

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ

SCIENTIFIC-THEORETICAL JOURNAL
VESTNIK OF THE RUSSIAN AGRICULTURAL SCIENCE

№ 5 — Сентябрь-Октябрь — 2022
September-October

Издается с января 1992 года. Выходит 6 раз в год.
ISSN 2500-2082

© Российская академия наук, 2022
© «Вестник российской сельскохозяйственной науки», 2022

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
академик РАН Г.А. Романенко

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:
академики РАН

Авидзба А.М. (Национальный НИИ винограда и вина «Магарач»), **Горлов И.Ф.** (Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции), **Долгушкин Н.К.** (заместитель главного редактора РАН), **Иванов А.Л.** (Почвенный институт имени В.В. Докучаева), **Измайлов А.Ю.** (Федеральный научный агроинженерный центр РАН), **Каракотов С.Д.** (АО «Щелково Агрохим»), **Кашеваров Н.И.** (Сибирский федеральный научный центр агроботехнологий РАН), **Кулик К.Н.** (Федеральный научный центр агроэкологии РАН), **Ван Мансвелт Ян** (Нидерланды), **Петров А.Н.** (Всероссийский НИИ технологий консервирования), **Попов В.Д.** (Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства), **Савченко И.В.** (Всероссийский НИИ лекарственных и ароматических растений), **Синеговская В.Т.** (Всероссийский НИИ сои), **Фисинин В.И.** (Федеральный научный центр «ВНИТИП» РАН), **Якушев В.П.** (Агрофизический НИИ)

член-корреспондент РАН

Багиров В.А. (Департамент координации деятельности организаций в сфере сельскохозяйственных наук Министерства науки и высшего образования РФ)

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР – С.Л. Сенина

Журнал в виде отдельной базы данных Russian Science Citation Index (RSCI) размещен на платформе Web of Science. Зарегистрирован в Российском индексе научного цитирования (РИНЦ) и в Международной информационной системе Agris, а также включен в перечень изданий, рекомендованных ВАК РФ для публикации трудов соискателей ученых степеней кандидата и доктора наук.

Полные тексты статей размещаются на сайте научной электронной библиотеки: elibrary.ru

Адрес: 119334, Москва, Ленинский проспект, д. 32 А,
Отделение сельскохозяйственных наук РАН, оф. 1023
Тел.: 8 (495) 938-17-51, 8 (916) 504-79-50
E-mail: vrsn@vestnik-rsn.ru
Website: www.vestnik-rsn.ru

Published January 1992. Published 6 times a year.
ISSN 2500-2082

EDITOR
Academician of the RAS G.A. Romanenko

EDITORIAL BOARD:
Academician of the RAS

Avidzba A.M. (National Institute of Vine and Wine “Magarach”), **Gorlov I.F.** (Povolzhskiy (Volga) Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products), **Dolgushkin N.K.** (Russian Academy of Sciences), **Ivanov A.L.** (Soil Institute named after V. V. Dokuchayev), **Izmajlov A.Ju.** (Federal Scientific Agro-engineering center RAS), **Karakotov S.D.** (JSC “Shchelkovo Agrokhim”), **Kashevarov N.I.** (Siberian Federal Scientific center of Agrobiotechnology of RAS), **Kulik K.N.** (Federal Scientific center of Agroecology RAS), **J.D. van Mansvelt** (Netherlands), **Petrov A.N.** (All-Russian Research Institute of Canning Technology), **Popov V.D.** (Institute of Agroengineering and environmental problems of agricultural production), **Savchenko I.V.** (All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants), **Sinegovskaya V.T.** (All-Russian Research Institute of Soy), **Fisinin V.I.** (Federal Scientific Center “VNITIP” RAS), **Yakushev V.P.** (Agrophysical Research Institute)

Corresponding member of the RAS

Bagirov V.A. (Department of coordination of organizations in the field of agricultural Sciences of the Ministry of science and higher education of the Russian Federation)

EXECUTIVE EDITOR – S.L. Senina

The journal to a separate database of RSCI posted on the Web of Science platform. Registered in the Russian science citation index (RSCI) and the International information system Agris.

Full texts of articles are placed on the website of electronic library: elibrary.ru

Address: 119334, Moscow, Leninsky prospekt, 32 A,
Department of Agricultural Sciences of the RAS, of. 1023
Tel.: +7 (495) 938 17-51, +7 (916) 504-79-50
E-mail: vrsn@vestnik-rsn.ru
Website: www.vestnik-rsn.ru

Содержание / Contents

● РАСТЕНИЕВОДСТВО И СЕЛЕКЦИЯ/ CROP PRODUCTION AND SELECTION

- 4** Темирбекова С.К., Бегеулов М.Ш., Красноперов А.Г. и др. / Temirbekova S.K., Begeulov M.Sh., Krasnoperov A.G. et al. Достижения отечественной селекции в создании сортов из древних видов пшеницы / Achievements of domestic breeding in the creation of varieties from ancient wheat species
- 9** Гуреева Е.В. / Gureeva E.V. Влияние погодных факторов и плотности посева на формирование продуктивности сои в Центральном Нечерноземье / Weather conditions and seeding density influence on soybean productivity in the Central Nonblack Soil Zone
- 13** Гуляева А.А., Ефремов И.Н. / Gulyaeva A.A., Efremov I.N. Достижения и перспективы селекции вишни в ФГБНУ ВНИИСПК / Achievements and prospects of cherry breeding in VNIISPK
- 16** Леоничева Е.В., Роева Т.А., Леонтьева Л.И., Столяров М.Е. / Leonicheva E.V., Roeva T.A., Leontieva L.I., Stolyarov M.E. Оценка динамики минерального азота в агросерой почве под семечковыми и косточковыми садами / Evaluation of the mineral nitrogen dynamics in agro-gray soil under seed and stone fruit orchards
- 21** Галашева А.М., Красова Н.Г. / Galasheva A.M., Krasova N.G. Урожайность сортов яблони селекции ФГБНУ ВНИИСПК на интеркалярных подвоях / Yield of apple tree varieties bred by FSBI VNIISPK on intercalary rootstocks
- 24** Замятин С.А., Максимова Р.Б. / Zamyatin S.A., Maksimova R.B. Влияние длительного применения минеральных удобрений на экономические показатели возделываемых культур в полевых севооборотах в условиях республики Марий Эл / Long term fertilizers application influence on economic parameters of cultivated crops in crop rotations in Mari El Republic
- 28** Удалова Е.Ю., Замятин С.А. / Udalova E.Yu., Zamyatin S.A. Эффективность применения фунгицидов при выращивании картофеля / Effectiveness of fungicides usage in the potatoes cultivation
- 32** Абильфазова Ю.С. / Abilfazova Yu.S. Физиологические показатели устойчивости персика к неблагоприятным факторам субтропиков России / Physiological indicators peach resistance to unfavorable factors of subtropics Russia
- 36** Боос Г.В., Прикупец Л.Б., Трухачёв В.И. и др. / Boos G.V., Prikupets L.B., Trukhachev V.I. et al. «Светодиодная революция» и новые возможности повышения эффективности светокультуры растений / «LED Revolution» and new opportunities to improve the efficiency of plant light culture
- 42** Кинчаров А.И., Демина Е.А., Таранова Т.Ю., Чекмасова К.Ю. / Kincharov A.I., Demina E.A., Taranova T.Yu., Chekmasova K.Yu. Продолжительность периода всходы-колошение в селекции яровой мягкой пшеницы на продуктивность / Duration of the shoots-tillering period in the selection of spring soft wheat for productivity

● ЗЕМЛЕДЕЛИЕ / AGRICULTURE

- 47** Митрофанов Ю.И., Анциферова О.Н., Первушина Н.К. / Mitrofanov Yu.I., Antsiferova O.N., Pervushina N.K.
Эффективность осушения переувлажняемых почв в обеспечении высокопродуктивного земледелия / Efficiency of saturated with water soils drainage in ensuring highly productive agriculture

● ЗООТЕХНИЯ / ZOOTECHNICS

- 53** Горлов И.Ф., Николаев Д.В., Карпенко Е.В. и др. / Gorlov I.F., Nikolaev D.V., Karpenko E.V. et al.
Взаимосвязь генетических особенностей бычков *калмыцкой* и *русской комолой* пород с мясной продуктивностью / Correlation between genetics features of *Kalmyk* and *Russian hornless* breeds calf bulls with meat productivity
- 58** Нечитайло К.С., Сизова Е.А. / Nechitailo K.S., Sizova E.A.
Влияние гуминовой добавки на продуктивные показатели и химический состав тела цыплят-бройлеров / Influence of humic additive on productive indicators and chemical composition of the body of broiler chickens
- 61** Оздемиров А.А., Акаева Р.А., Алиева Е.М. и др. / Ozdemirov A.A., Akaeva R.A., Alieva E.M. et al.
Полиморфизм генов GH, CAST у овец породы *Дагестанская горная*, анализ ассоциаций их генотипов с показателями иммунобиологического статуса / Polymorphism of GH, CAST genes in *Dagestan mountain sheep*, analysis of their genotypes associations with indicators of immunobiological status

● ВЕТЕРИНАРНАЯ ЭНТОМОЛОГИЯ / VETERINARY ENTOMOLOGY

- 66** Фёдорова О.А., Сивкова Е.И. / Fedorova O.A., Sivkova E.I.
Влияние метеорологических факторов юга Тюменской области на активность лета кровососущих мокрецов (Diptera, Ceratopogonidae) / Influence of meteorological factors on the flight activity of blood sucking biting midges (Diptera, Ceratopogonidae) in the south of the Tyumen region

● ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ / PROCESSES AND MACHINES OF AGROENGINEER SYSTEMS

- 69** Калашников С.С., Раднаев Д.Н., Цыбиков Б.Б. и др. / Kalashnikov S.S., Radnaev D.N., Tsybikov B.B. et al.
Обоснование выбора материала рассеивателя дискового сошника / Rationale for the choosing of disc coulter diffuser material
- 75** Присяжная И.М., Присяжная С.П., Фокина Е.М. / Prisyazhnaya I.M., Prisyazhnaya S.P., Fokina E.M.
Исследование прочности зерна сои различных сортов / Study of the strength of soybean grains of various varieties

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-63276 от 06 октября 2015 г.,
выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Подписано к печати 25.09.2022 г. Формат 60×88 1/8. Усл. печ. л. 9,78. Уч.-изд. л. 10. Заказ № 13. Тираж 21 экз. Бесплатно.

Учредитель: Российская академия наук

16+

Издатель: Российская академия наук, 119991, Москва, Ленинский пр-т, 14
Исполнитель по госконтракту № 4У-ЭА-131-21 ООО "Тематическая редакция",
125252, г. Москва, ул. Зорге, д. 19, этаж 3, помещ. VI, комн. 44
Отпечатано ИП Ерхова И.М.
125267, Москва, Ленинградский пр-т, 47, тел. 8 495 799-48-85

ДОСТИЖЕНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ В СОЗДАНИИ СОРТОВ ИЗ ДРЕВНИХ ВИДОВ ПШЕНИЦЫ

Сулухан Кудайбердиевна Темирбекова¹, доктор биологических наук, профессор
Марат Шагабанович Бегеулов², кандидат сельскохозяйственных наук
Андрей Геннадьевич Красноперов³, доктор сельскохозяйственных наук
Юлия Владимировна Афанасьева⁴, кандидат сельскохозяйственных наук
Елена Анатольевна Калашникова¹, доктор биологических наук, профессор
Николай Владимирович Меркурьев⁵
Ирина Игоревна Сардарова¹

Татьяна Александровна Тумаева⁴, кандидат сельскохозяйственных наук

¹Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Московская обл., Россия

²Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

³Калининградский научно-исследовательский институт сельского хозяйства –
Филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса»,
Калининградская обл., Россия

⁴ФГБНУ Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства,
г. Москва, Россия

⁵Всероссийский центр по оценке качества сортов сельскохозяйственных культур –
филиал ФГБУ «Госсорткомиссия», г. Москва, Россия

E-mail: sul20@yandex.ru

Аннотация. Исследованы древние виды пшеницы: спельта озимая, полба голозерная яровая, тургидная яровая. На их основе создан сорт спельты озимой Алькоран и перспективный сортообразец Знамение, уникальный сорт полбы голозерной Гремме 2У, а также сорт тургидной пшеницы Каныш. Сорты адаптивные, устойчивые к абиотическим и биотическим стрессовым факторам определенного региона. Формируют урожай с высокими биохимическими и удовлетворительными физико-химическими показателями зерна, характеризуются абсолютным иммунитетом к мучнистой росе, видам ржавчины и энзимо-микозному истощению семян. Из-за высокого содержания белка, незаменимых жирных кислот, клетчатки, минералов, антиоксидантов зерно древней пшеницы может служить ценным сырьем при совершенствовании технологий производства продуктов питания диетического и лечебно-профилактического назначения, что особенно важно для укрепления иммунитета.

Ключевые слова: спельта, полба голозерная, тургидная пшеница, адаптивность, абиотические и биотические стрессы, иммунитет, показатели качества зерна

ACHIEVEMENTS OF DOMESTIC BREEDING IN THE CREATION OF VARIETIES FROM ANCIENT WHEAT SPECIES

S.K. Temirbekova¹, *Grand PhD in Biological Sciences, Professor*
M.Sh. Begeulov², *PhD in Agricultural Sciences*
A.G. Krasnoperov³, *Grand PhD in Agricultural Sciences*
Yu.V. Afanasyeva⁴, *PhD in Agricultural Sciences*
E.A. Kalashnikova¹, *Grand PhD in Biological sciences, Professor*
N.V. Merkuriev⁵
I.I. Sardarova¹

T.A. Tumaeva⁴, *PhD in Agricultural Sciences*

¹All-Russian Research Institute of Phytopathology, Moscow region, Russia

²Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia

³Kaliningrad Research Institute of Agriculture, branch of the V.R. Williams Federal Research Institute
for Fodder Production and Agroecology, Kaliningrad region, Russia

⁴Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Moscow, Russia

⁵All-Russian Center for Assessing the Quality of Crop Varieties Branch of the Federal State Budgetary Institution
“State Commission of the Russian Federation for Testing and Protection of Breeding Achievements”, Moscow, Russia

E-mail: sul20@yandex.ru

Abstract. Ancient types of wheat were studied: winter spelled, naked spring spelled, spring turgid wheat. On their basis, the country's only winter spelled variety Alkoran, a promising variety of spelled Znamenie, a unique variety of naked spelled Gremme 2U, and a variety of turgid wheat Kanysh were created. Varieties are adaptive, resistant to abiotic and biotic stress factors of a certain region. They form a sufficient yield with high biochemical and fairly satisfactory physical and chemical indicators of grain, are characterized by absolute immunity to powdery mildew, rust types and enzyme-mycosis depletion of seeds. Due to the high content of protein, essential fatty acids, fiber, minerals, antioxidants, the grain of ancient wheat can serve as a valuable raw material for improving the technologies for the production of food products for dietary and therapeutic purposes, which is especially important for strengthening immunity.

Keywords: spelled, naked spelled, turgid wheat, adaptability, abiotic and biotic stresses, immunity, grain quality indicators

Спельта (*Triticum spelta* L.) – древний, почти исчезнувший вид пшеницы. Возделывается в ограниченном количестве в Астории (Испания), Баварии (ФРГ), Австрии, Швейцарии и Бельгии. Примесь единичных растений спельты на полях мягкой пшеницы наблюдается в Закавказье и Средней Азии. Колосья грубые, жесткие, длинные, рыхлые (14...22 колоска на 10 см колосового стержня). Зерна средней стекловидности. Спельта бывает озимая и яровая, обладает рядом полезных признаков: неприхотливость, сравнительная зимостойкость в ареале, устойчивость к избыточному увлажнению, высокое содержание белка в зерне, пригодность муки для изготовления долго не черствеющего хлеба, кондитерских изделий. Как древний вид пшеницы богата макро-, микроэлементами и незаменимыми аминокислотами. Отрицательные признаки: трудная вымолачиваемость зерна, ломкость колосового стержня, низкая семенная продуктивность, относительно длинный вегетационный период, слабая засухоустойчивость. [2]

Полба – одна из самых древних зерновых колосовых культур. *T. dicoccoides* L. – двузернянка дикая, с признаками культурного типа: крупные колосья и стекловидные высокобелковые зерна. Произрастает в Северной Палестине и Сирии, считается прародителем *T. dicocum*. Наряду с древними видами закавказской и колхидской полбы, возделывают культурный вид тетраплоидной пшеницы полбы – *T. dicocum* (*Schrank*) *Schuebl* или *T. turgidum* L. ssp. *dicoccoides* (*Koern*) *emend. MK*, а также полбу исфahanскую (*T. ispananicum* *Helslot*).

В странах Западной Европы и США усилился интерес к пленчатым пшеницам – полбе и спельте, отличающимся от других видов большим содержанием клетчатки в муке. Появились сведения, что использование их в пищу снижает риск сердечно-сосудистых и некоторых онкологических заболеваний.

Ученые подсчитали, что среднестатистический горожанин вместе с пищей ежегодно съедает 2,5 кг различных химических веществ, которые придают еде свежий вид, приятный аромат, способствуют ее долгому сохранению. Люди пользуются химическими средствами, антибиотиками. Все это приводит к возникновению многих заболеваний, справиться с которыми могут помочь древние злаковые культуры с богатым генетическим потенциалом, имеющие в своем составе уникальные ценные белковые компоненты и микроэлементы. [6]

В 1926 году Н.И. Вавилов впервые увидел пшеницу спельту в Испании. [1] На Западе полбу настоящую или спельту называют динкель и относят к гексаплоидным видам пшеницы ($2n = 42$). Эта злаковая культура очень неприхотлива, растет и дает урожай даже на высоте более 1200 м над уровнем моря. Она возделывается в органическом земледелии Германии, Швейцарии, Франции, Испании и Италии для лечебных целей. Так как пищевые продукты, которые получают из полбы (хлеб, макароны, крупы) способствуют укреплению иммунной системы организма, ими в первую очередь обеспечиваются детские учреждения, санатории и больницы. Хлебобулочные изделия и крупы из динкеля дороже аналогичных продуктов из обычной пшеницы в несколько раз.

В России до сих пор не было сортов из пшеницы спельты озимой и полбы голозерной.

Цель работы – создать сорта из древних видов пшеницы с хозяйственно ценными признаками и устойчивостью к вредоносной болезни колоса и зерна – энзимо-микозному истощению (истекание зерна), а также высокой потенциальной продуктивностью и сопротивлением к действию абиотических и биотических стрессоров. [3] Новый сорт спельты не должен иметь ломкость колоса и склонность к полеганию, в полбе необходимо убрать «скорлупку» для лучшего обмолота и использования зерна в производстве.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа выполнена в бывшем МОВИР имени Н.И. Вавилова, ныне ФНЦ Садоводства, п. Михнево, Ступинский р-н, Московская обл. (1995–2013 годы), «Селекционно-семеноводческой фирме», г. Чистополь, Татарстан (2001–2013), ООО «Савинская Нива», Калужская обл. (2007–2019), ВНИИ фитопатологии (2016–2021). Объект исследований – пшеница спельта *Triticum spelta* L., сорта спельты озимой *Алькоран* и *Знамение*, пшеница двузернянка полба голозерная (эммер *Triticum dicocum* *Schuebl*), сорта *Греммэ* (Татарстан), *Греммэ 2У* (ФГБНУ ВНИИФ), *Руно* полбы пленчатой (Краснодарский НИИСХ), а также тургидной яровой пшеницы (*Triticum turgidum* L.) *Каныш* (ФГБНУ ВНИИФ, ФГБНУ ФНЦ Садоводства).

Фенологические, биометрические наблюдения и учеты в период вегетации проводили в соответствии с методикой государственного сортоиспытания, биохимический анализ образцов – на спектрофотометре SpectraStar 2600 (США), оценку качества зерна – по И.И. Василенко, В.И. Комарову, иммунологическую оценку – С.К. Темирбековой. [4, 5] Физико-химические показатели зерна определяли по действующим стандартам: натуре зерна – ГОСТ 10840-2017, общую стекловидность – ГОСТ 10987-76, количество и качество сырой клейковины – ГОСТ Р 54478-2011, число падения – ГОСТ ISO 3093-2016, белок – ГОСТ 10846-91, пробную лабораторную выпечку проводили по методике Всероссийского центра оценки качества сортов сельскохозяйственных культур.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Создан сорт полбы настоящей или пшеницы спельты озимой *Алькоран* путем целенаправленного отбора, выделения биотипов из сорта *Алькор* (Швейцария) и дальнейшего улучшения по желаемым признакам: зимостойкость, отсутствие ломкости колоса, урожайность и иммунитет к болезням. Сорт устойчив к энзимной (биологическое травмирование на корню) и микозной болезням колоса стадии ЭМИС, не поражается мучнистой росой, видами ржавчины и корневыми гнилями (рис. 1, 2-я стр. обл.). Авторы – Л.М. Эзрохин, Б.И. Сандухадзе, С.К. Темирбекова, П. Кунц. Патент № 2351. Урожайность – 2,0...3,5 т/га, содержание белка – 13...19%, лизина – 3%, сырой клейковины – 30...32%. Масса 1000 зе-

рен – 45,2...54,5 г. Растения высокорослые – 117...139 см, длина колоса – 10...12 см, в колосе 40...48 зерен, в колоске содержится три семени, зимостойкость – 70...85% в Нечерноземной зоне РФ.

Семена сорта *Алькоран* отличаются высоким содержанием фосфора, железа, калия, селена, жира, жирных кислот, витаминов группы В и D. [6]

За период вегетации (2017 год) в Калужской области выпало 350 мм осадков, что выше нормы на 40%, средняя температура воздуха составила 17°C (норма 16,3°C), ГТК – 1,7. Зерно сортов пшеницы спелты *Алькоран*, полбы голозерной *Гремме* и пленчатой *Руно*, выращенное во влажных условиях, было проанализировано на физико-химические свойства.

Натура зерна, характеризующая его выполненность и содержание эндосперма, определяет мукомольные и крупяные свойства зернового сырья. Натура зерна пшеницы спелты сорта *Алькоран* – 725 г/л, что отвечает требованиям, предъявляемым к 4 классу зерна мягкой пшеницы. Масса 1000 зерен достигла 45 г при фактической влажности и 39,4 г в пересчете на сухое вещество. Зерно отличалось сравнительно невысокой общей стекловидностью (42%), отражающей механическую прочность зерна, что может негативно сказываться на качестве крупы и выходе муки высоких сортов. Число падения (477 с) свидетельствует о низкой активности α -амилазы и пригодности зернового сырья для производства хлебопекарной муки. По содержанию сырой клейковины (30,5%) зерно спелты соответствовало 1 классу мягкой пшеницы, однако качество сырой клейковины (87 ед. прибора ИДК) было на уровне II группы (удовлетворительная слабая). Содержание сухой клейковины в зерне составляло 10,5%, что объясняется ее высокой гидратационной способностью (190%). По комплексу изученных физико-химических показателей зерно пшеницы спелты сорта *Алькоран* отвечало требованиям, предъявляемым к зерну мягкой пшеницы 4 класса и пригодно для продовольственных нужд. С учетом содержания большего, по сравнению с современной пшеницей, количества белка, незаменимых жирных кислот, клетчатки, минералов, антиоксидантов зерно спелты может служить ценным сырьем при совершенствовании технологий производства продуктов питания диетического и лечебно-профилактического назначения, что особенно важно для укрепления иммунитета.

Изученные пробы зерна полбы сортов *Гремме* и *Руно* превосходят на 32...70 г/л по показателю натуры зерно спелты сорта *Алькоран*. Зерно *Алькоран* уступает *Гремме* по стекловидности на 24%, количеству сырой клейковины – 6,2, сухой – 4,1%. Качество клейковины в зерне сорта полбы *Гремме* соответствует I группе (77 ед. ИДК). При этом гидратационная способность клейковины у спелты на 38% выше. Активность α -амилазы по числу падения у всех сортов низкая (416...482 с), что свидетельствует о пониженной активности ферментов, необходимых для процесса брожения и формирования оптимальных реологических свойств теста. Зерно спелты сорта *Алькоран* по физико-химическим показателям практически не уступает зерну

полбы *Руно*. По общей стекловидности (48%), количеству сырой (32,8%) и сухой клейковины (11,6%), гидратационной способности клейковины (184%) отклонения не значительны, однако качество клейковины в зерне сорта полбы *Руно* заметно ниже (105 ед. ИДК) и соответствует только III группе (неудовлетворительная слабая), что не позволяет рекомендовать его для переработки в хлебопекарную муку. По комплексу изученных показателей зерно полбы голозерной сорта *Гремме* отвечает требованиям, предъявляемым к зерну мягкой пшеницы I класса, а полбы пленчатой *Руно* – 4 класса.

Таким образом, зерно сорта *Алькоран* перспективно для использования в пищевой промышленности, медицине и животноводстве. При выпечке хлеба, изготовлении кондитерских изделий, макарон из муки спелты с добавлением в тесто аскорбиновой кислоты оно становится эластичным, с хорошими хлебопекарными и макаронными качествами. Высокое содержание витамина D укрепляет кости, а наличие в составе зерна селена способствует предотвращению болезней кожи, выпадению волос, заболеваний печени, сердца и развитию сколиоза.

Для обработки зерна сорта *Алькоран* на пищевые цели, как и для овса, гречихи, риса, требуется дополнительная работа по удалению пленки или спелты. На посев берут семена в спелте.

В результате многолетнего отбора из сорта *Алькоран* получен перспективный сортообразец пшеницы спелты *Знамение*. (рис. 2, 2-я стр. обл.) По сравнению с родительской формой он отличается небольшой высотой, увеличенным числом (выше 5 шт.) продуктивных стеблей, устойчив к мучнистой росе, бурой ржавчине, корневым гнилям, ЭМИС и в слабой степени поражается септориозом листьев в Нечерноземной зоне РФ. Рекомендован к выращиванию в Центральном регионе Нечерноземной зоны. Морфолого-биологические признаки растений: урожайность – 2,0...3,5 т/га, содержание белка – 13...19,8%, лизина – 3% и сырой клейковины – 30...32%. Масса 1000 зерен – 45,2...54,5 г, число продуктивных стеблей – 7...12 шт., длина колоса – 12...14 см (рис. 2, 2-я стр. обл.), высота растений – 112 см, зимостойкость – 70...85%, стекловидность зерна – 70...80%.

По результатам анализа физико-химических показателей зерна сортообразца *Знамение* урожая 2021 года получены следующие данные: натура зерна – 725 г/л, стекловидность – 68%, содержание сырой клейковины – 42,5% при II группе качества (95 ед. ИДК), белка – 15,53%, число падения – 330 с. Зерно сорта *Знамение* отвечает требованиям, предъявляемым к зерну мягкой пшеницы 4 класса.

В результате многолетней селекционной работы создан сорт голозерной полбы *Гремме 2У* (биотип из сорта *Гремме*) (рис.3, 2-я стр. обл.), который превосходит по содержанию макро-, микроэлементов и устойчивости к ряду опасных болезней ранее созданный нами сорт *Гремме*. [7, 8] Новый сорт включен в Госреестр по сортоиспытанию и охране селекционных достижений РФ (2021 год) и рекомендован для использования во всех регионах РФ. Авторы: Э.Ф. Ионов, В.А. Драгавцев, С.К. Темирбекова, Н.Э. Ионова. Патент № 11456.

Разновидность сорта – ташкентум, среднеспелый. Вегетационный период 96...98 дней. Содержание белка – 17,4...18,6%, сырой клейковины – до 47%, масса 1000 зерен – 34...36 г, урожайность – 25...28 ц/га. Полба голозерная предназначена для получения крупы и муки. Сорт *Гремме 2У* имеет высокий адаптивный потенциал в контрастных почвенно-климатических условиях, что выражается в устойчивости к абиотическим и биотическим стрессовым факторам соответствующего региона. Выращивается в Московской, Белгородской и Калининградской областях.

Сорт устойчив к засухе, жаре, избыточному увлажнению. Доказаны иммунологические свойства к нескольким болезням в полевых и лабораторных условиях – устойчив к энзимо-микозному истощению семян (ЭМИС), различным видам ржавчины, мучнистой росе. Впервые получены данные об абсолютном иммунитете полбы голозерной сорта *Гремме 2У* к мучнистой росе, фузариозу колоса, головневому и ржавчинным болезням. Хлеб и крупа из полбы голозерной могут быть предназначены для детского питания и онкобольных. [9] Аналогов в мире нет. Изучены биохимические, иммунологические и физико-химические свойства зерна полбы голозерной сорта *Гремме 2У*. [10] Биохимический анализ зерна, проведенный в Центре Черкизово, выявил высокое содержание белка, клетчатки, макро- и микроэлементов, витаминов из группы В и D, богатый состав незаменимых аминокислот, что свойственно древним видам пшеницы. Физико-химические показатели зерна полбы урожая 2020 года соответствуют требованиям, предъявляемым к зерну мягкой пшеницы 3 класса: количество сырой клейковины – 32,2%, качество клейковины – 89 ед., ИДК (II группа – удовлетворительная слабая), содержание сухой клейковины – 11,1%, гидратационная способность – 180%, натура зерна – 758 г/л, число падения – 217 с, общая стекловидность – 58%. Клейковина имеет повышенную липкость, что связано с содержанием большого количества клетчатки и глиадиновой фракции. Зерно полбы размалывали на агрегатной мельничной установке «Мельник 100 люкс» и получали хлебопекарную муку различных сортов. Общий выход муки первого пропуска составил 59,7%. Наибольший объемный выход (359 см³) и лучшие органолептические свойства (общая хлебопекарная оценка – 3,6 балла) отмечены у образца хлеба, выпеченного из полбяной муки, отвечающей требованиям, предъявляемым к муке пшеничной хлебопекарной первого сорта.

Исследованиями подтверждена возможность использования муки, выработанной из зерна полбы голозерной сорта *Гремме 2У* и пельгты *Алькоран* для производства хлебобулочных изделий повышенной биологической, лечебно-профилактической, пищевой ценности и с высокой органолептической оценкой.

Каныш – новый сорт тургидной яровой пшеницы, полученный путем многолетнего отбора (с 1997 года) по желаемым признакам из коллекционного образца *Farra* (ФРГ) на естественном почвенном инфекционном фоне (рис. 4, 2-я стр. обл.). В 2007–2010 годах провели стационарные испытания на продуктивность и устойчивость к болезням, в 2019 размножили для

получения качественных семян. Сорт был включен в Госреестр для выращивания в регионах в 2022 году.

Форма куста в период кушения прямостоячая, стебель средней толщины, опушенный. Лист не опушенный, окраска зеленая, узколистный, восковой налет отсутствует. Колос плотный, цилиндрической формы с белой окраской, длина колоса – 9...11 см. Зубец колосковой чешуи слегка изогнут, средний, характер плеча скошенный, киль выражен слабо. Ости длинные, параллельно расходящиеся, зубчатые, белые с частично черной окраской. Высота растения по годам – от 95 до 120 см, продуктивная кустистость – 3,0. Устойчивость к полеганию средняя. Зерно крупного размера, голое, по форме полуудлиненное, имеет красную окраску, бороздка средняя. Особенности: засухоустойчивость, устойчивость к переувлажнению, бурой и стеблевой ржавчине, корневым гнилям. Основной морфологический признак – волнообразность стебля. Вегетационный период – 90 дней. Число зерен в колосе – 28...30 шт., масса зерен с колоса – 1,6 г, масса 1000 зерен – 50...54 г, урожайность – 23...25 ц/га. По большинству изученных физико-химических показателей зерно сорта *Каныш*, выращенное в 2020 и 2021 годах, отвечало требованиям, предъявляемым к 1 или 2 классу зерна пшеницы мягкой, однако качество сырой клейковины соответствовало II группе (удовлетворительная слабая), 3 товарному классу (табл. 1). Зерно высокостекловидное: в 2020 году общая стекловидность составила 88%, 2021 – 70%. Содержание сырой клейковины превышает 30%, активность α -амилазы по числу падения – низкая.

Помол зерна проводили на универсальной лабораторной мельнице *Quadrumat Junior* с двукратным пропуском и отсевом муки на контрольном сите № 38 (41/43 ПА). Общий выход составил 51,6%. (рис. 5, 2-я стр. обл.)

Объемный выход хлеба из муки зерна сорта *Каныш* был сравнительно невысоким (379 и 440 см³/100 г муки) (табл. 2). По общей хлебопекарной оценке лучшим был образец муки из зерна урожая 2020 года (3,9 балла): поверхность хлеба ровная, форма овальная, цвет корки – золотисто-коричневый, хлебный мякиш эластичный, быстро восстанавливаемый, с желтым оттенком (рис. 6, 2-я стр. обл.). Пробный образец имел приятный, специфический для пшеничного хлеба запах и вкус, и по изученным органолептическим и физико-химическим показателям отвечал требова-

Таблица 1.
Физико-химические показатели качества зерна пшеницы сорта *Каныш*

Год	Натура, г/л	Масса 1000 зерен, г	Общая стекловидность с использованием диафаноскопа, %	Общая стекловидность по результатам осмотра среза, % зерна	Содержание сырой клейковины в зерне, %	Качество сырой клейковины, Ед. ИДК	Массовая доля белка, %	Число падения, с
2020	761	48	90	88	31	92	14,13	534
2021	734	47	75	70	30,8	90	13,96	280

Таблица 2.
Хлебопекарная оценка по результатам пробной лабораторной выпечки из муки зерна тургидной пшеницы сорта *Каныш*

Год	Качество подового хлеба			Объемный выход хлеба, см ³ /100 г муки	Удельный объем хлеба, см ³ /г	Влажность хлебного мякиша, %	Кислотность хлебного мякиша, °
	высота (H), мм	диаметр (D), мм	формуустойчивость, H/D				
2020	46	129	0,36	440	3,1	45	1,9
2021	53	113	0,47	370	2,6	45	3,8

ниям, предъявляемым к хлебобулочным изделиям из пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта. Таким образом, несмотря на невысокий общий выход муки, для расширения ассортимента выпускаемых хлебобулочных изделий зерно тургидной пшеницы сорта *Каныш* можно рекомендовать для переработки в хлебопекарную муку.

По результатам проведенных исследований выявлена высокая эффективность использования адаптивного потенциала растений из древних видов пшеницы для создания новых продуктивных, устойчивых к заболеваниям сортов пшеницы, формирующих зерно с высоким содержанием макро- и микроэлементов, клетчатки, незаменимых аминокислот и антиоксидантов. Зерновое сырье новых сортов пшеницы будет востребовано в пищевой промышленности при расширении производства и ассортимента продуктов питания лечебно-профилактического назначения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Вавилов Н.И. Селекция как наука. Избранные труды. Ленинград, 1967. Т. 1. С. 328–343.
2. Дорофеев В.Ф., Удачин Р.А., Семенова Л.В. и др. Пшеницы мира. Л.: Агрпромиздат, 1987. С. 54.
3. Жученко А.А. Ресурсный потенциал производства зерна в России (теория и практика). – М.: ООО «Издательство Агрорус», 2004. 1109 с.
4. Оценка качества зерна: Справочник / И.И. Василенко, В.И. Комаров. М.: Агрпромиздат, 1987. 208 с.
5. Темирбекова С.К. Диагностика и оценка устойчивости сортов зерновых культур к энзимо-микозному истощению семян (ЭМИС). Методические указания. М.: Россельхозакадемия, 1996. 115 с.
6. Темирбекова С.К., Ионов Э.Ф., Ионова Н.Э., Афанасьева Ю.В. Спельта озимая и яровая. Использование древних видов пшеницы для укрепления иммунной системы детского организма // Аграрное обозрение. 2014. № 6 (46). С. 40–42.

7. Темирбекова С.К. Вклад в обеспечение национальной и продовольственной безопасности на основе фундаментальных и прикладных исследований в АПК. М.: ООО «ТР-принт», 2019. 76 с.
8. Темирбекова С.К., Черемисова Т.Д., Куликов И.М. Мировая коллекция ВИР – ключ для «идеала» сорта Н.И. Вавилова на устойчивость к абиотическим и биотическим стрессам Центрального региона. М.: ФНЦ Садоводства, 2020. 108 с.
9. Темирбекова С.К., Ионов Э.Ф., Ионова Н.Э., Афанасьева Ю.В. Использование древних видов пшеницы для укрепления иммунной системы детского организма // Аграрный вестник Юго-Востока. 2014. № 1-2 (10-11). С. 46-48.
10. Темирбекова С.К., Бегулов М.Ш., Афанасьева Ю.В. и др. Полба голозерная для выращивания в контрастных почвенно-климатических условиях России // Hrvatski znanstveni glasnik. 2021. № 14. С. 3-8.

REFERENCES

1. Vavilov N.I. Selekcija kak nauka. Izbrannye trudy. Leningrad, 1967. T.1. S. 328–343.
2. Dorofeev V.F., Udachin R.A., Semenova L.V. i dr. Pshenicy mira. L.: Agropromizdat, 1987. S. 54.
3. Zhuchenko A.A. Resursnyj potencial proizvodstva zerna v Rossii (teoriya i praktika). – M.: ООО «Izdatel'stvo Agorus», 2004. 1109 s.
4. Ocenka kachestva zerna: Spravochnik / I.I. Vasilenko, V.I. Komarov. M.: Agropromizdat, 1987. 208 s.
5. Temirbekova S.K. Diagnostika i ocenka ustojchivosti sortov zernovyh kul'tur k enzimo-mikoznomu istoshcheniyu semyan (EMIS). Metodicheskie ukazaniya. M.: Rossel'hozakademiya, 1996. 115 s.
6. Temirbekova S.K., Ionov E.F., Ionova N.E., Afanas'eva Yu.V. Spel'ta ozimaya i yarovaya. Ispol'zovanie drevnih vidov pshenicy dlya ukrepleniya immunnnoj sistemy detskogo organizma // Agrarnoe obozrenie. 2014. № 6 (46). S. 40–42.
7. Temirbekova S.K. Vklad v obespechenie nacional'noj i prodovol'stvennoj bezopasnosti na osnove fundamental'nyh i prikladnyh issledovanij v APK. M.: ООО «TR-print», 2019. 76 s.
8. Temirbekova S.K., Cheremisova T.D., Kulikov I.M. Mirovaya kollekcija VIR – klyuch dlya «ideala» sorta N.I. Vavilova na ustojchivost' k abioticheskim i bioticheskim stressam Central'nogo regiona. M.: FNC Sadovodstva, 2020. 108 s.
9. Temirbekova S.K., Ionov E.F., Ionova N.E., Afanas'eva Yu.V. Ispol'zovanie drevnih vidov pshenicy dlya ukrepleniya immunnnoj sistemy detskogo organizma // Agrarnyj vestnik Yugo-Vostoka. 2014. № 1-2 (10-11). S. 46–48.
10. Temirbekova S.K., Begeulov M.Sh., Afanas'eva Yu.V. i dr. Polba голозерная dlya vyrashchivaniya v kontrastnyh pochvenno-klimaticheskikh usloviyah Rossii // Hrvatski znanstveni glasnik. 2021. № 14. S. 3–8.

ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ ФАКТОРОВ И ПЛОТНОСТИ ПОСЕВА НА ФОРМИРОВАНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ СОИ В ЦЕНТРАЛЬНОМ НЕЧЕРНОЗЕМЬЕ

Елена Васильевна Гуреева, кандидат сельскохозяйственных наук

Институт семеноводства и агротехнологий – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»,
с. Подвязые, Рязанская обл., Россия
E-mail: elenagureeva@bk.ru

Аннотация. Для внедрения в производство созданных в ФГБНУ «Рязанский НИИСХ» (ныне ИСА – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ) сортов сои северного экотипа нужно разработать технологию возделывания, которая позволит в значительной степени реализовать потенциал сорта. Продолжительность периода вегетации, срок и способ посева, норма высева – основные факторы, влияющие на урожайность сои (*Glycine max* (L.) Merr.). В опытах, проведенных в отделе селекции и первичного семеноводства в 2018–2021 годах изучили влияние погодных условий и нормы высева на продуктивность и качество семян сои в Рязанской области. Объект исследований – раннеспелый сорт сои Георгия, зарегистрированный в Государственном реестре селекционных достижений РФ и допущенный к использованию в 2017 году. Почва – темно-серая лесная, среднего уровня плодородия. Продолжительность вегетационного периода – от 94 (2018 год) до 105 дней (2020 год) не зависела от нормы высева. Установлена сильная положительная связь высоты растения с уровнем прикрепления нижнего боба ($r = 0,771$), средняя положительная связь с количеством продуктивных узлов на растении ($r = 0,640$) и бобов ($r = 0,653$). Выявлено, что оптимальная норма высева для сои сорта Георгия в Рязанской области – 550 тыс. всх. семян/га при ширине междурядий 45 см. Варьирование урожая на 24% вызвано колебаниями ГТК мая–августа ($R^2 = 0,24$). Содержание протеина ($38,6 \pm 1,42\%$) и жира ($19,6 \pm 0,83\%$) в семенах не зависело от нормы высева.

Ключевые слова: Рязанская область, соя, нормы высева, урожайность, качество семян

WEATHER CONDITIONS AND SEEDING DENSITY INFLUENCE ON SOYBEAN PRODUCTIVITY IN THE CENTRAL NONBLACK SOIL ZONE

E.V. Gureeva, *PhD in Agricultural Sciences*

The Institute of Seed Production and Agrotechnologies- branch of the FSBSI Federal Scientific Agroengineering Center VIM,
Podvyazye village, Ryazan region, Russia
E-mail: elenagureeva@bk.ru

Abstract. In order to introduce into production the northern ecotype soybean varieties created at the Ryazan Research Institute of Agricultural Sciences (now ISA – a branch of the FSBSI FNAC VIM), it is necessary to develop a cultivation technology that will significantly realize the potential of the variety. The duration of the growing season, the time and method of sowing, the seeding rate are the main factors affecting the yield of soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.). In experiments conducted in the Department of breeding and primary seed production in 2018–2021, the influence of weather conditions and seeding rates on the productivity and quality of soybean seeds in the Ryazan region was studied. The object of research is an early-ripening variety of George soybean, registered in the State Register of Breeding Achievements and approved for use in 2017. The experiments were carried out on dark gray forest soil of average fertility. The duration of the growing season varied from 94 days (2018) to 105 days (2020) and did not depend on the seeding rate. When determining the relationship between the elements of the crop structure, a strong positive relationship was established between the height of the plant and the height of the attachment of the lower bean ($r = 0.771$), an average positive relationship with the number of productive nodes on the plant ($r = 0.640$) and the number of beans ($r = 0.653$). It was revealed that the optimal seeding rate for George soybeans in the conditions of the Ryazan region is 550 thousand germinating seeds per hectare with a row spacing width of 45 cm. The variation of the yield by 24% is caused by fluctuations in the GTC of May–August ($R = 0.24$). The protein content in the seeds did not depend on the seeding rate and was $38.6 \pm 1.42\%$ in the George variety, the fat content was $19.6 \pm 0.83\%$.

Keywords: Ryazan region, soy, seeding rates, yield, seed quality

Соя (*Glycine max* (L.) Merr.) – универсальная культура, которая играет важную роль в решении проблемы дефицита белка в мире. Ее семена содержат высокое количество белка (до 48%), жира (до 20%), минеральных элементов и витаминов. Сою считают важным сельскохозяйственным сырьем стратегического назначения. [9]

Производство сои активно развивается по всему миру, особенно в России. По данным Росстата, за прошедшие 10 лет урожай соевых бобов

вырос в 4,6 раза (4,4 млн т, 2019 год). Около 49% собранного объема приходилось на Центральный федеральный округ, 31% – Дальневосточный, где два года подряд сбор падал из-за неблагоприятных погодных условий. В 2021 году соя размещена на площади 2,5 млн га. [4]

Урожайность сои зависит от генетической характеристики сорта, условий окружающей среды, срока посева, нормы высева, относительной спелости сортов и ширины междурядий. [10, 11]

Таблица 1.

Элементы структуры урожая сои, в среднем за 2018–2021 годы

Норма высева, тыс. шт./га	Высота, см		Количество на растении, шт.		
	растения	прикрепления нижнего боба	ветвей	продуктивных узлов	бобов
450	79,0+2,39*	12,2+1,53	1,9+0,64	13,6+2,60	21,7+5,71
550	77,7+6,07	12,9+2,56	1,6+0,51	15,3+4,84	22,1+5,73
650	75,2+2,31	11,5+2,46	1,5+0,62	12,8+1,71	21,4+3,66

Примечание.* здесь и далее доверительный интервал для среднего значения.

Для максимального раскрытия потенциала сорта необходимо создать условия, обеспечивающие растения факторами их жизнедеятельности. [8]

Фотосинтезу принадлежит ведущая роль в получении высокого урожая сельскохозяйственных культур, в том числе сои. Фотосинтетическая активность растения зависит от мощности листового аппарата. [3]

Норма высева для сои определяется массой посевного материала (кг/га), но рекомендуется ее рассчитывать по количественному показателю (тыс. шт./га), так как новые сорта имеют значительный разброс в массе семян (оцениваемый показатель – масса 1000 семян). От нормы высева в итоге зависит густота стояния растений в период всходов. [5] Следовательно, изучение этого агроприема при внедрении нового сорта в производство имеет важное практическое значение.

Цель работы – изучить влияние погодных факторов и различных норм высева на продуктивность и качество семян сои сорта *География* в условиях Рязанской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в Институте семеноводства и агротехнологий (Рязанская область) в 2018–2021 годах. Объект изучения – раннеспелый сорт сои *География*, внесен в Государственный реестр селекционных достижений РФ в 2017 году (тип развития индетерминантный). [1]

Почва – темно-серая лесная. Агротехнические показатели опытного участка: гумус (по Тюрину) – 5,3%, P₂O₅ (по Кирсанову) – 34 мг/100 г почвы, K₂O (по Кирсанову) – 19,2 мг/100 г почвы, рН_{сод} – 5,25, Н_г – 4,92 мг-экв/100 г, азот общий – 0,25%. Предшественник – озимая пшеница. Площадь деланки – 28,1 м², повторность четырехкратная. Агротехника общепринятая для возделывания сои в Рязанском регионе. [7] Для фенологических наблюдений и учетов использовали методику ФГБУ «Госсорткомиссия». [6] Площадь листьев определяли методом высечек, содержание масла и белка в семенах – на

анализаторе цельного зерна Infratec 1241 методом инфракрасной спектроскопии. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили методом дисперсионного и корреляционного анализа на компьютерной программе Microsoft Office Excel. [2]

Для характеристики уровня влагообеспеченности рассчитывали ГТК (гидротермический коэффициент). Периоды вегетации 2018 и 2021 годов «очень засушливые» (ГТК = 0,59 и 0,65 соответственно), 2019 – «засушливый» (ГТК = 0,71), 2020 – «достаточно увлажненный» (ГТК = 1,35).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Полевая всхожесть зависела не от нормы высева семян, а от погодных условий, сложившихся в период посев-всходы. Температурный режим во все годы исследований был благоприятным для прорастания семян и появления всходов, полевая всхожесть составила 82...89%. Продолжительность межфазных периодов не зависела от нормы высева семян, но имела сильную связь с погодными условиями ($r = 0,734$). Вегетационный период варьировал от 94 (2018) до 105 дней (2020), не зависел от нормы высева. Колебание вегетационного периода на 83% связано с изменением ГТК мая-августа ($R^2 = 0,83$).

В среднем за годы испытаний по показателям количества боковых ветвей и массы семян с растения отмечена четкая тенденция снижения значений при увеличении плотности стеблестоя (табл. 1). Продуктивность уменьшилась с 6,5 (450 тыс. шт./га) до 4,1 г/растение (650 тыс. шт./га). Самые мелкие семена сформировались при норме высева 650 тыс. шт./га, масса 1000 семян в среднем – 117 г. Основное влияние на массу 1000 семян оказывали погодные условия в фазе налива семян, установлены значимые связи между этим признаком и ГТК июля ($r = 0,982$), количеством влаги в июле ($r = 0,938$).

Установлено, что высота растения имеет сильную положительную связь с высотой прикрепления нижнего боба ($r = 0,771$), среднюю – с числом

Таблица 2.

Параметры фотосинтетической деятельности посевов, среднее за 2018–2021 годы

Норма высева, тыс. шт./га	Площадь листьев (фаза – начало налива семян)		Фотосинтетический потенциал посева, тыс. м ² дн/га	Накопление сухого вещества (фаза – полный налив семян)	
	см ² /растение	тыс. м ² /га		г/растение	т/га
450	774,7	30,8	1722,0	18,9	7,52
550	767,3	39,1	2173,5	16,7	8,52
650	691,0	41,3	2404,5	14,3	9,19

Таблица 3.
Урожайность сои сорта *Гео́ргия* по годам

Норма высева, тыс. шт./га	Урожайность, т/га			
	2018	2019	2020	2021
450	1,14	1,73	2,57	1,32
550	1,10	1,89	2,79	1,58
650	1,09	1,67	2,53	1,27
НСР ₀₅	0,09	0,08	0,12	0,09

Таблица 4.
**Качество семян сои в зависимости от нормы высева,
в среднем за 2018–2021 годы**

Норма высева, тыс. шт./га	Содержание, % (на сухое вещество)		Сбор питательных веществ, кг/га	
	протеина	жира	белка	жира
450	38,5	19,8	474,3	234,5
550	38,3	19,8	493,4	255,1
650	39,0	19,1	447,9	219,3

продуктивных узлов на растении ($r = 0,640$) и бобов ($r = 0,653$). Положительная сильная связь ($r = 0,879$) прослеживается между количеством продуктивных узлов и бобов на растении.

Площадь листа имеет решающее значение для улавливания света растениями и существенно влияет на урожайность. [12] Наибольшая площадь листовой поверхности в фазе начала налива семян. Повышение нормы высева с 450 до 650 тыс. шт./га привело к снижению площади листовой поверхности отдельного растения на 10,8%, а общая площадь листьев посева увеличилась на 25,4% (табл. 2). Аналогичная тенденция у фотосинтетического потенциала посева.

Максимум сухого вещества зафиксирован к фазе полного налива семян. При увеличении нормы высева с 450 до 550 тыс. шт./га происходит прирост сухого вещества с 7,52 до 8,52 т/га (13,2%). Последующее повышение нормы высева (650 тыс. шт./га) приводит к увеличению сухого вещества с 8,52 до 9,19 т/га (7,8%). Таким образом, наблюдается тенденция замедления накопления сухого вещества по мере возрастания густоты растений.

В условиях засушливого 2018 года максимальная урожайность получена при норме высева семян 450 тыс. шт./га (1,14 т/га). В 2019–2021 годах, по результатам дисперсионного анализа, достоверно увеличивается урожайность при норме 550 тыс. шт./га, по сравнению с 450 тыс. шт./га. Дальнейшее увеличение количества семян приводило к снижению урожайности: при 650 тыс. шт./га получен наименьший урожай, в среднем за годы исследований – 1,64 т/га (табл. 3). Во все годы проведения опытов замечена тенденция к снижению урожайности при норме высева 650 тыс. шт./га по сравнению с 450 тыс. всх. семян/га.

Варьирование урожая сои сорта *Гео́ргия* на 24% обусловлено колебаниями ГТК мая–августа ($R^2=0,24$).

Содержание протеина ($38,6 \pm 1,42\%$) и жира ($19,6 \pm 0,83\%$) в семенах не зависело от нормы высева семян (табл. 4).

Таким образом, оптимальная норма высева в условиях Рязанской области для сои сорта *Гео́ргия* – 550 тыс. шт. всх. семян/га, при которой формируется максимальное количество белка и жира (493 и 255 кг/га соответственно). Варьирование урожая на 24% обусловлено колебаниями ГТК мая–августа ($R^2=0,24$).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гуреева Е.В. Сорт сои Гео́ргия // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2017. № 6. С. 45–46.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
3. Записоцкий Д.Н., Барчукова А.Я. Фотосинтетическая деятельность растений сои в зависимости от применения в технологии ее возделывания регуляторов роста // Плодородие. 2018. №. 6 (105). С. 26–28. DOI: 10.25680/S19948603.2018.105.08
4. Зерно: цены, аналитика, трейдинг – Режим доступа: <https://www.grainprice.ru/news/tag/2/8946-posevnyue-ploshchadi-soi> (дата обращения 11.07.2021).
5. Иншаков С.В., Редкокашина А.В., Редкокашин А.А. и др. Прогнозирование урожайности сои при двухстрочном способе посева // Вестник КрасГАУ. 2020. № 9. С. 86–93. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-9-86-93
6. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / под общ. ред. М.А. Федина. М.: Колос, 1983. Вып. 3. 184 с.
7. Регистр ресурсо-энергосберегающих технологий производства продукции растениеводства для Рязанской области (Система технологий) / под общ. ред. С.В. Сальникова, П.В. Дацюка // Рязань, 2007. С. 92–101.
8. Фадеева М.Ф., Воробьева Л.В., Матвеева О.Л. Нормы высева и способы посева раннего сорта сои северного экотипа «Памяти Фадеева» в условиях Чувашии // Зернобобовые и крупяные культуры. 2019. № 2 (30). С. 62–66. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11090
9. Чепелев Г.П., Михайлова М.П., Гретченко А.Е. и др. Влияние плотности посева сои сорта Кружевница на урожайность и качество семян в условиях юга Приамурья // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. №. 8. С. 80–84. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10814
10. Nleya T. et al. Planting date, cultivar, seed treatment, and seeding rate effects on soybean growth and yield // Agrosystems, Geosciences & Environment. 2020. Т. 3. №. 1. P. E20045.
11. Schmitz P.K., Kandel H.J. Individual and Combined Effects of Planting Date, Seeding Rate, Relative Maturity, and Row Spacing on Soybean Yield // Agronomy. 2021. Т. 11. №. 3. P. 605.
12. Sinclair T.R. Leaf Area Development in Field Grown Soybeans I // Agronomy journal. 1984. Т. 76. №. 1. P. 141–146.

