевой цепи «почва – растение – животное – человек», накопление токсичных тяжелых металлов в ней приводит не только к ее деградации, но и к нарастанию

экологических последствий. Растения являются промежуточным звеном, через которое токсиканты попадают в организм животного и человека.

Токсичные тяжёлые металлы могут обуславливать различные проблемы со здоровьем в зависимости от вида металла и его концентрации. Отравление свинцом наносит неврологический ущерб, приводит к снижению уровня IQ, внимания, к нарушению координации рук, вызывает энцефалопатию, гипертонию, болезни почек, ухудшает состояние костей. Интоксикация солями кадмия приводит к повреждению печени и почек, снижению плотности костной ткани, а избыток цинка – к головокружению и усталости. Отравление медью вызывает повреждение головного мозга и почек, цирроз печени, хроническую анемию, желудочно-кишечное раздражение [10].

В связи с токсическим действием высоких концентраций ряда тяжелых металлов на живые организмы исследование путей их миграции в ландшафтах, круговорота в системе «почва – растение» приобретает особую значимость.

Одним из ведущих факторов загрязнения почв является автотранспорт [11]. Выхлопные газы двигателей содержат сложную смесь, состоящую из более чем 200 компонентов, среди которых немало канцерогенов [12].

В исследованиях Е.В. Коровина, Г.А. Сатарова [13] было установлено, что автотранспорт является ведущим фактором загрязнения придорожной зоны всеми изученными тяжелыми металлами (Zn, Pb, Cu, Ni, Cd, Cr). Концентрация подвижных форм всех указанных металлов, за исключением кадмия, существенно превышала значения предельно допустимой концентрации (ПДК), при этом максимальное содержание указанных химических элементов было отмечено на расстоянии 5–10 м от дорожного

полотна и уменьшалось с удалением от дороги, что свидетельствует о реальном вкладе автотранспорта в загрязнение тяжелыми металлами природной среды.

Тяжелые металлы поступают в придорожную зону как непосредственно в результате работы автотранспорта, так и при истирании автопокрышек и дорожного полотна. В результате истирания покрышек в почву поступают алюминий, кобальт, медь, железо, марганец, свинец, никель, фосфор, титан, цинк и другие элементы. Кадмий в окружающую среду поступает как в результате износа шин, так и истирания асфальтобетона [14].

Цель наших исследований – изучение особенностей накопления некоторых тяжелых металлов (Pb, Cd, Zn, Cu) в почве и растениях караганы древовидной (*Caragana arborescens*) и одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale*) в зависимости от удаленности автотрассы.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Наблюдения проводились в 2018–2020 гг. на двух участках автомагистрали Москва – Нижний Новгород, в восточной части Балашихинского района Московской области, в 27 км от Москвы. Помимо почвенных образцов, на первом участке отбирали растения караганы древовидной, на втором – одуванчика лекарственного. Почва в обоих случаях дерново-подзолистая слабоглееватая, супесчаная. Пробы почв с глубины 0–5 см отбирали в 10 точках на расстоянии 5 и 3000 м перпендикулярно полотну дороги. Во всех отобранных почвенных образцах методом атомно-адсорбционной спектроскопии были определены концентрации Pb, Cd, Zn, Cu.

Пробы растений отбирали в сухую солнечную погоду, во второй декаде июня,

на тех же участках, что и пробы почвы. Объединенную пробу составляли из точечных проб, взятых отдельно – корень, лист, стебель, цветок. Перед анализом пробы проходили пробоподготовку: промывание в дистиллированной и затем деионизированной воде, высушивание в терморегулируемом шкафу при постоянной температуре 105 °С в течение суток, мокрая минерализация смесью деионизированной воды и азотной кислоты в соотношении 6 : 4, минерализация в муфельной печи при заданной температуре. Готовые минерализаты переносили в пластиковые эппендорфы. Содержание тяжелых металлов анализировали на атомно-абсорбционном спектрометре АА-7000, Shimadzu в испытательной лаборатории ФГБУ ГЦАС «Московский».

Статистическая обработка данных проводилась с помощью пакета программ STATISTIC, входящего в комплект прибора, ААС-спектрометра Shimadzu.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В проводимых исследованиях содержание всех изучаемых металлов в почве практически не превышало ориентировочную допустимую концентрацию (ОДК) валового содержания тяжелых металлов в почве. Концентрация всех изучаемых ТМ в почве тесно коррелировала с удаленностью места отбора образцов от автотрассы. В среднем по двум участкам, удаление от дорожного полотна на 3000 м по сравнению с 5-метровой придорожной полосой способствовало снижению содержания свинца в 1,13 раза, кадмия – в 1,74, цинка – в 1,89 и меди в 1,66 раза (табл. 1, 2).

Содержание ТМ в органах растений коррелировало с их концентрацией в почве, но характер их распределения был неоднозначным. Анализ вегетативных и генеративных органов караганы древовидной позволил установить, что в придорожной 5-метровой полосе наибольшее содержание свинца установлено в стеблях и листьях растения, наименьшее – в корнях; при удалении на 3000 м максимальная концентрация этого элемен-

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в почве и растениях караганы древовидной, мг/кг
Content of heavy metals in soil and plants of *Karagana arborealis*, mg/kg

Объект исследования	Свинец	Кадмий	Цинк	Медь
<i>Расстояние от автомагистрали 5 м</i>				
Почва	12,60±0,09	0,26±0,01	40,40±0,09	15,20±0,03
Корень	11,20±0,06	0,38±0,02	48,30±0,07	7,10±0,02
Лист	15,60±0,03	0,70±0,02	54,00±0,08	11,60±0,01
Стебель	15,70±0,03	0,90±0,04	50,10±0,05	7,00±0,02
Цветок	12,80±0,02	0,66±0,03	47,30±0,03	15,80±0,04
<i>Расстояние от автомагистрали 3000 м</i>				
Почва	11,90±0,07	0,13±0,02	21,80±0,03	7,90±0,03
Корень	10,10±0,01	0,31±0,01	24,50±0,02	6,30±0,01
Лист	11,40±0,01	0,59±0,04	41,10±0,06	9,50±0,02
Стебель	8,60±0,02	0,44±0,03	38,80±0,05	5,00±0,01
Цветок	11,70±0,03	0,46±0,05	40,80±0,04	11,30±0,03

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в почве и растениях одуванчика лекарственного, мг/кг

Content of heavy metals in soil and plants of dandelion, mg/kg

Объект исследования	Свинец	Кадмий	Цинк	Медь
<i>Расстояние от автомагистрали 5 м</i>				
Почва	15,90±0,04	0,35±0,01	56,00±0,07	9,90±0,02
Корень	16,90±0,04	0,94±0,01	66,60±0,06	18,10±0,03
Лист	18,00±0,02	1,40±0,01	54,50±0,04	15,00±0,03
Стебель	13,80±0,03	0,62±0,02	25,30±0,02	8,10±0,01
Цветок	9,10±0,01	0,44±0,02	53,30±0,04	13,60±0,03
<i>Расстояние от автомагистрали 3000 м</i>				
Почва	13,40±0,04	0,22±0,01	29,20±0,03	4,30±0,01
Корень	13,00±0,05	0,15±0,01	50,00±0,04	12,00±0,03
Лист	7,30±0,02	0,37±0,03	35,00±0,05	5,00±0,02
Стебель	3,80±0,02	0,20±0,02	24,00±0,02	5,20±0,01
Цветок	6,80±0,03	0,27±0,01	34,10±0,06	12,10±0,02

та наблюдалась в цветках, минимальная – в стеблях. Кадмий преимущественно накапливался в вегетативных органах – листьях и стеблях, цинк в листьях, медь в цветках. По доле в суммарном содержании определяемых элементов в растениях желтой акации независимо от удаленности автотрассы они располагались в ряд: Zn>Pb>Cu>Cd (см. табл. 1).

В растениях одуванчика лекарственного наибольшая концентрация всех тяжелых металлов отмечена в 5-метровой придорожной полосе (см. табл. 2). При этом по доле в суммарном содержании определяемых элементов металлы располагались в следующий ряд: Zn>Pb>Cu>Cd. В растениях, расположенных на расстоянии 3000 м, т.е. на почвах с меньшей загрязненностью, отмечена уже другая закономерность: Zn>Cu>Pb>Cd.

Удаление растений одуванчика от придорожной полосы способствовало снижению содержания в них свинца в 1,9 раза, кадмия – в 3,4, цинка – в 1,4 и меди – в 1,6 раза.

Свинец, присутствующий в выхлопе автомобильных двигателей, является

приоритетным загрязнителем компонентов окружающей среды [4].

В нашем случае распределение свинца в растениях одуванчика лекарственного по органам растения менялось с удаленностью от автотрассы. В более загрязненной придорожной 5-метровой полосе по накопительной способности свинца органы данного растения располагались в следующий ряд: лист > корень > стебель > цветок, при удалении на 3000 м указанный ряд выглядел следующим образом: корень > лист > цветок > стебель.

Для оценки интенсивности перехода рассматриваемых элементов из почвы в растения рассчитывались коэффициенты биологического поглощения. Полученные результаты показали, что интенсивность накопления ТМ в растениях варьировала от 0,46 до 4,54 в зависимости от вида растений, вида элемента и удаленности от автотрассы (табл. 3, 4).

По способности поглощаться вегетативными и генеративными органами караганы древовидной в 5-метровой придорожной полосе изучаемые элементы расположились в следующий ряд: Cd>Zn>Pb>Cu. Однако по мере снижения уровня загрязненности почвы

Таблица 3

Коэффициенты биологического поглощения ТМ растениями караганы древовидной
Coefficients of biological absorption of heavy metals by Karaganak tree plants

Объект исследования	Свинец	Кадмий	Цинк	Медь
<i>Расстояние от автомагистрали 5 м</i>				
Корень	0,89	1,46	1,20	0,47
Лист	1,24	2,69	1,34	0,76
Стебель	1,25	3,46	1,24	0,46
Цветок	1,02	2,54	1,17	1,04
<i>Расстояние от автомагистрали 3000 м</i>				
Корень	0,85	2,38	1,12	0,80
Лист	0,96	4,54	1,88	1,20
Стебель	0,72	3,38	1,78	0,63
Цветок	0,98	3,54	1,87	1,43

Таблица 4

Коэффициенты биологического поглощения ТМ растениями одуванчика лекарственного
Coefficients of biological absorption of HM by dandelion plants

Объект исследования	Свинец	Кадмий	Цинк	Медь
<i>Расстояние от автомагистрали 5 м</i>				
Корень	1,06	2,68	1,19	1,26
Лист	1,13	4,00	0,97	1,05
Стебель	0,87	1,77	0,45	0,57
Цветок	0,57	1,26	0,95	0,95
<i>Расстояние от автомагистрали 3000 м</i>				
Корень	0,97	0,68	1,71	1,21
Лист	0,54	1,68	1,20	0,51
Стебель	0,28	0,91	0,82	0,52
Цветок	0,51	1,23	1,17	1,22

Таблица 5

Коэффициенты перехода (K_p) металлов из корней в надземную часть растений караганы древовидной
Coefficients of transition coefficients (K_p) of metals from roots to aboveground parts of Tamarix ramosissima plants

Объект исследования	Свинец	Кадмий	Цинк	Медь
<i>Расстояние от автомагистрали 5 м</i>				
Лист	1,39	1,84	1,12	1,63
Стебель	1,40	2,37	1,04	0,99
Цветок	1,14	1,74	0,98	2,22
<i>Расстояние от автомагистрали 3000 м</i>				
Лист	1,13	1,90	1,68	1,51
Стебель	0,85	1,42	1,58	0,79
Цветок	1,16	1,48	1,66	1,79

на расстоянии 3000 м от дорожного полотна указанная закономерность трансформировалась в следующий ряд: $Cd > Zn > Cu > Pb$ (см. табл. 3).

Интенсивность биологического поглощения тяжелых металлов в органах одуванчика лекарственного несколько иная.

В 5-метровой придорожной полосе наибольший коэффициент биологического поглощения наблюдался у кадмия, наименьший – у цинка. В целом ряд поглощения имеет следующий вид: $Cd > Cu > Pb > Zn$. При переходе в зону с меньшей техногенной нагрузкой

(через 3000 м) зафиксирована другая закономерность: $Zn > Cd > Cu > Pb$ (см. табл. 4).

Для характеристики процессов перехода металлов из корней в надземную часть растений рассчитывали коэффициент перехода (K_p), равный отношению содержания металлов в надземной фитомассе к таковому в корнях (табл. 5, 6).

На поступление микроэлементов в растениях оказывают влияние почвенные и гидротермические условия, определенные концентрации и соотношения химических элементов в почве и растениях и другие факторы [15].

Таблица 6

Коэффициенты перехода (K_p) металлов из корней в надземную часть растений одуванчика лекарственного

Coefficients of transition (K_p) of metals from roots to aboveground parts of dandelion plants

Объект исследования	Свинец	Кадмий	Цинк	Медь
<i>Расстояние от автомагистрали 5 м</i>				
Лист	1,06	1,49	0,82	0,83
Стебель	0,82	0,66	0,38	0,45
Цветок	0,54	0,47	0,80	0,75
<i>Расстояние от автомагистрали 3000 м</i>				
Лист	0,56	2,47	0,70	0,42
Стебель	0,29	1,33	0,48	0,43
Цветок	0,52	1,80	0,68	1,00

В проводимых исследованиях барьерная функция корней как у караганы древовидной, так и одуванчика лекарственного способствовала сокращению накопления в надземных вегетативных органах наиболее типичного автотранспортного загрязнителя – свинца.

ВЫВОДЫ

1. Уровень загрязнения почвы тяжелыми металлами во многом определяется расстоянием от автомагистралей. В частности, удаление от дорожного полотна на 3000 м по сравнению с 5-метровой придорожной полосой способствовало снижению содержания

свинца в 1,13 раза, кадмия – в 1,74, цинка – в 1,89 и меди – в 1,66.

2. По мере уменьшения содержания свинца в почве снижается интенсивность его биологического поглощения растениями караганы древовидной и одуванчика лекарственного.

3. Содержание ТМ в растениях варьировало в зависимости от места их произрастания. Удаление от придорожной полосы на 3000 м способствовало снижению содержания тяжелых металлов в карагане древовидной в 1,13–1,89 раза, в растениях одуванчика лекарственного – в 1,4–3,4.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Духовский П., Юкнис Р. Реакция растений на комплексное воздействие природных и антропогенных стрессоров // Физиология растений. – 2003. – Т. 50, № 2. – С. 165.
2. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. – Л.: Агропромиздат, Ленингр. отд-ние, 1987. – 142 с.
3. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саэт, Б.А. Ревич, Е.П. Янин [и др.]. – М.: Недра, 1990. – 335 с.
4. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение. – Новосибирск: Наука, 1991. – 151 с.
5. Тяжелые металлы и растения: [монография] / А.Ф. Титов, Н.М. Казнина, В.В. Таланова; Карельский науч. центр РАН, Ин-т биологии. – Петрозаводск, 2014. – 192 с.
6. О санитарно-эпидемиологической обстановке в Новосибирской области: Статистический бюллетень за 2005 г. – Новосибирск, 2006. – 26 с.
7. Сысо А.И., Сиромля Т.И. Химические элементы и их соединения в почвах растений нативных и антропогенных экосистем Сибири // Биогеохимия химических элементов и соединений в природных средах: материалы 3-й Междунар. школы-семинара для молодых исследователей. Тюмень, 23-28 апреля 2018 г. – Тюмень, 2018. – С. 137–150.
8. Анализ содержания тяжелых металлов в основном рационе коров ТОО «КазАгроСтандарт» / Н.Б. Сарсембаева, Т.Б. Абдигалиева, А.Н. Билтебай, С.Ж. Жумагулова, А.Б. Айдарбекова // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2020. – № 2. – С. 99-101.
9. Охрана природы. Почвы: сб. ГОСТов. – М.: Стандартинформ, 2008.
10. Сердюкова А.Ф., Барабанищikov Д.А. Последствия загрязнения почвы тяжелыми металлами // Молодой ученый. – 2017. – № 51. – С. 131–135.
11. Ложкин В.Н. Загрязнение атмосферы автомобильным транспортом. – СПб.: Атмосфера, 2001. – 297 с.
12. Давлетова Н.Х. Автотранспорт как глобальный источник загрязнения атмосферного воздуха // Современные наукоемкие технологии. – 2005. – № 4. – С. 90–90.
13. Сатаров Г.А., Коровина Е.В. Оценка состояния почвенного покрова урбоэкосистемы // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2009. – № 3(17). – С. 157–161.
14. Лёвкин Н.Д., Лазеба А.В. Распространение тяжелых металлов в зоне движения автотранспорта // Известия Тульского государственного университета. – 2014. – Вып. 3: Науки о Земле, № 3. – С. 9–16.
15. Жаркова Н.Н., Сухоцкая В.В., Ермохин Ю.И. Интенсивность биологического накопления микроэлементов (цинка и меди) растениями *Echinacea purpurea* L. в условиях Западной Сибири // Овощи России. – 2020. – № 2. – С. 87–90.

REFERENCES

1. Dukhovskiy P., Yuknis R., *Fiziologiya rasteniy*, 2003, T. 50, No. 2, pp. 165. (In Russ.)
2. Alekseev Yu.V., *Tyazhelye metally v pochvakh i rasteniyakh* (Heavy metals in soils and plants), Agropromizdat, Leningr. department, 1987, 142 p.
3. Set Yu.E., Revich B.A., Yanin E.P. and others, *Geokhimiya okruzhayushchey sredy* (Environmental geochemistry), Moscow: Nedra, 1990, 335 p.
4. Ilyin V.B., *Tyazhelye metally v sisteme pochva–rastenie* (Heavy metals in the soil-plant system), Novosibirsk: Science, 1991, 151 p.
5. Titov A.F., Kaznina N.M., Talanov V.V., *Tyazhelye metally i rasteniya* (Heavy metals and plants), Karelian scientific. Center of the Russian Academy of Sciences, Institute of Biology, Petrozavodsk, 2014, 192 p.
6. *O sanitarno-epidemiologicheskoy obstanovke v Novosibirskoy oblasti* (About the sanitary and epidemiological situation in the Novosibirsk region), Statistical bulletin for 2005 Novosibirsk, 2006, 26 p.

7. Syso A.I., Siromlya T.I., Biogeokhimiya khimicheskikh elementov i soedineniy v prirodnykh sredakh (Biogeochemistry of chemical elements and compounds in natural media), Materials 3 of the International school-seminar for young researchers, Tyumen, April 23-28, 2018, pp. 137-150. (In Russ.)
8. Sarsembayeva N.B.; Abdigaliyeva T.B.; Biltebay A.N.; Zhumagulova S.Z.; Aydarbekova A.B., Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii, 2020; No. 2, pp. 99-101. (In Russ.)
9. Okhrana prirody. Pochvy (Nature conservation. Soils), Moscow: Standardized, 2008.
10. Serdyukova A.F., Drumanshchikov D.A., Molodoy uchenyy, 2017, No. 51, pp. 131-135. (In Russ.)
11. Lozhkin, V.N., Zagryaznenie atmosfery avtomobil'nym transportom (Air pollution by road), Sankt-Petersburg: NPK Atmosphere, 2001, 297 p.
12. Davletova N.K., Sovremennye naukoemkie tekhnologii, 2005, No. 4, pp. 90-90. (In Russ.)
13. Satarov G.A., Korovina E.V., *Voprosy sovremennoy nauki i praktiki, University named after V.I. Vernadsky*, 2009, No. 3 (17), pp. 157–161. (In Russ.)
14. Levkin N.D., Lazeba A.V., *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta*, 2014, Is. 3, No. 3, pp. 9–16. (In Russ.)
15. Zharkova N.N., Sukhotskaya V.V., Yermokhin Y.I., *Ovoshchi Rossii*, 2020, No. 2, pp. 87–90. (In Russ.)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ГИБРИДОВ КАРТОФЕЛЯ В ОРОШАЕМЫХ УСЛОВИЯХ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

А.А. Мушинский, доктор сельскохозяйственных наук

А.Ж. Саудабаева, кандидат биологических наук

Е.В. Аминова, кандидат сельскохозяйственных наук

Федеральный научный центр биологических систем и
агротехнологий РАН, Оренбург, Россия

E-mail: aleka_87@bk.ru

Ключевые слова: гибрид, картофель, патоген, урожайность, селекция

Реферат. Оценка и отбор селекционного материала по требуемым показателям в условиях конкретной зоны возделывания занимает главное место в работе по изучению селекционных гибридов. Получение новых перспективных сортов картофеля является важной задачей, стоящей перед селекционерами. По мнению учёных-аграриев, на фоне экономического кризиса и санкций главным инструментом в решении задачи обеспечения продовольственной безопасности страны в настоящее время является импортозамещение, предусматривающее, в первую очередь, увеличение выпуска отечественной продукции при снижении ввоза импортных товаров. Рост конкурентоспособности и экспортного потенциала национальных товаров на мировом продовольственном рынке является целью импортозамещения. Цель исследования состоит в изучении и отборе наиболее перспективных и адаптированных к условиям Оренбургской области гибридов картофеля из селекционного материала ФГБНУ «Южно-Уральский НИИ садоводства и картофелеводства». Исследования проведены в соответствии с Методикой исследований по культуре картофеля (1967), Международным классификатором СЭВ (1984), Методическими рекомендациями по методике ведения селекционного процесса по культуре картофеля (1980). Изучение потенциала формирования урожайности и поражаемости основными распространёнными патогенами у селекционных гибридов картофеля проводили на орошаемом участке К(Ф)Х «Хомутский В.И.» Переволоцкого района Оренбургской области в 2019–2021 гг. Почвенный покров опытного участка – чернозём южный среднелугосный среднеломный. Из 19 исследованных гибридов за 3 года испытаний только 21 % формируют урожайность выше, чем у сорта-стандарта, остальные 79 % – намного ниже. За тот же период из изученных гибридов 26 % поражались распространёнными патогенами, максимальное поражение клубней картофеля столонной гнилью отмечалось у селекционных гибридов 13.20.101 (5,1 %), 13.10.11 (4,5 %) и М 14.16.25 (3,3 %), паршой обыкновенной – 13.32.1 (26,5 %), М 14.18.99 (18,3 %) и 13.20.9 (17 %). В результате работы выделен перспективный селекционный материал картофеля для дальнейшей работы, сочетающий низкую поражаемость с повышенной урожайностью – Ольгинск 13.30.2 (38,1 т/га), 10.76.1 (60,9 т/га), М 14.07.08 (38,1 т/га), М 14.07.6 (51,1 т/га).

RESULTS OF STUDYING PROMISING BREEDING POTATO HYBRIDS UNDER IRRIGATED CONDITIONS IN THE ORENBURG REGION

A.A. Mushinskiy, Doctor of Agricultural Sciences

A.Zh. Saudabaeva, PhD in Biological Sciences

E.V. Aminova, PhD in Agricultural Sciences

Federal Research Centre for Biological Systems and Agrotechnology RAS, Orenburg, Russia

Keywords: *hybrid, potato, pathogen, yield, breeding.*

Abstract. The main focus of the work on breeding hybrids is the evaluation and selection of breeding material for the desired traits under the conditions of the specific cultivation zone. Obtaining new promising potato varieties is an important task that breeders face. Currently, import substitution is the main tool in solving the problem of food security in the country. Agricultural scientists understand import substitution as increasing the output of domestic products while reducing the import of imported goods, especially in times of economic crisis. Import substitution aims to increase national goods' competitiveness and export potential in the world food market. The purpose of this study is to study and select the most promising and adapted to the conditions of the Orenburg region potato hybrids from the breeding material of FSBSI (Federal State Budgetary Scientific Institution) "South Ural Research Institute (Research Institute) of Horticulture and Potato Production". The research was conducted by the Methodology of Potato Crop Research (1967), International Classifier of CMEA (Council for Mutual Economic Assistance) (1984), Methodological Recommendations on the Methodology of Breeding Processes for Potato Crop (1980). The authors studied the potential of yield formation and infestation by the main common pathogens in potato breeding hybrids were carried out on the irrigated plot of K(F)X (peasant farm) "Khomutsky V.I.". Perevolotsk district of Orenburg region in the period from 2019 to 2021. For the experimental plot, the soil cover was southern medium-humus medium-poddy chernozem. Of the 19 hybrids studied, only 21 % produced yields higher than those of the standard variety in the 3-year trials. The remaining hybrids, 79 %, show much lower yields. During the same period, 26 % of the hybrids studied were affected by common pathogens. The maximum damage of potato tubers by table rot was found in breeding hybrids 13.20.101 (5.1 %), 13.10.11 (4.5 %) and M 14.16.25 (3.3 %), common scab - 13.32.1 (26.5 %), M 14.18.99 (18.3 %) and 13.20.9 (17 %). As a result, the authors identified promising potato breeding material for further work. This hybrid is Olninsk13.30.2 (38.1 t/ha), 10.76.1 (60.9 t/ha), M 14.07.08 (38.1 t/ha), M 14.07.6 (51.1 t/ha). It combines low pathogen infestation and higher yields compared to other hybrids.

В нашей стране картофель занимает ведущее место по качественным показателям, питательности и пригодности к переработке. Например, картофельный белок хорошо известен своими питательными, эмульгирующими и антиоксидантными свойствами, которые делают его ценным источником белка для пищевой промышленности [1]. Клубни картофеля богаты также пищевыми волокнами, содержат медь, магний, фосфор, калий, селен, натрий, цинк, ниацин, витамины B₆, C, K [2–3]. Заявленная селекционерами потенциальная продуктивность картофеля достигает 50–90

т/га, но фактическая урожайность значительно ниже. Основным источником потерь урожая – болезни, вредители и неблагоприятные условия возделывания, которые могут снизить урожайность на 20–40% [4–5].

В хозяйствах Оренбургской области преимущественно возделываются импортные сорта картофеля, которые плохо приспособлены к региональным условиям [6]. Из-за высокой стоимости сельскохозяйственной техники, средств защиты, минеральных удобрений производитель не в состоянии повлиять на урожайность картофеля, которая за послед-

ние 5 лет в среднем не превышает 20 т/га и подвержена значительным колебаниям по годам [4, 6].

Цель исследований состоит в изучении и отборе наиболее перспективных и адаптированных к условиям Оренбургской области гибридов картофеля из селекционного материала ФГБНУ «Южно-Уральский НИИ садоводства и картофелеводства».

Агроклиматические условия Оренбургской области позволяют обеспечить высокую урожайность картофеля на орошении, но в настоящее время наблюдается тенденция к снижению площадей посадки и качества клубней на фоне увеличения спроса на данную продукцию. В этой связи остаётся актуальным решение проблемы совершенствования сортового состава картофеля для данного региона.

Сокращение длительности селекционного процесса в основном лимитируется максимальным проявлением и стабильностью признаков в первых поколениях вегетационного размножения. Ранний отбор по урожайности среди сеянцев первого года нежелателен, так как определяющий урожай признак – число стеблей на растение – формируется лишь после нескольких поколений. Кроме того, между числом клубней и средней урожайностью существует положительная корреляция [7]. В настоящее время нет однозначного ответа на вопрос, начиная с какой стадии селекционного процесса можно получать достоверные данные по отбору гибридных растений по продуктивности. Наиболее перспективным подходом, позволяющим судить о ценности селекционного материала, является предварительная оценка гибридов по основным хозяйственно-ценным признакам и поражаемости патогенами. Данные, полученные в результате 2–3-летнего исследования, дают возможность достоверно судить о целевом назначении гибридов.

На урожайность картофеля влияют 5 основных факторов: скорость развития растения, количество полностью функционирующей листовой ткани, продолжительность её функционирования, продуктивность и скорость формирования клубней. Наблюдая степень проявления основных факторов в оптимальных условиях прорастания картофеля и под воздействием тех или иных стрессов, можно в короткие сроки отобрать наиболее перспективные генотипы для данного региона.

Нами осуществлен сравнительный анализ сочетания значимых признаков у 19 селекционных гибридов, позволивший выделить формы с ярко выраженным и стабильным проявлением хозяйственно-ценных признаков.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследования были сорт-стандарт Невский и 19 селекционных гибридов картофеля среднеранней группы спелости – 14.26.5, М 14.18.99, 13.07.7, 13.20.9, 13.20.99, М 14.16.25, Ольгинск 13.30.2, М 14.17.48, 13.10.11, 10.67, 10.76.1, 12.2.8, М 14.21.11, 95.5.2-5, 13.32.1, М 14.13, М 14.07.08, М 14.07.6, 13.20.101.

Исследования проводили на орошаемом участке К(Ф)Х «Хомутский В.И.» Переволоцкого района в 2019–2021 гг. Предшественник – пар чёрный. Ежегодно вносили калийные удобрения, общая норма – $N_{75}P_{120}K_{112}$.

Посадку картофеля осуществляли четырёхрядной картофелесажалкой GRUSE FL-20KLZ с междурядьями 0,75 м и полугребневой заделкой клубней. Дата посадки в 2019 и 2021 гг. – 15 мая, в 2020 г. – 18 мая. Площадь делянки составила 140 м², учётная площадь – 70 м² (длина 50 м, ширина 1,4 м).

Расположение вариантов в повторении систематическое.

Учет болезней проводился по ГОСТ 29267-91, ГОСТ Р 55329-2012 (ИФА–тест), Методическим указаниям по поддержанию и изучению мировой коллекции картофеля ВИР (2010). Основные селекционные исследования проведены в соответствии с Методикой исследований по культуре картофеля (1967), Международным классификатором СЭВ (1984), Методическими рекомендациями по методике ведения селекционного процесса по культуре картофеля (1980).

Статистический анализ результатов исследований выполняли по методике Б.А. Доспехова [8] с помощью офисного программного комплекса Microsoft Office с применением программы Excel (Microsoft Office, США).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По данным климатического мониторинга, май 2021 г. оказался аномально жарким. За 2019–2021 гг. температура воздуха в мае ва-

рьировала от +4°C (6 мая) до +41°C (24 мая). Средняя температура воздуха в мае 2021 г. превысила норму на 3-7°C. Температура воздуха в июне варьировала от +10°C до +36°C, в июле от +10°C до +39°C, в августе от +7°C до +40°C [9].

В вегетационный период 2020 г. температура воздуха достигала отметки +35 °C и была выше нормы на 3,1°C. Максимальное количество осадков отмечено в мае – 54 мм и в июне – 60 мм, но в целом в 2020 г. выпало осадков на 17 мм меньше нормы [10].

Условия для роста и развития растений в вегетационный период 2019 г. были благоприятными. Осадков выпало на 54 мм больше нормы, температура воздуха была ниже нормы на 0,6°C [11].

Лучшими для условий Оренбургской области считаются селекционные гибриды со следующими признаками растений: растение полу- и прямостоячее, высокое или средней высоты, тип облиственности промежуточный или стеблевой; клубень округлый или удлиненный, с очень мелкой или мелкой глубиной глазков, с красной и белой окраской кожуры, с белой или желтой мякотью (таблица).

Морфологические признаки изучаемых селекционных гибридов

Morphological traits of the studied breeding hybrids

Селекционные гибриды	Морфологические признаки	
	растение	клубень
M14.18.99, 13.20.99, M14.16.25	Прямостоячее. Средней высоты. Тип облиственности стеблевой	Удлиненно-овальный, глубина глазков очень мелкая, окраска кожуры частично красная, окраска мякоти желтая
14.26.5, 95.5.2-5,	Раскидистое. Высокое. Тип облиственности промежуточный	Овально-округлый, глубина глазков мелкая, окраска кожуры желтая, окраска мякоти желтая
13.07.7, 13.20.9	Прямостоячее. Средней высоты. Тип облиственности стеблевой	Овально-округлый, глубина глазков средняя, окраска кожуры светло-бежевая, окраска мякоти желтая
10.76.1, 12.2.8, M 14.07.08	Раскидистое. Средней высоты. Тип облиственности стеблевой	Округлый, глубина глазков мелкая, окраска кожуры светло-бежевая, окраска мякоти желтая

Ольнинск 13.30.2, М 14.17.48, 13.20.101	Раскидистое. Низкое. Тип облиственности стеблевой	Овально-округлый, глубина глазков мелкая, окраска кожуры светло-бежевая, окраска мякоти белая
10.67, М 14.21.11, М 14.07.6	Полупрямостоячее. Средней высоты. Тип облиственности стеблевой	Удлиненный, глубина глазков мелкая, окраска кожуры частично красная, окра- ска мякоти светло-жёлтая
13.10.11, 13.32.1, М 14.13,	Полупрямостоячее. Средней высоты. Тип облиственности промежуточный	Удлиненный, глубина глазков очень мелкая, окраска кожуры частично крас- ная, окраска мякоти светло-жёлтая

По органолептическим качествам практически все изучаемые гибриды имели высокие показатели, за исключением М 14.21.11 – 3 балла. Наилучшую дегустационную оценку получили варианты Ольнинск 13.30.2, М 14.07.6 (5 баллов), 10.76.1 (4,5 балла), М 14.13 (4,7 балла).

За время исследования особое внимание уделялось таким показателям, как урожайность и товарность картофеля, в среднем за 3 года исследования по данным показателям выделились следующие гибриды: Ольнинск 13.30.2 (38,1 т/га), 10.76.1 (60,9 т/га), М 14.07.08 (38,1 т/га), М 14.07.6 (51,1 т/га), у остальных урожайность колебалась от 3,9 до 36,1 т/га, а товарность от 44,3 до 94,7 % (рис. 1).

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа по факторам «гибрид», «год»

и взаимодействию «гибрид-год» в условиях опытного участка показали достоверные различия между изученными гибридами по всем признакам (урожайность, товарность, поражаемость) для 5 %-го уровня значимости. По фактору «гибрид» полученные значения F составили 8,10–38,30 при стандартном значении критерия Фишера $F_{ст}$ 1,49; по фактору «год» – 6,90–156,50 при $F_{ст}$ 2,99; по взаимодействию «гибрид-год» – 1,40–10,50 при $F_{ст}$ 1,35. Дисперсионный анализ также позволил установить, что влияние генотипа всегда выше, чем влияние условий года выращивания.

Сравнительное изучение гибридов, не показывающих и показывающих симптомы поражения основными распространенными патогенами, позволило определить разную степень негативного влияния патогенов

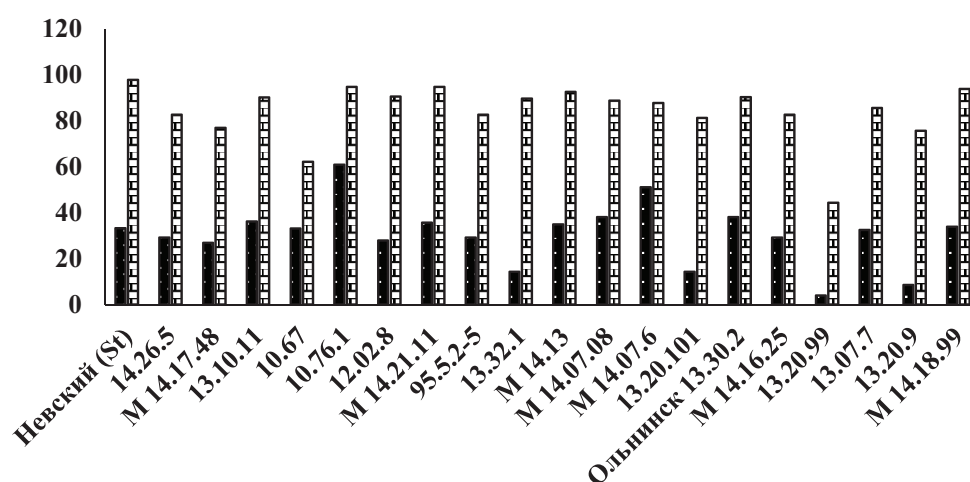


Рис. 1. Урожайность и товарность гибридов картофеля в среднем за 2019–2021 гг.

Fig. 1. Yield and marketability of potato hybrids on average for 2019–2021.

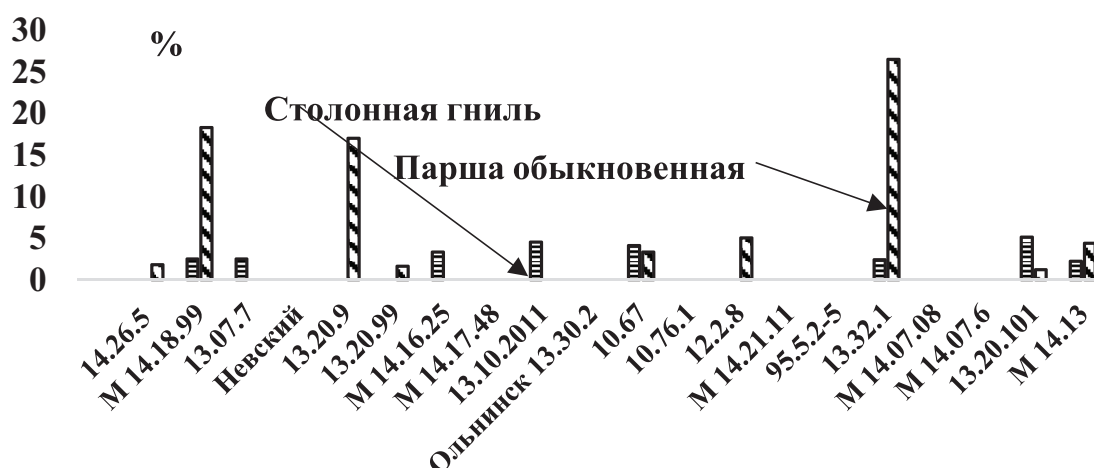


Рис. 2. Поражаемость селекционных гибридов картофеля распространенными патогенами (2019–2021 гг.)

Fig. 2. Infestation of breeding potato hybrids by common pathogens (2019–2021)

на формирование урожая клубней картофеля. Так, гибриды Ольгинск 13.30.2, 10.76.1, М 14.07.08, М 14.07.6, не проявляющие симптомы болезней, показали высокую урожайность. Нами было сделано предположение, что данные гибриды обладают толерантностью к парше обыкновенной и столонной гнили. Толерантность в представленном случае проявилась в виде устойчивости к негативному влиянию патогенов на продуктивность растений. Максимальное поражение клубней картофеля столонной гнилью отмечалось у селекционных гибридов 13.20.101 (5,1 %), 13.10.11 (4,5 %) и М 14.16.25 (3,3 %), паршой обыкновенной – 13.32.1 (26,5 %), М 14.18.99 (18,3 %) и 13.20.9 (17,0 %). Поражение клубней стандартного сорта Невский отсутствовало (рис. 2).

Поражаемость вирусами считается наиболее опасной и ежегодно обнаруживается в разных странах, потери урожая от них составляют от 20 до 90% [12–13], вирусы способны поражать как культурный, так и дикий картофель [14–15]. В своей работе A.V. Karasev, S.M. Gray [16] указывают, что потери зависят от сорта, количества заражённых растений в поле, времени инфицирования и ряда других факторов.

В ходе проведенных исследований у всех изученных гибридов не наблюдались патогены

ПВХ и PVY, за исключением стандартного варианта Невский.

Трёхлетний период исследований селекционных гибридов позволил оценить их стрессоустойчивость и возможности роста и накопления урожая при неблагоприятных условиях среды, таких как экстремально жаркая и сухая погода и развитие болезней. Учитывая это, нами во время селекционного процесса определены достаточно продуктивные гибриды с низкой поражаемостью патогенами.

ВЫВОДЫ

1. В результате комплексного трехлетнего исследования селекционных гибридов выявлены лучшие по значимым качественным и количественным признакам растений: Ольгинск 13.30.2 (38,1 т/га), 10.76.1 (60,9 т/га), М 14.07.08 (38,1 т/га), М 14.07.6 (51,1 т/га), сочетающие в себе высокую продуктивность и низкую поражаемость основными болезнями.

2. Полученные результаты можно рассматривать как первоначальный этап поиска перспективных для селекции гибридов и характеристики их адаптивных свойств, связанных с формированием урожайности.

Исследования выполнены в соответствии с планом НИР на 2019–2021 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ 0761-2019-0011).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Bártová V., Bárta J., Jarošová M. Antifungal and antimicrobial proteins and peptides of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers and their applications // *Appl Microbiol Biotechnol.* – 2019. – Vol. 103(14). – P. 5533–5547. – DOI: 10.1007/s00253-019-09887-9. Epub 2019 May 29. PMID: 31144014.
2. *Mechanisms* and recent advances in biological control mediated through the potato rhizosphere / S. D'Allo, A. Crépin, C. Barbey [et al.] // *FEMS Microbiol Ecol.* – 2011. – Vol. 75(3). – P. 351–364. – DOI: 10.1111/j.1574-6941.2010.01023.x. Epub 2011 Jan 12. PMID: 21204870.
3. Agarwal S., Fulgoni V.L. Intake of Potatoes Is Associated with Higher Diet Quality, and Improved Nutrient Intake and Adequacy among US Adolescents: NHANES 2001-2018 // *Analysis. Nutrients.* – 2021. – Vol. 13(8). – P. 2614. – DOI: 10.3390/nu13082614. PMID: 34444775; PMCID: PMC8400280.
4. Мушинский А.А., Аминова Е.В., Саудабаева А.Ж. Подбор сортов картофеля для почвенно-климатических условий в Оренбургской области на орошении // *Известия НВ АУК.* – 2019. – № 2(54). – С. 105–112. – DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-12.
5. Camire M.E., Kubow S., Donnelly D.J. Potatoes and Human Health, Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2009. – Vol. 49, N 10. – P. 823–840. – DOI: 10.1080/10408390903041996.
6. Мушинский А.А., Аминова Е.В., Саудабаева А.Ж. Толерантность сортов картофеля к *Streptomyces scabies* и *Fusarium oxysporum* в орошаемых условиях Оренбургской области // *Известия Самарской ГСХА.* – 2019. – № 4. – С. 8–12. – DOI: 10.12737/33172.
7. Khalid Zaheer, M. Humayoun Akhtar. Potato Production, Usage, and Nutrition—A Review // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.* – 2016. – Vol. 56, N5. – P. 711–721. – DOI: 10.1080/10408398.2012.724479.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований). – Изд. 6-е, стер. – Москва: Альянс, 2011. – 350 с.
9. *Агрометеорологический декадный бюллетень по Оренбургской области за 2021 год* / Оренбургский ЦГМС – филиал ФГБУ «Приволжское УГМС». – Оренбург, 2021. – 170 с.
10. *Агрометеорологический декадный бюллетень по Оренбургской области за 2020 год* / Оренбургский ЦГМС – филиал ФГБУ «Приволжское УГМС». – Оренбург, 2020. – 169 с.
11. *Агрометеорологический декадный бюллетень по Оренбургской области за 2019 год* / Оренбургский ЦГМС – филиал ФГБУ «Приволжское УГМС». – Оренбург, 2019. – 168 с.
12. Jones R. Virus disease problems facing potato industries worldwide: viruses found, climate change implications rationalizing virus strain nomenclature and addressing the potato virus Y issue // *The Potato, botany, production and uses* / Ed. Navarre R. and Pavec M. – Washington State University, 2014. – P. 202–225.
13. *Potato Pathogens in Russia's Regions: An Instrumental Survey with the Use of Real-Time PCR/RT-PCR in Matrix Format* / A. Malko, P. Frantsuzov, M. Nikitin [et al.] // *Pathogens.* – 2019. – Vol. 8 (1). – P. 18. – DOI: 10.3390/pathogens8010018.
14. First report of seed-borne cherry leaf roll virus in wild potato, *Solanum maculatum*, from South America / J. Crosslin, K.C. Eastwell, C.M. Davitt, J.A. Abad // *Plant Disease.* – 2010. – Vol. 94. – P. 782.
15. Широко распространенные и потенциально опасные для российского агропроизводства возбудители вирусных болезней картофеля / Е.В. Рогозина, Н.В. Мироненко, О.С. Афанасенко, Ю. Мацухито // *Вестник защиты растений.* – 2016. – № 4. – С. 24–33.
16. Karasev A.V., Gray S.M. Continuous and emerging challenges of Potato virus Y in potato // *Annu. Rev. Phytopathol.* – 2013. – Vol. 51. – P. 571–586. – DOI: 10.1146/annurev-phyto-082712-102332.

REFERENCES

1. Bártová V., Bárta J., Jarošová M., Antifungal and antimicrobial proteins and peptides of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers and their applications, *Appl Microbiol Biotechnol.*, 2019, Vol. 103(14), pp. 5533–5547, DOI: 10.1007/s00253-019-09887-9. Epub 2019 May 29. PMID: 31144014.

2. Diallo S., Crépin A., Barbey C., Orange N., Burini J.F., Latour X., Mechanisms and recent advances in biological control mediated through the potato rhizosphere, *FEMS Microbiol Ecol.*, 2011, Vol. 75(3), pp. 351–64, DOI: 10.1111/j.1574-6941.2010.01023.x. Epub 2011 Jan 12. PMID: 21204870.
3. Agarwal S., Fulgoni V.L., Intake of Potatoes Is Associated with Higher Diet Quality, and Improved Nutrient Intake and Adequacy among US Adolescents: NHANES 2001-2018, *Analysis. Nutrients*, 2021, Vol. 13 (8), pp. 2614, DOI: 10.3390/nu13082614. PMID: 34444775; PMCID: PMC8400280.
4. Mushinskiy A.A., Aminova E.B., Saudabaeva A.Zh., *Izvestija NV AUK*, 2019, No. 2(54), pp. 105–112, DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-12. (In Russ.)
5. Camire M.E., Kubow S., Donnelly D.J., *Potatoes and Human Health, Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2009, Vol. 49, No. 10, pp. 823-840, DOI: 10.1080/10408390903041996.
6. Mushinskiy A.A., Aminova E.B., Saudabaeva A.Zh., *Izvestija Samarskoj GSHA*, 2019, No.4, pp. 8–12, DOI 10.12737/33172. (In Russ.)
7. Khalid Zaheer, M. Humayoun Akhtar, Potato Production, Usage, and Nutrition – A Review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2016, Vol. 56, No. 5, pp. 711 -721, DOI: 10.1080/10408398.2012.724479.
8. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta: (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* (Field experiment methodology: (with the basics of statistical processing of research results)), Moscow: Al'yans, 2011, 350 p.
9. *Agrometeorologicheski jdekadnyj bjulleten' po Orenburgskoj oblasti za 2021 god* (Agrometeorological Decade Bulletin for the Orenburg Region for 2021), Orenburg, 2021, 170 p. (In Russ.)
10. *Agrometeorologicheskij dekadnyj bjulleten' po Orenburgskoj oblasti za 2020 god* (Agrometeorological Decade Bulletin for the Orenburg Region for 2020), Orenburg, 2020, 169 p. (In Russ.)
11. *Agrometeorologicheskij dekadnyj bjulleten' po Orenburgskoj oblasti za 2019 god* (Agrometeorological Decade Bulletin for the Orenburg Region for 2019), Orenburg, 2019, 168 p. (In Russ.)
12. Jones R. Virus disease problems facing potato industries worldwide: viruses found, climate change implications rationalizing virus strain nomenclature and addressing the potato virus Y issue, *The Potato, botany, production and uses*, Moscow, 2014, Washington State University, pp. 202–225.
13. Malko A., Frantsuzov P., Nikitin M. et al., Potato Pathogens in Russia's Regions: An Instrumental Survey with the Use of Real-Time PCR/RT-PCR in Matrix Format, *Pathogens.*, 2019, Vol. 8 (1), pp. 18, DOI:10.3390/pathogens8010018.
14. Crosslin J. Eastwell K.C., Davitt C.M., Abad J.A., First report of seed-borne cherry leaf roll virus in wild potato, *Solanum macaule*, from South America, *Plant Disease*, 2010, Vol. 94., pp. 782.
15. Rogozina E.V., Mironenko N.V., Afanasenko O.S., Macuhito Ju., *Vestnik zashhity rastenij*, 2016, No. 4, pp. 24–33. (In Russ.)
16. Karasev A.V., Gray S.M. Continuous and emerging challenges of Potato virus Y in potato, *Annu. Rev. Phytopathol.*, 2013, No. 51, pp. 571–586, DOI 10.1146/annurev-phyto-082712-102332.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОТРАВИТЕЛЕЙ ИНСЕКТОФУНГИЦИДОВ В ПОДАВЛЕНИИ РИЗОКТОНИОЗА КАРТОФЕЛЯ В НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

¹Ю.В. Пилипова, доктор сельскохозяйственных наук, доцент

¹Е.М. Шалдяева, доктор биологических наук, профессор

¹О.В. Решетникова, магистрант НГАУ

²И.М. Горобей, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
РАН

¹Новосибирский государственный аграрный университет,
Новосибирск, Россия

²Сибирское региональное отделение РАН, Новосибирск, Россия
E-mail: ryuv260565@mail.ru

Ключевые слова: ризоктониоз, агроэкосистемы картофеля, семенная инфекция, протравитель, инсектофунгицид, развитие болезни, балл общей поражённости, биологическая эффективность, хозяйственная эффективность, урожайность

Реферат. *Научное исследование выполнено с целью установить влияние современных протравителей инсектофунгицидов Престиж и Респект на развитие ризоктониоза картофеля в агроэкосистемах культуры в регионе. Оценку эффективности препаратов проводили в условиях производственных посадок картофеля в ЗАО «Морские нивы» в период с 2015 по 2020 г. В условиях хозяйства семенные клубни в значительной степени (в среднем 38,5%) заселены склероциями гриба *R. solani*, что обеспечивает передачу патогена из года в год с посадочным материалом. В ходе исследования было установлено, что протравливание в 4 раза снижает заселённость клубней склероциальной формой возбудителя ризоктониоза, обеспечивая прерывание эпифитотического процесса. Инсектофунгициды защищали проростки картофеля уже на ранних стадиях роста и развития растений, снижая число погибших ростков картофеля в поле с 8,5 до 0,13%. Без протравливания семенных клубней ризоктониоз в хозяйстве на стеблях развивался в форме эпифитотии – распространённость находилась на уровне 72–88, а развитие заболевания – на уровне 27,1%, достигая в отдельные годы почти 40%. При применении протравливания развитие ризоктониоза на стеблях снизилось в 3 раза и не превышало 8,8%. Установлено снижение числа повреждённых столонов в 2,2 и опавших в 2,3 раза. Введение в технологию выращивания картофеля протравливания семенных клубней инсектофунгицидами позволило снизить общий балл поражения растений ризоктониозом в 6,8 раза, при этом защитное действие инсектофунгицидов Респект и Престиж было идентичным. Биологическая эффективность применения инсектофунгицидов составила 54,9–98,8, хозяйственная – 17,7–24,2%.*

EFFICIENCY OF INSECTOFUNGICIDE DRESSING AGENTS IN SUPPRESSING POTATO RHIZOCTONIOSIS IN THE NOVOSIBIRSK REGION

¹**Iu.V. Pilipova**, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor

¹**E.M. Shaldyaeva**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

¹**O.V. Reshethikova**, Master's student of NSAU

²**I.M. Gorobey**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor RAS

¹**Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia**

²**Siberian Regional Branch of RAS, Novosibirsk, Russia**

Keywords: *Rhizoctoniosis, potato agroecosystem, seed infection, seed dressing, insectofungicide, disease development, total infestation score, biological efficiency, economic efficiency, yield.*

Abstract. *The scientific research aims to establish the effect of modern insectofungicides Prestige and Respect on the development of potato rhizoctoniosis in agroecosystem crops in the region. The authors evaluated the effectiveness of the preparations under the conditions of production planting of potatoes in JSC "Sea Fields" during the period from 2015 to 2020. Under farm conditions, seed tubers are heavily (on average 38.5%) infested with sclerotia of the fungus R. Solani. Such requirements ensure that the pathogen is transmitted with the planting material yearly. During the study, the authors found that seed dressing reduced the infestation of tubers with the sclerotia form of the rhizoctoniosis pathogen by a factor of 4, thereby ensuring the interruption of the epiphytotic process. Insectofungicides protected potato seedlings already in the early plant growth and development stages. Insectofungicides reduced the number of dead potato seedlings in the field from 8.5% to 0.13%. Rhizoctoniosis in this farm developed on stalks in the form of an epiphytosis. Without seed tubers dressing, the prevalence of rhizoctoniosis was 72% to 88%. And the development of rhizoctoniosis disease was 27.1%, reaching almost 40% in some years. With the application of dressing, the growth of rhizoctoniosis on the stolons decreased by three times and did not exceed 8.8%. The number of damaged stolons was reduced by 2.2 times, and fallen stolons by 2.3 times. Introduction in the technology of growing potatoes dressing of seed tubers by insectofungicides allowed to reduce the total score of plants affected by rhizoctoniosis by 6.8 times. At the same time, the protective effect of insectofungicides Respect and Prestige was identical. The biological efficacy of insectofungicides ranged from 54.9% to 98.8%, while the economic efficiency was 17.7% to 24.2%.*

Устойчивое функционирование агро-экосистем картофеля в значительной степени зависит от своевременного и эффективного подавления комплекса вредных организмов культуры, который включает в условиях лесостепи Западной Сибири 18 экономически значимых видов [1], в том числе ризоктониоз. Заболевание практически ежегодно имеет эпифитотийное развитие в условиях региона.

