

ISSN 2072-6724

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

ВЕСТНИК НГАУ



**НОВОСИБИРСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

№ 1(54)/2020

ISSN 2072-6724

MINISTRY OF AGRICULTURE OF THE RUSSIAN FEDERATION

VESTNIK NGAU



**NOVOSIBIRSK STATE
AGRARIAN UNIVERSITY**

№ 1(54)/2020

NOVOSIBIRSK 2020

ВЕСТНИК НГАУ

Новосибирский
государственный
аграрный
университет

Научный журнал

№ 1(54)2020

Г.А. Ноздрин
главный редактор,
доктор ветеринарных 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

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. 106г,
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, проф., ректор ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, председатель редакционной коллегии (Новосибирск, Россия)
Ноздрин Г.А. – д-р вет. наук, проф., главный редактор, зав. кафедрой фармакологии и общей патологии 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, проректор по экономике и социальной работе ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)
Галеев Р.Р. – д-р с.-х. наук, проф., зав. кафедрой растениеводства и кормопроизводства ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)
Гамзиков Г.П. – д-р биол. наук, акад. РАН, гл. науч. сотрудник СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)
Главендекич М.М. – д-р биотехн. наук, проф. кафедры ландшафтной архитектуры Университета г. Белграда (Белград, Сербия)
Гончаров Н.П. – д-р биол. наук, акад. РАН, гл. науч. сотрудник ФИЦ ИЦИГ СО РАН (Новосибирск, Россия)
Добровольская 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, директор СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)
Коуржил Я. – Ph. D., проф. лаборатории искусственного размножения рыб и интенсивной аквакультуры факультета рыбоводства и охраны вод Южно-Чешского университета (Чешские Будевеице, Чехия)
Кочетов А.В. – д-р биол. наук, чл.-корр. РАН, директор ФИЦ ИЦИГ СО РАН (Новосибирск, Россия)
Магер С.Н. – д-р биол. наук, проф., директор СибНИПТИЖ СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)
Мейсснер Р. – д-р техн. наук, проф. кафедры управления водообеспечением, Институт сельскохозяйственных наук и проблем питания в Мартин-Лютер университете (Халле-Виттенберг, Германия)
Нургазиев Р.З. – д-р вет. наук, профессор, акад. НАН КР, ректор КНАУ им. К.И. Скрябина (Бишкек, Кыргызстан)
Петухов В.Л. – д-р биол. наук, проф., зав. кафедрой ветеринарной генетики и биотехнологии ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)
Поповски З. – д-р аграр. наук, проф., кафедры биохимии и генной инженерии Университета Св. Кирилла и Мефодия (Скопье, Македония)
Солошенко В.А. – д-р с.-х. наук, акад. РАН, научный руководитель направления 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 *Слобожанин Д. М.*

Компьютерная верстка *Зенина В. Н.*

Переводчик *Шмидт Л. В.*

Дата выхода в свет 20 марта 2020 г. Свободная цена.
Формат 60 × 84 1/8. Объем 11,5 уч.-изд. л. Бумага офсетная.
Гарнитура «Times New Roman». Заказ № 2277.

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. 1(54)2020

**G.A. Nozdrin
Editor-in-Chief,
Dr. of Veterinary 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**

**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 106g
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., Professor, Rector of NSAU, the Chairman of the Editorial Board, (Novosibirsk, Russia)

Nozdrin G.A. – Dr. of Veterinary Sc., Professor, the Editor-in-Chief, the Head of the Chair of Pharmacology and General Pathology 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, Vice-Rector for Economic and Social Affairs at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Galeev R.R. – Dr. of Agricultural Sc., Professor, the Head 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, Leading Research Fellow at Siberian Federal Research Centre of Agriculture and Biotechnology (Novosibirsk, Russia)

Glavendekich M.M. – Dr. 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, the Head of Siberian Federal Research Centre for Agricultural Biotechnology (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)

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, the Head of 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, Macedonia)

Soloshenko V.A. – Doctor of Agricultural Sc., Academician of Russian Academy of Sciences, Scientific Supervisor 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: *Slobozhanin D. M.*

Desktop publishing: *Zenina V. N.*

Translator: *Shmidt L. V.*

Date of publication 20 March 2020. Free price.

Size is 60 × 84 1/8. Volume contains 11,5 publ. sheets. Offset paper is used.

Typeface “Times New Roman” is used. Order no. 2277.

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

Волощук А.П., Волощук И.С., Глива В.В., Случак О.М., Герешко Г.С., Запесоцкая М.С. Биологические факторы влияния на производство семян пшеницы озимой в условиях западной лесостепи Украины	7
Кибальник О.П. Перспективы использования ЦМС-линий с разными источниками стерильности в селекции сорго	16
Петрук В.А. Урожайность многолетних трав и травосмесей при разных сроках посева в Западной Сибири	24
Шарков И.Н., Колбин С. А. Влияние погодных условий вегетационного периода на урожайность яровой пшеницы и эффективность азотного удобрения в лесостепи Приобья	33
Якубенко О.Е., Паркина О.В. Новый перспективный сорт фасоли овощной сибирской селекции Кормилица	42

ВЕТЕРИНАРИЯ и ЗООТЕХНИЯ

Афонюшкин В.Н., Давыдова Н.В., Троменшлегер И.Н., Мишукова О.В., Козлова Ю.Н., Черепушкина В.С., Миронова Т.Е., Клемешова И.Ю. Зависимость уровня инфицированности сальмонеллами в популяциях кур от антагонистической активности <i>Lactobacillaceae</i> и <i>Enterococcaceae</i> в отношении <i>Salmonella enterica</i>	48
Булашев А.К., Акибеков О.С., Сыздыкова А.С., Сураншиев Ж.А., Ескендирова С.З. Серологический потенциал рекомбинантных белков <i>Brucella</i> spp. в диагностике бруцеллеза крупного рогатого скота	56
Дроздова Л.И., Тимина Л.И., Семенихина Н.М. Развитие воспалительной реакции у лабораторных животных при экспериментальной микотической инфекции и иммобилизационном стрессе	65
Себежко О.И., Нарожных К.Н., Коновалова Т.В., Короткевич О.С., Слобожанин Д.М., Назаренко А.В. Влияние генотипа быков-производителей голштинской породы на уровень некоторых показателей азотистого обмена потомства в условиях Западной Сибири	72
Яковлева М.С., Яковлева Н.С., Готовчиков Н.А., Тишков С.Н., Ермакова Л.П. Дозодифференцированные корреляционные взаимодействия между показателями обмена гемоглобина у индеек под воздействием пробиотического препарата Ветом 1.2	82

AGRONOMY

A.P. Voloshchuk, I.S. Voloshchuk, V.V. Gliva, O.M. Sluchak, G.S. Gereshko, M.S. Zapesotskaya, Biological factors of influence on the production of winter wheat seeds in the conditions of the Western forest-steppe of Ukraine	7
O. P. Kibalnik. Prospects for the use of CMS lines with different sources of sterility in the selection of sorghum.....	16
A.V. Petruk. Productivity of perennial grasses and mixtures with different sowing dates in Western Siberia	24
I.N. Sharkov., S.A. Kolbin. The influence of weather conditions of the growing season on the yield of spring wheat and the effectiveness of nitrogen fertilizer in the forest-steppe of the Ob River Region	33
O.E. Yakubenko, O.V. Parkina. A new promising variety of beans of the Siberian vegetable selection Nurse	42

VETERINARY SCIENCE AND LIVESTOCK FARMING

V.N. Afonyushkin, N.V. Davydova, I.N. Tromenschleger, O.V. Mishukova, Y.N. Kozlova, V.S. Cherepu-shkina, T.E. Mironova, I.Y. Klemeshova. Salmonella infection level in chicken populations versus anta-gonistic activity of Lactobacillaceae and Enterococcaceae against Salmonella Enterica	48
A.K. Bulashev, O.S. Akibekov, A.S. Syzdykova, Zh.A. Suranshiev, S.Z. Eskendirova. Serological potential of recombinant proteins Brucella Spp. in the diagnosis of cattle brucellosis	56
L.I. Drozdova, L.I. Timina, N.M. Semenikhina. Development of an inflammatory response in laboratory animals at experimental mycotic infection and immobilization stress.	65
O.I. Sebezshko, K.N. Narozhnykh, T.V. Konovalova, O.S. Korotkevich, D.M. Slobozhanin, A.V. Nazarenko. The influence of the genotype of stud bulls of Holstein breed on the level of some indicators of nitrogen metabolism of offspring in Western Siberia Region	72
M.S. Yakovleva, N.S. Yakovleva, N.A. Gotovchikov, S.N. Tishkov, L.P. Ermakova. Dose-differentiated correlation interactions between indices of hemoglobin exchange in turkeys under the influence of the probiotic formulation Vetom 1.2	82

АГРОНОМИЯ

УДК 633.11:631.53.01:631.811.98

DOI:10.31677/2072-6724-2020-54-1-7-15

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ВЛИЯНИЯ
НА ПРОИЗВОДСТВО СЕМЯН ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ
В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ ЛЕСОСТЕПИ УКРАИНЫ**

А.П. Волощук, доктор сельскохозяйственных наук,
старший научный сотрудник

И.С. Волощук, кандидат сельскохозяйственных наук,
старший научный сотрудник

В.В. Глива, кандидат сельскохозяйственных наук

О.М. Случак, научный сотрудник

Г.С. Герешко, научный сотрудник

М.С. Запесоцкая, аспирант

Ключевые слова: пшеница озимая, регулятор роста, микроудобрение, болезнь, урожайность, посевные качества семян

Институт сельского хозяйства Карпатского региона НААН, Львов, Украина

E-mail: olexandravoloschuk53@gmail.com

Реферат. За последние годы повысился интерес к нетрадиционным методам земледелия и растениеводства, которые включают широкое использование биологических способов защиты и питания растений, позволяя существенно снизить применение ядохимикатов и уменьшить нормы удобрения. Поэтому ведется постоянный поиск и подбор высокоэффективных и конкурентоспособных препаратов, которые в технологиях выращивания обеспечивали бы рост урожайности и качества выращенной продукции. Установлено, что причинами получения семян низких урожайных и посевных качеств пшеницы озимой в зоне избыточного увлажнения западной лесостепи Украины является полегание посевов и развитие вредоносных болезней. Предотвратить данные негативные явления можно за счет применения регулятора роста Вымпел-2 и микроудобрения Оракул колофермин меди как при раздельном, так и совместном их внесении в фазу выхода в трубку – колошения. Под влиянием данных препаратов растет устойчивость к полеганию растений, снижается распространение болезней: мучнистой росы, септориоза листьев, темно-бурой ржавчины. Усиление роста колоса и лучший налив зерна озимой пшеницы происходят благодаря укорочению вегетативной части побега, что способствует существенным приростам урожайности – 0,45–0,55 т/га. Вследствие оптимального роста и развития на материнских растениях формируются семена высоких посевных качеств. Наиболее эффективна баковая смесь регулятора роста Вымпел-2 (0,5 л/га) с микроудобрением Оракул колофермин меди (1,0 л/га) на фоне $N_{30}P_{90}K_{90}$ с поэтапным внесением азота по N_{30} на IV и VII этапах органогенеза, что обеспечило снижение развития болезней на растениях по сравнению с контролем (без обработки посева) на 15,4 % (мучнистая роса), 10,8 (септориоз листьев) и 10,4 % (темно-бурая пятнистость).

BIOLOGICAL FACTORS OF INFLUENCE ON THE PRODUCTION OF WINTER WHEAT SEEDS IN THE CONDITIONS OF THE WESTERN FOREST-STEPPE OF UKRAINE

A.P. Voloshchuk, Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher

I.S. Voloshchuk, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher

V.V. Gliva, Candidate of Agricultural Sciences

O.M. Sluchak, Researcher

G.S. Gereshko, Researcher

M.S. Zapesotskaya, graduate student

Institute of Agriculture of the Carpathian Region, NAAS, Lviv, Ukraine

Key words: winter wheat, growth regulator, microfertilizer, disease, crop yield, sowing quality of seeds.

Abstract. In recent years, interest in non-traditional methods of farming and plant growing has increased, which include the widespread use of biological methods of plant protection and nutrition, allowing significantly reduce the use of pesticides and reduce fertilizer rates. Therefore, there is a constant search and selection of highly effective and competitive formulations that, in growing technologies, ensured an increase in yield and the quality of the grown products. It has been established that the reasons for obtaining seeds of low yielding and sowing qualities of winter wheat in the zone of excessive moisture in the Western Forest-Steppe of Ukraine are lodging of crops and the development of harmful diseases. These negative phenomena can be prevented through the use of the Vympel-2 growth regulator and Oracle microfertilizer colofermin copper, both when separately and simultaneously introduced into the ejection phase of the tube. Under the influence of these formulations, resistance to lodging of plants increases, the spread of diseases decreases: powdery mildew, leaf septoria, and dark brown rust. The increased spike growth and the best filling of winter wheat grains occur due to the shortening of the vegetative part of the shoot, which contributes to a significant increase in productivity - 0.45–0.55 t / ha. Due to optimal growth and development, seeds of high sowing qualities are formed on maternal plants. The most effective is the tank mixture of the Vympel-2 growth regulator (0.5 l / ha) with microfertilizer Oracle colofermin copper (1.0 l / ha) against the background of N30P90K90 with the phased introduction of nitrogen according to $N_{30}P_{90}K_{90}$ at the IV and VII stages of organogenesis, which reduced development diseases on plants compared with the control (without treatment of sowing) by 15.4% (powdery mildew), 10.8 (leaf Septoria) and 10.4% (dark brown spotting).

В Украине зона лесостепи занимает 34 % территории, где сосредоточено 40,1 % сельскохозяйственных угодий. Климат – умеренно континентальный, в почве часто наблюдается избыток влаги. Сумма активных температур за вегетационный период составляет 2780 °С. Годовой радиационный баланс – 1800–1850 МДж/м², суммарная радиация за год – 95–107 ккал/см². Почвенный покров сложный и пестрый, представленный 160 почвенными разностями. Данная почвенно-климатическая зона является зоной рискованного семеноводства, где высока вероятность каждые два – три года получать семена с низкими урожайными и посевными качествами.

Устойчивость растений к полеганию и болезням является одним из важнейших признаков пшеницы озимой, дающим возможность получать урожайность на 25–50 % выше и хорошего качества [1–10].

Сегодня производству предложен ряд морфорегуляторов, позволяющих направленно регулировать, через координацию фотосинтеза и ростовой функции, отдельные этапы онтогенеза, усиливать и ослаблять признаки и свойства растений в пределах нормы реакции, эффективно реализовывать потенциальные возможности сортов и гибридов, активизировать основные процессы жизнедеятельности растений, влияющие на

урожайность и качество сельскохозяйственной продукции. В результате их действия замедляется деление и растяжение клеток, что приводит к торможению роста и полегания посевов, усилению роста корневой системы, процессов плодоношения и созревания культур, а в итоге к повышению продуктивности растений и их устойчивости к неблагоприятным факторам среды [11–13].

Стабильным проявлением действия ретардантов на зерновых колосовых культурах является подавление апикального доминирования главных побегов, которое предопределяет стимуляцию развития боковых стеблей и формирование на них продуктивного колоса. Укорочение вегетативной части побега сопровождается усилением роста колоса и лучший налив зерна пшеницы. Рост производительности зерновых при использовании ретардантов происходит в основном за счет увеличения продуктивной кустистости, лучшего наполнения зерновки и роста массы 1000 зерен. Эффективными в технологиях выращивания зерновых культур являются синтетические регуляторы роста, такие как Хлормекватхлорид, Моддус, Терпал, Стабилан 750 SL [14–16].

Применение регуляторов роста с медьсодержащими препаратами на растениях пшеницы озимой улучшает их фитосанитарное состояние и устойчивость к полеганию. Данная проблема особенно актуальна для зоны избыточного увлажнения западной лесостепи Украины, где годовое количество осадков составляет 680–750 мм [17–19].

Целью наших исследований было изучение влияния препаратов ТУР, Вымпел-2 и Оракул колофермин меди на формирование урожайных и посевных качеств пшеницы озимой.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в лаборатории семеноводства Института сельского хозяйства Карпатского региона НААН в течение 2015–2017 гг.

Пахотный слой почвы на опытных участках характеризовался следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса (по Тюрину) – 1,9%, pH солевой вытяжки (потенциометрический метод) – 4,8, гидролитическая кислотность (по Каппену-Гильковицу) – 2,93 мг-экв/100 г почвы, содержание подвижного фосфора и калия (по Кирсанову) – 98 и 86 мг/кг почвы, легкогидролизуемого азота (по Корнфилду) – 88 мг/кг почвы.

Погодные условия в годы исследований имели свои особенности. Лето, за исключением июня, и осень 2015 г. были влажными. Зимний период – теплее нормы, в феврале температура воздуха составила 0,9 °С при норме –4,3 °С. Температурный режим весенних месяцев – в пределах среднегодовых данных, а лето было очень теплым. Среднегодовое количество осадков составляло 87% от нормы, в мае они превышали ее на 145, сентябре – на 144, ноябре – на 186%.

Высоким температурным режимом (на 1,79 °С теплее нормы) и меньшим количеством осадков (55,7% к среднегодовому показателю) отличался 2016 г. Погодные условия сентября характеризовались повышенным температурным режимом и достаточным влагообеспечением, что способствовало интенсивному росту и развитию растений. Осень была холодная и очень влажная. В октябре температура воздуха была ниже среднегодовых на 1,2 °С, сумма осадков – 259,3% к норме, а в ноябре – на 0,2 °С, осадки – 174,4%.

Температурный режим зимних месяцев 2017 г. был в пределах среднегодовых данных с несколько более низким количеством осадков в январе. Переход через 5 °С состоялся в первой декаде марта с незначительным (до 3,2 °С) понижением во второй декаде, что способствовало восстановлению весенней вегетации озимых зерновых. Высокие температуры воздуха с меньшим количеством осадков (68,4%) наблюдали в апреле. Июнь, июль и август были теплыми и сухими.

Площадь опытного участка – 56 м², учетная – 50 м². Размещение вариантов – система-

тическое, повторность – трехкратная. Норма высева семян озимой пшеницы – 5,5 млн всхожих семян на 1 га. Посевные качества высеянных за годы исследований семян отвечали ДСТУ 4138–2002.

Исследования проводились по общепринятым методикам. Обработку результатов исследований проводили с помощью программы Microsoft Office Excel методом дисперсионного и корреляционного анализа по Б. А. Доспехову [20].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Одним из параметров формирования устойчивости зерновых культур к полеганию при интенсивных технология выращивания является применение регуляторов роста, в частности ТУР (Хлормекватхлорид 750), что влияет на сокращение длины соломинки.

Экспериментальные данные наших исследований, представленные в табл. 1, подтверждают, что применение препарата Оракул колофермин меди в зоне избыточного увлажнения западной лесостепи Украины позволяет снизить риски полегания растений озимой пшеницы. Сравнивая высоту соломины от узла кущения до первого узла, мы получили

достоверные различия в зависимости от примененного препарата. Если в абсолютном контроле длина соломинки составляла 9,5 см, то в варианте применения Хлормекватхлорида 750 (1,5 л/га) была меньше (6,0 см), аналогичный показатель обеспечил и регулятор роста Вымпел-2 (0,5 л/га) – 6,5 см, а их сочетание – 5,5 см. Применение микроудобрения Оракул колофермин меди в фазу кущения – начала выхода в трубку существенно не уменьшало длину первого междоузлия, эффект получен только в сочетании с регулятором роста Вымпел-2 – 7,0–7,5 см.

В обратном направлении изменялся диаметр соломины первого междоузлия. В абсолютном контроле он был наименьший – 4,54 мм и достоверно больше в варианте применения ТУР – 5,90 мм ($HCp_{05} = 0,05$). Положительно на данный показатель влиял регулятор роста Вымпел-2 как при раздельном, так и совместном применении с ТУР (5,91 и 5,88 мм).

Наиболее эффективной оказалась норма внесения микроудобрения Оракул колофермин меди 1,0 л/га, которая обеспечила больший диаметр первого междоузлия стебля пшеницы озимой (5,78 мм). При сочетании Вымпел-2 + Оракул колофермин меди в норме 0,5 + 1,0 л/га данный показатель

Таблица 1

Параметры соломинки и устойчивость к полеганию растений пшеницы озимой в зависимости от применения препаратов Вымпел-2 и Оракул колофермин меди в фазу выхода в трубку – колошения (2015–2017 гг.)
Parameters of straws and resistance to lodging of winter wheat plants depending on the use of Vympel-2 and Oracle colofermin copper preparations in the egress phase - earing (2015-2017)

Препарат	Норма внесения, л/га	Первое междоузлие			Стойкость к полеганию, баллов
		длина, см	диаметр, мм	толщина соломины, мкм	
Абсолютный контроль (вода)	400	9,5	4,54	312	7,5
ТУР (Хлормекватхлорид 750) (контроль)	1,5	6,0	5,90	346	9,0
Вымпел-2	0,5	6,5	5,91	344	8,0
ТУР + Вымпел-2	1,5 + 0,5	5,5	5,88	376	9,5
Оракул колофермин меди	0,6	9,0	5,62	331	8,0
	0,7	8,5	5,65	338	8,0
	0,8	9,0	5,65	342	8,5
	0,9	9,0	5,66	347	8,5
	1,0	9,0	5,70	353	8,5
Вымпел-2 + Оракул колофермин меди	0,3 + 0,4	8,0	5,78	359	9,0
	0,5 + 0,4	7,5	5,89	364	9,0
	0,3 + 0,6	7,0	5,80	361	9,0
	0,5 + 1,0	7,0	5,90	369	9,0
HCp_{05}		1,0	0,05	2,0	0,6

был на уровне варианта с применением ТУР (1,5 л/га).

Толщина соломины в контроле составляла 312 мкм, при отдельном применении ТУР и регулятора роста Вымпел-2 увеличивалась до 346 и 344 мкм, а при их сочетании – до 376 мкм. При $НСР_{05} = 2,0$ достоверно высоким этот показатель был в вариантах применения препарата Оракул колофермин меди (норма внесения 1,0 л/га) – 353 мкм и баковой смеси Вымпел-2 (норма внесения 0,5 л/га) + Оракул колофермин меди (1,0 л/га) – 369 мкм.

При отдельном внесении ТУР и регулятора роста Вымпел-2 устойчивость растений к полеганию по сравнению с контролем выросла на 1,5, а при совместном их применении – на 2,0 балла. При различных нормах внесения микроудобрения Оракул колофермин меди этот показатель оценивали на уровне 8,0–8,5 балла, а при совместном сочетании с регулятором роста – 9,0 балла, что объясняется лучшей иммунной устойчивостью растений к болезням.

В зависимости от вариантов опыта развитие мучнистой росы на сорте Полесская 90 пшеницы озимой в фазу выхода в трубку – колошения варьировало от 24,5% в контроле до 9,1 в варианте Вымпел-2 + Оракул колофермин меди (0,5 + 1,0 л/га) (табл. 2). Различия были достоверными между всеми вариантами опыта ($НСР_{05} = 0,2$).

Наивысшее развитие септориоза листьев наблюдали в контроле – 21,6%. Регулятор роста Вымпел-2 снижал распространение данной болезни на 2,8, Оракул колофермин меди при различных нормах (0,6–1,0 л/га) – на 7,1–8,5, а их совместное применение – на 10,6–10,8%.

Устойчивость растений к заболеванию темно-бурой пятнистостью росла от контроля к вариантам обработки посева: Вымпелом-2 – на 3,5%, совместной баковой смесью с ТУР – на 4,9, препаратом Оракул колофермин меди – на 8,0–10,1%.

Наиболее высокую эффективность обеспечила баковая смесь Вымпел-2 + Оракул колофермин меди в норме 0,5 + 1,0 л/га, при

Таблица 2

Развитие болезней на растениях пшеницы озимой в зависимости от применения препаратов Вымпел-2 и Оракул колофермин меди в фазу выхода в трубку – колошения (2015–2017 гг.)
The development of diseases on winter wheat plants, depending on the use of Vympel-2 and Oracle preparations, colofermine copper in the egress phase - earing (2015-2017)

Препарат	Норма внесения, л/га	Болезнь, %		
		мучнистая роса	септориоз листьев	темно-бурая пятнистость
Абсолютный контроль (вода)	400	24,5	21,6	19,2
ТУР (Хлормекватхлорид 750) (контроль)	1,5	23,8	21,2	18,9
Вымпел-2	0,5	15,7	18,8	15,7
ТУР + Вымпел-2	1,5 + 0,5	15,2	18,0	14,3
Оракул колофермин меди	0,6	12,4	14,5	11,5
	0,7	12,0	14,0	11,4
	0,8	11,8	13,6	11,0
	0,9	11,4	13,2	10,7
	1,0	11,1	13,1	10,1
Вымпел 2 + Оракул колофермин меди	0,3 + 0,4	9,9	11,0	9,6
	0,5 + 0,4	9,7	11,0	9,3
	0,3 + 0,6	9,5	11,3	9,0
	0,5 + 1,0	9,1	10,8	8,8
$НСР_{05}$		0,2	0,4	0,3

которой развитие болезни было самым низким – 8,8%, что меньше, чем в контроле, на 10,4%. Достоверную разницу ($НСР_{05} = 0,3$) наблюдали по нормам применения препаратов 0,3 + 0,4 и 0,5 + 1,0 л/га.

Благоприятные погодные условия и применение препаратов способствовали получению урожайности семян в пределах 4,87–5,42 т/га (табл. 3).

Таблица 3

Урожайность семян пшеницы озимой в зависимости от применения препаратов Вымпел-2 и Оракул колофермин меди в фазу выхода в трубку – колошения (2015–2017 гг.), т/га
Productivity of winter wheat seeds, depending on the use of Vympel-2 and Oracle colofermin copper preparations in the egress phase - earing (2015-2017), t/ha

Препарат	Норма внесения, л/га	Год			Средняя	Прибавка
		2015	2016	2017		
Абсолютный контроль (вода)	400	4,57	5,12	4,92	4,87	-
ТУР (Хлормекватхлорид 750) (контроль)	1,5	4,75	5,36	5,22	5,11	0,24
Вымпел-2	0,5	4,80	5,40	5,25	5,15	0,28
ТУР + Вымпел-2	1,5 + 0,5	4,82	5,44	5,28	5,18	0,31
Оракул колофермин меди	0,6	4,75	5,39	5,23	5,17	0,30
	0,7	4,78	5,40	5,24	5,22	0,35
	0,8	4,79	5,41	5,25	5,25	0,38
	0,9	4,77	5,40	5,25	5,28	0,41
	1,0	4,80	5,42	5,26	5,32	0,45
Вымпел 2 + Оракул колофермин меди	0,3 + 0,4	4,81	5,43	5,27	5,32	0,45
	0,5 + 0,4	4,79	5,45	5,29	5,35	0,48
	0,3 + 0,6	4,84	5,46	5,30	5,38	0,51
	0,5 + 1,0	4,86	5,48	5,32	5,42	0,55
$НСР_{05}$		0,12	0,13	0,10		

По сравнению с контролем от применения Хлормекватхлорида 750 (1,5 л/га) прирост урожайности составил 0,24 т/га, Вымпела-2 (норма внесения 0,5 л/га) – 0,28, а их совместного применения – 0,31 т/га.

Применение микроудобрения Оракул колофермин меди с нормой расхода препарата 0,6 л/га также было эффективным и обеспечило прирост урожайности на уровне Вымпела-2. Увеличение норм расхода данного препарата до 1,0 л/га обеспечило достоверный прирост урожайности семян ($НСР_{05} = 0,10-0,13$).

Совместное применение препаратов Вымпел-2 и Оракул колофермин меди повышало производительность посева до 5,32–5,42 т/га, что выше контроля на 0,45–0,55 и на 0,21–0,31 т/га – варианта с ТУР. Самый высокий прирост урожайности получен по варианту Вымпел-2 + Оракул колофермин меди по норме расхода препаратов 0,5 + 1,0 л/га.

Под влиянием применяемых препаратов увеличилась и масса 1000 семян (табл. 4). В контроле средний по годам показатель составлял 42,8 г, в варианте с применением регулятора роста ТУР вырос на 1,0 г, Вымпел-2 – на 1,2, а при их совместном применении – на 1,5 г. По сравнению с регулятором роста Вымпел-2 в варианте с микроудобрением Оракул колофермин меди (при нормах 0,6–0,8 л/га) данный показатель был на 0,4–0,2 г ниже и равнозначен таковому при норме 1,0 л/га.

Баковая смесь регулятора роста с медным микроудобрением при нормах внесения 0,5 + 1,0 л/га способствовала росту массы 1000 семян по сравнению с контролем на 2,1 г, к варианту применения ТУР – на 1,1, регулятора роста Вымпел-2 – на 1,9, препарата Оракул колофермин меди – на 0,9 г.

Таблиця 4

Масса 1000 семян пшеницы озимой в зависимости от применения препаратов Вымпел-2 и Оракул колофермин меди в фазу выхода в трубку – колошения (2015–2017 гг.), г
The mass of 1000 seeds of winter wheat, depending on the use of Vympel-2 and Oracle, colofermin copper in the exit phase into the tube - earing (2015-2017), g

Препарат	Норма внесения, л/га	Год			Средняя	Прибавка
		2015	2016	2017		
Абсолютный контроль (вода)	400	42,3	43,1	42,9	42,8	-
ТУР (Хлормекватхлорид 750) (контроль)	1,5	43,5	44,2	43,8	43,8	1,0
Вымпел-2	0,5	43,7	44,5	43,9	44,0	1,2
ТУР + Вымпел-2	1,5 + 0,5	44,1	44,8	44,0	44,3	1,5
Оракул колофермин меди	0,6	43,6	44,5	44,0	43,6	0,8
	0,7	43,5	44,3	43,7	43,6	0,8
	0,8	43,4	44,1	43,6	43,7	0,9
	0,9	43,3	44,2	43,5	43,8	1,0
	1,0	43,4	44,5	43,9	44,0	1,2
Вымпел 2 + Оракул колофермин меди	0,3 + 0,4	43,5	44,8	44,1	44,1	1,3
	0,5 + 0,4	43,9	44,9	44,4	44,4	1,6
	0,3 + 0,6	44,1	45,2	44,8	44,7	1,9
	0,5 + 1,0	44,0	45,1	44,6	44,9	2,1
НСР ₀₅		0,03	0,02	0,01		

ВЫВОДЫ

1. Регулятор роста Вымпел-2 при норме расхода 0,5 л/га, применяемый по вегетирующим растениям в фазу кущения – начала выхода в трубку способствовал повышению устойчивости растений к полеганию на уровне препарата ТУР (Хлормекватхлорид 750, 1,5 л/га).

2. При совместном применении регулятора роста с микроудобрением (Вымпел-2 +

Оракул колофермин меди, 0,5 + 1,0 л/га) развитие болезней на растениях пшеницы озимой по сравнению с контролем (без обработки посева) было ниже на 15,4% (мучнистая роса), 10,8 (септориоз листьев) и 10,4% (темно-бурая пятнистость).

3. Повышение на 0,55 т/га урожайности семян была обеспечено более высокой массой 1000 семян – 44,9 г.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Уліч Л. І., Уліч О. Л. Вплив висоти рослин сортів пшениці озимої на стійкість до вилягання і продуктивність посівів // Сортовивчення та охорона прав на сорти. – 2006. – С. 55–63.
2. Лихочвор В. В. Борьба с полеганием зерновых культур – залог высокой урожайности // Защита и карантин растений. – 2007. – № 2. – С. 32.
3. Ващенко В. Ф., Нам В. В. О защите от полегания и урожайности у ячменя при использовании препарата гормонального действия // С.-х. биология. – 2013. – № 6. – С. 119–122.
4. Висота рослин та стійкість проти вилягання колекційних зразків пшениці твердої ярої / В. С. Кочмарский, С. О. Хоменко, М. В. Федоренко, Т. А. Данюк // Миронівський вісник: збірник наукових праць. – 2015. – Вип. 1. – С. 73–81.
5. Характер прояву довжини стебла і ознак стійкості до вилягання сортів пшениці озимої залежно від фону живлення / В. В. Базалій, С. В. Панкєєв, О. О. Жужа, Г. В. Карашук // Таврійський науковий вісник: науковий журнал. – Х., 2012. – № 80. – С. 20–26.

6. *Селекція, насінництво та сортовивчення пшениці* / В.В. Шелепов, М.М. Гаврилюк, М.П. Чебаков, О.М. Гончар. – Миронівка, 2007. – 405 с.
7. *Васильківський С.П., Сабадин В.Я.* Стійкість рослин ячменю ярого проти хвороб залежно від генотипу сорту // *Миронівський вісник: збірник наукових праць*. – 2015. – Вип. 1. – С. 156–169.
8. *Ретьман С.В., Довгань С.В.* Фітосанітарний стан зернових колосових // *Карантин і захист рослин*. – 2010. – № 03 (165). – С. 2–5.
9. *Трибель С.О.* Стійкі сорти: проблеми і перспективи // *Карантин і захист рослин*. – 2005. – № 4. – С. 3–5.
10. *Деева В.П., Шелег З.И., Станько Н.В.* Избирательное действие химических регуляторов роста на растения // *Физиологические основы*. – Минск, 1988. – 255 с.
11. *Кефели В.И., Прусакова А.Д.* Химические регуляторы растений. – М., 1985. – 63 с.
12. *Волкогон М.В.* Біологічна ефективність регулятора росту Біовітрекс на озимій пшениці // *Вісник Аграрної наук*. – 2006. – № 1. – С. 78–80.
13. *Волкогон М.В.* Вплив регулятора росту на основі біогумусу на ростові параметри та стійкість до фітопатогенів проростків озимої пшениці // *Актуальні проблеми фізіології, генетики та біотехнології рослин і ґрунтових мікроорганізмів: тези доповідей дев'ятої конференції молодих дослідників (м. Київ, 24–25 лютого 2005 р.)*. – Київ: Інститут фізіології рослин і генетики НАН України, 2005. – С. 10.
14. *Біологічні основи інтегрованої дії гербіцидів і регуляторів росту рослин* / С.П. Пономаренко, В.П. Карпенко, З.М. Грицаєнко [та ін.]; за ред. В.П. Карпенка. – Умань, 2012. – 357 с.
15. *Громова А.А., Щукин В.Б., Варавва В.Н.* Эффективность регуляторов роста и биопрепаратов на озимой пшенице и просе // *Земледелие*. – 2005. – № 6. – С. 34–35.
16. *Анішин Л.А.* Регулятори росту рослин: сумніви і факти // *Пропозиція*. – 2002. – № 5. – С. 64–65.
17. *Біловус Г., Волощук О., Глива В.* Вплив передпосівної обробки насіння регулятором росту рослин Вимпел-К на розвиток темно-бурої плямистості листя // *Роль науки у підвищенні технологічного рівня і ефективності АПК України: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Тернопіль, 16–18 трав. 2012 р.)*. – Тернопіль, 2012. – С. 37–40.
18. *Біловус Г.Я., Волощук І.С.* Септоріоз листя озимої пшениці в умовах змін клімату на території Західного Лісостепу // *Наукове забезпечення інноваційного розвитку агропромислового комплексу в умовах змін клімату: тези Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів (м. Вінниця, 25–26 травня 2017 р.)* / НААН, Державна установа Інститут зернових культур НААН, Міністерство аграрної Політики та продовольства України, Український інститут експертизи сортів рослин. – Вінниця, 2017. – С. 17–18.
19. *Біловус Г.Я., Волощук І.С.* Влияние микробных препаратов и удобрений на развитие темно-бурой пятнистости листьев пшеницы озимой в условиях Западной Лесостепи Украины // *Защита растений: сб. науч. тр. / РУП «Институт защиты растений»*. – Беларусь, 2015. – Вып. 39. – С. 42–46.
20. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

REFERENCES

1. Ulich L. I., Ulich A. L. *Cort studies and protection of rights to varieties*, 2006, pp. 55–63.
2. Likhochvor V. V. *Plant protection and quarantine*, 2007, No. 2. p. 32. (In Russ.)
3. Vashchenko V. F., Nam V. V. *Agricultural biology*, 2013, No. 6, pp. 119–122. (In Russ.)

