

ISSN 2072-6724

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

ВЕСТНИК НГАУ



**НОВОСИБИРСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

№ 2(59)/2021

ISSN 2072-6724

MINISTRY OF AGRICULTURE OF THE RUSSIAN FEDERATION

VESTNIK NGAU



NOVOSIBIRSK STATE
AGRARIAN UNIVERSITY

№ 2(59)/2021

NOVOSIBIRSK 2021

ВЕСТНИК НГАУ

Новосибирский
государственный
аграрный
университет

Научный журнал

№ 2(59)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, доцент, 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, академик 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)

Главендечик 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 Будеевице, 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, профессор 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, профессор кафедры биохимии и генной 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.*

Компьютерная верстка *Потапова М.В.*

Переводчик *Рюмкина И.Н.*

Дата выхода в свет 30 июня 2021 г. Свободная цена.
Формат 60 × 84 1/8. Объем 17,6 уч.-изд. л. Бумага офсетная.
Гарнитура «Times New Roman». Заказ № 2363.

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. 2(59)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 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.*

Desktop publishing: *Potapova M. V.*

Translator: *Ryumkina I. N.*

Date of publication 30 June 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. 2363.

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

Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Еремина Н.А. Развитие зародыша семян укропа после воздействия кратковременного температурного стресса.	7
Королева Е.В., Петров А.Ф., Чудинова Ю.В. Внутривидовая изменчивость цветочно-декоративных растений семейства <i>Onagraceae</i> и механизмы их сортообразования.	18
Кудрявцев Н.А., Зайцева Л.А., Курбанова З.К. Обеспечение чистоты и здоровья посевов льна при обработке новыми пестицидами.	43
Орешникова О.П., Кожухова Е.В. Энергия прорастания и всхожесть разных морфотипов гороха при обработке стимулятором роста.	53
Петров А.Ф., Галеев Р.Р., Гаврилец Н.В., Пастухова А.В., Кархардин И.В., Колбина О.Н. Влияние регуляторов роста на урожайность и качество картофеля.	62
Скалозуб О.М. Влияние приемов защиты растений на засоренность и урожайность семян сортов клевера лугового в условиях Приморского края.	73
Юсов В.С., Кирьякова М.Н., Евдокимов М.Г. Исходный материал в селекции яровой твердой пшеницы для условий Западной Сибири.	82

ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

Себежко О.И., Нарожных К.Н., Короткевич О.С., Александрова Д.А., Морозов И.Н. Современные аспекты метаболизма холестерина у крупного рогатого скота.	91
Гутман М.П., Горб Н.Н., Сороколетова В.М. Влияние теплового стресса на качество спермопродукции хряков-производителей разных пород и ее оплодотворяющую способность.	106
Кашковский В.Г., Плахова А.А. Лечение пчелиных семей без лекарств, или зоотехнический метод борьбы с болезнями пчел.	115
Клемешова И.Ю., Реймер В.А., Тарабанова Е.В., Алексеева З.Н. Теоретические основы получения продукции птицеводства статуса «органик».	125
Окунев А.М. Патологические изменения в организме собак при эхинококковой инвазии в Тюменской области.	132
Реймер В.А., Алексеева З.Н., Клемешова И.Ю., Тарабанова Е.В., Ковалев Г.В. Сравнительная оценка эффективности выращивания цыплят-бройлеров кроссов Росс-308 и Иза-Ф-15 в условиях промышленной технологии.	141
Самсонова И.Д., До Ван Тхао. Ресурсы березняков и их продуктивность для медосбора в условиях Ленинградской области.	149
Сторожук С.И., Петухов В.Л., Андреева В.А., Климанова Е.А., Коновалова Т.В., Тарасенко Е.И. Генетическая оценка производителей кулундинской тонкорунной породы овец по качеству потомства. ...	156
Холодова Л.В. Связь воспроизводительной способности с продуктивным долголетием коров.	167
Чучунов В.А., Радзиевский Е.Б., Коноблеи Т.В. Применение муравьиной кислоты для лечения варроатоза пчел при ведении органического животноводства.	175

AGRONOMY

Bukharov A.F., Baleev D.N., Eremina N.A. Dill seed germ development after short-term temperature stress.....	7
Koroleva E.V., Petrov A.F., Chudinova Yu.V. Intraspecific variability of floral and ornamental plants of Onagraceae family and mechanisms of their variety formation.....	18
Kudryavtsev N.A., Zaitseva L.A., Kurbanova Z.K. Ensuring cleanliness and health of flax crops when treated with new pesticides.	43
Oreshnikova O.P., Kozhukhova E.V. Germination energy and germination of different morphotypes of peas when treated with growth stimulant.	53
Petrov A.F., Galeev R.R., Gavrilets N.V., Pastukhova A.V., Karkhardin I.V., Kolbina O.N. Influence of growth regulators on the yield and quality of potatoes.	62
Skalozub O.M. Influence of plant protection methods on weediness and seed yield of meadow clover varieties in Primorskiy region.....	73
Yusov V.S., Kiryakova M.N., Evdokimov M.G. Source material in selection of spring durum wheat for conditions of Western Siberia.....	82

VETERINARY SCIENCE AND LIVESTOCK FARMING

Sebezhko O.I., Narozhnykh K.N., Korotkevich O.S., Alexandrova D. A., Morozov I.N. Contemporary aspects of cholesterol metabolism in cattle.....	91
Gutman M.P., Gorb N.N., Sorokoletova V.M. Influence of heat stress on the quality of sperm production of boars-producers of different breeds and its fertilizing ability.....	106
Kashkovsky V.G., Plakhova A.A. Treatment of bee families without drugs, or a zootechnical method of combating diseases of bees.	115
Klemeshova I.Y., Reimer V.A., Tarabanova E.V., Alekseeva Z.N. Theoretical basis of obtaining poultry products of «organic» status.	125
Okunev A.M. Pathological changes in dogs with echinococcal infestation in the Tyumen region.	132
Reimer V.A., Alekseeva Z.N., Klemeshova I.U., Tarabanova E.V., Kovalev G.V. The comparative assessment of the effectiveness of growing broiler chickens Ross-308 and Iza-F-15 under industrial technology.	141
Samsonova I.D., Do Van Thao. Resources of birch trees and their productivity for honey collection in conditions of the Leningrad region.	149
Storozhuk S.I., Petukhov V.L., Andreeva V.A., Klimanova E.A., Konovalova T.V., Tarasenko E.I. Genetic evaluation of producers of Kulunda fine-wool sheep breed by the quality of progeny.....	156
Kholodova L.V. Relationship between reproductive capacity and productive longevity of cow.	167
Chuchunov V.A., Radzievsky E.B., Konoblei T.V. The application of formic acid to treat varroaosis in bees in organic animal husbandry.	175

АГРОНОМИЯ

УДК 581.16: 635-153

DOI:10.31677/2072-6724-2021-59-2-7-17

РАЗВИТИЕ ЗАРОДЫША СЕМЯН УКРОПА ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ
КРАТКОВРЕМЕННОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО СТРЕССА¹А.Ф. Бухаров, доктор сельскохозяйственных наук, главный
научный сотрудник^{1,2}Д.Н. Балеев, кандидат сельскохозяйственных наук,
ведущий научный сотрудник¹Н.А. Еремина, младший научный сотрудник**Ключевые слова:** укроп,
температурный стресс, семя,
зародыш¹Всероссийский научно-исследовательский институт
овощеводства – филиал Федерального государственного
бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства», д. Верея
Раменского района Московской области, Россия²Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений,
Москва, Россия
E-mail: afb56@mail.ru

Реферат. Изложены новые данные о процессах роста зародыша семян укропа, сформированных на первом и втором порядках ветвления после воздействия на них кратковременного теплового стресса (40 °С). Использованы морфометрический метод и анализ роста зародыша семян укропа в динамике. Исследования проводили в 2015-2017 гг. во Всероссийском научно-исследовательском институте овощеводства – филиале ФГБНУ ФНЦО. Объектом исследований служили семена укропа (*Anethum graveolens* L.) сорта Кентавр с первого и второго порядков ветвления. Проращивание семян проводили в термостате. Набухающие семена подвергали воздействию температуры 40 °С в соответствии со схемой опыта: 0 (контроль); 1; 2; 3; 4 и 5 суток. После инкубации семена переносили в стандартные условия (температура 20 °С) и проращивали в чашках Петри на фильтровальной бумаге без доступа света в течение 21 суток. Размер зародыша измеряли с использованием программного обеспечения для анализа изображений. Определяли критическую длину зародыша и степень его недоразвития, рассчитывали отношение длины зародыша к длине эндосперма ($I_{з/э}$). Для построения кривой роста зародыша использовали лог-логистическую регрессию с четырьмя параметрами: b , c , d , e . Взаимосвязь между параметрами оценивали с использованием корреляционного анализа Пирсона. Различия считали статистически значимыми при $P \leq 0,05$. Выявлена продолжительность действия температуры, которая оказывает ингибирующее действие на рост зародыша, скорость прорастания, количество проросших семян. Установлено, что зародыши семян, полученных с разных порядков ветвления, имеют разные размеры и обладают разной интенсивностью роста в стрессовых и стандартных условиях. Показано, что эффект кратковременного температурного (40 °С) воздействия на рост зародыша зависит от порядка ветвления и что зародыши семян второго порядка ветвления более чувствительны к действию

высокой температуры. Выявлено, что морфометрические параметры зародыша играют ключевую роль в способности семян укропа противостоять действию температурного стрессора в процессе прорастания.

DILL SEED GERM DEVELOPMENT AFTER EXPOSURE TO SHORT-TERM TEMPERATURE STRESS

¹A.F. Bukharov, Doctor of Agricultural Sciences, Chief Scientific Officer

²D.N. Baleev, PhD in Agricultural Sciences, Leading Researcher

¹N.A. Eremina, Junior Researcher

¹All-Russian research Institute of Vegetable Growing – Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Centre for Vegetable Growing», Vereya village, Ramensky district, Moscow region, Russia

²Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants, Moscow, Russia

Key words: dill, temperature stress, seed, germ.

Abstract. New data on germ growth processes of dill seeds formed at the first and second branching orders after exposure to short-term heat stress (40 °C) are presented. Morphometric method and analysis of dill seed embryo growth in dynamics were used. The studies were carried out in 2015-2017 at the All-Russian Research Institute of Vegetable Growing, a branch of FSBSI FSCVG. Seeds of dill (Anethum graveolens L.) of the variety Centaurus from the first and second branching orders were the object of research. First, seeds were germinated in a thermostat. Then, swollen roots were exposed to a temperature of 40 °C according to the experiment scheme: 0 (control); 1; 2; 3; 4 and 5 days. After incubation, the seeds were transferred to standard conditions (temperature 20 °C) and germinated in Petri dishes on filter paper without light for 21 days. Germ size was measured using image analysis software. Critical embryo length and degree of underdevelopment were determined, and the ratio of embryo length to endosperm length (I Z/E) was calculated. Logistic regression with four parameters: b, c, d, e., was used to construct a germ growth curve. The relationship between the parameters was assessed using Pearson correlation analysis. The differences were considered statistically significant at $P \leq 0.05$. The duration of temperature action, which has an inhibitory effect on embryo growth, germination rate, the number of germinated seeds, were revealed. It was found that the embryos of seeds obtained from different branching orders have different sizes and have different intensity of growth under stress and standard conditions. It was shown that the effect of brief temperature (40 °C) on embryo growth depends on branching order and that embryos of seeds of the second branching order are more sensitive to high temperature. Morphometric parameters of the source were shown to play a critical role in the ability of dill seeds to resist the effect of temperature stressor during germination.

В условиях экологической нестабильности и высокой вероятности погодных аномалий становится высокоактуальным изучение адаптивной способности растений. Температура представляет собой один из самых значимых факторов, определяющих продуктивность многих сельскохозяйственных культур [1–3] и в том числе у представителей семейства Апиaceae [4]. Воздействию температурного фактора растения могут под-

вергаться на разных стадиях развития, в том числе в период прорастания семян. Принято считать, что температура, превышающая оптимальную на 10–15°C, у большинства растений вызывает стресс, что выражается в сдвиге многих метаболических реакций и физиологических процессов [5–8].

Для представителей семейства Апиaceae характерна разнокачественность семян [9], обусловленная матрикальным фактором [10,

11]. От места формирования семян на растении зависят их морфометрические и посевные качества [12–14]. Рост зародыша в процессе прорастания семян изучен в основном у диких видов *Ariaseae* [15, 16] и значительно меньше у культивируемых форм [17, 18].

Цель исследования – изучить последствие кратковременного, в течение 1–5 суток, температурного (40 °C) стресса на последующий рост зародыша при оптимальных (20 °C) условиях в прорастающих семенах укропа, сформированных на первом и втором порядках ветвления.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в 2015–2017 гг. во Всероссийском научно-исследовательском институте овощеводства – филиале ФГБНУ ФНЦО. Объектом исследований служили семена укропа (*Anethum graveolens* L.) сорта Кентавр, полученные с первого и второго порядков ветвления. Семена собраны с растений, выращенных в открытом грунте по схеме 45×10 см. Уборку проводили на 50-е сутки после начала цветения зонтиков первого порядка. Выборка составляла 30 растений в трехкратной повторности.

Проращивание семян проводили в термостате ТС 1/80 (СКТБ СПУ, Россия). Семена в процессе набухания подвергали воздействию температуры 40°C в соответствии со схемой опыта: 0 (контроль); 1; 2; 3; 4 и 5 суток. После инкубации семена переносили в стандартные (температура 20°C) условия и проращивали в чашках Петри на фильтровальной бумаге без доступа света в течение 21 суток. Для исследования динамики роста зародыша семена раскладывали в чашки Петри на фильтровальную бумагу в четырех повторностях по 10 штук для каждого из 21 суток наблюдений.

Изображения зародыша получали с использованием микроскопа Levenhuk 670T (Levenhuk, США) с объективом ахромат 4×0,1, видеоокуляр ScopeTek DCM 300 MD. Размер зародыша измеряли с ис-

пользованием программного обеспечения для анализа изображений Scope Photo (Image Software V. 3.1.386). Определяли критическую длину зародыша и степень его недоразвития, рассчитывали отношение длины зародыша к длине эндосперма (I3/Э) [19].

Для построения кривой роста зародыша использовали лог-логистическую регрессию с четырьмя параметрами: *b* – наклон кривой роста зародыша; *c* – нижняя точка кривой роста зародыша (соответствует начальной длине зародыша); *d* – верхняя точка кривой роста зародыша (соответствует длине зародыша при максимальном прорастании); *e* – время (сутки), затраченное на 50%-й прирост от максимальной длины зародыша. Все статистические анализы были выполнены в R-версии 3.4.3 [20–22]. Для выявления доли влияния исследуемых факторов на рост зародыша и прорастание семян использовали двухфакторный дисперсионный анализ. Взаимосвязь между параметрами оценивали с использованием корреляционного анализа Пирсона. Различия считали статистически значимыми при $P \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе проведенных исследований было отмечено, что темпы роста зародыша при 40°C были значительно ниже, чем при оптимальной температуре (рис. 1). При 20°C максимальное значение длины зародыша семян из соцветий первого порядка на 5-е сутки составляло 2,30 мм, а при 40°C не превышало 1,15 мм, что в 2,0 раза меньше, чем в оптимальных условиях.

Семена из соцветий второго порядка на 5-е сутки имели еще меньшую длину зародыша – 1,61 мм при 20°C и 0,81 мм при 40°C, что в 2,0 раза меньше. После 5 суток рост зародышей в семенах из соцветий обоих порядков полностью прекратился, что свидетельствует о накоплении (суммировании) негативного эффекта температурного фактора.

Поэтому ответная реакция семян (в том числе различающихся по морфометрическим

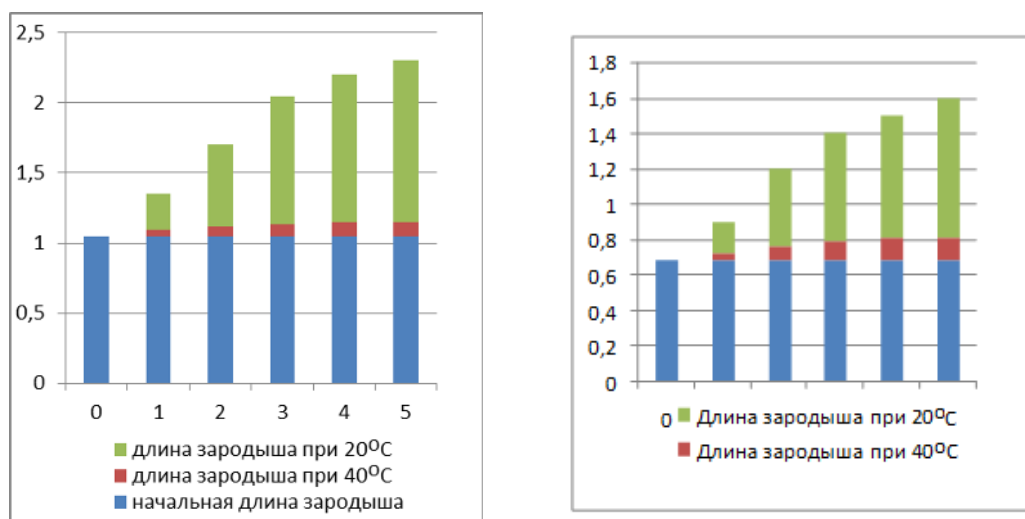


Рис. 1. Динамика роста зародыша семян укропа из соцветий первого (а) и второго (б) порядков ветвления в период кратковременного (1–5 суток) температурного (40°C) стресса и в контроле (20°C)

Growth dynamics of dill seed germination from inflorescences of the first (a) and second (b) branching orders during short-term (1–5 days) temperature (40°C) stress and in control (20°C).

параметрам), получивших краткое дозированное воздействие критической температуры, на последующий возврат в нормальные условия, несомненно, заслуживает подробного изучения.

Семена из соцветий первого порядка изначально имели преимущество по сравнению с семенами второго порядка по начальной длине зародыша – 1,05 и 0,69 мм и значению $I_{3/2}$ – $0,310 \pm 0,005$ и $0,230 \pm 0,003$.

При перенесении семян в оптимальные условия после 1–3 суток инкубации зародыши семян из соцветий первого порядка существенно уступали контролю по темпам роста. При увеличении периода воздействия температуры (40 °C) до 4 – 5 суток зародыши резко снижали прирост, в то время как зародыши в контроле, даже обладая меньшей начальной длиной, росли значительно интенсивнее. Воздействие экстремальной температуры в течение 5 суток приводило к снижению максимальной длины зародыша более чем вдвое по сравнению с контролем (рис. 2).

Семена из соцветий второго порядка реагировали на стресс еще сильнее. Зародыши этих семян уже после 1–2 суток воздействия экстремальной температуры имели минимальный прирост по сравнению с контролем,

а при дальнейшем увеличении периода инкубации рост полностью останавливался.

Следует отметить, что зародыши семян из соцветий второго порядка имели меньшую критическую длину по сравнению с зародышами первого порядка даже в контроле – на $0,50 \pm 0,04$ мм ($P < 0,001$).

После инкубации семян в течение 1 и 2 суток при 40 °C разница в критической длине зародышей семян из соцветий первого и второго порядка ветвления увеличивалась и достигала $0,51 \pm 0,04$ ($P < 0,001$) и $0,71 \pm 0,01$ мм ($P < 0,001$) соответственно (рис. 3). Таким образом, семена из соцветий второго порядка, имея меньшую начальную длину зародыша, прорасти начинали также при меньшей критической длине зародыша как в контроле, так и после воздействия экстремального фактора. Поэтому различия в значениях показателя степени недоразвития зародыша для семян из соцветий первого и второго порядков частично сглаживались, тем не менее преимущество первого порядка сохранялось.

Максимальное время инкубации, после которого в стандартных температурных условиях возможен рост зародыша, необходимый для прорастания, для семян из соцветий первого порядка составляло $5,86 \pm 0,28$ суток, а второго – $3,22 \pm 0,12$. При этом различия су-

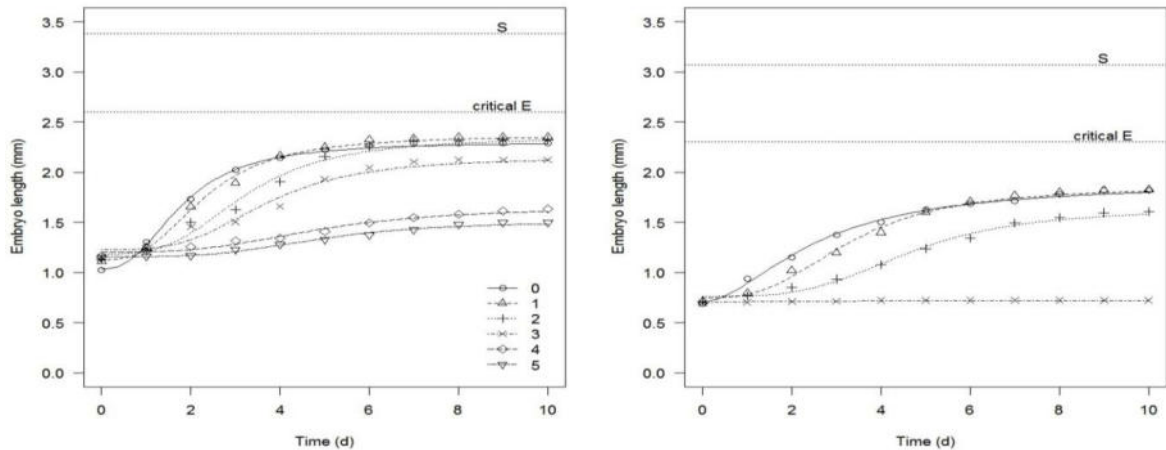


Рис. 2. Кривые роста зародыша в зависимости от длительности воздействия температуры (40°C) и места формирования на материнском растении: а – из соцветий первого порядка ветвления; б – второго порядка

Germ growth curves as a function of the duration of exposure to temperature (40°C) and place of formation on the mother plant: a – from inflorescences of first branching order; b – second order

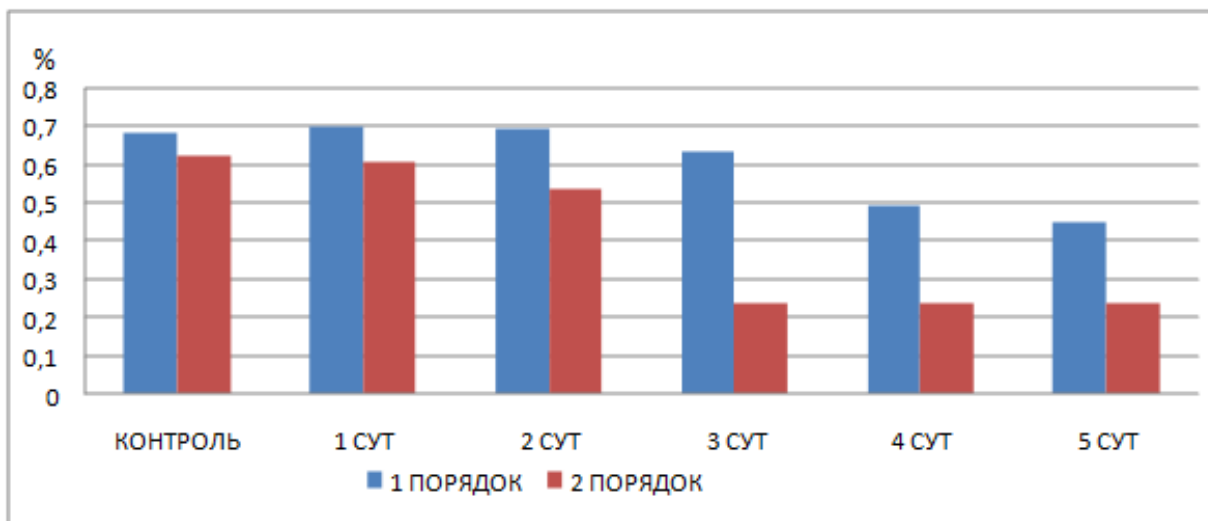


Рис. 3. Влияние продолжительности инкубации семян укропа из соцветий первого и второго порядков ветвления при 40°C на относительную длину зародыша при максимальном прорастании

Effect of incubation duration of dill seeds from inflorescences of the first and second-order of ramification at 40 °C on the relative embryo length at the maximum germination

ществены и составляли $2,63 \pm 0,31$ суток ($P < 0,001$). На графике отчетливо показано падение кривой значений для зародышей семян из соцветий второго порядка после 2 суток инкубации, а первого – после 3 суток.

Показатель T_{50} (время, необходимое для наступления 50 %-го прироста длины зародыша) для семян из соцветий первого порядка имел тенденцию к непрерывному росту – с 1,81 суток в контроле до 4,91 после 4 суток инкубации при 40 °C и незначительное сни-

жение до 4,76 суток после 5 суток инкубации (рис. 4).

Для зародышей семян из соцветий второго порядка отмечена несколько иная закономерность. После пребывания в экстремальных (40° C) условиях в течение 1 – 2 суток с последующим перенесением в оптимальные (20° C) зародыши постепенно увеличивали показатель T_{50} до 4,61 суток по сравнению со значением 2,57 суток в контроле. Затем показатель T_{50} начал стремительно падать и после 5 суток инкубации имел значение 2,0 су-

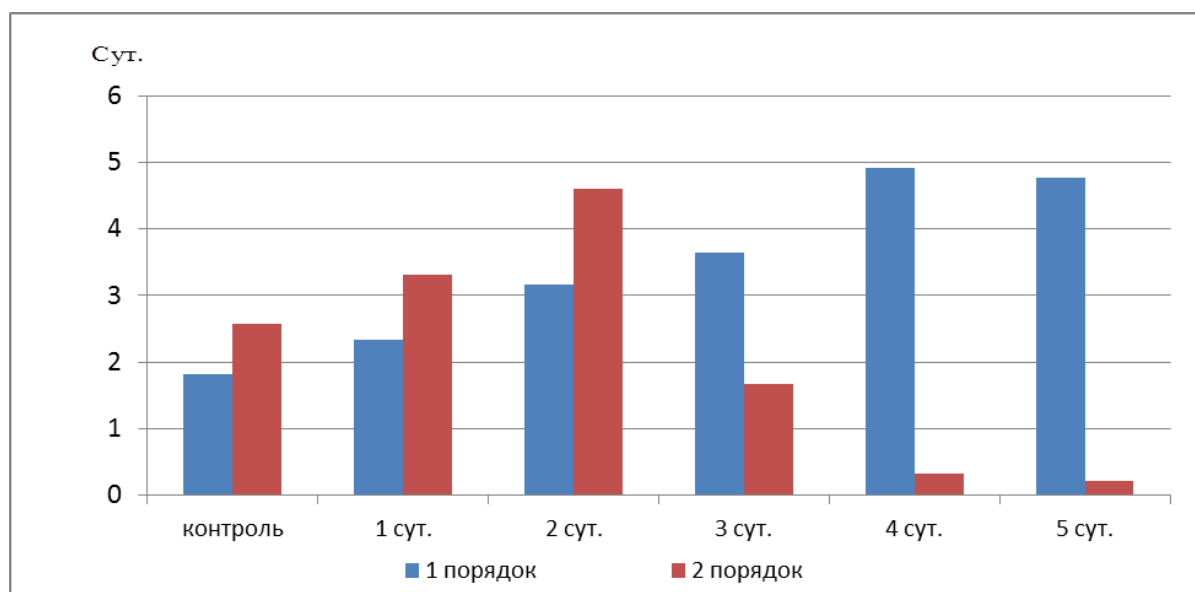


Рис. 4. Влияние продолжительности инкубации семян укропа из соцветий первого и второго порядков ветвления при 40°C на показатель T_{50} (время наступления 50 %-го прироста длины зародыша)

Effect of incubation duration of dill seeds from inflorescences of the first and second branching orders at 40°C on T_{50} (time of onset of 50 % germ length growth).

ток. По-видимому, это связано с явным резко затухающим приростом длины зародыша при увеличении дозы стрессора до критического (блокирующего рост) значения.

Корреляционный анализ взаимосвязи между длиной зародыша при максимальном прорастании партии семян и процентом проросших семян выявил тесную положительную связь ($r=0,976$) ($t=43,19$; $P<0,001$).

Двухфакторный дисперсионный анализ показал существенное влияние фактора места формирования на материнском растении ($F=1456,5$; $P<0,001$), длительности инкубации при температуре 40 °C ($F=489,5$; $P<0,001$) и взаимодействия изучаемых факторов ($F=82,6$; $P<0,001$) на длину зародыша при максимальном прорастании.

Одним из ключевых эндогенных факторов, влияющих на качество семян семейства *Ariaseae*, является морфологическое недоразвитие зародыша, дальнейшее развитие которого происходит уже после отделения семени от материнского растения, в процессе проращивания [15, 22–24]. Известно, что зародыши семян из соцветий разных порядков ветвления отличаются не только по физическому размеру, но и по относительному – индексу $I_{3/3}$ (отношению длины зародыша к длине эн-

досперма) [22]. Еще до начала прорастания индекс $I_{3/3}$ для семян из соцветий первого порядка имел значение $0,310 \pm 0,005$, второго – $0,230 \pm 0,003$. Таким образом, уже на первых этапах проращивания зародыши семян из соцветий первых порядков обладают преимуществом в развитии перед вторым порядком. Кроме того, семена из соцветий первого порядка имеют более крупный эндосперм по сравнению со вторым, а следовательно, запас питательных веществ – потенциальный ресурс для поддержания высокого темпа роста зародыша [25, 26].

При проращивании семян из соцветий первого и второго порядка в оптимальных условиях величина индекса $I_{3/3}$ при максимальном прорастании имеет близкие значения – соответственно $0,690 \pm 0,030$ и $0,610 \pm 0,040$ [18]. Исходя из этого, следует полагать, что семена из соцветий первого порядка ветвления, имея более высокие морфометрические параметры, должны быстрее осуществлять доразвитие зародыша и эффективнее преодолевать температурный стресс. Такие данные о влиянии места формирования семян на их посевные качества, в том числе при повышенной температуре, были получены у моркови [12–14, 25, 26].

Доказано, что белки и ферменты клеток, находящихся в стрессовом состоянии, деградируют и инактивируются. Важнейшим механизмом, обеспечивающим устойчивость к температурному стрессору, является синтез белков теплового шока, которые обеспечивают правильную сборку олигомерных структур, разрушение дефектных макромолекулярных комплексов и последующую их реутилизацию [5, 6, 27]. Под действием температурного стрессора клетки зародыша прекращают размножение, но после возврата благоприятных условий восстанавливают нормальный метаболизм, необходимый для успешного прорастания. При возврате к стандартным температурным условиям такие семена способны прорасти, но для этого им требуется времени больше, чем исходно набухавшим при стандартной температуре. В большинстве случаев действие температуры (40°C) в течение 1–2 суток набухания задерживает рост зародыша и прорастание у семян из соцветий и первого, и второго порядка. Увеличение времени инкубации до 3–5 суток угнетает (ингибирует) рост зародыша семян из соцветий первого порядка. В семенах

из соцветий второго порядка при этих условиях рост зародышей полностью останавливается, и прорастания не происходит, что сопоставимо с индукцией термопокоя [28–30]. По-видимому, кратковременное воздействие температуры 40 °C на набухшие семена связано с подавлением метаболизма, и при возврате к стандартным условиям ростовые процессы зародыша могут быть восстановлены, хотя и с определенной задержкой. Это свидетельствует о наличии высокоэффективной, надежной защиты данного элемента репродуктивной системы [31].

ВЫВОДЫ

1. Степень развития зародыша вследствие матрикальной разнокачественности определяет активность его роста.
2. Менее развитый зародыш семян в соцветиях второго порядка ветвления при прорастании более чувствителен к действию температуры 40 °C.
3. Мофометрические параметры зародыша играют ключевую роль в противостоянии семян укропа действию температурного стрессора в процессе прорастания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Maraghni M., Gorai M., Neffati M. Seed germination at different temperatures and water stress levels, and seedling emergence from different depths of *Ziziphus lotus* // South African Journal of Botany. – 2010. – Vol. 76. – P. 453–459. – doi.org/10.1016/j.sajb.2010.02.092.
2. Wen B. Effects of high temperature and water stress on seed germination of the invasive species *Mexican sunflower* // PLoS One. – 2015. – Vol. 10. – e0141567. – doi.org/10.1371/journal.pone.0141567.
3. Effect of temperature on seed germination in spinach (*Spinacia oleracea*) / J. Chitwood, A. Shi, M. Evans [et al.] // Hort Science. – 2016. – Vol. 51. – P. 1475–1478. – doi.org/10.21273/hortsci11414-16.
4. Nascimento W.M., Huber D.J., Cantliffe D.J. Carrot seed germination and respiration at high temperature in response to seed maturity and priming // Seed Science and Technology. – 2013. – Vol. 41. – P. 164–169. – doi.org/10.15258/sst.2013.41.1.19.
5. Role of plant heat-shock proteins and molecular shaperones in the abiotic stress response / W. Wang, B. Vinocur, O. Shoseyov, A. Altman // Trends in Plant Science. – 2004. – Vol. 9. – P. 244–252. – doi.org/10.1016/j.tplants.2004.03.006.
6. Tariq M., Waseem S., Bilal H.A. An overview on the small heat shock proteins // African Journal of Biotechnology. – 2010. – Vol. 9. – P. 927–949. – doi.org/10.5897/ajb09.006.
7. Балеев Д.Н., Бухаров А.Ф. Специфика прорастания семян овощных зонтичных культур при различных температурных режимах // Овощи России. – 2012. – № 3 (16). – С. 38–46.

8. Балеев Д.Н., Бухаров А.Ф. Долговечность семян овощных зонтичных культур и физиология их прорастания // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. – № 11 (109). – С. 22–25.
9. Балеев Д.Н., Бухаров А.Ф., Бухарова А.Р. Анализ параметров качества семян укропа разной степени зрелости // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2012. – № 2. – С. 5–7.
10. Gray D., Steckel J.R.A. Parsnip (*Pastinaca sativa*) seed production: effects of seed crop plant density, seed position on the mother plant, harvest date and method, and seed grading on embryo and seed size and seedling performance // Annals of Applied Biology. – 1985. – Vol. 107. – P. 559–570. – doi.org/10.1111/j.1744-1748.1985.tb03172.x.
11. Bianco V.V., Damato G., Defilippis R. Umbel position on the mother plant: “seed” yield and quality of seven cultivars of Florence fennel // Acta Horticulturae. – 1994. – Vol. 362. – P. 51–58. – doi.org/10.17660/actahortic.1994.362.5.
12. Szafiroska A.I. The correlation between mother plant architecture, seed quality and field emergence of carrot // Acta Horticulturae. – 1994. – Vol. 354. – P. 93–98. – doi.org/10.17660/actahortic.1994.354.10.
13. Effects of production factors on germination responses of carrot seeds to temperature and oxygen / F. Corbineau, M.A. Picard, A. Bonnet, D. Côme // Seed Science Research. – 1995. – Vol. 5. – P. 129–135. – doi.org/10.1017/s0960258500002749.
14. Panayotov N. Heterogeneity of carrot seeds depending on their position on the mother plant // Folia Horticulturae. – 2010. – Vol. 22. – P. 25–30. – doi.org/10.2478/fhort-2013-0147.
15. Vandeloos F., Bolle N., Van Assche J.A. Morphological and physiological dormancy in seeds of *Aegopodium podagraria* (Apiaceae) broken successively during cold stratification // Seed Science Research. – 2009. – Vol. 19. – P. 115–123. – doi.org/10.1017/s0960258509301075.
16. Scholten M., Donahue J., Shaw N.L., Serpe M.D. Environmental regulation of dormancy loss in seeds of *Lomatium dissectum* (Apiaceae) // Annals of Botany. – 2009. – Vol. 103. – P. 1091–1101. – doi.org/10.1093/aob/mcp038.
17. Holubowicz R., Morozowska M. Effect of umbel position on dill (*Anethum graveolens* L.) plants growing in field stands on selected seed stalk features // Folia Horticulturae. – 2011. – Vol. 23. – P. 157–163. – doi.org/10.2478/v10245-011-0024-3.
18. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Иванова М.И. Морфометрия разнокачественности семян овощных зонтичных культур в процессе формирования и прорастания // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – № 7 (117). – С. 26–32.
19. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Бухарова А.Р. Кинетика прорастания семян. Система методов и параметров: учеб.-метод. пособие. – М.: Изд-во РГАЗУ, 2016. – 64 с.
20. Martin A.C. The comparative internal morphology of seeds // American Midland Naturalist. – 1946. – Vol. 36. – P. 513–660. – doi.org/10.2307/2421457.
21. Stokes P. A physiological study of embryo development in *Heracleum sphondylium* L. I. The effect of temperature on embryo development // Annals of Botany. – 1952. – Vol. 16. – P. 441–447. – doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a083326.
22. Necaieva J., Ievinsh G. Seed dormancy and germination of an endangered coastal plant *Eryngium maritimum* (Apiaceae) // Estonian Journal of Ecology. – 2013. – Vol. 62. – P. 150–161. – doi.org/10.3176/eco.2013.2.06.
23. Грушевицкий И.В. Роль недоразвития зародыша в эволюции цветковых растений // Комаровские чтения. XIV. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1961. – 46 с.
24. Hawkins T.S., Baskin C.C., Baskin J.M. Morphophysiological dormancy in seeds of three eastern North American sanicula species (Apiaceae subf. Saniculoideae): evolutionary implications for

- dormancy break // *Plant Species Biology*. – 2010. – Vol. 25. – P. 103–113. – doi.org/10.1111/j.1442-1984.2010.00273.x.
25. Балеев Д.Н., Бухаров А.Ф. Биология формирования и прорастания семян укропа // *Овощи России*. – 2012. – № 1 (14). – С. 54–59.
 26. Pereira R.S., Nascimento W.M., Vieira J.V. Carrot seed germination and vigor in response to temperature and umbel orders // *Scientia Agricola*. – 2008. – Vol. 65. – P. 145–150. – doi.org/10.1590/s0103-90162008000200006.
 27. *The heat-shock response: regulation and function of heat-shock proteins and molecular chaperones* / R.I. Morimoto, M.P. Kline, D.N. Bimston, J.J. Cotto // *Essays Biochem.* – 1997. – Vol. 32. – P. 17–29. – ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9493008
 28. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н. Температурный стресс и термопокой семян овощных зонтичных культур. Ч. I. Особенности индукции, проявления и преодоления // *Овощи России*. – 2013. – № 2 (19). – С. 36–41.
 29. Балеев Д.Н., Бухаров А.Ф. Аллелопатия овощных зонтичных (Umbelliferae): торможение прорастания и индукция состояния покоя семян. Saarbrücken, Germany, 2012.
 30. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н. Аллелопатическая активность у семян овощных сельдерейных культур // *Сельскохозяйственная биология*. – 2014. – Т. 49, № 1. – С. 86–90.
 31. Батыгина Т.Б. Семязачаток и семя с позиции надежности биологических систем // *Эмбриология цветковых растений. Терминология и концепции*. – СПб.: Мир и семья, 1994. – Т. 1. – С. 263–266.

REFERENCES

1. Maraghni M., Gorai M., Neffati M., *Seed germination at different temperatures and water stress levels, and seedling emergence from different depths of Ziziphus lotus*, South African Journal of Botany, 2010, vol. 76, pp. 453–459. doi.org/10.1016/j.sajb.2010.02.092.
2. Wen B., *Effects of high temperature and water stress on seed germination of the invasive species Mexican sunflower*, PLoS One, 2015, vol. 10, e0141567, doi.org/10.1371/journal.pone.0141567.
3. Chitwood J., Shi A., Evans M. [et al], *Effect of temperature on seed germination in spinach (Spinacia oleracea)*, Hort Science, 2016, vol. 51, pp. 1475–1478, doi.org/10.21273/hortsci11414-16.
4. Nascimento W.M., Huber D.J., Cantliffe D.J., *Carrot seed germination and respiration at high temperature in response to seed maturity and priming*, Seed Science and Technology, 2013, vol. 41, pp. 164–169, doi.org/10.15258/sst.2013.41.1.19.
5. Wang W., Vinocur B., Shoseyov O. [et al], *Role of plant heat-shock proteins and molecular shaperones in the abiotic stress response*, Trends in Plant Science, 2004, vol. 9, pp. 244–252, doi.org/10.1016/j.tplants.2004.03.006.
6. Tariq M., Waseem S., Bilal H.A., *An overview on the small heat shock proteins*, African Journal of Biotechnology, 2010, vol. 9, pp. 927–949, doi.org/10.5897/ajb09.006.
7. Baleev D.N., Bukharov A.F., *Ovoshchi Rossii*, 2012, No. 3 (16), pp. 38–46. (In Russ.)
8. Baleev D.N., Bukharov A.F., *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2013, No. 11 (109), pp. 22–25. (In Russ.)
9. Baleev D.N., Bukharov A.F., Bukharova A.R., *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2012, No. 2, pp. 5–7. (In Russ.)
10. Gray D., Steckel J.R.A., Parsnip (*Pastinaca sativa*) seed production: effects of seed crop plant density, seed position on the mother plant, harvest date and method, and seed grading on embryo and seed size and seedling performance, *Annals of Applied Biology*, 1985, vol. 107, pp. 559–570, doi.org/10.1111/j.1744-1748.1985.tb03172.x.

11. Bianco V.V., Damato G, Defilippis R., Umbel position on the mother plant: «seed» yield and quality of seven cultivars of Florence fennel, *Acta Horticulturae*, 1994, vol. 362, pp. 51–58, doi.org/10.17660/actahortic.1994.362.5.
12. Szafiroska A.I., The correlation between mother plant architecture, seed quality and field emergence of carrot, *Acta Horticulturae*, 1994, vol. 354, pp. 93–98, doi.org/10.17660/actahortic.1994.354.10.
13. Corbineau F., Picard M.A., Bonnet A. [et al], Effects of production factors on germination responses of carrot seeds to temperature and oxygen, *Seed Science Research*, 1995, vol. 5, pp. 129–135, doi.org/10.1017/s0960258500002749.
14. Panayotov N., Heterogeneity of carrot seeds depending on their position on the mother plant, *Folia Horticulturae*, 2010, vol. 22, pp. 25–30, doi.org/10.2478/fhort-2013-0147.
15. Vandeloof F., Bolle N., Van Assche J.A., Morphological and physiological dormancy in seeds of *Aegopodium podagraria* (Apiaceae) broken successively during cold stratification, *Seed Science Research*, 2009, vol. 19, pp. 115–123, doi.org/10.1017/s0960258509301075.
16. Scholten M., Donahue J., Shaw N.L. [et al], Environmental regulation of dormancy loss in seeds of *Lomatium dissectum* (Apiaceae), *Annals of Botany*, 2009, vol. 103, pp. 1091–1101, doi.org/10.1093/aob/mcp038.
17. Holubowicz R. Morozowska M., Effect of umbel position on dill (*Anethum graveolens* L.) plants growing in field stands on selected seed stalk features, *Folia Horticulturae*, 2011, vol. 23, pp. 157–163, doi.org/10.2478/v10245-011-0024-3.
18. Bukharov A.F., Baleev D.N., Ivanova M.I., *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2014, No. 7 (117), pp. 26–32. (In Russ.)
19. Bukharov A.F., Baleev D.N., Bukharova A.R., *Kinetika prorastaniya semyan. Sistema metodov i parametrov* (Kinetics of seed germination. System of methods and parameters). Moscow: RGAZU, 2016, 64 p.
20. Martin A.C., The comparative internal morphology of seeds, *American Midland Naturalist*, 1946, vol. 36, pp. 513–660, doi.org/10.2307/2421457.
21. Stokes P.A, Physiological study of embryo development in *Heracleum sphondylium* L. I. The effect of temperature on embryo development, *Annals of Botany*, 1952, vol. 16, pp. 441–447, doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a083326.
22. Necajeva J., Ievinsh G., Seed dormancy and germination of an endangered coastal plant *Eryngium maritimum* (Apiaceae), *Estonian Journal of Ecology*, 2013, vol. 62, pp. 150–161, doi.org/10.3176/eco.2013.2.06.
23. Grushvitskii I.V., *Komarovskie chteniya. XIV*, Moscow, Leningrad: Izdatel'stvo AN SSSR, 1961 – 46 p. (In Russ.)
24. Hawkins T.S., Baskin C.C., Baskin J.M., Morphophysiological dormancy in seeds of three eastern North American sanicula species (Apiaceae subf. Saniculoideae): evolutionary implications for dormancy break, *Plant Species Biology*, 2010, vol. 25, pp. 103–113, doi.org/10.1111/j.1442-1984.2010.00273.x.
25. Baleev D.N., Bukharov A.F., *Ovoshchi Rossi*, 2012, No. 1 (14), pp. 54 – 59. (In Russ.)
26. Pereira R.S., Nascimento W.M., Vieira J.V., Carrot seed germination and vigor in response to temperature and umbel orders, *Scientia Agricola*, 2008, vol. 65, pp. 145–150, doi.org/10.1590/s0103-90162008000200006.
27. Morimoto R.I., Kline M.P., Bimston D.N. [et al], The heat-shock response: regulation and function of heat-shock proteins and molecular chaperones, *Essays Biochem*, 1997, vol. 32, pp. 17–29, ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9493008.
28. Bukharov A.F., Baleev D.N., *Ovoshchi Rossii*, 2013, No. 2 (19), pp. 36–41. (In Russ.)

29. Baleev D.N., Bukharov A.F., *Allelopatiya ovoshchnykh zontichnykh (Umberliferae): tormozhenie prorastaniya i induktsiya sostoyaniya pokoya semyan* (Allelopathy of vegetable umbrellas (UmberlifeRee): germination braking and induction of seed rest), Saarbrucken, Germany, 2012.
30. Bukharov A.F., Baleev D.N., *Allelopaticheskaya aktivnost' u semyan ovoshchnykh sel'dereinykh kul'tur*, Sel'skokhozyaistvennaya biologiya, 2014, T. 49, № 1, pp. 86–90. (In Russ.)
31. Batygina T.B., *Embriologiya tsvetkovykh rastenii. Terminologiya i kontseptsii*, SPb.: Mir i sem'ya, 1994, T.1, pp. 263 – 266. (In Russ.)

**ВНУТРИВИДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЦВЕТОЧНО-ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЙ
СЕМЕЙСТВА ONAGRACEAE И МЕХАНИЗМЫ ИХ СОРТООБРАЗОВАНИЯ**¹Е.В. Королева, соискатель¹А.Ф. Петров, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент^{2,3}Ю.В. Чудинова, доктор биологических наук, доцент¹Новосибирский государственный аграрный
университет, Новосибирск, Россия²Томский сельскохозяйственный институт – филиал
ФГБОУ ВО³Сибирский научно-исследовательский институт
сельского хозяйства и торфа - филиал ФГБУН
Сибирский федеральный научный центр
агробиотехнологий РАН, Томск, Россия

E-mail: coroleva-nsk@yandex.ru

Ключевые слова: цветочно-декоративные растения, род, вид, подвид, гибрид, форма, популяция, наследование, признак, генотип, аллель, таксономия, Onagraceae, *Clarkia*, *Godetia*, селекция, система пигментации

Реферат. Настоящий обзор посвящен проблемам внутривидовой изменчивости цветочно-декоративных растений рода *Clarkia* Purch. семейства Onagraceae и уточнению систематического статуса интродуцированных в Новосибирск видов *Godetia*. Виды кларкии из секций *Godetia* и *Rhodantos* отличаются особой красотой и продолжительностью цветения. Для отбора перспективных форм и создания местных сортов, включенных в основной ассортимент цветочных культур для климатических условий Западной Сибири, а также внедрения их в городское озеленение необходимо всестороннее изучение влияния условий внешней среды на генетические особенности популяций, декоративные качества, биологию цветения, морфогенез, органогенез, семенную продуктивность и качество семян, агротехнику выращивания вышеуказанных видов кларкии. В статье рассматриваются таксономические маркеры, значимые для определения систематического положения видов *Clarkia* из секций *Godetia* и *Rhodantos* в семействе Onagraceae. Изложены экспериментальные данные генетического и цитологического анализов, проведенных зарубежными учеными за последние 100 лет, которые дают представление о морфологической, кариологической характеристике и генетической изменчивости у различных видов в секции *Godetia*. Установлены механизмы наследования признака окраски цветков и многочисленных вариаций положения пятна на лепестках разных видов кларкии. Формирование перечня генов, отвечающих за систему пигментации рода *Clarkia*, местоположение и размер карминового пятна, позволит вести направленный отбор по качественным признакам. Изучение картины многофакторного наследования признаков габитуса и формы цветка среди подвидов *C. atropa* способствует отбору наиболее декоративных гибридных форм (сортотипов) в качестве исходного материала. В заключение приводится краткий обзор перспективных видов рода *Clarkia* из секции *Godetia* и *Rhodantos* для декоративного растениеводства и селекции.

INTRASPECIFIC VARIATION IN FLORAL AND ORNAMENTAL PLANTS OF THE ONAGRACEAE FAMILY AND MECHANISMS OF VARIETAL DEVELOPMENT

¹E.V. Koroleva, Researcher

¹A.F. Petrov, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor

^{2,3}Yu.V. Chudinova, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor

¹Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

²Tomsk Agricultural Institute - Branch of Novosibirsk State Agrarian University, Tomsk, Russia

³Siberian Research Institute of Agriculture and Peat - Branch of Siberian Federal Research Center of Agrobiotechnology RAS, Tomsk, Russia

Key words: ornamental plants, genus, species, subspecies, hybrid, form, population, inheritance, trait, genotype, allele, taxonomy, Onagraceae, Clarkia, Godetia, breeding, pigmentation system.

Abstract. *The present review is devoted to intraspecific variability of floral and ornamental plants of the genus Clarkia purch. Family Onagraceae and clarification of the systematic status of the Godetia species introduced into Novosibirsk. Clarkia species from the Godetia and Rhodantos sections are noted for their particular beauty and duration of flowering. A comprehensive study of the influence of environmental conditions on genetic features of populations, ornamental qualities, flowering biology, morphogenesis, organogenesis, seed production and seed quality, agrotechnology's of growing the above species of Clarkia, for selecting suitable forms and creating local varieties included in the basic assortment of flower crops for climatic conditions of Western Siberia as well as their introduction into urban gardening is necessary. The article discusses taxonomic markers important for determining the systematic position of Clarkia species from Godetia and Rhodantos sections in the family Onagraceae. Experimental data of genetic and cytological analyses carried out by foreign scientists for the last 100 years are presented, which give an idea of morphological, karyological characteristics and genetic variability in various species in the Godetia section. The mechanisms of inheritance of the flower colour trait and numerous variations in the position of the spot on the petals of different clarkia species have been established. Formation of the list of genes responsible for the Clarkia pigmentation system, location and size of the carmine spot will allow targeted selection for qualitative traits. The study of the pattern of multifactorial inheritance of habitus and flower shape traits among C. amoena subspecies contributes to the passage of the most decorative hybrid forms (varieties) as the starting material. In conclusion, a brief overview of promising species of the genus Clarkia from the Godetia and Rhodantos sections for ornamental plant breeding and selection is given.*

Экономическое и социальное развитие города Новосибирска и Новосибирской области обуславливает строительство новых объектов инфраструктуры и увеличивает потребность в зеленых зонах, особенно в центре мегаполиса. Благоустройство и развитие новых рекреационных объектов: садов, парков и скверов – ведет к увеличению площадей под цветочное оформление, которое неотъемлемо связано с повышением качества и расширением ассортимента цветочных культур, устойчивых к местным природно-климатическим условиям.

Декоративные растения широко используются для озеленения. Значительное место в цветочных оформлениях отводится красивоцветущим однолетним растениям (летникам), которые отличаются продолжительным цветением, разнообразными габитусом куста, строением и окраской соцветий и цветков. Поэтому экономически выгодно производство собственных семян перспективных летников, обладающих высокими сортовыми и посевными качествами, соответствующими почвенно-климатическим условиям Западной Сибири.

Представители семейства Onagraceae Juss. – однолетние декоративные красивоцветущие растения *Clarkia amoena* (Lehm.) Nels & Macbr. и *C. purpurea* (Curtis) Nels & Macbr. – выделяются продолжительным цветением, высокими декоративными качествами куста и цветков и способностью выдерживать пониженные температуры и заморозки, что дает возможность выращивания в цветниках без рассады – посевом семян в грунт. Данные виды растений из рода *Clarkia* Purch. практически не встречаются в озеленении Новосибирска и заслуживают большего распространения в нашем регионе, чем в настоящее время.

Для обновления регионального сортимента иммунными и толерантными сортами цветочных культур, не теряющими своей декоративности при интродукции и адаптированными к развитию в природно-климатической зоне рискованного земледелия, необходимо изучать мировой генетический потенциал цветочно-декоративных растений и создавать собственный банк исходного материала для селекции и элитного семеноводства, а также разработки эффективных технологий возделывания и сохранения биоразнообразия растений.

В литературе по цветоводству встречаются различные мнения о систематическом положении видов и подвидов кларкий, таких как *Clarkia amoena* (Lehm.) Nels & Macbr., которая чаще упоминается как годеция прелестная *Godetia amoena* (Lehm.) G. Don, и кларкия пурпурная *C. purpurea* (Curtis) Nels & Macbr. – синоним *Godetia purpurea* Nels & Macbr.

Цель исследования – уточнение систематического статуса вышеуказанных видов растений и сравнительное изучение закономерностей внутривидовой изменчивости и наследования хозяйственно-ценных признаков декоративных однолетних видов растений рода *Clarkia* семейства Onagraceae по результатам генетического и цитологического анализов, проведенных зарубежными учеными за последние 100 лет для совершенствования методов и технологий селекционного процесса, выведения новых местных сортов

и гибридов, получения высокосортного семенного материала, устойчивого к резко-континентальному климату лесостепи Западной Сибири, а также сохранения биоразнообразия растений.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В Новосибирск однолетние декоративные растения рода *Clarkia* Purch. из семейства килейные Onagraceae Juss. попали благодаря международной системе обмена семенами. Интродукционные исследования проводились в 1986–2006 гг. на базе ЦСБС СО РАН и с 2011 г. по настоящее время на базе Новосибирского государственного аграрного университета. Объектами для исследований послужили образцы однолетних красивоцветущих растений: годеции прелестной *Godetia amoena* (Lehm.) G. Don, полученной из ГБС СО РАН (г. Москва), и годеции пурпурной *Godetia purpurea* G. Don, полученной в 2000 г. по делектусу из румынского ботанического сада Grădina Botanică Alexandru Borza a Universității Cluj-Napoca Румынии (рис. 1).

Морфологическое строение растений этих двух видов очень похоже, хотя и имеются существенные различия по длине главного стебля и соцветия, габитусу, степени ветвления побегов, размеру и цвету листьев, окраске, строению и размеру цветков, а также степени раскрытия плодов-коробочек и биологии цветения. С вышеуказанными видами с 2011 г. ведется селекционная работа на базе Новосибирского государственного аграрного университета и продолжаются исследования по изучению влияния окружающей среды на генетические особенности популяций, биологию цветения, морфогенез, органогенез, семенную продуктивность, качество семян и агротехнику данных перспективных видов декоративных цветочных растений для внедрения их в зеленое строительство, так как эти виды отличаются холодоустойчивостью и продолжительным периодом цветения.

Данная часть нашей научно-исследовательской работы включает определение си-



Рис. 1. Объекты исследования: 1– *C. amoena* (Lehm.) Nels & Macbr.; 2 – *C. purpurea* (Curtis) Nels & Macbr.
Фото: Е.В. Королева, Новосибирск, 2020 г.

Subjects: 1– *C. amoena* (Lehm.) Nels & Macbr.; 2 – *C. purpurea* (Curtis) Nels & Macbr.
Photo: E. V. Koroleva, Novosibirsk, 2020

стематического статуса *Godetia*, изучение литературных данных о сравнительных морфологических, биоэкологических, цитологических и генетических характеристиках видов и подвидов декоративных растений рода *Clarkia* и сравнительном изучении особенностей наследования и изменчивости основных декоративных признаков (окраска и форма цветка/соцветия).

Настоящий обзор посвящен проблемам внутривидовой изменчивости цветочно-декоративных растений рода *Clarkia* Purch. семейства Onagraceae.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Систематическое положение рода кларкия – *Clarkia* Purch. Н. Lewis [1] определил, что *Clarkia* – это род однолетних декоративно-цветущих растений, эндемичных для западной части Северной Америки с умеренным климатом. Все виды обитают отдельными

колониями разного размера от нескольких сотен до нескольких тысяч особей. Колонии обычно существуют много лет (до 20) и возобновляются на том же месте.

Род назван в честь капитана Уильяма Кларка из экспедиции Льюиса и Кларка 1804–1806 гг.

Уточнение систематического положения *Godetia*. P.A. Munz, A. Philip, C.L. Hitchcock [2, 3] и W.L. Jepson [4] выделяли два рода: *Clarkia* и *Godetia*, основываясь на форме лепестков.

В 1908 г. W.L. Jepson [4] опубликовал в Ботанической газете, что *Godetia* – это североамериканский род, который обитает на тихоокеанском побережье и представлен в основном в Калифорнии. Он описал разные типы встречающихся видов и межвидовых гибридов данного рода и их географическое распространение, определил 17 разновидностей, относящихся к двум группам: *Amoena* – группа, состоящая из рыхлых, разветвленных

форм со стелющимися стеблями; и *Purpurea* – группа, состоящая из узкопирамидальных форм с прямостоячими стеблями. Им были выделены 5 новых видов, 15 новых разновидностей, 6 новых форм и 3 новых комбинации.

В России и некоторых странах Западной Европы род *годеция* упоминается как самостоятельная систематическая единица, в цветоводстве распространены сорта двух видов: *годеции* прелестной (*G. amoena* (Lehm.) G. Don.) и *годеции* крупноцветковой (*G. grandiflora* Lindl. (syn. *G. whitneyi* A. Gray; *G. hybrida* Hort.), оба родом из Калифорнии [5]. О.М. Полетико и А.П. Мишенкова [6] считают *G. whitneyi* синонимом *G. grandiflora*. В Англии и Испании род известен под общим

в один общий – *Clarkia*, при этом отмечалось, что *C. rhomboidea* Douglas ex Hock является переходным видом, а другой вид – *C. biloba* (Durand) A. Nelson & J.F. Macbr. (рис. 1) является одним из связующих звеньев между ними и способен скрещиваться с *C. elegans* (синоним *C. unguiculata* H.F. Lewis & M.R. Lewis).

В своих работах Н. Lewis, M.E. Lewis [10], Н. Lewis, M.R. Roberts [11] и В. Грант [12] подтвердили, что вероятное направление эволюции видов рода *Clarkia* (Onagraceae) на тихоокеанском побережье Северной Америки идет от мезофильных форм, приспособленных к климату с умеренной влажностью, до ксерофитов. Предковый вид, оби-

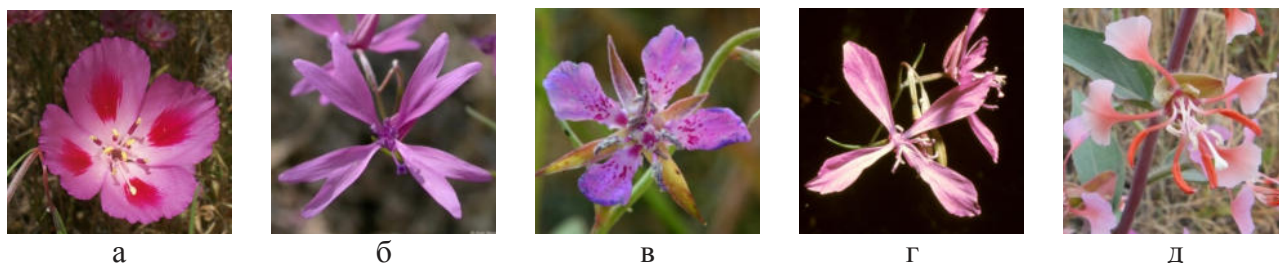


Рис. 2. Виды *Clarkia* Purch. а – *C. amoena*; б – *C. biloba*; в – *C. rhomboidea*; г – *Clarkia lingulata*; д – *C. unguiculata*. Фото: CalPhotos is a project of BNHM University of California, Berkeley
Species of *Clarkia* Purch: а – *C. amoena*; б – *C. biloba*; в – *C. rhomboidea*; д – *Clarkia lingulata*; е – *C. unguiculata*. Photo: CalPhotos - Project BNHM, University of California, Berkeley.

названием *Godetia*, во Франции встречается как *Godétie*, в Германии распространены два названия: *Atlasblume* и *Godetie* [7].

Немецкий ученый F.E. Grosse [8] в работе «Сравнительная анатомия семейства Onagraceae» к роду *Clarkia* Purch относил три вида: *C. pulchella* Pursh, *C. elegans* Douglas, *C. integripetala* (во Флоре Калифорнии такой вид отсутствует), а к роду *Godetia* – шесть видов: *G. wilddenowiana* Spach (синоним *Clarkia purpurea* subsp. *purpurea*), *G. romanzoffii* (синоним *Clarkia romanzovii* (Ledeb. E x Hornem.) A. Nelson & J.F. Macbr.), *G. lepida* (*Clarkia purpurea* subsp. *viminea* (Douglas) H.F. Lewis & M.R. Lewis), *G. amabilis*, *G. chumini* (во Флоре Калифорнии эти виды отсутствуют), *G. grandiflora* (синоним *Clarkia amoena* subsp. *lindleyi* (Douglas) H.F. Lewis & M.R. Lewis).

По предложению А. Nelson и J.F. Macbride [9] роды *годеция* и *кларкия* были объединены

тавший в умеренно влажных местах, был близок к современным видам *C. amoena* или *C. rubicunda* (Lindl) H.F. Lewis & M.R. Lewis. Промежуточная стадия в этом ряду представлена ныне живущим видом *C. biloba*, а конечная ксерофитная стадия — видом *C. lingulata*. Переход от *C. biloba* к *C. unguiculata* произошел в результате квантового видообразования. *C. lingulata* H.F. Lewis & M.R. Lewis эволюционировала сравнительно недавно из *C. biloba*.

Во Флоре Калифорнии в числе 12 родов семейства Onagraceae род *Godetia* как самостоятельный не числится: он считается синонимом рода *Clarkia* Purch. [13, 14].

По классификациям, представленным во Флоре Калифорнии [13] и руководстве Джепсона «Высшие растения Калифорнии» [14], нами изучались кларкия прелестная *C. amoena* (Lehm.) Nels & Macbr., синонимом которой является *годеция* прелестная

G. amoena G. Don, и кларкия пурпурная *C. purpurea* (Curtis) Nels & Macbr. – синоним *G. purpurea* Nels & Macbr., которая относится к мелкоцветковой годееции.

Однако мы будем использовать общепринятое научное название рода – *Clarkia*, оставив эти синонимы как ссылки на устаревшие тексты или базы знаний.

Описание *Clarkia amoena* (Lehm) Nekt & Macbr. – *Godetia amoena* G. Don. [13]

Растения прямые или раскидистые, большей частью 30–100 см высотой, сверху короткоопушенные с направленными вверх закрученными волосками; листья ланцетовидные, 1–6 см длиной, 0,4–1,5 см шириной, на черешках 0,6 см длиной; соцветие с прямой осью; цветки – скрученные, почти прямые, трубка венчика 6–10 мм длиной с кольцом волосков ниже середины; чашелистики ланцетовидные, большей частью 1,5–2,5 см длиной, соединенные и повернутые в сторону пыльников; лепестки бокоцветковые до воронковидных, 2–3,5 см длиной, розовые или светло-лиловые до белых сверху, часто розовые или пятнистые в центре, ярко-красные; цветки от белых до светло-лиловых, пыльники заостренные – от лиловых до желтых или с оттенком красного; сформировавшийся столбик выносит вверх тычинки; молодая завязь (капсула) 4-бороздчатая, слабая, немного утолщенная в середине, достигает 2–5 см длины, субцилиндрическая; семена коричневатые, чешуйчатые, приблизительно 1,5 мм длиной, гребешок едва 0,1 мм длиной; хромосом 7 (Hakansson). Места обитания: склоны и обрывы вблизи моря; северный береговой кустарник, береговой луг и т.д. Цветет в июне – августе.

Описание *Clarkia purpurea* (Curtis) A. Nelson & J.F. Macbr. [13].

Стебель – от лежачего до прямостоячего, менее 1 м, от голого до короткоопушенного, сизый. Листья: черешки 0–2 мм, листовая пластина 1,5–7 см, линейная или узкопродовговатая до эллиптической или яйцевидной. Соцветие: ось в бутоне прямая; бутоны прямостоячие. Цветки: гипантий 2–10 мм, без заметных жилок; чашелистики остаются срос-

шимися в две части или все освобождаются; венчик чашеобразный, лепестки веерообразные, обратнойцевидные или эллиптические, от бледно-розового до пурпурного или темно-вишнево-красного цвета, часто с красным или пурпурным пятном, расположенным ближе к центру или дистально; тычинок 8, пыльники одинаковые; завязь 8-бороздчатая. Плоды длиной 1–3 см. Число хромосом – 26.

Подвиды широко интегрируют.

Виды, формы и гибриды. Кроме естественных форм, у кларкии имеются многочисленные садовые сорта, которые, за отдельными исключениями, все принадлежат к группе *Amoena*.

G. Hiorth [15] первый разделил виды *Godetia* на 7 различных групп, принимая во внимание цитологические данные. Нас интересует только группа *Амоена*, которая поставила почти все садовые формы кларкии. Эти садовые формы G. Hiorth разделил на два типа, которые можно отнести к видам *G. amoena* (Lehm.) A. Nelson & J.F. Macbr. и *G. whitneyi* (A.Gray) T. Moore. Только коробочки *whitneyi*-типа, как правило, не типично восьмижилковые, как должны быть у греевского вида, а четырехгранные или имеют четыре глубоких и четыре неглубоких бороздки. Неглубокие (плоские) бороздки у разнообразных садовых форм и индивидуально очень сильно различаются по степени развития: чем они сильнее развиты, тем больше производят впечатление ребер.

В 20–40-е гг. XX столетия сразу несколько исследователей: G. Hiorth [15, 16], H. Rasmuson [17], R.J. Chittenden [18] провели работы по межвидовым и межродовым скрещиваниям годееции. Гибриды были получены от скрещивания *G. amoena* и *G. whitneyi*, с другими видами гибридов не получилось.

По результатам скрещивания между различными естественными и культивируемыми формами годееций группы *Амоена* G. Hiorth [15] сделал выводы, что существует четко ограниченная группа видов секции *G. amoena*, которая ни с одной другой секцией этого рода не может смешиваться. Как важнейшую характеристику для этой группы



Рис. 3. Виды кларкии группы Amoena по G. Hiorth, 1941: а – *G. nutans* (*Clarkia gracilis*); б – *G. amoena*; в – *G. whitneyi*; Фото с сайта: <https://naturalhistory2.si.edu/botany/onagraceae/>
Species of the Amoena clarkia group according to G. Hiorth, 1941: а – *G. nutans* (*Clarkia gracilis*); б – *G. amoena*; в – *G. whitneyi*; Photo from: <https://naturalhistory2.si.edu/botany/onagraceae/>

он рассматривал плод – четырехреберную коробочку. Принадлежность к этой группе можно определить по отдельной коробочке в закрытом состоянии. Эта группа вполне соответствует хичкоковскому виду *G. amoena*.

G. Hiorth [15] разделил группу *Amoena* на 3 вида (рис. 3): *G. nutans* (название вида недействительно) – синоним *Clarkia gracilis* (Piper) A. Nelson & J.F. Macbr. (бутон понижающийся, созревшая коробочка не очень открыта), *G. amoena* (бутон прямой вертикальный, преобладающая характеристика цветка – базальное пятно у основания лепестка), *G. whitneyi* (господствующий рисунок цветка – центральное пятно на лепестке и никогда не встречается базальное, созревшая коробочка открывается более-менее широко или остается закрытой).

Местоположение вышеупомянутых видов основывается, прежде всего, на изучении стерильности пыльцы и зародыша у гибридов. Гибриды между формами с прямыми и понижающимися бутонами всегда в высокой степени стерильны. Благодаря географической изоляции, формы южнее морской бухты Золотая Корма у Сан-Франциско (*G. amoena*) разделили с формами севернее от нее (*G. whitneyi*). Вследствие большого сходства этих двух видов и большой вариабельности северного вида для определения их полезно знать следующие различия.

Базальное пятно, т. е. маленькое пятно прямо у основания лепестков, является го-

сподствующей характеристикой цветка растений, обитающих южнее от Золотой кормы.

Центральное пятно у цветков преобладает в популяциях, распространенных севернее от Золотой Кормы. Во всей области распространения видов группы *Amoena* в различной частоте встречаются индивидуумы без всякого пятна.

Нужно принимать во внимание, что естественные популяции растений группы *Amoena* могли дать садовые формы с центральным пятном.

У *G. nutans* в природе встречаются двоякие типы пятен, конечно, у пространственно изолированных друг от друга популяций.

G. whitneyi, как правило, имеет полосатые (штриховатые) цветки. Большая часть лепестка или весь лепесток белый или относительно светло заштрихованный. Эти полосы образуют часто переходную зону между белым основанием и относительно темным дистальным краем. Полосатые цветки господствуют у северных рас, распространенных у южной границы залива Гумбольдта. Полосатость цветков отсутствует у южных витнеевских рас по соседству от Золотой Кормы, которые вместо беловатого основания, напротив, часто имеют основание относительно темное, из-за чего складывается впечатление наличия на лепестках базального пятна. Расы, распространенные южнее Золотой Кормы, имеют блестящие красные пыльники с насыщенным желтым кончиком, а расы, находящиеся се-

вернее от бухты, характеризуются менее насыщенной окраской пыльников.

Садовые сорта *whitneyi*-типа имеют фертильные гибриды с естественными формами севернее от Золотой Кормы, садовые формы *amoena*-типа – с таковыми, обитающими южнее от Золотой Кормы. Исходя из этого положения G. Hiorth определил северный вид как *G. whitneyi*, а южный – как *G. amoena*.

В то время как садовые сорта группы *Amoena* имеют очень большое сходство с дикими *amoena*-расами, садовые сорта *G. whitneyi* габитусом заметно различаются со всеми дикими *whitneyi*-расами. Это может свидетельствовать о том, что садовые сорта группы *Whitneyi* произошли от естественных локальных рас, отличительные особенности которых частично были усилены благодаря отбору при селекции.

Виды группы *G. amoena* живут в колониях, насчитывающих от 1000 до сотни тысяч особей, как правило, пространственно изолированных от соседних колоний. Во время цветения такие колонии благодаря размеру и окраске цветков сильно бросаются в глаза. После отцветания эти колонии трудно обнаружить, особенно если число их небольшое. Большинство рас вдоль западного побережья Северной Америки в полосе шириной 50–100 км цветет значительно позднее, чем

на восточном. G. Hiorth [16] выделил семь известных форм вида *G. amoena*.

В настоящее время в таксономии рода кларкии *G. whitneyi* относится к подвиду *Clarkia amoena* subsp. *whitneyi* (A.Gray) H.F.Lewis & M.R. Lewis, по сообщениям, в природе осталась только одна дикая популяция.

Цитогенетические исследования рода *Clarkia* Purch. По мнению V.S. Ford и L.D. Gotlieb [19], род *Clarkia*, состоящий из 42 однолетних видов, в основном произрастающих в Калифорнии, послужил моделью для многих исследований эволюционной биологии растений, особенно морфологических, цитологических и генетических расхождений.

Генетическая изменчивость и цитология рода *Clarkia* интенсивно исследовалась в начале XX столетия. По данным А. Nakansson [20], R.J. Chittenden [18], виды секции *Godetia* очень вариабильны по числу, размеру и форме хромосом. А. Nakansson отметил, что *G. amoena* и *G. whitneyi* образуют естественную группу: имеют 7 гаплоидных хромосом, свободно скрещиваются между собой, хотя полученные гибриды стерильны. Пыльцевые зерна с числом хромосом менее 7 погибают в первую очередь. Фертильные пыльцевые зерна у гибридов могут быть, если в пол-



Рис. 4. Группа видов *Clarkia*, схожих по типу рыльца: а – *C. bottae*; б – *C. tenella*; в – *C. purpurea* subsp. *viminea*. Фото: а – Gary A. Monroe. United States, 2003- https://plants.usda.gov/java/largeImage?imageID=clbo_002_ahp.tif; б – https://species.wikimedia.org/wiki/Clarkia_tenella; в – Neal Kramer, 2008 – https://calphotos.berkeley.edu/cgi/img_query?query_src=ucjeps&enlarge=0000+0000+1208+1897
Group of *Clarkia* species similar in stigma type: а – *C. bottae*; б – *C. tenella*; в – *C. purpurea* subsp. *viminea*. Photo: а – Gary A. Monroe. USA, 2003 – https://plants.usda.gov/java/largeImage?imageID=clbo_002_ahp.tif; б – https://species.wikimedia.org/wiki/Clarkia_tenella; в – Neil Kramer, 2008 – https://calphotos.berkeley.edu/cgi/img_query?query_src=ucjeps&enlarge=0000+0000+1208+1897



Рис. 5. Полиплоидные виды *Clarkia*: а – *Clarkia purpurea*; б – *C. affinis*; в – *C. purpurea* subsp. *quadrivulnera*; г – *C. davyi*. Фото: CalPhotos is a project of BNHM University of California, Berkeley
Polyloid species of *Clarkia*: а – *Clarkia purpurea*; б – *C. affinis*; в – *C. purpurea* subsp. *quadrivulnera*; д – *C. davyi*. Photo: CalPhotos – Project BNHM, University of California, Berkeley.

ный набор будут получены либо 7 хромосом от *G. amoena*, либо 7 хромосом от *G. whitneyi*.

Другая естественная группа (рис. 4): *Godetia bottae* Spach – синоним *Clarkia bottae* (Spach) H.F. Lewis & M.R. Lewis ($n = 9$); *G. tenella* (Cav) Steud. – синоним *Clarkia tenella* (Cav.) H.F. Lewis & M.R. Lewis ($n = 16$) и *G. lepida* (Lindl.) – синоним *Clarkia purpurea* subsp. *viminea* (Douglas) H.F. Lewis & M.R. Lewis, данные по числу хромосом у которой расходятся: по R.J. Chittenden [18], $n=26$, а по A. Nakanson [20], $n=21$. У перечисленных видов вегетативные органы значительно варьируют по форме, строению и количеству, но все имеют похожий тип рыльца. *G. bottae* скрещивается с *G. tenella*, а *G. tenella* с *G. lepida*.

Н. Lewis и М.Е. Lewis [10] отметили, что секция *Godetia* состоит из диплоидного, тетраплоидного и гексаплоидного рядов, в которых из-за гибридизации существуют эфемерные местные расы *C. purpurea*. Некоторые

из них могут быть разделены на основе заметных морфологических признаков – подвидовой уровень.

Clarkia purpurea (гексаплоид) с нормальным числом гаплоидных хромосом ($n=26$) морфологически похожа на *C. affinis* H.F. Lewis & M.E. Lewis (аллогексаплоид) и считается, что у них общий тетраплоидный родитель. Авторы отметили, что *C. purpurea* также морфологически напоминает *C. tenella* (Cav.) H.F. Lewis & M.R. Lewis, южно-американский тетраплоидный вид и тетраплоидный предок *C. purpurea* мог быть близок к *C. tenella*. Морфологическое строение цветка у некоторых *C. purpurea* subsp. *quadrivulnera* (Douglas ex Lindl.) H.F. Lewis & M.R. Lewis очень похоже на *C. davyi* (Jeps.) H.F. Lewis & M.R. Lewis, экологически специализированный прибрежный вид Калифорнии (рис. 5).