Согласно эволюционно-экологической классификации, возбудитель ризоктониоза – гриб *Rhizoctonia solani* был отнесён к К-стратегам, а основными факторами выживания (сохранения) фитопатогена являются почва полей севооборота, в котором возделывают картофель, и семенные клубни [2].

Важным фактором, влияющим на патогенез заболевания, является численность пропагул гриба *R. solani* в почвах агроэкосистем картофеля, которая зависит от предшествующей культуры, насыщенности севооборота картофелем, супрессивности почв. Фактическая численность почвенной популяции возбудителя в регионе достигает до 50 пропагул на 100 г почвы, при ЭПВ, равном 0,2 пропагулы на 100 г почвы [3, 4].

В условиях региона семенные клубни бывают в значительной степени (до 20,8%) заселены склероциями гриба *R. solani*, что обеспечивает его передачу из года в год с посадочным материалом [5]. Многолетняя динамика заболевания в регионе стабильна по го-

дам и в среднем составляет на стеблях 30,8%, повреждённых и опавших столонах соответственно 14,1 и 7,0%, что подтверждает эпифитотийный характер развития ризоктониоза в Западной Сибири [5, 6].

Оптимизация технологии возделывания картофеля в отношении ризоктониоза включает мероприятия, направленные на снижение исходной численности фитопатогена в почве и на семенных клубнях. В первом случае это применение севооборота с интервалом возделывания картофеля 5–7 лет, подбор фитосанитарных предшественников, повышение супрессивности почвы за счёт использования сидератов и органических удобрений, посадка на оптимальную глубину – 8–10 см с последующим окучиванием; во втором – прогрев, проращивание семенных клубней и их протравливание [1, 5].

До недавнего времени такой приём, как протравливание семенного картофеля перед посадкой, использовался в хозяйствах региона крайне редко. Объективными причинами такой ситуации можно считать слабое развитие рынка техники для протравливания, повышение дополнительных затрат на производство культуры, а также то, что повреждение ризоктониозом картофеля происходит в ризосфере (ростки, стебли, столоны, клубни) и не всегда заметно в посадках. В настоящее время отечественный рынок пестицидов предлагает новый класс средств защиты – инсектофунгициды, привлекательность которых для картофелеводческих хозяйств заключается в их двойном эффекте: против комплекса фитофагов, включая проволочника и колорадского жука, и фитопатогенов, в том числе возбудителя ризоктониоза.

Цель исследования – оценить влияние современных протравителей инсектофунгицидов на развитие ризоктониоза картофеля в условиях региона.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в период с 2015 по 2020 г. в ЗАО «Морские нивы» Новосибирского района, Новосибирской области. Объекты исследования – технология возделывания картофеля, ризоктониоз, протравители Респект и Престиж.

Картофель в хозяйстве возделывается в овощном севообороте, предшественниками являются капуста, чистый пар. Возврат культуры на поле происходит не ранее чем через 5 лет. Глубина заделки семенных клубней в хозяйстве за годы исследования составила $9,90 \pm 0,92$ см.

В 2015 и 2017 гг. протравливание клубней перед посадкой в хозяйстве не применялось, в 2018 г. проводилось частично. В 2018 и 2019 гг. в качестве протравителя использовался препарат Респект, в 2020 г. – Престиж. Данные пестициды идентичны по действующим веществам и состоят из имидаклоприда (инсектицид) и пенцикурона (фунгицид). Пенцикурон имеет ярко выраженное системное действие. Фунгицид диффузно переходит в почву, формируя защитную зону вокруг клубня. При всасывании в растение ингибирует прорастание мицелия, биосинтез стерина и свободных жирных кислот гриба *R. solani*, заметно уменьшает содержание подвижных форм глюкозы [7].

Методы исследования – маршрутные обследования, клубневые анализы семенного материала и клубней нового урожая. Учёт поражённости подземных органов картофеля ризоктониозом осуществляли по шкале Франка [8]. В конце вегетации рассчитывали балл общей поражённости по пяти признакам:

$$X = [(\% \text{ погибших ростков} \times 5) + (\% \text{ повреждённых стеблей} \times \text{балл повреждения}) : 5 + (\% \text{ опавших столонов} \times 2) + (\% \text{ повреждённых столонов}) + (\text{весовой } \% \text{ непригодных клубней})] : 50;$$

где X – балл общей устойчивости; 2 и 5 – коэффициенты значимости [8].

Определение биологической урожайности осуществляли по общепринятым методикам [9].

Экспериментальные данные обрабатывали с использованием описательной статистики в Microsoft Excel.

Растения картофеля поражаются на протяжении всего периода вегетации, при этом ухудшаются количественные и качественные показатели элементов структуры урожая: густота всходов, число продуктивных столонов, количество, качество и масса клубней [12, 13].

В условиях производственных посадок изучали влияние инсектофунгицидов на распространённость и развитие ризоктониоза.



Рис. 1. Влияние протравливания на заселённость семенных клубней склероциями *R. solani*, ЗАО «Морские нивы»

Fig. 1. Effect of dressing on seed tuber infestation by *R. solani* sclerotia, CJSC Sea Fields.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Возбудитель ризоктониоза картофеля – грибок *R. solani* имеет широкие трофические связи в агро- и экосистемах, паразитируя на однолетних и многолетних растениях из 66 семейств, в числе которых сельскохозяйственные, сорные и дикорастущие растения [10, 11].

Органотропная специализация фитопатогена связана с повреждением подземных органов картофеля: ростков, стеблей, столонов и клубней, что делает его не всегда заметным и значимым для специалистов-картофелево-

На клубнях заболевание проявляется в форме сетчатого некроза, углублённой пятнистости или склероциев гриба («чёрная парша»). Основная масса склероциев формируется и интенсивно заселяет клубни с момента биологического старения растений картофеля и гибели сосудов. Клубневой инокулом в форме склероциев играет важную роль в патогенезе ризоктониоза, особенно на начальных этапах роста и развития картофеля [11, 14, 15].

В ходе исследования было установлено, что протравливание положительно сказалось на качестве выращиваемых клубней, значи-

тельно освобождая их от возбудителя ризоктониоза (рис. 1).

До применения инсектофунгицидов заселённость семенного материала склероциями фитопатогена в хозяйстве находилась на уровне $40,6 \pm 11,4\%$. После введения в технологию протравливания показатель снизился до $10,1 \pm 5,9\%$. Так, протравливание клубней перед посадкой обеспечило прерывание выживаемости гриба *R. solani* на семенном материале – одном из основных факторов эпифитотического процесса заболевания.

Вредоносность ризоктониоза, прежде всего, связана с поражением ростков картофеля: гифы гриба проникают в почки глазков,

на ранних стадиях роста и развития растений. Так, без протравливания семенных клубней погибшие ростки составили в среднем $8,5 \pm 4,3\%$, а при использовании инсектофунгицидов – $0,10 \pm 0,04\%$.

На стеблях картофеля ризоктониоз развивается в виде сухой язвенной гнили, что при значительном повреждении фитопатогеном приводит к частичному или полному перегниванию подземной части стебля. Максимальное поражение стеблей тесно связано с фазой развития растений: нарастание заболевания наблюдалось в фазу всходов и начале бутонизации, когда основное количество ассимилятов используется растением на

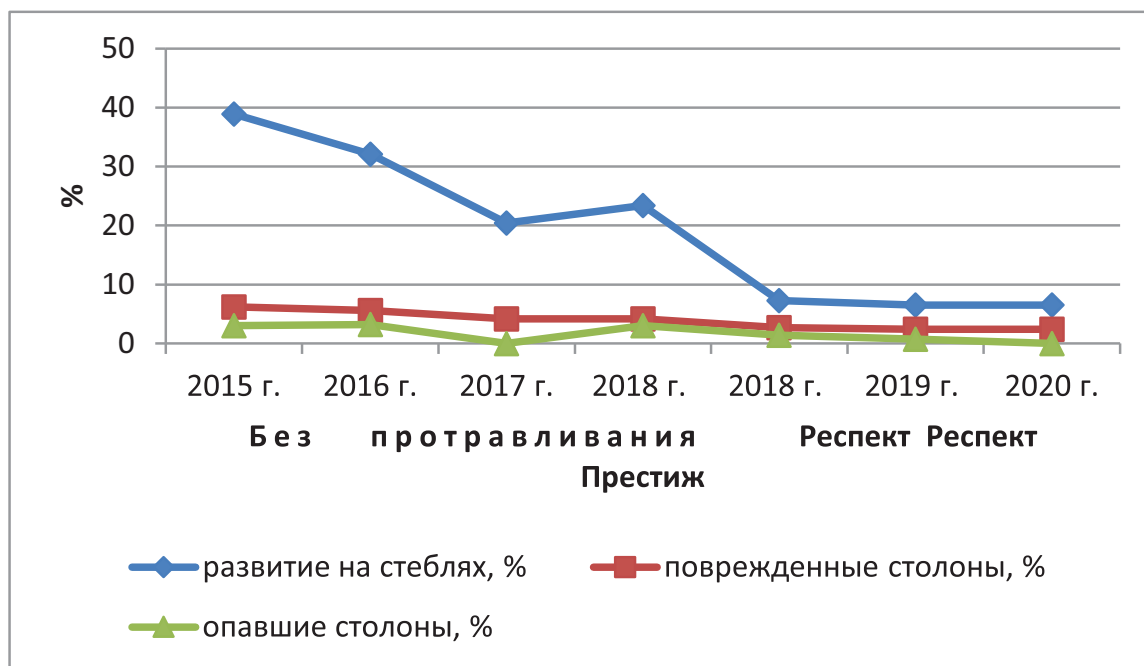


Рис. 2. Влияние протравливания семенных клубней на развитие ризоктониоза, ЗАО «Морские нивы»
Fig. 2. Effect of seed tubers dressing on Rhizoctoniosis development, CJSC Sea Fields

заражая развивающиеся проростки картофеля. Механизм действия гриба *R. solani* на ростки картофеля следующий: гриб повреждает главный росток, после чего пробуждается спящий глазок второго и третьего порядка. Такое повреждение ростков снижает урожай на 4,7–17,8% [14].

В ходе исследования было установлено, что протравливание инсектофунгицидами эффективно защищало проростки картофеля

создание фотосинтетического аппарата и наращивание вегетативной массы.

Без протравливания ризоктониоз на стеблях картофеля развивался в форме эпифитотии, в среднем развитие заболевания на стеблях составляло $27,1 \pm 4,7\%$, а распространённость – 72–88%. В то же время применение инсектофунгицидов позволило стабилизировать и снизить развитие болезни в несколько

раз, защищая растения на протяжении всего периода вегетации (рис. 2).

Повреждение столонов картофеля также является вредоносным, поскольку приводит к частичному их повреждению или полной гибели (опавшие столоны). Развитие ризоктониоза на столонах картофеля приводит к образованию мелких, зачастую деформированных клубней, которые формируются иногда без столона вокруг стебля («сидячие клубни»). Опавшие столоны не образуют клубней вообще.

В ходе исследования установлено, что применение протравителей инсектофунгици-

дов позволило снизить число повреждённых столонов в 2,2, а опавших – в 2,3 раза.

Для оценки развития ризоктониоза картофеля в хозяйстве без протравливания и при использовании инсектофунгицидов нами был использован комплексный показатель – балл общей поражённости [8], который учитывает патогенез заболевания на протяжении всей вегетации: число погибших ростков, поражение стеблей и столонов, число клубней нового урожая со склероциями гриба *R. solani*.

В условиях производства картофеля такой показатель позволяет оценить как развитие заболевания в динамике на протяжении всего вегетационного периода, так и эффек-

Таблица 1

Влияние протравителей-инсектофунгицидов на поражённость картофеля ризоктониозом,

ЗАО «Морские нивы» (в среднем за 2015–2020 гг.)

Effect of insectofungicides on the infestation of potatoes by Rhizoctoniosis, CJSC Sea Fields, (average per year)

Показатели	Без протравливания	Протравливание (Респект, Престиж)	НСР _{0,5}
Погибшие ростки	8,5	0,1	4,1
Развитие болезни	27,1	8,8	5,9
Повреждённые столоны	5,1	2,3	2,31
Опавшие столоны	2,7	0,7	2,57
Склероции на клубнях нового урожая	40,6	10,1	12,03
Балл общей поражённости	2,98	0,44	-

Таблица 2

Эффективность применения протравливания инсектофунгицидами против ризоктониоза, ЗАО «Морские нивы» (2015–2020 гг.)

Effectiveness of insectofungicide dressing against Rhizoctoniosis, CJSC Sea Fields (2015–2020)

Показатели	Биологическая эффективность, %	Хозяйственная эффективность, т/га / %
Погибшие ростки	98,8	-
Развитие заболевания на стеблях	67,5	-
Повреждённые столоны	54,9	-
Опавшие столоны	91,5	-
Склероции на клубнях нового урожая (покрывающие 1/10 – 1/2 поверхности клубня)	75,1	-
Сорт Розара	-	4,6 / 24,0
Сорт Айл оф Джера	-	5,5 / 17,7

тивность отдельных элементов технологии возделывания культуры – протравливания, сорта, глубины заделки и т.д. (табл. 1).

Установлено, что до внедрения протравливания семенных клубней перед посадкой ризоктониоз на полях хозяйства развивался ежегодно в форме эпифитотии. При этом выращенный урожай всегда содержал значительный запас инфекции гриба *R. solani* в виде склероциев, покрывающих от 1/10 до 1/2 поверхности клубня, что обеспечивало циклическую передачу инфекционного начала из года в год. Применение протравителей инсектофунгицидов сохраняло фунгицидный эффект начиная с ранних фаз развития картофеля и до уборки. Общий балл поражения ризоктониозом от применения препаратов Респект и Престиж снизился в 6,8 раза, при этом защитное действие пестицидов было идентичным.

Результатом проведённого исследования стал расчёт биологической и хозяйственной эффективности влияния обработки семенных клубней инсектофунгицидами на развитие ризоктониоза картофеля (табл. 2).

Из приведенных данных видно, что после введения в технологию возделывания картофеля такого фитосанитарного элемента, как протравливание, практически отсутствуют погибшие ростки, существенно снижено раз-

витие заболевания на стеблях и столонах, получена стабильная прибавка урожая клубней, свободных от склероциев фитопатогена.

ВЫВОДЫ

1. Ризоктониоз картофеля в условиях хозяйства до использования предпосадочного протравливания развивался в форме эпифитотии: число погибших от фитопатогена ростков составляло в среднем 8,5%, развитие заболевания на стеблях – 27,1% (достигая в отдельных случаях более 40%), число повреждённых столонов – в среднем 5,1, а опавших – 2,7%. Постоянным возобновляющимся фактором эпифитотического процесса являлись семенные клубни, инфицированные склероциями гриба *R. solani* – в среднем 40,6%.

2. Современные протравители с инсектофунгицидным действием Респект и Престиж достоверно снижали развитие ризоктониоза картофеля на протяжении всей вегетации культуры, а также способствовали оздоровлению от возбудителя выращенного урожая: биологическая эффективность применения пестицидов составляла 54,9–98,8% в разные периоды онтогенеза картофеля. Общий балл поражения растений ризоктониозом снизился в хозяйстве в 6,8 раза. Получена прибавка урожая на уровне 17,7–24,2%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пилипова Ю.В., Шалдяева Е.М. Мониторинг вредных организмов как основа фитосанитарной оптимизации агроэкосистем картофеля // Инновации и продовольственная безопасность. – 2019. – №1. – С. 42–51.
2. Торопова Е.Ю., Стецов Г.Я., Чулкина В.А. Эпифитотиологические основы систем защиты растений: монография. – Новосибирск, 2002. – 578 с.
3. Коняева Н.М., Шалдяева Е.М. Плотность популяции *Rhizoctonia solani* в почве при различном насыщении севооборотов картофелем // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 1988. – № 3. – С. 30–34.
4. Совершенствование методики и оценка на устойчивость к ризоктониозу перспективных сортов и гибридов картофеля / Н.М. Коняева, Г.П. Шушакова, Ю.В. Пилипова, Н.Н. Енина // Селекция и семеноводство сельскохозяйственных культур: сб. науч. тр. / РАСХН. Сиб. отд-ние. – Новосибирск, 1996. – С. 109–119.

5. Шалдяева Е.М., Пилипова Ю.В. Вредные организмы агроэкосистем картофеля лесостепи Западной Сибири и их эволюционно-экологические адаптации // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2017. – №1. – С. 64–74.
6. Пилипова Ю.В., Шалдяева Е.М., Чулкина В.А. Патогенез ризоктониоза картофеля при разных факторах передачи возбудителя // Вестник защиты растений. – 2004. – №2. – С. 62–67.
7. *Pesticidy.ru*: Престиж (КС), Респект (КС) [Электронный ресурс].– Режим доступа: <http://www.pesticidy.ru> (Дата обращения: 15.02.2021).
8. Frank J.A., Leach S.S., Webb R.A. Evaluation of potato clone reaction to *Rhizoctonia solani* // *Plant Dis. Rep.* – 1976. – Vol. 60, N 11. – P. 910–912.
9. Методика исследований по культуре картофеля. – М.: НИИКХ, 1967. – 264 с.
10. Baker K.F., Parmeter J.R., Ed Jr. Types of *Rhizoctonia* disease and their occurrence // *Rhizoctonia solani: biology and pathology*. – University of California Press, Barkeley, 1970. – P. 125–148.
11. Carling D.E., Leiner R.H., Westphale P.C. Symptoms, sings and yield reduction associated with *Rhizoctonia* disease on potato induced by tuber-borne inoculum of *Rhizoctonia solani* and Ag-3 // *American Potato J.* – 1898. – Vol. 66. – P. 693–701.
12. Шалдяева Е.М., Пилипова Ю.В. Современные методы мониторинга возбудителя ризоктониоза // Фитосанитарное оздоровление экосистем: материалы II Всерос. съезда по защите растений (5–10 декабря 2005 г., С.-Петербург). – СПб., 2005. – Т. 1. – С. 120–121.
13. Пилипова Ю.В., Шалдяева Е.М. Формирование элементов структуры урожая картофеля в лесостепи Западной Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2015. – № 6. – С. 32–39.
14. Шалдяева Е.М., Пилипова Ю.В. Мониторинг ризоктониоза в агроэкосистемах картофеля Западной Сибири: монография. – Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск, 2006. – 196 с.
15. Кузнецова Л.А. Влияние ризоктониоза на прорастание клубней картофеля // Защита и карантин растений. – 2005. – № 1. – С. 45.

REFERENCES

1. Pylypova Ju.V., Shaldjaeva E.M., *Ynnovacyy u prodovolstvennaja bezopasnost*, 2019, No. 1, pp. 42–51. (In Russ.)
2. Toropova E.Yu., Stetsov G.Ya., Chulкина V.A., *Epifitotologicheskiye osnovy system zashchity rasteniy* (Epiphytological foundations of plant protection systems), Novosibirsk, 2002, 578 p.
3. Konjaeva N.M., Shaldjaeva E.M., *Sybyrskiy vestnyk selskhozjajstvennoj nauky*, 1988, No. 3, pp. 30–34. (In Russ.)
4. Konjaeva N.M., Shushakova G.P., Pylypova Ju.V., Enyna N.N., *Selekcyja y semenovodstvo selskhozjajstvennyyh kultur* (Selection and seed production of agricultural crops), Sbornyknauch. trudov SO RASHN, Novosibirsk, 1996, pp. 109–119. (In Russ.)
5. Shaldjaeva E.M., Pylypova Ju.V., *Sybyrskiy vestnyk selskhozjajstvennoj nauky*, 2017, No. 1, pp. 64–74. (In Russ.)
6. Pylypova Ju.V., Shaldjaeva E.M., Chulkyna V.A., *Vestnyk zashhyty rasteniy*, 2004, No. 2, pp. 62–67. (In Russ.)
7. <http://www.pesticidy.ru>.
8. Frank J.A., Leach S.S., Webb R.A., Evaluation of potato clone reaction to *Rhizoctonia solani*, *Plant Dis. Rep.*, 1976, Vol. 60, No. 11, pp. 910–912.
9. *Metodyka yssledovanyj po kul'ture kartofelja* (Methods of research on potato culture), Moscow, NYUKH, 1967, 264 p.
10. Baker K.F., Types of *Rhizostonia* disease and their occurrence, *Rhizostonia solani: biology and pathology*, J.R. Parmeter, Jr. Ed. University of California Press. Barkeley, 1970, pp. 125–148.

11. Carling D.E., Leiner R.H., Westphale P.C., Symptoms, signs and yield reduction associated with Rhizoctonia disease on potato induced by tuber-borne inoculum of Rhizoctonia solani and Ag-3, *American Potato J.*, 1898, Vol. 66, pp. 693–701.
12. Shaldjaeva, E.M., Pylypova Ju.V., *Fytosanytarnoe ozdorovlenye ekosystem* (Phyto-sanitary improvement of ecosystems), *Materyalyy II Vserossyjskogo sezda po zashhyte rastenyj* (5-10 December, 2005), Sankt-Peterburg, 2005, T. 1, pp. 120–121. (In Russ.)
13. Pilipova Ju.V., *Sibirskij vestnik sel'skhozjajstvennoj nauki*, 2015, No. 6, pp. 32–39. (In Russ.)
14. Shaldjaeva E.M., Pylypova Ju.V., *Monytoryng ryzoktonyoza v agroэcosystemah kartofelja Zapadnoj Sybyry* (Monitoring of black scurf of potato in potato agroecosystems of Western Siberia), Novosibirsk, 2006, 196 p.
15. Kuznecova L.A., *Zashhyta y karantyn rastenyj*, 2005, No. 1, pp. 45. (In Russ.)

ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ПТИЧЬЕГО ПОМЁТА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЧВЫ

^{1,2}Т.А. Садохина, кандидат сельскохозяйственных наук

¹В.П. Данилов, кандидат сельскохозяйственных наук

²А.Ф. Петров, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

²Е.А. Матенькова, кандидат биологических наук, доцент

²Т.В. Гаврилец, кандидат биологических наук, доцент

²К.Н. Рыбакова, кандидат биологических наук, доцент

¹Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий
РАН, Новосибирск, Россия

²Новосибирский государственный аграрный университет,
Новосибирск, Россия

E-mail: sadohina78@yandex.ru

Ключевые слова: помёт,
органическое удобрение,
овес, соя, микрофлора
почвы

Реферат. Ведущая роль в повышении эффективности земледелия принадлежит созданию оптимального уровня питания растений. Удобрения являются одним из быстродействующих средств интенсификации технологии возделывания всех культур. Внесение органических удобрений, полученных на основе куриного помета, изменяет пищевой режим и нитрификационную способность почвы, ее биологическую активность, улучшает физические свойства. Цель исследований – дать сравнительную оценку органических удобрений на основе куриного помёта и установить их влияние на продуктивность кормовых культур (соя и овес) и биологическую активность почвы; определить эффективность использования птичьего помета в качестве органического удобрения для сохранения биоресурсов почвы. В процессе выполнения работы были испытаны новые органические удобрения на основе куриного помета, полученные при использовании кавитационно-вихревого теплогенератора методом переработки полусухого помета. Выявлено их влияние на рост, развитие и биометрические показатели растений овса и сои, фитосанитарное состояние посевов, урожайность и качество зерна. Определено влияние органических удобрений из куриного помета на микробиологические показатели почвы. Прибавка урожайности зерна овса составила 0,4–0,63 т/га, или 17% к контролю. Достоверно увеличилась – на 0,18–0,22 т/га урожайность зерна сои, отмечено небольшое (на 1,2–2,6%) повышение содержания белка в семенах. Установлено, что удобрения улучшают структурные показатели растений овса и сои: у овса на 18–23% увеличивается масса зерна и на 13% количество зерен в метелке, у сои на 14–23% возрастает количество бобов на растении и на 16–19% – масса зерен с одного растения, на 5–7% повышается сохранность растений к уборке. Удобрения, полученные на основе куриного помета, способствуют улучшению микробиологических характеристик почвы, что повышает доступность элементов питания для растений.

THE IMPACT OF ORGANIC FERTILISERS BASED ON POULTRY MANURE ON FODDER CROP PRODUCTIVITY AND SOIL MICROBIOLOGICAL PARAMETERS

^{1,2}**T.A. Sadokhina**, PhD in Agricultural Sciences¹**V.P. Danilov**, PhD in Agricultural Sciences²**A.F. Petrov**, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor²**E.A. Matenkova**, PhD in Biological Sciences, Associate Professor²**T.V. Gavrillets**, PhD in Biological Sciences, Associate Professor²**K.N. Rybakova**, PhD in Biological Sciences, Associate Professor¹**Siberian Federal Research Centre for Agrobiotechnology RAS, Novosibirsk, Russia**²**Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia**

Keywords: *manure, organic fertiliser, oats, soybeans, soil microflora.*

Abstract. *The creation of optimum plant nutrition plays a significant role in increasing farming efficiency. Fertilisers are one of the fastest ways to intensify the cultivation technology of all crops. The application of organic fertilisers derived from chicken manure changes the soil's nutrient regime and nitrification capacity, its biological activity and improves physical properties. The study aims to identify the comparative evaluation of organic fertilisers based on chicken manure and establish their effect on the productivity of fodder crops (soybean and oats) and soil biological activity. The authors also determined the effectiveness of using poultry manure as an organic fertiliser to preserve soil bioresources. New organic fertilisers based on chicken manure were tested in work, obtained using a cavitation-vortex heat generator by processing semi-dry manure. Their influence on growth, development and biometric indicators of oat and soybean plants, phytosanitary state of crops, yield and grain quality has been revealed. The effect of organic fertilisers from chicken manure on microbiological indicators of soil has been determined. The increase of the oat grain yield was from 0.4 to 0.63 tons/hectare, or 17% of the control. The output of soybean grain increased significantly by 0.18 to 0.22 t/ha. There was a slight increase in the protein content of seeds (by 1.2-2.6%). It was found that the fertilisers improved the structural indicators of oat and soybean plants. Thus, the weight of grains in oats increased by 18-23%; the number of grains in the panicle also increased by 13%. As for soybean, the number of beans on a plant grown by 14-23%; the weight of grains per plant increased by 16-19%; safety of plants for harvesting increased by 5-7%. Fertilisers based on chicken manure help improve the soil's microbiological characteristics, which grows the availability of nutrients to plants.*

В сложившихся условиях сельское хозяйство Западной Сибири производит миллионы тонн ценных органических удобрений, среди которых значительная доля приходится на птичий помет [1–3]. Однако по ряду причин это удобрение не стало пока существенным фактором воспроизводства плодородия сельскохозяйственных угодий [4]. В числе таких причин высокая концентрация поголовья птицы на малой земельной территории, а также использование промышленных технологий, не нацеленных на получение качественного, экологически безопасного удобрения [5, 1].

Высокая влажность и биологическая активность птичьего помета создают угрозу

загрязнения почвы [6, 7], поверхностных и грунтовых вод соединениями биогенных элементов [8, 9], а атмосферы – газообразными соединениями углерода, водорода, азота и др. Как следствие, приказом Министерства природных ресурсов №786 от 02.12.2002 отдельные виды помета отнесены к отходам III – IV классов опасности.

На фоне ограниченности собственных земельных ресурсов, дороговизны техники и горюче-смазочных материалов птицеводческие хозяйства вынуждены значительно превышать оптимальные дозы внесения помета естественной влажности, поскольку при плече перевозки более 7–10 км его исполь-

зование становится нерентабельным. С учетом перечисленных обстоятельств, наиболее перспективным направлением использования птичьего помета в качестве удобрения становится направление его на предварительную промышленную переработку, обеспечивающую доведение качественных показателей удобрения до необходимых технологических, удобрительных и санитарно-гигиенических параметров [10–14].

Одним из продуктов такой переработки птичьего помета является и объект нашего изучения – концентрированное органическое удобрение. Как и любое новое удобрение, оно нуждается в комплексной агроэкономической и экологической оценке применительно к конкретным почвенно-экологическим условиям, а также в поиске наиболее эффективных способов применения. Такая оценка и стала целью нашего исследования. Учитывая остроту проблемы утилизации птичьего помета в сельском хозяйстве Западной Сибири, равно как и предотвращения деградации почвенного плодородия, а также отсутствие данных о составе и свойствах нового органического удобрения, есть основание полагать об актуальности представленного исследования.

Цель исследования – дать сравнительную оценку органическим удобрениям на основе куриного помета и установить их влияние на продуктивность кормовых культур (соя и овес) и биологическую активность почвы; определить эффективность использования птичьего помета в качестве органического удобрения для сохранения биоресурсов почвы.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В исследованиях применяли куриный помет, переработанный с использованием кавитационно-вихревого теплогенератора мето-

дом перегонки полусухого помета, в виде 10%-го раствора в воде и получения различных проб удобрений, в дальнейшем применяемых в опыте. Обработка помета проводилась при тепловых режимах от 60 до 75°C с использованием озона или без него. Партии полученного органического удобрения различались режимами переработки куриного помета.

Исследования проводились в 2020 г. на полевом стационаре СибНИИ кормов СФНЦА, расположенном в северной лесостепи Приобья Новосибирской области. Для проведения исследований взяты две культуры – соя и овес, на них изучали два варианта органических удобрений на основе куриного помета, полученных при разных режимах (препарат № 1 и препарат № 2), за контроль взяты варианты без внесения удобрений, с внесением куриного помета без обработки и азотные минеральные удобрения в норме N_{60} , эквивалентной органическим. Посев проведен 29 мая. Повторность опытов трехкратная. Расположение вариантов систематическое, в два яруса. Посевная и учетная площадь делянок 60 м² (4 x 15 м). Внесение удобрений проведено в два срока: весной под предпосевную культивацию и по вегетации, в период формирования зерна. При изучении микрофлоры почвы численность основных групп микроорганизмов определяли общепринятым методом высева на плотные питательные среды.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднемощный среднесуглинистый с хорошими физико-химическими показателями. Содержание гумуса в слое 0–20 см – около 6%.

Климат лесостепной зоны Новосибирской области отличается ярко выраженной континентальностью – продолжительной зимой и коротким, но жарким, нередко засушливым летом. Вегетационный период 2020 г. можно охарактеризовать (по обобщенному показателю ГТК май – сентябрь – 1,29) как близкий

к климатической норме для места проведения исследований, но с переменным по месяцам количеством осадков и недостатком влаги в июне (ГТК – 0,4) и во второй декаде июля (ГТК – 0,6).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

До проведения лабораторных исследований и закладки полевого опыта был определен химический состав переработанного куриного помета, контролем служили исходные образцы помета. В результате исследований установлено, что массовая доля сухого вещества переработанного куриного помета – 76,7%, переработанного – 3,6%. Доля органического вещества в пересчете на сухое составляла у исходного образца 77,2%, у переработанного – 81,6%. При этом рН составлял 8,6 и 7,0 соответственно. Содержание общего азота, фосфора и калия в пересчете на сухое вещество в исходных образцах куриного помета было 4,04; 2,48 и 1,56%. Под воздействием обработки их содержание в конечном продукте несколько повысилось (за исключением фосфора) и составило 5,56; 2,78 и 12,78% соответственно. Таким образом, лабораторные исследования химического состава птичьего помета выявили повышение содержания основных элементов питания в переработанном курином помете по сравнению с переработанным.

На основании результатов, полученных в полевом эксперименте, установлено положительное влияние органических удобрений на основе куриного помета на формирование основных элементов структуры урожая сои и овса: количество побегов, массу побегов, высоту растений, количество ветвей, бобов, семян и массу семян с растения. При этом степень воздействия удобрений препаратов на

формирование элементов структуры урожая зависела от их вида.

Интенсивность роста растений сои и овса, сопровождаемая изменением длины (высоты), площади, массы, зависела в первую очередь от генетических факторов, но вместе с тем реализация обусловленных генетической природой возможностей растений во многом обусловлена условиями внешней среды, в которой осуществляется их развитие. И это четко проявляется при внесении и проведении внекорневых подкормок испытуемыми удобрениями в основные фазы роста растений в соответствии со схемой опыта.

В наших исследованиях количество взшедших растений овса в контрольном варианте составило 360 шт/м², использование органических удобрений способствовало увеличению полевой всхожести на 2,7%. У сои всхожесть в контрольном варианте была 36,5 шт./м² с увеличением этого показателя на 5,4–8,2% в вариантах с препаратом № 1 и препаратом № 2. Эти препараты увеличили комплексную сохранность растений к уборке на 2,6–2,8%.

Общая продолжительность вегетационного периода в вариантах с применением органических удобрений и препарата № 1 под сою увеличилась на 2 дня и составила 102–105 суток. Для овса характерны аналогичные изменения в длительности межфазных периодов, до фазы выхода в трубку не отмечалось значительных изменений в длине межфазных периодов, далее наблюдалось незначительное затягивание вегетации в вариантах с применением испытуемых препаратов, а также минеральных удобрений. Продолжительность фаз развития овса при различных условиях неоднородная, ее значения варьируют в пределах от 79 до 83 дней.

В результате исследований также установлено положительное влияние органических удобрений из куриного помета на вы-

соту растений сои и овса, которое различалось в зависимости от фенологической фазы. Применение препаратов № 1 и № 2 увеличивало высоту растений овса и сои. Высота овса в фазу кущения в контроле составила 30,0 см, в вариантах с применением препаратов № 1 и № 2 она была на 1,2–4,6 см больше контроля (на 4–15%). Аналогичная тенденция прослеживалась и в фазу цветения. В фазу созревания высота растений овса в контрольном варианте составила 88,0 см, применение препаратов № 1 и № 2 оказало ростостимулирующее влияние, увеличение высоты рас-

посея способствовало более активному накоплению зеленой массы и сухого вещества в фазу цветения овса и начала образования бобов у сои, которая достоверно увеличивалась у овса на 1,16–1,39 т/га, у сои – на 0,29 т/га при применении препарата № 1 по сравнению с контролем (табл. 1).

Овес – очень пластичная культура и положительно отзывается на внесение дополнительных питательных веществ в почву. У сои, как культуры более стабильной, не выявлено значительной реакции на внесение органических препаратов, проявляющейся в увеличе-

Таблица 1

Влияние органических и минеральных удобрений на урожайность зеленой массы овса и сои, т/га
Effect of organic and mineral fertilisers on oat and soybean green matter yields, t/ha

Вариант	Овес			Соя		
	зеленая масса, т/га	сухое вещество		зеленая масса, т/га	сухое вещество	
		содержание, %	сбор, т/га		содержание, %	сбор, т/га
Контроль	14,90	18,50	2,77	15,73	20,00	4,00
Куриный помет	18,30	18,80	3,45	16,26	19,80	3,26
Препарат №1	21,20	18,35	3,93	17,06	23,22	4,29
Препарат № 2 (с добавками)	20,30	20,39	4,16	17,46	20,80	3,86
Азотные удобрения N ₆₀	19,7 0	19,15	3,74	16,00	20,50	3,11
НСР _{0,5}	2,45			2,18		

тений составило 4,5–7,0%. На сое прослеживалась та же тенденция, что и на овсе – в фазы цветения и полной спелости с применением органических препаратов в сочетании с подкормкой высота растений увеличивалась до 49,2–51,3 и 57,8–61,4 см (выше контроля на 1,5–5,0 см), что является достоверным превышением по сравнению с контролем.

Наблюдениями за накоплением зеленой и сухой массы растениями овса и сои в 2020 г. установлено, что интенсивность этого процесса в значительной мере зависит от применения органических удобрений. Внесение препаратов № 1 и № 2 на основе куриного

помета способствовало более активному накоплению зеленой массы, сбора абсолютно сухого вещества, они были в пределах ошибки опыта.

В результате анализа показателей структуры урожая овса и сои в 2020 г. установлено, что применение органических удобрений увеличивает сохранность растений к уборке на 1,7–4,8 шт/м², что является достоверным по отношению к контролю. При формировании урожая основным из базовых компонентов является оптимальное количество продуктивных стеблей на единицу площади. Коэффициент корреляционной связи урожайности овса с данным показателем составляет

0,64. В зависимости от вида удобрений количество продуктивных стеблей изменялось в пределах от 325 до 360 шт. Наибольшее количество продуктивных стеблей на 1 м² (360 шт.) отмечено в варианте с препаратом № 2. Наибольшее количество зерен в метелке отмечено в вариантах с применением препаратов № 1 и № 2 – 29 шт. при 25 шт. в контрольном варианте (табл. 2).

Масса 1000 семян колебалась в интервале

связано преимущественно с увеличением количества продуктивных стеблей на единицу площади ($r = 0,54$) и массой зерен в метелке ($r = 0,71$). Установлено достоверное увеличение количества продуктивных стеблей в вариантах с применением препаратов № 1 и № 2.

Высота растений сои увеличивалась во всех изучаемых вариантах по сравнению с контролем. Максимальное ее увеличение (до 5 см) отмечено в вариантах с применением

Таблица 2

Влияние препаратов на основе куриного помета на формирование элементов структуры урожая овса

(2020 г.)

Effect of poultry manure-based fertilisers on the formation of oat yield structure elements (2020)

Вариант	Количество растений перед уборкой, шт/м ²	Масса зерна в метелке, г	Число зерен в метелке, шт.	Масса 1000 зерен, г	Урожайность биологическая, т/га
Контроль	325	0,96	25	37,9	3,75
Куриный помет	341	1,08	28	39,3	4,17
Препарат № 1	353	1,25	29	38,5	4,36
Препарат № 2 (с добавками)	360	1,26	29	38,9	4,49
Азотные удобрения N ₆₀	342	1,1	28	39,5	4,2
НСР _{0,5}					0,48

37,9–40,0. Анализ элементов структуры урожая показал, что повышение продуктивности

препаратов № 1 и № 2. Показатель количества бобов на одном растении изменялся незначи-

Таблица 3

Влияние препаратов на основе куриного помета на формирование элементов структуры урожая сои

(2020 г.)

Effect of poultry manure-based products on the formation of soybean yield structure elements (2020)

Вариант	Высота, см	Количество бобов на растении, шт.	Семян на растении, шт.	Семян с растения, г	Высота прикрепления нижнего боба, см	Ветвей на растении, шт.	Масса 1000 семян, г
Контроль	56,3	10	14,1	2,19	14,5	1	161,1
Куриный помет	59,5	10,6	16,0	2,55	14,7	1	151,0
Препарат № 1	61,4	12,8	20,7	3,22	14,1	1	156,9
Препарат № 2 (с добавками)	57,8	10,7	17,1	2,58	14,6	1	158,9
Азотные удобрения N ₆₀	59,0	8,25	13,6	2,15	15,2	1	160,2

тельно, существенных различий по вариантам опыта не отмечено (табл. 3).

Установлено, что значимое влияние на увеличение количества семян сои оказал препарат № 1, их количество на одном растении повышалось на 3-4 шт., что является достоверной прибавкой. Масса 1000 семян нахо-

Зафиксировано, что наибольшая урожайность овса (4,29 т/га) получена при предпосевном внесении и проведении внекорневой подкормки препаратом № 2, прибавка достоверна по отношению к контролю и составляет 21%. Применение препарата № 1 и минеральных удобрений также положительно отраз-

Таблица 4

Влияние органических и минеральных удобрений на урожайность зерна овса и сои, т/га
Effect of organic and mineral fertilisers on grain yield of oats and soybeans, t/ha

Вариант	Овес	Соя
Контроль	3,53	1,92
Куриный помет	3,97	2,12
Препарат № 1	4,16	2,14
Препарат № 2 (с добавками)	4,29	2,18
Азотные удобрения N ₆₀	4,00	2,02
НСР _{0,5}	0,44	0,217

дилась в пределах 156,9 – 161,1 г, препараты существенного влияния на этот показатель не оказали.

илось на урожайности овса, прибавка составила 0,43 – 0,63 т/га (табл. 4).

На сое, культуре менее отзывчивой на применение органических удобрений, полу-

Таблица 5

Микологический анализ семян овса и сои (2020 г.)
Mycological analysis of oat and soybean seeds (2020)

Вариант	Зараженность, %						
	<i>Alternaria</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Rhizopus</i>	<i>Mucor</i>
<i>Овес</i>							
Контроль	92	0	24	-	-	-	-
Куриный помет	88	0	24	-	-	-	-
Препарат № 1	96	0	14	-	-	-	-
Препарат № 2 (с добавками)	88	0	18	-	-	-	-
Азотные удобрения N ₆₀	90	0	12	-	-	-	-
<i>Соя</i>							
Контроль	4	0	2	36	0	10	0
Куриный помет	4	2	8	12	0	46	0
Препарат № 1		4	8	4	0	0	0
Препарат № 2 (с добавками)	4	0	4	0	6	69	2
Азотные удобрения N ₆₀	8	4	8	4	4	2	0

чена достоверная прибавка урожайности от внесения препаратов на основе органических удобрений – 0,24 ц/га. От применения минеральных удобрений достоверной прибавки не получено, хотя отмечена положительная тенденция к ее увеличению.

Микологический анализ полученных семян показал, что на зерне овса выделены *Alternaria*, *Cladosporium* и *Fusarium*. *Alternaria* присутствовала во всех вариантах опыта с распространением от 88 до 96%. *Fusarium* зафиксирован с распространением от 12 до 24 % (табл. 5). Наблюдается достоверное снижение данного заболевания на 6–10% в вариантах с использованием препаратов на основе куриного помета.

На семенах сои выделены следующие патогены: *Alternaria*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Rhizopus* и *Mucor*. В 2020 г. соя созревала в прохладных и влажных условиях, благоприятных для развития и распространения инфекций, поэтому по результатам микологического анализа отмечено такое видовое разнообразие. Распространение *Alternaria*, *Cladosporium* и *Fusarium* не зависело от используемого препарата, при этом прослеживается достоверное снижение количества *Penicillium* и увеличение – *Rhizopus*

в изучаемых вариантах опыта. Проведенный анализ показал, что применение органических удобрений на основе куриного помета не способствовало повышению зараженности семян и не ухудшило фитосанитарную ситуацию в посевах.

Большое влияние применяемые органические и минеральные удобрения могут оказывать на микробиологические показатели почвы. Связано это с тем, что микроорганизмы хорошо приживаются в зоне корневой системы растений, усиливая свою активность. В результате значительно возрастает интенсивность микробиологических, биохимических и иных процессов в ризосфере, повышается растворимость труднодоступных элементов питания, накапливается биологический азот.

Значительную долю в микробной биомассе пахотного чернозема занимают аммонифицирующие и нитрифицирующие бактерии. В полевом опыте применение органических и минеральных удобрений на овсе подавляло численность бактерий-аммонификаторов, кроме варианта с препаратом № 2 с добавками. Сильнее всего угнетались бактерии, усваивающие органический азот, в варианте с куриным пометом.

Таблица 6

Микрофлора почвы под кормовыми культурами при внесении органических и минеральных удобрений, млн КОЕ в 1 г абсолютно сухой почвы

Soil microflora under fodder crops at the application of organic and mineral fertilisers, mln CFU in 1 g of arid soil

Вариант	Бактерии, усваивающие органический азот (МПА)		Бактерии, усваивающие минеральный азот (КАА)	
	Овес	Соя	Овес	Соя
Контроль	493,3	120,0	230,0	433,3
Куриный помет	246,7*	353,3*	230,0	520,0
Препарат № 1	266,7	640,0*	210,0	1593,0*
Препарат № 2 с добавками	686,7	653,3*	140,0	273,0
Азотные удобрения N ₆₀	393,3	540,7*	20,0*	840,0*
НСР ₀₅	301,4	186,5	201,7	399,1

*Достоверно на 95-% уровне.

На группу бактерий, усваивающих минеральный азот, препараты и органические удобрения не оказали влияния. Только в варианте с азотными удобрениями наблюдалось угнетающее действие: численность бактерий, усваивающих минеральный азот, снизилась в 11,5 раза по сравнению с контролем (табл. 6).

На сое при внесении удобрений численность аммонификаторов была существенно выше контроля – от 353,3 до 640,0 млн КОЕ во всех вариантах. Применение удобрений оказало благоприятное воздействие на развитие данной группы микроорганизмов.

Иммобилизацию минерального азота осуществляют микроорганизмы, способные усваивать аммиачный, аммонийный и нитратный азот. От степени иммобилизации зависит содержание доступных форм азота в почве для растений. Численность бактерий – иммобилизаторов азота в контроле и в варианте с куриным пометом была одинаковой и составила 433,4–529,0 млн КОЕ/1 г почвы. В вариантах с препаратом № 1 и азотными удобрениями отмечено достоверное увеличение численности иммобилизирующих бактерий – в 3,6 и 1,9 раза соответственно по сравнению с контролем. Препарат № 2 с добавками угнетал микроорганизмы, усваивающие минеральные формы азота, численность которых была на 63% меньше, чем в контроле.

Функциональная структура и активность микробного ценоза отслеживались по изменению коэффициентов минерализации. При выращивании овса коэффициент минерализации во всех вариантах был меньше единицы, следовательно, минерализация шла медленно. На фоне препарата № 1 минерализация была на уровне контроля. В варианте с куриным пометом коэффициент минерализации увеличился до 0,93, а при применении азотных удобрений уменьшался до 0,05.

Расчеты показали, что коэффициент минерализации в пахотном слое чернозема вы-

щелоченного среднесуглинистого при возделывании сои варьировал от 0,41 до 3,6. Это указывает на процесс микробиологического поглощения минерального азота, что приводит к ухудшению азотного режима. При внесении удобрений коэффициент минерализации во всех вариантах уменьшился по сравнению с контролем, что связано с особенностями возделывания бобовых культур.

ВЫВОДЫ

1. В условиях лесостепной зоны Западной Сибири от применения на овсе и сое удобрений на основе куриного помета наибольший эффект получен при внесении их в почву перед посевом и при обработке посевов по вегетации в фазе плодообразования. Прибавка урожайности зерна овса составила 0,43 – 0,63 т/га, или 17% к контролю. Также получено достоверное увеличение урожайности зерна сои – на 0,18 – 0,22 т/га и некоторое повышение (на 1,2–2,6 %) содержания белка в семенах.