4. Kochmarsky V.S., Khomenko S.A., Fedorenko N.V., Danyuk T.A. *Mironovsky Bulletin: a collection of scientific papers*, 2015, Vol. 1, pp. 80–81.
5. Basalia V.V., Pankeev S.V., Zhuzha A.A., Karashchuk G.V. *Tavria Journal of Science: a scientific journal*, Kherson, 2012, No. 80, pp. 20–26.
6. Shelepov V.V., Gavrilyuk N.N., Chebakov M.P., Gonchar A.M. Breeding, seed and sorting wheat, Myronovka, 2007, 405 p.
7. Vasilkovsky S.P., Sabadin V. Ya. *Mironovsky Bulletin: a collection of scientific papers*, 2015, Vol. 1, pp. 156–169.
8. Retman S.V., Dovgan S.V. *Quarantine and plant protection*, 2010, No. 03 (165), pp. 2–5.
9. Tribel S.A. *Quarantine and plant protection*, 2005, No. 4, pp. 3–5..
10. Deeva V.P., Sheleg Z.I., Stanko N.V. *Physiological basis*, Minsk, 1988, 255 p.
11. Kefeli V.I., Prusakova A.D. Chemical regulators of plants, Moscow, 1985, 63 p.
12. Volkogon M.V. *Bulletin of Agrarian Science*, 2006, No. 1, pp. 78–80.
13. Volkogon M.V. *Effect of growth regulator based on biohumus on growth parameters and resistance to plant pathogens of winter wheat seedlings* (Problems of physiology, genetics and biotechnology of plants and soil microorganisms), Abstracts of the reports of the ninth conference of young researchers, Kiev: Institute of Plant Physiology and Genetics of the National Academy of Sciences of Ukraine, 2005, 10 p.
14. Ponomarenko S.P., Karpenko V.P., Grytsaenko Z.M. *Biological bases of the integrated action of herbicides and plant growth regulators*, Uman, 2012, 357 p.
15. Gromova A.A., Schukin V.B., Varavva V.N. *Agriculture*, 2005, No. 6, pp. 34–35. (In Russ.)
16. Anishin L.A. *Proposition*, 2002, No.5, pp. 64–65.
17. Bilovus G., Voloschuk A., Glyva V. *The effect of presowing seed treatment with Vimpel-K plant growth regulator on the development of dark-brown leaf spot* (The role of science in improving the technological level and efficiency of the agro-industrial complex of Ukraine), Materials of the All-Ukrainian Scientific-Practical Conference, Ternopil, 2012, pp. 37–40.
18. Bilovus G. Ya., Voloshchuk I.S. *Septorioses of winter wheat leaves under conditions of climate change in the territory of the Western Forest-Steppe* (Scientific support of the innovative development of the agro-industrial complex in the context of climate change), Abstracts of the International Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists, NAAS, State Institute of Grain Crops NAAS, Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine, Ukrainian Institute of Plant Variety Expertise, Vinnitsa, 2017, pp. 17–18.
19. Bilovus G. Ya., Voloshchuk I.S. *Plant protection: a collection of scientific papers of the Institute of Plant Protection RUP*, Minsk, 2015, Vol. 39, pp. 42–46.
20. Dospekhov B.A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results), Fifth ed., add. and remak, M, Agropromizdat, 1985, 351 p.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦМС–ЛИНИЙ С РАЗНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ СТЕРИЛЬНОСТИ В СЕЛЕКЦИИ СОРГО

О.П. Кибальник, кандидат биологических наук

Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы «Россорго»,
Саратов, Россия

E-mail: kibalnik79@yandex.ru

Ключевые слова: сорго, типы ЦМС, гибриды, кластеризация, селекционные признаки, программы скрещиваний

Реферат. Для улучшения генетико-селекционных признаков материнских форм, повышения их адаптивного потенциала в селекции гибридов сельскохозяйственных культур (сорго, африканское просо, кукуруза, рис, подсолнечник, озимая рожь и т.д.) используют разнообразные типы ЦМС. В статье представлены результаты изучения коллекции ЦМС-линий сорго, полученных на основе новых источников стерильности (A1, A2, A3, A4, A5, A6, 9E и M-35-1A) по агрономическим признакам. На опытном поле института в 2014–2018 гг. высевали 21 линию широкорядным способом с междурядьями 70 см и густотой стояния 100 тыс. растений на 1 га. Размещение делянок площадью 7,7 м² рендомизированное, в трехкратной повторности. Применение кластерного анализа по минимуму евклидовых расстояний позволило провести группировку ЦМС-линий по сходным изученным признакам: 1-я группа включает 9; 2-я – 4; 3-я и 4-я – по 3; 5-я и 6-я – по 1 линии. Дисперсионный однофакторный анализ подтверждает достоверность различий между группами по 18 селекционным признакам, за исключением выдвинутости ножки метелки. Установлено значительное варьирование вегетативных ($V=11,0\text{--}21,6\%$) и генеративных признаков ($V=13,2\text{--}28,4\%$). Наименьший коэффициент вариации выявлен по продолжительности межфазного периода «всходы – цветение» – 4,8%, что свидетельствует о скороспелости большинства линий (у A2 KBV 181, A2 Судзери светлый, A2 АГС – 46,6 дня). Пятилетнее испытание исходного материала позволило выделить продуктивные линии 5-й и 6-й групп (урожайность зерна 5,07–5,36, биомассы – 18,30–20,70 т/га), слабокустающиеся линии 3-й группы (общая и продуктивная кустистость 1,12–1,14), низкорослые линии 1-й группы (высота растений 81,0 см). A1 Ефремовское 2 отличается высокорослостью (143,3 см), крупными размерами флагового и наибольшего листьев (площадь 150,0 и 254,2 см² соответственно). Подбор стерильных линий с заданными признаками способствует оптимизации селекционного процесса и целенаправленному их применению в программах скрещиваний.

PROSPECTS FOR THE USE OF CMS LINES WITH DIFFERENT SOURCES OF STERILITY IN THE SELECTION OF SORGHUM

O.P. Kibalnik, Candidate of Biological Sciences

Russian Research and Design Institute of Sorghum and Corn “Rossorgo”, Saratov, Russia

Key words: sorghum, types of CMS, hybrids, clustering, breeding traits, crossbreeding programs.

Abstract. To improve the genetic-breeding characteristics of maternal forms, to increase their adaptive potential in breeding hybrids of agricultural crops (sorghum, African millet, corn, rice, sunflower, winter rye, etc.), various types of CMS are used. The article presents the results of studying the collection of CMS sorghum lines obtained on the basis of new sources of sterility (A1, A2, A3, A4,

A5, A6, 9E and M-35-1A) by agronomic characteristics. On the experimental field of the Institute in 2014-2018. 21 lines were sown in a wide-row way with row spacing of 70 cm and a density of standing of 100 thousand plants per 1 ha. The allocation of plots of 7.7 m² is randomized, in triplicate. The use of cluster analysis for the minimum of Euclidean distances allowed us to group CMS lines according to similar studied features: the 1st group includes 9; 2nd - 4; 3rd and 4th - 3 each; 5th and 6th - 1 line each. One-way analysis of variance confirms the validity of differences between groups by 18 selection criteria, with the exception of the extension of the panicle leg. A significant variation in vegetative ($V = 11.0-21.6\%$) and generative traits ($V = 13.2-28.4\%$) was found. The smallest coefficient of variation was revealed by the duration of the seedling-flowering interphase period — 4.8%, which indicates the maturity of most lines (in A2 KVV 181, A2 Suzern light, A2 AGS - 46.6 days). A five-year test of the source material made it possible to identify productive lines of the 5th and 6th groups (grain productivity 5.07-5.36, biomass - 18.30-20.70 t / ha); weakly growing lines of the 3rd group (total and productive bushiness 1.12-1.14), low-growing lines of the 1st group (plant height 81.0 cm). A1 Efremovskoye 2 is distinguished by tallness (143.3 cm), large sizes of flag and largest leaves (areas of 150.0 and 254.2 cm², respectively). The selection of sterile lines with predetermined traits helps to optimize the selection process and their targeted use in crossbreeding programs.

Sorghum bicolor L. Moench – засухоустойчивая и жаростойкая культура, отличающаяся высокой продуктивностью. Возделывается для кормления сельскохозяйственных животных, птицы, рыбы, а также с целью применения в пищевой и перерабатывающей промышленности. В России сорго выращивается преимущественно в регионах с недостаточным увлажнением и наибольшие площади занимает в районах Приволжского и Южного федерального округов. Научно-исследовательская и семеноводческая работа по сорговым культурам ведется 26 российскими научными учреждениями и селекционно-семеноводческими организациями, в том числе и ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». Приоритетным направлением селекции в институте за последние 10–15 лет являлось создание высокопродуктивных сортов, характеризующихся скороспелостью, высоким качеством зерна и биомассы, устойчивостью к болезням и вредителям [1]. Выведение гибридов затруднялось отсутствием раннеспелых стерильных линий. Их семеноводство осложнялось нестабильным вызреванием в условиях Саратовской области.

Для увеличения генетического разнообразия компонентов гибридов и создания

скороспелых ЦМС-линий возникла необходимость в вовлечении новых источников стерильности [2]. В настоящее время выведение гибридов сорго в институте основано на коллекции скороспелых ЦМС-линий с A1 (Milo), A2 (IS12662C), A3 (IS1112C), A4 (IS7920C), A5 (IS1056C), A6 (IS17506C), 9E (IS17218C) и M-35–1A (Maldandi) типами стерильных цитоплазм (рис. 1). Для большинства типов стерильности у сорго характерна спорофитная система восстановления фертильности. Однако в литературе имеются сведения о разных механизмах восстановления фертильности на цитоплазме A3. Гены-восстановители этой цитоплазмы встречаются крайне редко [3–5]. Цитоплазма A1 отличается наиболее простой системой восстановления фертильности, что способствует ее распространению в селекции гибридов сорго [6]. Многие линии-восстановители цитоплазмы A1 оказываются неспособными к восстановлению мужской фертильности на других типах ЦМС [7]. Для систем ЦМС A1, A2, A5 и A6 характерны мелкие сухие пыльники, не содержащие жизнеспособной пыльцы, тогда как у типов A3, A4 и 9E пыльники крупные с некоторым количеством окрашиваемых пыльцевых зерен [8].

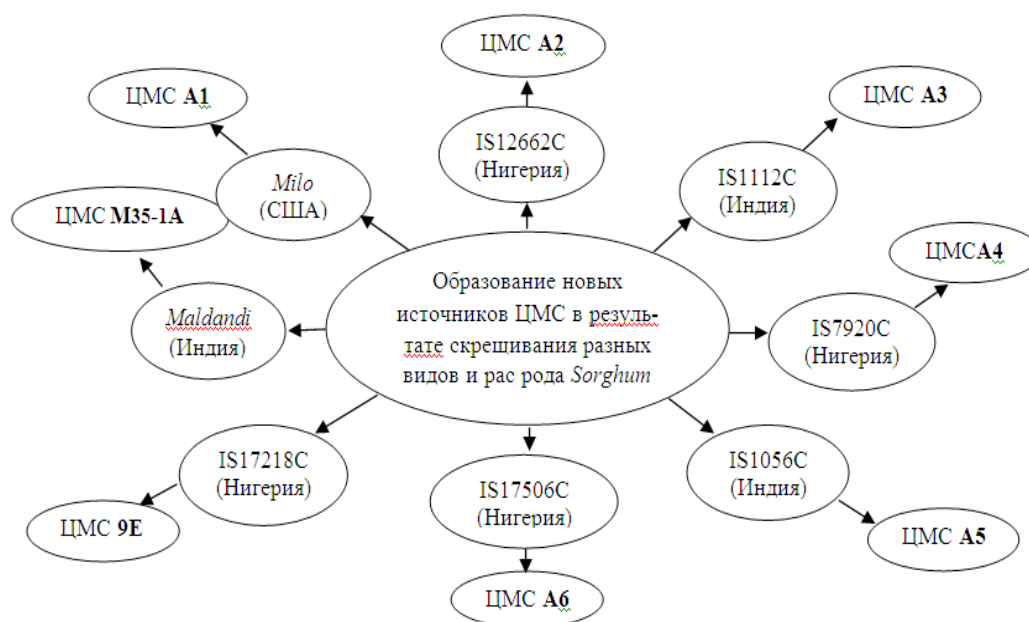


Рис. 1. Разнообразие и происхождение типов стерильности *Sorghum bicolor* L. Moench, используемых в программах тестерных скрещиваний ФГБНУ РосНИИСК «Россорго»

Diversity and origin of the types of sterility *Sorghum bicolor* L. Moench used in the programs of test crosses “Rossorgo”

Таким образом, использование в программах скрещиваний типов ЦМС, различающихся по происхождению, генетике восстановления фертильности, морфологии и гистологической структуре пыльников, стадии дегенерации пыльца, структуре митохондриального и хлоропластного геномов [2, 9–10] позволяет создавать новые комбинации с заданными параметрами хозяйственных признаков и биологических свойств.

С целью повышения результативности гибридизации проведение кластеризации (по минимуму евклидовых расстояний) коллекции материнских форм с разными ЦМС-индуцирующими цитоплазмами по комплексу селекционно-ценных признаков является актуальным.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Стерильные линии выращивали на опытном поле института в 2014–2018 гг. Посев исходного материала проводили во 2–3-й

декадах мая широкорядным способом (междурядья 70 см). Площадь делянки составила 7,7 м². Густота стояния растений – 100 тыс. шт/га. Повторность – трехкратная. Размещение делянок – рендомизированное. Селекционно-ценные признаки оценивались по общепринятой методике [11].

По метеорологическим условиям годы исследований значительно различались: гидротермический коэффициент (ГТК) варьировал от 0,41 до 0,90. Растения ЦМС-линий в 2014–2015 гг. развивались при сильно выраженной недостаточной естественной влагообеспеченности (ГТК=0,41–0,45) – «сухие» условия выращивания. Гидротермический коэффициент 2016–2018 гг. составил 0,64–0,90, что свидетельствует о «засушливых» условиях возделывания.

Статистическая обработка экспериментальных данных проведена кластерным анализом по минимуму евклидовых расстояний и дисперсионным однофакторным анализом [12] с использованием программы AGROS версии 2.09.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Кластеризация экспериментальных данных хозяйственных признаков ЦМС-линий (в среднем за 2014–2018 гг.) по минимуму евклидовых расстояний указывает на наличие различий между ними. На 14-м шаге итерации (минимум евклидовых расстояний равен 19,96) выделено 6 групп, включающих следующие стерильные линии (рис. 2):

- 1-я группа: А1 Карлик 4в, А2 Карлик 4в, А3 Карлик 4в, А4 Карлик 4в, А5 Карлик 4в, А6 Карлик 4в, М35–1А Пищевое 614, 9Е Пищевое 614, А2 Тамара;
- 2-я группа: А1 О-Янг 1, А2 КВВ 114, А2 Восторг, А4 КП 70;
- 3-я группа: А3 Желтозерное 10, А4 Желтозерное 10, 9Е Желтозерное 10;
- 4-я группа: А2 КВВ 181, А2 Судзери светлый, А2 АГС;
- 5-я группа: А3 Фетерита 14;
- 6-я группа: А1 Ефремовское 2.

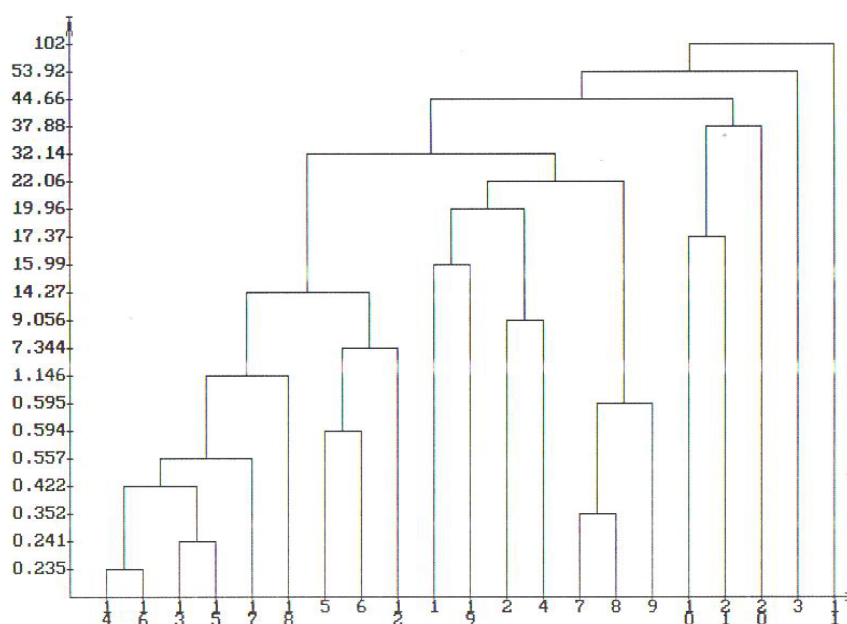


Рис. 2. Кластеризация ЦМС-линий по комплексу селекционных признаков (среднее за 2014–2018 гг.):

1 – А2 КВВ 114; 2 – А2 Восторг; 3 – А3 Фетерита 14; 4 – А4 КП 70; 5 – М35–1А Пищевое 614; 6 – 9Е Пищевое 614; 7 – А3 Желтозерное 10; 8 – А4 Желтозерное 10; 9 – 9Е Желтозерное 10; 10 – А2 КВВ 181; 11 – А1 Ефремовское 2; 12 – А2 Тамара; 13 – А1 Карлик 4в; 14 – А2 Карлик 4в; 15 – А3 Карлик 4в; 16 – А4 Карлик 4в; 17 – А5 Карлик 4в; 18 – А6 Карлик 4в; 19 – А1 О-Янг 1; 20 – А2 АГС; 21 – А2 Судзери светлый

Clustering of CMS-lines on a complex of selection traits (average for 2014–2018)

1 – А2 КВВ 114; 2 – А2 Vostorg; 3 – А3 Feterita 14; 4 – А4 KP 70; 5 – М35-1А Food 614; 6 – 9Е Food 614; 7 – А3 Yellow grain 10; 8 – А4 Yellow grain 10; 9 – 9Е Yellow grain 10; 10 – А2 KVV 181; 11 – А1 Efremovskoye 2; 12 – А2 Tamara; 13 – А1 Dwarf 4v; 14 – А2 Dwarf 4v; 15 – А3 Dwarf 4v; 16 – А4 Dwarf 4v; 17 – А5 Dwarf 4v; 18 – А6 Dwarf 4v; 19 – А1 O' Yang 1; 20 – А2 AGS; 21 – А2 Sudzern light

Примечательно, что аллоплазматические стерильные аналоги с разными типами ЦМС и одним и тем же геномом входят в одну группу: на основе Карлика 4в с цитоплазмами А1, А2, А3, А4, А5 и А6, а также с цитоплазмами М35–1А и 9Е на основе Пищевого 614 – в 1-ю; Желтозерного 10 с типами ЦМС 9Е, А3 и А4 – в 3-ю.

Дисперсионным однофакторным анализом выявлены различия между группами по

всем селекционным признакам ($F_{\phi} \geq F_{\text{теор}}$), за исключением выдвинутости ножки соцветия (таблица).

Растения стерильных линий, входящих в 1-ю группу, существенно отличаются более низкими показателями интенсивности начального роста (45,1 см) и высоты при созревании (81,0 см), массы 1000 зерен (27,1 г) и с одной метелки (16,2 г), числа зерен с одной метелки (592 шт.), урожайности зерна (3,48 т/га)

и биомассы (10,74 т/га). У них также отмечены средние показатели размеров соцветия, наибольшего и флагового листьев.

Вторая группа ЦМС-линий (А1 О-Янг 1, А2 КВВ 114, А2 Восторг, А4 КП 70) характеризуется средними значениями морфометрических признаков и элементов продуктивности. Растения этой группы относятся к среднеранним: продолжительность периода от всходов до цветения – 50,8 дня.

ЦМС-линии, входящие в 3-ю группу, являются слабокустящимися формами (продуктивная и общая кустистость равна 1,12–1,14 соответственно) с очень интенсивным начальным ростом (61,8 см) и массой 1000 зерен (34,5 г).

В 4-ю группу включены наиболее скороспелые линии (период «всходы – цвете-

ние» – 46,6 дня) с очень интенсивным начальным ростом (59,9 см) и выдвинутой ножкой соцветия (18,1 см). Это хорошо кустящиеся формы: продуктивная кустистость – 2,20, а общая – 2,22. Для растений характерны более короткие и узкие листья, невысокая озерненность и продуктивность зерна (4,05 т/га).

Растения 5-й группы выделяются наименьшими размерами соцветия (длина – 13,2, ширина – 6,5 см), широкими листьями (наибольший – 5,8, флаговый – 5,2 см), наибольшей продуктивностью (зерна – 5,07 т/га, биомассы – 18,30 т/га) и массой 1000 зерен (40,8 г).

Среднеспелая линия А1 Ефремовское 2 (6-я группа) – наиболее высокорослая, продуктивная и озерненная, с крупными листья-

Сравнительная характеристика ЦМС-линий по группам кластеризации (среднее за 2014–2018 гг.)
Comparative characteristics of CMS lines by clustering groups (average for 2014–2018)

Признаки	Группы						F _φ	V, %
	1-я	2-я	3-я	4-я	5-я	6-я		
Период «всходы-цветение», дней	50,0 b	50,8 b	52,2 b	46,6 a	52,6 b	60,5 c	9,2*	4,8
Высота, см								
через 30 дней после всходов	45,1 a	56,7cd	61,8 d	59,9cd	54,2bc	50,1ab	15,3*	14,7
при созревании	81,0a	117,5b	111,9b	120,2 b	126,4bc	143,3c	17,4*	21,6
Соцветие, см								
длина	22,1cd	22,4cd	18,4 b	19,6bc	13,2 a	23,4d	8,4*	13,2
ширина	10,1bc	8,3abc	7,5ab	11,0c	6,5a	10,8 c	3,2*	20,6
Выдвинутость ножки соцветия, см	13,1	12,8	16,0	18,1	16,6	13,6	0,6	34,1
Наибольший лист								
длина, см	40,6b	44,7c	49,6d	38,0a	43,9c	57,8e	56,2*	11,7
ширина, см	4,7b	5,3c	4,3ab	4,1a	5,8de	5,8e	12,8*	12,1
площадь, см ²	143,7b	176,1 c	159,2 b	117,2 a	193,1 d	254,2e	43,2*	15,0
Флаговый лист								
длина, см	28,5bc	29,7c	34,0d	23,7a	25,7a	40,6e	24,7*	14,2
ширина, см	4,3c	4,3c	4,1b	3,3a	5,2e	4,9d	63,2*	11,0
площадь, см ²	95,0b	97,1b	105,0b	58,9a	99,0b	150,0c	46,5*	20,8
Кустистость, шт.								
общая	2,25c	1,66abc	1,14a	2,22c	1,83bc	1,42ab	5,7*	27,4
продуктивная	2,17c	1,65abc	1,12a	2,20c	1,80bc	1,38ab	5,2*	27,3
Масса, г								
1000 зерен	27,1ab	27,2ab	34,5c	29,3b	40,8d	24,0a	9,7*	15,2
зерна с 1 метелки	16,2a	22,4bc	28,3de	16,3a	23,2c	32,3e	16,8*	28,4
Число зерен с одной метелки, шт.	592 a	855c	821bc	569a	569a	1347d	13,2*	23,3
Урожайность, т/га								
зерна	3,48a	4,40bc	4,28b	4,05ab	5,07cd	5,36d	7,2*	18,7
биомассы	10,74a	13,90bc	11,63ab	15,73cd	18,30de	20,70e	10,7*	24,9

Примечания: 1 – данные в столбцах по каждому признаку, обозначенные разными буквами, значимо различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана. 2 V – коэффициент вариации. * P ≤ 0,05.

Notes: 1 – the data in the columns for each characteristic, indicated by different letters, significantly differ among themselves in accordance with the test of multiple comparisons of Duncan. 2 - coefficient of variation. * P ≤ 0.05.

ми. Масса зерна с одной метелки составила 32,3 г, а число зерен – 1347 шт.

У стерильных линий отмечена сильная вариабельность выдвинутости ножки метелки (коэффициент вариации 34,1%). Также выявлено значительное варьирование морфометрических признаков (ширина соцветия, высота при созревании, площадь флагового листа) и элементов продуктивности (кустистость, масса зерна и число зерен с одной метелки, урожайность биомассы) – коэффициент вариации 20,6–28,4%. Варьирование показателей высоты растений через 30 дней после всходов, длины соцветий, параметров наибольшего листа, длины и ширины флагового листа, массы 1000 зерен, урожайности зерна – среднее, коэффициент вариации равен 11,0–18,7%. Коллекция ЦМС-линий незначительно различалась по периоду «всходы – цветение» (коэффициент вариации 4,8%), что свидетельствует о скороспелости большинства материнских форм.

В результате изучения коллекции стерильных линий с разными типами ЦМС выделены источники хозяйственно-ценных признаков, что послужило основой для подбора родительских компонентов в программу скрещиваний с целью создания гибридов разного направления использования:

– ЦМС-линии А2 Тамара, А1 О-Янг 1, А2 Восторг, А2 КВВ 114, А4 КП 70, М35–1А Пищевое 614, 9Е Пищевое 614, А3 Фетерита 14 включены в гибридизацию с сортами и линиями зернового сорго селекции института для выведения высокопродуктивных гибридов [13];

– стерильные линии А2 КВВ 114, А2 Восторг, А1 Ефремовское 2 вовлечены в схему скрещивания с сортообразцами суданской травы (из мировой коллекции ВИР, селекции института и других научно-иссле-

довательских учреждений РФ для получения высокогетерозисных сорго-суданковых гибридов [14];

– аллоплазматические ЦМС-линии на основе А3, А4, 9Е типов стерильных цитоплазм участвуют в скрещиваниях *зерновое* × *зерновое* с целью улучшения хозяйственно-ценных признаков у гибридов F_1 ; а также повышения содержания водорастворимых сахаров в соке главного стебля и сбора сахаров с единицы площади при гибридизации *зерновое* × *сахарное* [15].

ВЫВОДЫ

1. С помощью кластерного анализа по минимуму евклидовых расстояний выделено шесть групп ЦМС-линий, полученных на основе источников стерильности – А1, А2, А3, А4, А5, А6, 9Е и М-35–1А. Корректность их распределения по группам подтверждена дисперсионным однофакторным анализом, кроме признака «выдвинутость ножки метелки». Отмечено варьирование изученных агрономических признаков у стерильных линий от 11,0 до 34,1 %.

2. Кластеризация ЦМС-линий выявила наиболее раннеспелые (А2 КВВ 181, А2 Судзерж светлый, А2 АГС), слабокустящиеся (А3 Желтозерное 10, А4 Желтозерное 10, 9Е Желтозерное 10), низкорослые (А1 Карлик 4в, А2 Карлик 4в, А3 Карлик 4в, А4 Карлик 4в, А5 Карлик 4в, А6 Карлик 4в, М35–1А Пищевое 614, 9Е Пищевое 614, А2 Тамара) и продуктивные (А3 Фетерита 14, А1 Ефремовское 2) формы.

3. Выделенные по комплексу селекционных признаков ЦМС-линии сорго активно используются в практической селекции в качестве компонентов новых гибридов F_1 и сортов-синтетиков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Directions of breeding of grain sorghum in the Lowel Volga region of Russia* / O. Kibalnik, D. Semin, V. Gorbunov [et. al.] // *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*. – 2017. – Vol. 1. – P. 226–229.

2. Эльконин Л. А., Кожемякин В. В., Фадеева И. Ю. Новые источники мужской стерильности у сорго и их использование в селекции // Зональные особенности научного обеспечения сельскохозяйственного производства: материалы II регион. науч.-практ. конф. – Саратов, 2010. – С. 141–150.
3. Эльконин Л. А., Кожемякин В. В., Цветова М. И. Спорофитный тип восстановления фертильности в ЦМС-индуцирующей цитоплазме сорго типа А3 и его модификация условиями влагообеспеченности растений // Вавилов. журнал генетики и селекции. – 2019. – № 23 (4). – С. 412–421.
4. Fertility restoration of the sorghum A3 male-sterile cytoplasm through a sporophytic mechanism derived from sudangrass / H. V. Tang, J. F. Pedersen, C. D. Chase, D. R. Pring // Crop Sci. – 2007. – Vol. 47. – P. 943–950.
5. Pedersen J. F. Marx D. B., Funnell D. L. Use of A3 cytoplasm to reduce risk of gene flow through sorghum pollen // Crop. Sci. – 2003. – Vol. 43. – P. 1506–1509.
6. Hariprasanna K., Patil J. V. Sorghum: Origin, Classification, Biology and Improvement // Sorghum Molecular Breeding / R. Madhusudhana, P. Rajendrakumar, J. Patil (eds.). – New Delhi: Springer, 2015. – P. 21.
7. Reddy P. S., Patil J. V. Genetic enhancement of Rabi Sorghum – adapting the Indian Durra. – Academic Press. Elsevier Publ., 2015. – P. 37–43.
8. Kumar A. A., Reddy B. V. S., Kaul S. L. Alternative cytoplasmic male sterility systems in sorghum and their utilization // Sorghum Improvement in the New Millennium / B. V. S. Reddy, S. Ramesh, A. A. Kumar, C. L. L. Gowda (eds.). – Patancheru, ICRISAT Publ., 2008. – P. 134.
9. Pring D. R., Tang H. V., Schertz K. F. Cytoplasmic male sterility and organelle DNAs of sorghum // Molecular biology of plant mitochondria / C. S. Levings, I. K. Vasil (eds.). – Boston, Mass, Kluwer Academic Publ., 1995. – P. 461–495.
10. Reddy B. V. S., Ramesh S., Ortiz R. Genetic and Cytoplasmic-Nuclear Male sterility in Sorghum // Plant Breed. Reviews / J. Janik. Hoboken (ed.). – New Jersey: Wiley & Sons, Inc., 2005. – Vol. 25. – P. 139–169.
11. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М., 1989. – Вып. 2. – 197 с.
12. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М., 2011. – 352 с.
13. Кибальник О. П. Комбинационная способность ЦМС-линий зернового сорго на основе А1, А2, А3, А4, 9Е и М-35–1А типов цитоплазматической мужской стерильности // Вавилов. журн. генетики и селекции. – 2017. – № 21 (6). – С. 651–656.
14. Комбинационная способность сортообразцов суданской травы в Нижнем Поволжье / С. С. Куколева, В. И. Жужукин, О. П. Кибальник [и др.] // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 12, Ч. 2. – С. 283–289.
15. Genetic Function of Cytoplasm in Plants with Special Emphasis on Sorghum/ Elkonin L., Kibalnik O., Zavalishina A., Gerashchenkov G. // Chloroplasts and Cytoplasm. Structure and Function / C. Dejesus, L. Trask (eds.). – New York: Nova Sci. Publ., 2018. – P. 97–155.

REFERENCES

1. Kibalnik O., Semin D., Gorbunov V., Zhuzhukin V., Efremova I., Kukoleva S., Starchak V., Arhipov A., Kameneva O. Directions of breeding of grain sorghum in the Lowel Volga region of Russia, *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*, 2017, Vol. 1., pp. 226–229.

2. Elkonin L. A., Kozhemyakin V. V., Fadeeva I. Yu. *Zonal'nye osobennosti nauchnogo obespecheniya sel'skohozyaistvennogo proizvodstva* (Zonal features of scientific support of agricultural production), Proceeding of the II regional scientific and practical conference, Saratov, 2010, pp. (In Russ.)
3. Elkonin L. A., Kozhemyakin V. V., Tsvetova M. I. *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii*, 2019, No 23 (4), pp. 412–421. (In Russ.)
4. Tang H. V., Pedersen J. F., Chase C. D., Pring D. R. Fertility restoration of the sorghum A3 male-sterile cytoplasm through a sporophytic mechanism derived from sudangrass, *Crop Sci.*, 2007, Vol. 47, pp. 943–950.
5. Pedersen J. F., Marx D. B., Funnell D. L. Use of A3 cytoplasm to reduce risk of gene flow through sorghum pollen, *Crop. Sci.*, 2003, Vol. 43, pp. 1506–1509.
6. Hariprasanna K., Patil J. V. Sorghum Molecular Breeding, *New Delhi, Springer*, 2015, pp. 21.
7. Reddy P. S., Patil J. V. Genetic enhancement of Rabi Sorghum – adapting the Indian Durra, *Academic Press. Elsevier Publ.*, 2015, pp. 37–43.
8. Kumar A. A., Reddy B. V. S., Kaul S. L. Sorghum Improvement in the New Millennium, *Patacheru, ICRISAT Publ.*, 2008, pp. 134.
9. Pring D. R., Tang H. V., Schertz K. F. Molecular biology of plant mitochondria, *Boston, Mass, Kluwer Academic Publ.*, 1995, pp. 461–495.
10. Reddy B. V. S., Ramesh S., Ortiz R. Genetic and Cytoplasmic-Nuclear Male sterility in Sorghum, *Plant Breed. Reviews*, 2005, Vol. 25, pp. 139–169.
11. *Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyaistvennykh kul'tur* (Methods of state variety testing of agricultural crops), Moscow, 1989, Issue 2, 197 p. (In Russ.)
12. Dospheov B. A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy)*, Methods of field experience (with the basics of statistical processing of research results), Moscow, 2011, 352 p. (In Russ.)
13. Kibalnik O. P. *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii*, 2017, No 21 (6), pp. 651–656 (In Russ.)
14. Kukoleva S. S., Zhuzhukin V. I., Kibalnik O. P., Simin D. S., Starchak V. I. *Uspechi sovremennogo estestvoznaniya*, 2018 No 12, Issue 2, pp. 283–289. (In Russ.)
15. Elkonin L., Kibalnik O., Zavalishina A., Gerashchenkov G. Chloroplasts and Cytoplasm, Structure and Function, *New York. Nova Sci. Publ.*, 2018, pp. 97–155.

УРОЖАЙНОСТЬ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ И ТРАВОСМЕСЕЙ ПРИ РАЗНЫХ СРОКАХ ПОСЕВА В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

В. А. Петрук, доктор сельскохозяйственных наук

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

Ключевые слова: многолетние травы, вегетационный период, структурные показатели травостоя, урожайность

Реферат. Приведены результаты полевых исследований за 2017–2019 гг. урожайности многолетних трав, посеянных в разные сроки вегетационного периода. Сравнивались весенний, летний и подзимний сроки посева. Люцерна, клевер, кострец, а также их травосмеси были посеяны в 2017 г. под покров ячменя. Величина урожайности покровной культуры весенних и летних сроков посева существенно не отличалась и составила 4–5 т/га абсолютно сухого вещества. Подзимние посевы ячменя не сформировались. В среднем за 2 года пользования наиболее высокая урожайность отмечена у люцерно-кострецовой травосмеси – по 3,4 т/га абсолютно сухого вещества. Самая низкая урожайность получена в одновидовом посеве костреца. Соответственно в весенний, летний и подзимний сроки посева урожайность костреца составила 1,6; 1,1 и 1,3 т/га. При позднем сроке посева урожайность многолетних трав достоверно ниже по сравнению с весенним и летним. При подзимних сроках посева урожайность была наивысшей у травостоев люцерны и люцерно-кострецовой травосмеси – 2,3 и 2,4 т/га. Следует отметить, что на второй год пользования урожайность по срокам посева в одновидовых посевах и травосмесях выравнивается. Подзимний посев многолетних трав в первый год пользования формировал низкую урожайность. Только на второй год (третий год жизни) урожайность многолетних трав подзимнего срока посева стала нарастать. Следовательно, на площади под многолетними травами подзимнего срока посева в течение одного вегетационного сезона (следующий год после посева) урожай фактически не формировался. Исходя из полученных данных, производству можно рекомендовать весенние и летние сроки посева многолетних трав под покров ячменя. Подзимний срок посева обеспечивает хозяйственно-ценную урожайность трав только к третьему году жизни.

PRODUCTIVITY OF PERENNIAL GRASSES AND MIXTURES WITH DIFFERENT SOWING DATES IN WESTERN SIBERIA

V.A. Petruk, Doctor of Agricultural Sciences

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

Key words: perennial grasses, growing season, structural indicators of grass stand, productivity.

Abstract. The results of field studies for 2017 - 2019 are presented. yields of perennial grasses sown at different times of the growing season. Spring, summer, and winter sowing periods were compared. Alfalfa, clover, rump, and also their mixtures were sown in 2017 under the cover of barley. The value of the cover crop yield of spring and summer sowing periods did not differ significantly and amounted to 4-5 t / ha of absolutely dry matter. Winter barley crops have not formed. On average, over 2 years of use, the highest yields were observed in alfalfa-crust grass mixtures - 3.4 t / ha of absolutely dry matter. The lowest yield was obtained in the single-species seeding of the rump. Correspondingly, in

the spring, summer and winter periods of sowing, the yield of rump was 1.6; 1.1 and 1.3 t / ha. With a late sowing period, the yield of perennial grasses is significantly lower compared to spring and summer. With winter sowing periods, the yield was the highest for grass stands of alfalfa and alfalfa-crust grass mixture - 2.3 and 2.4 t / ha. It should be noted that in the second year of use, the yield by the sowing dates in single-species crops and grass mixtures is leveled. The winter crops of perennial grasses in the first year of use formed a low yield. Only in the second year (third year of life) the productivity of perennial grasses of winter sowing began to increase. Consequently, in the area under perennial grasses of the winter sowing period, during one growing season (the next year after sowing), the crop was not actually formed. Based on the data obtained, production can be recommended for spring and summer planting of perennial grasses under the cover of barley. The winter sowing period provides economically valuable crop yields only by the third year of life.

Наиболее выгодным источником дешёвого кормового белка являются сеяные многолетние травы, особенно бобовые. Возделываемые многолетние травы имеют ряд преимуществ перед однолетними кормовыми культурами с экономической и энергетической точки зрения. При оптимальном увлажнении в травостоях многолетних трав фотосинтез может осуществляться весь тёплый период года. У однолетних культур он продолжается только часть этого времени, так как ежегодно приходится проводить обработку почвы, посев, уборку. Сокращение количества обработок почвы при возделывании многолетних трав подавляет развитие эрозийных процессов, защищает почву от пересыхания, что также способствует повышению плодородия и улучшению экологического состояния агроландшафтов [1].

Многолетние бобовые и мятликовые травы имеют большое экологическое значение в биологическом круговороте веществ. Расширение посевов бобовых трав позволяет увеличить количество биологического азота в азотном балансе кормовых культур. Их органические остатки, богатые элементами питания, играют положительную роль в поддержании почвенного плодородия.

В накопленной органической массе многолетних трав аккумулируются элементы питания, которые в результате минерализации органического вещества в почве становятся доступными для последующих культур [2]. Себестоимость кормов, получаемых из них, в 2–4 раза ниже, чем из однолетних культур. Следовательно, целесообразно сократить

площади под однолетними кормовыми культурами и увеличить под многолетними в разумных рамках севооборота [3].

