

ISSN 2500-2082

Номер 1

Январь–Февраль 2023

Научно–теоретический журнал

ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ

www.vestnik-rsn.ru

DOI: 10.31857



$$Z_m^T(y, h) = P_m W(X_m(y, h))$$

$$F = -D \frac{dc}{dx} \approx -D \frac{c_2 - c_1}{l}$$

$$P = (m/n) \cdot x \cdot 100\%$$

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ

SCIENTIFIC-THEORETICAL JOURNAL
VESTNIK OF THE RUSSIAN AGRICULTURAL SCIENCE

№ 1 ————— 2023
Январь-Февраль
January-February

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

● НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ / NEW TECHNOLOGIES

- 4** **Панфилов В.А. / Panfilov V.A.**
Диалектика технологий агропромышленного комплекса России / Dialectics of the Russia agro-industrial complex technologies
- 9** **Крючкова В.В., Горлов И.Ф., Сложенкина М.И. и др. / Kryuchkova V.V., Gorlov I.F., Slozhenkina M.I. et al.**
Адаптация системы ISO 22000:2007 (ХАССП) в производстве инновационного творожного продукта / Adaptation of the ISO 22000:2007 (HASSP) system in the production of innovative curd product production
- 16** **Старцев В.И., Новиков В.Г., Егоров К.А., Сусленков А.П. / Startsev V.I., Novikov V.G., Egorov K.A., Suslenkov A.P.**
Разработка биологизированных технологий возделывания сельскохозяйственных растений для инновационного развития сельских территорий в качестве элемента органического земледелия / Naturalistic technologies development for the cultivation of agricultural plants for the innovative development of rural areas as an element of organic farming

● РАСТЕНИЕВОДСТВО И СЕЛЕКЦИЯ / CROP PRODUCTION AND SELECTION

- 20** **Грабовец А.И., Фоменко М.А. / Grabovets A.I., Fomenko M.A.**
Изменение климата и особенности селекции озимой мягкой пшеницы на продуктивность и адаптивность к нему / Climate change and selection features of winter soft wheat on productivity and adaptability to it
- 26** **Кокорева В.Г., Гладышева О.В., Барковская Т.А. / Kokoreva V.G., Gladysheva O.V., Barkovskaya T.A.**
Действие магниесодержащих удобрений на яровую мягкую пшеницу в Центральном Нечерноземье / The effect of magnesium-containing fertilizers on spring soft wheat in the Central Non-Chernozem Region
- 30** **Шихмуратов А.З., Магомедов М.М. / Shikhmuratov A.Z., Magomedov M.M.**
Агробиологическая характеристика стародавних и новейших сортов пшеницы твердой из Италии в условиях при-морской зоны Южного Дагестана / Agrobiological characteristics of ancient and newest varieties of durum wheat from Italy in the conditions of the Southern Dagestan coastal zone
- 34** **Косолапов В.М., Чернявских В.И. / Kosolapov V.M., Chernyavskikh V.I.**
Достижения ФНЦ «ВИК имени В.Р. Вильямса» в изучении кормовых растений / Achievements of the Federal Scientific Center "All-Russian Institute of Forages V.R. Williams" in the study of fodder plants
- 39** **Синеговская В.Т., Лёвина А.Н. / Sinegovskaya V.T., Levina A.N.**
Влияние продолжительности светового дня на матричную разнокачественность и продуктивность семян скороспелого сорта сои *Сентябринка* при выращивании в условиях Приамурья / Influence of the length of daylight hours on the matrix diversity and productivity of the early maturing soybean variety *Sentyabrinka* seeds when grown in the conditions of the Amur region

- 44** Кузьмицкая Г.А., Меньшинина И.Ю., Гашевский В.Р. / Kuzmitskaya G.A., Menshinina I.Yu., Gashevskiy V.R.
Сравнительная оценка продуктивности перспективных гибридов кукурузы в условиях зоны рискованного земледелия Приамурья / Comparative analysis of prospect corn varieties productivity under high-risk farming Amur river region area
- 48** Макаркина М.А., Седов Е.Н. / Makarkina M.A., Sedov E.N.
Методы селекции яблони на улучшение биохимического состава плодов / Apple tree selection methods for fruit biochemical composition improving
- 53** Гаджимустапаева Е.Г., Соловьева А.Е., Куркиев К.У. / Gadzhimustapaeva E.G., Soloveva A.E., Kurkiev K.U.
Биохимический состав и антиоксидантная активность брокколи (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) при летне-осеннем сроке выращивания в Южном Дагестане / Biochemical composition and antioxidant activity of broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) during the summer-autumn cultivation period in South Dagestan