2. Обработка препаратами улучшает структурные показатели растений овса и сои: у овса на 18–23% увеличивается масса зерна и на 13% количество зерен в метелке, у сои на 14–23% повышается количество бобов на растении и на 16–19% – масса зерен с одного растения. На 5–7% возрастает сохранность растений к уборке.

3. Анализ микробиологического состава почв при внесении разных форм органических и минеральных удобрений показал, что применение птичьего помета не оказывает положительного влияния на численность полезной микрофлоры почвы под овсом и соей. Внесение опытных удобрений способствует улучшению микробиологических характеристик почвы, что повышает доступность элементов питания для растений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Брюханов А.Ю. Методы проектирования и критерии оценки технологий утилизации навоза, помета, обеспечивающие экологическую безопасность: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – СПб., 2017. – 49 с.
2. Иванов А.И. Насущные вопросы научно-практического обеспечения применения навоза в Ленинградской области // Система использования органических удобрений и возобновляемых ресурсов в ландшафтном земледелии. – Владимир: Изд-во ВНИИОУ, 2013. – С. 172–176.
3. Запечалов М.В., Запечалов С.М. Технология приготовления органо-минерального удобрения на основе птичьего помета // Вестник Алтайского государственного университета. – 2011. – №5 (79). – С. 84–90.
4. How Safe is Chicken Litter for Land Application as an Organic Fertilizer? A Review / M. Kyakuwaire, G. Olupot, A. Amoding [et al.] // Int J Environ Res Public Health. – 2019. – Sep 20, N 16 (19). – P. 3521. – DOI: 10.3390/ijerph16193521.PMID:31547196.
5. Effect of different organic fertilizers application on growth and environmental risk of nitrate under a vegetable field / S. Li, J. Li, B. Zhang [et al.] // Rep. – 2017. – Dec 5, N 7(1). – P. 17020. – DOI: 10.1038/s41598-017-17219-y.PMID:29209063.
6. Попов В.Д., Максимов Д.А., Брюханов А.Ю. Экологические проблемы сельскохозяйственного производства и их решение в Северо-Западном федеральном округе РФ // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2013. – № 4. – С. 4–7.
7. Effects of Composting Different Types of Organic Fertilizer on the Microbial Community Structure and Antibiotic Resistance Genes / Z. Zhou, H. Yao // Microorganisms. – 2020. – Feb 17, N 8(2). – P. 268. – DOI: 10.3390/microorganisms8020268.PMID:32079314.
8. Агроэкологические последствия неравномерного внесения удобрений / А.И. Иванов, Ж.А. Иванова, А.А. Конашенков, В.С. Спиридонов // Проблемы агрохимии и агроэкологии. – 2009. – №1. – С. 37–41.
9. Использование куриного помета как удобрения на агрочерноземе Южного Предуралья / И.М. Габбасова, Т.Т. Гаринов, Л.В. Сидорова, Р.Р. Сулейманов // Агрохимия. – 2016. – №8. – С. 30–35.
10. Обоснование экологически безопасных технологий утилизации навоза и помета в сельскохозяйственных предприятиях Северо-Западного федерального округа Российской Федерации / А.В. Афанасьев, Д.А. Максимов, В.Н. Афанасьев, А.Ю. Брюханов // Агроэкологический журнал. – 2012. – № 2. – С. 32–35.
11. Брюханов А.Ю., Васильев Э.В., Шалавина Е.В. Проблемы обеспечения экологической безопасности животноводства и наилучшие доступные методы их решения // Региональная экология. – 2017. – № 1 (47). – С. 37–43.
12. Влияние продуктов биоконверсии органического сырья на продуктивность зернотравяного звена севооборота в различных ландшафтных условиях / Д.А. Иванов, Н.Г. Ковалев, В.А. Тюлин, М.В. Рублюк, О.В. Карасева, В.А. Абрамов // Вестник Тверского государственного университета. Серия: География и геоэкология. – 2015. – № 1. – С. 37–43.
13. Rethinking Manure Application: Increase in Multidrug-Resistant Enterococcus spp. in Agricultural Soil Following Chicken Litter Application / D.O. Fatoba, A.L.K. Abia, D.G. Amoako, S.Y. Essack // Microorganisms. – 2021. – Apr 21, N 9(5). – P. 885. – DOI: 10.3390/microorganisms9050885.PMID: 33919134.
14. Сложный компост и его влияние на свойства почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур: монография / Д.А. Антоненко [и др.]; под. ред. И.С. Белюченко. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – 181 с.

REFERENCES

1. Bryukhanov A.Yu., *Metody proektirovaniya i kriterii otsenki tekhnologiy utilizatsii navoza, pometa, obespechivayushchie ekologicheskuyu bezopasnost'* (Design methods and evaluation criteria for manure and

- manure disposal technologies that ensure environmental safety), Extended abstract of Doctor's thesis, Sankt Petersburg, 2017, 49 p.
2. Ivanov A.I., *Sistema ispol'zovaniya organicheskikh udobreniy i vozobnovlyaemykh resursov v landshaftnom zemledelii*, Vladimir: VNIIOU Publishing House, 2013, pp. 172–176. (In Russ.)
3. Zapevalov M.V., Zapevalov S.M., *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2011, No. 5 (79), pp. 84–90. (In Russ.)
4. Kyakuwaire M., Olupot G., Amoding A., Nkedi-Kizza P., Basamba T.A., How Safe is Chicken Litter for Land Application as an Organic Fertilizer? A Review, *Int J Environ Res Public Health*, 2019, Sep 20, No. 16(19), pp. 3521, DOI: 10.3390/ijerph16193521.PMID: 31547196.
5. Li S., Li J., Zhang B. [et al.], Effect of different organic fertilizers application on growth and environmental risk of nitrate under a vegetable field, *Rep.*, 2017, Dec 5, No. 7(1), pp. 17020, DOI: 10.1038/s41598-017-17219-y.PMID: 29209063.
6. Popov V.D., Maksimov D.A., Bryukhanov A.Yu., *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*, 2013, No. 4, pp. 4–7. (In Russ.)
7. Zhou Z., Yao H., Effects of Composting Different Types of Organic Fertilizer on the Microbial Community Structure and Antibiotic Resistance Genes, *Microorganisms*, 2020, Feb 17, No. 8(2), pp. 268, DOI: 10.3390/microorganisms8020268.PMID: 32079314.
8. Ivanov A.I., Ivanova Zh.A., Konashenkov A.A., Spiridonov V.S., *Problemy agrokhimii i agroekologii*, 2009, No. 1, pp. 37–41. (In Russ.)
9. Gabbasova I.M., Garinov T.T., Sidorova L.V., Suleymanov R.R., *Agrokhimia*, 2016, No. 8, pp. 30–35. (In Russ.)
10. Afanas'ev A.V., Maximov D.A., Afanasiev V.N., Bryukhanov A.Y., *Agroekologichnyi zhurnal*, 2012, No. 2, pp. 32–35.
11. Bryukhanov A.Yu., Vasiliev E.V., Shalavina E.V., *Regional'naya ekologiya*, 2017, No. 1(47), pp. 37–43. (In Russ.)
12. Ivanov D.A., Kovalev N.G., Tyulin V.A., Rubruk M.V., Karasev O.V., Abramov V.A., *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya i geoekologiya*, 2015, No. 1, pp. 37–43. (In Russ.)
13. Fatoba D.O., Abia A.L.K., Amoako D.G., Essack S.Y., Rethinking Manure Application: Increase in Multidrug-Resistant Enterococcus spp. in Agricultural Soil Following Application of Chicken Litter, *Microorganisms*, 2021, Apr 21, No. 9(5), pp. 885, DOI: 10.3390/microorganisms9050885.PMID: 33919134.
14. Antonenko D.A. [et al.], *Slozhnyy kompost i ego vliyanie na svoystva pochvy i produktivnost' sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* (Complicated compost and its effect on soil properties and crop productivity), Krasnodar: KubGAU, 2015, 181 p.

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ НА ЗАСОРЕННОСТЬ ПОСАДОК И ПРОДУКТИВНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ ХАКАСИИ

¹Вит.В. Чагин, кандидат сельскохозяйственных наук

²В.В. Чагин, кандидат биологических наук

¹Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова,
Абакан, Россия

²Министерство сельского хозяйства Российской Федерации,
Москва, Россия

E-mail: chagin2008@gmail.com

Ключевые слова: гербициды, картофель, сорняки, защита растений, биометрические параметры, урожайность, уравнения регрессии

Реферат. Картофелем в Российской Федерации заняты большие площади в хозяйствах различных форм собственности, так как широкий спектр использования культуры определяет особую актуальность её для отрасли. В зависимости от региона и почвенно-климатической зоны технология возделывания в целом и в частности некоторые элементы агротехники могут иметь определенные различия. Неизменным отрицательным биотическим фактором для любой местности, обуславливающим большую долю агротехнологических затрат, остаются сорные растения. Биологическая группа и видовой состав сорняков оказывают существенное влияние на урожайность картофеля. Значительным эффектом, позволяющим снизить отрицательное воздействие фактора, обладают химические средства защиты растений (гербициды). Поэтому целью нашего исследования было изучение влияния различных гербицидных препаратов на засоренность посадок и продуктивность картофеля в условиях степной зоны Хакасии. Опыты закладывали в 2018–2020 гг. на темно-каштановой почве в степной зоне Хакасии. В качестве объекта исследований был выбран среднеранний сорт картофеля сибирской селекции Тулеевский. В исследованиях использовали рекомендованную технологию возделывания картофеля для данной зоны. Гербицидные препараты подбирали для довсходового внесения (Гезагард, Лазурит, Суховей, Торнадо), которые применяли через 20–25 дней после посадки, до массовых всходов растений. В годы исследований гидротермический коэффициент изменялся от 1,68 до 1,85. Использование гербицидов позволило снизить количество однодольных сорняков на 18,9–26,7% и на 38,5–46,1% – двудольных к периоду уборки культуры. Снижение конкуренции с сорными растениями за факторы жизни позволило повысить биометрические показатели картофеля (высоту растения, количество листьев, массу ботвы). Это существенным образом сказалось на повышении хозяйственной продуктивности листьев – от 9,3 до 13,2%. Как следствие повышения эффективности работы ассимиляционного аппарата урожайность возросла на 3,6–6,5 т/га (в максимальном значении на фоне препарата Лазурит). Использование гербицидов на картофеле позволяет повысить уровень рентабельности производства на 22,3–56,4%.

EFFECT OF CHEMICAL CROP PROTECTION AGENTS ON WEED INFESTATION AND POTATO PRODUCTIVITY IN THE STEPPE ZONE OF THE KHAKASSIA REPUBLIC

¹Vit. V. Chagin, PhD in Agricultural Sciences

²V. V. Chagin, PhD in Agricultural Sciences

¹Khakass State University, named after N.F. Katanov, Abakan, Russia

²Ministry of Agriculture of the Russian Federation, Moscow, Russia

Keywords: herbicides, potatoes, weeds, plant protection, biometric parameters, yield, regression equations.

Abstract. In the Russian Federation, large areas in farms of various forms of ownership are devoted to the potato. The wide range of uses for this crop is particularly relevant to the industry. Cultivation technology in general, particularly some elements of agronomic techniques, may have specific differences depending on the region and the soil and climate zone. An invariable negative biotic factor for any area remains weeds, which account for the agro-technological costs. The biological group and species composition of weeds significantly influence potato yields. Chemical crop protection products (herbicides) have a significant effect in reducing the negative impact of the factor. Therefore, the aim of the study is the effect of different herbicide preparations on weed infestation and potato productivity in the conditions of the steppe zone of the Republic of Khakassia. Experiments were laid from 2018 to 2020 on dark chestnut soil in the steppe zone of the Republic of Khakassia. The authors chose a medium-early potato variety of Siberian selection Tuleevsky as an object of research. The recommended potato cultivation technology for this zone was used in the study. Herbicides were selected for preemergence application (Gezagard, Lazurit, Sukhovey, Tornado), applied 20-25 days after planting, before the mass sprouting of plants. The hydrothermal coefficient changed from 1.68 to 1.85 in the years of research. Using herbicides reduced the number of monocotyledonous weeds by 18,9 - 26,7% and dicotyledonous weeds by 38,5 - 46,1% by the harvest period. Reduction of competition with weeds for life factors allowed increased biometric indicators of potatoes (height of a plant, number of leaves, weight of haulm). The increase of biometric parameters of potatoes has essentially affected the growth of economic productivity of leaves from 9,3 to 13,2 %. The yield of potatoes has increased on 3,6-6,5 t/hectare (at the maximum value at a background of Lazurite preparation) due to the increase of efficiency of work of assimilating apparatus. The use of herbicides on potatoes allows increasing the level of profitability of production by 22,3-56,4%.

Картофель является одной из важнейших культур сельскохозяйственного производства России, позволяющих обеспечивать продовольственную безопасность страны. По данным Росстата, в последние 3 года в хозяйствах всех категорий РФ произошло снижение площадей под картофелем на 10,3%, в Хакасии – на 23%, при этом урожайность культуры в зависимости от года колеблется от 13,2 до 15,7 т/га в среднем по республике. Одним из существенных факторов, ограничивающих величину урожайности культуры, является засоренность посадок однолетними и многолетними сорняками, особенно в начальный период роста и развития культуры, когда растения особенно уязвимы к отрицательному воздействию сорной растительности. Защита растений картофеля в начальный период роста от сорняков и засорителей возможна различными способами и методами, начиная с широко распространенного агротехнического и заканчивая высокоэффективным, относительно малозатратным химиче-

ским, позволяющим в течение длительного времени сдерживать новые волны появления сорной растительности в посадках картофеля [1–15].

Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации, содержит огромное количество гербицидов различных препаративных форм и производителей, показывая высокую насыщенность данного сегмента рынка для сельскохозяйственного производства. Однако, согласно отчетам Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Хакасия, при возделывании картофеля гербициды не используются, что указывает на актуальность проводимых исследований. Подбор препаратов для борьбы с сорняками является особым пунктом агрономических изысканий, обосновывающих подбор технологии возделывания культуры в конкретной почвенно-климатической зоне [16, 17] .

Цель нашего исследования – изучить влияние различных гербицидных препаратов на засоренность посадок и продуктивность картофеля в условиях степной зоны Хакасии.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве объекта исследований был выбран среднеранний сорт картофеля сибирской селекции Тулеевский, который обладает целым рядом положительных характеристик, начиная с хороших вкусовых качеств и заканчивая высокой экологической пластично-

месячных значений (15,1 °С). В июне 2020 г. средняя температура была самой низкой при условии 3-6-кратного превышения количества осадков (139,8 мм). В остальные месяцы зафиксированы практически одинаковые показатели во все годы исследования, при этом количество осадков значительно варьировало в зависимости от календарного года.

В 2018 г. сумма температур выше 10 °С составила 1934,1 °С, при этом гидротермический коэффициент находился на уровне 1,68. В 2019 г. отмечается снижение суммы температур выше 10 °С на 93,3 °С при одновременном возрастании гидротермического

Таблица 1

Показатели среднемесячной температуры и количества осадков.

Метеостанция «Хакасская», Республика Хакасия

Indicators of average monthly temperature and precipitation. Khakasskaya meteorological station,
Republic of Khakassia

Год	Май		Июнь		Июль		Август		Сентябрь	
	t °C	мм	t °C	мм	t °C	мм	t °C	мм	t °C	мм
2018	9,3	63,9	20,6	22,4	19,1	24,3	18,7	108,4	10,7	79,2
2019	9,9	16,2	17,4	50,1	18,8	108,2	18,2	80,7	11,4	40,1
2020	15,1	21,4	15,1	139,8	19,3	66,9	17,9	67,7	10,3	41,4

стью. Гербицидные препараты, используемые для борьбы с сорняками, были подобраны в следующем составе: Гезагард, КС (500 г/л), Лазурит, СП (700 г/кг), Суховей, ВР (150 г/л), Торнадо 500, ВР (500 г/л), при этом особенность применения каждого препарата была регламентирована сопровождающей инструкцией.

Почва опытного участка – темно-каштановая легкосуглинистая. Содержание гумуса в пахотном горизонте составило 2,8% при pH 8,0, что указывает на слабощелочную реакцию почвы.

Погодные условия в зоне проведения исследований в зависимости от года и месяца имели определенные особенности (табл. 1). В целом май в 2018 и 2019 гг. мало отличался по температурным показателям, однако в 2020 г. отмечается значительное превышение средне-

коэффициента до 1,85. В последний год исследований сумма температур выше 10 °С имела максимальное значение – 2187,3 °С при гидротермическом коэффициенте 1,72.

Опыты закладывали согласно общепринятым методикам в четырехкратной повторности с рендомизированным размещением делянок. Общая площадь делянки составила 28,7, учетной – 25 м². Посадку картофеля проводили в конце первой декады мая. Гербициды вносили через 20–22 дня после посадки, до появления массовых всходов, при расходе рабочей жидкости 300 л/га. Количественный и качественный учет сорняков в посадках картофеля осуществляли на площадках в рядках лентой 25 x 100 см (0,25 м²) во всех повторностях через каждые 20 дней по методике НИИКХ [18]. Площадь листовой поверхности определяли по методике Н.Ф. Коняева [19],

фотосинтетический потенциал – по методике А.А. Ничипоровича [20]. Качественные показатели клубней определяли в ГСАС «Хакасская»: содержание сухого вещества – методом высушивания, крахмала – на весах Парова и по Эверсу, сахаров – по Бертрану, аскорбиновой кислоты – по Мурри, нитратов-ион-селективным методом [21].

Математическую обработку данных полевых опытов проводили по Б.А. Доспехову [22] с использованием пакета прикладных программ Field Expert [23].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Сорная растительность в посадках, особенно в первые фазы развития картофеля, отрицательно сказывается на оптимальном прохождении фенологических фаз. При этом если в начальный период происходят отклонения от оптимального развития, то, как правило, впоследствии можно наблюдать значи-

тельное снижение продуктивности как по количественному составу клубней, так и по весовому показателю. Одно из главных условий получения хорошего урожая картофеля – защита растений в критические периоды от отрицательного влияния сорняков, которое для картофеля особенно негативно в первые сроки – от всходов до бутонизации – цветения. В 2018–2020 гг. на опытном участке проводили довсходовую обработку посадок картофеля гербицидами Гезагард, Лазурит, Суховей и Торнадо.

На опытных делянках определяли численность и биологические группы сорных растений в течение практически всего вегетационного периода (3 учета) (табл. 2).

Учет сорных растений начали через 4 недели после внесения гербицидов. Как и следовало ожидать, после обработок гербицидными препаратами количество сорных растений значительно снизилось, на что указывают показатели их количества. По влиянию на однодольные сорняки выделился препарат

Таблица 2

Количество сорных растений в посадках картофеля сорта Тулеевский в зависимости от вида гербицида (2018–2020 гг.)

The number of weeds in plantings of potato variety Tuleevsky depends on the type of herbicide (2018-2020).

Вариант	Доза препарата, кг(л)/га	Срок обработки	Биологическая группа сорняков	Снижение засоренности, % к контролю		
				1-й учет	2-й учет	3-й учет
Контроль (без обработки)	-	-	Однодольные	(11,4)	(15,5)	(10,5)
			Двудольные	(28,5)	(97,3)	(112,8)
Гезагард	2	До всходов	Однодольные	28,6	22,4	18,9
			Двудольные	96,9	79,2	41,4
Лазурит	0,8	До всходов	Однодольные	44,3	48,9	23,3
			Двудольные	79,8	68,3	46,1
Суховей	2	До всходов	Однодольные	49,9	58,6	21,3
			Двудольные	82,6	71,7	38,5
Торнадо	2	До всходов	Однодольные	52,1	25,2	26,7
			Двудольные	68,9	56,1	39,1

Примечание. В контроле в скобках указана численность (шт/м²) сорняков.

Торнадо – 52,1% к контролю, на двудольные – Гезагارد с эффективностью до 96,9%. Ко второму учету отмечены определенные изменения в количестве сорняков. Эффективно сдерживал рост и развитие однодольных сорняков препарат Суховей – 58,6% к контрольному варианту, снижение количества двудольных сорняков на 79,2% отмечено в варианте с препаратом Гезагарт. К третьему учету отмечается определенное снижение эффективности препаратов. По группе однодольных самым эффективным к концу периода вегетации оказался препарат Торнадо – снижение на 26,7%, а по двудольным – Лазурит, где к уборке урожая фиксировалось на 46,1% меньше сорняков относительно контрольного варианта.

В период вегетации проводили учет различных биометрических параметров растений картофеля для определения влияния снижения количества сорных растений в посадках картофеля при внесении различных видов гербицидов (табл. 3). Основными параметрами учета были высота растений, количество листьев и масса ботвы, которые имели определенные различия в зависимости от препарата, который влиял косвенно, через снижение засоренности и увеличение количества доступных культурному растению питательных веществ.

Все препараты, используемые в посадках картофеля, позволили значительно повысить высоту растений за счет снижения конкуренции с сорняками. В сравнении с контрольным вариантом высота культурных растений увеличивалась от 2,3 (Гезагарт) до 4,3 см (Лазурит), что указывает на их эффективность.

Количество стеблей – один из важных показателей для формирования большего количества клубней растениями картофеля. На делянках, обработанных гербицидами, отмечалось небольшое увеличение количества стеблей – на 0,3–0,4 шт. в сравнении с кон-

трольным вариантом. При этом никаких существенных различий между вариантами с препаратами не выявлено.

Важным показателем, положительно сказывающимся на процессе протекания фотосинтеза, является количество листьев. В контрольном варианте данный показатель находился на уровне 26,7 листа на растение, а в вариантах с препаратами наблюдалось его повышение до уровня 28,8–30,6 шт. на растение, что является статистически достоверным относительно контроля при проведении соответствующих расчетов.

В период бутонизации растения, делянки которых обрабатывали гербицидами, формировали наибольшую массу ботвы, на что указывает повышение высоты растений, количества стеблей и листьев. Величина показателя массы ботвы с куста растения картофеля сорта Тулеевский минимальное значение имела в контрольном варианте – 278,5 г, наименьшая прибавка (на 18,2 г) отмечена в варианте, где использовался Гезагарт, наибольшая (50,9 г) – Лазурит, остальные препараты показали промежуточные значения.

Одним из важных показателей результативности формирования урожая является площадь листовой поверхности. Большая площадь листовой поверхности обеспечивает лучшее усвоение фотосинтетически активной радиации (ФАР) в процессе фотосинтеза. Этот показатель на всех делянках опыта в начальный период практически не различался по причине небольшой площади проективного покрытия всех растений, включая сорняки. В период бутонизации отмечается наиболее значительное увеличение площади листовой поверхности – до 24,8 тыс. м²/га при использовании гербицида Лазурит (21,9 тыс. м²/га в контроле). К периоду массового цветения площадь листовой поверхности картофеля сорта Тулеевский превысила 30 тыс. м²/га с максимальным значением (32,7 тыс. м²/га) при об-

Таблица 3

Биометрические показатели и урожайность картофеля сорта Тулеевский (среднее за 2018–2020 гг.)

Biometric indices and yields of potato variety Tuleevsky (average for 2018–2020)

Вариант	Высота, см	Количество основных стеблей, шт.	Количество листьев, шт.	Масса ботвы, г	Урожайность, т/га	Прибавка	
						т/га	%
Контроль (без обработки)	21,6	3,4	26,7	278,5	24,5	-	-
Гезагард	23,9	3,7	29,5	296,7	29,9	5,4	22,0
Лазурит	25,9	3,8	30,6	329,4	31,0	6,5	26,5
Суховой	24,7	3,7	28,8	301,6	28,1	3,6	14,7
Торнадо	24,0	3,7	28,9	312,6	28,4	3,9	15,9
НСР _{0,5}	0,9	0,1	0,7	10,3	0,9	-	-

работке делянки препаратом Лазурит. Замеры листовой поверхности перед уборкой урожая выявили значения от 13,5 до 15,9 тыс. м²/га с сохраняющейся тенденцией, что и в период вегетации.

Существенным показателем роста и развития растений картофеля является не только площадь листовой поверхности, но и эффективность функционирования листового аппарата в период вегетации. За данное условие отвечает показатель фотосинтетического потенциала (ФСП). В контрольном варианте фотосинтетический потенциал находился на уровне 1703,3 тыс. м² • сут/га. В вариантах с применением химических средств защиты растений от сорняков происходит увеличение значения показателя ФСП: Суховой – 1773,0, Торнадо – 1809,0, Гезагард – 1865, и Лазурит – 1905,8 тыс. м² • сут/га.

На эффективность работы листового аппарата в период вегетации указывает параметр хозяйственной продуктивности листьев (ХПЛ), выраженный в тоннах клубней на площадь листовой поверхности. При использовании гербицидов в посадках картофеля наблюдается повышение данного параметра до уровня 1,41–1,46 т/тыс. м²/га (от 9,3 до 13,2%), тогда как в контрольном варианте значение показателя находилось на уровне 1,29 т/тыс. м²/га.

Уборку и учет урожайности растений картофеля во все годы исследований осуществляли в первой декаде сентября (табл. 3).

Значительное снижение количества сорных растений различных видов и групп позволило растениям картофеля сорта Тулеевский повысить продуктивность относительно контрольного варианта, где она составляла 24,5 т/га. При использовании гербицидов Суховой и Торнадо показатели урожайности находились на одном уровне, прибавка к контролю – 14,7–15,9%. Использование Лазурита и Гезагарда позволило сформировать урожайность картофеля на уровне 29,9 и 31,0 т/га соответственно. От контроля данные варианты отличались на 5,4–6,5 т/га, что является значительной прибавкой продуктивности и в процентном выражении составляет от 22 до 26,5%. Согласно статистическим расчетам, урожайность клубней сорта Тулеевский на 42,4% зависит от погодных условий, на 33,7% – от вида гербицида и на 23,9% определяется взаимодействием факторов.

Химический состав клубней картофеля является хорошим индикатором использования определенного элемента агротехники. В контрольном варианте содержание сухого вещества и крахмала составляло 21,4 и 16,2% соответственно. Применение гербицидов для борьбы с сорной растительностью по-

зволило получить значения данных параметров как ниже контрольного варианта, так и несущественно выше. По сухому веществу пределы составили от 20,9 до 21,6, а по крахмалу – 15,9–16,2%. Накопление аскорбиновой кислоты клубнями незначительно выше контрольного варианта зафиксировано при обработке препаратами Гезагард и Суховей, в остальных вариантах – на уровне контроля. Минимальное количество нитратов обнаружено на делянках без обработок гербицидами – 71 мг/кг, а при их использовании содержание нитратов повышалось до 75–89 мг/кг клубней, что значительно ниже предельно допустимой концентрации (ПДК), которая составляет 250 мг/кг по сырым клубням картофеля.

С использованием статистических методов исследования для анализа взаимосвязи показателей количества сорной растительности различных биологических групп в посадках картофеля и урожайностью были

казателями урожайности картофеля и засоренностью посадок, где $s_r = 0,063–0,079$ и $t_r = 3,77–9,58$ при $t_{0,5} = 2,2$.

Использование различных препаратов в посадках картофеля позволяет значительно снизить затраты на получение продукции, что приводит к снижению её себестоимости. Обработка гербицидами способствует уменьшению влияния такого биотического фактора, как сорняки и засоренность посадок.

Анализ результатов расчетов экономической эффективности позволил установить стоимость дополнительного урожая, которая составила от 43,75 до 59,33 тыс. руб / га. Величина дополнительного чистого дохода достигала 31,48–48,75 тыс. руб / га. Уровень рентабельности производства картофеля при использовании гербицидов значительно выше (на 22,3–56,4%) варианта без обработок (138,1%), что указывает на необходимость их применения в посадках картофеля в весенний период в степной зоне Хакасии.

Таблица 4

Взаимосвязь засоренности посадок и урожайности картофеля сорта Тулеевский

Relationship between weed infestation and yield of potato variety Tuleevsky

Вариант	Доза препарата, кг(л)/га	Уравнение регрессии	Коэффициент корреляции, r
Контроль (без обработки)	-	$Y = 232,6 + -1,68 \cdot X$	- 0,921
Гезагард	2	$Y = 191,0 + -2,16 \cdot X$	- 0,769
Лазурит	0,8	$Y = 46,34 + -0,22 \cdot X$	- 0,880
Суховей	2	$Y = 73,56 + -0,59 \cdot X$	- 0,897
Торнадо	2	$Y = 101,1 + -0,95 \cdot X$	-0,933

вычислены уравнения регрессионного типа (табл. 4).

Данные уравнения позволяют в дальнейшем осуществлять прогноз получения определенного количества урожая при различном уровне засорения посадок картофеля в условиях степной зоны Хакасии. Выявленные зависимости показали высокую обратную парную корреляцию (при $P < 0,05$) между по-

ВЫВОДЫ

1. Использование гербицидов в посадках картофеля в условиях степной зоны Хакасии способствует снижению численности однодольных и двудольных сорняков на 18,9–26,7 и 38,5–46,1% соответственно к периоду уборки урожая.

2. Применение химических средств защиты растений от сорняков косвенно обеспечивает значительное увеличение надземной вегетативной массы растений картофеля и эффективности её функционирования, в результате чего фотосинтетический потенциал повышается на 69,7–202,5 тыс. м²•сут/га, хозяйственная продуктивность листьев – на 9,3–13,2%.

3. Защита картофеля от сорняков на начальном этапе оказывает благоприятное воздействие на накопление урожая за счет снижения конкуренции в период роста. Наибольшую прибавку сформировали растения в варианте

с обработкой препаратом Лазурит – 31,0 т/га, что превышает контроль на 6,5 т/га, в остальных вариантах прибавка составила от 14,7 до 22%. При этом урожайность картофеля зависела на 42,4% от погодных условий года и на 33,7% от вида гербицида.

4. Наиболее экономически эффективным гербицидом в посадках картофеля сорта Тулеевский оказался Лазурит, который максимально увеличил величину дополнительного чистого дохода – до 48,75 тыс. руб/га и при этом повысил уровень рентабельности на 56,4%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бирюкова М.В. Эффективность применения гербицидов на посадках картофеля // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. – 2017. – № 19. – С. 82–84.
2. Гаврилец Н.В. Влияние применения регуляторов роста на урожайность и качество раннего картофеля // Инновации и продовольственная безопасность. – 2015. – № 4 (10). – С. 45–48.
3. Галеев Р.Р. Особенности производства картофеля в Западной Сибири. – Новосибирск, 2017. – 116 с.
4. Галеев Р.Р., Чагин В.В. Влияние регуляторов роста на урожайность и качество картофеля в сухостепной зоне Республики Хакасия // Вестник НГАУ. – 2010. – №2(14). – С. 13–15.
5. Иванова Н.В. Влияние современных гербицидов на урожайность и качество картофеля // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2010. – №9(213). – С. 122–125.
6. Картофель в России / под ред. А. В. Коршунова. – М.: ООО «Достижения науки и техники в АПК», 2003. – 968 с.
7. Котилов М.В. Эффективность применения нового гербицида почвенного действия Артист на посадках картофеля // Защита и карантин растений. – 2019. – № 6. – С. 18–19.
8. Рубцов Л.М., Асеева Т.А. Изменение сорного компонента в посадках картофеля под влиянием гербицидов // Защита и карантин растений. – 2019. – № 7. – С. 44–46.
9. Середа Г.М. Комбинированные гербициды почвенного действия в посадках картофеля // Защита растений. – 2018. – № 42. – С. 38–43.
10. Смур В.В., Шпанев А.М. Результативность разных способов защиты посадок картофеля от сорной растительности по предшественнику многолетние травы // Достижение науки и техники АПК. – 2018. – № 3 (Т. 32). – С. 83–87.
11. Hadi M.R., Taheri R., Balali G.R. Effect of iron and zinc fertilizers on the accumulation of Fe and Zn ions in potato tubers // Journal of Plant Nutrition. – 2014. – Vol. 38 (2). – P. 202–211.
12. Genetic mapping of quantitative trait loci for tuber-cadmium and zinc concentration in potato reveals associations with maturity and both overlapping and independent components of genetic control / M.F. Mengist, S. Alves, D. Giffin [et al.] // Theoretical and Applied Genetics. – 2018. – Vol. 131 (4). – P. 929–945.
13. Collis J.S. The Worm forgives the plough. Vol. 1: While following the Plough; Vol. 2: Down to Earth. - Middlesex (England): Penguin Books, 1988. – 363 p.

14. Evenson R.E. Research and Extension in Agricultural Development. - San Francisco: International Center for Economic Growth Publication, 1992. – 54 p.
15. Kallen S.A. The Farm. – Edina (Minnesota): ABDO & Daughters, 1997. – 24 p.
16. Токарева Н.В., Суров В.В., Чухина О.В. Влияние минеральных удобрений, гербицида и комплексного препарата Альбит на урожайность, качество и вынос элементов питания картофелем в Вологодской области // Агрохимия. – 2019. – № 5. – С. 56–65.
17. Ханкишиев Э.Я., Агаев Ф.А. Эффективность применения гербицидов на картофеле // Защита и карантин растений. – 2019. – № 4. – С. 32–33.
18. Методика определения засоренности в посадках картофеля. – М.: Изд-во ВНИИКХ, 2007. – 38 с.
19. Коняев Н.Ф. Математический метод определения площади листьев растений // Доклады ВАСХ-НИИ. – 1970. – № 9. – С. 43–46.
20. Ничипорович А.Ф. Фотосинтетическая деятельность в посевах сельскохозяйственных культур. – М.: Сельхозгиз, 1961. – 231 с.
21. Ермаков А.И. Методика биохимических исследований. – М.: Колос, 1979. – 268 с.
22. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 365 с.
23. Акимов О.И., Акимов Д.Н. Использование статистических методов обработки опытных данных при выполнении студенческих научных работ // Вестник Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова. – 2016. – № 18. – С. 76–78.

REFERENCES

1. Biryukova M.V., *Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produkt-sii sel'skogo khozyaistva*, 2017, No. 19, pp. 82–84. (In Russ.)
2. Gavrilets N.V., *Innovatsii i prodovol'stvennaya bezopasnost'*, 2015, No. 4 (10), pp. 45–48. (In Russ.)
3. Galeev R.R., *Osobennosti proizvodstva kartofelya v Zapadnoi Sibiri* (Features of potato production in Western Siberia), Novosibirsk, 2017, 116 p.
4. Galeev R.R., Chagin V.V., *Vestnik NGAU*, 2010, No. 2(14), pp. 13–15. (In Russ.)
5. Ivanova N.V., *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki*, 2010, No. 9(213), pp. 122–125. (In Russ.)
6. *Kartofel' v Rossii* (Potatoes in Russia), pod red. A.V. Korshunova, Moscow: OOO Dostizheniya nauki i tekhniki v APK, 2003, 968 p.
7. Kotikov M.V., *Zashchita i karantin rastenii*, 2019, No. 6, pp. 18–19. (In Russ.)
8. Rubtsov L.M., Aseeva T.A., *Zashchita i karantin rastenii*, 2019, No. 7, pp. 44–46. (In Russ.)
9. Sereda G.M., *Zashchita rastenii*, 2018, No. 42, pp. 38–43. (In Russ.)
10. Smuk V.V., Shpanev A.M., *Dostizhenie nauki i tekhniki APK*, 2018, No. 3 (T. 32), pp. 83–87. (In Russ.)
11. Hadi M.R., Taheri R., Balali G.R., Effect of iron and zinc fertilizers on the accumulation of Fe and Zn ions in potato tubers, *Journal of Plant Nutrition*, 2014, Vol. 38 (2), pp. 202–211.
12. Mengist M.F., Alves S., Giffin D., Creedon J., McLaughlin M.J., Jones P.W., Milbourne D., Genetic mapping of quantitative trait loci for tuber-cadmium and zinc concentration in potato reveals associations with maturity and both overlapping and independent components of genetic control, *Theoretical and Applied Genetics*, 2018, Vol. 131 (4), pp. 929–945.
13. Collis J.S., *The Worm forgives the plough*, Vol. 1: While following the Plough; Vol. 2: Down to Earth. – Middlesex (England): Penguin Books, 1988, 363 p.
14. Evenson R.E., *Research and Extension in Agricultural Development*, San Francisco: International Center for Economic Growth Publication, 1992, 54 p.
15. Kallen S.A., *The Farm*, Edina (Minnesota): ABDO & Daughters, 1997, 24 p.
16. Tokareva N.V., Surov V.V., Chukhina O.V., *Agrokhimiya*, 2019, No. 5, pp. 56–65. (In Russ.)

17. Khankishiev E.Ya., Agaev F.A., *Zashchita i karantin rastenii*, 2019, No. 4, pp. 32–33. (In Russ.)
18. *Metodika opredeleniya zasorennosti v posadkakh kartofelya* (The method of determining the contamination in potato plantings), Moscow: Izd-vo VNIKKh, 2007, 38 p. (In Russ.)
19. Konyaev N.F., *Doklady VASKhNIL*, 1970, No. 9, pp. 43–46. (In Russ.)
20. Nichipirovich A.F., *Fotosinteticheskaya deyatel'nost' v posevakh sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* (Photosynthetic activity in agricultural crops), Moscow: Sel'khozgiz, 1961, 231 p. (In Russ.)
21. Ermakov A.I., *Metodika biokhimicheskikh issledovaniy* (Methods of biochemical research), Moscow: Kolos, 1979, 268 p. (In Russ.)
22. Dospekhov B. A. *Metodika polevogo opyta* (Methodology of field experience), Moscow: Agropromizdat, 1985, 365 p. (In Russ.)
23. Akimova O.I., *Vestnik Khakasskogo gosudarstvennogo universiteta im. N.F. Katanova*, 2016, No. 18, pp. 76–78. (In Russ.)

УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО КУКУРУЗЫ, ВЫРАЩИВАЕМОЙ НА ЗЕРНО И СИЛОС В УСЛОВИЯХ ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В ЛЕСОСТЕПИ ПРИОБЬЯ

Г.В. Щемелева, аспирант

Л.В. Цындра, аспирант

Р.Р. Галеев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

М.С. Шульга, зав. лабораторией

Новосибирский государственный аграрный университет,

Новосибирск, Россия

E-mail: shgv95@mail.ru

Ключевые слова: кукуруза, орошение, биохимические показатели, урожайность, структура урожая

Реферат. *Получение высоких урожаев является первостепенной задачей современного сельскохозяйственного производства. Увеличение объёмов производимой сельхозпродукции находится в центре внимания каждого сельхозпроизводителя. Кукуруза является культурой высокой продуктивности, обширного и различного применения. Пищевое, промышленное и агротехническое значение кукурузы указывает на необходимость постоянного усовершенствования технологий возделывания, повышения урожайности и качества зерна в условиях местного климата для получения наибольшей экономической эффективности возделывания данной культуры. В условиях Западной Сибири, имеющей выраженный континентальный характер с холодной продолжительной зимой и коротким жарким летом, характерна недостаточная влагообеспеченность в период вегетации. Соответственно, лимитирующим фактором урожайности большинства культур, в том числе кукурузы, в отдельные критические периоды может являться недостаточное увлажнение. В настоящем исследовании оценена урожайность кукурузы и ее структура с применением и без использования орошения. Отмечено положительное влияние орошения на элементы урожайности кукурузы (длина, ширина и окружность початка, количество зерен в ряду и по окружности, масса 1000 зерен), а также достоверное увеличение урожая гибридов Кубанский 101 и Катерина СВ. Исследован биохимический состав зерна: содержание сухого вещества, сахаров, жира, крахмала, протеина и декстринов. Выявлено, что количество сухого вещества в зерне на неорошаемых полях выше, чем на орошаемых, в то время как все остальные показатели выше при орошении.*

YIELDS AND QUALITY OF MAISE GROWN FOR GRAIN AND SILAGE UNDER-IRRIGATED FARMING CONDITIONS IN THE FOREST-STEPPE OF THE OB'YE REGION

G.V. Scschemeleva, Postgraduate Student

L.V. Tsyndra, Postgraduate Student

R.R. Galeev, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

M.S. Shulga, Laboratory Manager

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

Keywords: *maise, irrigation, biochemical indicators, yield, yield structure.*

Abstract. *The achievement of high yields is the primary objective of modern agricultural production. Increasing the volume of the farm output is the focus of every farmer's attention. Maize is a highly productive crop with a wide range of applications. The food, industrial, and agro-technical impor-*

tance of maize point to the need for continuous improvement of cultivation technologies, increasing yields and grain quality under local climate conditions to obtain the highest economic efficiency. The conditions of Western Siberia are characterised by insufficient moisture supply during the growing season. States in Western Siberia are represented by a pronounced continental character with cold, long winters and short, hot summers. Thus, insufficient moisture is a limiting factor for the yield of most crops, including maize, especially in some critical periods. In the present study, the authors evaluated maize yield and structure with and without irrigation. A positive effect of irrigation on the elements of maize yield (length, width and circumference of the cob, number of grains in the row and on the rim, weight of 1000 grains) was noted. The authors also note a significant increase in hybrid Kubansky 101 and Katerina SV yield. The biochemical composition of grain: dry matter, sugars, fat, starch, protein and dextyrins content was studied. It was found that the amount of dry weight in grain on rainfed fields is higher than on irrigated fields, while all other indicators are higher with irrigation.

Кукуруза считается одной из наиболее важных сельскохозяйственных культур в мире. Ее уникальность состоит в том, что она имеет высокую потенциальную урожайность и универсальность использования. Почти во всех кукурузосеющих странах кукурузу выращивают на зерно, которое находит свое применение в продовольственных, кормовых и технических целях. Для пищевой промышленности кукурузное зерно является сырьем для получения круп, масел, крахмала, спирта и муки. Как высокоэнергетический корм зерно кукурузы применимо для кормления всех видов животных и птицы. По кормовым достоинствам (содержанию кормовых единиц, обменной энергии и переваримости) зерно кукурузы превосходит зерно других фуражных культур, ввиду чего является неотъемлемой частью комбикормов [1].

Кукуруза имеет большое агрономическое и экологическое значение. Выращиваемая на зерно кукуруза является хорошим предшественником для многих культур. Раннеспелую кукурузу можно с успехом выращивать на зерно в поукосных и пожнивных посевах, а также использовать как страховую культуру на случай гибели озимых и яровых культур [2].

Основным направлением использования кукурузы в Сибири, по мнению Н.Н. Кулешова, должно быть силосное, но в

южной части Западной Сибири может найтись место также возделывание скороспелых сортов и гибридов кукурузы, убираемых на зерно в полной спелости. Аналогичные суждения высказывали большинство сибирских ученых: В.В. Таланов, Б.И. Герасенков, А.Р. Кожевников, Г.И. Попова, В.С. Ильин, И.А. Сикорский, А.А. Устюжанин, Н.М. Крючков и др. Профессор Б.И. Герасенков привлекал внимание сибирских ученых к решению зерновой проблемы за счёт кукурузы, указывая на перспективность её возделывания [3]. При этом необходимо выявить степень реализации биологического потенциала продуктивности зерна гибридов кукурузы в конкретных почвенно-климатических условиях и усовершенствовать элементы технологии производства этой культуры [4].

Низкая влагообеспеченность территории основных сельскохозяйственных районов является одной из основных причин невысокого уровня урожайности сельскохозяйственных культур. Вследствие этого снижается эффективность сельскохозяйственного производства [5]. Орошение – одно из главных направлений интенсификации сельскохозяйственного производства. Под влиянием орошения увеличиваются активная поглощающая поверхность корневой системы, поглощение корнями воды и питательных веществ, продуктивность фотосинтеза, снижается не-

продуктивное дыхание, повышаются оводненность и водоудерживающая способность листьев [6]. В засушливых районах поливы позволяют увеличить урожайность сельскохозяйственных культур в 2–3 раза [7]. Данное утверждение подтверждается работами зарубежных авторов, изучающих влияние орошения на растения кукурузы [8–10]. В исследованиях М. Hatlitoligil были определены взаимосвязи между урожайностью зерна и режимом орошения [11]. Необходимость повышения урожайности и качества зерна в условиях местного климата для достижения наибольшей экономической эффективности возделывания данной культуры в настоящее время является актуальной проблемой. В связи с этим целью исследования являлось изучение влияния орошения на урожайность и качественные показатели гибридов кукурузы.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены в 2019–2021 гг. в лесостепной зоне Западной Сибири на базе крупного сельскохозяйственного предприятия ЗАО Племзавод «Ирмень», расположенного в с. Верх-Ирмень Ордынского района Новосибирской области, в полевых и лабораторных условиях. Почвенный покров опытного участка – чернозем выщелоченный среднегумусный среднесплодный, гумусовый слой достигает 40 см, содержание гумуса с глубиной понижается.

Объекты исследований – посевы гибридов Кубанский 101 на зерно и Катерина СВ на силос.

Кубанский 101 СВ. ФАО 100 – очень ранний трехлинейный гибрид, включен в Госреестр по Западно-Сибирскому региону для выращивания на зерно. Растение низкое или средней высоты. Початок слабokonический, имеет среднюю длину, короткую ножку,

неокрашенный стержень. Зерно кремнистое, в верхней части желтое. Средняя урожайность зерна в регионе составляет 46,0 ц/га [12].

Катерина СВ. ФАО 170 – раннеспелый трехлинейный холодостойкий гибрид универсального направления использования. Создан для производства зерна, зерноотрубной массы и силоса с содержанием зерна восковой спелости в регионах с ограниченным периодом вегетации. Имеет благоприятное соотношение зерновой и вегетативной части. В Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в РФ, включен с 1999 г. [1].

Проведены два полива из расчета 400 м³/га: первый – в фазе 8–10 листьев перед смыканием рядков, второй – перед началом налива початков. Закладка опытов осуществлялась в четырехкратной повторности, размещение вариантов рендомизированное, общая площадь опыта 1 га, площадь делянки – 100 м², учетная – 80 м². Вегетационные периоды 2019–2021 гг. были в значительной степени неблагоприятными для зернофуражных и зернобобовых культур как по тепловым показателям, так и по влагообеспеченности.

Урожайность кукурузы и структуру ее элементов оценивали по Э.Н. Панфилову. Исследован также биохимический состав зерна: сухое вещество – термостатно-весовым методом, сахара – по методу Н.Н. Сивакова, жир – по методу Н.А. Михайлова, крахмал, протеин и декстрины – полярографически по Эверсу [13]. Дана сравнительная характеристика полученных показателей с применением и без использования орошения.

Статистическая обработка урожайных данных проведена по методу Б.А. Доспехова с использованием прикладных программ SNEDECOR [14].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Интегрирующим показателем, характеризующим эффективность изучаемых приемов агротехники, является урожайность. Известно, что урожай кукурузы складывается из следующих основных элементов: длина, ширина и окружность початка, количество зерен в ряду и по окружности, масса 1000 зерен. Полученная урожайность и ее структурные показатели представлены в табл. 1.

Кубанский 101 с применением орошения составляет 5,66 т/га, что почти на 59,4 % больше, чем без полива (3,55 т/га). Урожайность зерна кукурузы Катерина СВ без полива составляет 3,17 т/га, что на 1,22 т/га меньше, чем с применением орошения.

Масса 1000 зерен увеличивается на 21,6 % и у гибрида Кубанский 101, и у гибрида Катерина СВ. Отмечено увеличение окружности початка и количества зерен как у гибрида Кубанский 101, так и у гибрида

Таблица 1

Урожайность кукурузы и ее структура (среднее за 2019–2021 гг.)

Maise yield and structure (average for 2019–2021)

Гибрид	Фон	Урожайность, т/га		Масса 1000 зерен, г	Длина початка, см	Ширина початка, см	Окружность початка, см	Кол-во зерен	
		зерна	зеленой массы					в длину	по окружности
Кубанский 101	Без полива	3,55	23,5	251,9	12,7	3,4	14,7	39,7	19,7
	Полив	5,66	35,4	306,3	20,6	5,0	15,9	43,1	20,7
Катерина СВ	Без полива	3,17	21,8	207,7	13,7	3,2	15,9	34,6	15,9
	Полив	4,39	33,9	252,5	19,5	4,7	16,3	36,4	19,9
НСР _{0,5}		0,12	1,24	15,6	1,83	0,23	0,86	1,14	0,36

Оценка биологической продуктивности кукурузы показывает, что при отсутствии дополнительной влагозарядки посевов растения кукурузы имеют относительно низкую урожайность. Урожайность зерна гибрида

Катерина СВ. Таким образом, на фоне орошения формируются более крупные початки и выше уровень урожая.

Биохимические свойства зерна определяются его химическим составом, распределе-

Таблица 2

Биохимический состав зерна кукурузы в зависимости от влагообеспеченности, %

Biochemical composition of maize grain as a function of moisture availability, %

Гибрид	Фон	Сухое вещество	Крахмал	Сахара	Жир	Протеин	Декстрины
Кубанский 101	Орошаемый	85,3	61,5	3,1	5,9	12,7	1,8
	Неорошаемый	86,4	60,6	3,1	5,3	10,5	1,7
Катерина СВ	Орошаемый	84,9	60,3	3,6	5,4	11,9	2,0
	Неорошаемый	86,4	59,2	3,1	5,3	10,6	1,7
НСР _{0,5}		0,12	0,68	0,74	0,16	0,23	0,19

нием химических веществ по анатомическим частям зерна. Все физиологические процессы в зерне регулируются ферментативной системой, поэтому активность ферментов имеет важнейшее значение.