Несмотря на ряд преимуществ, многолетним травам в сельскохозяйственном производстве Западной Сибири уделяется недостаточно внимания. В большинстве хозяйств посевы трав старовозрастные, состоящие в основном из злаковых видов, продуктивность которых довольно низкая. К концу периода скашивания таких трав содержание клетчатки в их сухом веществе достигает 30% и более, что является причиной снижения переваримости питательных веществ, содержащихся в кормах. Поэтому здравый расчёт и необходимость получения дешёвого кормового белка из многолетних бобовых трав должны стимулировать хозяйства заниматься сеяными многолетними кормовыми травами.

Технология возделывания многолетних трав в Сибири достаточно хорошо изучена [4–9]. Немаловажное значение придают изучению технологии возделывания и использования многолетних трав и за рубежом [10–11].

Однако вопросами разных сроков посева многолетних трав в Сибири давно не занимались. Между тем вопрос важен в связи с изменениями климата, глобальным потеплением. До настоящего времени общепринятыми сроками посева многолетних трав были весенний под покров однолетних культур на корм и летний – на семена [12].

Цель исследований – определить оптимальные сроки посева наиболее распространённых многолетних трав и травосмесей на корм.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований являлись одновидовые посевы и смеси многолетних трав: люцерны, клевера, костреца посеянные в разные сроки.

Опыт заложен в мае – июне 2017 г. на поле учхоза «Тулинский» в лесостепной зоне Новосибирской области.

Первый срок посева – 15 мая, второй – 15 июля, третий – 15 октября.

Размещение контрольных и опытных делянок – рендомизированное. Площадь делянки – 36 м², повторность трёхкратная. Ширина междурядий – 30 см. Нормы высева для люцерны в одновидовом посеве – 8, клевера – 6, костреца – 10, люцерны в травосмеси – 7, клевера в травосмеси – 5, костреца – 9 кг/га. Фон удобрений – N₆₀ P₆₀ K₆₀ [12].

Сорт ячменя – Ача, клевера – Атлант, костреца – Рассвет, люцерны – Флора.

Методика наблюдений – общепринятая [13]. Определение плотности травостоя перед укосом проводилось путём подсчёта побегов на постоянно закреплённых площадках размером 50×50 см в трёхкратной повторности на каждой опытной делянке. Высоту растений определяли путём замера 20 растений на двух несмежных повторностях варианта перед уборкой. Площадь ассимиляционной поверхности листьев – методом высечек. Урожайность зелёной массы определялась один раз в течение сезона сплошным методом.

Статистическая обработка проведена с помощью пакета программ статистической обработки экспериментальных данных SNEDECOR [14].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Прежде всего, необходимо обратить внимание на обеспеченность теплом и влагой вегетационных периодов с 2017 по 2019 г., когда формировался урожай многолетних трав.

На основании данных ГМС «Огурцово», вегетационный период 2017 г. следует охарактеризовать как благоприятный для роста и развития многолетних трав. Температура воздуха с мая по сентябрь была выше среднемноголетних показателей на 2–3° С. Количество осадков в июне – июле превышало среднемноголетние показатели на 20–25 мм. В августе – сентябре увлажнённость была на уровне среднемноголетних показателей.

Вегетационный период 2018 г. (кроме мая и июля) был достаточно тёплым. Количество осадков за вегетационный сезон – выше среднемноголетних показателей. Следующий вегетационный сезон – 2019 г. был относительно холодным. Только среднемесячная температура августа и сентября была выше среднемноголетней нормы. Количество осадков в течение вегетационного периода значительно менялось по месяцам. Так, в мае, июле и сентябре количество осадков превышало среднемесячную норму. В июне и августе количество осадков было на 50 % меньше нормы.

Следовательно, вегетационные периоды были относительно благоприятными для роста и развития многолетних трав. Вегетационные периоды по обеспечению теплом и влагой первой закладки 2017 г. и повторной в 2018 г. отличались несущественно. Формирование травостоя проходило в благоприятных условиях.

Кратко рассмотрим показатели плотности всходов и травостоя в год посева и после зимовки. Так, густота всходов люцерны весеннего срока посева – 205 шт/м², после уборки покровной культуры – 168 шт/м² (табл. 1). После зимовки плотность травостоя – 164 шт/м².

Аналогичная тенденция по плотности травостоя у клевера. Что касается костреца, здесь плотность стеблестоя выше по сравнению с плотностью всходов, что можно объяснить особенностями корневой системы костреца, учитывая корневищный тип кущения. В травосмеси плотность отдельных компонентов ниже, чем в одновидовых посевах. Заслуживает внимания плотность бобовых одновидовых трав после зимовки подзимне-

Таблица 1

Густота всходов, густота стеблестоя после уборки покровной культуры и после зимовки (закладка 2017 г.), шт./м²
 The density of seedlings, the density of the stalk after harvesting the cover crop and after wintering (laying 2017), pcs./m²

Травы и травосмеси	Сроки посева								
	весенний			летний			подзимний		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Люцерна	205	168	164	118	100	168	-	-	340
Клевер	196	144	56	136	112	164	-	-	400
Кострец	72	85	29	115	101	25	-	-	28
Люцерна + кострец									
люцерна	89	60	132	205	192	180	-	-	148
кострец	12	25	14	22	36	32	-	-	29
Клевер + кострец									
клевер	126	160	76	108	136	104	-	-	60
кострец	15	31	12	21	45	16	-	-	16

Примечание. 1 – густота всходов; 2 – густота стеблестоя после уборки покровной культуры; 3 – густота стеблестоя после зимовки.

Note. 1 – is the density of seedlings; 2 – is the density of the stalk after harvesting the cover crop; 3 – is the density of the stalk after wintering.

го срока посева, где она выше, чем при весеннем и летнем, – 340–400 шт/м². Возможно, семена стали всходить только после перезимовки.

Урожай покровной культуры в 2017 г. сформировался только на посевах весеннего и летнего срока. Урожайность травостоев почти не отличалась. Травостой покровной

культуры позднего срока посева не сформировался по причине относительно низких температур в октябре.

Наиболее урожайной покровная культура с многолетними травами была при весеннем и летнем сроках посева в травосмеси клевера и костреца – 5,2 и 5,6 т/га абсолютно сухого вещества соответственно (табл. 2).

Таблица 2

Урожайность покровной культуры и многолетних трав при разных сроках посева
 (абсолютно сухое вещество), т/га

Productivity of integumentary culture and perennial grasses at different sowing dates (absolutely dry mass), t / ha

Травы и травосмеси (А)	Срок посева (В)		
	весенний	летний	осенний
Люцерна (контроль)	4,6	4,5	-
Клевер	5,1	4,9	-
Кострец	3,9	4,8	-
Люцерна + кострец	5,0	4,9	-
Клевер + кострец	5,2	5,6	-
НСР ₀₅ А – 0,96; В – 0,92; АВ – 0,38			

Известно, что такие показатели структуры травостоя, как густота стеблестоя и высота трав, в значительной степени определяют урожайность трав. Поэтому важно проследить эти данные.

В среднем за 2018–2019 гг. густота стеблестоя многолетних трав весеннего, летнего и подзимнего сроков сева отличалась. Травостой весеннего и летнего посевов были менее плотными по сравнению с подзимним посевом. Так, густота стеблестоя люцерны весеннего посева –160,00±6,11,

летнего –134,00±19,6 и подзимнего –178,00±9,80 шт/м² (табл. 3). Наименее плотный травостой сформирован был у костреца безостого: соответственно по срокам посева 48,00±1,50; 62,00±2,55 и 38,00±0,21 шт/м². Повышенную плотность травостоя подзимнего срока посева можно объяснить лучшей всхожестью семян многолетних трав, которые не взошли осенью. Весной при достаточно высокой влажности почвы условия для развития многолетних трав гораздо лучше.

Таблица 3

Густота стеблестоя многолетних трав при разных сроках посева (среднее за 2018–2019 гг.), шт /м²
Stem density of perennial grasses at different sowing dates (average for 2018 - 2019), pcs / m²

Травы и травосмеси	Срок посева		
	весенний	летний	подзимний
Люцерна	160,00±6,11	134,00±19,60	178,00±9,80
Клевер	119,00±33,10	145,00±16,42	282,00±11,80
Кострец	60,00±6,35	44,00±21,50	36,00±21,10
Люцерна + кострец			
люцерна	135,00±9,07	160,00±25,50	160,00±12,50
кострец	48,00±1,50	62,00±2,55	38,00±0,21
Клевер + кострец			
клевер	122,00±18,90	135,00±18,05	99,00±38,50
кострец	27,00±1,92	52,00±2,43	40,00±2,40

В травосмесях общая густота стеблестоя трав была выше по сравнению с одновидовыми посевами. Преобладающая доля бобовых трав в травосмесях объясняется невысокой полевой всхожестью костреца безостого. Однако следует отметить, что с возрастом трав густота стеблестоя костреца нарастает, что объясняется корневищным типом его кушения.

Высота трав весеннего и летнего срока посева отличалась незначительно. Травы подзимнего срока посева были гораздо ниже. Так, растения люцерны весеннего срока посева достигали 70,00±3,50, летнего – 73,00 ± 4,50 и подзимнего – 33,00 ± 2,30 см (табл. 4). Аналогичная картина наблюдалась у других трав и травосмесей. Следует отметить, что в травосмесях высота компонентов несколько

Таблица 4

Высота многолетних трав при разных сроках посева (среднее за 2018–2019 гг.), см
The height of perennial grasses at different sowing dates (average for 2018 - 2019), cm

Травы и травосмеси	Сроки посева		
	весенний	летний	подзимний
Люцерна	70,00±3,50	73,00±4,50	33,00±2,30
Клевер	72,00±11,50	71,00±17,00	26,00±14,00
Кострец	84,00±14,05	85,00±16,50	58,00±5,20
Люцерна + кострец			
люцерна	78,00±1,00	74,00±1,00	37,00±2,60
кострец	80,00±2,15	92,00±13,50	52,00±4,62
Клевер + кострец			
клевер	74,00±16,50	76,00±18,00	27,00±1,75
кострец	73,00±1,65	76,00±3,50	46,00±3,55

выше по сравнению с одновидовыми посевами трав. Так, высота растений люцерны весеннего срока посева в люцерно-кострецовой травосмеси составила 78,00±1,00, летнего – 74,00 ± 1,00, подзимнего – 37,00 ± 2,60 см. На 2–3 см выше в травосмеси и растения клевера по сравнению с одновидовыми посевами. То, что в травосмесях высота бобовых и злаковых компонентов выше, чем в одновидовых посевах, – факт общеизвестный, и объясняется это более благоприятными условиями, складывающимися в травостое.

Следующим показателем, влияющим на урожайность трав, является индекс листовой поверхности, характеризующий отношение площади листьев к площади поверхности почвы, занимаемой травостоем. Оптимальным для многолетних трав является индекс листовой поверхности, равный 3. Именно при такой величине индекса листовой поверхности надземная масса сеяных многолетних трав достигает максимума [15].

В наших наблюдениях индекс листовой поверхности трав разных сроков посева

в среднем за 2 года наблюдений отличался. Наиболее развитым был листовой аппарат у трав летнего срока посева, наименее развитым – у трав подзимнего срока. Так, индекс листовой поверхности люцерны весеннего срока посева составил $2,50 \pm 0,65$, летнего – $2,80 \pm 0,75$, подзимнего – $1,35 \pm 0,05$ м²/м²;

у клевера соответственно $1,90 \pm 0,71$; $2,90 \pm 1,15$; $1,60 \pm 0,02$ м²/м². Индекс листовой поверхности люцерны в травосмеси разных сроков посева был равен соответственно $2,30 \pm 0,05$; $3,15 \pm 0,55$; $1,90 \pm 1,15$ м²/м², клевера – $0,75 \pm 0,25$; $3,70 \pm 0,50$; $1,40 \pm 0,10$ м²/м² (табл. 5). Следовательно, только у бобовых

Таблица 5

Индекс листовой поверхности многолетних трав при разных сроках посева (среднее за 2018–2019 гг.), м²/м²
Index of the leaf surface of perennial grasses for different sowing dates (average for 2018–2019), m²/m²

Травы и травосмеси	Срок посева		
	весенний	летний	подзимний
Люцерна	$2,50 \pm 0,65$	$2,80 \pm 0,75$	$1,35 \pm 0,05$
Клевер	$1,90 \pm 0,71$	$2,95 \pm 1,15$	$1,60 \pm 0,02$
Кострец	$0,95 \pm 0,50$	$1,05 \pm 0,15$	$1,20 \pm 0,05$
Люцерна + кострец			
люцерна	$2,30 \pm 0,05$	$3,15 \pm 0,55$	$1,90 \pm 1,15$
кострец	$1,00 \pm 0,99$	$1,70 \pm 0,04$	$0,35 \pm 0,05$
Клевер + кострец			
клевер	$0,75 \pm 0,25$	$3,70 \pm 0,50$	$1,40 \pm 0,10$
кострец	$1,15 \pm 0,05$	$1,00 \pm 0,10$	$0,50 \pm 0,10$

трав летнего срока посева фотосинтетический аппарат был развит достаточно хорошо.

Анализ урожайности свидетельствует о том, что к третьему году жизни трав разница в продуктивности разных сроков посева в значительной степени нивелируется. Урожайность трав весеннего и летнего

сроков посева отличалась незначительно. Какой-либо закономерности или тенденции не выявлено.

Урожайность травосмесей превышала урожайность одновидовых посевов трав. Так, урожайность абсолютно сухой массы люцерны весеннего срока посева в среднем за 2 года

Таблица 6

Урожайность абсолютно сухой массы многолетних трав при разных сроках посева (среднее за 2018–2019 гг.), т/га

Productivity of absolutely dry mass of perennial grasses at different sowing dates (average for 2018 - 2019), t/ha

Травы и травосмеси (А)	Срок посева (В)		
	весенний	летний	подзимний
Люцерна (контроль)	2,9	3,1	2,4
Клевер	3,2	3,1	1,5
Кострец	1,6	1,1	1,3
Люцерна + кострец	3,4	3,4	2,3
Клевер + кострец	3,2	3,4	1,9
НСР ₀₅ А – 0,51; В – 0,47; АВ – 0,76			

составила 2,9, летнего – 3,1 и подзимнего – 2,4 т/га. Урожайность клевера – 3,2; 3,1 и 1,5; костреца – 1,6; 1,1; 1,3 т/га соответственно (табл. 6). Урожайность травосмесей достоверно превышала урожайность одновидовых посевов трав. Урожайность трав подзимнего срока посева оказалась значительно (в 1,5–2

раза) ниже, чем при весеннем и летнем сроках посева.

Наиболее высокой была урожайность у люцерно-кострецовой травосмеси. При весеннем и летнем сроках посева она достигала 3,4, при подзимнем – 2,3 т/га абсолютно сухого вещества.

Таблица 7

Урожайность абсолютно сухой массы многолетних трав при разных сроках посева (закладка 2018 г.), т/га
 Productivity of absolutely dry mass of perennial grasses at different sowing dates (laying 2018), t/ha

Травы и травосмеси (А)	Сроки посева (В)		
	весенний	летний	подзимний
Люцерна (контроль)	1,7	3,4	1,6
Клевер	1,8	3,4	1,3
Кострец	1,8	3,0	1,0
Люцерна +кострец	2,1	3,7	2,5
Клевер +кострец	3,0	4,1	1,9
НСР ₀₅ А – 0,43; В – 0,32; АВ – 0,76			

Самой низкой урожайностью отличался кострец безостый. Его урожайность изменялась от 1,6 до 1,3 т/га абсолютно сухого вещества.

Урожайность многолетних трав при повторной закладке во времени в 2018 г. незначительно отличалась от урожайности, полученной при закладке в 2017 г. Несколько ниже была урожайность одновидовых посевов бобовых трав и травосмесей при весеннем сроке посева. Так, урожайность люцерны и клевера составила соответственно 1,7 и 1,8 т/га абсолютно сухого вещества (табл. 7).

Однако урожайность трав при летней и подзимней закладке мало отличалась от урожайности при закладке предшествующего года. Климатические особенности вегетационных периодов 2017 и 2018 гг. мало отличались, следовательно, формирование урожайности проходило в благоприятных условиях. Урожайность при летнем сроке посева была достоверно выше по сравнению с весенним и подзимним. Начиная с весеннего срока посева урожайность люцерны составила 1,7; 3,4 и 1,6, в люцерно-кострецовой травосмеси соответственно 2,1; 3,7 и 2,5 т/га абсолютно сухого вещества.

Следовательно, закладка во времени по урожайности абсолютно сухого вещества показала похожие результаты. Это свидетельствует о том, что климатические условия не повлияли на урожайность многолетних трав.

ВЫВОДЫ

1. Густота стеблестоя многолетних трав весеннего и летнего сроков посева отличалась незначительно. Плотность трав подзимнего

посева была значительно выше, что объясняется благоприятными условиями для прорастания перезимовавших семян трав весной. Плотность травостоя люцерны с весеннего до подзимнего срока посева составила соответственно $160,00 \pm 6,11$; $134,00 \pm 19,60$; $178,00 \pm 9,80$ шт/м². Аналогичная тенденция отмечена и по другим культурам.

2. Травы весеннего и летнего сроков посева незначительно отличались и по высоте. Травы подзимнего срока посева были значительно ниже, чем при весеннем и летнем сроках. У люцерны начиная с весеннего срока посева высота травостоя составила соответственно $70,00 \pm 3,50$; $73,00 \pm 4,50$; $33,00 \pm 2,30$ см, высота растений костреца одновидового посева – $84,00 \pm 14,05$; $85,00 \pm 16,50$; $58,00 \pm 5,20$ см.

3. Индекс листовой поверхности трав летнего срока посева был самым высоким, при подзимнем сроке – наиболее низким. Так, у люцерны соответственно по срокам посева он был равен $2,50 \pm 0,65$; $2,80 \pm 0,75$; $1,35 \pm 0,05$ м²/м²; у клевера – $1,90 \pm 0,71$; $2,95 \pm 1,15$; $1,60 \pm 0,02$; у костреца – $0,95 \pm 0,50$; $1,05 \pm 0,15$; $1,20 \pm 0,05$ м²/м².

4. Самая высокая урожайность трав отмечена при летнем сроке посева, самая низкая – при подзимнем. Так, в травосмеси люцерны и костреца, где урожайность была наиболее высокой из всех изучаемых травостояев, соответственно по срокам посева она составила 3,4; 3,4; 2,3 т/га, у люцерны одновидового посева – 2,9; 3,1; 2,4 т/га абсолютно сухого вещества. При повторной закладке наблюдалась похожая тенденция. Урожайность трав при повторной закладке отличалась незначительно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коломейченко В.В. Больше внимания природным сенокосам и пастбищам // Кормопроизводство. – 2012. – № 4. – С. 3–6.
2. Капсамун А.Д., Павлючик Е.Н., Дегтярёв В.П. Роль многолетних агроценозов в сохранении плодородия почв // Кормопроизводство. – 2009. – № 10. – С. 31–33.
3. Капустин Н.И., Демидова А.И. Многолетние бобовые травы: сравнительная оценка продуктивности в условиях северо-западной зоны // Кормопроизводство. – 2010. – № 5. – С. 26–29.
4. Гончаров П.Л. Кормовые культуры Сибири (Биолого-ботанические основы возделывания). – Новосибирск, 1992. – 289 с.
5. Петрук В.А. Многолетние сеяные травы Сибири (экологические особенности и продуктивность) / Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск, 2005. – 163 с.
6. Листков В.Ю. Оптимизация технологических приёмов создания и использования агроценозов галеги восточной в лесостепной зоне Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – 2007. – 18 с.
7. Тюрюков А.Г. Агротехнические приёмы возделывания костреца безостого в условиях Севера Бурятии: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Новосибирск, 2002. – 16 с.
8. Банданова А.В., Бутуханов А.Б. Изменение величины и качества урожая костреца безостого по фазам развития // Вестн. КрасГАУ. – 2019. – № 9. – С. 19–25.
9. Байкалова Л.П., Кривоногова Д.В., Едимечев Ю.Ф. Перспективные бобово-злаковые травосмеси многолетних трав для кормопроизводства Красноярского края // Вестн. КрасГАУ. – 2017. – № 11. – С. 20–26.
10. Identification of feeding systems used on dairy herds in Northern Spain: influence on milk performance / C. Santiago, A. Martinez-Fernandez, J. D. Jimenez-Carderon, F. Vicente // EGF. – 2016. – Vol. 21. – P. 43–48.
11. To graze or not to graze, that the question / A. Van den Pol-Dessar, T. V. Vellinga, A. Jonausen, E. Kennedy // Grassland Science in Europe 13. – 2008. – P. 706–716.
12. Агротехнологии производства кормов в Сибири: практическое пособие / Рос. акад. с.-х. наук. Сиб. регион. отд-ние. СибНИИ кормов – Новосибирск, 2013. – 248 с.
13. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (С основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Колос, 1979. – 416 с.
14. Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере / О.Д. Сорокин. – Новосибирск, 2012. – 282 с.
15. Ничипорович А.А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев. – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – 95 с.

REFERENCES

1. Kolomeychenko V.V. More attention to natural hayfields and pastures, *Feed production*, 2012, No 4, pp. 3–6. (In Russ.)
2. Kapsamun A. D., Pavlyuchik E.N, Degtyarev V. P. The role of perennial agrocenses in maintaining soil fertility, *Feed production*, 2009, No 10, pp. 31–33. (In Russ.)
3. Kapustin N.I., Demidova A.I. Perennial leguminous herbs: a comparative assessment of productivity in the northwestern zone, *Feed production*, 2010, No 5, pp. 26–29. (In Russ.)
4. Goncharov P.L. *Fodder crops of Siberia* (Biological and botanical foundations of cultivation), Novosibirsk, 1992, 289 p.
5. Petruk V.A. *Perennial seeded grasses of Siberia* (environmental features and productivity), Novosib. state agrarian. un-t, Novosibirsk, 2005, 163 p.

6. Listkov V. Yu. *Optimization of technological methods for creating and using agrocenoses of the eastern galega in the forest-steppe zone of Western Siberia*, Abstract. dis. Cand. from. S. – kh. sciences, 2007, 18 p.
7. Tyuryukov A. G. *Agrotechnical methods of cultivating a boneless rump in the conditions of the North of Buryatia*, Author. dis ... cand. S. – kh. sciences, Novosibirsk, 2002, 16 p.
8. Bandanova A. V., Butukhanov A. B. Change in the size and quality of the harvest of the rump without boneless by the phases of development, *Bulletin of the KrasGAU*, 2019, No 9, pp. 19–25. (In Russ.)
9. Baykalova L. P., Krivonogova D. V., Edimenchev Yu. F. Promising legume-cereal mixtures of perennial herbs for fodder production in the Krasnoyarsk Territory, *Bulletin of the KrasGAU*, 2017, No 11, pp. 20–26. (In Russ.)
10. 10. Santiago C, Martinez-Fernandez A., Jimenez-Carderon J. D., Vicente F. Identification of feeding systems used on dairy herds in Northern Spain: influence on milk performance, *EGF*, Vol. 21, 2016, pp. 43–48.
11. Van den Pol-Dessar A., Vellinga T. V., Jonausen A., Kennedy E. To graze or not to graze, that the question, *Grassland Science in Europe* 13, 2008, pp. 706–716.
12. *Agrotechnology of feed production in Siberia: a practical guide*, Ros. Acad. S. – kh. sciences. Sib. region. Separation. Siberian Research Institute of Feed, 2013, Novosibirsk, 248 p.
13. Dospekhov B. A. *Methods of field experience* (with the basics of statistical processing of research results), Moscow, Kolos, 1979, 416 p.
14. Sorokin O. D. *Applied statistics on the computer*, Novosibirsk, 2012, 282 p.
15. Nichiporovich A. A. *Photosynthesis and theory of high yields*, Moscow, Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 1956, 95 p.

ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА НА УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ АЗОТНОГО УДОБРЕНИЯ В ЛЕСОСТЕПИ ПРИОБЬЯ

И. Н. Шарков, доктор биологических наук,

С. А. Колбин, старший научный сотрудник

Сибирский федеральный научный центр

агробиотехнологий, Новосибирск, Россия

E-mail: humus3@yandex.ru

Ключевые слова: урожайность яровой пшеницы, осадки летнего периода, гидротермический коэффициент Селянинова, коэффициент увлажнения Понько, окупаемость азота прибавкой зерна

Реферат. *Цель исследования – выявить зависимость урожайности яровой пшеницы от агрометеорологических показателей вегетационного периода при различных уровнях азотного питания в центральной лесостепи Приобья. Пшеницу среднеранних сортов выращивали в севообороте «пшеница – ячмень» при дозах N_0 , N_{30} , N_{60} и N_{90} на фоне полного комплекса средств защиты растений. Корреляционную связь урожайности пшеницы с агрометеорологическими показателями оценивали по результатам 13 лет исследования. Для характеристики гидротермических условий использовали запас продуктивной влаги в почве, количество осадков и температуру воздуха, гидротермический коэффициент Селянинова, коэффициент увлажнения Понько. За годы исследования урожайность зерна изменялась от 7,2 до 43,6 ц/га, коэффициент Селянинова – от 0,18 до 1,67. Наибольшие коэффициенты корреляции (0,7–0,8) получены между урожайностью пшеницы и показателями гидротермических условий июня – июля. Причем с количеством осадков этого периода зависимость была положительной, с температурой воздуха – отрицательной. Не выявлено достоверной связи между урожайностью зерна и весенним запасом продуктивной влаги в почве. Теснота связи урожайности пшеницы с гидротермическим коэффициентом Селянинова и коэффициентом увлажнения Понько была одинаковой, причем наибольшие коэффициенты корреляции также получены для июня – июля. Прибавки урожайности зерна пшеницы от азотного удобрения значительно возрастали по мере улучшения гидротермических условий вегетационного периода. На основании полученных величин окупаемости азота удобрения прибавкой урожая сделан вывод, что текущее соотношение цен реализации хозяйствами зерна и покупки ими азотных удобрений (примерно 1:7) неблагоприятно для освоения интенсивных технологий возделывания культур.*

THE INFLUENCE OF WEATHER CONDITIONS OF THE GROWING SEASON ON THE YIELD OF SPRING WHEAT AND THE EFFECTIVENESS OF NITROGEN FERTILIZER IN THE FOREST-STEPPE OF THE OB RIVER REGION

I.N. Sharkov, Doctor of Biological Sciences,
S.A. Kolbin, Senior Researcher

Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnology, Novosibirsk, Russia

Key words: spring wheat productivity, summer rainfall, Selyaninov hydrothermal coefficient, Ponko moisture coefficient, nitrogen payback by grain addition

Abstract. The purpose of the study is to identify the dependence of spring wheat productivity on agrometeorological indicators of the vegetation period at various levels of nitrogen nutrition in the central forest-steppe of the Ob Region. Wheat of medium early varieties was grown in a wheat-barley crop rotation at doses N0, N30, N60 and N90 against the background of a full range of plant protection products. The correlation between wheat productivity and agrometeorological indicators was evaluated based on the results of 13 years of research. To characterize the hydrothermal conditions, we used the reserve of productive moisture in the soil, the amount of precipitation and air temperature, the Selyaninov hydrothermal coefficient, and the Ponko wetting coefficient. Over the years, grain yield varied from 7.2 to 43.6 kg / ha, Selyaninov coefficient - from 0.18 to 1.67. The highest correlation coefficients (0.7–0.8) were obtained between wheat productivity and indicators of hydrothermal conditions in June - July. Moreover, with the amount of precipitation of this period, the dependence was positive, with air temperature - negative. No reliable relationship was found between grain yield and spring stock of productive moisture in the soil. The tightness of the relationship between wheat productivity and the Selyaninov hydrothermal coefficient and Ponko hydration coefficient was the same, with the highest correlation coefficients also obtained for June – July. The increase in wheat grain from nitrogen fertilizer increased significantly as the hydrothermal conditions of the growing season improved. Based on the obtained values of the fertilizer nitrogen payback by increasing the crop, it was concluded that the current price ratio - the sale of grain by the farms and their purchase of nitrogen fertilizers (approximately 1:7) is unfavorable for the development of intensive crop cultivation technologies.

В богарном земледелии погодные условия вегетационного периода часто оказывают решающее влияние на урожайность культур и эффективность удобрений. По данным А. А. Конева [1], в лесостепи Новосибирской области осадки осени, зимы и весны, составляющие около 50% годовой нормы, определяют лишь 10% изменчивости урожайности зерновых культур, тогда как осадки июня и первой декады июля, составляющие примерно 20% данной нормы, определяют 80% изменчивости урожая зерна. Осадки второй половины лета находятся с урожайностью зерновых в отрицательной регрессионной связи. По мнению В. А. Кумакова [2], для яровой пшеницы наиболее значимыми являются осадки так называемого критического периода – от фазы выхода в трубку до коло-

шения. Основная часть этого периода приходится на июнь и июль. Данные В. Г. Холмова и В. Г. Юшкевича [3], полученные в южной лесостепи Омской области, также свидетельствуют об определяющем влиянии гидротермических условий июня и июля на урожайность зерновых культур. Полевыми наблюдениями В. В. Лисунова и А. А. Онучина установлено [4], что разовые осадки до 5 мм, как и их сумма за декаду менее 10 мм, неэффективны, поскольку увлажняют лишь верхний слой почвы (3–5 см) и мало влияют на улучшение снабжения растений влагой.

Вторым после погодных условий наиболее значимым фактором, определяющим урожайность зерновых культур на черноземных почвах по непаровым предшественникам, чаще всего выступает азот [5]. Поэтому, не-

смотря на отсутствие надежных прогнозов погоды на период вегетации, выявление зависимостей урожайности культур от гидротермических условий и уровня обеспеченности азотом представляется важным для более глубокого понимания возможностей совершенствования подходов к оптимизации азотного питания растений.

Цель исследования – выявить зависимость урожайности яровой пшеницы от агрометеорологических показателей вегетационного периода при различных уровнях азотного питания на черноземе выщелоченном в центральной лесостепи Приобья.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в севообороте «пшеница – ячмень», заложенном в 2003 г. в центральной лесостепи Приобья на землях ФГУП «Элитное», в пригороде Новосибирска. Обе культуры выращивали при ежегодном внесении азотных удобрений под предпосевную культивацию в дозах N_0 , N_{30} , N_{60} и N_{90} . Яровую пшеницу сорта Новосибирская 29 (с 2014 г. – Новосибирская 31) выращивали по интенсивной технологии, т.е. при применении комплекса средств защиты растений: инсектицидов, гербицидов и фунгицидов. Размеры делянок 4 x 13 (м), зяблевая обработка почвы – ежегодная вспашка на глубину 25–27 см. Урожай зерна учитывали сноповым методом с последующей уборкой пшеницы комбайном, измельчением и разбрасыванием соломы по полю. Повторность в вариантах опыта четырёхкратная.

Почва – чернозем выщелоченный средне-суглинистого гранулометрического состава.

Содержание гумуса в пахотном слое 5,8%, общего азота – 0,35%, реакция среды – близкая к нейтральной. Почва хорошо обеспечена фосфором и калием, содержание P_2O_5 и K_2O (по Чирикову) – 23 и 18 мг/100 г почвы соответственно. Среднегодовое количество осадков на территории проведения опыта составляет примерно 400 мм, сумма температур воздуха выше 10°C – около 1800°C. В почве варианта опыта без применения азотного удобрения ежегодно определяли стартовый (весенний) запас продуктивной влаги термостатно-весовым методом и нитратного азота усовершенствованным дисульфохеноловым методом [6]. Статистическая обработка результатов исследования выполнена с помощью пакета прикладных программ SNEDECOR [7].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Урожаи пшеницы формировались при достаточно высоких стартовых запасах влаги и низком содержании нитратного азота в почве (табл. 1). Явный дефицит нитратного азота в почве был обусловлен двумя основными причинами: во-первых, исследование проведено в севообороте без чистого пара, во-вторых, обеспеченность почвы нитратами определялась, как отмечалось выше, в варианте без применения азотного удобрения. Вследствие низкой обеспеченности почвы усвояемыми растениями соединениями азота, а также применения интенсивной технологии возделывания пшеницы можно ожидать повышенной эффективности азотного удобрения. Изменение по годам запасов нитратного

Таблица 1

Весенние запасы продуктивной влаги и нитратного азота в почве в 2004–2016 гг.
Spring reserves of productive moisture and nitrate nitrogen in the soil in 2004–2016

Слой почвы, см	Влага, мм			N-NO ₃ , кг/га		
	$\bar{X}$	lim	V, %	$\bar{X}$	lim	V, %
0–40	67	49–84	14	26	7–46	34
0–100	153	114–190	11	42	12–93	36

Примечание. $\bar{X}$, V – соответственно среднее и коэффициент вариации.

Note. $\bar{X}$, V - respectively, the average and coefficient of variation.

азота в почве было примерно в 3 раза более выраженным, чем продуктивной влаги.

Несмотря на кажущуюся изученность влияния гидротермических условий вегетационного периода на продуктивность зерновых культур, имеется немало вопросов, которые до сих пор остаются дискуссионными. Одним из них является вопрос о выборе агро-

метеорологических показателей, тесно связанных с изменением урожайности культур. Эти показатели должны характеризовать продукционный процесс растений в период, наиболее важный с точки зрения формирования урожайности. Как уже отмечалось, для яровых зерновых культур таким периодом, называемым иногда критическим, является время

Таблица 2

Коэффициенты корреляции между агрометеорологическими показателями и урожаем зерна пшеницы в 2004–2016 гг.

Correlation coefficients between agrometeorological indicators and wheat grain yield in 2004–2016

Период	Вариант опыта				Прибавка зерна от дозы N ₆₀
	N ₀	N ₃₀	N ₆₀	N ₉₀	
Запас продуктивной влаги в слое почвы 0–100 см, мм					
15–25 мая	0,47	0,49	0,45	0,47	0,29
Осадки, мм					
Май	0,26	0,35	0,37	0,34	0,45
Июнь	0,54*	0,54*	0,62*	0,56*	0,60*
Июль	0,72*	0,74*	0,70*	0,73*	0,54*
Август	-0,21	-0,15	-0,15	-0,20	-0,03
Июнь – июль	0,80*	0,82*	0,82*	0,82*	0,70*
Июнь – август	0,43	0,50	0,50	0,46	0,50
Май – август	0,46	0,55*	0,57	0,51*	0,60*
Запас продуктивной влаги в слое почвы 0–100 см + осадки июня и июля, мм					
15–25 мая (влага в почве), июнь–июль (осадки)	0,76*	0,81*	0,80*	0,78*	0,63*
Среднесуточные температуры воздуха, °C					
Май	0,04	-0,01	0,11	0,07	0,19
Июнь	-0,63*	-0,69*	-0,75*	-0,76*	-0,72*
Июль	-0,39	-0,35	-0,39	-0,34	-0,28
Август	0,05	0,09	0,00	0,10	-0,08
Июнь – июль	-0,69*	-0,72*	-0,79*	-0,77*	-0,71*
Июнь – август	-0,63*	-0,65*	-0,75*	-0,69*	-0,70*
Май – август	-0,52	-0,56	-0,58	-0,56	-0,50
ГТК Селянинова					
Май	0,08	0,21	0,16	0,07	0,24
Июнь	0,61*	0,65*	0,72*	0,65*	0,67*
Июль	0,69*	0,70*	0,68*	0,68*	0,47
Август	-0,27	-0,21	-0,19	-0,26	-0,01
Июнь – июль	0,78*	0,82*	0,85*	0,82*	0,72*
Июнь – август	0,37	0,45	0,49	0,41	0,52
Май – август	0,36	0,48	0,47	0,41	0,51
K _γ Понько					
Май	0,15	0,31	0,20	0,22	0,21
Июнь	0,53	0,58*	0,68*	0,60*	0,71*
Июль	0,69*	0,70*	0,68*	0,68*	0,47
Август	-0,24	-0,19	-0,16	-0,23	0,01
Июнь – июль	0,78*	0,82*	0,85*	0,82*	0,72*
Июнь – август	0,39	0,46	0,51	0,43	0,54
Май – август	0,37	0,49	0,49	0,43	0,52

* Коэффициенты достоверны на 5%-м уровне значимости (порог достоверности 0,55).

* Coefficients are reliable at the 5% significance level (confidence threshold 0.55).

вегетации от выхода в трубку до фазы колошения, что для условий лесостепи Западной Сибири соответствует июню и июлю.

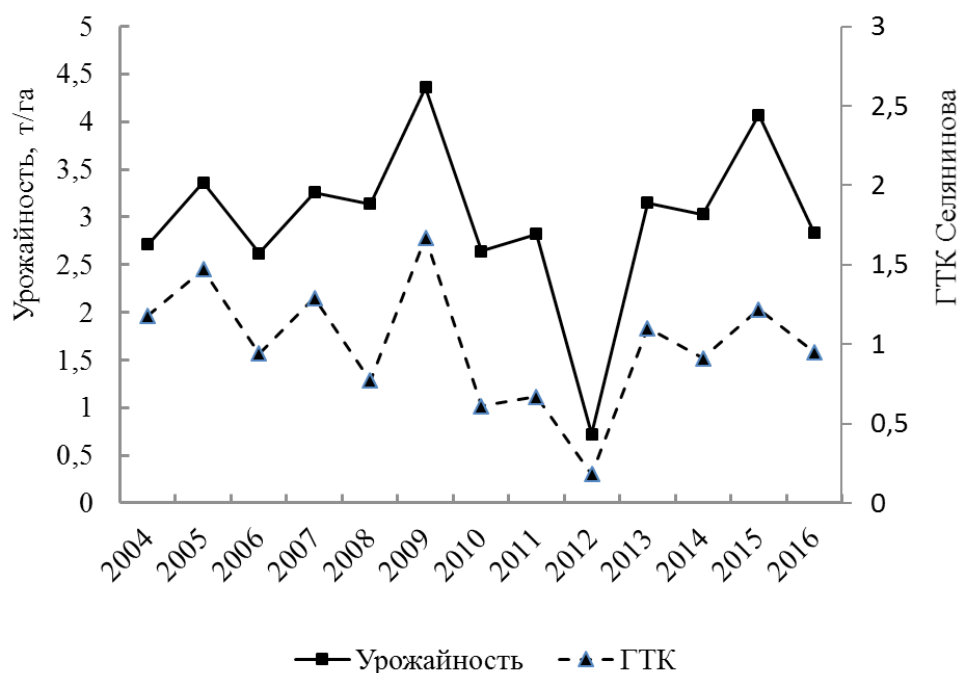
Для выбора наиболее подходящего агрометеорологического показателя были оценены корреляционные связи урожайности яровой пшеницы с запасом продуктивной влаги в почве, количеством осадков и температурой воздуха, а также гидротермическим коэффициентом (ГТК) Г.Т. Селянинова [8] и коэффициентом увлажнения (K_y) В.А. Понько [9] (табл. 2).