● ЗЕМЛЕДЕЛИЕ / FARMING

- 58** Ушаков Р.Н., Ручкина А.В., Левин В.И. и др. / Ushakov R.N., Ruchkina A.V., Levin V.I. et al.
Обоснование подхода к установлению уровней почвенного плодородия (на примере хозяйства) / Justification of the approach to establishing levels of soil fertility (on the example of a farm)
- 63** Шевченко В.А., Исаева С.Д., Дедова Э.Б., Наумова Т.В. / Shevchenko V.A., Isaeva S.D., Dedova E.B., Naumova T.V.
Современные вопросы совершенствования организационно-правовой базы мелиорации земель / Modern issues of the organizational and legal basis improving of land reclamation

● ЗООТЕХНИЯ / ZOOTECHNICS

- 68** Евглевский А.А., Рыжкова Г.Ф. / Evglevskiy A.A., Ryzhkova G.F.
Нарушения аэробного пути синтеза энергии: проблемы, последствия, возможные подходы к их решению / Violations of the aerobic routes of energy synthesis: problems, consequences, possible approaches to their solution
- 73** Дерюгина А.В., Иващенко М.Н., Таламанова М.Н. и др. / Deryugina A.V., Ivashchenko M.N., Talamanova M.N. et al.
Адаптационные изменения крови коров при технологическом стрессе / Adaptive changes of cows blood under technological stress

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

- 77** Чекусов М.С., Кем А.А., Михальцов Е.М., Шмидт А.Н. / Chekusov M.S., Kem A.A., Mikhaltsov E.M., Shmidt A.N.
Полевые исследования работы комбинированного сошника / Field studies of the operation of the combined coulter

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 18.02.2023 г. Формат 60×88 1/8. Усл. печ. л. 9,78. Уч.-изд. л. 10. Заказ № 9. Тираж 21 экз. Бесплатно.

Учредитель: Российская академия наук

16+

Издатель: Российская академия наук, 119991, Москва, Ленинский пр-т, 14
Исполнитель по госконтракту № 4У-ЭА-130-22 ООО "Объединенная редакция",
109028, г. Москва, Подкопаевский пер., д. 5, каб. 6
Отпечатано ИП Ерхова И.М.
125267, Москва, Ленинградский пр-т, 47, тел. 8 495 799-48-85

ДИАЛЕКТИКА ТЕХНОЛОГИЙ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ

Виктор Александрович Панфилов, академик РАН
 Российский государственный аграрный университет-МСХА
 имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия
 E-mail: vap@rgau-msha.ru

Аннотация. В статье рассмотрены некоторые аспекты создания технологий будущего АПК России. В центре внимания – синергетический подход к разработке сложных самоорганизующихся технологических систем производства продуктов питания. Обсуждаемые вопросы: перспектива новой индустриализации агропромышленного комплекса; общие принципы и задачи прикладной философии; диалектическая спираль как модель развития технологий; динамика развития технологических систем АПК с точки зрения диалектического метода; особенности процесса самоорганизации технологий АПК как сложных систем; анализ направлений развития технологий АПК; интерпретация основных законов диалектики с точки зрения развития технологий АПК в XXI веке; целесообразность и условия создания в АПК комплексов «Аграрно-пищевая технология» как путь в Шестой технологический уклад. Особое внимание уделено диалектическому усложнению технологий АПК.

Ключевые слова: прикладная философия, самоорганизация технологических систем, диалектическая спираль развития, синергетика, направления развития технологий АПК, прогнозирование, основные законы диалектики, технологические уклады АПК

DIALECTICS OF THE RUSSIA AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX TECHNOLOGIES

V.A. Panfilov, Academician of the RAS
 K.A. Timiyazev Russian State Agrarian University – MTAА, Moscow, Russia
 E-mail: vap@rgau-msha.ru

Abstract. The article deals with some aspects of future technologies creating of the Russian agro-industrial complex. The focus is on a synergetic approach to the complex self-organizing technological systems for food production development. Issues in discussion are the prospect of a new industrialization of the agro-industrial complex (AIC); general principles and tasks of applied philosophy; dialectical spiral as a model of technology development; the dynamics of the agro-industrial complex technological systems development from the point of view of the dialectical method; features of the process of self-organization of AIC technologies as complex systems; analysis of directions for the development of agro-industrial complex technologies; interpretation of the Basic Laws of Dialectics in terms of the development of agro-industrial complex technologies in the 21st century; the feasibility and conditions for the creation of complexes “Agro-Food Technology” in the agro-industrial complex as a way to the Sixth technological order. Special focus is paid to the dialectical complication of AIC technologies.