REFERENCES

1. Gureeva E.V. Sort soi Georgiya // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2017. № 6. S. 45–46.
2. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij. M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
3. Zapisockij D.N., Barchukova A.Ya. Fotosinteticheskaya deyatel'nost' rastenij soi v zavisimosti ot primeneniya v tekhnologii ee vzdelyvaniya reguljatorov rosta // Plo-dorodie. 2018. №. 6 (105). S. 26–28. DOI: 10.25680/S19948603.2018.105.08

4. Zerno: ceny, analitika, trejding – Rezhim dostupa: <https://www.grainprice.ru/news/tag/2/8946-posevnye-ploshchadi-soi> (data obrashcheniya 11.07.2021).
5. Inshakov S.V., Redkokashina A.V., Redkokashin A.A. i dr. Prognozirovaniye urozhajnosti soi pri dvuhstrochnom sposobe poseva // Vestnik KrasGAU. 2020. № 9. S. 86–93. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-9-86-93
6. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur / pod obshch. red. M.A. Fedina. M.: Kolos, 1983. Vyp. 3. 184 s.
7. Registr resurso-energoberegayushchih tekhnologij proizvodstva produkcii rastenievodstva dlya Ryazanskoj oblasti (Sistema tekhnologij) / pod obshch. red. S.V. Sal'nikova, P.V. Dacyuka // Ryazan', 2007. S. 92–101.
8. Fadeeva M.F., Vorob'eva L.V., Matveeva O.L. Normy vyseva i sposoby poseva rannego sorta soi severnogo ekotipa «Pamyati Fadeeva» v usloviyah Chuvashii // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2019. № 2 (30). S. 62-66. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11090
9. Chepelev G.P., Mihajlova M.P., Gretchenko A.E. i dr. Vliyanie plotnosti poseva soi sorta Kruzhevnica na urozhajnost' i kachestvo semyan v usloviyah yuga Priamur'ya // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2020. T. 34. №. 8. S. 80–84. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10814
10. Nleya T. et al. Planting date, cultivar, seed treatment, and seeding rate effects on soybean growth and yield // Agrosystems, Geosciences & Environment. 2020. T. 3. №. 1. P. E20045.
11. Schmitz P.K., Kandel H.J. Individual and Combined Effects of Planting Date, Seeding Rate, Relative Maturity, and Row Spacing on Soybean Yield // Agronomy. 2021. T. 11. №. 3. P. 605.
12. Sinclair T.R. Leaf Area Development in Field Grown Soybeans I // Agronomy journal. 1984. T. 76. №. 1. P. 141–146.

ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ СЕЛЕКЦИИ ВИШНИ В ФГБНУ ВНИИСПК

Александра Алексеевна Гуляева, кандидат сельскохозяйственных наук
Игорь Николаевич Ефремов, научный сотрудник

Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, д. Жилина, Орловская обл., Россия
E-mail: gulyaeva@vniispk.ru

Аннотация. Вишня нуждается в быстром восстановлении своих площадей. Наблюдается тенденция в сторону увеличения ее насаждений, но они еще не достигли промышленного значения, которое было до вспышки монилиоза. Заболевание нанесло значительный ущерб этой плодовой культуре. В статье представлена хозяйственно-биологическая характеристика новых сортов вишни (Веряя, Купина, Гречанка), которые не получили должного распространения в ЦЧР. Сорт Веряя отличается крупными красивыми плодами, высокими вкусовыми качествами, урожайностью, сочетает устойчивость к коккомикозу и монилиозу. Купина характеризуется высокой зимостойкостью дерева и генеративных почек, проявляет устойчивость к основным грибным заболеваниям, плоды обладают высокими вкусовыми качествами. У Гречанки достаточная зимостойкость дерева и генеративных почек, сорт устойчив к коккомикозу и монилиозу, в том числе монилиальной гнили, плоды с высокими вкусовыми качествами. Новые сорта получены с использованием образцов из биоресурсной коллекции ФГБНУ ВНИИСПК. Установлено, что изученные сорта высокоурожайные, устойчивые к комплексу грибных болезней (коккомикоз, монилиоз) и неблагоприятным погодным условиям осенне-зимнего периода. По большинству показателей они оказались качественнее контрольного сорта Прощальная.

Ключевые слова: вишня, селекция, новые сорта, адаптивность

ACHIEVEMENTS AND PROSPECTS OF CHERRY BREEDING IN VNIISPК

A.A. Gulyaeva, PhD in Agricultural Sciences
I.N. Efremov, Researcher

Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, Zhilin village, Oryol region, Russia
E-mail: gulyaeva@vniispk.ru

Abstract. Sour cherry, as a valuable fruit crop, needs to quickly restore its areas. At the moment, there is a tendency towards an increase in sour cherry plantations, but they have not yet reached the industrial value of this crop, which was before the outbreak of a dangerous disease – moniliosis. This disease caused significant damage to sour cherry plantations, which led to a large reduction in area. The article presents the economic and biological characteristics of new sour cherry varieties Vereya, Kupina, Grechanka, obtained from targeted crosses. These varieties have not yet received proper distribution in the CCR. Vereya sour cherry variety is distinguished by large beautiful fruits, high palatability, productivity, combines resistance to coccomycosis and moniliosis. The Kupina variety is characterized by high winter hardiness of the tree and generative buds, is resistant to the main fungal diseases – coccomycosis and moniliosis, and has fruits of high taste. Variety Grechanka is characterized by sufficient winter hardiness of the tree and generative buds, resistant to coccomycosis and moniliosis, incl. and to monilial rot, has fruits of high palatability. New varieties were obtained using variety samples from the bio-resource collection of the Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Research Institute of Fruit Crops Breeding. Based on the results of a comparative study of these varieties according to a set of economic and biological indicators, it was established that the new varieties are high-yielding, resistant to a complex of fungal diseases (coccomycosis and moniliosis), resistant to adverse weather conditions of the autumn-winter period. According to most indicators, these varieties turned out to be of higher quality than the control variety of sour cherry Proshchalnaya.

Keywords: sour cherry, selection, new varieties, adaptability

Вишня пользуется особой популярностью у населения России. Ее плоды обладают ценными пищевыми и лечебными свойствами, их используют для потребления в свежем виде и консервирования. Они содержат сахара, органические кислоты, биологические активные вещества – витамины В₂, В₉, С, Р, кумарины, антоцианы, железо и другие вещества, способствующие предупреждению многих опасных заболеваний человека. [6, 7, 9]

Наблюдается тенденция в сторону увеличения насаждений вишни, но они еще не достигли промышленного значения, которое было до вспышки заболевания (монилиоз). Оно нанесло значительный ущерб и привело к сокращению площадей этой культуры. [10, 12]

Поэтому наращивание производства вишни – актуальная проблема в плодоводстве. Для ее решения необходима закладка садов отечественными, высокотехнологичными, рентабельными, конкурентоспособными на мировом рынке сортами, что поможет импортозамещению продукции. [1, 4, 5, 8, 11]

Создание адаптивных сортов вишни обусловлено проведением целенаправленных скрещиваний, в том числе отдаленной гибридизации. Во ВНИИСПК привлечение в селекционный процесс вишни Маака позволило получить высокоустойчивые к коккомикозу и монилиозу зимостойкие сорта Новелла, Бусинка, Капелька, клоновые подвои ВП-1, ОВП-2, ОВП-3, Рубин, В-2-180, В-2-230, В-5-88, В-5-172, которые хорошо размножаются зелеными черенками и совместимы

с большинством сортов вишни и черешни. Все они находятся в Государственном реестре селекционных достижений РФ.

В условиях современного садоводства возрастают требования к качеству плодов. На потребительском рынке предпочтение отдается крупноплодным сортам с хорошим вкусом плодов в свежем виде и продуктах переработки.

Цель работы – получить и изучить новые сорта вишни, сочетающие в себе высокую продуктивность и адаптивность к биотическим и абиотическим факторам окружающей среды.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования выполнены во ВНИИСПК по общепринятой методике. [2] Объект изучения – сорта вишни селекции института *Верей*, *Купина*, *Гречанка*, контроль – *Процальная*. Экспериментальные данные статистически обрабатывали методом дисперсионного анализа с использованием компьютерной программы «Excel». [3]

РЕЗУЛЬТАТЫ

На основе первичного изучения по комплексу хозяйственно-биологических признаков выделены перспективные сорта вишни, которые проходят Государственное сортоиспытание (*Верей* – в 2016 году, *Купина* – 2018, *Гречанка* – 2019 году). Данные образцы представляют практический интерес для плодородства и в качестве исходных форм для селекции.

Верей (Антрацитовая х Превосходная Веньяминова) – сорт обладает зимостойкостью дерева и генеративных почек (фото, 3-я стр. обл.). Характеризуется высокой устойчивостью к коккомикозу и монилиозу, в том числе монилиальной гнили. Дерево среднерослое, форма кроны округло-коническая средней густоты. Плодоношение на плодовых прутиках и букетных веточках. В плодоношение вступает на третий-четвертый год. Средняя урожайность – 10,1 т/га. Плоды крупные (5,8...7,4 г), широкоокруглые, темно-красные, плотные, кисло-сладкого вкуса, дегустационная оценка – 4,5...4,8 балла. Отрыв плодов сухой, созревают 18...25 июля, назначение универсальное. В плодах содержится: сухие вещества – 17,8%, сахара – 10,9, кислоты – 1,78%, витамин С – 4,9 мг%.

Купина (Памяти Вавилова х Тургеневка) – сорт обладает зимостойкостью дерева и цветковых почек (фото, 3-я стр. обл.). Проявляет высокую устойчивость к коккомикозу и монилиозу. Дерево среднерослое, крона округло-овальная средней густоты. Плодоношение на плодовых прутиках и букетных веточках. В плодоношение вступает на четвертый год. Средняя урожайность – 6,5 т/га, масса плода – 5,6...6,3 г, вкус – кисло-сладкий, гармоничный. Дегустационная оценка – 4,5...4,9 балла. Отрыв плодов сухой, созревают 15...20 июля, назначение универсальное. В плодах содержится: растворимые сухие вещества – 15,9%, сахара – 12,14, кислоты – 1,2%, витамин С – 8,8 мг%.

Гречанка (Салют Победы – свободное опыление)

Сорт характеризуется достаточной зимостойкостью дерева и генеративных почек (фото, 3-я стр. обл.). Высокоустойчив к коккомикозу и монилиозу, в том числе монилиальной гнили. Дерево средне-

Таблица 1.
Устойчивость новых сортов вишни к неблагоприятным абиотическим и биотическим факторам окружающей среды

Сорт	Зимостойкость		Степень поражения болезнью, балл	
	балл*	генеративных почек, %**	коккомикоз	монилиоз
Верей	0	27,2	1,0	0,0
Купина	0	13,3	1,0	1,0
Гречанка	0	13,9	1,0	1,0
Процальная (к)	0	13,7	2,0	3,0
НСР ₀₅	0	2,9	0,2	0,5

Примечание. * – степень подмерзания дерева после неблагоприятной зимы 2020–2021 годы, ** – подмерзание генеративных почек после неблагоприятной зимы 2020–2021 годы.

Таблица 2.
Урожайность и сила роста новых сортов вишни

Сорт	Урожайность, т/га*	Сила роста**	
		высота растений, м	объем кроны, м ³
Верей	10,1	4,5	19,8
Купина	6,5	3,8	17,5
Гречанка	10,0	4,5	24,1
Процальная (к)	4,5	4,2	14,1
НСР ₀₅	1,2	0,1	1,8

Примечание. * – средний показатель за 2017–2021 годы, ** – возраст растений 12 лет.

рослое, крона шаровидная средней густоты, слегка раскидистая. Плодоношение на плодовых прутиках и букетных веточках. В плодоношение вступает на четвертый год. Средняя урожайность – около 10 т/га, масса плодов – 4,5...5,5 г, форма сердцевидная, цвет темно-красный, вкус кисло-сладкий. Дегустационная оценка – 4,6 балла. Отрыв плодов сухой, созревают 15...20 июля, назначение универсальное. В плодах содержится: растворимые сухие вещества – 17,2%, сахара – 12,3, кислоты – 1,64%, витамин С – 8,0 мг%.

Новые сорта вишни селекции ВНИИСПК положительно проявляют себя в устойчивости к неблагоприятным факторам внешней среды: зимостойкость дерева – 0 баллов, как и у контроля. Повреждение цветковых почек у сорта *Купина* (13,3%) было немного ниже контроля (13,7%), *Гречанки* – 0,2% выше контроля. У сорта *Купина* повреждено 27,2% генеративных почек. Степень устойчивости к коккомикозу и монилиозу у образцов – 0...1 балла, у контроля (*Процальная*) поражение составило соответственно 2,0 и 3,0 балла (табл. 1).

Урожайность сортов – 6,5...10,1 т/га, что выше контрольного показателя на 4,5 т/га. Высота растений у *Верей* и *Гречанки* (4,5 м) выше, чем у контрольного (4,2 м). Высота деревьев сорта *Купина* была ниже контроля – 3,8 м. Объем кроны – 17,5...24,1 м³, что больше показателя контрольного сорта *Процальная* (14,1 м³) (табл. 2).

Таким образом, используя новые сорта, можно значительно увеличить валовое производство пло-

дов вишни в ЦЧР, а их устойчивость к различным видам стрессоров сократит количество химических обработок, что снизит пестицидную нагрузку на окружающую среду и организм человека.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гуляева А.А., Ефремов И.Н. Новые сорта косточковых культур селекции ВНИИСПК // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 4. С. 4–7.
2. Джигадло Е.Н., Колесникова А.Ф., Ерёмин Г.В. и др. Косточковые культуры. В кн.: Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: ВНИИСПК, 1999. С. 300–350.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Изд. 4-е, перераб. и доп. М.: Колос, 1979. 416 с.
4. Дроник А.А. Биохимическая характеристика интродуцированных сортов вишни в условиях Астраханской области // Аграрный научный журнал. 2022. № 5. С. 13–15.
5. Каньшина М.В., Астахов А.А., Мисникова Н.В., Яковенко Г.Л. Оценка адаптивности сортообразцов вишни и черешни на юге Нечерноземья // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2021. Т. 8. № 1-2. С. 45–48.
6. Колесникова А.Ф. Вишня. Черешня. Харьков: Фолио-АСТ, 2003. 255 с.
7. Колесникова А.Ф. Селекция вишни обыкновенной в прошлом и настоящем. Орел: ОГУ, 2014. 352 с.
8. Копнина Т.А. Биологические особенности и хозяйственно-ценные признаки сортов вишни обыкновенной в условиях Краснодарского края: дисс. ... канд. с.-х. наук. Краснодар, 2020. 154 с.
9. Рахметова Т.П., Ефремов И.Н. Биохимическая характеристика плодов перспективных сортов вишни // Вестник аграрной науки. 2020. № 4(85). С. 176–180.
10. Ansari M., Davarynejad G. The Flower Phenology of Sour Cherry Cultivars // American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences. 2008. V. 4 (1). P. 117–124.
11. Sokół-Łętowska A., Kucharska A., Hodun G., Gołba M. Chemical Composition of 21 Cultivars of Sour Cherry (*Prunus cerasus*) Fruit Cultivated in Poland // Molecules. 2020. V. 25 (19). P. 45–87.
12. Viljevac Vuletić M., Dugalić K., Mihaljević I., Tomaš V., Vuković D., Zdunić Z., Puškar B., Jurković Z. Season, location and cultivar influence on bioactive compounds of sour cherry fruits // Plant, Soil and Environment. 2017. V. 63. No. 9. P. 389–395.

REFERENCES

1. Gulyaeva A.A., Efremov I.N. Novye sorta kostochkovykh kul'tur selekcii VNIISPК // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2018. № 4. S. 4–7.
2. Dzhigadlo E.N., Kolesnikova A.F., Eryomin G.V. i dr. Kostochkovye kul'tury. V kn.: Programma i metodika sortoizucheniya plodovyh, yagodnyh i orekhoplodnyh kul'tur. Orel: VNIISPК, 1999. S. 300–350.
3. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta. Izd. 4-e, pererab. i dop. M.: Kolos, 1979. 416 s.
4. Dronik A.A. Biohimicheskaya harakteristika introducirovannyh sortov vishni v usloviyah Astrahanskoj oblasti // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2022. № 5. S. 13–15.
5. Kan'shina M.V., Astahov A.A., Misnikova N.V., Yakovenko G.L. Ocenka adaptivnosti sortoobrazcov vishni i chereshni na yuge Nechernozem'ya // Selekcija i sortorazvedenie sadovyh kul'tur. 2021. T. 8. № 1-2. S. 45–48.
6. Kolesnikova A.F. Vishnya. Chereshnya. Har'kov: Folio-AST, 2003. 255 s.
7. Kolesnikova A.F. Selekcija vishni obyknovennoj v proshlom i nastoyashchem. Orel: OGU, 2014. 352 s.
8. Koptina T.A. Biologicheskie osobennosti i hozyajstvenno-cennye priznaki sortov vishni obyknovennoj v usloviyah Krasnodarskogo kraja: diss. ... kand. s.-h. nauk. Krasnodar, 2020. 154 s.
9. Rahmetova T.P., Efremov I.N. Biohimicheskaya harakteristika plodov perspektivnyh sortov vishni // Vestnik agrarnoj nauki. 2020. № 4(85). S. 176–180.
10. Ansari M., Davarynejad G. The Flower Phenology of Sour Cherry Cultivars // American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences. 2008. V. 4 (1). P. 117–124.
11. Sokół-Łętowska A., Kucharska A., Hodun G., Gołba M. Chemical Composition of 21 Cultivars of Sour Cherry (*Prunus cerasus*) Fruit Cultivated in Poland // Molecules. 2020. V. 25 (19). P. 45–87.
12. Viljevac Vuletić M., Dugalić K., Mihaljević I., Tomaš V., Vuković D., Zdunić Z., Puškar B., Jurković Z. Season, location and cultivar influence on bioactive compounds of sour cherry fruits // Plant, Soil and Environment. 2017. V. 63. No. 9. P. 389–395.

ОЦЕНКА ДИНАМИКИ МИНЕРАЛЬНОГО АЗОТА В АГРОСЕРОЙ ПОЧВЕ ПОД СЕМЕЧКОВЫМИ И КОСТОЧКОВЫМИ САДАМИ

Елена Вячеславовна Леоничева, кандидат биологических наук
Татьяна Александровна Роева, кандидат сельскохозяйственных наук
Лариса Ивановна Леонтьева, кандидат сельскохозяйственных наук
Максим Евгеньевич Столяров, аспирант

Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур,
д. Жилина, Орловская обл., Россия
E-mail: agro@vniispk.ru

Аннотация. Цель работы – выявить специфические особенности азотного питания плодовых деревьев, которые могут быть полезны для разработки прецизионных программ удобрения конкретных культур. Сезонную динамику минерального азота (аммоний + нитраты) изучали в полевых экспериментах вегетационных периодов 2018 и 2019 годов. Исследования проводили в среднерослых садах яблони (2013 год посадки) и вишни (2015), расположенных на территории Всероссийского научно-исследовательского института селекции плодовых культур. Почва – агросерая среднесуглинистая с нейтральной реакцией и высоким содержанием доступного фосфора. Удобрения в возрастающих дозах от $N_{30}K_{40}$ до $N_{120}K_{160}$ вносили ежегодно ранней весной, что способствовало увеличению содержания минерального азота в корнеобитаемом слое почвы в 1,5–5,0 раз. Динамика минеральных форм азота на удобренных и неудобренных участках была сходной, при этом на азотный режим почвы оказывали влияние биологические особенности культур. Самый низкий уровень показателя в почве под вишней был в июле при созревании плодов, а под яблоней – августе. Исследования показали, что в климатических условиях Среднерусской возвышенности агросерые среднесуглинистые почвы без дополнительного использования азотных удобрений могут обеспечить благоприятный уровень азотного питания яблони и вишни в первые годы плодоношения.

Ключевые слова: яблоня, вишня, агросерые почвы, минеральный азот

EVALUATION OF THE MINERAL NITROGEN DYNAMICS IN AGRO-GRAY SOIL UNDER SEED AND STONE FRUIT ORCHARDS

E.V. Leonicheva, PhD in Biological Sciences
T.A. Roeva, PhD in Agricultural Sciences
L.I. Leontieva, PhD in Agricultural Sciences
M.E. Stolyarov, PhD Student

Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, Zhilin village, Oryol region, Russia
E-mail: agro@vniispk.ru

Abstract. The aim of the investigation was clarification of specific features of fruit crops nitrogen nutrition which may be useful for elaboration the precision nutritional management for specific crops. The seasonal dynamics of mineral nitrogen (ammonium + nitrates) was studied in field experiments in 2018 and 2019 growing seasons. The investigations were carried out in medium-sized apple and sour cherry orchards located in the orchard area of the Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (Oryol Region). The soils of experimental orchards are loamy Haplic Luvisols with neutral reaction high content of available phosphorus. Fertilizers at doses increasing from $N_{30}K_{40}$ to $N_{120}K_{160}$ were applied annually in early spring. Fertilization of orchards contributed to an increase in mineral nitrogen content by 1.5–5.0 times, depending on the dose. The nitrogen dynamics in the soil of fertilized and unfertilized plots was similar and the biological features of the crops affected on the soil nitrogen regime. The lowest indicator's level in the soil under sour cherry was in July during fruit ripening, while in the apple orchard a low nitrogen content was noted in August. Studies have shown that in the climatic conditions of the Central Russian Uplands, loamy haplic Luvisols without additional application of nitrogen fertilizers can provide a favorable level of nitrogen nutrition for apple and sour cherry trees in the first years of fruiting.

Keywords: apple, sour cherry, Haplic Luvisols, mineral nitrogen

Экологически безопасное управление минеральным питанием растений в агроэкосистемах – актуальная задача современного сельского хозяйства. Оптимизация азотного питания – один из наиболее значимых аспектов этой проблемы, что связано с важной ролью азота в биохимических процессах живых организмов и со сложностью биогеохимического цикла элемента, протекающего в системе «атмосфера-почва-растение». [4, 9] Управление азотным питанием усложняется в агроэкосистемах с плодовыми деревьями, поскольку для них харак-

терны затраты питательных элементов не только на плодоношение, но и на непрерывный рост и развитие вегетативных органов, а также хорошо развита способность к запасанию элементов и их последующей реутилизации. [10]

Для плодовых деревьев, особенно в первые годы после посадки, коэффициент использования азота достаточно низкий (15...33%). [12, 15] Поэтому некоторые производители фруктов считают, что необходимо вносить количество азота, намного превышающее вынос элемента с урожаем. [10] С другой

стороны, так как плодовые культуры значительную часть ассимилятов распределяют в плоды, имеющие невысокое содержание азотистых соединений, у деревьев нет потребности непрерывно поглощать много азота из почвы. Экономное использование азота деревьями в многолетних насаждениях делает возможным создание систем удобрения садов, обеспечивающих устойчивую продуктивность при соблюдении экологических требований.

Разработка высокоточных программ применения удобрений возможна только на основе детальной информации об особенностях «поведения» биогенных элементов в почвенно-климатических условиях при возделывании конкретных культур. Садовые агроценозы в этом отношении изучены гораздо меньше, чем агроэкосистемы с однолетними растениями.

Цель работы – изучить азотный режим агроценоза почвы под насаждениями семечковых (яблоня) и косточковых (вишня) культур в связи с метеорологическими условиями периода вегетации, плодовой нагрузкой деревьев и применением минеральных удобрений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2018-2019 годах в среднерослых садах яблоня (2013 год посадки) и вишни (2015), расположенных на территории ФГБНУ ВНИИСПК. Схема размещения деревьев яблоня – 6×3 м, вишни – 5×3 м. Использовали сорт яблоня – *Веньяминовское* на полукарликовом подвое 54-118, вишни – *Тургеневка* на подвое В-2-180.

Почва – агросерая среднесуглинистая, подстилаяемая доломитовыми известняками. Агрохимические показатели почвы в слое 0...40 см представлены в таблице 1.

В период проведения эксперимента почва в рядах деревьев находилась под гербицидным паром, а в междурядьях – под залужением. В обоих экспериментальных садах она отличалась высоким содержанием доступных растениям форм фосфора. Почва яблоневого сада имела низкий уровень легкогидролизуемого азота и обменного калия, а вишневого – средний, согласно градации почв по обеспеченности элементами минерального питания, разработанной для плодовых культур. [8] Такие особенности агрохимических показателей почвы опытных участков определили выбор азотных и калийных удобрений для проведения экспериментов по оптимизации минерального питания изучаемых культур.

Внесение удобрений в почву опыта (ежегодно весной на глубину 10...15 см) с яблоней было начато в 2015 году, вишней – 2017. В опыте с яблоней азот и калий вносили в форме гранулированных NH_4NO_3 и KCl по схеме: 1. Контроль (без удобрений); 2. $\text{N}_{30}\text{K}_{40}$; 3. $\text{N}_{60}\text{K}_{80}$; 4. $\text{N}_{90}\text{K}_{120}$; с вишней использовали гранулированные $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ и K_2SO_4 : 1. Контроль; 2. $\text{N}_{30}\text{K}_{40}$; 3. $\text{N}_{60}\text{K}_{80}$; 4. $\text{N}_{90}\text{K}_{120}$; 5. $\text{N}_{120}\text{K}_{160}$. Повторность – четырехкратная, на каждой учетной делянке по пять деревьев.

В течение двух периодов вегетации ежемесячно с мая по сентябрь отбирали почвенные пробы, в которых определяли содержание минеральных соединений азота (N_{min}). Отбор проб проводили в подкормочной зоне деревьев на расстоянии 1,0...1,5 м от штамба

Таблица 1.
Агрохимическая характеристика почвы изучаемых садов

Культура	Слой почвы, см	рН _{KCl}	N _{общ} , ммоль/100 г	Гумус, (%)	N _{стр}	P ₂ O ₅	K ₂ O
					мг/кг		
Яблоня	0...20	4,96	4,24	4,29	99,07	195,95	78,24
	20...40	5,00	4,15	4,14	107,80	140,50	51,98
Вишня	0...20	5,80	2,30	4,53	108,45	383,16	120,18
	20...40	5,70	2,60	4,32	98,40	308,08	86,10

Таблица 2.
Продуктивность деревьев яблоня сорта *Веньяминовское* и вишни *Тургеневка* по годам, (кг/дерево)

Вариант	<i>Веньяминовское</i>		<i>Тургеневка</i>	
	2018	2019	2018	2019
Контроль (без удобрений)	27,39	5,86	4,38	8,24
$\text{N}_{30}\text{K}_{40}$	28,11	5,49	4,26	8,46
$\text{N}_{60}\text{K}_{80}$	31,37	6,02	3,90	8,67
$\text{N}_{90}\text{K}_{120}$	28,06	6,04	5,12	7,01
$\text{N}_{120}\text{K}_{160}$	–	–	5,38	9,33
НСР _{0,05}	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$

послойно с глубин 0...20 и 20...40 см. В свежих образцах почвы после доставки в лабораторию немедленно определяли содержание аммония и нитратов.

Количество в почве нитратного азота устанавливали потенциометрически в суспензии 1% раствора алюмокалиевых квасцов (соотношение почва:раствор – 1:2,5) при помощи нитратометра ИТ-1201. Аммонийный азот экстрагировали из почвы 0,05 М раствором NaCl в соотношении 1:30. Содержание аммония в полученном экстракте определяли фотометрическим методом с реактивом Несслера. [3] Общее количество минерального азота рассчитывали как сумму азота, находящегося в аммонийной и нитратной формах.

Образцы листьев яблоня и вишни отбирали в последней декаде июля из средней части однолетних приростов. Обработку и подготовку их проводили в соответствии со стандартными лабораторными процедурами, содержание азота определяли по методу Кьельдаля. [3] Учитывали массу плодов с каждого дерева весовым методом.

Для статистической обработки данных использовали одно- и двухфакторный дисперсионный анализ с оценкой значимости различий на основе критерия Фишера и НСР при уровне значимости $P = 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для среднерослых садов яблоня, выращиваемых в Среднерусской возвышенности, показано существенное воздействие метеорологических условий и продуктивности деревьев на уровень минеральных форм азота в почве. [1, 2] Эти же факторы оказывают значимое влияние на динамику N_{min} в почве молодых и вступающих в плодоношение вишневых садов. [6]

Во время проведения исследований сады только вступали в период плодоношения. Первый товарный урожай яблоня был получен в 2017 году, вишни – 2018.

Средняя по опыту продуктивность деревьев вишни была на уровне $4,61 \pm 0,54$ кг/дерево в 2018 году и $8,24 \pm 0,74$ кг/дерево в 2019, для яблони эти показатели были соответственно $28,00 \pm 2,20$ и $5,99 \pm 1,11$ кг/дерево. Влияние азотных и калийных удобрений на продуктивность обеих культур было статистически недостоверным (табл. 2), что согласуется с литературными данными о слабом влиянии минеральных удобрений на продуктивность яблони и вишни в первые годы плодоношения. [8, 11, 13]

Характеристика гидротермических условий в период май-сентябрь 2018 и 2019 годов представлена в таблице 3. В 2018 году ежемесячно температура превышала средне многолетние показатели на $1...3^{\circ}\text{C}$. В 2019 температурный режим был ближе к средне многолетним значениям, однако май и июнь также отличались повышенной температурой.

Особенность периода вегетации 2018 года – контрастные условия увлажнения: засуха с конца мая до середины июля и в августе, тогда как с 13 по 25 июля выпало 119 мм осадков. В 2019 году засушливый период продолжался с конца мая до III-й декады июня, в последующие месяцы выпадение осадков было более равномерным.

Третий значимый фактор, оказавший влияние на динамику N_{\min} в почве садов, – особенности потребления азота изучаемыми культурами. Наиболее высокую потребность в азоте деревья имеют при интенсивном росте и созревании плодов. У вишни период от цветения до созревания плодов более короткий, чем у яблони. Плоды сорта *Тургеневка* поспевают в I декаде июля, и в оба года среднее по опыту содержание N_{\min} в почве вишневого сада достоверно уменьшилось в июле, по сравнению с июньским значением показателя (табл. 4). В 2018 году июльский уровень минерального азота был в три-пять раз ниже, чем в предшествующем месяце, а в 2019 значения показателя в июле были ниже июньских в 1,2...1,5 раза в зависимости от варианта опыта. Резкое уменьшение содержания N_{\min} в июле 2018 года может быть связано с вымыванием изучаемых соединений интенсивными дождями, выпавшими с 13 по 25 июля.

У сорта *Веняминовское* в условиях Центрально-Черноземной зоны РФ рост и созревание плодов продолжают до конца августа. В августе 2019 года средний по вариантам опыта уровень N_{\min} в почве яблоневого сада был достоверно ниже, чем в июне и июле (табл. 5). В 2018 аналогичный эффект наблюдали только на делянках с самой большой дозой удобрений $N_{90}K_{120}$. В других вариантах динамика N_{\min} коррелировала с динамикой выпадения осадков – самые низкие значения показателя были в июне при длительной засухе.

Распределение азота для поддержки роста отдельных плодов и побегов яблони напрямую связано с распределением ассимилятов в растении [15], поэтому следует ожидать различий в потреблении азота деревьями в годы с неодинаковой плодовой нагрузкой. В нашем эксперименте продуктивность яблони в 2018 году была в 4,5 раза выше, чем в 2019. Таким образом, низкий уровень N_{\min} в почве неудобренных участков яблоневого сада, наблюдавшийся на протяжении пяти месяцев 2018 года, связан не только с неблагоприятными гидротермическими

Таблица 3.

Месяц	Метеоусловия периода исследований			Сумма осадков, мм		
	Среднемесячная температура, °C			Сумма осадков, мм		
	2018	2019	Средне-многолетняя	2018	2019	Средне-многолетняя
Май	16,4	15,6	13,0	31,4	85,0	36,3
Июнь	17,5	20,5	16,9	18,2	20,7	65,1
Июль	19,9	17,4	18,5	119,9	49,8	88,0
Август	18,4	17,1	17,1	11,2	54,7	65,7
Сентябрь	14,9	12,5	11,7	42,5	50,2	43,2
Σ				225,9	260,9	298,3

Таблица 4.

Сезонная динамика минерального азота ($\Sigma(N-NH_4 + N-NO_3)$) в почве вишневого сада по годам, мг/кг

Фактор А (доза удобрений)	Фактор В (срок отбора проб)					Среднее А
	май	июнь	июль	август	сентябрь	
2018						
0...20 см						
Контроль (без удобрений)	29,9	18,2	5,7	5,9	16,7	15,3
$N_{30}K_{40}$	33,2	45,9	5,7	8,3	15,5	21,7
$N_{60}K_{80}$	50,7	54,0	10,8	11,8	18,6	29,2
$N_{90}K_{120}$	119,5*	40,4	8,0	8,8	20,9	35,7
$N_{120}K_{160}$	147,6*	99,8*	25,5	40,2	33,7	69,4*
Среднее В	76,2	51,7	11,2	14,9	21,1	
НСР ₀₅ А=26,8 НСР ₀₅ В=26,8 НСР ₀₅ А×В=60,1						
20...40 см						
Контроль (без удобрений)	25,8	15,5	4,7	9,6	16,0	14,3
$N_{30}K_{40}$	30,1	36,5	10,8	5,9	34,1	23,5
$N_{60}K_{80}$	31,6	26,7	11,5	17,8	25,5	22,6
$N_{90}K_{120}$	40,5	33,9	19,8	12,4	32,0	27,7*
$N_{120}K_{160}$	36,9	55,3*	15,8	35,2	37,7	36,1*
Среднее В	33,0	33,6	12,4	16,2	29,1	
НСР ₀₅ А=12,0 НСР ₀₅ В=12,0 НСР ₀₅ А×В=26,8						
2019						
0...20 см						
Контроль (без удобрений)	20,3	31,7	20,0	17,3	22,9	22,4
$N_{30}K_{40}$	34,5	32,3	30,1	25,2	35,4	31,5*
$N_{60}K_{80}$	34,0	34,6	27,9	24,5	28,4	29,9
$N_{90}K_{120}$	42,1*	36,7	29,4	35,9	30,0	34,8*
$N_{120}K_{160}$	41,3*	50,6*	35,8	47,0*	35,2	41,9*
Среднее В	31,4	11,8	29,6	13,1	11,7	
НСР ₀₅ А=8,0 НСР ₀₅ В=8,0 НСР ₀₅ А×В=17,9						
20...40 см						
Контроль (без удобрений)	20,4	29,9	21,9	17,80	25,0	23,0
$N_{30}K_{40}$	27,3	33,1	36,2	23,80	30,8	30,2
$N_{60}K_{80}$	27,3	33,2	22,2	24,60	27,0	30,2
$N_{90}K_{120}$	38,1	50,7	29,9	31,40	29,4	35,9
$N_{120}K_{160}$	33,0	66,3	27,3	42,90*	33,8	40,7*
Среднее В	29,2	42,6	27,5	28,10	29,4	
НСР ₀₅ А=9,95 НСР ₀₅ В=9,95 НСР ₀₅ А×В=22,2						

Примечание. * различия с контролем достоверны при уровне значимости 5% (то же в табл. 5, 6).

Таблица 5.
Сезонная динамика минерального азота ($\Sigma(N-NH_4 + N-NO_3)$) в почве яблоневого сада по годам, мг/кг

Фактор А (доза удобрений)	Фактор В (срок отбора проб)					Средние А
	май	июнь	июль	август	сентябрь	
2018						
0...20 см						
Контроль (без удобрений)	13,2	5,9	8,6	15,1	14,4	11,4
$N_{30}K_{40}$	29,0	10,4	15,0	11,1	8,9	14,9
$N_{60}K_{80}$	29,4	9,7	16,3	16,9	10,7	16,6
$N_{90}K_{120}$	54,0*	20,9	78,5*	9,4	12,7	35,1*
Среднее В	31,4	11,8	29,6	13,1	11,7	
HCP ₀₅ A=26,8 HCP ₀₅ B=26,8 HCP ₀₅ A×B=60,1						
20...40 см						
Контроль (без удобрений)	16,1	5,47	7,1	5,2	12,6	9,3
$N_{30}K_{40}$	16,2	8,11	11,2	10,8	9,9	11,3
$N_{60}K_{80}$	19,7	15,4	11,4	11,6	10,6	13,7
$N_{90}K_{120}$	31,4	14,2	35,3*	5,6	9,7	19,2*
Среднее В	20,9	10,8	16,2	8,3	19,2*	
HCP ₀₅ A=8,4 HCP ₀₅ B=9,45 HCP ₀₅ A×B=18,9						
2019						
0...20 см						
Контроль (без удобрений)	12,9	30,5	32,2	15,0	26,5	23,4
$N_{30}K_{40}$	13,8	33,8	35,6	16,9	32,5	26,5
$N_{60}K_{80}$	54,5*	57,9*	44,3	18,1	45,6	44,2*
$N_{90}K_{120}$	22,3	42,8	54,8*	23,6	39,4	36,7*
Среднее В	26,1	41,2	41,7	18,4	36,0	
HCP ₀₅ A=10,5 HCP ₀₅ B=11,7 HCP ₀₅ A×B=23,4						
20...40 см						
Контроль (без удобрений)	10,9	38,2	31,4	11,8	25,4	23,5
$N_{30}K_{40}$	17,1	37,7	33,0	16,6	31,4	27,2
$N_{60}K_{80}$	30,6*	57,7*	34,7	14,5	36,6	34,8*
$N_{90}K_{120}$	15,7	38,6	49,9*	16,0	39,9	32,0*
Среднее В	18,6	43,1	37,3	14,7	33,3	
HCP ₀₅ A=7,2 HCP ₀₅ B=8,1 HCP ₀₅ A×B=16,1						

условиями, но и более высоким потреблением азота деревьями яблони в урожайный год.

Согласно градации почв по содержанию минерального азота, предлагаемой для плодовых культур [5], очень низкий уровень обеспеченности N_{min} – менее 10 мг/кг, низкий – 10...20, средний –

Таблица 6.
Содержание азота в листьях яблони сорта *Веньяминовское* и вишни *Тургеневка* по годам, % сух. вещества

Вариант	Яблоня		Вишня	
	2018	2019	2018	2019
Контроль (без удобрений)	2,41	3,17	2,44	2,54
$N_{30}K_{40}$	2,44	2,99	2,67	2,79
$N_{60}K_{80}$	2,57	2,92	2,82*	3,11*
$N_{90}K_{120}$	2,26	3,29	2,87*	2,98
$N_{120}K_{160}$	–	–	3,20*	3,01
HCP _{0.05}	0,20	0,51	0,36	0,51

20...30, повышенный – 30...40, высокий – 40...60, очень высокий – более 60 мг/кг. Засушливым летом 2018 года уровень N_{min} в неудообренной почве экспериментальных садов был преимущественно низким – $13,4 \pm 8,3$ мг/кг. Только в мае в почве контрольных делянок вишневого сада содержание N_{min} приближалось к высокому уровню и достигало 29,9 мг/кг. В середине более благоприятного периода вегетации 2019 года (июнь-июль) содержание азота в неудообренной почве садов было преимущественно на повышенном уровне только из-за естественной микробной активности (табл. 4, 5).

Внесение азотных удобрений способствовало увеличению содержания N_{min} в 1,5...5,0 раз в зависимости от дозы азота, времени отбора почвенных проб и гидротермических условий периода вегетации. При этом динамика N_{min} в почве удобренных и неудообренных участков была аналогичной. В 2018 году с использованием азотных удобрений в дозах 90...120 кг/га содержание N_{min} в слое почвы 0...20 см достигало высоких значений с мая по июль. Содержание N_{min} в слое 20...40 см в этот период тоже было повышенным, что свидетельствует о возможности вымывания азота с таким количеством удобрений.

Фракционный состав минеральных соединений азота в почве экспериментальных участков различался незначительно. Несмотря на то, что мочевины содержит азот в амидной форме, при одинаковых по действующему веществу доз мочевины и нитрата аммония нитраты составляли до 30% общего количества N_{min} .

Сложность процессов биогеохимической трансформации азота в экосистемах и азотного метаболизма у многолетних древесных растений делает необходимым сочетание почвенной и листовой диагностики для объективной оценки азотного питания плодовых культур и его успешной корректировки агротехническими способами. Диапазон оптимальных концентраций азота в листьях яблони – 1,9...3,0% сух. вещества, вишни – 2,4...3,4. [7, 8, 14] В течение двух лет проведения эксперимента деревья не испытывали критического недостатка азота независимо от применения азотных удобрений (табл. 6).

Выводы. Изучение азотного режима почвы под плодовыми насаждениями показало, что наиболее важные факторы, влияющие на динамику N_{min} : метеорологические условия, продуктивность деревьев и особенности потребления азота изучаемыми культурами. За два периода вегетации наименьший уровень показателя в почве под вишней был в июле (созревание плодов), яблоней – в августе.

Внесение в почву вишневого и яблоневого сада азотных удобрений в дозах 30...120 кг/га д. в. способствовало увеличению содержания N_{min} в 1,5...5,0 раз. Динамика N_{min} в почве удобренных и неудообренных участков была аналогичной.

Агросерые среднесуглинистые почвы в климатических условиях Среднерусской возвышенности без дополнительного использования азотных удобрений только благодаря естественной микробиологической активности могут обеспечивать благоприятный уровень азотного питания яблони и вишни в первые

годы плодоношения деревьев. Это подтверждается высокой концентрацией азота в листьях ($2,83 \pm 0,15$ и $2,76 \pm 0,27\%$ сух. в-ва для вишни и яблони соответственно) и отсутствием достоверного положительного влияния удобрений на продуктивность деревьев.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Кузин А.И., Трунов Ю.В., Соловьёв А.В. Оптимизация азотного питания яблони (*Malus domestica* Borkh) при фертигации и внесении бактериальных удобрений // Сельскохозяйственная биология. 2018. № 53(50). С. 1013–1024. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.5.1013rus
- Леоничева Е.В., Роева Т.А., Леонтьева Л.И., Столяров М.Е. Сезонная динамика минерального азота в агросерой почве яблоневого сада // Вестник КрасГАУ. 2020Б. № 11(164). С. 87–97. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-11-87-97
- Минеев В.Г., Сычев В.Г., Амелянчик О.А. и др. Практикум по агрохимии. М.: Изд-во «МГУ», 2001. 689 с.
- Минеев В.Г. Агрохимия. М.: Изд-во «МГУ», 2004. 720 с.
- Попова В.П., Сергеева Н.Н., Фоменко Т.Г., Пестова Н.Г. Совершенствование методов оценки плодородия почв садовых ценозов // Научные труды СКЗНИИСиВ. 2016. № 9. С. 122–130.
- Роева Т.А., Леоничева Е.В., Леонтьева Л.И., Столяров М.Е. Влияние условий почвенного питания на продуктивность растений вишни и сезонную динамику минерального азота в корнеобитаемом слое // Садоводство и виноградарство. 2020. № 3. С. 37–43. DOI: 10.31676/0235-2591-2020-3-37-43
- Семенюк Г.М. Диагностика минерального питания косточковых пород с применением информационно-поисковых систем / Автореф. дис. ...докт. биол. наук. Кишинев, 1983. 323 с.
- Трунов Ю.В. Биологические основы минерального питания яблони. Воронеж: Кварта, 2013. 428 с.
- Умаров М.М., Кураков А.В., Степанов А.Л. Микробиологическая трансформация азота в почве. М.: ГЕОС, 2007. 138 с.
- Carranca C., Brunetto G., Tagliavini M. Nitrogen Nutrition of Fruit Trees to Reconcile Productivity and Environmental Concerns // *Plants*. 2018. № 7(4). P. 1–12; DOI: 10.3390/plants7010004
- Ernani, P.R., Rogeri D.A., Proença M.M., Dias J. Addition of nitrogen had no effect on yield and quality of apples in a high density orchard carrying a dwarf rootstock // *Revista Brasileira de Fruticultura*. 2008. № 30(4). P. 1113–1118. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452008000400044>
- Neilsen D., Millard P., Neilsen G.H., Hogue E.J. Nitrogen uptake, efficiency of use, and partitioning for growth in young apple trees // *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 2001. № 126(1). P. 144–150. DOI: <https://doi.org/10.21273/JASHS.126.1.144>
- Sadowski A., Jadczyk E. Results of 11-year N-fertiliser trial in a sour cherry orchard. // *Acta Horticulturae*. 2001. № 564. P. 279–284. DOI: 10.17660/ActaHortic.2001.564.32
- Stiles Warren C., Shaw Reid W. Orchard Nutrition Management // *Cornell Cooperative Extension Information Bulletin*. 1991. № 219. (June) 23 p.
- Zhang L., Han Ming Yu, Zhao Cai Ping et al. 15 nitrogen study on absorption, distribution and utilization of nitrogen applied in early summer in Red Fuji apple // *Journal of Plant Nutrition*. 2012. № 35:10. P. 1557–1571, DOI: 10.1080/01904167.2012.689914
- Kuzin A.I., Trunov Yu.V., Solov'yov A.V. Optimizaciya azotnogo pitaniya yablони (*Malus domestica* Borkh) pri fertigacii i vnesenii bakterial'nyh udobrenij // *Sel'skokozyajstvennaya biologiya*. 2018. № 53(50). S. 1013–1024. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.5.1013rus
- Leonicheva E.V., Roeva T.A., Leon'teva L.I., Stolyarov M.E. Sezonnaya dinamika mineral'nogo azota v agroseroj pochve yablonevogo sada // *Vestnik KrasGAU*. 2020B. № 11(164). S. 87–97. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-11-87-97
- Mineev V.G., Sychev V.G., Amel'yanchik O.A. i dr. Praktikum po agrohimi. M.: Izd-vo «MGU», 2001. 689 s.
- Mineev V.G. Agrohimiya. M.: Izd-vo «MGU», 2004. 720 s.
- Popova V.P., Sergeeva N.N., Fomenko T.G., Pestova N.G. Sovershenstvovanie metodov ocenki plodorodiyi pochv sadovyh cenozov // *Nauchnye trudy SKZNIISiV*. 2016. № 9. S. 122–130.
- Roeva T.A., Leonicheva E.V., Leon'teva L.I., Stolyarov M.E. Vliyanie uslovij pochvennogo pitaniya na produktivnost' rastenij vishni i sezonnyu dinamiku mineral'nogo azota v korneobitaemom sloe // *Sadovodstvo i vinogradarstvo*. 2020. № 3. S. 37–43. DOI: 10.31676/0235-2591-2020-3-37-43
- Semenyuk G.M. Diagnostika mineral'nogo pitaniya kostochkovykh porod s primeneniem informacionno-poiskovykh sistem / Avtoref. dis. ...dokt. biol. nauk. Kishinev, 1983. 323 s.
- Trunov Yu.V. Biologicheskie osnovy mineral'nogo pitaniya yablони. Voronezh: Kvarта, 2013. 428 s.
- Umarov M.M., Kurakov A.V., Stepanov A.L. Mikrobiologicheskaya transformaciya azota v pochve. M.: GEOS, 2007. 138 s.
- Carranca C., Brunetto G., Tagliavini M. Nitrogen Nutrition of Fruit Trees to Reconcile Productivity and Environmental Concerns // *Plants*. 2018. № 7(4). P. 1–12; DOI: 10.3390/plants7010004
- Ernani, P.R., Rogeri D.A., Proença M.M., Dias J. Addition of nitrogen had no effect on yield and quality of apples in a high density orchard carrying a dwarf rootstock // *Revista Brasileira de Fruticultura*. 2008. № 30(4). P. 1113–1118. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452008000400044>
- Neilsen D., Millard P., Neilsen G.H., Hogue E.J. Nitrogen uptake, efficiency of use, and partitioning for growth in young apple trees // *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 2001. № 126(1). P. 144–150. DOI: <https://doi.org/10.21273/JASHS.126.1.144>
- Sadowski A., Jadczyk E. Results of 11-year N-fertiliser trial in a sour cherry orchard. // *Acta Horticulturae*. 2001. № 564. P. 279–284. DOI: 10.17660/ActaHortic.2001.564.32
- Stiles Warren C., Shaw Reid W. Orchard Nutrition Management // *Cornell Cooperative Extension Information Bulletin*. 1991. № 219. (June) 23 p.
- Zhang L., Han Ming Yu, Zhao Cai Ping et al. 15 nitrogen study on absorption, distribution and utilization of nitrogen applied in early summer in Red Fuji apple // *Journal of Plant Nutrition*. 2012. № 35:10. P. 1557–1571, DOI: 10.1080/01904167.2012.689914

УРОЖАЙНОСТЬ СОРТОВ ЯБЛОНИ СЕЛЕКЦИИ ФГБНУ ВНИИСПК НА ИНТЕРКАЛЯРНЫХ ПОДВОЯХ

Анна Мироновна Галашева, кандидат сельскохозяйственных наук
Нина Глебовна Красова, доктор сельскохозяйственных наук
Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур,
д. Жилина, Орловская область, Россия
E-mail: galasheva@vniispk.ru

Аннотация. В статье представлены результаты урожайности сортов яблони селекции ФГБНУ ВНИИСПК осеннего (Память Исаева) и зимнего (Болотовское, Имрус, Орлик) срока созревания на полудеревячатых интеркалярных подвоях 3-4-98 и 3-3-72. Сад заложен в 1993 году, деревья вступили в плодоношение на четвертый год. Сорт Имрус на интеркалярном подвое 3-3-72 на четвертый год дал урожай в среднем – 28,5 кг/дерево (158,2 ц/га), в 10-летнем возрасте – 90,1 кг/дерево (500,0 ц/га). У Орлика на этом же интеркаляре урожайность составила 61,8 (343,0). Анализ урожайности по возрастным периодам показал, что до 15-летнего возраста деревьев урожай нарастал. За все годы плодоношения наибольшая сумма урожая отмечена у сортов Орлик (597,1 кг/дерево) и Имрус (769,8) на интеркалярном подвое 3-3-72. По средней урожайности сорт Имрус на подвое 3-3-72 превосходит все изученные сорта на подвоях 3-3-72 и 3-4-98. Выявили, что сорт Память Исаева на подвое 3-4-98 с индексом 0,32 и сорта на подвое 3-3-72 (Орлик – 0,40 и Имрус – 0,36) относятся к группе регулярно плодоносящие. Сорта Болотовское и Имрус на подвое 3-4-98 входят в группу нерезко периодически плодоносящие с индексом 0,48 и 0,47 соответственно.

Ключевые слова: интеркалярные подвои, сорта, яблоня, скороплодность, урожайность

YIELD OF APPLE TREE VARIETIES BRED BY FSBI VNIISPK ON INTERCALARY ROOTSTOCKS

A.M. Galasheva, PhD in Agricultural Sciences
N.G. Krasova, Grand PhD in Agricultural Sciences
Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, Zhilin village, Oryol region, Russia
E-mail: galasheva@vniispk.ru

Abstract. The article presents the results of the yield of apple cultivars selected by VNIISPK: 'Pamyat Isaeva' of autumn maturation and winter cultivars 'Bolotovskoe', 'Imrus' and 'Orlik' on semi-dwarf intercalary rootstocks 3-4-98 and 3-3-72. The orchard was laid in 1993. The trees of the cultivars entered fruiting in the 4th year of growth in the orchard. 'Imrus' on the intercalary rootstock 3-3-72 yielded on average 28.5 kg per tree (158.2 centner/ha) in the fourth year of growth in the orchard. At the age of 10, the yield of 'Imrus' on the 3-3-72 intercalary was 90.1 kg/tree (500.0 centner/ha), 'Orlik' had 61.8 kg/tree (343.0 centner/ha) on the same intercalary. The analysis of the yield by age periods showed that up to the age of fifteen trees, the yield increased. For all years of fruiting, the largest amount of harvest was noted in 'Orlik' and 'Imrus' on the intercalary rootstock 3-3-72: 597.1 kg/tree and 769.8 kg/tree, respectively. According to the average yield for all the years of fruiting, 'Imrus' on a semi-dwarf intercalary rootstock 3-3-72 surpassed all the studied cultivars on intercalary rootstocks 3-3-72 and 3-4-98. When studying the regularity of fruiting, it was revealed that 'Pamyat Isaeva' on a semi-dwarf intercalary rootstock 3-4-98 and 'Orlik' (with an index of 0.40) and 'Imrus' (with an index of 0.36) on a semi-dwarf intercalary rootstock 3-3-72 were classified as regularly fruiting cultivars. 'Bolotovskoye' and 'Imrus' on a semi-dwarf intercalary rootstock 3-4-98 were assigned to the group of non-sharply periodically fruiting cultivars with an index of 0.48 and 0.47, respectively.