Наибольшие коэффициенты корреляции (0,7–0,8) за 13-летний период исследования получены между урожайностью пшеницы и показателями гидротермических условий июня – июля. Причем с количеством осадков этого периода зависимость была положительной, с температурой воздуха – отрицательной. Отметим также, что достоверная связь между урожайностью и количеством осадков обнаружена для июня и июля, тогда как обратная зависимость, с температурой воздуха, была значимой только для июня.

Не выявлено достоверной связи между урожайностью зерна и весенним запасом продуктивной влаги в почве. Добавление

данного запаса к количеству осадков в июне–июле также не способствовало усилению корреляционной зависимости. Причины отсутствия достоверной связи урожайности пшеницы с количеством влаги в почве в начале вегетации растений кроются, вероятно, в сравнительно непродолжительном периоде исследования (малом количестве пар сравнения) и в значительно более сильном влиянии на продукционный процесс растений летних осадков. В зависимости от их количества, как свидетельствуют данные В.В. Лисунова, А.А. Онучина [4], можно получить примерно одинаковую урожайность в достаточно широком диапазоне стартового запаса влаги в почве.

Как и следовало ожидать, теснота связи урожайности пшеницы с ГТК Селянинова и K_y Понько оказалась одинаковой, причем наибольшие коэффициенты корреляции (0,72–0,85) также получены для июня – июля. Оба эти показателя представляют собой отношение количества осадков к сумме температур воздуха. Основное различие заключается в том, что ГТК рассчитывается для периодов с суммами температур воздуха выше 10°C, а K_y – выше 0°C.



Зависимость урожайности зерна пшеницы в варианте N_{60} от ГТК Селянинова за июнь – июль
Dependence of wheat grain yield in treatment field experience N_{60} from the coefficient of Selyaninov for June-July

Различий в тесноте связи между урожайностью пшеницы и уровнем азотного питания не выявлено (см. табл. 2). Для наглядности изменения урожайности зерна пшеницы (в варианте опыта N_{60}) и показателей ГТК июня – июля за период исследования представлены на рисунке. Видно, что конфигурации линий обоих графиков практически идентичны. При этом за годы исследования урожайность зерна пшеницы изменялась от 7,2 до 43,6 ц/га, ГТК – от 0,18 до 1,67.

Прибавки зерна пшеницы от азотного удобрения, так же как и показатели ее урожайности, в основном определялись гидротермическими условиями июня – июля, о чем свидетельствуют высокие коэффициенты корреляции (см. табл. 2).

Таким образом, адекватная оценка уровня урожайности яровой пшеницы в лесостепи Приобья может быть сделана по ряду агрометеорологических показателей июня – июля: суммарному количеству осадков, среднесуточной температуре воздуха, ГТК Селянинова и K_y Понько. Наиболее простой из них – количество осадков, часто используемый – коэффициент Селянинова.

Интерес представляет анализ окупаемости азотного удобрения прибавкой зерна при различных погодных условиях вегетационного периода. Этим показателем определяется доход от применения удобрений, т.е. по сути дела целесообразность их использования в агротехнологии. Для проведения такого анализа годы исследования по ГТК июня – июля были условно разделены на острозасушливые ($< 0,5$), умеренно засушливые ($0,5–1,0$) и уме-

ренно увлажненные ($> 1,0$). Результаты обнаружили четкую закономерность, заключающуюся в значительном увеличении окупаемости азотного удобрений прибавкой зерна по мере улучшения гидротермических условий вегетационного периода (табл. 3). Так, окупаемость азота прибавкой зерна в умеренно увлажненных годы, в сравнении с умеренно засушливыми, увеличилась при N_{30} на 32 %, N_{60} – на 57 и N_{90} – на 40 %. Подтверждено известное положение о снижении показателя окупаемости по мере увеличения дозы удобрения.

Поскольку азотное удобрение обычно вносится в почву в мае до или во время посева зерновых, а его эффективность во многом определяется непрогнозируемыми пока условиями погоды в июне – июле, ориентироваться приходится чаще всего на среднемесячные показатели окупаемости удобрений прибавкой урожая. Они оказались достаточно высокими и изменялись от 17,3 при N_{30} до 11,1 кг/кг при N_{90} (снижение 36 %). По обобщенным Г. П. Гамзиковым данным [5], окупаемость азота удобрения прибавкой зерна пшеницы при N_{60} в лесостепной зоне на черноземах выщелоченных составила около 10 кг/кг.

Возможные причины повышенных значений окупаемости азота удобрения прибавкой зерна в нашем опыте заключаются в следующем. Во-первых, как уже отмечалось, пшеница выращивалась в опыте по интенсивной технологии, при своевременном применении инсектицидов, гербицидов и фунгицидов. Пестициды улучшали условия произрастания культуры, и, можно полагать, это так же,

Таблица 3

Окупаемость азота удобрения прибавкой зерна пшеницы в различные по гидротермическим условиям вегетационные периоды в 2004–2016 гг.

Response of nitrogen with a grain increase to vegetation periods different in hydrothermal conditions in 2004–2016

ГТК июня – июля	Окупаемость азота прибавкой зерна в диапазоне доз, кг/кг				
	N_0-N_{30}	N_0-N_{60}	N_0-N_{90}	$N_{30}-N_{60}$	$N_{60}-N_{90}$
$< 0,5$	3,0	0	0	0	0
$0,5–1,0$	16,3	11,9	10,3	7,4	4,0
$> 1,0$	21,5	18,7	14,4	15,9	6,0
В среднем	17,3	13,6	11,1	10,1	6,3

как и более благоприятные гидротермические условия в период вегетации, способствовало увеличению окупаемости удобрения зерном. Во-вторых, расчет осуществляли по данным, полученным в многолетнем опыте, и, следовательно, полученные результаты включали ту часть прибавки зерна, которая формировалась благодаря последствию азота. При ежегодном применении азотного удобрения в течение нескольких лет последствие может быть весьма значительным, поскольку, как было установлено с помощью меченых ^{15}N азотных удобрений [5], в сибирских почвах закрепляется (иммобилизуется) 40–50 % внесенной дозы азота. Через несколько лет между закреплением азота в почве и минерализацией его органических соединений устанавливается равновесие, следствием чего является значительное улучшение снабжения растений азотом благодаря ранее внесенным дозам удобрения.

Для практики интерес представляет не только прибавка урожайности культуры от удобрений, но, прежде всего, получаемая при этом прибыль, которая обуславливает возможность их использования в агротехнологии. Для определения целесообразности применения удобрений нами разработана специальная компьютерная программа [10]. С ее помощью устанавливается равновесная цена продукции, при которой компенсируются затраты на применение удобрения. Товаропроизводитель принимает решение об использовании удобрения в агротехнологии, если текущая цена на продукцию на рынке превышает эту равновесную цену.

О целесообразности использования удобрений можно также судить на основе показателя окупаемости удобрения прибавкой урожая. Так, при сегодняшних средних ценах на зерно (8 руб/кг) и стоимости 1 кг азота аммиачной селитры (56 руб/кг, прайс-лист центра агротехнологий «Агродоктор») компенсация затрат на применение данного удобрения достигается при окупаемости прибавкой зерна не менее 7 кг/кг N. Видно (см. табл. 3), что при таком соотношении цен применение удобрения под пшеницу при ГТК < 0,5 является

убыточным, а при дозах более N_{60} приводит к значительному снижению дохода. К тому же следует учесть, что в производственных условиях получить такую высокую, как в опыте, окупаемость удобрения зерном достаточно сложно. Например, показано [11], что в условиях производства реализация генетического потенциала сортов яровой пшеницы была в 1,9–2,5 раза ниже, чем в опытах на сортоучастках. Поэтому существующее в настоящее время соотношение цен между зерном и азотным удобрением (1:7) для товаропроизводителей является весьма неблагоприятным, сдерживая интенсификацию агротехнологий. Ранее [12] разбалансированность системы цен – продажи зерна и приобретения хозяйствами удобрений была названа одной из главных причин медленного освоения интенсивных технологий в Сибири. Был сделан вывод, что для успешного освоения таких технологий цена 1 кг д.в. азота или фосфора не должна превышать цены реализации 2–3 кг зерна, т.е. названное соотношение цен не должно превышать 1:3.

ВЫВОДЫ

1. Гидротермические условия, складывающиеся в период июня – июля, оказывали первостепенное влияние на формирование урожайности яровой пшеницы независимо от уровня азотного питания растений.

2. Наибольшие, причем примерно одинаковые, коэффициенты корреляции (0,7–0,8) урожайности пшеницы получены с количеством осадков июня – июля, среднесуточными температурами воздуха, гидротермическим коэффициентом Селянинова или коэффициентом увлажнения Понько. С большинством агрометеорологических показателей связь урожайности зерна была прямой и только с температурой воздуха – обратной.

3. Прибавки зерна от азотного удобрения значительно возрастали по мере улучшения гидротермических условий июня – июля (увеличения ГТК Селянинова или K_y Понько). Наибольшая среднегодовая окупаемость азота удобрения прибавкой зерна получена при

N_{30} – 17,3 кг/кг, при N_{60} и N_{90} она уменьшилась на 21 и 36% соответственно. При текущих ценах зерна и аммиачной селитры компенсация затрат на применение азотного удобрения обеспечивается при достаточно высокой окупаемости – не менее 7 кг/кг. Поэтому при

сегодняшнем соотношении цен реализации товаропроизводителями зерна и покупки ими азотных удобрений велик риск получения убытков, что сдерживает освоение в хозяйствах интенсивных технологий возделывания культур.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Конев А. А. Пути адаптации земледелия Западной Сибири к климату: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Омск, 1991. – 32 с.
2. Кумаков В. А. Биологические основы возделывания яровой пшеницы по интенсивной технологии. – М.: Росагропромиздат, 1988. – 104 с.
3. Холмов В. Г., Юшкевич Л. В. Интенсификация и ресурсосбережение в земледелие лесостепи Западной Сибири. – Омск: Изд-во ФГОУ МПО ОмГАУ, 2006. – 396 с.
4. Лисунов В. В., Онучин А. А. Климат и урожай // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2002. – № 1–2. – С. 17–23.
5. Гамзиков Г. П. Агрохимия азота в агроценозах. – Новосибирск: РАСХН. Сиб. отд-ние, 2013. – 790 с.
6. Иодко С. Л., Шарков И. Н. Новая модификация дисульфифенолового метода определения нитратов в почве // Агрохимия. – 1994. – № 4. – С. 95–97.
7. Сорокин О. Д. Прикладная статистика на компьютере. – Новосибирск: СО РАСХН, 2008. – 217 с.
8. Сельскохозяйственный энциклопедический словарь. – М.: Сов. энциклопедия, 1989. – С. 490. – 636 с.
9. Понько В. А., Каличкин В. К., Иванова М. И. Почвенно-климатическое зонирование и продуктивность агроландшафтов // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2009. – № 12. – С. 5–13.
10. Шарков И. Н., Сорокин О. Д., Колбин С. А. Прогнозированная оценка целесообразности применения средств интенсификации в агротехнологиях // Земледелие. – 2019. – № 3. – С. 14–17.
11. Андреева З. В., Цильке Р. А. О нереализованном потенциале урожайности зерна мягкой яровой пшеницы в разных агроклиматических зонах Западной Сибири // Вестн. НГАУ. – 2011. – № 1 (17). – С. 14–17.
12. Шарков И. Н. Проблемы интенсификации технологий возделывания зерновых культур в Сибири // Инновации и продовольственная безопасность. – 2016. – № 1 (11). – С. 24–32.

REFERENCES

1. Konev A. A. *Puti adaptatsii zemledeliya Zapadnoi Sibiri k klimatu* (Ways of adaptation of agriculture in Western Siberia to the climate), Extended abstract of Doctor's thesis, Omsk, 1991, 32 p.
2. Kumakov V. A. *Biologicheskie osnovy vozdelevaniya yarovoi pshenitsy po intensivnoi tekhnologii* (Biological basis of spring wheat cultivation using intensive technology), M.: Rosagropromizdat, 1988, 104 p.
3. Kholmov V. G., Yushkevich L. V. *Intensifikatsiya i resursosberezhenie v zemledelie lesostepi Zapadnoi Sibiri* (Intensification and resource saving in agriculture of the forest-steppe of Western Siberia), Omsk: Izd-vo FGOU MPO OmGAU, 2006, 396 p.
4. Lisunov V. V., Onuchin A. A., *Sib. vestn. s.-h. Nauki*, 2002, No 1–2, pp. 17–23. (In Russ.)

5. Gamzikov G. P. *Agrokimiya azota v agrotsenozakh* (Agrochemistry of nitrogen in agrocenoses), Novosibirsk: RASKhN, 2013, 790 p.
6. Iodko S. L., Sharkov I. N., *Agrokimiya*, 1994, No 4, pp. 95–97. (In Russ.)
7. Sorokin O. D. *Prikladnaya statistika na komp'yutere* (Applied statistics on a computer), Novosibirsk: SO RASKhN, 2008, 217 p.
8. *Sel'skokhozyaistvennyi entsiklopedicheskiy slovar»* (Agricultural Encyclopedic Dictionary), M.: Sov. entsiklopediya, 1989, 636 p.
9. Pon'ko V. A., Kalichkin V. K., Ivanova M. I., *Sib. vestn. s.-h. Nauki*, 2009, No 12, pp. 5–13. (In Russ.)
10. Sharkov I. N., Sorokin O. D., Kolbin P. A., *Zemledelie*, 2019, No 3, pp. 14–17. (In Russ.)
11. Andreeva Z. V., Tsil'ke R. A., *Vestnik NGAU*, 2011, No 1 (17), pp. 14–17. (In Russ.)
12. Sharkov I. N., *Innovation and food security*, 2016, No 1 (11), pp. 24–32. (In Russ.)

НОВЫЙ ПЕРСПЕКТИВНЫЙ СОРТ ФАСОЛИ ОВОЩНОЙ СИБИРСКОЙ СЕЛЕКЦИИ КОРМИЛИЦА

О. Е. Якубенко, аспирант

О. В. Паркина, кандидат сельскохозяйственных наук
доцент

Новосибирский государственный аграрный
университет, Новосибирск, Россия
E-mail: o.e.yakubenko@yandex.ru

Ключевые слова: фасоль овощная, перспективный сорт, гибридная популяция, отбор, урожайность, Западная Сибирь

Реферат. Представлено описание нового перспективного сорта фасоли овощной, пригодного для возделывания в условиях Сибирского региона. Работа по оценке перспективных образцов проводится в Новосибирском ГАУ с 2000 г., ежегодно образцы сравнивают с лучшими сортами сибирской селекции. Отобран новый перспективный сорт F135 (Кормилица), который передан на государственное сортоиспытание. Перспективный сорт Кормилица выведен на кафедре селекции, генетики и лесоводства ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ методом индивидуального отбора из гибридной популяции от скрещивания высокопродуктивных, адаптивных, скороспелых сортов фасоли овощной немецкой селекции Maxi и Rosquentcant. Представлены данные по оценке перспективного образца фасоли овощной по качественным и количественным параметрам. Оценка проводилась в соответствии с рекомендованными методиками. Установлены преимущества нового сорта Кормилица по основным хозяйственно-ценным признакам в сравнении с сортом-стандартом. Образец относится к ранней группе спелости. Период от полных всходов до технической спелости составляет 40 суток. Перспективный образец Кормилица имеет высокие показатели технологичности и урожайности при выращивании в сибирских условиях. Сорт характеризуется легкостью отрыва зеленой лопатки в период технической спелости, дружностью формирования зеленых бобов высокого качества. Высота растения достигает 45 см, а высота прикрепления нижнего боба – более 12 см. Зеленая лопатка отличается хорошими вкусовыми качествами, пергаментный слой и волокно в шве не образуются. Биохимический анализ зеленой лопатки показал, что перспективный сорт Кормилица превышает стандарт по содержанию белка, сухого вещества, аскорбиновой кислоты и сахара.

A NEW PROMISING VARIETY OF BEANS OF THE SIBERIAN VEGETABLE SELECTION NURSE

O.E. Yakubenko, graduate student

O.V. Parkina, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

Key words: vegetable beans, promising variety, hybrid population, selection, yield, Western Siberia.

Abstract. A description of a promising new variety of vegetable beans suitable for cultivation in the conditions of the Siberian region is presented. Work on the evaluation of promising samples has been carried out at the Novosibirsk State Agrarian University since 2000; annually, samples are compared with the best varieties of Siberian breeding. A new promising variety F135 (Nurse) was selected, which was transferred to the state variety test. A promising variety of Nursing was bred at the Department

of Selection, Genetics and Forestry of Novosibirsk State Agrarian University by individual selection from a hybrid population by crossing highly productive, adaptive, early ripening varieties of German vegetable beans Maxi and Rocquentcant. The data on the evaluation of a promising sample of vegetable beans by qualitative and quantitative parameters are presented. The assessment was carried out in accordance with the recommended methods. The advantages of the new variety Nurse by the main economically valuable characteristics are established in comparison with the standard variety. The sample belongs to the early ripeness group. The period from full germination to technical ripeness is 40 days. A promising sample of the Nurse has high indicators of manufacturability and productivity when grown in Siberian conditions. The variety is characterized by the ease of separation of the green shoulder blade during the period of technical ripeness, the friendly formation of high-quality green beans. The height of the plant reaches 45 cm, and the height of attachment of the lower bean is more than 12 cm. The green shoulder blade is characterized by good taste, parchment layer and fiber in the seam are not formed. Biochemical analysis of the green scapula showed that the promising Nurse grade exceeds the standard for the content of protein, dry matter, ascorbic acid and sugar.

Основным фактором, влияющим на интенсификацию производства в сельском хозяйстве, является совершенствование существующих и создание новых сортов на основе внедрения эффективных методов селекции и разнообразия исходного материала [1].

Фасоль овощная является перспективной зернобобовой культурой в рационе питания человека. Увеличение числа жителей планеты ведет к недостаточной обеспеченности населения качественным питанием [2]. Одним из факторов решения этой проблемы должны стать зернобобовые культуры, в частности фасоль овощного направления. В зеленых плодах культуры содержится рекордное количество качественного легкоусвояемого растительного белка, который по своему составу не уступает животному, витамины, макро- и микроэлементы, а также клетчатка и пектины.

На территории России, в том числе Сибири, промышленные площади фасоли овощной отсутствуют по причине недостаточного развития механизации уборки фасоли на лопатку. Фасоль, выращиваемая на зеленую лопатку, должна соответствовать требованиям производства: детерминантные растения с высотой до 45 см и высотой прикрепления нижнего боба выше 12 см, компактной формой куста [3]. Потребитель также предъявляет свои требования к качеству продукции фасоли овощной. Окраска плодов предпочтительна от желтой до зеленой с округлой или

плоскоокруглой формой поперечного сечения, без пергаментного слоя и волокна в шве.

Перспективной задачей селекции в Сибирском регионе является создание сортов пригодных для возделывания в условиях резко-континентального климата. В полной мере свой генетический потенциал продуктивности могут реализовать сорта ранней и средней группы спелости. Это нужно учитывать при отборе перспективных форм. Необходимо выделять образцы, характеризующиеся улучшением биохимического состава продукции фасоли обыкновенной (бобов и семян).

Более 20 лет на кафедре селекции, генетики и лесоводства ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ ведется работа по оценке селекционного материала фасоли овощной [4]. Изучено свыше 100 коллекционных форм и 150 селекционных линий, полученных на основе межсортовой гибридизации. Выделено более 30 перспективных форм, полученных в результате скрещивания сортов отечественной и зарубежной селекции.

По результатам многолетней работы в 2019 г. передан на государственное сортоиспытание перспективный сорт фасоли овощной F135 Кормилица. Образец получен из гибридной популяции от скрещивания сортов немецкой селекции Maxi [5] и Rocquentcant [6].

Цель исследования – оценить хозяйственно-ценные признаки перспективного сорта фасоли овощной сибирской селекции Кормилица.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На кафедре селекции, генетики и лесоводства ФГБОУ ВО Новосибирского ГАУ в 2017–2019 гг. проведена оценка хозяйственно-ценных признаков перспективного сорта фасоли овощной Кормилица.

Полевой опыт закладывался в конкурсном сортоиспытании по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [7].

Поле опытного участка по периметру окружено лесозащитной полосой. Площадь делянки – 2,1 м². Норма высева – 20 шт/м². Посев проводили широкорядным способом с междурядьями 70 см. Уход за растениями осуществляли вручную. Прополка проводилась по мере необходимости до смыкания рядков.

Западная Сибирь характеризуется резко-континентальным климатом. Период посева и уборки культуры отличается неустойчивым гидротермическим режимом, что приводит к значительной вариации длительности вегетационного периода.

Средняя годовая сумма осадков – 414 мм. Более 50% осадков выпадает в виде проливных дождей, что приводит к образованию корки на поверхности почвы в период «посев – всходы».

Почва опытного участка – серая лесная тяжелосуглинистая. Отличается повышенным содержанием подвижного фосфора, средним – подвижного кальция и низким – нитратного азота. Содержание гумуса – 4,5%. Реакция почвы слабокислая.

Объект исследования – перспективный сорт фасоли овощной сибирской селекции Кормилица.

Сорт-стандарт – Ника (раннеспелый) селекции ГНУ СибНИИРС и Новосибирского ГАУ, обладает кустовым детерминантным стеблем. Высота растения до 50 см, высота прикрепления нижнего боба – 14–16 см. Период технической спелости наступает через 40–45

суток от полных всходов. Бобы светло-зеленой окраски, прямые, с округлым поперечным сечением, длина достигает 16 см. Пергаментный слой и волокно в шве отсутствуют. Товарная урожайность бобов – до 27,0 т/га. Образец адаптирован к условиям Сибири, отличается высоким качеством и стабильной дружной урожайностью зеленых бобов.

При проведении фенологических наблюдений руководствовались Методическими указаниями по коллекции мировых генетических ресурсов зерновых бобовых ВИР: пополнение, сохранение и изучение [8].

Морфологическое описание растений проводили в соответствии с методическими указаниями по изучению образцов мировой коллекции фасоли [9] дважды: в период массового цветения и технической спелости.

Массу бобов учитывали в фазу технической спелости, собирая с 10 фиксированных растений все сформированные бобы через 7 суток. Подсчитывали число, определяли массу бобов с растения и массу 1 боба.

Математическую обработку данных проводили при помощи программного обеспечения SNEDECOR по методике Б. А. Доспехова [10]. Анализ биохимического состава зеленой лопатки осуществляли в фазу технической спелости культуры.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На кафедре селекции, генетики и лесоводства Новосибирского ГАУ путем гибридизации создан новый селекционный материал фасоли овощной разных групп спелости. Образцы характеризуются высокой адаптивностью, технологичностью, продуктивностью, а также обладают отличным качеством зеленой лопатки. С 2000 г. получены новые перспективные формы, достоверно превышающие стандартные сорта по комплексу хозяйственно-ценных признаков, и переданы в государственное сортоиспытание.

Перспективный сорт фасоли овощной Кормилица (F135) создан методом индивидуального отбора из гибридной популяции

от скрещивания высокопродуктивных, адаптивных сортов фасоли овощной немецкой селекции Maxi и Rocquentcant. Образец относится к ранней группе спелости. Период от полных всходов до технической спелости составляет 40 суток. Растения детерминантное, с компактным типом куста и высотой от 38 до 45 см. Высота прикрепления нижнего боба оптимальна – 12–14 см. Число продуктивных междоузлий 5 шт. Следует отметить легкость отрыва зеленых бобов в фазу технической спелости. Эти параметры позволяют характеризовать перспективный образец как высокотехнологичный, пригодный для механизированного возделывания.

Антоциановая окраска на частях растения отсутствует. Лист от треугольной до округлой формы, среднего размера, цельнокрайний,

окраска листовой пластинки зеленая. Лист среднморщинистый. Окраска паруса, крыльев и лодочки белая.

Боб сахарный, пергаментный слой не развит, волокно отсутствует. Число бобов на растении в оптимальные по гидротермическому режиму годы достигает 35 шт. Форма боба – от эллиптической до яйцевидной, форма верхушки – от заостренной до тупой (рис. 1). Окраска боба светло-зеленая. Длина боба до 13 см. Образец можно рекомендовать для консервации и промышленности, связанной с заморозкой свежей овощной продукции.

Семена средние, овальные, окраска от желтой до желто-зеленой, семенная кожура тонкая, поверхность гладкая. Рубчик маленький, округло-овальный, окраска коричневая (рис. 2).



Рис. 1. Боб фасоли овощной F135 (Кормилица)
Bean vegetable bean F135 (Nurse)



Рис. 2. Семена фасоли овощной F135 (Кормилица)
Seeds of beans, vegetable F135 (Nurse)

Товарная урожайность образца достигает 3,3 кг/м². В оптимальные по тепло- и влагообеспеченности годы масса бобов с растения составляет 184 г, масса 1 боба – 6,0 г. Образец устойчив к антракнозу.

Перспективный сорт за годы исследования показал более высокие значения по урожайности зеленых бобов по отношению к стандарту (табл. 1). Максимальная урожайность наблюдалась в 2017 г. – 2,0 кг/м²

Таблица 1

Морфологическое описание фасоли овощной (2017–2019 гг.)
Morphological description of vegetable beans (2017-2019)

Образец	Высота растения, см	Высота прикрепления нижнего боба, см	Число междоузлий, шт.	Боб		Масса, г		Урожайность, кг/м ²
				окраска, длина, см	число, шт.	бобов с растения	1 боба	
Ника	45	16	5	Зеленая, 13,2	14	176,2	5,9	1,4
F135 (Кормилица)	42	14	5	Зеленая, 12,5	19	195,3	5,8	1,7
НСР ₀₅								0,12

Таблица 2

Биохимические показатели образцов фасоли овощной
Biochemical parameters of samples of vegetable beans

Образец	Сухое вещество, %	Сахара, %	Аскорбиновая кислота, мг%	Массовая доля белка, %
Ника	9,59	1,81	16,15	7,6
F135 (Кормилица)	13,71	2,02	20,46	8,1

и превышала значение сорта-стандарта Ника на 11 %.

Сорт Кормилица отличается высокими показателями по биохимическому составу (табл. 2): по содержанию белка превысил сорт-стандарт на 7%, по сухому веществу, аскорбиновой кислоте и сахару – на 43, 26 и 11 % соответственно.

ВЫВОДЫ

1. Изучен селекционный материал по продуктивности и адаптивности к экстремальным условиям Сибирского региона.

2. Выделен перспективный сорт фасоли овощной Кормилица, полученный в результа-

те межсортной гибридизации иностранных образцов.

3. Сорт Кормилица отличается: сокращением продолжительности периода «всходы – техническая спелость» на 8 суток; легкостью отрыва зеленых бобов в период технической спелости; урожайностью, превышающей сорт-стандарт Ника на 20%, – в среднем 1,7 кг/м².

4. Новый перспективный сорт фасоли овощной сибирской селекции Кормилица, сочетающий в генотипе высокую адаптивность, технологичность, урожайность и качество продукции, передан на государственное сортоиспытание.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Inheritance of resistance to common bacterial blight in four selected common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes* / M. E. Alladassi, S. Nkaludo, C. Mukankusi [et. al.] // Journal of Plant Breeding and Crop Science. – 2017. – № 9 (6). – P. 71–78.
2. Вишнякова М. А. Генотипы зернобобовых культур и адаптивная селекция как факторы биологизации и экологизации растениеводства (обзор) // С.-х. биология. – 2008. – № 3. – С. 3–23.
3. Якубенко О. Е., Паркина О. В. Выраженность и изменчивость хозяйственно-ценных признаков фасоли обыкновенной в зависимости от генотипа и условий выращивания // Молодежь и наука XXI века: материалы междунар. науч. конф. / Ульянов. гос. аграр. ун-т им. П. А. Столыпина. – Ульяновск, 2017. – С. 136–140.
4. Якубенко О. Е., Паркина О. В. Перспективные генотипы фасоли овощной // Актуальные проблемы агропромышленного комплекса: сб. тр. науч.-практ. конф. преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов Новосиб. гос. аграр. ун-та. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2018. – С. 56–59.
5. Allen F. L., Comstock R. E., Rasmusson D. C. Optimal environments for yield testing // Crop. Sci. – 1978. – Vol. 18, N 5. – P. 747–751.
6. Belarmino D. Inheritance of resistance to common bacterial blight (*Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*) disease and yield of common bean // Master thesis. – Makerere University. – 2015. – Vol. 10, N 2. – P. 574–578.
7. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М.: Госкомиссия по сортоиспытанию с.-х. культур, 1985. – 269 с.

8. Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых ВИР: пополнение, сохранение и изучение: метод. указания / под ред. М. А. Вишняковой. – СПб.: Копи-Р- Групп, – 2010. – 142 с.
9. Методические указания по изучению образцов мировой коллекции фасоли. – Л., 1987. – 60 с.
10. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М., 2014. – 351 с.

REFERENCES

1. Alladassi M. E., Nkaludo S., Mukankusi C., Mwale E., Gibson P., Edema R., Urrea C., Kelly J., Rubaihayo P. Inheritance of resistance to common bacterial blight in four selected common bean (*Phaseolus vulgaris* L.), *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 2017, No 9 (6), pp. 71–78.
2. Vishnyakova M. A. *S. – kh. biologiya*, 2008, No 3, pp. 3–23. (In Russ.)
3. Yakubenko O. E., Parkina O. V. *Molodezh» i nauka XXI veka*, Proceedings of International Conference, Ul'yanovsk, 2017, pp. 136–140. (In Russ.)
4. Yakubenko O. E. Parkina O. V. *Aktual'nye problemy agropromyshlennogo kompleksa*, Proceedings of Science and practice Conference, Novosibirsk: ITs NGAU Zolotoi kolos, 2018, pp. 56–59. (In Russ.)
5. Allen F. L., Comstock R. E., Rasmusson D. C. Optimal environments for yield testing, *Crop. Sci.*, 1978, No 5 (18), pp. 747–751.
6. Belarmino D. Inheritance of resistance to common bacterial blight (*Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*) disease and yield of common bean, *Master thesis*, Makerere University, 2015, No 2 (10), pp. 574–578
7. *Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur* (Methodology of state variety testing of crops), Moscow, Goskomissiya po sortoispytaniyu s. – kh. kul'tur, 1985, 269 p.
8. *Metodicheskie ukazaniya. Kolleksiya mirovykh geneticheskikh resursov zernovykh bobovykh VIR: popolnenie, sokhranenie i izuchenie* (Methodical instructions. Collection of World Genetic Resources of VIR Grain Legumes: Replenishment, Preservation and Study), Saint Petersburg, OOP Kopy-R. Grupp, 2010, 142 p.
9. *Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu obraztsov mirovoi kolleksii fasoli* (Guidelines for the study of samples of the world beans collection), Leningrad, 1987, 60 p.
10. Dospekhov B. A. *Metodika polevogo opyta* (Field Experience Technique), Moscow, 2014, 351 p.

ВЕТЕРИНАРИЯ и ЗООТЕХНИЯ

УДК 636.5: 616.98: 579.842.14

DOI:10.31677/2072-6724-2020-54-1-48-55

ЗАВИСИМОСТЬ УРОВНЯ ИНФИЦИРОВАННОСТИ САЛЬМОНЕЛЛАМИ В ПОПУЛЯЦИЯХ КУР ОТ АНТАГОНИСТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ LACTOBACILLACEAE И ENTEROCOCCACEAE В ОТНОШЕНИИ *SALMONELLA ENTERICA*

^{1,2}В.Н. Афонюшкин, кандидат биологических наук

¹Н.В. Давыдова, кандидат ветеринарных наук

²И.Н. Троменшлегер, инженер

²О.В. Мишукова, младший научный сотрудник

²Ю.Н. Козлова, кандидат биологических наук

¹В.С. Черепушкина, младший научный сотрудник

^{2,3}Т.Е. Миронова, лаборант-исследователь

³И.Ю. Клемешова, кандидат сельскохозяйственных наук

Ключевые слова: лактобактерии, сальмонелла, антагонистическая активность, куры

¹ Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН Новосибирск, Россия

² Институт химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН, Новосибирск, Россия

³ Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

E-mail: klemeshova-inna@mail.ru

Реферат. Антагонистическая активность лактобактерий в кишечнике в отношении различных энтеропатогенных микроорганизмов может варьировать в широких пределах, в т.ч. в зависимости от видового состава лактобиоты кишечника. Цель настоящей работы заключалась в определении антагонистической активности представителей отряда *Lactobacillales*, выделенных от кур на птицефабриках с разными уровнями инфицированности сальмонеллами. Тест-объектом являлись куры родительского стада и цыплята-бройлеры кроссов Ross 308 и Hubbard F-15 с пяти птицефабрик. Три птицефабрики характеризовались низким уровнем инфицированности птицы сальмонеллами (менее 5 % по клоакальным смывам в ПЦР и отсутствие выделения сальмонелл из пищевой продукции). Две птицефабрики отличались высоким уровнем инфицированности сальмонеллами (инфицированность птицы по клоакальным смывам более 10 % и официальное неблагополучие по сальмонеллезу ввиду выделения культур сальмонелл в пищевой продукции). Уровень инфицированности оценивали методом ПЦР в режиме реального времени после предварительного субкультивирования клоакальных смывов на бульоне Шэдлера. Антагонистическую активность лактобактерий и родственных видов бактерий, выделенных от этих же кур, проводили в тестах по сокультивированию на бульоне Шэдлера с последующим выявлением сальмонелл на RVS-бульоне. Птицефабрики с низким уровнем инфицированности сальмонеллами характеризовались наличием *L. reuteri* в качестве мажорного компонента лактобиоты кишечника и обладали более высокой антагонистической активностью в отношении большего числа культур сальмонелл (отношение шансов (OR) 17,33 (CI 95= 5,990–50,077)).

SALMONELLA INFECTION LEVEL IN CHICKEN POPULATIONS VERSUS ANTAGONISTIC ACTIVITY OF LACTOBACILLACEAE AND ENTEROCOCCACEAE AGAINST SALMONELLA ENTERICA

^{1,2} V.N. Afonyushkin, Candidate of Biological Sciences

¹ N.V. Davydova, Candidate of Veterinary Sciences

² I.N. Tromenschleger, Engineer

² O.V. Mishukova, Junior Researcher

² Y.N. Kozlova, Candidate of Biological Sciences

¹ V.S. Cherepushkina, Junior Researcher

^{2,3} T.E. Mironova, Research Assistant

³ I.Y. Klemeshova, Candidate of Agricultural Sciences

¹ Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnology RAS Novosibirsk, Russia

² Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine SB RAS, Novosibirsk, Russia

³ Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

Key words: lactobacilli, salmonella, antagonistic activity, hens

Abstract. *The antagonistic activity of lactobacilli in the intestine in relation to various enteropathogenic microorganisms can vary within wide limits, including depending on the species composition of the lactobiota of the intestine. The purpose of this work was to determine the antagonistic activity of representatives of the order Lactobacillales isolated from chickens in poultry farms with different levels of Salmonella infection. The test object was the chickens of the parent herd and broiler chickens of crosses Ross 308 and Hubbard F - 15 from five poultry farms. Three poultry farms were characterized by a low level of salmonella infection in birds (less than 5% for cloacal swabs in PCR and the absence of salmonella isolation from food products). Two poultry farms were characterized by a high level of Salmonella infection (poultry infection by cloacal swabs of more than 10% and official salmonellosis disadvantage due to isolation of Salmonella cultures in food products). The level of infection was evaluated by real-time PCR after preliminary subculture of cloacal swabs on Shadler's broth. The antagonistic activity of lactobacilli and related bacterial species isolated from the same chickens was carried out in co-cultivation tests on the Shadler broth with subsequent identification of salmonella on the RVS broth. Poultry farms with low Salmonella infection were characterized by the presence of L. reuteri as a major component of intestinal lactobiota and had a higher antagonistic activity against more Salmonella cultures (odds ratio (OR) 17.33 (CI 95 = 5.99-50.07776))*

Лактобактерии воспринимаются многими исследователями в качестве важнейшего компонента микробиоты кишечника, обеспечивающего в том числе устойчивость цыплят-бройлеров ко многим кишечным инфекциям. Антибиотическая и пробиотическая активность лактобактерий складывается из действия продуцируемых ими бактериоцинов, а также органических кислот, спиртов, перекисей и других метаболитов, накапливаемых ими в процессе роста и развития [1–4].

Важное значение в антагонистической активности лактобиоты кишечника кур в отношении сальмонелл имеет видовой состав представителей семейства Lactobacillaceae [4,

5]. Существует мнение, что антагонистическая активность лактобактерий в кишечнике в отношении различных энтеропатогенных микроорганизмов может варьировать в широких пределах, в т.ч. в зависимости от видового состава лактобиоты кишечника [5, 6].