Keywords: applied philosophy, self-organization of technological systems, dialectical spiral of development, synergetics, directions of AIC technologies development, forecasting, basic laws of dialectics, technological patterns of AIC

Будущее АПК России естественно связывать с новыми технологиями.

В XXI веке прогрессирующая урбанизация населения и проблема продовольственной безопасности обостряют вопрос поиска новых направлений развития технологий АПК. Необходимы прогнозы с лагом 50 и более лет. Такая стратегия, даже не поддающаяся верификации, может стимулировать разработку научного, инженерного и кадрового сопровождения развития инновационных технологий. [4]

Для нахождения методологий, которые было бы целесообразно использовать в долгосрочных прогнозах, следует обратиться к философским основам сельскохозяйственной науки.

В философии различают теоретическую и прикладную части. Прикладная не только выполняет функцию методологии, но и выявляет общие проблемы различных сфер жизни. [9]

В статье использованы разработки известных ученых в области философии науки и техники: Р.Ф. Абдеева, И.В. Блауберга, В.Г. Горохова, С.П. Курдюмова, В.А. Лекторского, Г.Г. Малинецкого, В.Н. Садовского, В.С. Стёпина, Б.Г. Юдина.

Цель работы – показать диалектическую неизбежность создания крупных индустриальных техно-

логических системных комплексов в АПК для промышленного производства сельскохозяйственной продукции растительного и животного происхождения и ее промышленной переработки в основные продукты питания.

Технологии АПК: диалектическая спираль развития. Механизм развития технологической системы и общая направленность ее эволюционирования как взаимодействующих элементов (процессы) зависит от характера преемственности между старым и новым, находящей свое конструктивное объяснение в диалектике циклических подвижек, малых и больших круговоротов, в которых накапливаются обратимые количественные и качественные изменения. Лучше всего они могут быть выражены в виде различных спиралей (рис. 1).

Динамику процессов развития таких систем, как технологии, создаваемые человеком, целесообразно представлять в образе сходящейся восходящей спирали (рис. 1, е), где ось ординат – время или сложность системы (количество подсистем, создаваемых за это время), абсцисс – информационная энтропия системы, увеличивающаяся от нуля влево и вправо. [1] Такой вид спирали отображает зависимость характера скачков от уровня организации технологической системы.

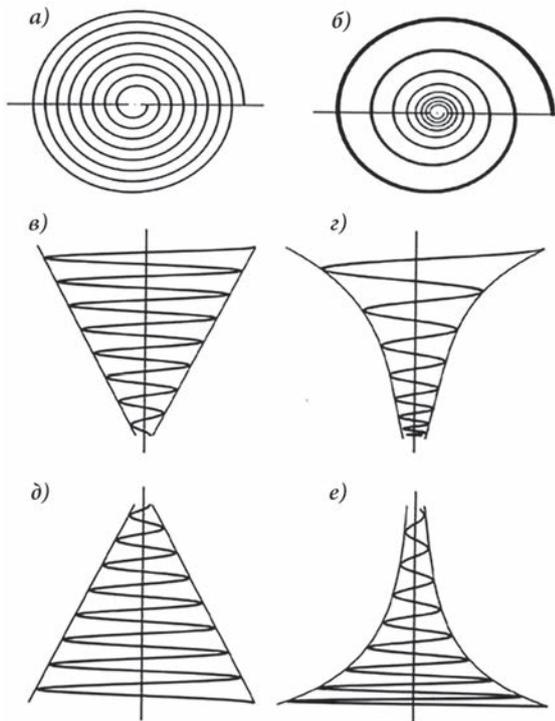


Рис. 1. Спирали развития: а – на плоскости, имеющая линейную зависимость между радиусом витков и их числом; б – на плоскости, имеющая нелинейную зависимость между радиусом витков и их числом; в – расходящаяся с линейной огибающей; г – расходящаяся с нелинейной огибающей; д – сходящаяся с линейной огибающей; е – сходящаяся с нелинейной огибающей.