Keywords: intercalary rootstocks, cultivars, apple, precocity, yield

В России развитие конкурентоспособного садоводства возможно при создании интенсивных садов с использованием слаборослых подвоев, в том числе интеркалярных, новых сортов и высокоэффективных технологий. Производство плодов в интенсивных садах, заложенных саженцами со слаборослыми интеркалярными подвоями, благодаря раннему и хорошему урожаю плодов высоких товарных качеств, экономически выгодно. [1, 10] Сады на слаборослых клоновых подвоях обеспечивают: ускоренное вступление сортов в плодоношение, высокую стабильную продуктивность насаждений, качество плодов, наступление промышленного плодоношения (20...25 т/га) на четвертый-пятый год после посадки, повышение производительности труда в саду на трудоемких видах работ (обрезка, уборка урожая

и другое), периодическую смену сортимента (через 15...17 лет), высокий уровень доходности и окупаемости затрат на пятый-шестой год. [3, 4]

Представляют особый интерес для создания полудеревячатых насаждений на интеркалярных компонентах подвои селекции С.Н. Степанова, которые обеспечивают скороплодность, снижение кроны дерева, урожайность, наибольшую зимостойкость интеркаляра и корневой системы, получение высококачественной продукции. [2, 7, 8, 12]

С 1984 года в ФГБНУ ВНИИСПК практикуется закладка садов на интеркалярных подвоях. Получали малогабаритные деревья с использованием интеркалярных полудеревячатых подвоев 3-3-72, 3-4-98 селекции Федерального научного центра имени И.В. Мичурина (бывший Всероссийский НИИ садоводства

Таблица 1.

Урожайность сортов яблони на полукарликовых интеркалярных подвоях 3-4-98 и 3-3-72

Сорт	Интеркалярный подвой	Урожайность за годы плодоношения (1997–2021), кг/дереву		Средняя урожайность, кг/дереву за период лет						Средняя урожайность, ц/га
		сумма	средняя	4...10	11...15	16...20	21...25	26...28	среднее	
<i>Память Исаева</i>	3-4-98	436,1	17,4	11,5	28,0	18,5	15,0	17,1	18,0	99,9
<i>Имрус</i>	3-4-98	578,5	23,1	22,2	33,0	20,0	18,2	22,9	23,3	129,3
<i>Болотовское</i>	3-4-98	569,5	22,8	21,4	33,8	17,4	21,7	18,0	22,5	124,9
<i>Орлик</i>	3-3-72	597,1	23,9	21,4	34,6	26,8	20,3	12,9	23,2	128,8
<i>Имрус</i>	3-3-72	769,8	30,8	43,9	35,7	21,0	21,4	23,8	29,2	162,1
НСР ₀₅			6,6							

имени И.В. Мичурина). [6, 10] Исследователи разных научных учреждений считают, что деревья на интеркалярных подвоях также, как и отводочных получают низкорослые, скороплодные и урожайные. [11, 13–15]

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в садах ФГБНУ ВНИИСПК по общепринятой методике. [9] Год посадки 1993, схема 6x3 м. Объект изучения – сорта *Болотовское*, *Имрус*, *Память Исаева*, *Орлик* на полукарликовых интеркалярных подвоях 3-4-98 и 3-3-72. Учетная делянка – 10 деревьев, повторность – трехкратная. Данные статистически обрабатывали методом дисперсионного анализа. [5]

Для расчета индекса периодичности плодоношения (J) использовали методику L.B. Singh. [16] Изучаемые сорта по этому показателю распределены по трем группам: регулярно плодоносящие (J = 0...0,40); нерезко периодически (J = 0,41...0,75); резкопериодично плодоносящие (J = 0,76...1,0).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Подвои оказывают существенное влияние на скороплодность, урожайность и регулярность плодоношения. Изучаемые сорта осенне-зимнего срока созревания на полукарликовых интеркалярах 3-4-98 и 3-3-72 вступили в плодоношение на четвертый год в саду. *Имрус* на интеркаляре 3-3-72 на четвертый год роста деревьев в саду дал урожай 28,5 кг/дереву, у остальных сортов он оказался слабый. В восьмилетнем возрасте (2001 год) у сорта *Имрус* урожайность была существенно выше, чем у других сортов и составила на интеркалярных подвоях 3-4-98 – 66,2 кг/дереву (367,4 ц/га) и 3-3-72 – 72,3 кг/дереву (401,3 ц/га), у сорта *Болотовское* на интеркаляре 3-4-98 – 57,6 (319,7). В 10-летнем возрасте (2003 год) урожайность *Имруса* на 3-3-72 – 90,1 кг/дереву (500,0 ц/га), *Орлика* на этом же интеркаляре – 61,8 кг/дереву (343,0 ц/га). В этом возрасте на подвое 3-4-98 у сортов урожайность составила: *Память Исаева* – 47,3 кг/дереву (262,5 ц/га), *Имрус* – 55,6 (308,6), *Болотовское* – 60,5 кг/дереву (335,8 ц/га) (см. рисунок, 3-я стр. обл.).

По различным возрастным периодам проанализировали урожайность и выявили, что у сортов на полукарликовых интеркалярных подвоях 3-4-98 и 3-3-72 до 15-летнего возраста деревьев урожай нарастал. Высоким он был у сортов в возрасте деревьев 11...15 лет, на интеркаляре 3-3-72 у *Имруса* – 35,7,

Орлика – 34,6 кг/дереву. На подвое 3-4-98 урожай у *Болотовского* – 33,8 кг/дереву, *Имруса* – 33,0 и *Памяти Исаева* – 28,0 кг/дереву. С 16-летнего возраста деревьев урожай начал снижаться, наибольший у *Орлика* на 3-3-72 – 26,8 кг/дереву. В возрасте 21...25 лет максимальный у сортов *Болотовское* на 3-4-98 – 21,7 кг/дереву и *Имрус* на 3-3-72 – 21,4 кг/дереву. За все годы плодоношения наибольшая сумма урожая отмечена у *Орлика* (597,1) и *Имруса* (769,8 кг/дереву) на интеркалярном подвое 3-3-72. По средней урожайности за все годы плодоношения *Имрус* на подвое 3-3-72 превосходит все изученные сорта на подвоях 3-3-72 и 3-4-98 (табл. 1).

Ценный показатель сорта – регулярность плодоношения. Сорта *Орлик* и *Имрус* на интеркалярном подвое 3-3-72 в возрасте от 4 до 10 лет относятся к группе регулярно плодоносящих, от 11 до 15 лет все сорта на полукарликовых интеркалярах 3-4-98 и 3-3-72 – к группе регулярно плодоносящих, кроме сорта *Орлик* на интеркаляре 3-3-72 с индексом 0,63 (нерезко периодически плодоносящие). В возрастном периоде от 21 до 25 лет *Имрус* на интеркаляре 3-4-98 относился к группе регулярно плодоносящие с индексом 0,24, остальные сорта на полукарликовых интеркалярах подходили к группе нерезко периодически плодоносящие. За весь период плодоношения сорт *Память Исаева* на подвое 3-4-98 с индексом 0,32 и сорта на интеркаляре 3-3-72 *Орлик* – 0,40 и *Имрус* – 0,36 относятся к группе регулярно плодоносящих, *Болотовское* и *Имрус* на подвое 3-4-98 – нерезко периодически плодоносящих с индексом 0,48 и 0,47 соответственно (табл. 2).

Таким образом, сорта на интеркалярных подвоях 3-3-72 и 3-4-98 вступили в плодоношение на четвертый год роста в саду. Наиболее урожайным оказался *Имрус* на интеркаляре 3-3-72 – 28,5 кг/дереву.

Таблица 2.

Индекс периодичности плодоношения сортов яблони на полукарликовых интеркалярных подвоях 3-4-98 и 3-3-72

Сорт	Интеркалярный подвой	Индекс периодичности плодоношения, период лет					Весь период плодоношения
		4...10	11...15	16...20	21...25	26...28	
<i>Память Исаева</i>	3-4-98	0,41	0,27	0,35	0,41	0,23	0,32
<i>Имрус</i>	3-4-98	0,65	0,35	0,21	0,24	0,15	0,47
<i>Болотовское</i>	3-4-98	0,64	0,27	0,32	0,57	0,44	0,48
<i>Орлик</i>	3-3-72	0,34	0,63	0,18	0,41	0,47	0,40
<i>Имрус</i>	3-3-72	0,36	0,28	0,23	0,46	0,25	0,36

Анализ урожайности по возрастным периодам показал, что до 15-летнего возраста деревьев урожай нарастал. За все годы плодоношения наибольшая сумма урожая отмечена у *Орлика* (597,1) и *Имруса* (769,8 кг/дерево) на интеркалярном подвое 3-3-72. По средней урожайности за все годы плодоношения *Имрус* на подвое 3-3-72 превосходит все изученные сорта на интеркалярных подвоях 3-3-72 и 3-4-98.

Сорт *Память Исаева* на подвое 3-4-98 с индексом 0,32 и сорта на интеркаляре 3-3-72 *Орлик* – 0,40 и *Имрус* – 0,36 отнесены к группе регулярно плодоносящих. Сорта *Болотовское* и *Имрус* на подвое 3-4-98 – к группе нерезко периодически плодоносящих с индексом 0,48 и 0,47 соответственно.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бабинцева Н.А. Особенности формирования продуктивности деревьев яблони (*malus domestica* borkh.) с промежуточной вставкой слаборослого подвоя ем-ix в Крыму // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2020. 134. С. 120–125. DOI: 10.36305/0513-1634-2020-134-120-125
2. Буйновский О.И. Промежуточная вставка и ее использование в плодоводстве. Плодоводство: науч. тр. // Ин-т плодоводства НАН Беларуси; редкол.: В.А. Матвеев (гл. ред.) [и др.]. Самохваловичи. 2006. Т. 18. Ч. 1. С. 201–207.
3. Галашева А.М. Особенности роста и плодоношения сортов яблони в интенсивном саду // диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Орловский государственный аграрный университет. Орел. 2007.
4. Григорьева Л.В., Муханин И.В. Интенсивная технология производства подвоев яблони // Плодоводство и ягодоводство России: сб. науч. тр. ВСТИСП. М. 2008. Т. XVIII. С. 100–106.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. С. 351.
6. Коровин В.А. Значение слаборослых подвоев для интенсификации садоводства в средней зоне СССР. Пути интенсификации садоводства. Мичуринск, 1981. С. 67–69.
7. Красова Н.Г., Галашева А.М. Продуктивность сортов яблони на слаборослых вставочных подвоях // Плодоводство и ягодоводство. России. 2012. Т. 29.1. С. 259–267.
8. Савин Е.З., Деменина Л.Г., Азаров О.И. Поведение яблони на вставке клоновых подвоев селекции ВНИИС им. И.В. Мичурина в условиях Среднего Поволжья // Современное садоводство. 2014. 3 (11). 9–18.
9. Седов Е.Н., Красова Н.Г., Галашева А.М. Роль карликовых вставочных подвоев в создании высокопродуктивных интенсивных насаждений яблони // В сб.: Адаптивный потенциал и качество продукции сортов и сорто-подвойных комбинаций плодовых культур. Мат. Межд. науч.-практ. конф. 2012. С. 215–225.
10. Седов Е.Н., Красова Н.Г., Жданов В.В. и др. Семечковые культуры (яблоня, груша, айва) // В кн.: Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел, 1999. С. 253–300.
11. Седов Е.Н., Красова Н.Г., Муравьев А.А. и др. Интенсивный яблоневоый сад на слаборослых вставочных подвоях. Орел: ВНИИСПК, 2009, 175 с.
12. Степанов С.Н. Рекомендации по применению интеркалярных подвоев для получения слаборослых деревьев яблони в зонах садоводства с суровыми зимами. М., 1988. 21 с.
13. Chauhan A., Ladon T., Verma P. Strategies for improving apple rootstock and cultivars: a review // Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 2020. Т. 9. No. 5. Pp. 2513-6.
14. Hudson J.P. Meadow orchards // Agriculture. London. 2012. 78. P. 157–160.
15. Hugard J. High density planting in French orchards: development and current achievements // Acta Horticulturae. 2012. 308 p.
16. Singh L.B. Studies in biennial bearing. Growth studies in «on» and «off» year trees. Hort. Sci. 1948. V. 24. № 2.

REFERENCES

1. Babinceva N.A. Osobennosti formirovaniya produktivnosti derev'ev yablони (*malus domestica* borkh.) s promezhutochnoj vstavkoj slaboroslogo podvoya em-ix v Krymu // Byulleten' Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada. 2020. 134. S. 120–125. DOI: 10.36305/0513-1634-2020-134-120-125
2. Bujnovskij O.I. Promezhutochnaya vstavka i ee ispol'zovanie v plodovodstve. Plodovodstvo: nauch. tr. // In-t plodovodstva NAN Belarusi; redkol.: V.A. Matveev (gl. red.) [i dr.]. Samohvalovichi. 2006. T. 18. CH. 1. S. 201–207.
3. Galasheva A.M. Features of growth and fruiting of apple varieties in an intensive garden // dissertation for the degree of Candidate of agricultural Sciences / Oryol State Agrarian University. Eagle. 2007.
4. Grigor'eva L.V., Mуханин I.V. Intensivnaya tekhnologiya proizvodstva podvoev yablони // Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii: sb. nauch. tr. VSTISP. M. 2008. T. XVIII. S. 100–106.
5. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta. M.: Kolos, 1985. S. 351.
6. Korovin V.A. Znachenie slaboroslykh podvoev dlya intensivifikatsii sadovodstva v srednej zone SSSR. Puti intensivifikatsii sadovodstva. Michurinsk, 1981. S. 67–69.
7. Krasova N.G., Galasheva A.M. Produktivnost' sortov yablони na slaboroslykh vstavochnykh podvoyah // Plodovodstvo i yagodovodstvo. Rossii. 2012. T. 29.1. S. 259–267.
8. Savin E.Z., Demenina L.G., Azarov O.I. Povedenie yablони na vstavke klonovykh podvoev selekcii VNIIS im. I.V. Michurina v usloviyah Srednego Povolzh'ya // Sovremennoe sadovodstvo. 2014. 3 (11). 9–18.
9. Sedov E.N., Krasova N.G., Galasheva A.M. Rol' karlikovykh vstavochnykh podvoev v sozdanii vysokoproduktivnykh intensivnykh nasazhdenij yablони // V sb.: Adaptivnyj potencial i kachestvo produkcii sortov i sorto-podvojnykh kombinacij plodovykh kul'tur. Mat. Mezhd. nauch.-prakt. konf. 2012. S. 215–225.
10. Sedov E.N., Krasova N.G., Zhdanov V.V. i dr. Semechkovye kul'tury (yablonya, grusha, ajva) // V kn.: Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur. Orel, 1999. S. 253–300.
11. Sedov E.N., Krasova N.G., Murav'ev A.A. i dr. Intensivnyj yablonevyj sad na slaboroslykh vstavochnykh podvoyah. Orel: VNIISPK, 2009, 175 s.
12. Stepanov S.N. Rekomendatsii po primeneniyu interkalyarnykh podvoev dlya polucheniya slaboroslykh derev'ev yablони v zonah sadovodstva s surovymi zimami. M., 1988. 21 s.
13. Chauhan A., Ladon T., Verma P. Strategies for improving apple rootstock and cultivars: a review // Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 2020. Т. 9. No. 5. Pp. 2513-6.
14. Hudson J.P. Meadow orchards // Agriculture. London. 2012. 78. P. 157–160.
15. Hugard J. High density planting in French orchards: development and current achievements // Acta Horticulturae. 2012. 308 p.
16. Singh L.B. Studies in biennial bearing. Growth studies in «on» and «off» year trees. Hort. Sci. 1948. V. 24. № 2.

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВОЗДЕЛЫВАЕМЫХ КУЛЬТУР В ПОЛЕВЫХ СЕВОБОРОТАХ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ

Сергей Анатольевич Замятин, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0002-3999-9179

Раисия Болеславовна Максимова, научный сотрудник, ORCID ID: 0000-0002-0324-8525

Марийский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», п. Руэм, Республика Марий Эл, Россия
E-mail: zamyatin.ser@mail.ru

Аннотация. В условиях нестабильного сельскохозяйственного производства, экологической разбалансированности окружающей среды севообороты должны строиться на принципах, сочетающих доходность производства, экологическую чистоту получаемой продукции с сохранением и повышением плодородия почвы. Внедрение интенсивной технологии возделывания сельскохозяйственных культур, в которой важное значение имеют минеральные удобрения – надежный путь повышения их урожайности. В многолетних опытах изучали влияние длительного применения минеральных удобрений на продуктивность шестипольных полевых севооборотов с различным насыщением их зерновыми культурами. Цель работы – определить экономическую эффективность полевых севооборотов в зависимости от уровня минерального питания на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве в условиях Республики Марий Эл. Установлено, что все изучаемые севообороты обеспечили высокую продуктивность. При насыщении севооборотов зерновыми культурами выход кормовых единиц за ротацию составил 13,66–18,01 тыс. к.е./га, а бобовыми – 21,05–28,76 тыс. к.е./га. Замена зерновых культур на картофель и однолетние травы в I плодосменном севообороте привела к уменьшению продуктивности на 14,3–21,7% в зависимости от удобрений. Применение навоза под картофель во II и двух полей клевера в III плодосменном севообороте, наоборот, увеличило продуктивность на 20,1–23,6 и 54,1–59,7% соответственно. Наиболее высокая рентабельность отмечена в севооборотах с внесением навоза под картофель во II плодосменном и при возделывании клевера на двух полях в III плодосменном севооборотах. При насыщении на 83,4% зерновыми культурами и возделывании картофеля и однолетних трав рентабельность снижается. Наибольший чистый доход за ротацию (21,86–34,47 тыс. руб./га) получен в III плодосменном севообороте (клевер на двух полях).

Ключевые слова: Республика Марий Эл, экономическая эффективность, севооборот, минеральные удобрения, рентабельность, ротация севооборота

LONG TERM FERTILIZERS APPLICATION INFLUENCE ON ECONOMIC PARAMETERS OF CULTIVATED CROPS IN CROP ROTATIONS IN MARI EL REPUBLIC

S.A. Zamyatin, PhD in Agricultural Sciences, ORCID ID: 0000-0002-3999-9179

R.B. Maksimova, Researcher, ORCID ID: 0000-0002-0324-8525

Mari Agricultural Research Institute – branch of Federal Agrarian Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Ruem village, Mari El Republic, Russia
E-mail: zamyatin.ser@mail.ru

Abstract. In conditions of unstable agricultural production, ecological imbalance of the environment, crop rotations should be based on principles that combine the profitability of production, the ecological purity of the products obtained, with the preservation and increase of soil fertility. The introduction of intensive technology for the cultivation of agricultural crops, in which mineral fertilizers are important, is a reliable way to increase their productivity. In long-term experiments, we studied the effect of long-term use of mineral fertilizers on the productivity of six-field field crop rotations with different saturation of them with grain crops. The purpose of the work is to determine the economic efficiency of field crop rotations depending on the level of mineral nutrition on soddy-podzolic medium loamy soil in the conditions of the Republic of Mari El. As a result of the research, it was found that on soddy-podzolic soils, all the studied crop rotations ensured high productivity. When crop rotations were saturated with grain crops, the yield of fodder units per rotation was 13.66–18.01 thousand k.u./ha, with saturation with legumes p – 21.05–28.76 thousand k.u./ha per rotation. The replacement of grain crops with potatoes and annual grasses in the first crop rotation led to a decrease in productivity by 14.3–21.7%, depending on the use of fertilizers. The use of manure for potatoes in the second crop rotation and two fields of clover in the III crop rotation, on the contrary, increased the productivity of the crop rotation by 20.1–23.6% and 54.1–59.7%, respectively. The highest profitability was noted in crop rotations with the introduction of manure for potatoes in the II crop rotation and in the cultivation of clover in two fields in the III crop rotation. In crop rotations with saturation of 83.4% with grain crops, and the cultivation of potatoes and annual grasses, profitability decreases. The highest net income per rotation (21.86–34.47 thousand rubles/ha) was obtained in the third crop rotation, where clover was cultivated in two fields.

Keywords: Mari El Republic, economic efficiency, crop rotation, mineral fertilizers, profitability, rotation of crop rotation

Севооборот – один из основных элементов эффективного использования земли и ведения научно обоснованной системы земледелия. В нем происходит чередование культур во времени и

пространстве, применяется дифференцированная агротехника, система удобрения, организация и использование передовых технических и других ресурсов.

Исследования и разработки, выполненные во многих странах, доказывают, что севооборот улучшает водно-физические свойства и плодородие почв, увеличивает микробиологическую активность в них, помогает в борьбе с вредителями и болезнями сельскохозяйственных культур, повышает качество возделываемых культур. Поэтому, при разработке севооборотов важно иметь оптимальный набор сельскохозяйственных культур и размещать их по полям при минимальных затратах энергетических ресурсов. [13]

При введении и освоении севооборотов большое значение уделяется их экономической оценке, особенно выходу валовой продукции на единицу земельной площади.

Аграрии Северо-Востока Нечерноземной зоны России, имея в своем землепользовании бедные по плодородию дерново-подзолистые почвы различной степени окультуренности, для увеличения продуктивности зерновых культур применяют адаптированные ресурсосберегающие агротехнологии, в которых уровень минерального удобрения определяется величиной дозы питательного вещества установленной опытным путем. По полученным данным в условиях Республики Марий Эл [6–8], один из наиболее существенных факторов повышения урожайности и качества зерна – сбалансированное обеспечение растений элементами минерального питания, особенно азотом.

В исследованиях Толмачева [12] минеральные удобрения и сидеральные культуры повысили экономическую эффективность возделываемых культур. При выращивании озимой ржи по чистому пару без минеральных удобрений получено 5,8 тыс. руб./га чистого дохода, по сидеральному пару – 10,3 тыс. руб./га. На картофеле производственные затраты (120,2...122,7 тыс. руб./га) зависели от удобрений. Разницы затрат от применяемых минеральных удобрений по видам севооборота не было. При выращивании ячменя затраты без внесения удобрений – 7,9 тыс. руб./га, с минеральными удобрениями – 9,2. Наибольшая рентабельность возделываемых культур получена с использованием минеральных удобрений. Минимальные затраты (137,8 тыс. руб./га) – в севообороте с чистым паром, без минеральных удобрений, наибольшие (149,2 тыс. руб./га) – с чистым паром и применением в качестве основной обработки почвы дискования и минеральных удобрений, а также в севообороте с сидеральным паром и удобрениями.

С.Ю. Плотниковым [11] в севообороте черный пар – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень установлено преимущество комбинированной обработки по сравнению с обычной отвальной и безотвальной. Условно чистый доход в этом варианте – 5,3 тыс. руб./га, рентабельность – 30%, что на 36...89% выше, чем при других приемах обработки почвы.

В исследованиях Н.А. Ивановой [3] наиболее эффективным было возделывание картофеля при внесении серы в виде сульфата аммония в дозе 60 кг/га. В данном варианте получен максимальный доход – 108395 руб./га, наивысший уровень рентабельности – 112,7% и наименьшая себестоимость 1 т клубней картофеля – 2821,2 руб. При использовании серного удобрения с ростом урожайности зеленой массы викоовсяной смеси возрастала чистый доход и рентабельность производства. Наиболее рента-

бельным было возделывание викоовсяной смеси при дозе серы 40 кг/га, уровень рентабельности – 40,1%, себестоимость 1 т зеленой массы – 356,9 руб.

Из-за ограниченных материально-финансовых возможностей социально-экономических условий и экологических проблем, применяемые в регионе системы земледелия, в том числе, севообороты требуют дальнейшего совершенствования. Нарушение в системе севооборотов принципа плодосмены привело к снижению плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур. [2, 4]

Правильное внесение минеральных удобрений обеспечивает увеличение урожайности, улучшение качества продукции. Для эффективного использования минеральных удобрений при их длительном применении необходимо детальное, систематическое исследование плодородия почв и влияния его на урожайность растений. [10]

Цель работы – провести сравнительную оценку продуктивности полевых севооборотов в зависимости от уровня минерального питания в условиях Республики Марий Эл и изучить их экономическую эффективность.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для определения эффективности применения удобрений в полевых севооборотах, развернутых во времени, в Марийском НИИСХ (1996–1998 годы) был заложен стационарный полевой опыт. С 2014 по 2019 год и с 2016 по 2021 прошла четвертая ротация полевых севооборотов, по ней и проходили наши исследования.

Объект изучения – полевые культуры, севообороты, минеральные удобрения. Почва – дерново-подзолистая среднесуглинистая, с содержанием в пахотном слое гумуса – 1,72%, общего азота – 0,22%, подвижного фосфора – 270 мг, обменного калия – 130 мг/кг почвы; рН_{сол} – 5,77 ед., гидролитическая кислотность – 1,7 мг-экв / 100 г почвы, сумма поглощенных оснований – 7,9 мг-экв / 100 г почвы.

Метеорологические условия вегетационных периодов в годы исследований сильно варьировали. Более влажные 2019 и 2020 годы, а 2021 был засуш-

Таблица 1.

Схема опыта

Севооборот, Фактор А	Насыщение зерновыми культурами, %	Минеральные удобрения, Фактор В
1. Зернотравяной (овес + клевер, клевер 1 г. п., озимые, вика/овес на зерно, яровая пшеница, ячмень)	83	Без удобрений N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀
2. I-й плодосменный (вика/овес на зеленую массу, озимые, ячмень, картофель, вика/овес на зерно, яровая пшеница)	67	Без удобрений N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀
3. II-й плодосменный (вика/овес на зерно, яровая пшеница, картофель (навоз 80 т/га), ячмень + клевер, клевер 1 г.п., озимые)	67	Без удобрений N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀
4. III-й плодосменный (ячмень + клевер, клевер 1 г. п., клевер 2 г. п., озимые, картофель, овес)	50	Без удобрений N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀

Экономическая эффективность полевых севооборотов, в среднем за 2014–2021 годы

Севооборот, Фактор А	Удобрения, Фактор В	Получено за ротацию		Стоимость валовой продукции, руб.	Прямые затраты, руб.	Чистый доход, руб.	Рентабельность, %
		зерна, т/га	к.ед., т к.ед./га				
Зернотравяной	Без удобрений	10,35	13,66	18,64	11,50	7,14	62,72
	НРК	14,34	18,01	24,34	15,39	8,95	58,80
	Среднее	12,34	15,83	21,49	13,45	8,04	60,76
I-й плодосменный	Без удобрений	7,62	11,22	34,97	29,76	5,21	15,88
	НРК	10,94	15,76	47,98	34,10	13,88	39,07
	Среднее	9,28	13,49	41,48	31,93	9,54	27,48
II-й плодосменный	Без удобрений	9,88	16,89	50,33	31,29	19,04	60,83
	НРК	13,62	21,63	61,12	35,26	25,85	73,74
	Среднее	11,75	19,26	55,72	33,28	22,45	67,28
III-й плодосменный	Без удобрений	7,29	21,05	52,24	30,38	21,86	72,04
	НРК	10,35	28,76	68,51	34,04	34,47	101,44
	Среднее	8,82	24,90	60,37	32,21	28,16	86,74
Без удобрений		8,78	15,70	39,05	25,73	13,31	52,87
НРК		12,31	21,04	50,49	29,70	20,79	68,26
НСР частных различий		3,62	6,18	7,98	3,71	2,73	6,13
НСР фактор А		0,65	3,12	3,90	1,39	1,91	5,19
НСР фактор В		2,55	4,21	5,34	2,48	1,83	3,82

ливый. Во все годы отмечалась засуха разной продолжительности и интенсивности. Схема опыта представлена в таблице 1.

Во II плодосменном севообороте под картофель вносили навоз в дозе 80 т/га, минеральные удобрения – в сбалансированном соотношении основных элементов по $N_{60}P_{60}K_{60}$ в виде аммиачной селитры, двойного суперфосфата и хлористого калия. Под многолетние бобовые травы и их предшественники азотные удобрения не вносили.

Закладку полевого опыта и статистическую обработку результатов исследований проводили методами дисперсионного и корреляционного анализа по методике Б.А. Доспехова, наблюдения и учеты в полевых экспериментах – по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. [1, 9] Экономическую эффективность рассчитывали по методическим рекомендациям разработанным Т.П. Кокуриным, Н.Н. Прохоровой с учетом фактических затрат. [5] Стоимость произведенной продукции определяли умножением величины урожая на среднерыночную цену продукции, сложившуюся на рынке республики в годы исследований.

Стоимость производимого урожая находили, используя значение средней закупочной цены на производство основной продукции в полевых севооборотах.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Наибольший выход зерна (10,35 т/га) отмечен в севооборотах с насыщением зерновыми до 83,4% в вариантах без применения удобрений и 14,34 с их использованием. Но самый высокий выход кормовых единиц был в III плодосменном севообороте с двумя полями клевера и насыщением зерновыми 50,0%. На естественном плодородии почвы он составил 21,05 тыс. к. е./га. С минеральными удобрениями производство кормовых единиц возросло на 30,6% (28,76 тыс. к. е./га).

Установлена корреляционная зависимость между продуктивностью севооборотов и гидротермическим коэффициентом Селянинова (ГТК) вегетационных периодов. В вариантах без удобрений за 2014–2021 годы корреляционная связь составила 0,58 ед. Длительное применение минеральных удобрений повысило ее до 0,71 ед.

На экономические показатели, характеризующие различные виды полевых севооборотов, основное влияние оказывает состав включенных в него культур, затраты на их возделывание и стоимость полученной продукции. Высокую рентабельность в среднем по двум закладкам обеспечил плодосменный севооборот с двумя полями клевера – 86,74%, но отмечены повышенные затраты на возделывание полевых культур (32,21 тыс. руб./га). Самая низкая рентабельность в варианте без удобрений в I плодосменном севообороте (15,88%), высокая – с удобрениями в III (101,44%). Однако наименьший чистый доход был в зернотравяном севообороте без удобрений (7,14 руб./га). С применением минеральных удобрений он увеличился на 25,3% (8,95 руб./га). Наибольший чистый доход был в III плодосменном севообороте. На естественном плодородии почвы он составил 21,86 руб./га. Минеральные удобрения увеличили чистый доход в этом севообороте на 57,7%.

Таким образом, на дерново-подзолистых почвах все севообороты обеспечили высокую продуктивность: при насыщении зерновыми культурами – 13,66...18,01, бобовыми – 21,05... 28,76 тыс. к. е./га за ротацию. Замена зерновых культур на картофель и однолетние травы в I плодосменном севообороте привели к уменьшению продуктивности полевых культур на 14,3...21,7% в зависимости от удобрений. Внесение навоза под картофель во II и применение двух полей клевера в III плодосменном севооборотах, наоборот, увеличили выход кормовых единиц на 20,1...23,6% и 54,1...59,7% соответственно.

Наиболее высокая рентабельность отмечена в севооборотах с внесением навоза под картофель во II и

при возделывании на двух полях клевера в III плодосменном севообороте. При насыщении 83,4% зерновыми, а также возделывании картофеля и однолетних трав рентабельность снижается. Наибольший чистый доход за ротацию (21,86...34,47 тыс. руб./га) получен в III севообороте с клевером на двух полях.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
2. Дридигер В.К., Стукалов Р.С., Гаджимаров Р.Г. Экономическая эффективность севооборотов при возделывании полевых культур без обработки почвы // Сельскохозяйственный журнал. № 4(12). 2019. С. 6–12. DOI: 10.25930/0372-3054/001.4.12.2019.
3. Иванова А.В. Баланс серы в севооборотах и эффективность серосодержащих удобрений в условиях дерново-подзолистых почв Республики Марий Эл // Дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04. Йошкар-Ола, 2018.
4. Карабутов А.П., Соловиченко В.Д., Никитин В.В. Воспроизводство плодородия почв, продуктивность и энергетическая эффективность севооборотов // Земледелие. 2019. № 2. С. 3–7. DOI:10.24411/0044-3913-2019-10201.
5. Кокурин Т.П., Прохорова Н.Н. Методические указания по расчету экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских работ для условий Северо-Востока европейской части РФ // СВ НМЦ РАСХН, типография НИИСХ Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого, г. Киров, 2008. 65 с.
6. Лапшин Ю.А., Новоселов С.И., Данилов А.В. Влияние минеральных удобрений на продуктивность ярового тритикале в условиях Республики Марий Эл // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2019. № 3(56). С. 74–81. DOI: 10.24411/2078-1318-2019-1307.
7. Максимов В.А., Золотарёва Р.И., Максимова Р.Б. Влияние разных доз азотной подкормки на зерновую и кормовую продуктивность сортов озимой ржи в условиях Республики Марий Эл // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. Т. 65. № 4. С. 36–41. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.65.4.36-41.
8. Максимов В.А., Золотарёва Р.И., Лапшин Ю.А. Влияние минеральных удобрений на экономические показатели возделываемых сортов озимой ржи в условиях республики Марий Эл / В.А. Максимов // Зерновое хозяйство России. 4(70) 2020. С. 27–30. DOI: 10.31367/2079-8725.
9. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск второй: зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры / [ред. А.И. Григорьева]. М.: Колос, 1989. 194 с.
10. Новосёлов С.И., Новосёлова Е.С., Завалин А.А. Эффективность использования биологического азота в земледелии Нечерноземья // Монография. Йошкар-Ола, 2012. 3 с.
11. Плотников С.Ю. Влияние культур севооборота и основной обработки почвы на формирование элементов эффективного плодородия чернозема, выщелоченного ЦЧР // Дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01. Рамонь, 2020. 158 с.
12. Толмачев Н.И. Эффективность использования сидератов в севообороте в зависимости от основной обработки почвы и минеральных удобрений // Дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04. Йошкар-Ола 2017. 211 с.
13. Шаповал О.А., Можарова И.П., Федотова Л.С. Эффективность применения на картофеле полифункциональных удобрений с аминокислотами в стрессовых условиях // Агрохимия. 2019. № 7. С. 75–82. DOI: 10.1134/S0002188119070123.

REFERENCES

1. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy. M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
2. Dridiger V.K., Stukalov R.S., Gadzhumarov R.G. Ekonomicheskaya effektivnost' sevooborotov pri vozdeleyvanii polevykh kul'tur bez obrabotki pochvy // Sel'skohozyajstvennyy zhurnal. № 4(12). 2019. S. 6–12. DOI: 10.25930/0372-3054/001.4.12.2019.
3. Ivanova A.V. Balans sery v sevooborotah i effektivnost' serosoderzhashchih udobreniy v usloviyah dernovo-podzolistykh pochv Respubliki Marij El // Dis. ...kand.s.-h. nauk: 06.01.04. Joshkar-Ola, 2018.
4. Karabutov A.P., Solovichenko V.D., Nikitin V.V. Vosproizvodstvo plodorodiya pochvy, produktivnost' i energeticheskaya effektivnost' sevooborotov // Zemledelie. 2019. № 2. S. 3–7. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10201.
5. Kokurin T.P., Prohorova N.N. Metodicheskie ukazaniya po raschetu ekonomicheskoy effektivnosti ispol'zovaniya v sel'skom hozyajstve rezul'tatov nauchno-issledovatel'skih rabot dlya uslovij Severo-Vostoka evropejskoj chasti RF // SV NMC RASKHN, tipografiya NIISKH Severo-Vostoka im. N.V. Rudnickogo, g. Kirov, 2008. 65 s.
6. Lapshin Yu.A., Novoselov S.I., Danilov A.V. Vliyaniye mineral'nyh udobrenij na produktivnost' yarovogo tritikale v usloviyah Respubliki Marij El // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 3(56). S. 74–81. DOI: 10.24411/2078-1318-2019-1307.
7. Maksimov V.A., Zolotaryova R.I., Maksimova R.B. Vliyaniye raznykh doz azotnoj podkormki na zernovuyu i kormovuyu produktivnost' sortov ozimoy rzhi v usloviyah Respubliki Marij El // Agrarnaya nauka Euro-Severo-Vostoka. 2018. T.65. № 4. S. 36–41. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.65.4.36-41.
8. Maksimov V.A., Zolotaryova R.I., Lapshin Yu.A. Vliyaniye mineral'nyh udobrenij na ekonomicheskie pokazateli vozdeleyvaemykh sortov ozimoy rzhi v usloviyah respubliky Marij El / V.A. Maksimov // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 4(70) 2020. S. 27–30. DOI: 10.31367/2079-8725.
9. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur. Vypusk vtoroj: zernovye, krupyanye, zernobobovye, kukuruza i kormovye kul'tury / [red. A.I. Grigor'eva]. M.: Kolos, 1989. 194 s.
10. Novosyolov S.I., Novosyolova E.S., Zavalin A.A. Effektivnost' ispol'zovaniya biologicheskogo azota v zemledelii Nечernozem'ya // Monografiya. Joshkar_Ola, 2012. 3 s.
11. Plotnikov S.Yu. Vliyaniye kul'tur sevooborota i osnovnoj obrabotki pochvy na formirovaniye elementov effektivnogo plodorodiya chernozema, vyshchelochennogo CCHR // Dis. ... kand. s.-h. nauk: 06.01.01. Ramon', 2020. 158 s.
12. Tolmachev N.I. Effektivnost' ispol'zovaniya sideratov v sevooborote v zavisimosti ot osnovnoj obrabotki pochvy i mineral'nyh udobrenij // Dis. ... kand. s.-h. nauk: 06.01.04. Joshkar-Ola 2017. 211 s.
13. Shapoval O.A., Mozharova I.P., Fedotova L.S. Effektivnost' primeneniya na kartofele polifunkcional'nyh udobrenij s aminokislottami v stressovykh usloviyah // Agrohimiya. 2019. № 7. S. 75–82. DOI: 10.1134/S0002188119070123.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ФУНГИЦИДОВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ КАРТОФЕЛЯ

Елена Юрьевна Удалова, младший научный сотрудник

Сергей Анатольевич Замятин, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0002-3999-9179

Марийский научно-исследовательский институт сельского хозяйства –
филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого»,
п. Руэм, Республика Марий Эл, Россия
E-mail: zamyatin.ser@mail.ru

Аннотация. В статье дана оценка влияния фунгицидов на развитие и распространенность болезней в период вегетации, урожайность и качество картофеля. Показана эффективность использования химических и биологических препаратов при обработке клубней перед посадкой и растений картофеля за вегетацию. Цель работы – изучить влияние различных систем защиты от болезней на урожайность и качество продукции картофеля. Схема опыта – предпосадочная обработка картофеля и обработка по вегетации (фазы: два-три настоящих листа, бутонизация, перед смыканием ботвы): 1. Селест Топ: 0 + Ордан + 0; 2. Селест Топ: Метаксил, Ридомил, Ордан; 3. Селест Топ: Фитоспорин, Гамаир, Ордан; 4. Селест Топ: Фитоспорин, Гамаир, Фитоспорин; 5. Табу + Гамаир: Метаксил, Ридомил, Ордан; 6. Табу + Гамаир: Фитоспорин, Гамаир, Ордан; 7. Табу + Гамаир: Фитоспорин, Гамаир, Фитоспорин. По результатам лучший вариант тот, где проводили обработку клубней перед посадкой фунгицидом Селест Топ (0,4 л/т) и трижды за вегетацию опрыскивали растения картофеля (фазы: два-три настоящих листа (Метаксил – 2,5 кг/га); бутонизация (Ридомил – 2,5 кг/га); перед смыканием ботвы (Ордан – 2,5 кг/га)). Применяемые препараты способствовали увеличению урожайности, а также существенно повлияли на содержание крахмала и сухих веществ.

Ключевые слова: картофель, урожайность, товарность, выход крахмала, сбор сухого вещества

EFFECTIVENESS OF FUNGICIDES USAGE IN THE POTATOES CULTIVATION

E.Yu. Udalova, Junior Researcher

S.A. Zamyatin, PhD in Agricultural Sciences, ORCID ID: 0000-0002-3999-9179

Mari Research Institute of Agriculture, branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution
“Federal Agrarian Research Center of the North-East named after N.V. Rudnitsky”,
Ruem village, Mari El Republic, Russia
E-mail: zamyatin.ser@mail.ru

Abstract. The article assesses the impact of fungicides on the development and prevalence of diseases during the growing season, on the yield and quality of potatoes. The effectiveness of the use of chemical and biological preparations in the treatment of tubers before planting and potato plants during the growing season is evaluated. The aim of the work was to study the influence of various disease protection systems on the yield and quality of potato products. Scheme of the experiment: pre-planting processing of potatoes and processing on vegetation in phases of 2-3 real leaves; budding and before closing the tops. 1. Celest Top: 0 + Ordan + 0; 2. Celest Top: Metaxil, Ridomil, Ordan; 3. Celest Top: Fitosporin, Gamair, Ordan; 4. Celest Top: Fitosporin, Gamair, Fitosporin; 5. Taboo + Gamair: Metaxil, Ridomil, Ordan; 6. Taboo + Gamair: Fitosporin, Gamair, Ordan; 7. Taboo + Gamair: Phytosporin, Gamair, Phytosporin. According to the results of the analyses, the best option is where potato tubers were treated with the fungicide Celest Top (0.4 l/t) before planting and during the growing season, potato plants were sprayed three times in phases of 2-3 real leaves (Metaxil – 2.5 kg/ha); budding (Ridomil – 2.5 kg/ha) and before closing the tops (Ordan – 2.5 kg/ha). The applied preparations contributed to an increase in yield, had a significant impact on the content of starch and dry substances.

Keywords: potatoes, yield, marketability, starch yield, dry matter collection

Картофель (*Solanum tuberosum* L.) – высокопродуктивная полевая клубненосная культура, обладающая большим сортообразнообразием. [10] Относится к короткодневным растениям, но в условиях средних широт картофель выращивают и при большей продолжительности фотопериода. [9] Благодаря способности формировать высокий урожай клубней (более 30 т/га) он имеет большое экономическое значение. [9]

В мире насчитывается более четырех тысяч сортов картофеля, из которых в Государственном реестре селекционных достижений РФ представлено более 400. [11] При разработке технологических схем возделывания правильный выбор сорта имеет

большое значение для повышения урожайности картофеля, поскольку без существенных дополнительных затрат увеличивает продуктивность растений и общую рентабельность производства не менее чем на 30...70% в зависимости от агроклиматических факторов. [5, 11]

Картофель широко используют для различных целей в России и за рубежом. [1, 6] В клубнях содержится в среднем от 14 до 22% крахмала, 2...3% белка. [3]

Современное возделывание сельскохозяйственных культур требует постоянной борьбы с болезнями, сорняками и вредителями. Существуют различные средства защиты растений (химические,

механические, агротехнические и биологические методы). Наилучший результат достигается при их рациональном сочетании. [3, 7]

Применение средств защиты растений позволяет получать значительные прибавки урожая картофеля и высококачественную конкурентоспособную продукцию, что актуально в условиях рыночной экономики. [2]

Повышение эффективности отрасли картофелеводства возможно при увеличении урожайности и улучшении качества клубней, которое достигается внедрением химических и биологических средств, непосредственно влияющих на формирование вегетативной массы, качественные показатели и их сохранность. [4]

Потери урожая могут достигать 30...50% и более, что препятствует реализации потенциальной продуктивности картофеля. Вредоносность болезней существенно снижается с помощью интегрированной системы защиты, включающей как мероприятия проводимые в период вегетации, так и предпосадочную обработку клубней химическими и биологическими препаратами. [10]

В Республике Марий Эл наиболее опасные заболевания картофеля – фитофтороз (*Phytophthora infentans*), альтернариоз (*Alternaria spp.*) и ризоктониоз (*Rhizoctonia solani*). [1, 6] Болезни проявляются по отдельности или совместно на сортах картофеля с разным уровнем устойчивости.

Цель работы – изучить влияние различных систем защиты от болезней на урожайность и качество продукции картофеля.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Полевой двухфакторный опыт закладывали в Марийском НИИСХ на окультуренной дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. Содержание подвижного фосфора – 449 мг/кг почвы, обменного калия – 349 мг/кг почвы, гумуса – 2,6%, рН – 5,6. Повторность – четырехкратная. Общая площадь делянки – 28 м², учетная – 25 м². Предшественник – клевер. Минеральные удобрения вносили вручную в дозе N₆₀P₆₀K₆₀. Объект исследований – ранний сорт картофеля *Гала*.

Весной вспахали почву на глубину 20 см трактором МТЗ-82 с плугом ПЛН-3. Высаживали картофель в предварительно нарезанные гребни по схеме 70×35 см во II декаде мая, через неделю окучивали. В начале всходов провели междурядную обработку, а последующее рыхление через две недели трактором МТЗ-82 с КФК-2,8.

Перед закладкой опыта устанавливали агрохимические показатели пахотного слоя почвы: содержание гумуса по Тюрину (ГОСТ 26213-91); подвижных форм P₂O₅ и обменного K₂O по Кирсанову (ГОСТ 26213-91); рН_{ксл} – ГОСТ 26486-3-85. Фенологические наблюдения за ростом и развитием растений проводили согласно методике, учет распространенности вредителей и болезней – по девятибалльной системе (7...9 – высокая устойчивость, 5 – средняя, 3 – низкая) в ботве, структуру урожая определяли взвешиванием клубней с одного куста. [8]

Производственные затраты вычисляли на основе используемых в полевых исследованиях нормативов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Погодные условия в годы исследований были различными: 2018 год характеризовался повышенным увлажнением; 2019 – дефицитом влаги в первой половине вегетации и достаточным увлажнением в период цветения–созревание, что положительно повлияло на накопление урожая картофеля; 2020 – благоприятный для развития растений.

Урожайность картофеля прямо пропорционально зависит от площади листовой поверхности растений. В вариантах с предпосевной обработкой клубней и обработкой растений за вегетацию химическими фунгицидами отмечены высокие показатели роста и развития растения, а также устойчивость к наиболее распространенным заболеваниям, что позволило увеличить и сохранить максимальную площадь листовой поверхности (табл. 1).

По нашим данным, урожайность клубней картофеля в контрольном варианте составила в среднем 22,0 т/га за три года, а с применением систем защиты увеличилась на 2,3 и 11,3%.

Самый большой урожай был получен при предпосадочной обработке клубней Селест Топ 0,4 л/т и опрыскивании растений во время вегетации химическими препаратами Метаксил, Ридомил, Ордан.

В 2020 году при обработке фунгицидом Селест Топ увеличилась урожайность клубней, так как были благоприятные погодные условия для развития растений.

Продуктивность картофеля характеризуется не только общим урожаем клубней, но и основными качественными показателями (содержание крахмала и сухих веществ).

Применение предпосадочной обработки клубней и обработки вегетирующих растений не оказала

Таблица 1.

Урожайность картофеля в зависимости от защитных мероприятий по годам

Вариант опыта	Урожайность, т/га			Среднее	Прибавка урожая	
	2018	2019	2020		т/га	% к контролю
1	18,5	20,1	27,4	22,0	–	–
2	18,9	24,0	30,6	24,5	2,5	11,3
3	18,5	23,5	29,8	23,9	1,9	8,6
4	18,5	21,4	29,4	23,1	1,1	5,0
5	15,2	22,3	29,9	22,4	0,4	1,8
6	19,0	20,3	28,2	22,5	0,5	2,3
7	18,6	18,4	27,0	21,3	–0,7	–3,1
НСР ₀₅	2,5	4,1	2,2			

Примечание. Обработка картофеля: протравитель + обработка по вегетации (фазы: два-три настоящих листа; бутонизация; перед смыканием ботвы). **1.** Селест Топ + 0 + Ордан + 0; **2.** Селест Топ + Метаксил + Ридомил + Ордан; **3.** Селест Топ + Фитоспорин + Гамаир + Ордан; **4.** Селест Топ + Фитоспорин + Гамаир + Фитоспорин; **5.** Табу + Гамаир + Метаксил + Ридомил + Ордан; **6.** Табу + Гамаир + Фитоспорин + Гамаир + Ордан; **7.** Табу + Гамаир + Фитоспорин + Гамаир + Фитоспорин. То же в табл.2.

Таблица 2.

Качество клубней картофеля в зависимости от защитных мероприятий в среднем за три года

Вариант опыта	Товарность, %			Крахмал, %			Сухое вещество, %		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
1	78,9	87,9	89,9	16,0	20,0	16,1	19,49	20,27	17,02
2	80,2	89,8	95,6	16,1	20,5	17,4	20,55	21,57	18,31
3	79,0	88,5	92,5	16,4	20,3	17,0	20,01	21,13	17,95
4	75,2	75,8	90,2	16,4	19,9	16,8	19,72	20,41	17,46
5	89,8	80,2	92,1	18,0	19,6	17,0	20,77	20,37	17,85
6	87,5	79,0	89,8	17,6	19,4	16,5	20,52	20,32	17,42
7	75,8	75,2	88,5	17,5	19,2	16,3	20,51	19,58	17,20

ло существенного влияния на содержание крахмала в клубнях (табл. 2). Его количество в варианте с применением химических фунгицидов Метакил, Ридомил, Ордан в среднем за три года варьировало от 16,1 до 20,5%.

Содержание крахмала в основном зависело от урожайности картофеля. Наибольшее его количество (20,5%) было при предпосадочной обработке клубней фунгицидом Селест Топ и опрыскивании растений за вегетацию Метакилом, Ридомилом и Орданом, где урожайность клубней в среднем за три года составила 24,5 т/га, что по сравнению с контрольным вариантом на 2,5 т/га больше.

Сухого вещества в варианте с фунгицидом Селест Топ было больше на 2,2...6,4% из-за высокой урожайности, с биопрепаратом — 1,9...5,9%, что ниже, по сравнению с контролем (в среднем за три года — 17,02 до 20,27%).

Наши исследования показали, что применение предпосадочной обработки клубней и опрыскивание растений за вегетацию при производстве картофеля — рентабельно. Значительная часть затрат — горюче-смазочные материалы.

Высокая себестоимость была в варианте с предпосадочной обработкой Табу-Гамаир — 6724...7117 руб. при низкой урожайности.

Возделывание картофеля в условиях Нечерноземной зоны эффективно, так как во всех вариантах опыта получена положительная рентабельность, процент которой варьировал от 155 до 280.

Выводы.

Продолжительность вегетации картофеля зависит от года наблюдения и периода вегетации, в наибольшей степени от его начальной фазы.

Обработка клубней препаратом Селест Топ (0,4 л/т) и опрыскивание растений картофеля Метакилом, Ридомилом и Орданом (2,5 кг/га) увеличивают устойчивость растений к фитофторозу и ризиктониозу на 25%, альтернариозу — 50%.

После обработки вегетирующих растений картофеля химическим фунгицидом Селест Топ, а также биопрепаратом (фазы: два-три настоящих листа, бутонизация, перед смыканием ботвы) количество сухого вещества возрастает от 2 до 6%, крахмала — 2,5...5%, без превышения содержания нитратов в клубнях.

Экономически эффективно использовать фунгицидную обработку картофеля препаратом Селест Топ и опрыскивание растений Метакилом, Ридо-

миллом и Орданом, себестоимость — 6560 руб., рентабельность — 199%.

Применение препаратов способствовало увеличению урожайности культуры, окупившей затраты.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Анисимов Б.В. Роль картофеля в питании современного человека // Картофельная система. 2019. № 3. С. 20–25.
2. Анисимов Б.В., Белов Г.Л., Варицев Ю.А. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков. М: Картофелевод, 2009. 272 с.
3. Белоус Н.М. Картофель: биология и технология возделывания. Отраслевые регламенты. Брянск: Брянская ГСХА, 2010. С. 83–87.
4. Деревягина М.К., Васильева С.В., Зейрук В.И., Белов Г.Л. Биологическая и химическая защита картофеля от болезней // Агрехимический вестник. 2018. № 8. С. 65–68.
5. Евдокимова М. А., Евдокимов А. В. Влияние органического удобрения на содержание токсических веществ в клубнях картофеля // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства: Мосоловские чтения: мат. XIV Межд. науч.-практ. конф. / Мар. гос. ун-т. Йошкар-Ола, 2012. С. 5–7.
6. Котиков М.В., Лобырев И.С., Богомаз М.В. Эффективность применения фунгицидов на картофеле // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 5. С. 26–27.
7. Лысенко А.Ю. Влияние биологических и химических препаратов на показатели вегетативной массы и продуктивность картофеля в приморском крае // Вестник КрасГАУ. 2016. № 12. С. 3–7
8. Методические указания по технологии селекционного процесса картофеля / Е.А. Симаков [и др.]; Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. НИИ картоф. хоз-ва им. А.Г. Лорха. М. ВНИИКС, 2006. 68 с
9. Сташевский Э., Кузьминова О.А., Вологин С.Г. и др. Первые результаты эколого-географического испытания новых российских сортов картофеля // Земледелие. 2019. № 6. С. 43–48.
10. Усанова З.И., Осербаяв А.К., Зияев К.И., Павлов М.Н. Клубнеплоды. Биологические особенности и технологии возделывания картофеля и земляной груши: учебное пособие. Тверь: Тверская ГСХА, 2018. 152 с.
11. Bekele T., Haile B. Evaluation of improved potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties for some quality attributes at Shebench Woreda of Bench-Maji Zone. Southwestern Ethiopia. 2019. V. 14 (7). P. 389–394.