Н. Lewis и Р. Rawen [21] исследовали популяцию *Clarcia franciscana* H.F. Lewis & Р.Н. Raven ($n=7$), которая морфологи-



Рис. 6. Виды *Clarcia* по Н. Lewis и Р. Rawen, 1958: а – *C. franciscana*; б, в – *C. rubicunda*. Фото: CalPhotos is a project of BNHM University of California, Berkeley: <https://www.calflora.org/>
Clarcia species according to Н. Lewis and Р. Rawen, 1958: а – *C. franciscana*; б, в – *C. rubicunda*. Photo: CalPhotos is a project of BNHM University of California, Berkeley: <https://www.calflora.org/>



Рис. 7. *Clarkia dudleyana*. Фото: CalPhotos is a project of BNHM University of California, Berkeley: https://www.calflora.org/entry/occdetail.html?seq_num=mu11133.

Clarkia dudleyana. Photo: CalPhotos is a project of BNHM University of California, Berkeley: https://www.calflora.org/entry/occdetail.html?seq_num=mu11133

чески похожа на растения, относящиеся к *C. rubicunda* – синоним *Godetia rubicunda* (Lindl.) (рис. 6).

Популяция *C. franciscana* встречается на змеевидном склоне у форта Сан-Франциско в Калифорнии как репродуктивно изолированная территория внутри ареала *C. rubicunda*. Она также близко относится к *C. amoena* – синоним *Godetia amoena*, которая географически замещает *C. rubicunda* дальше на севере. Были обнаружены гибриды между *C. amoena* и *C. rubicunda*, которые оказались стерильными. *C. franciscana* и *C. rubicunda* характеризуются постоянно одинаковым расположением хромосом, тогда как у *C. amoena* местоположение хромосом варьирует. Все три вида диплоидны ($n=7$). По мнению авторов, характер и степень дифференциации хромосом, сопровождающиеся относительно небольшими морфологическими различиями, вместе с географическим положением свидетельствуют о том, что *C. franciscana* может происходить от *C. rubicunda*. Производные популяции растут рядом с родительскими видами, на которые они очень похожи по морфологии, но от которых они репродуктивно изолированы из-за множественных структурных различий в их хромосомах.

Н. Lewis и Р. Rawen [21] отметили также, что для всего рода *Clarkia* Purch. характерен способ происхождения путем быстрой реорганизации хромосом при деривации. Пространственное положение каждого родительского вида и его дериваций свидетельствует о новой дифференциации. Повторное появление тех же самых образцов дифферен-

циации у кларкии свидетельствует о том, что быстрая реорганизация хромосом является важной моделью в эволюции рода.

Высокую степень хромосомной дифференциации рода *Clarkia* подтверждают и исследования R. Snow's [22], которые свидетельствуют о том, что сложные гетерозиготы *Clarkia dudleyana* (Abrams) J.F. Macbr. ($n=9$) (рис. 7) возникли в результате гибридизации цитологически дифференцированных рас.

B. Bartholomew et al. [23] исследовали изменчивость 59 популяций *C. rubicunda* и одной популяции *C. franciscana* по 11 морфологическим признакам. Испытывались 20–30 особей из каждой популяции. Изучались отношения между популяциями. Все гибридные популяции, проанализированные последовательно, образовали 7 бивалентов в мейозе и все были в основном фертильны. При скрещивании *C. rubicunda* с другими видами рода результаты были противоположными, за исключением близкородственных *C. amoena* и *C. franciscana*. Гибриды этих вариаций у *C. rubicunda* частично обнаружены только в переходных районах ареала.

Периодически коренные уменьшения размеров, имеющие место вместе с недостаточным покоем и ограниченным распространением семян у кларкии, обуславливают формирование пестроты частично изменённых местных популяций у этих видов. Данные факторы ведут к скачкообразному видообразованию у кларкии, экстремальному продукту катастрофической селекции, которая достигается реорганизацией хромосом.

В 70-90-х гг. XX в. рядом авторов был изучен механизм генетической дифференциации среди видов *Clarkia* Purch. с использованием данных электрофоретического анализа ферментов и реконструкции видовых взаимоотношений с использованием фрагментного анализа ДНК хлоропластов [24–34].

L.D. Gottlieb [24] рассмотрел генетическое значение быстрого видообразования у однолетних растений с помощью электрофоретического изучения 8 энзиматических систем, контролируемых 12-15 генными локусами, у видов *C. franciscana*, *C. rubicunda* (*G. rubicunda*) и *C. amoena* (*G. amoena*). Виды близки морфологически, но гибриды любой пары из них очень мало фертильны. *C. franciscana* – самоопылитель, два других – перекрестники.

C. rubicunda и *C. amoena* отличаются друг от друга по числу локусов, но имеют больше одинаковых аллелей, чем с *C. franciscana*. За исключением одного локуса, контролирующего различия в шести из восьми энзиматических систем, все локусы *C. franciscana* мономорфны. У *C. franciscana* были установлены аллели, которые не присутствуют у двух других высокополиморфных видов. Поразительная генетическая дивергенция между *C. franciscana* и *C. rubicunda* может отражать потерю аллелей у *C. rubicunda* или появление новых аллелей через мутации и затем замену этих аллелей у *C. franciscana* на другие, полученные от *C. rubicunda*.

В работе L.D. Gottlieb [24] высказано альтернативное мнение, что *C. franciscana* может быть более древним таксоном, который появился не путем быстрого видообразования. Автор отмечает, что без знания истории эволюции видов все гипотезы являются спорными и уязвимыми. Чтобы усилить филогенетические анализы быстрого видообразования, им был предложен критерий изучения признаков на основе электрофоретического анализа, по которому виды, признанные как имеющие быстрое и недавнее происхождение путем хромосомной реорганизации, являются по существу похожими на своих предков.

По исследованиям L.D. Gottlieb и S.W. Edwards [25], *Clarkia franciscana*, первоначально известная как единственная популяция в Сан-Франциско, внесена в список штата Калифорния как редкий, нуждающийся в охране вид, который является важным для селекции. Вторая популяция была открыта гораздо позже в районе Окленда. Для установления генетических отличий этой популяции от таковой из Сан-Франциско был проведен электрофоретический анализ. Результат свидетельствует о том, что популяция из Окленда не воспроизводится семенами, переданными из Сан-Франциско, и должна быть определена как самостоятельный вид для своего настоящего местонахождения.

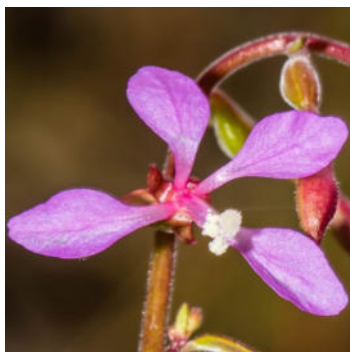
Генетический анализ способа наследования электрофоретических фенотипов фосфоглюкоизомеразы (PGI), проведенный L.D. Gottlieb [26] на однолетних растениях *C. rubicunda* и *C. xantiana* A. Gray, показал, что эти диплоидные виды имеют соответственно два и три гена, которые определяют субъединицы PGI. Электрофоретическое исследование семи других диплоидных видов *Clarkia* показало, что виды, отнесенные к предковым в текущей таксономии, имеют два гена PGI, тогда как более специализированные виды имеют три гена PGI. Вместе с доказательствами того, что диплоидные виды двух близкородственных родов имеют два гена PGI, предполагается, что третий ген PGI возник в пределах рода *Clarkia*. Межгенные гетеродимеры образуются между полипептидами, определяемыми третьим геном, и одним из других генов PGI, что указывает на их высокую степень структурного сходства. Комбинированные генетические, биохимические и филогенетические данные свидетельствуют о том, что третий ген PGI возник в результате процесса дубликации генов. Для дублированного гена PGI у *C. xantiana* были идентифицированы четыре аллеля, включая нулевой аллель, который устраняет активность его продукта. Этот аллель – один из немногих примеров «заглушенного» дублированного гена. Родовые и дублирующие гены у *C. xantiana* сортируются независимо. В сочетании со значитель-

ными хромосомными перестройками, которые характерны для видов *Clarkia*, это может означать, что дублированный PGI отмечает удвоенный хромосомный сегмент, который произошел от неравного кроссинговера.

L.D. Gottlieb, F. Weeden [27] изучили методом электрофореза дубликации генов и филогению у 30 видов кларкии (*Clarkia*). Они установили, что все диплоидные виды секций *Rhodantos*, *Godetia* и *Мухосарпа* имеют одиночный локус, тогда как виды секций *Peripetasma*, *Phaeostoma*, *Fibala* и *Eucharidium* имеют два локуса. *C. prostrata* H.F. Lewis & M.R. Lewis – единственный вид, не имеющий

64% активности дикого типа, тогда как мутанты по Pgi-2 только 36%. Они показали, что активность PGI не регулируется напрямую метаболическими факторами, и предположили, что пониженные уровни PGI у видов рода *Clarkia* с дубликацией возникли в результате регуляторных изменений транскрипции или трансляции. Они также продемонстрировали новый метод оценки важности того или иного фермента.

L.D. Gottlieb [30, 31] изучил варианты восьми дубликаций нуклеарных генов у кларкии, координирующих фермент, как часть исследовательской программы эволюции гена



а



б



в

Рис. 8. Виды кларкии из секции *Heterogaura* (H. Lewis, P.A. Rawen, 1992): а – *C. heterandra*; б – *C. speciosa*; в – *C. xantiana*. Фото: CalPhotos is a project of BNHM University of California, Berkeley
Species of *Clarkia* from the *Heterogaura* section (H. Lewis, P.A. Rawen, 1992): а – *C. heterandra*; б – *C. speciosa*; в – *C. xantiana*. Photo: CalPhotos is a project of BNHM University of California, Berkeley

дубликаций.

L.D. Gottlieb и R.C. Higgins [28] выяснили, что дубликации возникали после гибридизации между таксонами, которые представляли разные линии внутри рода *Clarkia*.

В своих исследованиях T.W.A. Jones et al. [29] определили, что виды с дубликацией ядерного гена, кодирующего цитозольный изофермент фосфоглюкозоизомеразу (PGI), и без нее имеют одинаковые уровни цитозольной активности PGI (относительно активности изофермента PGI пластид), а также аналогичные уровни цитозольного белка PGI. Они охарактеризовали нулевую активность ферментов в 7 мутациях, вызванных этилметансульфонатом (EMS) в обоих дублированных генах PGI, и установили, что мутации снижали уровни активности PGI прямо пропорционально нормальному вкладу каждого гена. Гомозиготные мутанты по Pgi-3 имели

и аппликации родов нуклеарных генов для филогенетической реконструкции высших растений.

K.J. Sytsma и J.F. Smith [32] также рассмотрели вопросы видообразования в семействе *Onagraceae* и провели сравнение информации, полученной с использованием классического систематического подхода и анализа ДНК по ряду таксономических уровней. Они изучили детальные разграничения ДНК хлоропластов в пределах семи диплоидных секций рода *Clarkia*.

Результаты секвенирования ДНК, основанные на дубликации генов, они сравнили с морфологическими и цитологическими моделями связей и выяснили, что секция *Godetia* является сестринской группой для остальных видов рода *Clarkia*.

K.J. Sytsma et al. [33–35] провели рестрикционное картирование хлоропластной ДНК,

наследуемой у *Clarkia* по материнской линии, у репрезентативных видов всех 7 диплоидных секций рода, аллотетраплоидной секции и *Epilobium brachycarpum* C. Presl. В своей работе K.J. Sytsma et al. [33] представили сравнение результатов исследования хлоропластной ДНК по строению, цитологии и данных по биогеографии с учетом межсекционных отношений. Ими было изучено 21 дерево. Секцию Мухосагра определили как основную в роде *Clarkia*, за которой следует трихотомия происхождения Rhodanthos, Eucharidium, Sympherica, а затем Phaeostoma, Fibula и Godetia. Авторы выявили, что роду *Clarkia* свойственно раннее и быстрое разветвление по секциям в соединении с более высокими скоростями рестрикционной гомоплазии хлоропластной ДНК, которое приводит к отсутствию многих синапоморфных характеристик по этому признаку. В своем эксперименте они частично подтвердили монофилетическое происхождение видов, предварительно описанное на основе распределения удвоенных глюкозо-6-фосфат-изомераз генов.

Н. Lewis, P.A. Rawen [36] продолжили исследования и выяснили что монотипический род *Heterogaura*, скомбинированный с *Clarkia*, дал в результате новую комбинацию *C. heterandra* (Torr.) H.F. Lewis & P.H. Raven, которая входит в новую секцию – Heterogaura. Растения, ранее описанные как *C. nitens*

H.F. Lewis & M.R. Lewis и *C. parviflora* Eastw. (синонимы *G. parviflora* Yeps.) [14], получили субспецифический статус в видах *C. speciose* H.F. Lewis & M.R. Lewis (*G. parviflora*, *G. parviflora* var. *luteola* C.I. Hitchc.) и *C. xantiana* (*Phaeostoma* X. (Eastw.) A. Nelson, *C. parviflora* (Eastw.) F.H. Lewis & P.H. Raven) – в каждом в отдельности (рис. 8).

Генетический анализ наследования признаков рода *Clarkia* Pursh. Большинство исследователей XX и XXI вв.: Н. Rasmuson [17], G. Hiorth [37], Н. Lewis [1, 38, 39]; Н. Lewis, M.E. Lewis [10], J. MacSwain et al. [40], E. Pichersky et al. [41], L.D. Gottlieb [42,43], P.S. Soltis et al. [44], K. Holsinger, L.D. Gottlieb [45], L.D. Gottlieb, V. Ford [46], R.M. Talline et al. [47], R.C. Lin, M.D. Rausher [48] изучали дифференциацию цветков, затрагивающую изменения в структурной морфологии, биохимии и системе пигментации, которые особенно важны среди видов рода *Clarkia* семейства Onagraceae.

J. MacSwain et al. [40] и другие исследователи выяснили, что цветочная дифференциация у кларкии тесно связана с системой опыления. Многие признаки цветка рода *Clarkia* служат для привлечения опылителей. Большинство диплоидных видов *Clarkia* являются ауткроссерами и опыляются пчелами. Единственный вид *Clarkia*, опыляемый молью, это *C. breweri* (A. Gray) Greene (бледно-



а



б

Рис. 9. Виды *Clarkia*: а – *C. concinna*; б – *C. breweri*. Фото: CalPhotos is a project of BNHM University of California, Berkeley

Clarkia species: а – *C. concinna*; б – *C. breweri*. Photo: CalPhotos is a project of BNHM University of California, Berkeley

розовые, воронковидные цветы производят как обильный нектар, так и крепкий сладко-пряный аромат, уникальный в своем роде). Хотя цветок имеет очевидные и важные адаптивные признаки, генетическая основа межвидовых различий по биологии цветения изучалась в немногих случаях.

Е. Pichersky et al. [41] впервые обнаружили, что сильный сладкий аромат *C. breweri* обусловлен наличием 8–12 летучих соединений, 3 монотерпенов и 9 производных бензоата. Уровни эмиссии различными частями цветка на протяжении всей жизни цветка коррелировали с уровнями этих монотерпенов в соответствующих тканях, что позволяет предположить, что эти монотерпены выделяются вскоре после их синтеза. Монотерпеновый спирт линалоол синтезируется и выделяется в основном лепестками, но в меньшей степени также пестиком и тычинками. Более низкие уровни (0,1%) эмиссии монотерпена и активности линалоолсинтазы обнаружены на рыльце *C. concinna* (Fisch. & C.A. Mey) Greene близкого вида *C. breweri* (рис. 9), лишенного аромата, что позволяет предположить, что монотерпены могут иметь и другие функции в цветке, помимо привлечения опылителей.

Исследователи XXI вв.: J.L. Knies et al. [49], D.A. Moeller, M.A. Geber [50], V.M. Eckhart et al. [51], R.D. Briscoe et al. [52], N.L. Smith-Huerta, J. A. Huerta [53], R.M. James et al. [54] обратили свое внимание на вопросы биологии опыления у различных видов рода *Clarkia* в рамках изучения эволюции специфичных насекомых-опылителей и зависимости семенной продуктивности от способа оплодотворения.

Чтобы понять новые морфологические изменения, появляющиеся у растений, были проведены генетические исследования. Перед учеными стояла задача выяснить, чем определяется наличие похожих фенотипов у разных видов *Clarkia*, при этом важно было различать – обусловлено ли это активностью одинаковых генов или является результатом конвергенции (сходимости), основанной

на независимом проявлении новых комбинаций генов.

Генетика окраски цветка. Генетический анализ флоральных участков *Clarkia* представляет интерес, потому что вносит вклад в знание эволюции этого рода, который давно используется как модельная система в систематике растений. Филогения и эволюционная дивергенция вида исследовалась традиционными систематиками: Н. Lewis [1, 38, 39], Н. Lewis, M.E. Lewis [10].

Пока виды кларкии репродуктивно изолированы, генетическая основа флоральной дифференциации не может быть определена.

В 1921 г. Н. Rasmuson [17] провел генетический анализ наследования вариантов флоральной пигментации у видов *Clarkia* секции *Godetia*: *C. whitnei*, *C. amoena* (*G. amoena*) и *C. rubicunda* (*G. rubicunda*).

У *G. whitnei* встречаются различные варианты красной и фиолетовой окраски цветков. Исключение составляют только желтые цвета с генотипом Аа и аа – растения, менее или более желтые, поскольку доминантный ген А подавляет желтую окраску. Встречается целая серия типов желтой окраски дистальной части цветка, которая является рецессивной. Желтые цветки у годеции в среднем самые маленькие.

В своих опытах Н. Rasmuson [17] отметил, что у годеции встречаются различные типы пятен: маленькое пятно у основания (от белой до фиолетовой окраски) и очень маленькое пятно (красной окраски), пятно среднего размера (не раздваивается) и большое пятно – этот тип отличается тем, что пятно еще больше, но редко достигает края лепестков. Эти три типа пятна иногда могут не ограничиваться друг от друга, так как переходят одно в другое и очень вариабельны по размеру, даже в пределах одного растения, и иногда отсутствуют у некоторых цветков. Почти всегда пятно располагается посередине и часто делит лепесток на две равные половинки, как бы раздваиваясь.

При скрещивании растений с различным типом красной окраски цветков и растений с пятном расщепление идет по моногибрид-

ному типу, красная окраска доминирует над пятнистой. Автор отметил, что существует сильная связь между геном пятнистости G и геном красной окраски E, так как они локализованы в одной хромосомной паре. Доминантная гомозигота GG дает большое и среднее пятно, гетерозигота Gg – маленькое, а рецессивная gg – слабое.

В скрещиваниях, которые провел Н. Rasmuson [17], была доказана связь генов B и E в следующем соотношении: 6 Be : 1 Be : 1 bE : 6 be, процент кроссинговера около 14,3. Гены B-b, E-e и G-g расположены в одной хромосомной паре, а C-c и F-f в другой.

Интересно, что у *G. whitneyi* четыре гена по отдельности: B, C, E и G – могут производить антоциановую окраску, в то время как в большинстве случаев необходимо два гена вместе, поскольку это основной фактор для антоциановой окраски. Возможно, в белых формах имеется такой ген, с помощью которого названные четыре гена каждый сам по себе могут производить антоциановую окраску.

Обзор генов окраски цветка годеции по Н. Rasmuson [17].

A-a, aa – растения менее или более желтые, A подавляет желтую окраску.

B-b, B способствует слабо-фиолетовой окраске.

C-c, CC – растения розовые, Cc – растения слабо-розовые, почти белые.

D-d, D вместе с B или с C дают фиолетовую окраску, самостоятельно ген D не имеет видимого проявления.

E-e, E способствует красной окраске.

F-f, F вместе с E дает красный тип со светлой стороной края, самостоятельно ген F не имеет видимого проявления.

G-g, G дает красное пятно, у растений с генотипом GG оно значительно больше, чем у Gg.

H-h, H вместе с G создает огромное пятно, как G один, и в гомозиготном состоянии значительно больше, чем в гетерозиготном. Вместе с gg, имея доминантный H, не имеет видимого проявления.

I-i, I имеет розово-фиолетовую окраску, но, вероятно, только в присутствии B.

В работе G. Hiorth [37] «К генетике межвидовых гибридов *Godetia amoena* x *G. whitneyi*» сообщается, что характеристика цветка (базальное пятно) является важнейшим отличительным признаком от *G. whitneyi* и дается представление о структуре градации стерильности этих гибридов, полученных в ходе изучения.

В опыте использовалась садовая раса вида *G. amoena*: растения с аллелем Fbst, отвечающим за сильное базальное пятно и красные тычинки, и растения с аллелем Fb, имеющие светло-фиолетовую (розовую) основную окраску цветков, и все формы связаны процентом кроссинговера между ними.

У *G. whitneyi* аллель w1 отвечает за белую окраску цветков, но при скрещивании с *G. amoena* потомство имело розовые цветки. Ген w1 у *G. whitneyi* очень сильно связан с аллелями пятна на лепестке (пятно края (кайма), центральное пятно различных размеров), которые характеризуются доминантным аллелем Fx, в рецессивном состоянии аллель f дает растения без пятна. В результате из проведенных автором скрещиваний следует, что ген центрального пятна Fx у годеции Витнея является аллельным гену базального пятна Fb у годеции прелестной. Автор также отметил, что ген Fb связан со значительной стерильностью, а Fb-индивидуумы характеризуются различным расположением хромосом. У обоих видов пятно на лепестке связано с геном W1, кроссоверных – около 20 %.

Систему пигментации лепестков у видов, отнесенных к секциям *Godetia* и *Rhodantos*, изучали в своих опытах К.Е. Holsinger и L.D. Gottlieb [44].

Они представили ее в четырех основных типах:

- 1) только центральное пятно;
- 2) пятно на периферии (distal);
- 3) лента у основания (band);
- 4) без пятен.

Авторы установили, что четыре подвида *C. gracilis* (Piper) A. Nelson & J.F. Macbr. имеют высокую генетическую идентичность

и три из четырех описанных систем пигментации лепестков. Растения *C. gracilis* subsp. *sonomensis* (Hitchc.) H.F. Lewis & M.R. Lewis имеют большие розовые лепестки, каждый с крупным центральным красно-пурпурным пятном; а подвиды *C. gracilis* subsp. *albicaulis* (Jeps.) H.F. Lewis & M.R. Lewis и *C. gracilis*

Хотя лепестки обычно сплошь пигментированы, у многих видов имеется большая белая зона без пигментации. Антоциан может также присутствовать или отсутствовать на тычиночных нитях и пыльниках, рыльце и цветочной трубке.

Аддитивные гены определяют размер



Рис. 10. Системы пигментации лепестков цветка у подвидов *C. gracilis* по K.E. Holsinger и L.D. Gottlieb, 1988: а – *C. gracilis* subsp. *sonomensis*; б – *C. gracilis* subsp. *lbicaulis*; в – *C. gracilis* subsp. *tracyi*; г – *C. gracilis* subsp. *gracilis*. Фото: CalPhotos is a project of BNHM University of California, Berkeley
Flower petal pigmentation systems in *C. gracilis* subspecies according to K.E. Holsinger and L.D. Gottlieb, 1988: а – *C. gracilis* subsp. *sonomensis*; б – *C. gracilis* subsp. *lbicaulis*; в – *C. gracilis* subsp. *tracyi*; д – *C. gracilis* subsp. *gracilis*. Photo: CalPhotos is a project of BNHM University of California, Berkeley

subsp. *tracyi* – крупные розовые лепестки с интенсивной красно-пурпурной каймой поперек основания; подвид *C. gracilis* subsp. *gracilis* – мелкие розовые лепестки без пятен (рис. 10).

Три подвида с крупными лепестками являются перекрестноопыляющимися растениями, для которых характерна протерандрия, а *C. gracilis* subsp. *gracilis* преимущественно самоопыляющимися.

Исследователи L. Gottlieb, V. Ford [45] продолжили изучать наследование признака пигментации лепестков (присутствие и отсутствие пятен) и выяснили, что этот признак контролируется единственным геном.

L.D. Gottlieb [42], P.S. Soltis et al. [44] провели биохимические исследования пигментов, обуславливающих окраску от бледно-лиловой до темно-красной у растений секции *Godetia*, идентифицировав их как производные гликозида мальвидина, дополненные производными цианидина и дельфинидина. Они выяснили, что крупные пятна или крапинки появляются в результате местного повышения уровня тех же самых пигментов, хотя в других пропорциях, чем у основания лепестка.

и положение центрального пятна. Генетика этих модификаций еще недостаточно проанализирована. Генетический анализ у *C. gracilis*, проведенный L.D. Gottlieb [43], показал, что большое пятно на лепестке, характерное для подвида *C. gracilis* subsp. *sonomensis*, является аллельным пятну у основания лепестка у подвида *C. gracilis* subsp. *gracilis*, которое в норме не выражено по причине активности гена-модификатора. Поскольку у видов *Clarkia* проявляется небольшое число различных пигментных систем, то предполагается, что главные компоненты различных систем у видов не являются комплексом с генетической точки зрения. Новые системы могут быть созданы заменяющими аллелями при относительно малом числе локусов. Аддитивные гены, вероятно, способствуют различным проявлениям признака окраски (смешение цветов, размер и форма пятен и их точное местоположение на лепестке). Данные о генетической основе пигментации лепестков у *C. gracilis* говорят о том, что характер наследования окраски и отсутствие или присутствие пятна и его положения и формы, которыми отличаются другие виды *Godetia* и *Rhodantos*, могут быть также управляемы

отдельными генами. Новые комбинации пигментации могут проявляться при перемещении локусов у заменяющих аллелей.

Из всех видов наиболее полиморфен *C. purpurea*, у которого встречаются 5 типов окраски цветков в одной популяции растений. Множество вариантов отражают его гексаплоидность и последствия случайной гибридизации сортов новых гомозиготных генотипов благодаря их самоопылению. Лепестки цветка *C. gracilis* subsp. *sonomensis* в 2,5 раза длиннее и в 4 раза шире, чем у подвида *C. gracilis* subsp. *gracilis*, и чаще имеют однородный окрас. Однако у некоторых особей базальная часть каждого лепестка в отсутствие антоциановой пигментации имеет яркую белую окраску, создавая белую чашу, особенно когда цветок недавно раскрылся. Наличие или отсутствие белой чаши достоверно управляется отдельным локусом. Признак белой чаши – рецессивный (отсутствие пигмента). Естественная гибридизация между двумя этими подвидами у *C. gracilis* была отмечена в 1955 г. Н. Lewis, M.E. Lewis [10].

Был также идентифицирован единственный ген, который управляет наличием или отсутствием темно-красной окраски на внутренней поверхности цветочной трубки, и найден другой ген, который контролирует наличие или отсутствие окраски пыльников и тычиночных нитей. Итак, L.D. Gottlieb [43] определил наличие 5 генов, определяющих систему антоциановой окраски лепестков и других органов цветка, которые идентифицированы в дополнение к полигенному контролю размеров лепестков. Открытие того, что подвид *C. gracilis* subsp. *gracilis* имеет ген пятна у основания лепестка, который обычно не выражен из-за активности второго гена, подчеркивает важность генетических исследований для понимания морфологических различий между видами. Это может быть особенно важно у однолетних растений, таких как кларкия, у которой многие виды перекрестноопыляемые и превалируют внутривидовая гибридизация и аллополиплоидия.

R.M. Talline et al. [46] провели анализ пространственно-временных паттернов экспрес-

сии различных генов, отвечающих за наличие антоциановой окраски и обнаружили, что пятна содержат пигменты, отличные от остальной части лепестка, и состоят из антоцианов на основе цианидина / пеонидина, а не на основе мальвидина. Анализы экспрессии генов, проявляющих антоциановую окраску, показали, что ген дигидрофлавонол-4-редуктазы 2 (Dfr2) имеет специфичный для пятна паттерн экспрессии и действует как переключатель для образования пятен. Анализ совместной сегрегации показал, что генные продукты локусов P и I являются трансрегуляторами этого переключателя. Пятнистые пигменты появляются в развитии раньше в результате ранней экспрессии Dfr2 и гена флавоноидной 3'-гидроксилазы 1 (F3'h1). Пигменты фона появляются позже, в результате более поздней экспрессии генов Dfr1 и флавоноид-3'-5'-гидроксилазы 1 (F3'5'h1).

Рисунок пигментации лепестков широко распространен у цветковых растений рода *Clarkia*. Генетика этих элементов паттерна представляет большой интерес.

Большинство исследований цветочной пигментации сосредоточено на том, как разнобразить интенсивность и состав пигмента. R.M. Talline et al. [47] изучали генетические изменения, лежащие в основе сдвигов в положении лепестковых пятен у *Clarkia*. Сравнительный анализ транскриптомов был использован для идентификации потенциальных генов-кандидатов, ответственных за образование пятен. Для подтверждения роли гена-кандидата в определении положения пятна использовались анализы совместной сегрегации у индивидуумов F2, сегрегации по разным положениям пятен, количественная ПЦР и пиросеквенирование. Анализы временной экспрессии использовали для идентификации домена экспрессии различных аллелей. Фактор транскрипции R2R3Myb (CgMyb1) активировал образование пятен, и разные аллели CgMyb1 экспрессировались в разных доменах, что приводило к образованию пятен в разных местах лепестков. Репортерные анализы показали, что промоторы разных аллелей определяют разные места экспрес-

сии. Эволюционный сдвиг в положении пятна обусловлен одним или несколькими цис-регуляторными изменениями в промоторе *CgMyb1*, что указывает на то, что сдвиги в положении элемента паттерна могут быть вызваны изменениями в одном гене, и что цис-регуляторная перестройка может использоваться для изменения положения существующего символа.

Для понимания эволюции фенотипической диверсификации R.C. Lin, M.D. Rausher [48] исследовали генетические изменения у *C. gracilis* ssp. *sonomensis*, ответственные за эволюцию непигментированного лепесткового элемента на цветном фоне, используя анализы экспрессии генов, косегрегацию в растениях F2 и функциональные тесты. Они идентифицировали фактор транскрипции R2R3-MYB (*CgsMYB12*), ответственный за антоциановую пигментацию базальной области («чашечки») на лепестке.

Функциональная мутация в *CgsMYB12* создает белую чашку на розовом фоне лепестков. Кроме того, они обнаружили, что еще два гена R2R3-MYB (*CgsMYB6* и *CgsMYB11*) также участвуют в пигментации фона лепестков. Каждый из этих трех генов R2R3-MYB обнаруживает различный пространственно-временной паттерн экспрессии.

R.C. Lin, M.D. Rausher [48] установили, что пигментация в разных частях лепестка может развиваться независимо. Это открытие предполагает, что недавняя дупликация генов играет центральную роль в эволюции паттерна пигментации лепестков у *C. gracilis* subsp. *sonomensis*.

Наследование признаков габитуса куста и формы цветка. Характер наследования признаков длины побегов и формы соцветия между растениями видов *G. amoena* и *G. whitneyi* первым проанализировал Н. Rasmuson [17]. Он скрестил низкорослые растения *G. whitneyi*, имеющие два типа соцветия: плотный – RR и рыхлый – rr (рыхлый тип доминирует над плотным в соотношении 3 : 1) с высокими и ветвистыми формами *G. amoena* с далеко сидящими друг от друга цветками на длинной кисти. Эти различия си-

стематики отмечают как основные характерные особенности в определении видов. В результате генетического анализа автор сделал выводы, что высокорослый тип у растений *G. amoena*, контролируемый геном V, доминирует над обоими низкорослыми типами растений *G. whitneyi* (с плотным и рыхлым соцветиями). Во втором поколении расщепление было четко моногенного характера 3 : 1. В реципрокных скрещиваниях расщепление высоких и низких также моногибридное – 20 : 6, но расщепление по длине интернодий сильно различается. Поэтому автор сделал выводы, что длина интернодий и высота растения наследуются независимо друг от друга.

Форма цветка. В результате многочисленных скрещиваний, как межвидовых, так и внутривидовых, Н. Rasmuson [17] отметил, что размер цветка контролирует одна пара генов – А-а, а простой цветок доминирует над махровым. У годечии прелестной существуют три главных махровых типа цветка: сильно махровые (гомозиготные UU-растения), менее махровые (гетерозиготные Uu) и слабомахровые растения (с рецессивной гомозиготой uu). Число лепестков в цветке колеблется от 4 в простом до 15 в густомахровом. Слабомахровые цветки имеют 4,9-5,4 лепестка, а сильномахровые от 7 и выше. На махровость значительно влияет рисунок цветка.

D.M. Moore, H. Lewis [55] изучали характер наследования признаков размеров цветка у видов рода *Clarkia* в зависимости от способа их опыления и сделали вывод о многофакторном характере, который генетически не коррелирует с самоопылением. В течение 16 лет ученые исследовали три легко различимые популяции растений *C. xantiana*: перекрестноопыляемую с крупными розовыми цветками и две самоопыляющиеся с мелкими розовыми и белыми цветками. Гены, определяющие самоопыление, имеют преимущество в очень маленьких популяциях. Семена, собранные с этих трех популяций в каньоне реки Керн, были выращены в Лос-Анджелесе, и с их потомством были проведены комбинаторные скрещивания. Гибриды и родительское потомство выращивали в горшках на следу-

ющий год для сравнения и получения потомства F2 и обратных скрещиваний. Признаки, отличающие популяции в природе, сохранялись при культивировании. У перекрестноопыляемых растений период цветения отдельного цветка был длиннее, но в обоих случаях цветки увядали примерно через два дня после опыления. Самоопыляющиеся популяции *C. xantiana* отличались более мелкими цветками, более низкими пыльниками, более коротким пестиком и более ранним цветением. Раннее созревание рыльца не коррелирует с размером цветка и контролируется одним геном. Авторы предположили, что уменьшение размера цветка произошло из-за влияния внешней среды, так как в районе, где были отмечены популяции с самоопыляющимися растениями, они подвергались периодическому вымиранию в результате исключительной засухи и малой выборки растений, и сделали следующие выводы: 1) у перекрестноопыляемых рас самоопыление последовательно приводит к выраженной инбридинговой депрессии, а в пределах популяции существует естественный отбор, препятствующий развитию самоопыления; 2) раннецветущие растения в природных популяциях обычно не дают семян, потому что остаются неопыленными; 3) склонность к самоопылению у растений, которые рано цветут, будет иметь некоторое избирательное преимущество но, с другой стороны, из-за инбридинговой депрессии любая тенденция к самосохранению будет подавлена; 4) уменьшение размеров цветков обычно, но не всегда, связано с самоопылением. У кларкии известна самоопыляющаяся южноамериканская раса *C. tenella*, у которой крупные цветки размером похожи на цветки перекрестноопыляемой популяции *C. xantiana*. Анализ расщепления потомства от различных родительских комбинаций у гибридов второго поколения *C. xantiana* по признакам размера цветка и механизма опыления подтвердил, что малый размер цветка не обязательно связан с генетической основой самоопыления.

Таким образом, в результате проведенного обзора научных работ было установлено,

что за последние 100 лет в области систематики, эволюции и применения метода электрофореза при филогенетическом анализе рода *Clarkia* произошли существенные изменения.

Из представленных в обзоре видов и подвидов рода *Clarkia* наибольший интерес для декоративного растениеводства и селекции представляют следующие: *C. amoena*, *C. amoena* subsp. *amoena*, *C. amoena* subsp. *whitneyi*, *C. rubicunda*, *C. franciscana*, *C. gracilis*, *C. gracilis* subsp. *gracilis*, *C. gracilis* subsp. *sonomensis*, *C. gracilis* subsp. *albicaulis*, *C. gracilis* subsp. *tracyi*, относящиеся к секции *Rhodantos*, и *C. speciosa*, *C. tenella*, *C. purpurea*, *C. purpurea* ssp. *purpurea*, *C. purpurea* ssp. *quadrivulnera*, *C. purpurea* subsp. *viminea*, *C. davyi*, *C. prostrata*, относящиеся к секции *Godetia*.

Изучение генетического контроля декоративных и хозяйственно-ценных признаков, включая окраску цветка, у таких цветочно-декоративных видов, как *C. amoena* и *C. purpurea*, приведет к образованию качественного семенного фонда и созданию новых сортов. В настоящее время существуют различные сорта и формы у *C. amoena*: карликовые и высокие срезочные сорта, с махровыми и простыми цветками, с разнообразной окраской: белой, розовой, фиолетовой, лососевой, различными оттенками красного цвета, с пятном и без него, ведется селекция на устойчивость к болезням и вредителям, в то время как сортимент *C. purpurea* практически отсутствует на рынке семян.

ВЫВОДЫ

1. Ботанического рода годеция не существует, так как по предложению А. Nelson и J. Francis Macbride от 1918 г. он был включен в род *Clarkia* Purch. Интродуцированные в Новосибирск виды годеций относятся к роду *Clarkia*: *Clarkia amoena* (Lehm.) Nels & Macbr. и *C. purpurea* (Curtis) Nels & Macbr.

2. Роду свойственен монофилетический тип образования видов и быстрое разветвление по большинству секций, а быстрая реорганизация хромосом является важной моделью

в эволюции рода. Секция Мухосагра является основополагающей в роде *Clarkia*, за которой следует трихотомия происхождения секций *Rhodanthos*, *Eucharidium*, а также происхождения, включающего секции *Sympherica*, *Phaeostoma*, *Fibula* и *Godetia*.

3. Секция *Godetia* является сестринской группой для остальных видов рода *Clarkia*.

4. Группа видов *C. amoena* и *C. whitneyi* поставила почти все существующие садовые формы кларкий из секции *Rhodanthos*, встречаемых под названием годеция.

5. Однолетние виды кларкий в основном перекрестноопыляемые. Сортообразование происходит в основном путем внутривидовой гибридизации и аллополиплоидии.

6. Система пигментации лепестков цветка у видов, отнесенных к секциям *Godetia* и *Rhodanthos*, представляет 4 основных типа: только центральное пятно, пятно на периферии, лента у основания, без пятен. Ген пятнистости *G* и ген красной окраски *E* ло-

кализованы в одной хромосомной паре и наследуются вместе. Красная окраска доминирует над пятнистой. Ген центрального пятна *Fx* у *C. whitneyi* является аллельным гену базального пятна *Fb* у *C. amoena*.

7. Дупликация генов играет центральную роль в эволюции паттерна пигментации лепестков у *C. gracilis* subsp. *sonomensis*. Пигментация в разных частях лепестка может развиваться независимо.

8. Вид *Clarkia purpurea* является гексаплоидным и полиморфным, у него встречаются 5 разных типов окраски лепестков цветка в одной популяции.

9. Габитус растений *C. amoena* при скрещивании с *C. whitneyi* всегда доминирует, а плотный тип соцветия является рецессивным к рыхлому.

10. Наследование признаков размера цветка у *C. xantiana* говорит о многофакторном характере, который генетически не коррелирует с самоопылением.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Levis H.* Chromosome phylogeny and habitat preference of *Clarkia* // *Evolution*. – 1953. – Vol. 7. – P. 102–109.
2. *Munz P.A., Hitchcock C.L.* A Study of the Genus *Clarkia*, with Special Reference to Its Relationship to *Godetia* // *Bulletin of the Torrey Botanical Club*. – 1929. – Vol. 56, N 4. – P. 181–197.
3. *Hitchcock C.L.* Revision of North American Species of *Godetia* // *Botanical Gazette*. – Published By: The University of Chicago Press: – 1930. – Vol. 89, N 4 (Jun). – P. 321–361.
4. *J. M. C.* Synopsis of *Godetia* // *Botanical Gazette*. – 1908. – Vol. 45, N 3. – P. 214–214. – JSTOR, www.jstor.org/stable/2467128. (Accessed 01 Feb. 2021).
5. *Годеция: справочник цветовода* / сост. Н.П. Николаенко. – М.: Колос, 1971. – С. 92–93.
6. *Декоративные травянистые растения открытого грунта: Справочник по номенклатуре родов и видов* / О.М. Полетико, А.П. Мишенкова; [АН СССР. Ботан. ин-т им. В.Л. Комарова]. – Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1967. – 208 с.
7. *Genie data base* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.upov.int/genie/en/details.xhtml?cropId=1353> (дата обращения: 01.02.2021).
8. *Grosse F.E.* Beiträge zur vergleichenden Anatomie der Onagraceen, einschliesslich besonderer Berücksichtigung der Entwicklung und des anatomischen Baues der Vegetationsorgane von *Trapanantans*. – Publication info: Dresden, C.R. Gärtner'sche Buchdruckerei, 1895. – P. 30–34.
9. *Nelson A., Macbride J.F.* Western Plant Studies // *Botanical Gazette*. Published by: The University of Chicago Press. – 1918. – Vol. 65, N 1 (Jan). – P. 58–70 (13 pages).
10. *Lewis H., Lewis M.E.* The mechanism of evolution in the genus *Clarkia* // *Evolution*. – 1955. – Vol. 8(1), N 20. – P. 251–392.
11. *Lewis H., Poberts M.R.* The origin of *Clarkia lingulata* // *Evolution*. – 1956. – N 10. – P. 126–138.

12. Грант В. Эволюционный процесс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://evolution.powernet.ru/library/grant/intro.html> (дата обращения: 01.02.2021).
13. Munz Ph., Keck D.D. A California Flora: University of California Press. Berkeley Los Angeles. – London, 1973. – P. 923–961.
14. Jepson M. Higher plants of California / Editor by J.C. Hickman: University of California Press. Berkeley Los Angeles. – London, 1993. – P. 786–793.
15. Hiorth G. Zur Genetik und Systematik der Gattung *Godetia* // Z. Vererbungslehre. – 1941. – N 79. – P. 199–219.
16. Hiorth G. Eine Serie multipler Allele für Blütenzeichnungen bei *Godetia amoena* // Hereditas. – 1940. – N 26. – P. 441–453.
17. Rasmuson H. Beiträge zu einer genetischen Analyse zweier *Godetia* – Arten und ihrer Bastarde // Hereditas. – 1921. – Vol. II. – P. 248–280.
18. Chittenden R.J. Notes on species crosses in *primula*, *godetia*, *nemophila*, and *phacelia* // Journ. of Gen. – 1928. – N 19. – P. 285–314.
19. Ford V.S., Gottlieb L.D. Reassessment of Phylogenetic Relationships in *Clarkia* Sect. *SymphERICA* // American Journal of Botany. – 2003. – Vol. 90, N. 2. – P. 284–292.
20. Hakansson A. Zur Zytologie von *Godetia* Arten und Bastarden // Hereditas. – 1925. – N 27 (3–4). – P. 319–336.
21. Levis H., Raven P.H. Rapid evolution in *Clarkia* // Evolution. – 1958. – N 12. – P. 319–336.
22. Snow's R. Chromosomal differentiation in *Clarkia dudleyana* // American Journal of Botany. – 1960. – Vol. 47, N 4. – P. 302–309.
23. Bartholomew B., Eaton L.C., Raven P.H. *Clarkia rubicunda*: A Model of Plant Evolution in semiarid regions // Evolution. – 1973. – Vol. 27, N 3. – P. 505–517. – DOI: 10.1111/j.1558-5646.1973.tb00698.x. PMID: 28564916.
24. Gottlieb L.D. Enzyme differentiation and phylogeny in *Clarkia franciscana*, *C. rubicunda* and *C. amoena* // Evolution. – 1973. – Vol. 27. – P. 205–214.
25. Gottlieb L.D., Edwards S.W. An electrophoretic test of the genetic independence of a newly discovered population of *Clarkia franciscana* // Madroño. – 1992. – Vol. 39, N 1. – P. 1–7. – www.jstor.org/stable/41424881. (Accessed 03. 02.2021).
26. Gottlieb L.D. Evidence for Duplication and Divergence of the Structural Gene for Phosphoglucosomerase in Diploid Species of *Clarkia* // Genetics. – 1977. – N 86(2). – P. 289–307.
27. Gottlieb L.D., Weeden F. Gene duplication and phylogeny in *Clarkia* // Department of genetics, University of California, Davis, California. – 1979. – N 33(4). – P. 1024–1039.
28. Gottlieb L.D., Higgins R.C. Evidence from subunit molecular weight suggests hybridization was the source of the phosphoglucose isomerase gene duplication in *Clarkia* // Theoretical and Applied Genetics. – 1984. – Vol. 68. – P. 369–373.
29. Jones T.W.A., Pichersky E., Gottlieb L.D. Activity in Ems-Induced Null Mutations of Duplicated Genes Encoding Phosphoglucose Isomerases in *Clarkia* // Genetics. – 1986. – Vol. 113, N. 1. – P. 101–114.
30. Gottlieb L.D. Towards molecular genetics in *Clarkia*: Gene Duplications and molecular characterization of PGI Genes // Ann. Missouri Bot. Gard. – 1988. – Vol. 75, N 4. – P. 1169–1179.
31. Gottlieb L.D. Floral Pigmentation Patterns in *Clarkia* (Onagraceae) // Madroño: Published By: California Botanical Society. – 1989. – Vol. 36, N 1. – P. 1–8.
32. Sytsma K.J., Smith J.F. DNA and morphology: comparisons in the Onagraceae // Annals of the Missouri Botanical Garden. – 1988. – N 75. – P. 1217–1237.
33. Sytsma K.J., Smith J.F., Gottlieb L.D. Phylogenetics in *Clarkia* (Onagraceae): restriction site mapping of chloroplast DNA // Systematic Botany. – 1990. – Vol. 15. – P. 280–295.

34. Sytsma K.J., Smith J.F., Hoch P.C. A chloroplast DNA analysis of tribal and generic relationships within Onagraceae // American Journal of Botany. – 1991. – Vol. 78. – P. 222 (Abstract).
35. Sytsma K.J., Smith J.F. Molecular systematics of Onagraceae: examples from Clarkia and Fuchsia // P.S. Soltis, D.E. Soltis, and J.J. Doyle [eds.], Molecular systematics of plants. – 1992. – P. 295–323.
36. Lewis H., Raven P.H. New combinations in the genus *Clarkia* (Onagraceae) // Madroño. – 1992. – Vol. 39. – P. 163–169.
37. Hiorth G. Über Hemmungs systeme Bei *Godetia whitneyi* // MGG - Molecular and General Genetics. – 1948. – N 82 (1). – P. 12–63. – DOI: 10.1007/BF00308398.
38. Lewis H. Catastrophic selection as a factor in speciation // Evolution. – 1962. – Vol. 16. – P. 257–271.
39. Lewis H. The Origin of Diploid Neospecies in Clarkia // The American Naturalist. – 1973. – Vol. 107, N 954. – P. 161–170. – JSTOR, www.jstor.org/stable/2459792. (Accessed 3 Feb. 2021).
40. MacSweine J., Raven P., Thorp R. Comparative behavior of bees and Onagraceae. IV Clarkia of bees the western United States // Univ. of Calif. Publ. – 1973. – Vol. 70. – P. 1–80.
41. Floral Scent Production in *Clarkia* (Onagraceae) (I. Localization and Developmental Modulation of Monoterpene Emission and Linalool Synthase Activity) / E. Pichersky, R.A. Raguso, E. Lewinsohn, R. Croteau [Электронный ресурс]. – 1994. – Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC159695/pdf/1061533.pdf> (Accessed 3 Feb. 2021).
42. Gottlieb L.D. Electrophoretic analysis of the phylogeny of the self-pollinating populations of *Clarkia xantiana* // Pl Syst Evol. – 1984. – Vol. 147. – P. 91–102.
43. Soltis P.S., Soltis D.E. Gottlieb L.D. Phosphoglucosyltransferase Gene Duplications in *Clarkia* (Onagraceae) and Their Phylogenetic Implications // Evolution. – 1987. – Vol. 41, N 3. – P. 667–671. – www.jstor.org/stable/2409269.
44. Holsinger K.E., Gottlieb L.D. By the American Society of Plant taxonomists isozyme Variability in the Tetraploid *Clarkia gracilis* (Onagraceae) and its Diploid Relatives // Systematic Botany. – 1988. – Vol. 13, N 1. – P. 1–6.
45. Gottlieb L., Ford V. Genetic studies of the pattern of floral pigmentation in *Clarkia gracilis* // Heredity. – 1988. – Vol. 60. – P. 237–246.
46. Precise spatio-temporal regulation of the anthocyanin biosynthetic pathway leads to petal spot formation in *Clarkia gracilis* (Onagraceae) / R.M. Talline, J.J. Berg, S. Blinka, M.D. Rausher, D.A. Baum // The New Phytologist. – 2013. – Vol. 197, N 3. – P. 958–969.
47. Talline R.M., Peng J., Rausher M.D. How petals change their spots: cis-regulatory re-wiring in *Clarkia* (Onagraceae) // The New Phytologist. – 2017. – Vol. 216, N. 2. – P. 510–518.
48. Lin R.C., Rausher M.D. R2R3 MYB genes control petal pigmentation patterning in *Clarkia gracilis* ssp. *sonomensis* (Onagraceae) // New Phytol. – 2021. – Vol. 229. – P. 1147–1162. (Accessed 8 Feb. 2021) <https://doi.org/10.1111/nph.16908>.
49. Knies J.L., Delesalle V.A., Cavaliere A.R. Seed Mass and Morphology in Outcrossing and Selfing Species of *Clarkia* (Onagraceae): An SEM Study // International Journal of Plant Sciences. – 2004. – Vol. 165, N 1. – P. 85–96.
50. Moeller D.A., Geber M.A. Ecological context of the evolution of self-pollination in *Clarkia xantiana*: population size, plant communities, and reproductive assurance // Evolution. – 2005. – Vol. 59, N 4. – P. 786–799.
51. Frequency-dependent pollinator foraging in polymorphic *Clarkia xantiana* ssp. *xantiana* populations: implications for flower colour evolution and pollinator interactions / V.M. Eckhart, N.S. Rushing, G.M. Hart, J.D. Hansen [Электронный ресурс]. – 2006. – Режим доступа: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.0030-1299.2006.14289.x> (Accessed 3 Feb. 2021).

52. Briscoe R.D., Runquist I., Moeller D.A. Resource reallocation does not influence estimates of pollen limitation or reproductive assurance in *Clarkia xantiana* subsp. *parviflora* (Onagraceae) // Am. J. Bot. – 2013. – Vol. 100, N 9. – DOI: 10.3732/ajb.1300050.
53. Smith-Huerta N.L., Huerta A.J. Floral biology and the evolution of selfing in natural populations of *Clarkia tembloriensis* Vasek (Onagraceae) // The Journal of the Torrey Botanical Society. – 2015. – Vol. 142, N 3. – P. 240–248.
54. James R.M., Geber M.A., Toews P.L. Quantitative Amplicon Sequencing for Meta-DNA Analysis Reveals Patterns in Pollen Use by Bees. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2020.04.14.041814v1.full.pdf+html> (Accessed 5 Feb. 2021) DOI: <https://doi.org/10.1101/2020.04.14.041814>.
55. Moore D.M., Lewis H. The evolution of self-pollination in *Clarkia xantiana* // Evolution. – 1965. – Vol. 1, N 1. – P. 104–114. – <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1965.tb01695.x>Citations

REFERENCES

1. Levis H., Chromosome phylogeny and habitat preference of *Clarkia*, *Evolution*, 1953, Vol. 7, pp. 102–109.
2. Munz P.A., Hitchcock C.L., A Study of the Genus *Clarkia*, with Special Reference to Its Relationship to *Godetia*, *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 1929, Vol. 56, No. 4, pp. 181–197.
3. Hitchcock C.L., Revision of North American Species of *Godetia*, *Botanical Gazette*, Published By: The University of Chicago Press, 1930, Vol. 89, No. 4 (Jun., 1930), pp. 321–361.
4. J. M. C., Synopsis of *Godetia*, *Botanical Gazette*, 1908, Vol. 45, No. 3, P. 214–214, JSTOR, www.jstor.org/stable/2467128. (Accessed 01 Feb. 2021).
5. *Godetsiya: spravochnik tsvetovoda* (Year: Flower Reference), Moskow: Kolos, 1971, pp. 92–93.
6. Poletiko O.M., Mishenkova A.P., *Dekorativnye travyanistyie rasteniya otkrytogo grunta: Spravochnik po nomenklature rodov i vidov* (Decorative herbaceous plants of open soil: Handbook on the nomenclature of childbirth and species), Leningrad: Nauka. Leningr. otd-nie, 1967, 208 p.
7. Genie data base: <https://www.upov.int/genie/en/details.xhtml?cropId=1353>
8. Grosse F.E. *Beiträge zur vergleichenden Anatomie der Onagraceen, einschliesslich besonderer Berücksichtigung der Entwicklung und des anatomischen Baues der Vegetationsorgane von Trapanatans*, Publication info: Dresden, C.R. Gärtner'sche Buchdruckerei, 1895, pp. 30–34.
9. Nelson A., Macbride J.F., Western Plant Studies, *Botanical Gazette*, Published by: The University of Chicago Press, 1918, Vol. 65, No. 1 (Jan., 1918), pp. 58–70 (13 pages).
10. Lewis H., Lewis M.E., The mechanism of evolution in the genus *Clarkia*, *Evolution*, 1955, Vol. 8(1), No. 20, pp. 251–392.
11. Lewis H., Poberts M.R., The origin of *Clarkia lingulata*, *Evolution*, 1956, No. 10, pp. 126–138.
12. Grant V. *Evolutsionnyy protsess* (Evolutionary process): <http://evolution.powernet.ru/library/grant/intro.html>.
13. Munz Ph., Keck D.D., *A California Flora: University of California Press*, Berkeley Los Angeles, London, 1973, pp. 923–961.
14. Jepson M. *Higher plants of California*, Editor by J.C. Hickman: University of California Press. Berkeley Los Angeles, London, 1993, pp. 786–793.
15. Hiorth G., Zur Genetik und Systematik der Gattung *Godetia*, *Z. Ver-erbungslehre*, 1941, No. 79, pp. 199–219.
16. Hiorth G., Eine Serie multipler Allele für Blütenzeichnungen bei *Godetia amoena*, *Hereditas*, 1940, No. 26, pp. 441–453.
17. Rasmuson H., Beiträge zu einer genetischen Analyse zweier *Godetia* – Arten und ihrer Bastarde, *Hereditas*, Vol. II, 1921, pp. 248–280.

18. Chittenden R.J., Notes on species crosses in *primula*, *godetia*, *nemophila*, and *phacelia*, *Journ. of Gen.*, 1928, No. 19, pp. 285–314.
19. Ford V.S., Gottlieb L.D., Reassessment of Phylogenetic Relationships in *Clarkia* Sect. *Sympherica*, *American Journal of Botany*, 2003, Vol. 90, No. 2, pp. 284–292.
20. Hakansson A., Zur Zytologie von *Godetia* Arten und Bastarden, *Hereditas*, 1925, No. 27 (3–4), pp. 319–336.
21. Levis H., Raven P.H., Rapid evolution in *Clarkia*, *Evolution*, 1958, No. 12, pp. 319–336.
22. Snow's R., Chromosomal differentiation in *Clarkia dudleyana*, *American Journal of Botany*, 1960, Vol. 47, No. 4, pp. 302–309.
23. Bartholomew B., Eaton L.C., Raven P.H., *Clarkia rubicunda*: A Model of Plant Evolution in semiarid regions, *Evolution*, 1973, Vol. 27, No. 3, pp. 505–517, DOI: 10.1111/j.1558-5646.1973.tb00698.x. PMID: 28564916.
24. Gottlieb L.D., Enzyme differentiation and phylogeny in *Clarkia franciscana*, *C. rubicunda* and *C. amoena*, *Evolution*, 1973, Vol. 27, pp. 205–214.
25. Gottlieb L.D., Edwards S.W., An electrophoretic test of the genetic independence of a newly discovered population of *Clarkia franciscana*, *Madroño*, 1992, Vol. 39, No. 1, pp. 1–7, www.jstor.org/stable/41424881. (Accessed 03. 02.2021).
26. Gottlieb L.D., Evidence for Duplication and Divergence of the Structural Gene for Phosphoglucosomerase in Diploid Species of *Clarkia*, *Genetics*, 1977, No. 86(2), pp. 289–307.
27. Gottlieb L.D., Weeden F., *Gene duplication and phylogeny in Clarkia*, Department of genetics, University of California, Davis, California, 1979, No. 33(4), pp. 1024–1039.
28. Gottlieb L.D., Higgins R.C., Evidence from subunit molecular weight suggests hybridization was the source of the phosphoglucose isomerase gene duplication in *Clarkia*, *Theoretical and Applied Genetics*, 1984, Vol. 68, pp. 369–373.
29. Jones T.W.A., Pichersky E., Gottlieb L.D., Activity in Ems-Induced Null Mutations of Duplicated Genes Encoding Phosphoglucose Isomerases in *Clarkia*, *Genetics*, 1986, Vol. 113, No. 1, pp. 101–114.
30. Gottlieb L.D., To Ards molecular genetics in *Clarkia*: Gene Duplications and molecular characterization of PGI Genes, *Ann. Missouri Bot. Gard.*, 1988, Vol. 75, No. 4, pp. 1169–1179.
31. Gottlieb L.D., Floral Pigmentation Patterns in *Clarkia* (Onagraceae), *Madroño: Published By: California Botanical Society*, 1989, Vol. 36, No. 1, pp. 1–8.
32. Sytsma K.J., Smith J.F., DNA and morphology: comparisons in the Onagraceae, *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 1988, No. 75, pp. 1217–1237.
33. Sytsma K.J., Smith J.F., Gottlieb L.D., Phylogenetics in *Clarkia* (Onagraceae): restriction site mapping of chloroplast DNA, *Systematic Botany*, 1990, Vol. 15, pp. 280–295.
34. Sytsma K.J., Smith J.F., Hoch P.C., A chloroplast DNA analysis of tribal and generic relationships within Onagraceae, *American Journal of Botany*, 1991, Vol. 78, pp. 222.
35. Sytsma K.J., Smith J.F., Molecular systematics of Onagraceae: examples from *Clarkia* and *Fuchsia*, *Molecular systematics of plants*, 1992, pp. 295–323.
36. Lewis H., Raven P.H., New combinations in the genus *Clarkia* (Onagraceae), *Madroño*, 1992, Vol. 39, pp. 163–169.
37. Hiorth G., Über Hemmungs systeme Bei *Godetia whitneyi*, *MGG – Molecular and General Genetics*, 1948, No. 82 (1), pp. 12–63, DOI: 10.1007/BF00308398.
38. Lewis H., Catastrophic selection as a factor in speciation, *Evolution*, 1962, Vol. 16, pp. 257 – 271.
39. Lewis H., The Origin of Diploid Neospecies in *Clarkia*, *The American Naturalist*, 1973, Vol. 107, No. 954, pp. 161–170, JSTOR, www.jstor.org/stable/2459792.
40. MacSwein J., Raven P., Thorp R., *Comparative behavior of bees and Onagraceae. IV Clarkia of bees the western United States. Univ. of Calif. Publ.*, 1973, Vol. 70, pp. 1–80.

41. Pichersky E., Raguso R.A., Lewinsohn E., Croteau R., *Floral Scent Production in Clarkia (Onagraceae) (I. Localization and Developmental Modulation of Monoterpene Emission and Linalool Synthase Activity)*, 1994: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC159695/pdf/1061533>.
42. Gottlieb L.D., Electrophoretic analysis of the phylogeny of the self-pollinating populations of *Clarkia xantiana*, *Pl Syst Evol*, 1984, Vol. 147, pp. 91–102.
43. Soltis P.S., Soltis D.E., Gottlieb L.D., Phosphoglucosyltransferase Gene Duplications in *Clarkia* (Onagraceae) and Their Phylogenetic Implications, *Evolution*, 1987, Vol. 41, No. 3, pp. 667–671, www.jstor.org/stable/2409269.
44. Holsinger K.E., Gottlieb L.D., By the American Society of Plant taxonomists isozyme Variability in the Tetraploid *Clarkia gracilis* (Onagraceae) and its Diploid Relatives', *Systematic Botany*, 1988, Vol. 13, No. 1, pp. 1–6.
45. Gottlieb L., Ford V., Genetic studies of the pattern of floral pigmentation in *Clarkia gracilis*, *Heredity*, 1988, Vol. 60, pp. 237–246.
46. Talline R.M., Berg J.J., Blinka S., Rausher M.D., Baum D.A., Precise spatio-temporal regulation of the anthocyanin biosynthetic pathway leads to petal spot formation in *Clarkia gracilis* (Onagraceae), *The New Phytologist*, 2013, Vol. 197, No. 3, pp. 958–969.
47. Talline R.M., Peng J., Rausher M.D., How petals change their spots: cis-regulatory re-wiring in *Clarkia* (Onagraceae), *The New Phytologist*, 2017, Vol. 216, No. 2, pp. 510–518.
48. Lin R.C., Rausher M.D., R2R3 MYB genes control petal pigmentation patterning in *Clarkia gracilis* ssp. *sonomensis* (Onagraceae), *New Phytol*, 2021, Vol. 229, pp. 1147–1162, <https://doi.org/10.1111/nph.16908>.
49. Knies J.L., Delesalle V.A., Cavaliere A.R., Seed Mass and Morphology in Outcrossing and Selfing Species of *Clarkia* (Onagraceae): An SEM Study, *International Journal of Plant Sciences*, 2004, Vol. 165, No. 1, pp. 85–96.
50. Moeller D.A., Geber M.A., Ecological context of the evolution of self-pollination in *Clarkia xantiana*: population size, plant communities, and reproductive assurance, *Evolution*, 2005, Vol. 59, No. 4, pp. 786–799.
51. Eckhart V.M., Rushing N.S., Hart G.M., Hansen J.D., *Frequency-dependent pollinator foraging in polymorphic Clarkia xantiana ssp. xantiana populations: implications for flower colour evolution and pollinator interactions*, 2006: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.0030-1299.2006.14289.x>.
52. Briscoe R.D., Runquist L., Moeller D.A., Resource reallocation does not influence estimates of pollen limitation or reproductive assurance in *Clarkia xantiana* subsp. *parviflora* (Onagraceae), *Am. J. Bot*, 2013, Vol. 100, No. 9, DOI: 10.3732/ajb.1300050.
53. Smith-Huerta N.L., Huerta A.J., Floral biology and the evolution of selfing in natural populations of *Clarkia tembloriensis* Vasek (Onagraceae), *The Journal of the Torrey Botanical Society*, 2015, Vol. 142, No. 3, pp. 240–248.
54. James R.M., Geber M.A., Toews P.L., *Quantitative Amplicon Sequencing for Meta-DNA Analysis Reveals Patterns in Pollen Use by Bees*: <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2020.04.14.041814v1.full.pdf+html>, DOI: <https://doi.org/10.1101/2020.04.14.041814>.
55. Moore D.M., Lewis H., The evolution of self-pollination in *Clarkia xantiana*, *Evolution*, 1965, Vol. 1, No. 1, pp. 104–114, <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1965.tb01695.x>Citations

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЧИСТОТЫ И ЗДОРОВЬЯ ПОСЕВОВ ЛЬНА ПРИ ОБРАБОТКЕ НОВЫМИ ПЕСТИЦИДАМИ

Н.А. Кудрявцев, доктор сельскохозяйственных наук,
главный научный сотрудник

Л.А. Зайцева, кандидат сельскохозяйственных наук,
ведущий научный сотрудник

З.К. Курбанова, аспирант

Федеральный научный центр лубяных культур,
Торжок, Россия

E-mail: vniil.sekretar@mail.ru

Ключевые слова: гербицид, регулятор роста, фунгицид, лен, повышение урожайности, эффективность

Реферат. Меры защиты растений при возделывании льна должны обеспечивать в достаточной степени чистые от сорняков, здоровые посевы, формирующие урожай культуры необходимого уровня качества, соответствующего экономическим и экологическим критериям современных агротехнологий. Цель работы – поиск перспективных гербицидных и защитно-стимулирующих средств для обеспечения чистоты от сорняков и здоровья посевов льна при обработке их новыми пестицидами, способствующими повышению урожайности и качества льнопродукции. Основные эксперименты по классической методике научной агрономии выполнены на полях ФГБНУ ФНЦ ЛК ОП НИИ льна в Тверской области. В результате проведения опытов в 2018–2020 гг. гербицид Шансти и его смесь с препаратом Шанстрел 300 продемонстрировали относительно высокую биологическую эффективность защиты льна от двудольных сорняков. Добавка к противодвудольным гербицидам граминицидов Галошанс или Клетошанс, регулятора роста Артафит или фунгицида Зимошанс не снизила эффективности действия смесей препаратов на двудольные сорняки и уничтожила в посевах злаковые сорняки. Дополнительно Артафит и Зимошанс эффективно защищали лен от пасмо и других болезней, закономерно повышая урожайность льнопродукции. Ее максимальные в опыте показатели получены в варианте применения Артафита совместно с гербицидами. Применение препарата Артафит оказало положительное влияние на качество льносолом – повысило его на 1–2 сортомера (с 2,00 до 2,50).

ENSURING THAT FLAX CROPS ARE CLEAN AND HEALTHY WHEN TREATED WITH THE NEW PESTICIDES

N.A. Kudryavtsev, Doctor of Agricultural Sciences, Chief Scientific Officer

L.A. Zaitseva, PhD in Agricultural Sciences, Leading Researcher

Z.K. Kurbanova, Postgraduate Student

Federal Research Centre for Bast Crops, Torzhok, Russia

Key words: herbicide, growth regulator, fungicide, flax, yield increase, efficiency.

Abstract. Plant protection measures in flax cultivation should provide sufficiently clean from weeds, healthy sowings, forming the crop of necessary quality level, corresponding to economic and ecological criteria of modern agrotechnologies. The work aims to find promising herbicidal and protective-stimulating agents for providing cleanness from weeds and the health of flax crops when treating them with new pesticides, contributing to increasing the yield and quality of flax products. According to the

classical methodology of scientific agronomy, the main experiments were carried out in the fields of FSBSI Federal Scientific Centre for Bast Crop, Flax Research Institute in the Tver region. As a result of experiments in 2018-2020, the herbicide Shanti and its mixture with Shanstrel 300 showed relatively high biological efficacy in protecting flax against dicotyledonous weeds. Furthermore, the addition of graminicides Haloshans or Cletoshans, growth regulator Artafit or fungicide Zimoshans to anti-wort herbicides did not reduce the effectiveness of the drug mixtures on dicotyledonous weeds and eliminated cereal weeds in crops. Additionally, Artafit and Zimoshans effectively protected flax from pasmo and other diseases, naturally increasing the yield of flax products. Its maximum values in the experiment were obtained in the variant of Artafit application together with herbicides. The use of Artafit had a positive effect on the quality of flax straw, increased it by 1-2 grades (from 2.00 to 2.50).

Льном-долгунцом в 2020 г. было засеяно 51,3 тыс. га российских полей, масличным льном – более 500 тыс. га, в т.ч. в Забайкалье – 4200 га (в 2 раза больше, чем в 2019 г.). Сибирские льноводы считают, что «эта культура идеально подходит для засушливого климата, а ее стоимость на мировом рынке только растет» [1]. В льноводстве, как правило, необходимы мероприятия по защите растений, которые должны обеспечивать достаточно чистые от сорняков и здоровые посевы. Они могут сформировать полноценный урожай льнопродукции необходимого качества. При этом проводимые фитосанитарные меры должны соответствовать принятой агротехнологии по экологическим и экономическим критериям. Арсенал гербицидов и защитно-стимулирующих препаратов, удовлетворяющих требованиям современной технологии возделывания льна, приходится систематически расширять, испытывать на культуре льна новые средства защиты растений. Это обеспечит объективную альтернативу выбора наиболее подходящих в конкретной ситуации препаратов (по эффективности, цене, безопасности и т.д.). Следует изучать вопрос их физиологической совместимости (возможности смешивания при применении), проверять эффективность образуемых полифункциональных пестицидных и защитно-стимулирующих композиций [2].

Гербициды, применяемые в посевах льна, должны обеспечивать гибель не менее 70% сорняков или соответствующее уменьшение их массы (минимальную биологическую эффективность на уровне 70%). Кроме того, они должны быть безопасными для культурных

растений, способствовать их продуктивности. Необходимо соответствие средств защиты растений экологическим и экономическим критериям современных агротехнологий. Обеспечение этих требований достигается за счет поиска новых препаратов и экологизации, рационализации их использования, в частности при комбинировании традиционных препаратов с другими гербицидами в сниженных нормах внесения, с защитно-стимулирующими и антистрессовыми средствами.

В работах зарубежных гербологов и токсикологов [3–7] и в наших предыдущих исследованиях [8–10], наряду с различиями влияния гербицидов на сорняки, отмечено их неоднозначное действие и на растения льна-долгунца. Наиболее благоприятное действие, повлекшее за собой некоторое увеличение показателей общей высоты растений и технической длины их стебля (по сравнению с контролем, где лен был угнетен сорняками), оказали некоторые сульфонилмочевинные препараты, в частности, Хармони. Его смеси с противопошироколиственным гербицидом Лонтрел и граминицидами (Тарга Супер, Миура и др. в оптимально-минимальных нормах применения) на высоту культурных растений практически не повлияли. Масса культурных растений и в конечном счете урожайность льнопродукции в связи с применением гербицидов в таких вариантах была достоверно выше контрольных показателей. Относительно более высокое качество льнопродукции было получено также в связи с применением вышеназванных средств. Но некоторые гербицидные смеси, например, сульфонилмочевинных препара-

тов, МЦПА при высоких нормах применения со злакоцидом Зеллеком заметно угнетали лен-долгунец, вызывая снижение высоты растений. Это максимально проявлялось в засушливые годы.

Для льноводства особенно важны экологизация и рациональная защита культурных растений не только от сорняков, но и от болезней и других стрессовых факторов за счет разрабатываемого нами обоснованного комбинирования гербицидов с фунгицидными, бактерицидными и защитно-стимулирующими, антистрессовыми средствами. Как правило, лучше совмещаются в смесях аналогичные препараты одной фирмы-разработчика. Например, имеющий аналогичное с гербицидом Хармони (регистрант – ООО «Дюпон Наука и Технология») действующее вещество (тифенсульфурон-метил) препарат Шансти (ООО «Шанс») целесообразнее сочетать не с Лонтрелом (Дау АгроСаенсес ВмбХ), а с содержащим аналогичное действующее вещество (клопиралид) Шанстрелом (ООО «Шанс»); не с Зеллеком-супер (Дау АгроСаенсес ВмбХ), а с подобно ему содержащим действующее вещество галоксифоп-Р-метил Галошансом (ООО «Шанс»). Поэтому для своей экспериментальной работы мы выбрали препараты ООО «Шанс» [11]. Этому выбору дополнительно способствовало наладившееся надежное снабжение пестицидами и агрохимикатами нашего семеноводческого хозяйства – ООО «Родниковое Поле» – поставщиком названных средств – ООО «Шанс».

Цель работы – поиск перспективных гербицидных и защитно-стимулирующих средств для обеспечения чистоты от сорняков и здоровья посевов льна при обработке их новыми пестицидами, способствующими повышению урожайности и качества льнопродукции. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Испытание новых образцов гербицидов против различных групп двудольных сорняков (в частности, препаратов, содержащих тифенсульфурон-метил, против однолетних; а содержащих клопиралид – против много-

летних корнеотпрысковых) в агрофитоценозе льна-долгунца.

2. Оценка биологической эффективности в посевах льна новых противозлаковых гербицидов (в частности, препаратов, содержащих галоксифоп-Р-метил и клетодим) в смесях с противодвудольными гербицидами.

3. Выявление влияния добавки к гербицидам в сниженных нормах применения при обработке посевов льна защитно-стимулирующего полифункционального препарата, содержащего полидиаллилдиметиламмоний хлорид, и фунгицида, содержащего карбендазим, на проявление сорняков, болезней, на количество и качество урожая льнопродукции.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые эксперименты в четырехкратной повторности с учетной площадью каждой делянки 25 м² по классической методике научной агрономии выполнены в Тверской области в 2018–2019 гг. на сорте льна-долгунца Тверской, возделываемом в соответствии с разработанной для него сортовой зонально-адаптивной технологией [12].

Почва на опытных участках – дерново-подзолистая, легкосуглинистая с рН_{KCl} 5,3 и 5,5 соответственно в 2018 и 2019 гг.; содержание подвижных форм фосфора – 207 и 201, калия – 195 и 203 мг/кг почвы, гумуса – 1,8 и 1,6 %. Метеорологические условия вегетационных периодов 2018 и 2019 гг. в Тверской области не имели экстремальных проявлений по температуре и влажности и были близки к оптимальным параметрам для роста и развития льна-долгунца.

По действию на наиболее распространенные в регионе сорняки и болезни льна изучали следующие средства защиты растений.

1. Хармони – СТС, тифенсульфурон-метил – 750 г/кг – послевсходовый сульфонилмочевинный гербицид, считающийся высокоэффективным против большинства видов однолетних двудольных растений. Известен как самый мягкий гербицид для льна, позволяющий получить урожай высокого качества.

Разрешен к применению без ограничений для культур севооборота [13].

2. Шансти – ВДГ, тифенсульфурон-метил – 750 г/кг.

3. Шанстрел 300 – ВР, клопиралид – 300 г/л.

4. Галошанс – КЭ, галоксифоп-Р-метил – 104 г/л [11].

5. Артафит – ВРК, полидиаллилдиметиламмоний хлорид – 100 г/л – полифункциональный полимер, водорастворимый концентрат, предназначенный для предпосевной обработки семян и опрыскивания вегетирующих растений. Фактор выращивания экологически чистой сельскохозяйственной продукции, безопасен для человека, животных, окружающей среды. Защищает сельскохозяйственные культуры от стрессовых ситуаций, смягчает гербицидный стресс. Полидиаллилдиметиламмоний хлорид находит всё более широкое применение при возделывании зерновых, зернобобовых, кукурузы, картофеля, сахарной свёклы и других культур. Эффективность его применения обусловлена антибактериальным, фунгипротекторным и ростактивирующим действием, что положительно сказывается на продуктивности сельскохозяйственных культур и улучшении их качества. Действующее вещество препарата совместимо с пестицидами и минеральными удобрениями, быстро и полностью растворяется, обеспечивая качественное приготовление рабочего раствора. Имеет высокую экономическую эффективность за счёт повышения рентабельности возделывания культур [14].

6. Зимошанс – КС, карбендазим – 500 г/л.

7. Клетошанс – КЭ, клетодим – 240 г/л.

8. Шанс 90 – ПАВ [11].

Полевые опыты и лабораторные исследования выполнены в соответствии с методологией, применяемой в сельскохозяйственной и биологической экспериментальной работе [15–17].

Полученные результаты репрезентативных учетов оценивались методами агрономической статистики [18] с использованием программ ПК ЛАНДШАФТ и STADIA [19, 20].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Видовой состав сорняков в посевах льна на делянках опыта был представлен преимущественно двудольными и злаковыми растениями, типичными для полей Тверской области и многих других регионов России. Их общая плотность на делянках контрольного варианта в начале и в конце вегетационного периода (табл. 1) составляла в среднем за 2018–2019 гг. 67 и 120 шт/м² соответственно. Кроме них проявился хвощ полевой – 3 и 5 шт/м². Эти виды растений, засоряющих сельскохозяйственные угодья, исследуются не только российскими, но и зарубежными гербологами [3–7].

Гербицидный эффект различных вариантов применения изучаемых препаратов иллюстрирует табл. 2.

Гербицид Шансти и его смесь с препаратом Шанстрел 300 продемонстрировали относительно высокую биологическую эффективность защиты льна от двудольных сорняков, в частности, от наиболее часто встречавшегося из них вида – торицы полевой. Показатель эффективности снижения численности растений торицы в результате применения Шансти в норме расхода 25 г/га и смеси его в сниженной норме расхода (20 г/га) с препаратом Шанстрел 300 (0,3 л/га) в среднем за 2018–2019 гг., по данным учетов через 30 суток после применения и перед уборкой льна, составил 100% (при эффективности условного стандартного гербицида Хармони (25 г/га) 95,0–95,7%).