Особый интерес вызывает *Lactobacillus reuteri* – широко распространенный, а в ряде случаев доминирующий компонент нормальной микрофлоры кишечника человека и животных, продуцирующий бактериоцин реутерин (3-гидроксипропиональдегид, 3-НРА) [7–9]. Реутерин является низкомолекулярным водорастворимым соединением и ингибирует бактериальный рост путем модификации ти-

оловых групп белков и малых молекул и индукции окислительного стресса [10].

Реутерин активен в отношении широкого спектра грамположительных и грамотрицательных бактерий, в том числе *Enterococcus*, *Streptococcus*, *Pediococcus*, *Collinsella*, *Listeria*, *Clostridium*, *Escherichia*, *Salmonella*, *Yersinia*, *Aeromonas*, *Helicobacter*, *Pseudomonas*, *Shigella* и *Campylobacter*, а также по отношению к ряду простейших, вирусов и грибов, обнаруживаемых в кишечнике млекопитающих и птицы [9, 11–13]. При этом бактерии обладают разной чувствительностью к реутерину (например, у молочнокислых бактерий она снижена) [14].

Таким образом, *L. reuteri* модулирует состав кишечной микрофлоры. Штаммы *L. reuteri* показали хороший потенциал для использования в качестве пробиотиков у человека и животных [7, 13, 15–17]. Для повышения эффективности пробиотиков, а также активации имеющейся нормальной микрофлоры используются пребиотики. В случае *L. reuteri* в качестве пребиотиков может быть использовано введение экзогенных источников глицерина, к которым относится большинство жиров, витамина B₁₂ в качестве кофактора фермента, синтезирующего реутерин, а также ингибиторов ферментов, принимающих участие в его деградации – например, 1,3-пропандиола и его структурных аналогов, более устойчивых к разрушению или более эффективно связывающихся с ферментом [15]. Другой перспективный механизм – использование соединений, переключающих метаболизм глицерина на синтез реутерина. Выявление таких соединений, а также их эффективных комбинаций позволит в дальнейшем разработать новый эффективный пребиотический или синбиотический комплекс для нормализации кишечной микрофлоры и профилактики инфекционных заболеваний сельскохозяйственной птицы.

Цель настоящей работы заключалась в определении антагонистической активности представителей отряда Lactobacillales, выделенных от кур на птицефабриках с разными уровнями инфицированности саль-

монеллами. Необходимо было выделить из кишечника кур на птицефабриках, благополучных и неблагополучных по сальмонеллезу, коллекцию лактобактерий, сальмонелл и энтерококков и оценить антагонистическую активность штаммов отрядов Lactobacillales и Enterococcaceae в отношении *Salmonella enterica*.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Тест-объектом являлись куры родительского стада и цыплята-бройлеры кроссов Ross 308 и Hubbard F-15 с пяти птицефабрик. Три птицефабрики характеризовались низким уровнем инфицированности птицы сальмонеллами (менее 5% по клоакальным смывам в ПЦР и отсутствие выделения сальмонелл из пищевой продукции). На двух других птицефабриках отмечен высокий уровень инфицированности сальмонеллами (инфицированность птицы по клоакальным смывам более 10% и официальное неблагополучие по сальмонеллезу ввиду выделения культур сальмонелл в пищевой продукции).

Ночные культуры лактобактерий разводили в среде MRS до 0,2 OD₆₀₀, инокулировали по 20 мкл на 200 мкл бульона Шэдлера и инкубировали 6 ч при 37°C. После инокулировали культуры сальмонелл. Культуры сальмонелл (суточные) ресуспендировали в LB-бульоне до 0,5 OD₆₀₀ (~4·10⁸ КОЕ/мл). Далее разводили в 10 раз и вносили по 20 мкл на 240 мкл (посевная доза ~3,3·10⁶ КОЕ/мл). В качестве контроля каждую культуру сальмонелл сеяли в лунки без образцов помета и образцы помета без добавления сальмонелл плюс контроли стерильности. Инкубировали 24 ч при 37°C. По 20 мкл содержимого лунок пересевали на планшеты с RVS-бульоном. Параллельно делали посев на микропланшет с селенитовым бульоном. Остальной материал замораживали для последующего выделения ДНК. Культуры сальмонелл использовали из этой же птицефабрики (11 культур).

Анализ уровня зараженности *S. enterica* кишечника кур проводили методом ПЦР

с предварительным обогащением проб путем культивирования в жидкой питательной среде по следующей схеме:

- пробы отбирали из клоаки;
- проводили посев кишечного содержимого в пептонную воду, после инкубации в течение 6 ч бактерии осаждали центрифугированием и из осадков выделяли ДНК общепринятым методом [8].

Для определения наличия сальмонелл использовали Real-time PCR с Taqman-зондом. В реакции использовали праймеры со следующими нуклеотидными последовательностями: Sm1b 5'-ATGGGAGCATATTCGTGGAGCAATG-3', Sm2u 5'-ATGGTCAAGGCTGAGGAAGGTA-CT-3 и флуоресцентный Taqman-зонд Sm3 FAM-5'-TGCTCGTAATTCGCCGCCATTGG-3' BHQ1 [7].

Данные обрабатывали статистически методом анализа четырехпольной таблицы.

Хи-квадрат и отношение шансов (Odds Ratio) рассчитывали общепринятыми методами. Уровень статистической значимости определяли по методу Фишера.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Инфицированность птицы сальмонеллами на разных птицефабриках варьирует в широких пределах и не укладывается в нормальное распределение, а это значит, что есть факторы, значимо влияющие на благополучие птицефабрик по сальмонеллезу. Инфицированность цыплят-бройлеров сальмонеллами условно неблагополучных бройлерных птицефабрик в среднем составляла 7,5 %, колебания инфицированности в птичниках варьировали от 0 до 15 %. Культуры лактобактерий, выделенные от кур на предпри-

Таблица 1

Доминирующий штамм лактобактерий на птицефабриках с различным уровнем инфицированности сальмонеллой

The dominant lactobacilli strain in poultry farms with different levels of Salmonella infection

Вид	Штамм	Номер птицефабрики
<i>Благополучные по сальмонеллезу птицефабрики</i>		
<i>L. reuteri</i>	5	1
<i>L. reuteri</i>	8	2
<i>L. salivarius</i>	58	-
<i>L. reuteri</i>	102	3
<i>L. reuteri</i>	103	3
<i>L. reuteri</i>	117	3
<i>Неблагополучные по сальмонеллезу птицефабрики</i>		
<i>Enterococcus</i> spp.	231	4
<i>Enterococcus</i> spp.	220	5
<i>Enterococcus</i> spp.	225	5
<i>L. salivarius</i>	227	5
<i>Enterococcus</i> spp.	229	5

ятиях с разным уровнем инфицированности сальмонеллезом, представлены в табл. 1.

Проведенный анализ показал, что критически важен видовой состав лактобактерий кишечника. Следует отметить, что доминирующим компонентом лактобиоты кишечника на благополучных птицефабриках была *L. reuteri*. На неблагополучных по сальмонеллезу птицефабриках *L. reuteri* не была обнаружена, а превалировали Enterococcaceae.

Антагонистическая активность микробиоты кишечника птицы в отношении сальмонелл – один из наиболее значимых факторов в ограничении инфицированности [4].

Из анализа четырехпольной таблицы, в которой оценивались частоты наличия и отсутствия противосальмонеллезной антагонистической активности культур лактобактерий в зависимости от уровня благополучия птицефабрики, следует, что отношение шансов

Таблица 2

Частоты наличия и отсутствия антагонизма *Lactobacillales* против сальмонеллы, *n*
Periodicity of the presence and absence of antagonism of *Lactobacillales* against *salmonella*, *n*

Наличие антагонистической активности	Птицефабрики, неблагополучные по сальмонеллезу	Птицефабрики, благополучные по сальмонеллезу
Есть	9	32
Нет	39	8

(OR) было 17,33 (CI 95= 5,990–50,077), хи-квадрат равнялся 32,89 ($P < 0,0001$) (табл. 2).

Таким образом, лактобактерии, являющиеся доминантным компонентом лактобиоты кишечника птиц на благополучных в отношении сальмонеллезов птицефабриках, чаще проявляли антагонистическую активность против сальмонелл. Риск выявления лактобактерий и родственных им бактерий, не обладающих противосальмонеллезной активностью, на неблагополучной по сальмонеллезу птицефабрике возрастает в 17,33

раза. Инфицированность птицы родительского стада сальмонеллами довольно высока для взрослой птицы, со сформированным иммунитетом, микрофлорой и после проведения вакцинопрофилактики.

Оценка антагонистической активности *in vitro* показала, что лактобактерии, выделенные от птицы заведомо неблагополучных по сальмонеллезу птицефабрик, характеризовались незначительным спектром антагонистической активности и могли подавлять от 50 до 0% культур сальмонелл (табл. 3).

Таблица 3

Антагонистическая активность представителей семейств *Lactobacillaceae* и *Enterococcaceae* в отношении *Salmonella enterica*

Antagonistic activity of representatives of *Lactobacillaceae* and *Enterococcaceae* against *Salmonella enterica*

Вид	Штамм	Доля ингибированных культур сальмонелл, %
<i>L. reuteri</i>	5	75
<i>L. reuteri</i>	8	100
<i>L. salivarius</i>	58	100
<i>L. reuteri</i>	102	87,5
<i>L. reuteri</i>	103	37,5
<i>L. reuteri</i>	117	37,5
<i>Enterococcus</i> spp.	231	50
<i>Enterococcus</i> spp.	220	12,5
<i>Enterococcus</i> spp.	225	12,5
<i>L. salivarius</i>	227	25
<i>Enterococcus</i> spp.	229	0

Культуры лактобактерий, выделенные на птицефабриках с низким уровнем инфицированности сальмонеллами, характеризовались существенно более высоким уровнем антагонистической активности в отношении сальмонелл, подавляя от 37,5 до 100% культур полевых изолятов сальмонелл.

В связи с тем, что таксономическая структура микробиоты кишечника птицы на разных птицефабриках не может быть идентич-

ной, то и тестирование антибактериальных, пробиотических и иных ветеринарных препаратов противосальмонеллезной направленности *in vitro* и в условиях вивария не может гарантировать воспроизведение положительных результатов на других птицефабриках. Разработка противосальмонеллезных мероприятий, нацеленных на снижение уровня инфицированности птицы, должна подразумевать эмпирический подбор препаратов и схем

применения в сочетании с лабораторной оценкой их эффективности. Последовательный выбор новых схем противосальмонеллезных мероприятий с большей эффективностью, чем предыдущая схема, создает более перспективные предпосылки для создания эпизоотического благополучия по сальмонеллезу птицы, чем необоснованный и случайный выбор из десятков существующих на рынке ветеринарных препаратов.

ВЫВОДЫ

1. Птицефабрики с низким уровнем инфицированности сальмонеллами характеризовались наличием *L. reuteri* в качестве мажорного компонента лактобиоты кишечника

и обладали более высокой антагонистической активностью в отношении большего числа культур сальмонелл (отношение шансов (OR) 17,33 (CI 95= 5,990–50,077)).

2. Представители отряда Lactobacillales, являющиеся мажорными видами лактобиоты кишечника кур на птицефабриках с высоким уровнем инфицированности сальмонеллами, характеризовались меньшей антагонистической активностью в отношении сальмонелл, также изолированных от кур.

Работа выполнена при поддержке КП ФНИ СО РАН «Микробиом человека и сельскохозяйственных животных. Изучение возможностей коррекции» (задание № 778–2018–0112 и № 0309–2018–011).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Павлова Н.В., Куржаев Ф.С., Лапинская Р. Значение нормальной микрофлоры пищеварительного тракта птиц для их организма // БИО. – 2002. – № 1. – С. 4–8.
2. Успешный выбор кормовых добавок для сельскохозяйственной птицы зависит от точного знания микрофлоры кишечника / Г.Ю. Лаптев, Л.А. Ильина, К.В. Нагорнова [и др.] // Intern. conf. «High-throughput sequencing in genomics». Novosibirsk. July 21–25. – 2013. – Р. 43.
3. Биологическая характеристика штаммов лактобацилл, перспективных в качестве эубиотиков/ Е.М. Горская, Н.Н. Лизько, А.А. Ленцнер [и др.] // Журн. микробиологии, эпидемиологии и иммунологии. – 1992. – № 3. – С. 17–20.
4. Антагонистическая активность лактобактерий из кишечника сельскохозяйственной птицы в отношении клинических изолятов *Salmonella enterica* / В.Н. Афонюшкин, И.Н. Троменшлегер, М.Л. Филипенко [и др.], // Бюл. экспериментальной биологии и медицины. – 2016. – № 6. – С. 757–760.
5. Casas I.A., Dobrogosz W.J. *Lactobacillus reuteri*: an overview of a new probiotic for humans and animals // Microecol. Therap. – 1997. – Vol. 25. – P. 221–31.
6. Механизмы биологической активности системы *Lactobacillus reuteri* – реутерин / В.Н. Афонюшкин, М.Л. Филипенко, А.Н. Ширшова [и др.] // Сиб. вестн. с-х науки. – 2013. – № 4. – С. 70–75.
7. Молекулярно-биологические методы контроля сальмонеллезов: метод. рекомендации / В.Н. Афонюшкин, Т.В. Сподырева, Ю.Г. Юшков, В.Ю. Коптев. – Новосибирск, 2011. – 63 с.
8. Production and isolation of reuterin, a growth inhibitor produced by *Lactobacillus reuteri* / T.L. Talarico, I.A. Casas, T.C. Chung, W.J. Dobrogosz // Antimicrob. Agents Chemother. – 1988. – Vol. 32, N 12. – P. 1854–1858.
9. Zhang D., Li R., Li J. *Lactobacillus reuteri* ATCC 55730 and L22 display probiotic potential in vitro and protect against Salmonella-induced pullorum disease in a chick model of infection // Res. Vet. Sci. – 2012. – Vol. 93, N. 1. – P. 366–373.
10. Comparative genome analysis of *Lactobacillus reuteri* and *Lactobacillus fermentum* reveal a genomic island for reuterin and cobalamin production / H. Morita, H. Toh, S. Fukuda [et al.] // DNA Res. – 2008. – Vol. 15, N 3. – P. 151–161.

11. *The antimicrobial compound reuterin (3-hydroxypropionaldehyde) induces oxidative stress via interaction with thiol groups* / L. Schaefer, T.A. Auchtung, K. E. Hermans [et al.] // *Microbiology*. – 2010. – Vol. 156, N. Pt 6. – P. 1589–1599.
12. *Inhibitory activity of reuterin, nisin, lysozyme and nitrite against vegetative cells and spores of dairy-related Clostridium species*/ M. Avila, N. Gomez-Torres, M. Hernandez, S. Garde // *Int. J. Food Microbiol.* – 2014. – Vol. 172. – P. 70–75.
13. *In vitro and in vivo characterization and strain safety of Lactobacillus reuteri NCIMB 30253 for probiotic applications*/ I. Sulemankhil, M. Parent, M.L. Jones [et al.] // *Can. J. Microbiol.* – 2012. – Vol. 58, N 6. – P. 776–87.
14. *Production of a Broad Spectrum Antimicrobial Substance by Lactobacillus reuteri* / T. Axelson, T. Chung, T. Dobrogosz, S. Lindgren // *Microb. Ecol. Health Dis.* – 1989. – Vol. 2, N 2. – P. 131–136.
15. *Evaluating the efficacy of an avian-specific probiotic to reduce the colonization of Campylobacter jejuni in broiler chickens*/ K. Ghareeb, W.A. Awad, M. Mohnl [et al.] // *Poult. Sci.* – 2012. – Vol. 91, N 8. – P. 1825–32.
16. *Современные методы контроля сальмонеллёза*/ В.Н. Афонюшкин, Е.В. Дударева, Л.И. Малахеева [и др.] // *Птицеводство*. – 2008. – № 9. – С. 43–44.
17. *Chemically induced mouse models of intestinal inflammation*/ S. Wirtz, C. Neufert, B. Weigmann, M. F. Neurath// *Nat. Protoc.* – 2007. – Vol. 2. – P. 541–546

REFERENCES

1. Pavlova N. V., Kirzhaev F. S., Lapinskajte R. *BIO*, 2002, No 1, pp. 4–8. (In Russ.)
2. Laptev G.YU., Il'ina L.A., Nagornova K. V., Nikonov I.N., Novikova N.I. *High-throughput sequencing in genomics*, Proceeding of Intern. Conference, Novosibirsk. July 21–25, 2013, 43 p. (In Russ.)
3. Gorskaya E. M., Liz'ko N.N., Lencner A. A., Bondarenko V. M., Sokolova K. Ya., Lihacheva A. Yu. *Zhurn. mikrobiol., epidemiol. i immunol.*, 1992, No 3, pp. 17–20. (In Russ.)
4. Afonyushkin V.N., Tromenshleger I. N., Filipenko M. L., Hrapov E. A., Dudareva E. V. *Byulleten' eksperimental'noj biologii i mediciny*, 2016, No 6, pp. 757–760. (In Russ.)
5. Casas I.A., Dobrogosz W.J. *Lactobacillus reuteri*, *Microecol. Therap.*, 1997, Vol 25, pp. 221–31.
6. Afonyushkin V.N., Filipenko M. L., Shreshova A. N., Maslov O. G. *Sibirskij vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki*, 2013, No 4, pp. 70–75. (In Russ.)
7. Afonyushkin V.N., Spodyreva T. V., Yushkov Yu. G., Koptev V. Yu. *Molecular biological methods for the control of salmonella*, Novosibirsk, 2011, 63 p.
8. Talarico T. L., Casas I. A., Chung T. C., Dobrogosz, W. J. Production and isolation of reuterin, a growth inhibitor produced by *Lactobacillus reuteri*, *Antimicrob. Agents Chemother.*, 1988, No 12 (32), pp. 1854–1858.
9. Zhang, D., Li, R., and Li, J. *Lactobacillus reuteri* ATCC 55730 and L22 display probiotic potential in vitro and protect against *Salmonella*-induced pullorum disease in a chick model of infection, *Res. Vet. Sci.*, 2012, No 1 (93), pp. 366–73.
10. Morita, H., Toh H., Fukuda S., Horikawa H., Oshima K., Suzuki T., Murakami M., Hisamatsu S., Kato Y., Takizawa T., Fukuoka H., Yoshimura T., Itoh K., O'Sullivan D.J., McKay L.L., Ohno H., Kikuchi J., Masaoka T., Hattori M. Comparative genome analysis of *Lactobacillus reuteri* and *Lactobacillus fermentum* reveal a genomic island for reuterin and cobalamin production, *DNA Res.*, 2008, No 3 (15), pp. 151–161.

11. Schaefer L., Auchtung T.A., Hermans K.E., Whitehead D., Borhan B., Britton R.A. The antimicrobial compound reuterin (3-hydroxypropionaldehyde) induces oxidative stress via interaction with thiol groups, *Microbiology*, 2010, No Pt 6 (156), pp. 1589–99.
12. Avila M., Gomez-Torres N., Hernandez M., Garde, S. Inhibitory activity of reuterin, nisin, lysozyme and nitrite against vegetative cells and spores of dairy-related *Clostridium* species, *Int. J. Food Microbiol.*, 2014, Vol 172, pp. 70–75.
13. Sulemankhil I., Parent M., Jones M.L., Feng Z., Labbe A., Prakash S. In vitro and in vivo characterization and strain safety of *Lactobacillus reuteri* NCIMB 30253 for probiotic applications, *Can. J. Microbiol.*, 2012, No 6 (58), pp. 776–87.
14. Axelsson T., Chung T., Dobrogosz T., Lindgren S. Production of a Broad Spectrum Antimicrobial Substance by *Lactobacillus reuteri*, *Microb. Ecol. Health Dis.*, 1989, No 2 (2), pp. 131–136.
15. Ghareeb K., Awad W.A., Mohnl M. Evaluating the efficacy of an avian-specific probiotic to reduce the colonization of *Campylobacter jejuni* in broiler chickens, *Poult. Sci.*, 2012, No 8 (91), pp. 1825–1832.
16. Afonyushkin V.N., Dudareva E. V., Malaheeva L.I., Frolova O. V., Shkred O. V., Filipenko M.L., Sovremennye metody kontrolya sal'monellyzo, *Pticevodstvo*, 2008, No 9, pp. 43–44. (In Russ.)
17. Wirtz S., Neufert C., Weigmann B., Neurath M. F., Chemically induced mouse models of intestinal inflammation, *Nat. Protoc.*, 2007, Vol 2, pp. 541–546.

СЕРОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ РЕКОМБИНАНТНЫХ БЕЛКОВ *BRUCELLA* SPP. В ДИАГНОСТИКЕ БРУЦЕЛЛЕЗА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА¹А.К. Булашев, доктор ветеринарных наук, профессор¹О.С. Акибеков, кандидат ветеринарных наук, ассоциированный профессор¹А.С. Сыздыкова, магистр технических наук¹Ж.А. Сураншиев, кандидат ветеринарных наук, доцент²С.З. Ескендинова, кандидат ветеринарных наук, доцент**Ключевые слова:** бруцеллез, крупный рогатый скот, рекомбинантные белки, диагностика, иммуноферментный анализ¹Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина,
Нур-Султан, Республика Казахстан²Национальный центр по биотехнологии, Нур-Султан, Республика Казахстан
E-mail: aytbay57@mail.ru

*Реферат. Одним из главных звеньев в системе мероприятий по ликвидации бруцеллеза является своевременное и достоверное выявление инфицированных животных. В серодиагностике этой болезни широко используются такие реакции, как РБП, РСК (РДСК) и РА. В последнее время находят свое применение и различные варианты иммуноферментного анализа (ИФА). Как в традиционных реакциях, так и в ИФА в качестве основного антигена выступают липополисахариды гладких штаммов *Brucella* spp., что затрудняет дифференциацию больных от вакцинированных против бруцеллеза животных. Кроме того, эти тесты не всегда дают объективные результаты из-за перекрестных реакций бруцелл с другими грамотрицательными бактериями. В этой связи заслуживают пристального внимания результаты исследований, посвященные определению диагностической ценности белковых компонентов патогена. В работе изучен диагностический потенциал рекомбинантных белков внешней мембраны (БВМ19, БВМ25, БВМ31) и периплазматического белка – супероксиддисмутазы (СОД) бруцелл в непрямом ИФА (НИФА). Результаты исследований показали, что коровы спустя 10 месяцев после ревакцинации шт. *B. abortus* 19 в 60 % случаев дают положительные реакции по РБП и НИФА на основе БВМ бруцелл, тогда как антитела в НИФА/СОД определяются лишь у 4 % поголовья. Около одной трети телят, содержащихся на полном подсосе вместе с ревакцинированными против бруцеллеза матерями, к 6 месяцам постнатального онтогенеза имели специфические антитела к БВМ бруцелл. Использование в НИФА отдельно взятых рекомбинантных белков снижало чувствительность теста при серологических исследованиях коров-матерей и их подсосных телят. В сыворотках крови серопозитивных коров из эпизоотических очагов бруцеллеза антитела к БВМ, а также СОД бруцелл детектировались в 96,7–100 % случаев. Таким образом, полученные результаты дают основание для продолжения исследований по определению серологического потенциала СОД в дифференциации *Brucella*-инфицированных от вакцинированных животных.*

**SEROLOGICAL POTENTIAL OF *BRUCELLA* SPP. RECOMBINANT PROTEINS
IN THE DIAGNOSIS OF CATTLE BRUCELLOSIS**¹ **A.K. Bulashev**, Doctor of Veterinary Sciences, Professor¹ **O.S. Akibekov**, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor¹ **A.S. Syzdykova**, Master of Engineering¹ **Zh.A. Suranshiyev**, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor² **S.Z. Eskendirova**, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor¹ **S. Seifullin** **Kazakh Agrotechnical University,
Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan**² **National Center for Biotechnology, Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan**

Key words: brucellosis, cattle, recombinant proteins, diagnostics, enzyme linked immunosorbent assay.

Abstract. One of the main links in the system of measures to eliminate brucellosis is the timely and reliable identification of infected animals. In the serodiagnosis of this disease, reactions such as RBPT, CFT (RCFT) and AT are widely used. Recently, various variants of ELISA tests find their application. Both in traditional reactions and in ELISA, lipopolysaccharides of smooth strains of Brucella spp. act as the main antigen, which complicates the differentiating infected from vaccinated animals. In addition, these tests do not always give objective results due to the cross-reactions of Brucella with other gram-negative bacteria. In this regard, the results of studies devoted to the determination of the diagnostic value of the protein components of the pathogen deserve close attention. The diagnostic potential of Brucella recombinant outer membrane proteins (OMP19, OMP25, OMP31) and the periplasmic protein - superoxide dismutase (SOD) in indirect ELISA was studied. The research results showed that cows 10 months after revaccination with B. abortus 19 in 60% of cases gave positive reactions by RBPT and indirect ELISA based on Brucella OMPs, while antibodies in indirect ELISA/SOD were detected only in 4% of the population. About one third of the suckling calves kept on with their mothers revaccinated against brucellosis had specific antibodies to Brucella OMPs by 6 months of postnatal ontogenesis. The use of individual recombinant proteins in indirect ELISA reduced the sensitivity of the test in serological studies of mother cows and their suckling calves. In serum of seropositive cows from epizootic foci of brucellosis, antibodies to Brucella OMPs as well as SOD were detected in 96.7-100% of cases. Thus, the obtained results provide the basis for further research to determine the serological potential of SOD in the differentiation of Brucella-infected from vaccinated animals.

Бруцеллез является одной из наиболее распространенных зоонозных инфекций, которая негативно влияет на продуктивность скота, а в случае заражения людей ведет к пожизненной инвалидности. Ежегодно в мире регистрируется более полумиллиона новых случаев бруцеллеза человека, хотя эта цифра считается заниженной. Республика Казахстан (РК), а также шесть других бывших советских республик (Кыргызстан, Таджикистан, Азербайджан, Туркменистан, Армения и Узбекистан) входят в число 25 стран с самой высокой заболеваемостью [1]. Эпизоотическая и эпидемическая обстановка по бруцеллезу продолжает оставаться слож-

ной и на территории Северо-Кавказского, Южного и Приволжского федеральных округов Российской Федерации [2].

Своевременное выявление животных, больных бруцеллезом, является ключевым элементом в системе мероприятий по ликвидации данной инфекции. Для этой цели в РК применяют серологические реакции, рекомендованные Всемирной организацией здоровья животных: РСК или РДСК, РБП и ИФА. В этих тестах в качестве основного антигена, взаимодействующего с патоген-специфичными антителами, выступают липополисахариды (ЛПС) клеточной стенки S-штамма бруцелл. В этой связи весьма трудно дифферен-

цировать животных, иммунизированных агглютиногенными вакцинами, от естественно инфицированных индивидуумов. Более того, традиционные тесты, основанные на использовании S-ЛПС цельной клетки бруцелл, не всегда дают надежные результаты из-за перекрестной реактивности с другими грамотрицательными бактериями [3]. Поэтому в последние годы исследователи, занимающиеся разработкой бруцеллезных диагностикумов, все более пристальное внимание уделяют белковым антигенам патогена [4].

Достижения в области технологии рекомбинантных ДНК позволили изучить возможности использования белков *Brucella* spp. в качестве антигенов, чтобы избежать биологических опасностей, связанных с использованием живых штаммов. Кроме того, тесты на основе рекомбинантных белков бруцелл позволяют улучшить стандартизацию анализа по сравнению с более сложными цельноклеточными антигенными препаратами и преодолевать ограничения, связанные с использованием ЛПС [5]. Имеется сообщение о том, что непрямой ИФА (нИФА) на основе комбинированного антигена, состоящего из рекомбинантных белков внешней мембраны (БВМ) бруцелл с молекулярной массой 25, 28 и 31 кДа, способен дифференцировать зараженных мышей от аналогов, иммунизированных *Brucella melitensis* Rev1 [6]. Однако до сих пор нет единого мнения о возможности использования рекомбинантных белков бруцелл для дифференциации постинфекционных и поствакцинальных антител, выработанных иммунизированными сельскохозяйственными животными, в частности, крупным рогатым скотом. Кроме того, представляет большой теоретический и практический интерес серологическая реактивность молодняка мясных пород при содержании их под коровами, вакцинированными (ревакцинированными) против бруцеллеза.

Целью нашего исследования было определение серологического потенциала некоторых рекомбинантных белков в нИФА при исследовании крупного рогатого скота на бруцеллез.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Рекомбинантные белки бруцелл. В работе были использованы рекомбинантные белки, полученные в наших предыдущих исследованиях: БВМ25 *B. abortus* и БВМ31 *B. melitensis* [7], БВМ19 *B. abortus* [8] и периплазматический белок – супероксиддисмутаза (СОД) бруцелл [9].

Сыворотки крови. 152 сыворотки крови коров, серопозитивных на бруцеллез, были любезно предоставлены Республиканским государственным предприятием «Национальный референтный центр по ветеринарии» (НРЦВ) МСХ РК, а 253 образца крови были взяты у крупного рогатого скота казахской белоголовой породы крестьянского хозяйства (КХ) «Мереке» (Бухар-Жырауский район Карагандинской области, РК), благополучного по бруцеллезу, среди которых 151 сыворотка принадлежала коровам, а оставшиеся 102 – 6-месячным телятам, находящимся на подсосе под матерями. Коровы были вакцинированы в 2015 г. в 5–6-месячном возрасте подкожно полной дозой вакцины (80 млрд кл.) *B. abortus* 19 и в последующие три года ежегодно подвергались ревакцинации этой же вакциной конъюнктивально в дозе 8 млрд кл.

Определение противобруцеллезных антител в нИФА. Лунки полистиролового планшета (Thermo Fisher Scientific, США) покрывали отдельно рекомбинантными белками бруцелл. После отмывки твердой фазы в четырех лунках готовили разведения исследуемых образцов сывороток крови в забуференном физиологическом растворе с добавлением 0,05% твина-20 (Sigma-Aldrich, США), начиная с разведения 1:100. Далее планшет инкубировали в течение 1 ч и после процедуры отмывки в лунки вносили антибычий IgG, антитела, меченные пероксидазой хрена (Sigma-Aldrich, США). Результаты реакций проявляли с помощью субстрата фермента ортофенилендиамина (Sigma-Aldrich, США). Реакцию считали положительной, если показатель оптической плотности (ОП) иссле-

дуемой сыворотки в 2 и более раз превышал среднее значение ОП негативного контроля в разведении 1:100. В качестве негативного контроля были использованы сыворотки крови трех быков-производителей этого же хозяйства, не вакцинированных против бруцеллеза.

Постановку роз-бенгал пробы осуществляли по методике, описанной в инструкции изготовителя (НПП «Антиген», Алматы, РК).

Статистическую обработку серологических исследований проводили по методике, описанной Т.С. Сайдулдиным [10]. Коэффициенты корреляции между результатами различных вариантов нИФА определялись с использованием пакета прикладных программ Microsoft Office Excel 2007 для Windows 7.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Диагностический потенциал рекомбинантных белков был испытан на образцах сывороток крови крупного рогатого скота благополучной фермы, использующей вакцинацию против бруцеллеза, и на положительных сыворотках крови коров из хозяйств, где бруцеллез был диагностирован в ходе плановых исследований районными ветеринарными лабораториями и подтвержден НРЦВ РК.

В табл. 1 показаны результаты исследований сывороток крови 151 коровы КХ «Мереке» в РБП и нИФА на анти-*Brucella* антитела через 10 месяцев после третьей ревакцинации шт. *B. abortus* 19.

Из табл. 1 видно, что более чем у половины поголовья (61–62%), реиммунизированной

Таблица 1

Результаты серологических исследований ревакцинированных коров благополучной по бруцеллезу фермы (n=151)

The results of serological studies of revaccinated cows of a brucellosis-free farm (n = 151)

Показатель	РБП	нИФА на основе рекомбинантных белков <i>Brucella</i> spp.			
		БВМ19	БВМ25	БВМ31	СОД
Количество животных с положительными результатами, гол. (%)	96 (63,5)	92 (60,9)	64 (42,4)	93 (61,6)	6 (4,0)
Титры антител против рекомбинантных белков	-	1:280 (+4,2; –4,0)	1:250 (+5,0; –4,8)	1:210 (+3,5; –3,3)	1:130 (+4,2; –4,0)

ванного агглютиногенным штаммом бруцелл, антитела выявлялись в РБП, нИФА/БВМ31 и нИФА/БВМ19 через 10 месяцев после вакцинации. В сыворотках крови 42 (27,8%) голов не были обнаружены антитела, специфичные хотя бы к одному из 4 рекомбинантных белков. У некоторых животных антитела связывались с одним из белков, но не «узнавали» другие. Иными словами, использование отдельно взятого белка снижало чувствительность иммуноанализа. Приведенные выше данные недвусмысленно свидетельствуют о том, вакцинированный крупный рогатый скот вырабатывает антитела к белковым антигенам бруцелл. Этот факт не согласуется с результатами I. Ahmed et al., которые на мышинной модели сделали заключение о том,

что нИФА на основе БВМ способен обнаружить постинфекционные антитела против *B. melitensis* 0331, но не выявляет вакцинальные (*B. melitensis* Rev1) [6]. Это противоречие объясняется, по всей вероятности, тем, что иммунный ответ организма на антигены бруцелл может иметь видовые различия. Тем не менее обращает на себя внимание низкая антигенность периплазматического белка СОД для вакцинированных коров: антитела к нему были детектированы лишь у 4% иммунных животных.

Результаты корреляционного анализа между результатами серологических реакций показаны в табл. 2.

Прямая сильная связь с коэффициентом корреляции 0,70 по шкале Чеддока уста-

Таблица 2

Корреляционная связь (r) между показаниями РБП и нИФА
Correlation (r) between BPP and indirect ELISA readings

Серологические тесты	РБП	нИФА/БВМ19	нИФА/БВМ25	нИФА/БВМ31	нИФА/СОД
РБП	1,00	0,01	0,10	0,08	0,09
нИФА/БВМ19	0,01	1,00	0,38	0,70	0,17
нИФА/БВМ25	0,10	0,38	1,00	0,35	0,24
нИФА/БВМ31	0,08	0,70	0,35	1,00	0,16
нИФА/СОД	0,09	0,17	0,24	0,16	1,00

новлена между результатами нИФА/БВМ19 и нИФА/БВМ31. Умеренная зависимость наблюдается между показаниями нИФА/БВМ19 – нИФА/БВМ25 (0,38) и нИФА/БВМ31 – нИФА/БВМ25 (0,35).

Результаты серологических исследований 6-месячных телят-сосунов под иммунными коровами-кормилицами (табл. 3) свидетельствуют о том, что в крови телят обнаруживались антитела ко всем использованным рекомбинантным белкам бруцелл в нИФА, хотя ни в одном случае не получена положительная РБП.

Активность антител молодняка в нИФА на фоне отсутствия сыровороточных агглютининов говорит о том, что телята через молоко иммунизировались клетками вакцинного штамма *B. abortus* 19 и/или его дериватами, а именно белковыми компонентами. Образование иммунной системой телят антител против белков клеточной стенки бруцелл можно объяснить большей иммуногенностью их по сравнению с антигенами полисахаридной природы. Антибелковые антитела не в состоянии вызывать агглютинацию клеток в РБП, поскольку БВМ экранируются ЛПС, а СОД локализуется в периплазматическом простран-

Таблица 3

Результаты серологических исследований подсосных телят на противобруцеллезные антитела (n=102)
The results of serological studies of suckling calves for anti-brucellosis antibodies (n = 102)

Показатель	РБП	нИФА на основе рекомбинантных белков <i>Brucella</i> spp.			
		БВМ19	БВМ25	БВМ31	СОД
Количество животных с положительными результатами, гол. (%)	0	32 (31,4)	29 (28,4)	28 (27,5)	17 (16,6)
Титры антител против рекомбинантных белков	-	1:170 (+3,5; -3,3)	1:130 (+2,8; -2,7)	1:170 (+3,5; -3,3)	1:110 (+2,1; -2,1)

стве. Не исключается, что эти антитела могут быть и неполными, т.е. моновалентными. Такие результаты являются доказательством того, что *B. abortus* 19 элиминируется из организма животного более длительное время, нежели считалось ранее, и антигены бруцелл, попадая с молоком в организм телят, вызывают развитие иммунного ответа.

Длительная выживаемость вакцинных штаммов бруцелл в организме животных доказана с помощью современных методов молекулярной биологии. Так, например, аттенуированные штаммы, в том числе *B. abortus* 19, могут выделяться с молоком вакциниро-

ванных коров [11]. Персистенция бруцелл в организме связана, в первую очередь, с неспособностью макрофагов и дендритных клеток лизировать возбудителя внутри фагосом, что приводит к образованию бруцеллосодержащих вакуолей и, следовательно, к их репликации внутри клеток хозяина [12]. Более того, бруцеллы могут не только обойти иммунные факторы хозяина, но и приспособиться к внутриклеточной выживаемости как в фагоцитарных, так и в нефагоцитарных клетках [13].

Таким образом, можно допустить, что в организм подсосных телят с молоком вак-

цинированных коров могут поступать антигенные компоненты шт. *B. abortus* 19, которые стимулируют иммунную систему на синтез специфических антител. Антитела ко всем рекомбинантным белкам были обнаружены нами в нИФА у 5 (4,9%) телят, тогда как ни один из использованных белков не обладал антигенностью по отношению к антителам сывороток крови 38 (37,3%) голов. Наиболее антигенными белками оказались БВМ19 и БВМ31, против которых антитела в титрах от 1:400 до 1:800 обнаруживались у 17,6 и 9,8% телят соответственно. В указанных разведениях сывороток крови положительная реакция на БВМ25 и СОД отмечалась только у 3,9 и 0,9% голов соответственно. Необходимо отметить относительно большую долю телят, нежели коров, реагирующих на СОД-антиген (16,6 против 4%), что можно объяснить возможностью приема одной коровой нескольких телят-сосунов.