REFERENCES

1. Anisimov B.V. Rol' kartofelya v pitanii sovremennogo cheloveka // Kartofel'naya sistema. 2019. № 3. S. 20–25.
2. Anisimov B.V., Belov G.L., Varicev Yu.A. Zashchita kartofelya ot boleznej, vreditel'ej i sornjakov. M: Kartofelevod, 2009. 272 s.
3. Belous N.M. Kartofel': biologiya i tekhnologiya vozde-lyvaniya. Otrasleye reglamenty. Bryansk: Bryanskaya GSKHA, 2010. S. 83–87.
4. Derevyagina M.K., Vasil'eva S.V., Zejruk V.I., Belov G.L. Biologicheskaya i himicheskaya zashchita kartofelya ot boleznej // Agrohimicheskij vestnik. 2018. № 8. S. 65–68.
5. Evdokimova M. A., Evdokimov A. V. Vliyanie organicheskogo udobreniya na sodержanie toksicheskikh veshchestv v klubnyah

- kartofelya // Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produkci sel'skogo hozya-jstva: Mosolovskie chteniya: mat. HIV Mezhd. nauch.-prakt. konf. / Mar. gos. un-t. Joshkar-Ola, 2012. S. 5–7.
6. Kotikov M.V., Lobyrev I.S., Bogomaz M.V. Effektivnost' primeneniya fungicidov na kartofele // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2012. № 5. S. 26–27.
 7. Lysenko A.Yu. Vliyanie biologicheskikh i himicheskikh preparatov na pokazateli vegetativnoj massy i produktivnost' kartofelya v primorskom krae // Vestnik KrasGAU. 2016. № 12. S. 3–7
 8. Metodicheskie ukazaniya po tekhnologii selekcionnogo processa kartofelya / E. A. Simakov [i dr.]; Ros. akad. s.-h. nauk, Vseros. NII kartof. hoz-va im. A. G. Lorha. M. VNIKKH, 2006. 68 s
 9. Stashevskij E., Kuz'minova O.A., Vologin S.G. i dr. Per-vye rezul'taty ekologo-geograficheskogo ispytaniya novyh rossijskih sortov kartofelya // Zemledelie. 2019. № 6. S. 43–48.
 10. Usanova Z.I., Oserbaev A.K., Ziyaev K.I., Pavlov M.N. Klubneplody. Biologicheskie osobennosti i tekhnologii vzdelyvaniya kartofelya i zemlyanoj grushi: uchebnoe posobie. Tver': Tverskaya GSKHA, 2018. 152 s.
 11. Bekele T., Haile B. Evaluation of improved potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties for some quality attributes at Shebench Woreda of Bench-Maji Zone. Southwestern Ethiopia. 2019. V. 14 (7). P. 389–394.

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ УСТОЙЧИВОСТИ ПЕРСИКА К НЕБЛАГОПРИЯТНЫМ ФАКТОРАМ СУБТРОПИКОВ РОССИИ*

Юлия Сулевна Абиляфзова, кандидат биологических наук

Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр Российской академии наук»,

г. Сочи, Россия

E-mail: Citrus_Sochi@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты многолетних исследований различных интродуцированных сортов персика, выращиваемых в открытом грунте и отличающихся скороплодностью, устойчивостью к дестабилизации погодных условий субтропической зоны Краснодарского края. Цель исследований — оценка функционального состояния растений персика, их устойчивости к изменениям погодных условий на Черноморском побережье. Коллекцию *Persica vulgaris* (Mill.) изучали в ФИЦ СНЦ РАН г. Сочи на базе лаборатории физиологии и биохимии растений. Полевые работы проводили на модельных деревьях персика. Схема посадки — 5×2 м, закладка — 2011 год, площадь — 0,5 га. Обрезка кроны V-образная с ежегодной косметической корректировкой на плодоношение. Изучали сорта: Редхавен (контроль), раннего срока созревания — *Bellaio Dio Cesena*, среднего — *Rich Lady*, *Bolero*, позднего — *Gladis*, *Michelini*. Сортную устойчивость персика к неблагоприятным условиям среды оценивали по комплексу показателей (толщина листовой пластинки, водный дефицит, оводненность тканей листа и фотосинтетическая деятельность). Объект изучения — физиологически зрелые листья персика (седьмой-девятый от основания побега), отобранные в трех повторностях. Внесение удобрений $N_{120}P_{90}K_{90}$ без орошения. Почва — бурая лесная, глубина — 60 см, содержание гумуса 1,39–2,95%, pH = 6,49–7,86. Листья персика отбирали на физиологические анализы с начала июня по сентябрь в зависимости от сорта, времени нарастания и наступления стрессовых условий (засуха, высокая температура воздуха). Отмечен водный дефицит листьев у сортов *Gladis*, *Michelini* и *Bolero*, превышающий в 1,3 раза сорт Редхавен (ст.), а также установлена низкая оводненность тканей листа (на 3,7–6,1% ниже по сравнению с контролем), что характеризовало их как менее устойчивые к абиотическим факторам среды. Выявлено, что независимо от водно-термического нарушения среди испытываемых растений сорта Редхавен, *Bellaio Dio Cesena* и *Rich Lady* содержали значительное количество каротиноидов (0,3–0,4 ед.), подтверждающее их приспособленность к нестабильным погодным условиям субтропиков России.

Ключевые слова: персик, сорта, листья, субтропики, функциональное состояние, водный дефицит, оводненность тканей листа, толщина листа, пигменты

PHYSIOLOGICAL INDICATORS PEACH RESISTANCE TO UNFAVORABLE FACTORS OF SUBTROPICS RUSSIA

Yu.S. Abilfazova, PhD in Biological Sciences

Federal Research Centre the Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences,

Sochi, Russia

E-mail: Citrus_Sochi@mail.ru

Abstract. The results of long-term studies of various introduced varieties of peach grown on the field and characterized by early fruiting, resistance to destabilization of weather conditions in the subtropical zone of the Krasnodar Territory are presented. The purpose of the investigation is to assess the functional state of peach plants, their resistance to changes in weather conditions on the Black Sea coast. Variety study of the *Persica vulgaris* (Mill.) collection is carried out at the Federal Research Center of the Subtropical Scientific Center of RAS (Sochi), on the basis of the Laboratory of Plant Physiology and Biochemistry. Field work is carried out on an area of 0.5 ha on test peach trees. Landing pattern 5×2 m, 2011 trial establishment. Crown pruning is V-figurative with annual cosmetic pruning for fruiting. For physiological and biochemical studies were used Redhaven (control), *Bellaio Dio Cesena* (early ripening), *Rich Lady* (medium ripening), *Bolero* (medium ripening), *Gladis* (late ripening), *Michelini* (late ripening) varieties. The varietal resistance of peach to unfavorable environmental conditions was assessed by a set of indicators (the thickness of the leaf blade, water deficit, hydration of leaf tissues and photosynthetic activity). The objects of study were physiologically mature peach leaves, selected in triplicate — 7–9th from the base of the shoot. Application of fertilizers in doses of $N_{120}P_{90}K_{90}$, without irrigation of plantations. The soil of the site is brown forest, 60 cm deep, humus content 1.39–2.95%, pH = 6.49–7.86 [1]. The selection of peach leaves for physiological analyzes was carried out from the beginning of June to September, depending on the variety, the timing of leaf growth and the onset of stress conditions (drought, high air temperatures). During the study of peach plants a high water deficiency of leaves was noted in *Gladis*, *Michelini* and *Bolero* varieties, which exceeded Redhaven (st.) by 1.3 times, and low water content of leaf tissues was established (lower by 3.7–6.1% in comparison with the control), which characterized them as less resistant to abiotic environmental factors. It was revealed that regardless of the water-thermal disturbance among the tested plants, the varieties Redhaven, *Bellaio Dio Cesena* and *Rich Lady* contained a significant amount of carotenoids, reaching 0.3–0.4 units, which confirmed their adaptability to unstable weather conditions of the subtropics of Russia.

Keywords: peach, varieties, leaves, subtropics, functional state, water deficit, water content of leaf tissues, leaf thickness, pigments

* Публикация подготовлена в рамках реализации ГЗ ФИЦ СНЦ РАН № 0492-2021-0008 «Создание, изучение и сохранение генофонда коллекции субтропических и декоративных культур»/ The publication was prepared within the framework of the implementation of the State Program of the FIT SNC RAS No. 0492-2021-0008 “Creation, study and preservation of the gene pool of the collection of subtropical and ornamental crops”.

Черноморское побережье России – благоприятный регион для возделывания косточковых культур. Персик – многолетнее листопадное растение *Prunus persica* L. из подсемейства миндальных *Amygdalaceae*, относится к семейству розоцветных (*Rosaceae* Juss), родина – Восточная Азия. [8] Из-за высокой скороплодности персик – одна из наиболее экономически выгодных культур. Поэтому основная цель состоит в сортоизучении и выделении адаптивных сортов к биотическим и абиотическим факторам субтропической зоны России с выходом на стабильные урожаи плодов высокого качества.

Для растений персика важен температурный режим во время цветения (не менее 8...12°C), для получения качественных плодов необходимо около 23°C и более в июле и августе, но последние 10...12 лет воздействие абиотических факторов во влажных субтропиках Краснодарского края отрицательно отражается на культуре. В весеннюю прохладную и дождливую погоду растения начинают реагировать на потепление при среднесуточной температуре воздуха свыше 5...7°C (начинается сокодвижение), затем резкие похолодания вызывают гибель почек и ростовых побегов. В летний период воздушно-почвенная засуха на фоне высокой солнечной активности с чрезмерно высокой температурой воздуха свыше 30°C и относительной влажностью более 75...82% затрудняют процесс транспирации и создают дополнительные стрессовые ситуации, вызывающие водный дефицит и угнетая растения. [7, 10] Один из основных стрессоров в субтропической зоне Краснодарского края – неравномерность распределения осадков в течение всего вегетационного периода. Например, количество осадков в 2016 году – 131 мм, 2017 – 124 мм (среднегодовая норма – 1329 мм). Чаше осадки имели ливневый характер. Такие неблагоприятные условия способствуют ослаблению устойчивости культуры персика к абиотическим факторам, что приводит к усиленному опадению завязи, снижению ростовых процессов, растения становятся более восприимчивыми к различным заболеваниям, снижаются продуктивность и качество получаемой продукции. [12]

Водный дефицит – важный и универсальный показатель, диагностирующий внутреннее состояние растений и реакцию на действие абиотических факторов природной среды во влажных субтропиках, особенно в засушливый период. [13] По нему можно оценить физиологическое состояние растений, их устойчивость к изменениям внешней среды, потенциальную возможность и сортопригодность для дальнейшего возделывания в регионе.

Любое растение-интродуцент вынуждено адаптироваться к новым погодным условиям произрастания. Способность растений приспосабливаться к изменяющимся внешним условиям региона, их жизнедеятельность и продуктивность в большей степени зависит от состояния фотосинтетического аппарата. [2, 3, 11]

В субтропиках Краснодарского края очень малый спрос на плоды персика отечественного производства, поскольку культура в основном возделывается садоводами-любителями, промышленного производства практически нет.

Цель работы – изучить обновляемый и существующий генофонд насаждений культуры персика с учетом возраста, сорта, а также устойчивости к биотическим и абиотическим факторам влажных субтропиков России.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Полевые исследования интродуцированных растений персика проводили с 2016 года по программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур [6], соблюдая новые агротехнические мероприятия с применением современных систем формирования крон и перспективных урожайных сортов. Опыт (2011 год) заложен в открытом грунте на плантации ФИЦ СЦ РАН площадью 0,5 га, высота над уровнем моря – 50...70 м. Схема посадки – 5×2 м, деревья с V-образной кроной. Физиолого-биохимические анализы проводили с июня по сентябрь в лаборатории по классической методике. [5] Водный дефицит листьев персика, оводненность листовых пластинок, толщину листа – [4], пигментный состав – спектрофотометрическим методом 96%-м этанолом с использованием расчетных формул Смита и Бенитеза. [9] Для исследований были взяты модельные деревья персика: *Pedhaven* (контроль), раннего срока созревания – *Bellao Dio Cesena*, среднего – *Rich Lady*, *Bolero*, позднего – *Gladis*, *Michelini*. Сортовую устойчивость персика к неблагоприятным условиям среды оценивали по комплексу показателей (толщина листовых пластинок, водный дефицит, оводненность тканей листа, содержание хлорофиллов а, b и каротиноидов).

Объект изучения – физиологически зрелые листья персика (три повторности) каждого сорта – седьмой-девятый от основания побега. Листья отбирали с начала июня по сентябрь в зависимости от сорта, времени их выращивания и наступления стрессовых условий (засуха, высокая температура воздуха). Почва участка – бурая лесная, глубина – 60 см, содержание гумуса – 1,39...2,95%, рН = 6,49...7,86. Агротехника общепринятая для выращивания культуры персика в условиях влажных субтропиков России.

Материал обрабатывали методом дисперсионного анализа по Доспехову и с применением математического пакета программ Excel XP.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Одна из основных причин снижения продуктивности растений – недостаточная устойчивость к водно-термическим факторам среды. Для характеристики устойчивости сорта к стресс-факторам и в качестве косвенных критериев засухоустойчивости мы провели комплексные исследования (водный дефицит, оводненность тканей, толщина листовых пластинок и фотосинтетическая деятельность листьев персика). Водный дефицит – один из достоверных показателей засухоустойчивости растений к абиотическим факторам среды, он возникает при высокой скорости транспирации, превышающей поступление воды в листья.

Во время стресса у растений происходит снижение оводненности тканей и перераспределение воды в клетках, при котором количество трудноизвлекаемой воды резко возрастает. Такой сложный физиологический процесс приводит к уменьшению подвижности воды в растениях и активности метаболизма, что способствует повышению водоудерживающей способности тканей листа и их устойчивости к непредсказуемым воздействиям природной среды. В связи с этим изучают растения *Persica vulgaris* (Mill.) в благоприятный и стрессовый периоды.

Засушливые и жаркие месяцы в субтропической зоне начинаются с середины июня и продолжаются до I декады сентября. При температуре воздуха свыше 30°C и относительной влажности более 82% снижаются физиолого-биохимические процессы, происходящие в растениях (оводненность тканей, фотосинтез, дыхание, активность обмена веществ).

В жаркий период (июль-август) при продолжительной засухе до трех-четырех недель водный дефицит листьев персика в среднем по опыту составил 13,6...17,3%, у сортов *Gladis*, *Michelini* и *Bolero* – 15,1...17,3% (в 1,2...1,3 раза выше, чем у *Редхавен*) (рис. 1).

Данные биометрических измерений листовых пластинок *Persica vulgaris* (Mill.) показали, что нестабильные погодные условия, вызванные засухой, привели к снижению тургора листа и отношению T_2/T_1 (до и после засухи) как следствие повышения уровня водного дефицита на побережье Краснодарского края (рис. 2).

Высокой степенью насыщенности клеток водой (до 62%) и толщиной листа (до 17% и более) характеризовались наиболее устойчивые сорта *Редхавен* (st.), *Bellao Dio Cesena* и *Rich Lady*. Среднеустойчивые *Gladis*, *Michelini* и *Bolero* отличались снижением толщины листа в 1,4...1,6 раза и оводненности его тканей на 3,7...6,1% по сравнению с контрольным сортом. Между толщиной листовой пластинки, тургором листа и величиной водного дефицита установлена отрицательная корреляционная связь ($r = -0,9$).

Один из важных биохимических показателей реакции растений на нарушения гидротермических факторов – содержание хлорофиллов а, b и каротиноидов. Поэтому в число комплексных исследований входит изучение пигментного состава, играющего важную роль в обеспечении устойчивости растений к стресс-факторам.

Соотношение хлорофиллов а+b к каротиноидам всегда постоянно и быстро реагирует на экстремальные факторы среды, а количественное содержание каротиноидов – показатель адаптивного потенциала культуры к условиям произрастания, жизнедеятельности растений и продуктивности. [11] Функциональная активность ассимиляционного аппарата тесно связана с содержанием фотосинтетических пигментов. По результатам анализа листьев персика в засуху синтез хлорофиллов а, b снизился у менее устойчивых сортов *Gladis*, *Michelini* и *Bolero*. У устойчивых сортов *Редхавен*, *Bellao Dio Cesena* и *Rich Lady*, на фоне повышения синтеза хлорофиллов, наблюдали уменьшение индекса хлорофиллов (а/б) от 2,44

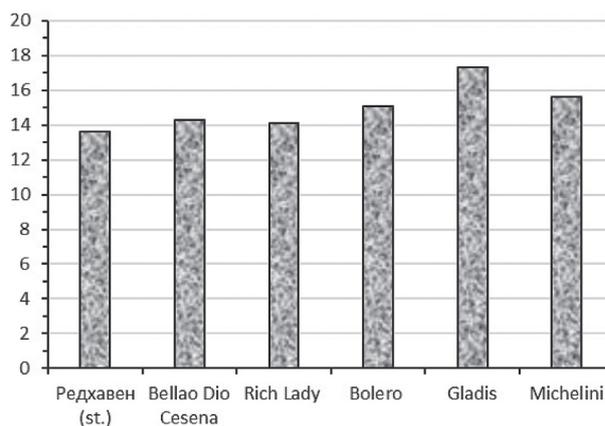


Рис. 1. Водный дефицит листьев персика, НСР ($p \leq 0,05$) = 1,14.

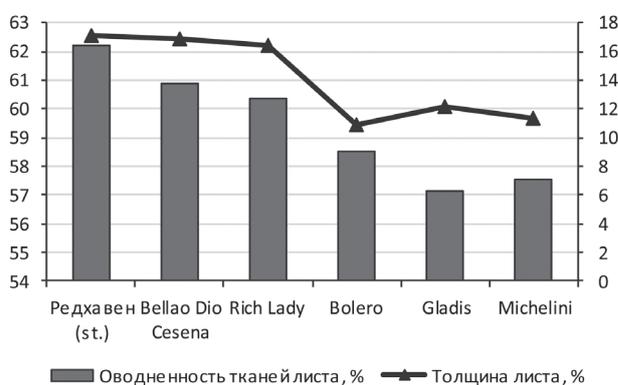


Рис. 2. Водный режим листьев персика. Для оводненности листа – НСР ($p \leq 0,05$) = 2,32, толщины – НСР ($p \leq 0,05$) = 0,02.

до 1,21 ед. и соотношения их суммы к каротиноидам (Ca+b/карот), что способствовало усилению адаптационного потенциала растений персика. В неблагоприятный период содержание каротиноидов повысилось до 0,3...0,4 ед. и привело к достоверному снижению соотношения суммы хлорофиллов к каротиноидам (НСР ($p \leq 0,05$) = 0,18), что свидетельствовало об обеспечении каротиноидами не только устойчивости к экзогенному стрессу, но и степени приспособленности растений персика сортов *Редхавен*, *Bellao Dio Cesena* и *Rich Lady* к дестабилизации погодных условий на Черноморском побережье Краснодарского края.

Выводы. Водный дефицит, толщина листа, оводненность и фотосинтетическая деятельность растений тесно коррелировали с устойчивостью различных сортов персика к абиотическим факторам среды. Установлено, что *Редхавен*, *Bellao Dio Cesena* и *Rich Lady* по результатам водного режима и пигментного состава листьев подтвердили свою засухоустойчивость, а *Bolero*, *Michelini*, *Gladis* – низкую сопротивляемость к стрессовым ситуациям субтропической зоны края.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Беседина Т.Д., Смагин Н.Е., Добежина С.В. Адаптивный потенциал сортов персика, возделываемых во влажных субтропиках России // Вестник АПК Ставрополя. 2017. № 1 (25). С. 123–129.

2. Драгавцева И.А., Савин И.Ю., Доможирова В.В. и др. Адаптация культуры персика к условиям выращивания на юге России // Садоводство и виноградарство. 2014. № 6. С. 35–40.
3. Еремин В.Г. Новые технологии возделывания персика в Краснодарском крае // Horticulture and viticulture. 2006. № 6. P. 7–8. ISSN 0235-2591.
4. Кушниренко М.Д., Курчатов Г.И., Штефырце А.А. Экспресс-метод диагностики жароустойчивости и сроков полива растений. Кишинев: Штиинца, 1986. 38 с.
5. Практикум по физиологии растений / под ред. И.И. Гунара. М.: Колос, 1972. 168 с.
6. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Е.Н. Седова и Т.П. Огольцовой. Орел: ВНИИСПК, 1999. 608 с.
7. Рахимов М.М. Физиолого-биохимические показатели у генотипов пшеницы в зависимости от природно-климатических зон прорастания: дис. ... канд. биол. наук // Ин-т ботаники, физиологии и генетики растений АН Республики Таджикистан. Душанбе, 2016. 148 с.
8. Шайтан И.М., Чуприна Л.М., Анпилогова В.А. Биологические особенности и выращивание персика, абрикоса и алычи. Киев: Наукова Думка, 1989. С. 6–154. ISBN 5-12-00082.
9. Шлык А.А. Определение хлорофилла и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев // Биохимические методы в физиологии растений. М.: Наука, 1971. С. 154–170.
10. Abilfazova Yu., Belous O. Evaluation of the functional state of peach varieties (*Prunus persica* Mill.) when exposed hydrothermal stress to plants // Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. 2018. V. 12. № 1. P. 723–728. <https://doi.org/10.5219/974>.
11. Bakunov A.L., Milekhin A.V., Rubtsov S.L., Shevchenko S.N. Photosynthetic pigment content as a consequential resistance sign of potato varieties to high temperature and moisture lack // Bulletin Samara State Agricultural Academy. 2020. V. 5. № 2. P. 8–13.
12. Belous O., Abilphazova Yu. Chapter 4. Peach Culture in the Humid Subtropics of Russia: A Biochemical Aspect. In book: *Prunus persica*: Production, Nutritional Properties and Health Effects (Agricultural Research Updates). – Nova Science Publishers, Inc., USA. P. 234–240. ISBN: 978-1-53619-234-6.
13. Kaur G., Asthir B. Molecular responses to drought stress in plants // *Biologia Plantarum*. 2017. V. 61 (2). P. 201–209. <https://doi.org/10.1007/s10535-016-0700-9>.

REFERENCES

1. Besedina T.D., Smagin N.E., Dobezhina S.V. Adaptivnyj potencial sortov persika, vozdel'yaemyh vo vlaznyh subtropikah Rossii // *Vestnik APK Stavropol'ya*. 2017. № 1 (25). S. 123–129.
2. Dragavceva I.A., Savin I.Yu., Domozhirova V.V. i dr. Adaptaciya kul'tury persika k usloviyam vyrashchivaniya na yuge Rossii // *Sadovodstvo i vinogradarstvo*. 2014. № 6. S. 35–40.
3. Eremin V.G. Novye tekhnologii vozdel'vaniya persika v Krasnodarskom krae // *Horticulture and viticulture*. 2006. № 6. P. 7–8. ISSN 0235-2591.
4. Kushnirenko M.D., Kurchatov G.I., Shtefyrce A.A. Ekspress-metod diagnostiki zharoustojchivosti i srokov poliva rastenij. Kishinev: Shtiinca, 1986. 38 s.
5. Praktikum po fiziologii rastenij / pod red. I.I. Gunara. M.: Kolos, 1972. 168 s.
6. Programma i metodika sortoizucheniya plodovyh, yagodnyh i orekhoplodnyh kul'tur / pod red. E.N. Sedova i T.P. Ogol'covej. Orel: VNIISPК, 1999. 608 s.
7. Rahimov M.M. Fiziologo-biohimicheskie pokazateli u genotipov pshenic y v zavisimosti ot prirodno-klimaticheskikh zon prorastaniya: dis. ... kand. biol. nauk // *In-t botaniki, fiziologii i genetiki rastenij AN Respubliki Tadjhikistan*. Dushanbe, 2016. 148 s.
8. Shajtan I.M., Chuprina L.M., Anpilogova V.A. Biologicheskie osobennosti i vyrashchivanie persika, abrikosa i alychi. Kiev: Naukova Dumka, 1989. S. 6–154. ISBN 5-12-00082.
9. Shlyk A.A. Opredelenie hlorofilla i karotinoidov v ekstraktah zelenyh list'ev // *Biohimicheskie metody v fiziologii rastenij*. M.: Nauka, 1971. S. 154–170.
10. Abilfazova Yu., Belous O. Evaluation of the functional state of peach varieties (*Prunus persica* Mill.) when exposed hydrothermal stress to plants // *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2018. V. 12. № 1. P. 723–728. <https://doi.org/10.5219/974>.
11. Bakunov A.L., Milekhin A.V., Rubtsov S.L., Shevchenko S.N. Photosynthetic pigment content as a consequential resistance sign of potato varieties to high temperature and moisture lack // *Bulletin Samara State Agricultural Academy*. 2020. V. 5. № 2. P. 8–13.
12. Belous O., Abilphazova Yu. Chapter 4. Peach Culture in the Humid Subtropics of Russia: A Biochemical Aspect. In book: *Prunus persica*: Production, Nutritional Properties and Health Effects (Agricultural Research Updates). – Nova Science Publishers, Inc., USA. P. 234-240. ISBN: 978-1-53619-234-6.
13. Kaur G., Asthir B. Molecular responses to drought stress in plants // *Biologia Plantarum*. 2017. V. 61 (2). P. 201–209. <https://doi.org/10.1007/s10535-016-0700-9>.

«СВЕТОДИОДНАЯ РЕВОЛЮЦИЯ» И НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СВЕТОКУЛЬТУРЫ РАСТЕНИЙ

Георгий Валентинович Боос^{1,2}, кандидат технических наук

Леонид Борисович Прикупец³, кандидат технических наук

Владимир Иванович Трухачёв⁴, академик РАН

Иван Германович Тараканов⁴, доктор биологических наук, профессор

Владислав Геннадьевич Терехов³, кандидат технических наук

¹НИИ «Московский энергетический институт», г. Москва, Россия

²ООО МСК «БЛ ГРУПП», г. Москва, Россия

³Всесоюзный научно-исследовательский светотехнический институт имени С.И. Вавилова, г. Москва, Россия

⁴Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

E-mail: ivatar@yandex.ru

Аннотация. В статье приведен анализ радикальных преобразований в секторе растениеводства защищенного грунта агропрома России, связанных не только с резким увеличением масштабов использования технологий светокультуры растений, но и возрастающим применением фитооблучателей на основе светодиодов. Показано, что внедрение последних привело к трансформации основных представлений о возможностях искусственного освещения при светокультуре в промышленных теплицах и во многом способствовало созданию принципиально новых многоярусных автоматизированных систем управляемого выращивания растений. С использованием возможностей светодиодов на основе детальных фотобиологических исследований практического направления, выполненных авторами, впервые сформулированы обоснованные требования к оптимальным светотехническим характеристикам облучательных установок для светокультуры салата и базилика. Апробированная оригинальная методика может помочь в решении аналогичных задач оптимального выращивания других видов растений. В статье приводятся материалы о созданной нормативной и метрологической базе для светодиодного фитоосвещения, предлагаются необходимые меры для ускорения массового внедрения светодиодных систем в современные теплицы со светокulturой растений.

Ключевые слова: теплицы, растениеводство защищенного грунта, светокультура, светодиоды, облучательные установки, натриевые лампы высокого давления, фитооблучатели, вертикальные теплицы

“LED REVOLUTION” AND NEW OPPORTUNITIES TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF PLANT LIGHT CULTURE

G.V. Boos^{1,2}, PhD in Engineering Sciences

L.B. Prikupets³, PhD in Engineering Sciences

V.I. Trukhachev⁴, Academician of the RAS

I.G. Tarakanov⁴, Grand PhD in Biological Sciences, Professor

V.G. Terekhov³, PhD in Engineering Sciences

¹NRU «Moscow Energy Institute», Moscow, Russia

²LLC MSK “BL GROUP”, Moscow, Russia

³S.I. Vavilov All-Union Scientific Research Lighting Engineering Institute, Moscow, Russia

⁴Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

E-mail: ivatar@yandex.ru

Abstract. An analysis of radical developments in the greenhouse crop production in Russia is presented; it is based both on the increase of horticultural lighting technologies application and LED systems implementation. The latter resulted in the transformation of our basic ideas about the possibilities of artificial lighting in the industrial greenhouses and triggered creation of the new generation of vertical farming systems for the controlled environment agriculture. The advantages of LEDs application were studied in the series of photobiological experiments; as the result, the light protocols for the lettuce and sweet basil plants production were developed for the first time. The approved original methodology of such studies can be used to solve similar problems of optimal cultivation in other crops. The article also reports on the development of metrological base for LED plant artificial lighting. The necessary measures to accelerate the mass implementation of LED systems in modern greenhouses with horticultural lighting are suggested.

Keywords: greenhouses, crop production, protected soil, horticultural lighting, LEDs, irradiation installations, sodium lamps, phytoemitters, vertical farms

Динамичное развитие светодиодных систем освещения, получившее название «светодиодная революция», привело в последнее десятилетие к быстрой замене традиционных световых приборов с лампами накаливания и газоразрядными лампами на новые с твердотельными источниками света. Световые при-

боры со светодиодами (СД) значительно энергоэффективнее своих предшественников, имеют срок службы, исчисляемый десятками тысяч часов, обладают высоким экологическим качеством.

Современное растениеводство защищенного грунта, базирующееся на использовании искусственного

освещения (светокультура) — одна из приоритетных областей применения светодиодных облучателей.

В настоящее время в стране продолжается период активного строительства новых теплиц, оснащенных современным оборудованием и технологиями. На начало 2021 года общая площадь теплиц в России достигла 3,0 тыс. га, а доля новых теплиц выросла до 60%. [10] Особенность происходящих радикальных преобразований в тепличном секторе — постепенное нарастание доли теплиц со светокультурой в новых объектах до 100%.

Тенденция перехода к круглогодичному выращиванию овощей в теплицах в условиях светокультуры характерна для всего мира. С 2016 до 2022 года глобальный рынок тепличного освещения должен увеличиться на 30%. [11] В России площади теплиц со светокультурой за неполный указанный период по нашим оценкам выросли более чем в три раза (рис. 1). Пропорционально быстрому увеличению площадей со светокультурой становится больше облучателей в теплицах (световые точки) и растет потребление электроэнергии. Количество фитооблучателей с натриевыми лампами высокого давления (НЛВД) мощностью 600 и 1000 Вт с 2016 по 2020 год в стране удвоилось и превысило 2 млн шт.

Промышленное растениеводство в России представляет собой самый энергоемкий и энергоэффективный сектор применения светотехнического оборудования. Основные характеристики современной светокультуры растений: удельная электрическая мощность (P_e) облучательных установок (ОУ) с НЛВД — до 250 Вт/м², уровень освещенности (облученность) — $E = 10...30$ клк (плотность потока фотонов — 130...400 мкмоль/м²·с), среднегодовой расход электроэнергии на 1 кг продукции до 15 кВт·ч, время работы ОУ в год — до 5000 ч. Количество электроэнергии, потребляемой на технологическое освещение теплиц с 2010 года к началу 2021 увеличилось не менее чем в три раза до уровня 6,0 млрд кВт·ч/год. Чтобы подчеркнуть уникальность энергоемкости светокультуры в масштабе всей страны отметим, что на площади сооружений защищенного грунта 3,7×3,7 км² расходуется электроэнергия почти столько же, сколько в наружном освещении городов России.

Светодиодное фитоосвещение и новые возможности светокультуры растений.

Радикальные изменения на рынке тепличного освещения происходят на фоне быстрого развития СД-источников излучения и постепенного замещения ими облучателей с НЛВД в теплицах. [6] Данные рисунка 2 характеризуют динамику роста эффективности представляющих интерес для светокультуры цветных (R — красный, G — зеленый и B — синий), а также белых СД ведущих зарубежных фирм. В нашей стране начато серийное производство первых отечественных СД для фитооблучателей в ООО МСК «БЛ ГРУПП». По эффективности светодиодные облучатели значительно превосходят традиционные с НЛВД, замена которых в ОУ теплиц способна обеспечить экономию электроэнергии на 40...50% (рис. 3), что в масштабе всего сектора теплиц России может составить 2,5...3,0 млрд кВт·ч/год.

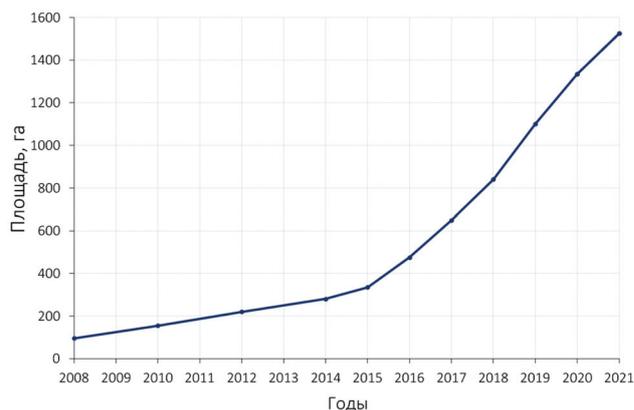


Рис. 1. Динамика роста площади теплиц со светокультурой в России.

СД-фитооблучатели отличаются высоким сроком службы (до 50 000 ч) и стабильностью излучательных характеристик. В результате продолжающихся во ВНИСИ имени С.И. Вавилова испытаний установлено, что спад фотосинтетического фотонного потока (PPF) красно-синих (R — B) облучателей к 30 тыс. ч горения не превысил 10%.

Существует три направления конструирования СД-фитооблучателей и эксплуатации ОУ светокультуры растений в сооружениях защищенного грунта: для традиционного верхнего (top), междурядного (interlighting) освещения и освещения многоярусных фитоустановок (вертикальные теплицы). Все три типа СД-фитооблучателей с параметрами соответствующими мировому уровню разработаны ВНИСИ имени С.И. Вавилова совместно с МСК «БЛ ГРУПП» и внедрены в серийное производство.

Многоярусная автоматизированная фитоустановка (МАФУ).

Появление и быстрое распространение МАФУ (вертикальная ферма или сити-ферма) связано с СД-излучателями, не имеющими конкуренции в таких установках. Ртутьсодержащие люминесцентные лампы нельзя использовать в МАФУ по экологическим соображениям, а НЛВД — из-за большой концентрации мощности и высокой температуры на колбе лампы.

Как прообраз будущих полностью автоматизированных фабрик растений, МАФУ разрабатывают с учетом последних достижений в светофизиологии растений и светотехники. Возможности создания особого спектра в области ФАР при высоком энергетическом уровне излучения, простое и эффективное регулирование спектра и управления уровнем облученности в ОУ обеспечивают хорошие перспективы для инновационных систем выращивания растений. Применение МАФУ помогло максимально приблизить продукцию к потребителю. Вначале на них выращивали салатные растения, позднее стали осваивать производство ягодных культур, томатов, огурцов, перцев, баклажанов, лекарственных растений и даже саженцев древесных культур. Кроме крупных сельскохозяйственных предприятий принцип вертикального земледелия (локальные МАФУ) используют в супермаркетах, ресторанах,

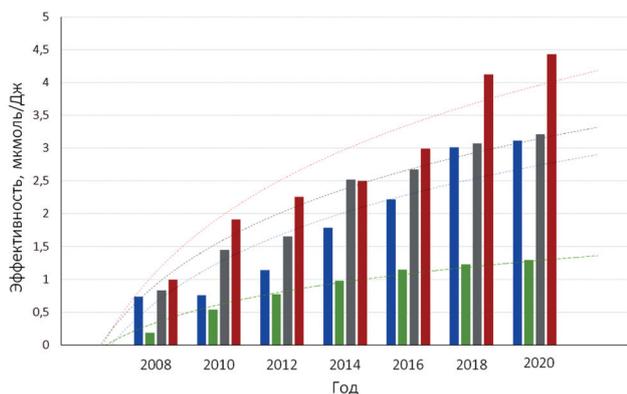


Рис. 2. Динамика роста эффективности цветных и белых светодиодов ведущих мировых производителей (2008–2020 годы). Серый столбец – белые СД.

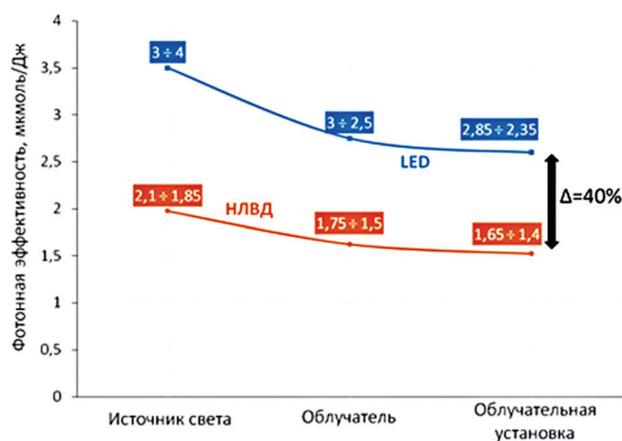
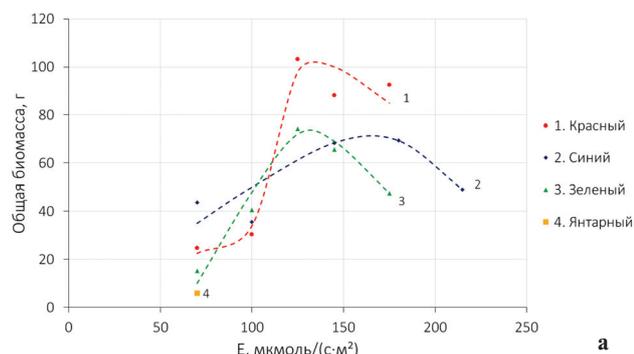


Рис. 3. Эффективность искусственного освещения при светокультуре растений.

медицинских станциях, дошкольных учреждениях и так далее.

Во ВНИСИ на МАФУ с 2019 года средняя урожайность салата составила 0,15 кг/м² в день или 55 кг/м² в год, что на 30% выше, чем в теплице. При этом затраты электроэнергии на 1 кг – 9,6 кВт·ч.

С учетом достижимой в условиях фитотрона продуктивности пшеницы 150 кг/м² в год [3], весь ее годовой урожай в России (90 млн т) может быть выращен на фабрике с десятью технологическими ярусами на площади основания в виде условного квадрата со стороной 15 км. [8]



Во всем мире МАФУ рассматривается как интеллектуальная инновация, на платформе которой возможно апробировать роботизированное сельскохозяйственное производство будущего с компьютерным управлением IoT (интернет вещей), сбором данных в условиях реального времени о состоянии растений и параметрах среды, передачей их в «центральный облачный мозг» и после соответствующей обработки обеспечением оптимизации процесса выращивания растений с помощью «искусственного интеллекта».

СД–фитооблучатели в теплицах.

Несмотря на заметные объемы внедрения СД в тепличные ОУ (с 2017 года в отечественных теплицах эксплуатируется около 400 тыс. СД-облучателей) этот процесс находится в начальной стадии. СД-облучатели установлены на части площадей лишь в десяти крупных тепличных комбинатах страны. Основной сдерживающий фактор – их высокая стоимость по сравнению с натриевыми светильниками. Техничко-экономический анализ показывает, что окупаемость затрат на ОУ с СД-облучателями возможна не ранее шести-семи лет эксплуатации. [9]

Для продвижения СД в теплице можно рассмотреть гибридные (НЛВД + СД) облучательные установки, при этом СД-облучатели чаще используют для междурядного освещения растений. С учетом преимуществ по энергоэффективности СД-решений возможны два основных принципа конструирования указанных гибридных ОУ: 1) обеспечение прямой экономии электроэнергии на уровне 30...50% при постоянной и соответствующей ОУ с НЛВД облученности; 2) сохранение постоянными и соответствующими ОУ с НЛВД затрат на электроэнергию при увеличении уровня облученности и продуктивности растений.

С учетом того, что массовое использование СД-облучателей в промышленных теплицах помогает решать задачи крупномасштабного энергосбережения важно разработать эффективные меры стимулирования процесса замены натриевых облучателей на светодиодные.

Вопросы стандартизации и фотометрии в СД-освещении.

Для развития светокультуры и СД-освещения необходима соответствующая нормативная база.

В связи с созданием и появлением в теплицах и других культивационных сооружениях разноспек-

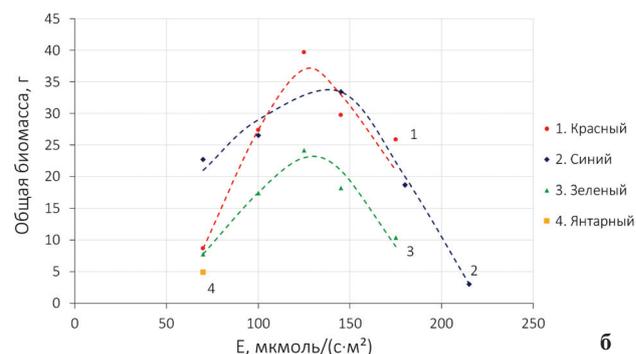


Рис. 4. «Световые кривые» продуктивности для растений салата *Ландау* (а) и базилика *Русский гигант* (б).

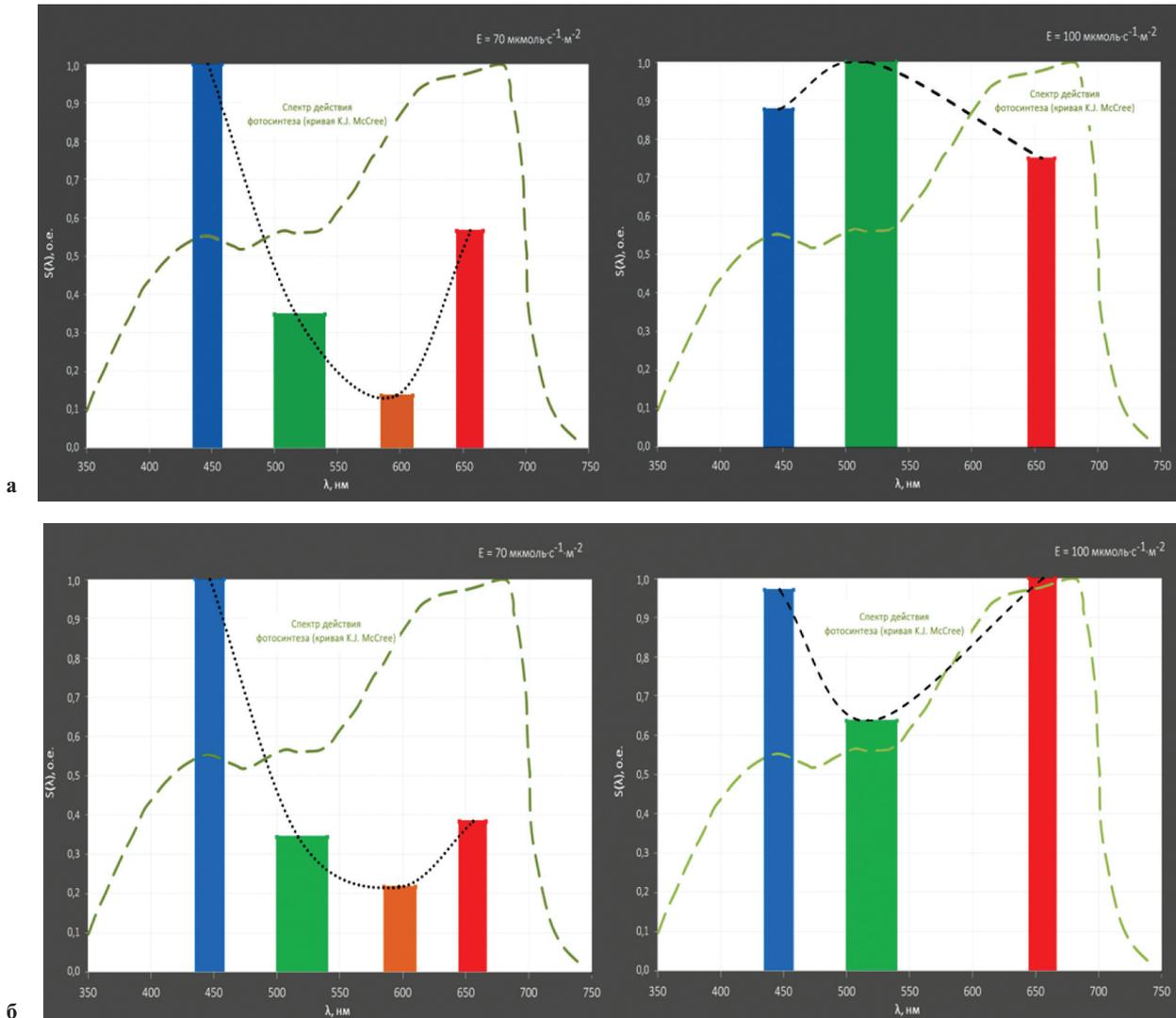


Рис. 5. «Грубые» спектры действия продуктивности для растений салата (а) и базилика (б).

тральных излучателей, действующих, в том числе, на границах видимого диапазона спектра, пользоваться системой световых величин для оценки эффективности СД-изделий стало невозможно.

За последние пять лет сотрудники ВНИСИ имени С.И. Вавилова разработали стандарты [1, 2, 4, 5], регламентирующие вопросы нормирования и контроля фотосинтетического потока фотонов при производстве СД-фитооблучателей и измерений облу-

ченности в теплицах и других фитоустановках. Необходимым элементом для дальнейшего продвижения СД-фитоосвещения стал стандарт по терминологии [2], как основа для подготовки аналогичных международных нормативных документов.

Впервые предпринята попытка с использованием данных собственных исследований предложить нормы искусственного освещения для зеленных культур. [5, 8]

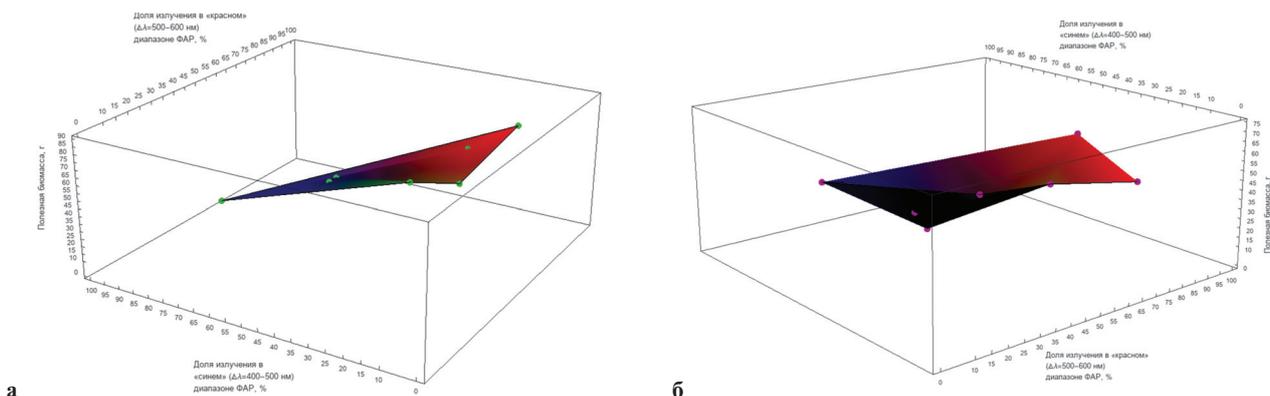


Рис. 6. 3D модели продуктивности растений салата (а) и базилика (б) при «триадной» оптимизации.

Благодаря стандартам [1, 2, 4, 5], в отечественную практику тепличного освещения введена новая система фотосинтетических фотонных величин, получены необходимые интегральные соотношения, устанавливающие связь между энергетическими, световыми и фотонными величинами при фотометрических измерениях в ОУ для светокультуры растений.

Фотобиологические исследования (ФБИ) с использованием СД-облучателей для оптимизации светотехнических параметров ОУ.

Широкие возможности вариации спектральных характеристик СД стимулировали ФБИ во всем мире. Уже получены интересные результаты о влиянии спектра ФАР, уровня облученности и фотопериода на продуктивность и синтез важнейших соединений химического состава у растений.

Представлены методика и результаты выполненных авторами настоящей статьи исследований на салатно-зеленных культурах в условиях фитотрона Лаборатории искусственного климата РГАУ-МСХА. [7] Для растений указанного класса (салат *Ландау* и базилик *Русский гигант*) в широком диапазоне облученности — 70...250 мкмоль/с·м² получены «световые кривые» продуктивности для излучения основных диапазонов ФАР, подтверждающие приоритетное значение красного диапазона (рис. 4).

Реакция растений (продуктивность) неаддитивно меняется от спектрального состава и облученности. Спектр действия продуктивности, даже для вегетативных растений, зависит от уровня облученности и должен оцениваться по двумерным шкалам (λ , E) (рис. 5). Инвариантного спектра действия продуктивности культур (аналогично спектру действия фотосинтеза по McCree [12]) не существует.

Большая часть проведенных ФБИ посвящена задаче определения оптимальной с точки зрения продуктивности растений спектральных RB (красно-синия) и RGB (красно-зелено-синия) комбинаций ФАР. [8] Результаты исследований на основе большого числа экспериментальных данных позволили определить по три спектральные комбинации для каждой культуры с однозначным приоритетом красного диапазона ФАР для салата и более сбалансированного спектрального распределения ФАР с обязательным добавлением синего и даже зеленого для базилика (рис. 6).

В связи с тем, что физические принципы СД-техники позволяют реализовать выявленные на основе детальных ФБИ требования не только к благоприятному спектру, но и уровню облученности [7], можно создавать светотехническую технологию, как важнейший элемент макротехнологии светокультуры конкретных растений, с компьютерным управлением их хозяйственного выращивания (cyber-agriculture). При этом подбор оптимальных световых режимов («световые рецепты») — одно из важнейших направлений исследований в области интеллектуальных технологий интенсивного выращивания растений.

Дальнейшее развитие систем СД-освещения связано с разработкой протоколов управления, обеспечивающих точную настройку и автоматиче-

скую коррекцию параметров освещения во время вегетации растений. Необходимы принципиально новые подходы, основанные на возможности эффективного регулирования их фотосинтетической активности и продукционного процесса, широкое использование современных цифровых технологий (компьютерное зрение и машинное обучение, искусственный интеллект, интернет вещей). Создание, практическое применение комплекса программно-аппаратных решений и роботизированных интеллектуальных подходов для выращивания сельскохозяйственных растений в закрытых системах («умные теплицы»), которые могут значительно снизить производственные затраты и повысить производительность труда, — одно из ключевых направлений в развитии передовых технологий растениеводства. В РГАУ-МСХА, НЦМУ «Агротехнологии будущего» в содружестве с ВНИСИ имени С.И. Вавилова, а также созданным на его базе НПЦ «Светокультура» проводятся исследования в рамках проекта «Разработка наукоемких технологий интенсивного культивирования растений («умная» сити-ферма). [13]

Продолжение исследований предполагает накопление данных по фенотипированию целевых культур на анализирующих фонах (световые режимы), а также разработку адаптированной к системам интенсивного культивирования программы изучения растений и посевов на основе методов анализа изображений с использованием подходов компьютерного зрения и машинного обучения (виртуальная сити-ферма, управляющая реальной).

Заключение. Для решения указанных задач важна поддержка междисциплинарного научно-технического сотрудничества, которая позволила авторам настоящей статьи апробировать новые методики, создать технические средства и получить результаты, имеющие фундаментальное, теоретическое и практическое значение.

Следующий этап после проведенных фотобиологических исследований в фитотроне — пилотные испытания СД-систем фитооблучения в теплицах.

С учетом большого потенциала и высокого экологического эффекта, достигаемого при замене существующих систем фитооблучения с НЛВД на светодиодные, необходимо рассмотреть на федеральном и региональном уровнях возможность стимуляции процесса перехода на светодиодное освещение в теплицах, в том числе, начиная с гибридных облучательных установок. Важное значение может иметь освоение производства отечественных фитосветодиодов, как основного фактора снижения себестоимости облучателей и импортозамещения зарубежных аналогов.