Добавка к вышеназванным противодвудольным гербицидам дополнительно граминицидов Галошанс или Клетошанс, регулятора роста Артафит, фунгицида Зимошанс не снизила эффективности действия смесей препаратов на двудольные сорняки – все варианты смесей и один препарат Шансти (25 г/га) обеспечили приближающуюся к 100% гибель, например, торицы. Дополнительно композиции, включающие регулятор роста Артафит (0,2 л/га) и фунгицид Зимошанс (0,5 л/га), защищали посевы

Таблица 1

Видовой состав и удельная численность основных сорняков в посевах льна на делянках контрольного варианта в фазу «елочки» и перед уборкой урожая (в среднем за 2018-2019 гг.)
Species composition and specific numbers of major weeds in flax crops in the control plots during the herringbone phase and before harvesting (average for 2018-2019)

Вид растения	Численность, шт/м ²	
	в фазе «елочки» льна	перед уборкой урожая
Торица полевая	19	25
Марь белая	6	11
Пикульник (виды)	4	5
Горец (виды)	3	9
Ромашка (виды)	3	6
Пастушья сумка обыкновенная	2	2
Аистник цикутolistный	2	4
Фиалка трехцветная	2	4
Бодяк щетинистый	2	7
Осот полевой	2	5
Прочие виды двудольных растений	3	3
Двудольных, в с е г о	48	81
Пырей ползучий	4	8
Просо куриное	2	5
Прочие виды злаковых растений	3	6
Злаковых, в с е г о	19	39
Хвощ полевой	3	5
В с е г о сорняков	70	125
НСР ₀₅	1	2

льна от пасмо и других болезней (практически на 100%).

Смесь противодвудольных гербицидов Шансти (20 г/га) и Шанстрел 300 (0,3 л/га) была эффективна не только против торицы, но и против бодяка и осота.

Композиция этой смеси с противозлаковыми гербицидами Галошанс (0,7 л/га) или Клетошанс (0,7 л/га) плюс ПАВ Шанс 90 (0,2 л/га) практически на 100% уничтожила в посевах злаковые сорняки.

Снижение общей массы нежелательной растительности всех двудольных и злаковых видов, засорявших опытный посев льна в 2018–2019 гг., вследствие применения изучаемых смесей препаратов составило через 30 суток после обработки до 97,4% (см. табл. 2).

Кроме сорняков, в посевах льна проявлялись его болезни, которые мы учитывали на делянках изучаемых вариантов опыта в связи с применением различных пестицидов. На уровне выше 10% в контрольном варианте отмечены показатели распространенности пасмо льна ко времени уборки урожая с поля. По этой болезни мы и определяли эффективность испытуемых пестицидов в плане их влияния на фитопатологическую защиту льна.

Распространенность пасмо в 2018 и 2019 гг. на делянках контроля составила 66,3 и 82,5 %. Обработка пестицидами растений льна в фазе «елочки» снизила проявление этой болезни. Наиболее эффективное снижение ее распространенности (соответственно на 64,4 и 66,3% в 2018 г.; 75,4 и 77,5% в 2019 г.) отмечено в вариантах с примени-

Таблица 2

Общая гербицидная эффективность различных препаратов и их композиций в среднем за 2018–2019 гг. (снижение массы двудольных и злаковых сорняков через 30 суток после обработки посевов)
Total herbicidal efficacy of different preparations and their compositions on average for 2018–2019 (reduction in dicotyledonous and cereal weed mass 30 days after crop treatment)

Вариант	Масса сорняков, г/м ²	Эффективность, %
1. Контроль (без обработки)	284,7	-
2. Стандарт – Хармони – ВДГ, тифенсульфурон-метил – 750 г/кг (25 г/га)	19,9	93,0
3. Шансти – ВДГ, тифенсульфурон-метил – 750 г/кг (25 г/га)	10,4	96,3
4. Шансти (20 г/га) + Шанстрел 300 – ВР, клопиралид – 300 г/л (0,3 л/га)	10,4	96,3
5. Шансти (20 г/га) + Шанстрел 300 (0,3 л/га) + Галошанс – КЭ, галоксифоп-Р-метил, – 104 г/л (0,7 л/га)	8,6	97,0
6. Шансти (15 г/га) + Шанстрел 300 (0,25 л/га) + Галошанс (0,5 л/га) + Артафит – ВРК, полидиаллилдиметиламмоний хлорид – 100 г/л (0,2 л/га)	7,3	97,4
7. Шансти (20 г/га) + Шанстрел 300 (0,3 л/га) + Галошанс – КЭ, галоксифоп-Р-метил – 104 г/л (0,7 л/га) + Зимошанс – КС, карбендазим – 500 г/л (0,5 л/га)	7,3	97,4
8. Шансти (20 г/га) + Шанстрел 300 (0,3 л/га) + Клетошанс – КЭ, клетодим – 240 г/л (0,7 л/га) + ПАВ Шанс 90 (0,2 л/га) + Зимошанс (0,5 л/га)	8,6	97,0
НСР ₀₅	0,5	0,1

Таблица 3

Зависимость густоты стеблестоя растений льна от применения препаратов (в среднем за 2018–2019 гг.)
Dependence of flax plant stem density on the application of preparations (average for 2018–2019)

Вариант	Густота стеблестоя перед уборкой урожая, шт/м ²	Отмерших за вегетацию растений, %
1. Контроль (без обработки)	677	42,4
2. Стандарт – Хармони – ВДГ, тифенсульфурон-метил – 750 г/кг (25 г/га)	1107	12,5
3. Шансти – ВДГ, тифенсульфурон-метил – 750 г/кг (25 г/га)	1134	10,1
4. Шансти (20 г/га) + Шанстрел 300 – ВР, клопиралид – 300 г/л (0,3 л/га)	1129	10,3
5. Шансти (20 г/га) + Шанстрел 300 (0,3 л/га) + Галошанс – КЭ, галоксифоп-Р-метил – 104 г/л (0,7 л/га)	1146	9,5
6. Шансти (15 г/га) + Шанстрел 300 (0,25 л/га) + Галошанс (0,5 л/га) + Артафит – ВРК, полидиаллилдиметиламмоний хлорид – 100 г/л (0,2 л/га)	1153	8,9
7. Шансти (20 г/га) + Шанстрел 300 (0,3 л/га) + Галошанс – КЭ, галоксифоп-Р-метил – 104 г/л (0,7 л/га) + Зимошанс – КС, карбендазим – 500 г/л (0,5 л/га)	1159	8,7
8. Шансти (20 г/га) + Шанстрел 300 (0,3 л/га) + Клетошанс – КЭ, клетодим – 240 г/л (0,7 л/га) + ПАВ Шанс 90 (0,2 л/га) + Зимошанс (0,5 л/га)	1161	8,6
НСР ₀₅	3	0,5

Таблица 4

Влияние различных препаратов при обработке посевов на морфологические признаки растений льна (в среднем за 2018–2019 гг.)
 Effect of different preparations during crop treatment on morphological characters of flax plants (average for 2018–2019)

Вариант	Длина стебля растения льна, см		Диаметр стебля, мм	Количество коробочек на 1 растении, шт.	Количество семян в 100 коробочках, шт
	общая	техническая			
1. Контроль (без обработки)	90,3	86,1	1,42	3,1	610
2. Стандарт – Хармони – ВДГ, тифенсульфурон-метил – 750 г/кг (25 г/га)	88,6	85,4	1,50	3,3	643
3. Шансти – ВДГ, тифенсульфурон-метил – 750 г/кг (25 г/га)	90,5	86,9	1,43	3,6	671
4. Шансти (20 г/га) + Шанстрел 300 – ВР, клопиралид – 300 г/л (0,3 л/га)	90,2	86,3	1,45	3,4	656
5. Шансти (20 г/га) + Шанстрел 300 (0,3 л/га) + Галошанс – КЭ, галоксифоп-Р-метил – 104 г/л (0,7 л/га)	90,9	87,1	1,40	3,8	680
6. Шансти (15 г/га) + Шанстрел 300 (0,25 л/га) + Галошанс (0,5 л/га) + Артафит – ВРК, полидиаллил-диметиламмоний хлорид – 100 г/л (0,2 л/га)	91,2	87,5	1,42	3,9	687
7. Шансти (20 г/га) + Шанстрел 300 (0,3 л/га) + Галошанс – КЭ, галоксифоп-Р-метил – 104 г/л (0,7 л/га) + Зимошанс – КС, карбендазим – 500 г/л (0,5 л/га)	90,9	87,1	1,40	3,8	680
8. Шансти (20 г/га) + Шанстрел 300 (0,3 л/га) + Клетошанс – КЭ, клетодим – 240 г/л (0,7 л/га) + ПАВ Шанс 90 (0,2 л/га) + Зимошанс (0,5 л/га)	91,2	87,5	1,42	3,9	687
НСР ₀₅	0,3	0,2	0,02	0,1	3

ем препаратов Артафит и Зимошанс (который проходит регистрационные испытания и пока на культуре льна не включен в государственный каталог разрешенных пестицидов).

Влияние изучаемых вариантов обработки посевов на густоту стеблестоя растений льна иллюстрирует табл. 3. Опрыскивание вегетирующих растений льна смесью Шансти (20 г/га) + Шанстрел 300 (0,3 л/га) Клетошанс – КЭ, клетодим – 240 г/л (0,7 л/га) + ПАВ Шанс 90 (0,2 л/га) + Зимошанс (0,5 л/га) наиболее существенно в данном опыте повлияло на густоту стеблестоя культуры (превышение на 476 шт/м² по сравнению с контролем) и в 4,8 раза снизило процент отмерших за вегетацию растений.

Изменение морфологических признаков растений льна в зависимости от применения для обработки посевов средств защиты растений показано в табл. 4.

Применение препаратов при обработке посевов способствовало увеличению технической длины стебля льна по сравнению с контролем. Наиболее высок этот показатель в 8-м варианте – на 1,4 см больше контроля.

При применении смеси Шансти (20 г/га) + Шанстрел 300 (0,3 л/га) + Клетошанс – КЭ, клетодим – 240 г/л (0,7 л/га) + ПАВ Шанс 90 (0,2 л/га) + Зимошанс (0,5 л/га) отмечена тенденция к увеличению количества коробочек и количества семян в коробочках в сравнении с контрольным вариантом.

Применение нового регулятора роста растений Артафит для обработки посевов льна обеспечило наиболее достоверное повышение урожайности льносолом (при средней НСР₀₅ за 2 года 2,4 ц/га) и льносемян (при средней НСР₀₅ за 2 года 0,3 ц/га) (табл. 5).

Во всех вариантах опыта, где в гербицидную смесь добавляли Артафит или Зимошанс, закономерно повышалась урожайность со-

Таблица 5

Влияние применения гербицидных и защитно-стимулирующих средств на урожайность соломы и семян льна-долгунца (в среднем за 2018–2019 гг.), ц/га
 Effect of herbicidal and protective-stimulating agents' application on straw and seed yield of flax (average for 2018–2019), quintal/ hectare

Вариант	Льносолома	Льносемена
1. Контроль (без обработки)	28,7	1,9
2. Стандарт – Хармони – ВДГ, тифенсульфурон-метил – 750 г/кг (25 г/га)	40,4	3,7
3. Шансти – ВДГ, тифенсульфурон-метил – 750 г/кг (25 г/га)	40,6	3,8
4. Шансти (20 г/га) + Шанстрел 300 – ВР, клопиралид – 300 г/л (0,3 л/га)	43,3	4,4
5. Шансти (20 г/га) + Шанстрел 300 (0,3 л/га) + Галошанс – КЭ, галоксифоп-Р-метил – 104 г/л (0,7 л/га)	46,8	5,3
6. Шансти (15 г/га) + Шанстрел 300 (0,25 л/га) + Галошанс (0,5 л/га) + Артафит – ВРК, полидиаллилдиметиламмоний хлорид – 100 г/л (0,2 л/га)	54,5	6,4
7. Шансти (20 г/га) + Шанстрел 300 (0,3 л/га) + Галошанс – КЭ, галоксифоп-Р-метил – 104 г/л (0,7 л/га) + Зимошанс – КС, карбендазим – 500 г/л (0,5 л/га)	52,4	5,9
8. Шансти (20 г/га) + Шанстрел 300 (0,3 л/га) + Клетошанс – КЭ, клетодим – 240 г/л (0,7 л/га) + ПАВ Шанс 90 (0,2 л/га) + Зимошанс (0,5 л/га)	52,7	6,0
НСР ₀₅	2,4	0,3

ломы и семян. Максимальные в опыте показатели урожайности льнопродукции были получены в случае применения Артафита совместно с гербицидами.

Применение препарата Артафит оказало также положительное влияние на качество льносоломы - повысило его на 1 сортономер (с 2,00 до 2,50).

Исследования по данной теме продолжаются.

ВЫВОДЫ

1. Гербицид Шансти и его смесь с препаратом Шанстрел 300 в опытах 2018–2019 гг. продемонстрировали относительно высокую биологическую эффективность защиты льна от двудольных сорняков. По данным учетов через 30 суток после применения и перед уборкой льна, их эффективность составила практически 100% (при показателях эффективности условного стандартного гербицида Хармони 95,0–95,7%).

2. Добавка к противодвудольным гербицидам дополнительно граминицидов

Галошанс или Клетошанс, регулятора роста Артафит или фунгицида Зимошанс не снизила эффективности действия смесей препаратов на двудольные сорняки и практически на 100% уничтожила в посевах злаковые сорняки. Снижение общей массы нежелательной растительности всех двудольных и злаковых видов, засорявших опытный посев льна в 2018–2019 гг., вследствие применения изучаемых смесей препаратов составляло через 30 суток после обработки, до 97,4%.

3. Дополнительно композиции, включающие регулятор роста Артафит или фунгицид Зимошанс, защищали посевы льна от пасмо на 64,4–77,5%.

4. Во всех вариантах опыта, где в гербицидную смесь добавляли Артафит или Зимошанс, закономерно повышалась урожайность соломы и семян. Максимальные в опыте показатели урожайности льнопродукции были получены в случае применения Артафита совместно с гербицидами.

Работа выполняется при финансовой поддержке Минобрнауки России (ГЗ № 075-00 853119-00).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сибина С.А. С уклоном в переработку // Экономика Сибири. – 2020. – № 22. – С. 1-2.
2. Кудрявцев Н.А., Зайцева Л.А. Инновации в мониторинге болезней, вредителей и сорняков льна, в использовании против них высокомолекулярного препарата // Владимирский земледелец. – 2018. – № 2 (84). – С. 32-37. – DOI: 10.24411/2235-2584-2018-00017.
3. Frost C. Control of wild oat (*Avena fatua*) in Great Britain // The Farmers Village. – 1973. – Vol. 27, N 3. – P. 102–104.
4. Gregory A. Memoranda on the Aborigines of Australis // Journals of Anthropological Institute of Britain and Ireland. – 1986. – Vol. XV, N 3–4. – P. 130–131.
5. Staņeckā I., Graude D., Stramkale S. Diseases diversity for flax genetic resources in Latvia // Journals of dovnicae. – 2017. – Vol. 8, N 4. – P. 57.
6. Guenzi W.D., McCalla T.M. Inhibition of germination and seedling development by crop residues // Soil Sci. Soc. Amer., Proc. – 1962. – Vol. 26. – P. 456–458.
7. Hanelt P., Hammer K. Variabilität – Indizes von *Papaver rhoeas* – Populationen und ihre Beziehungen zum Entwicklungsstand der Landwirtschaft // Biol. Lbl. – 1980. – Vol. 99, N 3. – P. 325–343.
8. Оценка эффективности использования биопрепарата Альбит в системе защиты полевых культур / А.К. Злотников, А.Т. Подварко, Т.А. Рябчинская, Н.А. Кудрявцев [и др.] // Земледелие. – 2017. – №4. – С. 37–42.
9. Optimization of the phytosanitary condition of agrocenoses in the nonchernozem zone of the Russian Federation / O.A. Savoskina, S.I. Chebanenko, Z.K. Kurbanova, A.V. Shitikova, N.A. Kudryavtsev // International Symposium «Earth sciences: history, contemporary issues and prospect». Publishing. – 2020. – S. 012–055.
10. Перспективные средства защиты льна / Н.А. Кудрявцев, Л.А. Зайцева, З.К. Курбанова, О.А. Савоскина // Защита и карантин растений. – 2020. – №4. – С. 24–26.
11. Средства защиты растений / ООО «Шанс», ГК МТС «Агро-Альянс». – Воронеж, 2017. – 48 с.
12. Зонально-адаптивные технологии производства льна-долгунца / П.А. Чекмарев, В.П. Понажев, Л.Н. Павлова, Т.А. Рожмина, О.Ю. Сорокина, Н.А. Кудрявцев [и др.]. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2011. – 186 с.
13. Хармони: рекламный проспект ДюПон де Немур. – 2010. – С. 1–4.
14. Шаповал О.А., Можарова И.П., Коришонов А.А. Регуляторы роста растений в агротехнологиях // Защита и карантин растений. – 2014. – № 6. – С. 18.
15. Методические указания по испытанию фунгицидов в сельском хозяйстве. – СПб.: ВИЗР, 2009. – С. 159–173.
16. Голубев А.С., Маханькова Т.А. Методические рекомендации по испытанию гербицидов. – СПб.: ВИЗР, 2020. – 80 с.
17. Методические указания по проведению полевых опытов со льном-долгунцом. – Торжок: ВНИИЛ, 1978. – 72 с.
18. Кирюшин Б.Д. Методика научной агрономии. – М.: МСХА, 2004. – Ч. 1. – 168 с.; 2005. – Ч. 2. – 200 с.
19. Пакет программ анализа полевых опытов ЛАНДШАФТ. – Тверь, ВНИИМЗ, 1999. – 25 с.
20. Пакет программ для IBM PC STADIA. Версия 7.0 / А.П. Кулаичев; свидетельство госрегистрации: №0115-97.1.0 RUS.

REFERENCES

1. Sibina S.A., *Ekonomika Sibiri*, 2020, No. 22, pp. 1–2. (In Russ.)
2. Kudryavcev N.A., Zajceva L.A., Vladimirskij Zemledec, 2018, No. 2 (84), pp. 32–37, DOI: 10.24411/2235-2584-2018-00017. (In Russ.)
3. Frost C., Control of wild oat (*Avena fatua*) Biatas, *The Farmers Village*, 1973, Vol. 27, No. 3, pp. 102–104.
4. Gregory A., Memoranda on the Aborigens of Australis, *Journals of Anthropological Institute of Britain and Ireland*, 1986, Vol. XV, No. 3–4, pp. 130–131.
5. Stafecka I., Graude D., Stramkale S., Diseases diversity for flax genetic resources in Latvia, *Journals of dovnicae*, 2017, Vol. 8, No. 4, pp. 57.
6. Guenzi W.D., McCalla T.M., Inhibition of germination and seedling development by crop residues, *Soil Sci. Soc. Amer., Proc*, 1962, Vol. 26, pp. 456–458.
7. Hanelt P., Hammer K., Variabilitats – Indicaces von Papaver rhoeas – Popylationen und ihre Beziehungen zum Enwiclhungstand der Landwirtschaft, *Biol. Lbl.*, 1980, Vol. 99, No. 3, pp. 325–43.
8. Zlotnikov A.K., Podvarko A.T., Ryabchinskaya T.A., Kudryavtsev N.A. [i dr], *Zemledelie*, 2017, No. 4, pp. 37–42. (In Russ.)
9. Savoskina O.A., Chebanenko S.I., Kurbanova Z.K., Shitikova A.V., Kudryavtsev N.A., Optimization of the phytosanitary condition of agrocenoses in the nonchernozem zone of the Russian Federation, *International Simposium «Eath sciences: history, contemporary issues and prospects»*. Publishing, 2020, pp. 012–055.
10. Kudryavcev N.A., Zajceva L.A., Kurbanova Z.K., Savos'kina O.A., *Zashchita i karantin rastenij*, 2020, No. 4, pp. 24–26. (In Russ.)
11. *Sredstva zashchity rastenij* (Plant protection products), Voronezh, 2017, 48 p.
12. Chekmarev P.A., Ponazhev V.P., Pavlova L.N., Rozhmina T.A., Sorokina O.YU., Kudryavcev N.A. i dr., *Zonal'no-adaptivnye tekhnologii proizvodstva l'na-dolgunca* (Zonal-adaptive technology of production of flax-dollar), Moscow: FGNU «Rosinformagrotekh», 2011, 186 p.
13. «DyuPon de Nemur». Harmoni, Reklamnyj prospect, 2010, pp. 1–4. (In Russ.)
14. Shapoval O.A., Mozharova I.P., Korshunov A.A., *Zashchita i karantin rastenij*, 2014, No. 6. pp. 18. (In Russ.)
15. *Metodicheskie ukazaniya po ispytaniyu fungicidov v sel'skom hozyajstve* (Methodical instructions for testing fungicides in agriculture), Sankt-Peterburg: VIZR, 2009, pp. 159–173.
16. Golubev A.S., Makhankova T.A., *Methodological recommendations for testing herbicides* (Methodical recommendations for the test of herbicides), Sankt-Peterburg: VIZR, 2020, 80 p.
17. *Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu polevyh opytov so l'nom-dolguncom* (Methodical guidelines for field experiments with flax dollars), Torzhok: VNIIL, 1978, 72 p.
18. Kiryushin B.D., *Metodika nauchnoj agronomii* (Technique of scientific agronomy), Moscow: MSKHA, 2004, CHast' 1, 168 p.; Moscow: MSKHA. 2005, CHast' 2, 200 p.
19. *Paket programm analiza polevyh opytov LANDSHAFT* (Package of field experimental analysis programs Landscape), Tver', VNIIMZ, 1999, 25 p.
20. Kulaichev A.P., *Paket programm dlya IBM PK «STADIA». Versiya 7.0* (Software package for IBM PK Stadia. Version 7.0), Svidetel'stvo gosregistracii: №0115–97.1.0 RUS.

ЭНЕРГИЯ ПРОРАСТАНИЯ И ВСХОЖЕСТЬ РАЗНЫХ МОРФОТИПОВ ГОРОХА ПРИ ОБРАБОТКЕ СТИМУЛЯТОРОМ РОСТА

О.П. Орешникова, младший научный сотрудник
Е.В. Кожухова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

Красноярский научно-исследовательский институт
сельского хозяйства – Федеральный исследователь-
ский центр Красноярский научный центр СО РАН,
Красноярск, Россия

E-mail: elena.kojuhova@yandex.ru

Ключевые слова: горох, всхо-
жесть, сорта, селекционные об-
разцы, гумат натрия, морфоти-
пы, семена

Реферат. Для основной зернобобовой культуры – гороха – характерно многообразие морфотипов: листочковые, с усатым типом листа, хамелеоны и другие морфотипы, являющиеся как результатом селекционной работы, так и спонтанных мутаций. Актуальность темы исследования продиктована тем, что влияние действия различных факторов, в том числе обработки семян, на разные морфотипы изучено недостаточно. Для исследования были взяты шесть сортов и селекционных линий гороха посевного селекции Красноярского НИИСХ: листочковые – Радомир, Кемчуг; с усатым типом листа – Д-94, Руслан; обладающие ярусной гетерофиллией – Л-19, М-6. Целью работы было определение отзывчивости и изменчивости всхожести и энергии прорастания, а также длины проростков, учитываемых в эти периоды, разных морфотипов сортов и селекционных линий гороха посевного на обработку семян стимулятором роста. Закладка опыта проводилась в трех повторностях с обработкой стимулятором роста – гуматом натрия – и трех повторностях контрольного варианта – без обработки. Учеты длины проростков, энергии прорастания и всхожести проводили на 4-й и 8-й день соответственно. В результате исследований выявлено, что обработка семян гороха посевного увеличивает энергию прорастания на 2,28% и снижает её вариацию на 0,55%. Большей отзывчивостью на обработку обладают образцы морфотипа хамелеон. Изменчивость коэффициента вариации энергии прорастания гороха посевного разных морфотипов как с обработкой, так и без неё незначительна – менее 10%. Обработка стимулятором позволяет увеличить длину проростков на 6,34%, но не влияет отдельно на морфотипы, прирост длины при обработке является индивидуальным для каждого образца. Изменение вариабельности длины проростков контрольных и обработанных образцов является незначительным и индивидуальным для каждого образца, однако по всему опыту снижается: на 4-й день с 1,63 до 1,36, на 8-й – с 0,98 до 0,95%. При определении всхожести выявлено, что обработка семян гороха посевного стимулятором роста увеличивает её на 3,78%. Прибавка, скорее, является индивидуальной реакцией каждого образца и слабо зависит от морфотипа.

GERMINATION ENERGY AND GERMINATION OF DIFFERENT PEA MORPHOTYPES WHEN TREATED WITH A GROWTH STIMULANT

O.P. Oreshnikova, Junior Researcher**E.V. Kozhukhova**, PhD in Agricultural Sciences, Leading Researcher**Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture - Federal Research Centre Krasnoyarsk Scientific Center SB RAS, Krasnoyarsk, Russia**

Key words: peas, germination, varieties, breeding samples, sodium humate, morphotypes, seeds.

Abstract. The main legume crop, pea, is characterised by various morphotypes: leafy, whiskered, chameleon and other morphotypes. These morphotypes are the result of both selection work and spontaneous mutations. The relevance of the research topic is the effect of various factors, including seed treatment, on the different morphotypes. Six varieties and breeding lines of pea sown by Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture were taken for the study: leafy - Radomir, Kemchug; with the moustached leaf - D-94, Ruslan; and having longitudinal heterophyllia - L-19, M-6. This work aims to determine the responsiveness and variability of germination and germination energy, as well as seedling length, recorded during these periods, of different morphotypes of pea varieties and breeding lines to seed treatment with a growth stimulant. The experiment was set up in three replications with the growth stimulant treatment - sodium humate - and three repetitions of the control variant - without remedy. Measurements of seedling length, germination energy and germination were carried out on the 4th and 8th day, respectively. The research revealed that the treatment of pea seeds increased the germination energy by 2,28% and reduced its variation by 0,55%. Chameleon morphotype samples are more responsive to treatment. The variability of the coefficient of variation of the germination energy of pea plants of different morphotypes with and without treatment is less than 10%. Stimulant treatment increases the length of seedlings by 6.34% but does not affect the morphotypes separately. The increase in size at treatment is individual for each sample. The variability of variation in the length of seedlings of control and treated examples is insignificant and unique for each model. But this variability in size decreases throughout the experiment: on the 4th day from 1.63 to 1.36, on the 8th day from 0.98 to 0.95%. In determining the germination rate, it was found that the treatment of pea seeds with a growth stimulant increases it by 3.78%. The growth gain is an individual response of each specimen and is weakly dependent on the morphotype.

Горох посевной является очень важной культурой, выращиваемой во всем мире в течение долгого времени [1]. Продукты, обогащенные гороховым белком, имеют высокие питательные свойства [2]. Белок гороха и его гидролизаты обладают такими полезными для здоровья человека качествами, как антиоксидантное, антигипертензивное и регулирующее работу кишечных бактерий действие. Его белковые компоненты обычно считаются гипоаллергенными. Многие исследования подтверждают, что регулярное потребление гороха имеет потенциал для снижения риска развития некоторых хронических заболеваний [3–5].

Создание более технологичных и продуктивных сортов гороха может помочь решить проблему недостатка белка в рационе всех слоев населения [6, 7]. Увеличение площадей посевов гороха в полевых севооборотах является насущной необходимостью [8].

Для гороха характерно многообразие морфотипов [9–11]. Различные генотипы (сорта) растений по-разному реагируют на одинаковые условия [12].

Одним из важнейших факторов, формирующих высокую продуктивность и устойчивость сортов, является качество семян, которое определяется начиная с их формирования на материнском растении и заканчивая посевом [13, 14]. Исследования многих ученых

демонстрируют сильную зависимость урожайности от скорости начального развития и состояния семян. Энергичное развитие проростка обеспечивает более быстрый переход на корневое питание, уход от неблагоприятных условий среды прорастания и возможных болезней [15]. Медленный начальный рост в числе прочего обуславливает низкую продуктивность культуры гороха в дальнейшем [16].

Использование стимуляторов роста для обработки семян даёт возможность вмешиваться в естественный процесс развития растений для получения максимально возможной продуктивности для каждого конкретного сорта [17]. С помощью стимуляторов можно регулировать многие процессы, происходящие в агроценозе [18].

В последние несколько лет в мире возрастает интерес к биоактивным веществам гуматного типа, одним из которых является гумат натрия, стимулирующий рост и развитие семян [19]. Исследованиями О.С. Безугловой [20] доказано, что обработка семян овощных культур гуматом натрия повышает их всхожесть на 7–9% [20]. Многолетние исследования по предпосевной обработке семян гороха гуматом натрия показывают различное влияние на качество зерна и урожайность сортов гороха с разной архитектоникой листового аппарата. М.Т. Голопятовым [21] было установлено, что сорта с ярусной гетерофиллией наиболее сильно реагируют на обработку.

Таким образом, сорта гороха с различным генотипом могут по-разному реагировать на действие стимуляторов роста, поэтому необходимо оценивать целесообразность применения препаратов для каждого отдельного морфотипа.

Цель исследований – определить отзывчивость и изменчивость энергии прорастания и всхожести разных морфотипов сортов и селекционных линий гороха посевного Красноярского НИИСХ на обработку семян стимулятором роста.

При этом необходимо решить следующие задачи:

- определить энергию прорастания и всхожесть как отдельных образцов, так и морфотипов;
- выявить изменение энергии прорастания и всхожести для разных морфотипов под действием стимулятора роста;
- определить длину проростков для обработанных и необработанных семян разных образцов и морфотипов гороха в разные сроки - на 4-й и 8-й день;
- определить варьирование длины проростков с обработкой стимулятором роста и без неё.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Опыты проводились в лаборатории селекции гороха КрасНИИСХ на шести образцах гороха посевного собственной селекции,

Таблица 1

Образцы гороха посевного, используемые в опыте
Samples of sown peas used in the experiment

Образец, сорт	Происхождение	Морфотип
Радомир	(П-2332 х М-239) х (М-239 х П-2332) П-2332 = (Торсдаг х Уладовский 303) х Красноярский кормовой. М-239 = е-489 (отбор из польского образца) х Красноуфимский 70	Листочковый
Кемчуг	[(Ровар х Рамонский 77) х Неосыпающийся 1] х Олраунд	Листочковый
Руслан	Содружество (к-8350) х Радомир	Усатый
Д-94	Aligo х Кемчуг	Усатый
Л-19	ТМ 09-76 х Яхонт	Хамелеон
М-6	ТМ 09-76 х Яхонт	Хамелеон

из которых Радомир, Руслан, Кемчуг являются сортами, районированными по 11 регионам, а Л-19, М-6, Д-94 – селекционными образцами (табл. 1). В создании селекционного образца Д-94 в качестве отцовской линии выступал Кемчуг, а в качестве материнской – сорт шведской селекции Aligo. Для создания образцов с ярусной гетерофиллией Л-19 и М-6 был использован образец тюменской селекции (НИИСХ Северного Зауралья) ТМ 09-76 и сорт с усатым типом листа Яхонт селекции Красноярского НИИСХ.

Семена закладывали по 100 шт. в трёх повторностях для каждого сорта с обработкой и без обработки стимулятором роста. Обработку проводили посредством замачивания семян в течение 24 ч перед закладыванием опыта приготовленным раствором гумата натрия в расчёте 6,5 мл препарата на 10 л воды. Контрольные образцы замачивали в отстоянной воде без добавления стимулятора роста.

Гумат натрия представляет собой очищенную от примесей соль гуминовой кислоты, использующуюся в качестве стимулятора роста для опрыскивания семян, посевов, замачивания клубней и черенков.

Проращивание осуществляли в растильнях на ложе из увлажненного песка, в темноте, при средней температуре окружающей среды 22°C. Увлажнение производили по мере высыхания песка с ежедневным контролем.

В ходе опыта проводили оценку энергии прорастания и всхожести, а также длины всех проростков на 4-е и 8-е сутки обработанных и необработанных (контроль) семян.

Математическую обработку данных проводили с помощью программ Excel и SNEDECOR. Коэффициент вариации (V, %) и ошибку коэффициента корреляции рассчитывали по методике Б.А. Доспехова [22].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести, отклонение от среднего

арифметического не превышало допустимого расхождения.

Коэффициент вариации во всех случаях был незначительным, т.е. не превышал 10% ($R = 4,34 - 1,6$), влияние на его изменение показателей образцов было индивидуальным. Например, у Радомира вариация снизилась (на 1,04%), но у Кемчуга увеличилась (на 0,21%). В среднем же по выборке наблюдалось снижение разброса вариации показателей энергии прорастания после обработки гуматом натрия (на 0,55%). Сопряженность показателей коэффициента вариации до и после обработки была средней – сильной (коэффициент корреляции $r \pm S_r = 0,77 \pm 0,19$).

Максимальную прибавку энергии прорастания при обработке препаратом по сравнению с контролем показали селекционные образцы, обладающие ярусной гетерофиллией – Л-19, М-6: 3,33% при $HSP_{0,5}$ 3,28; коэффициент вариации у этих образцов после обработки значительно снизился: на 1,00%, тогда как у листочковых образцов на 0,41, а у усатых – на 0,24% (табл. 2).

При измерении длины проростков на 4-й день выявилось, что у всех образцов, подверженных обработке стимулятором роста гуматом натрия, наблюдался больший прирост по сравнению с контролем – семенами без обработки.

Было выявлено, что прибавка длины проростков обработанных гуматом образцов по отношению к контролю была индивидуальна, разницы по морфотипам не наблюдалось. Прирост длины после обработки как по всему опыту, так и по отдельным морфотипам составил 0,13 см, или 6,34%.

Несмотря на то, что селекционные образцы Д-94, Л-19, М-6 относятся к короткостебельным, а Кемчуг и Руслан – к среднестебельным, на длине проростков на момент учета энергии прорастания это никак не отразилось – показатели длины проростков короткостебельных образцов в ряде случаев были больше, чем у среднестебельных (рис. 1).

Сопряженность показателей длины проростков до и после обработки была сильной: коэффициент корреляции $0,99 \pm 0,04$, из чего

Таблица 2

Энергия прорастания образцов
Germination energy of samples

Морфотипы, образцы	Контроль		С обработкой		Увеличение энергии прорастания, %
	Энергия прорастания, %	V, %	Энергия прорастания, %	V, %	
Радомир	92,00	3,92	92,00	2,88	0
Кемчуг	82,67	3,89	85,67	4,10	3,00
Листочковый морфотип					1,5
Руслан	83,00	2,41	84,67	2,46	1,67
Д-94	76,67	2,72	79,00	2,19	2,33
Усатый морфотип					2,00
Л-19	90,67	2,30	95,33	1,60	4,67
М-6	80,67	4,34	82,67	3,04	2,00
Морфотип хамелеон					3,33
По всем образцам, среднее					2,28
НСР _{0,5}	5,04		4,31		3,28

следует, что обработка оказывала синхронное воздействие на все образцы.

Коэффициент вариации длины проростков как до обработки, так и после неё был незначительным и его изменение для каждого образца было индивидуальным. До обработки гуматом натрия коэффициент вариации находился в пределах от 0,32 (Д-94) до 3,17%

сле обработки стимулятором роста всхожесть образцов увеличилась – по всему опыту прибавка составила 3,78% при НСР_{0,5}=3,68. При отдельном анализе морфотипов выявлено, что прибавку, превышающую НСР_{0,5}, показал листочковый морфотип, но в данном случае стоит отметить значительный вклад отдельно взятого образца Д-94, отзывчивость на при-

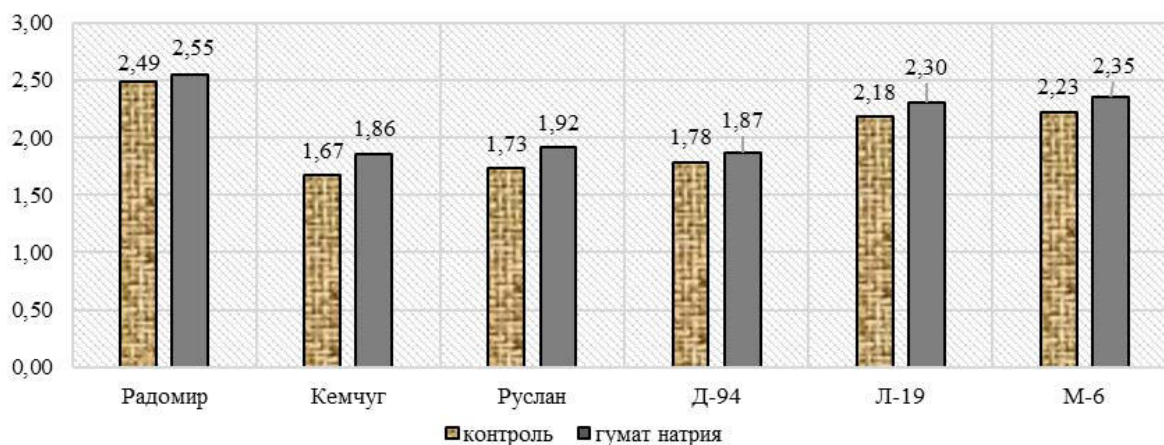


Рис. 1. Длина проростков при определении энергии прорастания на 4-й день (НСР_{0,5}=0,06)
 Germination length when determining germination energy at day 4 (NSR_{0,5}=0.06)

(Кемчуг), а после обработки изменялся от 0,60 (Радомир) до 2,42% (М-6). В целом по опыту показатель коэффициента вариации снизился после обработки с 1,63 до 1,36%.

При определении всхожести семян гороха посевного на 8-й день выявлено, что по-

менение стимулятора у которого оказалась максимальной – 7%. Если у листочковых и усатых образцов колебания в разнице показателей всхожести были значительными, то у морфотипа хамелеон значительных скачков не наблюдалось.

Таблица 3

Всхожесть образцов на 8-й день
Germination of samples on day 8

Морфотипы, образцы	Контроль		С обработкой		Увеличение всхожести, %
	Всхожесть, %	V, %	Всхожесть, %	V, %	
Радомир	92,33	2,25	94,00	2,13	1,67
Кемчуг	86,00	1,16	91,33	1,67	5,33
Листочковый морфотип					3,50
Руслан	86,33	3,34	88,00	1,53	1,67
Д-94	80,00	2,50	87,00	4,10	7,00
Усатый морфотип					4,33
Л-19	91,33	3,34	94,33	2,30	3,00
М-6	83,00	1,20	87,00	5,75	4,00
Морфотип хамелеон					3,5
По всем образцам, среднее					3,78
HCP _{0,5}	3,8		5,27		3,68

Во всех случаях мера относительного разброса величины – коэффициент вариации был незначительным и колебался в пределах от 1,20 до 5,75% (М-6 до обработки и с обработкой). Синхронного действия на вариативность всхожести препарат не оказывал, коэффициент вариации в некоторых случаях увеличился, в некоторых – уменьшился, коэффициент корреляции показателей без обработки и с обработкой препаратом был слабо отрицательным ($-0,17 \pm 0,31$). Увеличение вариативности всхожести с обработкой было

Значительным увеличением всхожести и при этом минимальным коэффициентом вариации как контроля, так и обработанного образца характеризовался листочковый сорт Кемчуг (табл. 3).

Длина проростков обработанных стимулятором образцов на момент определения всхожести (8-е сутки) во всех случаях достоверно превышала контроль. Разница составляла от 0,28 (Радомир, М-6) до 0,49 см (Кемчуг). Большой разницы по морфотипам также не наблюдалось: для листочковых – 0,39, для

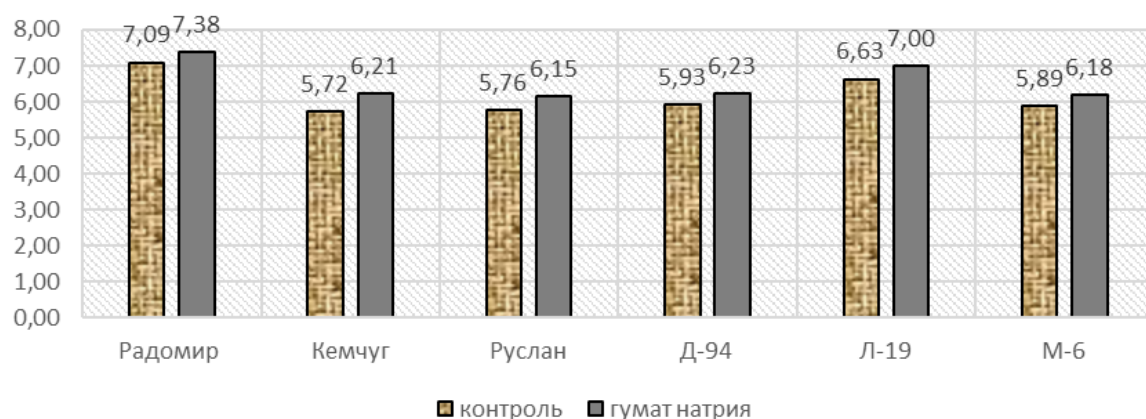


Рис. 2. Длина проростков при определении всхожести на 8-й день ($HCP_{0,5}=0,25$)
Germination length when determining germination at day 8 ($NDSR_{0,5}=0,25$)

характерно для усатого короткостебельного образца Д-94 (1,6%) и хамелеона М-6 (4,55) при среднем увеличении по выборке с 2,30 до 3,03% (+0,73).

образцов с усатым типом листа – 0,34 и для хамелеонов – 0,33 при $HCP_{0,5} = 0,25$, прибавка в увеличении длины проростков после обра-

ботки была индивидуальной для каждого образца.

В целом по опыту у обработанных образцов по отношению к контролю прибавка в изменении длины проростков составила 0,35 см, или 5,73%.

Закономерности в приросте у длины проростков среднестебельных и короткостебельных образцов также не выявлено – у среднестебельного образца Радомир прирост длины был минимальным – 0,28 см (рис. 2).

Варьирование длины проростков по повторностям на 8-й день во всех случаях было незначительным и не превышало 2%, в результате чего рассматривать отдельно образцы и морфотипы по изменению данного показателя считаем нецелесообразным. Снижение коэффициента вариации обработанных образцов также имело место, но было минимальным – с 0,98 до 0,95%.

Таким образом, в ходе исследования выявлено, что стимулятор роста гумат натрия увеличивает энергию прорастания и всхожесть семян гороха посевного.

Большой отзывчивостью на обработку при учете энергии прорастания обладают образцы морфотипа хамелеон. При учете всхожести реакция на обработку, скорее, была индивидуальной для образцов. В целом стимулятор роста увеличивает длину проростков, однако разницы в его действии на разные морфотипы обнаружено не было, т.к. оно являлось индивидуальным для каждого образца.

ВЫВОДЫ

1. Обработка стимулятором роста гумат натрия увеличивала энергию прорастания семян гороха посевного на 2,28% и снижала её вариабельность на 0,55%. Более значительным изменениям были подвержены образцы гетерофильного морфотипа: +3,33% и -1,00% соответственно.

2. Обработка семян увеличивает всхожесть на 3,78%. Прибавка, скорее, являлась индивидуальной реакцией каждого образца и слабо зависит от морфотипа. Наибольшей прибавкой характеризовался короткостебельный образец с усатым типом листа Д-94, меньшим коэффициентом вариации и при этом значительным увеличением всхожести при обработке характеризовался сорт Кемчуг.

3. Обработка препаратом позволила увеличить длину проростков на 4-е сутки на 6,34%, на 8-е сутки – на 0,35 см, или 5,73%, но влияние морфотипов не выявлено, реакция была специфичной у каждого образца.

4. Изменение вариабельности длины проростков без обработки и с обработкой при учете энергии прорастания было незначительным и индивидуальным для каждого отдельного образца, однако по всему опыту снизилось с 1,63 до 1,36%. Длина проростков при определении всхожести образцов гороха также увеличивается при обработке гуматом натрия и незначительно снижается коэффициент вариации – с 0,98 до 0,95 %.

Авторы выражают благодарность за помощь в проведении опытов биологу Ростиславу Руслановичу Пономаренко.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Mutation and variability studies in M2 generation of field pea (*Pisum sativum*) under foot hills of Manipur* / T.H. Nepolian, M.S. Jeberson, M. Kumar [et al.] // International Journal of Chemical Studies. – 2019. – Vol. 7 (1). – P. 754–758.
2. *Hydrolysed pea proteins mitigate in vitro wheat starch digestibility* / N. Lopez-Baron, D. Sagnelli, A. Blennow [et al.] // Food Hydrocolloids. – 2018. – Vol. 79. – P. 117–126.
3. *Structural and functional characterization of yellow field pea seed (*Pisum sativum* L.) protein-derived antihypertensive peptides* / R.E. Aluko, A.T. Girih, R. He [et al.] // Food Research International. – 2015. – Vol. 77. – P. 10–16.

4. *Burger T.G., Zhang Y.* Recent progress in the utilization of pea protein as an emulsifier for food applications // *Trends in Food Science & Technology*. – 2019. – Vol. 86. – P. 25–33.
5. *Identification of angiotensin converting enzyme 2 (ACE2) up-regulating peptides from pea protein hydrolysate / W. Liao, H.B. Fan, P. Liu, J.P. Wu* // *Journal of Functional Foods*. – 2019. – Vol. 60.
6. *Зернобобовые культуры – важный фактор устойчивого экологически ориентированного сельского хозяйства / В.И. Зотиков, Т.С. Наумкина, Н.В. Грядунова, В.С. Сидоренко, В.В. Наумкин* // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2016. – № 1. – С. 6–13.
7. *Зотиков В.И.* Отечественная селекция зернобобовых и крупяных культур // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2020. – №3 (35). – С. 12–19.
8. *Елисеева Н.С., Банкрутенко А.В.* Урожайность и содержание тяжелых металлов в зерне гороха // *Вестник НГАУ*. – 2017. – № 1. – С. 49–55.
9. *Перспективные морфотипы гороха / А.М. Задорин, В.Н. Уваров, А.Н. Зеленев, А.А. Зеленев* // *Земледелие*. – 2014. – № 4. – С. 24–25.
10. *Первые результаты создания сортов морфотипа хамелеон / А.Н. Зеленев, А.М. Задорин, А.А. Задорин, А.А. Зеленев* // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2018. – № 2 (26). – С. 10–17.
11. *Кожухова Е.В.* Анализ различных морфотипов гороха по полеганию в Красноярской лесостепи // *Научная жизнь*. – 2020. – Т. 15, вып. 7. – С. 932–940.
12. *Санега В.А.* Взаимодействие генотип–среда и оценка сортов гороха по интенсивности и параметрам адаптивности // *Известия СПбГАУ*. – 2016. – № 42. – С. 31–36.
13. *Ерохин А.И.* Эффективность использования биологических препаратов в предпосевной обработке семян и вегетирующих растений зернобобовых культур // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2016. – №3 (19). – С. 48–52.
14. *Алексейчук Г.Н., Лиман Н.А.* Физиологическое качество семян сельскохозяйственных культур и методы его оценки. – Минск: Право и экономика, 2005. – 48 с.
15. *Степанова Л.П., Стародубцев В.Н., Степанова Е.И.* Экологическая эффективность использования предпосевной обработки семян водными вытяжками из горных пород и вермикомпостов // *Вестник ОрелГАУ*. – 2010. – № 5. – С. 49–53.
16. *Чмелева С.И., Кучер Е.Н., Ситник М.И.* Стимулирующее влияние препарата Циркон на прорастание семян гороха // *Ученые записки Крымского Федерального университета им. В.И. Вернадского. Биология. Химия*. – 2015. – № 1 (67). – С. 174–182.
17. *Голопятов М.Т.* Влияние биологически активных веществ и микроудобрений на повышение и стабилизацию урожая зерна гороха // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2015. – №1 (13). – С. 25–29.
18. *Митрофанов Д.В., Кафтан Ю.В.* Влияние сорных растений и аммофоса на выход зерна гороха в степной зоне Южного Урала // *Вестник НГАУ*. – 2020. – № 4. – С. 35–45.
19. *Биостимулирующие и физико-химические свойства гумата натрия / Е.П. Кондратенко, А.С. Сухих, Н.В. Вербицкая, О.М. Соболева* // *Химия растительного сырья*. – 2016. – № 3. – С. 109–118.
20. *Безуглова О.С.* Удобрения и стимуляторы роста. – Ростов-н/Д: Феникс, 2000. – С. 211–217.
21. *Голопятов М.Т.* Влияние биологически активных веществ и микроудобрений на продуктивность и качество зерна сортов гороха с разной архитектурой листового аппарата // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2018. – № 3(27). – С. 16–21.
22. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – Изд. 6-е, перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 2011. – 351 с.

REFERENCES

1. Nepolian T.H., Jeberson M.S., Kumar M., Singh N.B., Shashidhar K.S., Sharma P.H.R., Mutation and variability studies in M2 generation of field pea (*Pisum sativum*) under foot hills of Manipur, *International Journal of Chemical Studies*, 2019, Vol. 7 (1), pp. 754–758.
2. Lopez-Baron N., Sagnelli D., Blennow A., Holse M., Gao J., Saaby L., Vasanthan T., Hydrolysed pea proteins mitigate in vitro wheat starch digestibility, *Food Hydrocolloids*, 2018, Vol. 79, pp. 117–126.
3. Aluko R.E., Girih A.T., He R., Malomo S., Li H., Offengenden M., Wu J., Structural and functional characterization of yellow field pea seed (*Pisum sativum* L.) protein-derived antihypertensive peptides, *Food Research International*, 2015, Vol. 77, pp. 10–16.
4. Burger T.G., Zhang Y., Recent progress in the utilization of pea protein as an emulsifier for food applications, *Trends in Food Science & Technology*, 2019, Vol. 86, pp. 25–33.
5. Liao W., Fan H.B., Liu P., Wu J.P., Identification of angiotensin converting enzyme 2 (ACE2) up-regulating peptides from pea protein hydrolysate, *Journal of Functional Foods*, 2019, Vol. 60.
6. Zotikov V.I., Naumkina T.S., Gryadunova N.V., Sidorenko V.S., Naumkin V.V., *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2016, No. 1, pp. 6–13. (In Russ.)
7. Zotikov V.I., *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2020, No. 3 (35), pp. 12–19. (In Russ.)
8. Eliseeva N.S., Bankrutenko A.V., *Vestnik NSAU*, 2017, No. 1, pp. 49–55. (In Russ.)
9. Zadorin A.M., Uvarov V.N., Zelenov A.N., Zelenov A.A., *Zemledelie*, 2014, No. 4, pp. 24–25. (In Russ.)
10. Zelenov A.N., Zadorin A.M., Zadorin A.A., Zelenov A.A., *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2018, No. 2 (26), pp. 10–17. (In Russ.)
11. Kozhukhova E.V., *Nauchnaya zhizn'*, 2020, T. 15, vol. 7, pp. 932–940. (In Russ.)
12. Sapega V.A. *Izvestia SPbGAU*, 2016, No. 42, pp. 31–36. (In Russ.)
13. Erokhin A.I., *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2016, No. 3 (19), pp. 48–52. (In Russ.)
14. Alekseychuk G.N., Liman N.A., *Fiziologicheskoe kachestvo semyan sel'skokhozyaystvennykh kul'tur i metody ego otsenki* (Physiological quality of seeds of agricultural crops and methods for its assessment), Minsk: Pravo i ekonomika, 2005, 48 p.
15. Stepanova L.P., Starodubtsev V.N., Stepanova E.I., *Vestnik OrelGAU*, 2010, No. 5, pp. 49–53. (In Russ.)
16. Chmeleva S.I., Kucher E.N., Sitnik M.I., Uchenye zapiski Krymskogo Federal'nogo universiteta im. V.I. Vernadskogo. Biologiya. Khimiya, 2015, No. 1 (67), pp. 174–182. (In Russ.)
17. Golopyatov M.T., *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2015, No. 1 (13), pp. 25–29. (In Russ.)
18. Mitrofanov D.V., Kaftan Yu.V., *Vestnik NGAU*, 2020, No. 4, pp. 35–45. (In Russ.)
19. Kondratenko E.P., Sukhikh A.S., Verbitskaya N.V., Soboleva O.M., *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2016, No. 3, pp. 109–118. (In Russ.)
20. Bezuglova O.S., *Udobreniya i stimulyatory rosta* (Fertilizers and growth stimulants), Rostov na Donu: Phoenix, 2000, pp. 211–217.
21. Golopyatov M.T., *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2018, No. 3 (27), pp. 16–21. (In Russ.)
22. Dospekhov B.A., *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* (Field experiment technique (with the basics of statistical processing of research results)), Moscow: Agropromizdat, 2011, 351 p.

ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО КАРТОФЕЛЯ

А.Ф. Петров, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Р.Р. Галеев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Н.В. Гаврилец, начальник информационно-аналитического отдела

А.В. Пастухова, аспирант

И.В. Кархардин, старший преподаватель

О.Н. Колбина, магистрант

Новосибирский государственный аграрный
университет, Новосибирск, Россия

E-mail: petrov190378@mail.ru

Ключевые слова: биопрепараты, органоминеральные удобрения, стимуляторы роста, картофель, урожайность, качество продукции

Реферат. Картофель – одна из самых пластичных, доступных и в то же время распространённых овощных культур земного шара и в особенности Российской Федерации. Без неё на сегодняшний день нельзя представить ни одного стола. Но несмотря на пластичность культуры картофеля, есть ещё «белые пятна» в его производстве, особенно в условиях Сибири, климатические особенности которой с поздними и даже возвратными весенними и ранними осенними заморозками существенно влияют на вегетационный период культуры, не позволяя ей в полной мере реализовать свой потенциал. Производство картофеля, как и многих других культур, связано с сезонностью и зачастую наблюдаются большие потери при его выращивании и особенно в период хранения. Важной задачей является защита растений в процессе роста и развития путем применения инновационных экологически приемлемых средств защиты и стимуляции растений. Особую популярность при этом завоевали органоминеральные регуляторы роста и развития растений. В процессе выполнения работы были испытаны и отработаны схемы применения перспективных органоминеральных регуляторов роста в условиях лесостепи Западной Сибири. Установлено их влияние на основные фазы роста и развития картофеля и сроки его созревания, а также оценено их влияние на биометрические параметры растений, фитосанитарное состояние посевов, урожайность и его сохранность. В среднем под действием регуляторов роста Эпин-Экстра и Циркон отмечается сокращение периода вегетации на 3 – 5 дней, снижается распространение болезней в 1,5 - 2 раза и, как следствие, повышается урожайность до 8,3 т/га. Данные исследования подтверждены расчетом экономической эффективности. Так, применение данных регуляторов роста обеспечивает уровень рентабельности продукции до 252%.

THE EFFECT OF GROWTH REGULATORS ON POTATO YIELD AND QUALITY

A.F. Petrov, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor

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

N.V. Gavrilets, Head of Information-Analytical Department

A.V. Pastukhova, Postgraduate student

I.V. Karhardin, Senior Lecturer

O.N. Kolbina, M.Sc

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

Key words: bio preparations, organomineral fertilisers, growth stimulators, potatoes, yield, product quality.

Abstract. *The potato is one of the most versatile, accessible and at the same time widespread vegetable crops of the globe, and in particular of the Russian Federation. Today notable can be imagined without it. But despite the plasticity of the potato crop, there are still “white spots” in its production. With late and even return spring and early autumn frosts, the climatic features of Siberia significantly affect the crop’s growing season, preventing it from realising its full potential. Like that of many other crops, potato production is associated with seasonality, and there are often significant losses during cultivation and especially during storage. An important challenge is to protect plants during growth and development by applying innovative, environmentally friendly crop protection and stimulation products. Organomineral growth and development regulators were particularly popular. In the work schemes of application of perspective, organomineral growth regulators in conditions of forest-steppe of Western Siberia were tested and perfected. Their influence on the primary phases of growth and development of potatoes and their maturity, and their influence on biometrical parameters of plants, a phytosanitary condition of crops, a crop capacity, and its safety are established. On average, under the influence of growth regulators Epin-Extra and Zircon, the growing season is shortened by 3-5 days; the spread of diseases is reduced by 1.5-2 times; the yield increases to 8.3 tons per hectare. These studies are confirmed by the calculation of economic efficiency. Thus, the use of these growth regulators provides the level of profitability of production up to 252%.*

Картофелеводство в России является важной отраслью сельского хозяйства. Валовой сбор картофеля составляет 6,85 млн т. Потенциальная урожайность данной культуры в условиях Западной Сибири достигает 70–80 т/га. Однако в хозяйствах региона она равна лишь 20–30 т/га [1]. В большинстве районов Сибири природные условия соответствуют основным биологическим особенностям изучаемой культуры. Причем более благоприятные условия для картофеля отмечаются в Западной Сибири. В северных районах Красноярского края, Тюменской и Томской областей стабильную урожайность могут иметь только ранние и среднеранние сорта [2–6].

При этом до недавнего времени было практически невозможно вырастить растения без применения минеральных удобрений и хими-

ческих средств защиты растений. На современном этапе охрана земель и повышение продуктивности сельхозугодий предполагают развитие исследований по экологически безопасной технологии возделывания, которая предусматривает применение органоминеральных стимуляторов роста и биологических средств защиты растений.

Цель работы – изучение влияния органоминеральных регуляторов роста на урожайность и качество картофеля.

Задачи исследований:

- определение влияния органоминеральных регуляторов роста на основные фазы роста картофеля и сроки его созревания;
- оценка влияния органоминеральных удобрений и стимуляторов роста на фотосинтетические параметры растений, а также рост

и развитие растений и на величину сохраненного урожая картофеля в условиях лесостепи Западной Сибири;

– оценка действия органоминеральных регуляторов роста на урожайность и качество картофеля.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

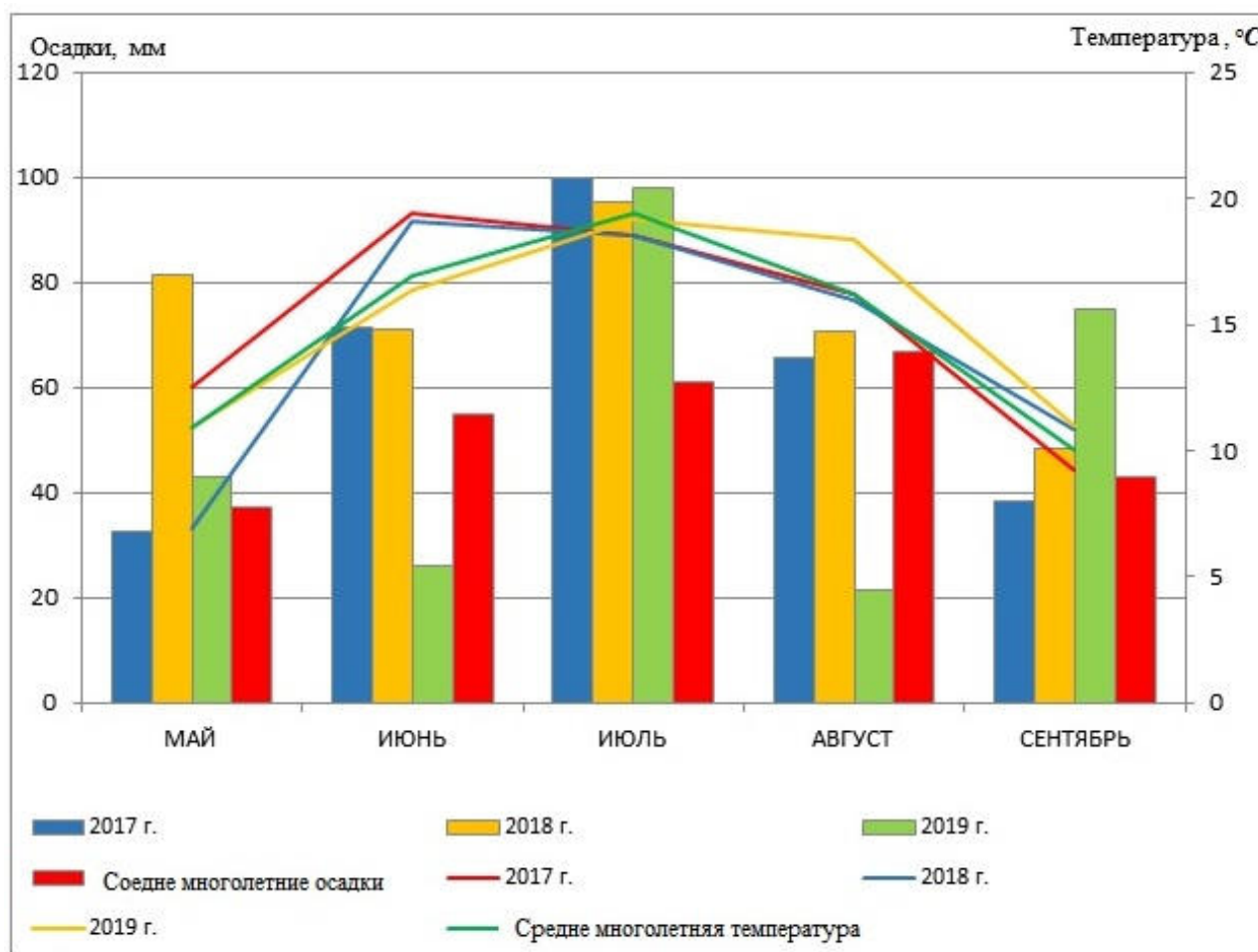
Исследования проводились в 2017–2019 гг. в северной части лесостепи Западной Сибири, на полях учебно-опытного хозяйства «Практик» Новосибирского ГАУ.

Опыт проводился на сорте картофеля Ред Скарлет. Органоминеральными регуляторами роста проводили предпосадочную обработку клубней и опрыскивание растений в фазу начала бутонизации. Применялись следующие препараты: Мивал-Агро, Экстрасол, Циркон, Эпин-Экстра и Фитоспорин.

Климат Новосибирской области характеризуется ярко выраженной континентальностью – продолжительной зимой и коротким, но жарким, нередко засушливым летом. Метеорологические условия в период исследований отражены на рисунке.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднесуглинистый. По содержанию гумуса в пахотном горизонте (5,2 – 5,6%) относится к среднеобеспеченным. Содержание нитратного азота весной перед посевом в слое 0–20 см было низким – 7 мг/кг; в слое 20–40 см – 7,7 мг/кг. Почва относительно хорошо обеспечена подвижными формами фосфора – 228 мг/кг (по Чирикову), обменного калия содержится выше среднего – 236 мг/кг почвы. Сумма поглощенных оснований – 31,8 – 61,0 мг-экв/100 г почвы, $pH_{\text{сол}}$ близка к нейтральной.

Запас продуктивной влаги в метровом слое почвы перед посевом составлял



Метеорологические условия за вегетационный период 2017–2019 гг. Метеостанция «Огурцово»
Meteorological conditions for the growing season 2017–2019. Ogurtsovo meteorological station

146 мм (хороший). Повторность опыта – четырехкратная. Размещение делянок – систематическое. Общая площадь делянки – 20 м², учетная – 10 м².

Статистическую обработку данных проводили методами дисперсионного и корреляционного анализов с использованием пакета программ SNEDECOR.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Рост и развитие растений картофеля во многом зависели от условий конкретного года. Так, наиболее оптимальным для роста и развития картофеля был 2019 г., когда влажная, умеренно тёплая погода способствовала более ранним и дружным всходам (на 3–5 дней), что впоследствии положительно сказалось на вегетационном периоде в целом. Наименее благоприятным был 2018 г. с холодной и влажной погодой в весенний период, обусловившей увеличение периода всходов в среднем до 10 дней. Дальнейшее развитие растений также проходило с отста-

ванием, а пониженные температуры и высокая влажность августа отрицательно сказались на развитии картофеля в целом и способствовали проявлению очагового поражения фитофторозом [7].

По результатам проведённых исследований было установлено, что на рост и развитие растений картофеля оказывают влияние органо-минеральные регуляторы роста, а также период и характер их применения (табл. 1). Так, в среднем предпосевная обработка клубней и обработка по вегетирующим растениям практически по всем вариантам опыта снижают продолжительность периода вегетации на 3–5 дней. При этом наиболее оптимальными являются препараты Экстрасол и Эпин-Экстра. Применение системного препарата Фитоспорин вызывает обратный эффект – увеличение периода вегетации.

Рост вегетативных органов картофеля является одним из основополагающих показателей его развития, ведь любые изменения в данном процессе могут иметь необратимые последствия в развитии генеративной системы и продуктивности культуры в целом.

Таблица 1

Фенологические фазы роста и развития картофеля сорта Ред Скарлет в зависимости от применения регуляторов роста (среднее за 2017–2019 гг.)
Phenological phases of growth and development of potato variety Red Scarlet depending on the application of growth regulators (average for 2017–2019)

Вариант	Число суток от даты посадки до фазы			
	массовых всходов	массовой бутонизации	массового цветения	отмирания ботвы
<i>Предпосевная обработка клубней</i>				
Контроль	24	50	56	67
Мивал-Агро	24	49	53	63
Экстрасол	21	45	54	62
Циркон	22	44	53	62
Эпин-Экстра	21	43	54	63
Фитоспорин	25	48	56	66
<i>Опрыскивание растений</i>				
Контроль	24	54	59	69
Мивал-Агро	25	47	55	66
Экстрасол	26	51	53	68
Циркон	27	48	52	65
Эпин-Экстра	25	47	53	62
Фитоспорин	26	51	56	66
<i>Примечание. Посадка проведена в 2017 г. – 15.05, 2018 г. – 18.05, 2019 г. – 12.05</i>				

Таблица 2

Биометрические параметры картофеля сорта Ред Скарлет в фазу массового цветения
(среднее за 2017–2019 гг.)

Biometric parameters of Red Scarlet potato varieties in the phase of mass flowering (average for 2017–2019)

Вариант	Предпосадочная обработка клубней		Опрыскивание растений	
	высота, см	число стеблей, шт.	высота, см	число стеблей, шт.
Контроль	62,8	5,6	67,8	6,2
Мивал-Агро	62,3	5,6	64,2	6,6
Экстрасол	61,8	5,8	63,6	6,7
Циркон	68,2	6,2	67,2	7,2
Эпин-Экстра	66,4	6,6	66,8	6,9
Фитоспорин	63,2	6,3	63,5	6,3

Из морфометрических показателей наиболее важными являются высота растений и число стеблей в одном кусте (табл. 2).

Установлено, что все биометрические показатели картофеля сильно зависят от индивидуальных условий года, особенно от температуры и влажности. Так, в условиях 2019 г. отмечалось максимальное увеличение количества стеблей – до 15 %, куст был более плотный, хорошо облиственный. В неблагоприятных погодных условиях 2018 г. отмечались самые низкие биометрические показатели. Высота растений по всем вариантам не превышала в среднем 55 см, а стебли были тонкими, рыхлыми, плохо облиственными. В целом основные показатели данного года исследований были ниже среднестатистических на 20% и более.

Изучаемые препараты оказывали положительное влияние на биометрию растений. Так, в среднем за годы исследований отмечалось увеличение основных показателей в среднем до 10 % по отношению к контролю. При этом наибольший эффект был отмечен в вариантах с применением Циркона, где при обработке клубней и по вегетации высота растений составляла 68,2 и 67,2 см соответственно, что в среднем соответствует прибавке до 8 см по отношению к контролю. Количество стеблей при этом также было выше в среднем на 5%. Наименее эффективны были препараты Фитоспорин и Экстрасол, основные показатели при их применении находились на уровне контроля.

В современных технологических схемах защита растений от вредителей и болезней является весьма актуальной. При этом в последние годы наибольшее внимание привлекают биопрепараты и органоминеральные регуляторы роста, особенно в личных подсобных хозяйствах, где выращивается 95% всего картофеля.

Из болезней картофеля в местных условиях наиболее опасен ризоктониоз, вызываемый грибом *Rhizoctonia solani* Kuhn. Ризоктониоз картофеля (черная парша) (возбудитель – гриб *Rhizoctonia solani* J.G. Kuhn, телеоморфа *Thanatephorus cucumeris* (A.B. Frank) Donk (Basidiomycota, Ceratobasidiaceae) [8] поражает клубни, стебли, столоны и корни взрослых растений картофеля, а также ростки и всходы, вызывая их отмирание. Кроме картофеля, поражает многие овощные, цветочные растения и сорняки (осот, хвощ, лебеда и др.).

По результатам наших исследований было выявлено, что заражение и распространение болезней на посадках картофеля зависели в большей степени от условий года и применяемых препаратов и в меньшей степени от сорта.

Наибольшее поражение растений было отмечено в 2018 г., когда отрицательные погодные условия заметно снизили иммунитет растений, в результате чего было отмечено резкое увеличение патогенов на посадках картофеля – до 25–30% и более. На вегетативной массе в наибольшей степени проявились фитофтороз и ризоктониоз, причём распространение первого было очаговое, а второго –

Таблица 3

Влияние органоминеральных регуляторов роста на зараженность растений картофеля сорта Ред Скарлет (среднее за 2017–2019 гг.)
Effect of organomineral growth regulators on the Red Scarlet potato cultivar (mean 2017–2019)

Вариант	Зараженность растений картофеля, %				Зараженность клубней в период уборки, %			
	общая	ризоктониоз	фузариозное увядание	сухая пятнистость и др.	общая	мокрая гниль	ризоктониоз	парша и др.
<i>Предпосадочная обработка клубней</i>								
Контроль	13,6	5,1	2,8	5,7	14,0	2,9	6,8	5,3
Мивал-Агро	12,3	4,9	3,0	4,4	14,2	3,0	6,4	4,8
Экстрасол	10,1	4,0	2,4	3,7	11,4	2,7	4,9	3,8
Циркон	7,8	3,8	2,3	1,7	10,1	2,3	4,3	3,5
Эпин-Экстра	8,9	3,9	2,7	2,3	10,3	2,5	4,2	3,6
Фито-спорин	6,9	3,5	2,2	1,2	9,5	2,1	4,0	3,4
<i>Опрыскивание растений</i>								
Контроль	13,8	5,6	2,7	5,5	14,3	2,6	7,1	4,6
Мивал-Агро	13,3	5,3	2,6	5,4	14,5	2,8	6,9	4,8
Экстрасол	11,3	4,5	2,5	4,3	12,7	2,8	5,3	4,6
Циркон	11,2	4,2	2,6	4,4	11,8	2,3	5,0	4,5
Эпин-Экстра	11,3	4,3	2,8	4,2	11,6	2,2	5,1	4,3
Фито-спорин	10,7	4,1	2,7	3,9	11,1	2,1	4,8	4,2
НСР _{0,5}	0,21	0,18	0,11	0,15	0,26	0,20	0,32	0,14

повсеместное. На клубнях картофеля также отмечалась высокая степень поражения, причём здесь тоже были распространены ризоктониоз и мокрая гниль, которая впоследствии сильно повлияла на сохранность картофеля.

Наиболее оптимальным по фитосанитарному состоянию был 2019 г., когда отдельные виды инфекции, такие как фитофтороз, альтернариоз и мокрая гниль, практически не проявлялись. При этом ризоктониоз был отмечен практически во всех вариантах с разной степенью выраженности – от 2 до 7,3%.

В среднем за три года применяемые органоминеральные регуляторы роста, за исключением Мивал-Агро, оказали положительное действие на развитие и степень распространения основных заболеваний картофеля (табл. 3). Так, в среднем общая степень поражения растений по обработанному фону ниже на 2–8% по отношению к контролю.

Максимальный положительный эффект от применения препаратов получен в вариантах с Фитоспорином, где общая заражённость растений не превышала 8,5%, что ниже контроля более чем в 2 раза. Неплохие результаты получены также в вариантах с применением препаратов Эпин-Экстра и Циркон, где распространение инфекции было ниже в среднем в 1,5-2 раза.

Применение препарата Мивал Экстра не оказывает положительного эффекта на фитосанитарное состояние посадок картофеля, распространение заболеваний и степень заражения которых были на уровне контроля.

Образование клубней – это наиболее важный процесс в жизни картофеля, интенсивность и характер которого во многом определяют величину будущего урожая. Данный процесс, несмотря на всю глубину изученности, по сей день является объектом иссле-

Таблица 4

Урожайность картофеля сорта Ред Скарлет в зависимости от применения регуляторов роста
(среднее за 2017–2019 гг.), т/га
The yield of Red Scarlet potato varieties as a function of growth regulator application
(mean 2017–2019), tonnes/hectare

Вариант	Предпосадочная обработка клубней			Опрыскивание растений		
	20.07	10.08	01.09	20.07	10.08	01.09
Контроль	11,6	16,5	27,3	12,1	14,8	28,6
Мивал-Агро	12,3	18,6	29,4	12,0	16,3	29,8
Экстрасол	13,2	18,4	29,0	11,8	17,1	30,4
Циркон	15,3	19,6	34,8	13,6	16,9	34,5
Эпин-Экстра	15,6	20,0	35,6	13,8	18,6	35,8
Фитоспорин	13,8	18,4	29,7	12,2	15,4	29,3
НСР _{0.5}						1,43

Таблица 5

Выход товарной продукции картофеля сорта Ред Скарлет в зависимости от применения регуляторов роста (среднее за 2017–2019 гг.), %
Commercial yields of Red Scarlet potato varieties depending on the application of growth regulators
(average for 2017–2019), %

Вариант	Предпосадочная обработка клубней	Опрыскивание растений
Контроль	86	84
Мивал-Агро	85	85
Экстрасол	87	84
Циркон	88	89
Эпин-Экстра	89	93
Фитоспорин	86	88
НСР _{0.5}	1,21	

дований, в том числе и наших. Установлено, что формирование клубней в первую очередь контролируется генетическими особенностями сорта и во многом определяется физиологическими условиями окружающей среды и агротехники [8–11].

На протяжении всего периода исследований отмечалось, что условия года сильно влияют не только на рост и развитие вегетативной массы, но и на формирование урожая в целом. Так, 2019 г. обеспечивал максимальные показатели урожайности – до 40 т/га, что до 60 % выше урожайности 2018 г. и до 20% – 2017 г. При этом действие всех изучаемых препаратов по годам было аналогичным.

Образование клубней в наших опытах началось ещё в фазу бутанизации – начала цветения, причём действие регуляторов роста проявилось уже в результатах полученных при первой копке – 20 июля (табл. 4). При

этом продуктивность картофеля уже варьировала от 290 – 300 г с 1 куста в контроле до 345 – 390 г в вариантах с обработкой, что в среднем составляло прибавку до 25%. При последующих копках наблюдалась аналогичная ситуация, с той лишь разницей, что возросло действие препаратов в вариантах с обработкой по вегетирующим растениям. В результате к уборке эффективность обеих обработок проявлялась уже существенно, особенно по отдельным вариантам.

В целом применение органоминеральных регуляторов роста оказывает положительное влияние на урожайность картофеля в целом [9]. В наших исследованиях наиболее эффективным был препарат Эпин-Экстра, применение которого обеспечило до 8,3 т/га прибавки урожая в вариантах с обработкой клубней и до 7,2 т/га при обработке вегетирующих растений. В связи с тем, что клубни

картофеля неоднородны по качеству и размеру, их делят на товарные и нетоварные. Товарными клубнями принято считать плоды массой более 50 г. При этом клубни массой от 50 до 80 г преимущественно используются на семенные цели, а массой более 80 г – на продовольственные.

В наших исследованиях товарность картофеля зависела от тех же факторов, что и сама урожайность, т.е. максимальный выход товарной продукции был в 2019 г., когда по отдельным вариантам данный показатель достигал 97 %. Минимальный выход товарной продукции отмечен в холодном 2018 г., когда по основным вариантам показатели были ниже 70%.

Применяемые препараты, за исключением системного препарата Фитоспорин также оказывали влияние на товарность клубней

картофеля, в среднем улучшая данный показатель на 1 – 8% (табл. 5). При этом наибольший эффект был отмечен в вариантах с применением Эпин-Экстра, где данный показатель достигал 93%.

Картофель – это один из наиболее важных продовольственных продуктов, который в России заслуженно называют «вторым хлебом». Основная причина его популярности – вкусовые качества, питательная ценность и универсальность применения. В свежем картофеле содержится много витаминов, аминокислот, антиоксидантов, минеральных веществ и главным образом крахмала [13–15].