Качество клейковины зависит от сортовых особенностей, почвенно-климатических условий выращивания, химических и физических факторов, действующих на зерно (минеральные удобрения, сушка, кондиционирование зерна), условий его хранения, воздействия вредителей. Богатство и разнообразие химического состава зерна кукурузы обуславливает его высокую пищевую ценность. Содержание элементов в зерне в зависимости от условий выращивания может варьировать в очень широких пределах [15].

Анализ биохимического состава зерна кукурузы на зерно (Кубанский 101) показал, что количество сухого вещества в зерне на неорошаемых полях выше, чем на орошаемых, в то время как все остальные показатели, представленные в табл. 2, выше при использовании орошения. Однако применение орошения

не оказало влияния на процентное содержания сахаров в зерне. Гибрид Катерина СВ, выращиваемый на силос, также имеет большее содержание сухого вещества без использования орошения, но в отличие от гибрида Кубанский 101 все показатели, в том числе сахара, имеют тенденцию к увеличению.

ВЫВОДЫ

1. В условиях северной лесостепи Новосибирского Приобья при выращивании гибридов кукурузы с применением орошения установлено увеличение урожайности зерна и зеленой массы у Кубанского 101 соответственно на 59,4 и 50,6 %, у гибрида Катерина СВ – на 38,5 и 55,5 % в сочетании с повышением массы зерна на 21,6 %, а также размеров початков.

2. Оптимальный режим орошения способствует повышению пищевой и кормовой ценности зерна кукурузы, увеличению содержания жира, протеина, крахмала и сахаров.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Перспективная ресурсосберегающая технология производства кукурузы на зерно: метод. рекомендации / подгот. В.Н. Багринцевой, Е.Ф. Сотченко, А.Г. Горбачевой.* – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 72 с.
2. *Сотченко В.С.* Перспективы производства зерна и семян кукурузы в Российской Федерации на период до 2020 г. // Кукуруза и сорго. – 2010. – № 4. – С. 3–9.
3. *Кваша А.В.* Совершенствование технологии возделывания кукурузы на фуражное зерно в южной лесостепной и степной зонах Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Усть-Кинельский, 2017. – 19 с.
4. *Галеев Р.Р., Щемелева Г.В., Альберт М.А.* Особенности изучения гибридов кукурузы при орошаемом земледелии в лесостепи Приобья // Главный агроном. – 2020. – №7. – С. 3–5.
5. *Давыдов А.С., Ермакова К.С.* Режим орошения кукурузы на зерно // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2019. – №5 (175). – С. 55–59.
6. *Мигулев П.И.* Продуктивность гибридов кукурузы при программировании урожайности в условиях Верхневолжья // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – №3. – С. 29–32.
7. *Шепталов В.Б.* Подготовка сточных вод и режим орошения сельскохозяйственных культур в условиях лесостепной зоны Челябинской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Барнаул, 2011. – 16 с.

8. Motazedian A., Kazemeini S.A., Bahrani V.J. Sweet corn growth and Grain Yield as influenced by irrigation and wheat residue management // *Agricultural Water Management*. – 2019. – Vol. 224.
9. Segovia-Cardozo D.A., Rodríguez-Sinobas L., Zubelzu S. Water use efficiency of corn among the irrigation districts across the Duero river basin (Spain): Estimation of local crop coefficients by satellite images // *Agricultural Water Management*. – 2019. – Vol. 212. – P. 241–251.
10. Effect of irrigation on physicochemical properties and bioethanol yield of drought tolerant and conventional corn / K.Zhang, P. Bairen, I. Kisekka [et al.] // *Irrigation Science*. – 2018. – Vol. 36.
11. Hatlitligil M., Olson R., Compton W. Yield, water use, and nutrient uptake of corn hybrids under varied irrigation and nitrogen regimes. *Fertilizer Research*. – 1984. – Vol. 5. – P. 321–333.
12. Новые сорта и гибриды кукурузы и сорговых культур, рекомендованные к возделыванию в хозяйствах Российской Федерации с 2019 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vnii-kukuruzy.ru> (дата обращения: 09.11.2021).
13. Полнота всходов и фотосинтетические параметры гибридов кукурузы, выращиваемых при различном уровне влагообеспеченности / Г.В. Щемелева, Р.Р. Галеев, М.В. Степанова, Е.Н. Цындра // Актуальные проблемы агропромышленного комплекса: сб. тр. науч.-практ. конф. преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов Новосиб. ГАУ, Новосибирск, 20 окт. 2021 г. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2021. – С. 242–244.
14. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – Изд. 6-е, перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 2011. – 351 с.
15. Формирование химического состава зерна яровой пшеницы при различном уровне минерального питания / Д.В. Чикишев, Н.В. Абрамов, Н.С. Ларина, С.В. Шерстобитов // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2020. – № 10(3). – С. 496–505.

REFERENCES

1. *Perspektivnaya resursosberegayushchaya tekhnologiya proizvodstva kukuruzy na zerno* (Perspective resource-saving technology of corn production for grain), podgotovleno V.N. Bagrintseva, E.F. Sotchenko, A.G. Gorbacheva, Moscow: FGNU «Rosinformagrotech», 2009, 72 p.
2. Sotchenko V.S., *Kukuruza i sorgo*, 2010, No. 4, pp. 3–9. (In Russ.)
3. Kvasha A.V., *Sovershenstvovanie tekhnologii vozdeleyvaniya kukuruzy na furazhnoe zerno v yuzhnoy lesostepnoy i stepnoy zonakh Zapadnoy Sibiri* (Improving the technology of corn cultivation for feed grain in the southern forest-steppe and steppe zones of Western Siberia, Extended abstract of Candidate's thesis, Ust-Kinelsky, 2017, 19 p.
4. Galeev R.R., Shchemeleva G.V., Albert M.A., *Glavnyy agronom*, 2020, No. 7, pp. 3–5. (In Russ.)
5. Davydov A.S., Ermakova K.S., *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2019, No. 5(175), pp. 55–59. (In Russ.)
6. Migulev P.I., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2019, No. 3, pp. 29–32. (In Russ.)
7. Sheptalov V.B., *Podgotovka stochnykh vod i rezhim orosheniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v usloviyakh lesostepnoy zony Chelyabinskoy oblasti* (Wastewater treatment and irrigation regime of agricultural crops in the conditions of the forest-steppe zone of the Chelyabinsk region), Extended abstract of Candidate's thesis, Barnaul, 2011, 16 p.
8. Motazedian A., Kazemeini S.A., Bahrani M.J., Sweet corn growth and Grain Yield as influenced by irrigation and wheat residue management, *Agricultural Water Management*, 2019, Vol. 224.

9. Segovia-Cardozo D.A., Rodríguez-Sinobas L., Zubelzu S., Water use efficiency of corn among the irrigation districts across the Duero river basin (Spain): Estimation of local crop coefficients by satellite images, *Agricultural Water Management*, 2019, Vol. 212, pp. 241–251.
10. Zhang K., Bairen P., Kisekka I. [et al.], Effect of irrigation on physicochemical properties and bioethanol yield of drought tolerant and conventional corn, *Irrigation Science*, 2018, Vol. 36.
11. Hatlitligil, M., Olson, R., Compton, W., Yield, water use, and nutrient uptake of corn hybrids under varied irrigation and nitrogen regimes, *Fertilizer Research*, 1984, Vol. 5, pp. 321–333.
12. *Novye sorta i gibridy kukuruzy i sorgovykh kul'tur, rekomendovannye k vozdeleyvaniyu v khozyaystvakh Rossiyskoy Federatsii s 2019 goda* (New varieties and hybrids of corn and sorghum crops recommended for cultivation in the farms of the Russian Federation since 2019), <http://vniikukuruzy.ru> (accessed: 09.11.2021).
13. Shchemeleva G.V., Galeev R.R., Stepanova M.V., Tsyndra E.N., *Aktual'nye problemy agropromyshlennogo kompleksa* (Actual problems of the agro-industrial complex), Proceedings of the scientific and practical conference, Novosibirsk, October 20, 2021, Novosibirsk: Publishing Center of NGAU “Golden Ear”, 2021, pp. 242-244. (In Russ.)
14. Dospekhov B.A., *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* (Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)), Moscow: Agropromizdat, 2011, 351 p.
15. Chikishev D.V., Abramov N.V., Larina N.S., Sherstobitov S.V., *Izvestiya vuzov. Prikladnaya khimiya i biotekhnologiya*, 2020, No. 10(3), pp. 496-505. (In Russ.)

ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

УДК 619:611.732:616.001

DOI:10.31677/2072-6724-2021-61-4-90-99

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЖЕВАТЕЛЬНОЙ МУСКУЛАТУРЫ НА ЧЕРЕП
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ЖИВОТНОГО ПРИ НАЛИЧИИ ТРАВМИРУЮЩЕГО/
ИЗМЕНЯЮЩЕГО БИОМЕХАНИКУ МЫШЦЫ ФАКТОРА**¹М.А. Бойкова, кандидат ветеринарных наук, доцент²О.В. Бикетов, врач, мануальный терапевт, остеопат^{1,3}В.А. Напримеров, кандидат ветеринарных наук, доцент¹Новосибирский государственный аграрный университет,
Новосибирск, Россия²Медицинский центр «Здоровье», Нижний Новгород, Россия³Институт цитологии и генетики Сибирского отделения РАН,
Новосибирск, Россия
E-mail: sajmon@list.ru

Ключевые	слова:
сагиттальный	шов,
травмирующий	фактор,
остеогенез	

Реферат. Признавая, что доминирующая в настоящее время научная парадигма предполагает, что геномные, а не функциональные факторы регулируют (вызывают, контролируют) рост костей черепа и черепных швов, основываясь, прежде всего, на обширном обзоре соответствующей современной литературы и собственном опыте, авторы предлагают ряд уточнений, направленных на устранение некоторых непреднамеренных концептуальных заблуждений. В данной статье описывается процесс повышения модуляции механотрансдукции, продуцируемый мышечной активностью скелетных мышц, на которые максимально реагируют костные клетки. Авторами описана фактическая цепь событий, оказывающая влияние на стимуляцию роста костных клеток, что позволяет предложить средство контроля данных процессов, разрабатывать новые методики коррекции, включая подавление фенотипической экспрессии. В статье представлены результаты исследования влияния механической нагрузки жевательных мышц с непрерывным стимулом растяжения в направлении увеличения ширины / растяжения сагиттального шва экспериментального животного in vivo. Описана методика и представлены данные объективного инструментального контроля, а также результаты, полученные в результате статистической обработки. Авторы в данной работе представляют экспериментальные доказательства того, что жевательная нагрузка является одним из основных стимулов, который генерирует черепно-лицевые вариации, влияя на структуру черепного шва. Экспериментальная часть исследований проводилась на базе Центра коллективного пользования «Виварий конвенциональных животных» Федерального исследовательского центра Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук.

ANALYSIS OF THE EFFECTS OF THE MASSETER MUSCLE ON THE SKULL OF AN EXPERIMENTAL ANIMAL IN THE PRESENCE OF A TRAUMATIC/CHANGING MUSCLE BIOMECHANICS FACTOR

¹M.A. Boykova, PhD in Veterinary Sciences, Associate Professor

²O.V. Biketov, Doctor, Chiropractor, Osteopath

^{1,3}B.A. Naptimerov, PhD in Veterinary Sciences, Associate Professor

¹Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

²Medical Center «Health», Nizhny Novgorod, Russia

³Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of RAS, Novosibirsk, Russia

Keywords: *sagittal suture, traumatic factor, osteogenesis.*

Abstract. *Most authors recognize that the currently dominant scientific paradigm assumes that genomic rather than functional factors regulate (cause, control) the growth of cranial bones and cranial sutures. In contrast, the authors of this article offer some clarifications to address some unintentional conceptual misconceptions, based primarily on an extensive review of the relevant current literature and their own experience. This article describes the increased modulation of mechanotransduction produced by skeletal muscle activity, to which bone cells respond maximally. The authors describe the actual chain of events that influences the stimulation of bone cell growth. This influence makes it possible to propose a means of controlling these processes and developing new correction methods, including suppression of phenotypic expression. The authors present the results of a study of the effect of mechanical loading of the masticatory muscles with a continuous stretching stimulus to increase the width of extension of the sagittal suture of the experimental animal in vivo. The methodology is described, and objective instrumental control data are presented. The results of statistical processing are also presented. The authors give empirical data in this paper. These experiments prove that chewing load is one of the primary stimuli that generate craniofacial variations, affecting the structure of the cranial suture. The authors conducted the experimental part of the research at the Vivarium of Conventional Animals Collaborative Center of the Federal Research Center of the Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences.*

Известно, что черепные швы играют роль в поглощении и/или передаче нагрузок, приложенных к черепу, но модели нагрузки на швы черепа недостаточно изучены. Значительный объем исследований свидетельствует о том, что как на морфологию, так и на стойкость черепных швов оказывают влияние механические нагрузки [1–3]. Однако по большей части нормальная среда нагружения швов неизвестна.

Интерпретация природы нагрузки (например, сжатие против растяжения) невозможна без эксперимента, основанного на использовании только морфологии кости, поскольку нагрузки могут переноситься внутрисуставными волокнами, расположение которых возможно в разных направлениях. Даже если

направление волокон известно, характер нагрузки может быть неясным [4].

Настоящий эксперимент проводился в рамках исследования деформации костей и функции мышц в достаточно простом сегменте: лицо – сагиттальный шов черепа.

Паттерны активности жевательных мышц сравнительно хорошо изучены [1, 5, 6].

Таким образом, механическая изоляция и известные источники нагрузки делают сагиттальный шов черепа мышцей хорошей моделью для исследования уровней деформации *in vivo* [7–9].

Экспериментально мы подтверждаем, что в паттерне деформации черепа за счет сагиттального шва черепа мышца действительно доминирует жевательная мышца и что мор-

фология шва хорошо коррелирует с преобладающим паттерном нагрузки.

В настоящем пилотном исследовании сагиттальный шов мыши был использован для изучения остеогенеза шва. Сагиттальный шов легко доступен и, как известно, нагружается главным образом при напряжении жевательной мускулатуры [10].

Мы также предполагаем, что сложность швов будет расти по мере увеличения растягивающих напряжений, действующих на сагиттальный шов. Это будет отражать способность соединительной ткани шва реагировать и адаптироваться к распределению деформаций, вызванных повышенными нагрузками на растяжение.

Предполагалось, что механическая нагрузка от жевательных мышц будет связана с увеличением остеогенеза в сагиттальном шве экспериментального животного. Мы также подтверждали данные других исследователей о том, что остеогенез будет усилен у гипермускулярной мыши [11–13].

В связи с вышеизложенным целью наших исследований было проведение анализа влияния механической нагрузки жевательной мускулатуры на формирование швов черепа мышей *in vivo* и соотнесение паттернов нагрузки с гистологической структурой шва.

Для достижения вышеозначенной цели перед нами была поставлена следующая задача: проверить прогнозируемую форм-функциональную зависимость между сложностью краниального шва и влиянием биомеханики жевательных мышц на модели мыши.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Экспериментальная часть исследований была выполнена в марте 2020 г. на базе ЦКП «Виварий конвенциональных животных» ИЦиГ СО РАН, ЦКП микроскопического

анализа биологических объектов СО РАН и кафедры хирургии и внутренних незаразных болезней ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ.

Исследования были проведены в соответствии с нормами, изложенными в Директиве Европейского Парламента и Совета ЕС 2010/63/EU от 22 сентября 2010 г., и «Правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных» (приказ Минздрава СССР № 755 от 12 августа 1977 г.), одобрены в межинститутской комиссии по биоэтике при Институте цитологии генетики СО РАН.

Пробоподготовка, микроскопирование были проведены Е.А. Кизиловой, кандидатом биологических наук, старшим научным сотрудником ИЦиГ СО РАН с использованием оборудования и на базе ЦКП МАБО СОРАН (<http://www.bionet.nsc.ru/labs/viv/index.php?id=113>).

Описательный анализ изображений (гистосрезов) был выполнен Ю.Д. Шмидтом, кандидатом биологических наук, доцентом (Новосибирский государственный университет), Новосибирск.

Объект исследований – 27 мышей СВА/CaOlaHsd разного пола в возрасте 3–4 недели со средней массой $18,03 \pm 2,10$ г.

Предметом исследований служил сагиттальный шов лобной кости – *sutura sagittalis ossis frontalis*.

Мыши были разделены на 4 группы: 2 контрольные и 2 опытные. Мышам 1-й опытной группы ($n = 8$) был наложен один узловатый шов на *m. masseter* с одной стороны (рис. 1, а). Мышам 2-й опытной группы ($n = 8$) было наложено по одному узловатому шву на *m. masseter* справа и слева (см. рис. 1, б). Мышам 1-й ($n = 8$) и 2-й контрольных групп ($n = 3$) швы не накладывали.

В ходе эксперимента при формировании тонуса *m. masseter* использовалось местное обезболивание – линейная инфильтрацион-



Рис. 1. Мыши 1-й и 2-й опытных групп с узловатыми швами на m. masseter с одной (а) и с двух сторон (б) соответственно

Fig. 1. Mice of experimental groups 1 and 2 with knotted sutures on m. masseter on one side (a) and both sides (b), respectively

ная анестезия (новокаин, 0,5 %-й раствор, 0,2 мл однократно на одно животное).

Ни одна из выполняемых процедур не оказала прямого влияния на мозговую оболочку и не привела к полной утрате функции данной мышцы.

Мыши в ходе эксперимента содержались в соответствии с нормами пребывания животных в виварии.

Перед началом эксперимента мыши 2-й контрольной группы ($n = 3$) и по его окончании, на 13-е сутки, мыши опытных и 1-й контрольной группы были выведены из эксперимента путем эвтаназии с помощью камеры с углекислым газом.

Для оценки результатов исследований использовались рентгенографический метод и метод ультразвуковой диагностики (УЗИ-диагностика).

В 1-е и на 13-е сутки определяли ширину sutura sagittalis рентгенографически (показатель X-ray) с помощью аппарата DIAGNOSTICX-RAYUNIT (VETERINARY), модель ORANGE 1060 HF (параметры:

2,50 mAs, 45 kV) и при помощи УЗИ-аппарата Digital Ultrasound System, модель PU – 2200 V (показатель Ultrasound) (параметры: В-режим сканирования, датчик микроконвексный, 7,5 МГц).

Для характеристики влияния механической нагрузки на ширину черепных швов (sutura sagittalis) рассчитывали показатели описательной статистики: среднее значение, ошибку средней, среднеквадратичное отклонение, минимум, максимум, первый и третий квартили, интерквартильный интервал. Гомоскедастичность дисперсий определяли при помощи критерия Бартлетта. Нормальность распределения оценивали с помощью критерия Шапиро-Уилка. Для определения статистической значимости различий средних величин для независимых выборок выполняли расчет t-критерия. Для характеристики зависимости вариации результативного признака от вариации факторного использовали критерий Фишера.

Статистическую обработку исходных данных проводили с использованием языка

статистического программирования R и среды анализа данных RStudio, версия 1.4.1717 и в программе Excel из пакета Microsoft Office, версия 15.0.4569.1506.

Для гистологического исследования после эвтаназии мышей был взят материал – участки лобной и теменной костей с сагитальным швом – и после соответствующей обработки был зафиксирован в стандартном нейтральном формалине (10%-й раствор формалина на PBS pH 7,4–7,8, реактив B06-001/S, BioVitrum) при комнатной температуре в течение 2 сут. Затем образцы были отмыты в специальном растворе в течение 12 ч.

Декальцинирование проводили в стандартном электролитном декальцинирующем растворе (реактив 06-004S, BioVitrum). Инкубация образцов длилась 8 ч при комнатной температуре. После декальцинирования образцы промывали в четырех сменах PBS (pH 7,4–8).

Дегидратацию и пластификацию образцов проводили по стандартному протоколу в гистологический парафин (BioVitrum) на автоматическом тканевом гистологическом процессоре Leica TP1020. Срезы делали на моторизованном ротационном микротоме Microm HM 355S.

Срезы получали в последовательных чередующихся сериях в диапазоне от 1,5 до 10 мкм (1,5; 4,5; 7 и 10 мкм).

Депарафинированные и гидратированные срезы окрашивали из последней промывки dH₂O. Использовали три схемы окраски: рутинная гистологическая окраска (гематоксилин-эозин), трёхцветная окраска Пикро-Маллори (BioVitrum, №04-021822) и трёхцветная окраска по Массону (BioVitrum, №04-010802).

Изображения фиксировали на камерах AxioCam HRc (Zeiss) и анализировали, используя программное обеспечение AxioVision (Zeiss) и ZEN (Zeiss).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Выбор 3–4-недельных животных для эксперимента обусловлен тем, что мыши в этом возрасте представляют собой «раннюю точку роста и развития скелета» и, таким образом, отражают «неонатальный период» в механической нагрузке в процессе роста и развития. Мы выбрали эту возрастную группу для того, чтобы установить, что ранний травмирующий/изменяющий биомеханику жевательной мышцы фактор (имитирующий невропатию тройничного нерва как последствие перинатальной травмы) влияет на развитие швов черепа [14].

У мышей с повышенным тонусом жевательной мышцы наблюдается увеличение костеобразования по выпуклым фронтам в течение 14-дневного интервала по сравнению с контролем в среднем на 24 % по данным рентгенографического контроля.

Данные по степени влияния механической нагрузки разной степени тяжести представлены в табл. 1 и на рис. 2.

Межгрупповая изменчивость показателей ширины шва была относительно низкой. Исходные данные имеют нормальное распределение, а также отмечается гомоскедастичность групп.

При использовании t-критерия было выяснено, что наблюдаемые отличия статистически значимы ($P \leq 0,05$) при сравнении показателей X-ray у мышей 2-й опытной и контрольной групп.

На гистосрезе (рис. 3, а) мыши 1-й опытной группы, окрашенном по Романовскому-Гимзе, отражено правильное выраженное расположение основных структурных элементов пластинчатой лобной кости (os frontalis). Отмечается четкое структурное расположение волокнистых компонентов 1 костной ткани с выраженной базофилией ядер остео-

Таблица 1

Показатели ширины sutura sagittalis у мышей разных групп до начала эксперимента и по его окончании
Sutura sagittalis width in mice of different groups before and after the experiment

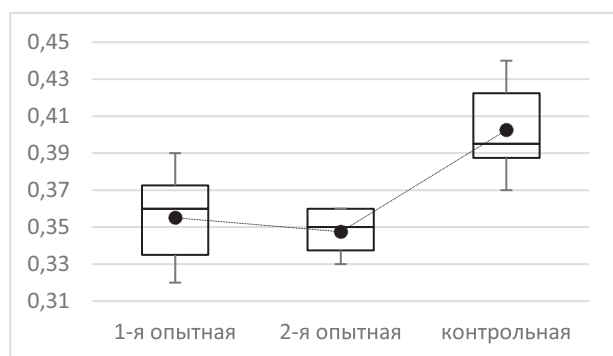
Показатели	Результат на начало эксперимента			Результат по окончании эксперимента		
	1-я опытная	2-я опытная	контрольная	1-я опытная	2-я опытная	контрольная
<i>X-ray, мм</i>						
M ± m	0,52±0,01	0,52±0,01	0,52±0,01	0,36±0,03	0,35±0,01*	0,40±0,02
σ	0,0012	0,0014	0,0015	0,0050	0,0012	0,0044
Min	0,50	0,26	0,50	0,32	0,33	0,37
Max	0,54	0,33	0,54	0,39	0,36	0,44
Q1	0,5100	0,2745	0,5100	0,3350	0,3375	0,3875
Q3	0,5300	0,3178	0,5325	0,3725	0,3600	0,4225
IQR	0,0200	0,0400	0,0200	0,0400	0,0200	0,0400
<i>Ultrasound, мм</i>						
M ± m	0,30±0,03	0,29±0,02	0,36±0,04	0,21±0,02	0,20±0,02	0,25±0,02
σ	0,0046	0,0041	0,0090	0,0022	0,0019	0,0044
Min	0,26	0,26	0,26	0,18	0,18	0,21
Max	0,33	0,33	0,33	0,23	0,23	0,28
Q1	0,2745	0,2745	0,2745	0,1900	0,1900	0,2275
Q3	0,3178	0,3069	0,3178	0,2200	0,2125	0,2625
IQR	0,04	0,03	0,04	0,03	0,02	0,04

* P≤0,05.

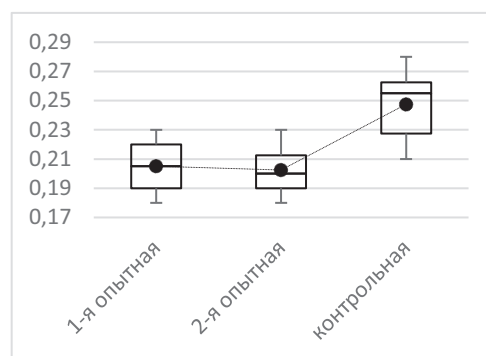
бластов 2, отражающих полную структурно-функциональную зрелость тканей 3.

При гистохимическом анализе гистосреза (см. рис. 3, б), окрашенного по Mallory, можно отметить соотношение костных пластинок – остеобластов и ретикулярных волокон, которые указывают на степень онтогенетического созревания лобной кости у мышей 1-й опытной группы. При морфологической оценке установлено расположение волокни-

стых соединительнотканых структур преимущественно в лобной области 4, что характерно для незрелости костной ткани в период онтогенеза. Расположение ретикулярных, соединительнотканых волокон компактное, занимает 20 % исследуемого гистосреза. В этой зоне отсутствуют остеобласты 5. Данная гистохимическая картина характеризует костную ткань периода поздней стадии внутриутробного развития, хотя возраст у животных



Показатели X-ray



Показатели Ultrasound

Рис. 2. Диаграмма изменений показателей ширины sutura sagittalis
Fig. 2. Diagram of changes in sutura sagittalis width indicators

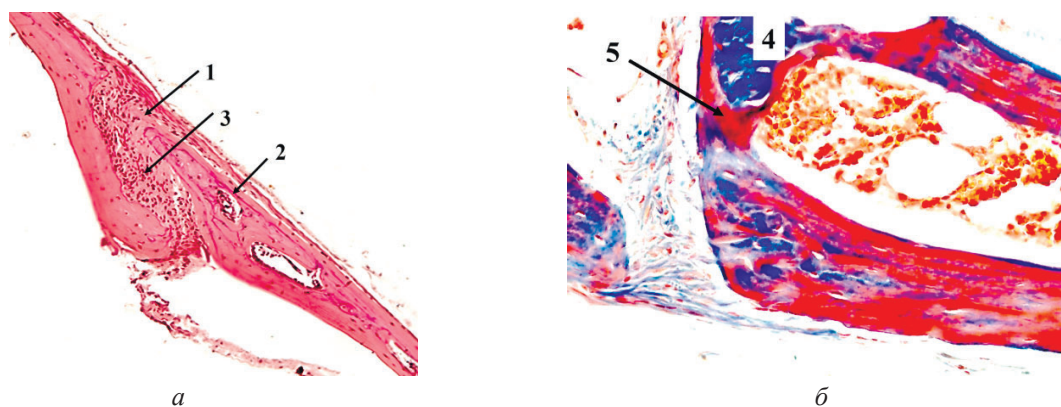


Рис. 3. Гистосрез на уровне sutura sagittalis у мыши 1-й опытной группы; а – окраска по Романовскому-Гимза, х 10; б – окраска по Mallory, х 40

Fig. 3. Histosections at the level of sutura sagittalis in the mouse of the 1st experimental group; а – Romanowsky-Giemsa staining, х 10; b – Mallory staining, х 40

1-й опытной группы составлял 4 недели, при последующем формировании грубоволокнистого рубца на месте сагиттального шва с полным закрытием данного участка.

У мыши 2-й опытной группы при оценке общегистологического метода окраски (рис. 4, а) устанавливаем выраженность оксифильной грануляции остеобластов при умеренной базофильной окраске ядер 1. При оценке строения данной костной ткани отмечается выраженная целостность, отсутствие дефектов и других остеопатий 2, имеющих либо приобретенное, либо врожденное значение.

Гистохимическая экспертиза данного препарата (см. рис. 4, б) устанавливает системную тенденцию образования грубоволокнистого соединительнотканного матрикса

3 с формированием рубцовой ткани, содержащей избыточное количество гликозамингликанов 4 – основного вещества соединительной ткани. Волокна имеют строго радиальное расположение и только в отдельных участках отмечаются разволокнения 5, отражающие начальный синдром деструкции – дистрофии соединительной ткани в участках интенсивного ее разраста при активном росте и формировании рубцового стягивания, что коррелирует с клиническим проявлением быстрого замещения участка дефекта рубцовым стягиванием.

У мыши контрольной группы общегистологическая методика окраски (рис. 5, а) подтверждает правильность расположения остеобластов и ретикулярных структур костной ткани 1. Базофилия ядер и умеренная ок-

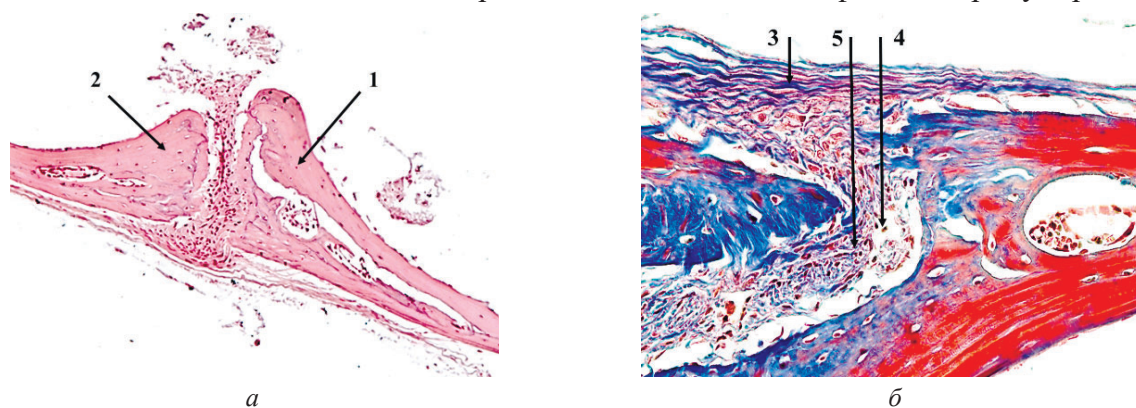


Рис. 4. Гистосрез на уровне sutura sagittalis у мыши 2-й опытной группы; а – окраска по Романовскому-Гимза, х 10; б – окраска по Mallory, х 40

Figure 4. Histocutting at the level of sutura sagittalis in the mouse of the 2nd experimental group; а - staining by Romanovsky-Giemsa, х 10; b - staining by Mallory, х 40

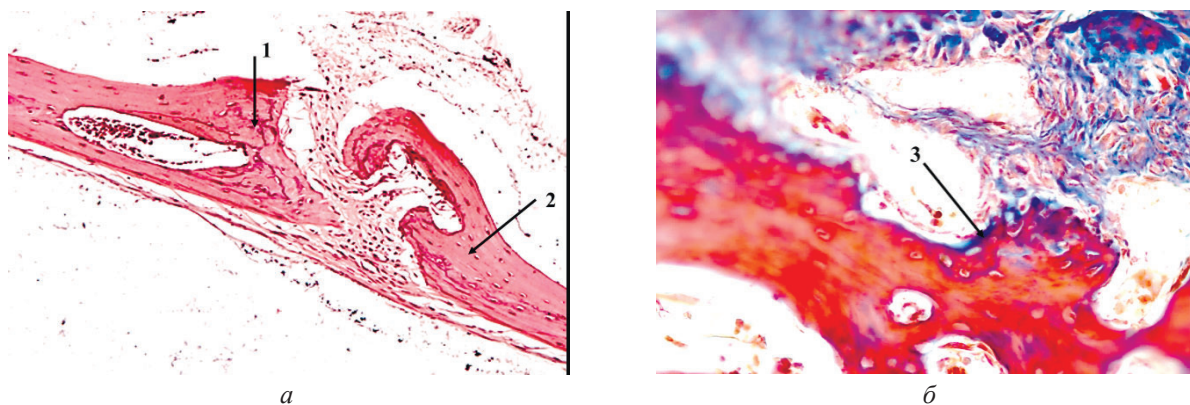


Рис. 5. Гистосрез на уровне sutura sagittalis у мыши контрольной группы; а – окраска по Романовскому-Гимза, х 10; б – окраска по Mallory, х 40
 Fig. 5. Histosections at the level of sutura sagittalis in the control group mouse; а – Romanowsky-Giemsa staining, х 10; б – Mallory staining, х 40

сифильность цитоплазмы отражают степень функциональной зрелости кости, соответствующей возрасту животных контрольной группы 2.

При гистохимическом анализе (см. рис. 5, б) отмечается отчетливо выраженная кайма дифференцировки костной ткани по границам дефекта в форме хорошо выраженных остеобластов и нежнотоволокнистой соединительной ткани 3, которая выражена незначительно и отражает в целом степень онтогенетического созревания костной ткани (нормо-остеогенез) участка сагиттального шва, что полностью коррелирует с клинической картиной строения лобной части черепа у животных контрольной группы, у которых этот сагиттальный шов не был консолидирован, что соответствует животному, развивающемуся в пределах нормальных морфобиологических статусов.

Одностороннее влияние со стороны «экспериментальной» жевательной мышцы (группа 1) вызывали основные напряжения на межфронтальном шве, приблизительно ориентированные под углом 45° к сагиттальной оси; растягивающее напряжение всегда было направлено в сторону мышцы с экспериментальным гипертонусом.

Двустороннее влияние со стороны «экспериментальных» жевательных мышц (груп-

па 2) не увеличило величину деформации сагиттального шва, но было выражено в более быстрой оссификации шва по сравнению с контрольной группой.

ВЫВОДЫ

1. Черепной шов адаптируется к конкретным механическим нагрузкам.
2. Ранний травмирующий/изменяющий биомеханику жевательной мышцы фактор влияет на развитие швов черепа.
3. Данные эксперимента указывают на то, что функция жевательной мышцы и формирование черепных швов положительно связаны, и эта функциональная взаимосвязь является главным фактором, определяющим морфологию и механику черепных швов в процессе дальнейшего роста черепа.
4. Данные, полученные с помощью УЗИ и гистологического исследования материала, подтверждают модель остеогенеза, при которой локальный рост происходит в пределах выпуклых остеогенных фронтов на сагиттальном шве и увеличивается у особей с более выраженными мышечными сократительными силами жевательной мускулатуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Herring S.W. Masticatory muscles and the skull: a comparative perspective // *Archives of Oral Biology*. – 2007. – Vol. 52 (4). – P. 296–299.
2. *Jaw muscles* and the skull in mammals: the biomechanics of mastication / S.W. Herring, K.L. Rafferty, Z.J. Liu, C.D. Marshall // *Comparative Biochemistry and Physiology*. – 2001. – Vol. 131(1). – P. 207–219.
3. Mao J.J., Wang X., Kopher R.A. Biomechanics of craniofacial sutures: orthopedic implications // *The Angle Orthodontist*. – 2003. – Vol. 73 (2). – P. 128–135.
4. Herring S.W., Mucci R.J. In vivo strain in cranial sutures: the zygomatic arch // *Journal of Morphology*. – 1991. – Vol. 207 (3). – P. 225–239.
5. Congenital muscle dystrophy and diet consistency affect mouse skull shape differently / A. Spassov, V. Toro-Ibacache, M. Krautwald, H. Brinkmeier, K. Kupczik // *Journal of Anatomie*. – 2017. – Vol. 231(5). – P. 736–748.
6. Effects of increased muscle mass on mouse sagittal suture morphology and mechanics / C.D. Byron, J. Borke, J. Yu [et al.] // *The Anatomical Record*. – 2004. – Vol. 279 A. – P. 676–684.
7. Ikegame M., Ejiri S., Okamura H. Expression of Non-collagenous Bone Matrix Proteins in Osteoblasts Stimulated by Mechanical Stretching in the Cranial Suture of Neonatal Mice // *The journal of histochemistry and cytochemistry*. – 2019. – Vol. 67(2). – P. 107–116.
8. Mao J.J., Nah H-D. Growth and development: hereditary and mechanical modulations // *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. – 2004. – Vol. 2004. – P. 676–689.
9. Herring S.W. Mechanical Influences on Suture Development and Patency // *Frontiers of oral biology*. – 2008. – Vol. 12. – P. 41–56.
10. Herring S.W., Teng S. Strain in the braincase and its sutures during function // *American Journal of Physical Anthropology*. – 2000. – Vol. 112 (4). – P. 575–593.
11. Force-Induced Craniosynostosis in the Murine Sagittal Suture / A.J. Oppenheimer, S.T. Rhee, S. Goldstein, S.R. Buchman // *Plastic & Reconstructive Surgery*. – 2009. – Vol. 124(6). – P. 1840–1848.
12. Osteopontin Expression in Osteoblasts and Osteocytes During Bone Formation Under Mechanical Stress in the Calvarial Suture In Vivo / M. Morinobu, M. Ishijima, R.S. Rittling [et al.] // *Journal of Bone and Mineral Research*. – 2003. – Vol. 18, N 9, – P. 1706–1715.
13. Responses of intramembranous bone and sutures upon in vivo cyclic tensile and compressive loading / A.I. Peptan, A. Lopez, R.A. Kopher, J.J. Mao // *Bone*. – 2008. – Vol. 42(2). – P. 432–438.
14. Бикетов О.В., Малиновский Е.Л. Биомеханическая модель несиндромального посттравматического краниосиносто́за у детей раннего возраста. Пилотное исследование // *Мануальная терапия*. – 2020. – № 3–4 (79–80). – С. 53–64.

REFERENCES

1. Herring S.W., Masticatory muscles and the skull: a comparative perspective, *Archives of Oral Biology*, 2007, Vol. 52 (4), pp. 296–299.
2. Herring S.W., Rafferty K.L., Liu Z.J., Marshall C.D., Jaw muscles and the skull in mammals: the biomechanics of mastication, *Comparative Biochemistry and Physiology*, 2001, Vol. 131(1), pp. 207–219.
3. Mao J.J., Wang X., Kopher R.A., Biomechanics of craniofacial sutures: orthopedic implications, *The Angle Orthodontist*, 2003, Vol. 73 (2), pp. 128–135.
4. Herring S.W., Mucci R.J., In vivo strain in cranial sutures: the zygomatic arch, *Journal of Morphology*, 1991, Vol. 207 (3), pp. 225–239.
5. Spassov A., Toro-Ibacache V., Krautwald M., Brinkmeier H., Kupczik K., Congenital muscle dystrophy and diet consistency affect mouse skull shape differently, *Journal of Anatomie*, 2017, Vol. 231(5), pp. 736–748

6. Byron C.D., Borke J., Yu J., Pashley D., Wingard C.J., Hamrick M., Effects of increased muscle mass on mouse sagittal suture morphology and mechanics, *The Anatomical Record*, 2004, Vol. 279 A, pp. 676–684.
7. Ikegame M., Ejiri S., Okamura H., Expression of Non-collagenous Bone Matrix Proteins in Osteoblasts Stimulated by Mechanical Stretching in the Cranial Suture of Neonatal Mice, *The journal of histochemistry and cytochemistry*, 2019 Feb, Vol. 67(2), pp. 107–116.
8. Mao J.J., Nah H-D., Growth and development: hereditary and mechanical modulations, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 2004, Vol. 2004, pp. 676–689.
9. Herring S.W., Mechanical Influences on Suture Development and Patency, *Frontiers of oral biology*, 2008, Vol. 12, pp. 41–56.
10. Herring S.W., Teng S., Strain in the braincase and its sutures during function, *American Journal of Physical Anthropology*, 2000, Vol. 112 (4), pp. 575–593.
11. Oppenheimer A.J., Rhee S.T., Goldstein S., Buchman S.R., Force-Induced Craniosynostosis in the Murine Sagittal Suture, *Plastic & Reconstructive Surgery*, 2009, Vol. 124(6), pp. 1840–1848.
12. Morinobu M., Ishijima M., Rittling R.S., Tsuji K., Yamamoto H., Nifuji A., Denhardt D.T., Noda M., Osteopontin Expression in Osteoblasts and Osteocytes During Bone Formation Under Mechanical Stress in the Calvarial Suture In Vivo, *Journal of Bone and Mineral Research*, 2003, Vol. 18, No. 9, pp. 1706–1715.
13. Peptan A.I., Lopez A., Kopher R.A., Mao J.J., Responses of intramembranous bone and sutures upon in vivo cyclic tensile and compressive loading, *Bone*, 2008, Vol. 42(2), pp. 432–438.
14. Biketov O.V., Malinovsky E.L., *Manual therapy*, 2020, No. 3-4 (79-80), pp. 53–64. (In Russ.)

**МОЛОЧНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРОВ ЕНИСЕЙСКОГО ТИПА
КРАСНО-ПЁСТРОЙ ПОРОДЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СКОРОСТИ РОСТА
И ВОЗРАСТА ПЛОДОТВОРНОГО ОСЕМЕНЕНИЯ**

¹А.И. Голубков, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

²Л.В. Ефимова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

¹А.А. Голубков, кандидат сельскохозяйственных наук

¹Красноярская лаборатория по разведению крупного рогатого скота ФГБНУ ВНИИ племенного дела, п. Солонцы,
Красноярский край, Россия

²Красноярский научно-исследовательский институт животноводства – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН,
Красноярск, Россия

E-mail: efimova.lv@niizh.krasn.ru

Ключевые слова: среднесуточный прирост живой массы, возраст первого плодотворного осеменения, возраст первого отёла, молочная продуктивность, рентабельность, енисейский тип, красно-пестрая порода

Реферат. Правильное выращивание телочек для дальнейшей реализации их генетического потенциала – главная задача в молочном скотоводстве. Цель исследований: изучение влияния скорости роста тёлочек и нетелей енисейского типа красно-пестрой породы на их последующую молочную продуктивность. Исследования проведены в племзаводе АО «Солгон» Ужурского района Красноярского края. Поголовье тёлочек (1156 голов) было распределено на 8 групп в зависимости от возраста плодотворного осеменения. Первые три группы составили быстрорастущие животные (возраст плодотворного осеменения 10–14 месяцев), остальные пять групп – медленнорастущие (возраст плодотворного осеменения 15 месяцев и старше). Изучаемыми показателями были: живая масса, среднесуточный прирост живой массы, возраст первого плодотворного осеменения и первого отёла, молочная продуктивность коров за 305 дней первой лактации. Установлено, что по скорости роста быстрорастущие тёлочки превосходили медленнорастущих в период от рождения до первого плодотворного осеменения на 102 г, или 11,6%, от рождения до первого отёла – на 83 г, или 11,3%. Сравнительный анализ молочной продуктивности быстрорастущих и медленнорастущих животных не выявил между ними существенной разницы в среднем по группам. Однако между отдельными группами разница по удою и количеству молочного жира и белка была статистически значимой. Исследования подтвердили, что тёлочек енисейского типа красно-пестрой породы вполне успешно можно осеменять в более раннем возрасте (12–14 месяцев), они быстрее поступают в производственную группу, на их выращивание затрачивается меньше средств (на 4742 руб., или 11,9%), что сказывается на получении более высокой прибыли (на 5844 руб., или 30,2%) и уровня рентабельности (на 4 процентных пункта, или 40%).

DAIRY PRODUCTIVITY OF YENISEI RED-MOTLEY COWS AS A FUNCTION OF GROWTH RATE AND AGE OF FERTILE INSEMINATION

¹A.I. Golubkov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

²L.V. Efimova, PhD in Agriculture Sciences,

¹A.A. Golubkov, PhD in Agriculture Sciences,

¹Krasnoyarsk Cattle Breeding Laboratory

Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Breeding Research Institute, Solontsy village, Krasnoyarsk region, Russia

² Krasnoyarsk Research Institute of Animal Husbandry - a separate division of the Federal Research Centre "Krasnoyarsk Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences" Krasnoyarsk, Russia

Keywords: *average daily live weight gain, age of first fruitful insemination, age of first calving, milk productivity, profitability, Yenisei type, red-motley breed.*

Abstract. *The main task in dairy farming is the proper breeding of heifers to realise their genetic potential further. The research aims to study the impact of the growth rate of heifers and heifers of Yenisei type of red-motley breed on their subsequent dairy productivity. The research was conducted in the breeding plant of Solgon JSC of the Uzhur district, Krasnoyarsk Territory. The heifer population (1156 heifers) was divided into eight groups according to the age of fertile insemination. The first three groups were fast-growing animals (10-14 months of fertile insemination), the remaining five groups were slow-growing animals (15 months of fertile insemination or older). The authors chose the following indicators to study: live weight, average daily live weight gain, age of first successful insemination and first calving, and milk productivity of cows in 305 days of the first lactation. Fast-growing heifers were found to outperform slow-growing heifers in terms of growth rate. The live weight of fast-growing heifers was 102 grams greater, or 11.6% than that of slow-growing heifers from birth to first fertile insemination. The live weight of fast-growing heifers was 83 grams or 11.3%, more outstanding from birth to first calving. A comparative analysis of the milk production of fast- and slow-growing animals showed no significant difference between the groups on average. However, the difference in milk yield and milk fat and protein between the individual groups was statistically significant. Studies have confirmed that heifers of the Yenisei type can be inseminated quite successfully at an earlier age (12-14 months). Heifers of this type enter the production group more quickly and cost less to raise (by 4,742 roubles or 11.9%), which has an impact on profit (by 5,844 roubles or 30.2%) and profitability levels (by four percentage points or 40%).*

Недооценка интенсивных технологий выращивания молодняка крупного рогатого скота, особенно телят-молочников, по-прежнему сдерживает темпы прироста живой массы молодняка и молочной продуктивности коров в хозяйствах Красноярского края.

Принципиально новый прием выращивания телят-молочников внедрён в ПЗ АО «Солгон». Он позволяет заменить сдерживающий прирост живой массы на интенсивный. Приём предусматривает раннее приучение телят не к грубым кормам – сену и

сенажу, а к концентрированным престартерным и сухим смесям. Известно, что у телят, в отличие от молодняка свиней и птицы, желудок многокамерный: помимо железистого желудка (сычуга) есть преджелудки (рубец, сетка и книжка), которые изначально не функционируют (их развитие происходит в течение молочного периода) [1, 2]. Скармливание телятам престартеров позволяет ускорить процесс развития рубца. По данным ряда авторов, раннее развитие рубца по сравнению с поздним способствует лучшему усвоению

корма и может быть полезно для здоровья сычуга [3–5]. Появилась новая концепция выращивания телят, в которую входит ускоренное развитие преджелудочного пищеварения («разгон» рубца) у телят с раннего возраста [6–8]. Между тем есть данные, что использование стартовых кормов с высоким содержанием крахмала и низким содержанием клетчатки может негативно повлиять на развитие рубца [9].

Применение рационов, способствующих максимальному увеличению рубца, росту полезной микрофлоры, ускоряет процесс выращивания тёлочек [10], следовательно, сокращает интервал между поколениями и повышает эффективность молочного скотоводства [11]. Снижение возраста первого отела позволяет уменьшить затраты на выращивание коровы [12], а его увеличение отрицательно сказывается на продолжительности жизни коров и пожизненном удое [13].

Одним из важных показателей, учитываемых при выращивании ремонтного молодняка, является скорость роста животного, которая зависит от генотипа и условий среды. Скорость роста определяют у животных по приросту живой массы за конкретный период времени при одинаковых условиях содержания и уровня кормления.

Многими исследователями подтверждается существование связи между скоростью роста тёлочек в период выращивания и их последующей молочной продуктивностью. Отечественными исследователями было установлено, что наибольший удой за первую лактацию отмечается у коров, имеющих среднесуточный прирост живой массы на уровне 700–800 г во все периоды роста [14]. Выяснено, что удой за первую и вторую лактации больше у коров, у которых возраст первого осеменения составляет 14–15 месяцев, живая масса – 370–380 кг [15]. Выявлена положительная корреляция между живой мас-

сой тёлочек в различные периоды их выращивания и удоем за первые 100 дней и 305 дней первой лактации [12].

Цель исследования – изучение влияния скорости роста тёлочек и нетелей енисейского типа красно-пестрой породы на их последующую молочную продуктивность.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Научные исследования проведены в племязаводе АО «Солгон» Ужурского района Красноярского края. Объектом исследований были животные енисейского типа красно-пестрой породы во все периоды роста и развития (молочный, послемолочный, выращивания, предслучной, случной, стельности, первой лактации).

С использованием данных первичного племенного учёта хозяйства и программы племенного учёта «Селэкс. Молочный скот» поголовье нетелей было распределено на 8 групп в зависимости от возраста первого плодотворного осеменения: 1-ю группу составили животные с возрастом плодотворного осеменения 10–12 месяцев и живой массой 368,6 кг ($n = 126$), 2-ю – соответственно 13 месяцев и 386,5 кг ($n = 247$), 3-ю – 14 месяцев и 392,7 кг ($n = 312$), 4-ю – 15 месяцев и 397,9 кг ($n = 219$), 5-ю – 16 месяцев и 411,4 кг ($n = 105$), 6-ю – 17 месяцев и 427,8 кг ($n = 69$), 7-ю – 18 месяцев и 417,3 кг ($n = 35$) и 8-ю – 19 месяцев и старше и 478,2 кг ($n = 43$).