Как и при серологических исследованиях коров, тестирование телят в нИФА на основе отдельно взятого белка бруцелл снижало чувствительность анализа из-за пропуска антител, специфичных к другим белкам. Эти данные дают основание предполагать, что антиген, состоящий из комбинации нескольких рекомбинантных белков *Brucella*, позволит иммуноанализу полнее выявлять противобруцеллезные антитела.

Изучение корреляционной связи между результатами различных вариантов иммуноанализа сывороток крови телят показало, что имеется умеренная положительная связь между показаниями нИФА/БВМ25 – нИФА/БВМ31 (0,45); нИФА/СОД – нИФА/БВМ31 (0,45); нИФА/СОД – нИФА/БВМ25 (0,32)

и нИФА/БВМ19 – нИФА/БВМ25 (0,32). Следует отметить, что между двумя последними вариантами нИФА была установлена зависимость и при анализе сывороток крови коров-матерей ($r = 0,38$). Таким образом, почти одна треть поголовья телят-сосунов к 6-му месяцу жизни имела специфические антитела к белкам бруцелл. Эти антитела могут создавать иммунитет у молодняка против бруцеллеза, поскольку доказаны протективные свойства антител, специфичных к БВМ19, БВМ25, БВМ31 и СОД бруцелл [14].

В этой связи изменение, внесенное в ветеринарные (ветеринарно-санитарные) правила (приказ МСХ РК № 206 от 23.05.2019), предусматривающее диагностическое исследование на бруцеллез крупного рогатого скота благополучных пунктов начиная с 12-месячного возраста, имеет под собой научную основу, особенно в случае применения его в мясном скотоводстве. К этому сроку уровень специфических антител у молодняка, выращенного на подсосе под вакцинированными (ревакцинированными) коровами, по всей вероятности, будет незначительным из-за давности отъема от матерей и, следовательно, прекращения антигенного стимула.

Антигенность (реактивность) рекомбинантных белков была весьма высокой к антителам серопозитивных коров из новых эпизоотических очагов (табл. 4).

Агглютинирующие антитела в РБП были обнаружены у всего поголовья. Показания этой пробы полностью подтвердились результатами нИФА/БВМ19 и нИФА/БВМ25, и лишь 3,3–5,3% животных, серопозитивных по РБП, не имели антител, специфичных к БВМ31 и СОД.

Таблица 4

Результаты серологических исследований коров из неблагополучных по бруцеллезу ферм (n=152)
The results of serological studies of cows from dysfunctional brucellosis farms (n = 152)

Показатель	РБП	нИФА на основе рекомбинантных белков <i>Brucella</i> spp.			
		БВМ19	БВМ25	БВМ31	СОД
Количество животных с положительными результатами, гол. (%)	152 (100)	152 (100)	152 (100)	146 (96,7)	146 (96,7)
Титры антител против рекомбинантных белков	-	1:280 (+2,1; –2,1)	1:370 (+2,1; –2,1)	1:350 (+2,8; –2,7)	1:250 (+2,1; –2,1)

Сравнивая результаты нИФА коров из благополучного и неблагополучного пунктов, можно заметить различный характер гуморального ответа животных на использованные белки бруцелл. Так, если антитела против БВМ у поголовья благополучной фермы, трижды ревакцинированного шт. *B. abortus* 19, обнаруживались через 10 месяцев со дня последней иммунизации в 42–62% случаев, то у серопозитивных коров из эпизоотических очагов специфические антитела детектировались в 97–100% случаев, причем, средние титры антител у крупного рогатого скота благополучной фермы против БВМ25, БВМ31 и СОД (1:250, 1:210 и 1:130 соответственно) были достоверно ниже, чем у животных из новых эпизоотических очагов (1:370, 1:350 и 1:250 соответственно; $P < 0,05$). Более того, использование СОД позволило выявить специфические антитела у 96,7% коров этой группы, тогда как среди ревакцинированных животных из благополучной фермы всего 4% поголовья показали положительный результат в нИФА/СОД. В нашей предыдущей работе СОД бруцелл не был реактивен в сыворотке крови скота благополучной фермы, а антитела к данному белку детектировались лишь у 14% коров из неблагополучного пункта [15]. Эти различия, видимо, связаны с периодами развития инфекционного процесса. Неоспоримым является то, что инфицированные и вакцинированные против бруцеллеза

коровы существенно отличаются по характеру антителообразования к СОД.

ВЫВОДЫ

1. Коровы казахской белоголовой породы спустя 10 месяцев после ревакцинации шт. *B. abortus* 19 (время наблюдения) в 60% случаев дают положительные реакции по РБП и нИФА на основе БВМ19 и/или БВМ31, тогда как антитела в нИФА/СОД определяются лишь у 4% поголовья.

2. Около одной трети телят (27,5–31,4%), содержащихся на полном подсосе вместе с ревакцинированными против бруцеллеза матерями, к 6-му месяцу жизни имеют специфические антитела к БВМ бруцелл.

3. Использование в нИФА отдельно взятых рекомбинантных белков бруцелл снижает чувствительность теста при серологических исследованиях крупного рогатого скота благополучного хозяйства.

4. В сыворотках крови серопозитивных коров из эпизоотического очага бруцеллеза антитела к БВМ, а также периплазматическому белку СОД детектируются в 96,7–100% случаев.

5. Диагностическая ценность СОД *Brucella* spp. в дифференциации инфекционных антител от вакцинальных может быть окончательно определена путем постановки эксперимента на крупном рогатом скоте.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *The new global map of human brucellosis* / G. Pappas, P. Papadimitriou, N. Akritidis [et al.] // *Lancet Infectious Diseases*. – 2006. – Vol. 6, N 2. – P. 91–99.
2. *Обзор эпизоотологической и эпидемиологической ситуации по бруцеллезу в Российской Федерации в 2017 г. и прогноз на 2018 г.* / Д. Г. Пономаренко, Д. В. Русанова, Т. В. Бердникова [и др.] // *Проблемы особо опасных инфекций*. – 2018. – Ч. 2. – С. 23–29.
3. *Crossreactivity in serological tests for brucellosis: a comparison of immune response of Escherichia coli O157: H7 and Yersinia enterocolitica O:9 vs Brucella spp.* / B. Bonfini, G. Chiarenza, V. Paci [et al.] // *Veterinaria Italiana*. – 2018. – Vol. 54, N 2. – P. 107–114.
4. *Brucella melitensis* VirB12 recombinant protein is a potential marker for serodiagnosis of human brucellosis / S. Mirkalantari, A. Zarnani, M. Nazari [et al.] // *Ann. Clin. Microbiol. Antimicrob.* – 2017. – Vol. 16, N 8. – <https://doi.org/10.1186/s12941-017-0182-4>.

5. *Recombinant* proteins as antigens in serological diagnosis of brucellosis / M. Navarro-Soto, A. Morales-Loredo, G. Álvarez-Ojeda [et al.] // Updates on Brucellosis / M.M. Baddour (ed.). Intech. Open, Croatia, 2015. – P. 161–169.
6. *Serological* diagnostic potential of outer membrane proteins (rOMPs) from *Brucella melitensis* in mouse model using indirect enzyme-linked immunosorbent assay / I. Ahmed, S. Khairani-Bejo, L. Hassan [et al.] // BMC Veterinary Research. –2015. – Vol. 11. – P. 275.
7. *Immunogenicity* and antigenicity of *Brucella* recombinant outer membrane proteins / A. Bulashev, T. Jakubowski, K. Tursunov [et al.] // Veterinarija Zootechnika. – 2018. – Vol.76, N 98. – P.17–24.
8. Получение штамма продуцента рекомбинантного БВМ19 *Brucella abortus* и изучение его антигенности / А.К. Булашев, К.Т. Турсунов, Ж.К. Каирова [и др.] // Вестн. КазАТУ им. С. Сейфуллина. – 2018. – Вып. 3, № 98. – С. 117–127.
9. *Expression*, purification and immunochemical characterization of recombinant OMP28 protein of *Brucella species* / Y. Manat, A. Shustov, E. Evtehova [et al.] // Open Veterinary Journal. – 2016. – Vol.6, N 2. – P. 71–77.
10. Сайдулдин Т.С. Статистическая обработка результатов серологических реакций // Ветеринария. – 1981. – № 7. – С. 62–66.
11. *Screening Brucella* spp. in bovine raw milk by real-time quantitative PCR and conventional methods in a pilot region of vaccination, Edirne, Turkey / F. Kaynak-Onurdag, S. Okten, B. Sen // Journal of Dairy Science. – 2016. – Vol. 99, N 5. – P. 3351–3357.
12. *An evolutionary* strategy for a stealthy intracellular *Brucella* pathogen / A. Martirosyan, E. Moreno, J.P. Gorvel // Immunol. Rev. – 2011. – Vol. 240. – P. 211–234.
13. *Pathogenesis* and immunobiology of brucellosis: review of *Brucella*-host interactions / P. de Figueiredo, T.A. Ficht, A. Rice-Ficht [et al.] // Am. J. Pathol. – 2015. – Vol.185. – P. 1505–1517.
14. *Lalsiamthara J., Lee J. H.* Development and trial of vaccines against *Brucella* // Vet. Sci. – 2017. – Vol.18, N 1. – P. 281–290.
15. Изучение антигенности белков бруцелл в иммуноферментном анализе / А.К. Булашев, О.С. Акибеков, А.С. Сыздыкова [и др.] // Вестн. НГАУ. – 2019. – № 1 (50). – С. 92–100.

REFERENCES

1. Pappas G., Papadimitriou P, Akritidis N. The new global map of human brucellosis, *Lancet Infectious Diseases*, 2006, No 2 (6), pp.91–99.
2. Ponomarenko D.G., Rusanova D.V., Berdnikova T.V., Khachaturova A.A., Manin E.A., Kulichenko A.N. *Problemy osobo opasnykh infektsii*, 2018, Ch. 2, pp. 23–29. (In Russ.)
3. Bonfini B., Chiarenza G., Paci V., Sacchini F. Crossreactivity in serological tests for brucellosis: a comparison of immune response of *Escherichia coli* O157: H7 and *Yersinia enterocolitica* O:9 vs *Brucella* spp, *Veterinaria Italiana*, 2018, No 2 (54), pp.107–114.
4. Mirkalantari S., Zarnani A., Nazari M. *Brucella melitensis* VirB12 recombinant protein is a potential marker for serodiagnosis of human brucellosis, *Ann Clin. Microbiol. Antimicrob.*, 2017, No 8 (16), available at: <https://doi.org/10.1186/s12941-017-0182-4>
5. Navarro-Soto M., Morales-Loredo A., Álvarez-Ojeda G. Recombinant proteins as antigens in serological diagnosis of brucellosis Baddour M.M. (editor) Updates on Brucellosis, Rijeka, Croatia, Intech Open, 2015, pp. 161–169.
6. Ahmed I., Khairani-Bejo S., Hassan L. Serological diagnostic potential of outer membrane proteins (rOMPs) from *Brucella melitensis* in mouse model using indirect enzyme-linked immunosorbent assay, *BMC Veterinary Research*, 2015, I. 11, 275 p.
7. Bulashev A., Jakubowski T., Tursunov K. Immunogenicity and antigenicity of *Brucella* recombinant outer membrane proteins, *Veterinarija Zootechnika*, 2018, No 98 (76), pp.17–24.

8. Bulashev A. K., Tursunov K. T., Kairova Zh. K., Syzdykova A., *Vestnik KazATU im. S. Seifullina*, 2018, No 8 (3), pp. 117–127. (In Russ.)
9. Manat Y., Shustov A., Evtekhova E. Expression, purification and immunochemical characterization of recombinant OMP28 protein of *Brucella* species, *Open Veterinary Journal*, 2016, No 2 (6), pp. 71–77.
10. Saidul'din T. S. *Veterinariya*, 1981, No 7, pp. 62–66. (In Russ.)
11. Kaynak-Onurdag F., Okten S., Sen B. Screening *Brucella* spp. in bovine raw milk by real-time quantitative PCR and conventional methods in a pilot region of vaccination, Edirne, Turkey, *Journal of Dairy Science*, 2016, No. 5 (99), pp. 3351–3357.
12. Martirosyan A., Moreno E., Gorvel J. P. An evolutionary strategy for a stealthy intracellular *Brucella* pathogen, *Immunol. Rev.*, 2011, Vol. 240, pp. 211–234.
13. P. de Figueiredo, Ficht T. A., Rice-Ficht A., Rossetti C. A., et al. Pathogenesis and immunobiology of brucellosis *Brucella*-host interactions, *Am. J. Pathol.*, 2015, Vol. 185, pp. 1505–1517.
14. Lalsiamthara J., Lee J. H. Development and trial of vaccines against *Brucella*, *Vet Sci.*, 2017, No. S1 (18), pp. 281–290.
15. Bulashev A. K., Akibekov O. S., Syzdykova A. S., Suranshiev Zh. A., Tursunov K. A., Eskendirova S. Z., *Vestnik nauki Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2019, No 1 (50), pp. 92–100.

РАЗВИТИЕ ВОСПАЛИТЕЛЬНОЙ РЕАКЦИИ У ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МИКОТИЧЕСКОЙ ИНФЕКЦИИ И ИММОБИЛИЗАЦИОННОМ СТРЕССЕ

¹Л.И. Дроздова, доктор ветеринарных наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ

¹Л.И. Тимина, кандидат биологических наук

²Н.М. Семенихина, кандидат ветеринарных наук

¹Уральский государственный аграрный университет,
Екатеринбург, Россия

²Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия

E-mail: drozdova43@mail.ru

Ключевые слова: микология, микромицет, пенициллез, лабораторные животные, мыши, биологические модели, стресс, воспаление, иммобилизационный стресс, патанатомия

*Реферат. Представлены данные о способах моделирования полиэтиологического стресса у лабораторных мышей и его влиянии на развитие воспалительной реакции и характер патолого-анатомических изменений. На первом этапе у двух групп животных был смоделирован полиэтиологический стресс. Для этого животных заражали микромицетом внутрибрюшинно и оставляли в неподвижном состоянии по несколько часов в день. После этого проводили оценку заражения путем обнаружения микромицета в периферической крови животных. На втором этапе изучали степень возникновения и характер патолого-анатомических изменений при разных способах введения микромицета. Было отмечено, что в результате одновременного воздействия двух стрессовых факторов микромицет в периферической крови выявлялся на 8-е сутки исследования. В то же время влияние одного стресс-фактора приводило к генерализации процесса только на 17-е сутки. При разных способах заражения у лабораторных мышей были выявлены характерные изменения во внутренних органах, которые у всех групп животных были представлены в основном в виде единичных и множественных абсцессов различной локализации, а также свищей в левой каудальной части брюшины. Абсцессы в области левого предплечья были заполнены характерным гнойным содержимым: творожистая масса светло-серого цвета с неприятным запахом либо без запаха. Данные патолого-анатомические изменения отмечали у 90 % животных от общего их количества в эксперименте. Введение *P. cyslorium* с последующим воздействием на организм белых мышей ИМО-стресса приводит к 100 %-й гибели животных на 1–2-е сутки от начала стрессирования. Животные, которым только вводили *P. cyslorium*, оставались живы до конца исследования.*

DEVELOPMENT OF AN INFLAMMATORY RESPONSE IN LABORATORY ANIMALS AT EXPERIMENTAL MYCOTIC INFECTION AND IMMOBILIZATION STRESS

¹**L.I. Drozdova**, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation

¹**L.I. Timina**, Candidate of Biological Sciences

²**N.M. Semenikhina**, Candidate of Veterinary Sciences

¹ **Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia**

² **Altai State University, Barnaul, Russia**

Key words: mycology, mycomycet, penicillosis, laboratory animals, mice, biological models, stress, inflammation, immobilization stress, pathology

Abstract: The data on the methods of modeling polyetiological stress in laboratory mice and its effect on the development of the inflammatory response and the nature of pathological and anatomical changes are presented. At the first stage, two groups of animals simulated polyetiological stress. For this, the animals were infected with micromycete intraperitoneally and left stationary for several hours a day. After that, infection was assessed by detecting micromycete in the peripheral blood of animals. At the second stage, the degree of occurrence and the nature of pathological and anatomical changes were studied with different methods of micromycete administration. It was noted that as a result of the simultaneous exposure to two stress factors, micromycetes in the peripheral blood were detected on the 8th day of the study. At the same time, the influence of one stress factor led to the generalization of the process only on the 17th day. With different methods of infection in laboratory mice, characteristic changes were revealed in the internal organs, which in all groups of animals were represented mainly as single and multiple abscesses of different localization, as well as fistulas in the left caudal part of the peritoneum. Abscesses in the region of the left forearm were filled with characteristic purulent contents: a curdled mass of light gray with an unpleasant odor or odorless. These pathological and anatomical changes were noted in 90% of the animals of their total number in the experiment. The introduction of R. syclopium followed by the exposure of white mice to IMO stress leads to 100% death of animals on days 1-2 from the onset of stress. Animals that were only injected with P. cyclopium remained alive until the end of the study.

В настоящее время стрессы остаются актуальной проблемой животноводства. Наиболее часто к возникновению такого состояния у сельскохозяйственных животных приводят технологические процедуры, такие как частые перегруппировки, транспортировки, передвижения по конвейеру со сменой рациона и микроклимата, ранний отъем молодняка, гиподинамия и другие факторы [1].

Микроорганизмы – возбудители болезней также рассматриваются с позиции стрессового воздействия. Вирусы, микробы, грибы и простейшие в нормальных условиях и при высокой резистентности животных находятся в организме постоянно и не вызывают патологических изменений. Однако при нарушении условий содержания и кормления, а также при снижении резистентности и иммунологической реактивности они способны вызвать дис-

бактериоз, а условно-патогенные микроорганизмы приобретают вирулентные свойства.

Одними из наиболее частых этиологических агентов, способных индуцировать заболевание, являются условно-патогенные микроорганизмы грибковой природы (микромикеты). Самыми распространенными из них являются плесневые грибы рода *Penicillium* [2].

Одновременное или последовательное воздействие двух или нескольких стрессоров, один из которых обусловлен попаданием в организм условно-патогенной микрофлоры, например микромикетов, приводит к повышению чувствительности и очень сильной стрессовой реакции. Развивается так называемый полиэтиологический стресс, в процессе которого у животных интенсифицируются процессы распада в обмене веществ, прекращается рост молодняка, уменьшается масса тела взрослых живот-

ных, возникает ареактивное состояние, истощение жизненных сил и гибель животного [3, 4].

Патологический процесс начинается с появления первых клинических признаков болезни. Он складывается из ухудшения здоровья, уменьшения продуктивности сельскохозяйственных животных всех видов и возрастов, снижения плодовитости и качества продукции. Ухудшение здоровья обусловлено снижением уровня общей резистентности организма и необходимостью приспособления к новым условиям существования [5].

Несмотря на то, что полиэтиологический стресс – явление довольно частое в современном животноводстве, изучен он недостаточно и возникает чаще всего при интенсивном ведении промышленного животноводства, предусматривающем максимальное использование биологического потенциала сельскохозяйственных животных.

Цель работы – изучить особенности развития воспалительной реакции при сочетанном стрессе, обусловленном экспериментальной грибковой инфекцией у лабораторных мышей на фоне психоэмоционального иммобилизационного стресса.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Экспериментальная работа выполнена с использованием беспородных белых мышей-самцов массой 18–22 г. Животные содержались в соответствии со стандартом GLP (принципы надлежащей лабораторной практики) [6–8].

На первом этапе исследования у лабораторных мышей моделировали инфекционный процесс путем однократного внутрибрюшинного введения культуры микромицета *Penicillium cyclopium* в дозе $183,0 \cdot 10^6$ клеток. В качестве психоэмоциональной нагрузки применяли экспериментальную модель иммобилизационного стресса, которая часто используется для исследования характера дисфункции иммунной системы при воздействии экстремальных факторов [9, 10].

Для первого этапа исследований животных разделили на три группы по 10 голов: 1-ю

группу составили животные, у которых моделировали иммобилизационный стресс, а затем вводили возбудитель. Продолжительность стрессирования белых мышей составила 8 суток по 7 ч ежедневно. Животным 2-й группы вводили *P. cyclopium* без использования стрессирующего фактора. Белые мыши 3-й группы были подвержены воздействию экспериментального стресса после введения изучаемого возбудителя. При этом учитывали выживаемость животных в эксперименте, а также динамику проникновения микромицета *P. cyclopium* в кровяное русло.

Забор крови у лабораторных белых мышей 1–3-й групп на наличие возбудителя в крови производили каждые трое суток.

Учитывая, что достоверным подтверждением пенициллезной инфекции является прорастание возбудителя в мицелий, выделяли чистую культуру путем посева на плотную питательную среду отпечатков органов экспериментальных животных.

На втором этапе эксперимента изучали патолого-анатомические изменения во внутренних органах мышей при полиэтиологическом стрессе, вызванном трехкратным заражением суспензией микромицета *P. cyclopium* с интервалом 5–7 суток между инъекциями внутрибрюшинно (1-я группа), подкожно (2-я группа) и перорально (3-я группа) в сочетании с иммобилизационным стрессом (7 ч в течение 5 суток). В качестве контроля использовали мышей 4–6-й групп, которым вводили *P. cyclopium* аналогичными способами, но без иммобилизационного стресса. Животных подвергали эвтаназии методом цервикальной дислокации через неделю после последнего заражения, проводили патолого-анатомическое вскрытие и отмечали характер макроскопических изменений во внутренних органах.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе проведения первого эксперимента при изучении крови лабораторных мышей после заражения микромицетом на 8-е сутки исследования у животных 1-й группы в маз-

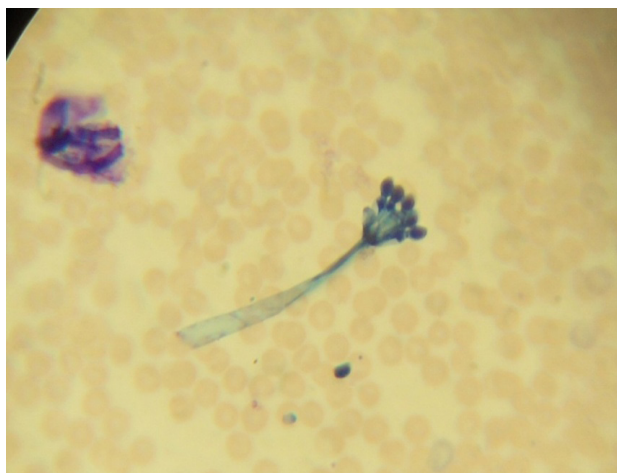


Рис. 1. Плодовое тело микромицета *P. cyclopium* в крови белой мыши (1-я группа). Окраска по Романовскому-Гимзе. Увеличение $\times 1000$
The fruiting body of *P. cyclopium* micromycete in the blood of a white mouse. (1st group). Coloring according to Romanovsky-Giemsa. zoom $\times 1000$

ках обнаруживали септированный мицелий с характерными для *Penicillium* sp. органами плодоношения, имеющими вид кисточек. На рис. 1 представлен микромицет *P. cyclopium* в периферической крови лабораторных животных. Мицелий и другие элементы гриба *P. cyclopium* выявляли также у животных 2-й и 3-й групп, однако на более поздних сроках – на 17-е сутки исследования (рис. 2).

Выявление плодовых тел, достаточно редко встречающихся при пенициллезе, является несомненным указанием на рост и развитие

возбудителя и имеет важное диагностическое значение.

Через 10 дней после посева отпечатков органов обнаруживали рост колоний *P. cyclopium* в виде белого пушистого мицелия в 1-й опытной группе. Во 2-й и 3-й группах животных без применения стрессирующего фактора также наблюдали рост колоний микромицета, но в более поздние сроки – на 2-е сутки исследования.

Раннее появление микромицета в периферической крови лабораторных животных 1-й опытной группы, вероятно, связано с предше-

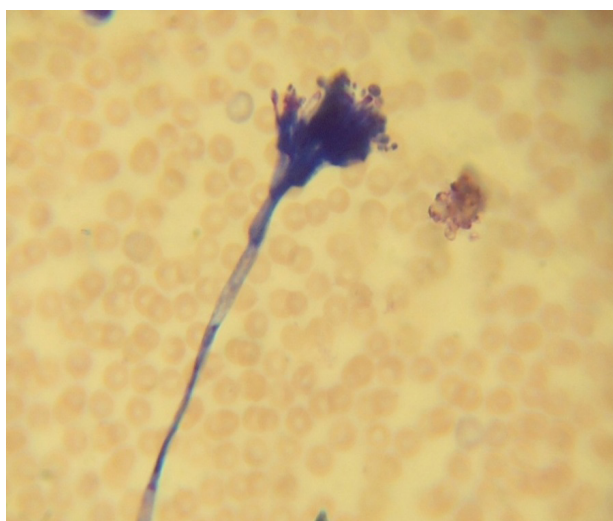


Рис. 2. Конидиеносец и плодовое тело микромицета *P. cyclopium* в крови белой мыши (2-я группа). Окраска по Романовскому-Гимзе. Увеличение $\times 1000$
Conidiophores and fruiting body of *P. cyclopium* micromycete in the blood of a white mouse (group 2). Coloring according to Romanovsky-Giemsa. zoom $\times 1000$

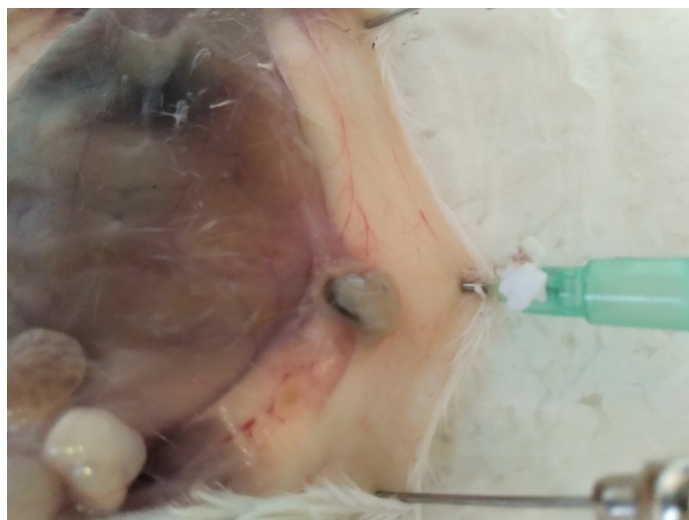


Рис. 3. Единичный абсцесс под кожей у лабораторной мыши (1-я группа)
Single abscess under the skin of a laboratory mouse (group 1)



Рис. 4. Абсцесс в области левого предплечья мыши (2-я группа)
Abscess in the area of the left forearm of the mouse (group 2)



Рис. 5. Множественные абсцессы в брюшной стенке лабораторной мыши после внутрибрюшинного введения *P. cyclopium* (4-я группа)
Multiple abscesses in the abdominal wall of a laboratory mouse after intraperitoneal administration of *P. cyclopium* (group 4)

ствующей введению *P. cyclopium* иммобилизацией, которая способствует снижению естественной резистентности и приводит к более раннему развитию генерализации инфекционного процесса.

В ходе изучения патолого-анатомических изменений при разных способах заражения у лабораторных мышей были выявлены признаки гнойного воспаления в форме единичных и множественных абсцессов различной локализации, а также свищей в левой каудальной части брюшины. Абсцессы в области левого предплечья были заполнены характерным гнойным содержимым: творожистая масса светло-серого цвета с неприятным запахом либо без запаха. Воспалительный процесс при внутрибрюшинном введении локализовался в брюшной полости и на брюшной стенке (рис. 3).

При подкожном введении возбудителя нами были выявлены абсцессы в области шейного отдела позвоночника и левого предплечья (рис. 4).

При пероральном введении инфекта видимых патологических изменений не обнаружили, кроме воспаления паховых лимфатических узлов.

У лабораторных мышей после введения *P. cyclopium* без стресса (группы 4–6-я) также отмечали патолого-анатомические изменения, которые носили однотипный характер в виде мелких множественных абсцессов и по

частоте случаев составили 45 % от общего числа зараженных особей (рис. 5).

Полученные результаты позволяют утверждать, что последовательное применение двух стрессирующих факторов, один из которых обусловлен введением условно-патогенного микромицета, оказывает неблагоприятное влияние на организм лабораторных животных.

ВЫВОДЫ

1. Сочетанное воздействие двух стрессоров приводит к появлению микромицета в периферической крови лабораторных животных на 8-е сутки исследования, в то время как один стрессор приводит к генерализации процесса только на 17-е сутки. Введение *P. cyclopium* с последующим воздействием на организм белых мышей иммобилизационного стресса обуславливает 100%-ю гибель животных на 1–2-е сутки от начала стрессирования. Животные, которым только вводили *P. cyclopium*, оставались живы до конца исследования.

2. Одновременное воздействие двух стрессоров приводит к возникновению воспалительного процесса в брюшной полости, образованию в организме белых мышей единичных и множественных абсцессов различной локализации, образованию наружных и внутренних свищей у 90 % животных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Данилкина О.П. Физиология стресса животных / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2016. – 32 с.
2. Сергеев А.Ю., Сергеев Ю.В. Грибковые инфекции: руководство для врачей. – М.: Бином-пресс, 2003. – 440 с.
3. Тутельян В.А., Кравченко Л.В. Микотоксины (медицинские и биологические аспекты). – М., 1985. – С. 160–182.
4. Монастырский О.А. Состояние и проблемы исследования опасных микотоксинов для теплокровных животных // Вестн. РАСХН. – 1995. – № 6. – С. 26–29.
5. Плященко С.И., Сидоров В.Т. Предупреждение стрессов у сельскохозяйственных животных. – Минск: Ураджай, 1983. – 136 с.
6. ГОСТ Р-53434–2009 Принципы надлежащей лабораторной практики. – М., 2009. – 16 с.
7. Положение о государственном ветеринарном надзоре в Российской Федерации // Рос. газета. – 2001. – 28 апр.

8. *Руководство по лабораторным животным и альтернативным моделям в биомедицинских технологиях* / под ред. Н. Н. Каркищенко. – М.: Профиль, 2010. – 358 с.
9. *Разработка методики оценки физической выносливости мелких лабораторных животных для изучения адаптогенной активности некоторых лекарственных препаратов* / В. Н. Каркищенко, Г. Д. Капанадзе, С. Е. Деньгина, С. Н. Станкова // Биомедицина. – 2011. – № 1. – С. 72–74.
10. *Арташян О. С., Юшков Б. Г., Мухлынина Е. А. Изучение функциональной активности тучных клеток при иммобилизационном стрессе* // Цитология. – 2006. – Т. 48, № 8. – С. 665–667.

REFERENCES

1. Danilkina O. P. *Fiziologiya stressa zhivotnykh: metod. Ukazaniya* (Physiology of animal stress), Krasnoyar. gos. agrar. un-t, Krasnoyarsk, 2016, 32 p.
2. Sergeev A. Yu., Sergeev Yu. V. *Gribkovye infektsii* (Fungal infections), Rukovodstvo dlya vrachei, M., OOO Binom presS, 2003, 440p.
3. Tutel'yan V. A., Kravchenko L. V. *Mikotoksiny (meditsinskie i biologicheskie aspekty)*, Mycotoxins (medical and biological aspects), M., 1985, pp. 160–182.
4. Monastyrskii O. A. Sostoyanie i problemy issledovaniya opasnykh mikotoksinov dlya teplokrovnykh zhivotnykh, *Vestnik RASKHN*, 1995, No 6, pp. 26–29. (In Russ.)
5. Plyashchenko S. I., Sidorov V. T. *Preduprezhdenie stressov u sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh* (Stress Prevention in Farm Animals), Minsk, Uradzhai, 1983, 136 p.
6. GOST R-53434–2009 *Printsipy nadležashchei laboratornoi praktiki* (Good Laboratory Practices), 2009, 16 p.
7. *Polozhenie o gosudarstvennom veterinarnom nadzore v Rossiiskoi Federatsii* (Regulation on state veterinary supervision in the Russian Federation), M., 2001, No 295.
8. *Rukovodstvo po laboratornym zhivotnym i al'ternativnym modelyam v biomeditsinskikh tekhnologiyakh* (Guide to laboratory animals and alternative models in biomedical technology), pod red. N. N. Karkishchenko, M., Profil», 2010, 358 p.
9. Karkishchenko V. N., Kapanadze G. D., Den'gina S. E., Stankova S. N. *Razrabotka metodiki otsenki fizicheskoi vynoslivosti melkikh laboratornykh zhivotnykh dlya izucheniya adaptogennoi aktivnosti nekotorykh lekarstvennykh preparatov*, *Biomeditsina*, 2011, No 1, pp. 72–74. (In Russ.)
10. Artashyan O. S., Yushkov B. G., Mukhlynina E. A. *Izuchenie funktsional'noi aktivnosti tuchnykh kletok pri immobilizatsionnom stresse*, *Tsitologiya*, 2006, No 8 (48), pp. 665–667. (In Russ.)

ВЛИЯНИЕ ГЕНОТИПА БЫКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ НА УРОВЕНЬ НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АЗОТИСТОГО ОБМЕНА ПОТОМСТВА В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

О. И. Себежко, кандидат биологических наук, доцент

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

Т. В. Коновалова, старший преподаватель

О. С. Короткевич, доктор биологических наук, профессор

Д. М. Слобожанин, аспирант

А. В. Назаренко, аспирант

Ключевые слова: азотистый обмен, голштинская порода, быки-производители, сывороточный креатинин, потомки

Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

E-mail: sebezkhkonok@ngs.ru

Реферат. Изложены результаты исследований показателей азотистого обмена в сыворотке крови потомков четырех быков-производителей в возрасте 12–13 месяцев. Исследования проведены на юге Западной Сибири в ОАО «Ваганово» на популяции скота голштинской породы. Концентрация креатинина в пробах сыворотки крови сыновей была определена с помощью набора реактивов фирмы «Вектор-Бест» (Россия). В регионах разведения животных проводится постоянный мониторинг воды, почвы, кормов, органов и тканей животных. Установлено, что в районах, в которых разводились исследуемые породы, содержание макро- и микроэлементов не превышало ПДК. Уровень сывороточного креатинина у обследованных животных в среднем по всем группам сыновей составил $308,2 \pm 24,1$ мкмоль/л, что превышает общепринятые значения данного показателя. Однако учитывая половозрастные и породные особенности, принимая во внимание данные о полном здоровье обследованных животных, сведения об экологическом благополучии зоны разведения, полученные результаты можно считать референсными значениями для здоровых быков голштинской породы в условиях Западной Сибири. Показано, что в сыворотке крови сыновей некоторых отцов содержание креатинина было в 1,7 раза выше ($364,2 \pm 52,7$ мкмоль/л), чем у потомков других производителей ($p > 0,95$). Обнаружена группа полусибсов, которые отличались низкой наследственной предрасположенностью к содержанию креатинина. Обнаруженные различия по содержанию креатинина в сыворотке крови сыновей отражают дифференциацию быков-производителей и указывают на генетически детерминированные особенности функционирования системы гомеостаза. При этом, вероятнее всего, возникает и разная способность потомков адаптироваться к эколого-климатическим условиям.

THE INFLUENCE OF THE GENOTYPE OF STUD BULLS OF HOLSTEIN BREED ON THE LEVEL OF SOME INDICATORS OF NITROGEN METABOLISM OF OFFSPRING IN WESTERN SIBERIA REGION

O.I. Sebezkhko, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

K.N. Narozhnykh, Candidate of Biological Sciences, Head of the Laboratory

T.V. Konovalova, Senior Lecturer

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

D.M. Slobozhanin, graduate student

A.V. Nazarenko, graduate student

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

Key words: nitrogen metabolism, Holstein breed, stud bulls, serum creatinine, descendants

Abstract. The results of studies of indicators of nitrogen metabolism in the blood serum of the descendants of four bulls at the age of 12-13 months are presented. The studies were conducted in the South of Western Siberia at Vaganovo OJSC on the livestock population of Holstein breed. The creatinine concentration in the blood serum samples of the sons was determined using a set of reagents from Vector-Best (Russia). In the regions of animal breeding, constant monitoring of water, soil, feed, animal organs and tissues is carried out. It was established that in the areas in which the studied breeds were bred, the content of macro- and microelements did not exceed the MPC. The level of serum creatinine in the examined animals on average for all groups of sons was $308.2 \pm 24.1 \mu\text{mol} / \text{L}$, which exceeds the generally accepted values of this indicator. However, taking into account age and sex and breed characteristics, taking into account data on the overall health of the animals examined, information on the ecological well-being of the breeding zone, the results can be considered as reference values for healthy Holstein bulls in Western Siberia. It was shown that in the blood serum of the sons of some fathers, the creatinine content was 1.7 times higher ($364.2 \pm 52.7 \mu\text{mol} / \text{L}$) than in the descendants of other manufacturers ($p > 0.95$). A group of half-siblings was found, which were characterized by a low hereditary predisposition to creatinine content. Discovered differences in the creatinine content in the blood serum of sons reflect the differentiation of bulls and indicate genetically determined features of the functioning of the homeostasis system. In this case, most likely, there is a different ability of descendants to adapt to environmental and climatic conditions.