В результате проведения исследований было установлено, что качественные показатели урожая картофеля в первую очередь зависят от сорта и погодных условий года, а во

Таблица 6

Качественные показатели картофеля сорт Ред Скарлет (среднее за 2017–2019 гг.)
Quality indicators of potato varieties Red Scarlet (average 2017–2019)

Вариант	Предпосадочная обработка клубней				Опрыскивание растений			
	сухое вещество, %	крахмал %	витамин С, мг/100	нитраты, мг/кг	сухое вещество, %	крахмал %	витамин С, мг/100	нитраты, мг/кг
Контроль	24,3	15,2	14,8	78	24,2	15,4	14,3	68
Мивал-Агро	24,2	15,3	14,6	82	24,4	15,6	14,2	75
Экстрасол	24,5	15,2	14,3	75	24,1	15,5	14,6	70
Циркон	24,6	15,4	14,4	84	24,5	15,6	14	56
Эпин-Экстра	24,6	15,5	14,7	70	24,6	15,6	14,4	68
Фитоспорин	24,3	15,3	14,6	81	24,4	15,3	14,2	61

Таблица 7

Экономическая эффективность выращивания картофеля сорта Ред Скарлет в зависимости от регуляторов роста (среднее за 2017–2019 гг.)
Cost-effectiveness of potato varieties Red Scarlet cultivation depending on growth regulators (average for 2017–2019)

Вариант	Предпосадочная обработка клубней			Опрыскивание растений		
	Себестоимость, руб/га	Условно-чистый доход, руб/га	Рентабельность продукции, %	Себестоимость, руб/га	Условно-чистый доход, руб/га	Рентабельность продукции, %
Мивал-Агро	305744	398596	130,4	307746	412974	134,2
Экстрасол	299494	450206	150,3	298534	461366	154,5
Циркон	287494	631226	219,6	288814	1632336	218,9
Эпин-Экстра	283694	666826	235,1	283724	715096	252,0
Фитоспорин	296827	460073	155,0	294827	471253	159,8

вторую – от применения регуляторов роста (табл. 6).

На биохимический состав плодов наиболее существенное влияние оказывали условия года. Максимальные показатели по крахмалу – до 18 % и сухому веществу – до 28% были отмечены в 2019 г. в вариантах с предпосадочной обработкой клубней, чему способствовала благоприятная умеренно влажная погода. Минимальные показатели по данным параметрам были отмечены в 2018 г., когда накопление крахмала едва достигало 14%, что в комплексе с низкой урожайностью существенно снижало его валовой сбор с 1 га.

Применение органоминеральных регуляторов роста существенного влияния на качественные показатели картофеля не оказывало, разница по вариантам составляла не более 1%.

В целом, если говорить о качественных показателях биохимического состава клубней картофеля, нельзя не упомянуть о массовом сборе крахмала с 1 га. В наших исследованиях данный показатель зависел не столько от процентного содержания крахмала в плодах, сколько от урожайности культуры в целом. Так, наиболее высокие показатели сбора крахмала с 1 га отмечены в вариантах с применением препарата Эпин-Экстра – от 5,3 до 5,6 т/га. При этом варианты с применением Циркона незначительно уступают ему, в среднем обеспечив сбор крахмала до 5–5,4 т/га.

Применение препаратов Экстрасол, Мивал Агро и Фитоспорин также оказывало положительный эффект и обусловило достоверную прибавку по урожайности и сбору крахмала.

Для расчета экономической эффективности препаратов использовалась среднерыночная цена картофеля – 30 руб/кг.

Наиболее эффективными регуляторами роста картофеля являются Эпин-Экстра

и Циркон, так как при меньшей по сравнению с другими регуляторами себестоимости обеспечивают наибольшую урожайность (табл. 7). При этом наибольший экономический эффект достигается в случае опрыскивания растений (уровень рентабельности продукции – 252 %). Наименее эффективным препаратом является Мивал-Агро, который обеспечивает уровень рентабельности 130,4%.

ВЫВОДЫ

1. Применение органоминеральных регуляторов роста положительно влияет на рост и развитие растений картофеля, стимулирует прирост вегетативной массы, закладку генеративных органов и при этом сокращает период вегетации в среднем на 3–5 дней.

2. Регуляторы роста Эпин-Экстра и Циркон за счёт ростостимулирующего действия оказывают положительное влияние на фитосанитарное состояние посадок, тем самым создавая сдерживающий эффект в отношении распространения болезней. В данных вариантах распространение болезней ниже в 1,5–2 раза по отношению к контролю.

3. Применение регуляторов роста положительно влияет на формирование урожайности картофеля, а следовательно, и её прибавки по отношению к контролю. Наиболее высокие показатели по урожайности получены в вариантах с применением препарата Эпин-Экстра до 35,8 т/га, что в итоге составило прибавку урожайности 8,3 т/га.

4. Наиболее экономически эффективными регуляторами роста картофеля являются Эпин-Экстра и Циркон, так как при меньшей по сравнению с другими регуляторами себестоимости обеспечивают наибольшую урожайность. При этом наибольший экономический эффект достигается в случае опрыскивания растений (уровень рентабельности продукции – 252%).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Базауэр И.В., Галеев Р.Р. Урожайность сортов картофеля в зависимости от применения регуляторов роста в лесостепи Новосибирского Приобья // Актуальные проблемы

- агропромышленного комплекса: сб. тр. науч.-практ. конф. преподавателей, студентов, магистрантов и аспирантов Новосиб. ГАУ. – Новосибирск, 2017. – С. 6–8.
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. *Гаврилец Н.В., Галеев Р.Р.* Влияние регуляторов роста на динамику накопления раннего картофеля и его качество // *Достижения науки и техники АПК*. – 2011. – № 11. – С. 30–32.
 4. *Галеев Р.Р.* Адаптивные технологии производства картофеля в Западной Сибири. – Новосибирск, 2012. – 72 с.
 5. *Галеев Р.Р.* Пути повышения эффективности производства семенного картофеля на безвирусной основе: рекомендации. – Новосибирск: Агро-Сибирь, 2017. – 71 с.
 6. *Особенности* ускоренного семеноводства новых районированных сортов картофеля разных групп спелости на безвирусной основе/ Р.Р. Галеев, С.Х. Вышегуров, М.С. Шульга, Л.В. Цындра // *Актуальные проблемы АПК: сб. тр. науч.-практ. конф.*, 21–23 окт. 2019 г. / Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2019. – С. 8–10.
 7. *Шульга М.С., Петров А.Ф., Галеев Р.Р.* Особенности применения новых инновационных органоминеральных стимуляторов роста в картофелеводстве // *Актуальные проблемы АПК: сб. тр. науч.-практ. конф.*, 21–23 окт. 2019 г. / Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2019. – С. 45–47.
 8. *Болезни и вредители овощных культур и картофеля* / А.К. Ахатов, Ф.Б. Ганнибал, Ю.И. Мешков, Ф.С. Джалилов [и др.]. – М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2013. – 463 с.
 9. *Разработка* биологизированной системы ускоренного семеноводства картофеля как фактора сохранения продуктивности и повышения безопасности получаемой продукции / А.Ф. Петров, Р.Р. Галеев, Ю.И. Коваль, В.П. Цветкова, М.С. Шульга, Н.В. Гаврилец, В.С. Масленикова, А.А. Шульга // *Инновации и продовольственная безопасность*. – 2020. – № 1 (27). – С. 88–96.
 10. *Карманов С.Н., Кирюхин В.П., Коршунов А.В.* Урожай и качество картофеля. – М.: Россельхозиздат, 1988. – 167 с.
 11. *Отзывчивость* различных сортов картофеля на водный режим светло-каштановых почв Нижнего Поволжья / Н.Н. Дубенок, Д.А. Болотин, С.Д. Фомин, А.Г. Болотин // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. – 2018. – № 4 (52). – С. 22–29.
 12. *Применение* инновационных препаратов Эко-Стим в качестве регуляторов роста сельскохозяйственных культур / Е.В. Калюта, М.И. Мальцев, В.И. Маркин, И.Б. Катраков, Н.Г. Базарнова // *Химия растительного сырья*. – 2016. – № 2. – С. 145–152.
 13. *Касимова Н.З., Мингалиев С.К., Лантев В.Р.* Урожайность и качество клубней картофеля разных групп скороспелости в зависимости от приемов технологии выращивания в условиях Среднего Урала // *Аграрный вестник Урала*. – 2010. – № 5. – С. 41–44.
 14. *Управление* содержанием крахмала в картофеле / А.В. Коршунов, Г.И. Филиппова, Н.А. Гаитова, А.В. Матюшин, Л.Н. Кутовенко // *Аграрный вестник Урала*. – 2011. – № 2. – С. 47–50.
 15. *Полякова, Е.В.* Элементы биологизированной технологии возделывания томата в условиях дельты Волги: дис. ... канд. с.-х. наук. – Астрахань, 2009. – 169 с.

REFERENCES

1. Bazauer I.V., Galeev R.R., *Aktual'nye problemy agropromyshlennogo kompleksa* (Actual problems of the agro-industrial complex), Proceedings of the Conference, Novosibirsk, 2017, pp. 6–8. (In Russ.)

2. Gavrilets N.V., *Innovatsii i prodovol'stvennaya bezopasnost'*, 2015, No. 4 (10), pp. 45–48. (In Russ.)
3. Gavrilets N.V., Galeev R.R., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2011, No. 11, pp. 30–32. (In Russ.)
4. Galeev R.R., *Adaptivnye tekhnologii proizvodstva kartofelya v Zapadnoy Sibiri* (Adaptive potato production technologies in Western Siberia), Novosibirsk, 2012, 72 p.
5. Galeev R.R., *Puti povysheniya effektivnosti proizvodstva semennogo kartofelya na bezvirusnoy osnove* (Ways to increase the efficiency of the production of seed potatoes on an insuscular basis), Novosibirsk: Agro-Sibir', 2017, 71 p.
6. Galeev R.R., Vyshegurov S.Kh., Shul'ga M.S., Tsyndra L.V., *Aktual'nye problemy APK* (Actual problems of the APC), Proceedings of the Conference, Novosibirsk: ITs NGAU «Zolotoy kolos», 2019, pp. 8–10. (In Russ.)
7. Shul'ga M.S., Petrov A.F., Galeev R.R., *Aktual'nye problemy APK* (Actual problems of the APC), Proceedings of the Conference, Novosibirsk: ITs NGAU «Zolotoy kolos», 2019, pp. 45–47. (In Russ.)
8. Akhatov A.K., Gannibal F.B., Meshkov Yu.I., Dzhalilov F.S. [i dr.], *Bolezni i vrediteli ovoshchnykh kul'tur i kartofelya* (Diseases and pests of vegetable crops and potatoes), Moscow: Tov-vo nauch. izd. KMK, 2013, 463 p.
9. Petrov A.F., Galeev R.R., Koval' Yu.I., Tsvetkova V.P., Shul'ga M.S., Gavrilets N.V., Maslenikova V.S., Shul'ga A.A., *Innovatsii i prodovol'stvennaya bezopasnost'*, 2020, No. 1 (27), pp. 88–96. (In Russ.)
10. Karmanov S.N., Kiryukhin V.P., Korshunov A.V. *Urozhay i kachestvo kartofelya* (Vintage and potato quality), Moscow: Rossel'khozizdat, 1988, 167 p.
11. Dubenok N.N., Bolotin D.A., Fomin S.D., Bolotin A.G., *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*, 2018, No. 4 (52), pp. 22–29. (In Russ.)
12. Kalyuta E.V., Mal'tsev M.I., Markin V.I., Katrakov I.B., Bazarnova N.G., *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2016, No. 2, pp. 145–152. (In Russ.)
13. Kasimova N.Z., Mingalev S.K., Laptev V.R., *Agrarnyy vestnik Urala*, 2010, No. 5, pp. 41–44. (In Russ.)
14. Korshunov A.V., Filippova G.I., Gaitova N.A., Matyushin A.V., Kutovenko L.N., *Agrarnyy vestnik Urala*, 2011, No. 2, pp. 47–50. (In Russ.)
15. Polyakova, E.V. *Elementy biologizirovannoy tekhnologii vzdelyvaniya tomata v usloviyakh del'ty Volgi* (Elements of biologized technology of the cultivation of tomato in the conditions of the Volga delta), Extended abstract of candidate's thesis, Astrakhan', 2009, 169 p.

ВЛИЯНИЕ ПРИЕМОВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ НА ЗАСОРЕННОСТЬ И УРОЖАЙНОСТЬ СЕМЯН СОРТОВ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО В УСЛОВИЯХ ПРИМОРСКОГО КРАЯ

О.М. Скалозуб, кандидат сельскохозяйственных наук

Федеральный научный центр агробιοтехнологий
Дальнего Востока им. А.К. Чайки, Уссурийск, Россия
E-mail: olga.skalozub@mail.ru

Ключевые слова: клевер луговой, засоренность, гербициды, урожайность семян, качество семян

Реферат. В полевом кормопроизводстве используются в большинстве случаев малопродуктивные старовозрастные травостой. Одной из причин этого является низкая обеспеченность семенами трав. Так, за последние 20 лет производство семян клевера лугового сократилось в 3,4 раза. Первостепенное значение должно придаваться семеноводству бобовых видов трав (в том числе и клевера лугового). Большая засоренность пахотного слоя почвы семенами и частками однолетних и многолетних сорняков почти на всей пашне в Приморском крае является важнейшим фактором снижения урожая возделываемых культур. Разработка эффективных приемов, обеспечивающих очищение полей от сорных растений, – одно из значимых звеньев технологии увеличения урожайности кормовых культур. Цель исследований – установить влияние агротехнических приемов возделывания и средств защиты на урожайность семян клевера лугового в природно-климатических условиях Приморского края. Клевер является культурой, чувствительной к гербицидам, с ограниченным периодом их применения. Междурядные обработки проводились до смыкания рядков, а химическая обработка – до фазы начала бутонизации для сохранения диких опылителей и пчел. Оценивались сорта Огонек, СибНИИК-10 и районированный – Командор. Получены опытные данные о воздействии агротехнических приемов возделывания клевера лугового и способов защиты растений на засоренность его посевов и урожайные качества семян в условиях Приморского края. Использование гербицидов на фоне междурядной обработки на второй год жизни клевера способствовало снижению засоренности посевов от 58,3 до 70% и повышению урожайности семян в 1,1–1,3 раза в зависимости от сорта.

EFFECT OF CROP PROTECTION MEASURES ON WEED INFESTATION AND SEED YIELD OF MEADOW CLOVER VARIETIES UNDER PRIMORSKIY REGION CONDITIONS

O.M. Skalozub, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor

Federal Scientific Center for Agrobiotechnology of the Far East named after A.K. Chaika,
Ussuriysk, Russia

Key words: meadow clover, weediness, herbicides, seed yield, seed quality.

Abstract: In the field of fodder production, in most cases, low-yielding, old-age grass stands are used. One of the reasons for this is the low availability of grass seeds. For example, over the past 20 years, the production of grass-clover seeds has reduced by 3.4 times. Therefore, priority should be given to the seed production of leguminous grasses (including meadow clover). A large infestation of the arable soil layer with seeds and buds of annual and perennial weeds in almost all arable land in the Primorskiy Region is the most critical factor in reducing the yield of cultivated crops. The development of practical techniques for clearing fields of weeds is one of the vital links in the technology of in-

creasing the output of fodder crops. The research aims to establish the effect of agronomic practices of cultivation and means of protection on the seed yield of meadow clover in the natural and climatic conditions of the Primorskiy Region. Clover is a crop sensitive to herbicides, with a limited period of their application. Therefore, inter-row treatments were carried out before the rows were closed, and chemical treatments were applied before the budding phase to preserve wild pollinators and bees. The varieties Ogonek, SibNIIK-10 and regionalised Kommandor were evaluated. Experimental data on the impact of agronomic practices of meadow clover cultivation and plant protection methods on the weediness of its crops and the yield quality of seeds under the conditions of the Primorskiy region were obtained. The use of herbicides against the background of inter-row treatment during the second year of clover planting helped reduce the weed infestation from 58.3 to 70% and increase the seed yield by 1.1-1.3 times depending on the variety.

Эффективность кормопроизводства в значительной мере определяется состоянием травосеяния на полевых землях. В полевом кормопроизводстве используются в большинстве случаев малопродуктивные старовозрастные травостои. Одной из причин этого является низкая обеспеченность семенами трав. Так, за последние 20 лет производство семян бобовых видов сократилось в 2,8, раза, а клевера лугового – в 3,4 раза [1]. В связи с этим первоочередное значение должно придаваться семеноводству бобовых видов трав (в том числе и клевера лугового), которые имеют фундаментальное значение для устойчивого развития полевого и лугопастбищного кормопроизводства. Бобовые травы способны повысить продуктивность кормовых фитоценозов, обеспечить корма полноценным белком, улучшить почвенное плодородие, при этом оставаясь наилучшими предшественниками для зерновых и других культур [2, 3].

Основная причина снижения урожайности большинства возделываемых культур в Приморском крае – это засоренность пахотного слоя почвы семенами и зачатками однолетних и многолетних сорняков [4].

Оценка засоренности посевов многолетних трав, проведенная Российским сельскохозяйственным центром в 2017 г. в Дальневосточном федеральном округе на площади 48,56 тыс. га, показала, что засоренная площадь составила 17,71 тыс. га. В Приморском крае из сорняков отмечались яровые ранние – 3 шт/м², эфемеры – 2, зимующие – 0,6, стержнекорневые – 5, корнеотпры-

сковые – 3, мочковатокорневые – 1,4, клубневые – 1,3 шт/м² [5].

В Приморском крае сорные растения семейства мятликовых (злаков) (Poaceae Barnh (Gramineae Less.)) – одни из лидеров по частоте встречаемости. Оценка, проведенная сотрудниками Дальневосточного научно-исследовательского института защиты растений в 2006–2014 гг., показала, что наиболее распространенным сорным злаковым видом является ежовник обыкновенный (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.), обнаруженный на 73–100% обследованных площадей [6].

Вот почему разработка эффективных способов, обеспечивающих очищение полей от сорняков, является важным звеном технологии по увеличению урожайности кормовых культур [7, 8].

Использование гербицидов на сегодняшний день является основой в борьбе с сорняками. Однако эффективность гербицидов определяется климатическими условиями в период их применения (соответствующим температурным режимом, дефицитом влаги в почве или наоборот, чрезмерным выпадением осадков во время проведения химической прополки). Поэтому повышение устойчивости способов борьбы с сорняками и формирование максимальной урожайности возделываемых культур возможно лишь при сочетании применения гербицидов со своевременным и качественным проведением комплекса агротехнических мероприятий [9].

Клевер – чувствительная к пестицидам культура с ограниченным периодом возможного их использования [10]. Для сохране-

ния диких опылителей и пчел химические обработки желательно проводить до фазы начала бутонизации. Согласно данным С.А. Безукаровой [11], при отсутствии опылителей цветки клевера образуют из 100 цветков в головке 1,8–4% семян.

Учет засоренности посевов сельскохозяйственных культур и связанные с этим обследования являются основой для осуществления как агротехнических, так и химических защитных мероприятий, гарантирующих быстрое очищение полей [12].

Научная новизна исследований состоит в комплексном изучении агротехнических приемов и средств защиты растений клевера лугового для получения высоких урожаев семян с высокими посевными качествами сорта Командор (стандарт) и сортов Огонек и СибНИИК-10, выделившихся в агроэкологическом испытании, и сохранения их ценных хозяйственно-биологических признаков.

Цель исследований – установить влияние агротехнических приемов возделывания и средств защиты на урожайность семян клевера лугового в природно-климатических условиях Приморского края.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» на полях селекционного севооборота отдела кормопроизводства. Рельеф опытных участков – равнинный. Почва – лугово-бурая отбеленная тяжелого гранулометрического состава. Содержание гумуса – 3,54–5,24%, $pH_{\text{сол}}$ – 4,3–5,67, содержание нитратного азота – 81–97,4 мг/кг почвы, подвижного фосфора – 30–65, обменного калия – 124–169 мг/кг почвы.

Закладка опытов и статистическая обработка экспериментальных данных с использованием метода дисперсионного анализа проводились согласно «Методике полевого опыта» Б.А. Доспехова (1985), учеты и наблюдения – по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур

(1989), Методическим указаниям по производству элитных семян многолетних бобовых и злаковых трав (1978), Методическим указаниям по проведению полевых опытов с кормовыми культурами (1997), определение качества семян – по методике «Семена сельскохозяйственных растений. Методы определения качества» (1991).

Изучались следующие сорта: Огонек, СибНИИК-10 и районированный – Командор (фактор А), способы защиты растений включали два варианта (фактор Б): первый вариант – междурядная обработка (контроль), второй вариант – междурядная обработка плюс гербициды.

Посев клевера лугового – беспокровный с междурядьями 45 см. Норма высева – 6 кг/га (при 100%-й всхожести). Площадь посева под опытом – 0,45 га, площадь делянки – 550 м², учетная площадь делянки – 32 м², повторность – трехкратная.

На посевах клевера второго года жизни на фоне междурядной обработки проводилась двукратная химическая прополка (против двудольных и однодольных сорняков). На посевах в 2019 г. применяли при первой обработке гербицид Корсар (1,5 л/га) против двудольных сорняков, при второй – Фюзилад Форте (1,5 л/га). В условиях 2020 г. провели одну междурядную обработку и одну обработку гербицидом Агритокс (0,8 л/га) против двудольных сорняков [13]. Проведение второй междурядной обработки было невозможно из-за большого количества осадков (больше на 130%, чем среднемноголетние значения), выпавших в июне. Гербициды против злаковых сорняков не вносили, т.к. сорта клевера лугового достигли фазы начала цветения, когда гербициды применять нельзя.

Междурядные обработки (фон) проводили до смыкания рядков для создания благоприятного воздушного и пищевого режимов, а гербициды использовали до фазы начала бутонизации.

Уборка на семена проводилась отдельным способом при побурении 80% головок клевера лугового.

Учеты сорняков проводились после появления полных всходов клевера, далее – до и после проведения механических обработок и применения химических средств защиты растений [14].

Сложившиеся климатические условия позволили изучить реакцию культуры на те или иные агротехнические приемы, а также оценить биологические особенности клевера лугового при возделывании в условиях Приморского края.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

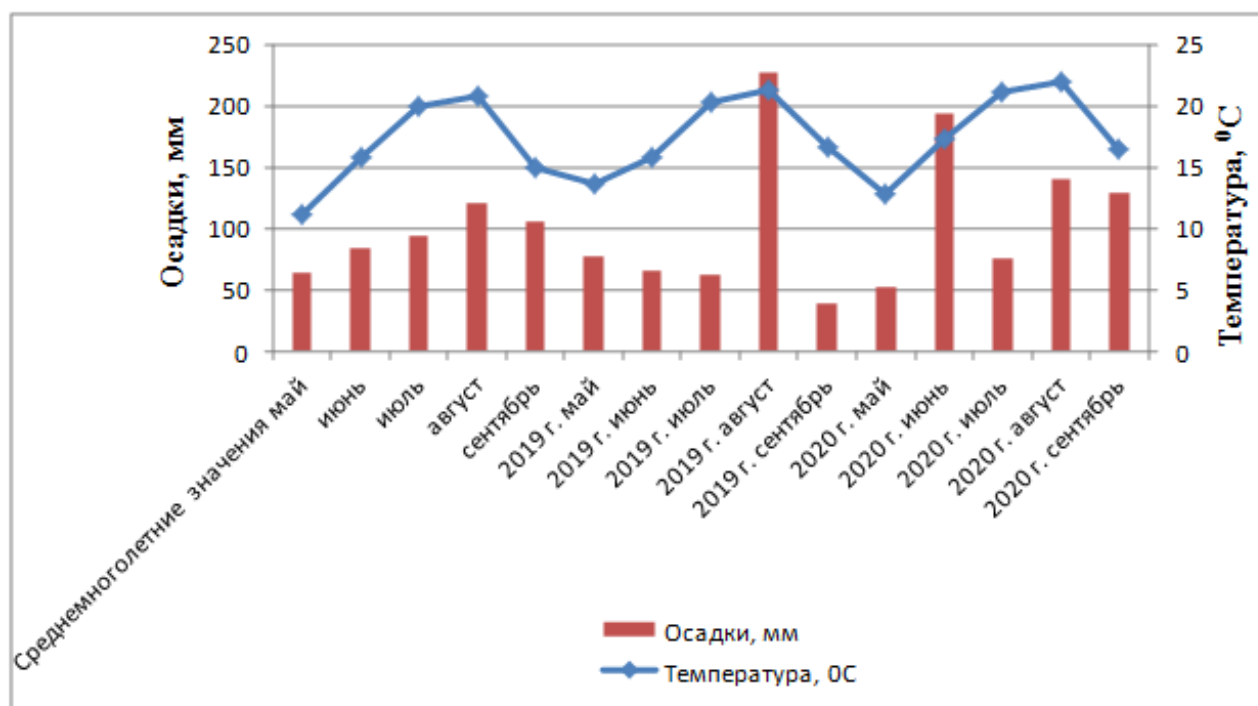
Погодные условия вегетационных периодов 2019–2020 гг. характеризовались существенными различиями в распределении осадков и температурном режиме. По данным агрометеостанции «Тимирязевский», начало вегетационного периода в 2019 и 2020 гг. пришлось на 16 апреля. Температурный режим был благоприятен для роста и развития клевера. Сумма положительных температур выше 10°C за вегетационный период в 2019 г. составила 2746°C, в 2020 г. – 2684°C (рисунок).

Осадков за этот период в 2019 г. выпало 472, в 2020 г. – 590,5 мм. Гидротермический коэффициент вегетационных периодов в годы исследований (ГТК) равен 1,72 и 2,2 соответственно. Температура воздуха с апреля по сентябрь в годы исследований была выше (на 0,3–2,4°C) либо на одном уровне со средними многолетними значениями.

Распределение же выпавших осадков было неравномерным. Наибольшее количество осадков выпало в августе 2019 г. – больше в 1,9 раза и июне 2020 г. – больше в 2,3 раза, чем средние многолетние значения.

Начало вегетации клевера лугового второго года жизни сортов Командор и Огонек было отмечено в 2019 г. 26 апреля, в 2020 г. 17 апреля, а сорта СибНИИК-10 – 30 и 24 апреля соответственно. В посевах клевера лугового второго года жизни встречались следующие сорняки: ромашка непахучая, торица полевая, смолевка обыкновенная, горец щавелистный, а также ежовник обыкновенный, лисохвост луговой, пырей ползучий, осот желтый, подорожник большой [15].

Первую междурядную обработку посевов клевера второго года жизни провели в 2019 г. 26 мая, в 2020 г. – 6 мая. Учет сорняков в по-



Среднесуточная температура воздуха и сумма осадков, 2019–2020 гг.
Average daily air temperature and precipitation, 2019–2020

Таблица 1

Количество и масса сорняков в посевах сортов клевера лугового второго года жизни, 2019–2020 гг.
Number and weight of weeds in second-year meadow clover cultivars, 2019–2020

Способ защиты (фактор Б)	Срок проведения учета сорняков	Сорт (фактор А)	Однолетние сорняки		Многолетние сорняки		Всего	
			шт.	г	шт.	г	шт.	г
2019 г.								
Междурядная обработка (кон- троль)	До обработки	Командор	49	77	12	85	61	162
		СибНИИК-10	63	50	19	180	82	239
		Огонек	50	79	28	230	78	309
	Уборка на семена	Командор	39	98	10	150	49	248
		СибНИИК-10	50	90	15	180	65	270
		Огонек	37	72	25	190	62	262
Междурядная обработка + гер- бициды	После обработки против двудольных	Командор	1	3	4	18	5	21
		СибНИИК-10	5	16	5	21	10	37
		Огонек	4	17	5	22	9	39
	Перед второй об- работкой	Командор	53	349	4	81	57	430
		СибНИИК-10	62	410	5	90	67	500
		Огонек	60	355	5	95	65	450
	После обработки против злаковых (уборка на семена)	Командор	15	75	3	75	18	150
		СибНИИК-10	6	45	4	78	10	123
Огонек		5	23	4	76	9	99	
2020 г.								
Междурядная обработка (кон- троль)	До обработки	Командор	74	555	10	121	84	676
		СибНИИК-10	76	611	12	135	88	746
		Огонек	62	140	10	95	72	235
	Уборка на семена	Командор	12	145	8	175	20	320
		СибНИИК-10	15	190	9	210	24	400
		Огонек	14	50	6	110	20	160
Междурядная обработка + гер- бициды	После обработки против двудольных (уборка на семена)	Командор	7	60	2	45	8	105
		СибНИИК-10	7	82	3	58	10	140
		Огонек	4	45	2	35	6	80

севах клевера лугового по сортам в данном варианте провели перед уборкой на семена.

Междурядная обработка снизила засоренность посевов клевера лугового однолетними и многолетними сорняками в посевах сортов Командор в 2019 г. на 20,4 и 16,7, в 2020 г. – на 84 и 20%; СибНИИК-10 – на 20,6 и 21; 80 и 25; Огонек – на 26 и 11; и 77 и 40% соответственно.

Первую обработку посевов клевера гербицидом против двудольных сорняков провели 21 мая в 2019 г. и 29 мая в 2020 г.

В 2019 г. при первой обработке против двудольных сорняков применяли гербицид

Корсар. При второй обработке, против злаковых сорняков (ежовник обыкновенный, пырей ползучий, лисохвост луговой), применяли гербицид Фюзилад Форте (19 июня 2019 г.). Двукратное применение гербицидов в условиях 2019 г. позволило снизить засоренность в общем (однолетними и многолетними сорняками) у сорта Командор до 63,3%, у СибНИИК-10 – 84,6 и у сорта Огонек – до 85,5% в сравнении с контролем. В 2020 г. против двудольных сорняков применяли гербицид Агритокс, против злаковых сорняков гербицид внести из-за обилия осадков

Таблица 2

Урожайность и посевные качества семян (без скарификации) сортов клевера лугового в зависимости от способа защиты растений, 2019–2020 гг.

Yield and seed quality (without scarification) of meadow clover cultivars depending on the method of plant protection, 2019–2020

Способ защиты растений	Год	Урожайность семян, кг/га	Высота травостоя, см	Масса 1000 семян, г	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %
<i>Командор</i>						
Междурядная обработка (контроль)	2019	172,4	55	1,74	19	26
	2020	182,0	55	1,60	18	34
Междурядная обработка + гербициды	2019	189,6	52	1,88	43	44
	2020	230,0		1,68	33	40
<i>СибНИИК-10</i>						
Междурядная обработка (контроль)	2019	160,2	50	1,48	30	36
	2020	130,0	60	1,60	34	46
Междурядная обработка + гербициды	2019	192,8	55	1,74	16	17
	2020	147,0	60	1,80	34	50
<i>Огонек</i>						
Междурядная обработка (контроль)	2019	92,5	45	1,36	40	45
	2020	125,0	56	1,90	28	45
Междурядная обработка + гербициды	2019	124,8	57	1,96	34	40
	2020	155,0	58	2,00	30	43
НСР ₀₅ общий	2019	1,8	-	0,04	-	-
	2020	1,2	-	0,05	-	-
НСР ₀₅ фактор А (сорт)	2019	1,3	-	0,03	-	-
	2020	0,9	-	0,04	-	-
НСР ₀₅ фактор Б (обработка)	2019	1,0	-	0,02	-	-
	2020	0,7	-	0,03	-	-

не успели, т.к. сорта клевера лугового достигли фазы начала цветения (табл. 1).

Однократное применение гербицида снизило общую засоренность посевов клевера лугового сорта Командор до 60%, СибНИИК-10 – до 58,3 и сорта Огонек – до 70%.

Максимальная урожайность семян у сортов клевера лугового была получена при совместном проведении агротехнических приемов и средств защиты растений (табл. 2).

При дисперсионном анализе урожайности семян клевера критерий Фишера фактический в 2019 и 2020 гг. соответственно соста-

вил $F_A=10056,8$ и $18604,2$; $F_B=3438,1$ и $9417,4$, $F_{AB}=118,6$ и $758,6$, что больше, чем теоретический, на уровне вероятности $P_{0,95}$, а значит, сорт и применяемые меры борьбы с сорняками достоверно влияют на урожайность семян клевера лугового.

В годы исследований урожайность семян, полученная при совместном использовании агротехнических приемов и средств защиты растений, колебалась у сорта Командор (стандарт) от 189,6 до 230 кг/га, у сорта СибНИИК-10 – от 192,8 до 147, у сорта Огонек – от 124,8 до 155 кг/га, что существенно выше контроля (междурядная об-

работка) – в 1,1–1,3 раза. Районированный сорт Командор в условиях 2020 г. обеспечил наибольшую урожайность семян при всех мерах борьбы с сорняками. В условиях 2019 г. у сорта СибНИИК-10 при совместном применении агротехнических приемов и средств защиты растений урожайность семян была выше на 3,2 кг/га в сравнении со стандартом.

У всех исследуемых сортов в годы исследований при совместном применении агротехнических приемов и средств защиты растений масса 1000 семян была выше на 0,08–0,60 г, чем в контроле (междурядная обработка). В условиях 2019 г. у сорта Командор масса 1000 семян была существенно выше, чем у сорта СибНИИК-10 при всех мерах борьбы с сорняками и у сорта Огонек при проведении междурядной обработки, – на 0,14–0,26 и 0,38 г соответственно. Однако у сорта Огонек при применении агротехнических мероприятий и средств защиты растений масса 1000 семян превышает на 0,08 г стандарт-

ный сорт Командор. По энергии прорастания и лабораторной всхожести были отмечены варьирования показателей как по сортам, так и по способам защиты растений.

ВЫВОДЫ

1. Установлено влияние агротехнических приемов возделывания клевера лугового и способов защиты растений на засоренность его посевов и урожайные качества семян в условиях Приморского края.

2. На второй год жизни клевера в зависимости от засоренности посевов и условий вегетационного периода возможно однократное применение гербицидов на фоне междурядной обработки, способствовавшее снижению засоренности от 58,3 до 70% в зависимости от сорта.

3. Применение агротехнических мероприятий и средств защиты растений повышало урожайность семян клевера лугового в 1,1–1,3 раза в зависимости от сорта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Переprawo Н.И., Трухан О.В.* Семеноводство многолетних трав в России: состояние, проблемы и перспективы [Электронный ресурс] // Кормопроизводство в Сибири: достижения, проблемы, стратегия развития: материалы междунар. науч.-практ. конф. / СибНИИ кормов, НГАУ. Новосибирск, 2014. – С. 121–128. – Режим доступа: <http://cs3.a5.ru/media/3e/88/12/3e88128edd0d526c88fc141fbe5699f4.pdf> (дата обращения: 23,03,2021).
2. *Касаткина Н.И., Нелюбина Ж.С.* Семенная продуктивность клевера лугового тетраплоидного в зависимости от способа и срока уборки // Вестник НГАУ. – 2016. – № 3 (40). – С. 13–18.
3. *Полюдина Р.И.* Клевер в Сибири : монография / под общ. ред. Н.И. Кашеварова ; СФНЦА РАН. – Новосибирск : СФНЦА РАН, 2017. – 348 с.
4. *Воложенин А.Г.* О системе земледелия в Приморском крае / А.Г. Воложенин. – Владивосток: Дальневост. кн. из-во, 1971. – 148 с.
5. *Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2017 году и прогноз развития вредных объектов в 2018 году* / МСХ РФ, Рос. с.-х. центр. – М., 2018. – 544 с.
6. *Влияние гербицидов на наиболее распространенные в Приморском крае однолетние мятликовые сорняки* / В.Н. Мороховец, Т.В. Мороховец, З.В. Басай, А.А. Баймуханова // Земледелие. – 2015. – № 7. – С. 46–48.
7. *Чувиллина В.А., Колотилина С.А.* Оценка эффективности гербицидов на старовозрастных многолетних травах в условиях Сахалинской области // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2014. – № 4. – С. 25–30.
8. *Чувиллина В.А.* Применение гербицидов в посевах клевера лугового первого года пользования // Международный научно-исследовательский журнал. – 2018. – № 7 (73). – С. 85–89.

9. Калмыков С.И., Глубокова Н.С. Влияние различных агроприемов на засоренность посевов сельскохозяйственных культур в суходольных агроладшафтах // Вестник СГАУ им. Н.И. Вавилова. – 2004. – № 3. – С. 8–13.
10. Перспективная ресурсосберегающая технология производства семян клевера для Северного региона Нечерноземной зоны России / М.И. Тумасова, М.Н. Грипас, Е.Г. Арзамасова [и др.]. – Киров : НИИСХ Северо-Востока, 2015. – 72 с.
11. Безукарова С.А., Переправо Н., Козлова Т. Репродуктивные особенности клевера лугового в различных экологических условиях // Известия международной академии аграрного образования. – 2016. – Вып. 26. – С. 127-130.
12. Артюхин К.С. Мониторинг сорняков для практиков // Защита и карантин растений. – 2018. – № 2. – С. 8–13.
13. Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. 2018 год. – М., 2018. – 816 с.
14. Доспехов Б.А., Васильев И.П., Туликов А.М. Практикум по земледелию. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Агропромиздат, 1987. – 383 с.
15. Скалозуб О.М. Влияние мер защиты растений на засоренность посевов и урожайность семян клевера лугового // Дальневосточный аграрный вестник. – 2019. – № 2 (50). – С. 57 – 63.

REFERENCES

1. Perepravo N.I., Truhan, O.V., *Kormoproizvodstvo v Sibiri: dostizhenija, problemy, strategija razvitiya* (Fodder production in Siberia: achievements, problems, development strategy): Proceedings of the International Scientific and Practical Conference., July 31, 2014, Novosibirsk: NGAU, 2014, pp. 121–128, available at: <http://cs3.a5.ru/media/3e/88/12/3e88128edd0d526c88fc141fbe5699f4.pdf>. (In Russ.)
2. Kasatkina N.I., Neljubina Zh.S., *Vestnik NGAU*, 2016, No. 3(40), pp. 13–18. (In Russ.)
3. Poljudina R.I. *Klever v Sibiri* (Clover in Siberia), Novosibirsk: SFNCA RAN, 2017, 348 p.
4. Volozhenin A.G., *O sisteme zemledelija v Primorskom krae* (On the farming system in Primorsky Krai), Vladivostok: Dal'nevostochnoe knizhnoe izdatel'stvo, 1971, 148 p.
5. *Obzor fitosanitarnogo sostojanija posevov sel'skhozjajstvennyh kul'tur v Rossijskoj Federacii v 2017 godu i prognoz razvitiya vrednyh ob'ektov v 2018 godu* (Overview of the phytosanitary state of crops in the Russian Federation in 2017 and the forecast of the development of harmful objects in 2018), Moscow, 2018, 544 p.
6. Morohovec V.N., Morohovec T.V., Basaj Z.V., Bajmuhanova A.A., *Zemledelie*, 2015, No. 7, pp 46–48. (In Russ.)
7. Chuvilina V.A., Kolotilina S.A., *Sibirskij vestnik sel'skhozjajstvennoj nauki*, 2014, No. 4, pp 25 – 30. (In Russ.)
8. Chuvilina V.A., *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*, 2018, No. 7 (73), pp. 85–89. (In Russ.)
9. Kalmykov S.I., Glubokova N.S., *Vestnik SGAU im. N.I. Vavilova*, 2004, No. 3, pp. 8–13. (In Russ.)
10. Tumasova M.I., Gripas' M.N., Arzamasova E.G., Popova E.V., Kozlova L.M., Burkov A.I., Onuchina O.L., Gradoboeva T.P., Filatova I.A., *Perspektivnaja resursosberegajushhaja tehnologija proizvodstva semjan klevera dlja Severnogo regiona Nечерноземной зоны Rossii* (Promising resource-saving technology for the production of clover seeds for the Northern Region of the Non-Black Zone of Russia), Kirov: NIISH Severo-Vostoka, 2015, 72 p.
11. Bezukarova S.A., Perepravo N., Kozlova T., *Izvestija mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovanija*, 2016, No. 26, pp. 127–130. (In Russ.)

12. Artjuhin K.S., *Zashhita i karantin rastenij*, 2018, No. 2, pp. 8–13. (In Russ.)
13. *Spisok pesticidov i agrohimikatov razreshennyh k primeneniju na territorii Rossijskoj Federacii. 2018 god* (List of pesticides and agrochemicals allowed for use in the territory of the Russian Federation. 2018 year), Moscow, 2018, 816 p.
14. Dospëhov B.A., Vasil'ev I.P., Tulikov A.M., *Praktikum po zemledeliju* (Practical course on farming), Moscow: Agropromizdat, 1987, 383 p.
15. Skalozub O.M., *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*, 2019, No. 2(50), pp. 57–63. (In Russ.)

ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ В СЕЛЕКЦИИ ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ ДЛЯ УСЛОВИЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

В.С. Юсов, кандидат сельскохозяйственных наук
М.Н. Кирьякова, кандидат сельскохозяйственных наук
М.Г. Евдокимов, доктор сельскохозяйственных наук
 Омский аграрный научный центр, Омск, Россия
 E-mail: m_kiriakova@mail.ru

Ключевые слова: твердая пшеница, коллекция ВИР, хозяйственно-ценные признаки, продуктивность, качество зерна

Реферат. В условиях южной лесостепной зоны Западной Сибири изучено генетическое разнообразие мирового генофонда коллекционных образцов Федерального исследовательского центра Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР) по хозяйственно-ценным признакам и качеству зерна. Изучение происходило в четыре этапа по мере поступления генофонда: 2000–2003, 2007–2008, 2009–2012, 2019–2020 гг. Всего изучено 186 образцов. В качестве стандартов использовались рекомендованные Госкомиссией РФ сорта: Алтайская нива, Омская янтарная, Жемчужина Сибири. Посев проводился 15–16 мая по пару в специализированном севообороте лаборатории селекции твердой пшеницы Омского АНЦ. Поступивший материал в первый год изучался на полях с площадью 0,25 м², а в последующие годы – 3 м². Агроклиматические условия менялись от благоприятных до контрастных по температурному и водному режиму. В ходе исследований образцов твердой пшеницы коллекции ВИР различного происхождения выделены источники по хозяйственно-ценным показателям. Из всего многообразия лишь незначительная часть (10%) представляет селекционный интерес и может быть использована в гибридизации. Источниками высокой продуктивности могут быть образцы к-59881, к-59888, к-60388, к-60364, к-60366, к-60413, к-61303, к-62657, к-62658, к-63126, к-63160, к-64353, к-64355, к-6386, к-64953, к-61619, к-63821, Сладуница, к-66887, к-66886, к-66293, к-66294, к-66519, к-66675, к-64488. По показателям качества зерна выделились: к-59881, к-59889, к-60388, к-60364, к-61117, к-61650, к-62657, к-64353, к-64354, к-64355, к-6386, к-17985, к-63821, Сладуница, Iríde, к-60410. В качестве источников устойчивости к стеблевой ржавчине предлагаем: к-6386, к-6662, к-46983, к-60410, Iríde, к-65353, к-65733, к-65734. По комплексу признаков (высокая продуктивность, качество зерна и устойчивость к болезням) представляют селекционную ценность образцы к-59881 (Россия), к-6386 (Грузия), к-65734 (Сирия), Сладуница (Украина) и Iríde (Италия).

SOURCE MATERIAL IN SPRING DURUM WHEAT BREEDING FOR WESTERN SIBERIA CONDITIONS

V.S. Yusov, PhD in Agricultural Sciences
M.N. Kir'yakova, PhD in Agricultural Sciences
M.G. Evdokimov, Doctor of Agricultural Sciences
 Omsk Agrarian Scientific Centre, Omsk, Russia

Keywords: durum wheat, VIR collection, economically valuable traits, productivity, grain quality.

Abstract. The genetic diversity of the world gene pool of collecting samples from the Federal Research Centre of All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N.I. Vavilov (VIR) was studied

in the conditions of the southern forest-steppe zone of Western Siberia. N.I. Vavilov (VIR) by economically valuable traits and grain quality. The study was conducted in four stages as the gene pool became available: 2000-2003, 2007-2008, 2009-2012, 2019-2020. A total of 186 samples were studied. The following varieties recommended by the State Commission of the Russian Federation were used as standards: Altai Niva, Omskaya Amber, Zhemchuzhina Sibiri. Sowing was carried out on May 15-16 by fallow in the specialised crop rotation of the durum wheat breeding laboratory of the Omsk Research Center. The material received in the first year was studied in plots with an area of 0.25 m², and in subsequent years - 3 m². Agroclimatic conditions varied from favourable to contrasting temperature and water regimes. In studies of durum wheat samples from the VIR collection of different origins, sources were identified according to their economic value. Of the diversity, only a small part (10%) is of breeding interest and can be used in hybridisation. The sources of high productivity may be the samples k-59881, k-59888, k-60388, k-60364, k-60366, k-60413, k-61303, k-62657, k-62658, k-63126, k-63160, k-64353, k-64355, k-6386, k-64953, k-61619, k-63821, Sladunitsa, k-66887, k-66886, k-66293, k-66294, k-66519, k-66675, k-64488. In terms of grain quality the following crops stood out: k-59881, k-59889, k-60388, k-60364, k-61117, k-61650, k-62657, k-64353, k-64354, k-64355, k-6386, k-17985, k-63821, Sladunitsa, Irade, k-60410. As sources of resistance to stem rust, we offer k-6386, k-6662, k-46983, k-60410, Irade, k-65353, k-65733, k-65734. According to the complex of traits (high productivity, grain quality and resistance to diseases) are of breeding value samples k-59881 (Russia), k-6386 (Georgia), k-65734 (Syria), Sladunitsa (Ukraine) and Irade (Italy).

Твердая пшеница является незаменимым сырьем для макаронной, крупяной и кондитерской промышленности. Макароны являются одним из наиболее доступных продуктов питания для всех слоев населения. Достоинством данной продукции является то, что она сохраняется длительный срок без заметного ухудшения цвета, вкуса, питательных свойств. Твердая пшеница – источник макро- и микроэлементов, углеводов, клетчатки. Кроме того, содержание каротиноидных пигментов в ней в 2 раза выше, чем в мягкой [1, 2].

Твердую пшеницу выращивают в различных регионах мира, но основное ее производство сосредоточено в странах Средиземноморского бассейна и Северной Америки (Алжир, Италия, Канада, Марокко, Мексика, Тунис, Турция и США). В России традиционно основными регионами производства высококачественного зерна яровой твердой пшеницы являются Западная Сибирь, Алтайский край, Южный Урал, Поволжье, из стран СНГ – Украина и Республика Казахстан. В Западной Сибири твердая пшеница возделывается в степной и южной лесостепной зонах. Это типично аридный

регион с недобором осадков и высокими температурами в отдельные периоды вегетации. Среднегодовое количество осадков в южной лесостепи 300-350 мм, а их распределение крайне неравномерно в течение года. Засухи – довольно частое явление. Проявляются как почвенные, так и воздушные типы засухи с преобладанием почвенных, а в отдельные годы наблюдаются оба вида засухи. В последние годы наблюдается увеличение количества дней с росами и туманами. Это в значительной мере способствует развитию листовых болезней, особенно ржавчины (бурой и стеблевой).

При решении проблемы производства зерна твердой пшеницы большую роль должны сыграть сорта с высоким уровнем продуктивности. В новых хозяйственных условиях наряду с увеличением урожайности предъявляются требования к качеству получаемой продукции, повышению ее рентабельности. Поэтому создание адаптивных сортов для условий Западной Сибири, устойчивых к абиотическим и биотическим факторам среды, с высоким качеством зерна и макарон является одной из актуальнейших проблем.

При создании новых сортов успех во многом зависит от целенаправленного использования и подбора родительских пар при гибридизации. Для этого необходимо планомерное изучение исходного материала с привлечением генетического разнообразия мирового генофонда. Понятие и учение об исходном материале было введено в селекционную практику Н.И. Вавиловым, с тех пор его изученность является основой селекции [3].

Богатым источником исходного материала является мировая коллекция ВИР. Этот огромный видовой, сортовой и популяционный фонд, созданный за тысячелетия природой и человеком, широко используется в селекционной работе и теоретических исследованиях. В очень редких случаях инорайонный материал может быть приспособленным к местным условиям лучше, чем аборигенные сорта. На сегодняшний день коллекция твердой пшеницы ВИР насчитывает 6479 образцов в основном каталоге из всех регионов происхождения [4].

Изучением исходного материала по ряду хозяйственно-ценных признаков яровой твердой пшеницы занималось большое количество учёных. В Западной Сибири это В.А. Савицкая, М.В. Семенова, М.Г. Евдокимов, В.С. Юсов, М.А. Розова. Результаты их исследований изложены в статьях, монографиях и диссертациях [5–9]. Однако генофонд коллекции ВИР постоянно пополняется, а селекционерам нужны новые источники хозяйственно-ценных признаков. К тому же донорские способности выделенных источников реализуются не всегда, зачастую они не отвечают требованиям по другим признакам, имеют низкую адаптивность к условиям Западной Сибири. С этой целью перед включением генотипов в гибридизацию, необходимо изучать их по комплексу хозяйственно-ценных признаков и в местных условиях выявить их донорские свойства.

Цель исследования – изучить генетическое разнообразие мирового генофонда коллекционных образцов яровой твердой пшеницы полученных из Федерального исследова-

тельского центра ВИР, по хозяйственно-ценным признакам в условиях Западной Сибири.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований служили образцы яровой твердой пшеницы, полученные из Федерального исследовательского центра Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР). Посев проводился 15–16 мая по пару в специализированном севообороте лаборатории селекции твердой пшеницы Омского АНЦ. Поступивший материал в первый год изучался на делянках с площадью 0,25 м², а в последующие годы – 3 м².

Полевые опыты, фенологические наблюдения, проводились в полном соответствии с общепринятыми требованиями и рекомендациями [10]. Оценку развития болезни стеблевой ржавчины проводили по принятой в СИММИТ методике, определяя инфекционный тип и степень поражения: R (Resistant – устойчивый тип) – поражение 5%; MR (Moderately resistant – относительно устойчивый тип) – поражение 20–30 %; MS (Moderately susceptible – относительно восприимчивый тип) – поражение до 40–50%; S (Susceptible – восприимчивый тип) – поражение более 60% [11].

Изучение коллекции ВИР происходило в четыре этапа по мере поступления генофонда: 2000–2003, 2007–2008, 2009–2012, 2019–2020 гг. Агроклиматические условия периода исследований изменялись от благоприятных до контрастных по температурному и водному режиму. В качестве стандартов использовались рекомендованные Госкомиссией РФ в Западно-Сибирском регионе сорта: Алтайская нива – с 1997 по 2001 г., Омская янтарная – с 2001 по 2008 г., Жемчужина Сибири – с 2009 г. Полученные данные обработаны статистически [12].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В условиях южной лесостепной зоны Омской области, было изучено 186 образцов

коллекции ВИР (табл. 1). В 2000–2003 гг. в изучении преобладали образцы с территории Российской Федерации и Северной Америки. В 2007–2008 гг. большая часть была пред-

ставлена европейскими образцами. В целом за годы исследований изучено 53 образца из России и 42 из Европы.

Таблица 1

Общее количество изученных образцов (2000–2019 гг.)
Total number of samples studied (2000–2019)

Страна происхождения	2000–2003 гг.	2007–2008 гг.	2009–2012 гг.	2019–2020 гг.	Всего
Россия	24		9	20	53
Страны СНГ	3		17	1	21
Европа	3	22	13	4	42
Ближний Восток	5		3	12	20
Азия	1		6	1	8
Африка		1	7	1	9
Северная Америка	7	9	7	10	33
Всего	43	32	62	49	186

Таблица 2

Характеристика лучших образцов из коллекции ВИР (2000–2003 гг.)
Characteristics of the best specimens from the VIR collection (2000–2003)

Номер по каталогу	Страна происхождения	Урожайность, ц/га	Полегание, баллов	Длина стебля, см	Цвет макарон, баллов
59881	Россия	41,0	4,1	114,0	3,9
59881		39,3	4,6	126,0	3,6
59889		37,3	4,5	108,0	3,7
60369		32,7	4,1	118,0	3,6
60388		43,3	4,6	110,0	3,7
60403		34,0	4,1	119,0	3,5
61629		32,0	4,5	112,0	3,4
60364	Украина	40,0	4,5	108,0	3,8
60366	Казахстан	40,0	3,9	99,0	3,4
60370		28,7	4,9	117,0	3,5
60402	Монголия	36,7	4,9	108,0	3,3
60413	Сирия	43,3	4,9	118,0	3,5
61645		36,7	4,9	68,0	3,4
61117	США	30,7	4,7	107,0	3,6
61303		46,7	4,6	102,0	3,4
61631	Канада	37,3	4,8	60,0	3,5
61632	Мексика	37,3	4,8	113,0	3,5
61650	Италия	36,7	4,9	112,0	3,6
Стандарт Алтайская нива		35,0		96,0	3,5
По всем изученным образцам					
Среднее		37,7	4,3	108,1	3,1
Максимум		46,7	4,9	126,0	3,9
Минимум		20,0	2,0	60,0	2,4
НСР ₀₅		1,8	0,1	3,6	0,12

Продуктивность растений – основной показатель, характеризующий их генетический потенциал в естественных условиях произрастания. В среднем урожайность по всем изученным образцам за 2000-2003 гг. составила 37,7 ц/га и изменялась от 20,0 до 46,7 ц/га при урожайности стандарта 35,0 ц/га. Выделились образцы: к-59881, к-59888, к-60388, к-60364, к-60366, к-60413, к-61303 (табл. 2). Устойчивыми к полеганию были образцы к-59888, к-60388, к-60370, к-60402, к-60413, к-61645, к-61650. По цвету макарон имели преимущество образцы к-59881, к-59889, к-60388, к-60364, к-61117, к-61650.

На следующем этапе, в 2007 и 2008 гг., изучались преимущественно короткостебельные образцы из Европы, США и Канады (табл. 3). В среднем по всем изученным образцам урожайность составила 19,4 ц/га и из-

менялась от 19,4 до 30,8 ц/га при урожайности стандартов 26,0 и 32,5 ц/га. Выделились образцы: к-62657, к-62658, к-63126, к-63160, к-64353, к-64355.

Почти все изученные образцы имели высокий уровень устойчивости к полеганию, что обусловлено в первую очередь укороченным стеблем. Самым короткостебельным оказался образец к-63160 (Франция). По цвету макарон выделились образцы к-62657, к-64353, к-64354, к-64355. Натура зерна была ниже, чем у сорта Жемчужина Сибири, в среднем она составила 745,9 г/л. Из всех изученных образцов высокую натуру зерна обеспечивал номер к-63126 из Франции.

В период с 2009 по 2012 г. исследования продолжились по новым сортам и образцам из генофонда ВИР. Было изучено 62 образца, большая часть которых была из Азии, Украины и Европы.

Таблица 3

Характеристика лучших образцов из коллекции ВИР (2007–2008 гг.)
Characteristics of the best specimens from the VIR collection (2007–2008)

Номер по каталогу	Страна происхождения	Урожайность, ц/га	Полегание, баллов	Длина стебля, см	Цвет макарон, баллов	Натура, г/л
61613	Италия	10,4	5,0	49,8	2,6	758
61614		14,7	5,0	59,9	2,8	744
62657	США	23,8	5,0	58,0	3,6	766
62658		26,3	5,0	64,6	3,4	761
62659		18,9	5,0	57,2	3,0	712
63126	Франция	27,1	5,0	54,6	3,1	772
63132		18,2	5,0	45,7	3,1	756
63140		17,0	5,0	40,4	3,2	728
63160		27,4	5,0	39,8	3,2	753
63161		19,6	5,0	51,1	3,3	762
63168		15,3	5,0	40,7	3,3	736
64353	Канада	30,8	5,0	54,9	3,5	760
64354		21,9	5,0	63,2	3,7	752
64355		24,2	5,0	55,3	3,7	756
Стандарт Жемчужина Сибири		32,5	4,6	82,4	3,9	778
Стандарт Омская янтарная		26,0	4,1	79,1	4,1	770
По всем изученным образцам						
Среднее		19,4	4,9	52,1	3,1	745
Максимум		30,8	5,0	86,1	3,7	772
Минимум		8,9	4,0	37,2	2,5	712
НСР ₀₅		2,2	0,11	8,30	0,14	10,30

Таблица 4

Характеристика лучших образцов из коллекции ВИР (2009–2012 гг.)
Characteristics of the best specimens from the VIR collection (2009–2012)

Номер по каталогу	Страна происхождения	Урожайность, ц/га	Длина стебля, см	Полегание, баллов	Цвет мака- рон, баллов	Натура, г/л	Стеблевая ржавчина,%, тип
6386	Грузия	27,0	80,0	4,9	3,3	760,0	5R
6662	Иран	15,0	88,5	4,2	3,0	778,0	5R
17985	Армения	18,2	61,5	4,2	3,2	765,0	10MR
46983	Канада	17,5	79,9	4,9	2,7	758,0	5R
61954	Индия	13,3	77,0	5,0	3,0	765,0	10MR
64966	Китай	21,5	81,5	5,0	2,0	768,0	10MR
29374	Россия	20,5	68,1	4,9	3,0	764,0	15MR
64953		30,5	87,5	4,7	2,9	762,0	15MR
64203	Украина	23,2	84,2	4,3	2,7	768,0	15MR
61619		35,0	78,2	4,0	3,0	769,0	20MR
63821		29,1	75,9	4,1	3,6	770,0	20MR
Сладуница		30,2	85,2	4,5	3,2	777,0	15MR
Iride	Италия	11,3	43,3	5,0	3,3	767,0	5R
60410		17,0	65,0	5,0	3,2	775,0	5R
Стандарт Жемчужина Сибири		33,2	83,1	4,7	3,2	778,0	5R
Стандарт Омская янтарная		29,8	76,9	4,0	3,6	770,0	0R
По всем изученным образцам							
Среднее		14,7	71,5	4,6	3,0	765,6	20
Максимум		30,5	96,0	5,0	3,6	784,0	30
Минимум		2,0	39,4	3,6	2,7	728,0	5
НСР ₀₅		2,5	4,3	0,24	0,12	11,3	

В среднем по всем изученным образцам урожайность составила 14,7 ц/га и изменялась от 2,0 до 30,5 ц/га при урожайности стандартов 29,8 и 33,2 ц/га (табл. 4). Высокой продуктивностью выделились образцы к-6386, к-64953, к-61619, к-63821, Сладуница. Высота растений твёрдой пшеницы колебалась значительно – 39–96 см, по короткостебельности выделились формы из Италии и Армении. По показателям качества зерна представляют интерес образцы к-6386, к-17985, к-63821, Сладуница, Iride, к-60410. В этот период увеличивается поражение стеблевой ржавчиной и в последние годы оно становится регулярным [13].

Высокую устойчивость показывают образцы к-6386, к-6662, к-46983, к-60410, Iride. Особенно большой интерес представляет сорт итальянской селекции Iride, обладаю-

щий ценными качественными характеристиками: цвет зерна, устойчивость к болезням, холодоустойчивость [14, 15].

В 2019–2020 гг. коллекция была представлена российскими селекционными достижениями, а также образцами, переданными путем выписки или обмена материалом ВИР с зарубежными учреждениями [4].

В среднем по всем изученным образцам урожайность составила 20,9 ц/га и изменялась от 1,8 до 48,2 ц/га при урожайности стандарта 50,3 ц/га, наиболее продуктивными были образцы к-66887, к-66886, к-66293, к-66294, к-66519, к-66675, к-64488 (табл. 5).

Высота растений варьировала от 51,0 до 109 см. Из низкорослых образцов можно выделить номер к-65733 из Сирии с урожайностью 27,7 ц/га. Почти все иностранные образцы в условиях Западной Сибири оказались

Таблица 5

Характеристика лучших образцов из коллекции ВИР (2019–2020 гг.)
Characteristics of the best samples from the VIR collection (2019–2020)

Номер по каталогу	Страна происхождения	Урожайность, ц/га	Длина стебля, см	Полегание, баллов	Количество зерен, шт.	Масса зерна главного колоса, г	Стеблевая ржавчина, %, тип
66887	Россия	38,2	89,9	4,8	26,1	1,28	30MS
66886		38,3	103,4	3,2	30,4	1,47	40MS
66885		34,0	96,7	4,2	24,0	1,05	45MS
65353		11,8	65,6	4,5	32,6	1,47	5R
66293		33,8	96,0	4,5	34,7	1,75	60S
66294		43,0	100,4	4,3	34,9	1,78	40MS
66519		40,5	95,8	4,5	35,2	1,64	35MS
66675		46,4	84,3	4,5	32,7	1,66	35MS
64488		48,2	109,0	4,5	31,4	1,45	25MR
65733	Сирия	27,7	73,0	5,0	34,0	1,50	5R
65734		18,0	65,0	5,0	27,2	1,42	5R
66276	Мексика	18,0	70,0	5,0	24,3	1,48	10MR
66278		12,5	69,0	5,0	25,3	1,43	10MR
66508	Словакия	15,7	64,0	5,0	26,3	1,61	10MR
66509	Австрия	21,2	67,0	5,0	25,4	1,45	10MR
Стандарт Жемчужина Сибири		50,3	86,6	4,8	26,3	1,20	50MSS
<i>По всем изученным образцам</i>							
Среднее		20,9	74,9	4,75	31,4	1,45	30
Максимум		48,2	109,0	5	36,9	1,78	70
Минимум		18,0	51,0	3,2	24,0	1,05	5
НСР ₀₅		1,48	2,12	0,12	4,35	0,25	

малопродуктивны. Масса зерна главного колоса почти у всех образцов превысила стандарт Жемчужина Сибири.

По количеству зерен в главном колосе выделяются образцы к-66886, к-65353, к-66293, к-66294, к-66519, к-65733. В 2019–2020 гг. посевы твердой пшеницы также сильно поражаются стеблевой ржавчиной, максимальное поражение по всем изученным образцам составило 70%, поражение стандарта – 50%, тип MSS. По устойчивости выделились образцы к-65353 (Россия), к-65733, к-65734 (Сирия).

ВЫВОДЫ

1. В результате оценки образцов твердой пшеницы коллекции ВИР различного происхождения выделены источники по хозяйственно-ценным показателям. Из всего многообра-

зия лишь незначительная часть (10%) представляет селекционный интерес и может быть использована в гибридизации.

2. Источниками высокой продуктивности могут быть образцы к-59881, к-59888, к-60388, к-60364, к-60366, к-60413, к-61303, к-62657, к-62658, к-63126, к-63160, к-64353, к-64355, к-6386, к-64953, к-61619, к-63821, Сладуница, к-66887, к-66886, к-66293, к-66294, к-66519, к-66675, к-64488.

3. По показателям качества зерна представляют интерес к-59881, к-59889, к-60388, к-60364, к-61117, к-61650, к-62657, к-64353, к-64354, к-64355, к-6386, к-17985, к-63821, Сладуница, Iride, к-60410.

4. В качестве источников устойчивости к стеблевой ржавчине рекомендуем: к-6386, к-6662, к-46983, к-60410, Iride, к-65353, к-65733, к-65734.

5. По комплексу признаков (высокая продуктивность, качество зерна и устойчивость к болезням) представляют селекционную ценность к-59881 (Россия), к-6386 (Грузия), к-65734 (Сирия), Сладуница (Украина) и Iride (Италия).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Евдокимов М.Г., Юсов В.С. Яровая твердая пшеница в сибирском Прииртышье. – Омск, 2008. – 159 с.
2. Перспективы улучшения качества твердой пшеницы в процессе селекции в среднем Поволжье / П.Н. Мальчиков, Е.Н. Мясникова [и др.] // Известия Самарского научного центра РАН. – 2014. – Т.16, № 5(3). – С.1143–1152.
3. Вавилов Н.И. Научные основы селекции растений. – М.; Л.: Сельхозгиз, 1935. – 246 с.
4. Ляпунова О.А., Андреева А.С. Сорты и линии, пополнявшие генофонд твердой пшеницы ВИР в 2000–2019 гг. // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2020. – Т. 181(1). – С. 7-16. – DOI: 10.30901/2227-8834-2020-1-7-16.
5. Савицкая В.А., Синицын С.С., Широков А.И. Твердая пшеница в Сибири. – М.: Агропромиздат, 1987. – 112 с.
6. Евдокимов М.Г. Селекция яровой твердой пшеницы в условиях юга Западной Сибири: дис. ... д-ра с.-х. наук. – Омск, 2006. – 483 с.
7. Юсов В.С., Евдокимов М.Г. Изучение генофонда яровой твердой пшеницы на устойчивость к полеганию // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – №12. – С. 21–24.
8. Семенова М.В. Особенности селекции твердой пшеницы на продуктивность и качество зерна в Западной Сибири: дис. ... канд. с.-х. наук. – Омск, 1983. – 249 с.
9. Розова М.А. Устойчивость генофонда твердой пшеницы к пыльной головне *Ustilago tritici* (Pers.) Jens. в условиях Алтайского края: дис. ... канд. с.-х. наук. – Барнаул, 1997. – 157с.
10. Мережко А.Ф., Удачин Р.А., Зуев В.Е. Методические указания по изучению мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале. – СПб: ВИР им. Н.И. Вавилова, 1997. – С. 59.
11. Roelfs A.P., Singh R.P., Saari E.E. Rust Diseases of Wheat: Concepts and Methods of Disease Management. – CIMMYT, Mexico, 1992.
12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351с.
13. Характеристика устойчивости образцов твердой пшеницы из питомников КАСИБ к возбудителю стеблевой ржавчины в условиях Западной Сибири / В.С. Юсов, М.Г. Евдокимов, Л.В. Мешкова, М.Н. Кирьякова, Д.А. Глушаков // АгроЭкоИнфо. – 2018. № 2. – http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2018/2/st_264.doc.
14. Felice E. La Società Produttori Sementi (1911-2011). Alle origini del made in Italy Edition. – Publisher: Il Mulino. – 2011.
15. Ляпунова О.А. Селекция твердой пшеницы в Италии // Письма в Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2019. – № 5(1). – С. 19–34. – DOI 10.18699/Letters 2019-5-3.

REFERENCES

1. Evdokimov M.G., Yusov V.S., Yarovaya tverdaya pshenitsa v sibirskom Priirtysh'e (Spring durum wheat in Siberian Irtysh), Omsk, 2008, 160 p.
2. Mal'chikov P.N., Mjasnikova E.N., [i dr.], *Izvestija Samarskogo nauchnogo centra RAN*, 2014, vol. 16, No. 5 (3), pp.1143–1152. (In Russ.)
3. Vavilov N.I., *Nauchnye osnovy selekcii rastenij* (Scientific foundations of plant breeding), Moscow, Leningrad: Sel'hozgiz, 1935, 246 p.
4. Ljapunova O.A., Andreeva A.S., *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selekcii*, 2020, T. 181(1), pp. 7–16, DOI: 10.30901/2227-8834-2020-1-7-16. (In Russ.)

5. Savickaja V.A., Sinicyn S.S., Shirokov A.I., *Tverdaja pshenica v Sibiri* (Hard wheat in Siberia), Moscow: Agropromizdat, 1987, 112 p.
6. Evdokimov M.G., *Selekcija jarovoj tverdoj pshenicy v uslovijah juga Zapadnoj Sibiri* (Selection of spring hard wheat in the south of Western Siberia) Doctor's thesis, Omsk, 2006, 483 p.
7. Jusov V.S., Evdokimov M.G., *Dostizhenija nauki i tehniki APK*, 2013, No. 12, pp. 21–24. (In Russ.)
8. Semenova M.V., *Osobennosti selekcii tverdoj pshenicy na produktivnost' i kachestvo zerna v Zapadnoj Sibiri* (Features of the selection of hard wheat for the productivity and quality of grain in Western Siberia), candidate's thesis, Omsk, 1983, 249 p.
9. Rozova M.A., *Ustojchivost' genofonda tverdoj pshenicy k pyl'noj golovne Ustilago tritici (Pers.) Jens. v uslovijah Altajskogo kraja* (Resistance of the hard wheat gene pool to the dusty head of *Ustilago tritici* (Pers.) Jens. in the conditions of the Altai Territory), candidate's thesis, Barnaul, 1997, 157 p.
10. Merezhko A.F., Udachin R.A., Zuev V.E., *Metodicheskie ukazaniya po izucheniju mirovoj kollekcii pshenicy, jegilopsa i tritikale* (Methodological guidelines for the study of the world collection of wheat, egilops and tritikale), Sankt-Peterburg: VIR im. N.I. Vavilova, 1997, pp. 59–60.
11. Roelfs A.P., Singh R.P., Saari E.E., *Rust Diseases of Wheat: Concepts and Methods of Disease Management*. CIMMYT, Mexico, 1992, available at: www.cimmyt.org.
12. Dosphehov B.A., *Metodika polevogo opyta* (Field experience methodology), Moscow: Agropromizdat, 1985, 351 p.
13. Jusov V.S., Evdokimov M.G., Meshkova L.V., Kir'jakova M.N., Glushakov D.A., *AgroJekoInfo*, 2018, No. 2, available at: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2018/2/st_264.doc (In Russ.)
14. Felice E., *La Societal Produttori Sementi (1911–2011). Alle origini del made in Italy Edition*, Publisher: Il Mulino, 2011.
15. Ljapunova O.A., *Pisma v Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selekcii*, 2019, No. 5(1), pp. 19–34, DOI 10.18699/Letters2019-5-3. (In Russ.)

ВЕТЕРИНАРИЯ и ЗООТЕХНИЯ

УДК 636.2:636.082.1:612.6

DOI:10.31677/2072-6724-2021-59-2-91-105

СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ МЕТАБОЛИЗМА ХОЛЕСТЕРИНА У КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

¹О.И. Себежко, кандидат биологических наук, доцент

¹К.Н. Нарожных, кандидат биологических наук,
заведующий лабораторией

¹О.С. Короткевич, доктор биологических наук, профессор

¹Д.А. Александрова, студент

²И.Н. Морозов, старший преподаватель

¹Новосибирский государственный аграрный университет,
Новосибирск, Россия

²Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия, Кемерово, Россия

E-mail: sebezkhkonok@ngs.ru

Ключевые слова: зоостерол, холестерин, крупный рогатый скот, содержание холестерина в молоке, синдром дефицита холестерина

Реферат. В литературном обзоре рассматриваются современные представления о метаболизме холестерина, протекающем в физиологических условиях. Гомеостаз холестерина в организме определяется его эндогенным синтезом, переходом в клетку из плазмы в составе липопротеинов низкой плотности (ЛПНП), освобождением из клеток в составе липопротеинов высокой плотности (ЛПВП). Подробно охарактеризованы молекулярно-генетические механизмы регуляции гомеостаза холестерина. Гены биосинтеза холестерина у основных многоклеточных животных были унаследованы от их последнего общего эукариотического предка и эволюционно консервативны для биосинтеза холестерина. Некодирующие варианты однонуклеотидных полиморфизмов могут в значительной степени способствовать фенотипической изменчивости холестерина, а миссенс-варианты, приводящие к замене аминокислот в белках, могут оказывать ощутимое влияние на фенотипическую вариабельность. Сформированы и достаточно полно представлены современные аспекты гомеостаза холестерина у крупного рогатого скота. При отсутствии экзогенного поступления баланс холестерина у крупного рогатого скота поддерживается путём эндогенного синтеза, протекающего главным образом в печени, поступления липопротеинов, а также механизмов обратного транспорта. Данный обзор даёт представление о том, что устойчивость гомеостаза может быть достигнута только при комплексном взаимодействии всех систем (транспортных, энзимных, рецепторных), участвующих в этом процессе. Представлен анализ последних научных работ, затрагивающих проблему содержания и регуляции холестерина в молоке коров. Описаны значимые однонуклеотидные полиморфизмы, локализованные в генах ACAT2, LDLR, DGAT, AGPAT1, участвующих в обмене холестерина в печени или его транспорте и ассоциированные с уровнем холестерина в молоке. Часть обзора посвящена синдрому дефицита холестерина у крупного рогатого скота гоштинской породы (HCD). Представлены современные

данные о распространённости, молекулярно-генетических основах, клинико-лабораторные проявления синдрома.

CONTEMPORARY ASPECTS OF CHOLESTEROL METABOLISM IN CATTLE

¹**O.I. Sebezhko**, candidate of biological sciences, associate professor

¹**K.N. Narozhnykh**, candidate of biological sciences, head of the laboratory

¹**O.S. Korotkevich**, Doctor of Biological Sciences, Professor

¹**D.A. Alexandrova**, student

²**I.N. Morozov**, senior lecturer

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

²**Kuzbass State Agricultural Academy, Kemerovo, Russia**

Key words: zoosterol, cholesterol, cattle, cholesterol content in milk, cholesterol deficiency syndrome.

Abstract. The literature review presents the current understanding of cholesterol metabolism occurring under physiological conditions. The homeostasis of cholesterol in the body is determined by its endogenous synthesis, the transition to the cell from plasma as part of low-density lipoproteins (LDL), the release of their cells as part of high-density lipoproteins (HDL). The molecular-genetic mechanisms of regulation of cholesterol homeostasis are described in detail. The genes for cholesterol biosynthesis in major multicellular animals were inherited from their last common eukaryotic ancestor and are evolutionarily conserved for cholesterol biosynthesis. Non-coding variants of single-nucleotide polymorphisms can significantly contribute to the phenotypic variability of cholesterol, and missense variants that lead to the replacement of amino acids in proteins can have a significant effect on the phenotypic variability. The modern aspects of cholesterol homeostasis in cattle are formed and sufficiently fully presented. During absence of exogenous intake, the balance of cholesterol in cattle is maintained by endogenous synthesis, occurring mainly in the liver; the intake of lipoproteins, as well as reverse transport mechanisms. This review gives an idea that the stability of homeostasis can be achieved only with the complex interaction of all systems (transport, enzyme, receptor) involved in this process. The analysis of the latest scientific works concerning the problem of the content and regulation of cholesterol in cow's milk is presented. Significant single-nucleotide polymorphisms localized in the ACAT2, LDLR, DGAT, and AGPAT1 genes involved in the exchange of cholesterol in the liver or its transport and associated with the level of cholesterol in milk are described. Part of the review is devoted to cholesterol deficiency syndrome in Holstein cattle (HCD). Modern data on the prevalence, molecular and genetic basis, clinical and laboratory manifestations of the syndrome are presented.

Холестерин – важнейший в биологическом отношении представитель зоостеролов, играющий определяющую роль в ключевых физиологических процессах организма животных. Собственно он и является маркером животных организмов, поскольку имеется только у представителей животного мира. Обнаружение холестерина в остатках дикинсоний, населявших Землю 635—542 млн лет назад, позволяет считать эти мягкотелые организмы первыми животными Земли [1].

Гены биосинтеза холестерина у основных многоклеточных животных были унаследованы от их последнего общего эукариотического предка и эволюционно консервативны для биосинтеза холестерина [2].

Несмотря на огромное количество научных публикаций, посвященных обмену холестерина, основной объем информации сосредоточен вокруг проблемы гиперхолестеринемии и ее связи с атеросклерозом и ишемической болезнью сердца у человека. Метаболизм

же холестерина у крупного рогатого скота, как собственно и всех жвачных, всё ещё недостаточно описан и далеко не ясен. Закономерные существующие различия в концентрации холестерина между породами крупного рогатого скота, представителями отдельных линий или семейств, а также у отдельных животных в разные периоды онтогенеза и хозяйственного использования.

Метаболизм холестерина. Холестерин, или холестерол, как одноатомный циклический гидрофобный спирт выполняет в метаболизме жирных кислот важнейшую физико-химическую и биохимическую функцию. В реакциях этерификации, реагируя ковалентно, он превращает полярные жирные кислоты в неполярные, в эфиры холестерина. Собственно сам спирт холестерин не является липидом. Липиды – это эфиры холестерина с жирными кислотами. Холестерол, являясь неполярной молекулой, транспортируется в плазме крови в составе липопротеиновых частиц. Структурную основу липопротеинов составляют белки апопротеины. Под общим холестерином понимают холестерин, входящий в состав липопротеидов низкой плотности (ЛПНП), высокой плотности (ЛПВП) и очень низкой плотности (ЛПОНП) [3–5].