Для контроля темпов роста животных и среднесуточного прироста живой массы тёлочек и нетелей взвешивали ежемесячно, первотёлочек – на третьем месяце лактации. В исследованиях регистрировали такие показатели, как прирост живой массы, величина удоя, массовая доля жира и белка в молоке.

Дана возрастная оценка прироста живой массы у тёлочек и нетелей, молочной продук-

Таблица 1

Живая масса и среднесуточный прирост тёлочек в разные возрастные периоды их жизни
Live weight and average daily gain of heifers at different ages

Группа	Возрастные периоды тёлочек при						Среднесуточный прирост живой массы (г) за сутки от рождения до	
	рождении		плодотворной случке		первом отёле			
	п	живая масса, кг	возраст, мес	живая мас-са, кг	возраст, мес	живая мас-са, кг	случки	отёла
1-я	126	33,80±0,33	12,00±0,02	368,60±3,05	21,00±0,02	528,60±2,20	920,00±8,36	776,00±3,54
2-я	247	32,80±0,24	13	386,50±1,28	22	532,30±1,54	895,00±3,29	747,00±2,29
3-я	312	32,70±0,25	14	392,70±1,15	23	531,80±1,30	846,00±3,29	714,00±1,90
4-я	219	32,30±0,28	15	397,90±1,50	24	528,20±1,61	802,00±3,26	680,00±2,28
5-я	105	32,50±0,41	16	411,40±3,02	25	532,10±2,09	779,00±6,02	657,00±2,80
6-я	69	32,80±0,51	17	427,80±4,57	26	534,00±2,73	764,00±8,94	634,00±3,52
7-я	35	31,90±0,87	18	417,30±9,15	27	545,40±6,38	704,00±16,45	626,00±7,65
8-я	43	32,50±0,51	21,00±0,32	478,20±8,12	30,00±0,32	545,90±5,37	705,00±12,60	567,00±7,18
В сред-нем	1156	32,7	14,5	397,5	23,5	532,0	836	703
1–3-я	685	32,9	13	386,0	22	531,4	877	737
4–8-я	471	32,4	16	414,1	25	532,8	775	654
1–3-я к 4–8-й		0,5	-3,0	-28,1	-3,0	-1,4	102	83
%		1,5	-18,4	-6,8	-11,9	-0,3	13,2	12,7

тивности у коров за 305 дней первой лактации в зависимости от возраста и живой массы тёлочек при первом плодотворном осеменении. Учтены данные за последние два года.

Биометрическая обработка данных проведена с использованием методов вариационной статистики. Экономическая эффективность производства молока в хозяйстве в зависимости от возраста первого отёла рассчитана с учётом затрат на выращивание телки от рождения до первого отёла.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Возраст первой плодотворной случки у тёлочек, осеменённых в 2018 г. в племязаводе АО «Солгон», находился в диапазоне от 10 до 27 месяцев, среднесуточный прирост живой массы – от 920 до 704 г с разницей 216 г (23,5%). Скорость роста тёлочек в разные возрастные периоды зависела от их индивидуальных особенностей, так как условия со-

держания и уровень кормления у них были одинаковыми. По скорости роста тёлочки разделились на быстрорастущих и медленнорастущих. Быстрорастущие тёлочки (1–3-я группы) были плодотворно осеменены в возрасте от 10 до 14 месяцев со средней живой массой 386,0 кг, медленнорастущие (4–8-я группы) – в возрасте от 15 и старше с живой массой 414,1 кг. Разница в возрасте плодотворного осеменения между группами составила 3 месяца, или 18,4%, в живой массе – 28,1 кг, или 6,8% (табл. 1).

Среднесуточный прирост живой массы от рождения до первого плодотворного осеменения у быстрорастущих тёлочек составил в среднем 877 г, у медленнорастущих – 775 г (+102 г, или 13,2%), соответственно у быстрорастущих первотелок от рождения до отёла он составил в среднем 737 г, у медленнорастущих – 654 г (+83 г, или 12,7%).

Достоверные различия между группами обнаружены по живой массе при первом плодотворном осеменении при сравнении 2–8-й

групп с 1-й (+17,9–109,6 кг; $P>0,999$); 3–8-й групп со 2-й (+6,2–91,7 кг; $P>0,99–0,999$); 4–8-й групп с 3-й (+5,2–85,5 кг; $P>0,99–0,999$); 5–8-й групп с 4-й (+13,5–80,3 кг; $P>0,95–0,999$); 6-й и 8-й групп с 5-й (+16,4 и 66,8 кг; $P>0,99–0,999$); 8-й группы с 6-й и 7-й (+50,4 и 60,9 кг; $P>0,999$). Первотёлки 7-й и 8-й групп достоверно превосходили животных 1-5-й групп по живой массе в возрасте первой лактации (+13,1–17,7 кг; $P>0,95–0,99$). По скоро-

вого плодотворного осеменения которых составил 15 месяцев и более. Так, по удою они превосходили медленнорастущих первотёлок на 1,7%, по массовой доле жира и белка – на 0,3%, по количеству молочного жира и белка – на 1,9–2,0% (табл. 2).

Статистически значимые различия между группами обнаружены по удою за 305 дней первой лактации при сравнении 1–3-й, 6-й и 8-й групп с 4-й, а также 6-й и 8-й групп с 5-й –

Таблица 2

Молочная продуктивность первотёлок
Milk productivity of first heifers

Группа	n	Удой, кг	Массовая доля, %		Количество, кг	
			жира	белка	молочного жира	белка
1-я	126	7777,00±105,63	3,980±0,007	3,160±0,004	310,00±4,10	246,00±3,46
2-я	247	7800,00±71,77	3,970±0,004	3,160±0,003	309,00±2,84	247,00±2,31
3-я	313	7765,00±61,46	3,960±0,004	3,150±0,003	308,00±2,44	245,00±1,99
4-я	219	7478,00±77,33	3,960±0,005	3,150±0,003	296,00±3,04	235,00±2,52
5-я	105	7542,00±118,18	3,970±0,007	3,150±0,005	299,00±4,70	237,00±3,76
6-я	69	7928,00±138,03	3,970±0,008	3,150±0,006	315,00±5,28	250,00±4,43
7-я	35	7751,00±214,80	3,960±0,013	3,160±0,008	307,00±8,50	245,00±6,93
8-я	43	8199,00±223,30	3,960±0,011	3,160±0,008	325,00±8,84	260,00±7,10
В среднем	1156	7725	3,97	3,15	306	244
1–3-я	685	7780	3,97	3,16	309	246
4–8-я	471	7644	3,96	3,15	303	241
1–3-я к 4–8-й		136	0,01	0,01	6	5
%		1,8	0,3	0,3	2,0	2,1

сти роста практически между всеми группами, за редким исключением (6-я и 5-я, 8-я и 7-я группы по среднесуточному приросту от рождения до плодотворного осеменения и 7-я и 6-я группы по среднесуточному приросту от рождения до первого отёла), различия были статистически значимыми ($P>0,99–0,999$).

Общая доля быстрорастущих животных от общего количества первотёлок составила 59,3%. Следует отметить, что по уровню молочной продуктивности быстрорастущие первотёлки незначительно отличались от медленнорастущих первотёлок, возраст пер-

разница составила 287–721 кг ($P>0,95–0,99$). Та же тенденция наблюдалась и по количеству молочного жира и белка.

При расчёте экономической эффективности производства молока в общую стоимость затрат были включены затраты на выращивание тёлки от рождения до коровы в возрасте первого отёла, установленные путём произведения абсолютного прироста живой массы коровы за весь период выращивания на среднюю себестоимость прироста живой массы в хозяйстве (табл. 3). Было установлено, что производство молока было более эффектив-

Таблица 3

Экономическая эффективность производства молока в зависимости от возраста первого отёла коров и их живой массы

Economic efficiency of milk production as a function of first calving age and live weight

Группа	n	Удой в пересчёте на базисную жирность (3,7%), кг	Затраты на 1 гол., руб.			Выручка от реализации молока, руб.	Прибыль, руб.	Окупаемость затрат, руб.	Рентабельность, %
			на выращивание телки от рождения до 1-го отёла	на производство молока	всего				
1-я	126	8366	33026	148739	181765	209138	27373	115	15
2-я	247	8369	34599	148804	183403	209230	25827	114	14
3-я	313	8311	36172	147763	183935	207766	23831	113	13
4-я	219	8003	37744	142302	180046	200087	20041	111	11
5-я	105	8092	39317	143882	183199	202309	19110	110	10
6-я	69	8507	40890	151246	192136	212663	20527	111	11
7-я	35	8296	42463	147497	189960	207392	17432	109	9
8-я	43	8775	47181	156022	203203	219379	16176	108	8
В среднем	1156	8280	36958	147212	184170	206991	22821	112	12
1–3-я	686	8342	35026	148318	183344	208546	25202	114	14
4–8-я	471	8189	39768	145603	185371	204729	19358	110	10
1–3-я к 4–8-й		153	-4742	2715	-2027	3817	5844	4	4
%		1,9	-11,9	1,9	-1,1	1,9	30,2	3,6	40

Примечание. Средняя себестоимость производства 1 кг молока в хозяйстве составляет 17,78 руб., прироста живой массы – 66,78 руб.; цена реализации 1 кг молока – 25 руб.

ным от коров, впервые отелившихся в возрасте 21–23 месяца по сравнению с коровами, отелившимися в возрасте 24 месяца и старше. Так, в расчёте на 1 голову от них было получено больше молока базисной жирности на 153 кг (1,9%), меньше затрачено средств на выращивание – на 4742 руб. (11,9%), больше получено прибыли – на 5844 руб. (30,2%); уровень рентабельности был выше на 4 процентных пункта.

ВЫВОДЫ

1. Тёлки енисейского типа красно-пёстрой породы, которые плодотворно осеменяются в более раннем возрасте (12–14 месяцев), отличаются более высоким среднесуточ-

ным приростом (+83–102 г, или 12,7–13,2%), значительно раньше поступают в производственную группу (первый отёл раньше на 6 месяцев и более).

2. Быстрорастущие животные незначительно превосходят позднеспелых (медленнорастущих) по удою (+136 кг, или 1,7%), количеству молочного жира и белка (на 6 и 5 кг, или 1,9 и 2%).

3. На выращивание быстрорастущих телок затрачивается меньше средств (на 4742 руб., или 11,9%), что сказывается на получении более высокой прибыли (на 5844 руб., или 30,2%) и уровня рентабельности (на 4 процентных пункта, или 40%).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Джоунс К., Хайнрикс Д. Уход за телятами. – Б.м.: Хорд'з Дэйримэн (США), 2006. – С. 22–24.
2. Горелик А.С. Физиологическое обоснование применения «Альбит-Био» у молочных телят для коррекции обменных процессов, повышения сохранности и скорости роста: дис. ... канд. биол. наук. – Троицк, 2017. – С. 11–12.
3. *Effects of early rumen development and solid feed composition on growth performance and abomasal health in veal calves* / H. Berends, C.G. van Reenen, N. Stockhofe-Zurwieden, W.J.J. Gerrits // *Journal of Dairy Science*. – 2012. – Vol. 95, Is. 6. – P. 3190–3199. – DOI: 10.3168/jds.2011-4643.
4. *Berends H. Nutrient utilization, dietary preferences, and gastrointestinal development in veal calves // Interactions between solid feed and milk replacer: PhD thesis / Wageningen University. – Wageningen, NL, 2014. – P. 17.*
5. *Diao Q., Zhang R., Fu T. Review of Strategies to Promote Rumen Development in Calves* // *Animals*. – 2019. – Vol. 9, Is. 8. – P. 490. – DOI: 10.3390/ani9080490.
6. Голубков А.И. Упущенные возможности воспроизводства молочных стад в Красноярском крае за 2014 год // *АгроСибирь*. – 2015. – № 109. – С. 32–35.
7. «Разгон» рубца: кормим телят правильно [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://yariks.info/2016/08/09/st-16> (дата обращения: 02.10.2021).
8. Ганущенко О. «Разгон» рубца у телок: оптимизация кормления. Ч. 3: Раннее приучение к престартерным кормам // *Наше сельское хозяйство*. – 2017. – № 2. – С. 27–32.
9. *Invited review: Transitioning from milk to solid feed in dairy heifers* / M.A. Khan, A. Bach, D.M. Weary, M.A.G. von Keyserlingk // *Journal of Dairy Science*. – 2016. – Vol. 99, Is. 2. – P. 885-902. – DOI: 10.3168/jds.2015-9975.
10. *Increasing Profitability Through an Accelerated Heifer Replacement Program* [Электронный ресурс] / Robert B. Corbett, D.V.M Dairy Health Consultation. – Режим доступа: [Increasing Profitability Through an Accelerated Heifer Replacement Program \(txanc.org\)](http://Increasing Profitability Through an Accelerated Heifer Replacement Program (txanc.org)) (дата обращения: 01.10.2021).
11. Фураева Н.С., Хрусталева В.И., Зверева Е.А. Выращивание ремонтного молодняка молочного скота Ярославской области // *Вестник АПК Верхневолжья*. – 2015. – № 1 (29). – С. 26–29.
12. Волгин В., Васильева О. Влияние роста и развития телят на будущие удои // *Животноводство России*. – 2011. – № 4. – С. 23–25.
13. Яранцева С.Б., Герасимчук Л.Д., Шишкина М.А. Влияние интенсивности выращивания телок на их последующую молочную продуктивность и продолжительность хозяйственного использования // *Вестник НГАУ*. – 2018. – №1(46). – С. 113–119.
14. Мартынова Е.Н., Устинова К.В. Интенсивность роста телок черно-пестрой породы и связь ее с молочной продуктивностью коров // *Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства*. – Горки, 2016. – С. 307–313.
15. Кудрин М.Р., Назарова К.П. Интенсивные технологии выращивания ремонтных тёлочек, способствующие раннему их осеменению // *Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства*. – 2016. – Т. 1, № 9. – С. 538–541.

REFERENCES

1. Dzhouns K., KHajnriks D. *Ukhod za telyatami* (Calf care), B.m.: KHord'z Dehjrimehn (SSHA), 2006, pp. 22–24.

2. Gorelik A.S., *Fiziologicheskoe obosnovanie primeneniya «Al'bit-Bio» u molochnykh telyat dlya korrektsii obmennyykh protsessov, povysheniya sokhrannosti i skorosti rosta* (Physiological substantiation of the use of “Albit-Bio” in dairy calves to correct metabolic processes, increase safety and growth rate), Doctors thesis, Troitsk, 2017, pp. 11–12.
3. Berends H., Reenen C.G., Stockhofe-Zurwieden N., Gerrits W.J.J., Effects of early rumen development and solid feed composition on growth performance and abomasal health in veal calves, *Journal of Dairy Science*, 2012, Vol. 95, Is. 6, pp. 3190–3199, DOI: 10.3168/jds.2011-4643.
4. Berends H. Nutrient utilization, dietary preferences, and gastrointestinal development in veal calves. *Interactions between solid feed and milk replacer*, PhD thesis, Wageningen University, Wageningen, NL, 2014, 17 p.
5. Diao Q., Zhang R., Fu T., Review of Strategies to Promote Rumen Development in Calves, *Animals*, 2019, Vol. 9, Is. 8, pp. 490, DOI: 10.3390/ani9080490.
6. Golubkov A.I., *AgroSibir*, 2015, No. 109, pp. 32–35. (In Russ.)
7. «Razgon» rubtsa: kormim telyat pravil'no, URL: <http://yariks.info/2016/08/09/st-16> (data obrashheniya: 02.10.2021).
8. Ganushhenko O., *Nashe sel'skoe khozyajstvo*, 2017, No. 2, pp. 27–32. (In Russ.)
9. Khan M.A., Bach A., Weary D.M., Keyserlingk M.A.G., Invited review: Transitioning from milk to solid feed in dairy heifers, *Journal of Dairy Science*, 2016, Vol. 99, Is. 2, pp. 885–902, DOI: 10.3168/jds.2015-9975.
10. Corbett R.B., *Increasing Profitability Through an Accelerated Heifer Replacement Program*, URL: [Increasing Profitability Through an Accelerated Heifer Replacement Program](https://www.txanc.org/docs/IncreasingProfitability.pdf), URL: <https://www.txanc.org/docs/IncreasingProfitability.pdf> (data obrashheniya: 01.10.2021).
11. Furaeva N.S., Khrustaleva V.I., Zvereva E.A., *Vestnik APK Verkhnevolzh'ya*, 2015, No. 1 (29), pp. 26–29. (In Russ.)
12. Volgin V., Vasil'eva O. *Zhivotnovodstvo Rossii*, 2011, No. 4, pp. 23–25. (In Russ.)
13. YArantseva S.B., Gerasimchuk L.D., SHishkina M.A., *Vestnik NGAU*, 2018, No. 1 (46), pp. 113–119. (In Russ.)
14. Martynova E.N., Ustinova K.V., *Aktual'nye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva*, Gorki, 2016, pp. 307–313. (In Russ.)
15. Kudrin M.R., Nazarova K.P., *Sbornik nauchnykh trudov Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta ovtsevodstva i kozovodstva* (Collection of scientific papers of the All-Russian Scientific Research Institute of Sheep and Goat Breeding), 2016, Vol. 1, No. 9, pp. 538–541. (In Russ.)

ПРИМЕНЕНИЕ ХВОИ И СКОРЛУПЫ КЕДРОВОГО ОРЕХА В КОРМЛЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦЫ (ОБЗОР)

¹А.Г. Кичеева, аспирант

¹В.А. Терещенко, кандидат сельскохозяйственных наук

¹Е.А. Иванов, кандидат сельскохозяйственных наук

^{1,2}О.В. Иванова, доктор сельскохозяйственных наук, доцент

¹Ю.Г. Любимова, кандидат сельскохозяйственных наук

¹Красноярский научно-исследовательский институт животноводства – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия

²Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия
E-mail: krasnptig75@yandex.ru

Ключевые слова: сосновая хвоя, скорлупа кедрового ореха, лесные ресурсы, кормление, кормовая добавка, животноводство

Реферат. Леса покрывают одну третью часть поверхности суши планеты и играют важнейшую роль в поддержании чистоты окружающей среды, продовольственной безопасности населения и сохранении биологического разнообразия, а также выступают в качестве кормового источника для животных. При переработке лесных ресурсов в лесной промышленности накапливается большое количество различных отходов лесной биомассы, содержащих ценные и питательные биологически активные вещества. В статье представлен обзор современного состояния применения отходов лесной промышленности в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы. Представлена характеристика биологических свойств растительного лесного сырья, описан механизм его действия на животный организм. Проведен анализ результатов исследований отечественных и зарубежных ученых по скармливанию кормовых добавок, содержащих хвою и скорлупу кедрового ореха, животным и птице, охарактеризованы возможные преимущества и недостатки их использования. Анализ российской и зарубежной научной литературы в исследуемой области показал, что использование отходов лесной промышленности в кормопроизводстве и кормлении животных актуально, поскольку имеющаяся кормовая база не всегда позволяет удовлетворить потребность животных в питательных и биологически активных веществах. Отмечено, что хвою применяют в мире в качестве кормовой добавки повсеместно, однако в странах с наибольшими площадями лесов и при развитой лесной промышленности ее использование наиболее распространено и эффективно. Использование скорлупы кедрового ореха в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы наиболее развито в России, в то время как в мире это направление развито слабо. Проведенный обзор литературы подтвердил, что применение в кормопроизводстве отходов лесной отрасли, таких как хвоя и скорлупа кедрового ореха, перспективно для животноводства.

APPLICATION OF PINE NUT NEEDLES AND SHELLS IN THE FEEDING OF FARM ANIMALS AND POULTRY (REVIEW)

¹A.G. Kicheeva, Postgraduate Student

¹V.A. Tereschenko, PhD in Agricultural Sciences

¹E.A. Ivanov, PhD in Agricultural Sciences

^{1,2}O.V. Ivanova, Doctor of Agricultural Sciences

¹Iu.G. Liubimova, PhD in Agricultural Sciences

¹Krasnoyarsk Research Institute of Animal Husbandry - a separate division of the Federal Research Centre "Krasnoyarsk Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences", Krasnoyarsk, Russia

²Russian State Agrarian University - K.A. Timiryazev Moscow, Russia

Keywords: *pine needles, pine nut shells, forest resources, feeding, feed additive, animal husbandry.*

Abstract. Forests cover one-third of the planet's land surface. Forests are essential for maintaining a clean environment, food security and biodiversity. Forests are also a source of food for animals. In the processing of forest resources, the forest industry accumulates various forest biomass wastes containing valuable and nutritious biologically active substances. The article provides an overview of the current state of the art in applying forest industry waste to feed farm animals and poultry. The authors presented the characteristics of biological properties of plant forestry raw materials and described the mechanism of their action on the animal organism. The authors analysed the results of studies of domestic and foreign scientists on feeding animals and poultry with feed additives containing pine needles and pine nutshells. The authors also characterised the possible advantages and disadvantages of using feed additives. The analysis of Russian and foreign scientific literature in the area under study has shown that forest industry waste in feed production and animal feeding is relevant as the available fodder base does not always allow to satisfy the need of animals for nutrients and biologically active substances. It has been noted that pine needles are used worldwide as a feed additive, but in the countries with the most significant areas of forests and developed forest industry, their use is the most common and effective. The use of cedar nut shells in the feeding of farm animals and poultry is most produced in Russia, while this area is underdeveloped in the world. The literature review has confirmed that using forest industry wastes such as pine nut needles and shells in animal feed production is promising livestock production.

Леса играют решающую роль в обеспечении продовольственной безопасности людей и являются настоящими хранилищами биологического разнообразия, а лесные продукты составляют основу домашних хозяйств во всем мире. Как живые системы леса способствуют поддержанию экологической чистоты окружающей среды, а лесные ресурсы являются источником пищи для диких животных, обеспечивая животный организм комплексом необходимых витаминов, минералов, жиров и белков в биологически доступной форме. Помимо этого, леса служат кормовыми угодьями и пастбищами для многих сельскохозяйственных животных и птицы.

В настоящее время наблюдается растущий хозяйственный интерес к применению натуральных кормовых добавок из местного природного сырья с целью повышения продуктивности, улучшения обмена веществ в

организме животных, качества животноводческой продукции.

Лесная отрасль имеет важные ресурсы для кормопроизводства, и ее значимость подтверждает валовое количество питательных и биологически активных веществ, которые содержатся в отходах лесопереработки и лесозаготовки, остающихся при вырубке лесов, – более 1,5 млн т протеина, более 0,9 млн т жиров, около 5,2 млн т БЭВ, почти 0,8 млн т макро- и микроэлементов. Последние научные и практические достижения позволяют рассматривать лесные ресурсы как перспективную сырьевую базу для создания и производства разнообразных и ценных кормовых добавок по составу биологически активных веществ и минеральных элементов, необходимых для применения в животноводстве [1].

Древесные кормовые добавки состоят из возобновляемого природного сырья и могут обеспечить получение экологически чистых

продуктов. Значимость кормовых добавок из древесного сырья характеризуется не только их кормовыми качествами (содержание протеина, каротина, углеводов и других веществ), они также могут быть резервным источником кормов, что может помочь снизить последствия природных бедствий, неурожая, засухи.

Россия – одна из первых стран, где было организовано промышленное производство кормовых добавок для животноводства из лесного сырья. Тем не менее объем неиспользуемых отходов лесной промышленности больше, чем применяется для переработки. При этом в хвое и листьях деревьев содержится больше витаминов, питательных и минеральных веществ, чем в других видах фитомассы дерева. Хвою и листья в хозяйственной деятельности используют обычно в виде древесной зелени. Древесная зелень – это облиственные побеги диаметром не более 0,8 см. Листья древесных пород при влажности 62,6–72,1 % содержат 1,5–3,2 % сырой золы, 4,4–8,3 – сырой клетчатки, 2,5–7,2 – сырого протеина, 2,6 – сырого жира и 13,4–21,7 % безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ). Хвоя при влажности 50,6–57,8% содержит 1,3–2,9 % сырой золы, 8,0–13,9 – сырой клетчатки, 4,3–6,0 – сырого протеина, 4,4–5,3 – сырого жира и 21,8–23,9 % БЭВ [1].

Хвоя накапливает много соединений, которые обладают ценной витаминной и провитаминной активностью (витамины А, В, С, D, Е и др.). В 1 кг зеленой хвои сосны содержится 3000 мг витамина С, 20 мг витамина К, 5 мг витамина В₂, 60–130 мг каротина, 50–60 г протеина, 20–30 г макро- и микроэлементов (кобальт, калий, медь, кальций, цинк, железо, натрий, и др.), до 100 мг хлорофилла. Хвоя является более доступным источником каротина, чем сено, травяная мука, морковь и рыбий жир [1].

Хвоя сосны содержит несколько биологически активных компонентов, таких как альфа-пинен, кариофиллен, бета-пинен и бисбензол, камфен, борнеол, фелландрен, кверцетин, кемпферол и терпен, которые оказывают антимикробное, антимутагенное и антиоксидантное действие [2]. Хвоя сосны также содержит кальций (28 мг/100 г) и различные аминокислоты, такие как глутаминовая кислота, фенилаланин, лейцин и лизин, а также витамины – ниацин, рибофлавин, бета-каротин и тиамин [3, 4].

Несмотря на высокое содержание биологически активных соединений в хвое, некоторые исследователи указывают, что высокое содержание конденсированных дубильных веществ в хвое сосны может влиять на усвоение питательных веществ в организме животных, в частности снижать усвояемость белка [5, 6]. В этом контексте учеными сообщается, что ферментация является эффективным процессом для удаления дубильных веществ и улучшения питательных свойств хвои сосны. Кроме этого, хвоя содержит ксантофилл и хлорофилл, которые выполняют важную роль в метаболизме, и фитонциды, которые могут защищать животных от кишечных инфекций. Фитонциды губительно влияют на стрептококки, стафилококки, дифтерийную и коклюшную палочку и простейших [7]. Показатели переваримости органического вещества натуральной хвои сосны колеблются в пределах от 33 до 80 %, характеризуя ее как легкоусвояемый и высокопитательный продукт [8].

Скорлупа съедобных орехов является потенциальным источником биомассы, преимущество которой заключается в том, что она концентрируется на фабрике по переработке орехов. Орехи известны как источник питательной пищи с высоким содержанием липидов и клетчатки и полезны для здоровья. Регулярное их употребление снижает риск

сердечно-сосудистых заболеваний и развития сахарного диабета второго типа, улучшает контроль массы тела. Кедровые орехи широко потребляются в пищу, а вот их скорлупа, которая может достигать до 77 % от массы ореха, может применяться в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы [9].

Кедровый орех *Pinus pinea* – важнейшее съедобное дикорастущее семя, собираемое в лесах Средиземноморья. *P. pinea*, кедр, является ценной древесной породой, но он чаще используется для производства семян, которые имеют высокую рыночную цену из-за их нежного вкуса и высокой питательной ценности (30% белков и 50% липидов, из которых 80% – ненасыщенные незаменимые жирные кислоты). Производство кедровых орехов является наиболее ценным и прибыльным видом деятельности для кедровых лесов Испании, Португалии, Италии и Турции. Около 70% мирового производства кедрового ореха приходится на Пиренейский полуостров [9].

Скорлупа кедрового ореха *P. pinea* содержит 1,3% золы, 4,5 – общих экстрактивных веществ, 39,9 – лигнина и 48,7 % полисахаридов. Основу ее углеводного состава представляют два типа гемицеллюлоз, главным образом ксиланы и галактоглокоманнаны. В минеральном составе (мг/кг сухого вещества) преобладают калий (2200), железо (1318), магний (905), кальций (727), фосфор (715) и сера (652) [9].

Из литературных источников известно о целебных свойствах кедра сибирского (*Pinus sibirica*). В качестве лекарственного сырья применяют многие части растения – молодые побеги, хвою, кору, живицу. Интерес вызывает и скорлупа кедрового ореха, так как она является источником различных биологически активных веществ, главным образом углеводов (клетчатка, целлюлоза, гемицеллюлоза, пентозаны) и лигнина [10].

Содержание минеральных веществ (0,92%) и большое присутствие углеводов характеризуют скорлупу сибирского кедрового ореха как источник углеводно-минерального комплекса и различных органических веществ. Химический состав скорлупы включает клетчатку – 69 %, целлюлозу – 38,6, лигнины – 23,8, пентозаны – 22,67, гемицеллюлозу – 7,7, жиры и смолы – до 3,4, белки – до 1,8, золу – до 0,9, смолистые и водорастворимые вещества – до 3,6 %, небольшое количество эфирных масел. Скорлупа характеризуется ценным аминокислотным, макро- и микроэлементным составом, отличным от ядра кедрового ореха. В аминокислотном составе стоит подчеркнуть повышенное количество глутаминовой кислоты. Минеральный комплекс скорлупы включает титан, ванадий, олово, барий. Помимо этого, скорлупа кедрового ореха содержит дубильные, красящие вещества, и таниды [11].

Таким образом, хвоя и скорлупа кедрового ореха содержат ценные биологически активные вещества и обладают антимикробными, иммуностимулирующими, антиоксидантными, противовоспалительными свойствами и могут быть успешно применены в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы для поддержки их роста и развития, повышения продуктивности и качества получаемой продукции при одновременном сокращении затрат корма на ее производство [12].

Целью настоящего обзора является изучение применения лесных ресурсов в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы на основе анализа научных публикаций в ведущих российских и зарубежных журналах, монографий, патентов и других источников информации.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований служили отечественные и зарубежные научные публикации (статьи, патенты), содержащие результаты исследований ученых по применению лесных ресурсов в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы.

Поиск, отбор и анализ публикаций производился по ключевым словам, характеризующим объект исследований, в следующих базах данных: Web of Science, Scopus, Science Direct, научной электронной библиотеки Elibrary.ru, ФГБУ «Федеральный институт промышленной собственности», Freepatent, PATENTSCOPE.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате анализа литературных источников было установлено, что в настоящее время применение в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы отходов лесной промышленности является актуальным направлением исследований и позволяет не только избавить лес от легковоспламеняющейся биомассы, свести к минимуму лесные пожары, которые ежегодно уничтожают тысячи гектаров, но и способствует более полной реализации генетического потенциала продуктивности животных, снижению себестоимости получаемой продукции.

Во всем мире различные части сосновых деревьев, включая сосновые иглы, шишки, кору, широко употребляются в пищу в качестве пищевых добавок для укрепления здоровья. Хвоя сосны повсеместно используется в качестве кормовой добавки в животноводстве.

Так, в работе Т.В. Новиковой с соавторами [13] изучалась эффективность применения комплексной витаминно-энергетической кормовой добавки на основе хвои в кормле-

нии молочных коров в условиях Вологодской области. Результаты эксперимента показали, что молочная продуктивность коров, которым скармливалась добавка, оказалась выше на 2,5 и 1,14 кг, наблюдалось высокое содержание каротина в молоке коров, улучшилось «качество отела», отсутствовали случаи родильного пареза, а воспалительные послеродовые заболевания снизились на 20 %. Повысилась бактерицидная активность сыворотки крови, фагоцитарная активность и фагоцитарный индекс, что свидетельствует о более сильной иммунной защите организма, которую авторы связывают с наличием хвои в добавке, которая имеет иммуностимулирующие и антиоксидантные свойства.

В работах Н.И. Ярован и А.В. Севериновой [14] исследовались антиоксидантные свойства сосновой и еловой хвои в модельной системе перекисного окисления липидов и оценивалось воздействие свежей измельченной хвои в чистом виде и с добавлением липоевой кислоты на оксидантно-антиоксидантную систему высокопродуктивных коров. В результате авторы установили, что при использовании в кормлении хвои сосны и ели количество МДА (малонового диальдегида) уменьшается на 0,06 и 0,206 ед. опт. пл. Данный факт объясняет понижение уровня свободнорадикального окисления в модельных системах перекисного окисления липидов и косвенно подтверждает их антиоксидантную активность. Также выяснено, что в период завершения эксперимента значения МДА понизились на 26,23; 31,75 и 35,48%, а церулоплазмина – повысились на 18,59; 22,42 и 27,93%. На основании проведенных исследований авторы рекомендовали с целью профилактики и терапии нарушений оксидантно-антиоксидантного статуса у высокопродуктивных коров использовать как добавку к основному рациону свежую измельченную хвою в чистом виде и с добавлением липоевой кислоты.

Д.В. Ивановым и др. [15] была разработана фитобиотическая кормовая добавка из хвои сосны обыкновенной для кормления перепелов и изучено ее влияние на продуктивность. Применение кормовой добавки позволило повысить массу яйца на 1,78%, массу желтка – на 0,32 г, содержание каротиноидов в яйце – на 33,3%.

В.П. Короткий и соавторы [16] изучали эффективность использования в рационах коров хвойной энергетической добавки (ХЭД). Установлено, что использование ХЭД способствовало улучшению микробиальных ферментативных процессов в преджелудках коров, повышало переваримость питательных веществ кормов, улучшало углеводный обмен, увеличивало уровень глюкозы на 9,5%, холестерина – на 26,3, содержание гемоглобина – на 5,8, гематокрита – на 1,7, эритроцитов – на 1,8%. Наблюдалось снижение уровня лейкоцитов, повышение фагоцитарной активности на 17,3%, концентрации лизоцима – на 18,5%. Среднесуточные удои увеличивались на 5,4–6,9 %, снижалось содержание соматических клеток в молоке.

Ю.Н. Колесник и др. [17] также изучали воздействие скармливания хвойной энергетической добавки на клинические показатели и продуктивность коров в условиях высокой температуры воздуха. Результаты исследования продемонстрировали, что при добавлении в основной рацион ХЭД повысилось потребление корма коровами после отела на 0,6–1,6 %, молочная продуктивность возросла на 5,7–12,9 %, количество молочного белка – на 7,2–15,1, молочного жира – на 11,9–14,7, а затраты питательных веществ на 1 кг молока кормосмеси уменьшились на 2,5–9,9 %. Наблюдалось улучшение клинических показателей у коров, количество дыхательных движений снизилось на 1,8–2,7 %, частота пульса – на 4,3–5,0, сокращения рубца увеличились на 7,1–17,9, количество жевательных

движений – на 0,3–4,3 %. Авторы заключили, что улучшение вышеперечисленных показателей может свидетельствовать о том, что в глубокий и послеродовой периоды – периоды наиболее высокой потребности коров в энергии – она восполнялась за счет поедания ХЭД.

А.А. Волнин и Н.В. Боголюбова [18] исследовали влияние добавления в рацион ХЭД на уровень селена в крови бычков. Они установили, что ХЭД может благоприятно воздействовать на минеральный обмен, повышая количество селена в крови бычков. Авторы рекомендовали применять данную добавку как дополнительный источник селена.

В работе М.А. Савина [19] был выполнен химический анализ хвойно-витаминной кормовой добавки из древесной зелени сосны. Результаты анализа показали, что в добавке содержатся жирорастворимые (Е, К, D) и водорастворимые (С, В₁, В₂, В₆, В₃, В₉, РР) витамины, незаменимые аминокислоты и незаменимые полиненасыщенные кислоты – линолевая и линоленовая. Кормовая добавка содержала также большое количество каротина, являющегося источником антиоксидантов и иммунопротектором.

Г.Я. Качалова и соавторы [20] разработали премикс для лактирующих стельных коров для повышения их продуктивности. Помимо основных компонентов – минералов, витаминов, аминокислот, антиоксиданта, лечебного препарата, в состав премикса входит 21 % хвойной муки. В результате использования данного премикса в кормлении стельных коров удои увеличились на 571–687 кг молока в год.

О.И. Ломовский с коллегами [21] разработали премикс, содержащий терпеноиды эфирных масел и смолы сосны и пихты, олигосахариды, тритерпеновые кислоты, натуральный сорбент и растительное сырье хвойных пород. Премикс используется в качестве

ростостимулирующего благодаря высокому содержанию в хвое водорастворимых и жирорастворимых витаминов, каротиноидов, фенольных соединений и флавоноидов, которые имеют антиоксидантные и иммуностимулирующие свойства.

О.В. Иванова и соавторы [22] разработали кормовую добавку «Хвойная», которая содержит измельченную скорлупу кедрового ореха и хвойную муку в равном соотношении. Результаты опыта по скармливанию кормовой добавки лактирующим коровам показали, что она благоприятно влияет на молочную продуктивность, повышая среднесуточный удой на 17,5 %, массовую долю белка в молоке – на 3,32, жира – на 13,1 %.

Е.А. Иванов и соавторы [23] разработали кормовую добавку для коров «Хвойная Плюс», включающую хвойную муку, измельченную скорлупу кедрового ореха, ферментный препарат Амилосубтилиин Г3х и арабиногалактан. Арабиногалактан является водорастворимым полисахаридом растительного происхождения, обычно изготавливаемым из древесины лиственницы, что придает ему свойство природного иммуностимулятора. Амилосубтилиин Г3х представляет собой комплексный ферментный препарат, содержащий различные ферменты, позволяющие при скармливании животным улучшать переваримость, расщепляя трудноусвояемые компоненты рациона (клетчатку, лигнин, целлюлозу). Результаты опыта по скармливанию добавки показали, что она позволяет улучшить продуктивность коров, увеличивая удой на 9,9 %, массовую долю белка в молоке – на 1,8, количество молочного жира – на 18,5 %. Авторы заключили, что круглогодичное применение данной кормовой добавки дает возможность наиболее глубоко перерабатывать и использовать отходы, остающиеся при рубке деревьев хвойных пород и переработке кедрового ореха.

Хвойные деревья широко распространены по всему миру, в частности сосна. Основной областью распространения хвойных лесов считается обширная зона тайги с холодным климатом, локализованная на севере Евразии и Северной Америки. Хвойные леса также широко распространены в умеренном поясе на западе и юго-востоке Северной Америки и в Евразии. В Южной Америке и Австралии хвойные леса встречаются в основном только в горах. В России основным ареалом хвойных лесов является Сибирь. Хвойные леса встречаются также в Южной и Юго-Восточной Азии.

В статье А. Guo и др. [24] было исследовано влияние порошка хвои (*Pinus yunnanensis* (провинция Юньнань, Китай) на рост, массу органов и биохимический профиль крови у цыплят-бройлеров. Результаты исследований показали, что добавка PNP к рациону цыплят способствовала увеличению массы желудка и прямой кишки, но уменьшала массу тонкого кишечника. Бройлеры, получавшие 3 % PNP, имели более высокую сывороточную активность супероксиддисмутазы (SOD), у них снизилось содержание малонового диальдегида (MDA) на 5 %. SOD и MDA являются важными антиоксидантными компонентами сыворотки, которые играют ключевую роль в фундаментальных функциях механизмов самозащиты у животных. Исследования данных ученых показали, что основные активные ингредиенты в хвое сосны, такие как флавоноиды и фенольные соединения, обладают антимикробными, антимуtagenными, антиоксидантными и противоопухолевыми функциями [25, 26, 4]. Добавление PNP улучшает развитие пищеварительного тракта, этому способствует снижение количества триглицеридов и общего холестерина, и позволяет улучшить антиоксидантные функции бройлеров.

Аналогично в исследованиях D. Kothari и его соавторов [27] из Южной Кореи изучалось

влияние ферментированного экстракта хвои сосны (FPNE) на продуктивность, качество яиц, липидные параметры и липидное окисление яиц у кур-несушек. Хвоя сосны *Pinus densiflora*, использованная в этом эксперименте, была собрана в Кёнбук, Южная Корея. Результаты опыта показали, что добавка FPNE увеличивала яйценоскость, массу яйца и потребление корма в течение всего экспериментального периода, улучшала цвет яичной скорлупы и яичного желтка, прочность яичной скорлупы и при этом значительно снижала концентрацию MDA в яичном желтке. Авторы связали наблюдаемое улучшение яйценоскости и увеличенное потребление корма с присутствием эфирных масел, терпеноидов и полифенолов, которые в составе FPNE, как сообщается, улучшают пищеварение, всасывание и использование питательных веществ в пищеварительном тракте. Более насыщенный цвет яичного желтка в группах, принимавших FPNE, ученые объясняют антиоксидантными компонентами FPNE, которые могли снизить перекисное окисление липидов в яичном желтке, а лучшую прочность яичной скорлупы – с тем, что природные антиоксидантные соединения способствовали поддержанию здоровья матки кур и увеличивали абсорбцию кальция, улучшали усвояемость питательных веществ.

Другая группа ученых из Китая [6] провела похожее исследование по изучению влияния ферментированной и неферментированной сосновой хвои на показатели роста и антиоксидантную способность цыплят-бройлеров. В исследовании использовалась сосновая хвоя, собранная недалеко от городского округа Лояна (Хэнань, Китай). Результаты исследования показали, что добавление ферментированной сосновой хвои к основному рациону улучшило антиоксидантную способность бройлеров, снижая уровень малонового диальдегида и увеличивая общую активность

супероксиддисмутазы. Влияние ферментации хвои на показатели роста цыплят было незначительным.

G. Hong и коллеги [28] разработали кормовую добавку из древесных растений для крупного рогатого скота и птицы из веток облепихи, листьев гинкго, дерезы обыкновенной, люцерны, чайных листьев и хвои. По результатам исследований отмечено, что кормовая добавка улучшала вкусовые качества основных кормов в рационе животных, активизировала секреторную функцию желудочно-кишечного тракта, повышала иммунитет, придавала шерсти животных наиболее яркий цвет.

J. Sun и соавторы [29] разработали экологичную кормовую добавку для кур-несушек, содержащую порошок хвои. Результаты применения добавки показали, что она позволяет улучшить стрессоустойчивость и иммунитет кур-несушек, повысить скорость их роста и яйценоскость. Добавка имела хороший кормовой эффект при низкой себестоимости.

W. Sheng [30] разработал кормовую добавку для мясного крупного рогатого скота, содержащую лекарственные, лесные растения и корневища, пробиотики, а также порошок сосновой хвои. Результаты применения добавки показали, что скот быстро рос, при этом увеличилось содержание межмышечного жира, улучшились органолептические показатели продуктов мясного скотоводства.

Авторами был сделан вывод, что такой эффект добавка проявила за счет натуральных растительных компонентов, входящих в ее состав, поскольку они содержат флавоноиды, полифенолы, алкалоиды и другие биологически активные вещества для эффективного ингибирования перекисного окисления липидов в мышцах, улавливания свободных радикалов, защиты стабильности структуры клеток и тканей, регулирования свойств мяса (внутримышечный гликоген, внутримышеч-

ный жир, мышечные волокна, уровень рН в мышцах). В исследовании отмечено, что добавка может служить альтернативой антибиотикам и другим лекарственным средствам.

Shazaib Ramay M. и Yalçın Sakine [31] изучили влияние добавки порошка сосновой хвои (*Pinus brutia*) на показатели роста, состав грудки и антиоксидантный статус у бройлеров. В ходе исследований было установлено, что показатели роста бройлеров увеличивались линейно с добавлением порошка хвои, при этом линейно снижалась концентрация малонового диальдегида в грудке и тканях печени бройлеров. Авторы сделали вывод о том, что для улучшения антиоксидантного статуса животных и окислительной стабильности мяса приемлемо использовать добавку порошка сосны, но необходимы дальнейшие исследования для определения полного антиоксидантного потенциала добавок порошка хвои в рационы домашней птицы.

S. Wang и соавторы [32] изучали воздействие изокупрессиновой кислоты на созревание ооцитов и доимплантационное развитие эмбриона у крупного рогатого скота. По литературным данным, изокупрессиновая кислота, содержащаяся в сосне пондероза (*Pinus ponderosa*), сосне ложнопольной (*Pinus contorta*) и других видах сосен, может вызывать прерывание стельности у коров при приеме внутрь, обычно в течение последнего триместра. В связи с этим авторы предположили, что введение изокупрессиновой кислоты в рацион могло вызывать у коров преждевременные роды или привести к появлению мертворожденных или слабых телят [33, 34]. Исследователи установили, что хвоя, содержащая изокупрессиновую кислоту, не нарушает ранние репродуктивные процессы у крупного рогатого скота. В условиях эксперимента изокупрессиновая кислота (токсин сосновой хвои) не являлась цитотоксичной по отношению к яйцеклеткам крупного рогатого

скота или доимплантационным эмбрионам *in vitro*. При этом авторы отметили, что необходимы дальнейшие исследования, поскольку хвоя может негативно влиять на развитие плода на более поздних стадиях стельности коров.

В статье С. Lafreniere и др. [35] изучалась возможность замены силоса люцерны в рационах зимующих коров на хвою и ветви ели черной (BSP). В результате наблюдалось снижение общего прироста массы тела коров, среднесуточного прироста и потребления сухого вещества по мере увеличения количества BSP.

Коровы, которых кормили BSP, имели более низкие приросты, что авторы связали со снижением потребления корма, вызванным высоким содержанием лигнина в иглах и ветвях BSP, ограничивающего скорость и степень переваривания BSP. В случаях, если продукт лесных отходов содержит большое количество лигнина, авторы не рекомендовали включать BSP в рацион стельных мясных коров.

При применении хвойной муки для скармливания сельскохозяйственным животным и птице следует иметь в виду, что хвоя может содержать высокое количество вяжущих и смолистых веществ. Рекомендовано через каждые две недели делать 2–3-дневные перерывы в скармливании хвойной муки, чтобы очистить книжку и сетку животных от смолистых веществ [8]. Ученые рекомендуют скармливать хвойную муку с октября по апрель, в эти месяцы корма содержат наименьшее количество витаминов. Заниматься заготовкой хвои рекомендуют в осенне-зимний период с октября по март, потому что в хвое в этот период максимально высокое количество биологически активных элементов и максимально низкое количество смолистых веществ. Когда начинается процесс сокодвижения, в хвое накапливаются различные

вредные для животных вещества, в частности смолистые. Хвоя сосны или ели в 1 кг сухого вещества содержит 350–360 мг каротина, витамины группы В С, Е, К и др. Хвоя сосны по содержанию витаминов группы В сопоставима с люцерной и содержит больше витаминов группы В, чем зелень злаковых культур. Хвоя является источником ксантофилла и хлорофилла, участвующих в метаболизме, и включает значительное количество фитонцидов, которые выполняют защитную функцию от кишечных инфекций животных. Кроме этого, хвоя содержит углеводы (сахара, глюкозу, фруктозу), минеральные элементы (медь, цинк, марганец, кобальт, железо), пектиновые и дубильные вещества.

Таким образом, хвоя содержит высокопитательный минерально-витаминный комплекс, легкоферментируемые углеводы, биологически активные вещества и характеризуется бактерицидными, противовоспалительными, антиоксидантными и иммуностимулирующими свойствами, поэтому может значительно улучшить физиологическое состояние животных и птицы, увеличить их продуктивность и улучшить функции воспроизводства [8].

Кедровые леса занимают особое место среди лесов Сибири, они имеют большой природно-ресурсный потенциал. Главным их достоянием являются кедровые орехи, но также не менее полезными считаются отходы кедрового промысла в виде скорлупы кедровых орехов и других частей кедровых шишек, которые ранее применялись в изготовлении дубильных и красящих веществ, но со стремительным развитием химической промышленности их перестали использовать. Отходы кедровых шишек и сам кедровый орех включают комплекс микроэлементов, полезных для животных. Кедровую муку можно получать из скорлупы кедрового ореха. Результаты анализов по определению ее питательности

продемонстрировали, что в составе кедровой муки отсутствуют нитраты и присутствуют питательные вещества, имеющие кормовую ценность: протеин, клетчатка, сахар, каротин, кальций. Экспериментальные исследования по использованию кедровой муки в качестве дополнительной добавки в рационе кормления сельскохозяйственных животных, кур-несушек и пушных зверей (норок) показали высокую эффективность.

У молодняка крупного рогатого скота выявлены хорошая поедаемость корма и отсутствие диареи. У кур-несушек при применении кедровой муки в качестве добавки в рацион отмечено укрепление скорлупы яиц, у норок – улучшение качества меха и более интенсивный рост зверька (увеличение размеров шкуры) [36].

В статье О.Г. Мерзляковой и др. [37] была показана эффективность добавления в рацион несушек перепелов японской породы шелухи шишки сосны корейской в качестве источника природного комплекса аминокислот, микроэлементов и других биологически активных веществ. Результаты эксперимента показали, что у птиц увеличилась яйценоскость на 2,9–5,8 %, интенсивность яйцекладки – на 2,0–4,0, масса яйца – на 2,70–4,71, уменьшились затраты кормов на единицу продукции на 7,95–18,18 %. Возросла также переваримость сухого вещества рациона на 1,63–2,16%, сырой клетчатки – на 0,76–3,03, сырого протеина – на 1,28–1,82 %.

В исследованиях В.А. Терещенко и др. [38] оценивалось влияние скармливания разных дозировок скорлупы кедрового ореха на молочную продуктивность и показатели крови коров. Результаты исследований показали, что скорлупа кедрового ореха не оказала отрицательного влияния на организм животных, а напротив, способствовала повышению уровня удоя на 4,5 %, количества молочного жира – на 18,5, молочного белка – на 4,8, ко-

личества и размера жировых шариков молока – на 11,3 % и 0,38 мкм соответственно, концентрации кальция в крови – на 24,5 %, концентрации железа – на 7,2 %.

Г.В. Зоткин и соавторы [39] изучали влияние кормовой добавки, состоящей из порошка скорлупы кедровых орехов (88,5–90,0%), биомассы синезеленой микроводоросли *Spirulina platensis* (5,0–6,6%), янтарной (2,0–2,5%), лимонной (1,7–2,0%) и аскорбиновой (0,7–1,0%) кислот на иммунный статус цыплят-бройлеров. Результаты эксперимента показали, что кормовая добавка оказывала положительное влияние на основные иммунологические показатели, наблюдалось снижение количества лейкоцитов, лимфоцитов, иммуноглобулинов и фагоцитарной активности в крови цыплят.