Поиск биохимических маркеров влияния генотипа быков-производителей на метаболический статус и продуктивность потомков является необходимой составной частью эколого-генетического мониторинга сельскохозяйственных популяций крупного рогатого скота разных пород и направлений продуктивности [1–6]. При этом сегодня имеется возможность широко использовать современные математико-статистические методы обработки экспериментальных данных для оценки вклада генетической компоненты в формирование конституционального признака [7–8].

Мониторинг динамики комплексных показателей фенофона разных пород и видов сельскохозяйственных животных (активность ферментов, генетические полиморфные белковые системы, концентрация метаболитов, химические и цитогенетические показатели и др.) в процессе селекционно-генетической работы даёт возможность оценивать взаимосвязь между полиморфными генетическими системами и количественными признаками, выявлять лучшие сочетания родительских пар, а также устанавливать роль производителя и породы в этих процессах [9–17].

Определение баланса азота является одним из самых надежных критериев оценки

белкового статуса сельскохозяйственных животных. Одним из конечных продуктов азотистого обмена является креатинин, являющийся также и конечным продуктом белкового обмена у всех позвоночных животных [18]. Креатинин относится к группе низкомолекулярных азотистых веществ. Концентрация его в сыворотке крови обусловлена главным образом, объёмом мышечной ткани животных. В связи с этим наблюдается тесная корреляция уровня сывороточного креатинина с массой, полом, размером животного, а также направлением продуктивности и породой [19, 20].

Мониторинг интерьера популяций сельскохозяйственных животных, ориентированный на изучение различий между группами сыновей быков-производителей, породами животных позволяет выявить и оценить эколого-генетические возможности адаптивного и продуктивного потенциала стада [1, 5, 11, 12, 14, 15, 17, 21–23].

В ходе исследований мы поставили цель определить влияние генотипа быков-производителей голштинской породы на содержание креатинина в сыворотке крови потомков.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования были проведены на популяции скота голштинской породы, разводимой в ОАО «Ваганово» Кемеровской области. Были получены биопробы от 34 бычков в возрасте 12–13 месяцев, которые являлись потомками четырех быков-производителей. Живая масса бычков составляла от 330 до 365 кг.

Исследования проведены в соответствии с национальным аналогом Good Laboratory Practice GLP в РФ – межгосударственным стандартом «Принципы надлежащей лабораторной практики» (действующие ГОСТ 33647–2015, ГОСТ 31886–2012), а также в соответствии с принципами, изложенными в руководстве по содержанию и уходу за лабораторными животными, правилах содержания и ухода за сельскохозяйственными животными (действующий ГОСТ 34088–2017).

Образцы крови брали у животных в утренние часы до кормления из хвостовой вены с соблюдением правил асептики. При заборе использовали вакуумные пробирки с активатором образования сгустка SiO для более эффективного получения сыворотки. Для биохимического анализа использовали образцы сыворотки без признаков гемолиза.

Исследования проводили в лаборатории эколого-ветеринарной генетики и биохимии кафедры ветеринарной генетики и биотехнологии Новосибирского государственного аграрного университета (г. Новосибирск, Россия). Уровень креатинина определяли кинетическим методом Яффе без протеинизации для количественного определения метаболита в сыворотке крови и моче. Использовали реактивы фирмы «Вектор-Бест» (Россия, Новосибирская область, р.п. Кольцово). Тест основан на реакции креатинина с пикратом натрия с формированием окрашенного комплексного соединения. Исследования проводились на биохимическом полуавтоматическом анализаторе Photometer 5010 V5⁺ (ROBERT RIELE GmbH & Co KG, Германия).

В регионах разведения животных осуществляется постоянный мониторинг воды, почвы, кормов, органов и тканей животных. Установлено, что в районах, в которых разводились исследуемые породы, содержание макро- и микроэлементов не превышало ПДК [24–30].

Исходные данные по содержанию креатинина были протестированы на нормальность распределения с помощью критерия Шапиро-Уилка (W). В случае нормального распределения признаков для анализа полученных данных использовали стандартные методы описательной статистики. Рассчитывали по каждому из изучаемых параметров среднюю арифметическую ($\bar{X}$), ошибку средней ($\pm SE$). В ряде случаев распределение признаков не соответствовало нормальному. В связи с этим для определения показателей описательной статистики был использован метод, разработанный для небольших ($15 < n < 70$) выборок независимо от характера распределения [8]:

$$\bar{x} \approx \frac{a + 2m + b}{4} + \frac{a - 2m + b}{4n},$$

$$S^2 \approx \frac{1}{n-1} \left(a^2 + m^2 + b^2 + \left(\frac{n-3}{2} \right) \frac{(a+m)^2 + (m+b)^2}{4} - n \left(\frac{a + 2m + b}{4} + \frac{a - 2m + b}{4n} \right)^2 \right),$$

где n – величина выборки; a – минимальное значение признака; b – максимальное значение признака; m – медиана.

При построении дендрограмм, характеризующих сходство животных по отцам, применяли манхэттенскую метрику. При формировании кластеров и построении дендрограмм использовали метод Уорда с целью минимизации внутрикластерных дисперсий [7].

Статистический анализ производили на языке программирования «R» (Microsoft R Open 3.5.1) в среде анализа данных R studio (версия 1.2.5001).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Оценка концентрации креатинина как маркера метаболического статуса обусловлена особенностями его синтеза и превращения в организме животных.

Уровень креатинина позволяет оценить выделительную интенсивность метаболизма в мышечной ткани коров достаточно точно. Креатинин образуется в мышцах из креатина и креатинфосфата и затем поступает в кровь в процессе функционирования мышечной ткани с примерно постоянной скоростью [18–20].

Изучение содержания креатинина в группах сыновей быков-производителей поможет оценить роль наследственных факторов в процессах метаболизма мышечного белка, а установленные значения могут служить физиологической нормой для разводимого в данном регионе Западной Сибири голштинского скота в возрасте 12–13 месяцев.

Нормативные показатели по креатинину (50–160 мкмоль/л) обычно указывают без учета половозрастной структуры, породной

принадлежности, направления продуктивности, а главное – живой массы. По всем группам бычков нами получены концентрации метаболита, превышающие стандартные значения. Уровень креатинина у исследованных бычков с массой от 330 до 365 кг превышал также значения, полученные исследователями для коров. Например, по данным И.В. Милаева и др. [19], концентрация креатинина в крови лактирующих коров чернопестрой породы в южных регионах России составляла от $84,50 \pm 11,96$ до $99,00 \pm 4,93$ мкмоль/л. Т.В. Гарматарова [20] указывает содержание креатинина у коров айрширской породы на уровне $117,7 \pm 3,9$ мкмоль/л [20].

На рис.1 представлена диаграмма плотности распределения потомков быков по содержанию сывороточного креатинина.

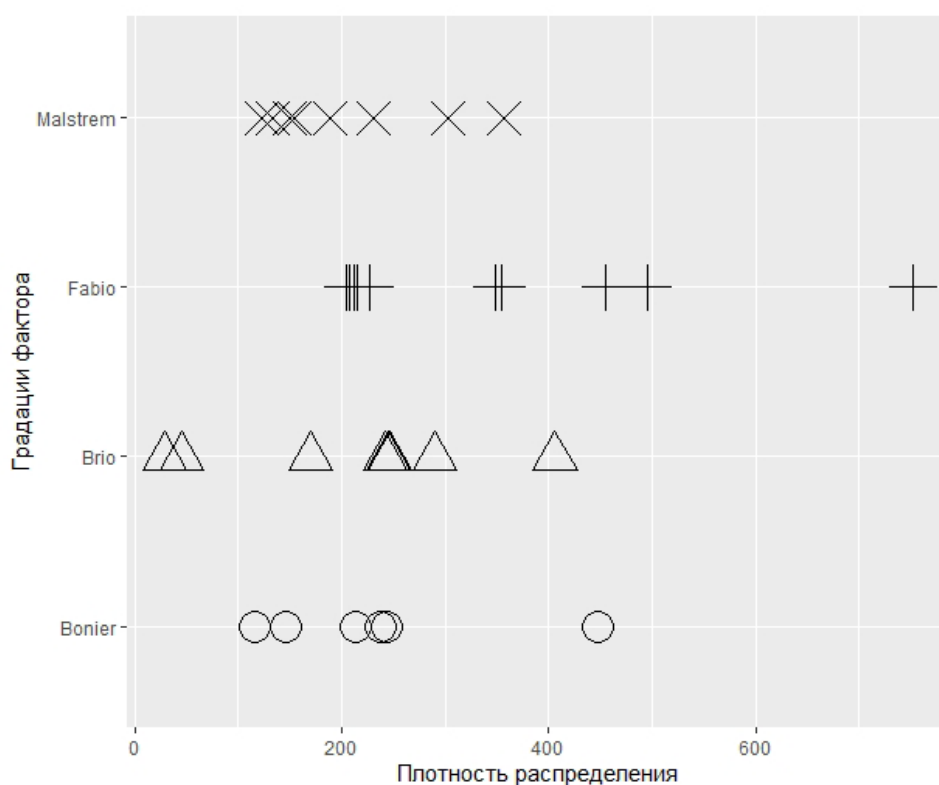


Рис. 1. Диаграмма плотности распределения потомков по содержанию сывороточного креатинина
Diagram of density distribution of the descendants of the content of serum creatinine

По количеству креатинина в сыворотке крови сыновей производители по убыванию ранжировались следующим образом: Fabio → Bonier → Brio → Malstrem в соотношении

1,70:1,20:1,13:1,00 (таблица). Достоверные различия были установлены между потомками быка Fabio и Malstrem. Содержание креатинина у сыновей Fabio было в 1,7 раза выше ($p > 0,95$).

Влияние генотипа отцов голштинской породы крупного рогатого скота на содержание креатинина в сыворотке крови сыновей, мкмоль/л

The influence of the genotype of the fathers of the Holstein breed of cattle on the creatinine content in the blood serum of sons, mmol / l

Отец	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	Me	Lim	σ	Q1	Q3	IQR	Отношение крайних вариант
Bonier	258,2±47,5	225,5	116–447	116,3	143,5	260,0	116,5	1:3,80
Brio	228,4±39,3	242	119–406	107,9	128,3	260,7	132,4	1:3,40
Fabio	364,2±52,7	227,2	205–752	174,7	208,2	438,2	230,0	1:3,67
Malstrem	209,8±30,3	171,5	122–357	85,7	139,7	273,0	133,3	1:2,93
Среднее	308,2 ± 24.1	221,0	116–752	140,4	168,4	306,8	138,5	1:6,45

Примечание. Q1 – первый квартиль, Q3 – третий квартиль; IQR – межквартильный размах.

Q1 – first quartile, Q3 – third quartile; IQR – interquartile range.

Наблюдалась тенденция к более высокому содержанию сывороточного креатинина у потомков этого быка и в сравнении с потомством двух других быков – Brio и Bonier. Достоверных различий между сыновьями быков Bonier, Brio и Malstrem по уровню сывороточного креатинина не установлено.

У сыновей разных отцов наблюдаются отличия по фенотипической изменчиво-

сти. Наиболее однородным по концентрации креатинина было потомство быка Bonier. Содержание креатинина у этих животных характеризовалось наименьшим межквартильным размахом и отношением крайних вариант (рис. 2). Полученные результаты свидетельствуют о влиянии генотипа быков-производителей на содержание креатинина в сыворотке крови потомства.

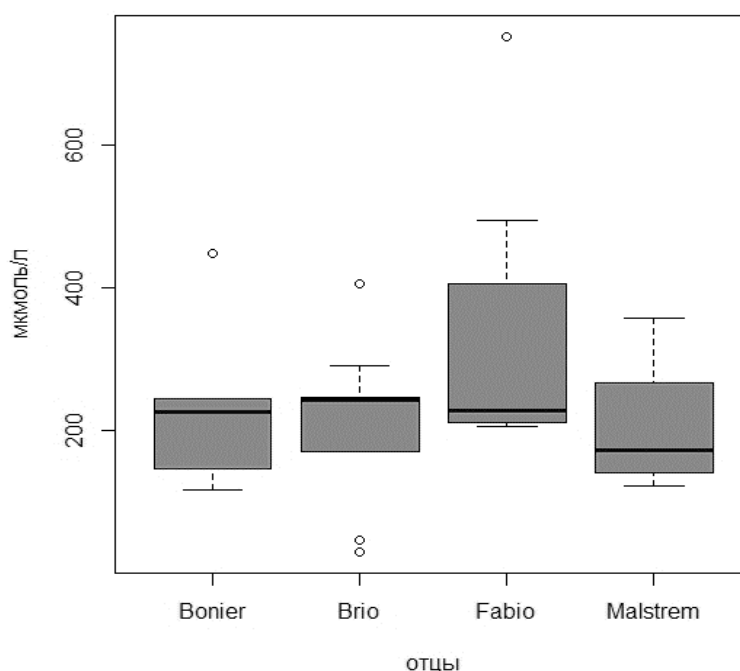


Рис. 2. Диаграмма размаха содержания креатинина в сыворотке крови сыновей разных производителей
Diagram of the range of creatinine in the blood serum of sons of different stud bulls

Данные о биохимическом статусе крупного рогатого скота и других сельскохозяйственных животных, установление закономерностей аккумуляции отдельных метаболитов дают возможность оценивать влияние

отдельных производителей на формирование хозяйственно-ценных признаков потомства.

На рис. 3 показано сходство между потомками разных быков-производителей по содержанию креатинина в сыворотке крови.

На дендрограмме видно, что потомки производителей Brio, Bonier и Fabio образуют отдельный кластер, а также то, что потомки отцов Bonier и Fabio имеют большее сходство

в сравнении с сыновьями, полученными от производителя Brio. Сыновья быка Malstrem характеризуются наименьшим сходством с потомками других быков.

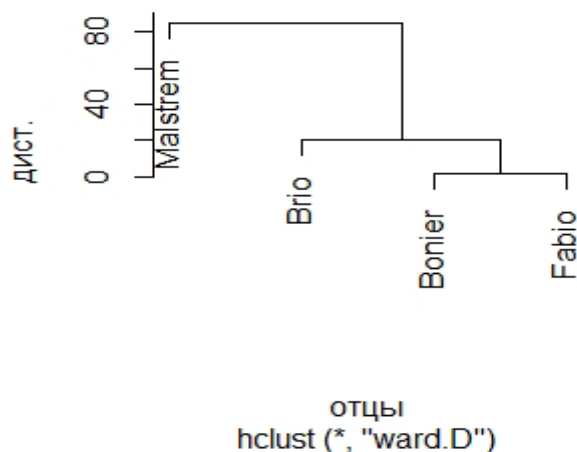


Рис. 3. Дендрограмма сходства содержания креатинина в сыворотке крови разных производителей
Dendrogram of similarity of creatinine content in blood serum of different manufacturers

Вопросы оптимального использования генофонда производителей наиболее распространенных пород крупного рогатого скота всегда актуальны. Обнаруженные различия по содержанию креатинина в сыворотке крови сыновей отражают дифференциацию быков-производителей и указывают на генетически детерминированные особенности функционирования системы гомеостаза. При этом вероятнее всего, возникает и разная способность потомков адаптироваться к эколого-климатическим условиям.

ВЫВОДЫ

1. Установлены различия по содержанию сывороточного креатинина между потомками быков Fabio и Malstrem. Содержание креатинина в сыворотке крови у потомков быка

Fabio было в 1,7 раза выше по сравнению с потомками быков Malstrem, Bonier и Brio.

2. Кластерный размах изменчивости содержания креатинина в сыворотке крови потомков быков-производителей характеризовался закономерными аккумуляционными различиями. Потомки отцов-производителей Brio, Bonier и Fabio составляли отдельный кластер, отличающийся наибольшими различиями по содержанию сывороточного креатинина по сравнению с сыновьями быка Malstrem.

3. Полученные данные можно использовать в качестве референсных значений для клинически здоровых быков голштинской породы в условиях Западной Сибири.

Работа выполнена по госбюджетной теме РК № 01201362239 и гранту Российского научного фонда, проект 15–16–30003.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Characterizing physiological status in three breeds of bulls reared under ecological and climate conditions of the Altai region* / L. V. Osadchuk, M. A. Kleshev, O. I. Sebezhko [et al.] // *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*. – 2017. – Vol. 31, N 1. – P. 35–42.
2. *Iron content in soil, water, fodder, grain, organs and muscular tissues in cattle of Western Siberia (Russia)* / K. N. Narozhnykh, T. V. Konovalova, Y. I. Fedyaev [et al.] // *Indian Journal of Ecology*. – 2017. – Vol. 44 (2). – P. 217–220.

3. *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 [et al.] // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. – 2017. – Vol. 9 (6). – P. 958–964.
4. *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 [et al.] // International Journal of Advanced Biotechnology and Research (IJBR). – 2016. – Vol.7, Iss. 4. – P. 1758–1764.
5. *Single* nucleotide polymorphism in dairy cattle populations of West Siberia / O.S. Korotkevich, M.P. Lyukhanov, V.L. Petukhov [et al.] // Proceedings of the 10th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Vancouver, Canada, August 17–22. – Publishing office: Pro-mega, 2014.
6. *Comparative* assessment of radioactive strontium contents in the feedstuffs and dairy products of Western Siberia / O.I. Sebezhko, V.L. Petukhov, V.A. Sokolov [et al.] // Indian Journal of Ecology. – 2017. – Vol. 44 (3). – P. 662–666.
7. Болч Б. Многомерные статистические методы для экономики: пер. с англ. / Б. Болч, К.Д. Хуань. – М.: Статистика, 1979. – 317 с.
8. Hozo S.P., Djulbegovic B., Hozo I. Estimation the mean and variance from the median, range and the size of a sample [Электрон. ресурс] // BMC Medical Research Methodology. – 2005. – Vol. 5 (1). – P. 13. – Режим доступа: <https://bmcmedresmethodol.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/1471-2288-5-13> (дата обращения: 13.02.2020). – Загл. с экрана.
9. *Influence* of anthropogenic pollution on interior parameters, accumulation of heavy metals in organs and tissues, and the resistance to disorders in the yak population in the republic of Tuva / O.I. Sebezhko, V.L. Petukhov, R.B. Chysyma [et al.] // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. – 2017. – Vol. 9 (9). – P. 1530–1535.
10. Себежско О.И., Короткевич О.С., Петухов В.Л. Влияние лазерного излучения низких интенсивностей на гематологический статус поросят раннего возраста // Уч. зап. Витеб. ордена «Знак Почета» акад. вет. медицины. – 2014. – Т. 50, вып. 1, ч. 2. – С. 310–314.
11. *Correlations* of some biochemical and hematological parameters with polymorphism in α S1-casein and β -lactoglobulin genes in Romanov sheep breed / T.V. Konovalova, O.S. Sebezhko, L. Wenrong [et al.] // Proceeding International Symposium on Animal Science. 22nd – 23rd November 2018 (ISAG). 22 University of Belgrade. – Zenum, Belgrade, 2018. – P. 47.
12. *Biochemical*, hematological and mineral parameters in pigs of two breeds reared in large industrial complexes of Western Siberia / O.I. Sebezhko, O.S. Korotkevich, T.V. Konovalova [et al.] // Proceedings of the 3rd International Symposium for Agriculture and Food. – ISAF, 2017. – P. 100.
13. Себежско О.И. Гематологические показатели маралух алтае-саянской породы в условиях Западной Сибири // Главный зоотехник. – 2018. – № 17. – С. 52–60.
14. *Генофонд* и фенофонд сибирской северной породы и черно-пестрой породной группы свиней / В.Л. Петухов, В.Н. Тихонов, А.И. Желтиков [и др.]. – Новосибирск: Прометей, 2012. – 579 с.
15. Себежско О.И., Короткевич О.С., Назаренко А.В. Биохимический профиль свиней кемеровской породы // Актуальные проблемы агропромышленного комплекса: сб. тр. конф. / Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск: ИЦ «Золотой колос», 2016. – С. 250–256.
16. Себежско О.И., Короткевич О.С., Петухов В.Л. Влияние лазерного излучения низких интенсивностей на гематологический статус поросят раннего возраста // Уч. зап. Витеб. ордена «Знак Почета» гос. акад. вет. медицины. – Витебск, 2015. – Т. 51, № 1–1. – С. 136–140.

17. Себежко О.И., Короткевич О.С., Назаренко А.В. Гематологический статус свиней кемеровской породы // Пища. Экология. Качество: тр. XIV Междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск, 2017. – С. 183–191.
18. *Pharmacogenetic* effects of angiotensin-converting enzyme inhibitors over age-related urea and creatinine variations in patients with dementia due to Alzheimer disease / F. Oliveira, J. Berretta, E. Chen [et al.] // *Colombia Médica*. – 2016. – Vol. 47, N2. – P. 76–80.
19. Милаева В.И., Воронина О.А., Зайцев С.Ю. Особенности метаболизма лактирующих коров // *RJOAS*. – 2017. – № 2 (62). – С. 275–261.
20. Гарматарова Т.В. Показатели биохимического статуса инфицированных BLV и интактных коров айрширской породы // *Вестн. НГАУ*. – 2014. – № 3 (32). – С. 81–84.
21. *Полиморфизм* белков сыворотки крови свиней сибирской северной породы / Е.В. Камалдинов, О.С. Короткевич, В.Л. Петухов [и др.] // *Докл. Рос. акад. с.-х. наук*. – 2010. – № 4. – С. 49–51.
22. *Межвидовые* различия по концентрации тяжелых металлов в производных кожи / К.Н. Нарожных, Т.В. Коновалова, И.С. Миллер [и др.] // *Фундаментальные исследования*. – 2015. – № 2–10. – С. 2158–2163.
23. Бирюля И.К., Короткевич О.С. Гематологический статус свиней породы ландрас в условиях промышленного свиного комплекса «Алтаймясопром» // *Актуальные проблемы развития АПК в работах молодых ученых Сибири: материалы XI Регион. науч.-практ. конф. молодых ученых Сиб. федерал. округа*. – Новосибирск, 2015. – С. 112–115.
24. *Copper* content in hair, bristle and feather in different species reared in Western Siberia / T.V. Konovalova, K.N. Narozhnykh, V.L. Petukhov [et al.] // *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. – 2017. – T. 44, N 5. – P. 74.
25. *Иммуногенетические* системы сывороточных белков крови свиней / В.Л. Петухов, А.И. Желтиков, М.Л. Кочнева, О.И. Себежко [и др.] // *Докл. РАСХН*. – 2003. – № 5. – С. 38–40.
26. Сысо А.И. Тяжелые металлы в окружающей среде: масштабы и степень угрозы растениям, животным и человеку // *Тяжелые металлы в окружающей среде*. – Новосибирск: Новосиб. ГАУ, 2017. – Вып. 2. – С. 224–241.
27. *Ecological* and biochemical evaluation of elements contents in soils and fodder grasses of the agricultural land 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.
28. *Analysis* of trace elements in the hair of farm animals by atomic emission spectrometry with Dc Arcexcitation sources / A.R. Tsygankova, A.V. Kuptsov, K.N. Narozhnykh [et al.] // *J. Pharm. Sci and Res.* – 2017. – Vol. 9 (5). – P. 601–605.
29. *Агрохимическая* характеристика пашни экологически благополучной территории Кемеровской области / Н.И. Шишин, Е.В. Фихман, А.В. Назаренко [и др.] // *Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии: сб. науч. докл. XX Междунар. науч.-практ. конф.* – Новосибирск: СФНЦ РАН, НГАУ. – 2017. – Т. 1. – С. 491–495.
30. *Selective* constraints in cold-region wild boars may defuse the effects of small effective population size on molecular evolution of mitogenomes / J. Chen, P. Ni, T.N. Thi Tran [et al.] // *Ecology and evolution*. – 2018. – Vol. 8, N16. – P. 8102–8114.

REFERENCES

1. Osadchuk L. V., Kleshev M. A., Sebezhko O. I., Korotkevich O. S., Shishin N. I., Konovalova T. V., Narozhnykh K. N., Petukhov V. L., *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*, 2017, Vol. 31, No. 1., pp. 35–42.
2. Narozhnykh K. N., Konovalova T. V., Fedyaev J. I., Shishin N. I., Syso A. I., Sebezhko O. I., Petukhov V. L., Korotkevich O. S., Kamaldinov E. V., Osadchuk L. V., *Indian Journal of Ecology*, 2017, Vol. 44, No. 2, pp. 217–220.
3. Skiba T. V., Tsygankova A. R., Borisova N. S., Narozhnykh K. N., Konovalova T. V., Sebezhko O. I., Korotkevich O. S., Petukhov V. L., Osadchuk L. V., *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, – 2017, Vol. 9 (6), pp. 958–964.
4. Narozhnykh K. N., Konovalova T. V., Petukhov V. L., Syso A. I., Sebezhko O. I., Shishin N. I., Fedayev J. I., Korotkevich O. S., Kamaldinov E. V., Osadchuk L. V., *International Journal of Advanced Biotechnology and Research (IJBR)*, 2016, Vol. 7, Iss. 4, pp. 1758–1764.
5. Korotkevich O. S., Lyukhanov M. P., Petukhov V. L., Yudin N. S., Sebezhko O. I., Konovalova T. V., Kamaldinov E. V., *Proceedings of the 10th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*, Vancouver, Canada, August 17–22, Publishing office, Promega, 2014.
6. Sebezhko O. I., Petukhov V. L., Sokolov V. A., Korotkevich O. S., Konovalova T. V., Kamaldinov E. V., Syso A. I., Marmuleva N. I., Narozhnykh K. N., Barinov E. Y., Osadchuk L. V., *Indian Journal of Ecology*, 2017, Vol. 44 (3), pp. 662–666.
7. Bolch B., Huan K. D., *Statistica*, 1979, 317 p.
8. Hozo S. P., Djulbegovic B., Hozo I., *BMC Medical Research Methodology*, 2005, Vol. 5 (1), 13 p.
9. Sebezhko O. I., Petukhov V. L., Chysyma R. B., Kuzmina E. E., Shishin N. I., Korotkevich O. S., Konovalova T. V., Narozhnykh K. N., Zheltikov A. I., Marenkov V. G., Nezavitin A. G., Osadchuk L. V., *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2017, Vol. 9 (9), pp. 1530–1535.
10. Sebezhko O. I., Korotkevich O. S., Petukhov V. L., *Uch. zap. Viteb. ordena Znak Pocheta akad. vet. meditsiny*, 2015, Vol. 51, No. 1–1, pp. 136–140. (In Russ.)
11. Konovalova T. V., Sebezhko O. S., Liu W., Liu M., Saurbaeva R. T., Korotkevich O. S., Narozhnykh K. N., Nazarenko A. V., Kamaldinov E. V., Andreeva V. A., Petukhov V. L., Popovski Z. T., *Proceeding International Symposium on Animal Science*, 22nd–23rd November 2018 (ISAG), 22 University of Belgrade, Zenum, Belgrade, 2018, 47 p.
12. Sebezhko O. I., Korotkevich O. S., Konovalova T. V., Biryulya I. K., Petukhov V. L., Kamaldinov E. V., Narozhnykh K. N., Osadchuk L. V., *Proceedings of the 3rd International Symposium for Agriculture and Food*, ISAF, 2017, 100 p.
13. Sebezhko O. I., *Glavnyi zootekhnika*, 2018, No. 17, pp. 52–60. (In Russ.)
14. Petukhov V. L., Tikhonov V. N., Zheltikov A. I., Korotkevich O. S., Kamaldinov E. V., Fridcher A. A., *Genofond i fenofond sibirskoj severnoj porody i cherno-pestroj porodnoj gruppy svinej* (The gene pool and fenofond of the Siberian northern breed and the black-motley breed group of pigs), Novosibirsk, 2012, 579 p.
15. Sebezhko O. I., Korotkevich O. S., Nazarenko A. V., *Aktual'nye problemy agropromyshlennogo kompleksa*, Proceeding of Conference, 2016, pp. 250–256. (In Russ.)
16. Sebezhko O. I., Korotkevich O. S., Petukhov V. L., *Uch. zap. Viteb. ordena Znak Pocheta akad. vet. meditsiny*, 2015, Vol. 51, No. 1–1, pp. 136–140. (In Russ.)
17. Sebezhko O. I., Korotkevich O. S., Nazarenko A. V., *Pishcha. Ekologiya. Kachestvo, Tr. XIV Mezhdunar. nauch. – prakt. konf.*, Novosibirsk, 2017, pp. 183–191.
18. Oliveira F., Berretta J., Chen E., Smith M., Bertolucci P., *Colombia Médica*, 2016, Vol. 47, No. 2, pp. 76–80.

19. Milaeva V.I. Voronina O.A. Zaitsev S. Yu., *RJOAS*, 2017, No. 2 (62), pp. 275–261.
20. Garmatarova T. V., *Vestn. NGAU*, 2014, No. 3 (32), pp. 81–84. (In Russ.)
21. Kamaldinov E. V., Korotkevich O. S., Petukhov V. L., Zheltikov A. I., Fridcher A. A., *Dokl. Ros. akad. s. – kh. nauk*, 2010, No. 4, pp. 49–51. (In Russ.)
22. Narozhnykh K. N., Konovalova T. V., Miller I. S., Strizhkova M. V., Zaiko O. A., Nazarenko A. V., *Fundamental'nye issledovaniya*, 2015, No. 2 (10), pp. 2158–2163. (In Russ.)
23. Biryulya I. K., Korotkevich O. S., *Aktual'nye problemy razvitiya APK v rabotakh molodykh uchenykh Sibiri* (Actual problems of the development of agriculture in the works of young scientists of Siberia), Proceeding XI of Regional Scientific and Practical Conference, Novosibirsk, 2015, pp. 112–115. (In Russ.)
24. Konovalova T. V., Narozhnykh K. N., Petukhov V. L., Fedyaev Y. I., Shishin N. I. I., Sebezhko O. I., Korotkevich O. S., Kamaldinov E. V., Osadchuk L. V., *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 2017, Vol. 44, 74 p.
25. Petukhov V. L., Zheltikov A. I., Kochneva M. L., Sebezhko O. I., Gart VV., Korotkevich O. S., Kamaldinov E. V., *Doklady RASKhN*, Moscow, 2003, No. 5, pp. 38–40. (In Russ.)
26. Syso A. I., *Heavy metals in the environment NGAU*, 2017, Issue 2, pp. 224–241. (In Russ.)
27. Syso A. I., Lebedeva M. A., Cherevko A. S., Petukhov V. L., Sebezhko O. I., Konovalova T. V., Korotkevich O. S., Narozhnykh K. N., Kamaldinov E. V., Sokolov V. A., *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2017, Vol. 9, No. 4, pp. 368–374.
28. Tsygankova A. R., Kuptsov A. V., Narozhnykh K. N., Saprykin A. I., Konovalova T. V., Sebezhko O. I., Korotkevich O. S., Petukhov V. L., Osadchuk L. V., *J. Pharm. Sci and Res*, 2017, Vol. 9 (5), pp. 601–605.
29. Shishin N. I., Shabanov A. S., Fedyaev Y. I., Sebezhko O. I., Saurbaeva R. T., Fikhman E. V., Nazarenko A. V., *Sb. nauch. dokl. XX Mezhdunar. nauch. – prakt. konf*, Novosibirsk, SFNTs RAN, NGAU, 2017, Vol. 1, pp. 491–495.
30. Chen J., Ni P., Thi Tran T. N., Kamaldinov E. V., Petukhov V. L., Han J., Liu X., Šprem N., Zhao S., *Ecology and evolution*, 2018, Vol. 8, No. 16, pp. 8102–8114.

**ДОЗОДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЕ КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
МЕЖДУ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ОБМЕНА ГЕМОГЛОБИНА У ИНДЕЕК ПОД
ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПРОБИОТИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТА ВЕТОМ 1.2****М. С. Яковлева, аспирант****Н. С. Яковлева, аспирант****Н. А. Готовчиков, аспирант****С. Н. Тишков, заведующий лабораторией****Л. П. Ермакова, старший лаборант****Новосибирский государственный аграрный
университет, Новосибирск, Российская Федерация****E-mail: pharmgenpath@mail.ru****Ключевые слова:** билирубин
общий, билирубин прямой,
Ветом 1.2, гемоглобин, доза,
железо, индейки, корреля-
ция, пробиотик, эритроци-
ты, *Bacillus subtilis*, *Bacillus
amyloliquefaciens*

Реферат. Изучено действие пробиотического препарата Ветом 1.2 на основе *Bacillus subtilis* ВКПМ В-10641, *Bacillus amyloliquefaciens* ВКПМ В-10642 и *Bacillus amyloliquefaciens* ВКПМ В-10643 в разных дозах на корреляционные взаимодействия между показателями обмена гемоглобина индеек – концентрации эритроцитов крови, гемоглобина крови, а также железа, прямого и общего билирубина, общего белка и альбуминов сыворотки крови. Корреляции рассчитывались по формуле Спирмена, достоверность корреляций проверялись по Стьюденту. Препарат применяли индейкам 1 раз в сутки на протяжении 30 суток в дозах 12,5; 25; 50; 75 и 100 мг/кг живой массы. Установлено, что Ветом 1.2 в минимальных дозах приводит к обратной корреляционной зависимости между железом и общим билирубином, прямым билирубином, общим белком и альбуминами, повышение концентрации препарата приводит к исчезновению этого эффекта с постепенным последующим понижением данного показателя. Ветом 1.2 в дозах до 50 мг/кг приводит к обратной корреляционной зависимости между концентрациями гемоглобина крови и прямого билирубина, общего белка и альбуминами в сыворотке крови, при дозе 75 мг/кг наблюдается прямая корреляционная зависимость между этими показателями, а при дозе 100 мг/кг возвращается отрицательная корреляция. Пробиотический препарат Ветом 1.2 приводит к прямой зависимости концентрации билирубина (общего и прямого) в сыворотке крови от концентраций гемоглобина и эритроцитов крови при применении в большинстве доз, кроме 75 мг/кг, понижающей корреляционную связь.

**DOSE-DIFFERENTIATED CORRELATION INTERACTIONS BETWEEN INDICES
OF HEMOGLOBIN EXCHANGE IN TURKEYS UNDER THE INFLUENCE
OF THE PROBIOTIC FORMULATION VETOM 1.2****M.S. Yakovleva, graduate student****N.S. Yakovleva, graduate student****N.A. Gotovchikov, graduate student****S.N. Tishkov, head of the laboratory****L.P. Ermakova, senior laboratory assistant****Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk. Russia**

Key words: total bilirubin, direct bilirubin, Vetom 1.2, hemoglobin, dose, iron, turkeys, correlation, probiotic, red blood cells, *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens*

Abstract. The effect of the probiotic preparation Vetom 1.2 on the basis of Bacillus subtilis VKPM B-10641, Bacillus amyloliquefaciens VKPM B-10642 and Bacillus amyloliquefaciens VKPM B-10643 in different doses on the correlation interactions between the parameters of turkey hemoglobin exchange, blood erythrocytes and blood red blood cells direct and total bilirubin, total protein and serum albumin was studied. Correlations were calculated using Spearman formula, the reliability of correlations was checked by Student. The formulation was used for turkeys once a day for 30 days in doses of 12.5; 25; fifty; 75 and 100 mg / kg body weight. It was found that Vetom 1.2 in minimal doses leads to an inverse correlation between iron and total bilirubin, direct bilirubin, total protein and albumin, an increase in the concentration of the formulation leads to the disappearance of this effect with a gradual subsequent decrease in this indicator. Vetom 1.2 in doses up to 50 mg / kg leads to an inverse correlation between the concentrations of hemoglobin and direct bilirubin, total protein and serum albumin, at a dose of 75 mg / kg there is a direct correlation between these indicators, and at a dose of 100 mg / kg returns a negative correlation. The probiotic preparation Vetom 1.2 leads to a direct dependence of the concentration of bilirubins (total and direct) in serum on the concentrations of hemoglobin and red blood cells when used in most doses, except 75 mg / kg, which reduces the correlation.

С организмом животных, в том числе и птицы, ассоциировано множество видов микроорганизмов, которые могут быть как болезнетворными, так и приносить пользу, стимулируя обменные процессы и препятствуя колонизации патогенной и условно-патогенной микрофлорой.

Микроорганизмы разных видов, приспособившись к жизни в различных областях тела животного, могут конкурировать с ним же за важные биологически необходимые компоненты. Так, белок, потребляемый макроорганизмом, также может идти и на построение тела клеток микроорганизмов. Железо является не только важным элементом клеточного дыхания позвоночных, но и принимает важное участие в обменных процессах у микроорганизмов. Эти два нутриента активно расходуются животными на синтез гемоглобина. Поэтому, испытывая дефицит их потребления в условиях конкуренции с собственной микрофлорой, животное может иметь негативные последствия для цепи переноса кислорода. Это, в свою очередь, может ухудшить адаптационные возможности организма в борьбе с теми же микроорганизмами, проявляющимися уже патогенные свойства.

Известно, что в условиях инфекционного процесса могут резко понижаться концентрации гемоглобина и эритроцитов крови, что способно привести к появлению окислитель-

ного стресса и увеличению концентрации свободных радикалов, а следовательно, к ещё более негативным последствиям. Поэтому динамика показателей состояния красной крови у животных во время инфекционных заболеваний является важным аспектом деятельности ветеринарного врача. Однако вопрос формирования данного процесса патогенеза освещён крайне слабо [1–10].

Состав микрофлоры организма как животных, так и человека уже давно научились модулировать при помощи различных препаратов – пробиотиков и пребиотиков. В настоящее время фармацевтической промышленностью активно выпускаются пробиотики, которые содержат в своём составе компоненты нормальной микрофлоры организма. В последнее время усилился интерес к пробиотикам, основанным на транзитных формах микроорганизмов, активно воздействующим на микробный пейзаж тела, конкурентно антагонистически супрессируя патогенные и условно-патогенные микроорганизмы, и стимулируя рост нормальной флоры. К таким препаратам относятся и пробиотики на основе микроорганизмов рода *Bacillus*, изучаемые в нашей работе [11–15].