На наш взгляд, комплекс научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по обеспечению инновационных междисциплинарных исследований, созданию высокоэффективных светотехнических средств для светокультуры растений и продвижению их на рынок отечественных сооружений защищенного грунта может найти отражение в Федеральной программе развития сельского хозяйства России на 2019–2025 годы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ Р 57671-2017. Приборы облучательные со светодиодными источниками света для теплиц. Общие технические условия. Введ. 2017-12-01. М.: Стандартинформ, 2017.
2. ГОСТ Р 58461-2019. Освещение растений в сооружениях защищенного грунта. Термины и определения. Введ. 2020-01-01. М.: Стандартинформ, 2019.
3. Лисовский Г.М., Долгушев В.А. Очерки частной светокультуры растений. Новосибирск: Изд. «Наука», 1986.
4. ПНСТ 211-2017. Облучение растений светодиодными источниками света. Методы измерений. Введ. 2017-12-01. М.: Стандартинформ, 2017.
5. ПНСТ 410-2020. Светокультура растений. Нормы искусственного освещения для зеленых культур. Введ. 2021-01-01. М.: Стандартинформ, 2020.
6. Прикупец Л.Б. Светодиоды в тепличном освещении: возможности и реальность // Светотехника. 2019. Специальный выпуск. Тема номера: «Международная научно-техническая конференция по применению светодиодных фитооблучателей». С. 8–12.
7. Прикупец Л.Б., Боос Г.В., Терехов В.Г., Тараканов И.Г. Исследование влияния излучения в различных диапазонах области ФАР на продуктивность и биохимический состав биомассы салатно-зеленных культур // Светотехника. 2018. № 5. С. 6–12.
8. Прикупец Л.Б., Боос Г.В., Терехов В.Г., Тараканов И.Г. Оптимизация светотехнических параметров при светокультуре салатно-зеленных растений с использованием светодиодных излучателей // Светотехника. 2019. № 4. С. 6–13.
9. Пчелин В.М., Макарова И.Е. Оценка состояния и перспектив развития систем облучения в современных тепличных комплексах // Светотехника. 2018. № 1. С. 23–27.
10. Ситников А.В. Основные итоги и перспективы развития защищенного грунта // Теплицы России. 2021. № 1. С. 9–13.
11. Smallwood P. Tracking the Horticulture SSL Market and Technology // Horticultural Lightning Conference – USA. Denver, Colorado. 2017.
12. McCree K.J. The action spectrum, absorbance and quantum yield of photosynthesis in crop plants // Agric. Meteorology. 1972. P. 192–216.
13. Tarakanov I.G., Tovstyko D.A., Lomakin M.P. et al. Effects of light spectral quality on the photosynthetic activity, biomass production, and carbon isotope fractionation in lettuce, *Lactuca sativa* L., plants. // Plants. 2021. 10/x. <https://doi.org/10.3390/>

REFERENCES

1. GOST R 57671-2017. Pribory obluchatel'nye so svetodiodnymi istochnikami sveta dlya teplic. Obshchie tekhnicheskie usloviya. Vved. 2017-12-01. M.: Standartinform, 2017.
2. GOST R 58461-2019. Osveshchenie rastenij v sooruzheniyah zashchishchennogo grunta. Terminy i opredeleniya. Vved. 2020-01-01. – M.: Standartinform, 2019.
3. Lisovskij G.M., Dolgushev V.A. Oчерki chastnoj svetokul'tury rastenij. Novosibirsk: Izd. «Nauka», 1986.
4. PNST 211-2017. Obluchenie rastenij svetodiodnymi istochnikami sveta. Metody izmerenij. Vved. 2017-12-01. M.: Standartinform, 2017.
5. PNST 410-2020. Svetokul'tura rastenij. Normy iskusstvennogo osveshcheniya dlya zelenykh kul'tur. Vved. 2021-01-01. M.: Standartinform, 2020.
6. Prikupets L.B. Svetodiody v teplichnom osveshchenii: vozmozhnosti i real'nost' // Svetotekhnika. 2019. Special'nyj vypusk. Tema nomera: «Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferenciya po primeneniyu svetodiodnykh fitoobluchatelej». S. 8–12.
7. Prikupets L.B., Boos G.V., Terekhov V.G., Tarakanov I.G. Issledovanie vliyaniya izlucheniya v razlichnykh diapazonah oblasti FAR na produktivnost' i biokhimicheskij sostav biomassy salatno-zelenykh kul'tur // Svetotekhnika. 2018. № 5. S. 6–12.
8. Prikupets L.B., Boos G.V., Terekhov V.G., Tarakanov I.G. Optimizaciya svetotekhnicheskikh parametrov pri svetokul'ture salatno-zelenykh rastenij s ispol'zovaniem svetodiodnykh izluchatelej // Svetotekhnika. 2019. № 4. S. 6–13.
9. Pchelin V.M., Makarova I.E. Ocenka sostoyaniya i perspektiv razvitiya sistem oblucheniya v sovremennykh teplichnykh kompleksah // Svetotekhnika. 2018. № 1. S. 23–27.
10. Sitnikov A.V. Osnovnye itogi i perspektivy razvitiya zashchishchennogo grunta // Teplicy Rossii. 2021. № 1. S. 9–13.
11. Smallwood P. Tracking the Horticulture SSL Market and Technology // Horticultural Lightning Conference – USA. Denver, Colorado. 2017.
12. McCree K.J. The action spectrum, absorbance and quantum yield of photosynthesis in crop plants // Agric. Meteorology. 1972. P. 192–216.
13. Tarakanov I.G., Tovstyko D.A., Lomakin M.P. et al. Effects of light spectral quality on the photosynthetic activity, biomass production, and carbon isotope fractionation in lettuce, *Lactuca sativa* L., plants. // Plants. 2021. 10/x. <https://doi.org/10.3390/>

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ПЕРИОДА ВСХОДЫ–КОЛОШЕНИЕ В СЕЛЕКЦИИ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ

Александр Иванович Кинчаров, кандидат сельскохозяйственных наук

Елена Анатольевна Дёмина, кандидат сельскохозяйственных наук

Татьяна Юрьевна Таранова, младший научный сотрудник

Кристина Юрьевна Чекмасова, младший научный сотрудник

Самарский федеральный исследовательский центр РАН,

Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства имени П.Н. Константинова,

г. Кинель, Самарская обл., Россия

E-mail: elena_pniiss@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты изучения 300 образцов яровой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения для выделения исходного материала с оптимальным периодом всходы – колошение для селекционной работы в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья. Коллекционные образцы исследовали в Самарской области (2019–2021 годы) согласно методике государственного сортоиспытания и методическим рекомендациям ВИР. Засушливые и острозасушливые погодные условия в период вегетации яровой пшеницы отражали существующую динамику потепления климата в регионе. Получен широкий диапазон варьирования данных как по продолжительности периода всходы–колошение коллекционных образцов (31–52 дня), так и продуктивности зерна (100–619 г/м²). Установлено, что для лесостепной зоны Самарской области и всего Среднего Поволжья наибольшая урожайность зерна была у образцов яровой мягкой пшеницы с продолжительностью периода всходы – колошение от 39 до 42 суток. Отмечено, что в условиях более жаркого и засушливого вегетационного периода, особенно до колошения пшеницы, оптимальная продолжительность периода всходы–колошение, позволяющая получить максимально высокую продуктивность культуры, сокращается до 33–37 суток. В более прохладных условиях начала вегетации, близких к среднепогодным значениям, изучаемый показатель составил 38–42 суток. За 2019–2021 годы наиболее продуктивными оказались образцы исходного материала со средней продолжительностью периода всходы–колошение – 39 суток, что обеспечило получение максимальной средней расчетной урожайности (315,8 г/м²), а с учетом НСР₀₅ = 10,1 г/м², 305,7–325,9 г/м². Образцы с оптимальными параметрами периода всходы–колошение рекомендованы для использования в селекционных программах региона.

Ключевые слова: пшеница мягкая яровая (*Triticum aestivum* L.), Среднее Поволжье, селекция, период всходы–колошение, продуктивность, образец

DURATION OF THE SHOOTS-TILLERING PERIOD IN THE SELECTION OF SPRING SOFT WHEAT FOR PRODUCTIVITY

A.I. Kincharov, PhD in Agricultural Sciences

E.A. Demina, PhD in Agricultural Sciences

T.Yu. Taranova, Junior Researcher

K.Yu. Chekmasova, Junior Researcher

Samara Federal Research Scientific Center of RAS,

Volga Scientific Research Institute of Selection and Seed-Growing named after P.N. Konstantinov,

Kinell, Samar region, Russia

E-mail: elena_pniiss@mail.ru

Abstract. The results of the study of 300 samples of spring soft wheat of various ecological and geographical origins are presented to isolate the source material with the optimal period of shoots – earing for breeding work in the conditions of the forest-steppe zone of the Middle Volga region. The researches were carried out in 2019–2021 in the Samara region. The study of collection samples was carried out according to the Methodology of the state variety testing and the methodological recommendations of the VIR. Weather conditions during the growing season of spring wheat were arid (and actually arid) and characterized the existing dynamics of climate warming in the region. A wide range of data variation was obtained both in the duration of the period of shoots – earing of collection samples (31–52 days) and in grain productivity (100–619 g/m²). It was found that for the forest-steppe zone of the Samara region and the Middle Volga region as whole, samples of spring soft wheat with the duration of the shoots – earing period from 39 to 42 days had the highest grain yield. It is noted that in conditions of a hotter and drier growing season (especially before wheat earing), the optimal duration of the shoots – earing period, which allows to obtain the highest possible crop productivity, is reduced to 33–37 days. On the contrary, in conditions of a cooler initial vegetation period (close to the average annual values), the optimal duration of the shoots – earing period is 38–42 days. On average for 2019–2021, the most productive were samples of the starting material with an average duration of the shoots – earing period of 39 days, which ensured the maximum average calculated yield of 315.8 g/m², and taking into account the НСР₀₅ = 10.1 g/m² in the range of 305.7–325.9 g/m². Samples with optimal parameters of the shoots – earing period are recommended for use in the breeding programs of the region.

Keywords: soft spring wheat (*Triticum aestivum* L.), Middle Volga region, breeding, period of shoots – earing, productivity, sample

Пшеница – одна из самых важных зерновых культур в мире и к 2050 году спрос на нее должен увеличиться примерно на 60%. [10] При этом урожайность сельскохозяйственных культур повышается всего на 0,8...1,0% в год. [1] В дальнейшем, с учетом роста численности населения земного шара, которое по прогнозам достигнет пика в 2064 году (9,73 млрд чел.), потребуются дополнительное наращивание производства продукции растениеводства. [14] Темпы повышения урожайности сельскохозяйственных культур на последующие 30...40 лет должны составить не менее 1,5...2,0% в год. Изменение климата приводит к тепловому стрессу и большим потерям воды в результате эвапотранспирации, а также более раннему созреванию культур, что может негативно сказаться на их урожайности во многих регионах. [3] Последствия изменчивости климата – длительные засухи или сухие сезоны, а также периоды интенсивных осадков. [12] Это особенно ярко наблюдается в зонах рискованного земледелия. Так, в условиях Среднего Поволжья с аномально жаркого и засушливого лета 2010 года ежегодно отмечается повышенный температурный фон и дефицит осадков за условную вегетацию яровых зерновых в среднем каждые три года из четырех. При дальнейшем потеплении климата для решения вопросов стабилизации высоких валовых сборов зерна основную роль должны играть новые сорта, адаптированные к прогнозным погодно-климатическим условиям. Первая цель селекции пшеницы – увеличение потенциала урожайности, вторая – устойчивость к болезням, третья – сопротивляемость абиотическим стрессам. [13] Однако растущая зависимость от малого числа сортов в большинстве селекционных программ привела к потере хорошо адаптированного генетического разнообразия. [11] Старые сорта пшеницы – ценный генетический ресурс для специфической адаптации к местным условиям окружающей среды. [9]

Абиотические стрессы (жара, засуха) приводят к существенному снижению продуктивного стеблестоя, сокращению периода налива зерна и ускоренному созреванию, что негативно влияет на количество и качество урожая. [2, 7] Поэтому продолжительность вегетационного периода и отдельных его этапов имеет большое значение при возделывании зерновых культур. Он определяется генотипом (наличие у сорта генов *Vrn* и *Rpd*) и условиями внешней среды (температура, влажность воздуха и почвы, интенсивность, периодичность инсоляции и другие факторы). [4, 8] Необходимо изучать продолжительность вегетационного периода в конкретном регионе, так как сорта скороспелые в одной зоне могут быть позднеспелыми в другой.

Цель работы – выявить оптимальные параметры продолжительности периода всходы–колошение при создании высоко адаптированных к меняющимся погодно-климатическим условиям сортов яровой мягкой пшеницы со стабильно высокой продуктивностью по годам.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В питомнике исходного материала яровой мягкой пшеницы (Самарская обл.) изучали (2019–2021 годы) 300 коллекционных образцов различ-

ного эколого-географического происхождения из Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР) и научно-исследовательских учреждений РФ. Пшеницу с делянок площадью 1 м² убирали вручную в снопы, затем обмолачивали и взвешивали. Изучение и оценку образцов, фенологические наблюдения за прохождением фаз развития растений пшеницы проводили согласно общепринятым методикам ВИР и Госкомиссии РФ. [5, 6] Полученные данные математически обрабатывали с помощью программы «Microsoft Office Excel».

Погодные условия за годы исследований соответствуют тенденции глобального потепления климата в регионе (рис. 1). Температура воздуха вегетационного периода (май–август) 2019 и 2020 годов была выше многолетней (18,1°С) на 0,9 и 1,2°С соответственно, 2021 года – 4,9°С и в ближайшем десятилетии по прогнозным расчетам она будет находиться в данных интервалах. В отдельные годы не исключены аномальные отклонения как по температуре воздуха, так и сумме осадков в обоих направлениях («погодные качели»). [3]

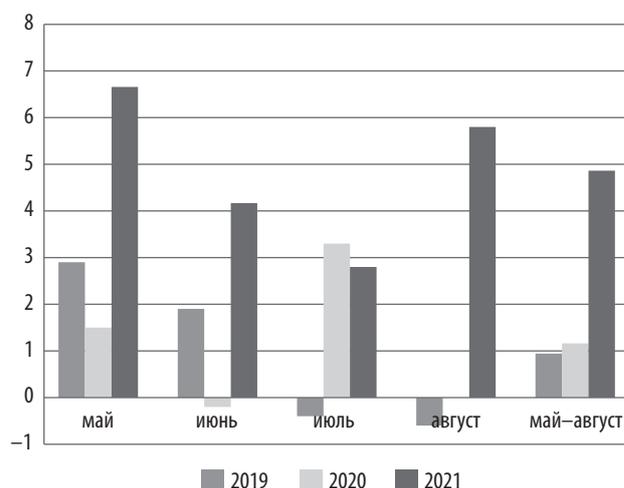


Рис. 1. Отклонение среднесуточной температуры воздуха от среднееголетних значений по месяцам и годам, °С.

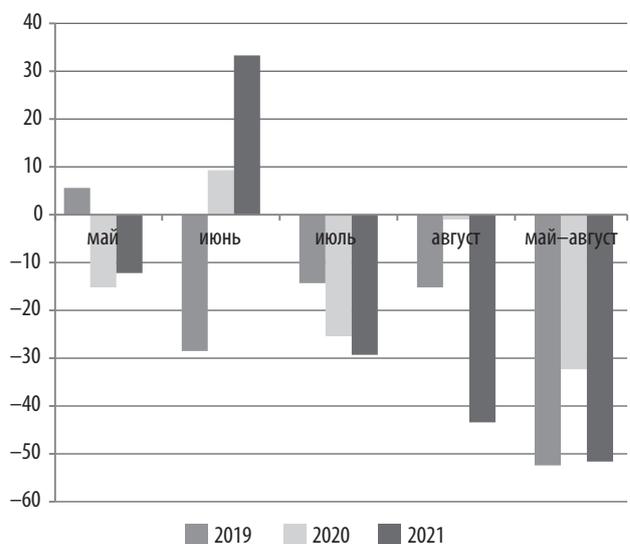


Рис. 2. Отклонение суммы осадков от среднееголетних значений по месяцам и годам, мм.

Таблица 1.

Характеристика исследуемых образцов по продолжительности периода всходы колошение (ПВК) и урожайности зерна

Признак	Год	Скороспелые			Среднеспелые			Позднеспелые		
		min	max	среднее	min	max	среднее	min	max	среднее
ПВК, сутки	2019	35	39	36,5	36	44	40,6	41	50	44,3
	2020	37	42	38,7	40	48	44,1	46	52	49,1
	2021	31	36	33,4	34	41	37,1	38	42	40,3
	среднее	34,3	39,0	36,2	36,7	44,3	40,6	41,7	48,0	44,6
Урожайность, г/м ²	2019	174	388	268,1	116	554	300,2	126	534	292,5
	2020	237	554	396,7	213	619	400,7	246	515	381,0
	2021	100	347	212,8	102	365	203,1	102	252	175,1
	среднее	170,3	429,7	292,5	143,7	512,7	301,3	158,0	433,7	282,9

Во все годы исследований первый месяц вегетации растений (май) был теплее климатической нормы (14,1°C) на 1,5...6,7°C. В июне отклонения от нормы (18,7) составили от минус 0,2 до 4,2°C, июле (20,7) – минус 0,4...3,3°C, августе (18,9) – минус 0,6...5,8°C.

В некоторые дни мая 2021 года температура воздуха повышалась до 36,7°C, поверхности почвы – 58,0°C, и это в ряде случаев вызывало кольцевой ожог растений в фазе шильцев или первого настоящего листа. На фоне повышения среднесуточной температуры воздуха наблюдали дефицит осадков за вегетационный период (рис. 2).

При норме осадков за четыре месяца (163 мм) в 2019 году выпало 110,6 мм, 2020 – 130,7, 2021 – 111,4 мм. В фазах цветения, налива зерна и созревания (июль-август) их количество существенно снижалось. В июле 2019 года при норме осадков 47 мм выпало 32,7 мм (69,6% нормы), 2020 – 21,6 (46,0), 2021 – 17,7 (37,7%), в августе (норма – 44 мм) – 28,8 мм (65,5%); 43,0 (97,7) и 0,6 мм (1,4%) соответственно. Жаркая и сухая погода второй половины вегетации влияет на формирование количества зерен в колоске и выполненность зерновок, что негативно сказывается на продуктивности сортов любого срока спелости. Более позднеспелые образцы формируют низко натурное, порой и щуплое зерно.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В условиях засушливых (2019, 2020) и острозасушливого (2021) вегетационных периодов исследуемых лет получен широкий диапазон варьирования данных по продолжительности периода всходы – колошение (ПВК) образцов коллекции, урожайности данных форм и крупности зерна (табл. 1). Образцы условно разделили на три группы спелости по продолжительности ПВК.

Продолжительность ПВК варьировала в относительно широких пределах. Минимальное значение признака отмечено в условиях жаркого и засушливого лета 2021 года, у самых скороспелых образцов – всего 31 сутки, в 2020 году при более низкой температуре июня у позднеспелых – до 52. В среднем за три года исследований продолжительность ПВК в скоро- и позднеспелой группе отличалась примерно на восемь суток, а среднеспелые образцы показали промежуточное значение – 40,6 суток.

По сравнению с продолжительностью периода всходы – колошение, данные по урожайности

зерна имели более широкий размах варьирования. Минимальное значение показателя (100 г/м²) отмечено среди скороспелых образцов в условиях острозасушливого и жаркого 2021 года, а максимальное (619 г/м²) – среднеспелых (2020). Наиболее высокая продуктивность была в среднеспелой группе, что свидетельствует о нелинейной зависимости продуктивности образцов от продолжительности вегетационного периода и ПВК. Последний в условиях Средневолжского региона оказывает высокое влияние на общую продолжительность вегетационного периода растений с корреляционной зависимостью признаков более $r > 0,8$. [4]

Для определения оптимальной продолжительности периода ПВК по годам, при которой возможно получение максимально высокой продуктивности зерна с единицы площади, построены графики зависимости признаков и полиномиальные линии регрессии, описанные уравнением в третьей степени. На рисунке 3 представлены данные исследований в условиях засушливого вегетационного периода 2019 года. На графике видно, что максимальная продуктивность зерна у образцов с продолжительностью ПВК 39 суток (для уравнения регрессии $x=5$), максимальная средняя расчетная урожайность – 298,6 г/м², а с учетом НСР₀₅ = 10,6 г/м² – 288,0...309,2 г/м². Таким образом, согласно полиномиальной линии регрессии можно отметить, что максимальную продуктивность в условиях 2019 года обеспечили образцы с продолжительностью ПВК от 37 до 42 суток.

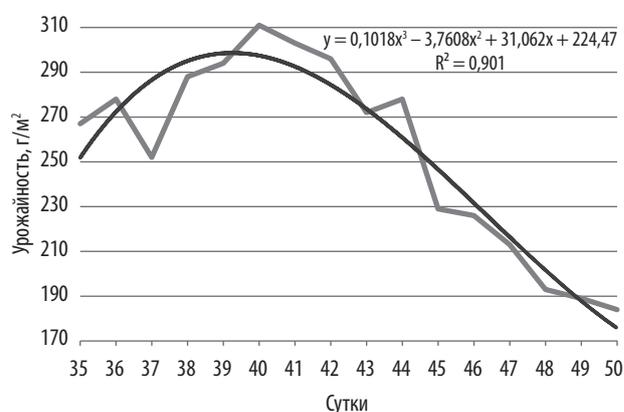


Рис. 3. Зависимость продуктивности образцов яровой мягкой пшеницы от продолжительности периода всходы – колошение в 2019 году.

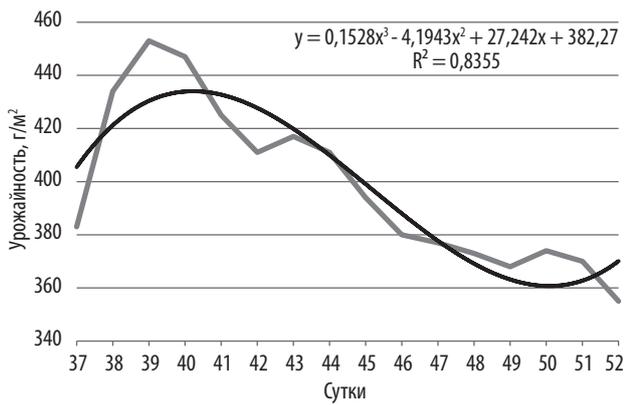


Рис. 4. Зависимость продуктивности образцов яровой мягкой пшеницы от продолжительности периода всходы–колошение в 2020 году.

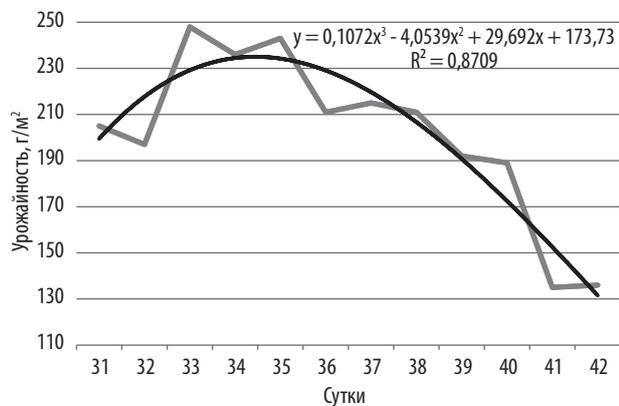


Рис. 5. Зависимость продуктивности образцов яровой мягкой пшеницы от продолжительности периода всходы–колошение в 2021 году.

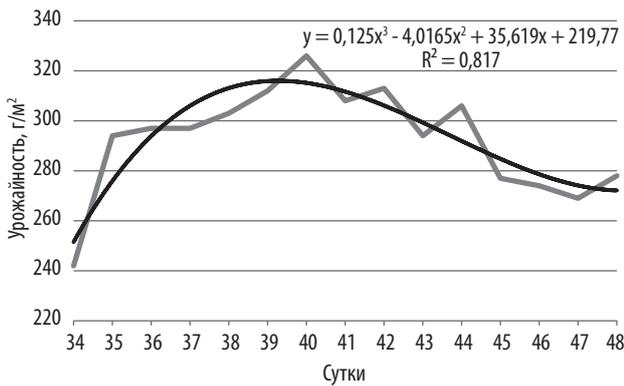


Рис. 6. Зависимость продуктивности образцов яровой мягкой пшеницы от продолжительности периода всходы–колошение, средняя за 2019–2021 годы.

В условиях засушливого 2020 года, отличающегося от предыдущего более умеренным температурным фоном первых двух месяцев вегетации, что несколько удлинило период всходы–колошение, наиболее продуктивными оказались образцы с продолжительностью ПВК 40 суток (для уравнения регрессии $x=4$). Максимальная средняя расчетная урожайность – 433,8 г/м², а с НСР₀₅ = 9,8 г/м² – 424,0...443,6 г/м² (рис. 4). Согласно полино-

миальной линии регрессии максимальную продуктивность в 2020 году обеспечили образцы с продолжительностью периода всходы–колошение от 38 до 42 суток.

Погодные условия вегетационного периода 2021 года фактически соответствуют прогнозируемому уровню глобального потепления относительно места проведения исследований на ближайшее десятилетие для Самарской области. [3] Поэтому важно в перспективе обратить на это внимание. Этот год по температурному фону был схож с аномально жарким 2010 и отличался только суммой осадков за июнь – 72,3 мм (на 33,3 мм больше нормы), что фактически спасло посевы от гибели. На фоне погодных условий 2021 года наиболее продуктивными оказались образцы с продолжительностью ПВК 34,5 суток (для уравнения регрессии $x = 4,5$), максимальная средняя расчетная урожайность – 235,0 г/м², с учетом НСР₀₅ = 9,6 г/м² – 225,4...244,6 г/м² (рис. 5). Согласно полиному в третьей степени максимальную продуктивность в условиях повышенной среднесуточной температуры воздуха вегетационного периода 2021 года обеспечили образцы с продолжительностью ПВК от 33 до 37 суток.

В среднем за три года исследований наиболее продуктивными были образцы с продолжительностью ПВК 39 суток (для уравнения регрессии $x = 6$), что обеспечило получение максимальной средней расчетной урожайности – 315,8 г/м², с учетом НСР₀₅ = 10,1 г/м² – 305,7...325,9 г/м² (рис. 6).

Согласно полиномиальной линии регрессии продуктивность свыше 305,7 г/м² (проекция с данной точки урожайности на ось продолжительности ПВК) была у образцов со средней продолжительностью периода всходы–колошение от 37 до 42 суток. Не исключено наличие образцов за пределами данного интервала с более высокой продуктивностью, которая может быть обусловлена их генетическими системами засухо-, жаро-, теплостойкости и другими свойствами и признаками.

Для погодно-климатических условий Самарской области и всего Средневолжского региона наиболее продуктивные образцы яровой мягкой пшеницы с продолжительностью периода всходы–колошение от 39 до 42 суток. При жарком и засушливом вегетационном периоде, особенно в фазе до колошения яровой мягкой пшеницы, оптимальная продолжительность ПВК, позволяющая получить максимально высокую продуктивность культуры, сокращается до 33...37 суток, а в условиях более прохладного мая и июня близкого к среднегодовым данным равна 38...42 суткам.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гончаров Н.П., Косолапов В.М. Селекция растений – основа продовольственной безопасности России // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. Т. 25. № 4. С. 361–366. DOI: 10.18699/VJ21.039.
2. Грабовец А.И., Фоменко М.А. Совершенствование методологии селекции пшеницы в условиях недостаточного увлажнения // Зернобобовые и крупяные культуры. 2016. № 2 (18). С. 48–53.
3. Кинчаров А.И., Дёмина Е.А. Анализ и краткосрочный прогноз изменения климатических условий в адаптивной селекции яровых зерновых // Российская

- сельскохозяйственная наука. 2022. № 1. С. 23–30. DOI: 10.31857/S2500262722010057.
4. Кинчаров А.И. Селекция яровой мягкой пшеницы на скороспелость в условиях лесостепи Среднего Поволжья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Саратов, 1998. 16 с.
 5. Мережко А.Ф., Удачин Р.А., Зуев Е.В. и др. Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале (методические указания). СПб: ВИР, 1999. 81 с.
 6. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 2019. Вып. 1. 329 с.
 7. Прянишников А.И., Савченко И.В., Мазуров В.Н. Адаптивная селекция: теория и практика отбора на продуктивность // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 3. С. 29–32. DOI: 10.30850/vrsn/2018/3/29-32.
 8. Стёпочкин П.И., Емцева М.В. Изучение межфазного периода «всходы – колошение» у исходных родительских форм и гибридов тритикале с разными генами Vrn // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. Т. 21. № 5. С. 530–533. DOI: 10.18699/VJ17.22-о.
 9. Gharib M., Qabil N., Salem A. et al. Characterization of wheat landraces and commercial cultivars based on morpho-phenological and agronomic traits // Cereal Research Communications. 2021. Vol. 49. P. 149–159. DOI: 10.1007/s42976-020-00077-2.
 10. Gómez D., Salvador P., Sanz J. et al. Modelling wheat yield with antecedent information, satellite and climate data using machine learning methods in Mexico // Agricultural and Forest Meteorology. 2021. Vol. 300. P. 108317 DOI: 10.1016/j.agrformet.2020.108317.
 11. Lopes M., El-Basyoni I., Baenziger P. et al. Exploiting genetic diversity from landraces in wheat breeding for adaptation to climate change // Journal of Experimental Botany. 2015. Vol. 66. No 12. P. 3477–3486. DOI: 10.1093/jxb/erv122.
 12. Reyer C., Leuzinger S., Rammig A. et al. A plant's perspective of extremes: terrestrial plant responses to changing climatic variability // Global Change Biology. 2013. Vol. 19. P. 75–89. DOI: 10.1111/gcb.12023.
 13. Venske E., Dos Santos RS., Busanello C. et al. Bread wheat: a role model for plant domestication and breeding // Hereditas. 2019. No 156:16. DOI: 10.1186/s41065-019-0093-9.
 14. Vollset S.E., Goren E., Yuan C. et al. Fertility, mortality, migration, and population scenarios for 195 countries and territories from 2017 to 2100: a forecasting analysis for the Global Burden of Disease Study // Lancet. 2020. Vol. 396. No 10258. P. 1285–1306. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30677-2.
 2. Grabovec A.I., Fomenko M.A. Sovershenstvovanie metodologii selekcii pshenicy v usloviyah nedostatochnogo uvlazhneniya // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2016. № 2 (18). S. 48–53.
 3. Kincharov A.I., Dyomina E.A. Analiz i kratkosrochnyj prognoz izmeneniya klimaticheskikh uslovij v adaptivnoj selekcii yarovykh zernovykh // Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. 2022. № 1. S. 23–30. DOI: 10.31857/S2500262722010057.
 4. Kincharov A.I. Selekcija yarovoj myagkoj pshenicy na skorospelost' v usloviyah lesostepi Srednego Povolzh'ya: avtoref. dis. ... kand. s.-h. nauk. Saratov, 1998. 16 s.
 5. Merezko A.F., Udachin R.A., Zuev E.V. i dr. Popolnenie, sohranenie v zhivom vide i izuchenie mirovoj kolekcii pshenicy, egilopsa i tritikale (metodicheskie ukazaniya). SPb: VIR, 1999. 81 s.
 6. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur. M., 2019. Vyp. 1. 329 s.
 7. Pryanishnikov A.I., Savchenko I.V., Mazurov V.N. Adaptivnaya selekcija: teoriya i praktika otbora na produktivnost' // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2018. № 3. S. 29–32. DOI: 10.30850/vrsn/2018/3/29-32.
 8. Stypochkin P.I., Emceva M.V. Izuchenie mezhfaznogo perioda «vskhody – koloshenie» u iskhodnykh roditel'skikh form i gibridov tritikale s raznymi genami Vrn // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2017. T. 21. № 5. S. 530–533. DOI: 10.18699/VJ17.22-о.
 9. Gharib M., Qabil N., Salem A. et al. Characterization of wheat landraces and commercial cultivars based on morpho-phenological and agronomic traits // Cereal Research Communications. 2021. Vol. 49. P. 149–159. DOI: 10.1007/s42976-020-00077-2.
 10. Gómez D., Salvador P., Sanz J. et al. Modelling wheat yield with antecedent information, satellite and climate data using machine learning methods in Mexico // Agricultural and Forest Meteorology. 2021. Vol. 300. P. 108317 DOI: 10.1016/j.agrformet.2020.108317.
 11. Lopes M., El-Basyoni I., Baenziger P. et al. Exploiting genetic diversity from landraces in wheat breeding for adaptation to climate change // Journal of Experimental Botany. 2015. Vol. 66. No 12. P. 3477–3486. DOI: 10.1093/jxb/erv122.
 12. Reyer C., Leuzinger S., Rammig A. et al. A plant's perspective of extremes: terrestrial plant responses to changing climatic variability // Global Change Biology. 2013. Vol. 19. P. 75–89. DOI: 10.1111/gcb.12023.
 13. Venske E., Dos Santos RS., Busanello C. et al. Bread wheat: a role model for plant domestication and breeding // Hereditas. 2019. No 156:16. DOI: 10.1186/s41065-019-0093-9.
 14. Vollset S.E., Goren E., Yuan C. et al. Fertility, mortality, migration, and population scenarios for 195 countries and territories from 2017 to 2100: a forecasting analysis for the Global Burden of Disease Study // Lancet. 2020. Vol. 396. No 10258. P. 1285–1306. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30677-2.

REFERENCES

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОСУШЕНИЯ ПЕРЕУВЛАЖНЯЕМЫХ ПОЧВ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ВЫСОКОПРОДУКТИВНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Юрий Иванович Митрофанов, кандидат сельскохозяйственных наук
Ольга Николаевна Анциферова, кандидат сельскохозяйственных наук
Наталья Константиновна Первушина
ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», г. Москва, Россия
E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

Аннотация. В статье представлены результаты многолетних (1982–2021 годы) исследований эффективности дренажа и влияния минеральных удобрений на продуктивность переувлажняемых почв. Работу проводили на трех объектах мелиорации Тверской области с дерново-подзолистыми легкосуглинистыми глееватыми почвами, сформированными на морене и мало-мощном двучлене. Установлено, что при длительной эксплуатации дренаж сохраняет работоспособность, оказывает положительное влияние как на продуктивность выращиваемых сельскохозяйственных культур, так и весь севооборот. За 19 лет под воздействием осушения и с применением удобрений прибавка урожайности была в пределах нормативных значений: картофеля – 7,8 т/га, (30,7%), яровых зерновых культур – 0,69 (22,6), озимых зерновых – 1,67 т/га (55,9%). В годы с избыточным количеством осадков получена прибавка в два-три раза выше, чем при среднем. Самую сильную корреляцию яровых зерновых культур с гидротермическими показателями получили в мае. Действие дренажа проявляется в более устойчивом земледелии, что подтверждается снижением коэффициента временной вариабильности урожайности картофеля и зерновых в 1,5–4,0 раза. Основным фактором, влияющим на повышение интенсификации земледелия при осушении почвы, – минеральные удобрения. Обобщение полученных результатов показало, что под действием удобрений урожайность яровой пшеницы повысилась на 53,4–85,1%, озимой ржи – 45,5–71,6, однолетних трав – 60,9, ячменя – 57,4, овса – 57,9, картофеля – 93,4–210%. Доля влияния минеральных удобрений на прирост урожайности зерновых в результате осушения 79,9–80,1%, картофеля – 86,6–88,2, дренажа – 20,1–30,0 и 11,9–13,5% соответственно. Затраты на мелиорацию, в зависимости от сложности объекта и интенсивности использования осушаемых земель, окупаются за период от двух до шести лет.

Ключевые слова: почва, дренаж, осушаемые земли, урожайность, удобрения, технологии, интенсификация, окупаемость

EFFICIENCY OF SATURATED WITH WATER SOILS DRAINAGE IN ENSURING HIGHLY PRODUCTIVE AGRICULTURE

Yu.I. Mitrofanov, *PhD in Agricultural Sciences*
O.N. Antsiferova, *PhD in Agricultural Sciences*
N.K. Pervushina
FRC «V.V. Dokuchaev Soil Science Institute», Moscow, Russia
E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

Abstract. The article presents the results of long-term (1982–2021) studies to assess the effectiveness of drainage and the effect of mineral fertilizers on the productivity of waterlogged soils. The studies were carried out on three land reclamation sites in the Tver region with soddy-podzolic light loamy gleyic soils formed on a moraine and a thin binomial. It has been established that during long-term operation, drainage remains operational, has a positive effect both on the productivity of cultivated crops and on the entire crop rotation. Over 19 years of research under the influence of drainage with the use of fertilizers, the increase in plant yield was within the standard values: potatoes 7.8 t/ha, which corresponds to 30.7%, spring crops 0.69 t/ha (22.6%), winter cereals 1.67 t/ha (55.9%). The most significant increases were obtained in years with excessive precipitation, 2-3 times higher than with an average level of precipitation. The strongest correlation of spring crops with hydrothermal indicators was obtained in the month of May. The effect of drainage is manifested in more sustainable agriculture, which is confirmed by a decrease in the coefficient of temporal variability of yields, both potatoes and grains, by 1.5–4.0 times. Studies have shown that the main factor influencing the increase in the intensification of agriculture when the soil is drained is mineral fertilizers. Generalization of the obtained results showed that under the influence of fertilizers, the yield of spring wheat increased by 53.4–85.1%, winter rye – by 45.5–71.6%, annual grasses – by 60.9%, barley – by 57.4%, oats – by 57.9%, and potatoes – by 93.4–210%. In the amount of grain yield increase, the share of mineral fertilizers as a result of drainage is estimated at 79.9–80.1%, and potatoes at 86.6–88.2%. The share of drainage in the structure of the increase in the yield of grain crops, at the same time, is 20.1–30.0%, for potatoes – 11.9–13.5%. Reclamation costs, depending on the complexity of the facility and the intensity of the use of drained lands, pay off in 2–6 years.

Keywords: soil, drainage, drained lands, productivity, fertilizers, technologies, intensification, payback

Комплексное улучшение мелиоративно не-устроенных сельскохозяйственных угодий, в том числе сильно переувлажненных, – необходимое условие для интенсификации земледелия. [2, 8, 16] В Нечерноземной зоне масштабно мелиорацию зе-

мель проводили в 70–80-е годы прошлого столетия. Основной способ осушения минеральных переувлажняемых почв – закрытый дренаж. [9, 10] Он позволяет начать весенние полевые работы на два-семь дней раньше, что повышает урожайность культур и

снижает себестоимость 1 т к. ед. на 20,8%. [7] В условиях Северо-Запада Нечерноземной зоны при осушении земель кратковременного избыточного увлажнения прирост урожая зерновых и пропашных культур от дренажа по данным бывшего Северного НИИ гидротехники и мелиорации составляет 50...60%, многолетних трав — 35...40, себестоимость механизированных работ снижается на 10%. Когда с помощью дренажа осушают земли длительного избыточного увлажнения, эти показатели существенно выше — 75...90%, 55...60 и 15% соответственно. Если нормативный срок эксплуатации мелиоративных систем составляет 50 лет, то капитальные затраты на осушение при выращивании зерновых культур могут окупаться за 5,2 года, картофеля — 2,3, овощей — 0,5...1,0, льна-долгунца — 1,7, однолетних трав на зеленый корм — 7,8, при сенокосном использовании — 10 лет и более. Устройство осушительной сети окупается в течение года при условии высоких прибавок от осушения, а с учетом затрат на окультуривание земель — не более чем за два-три года. [4] В Тверской области сроки окупаемости затрат на мелиорацию для пашни составляют 3,3...3,7 года, сенокосов — 3,7...8,9, пастбищ — 1,8...2,4 года. [1]

В 90-е годы прошлого века работы по мелиорации земель были практически прекращены. Большинство инженерно-мелиоративных систем в Нечерноземной зоне в настоящее время более 40 лет, значительная часть из них нуждается в эксплуатационных мероприятиях, ремонте и реконструкции.

Цель работы — показать на основе результатов длительных исследований значение мелиорации пахотных угодий в обеспечении высокопродуктивного земледелия.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Полевые эксперименты проводили во Всероссийском НИИ мелиорированных земель (Тверская область) на трех объектах мелиорации — «Терехово» (1968—1978 годы), «Кузьминское болото-2» (1982—1984) и «Губино» (1985—1993 и 2011—2021 годы). Почвы — дерново-подзолистые легкосуглинистые глееватые, сформировавшиеся на первых двух участках на морене, третьем — маломощном двучлене. Участки осушали с помощью гончарного дренажа при среднем расстоянии 20 м между дренами и глубине их нахождения — 0,9...1,2 м.

Агроэкологическую эффективность дренажа в зависимости от сроков его службы и погодных условий оценивали в ландшафтно-организованном опыте на объекте мелиорации «Губино» в два этапа — первое (1985—1993) и четвертое 2012—2021 десятилетие после сдачи его в эксплуатацию. Возраст дренажа — 40 лет. На первом этапе опыт представлен тремя почвенными участками, различающимися состоянием водного режима: глееватая почва без дренажа (периодически переувлажняемая — контроль); глееватая почва, осушаемая закрытым гончарным дренажем; автоморфная почва (нормальное увлажнение, осушение не требуется). На всех участках располагали полевые плодосменные севообороты с чередованием культур: горохо-овсяная смесь, озимая рожь, картофель, овес + клевер, клевер,

ячмень. Удобрения вносили согласно нормальной технологии. На втором этапе исследования проводили только на осушаемом и неосушаемом участках. Дополнительно введены варианты с интенсивной и экстенсивной (без минеральных удобрений) технологиями. Перед закладкой опыта показатели агрохимического состояния почвы в пахотном слое: $pH_{\text{сол}}$ — 5,6...6,4 (ГОСТ 26483-85), гидролитическая кислотность — 0,88...1,70 мг-экв./100 г почвы (по Каппену), содержание гумуса — 2,05...2,77% (по Тюрину), K_2O — 72...123 мг/кг, P_2O_5 — 216...222 мг/кг почвы (по Кирсанову). [14] На объекте «Губино» устанавливали влияние мелиоративного рыхления переувлажненных почв на опытной делянке площадью 1 га. Контролем в опытах были почвы с обычной вспашкой на глубину 20...22 см. Мелиоративное рыхление проводили три раза за ротацию севооборота — под горохо-овсяную смесь, картофель и ячмень. Использовали полосной (ленточный) способ рыхления на глубину 50...60 см с шагом 1,4 м. Каждый вариант занимал отдельную дренажную систему, размещение — систематическое и рендомизированное, поперек дрен.

Технологии и гребнистую вспашку изучали на делянках по 200...400 м². Повторность во всех опытах — трех-, четырехкратная. Зерновые культуры убирали комбайном. Урожай пересчитывали на стандартную влажность зерна (14%). Достоверность прибавок урожая, корреляционную связь урожайности с критериями физического состояния почвы, коэффициенты вариации определяли методами дисперсионного, корреляционного и регрессионного, а также статистического анализа соответственно. Коэффициенты использования элементов питания из удобрений устанавливали разностным методом. [3] Экономическую и энергетическую оценку приемов и технологий проводили по компьютерным программам ВНИИМЗ и методике РАСХН. [15]

Степень влияния дренажа на эффективное плодородие почвы находили по комплексным агрофизическим показателям, которые рассчитывали с помощью индивидуальных диагностических критериев: общей пористости почвы, пористости устойчивой аэрации (объем почвенных пор, занятых воздухом при наименьшей влагоемкости — НВ), влажности почвы (% НВ) в среднем за вегетацию, средневегетационных коэффициентов аэрации, характеризующих параметры водно-воздушного режима и показывающих какой объем воздуха приходится на единицу объема воды в почве. [13]

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Устранение избыточного увлажнения почвы обеспечивает оптимизацию сроков проведения всех видов полевых работ, позволяет в более полном объеме использовать вегетационный период растений, который ограничен в условиях Нечерноземной зоны. Осушение улучшает качество полевых работ, повышает эффективность и устойчивость земледелия. Индекс физического состояния почв в экспериментах по изучению влияния дренажа на глееватой почве повысился на 87,9%. Кроме того, установлено, что осушение способствует улучшению агрохимических показателей пахотного слоя почвы.

Таблица 1.

Влияние дренажа на урожайность культур (т/га) в севообороте

Культура	Дерново-подзолистая легкосуглинистая глееватая почва						Средняя прибавка урожайности от осушения	НСР ₀₅
	опыт 1* (1982–1984 годы)			Опыт 2** (1985–1993 годы)				
	контроль – не дренированная	дренированная	прибавка урожая от осушения, ±	контроль – не дренированная	дренированная	прибавка урожая от осушения, ±		
Клевер первого года пользования	32,8	36,8	+4,0	26,5	26,2	-0,3	1,90	3,53
Озимая рожь	1,8	4,0	+2,2	2,0	3,9	+1,9	2,05	0,33
Картофель	21,0	31,0	+10,0	17,8	24,5	+6,7	8,40	2,47
Ячмень	1,9	3,6	+1,7	2,5	3,3	+0,8	1,25	0,28
Овес+ клевер	2,3	3,1	+0,8	2,4	3,2	+0,8	0,80	0,30
Однолетние травы	15,5	28,5	+13,0	19,4	22,3	+2,9	8,00	2,11
Продуктивность 1 га севооборотной площади, т к. ед.	3,78	5,72	+1,94	4,24	5,37	1,13	1,53	0,35

Примечание. * – почва, сформировавшаяся на морене, объект – «Кузьминское болото-2»; ** – на двучлене, объект – «Губино».

Оценка влияния дренажа на плодородие почв осуществляется на основе главного критерия – прироста урожайности возделываемых сельскохозяйственных растений после осушительных мероприятий. По результатам двух опытов на фоне удобрений урожайность ячменя, который наиболее требователен к сохранению оптимального водно-воздушного режима, под влиянием дренажа увеличилась на 57,95%, овса – 34,9, озимой ржи – 110,0, овсяно-гороховой смеси – 45,8, картофеля – 31,0%. Продуктивность всего севооборота повысилась на 38,5% (табл. 1).

Самые высокие урожаи под воздействием осушения были на дерново-подзолистой легкосуглинистой глееватой почве, сформированной на морене. Дренажные системы после сорокалетней эксплуатации сохранили свою работоспособность. Средние многолетние прибавки урожайности от осушения за последние десять лет остались на уровне полученных в первые девять. Увеличение урожайности картофеля за 1985–1993 годы под влиянием дренажа составило 6,7 т/га (37,6%), ячменя – 0,83 (33,1), озимой ржи – 1,95 (98,9); за 2012–2021 годы – 8,6 (6,5), 5,6 (15,7) и 1,38 т/га (33,9%) соответственно. В среднем за 19 лет прибавки урожайности основных полевых культур от осушения соответствовали нормативному уровню: картофель – 7,8 т/га (30,7%), яровые зерновые – 0,69 (22,6), озимые зерновые – 1,67 т/га (55,9%). На продуктивности клевера действие дренажа практически не отразилось, средняя прибавка урожайности – 1,4 т/га зеленой массы (3,34%) (табл. 2).

В Нечерноземной зоне РФ нормативная прибавка урожайности зерновых культур от осушения на минеральных почвах – 0,73 т/га, льна (волокно) – 0,13, картофеля – 5,36, многолетних трав на сено – 1,30 т/га, по отдельным областям зерновых культур – 0,50...0,94 т/га, картофеля – 2,5...8,6, сена многолетних трав – 0,79...1,22 т/га. [4]

Относительные прибавки урожайности от осушения на заключительном этапе опытов, в отличие от их абсолютных величин, существенно уменьшились. Связано это с возросшей на втором этапе

исследований урожайностью культур, повышением плодородия почв, благоприятными погодными условиями, применением новых сортов и более эффективных гребне-грядовых технологий выращивания культур. По уровню использования минеральных удобрений начальный и заключительный периоды исследований практически не различались. Среднегодовая урожайность на осушаемом участке для картофеля в последние десять лет наблюдений, по сравнению с начальным периодом, была выше на 67,4%, яровых зерновых – 23,3, ржи озимой – 39,2%, на неосушаемом – 82,1%, 41,5 и 110,1% соответственно.

Дренаж влияет на урожайность сельскохозяйственных растений и прибавку урожая в зависимости от погодных условий. Во втором периоде исследований было значительно больше засушливых лет (средний за 1985–1993 годы ГТК по Селянину – 1,73, 2012–2021 – 1,45). Экстремальные по погодным условиям годы, к которым относятся засушливые, а также избыточно увлажненные составили 60,2%, на первом этапе их было 33,5%. Наиболее значительные (в два-три раза) прибавки урожайности возделываемых растений от дренажа были получены в годы с избыточным увлажнением почв из-за низкой урожайности этих культур на переувлажненном участке. В отдельные засушливые годы на осушаемых участках урожай картофеля и зерновых на фоне дефицита влаги был даже ниже, чем на неосушаемых почвах.

Однако на переувлажненном неосушаемом участке за первые девять лет исследований в трех случаях наблюдали гибель посевов озимой ржи в зимний период из-за неблагоприятных условий. На дренированном участке в эти годы средняя урожайность составила 3,91 т/га. У яровых зерновых культур наиболее высокие прибавки урожая от действия дренажа получены в годы с неблагоприятными погодными условиями в мае, когда их посев на переувлажняемых землях вынужденно проводили в конце мая–начале июня с более низким качеством полевых работ. Поздние сроки сева – одна из основных причин низкой урожайности зерновых

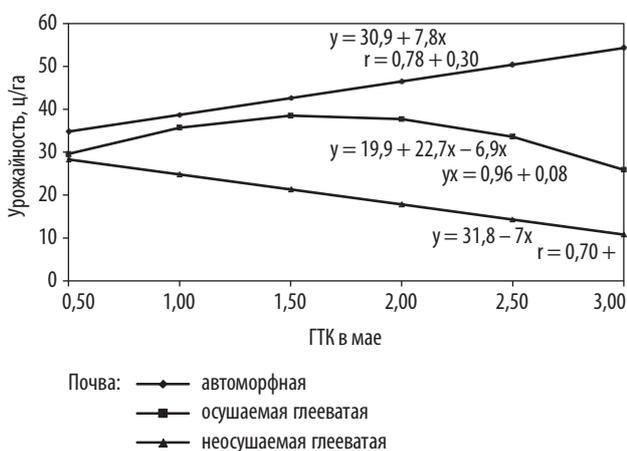
Таблица 2.

Урожайность культур (т/га) в зависимости от погодных условий и длительности службы дренажа

Вариант	Годы, ГТК								Среднее за 19 лет
	1985–1993				2012–2021				
	засушливые – 0,98	влажные – 1,56	избыточно-влажные – 2,45	среднее – 1,73	засушливые – 0,71	влажные – 1,38	избыточно-влажные – 2,07	среднее – 1,45	
Картофель									
К	7,2	16,2	27,8	17,8	29,9	34,5	31,9	32,4	25,4
Д	18,4	24,4	28,8	24,5	32,2	39,5	51,5	41,0	33,2
+	+11,2	+8,2	+1,0	+6,7	+2,3	+5,0	+19,6	+8,6	+7,8
Яровые зерновые (яровая пшеница и ячмень)									
К	9,4	2,60	3,00	2,51	2,85	4,17	3,04	3,56	3,05
Д	3,93	3,11	3,75	3,34	3,19	4,64	4,15	4,16	3,74
+	+29,9	+0,51	+0,75	+0,83	+0,34	+0,47	+1,11	+0,60	+0,69
Озимые зерновые (рожь, тритикале)									
К	Гибель	2,41	1,81	1,97	5,27	4,33	2,85	4,53	3,02
Д	5,21	3,50	4,18	3,92	5,37	5,21	5,90	5,92	4,69
+		+1,09	+2,37	+1,95	+0,10	+0,88	+3,05	+1,39	+1,67
Клевер первого года пользования									
К		26,7	25,8	26,5	47,2	55,8	51,7	51,7	41,9
Д	--	24,1	30,5	26,2	56,6	48,9	62,6	54,5	43,3
+		-2,6	+4,7	-0,3	+8,6	-6,9	+10,9	+2,8	+1,4

Примечание. Почва дерново-подзолистая легкосуглинистая глееватая: К – контроль – не дренированная; Д – дренированная. Яровая пшеница – 2012–2021 годы, ячмень – 1985–1993, озимая рожь – 2012–2015, озимая тритикале – 2016–2021 годы. Засушливые годы для картофеля и яровой пшеницы – 1992, 2013, 2014, 2021, озимых культур – 1992, 2014, 2021, клевера – 2019, 2021. Влажные годы для картофеля и яровой пшеницы – 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1991, 2015, 2016, 2018, 2019, озимых культур – 1985, 1986, 1987, 1988, 1991, 2013, 2015, 2016, 2018, 2019, клевера – 1985, 1986, 1987, 1988, 2013, 2014, 2015, 2016, 2018. Избыточно влажные годы для картофеля и яровой пшеницы – 1990, 1993, 2012, 2017, 2020, озимых культур – 1989, 1990, 1993, 2012, 2017, 2020, клевера – 1989, 1990, 1993, 2012, 2017, 2020.