Влияние кормовой добавки из скорлупы кедровых орехов на сельскохозяйственную птицу изучали также В.В. Исаева и др. [40] и установили, что она обеспечивает повышение сохранности и улучшение качества яиц. Результаты эксперимента показали эффективность кормовой добавки при кормлении цыплят-бройлеров: у птицы увеличилась живая масса, улучшился морфологический состав крови. Использование добавки положительно сказывалось на динамике массы живых цыплят на протяжении всего опыта. Эффективность кормовой добавки подтверждала также динамика состава крови: повысилось содержание гемоглобина и количество эритроцитов, снизилось количество лейкоцитов, увеличилась лизоцимная и бактерицидная активность сыворотки крови. Благоприятное влияние добавки на организм птицы, авторы объясняют интенсификацией окислительных процессов и активизацией неспецифической защиты организма птицы, что обусловило повышение жизнеспособности цыплят и снижение их падежа.

В работе И.В. Савина и др. [41] оценивалось применение шелухи кедровых шишек в

качестве кормовой добавки для повышения качества мяса и яичной продуктивности кур. Результаты исследований показали, что использование шелухи кедровых шишек позволило повысить яичную продуктивность и положительно отразилось на потребительских свойствах мяса кур, – при тепловой обработке снизились потери, мясо было более сочным и нежным. При этом количество токсичных тяжелых металлов (мышьяк, ртуть, свинец, кадмий) в мясе птицы соответствовало безопасным значением и не превышало ПДК.

А.М. Шадрин и др. [42] разработали кормовую добавку «Цеоско» для профилактики микотоксикоза у сельскохозяйственной птицы. Кормовая добавка включает скорлупу кедрового ореха (38–40 %) и природный цеолит (60–62%). Результаты проведенных исследований по скармливанию данной кормовой добавки цыплятам показали, что у них повысился среднесуточный прирост живой массы по сравнению с контролем на 41,5 %. На биохимические показатели крови цыплят отрицательного воздействия добавка не оказала, что подтвердило безвредность добавки. Авторы заключили, что кормовая добавка может способствовать профилактике субклинического микотоксикоза.

В статье З.В. Цой и др. [43] приведены данные исследований по применению в кормлении птицы кормовой добавки растительного происхождения, включающей скорлупу шишки сосны корейской. При использовании скорлупы шишек сосны в рационе кур-несушек кросса Хайсекс Белый в дозе 3 % от основного рациона наблюдалось увеличение живой массы птицы по сравнению с контролем на 45,04 г, сохранности поголовья – на 1,2 %.

С.Г. Лумбунов и др. [44] изучали применение отходов переработки кедрового ореха в кормлении телят в качестве биологически активной добавки. Авторы установили, что ше-

луха сосны сибирской по питательности сопоставима с сеном злаково-разнотравным, а по количеству каротина равнозначна первому классу сена естественных угодий. Результаты исследования показали, что применение кедровой шелухи в кормлении телят увеличивает иммунологическую активность организма, стимулирует рост и развитие, повышая прирост живой массы на 10 %, а также улучшает физиологическое состояние.

ВЫВОДЫ

1. Проведенный обзор литературы подтвердил возможность применения лесных ресурсов в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы. Использование отходов лесной промышленности, таких как хвоя и скорлупа кедрового ореха, в кормопроизводстве перспективно для области животноводства.

2. Анализ российской и зарубежной научной литературы по использованию лесных ресурсов в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы показал, что хвою применяют в мире в качестве кормовой добавки

повсеместно. Однако в странах с наибольшими площадями лесов и при развитой лесной промышленности ее использование наиболее распространено и эффективно.

3. Использование скорлупы кедрового ореха в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы, напротив, в мире развито слабо. Россия является «пионером» в использовании в качестве кормовой добавки скорлупы кедрового ореха – ценного и питательного лесного ресурса для животного организма.

4. Кормовые добавки из лесных ресурсов содержат комплекс разнообразных ценных биологически активных веществ, которые могут улучшить здоровье и физиологические показатели животных, их продуктивность и устойчивость по отношению к неблагоприятным факторам окружающей среды. Разумное использование лесного сырья дает возможность производить экологически чистые, безопасные и эффективные кормовые добавки.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования России, номер государственного учета НИОКТР: АААА-А19-119012290066-7.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коноваленко Л.Ю. Использование кормовых ресурсов леса в животноводстве: науч.-аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2011. – 52 с.
2. Kwak C.S., Moon S.C., Lee M.S. Antioxidant, antimutagenic, and antitumor effects of pine needles (*Pinus densiflora*) // *Nutr. Cancer*. – 2006. – Vol. 56. – P. 162–171.
3. A comparative study of GABA, glutamate contents, acetylcholinesterase inhibition and antiradical activity of the methanolic extracts from 10 edible plants / Y.S. Jung, S.J. Park, J.E. Kim [et al.] // *Korean J. Food Sci. Technol.* – 2012. – Vol. 44. – P. 447–451.
4. Studies on the physiological functionality of pine needle and mugwort extracts / Y.H. Kang, Y.K. Park, S.R. Oh // *Korean J. Food Sci. Technol.* – 1995. – Vol. 27. – P. 978–984.
5. Role of tannins in defending plants against ruminants: Reduction in protein availability / C. Robbins, T. Hanley, A. Hagerman [et al.] // *Ecology*. – 1987. – Vol. 68. – P. 98–107.
6. Effects of feed supplemented with fermented pine needles (*Pinus ponderosa*) on growth performance and antioxidant status in broilers / Q. J. Wu, Z.B. Wang, G.Y. Wang [et al.] // *Poultry Science*. – 2015. – Vol. 94. – P. 1138–1144.

7. Киргинцев Б.О., Беленькая А.Е., Ярмоц Г.А. Использование хвои в кормлении сельскохозяйственных животных // Интеграция науки и практики для развития агропромышленного комплекса: сб. статей Всерос. науч. конф. – Тюмень: Гос. аграр. ун-т Сев. Зауралья, 2017. – С. 229–234.
8. Улитко В.Е. Повышение продуктивного действия кормов при производстве молока и мяса в Средневолжском регионе. – М.: Ульяновск: УГСХА, 2016. – 176 с.
9. *Characterization of walnut, almond, and pine nut shells regarding chemical composition and extract composition* / C. Queiros, S. Cardoso, A. Lourenço [et al.] // *Biomass Conversion and Biorefinery*. – 2020. – N 10(10). – P. 175-188. – DOI: 10.1007/s13399-019-00424-2.
10. Пат. 2667781 Российская Федерация, МПК A23L 33/10, A23K 10/30, A61K 36/15, A61K 8/97. Биологически активная добавка из кедровой скорлупы и способ ее получения / Леончиков А.М., Ермаков С.В.; заявители и патентообладатели Леончиков А.М., Ермаков С.В. (RU). – № 2017122500; заявл. 26.06.2017; опубл. 24.09.2018.
11. Пат. 2345572 Российская Федерация, МПК A23L 1/30, A23L 1/325, A23L 1/076. Жидкая форма биологически активной добавки на водной основе / Гладкая А.Г.; заявитель и патентообладатель ООО «ГЕОНЕК-СИБ» (RU). – № 2006132136/13; заявл. 06.09.2006; опубл. 27.10.2010.
12. Воробьев А.Л., Калачев А.А., Залесов С.В. Использование отходов лесозаготовок в качестве сырья для получения кормовых добавок // Леса России и хозяйство в них. – № 3(66). – 2018. – С. 65–72.
13. Анализ состояния здоровья, молочной продуктивности и воспроизводства коров при использовании в рационах кормовой добавки на основе хвои / Новикова Т.В., Бритвина И.В., Рыжакина Е.А., Короткий В.П. // Молочнохозяйственный вестник. – 2019. – №1(33). – С. 27–39.
14. Ярован Н.И., Северинова А.В. Влияние свежей хвои в чистом виде и в сочетании с липоевой кислотой на показатели оксидантно-антиоксидантной системы у коров // Молочное и мясное скотоводство. – 2018. – № 2. – С. 25–28.
15. Иванов Д.В., Роцин В.И., Ядрищенская О.А. Разработка фитобиотической кормовой добавки из древесной зелени сосны обыкновенной // Леса России: политика, промышленность, наука, образование: материалы IV науч.-техн. конф. – Санкт-Петербург: С.-Пб. политехн. ун-т Петра Великого, 2019. – С. 280–281.
16. Хвойная энергетическая добавка – источник энергии и биологически активных веществ в рационах коров / В.П. Короткий, Н.В. Боголюбова, Е.С. Рыжова, В.А. Рыжов // *Farm News*. – 2018. – № 4. – С. 58–59.
17. Колесник Ю.Н., Юрина А.А., Данилова А.А. Фитоэнергетическая добавка в рационе высокопродуктивных коров // Таврический вестник аграрной науки. – 2018. – № 3(15). – С. 55–64.
18. Волнин А.А., Боголюбова Н.В. Перспективы использования кормовой добавки на основе биомассы хвои в качестве дополнительного источника селена в рационе бычков на дорастивании // Вестник ВНИИМЖ. – 2019. – № 2(34) – С. 170–173.
19. Савин М.А. Оценка содержания полезных элементов в хвойно-витаминной кормовой добавке из экструдированной древесной зелени сосны // *Discovery Science Research*: сб. статей VI Междунар. науч.-практ. конф. (24 дек. 2020 г.) – Петрозаводск: Новая наука, 2020. – С. 118–122.
20. Пат. 1503732 СССР, МПК A23K 1/175. Премикс для лактирующих стельных коров / Качалова Е.Я., Козырь В.С., Гогитидзе Н.А., Богуненко С.С.; заявитель и патентообладатель Днепропетровский филиал Украинского научно-исследовательского института разведения и искусственного осеменения крупного рогатого скота (SU). – № 4064940; заявл. 1986.02.10; опубл. 30.08.1989.
21. Пат. 2366268 Российская Федерация, МПК A23K 1/00. Премикс и способ его получения / Ломовский О.И., Королев К.Г.; заявитель и патентообладатель ИХТТМ СО РАН, (RU). – № 2008109697/13; заявл. 11.03.2008; опубл. 10.09.2009.

22. Пат. 2702720 Российская Федерация, МПК A23K 10/30. Кормовая добавка «Хвойная» / Иванова О.В., Иванов Е.А., Терещенко В.А.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ФИЦ КНЦ СО РАН(RU). – № 2018143460; заявл. 07.12.2018; опубл. 09.10.2019.
23. Пат. 2728463 Российская Федерация, МПК A23K 50/10, A23K 10/30. Кормовая добавка для коров «Хвойная Плюс» / Иванов Е.А., Иванова О.В., Терещенко В.А.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ФИЦ КНЦ СО РАН(RU). – № 2019139732; заявл. 12.04.2019; опубл. 29.07.2020.
24. *Effect of dietary pine needles powder supplementation on growth, organ weight and blood biochemical profiles in broilers* / A. Guo, L. Cheng, M. Al-Mamun [et al.] // *Journal of applied Animal research*. – 2018. – Vol. 46, N 1. – P. 518–522.
25. *Effects of butanol fraction of pine needle (Pinus densiflora) on serum lipid metabolisms and oxidative stress in rats* / J.H. Choi, S.H. Park, D.I. Kim [et al.] // *Korean J. Nutr.* – 2002. – N 35. – P. 296–302.
26. *Antimicrobial activities of pine needle (Pinus densiflora Seib et Zucc.) extract* / M.Y. Choi, E.J. Choi, E. Lee [et al.] // *Korean J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* – 1997. – N 25. – P. 293–297.
27. *Effect of Dietary Supplementation of Fermented Pine Needle Extract on Productive Performance, Egg Quality, and Serum Lipid Parameters in Laying Hens* / D. Kothari, J.S. Oh, J.H. Kim [et al.] // *Animals*. – 2021. – Vol. 11. – P. 1–11.
28. Пат. 105815563КНР, МПК A23K 10/30, A23K 10/37, A23K 40/10. Кормовая добавка / премикс из древесных растений для крупнорогатого скота и птицы и способ его получения / Gao Hong, Chen Meiling, Li Yansheng, Salenko Olga; заявитель и патентообладатель Gao Hong, Chen Meiling, Li Yansheng(CN). – № 201610239936,9; заявл. 15.04.2016; опубл. 03.08.2016.
29. Пат. 106465800КНР, МПК A23K 50/75, A23K 10/30. Кормовая добавка для кур-несушек, содержащая порошок хвои / Jing Sun, Feng Yuan, Tingting Liu, Lei Long; заявитель и патентообладатель Tianjin Naer Biotechnology Co., Ltd(CN). – № 201510492712.4A; заявл. 10.08.2015; опубл. 01.03.2017.
30. Пат. 108477398КНР, A23K 50/10, A23K 10/30, A23K 10/18, A23K 20/174, A23K 20/20. Кормовая добавка для крупнорогатого скота и способ его получения / Wang Sheng; заявитель и патентообладатель Weifang Yourong Industry Co., Ltd(CN). – № 201810277549.3A; заявл. 31.03.2018, опубл. 04.09.2018.
31. Ramay S. M., Yalçın S. Effects of supplemental pine needles powder (Pinus brutia) on growth performance, breast meat composition, and antioxidant status in broilers fed linseed oil-based diets // *Poultry Science*. – 2020. – N 99 – P. 479–486. – DOI: 10.3382/ps/pez542.
32. *Effects of the pine needle abortifacient, isocupressic acid, on bovine oocyte maturation and preimplantation embryo development* / S. Wang, K.E. Panter, D.R. Gardner [et al.] // *Animal Reproduction Science*. – 2004. – N 81 – P. 237–244. – DOI:10.1016/j.anireprosci.2003.10.008
33. *Effect of feeding ponderosa pine needle extracts and their residues to pregnant cattle* / L.F. James, R.J. Molyneux, K.E. Panter [et al.] // *The Cornell veterinarian*. – 1994. – № 84. – P. 33–39.
34. *Pine needle abortion in cattle: a review and report of 1973-1984 research* / L.F. James, R. E. Short, K.E. Panter [et al.] // *The Cornell veterinarian*. – 1989. – № 79. – P. 39–52.
35. *Effects of Feeding Graded Levels of Black Spruce Needles and Branches on Beef Cow Performance and Health During Mid to Late Gestation* / C. Lafreniere, R.Berthiaume, L.Giesen, C.P.Campbell[et al.]// *Canadian Journal of Animal Science*. – 2020. – Vol. 101. – P. 1–30.
36. Епифанов А.Д., Худоногов А.М. Использование отходов кедрового промысла // *Климат, экология, сельское хозяйство Евразии: материалы IV междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию Победы в Великой Отечественной войне (1941-1945 гг.) и 100-летию со дня рождения А.А. Ежовского*. – Иркутск: Иркутский ГАУ, 2015. – С. 18–24.
37. Мерзлякова О.Г., Рогачёв В.А., Чегодаев В.Г. Шелуха шишки сосны корейской в рационах несушек перепелов// *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. – 2018. – Т. 48, №1. – С. 73–79.

38. Терещенко В.А., Иванов Е.А., Иванова О.В. Молочная продуктивность и показатели крови коров при использовании в рационе скорлупы кедрового ореха // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 4(44). – С. 205–209. – DOI: 10.18286/1816-4501-2018-4-205-209.
39. Пат. 2305951 Российская Федерация, МПК А23К 1/00, А23К 1/16. Кормовая добавка для молодняка кур с иммуностимулирующей активностью / Зоткин Г.В., Сисягин П.Н., Косорлукова З.Я., Пачурин А.О. [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ФИЦВиМ (RU). – № 2006112077/13; заявл. 11.04.2006; опубл. 20.09.2007.
40. Пат. 2228643 Российская Федерация, МПК А23К 1/00, А23К 1/16. Кормовая добавка для сельскохозяйственной птицы / Исаев В.В., Зоткин Г.В., Хрисанфова Т.Д., Коробова О.В., Семенова С.В., Исаева Р.И.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ФИЦВиМ (RU). – № 2002123417/13; заявл. 30.08.2002; опубл. 20.05.2004.
41. Савин И.М., Окара А.И., Старикова Н.П. Шелуха кедровых шишек как источник биологически активных веществ для повышения качества мяса и продуктивности птицеводства // Известия вузов. Пищевая технология. – 2004. – № 1. – С. 70–71.
42. Пат. 2448472 Российская Федерация, МПК А23К 1/175. Кормовая добавка «Цеоско» для профилактики субклинического микотоксикоза у цыплят и способ ее скармливания / Шадрин А.М., Синецын В.А., Авдеев А.В., Бакшаева О.А.; заявитель и патентообладатель ГНУ ИЭВСиДВ Россельхозакадемии(RU). – № 2010129733/13; заявл. 15.07.2010; опубл. 27.04.2012.
43. Динамика живой массы молодняка кур при применении кормовых добавок местного происхождения / З.В. Цой, Н.В. Васильева, Ю.П. Никулин [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 2(88). – С. 287–290. – DOI: 10.37670/2073-0853-2021-88-2-287-290.
44. Лумбунов С.Г., Ахметшакирова Е.Ю., Ешижамсоева С.Б. Шелуха кедрового ореха – биологическая добавка в кормлении телят // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. – 2016. – № 4(45). – С. 135–139.

REFERENCES

1. Konovalenko L.Ju., *Ispol'zovanie kormovykh resursov lesa v zhivotnovodstve* (Use of forest forage resources in animal husbandry), Moscow: FGBNU «Rosinformagroteh», 2011, 52 p. (In Russ.)
2. Kwak C.S., Moon S.C., Lee M.S., Antioxidant, antimutagenic, and antitumor effects of pine needles (*Pinus densiflora*), *Nutr. Cancer*, 2006, Vol. 56, pp. 162–171.
3. Jung Y.S., Park S.J., Kim J.E., Yang S.A. [et al.], A comparative study of GABA, glutamate contents, acetylcholinesterase inhibition and antiradical activity of the methanolic extracts from 10 edible plants, *Korean J. Food Sci. Technol*, 2012, Vol. 44, pp. 447–451.
4. Kang Y.H., Park Y.K., Oh S.R., Moon K.D., Studies on the physiological functionality of pine needle and mugwort extracts, *Korean J. Food Sci. Technol*, 1995, Vol. 27, pp. 978–984.
5. Robbins C., Hanley T., Hagerman A., Hjeljord O. [et al.], Role of tannins in defending plants against ruminants: Reduction in protein availability, *Ecology*, 1987, Vol. 68, pp. 98–107.
6. Wu Q.J., Wang Z.B., Wang G.Y., Li Y.X. [et al.], Effects of feed supplemented with fermented pine needles (*Pinus ponderosa*) on growth performance and antioxidant status in broilers, *Poultry Science*, 2015, Vol. 94, pp. 1138–1144.

7. Kirgincev B.O., Belen'kaja A.E., Jarmoc G.A., *Integracija nauki i praktiki dlja razvitija agropromyshlennogo kompleksa* (Integration of science and practice for the development of the agro-industrial complex), Proceedings of the Conference Title, 2017, pp. 229–234. (In Russ.)
8. Ulit'ko V.E., *Povyshenie produktivnogo dejstviya kormov pri proizvodstve moloka i mjasa v Srednevolzhskom regione* (Increasing the productive action of feed in the production of milk and meat in the Middle Volga region), Moscow: Ul'janovsk: UGSHA, 2016, 176 p.
9. Queiros C., Cardoso S., Lourenço A. [et al.], Characterization of walnut, almond, and pine nut shells regarding chemical composition and extract composition, *Biomass Conversion and Biorefinery*, 2020, No. 10(10), pp. 175–188, DOI: 10.1007/s13399-019-00424-2.
10. Pat. 2667781 Rossijskaja Federacija, MPK A23L 33/10, A23K 10/30, A61K 36/15, A61K 8/97. *Biologicheski aktivnaja dobavka iz kedrovoj skorlupy i sposob ee poluchenija* (Dietary supplement from cedar shells and method of obtaining it). (In Russ.)
11. Pat. 2345572 Rossijskaja Federacija, MPK A23L 1/30, A23L 1/325, A23L 1/076. *Zhidkaja forma biologicheski aktivnoj dobavki na vodnoj osnove* (Liquid form of water-based dietary supplement). (In Russ.)
12. Vorob'ev A.L., Kalachev A.A., Zalesov S.V., *Lesa Rossii i hozjajstvo v nih*, 2018, No. 3(66), pp. 65–72. (In Russ.)
13. Novikova T.V., Britvina I.V., Ryzhakina E.A., Korotkij V.P., *Molochnohozjajstvennyj vestnik*, 2019, No. 1(33), pp. 27–39. (In Russ.)
14. Jarovan N.I., Severinova A.V., *Molochnoe i mjasnoe skotovodstvo*, 2018, No. 2, pp. 25–28. (In Russ.)
15. Ivanov D.V., Roshhin V.I., Jadrishhenskaja O.A., *Lesa Rossii: politika, promyshlennost', nauka, obrazovanie* (Forests of Russia: politics, industry, science, education), Proceedings of the Conference Title, 2019, pp. 280–281. (In Russ.)
16. Korotkij V.P., Bogoljubova N.V., Ryzhova E.S., Ryzhov V.A., *Farm News*, 2018, No. 4, pp. 58–59. (In Russ.)
17. Kolesnik Ju.N., Jurina A.A., Danilova A.A., *Tavrisheskij vestnik agrarnoj nauki*, 2018, No. 3(15), pp. 55–64. (In Russ.)
18. Volnin A.A., Bogoljubova N.V., *Vestnik VNIIMZh*, 2019, No. 2(34), pp. 170–173. (In Russ.)
19. Savin M.A., *Discovery science research, Proceedings of the Conference Title*, Petrozavodsk: Novaja nauka, 2020, pp. 118–122. (In Russ.)
20. Pat. 1503732 SSSR, MPK A23K 1/175. *Premiks dlja laktirujushhih stel'nyh korov* (Premix for lactating pregnant cows). (In Russ.)
21. Pat. 2366268 Rossijskaja Federacija, MPK A23K 1/00. *Premiks i sposob ego poluchenija* (Premix and method of obtaining it). (In Russ.)
22. Pat. 2702720 Rossijskaja Federacija, MPK A23K 10/30. *Kormovaja dobavka «Hvojnaja»* (Coniferous feed additive). (In Russ.)
23. Pat. 2728463 Rossijskaja Federacija, MPK A23K 50/10, A23K 10/30. *Kormovaja dobavka dlja korov «Hvojnaja Pljus»* (Feed additive for cows "Coniferous Plus"). (In Russ.)
24. Guo A., Cheng L., Al-Mamun M., Xiong C., Yang S., Effect of dietary pine needles powder supplementation on growth, organ weight and blood biochemical profiles in broilers, *Journal of applied Animal research*, 2018, Vol. 46, No. 1, pp. 518–522.
25. Choi J.H., Park S.H., Kim D.I., Kim C.M., Lee J.H., Kim H.S., Effects of butanol fraction of pine needle (*Pinus densiflora*) on serum lipid metabolisms and oxidative stress in rats, *Korean J Nutr*, 2002, No. 35, pp. 296–302.

26. Choi M.Y., Choi E.J., Lee E., Rhim T.J., Cha B.C., Park H.J., Antimicrobial activities of pine needle (*Pinus densiflora* Seib et Zucc.) extract, *Korean J. Appl. Microbiol. Biotechnol*, 1997, No. 25, pp. 293–297.
27. Kothari D., Oh J.S., Kim J.H., Lee D.W., Kim S.K., Effect of Dietary Supplementation of Fermented Pine Needle Extract on Productive Performance, Egg Quality, and Serum Lipid Parameters in Laying Hens, *Animals*, 2021, Vol. 11, pp. 1–11.
28. Pat. 105815563 KNR, MPK A23K 10/30, A23K 10/37, A23K 40/10. *Kormovaja dobavka/premiks iz drevesnyh rastenij dlja krupnorogatogo skota i pticy i sposob ego poluchenija* (Feed additive / premix from woody plants for cattle and poultry and a method for its production).
29. Pat. 106465800 KNR, MPK A23K 50/75, A23K 10/30. *Kormovaja dobavka dlja kur-nesushek, sodershashhaja poroshok hvoi* (Feed additive for laying hens containing pine needles powder).
30. Pat. 108477398 KNR, A23K 50/10, A23K 10/30, A23K 10/18, A23K 20/174, A23K 20/20. *Kormovaja dobavka dlja krupnorogatogo skota i sposob ego poluchenija* (Feed additive for cattle and method of obtaining it).
31. Ramay S.M., Yalçın S., Effects of supplemental pine needles powder (*Pinus brutia*) on growth performance, breast meat composition, and antioxidant status in broilers fed linseed oil-based diets, *Poultry Science*, 2020, No. 99, pp. 479–486, DOI: 10.3382/ps/pez542.
32. Wang S., Panter K.E., Gardner D.R. [et al.], Effects of the pine needle abortifacient, isocupressic acid, on bovine oocyte maturation and preimplantation embryo development, *Animal Reproduction Science*, 2004, No. 81, pp. 237–244, DOI: 10.1016/j.anireprosci.2003.10.008.
33. James L.F., Molyneux R.J., Panter K.E. [et al.], Effect of feeding ponderosa pine needle extracts and their residues to pregnant cattle, *The Cornell veterinarian*, 1994, No. 84, pp. 33–39.
34. James L.F., Short R.E., Panter K.E. [et al.], Pine needle abortion in cattle: a review and report of 1973–1984 research, *The Cornell veterinarian*, 1989, No. 79, pp. 39–52.
35. Lafreniere S., Berthiaume R., Giesen L., Campbell C.P. [et al.], Effects of Feeding Graded Levels of Black Spruce Needles and Branches on Beef Cow Performance and Health During Mid to Late Gestation, *Canadian Journal of Animal Science*, 2020, Vol. 101, pp. 1–30.
36. Epifanov A.D., Hudonogov A.M., *Klimat, jekologija, sel'skoe hozjajstvo Evrazii* (Climate, ecology, agriculture of Eurasia), Proceedings of the Conference Title, Irkutsk: Irkutskij GAU, 2015, pp. 18–24. (In Russ.)
37. Merzljakova O.G., Rogachjov V.A., Chegodaev V.G., *Sibirskij vestnik sel'skohozjajstvennoj nauki*, 2018, T. 48, No. 1, pp. 73–79. (In Russ.)
38. Tereshhenko V.A., Ivanov E.A., Ivanova O.V., *Vestnik Ul'janovskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii*, 2018, No. 4(44), pp. 205–209, DOI: 10.18286/1816-4501-2018-4-205-209. (In Russ.)
39. Pat. 2305951 Rossijskaja Federacija, MPK A23K 1/00, A23K 1/16. *Kormovaja dobavka dlja molodnjaka kur s immunostimulirujushhej aktivnost'ju* (Feed additive for young chickens with immunostimulating activity). (In Russ.)
40. Pat. 2228643 Rossijskaja Federacija, MPK A23K 1/00, A23K 1/16. *Kormovaja dobavka dlja sel'skohozjajstvennoj pticy* (Feed additive for poultry). (In Russ.)
41. Savin I.M., Okara A.I., Starikova N.P., *Izvestija Vuzov. Pishhevaja Tehnologija*, 2004, No. 1, pp. 70–71. (In Russ.)
42. Pat. 2448472 Rossijskaja Federacija, MPK A23K 1/175. *Kormovaja dobavka «Ceosko» dlja profilaktiki subklinicheskogo mikotoksikoza u cypljat i sposob ee skarmlivanija* (Feed additive "Tseosco" for the prevention of subclinical mycotoxicosis in chickens and the method of feeding it). (In Russ.)

43. CojZ.V., Vasil'eva N.V., Nikulin Ju.P. [i dr.], *Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2021, No. 2(88), pp. 287–290, DOI: 10.37670/2073-0853-2021-88-2-287-290. (In Russ.)
44. Lumbunov S.G., Ahmetshakirova E.Ju., Eshizhamsoeva S.B., *Vestnik Burjatskoj gosudarstvennoj sel'skhozjajstvennoj akademii im. V.R. Filippova*, Ulan-Udje, 2016, No. 4(45), pp. 135–139. (In Russ.)

АССОЦИАЦИЯ ГЕНОТИПОВ В-ЛАКТОГЛОБУЛИНА У ОВЕЦ РОМАНОВСКОЙ ПОРОДЫ С ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ КРОВИ

¹Е.А. Климанова, аспирант

²Зоран Т. Поповски, доктор биологических наук, профессор

¹Т.В. Коновалова, старший преподаватель

¹Е.И. Тарасенко, аспирант

¹О.С. Короткевич, доктор биологических наук, профессор

¹О.И. Себежко, кандидат биологических наук, доцент

¹Новосибирский государственный аграрный университет,
Новосибирск, Россия

²Университет св. Кирилла и Мефодия, Скопье, Северная
Македония

E-mail: vet-gen-dep@nsau.edu.ru

Ключевые слова: овцы, романовская порода, полиморфизм, β-лактоглобулин, лейкоциты, эритроциты, гемоглобин, гематокрит

Реферат. Изложены результаты исследований гематологических показателей крови овец романовской породы и их связь с генотипами по локусу β-лактоглобулина. Кровь в организме играет исключительно важную роль, поскольку через нее осуществляется обмен веществ. Она доставляет к клеткам органов тела питательные вещества и кислород, удаляя продукты обмена и углекислоту. По данным гематологических показателей можно судить об интенсивности обменных процессов. Поскольку ферменты крови, их активность, уровень обмена веществ, а также биохимическая адаптация закодированы в их генах, можно полагать, что биохимический состав крови у животных в определенной мере связан с их племенными и продуктивными качествами. Выявление закономерностей связи и влияния генетических факторов у пород различных животных является одной из основных задач в изучении селекционных особенностей и дальнейшего улучшения и контроля породных особенностей животных. Для нашего исследования были взяты 40 проб крови у овец романовской породы для проведения гематологических исследований, выделения ДНК и постановки ПЦР. ДНК-технологии во взаимосвязи с другими факторами необходимо использовать для улучшения селекционного процесса и продуктивных особенностей пород. Гематологический статус овец исследовали на гематологическом автоматическом анализаторе PCE-90VET (HTI, США). Клинические и гематологические показатели овец романовской породы разных генотипов свидетельствуют о высокой адаптационной пластичности и высоком уровне обменных процессов, протекающих в организме животных. Установлено, что у гомозиготных овец β-Lg A/A количество лейкоцитов в крови было в 1,5 раза выше, чем у гетерозиготных β-Lg A/B животных.

ASSOCIATION OF FB-LACTOGLOBULIN GENOTYPES IN ROMANOV SHEEP WITH HEMATOLOGICAL BLOOD PARAMETERS

¹E.A. Klimanova, Postgraduate Student

²Zoran T Popovski, Doctor of Biological Sciences, Professor

¹T.V. Konovalova, Senior Lecturer

¹E.I. Tarasenko, Postgraduate Student

¹O.S. Korotkevich, Doctor of Biological Sciences, Professor

¹O.I. Sebezko, PhD in Biological Sciences, Associate Professor

¹Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia
²St Cyril and Methodius University, Skopje, Northern Macedonia

Keywords: *sheep, Romanov breed, polymorphism, β -lactoglobulin, white blood cells, erythrocytes, haemoglobin, haematocrit.*

Abstract. *The authors presented the haematological blood parameters of Romanov breed sheep and their association with genotypes according to the β -lactoglobulin locus. Blood plays a significant role in the body as metabolism is carried out. It delivers nutrients and oxygen to the cells of the body organs and removes metabolic waste products and carbon dioxide. The intensity of the metabolic processes can be judged from haematological data. Since blood enzymes, their activity, metabolic levels, and biochemical adaptation are encoded in their genes, the authors believe that the biochemical composition of blood in animals is, to a certain extent, related to their breeding and productive qualities. Identifying patterns of relationship and influence of genetic factors in breeds of different animals is one of the main tasks in the study of breeding features and further improvement and control of breed peculiarities of animals. For our analysis, 40 blood samples were taken from Romanov breed sheep for haematological tests, DNA extraction and PCR. DNA technology in conjunction with other factors should be used to improve the breeding process and the productive traits of the breeds. The haematological status of sheep has been examined on a PCE-90VET (HTI, USA) haematological analyser. The clinical and haematological parameters of Romanov breed sheep of different genotypes indicate high adaptation plasticity and a high level of metabolic processes occurring in the body of animals. The authors found that homozygous β -Lg A/A sheep had 1.5 times the number of leukocytes in the blood compared to heterozygous β -Lg A/B animals.*

Известно, что весь комплекс физиологических, биохимических и иммуногенетических процессов, происходящих в организме животных, зависит от морфобиохимического состава крови. Для объективной оценки внутренней среды организма, уровня направленности обменных процессов и активности его защитных систем используют морфологические и биохимические показатели крови, по которым можно судить о степени интенсивности окислительных процессов и уровне продуктивности. Следовательно, чем больше содержится эритроцитов и гемоглобина в единице объема крови, тем больше поглощается кислорода и тем интенсивнее будет протекать обмен веществ в живом организме [1, 2].

Таким образом, важнейшим объектом интерьерных исследований является кровь. Кровь – это биологическая жидкость, обеспечивающая органы и ткани животного питательными веществами и кислородом. Вместе с лимфой она образует систему циркулирующих жидкостей в организме, которая

осуществляет связь между химическими превращениями веществ в различных органах и тканях.

О жизнедеятельности, приспособленности животных к тем или иным условиям можно судить по интерьерным признакам, которые в определённой степени могут характеризовать и продуктивные качества. В связи с этим большой практический интерес представляет изучение закономерностей изменений показателей крови в процессе роста, развития и формирования продуктивных качеств животных. Кроме того, физиологические функции животных претерпевают определённые изменения с возрастом, зависят от продуктивности и других факторов [3, 4].

Отбор по специализированным производственным признакам и адаптация к широкому спектру условий окружающей среды повлекли за собой изменения в геноме современных пород овец. Овцеводство всегда было важной отраслью животноводства в России. До 1990 г. Россия наряду с Австралией, Китаем

и Новой Зеландией была одним из мировых лидеров по разведению овец [5–7]. В настоящее время овцеводство восстанавливается во многом благодаря применению новых методов исследования. Развитие современных методов изучения генома животных позволяет проводить однозначную оценку и комбинировать стандартизованные данные из разных лабораторий, обеспечивая тем самым мощный инструмент для решения ряда генетических проблем, включая успешное применение для исследований структуры популяции у сельскохозяйственных животных. В настоящее время наибольший интерес в исследованиях генотипов различных пород овец представляет полиморфизм генов, кодирующих казеины (Cn) и лактоглобулины (α - и β -лактоглобулин), на долю которых приходится большая часть всех белков молока овец [8–10].

Белок β -лактоглобулина (β -Lg) представляет собой одну из основных составляющих белков молочной сыворотки. Он кодируется геном BLg и считается одним из основных

романовской породы в условиях Западной Сибири.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для проведения исследования из популяции овец романовской породы Кемеровской области была отобрана кровь у 40 животных. Образцы крови отбирали в 10-миллиметровые вакуумные пробирки.

Установлено, что в зоне разведения сибирской популяции овец романовской породы и других видов животных содержание тяжелых металлов в почве, воде, кормах, органах и тканях не превышало ПДК [12].

Выделение ДНК из цельной крови проводилось с помощью набора для изоляции ДНК от Биолабмикс DU-250. Для проведения полимеразной цепной реакции брали 10 мкл выделенной ДНК животного и 40 мкл мастермикса. Программа постановки ПЦР следующая:

Проверку амплификации осуществляли с

Температура, °C	Время, мин
95	10
95	1
50-65	1
72	1-3
72	10
4	Постоянно

белков сыворотки, присутствующих в молоке жвачных животных [9, 10]. Его полиморфизм тесно связан с некоторыми свойствами овечьего молока. Лocus β -Lg у овец расположен на 3-й хромосоме и содержит 7 экзонов и 6 интронов [11].

Целью нашей работы являлось изучение связи генотипов по гену β -лактоглобулина с гематологическими показателями крови овец

применением электрофореза в 1,5%-м геле с этидием бромидом.

Для разрезания исследуемого фрагмента ДНК и определения полиморфизма применяли рестриктазу RsaI. Под действием рестриктазы в агарозном геле участок гена β -лактоглобулина давал три полосы длиной 17; 37 и 66 п.н. – аллель β -LgA, две полосы длиной 17 и 103 п.н. при аллели β -LgB и че-

тыре полосы 17; 37; 66 и 103 п.н. у гетерозигот.

Исследование гематологического статуса овец проводили на гематологическом автоматическом анализаторе PCE-90VET (НТИ, США). Количество эритроцитов и лейкоцитов подсчитывали с помощью камеры Горяева. Показатели красной крови оценивали, помимо числа эритроцитов и содержания в них гемоглобина и величин гематокрита, расчетными показателями, отражающими средний объём эритроцита, среднее содержание и среднюю концентрацию гемоглобина в эритроците.

Статистическая обработка экспериментальных данных проводилась при помощи стандартных методов описательной статистики: средняя арифметическая с ошибкой, медиана, первый и третий квартили, межквартильный размах. Обработку результатов исследования осуществляли с помощью программы Microsoft Office Excel 2007 и языка статистического программирования RStudio.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Определенное представление о закономерностях изменения внутренней среды организма под воздействием изменяющихся внешних условий дает изучение интерьерных показателей. Важнейшим из них, непосредственно связанным с уровнем общего обмена веществ и интенсивностью течения окислительно-восстановительных процессов в организме, является морфологический состав крови [13, 14].

Профиль крови важен для оценки физиологического состояния, а также для оценки методов лечения, питания и диагностики состояния здоровья животного. Гематологические параметры влияют на продуктивную и репродуктивную способность животных, в то вре-

мя как их изменение связано с некоторыми внутренними и внешними факторами, включая возраст, пол, породу и физиологическое состояние животного [15–17].

Ранее нами были установлены ассоциация генотипов по гену β -лактоглобулина с уровнем альбумина в сыворотке крови овец романовской породы [18], отсутствие связи β -лактоглобулина с такими показателями крови, как мочевины и мочевая кислота [19], и влияние генотипов баранов романовской породы на накопление кадмия в миокарде потомства [20]. А.А. Волниным и др. было изучено содержание меди, цинка и селена в крови овец в условиях физиологического двора Всероссийского института животноводства им. Л.К. Эрнста и проведено сравнение полученных данных с представленными в научной литературе [21].

Известно, что лейкоциты играют важную роль в защитных и восстановительных процессах организма. Поэтому в зимний период, когда организм мобилизует свои защитные силы против воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды, содержание лейкоцитов в крови повышается [22].

Кроме того, лейкоциты связаны с развитием хронических воспалительных, аллергических и аутоиммунных заболеваний. Следовательно, общее и дифференциальное количество лейкоцитов является важным клиническим показателем восприимчивости к инфекции и используется для мониторинга активности заболевания [23, 24].

В крови овец количество лейкоцитов обычно составляет от 5 до $11 \times 10^9/\text{л}$ крови (табл. 1).

Таблица 1

Содержание лейкоцитов ($10^9/\text{л}$) в сыворотке крови овец с различными генотипами по β -лактоглобулину
Leucocyte content ($10^9/\text{l}$) in serum of sheep with different genotypes for β -lactoglobulin

Ген	Генотип	n	$\bar{X} \pm S$	Me	Q1	Q3	IQR	Cv, %
β -Lg	A/A	17	$10,500 \pm 0,987$	9,6	8,93	12,2	3,23	38,9
	A/B	12	$6,920 \pm 0,834$	7,4	3,95	9,65	5,7	41,8
	B/B	11	$10,600 \pm 1,38$	10,2	5,98	15,2	9,25	43,2

Примечание. Q1 – первый квартиль; Q3 – третий квартиль; IQR – межквартильный диапазон; Cv – коэффициент вариации.

Note. Q1, first quartile; Q3, third quartile; IQR, interquartile range; Cv, coefficient of variation.

В наших исследованиях максимальное количество лейкоцитов отмечено у овец с генотипом A/A, которое было выше, чем у гетерозигот A/B, в 1,5 раза ($P < 0,01$). Стоит от-

Таблица 2

Уровень эритроцитов ($10^{12}/\text{л}$), гемоглобина (г/л) и гематокрита (%)
у овец с различными генотипами β -Lg

Erythrocyte levels ($10^{12}/\text{l}$), haemoglobin (g/l) and haematocrit (%) in sheep with different β -Lg genotypes

Ген	Генотип	n	$\bar{X} \pm S$	Me	Q1	Q3	IQR	Cv, %
β -Lg	Эритроциты							
	A/A	17	$10,900 \pm 0,512$	10,9	9,85	12,5	2,65	19,3
	A/B	12	$10,100 \pm 0,487$	10,4	8,75	11,5	2,7	16,8
	B/B	11	$10,600 \pm 0,685$	11,5	9,53	11,8	2,31	21,5
	Гемоглобин							
	A/A	17	$97,50 \pm 4,09$	103	86,7	110,3	23,7	17,3
	A/B	12	$91,00 \pm 4,39$	89	80,4	105,6	25,2	16,7
	B/B	11	$92,40 \pm 5,94$	96	84,5	103,8	19,3	21,3
	Гематокрит							
	A/A	17	$35,10 \pm 4,97$	31,1	28,3	33	4,7	58,4
	A/B	12	$27,70 \pm 1,26$	26,9	24,7	31,7	7,04	15,8
	B/B	11	$26,90 \pm 1,66$	27,8	23,4	31,1	7,68	20,5

метить, что содержание лейкоцитов в сыворотке крови у овец с различными генотипами по β -лактоглобулину находились в пределах физиологической нормы.

У взрослых овец уровень гемоглобина выше, чем у молодых особей. Уровень гемоглобина у баранчиков и овец не имеет значительных различий.

Одним из важнейших свойств крови является снабжение тканей животного кислородом. Эта функция осуществляется с помощью кровяных клеток эритроцитов [25].

Основную массу форменных элементов крови составляют именно эритроциты, являющиеся высокоспециализированными клетками. Основная их функция – это транспорт кислорода к органам и тканям [26].

Интенсивность дыхательной функции крови во многом определяется уровнем гемоглобина в эритроцитах. В наших исследованиях уровень этого основного поставщика кислорода к тканям и органам в крови овец с различными генотипами был одинаковым (табл. 2).

Более высокое содержание эритроцитов в крови овец обычно сопровождается и более высоким уровнем гемоглобина. Наибольшее содержание эритроцитов и гемоглобина свидетельствует о повышенной кислородной емкости крови данных животных и о лучшей дыхательно-окислительной способности, следовательно, о более интенсивных процессах обмена веществ [27].

Не установлено различий в содержании эритроцитов, гемоглобина и гематокрита у животных с разными генотипами. Изученными гематологическими показателями у овец находились в пределах физиологической нормы.

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что по морфологическим показателям крови у молодняка всех генотипов отклонений от физиологической нормы не наблюдалось.

Гемоциты (клетки крови) играют жизненно важную роль в обеспечении устойчивости к заболеваниям и в транспортировке кислорода. Из трех типов клеток крови эритроциты имеют решающее значение для транспортировки кислорода и удаления побочных продуктов дыхания организмов. Чтобы организм мог использовать кислород из внешней среды, он должен транспортироваться и обмениваться через легкие, транспортироваться через кровь и обмениваться между кровью и различными тканями тела [28]. Вязкость крови и деформируемость эритроцитов играют решающую роль в транспортировке и обмене кислорода; несколько исследований показали, что вязкость крови зависит от существующих сил сдвига, агрегации эритроцитов, гематокрита (НСТ, об.% эритроцитов в крови) и биомеханических свойств эритроцитов. Кроме того, кислородная способность крови зависит от содержания НСТ и HGB [29–31].

Для возможности переносить кислород и осуществлять обмен кислорода с тканями важна такая характеристика эритроцитов, как гематокрит. Большие размеры клеток способствуют затрудненному прохождению клеток по капиллярам, а при малых размерах снижается уровень гемоглобина в крови. В обоих случаях резко возрастает риск развития гипоксии, что может привести к различным заболеваниям [32]. Овцы и козы младше 6 месяцев, как правило, имеют более низкий гематокрит, количество эритроцитов, гемоглобин и концентрацию белков плазмы, а также более высокое общее количество лейкоцитов. Новорожденные часто имеют высокий гематокрит при рождении, который снижается при приеме молозива. У кормящих животных может наблюдаться снижение гематокрита, количества эритроцитов и концентрации гемоглобина. Животные, пасущиеся на большой высоте, имеют повышенное количество

эритроцитов, гематокрита и концентрации гемоглобина [33, 34].

В настоящее время продолжается интенсивное изучение генетического полиморфизма у овец и других видов животных [35–38].

ВЫВОДЫ

1. Изучена ассоциация генотипов β -лактоглобулина овец романовской породы

с некоторыми гематологическими показателями. Установлено, что у овец, гомозиготных по β -лактоглобулину, генотипа А/А количество лейкоцитов в крови было в 1,5 раза выше ($P < 0,01$), чем у гетерозиготных особей, которые, в свою очередь, не отличались от гомозигот В/В.

2. По другим гематологическим показателям связи с генотипами по β -лактоглобулину не выявлено.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Биология, генетика и селекция овцы / А.В. Кушнир, В.И. Глазко, В.Л. Петухов [и др.]. – Новосибирск: НГАУ, 2010. – 524 с.
2. Романовская порода овец / А.И. Ерохин, Е.А. Карасев. – М.: МГУП, 2001. – 119 с.
3. Климанова Е.А. Влияние основных генов плодовитости на репродуктивные способности овец // Теория и практика современной аграрной науки. – Новосибирск, 2020. – С. 249–251.
4. Климанова Е.А. Влияние полиморфизма β -лактоглобулина на молочную продуктивность овец // Актуальные проблемы агропромышленного комплекса: сб. тр. науч.-практ. конф. преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов Новосиб. ГАУ. – Новосибирск, 2020. – С. 14–15.
5. Андреева В.А., Климанова Е.А., Тарасенко Е.И. Сравнение частоты хромосомных и хроматидных фрагментов в клетках баранчиков романовской породы // Там же. – Новосибирск, 2021. – С. 253–256.
6. Климанова Е.А., Тарасенко Е.И. Полиморфизмы гена CAST у различных пород овец // Там же. – Новосибирск, 2021. – С. 378–381.
7. Ecological and biochemical evaluation of elements contents in soils and fodder grasses of the agricultural lands of Siberia / A.I. Syso, V.A. Sokolov, V.L. Petukhov [et al.] // J. Pharm. Sci. and Res. – 2017. – N 9 (4). – P. 368–374.
8. Elmaci C., One Y., Balcioglu M.S. Genetic polymorphism of β -lactoglobulin gene in native Turkish sheep breeds // Biochemical Genetics. – 2006. – N 44. – P. 379–384.
9. Elmaci C., One Y., Balcioglu M.S. β -lactoglobulin gene types in karacabey merino sheep breeds using PCR-RFLP // J. Appl. Anim. Res. – 2007. – N 32. – P. 145–148.
10. Genetic diversity and structure of the west balkan Plamenka sheep types as revealed by microsatellite and mitochondrial DNA analysis / M. Cinkulov, Z. Popovsky, K. Porcu [et al.] // J. Anim. Breed Genet. – 2008. – N 125. – P. 417–426.
11. Shaohua Zhu, Tingting Guo, Hongchang Zhao. Wide association study using individual single-nucleotide polymorphisms and haplotypes for erythrocyte traits in Alpine Merino sheep // Frontiers Genetics. – 2020. – N 11. – P. 848.
12. Макро- и микроэлементы в почвах и кормовых травах прифермерских полей Барнаульского Приобья / А.И. Сысо, М.А. Лебедева, С.А. Худяев [и др.] // Вестник НГАУ. – 2017. – №3(44). – С. 54–61.
13. Харламов А.В., Панин В.А., Косилов В.И. Влияние генов каппа-казеина и лактоглобулина на молочную продуктивность коров и белковый состав молока // Известия ОГАУ. – 2020. – №1 (81). – С. 193–197.
14. Шевцова А.А., Климов Е.А., Ковальчук С.Н. Обзор вариативности генов, связанных с молочной продуктивностью крупного рогатого скота // International Journal of Applied and Fundamental Research. – 2018. – №11. – С. 194–200.