Гомеостаз холестерина в организме определяется его эндогенным синтезом, переходом в клетку из плазмы в составе ЛПНП, освобождением их клеток в составе ЛПВП. Ключевым предшественником синтеза холестерола, как и всех стероидов, является ацетил-коэнзим-А (КоА). Из ацетил-КоА во всех ядросодержащих клетках организма происходит синтез холестерина. При этом наиболее активно данный процесс происходит в гепатоцитах, поскольку здесь наиболее активно экспрессируется ГМГ-КоА-редуктаза. Фермент мевалонового пути – ГМГ-КоА-редуктаза (HMGCoAR-3-гидрокси-3-метилглутарил-кофермент А редуктаза). HMGCoAR является ключевым ферментом биосинтеза холестерина, катализирует биосинтез мевалоновой кислоты, тем самым лимитируя метаболический путь синтеза холестерина. Процесс биосинтеза холестерина состоит по меньшей мере из 21 реак-

ции, которые начинаются с преобразования ацетоацетил КоА. В ферментативные реакции биосинтеза холестерина, протекающие в цитоплазме клеток, помимо ГМГ-КоА-редуктазы, вовлечены не менее значимые HMGCoAS (3-гидрокси-метилглутарил-коэнзим-синтаза), ФДФТ (FDFT–фарнезилдифосфат-фарнезилтрансфераза). Фермент ФДФТ действует на первом этапе биосинтеза холестерина [3–7].

Свободный холестерин в клетке требует переэтерификации, которая осуществляется в эндоплазматическом ретикулеуме с помощью фермента АСАТ–ацилхолестеринтрансферазы (ACAT acyl-coenzyme A: cholest-erolacyltransferase). Изоформа ACAT2 экспрессируется в кишечнике и печени, где обеспечивает эфиры холестерина для транспорта в липопротеины [8]. Помимо важной роли АСАТ2 в метаболизме холестерина в печени, он также важен для коэффициента зачатия (признак фертильности). Напряженность биосинтеза холестерина зависит от его количества, захватываемого в тонком кишечнике и поступающего в печень.

Не менее значимое место в метаболизме холестерина занимают процессы его выведения. Холестерол может выводиться печенью как напрямую в желчь, так и путём превращения в желчные кислоты. Главным ферментом, лимитирующим образование желчных кислот, является 7 α -гидроксилаза. Данный фермент является изоформой цитохрома P450, он катализирует гидроксилирование холестерола с образованием 7 α -гидроксихолестерола (CYP7A1). Транспорт холестерина в кровь в виде липопротеидов очень низкой плотности, образование эфиров холестерола, транспорт свободного ХС в желчь при участии кассетных транспортеров ABCG5/G8, а также биосинтез жирных кислот (под контролем 7 α -гидроксилазы (CYP7A1) являются основными путями выведения холестерола из гепатоцитов [7]. При этом желчные кислоты выступают в качестве транскрипционного фактора, регулируя активность фермента 7 α -гидроксилазы (CYP7A1) путём механизма отрицательной обратной связи.

Гомеостаз холестерина у крупного рогатого скота. Механизмы гомеостаза холестерина формировались в процессе эволюции вследствие необходимой адаптации к меняющимся физиологическим потребностям в различных эколого-климатических условиях существования видов, популяций, пород животных, в том числе сельскохозяйственных. Уровень холестерина у телят при рождении низкий. По мере роста содержание его в крови увеличивается, появляются половые различия в концентрации. Например, в течение последнего месяца беременности и первых двух месяцев лактации наблюдаются резкие изменения липидного метаболизма, на что указывают изменения экспрессии аполипопротеинов (A-1, E, A-IV, J) и связанные с ними изменения в концентрации общего холестерина, ЛПВП, ЛПНП, триглицеридов. На последнем месяце беременности наблюдалось уменьшение, а затем в первые два месяца лактации – увеличение данных показателей липидного обмена [9].

Крупный рогатый скот, как все млекопитающие, имеющие полный набор генов биосинтеза холестерина, может использовать как экзогенное поглощение, так и эндогенное производство для обеспечения необходимого уровня холестерина [3]. В значительной степени снабжение животных холестерином зависит от экзогенной абсорбции [4].

Изучение влияния наследственных факторов на фенотипическую изменчивость холестеринемии у крупного рогатого скота имеет значительное преимущество, поскольку рацион крупного рогатого скота практически весь период индивидуального развития в основном не содержит холестерина. В значительной степени это позволяет исключить из общей дисперсии данного показателя влияние средовых факторов. Но даже принимая во внимание факт того, что рацион крупного рогатого скота будет содержать незначительное количество данного спирта, уровень общего холестерина у коров является достаточно сложным признаком, зависящим от напряжённости его синтеза, характера усвоения

пищи, адаптационных возможностей животных и мобилизации резервов организма.

В большинстве случаев за нормативные показатели общего холестерина в сыворотке крови крупного рогатого скота принимают значения от 2,0 до 6,0 ммоль/л [10–19]. И.Ю. Лебедева и др. [11] указывают уровень холестерина у голштинских коров в послелактационный период в пределах от 3,5 до 5,17 ммоль/л. При этом была установлена положительная корреляция между содержанием холестерина и сервис-периодом. В.Ю. Козловский [12] описывает низкие значения холестерина у коров-первотелок черно-пестрой породы различного происхождения – на уровне 2,07 – 2,15 ммоль/л. Л.Ю. Овчинникова и др. [13] представляют значения общего холестерина у голштинизированных телок черно-пестрой породы отечественной и американской селекции 18-месячного возраста в границах от $3,34 \pm 0,08$ до $4,27 \pm 0,17$ ммоль/л. При этом были установлены достоверные различия между группами животных различного происхождения. Уровень холестерина в возрасте 12 месяцев характеризовался более низкими значениями с достаточно высоким уровнем варьирования: от $2,72 \pm 0,13$ до $3,03 \pm 0,15$ ммоль/л. Телята 6-месячного возраста имели уровень общего холестерина в сыворотке крови от $2,90 \pm 0,12$ до $3,100 \pm 0,001$ ммоль/л. У дойных коров холмогорской породы различных генотипов по генам κ -казеина, β -лактоглобулина, пролактина, тиреоглобулина и соматотропина концентрация холестерина изменялась в диапазоне от 2,0 до 5,4 ммоль/л [14]. Для взрослых коров абердин-ангусской породы в возрасте 5–7 лет был описан холестерин в пределах $3,55 \pm 0,06$ и $4,07 \pm 0,29$ ммоль/л [15]. У коров герефордской породы австралийского мясного скота концентрация холестерина равнялась $3,28 \pm 0,21$, у телок – $2,75 \pm 0,13$ ммоль/л [16]. Н. Боголюбов и др. [17] установили влияние рационов кормления у коров голштинизированной черно-пестрой породы с удоем 7500 кг на содержание холестерина. При этом значения холестерина колебались от $3,35 \pm 0,11$ до $5,53 \pm 0,09$ ммоль/л.

Самыми низкими цифрами характеризовались значения холестерина у коров красно-пестрой породы: в группе матерей $1,83 \pm 0,13$, дочерей – $1,60 \pm 0,11$ ммоль/л. При этом не было выявлено генетической корреляции между показателем холестерина крови матерей и дочерей. Коэффициент наследуемости составил 0,00 [18]. У лактирующих коров джерсейской породы описан общий холестерин на уровне $5,4 \pm 0,3$ ммоль/л с коэффициентом изменчивости 28,68% [19].

Таким образом, разведение разных пород крупного рогатого скота, различного происхождения, разнообразных генотипов на территориях с определёнными эколого-климатическими условиями, определённым видом кормления приводит к формированию характерного метаболического профиля, выражающегося в средних значениях содержания, характере и границах изменчивости, референсных интервалах общего холестерина.

Для крупного рогатого скота, как собственно и для всех позвоночных, холестерин является важнейшим стеролом. Этот циклический высокомолекулярный спирт выполняет важнейшие биологические функции, входя в состав всех биомембран, участвуя в синаптической передаче и обеспечивая функционирование сигнальных белков [5], являясь предшественником жирорастворимых витаминов и стероидных гормонов. У коров черно-пестрой голштинской породы с глубоким уровнем депрессии овариальной функции, характеризующейся уменьшением размеров яичников, отсутствием желтых тел и фолликулами диаметром больше 3–4 мм, А.А. Соломахи и др. [10] отмечали снижение уровня общего холестерина в сыворотке крови на 14%. К. Molefe, M. Mwanza [20] описывают различный уровень гипохолестеринемии в сыворотке крови у коров пород брахман, африканер, их гибридов и нгуни с репродуктивными и гинекологическими проблемами: при абортах ($2,52 \pm 0,79$ ммоль/л), задержке плаценты ($3,18 \pm 0,61$) и пролапсе влагалища ($2,37 \pm 0,97$).

Молекулярно-генетическая регуляция метаболизма холестерина. Всего в обмене холестерина участвует около 300 белков.

Мутации кодирующих их генов приводят к нарушению как отдельных звеньев метаболизма данного зоостерола, так и всего обмена холестерина.

Оптимальный уровень холестерина в организме животных достигается за счёт контроля активности генов его биотрансформации. Многочисленные исследования последних лет подтверждают возможности регуляции экспрессии ферментов, необходимых для биосинтеза холестерина, на уровне транскрипции и дальнейших посттрансляционных этапах [21–23].

Важнейшее значение для гомеостаза холестерина имеют регуляторы экспрессии генов, участвующих одновременно в метаболизме широкого спектра липидов. Главным фактором регуляции обмена липидов являются белки, связывающие регуляторные элементы стерола, – SREBPs (Sterol regulatory element-binding proteins). Они выступают факторами транскрипции для более чем 30 генов биосинтеза холестерина и других липидов. В геноме крупного рогатого скота, как собственно и всех млекопитающих, представлены варианты генов, отвечающих за три вида данных белков: SREBP-1a, SREBP-1c и SREBP-2. Наиболее широким спектром действия характеризуется SREBP-1a. Он регулирует экспрессию множества генов, участвующих как в биосинтезе именно холестерина, так и жирных кислот и триглицеридов. SREBP-1c регулирует экспрессию генов, связанных с обменом жирных кислот.

С биосинтезом именно холестерина в первую очередь связан белок SREBP-2. Он является фактором транскрипции для ключевых ферментов биосинтеза холестерина: ГМГ-КоА-редуктазы (Hmgcr), гена LDLR, ГМГ-КоА-синтазы, фарнезилдифосфат синтазы, АТФ-цитратлиазы, сквален-синтазы. Не меньшее значение в регуляции гомеостаза холестерина занимает холестерин-чувствительный белок (Scap), активирующий расщепление SREBP-белка. SCAP – это интегральный мембранный белок со стерол-чувствительным доменом (SSD), расположенный в эндоплазматическом ретикулуле. При снижении

концентрации холестерина в клетке SREBP сопровождает SREBP к ядру, где он активирует стериновые регуляторные элементы, локализуемые в контрольных областях генов метаболизма липидов. С другой стороны, избыток холестерина подавляет этот транспорт, связываясь в мембране со SREBP [2, 24].

Ещё один механизм регуляции уровня внутриклеточного холестерина связан с поступлением его в клетку в составе частиц ЛПНП, осуществляемым с участием LDL рецептора LDLR (low density lipoprotein receptor). Семейство генов рецепторов липопротеинов низкой плотности состоит из белков клеточной поверхности, участвующих в опосредованном рецепторами эндоцитозе специфических лигандов. ЛПНП обычно связываются на клеточной мембране и попадают в клетку, а затем в лизосомы. Там белок липопротеинов деградирует, а холестерин становится доступным для воздействия микросомальным ферментом 3-гидрокси-3-метилглутарилкоэнзима А (ГМГ-КоА) редуктазы, ограничивающим скорость синтеза холестерина. В то же время происходит взаимная стимуляция синтеза сложных эфиров холестерина. У человека мутации в гене LDLR вызывают аутосомно-доминантное расстройство – семейную гиперхолестеринемию. Экспрессия гена LDLR может регулироваться механизмами альтернативного сплайсинга, который приводит к появлению нескольких вариантов транскрипта гена LDLR. Транскрипционная активность данного гена регулируется по механизму обратной связи [24] под контролем уровня холестерина в клетке с помощью транскрипционных факторов белков – SREBP2 и LXR (Liver X Receptor – X-рецептор печени) [24, 25].

Белок LXR является одним из важнейших регуляторов гомеостаза холестерина и жирных кислот путём регуляции экспрессии SREBP как на уровне транскрипции, так и на посттрансляционных этапах. LXR предупреждает повышение уровня холестерина в клетке и стимулирует экспрессию ферментов и транспортеров, участвующих в обратном транспорте холестерина из клетки, в превращении холестерина в желчные кислоты и в

экскреции холестерина [25], активирует экспрессию гена ABCA1 (АТФ-связывающего кассетного транспортера подсемейства А), что в конечном итоге способствует высвобождению холестерина из клеток печени. Кроме того, активность LXR приводит к снижению уровня рецепторов к ЛПНП путём усиления их деградации.

Другим регулятором экспрессии рецептора ЛПНП является PCSK9 – сериновая протеаза, участвующая в регуляции экспрессии рецепторов липопротеидов низкой плотности и метаболизме АРОВ липопротеидов, ограничивающая поглощение частиц ЛПНП путем направления их рецепторов к лизосомам [25, 26].

Заслуживает внимания установленная взаимосвязь между холестерином жировой ткани и ферментом SOAT1 у крупного рогатого скота. SOAT1 (стерол-О-ацилтрансфераза, или ацил-коэнзим А: холестерин-ацилтрансфераза1) представляет собой внутриклеточный белок, который кодируется одноименным геном. Данный фермент, расположенный в эндоплазматическом ретикулуме, участвует в образовании сложных эфиров холестерина. Были выявлены аддитивные и доминирующие эффекты SNP rs134357240 в генах SOAT1, достоверно связанные с холестерином жировой ткани [27].

В ближайшее время можно ожидать появления работ, посвященных лизосомной кислотной липазе LAL во взаимосвязи с обменом холестерина у крупного рогатого скота. Данный фермент имеет важное значение в обмене липидов, осуществляя в лизосомах кислотный гидролиз сложных холестероловых эфиров до свободного холестерина и жирных кислот в клетке [28–30]. LAL-опосредованный липолиз связывает внутриклеточный липидный метаболизм с клеточными функциями через липолитические продукты, которые регулируют катаболические, анаболические и сигнальные пути [31–32].

У человека снижение активности гена LAL (lysosomal acid lipase gene) вызывает накопление эфиров холестерина, которое сопровождается накоплением жировой ткани в пе-

чени [33–35], а полное отсутствие его активности вызывает аутосомно-рецессивное заболевание, известное как болезнь Вольмана, характеризующееся накоплением жира в стенках кишечника и печени, приводящим к надпочечниковой недостаточности и смерти младенцев в первый год их жизни [36, 37]. В связи с тем, что LAL все чаще признается важным регулятором широкого спектра [38], хотелось бы увидеть работы, в которых охарактеризованы биохимические и структурные особенности ЛКЛ (лизосомальной кислой липазы), биологические механизмы, лежащие в основе генетической ассоциации между LAL и холестерином у крупного рогатого скота.

Регуляция содержания холестерина в молоке. Один из актуальных аспектов изучения вклада генетических факторов в обмен холестерина у крупного рогатого скота связан с выявлением генетического полиморфизма, влияющего на содержание холестерина в молоке [27, 39, 40]. Более глубокое понимание механизмов, обуславливающих содержание холестерина в молоке, будет способствовать отбору коров с желаемым его содержанием.

Холестерин – основной стерол в цельном молоке с концентрациями в диапазоне 0,1–0,3 г/л [41]. Это составляет всего 0,5% от доли жира. Однако из-за довольно большого содержания в современном рационе человека молока и молочных продуктов эти 0,5% обеспечивают второе место по вкладу в ежедневное потребление холестерина, особенно среди младенцев [42]. Примерно за 3 недели до отела и до 5–7 недель после родов скорость липолиза превышает скорость липогенеза в жировой ткани дойных коров [43]. В этот период липолиз обусловлен гормональными изменениями, которые связаны с родами и началом лактации, а также дефицитом энергии, вызванным высокой молочной продуктивностью и ограниченными возможностями введения кормовых добавок [44].

Сложившийся в последние десятилетия спрос населения развитых стран на здоровое питание и гипохолестериновую диету делает актуальными программы генетического от-

бора для снижения содержания холестерина в молоке. От 10 до 18% от общей фенотипической изменчивости содержания холестерина в коровьем молоке обусловлено генетическими факторами.

Сегодня установлены многие значимые SNPs, локализованные в генах, участвующих в обмене холестерина в печени или транспорте холестерина, в отношении которых предполагают потенциальную роль в регуляции содержания холестерина в молоке. Последние исследования выявили SNP, ассоциированные с уровнем холестерина молока, в генах ACAT2 и LDLR [27]. Участие продуктов генов ACAT и LDLR в регуляции метаболизма холестерина было описано нами выше. Данные исследования позволяют предположить наличие нескольких механизмов, регулирующих содержание холестерина в молоке.

В последнее время достаточно быстро накапливается информация о влиянии мутаций генов-кандидатов PPAR (рецепторов, активируемых пролифератором пероксисом – peroxisome proliferator-activated receptors) у крупного рогатого скота на метаболизм жирных кислот, о PPAR в связи с признанием их потенциальной важности в регуляции содержания холестерина в молоке, в контроле синтеза молочного жира и формировании признака мраморности мяса [45].

Установлена роль генетического полиморфизма по гену диацилглицерол О-ацилтрансферазы DGAT. DGAT1 – важный фермент, принимающий участие в регуляции гомеостаза холестерина. В целом DGAT является важнейшим энзимом биосинтеза триглицеридов в клетках жировой ткани. Недостаток фермента приводит к альтерации синтеза жирных кислот в адипоцитах, скелетной мускулатуре. При этом происходит снижение уровня лактации у коров вплоть до агалактии. Ген DGAT1 расположен в центромерном регионе 14-й хромосомы крупного рогатого скота. Данный ген ассоциирован с величиной удоя и продуктивными характеристиками молока (выход молочного жира, процент жира, выход белка и процент белка) [46–49]. Исследованиями установлена ассоциация

SNP 232Lys с повышенной концентраций жира и насыщенных жирных кислот в молоке у коров разных пород. Продemonстрирована связь генетических полиморфизмов DGAT1 с высоким содержанием внутримышечного жира, мраморностью мяса. Выявлены однонуклеотидные полиморфизмы в гене в DGAT1, ассоциированные с содержанием холестерина в молоке и объясняющие значительную часть фенотипической дисперсии – от 6,84 до 7,54 % [27]. Такие исследования подтверждают важную роль гена диацилглицерол О-ацилтрансферазы DGAT1 в регулировании содержания холестерина в молоке, молочной и жировой продуктивности, а также предлагают актуальные SNPs, которые могут быть полезны для отбора на молочную и жировую продуктивность и участия животных в программах разведения, нацеленных на снижение содержания холестерина в молоке.

Установлено, что ген AGPAT1 (1-Acylglycerol-3-Phosphate O-Acyltransferase1; 1-ацилглицерин-3-фосфат-О-ацитилс-трансфераза 1) играет роль в синтезе липидов в мышцах ткани молочной железы у крупного рогатого скота [50]. Белок AGPAT1 участвует в биосинтезе фосфолипидов, триацилглицерина и сложного эфира холестерина и преобразует лизофосфатидную кислоту в фосфатидную. Сегодня установлены аддитивные и доминирующие эффекты SNP rs380643365 в генах AGPAT1, достоверно связанные с содержанием холестерина в жировой ткани [27].

Синдром дефицита холестерина HCD крупного рогатого скота. На сегодняшний день основное количество научных работ, связанных с обменом холестерина у крупного рогатого скота, имеет достаточно узкую направленность и сконцентрировано на синдроме дефицита холестерина HCD (haplotype cholesterol deficiency) – рецессивном генетическом дефекте крупного рогатого скота голштинской породы, который характеризуется гибелью телят в первые дни или месяцы жизни, а также влияет на успешность выращивания телят. Главным лабораторным син-

дромом является выраженная гипохолестеринемия и нарушение липидного обмена, а основным клиническим проявлением у гомозиготных особей – хроническая диарея, не поддающаяся терапии и приводящая к огромным экономическим потерям. Однако в некоторых российских популяциях голштинского скота не отмечено изменений уровня общего холестерина [51]. J.J. Gross и др. [52] предполагают, что эти эффекты не могут быть полностью очевидны у гетерозиготных носителей мутации АРОВ, что приводит к возможным неспецифическим симптомам снижения фертильности, роста и здоровья.

Гаплотип, связанный с дефицитом холестерина и обусловленный казуальной мутацией на хромосоме 11 крупного рогатого скота, зарегистрирован относительно недавно [53–55]. Выявленная при синдроме дефицита холестерина мутация обусловлена вставкой в 1299-ю п.н. мобильного элемента LTR (ERV2-1) между нуклеотидами 24 и 25 в экзоне 5 гена аполипопротеина В (АРОВ) [56].

Варианты гаплотипа дефицита холестерина, обусловленные потерей функции АРОВ, были установлены после проведения полногеномного поиска ассоциаций у крупного рогатого скота. Вариант АРОВ крупного рогатого скота представляет собой мутацию с потерей функции, аналогичную АРОВ-связанной семейной гипобеталипопротеинемии-1, демонстрируя неполную пенетрантность в отношении выражения клинических признаков для определенного возраста пораженных людей.

У телят, являющихся гомо- и гетерозиготными носителями мутации АРОВ, отмечается разная пенетрантность по фенотипическим проявлениям гаплотипа холестерина. Гомозиготы АРОВ с клиническим поражением CD показали слабое развитие, перемежающуюся диареей и гипохолестеринемией и, как следствие, ограниченную продолжительность жизни. Гетерозиготы с клиническим поражением CD демонстрируют снижение концентрации холестерина и триглицеридов в крови. В недавних сообщениях I.M. Häfliger и др. [57] предполагают, что АРОВ-ассоциированная

CD, скорее всего, представляет собой неполное доминантное наследственное метаболическое заболевание с неполной пенетрацией у гетерозигот.

В настоящее время синдром дефицита холестерина с разной частотой выявлен в различных популяциях голштинского скота в Китае, Германии [58]. Это связано с активным использованием родоначальника дефектного гаплотипа – канадского голштинского быка Maughlin Storm (1991 г. р.) и его потомства. Элитные производители играют важнейшую роль и в распространении генетических аномалий, в том числе с неустановленной казуальной мутацией. Распространение синдрома дефицита холестерина в популяциях голштинского скота во многих странах подчеркивает актуальность мониторинга всех аспектов влияния производителя на потомков.

Заключение. Исследования в отношении метаболизма и биохимического статуса крупного рогатого скота позволяют описывать механизмы взаимодействия генетической и средовой регуляции функционирования организма животных [59]. Изучение различных аспектов обмена холестерина, вопросов регуляции его гомеостаза, влияния генетических полиморфизмов – активно развивающееся направление в биологии, медицине, ветеринарии и зоотехнии. Это обусловлено многогранной ролью холестерина в фундаментальных процессах метаболизма, протекающих в организме человека или животных. Установление закономерностей в протекании

патофизиологических процессов при биосинтезе холестерина обусловлено крайне широким распространением в популяции людей разнообразных клинических вариантов метаболического синдрома, высокой смертностью от сердечно-сосудистых заболеваний. Естественно, в области медицины основное количество научных работ сконцентрировано на проблеме атеросклероза и его коррекции.

Сложившаяся в последние десятилетия тенденции в питании, направленные на употребление продуктов с пониженным содержанием холестерина, определяют актуальность изучения процессов метаболизма холестерина в животноводстве. Межпопуляционные и индивидуальные различия по частотам аллелей генов метаболизма липидов и обмена холестерина у крупного рогатого скота, частотам гаплотипов, особенностям сцепления генов обуславливают неодинаковый вклад генетических факторов в формирование уровня холестерина у разных пород крупного рогатого скота, в разных популяциях, у потомков разных производителей. При этом установленные взаимосвязи между уровнем холистеринемии и репродуктивным статусом крупного рогатого скота, открытие гаплотипа дефицита холестерина и расшифровка его генетической основы в популяции голштинов, расшифровка молекулярно-генетических механизмов, определяющих содержание холестерина в молоке, подчеркивают актуальность и значимость исследований в дальнейшем изучении обмена холестерина у коров.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ancient steroids establish the Ediacaran fossil Dickinsonia as one of the earliest animals* / I. Bobrovskiy, J.M. Hope, J.J. Brocks [et al.] // *Science*. – 2018. – Vol. 361, N 6408. – P. 1246–1249.
2. *Evolution of the cholesterol biosynthesis pathway in animals* / Tingting Zhang, Dongwei Yuan, Jun Xie [et al.] // *Molecularly Biology and Evolution*. – 2019. – Vol. 36, N 11. – P. 2548 – 2556.
3. *Alphonse P.A., Jones P.J. Revisiting Human Cholesterol Synthesis and Absorption: The Reciprocity Paradigm and its Key Regulators* // *Lipids*. – 2016. – N 51. – P. 519–536.
4. *Cholesterol sensing, trafficking, and esterification* / T. Chang, C. Chang, N. Ohgami [et al.] // *The Annual Review of Cell and Developmental Biology*. – 2006. – N 22. – P. 129–157.
5. *George K.S., Wu S. Lipid raft: A floating island of death or survival* // *Toxicology and applied pharmacology*. – 2012. – Vol. 259. – P. 311–309.

6. *Метаболизм холестерина в макрофагах* / А.В. Хотина, В.Н. Сухоруков, Д.А. Каширских [и др.] // Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. – 2020. – Т. 9, № 2. – С. 91–101.
7. *Иванченкова Р.А., Гаценко В.П., Атькова Е.Р.* Генетические аспекты желчеобразования // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. – 2009. – № 3. – С. 56–63.
8. *Rudel L.L., Lee R.G., Parini P.* ACAT2 Is a Target for Treatment of Coronary Heart Disease Associated With Hypercholesterolemia // Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology. – 2005. – N 25. – P. 1112–1118.
9. *Changes in lipid metabolism during last month of pregnancy and first two months of lactation in primiparous cows – analysis of apolipoprotein expression pattern and changes in concentration of total cholesterol, HDL, LDL, triglycerides* / A.K. Kurpińska, A. Jarosz, M. Ożgo [et al.] // Polish Journal of Veterinary Sciences. – 2015. – Vol. 18, N 2. – P. 291–298.
10. *Биохимический статус коров-первотелок при разном уровне депрессии овариальной функции* / А.А. Соломахин, О.С. Митяшова, Р.А. Рыков [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29, № 11. – С. 95–98.
11. *Репродуктивный статус и биохимические показатели крови у голштинских коров с разной молочной продуктивностью в связи с обменом липидов в послелетельный период* / И.Ю. Лебедева, В.Б. Лейбова, А.А. Соломатин [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2018. – № 3(53). – С. 1180–1188.
12. *Козловский В.* Продуктивность черно-пестрых коров и показатели белкового и липидного обмена сыворотки крови // Молочное и мясное скотоводство. – 2009. – № 2(58). – С. 30.
13. *Овчинникова Л.Ю., Бабич Е.А.* Влияние генотипа на обмен веществ в организме молодняка крупного рогатого скота // Вестник мясного скотоводства. – 2017. – № 1(97). – С. 30.
14. *Крупин Е.О.* Нутригеномная обусловленность биохимических показателей сыворотки крови коров // Проблемы науки. – 2017. – №3 (16). – С. 20–25.
15. *Габидулин В.М., Тагиров Х.Х., Алимова С.А.* Связь полиморфизма гена TG-5 с элементным статусом крови у коров абердин-ангусской породы // Вестник БГАУ. – 2019. – № 2. – С. 61–66.
16. *Мансурова М.С.* Морфо-биохимические показатели крови завезенного австралийского мясного скота породы герефорд в весенний период года // Ветеринария сегодня. – 2017. – № 4 (23). – С. 14–16.
17. *Боголюбова Н.В., Романов В.Н., Рыков Р.А.* Особенности обменных процессов в организме коров с использованием в рационах комплекса дополнительного питания // Генетика и разведение животных. – 2019. – № 4. – С.92–97.
18. *Ефимова Л.В., Зазнобина Т.В., Иванова О.В.* Оценка влияния коров-матерей на показатели молока и крови дочерей // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 3. – С. 265–274.
19. *Рыков Р.А., Гусев И.В.* Физиолого-биохимические параметры крови коров разных пород // Вестник РГАУ. – 2018. – № 4(40). – С. 42–46.
20. *Molefe K., Mwanza M.* Serum biochemistry in cows of different breeds presented with reproductive conditions // Onderstepoort Journal of Veterinary Research. – 2019. – Vol. 86, N 1. – P. 1–7.
21. *Karbiener M., Glantschnig C., Scheideler M.* Hunting the needle in the haystack – A guide to obtain biologically meaningful microRNA targets // International Journal of Molecular Sciences. – 2014. – Vol. 15, N 11. – P. 20266–20289.
22. *Гуцол Л.О., Коришнуова Е.Ю., Непомнящих С.Ф.* Роль микроРНК в регуляции метаболизма холестерина // Современные проблемы науки и образования. – 2019. – № 4. – С. 144.
23. *Эпигенетические факторы в атерогенезе: микроРНК* / А.В. Смирнова, В.Н. Сухоруков, В.П. Карагодин, А.Н. Орехов // Биомедицинская химия. – 2016. – Т. 62, № 2. – С. 134–140.

24. Генные сети липидного метаболизма / Н.А. Колчанов, М.И. Воевода, Т.Н. Кузнецова [и др.] // Бюллетень СО РАН. – 2006. – № 2. – С. 29–42.
25. Beltowski J., Senczuk A. Liver X receptor (LXR) and the reproductive system – a potential novel target for therapeutic intervention // Pharmacological reports. – 2010. – Vol. 62. – P. 15–27.
26. Аверкова А.О. Pcsk9: регуляция биологической активности и связь с обменом жиров и углеводов // Клиническая практика. – 2017. – Т. 8, №3. – С. 70–75.
27. Targeted genotyping to identify potential functional variants associated with cholesterol content in bovine milk / D.N. Do, F. Schenkel, F. Miglior [et al.] // Animal Genetics. – 2020. – Vol. 51, N 2. – P. 200–209.
28. Zhang H. Lysosomal acid lipase and lipid metabolism: new mechanisms, new questions, and new therapies // Current Opinion in Lipidology. – 2018. – N 29. – P. 218–223.
29. Dubland J.A., Francis G.A. Lysosomal acid lipase: at the crossroads of normal and atherogenic cholesterol metabolism // Frontiers in Cell and Developmental Biology. – 2015. – N 3. – P. 3.
30. Ataya F.S. Cloning, Phylogenetic Analysis and 3D Modeling of a Putative Lysosomal Acid Lipase from the Camel, Camelus dromedarius // Molecules. – 2012. – Vol. 17, N 9. – P. 10399–10413.
31. Fang Li, Hanrui Zhang Lysosomal Acid Lipase in Lipid Metabolism and Beyond // Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology. – 2019. – Vol. 39, N 5. – P. 850–856.
32. GWAS and gene networks for milk-related traits from test-day multiple lactations in Portuguese Holstein cattle / A.A. Silva, D.A. Silva, F.F. Silva [et al.] // J Appl Genetics. – 2020. – Vol. 61. – P. 465–476.
33. Cholesteryl ester storage disease: review of the findings in 135 reported patients with an under-diagnosed disease / D.L. Bernstein, H. Hülkova, M.G. Bialer [et al.] // Journal of Hepatology. – 2013. – Vol. 58. – P. 1230–1243.
34. Kader H.H. Lysosomal acid lipase deficiency: a form of nonobese fatty liver disease (NOFBL) // Expert Review of Gastroenterology & Hepatology. – 2017. – Vol. 7. – P. 1–14.
35. Fouchier S.W., Defesche J.C. Lysosomal acid lipase A and the hypercholesterolaemic phenotype // Current Opinion in Lipidology. – 2013. – Vol. 24. – P. 332–338.
36. Бокова Т.А., Чибрина Е.В. Дефицит лизосомной кислой липазы — орфанное заболевание в практике педиатра // РМЖ. – 2021. – № 4. – С. 31–34.
37. Строкова Т.В., Багаева М.Э., Матинян И.А. Дефицит лизосомной кислой липазы // РМЖ. – 2017. – Т. 25, № 19. – С. 1346–1351.
38. EPIC-CVD Consortium; CARDIoGRAMplusC4D; UK Biobank CardioMetabolic Consortium CHD working group. Association analyses based on false discovery rate implicate new loci for coronary artery disease / C.P. Nelson, A. Goel, A.S. Butterworth [et al.] // National Genetics. – 2017. – Vol. 49. – P. 1385–1391.
39. Cholesterol synthesis in the lactating cow: induced expression of candidate genes / E. Viturro, M. Koenning, A. Kroemer [et al.] // The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology. – 2009. – N 115. – P. 62–67.
40. Genetic parameters of milk cholesterol content in Holstein cattle / D.N. Do, A. Fleming, F. Schenkel [et al.] // Canadian Journal of Animal Science. – 2018. – N 98. – P. 714–722.
41. Jensen R.G. The composition of bovine milk lipids: January 1995 to December 2000 // Journal of Dairy Science. – 2002. – Vol. 85, N 2. – P. 295–350.
42. Food sources of nutrients in the diet of Spanish children: the Four Provinces Study / M.A. Royo-Bordonada, L. Gorgojo, M. de Oya, C. Garces [et al.] // The British Journal of Nutrition. – 2003. – Vol. 89, N 1. – P. 105–114.
43. Santos J.E., Bisinotto R.S., Ribeiro E.S. Mechanisms underlying reduced fertility in anovular dairy cows // Theriogenology. – 2016. – N 86. – P. 254–262.

44. *Invited review: Inflammation during the transition to lactation: New adventures with an old flame* / B.J. Bradford, K. Yuan, J.K. Farney [et al.] // *Journal of Dairy Science*. – 2015. – N 98. – P. 6631–6650.
45. *Physiological and Nutritional Roles of PPAR across Species* / M. Bionaz, G.J. Hausman, J.J. Looor [et al.] // *PPAR Research*. – 2013. – N 5. – P. 1–3.
46. *Nadesalingam J., Plante Y., Gibson J.P.* Detection of QTL for milk production on Chromosomes 1 and 6 of Holstein cattle // *Mammalian Genome*. – 2001. – Vol. 12. – P. 27–31.
47. *Population-wide analysis of a QTL affecting milk-fat production in the Israeli Holstein population* / J.I. Weller, M. Golik, E. Seroussi [et al.] // *Journal of Dairy Science*. – 2003. – Vol. 86. – P. 2219–2227.
48. *Association of a lysine-232/alanine polymorphism in a bovine gene encoding acyl-CoA: diacylglycerolacyltransferase (DGAT1) with variation at a quantitative trait locus for milk fat content* / A. Winter, W. Krämer, F.A.O. Werner [et al.] // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. – 2002. – Vol. 99, N 14. – P. 9300–9305.
49. *Grisart B., Coppieters W., Farnir F.* Positional candidate cloning of a QTL in dairy cattle: identification of a missense mutation in the bovine DGAT1 gene with major effect on milk yield and composition // *Genome research*. – 2002. – Vol. 12, N 2. – P. 222–231.
50. *Bionaz M., Looor J.J.* ACSL1, AGPAT6, FABP3, LPIN1, and SLC27A6 Are the Most Abundant Isoforms in Bovine Mammary Tissue and Their Expression Is Affected by Stage of Lactation // *The Journal of Nutrition*. – 2008. – Vol. 138, N 6. – P. 1019–1024.
51. *Мутация HCD у российских голштинизированных черно-пестрых коров не влияет на молочную продуктивность и содержание холестерина и триглицеридов в крови* / М.В. Позовникова, Т.Е. Лихачева, А.А. Кудинов [и др.] // *Сельскохозяйственная биология*. – 2018. – Т. 53, N 6. – С. 1142–1151.
52. *Rapid Communication: Cholesterol deficiency-associated APOB mutation impacts lipid metabolism in Holstein calves and breeding bulls* / J.J. Gross, A.C. Schwinn, F. Schmitz-Hsu [et al.] // *Journal of Animal Science*. – 2016. – Vol. 94, N 4. – P. 1761–1766.
53. *Identification of a haplotype associated with cholesterol deficiency and increased juvenile mortality in Holstein cattle* / S. Kipp, D. Segelke, S.J. Schierenbeck [et al.] // *Journal of Dairy Science*. – 2016. – Vol. 99, N 11. – P. 8915–8931.
54. *Schütz E., Wehrhahn C., Wanjek M.* The Holstein Friesian lethal haplotype 5 (HH5) results from a complete deletion of TBF1M and cholesterol deficiency (CDH) from an ERV-(LTR) insertion into the coding region of APOB // *PLoS ONE*. – 2016. – Vol. 11, N 4. – P. e0154602.
55. *Kamiński S., Ruś A.* Cholesterol deficiency —new genetic defect transmitted to Polish Holstein-Friesian cattle // *Polish Journal of Veterinary Sciences*. – 2016. – Vol. 19, N 4. – P. 885–887.
56. *A transposable element insertion in APOB causes cholesterol deficiency in Holstein cattle* / F. Menzi, N. Besuchet-Schmutz, M. Fragnière [et al.] // *Animal Genetics*. – 2016. – Vol. 47, N 2. – P. 253–257.
57. *APOB-associated cholesterol deficiency in Holstein cattle is not a simple recessive disease* / I.M. Häfliger, S. Hofstetter, T. Mock [et al.] // *Animal Genetics*. – 2019. – Vol. 50, N 4. – P. 372–375.
58. *The cholesterol deficiency-associated mutation in APOB segregates at low frequency in Chinese Holstein cattle* // Y. Li, L. Fang, L. Liu [et al.] // *Canadian Journal of Animal Science*. – 2018. – Vol. 99, N 2. – P. 1–4.
59. *Collier R.J., Dahl G.E., VanBaale M.J.* Major advances associated with environmental effects on dairy cattle // *Journal of Dairy Science*. – 2006. – N 89. – P. 1244–1253.

REFERENCES

1. Bobrovskiy I., Hope J.M., Ivantsov A., Nettersheim B.J., Hallmann C., Brocks J.J., Ancient steroids establish the Ediacaran fossil Dickinsonia as one of the earliest animals, *Science*, 2018, Vol. 361, No. 6408, pp. 1246–1249.
2. Zhang T., Yuan D., Xie J., Lei Y., Li J., Fang G., Tian L., Liu J., Cui Y., Zhang M., Xiao Y., Xu Y., Zhang J., Zhu M., Zhan S., Li S., Evolution of the cholesterol biosynthesis pathway in animals, *Molecularly Biology and Evolution*, 2019, Vol. 36, No. 11, pp. 2548 – 2556.
3. Alphonse P.A., Jones P.J., Revisiting Human Cholesterol Synthesis and Absorption: The Reciprocity Paradigm and its Key Regulators, *Lipids*, 2016, No. 51, pp. 519–536.
4. Chang T., Chang C., Ohgami N., Yamauchi Y., Cholesterol sensing, trafficking, and esterification, *The Annual Review of Cell and Developmental Biology*, 2006, No. 22, pp. 129–157.
5. George K.S., Wu S., Lipid raft: A floating island of death or survival, *Toxicology and applied pharmacology*, 2012, Vol. 259, pp. 311–309.
6. Khotina V.A., Sukhorukov V.N., Kashirskikh D.A., Sobenin I.A., Orekhov A.N., *Kompleksnye problemi serdechno-sosudistyykh zabolevaniy*, 2020, Vol. 9, No. 2, pp. 91–101. (In Russ.)
7. Ivanchenkova R.A., Gatsenko V.P., At'kova E.R., *Eksperimental'naya i klinicheskaya gastroenterologiya*, 2009, No. 3, pp. 56–63. (In Russ.)
8. Rudel L.L., Lee R.G., Parini P., ACAT2 Is a Target for Treatment of Coronary Heart Disease Associated With Hypercholesterolemia, *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, 2005, No. 25, pp. 1112–1118.
9. Kurpińska, A.K., Jarosz, A., Ożgo, M., Skrzypczak, W.F., Changes in lipid metabolism during last month of pregnancy and first two months of lactation in primiparous cows – analysis of apolipoprotein expression pattern and changes in concentration of total cholesterol, HDL, LDL, triglycerides, *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 2015, Vol. No. 2, pp. 291–298
10. Solomakhin A.A., Mityashova O.S., Rykov R.A., Smekalova A.A., Lebedeva I.Yu., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2015, No. 11, pp. 95–98. (In Russ.)
11. Lebedeva I.Yu., Leibova V.B., Solomatina A.A. [i dr.], *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*, 2018, No. 3(53), pp. 1180 –1188. (In Russ.)
12. Kozlovskii V., *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo*, 2009, No. 2(58), pp. 30. (In Russ.)
13. Ovchinnikova L.Yu., Babich E.A., *Vestnik myasnogo skotovodstva*, 2017, No. 1 (97), pp. 30. (In Russ.)
14. Krupin E.O., *Problemy nauki*, 2017, No. 3(16), pp. 20–25. (In Russ.)
15. Gabidulin V.M., Tagirov Kh.Kh., Alimova S.A., *Vestnik BGATU*, 2019, No. 2, pp. 61–66. (In Russ.)
16. Mansurova M.S., *Veterinariya segodnya*, 2017, No. 4(23), pp. 14–16. (In Russ.)
17. Bogolyubova N.V., Romanov V.N., Rykov R.A., *Genetika i razvedenie zhivotnykh*, 2019, No. 4, pp. 92–97. (In Russ.)
18. Efimova L.V., Zaznobina T.B., Ivanova O.B., *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*, 2019, No. 3, pp. 265–274. (In Russ.)
19. Rykov R.A., Gusev I.V., *Vestnik RGATU*, 2018., No. 4(40), pp.42–46. (In Russ.)
20. Molefe K., Mwanza M., Serum biochemistry in cows of different breeds presented with reproductive conditions, *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, 2019, Vol. 86, No. 1, pp. 1 –7.
21. Karbiener M., Glantschnig C., Scheideler M., Hunting the needle in the haystack - A guide to obtain biologically meaningful microRNA targets, *International Journal of Molecular Sciences*, 2014, Vol. 15, No 11, pp. 20266–20289.
22. Gutsol L.O., Korshunova E.Yu., Nepomnyashchikh S.F., *Sovremennye problem nauki i obrazovaniya*, 2019, No. 4, pp. 144. (In Russ.)

23. Smirnova A.V., Sukhorukov V.N., Karagodin V.P., Orekhov A.N., *Biomeditsinskaya khimiya*, 2016, Vol. 62, No. 2, pp. 134–140. (In Russ.)
24. Kolchanov N.A., Voevoda M.I., Kuznetsova T.N., Mordvinov V.A., Ignat'eva, *Byulleten' SO RAN*, 2006, No. 2, pp. 29–42. (In Russ.)
25. Beltowski J., Semczuk A., Liver X receptor (LXR) and the reproductive system - a potential novel target for therapeutic intervention, *Pharmacological reports*, 2010, Vol. 62, pp. 15–27.
26. Averkova A.O., *Klinicheskaya praktika*, 2017, Vol. 8, No. 3, pp. 70–75. (In Russ.)
27. Do D.N., Schenkel F, Miglior F. [et al.], Targeted genotyping to identify potential functional variants associated with cholesterol content in bovine milk, *Animal Genetics*, 2020, Vol. 51, No. 2, pp. 200–209.
28. Zhang H., Lysosomal acid lipase and lipid metabolism: new mechanisms, new questions, and new therapies, *Current Opinion in Lipidology*, 2018, No. 29, pp. 218–223.
29. Dubland J.A., Francis G.A., Lysosomal acid lipase: at the crossroads of normal and atherogenic cholesterol metabolism, *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 2015, No. 3, pp. 3.
30. Ataya F.S., Cloning, Phylogenetic Analysis and 3D Modeling of a Putative Lysosomal Acid Lipase from the Camel, *Camelus dromedarius*, *Molecules*, 2012, Vol. 17, No. 9, pp. 10399–10413.
31. Fang Li, Hanrui Zhang, Lysosomal Acid Lipase in Lipid Metabolism and Beyond, *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, 2019, Vol. 39, No. 5, pp. 850–856.
32. Silva A.A., Silva D.A., Silva F.F. [et al.], GWAS and gene networks for milk-related traits from test-day multiple lactations in Portuguese Holstein cattle, *J Appl Genetics*, 2020, Vol. 61, pp. 465–476.
33. Bernstein D.L., Hülkova H., Bialer M.G. [et al.], Cholesteryl ester storage disease: review of the findings in 135 reported patients with an underdiagnosed disease, *Journal of Hepatology*, 2013, Vol. 58, pp. 1230–1243.
34. Kader H.H., Lysosomal acid lipase deficiency: a form of nonobese fatty liver disease (NOFLD), *Expert Review of Gastroenterology & Hepatology*, 2017, Vol. 7, pp. 1–14.
35. Fouchier S.W., Defesche J.C., Lysosomal acid lipase A and the hypercholesterolaemic phenotype, *Current Opinion in Lipidology*, 2013, Vol. 24, pp. 332–338.
36. Bokova T.A., Chibrina E.V., *RMZh*, 2021, No. 4, pp. 31–34. (In Russ.)
37. Strokova T.V., Bagaeva M.E., Matinyan I.A., *RMZh*, 2017, Vol. 25, No. 19, pp. 1346–1351. (In Russ.)
38. Nelson C.P., Goel A., Butterworth A.S. [et al.], EPIC-CVD Consortium; CARDIoGRAMplusC4D; UK Biobank CardioMetabolic Consortium CHD working group. Association analyses based on false discovery rate implicate new loci for coronary artery disease, *National Genetics*, 2017, Vol. 49, pp. 1385–1391.
39. Viturro E., Koenning M., Kroemer A., Schlamberger G., Wiedemann S., Kaske M., Meyer H.H., Cholesterol synthesis in the lactating cow: induced expression of candidate genes, *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, 2009, No. 115, pp. 62–67.
40. Do D.N., Fleming A., Schenkel F., Miglior F., Zhao X., Ibeagha-Awemu E.M., Genetic parameters of milk cholesterol content in Holstein cattle, *Canadian Journal of Animal Science*, 2018, No. 98, pp. 714–722.
41. Jensen R.G., The composition of bovine milk lipids: January 1995 to December 2000, *Journal of Dairy Science*, 2002, Vol. 85, No. 2, pp. 295–3503.
42. Royo-Bordonada M.A., Gorgojo L., O.M. de, Garces C. [et al.], Food sources of nutrients in the diet of Spanish children: the Four Provinces Study, *The British Journal of Nutrition*, 2003, Vol. 89, No. 1, pp. 105–114.
43. Santos J.E., Bisinotto R.S., Ribeiro E.S., Mechanisms underlying reduced fertility in anovular dairy cows, *Theriogenology*, 2016, No. 86, pp. 254–262.

44. Bradford B.J., Yuan K., Farney J.K., Mamedova L.K., Carpenter A.J., Invited review: Inflammation during the transition to lactation: New adventures with an old flame, *Journal of Dairy Science*, 2015, No. 98, pp. 6631–6650.
45. Bionaz M., Hausman G.J., Looor, J.J., Mandard S., Physiological and Nutritional Roles of PPAR across Species, *PPAR Research*, 2013, No. 5, pp. 1–3.
46. Nadesalingam J., Plante Y., Gibson J.P., Detection of QTL for milk production on Chromosomes 1 and 6 of Holstein cattle, *Mammalian Genome*, 2001, Vol. 12, pp. 27–31.
47. Weller J.I., Golik M., Seroussi E. [et al.], Population-wide analysis of a QTL affecting milk-fat production in the Israeli Holstein population, *Journal of Dairy Science*, 2003, Vol. 86, No. – P. 2219–2227.
48. Winter A., Krämer W., Werner F.A.O. [et al.], Association of a lysine-232/alanine polymorphism in a bovine gene encoding acyl-CoA: diacylglycerolacyltransferase (DGAT1) with variation at a quantitative trait locus for milk fat content, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2002, Vol. 99, No. 14, pp. 9300–9305.
49. Grisart B., Coppieters W., Farnir F., Positional candidate cloning of a QTL in dairy cattle: identification of a missense mutation in the bovine DGAT1 gene with major effect on milk yield and composition, *Genome research*, 2002, Vol. 12, No. 2, pp. 222–231.
50. Bionaz M., Looor, J.J., ACSL1, AGPAT6, FABP3, LPIN1, and SLC27A6 Are the Most Abundant Isoforms in Bovine Mammary Tissue and Their Expression Is Affected by Stage of Lactation, *The Journal of Nutrition*, 2008, Vol. 138, No. 6, pp. 1019–1024.
51. Pozovnikova M.V., Likhacheva T.E., Kudinov A.A., Leibova V.B., Dement'eva N.V., *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*, 2018, Vol. 53, No. 6, pp. 1142–1151. (In Russ.)
52. Gross J.J., Schwinn A.C., Schmitz-Hsu F., Menzi F., Drügemüller C., Albrecht C., Bruck-maier R.M., Rapid Communication: Cholesterol deficiency-associated APOB mutation impacts lipid metabolism in Holstein calves and breeding bulls, *Journal of Animal Science*, 2016, Vol. 94, No. 4, pp. 1761–1766.
53. Kipp S., Segelke D., Schierenbeck S., Reinhardt F., Reents R., Wurmser C., Pausch N., Fries R., Thaller G., Tetens J., Pott J., Haas D., Raddatz B.B., Hewicker-Trautwein M., Proios I., Schmicke M., Grünberg W., Identification of a haplotype associated with cholesterol deficiency and increased juvenile mortality in Holstein cattle, *Journal of Dairy Science*, 2016, Vol. 99, No. 11, pp. 8915–893.
54. Schütz E., Wehrhahn C., Wanjek M., The Holstein Friesian lethal haplotype 5 (HH5) results from a complete deletion of TBF1M and cholesterol deficiency (CDH) from an ERV-(LTR) insertion into the coding region of APOB, *PLoS ONE*, 2016, Vol. 11, No. 4, pp. e0154602.
55. Kamiński S., Ruś A., Cholesterol deficiency – new genetic defect transmitted to Polish Holstein-Friesian cattle, *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 2016, Vol. 19, No. 4, pp. 885–887.
56. Menzi F., Besuchet-Schmutz N., Fragnière M., Hofstetter S., Jagannathan V., Mock T., Raemy A., Studer E., Mehinagic K., Regenscheit N., Meylan M., Schmitz-Hsu F., Drügemüller C., A transposable element insertion in APOB causes cholesterol deficiency in Holstein cattle, *Animal Genetics*, 2016, Vol. 47, No. 2, pp. 253–257.
57. Häfliger I.M., Hofstetter S., Mock T., Stettler M.H., Meylan M., Mehinagic K., Drügemüller C., APOB -associated cholesterol deficiency in Holstein cattle is not a simple recessive disease, *Animal Genetics*, 2019, Vol. 50, No. 4, pp. 372 – 375.
58. Li Y., Fang L., Liu L., Zhang S., Ma Z., Sun D. The cholesterol deficiency-associated mutation in APOB segregates at low frequency in Chinese Holstein cattle, *Canadian Journal of Animal Science*, 2018, Vol. 99, No. 2, pp. 1–4.
59. Collier R.J., Dahl G.E., VanBaale M.J., Major advances associated with environmental effects on dairy cattle, *Journal of Dairy Science*, 2006, No. 89, pp. 1244–1253.

ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОВОГО СТРЕССА НА КАЧЕСТВО СПЕРМОПРОДУКЦИИ ХРЯКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ РАЗНЫХ ПОРОД И ЕЁ ОПЛОДОТВОРЯЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ

М.П. Гутман, соискатель

Н.Н. Горб, кандидат ветеринарных наук

В.М. Сороколетова, кандидат биологических наук, доцент

Новосибирский государственный аграрный университет,
Новосибирск, Россия

E-mail: natalya-gorb@mail.ru

Ключевые слова: тепловой стресс, хряк, свинья, качество спермы, оплодотворяемость, породы свиней, крупная белая, ландрас, дюрок, максгро

Реферат. *Основной целью данной работы было изучение влияния теплового стресса на качество спермопродукции хряков-производителей разных пород (крупная белая, ландрас, дюрок, максгро) и её оплодотворяющую способность. В ходе исследования нами установлено, что тепловой стресс влияет на активность свиней. Стремление уменьшить производство тепла приводит к малоподвижности, вялости животных, сопровождается снижением аппетита, у отдельных особей наблюдается одышка и торможение половых рефлексов. На этом фоне возникающие в организме нарушения, подкрепленные локальным повышением температуры в мошонке, оказывают негативное влияние на качество спермы. Мы наблюдали тенденцию к уменьшению объема эякулята и снижение (у большинства пород статистически значимо) концентрации сперматозоидов в эякуляте на 11,47–34,96%, при этом органолептические показатели (цвет, консистенция, запах) не претерпевали изменений. Тепловой стресс негативно сказывается на оплодотворяемости свинок, уменьшается вероятность успешной имплантации эмбриона. Оплодотворяемость свинок, осемененных спермой, полученной от хряков в период теплового стресса, снижалась на 10,3–23,7 % и до конца наблюдения так и не достигла дострессового уровня. Основываясь на результатах исследования, мы установили, что в зависимости от породной принадлежности свиньи могут переносить тепловой стресс в более тяжелой или более легкой формах. Породы свиней крупная белая и максгро менее чувствительны к повышению температуры окружающей среды (у них меньше изменялись показатели общего состояния, спермы и оплодотворяемости), чем дюрок и ландрас.*

EFFECT OF HEAT STRESS ON THE QUALITY OF SPERM PRODUCTION OF BOARS OF DIFFERENT BREEDS AND ITS FERTILITY

M.P. Gutman, Researcher

N.N. Gorb, PhD in Veterinary Sciences

V.M. Sorokoletova, PhD in Biological Sciences, Associate Professor

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

Key words: heat stress, boar, pig, semen quality, fertility, pig breeds, Large White, Landrace, Duroc, Maxgro.

Abstract. *The primary purpose of this work is to study the heat stress on the quality of sperm production in boars of different breeds (Large White, Landrace, Duroc, Maxgro). The authors found that heat stress affects the activity of pigs. The desire to reduce heat production leads to sedentary, passive*

animals, accompanied by decreased appetite, shortness of breath and inhibition of sexual reflexes in individuals. Against this background, the disturbances arising in the body, reinforced by a local increase in scrotal temperature, harm semen quality. The authors observed a tendency for decreased ejaculate volume and a decrease (statistically significant in most breeds) in the sperm concentration in the ejaculate by 11.47-34.96%. But at the same time, the organoleptic values (colour, consistency, smell) did not change. Heat stress hurts the fertility of pigs, reducing the probability of successful embryo implantation. The fertility of sow inseminated with semen from boars during heat stress decreased by 10.3-23.7%. And also, the fertility of the sow did not reach pre-stress levels until the end of the observation. Based on the study results, the authors found that, depending on the breed, pigs can tolerate heat stress in a more severe or milder form. The species Large White and Maxgro are less sensitive to increased ambient temperature (they had fewer changes in general condition, semen and fertility) than Duroc and Landrace pigs.

Тепловой стресс – это серьезная проблема почти всех отраслей животноводства, негативно влияющая на благополучие животных [1, 2]. Когда животные подвергаются воздействию условий среды, которые превышают их термонеutralную зону, эффективность производства снижается, потому что приоритет использования питательных веществ переориентируется на эвтермию [3]. Тепловой стресс является проблемой не только тропических стран, но и стран с умеренным или резко-континентальным климатом, характеризующимся достаточно жарким летом [4]. Проблему теплового стресса обостряет генетическая селекция по показателям продуктивности (например, приросту массы тела, удою), в результате у животных снижается устойчивость к стрессу, поскольку эти показатели связаны с повышенной метаболической выработкой тепла [2, 4].

В свиноводстве экономические потери, связанные с тепловым стрессом, в основном объясняются замедленным и непостоянным ростом, снижением эффективности использования корма, качества туш (повышенное отложение липидов), плохой продуктивностью и оплодотворяемостью свиноматок, повышенной смертностью и заболеваемостью [2, 5]. Нарушение репродуктивной функции у хряков, подвергшихся тепловому стрессу, наблюдается вследствие нарушения сперматогенеза, снижения качества спермы (уменьшение концентрации сперматозоидов, их подвижности, появление большого количества аномальных спермиев) и, следовательно,

ее оплодотворяющей способности [3, 6–8]. Таким образом, тепловой стресс затрагивает практически все экономически важные показатели отрасли свиноводства.

В одном из свиноводческих племенных репродукторов, расположенных в центре европейской части России, произошел сбой работы системы кондиционирования на площадке свиноводческого племенного репродуктора и значительное повышение температуры, что и послужило поводом к проведению научного анализа.

Целью нашего исследования было изучение влияния теплового стресса на качество спермопродукции хряков-производителей разных пород (крупная белая, ландрас, дюрок, максгро) и её оплодотворяющую способность.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились на площадке свиноводческого племенного репродуктора, расположенного в центре европейской части России. Анализ данных проводили с 1 июня по 3 сентября с временным интервалом 1 неделя. В опыт были взяты хряки пород крупная белая – 19 голов, ландрас – 17, дюрок – 11, максгро – 9 голов.

Материалом для анализа служили данные регистрации температуры в секторе содержания хряков-производителей, качество спермопродукции и данные об оплодотворяемости свиноматок.

Измерение температуры в помещении осуществлялось электронным термометром, подвешенным в центральной части корпуса. Данные с термометра передавались в систему вентиляции Valtonic, работающую совместно с промышленным кондиционером Ferroli FTP. Ввиду максимального повышения температуры в секторе в дневное время нами проводился анализ данных, полученных в 8:00, 12:00 и 16:30 ч.

Полученную от производителей сперму подвергали исследованию, определяя её пригодность для осеменения маток. Для всесторонней оценки качества спермы использовали методы, нашедшие широкое применение в производственных условиях. Оценка качества свежеполученной спермы проводилась по нескольким показателям: объем эякулята, цвет, консистенция, запах, концентрация, подвижность спермиев. Объем эякулята определяли по делениям на спермоприемнике, цвет, запах и консистенцию – органолептически [9]. Содержание сперматозоидов с прямолинейным поступательным движением определяли в раздавленной капле под микроскопом в проходящем свете при увеличении $\times 100$ –180 [10]. Концентрацию сперматозоидов устанавливали по оптической плотности спермы фотометром Sperma Cue.

Свиноматок осеменяли разбавленной спермой с концентрацией более 2,5 млрд сперматозоидов в 1 спермодозе и подвижностью не ниже 70%, контроль супоросности проводили ультразвуковым сканером Draminski Animal Profi на 23-й день после осеменения.

Построение диаграмм и статистическую обработку данных осуществляли в программе Microsoft Excel (2016), для расчета статистической значимости результатов использовали надстройку «Анализ данных».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На формирование микроклимата в помещениях свиноводческого комплекса значительное влияние оказывают природно-климатические условия центра европейской

части России, характеризующиеся умеренно теплым климатом (с тенденцией к потеплению) со сравнительно продолжительным летом и высокой относительной влажностью воздуха [11]. Относительно постоянная температура в секторе содержания хряков на свиноводческом комплексе обеспечивается автоматизированной системой вентиляции Valtonic, работающей в комплексе с промышленным кондиционером Ferroli FTP, которые поддерживают комфортную температуру в пределах 18,0–19,0°C независимо от времени года.

Дневная температура на площадке свиноводческого племенного репродуктора в июне, до сбоя работы системы кондиционирования (с 1 по 21 июня), составляла $19,44 \pm 0,09^\circ\text{C}$. С 22 июня по 1 августа в работе автоматизированной системы вентиляции и кондиционирования наблюдали сбои, сопровождающиеся значительным повышением температуры, которая в этот период колебалась в пределах от $22,64 \pm 0,44$ до $27,68 \pm 1,36^\circ\text{C}$ (рис. 1).

Максимальная температура в помещении была зафиксирована в период с 7 по 13 июля, при этом утренняя температура (в 8:00 ч) была на $4,71 \pm 0,82^\circ\text{C}$ ниже дневной (16:30 ч). Повышение температуры было обусловлено стабильно высокой температурой окружающей среды, в результате чего происходил нагрев конструкции помещений.

Для адекватной терморегуляции необходим градиент температуры между животным и окружающей средой. При повышении температуры окружающей среды кровь перераспределяется к коже, тем самым увеличивает отделение тепла с поверхности тела. При дальнейшем повышении температуры окружающей среды (градиент температуры между животным и окружающей средой сокращается или становится отрицательным) механизмы терморегуляции затрудняются, что приводит к стрессу. У свиней мало функциональных потовых желез, кроме того, терморегулирующая способность дополнительно осложняется толстым слоем подкожного жира, что ставит свиней в зависимость от дыхательного пути отведения тепла и ведет к появлению

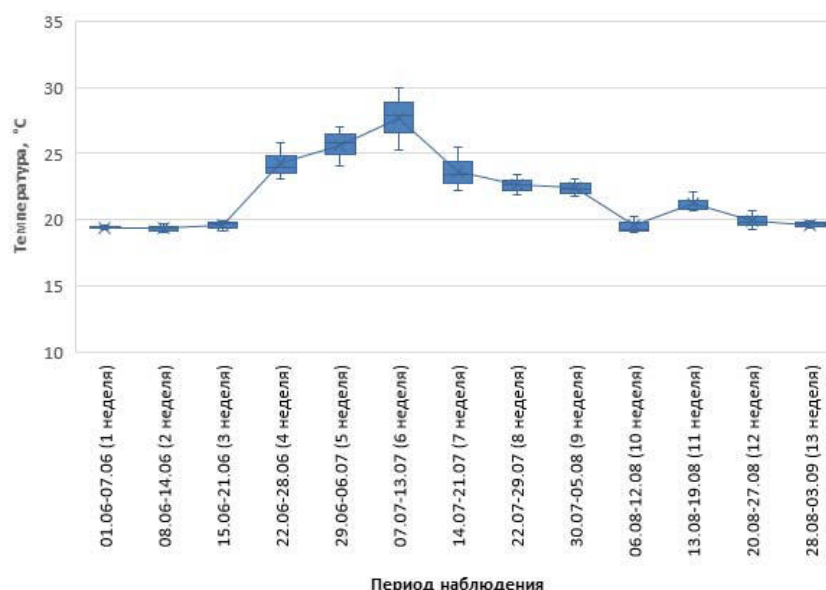


Рис. 1. Колебания дневной температуры в секторе содержания хряков-производителей племенного репродуктора
Fluctuations of daily temperature in the boar housing sector of a breeding stud farm

одышки [12, 13]. Если отведение тепла для поддержания эвтермии неадекватно, свиньи инициируют различные способы минимизации производства тепла: уменьшение потребления корма, снижение физической активности, среднесуточного прироста массы тела и т.д. [3].

Наблюдая за свиньями в период теплового стресса, мы также обратили внимание на малоподвижность, вялость животных, снижение аппетита, у некоторых свиней отмечали одышку и торможение половых рефлексов.

Растущее количество данных свидетельствует о том, что тепловой стресс негативно влияет на желудочно-кишечный тракт, нарушая целостность кишечного барьера, что вызывает местную и системную воспалительную реакцию, способствует активации иммунитета, является толчком для нарушения репродукции, роста и лактации [1]. Кроме того, повышенная температура окружающей среды оказывает прямое негативное влияние на терморегуляторную функцию мошонки, что также оказывает сильное влияние на качество спермы [14–16].

В своих исследованиях мы проводили оценку объема эякулята (рис. 2). У хряков породы дюрок объем эякулята уже в первую неделю теплового стресса (с 22 по 28 июня)

уменьшился на 15,12% относительно до-стрессовых показателей, максимальное его уменьшение (на 32,33%) фиксировали в период максимально высокой температуры среды (с 7 по 13 июля). Восстановление объема эякулята произошло к 22–29 июля. У хряков породы ландрас происходило сначала постепенное снижение объема эякулята, затем, в период с 14 по 21 июля, резкое его уменьшение (на 43,27%), а через неделю такое же резкое увеличение (на 45,52%). У хряков породы крупная белая максимальное снижение объема эякулята (на 25,23 %) наблюдали в период 7 по 13 июля. Хряки породы максгро оказались менее чувствительными к тепловому стрессу, колебания объема эякулята имели умеренный характер, максимальное он снизился на 20,16%. Следует отметить, что данные по объему эякулята не были статистически значимы ($P \geq 0,05$) на протяжении всего периода наблюдения.

Органолептическими исследованиями отклонений в качестве спермы не выявили. Сперма хряков-производителей всех пород в период исследования имела белый цвет со слегка сероватым оттенком, водянистую консистенцию и слабый специфический запах. Количество в сперме сперматозоидов с прямолинейным поступательным движением

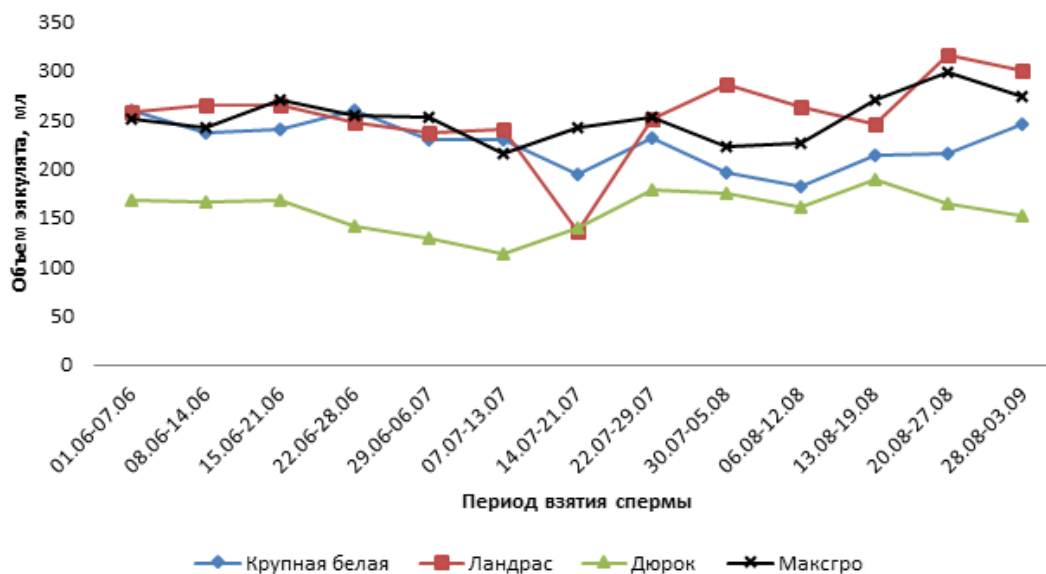


Рис. 2. Динамика изменения объема эякулята
Changes in ejaculate volume

ем колебалось в пределах 70,82–79,01% и не отличалось у хряков разных пород.

Под влиянием температурного стресса у свиней снижалась концентрация сперматозоидов. Как показано на рис. 3, снижение концентрации происходило у хряков всех пород. Наибольшее снижение концентрации сперматозоидов в эякуляте отмечали в период с 7 по 21 июля. Так, у крупной белой породы свиней концентрация сперматозоидов статистически значимо снизилась по сравнению с дострессовым периодом на 11,47%

(с $348,26 \pm 6,73$ до $308,30 \pm 7,49$ млн/мл; $P \leq 0,05$), у породы максгро – на 13,96 % (с $345,39 \pm 8,57$ до $259,35 \pm 16,24$ млн/мл; $P \leq 0,05$), у породы дюрок – на 34,96% (с $388,34 \pm 10,66$ до $252,56 \pm 20,53$ млн/мл; $P \leq 0,001$), у породы ландрас – на 20,82% (с $299,10 \pm 10,71$ до $236,83 \pm 20,81$ млн/мл; $P \geq 0,05$). Таким образом, наибольший отрицательный эффект в отношении концентрации сперматозоидов в эякуляте температурный стресс оказал на породе дюрок.

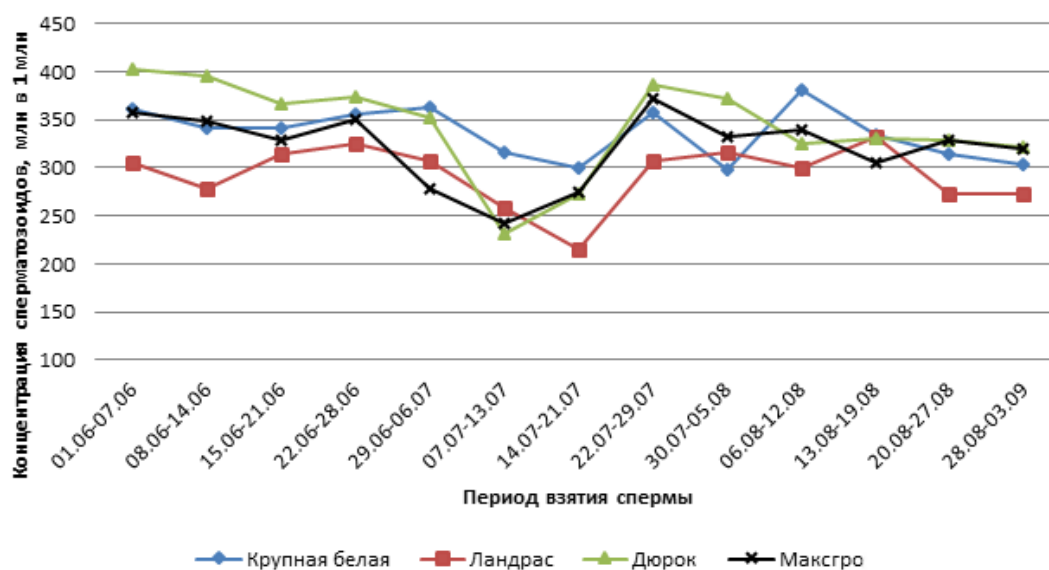


Рис. 3. Динамика изменения концентрации сперматозоидов
Evolution of spermatozoa concentration

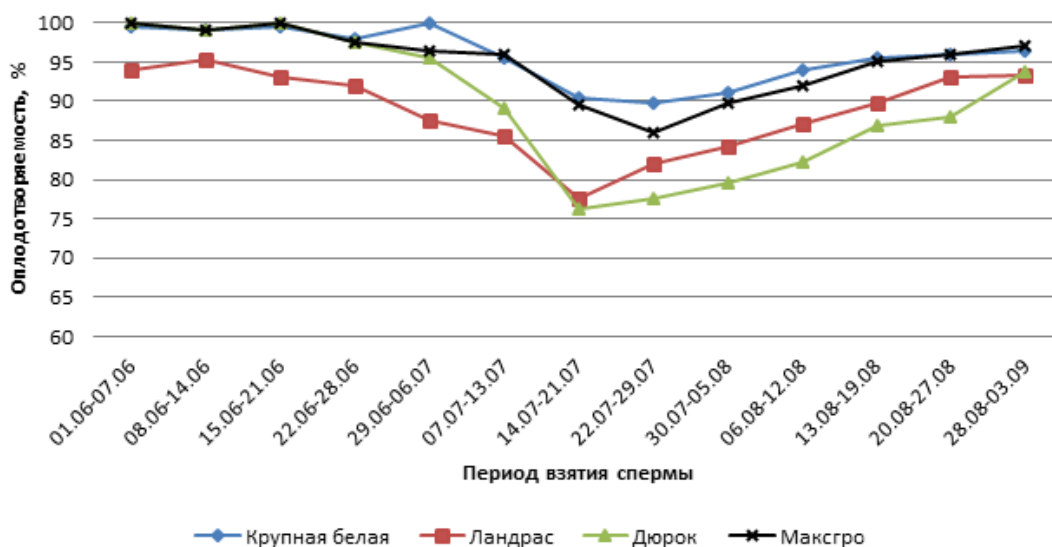


Рис. 4. Оплодотворяемость свиноматок
Fertilization rate of sows

Тепловой стресс негативно сказывается на оплодотворяемости свинок, уменьшая вероятность успешной имплантации эмбриона и ухудшая его развитие [15, 17]. Нашими исследованиями установлено, что резкое снижение оплодотворяемости произошло в период с 14 по 29 июля (рис 4). Большую чувствительность при этом проявили свинки пород дюрок и ландрас, у них оплодотворяемость снизилась на 23,7 и 17,6 % соответственно. Более устойчивыми к тепловому стрессу оказались породы максгро и крупная белая, у них оплодотворяемость снизилась на 13,9 и 10,3% соответственно. Следует отметить, что независимо от породы оплодотворяемость восстанавливалась медленно и к концу наблюдения так и не достигла дострессовых показателей.

Как показывает коэффициент корреляции, повышение температуры среды имеет слабую обратную отрицательную связь с изученными нами показателями – объемом эякулята ($=0,60$), концентрацией сперматозоидов ($=0,48$) и оплодотворяемостью ($=0,31$).

ВЫВОДЫ

1. Тепловой стресс влияет на активность свиной, минимизация производства тепла

приводит к малоподвижности, вялости животных, сопровождается снижением аппетита, у отдельных особей возникает одышка и торможение половых рефлексов.

2. Высокая температура окружающей среды оказывает негативное влияние на качество спермы. Наблюдается тенденция к уменьшению объема эякулята и снижению (у большинства пород статистически значимо) концентрации сперматозоидов в эякуляте на 11,47-34,96%.

3. Концентрация рекомбинантного белка и оплодотворяемость свинок, осемененных спермой, полученной от хряков в период теплового стресса, снижается на 10,3-23,7 %.

4. В зависимости от породной принадлежности свиные могут переносить тепловой стресс в более тяжелой или более легкой формах. Нами установлено, что породы свиной крупной белой и максгро менее чувствительны к повышению температуры окружающей среды (у них меньше изменялись показатели общего состояния, спермы и оплодотворяемости), чем породы дюрок и ландрас.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Biology of heat stress; the nexus between intestinal hyperpermeability and swine reproduction* / E. Mayorga, J. Ross, A. Keating [et al.] [Электронный ресурс] // *Theriogenology*. – 2020. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0093691X20303071> (дата обращения: 13.12.2020).
2. *Baumgard L.H., Rhoads Jr R.P.* Effects of heat stress on postabsorptive metabolism and energetic [Электронный ресурс] // *Annu. Rev. Anim. Biosci.* – 2013. – Vol. 1, N 1. – P. 311–337. – Режим доступа: <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-animal-031412-103644> (дата обращения: 13.12.2020).
3. *Heat stress adaptations in pigs* / E.J. Mayorga, D. Renaudeau, B.C. Ramirez [et al.] [Электронный ресурс] // *Animal Frontiers*. – 2019. – Vol. 9, N 1. – P. 54–61. – Режим доступа: <https://academic.oup.com/af/article-abstract/9/1/54/5146740> (дата обращения: 13.12.2020).
4. *Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production* / D. Renaudeau, A. Collin, S. Yahav [et al.] [Электронный ресурс] // *Animal: an international journal of animal bioscience*. – 2012. – Vol. 6, N 5. – P. 707. – Режим доступа: http://www.academia.edu/download/42384155/Adaptation_to_hot_climate_and_strategies20160208-6190-1lphpmf.pdf (дата обращения: 13.12.2020).
5. *Physiological consequences of heat stress in pigs* / J. Ross, B. Hale, N. Gabler [et al.] [Электронный ресурс] // *Animal Production Science*. – 2015. – Vol. 55, N 12. – P. 1381–1390. – Режим доступа: <http://www.publish.csiro.au/an/an15267> (дата обращения: 13.12.2020).
6. *Левин К.* Физиология и патология воспроизводства свиней. – М.: Росагропромиздат, 1990. – С. 62–65.
7. *Снижение последствий теплового стресса у хряков-производителей в жаркое время года* [Электронный ресурс] / А.Г. Нарижный, А.Ч. Джамалдинов, Н.И. Крейндлиня, А.А. Файнов // *Науково-технічний бюллетень*. – 2014. – № 112. – С. 97–102. – Режим доступа: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/Ntb_2014_112_17.pdf (дата обращения: 13.12.2020).
8. *Development of predictive models for boar semen quality* / D. Kuhlgtatz, C. Kuhlgtatz, M. Aepli [et al.] [Электронный ресурс] // *Theriogenology*. – 2019. – Vol. 134. – P. 129–140. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0093691X19301621> (дата обращения: 13.12.2020).
9. *ГОСТ Р 33827-2016 Средства воспроизводства. Сперма хряков свежеполученная разбавленная. Технические условия* [Электронный ресурс]. – М.: Стандартинформ, 2016. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200139193> (дата обращения: 13.12.2020).
10. *ГОСТ 32277-2013 Средства воспроизводства. Сперма. Методы испытаний физических свойств и биологического, биохимического, морфологического анализов*. – М.: Стандартинформ, 2014. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200105461> (дата обращения: 13.12.2020).
11. *Радцевич Г.А., Черемисинов А.А., Черемисинов А.Ю.* Исследование тенденций изменения климата на европейской части Российской Федерации за длительный период [Электронный ресурс] // *Вестник Воронежского государственного аграрного университета* – 2017. – № 4 – С. 30–40. – Режим доступа: <http://vestnik.vsau.ru/wp-content/uploads/2018/04/30-40.pdf> (дата обращения: 13.12.2020).
12. *Collier R.J., Gebremedhin K.G.* Thermal biology of domestic animals [Электронный ресурс] // *Annu. Rev. Anim. Biosci.* – 2015. – Vol. 3, N 1. – P. 513–532. – Режим доступа: <https://>

- www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-animal-022114-110659 (дата обращения: 13.12.2020).
13. Wettemann R., Bazer F. Influence of environmental temperature on prolificacy of pigs [Электронный ресурс] // Journal of reproduction and fertility. Supplement. – 1985. – Vol. 33. – P. 199. – Режим доступа: <https://europepmc.org/article/med/3910825> (дата обращения: 13.12.2020).
 14. Gorski K., Kondracki S., Wysokinska A. Effects of season on semen parameters and relationships between selected semen characteristics in Hypor boars [Электронный ресурс] // Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences. – 2017. – Vol. 41, N 4. – P. 563–569. – Режим доступа: <https://journals.tubitak.gov.tr/veterinary/abstract.htm?id=21099> (дата обращения: 13.12.2020).
 15. Stress and its influence on reproduction in pigs: a review / S. Einarsson, Y. Brandt, N. Lundeheim, A. Madej [Электронный ресурс] // Acta Veterinaria Scandinavica. – 2008. – Vol. 50, N 1. – P. 1–8. – Режим доступа: <https://actavetscand.biomedcentral.com/articles/10.1186/1751-0147-50-48> (дата обращения: 13.12.2020).
 16. Влияние температурного фактора на спермопродукцию и воспроизводительные качества хряков-производителей / И. Рачков, В. Погодаев, Л. Кононова, Л. Смирнова, Л. Ворсина [Электронный ресурс] // Сельскохозяйственный журнал. – 2020. – Т. 13, № 1. – Режим доступа: <https://ojs.fnac.center/index.php/agricultural-journal/article/view/74> (дата обращения: 13.12.2020).
 17. Physiological mechanisms through which heat stress compromises reproduction in pigs / J.W. Ross, B.J. Hale, J.T. Seibert [et al.] [Электронный ресурс] // Molecular reproduction and development. – 2017 – Vol. 84, N 9. – P. 934–945. – Режим доступа: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/mrd.22859> (дата обращения: 13.12.2020).