Однако вопрос конкурентной борьбы макроорганизма и его микрофлоры за отдельные макро- и микронутриенты требует дальнейшего изучения.

Целью нашей работы было исследование корреляционных взаимодействий между показателями обмена гемоглобина у индеек под воздействием пробиотического препарата Ветом 1.2.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Научно-производственный опыт проводили на подобранных по принципу параналогов клинически здоровых индюшатах в возрасте 1 месяц, прошедших предварительное карантинирование. Было сформировано пять опытных и контрольная группа по 10 птиц в каждой.

Условия содержания и кормления соответствовали зоогигиеническим нормам, определенным европейской конвенцией о защите позвоночных (1986). При кормлении использовали комбикорма «Дельта Фидс» для сельскохозяйственной птицы фирмы «БиоПро».

Опытный образец – микробиальный препарат Ветом 1.2. Представляет собой белый мелкодисперсный порошок без запаха, растворяющийся в воде с образованием осадка белого цвета. В 1 г содержит бакмассу живых спорообразующих бактерий *Bacillus subtilis* штамма ВКПМ-B-10641 (не менее 1×10^6 КОЕ), *Bacillus amyloliquefaciens* штамма ВКПМ B-10642 и *Bacillus amyloliquefaciens* штамма ВКПМ B-10643 (не менее 2×10^6 КОЕ), а также вспомогательные вещества (сахарная пудра, крахмал).

Испытуемый препарат Ветом 1.2 задавали 1 раз в сутки в различных дозах перорально ежедневно в одно и то же время утром с водой в течение 30 дней: 1-я опытная группа – 12,5 мг/кг живой массы тела; 2-я опытная группа – 25 мг/кг живой массы тела; 3-я опытная группа – 50 мг/кг живой массы тела; 4-я опытная группа – 75 мг/кг живой массы тела; 5-я опытная группа – 100 мг/кг живой массы тела; контрольная группа указанный препарат не получала.

Изучение гематологических показателей крови у птицы проводили в учебно-научной лаборатории кафедры фармакологии

и общей патологии факультета ветеринарной медицины Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный аграрный университет» на автоматическом гематологическом анализаторе закрытого типа Vet Auto Hematology Analyzer BC-2800. Кровь у птицы в соответствии с технико-эксплуатационными характеристиками используемого анализатора брали в вакуумные пробирки с K_2 -ЭДТА утром из подкрыльцовой вены. Эритроциты (RBC) анализатор измеряет напрямую импедансным методом, основанным на измерении изменений электрического сопротивления, возникающих при прохождении частиц через апертуру с известными размерами. Гемоглобин (HGB) измеряется напрямую колориметрическим методом при длине волны 525 нм.

Изучение биохимических показателей сыворотки крови птицы проводили на автоматическом биохимическом анализаторе открытого типа iMagic-V7 (Shenzhen iCubio Biomedical Technology Co., Ltd). Кровь брали так же, как и для гематологических исследований.

Концентрацию в сыворотке крови изучаемых показателей определяли следующими методами:

1) железа (Fe) – фотометрическим тестом по методу без депротеинизации при образовании в кислой среде с трансферрином трехвалентной формы, восстанавливаемой аскорбиновой кислотой до двухвалентного состояния, окрашиваемого феррозином в фиолетовый цвет;

2) общего белка (TP) – фотометрическим тестом по биуретовому методу при образовании в щелочной среде с ионами меди окрашенных комплексов;

3) альбуминов (ALB) – фотометрическим тестом с образованием комплексов бромкрезоловым зеленым в кислой среде;

4) глюкозы (GLU) – ферментативным фотометрическим оксидазным тестом при катализе окисления глюкозы кислородом воздуха с образованием эквимольных количеств глюколактона и перекиси водорода, катализи-

рующей окисление хромогенных субстратов в присутствии фенола с образованием окрашенного соединения;

5) прямого билирубина (DBIL) и общего билирубина (TBIL) – фотометрическим тестом с 2,4-дихлоранилином в кислой среде с образованием азосоединения красного цвета.

Оценка корреляционной зависимости производилась по методу Спирмена, достоверность полученных коэффициентов проверялась по t-критерию Стьюдента.

Для математической обработки данных использовалась программа Microsoft Office Excel 2007, для вывода гистограммы – одноимённый тип встроённых диаграмм данной программы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Под действием разных доз изучаемого препарата Ветом 1.2 изменялся коэффициент корреляции концентрации железа в сыворотке крови индеек с концентрацией других нутриентов. Так, коэффициент корреляции концентрации железа с концентрацией общего билирубина в сыворотке крови у индеек, получавших Ветом 1.2 в дозах 12,5; 50; 75 и 100 мг/кг массы, был выше на 0,76; 0,12; 0,40 и 0,11 пункта соответственно, чем у аналогов из контроля, а у индеек, получавших Ветом 1.2 в дозе 25 мг/кг, он не отличался от контрольных значений, находившихся вблизи нулевой отметки (отсутствие какой либо связи). Таким образом, наблюдается прямая корреляционная зависимость между концентрацией железа и общего билирубина в сыворотке крови индеек, получавших ветом 1.2 в дозах от 25 до 100 мг/кг массы, а у индеек, получавших препарат в более низкой дозировке, этого явления не отмечали. Железо, являясь одним из важнейших компонентов в синтезе гемоглобина, который метаболизируется в организме с образованием общего билирубина, теоретически должно прямо коррелировать с билирубином. Однако малые гомеопатические дозы Ветом 1.2 изменяют эту зависимость, и с избытком железа пони-

жается концентрация продуктов метаболизма гемоглобина, а при понижении концентрации железа количество продуктов метаболизма гемоглобина, наоборот, повышается (рис. 1).

Коэффициент корреляции концентраций железа и прямого билирубина в сыворотке крови у индеек, получавших Ветом 1.2 в дозах 12,5; 25; 75 и 100 мг/кг массы, был ниже на 0,90; 0,01; 0,17 и 0,26 пункта соответственно, чем у аналогов из контроля, а у индеек, получавших Ветом 1.2 в дозе 50 мг/кг, выше на 0,12 пункта. Следовательно, наблюдается прямая корреляционная зависимость между концентрацией железа и прямого билирубина в сыворотке крови индеек, получавших Ветом 1.2 в дозах от 25 до 100 мг/кг массы, у индеек же, получавших препарат в более низкой дозировке, этого явления не отмечали. Таким образом, фиксируется схожая закономерность корреляционной зависимости железа и прямого билирубина с корреляционной зависимостью железа и общего билирубина. Это свидетельствует об отсутствии фиксируемых по данным показателям патологий печени, что говорит о полной безвредности препаратов (см. рис. 1).

Коэффициент корреляции концентраций железа и общего белка в сыворотке крови у индеек, получавших Ветом 1.2 в дозах 25; 50; 75 и 100 мг/кг массы, был выше на 0,51; 0,54; 0,05 и 0,29 пункта соответственно, чем у аналогов из контроля, а у индеек, получавших Ветом 1.2 в дозе 12,5 мг/кг, ниже на 0,42 пункта. Таким образом, наблюдается прямая корреляционная зависимость между концентрацией железа и общего белка в сыворотке крови индеек, получавших Ветом 1.2 в дозах от 25 до 50 мг/кг массы, а у индеек, получавших препарат в более низких и высоких дозировках, этого явления не отмечали (см. рис. 1).

Коэффициент корреляции концентраций железа и альбуминов в сыворотке крови у индеек, получавших Ветом 1.2 в дозах 25; 50; 75 и 100 мг/кг массы, был выше на 0,58; 0,50; 0,01 и 0,23 пункта соответственно, чем у аналогов из контроля, а у индеек, получавших Ветом 1.2 в дозе 12,5 мг/кг, ниже на 0,40 пункта. Таким образом, наблюдается прямая корреляционная зависимость между концен-

трацией железа и альбуминов в сыворотке крови индеек, получавших Ветом 1.2 в дозах от 25 до 50 мг/кг массы; у индеек, получав-

ших этот препарат в более низких и высоких дозировках, этого явления не отмечали (см. рис. 1).

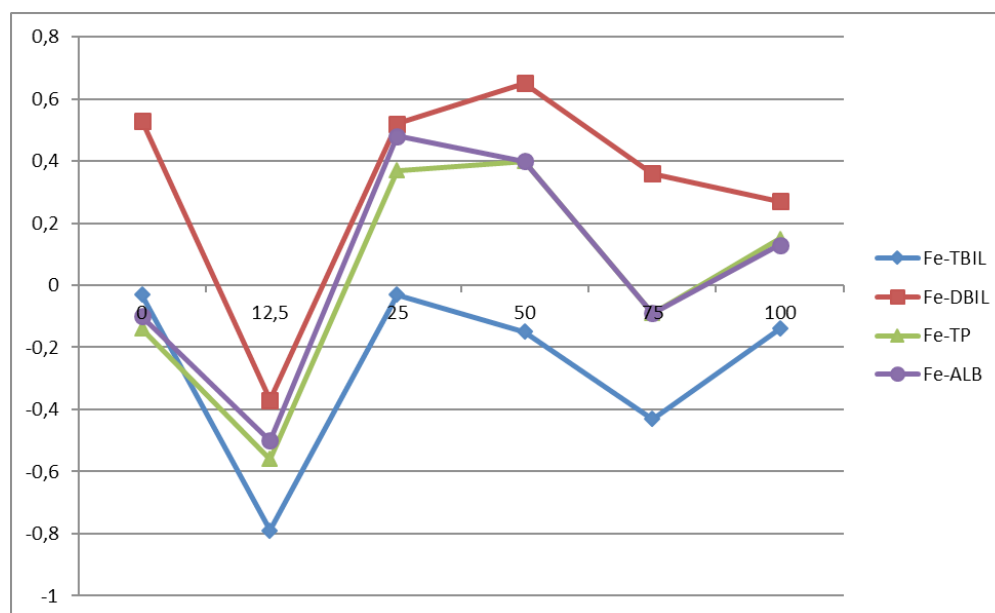


Рис. 1. Вариативность коэффициента корреляции содержания железа с другими показателями сыворотки крови у индеек при применении различных доз Ветом 1.2
Variability of the correlation coefficient of iron content with other indicators of blood serum in turkeys when using various doses of Vetom 1.2.

Под действием разных доз изучаемого препарата Ветом 1.2 изменялся коэффициент корреляции концентрации гемоглобина крови с другими нутриентами у индеек. Коэффициент корреляции концентраций гемоглобина крови и общего билирубина в сыворотке крови у индеек, получавших Ветом 1.2 в дозах 12,5; 25; 50; 75 и 100 мг/кг массы, был ниже на 0,33; 0,02; 0,01; 0,34 и 0,40 пункта соответственно, чем у аналогов из контроля. Таким образом, наблюдалась обратная корреляционная зависимость между гемоглобином крови и общим билирубином сыворотки крови. Явление, когда метаболит одного вещества обратно коррелирует с ним же, может являться свидетельством того, что низкие концентрации гемоглобина более интенсивно метаболизируются, давая ход новой наработке этого белка – переносчика кислорода (рис. 2).

Коэффициент корреляции концентрации гемоглобина крови и прямого билирубина в сыворотке крови у индеек, получавших Ветом 1.2 в дозах 12,5; 25; 50 и 100 мг/кг мас-

сы, был ниже на 0,87; 0,78; 0,74 и 0,34 пункта соответственно, чем у аналогов из контроля. У индеек, получавших Ветом 1.2 в дозе 75 мг/кг, этот коэффициент был выше на 0,16 пункта, чем у контрольной группы. Таким образом, наблюдалась обратная корреляционная зависимость между гемоглобином крови и прямым билирубином сыворотки крови в дозах до 50 мг/кг массы и в дозе 100 мг/кг массы, а при применении Ветом 1.2 в дозе 75 мг/кг наблюдается прямая корреляционная зависимость между этими двумя показателями (см. рис. 2).

Коэффициент корреляции концентрации гемоглобина крови и общего белка в сыворотке крови у индеек, получавших Ветом 1.2 в дозах 12,5; 25; 50 и 100 мг/кг массы, был ниже на 0,87; 0,61; 0,77 и 0,21 пункта соответственно, чем у аналогов из контроля, а у индеек, получавших Ветом 1.2 в дозе 75 мг/кг, выше на 0,24 пункта. Таким образом, наблюдалась обратная корреляционная зависимость между концентрацией гемоглобина в крови и концентрацией общего белка в сыворотке крови

в дозах до 50 мг/кг массы и при применении в дозе 100 мг/кг массы. В то же время при применении Ветом 1.2 в дозе 75 мг/кг наблюдается прямая корреляционная зависимость между этими двумя показателями (см. рис. 2).

Коэффициент корреляции концентрации гемоглобина крови и альбуминов в сыворотке крови у индеек, получавших Ветом 1.2 в дозах 12,5; 25; 50 и 100 мг/кг массы, был ниже на 0,90; 0,64; 0,81 и 0,29 пункта соответ-

ственно, чем у аналогов из контроля, а у индеек, получавших Ветом 1.2 в дозе 75 мг/кг, выше на 0,29 пункта. Таким образом, наблюдалась обратная корреляционная зависимость между гемоглобином и альбуминами в дозах до 50 мг/кг массы и при применении в дозе 100 мг/кг массы, а при применении Ветом 1.2 в дозе 75 мг/кг наблюдается прямая корреляционная зависимость между этими двумя показателями (см. рис. 2).

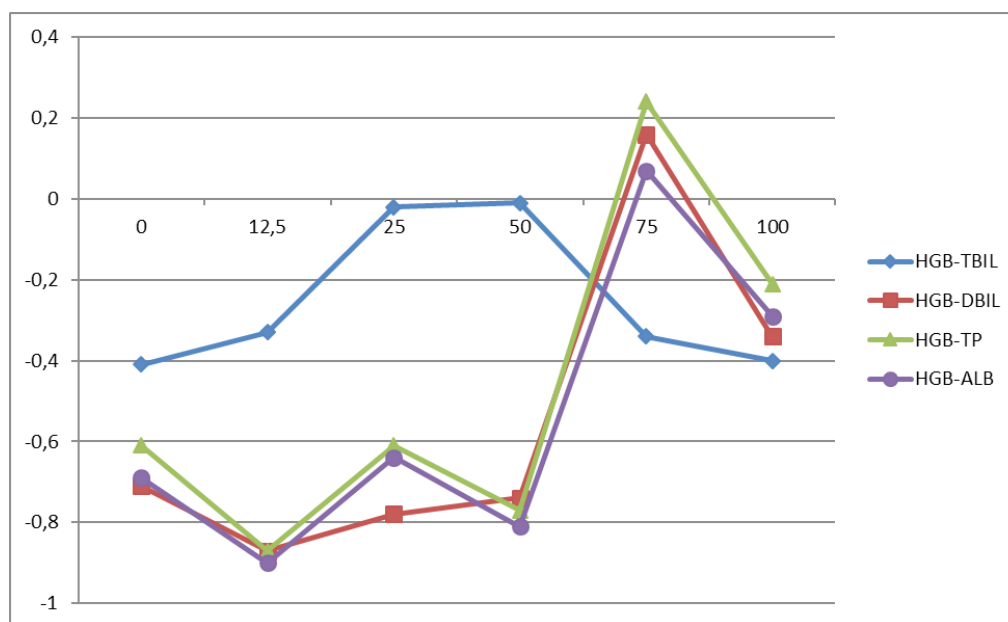


Рис. 2. Вариативность коэффициента корреляции содержания гемоглобина с другими показателями сыворотки крови у индеек при применении различных доз Ветом 1.2
Variability of the correlation coefficient of hemoglobin content with other indicators of blood serum in turkeys when using different doses of Vetom 1.2.

Под действием разных доз изучаемого препарата Ветом 1.2 изменялся коэффициент корреляции концентрации общего билирубина сыворотки крови с другими показателями крови и сыворотки крови у индеек. Коэффициент корреляции концентрации общего билирубина в сыворотке крови и концентрации эритроцитов крови у индеек, получавших Ветом 1.2 в дозах 12,5; 75 и 100 мг/кг массы, был ниже на 0,39; 0,37 и 0,42 пункта соответственно, чем у аналогов из контроля, а у индеек, получавших Ветом 1.2 в дозах 25 и 50 мг/кг, выше на 0,02 и 0,01 пункта соответственно. Таким образом, корреляция общего билирубина в сыворотке крови и эритроцитов крови имеет обратную тенденцию в норме и при применении Ветом 1.2 в ма-

лых и высоких дозах, а при применении этого препарата в средней изучаемой дозировке (25 и 50 мг/кг массы) корреляционная зависимость между этими двумя показателями не фиксируется ($r_{xy} \approx 0$) (рис. 3). Данный эффект повторяет зависимость общего билирубина и гемоглобина (см. выше).

Коэффициент корреляции концентраций общего билирубина глюкозы в сыворотке крови у индеек, получавших Ветом 1.2 в дозах 12,5; 25; 75 и 100 мг/кг массы, был ниже на 0,67; 0,14; 0,60 и 0,66 пункта соответственно, чем у аналогов из контроля, а у индеек, получавших Ветом 1.2 в дозе 50 мг/кг, выше на 0,13 пункта. Таким образом, корреляция общего билирубина и глюкозы имеет преимущественно обратнoзависимый характер,

незначительно выходящий в положительные значения при применении Ветом 1.2 в дозе 50 мг/кг массы. А в целом график имеет тенденцию, схожую с таковой между общим билирубином и эритроцитами (см. рис. 3).

Коэффициент корреляции концентрации общего билирубина в сыворотке крови и концентрации общего белка в сыворотке крови у индеек, получавших Ветом 1.2 в дозах 12,5; 25; 50 и 100 мг/кг массы, был выше на 0,32; 0,31; 0,18 и 0,45 пункта соответственно, чем у аналогов из контроля, а у индеек, получавших Ветом 1.2 в дозе 75 мг/кг, выше на 0,33 пункта. Таким образом, между общим билирубином и общим белком устанавливается высокая прямая корреляционная зависимость

при применении Ветом 1.2 в большинстве доз, кроме дозы 75 мг/кг (см. рис. 3).

Коэффициент корреляции концентраций общего билирубина и альбуминов в сыворотке крови у индеек, получавших Ветом 1.2 в дозах 12,5; 25; 50 и 100 мг/кг массы, был выше на 0,28; 0,34; 0,18 и 0,49 пункта соответственно, чем у аналогов из контроля, а у индеек, получавших Ветом 1.2 в дозе 75 мг/кг, выше на 0,17 пункта. Таким образом, между общим билирубином и альбуминами в сыворотке крови устанавливается такая же закономерность, как между общим билирубином и общим белком с достаточно высокой прямой корреляционной зависимостью при большинстве доз, кроме дозы 75 мг/кг (см. рис. 3).

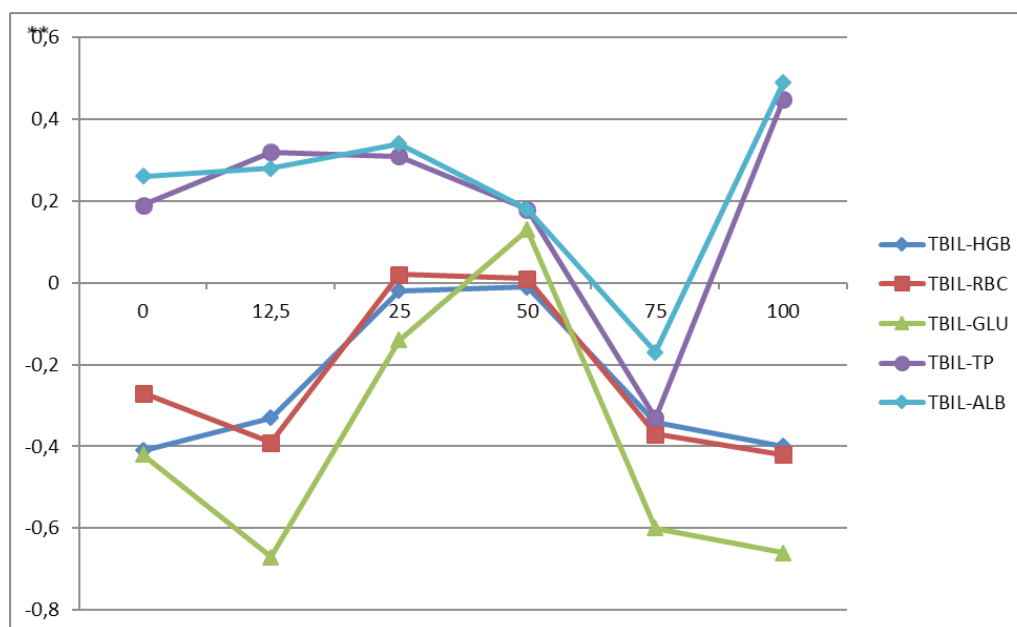


Рис. 3. Вариативность коэффициента корреляции содержания общего билирубина с другими показателями крови и сыворотки крови у индеек при применении различных доз Ветом 1.2
Variability of the correlation coefficient of the total bilirubin content with other blood and serum indices in turkeys when using various doses of Vetom 1.2.

Под действием разных доз изучаемого препарата Ветом 1.2 изменялся коэффициент корреляции концентрации прямого билирубина сыворотки крови с другими показателями крови и сыворотки крови у индеек.

Коэффициент корреляции концентрации прямого билирубина в сыворотке крови и концентрации эритроцитов крови у индеек, получавших Ветом 1.2 в дозах 12,5; 25; 50 и 100 мг/кг массы, был ниже на 0,83; 0,74;

0,70 и 0,35 пункта соответственно, чем у аналогов из контроля, а у индеек, получавших Ветом 1.2 в дозе 75 мг/кг, выше на 0,14 пункта. Таким образом, между прямым билирубином и эритроцитами устанавливается высокая обратная корреляционная зависимость при применении Ветом 1.2 в большинстве доз, кроме дозы 75 мг/кг (рис. 4).

Коэффициент корреляции концентраций прямого билирубина и глюкозы в сыворотке

крови у индеек, получавших Ветом 1.2 в дозах 12,5; 25; 50 и 100 мг/кг массы, был ниже на 0,49; 0,71; 0,63 и 0,52 пункта соответственно, чем у аналогов из контроля, а у индеек, получавших Ветом 1.2 в дозе 75 мг/кг, выше на 0,02 пункта. Таким образом, между прямым билирубином и глюкозой устанавливается высокая обратная корреляционная зависимость при применении Ветома 1.2 в большинстве доз, кроме дозы 75 мг/кг (см. рис. 4).

Коэффициент корреляции концентраций прямого билирубина и общего белка в сыворотке крови у индеек, получавших Ветом 1.2 в дозах 12,5; 25; 50; 75 и 100 мг/кг массы, был выше на 0,93; 0,90; 0,79; 0,32 и 0,89 пункта соответственно, чем у аналогов из контроля.

Таким образом, между прямым билирубином и общим белком устанавливается высокая прямая корреляционная зависимость при применении Ветома 1.2 в большинстве доз, кроме дозы 75 мг/кг (см. рис. 4).

Коэффициент корреляции концентраций прямого билирубина и альбуминов в сыворотке крови у индеек, получавших Ветом 1.2 в дозах 12,5; 25; 50; 75 и 100 мг/кг массы, был выше на 0,97; 0,90; 0,81; 0,01 и 0,91 пункта соответственно, чем у аналогов из контроля. Таким образом, между прямым билирубином и альбуминами устанавливается высокая прямая корреляционная зависимость при применении Ветома 1.2 в большинстве доз, кроме дозы 75 мг/кг (см. рис. 4).

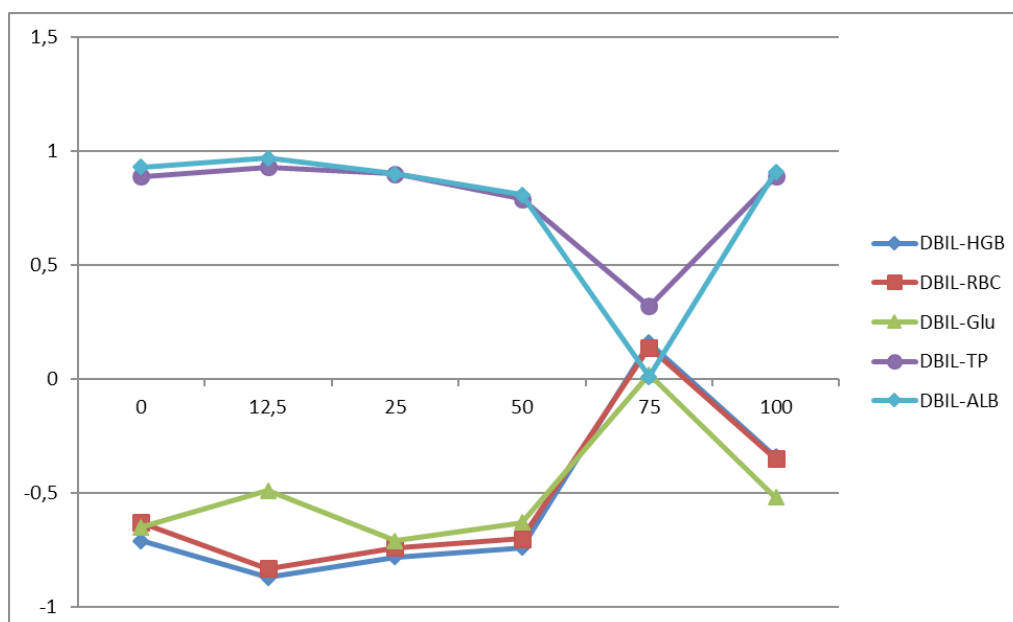


Рис. 4. Вариативность коэффициента корреляции содержания прямого билирубина с другими показателями крови и сыворотки крови у индеек при применении различных доз Ветома 1.2
Variability of the coefficient of correlation of direct bilirubin content with other blood and blood serum indices in turkeys when using various doses of Vetom 1.2.

ВЫВОДЫ

1. Ветом 1.2 в минимальных дозах приводит к обратной корреляционной зависимости между железом и общим билирубином, прямым билирубином, общим белком и альбуминами, повышение концентрации этого препарата приводит к исчезновению этого эффекта с постепенным последующим понижением данного показателя.

2. Ветом 1.2 в дозах до 50 мг/кг приводит к обратной корреляционной зависимости между гемоглобином и прямым билирубином, общим белком и альбуминами, в дозе 75 мг/кг наблюдается прямая корреляционная зависимость между этими показателями, а в дозе 100 мг/кг возвращается отрицательная корреляция.

3. Пробиотический препарат Ветом 1.2 приводит к прямой зависимости билирубина (общего и прямого) с концентрациями гемоглобина и эритроцитов крови при применении в большинстве доз, кроме дозы 75 мг/кг, понижающей корреляционную связь.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Bezkorovainy A., Kot E. Interaction of Bifidobacteria with ferric iron // International Dairy Journal. – 1998. – Vol. 8 (5–6). – P. 507–512.
2. Роль и значимость ионов железа в питании и метаболизме микроорганизмов/ Е. В. Русский, Ю. А. Глушенкова, Л. Я. Телишевская, В. Т. Ночевный // Новые информационные технологии в медицине, биологии, фармакологии и экологии. – Гурзуф, 2017. – С. 114–119.
3. Kumar O., Sugendran K., Vijayaraghavan R. Oxidative stress associated hepatic and renal toxicity induced by ricin in mice // Toxicon. – 2003. – Vol. 41 (3). – P. 333–338.
4. Erythroid cells in suppressing leukemia cell growth. / V.I. Seledtsov, G.V. Seledtsova, D.M. Samarin [et al.] // Leukemia and Lymphoma. – 2005. – Vol. 46 (9). – P. 1353–1356.
5. Influence of cytokine gene polymorphisms on erythropoietin dose requirements in chronic haemodialysis patients / M. Girndt, P. Stenvinkel, Ch. Ulrich [et al.] // Nephrology Dialysis Transplantation. – 2007. – Vol. 22 (12). – P. 3586.
6. The use of human hematopoietic growth factors (RHGM–CSF and RHEPO) as a supportive therapy for FIV-infected cats. / M. Arai, J. Darnen, A. Lewis, J. K. Yamamoto // Veterinary Immunology and Immunopathology. – 2000. – Vol. 77 (1–2). – P. 71–92.
7. Hemoglobin concentrations and RBC transfusion thresholds in patients with acute brain injury: an international survey. / R. Badenes, M. Oddo, J.I. Suarez [et al.] // Critical Care. – 2017. – Vol. 21 (1). – P. 159.
8. Sirdah M. M., Abu Shahla A. N.K., El-Agouza I.M.A. Possible ameliorative effect of taurine in the treatment of iron-deficiency anaemia in female university students of Gaza, Palestine // European Journal of Haematology. – 2002. – Vol. 69 (4). – P. 236–242.
9. Nazifi S., Tadjalli M., Bedeltavana A. R. Normal haematopoiesis, cellular components and stainable iron content in the bone marrow of camels (*Camelus dromedarius*) // Veterinary Research Communications. – 1998. – Vol. 22 (1). – P. 11–20.
10. Hepatoprotective effect of preparations produced from *Chlorophytum comosum* (L.) at experimental toxic damage in wistar rats / D.A. Areshidze, L.D. Timchenko, M.I. Gulyukin [et al.] // Pharmacologyonline. – 2016. – Vol. 2. – P. 81–90.
11. Тишков С.Н. Хронофармакологические показатели влияния пробиотического препарата Ветом 1.23 на работоспособность животных // Вестн. НГАУ. – 2016. – № 3 (40). – С. 144–151.
12. Хазиахметов Ф.С., Хабиров А.Ф., Камильянов А.А. Морфо-биохимические показатели крови ягнят и гусят-бройлеров при использовании пробиотиков Витафорт и Лактобифадол // Вестн. БГАУ. – 2016. – № 2. – С. 59–64.
13. Шатова Т.А., Тишков С.Н., Ноздрин Г.А. Терапевтическая эффективность применения пробиотического препарата ветом 1 при диарейном синдроме у телят в ЗАО «Лебедёвское» Искитимского района Новосибирской области // Актуальные проблемы агропромышленного комплекса: сб. тр. науч.-практ. конф. преподавателей, студентов, магистрантов и аспирантов, посвящ. 80-летию Новосиб. ГАУ. – Новосибирск, 2016. – С. 432–434.
14. Гематологические показатели крови телят при применении препарата Ветом 1 на основе апатогенных бацилл / Г.А. Ноздрин, Е.А. Вальтер, А.Г. Ноздрин [и др.] // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий: сб. III Всерос. (нац.) науч. конф. – 2018. – С. 766–768.

15. Щепеткина С. В., Ришко О. А. Целесообразность применения пробиотиков у разных видов животных // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2017. – № 16 (4). – С. 203–212.

REFERENCES

1. Bezkorovainy A., Kot E. Interaction of Bifidobacteria with ferric iron, *International Dairy Journal*, 1998, Vol. 8 (5–6), pp. 507–512.
2. Russkij E. B., Glushenkova Yu. A., Telyshevskaya L. Ya., Noshevnyj V. T. Rol» i znachimost» ionov zheleza v pitanii i metabolizme mikroorganizmov, *Novye informacionnye tehnologii v medicine, biologii, farmakologii i ekologii*, 2007, Gurzuf, pp. 114–119. (In Russ.)
3. Kumar O., Sugendran K., Vijayaraghavan R. Oxidative stress associated hepatic and renal toxicity induced by ricin in mice, *Toxicon*, 2003, Vol. 41 (3), pp. 333–338.
4. Seledtsov V. I., Seledtsova G. V., Samarin D. M. Erythroid cells in suppressing leukemia cell growth, *Leukemia and Lymphoma*, 2005, Vol. 46 (9), pp. 1353–1356.
5. Girndt M., Stenvinkel P., Ulrich Ch. Influence of cytokine gene polymorphisms on erythropoietin dose requirements in chronic haemodialysis patients, *Nephrology Dialysis Transplantation*, 2007, Vol. 22 (12), pp. 3586.
6. Arai M., Darman J., Lewis A., Yamamoto J. K. The use of human hematopoietic growth factors (RHGM–CSF and RHEPO) as a supportive therapy for FIV-infected cats, *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 2000, Vol. 77 (1–2), pp. 71–92.
7. Badenes R., Oddo M., Suarez J. I. Hemoglobin concentrations and RBC transfusion thresholds in patients with acute brain injury: an international survey, *Critical Care*, 2017, Vol. 21 (1), pp. 159.
8. Sirdah M. M., Abu Shahla A. N. K., El-Agouza I. M. A. Possible ameliorative effect of taurine in the treatment of iron-deficiency anaemia in female university students of Gaza, Palestine, *European Journal of Haematology*, 2002, Vol. 69 (4), pp. 236–242.
9. Nazifi S., Tadjalli M., Bedeltavana A. R. Normal haematopoiesis, cellular components and stainable iron content in the bone marrow of camels (*Camelus dromedarius*), *Veterinary Research Communications*, 1998, Vol. 22 (1), pp. 11–20.
10. Areshidze D. A., Timchenko L. D., Gulyukin M. I. [et al.] Hepatoprotective effect of preparations produced from *Chlorophytum comosum* (L.) at experimental toxic damage in wistar rats, *Pharmacologyonline*, 2016, Vol. 2, pp. 81–90.
11. Tishkov S. N. Hronofarmakologicheskie pokszateli vliyaniya probioticheskogo preparata Vetom 1.23 na rabotosposobnost» zhivotyh, *Vestn. NGAU*, 2016, No 3 (40), pp. 144–151. (In Russ.)
12. Hazi Ahmetov F. C., Habirov A. F., Kamil'yanov A. A. Morfo-biohimicheskie pokazateli krovi jagnjat I gusjat-brojlerov pri ispol'zovanii probiotikov Vitafort i Laktobifadol, *Vestn. BGAU*, 2016, No. 2, pp. 59–64. (In Russ.)
13. Shatova T. A., Tishkov S. N., Nozdrin G. A. Terapevticheskaja effektivnoct» primeneniya probioticheskogo preparata Vetom 1 pri diareynom syndrome u teljat v ZAO Lebedevskoe Iskitimskogo rayona Novosibirskoj oblasti, *Aktual'nye problem agropromyshlennogo kompleksa* (Actual problems of the agro-industrial complex), Proceeding of Scientific and Practical Conference, Novosibirsk, 2016, pp. 432–434. (In Russ.)
14. Nozdrin G. A., Val'ter E. A., Nozdrin A. G. Gematologicheskie pokazateli krovi teljat pri primenenii preparata Vetom 1 na osnove atatogennyh bacill, *Rol» agrarnoj nauki v ustojchivom razvitii sel'skih territorij* (The role of agricultural science in the sustainable development of rural areas), Proceeding of International Scientific and Practical Conference, Novosibirsk, 2018, pp. 766–768. (In Russ.)
15. Shchepetkina S. V., Rishko O. A. Celesoosraznost» primeneniya probiotikov u raznyh vidov zhivotnyh, *Innovacii v APK: problem I perspektivy*, 2017, No. 16 (4), pp. 203–212. (In Russ.)

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Требования к статьям, предоставляемым для опубликования в журнале «Вестник НГАУ»

1. Статьи, предоставляемые в редакцию журнала, должны содержать статистически обработанные результаты научных исследований, имеющих теоретическое и практическое значение для аграрной науки и практики.
2. Публикация обязательно должна быть подписана всеми ее авторами, а также научным руководителем.
3. Размер статей должен быть не менее 10 и не более 15 страниц (в обзорных статьях 20-25 страниц).
4. Авторы предоставляют (одновременно):
 - два экземпляра статьи в печатном виде без рукописных вставок на одной стороне листа формата А4; текст печатается шрифтом Times New Roman, кегль 14, интервал строк 1,5. В названии файла указываются фамилия, имя, отчество автора, полное название статьи;
 - электронный вариант – на CD, DVD-дисках в формате DOC, RTF (диск с материалами должен быть маркирован: название материала, автор, дата);
 - фото, иллюстрации;
 - реферат (на русском и английском языках), УДК;
 - сведения об авторах (анкета): ФИО, должность, ученое звание, степень, место работы; телефоны: рабочий, мобильный, домашний адрес; e-mail;
 - таблицы, графики и рисунки предоставляются в формате Word, Excel с возможностью редактирования.
5. Порядок оформления статьи: УДК; название статьи (полужирными прописными буквами не более 70 знаков); инициалы и фамилия автора (авторов), ученая степень и звание; полное название научного учреждения, в котором проведены исследования; e-mail; 5–10 ключевых слов; аннотация на русском и английском языке (1 500–2 000 знаков); текст статьи; библиографический список; название статьи, ключевые слова, анкета автора.
6. Примерный план статьи, предоставляемой для опубликования:
 - вводная часть (2 500–3 000 знаков): постановка проблемы, цель исследования;
 - объекты и методы исследований (условия, методы исследования, описание объекта, место и дата проведения исследования);
 - результаты исследования (и их обсуждение);
 - выводы;
 - библиографический список и его транслитерация.
7. Библиографический список (не менее 10 и не более 15 источников; для обзорных статей – не менее 30) оформляется в порядке цитирования с указанием в тексте ссылки с номером в квадратных скобках по ГОСТ Р 7.0.5–2008. Литература дается на тех языках, на которых она издана.
8. Если рукопись оформлена не в соответствии с данными требованиями, то она возвращается автору для доработки. Датой сдачи статьи считается день получения редакцией ее окончательного варианта.
9. Все рукописи перед публикацией в журнале проходят проверку кураторами разделов, по результатам которой редколлегия принимает решение о целесообразности их публикации в журнале. В случае отказа в публикации редакция отправляет автору мотивированное обоснование отказа.