Сходящаяся восходящая спираль показывает целенаправленность процессов развития, их нелинейность, стремление к устойчивости механизмов технологических процессов, стабильности ведущих параметров на их выходе, а также переход революционных изменений в эволюционные. В этом образе спирали развития находит наглядное отображение диалектика процесса самоорганизации (с участием человека). Синергетический процесс возрастания уровня целостности таких систем сопровождается снижением информационной энтропии, ростом стабильности ведущих параметров технологии.

Развитие любой технологической системы АПК обусловлено стремлением повысить точность, устойчивость, управляемость и надежность процессов как составляющих качества технологии, поэтому для них характерно стремление к негэнтропийной стабилизации ведущих параметров технологии.

В современной науке понятия информации и информационной энтропии стали основополагающими для теории развития. Информационная энтропия (H) воспринимается как мера дезорганизации систем любой природы. Эта количественная мера качественного состояния системы занимает интервал от наивысшего уровня организации ($H = 0$, бит) до полной неопределенности ($H = 1$, бит для бинарных систем, к которым относятся технологии АПК).

Информация и информационная энтропия связаны соотношением:

$$j + H = 1, \quad (1)$$

где j – информация как мера упорядоченности, H – информационная энтропия как мера беспорядка.

Уровень организованности (целостности) Θ технологической системы, состоящей из L подсистем, рассчитывается по формуле [6]:

$$\Theta = \sum_{i=1}^{i=L} \eta_i - (L - 1), \quad (2)$$

где η_i – стабильность функционирования i -й подсистемы;

$$\eta_i = 1 - \frac{H_i}{H_{\max.}}, \quad (3)$$

где H_i – текущая энтропия состояния подсистемы, $H_{\max.}$ – максимальная энтропия состояния бинарной подсистемы, $H_{\max.} = 1$, бит.

Процесс развития, начинающийся с максимальной информационной энтропии, может быть описан процессом накопления информации, исчисляемой как разность между максимальным и текущим значениями информационной энтропии. Следовательно, механизм развития технологии целесообразно рассматривать в координатах: упорядоченное усложнение (количество подсистем L) и информационная энтропия – H_i (стабильность – η_i) с возможностью отсчета уровня организации (целостность – Θ) на всех этапах развития процессов. Усложнение технологической системы происходит во времени и их векторы совпадают. Поэтому ордината L рассматривается и как временная ось развития системы. Спираль как модель процесса развития (продольный разрез огибающих спиралей развития) показан на рисунке 2 для различных уровней целостности бинарных технологических систем.

Количественный информационный критерий Θ адекватно описывает качественные процессы перехода от простой структуры технологии к более сложной и от плохо организованной системы процессов (суммативные системы) к хорошо организованной (целостные). Если развитие идет вследствие усложнения технологии, необходимо повысить стабильность функционирования всех ее частей. Когда развитие – результат упрощения технологии, то возможно снизить требования к стабильности ее подсистем.

Огибающие кривые спиралей развития технологий – это уровни целостности систем, которые при $\Theta = +1$ вырождаются в прямую, совпадающую с осью ординат. Заштрихованную часть модели можно назвать областью целостных высокоорганизованных технологических систем при заданных допусках на ведущие параметры выхода подсистем и за данный период диагностики, их целостность Θ находится в диапазоне $= 0 \dots +1$. Именно эта область модели имеет технико-технологические предпосылки для разработки и создания инновационных роботизированных потоков. Остальное поле модели занимают суммативные технологические системы. Огибающая $\Theta = 0$ может считаться границей между ними.

Таким образом, диалектическая модель развития технологии получает систему координат, свое трехмерное пространство, в котором информационная энтропия убывает, а стабильность функционирования увеличивается от периферии к центру, что