REFERENCES

1. Mayorga E., Ross J., Keating A., Rhoads R., Baumgard L., Biology of heat stress; the nexus between intestinal hyperpermeability and swine reproduction, *Theriogenology*, 2020, available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0093691X20303071> (December 13, 2020).
2. Baumgard L.H., Rhoads Jr R.P., Effects of heat stress on postabsorptive metabolism and energetic, *Annu. Rev. Anim. Biosci.*, 2013, Vol. 1, No. 1, pp. 311–337, available at: <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-animal-031412-103644> (December 13, 2020).
3. Mayorga E.J., Renaudeau D., Ramirez B.C., Ross J.W., Baumgard L.H., Heat stress adaptations in pigs, *Animal Frontiers*, 2019, Vol. 9, No. 1, pp. 54–61, available at: <https://academic.oup.com/af/article-abstract/9/1/54/5146740> (December 13, 2020).
4. Renaudeau D., Collin A., Yahav S., De Babilio V., Gourdiene J.-L., Collier R., Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production, *Animal: an international journal of animal bioscience*, 2012, Vol. 6, No. 5, pp. 707, available at: http://www.academia.edu/download/42384155/Adaptation_to_hot_climate_and_strategies20160208-6190-1lphpmf.pdf (December 13, 2020).
5. Ross J., Hale B., Gabler N., Rhoads R., Keating A., Baumgard L., Physiological consequences of heat stress in pigs, *Animal Production Science*, 2015, Vol. 55, No. 12, pp. 1381–1390, available at: <http://www.publish.csiro.au/an/an15267> (December 13, 2020).
6. Levin K., *Fiziologiya i patologiya vosпроизводства свиней* (Physiology and pathology of pig reproduction), Moscow: Rosagropromizdat, 1990, pp. 62–65.
7. Narizhnyi A.G., Dzhamaldinov A.Ch., Kreindlina N.I., Fainov A.A., *Naukovo-tekhnichnii byulleten'*, 2014, No. 112, pp. 97–102, available at: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_

- DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/Ntb_2014_112_17.pdf (December 13, 2020) (In Ukr.).
8. Kuhlitz D., Kuhlitz C., Aepli M., Schumann B., Grossfeld R., Bortfeldt R., Jakop U., Jung M., Schulze M., Development of predictive models for boar semen quality, *Theriogenology*, 2019, Vol. 134, pp. 129–140, available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0093691X19301621> (December 13, 2020).
 9. *GOST R 33827-2016* (Means of reproduction. Boar semen freshly obtained diluted. Technical conditions), Moscow: Standartinform, 2016, available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200139193> (December 13, 2020).
 10. *GOST 32277-2013* (Reproduction means. Sperm. Methods of physical properties and biological, biochemical, morphological analyzes), Moscow: Standartinform, 2014, available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200105461> (December 13, 2020).
 11. Radtsevich G.A., Cheremisinov A.A., Cheremisinov A.Yu., *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2017, No. 4, pp. 30–40, available at: <http://vestnik.vsau.ru/wp-content/uploads/2018/04/30-40.pdf> (December 13, 2020) (In Russ.).
 12. Collier R.J., Gebremedhin K.G., Thermal biology of domestic animals, *Annu. Rev. Anim. Biosci.*, 2015, Vol. 3, No. 1, pp. 513–532, available at: <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-animal-022114-110659> (December 13, 2020).
 13. Wettemann R., Bazer F., Influence of environmental temperature on prolificacy of pigs, *Journal of reproduction and fertility. Supplement*, 1985, Vol. 33, pp. 199, available at: <https://europepmc.org/article/med/3910825> (December 13, 2020).
 14. Gorski K., Kondracki S., Wysokinska A., Effects of season on semen parameters and relationships between selected semen characteristics in Hypor boars, *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 2017, Vol. 41, No. 4, pp. 563–569, available at: <https://journals.tubitak.gov.tr/veterinary/abstract.htm?id=21099> (December 13, 2020).
 15. Einarsson S., Brandt Y., Lundeheim N., Madej A., Stress and its influence on reproduction in pigs: a review, *Acta Veterinaria Scandinavica*, 2008, Vol. 50, No. 1, pp. 1–8, available at: <https://actavetscand.biomedcentral.com/articles/10.1186/1751-0147-50-48> (December 13, 2020).
 16. Rachkov I., Pogodaev V., Kononova L., Smirnova L., Vorsina L., *Sel'skokhozyaistvennyi zhurnal*, 2020, Vol. 13, No. 1, available at: <https://ojs.fnac.center/index.php/agricultural-journal/article/view/74> (December 13, 2020) (In Russ.).
 17. Ross J.W., Hale B.J., Seibert J.T., Romoser M.R., Adur M.K., Keating A.F., Baumgard L.H., Physiological mechanisms through which heat stress compromises reproduction in pigs, *Molecular reproduction and development*, 2017, Vol. 84, No. 9, pp. 934–945, available at: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/mrd.22859> (December 13, 2020).

ЛЕЧЕНИЕ ПЧЕЛИНЫХ СЕМЕЙ БЕЗ ЛЕКАРСТВ, ИЛИ ЗООТЕХНИЧЕСКИЙ МЕТОД БОРЬБЫ С БОЛЕЗНЯМИ ПЧЕЛ

В.Г. Кашковский, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заслуженный зоотехник Российской Федерации
А.А. Плахова, доктор биологических наук, профессор

Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия
E-mail: alla.kruglikova@bk.ru

Ключевые слова: профилактика, инфекция, инвазия, гнильцы, зоотехнический метод лечения пчел, термическая обработка, хлорамфеникол, нитрофураны, неоникотиноиды

Реферат. После удачных опытов по лечению пчел от европейского гнильца при помощи пенициллина во всех монографиях, рекомендациях, инструкциях, технологиях появились указания НИИП применять антибиотики для лечения всех болезней пчел, но особенно в виде профилактической подкормки. В настоящее время выпускается множество лекарственных препаратов на основе антибиотиков (хлорамфеникол) и нитрофуранов. Кроме того, во всех номерах журнала «Пчеловодство» усиленно рекомендуются все новые и новые лекарства, чаще всего только что изобретенные, нигде не испытанные, которые рекламируются как панацея от всех болезней. При лечении и профилактике болезней пчел антибиотики попадают в мед и пергу. При употреблении таких продуктов у человека появляются различные заболевания с тяжелыми и даже неизлечимыми последствиями. Учитывая это, Евросоюз и США не покупают и даже строго запрещают проникновение через границы меда из Китая, Бразилии, Аргентины и Турции. На кафедре биологии, биоресурсов и аквакультуры Новосибирского государственного аграрного университета впервые разработана технология содержания пчел без применения лекарственных средств. Многолетнее применение этой технологии на пасаках Западной Сибири позволило добиться хорошей сохранности пчелиных семей и получать высокие медосборы. Кроме того, при производстве продуктов пчеловодства резко снизилась себестоимость, так как хозяйства перестали тратить огромные суммы денег на покупку лекарств. Для борьбы с варроатозом, нозематозом и вирусными болезнями усовершенствована и успешно применяется термическая обработка пчелиных семей.

TREATING BEE FAMILIES WITHOUT MEDICATION, OR A ZOOTECHNICAL METHOD OF COMBATING BEE DISEASES

V.G. Kashkovsky, Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Honoured Zootechnician of the Russian Federation

A.A. Plakhova, Doctor of Biological Sciences, Professor

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

Key words: prevention, infection, infestation, rots, zootechnical method of treating bees, heat treatment, chloramphenicol, nitrofurans, neonicotinoids.

Abstract. Today all the monographs, recommendations, instructions, and technologies after the successful experiments on the treatment of bees against European spot disease with penicillin, there are instructions from the NIP (Research Institute of Prevention) to use antibiotics to the treatment of all bee diseases, but especially in the form of prophylactic supplementation. Many antibiotics (chloramphenicol) and nitrofurant-based medicines are now being produced. In addition, all new medications

are intensively recommended in all issues of Beekeeping magazine. These drugs are often newly invented, untested remedies that are advertised as a panacea for all diseases. Antibiotics are introduced into honey and bee-keepers in the treatment and prevention of bee diseases. When such products are consumed, people develop various diseases with severe and even incurable consequences. With this in mind, the European Union and the United States do not buy and even strictly prohibit honey from China, Brazil, Argentina and Turkey across borders. The Department of Biology, Bioresources and Aquaculture at Novosibirsk State Agrarian University has for the first time developed a technology for keeping bees without the use of drugs. The long-term use of this technology in the apiaries of Western Siberia has made it possible to achieve good preservation of bee families and high honey yields. In addition, the cost of beekeeping products has fallen dramatically, as farms have stopped spending huge sums on purchasing medicines. Scientists have improved and successfully applied heat treatment of bee colonies to combat varroaosis, nosematosis and viral diseases.

Медикаментозная система лечения больных пчелиных семей стала применяться после перевода содержания пчел из неразборных ульев в рамочные. Специалисты по содержанию пчел вынуждены были искать и разрабатывать медикаменты для лечения расплодных болезней, а также болезней взрослых пчел и маток. Возбудители, в свою очередь, через несколько поколений приспосабливались к лекарствам, которые на них переставали действовать, и люди вынуждены были изобретать новые. Каждое новое лекарство становилось опасным для возбудителей болезни, а остаточное их количество в продуктах пчеловодства – опасным для жизни человека [1–3].

Таким образом, возникла важная проблема: как содержать пчел без применения лекарств и как вылечить их без лекарств в случае заболевания.

Пчел лечили разными настойками трав, но возбудители быстро к ним приспосабливались, и приходилось искать более эффективные. Так в пчеловодстве появились сульфаниламидные препараты, а потом антибиотики [4–8].

Роковая ошибка была допущена учеными НИИП, которые рекомендовали повсеместно применять профилактическую подкормку пчелиных семей антибиотиками [4, 5, 7–10]. Профилактическая подкормка создавала у возбудителей расплодных болезней (американского, европейского гнильцов, паразитических и вирусных) устойчивость к применяемым лекарствам. После профилактических

подкормок, если появлялись заболевшие пчелиные семьи, лекарства уже были бессильны. Пчеловоды в этих случаях вынуждены увеличивать дозу лекарств, но и это не помогало [5, 6, 11, 12].

Таким образом, в результате профилактических подкормок в мед попадали антибиотики, и он становился опасным для людей. Во всех странах стали строго следить, чтобы таможня не пропускала через границу мед с антибиотиками [1–3, 6, 8, 10–13].

Особенно опасны устаревшие антибиотики широкого спектра действия (хлорамфеникол) и нитрофураны. Многочисленные лекарства, созданные на их основе, применяются в Турции, Бразилии, Аргентине, Китае. Наличие этих антимикробных препаратов в меде может вызвать онкологические заболевания у человека. Поэтому мед из этих стран не пропускают через границы США и Европейского союза. К сожалению, наши лаборатории пока не видят этой опасности и не проверяют мед, реализуемый на ярмарках, в магазинах и тем более в уличной торговле [5, 6, 8, 11].

Цель исследований – разработать меры лечения инфекционных, инвазионных, вирусных болезней медоносных пчел без применения химических лечебных средств.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Болезни расплода пчел – это американский гнилец (*Histolysis infectio saperniciosa larvae*), европейский гнилец (*Pestis apium europea*),

парагнилец, аскосфероз (*Askosphaerosis*), мешотчатый расплод. При их лечении применяется масса антибиотиков [1, 3, 4, 7, 8].

В первое время антибиотики сыграли положительную роль и успешно вылечивали расплодные болезни пчелиных семей. Но затем НИИП стал внедрять профилактическую подкормку здоровых пчелиных семей [7, 14, 15]. Эти рекомендации стали применяться на многих пасеках. В результате ежегодной профилактической подкормки в меде появились антибиотики. Кроме засорения продуктов пчеловодства антибиотиками, ежегодная профилактическая подкормка здоровых пчелиных семей создала устойчивую к лекарствам микрофлору. Чтобы избавиться от болезней, пчеловоды вынуждены были применять все новые и новые лекарства, загрязненный антибактериальными веществами мед стал непригодным для питания человека.

Учитывая создавшееся положение, мы разработали и применили на практике зоотехнический метод борьбы с болезнями без применения лекарств.

Возбудителем американского гнильца является *Bacillus larvae*; европейского гнильца – *Streptococcus pluton*, *Bacillus alvei*; паратифа – *Hafnia alvei*; аскосфероза (перицистоз, известковый расплод, меловой расплод) – гриб *Ascosphaera apis*; парогнильца (ложный гнилец) – *Bacillus paraalvei*; спироплазмоза (пыльцевой токсикоз, майская болезнь) – бактерия *Spiroplasma apis*.

Вирусные болезни (виروзы) – «затемненное крыло», мешотчатый расплод, острый паралич, филантомовирус, хронический паралич («черный паралич»).

Спироплазмозом поражаются взрослые пчелы. Заболевание отмечают в мае–июне, редко в течение всего лета. Возбудитель попадает в организм пчелы с кормом. Больные пчелы не могут летать. Брюшко пчелы увеличено, твердое, так как кишечник забит полупереваренными пыльцевыми зернами. Гибель наступает через несколько дней после заражения.

Меланоз – инфекционная, хронически протекающая болезнь пчелиных маток. Поражаются яичники, семяприемник, боль-

шая ядовитая железа, задний отдел кишечника. Возбудитель – несовершенный гриб *Melanosella mors apis*. Болезнь встречается на пасеках многих стран. Возбудитель болезни широко распространен в природе, например на растениях, встречается в пади. Чаще всего заболевание проявляется при травмировании маток при инструментальном осеменении. Заражение маток через корм не происходит.

Все перечисленные болезни на пасеках Сибири отсутствовали до XX в. После того как начались и продолжают развиваться перевозки из одного региона в другой пакетов, пчелиных семей, маток разных пород, пасеки заражаются все новыми и новыми болезнями. В отношении большинства болезней нет методов лечения и профилактики. Чтобы остановить поток распространения болезней, необходимо перестать возить пакеты, пчелиные семьи и маток из одной страны в другую.

В такой сложной обстановке эффективная борьба с болезнями возможна только зоотехническим методом. Начинается она с выставки пчелиных семей из зимовки и облета. В это время уход за всеми пчелиными семьями выполняется так, чтобы на пасеке не было блуждания пчел и маток, слетов и налетов, подсиживания и объединения.

Если обнаруживаются больные пчелиные семьи, то за ними ухаживают как за обычными, т. е. обеспечивают кормами, хорошо утепляют, не беспокоят лишними осмотрами. В конце мая и начале июня, когда наступает тепло (14–20 °C днем и 10–15 °C ночью), появляется поддерживающий взятки с одуванчиков (*Taraxacum* Wigg.), змееголовника сибирского (*Dracocephalum nutans* L.), горошков (*Vicia* L.), в больных семьях убирают маток. После этого пчелы выводят свищевых маток и собирают мед. Когда пчелы выводят маток в больной семье, то у такой матки и пчел вырабатывается иммунитет к заболеванию [6, 12, 16].

Через 21 день после отъема матки в семье рождаются матки и все пчелы из здорового расплода. В это время убирают из семьи источник инфекции: все старое гнездо и улей. Для этой цели готовят новый хорошо проде-

зинфицированный улей, в который переселяют всех пчел с молодой маткой. Для этого пчел стряхивают в чистый улей, заполненный рамками с вощиной. Мед из больных семей откачивают, используют как товарную продукцию, рамки перетапливают для получения воска, мерву сжигают. При сдаче этого воска воскозаводу обязательно предупреждают, что он получен от больных семей.

Освободившийся улей дезинфицируют: тщательно выскабливают, затем обжигают, опять выскабливают, потом снова обжигают. После обжигания промывают 4%-м раствором каустической соды, выдерживают сутки. Через сутки улей тщательно промывают чистой водой и выставляют на солнце для просушки и дополнительной дезинфекции солнечным светом.

Пчелы в чистом улье отстраивают рамки с вощиной до главного взятка, а во время взятка заполняют соты медом. С появлением взятка расширяют гнездо постановкой второго корпуса или магазина. Второй корпус заполняют только рамками с вощиной. В больные семьи старые соты, какими бы они ни были чистыми, не помещают. Таким образом, гнездо полностью обеззаражено. В дальнейшем контролируют состояние семьи. В случае возвратного заболевания перегон пчел со сменой матки повторяют. Однако следует отметить, что в нашей практике возвратных заболеваний не наблюдалось.

Взрослые пчелы в Сибири, да и везде, где обитает вид *Apis mellifera* L., болеют нозематозом (Nosematosis) и варроатозом (Varroosis).

После обнаружения заболевания пчелиных семей нозематозом [6, 8, 12] и амебиазом [6, 8, 12] стали применять различные лекарственные препараты: настойки полыни горькой, чеснока, затем сульфаниламидные лекарства, антибиотики, но болезни продолжались.

С 50-х гг. XX столетия и по сегодняшний день широко рекламируются и реализуются лекарства, изобретенные фармацевтами Германии (ноземат, фумидил-Б и др.) [4, 6, 8]. В технологии ухода за пчелами в Баварии широко используются препараты против нозематоза и амебиоза. Эти препараты раздают пче-

линым семьям и весной, и осенью с кормами для зимнего содержания пчел. Однако, когда мы осматривали пчелиные семьи в Баварии и в других немецких землях, везде обнаруживали следы нозематоза и амебиоза. К нашему удивлению, пчелиные семьи были поражены чаще, чем на самых запущенных пасеках Сибири.

Таким образом, столетний опыт борьбы с нозематозом и амебиазом при помощи лекарственных средств не дал положительных результатов.

Поэтому и мы поставили цель: найти метод борьбы с нозематозом и амебиазом без дорогостоящих лекарств.

Работу по борьбе с нозематозом и амебиазом выполняли на сильно зараженных пасеках совхоза «Новостройка» Кемеровского района Кемеровской области. Совхоз «Новостройка» имел две пасеки на 72 и 100 пчелиных семей. Так как пчелиные семьи были сильно заражены нозематозом и амебиазом, они были самыми худшими в Кемеровской области. Эти пасеки с 1942 по 1963 г. производили не больше 6–8 ц меда. Столько же хозяйство скармливало сахара, чтобы пчелы не погибли от голода. Пчелиные семьи содержались в ульях Дадана-Блатта. Сотообеспеченность составляла по 20 рамок. Все соты были настолько сильно оплодотворены, что невозможно было сосчитать пятна на сотах, так как были сплошные грязные подтеки.

Для выявления степени пораженности пчелиных семей мы стали брать из каждой пчелиной семьи один раз в месяц по 100 пчел. Пробы брали с сентября по март, т. е. восемь месяцев подряд. Все пробы исследовали под микроскопом.

Результаты работы по определению загрязненности пасек нозематозом и амебиазом в совхозе «Новостройка» Кемеровской области следующие: в 169 семьях спор в поле микроскопа было от 100 до 1500 штук, и только в трех семьях 3, 6 и 10 спор. Таким образом, все пчелиные семьи были сильно заражены нозематозом и амебиазом.

Необходимо заметить, что пчеловоды покупали лекарство против этих болезней и вы-

полняли все рекомендации, прописанные в специальных инструкциях и руководствах, но эффекта выздоровления не наступало.

Во всех случаях борьбы с нозематозом, описанных в специальной литературе с 1930 по 1963 г., сообщалось, что лекарства не убивают споры *Nosema apis* Zander. С 1963 г. по настоящее время появилось много новых лекарств против *Nosematosis*, в том числе и зарубежные (Германия, Австрия). Лекарства дорогие, но самое главное, они не вылечивают нозематоз и амебиаз. Поэтому мы отказались от применения существующих лекарств и не стали искать более эффективные, а обратились к зоотехническому способу борьбы с заболеванием.

Для борьбы с варроатозом мы использовали термический способ [17]. Термическая обработка осуществлялась при помощи термокамеры, изготовленной в виде ящика, ширина которого 50 см, длина – 80, высота – 120–140 см. В нижней его части находятся нагревательные элементы, отгороженные мелкой металлической сеткой. В верхней части предусмотрены два окна для контроля температуры и наблюдения за поведением пчел, крышка сверху открывается. Нагревательные элементы включаются контактным термометром.

Для стряхивания пчел в круглую кассету диаметром 30–40 и длиной 50–60 см применяли воронку, у которой внизу отверстие 10 x 10 см, а сверху – 48 x 10 см. Кассету с пчелами помещали в термокамеру.

Эффект термообработки проявляется, когда пчелы в камере активно двигаются и шумят, и как только они затихали, кассету вращали, чтобы активизировать пчел. Маток на это время не изолировали. Клещи начинают опадать при температуре 46° С, с ее повышением осыпание клещей усиливается. Время экспозиции пчел в камере при температуре 48° С всего 10 мин. За состоянием пчел и температурой внутри камеры наблюдали визуально через окно в камере, где пчелы и ртутные термометры хорошо просматриваются. Термометры перед обработкой проверяли на метеорологической станции.

Перед термообработкой кассету с пчелами выдерживали при комнатной температуре 10–15 мин. Такое же время давали им успокоиться после обработки, затем помещали в сформированное гнездо. Работу вели вдвоем: помощник – с термокамерой, а пчеловод и второй помощник в это время осматривали гнездо.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Детально изучали нозематоз и амебиаз Т.В. Виноградова, С.В. Жданов и В.И. Полтев, которые установили, что если у пчелы не разрушена перитрофическая мембрана, то заражение ее нозематозом и амебиазом даже в высоковирулентных условиях не происходило.

Учитывая такую высокую защиту кишечника пчелы перитрофической мембраной, мы поставили цель определить, при каких условиях она разрушается.

Весной 1970 г. В.Г. Кашковским в присутствии зоотехника, ветеринара и пчеловода были обследованы пчелиные семьи, погибшие зимой 1969/70 г. в Кемеровской области [3]. В эту зиму погибло в Ступишенском совхозе Тяжинского района 549 пчелиных семей, в колхозе «Россия» (Тисульский район) – 150, в отделении Туйла Малопесчанского совхоза Мариинского района – 400, в поселке Николаевка Чебулинского района – 230.

Из каждой погибшей пчелиной семьи брали 100 пчел и корм из рамок (по 100 г) для исследований. Всего проб только из перечисленных восточных районов Кемеровской области было взято 1329 (132900 пчел и 1330 г корма).

В южном районе (Таштагольский пчелосовхоз) погибло 1000 пчел в зимовке. Из погибших семей тоже взяли пчел и корм для научного изучения.

После анализа корма, взятого из гнезд погибших и выживших в этих хозяйствах семей, была установлена причина гибели пчел.

В Ступишенском совхозе 549 пчелиных семей погибли от падевого меда, собранного пчелами с полей, густо зарастающих молодыми растениями: березой (*Betula* L.), осинкой (*Populus tremula* L.), ивой брединой (*Salix caprea* L.), ивой тальник (*Salix triandra* L.). Кустарники росли так густо, что травянистые растения среди них не произрастали. В 1969 г. на листьях этих кустарников было очень много пади животного происхождения. Весь собранный мед был падевым. Анатомические исследования средней кишки показали, что у всех погибших пчел этого хозяйства была полностью разрушена перитрофическая мембрана.

В колхозе «Россия» Тисульского района погибла вся пасека – 150 пчелиных семей. Мед в семьях был собран падевый: с молодого осинника, с пихты (*Abies* Mill.), елей (*Picea* A.Dietr). Перитрофическая мембрана у погибших пчел была полностью разрушена, вся полость средней кишки была переполнена спорами *Nosema apis* Zander.

В Малопесчанском совхозе Мариинского района из 440 пчелиных семей 400 погибло. В 40 пчелиных семьях пчелы выжили, хотя на рамках было много пятен от поноса. В погибших семьях мед был падевый с хвойных деревьев: пихты, ели, сосны и молодых осин. Кроме гибели 400 совхозных пчелиных семей у жителей поселка Туйла в каждом доме погибло больше пчел, чем осталось в живых. Население не стало ждать комиссии по обследованию погибших семей. Подмор сожгли, рамки перетопили, а мед, оставшийся в семьях, использовали для приготовления кваса, спиртных напитков, компотов, тортов и других продуктов.

Анатомическое обследование погибших пчел также показало, что у них полностью разрушена перитрофическая мембрана. Вся средняя кишка была заполнена спорами *Nosema apis*. На пасеках остались в живых пчелиные семьи, которым осенью скормили по 10 кг сахара. Кроме этого, уцелели пчелиные семьи, где пчелы собирали мед с желтой акации (*Caragana arborescens* Lam.), который был смешан с падевым. Пчелы зимой

искали хороший мед на сотах, его и использовали в питании. Эти семьи выжили.

В Таштагольском пчелосовхозе накормили пчел сахарными смётками, от чего погибло 1000 пчелиных семей. Оказалось, что в сахарных смётках присутствовала поваренная соль, которая, как и падевый мед, разрушала перитрофическую мембрану.

Когда нами была установлена причина разрушения перитрофической мембраны, мы разработали технологию борьбы с нозематозом и амебиазом и назвали ее «Зоотехнический метод борьбы с болезнями пчел без применения лекарств» [11, 18–21].

После выставки пчел из зимовника и проведения облета готовили хорошо продезинфицированные ульи. Улей с пчелами снимали с подставок и ставили его сзади. На его место ставили чистый улей с двумя медовыми рамками. Рамки из улья с пчелами вынимали и пчел с них стряхивали в чистый улей. Так убирали все рамки, кроме рамок с расплодом. Рамки с расплодом пчелы, как правило, хорошо очищают. Таким путем мы пересадили все пчелиные семьи совхоза «Новостройка». Как только начался взяток с мать-и-мачехи (*Tussilago* L.), ивы (*Salix* L.), будры плющевидной (*Glechoma hederacea* L.), всем семьям расширяли гнезда рамками с вощиной. Когда взяток усилился, на все семьи поставили вторые корпуса, в которых помещали все 12 рамок с вощиной. Таким путем мы во всех семьях удалили источник заражения. На каждой рамке с вощиной мы ставили дату её постановки. За первый сезон было отстроено на каждую пчелиную семью по 18 гнездовых рамок. В зиму гнезда собирали только на свежестроенных рамках. Это правило соблюдалось ежегодно. Особенно необходимо следить за тем, чтобы для зимнего кормления не использовался корм, разрушающий перитрофическую мембрану, т. е. не оставлять падевый мед в зиму. Для зимнего кормления пригодны только цветочные меды. Мед с крестоцветных (*Brassicaceae*) и гречихи (*Fagopyrum* Mill.) к зимовке

не пригоден, так как зимой в сотах засахаривается. По нашим наблюдениям, засахарившийся в сотах мед зимой также разрушает перитрофическую мембрану, и пчелы после этого оплодотворяются и гибнут. Осенью после сборки гнезд пчелиным семьям в зиму стали добавлять по 10 кг сахара (15 кг сиропа) для зимнего кормления. При такой технологии пасека совхоза «Новостройка» освободилась от инвазии в первый же год. Выздоровевшие пчелиные семьи стали успешно размножаться, и на третий год, после начала лечения пасека совхоза «Новостройка» насчитывала 300 пчелиных семей и по медосбору заняла первое место в Кемеровской области.

Опытами, проведенными по термической обработке пчелиных семей в Колыванском районе Новосибирской области, установлено, что термическая обработка, кроме клеща *Varroa jacobsoni* Oudemans, устраняет также вирусные болезни пчел и нозематоз.

Таким образом, важное условие условия зоотехнического метода лечения пчел от нозематоза и амебиаза – в зиму давать корма, не разрушающие перитрофическую мембрану. К таким кормам относятся: сахар, кипрейный, акациевый, донниковый, люцерновый, клеверный, малиновый, васильковые меды, мед с чистеца и других губоцветных. Подобный корм позволяет перенести сибирскую зиму (7–8 месяцев) без капли поноса и без подмора. Плохо пчелы зимуют на ивовом, гречишном, подсолнечниковом, горчицном, рапсовом медах и смеси падевого и цветочного меда. Гибнут пчелы от падевого меда, сахарных смесей, в которых встречается поваренная соль. Сахарный сироп, если его долго кипятят на открытом огне, также вызовет зимой понос или гибель семей. Где плохой корм и неаккуратный пчеловод – там распространяется нозематоз.

Варроатоз (Varroosis, варрооз) – инвазионная болезнь (арахноз) пчелиных семей обнаружена в хронической форме на всех пасеках России от Приморья до Бреста.

Возбудителем варроатоза является клещ *Varroa jacobsoni* Oudemans. Клещ активно высасывает гемолимфу из личинок и взрослых пчел, трутней и маток. Кроме этого, он является разносчиком вирусных заболеваний.

Для борьбы с инвазией мы использовали термическую обработку пчелиных семей. Химические препараты не полностью уничтожают клещей, а оставшиеся в живых приобретают к ним высокую устойчивость. Поэтому при длительном использовании одних и тех же лекарств болезнь вспыхивает с новой силой и в результате происходит большая гибель семей. Но самое главное, все химические препараты, применяемые для борьбы с варроатозом, высокотоксичны для человека, и каждая обработка очень опасна. Многие лекарства могут накапливаться в улье, в сотах, в меде, поэтому их применение на всех пасеках часто приводит к тяжелым последствиям. Поэтому мы взяли за основу в борьбе с заклещеванностью термическую обработку.

Особенность нашей работы заключалась в том, чтобы суметь обработать пчелиные семьи на пасеке, где нет для этого специального помещения, поскольку таких пасек в Сибири большинство, из-за чего пчеловоды отказываются от эффективного способа борьбы с заклещеванностью. Опыт проводили 10 октября 2014 г. на пасеке в Колыванском районе Новосибирской области, когда уже выпал снег и температура воздуха колебалась от -10°C до -18°C . На этой пасеке часть пчел оставляли зимовать на воле, а часть – в погребе и ямах. Такая зимовка очень усложняет работу по обработке пчел. Подобный опыт в тяжелой зимней обстановке применен был впервые.

Термическую обработку проводили в летнем просторном, сухом помещении, изготовленном из толстых досок, с комнатной температурой ($20\text{--}22^{\circ}\text{C}$). На улице пчел стряхивали с каждого сота через специальную воронку в кассету из мелкой сетки (диаметром ячеек 3×3 мм). Сильную семью рас-

пределяли в 2–3 кассеты. Пчел стряхивали в кассету с торца рамки, в кассете на диске предусмотрено отверстие 10 x 10 см, в которое вставляется воронка. В кассету заправляли максимум 1500 г пчел. Затем кассету с пчелами переносили в помещение, помещали в предварительно нагретую камеру и через 2 мин после этого начинали ее вращать (она помещалась на оси). При вращении клещи осыпались и падали на сетку, которая отделяет кассету от нагревательных элементов. Сетка натянута на раму, чтобы можно было после обработки каждой семьи ее вынимать и удалять клещей. Вращение кассеты необходимо, чтобы пчелы активно шумели и беспокоились (тряслись) и сбрасывали с себя клещей. Вся обработка в термокамере длилась 12 мин при температуре 48° С. По истечении времени обработки кассету вынимали из камеры, давали пчелам успокоиться, после чего их возвращали в прежний улей.

Работали втроем: помощник – с термокамерой, а пчеловод и второй помощник в это время осматривали гнездо. При необходимости меняли улей, добавляли в него рамки с медом, чтобы корма хватило до весенней пересадки в чистый улей.

Термическое воздействие выявило клещей во всех семьях. Было обнаружено от 200 до 1000 осыпавших клещей. В среднем по пасеке заражение клещами составило 2,82% (от 0,35 до 8,5%).

Следует подчеркнуть, что термическая обработка является и борьбой с вирусными заболеваниями. При всех вирусных болезнях организм борется повышением температуры. Клещи *Varroa jacobsoni* Oudemans являются разносчиками вирусов, и когда вирусы пропариваются при температуре 48 °С вместе с клещом, то они с ним и гибнут. Если часть клещей уцелела после обработки, то они неактивны, и вирусы в них сильно ослаблены, не способны сильно воздействовать на пчел. На всех пасеках, где мы использовали термический метод уничтожения клещей, одновременно не обнаруживали острый вирусный паралич (Paralysis

acuteapium), хронический «черный» паралич (Paralysis chronicapium), мешотчатый расплод.

Род *Apis* состоит из девяти видов общественных пчел. Все девять видов – дикие животные. Из девяти видов только два могут поселяться в ульи, изготовленные человеком. Это *Apis mellifera* L. и *Apis cerana* F. Остальные виды медоносных пчел поселяются только в тех местах, которые находят сами. Попытки использовать эти семь диких видов человеком не увенчались успехом.

Вид *Apis cerana* F. с большим трудом удается поселить в искусственные жилища. Пчелиные семьи этого вида часто бросают ульи, в которые поселил их человек. Поэтому данный вид с большим трудом используют в тропической зоне: Индия, Китай, Пакистан. Попытки использовать этих пчел на Дальнем Востоке приводят их к гибели. Вид *Apis cerana* F. (уссурийские пчелы) занесен в Красную книгу, так как его численность катастрофически сокращается.

Вид *Apis mellifera* L. позволяет человеку ловить рои и поселять их в искусственные жилища – ульи. Такая особенность *Apis mellifera* L. позволяет собирать их вместе в большом количестве, создавая пасеки.

В естественных условиях семьи находились друг от друга на большом расстоянии, поэтому они не болели, а если какая семья заболела, то она не могла заразить другие, так как они в природе исключительно редко бывают в контакте друг с другом.

Поселение пчелиных семей вместе в большом количестве на пасеке создало идеальную обстановку для появления многочисленных болезней пчел, как в личиночном состоянии (расплод), так и взрослых особей семьи.

Человек стал не только создавать пасеки, но и перевозить пчел из одной местности в другую. Таким путем заселили Австралию, Южную и Северную Америку, Новую Зеландию. Вид *Apis mellifera* L. заселил все континенты, кроме Антарктиды. Вместе с пчелами стали распространяться многочисленные болезни.

Для борьбы с болезнями пчел стали применять лекарственные препараты, загрязняющие продукты пчеловодства и тем самым угрожающие здоровью человека.

Человечество мечтает о создании технологии ухода за пчелами без применения лекарств. Первую такую технологию мы создали и испытали в производстве – зоотехнический метод лечения пчел без лекарств, который можно с уверенностью рекомендовать к применению на всех пасеках.

ВЫВОДЫ

1. Лечение болезней пчелиного расплода путем смены гнезда и вывода матки в больной семье способствует тому, что матки и пчелы приобретают иммунитет. После такого лече-

ния возвратных заболеваний не обнаруживалось.

2. Лечение пчелиных семей от нозематоза и амебиаза заключается только в защите перитрофической мембраны. Эффективная защита перитрофической мембраны гарантирует пчелиные семьи от заражения.

3. Термическая обработка пчелиных семей ранней весной и осенью после окончания взятка защищает пчелиные семьи от варроатоза, вирусных болезней и нозематоза.

4. Зоотехнический метод борьбы с болезнями пчел позволяет получать экологически безопасные продукты пчеловодства. Этот метод дает возможность создавать в нашей стране пасеки органического пчеловодства – Organic beekeeping

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бабичева Е. Пчеловодство в опасности // Пасека России. – 2020. – № 10–11. – С. 19.
2. Богданов В.Д. Давайте проблемы решать // Пасека России. – 2020. – № 10–11. – С. 18.
3. Каишковский В.Г. Уход за пчелами в Сибири. – Кемерово: Кн. изд-во, 1974. – 150 с.
4. Чупахина О.К., Беспалова Т.С. Осенние лечебно-профилактические обработки для успешной зимовки пчел // Пчеловодство. – 2020. – № 7. – С. 26–28.
5. Будникова Н.В., Митрофанов Д.В., Попкова М.А. Неоникотиноиды // Пчеловодство. – 2020. – № 7. – С. 8–9.
6. Каишковский В.Г. Содержание и разведение медоносных пчел *Apis mellifera* L. – СПб.: Наука, 2021. – 423 с.
7. Смирнова Н.И. Профилактика и лечение гнильцовых заболеваний пчел антибиотиками и бактериофагом. – Минск: Ураджай, 1967. – 74 с.
8. Гробов О.Ф., Лихотин А.К. Болезни и вредители пчел. – М.: Мир, 2003. – 288 с.
9. Губин В.А. О действии малых доз пенициллина на взрослых пчел при лечении гнильца // Пчеловодство. – 1954. – № 5. – С. 45–48.
10. Чем обеспокоены в ЕС [Электронный ресурс] // Пасека России. – 2020. – № 10. – С. 5. – Режим доступа: HV.UA.
11. Каишковский В.Г., Плахова А.А. Резервы производства экологически безопасной продукции пчел // Пчеловодство. – 2010. – № 9. – С. 52–53.
12. Каишковский В.Г., Плахова А.А. Пчеловодство и использование пчел для опыления сельскохозяйственных культур: монография. – Новосибирск: Наука РАН, 2010. – 220 с.
13. Семья Старичевских. Как решить проблемы в российском пчеловодстве // Пасека России. – 2020. – № 11–12. – С. 16.
14. Таранов Г.Ф. Корма и кормление пчел. – М.: Россельхозиздат, 1986. – 160 с.
15. Таранов Г.Ф., Лебедев В.И., Яковлев А.С. Книга пчеловодам. – М.: Росагропромиздат, 1992. – 251 с.
16. Каишковский В.Г. Советы пчеловодам. – Кемерово: Кн. изд-во, 1991. – 158 с.
17. Плахова А.А., Конарев В.Ф. Борьба с варроатозом пчел на фермерских пасеках Сибири // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2015. – № 4 (июль–август). – С. 45–46.

18. *Каишковский В.Г., Армеев В.Ф., Вилисов В.Д.* Имитационное моделирование в пчеловодстве // Пчеловодство. – 1987. – № 7. – С. 6–10.
19. *Каишковский В.Г., Кисилев Н.В.* Возможности создания органического пчеловодства в Сибири // Пчеловодство. – 2011. – № 6. – С. 8–9.
20. *Каишковский В.Г., Машинская Н.Д.* Пчелы и урожай. – Новосибирск, 2005. – 111 с.
21. *Ecology and Biological Resources of Melliferous Plants in the Vasyugan Plain and their Importance for the Arctic Belt / V.G. Kashkovskii, A.A. Plakhova, I.V. Moruzi, V.S. Tokarev, D.V. Kropachev* // International Journal of Engineering and Technology. – 2018. – Vol. 7, N 4 – P. 235–238.

REFERENCES

1. Babicheva E., *Paseka Rossii*, 2020, No. 10–11, pp. 19. (In Russ.)
2. Bogdanov V.D., *Paseka Rossii*, 2020, No. 10–11, pp. 18. (In Russ.)
3. Kashkovskij V.G. *Uhod za pchelami v Sibiri* (Beekeeping in Siberia), Kemerovo: Kn. izd-vo, 1974, 150 p.
4. Chupahina O.K., *Pchelovodstvo*, 2020, No. 7, pp. 26–28. (In Russ.)
5. Budnikova N.V., Mitrofanov D.V., Popkova M.A., *Pchelovodstvo*, 2020, No. 7, pp. 8–9 (In Russ.)
6. Kashkovskij V.G., *Soderzhanie i razvedenie medonosnyh pchel Apis mellifera L.* (Maintenance and breeding of honey bees *Apis mellifera* L.), Saint-Petersburg: Nauka, 2021, 423 p.
7. Smirnova N.I., *Profilaktika i lechenie gnil'covykh zabolevanij pchel antibiotikami i bakteriofagom* (Prevention and treatment of bee rot diseases with antibiotics and bacteriophage), Minsk: Uradzaj, 1967, 74 p.
8. Grobov O.F., Lihotin A.K., *Bolezni i vrediteli pchel* (Bee diseases and pests), Moscow: Mir, 2003, 288 p.
9. Gubin V.A., *Pchelovodstvo*, 1954, No. 5, pp. 45–48. (In Russ.)
10. *Paseka Rossii*, 2020, No. 10, pp. 5. (In Russ.)
11. Kashkovskij V.G., Plakhova A.A., *Pchelovodstvo*, 2010, No. 9, pp. 52–53. (In Russ.)
12. Kashkovskij V.G., Plakhova A.A., *Pchelovodstvo i ispol'zovanie pchel dlja opylenija sel'skohozjajstvennykh kul'tur* (Beekeeping and the use of bees for pollination of agricultural crops), Novosibirsk: Nauka RAN, 2010, 220 p.
13. *Paseka Rossii*, 2020, No. 11–12, pp. 16. (In Russ.)
14. Taranov G.F., *Korma i kormlenie pchel* (Feed and feeding of bees), Moscow: Rossel' hizdat, 1986, 160 p.
15. Taranov G.F., Lebedev V.I., Jakovlev A.S., *Kniga pchelovodam* (Book for Beekeepers), Moscow: Rosagropromizdat, 1992, 251 p.
16. Kashkovskij V.G., *Sovety pchelovodam* (Tips for beekeepers), Kemerovo: Kn. izd-vo, 1991, 158 p.
17. Plakhova A.A., Konarev V.F., *Vestnik Rossijskoj sel'skohozjajstvennoj nauki*, 2015, No. 4 (Ijul'–Avgust), pp. 45–46. (In Russ.)
18. Kashkovskij V.G., Armeev V.F., Vilisov V.D., *Pchelovodstvo*, 1987, No 7, pp. 6–10. (In Russ.)
19. Kashkovskij V.G., Kisilev N.V., *Pchelovodstvo*, 2011, No. 6, pp. 8–9. (In Russ.)
20. Kashkovskij V.G., Mashinskaja N.D., *Pchely i urozhaj* (Bees and crops), Novosibirsk, 2005, 111 p.
21. Kashkovskii V.G., Plakhova A.A., Moruzi I.V., Tokarev V.S., Kropachev D.V., Ecology and Biological Resources of Melliferous Plants in the Vasyugan Plain and their Importance for the Arctic Belt, *International Journal of Engineering and Technology*, 2018, Vol. 7, No. 4, pp. 235–238.

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОДУКЦИИ ПТИЦЕВОДСТВА
СТАТУСА «ОРГАНИК»**

И.Ю. Клемешова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

В.А. Реймер, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Е.В. Тарабанова, кандидат биологических наук, доцент

З.Н. Алексеева, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Новосибирский государственный аграрный
университет, Новосибирск, Россия
E-mail: Klemeshova-inna@mail.ru

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, органическая продукция, продуктивность, рационы, живая масса, рентабельность

Реферат. *Рассматривается вопрос производства органической продукции птицеводства, дается качественный анализ рационов, используемых при выращивании цыплят-бройлеров и оценивается возможность перехода от традиционных рационов к рационам без ингредиентов химического и микробного синтеза на основе сравнительных данных по показателям продуктивности и экономичности производства мяса цыплят-бройлеров. Требования к органической продукции предусматривают запрет на использование в кормлении птицы продуктов микробного и химического синтеза, а также генно-модифицированных продуктов. Получение большого количества птицепродукции в короткие сроки и доступной по цене предполагает применение всевозможных добавок, которые не позволяют причислить продукцию к статусу органической. Опросы общественного мнения показывают, что формируется новый слой потребителей, готовых платить больше за органическое мясо птицы. Целью настоящей работы является оценка возможности производства органического мяса цыплят-бройлеров. Исследования проводились на птицефабрике «Бердская», тест-объектом являлись цыплята-бройлеры кросса Иза с суточного до 40-дневного возраста. Сравнивали эффективность использования традиционного промышленного рациона и рациона без продуктов микробного и химического синтеза. В ходе эксперимента учитывались живая масса птицы, среднесуточный и валовой приросты, сохранность, затраты корма, экономическая эффективность. При выращивании промышленных кроссов цыплят-бройлеров на рационах без ингредиентов химического и микробного синтеза на момент убоя птицы средняя живая масса была ниже на 64,0 %, среднесуточный прирост – на 52,9 %; затраты корма на единицу продукции увеличились в 1,7 раза при одинаковой сохранности молодняка (92,2 %). Увеличение сроков выращивания цыплят до 70 дней привело к повышению затрат корма в 1,4 раза. Уменьшение продуктивных показателей снизило уровень рентабельности на 61,2 %. Увеличение стоимости килограмма мяса на 25 – 50 – 100 % позволит повысить уровень рентабельности соответственно на 22,4 – 4,7 – 133,5% в сравнении с традиционным способом.*

THEORETICAL BASIS OF OBTAINING POULTRY PRODUCTS OF "ORGANIC" STATUS

I.Yu. Klemeshova, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor

V.A. Reimer, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

E.V. Tarabanova, PhD in Biological Sciences, Associate Professor

Z.N. Alekseeva, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

Key words: broiler chickens, organic products, productivity, rations, live weight, profitability.

Abstract. The authors considered organic poultry production and presented a qualitative analysis of the diets used in raising broiler chickens. The authors also evaluated the possibility of switching from traditional diets to diets without chemical and microbial synthesis ingredients based on comparative data on the performance and economics of broiler chicken meat production. Organic requirements prohibit the use of microbial and chemical synthesis and genetically modified products in poultry feed. Obtaining large quantities of poultry products in a short period and at an affordable price involves using all kinds of additives that do not allow the products to qualify as organic. Surveys and opinion polls show that a new layer of consumers is today willing to buy organic poultry meat at a higher price. The aim of this work is to evaluate the possibility of producing organic meat from broiler chickens. The research was carried out at the Berdskaya poultry farm, and the test object was broiler chickens of the Iza cross. The age of broiler chickens ranged from one to 40 days old. The authors compared the effectiveness of traditional industrial diets and diets without microbial and chemical synthesis products. During the experiment, live poultry weight, average daily and gross gains, survival, feed costs and cost-effectiveness were considered. In commercial broiler chickens raised on diets without chemical and microbial synthesis ingredients during slaughter, the average live weight was 64.0% lower than that of broiler chickens in the experimental group. The average daily gain of these same broilers was also 52.9% lower. Feed costs per unit of production in industrial broiler chickens increased 1.7 times with the same survival rate of young animals (92.2%). Increasing the rearing period to 70 days resulted in a 1.4-fold increase in feed costs. The level of profitability decreased by 61.2 %, with a decrease in productivity. Increasing the price per kg of meat by 25 - 50 - 100 % would increase the profitability level by 22.4 - 4.7 -133.5 %, respectively, compared to the traditional method.

Основной постулат производства органик-продукции животноводства заключается в том, что в рационах кормления не должно содержаться ингредиентов микробного и химического синтеза, в том числе и генно-модифицированных кормов. В типичные же промышленные рационы при производстве мяса цыплят-бройлеров, где основу составляет пшеница, добавляются синтетические аминокислоты (до 7 наименований) и синтетические витамины (около 13 наименований), а также химические соли жизненно необходимых элементов. Это продиктовано нормами потребности организма птицы при сроке её выращивания

до 40 дней [1, 2]. Помимо этого, в кормосмесь вводят антиоксиданты, антибактериальные препараты, кормовые антибиотики и ферменты. Таким образом, около 25 ингредиентов, используемых при выращивании цыплят-бройлеров, не имеют органической природы, хотя в мировой и отечественной практике накоплен значительный опыт замены антибиотиков фитобиотиками [3], наночастицами серебра [4–6], пробиотиками [7–9]. Перспективной представляется возможность замены в рационах сельскохозяйственных животных химических солей их органическими формами, называемыми хелатами [10–15]. Кроме вышеприведенно-

го списка средств, постоянно реализуется программа антибиотикотерапии, согласно которой с 1-го по 35-й день выращивания цыплятам ежедневно дают с кормом или водой антибактериальные препараты. Предписано также обязательное вакцинирование цыплят против ряда заболеваний, таких как болезнь Марека, Гамборо, и для поддержания иммунитета.

Стереотип производства птицы продукции в промышленных объемах на всех мегапредприятиях одинаков, поэтому на территории Западной Сибири нет ни одной птицефабрики, производящий продукцию «органик». Перед ними поставлена задача количественного обеспечения населения мясом и яйцами. Чем выше масса, тем больше нормы введения катализаторов роста, однако при этом не прослеживаются биотрансформационные пути вводимых ингредиентов, их побочные связи в организме и, наконец, нет критериев качества мяса, по которым можно было бы определить, на каких рационах выращена птица.

Социологические опросы свидетельствуют о том, что общество заинтересовано в возможности питания органической продукцией [16], однако интерес может быть нереализованным из-за высоких цен на продукцию. С другой стороны, возникает вопрос, насколько товаропроизводителю будет выгодно заниматься органическим производством.

Целью настоящей работы является оценка возможности производства органического мяса цыплят-бройлеров.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились на птицефабрике «Бердская», тест-объектом являлись цыплята-бройлеры кросса Иза с суточного до 40-дневного возраста. Опыт выполнялся в трех повторностях по 33 головы в каждой клетке (табл. 1).

Оценка показателей продуктивности цыплят проводилась на основе индивидуального учета через каждые 10 дней согласно методи-

ческим требованиям ВНИТИП. Расчетным путем определяли среднесуточный и валовой приросты и экономические показатели производства промышленного и органического мяса цыплят-бройлеров. Структура рационов приведена в табл. 2.

По питательной ценности рационы были сбалансированы. По требованиям ЕС, первый рацион не может быть признан соответствующим производству органик-продукции [17].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На основе индивидуального взвешивания цыплят от суточного возраста с интервалом в 10 дней прослежена динамика роста молодняка, а также сохранность на момент убоя птицы (табл. 3).

Со второй десятидневки убедительно проявляется роль катализаторов, обеспечивающих нарастание биологической массы тела цыплят. Средняя живая масса птицы на момент убоя (в 40 дней) составляла 2189,3 г, при этом молодняк, выращиваемый по второму рациону, достигал лишь 790,0 г живой массы, что на 64% меньше планируемой по промышленной технологии выращивания. Кормление цыплят на втором рационе было продолжено до 70 дней и при достижении живой массы 1810,6 г произведен убой.

Насколько экономически оправданно производство мяса цыплят-бройлеров на рационах без использования неорганических веществ, отражено в табл. 4.

При выращивании молодняка птицы на органическом рационе отмечается снижение среднесуточных приростов в 2,1 раза, что приводит к росту затрат корма на 1 кг прироста живой массы в 1,7 раза. Учитывая увеличение сроков выращивания на 30 дней, повышаются и общие затраты корма в 1,4 раза. С позиции товаропроизводителя производство органик-мяса цыплят-бройлеров представляется убыточным, уровень рентабельности снижается на 61,2%. Однако, учитывая высокую конкуренцию на рынке сбыта продукции и заинтересованность общества в экопродук-

Таблица 1

Схема опыта
Schematic diagram of the experiment

Группа	Возраст, дней	Количество голов	Рацион кормления
1	С 1-го до убоя	99	Традиционно используемый в хозяйстве
2	С 1-го до убоя	99	Рацион без ингредиентов микробного и химического синтеза

ции, решающая роль в вопросе выращивания цыплят на органических рационах будет принадлежать стоимости 1 кг мяса (табл. 5).

С увеличением цены реализации мяса птицы органического кормления на 25 – 50 – 100% уровень рентабельности возрастает соответственно на 22,4 – 44,7 – 133,5% по сравнению с традиционным (112%).

Признавая тот факт, что на сегодня обеспеченность птицепродукцией идет за счет мегаптицефабрик, нельзя умалчивать о реальных возможностях развития сектора по производству органической продукции на базе фермерских хозяйств. Наиболее сложным представляется вопрос контроля за качеством продукции, поскольку нет маркеров по оцен-

Таблица 2

Структура рационов
Ration structure

Традиционный рацион		Рацион без ингредиентов микробного и химического синтеза	
состав рациона	количество, %	состав рациона	количество, %
Пшеница	60	Пшеница	60
Соевый шрот	10	Соевый шрот	20
Полножирная соя	14	Полножирная соя	10
Дрожжи	4,0	Подсолнечный жмых	5
Подсолнечный жмых	3,4	Подсолнечное масло	2
Подсолнечное масло	4,7	Известняк	2,6
Монокальцийфосфат	1,3	Соль	0,2
Известняк	1,6	Сода пищевая	0,2
Соль	0,2		
Сода	0,2		
Лизин	0,3		
Метионин	0,28		
СМС	0,45		
Ровемикс	0,01		
Холинхлорид	0,01		

Примечание. На долю 2% традиционного рациона приходится 3 наименования макроэлементов, 7 – микроэлементов химических солей, 7 – синтетических аминокислот, 13 – синтетических витаминов.

Таблица 3

Динамика живой массы и сохранность цыплят бройлеров, выращиваемых на разных рационах кормления
Live weight dynamics and survival performance of broiler chickens reared on different diets

Группа	Средняя живая масса (г) по дням выращивания								Сохранность, %
	1	10	20	30	40	50	60	70	
1	48,7±0,2	162,4±3,4	613,1±18,3	1282,8±24,4	2189,3±44,9	-	-	-	92,2
2	49,2±0,3	157,5±2,9	378,7±19,8***	515,2±12,6***	790,0±12,7***	1050,2±31,4	1380,4±25,4	1810,6±32,2	92,2

Таблица 4

Экономическая эффективность производства органического мяса цыплят-бройлеров
Economic efficiency of organic meat production in broiler chickens

Показатель	Рацион	
	традиционный (1)	без ингредиентов микробного и химического синтеза (2)
Выращено цыплят, гол.	100	100
Живая масса 1 гол., г	2189,3	1810,6
Среднесуточный прирост, г	53,7	25,3
Сохранность, %	92,2	92,2
Затраты корма на 1 кг прироста, кг	1,76	3,04
Валовой прирост, кг	214,8	177,1
Затрачено кормов всего, кг	378	538,4
Стоимость 1 кг корма, руб.	13,1	10,7
Стоимость кормов всего, руб.	4951,8	5760,9
Потрошеной массы всего, кг	150	124,1
Цена реализации, руб.	100	100
Выручка от реализации, руб.	15000	12400
Прибыль, руб.	7926,0	4180,1
Уровень рентабельности, %	112	50,8

Таблица 5

Зависимость уровня рентабельности производства мяса цыплят-бройлеров от цены реализации 1 кг мяса
Profitability of production of broiler chicken meat depending on the price of 1 kg of meat

Показатель	Традиционный рацион	Органический рацион			
		100	125	150	200
Цена реализации, руб.	100	100	125	150	200
Выручка от реализации, руб.	15000	12400	17455	19910	24820
Прибыль, руб.	7926	4180,1	10092	12258	16590
Уровень рентабельности, %	112	50,8	134,4	156,7	201,5

ке статуса «органик», равно как и государственной службы, контролирующей качество рационов, а также сроки выращивания и живую массу птицы к моменту убоя.

ВЫВОДЫ

1. При выращивании промышленных кроссов цыплят-бройлеров на рационах без ингредиентов химического и микробного синтеза со второй декады жизни отмечается резкое снижение продуктивных показателей по сравнению с традиционным способом кормления. На момент убоя птицы средняя живая масса была ниже на 64,0%, среднесуточный прирост –

на 52,9%; затраты корма на единицу продукции увеличились в 1,7 раза при одинаковой сохранности молодняка (92,2 %).

2. Увеличение сроков выращивания цыплят до 70 дней привело к повышению затрат корма в 1,4 раза. Снижение продуктивных показателей уменьшило уровень рентабельности на 61,2%.

3. Заинтересованность производителей мяса цыплят-бройлеров статуса «органик» будет определяться спросом населения и разумной ценовой политикой. Увеличение стоимости килограмма мяса на 25–50 – 100% повышает уровень рентабельности соответственно на 22,4 – 4,7 – 133,5% в сравнении с традиционной технологией кормления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Георгиевский В.И.* Минеральное питание сельскохозяйственной птицы. – М.: Колос, 1970. – 327 с.
2. *Спиридонов И.П., Мальцев А.Б., Давыдов В.М.* Кормление сельскохозяйственной птицы от А до Я. – Омск: Сиб. НИИ птицеводства, 2002. – 696 с.
3. *Использование* пробиотиков, пребиотиков и симбиотиков в птицеводстве: метод. указания / под общ. ред. В.И. Фисинина, И.А. Егорова. – Сергиев Посад: ВНИТИП, 2008. – 42 с.
4. *Активированные* корма с нанобиокомпозитом серебра в птицеводстве / З. Алексеева, В. Реймер, В. Скрябин, Е. Тарабанова, О. Андреева // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2010. – № 1. – С. 60–61.
5. *Тарабанова Е.В., Алексеева З.Н., Реймер В.А.* Изменения микробиоценоза кишечника цыплят при введении в рацион серебряного нанобиокомпозита // Вестник НГАУ. – 2011. – № 1. – С. 83–87.
6. *Тарабанова Е.В.* Физиологический статус сельскохозяйственной птицы в раннем онтогенезе при выращивании с использованием нанобиокомпозита: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Новосибирск, 2013. – 29 с.
7. *Антипов В.А.* Использование пробиотиков в животноводстве // Ветеринария. – 1991. – №4. – С. 55–58.
8. *Тараканов Б.В.* Механизм действия пробиотиков на микрофлору пищеварительного тракта и организм животных // Ветеринария. – 2000. – №1. – С. 47–54.
9. *Швыдков А.И., Ланцева Н.Н., Рябуха Л.А.* Физиологическое обоснование использования пробиотиков, симбиотиков и природных минералов в бройлерном производстве Западной Сибири. Ч. 1: Комплексная характеристика молочно-кислой кормовой добавки: монография / Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск, 2015. – 148 с.
10. *Органические* формы микроэлементов в кормлении сельскохозяйственной птицы: метод. указания / под общ. ред. В.И. Фисинина. – Сергиев-Посад: ВНИТИП, 2010. – 43 с.
11. *Brandzaeg P.* The mucosal immune system and its integration with the mammary glands // J. Re-diatr. – 2010. – N 156. – P. 8–15.
12. *Ao T., Piers J.* The replacement of inorganic mineral salts with mineral proteinates in poultry diets // Worlds Poultry Sci. – 2013. – Vol. 69, N 1. – 2013. – P. 5–17.
13. *Тимошенко Р.* Роль хелатных микроэлементов в повышении продуктивности родительского стада бройлеров // Комбикорма. – 2015. – № 12. – С. 75–76.
14. *Оптимизация* потребности в микроэлементах с помощью глицинатов // Животноводство России. – 2018. – № 2. – С. 14–16.
15. *Synthesis and characterization of ferrous cysteinate nanoparticles as a promising dietary supplement* / O. Koshcheeva, T. Skiba, P. Stabnikov, E.A. Maximovskiy, A. Zubareva, I.V. Korolkov, S. Koshcheev, Z. Alekseeva, V. Reimer, I. Klemeshova // New J. Chem. – 2020. – DOI: 10.1039/D0NJ02886J.
16. *Алексеева З.Н., Реймер В.А., Клемешова И.Ю.* Птицеводство от «А» до «Я» / Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск, 2008. – 207 с.
17. *Борживой Ш., Урбан И.* Органическое сельское хозяйство. – Чешская республика, Оломоуц, 2010. – 340 с.

REFERENCES

1. Georgievskii V.I., *Mineral'noe pitanie sel'skokhozyaistvennoi ptitsy* (Mineral nutrition for poultry), Moscow: Kolos, 1970, 327 p.
2. Spiridonov I.P., Mal'tsev A.B., Davydov V.M., *Kormlenie sel'skokhozyaistvennoi ptitsy ot A do Ya* (Feeding poultry from A to Z), Omsk, GNU Sibirskii NII ptitsevodstva, 2002, 696 p.
3. Fisinin V.I., Egorov I.A. *Ispol'zovanie probiotikov, prebiotikov i simbiotikov v ptitsevodstve* (Use of probiotics, prebiotics and symbiotics in poultry farming), Sergiev-Posad: VNITIP, 2008, 42 p.
4. Alekseeva Z., Reimer V., Skryabin V., Tarabanova E., Andreeva O., *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal*, 2010, No. 1, pp. 60–61. (In Russ).
5. Alekseeva Z.N., Tarabanova E.V., Reimer V.A., *Vestnik NGAU*, 2011, No. 1, pp. 83–87. (In Russ).
6. Tarabanova E.V. *Fiziologicheskii status sel'skokhozyaistvennoi ptitsy v rannem ontogeneze pri vyrashchivanii s ispol'zovaniem nanobiokompozita* (Physiological status of poultry in early ontogenesis when grown using nanobiocomposite), Extended abstract of candidate's thesis, Novosibirsk, 2013, 29 p.
7. Antipov V.A., *Veterinariya*, 1991, No.4, pp. 55–58. (In Russ).
8. Tarakanov B.V., *Veterinariya*, 2000, No.1, pp. 47–54. (In Russ).
9. Shvydkov A.I., Lantseva, N.N., Ryabukha L.A., *Fiziologicheskoe obosnovanie ispol'zovaniya probiotikov, simbiotikov i prirodnkh mineralov v broilernom proizvodstve Zapadnoi Sibiri. Ch. 1: Kompleksnaya kharakteristika molochno-kisloi kormovoi dobavki* (Physiological substantiation of the use of probiotics, symbiotics and natural minerals in broiler production in Western Siberia. Part 1: Complex characteristics of lactic acid feed additive), Novosibirsk, 2015, 148 p.
10. Fisinin V.I., *Organicheskie formy mikroelementov v kormlenii sel'skokhozyaistvennoi ptitsy* [Organic forms of trace elements in poultry feeding], Sergiev-Posad: VNITIP, 2010, 43 p.
11. Brandzaeg P., The mucosal immune system and its integration with the mammary glands, *J. Rediatr*, 2010, No. 156, pp. 8–15.
12. Ao T., Piers J., The replacement of inorganic mineral salts with mineral proteinates in poultry diets, *Worlds Poultry Sci*, 2013, Vol. 69, No.1, pp. 5–17.
13. Timoshenko R., *Kombikorma*, 2015, No. 12, pp. 75–76. (In Russ).
14. Lavander B., *Zhivotnovodstvo Rossii*, 2018, No.2, pp. 14–16. (In Russ).
15. Koshcheeva O., Skiba T., Stabnikov P., Maximovskiy E.A., Zubareva A., Korolkov I.V., Koshcheev S., Alekseeva Z., Reimer V., Klemeshova I., Synthesis and characterization of ferrous cysteinate nanoparticles as a promising dietary supplement, *New J. Chem*, 2020, DOI: 10.1039/D0NJ02886J.
16. Alekseeva Z.N., Reimer V.A., Klemeshova I.Yu., *Ptitsevodstvo ot «A» do «Ya»* (Poultry farming from «A» to «Z»), Novosibirsk: NGAU, 2008, 207 p.
17. Borzhivoi Sh., Urban I., *Organicheskoe sel'skoe khozyaistvo* (Organic farming), Cheshskaya respublika, Olomouts, 2010, 340 p.

**ПАТОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ОРГАНИЗМЕ СОБАК ПРИ
ЭХИНОКОККОВОЙ ИНВАЗИИ В ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ**

А.М. Окунев, кандидат ветеринарных наук, старший
научный сотрудник

Государственный аграрный университет Северного
Зауралья, Тюмень, Россия
E-mail: okusana-89@rambler.ru

Ключевые слова: эхинококки,
собаки, инвазия, дисбактериоз,
токсикоз, общие и биохимиче-
ские показатели крови

Реферат. Собаки являются дефинитивными хозяевами эхинококков, поэтому несут не только опасное для сельскохозяйственных животных и человека инвазионное начало, но и сами подвергаются сильному токсическому воздействию гельминтов. Целью настоящей работы было выяснение патологического влияния эхинококков на кишечную микрофлору и некоторые показатели крови в организме пораженных собак в условиях Тюменской области. Патологическое влияние половозрелых паразитов на организм хозяев изучали на 8 беспородных собаках. В рамках бактериологического анализа свежих фекалий животных делали посев содержимого на специальные питательные среды с последующим подсчетом клеток. Идентификацию бактерий проводили путем микроскопии выделенных культур, изучая морфологические особенности и окраску по Граму. Кровь для проведения общего и биохимического анализа брали у собак из бедренной вены утром до кормления. В результате исследований было установлено, что в пищеварительном тракте собак, пораженных эхинококками, происходит уменьшение количества бифидо- и лактобактерий в 2 раза ($P < 0,001$) по сравнению с интактными особями. Количество эшерихий, наоборот, увеличивается в 1,6 раза, стафилококков – в 4,1, клостридий – в 8,3 ($P < 0,001$), что приводит к дисбактериозу в кишечнике, нарушению пищеварения и вторичному токсикозу животных. Общий анализ крови показал, что в результате действия токсинов в организме больных животных происходит разрушение и снижение содержания эритроцитов на 30,2%, тромбоцитов – на 26,7 и гемоглобина – на 32,4%. В лейкоформуле изменения проявляются некоторым повышением доли гранулоцитов (на 6,6%) за счет эозинофилов ($P < 0,01$) и снижением – агранулоцитов (на 20,0%). Биохимический анализ крови собак при эхинококкозе выявил уменьшение общего белка на 17,7% и резкое снижение холестерина – в 3 раза. На угнетение функции печени и почек указывает увеличение в крови креатинина и мочевины в 2 раза, повышение уровня билирубина в 3,2 раза, ферментов АЛТ (в 2 раза) и АСТ (в 2,6 раза), а также щелочной фосфатазы (в 2 раза) ($P < 0,001$).

**PATHOLOGICAL CHANGES IN DOGS WITH ECHINOCOC-
CAL INFESTATION IN THE TYUMEN REGION**

A.M. Okunev, cPhD in Veterinary Sciences, Senior Researcher

The State Agrarian University of Northern Trans-Ural, Tyumen, Russia
E-mail: okusana-89@rambler.ru

Key words: Echinococcus, dogs, infestation, dysbiosis, toxicosis, general and biochemical blood parameters.

Abstract. Dogs are the definitive hosts of Echinococcus, so not only do they carry a dangerous infestation for farm animals and humans, but they are also exposed to the substantial toxic effects of helminths themselves. The present work aims to find out the pathological impact of Echinococcus on the intestinal microflora and some blood parameters in the organism of affected dogs under the conditions of the Tyumen region. The authors studied the pathological effect of the sexually mature parasites on the host organism in 8 mongrel dogs. The contents were inoculated on special nutrient media, followed by cell counting as part of the bacteriological analysis of fresh animal faeces. Bacteria were identified by microscopy of isolated cultures, examining morphological features and Gram staining. Blood was taken from dogs from the femoral vein in the morning before feeding for general and biochemical analysis. It was found that the digestive tract of the dogs infected with Echinococcus decreased in bifido- and lactobacilli by a factor of 2 ($P < 0.001$) compared with those of intact individuals. Escherichia increased by 1.6 times, Staphylococcus was augmented by 4.1, and Clostridium increased by 8.3 ($P < 0.001$), leading to intestinal dysbacteriosis, digestive disorders, and secondary toxicosis animals. General blood analysis showed a 30.2% reduction in erythrocytes, 26.7% in platelets and 32.4% in haemoglobin. This reduction is the result of the action of toxins in the body of the patients. In the leukoformula, changes are manifested by a slight increase in the proportion of granulocytes (by 6.6%) due to eosinophils ($P < 0.01$) and a decrease in agranulocytes (by 20.0%). Biochemical blood analyses of dogs with echinococcosis showed a 17.7% reduction in total protein and a 3-fold decrease in cholesterol. A 2-fold increase in creatinine and urea, a 3.2-fold increase in bilirubin, a 2.6-fold increase in ALT and AST, and a 2-fold increase in alkaline phosphatase indicate inhibition of liver and kidney function.

В Зауралье функционируют два очага эхинококкоза: природный и синантропный, реализующиеся в заболеваниях различных видов домашних и диких животных, а также людей в Свердловской, Челябинской, Курганской и Тюменской областях. В синантропных очагах дефинитивными хозяевами *Echinococcus* spp. являются в основном собаки, ответственные за заболеваемость эхинококкозом сельскохозяйственных животных и населения. По некоторым данным, зараженность собак цестодами в сельских районах Урала и Сибири может достигать 15%, а бродячих – 70–80 %. Отмечена также миграция заразного начала из природных очагов в синантропные и наоборот [1–3].

На юге Тюменской области в структуре синантропных очагов основное значение в поддержании численности паразитов имеет связка «собака – крупный и мелкий рогатый скот» (на севере – «собака – северный олень»). Промежуточным хозяином эхинококков может быть и человек, поэтому данная инвазия представляет серьезную проблему не только для ветеринарии, но и для медицины. В период с 2014 по 2018 г. на территории области были

зафиксированы очаги этого опасного заболевания людей в Армизонском, Аромашевском, Бердюжском, Голышмановском, Исетском, Ишимском, Казанском и Тобольском районах. В областном центре в эти годы было зафиксировано 7 случаев данного заболевания. В Ямало-Ненецком и Ханты-Мансийском округах уровень заболеваемости людей эхинококком в прошлые годы превышал среднероссийские показатели в 9,3 раза [3–5].

Собаки заражаются паразитами при поедании органов убитых или павших животных, пораженных эхинококковыми пузырями. У инвазированных собак в кишечнике одновременно паразитируют обычно сотни и даже тысячи эхинококков, оказывая сильное патологическое воздействие на организм. Токсикоз у собак проявляется клинически в поздние сроки инвазии. Этот процесс возникает в результате выделения гельминтами ядовитых продуктов метаболизма, а также постоянного раздражения и нарушения структуры слизистой кишечника крючьями сколексов гельминтов и изменения его секреторной функции. В результате сдвигается рН содержимого в кислую сторону, возникает

дисбактериоз – увеличение количества факультативных условно-патогенных микробов (клостридий, сальмонелл, протей, эшерихий) при резком сокращении числа автохтонных бактерий (энтерококков, молочно-кислых лакто- и бифидобактерий и актиномицетов – поставщиков антибиотических веществ и витаминов группы В). Нарушается полостное и пристеночное пищеварение, образуются продукты неполного и гнилостного расщепления белков и других веществ (фенол, крезол, скатол, индол, меркаптан и др.), которые, всасываясь в кровь, вызывают вторичную интоксикацию организма. Все это приводит к нарушению обмена веществ у больных животных, дефициту витаминов, микро- и макроэлементов. Аллергическое воздействие гельминтов на организм собак также рассматривается как косвенный процесс патогенеза заболевания. Известно, что в теле цестод и их метаболитах содержатся полипептиды, аллергогенные протеины, а также гликолипиды и полисахариды. Эти вещества, первично попав в организм, вызывают сенсibilизацию, которая может вызвать повышенную реакцию при реинвазии животных [6–8].

Цель настоящей работы – выяснение патологического влияния эхинококкоза на кишечную микрофлору и некоторые показатели крови в организме пораженных собак.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В Тюменской области инвазированность собак эхинококками определялась на основе литературных сведений, многолетних собственных исследований (2014 – 2018 гг.), а также данных областного ветеринарного отдела и районных станций по борьбе с болезнями животных [5, 9].

Всего на зараженность собак данным цестодозом было исследовано гельминтооо-скопическим методом 226 животных (13 поражено) на юге области, 83 особи (7 поражено) в Ханты-Мансийском автономном округе (ХМАО) и 156 (14 поражено) – в Ямало-Ненецком автономном округе (ЯНАО). Для

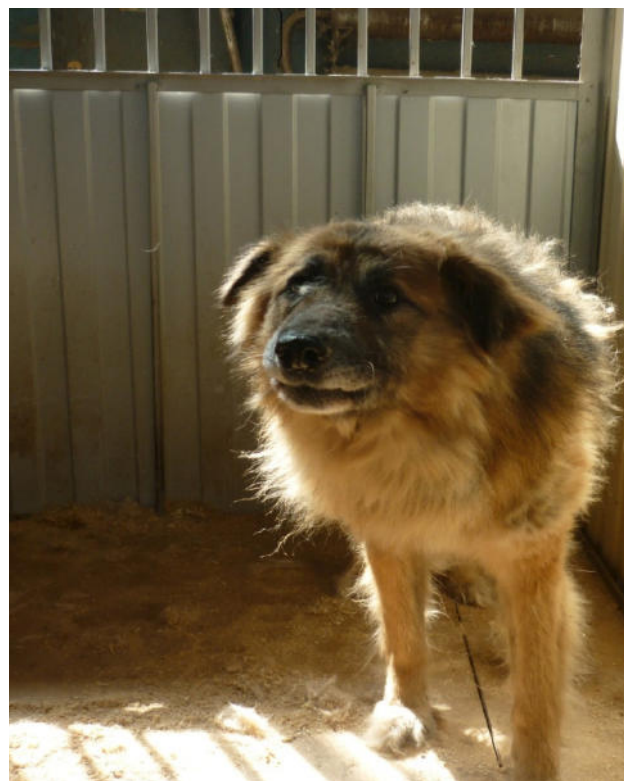


Рис. 1. Клетка для содержания безнадзорных собак
Cage for stray dogs

характеристики распространения инвазии среди сельских беспривязных, оленегонных и охотничьих собак применяли такой показатель как экстенсивность инвазии (ЭИ, %, процент пораженных животных в обследованной группе) и интенсивность (ИИ, экз/г, среднее количество яиц цестод в 1 г фекалий). Микроскопию образцов кала проводили методом флотации с использованием счетной камеры ВИГИС [10, 11].

Оценку токсического действия эхинококковой инвазии на организм животных изучали на 4 зараженных беспородных собаках 4–7-летнего возраста. В контроле было использовано столько же интактных аналогичных особей. Весь период опыта животные находились в одинаковых условиях содержания и кормления в пункте временного содержания безнадзорных домашних животных г. Тюмени (рис. 1).