культур на переувлажняемом участке. В условиях северо-запада Центрального района Нечерноземной зоны для овса наиболее благоприятные календарные сроки сева на осушаемых землях – апрель и первая половина мая, ячменя и яровой пшеницы – первая половина мая. [11] Продолжительность оптимальных сроков составляет 5...10 дней с момента наступления физической спелости почвы. При посеве с задержкой на 10 дней урожайность ранних зернофуражных культур (ячмень, овес) снижается на 24,0...31,5%, 20 дней – 42,3...61,0%. Установлена корреляционная связь урожайности ячменя с гидротермическими условиями в мае (см. рисунок).



Характер этой связи зависел от почвенно-мелиоративного состояния технологических участков, водного режима и гидроморфизма почв. На участке с автоморфной почвой связь урожайности ячменя с ГТК (по Селянинову) в мае была прямой (коэффициент корреляции составил 0,78), на неосушаемой глееватой почве – обратной (0,70): чем выше ГТК в мае, тем ниже урожайность ячменя на переувлажняемой почве. На осушаемых землях (глееватая почва) корреляционная зависимость урожая ячменя от гидротермических условий мая носила криволинейный характер при корреляционном отношении $0,96 + 0,08$. Здесь гидротермические условия мая становились неблагоприятным фактором для формирования урожая ячменя при ГТК более 2,0. На неосушаемых глееватых почвах снижение урожайности ячменя отмечено при ГТК в мае около 1,0, на глеевых – 1,3...1,5, глееватых, слабооглеенных и автоморфных – 2,0...2,5.

Основная агроэкологическая роль дренажа в годы с затяжной весной и дождливой погодой в мае определяется способностью обеспечивать своевременное наступление физической спелости почвы, оптимальные сроки посева культур с высоким качеством полевых работ.

Осушение – существенный фактор повышения устойчивости земледелия. Зависимость его от погодных условий в первые девять лет под влиянием дренажа уменьшилась в 1,5...4,0 раза, коэффициент временной вариабельности урожайности у озимой ржи снизился с 98,5 до 20,9%, ячменя – 50,2...24,3, картофеля – 72,4...20,4%. В 2012–2021 годах поло-

жительное влияние дренажа на устойчивость урожаев было менее заметным. У зерновых культур коэффициент вариации снизился в 1,25...2 раза, озимой ржи – с 60,5 до 30,7%, яровой пшеницы – с 34,9 до 26,3% (табл. 3). Изменения были незначительными для картофеля и клевера. В среднем за 19 лет временная изменчивость урожаев озимой ржи под влиянием дренажа уменьшилась в 3,1 раза (с 79,5 до 25,8%), яровых зерновых культур в 1,68 (с 42,6 до 25,3%), картофеля – 2,06 раза (с 48,4 до 23,5%). Вариабельность урожая клевера после дренирования почвы незначительно увеличилась из-за засушливых лет.

Осушение создает благоприятные условия для более эффективного использования достижений селекции, применения минеральных удобрений, новых технологий и других факторов интенсивного земледелия. [12] По обобщенным данным минеральные удобрения на осушаемых почвах повышают урожайность однолетних трав на 61,4%, овса и ячменя – 57,6, яровой пшеницы – 53,3...84,9%, озимой ржи – 45,5...71,6, картофеля – 93,4...210%. Под влиянием дренажа коэффициент использования азота минеральных удобрений увеличивался на 30%, фосфора – 32,6, калия – 34,5, окупаемость минеральных удобрений урожаем зерна – 34,2%. При нормальных технологиях выращивания зерновых культур 79,9...80,0% суммарного прироста их урожая на переувлажняемых землях после осушения формируется за счет минеральных удобрений, у картофеля – на 86,5...88,1%. Долевое участие дренажа в увеличении урожайности у зерновых культур составляет 20,1...30,0%, картофеля – 11,9...13,5%, при интенсивных технологиях выращивания на переувлажняемых землях после их осушения оно снижается до 15...20 и 10,9% соответственно.

Проведение мероприятий по оптимизации водно-воздушного почвенного состояния, окультуривание переувлажняемых почв, выращивание высокопродуктивных сортов, использование лучших предшественников, сбалансированной системы питания и защиты растений от вредителей и болезней, борьба с сорняками, применение агромерелиоративных способов обработки почв обеспечивают повышение урожайности зерновых культур на переувлажняемых землях при их осушении в 2,7 и более раз. Интенсивные агротехнологии и приемы обеспечивают получение зерна 4,2...6,3 т/га и более. Использование интенсивной технологии позволило увеличить урожайность овса на 1,11 т/га, ячменя – 1,28, озимой ржи – 2,18 т/га. [11]

Выполненная на основе полевых опытов оценка экономической и энергетической эффективности проведения осушения почв на основе дренажа показала, что затраты на осушение, в зависимости от сложности объекта мелиорации, окупаются за период от двух до шести лет. На сроки окупаемости капитальных затрат при осушении большое влияние оказывает вид мелиорированных угодий и интенсивность их использования. Обязательные условия быстрой окупаемости энергозатрат на мелиорацию – внесение органических и минеральных удобрений под планируемый урожай, общая высокая культура земледелия, применение мелиоративных мероприятий и современных агротехнологий, адаптированных к условиям осушаемых земель.

Таблица 3.
Влияние осушения на вариабельность урожайности (т/га) полевых культур по годам

Культура	Почва – дерново-подзолистая легкосуглинистая					
	неосушаемая			осушаемая		
	1985–1993	2012–2021	среднее	1985–1993	2012–2021	среднее
Озимая рожь	98,5	60,5	79,5	20,9	30,7	25,8
Ячмень	50,2	34,9	42,6	24,3	26,3	25,3
Картофель	72,4	24,5	48,4	20,4	26,5	23,5
Клевер	17,4	25,8	21,6	29,5	23,5	26,5

По объекту «Терехово» окупаемость затрат на осушение рассчитывали по получаемому чистому доходу и суммарным затратам на выращивание продукции, при этом до мелиорации эти земли дохода не приносили. [6] Окупаемость гончарного дренажа (глубина заложения дрен 1,0...1,2 м, междреннее расстояние 20 м) при сельскохозяйственном использовании осушенных земель в плодосменном севообороте с введением льна была 1,6 лет, без него – 2,0 года, кормовом – 1,9 года, при сенокосном использовании – 7,1 года. Доходы от выращивания льна окупают затраты на мелиорацию за 1,1...1,4 года, зерновых культур – 2,8...3,2 года. При использовании осушаемых земель в системе полевых и кормовых севооборотов общей продуктивностью 4,0...6,0 т к. ед./га с возделыванием картофеля, многолетних трав, корнеплодов, льна и зерновых культур затраты на мелиорацию окупаются за два-четыре года. Выращивание промежуточных культур в севооборотах снижает срок окупаемости затрат на 11,1...13,8%.

На объектах «Кузьминское болото-2» и «Губино» расчеты по окупаемости капитальных затрат на осушение и по эффективности выращивания на дренированных землях отдельных культур проводили на основе учета прибавок урожая при осушении. На фоне нормальных технологий окупаемость затрат на дренаж дерново-подзолистой глееватой почвы на морене составила три года, маломощном двучлене – семь лет. Без удобрений окупаемость затрат на проведение мероприятий по осушению переувлажняемых почв увеличивалась до 14...15 лет. Энергозатраты на осушение глееватых почв быстрее всего окупаются в плодосменных и специализированных на производстве зерна и картофеля севооборотах. [5] При освоении закустаренных сенокосов с глеевыми почвами наиболее быстрая окупаемость энергозатрат обеспечивается в травопольных севооборотах. Расчеты свидетельствуют о достаточно высокой энергетической эффективности осушительных мелиораций в системе земельных улучшений. Данная оценка объективна, так как энергетические расчеты основаны на фактическом материале.

Выводы. Таким образом, осушение позволяет существенно изменить производственный потенциал переувлажняемых земель. После проведения работ по снижению избыточного увлажнения становится возможным расширять площади посевов продуктивных и ценных сельскохозяйственных культур (лен, картофель, зерновые), вводить более интенсивные севообороты.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Акимов А.А., Дроздов И.А., Сутягин В.П., Тюлин В.А. Методология землеустройства в адаптивном земледелии // Научная жизнь. 2018. № 10. С. 134–143.
2. Гулюк Г.Г. Эффективное развитие мелиоративного комплекса // Мелиорация и водное хозяйство. 2022. № 2. С. 2–6.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 416 с.
4. Дубенок Н.Н. Мелиорация земель – основа успешного развития агропромышленного комплекса // Мелиорация и водное хозяйство. 2013. № 3. С. 7–9.
5. Дьяченко Е.Н., Разина А.А., Шевелев А.Т., Дятлова О.Г. Технология комплексного применения удобрений, химических и биологических мелиорантов, средств защиты растений в плодосменном севообороте // Земледелие. 2018. № 3. С. 28–31. DOI: 10.24411/0044-3913-201810306
6. Иванов Д.А., Ковалев Н.Г., Рублюк М.В., Карасева О.В. Результаты мониторинга мелиоративного состояния агроландшафта // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2015. № 5. С. 46–49.
7. Кениг Г.Р. Инженерное обустройство территории: мелиорация земель и водоснабжение. Пермь: Изд-во ФГОУ ВПО «Пермская ГСХА», 2008. Ч. 1. 207 с.
8. Кирюшин В.И. Концепция развития земледелия в Нечерноземье. СПб.: ООО «Квадро», 2020. 276 с.
9. Ксензов А.А. Научный подход к осушению почвогрунтов (на примере сформировавшихся на покровных отложениях): научное издание, монография. Тверь: Твер. гос. ун-т, 2017. 32 с.
10. Ксензов А.А. Способ строительства закрытых горизонтальных трубчатых дрен и собирателей для точного земледелия: на основе многолетнего опыта использования дренируемых почв. Тверь: Изд-во Твер. гос. ун-та, 2018. 56 с.
11. Митрофанов Ю.И. Адаптивные севообороты и технологии на осушаемых землях Нечерноземной зоны. Тверь: ТГУ, 2010. 287 с.
12. Митрофанов Ю.И. Агрофизические основы повышения продуктивности осушаемых почв. Монография. Изд-во: LAP Lambert Academic Publishing, Германия, 2017. 196 с.
13. Моисеев К.Г. К оценке физического состояния дерново-подзолистых почв // Агрофизика. 2011. № 1. С. 38–43.
14. Пискунов А.С. Методы агрохимических исследований. М.: Колос, 2004. 312 с.
15. Программы автоматизированных расчетов эффективности технологий, севооборотов и систем земледелия на осушаемых землях: методическое пособие. Тверь: ЧуДо, 2009. 41 с.
16. Щедрин В.Н., Масный Р.С., Манжина С.А., Куприянова С.В. Стратегический подход к развитию мелиорации в условиях меняющегося климата // Мелиорация и водное хозяйство. 2022. № 2. С. 11–17. DOI: 10.32962/0235-2524-2022-2-11-18

REFERENCES

1. Akimov A.A., Drozdov I.A., Sutyagin V.P., Tyulin V.A. Metodologiya zemleustrojstva v adaptivnom zemledelii // Nauchnaya zhizn'. 2018. № 10. S. 134–143.
2. Gulyuk G.G. Effektivnoe razvitie meliorativnogo kompleksa // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. 2022. № 2. S. 2–6.
3. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta. M.: Kolos, 1979. 416 s.
4. Dubenok N.N. Melioraciya zemel' – osnova uspešnogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. 2013. № 3. S. 7–9.
5. D'yachenko E.N., Razina A.A., Shevelev A.T., Dyatlova O.G. Tekhnologiya kompleksnogo primeneniya udobrenij, himicheskikh i biologicheskikh meliorantov, sredstv zashchity rastenij v plodosmennom sevooborote // Zemledelie. 2018. № 3. S. 28–31. DOI: 10.24411/0044-3913-201810306
6. Ivanov D.A., Kovalev N.G., Rublyuk M.V., Karaseva O.V. Rezul'taty monitoringa meliorativnogo sostoyaniya agrolandshtafta // Doklady Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennyh nauk. 2015. № 5. S. 46–49.
7. Kenig G.R. Inzhenernoe obustrojstvo territorii: melioraciya zemel' i vodosnabzhenie. Perm': Izd-vo FGOU VPO «Permskaya GSKHA», 2008. Ch. 1. 207 s.
8. Kiryushin V.I. Konceptiya razvitiya zemledeliya v Nечernozem'e. SPb.: ООО «Kvadro», 2020. 276 s.
9. Ksenzov A.A. Nauchnyj podhod k osusheniyu pochvogrunтов (na primere sformirovavshihsy na pokrovnyh otlozheniyah): nauchnoe izdanie, monografiya. Tver': Tver. gos. un-t, 2017. 32 s.
10. Ksenzov A.A. Sposob stroitel'stva zakrytyh gorizont'al'nyh trubchatyh dren i sobiratelej dlya tochnogo zemledeliya: na osnove mnogoletnego opyta ispol'zovaniya dreniruemyh pochv. Tver': Izd-vo Tver. gos. un-ta, 2018. 56 s.
11. Mitrofanov Yu.I. Adaptivnye sevooboroty i tekhnologii na osushaemyh zemlyah Nечernozemnoj zony. Tver': TGU, 2010. 287 s.
12. Mitrofanov Yu.I. Agrofizicheskie osnovy povysheniya produktivnosti osushaemyh pochv. Monografiya. Izd-vo: LAP Lambert Academic Publishing, Germaniya, 2017. 196 s.
13. Moiseev K.G. K ocenke fizicheskogo sostoyaniya dernovo-podzolistyh pochv // Agrofizika. 2011. № 1. S. 38–43.
14. Piskunov A.S. Metody agrohimicheskikh issledovanij. M.: Kolos, 2004. 312 s.
15. Programmy avtomatizirovannyh raschetov effektivnosti tekhnologij, sevooborotov i sistem zemledeliya na osushaemyh zemlyah: metodicheskoe posobie. Tver': ChuDo, 2009. 41 s.
16. Shchedrin V.N., Masnyj R.S., Manzhina S.A., Kupriyanova S.V. Strategicheskij podhod k razvitiyu melioracii v usloviyah menyayushchegosya klimata // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. 2022. № 2. S. 11–17. DOI: 10.32962/0235-2524-2022-2-11-18

ВЗАИМОСВЯЗЬ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ БЫЧКОВ КАЛМЫЦКОЙ И РУССКОЙ КОМОЛОЙ ПОРОД С МЯСНОЙ ПРОДУКТИВНОСТЬЮ*

Иван Федорович Горлов^{1,2}, академик РАН
 Дмитрий Владимирович Николаев¹, доктор сельскохозяйственных наук
 Екатерина Владимировна Карпенко¹, кандидат биологических наук
 Дарья Александровна Мосолова³, магистрант
 Марина Ивановна Сложенкина^{1,2}, член-корреспондент РАН
 Александр Анатольевич Мосолов¹, доктор сельскохозяйственных наук
 Егор Владимирович Черников¹, аспирант

¹ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции», г. Волгоград, Россия

²ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград, Россия

³«IAE Gustave Eiffel», Франция

E-mail: niimmp@mail.ru

Аннотация. В статье представлен материал по оценке генетических особенностей и продуктивных качеств бычков калмыцкой и русской комолой пород в сравнительном аспекте. Научные исследования проводили в племенном репродукторе по разведению русской комолой породы «ВолгоДонАгро» Волгоградской области. Для этого отобрали две группы восьмимесячных бычков русской комолой породы и калмыцкой – тип «Айта» по 25 голов в каждой. Бычков-аналогов отбирали с учетом возраста и породности. Доказано преимущество бычков русской комолой породы в сравнении со сверстниками калмыцкой по содержанию ДНК-маркеров, отвечающих за формирование мясной продуктивности. Установлено значительное превосходство мясной продуктивности бычков русской комолой породы по сравнению с аналогами калмыцкой: увеличение убойного выхода на 1,44%, выхода мякоти – 1,78, индекса мясности – 0,59%.

Ключевые слова: гены, аллели, мясная продуктивность, бычки калмыцкой и русской комолой пород

CORRELATION BETWEEN GENETICS FEATURES OF KALMYK AND RUSSIAN HORNLESS BREEDS CALF BULLS WITH MEAT PRODUCTIVITY

I.F. Gorlov^{1,2}, Academician of the RAS
 D.V. Nikolaev¹, Grand PhD in Agricultural Sciences
 E.V. Karpenko¹, PhD in Biological Sciences
 D.A. Mosolova³, Graduate Student
 M.I. Slozhenkina^{1,2}, Corresponding Member of the RAS
 A.A. Mosolov¹, Grand PhD in Agricultural Sciences
 E.V. Chernikov¹, PhD student

¹Volga Region Scientific Research Institute of Meat-and-Milk Production and Processing, Volgograd, Russia

²Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia

³«IAE Gustave Eiffel», Paris, France

E-mail: niimmp@mail.ru

Abstract. The article presents the material on the assessment of genetic characteristics and productive qualities of bulls of the Kalmyk and Russian polled breeds in a comparative aspect. Scientific research was carried out in the breeding reproducer for the breeding of the Russian polled breed “VolgoDonAgro” in the Volgograd Region. Two groups of 8-month-old bulls of the Russian polled breed and Kalmyk bulls of the Aita type were selected, 25 heads each. Bulls-analogues were selected taking into account age and breed. The advantage of the bulls of the Russian polled breed in comparison with their peers of the Kalmyk breed in terms of the content of DNA markers responsible for the formation of meat productivity has been proved. A significant superiority of the meat productivity of bulls of the Russian polled breed compared to the Kalmyk analogues was established: an increase in slaughter yield by 1.44%, pulp yield – 1.78, meat index – 0.59%.

Keywords: genes, alleles, meat productivity, bulls of the Kalmyk and Russian polled breeds

Одной из основных проблем АПК России остается обеспечение населения высококачественными продуктами питания, в том числе говядиной. В последние годы наблюдается тенденция по увеличению объемов производства парного, остывшего или ох-

лажденного мяса крупного рогатого скота (говядина и телятина), в том числе для детского питания (2021 год – 283 785 т, что на 15,7% больше, чем в 2020). При этом средняя розничная цена говядины в 2021 году выросла на 9,7% и составила 387,7 руб. за кг.

* Научные исследования проведены в рамках гранта РФФИ № 22-16-00041, ГНУ НИИММП / Scientific research was carried out within the framework of the RNF grant No. 22-16-00041, GNU NIIMMP.

Потребление этого вида мяса в 2021 году – 13,1 кг на человека (рекомендуемая норма – 20 кг), самообеспеченность (соотношение производства и потребления) – 83,5%. [5]

Для наиболее полного удовлетворения потребностей населения в качественной говядине необходимо решать проблемы по наращиванию объемов ее производства. В связи с этим востребованы исследования, направленные на увеличение производства отечественной говядины с использованием высокопродуктивного скота, обладающего выгодными в отношении повышения мясных качеств генетическими особенностями. [1–4, 6–10]

Наиболее перспективные породы крупного рогатого скота мясного направления продуктивности – *калмыцкая* и *русская комолая* (утверждена в 2007 году), разводимые на территории Южного Федерального округа России. [6, 8, 9] Животные обеих изучаемых пород обладают ярко выраженными мясными качествами.

Цель работы – изучить генетические и хозяйственно-биологические особенности скота *калмыцкой* и *русской комолой* пород в сравнительном аспекте.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Научные исследования проводили в племенном репродукторе по разведению *русской комолой* породы «ВолгоДонАгро» Волгоградской области. Для этого отобрали две группы восьмимесячных бычков *русской комолой* породы и *калмыцкой* типа «Айта» (специально приобретенные для опыта) по 25 голов в каждой. Бычков-аналогов отбирали с учетом возраста и породности.

Уровень среднесуточного прироста живой массы (примерно 1000 г/сут) бычков подопытных групп рассчитывали с помощью программы «КормОптим-Эксперт». Кормление корректировали по общепринятым нормам (Клейменов Н.И. и др., 2003).

Подопытных бычков содержали на выгульно-кормовых площадках. Генофонд молодняка разных пород изучали в лабораториях: ФИЦ ВИЖ имени Л.К. Эрнста «Функциональной и эволюционной

Таблица 1.
Количественные и качественные показатели ДНК подопытных животных (P>0,999)

Количество образцов	ID ВИЖ	Qubit, нг/мкл	OD260/OD280
25	<i>Калмыцкая</i> порода (тип «Айта»)	54,2	1,834
25	<i>Русская комолая</i> порода	55,6	1,856

геномики животных», ОНИС БиоТехЖ, центре «Биоресурсы и биоинженерия сельскохозяйственных животных» (Москва) и комплексной аналитической Поволжского научно-исследовательского института производства и переработки мясомолочной продукции.

Для оценки роста и развития подопытного молодняка крупного рогатого скота проводили ежемесячные взвешивания каждого животного с расчетом абсолютных и среднесуточных приростов живой массы. Мясную продуктивность устанавливали по результатам контрольного убоя пяти бычков из каждой группы по методике ВИЖ. Результаты обрабатывали методом вариационной статистики в программе «Excel» («Microsoft», США) и определением критерия достоверности разности – «Statistica 10.0» («Stat Soft Inc.», США).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Из образцов биоматериала, отобранного у изучаемого поголовья, были извлечены ДНК у бычков *калмыцкой* и *русской комолой* пород (табл. 1).

По концентрации двухцепочечной ДНК животные *русской комолой* породы превосходят аналогов *калмыцкой* на 1,4 нг/мкг (2,58%), частоте встречаемости отдельных участков ДНК – 0,022 OD260/OD280 (1,20%) соответственно.

Сопоставление подопытных животных по принадлежности к изучаемым породам составило у бычков *калмыцкой* породы – 0,998, аналогов *русской комолой* – 0,997.

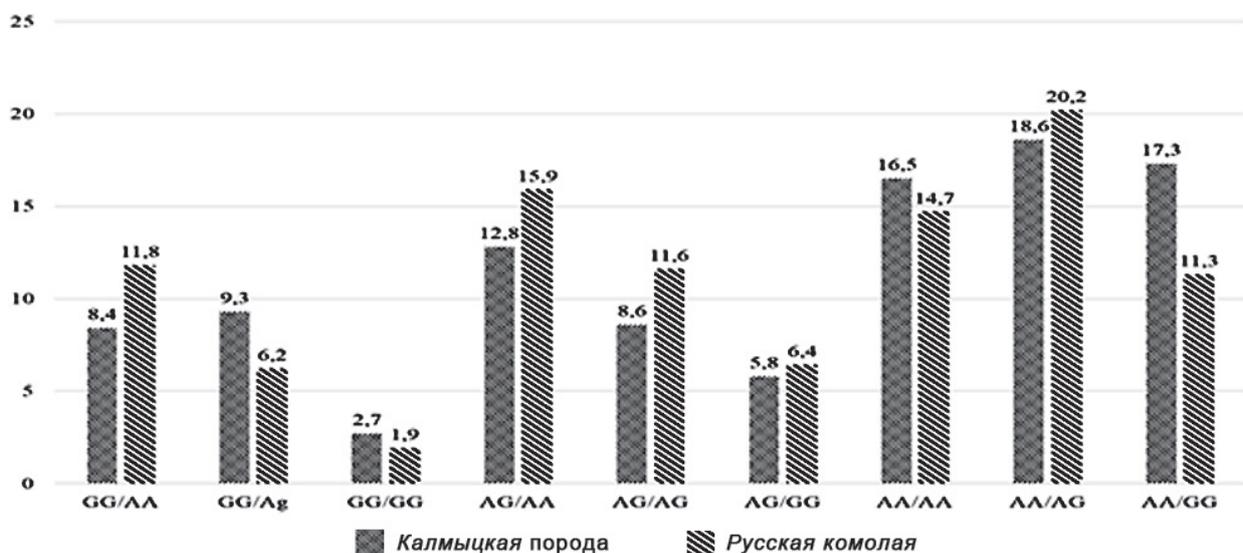


Рис. 1. Структура встречаемости сцепленных генов GH и CAPN1 у скота *калмыцкой* породы типа «Айта» и *русской комолой*, %.

Таблица 2.
Живая масса подопытного молодняка, кг

Возраст, мес.	Порода	
	калмыцкая	русская комолая
8	211,34±1,44	222,27±1,35***
10	263,64±1,76	276,48±1,66***
12	318,64±1,56	336,54±1,87***
14	368,64±1,94	396,61±2,26***
16	419,41±1,86	447,26±2,27***

Примечание. Достоверность разницы: * – P<0,05; ** – P<0,01; *** – P<0,001

Один из факторов, характеризующих мясную продуктивность животных, – наличие в генетической структуре соответствующих гомозиготных аллелей. Например, ген кальпаин (CAPNI) определяет нежность мяса и формирование мраморности, соматропин (GH) способствует нормализации метаболизма организма. [2, 10–13]

При сравнении частоты встречаемости гомозиготных и гетерозиготных аллелей, сцепленных с генами кальпаином и соматропином (гормон роста) в генетической структуре, выявлены различия между *калмыцкой* и *русской комолой* породами (рис. 1).

По генетической структуре как гомозиготных, так и гетерозиготных аллелей, совмещенных с генами GH и CAPNI, наиболее высокие результаты получены по *русской комолой* породе.

Увеличение встречаемости генов, отвечающих за качественные мясные показатели бычков в генотипе *русской комолой* породы, можно объяснить

целенаправленным отбором и подбором животных не только по фенотипу, но и генотипу. Для создания этой породы использовали животных *абердин-ангусской* и *калмыцкой* пород, при подборе животных в пары уделяли внимание нахождению в генотипе животных генов, отвечающих за формирование мясных качеств, в том числе мраморности. Поэтому животные *русской комолой* породы имеют преимущество по их количеству над бычками *калмыцкой*.

Чтобы установить влияние генотипов на формирование мясной продуктивности мы провели исследования по откорму подопытного поголовья бычков сравниваемых пород (табл. 2).

По результатам взвешивания подопытного молодняка видно, что бычки *русской комолой* породы обладали более высокими показателями живой массы по сравнению с аналогами *калмыцкой* в любом возрасте. Бычки *русской комолой* породы в возрасте восьми месяцев были больше своих сверстников *калмыцкой* на 5,17% (P ≥ 0,999); десяти – 4,87 (P ≥ 0,999); двенадцати – 5,62 (P ≥ 0,999); четырнадцати – 7,59 (P ≥ 0,999); шестнадцати месяцев – 6,64% (P ≥ 0,999).

Рассчитаны среднесуточные приросты живой массы (рис. 2).

Бычки *русской комолой* породы достоверно превосходят аналогов *калмыцкой* по среднесуточному приросту живой массы на 70,5 г, или 8,13% (P ≥ 0,999). Вероятно, это происходит из-за более высокой консолидации в их генотипе наборов аллелей и генов, отвечающих за формирование количественных и качественных характеристик мясной продуктивности.

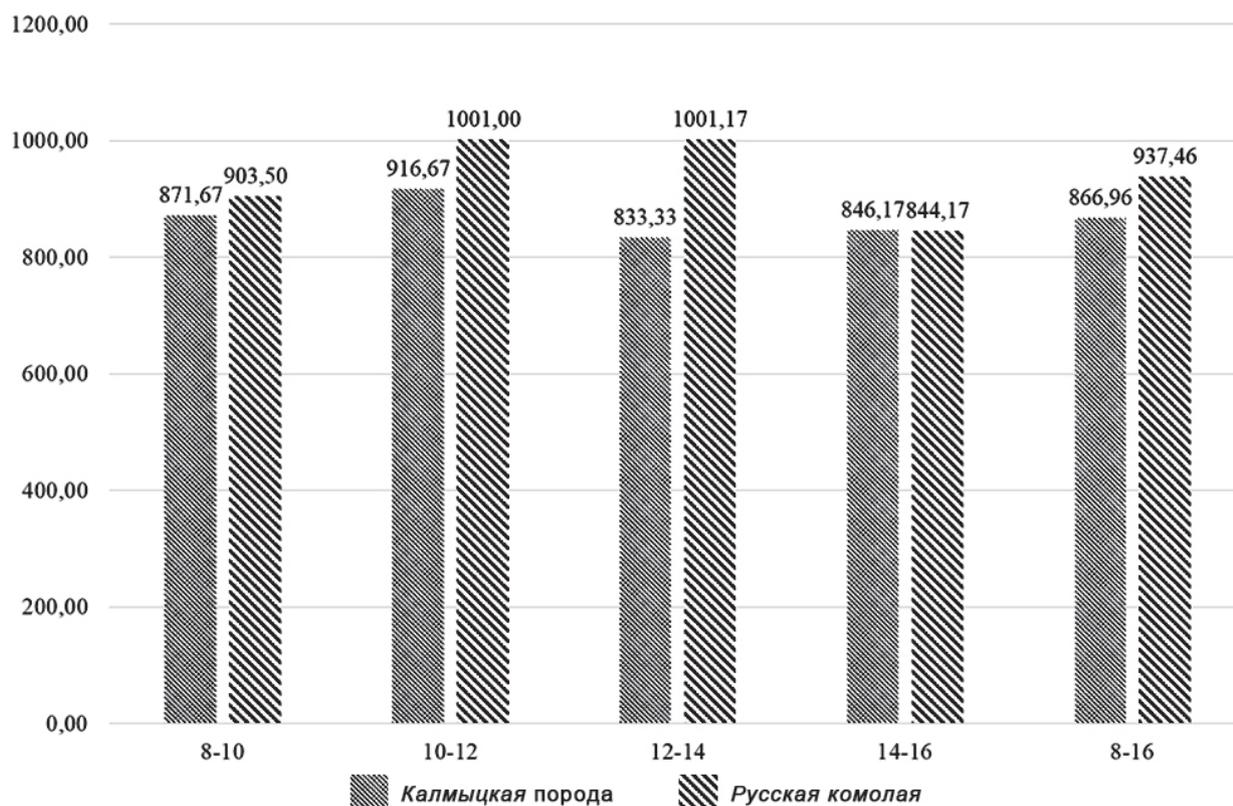


Рис. 2. Показатели среднесуточного прироста живой массы подопытных животных, г.

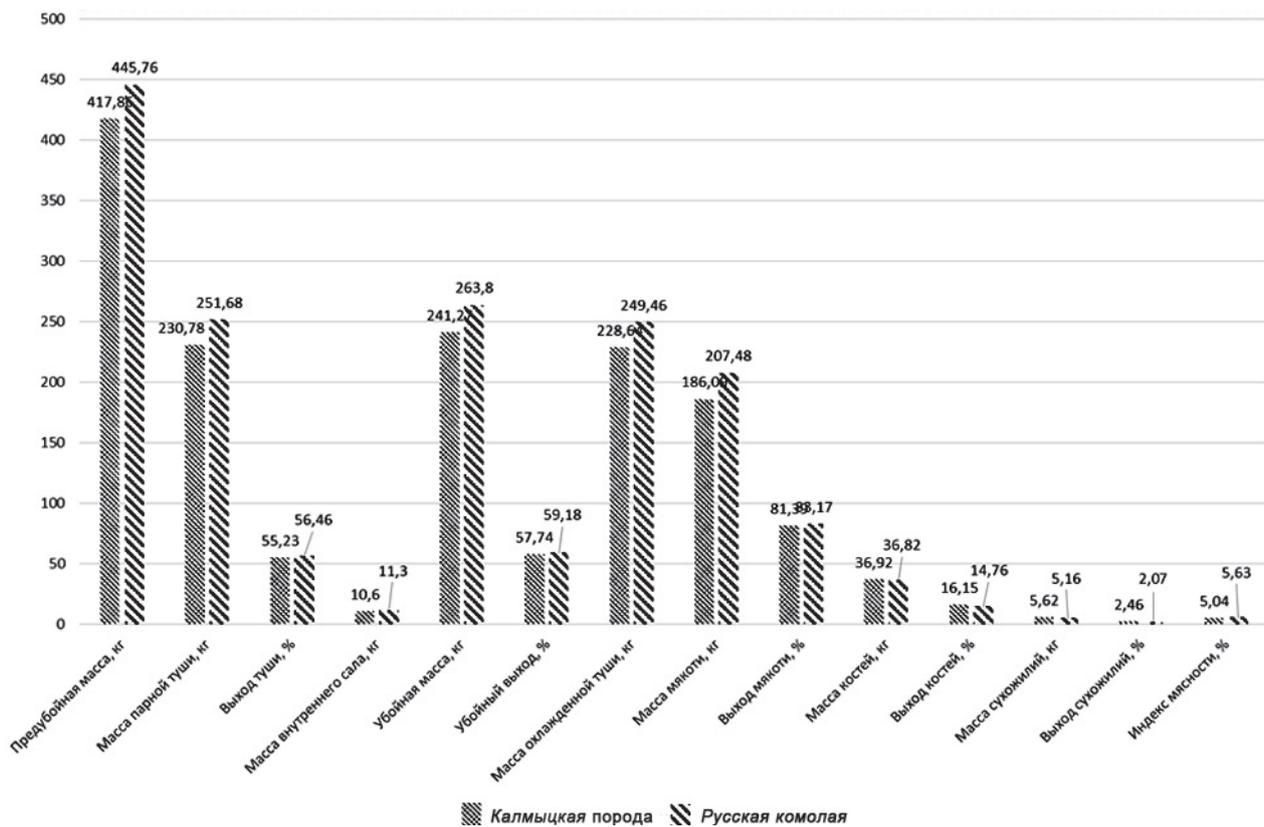


Рис. 3. Контрольный убой бычков изучаемых пород (n = 5).

Был проведен контрольный убой животных в возрасте шестнадцати месяцев по пять голов из каждой группы (рис. 3).

Предубойная масса бычков *русской комолой* породы была больше по сравнению со сверстниками *калмыцкой* на 6,68% ($P \geq 0,99$); масса парной туши – 9,06 ($P \geq 0,99$); выход туши – 1,21; масса внутреннего сала – 6,60; убойная масса – 9,34 ($P \geq 0,999$); убойный выход – 1,44; масса охлажденной туши – 9,1 ($P \geq 0,999$); масса мякоти – 11,49 ($P \geq 0,999$); выход мякоти – 1,78; индекс мясности – 0,59% соответственно.

Таким образом, результаты контрольного убоя подтвердили данные о высоком содержании в генотипе животных *русской комолой* породы генов, отвечающих за повышение мясной продуктивности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Вовченко Е.В., Приступа В.Н., Колосов А.Ю., Дороженко С.А. Формирование мясной продуктивности у молодняка калмыцкой породы разных линий / Инновации в производстве продуктов питания: от селекции животных до технологии пищевых производств. Мат. Межд. науч.-практ. конф. (7–8 февраля 2019 г.). Персиановский: Донской ГАУ, 2019. С. 160–163.
2. Зиновьева Н.А., Доцев А.В., Сермягин А.А. и др. Геномное сканирование, биоразнообразие // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51, № 6. С. 788–800. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.6.788rus
3. Каюмов Ф.Г., Шевхужев А.Ф. Состояние и перспективы развития мясного скотоводства в России // Зоотехния. 2016. № 11. С. 2–6.
4. Каюмов Ф.Г., Шевхужев А.Ф. Состояние и пути повышения эффективности селекционно-племенной

работы в мясном скотоводстве России // Генетика и разведение животных. 2016. № 4. С. 67–71.

5. Кравченко В. Рынок мяса: развитие продолжается // Животноводство России. 2022. № 1. С. 11–13.
6. Половинко М.Ю., Куц Е.Д., Легошин Г.П. Совершенствование животных калмыцкой породы на основе высокопродуктивных внутрипородных типов // Молочное и мясное скотоводство. 2016. № 6. С. 11–14.
7. Приступа В.Н., Кротова О.Е., Савенков К.С. Мясная продуктивность скота калмыцкой породы различных линий // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2020. № 60. С. 88–93. DOI 10.24411/2078-1318-2020-13088
8. Сурундаева Л.Г., Маевская Л.А. Методы создания нового типа калмыцкого скота «Айта» // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № (57). С. 85–88.
9. Черномырдин В.Н., Каюмов Ф.Г. Калмыцкая порода скота в племенных хозяйствах Оренбургской области // Вестник мясного скотоводства. 2014. № 3 (86). С.12–16.
10. Carolino N., Gama L.T. Inbreeding depression on beef cattle traits: Estimates, linearity of effects and heterogeneity among sire-families // Genetics Selection Evolution. 2008. № 40 (5). P. 511–527. DOI: 10.1051/gse:2008018
11. Eremenko V.I., Sein O.B. Metabolic status, nonspecific resistance and their correction in cattle (Kursk: Business printing, 2011).
12. Smith S. Marbling and Its Nutritional Impact on Risk Factors for Cardiovascular Disease // Korean Journal for Food Science of Animal Resources. 2016. № 36. P. 435–444. https://doi.org/10.5851/kosfa.2016.36.4.435.
13. Wu Y.-Q., Cao P.-X., Wang K., Tao F.-X. Grading of beef marbling by using invariant moments and an im-

proved support vector machine // *Modern Food Science and Technology*. 2015. № 31. P. 17–22, 136. <https://doi.org/10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.4.004>.

REFERENCES

1. Vovchenko E.V., Pristupa V.N., Kolosov A.Yu., Dorozhenko S.A. Formirovanie myasnoj produktivnosti u molodnyaka kalmyckoj porody raznyh linij / *Innovacii v proizvodstve produktov pitaniya: ot selekcii zhyvotnyh do tekhnologii pishchevyh proizvodstv. Mat. Mezhd. nauch.-prakt. konf. (7-8 fevralya 2019 g.)*. Persianovskij: Donskoj GAU, 2019. S. 160–163.
2. Zinov'eva N.A., Docev A.V., Sermyagin A.A. i dr. Genomnoe skanirovanie, bioraznoobrazie // *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*. 2016. T. 51, № 6. S. 788–800. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.6.788rus
3. Kayumov F.G., Shevhuzhev A.F. Sostoyanie i perspektivy razvitiya myasnogo skotovodstva v Rossii // *Zootekhnija*. 2016. № 11. S. 2–6.
4. Kayumov F.G., Shevhuzhev A.F. Sostoyanie i puti povysheniya effektivnosti selekcionno-plemennoj raboty v myasnom skotovodstve Rossii // *Genetika i razvedenie zhyvotnyh*. 2016. № 4. S. 67–71.
5. Kravchenko V. Rynok myasa: razvitie prodolzhaetsya // *Zhivotnovodstvo Rossii*. 2022. № 1. S. 11–13.
6. Polovinko M.Yu., Kushch E.D., Legoshin G.P. Sovershenstvovanie zhyvotnyh kalmyckoj porody na osnove vysokoproduktivnyh vnutriporodnyh tipov // *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo*. 2016. № 6. S. 11–14.
7. Pristupa V.N., Krotova O.E., Savenkov K.S. Myasnaya produktivnost' skota kalmyckoj porody razlichnyh linij // *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2020. № 60. S. 88–93. DOI 10.24411/2078-1318-2020-13088
8. Surundaeva L.G., Maevskaya L.A. Metody sozdaniya novogo tipa kalmyckogo skota «Ajta» // *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2016. № (57). S. 85–88.
9. Chernomyrdin V.N., Kayumov F.G. Kalmyckaya poroda skota v plemennyh hozyajstvah Orenburgskoj oblasti // *Vestnik myasnogo skotovodstva*. 2014. № 3 (86). S. 12–16.
10. Sarolino N., Gama L.T. Inbreeding depression on beef cattle traits: Estimates, linearity of effects and heterogeneity among sire-families // *Genetics Selection Evolution*. 2008. № 40 (5). P. 511–527. DOI: 10.1051/gse:2008018
11. Eremenko V.I., Sein O.B. *Metabolic status, nonspecific resistance and their correction in cattle* (Kursk: Business printing, 2011).
12. Smith S. Marbling and Its Nutritional Impact on Risk Factors for Cardiovascular Disease // *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*. 2016. № 36. P. 435–444. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2016.36.4.435>.
13. Wu Y.-Q., Cao P.-X, Wang K., Tao F.-X. Grading of beef marbling by using invariant moments and an improved support vector machine // *Modern Food Science and Technology*. 2015. № 31. P. 17–22, 136. <https://doi.org/10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.4.004>.

ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВОЙ ДОБАВКИ НА ПРОДУКТИВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ТЕЛА ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ*

Ксения Сергеевна Нечитайло, *научный сотрудник*
Елена Анатольевна Сизова, *доктор биологических наук*

Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, г. Оренбург, Россия
E-mail: k.nechit@mail.ru

Аннотация. Приведены результаты исследований влияния кормовой добавки на основе гуминовых веществ (Фульвогумат Иван Овсинский КОРМ, Россия) на продуктивность цыплят-бройлеров. Выявлено, что добавка на основе гуминовых веществ (0,01 мл/кг живой массы) оказывает стимулирующий эффект на продуктивные и убойные показатели цыплят-бройлеров, увеличивая живую массу на 22,91% ($P \leq 0,05$). При этом затраты корма на 1 кг прироста живой массы снижаются на 8,83%. Гуминовые соединения способствуют трансформационному распределению питательных веществ в кишечнике, что положительно отражается на химическом составе тела тканей и органов цыплят-бройлеров. Концентрация белка и жира в мякоти тушки повышается на 2,5% и 0,7% по сравнению с контролем. Установлено, что гуминовую добавку можно использовать при выращивании цыплят-бройлеров для увеличения продуктивности и снижения экономических затрат.
Ключевые слова: цыплята-бройлеры, кормление, продуктивность, гуминовые вещества, фульвогумат

INFLUENCE OF HUMIC ADDITIVE ON PRODUCTIVE INDICATORS AND CHEMICAL COMPOSITION OF THE BODY OF BROILER CHICKENS

K.S. Nechitailo, *Researcher*
E.A. Sizova, *Grand PhD in Biological Sciences*

Federal Scientific Center for Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences,
Orenburg, Russia
E-mail: k.nechit@mail.ru

Abstract. This study was devoted to assessing the effect of a feed additive based on humic substances on the body of broiler chickens. The broilers were divided into two groups of 10 heads each, and throughout the experiment were in the same conditions of keeping and feeding. Chickens of the experimental group were added to the basic diet with the feed additive "Fulvohumate Ivan Ovsinsky" (Russia), 0.01 ml per 1 kg of live weight. The duration of the experiment was 42 days. The study revealed that the additive based on humic substances has a stimulating effect on the productive and slaughter performance of broiler chickens, in particular, it increases the live weight by 22.91% ($P \leq 0.05$), while reducing feed costs per 1 kg of live weight gain by 8.83%. Humic substances contribute to the transformational distribution of nutrients in the intestine, which is reflected in the chemical composition of the body, as well as individual tissues and organs of broiler chickens, including an increase in the concentration of protein and fat in the carcass pulp by 2.5% and 0.7% in comparison with control. Based on the study, it was found that this humic supplement can be used in the cultivation of broiler chickens in order to increase productivity and reduce economic costs.

Keywords: broiler-chickens, productivity, humic substances, fulvohumate

Кормовые антибиотики вводят в корм сельскохозяйственных животных для увеличения продуктивных показателей в субтерапевтической дозе. Так как в цыплятах-бройлерах содержатся антибиотикорезистентные формы бактерий, необходимо разрабатывать новые стратегии по замене кормовых антибиотиков в птицеводстве. [3–6]

Гуминовые вещества можно использовать в качестве альтернативы антибиотикам-стимуляторам роста в кормах для сельскохозяйственных животных. [4] Они делятся на гуматы, гуминовые и фульвовые кислоты. По составу это сложная смесь алифатических цепей или ароматических колец с определенным содержанием функциональных групп. Концентрация этих веществ различается в зависимости от сырья из которого они получены. [4, 11] Многочисленные слабые силы, стабилизирующие гуминовые вещества, обуславливают их реакцион-

ную способность, а гидрофобные и гидрофильные домены в малых молекулах действуют на их гибкие конформационные структуры. [1, 7]

Фульвовые кислоты обладают реакционноспособными функциональными группами (гидроксильные, хиноны, фенолы, карбоксилы), придающими им антиоксидантные, иммуностимулирующие, противовоспалительные и противовирусные свойства, с выраженным хелатирующим металлов. [2, 5, 6]

При оценке токсикологического профиля гуминовых веществ было выявлено, что они не относятся к мутагенам или кластогенам. [7]

Применение фульвовых кислот приводит к лучшему приросту массы тела, увеличению активности пищеварительных ферментов (амилаза, липаза, протеаза), повышению содержания белка и полиненасыщенных жирных кислот в мясе. [6] Гуминовые вещества, выделенные из червячного компоста, положительно

* Исследования выполнены в соответствии с планом НИР на 2021 – 2023 г. ФНЦ БСТ РАН (0761-2019-0005) / The research was carried out in accordance with the research plan for 2021-2023 of the Federal Research Center of the BST RAS (0761-2019-0005).

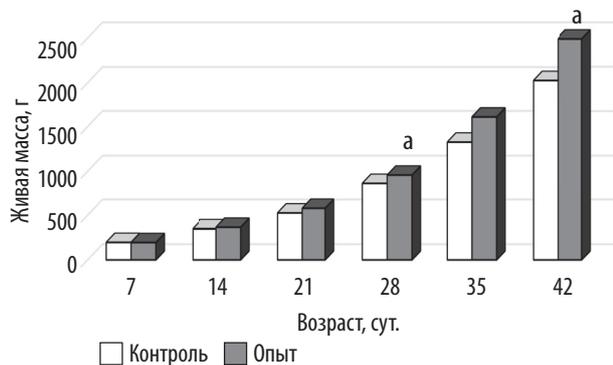


Рис. 1. Динамика живой массы цыплят-бройлеров. а – $P \leq 0,05$, при сравнении контрольной и опытной групп (то же на рис.2).



Рис. 2. Убойные показатели цыплят-бройлеров исследуемых групп.

вливают на параметры продуктивности бройлеров, выход тушки и количество молочнокислых бактерий. [4] Но были обнаружены и противоположные результаты. [5] Биологический эффект отличается в зависимости от процентного содержания гуминовых и фульвовых кислот, дозы, формы включения, химических характеристик (длина цепи, состав боковой цепи) и происхождения (растение, почва, торф, уголь). [4, 8, 9]

Цель работы – оценить влияние гуминовой добавки на продуктивные показатели и химический состав тела цыплят-бройлеров.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Эксперименты проводили в виварии ФГБНУ ФНЦ БСТРАН (2020 год) методом групп-аналогов. Были сформированы контрольная и опытная группы (n=35). Цыплятам контрольной группы вводили основной рацион (нормы ВНИТИП, 2015), опытной – с кормовой добавкой на основе гуминовых веществ (Фульвогумат Иван Овсинский КОРМ, Россия) из расчета 0,01 мл/кг живой массы по рекомендации производителя. Состав премикса исследуемых групп не включал кормовых антибиотиков.

Условия содержания и кормления цыплят-бройлеров обеих групп были одинаковые. Подготовительный период составил 7 суток, учетный – 35. Исследования производили с использованием приборной базы ЦКП БСТРАН.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На основании результатов ежесуточных взвешиваний установили, что гуминовая добавка обладает выраженным ростостимулирующим эффектом. Через три недели в опытной группе живая масса увеличилась на 10,76% ($P \leq 0,05$) и к концу эксперимента разница достигла 22,91% ($P \leq 0,05$) (рис. 1). При этом, затраты корма на 1 кг прироста живой массы были снижены в опытной группе на 8,83%.

Масса потрошенной тушки в опытной группе была больше, чем в контрольной на 19,43% ($P \leq 0,05$), отношение съедобных частей к несъедобным – 9,8% (1,99 и 1,81 соответственно), убойный выход – 1,6% (рис. 2).

Выявлено изменение концентрации веществ на фоне введения добавки. В опытной группе концентрация протеина в теле цыплят-бройлеров увеличилась на 1,5% ($P \leq 0,01$), жира – 0,9% ($P \leq 0,05$) по сравнению с контролем (табл. 1).

В мякоти тушки цыплят-бройлеров опытной группы увеличилась концентрация сухого вещества на 2,7% ($P \leq 0,05$), протеина – 2,5 ($P \leq 0,01$), жира – 0,7% ($P \leq 0,05$) по отношению к контролю (табл. 2).

В коже цыплят-бройлеров опытной группы концентрация протеина выше на 0,8% ($P \leq 0,05$), во внутренних органах концентрация сухого вещества – 2,8 ($P \leq 0,05$), протеина – 1,9% ($P \leq 0,05$) по сравнению с контролем.

Продуктивный эффект добавки на основе гуминовых и фульвовых кислот обоснован трансформационным распределением питательных веществ с возможной индукцией экспрессии пищеварительных ферментов, что приводит к эффективному гидролизу питательных нутриентов в кишечнике бройлеров. [10] Ранее, в работах Мао У. (2019) было показано, что введение фульвовых кислот в рацион цыплят-бройлеров приводит к увеличению активности протеазы, липазы и амилазы. [6] Гуминовые вещества, оказывая влияние на усвояемость нутриентов, приводят к изменению химического состава мяса. [12]

Коллоидные характеристики гуминовых веществ и их способность образовывать хелаты с различными

Таблица 1. Химический состав тела цыплят-бройлеров, %

Показатель	Сухое вещество	Протеин	Жир	Зола
Контроль	26,7±0,49	16,9±0,12	7,9±0,35	2,5±0,08
Опыт	29,0±0,36	18,4±0,19b	8,8±0,08a	2,6±0,06

Примечание. а – $P \leq 0,05$; b – $P \leq 0,01$, при сравнении контрольной и опытной групп (то же в табл. 2).

Таблица 2. Концентрация химических веществ тканей и органов подопытной птицы, г/гол.

Показатель	Сухое вещество	Протеин	Жир
мякоть тушки			
Контроль	21,8±0,48	17,7±0,42	4,2±0,10
Опыт	24,5±0,64 a	20,2±0,23 b	4,9±0,16 a
кожа			
Контроль	46,5±1,47	13,8±0,04	32,1±2,05
Опыт	47,6±0,74	14,6±0,29 a	32,9±0,66
внутренние органы			
Контроль	27,1±1,15	16,7±0,21	9,5±0,94
Опыт	29,9±0,12 a	18,6±0,33 a	10,4±0,21

ионами позволяют, во-первых, эффективно использовать минералы из поступающего рациона, во-вторых, изменять глубину крипт в ворсинках тощей кишки бройлеров из-за снижения рН и количества патогенных микроорганизмов в составе микробиома пищеварительной системы. [4, 10]

Для выявления точного механизма действия добавки требуется дальнейшее ее изучение.