15. *Оценка* молочной продуктивности и качества молока коз в зависимости от породы и генотипа по гену BLG (бета-лактоглобулина) / А.С. Шуварикив, О.Н. Пастух, Е.В. Жукова, Н.А. Жижин // Известия ТСХА. – 2019. – №3. – С. 130–148.
16. *Estrogen receptor as a candidate gene for prolificacy of small tail Han sheep* / X.D. Bi, M.X. Chu, H.G. Jin, [et al.] // Acta Genetica Sinica. – 2005. – N 32(10). – P. 1060–1065.
17. *Проблемы селекции сельскохозяйственных животных* / Б.Л. Панов, В.Л. Петухов, Л.К. Эрнст [и др.]. – Новосибирск: – Наука. Сиб. предпр. РАН, 1997. – 283 с.
18. *The Romanov breed of sheep in Siberia* / O.I. Sebezshko, E.V. Kamaldinov, Y.I. Fedyaev [et al.] / Proceeding The 2nd World Conference on Sheep. – 2018. – P. 11–12.
19. *Correlations of some biochemical and hematological parameters with polymorphisms in α S1-casein and β -lactoglobulin genes in Romanov sheep breed* / T.V. Konovalova, O.I. Sebezshko, O.S. Korotkevich [et al.] // Proceedings of the International Symposium on Animal Science ISAS, – 2018. – P. 47.
20. *Саурбаева Р.Т., Андреева В.А., Пиотровская Д.В.* Содержание меди в шерсти потомков некоторых баранов-производителей романовской породы // Теория и практика современной аграрной науки: сб. II Нац. науч. конф. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2019. – С. 349–351.
21. *Содержание микроэлементов в крови овец романовской породы* / А.А. Волнин, С.Ю. Зайцев, В.А. Багиров, И.В. Гусев // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2015. – № 10. – С. 13–19.
22. *Diseases of the hematologic, immunologic, and lymphatic systems (multisystem diseases)* / Christopher Cebra, Margaret Cebra // Sheep and Goat Medicine. – 2002. – P. 359–391.
23. *Ассоциация генотипов β -лактоглобулина с некоторыми биохимическими показателями крови овец романовской породы* / Е.А. Климанова, Т.В. Коновалова, В.А. Андреева [и др.] // Вестник НГАУ. – 2020. – № 4(57). – С. 82–87.
24. *The impact of the stud rams of romanov breed genotype on the accumulation of cadmium in the myocardium of their offspring* / T.V. Konovalova, V.A. Andreeva, R.T. Saurbaeva [et al.] // Trace Elements and Electrolytes. – 2021. – T. 38, N 3. – P. 145.
25. *Copper content in hair, bristle and feather in different species reared in Western Siberia* / T.V. Konovalova, K.N. Narozhnykh, V.L. Petukhov, Y.I. Fedyaev [et al.] // Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. – 2017. – Vol. 44. – P. 74.
26. *Биологические особенности овец романовской породы: монография* / В.Ю. Лобков, А.Н. Белоногова, Д.Д. Арсеньев. – Ярославль, 2012. – 161 с.
27. *Михайленко А.К., Ашихмина Е.В., Долгаева М.А.* Морфологический состав крови овец при разных условиях содержания // Сельскохозяйственный журнал. – 2013. – №6. – С. 1–3.
28. *Changes in white blood cells in sheep blood during selenium supplementation* / L. Pisek, J. Travnicek, J. Salat [et al.] // Veterinarni Medicina. – 2008. – № 53(5). – P. 255–259.
29. *Клиническая гематология животных: учебное пособие* / Д.Р. Амиров, Б.Ф. Тамимдаров, А.Р. Шагеева. – Казань: Центр информационных технологий КГАВМ, 2020. – 134с.
30. *Wafaa I.I.* Association of β -lactoglobulin gene polymorphism with milk production and composition in local awassi sheep // Plant Archives. – 2019. – №19. – P. 284–288.
31. *Hematological reference values for healthy fat-tailed sheep (Dhumba) in Bangladesh* / S. Islam, M.K.Rahman, J. Ferdous [et al.] // J. Adv. Vet. Anim. Res. – 2018. – N 5(4). – P. 481–484.
32. *Wodas L., Mackowski M.* Genes encoding equine β -lactoglobulin (LGB1 and LGB2): Polymorphism, expression, and impact on milk composition // PLoS ONE. – 2020. – N 15(4). – P. 1–14.
33. *Морфология и физиология системы крови: учебное пособие* / В.М. Аксенова, А.П. Осипов. – Пермь: Прокрость, 2019. – 123 с.
34. *Динамика гематологических показателей крови овец в постнатальном онтогенезе в зоне йододефицита* / В.С. Скрипкин, А.С. Плетенцова, И.Ю. Цымбал, А.Н. Квочко // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2018. – № 2. – С. 42–43.
35. *Molecular methods in animal breeding* / Z.T. Popovski, T.V. Konovalova. – Novosibirsk: NSAU: Golden spike, 2019. – 160 p.

36. *Polymorphisms in ovine β s1-casein gene among autochthon strains of Pramenka breed sheep in Balkan* / Zoran Popovski, B. Dimitrievska, Koco Porcu, Muhamed Brka // Conference: International Symposium for Agriculture and Food. – Skopje, Macedonia, 2013. – P. 687–690.
37. *Генетическая оценка производителей кулундинской тонкорунной породы овец по качеству потомства* / С.И. Сторожук, В.Л. Петухов, В.А. Андреева [и др.] // Вестник НГАУ. – 2021. – № 2 (59). – С. 156–166.
38. *Анализ продуктивности романовской породы овец с использованием полиморфизма гена β -лактоглобулина* / Г.М. Гончаренко, Н.Б. Гришина, Т.С. Хорошилова, С.В. Егоров // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии. – 2017. – С. 127–130.

REFERENCES

1. Kushnir A.V., Glazko V.I., Petukhov V.L., Dimov G., Storozhuk S.I., *Biologiya, genetika i selektsiya ovtsy* (Biology, genetics and sheep breeding), Novosibirsk: NGAU, 2010, 524 p.
2. Erokhin A.I., Karasev E.A., *Romanovskaya poroda ovets* (Romanov breed of sheep), Moscow: MGUP, 2001, 119 p.
3. Klimanova E.A., *Teoriya i praktika sovremennoi agrarnoi nauki* (Theory and practice of modern agricultural science), Collection of the III national (all-Russian) scientific conference with international participation, 2020, pp. 249–251. (In Russ.)
4. Klimanova E.A., *Aktual'nye problemy agropromyshlennogo kompleksa* (Actual problems of the agro-industrial complex), Proceedings of the scientific-practical conference of teachers, graduate students, undergraduates and students of the Novosibirsk State Agrarian University, 2020, pp. 14–15. (In Russ.)
5. Andreeva V.A., Klimanova E.A., Tarasenko E.I., *Aktual'nye problemy agropromyshlennogo kompleksa* (Actual problems of the agro-industrial complex), Proceedings of the scientific-practical conference of teachers, graduate students, undergraduates and students of the Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, 2021, pp. 253–256. (In Russ.)
6. Klimanova E.A., Tarasenko E.I., *Aktual'nye problemy agropromyshlennogo kompleksa* (Actual problems of the agro-industrial complex), Proceedings of the scientific-practical conference of teachers, graduate students, undergraduates and students of the Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, 2021, pp. 378–381. (In Russ.)
7. Syso A.I., Sokolov V.A., Petukhov V.L., Ecological and biochemical evaluation of elements contents in soils and fodder grasses of the agricultural lands of Siberia, *J. Pharm. Sci. and Res*, 2017, No. 9 (4), pp. 368–374.
8. Elmaci C., One Y., Balcioglu M.S., Genetic polymorphism of β -lactoglobulin gene in native Turkish sheep breeds, *Biochemical Genetics*, 2006, No. 44, pp. 379–385.
9. Elmaci C., One Y., Balcioglu M.S., β -lactoglobulin gene types in karacabey merino sheep breeds using PCR-RFLP, *J. Appl. Anim. Res*, 2007, No. 32, pp. 145–148.
10. Cinkulov M., Popovsky Z., Porcu K., Blagica T., Genetic diversity and structure of the west balkan Plamenka sheep types as revealed by microsatellite and mitochondrial DNA analysis, *J. Anim. Breed Genetic*, 2008, No. 125, pp. 417–426.
11. Shaohua Zhu, Tingting Guo, Hongchang Zhao, Wide association study using individual single-nucleotide polymorphisms and haplotypes for erythrocyte traits in Alpine Merino sheep, *Frontiers Genetics*, 2020, No. 11, p. 848.
12. Syso A.I., Lebedeva M.A., Khudyaev S.A., Cherevko A.S., Shishin A.I., Sebezshko O.I., Konovalova T.V., Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Kamaldinov E.V., Slobozhanin D.M., *Vestnik NGAU*, 2017, No. 3(44), pp. 54–61. (In Russ.)
13. Kharlamov A.V., Panin V.A., Kosilov V.I., *Izvestiya OGAU*, 2020, No. 1 (81), pp. 193–197. (In Russ.)
14. Shevtsova A.A., Klimov E.A., Kovalchuk S.N., *International Journal of Applied and Fundamental Research*, 2018, No. 11, pp. 194–200. (In Russ.)

15. Shuvarikov A.S., Pastukh O.N., Zhukova E.V., Zhizhin N.A., *Izvestiya TSKhA*, 2019, No. 3, pp. 130–148. (In Russ.)
16. Bi X.D., Chu M.X., Jin H.G., Fang L., Ye S.C., Estrogen receptor as a candidate gene for prolificacy of small tail Han sheep, *Acta Genetica Sinica*, 2005, No. 32(10), pp. 1060–1065.
17. Panov B.L., Petukhov V.L., Ernst L.K., Gudilin I.I., Kulikova S.G., Korotkevich O.S., Dement'ev V.N., Kochnev N.N., Marenkov V.G., Kochneva M.L., Nezavitin A.G., Smirnov P.N., Kondratov A.F., Zheltikov A.I., Bekenev V.A., Nozdin G.A., *Problemy selektsii sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh* (Problems of breeding farm animals), Novosibirsk, 1997, 283 p.
18. Sebezhko O.I., Kamaldinov E.V., Fedyaev Y.I., Shishin N.I., Li W., Liu M., Saurbaeva R.T., Andreeva V.A., Guseva A.P., Konovalova T.V., Korotkevich O.S., Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Narozhnykh K.N., Osadchuk L.V., *The Romanov breed of sheep in Siberia, Proceeding The 2nd World Conference on Sheep*, 2018, pp. 11–12.
19. Konovalova T.V., Sebezhko O.I., Korotkevich O.S., LI W., Liu M., Saurbaeva R.T., Narozhnykh K.N., Nazarenko A.V., Kamaldinov E.V., Andreeva V.A., Petukhov V.L., Popovski Z.T., Correlations of some biochemical and hematological parameters with polymorphisms in α S1-casein and β -lactoglobulin genes in Romanov sheep breed, Proceedings of the International Symposium on Animal Science ISAS, *International symposium on animal science ISAS*, 2018, p. 47.
20. Saurbaeva R.T., Andreeva V.A., Piotrovskaya D.V. *Teoriya i praktika sovremennoj agrarnoj nauki* (Theory and practice of modern agricultural science), Sb. II Nacional'noj nauch. konf., 2019, pp. 349–351. (In Russ.)
21. Volnin A.A., Zaitsev S.Yu., Bagirov V.A., Gusev I.V., *Veterinariya, zootekhnika i biotekhnologiya*, 2015, No. 10, pp. 13–19. (In Russ.)
22. Christopher Cebra, Margaret Cebra, Diseases of the hematologic, immunologic, and lymphatic systems (multisystem diseases), *Sheep and Goat Medicine*, 2002, pp. 359–391.
23. Klimanova E.A., Konovalova T.V., Andreeva V.A., Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Nazarenko Yu.S., *Vestnik NGAU*, 2020, No. 4 (57), pp. 82–87. (In Russ.)
24. Konovalova T.V., Andreeva V.A., Saurbaeva R.T., Korotkevich O.S., Kostomakhin N.M., Petukhov V.L., Klimanova E.A., The impact of the stud rams of romanov breed genotype on the accumulation of cadmium in the myocardium of their offspring, *Trace Elements and Electrolytes*, 2021, T. 38, No. 3, pp. 145.
25. Konovalova T.V., Narozhnykh K.N., Petukhov V.L., Fedyaev Y.I., Copper content in hair, bristle and feather in different species reared in Western Siberia, *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 2017, Vol. 44, P. 74.
26. Lobkov V.Yu., Belonogova A.N., Arsenev D.D., *Biologicheskie osobennosti ovets romanovskoi porody* (Biological characteristics of sheep of the Romanov breed), Yaroslavl, 2012, 161 p. (In Russ.)
27. Mikhailenko A.K., Ashikhmina E.V., Dolgashova M.A., *Selskokhozyaistvennyi zhurnal*, 2013, No. 6, pp. 1–3. (In Russ.)
28. Pisek L., Travnicek J., Salat J., Kroupova V., Soch M., *Veterinarni Medicina*, 2008, No. 53(5), pp. 255–259.
29. Amirov D.R., Tamimdarov B.F., Shageeva A.R., *Klinicheskaya gematologiya zhivotnykh* (Clinical hematology of animals), Kazan: Tsentr informatsionnykh tekhnologii KGAVM, 2020, 134 p.
30. Wafaa I.I., Association of β -lactoglobulin gene polymorphism with milk production and composition in local awassi sheep, *Plant Archives*, 2019, No. 19, pp. 284–288.
31. Islam S., Rahman M.K., Ferdous J., Hossain M.B., Hassan M.M., Islam A., Hematological reference values for healthy fat-tailed sheep (Dhumba) in Bangladesh, *J. Adv. Vet. Anim. Res.*, 2018, No. 5(4), pp. 481–484.
32. Wodas L., Mackowski M., Genes encoding equine β -lactoglobulin (LGB1 and LGB2): Polymorphism, expression, and impact on milk composition, *PLoS ONE*, 2020, No. 15(4), pp. 1–14.
33. Aksenova V.M., Osipov A.P., *Morfologiya i fiziologiya sistemy krovi* (Morphology and physiology of the blood system), Perm: Prokrost, 2019, 123 p. (In Russ.)

34. Skripkin V.S., Pletentsova A.S., Tsymbal I.Yu., Kvochko A.N., *Ovtsy, kozy, sherstyanoje delo*, 2018, No. 2, pp. 42–43. (In Russ.)
35. Popovski Z.T., Konovalova T.V., *Molecular methods in animal breeding*, Novosibirsk: NSAU: Golden spike, 2019, 160 p.
36. Popovski Zoran, Dimitrievska B., Porcu Koco, Brka Muhamed, *Polymorphisms in ovine $\beta s1$ -casein gene among autochthon strains of Pramenka breed sheep in Balkan*, Conference: International Symposium for Agriculture and Food., Skopje, Macedonia, 2013, pp. 687–690.
37. Storozhuk S.I., Petukhov V.L., Andreeva V.A., Klimanova E.A., Konovalova T.V., Tarasenko E.I., *Vestnik NGAU*, 2021, No. 2(59), pp. 156–166. (In Russ.)
38. Goncharenko G.M., Grishina N.B., Khoroshilova T.S., Egorov S.V., *Agrarnaya nauka - Sel'skokhozyaistvennomu proizvodstvu Sibiri, Kazakhstana, Mongolii, Belarusi i Bolgarii* (Agricultural science – agricultural production in Siberia, Kazakhstan, Mongolia, Belarus and Bulgaria), 2017, pp. 127–130.

РОЛЬ ФИКСИРОВАННЫХ ФАКТОРОВ В ИЗМЕНЧИВОСТИ УДОЯ СКОТА ИРМЕНСКОГО ТИПА В УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

¹А.Ф. Петров, и.о. заведующего лабораторией

¹Е.В. Камалдинов, доктор биологических наук, доцент

¹О.В. Богданова, старший преподаватель

¹К.С. Шатохин, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

²О.В. Ефремова, главный зоотехник-селекционер

²В.А. Рогозин, главный зоотехник

¹Новосибирский государственный аграрный университет,
Новосибирск, Россия

²ЗАО Племязавод «Ирмень», с. Верх-Ирмень, Россия
E-mail: alex@nsau.edu.ru

Ключевые слова: молочное скотоводство, племенное дело, математическое моделирование, удои, прогнозирование удоя

Реферат. Настоящее исследование посвящено оценке значимости паратипических факторов в изменчивости удоя. Показана роль таких фиксированных эффектов, как «Сезон отёла», «Год отёла», «Сезон запуска», «Год запуска» и их взаимодействия: «Сезон отела : Год отела», «Сезон запуска : Год запуска», «Сезон отела : Сезон запуска», «Год отела : Год запуска». Использовали данные первичного зоотехнического учёта скота ирменского типа чёрно-пёстрой породы ($n = 319210$) с 2000 по 2020 г. Оценку роли генетических и паратипических факторов проводили при помощи линейных смешанных регрессионных моделей и соответствующих статистических методов и критериев. В качестве случайных эффектов выступали: отец, лактация, возраст первого плодотворного осеменения, возраст первого отёла и идентификационные данные животного. Влияние фиксированных факторов перспективной математической модели оценивали с помощью дисперсионного анализа, предварительно выявив различные их сочетания с поправкой на долю вклада случайных. Определены уровни вклада оцениваемых факторов в изменчивость зависимого признака. Отмечалась высокая сопряжённая изменчивость между прогнозируемым и фактическим удоем ($r = 0,905$; $p < 0,001$). По тестовой выборке наблюдался относительно высокий коэффициент детерминации ($R^2 = 0,819$), учитывая использование только фенотипических данных при построении модели. Применение полученной модели на других субпопуляциях может потребовать дополнительных поправочных коэффициентов в рамках региональных или федеральных программ индексной оценки племенной ценности.

THE ROLE OF FIXED FACTORS IN THE VARIABILITY OF MILK YIELD IN IRMENI CATTLE UNDER INDUSTRIAL COMPLEX CONDITIONS

¹A.F. Petrov, Acting Head of the Applied Bioinformatics Laboratory

¹E.V. Kamaldinov, Doctor of Biological Sciences

¹O.V. Bogdanova, Senior Lecturer

¹K.S. Shatokhin, PhD in Biological Sciences, Senior Researcher

²O.F. Efremova, Chief Livestock Breeder

²V.A. Rogozin, Chief Animal technician

¹Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

²CJSC Breeding Farm Irmen, Verkh-Irmen village, Russia

Keywords: *dairy farming, breeding, mathematical modelling, milk yield, milk yield prediction*

Abstract. The authors evaluated the significance of paratypic factors in fat variability in the article. The study looked at the role of fixed effects such as: "Calving Season", "Calving Year", "Starting Season", "Starting Year" and their interacting factors: "Calving Season: Calving Year", "Starting Season: Starting Year", "Calving Season: Starting Season", "Calving Year: Starting Year". The authors used data from Irmen's primary zootechnical census of black-and-white cattle ($n = 319210$) from 2000 to 2020. The role of genetic and paratypical factors was assessed using linear mixed regression models and appropriate statistical methods and criteria. The following were selected as random effects: father, age of fertile insemination and animal identification data. The influence of the fixed characteristics of the prospective mathematical model was evaluated using an analysis of variance. But beforehand, the authors identified different combinations with adjustment for the proportion of random contribution. The grant levels of the estimated factors to the variability of the dependent trait were determined. The authors note the high conjugate variability between predicted and actual milk yields ($r = 0,905$; $p < 0,001$). A relatively high coefficient of determination ($R^2 = 0,819$) was observed for the test sample. In this case, only phenotypic data were considered in the example when constructing the model. Application of the resulting model to other subpopulations may require additional correction factors as part of regional or federal breeding value index programs.

Анализ роли фиксированных и случайных факторов в изменчивости зависимых признаков является важной задачей большинства исследований в области животноводства. С этой позиции оценка и прогнозирование продуктивности сельскохозяйственных животных представляют выраженную практическую и теоретическую значимость [1–3]. Варьирование количественных признаков носит полигенный характер и не только зависит от экспрессии генов, но и регулируется средовой компонентой многомерной природы [4–6]. Это подтверждается случаями снижения продуктивности скота в условиях его интродукции в суровые климатические условия и неполноценного кормления [2]. С целью объяснения этого явления используется понятие взаимодействия типа «генотип – среда» [7, 8]. Наряду с этим сформулированы и используются другие концепции, среди которых такие, как: «один фенотип – множество генотипов» и «один генотип – множество фенотипов» [9].

В племенном деле факторы, оказывающие влияние на продуктивность животных, принято разделять (классифицировать) на генетические и паратипические. В селекционно-племенной работе важным представляется

установление долей дисперсии селекционно-значимых признаков, которые могут быть обусловлены влиянием среды и особенностями реализации генотипа животного [10, 11].

Оценка генетического потенциала животных сопряжена с рядом трудностей, среди которых ключевую роль играют качество входных данных и их объём. Изменение условий среды в ретроспективе также негативно отражается на точности модели и является источником дополнительного «шума», затрудняющего выделение аддитивной дисперсии [12].

Решение обозначенных задач в области современного племенного дела возможно в условиях обоснованного выбора соответствующих статистических подходов, среди которых многомерные и множественные регрессионные модели занимают особое место [1]. В настоящее время наиболее востребованными решениями являются линейные и нелинейные смешанные модели, лежащие в основе BLUP [13–18], включая байесовский подход [19, 20] и модели GBLUP [21]. Применение таких инструментов показывает высокую эффективность в условиях малых и крупных промышленных комплексов [22].

Целью настоящего исследования явилось установление роли фиксированных факторов в ретроспективной изменчивости удоя в условиях промышленного комплекса с применением смешанных регрессионных моделей.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены на базе ЗАО племзавод «Ирмень» Ордынского района Новосибирской области с использованием базы данных по крупному рогатому скоту ирменского типа чёрно-пёстрой породы [23]. Оценивалась изменчивость удоя за 305 дней лактации ($n = 319210$) с 2000 по 2020 г. Содержание сухих веществ в молоке определялось в сертифицированной лаборатории селекционного контроля качества молока СФНЦА РАН. Первичный зоотехнический учёт проводили в ИАС «Селэкс», из которой осуществлялся экспорт данных в среду статистического программирования «R» с последующим построением моделей и их оценкой.

Для учёта роли выбросов в снижении точности получаемых оценок производили усечение исходных данных. Удой дочерей и их матерей составлял не менее 5000 кг. Содержание и количество молочного жира ограничены пределами значений от 3 до 5,2% и от 100 до 600 кг. Продолжительность сервис-периода составила от 45 до 200 дней, а сухостойный период – 30–80 дней.

Оценку значимости генетических и паратипических факторов проводили при помощи простых и смешанных регрессионных моделей [11] с применением библиотек lme4 [14], lm и merTools. В качестве фиксированных эффектов выступали: «Сезон отёла» (CO), «Год отёла» (ГО), «Сезон запуска» (CЗ), «Год запуска» (ГЗ) и взаимодействующие факторы: «Сезон отела : Год отела» (CO : ГО), «Сезон запуска : Год запуска» (CЗ : ГЗ), «Сезон от-

ела : Сезон запуска» (CO : CЗ), «Год отела : Год запуска» (ГО : ГЗ). В наборе случайных эффектов были представлены: «Лактация», «Возраст первого плодотворного осеменения» (B1ПО), «Возраст первого отёла» (B1ОТ), «Отец» (О) и «Идентификационные данные животного» (ID). Роль фиксированных факторов перспективной математической модели в варьировании зависимых факторов оценивали с помощью дисперсионного анализа. Линейная смешанная модель описывалась формулой [11]

$$y = Xb + Za + e, \quad (1)$$

где $y = n \times 1$ – вектор наблюдений; n – количество записей;

$b = p \times 1$ – вектор фиксированных наблюдений; p – количество уровней для фиксированных эффектов;

$a = q \times 1$ – вектор случайных эффектов; q – количество уровней для случайных эффектов;

$e = n \times 1$ – вектор остаточных случайных эффектов;

X – проектная матрица порядка $n \times p$, которая связывает записи с фиксированными эффектами;

Z – проектная матрица $n \times q$, которая связывает записи со случайными эффектами.

При построении смешанной модели [14] учитывали влияние случайных факторов, которые ассоциировались с матрицей Z_i и были представлены соответствующим набором столбцов $q_i = l_i p_i$, где l_i – количество градаций i -го случайного группирующего признака. Количество таких столбцов соотносилось с размерностью матрицы:

$$q = \sum_{i=1}^k q_i = \sum_{i=1}^k l_i p_i. \quad (2)$$

Матрица Z_i формировалась с применением тензорных произведений Кронекера блоков J и X и соотносится со случайным эффектом:

$$Z_i = (J_i^T * X_i^T)^T = \begin{bmatrix} J_{i1}^T & \otimes & X_{i1}^T \\ J_{i2}^T & \otimes & X_{i2}^T \\ \vdots & & \vdots \\ J_i^T & \otimes & X_i^T \end{bmatrix} \quad (3)$$

где * и $\otimes$ – произведения Хатри-Рао и Кронекера [24];

J_{ij}^T и X_{ij}^T – векторы строк j -й строки J_i и X_i . Эти строки соответствуют j -му элементу зависимого признака.

Полная матрица модели случайных эффектов Z строилась из $k \geq 1$ блоков:

$$Z = [Z_1 Z_2 \dots Z_k]. \quad (4)$$

Исходную выборку разбивали на две части: обучающую, на базе которой создается экспериментальная математическая модель, которая была использована для оценки полученной модели, и тестовая. В обучающей выборке было задействовано 166766 записей о животных, в тестовой — 35762. Использовались только записи о дочерях быков, имеющих не менее 7 потомков в стаде, вследствие ограничения ряда критериев по объему совокупностей. Сопоставление моде-

лей осуществлялось с использованием критериев Акаике и Шварца [25].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Построена смешанная линейная модель изменчивости удоя с учетом влияния фиксированных и случайных факторов:

$$\text{Удой} = \text{ГО} + \text{ГЗ} + \text{СО} + \text{СЗ} + \text{СО} : \text{ГО} + \text{ГЗ} : \text{СЗ} + \text{ГО} : \text{ГЗ} + \text{СО} : \text{СЗ} + (1 | \text{ID}) + (1 | \text{Лактация}) + (1 | \text{В1ПО}) + (1 | \text{В1ОТ}) + (1 | \text{О}). \quad (5)$$

Проведенная оценка модели показала достаточно высокую точность прогноза по тестовой выборке с новыми градациями случайных факторов. Это подтверждают коэффициенты корреляции Пирсона, Спирмена и Кендалла, которые составили $0,905 \pm 0,005$ ($R^2 = 0,819$); $0,903 \pm 0,005$ ($R^2 = 0,815$) и $0,734 \pm 0,006$ ($R^2 = 0,539$) соответственно между прогнозируемыми и наблюдаемыми уровнями удоя. Коэффициент детерминации по Кендаллу по сравнению с другими коэффициентами указывал на возможное наличие выбросов, что ожидаемо для такого массива данных. Доля интерпретируемой дисперсии была достаточно высока при

Таблица 1

Роль фиксированных факторов в изменчивости удоя
Role of fixed factors in milk yield variability

Фактор	df	SS Effect	MS Effect	F
ГО	20	3867006343	193350317	186,6
ГЗ	20	846344821	42317241	40,8
СО	3	523622364	174540788	168,5
СЗ	3	136825103	45608368	44,0
ГО:СО	58	645445340	11128368	10,7
ГЗ : СЗ	58	139749278	2409470	2,33
ГО : ГЗ	44	90102808	2047791	1,98
СО : СЗ	9	498777656	55419740	53,5

использовании только фенотипических данных. Ожидается, что введение в модель данных по SNP приведёт к увеличению этого показателя и точности модели.

Оценку вклада фиксированных факторов в изменчивость зависимого признака осу-

источников учтённых случайных эффектов – 58,5 и 69,0% соответственно. Причиной такого явления являются повторяемость, родственные связи и в меньшей степени физиологические особенности животных, проявляющиеся в условиях племенного завода с

Таблица 2

Изменчивость случайных эффектов
Variability in random effects

Источник изменчивости	n	σ^2	σ	Доля σ^2 , %	Доля σ , %
ID	16011	756856	869,97	30,3	26,6
ВЛОТ	2619	33592	183,28	1,40	5,6
Отец	165	264306	514,11	10,6	15,7
ВПО	23	3008	54,84	0,10	1,7
Лактация	10	403068	634,88	16,1	19,0
Остаточный	-	1036127	1017,90	41,5	31,0
Общая	34387	2496957	3274,98	100	100

ществляли с помощью дисперсионного анализа (табл. 1).

Год и сезон отёла показали самую высокую долю межгрупповой изменчивости, что свидетельствовало о значимой роли этих факторов в прогнозе зависимого признака. Это объясняется изменяющимися условиями кормления и содержания на протяжении 20 лет наблюдений. Меньшую долю дисперсии можно было интерпретировать влиянием года и сезона окончания лактации. Отмечалась особая роль сезонности начала и окончания лактации, которая у определённой доли стада соотносилась с разными годами.

Установлено, что точность прогноза изучаемого показателя молочной продуктивности зависела от некоторых случайных факторов, среди которых ключевую роль играла идентификационная информация о животном (табл. 2).

Полученные результаты объясняются скоррелированностью исходного массива данных и подтверждаются долями дисперсии и стандартного отклонения по совокупности

интенсивным характером их производственного использования. Визуализация вклада случайных предикторов позволила наглядно оценить не только величину, но плотность распределения остатков в пределах их градаций (рис. 1).

Очевидно, что включенные в модель эффекты позволили значительно снизить погрешность прогноза и указывали на необходимость их учёта при построении подобных моделей. Такой подход активно реализуется за рубежом, но в России так и не нашел своего широкого применения.

Дальнейшая оценка модели основывалась на получении коэффициентов регрессии по фиксированным предикторам (табл. 3). Учитывая относительную точность оценок уровней значимости в моделях данного типа, приведены только значения t-критерия с уровнями, превышающими либо равными 1,9.

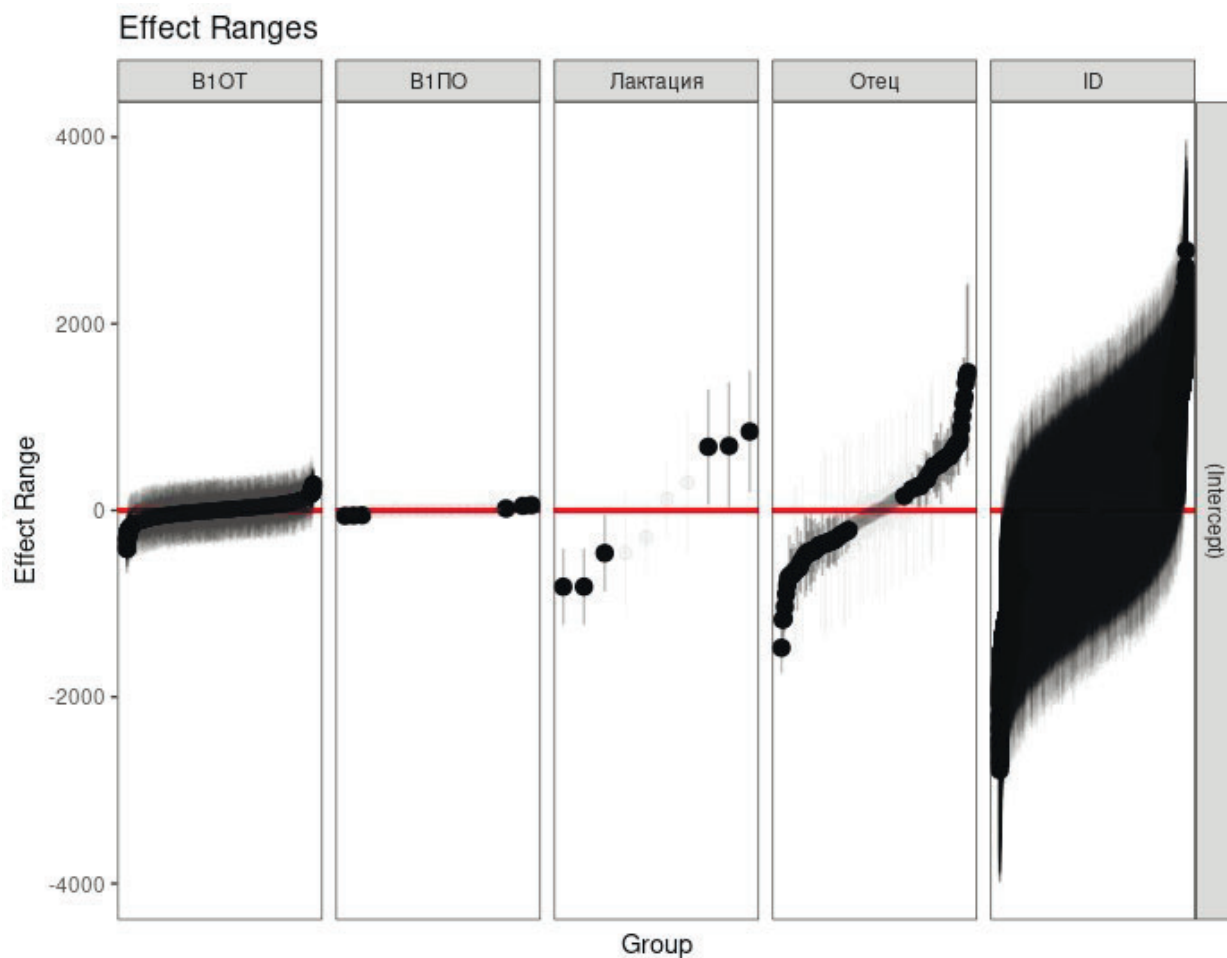


Рис. 1. «Шумовой эффект» случайных факторов
Fig. 1. "Noise effect" of random factors

Таблица 3

Роль фиксированных эффектов в изменчивости удоя за 305 дней лактации
Role of fixed effects in the variability of milk yield over 305 days of lactation

Фиксированные эффекты	β	β	t
ГЗ (2001)	963,316	271,760	3,545
ГЗ (2002)	1318,961	298,410	4,420
ГЗ (2003)	1593,230	830,677	1,918
ГЗ (2006)	3077,794	1049,197	2,933
ГЗ (2008)	4161,442	1932,811	2,153
ГЗ (2009)	5701,691	1938,890	2,941
ГЗ (2010)	4622,101	1585,105	2,916
ГЗ (2011)	5261,872	1701,177	3,093
ГЗ (2012)	5513,921	2080,062	2,651
ГЗ (2013)	5028,231	1993,190	2,523
ГЗ (2014)	5920,540	1683,749	3,516
ГЗ (2015)	5939,517	2022,500	2,937
ГЗ (2016)	6049,400	1921,538	3,148
ГЗ (2017)	6534,332	1858,486	3,516
ГЗ (2018)	7687,006	1903,232	4,039
ГЗ (2019)	7606,740	903,036	3,997

ГЗ (2020)	7794,202	1898,012	4,107
СО (зима)	315,956	125,475	2,518
СО (лето)	-412,277	119,740	-3,443
СЗ (лето)	426,510	94,402	4,518
СЗ (осень)	363,309	100,984	3,598
ГО (2005) : СО (зима)	-335,489	152,881	-2,194
ГО (2006) : СО (зима)	-341,521	155,189	-2,201
ГО (2009) : СО (зима)	-518,707	154,409	-3,359
ГО (2015) : СО (зима)	-296,755	146,572	-2,025
ГО (2018) : СО (зима)	-367,717	147,646	-2,491
ГО (2019) : СО (зима)	-453,927	152,637	-2,974
ГО (2004) : СО (лето)	-414,541	148,897	-2,784
ГО (2005) : СО (лето)	-570,137	146,700	-3,886
ГО (2006) : СО (лето)	-537,102	148,039	-3,628
ГО (2008) : СО (лето)	-393,728	146,838	-2,681
ГО (2018) : СО (лето)	-277,989	141,682	-1,962
ГО (2019) : СО (лето)	-343,334	149,802	-2,292
ГО (2005) : СО (осень)	-559,262	163,209	-3,427
ГО (2006) : СО (осень)	-471,238	165,993	-2,839
ГО (2007) : СО (осень)	750,607	164,420	4,565
ГО (2008) : СО (осень)	-344,391	162,458	-2,120
ГО (2009) : СО (осень)	-381,921	164,605	-2,320
ГО (2010) : СО (осень)	-364,740	162,070	-2,251
ГО (2013) : СО (осень)	-356,740	162,015	-2,202
ГО (2015) : СО (осень)	-349,810	158,213	-2,211
ГО (2016) : СО (осень)	330,803	157,646	2,098
ГО (2018) : СО (осень)	-554,810	156,842	-3,537
ГО (2019) : СО (осень)	-415,020	160,784	-2,581
ГЗ (2001) : СЗ (зима)	-653,847	330,329	-1,979
ГЗ (2003) : СЗ (зима)	-657,017	321,183	-2,046
ГЗ (2004) : СЗ (зима)	-660,266	319,496	-2,067
ГЗ (2005) : СЗ (зима)	-846,070	318,734	-2,654
ГЗ (2006) : СЗ (зима)	-788,223	320,271	-2,461
ГЗ (2007) : СЗ (зима)	-696,923	319,216	-2,183
ГЗ (2008) : СЗ (зима)	-624,976	321,188	-1,946
ГЗ (2009) : СЗ (зима)	-971,117	321,128	-3,024
ГЗ (2010) : СЗ (зима)	-799,570	320,103	-2,498
ГЗ (2011) : СЗ (зима)	-652,344	320,935	-2,033
ГЗ (2012) : СЗ (зима)	-661,158	321,255	-2,058
ГЗ (2013) : СЗ (зима)	-635,338	321,561	-1,976
ГЗ (2014) : СЗ (зима)	-813,399	318,851	-2,551
ГЗ (2015) : СЗ (зима)	-742,616	318,401	-2,332
ГЗ (2016) : СЗ (зима)	-750,014	318,065	-2,358
ГЗ (2017) : СЗ (зима)	-836,409	318,338	-2,627
ГЗ (2018) : СЗ (зима)	-947,325	317,674	-2,982
ГЗ (2019) : СЗ (зима)	-951,571	317,588	-2,996

ГЗ (2020) : СЗ (зима)	-595,629	305,589	-1,949
ГЗ (2001) : СЗ (лето)	-319,523	155,949	-2,049
ГЗ (2002) : СЗ (лето)	-362,813	136,145	-2,665
ГЗ (2003) : СЗ (лето)	-250,832	129,171	-1,942
ГЗ (2005) : СЗ (лето)	-311,347	127,934	-2,434
ГЗ (2006) : СЗ (лето)	-315,901	128,420	-2,460
ГЗ (2009) : СЗ (лето)	-285,837	123,437	-2,316
ГЗ (2010) : СЗ (лето)	-440,697	124,215	-3,548
ГЗ (2011) : СЗ (лето)	-326,598	124,877	-2,615
ГЗ (2012) : СЗ (лето)	-317,359	128,094	-2,478
ГЗ (2013) : СЗ (лето)	-252,273	125,871	-2,004
ГЗ (2014) : СЗ (лето)	-339,911	121,573	-2,796
ГЗ (2015) : СЗ (лето)	-254,432	123,747	-2,056
ГЗ (2016) : СЗ (лето)	-306,542	118,801	-2,580
ГЗ (2018) : СЗ (лето)	-238,008	117,215	-2,031
ГЗ (2004) : СЗ (осень)	-295,624	129,331	-2,286
ГЗ (2005) : СЗ (осень)	-424,727	135,171	-3,142
ГЗ (2007) : СЗ (осень)	-353,743	129,234	-2,737
ГЗ (2009) : СЗ (осень)	-267,065	129,732	-2,059
ГЗ (2010) : СЗ (осень)	-452,445	126,206	-3,585
ГЗ (2011) : СЗ (осень)	-336,129	127,412	-2,638
ГЗ (2012) : СЗ (осень)	-317,939	127,248	-2,499
ГЗ (2014) : СЗ (осень)	-374,770	125,393	-2,989
ГЗ (2015) : СЗ (осень)	-408,451	124,627	-3,277
ГЗ (2018) : СЗ (осень)	-324,096	121,984	-2,657
ГЗ (2019) : СЗ (осень)	-531,755	116,752	-4,555
ГО (2018) : ГЗ (2019)	277,270	145,279	1,909
СО (зима) : СЗ (зима)	334,201	49,494	6,752
СО (лето) : СЗ (зима)	554,154	61,022	9,081
СО (осень) : СЗ (зима)	432,182	67,652	6,388
СО (лето) : СЗ (лето)	264,122	49,041	5,386
СО (осень) : СЗ (лето)	-296,896	70,329	-4,222
СО (зима) : СЗ (осень)	-152,040	65,087	-2,336
СО (лето) : СЗ (осень)	321,497	62,851	5,115
СО (осень) : СЗ (осень)	230,790	77,273	2,987

Примечание. β —коэффициент регрессии, β_e —ошибка коэффициента регрессии, t - критерий Стьюдента

Наибольшее количество градаций со значимым вкладом в изменчивость зависимой переменной отмечалось среди взаимодействующих факторов, где особо выделялся фактор «Год запуска : Сезон запуска» (47 уровней). В то же время «Год отела : Сезон отела» имел почти вдвое меньшее число градаций – 23. Несмотря на это, стоит отметить, что число градаций со значениями t -критерия, пре-

вышающего 3, у фактора «Год отела : Сезон отела» было значительно более высоким. Это согласовывалось с данными табл. 1 и выражалось в соответствующих величинах F -критерия. Интересной особенностью можно считать значения угловых коэффициентов по факторам «Сезон отела» и «Сезон запуска». Очевидно, что для коров в условиях племенного завода более существенное значение

имел сезон года, в котором они начинали лактировать, по сравнению с сезоном окончания лактации. Молочная продуктивность преимущественно имела тенденцию к изменению в летний и зимний периоды вне зависимости от учётного года («СО (лето) : СЗ (зима)»; $t = 9,08$), а её пик за весь период наблюдений был достигнут в последние 3 года, что соответствовало самым высоким уровням коэффициентов регрессии и t-критериев случайного эффекта «Год запуска».

Характеристика построенной модели сопровождалась построением диаграммы рассеяния предсказанных и наблюдаемых значений (рис. 2). Полученные результаты показали приемлемый уровень аппроксимации с относительно невысокой долей выбросов, которые не имели существенного влияния на интерпретацию изменчивости удоя. Каждому

учётному году отёла соответствовал свой цвет, а распределение точек на диаграмме было однонаправленным, что и объясняло высокую точность модели.

С целью характеристики распределения остатков были построены гистограмма распределения и график «квантиль – квантиль» (рис. 3). Как уже отмечалось, разница в значениях коэффициентов корреляции привела к предположению о присутствии выбросов в остатках. Это подтверждается наличием «хвостов» в распределении квантилей. Тем не менее подавляющее большинство наблюдений хорошо описывалось гауссовским распределением. Наличие выбросов объясняется тем, что у небольшой части животных, данные которых остались в выборке после их усечения, тем не менее в определенных условиях среды указывали на сниженный удой

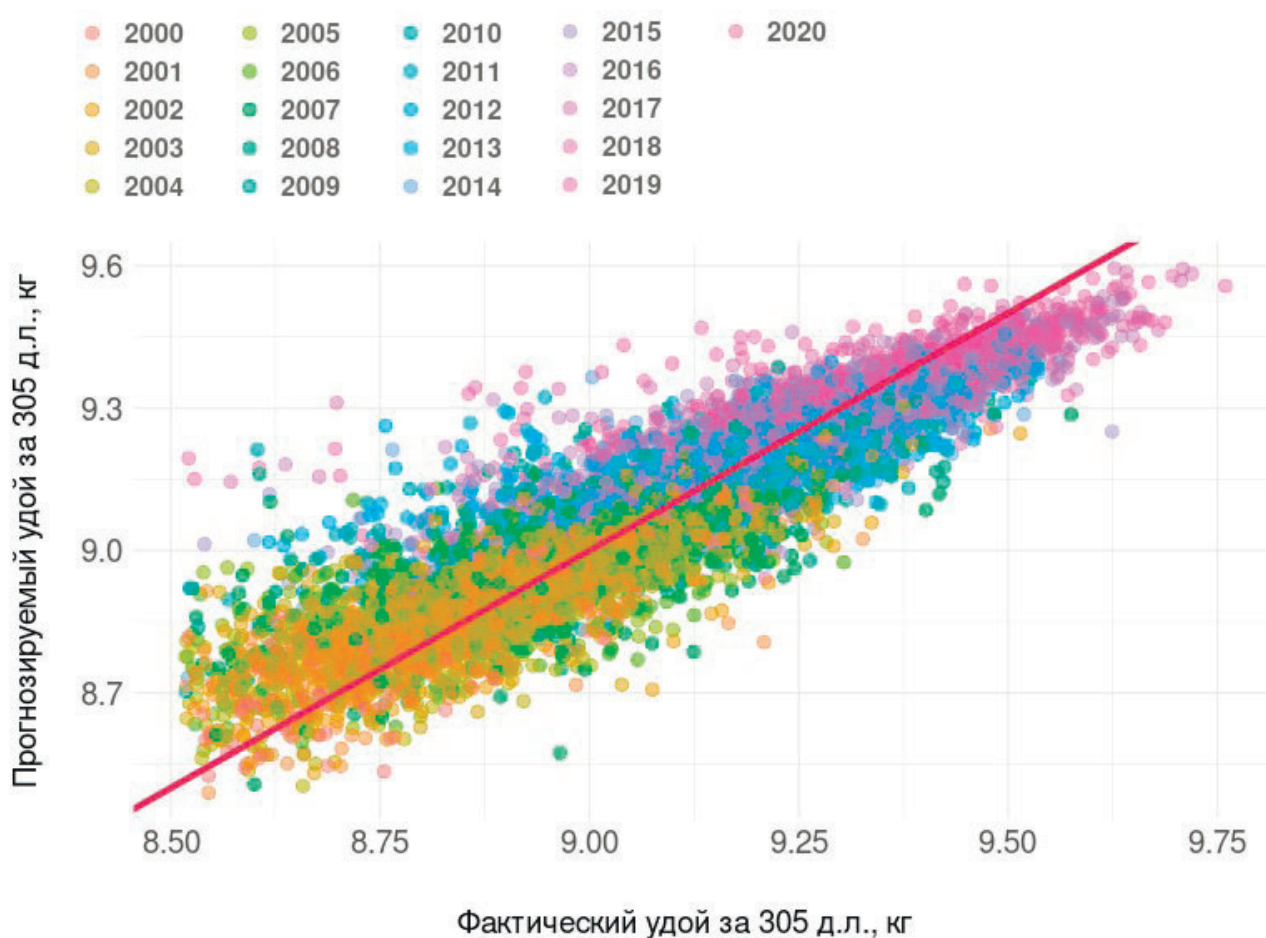


Рис. 2. Соответствие ожидаемого и фактического удоя с учётом фактора года
Fig. 2. Correlation of expected and actual milk yield with year factor

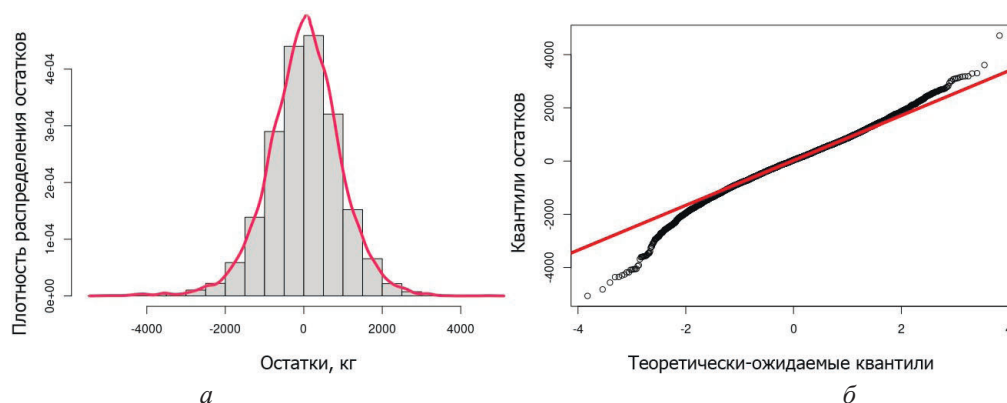


Рис. 3. Распределение остатков: а – гистограмма; б – диаграмма «квантиль – квантиль»

Fig. 3. Distribution of residuals: a – histogram; b – quantile-quantile diagram

по сравнению с ожидаемым. Однако это не отражало в полной мере их генетический потенциал, а являлось следствием негативного влияния условий кормления и содержания. Считаем, что прогнозные значения точнее отражают племенную ценность большинства таких особей, по которым остатки демонстрировали граничные значения.

ВЫВОДЫ

1. Фиксированные факторы оказывают влияние на вариабельность удоя. О величине их вклада можно судить по значениям критерия Фишера: ГО (186,6) – СО (168,5) – СО : СЗ (53,5) – СЗ (44,0) – ГЗ (40,8) – ГО : СО (10,7) – ГЗ : СЗ (2,33) – ГО : ГЗ (1,98)

2. Удой является количественным признаком, контролируемым множеством взаимодействующих генов, экспрессия которых регулируется условиями среды. Это необхо-

димо учитывать в перспективных математических моделях. Построенная смешанная регрессионная модель включала в себя паратипические факторы, которые значимо влияют на изменчивость удоя за 305 дней лактации. Учтены ряд случайных эффектов, которые воздействуют на градации фиксированных факторов и обуславливают комплексную природу вариабельности удоя.

3. Полученные результаты дают основание утверждать, что применение традиционных регрессионных моделей в селекционно-племенной работе не всегда является целесообразным.

4. В ряде случаев модельные значения могут более точно описывать племенную ценность по сравнению с наблюдаемыми. Таким образом, считаем целесообразным вместо эмпирических данных в карточках племенной ценности животного приводить аппроксимированные результаты моделирования во взрослом эквиваленте.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Камалдинов Е.В. Каноническая дискриминантная модель влияния генотипа отца на некоторые интерьерные показатели его потомков у свиней // Вестник Красноярского аграрного университета. – 2012. – № 1. – С. 117–122.
2. Genetic selection of high-yielding dairy cattle toward sustainable farming systems in a rapidly changing world / L.F. Brito, N. Bedere, F. Douhard [et al.] // Animal. – 2021. – P. 100292. – DOI: 10.1016/j.animal.2021.100292.