Для бактериологического анализа использовали свежие фекалии, содержимое которых после разведений высевали на специальные питательные среды. Количество клеток определяли методом Коха. Идентификацию бак-

Таблица 1

Инвазированность собак эхинококками в Тюменской области
Canine infestation by *Echinococcus* in Tyumen region

Категории собак	Юг Тюменской области		ЯНАО		ХМАО	
	ЭЭ	ИИ	ЭЭ	ИИ	ЭЭ	ИИ
Оленегонные и охотничьи	-	-	9,1	112,3±36,8	8,4	91,4±32,7
Пастушьи и беспривязные дворовые	5,7	68,2±16,4	-	-	-	-

терий в выделенных культурах проводили путем изучения их морфологических особенностей микробов и окраски по Граму [12, 13].

Кровь для проведения общего анализа, определения лейкоцитарного индекса интоксикации (ЛИИ) и биохимических исследований брали у собак из бедренной вены утром до кормления.

Полученные цифровые значения обрабатывали методом вариационной статистики, при этом достоверность разницы (td) определяли по критерию Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В табл. 1 представлены усредненные данные по зараженности собак эхинококками на юге области и в округах. Выборка сделана

по оленегонным и охотничьим псам, а также дворовым животным сельской местности. Из этих данных видно, что наибольшая инвазированность наблюдается в округах с развитым оленеводством, где высока зараженность оленегонных собак. В ХМАО и ЯНАО также встречаются пораженные охотничьи собаки, которые заражаются паразитами при поедании внутренних органов убитых промысловых животных из отряда парнокопытных (кабаны, лоси, олени).

Похожие результаты зараженности собак *Echinococcus* spp. мы встречаем у других авторов, проводивших исследования в Уральском регионе. Так, П.И. Христиановский, В.В. Белименко [2] сообщали, что общая инвазированность собак эхинококками за последние годы в сельской местности варьировала от 5 до 15%. А.К. Булашев и др. также

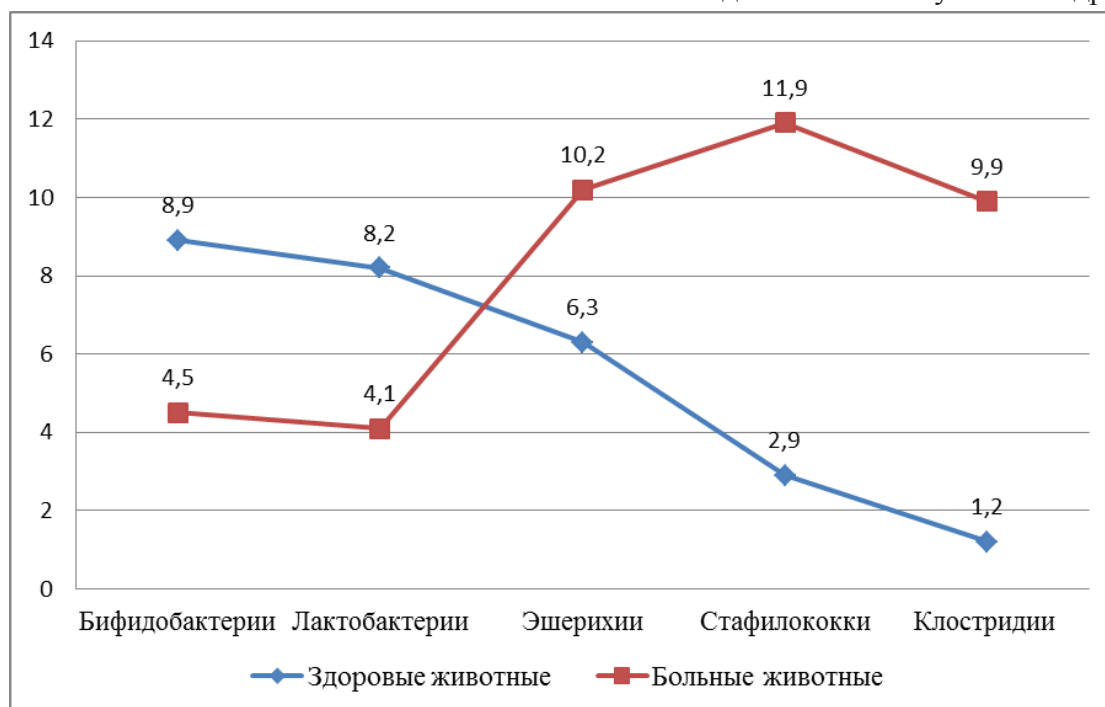


Рис. 2. Состав и количественные показатели микрофлоры (lg КОЕ/г) фекалий больных эхинококкозом и здоровых собак

Composition and quantitative indexes of microflora (LG CFU/g) of faeces of sick and healthy dogs

указывали на высокую зараженность этими цестодами приотарных и поселковых собак в Казахстане [14].

На рис. 2 показана структура основных групп автохтонной и условно-патогенной микрофлоры в фекалиях больных эхинококкозом и здоровых собак. Микробиота желудочно-кишечного тракта исследованных собак очень сложна по составу и поэтому представлена на диаграмме не в полном объеме.

Как видим, состав бактерий в обеих группах одинаковый, тогда как их количественные показатели сильно отличаются. Так, бифидо- и лактобактерий у больных собак было $4,50 \pm 0,35$ и $4,10 \pm 0,26$ КОЕ/г соответственно, т. е. в 2 раза меньше, чем у здоровых особей

($8,90 \pm 0,73$ и $8,20 \pm 0,36$ КОЕ/г) ($P < 0,001$). В то же время в фекалиях инвазированных собак количество эшерихий превышало в 1,6 раза число аналогичных клеток, выявленных у интактных животных ($10,20 \pm 0,52$ против $6,30 \pm 0,41$ КОЕ/г) ($P < 0,001$), стафилококков – в 4,1 раза ($11,90 \pm 1,84$ против $2,90 \pm 0,71$ КОЕ/г) ($P < 0,001$), клостридий – в 8,3 раза ($9,90 \pm 0,72$ против $1,20 \pm 0,42$ КОЕ/г) ($P < 0,001$).

Такие значительные различия в количественном соотношении автохтонных и факультативных бактерий в фекалиях больных и здоровых собак свидетельствуют о состоянии дисбактериоза в кишечнике инвазированных животных. Наши данные подтверждают выводы многих ученых о патогенном влия-

Таблица 2

Результаты общего и биохимического анализа крови собак при эхинококковой инвазии
Results of the general and biochemical blood analyses in dogs with the echinococcal infestation

Показатели	Группы животных		Уровень достоверности
	здоровые	больные	
Общие показатели			
Лейкоциты, тыс/мкл	10,1±1,4	13,5±2,1	-
Эритроциты, млн/мкл	6,3±2,1	4,4±1,3↓	-
Гемоглобин, г/л	134,1±4,2	90,6±3,4↓	P<0,001
Тромбоциты, тыс/мкл	168,4±8,2	123,5±4,4↓	P<0,001
СОЭ, мм/ч	3,6±1,4	9,8±2,6↑	-
Лейкоформула, %			
Палочкоядерные нейтрофилы	4,0±1,8	6,0±1,8	-
Сегментоядерные нейтрофилы	67,0±6,6	60,0±3,7	-
Эозинофилы	4,0±1,8	14,0±2,7	P<0,01
Лимфоциты	23,0±5,9	19,0±2,6	-
Моноциты	2,0±1,2	1,0±0,5	-
ЛИИ	0,60±0,11	0,24±0,03	P<0,01
Биохимические показатели			
Общий белок, г/л	63,4±4,6	52,2±3,3	-
Альбумины, г/л	31,9±4,7	24,5±2,9	-
Креатинин, мкмоль/л	56,8±6,4	118,2±6,9↑	P<0,001
Мочевина, ммоль/л	4,9±0,5	9,3±0,4↑	P<0,001
Билирубин, мкмоль/л	3,6±0,6	11,4±0,8↑	P<0,001
АЛТ, МЕ/л	33,4±3,2	69,8±4,6↑	P<0,001
АСТ, МЕ/л	28,6±1,8	74,2±3,7↑	P<0,001
Щелочная фосфатаза, МЕ/л	46,7±5,1	97,9±4,5↑	P<0,001
Амилаза, МЕ/л	1240,4±25,8	1144,8±13,5	P<0,01
Холестерин, ммоль/л	2,5±0,5	0,8±0,3↓	P<0,05

нии кишечных гельминтов на микробиоценоз в пищеварительном тракте пораженных собак. Например, Е.М. Романова с соавторами [7] отмечают, что при токсокарозе у собак наблюдается уменьшение количества лактобацилл, бифидобактерий, бактероидов при резком увеличении клостридий, протей, стафилококков и стрептококков, что приводит к дисбактериозу кишечника. О негативном действии цестод на банальную микрофлору кишечника собак также сообщал N.E. Umeche [15].

Общий анализ крови больных собак выявил у них снижение количества гемоглобина (на 32,4%) и тромбоцитов (на 26,7%) по сравнению со здоровыми псами, что говорит о всасывании в кровь метаболитов гельминтов, патогенных бактерий, продуктов разложения белков и негативном их действии на клетки (табл. 2).

При дифференциальном подсчете белых клеток крови у пораженных собак не обнаружены миелоциты и плазматические клетки, при этом у них наблюдалось некоторое повышение доли гранулоцитов (на 6,6%) за счет эозинофилов и снижение – агранулоцитов (на 20,0%). В то же время индекс ЛИИ, вычисленный на основе показателей лейкоформулы, оказался ниже нормы (меньше 0,3), что свидетельствует об отсутствии в организме гнойно-некротических и септических процессов. Анализ лейкоформулы выявил достоверное повышение в крови больных собак эозинофилов (при $P < 0,01$) и снижение фактора ЛИИ (при $P < 0,01$).

Биохимический анализ крови выявил достоверные различия. Увеличение количества креатинина и мочевины (почти в 2 раза) указывает на образование аммиака при брожении в кишечном содержимом в результате дисбактериоза и снижение выделительной способности почек при повышенной нагрузке. Закономерно увеличение в крови билирубина (в 3,2 раза) в результате токсического гемолиза эритроцитов, о чем свидетельствует уменьшение красных клеток и гемоглобина. Установлено повышение в крови уровня ферментов АЛТ (в 2 раза) и АСТ (в 2,6 раза), а также щелочной фосфатазы (в 2 раза).

По этим показателям оценивают состояние печени и уровень обмена аминокислот, а они указывают на развитие патологии в этом органе и в кишечнике в результате паразитирования половозрелых особей эхинококков. Резкое падение уровня холестерина (в 3 раза) в крови пораженных животных свидетельствует о снижении функции печени и почек не только в белковом, но и в жировом обмене. Приведенные выше данные согласуются с выводами Е.И. Нижельской, которая изучала изменения в крови собак, пораженных токсокарозом. В частности, у зараженных гельминтами собак она наблюдала лейкоцитоз и эритропению, гипогликемию, а также повышение трансаминазной активности АСТ и АЛТ, щелочной фосфатазы. Заметно отличались и другие показатели плазмы от параметров интактных животных, включенных в её опыты [16].

Таким образом, в ходе наших исследований было выяснено, что паразитирование эхинококков в организме собак приводит к уменьшению аутохтонных и увеличению факультативных бактерий, что провоцирует развитие дисбактериоза в кишечнике, нарушение пищеварения проявление и вторичного токсикоза животных. Изменения в крови больных собак, выявленные на основе общего и биохимического анализа, подтверждают наличие интоксикации организма, нарушения белкового и жирового обмена в результате дисфункции печени и почек.

ВЫВОДЫ

1. В Тюменской области более высокая инвазированность собак эхинококками наблюдается в округах с развитым оленеводством. Так, ЭИ среди оленегонных и охотничьих собак в ЯНАО составляет 9,1%, в ХМАО – 8,4%, а среди сельских собак на юге области – 5,7%.
2. В пищеварительном тракте собак, пораженных эхинококками, происходит достоверное уменьшение количества бифидо- и лактобактерий (в 2 раза) по сравнению с интактными особями. Количество эшерихий, наоборот, достоверно увеличивается в 1,6 раза,

стафилококков – в 4,1, клостридий – в 8,3, что приводит к дисбактериозу в кишечнике, нарушению пищеварения и вторичному токсикозу животных.

3. Общий анализ крови показал, что в результате действия токсинов в организме больных животных происходит снижение содержания тромбоцитов – на 26,7 и гемоглобина – на 32,4% ($P < 0,001$). В лейкоформуле изменения проявляются некоторым повышением доли гранулоцитов (на 6,6%), за счет эозинофилов ($P < 0,01$), и снижением агранулоцитов (на 20,0%).

4. Биохимический анализ крови собак при эхинококковой инвазии выявил резкое

снижение холестерина – в 3 раза ($P < 0,05$), что может указывать на нарушение протеинового и липидного обмена в организме. Увеличение креатинина и мочевины в 2 раза свидетельствует о наличии бродильных процессов в кишечнике в результате размножения факультативной микрофлоры, образования аммиака и угнетении работы выделительных органов. На снижение функции печени и почек указывает повышение в крови уровня билирубина в 3,2 раза, ферментов АЛТ (в 2 раза) и АСТ (в 2,6 раза), а также щелочной фосфатазы (в 2 раза).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ковальчук Е.С. К проблеме однокамерного эхинококкоза в Сибири// Биологические проблемы природной очаговости болезней. – Новосибирск, 1981. – С. 141 – 152.
2. Христиановский П.И., Белименко В.В. Мониторинг эхинококкоза сельскохозяйственных животных на Южном Урале// Российский ветеринарный журнал. Сельскохозяйственные животные. – 2015. – № 2. – С. 26 – 27.
3. Пекло Г.Н., Степанов Т.Ф. Эхинококкозы в Уральском федеральном округе России. Сообщение 2: Эпизоотологические аспекты проблемы// Здоровье населения и среда обитания. – 2018. – №1. – С. 41 – 48.
4. Окунев А.М. Изучение распространения эхинококкозной инвазии животных в Тюменской области и эффективности специфической терапии собак// Вестник Вятской ГСХА. – 2020. – № 4 (6). – С. 6.
5. Сергушин А.В. Сивков Г.С. Фауна гельминтов оленегонных собак в условиях Ямало-Ненецкого автономного округа // Сб. науч. тр. ВНИИВЭА. – Тюмень, 2010. – Т. 50. – С. 188– 191.
6. Исмагилова Э.Р., Сковородин Е.Н., Хабибуллина С.Г. Распространение эхинококкоза в животноводческих хозяйствах предуральской зоны Республики Башкортостан и особенности морфологического проявления болезни // Современные проблемы иммуногенеза, теории и практики борьбы с паразитарными и инфекционными болезнями сельскохозяйственных животных: материалы междунар. научн.-практ. конф. – М.; Уфа, 2004. – С.132–133.
7. Романова Е.М., Индирякова Т.А., Зонина Н.В. Микробная экология желудочно-кишечного тракта собак при токсокарозе// Известия Самарского НЦ РАН. – 2010. – Т.12 , №1. – С. 216 – 218.
8. Garcia-Mazcorro J.F., Minamoto Y. Gastrointestinal microorganisms in cats and dogs: a brief review // Archivos de medicina veterinaria. – 2013. – Vol.45 (2). – P. 111 – 124.
9. Кляцкий А.В. Основные антропозоонозы инвазионной этиологии промысловых животных в Ханты-Мансийском автономном округе: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Тюмень, 2005. – 25 с.

10. Опыт применения дирофена-суспензии при гельминтозах плотоядных / А.А. Смирнов, А.В. Zubov, А.Г. Михин [и др.] // Российский паразитологический журнал. – 2008. – №4. – С. 79 – 82.
11. Flotac: new multivalent techniques for quantitative copromicroscopic diagnosis of parasites in animals and humans / G. Cringoli, L. Rinaldi, M. Maurelli, J. Utzinger // Nat. Protoc. – 2010. – № 5. – P. 503 – 515.
12. Теннер Е.З., Шильникова В.К. Практикум по микробиологии. – М.: Дрофа, 2004. – 256 с.
13. Сидоренко О.Д. Микробиология продуктов животноводства: лабораторное руководство. – М.: ИНФРА-М, 2019. – 172 с.
14. Разработка иммунологического метода диагностики эхинококкоза собак / А.К. Булашев, О.С. Акибеков, Г. Мухитден, Ш. Серикова, С.С. Токпан // Вестник НГАУ. – 2017. – № 1. – С. 130–138.
15. Umeche N.E., Hogan U.E. A study of intestinal helminths of dogs in Calabar, Nigeria // Arch. Veter. Ital. – 1989. – Т. 40, N 2. – P. 128–313.
16. Нижельская Е.И. Динамика гематологических и биохимических показателей у собак при токсокарозе // Международный научно-исследовательский журнал. – 2020. – № 8(98). – Ч. 2. – С. 75 – 79.

REFERENCES

1. Koval'chuk E.S., *Biologicheskie problemy prirodnoy ochagovosti bolezney*, Novosibirsk, 1981, pp. 141 – 152. (In Russ.)
2. Khristianovskiy P.I., Belimenko V.V., *Rossiyskiy veterinarnyy zhurnal. Sel'skokhozyaystvennyye zhivotnyye*, 2015, No. 2, pp. 26 – 27. (In Russ.)
3. Peklo G.N., Stepanov T.F., *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2018, No. 1, pp. 41 – 48. (In Russ.)
4. Okunev A.M., *Vestnik Vyatskoy GSKhA*, 2020, No. 4 (6), pp. 6. (In Russ.)
5. Sergushin A.V., Sivkov G.S., *Sbornik nauchnykh trudov VNIIVEA*, Tyumen', 2010, T. 50, pp. 188–191. (In Russ.)
6. Ismagilova E.R., Skovorodin E.N., Khabibullina S.G. *Sovremennye problemy immunogeneza, teorii i praktiki bor'by s parazitarnymi i infektsionnymi boleznyami sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh* (Modern problems of immunogenesis, theories and practices of combating parasitic and infectious diseases of farm animals), Proceeding of the Conference, Moskow; Ufa, 2004, pp. 132–133. (In Russ.)
7. Romanova E.M., Indiryakova T.A., Zonina N.V., *Izvestiya Samarskogo NTs RAN*, 2010, T. 12, No. 1, pp. 216 – 218. (In Russ.)
8. Garcia-Mazcorro J.F., Minamoto Y., Gastrointestinal microorganisms in cats and dogs: a brief review, *Archivos de medicina veterinaria*, 2013, Vol. 45 (2), pp. 111 – 124.
9. Klyatskiy A.V., *Osnovnye antropozoonozy invazionnoy etiologii promyslovykh zhivotnykh v Khanty-Mansiyskom avtonomnom okruge* (The main anthroponosis of the invasive etiology of fishing animals in the Khanty-Mansiysk Autonomous District), Extended abstract of candidate's thesis, Tyumen', 2005, 25 p.
10. Smirnov A.A., Zubov A.V., Mikhin A.G. [i dr.], *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal*, 2008, No. 4, pp. 79 – 82. (In Russ.)
11. Cringoli G., Rinaldi L., Maurelli M., Utzinger J., Flotac: new multivalent techniques for quantitative copromicroscopic diagnosis of parasites in animals and humans, *Nat. Protoc*, 2010, No. 5, pp. 503 – 515.

12. Tepper E.Z., Shil'nikova V.K., *Praktikum po mikrobiologii* (Workshop on microbiology), Moscow: Drofa, 2004, 256 p.
13. Sidorenko O.D., *Mikrobiologiya produktov zhivotnovodstva* (Microbiology of animal products), Moscow: INFRA-M, 2019, 172 p.
14. Bulashev A.K., Akibekov O.S., Mukhitden G., Serikova Sh., Tokpan S.S., *Vestnik NGAU*, 2017, No. 1, pp. 130–138. (In Russ.)
15. Umeche N.E., Hogan U.E., A study of intestinal helminths of dogs in Calabar, Nigeria, *Arch. Veter. Ital.*, 1989, T. 40, No. 2, pp. 128–313.
16. Nizhel'skaya E.I., *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal*, 2020, No. 8(98), Ch. 2, pp. 75 – 79. (In Russ.)

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ КРОССОВ РОСС-308 И ИЗА-Ф-15 В УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ

В.А. Реймер, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
З.Н. Алексеева, доктор сельскохозяйственных наук, доцент
И.Ю. Клемешова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Е.В. Тарабанова, кандидат биологических наук, доцент
Г.В. Ковалев, студент

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, сохранность, живая масса, конверсия корма, прирост живой массы, европейский индекс продуктивности

Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия
 E-mail: se41va78@mail.ru

Реферат. Изучены продуктивность и качество продукции в условиях промышленной технологии производства мяса птицы. При напольном выращивании цыплят-бройлеров кроссов Росс-308 и Хаббард Иза-Ф-15 продуктивность их была различной. Так, цыплята-бройлеры кросса Росс-308 превосходили своих сверстников из кросса Иза-Ф-15 по живой массе и среднесуточному приросту. Живая масса в момент убоя на мясо у молодняка кросса Росс-308 была на уровне 2360 г, тогда как у кросса Иза-Ф-15 – 2088 г. Конверсия корма на продукцию также была выше у цыплят-бройлеров кросса Росс-308 на 0,06 кг по сравнению с молодняком кросса Иза-Ф-15 и составила 1,64 кг на 1 кг прироста живой массы. У молодняка кросса Росс-308 была выше сохранность поголовья – на уровне 95,8%. У молодняка кросса Иза-Ф-15 она была ниже на 2,2% и составила 93,6%. Убойный выход продукции в группе птицы кросса Росс-308 был больше по сравнению с молодняком кросса Иза-Ф-15, оказалось лучшим и качество мяса. При одинаковой стоимости корма выращивание цыплят-бройлеров кросса Росс-308 на мясо в условиях промышленной технологии позволило получить больше прибыли по сравнению с использованием птицы кросса Иза-Ф-15 в этих же условиях: на 1 кг прироста живой массы на 7,1 руб., а на 1 голову – на 19,1 руб. Уровень рентабельности был выше на 12,6%. Обобщающий показатель – европейский индекс продуктивности – оказался выше при выращивании молодняка птицы кросса Росс-308 по сравнению с птицей кросса Иза-Ф-15 на 56 единиц и составил 341 и 285 соответственно.

THE COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF GROWING BROILER CHICKENS ROSS-308 AND IZA-F-15 UNDER INDUSTRIAL TECHNOLOGY

V.A. Reimer, Doctor of Agricultural Sciences, Professor
Z.N. Alekseeva, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor
I.YU. Klemeshova, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor
E.V. Tarabanova, PhD in Biological Sciences, Associate professor
G.V. Kovalev, student

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

Key words: broiler chickens, safety, live weight, feed conversion, live weight gain, European Productivity Index.

Abstract. The authors studied productivity and product quality under industrial poultry production technology. The productivity of broiler chickens of Ross-308 and Hubbard Iza-F-15 was different

during floor rearing. Broiler chickens of Ross-308 outperformed Iza-F-15 chickens in body weight and average daily gain. The live weight at the slaughter of Ross-308 chickens was 2,360 g. The live weight of the chickens of Iza-F-15 was 2088 g. The conversion of feed to produce was higher in the chickens of Ross-308 cross by 0,06 kg compared with the chickens of Iza-F-15 and amounted to 1.64 kg per 1 kg of live weight gain. The survival rate was high for Ross-308 chickens (95.8%). The safety of the flock of the Izu-F-15 chickens was 2.2 per cent lower and was 93.6 per cent. Slaughter yield in the chickens cross Ross-308 is higher than in the group of chickens cross Iza-F-15. Meat quality is also better in Ross-308 chickens. Growing broiler chickens of Ross-308 cross for meat under industrial technology allowed to get more profit compared to the use of poultry of Iza-F-15 cross. At the exact cost of feed, 1 kg of live weight gain was 7.1 roubles, and per 1 head of chick was 19.1 roubles. The profitability level is also 12.6% higher for the broiler chickens of Ross-308 cross. The cumulative indicator - the European productivity index is higher for chickens of Ross-308 breed, compared with chickens of Iza-F-15 breed on 56 units. This index was 341 and 285, respectively.

Птицеводство – одна из скороспелых отраслей, способная обеспечить быстрый рост производства ценных продуктов питания для человека при наименьших затратах труда и средств на единицу продукции. В последнее время оно активно развивается, и в структуре мирового и отечественного производства мясо птицы составляет более 30% [1, 2].

Использование кроссов – весьма экономичный приём производства диетической продукции птицеводства. Он существенно сокращает количество времени, труда и средств на производство яиц и мяса в сравнении с использованием чистопородной птицы. Преимущество кроссов обусловлено явлением гетерозиса [3]. Для производства мяса цыплят-бройлеров при ресурсосберегающих технологических приёмах выращивания используют цыплят высокопродуктивных кроссов мясных кур [4]. Кроссы получают методом скрещивания петухов линии мясной породы с курами линии мясояичной или другой породы. Направленная племенная работа позволяет не только совершенствовать уже существующий селекционный материал, но и создавать свои отечественные популяции мясного направления продуктивности [5, 6].

Проведено много исследований по всестороннему анализу преимуществ и технологических недостатков выращивания цыплят-бройлеров и другой птицы при совместном и раздельном по полу содержании, способу выращивания и режима кормления [7–11]. Так, Н.В. Беляева, А.С. Маковеева [12] отмечали,

что почти по всем производственным показателям кросс Росс-308 лучше. Пик продуктивности у кросса Смена-8 составил 81,7%, а у кросса Росс-308 – 88,8%. При изучении динамики роста и развития кроссов Хаббард Ф-15 и Кобб-500 авторы установили, что по живой массе лучшие показатели имели цыплята-бройлеры кросса Кобб-500, а по сохранности – молодняк кросса Хаббард Ф-15. Анализ отдельных работ по кроссам Росс-308, Арбор Эйкрес и Кобб-500 позволил провести их ранжировку по каждому из наиболее важных признаков:

- по скорости роста: Росс-308 > Арбор Эйкрес > Кобб-500;
- по жизнеспособности: Арбор Эйкрес > Росс-308 > Кобб-500;
- по оплате корма: Кобб-500 > Росс-308 > Арбор Эйкрес.

На современном этапе птицеводческий бизнес сталкивается с необходимостью выбора такого кросса птицы, который бы показал максимальную эффективность в производственных условиях промышленной технологии [13]. Однако исследований по сравнительному выращиванию цыплят-бройлеров кроссов Росс-308 и Иза-Ф-15 в литературе не отмечено. В этом плане работа является актуальной, и основная её цель – изучить и сравнить продуктивные показатели цыплят-бройлеров различных кроссов и установить экономическую эффективность производства мясной продукции.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований явились цыплята-бройлеры кроссов Росс-308 и Иза-Ф-15 (табл. 1).

Содержание птицы – напольное с использованием подстилки из измельчённой соломы. Условия выращивания птицы обеих кроссов были одинаковыми. Световой и температурный режимы, плотность посадки, фронт кормления и поения, режим и уровень кормления соответствовали нормативам.

В ходе исследований учитывались показатели живой массы, относительный и абсолютный приросты живой массы, затраты кормов и сохранность поголовья птицы. Европейский индекс продуктивности определяли по формуле

$$\frac{\text{Живая масса, кг} \times \text{Сохранность поголовья, \%}}{\text{Срок откорма, дней} \times \text{Конверсия корма, кг}} \times 100\%$$

Статистическую обработку полученных результатов проводили общепринятым методом с помощью программы Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Выращивание цыплят-бройлеров различных кроссов в одинаковых условиях промышленной технологии оказало влияние на скорость роста и живую массу в возрасте убоя молодняка на мясо (табл. 2).

Живая масса цыплят-бройлеров обеих кроссов в суточном возрасте была одинаковой. В возрасте 7 дней молодняк кросса Росс-308 достоверно превосходил сверстников кросса Иза-Ф-15 по данному показателю на 11,3%. Преимущество его по живой массе сохранилось до конца выращивания птицы. В возрасте 39 дней цыплята-бройлеры кросса Росс-308 имели живую массу на уровне 2360 г, а кросса Иза-Ф-15 – на 272 г меньше (2088 г). Превосходство молодняка кросса Росс-308 наблюдалось и по среднесуточному приросту живой массы (рисунок).

Так, за первую неделю жизни цыплят-бройлеров кросса Росс-308 данный показатель составил 21,1 г, что достоверно (на 12,8%) выше среднесуточного прироста живой массы у молодняка кросса Иза-Ф-15. За период выращивания среднесуточный прирост живой массы у молодняка кросса Росс-308 со-

Таблица 1

Схема опыта по выращиванию цыплят-бройлеров различных кроссов
Experimental scheme for raising broiler chickens of different breeds

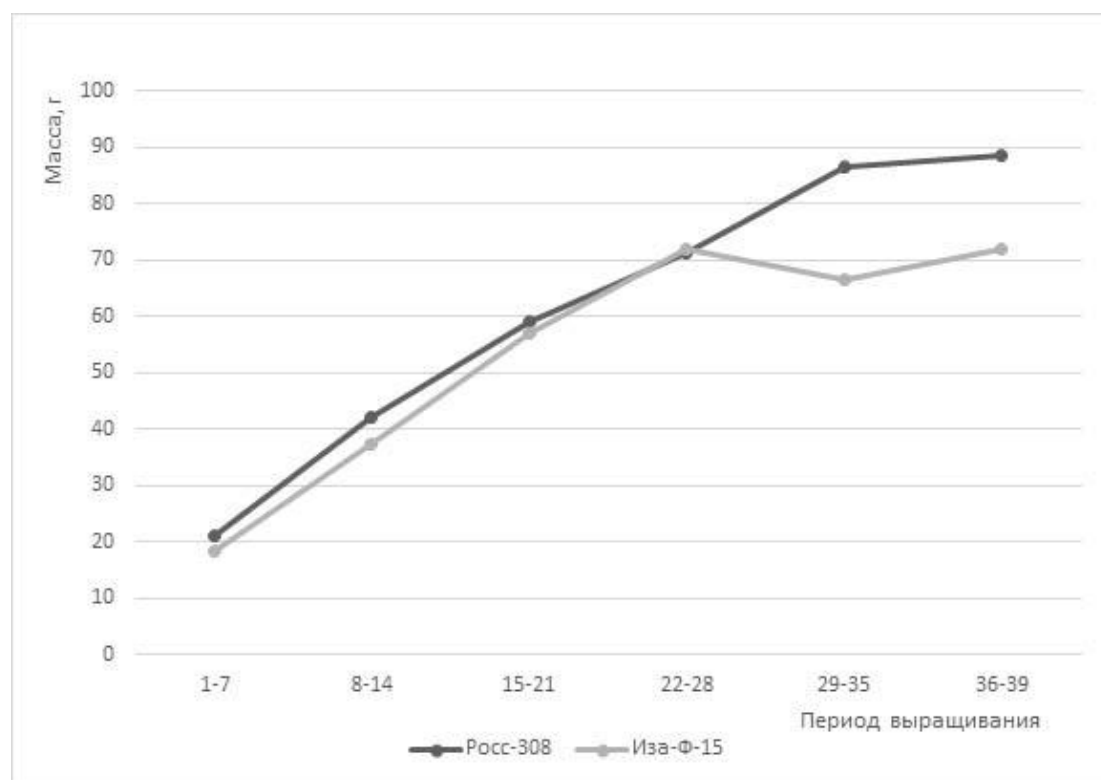
Группа	Количество птицы, гол.	Кросс
1	22730	Росс-308
2	22520	Иза-Ф-15

Таблица 2

Живая масса молодняка различных кроссов птицы, кг
Live weight of young chickens of different broiler breeds, kg

Возраст, дней	Росс-308	Иза-Ф-15
Суточные	41,60±0,40	41,50±0,39
7	189,60±1,78***	170,30±1,96
14	487,30±6,05***	431,80±4,10
21	900,80±7,2***	830,40±6,30
28	1400,50±12,3***	1333,70±14,88
35	2005,30±8,02***	1800,20±10,58
39	2360,20±5,99***	2088,30±6,78

*P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001.



Среднесуточный прирост живой массы различных кроссов
Average daily live weight gain of extra gilts

ставил 59,5 г, что на 13,5 выше по сравнению с птицей кросса Иза-Ф-15, прирост которой составил 52,4 г.

В процессе убоя было установлено, что убойный выход и выход тушек 1-й категории были больше у молодняка кросса Росс-308, чем у кросса Иза-Ф-15, на 0,9 и 2,2% соответственно. Преимущество цыплят-бройлеров кросса Росс-308 по этим показателям было

установлено некоторыми авторами в 2011 г. [14, 15] и подтверждается нашими данными. Сохранность поголовья у молодняка кросса Росс-308 составила 95,8%, а у кросса Иза-Ф-15 – 83,6.

Учитывая, что затраты корма оказывают особое влияние на себестоимость продукции, в процессе исследований проведён учёт расходования кормов на продукцию. Установлено,

Таблица 3

Расход корма при выращивании цыплят-бройлеров различных кроссов
Feed consumption when raising broiler chickens of different breeds

Показатель	Росс-308	Иза-Ф-15
Живая масса в суточном возрасте, г	41,6	41,5
Живая масса в конце выращивания, г	2360,2	2088,3
Прирост живой массы, г	2318,4	2046,8
Расход корма (кг) в возрасте, дней		
1 – 7	0,202	0,192
8 – 20	0,576	0,549
21 – 28	1,324	1,262
29 – 35	0,727	0,650
36 – 39	1,020	0,890
1 – 39	3,849	3,543
Расход корма на 1 кг прироста, кг	1,66	1,73

Таблица 4

Стоимость кормов, расходуемых на выращивание цыплят-бройлеров
The cost of feed for broiler breeders

Период выращивания, дней	Росс-308			Иза-Ф-15		
	расход корма, кг	цена, руб.	сумма, руб.	расход корма, кг	цена, руб.	сумма, руб.
1 – 7	0,202	40,0	8,08	0,192	40,0	7,68
8 – 20	0,576	24,0	13,82	0,549	24,0	13,176
21 – 28	1,324	22,0	29,129	1,262	22,0	27,764
29 – 35	0,727	20,5	14,9	0,650	20,5	13,325
36 – 39	1,020	19,0	19,38	0,890	19,0	16,92
1 – 39	3,849	25,1	85,308	3,543	25,1	78,85

Таблица 5

Экономическая эффективность использования птицы различных кроссов
Cost-effectiveness of varying poultry breeds

Показатель	Росс-308	Иза-Ф-15
Количество птицы, гол.	100	100
Живая масса 1 гол., г	2360	2088
Сохранность, %	95,8	93,6
Выращено, гол.	96	94
Убойный выход, %	74,0	73,1
Мяса, всего, кг	164,7	148,7
Мяса 1-й категории, кг	163,1	148,9
%	99	97
Валовой прирост, кг	222,6	192,4
Затраты корма на 1 кг прироста, кг	1,66	1,73
Расход корма, всего, кг	369,5	332,9
Цена корма, руб.	25,1	25,1
Стоимость кормов, руб.	9274,9	8353,3
Общая стоимость мяса (по стоимости корма, 70%), руб.	13249,8	11933,3
Цена реализации, руб.	105,0	100,0
Выручка от реализации продукции, руб.	17293,5	14065,8
Прибыль, руб.	4043,7	2132,5
Рентабельность, %	30,5	17,9

что эти показатели по кроссам птицы были разными (табл. 3).

Различия в затратах кормов по периодам роста молодняка различных кроссов незначительные, за исключением возраста птицы с 29 до 35 дней, где разница составила 10,6%. За период выращивания расход корма на 1 кг прироста живой массы у цыплят-бройлеров кросса Росс-308 составил 1,66 кг, что меньше на 0,07 кг по сравнению с птицей кросса Иза-Ф-15. Конверсия корма на продук-

цию взаимосвязана с продуктивностью птицы. Это объясняется тем, что при интенсивном росте сокращается доля поддерживающего корма. Следовательно, чем быстрее молодняк достигает убойной массы, тем меньше расходуется корма, а значит, снижается себестоимость продукции (табл. 4).

Наиболее высока стоимость комбикорма для молодняка обеих кроссов в начальный период их выращивания. С возрастом птицы снижается и цена, и стоимость расходуемого

комбикорма. За период выращивания стоимость кормов для кормления молодняка кросса Росс-308 составила 85,308 руб., а в группе молодняка кросса Иза-Ф-15 – 78,85 руб. Однако в группе молодняка кросса Росс-308 рентабельность продукции была выше, чем у сверстников кросса Иза-Ф-15 (табл. 5).

Выращивание на мясо цыплят-бройлеров кроссов Росс-308 и Иза-Ф-15 в условиях промышленного комплекса позволяет получать прибыль. Однако наибольшая эффективность достигается при использовании молодняка кросса Росс-308. При выращивании молодняка этого кросса достигается наиболее высокая живая масса в возрасте убоя, снижаются затраты кормов на продукцию, улучшаются качественные показатели. Содержание молодняка кросса Иза-Ф-15 для этих целей также эффективно, но в меньшей степени. Так, производство мяса при выращивании цыплят-бройлеров кросса Росс-308 в условиях промышленной технологии позволило получить прибыли из расчета на 1 кг прироста живой массы больше на 7,5 руб., а на 1 голову за пе-

риод выращивания на – 19,1 руб. по сравнению с выращиванием молодняка кросса Иза-Ф-15. Уровень рентабельности был выше на 12,6%. Это подтверждается и обобщающим показателем – европейским индексом продуктивности цыплят-бройлеров. При выращивании молодняка кросса Росс-308 этот показатель составил 341, а при выращивании птицы кросса Иза-Ф-15 – 285.

ВЫВОДЫ

1. Выращивание цыплят-бройлеров кросса Росс-308 и Иза-Ф-15 в промышленных условиях рентабельно.

2. Использование молодняка кросса Росс-308 для выращивания на мясо в условиях промышленной технологии позволяет получать наиболее высокую живую массу в возрасте убоя, сохранность поголовья, убойный выход мяса и его качество, рентабельность производства и снизить затраты кормов по сравнению с выращиванием молодняка кросса Иза-Ф-15.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бобылева Г.А. Состояние и перспективы развития отрасли птицеводства // VI Междунар. вет. конгр. по птицеводству. – М., 2010. – С. 7–14.
2. Фисинин И.И. Инновации в промышленном птицеводстве России // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2010. – № 1. – С. 9–12.
3. Белая М.В., Лазовский А.Р. Оценка эффективности реализации генетического потенциала при выращивании бройлерных цыплят кросса «РОСС-308 [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 3. – Режим доступа: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=20204> (дата обращения: 15.03.2021).
4. Чернышева Е. Бройлерный вопрос. Технологии [Электронный ресурс] // Агроинвестор. – 2013. – Режим доступа: <https://www.agroinvestor.ru/technologies/article/15188/> (дата обращения: 14.04.2021).
5. Бобровник В. Бройлерное производство: не допускать ошибок [Электронный ресурс] // WebPticeProm. – 2013. – Режим доступа: <http://webpticeprom.ru/en/articles-management.html?pageID=1358140455> (дата обращения: 17.02.2021).
6. Видасова Т.В., Соболева В.Ф., Барыкова Е.А. Оценка продуктивности цыплят-бройлеров различных кроссов в РУП «Птицефабрика Городок» Витебской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://webpticeprom.ru/e/articles-management.html?pageID=1358140455> (дата обращения: 05.05.2021).
7. Буюров В. Продуктивность бройлеров и сроки их откорма // Животноводство России. – 2005. – № 2. – С. 22–23.

8. Давлеев А.Д. Перспективы и проблемы птицеводческого сектора России и стран Таможенного союза на мировом рынке // Птица и птицепродукты. – 2012. – № 5. – С. 15–19.
9. Продуктивность утят кросса «Благоварский» при различных способах выращивания / В.А. Реймер, З.Н. Алексеева, И.Ю. Клемешова, Е.В. Тарабанова // Актуальные проблемы агропромышленного комплекса: сб. тр. науч.-практ. конф. преподавателей, студентов, магистрантов и аспирантов, посвящ. 80-летию Новосиб. гос. аграр. ун-та (г. Новосибирск, 7–12 нояб. 2016 г.) [том: Сельскохозяйственные науки] / Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск: ИЦ «Золотой колос», 2016. – С. 246–250.
10. Выращивание цыплят-бройлеров на рационах без использования веществ неорганической природы / В.А. Реймер, З.Н. Алексеева, И.Ю. Клемешова, Е.В. Тарабанова // Аграрная наука –сельскохозяйственному производству Сибири, Монголии, Казахстана, Беларуси и Болгарии: сб. науч. докл. XX междунар. науч.-практ. конф. (г. Новосибирск, 4–6 окт. 2017 г.). – Новосибирск: СФНЦА РАН, НГАУ, 2017. – С. 99–103.
11. Технология выращивания бройлеров – клеточная или напольная? Практический эксперимент по выбору лучшей технологии [Электронный ресурс] // Птицеводство от А до Я. – Режим доступа: <http://pticevodstvo.blogspot.com/2014/05/tehnologija-vyrashhivaniya-brojlerov.html> (дата обращения: 18.03.2021).
12. Беляева Н.В., Маковеева А.С. Сравнительный анализ продуктивности родительского стада кроссов «Росс 308» и «Смена 8» на базе ОАО «Птицефабрика «Среднеуральская» [Электронный ресурс] // Молодёжь и наука. – 2014. – № 3. – Режим доступа: <http://min.usasa.ru/uploads/article/attachment> (дата обращения: 18.03.2021).
13. Состояние и тенденции развития мирового селекционного бизнеса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.compassioninfoodbusiness.com/media/5819744/broiler-welfare-in-commercial-systems.pdf> (дата обращения: 14.04.2021).
14. Comparison of carcass composition and meat quality in five-week broiler chickens of various origins / M. Biegñiewska, D. Kokoszynski, Z. Bernacki, A. Kaczmarowski // Acta Sci. Pol. Zoot-echnica. – 2016. – Vol. 15(3). – P. 15–26.
15. Петрушкевич Т.В. Продуктивные качества цыплят-бройлеров кроссов Росс-308 и «Флекс» в условиях Республики Беларусь // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. – 2011. – №4. – С. 10–14.

REFERENCES

1. Bobyleva Sostoyanie i perspektivy razvitiya otrasli ptitsevodstva (State and prospects for the development of the branch industry), VI Mezhdunar. vet. kongr. po ptitsevodstvu, Moscow, 2010, pp. 7–14. (In Russ.)
2. Fisinin I.I., Vestnik Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk, 2010, No. 1, pp. 9–12. (In Russ.)
3. Belaya M.V., Lazovskiy A.R., Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya, 2015, No. 3, available at: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=20204> (Data obrashcheniya:). (In Russ.)
4. Chernysheva E., Agroinvestor, 2013, available at: <https://www.agroinvestor.ru/technologies/article/15188/> (data obrashcheniya: 14.04.2021) (In Russ.)
5. Bobrovnik V., WebPticeProm, 2013, available at: <http://webpticeprom.ru/en/articles-management.html?pageID=1358140455> (data obrashcheniya: 17.02.2021). (In Russ.)
6. Vidasova T.V., Soboleva V.F., Barykova E.A., Otsenka produktivnosti tsyplyat-broylerov razlichnykh krossov v RUP «Ptitsefabrika Gorodok» Vitebskoy oblasti (Evaluation of productivity of chickens-broilers of various crossings in the RUE «Poultry Factory of the town» of the Vitebsk

- region), available at: <http://webpticeprom.ru/e/articles-management.html?pageID=1358140455> (data obrashcheniya: 05.05.2021).
7. Buyarov V., *Zhivotnovodstvo Rossii*, 2005, No. 2, pp. 22–23. (In Russ.)
8. Davleev A.D., *Ptitsa i ptitseprodukty*, 2012, No. 5, pp. 15–19. (In Russ.)
9. Reymer V.A., Alekseeva Z.N., Klemeshova I.Yu., Tarabanova E.V., *Aktual'nye problemy agropromyshlennogo kompleksa* (Actual problems of the agro-industrial complex), Proceedings of the Conference, Novosibirsk: Zolotoy kolos, 2016, pp. 246–250. (In Russ.)
10. Reymer V.A., Alekseeva Z.N., Klemeshova I.Yu., Tarabanova E.V., *Agrarnaya nauka – sel'skokhozyaystvennomu proizvodstvu Sibiri, Mongolii, Kazakhstana, Belarusi i Bolgarii* (Agricultural Science -Lexual Production of Siberia, Mongolia, Kazakhstan, Belarus and Bulgaria), Proceedings of the Conference, Novosibirsk: SFNTsARAN, NGAU, 2017, pp. 99–103. (In Russ.)
11. *Ptitsevodstvo ot A do Ya*, available at: <http://pticevodstvo.blogspot.com/2014/05/tehnologiya-vyrashhivaniya-brojlerov.html> (data obrashcheniya: 18.03.2021). (In Russ.)
12. Belyaeva N.V., Makoveeva A.S., *Molodezh' i nauka*, 2014, No. 3, available at: <http://min.usaca.ru/uploads/article/attachment> (data obrashcheniya: 18.03.2021). (In Russ.)
13. *Sostoyanie i tendentsii razvitiya mirovogo selektsionnogo biznesa* (Status and trends in the development of world selection business), available at: <https://www.compassioninfoodbusiness.com/media/5819744/broiler-welfare-in-commercial-systems.pdf> (data obrashcheniya: 14.04.2021).
14. Biegniewska M., Kokoszynski D., Bernacki Z., Kaczmarowski A., Comparison of carcass composition and meat quality in five-week broiler chickens of various origins, *Acta Sci. Pol. Zootechnica*, 2016, Vol. 15(3), pp. 15–26.
15. Petrushkevich T.V., *Aktual'nye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva*, 2011, No. 4, pp. 10–14. (In Russ.)

РЕСУРСЫ БЕРЕЗНЯКОВ И ИХ ПРОДУКТИВНОСТЬ ДЛЯ МЕДОСБОРА В УСЛОВИЯХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

¹И.Д. Самсонова, доктор биологических наук, доцент

²До Ван Тхао, кандидат биологических наук

¹Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

²Научный центр лесного хозяйства региона северного центра – Вьетнамский научно-исследовательский институт лесного хозяйства, Футхо, Вьетнам

E-mail: isamsonova18@mail.ru

Ключевые слова: медовая продуктивность, медоносные растения, березняки, опушка леса, полог древостоя, цветение

Реферат. Территория Ленинградской области обладает богатой кормовой базой для пчел на землях лесного фонда, но в настоящее время нормативная база для оценки медоносных ресурсов угодий березняков на региональном уровне отсутствует. В качестве кормовой базы для пчел используются лесные участки, на которых в составе древесного, кустарникового или травяно-кустарничкового яруса имеются медоносные растения. В лесном фонде Ленинградской области березняки по занимаемой площади находятся на втором месте. Цель исследований – провести инвентаризацию медоносных ресурсов и определить медовую продуктивность для основных медоносных растений под пологом березняка и на опушках леса. На опытных объектах при учете растений нижнего яруса использовали апробированную методику учетных работ. Медоносные растения в березняках черничных, кисличных и травяно-таволжных представлены 71 видом из 31 семейства. Значимыми медоносами под пологом березняка являются *Aegopodium podagraria* L. в березняке травяно-таволжном и кисличном (57 кг/га), *Vaccinium myrtillus* L. – в березняке черничном и кисличном (27 кг/га), *Veronica chamaedrys* L. – в березняке кисличном (24 кг/га). Максимальной медовой продуктивностью на опушках леса отличается *Rubus idaeus* L. – 107 кг/га. У *Frangula alnus* Mill. и *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop – около 50–60 кг/га, а *Trifolium medium* L. – 32 кг/га. Оценка угодий березняков показала, что изученные компоненты лесного фитоценоза характеризуются значительным количеством видов медоносных растений, которые отличаются широким спектром медовой продуктивности.

BIRCH FOREST RESOURCES AND THEIR PRODUCTIVITY FOR HONEY HARVESTING IN THE LENINGRAD REGION

¹I.D. Samsonova, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor

²Do Van Thao, PhD in Biological Sciences

¹Saint Petersburg State Forestry University named after S.M. Kirov, Saint Petersburg, Russia

²Forestry Science Center of the North Center Region - Vietnam Forestry Research Institute, Vietnam

Key words: honey productivity, honey-bearing plants, birch forests, forest edge, stand canopy, flowering.

Abstract. The Leningrad Oblast has a rich food base for bees on forest land. Still, currently, there is no regulatory basis for assessing the honey resources of birch forest land at the regional level. Therefore, forest areas with woody, shrubby or herbaceous plants as part of the woody, shrubby or herbaceous layer are used as a forage base for bees. The birch forests of the Leningrad region are

the second largest in terms of the area covered. The research aims to carry out an inventory of honey resources and determine honey productivity for the primary honey plants under the birch canopy and forest edges. We used a proven survey methodology for counting plants of the understorey at the experimental sites. The study presented 71 species from 31 families of melliferous plants of blueberry, wormwood and herb-meadow birch forests. Significant melliferous plants under the birch canopy are Aegopodium podagraria L. (herb-twine and sagebrush birch, 57 kilograms/hectare); Vaccinium myrtillus L. (birch bilberry and acidic birch, 27 kilograms/hectare); Veronica chamaedrys L. (acidic birch, 24 kilograms/hectare). Rubus idaeus L. (107 kg/ha) has maximum honey production in the forest margins. The honey yield of Frangula Alnus Mill. and Chamaenerion angustifolium (L.) Scop is 50-60 kg/ha; the honey yield of Trifolium medium L. is 32 kg/ha. The evaluation of the birch woodlands showed that the studied components of the forest phytocenosis are characterized by a significant number of honey-bearing plant species that have a wide range of honey productivity.

В последние годы большое внимание уделяется инвентаризации медоносных ресурсов и определению медовой продуктивности нектароносных растений в различных регионах России [1].

Ценность продуктов лесного пчеловодства напрямую зависит от разнообразия медоносных растений лесных угодий. В Правилах использования лесов для ведения сельского хозяйства (2011 г.) указывается, что в качестве кормовой базы для пчел используются лесные участки, на которых в составе древесного, кустарникового или травяно-кустарничкового яруса имеются медоносные растения. Лесные участки для размещения ульев и пасек предоставляются, в первую очередь, на опушках леса, прогалинах и других не покрытых лесной растительностью землях.

Северо-Западный регион России отличается специфическими природно-климатическими условиями и имеет свои особенности медосбора.

Территория Ленинградской области обладает богатой кормовой базой для пчел на землях лесного фонда, но в настоящее время нормативная база для оценки медоносных ресурсов березняков на региональном уровне отсутствует [2].

Цель исследований – уточнить медовую продуктивность основных медоносных растений угодий березняков в условиях Ленинградской области.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На территории Ленинградской области в качестве объектов исследования были заложены пробные площади и учетные площадки в Кировском, Учебно-опытном и Киришском лесничествах. Круговые учетные площадки закладывались площадью 10 м², радиусом 178,5 см в березняках травяно-таволжном, черничном и кисличном, в древостоях различной полноты и разновозрастных. При учете растений нижнего яруса использовали апробированную методику учетных работ.

Количественный учет медоносных растений на опушках леса проводили методом линейных трансект (маршрутов) на расстоянии от стены леса 8–10 м (рис. 1). На каждом объекте закладывали 2–3 маршрута, охватывающих типичные растительные ассоциации. Наблюдения проводились на 25–0 учетных площадках через одинаковое расстояние. В мелкотравных сообществах размер учетной площадки 1 м², в крупнотравных – 4 м². Полевые работы проводили в мае–июле 2017–2019 гг. [2].

При определении сроков начала цветения медоносов подлеска использовался метод накопления сумм эффективных температур [3].

Для определения продуктивности медоносных угодий березняков были проведены учет численности экземпляров медоносных растений на опытных объектах, наблюдения за особенностями цветения растений (продолжительность жизни одного цветка и количество цветков на одном экземпляре).



Рис. 1. Учет интенсивности цветения единичных экземпляров дудника лесного и зарослей сныти обыкновенной на опушке леса

Consideration of the flowering intensity of single specimens of *Angélica sylvestris* and *Aegopodium podagraria* in thickets at the edge of the forest

Количество сахара в нектаре одного цветка медоносных растений, значимых для медосбора в условиях южной тайги, принимали по данным, полученным Н.И. Кривцовым, Г.М. Лебедевым [4], Г.С. Ярошевичем [5], В.В. Соловьевым [6]. Сахаропродуктивность переводили в медовую продуктивность, применяя коэффициент 1,25 [7].

Оценку биоресурсного потенциала лесных угодий проводили на основе определения и уточнения медовой продуктивности основных видов нектароносов, выявленных под пологом березняка и на открытой местности.

Математическую обработку результатов исследований проводили с помощью пакета прикладных программ Excel, 2010.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Березняки представляют собой особую медоносную базу, которая отличается большим разнообразием видов. В лесном фонде Ленинградской области березняки, по данным последнего Лесного плана (2018 г.), занимают по площади второе место после сосняков [3]. На территории Ленинградской области общая

площадь березняков, пригодная для ведения пчеловодства, составляет 1696 тыс. га земель лесного фонда, на которой произрастает значительное количество медоносных растений – как под пологом леса, так и на полянах, опушках, вырубках и гарях.

Медоносные растения в березняках черничных, кисличных и травяно-таволжных представлены 71 видом из 31 семейства. Значительное количество медоносных растений отмечено в березняках кисличных – 45 видов, в березняках травяно-таволжных – 37 [8]. В березняке черничном количество древесно-кустарниковых видов нижнего яруса меньше. Индекс сходства показывает, что 25–50% видов в лесных фитоценозах березняков являются одинаковыми. По характеру медосбора лидирующее положение занимают нектароносы – 48% от общего количества видов медоносных растений. Нектароносы, с которых пчелы собирают только нектар: *Stellaria nemorum* L., *Aegopodium podagraria* L.; медоносные растения, имеющие внецветковые нектарники, – женские экземпляры *Salix*. Пыльценосы, обеспечивающие пчёлам сбор только цветочной пыльцы (*Betula pubescens* Ehrh., *Populus tremula* L., *Alnus incana* (L.) Moench, и др.),

Видовой состав и медовая продуктивность основных медоносных растений березняков Ленинградской области
Species composition and honey productivity of primary honey-bearing plants in birch forests of Leningrad region

Вид	Характер медосбора	Сроки начала цветения подлеска; продолжительность цветения травянистых видов (декада месяца)	Медовая продуктивность, кг/га	
			под пологом	опушка леса
Ива козья <i>Salix caprea</i> L.	Н-П	17.04-05.05	4,2	29,1
Черемуха обыкновенная <i>Prunus padus</i> L.	Н-П	10.05-26.05	2,1	13,4
Смородина черная <i>Ribes nigrum</i> L.	Н-П	12.05-19.05	0,1	+
Рябина обыкновенная <i>Sorbus aucuparia</i> L.	Н-П	16.05-11.06	18,7	21,6
Крушина ломкая <i>Frangula alnus</i> L.	Н-П	21.05-17.06	2,0	59,7
Калина обыкновенная <i>Viburnum opulus</i> L.	Н	24.05-23.06	0,7	+
Вероника дубравная <i>Veronica chamaedrys</i> L.	Н	I мая – I октября	24,1	+
Звездчатка дубравная <i>Stellaria nemorum</i> L.	Н	II мая – I июля	4,9	+
Купырь лесной <i>Anthriscus sylvestris</i> (L.) Hoffm	Н	II мая – II августа	17,7	8,2
Гравилат речной <i>Geum rivale</i> L.	Н-П	III мая – I июля	+	1,9
Черника обыкновенная <i>Vaccinium myrtillus</i> L.	Н	III мая – II июня	27,0	-
Герань лесная <i>Geranium sylvaticum</i> L.	Н	III мая – II июня	+	0,8
Клевер средний <i>Trifolium medium</i> L.	Н-П	III мая – I сентября	-	32,0
Малина лесная <i>Rubus idaeus</i> L.	Н-П	I июня – III июля	6,9	107,0
Сныть обыкновенная <i>Aegopodium podagraria</i> L.	Н	II июня – I августа	57,0	+
Горошек мышиный <i>Vicia cracca</i> L.	Н	I июня - III августа	+	5,4
Марьянник дубравный <i>Melampyrum nemorosum</i> L.	Н	I июня– I сентября	+	8,7
Таволга вязолистная <i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim.	Н-П	II июня – I августа	14,1	+
Дудник лесной <i>Angelica sylvestris</i> L.	Н	II июня – I сентября	+	100
Ива-чай <i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop.	Н-П	I июля – II августа	+	49,8

Примечание. Н – нектароносы; Н-П – нектаропыльценосы; (+) – медоносное растение цветет, медовая продуктивность не определялась; (-) – вид медоносного растения отсутствует.

N – nectar-bearing plants; N-P – nectar-dust-bearing plants; (+) – honey-bearing plant is flowering. Honey productivity was not determined; (-) – no honey plant species.

являются важными первыми цветущими растениями в ранневесенний период, когда пчелиная семья наращивает силу после зимы [3].

К нектаропыльценосам, которые обеспечивают пчел нектаром и пыльцой, относятся *Prunus padus* L., различные виды *Salix*, *Sorbus aucuparia* L., *Trifolium* – главные и значимые растения в период медосбора [9].

Медовая продуктивность – динамичный показатель, который меняется под влиянием ряда факторов. Анализ полученных в результате исследований в различных лесорастительных условиях материалов показал, что наиболее интенсивное цветение медоносных растений травяно-кустарничкового яруса под пологом березняка отмечено при полноте древостоя 0,4. В этих благоприятных для цветения и выделения нектара растениями условиями была определена медовая продуктивность основных медоносных растений. Так в березняке травяно-таволжном и кисличном *Aegopodium podagraria* L. отличается продуктивностью 57 кг/га. Под пологом березняка черничном и кисличном медоносная ценность *Vaccinium myrtillus* L. составила 27 кг/га.

По данным ряда исследователей, при сплошном произрастании подлеска в таежной зоне высокой медовой продуктивностью отличается *Frangula alnus* Mill. с установленной медовой продуктивностью 15–35 кг/га и *Salix caprea* L. – 40 кг/га. По нашим наблюдениям, показатели изучаемых нектаропыльценосов соответственно равны 2,0 и 4,2 кг/га (таблица).

Цветение *Melampyrum nemorosum* L. слабой интенсивности отмечено в березняке черничнике, *Vicia cracca* L. – в березняке кисличном, *Geum rivale* L. – в березняке травяно-таволжном. *Angelica sylvestris* L. встречается во всех изучаемых типах березняка, но обильность цветения значительно отличается от опушек леса. *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop. редко отмечен под пологом березняка травяно-таволжного и кисличного.

Полученные показатели медовой продуктивности основных медоносных растений березняков не отличаются высокими значе-

ниями, что связано с низкой встречаемостью на исследуемых лесных участках, а также со скудной интенсивностью цветения под пологом древостоя. На продуктивность медоносных растений травяно-кустарничкового яруса оказали влияние недостаточное освещение, и возможно, неблагоприятный микроклимат, который складывается под пологом леса.

Для ликвидации периодов без медосбора на лесных землях наши исследования были направлены на уточнение высокопродуктивных медоносных растений и определение условий их распространения. Для установления медовой продуктивности растений на опушках леса применяли средние значения численности экземпляров медоносных растений на опытных участках и обилие цветения.

Сравнительный анализ медовой продуктивности под пологом древостоя и на открытых лесных участках показал, что видовой состав медоносных растений, представляющих интерес для лесных пасек, складывается из представителей травяно-кустарничкового яруса, так как их видовое богатство превосходит количество видов медоносных растений древесно-кустарничкового яруса. Медовая продуктивность *Sorbus aucuparia* L. на опушках леса увеличилась до 21,6 кг/га, у *Angelica sylvestris* L. – до 100, у *Salix caprea* L. – до 29, у *Prunus padus* L. – до 13,4 кг/га. Максимальной медовой продуктивностью отличается *Rubus idaeus* L. – 107 кг/га, около 50–60 кг/га – у *Frangula alnus* Mill. и *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop, у *Trifolium medium* L. – 32 кг/га.

Представляют интерес такие медоносные растения, как *Melampyrum nemorosum* L., *Geum rivale* L., *Veronica chamaedrys* L., *Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm, *Vicia cracca* L. Их медовая продуктивность составляет 1,9 – 10,1 кг/га и сроки цветения растянуты (вторая декада мая – первая декада октября) за счет вторичного цветения, что позволит сократить безмедосборный период во время цветения медоносных растений на лесных землях. *Stellaria nemorum* L., *Geranium sylvaticum* L. и *Angelica sylvestris* L. отмечены

на северной опушке по отношению к стене леса. Южная опушка леса представлена *Rubus idaeus* L., *Vicia cracca* L. и *Geum rivale* L. Повсеместно на опушках леса, независимо от их положения, встречаются *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop, *Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm, *Melampyrum nemorosum* L., *Veronica chamaedrys* L. и *Trifolium medium* L.

ВЫВОДЫ

1. Важным для рационального использования кормовой базы для пчел является знание последовательности цветения значимых для продуктивного медосбора нектароносных растений. В таблице приведены сроки и продолжительность цветения основных медоносных растений в условиях Ленинградской области. Но указанные сроки цветения подлеска могут варьировать, так как находятся в прямой зависимости от складывающихся погодных условий.

2. Уточненные значения сахаропродуктивности и медовой продуктивности позволили определить биоресурсный потенциал и медовые запасы угодий березняков на территории области. Наши исследования показали, что биоресурсный потенциал березняков составляет около 31,922 тыс. т, из них пчелы

могут использовать 19,951 тыс. т для медосбора – 87,3% от общего биоресурсного потенциала на землях, покрытых лесной растительностью. Медоносные ресурсы на угодьях березняков области потенциально позволяют увеличить пасеки и продуктивно содержать примерно 166 тыс. семей.

3. Медоносные угодья березняков Ленинградской области представлены значительным видовым разнообразием медоносных растений во всех компонентах лесного фитоценоза под пологом леса и на опушках леса, которые характеризуются широкой вариативностью показателей медовой продуктивности.

4. В практических целях уточненные сведения о сроках цветения и медовой продуктивности основных медоносных растений подлеска и травянистых видов для условий юга таежной зоны европейской части РФ рекомендуется использовать для осуществления кочевки пасек с целью получения непрерывного поступления нектара в улей.

5. Результаты проведенных исследований на лесных землях рекомендуется применять для корректировки Лесного плана Ленинградской области и лесохозяйственных регламентов лесничеств, а также при разработке нормативно-справочной литературы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. До Ван Тхао, Самсонова И.Д. Видовой состав медоносных растений в березняках по компонентам фитоценоза в Балтийско-Белозерском таежном лесном районе // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2020. – №56. – С. 110–114.
2. Самсонова И.Д. Особенности цветения медоносных растений травяно-кустарничкового яруса в березняках // Пчеловодство. – 2020. – № 7. – С. 22–25.
3. Динамика биоразнообразия медоносных ресурсов в структуре березняков / И.Д. Самсонова, Д.В. Тхао, Н.Т. Зыонг, П.В. Сидаренко // Лесотехнический журнал. – Т. 9, № 4 (36). – С. 73–81.
4. Кривцов Н.И., Лебедев Г.М. Пчеловодство. – М.: Колос, 1999. – 400 с.
5. Ярошевич Г.С. Научное обоснование технологии пчеловодства Северо-Запада России в условиях возрастающего техногенного загрязнения природной среды: автореф. дис.... д-ра с.- х. наук. – Дивново, 2009. – 35 с.
6. Соловьев В.В. Особенности получения экологически безопасной продукции пчеловодства в условиях Новгородской области: дис. ... канд. биол. наук. – М., 2003. – 136 с.
7. Нестеров П.И., Пинчук Л.М., Леонтьев Г.М. Медоносные ресурсы Молдавии. – Кишинев: Кн. изд-во, 1988. – 378 с.

8. Нгуен Тхи Зыонг, Самсонова И.Д. Биоресурсный потенциал и медовый запас лесных угодий для медосбора в Ленинградской области // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2020. – №56. – С. 90–83.
9. Эколого-биологический анализ медоносов березняков / И.Д. Самсонова, В.Ю. Нешатаев, Д.В. Тхао, Н.Т. Зыонг // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2019. – № 229. – С. 104–117.

REFERENCES

1. Do Wang Thao, Samsonov I.D., *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa*, 2020, No. 56, pp. 86–89. (In Russ)
2. Samsonova I.D., *Pchelovodstvo*, 2020, No. 7, pp. 22–25. (In Russ)
3. Samsonova I.D., Tkhaio D.V., Zyong N.T., Sidarenko P.V., *Lesotekhnicheskii zhurnal*, T. 9, No. 4 (36), pp. 73–81. (In Russ)
4. Krivtsov N.I., Lebedev G.M., *Pchelovodstvo (Beekeeping)*. – M.: Kolos, 1999. – 400 p.
5. Yaroshevich G.S., *Nauchnoe obosnovanie tekhnologii pchelovodstva Severo-Zapada Rossii v usloviyakh vozrastayushchego tekhnogennoho zagryazneniya prirodnoy sredy* (Scientific substantiation of beekeeping technology in the North-West of Russia in the conditions of increasing technogenic pollution of the natural environment), Extended abstract of Doctor's thesis, Divovo, 2009, 35 p.
6. Solov'ev V.V., *Osobennosti polucheniya ekologicheskoi bezopasnoy produktsii pchelovodstva v usloviyakh Novgorodskoy oblasti* (Features of obtaining environmentally safe beekeeping products in the Novgorod region), Extended abstract of Candidate's thesis, Moscow, 2003, 136 p.
7. Nesterov P.I., Pinchuk L.M., Leontyak G.M., *Medonosnye resursy Moldavii* (Honey resources of Moldova), Kishinev: kn. izd-vo, 1988, 378 p.
8. Nguen Tkhi Zyong, Samsonova I.D., *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa*, 2020, No. 56, pp. 90–83. (In Russ)
9. Samsonova I.D., Neshataev V.Yu., Tkhaio D.V., Zyong N.T., *Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii*, 2019, No. 229, pp. 104–117. (In Russ)

**ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ КУЛУНДИНСКОЙ
ТОНКОРУННОЙ ПОРОДЫ ОВЕЦ ПО КАЧЕСТВУ ПОТОМСТВА**

¹**С.И. Сторожук**, кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент, заслуженный зоотехник РФ, ведущий научный
сотрудник

²**В.Л. Петухов**, доктор биологических наук, профессор

²**В.А. Андреева**, аспирант

²**Е.А. Климанова**, аспирант

²**Т.В. Коновалова**, старший преподаватель

²**Е.И. Тарасенко**, магистрант

Ключевые слова: овцы, кулундинская порода, генотип, родители, потомки, продуктивность

¹Алтайский НИИ сельского хозяйства, Барнаул, Россия

²Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

E-mail: naden8277@mail.ru

Реферат. *Изучена генетическая ценность производителей аборигенной кулундинской тонкорунной породы овец на основе различных методов анализа продуктивности их потомков. В исследованиях использовали данные по 574 дочерям, полученным от 16 баранов-производителей из племязавода ОАО «Степное» Алтайского края. Оценка генотипов баранов-производителей была проведена по продуктивности ярок в годичном возрасте. Рассчитано количество эффективных дочерей, необходимое для подтверждения достаточного количества потомков при оценке отцов. В зоне разведения овец исследованы вода, почва и корма на содержание тяжелых металлов, которые не превышали ПДК. Селекционные индексы производителей изменялись от 114 до 1562. Живая масса баранов равнялась 120 кг, а их дочерей – 50,0 кг. Настриг шерсти дочерей составил 5,7 кг. Установлена высокая однородность генотипов производителей по живой массе дочерей. Генетическая изменчивость отцов была равна 3,2%. Производители № 4452, 26133, 3611, 0125 и 44244 занимали первые пять рангов по показателям продуктивности. Установлено влияние генотипов баранов-производителей на живую массу и настриг шерсти дочерей. Данные ранжирования показали преимущество дочерей по ряду признаков, полученных от препопентных производителей. Для повышения эффективности селекции предложено широко использовать баранов-производителей № 3611, 0125, 26133 и 44244. При отсутствии нормальности распределения признаков был применен метод Ного. В остальных случаях использована обработка данных методами вариационной статистики.*

GENETIC EVALUATION OF PRODUCERS OF THE KULUNDA FINE-WOOL SHEEP BREED IN TERMS OF PROGENY QUALITY

¹**S.I. Storozhuk**, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor,
Honoured Zootechnician of the Russian Federation, Leading Researcher

²**V.L. Petukhov**, Doctor of Biological Sciences, Professor

²**V.A. Andreeva**, Postgraduate Student

²**E.A. Klimanova**, Postgraduate Student

²**T.V. Konovalova**, Senior lecturer

²**E.I. Tarasenko**, M.Sc

¹**Altai RResearch Institute of Agriculture, Barnaul, Russia**

²**Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia**

Key words: sheep, Kulunda breed, genotype, parents, progeny, productivity.

Abstract. The authors have studied the genetic value of producers of the aboriginal Kulunda fine-wool sheep breed based on various analysis methods of the productivity of their progeny. The data on 574 offspring (daughters) received from 16 rams-producers of the "Steptoe" breeding farm of Altai Krai were used in the research. The genotypes of ram progeny were evaluated by the productivity of the rams at one year of age. In assessing the fathers, the number of effective daughters needed to confirm a sufficient number of offspring was calculated. Water, soil, and feed were tested for heavy metals content in the sheep breeding area, which did not exceed the MPC (Maximum Permissible Concentration). The breeding indices of the progeny ranged from 114 to 1562. The live weight of the rams was 120 kg. The live weight of the daughters was 50.0 kg. The sheep (daughters) had a wool gain of 5.7 kilograms per ewe. The authors established a high homogeneity of the genotypes of rams producers in terms of the live weight of daughters. The genetic variability of the fathers was 3.2%. According to productivity indices, the rams-producers (#4452, 26133, 3611, 0125 and 44244) occupied the first five ranks. The effect of the genotypes of ram producers on the daughters' live weight and wool hair gain was established. The ranking data showed the advantage of daughters in several traits obtained from prepotent producers. The authors suggest that ram sires no. 3611, 0125, 26133 and 44244 should be used extensively to improve breeding efficiency. The authors also applied the Hozo method in the absence of normal distribution of traits. In other cases, data processing by methods of variation statistics was used.

В совершенствовании продуктивных качеств тонкорунных овец важное значение имеют оценка и отбор животных, проводимые в стадах в соответствии с намеченным направлением селекционно-племенной работы [1–5].

Известно, что хозяйственно полезные признаки у овец и других видов животных наследуются полигенно [1, 3, 6]. При этом количественные признаки потомков по своей величине занимают промежуточное положение между соответствующими признаками обоих родителей. На практике встречаются отклонения от этого положения. Иногда на формирование хозяйственно полезных признаков потомства преобладающее влияние оказывает

наследственность одного из родителей, т.е. наследование носит неаддитивный характер. В зоотехнии такое явление принято называть препотентностью. В работах многих ученых показана роль наследственности в детерминации признаков продуктивности и воспроизводительных качеств, резистентности к болезням, устойчивости к аккумуляции тяжелых металлов в органах и тканях животных, соматической хромосомной нестабильности [7, 9].

Кулундинская тонкорунная аборигенная порода овец выведена в 1981–2007 гг. в племязаводе «Степное» Алтайского края (авторское свидетельство № 46711). Бараны-производители отличаются большой живой

массой (около 120 кг). Настриг шерсти с барана составляет около 14 кг, а с маток – 6–7 кг. Выход чистой шерсти равен 55–58%. Шерсть характеризуется высокими технологическими качествами. Овцы обладают довольно высокой воспроизводительной способностью. К отбивке от 100 овцематок получают около 130 ягнят. В мире насчитывается более 1100 пород овец. Среди них более 900 местных пород и около 100 – международных трансграничных [10, 11]. Под угрозой исчезновения находится много пород млекопитающих. Поэтому острой является проблема сохранения генофонда и фенофонда аборигенных пород и типов сельскохозяйственных животных [3, 12, 14].

Предварительный отбор производителей по фенотипу осуществляется на основе данных бонитировки при определяющем значении их уровня продуктивности и происхождения. Суммарный фенотипический эффект за счет баранов-производителей в стаде составляет 79,5%, за счет маток – 20,5% [1]. На практике применяются различные методы оценки производителей по качеству потомства, о их результатах имеются сообщения ряда авторов [6, 15–16].

Цель исследований – определить племенную ценность баранов-производителей кулундинской тонкорунной породы.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В исследование включены 16 баранов-производителей и 574 их дочерей кулундинской тонкорунной породы овец из племенного завода ОАО «Степное» Алтайского края. Оценивали животных на основании данных бонитировки. Шерстную продуктивность, ее качественную характеристику анализировали по результатам метрологической оценки образцов шерсти.

В Западной Сибири проводится экологический мониторинг воды, почвы, кормов, органов и тканей животных на содержание макро- и микроэлементов [17, 18]. Показано, что в зоне разведения овец и других видов сель-

скохозяйственных животных содержание тяжелых металлов не превышало ПДК [19, 20].

Математические методы в селекции характеризуют препотентность родителей по продуктивности дочерей между отцами, матерями, сверстницами, по степени однородности потомства. Истинная оценка производителей определялась на основании их продуктивности по формулам:

СИБ (селекционный индекс барана) = чистое волокно (кг) $\times$ 1000 / (толщина волокон, мкм)² + живая масса;

ЭЧП (эффективное число потомков) = $N_1 \times N_2 / W_1 + W_2$,

где N_1 – число дочерей; N_2 – число сверстниц;

ПП (препотентность производителя) = $D/M \times 100\%$,

где D – продуктивность дочерей; M – матерей;

ИП (индекс производителя) = $2D - M$;

ИПЦ (индекс племенной ценности) = $D - M / \sigma D$.

Данные обработаны методом непараметрической статистики с использованием программы STATISTICA (StatSoftInc, США).

Средние показатели и вариации признаков у баранов-производителей определяли по формулам:

$$\bar{x} \approx \frac{a+2m+b}{4} + \frac{a-2m+b}{4n},$$

$$\sigma^2 \approx \frac{1}{n-1} (a^2 + m^2 + b^2 \left(\frac{n-3}{2}\right) \frac{(a+m)^2 + (m+b)^2}{4} - n \left(\frac{a+2m+b}{4} + \frac{a-2m+b}{4n}\right)^2),$$

где n – количество животных; a – минимальная величина признака; b – наибольшая величина признака; m – медиана; $\bar{x}$ – средняя арифметическая; σ^2 – вариация.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По генеалогической принадлежности 11 производителей относились к помесям австралийских мериносов, 4 – к маньчжским мериносам и 1 – к линии 1510. Характеристика их продуктивности и ранги селекционных индексов даны в табл. 1.

Для всех производителей характерна большая густота шерсти (ММ...М+), средняя длина составляет 11,4 см. Тонина шерсти равна

Таблица 1

Продуктивность баранов-производителей
Productivity of rams-producers

Номер барана	Густота шерсти	Длина шерсти, см	Качество шерсти, мкм	Живая масса, кг	Настриг шерсти, кг	Селекционный индекс	Ранг селекционного индекса
44391	ММ	10,0	22,1	137	7,8	153,0	2
4440	ММ	10,0	21,8	120	7,4	135,6	7
44445	ММ	12,0	23,3	138	7,6	151,9	4
4680	ММ	10,0	22,1	103	8,8	121,0	13
2639	ММ	12,5	22,6	105	6,8	118,3	14
34176	ММ	10,5	22,9	115	6,6	127,65	11
34425	ММ	11,0	24,6	100	6,9	111,4	15
3611	ММ	12,5	24,2	104	7,1	121,4	12
364	ММ	11,5	20,3	118	7,2	135,5	8
2215	ММ	12,5	21,8	123	8,0	139,8	6
0125	ММ	10,0	23,1	132	11,0	156,2	1
44244	ММ	12,5	24,4	119	7,4	131,4	9
4452	ММ	12,0	21,3	124	7,9	141,4	5
44270	ММ	11,5	21,1	134	8,0	152,2	3
44129	ММ	12,0	24,7	117	7,3	128,9	10
26133	ММ	12,5	21,4	136	7,3	151,9	4

22,4 мкм при варьировании от 20,3 до 24,7 мкм. Качество шерсти на боку и ляжке характеризуется высокой уравниенностью по толщине волокон, где σ составляет: на боку $\pm 3,12-4,62$ мкм, на ляжке $\pm 3,38-5,28$ мкм при требовании ГОСТ 30702–2000 $\pm 6,40$ мкм. Средняя живая масса (120,3 кг) превышает требования стандарта породы на 33,7%. На рис. 1–3 изображены отара овец, бараны-производители и овцематка кулундинской тонкорунной породы.