На основании проведенного исследования, установлено, что гуминовую добавку можно использовать при выращивании цыплят-бройлеров для увеличения их продуктивности и снижения экономических затрат.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Лебедев С.В., Осипова Е.А. Изменение количества тяжелых металлов в пшенице под действием различных форм железа с гуминовыми кислотами // Фундаментальные исследования. 2014. № 11-11. С. 2438–2442.
2. Нечитайло К.С., Сизова Е.А. Биохимические показатели крови и антиоксидантный статус цыплят-бройлеров при использовании фульвогумата в рационе // Животноводство и кормопроизводство. 2021. Т. 104. № 4. С. 182–192. DOI: 10.33284/2658-3135-104-4-182
3. Тюрина Д.Г., Ильина Л.А., Е.П. Горфункель Индуцирование множественной антибиотикорезистентности микроорганизмов в ответ на применение энрофлоксацина в птицеводстве // Гастроэнтерология Санкт-Петербурга. 2021. № 3-4. С. 25–26.
4. Domínguez-Negrete A., Gómez-Rosales S., Angeles M. L. et al. Effect of the Addition of Humic Substances as Growth Promoter in Broiler Chickens Under Two Feeding Regimens // *Animals: an open access journal from MDPI*. 2019. № 9(12). P. 1101. <https://doi.org/10.3390/ani9121101>
5. Hudák M., Semjon B., Marciničáková D. et al. Effect of Broilers Chicken Diet Supplementation with Natural and Acidified Humic Substances on Quality of Produced Breast Meat // *Animals: an open access journal from MDPI*. 2021. 11(4). P. 1087. <https://doi.org/10.3390/ani11041087>
6. Mao Y. Modulation of the growth performance, meat composition, oxidative status, and immunity of broilers by dietary fulvic acids // *Poultry science*. 2019. № 98(10). P. 4509–4513. <https://doi.org/10.3382/ps/pez281>
7. Murbach T. S., Glávits R., Endres J.R. et al. A toxicological evaluation of a fulvic and humic acids preparation // *Toxicology reports*. 2020. 7. P. 1242–1254. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2020.08.030>
8. Ozturk E., Ocak N., Coskun I. et al. Effects of humic substances supplementation provided through drinking water on performance, carcass traits and meat quality of broilers // *Journal of animal physiology and animal nutrition*. 2010. 94(1). P. 78–85. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2008.00886.x>
9. Ozturk E., Ocak N., Turan A. et al. Performance, carcass, gastrointestinal tract and meat quality traits, and selected blood parameters of broilers fed diets supplemented with humic substances // *Journal of the science of food and agriculture*. 2012. 92(1). P. 59–65. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4541>
10. Taklimi S.M., Ghahri, H., Isakan, M.A. Influence of different levels of humic acid and esterified glucomannan on growth performance and intestinal morphology of broiler chickens // *Agric. Sci*. 2012. 3. P. 663–668.
11. Teter A., Kędzierska-Matysek M., Barłowska J. et al. The Effect of Humic Mineral Substances from Oxyhumolite on the Coagulation Properties and Mineral Content of the Milk of Holstein-Friesian Cows // *Animals: an open access journal from MDPI*. 2021. 11(7). 1970. <https://doi.org/10.3390/ani11071970>

cess journal from MDPI. 2021. 11(7). 1970. <https://doi.org/10.3390/ani11071970>

12. Winiarska-Mieczan A., Kwiecień M.E., Grela R. et al. The chemical composition and sensory properties of raw, cooked and grilled thigh meat of broiler chickens fed with Fe-Gly chelate // *Journal of food science and technology*. 2016. 53(10). P. 825–833. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2374-x>

REFERENCES

1. Lebedev S.V., Osipova E.A. Izmenenie kolichestva tyazhelykh metallov v pshenice pod dejstviem razlichnykh form zheleza s guminovymi kislotami // *Fundamental'nye issledovaniya*. 2014. № 11-11. S. 2438–2442.
2. Nechitajlo K.S., Sizova E.A. Biohimicheskie pokazately krovi i antioksidantnyj status cyplyat-broylerov pri ispol'zovanii ful'vogumata v racione // *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*. 2021. Т. 104. № 4. С. 182–192. DOI: 10.33284/2658-3135-104-4-182
3. Tyurina D.G., Il'ina L.A., E.P. Gorfunkel' Inducirovanie mnozhestvennoj antibiotikorezistentnosti mikroorganizmov v otvet na primenenie enrofloksacina v pticevodstve // *Gastroenterologiya Sankt-Peterburga*. 2021. № 3-4. С. 25–26.
4. Domínguez-Negrete A., Gómez-Rosales S., Angeles M. L. et al. Effect of the Addition of Humic Substances as Growth Promoter in Broiler Chickens Under Two Feeding Regimens // *Animals: an open access journal from MDPI*. 2019. № 9(12). P. 1101. <https://doi.org/10.3390/ani9121101>
5. Hudák M., Semjon B., Marciničáková D. et al. Effect of Broilers Chicken Diet Supplementation with Natural and Acidified Humic Substances on Quality of Produced Breast Meat // *Animals: an open access journal from MDPI*. 2021. 11(4). P. 1087. <https://doi.org/10.3390/ani11041087>
6. Mao Y. Modulation of the growth performance, meat composition, oxidative status, and immunity of broilers by dietary fulvic acids // *Poultry science*. 2019. № 98(10). P. 4509–4513. <https://doi.org/10.3382/ps/pez281>
7. Murbach T. S., Glávits R., Endres J.R. et al. A toxicological evaluation of a fulvic and humic acids preparation // *Toxicology reports*. 2020. 7. P. 1242–1254. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2020.08.030>
8. Ozturk E., Ocak N., Coskun I. et al. Effects of humic substances supplementation provided through drinking water on performance, carcass traits and meat quality of broilers // *Journal of animal physiology and animal nutrition*. 2010. 94(1). P. 78–85. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2008.00886.x>
9. Ozturk E., Ocak N., Turan A. et al. Performance, carcass, gastrointestinal tract and meat quality traits, and selected blood parameters of broilers fed diets supplemented with humic substances // *Journal of the science of food and agriculture*. 2012. 92(1). P. 59–65. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4541>
10. Taklimi S.M., Ghahri, H., Isakan, M.A. Influence of different levels of humic acid and esterified glucomannan on growth performance and intestinal morphology of broiler chickens // *Agric. Sci*. 2012. 3. P. 663–668.
11. Teter A., Kędzierska-Matysek M., Barłowska J. et al. The Effect of Humic Mineral Substances from Oxyhumolite on the Coagulation Properties and Mineral Content of the Milk of Holstein-Friesian Cows // *Animals: an open access journal from MDPI*. 2021. 11(7). 1970. <https://doi.org/10.3390/ani11071970>
12. Winiarska-Mieczan A., Kwiecień M.E., Grela R. et al. The chemical composition and sensory properties of raw, cooked and grilled thigh meat of broiler chickens fed with Fe-Gly chelate // *Journal of food science and technology*. 2016. 53(10). P. 825–833. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2374-x>

**ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНОВ GH, CAST У ОВЕЦ
ПОРОДЫ ДАГЕСТАНСКАЯ ГОРНАЯ, АНАЛИЗ АССОЦИАЦИЙ ИХ ГЕНОТИПОВ
С ПОКАЗАТЕЛЯМИ ИММУНОБИОЛОГИЧЕСКОГО СТАТУСА**

Алимсолтан Ахмедович Оздемиров, кандидат биологических наук

Рабият Алибулатовна Акаева, научный сотрудник

Етар Магомедовна Алиева, научный сотрудник

Зухра Магомедовна Гусейнова, научный сотрудник

Мадина Адильхановна Даветеева, научный сотрудник

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр», г. Махачкала, Республика Дагестан, Россия

E-mail: alim72@mail.ru

Аннотация. Цель работы – изучить полиморфизм генов GH, CAST у овец породы дагестанская горная и участие этих полиморфизмов в формировании иммунного статуса и реактивности. Генетические исследования дагестанской горной породы овец (по генам CAST, GH) проводили в условиях отгонно-животноводческих хозяйств Дагестана, лаборатории геномных исследований, селекции и племенного дела ФГБНУ «ФАНЦ РД», аккредитованной лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий ВНИИОК-филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» методом ПЦР-ПДРФ (полимеразно-цепная реакция – полиморфизм длин рестрикционных фрагментов) с использованием специфических праймеров. В результате проведения ПЦР диагностики получены данные, показывающие очень низкую (0,03) частоту встречаемости аллеля CAST^N и высокую (0,97) аллеля CAST^M. Установлена высокая (93,0%) частота встречаемости гомозиготного генотипа CAST^{MM}, при этом аналог CAST^{NN} обнаружен не был, его частота встречаемости – 7,0%. Анализ данных генотипирования говорит о неоднозначном распределении аллельного профиля в локусах исследуемых генов. Высокая частота встречаемости (0,97) аллеля CAST^M, но низкая (0,03) аллеля CAST^N привели к ситуации когда в изучаемых популяциях овец отсутствует гомозиготный генотип CAST^{NN}. Это отразилось на значениях констант: степень генетической изменчивости (V, %), количество эффективно-действующих аллелей (Na), уровень наблюдаемой (Hobs) и теоретически ожидаемой (Hex) гетерозиготности. По результатам проведенного в сравнительном аспекте анализа показателей, которые характеризуют иммунитет (индекс иммунной реактивности), можно сделать вывод, что правильное соотношение количества T и В лимфоцитов, их субпопуляций T-хелперов и T-супрессоров в липидах крови, CAST^{NN} и GH^{BB} генотипов обеспечивает высокий иммунный ответ на внешние условия среды.

Ключевые слова: полиморфизм, гены GH, CAST, генетическая изменчивость, иммунная реактивность, адаптация, овцы

**POLYMORPHISM OF GH, CAST GENES
IN DAGESTAN MOUNTAIN SHEEP, ANALYSIS OF THEIR GENOTYPES ASSOCIATIONS
WITH INDICATORS OF IMMUNOBIOLOGICAL STATUS**

A.A. Ozdemirov, PhD in Biological Sciences

R.A. Akaeva, Researcher

E.M. Alieva, Researcher

Z.M. Guseynova, Researcher

M.A. Daveteeva, Researcher

Federal Agricultural Research Center of the Republic of Dagestan, Mahachkala, Respublika Dagestan, Russia

E-mail: alim72@mail.ru

Abstract. The real problem is the lack of any significant information about the gene pool of local, aboriginal breeds of cattle and small cattle, which are bred in various natural and geographical zones. In view of the fact that the peculiarity of their gene structures remains the reserve of genetic variability, due to which high adaptive qualities of populations are achieved, the main goal of this research work was to study the polymorphism of the GH and CAST genes of the Dagestan Mountain sheep and the participation of these polymorphisms in the formation of the immune status and reactivity. Genetic studies of the Dagestan mountain breed of sheep (for the CAST, GH genes) were carried out in the conditions of transhumance and livestock farms of Dagestan, the laboratory of genomic research, selection and breeding of the Federal State Budgetary Scientific Institution "FANC RD", an accredited laboratory of immunogenetics and DNA technologies of VNIIOK, a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Severo-Caucasian FNAC" by PCR-RFLP (polymerase chain reaction – restriction fragment length polymorphism) using specific primers. As a result of PCR diagnostics, results were obtained showing a very low (0.03) frequency of the CAST^N allele and a high (0.97) frequency of the CAST^M allele of the CAST gene. The data obtained indicate a high – 93.0% frequency of occurrence of the homozygous CAST^{MM} genotype, while the -CAST^{NN} analogue was not found. The frequency of occurrence of the CAST^{MN} genotype in this case had an indicator of 7.0%. Analysis of genotyping data indicates an ambiguous distribution of the allelic profile in the loci of the studied genes. The high frequency of occurrence (0.97) of the CAST^M allele, but the low (0.03) of the CAST^N allele led to a situation where the homozygous CAST^{NN} genotype is absent in the studied sheep populations. This, in turn, could not but affect the values of the following constants: the degree of genetic variability (V, %), the number of effective alleles (Na), the levels of observed (Hobs) and theoretically expected (Hex) heterozygosity. According to the results of the comparative analysis of indicators that characterize immunity (immune reactivity index), we can conclude that the

correct ratio of the number of T and B lymphocytes, their subpopulations – T-helpers and T-suppressors in blood lipids, CASTNN and GHBB genotypes provides a high immune response to external environmental conditions.

Keywords: polymorphism, GH genes, CAST, genetic variability, immune reactivity, adaptation, sheep

Горные и предгорные районы России (Северный Кавказ) – огромный резерв для развития овцеводческой отрасли, которая может давать больше экологически чистого мяса и молока, качественной шкуры и шерсти.

Академик М.Ф. Иванов – один из основателей современной зоотехнии отмечал, что создание новых пород овец особенно важно для тех районов, где разведению культурных пород препятствуют климатические и кормовые условия.

Овец *дагестанской горной* породы (80,0%) ранней весной ежегодно перегоняют в высокогорные летние пастбища. Овцеголовье больше двух месяцев находится в пути преодолевая расстояния в 250...300 и более километров, их маршрут лежит через разные природно-географические зоны, которые могут сильно отличаться по климатическим и природным характеристикам. [5, 6]

Селекционно-племенные работы вели посредством воспроизводительного скрещивания с жестким требованием к отбору – выбраковка животных с ослабленной конституцией и недостатками в экстерьере. Помеси желательного типа второго поколения разводились в «себе», а также частично и помеси третьего поколения. Овцы *дагестанской горной* породы смогли отлично приспособиться к отгонно-пастбищному содержанию благодаря наличию крепкого костяка и твердости копытного рога, обладая при этом высоким качеством руна (21...25 микрон) шерсти. Убойный выход мяса доходит до 49%. Овцематки дают жирное молоко, с высоким содержанием белка (7...8%), что делает возможным производство высококачественной сырной продукции.

Из-за разных причин (в основном экономические) наблюдается понижение рентабельности ведения овцеводства в Республике, в результате чего теряется генетическое разнообразие, а также утрачиваются некоторые локальные аборигенные породы. [5, 6] Актуальные задачи – сохранение имеющего генофонда отечественных пород, совершенствование их племенных и продуктивных качеств. [1–4, 7–9, 11, 12]

Цель работы – изучить полиморфизм генов GH и CAST овец породы *дагестанская горная* и участие этих полиморфизмов в формировании иммунного статуса и реактивности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Генетические исследования *дагестанской горной* породы овец (по генам CAST, GH) проводили в условиях отгонно-животноводческих хозяйств Дагестана, лаборатории геномных исследований, селекции и племенного дела ФГБНУ «ФАНЦ РД», аккредитованной лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий ВНИИОК – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» методом ПЦР-ПДРФ (полимиразно-цепная реакция – полиморфизм длин рестрикционных фрагментов)

с использованием специфических праймеров (табл. 1).

Биологическим материалом стала ДНК, выделенная из крови подопытных овец *дагестанской горной* породы (n = 44). Для ПЦР диагностики применяли комплексы наборов «GenePakPCRCore» (IsoGeneLab).

Длину и число фрагментов рестрикции в агарозном геле (2...4%), с присутствием 10,0 мкл 10,0% этидия бромистого, определяли по методу гель-электрофореза при УФ-свете и фиксировали с помощью видеосистемы.

В качестве маркера молекулярных масс применяли стандартный набор M50 «GenePakDNA Markers» (IsoGeneLab).

РЕЗУЛЬТАТЫ

После проведения ПЦР диагностики получили данные, показывающие очень низкую (0,03) частоту

Таблица 1.
Характеристика аллельных вариантов

Ген	Нуклеотидная последовательность	Температура отжига, °C	Амплификат, п.н.	Эндонуклеаза	Генотип
GH	F:5'-ggaggcaggaaggatgaa -3' R:5'-ccaagggaggagagacaga -3'	60	277	HaeIII	AA/AB/BB
CAST	F:5'-tggggccaatgacgccatcgatg -3' R:5'-ggtggagcacttctgatcacc -3'	62	422	MspI	MM/MN/NN

Таблица 2.
Показатели аллельного профиля генов GH, CAST у овец породы дагестанская горная

Ген-маркер	Генотип	n	Частота встречаемости	
			генотипа, %	аллеля
GH	AA	44	100,0	A 1,0 B 0
	BB*	0	0	
	AB	0	0	
CAST	MM	41	93,0	M 0,97±0,03 N 0,03±0,02
	NN*	0	0	
	MN	3	7,0	

Таблица 3.
Показатели генетической структуры овец породы дагестанская горная

Ген	Ca, %	Na	V, %	Hobs	Hex	TГ
GH	100,0	0	0	0	0	-0,11 Φ<T
CAST	94,2	1,06	3,8	0,073	0,062	+0,011 Φ>T

встречаемости аллеля CAST^N и высокую (0,97) аллеля CAST^M гена CAST.

Установлена высокая (93,0%) частота встречаемости гомозиготного генотипа CAST^{MM}, при этом аналог CAST^{NN} обнаружен не был с частотой – 7,0% (табл.2).

Отсутствие полиморфизма гена GH – характерная особенность изучаемой популяции овец. Мономорфизм в локусе гена GH доказывает присутствие аллеля GH^A с показателем 100 и полное отсутствие GH^B.

Анализ данных генетической структуры исследуемой популяции овец подтверждает высокую степень гомозиготности (Ca) генов CAST (94,2%) и GH (100,0%). О нарушении генетического равновесия свидетельствуют факторы: минимальное количество, до полного отсутствия, гетерозигот в локусах генов GH и CAST; незначительное количество эффективно действующих аллелей (Na); уровни ожидаемой (Hex) и наблюдаемой (Hobs) гетерозиготности; низкие показатели генетической изменчивости (V) (табл. 3).

О влиянии полиморфизма генов CAST и GH на разные процессы в организме есть много информации из различных источников, но пока не проводили изучение в отношении участия этих генов в построении иммунного статуса и реактивности у овец *дагестанской горной* породы.

Известна взаимосвязь интенсивности роста, развития животных и иммунной реактивности организма. Исходя из того, что развитие иммунного статуса проходит под генетическим контролем, то и защитный потенциал молодняка овец

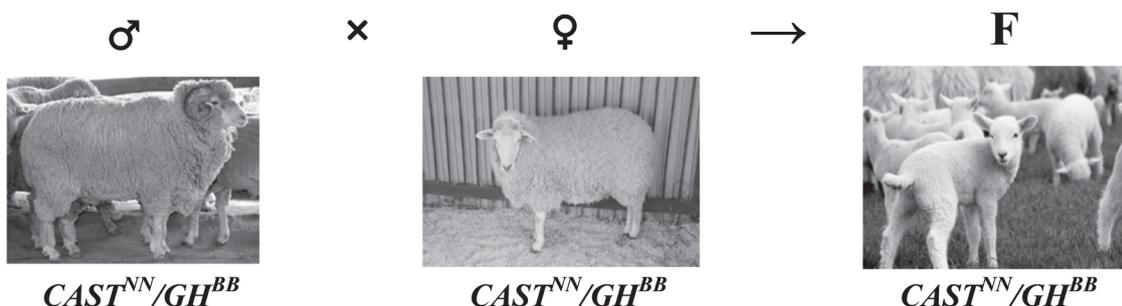
Таблица 4.
Показатели иммунологической реактивности овец разных генотипов

Ген	Генотип	Иммунная реактивность, 10 ⁹ /л				ИРИ
		T-лимфоциты	B-лимфоциты	T-супрессоры	T-хелперы	
CAST	MM	0,55 ± 0,2	0,33 ± 0,06	0,39 ± 0,04	0,26 ± 0,05	0,67
	NN	0,62 ± 0,09	0,36 ± 0,04	0,35 ± 0,08	0,27 ± 0,04	0,77
	MN	0,58 ± 0,05	0,33 ± 0,05	0,37 ± 0,12	0,25 ± 0,08	0,68
GH	AA	0,59 ± 0,32	0,51 ± 0,1	0,36 ± 0,08	0,25 ± 0,12	0,69
	BB	0,71 ± 0,08	0,57 ± 0,06	0,31 ± 0,08	0,29 ± 0,05	0,94
	AB	0,68 ± 0,23	0,49 ± 0,09	0,32 ± 0,12	0,24 ± 0,08	0,75

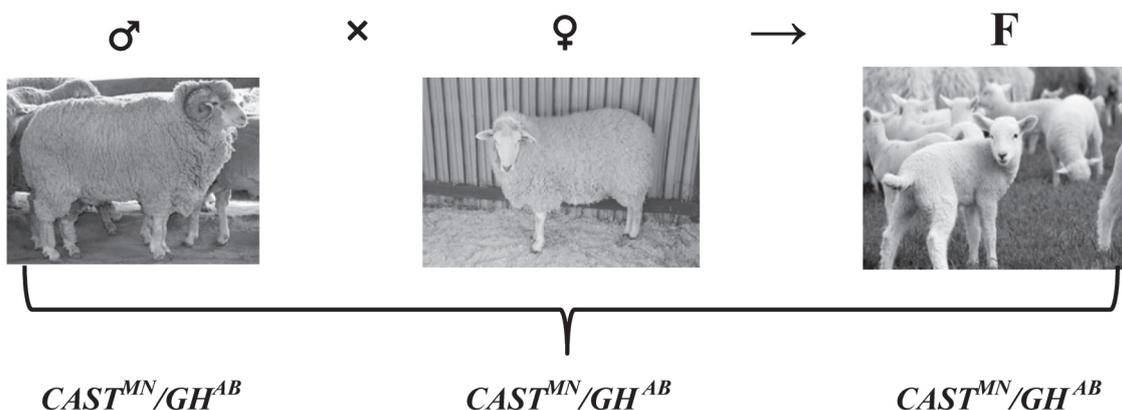
определяли по уровню генетически детерминированных T-, B-клеток, а также их субпопуляций в биоматериале молодняка разных генотипов.

В результате исследований в сравнительном аспекте и анализа показателей, которые характеризуют иммунную реактивность (T-, B-лимфоциты), выявлено, что у молодняка овец с генотипами GH^{BB} и CAST^{NN}, по сравнению с GH^{AA} и CAST^{MM}, количество T- и B-клеток было больше: 0,71 и 0,62; 0,57 и 0,36 10⁹/л – против 0,59 и 0,55; 0,51 и 0,33 10⁹/л соответственно (P < 0,01).

В отношении субпопуляций T-хелперов и T-супрессоров установлено, что в крови овец GH^{BB} и CAST^{NN} генотипов, по сравнению с генотипами GH^{AA} и CAST^{MM}, T-хелперов мигрировало больше, а T-супрессоров меньше: 0,31; 0,25 и 0,27; 0,26 10⁹/л,



Вариант № 1. Гомозиготный вариант – полная пенетратность, 100% частота и вероятность фенотипического проявления гена.



Вариант № 2. Гетерокомплексы – 75...50% пенетратность.

Желательные генокомплексы.

против 0,31; 0,36 и 0,35; 0,41 10^9 /л, что сказалось на иммунорегуляторном индексе (ИРИ), который был больше в крови генотипов CAST^{NN} и GH^{BB}, чем у CAST^{MM} и GH^{AA}, составив 0,79 и 0,93 против 0,69 и 0,71 ($P < 0,01$) (табл. 4).

Анализ полученных данных говорит об индивидуальной реактивности каждого генотипа, зависящей от его генетической программы, позволяющей организму реагировать на неблагоприятные факторы внешней среды посредством усиленной выработки Т-хелперов, Т- и В-лимфоцитов, и в меньшей степени Т-супрессоров, что дает возможность корректировать недостаток адаптивно-компенсаторных механизмов в процессе развития фенотипа на всех этапах онтогенеза.

Выводы. Из-за высокой частоты встречаемости (0,97) аллеля CAST^M и низкой (0,03) CAST^N в изучаемых популяциях овец отсутствует гомозиготный генотип CAST^{NN}, что отражается на степени генетической изменчивости (V, %), количестве эффективно-действующих аллелей (Na), уровне наблюдаемой (Hobs) и теоретически ожидаемой (Hex) гетерозиготности.

Значения равные нулю у V, Na, Hex, Hobs и стопроцентная (абсолютная) степень гомозиготности Ca в локусе гена GH образуют неблагоприятную ситуацию, потому что потеря (элиминация) аллелей приводит к сокращению резерва генетической изменчивости, а также сужению генетического разнообразия и утрате адаптивных качеств популяции.

Данную информацию необходимо рассматривать как фактор, стимулирующий адаптивно-приспособительные функции организма овец, с одной стороны, и эволюционно-селекционный процесс, который способствует формированию в популяции специфического уклада генетических структур — с другой. Количество овец с желательным набором генетических структур возможно увеличить посредством целенаправленного подбора родительских пар.

Фенотипические признаки того или иного гена могут проявляться в зависимости от варианта (см. рисунок).

Результаты исследований могли бы послужить отправной точкой для более углубленного изучения уникального генофонда овец *дагестанской горной* породы для дальнейшего его совершенствования с учетом природно-географических зон выращивания. Правильное соотношение количества Т и В лимфоцитов, их субпопуляций Т-хелперов и Т-супрессоров в липидах крови, CAST^{NN} и GH^{BB} генотипов обеспечивает высокий иммунный ответ на внешние условия среды.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Абилов Б.Т., Зарытовский А.И., Сорокина М.А., Болотов Н.А. Способ прогнозирования индивидуальной интенсивности роста молодняка овец. Пат. 2662905 Россия, МПК А61В 5/04 (2006.01) А01К 67/02 (2006.01). (355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 15, ФГБНУ) № 2017111957; Заявл. 07.04.2017; Оpubl. 31.07.2018.
2. Григорян Л.Н., Хатаев С.А., Хмелевская Г.Н., Степанова Н.Г. Современные тенденции развития Российского овцеводства разного направления продуктивности // Зоотехния. 2019. № 5. С. 10.

3. Дунин И.М., Зелятдинов В.В., Орешникова С.М., Давыденкова В.П. Новые подходы в сертификации шерсти в России // Зоотехния. 2019. № 5. С. 13–16.
4. Куликова К.А. Полиморфизм гена кальпастатина (CAST) у овец горного и степного внутривидовых типов тувинской короткожировостой породы // Вестник БГАУ. 2018. № 1. С. 84–89.
5. Магомедов Ш.М., Хожиков А.А., Римиханов Н.И. и др. Состояние и перспективы развития овцеводства в Республике Дагестан // Овцы, козы, шерстное дело. 2018. № 1. С. 5–7.
6. Оздемиров А.А. Из истории создания Дагестанской горной породы овец // Главный зоотехник. 2019. № 12. С. 10–15.
7. Погодаев В.А., Сергеева Н.В., Завгородняя Г.В. Качество овчин и гистологическое строение кожи молодняка овец, полученного с использованием породы дорпер // Вестник НГАУ. 2019. № 2. С. 122–127.
8. Столповский Ю.А., Захаров-Гезехус И.А. Проблема сохранения генофондов domestцированных животных // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. Т. 21. № 4. С. 477–486.
9. Хамируев Т.Н. Шерстная продуктивность и показатели качества шерсти у полугрубошерстных овец агинской породы зугалайского типа // Вестник НГАУ. 2019. № 1. С. 177–183.
10. Щугорева Т.Э., Бабушкин В.А., Гаглоев А.Ч. Особенности роста чистопородного и помесного молодняка овец // Вестник МичГАУ. 2019. № 1. С. 78–80.
11. Fraser R.S. Идентификация полиморфизмов в коллагеновых лектинах КРС и их ассоциация с инфекционными болезнями КРС // Identification of polymorphisms in the bovine collagenous lectins and their association with infectious diseases in cattle. Immunogenetics, Lumsden J.S., Lillie B.N. 2018. 70. № 8. С. 533–546.
12. Wei Xuefeng, Hui Li, Guangwei Zhao et al. FostB regulates rosiglitazone-induced milk fat synthesis and cell survival. 2018. 233. № 12. С. 9284–9298.

REFERENCES

1. Abilov B.T., Zarytovskij A.I., Sorokina M.A., Bolotov N.A. Sposob prognozirovaniya individual'noj intensivnosti rosta molodnyaka ovec. Pat. 2662905 Rossiya, MPK A61V 5/04 (2006.01) A01K 67/02 (2006.01). (355017, g. Stavropol', per. Zootekhnicheskij, 15, FGBNU) № 2017111957; Zayavl. 07.04.2017; Opubl. 31.07.2018.
2. Grigoryan L.N., Hatataev S.A., Hmelevskaya G.N., Stepanova N.G. Sovremennye tendencii razvitiya Rossijskogo ovcevodstva raznogo napravleniya produktivnosti // Zootekhnija. 2019. № 5. S. 10.
3. Dunin I.M., Zelyatdinov V.V., Oreshnikova S.M., Davydenkova V.P. Novye podhody v sertifikacii shersti v Rossii // Zootekhnija. 2019. № 5. S. 13–16.
4. Kulikova K.A. Polimorfizm gena kal'pastatina (CAST) u ovec gornogo i stepnogo vnutripodnyh tipov tuvinskoj korotkozhirovostoj porody // Vestnik BGAU. 2018. № 1. S. 84–89.
5. Magomedov Sh.M., Hozhikov A.A., Rimihanov N.I. i dr. Sostoyanie i perspektivy razvitiya ovcevodstva v Respublike Dagestan // Ovtsy,kozy, sherstnoe delo. 2018. № 1. S. 5–7.
6. Ozdemirov A.A. Iz istorii sozdaniya Dagestanskoj gornoj porody ovec // Glavnij zootekhnik. 2019. № 12. S. 10–15.

7. Pogodaev V.A., Sergeeva N.V., Zavgorodnyaya G.V. Kachestvo ovchin i gistologicheskoe stroenie kozhi molodnyaka ovec, poluchennogo s ispol'zovaniem porody dorper // Vestnik NGAU. 2019. № 2. S. 122–127.
8. Stolpovskij Yu.A., Zaharov-Gezekhus I.A. Problema sohraneniya genofondov domestikirovannyh zivotnyh // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2017. T. 21. № 4. S. 477–486.
9. Hamiruev T.N. Sherstnaya produktivnost' i pokazateli kachestva shersti u polugrubosherstnyh ovec aginskoj porody zugalajskogo tipa // Vestnik NGAU. 2019. № 1. S. 177–183.
10. Shchugoreva T.E., Babushkin V.A., Gagloev A.Ch. Oso-bennosti rosta chistoporodnogo i pomesnogo molodnyaka ovec // Vestnik MichGAU. 2019. № 1. S. 78–80.
11. Fraser R.S. Identifikaciya polimorfizmov v kollagenovyh lektinah KRS i ih asociaciya s infekcionnymi boleznyami KRS // Identification of polymorphisms in the bovine collagenous lectins and their association with infectious diseases in cattle. Immunogenetics, Lumsden J.S., Lillie B.N. 2018. 70. № 8. C. 533–546.
12. Wei Xuefeng, Hui Li, Guangwei Zhao et al. FostB regulates rosiglitazone-induced milk fat synthesis and cell survival. 2018. 233. № 12. C. 9284–9298.

ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ЮГА ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ НА АКТИВНОСТЬ ЛЁТА КРОВООСОСУЩИХ МОКРЕЦОВ (DIPTERA, CERATOPOGONIDAE)*

Ольга Александровна Фёдорова, кандидат биологических наук

Елена Ивановна Сивкова, кандидат биологических наук

Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной энтомологии и арахнологии – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки федерального исследовательского центра Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук, г. Тюмень, Россия
E-mail: fiodorova-olia@mail.ru

Аннотация. В статье представлены данные о влиянии освещенности, температуры, относительной влажности воздуха на лёт кровососущих мокрецов. Исследования проводили в подзоне южной тайги Тюменской области (2019 год). Для сбора и учета мокрецов использовали энтомологический сачок со съёмными мешочками. Регистрировали температуру, относительную влажность воздуха, освещенность, скорость ветра с интервалом один час. Вид имаго кровососущих мокрецов определяли по идентификационным таблицам. Видовое название соответствует современному списку. Максимум и пик видового разнообразия и активности мокрецов наблюдали в 7:00, 2:00–3:00 или 5:00 и в 22:00. При изучении суточного ритма зарегистрировано нападение 13 видов кровососущих мокрецов семейства Ceratopogonidae, принадлежащих к роду Culicoides. Диапазон температуры, в пределах которого возможна активность насекомых, можно разделить на две группы: 5,8°–28,4°С; 6,2°–28,4°С. Первая группа представлена *Culicoides punctatus* Mg., вторая – *C. fuscipennis* Staeger и *C. griseus* Edwards. Наибольшая активность лёта мокрецов установлена при температуре 5,8°–28,4°С, относительной влажности воздуха 8–95%, освещенности 1–6000 лк. Изучение распространения мокрецов актуально, так как они переносчики инфекционных и инвазионных болезней животных и человека.

Ключевые слова: мокрецы, видовое разнообразие, суточный ритм активности, температура воздуха, Тюменская область

INFLUENCE OF METEOROLOGICAL FACTORS ON THE FLIGHT ACTIVITY OF BLOOD SICKING BITING MIDGES (DIPTERA, CERATOPOGONIDAE) IN THE SOUTH OF THE TYUMEN REGION

O.A. Fedorova, PhD in Biological Sciences

E.I. Sivkova, PhD in Biological Sciences

All-Russian Scientific Research Institute of Veterinary Entomology and Arachnology – Branch of Federal State Institution Federal Research Centre Tyumen Scientific Centre of Siberian Branch of the RAS, Tyumen, Russia
E-mail: fiodorova-olia@mail.ru

Abstract. Data are given on the effect of illumination, temperature, relative air humidity on the flight of biting midges. The research was carried out in 2019 in the southern taiga subzone of the Tyumen region. An entomological net with removable bags was used for collecting and counting biting midges with an interval of 1 hour. At the same time, temperature, relative air humidity, illumination, and wind speed were recorded. Identification tables were used to determine the type of blood-sucking midge adults. The specific name has been brought into line with the modern list. The maximum and peak of the species diversity of biting biting activity was observed in the morning and evening hours at 7:00, at 2:00–3:00 or 5:00 and at 22:00. When studying the daily rhythm, an attack of 13 species of blood-sucking midges of the family Ceratopogonidae, belonging to the same genus Culicoides, was registered. The temperature range can be divided into 2 groups within which insect activity is possible: 1) from 5.8° to 28.4°C; 2) from 6.2° to 28.4°C. The first group is represented by *Culicoides punctatus* Mg., the second group is represented by *C. fuscipennis* Staeger and *C. griseus* Edwards. The flight activity of biting midges is observed at temperatures from 5.8 and 28.4°C, relative air humidity 8–95%, illumination 1–6000 lux. Currently, the study of the distribution of biting midges is relevant, since they are carriers of a number of infectious and parasitic diseases of animals and humans.

Keywords: midges, species diversity, daily rhythm of activity, air temperature, Tyumen region

Мокрецы рода *Culicoides* – сумеречные насекомые. Основные метеорологические условия, влияющие на активность их нападения, – температура и освещенность.

Мокрецы проявляют наибольшую активность в утреннее и вечернее время при температуре 12...16°С, относительной влажности воздуха 8...95% и скорости ветра меньше 1,0 м/с, главный лимити-

* Исследования выполнены в рамках Государственного задания Минобрнауки России № 121042000066-6 «Изучение и анализ эпизоотического состояния по болезням инвазионной этиологии сельскохозяйственных и непродуктивных животных, пчел и птиц, изменения видового состава и биоэкологических закономерностей цикла развития паразитов в условиях сдвига границ их ареалов» / The research was carried out within the framework of the State Task of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation No. 121042000066-6 “Study and analysis of the epizootic state for diseases of invasive etiology of agricultural and unproductive animals, bees and birds, changes in species composition and bioecological patterns of the parasite development cycle in conditions of shifting the boundaries of their habitats”.

рующий фактор – низкая температура. Повышение скорости ветра также подавляет активность насекомых. [2–4, 6, 9, 10]

Увеличение лёта утром связано с повышением температуры до 26°C и понижением относительной влажности воздуха. В вечернее время мокрецы наиболее активны при повышенной влажности воздуха и температуре от 20 до 25°C в зависимости от сезона. [7, 8]

Кровососущие мокрецы распространены на всей территории Тюменской области, однако их активность зависит от сезона и условий среды.

Цель работы – изучить влияние метеорологических факторов на активность разных видов кровососущих мокрецов на юге Тюменской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в июне-июле 2019 года в Нижнегавдинском районе вблизи северной границы осиново-березовых лесов. Численность мокрецов семейства *Ceratopogonidae* учитывали с помощью энтомологического сачка со съёмными мешочками в двух-трех повторностях. Интервал между учетами – один час. Одновременно фиксировали метеорологические условия (температура, относительная влажность воздуха, скорость ветра, уровень освещенности). Вид мокрецов устанавливали по определительным таблицам.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Зафиксированы три периода активности мокрецов – 5:00...7:00, 2:00...3:00 и 23:00. Отмечено два подъема численности в 6:00...7:00 (2695 экз.) и 22:00...23:00 (188...394 экз.). В дневное время при освещенности от 9000 до 22000 люкс в 10:00...11:00 и до 19:00 численность насекомых снижается. После захода солнца и до рассвета при освещенности от 1 до 6000 люкс, температуре воздуха 13...14°C и скорости ветра 0,2...0,5 м/с наблюдали наибольшую численность насекомых.

При оптимальной температуре воздуха 12...14°C мокрецы летали всю ночь (максимум – 2:00). Так же они активны в ночное время при температуре воздуха 5,8...7,4°C, но численность их ниже, чем в 7:00 (утренний максимум).

При понижении температуры до 5,7...7,4°C мокрецов становилось меньше. Пик активности – 6:00...7:00 (2697 экз.) и в 22:00 (395 экз.). В 10:00...11:00 ч и до 19:00 мокрецов не было, что связано с повышением освещенности.

В июле мокрецы нападали с 21:00 до 8:00, а в течение дня отсутствовали. Максимум активности мокрецов отмечали в 2:00...3:00 (125...726 экз.) или 5:00 (118...723 экз.), а также в 22:00...23:00 (140...335 экз.).

Со II-й декады августа по сентябрь при выраженных колебаниях температуры, выходящих за пределы оптимума в ночное время, а также сокращении светового периода в суточном ритме активности кровососущих произошли изменения. Нападение особей в утреннее и ночное время суток сократилось, пик активности сместился на день.

В августе время лёта – 6:30 и 19:00...21:00. В сентябре особи появляются с 7:30 при температуре 6,2°C и продолжают лёт до 20:30, при этом днем имеют низкую численность. Максимальный сбор составил 365 экз. в 19:00 при температуре 8,2°C.

Было зарегистрировано 13 видов мокрецов одного рода *Culicoides* Latreille. Наиболее холодостойкий доминирующий вид в период исследований – *Culicoides punctatus* Meigen (температура лёта – 5,8°...28,4°C). Уступали ему по численности *C. fascipennis* Staeger и *C. grisescens* Edwards (6,2°...28,4°C) (табл. 1). Единично отмечали *C. obsoletus* Meigen, *C. chiopterus* Meigen (*C. dobyi* Kallot et Kremer), *C. gornostaevae* Mirzaeva, *C. pulicaris* Linnaeus, *C. subfascipennis* Kieffer, *C. pallidicornis* Kieffer, *C. reconditus* Campbell et Pelham-Clinton, *C. manchuriensis* Tockunaga, *C. nubeculosus* Meigen, *C. stigma* Meigen, относящиеся к одной группе – *C. spp.* Насекомых можно разделить на две группы по диапазону температуры в пределах которого возможна активность: 5,8°...28,4°C (*C. punctatus* Mg.) и 6,2°...28,4°C (*C. fascipennis* Staeger и *C. grisescens* Edwards).

Полученные данные свидетельствуют, что основные факторы, определяющие характер суточного ритма активности кровососущих мокрецов на юге Тюменской области, – температура и освещенность. Важное значение этих периодически действующих факторов на суточную активность насекомых, на примере комаров, установил А.С. Мончадский. Согласно его фундаментальным исследованиям, свет – главный регулирующий фактор суточного ритма активности, а температура в пределах оптимума определяет количественную сторону. Эти закономерности были подтверждены В.М. Глухой для кровососущих мокрецов на территории Карелии, для которой характерны белые ночи. [2] В зависимости от вариаций освещенности и температуры ею выделено пять типов суточного ритма активности мокрецов. В начале лёта при круглосуточном освещении наблюдаются первые два.

1. Высокая численность мокрецов в течение большей части суток (вечер, ночь, утро). При дневном свете нападения нет.

2. Утренний и вечерний подъемы численности чередуются с дневным (высокий уровень освещенности) и ночным (низкие температуры) отсутствием нападения.

Суточная активность мокрецов на юге Тюменской области

Вид	Количество отловленных особей по времени, ч											
	1:00	3:00	5:00	7:00	9:00	10:00	11:00	12:00	15:00	17:00	19:00	23:00
<i>Culicoides punctatus</i> Meigen	73	155	172	171	47	22	1	12	2	1	2	234
<i>C. fascipennis</i> Staeger	–	–	–	4	4	–	–	–	–	–	–	2
<i>C. grisescens</i> Edwards	7	24	14	6	7	–	–	–	–	–	1	76
Всего	80	179	186	181	58	22	1	12	2	1	3	312

Во второй половине лета, когда ночи становятся темными, наблюдаются следующие два типа суточного ритма активности.

3. Утренний и вечерний подъемы численности чередуются с дневным и ночным (темнота) отсутствием нападения. Во время пика сезонной активности происходит незначительное нападение и ночью при оптимальной температуре.

4. Аналогичен первому типу, но численность мокрецов ночью невысокая и вызвана лунным освещением.

5. Тип суточного ритма наблюдается осенью. При этом высокий вечерний и поздний незначительный утренний подъемы численности чередуются с ночным отсутствием (темнота, низкая температура) и незначительным дневным нападением в условиях благоприятной температуры и невысокой освещенности.

Известно, что для лесной зоны характерны два типа суточного ритма активности мокрецов – второй и пятый. [1, 5, 9–12]

Таким образом, в условиях юга Тюменской области существует три типа суточного ритма активности мокрецов в течение летне-осеннего периода: в июне-июле – третий и четвертый, августе-сентябре – третий и пятый.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что активность мокрецов зависит от метеорологических факторов (температура и освещенность) и биологических особенностей вида. Наиболее светлюбивые *C. fascipennis* и *C. grisescens* встречаются днем, а *C. punctatus* – утром и вечером.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ.

1. Бурова О.А., Блохин А.А., Захарова О.И. и др. Векторы трансмиссивных вирусных болезней животных // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. № 5. Т. 66. С. 4–17.
2. Глухова В.М. Кровососущие мокрецы родов *Culicoides* Forcipomyia (Ceratopogonidae). Л.: Наука. Ленингр. Отделение, 1989. 408 с.
3. Глушченко Н.П. Фауна и экология кровососущих мокрецов (Diptera, Ceratopogonidae) верхнего бассейна р. Лены: Автореф. дис. ...канд. биол. наук. Томск, 1966. 24 с.
4. Мезенев Н.П. Кровососущие мокрецы (Ceratopogonidae) севера средней Сибири // Паразитология. 1990. 24 (1). С. 28–36.
5. Мирзаева А.Г. Кровососущие мокрецы (Diptera, Ceratopogonidae) Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск: Наука, 1989. 231 с.
6. Остроушко Т.С. Кровососущие мокрецы (Diptera: Ceratopogonidae) таежной части северного Урала // Паразитология. 1967. Т. 1. Вып. 1. С. 41–46.
7. Фёдорова О.А., Хлызова Т.А., Сивкова Е.И., Савчук Т.Е. Сроки лёта кровососущих мокрецов (Diptera, Ceratopogonidae) в подзоне осиново-березовых лесов юга Тюменской области // Вестник мясного скотоводства. 2017. Т. 97 (1). С. 141–145.
8. Янжиева Д.В., Муруева Г.Б. Мокрецы как переносчики вируса Блутанга овец // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2018. Т. 35 (2). С. 24–28.

9. Fall M., Fall As.G., Momar T. et al. Cardian activity of *Culicoides oxystoma* (Diptera: Ceratopogonidae), potential vector of bluetongue and African horse sickness viruses in the Niayes area Senegal // Parasitology research. 2015. Т. 114 (8), P. 3151–3158.
10. Fall M., Fall A.G., Seck M.T. Host preferences and circadian rhythm of *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae), vectors of African horse sickness and bluetongue viruses in Senegal. 2015. Т. 49. P. 239–245.
11. Sanders Chr.J., Shortall Chr.R., Gubbins S. Influence of season and meteorological parameters on flight activity of *Culicoides* biting midges // Journal of applied ecology. 2011. Т. 48 (6). P. 1355–1364.
12. Viennet E., Garros C., Rakotoarivonv I. et al. Host-Seeking Activity of Bluetongue Virus Vectors: Endo/ Exophagy and Circadian Rhythm of *Culicoides* in Western Europe / Plos one, 2012. Т. 7 (10).

REFERENCES

1. Burova O.A., Blohin A.A., Zaharova O.I. i dr. Vektory transmissivnyh virusnyh boleznej zhivotnyh // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2018. № 5. Т. 66. С. 4–17.
2. Gluhova V.M. Krovososushchie mokrecy rodov *Culicoides* Forcipomyia (Ceratopogonidae). L.: Nauka. Leningr. ot-delenie, 1989. 408 s.
3. Glushchenko N.P. Fauna i ekologiya krovososushchih mokrecov (Diptera, Ceratopogonidae) verhnego bassejna r. Leny: Avtoref. dis. ...kand. biol. nauk. Tomsk, 1966. 24 s.
4. Mezenev N.P. Krovososushchie mokrecy (Ceratopogonidae) severa srednej Sibiri // Parazitologiya. 1990. 24 (1). S. 28–36.
5. Mirzaeva A.G. Krovososushchie mokrecy (Diptera, Ceratopogonidae) Sibiri i Dal'nego Vostoka. Novosibirsk: Nauka, 1989. 231 s.
6. Ostroushko T.S. Krovososushchie mokrecy (Diptera: Ceratopogonidae) taezhnoj chasti severnogo Urala // Parazitologiya. 1967. Т. 1. Vyp. 1. S. 41–46.
7. Fyodorova O.A., Hlyzova T.A., Sivkova E.I., Savchuk T.E. Sroki lyota krovososushchih mokrecov (Diptera, Ceratopogonidae) v podzone osinovo-beryozovyh lesov yuga Tyumenskoj oblasti // Vestnik myasnogo skotovodstva. 2017. Т. 97 (1). S. 141–145.
8. Yanzhieva D.V., Murueva G.B. Mokrecy kak perenoschiki virusa Blyutanga ovec // Vestnik Buryatskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii im. V.R. Filippova. 2018. Т. 35 (2). S. 24–28.
9. Fall M., Fall As.G., Momar T. et al. Cardian activity of *Culicoides oxystoma* (Diptera: Ceratopogonidae), potential vector of bluetongue and African horse sickness viruses in the Niayes area Senegal // Parasitology research. 2015. Т. 114 (8), P. 3151–3158.
10. Fall M., Fall A.G., Seck M.T. Host preferences and circadian rhythm of *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae), vectors of African horse sickness and bluetongue viruses in Senegal. 2015. Т. 49. P. 239–245.
11. Sanders Chr. J., Shortall Chr. R., Gubbins S. Influence of season and meteorological parameters on flight activity of *Culicoides* biting midges // Journal of applied ecology. 2011. Т. 48 (6). P. 1355–1364.
12. Viennet E., Garros C., Rakotoarivonv I. et al. Host-Seeking Activity of Bluetongue Virus Vectors: Endo/ Exophagy and Circadian Rhythm of *Culicoides* in Western Europe / Plos one, 2012. Т. 7 (10).

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МАТЕРИАЛА РАССЕЙВАТЕЛЯ ДИСКОВОГО СОШНИКА

Сергей Сергеевич Калашников¹, кандидат технических наукДаба Нимаевич Раднаев¹, доктор технических наукБэликто Батоевич Цыбиков¹, кандидат сельскохозяйственных наукАлександр Александрович Кем², кандидат технических наукДамдин Булатович Лабаров¹, доктор технических наук¹Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова,
г. Улан-Удэ, Республика Бурятия, Россия²Омский аграрный научный центр, г. Омск, Россия

E-mail: daba01@mail.ru

Аннотация. Одна из наиболее значимых проблем, возникающих при посеве зерновых культур, наряду с глубиной их заделки, — равномерное размещение семян по площади засеваемого поля. Был разработан двухдисковый сошник, позволяющий проводить полосовой посев, состоящий из основного корпуса и пары дисков, с установленным между ними рассеивателем семян. В работе описана методика выбора материала для изготовления рассеивателя дискового сошника зерновой сеялки и определения основных коэффициентов с использованием скоростной съемки. Представлен ход проведения теоретических исследований и однофакторного эксперимента, определяющий зависимость скорости полета зерновки после удара о рассеиватель от значения модуля упругости выбранного материала. Получены результаты теоретических и практических исследований для подтверждения выдвинутой ранее гипотезы о том, что последарная скорость, с которой летит семя, оказывает влияние на равномерное распределение (рассеивание) семян по засеваемой полосе междискового пространства. Для эксперимента использовали два вида наиболее распространенных в промышленности материала: алюминий-марганцевый сплав 3004 (ГОСТ 4784-97) и полиэтилентерефталат (ГОСТ 32686-2014). Установлено, что целесообразнее изготавливать клавишный рассеиватель из алюминий-марганцевого сплава, модуль упругости $E = 0,7 \cdot 10^5$ МПа, который снижает последарную скорость полета семени с 3,7 м/с до 0,65 м/с. С помощью скоростной съемки выявлено, что движение семенного потока незначительно отличается от движения одной зерновки и подчиняется тем же законам, с допустимой погрешностью.

Ключевые слова: рассеиватель, сошник, модуль упругости, выбор материала, посев

RATIONALE FOR THE CHOOSING OF DISC COULTER DIFFUSER MATERIAL

S.S. Kalashnikov¹, PhD in Engineering SciencesD.N. Radnaev¹, Grand PhD in Engineering SciencesB.V. Tsybikov¹, PhD of Agricultural SciencesA.A. Kem², PhD in Engineering SciencesD.B. Labarov¹, Grand PhD in Engineering Sciences¹Philippov V.R the Buryat State Academy of Agriculture, Ulan-Ude, Republic of Buryatia, Russia²Omsk Agrarian Scientific Center, Omsk, Russia

E-mail: daba01@mail.ru

Abstract. One of the most significant problems that arise during the process of sowing grain crops, along with the depth of their incorporation, is the uniform placement of grains in the sown field. A double-disk coulter was developed that allows strip sowing, which consists of a main body, a pair of discs, with a seed scatterer installed between them. The paper describes a technique that allows you to choose the material for manufacturing the diffuser of the disc coulter of a grain seeder and determine the main coefficients using high-speed shooting. The course of a number of theoretical studies and a one-factor experiment is presented, which determined the dependence of the flight speed of the grain after impact on the diffuser on the value of the elastic modulus of the selected material. The results of theoretical and practical studies have been obtained to confirm the previously put forward hypothesis that the post-shock seed flight speed affects their uniform distribution over the sown strip of the interdisk space. For the experiments, two materials most common in industry were determined: aluminum-manganese alloy 3004 (GOST 4784-97) and polyethylene terephthalate (GOST 32686-2014). As a result, it was found that it is more expedient to make a key diffuser from an aluminum-manganese alloy, with an elastic modulus $E = 0.7 \cdot 10^5$ MPa, which reduces the post-impact seed flight speed from 3.7 m/s to 0.65 m/s. Conducted and processed high-speed shooting revealed that the movement of the seed flow does not differ significantly from the movement of one grain, its movement is subject to a similar law.

Keywords: diffuser, coulter, modulus of elasticity, material selection, seeding

Одна из наиболее значимых проблем при посеве зерновых культур, наряду с глубиной их заделки, — равномерное размещение семян по засеваемому полю. [2—4, 12] Для усовершенствования технологии посева требуется создание выгодных, с точки зрения экономики и экологии, перспективных механизированных средств, а также разработка, с последующим обоснованием

параметров рабочих органов посевных машин, которые смогут в полной мере обеспечить выполнение технологического процесса, основанного на современных агротехнических требованиях по защите почв и возделыванию сельскохозяйственных культур.

При создании новых посевных машин и орудий необходимо учитывать зональные условия, требова-

ния технологии и особенности посевного материала. Агробиологической наукой доказана эффективность полосного посева, который обеспечивает равномерное распределение семян по площади, тем самым оказывая положительное влияние на урожайность, создание универсальных рабочих органов, в том числе посевных машин, для работы со средствами химизации и внесения гранулированных минеральных удобрений одновременно с посевом при возделывании зерновых культур. [1, 5, 11, 13–15]

Основные условия посева зерновых культур – оптимальная, адаптивная для складывающегося типа погоды глубина заделки семян во влажную почву и равномерное их размещение по площади. В настоящее время применяют следующие способы посева: обычный рядовой, узкорядный, перекрестный или полосно-разбросной (полосной). Рядовой способ посева с междурядьями от 10 до 25 см (проводят двухдисковыми сошниками), получил наибольшее распространение в практике по отвальным фонам обработки почвы, обеспечивает заделку семян на оптимальную глубину, но не дает нужного размещения по площади. [6, 7] Недостаток дискового сошника – загущенность растений в рядах из-за слабого рассеивания семян по полю. Чтобы его исключить был разработан двухдисковый сошник, оснащенный клавишным рассеивателем, который состоит из набора упругих пластин по всей ширине междискового пространства, предназначенный для полосового посева. При работе сошника диски образуют две бороздки с междурядьем 6,5...7,0 см. Профилообразователь, расположенный между дисками, формирует семенное ложе, сдвигая почву с междурядья к дискам на глубину заделки семян. Из семяпровода семенной поток поступает на рассеиватель и распределяется в междисковом пространстве шириной 6,0...6,5 см. [8, 10]

Для получения максимальной ширины полосы посева необходимо выбрать материал изготовления рассеивателя и должна быть выдержана соответствующая скорость зерновок в момент их соприкосновения с поверхностью распределителя и отскоком от него без повреждения. [9]

Цель работы – обеспечение равномерного распределения семян зерновых культур при посеве за счет подбора материала изготовления рассеивателя семян двухдискового сошника зерновой сеялки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основная характеристика, определяющая коэффициент потери энергии на деформацию клавиши, – значение модуля упругости материала. После проведения предварительных экспериментов и расчетов теоретически была найдена рациональная область значения модуля упругости, в которой наблюдается наибольшее снижение скорости семени после удара. На основании полученных данных подобрали наиболее часто используемые в производстве материалы с необходимым значением модуля упругости.

Послеударная скорость зерновки (формула 1) также зависит от коэффициентов, которые учитывают упругие свойства материалов соударяющихся тел

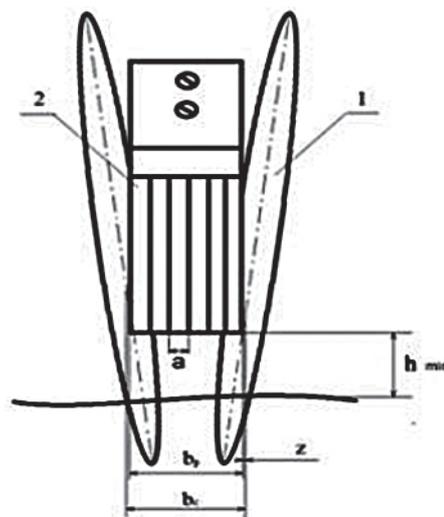


Рис. 1. Двухдисковый сошник с клавишным рассеивателем: 1 – диск; 2 – рассеиватель.

и потерю кинетической энергии на изгиб клавиш рассеивателя сошника. [7, 15]

Значения коэффициента восстановления K_B после совершения удара определяем с помощью формулы Галилея:

$$K_B = \sqrt{\frac{h}{H}}, \quad (1)$$

где H – высота падения зерновки, м; h – высота отскока зерновки, м.