3. *Neethirajan S.* The role of sensors, big data and machine learning in modern animal farming // *Sensing and Bio-Sensing Research*. – 2020. – Vol. 29. – P. 100367. – <https://doi.org/10.1016/j.sbsr.2020.100367>.
4. *Unraveling genetic sensitivity of beef cattle to environmental variation under tropical conditions* / R. Carneiro, R. Costilla, H.H.R. Neves [et al.] // *Genet Sel Evol*. – 2019. – Vol. 51. – P. 29. – DOI: 10.1186/s12711-019-0470-x.
5. *Genotype-environment interaction for age at first calving in Holstein cows in Brazil* / J.C. Santos, C.H.M. Malhado, P.L.S. Carneiro [et al.] // *Vet Anim Sci*. – 2020. – Vol. 9. – P. 100098. – DOI: 10.1016/j.vas.2020.100098.
6. *Comparative Transcriptomic and Proteomic Analyses Identify Key Genes Associated With Milk Fat Traits in Chinese Holstein Cows* / C. Zhou, D. Shen, C. Li [et al.] // *Front Genet*. – 2019. – Vol. 10. – P. 672. – DOI: 10.3389/fgene.2019.00672.
7. *Genotype by environment interaction for gene expression in Drosophila melanogaster* / W. Huang, M.A. Carbone, R.F. Lyman [et al.] // *Nat Commun*. – 2020. – Vol. 11. – P. 5451. – DOI: 10.1038/s41467-020-19131-y.
8. *Zhang Z., Kargo M., Su G.* Genotype-by-environment interaction of fertility traits in Danish Holstein cattle using a single-step genomic reaction norm model // *Herediti*. – 2019. – Vol. 123. – P. 202–214. – DOI: 10.1038/s41437-019-0192-4.
9. *Никитин С.В., Князев С.П.* Отбор и адаптация в популяциях домашних свиней. – Lambert Academy Publishing, 2015. – 228 с.
10. *Falconer D.S., Mackay T.F.C.* Introduction to Quantitative Genetics. – Pearson-Longman, Essex, U.K., 1996. – 480 p.
11. *Mrode R.A.* Linear models for the prediction of animal breeding values. – Wallingford: CAB International Publ., 2014. – 360 p.
12. *Fitting lactation curves in a Colombian Holstein herd using nonlinear models* / N.P. Duque, J. Casellas, J.H. Quijano [et al.] // *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*. – 2018. – Vol. 71, N 2. – P. 8459–8468.
13. *Моделирование объёма туловища по линейным признакам скота* / А.Ф. Петров, Е.В. Камалдинов, О.Д. Панфёрова [и др.] // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. – 2020. – Вып. 50, № 6. – С. 106–114.
14. *Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4* / D. Bates, M. Mächler, B. Bolker, S. Walker // *Journal of Statistical Software*. – 2015. – Vol. 67(1). – P. 1–48. – <https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>.
15. *Use of Random Regression Test-Day Model to Estimate Genetic Parameters of Milk Yield in Holstein Cows* / Y. Fazel, M. Fozi, A. Esmailizadeh [et al.] // *Open Journal of Animal Sciences*. – 2018 – Vol. 8. – P. 27–38. – DOI: 10.4236/ojas.2018.81003.
16. *Assessment of the variability of reproductive abilities of a black and white cattle using genealogical data and paratypical factors* / E.V. Kamaldinov, O.D. Panferova, O.V. Efremova, V.G. Marenkov, A.F. Petrov, I.N. Ryumkina // *Data in Brief*. – 2021. – Vol. 35. – P. 106842. – DOI: 10.1016/j.dib.2021.106842.
17. *Fitting milk production curves through nonlinear mixed models* / M. Piccardi, R. Macchiavelli, A. Funes [et al.] // *Journal of Dairy Research*. – 2017. – Vol. 84, N 2. – P. 146–153. – DOI: 10.1017/S0022029917000085.
18. *New variable selection for linear mixed-effects models undefined* / X.L. Wu, X. Luo, P. Xu, L. Zhu // *Ann Inst Stat Math*. – 2017. – Vol. 69. – P. 627–646. – DOI: 10.1007/s10463-016-0555-z.
19. *Bayesian estimation of genetic variance and response to selection on linear or ratio traits of feed efficiency in dairy cattle* / M.S. Islam, J. Jensen, P. Løvendahl [et al.] // *J Dairy Sci*. – 2020. – Vol. 103, N 10. – P. 9150–9166. – DOI: 10.3168/jds.2019-17137.
20. *Pretorius A.L., van der Merwe A.J.* A nonparametric Bayesian approach for genetic evaluation in animal breeding // *South African Journal of Animal Science*. – 2000. – Vol. 30, N 2. – P. 138–148.
21. *Improving genetic evaluation using a multitrait single-step genomic model for ability to resume cycling after calving, measured by activity tags in Holstein cows* / A. Ismael, P. Løvendahl, A. Fogh, [et al.] // *J Dairy Sci*. – 2017 – Vol. 100, N 10. – P. 8188–8196. – DOI: 10.3168/jds.2017-13122.

22. *Reliability of breeding values between random regression and 305-day lactation models* Pesq. agropec. bras. / A.H. Padilha, H. Padilha, J.A. Cobuci [et al.] // Brasília. – 2016. – Vol. 51, N 11. – P. 1848–1856. – DOI: 10.1590/S0100-204X2016001100007.
23. Бугаков Ю.Ф., Лабузова И.М., Шефер Н.А. Ирменский тип чёрно-пёстрого скота: слагаемые успеха. – Новосибирск – Верх-Ирмень: НГТУ, 2007. – 295 с.
24. Liu S., Trenkler G. Hadamard, Khatri-Rao, Kronecker and other matrix products // International Journal of Information and Systems Sciences. – 2008. – Vol. 4, N 1. – P. 160–177.
25. Ludden T.M., Beal S.L., Sheiner L.B. Comparison of the Akaike Information Criterion, the Schwarz criterion and the F test as guides to model selection // J Pharmacokinet Biopharm. – 1994. – Vol. 22, N 5. – P. 431–445. – DOI: 10.1007/BF02353864.

REFERENCES

1. Kamaldinov E.V., *Vestnik Krasnojarskogo agrarnogo universiteta*, 2012, No. 1, pp. 117–122. (In Russ.)
2. Brito L.F., Bedere N., Douhard F., Oliveira H.R., Arnal M., Peñagaricano F., Schinckel A.P., Baes C.F., Miglior F., Genetic selection of high-yielding dairy cattle toward sustainable farming systems in a rapidly changing world, *Animal*, 2021, pp. 100292, DOI: 10.1016/j.animal.2021.100292.
3. Neethirajan S., The role of sensors, big data and machine learning in modern animal farming, *Sensing and Bio-Sensing Research*, 2020, Vol. 29, pp. 100367. <https://doi.org/10.1016/j.sbsr.2020.100367>.
4. Carnevalheiro R., Costilla R., Neves, H.H.R., Albuquerque L.G., Moore S., Hayes B.J., Unraveling genetic sensitivity of beef cattle to environmental variation under tropical conditions, *Genet Sel Evol*, 2019, Vol.51, pp.29, DOI: 10.1186/s12711-019-0470-x.
5. Santos J.C., Malhado C.H.M., Carneiro P.L.S., de Rezende M.P.G., Cobuci J.A., Genotype-environment interaction for age at first calving in Holstein cows in Brazil, *Vet Anim Sci.*, 2020, Vol. 9, pp. 100098, DOI: 10.1016/j.vas.2020.100098.
6. Zhou C., Shen D., Li C., Cai W., Liu S., Yin H., Shi S., Cao M., Zhang S., Comparative Transcriptomic and Proteomic Analyses Identify Key Genes Associated With Milk Fat Traits in Chinese Holstein Cows, *Front Genet*, 2019, Vol. 10, pp. 672, DOI: 10.3389/fgene.2019.00672.
7. Huang W., Carbone M.A., Lyman, R.F., Anholt R.R.H., Mackay T.F.C., Genotype by environment interaction for gene expression in *Drosophila melanogaster*, *Nat Commun*, 2020, Vol. 11, pp. 5451, DOI: 10.1038/s41467-020-19131-y.
8. Zhang Z., Kargo M., Su G., Genotype-by-environment interaction of fertility traits in Danish Holstein cattle using a single-step genomic reaction norm model, *Heredity*, 2019, Vol. 123, pp. 202–214, DOI: 10.1038/s41437-019-0192-4.
9. Nikitin S.V., Knyazev C.P., Otbor i adaptacija v populacijah domashnih svinej (Selection and adaptation in domestic pig populations), *Lambert Academy Publishing*, 2015, 228 p. (In Russ.)
10. Falconer D.S., Mackay T.F.C., *Introduction to Quantitative Genetics*, Pearson-Longman, Essex, U.K., 1996, 80 p. (In Russ.)
11. Mrode R.A., *Linear models for the prediction of animal breeding values*, Wallingford: CAB International Publ., 2014, 360 p.
12. Duque N.P., Casellas J., Quijano J.H., Casals R., Such X., Fitting lactation curves in a Colombian Holstein herd using nonlinear models, *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 2018, Vol. 71, No. 2, pp. 8459–8468.
13. Petrov A.F., Kamaldinov E.V., Panferova O.D., Efremova O.V., Rogozin V.A., *Sibirskij vestnik sel'skhozjajstvennoj nauki*, 2020, No. 50 (6), pp. 106–114. (In Russ.)

14. Bates D., Mächler M., Bolker B., Walker S., Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4, *Journal of Statistical Software*, 2015; Vol. 67(1), pp. 1–48, <https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>.
15. Fazel Y., Fozi M., Esmailizadeh A., Fazel F., Niazi A., Rahmati S., Qasimi M., Use of Random Regression Test-Day Model to Estimate Genetic Parameters of Milk Yield in Holstein Cows, *Open Journal of Animal Sciences*, 2018, Vol. 8, pp. 27–38, DOI: 10.4236/ojas.2018.81003.
16. Kamaldinov E.V., Panferova O.D., Efremova O.V., Marenkov V.G., Petrov A.F., Ryumkina I.N., Assessment of the variability of reproductive abilities of a black and white cattle using genealogical data and paratypical factors, *Data in Brief*, 2021, Vol. 35, pp. 106842, DOI:10.1016/j.dib.2021.106842.
17. Piccardi M., Macchiavelli, R., Funes, A., Bó, G., & Balzarini, M., Fitting milk production curves through nonlinear mixed models, *Journal of Dairy Research*, 2017, Vol. 84, No. 2, pp. 146–153, DOI: 10.1017/S0022029917000085.
18. Wu X.L., Luo X., Xu P., Zhu L., New variable selection for linear mixed-effects models undefined, *Ann Inst Stat Math*, 2017, Vol. 69, pp. 627–646, DOI: 10.1007/s10463-016-0555-z.
19. Islam M.S., Jensen J., Løvendahl P., Karlskov-Mortensen P., Shirali M., Bayesian estimation of genetic variance and response to selection on linear or ratio traits of feed efficiency in dairy cattle, *J Dairy Sci.*, 2020, Vol. 103, No. 10, pp. 9150–9166, DOI: 10.3168/jds.2019-17137.
20. Pretorius A.L., van der Merwe A.J., A nonparametric Bayesian approach for genetic evaluation in animal breeding, *South African Journal of Animal Science*, 2000, Vol. 30, No. 2, pp. 138–148.
21. Ismael A., Løvendahl P., Fogh A., Lund M.S., Su G., Improving genetic evaluation using a multitrait single-step genomic model for ability to resume cycling after calving, measured by activity tags in Holstein cows, *J Dairy Sci.*, 2017, Vol. 100, No. 10, pp. 8188–8196, DOI: 10.3168/jds.2017-13122.
22. Padilha A.H., Padilha H., Cobuci J.A., dos Santos Daltro D., Neto J.B., Reliability of breeding values between random regression and 305-day lactation models Pesq. agropec. bras., *Brasília*, 2016, Vol. 51, No. 11, pp. 1848–1856, DOI: 10.1590/S0100-204X2016001100007.
23. Bugakov Yu.F., Labuzova I.M., Schaefer N.A., *Irmenskij tip chjorno-pjostrogo skota: slagaemye uspeha* (Irmén type of black-and-white cattle: components of success), Novosibirsk - Verh-Irmén: NSTU, 2007, 295 p.
24. Liu S., Trenkler G. Hadamard, Khatri-Rao, Kronecker and other matrix products, *International Journal of Information and Systems Sciences*, 2008, Vol. 4, No. 1, pp. 160-177.
25. Ludden T.M., Beal S.L., Sheiner L.B., Comparison of the Akaike Information Criterion, the Schwarz criterion and the F test as guides to model selection, *J Pharmacokinet Biopharm.*, 1994, Vol. 22, No. 5, pp. 431–445.

ЗАВИСИМОСТЬ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ КОРОВ КРАСНОЙ СТЕПНОЙ ПОРОДЫ ОТ СБАЛАНСИРОВАННОСТИ РАЦИОНОВ

М.Ю. Петрова, кандидат сельскохозяйственных наук
Г.Е. Акифьева, кандидат сельскохозяйственных наук
Н.А. Косарева, младший научный сотрудник
Омский аграрный научный центр, Омск, Россия
E-mail: sibhoz@mail.ru

Ключевые слова: крупный рогатый скот, продуктивность, рацион, поголовье, удой, лактация, жир, белок

Реферат. На сегодняшний день животноводство характеризуется интенсивным развитием, стремительным освоением технологий, активным повышением продуктивности животных. Генетический потенциал молочного скота позволяет увеличить производство молока, но при этом сдерживающим фактором остается кормление. Высокая продуктивность коров, увеличение воспроизводительных возможностей и длительность хозяйственного использования достигаются только при полноценном сбалансированном кормлении по всем достаточным элементам питания. Исследования велись в племенном хозяйстве по разведению крупного рогатого скота красной степной породы ЗАО «Азовское» Азовского района Омской области. Молочная продуктивность коров обуславливается качеством кормов, а также полноценностью кормления. От ценности рациона для жвачных животных зависит рубцовое и послерубцовое пищеварение, потребление корма, продуктивность и здоровье крупного рогатого скота. Для того чтобы дать оценку питательности кормов, определяют в них общие элементы питания, макро- и микроэлементы, витамины и аминокислоты. Физические свойства кормов не менее важны. Основные параметры, которые необходимо учитывать при составлении рационов для высокопродуктивных коров, – это размер частиц, длина частиц кормового сырья или фрагментов корма, а также количество объемистых травяных кормов. В хозяйстве ЗАО «Азовское» кормление осуществляют из кормораздатчика-смесителя «Хозяин» три раза в день. Дойным коровам скармливают большое количество объемистых кормов, которые служат богатым источником клетчатки, чем и обусловлена структурная ценность рациона. С каждым годом происходит наращивание производства молока. Так, в 2019 г. было надоено 6747,3 т молока, что больше по сравнению с 2018 г. на 248,9 т. Высокая продуктивность, воспроизводительные способности и длительность хозяйственного использования племенных коров могут быть достигнуты только при сбалансированном по питательным веществам кормлении.

DEPENDENCE OF MILK PRODUCTIVITY OF RED STEPPE COWS ON BALANCED DIETS

M.Iu. Petrova, PhD in Agricultural Sciences
G.E. Akifeva, PhD in Agricultural Sciences
N.A. Kosareva, Junior Researcher
Omsk Agrarian Research Centre, Omsk, Russia

Keywords: cattle, productivity, ration, livestock, milk yield, lactation, fat, protein.

Abstract. Today, livestock farming is characterized by intensive development, rapid adoption of technology and an active increase in animal productivity. The genetic potential of dairy cattle allows

for increased milk production, but feed remains a limiting factor. High cow productivity, increased reproductive capacity, and long-term economic feed use can only be achieved with a complete, balanced diet containing all-sufficient nutrients. The research was conducted at a breeding farm for red steppe cattle of the Azovskoye CJSC, Azovskoye District, Omsk Region. The dairy productivity of cows is determined by the quality of their feed and the adequacy of their nutrition. Rumen and post-rumen digestion, feed intake, productivity, and cattle health depend on the ruminant's diet value. The total content of nutrients, macro-and micro-nutrients, vitamins and amino acids in the feed is determined to assess the nutritional value of the feed. Equally important are the physical properties of the meal. When formulating diets for high-yielding cows, the main parameters to consider are particle size, particle length of feed raw material or feed fragments, and the amount of bulk grass feed. At the Azovskoye farm, feeding is done from the Hostin feeder-mixer three times a day. Dairy cows are fed large quantities of bulky fodder, which is a rich source of fibre, which accounts for the structural value of the ration. Milk production increases every year. In 2019, for example, 6,747.3 tonnes of milk were produced, increasing 248.9 tonnes compared to 2018. High productivity, reproductive capacity and the longevity of economic use of breeding cows can only be achieved with nutritionally balanced feed.

На сегодняшний день животноводство характеризуется интенсивным развитием, стремительным освоением технологий, активным повышением продуктивности животных [1, 2].

Генетический потенциал молочного скота позволяет увеличить производство молока, но сдерживающим фактором остается кормление. Высокая продуктивность коров, увеличение воспроизводительных возможностей и длительность хозяйственного использования достигаются только при полноценном сбалансированном кормлении по всем элементам питания [3, 4].

Привлечение лучших представителей породы и широкое их использование дают возможность за более короткий период времени приумножить генетический запас и повысить производительность используемого скота [5, 6].

Обеспечение животных качественным и нормированным кормлением в Омском регионе – сложная задача. На сегодняшний день существенно возрастает потребность в питательных веществах, макро- и микроэлементах, других биологически активных веществах вследствие длительного содержания

скота в закрытых помещениях, а также скармливания низкокачественных кормов [7, 8].

Молочная продуктивность коров определяется в том числе качеством кормов и полноценностью кормления. Эта проблема особенно актуальна в настоящее время. От ценности рациона зависят пищеварение, потребление корма, продуктивность и здоровье крупного рогатого скота. Чтобы оценить питательность кормов, определяют в них общие элементы питания, макро- и микроэлементы, витамины и аминокислоты [9–11].

Цель исследования – изучить зависимость молочной продуктивности коров от структуры рациона.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в племенном хозяйстве по разведению крупного рогатого скота красной степной породы ЗАО «Азовское» Азовского района Омской области.

Основные параметры, которые необходимо учитывать при составлении рационов для коров, – это размер частиц, длина частиц кормового сырья или фрагментов корма, а также

количество объемистых травяных кормов [12, 13].

Для исследования были сформированы две группы коров по методу пар-аналогов по 50 голов в каждой дочерей красных быков англеской, голштинской и красной датской пород с живой массой 550 кг.

Контроль молочной продуктивности с учетом заданных параметров проводили раз в 10 дней в течение всего опыта, в этот же период определяли и качество молока.

При проведении сравнительного анализа кормления животных определяли питательность и химический состав кормов, учитывали молочную продуктивность и качественные показатели молока: количество белка и жира [14, 15].

Статистическая обработка данных проводилась с использованием программ MS Excel, VBIOM.

Коровы 1-й группы получали рацион общего стада, животные 2-й группы – скорректированный по питательности, который соответствовал детализированным нормам кормления сельскохозяйственных животных и был рассчитан на получение суточного удоя 19,5 кг.

Массовую долю молочного жира рассчитывали по стандартной методике по Герберу (ГОСТ 5867-90), массовую долю белка определяли на анализаторе «Клевер».

Химический состав кормов анализировали по схеме полного зоотехнического анализа по общепринятым методикам в отделе животноводства ФГБНУ «Омский АНЦ». Питательность рационов рассчитывалась на ПК с применением программы «Кормовые рационы».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В хозяйстве ЗАО «Азовское» кормление производят из кормораздатчика-смесите-

ля «Хозяин» три раза в день. Дойным коровам скармливают большое количество объемистых кормов, которые служат богатым источником клетчатки, чем и обеспечивается структурная ценность рациона. С каждым годом производство молока увеличивается. Так, в 2019 г. было надоедено 6747,3 т молока, что больше по сравнению с 2018 г. на 248,9 кг.

Рацион контрольной группы коров состоял из сена костречового – 1,0 кг, силоса кукурузного – 20,0–22,0, сенажа люцернового – 6,0–8,0, сенажа из однолетних трав – 7,0, дробины пивной свежей – 5,0–6,0, соломы пшеничной – 1,0 и концентрированных кормов – 4,5–6,8 кг. Скорректировав рационы по питательности, количество силоса кукурузного увеличили на 2 кг, сенажа люцернового – уменьшили на 2 кг, добавили в рацион 5,50 кг зерновой патоки, а концентрированные корма уменьшили на 2,3 кг и ввели минеральные добавки. Разница между нормами кормления и фактическими рационами по питательности составляла 5–6%.

Оценивая рацион дойных коров, используемый в хозяйстве, необходимо отметить, что многие питательные вещества не сбалансированы согласно общепринятым нормам кормления (табл. 1).

Анализ табл. 2 показывает, что у животных контрольной группы изначально наблюдается избыток ЭКЕ на 58% от нормы, при этом обменная энергия больше на 7%, а также превышение белка (СП, ПП) и клетчатки. В то же время наблюдается недостаток макроэлементов – натрия, фосфора и витаминов (А, D, Е).

После корректировки рациона мы смогли уменьшить избыток ЭКЕ на 49% в сравнении с контрольной группой и выравнять показатель обменной энергии в соответствии с нормой. После добавления диаммонийфосфата нормализовали кальций-фосфорное соотношение. Зерновая патока, включенная в

Таблица 1

Рационы дойных коров живой массой 500–550 кг с удоем 19,5 кг, кг
Rations of dairy cows with a live weight of 500–550 kg and a milk yield of 19.5 kg, kg

Корма	Группа	
	контрольная	опытная
Сено кострецовое	1,0	1,0
Солома пшеничная	1,0	-
Сенаж люцерновый.	8,0	6,0
Сенаж из однолетних трав	7,0	7,00
Силос кукурузный	20,0	22,0
Комбикорм ПК-62	6,8	4,50
Жмых подсолнечниковый	1,5	0,25
Зерновая патока	-	5,50
Дробина пивная свежая	5,0	6,00
Ростки ячменя сушеные	1,0	-
Поваренная соль, г	50	50
Диаммонийфосфат, г	-	30
И т о г о	51,30	52,25

рацион опытной группы, позволила привести к физиологической норме сахаропротеиновое отношение.

В табл. 3 представлена сравнительная оценка молочной продуктивности коров.

Сравнивая продуктивность животных контрольной и опытной групп, можно отметить, что в группе, где рацион был скорректирован по питательным веществам, молока получили на 3,6% больше, чем от коров, которым скармливали контрольный рацион. У коров опытной группы увеличились показатели молочного жира и молочного белка на 0,36–4,21 кг. Затраты концентратов на 1 кг молока составляют 426 г в рационе контрольной группы и 244 г в опытной, что влияет на стоимость общего рациона, а в дальнейшем и на себестоимость животноводческой продукции.

ВЫВОДЫ

1. Корректировка рационов по питательным веществам позволила получить молока на 3,6% больше, чем от коров, которым скармливали контрольный рацион. У коров опытной группы увеличились показатели молочного жира и молочного белка на 0,36–4,21 кг. Затраты концентратов на 1 кг молока составляют 426 г в рационе контрольной группы и 244 г в опытной, что влияет на стоимость общего рациона, а в дальнейшем сказывается и на себестоимости животноводческой продукции.

2. Уровень молочной продуктивности в ЗАО «Азовское» по сравнению со средней продуктивностью по породе в Омской области по первой лактации выше на 642 кг, по жирномолочности – на 0,35%, по молочному жиру – на 45 кг, а по сравнению с полновозрастными коровами – на 1050 кг; 0,23%; 58 кг соответственно.

Таблица 2

Содержание элементов питания в рационах
Nutrients content in diets

Элементы питания	Норма	Группа	
		контрольная	опытная
Общие элементы питания			
ЭКЕ	16,5	26,07	18,1
Обменная энергия, МДж	201,66	215,10	200,00
Сухое вещество, кг	16,68	22,96	18
Сырой протеин, г	2438,17	3495,72	2524,60
Переваримый протеин, г	1584,81	2593,47	1775,35
Сырой жир, г	548,74	647,36	550
Сырая клетчатка, г	3655,84	4588,86	3761,75
Сахар, г	1407,84	447,54	1350,50
Макроэлементы			
Натрий, г	48,65	27,87	47,00
Кальций, г	160,84	245,28	170,21
Фосфор, г	88,06	45,77	85,83
Микроэлементы			
Железо, мг	1125,85	5512,70	4242,05
Медь, мг	182,26	290,58	180,36
Йод, мг	14,05	18,18	15
Витамины			
Каротин, мг	1062,91	911,60	1000,94
Витамин D, МЕ	21,80	15,52	23,03
Витамин E, мг	707,08	1878,50	1796,15
Аминокислоты			
Лизин, г	106,68	145,40	103,75

Таблица 3

Молочная продуктивность коров за лактацию
Dairy productivity of cows per lactation

Показатели	Группа	
	контрольная	опытная
Удой за 305 дней лактации, кг	5947,5	6100,0
Массовая доля жира, %	4,49	4,40
Получено молочного жира, кг	267,04	268,40
Массовая доля белка, %	3,56	3,54
Получено молочного белка, кг	211,73	215,94

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Акифьева Г.Е. Питательная ценность заготавливаемых кормов // Актуальные проблемы АПК в Сибири. – Омск, 2013. – С. 3–6.

2. Clark J.H. Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition. – Washington: National Academy Press, 2001. – 401 p.
3. Полноценное кормление молочного скота – основа реализации генетического потенциала продуктивности / В. И. Волгин, Л. В. Романенко, П. Н. Прохоренко, З. Л. Федорова, Е. А. Корочкина. – М., 2018. – 260 с.
4. Belkov G.V. Use of foreign breeds for the productivity increase of domestic beef cattle // The herald of beef cattle breeding. – 2010. – Vol. 3, N 63. – P. 107–114.
5. Петрова М.Ю., Новикова Н.Н., Косарева Н.А. Увеличение продуктивного долголетия красной степной породы крупного рогатого скота // Вестник КрасГАУ. – 2021. – № 4 (169). – С. 93–98.
6. Татаркина Н.И., Бельнская А.Е. Продолжительность продуктивного использования коров голштинской породы в условиях Северного Зауралья // Вестник Государственного университета Северного Зауралья. – 2017. – № 1. – С. 73–78.
7. Петрова М.Ю., Акифьева Г.Е., Косарева Н.А. Молочная продуктивность дочерей быков красных пород с учетом технологии содержания // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2019. – №4. – С. 125–131.
8. Ганущенко О.Ф., Разумовская Н.П. Современные подходы к оценке качества кормов // Наше сельское хозяйство. – 2015. – № 22. – С. 46.
9. Мороз М.Т., Тюренкова Е.Н. Кормление крупного рогатого скота // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: сб. науч. тр. по материалам междунар. науч.-практ. конф. «Развитие агропромышленного комплекса на основе современных научных достижений и цифровых технологий». – СПб., 2019. – Ч. 1. – С. 241–246.
10. Божко С.Ю. Решение вопроса кормления коров при отсутствии грубых кормов // Сельская Сибирь: Информационно аналитический журнал. – 2020. – №4. – С. 14.
11. Зоотехнический анализ кормов: учебно-метод. пособие для лабораторных занятий студентов, обучающихся по направлению подготовки 36.03.02. «Зоотехния» / сост.: Т.Н. Комиссарова, Т.П. Логина. – Нижний Новгород: ФГБОУ ВО НГСХА, 2017. – 45 с.
12. Лисунова Л.И. Кормление сельскохозяйственных животных: учеб. пособие / под ред. В.С. Токарева; Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск: НГАУ, 2011. – 401 с.
13. Musaev F.A., Morozova N.I. Innovative technologies in beef production: Monograph. – Ryazan: RGATU, 2014. – 160 p.
14. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справочное пособие / под ред. А.П. Калашникова, В.И. Фисинина, В.В. Щеглова, Н.И. Клейменова. – 3-е изд. перераб. и доп. – М., 2003. – 456 с.
15. Improvement of animal of Kalmyk breed on the base of high-productive intr-breed types / L.M. Polovinko, F.G. Kayumov, E.D. Kush, G.P. Legoshin, M.U. Polovinko // Dairy and Beef Cattle Breeding. – 2016. – № 6. – P. 11–14.

REFERENCES

1. Akif'eva G.E., *Aktual'nye problemy APK v Sibiri* (Actual problems of the agro-industrial complex in Siberia), Omsk, 2013, pp. 3–6. (In Russ.)
2. Clark J.H., *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition*, Washington: National Academy Press, 2001, 401 p.
3. Volgin V.I., Romanenko L.V., Prohorenko P.N., Fedorova Z.L., Korochkina E.A., *Polnotsennoe kormlenie molochnogo skota – osnova realizatsii ge-neticheskogo potentsiala produktivnosti* (Adequate feeding of dairy cattle is the basis for realizing the genetic potential of productivity), Moscow, 2018, 260 p.
4. Belkov G.V., Use of foreign breeds for the productivity increase of domestic beef cattle, *The herald of beef cattle breeding*, 2010, Vol. 3, No. 63, pp. 107–114.

5. Petrova M.Yu., Novikova N.N., Kosareva N.A., *Vestnik KrasGAU*, 2021, No. 4 (169), pp. 93–98. (In Russ.)
6. Tatarkina N.I., Belen'kaya A.E., *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta Severnogo Zaural'ya*, 2017, No. 1, pp. 73–78. (In Russ.)
7. Petrova M.Yu., Akif'eva G.E., Kosareva N.A., *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2019, No. 4, pp. 125–131. (In Russ.)
8. Ganushchenko O.F., Razumovskaya N.P., *Nashe sel'skoe khozyaystvo*, 2015, No. 22, pp. 46. (In Russ.)
9. Moroz M.T., Tyurenkova E.N., *Nauchnoe obespechenie razvitiya APK v usloviyakh importozameshcheniya* (Scientific support for the development of the agro-industrial complex in the context of import substitution), Proceedings of the Conference Title, Sankt-Peterburg, 2019, Ch. 1, pp. 241–246. (In Russ.)
10. Bozhko S.Yu., *Sel'skaya Sibir': Informatsionno analiticheskiy zhurnal*, 2020, No. 4, pp. 14. (In Russ.)
11. Komissarova T.N., Loginova T.P., *Zootekhnicheskiy analiz kormov* (Zootechnical analysis of feed), Nizhniy Novgorod: FGBOU VO NGSKhA, 2017, 45 p.
12. Lisunova L.I., *Kormlenie sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh* (Feeding farm animals), Novosibirsk: NGAU, 2011, 401 p.
13. Musaev F.A., Morozova N.I., *Innovative technologies in beef production: monograph.*, Ryazan: RGATU, 2014, 160 p.
14. *Normy i ratsiony kormleniya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh* (Rates and rations for feeding farm animals), Moscow, 2003, 456 p.
15. Polovinko L.M., Kayumov F.G., Kush E.D., Legoshin G.P., Polovinko M.U., Improvement of animal of Kalmyk breed on the base of high-productive intr-breed types, *Dairy and Beef Cattle Breeding*, 2016, No. 6, pp. 11–14.

ХРОНИКА. СОБЫТИЯ. ФАКТЫ.

УДК 636,32/.38.082(574)

DOI:10.31677/2072-6724-2021-61-4-157-163

ХАРАКТЕРИСТИКА ЭДИЛЬБАЕВСКОЙ ПОРОДЫ ОВЕЦ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Д.А. Исаева, аспирант

О.С. Короткевич, доктор биологических наук, профессор
Новосибирский государственный аграрный университет
Новосибирск, Россия
E-mail: okorotkevich@gmail.com

Ключевые слова: овцы,
эдильбаевская порода,
Казахстан

Реферат. Проанализированы материалы от момента одомашнивания овец до современного состояния овцеводства. Приведены данные о ведущих странах мира, где наиболее интенсивно развивается овцеводство. Наибольшее поголовье овец сосредоточено в Китае, Австралии, Индии и Судане. Зарегистрировано 995 местных пород овец, из которых 100 относятся к международным трансграничным. Постоянно происходит исчезновение многих пород. Поэтому во многих странах остро стоит проблема сохранения уникального генофонда аборигенных пород. В Казахстане разводят более 20 пород овец. За последние 10 лет численность овец в республике находилась в пределах 18,0–20,0 млн голов. Наибольшее распространение получили такие породы овец, как эдильбаевская, казахский архаромеринос и казахская курдючная грубошерстная. Овец эдильбаевской породы в Республике Казахстан разводят в 10 областях. Эдильбаевская порода приспособлена к разведению в зонах сухих степей, полупустынных и пустынных регионов. В статье дана краткая зоотехническая характеристика эдильбаевских овец, описана эпизоотическая обстановка в Республике Казахстан. Особое внимание уделено изменению стратегии селекции. В дальнейшей селекционно-племенной работе поставлена задача создания популяции овец с уменьшенным содержанием жира. Намечен план комплексных исследований генофонда и фенофонда овец, включающий оценку белкового, углеводного, жирового и минерального обменов, использование химических, физиологических, цитогенетических, молекулярно-генетических и других методов исследований. Во время экспериментальной работы нами будет проведен мониторинг воды, почвы и кормов на содержание тяжелых металлов и макроэлементов.

CHARACTERISTICS OF THE EDILBAY SHEEP BREED OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

D.A. Isaeva, Postgraduate Student

O.S. Korotkevich, Doctor of Biological Sciences, Professor
Novosibirsk State Agrarian University, Russia

Keywords: *sheep, Edilbay breed, Kazakhstan.*

Abstract. *The article analyses material from sheep domestication to the present state. Data on the world's leading countries, where sheep breeding is most intensively developed, are given. The largest sheep populations are concentrated in China, Australia, India and Sudan. There are 995 registered local sheep breeds, of which 100 are international cross-border sheep breeds. Many species are continually becoming extinct. Therefore, the problem of preserving the unique gene pool of aboriginal breeds is acute in many countries. More than 20 breeds of sheep are bred in Kazakhstan. Over the last ten years, the number of sheep in the Republic has been between 18.0-20.0 million. The most widespread sheep breeds are Edilbay, Kazakh Arkharmerinos and Kazakh Kurdish coarse-wool sheep. Sheep of the Edilbay breed are bred in 10 regions of Kazakhstan. Edilbay breed is adapted to breeding in areas of dry steppes, semi-desert and desert regions. The article gives a brief zootechnical characteristic of Edilbay sheep and describes the epizootic situation in the Republic of Kazakhstan. Particular attention is paid to changing the breeding strategy. In further breeding and pedigree work, the aim is to create a sheep population with reduced fat content. A plan has been outlined for comprehensive studies of the sheep gene pool and phenofund, including evaluating protein, carbohydrate, fat and mineral metabolism, chemical, physiological, cytogenetic, molecular-genetic, and other research methods. Water, soil, and feed will be monitored for heavy metals and macronutrients during the experimental work.*

Овцы были одними из первых одомашненных жвачных животных в Средней Азии около 8 тыс. лет назад [1]. Всего одомашнено 40 видов домашнего скота. С момента их приручения они сопровождали человека на протяжении всей его долгой истории. Этот вид широко адаптирован к различным климатическим условиям и встречается во всех системах животноводства. Овцы обладают рядом уникальных адаптивных особенностей, которые эволюционировали в результате длительного естественного и искусственного отбора, что позволяет им выживать и воспроизводиться в экстремальных условиях [2–4].

В мире зарегистрировано 995 местных пород овец. Число зарегистрированных международных трансграничных пород ровно 100 [2]. На сегодняшний день овцеводство – это первая из отраслей животноводства (3-е место в мире) в развивающихся странах Азии, Африки, Европы, Австралии и Новой

Зеландии. Лидерами по производству баранины в мире являются Китай, Австралия, Индия, Нигерия и Судан [4] (данные на 2017 г.):

Страна	Поголовье овец, гол.
Китай	161 350 800
Австралия	72 125 334
Индия	63 068 632
Нигерия	42 500 000
Судан	40 573 686
Иран (Исламская Республика)	40 029 687
Объединенное Королевство	34 832 000
Эфиопия	31 836 701
Турция	30 983 933
Чад	30 789 484

Овец разводят в первую очередь для получения мясной и молочной продукции, а также овчин (кожа, шерстяные шкуры, мех), смушки (мерлушки), шерсти (одежда, кроссбредная или ковровая шерсть).

Овцы являются одним из наиболее экономически важных сельскохозяйственных ви-



Карта разведения племенных пород овец в Республике Казахстан [6]
View of cabbage after harvesting (Ferro F1 on the left, Kolya F1 on the right)

дов и в странах СНГ. Животноводство (особенно овцеводство) было основой средств к существованию местного населения с кочевых времен до наших дней. Овцы – основной вид домашнего скота Казахстана, стран Центральной Азии с преобладающей равнинной местностью и резко-континентальным климатом. За последние 10 лет прирост поголовья овец увеличился, и на сегодняшний день овцеводство является ведущей отраслью животноводства в стране [5]:

Год	На конец года, тыс. гол.
2010	17 988,1
2011	18 091,9
2012	17 633,3
2013	17 560,6
2014	17 914,6
2015	18 015,5
2016	18 184,2
2017	18 329,0
2018	18 699,1
2019	19 155,7
2020	20 057,6

Генофонд страны насчитывает более 20 пород овец, из них большинство были выведены в Казахстане. Наиболее распростра-

ненными породами являются эдильбаевская, казахский архаромеринос и казахская курдючная грубошерстная (рисунок). Важной проблемой является сохранение в будущем породного разнообразия.

Казахская курдючная грубошерстная эдильбаевская, или эдильбаевская, порода овец является достоянием казахского народа и впервые была выведена в с. Таловая Западно-Казахстанской области искусственным отбором жителями Казталовского, Бокейординского, Фурмановского, Жанибекского районов Западно-Казахстанской области в 1870–1890 гг. Название происходит от сочетания слов «еділ бойынын қойы», что в переводе с казахского означает «овцы, разводимые на реке Волге» (казахское название реки Волги – Еділ) [7].

Курдюк – это слой жира, который постепенно откладывается в районе пятого позвонка у основания хвоста. Этот слой жира богат из минеральными веществами, витаминами и воды. Благодаря курдюку данная порода может прожить при полном отсутствии питания несколько дней за счет своих запасов. Масса

курдюка составляет 28–30 кг. Эдильбаевская порода овец в отличие от других выносливее и хорошо адаптирована к климату сухой степи, полупустынных и пустынных зон Казахстана.

Экологические стрессоры оказывают одно из самых вредных воздействий на естественный иммунитет, выживание, рост, продуктивность и плодовитость. Засушливость и экстремальные температуры подрывают иммунную функцию, что приводит к ухудшению воспроизводства и продуктивности. Чтобы адаптироваться к чрезвычайно суровым условиям, ряд иммунных ответов регулируется иммунными факторами в организме [8].

Инфекционные болезни, вызванные микроорганизмами, представляют собой серьезную угрозу для здоровья и благополучия эдильбаевских овец. На сегодняшний день на ранней стадии болезни ветеринары производят диагностику, благодаря чему уменьшаются затраты на лечение, потери у животных продуктивности, работоспособности и снижается риск их гибели. Всевозможные болезни, в том числе и в случае, если они не приводят к смерти животного, всегда оставляют след в их дальнейшей жизни: аномалии физического развития, низкорослость, потеря массы тела, резкое снижение молочной продуктивности и др.

Возбудителями смертельных заболеваний у овец являются различные патогенные микроорганизмы: *Chlamydia psittaci*, *Listeria monocytogenes*, *Toxoplasma gondii*, *Leptospira* spp., *Brucella melitensis*, *Neospora caninum*, *Campylobacter fetus* ssp., *mycoplasmosis pneumoniae ovium*.

Данная порода является также резервуаром различных заболеваний (зоонозов), которые передаются человеку прямо или косвенно и представляет дополнительную угрозу для его здоровья. Зоонозы оказывают огромное влияние на здоровье людей и животных, которое хотя и трудно определить количествен-

но, можно оценить по таким параметрам, как распространенность, заболеваемость, смертность и экономические потери [9]. Гибель животных, вызванная зоонозами, может нанести огромный экономический ущерб животноводческому сектору любой страны. Даже если животные не погибнут, это может отрицательно сказаться на здоровье и продуктивности животных. Это может привести к значительным потерям молочной и мясной продуктивности животных, которые могут составлять более 70%. Такие зоонозные заболевания, как бруцеллез, токсоплазмоз, могут привести к бесплодию, абортам и ослаблению потомства, а это также большой экономический ущерб фермерам и всей стране [10].

В последние годы в Китае ставится задача создания популяции эдильбаевских овец, у которых сохраняются все ценные качества породы, но с уменьшением содержания жира.

В настоящее время важное значение имеет комплексная характеристика генофонда и фенофонда разных пород овец и других животных в Республике Казахстан и Российской Федерации [11–13].

Нами планируется комплексное изучение генофонда и фенофонда эдильбаевских овец. Необходимо провести анализ биохимических, цитологических, химических, физиологических, молекулярно-генетических, зоотехнических и других показателей [14–17]. Все исследования будут сопровождаться анализом почвы, воды, кормов по уровню тяжелых металлов и макроэлементов [18, 19]. Планируется провести поиск биологических маркеров, позволяющих прижизненно диагностировать концентрацию макро- и микроэлементов в органах и тканях животных, а также повысить их резистентность к болезням [20, 21].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Evidence* for early dispersal of domestic sheep into Central Asia / W.T.T. Taylor [et al.] // *Nature Human Behaviour*. – 2021. – P. 1–11.
2. *Состояние* всемирных генетических ресурсов животных в сфере продовольствия и сельского хозяйства. – Рим; М.: ГНУ ВИЖ, 2010. – 510 с.
3. *Identifications* of immune-responsive genes for adaptative traits by comparative transcriptome analysis of spleen tissue from Kazakh and Suffolk sheep / H. Yang [et al.] // *Scientific reports*. – 2021. – Vol. 11, N 1. – P. 1–16.
4. *The Food and Agriculture Organization (FAO)*: [сайт] – Режим доступа: <http://www.fao.org/>
5. *Комитет* по статистике Министерства национальной экономики РК: официальный сайт. – Режим доступа: <https://stat.gov.kz/>.
6. *Информационное* агентство. – Режим доступа: <https://agroinfo.kz/>.
7. *Канатин К.К.* Эдильбаевская овца. – Алматы: Бастау, 2009. – 180 с.
8. *Adaptation* mechanisms of small ruminants to environmental heat stress / H. Berihulay [et al.] // *Animals*. – 2019. – Vol. 9, N 3. – P. 75.
9. *Meslin F.X.* Impact of zoonoses on human health // *Vet. Ital.* – 2006. – Vol. 42, N. 4. – P. 369–379.
10. *The sociae-ecology* of zoonotic infections / A. Cascio [et al.] // *Clinical microbiology and infection*. – 2011. – Vol. 17, N. 3. – P. 336–342.
11. *Биология, генетика и селекция* овцы / А.В. Кушнир, В.И. Глазко, В.Л. Петухов, Г. Димов, С.И. Стожужук. – Новосибирск: НГАУ, 2010. – 524 с
12. *Паронян И.А., Прохоренко П.Н.* Генофонд домашних животных России. – СПб.: Лань, 2008. – 352 с.
13. *Проблемы* селекции сельскохозяйственных животных / Б.Л. Панов, В.Л. Петухов, Л.К. Эрнст, И.И. Гудилин [и др.]. – Новосибирск: Наука. Сиб. предпр. РАН, 1997. – 283 с.
14. *Ассоциация* генотипов β -лактоглобулинов с некоторыми биохимическими показателями крови овец романовской породы / Е.А. Климанова, Т.В. Коновалова, В.А. Андреева [и др.] // *Вестник НГАУ*. – 2020. – № 4(53). – С. 82–87.
15. *Влияние* генотипа баранов-производителей на количество фрагментов хромосом в клетках потомства / В.А. Андреева, Веронг Ли, Мингжун Лью, Р.Т. Саурбаева [и др.] // *Вестник НГАУ*. – 2019. – №4(53). – С. 23–31.
16. *Влияние* генотипа баранов-производителей рамановской породы на аккумуляцию цинка в шерсти потомства / Мингжун Лью, Р.Т. Саурбаева, Веронг Ли [и др.] // *Вестник НГАУ*. – 2019. – № 3 (52). – С. 91–97.
17. *Генетическая* оценка производителей кулундинской тонкорунной породы овец по качеству потомства / С.И. Стожужук, В.Л. Петухов, В.А. Андреева [и др.] // *Вестник НГАУ*. – 2021. – № 2 (59). – С. 156–166.
18. *Characterizing* physiological status in three breeds of bulls reared under ecological and climate conditions of the Altai region / L.V. Osadchuk, M.A. Kleshchev, O.I. Sebezkhko, O.S. Korotkevich [et al.] // *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*. – 2017. – Vol. 31, N 1. – P. 35–42.
19. *Copper* content in hair, bristle and feather in different species reared in Western Siberia / T.V. Konovalova, K.N. Narozhnykh, V.L. Petukhov, Y.I. Fedyaev [et al.] // *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. – 2017. – Vol. 44, N S. – P. 74.

20. Патент на изобретение RU 2058733 C1, 27.04.1996. Способ отбора крупного рогатого скота на устойчивость к туберкулезу /В.Л. Петухов, Л.К. Эрнст, А.И. Желтиков, А.Г. Незавитин [и др.]. – Заявка №93031684/15 от 15.06.1993.
21. Патент на изобретение RU2548774 C1, 20.04.2015. Способ оценки кадмия в печени и легких крупного рогатого скота / О.С. Короткевич, К.Н. Нарожных, Т.В. Коновалова, В.Л. Петухов [и др.]. – Заявка №2014111570/15 от 25.03.2014.

REFERENCES

1. Taylor, W.T.T. [et al.], Evidence for early dispersal of domestic sheep into Central Asia, *Nature Human Behaviour*, 2021, pp. 1–11.
2. *Sostoyanie vsemirnyh geneticheskikh resursov zhivotnyh v sfere prodovol'stviya i sel'skogo hozyajstva* (The State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture), Rim-Moskva: GNU VIZH, 2010, 510 p.
3. Yang H. [et al.], Identifications of immune-responsive genes for adaptative traits by comparative transcriptome analysis of spleen tissue from Kazakh and Suffolk sheep, *Scientific reports*, 2021, Vol. 11, No. 1, pp. 1–16.
4. <http://www.fao.org/>
5. <https://stat.gov.kz/>
6. <https://agroinfo.kz/>
7. Kanapin K.K., *Edil'baevskaya ovca* (Edilbaevskaya sheep), Almaty: Bastau, 2009, 180 p.
8. Berihulay H. [et al.], Adaptation mechanisms of small ruminants to environmental heat stress, *Animals*, 2019, Vol. 9, No. 3, pp. 75.
9. Meslin F.X. Impact of zoonoses on human health, *Vet. Ital.*, 2006, Vol. 42, No. 4, pp. 369–379.
10. Cascio A. [et al.], The sociae-ecology of zoonotic infections, *Clinical microbiology and infection*, 2011, Vol. 17, No. 3, pp. 336–342.
11. Kushnir A.V., Glazko V.I., Petuhov V.L., Dimov G., Storozhuk S.I., *Biologiya, genetika i selekciya ovtsy* (Biology, genetics and sheep breeding), Novosibirsk: NGAU, 2010, 524 p.
12. Paronyan I.A., Prohorenko P.N., *Genofond domashnih zhivotnyh Rossii* (The gene pool of domestic animals of Russia), Sankt-Peterburg: Lan', 2008, 352 p.
13. Panov B.L., Petuhov V.L., Ernst L.K., Gudilin I.I. [i dr.], *Problemy selekcii sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh* (Problems of breeding farm animals), Novosibirsk: Nauka. Sibirskoe predpriyatie RAN, 1997, 283 p.
14. Klimanova E.A., Konovalova T.V., Andreeva V.A. [i dr.], *Vestnik NGAU*, 2020, No. 4(53), pp. 82–87. (In Russ.)
15. Andreeva V.A., Li Verong, L'yu Mingzhun, Saurbaeva R.T. [i dr.], *Vestnik NGAU*, 2019, No. 4(53), pp. 23–31. (In Russ.)
16. L'yu Mingzhun, Saurbaeva R.T., Li Verong [i dr.], *Vestnik NGAU*, 2019, No. 3 (52), pp. 91–97. (In Russ.)
17. Storozhuk S.I., Petuhov V.L., Andreeva V.A. [i dr.], *Vestnik NGAU*, 2021, No. 2 (59), pp. 156–166. (In Russ.)
18. Osadchuk L.V., Kleshchev M.A., Sebezheko O.I., Korotkevich O.S. [et al.], Characterizing physiological status in three breeds of bulls reared under ecological and climate conditions of the Altai region, *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*, 2017, Vol. 31, No. 1, pp. 35–42.

19. Konovalova T.V., Narozhnykh K.N., Petukhov V.L., Fedyaev Y.I. [et al.], Copper content in hair, bristle and feather in different species reared in Western Siberia, *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 2017, Vol. 44, No. S, pp. 74.
20. Patent na izobretenien RU 2058733 C1, 27.04.1996, *Sposob otbora krupnogo rogatogo skota na ustojchivost' k tuberkulezu* (Method of selection of cattle for resistance to tuberculosis) (In Russ.)
21. Patent na izobretenie RU2548774 S1, 20.04.2015, *Sposob ocenki kadmiya v pecheni i legkih krupnogo rogatogo skota* (Method for assessing cadmium in liver and lungs of cattle) (In Russ.)