В овцеводстве важное значение придается оценке племенной ценности [6, 7]. Селекционный индекс баранов находится в пределах 111,4–156,2 при среднем его значении 134,6. Согласно уровню селекционных индексов установлено ранговое положение между баранами-производителями. Первые 6 рангов занимают производители № 0125, 44391, 44270, 26133, 44445, 4452, 2215, кото-



Рис. 1. Отара овцематок кулундинской тонкорунной породы [3]
A flock of female ewes of the Kulunda fine-wool sheep breed [3]



Рис. 2. Бараны кулундинской тонкорунной породы овец [3]
Rams of Kulunda fine-wool sheep breed [3]

рые характеризуются достаточно высокими показателями продуктивных признаков.

Высокое ранговое положение селекционных индексов отцов предполагает получение от них потомков с уровнем продуктивности выше средних показателей их сверстников других производителей.

В табл. 2 представлены средние значения и фенотипическая изменчивость некоторых признаков баранов-производителей.

Изменчивость качества шерсти была в 2 раза ниже, чем изменчивость настрига шерсти.

Оценка генотипов баранов-производителей проведена по уровню продуктивности ярок ($n=574$) в годовалом возрасте. Для подтверждения достаточного количества потомков при оценке каждого отца осуществлен расчет числа его эффективных дочерей. Их количество позволило провести оценку отцов по качеству потомства в сравнении с показателями продуктивности сверстниц. Оценка генотипа баранов-производителей по живой массе дочерей и сравнение со сверстницами представлены в табл. 3. Установлены различия между некоторыми отцами по живой массе дочерей. Так, например, потомки барана № 34425 с низким рангом селекционного индекса имели более низкую живую массу, чем дочери производителя № 0125 ($P<0,001$).

Однако в относительно консолидированной популяции овец племязавода существует низкая генетическая изменчивость среди генотипов производителей по живой массе дочерей. Коэффициент генетической изменчивости по этому признаку был равен 3,2 %. Для

повышения эффективности селекционной работы ведется поиск генетических маркеров продуктивности овец [22, 24]. Интенсивно развиваются исследования, направленные на получение экологически чистой продукции [25–27].

Расчет количества эффективных дочерей показал, что по каждому отцу имеется фактически достаточное количество потомков для получения обоснованных показателей уровня продуктивности между дочерьми и сверстницами. Например, у отца №3 611 фактическое количество потомков равно 40, эффективных же ярок достаточно 37 голов. Средняя живая масса дочерей составляет 50,0 кг, σ – 4,90 кг; C_v – 10,4%. Дочери отца № 3611 имеют самую большую массу и превышали своих сверстниц на 3,22 кг ($P<0,001$). Достоверно препотентными по данному признаку продуктивности являются бараны № 3611, 26133,



Рис. 3. Овцематка кулундинской тонкорунной породы [3]

Sheep flock of Kulunda fine-wool sheep breed [3]

Таблица 2

Средние данные и изменчивость количественных признаков у баранов-производителей
Average data and variability of quantitative traits in rams-producers

Показатель	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	Me	δ	Q_1	Q_3	IQR	Cv	lim
Живая масса, кг	120,3 $\pm$ 3,2	119,5	12,8	109,2	133,2	24	10,6	100-138
Настриг шерсти, кг	8,1 $\pm$ 0,33	7,4	1,0	7,1	8	0,9	13,5	6,6-11
Длина шерсти, см	115,5 $\pm$ 0,187	11,8	1,0	10,2	12,5	2,29	9,0	10-12,5
Качество шерсти, мкм	22,4 $\pm$ 0,33	22,4	1,35	21,6	23,8	2,2	6,0	20,3-24,7
Селекционный индекс	134,6 $\pm$ 3,3	135,6	14,2	124	152	28	10,4	111,4-156,2

364, 4680, 0125, 44270, 2215, 4452, и 44445. Нейтральными следует считать баранов № 2639, 34176, 44391 и 44244. Явными ухудшателями являются производители № 34425 и 4440, живая масса дочерей ниже, чем у сверстниц, на 1,84 и 1,54 кг ($P < 0,05$).

Аналогичные исследования проведены по настригу шерсти и ее длине. Средний настриг шерсти дочерей составил 5,7 $\pm$ 0,4 кг. Улучшателями явились производители № 44270, 0125, 364, 4680, 26133 и 3611. Их до-

чери по настригу шерсти превышали своих сверстниц на 0,47–0,26 кг ($P < 0,05$ – 0,01).

Результаты анализа длины шерсти показали, что все потомки имеют среднюю длину шерсти 12,2 см, т.е. превышают требования стандарта породы на 4,8 см. Это позволяет успешно формировать животных в основное стадо.

Оценку производителей проводили по комплексу признаков с применением разных методов и методик. Нами проведен расчет индексов продуктивности дочерей

Таблица 3

Оценка генотипа отцов по живой массе дочерей
Assessment of genotype of fathers by live weight of daughters

Номер барана	Количество голов		Живая масса, кг		$\pm$ к сверстницам	P
	фактически	эффективных	дочерей	сверстниц		
44391	57	52	46,74 $\pm$ 0,60	46,48	-0,04	<0,01
4440	14	13	45,71 $\pm$ 1,34	47,22	-1,51	
44445	41	37	48,41 $\pm$ 0,72	46,83	+1,58	<0,05
4680	30	28	49,47 $\pm$ 0,87	46,83	+2,64	<0,01
2639	21	20	46,81 $\pm$ 1,19	46,98	-0,17	
34176	41	37	46,88 $\pm$ 0,91	46,98	-0,10	
34425	33	31	45,24 $\pm$ 0,78	47,08	-1,84	<0,05
3611	40	37	49,97 $\pm$ 0,81	46,75	+3,22	<0,001
364	51	45	49,02 $\pm$ 0,69	46,78	+2,24	<0,01
2215	45	42	48,58 $\pm$ 0,71	46,82	+1,76	<0,05
0125	32	29	49,18 $\pm$ 0,84	46,84	+2,34	<0,01
44244	30	27	46,78 $\pm$ 0,77	46,72	+0,04	
4452	26	25	48,32 $\pm$ 0,60	46,92	+1,40	<0,05
44270	38	35	48,78 $\pm$ 0,72	46,85	+1,93	<0,05
44129	30	29	45,90 $\pm$ 0,76	47,03	-1,13	
26133	42	39	48,87 $\pm$ 0,60	46,82	+2,05	<0,01
Среднее	574		46,97 $\pm$ 0,20	-	-	-

Таблица 4

Индексы племенной ценности производителей по продуктивности дочерей
Indices of breeding value of producers by the productivity of daughters

Номер барана	Живая масса (D/Mx 100%)	Настриг шерсти (2D/M)	Длина шерсти						
			D – M / σD	D/Mx 100%	2D/M	D – M / σD	D/Mx 100%	2D/M	D – M / σD
44391	102,1	49,74	0,22	86,4	5,02	-1,08	98,8	11,82	-0,11
4440	95,8	43,71	-0,4	94,2	5,3	-0,65	102,9	12,97	0,38
44445	100,8	47,79	0,08	77,9	4,27	-2,09	107,0	13,22	0,62
4680	99,9	49,44	-0,08	87,2	5,10	-1,26	101,5	12,02	0,14
2639	65,0	44,33	-0,45	87,9	4,93	-1,34	106,1	12,09	0,51
34176	98,4	46,11	-0,13	90,1	4,94	-0,74	98,3	11,62	-0,15
34425	94,4	42,57	-0,59	92,7	5,25	-0,57	100,1	11,87	0,01
3611	102,2	51,02	0,21	93,1	5,52	-0,51	104,0	12,43	0,27
364	99,6	48,82	-0,04	94,5	5,63	-0,32	99,7	11,91	0,03
2215	101,9	49,49	0,18	96,3	5,73	-0,26	103,1	12,61	0,25
0125	97,1	47,71	-0,31	96,2	5,8	-0,32	100,3	12,54	0,03
44244	98,6	46,11	-0,16	95,3	5,72	-0,31	102,7	12,85	0,22
4452	102,6	49,56	0,31	90,9	5,03	-0,79	101,6	12,19	0,14
44270	103,0	50,21	0,33	93,0	5,67	-0,47	113,8	14,33	1,11
44129	92,7	42,30	-0,84	85,0	4,51	-1,29	103,1	13,04	0,47
26133	105,1	51,16	0,54	98,7	5,9	-1,1	101,7	12,48	0,14

по оценке препотентности производителя ($D/M \cdot 100\%$) по селекционному индексу по Н.А. Плохинскому [6] ($2D - M$), индексу племенной ценности ($D - M / \sigma D$). Индексы племенной ценности производителей по живой массе, настригу и длине шерсти их дочерей приведены в табл. 4.

Данные препотентных производителей по живой массе находятся в пределах, превышающих 100%. Самый высокий индекс был у баранов № 26133, 44270, 44252, 3611, 44391, 2215, 44445. У остальных показатель находился на уровне средних данных. По второму варианту расчетов ($2D - M$) получены подобные результаты.

Весьма убедительными оказались данные о препотентности по последнему варианту. Здесь числитель ($D - M$) характеризует улучшающий эффект производителя, а знаменатель (σD) – амплитуду изменчивости признака. Полученный индекс 0,20 и выше у дочерей отцов № 26133, 44270, 4452, 44391, 3611, 2215 характеризует их как улучшателей широкоамплитуд-

ных ($P < 0,05$). Нейтральными признаны производители № 44244, 34176, 4680, 364, 44445. Самые низкие показатели получены по яркам отцов № 44129, 34425, 2639, 4440. Аналогичные данные характеризуют отцов по настригу шерсти и ее длине.

Большой научный и практический интерес представляет изучение и анализ рангов индексов племенной ценности производителей, полученных различными методами расчетов (табл. 5).

Данные были ранжированы и наглядно показывают преимущества дочерей препотентных производителей над их сверстниками. По живой массе, настригу шерсти и ее длине получили высокие ранги производители № 44270, 44391, 364; дополнительно по настригу шерсти № 44244. По длине шерсти отмечались производители, дочери которых имеют низкий уровень продуктивности (№ 34425, 4440, 44129, 2639).

Таблица 5

Ранги индексов племенной ценности баранов-производителей
Ranks of breeding value indices of ram breeders

Номер барана	Ранг отца	Дочки/сверстницы			Дочки/матери			Средняя по дочерям/сверстницам – дочерям/матерям
		живая масса, кг	настриг шерсти, кг	длина шерсти, см	живая масса, кг	настриг шерсти, кг	длина шерсти, см	
44391	2	7	5	11	13	13	15	10
4440	7	15	8	2	8	8	5	13
44445	4	9	5	5	16	16	2	7
4680	13	2	4	14	12	12	12	11
2639	14	12	6	6	14	14	3	12
34176	11	11	10	15	11	11	16	16
34425	15	16	7	13	9	9	13	15
3611	12	1	5	11	7	7	7	3
364	8	4	4	12	5	5	15	8
2215	6	8	5	9	2	2	6	6
0125	1	3	2	4	3	3	11	4
44244	9	13	3	3	4	4	8	5
4452	5	10	9	10	10	10	10	9
44270	3	6	1	1	6	6	1	1
44129	10	14	11	7	15	15	4	14
26133	4	5	4	8	1	1	9	2

ВЫВОДЫ

1. Материалы проверки баранов-производителей по качеству потомства показали высокую надежность сравнения индексов племенной ценности производителей, сравнения продуктивности дочерей со сверстницами с учетом истинных дочерей и продуктивности сверстниц, а также сравнения продуктивности дочерей с матерями при разных методах расчета.

2. В отселекционированной популяции кулундинской тонкорунной породы овец су-

ществует низкая генетическая изменчивость по живой массе дочерей среди используемых баранов-производителей.

3. Для повышения эффективности селекции в племязаводе ОАО «Степное» следует интенсивно использовать баранов улучшателей № 3611, 4680, 0125, 364, 26133, 44270, 2215, 44445. К нейтральным отнесены производители № 44244 и 4452. Ухудшателями были бараны № 34425, 4440, 44129, 2639, которые не допускаются к воспроизводству.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гольцблат А.И., Ерохин А.И., Ульянов А.Н. Селекционно-генетические основы повышения продуктивности овец. – М., 1988. – 279 с.
2. Ерохин А.И., Ерохин С.Н. Овцеводство. – М.: МГУП, 2004. – 480 с.
3. Биология, генетика и селекция овцы / А.В. Кушнir, В.И. Глазко, В.Л. Петухов, Г. Димов, С.И. Сторожук. – Новосибирск: НГАУ, 2010. – 510 с.
4. Шайдулин И. Создание скороспелого мясного овцеводства в России на примере Великобритании // Главный зоотехник. – 2011. – № 2. – С. 37–43.
5. Косилов В.Е., Никонова Е. Мясная продуктивность молодняка овец цигайской породы // Главный зоотехник. – 2011. – № 1. – С. 37–46.

6. *Cadmium* content variability in organs of West Siberian Hereford bull-calves / V.L. Petukhov, K.N. Narozhnykh, T.V. Konovalova, O.S. Korotkevich [et al.] // Proceeding of Abstract 17th International Conference on Heavy Metals in the Environment. – Guiyang, China. – 2014. – P. 74.
7. *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. – P. 74. – <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtemb.2017.03.304>.
8. *Iron* content in soil, water, fodder, grain, organs and muscular tissues in cattle of Western Siberia (Russia) / K.N. Narozhnykh, T.V. Konovalova, Ju. I. Fedyaev, N.I. Shishin [et al.] // Indian Journal of Ecology. – 2017. – Vol. 44(2). – P. 217–220.
9. *Генофонды сельскохозяйственных животных. Генетические ресурсы животноводства* / И.Г. Моисеева, С.В. Уханов, Ю.А. Столповский, Г.Е. Сулимова, С.Н. Каштанов. – М.: Наука, 2006. – 462 с.
10. *Состояние всемирных генетических ресурсов животных в сфере продовольствия и сельского хозяйства.* – 2007. – 512 с.
11. *Патент на изобретение* RU 2270562. Способ сохранения редких и исчезающих пород животных / В.Л. Петухов, Л.К. Эрнст, А.И. Желтиков, В.Г. Маренков [и др.]. – Заявл. 05.05.2005; опублик. 27.02.2006. – Бюл. № 6.
12. *Проблемы селекции сельскохозяйственных животных* / Б.Л. Панов, В.Л. Петухов, Л.К. Эрнст [и др.]. – Новосибирск: Наука. Сиб. предпр. РАН, 1997. – 283 с.
13. *The Romanov breed sheep in Siberia* / O.I. Sebezko, E.V. Kamaldinov, Ju.I. Fedyaev, N.I. Shishin [et al.] // Proceeding The 2nd World Conference on Sheep. – 2018. – P. 11 – 12.
14. *Родионов В.А., Екимов А.Н.* Изменение ранга племенной ценности козлов при действии на их потомство разных факторов среды // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2002. – № 2. – С. 11 – 12.
15. *Санников М.И.* Родители и их индивидуальные задатки. Межпородное скрещивание в тонкорунном овцеводстве. – М.: Колос, 1964. – С. 314 – 330.
16. *Макро- и микроэлементы в почвах и кормовых травах периферических полей Барнаульского Приобья* / А.И. Сысо, М.А. Лебедева, С.А. Худяев [и др.] // Вестник НГАУ. – 2017. – № 3 (44). – С. 54 – 61.
17. *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. – Vol. 9 (4). – P. 368 – 374.
18. *Analysis of trace elements in the hair of farm animals by atomic emission spectrometry with Dc Arc excitation sources* / A.R. Tsygankova, A.V. Kuptsov, K.N. Narozhnykh, A.I. Saprykin [et al.] // J. Pharm. Sci. and Res. – 2017. – Vol. 9(5). – P. 601 – 605.
19. *Direct determination of cooper, lead and cadmium in the whole bovine blood using thick film modified graphite electrodes* / T.V. Skiba, A.R. Tsygankova, N.S. Borisova, K.N. Narozhnykh [et al.] // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. – 2017. – Vol. 9(6). – P. 958 – 964.
20. *Нарожных К.Н.* Изменчивость, корреляции и уровень тяжелых металлов в органах и тканях герефордского скота в условиях Западной Сибири: дис. ... канд. биол. наук. – 2019. – 163 с.
21. *Влияние баранов-производителей романовской породы на аккумуляцию цинка в шерсти потомства* / М. Лью, Р.Т. Саурбаева, О.И. Себежко, В.А. Андреева, Т.В. Коновалова // Вестник НГАУ. – 2019. – № 3 (52). – С. 91 – 97.
22. *Генетические маркеры мясной продуктивности овец (Ovis aries). Сообщ. I: Миостатин, кальпаин, кальпаистатин* / В.И. Трухачев, М.И. Селионова, А.Ю. Криворучко, А.М.М. Айбазов // Сельскохозяйственная биология. – 2018. – Т. 53, № 6. – С. 1107 – 1119.

23. *Mutation* in BMPR-IB and BMP-15 genes are association with litter size in Small tailer han sheep (*Ovis aries*) / M.X. Chu, Z.H. Liu, C/L/ Jiao [et al.] // J. Anim. Sci. – 2007. – Vol. 85, N 8. – P. 598–603. – DOI: 10.2527/jas.2006–324.
24. *Проблемы сельскохозяйственной экологии* / А.Г. Незавитин, В.Л. Петухов, А.Н. Власенко [и др.] – Новосибирск: Наука, 2000. – 255 с.
25. *Accumulation* of Cu and Zn in the soils, rough fodder, organs and muscle tissues of cattle in Western Siberia / V.L. Petukhov, A.I. Syso, K.N. Narozhnykh, T.V. Konovalova [et al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2016. – Vol. 7(4). – P. 2458 – 2464.
26. *Cadmium* accumulation in soil, fodder, grain, organs and muscle tissue of cattle in West Siberia (Russia) / K.N.Narozhnykh, T.V. Konovalova, V.L. Petukhov, A.I. Syso [et al.] // International Journal of Advanced Biotechnology and Research (IJBR). – 2016. – Vol. 7, is. 4. – P. 1758 – 1764.

REFERENCES

1. Goltsblat A.I., Erokhin A.I., Ulyanov A.N., *Selektsionno-geneticheskie osnovy povysheniya produktivnosti ovets* (Selection and genetic basis for increasing the productivity of sheep), Moscow, 1988, 279 p.
2. Erokhin A.I., Erokhin S.N., *Ovtsevodstvo* (Sheep breeding), Moscow: MGUP, 2004, 480 p.
3. Kushnir A.V., Glazko V.I., Petukhov V.L., Dimov G., Storozhuk S.I., *Biologiya, genetika i selektsiya ovtsy* (Biology, genetics and breeding of sheep), Novosibirsk: NSAU, 2010, 510 p.
4. Shaidulin I., *Glavnyy zootekhnik*, 2011, No. 2, pp. 37 – 43. (In Russ.)
5. Kosilov V.E., Nikonova E., *Glavnyy zootekhnik*, 2011, No. 1, pp. 37 – 46. (In Russ.)
6. Petukhov V.L., Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Korotkevich O.S. [et al.], Cadmium content variability in organs of West Siberian Hereford bull-calves, *Proceeding of Abstract 17th International Conference on Heavy Metals in the Environment*, Guiyang, China, 2014, pp. 74.
7. 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, pp. 74., <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtemb.2017.03.304>.
8. Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Fedyaev Ju.I., Shishin N.I. [et al.], Iron content in soil, water, fodder, grain, organs and muscular tissues in cattle of Western Siberia (Russia), *Indian Journal of Ecology*, 2017, Vol. 44(2), pp. 217 – 220.
9. Moiseeva I.G., Ukhanov S.V., Stolpovsky Yu.A., Sulimova G.E., Kashtanov S.N., *Genofondy sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh. Geneticheskie resursy zhivotnovodstva* (Gene pools of agricultural animals. Genetic resources of animal husbandry), Moscow: Nauka, 2006, 462 p.
10. *Sostoyanie vsemirnykh geneticheskikh resursov zhivotnykh v sfere prodovol'stviya i sel'skogo khozyaystva* (The State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture), 2007, 512 p.
11. Petukhov V.L., Ernst L.K., Zheltikov A.I., Marenkov V.G. [et al.], Patent for invention RUS 2270562, Appl. 05.05.2005, publ. February 27.02.2006, Bull. No. 6. (In Russ.)
12. Panov B.L., Petukhov V.L., Ernst L.K. [et al.], *Problemy selektsii sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh* (Problems of selection of farm animals), Novosibirsk: Science. Siberian enterprise RAS, 1997, 283 p.
13. Sebezhko O.I., Kamaldinov E.V., Fedyaev Ju.I., Shishin N.I. [et al.], The Romanov breed sheep in Siberia, *Proceeding The 2nd World Conference on Sheep*, 2018, pp. 11 – 12.
14. Rodionov V.A., Ekimov A.N., *Ovtsy, kozy, sherstyanoje delo*, 2002, No. 2, pp. 11 – 12. (In Russ.)

15. Sannikov M.I., *Roditeli i ikh individual'nye zadatki. Mezhpородное skreshchivanie v tonkorunnom ovtsevodstve* (Parents and their individual inclinations. Interbreed crossing in fine-wool sheep breeding), Moscow: Kolos, 1964, pp. 314 – 330.
16. Syso A.I., Lebedeva M.A., Khudyaev S.A. [et al.], *Vestnik NGAU*, 2017, No. 3(44), pp 54–61. (In Russ.)
17. Syso A.I., Sokolov V.A., Petukhov V.L. [et al.], Ecological and biochemical evaluation of elements contents in soils and fodder grasses of the agricultural lands of Siberia, *J. Pharm. Sci. and Res*, 2017, Vol. 9(4), pp. 368 – 374.
18. Tsygankova A.R., Kuptsov A.V., Narozhnykh K.N., Saprykin A.I. [et al.], Analysis of trace elements in the hair of farm animals by atomic emission spectrometry with Dc Arc excitation sources, *J. Pharm. Sci. and Res*, 2017, Vol. 9(5), pp. 601 – 605.
19. Skiba T.V., Tsygankova A.R., Borisova N.S., Narozhnykh K.N. [et al.], Direct determination of cooper, lead and cadmium in the whole bovine blood using thick film modified graphite electrodes, *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2017, Vol. 9(6), pp. 958 – 964.
20. Narozhnykh K.N., *Izmenchivost', korrelyatsii i uroven' tyazhelykh metallov v organakh i tkanyakh gereforskogo skota v usloviyakh Zapadnoy Sibiri* (Variability, correlations and the level of heavy metals in organs and tissues of Hereford cattle in the conditions of Western Siberia), Candidate's thesis, 2019, 163 p.
21. Lew M., Saurbaeva R.T., Sebezhko O.I., Andreeva V.A., Konovalova T.V., *Vestnik NGAU*, 2019, No. 3 (52), pp. 91 – 97. (In Russ.)
22. Trukhachev V.I., Selionova M.I., Krivoruchko A.Yu., Aybazov A.M.M., *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya*, 2018, T. 53, No. 6, pp. 1107 – 1119. (In Russ.)
23. Chu M.X., Liu Z.H., Jiao C.L. [et al.], Mutation in BMPR-IB and BMP-15 genes are assosiation with litter size in Small tailer han sheep (*Ovis aries*), *J. Anim. Sci*, 2007, Vol. 85, No. 8, pp. 598–603, DOI: 10.2527 / jas. 2006–324.
24. Nezavitin A.G., Petukhov V.L., Vlasenko A.N. [et al.], *Problemy sel'skokhozyaystvennoy ekologii* (Agricultural ecology problems), Novosibirsk: Nauka, 2000, 255 p.
25. Petukhov V.L., Syso A.I., Narozhnykh K.N., Konovalova T.V. [et al.], Accumulation of Cu and Zn in the soils, rough fodder, organs and muscle tissues of cattle in Western Siberia, *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 2016, Vol. 7(4), pp. 2458 – 2464.
26. Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Petukhov V.L., Syso A.I. [et al.], Cadmium accumulation in soil, fodder, grain, organs and muscle tissue of cattle in West Siberia (Russia), *International Journal of Advanced Biotechnology and Research (IJBR)*, 2016, Vol. 7, is. 4, pp. 1758 – 1764.

**СВЯЗЬ ВОСПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ С ПРОДУКТИВНЫМ
ДОЛГОЛЕТИЕМ КОРОВ**

Л.В. Холодова, кандидат биологических наук, доцент

Марийский государственный университет,

Йошкар-Ола, Россия

E-mail: holodova72@gmail.com

Ключевые слова: корова, воспроизводительная способность, молочная продуктивность, продуктивное долголетие

Реферат. Одной из важнейших задач современного молочного скотоводства является продление времени продуктивного использования коров.

Исследования показали, что продолжительность хозяйственного использования исследуемого поголовья находилась в пределах от 1005 до 3693 дней и в среднем составила 1864 дня. Пожизненный удой коров в среднем равен 20746 кг, а пожизненное количество молочного жира – 735,4 кг. На 1 день хозяйственного использования было получено 10,2 кг молока, а на 1 день лактации этот показатель был значительно выше – 20,8 кг. Было установлено, что наиболее длительный период – 1903 дня использовались коровы со средней продолжительностью сервис-периода – 91-120 дней. От этой группы животных была получена наибольшая пожизненная продуктивность – 21909 кг молока. Дальнейшее сокращение или увеличение продолжительности сервис-периода сопровождалось уменьшением периода хозяйственного использования и снижением пожизненной продуктивности коров. При слишком удлинённом сервис-периоде (более 120 дней) происходило сокращение продуктивного долголетия коров до 1875 дней и снижение пожизненной молочной продуктивности до 20562 кг молока. Согласно результатам исследований, пожизненная продуктивность коров возрастает с увеличением продолжительности межотельного периода с 11 до 13 месяцев от 14939 до 26582 кг. Установлено, что при более длительном периоде между отёлами пожизненный удой и молочный жир снижаются. Возраст первого отёла не оказал существенного влияния на продолжительность хозяйственного использования коров. Лучшими по этому признаку были особи, чей первый отёл произошёл в возрасте 30 месяцев и более – 1993,2 дня. Однако наибольшую пожизненную продуктивность показали животные, возраст первого отёла которых составил 26–27, 9 месяца.

**THE RELATIONSHIP BETWEEN REPRODUCTIVE CAPACITY
AND PRODUCTIVE LONGEVITY OF COWS**

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

Mari State University, Yoshkar-Ola, Russia

Key words: cow, reproductive capacity, milk productivity, productive life.

Abstract. One of the most critical tasks of modern dairy farming is to extend the time of productive use of cows. Studies have shown that the studied herd's economic benefit ranged from 1005 to 3693 days and averaged 1864. The lifetime milk yield of the cows averaged 20746 kg and lifetime milk fat was 735.4 kg. On the first day of economic use, 10.2 kg of milk was obtained, and on the first day of lactation, the figure was significantly higher at 20.8 kg. The most extended use period for a cow was found to be 1903 days. The average open days were 91-120 days. The highest lifetime productiv-

ity was obtained from this group of animals, which was 21909 kg of milk. A further reduction or increase in the length of open days was accompanied by a decrease in economic use and a decrease in the productive life of the cows. When open days were too long (more than 120 days), the productive life of the cows was reduced to 1875 days, and milk productivity was also reduced to 20562 kg of milk. According to the research results, the abundant lifetime life of cows increases with the duration of inter calving period from 11 to 13 months from 14939 to 26582 kg. It was found that productive life milk yield and milk fat decreased with a more extended period between calvings. The age of the first calving had no significant effect on the duration of economic use of the cows. Individuals with first calving at 30 months of age and more excellent than 1993.2 days were best on this trait. However, the highest productive life was shown by animals whose age at first calving was 26-27, 9 months.

Одной из важнейших задач современного молочного скотоводства является продление сроков продуктивного использования коров. По мнению многих ученых [1–6], увеличение продолжительности использования животных может повысить эффективность производства продукции животноводства. Это связано с уменьшением стоимости выращивания молодняка и формирования основного стада. Кроме того, увеличение срока эксплуатации животных позволяет осуществлять расширенное воспроизводство стада, что дает возможность проводить селекционно-племенную работу на высоком уровне, а также способствует увеличению производства продукции.

Для того чтобы увеличить производство молока, некоторые сельскохозяйственные компании прибегают к «искусственному» продлению сервис-периода, что способствует более длительной лактации животных, поскольку продление периода между отёлами увеличивает количество дойных дней, а следовательно, и удой за законченную лактацию. Но пожизненная продуктивность животных с увеличенным сервис-периодом, как свидетельствуют результаты ряда исследований [7–9], будет меньше, чем у особей с оптимальной продолжительностью сервис-периода. Согласно имеющимся данным [10, 11], удлинение сервис-периода оказывает неоднозначное влияние на уровень молочной продуктивности коров. При сервис-периоде 90–110 дней была выявлена выраженная тенденция к повышению удоя за 305 дней лактации, дальнейший его рост, по мнению авторов, нецелесообразен, так как при этом увеличивается межотельный период, что ведет к не-

дополучению молодняка. О связи сервис-периода с продолжительностью хозяйственного использования коров и их продуктивностью свидетельствуют результаты исследований ряда ученых [12–14].

Л.Л. Петрухина и С.Л. Белоцерцева [15] указывают, что одним из факторов, влияющих на продуктивное долголетие коров, является возраст первого отёла. По мнению авторов, как ранние, так и поздние отёлы отрицательно сказываются на эффективности ведения молочного скотоводства.

Цель исследований – изучение связи воспроизводительных качеств с продолжительностью хозяйственного использования и пожизненной продуктивностью коров.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- проанализировать продолжительность хозяйственного использования (ПХИ), уровень молочной продуктивности и воспроизводительные качества коров;
- изучить влияние воспроизводительных способностей на продолжительность хозяйственного использования коров и их пожизненную продуктивность.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования были проведены на базе ЗАО ПЗ «Семеновский» Республики Марий Эл.

Объектом исследований послужили бывшие из стада голштинизированные коровы черно-пестрой породы (n=178). Материал для исследований – карточки племенных коров (форма 2–Мол).

Для определения пожизненной продуктивности была проанализирована молочная продуктивность коров (удой и количество молочного жира) за каждую полную лактацию, первые 305 дней и за все время хозяйственного использования. Был рассчитан удой на 1 день лактации и на 1 день продолжительности хозяйственного использования.

Воспроизводительные качества коров изучали по продолжительности межотельного и сервис-периода, возрасту первого отела.

Полученные результаты исследований были статистически обработаны по методике Н.А. Плохинского.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Как свидетельствуют данные литературы [7–9], большое влияние на эффективность производства молока оказывает продолжительность использования коров в стаде, т. е. их продуктивное долголетие.

Исследования показали, что продолжительность хозяйственного использования исследуемого поголовья находилась в пределах от 1005 до 3693 дней и в среднем составила 1864 дня. Пожизненный удой выбывших коров был равен 20746 кг, а пожизненное количество молочного жира – 735,4 кг. На 1 день хозяйственного использования было получено 10,2 кг молока, а на 1 день лактации этот показатель был значительно выше – 20,8 кг.

Изменчивость изучаемых показателей варьировала в широком диапазоне – от 8,8

до 51,3%. Самый высокий коэффициент вариабельности наблюдался по пожизненному удою, низкий – по удою на 1 день лактации (табл. 1).

Эффективность производства молочных продуктов напрямую зависит от интенсивности размножения сельскохозяйственных животных. Нарушение репродуктивных функций у молочного скота не только влияет на интенсивность их использования, но и сокращает срок продуктивного долголетия.

При исследовании репродуктивных функций у исследуемого поголовья коров были выявлены следующие показатели: возраст первого отёла – 28,5 месяца, сервис-период – 120 дней, межотельный период – 401 день.

Продолжительность сервис-периода оказывает значительное влияние на молочную продуктивность и выход телят. Чем короче сервис-период и, следовательно, межотельный период, тем выше удой на каждый день жизни коровы и выход приплода. Однако, по мнению ряда авторов [6, 12], если сервис-период короткий, удои по месяцам лактации снижаются быстрее, чем при оптимальных значениях этого показателя. Кроме того, в литературе [14] имеются данные о том, что с удлинением сервис-периода увеличивается и удой за 305 дней лактации [13]. Это обусловлено влиянием стельности на лактационную деятельность коров.

В связи с этим был проведен анализ уровня пожизненной продуктивности коров в зависимости от продолжительности сервис-периода.

Таблица 1

Характеристика выбывших коров по продуктивности и продолжительности хозяйственного использования (n=178)

Characteristics of retiring cows by productivity and duration of economic use (n=178)

Показатели	lim	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	Cv, %
Продолжительность хозяйственного использования, дней	1005–3693	1864,0 $\pm$ 37,4	26,7
Пожизненный удой, кг	5028–53652	1864,0 $\pm$ 37,4	26,7
Пожизненное количество молочного жира, кг	5028–53652	20746,0 $\pm$ 794,6	51,3
Среднесуточный удой на 1 день лактации, кг	191,1–861,2	735,4 $\pm$ 28,0	51,0
Удой на 1 день хозяйственного использования, кг	4,5–16,5	10,20 $\pm$ 0,23	30,3

В результате исследований было установлено, что наиболее длительное время – 1903 дня в стаде использовались коровы со средней продолжительностью сервис-периода – 91–120 дней. От этой группы животных была получена наибольшая пожизненная молочная продуктивность – 21909 кг. Дальнейшее снижение или увеличение среднего сервис-периода сопровождалось сокращением периода хозяйственного использования и снижением пожизненной продуктивности коров. При слишком удлиненном сервис-периоде (более 120 дней) происходило сокращение продуктивного долголетия коров до 1875 дней и снижение пожизненного удоя до 20562 кг. Разница между максимальными и минимальными (при сервис-периоде менее 30 дней) показателями хозяйственного использования, пожизненного удоя и молочного жира была достоверной и составила соответственно: 838 дней ($P \leq 0,001$), 16839 кг ($P \leq 0,001$) и 598,8 кг ($P \leq 0,001$).

С увеличением сервис-периода удой за 305 дней лактации у коров повышается с 5070 до 6449 кг молока (табл. 2). При этом следует отметить, что сервис-период менее 30 дней был выявлен только у первотелок.

При анализе продуктивности коров в расчете на 1 день хозяйственного использования и на 1 день лактации было выявлено, что

удой были выше у особей с продолжительностью сервис-периода от 60 до 120 дней – 11,9 и 21,7 кг.

Изменчивость изучаемых признаков сильно варьировала: по пожизненному удою – от 0,6 до 65,4%, по пожизненному количеству молочного жира – от 0,4 до 64,9, по продолжительности использования коров – от 4,6 до 34,4%.

Известно, что чрезмерно длительный сервис-период приводит к увеличению промежутка времени между отелами. В связи с этим в задачи исследований входило изучение влияния продолжительности межотельного периода на продуктивное долголетие коров и продолжительность использования животных в хозяйстве (табл. 3).

Как свидетельствуют результаты исследований, пожизненная продуктивность коров в ЗАО ПЗ «Семеновский» повышается по мере увеличения продолжительности межотельного периода с 11 до 13 месяцев от 14939 до 26582 кг. Разница между группами была достоверной и составила 11643 кг ($P \leq 0,001$). Пожизненная продуктивность животных с более длительным периодом между отелами (14 месяцев и более) была на 3602 кг ниже по сравнению с особями с межотельным периодом, равным 13 месяцам.

Таблица 2

Продуктивно-хозяйственные показатели коров в зависимости от продолжительности сервис-периода ($\bar{X} \pm S\bar{X}$)

Productivity and economic parameters of cows depending on the length of open days

Продолжительность сервис-периода, дней	n	Пожизненная продуктивность				ПХИ, дней	Cv, %	Средний удой за 305 дней лактации, кг	Удой на 1 день ПХИ, кг	Удой на 1 день лактации, кг
		удой, кг	Cv, %	количество молочного жира, кг	Cv, %					
До 30	5	5070,0±16,2	0,6	192,2±0,4	0,4	1065,0±28,1	4,6	5070,0±16,2	4,80±0,12	19,90±1,01
30-60	16	20591,0±3366,5	65,4	773,3±125,4	64,9	1871,0±161,1	34,4	5473,0±104,5	11,00±0,91	20,70±0,25
61-90	41	20536,0±1136,9	35,4	756,7±40,8	34,5	1733,0±63,9	23,6	6234,0±77,8	11,90±0,43	21,60±0,24
91-120	42	21909,0±7526,9	47,7	793,0±60,4	48,9	1903,0±79,2	26,6	6296,0±88,5	11,50±0,51	21,50±0,27
Более 120	74	20562,0***±1278,7	53,9	791,5±43,9	54,9	1875,0±60,8	28,1	6449,0±61,6	11,00±0,36	20,00±0,28

*** $P < 0,001$.

Таблица 3

Продуктивно-хозяйственные показатели коров в зависимости от продолжительности сервис-периода ($\bar{X} \pm S\bar{x}$)
Productive and economic characteristics of cows depending on the duration of inter calving period

Продолжительность межотельного периода, мес	n	Пожизненная продуктивность				ПХИ, дней	Cv, %	Удой на 1 день ПХИ, кг	Удой на 1 день лактации, кг
		удой, кг	Cv, %	количество молочного жира, кг	Cv, %				
11 и менее	30	14939±1218	68,2	548,4±44,9	68,5	717,0±56,4	65,8	8,6±0,4	20,5±0,2
12	41	25707±1553	33,6	936,1±56,2	33,4	1184,0±67,3	31,7	11,9±0,9	21,7±0,4
13	33	26582*** ±2064	37,2	937,0***± 70,1	35,9	1258,0***± 89,1	34,1	11,8±0,5	20,9±0,4
14 и более	74	22980±1103	34,9	777,5±37,7	35,4	1135,0±54,4	34,9	11,1±0,3	20,4±0,3

***P<0,001.

Наибольшее количество молочного жира – 937 кг было получено также от группы коров с межотельным периодом 13 месяцев. Они достоверно превосходили по данному показателю особей с длительностью периода между отелами в среднем 11 месяцев и менее на 388,6 кг (P<0,001). Получению высокого уровня пожизненной продуктивности у животных с межотельным периодом 13 месяцев способствовало максимальное среди исследуемых групп продуктивное долголетие, которое составило 1258 дней. Они достоверно превосходили коров с межотельным перио-

дом менее года по длительности хозяйственного использования на 541 день (P<0,001).

Самые высокие удои на 1 день ПХИ и на 1 день лактации наблюдались у особей с продолжительностью межотельного периода 12 месяцев – 11,9 и 21,7 кг.

Изменчивость изучаемых признаков в зависимости от продолжительности межотельного периода варьировала: по пожизненному удою – от 33,6 до 68,2%, по пожизненному количеству молочного жира – от 33,4 до 68,5, по продолжительности использования коров – от 31,7 до 65,8%. В то же время наибольшее разнообразие по всем изучаемым показателям

Таблица 4

Продуктивно-хозяйственные показатели коров в зависимости от возраста первого отела
Productive and economic indicators of cows depending on the age of first calving

Показатели	Возраст первого отела, мес									
	до 24 (n=5)		24-25,9 (n=28)		26-27,9 (n=50)		28-29,9 (n=35)		30 и более (n=59)	
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	Cv, %	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	Cv, %	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	Cv, %	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	Cv, %	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	Cv, %
Продолжительность хозяйственного использования, дней	1776± 327,8	43,1	1390± 61,5	23,4	1844±64,5	24,7	1894±79,5	24,8	1993± 67,5	26,0
Пожизненный удой, кг	21631± 6174,6	63,8	13324± 1348,7	53,6	22132± 1281,3	40,9	21934 ±1876,6	50,6	21876± 1473,7	51,7
Пожизненное количество молочного жира	744,5± 201,8	60,6	465,7± 46,1	52,4	786,9 ±44,2	39,7	787,9 ±67,5	50,0	779,8± 53,1	52,3
Средний удой за лактацию, кг	5965,8± 120,9	4,5	6292,2± 138,6	11,7	6385,7± 72,4	8,0	6179,2 ±118,5	11,3	6189,5± 63,4	7,9
Удой на 1 день ПХИ, кг	10,9±1,2	24,6	8,8±0,5	31,5	11,5±0,5	28,3	11,5±0,5	28,3	9,1±0,4	31,5
Удой на 1 день лактации, кг	19,2±0,5	5,5	21,7±0,6	14,3	20,5±0,2	8,5	21,0±0,4	10,2	20,8±0,2	7,1

наблюдалось в группе коров с продолжительностью межотельного периода менее года.

Между показателями воспроизводительной способности коров (сервис-период, межотельный период) и продуктивным долголетием, пожизненной продуктивностью коров установлена малая отрицательная коррелятивная связь ($r=-0,2$).

В целом возраст первого отёла не оказал существенного влияния на продолжительность хозяйственного использования коров. Лучшими по этому признаку среди коров были особи, возраст первого отёла которых составил 30 месяцев и более – 1993,2 дня. Однако наибольшую пожизненную продуктивность показали животные, возраст первого отёла которых составлял 26–27, 9 месяца. Пожизненный удой животных достиг 22132,5 кг, выход молочного жира – 786,9 кг. У этих коров был обнаружен самый высокий удой в среднем 305 дней лактации – 6385,7 кг и удой на 1 день хозяйственного использования – 11,5 кг (табл. 4).

Вариабельность изучаемых признаков в зависимости от возраста первого отёла коров колебалась: по пожизненному удою молока – 40,9,4–63,8%, по пожизненному количеству молочного жира – 39,7–60,6, по продолжительности использования коров – 23,4–43,1, по удою за 305 дней – 4,5–11,7, по удою молока на 1 день ПХИ – 8,8–31,5% , по удою на 1 день лактации – 5,5–14,7%.

В результате исследований между возрастом первого отёла и продуктивным долголетием коров выявлена малая положительная коррелятивная связь ($r=0,14$), с пожизненной продуктивностью связь также была положительной ($r=0,15$).

ВЫВОДЫ

1. Выявлено, что воспроизводительные качества коров оказывают влияние на продолжительность хозяйственного использования коров. Так, более продолжительное время в хозяйстве использовались особи с продолжительностью сервис-периода 91–120 дней (1903 дня), межотельного – 13 месяцев.

2. Пожизненная продуктивность коров более высокой была у коров с продолжительностью сервис-периода 91–120 дней (удой – 2121909 кг, молочный жир – 793 кг), межотельного периода – 13 месяцев (удой – 26582 кг, молочный жир – 937 кг).

3. В целом возраст первого отёла не оказал заметного влияния на продолжительность хозяйственного использования коров. Лучшими по этому признаку среди коров были особи, возраст первого отёла которых был 30 месяцев и более – 1993,2 дня. Однако максимальную пожизненную продуктивность показали животные, возраст первого отёла которых составил 26–27,9 месяца.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Васильева О.К. Динамика показателей продуктивного долголетия коров в сельскохозяйственных предприятиях России // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2020. – № 60. – С. 80–87.
2. Кудрин А.Г., Соколова О.Л. Селекция черно-пестрого скота на продуктивное долголетие // Молочнохозяйственный вестник. – 2019. – № 1 (33). – С. 18–26.
3. Продуктивное долголетие коров черно-пестрой породы в разных экологических областях Урала / О.С. Чеченихина, Е.С. Казанцева, Ю.А. Степанова [и др.] // Вестник НГАУ. – 2019. – № 3(52). – С. 120–126.
4. Молочная продуктивность первотелок голштинской и симментальской пород с разным уровнем воспроизводительных качеств / С.М. Анохин, К.В. Жучаев, О.А. Иванова [и др.] // Вестник ИрГСХА. – 2019. – № 93. – С. 121–130.

5. Руденко О.В., Моханад А.М. Воспроизводительные качества красных горбатовских коров и их связь с продуктивным долголетием // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 1(49). – С. 136–142.
6. Association between growth rates, age at first calving and subsequent fertility, milk production and survival in Holstein-Friesian heifers / J.S. Cooke, Z. Cheng, N.E. Bourne, D.C. Wathes // Open Journal of Animal Sciences. – 2013. – Vol. 3, N 1, January 24. – DOI: 10.4236/ojas.2013.31001.
7. Horn M., Knaus W., Kirner L. Economic evaluation of longevity in organic dairy cows [Электронный ресурс] // Organic Agriculture. – 2012. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1007/s13165-012-0027-6> (дата обращения: 24.02.2021).
8. Increase in reproductive ability of high-producing cows, and qualitative parameters of their offspring, under conditions of intensive milk production / Khamidulla B. Baimishev, Murat H. Baimishev, Vasily S. Grigoryev, Alexander P. Kokhanov, Inna V. Uskova, Ismagil N. Khakimov // Asian Pacific Journal of Reproduction. – 2018. – Vol. 7(4). – P. 167–171. – DOI: 10.4103/2305-0500.237054.
9. Rushen Jeffrey. The importance of improving cow longevity [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.milkproduction.com/Library/Scientific-articles/Management/The-importance-of-improving-cow-longevity1> (дата обращения: 24.02.2021).
10. Смирнова Ю.М., Платонов А.В. Влияние генотипа на долголетие и пожизненную продуктивность коров // АгроЗооТехника. – 2019. – Т. 2, № 3. – С. 1.
11. Яранцева С.Б. Увеличение периода хозяйственного использования коров породы сибирячка // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2017. – Т. 47, № 5 (258). – С. 57–63.
12. Seykora A.J., Mcdaniel B.T. Heritability and correlations of lactation yields and fertility for Holstein // J. Dairy Sci. – 2009. – Vol. 66. – P. 1486–1493.
13. Падерина Р.В., Чучалина Н.Н., Виноградова Н.Д. Влияние отдельных факторов на продуктивное долголетие коров // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 56. – С. 106–111.
14. Петрухина Л.Л., Белоцерцева С.Л. Влияние возраста первого отела на пожизненную продуктивность и продуктивное долголетие // Научное обеспечение животноводства Сибири: материалы III Междунар. науч. – практ. конф., Красноярск, 16–17 мая 2019. – Красноярск, 2019. – С. 201–204.
15. Филиппченко А.А., Сельцов В.И., Кольцов Д.Н. Влияние методов разведения на продуктивное долголетие и пожизненный удой коров молочного типа сычевской породы // Сб. науч. тр. Всерос. НИИ овцеводства и козоводства. – Ставрополь, 2016. – С. 594–598.

REFERENCES

1. Vasil'eva O.K., *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2020, No. 60, pp. 80–87. (In Russ.).
2. Kudrin A.G., Sokolova O.L., *Molochnokhozyaistvennyi vestnik*, 2019, No. 1 (33), pp. 18–26. (In Russ.)
3. Chechenikhina O.S., Kazantseva E.S., Stepanova Yu.A., *Vestnik NGAU*, 2019, No. 3(52), pp. 120–126. (In Russ.)
4. Anokhin S.M., Zhuchaev K.V., Ivanova O.A., Eilert A.I., Kochneva M.L., *Vestnik IrGSKhA*, 2019, No. 93, pp. 121–130. (In Russ.)
5. Rudenko O.V., Mokhanad A.M., *Vestnik Ul'yanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, 2020, No. (49), pp. 136–142. (In Russ.)

6. Cooke J.S., Cheng Z., Bourne N.E., Wathes D.C., Association between growth rates, age at first calving and subsequent fertility, milk production and survival in Holstein-Friesian heifers, *Open Journal of Animal Sciences*, 2013, Vol. 3, No. 1, January 24, DOI: 10.4236/ojas.2013.31001.
7. Horn M., Knaus W., Kirner L., Economic evaluation of longevity in organic dairy cows, *Organic Agriculture*, 2012, available at: <https://doi.org/10.1007/s13165-012-0027-6> (February 24, 2021).
8. Baimishev Khamidulla B., Baimishev Murat H., Grigoryev Vasily S., Kokhanov Alexander P., Uskova Inna V., Khakimov Ismagil N. Increase in reproductive ability of high-producing cows, and qualitative parameters of their offspring, under conditions of intensive milk production, *Asian Pacific Journal of Reproduction*, 2018; Vol. 7(4), pp. 167–171.
9. Rushen Jeffrey, The importance of improving cow longevity, available at: <http://www.milkproduction.com/Library/Scientific-articles/Management/The-importanceof-improving-cow-longevity1> (February 24, 2021).
10. Smirnova Yu.M., Platonov A.V., *AgroZooTekhnika*, 2019, No. 3, pp. 1. (In Russ.)
11. Yarantseva S.B., *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki*, 2017, No. 5 (258), pp. 57–63. (In Russ.)
12. Seykora A. J., Mcdaniel B.T., Heriabilitis and correlations of lactation yields and fertility for Holstein, *J. Dairy Sci.*, 2009, Vol. 66, pp. 1486–1493.
13. Paderina R.V., Chuchalina N.N., *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2019, No. 56, pp. 106–111. (In Russ.)
14. Petrukhina, L.L., Belotsertseva S.L., *Nauchnoe obespechenie zhivotnovodstva Sibiri*, Proceedings of the 3rd III International Scientific and Practical Conference, Mai 16–17, 2019, Krasnoyarsk, 2019, pp. 201–204. (In Russ.)
15. Filipchenko A.A., Sel'tsov V.I., Kol'tsov D.N., *Vserossiiskii nauchno-issledovatel'skii institute ovtsevodstva i kozovodstva*, Stavropol', 2016, pp. 594–598. (In Russ.)

**ПРИМЕНЕНИЕ МУРАВЬИНОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ВАРРОАТОЗА ПЧЕЛ
ПРИ ВЕДЕНИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ЖИВОТНОВОДСТВА****В.А. Чучунов**, кандидат биологических наук, доцент**Е.Б. Радзиевский**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент**Т.В. Коноблей**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент**Волгоградский государственный аграрный
университет, Волгоград, Россия
E-mail: chuchunov.78@mail.ru****Ключевые слова:** органическое животноводство, пчела медоносная, клещ варроа Якобсони, муравьиная кислота, лечение, профилактика, продуктивность

Реферат. *Целью исследований явилась оценка эффективности применения муравьиной кислоты в качестве противопаразитарного препарата, воздействующего на клеща варроа, и определение возможности ее использования при ведении органического пчеловодства. Исследования были проведены на кочевых пасеках г. Волгограда (пасека 1), Ольховского (пасека 2) и Дубовского (пасека 3) районов Волгоградской области. После главного взятка (конец июля, начало августа) перед началом подготовки пчелиных семей к зимовке при сокращении гнезда сформированы методом пар-аналогов по 5 опытных и контрольных семей на каждой из пасек. В опытных группах двукратно с интервалом в две недели были проведены противопаразитарные мероприятия с применением геля, содержащего 85% муравьиной кислоты. Гель находился в пакетиках массой 30 г и из расчета 1 пакетик на семью его раскладывали поверх рамок под холстик. В ходе эксперимента установлено, что лечебные мероприятия, проводимые в опытных группах, дали положительный эффект. На всех пасеках в тех группах, где использовали муравьиную кислоту, количество клеща снизилось на 14,3 – 28,2% и не превышало 3,8%, в то же время в контрольных группах количество клеща увеличилось. Лечебные мероприятия положительно повлияли на зимовку пчел, отход пчел в опытных группах не превышал 8,3%, при этом в контрольных семьях отход был не ниже 18,8%, кроме того, на двух пасеках погибло по одной семье в контрольных группах. Медовая продуктивность в конечном итоге также была выше в опытных группах. В опытных группах меда получено не менее 27,42 кг, а в контрольных – 17,9 кг с семьи. Уровень рентабельности в опытных группах составил от 60,62 % на пасеке №3 до 40,87 на пасеке №2, в то время как в контрольных семьях данный показатель не превышал 24,47%.*

THE APPLICATION OF FORMIC ACID TO TREAT VARROAATOSIS IN BEES IN ORGANIC ANIMAL HUSBANDRY

V.A. Chuchunov, PhD in Biological Sciences, Associate Professor

E.B. Radzievskiy, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor

T.V. Konobliy, Ph.D in Agricultural Sciences, Associate Professor

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

Key words: organic farming, honey bee, varroa-Jacobsoni mite, formic acid, treatment, prevention, productivity.

Abstract. The research aims to evaluate the effectiveness of formic acid as an antiparasitic agent against the varroa mite. The research seeks to evaluate the effectiveness of the antiparasitic agent against the varroa mite and to determine the possibility of using formic acid in organic apiculture. The study was carried out in the nomadic apiaries of Volgograd (apiary 1), Olkhovsky (apiary 2) and Dubovsky (apiary 3) districts of the Volgograd region. The nests were formed by the pairing method with 5 experimental and control families in each apiary after the central beehive (end of July, beginning of August) before the preparation of the bee families for wintering by shrinkage. The authors carried out antiparasitic measures using a gel containing 85% formic acid in the experimental groups twice with an interval of two weeks. The gel is contained in sachets of 30 grams each. The authors placed formic acid over the frames under the canvas (at the rate of 1 sachet per bee colony). The experimental results showed that the treatment measures in the experimental groups had a positive effect on all apiaries. In those groups where formic acid was used, the number of mites decreased by 14.3-28.2% and did not exceed 3.8%. At the same time, in the control groups, the number of mites increased. The treatment measures had a positive effect on the overwintering of the bees. Bee mortality in the autumn-winter-spring period in the experimental groups did not exceed 8.3%. In contrast, in the control families, the wastage was no lower than 18.8%. Also, in two apiaries, one family each died in the control groups. Honey productivity, in the end, was also higher in the experimental groups. The experimental groups produced at least 27.42 kg of honey. The control groups had 17.9 kg of honey per family. Profitability in the experimental groups ranged from 40.87 in Apiary 2 to 60.62% in Apiary 3. This was less than 24.47 per cent in the control apiaries.

Впервые в литературных источниках данные о том, что на теле медоносной пчелы обнаруживается паразитирующий клещ, появились в 1958 г., в результате обследования пчел, разводимых на юге Китая. Уже спустя 6 лет клещ варроа стал появляться и в нашей стране, паразитируя на медоносных пчелах, обитающих в Приморском крае. Затем паразит распространился на территорию Азии и Европы, а впоследствии охватил весь мир. Вследствие глобального распространения и достаточно высокого ущерба, наносимого варроатозом пчеловодческой отрасли, его нельзя сопоставить ни с какими другими болезнями, встречающимся у пчёл. Уже начиная с 90-х гг. XX в. каждую из пасек, которые находились на территории Российской

Федерации, можно было условно подозревать в поражении клещом варроа в той или иной мере [1–4].

Эффективность противоварроатозных мероприятий остается острой проблемой в пчеловодстве. С принятием национального стандарта ГОСТ Р 57022-2016. Порядок проведения добровольной сертификации органического производства, а также Межгосударственного стандарта ГОСТ 33980-2016. Продукция органического производства. Правила производства, переработки, маркировки и реализации для повышения конкурентоспособности меда и другой пчеловодческой продукции необходимо соответствовать требованиям ведения органического животноводства. Перечень лекарственных и профилактических средств,

которое могут использоваться при ведении производства, относящегося к органическому, достаточно ограничен. ГОСТ 33980-2016 допускает использование при производстве органической продукции муравьиной кислоты (Е 236) в качестве консерванта при силосовании кормов, а также как вещества, которое можно применять для дезинфекции и очистки помещений, оборудования в животноводческом органическом производстве.

Рядом исследований установлено, что применяемые для лечения варроатоза химические средства предусматривают обработку пчелосемей веществами химической природы, которые воздействуют на паразита, приводя к осыпанию клещей либо их гибели. Из классических химических методов, которые применяют в борьбе с паразитами, наиболее эффективными считаются проведение обработок семей парами муравьиной, щавелевой или же молочной кислот, а кроме того тимолом. Во время применения данных химических веществ под их влияние попадают только те паразиты, которые в момент обработки присутствовали на хитиновом покрове пчелы медоносной. Негативным фактором использования химических препаратов для лечения варроатоза, по опыту ряда авторов, является то, что они угнетают репродуктивные органы пчелиных маток [5-8].

Клещ варроа Якобсони, который паразитирует на хитиновом покрове тела медоносной пчелы или же закрытого расплода, использует в качестве пищи гемолимфу «хозяина», при этом ослабляет его и, открывая ворота вторичной инфекции, делает его более восприимчивым к сопутствующим заболеваниям [9, 10]. Кроме того, гемолимфа насекомых, в отличие от крови млекопитающих, не имеет тромбоцитов, и раненое насекомое, даже если клещ осыпался, слабеет вследствие её потери.

Клещи, паразитирующие на пчелах, не имеют органов зрения и в поиске своих жертв используют терморцепторы, а также органы обоняния. К телу пчелы они прикрепляются посредством присосок, находящихся на лапках паразитов. Применяемые для лечения варроатоза кислоты, воздействуя

на присоски на лапах паразита, препятствуют прикреплению клеща к хитиновому покрову пчелы. Кроме того используемые химические средства не могут, в отличие от других лекарственных препаратов, вызывать привыкание у паразита [11-13].

Основные признаки, по которым можно диагностировать данное заболевание в условиях пасеки, – это выявление вокруг улья и особенно в районе летка пчёл с дефектами развития (рудиментарные и искривлённые крылья или их отсутствие), в более тяжелом случае течения болезни появляются пчелы без лапок. Если производить профилактический осмотр пчел, то в пораженных семьях можно обнаружить у некоторых пчел в районе брюшка или же груди половозрелых самок клеща шириной 1,8 мм и длиной 1,1 мм, округлой формы, коричневого цвета. Зараженность семей паразитами определяется следующими степенями поражения: 1-я степень – сильная заклещёванность (поражение клещами свыше 21 %), 2-я степень – средняя заклещёванность (поражение от 11 до 20 %) и 3-я степень – слабая заклещёванность (поражение до 10 %, т. е. из 100 пчел взятых для исследования, пораженными оказываются от 0 до 10 пчёл) [12, 14]. Однако, по наблюдениям многих авторов, уровень заклещёванности семьи пчел, который не препятствует развитию и проявлению продуктивных качеств, не превышает 4 %.

Исследованиями ряда авторов в этом направлении отмечается, что при условии даже тщательно проведённых лечебно-профилактических мероприятий полностью избавиться от данного паразита не представляется возможным вследствие биологических особенностей клеща и перекрёстного заражения от других насекомых в время сборы пыльцы и нектара [15, 7, 4]. Поэтому все проводимые лечебно-оздоровительные мероприятия позволяют только на некоторое время сократить уровень заклещёванности пчелиных семей до так называемого условно-безопасного уровня.

Целью исследований явилась оценка эффективности применения муравьиной кис-

лоты в качестве противопаразитарного препарата, воздействующего на клеща варроа, и возможности ее использования при ведении органического пчеловодства.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для выявления влияния муравьиной кислоты в качестве препарата, используемого при лечении варроатоза в органическом животноводстве, были проведены исследования на кочевых пасеках г. Волгограда (пасека 1), Ольховского (пасека 2) и Дубовского (пасека 3) районов Волгоградской области. После главного взятка (конец июля – начало августа) перед началом подготовки пчелиных семей к зимовке при сокращении гнезда были сформированы методом пар-аналогов по 5 опытных и контрольных семей на каждой из пасек. В опытных группах двукратно с интервалом в две недели проведены противопаразитарные мероприятия с применением геля, содержащего 85% муравьиной кислоты. Гель находился в пакетиках массой 30 г. Из расчета 1 пакетик на семью их раскладывали по верх рамок под холстик.

Перед проведением наших исследований и через неделю после повторного применения препарата из семей, отобранных по принципу пар - аналогов, из центра гнезда отбирали пробы, состоящие из нескольких десятков живых пчел с целью определения степени заклещеванности. Выборку заливали растворителем, а затем, после тщательного пере-

мешивания и отстаивания, отделяли мертвых пчёл и мёртвых клещей, производили количественный подсчет тех и других и определяли степень заклещеванности семей.

Математическую обработку результатов исследований проводили по методике Н.А. Плохинского (малая выборка).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенных нами исследований представлены в табл. 1.

Обследуя пасеки после главного взятка на поражение их клещом варроа Якобсони установили, что наивысшим количество клеща было на пасеке № 2 в контрольной группе – 32,7%, а наименьшим – на пасеке № 1 с показателем 20,4 % в контрольной группе, т. е. в соответствии со шкалой оценки поражения клещом во всех пчелиных семьях отмечалась сильная заклещеванность. Оценка степени заклещеванности семей пчел после применения муравьиной кислоты показала, что в тех семьях, в которых двукратно применяли муравьиновую кислоту, удалось снизить количество клеща на пасеках № 1, 2, 3 на 14,3; 25,1 и 28,2% соответственно. При этом уровень заклещеванности в этих семьях составил от 2,5% на пасеке № 3 до 3,8% на пасеке №1. В то же время в контрольных группах пчелиных семей наблюдалось тенденция к росту количества клещей. Так, в семье №1 увеличение составило 3,8% и заклещеванность достигла 24,2%, в семье №2 – 6,8% (до уровня 39,5%)

Таблица 1

Сравнительная оценка заклещеванности семей при использовании муравьиной кислоты (n=5)
Comparative assessment of family ticking with formic acid (n=5)

Номер пасеки	До обработки препаратом			После обработки препаратом		
	кол-во пчел в пробе	кол-во осыпавшихся клещей	заклещеванность, %	кол-во пчел в пробе	кол-во осыпавшихся клещей	заклещеванность, %
1	85,40±4,33	18,80±2,05	21,9	95,60±3,06	3,60±0,40	3,8
	91,00±1,24	18,60±0,55	20,4	93,60±0,94	23,20±0,74	24,2
2	83,60±3,46	24,00±1,92	28,8	85,80±3,77	3,20±0,20	3,7
	97,80±1,07	31,80±0,48	32,7	98,40±0,79	38,80±0,49	39,5
3	91,20±4,63	27,80±1,36	30,7	95,20±4,59	2,40±0,24	2,5
	92,20±0,57	25,20±0,38	27,3	91,60±1,19	29,80±0,32	32,5

Примечание. Здесь и далее: в числителе – опытная группа, в знаменателе – контрольная.

и в семье №3 – 5,2% (до 32,5%). Таким образом, применение муравьиной кислоты в качестве лекарственного средства при варроатозе даёт заметный положительный эффект.

После лечения в конце августа и сентябре пчел закармливали в зиму 50%-м сахарным сиропом до 16 л на семью. В ноябре были удалены крайние рамки, не занятые пчелами, и гнездо с обеих сторон было сжато диафрагмами, сверху, кроме холстика, никакого утепления гнезда не производили. Зимовка пчел осуществлялась в деревянных ульях Дадана-Блата на улице, при этом клуб пчел в семьях располагался на 6–8 дадановских рамках. Показатели зимовки пчел представлены в табл. 2.

Оценивая показатели подготовки пчел к зимовке, отмечали, что в зиму на всех пасеках пчелы сформировали достаточно хорошие клубы, которые размещались на 6–8 рамках, при том, что на пасеке №3 было несколько семей, занимавших 9 рамок. При оценке результатов зимовки нами отмечалось, что контрольные семьи, в которых не производили какие-либо противоварроатозные обработки, перезимовали гораздо хуже тех семей, в которых применялась в качестве противо-

варроатозного средства муравьиная кислота. Количество осыпавшихся пчел в контрольных группах составило от 18,8% на пасеке №3 до 22,3% на пасеке №1. Кроме того, на пасеках № 1 и 3 в контрольных группах произошла гибель по одной семье и наблюдались следы массового поноса, весенний облет пчел был недружный и растянут по времени. В тоже время в опытных группах все семьи благополучно пережили экстремальный зимний период, потери пчел составили в среднем от 7,3 до 8,3% на пасеках № 3 и 2 соответственно, в некоторых семьях отмечались единичные следы поноса, весенний облет был дружный.

В конце мая, перед выездом кочевых пасек на медосбор, мы также оценили семьи, участвующие в опыте, по степени заклещёванности. Данные проведенных исследований представлены в табл. 3.

Из табл. 3 видно, что в опытных группах, где осенью проводили противоварроатозные обработки, заклещёванность не превышала 10% (3-я степень – слабая заклещёванность) и составила от 7,2% на пасеке №1 до 9,87% на пасеке №3. В то же время в контрольных пчелиных семьях заклещёванность была

Таблица 2

Оценка зимовки пчел
Evaluation of wintering bees

Номер пасеки	Количество рамок с пчелами, пошедшими на зимовку	Количество рамок с пчелами, вышедшими из зимовки	Отход, %
1	$\frac{7,60 \pm 0,24}{7,40 \pm 0,24}$	$\frac{7,00 \pm 0,32}{5,75 \pm 0,19}$	$\frac{7,9}{22,3}$
2	$\frac{7,20 \pm 0,12}{7,00 \pm 0,10}$	$\frac{6,60 \pm 0,40}{5,60 \pm 0,24}$	$\frac{8,3}{20,0}$
3	$\frac{8,20 \pm 0,37}{8,00 \pm 0,32}$	$\frac{7,60 \pm 0,08}{6,50 \pm 0,06}$	$\frac{7,3}{18,8}$

Таблица 3

Весенняя оценка семей на заклещёванность
Spring assessment of bee colonies for a bee infestation

Номер пасеки	Кол-во пчел в пробе	Кол-во осыпавшихся клещей	Заклещёванность, %
1	$\frac{96,8 \pm 3,09}{90,2 \pm 0,59}$	$\frac{7 \pm 0,71}{23,2 \pm 0,74}$	$\frac{7,2}{25,72}$
2	$\frac{98,6 \pm 1,66}{94,5 \pm 7,1}$	$\frac{8,4 \pm 0,75}{43,5 \pm 3,31}$	$\frac{8,52}{46,03}$
3	$\frac{95,2 \pm 4,59}{101 \pm 7,52}$	$\frac{9,4 \pm 1,36}{49 \pm 3,64}$	$\frac{9,87}{48,51}$

Таблица 4

Оценка медовой продуктивности пчел
Evaluation of honey productivity of bees

Номер пасеки	Количество соторамок с медом, шт.	Получено меда, всего, кг	Получено товарного меда, кг
1	$\frac{11,40 \pm 0,60}{4,50 \pm 0,22}$	$\frac{34,88 \pm 2,04}{13,70 \pm 0,72}$	$\frac{23,58 \pm 1,09}{5,98 \pm 0,59}$
2	$\frac{8,60 \pm 0,68}{5,00 \pm 0,31}$	$\frac{27,42 \pm 2,07}{14,20 \pm 0,86}$	$\frac{15,42 \pm 1,85}{6,46 \pm 0,67}$
3	$\frac{11,60 \pm 1,08}{6,25 \pm 0,16}$	$\frac{36,68 \pm 0,97}{17,90 \pm 0,55}$	$\frac{24,26 \pm 0,90}{8,33 \pm 0,34}$

Таблица 5

Экономическая эффективность производства меда
The economic viability of honey production

Показатели	Номер пасеки, группа					
	1		2		3	
	опытная	контрольная	опытная	контрольная	опытная	контрольная
Цена реализации, за 1 кг	350	350	350	350	350	350
Полные издержки, руб.	225,4	325,0	246,7	281,2	217,9	337,4
Прибыль на 1 кг, руб.	124,6	25	103,3	68,8	132,1	12,6
Получено товарного меда с 1 семьи, кг	23,58	5,98	15,42	6,46	24,26	8,33
Прибыль в расчете на 1 семью	2938,07	149,5	1592,89	444,45	3204,75	104,96
Уровень рентабельности, %	55,28	7,69	41,87	24,47	60,62	3,73

выше – 21% (т. е. 1-я степень – сильная заклещёванность) и составила от 25,72% на пасеке №1 до 48,51% на пасеке №3. При таком поражении клещами контрольных семей, если не принять экстренных оздоровительных мероприятий, возможна их гибель. Следует также отметить более слабое весеннее развитие семей контрольных групп по сравнению с семьями опытных групп.

В конце сезона после главного взятка была проведена сравнительная оценка медовой продуктивности семей, подвергнутых осенью предыдущего года лечебным мероприятиям, с семьями, в которых противоварроатозные мероприятия не проводили. Данные о продуктивности семей представлены в табл. 4.

Изучив показатели медовой продуктивности семей, отмечали, что разница по полученному валовому меду между контрольными и опытными группами составляла 21,18; 13,22 и 18,78 кг соответственно по пасекам

№ 1, 2, и 3. Наибольшее количество товарного меда было получено в опытных группах – в среднем от 15,42 кг на пасеке №2 до 24,26 кг на пасеке №3, в то время как в контрольных группах товарного меда удалось собрать в среднем только от 5,98 кг на пасеке №1 до 8,33 кг на пасеке №3.

Экономическая эффективность производства меда представлена в табл. 5.

ВЫВОДЫ

1. Исследования, проведенные на кочевых пасеках Волгоградской области с целью установления целесообразности использования муравьиной кислоты при лечении варроатоза пчел, показали возможность ее использования при ведении органического животноводства.

2. Лечебные мероприятия, проводимые в опытных группах, дали положительный эф-

фект. На всех пасеках в тех группах, где использовали муравьиную кислоту, количество клеща снизилось на 14,3–28,2% и не превышало 3,8%, в то время как в контрольных группах количество клеща увеличилось.

3. Лечебные мероприятия положительно повлияли на зимовку пчел, отход в опытных группах не превышал 8,3%, при этом в контрольных семьях отход пчел был не ниже 18,8%, кроме того, на двух пасеках погибло по 1 семье в контрольных группах.

4. Медовая продуктивность в конечном итоге также была выше в опытных группах, так, меда в опытных группах получено не менее 27,42 кг, а в контрольных группах – не более 17,9 кг с семьи. Уровень рентабельности также был выше в опытных группах – от 60,62 % на пасеке №3 до 40,87% на пасеке №2, в то время как в контрольных семьях данный показатель не превышал 24,47%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ивойлова М.М., Брандорф А.З., Семакина А.А. Критерии резистентности медоносных пчел к *Varroa destructor* // Пчеловодство. – 2017. – № 7. – С. 20–23.
2. Поведенческие адаптации популяции клещей *Varroa destructor* при противоварроатозных обработках / В.И. Масленникова, Н.М. Ишмуратова, А.В. Королев, В.Е. Кулабухов // Пчеловодство. – 2019. – № 7. – С. 21–23.
3. Вирусная и клещевая нагрузки на пчелиные семьи в Ростовской области / В.И. Масленникова [и др.] // Пчеловодство. – 2019. – № 5. – С. 20–33.
4. Сохликов А.Б., Игнатьева Г.И. Борьба с варроатозом // Пчеловодство. – 2018. – № 3. – С. 30–33.
5. Эффективность ветеринарных препаратов в профилактике и лечении варроатоза пчел / Ж.А. Землянкина [и др.] // Пчеловодство. – 2019. – № 2. – С. 24–26.
6. Оценка влияния вирусной и клещевой нагрузки на гибель пчел / В.И. Масленникова, Е.А. Климов, А.В. Королев, З.Г. Кокаева, Р.Р. Гареев, А.А. Луньева // Пчеловодство. – 2017. – № 5. – С. 28–30.
7. Морева Л.Я., Мойся А.А. Хронический паралич пчел и роль клеща варроа в его распространении // Пчеловодство. – 2018. – № 5. – С. 22–24.
8. Угрозы распространения вирусных инфекций у пчел (*Apis mellifera* L.) и роль клеща *Varroa destructor* в развитии патологий / А.В. Спрыгин [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2016. – Т. 51, № 2. – С. 156–171.
9. Борьба с клещом варроа Якобсони на пасеках Волгоградской области / В.А. Чучунов, Е.Б. Радзиевский, В.А. Злепкин, Т.В. Коноблей // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2020. – № 1 (57). – С. 213–219.
10. Genetic diversity of honeybees in different geographical regions of Siberia / N.V. Ostroverkhova, A.N. Kucher, O.L. Konusova, T.N. Kireeva, I.V. Sharakhov // International Journal of Environmental Studies. – 2017. – Vol. 74, N 5. – P. 771–781. – DOI: 10.1080/00207233.2017.1283945.
11. Меры борьбы с клещом варроа Якобсони на пасеках Волгоградской области / В.А. Чучунов, Е.Б. Радзиевский, В.А. Злепкин, Т.В. Коноблей // Научно-практическая конференция, проведенная в рамках Международного научно-практического форума, посвященного 75-летию Победы в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг. – 2020. – Т. 2. – С. 199–203.
12. Ecology and Biological Resources of Melliferous Plants in the Vasyugan Plain and their Importance for the Arctic Belt / V.G. Kashkovskii [et al.] // International Journal of Engineering and Technology. – 2018. – Vol. 7, N 4.38. – P. 235–238.

13. Ruiz J., Gutierrez M., Porrini C. Biomonitoring of Bees as Bioindicators // *Bee World*. – 2013. – Vol. 90, N 3. – P. 61–63.
14. Юмагузин Ф.Г. Варроатоз в семьях бурзянских бортовых пчел // *Пчеловодство*. – 2014. – № 5. – С. 32–33.
15. Van der Steen J.J., de Kraker J., Grotenhuis T. Assessment of the Potential of Honeybees (*Apis mellifera* L.) in Biomonitoring of Air Pollution by Cadmium, Lead and Vanadium // *Journal of Environmental Protection*. – 2015. – N 6. – P. 96–102.

REFERENCES

1. Ivoylova M.M., Brandorf A.Z., Semakina A.A., *Pchelovodstvo*, 2017, No. 7, pp. 20–23. (In Russ.)
2. Maslennikova V.I., Ishmuratova N.M., Korolev A.V., Kulabukhov V.E., *Pchelovodstvo*, 2019, No. 7, pp. 21–23. (In Russ.)
3. Maslennikova V.I. [i dr.], *Pchelovodstvo*, 2019, No. 5, pp. 20–33. (In Russ.)
4. Sokhlikov A.B., Ignat'eva G.I., *Pchelovodstvo*, 2018, No. 3, pp. 30–33. (In Russ.)
5. Zemlyankina Zh.A. [i dr.], *Pchelovodstvo*, 2019, No. 2, pp. 24–26. (In Russ.)
6. Maslennikova V.I., Klimov E.A., Korolev A.V., Kokaeva Z.G., Gareev R.R., Lun'eova A.A., *Pchelovodstvo*, 2017, No. 5, pp. 28–30. (In Russ.)
7. Moreva L.Ya., Moysya A.A., *Pchelovodstvo*, 2018, No. 5, pp. 22–24. (In Russ.)
8. Sprygin A.V. [i dr.], *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya*, 2016, T. 51, No. 2, pp. 156–171. (In Russ.)
9. Chuchunov V.A., Radzievskiy E.B., Zlepkin V.A., Konobley T.V., *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*, 2020, No. 1 (57), pp. 213–219. (In Russ.)
10. Ostroverkhova N.V., Kucher A.N., Konusova O.L., Kireeva T.N., Sharakhov I.V., Genetic diversity of honeybees in different geographical regions of Siberia, *International Journal of Environmental Studies*, 2017, Vol. 74, No. 5, pp. 771–781, DOI: 10.1080/00207233.2017.1283945.
11. Chuchunov V.A., Radzievskiy E.B., Zlepkin V.A., Konobley T.V., *Mery bor'by s kleshchom Varroa Jakobsoni na pasekakh Volgogradskoy oblasti* (Measures to combat ticks Warro Jacobsoni at the Ochefts of the Volgograd region), *Proceedings of the Conference Title*, 2020, T. 2, pp. 199–203. (In Russ.)
12. Kashkovskii V.G. [et al], Ecology and Biological Resources of Melliferous Plants in the Vasyugan Plain and their Importance for the Arctic Belt, *International Journal of Engineering and Technology*, 2018, Vol. 7, No. 4.38, pp. 235–238.
13. Ruiz J., Gutierrez M., Porrini C., Biomonitoring of Bees as Bioindicators, *Bee World*, 2013, Vol. 90, No. 3, pp. 61–63.
14. Yumaguzhin F.G., *Pchelovodstvo*, 2014, No. 5, pp. 32–33. (In Russ.)
15. Van der Steen J.J., de Kraker J., Grotenhuis T., Assessment of the Potential of Honeybees (*Apis mellifera* L.) in Biomonitoring of Air Pollution by Cadmium, Lead and Vanadium, *Journal of Environmental Protection*, 2015, No. 6, pp. 96–102.