Коэффициент, который показывает потерю энергии на деформацию одной клавиши рассеивателя, за-

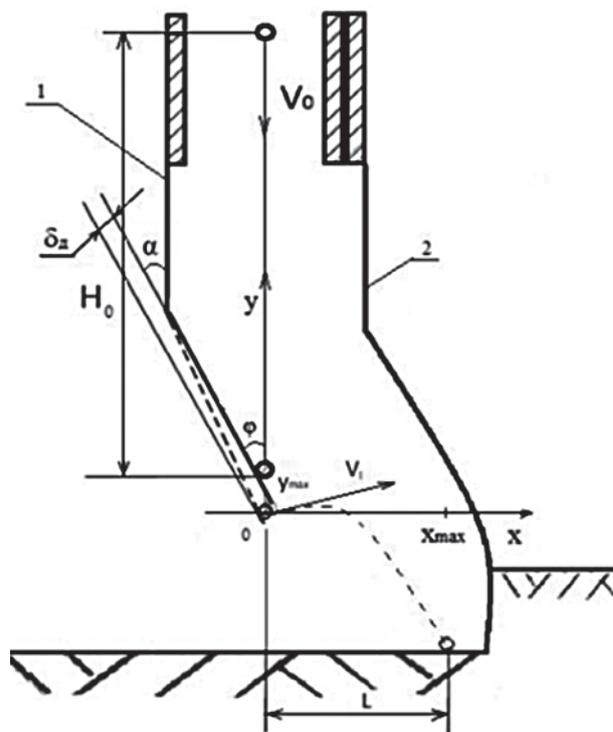


Рис. 2. Схема движение семян в сошнике: 1 – рассеиватель, 2 – профилообразователь.

висит от статической δ_c и динамической δ_d деформации набора клавиш рассеивателя. Для подтверждения полученных данных провели экспериментальные исследования с использованием стальной горизонтальной поверхности, линейки (погрешность – 0,0005 м), камеры для высокоскоростной видеосъемки (1080p HD 240 к/с), семян пшеницы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для равномерного распределения семян по площади посева сеялкой, оборудованной двухдисковым сошником, разработан рассеиватель с набором клавиш (рис. 1).

После проведенного теоретического анализа движения семян необходимо выбрать материал для изготовления клавиши рассеивателя.

Из-за подвижности клавиш распределителя, при вычислении послееударной скорости зерновки, учитывается потеря энергии на деформацию рассеивателя, или на работу, которая совершается семенем на деформацию клавиши:

$$A = \delta_d \cdot N, \tag{2}$$

где δ_d – перемещение тела в динамике; N – сила удара (рис. 2).

Формула для расчета перемещения тела в направлении удара [6]:

$$\delta_d = K_d \cdot \delta_c, \tag{3}$$

где δ_c – деформация тела в статике, м; K_d – динамический коэффициент.

Коэффициент динамики вычисляется по формуле:

$$K_d = 1 + \sqrt{1 + \frac{2H_0}{\delta_c}}, \tag{4}$$

где H_0 – высота падения семени, м.

Отклонение тела в статике рассчитывается:

$$\delta_c = \frac{Pl^3}{3EJ}, \tag{5}$$

где E – модуль упругости, МПа; P – вес семени, г; J – момент инерции; l – длина одной клавиши распределителя, м.

Момент инерции во время продольной деформации:

$$J_x = \frac{hb^3}{12}, \tag{6}$$

где h – ширина клавиши, м;

Работа, которая совершается зерновкой на деформацию клавиши рассеивателя:

$$A_c = \frac{4P^2l^3}{E \cdot a \cdot h^3} \cdot \left(1 + \sqrt{1 + \frac{2H_0 \cdot E \cdot a \cdot h^3}{4P \cdot l^3}} \right), \text{ Дж}, \tag{7}$$

где длина клавиши, м; a – ширина клавиши, м; h – толщина клавиши, м; H_0 – начальная высота падения зерновки, м; E – модуль упругости, МПа; P – вес зерновки, г.

Послеударная энергия семени определяется из выражения:

$$T_1 = T_0 - A_c, \text{ Дж}, \tag{8}$$

где T_0 – энергия семени, полученная до удара, Дж.

Для вычисления энергии потерянной на деформацию клавиши рассеивателя необходимо ввести понятие коэффициента ($K_{\delta d}$), который позволяет описать зависимость скорости полета зерновки после удара от потери энергии на изгиб рассеивателя:

$$K_{\delta d} = \sqrt{\frac{T_0 - A_c}{T_0}}. \tag{9}$$

Скорость полета семени после удара с учетом характеристик материала, а также потери энергии на деформацию клавиши можно выразить уравнением:

$$V_1 = V_o \cdot K_b \cdot K_{\delta d}. \tag{10}$$

Требуется установить влияние основных свойств материала, из которого планируется изготовление рассеивателя. Чтобы его выбрать провели теоретические исследования по выявлению зависимости скорости полета зерновки после удара от значения модуля упругости предполагаемого материала:

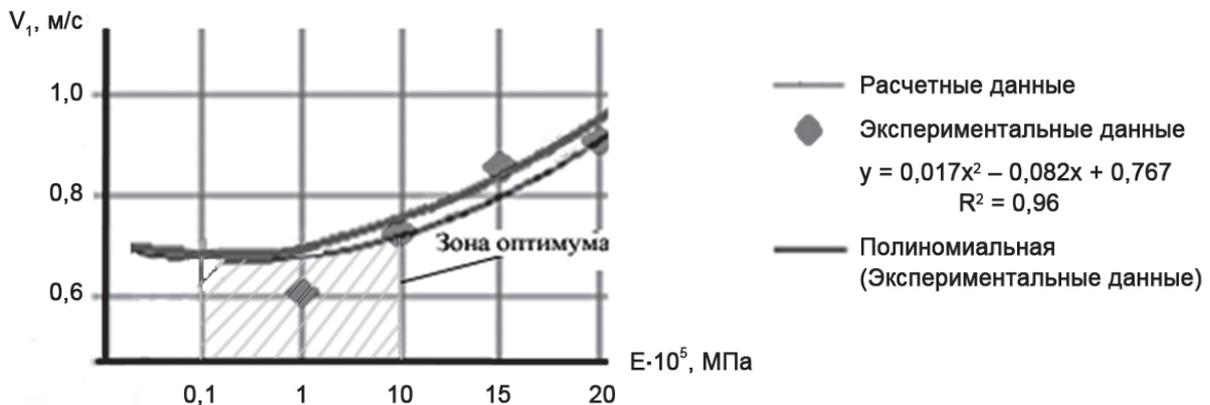


Рис. 3. Зависимость скорости движения зерновки после удара от значения модуля упругости выбранного материала.

Таблица 1.
Параметры материалов

Материал	b, м	h, м	E, МПа	l, м
ГОСТ 4784-97 Аллюминиево-марганцевый сплав 3004	3·10 ⁻⁴	0,01	0,7	0,1
ГОСТ 32686-2014 Полиэтилентерефталат	3·10 ⁻⁴	0,01	1,1	0,1
ГОСТ Р 52204-2004 Листовая сталь	3·10 ⁻⁴	0,01	21	0,1

Таблица 2.
Значения коэффициентов (экспериментальные)

Материал	δ_d , м	δ_c , м	$K_{\text{дв}}$	K_b	V_1 , м/с
ГОСТ 4784-97 Аллюминиево-марганцевый сплав 3004	$16,1 \cdot 10^{-3}$	$3,1 \cdot 10^{-3}$	0,51	0,34	0,65
ГОСТ 32686-2014 Полиэтилентерефталат	$14,5 \cdot 10^{-3}$	$2,8 \cdot 10^{-3}$	0,68	0,36	0,90
ГОСТ Р 52204-2004 Листовая сталь	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$0,1 \cdot 10^{-3}$	0,83	0,54	1,65

$$V_1 = V_0 \cdot K_b \cdot K_{\text{дв}} \quad (11)$$

где V_0 – скорость до удара, м/с; K_b – коэффициент восстановления при ударе; $K_{\text{дв}}$ – коэффициент потери энергии на деформацию клавиши.

Эксперимент по определению K_b был проведен в следующем порядке: семя фиксировали на заданную высоту Н в зажим. В нужный момент времени зажим открывался, и семя под действием силы тяжести свободно падало. С помощью высокоскоростной видеосъемки фиксировали высоту отскока семени h после соударения о поверхность образца материала. По результатам рассчитывали среднеарифметическое значение высоты отскока семени от образца материала с учетом всех погрешностей.

Для определения динамической деформации клавиши использовали следующую методику: семя закрепляли на высоту Н, которая совпадает с расстоянием от бункера сеялки до рассеивателя семян. В установленный момент времени зажим открывался, и семя под действием силы тяжести начинало свободно падать. Скоростной видеосъемкой регистрировали максимальный изгиб клавиши. Эксперимент был проведен согласно последовательности, описанной в программе. В результате рассчитывали среднеарифметическое значение, на которое происходил прогиб клавиши для выбранного материала.

Статическую деформацию определяли, помещая одно семя на клавишу рассеивателя и замеряя величину, на которую происходил прогиб клавиши. По окончании эксперимента находили среднеарифме-

тическое значение статической деформации (величина прогиба) и подтверждали достоверность полученных данных.

Для того чтобы проверить как взаимодействует рассеиватель с потоком семян применяли высокоскоростную видеосъемку. Камеру направляли на междисковое пространство сошника, после чего снимали работу сошника во время движения агрегата в почвенном канале. Сделана выборка стоп-кадров, определившая траекторию полета отдельных семян в потоке. При наложении снимков графически отображена траектория движения потока семян. На основании расчетных данных выявлено среднее отклонение полученных результатов движения потока с единичной зерновкой.

Для того чтобы подтвердить данные провели однофакторный эксперимент, указывающий на зависимость скорости полета зерновки, совершившей удар о клавишу, от значения модуля упругости выбранного материала (рис. 3).

На графике видно, что оптимальная область модуля упругости варьирует в пределах от 0,1 до 10 МПа. Коэффициент детерминации ($R^2 = 0,96$) подтверждает достоверность результатов.

На основании полученных теоретических данных, для проведения дальнейших экспериментов выбрали два типа материала, у которых значение модуля упругости соответствует оптимальной области (табл. 1).

Данные, полученные в результате проведенных экспериментов по нахождению статической и динамической деформации рассеивателя и коэффициента восстановления K_b представлены в таблице 2.

В таблице 3 указаны расчетные значения, полученные теоретическим способом.

Результаты имеют несущественные отклонения от расчетных и находятся в пределах допустимых погрешностей. Аллюминиево-марганцевый сплав ($E = 0,7 \cdot 10^5$ Мпа) способен снижать скорость семени до 0,65 м/с, что характеризует его как наиболее подходящий материал.

Высокоскоростная съемка, проведенная для проверки взаимодействия рассеивателя с потоком семян, показала ясную картину траектории полета семенного потока (рис. 4) и выявила, что его движение не отличается от траектории полета одной зерновки и может быть рассчитано по тем же выражениям, но с допустимой погрешностью.

Выводы. В работе представлена методика, позволяющая выбрать материал для изготовления рассеивателя дискового сошника зерновой сеялки и определить основные коэффициенты с использованием скоростной съемки. В результате теоретических и практических исследований установлена зависимость послееударной скорости семян от потери кинетической энергии, затраченной на

Таблица 3.
Основные показатели и коэффициенты (расчетные значения)

Материал	V_0 , м/с	δ_d , м	δ_c , м	T_0 , Дж	A, Дж	$K_{\text{дв}}$	V_1 , м/с
ГОСТ 4784-97 Аллюминиево-марганцевый сплав 3004	3,7	$15,96 \cdot 10^{-3}$	$3,14 \cdot 10^{-3}$	$2,74 \cdot 10^{-4}$	$6,36 \cdot 10^{-5}$	0,5143	0,652
ГОСТ 32686-2014 Полиэтилентерефталат	3,7	$14,28 \cdot 10^{-3}$	$2,89 \cdot 10^{-3}$	$2,74 \cdot 10^{-4}$	$4,21 \cdot 10^{-5}$	0,674	0,874
ГОСТ Р 52204-2004 Листовая сталь	3,7	$1,16 \cdot 10^{-3}$	$0,14 \cdot 10^{-3}$	$2,74 \cdot 10^{-4}$	$0,81 \cdot 10^{-5}$	0,821	1,58

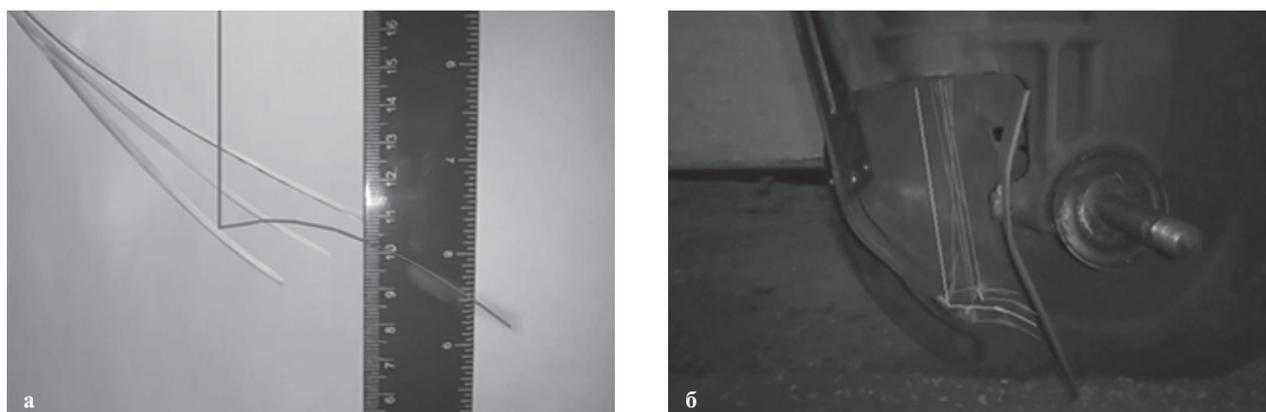


Рис. 4. Траектория движения (высокоскоростная съемка): а – одного семени; б –семенного потока.

прогибание клавиши рассеивателя дискового сошника. Изготавливать клавишный рассеиватель семян целесообразно из алюминиево-марганцевого сплава с модулем упругости $E = 0,7 \cdot 10^5$ МПа, который снижает последударную скорость полета семени с 3,7 до 0,65 м/с, обеспечивая равномерное распределение семян зерновых культур при посеве по площади поля.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Блохин В.И., Шайхов М.К., Шайдуллин Х.Х. Эффективность полосного посева зерновых культур // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2017. № 6. С. 57–59.
2. Демчук Е.В., Голованов Д.А., Янковский К.А. К вопросам совершенствования технологии посева зерновых культур // Тракторы и сельскохозяйственные машины. № 6. 2016. С. 45–48.
3. Демчук Е.В., Мяло В.В., Голованов Д.А. и др. Сравнительный анализ эксплуатационных характеристик посевных комплексов в условиях Западной Сибири // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2017. № 2(26). С. 99–105.
4. Измайлов А.Ю., Шогенов Ю.Х. Создание интенсивных машинных технологий и энергонасыщенной техники для производства основных групп продовольствия // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2016. № 3. С. 2–5.
5. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Шайхов М.К., Шайхов М.М. Универсальные зернотукотравяные сеялки полосного посева // Сельский механизатор. 2015. № 9. С. 6–8.
6. Кобяков И.Д., Шевченко А.П., Евченко А.В. Зерновая сеялка для полосного посева // Сельский механизатор. 2019. № 12. С. 12.
7. Найханов М.К., Шайдуллин Х.Х., Шайдуллин Р.Х. и др. Модернизация сеялок типа СЗ-3,6 для выполнения полосового посева // Достижения науки и техники в АПК. 2005. № 8. С. 16–17.
8. Раднаев Д.Н., Калашников С.С. Некоторые результаты исследования распределения семян по площади при посеве модернизированным дисковым сошником // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2015. № 2(39). С. 52–57.
9. Раднаев Д.Н., Калашников С.С., Калашников С.Ф. Теоретическое обоснование скорости падения семян с учетом деформации рассеивателя дискового сошника // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2016. № 2(43). С. 92–95.
10. Сергеев Ю.А., Тыскинеев Д.О., Зимица О.Г. Анализ процесса движения зерна по семяпроводной системе стерневой сеялки // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2017. № 2(47). С. 84–90.
11. Утенков Г.Л. Стратегия формирования машинных технологий возделывания сельскохозяйственных культур в условиях Сибири // Вестник КрасГАУ. 2010. № 2. С. 123–127.
12. Чекусов М.С., Кем А.А., Юшкевич Л.В. Оценка эффективности машинных технологий возделывания яровой пшеницы в лесостепи Западной Сибири // Вестник Омского государственного университета 2019. № 4. С. 185–192.
13. Шайхов М.К., Габдуллин Г.Г., Пугачев П.М. и др. Модернизация универсальных рабочих органов сеялки для полосного посева зерновых и мелкосеменных культур // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2010. № 6. С. 24–26.
14. Singh K., Agrawal K., Jat D. et al. Design, development and evaluation of furrow opener for differential depth fertilizer application. Indian Journal of Agricultural Sciences. 2016. Т. 86. № 2. PP. 250–255.
15. Zaitsev A.M., Solodun V.I., Gorbunova M.S. Comparative evaluate on of seeding spring wheat methods when using different types of coulters IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. 421. P. 62017.

REFERENCES

1. Blohin V.I., Shajhov M.K., Shajdullin H.H. Effektivnost' polosnogo poseva zernovykh kul'tur // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2017. № 6. S. 57–59.
2. Demchuk E.V., Golovanov D.A., Yankovskij K.A. K voprosam sovershenstvovaniya tekhnologii poseva zernovykh kul'tur // Traktory i sel'skohozyajstvennye mashiny. № 6. 2016. S. 45–48.
3. Demchuk E.V., Myalo V.V., Golovanov D.A. i dr. Sravnitel'nyj analiz ekspluatacionnykh harakteristik posevnykh kompleksov v usloviyah Zapadnoj Sibiri // Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 2(26). S. 99–105.
4. Izmajlov A.Yu., Shogenov Yu.H. Sozdanie intensivnykh mashinnykh tekhnologij i energonasyschennoj tekhniki dlya proizvodstva osnovnykh grupp prodovol'stviya // Mekhanizaciya i elektrifikaciya sel'skogo hozyajstva. 2016. № 3. S. 2–5.

5. Izmajlov A.Yu., Lobachevskij Ya.P., Shajhov M.K., Shajhov M.M. Universal'nye zernotukotravyanye seyalki polosnogo poseva // Sel'skij mekhanizator. 2015. № 9. S. 6–8.
6. Kobyakov I.D., Shevchenko A.P., Evchenko A.V. Zernovaya seyalka dlya polosnogo poseva // Sel'skij mekhanizator. 2019. № 12. S. 12.
7. Najhanov M.K., Shajdulin H.H., Shajdulin R.H. i dr. Modernizaciya seyalok tipa SZ-3,6 dlya vypolneniya polosovogo poseva // Dostizheniya nauki i tekhniki v APK. 2005. № 8. S. 16–17.
8. Radnaev D.N., Kalashnikov S.S. Nekotorye rezul'taty issledovaniya raspredeleniya semyan po ploshchadi pri poseve modernizirovannym diskovym soshnikom // Vestnik Buryatskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii im. V.R. Filippova. 2015. № 2(39). S. 52–57.
9. Radnaev D.N., Kalashnikov S.S., Kalashnikov S.F. Teoreticheskoe obosnovanie skorosti padeniya semyan s uchetom deformacii rasseivatelya diskovogo soshnika // Vestnik Buryatskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii im. V.R. Filippova. 2016. № 2(43). S. 92–95.
10. Sergeev Yu.A., Tyskineev D.O., Zimina O.G. Analiz processa dvizheniya zerna po semyaprovodnoj sisteme sternevoj seyalki // Vestnik Buryatskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii im. V.R. Filippova. 2017. № 2(47). S. 84–90.
11. Utenkov G.L. Strategiya formirovaniya mashinnyh tekhnologij vzdelyvaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur v usloviyah Sibiri // Vestnik KrasGAU. 2010. № 2. S. 123–127.
12. Chekusov M.S., Kem A.A., Yushkevich L.V. Ocenka effektivnosti mashinnyh tekhnologij vzdelyvaniya yarovoj pshenicy v lesostepi Zapadnoj Sibiri // Vestnik Omskogo gosudarstvennogo universiteta 2019. № 4. S. 185–192.
13. Shajhov M.K., Gabdullin G.G., Pugachev P.M. i dr. Modernizaciya universal'nyh rabochih organov seyalki dlya polosnogo poseva zernovyh i melkosemennyh kul'tur // Sel'skohozyajstvennye mashiny i tekhnologii. 2010. № 6. S. 24–26.
14. Singh K., Agrawal K., Jat D. et al. Design, development and evaluation of furrow opener for differential depth fertilizer application. Indian Journal of Agricultural Sciences. 2016. T. 86. № 2. PP. 250–255.
15. Zaitsev A.M., Solodun V.I., Gorbunova M.S. Comparative evaluate on of seeding spring wheat methods when using different types of coulters IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. 421. P. 62017.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ ЗЕРНА СОИ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ

Ирина Михайловна Присяжная, кандидат технических наук
 Серафима Павловна Присяжная, доктор технических наук, профессор
 Евгения Михайловна Фокина, кандидат сельскохозяйственных наук
 ФГБНУ ФНИ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои»,
 г. Благовещенск, Амурская обл., Россия
 E-mail: irenpris@mail.ru

Аннотация. В увеличении производства сои важная роль отводится снижению потерь семян от дробления, особенно при уборке урожая. Со стороны молотильных и транспортирующих устройств зерно сои подвержено динамическим ударным и зацемяющим нагрузкам. В статье приведены исследования статической и динамической прочности зерна сои более 20 сортов различного эколого-географического происхождения. Выявлены показатели линейных размеров сои по длине, ширине и толщине, величине коэффициента сферичности, массы 1000 семян, динамической и статической разрушающей нагрузки. Коэффициентом пропорциональности установлена связь между нормальным напряжением и деформацией, которая как модуль упругости сои характеризует сопротивляемость зерна деформации при сжатии. Наиболее устойчивые к статическим нагрузкам семена сортов Хонсю, Овощная, Журавушка, № 3-2014 J-35, Микавасима. При некотором допущении зерно сои всех сортов имеет форму шара, коэффициент сферичности изменяется от 0,931 до 0,755, модуль упругости и предел прочности по сортам при влажности 6,5% — от 290,71 до 132,02 кг/см², с увеличением влажности он уменьшается в 1,5–2,0 раза.

Ключевые слова: соя, зерно, влажность, сорт, масса 1000 семян, деформация, статическая, динамическая прочность, модуль упругости

STUDY OF THE STRENGTH OF SOYBEAN GRAINS OF VARIOUS VARIETIES

I.M. Prisyazhnaya, PhD in Engineering Sciences
 S.P. Prisyazhnaya, Grand PhD in Engineering Sciences, Professor
 E.M. Fokina, PhD in Agricultural Sciences
 FSBSI FRC «All-Russian Soybean Research Institute»,
 Blagoveshchensk, Amur region, Russia
 E-mail: irenpris@mail.ru

Abstract. In increase in production of soy the important part is assigned to decrease in losses of seeds from crushing, especially when harvesting. The variety of mechanical impacts from the molotilny and transporting devices on grain of soy is reduced to action of dynamic percussions and the jamming loadings. In selection process during creation of new grades of soy the heritability of signs of parental forms is widely used therefore it is very important to know strength characteristics of grain of soy on grades, their static and dynamic durability and to use these qualities during creation of new grades. The purpose of researches is to reveal the steadiest and less damaged soy grain grades at static loads for use of heritability of signs in selection process, to define the module of elasticity of grain of soy and critical crushing loads for decrease in damages during the cleaning and a side job. Researches of static and dynamic durability of grain of soy more than 20 grades of various environmental-geographical origin are given in article. Indicators of the linear sizes of soy of all studied grades on length, width and thickness, size of coefficient of sphericity, mass of 1000 seeds, dynamic and static crushing load are revealed. The coefficient of proportionality established connection between the normal tension and deformation which is the module of elasticity of soy and characterizes the resilience of grain of soy of elastic deformation at compression. Seeds of soy of grades of Honshu, Vegetable, the Crane, No. 3-2014 J-35, Mikavassima appeared the most resistant to static loads. At some assumption, grain of soy of all grades has the sphere form, the coefficient of sphericity changes from 0.931 to 0.755. The module of elasticity and strength of grain of soy on grades at humidity of 6.5% changes from 290.71 to 132.02 kg/cm² which with increase in humidity decreases by 1.5–2.0 times.

Keywords: soy, grain, humidity, a grade, weight is 1000 seeds, deformation, static, dynamic durability, the elasticity module

В Российской Федерации производство сои стабильно растет из-за расширения посевных площадей под культурой и повышения ее урожайности. [3, 4, 8, 9, 11, 13]

Технологии возделывания сои предусматривают использование современной техники. Применение инновационных технологий обеспечивает получение высокой урожайности. В увеличении производства сои важная роль отводится снижению прямых и косвенных потерь семян при посеве и уборке урожая. На их величину и характер оказывают механическое воздействие рабочие органы комбайнов, транспортирующих устройств и поточных линий при подработке се-

мян. Снижение механических повреждений от молотильных и транспортирующих устройств имеет такое же значение, как уменьшение прямых количественных (невозвратные) потерь урожая сои. [2, 5–7, 10, 12]

Рабочие органы комбайна и транспортирующих устройств поточных линий должны быть так спроектированы, чтобы наибольшее напряжение, возникающее в зерне при их работе, было меньше того, при котором оно разрушается. Чтобы выяснить допустимую величину напряжения для зерна сои опытным путем установлена зависимость между прочностью зерна, действующими на него усилиями и возникающими в нем остаточными деформациями.

Механическое состояние зерна сои характеризуется его статической и динамической прочностью, которые зависят от сорта, влажности, массы 1000 семян, формы, строения зерна и других факторов.

При нагрузках зерно сои из-за особенностей строения и химического состава подвергается упруго-пластическим деформациям. Они возникают в результате сжатия его при защемлении, а также соударении с рабочими органами машин.

На основе эмпирического закона упругие деформации в процессе динамического нагружения развиваются независимо от пластических. Основная гипотеза при учете местных деформаций при соударении рабочих органов с зерном состоит в том, что связь между контактным давлением и местным смятием при ударе такая же, как и в статических условиях. Исходное положение теории упругости заключается в допущении, что упругое состояние тела вблизи поверхности удара в течение всего удара близко к тому состоянию равновесия, которое возникало бы в обоих телах при медленном их сжатии. По известной теории контактных деформаций тел Герца, можно пренебречь колебаниями, возникающими в зерне при ударе, и предположить, что энергия этих колебаний чрезвычайно мала и тогда вся кинетическая энергия относительного движения зерна превращается в потенциальную энергию упругих деформаций. Общая сила удара, вызывающая эти деформации, определяется как сумма упругой и пластической его составляющей. Пластическая составляющая значительно меньше упругой – до 7% общей силы удара. [1] Учитывая только упругую составляющую, принимаем ее за полную силу динамического нагружения зерна. Напряжения, обеспечивающие сохранение формы и размеров зерна, должны быть ниже тех, при которых отмечается появление остаточных деформаций.

Цель работы – выявить наиболее устойчивые и менее повреждаемые сорта сои при статических нагрузках для использования наследуемости признаков в селекционном процессе, определить модуль упругости зерна и критические разрушающие нагрузки для снижения повреждений при уборке и обработке.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект изучения прочности – зерно сои дальневосточных и западных сортов (Краснодарский край и Курская область), а также иностранной селекции из КНР, Франции, Канады, Японии и США, имеющих различное эколого-географическое происхождение, но выращенных в Амурской области (ВНИИ сои) в 2021 году. Они различаются по продолжительности периода вегетации и делятся согласно классификации принятой в регионе на группы: скороспелая (96...104 дня) – *Лидия (st)*, *Сентябринка*, *Статная*, *Магева*, *СК Русса*, *Микавасима*, *McCall*; среднеспелая (105...114 дней) – *Даурия (st)*, *Пепелина*, *Журавушка*, *Чародейка*, *Овощная*, *Лидер 10*, *Chico*; позднеспелая (115...125 дней) – *Алена (st)*, *Kioto*, *Кофу*, *Каната*, *Хонсю*, *РЖТ Спуда*, № 3–2014 J 35. Обмолот производили вручную. Масса 1000 зерен всех изучаемых сортов – 100,8...322,4 г, длина – 6,21...9,31 мм, ширина – 5,74...8,49, толщина –

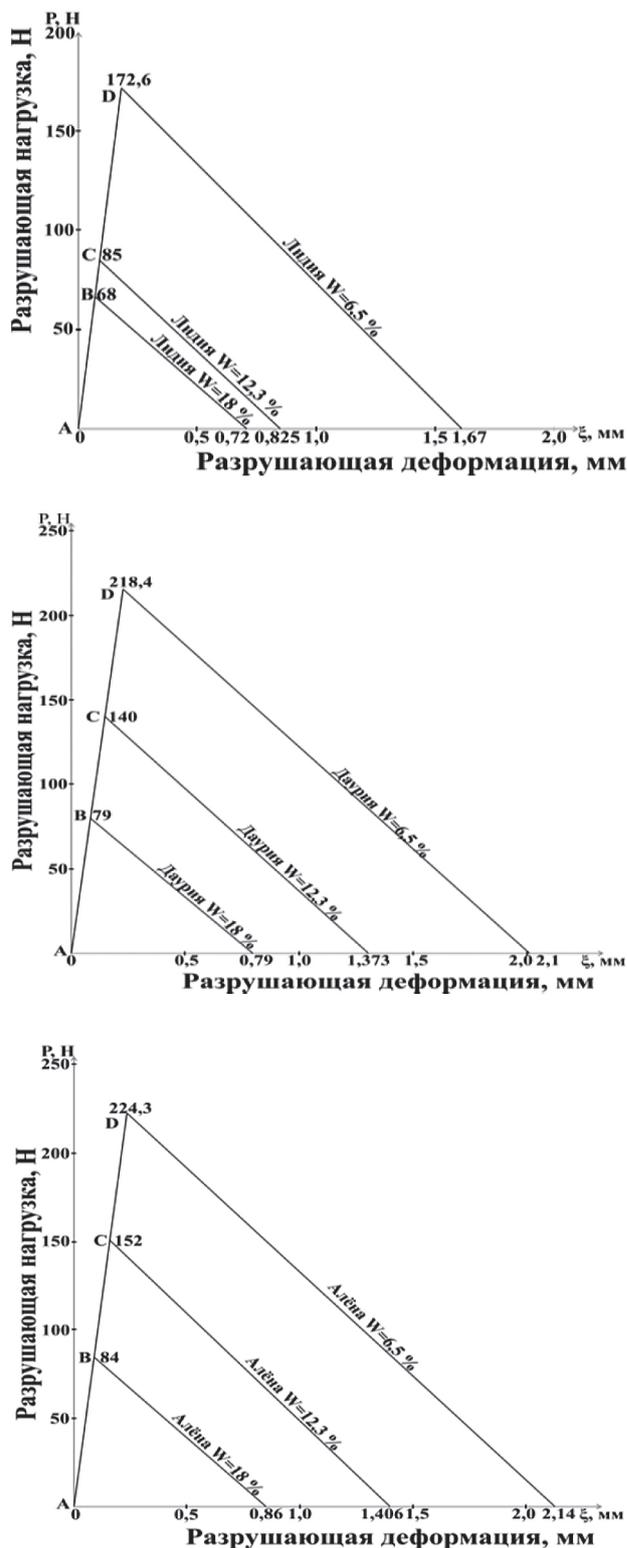


Рис. 1. Диаграммы сжатия зерна сои. Отрезок ABCD соответствует влажности 6,5%, AC – 12,3, AB – 18%.

7,46...4,25 мм. При некотором допущении зерно сои всех сортов имеет форму шара, коэффициент сферичности изменяется от 0,931 до 0,755.

Исследовали зерно сои кондиционной влажности (12,3%), сухое (6,5) и переувлажненное (18%). Для статической деформации сжатия использовали динамометр ДОСМ-3-0,05 с пределом измерения до 500 Н.

РЕЗУЛЬТАТЫ

На рисунке 1 представлены диаграммы сжатия зерна трех сортов сои (*Лидия*, *Даурия*, *Алена*) при различных параметрах влажности, характеризующих статическую прочность.

У сухого зерна сои (6,5%), а также кондиционной (12,3) и повышенной влажности (18%) четко выражен предел пропорциональности (отрезок ABCD), который совпадает с пределом статической прочности зерна. До момента появления трещины (точки В, С и D) деформации зерна растут прямо пропорционально нагрузкам. У зерна влажностью 18 и 12,3% трещина оболочки появляется при меньшей статической нагрузке (точки В и С).

Устойчивость зерна сои к механическим повреждениям имеет сортовые особенности и обусловлена массой зерна, линейной размерностью и шаровидной формой, представленной коэффициентом сферичности.

Статическая нагрузка, приложенная к зерну при сжатии его между плоскими стальными поверхностями в перпендикулярном направлении к плоскости разъема семядолей, разрушающая зерно влажностью 6,5%, составила в среднем по изучаемым сортам от 130,3 до 290,2 Н (табл. 1).

Зерно сои мелкой фракции разрушалось при значительно меньшей нагрузке, чем средней и крупной. Наиболее устойчивые к статическим нагрузкам сорта: *Хонсю*, *Овощная*, *Журавушка*, № 3-2014 J-35, *Микавасима*.

Разрушение зерна сои влажностью 18 и 12,3% происходит при меньшей деформации, для раннеспелого сорта *Лидия* – 0,72...0,825 мм, среднеспелого *Даурия* – 0,79...1,373, позднеспелого *Алена* – 0,86...1,406 мм. Статическая нагрузка разрушающая зерно сои (влажность – 18 и 12,3%) сорта *Лидия* – 68...85 Н, *Даурия* – 79...140, *Алена* – 84...152 Н. При снижении влажности зерна до 6,5% разрушение происходит при больших деформациях, превышающих кондиционную влажность в 1,5 раза и соответственно больших нагрузках (табл. 2).

Между массой зерна крупной, средней и мелкой фракции и устойчивостью к статической деформации (ξ , мм) коэффициент вариации изменяется от значительного до среднего. У сортов *Лидия*, *Даурия*, *Алена* он составил – 22,0...14,1%, 17,7...14,0, 13,3...8,94% соответственно (табл. 3).

Нагрузка, нарушающая пропорциональность между ее приращением и относительным сжатием (деформация) зерна сои, соответствует пределу пропорциональности. Модуль упругости зерна при сжатии – коэффициент пропорциональности Е, связывающий нормальное напряжение и относительное удлинение. Физически он характеризует сопротивляемость упругой деформации. Точки В, С и D (рис. 1) следует считать пределом упругости и началом разрушения оболочки зерна при разной влажности. По результатам опытов, на основе закона Гука, определили величину модуля упругости зерна сои (табл. 4).

Модуль упругости и предел прочности зерна сои по сортам при влажности 6,5% изменяется от 290,71 до 132,02 кг/см², с увеличением влажности он уменьшается в 1,5...2,0 раза.

Таблица 1. Деформация и разрушающая статическая нагрузка единичных зерен сои различных сортов при влажности зерна 6,5%

Сорт	Страна (оригинатор)	Масса 1000 семян, г	Коэффициент сферичности	Деформация, мм	Разрушающая статическая нагрузка, Н
<i>Журавушка</i>	ВНИИ сои	211,6	0,832	2,65	271,43,89
№3-2014 J-35	КНР	271,1	0,900	2,55	265,5
<i>Овощная</i>		322,4	0,793	2,74	285,3
<i>Хонсю</i>	Япония	281,0	0,888	2,80	290,2
<i>Микавасима</i>		305,6	0,931	2,60	269,4
<i>Чародейка</i>	ВНИИ сои	229,4	0,875	2,04	214,5
<i>АД-3 Магева</i>	Россия	246,6	0,898	2,16	226,2
<i>Каната</i>	Канада	169,1	0,856	2,23	235,1
<i>Киото</i>		173,7	0,824	2,25	238,1
<i>Алена</i>		168,5	0,943	2,21	224,3
<i>Даурия</i>	ВНИИ сои	179,0	0,851	2,06	215,48
<i>Пепелина</i>		161,3	0,908	2,01	205,3
<i>Кофу</i>	Канада	154,2	0,844	1,85	198,7
<i>Сентябринка</i>	ВНИИ сои	165,5	0,919	1,68	175,7
<i>Статная</i>		139,6	0,896	1,81	190,7
<i>РЖТ Спида</i>	Франция	119,2	0,800	2,33	235,2
<i>Лидер – 10</i>	Курская обл	116,6	0,755	1,76	180,8
<i>Лидия</i>	ВНИИ сои	146,3	0,847	1,67	172,6
<i>Сhico</i>	США	107,1	0,853	1,54	150,8
<i>СК Руса</i>	Краснодарский край	113,5	0,873	1,35	142,4
<i>McCall</i>	США	100,8	0,828	100,8	130,3±2,8

Таблица 2. Изменение разрушающей статической нагрузки единичного зерна ранне-, средне- и позднеспелых сортов сои при разной влажности

Сорт	Влажность, %								
	6,5			12,3			18		
	коэффициент сферичности	относительная деформация, мм	разрушающая нагрузка, Н	коэффициент сферичности	относительная деформация, мм	разрушающая нагрузка, Н	коэффициент сферичности	относительная деформация, мм	разрушающая нагрузка, Н
<i>Лидия</i>	0,847	0,801	0,746	1,67	0,825	0,72	172,6	85	68
<i>Даурия</i>	0,876	0,866	0,801	2,10	1,373	0,79	215,4	140	791,7
<i>Алена</i>	0,943	0,917	0,854	2,14	1,406	0,86	224,3	152	84

Таблица 3. Статическая деформация разрушения зерна сои по фракциям

Сорт	Средняя ξ , мм	Крупная фракция			Средняя фракция			Мелкая фракция		
		масса	ξ , мм	V %	масса	ξ , мм	V %	масса	ξ , мм	V %
		<i>Лидия</i>	1,67	169,2	1,4	22,0	144,1	1,4	24,7	119,8
<i>Даурия</i>	2,06	235,2	1,82	17,7	178,2	1,74	22,0	143,5	1,22	14,0
<i>Алена</i>	2,21	212,6	2,08	13,3	171,4	1,72	12,8	131,0	1,41	8,94

От влажности зерна сои существенно зависит его механическая повреждаемость. При свободном соударении зерен сои сорта *Лидия* с металлической поверхностью (скорость удара до 20 м/с) менее всего

Таблица 4.

Модуль упругости зерна сои различных сортов

Сорт	Толщина семян сои, мм	Разрушающая нагрузка, кг	Модуль упругости, кг/см ²
Журавушка	6,12	27,64	280,41
№3-2014 J-35	6,79	26,75	271,23
Овощная	6,41	28,63	290,71
Хонсю	6,91	29,02	294,22
Микавасима	7,46	26,94	272,94
Чародейка	6,39	21,45	217,32
АД-3 Магева	6,42	22,62	229,18
Каната	5,88	23,51	238,19
Киото	5,62	23,81	241,23
Алена	6,09	22,43	224,25
Даурия	5,54	21,54	215,41
Пепелина	5,91	23,53	238,39
Кофу	5,47	19,87	201,32
Сентябринка	6,12	18,57	188,15
Статная	5,51	19,07	193,21
РЖТ Спида	4,83	24,52	248,43
Лидер – 10	4,25	17,58	178,11
Лидия	5,34	17,26	172,63
Chico	4,79	14,88	150,76
СК Руса	5,11	14,44	146,31
McCall	4,52	13,03	132,02

подвержено разрушению (36%) зерно повышенной влажности, сухое повреждается полностью (100%), кондиционной влажности – 78% (рис. 2).

Смещение порога дробления в сторону больших скоростей и снижение механического повреждения при увеличении влажности объясняется тем, что хрупкое состояние зерна характеризуется большим модулем упругости и малыми разрушающими деформациями. Зерно в таком состоянии менее устойчиво к динамическим нагрузкам, чем зерно большей влажности (пластичное), потому что с увеличением модуля упругости максимальная сила удара увеличивается.

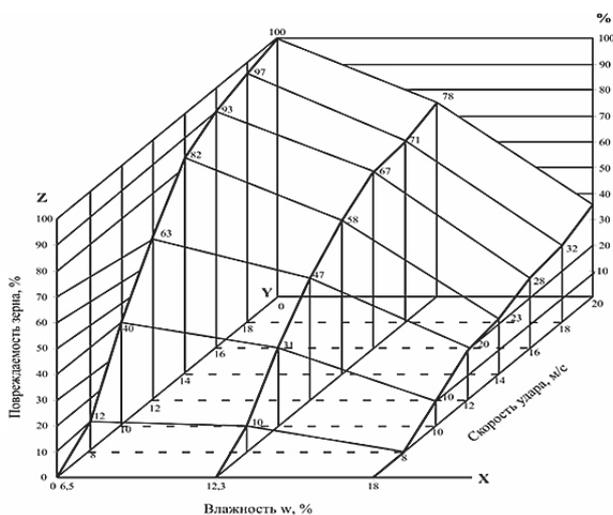


Рис. 2. Повреждение зерна сои сорта Лидия при соударении со стальной поверхностью

Благодаря малым разрушающим деформациям, величина площади контакта уменьшается, и одновременно увеличивается удельное контактное давление. С его ростом возрастает напряжение в зоне контакта, определяющее степень повреждаемости зерна.

Чем пластичнее зерно, тем ниже общая сила удара, больше площадь контакта и меньше напряженность материала в его зоне. Поэтому нагрузки критические для сухого зерна не всегда могут вызвать повреждение влажного.

Таким образом, сортовая устойчивость зерна сои к статическим нагрузкам и механическим повреждениям имеет особенности и обусловлена массой, линейной размерностью и шаровидной формой, представленной коэффициентом сферичности. Разрушение зерна с большей влажностью (18...20%) происходит при малых (0,72...0,86 мм) деформациях и меньших разрушающих нагрузках (68...84 Н). При снижении влажности зерна до 6,5%, его разрушение происходит при больших деформациях и нагрузках, превышающих кондиционную влажность в 1,5...2,0 раза.

В результате проведенных исследований выявлено, что наиболее устойчивое к статическим нагрузкам зерно сои сортов Хонсю, Овощная, Журавушка, № 3–2014 J–35, Микавасима.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Айзикович С.М., Александров В.М., Белоконов А.В. и др. Контактные задачи теории упругости для неоднородных сред. М.: Физматлит, 2006. 240 с.
2. Вашенко А.П. и др. Соя на Дальнем Востоке / под науч. ред. А.К. Чайка; Россельхозакадемия, ДВ РНЦ, Приморский НИИСХ. Владивосток: Дальнаука, 2014. 435 с.
3. Катюк А.И., Зуев Е.В., Анисимкина Н.В. Источники хозяйственно ценных признаков для селекции сои в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья / Масличные культуры. Науч.-технич. бюлл. ВНИИ масличных культур. 2016. Вып. 3 (167). С. 22–26.
4. Кочегура А.В., Щегольков А.В., Зима Д.Е. Селекция сортов сои разных направлений использования для регионов России // АПК NEWS. 2018. № 8. С. 16–19.
5. Кузьмин А., Наумченко Е.Т., Никульчев Т.А. и др. 100 вопросов и ответов о возделывании сои (рекомендации для руководителей и специалистов сельскохозяйственных предприятий) / под общей ред. М.О. Синеговского. ООО «Одеон», 2021. 79 с.
6. Лусас Э.В., Ки Чун Ри / Руководство по переработке и использованию сои: пер. с англ. В.В. Ключкина, М.Л. Доморощенковой. М.: Колос, 1998. 48 с.
7. Малашонок А.А., Синеговский М.О. Моделирование и прогнозирование урожайности сои в Амурской области // Достижение науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 8. С. 90–92.
8. Синеговская В.Т., Фокина Е.М. Селекция сои как инструмент решения задач импортозамещения в Дальневосточном федеральном округе // Труды кубанского государственного аграрного университета. 2018. № 72. С. 328–331.
9. Система земледелия Амурской области / под общ. ред. д-ра с.-х. наук, проф. Тихончука П.В. Благовещенск: Изд-во Дальневосточного ГАУ, 2016. 570 с.
10. Технологии возделывания сои / РосАгроХим, ГНУ ВНИИ сои, ГНУ ДальНИИМЭСХ. М. 2010. 46 с.

11. Тильба В.А., Синеговская В.Т., Фоменко Н.Д. Технология возделывания сои в Амурской области: методические рекомендации. Благовещенск. 2009. 72 с.
 12. Фокина Е.М., Беляева Г.Н., Синеговский М.О. и др. Каталог сортов сои / под общей редакцией академика РАН В.Т. Синеговской // ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои. Благовещенск: ООО «ИПК «ОДЕОН». 2021. 69 с.
 13. Фокина Е.М., Беляева Г.Н., Титов С.А. Новые сорта сои для дальневосточного региона // Дальневосточный аграрный вестник. 2020. № 3(55). С. 68–75. <http://doi.org/10.24411/1999-6837-2020-13035>
- REFERENCES**
1. Ajzikovich S.M., Aleksandrov V.M., Belokon' A.V. i dr. Kontaktnye zadachi teorii uprugosti dlya neodnorodnyh sred. M.: Fizmatlit, 2006. 240 s.
 2. Vashchenko A.P. i dr. Soya na Dal'nem Vostoke / pod nauch. red. A.K. Chajka; Rossel'hoz akademiya, DV RNC, Primorskij NIISKH. Vladivostok: Dal'nauka, 2014. 435 s.
 3. Katyuk A.I., Zuev E.V., Anisimkina N.V. Istochniki hozyajstvenno cennyh priznakov dlya selekcii soi v usloviyah le-sostepnoj zony Srednego Povolzh'ya / Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekhnich. byull. VNIИ maslichnyh kul'tur. 2016. Выр. 3 (167). С. 22–26.
 4. Kochegura A.V., Shchegol'kov A.V., Zima D.E. Selekcija sortov soi raznyh napravlenij ispol'zovaniya dlya regionov Rossii // APK NEWS. 2018. № 8. С. 16–19.
 5. Kuz'min A., Naumchenko E.T., Nikul'chev T.A. i dr. 100 voprosov i otvetov o vzdelyvanii soi (rekommendacii dlya rukovoditelej i specialistov sel'skohozyajstvennyh predpriyatij) / pod obshej red. M.O. Sinegovskogo. ООО «Odeon», 2021. 79 s.
 6. Lusas E.V., Ki Chun Ri / Rukovodstvo po pererabotke i ispol'zovaniyu soi: per. s angl. V.V. Klyuchkina, M.L. Domoroshchenkovej. M.: Kolos, 1998. 48 s.
 7. Malashonok A.A., Sinegovskij M.O. Modelirovanie i prognozirovanie urozhajnosti soi v Amurskoj oblasti // Dostizhenie nauki i tekhniki APK. 2017. Т. 31. № 8. С. 90–92.
 8. Sinegovskaya V.T., Fokina E.M. Selekcija soi kak instrument resheniya zadach importozameshcheniya v Dal'nevostochnom federal'nom okruge // Trudy kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. № 72. С. 328–331.
 9. Sistema zemledeliya Amurskoj oblasti / pod obsch. red. d-ra s.-h. nauk, prof. Tihonchuka P.V. Blagoveshchensk: Izd-vo Dal'nevostochnogo GAU, 2016. 570 s.
 10. Tekhnologii vzdelyvaniya soi / RosAgroHim, GNU VNIИ soi, GNU Dal'NIIMESKH. M. 2010. 46 s.
 11. Til'ba V.A., Sinegovskaya V.T., Fomenko N.D. Tekhnologiya vzdelyvaniya soi v Amurskoj oblasti: metodicheskie rekomendacii. Blagoveshchensk. 2009. 72 s.
 12. Fokina E.M., Belyaeva G.N., Sinegovskij M.O. i dr. Katalog sortov soi / pod obshej redakciej akademika RAN V.T. Sinegovskoj // FGBNU FNC VNIИ soi. Blagoveshchensk: ООО «ИПК «ОДЕОН». 2021. 69 с.
 13. Fokina E.M., Belyaeva G.N., Titov S.A. Novye sorta soi dlya dal'nevostochnogo regiona // Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. 2020. № 3(55). С. 68–75. <http://doi.org/10.24411/1999-6837-2020-13035>

К сведению авторов!

При подготовке статей для журнала «Вестник российской сельскохозяйственной науки» мы рекомендуем руководствоваться следующими правилами:

– Направлять в редакцию материалы по эл. почте – vrsn@vestnik-rsn.ru с решением Ученого совета института (учреждения) о возможности опубликования представленной НИР и с рецензией ведущих ученых.

– Статья не должна **превышать 25 стр. компьютерного набора через два интервала (Word 2000)** с рисунками и таблицами. Необходимо указать ученые степени авторов, адрес института с индексом.

– Рисунки (графический материал) следует присылать по возможности в черно-белом цвете.

– Формулы, символы в текст необходимо вписывать четко, в электронном виде (редактор формул версия 3.01), избегайте громоздких обозначений.

– Желательно определить индекс по Универсальной десятичной классификации (УДК).

– Необходим перевод на английский язык ученых степеней авторов, названия института, организации, адреса.

– Список источников (не более 15 наименований) помещайте в конце статьи по алфавиту на русском языке сначала - отечественных, затем - зарубежных авторов, с соответствующими ссылками в тексте (образец списка источников в приложении). Необходимы ссылки на журналы, входящие в базу данных Scopus и Web of Science.

– Цитируемость на свои работы – не более 15%, приветствуется наличие иностранных источников.

– К статье напишите реферат объемом 200–250 слов на русском и английском языках.

– **Обязательное наличие ключевых слов на русском и английском языках.** В случае описания региональных специфик, регион должен тоже быть ключевым словом.

– **Публикация платная, цена договорная.** Оплата возможна по безналичному и наличному расчету.

– **Просьба указывать в контактах почтовый и электронный адреса, телефоны.**

Журнал рассылается только по подписке, в розничную продажу не поступает.

Приложение**Оформление списка источников для журнала «Вестник российской сельскохозяйственной науки»****СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Алиев А.М., Кравченко Л.В., Наумова Л.Г., Ганич В.А. Донские аборигенные сорта винограда. 2-е изд., перераб. и доп. Новочеркасск, 2013. 132 с. ISBN: 978-5-85633-033-4.

2. Дзюбенко Н.И. Генетические ресурсы культурных растений – основа продовольственной и экологической безопасности России // Вестник Российской академии наук. 2015. №85(1). С. 3–8. doi: 10.7868/S0869587315010041

3. Романишин П.Е., Попандопуло В.Г., Якименко Е.Н. и др. Технологическая направленность донских аборигенных сортов винограда в условиях Кубани. Мат. Межд. конф. Повышение конкурентоспособности продукции виноградарства и виноделия на основе создания новых сортов и технологий. Новочеркасск, 2012. С.187-190.

4. Labagnara T., Bergamini C., Caputo A.R., Cirigliano P. Vitis vinifera L. germplasm diversity: a genetic and ampelometric study in ancient vineyards in the South of Basilicata region (Italy) // Vitis. Journal of Grapevine Research. 2018. Vol. 57. No.1. PP. 1-8. doi:10.5073/vitis.2018.57.1-8

REFERENCES

1. Aliev A.M., Kravchenko L.V., Naumova L.G., Ganich V.A. Donskie aborigennyye sorta vinograda. 2-e izd., pererab. i dop. NovoCherkassk, 2013. 132 s. ISBN: 978-5-85633-033-4.

2. Dzyubenko N.I. Geneticheskie resursy kul'turnykh rastenij – osnova prodovol'stvennoj i ekologicheskoy bezopasnosti Rossii // Vestnik Rossijskoj akademii nauk. 2015. №85(1). S. 3–8. doi: 10.7868/S0869587315010041.

3. Romanishin P.E., Popandopulo V.G., Yakimenko E.N. i dr. Tekhnologicheskaya napravlenno'st' donskih aborigennykh sortov vinograda v usloviyah Kubani. Mat. Mezhdun. konf. Povysenie konkurentosposobnosti produkcii vinogradarstva i vinodeliya na osnove sozdaniya novykh sortov i tekhnologij. NovoCherkassk. 2012. S.187-190.

4. Labagnara T., Bergamini C., Caputo A.R., Cirigliano P. Vitis vinifera L. germplasm diversity: a genetic and ampelometric study in ancient vineyards in the South of Basilicata region (Italy) // Vitis. Journal of Grapevine Research. 2018. Vol. 57. No.1. PP. 1-8. doi:10.5073/vitis.2018.57.1-8