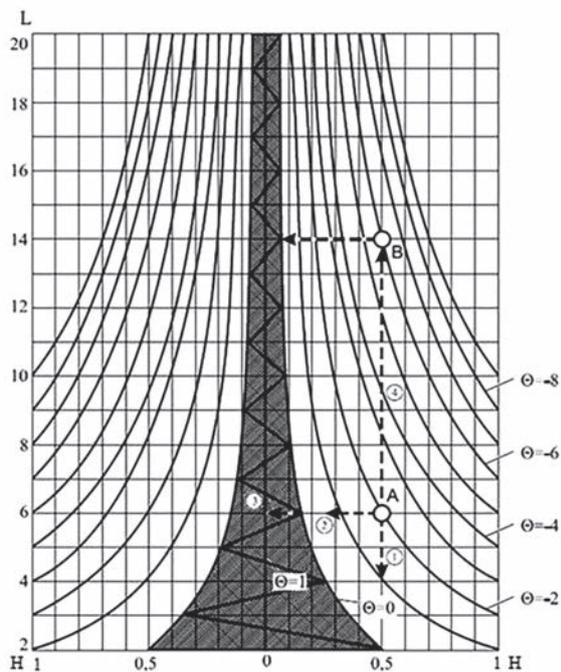


Рис. 2. Диалектическая спираль (модель процесса развития технологической системы) при различных уровнях организации (целостность – Θ).

говорит о возрастании уровня организации технологии. При анализе этой модели возникает вопрос, с какими технологическими системами и уровнем их организации мы имеем дело сейчас и каковы прогнозы развития этих технологий.

Технологии АПК: диалектическое исследование спирали развития. Как система процессов каждая технология имеет свою диалектику эволюционных и революционных этапов преобразования. Процессы самоорганизации не только удерживают систему на огибающей (саморегулирование), но и перемещают ее (саморазвитие) на другие огибающие ближе к оси спирали, повышая уровень целостности.

Эта динамика роста организации технологической системы показывает исключительную роль в развитии машинных технологий такого системообразующего фактора, как стабильность выходов ведущих процессов в машинах, аппаратах и биореакторах. Это говорит не только о стабилизации процессов путем задействования обратных связей, но и о снижении чувствительности самих механизмов явлений в биологических, механических, гидромеханических, тепломассообменных и биотехнологических процессах. Последнее обуславливает разработку эффективных и простых средств автоматизации. Поэтому вертикальную ось спирали следует рассматривать как ось прогресса, когда усложнение технологии ведет к росту стабильности ее процессов, что в свою очередь упрощает функционирование.

Огибающая спирали развития близкая к экспоненте свидетельствует о том, что вследствие высокой информатизации дальнейшее развитие технологии приводит к оптимизации ее управления. При этом ослабляется скачкообразность переходов и усиливается эволюционный характер развития системы (огибающая стремится к вертикальной оси спирали). С информационной точки зрения пре-

образование характера скачков из революционных в эволюционные можно объяснить достижением такого уровня организации технологии, при котором доля устраняемых возмущений существенно уменьшается. Следовательно, можно всегда иметь технологическую систему, постоянно эволюционирующую из-за присоединения новых подсистем.

Формально проблема развития любой технологии заключается в том, чтобы, например, из точки А (область суммативных систем) войти в зону целостных, высокоорганизованных систем.

Это возможно и структурным упрощением технологии (направление 1), и стабилизацией процессов в машинах, аппаратах и биореакторах (направление 2). После вхождения в область высокоорганизованных систем целесообразна автоматизация производственных процессов (направление 3), приближающая организацию технологии к идеальному состоянию, когда $\Theta = 1$ при заданных допусках на ведущие параметры технологических свойств полуфабрикатов и продукции за оцениваемый период.

Однако все эти направления достижения минимальной энтропии состояния технологической системы можно рассматривать как адаптацию ее самой к внешним возмущениям и, прежде всего, к колебаниям качества сельскохозяйственного сырья. Эти направления развития хорошо известны и претворяются в жизнь.

Важно различать термины «управление» (поддержание уровня организации технологии, обеспечивая ее нахождение на одной из кривых) и «развитие» (повышение уровня организации технологии, обеспечивая переход на другую кривую, ближе к $\Theta = 1$) (рис. 2). Развитие представляет собой изменения, связанные с отражением внешних возмущений, что сопровождается упорядочением связей, накоплением информации, возникновением новых структур, их усложнением и детерминацией, то есть это процесс самоорганизации.

Описанные три направления развития производственных процессов во многом исчерпали себя. Машинные перерабатывающие и пищевые технологии непрерывных производств в виде механизированных поточных линий, созданные в 30–80-е годы XX века, представляют первое и единственное поколение. Создание линий второго и следующих поколений исключительно сложно, так как флуктуация параметра технологического процесса от номинала может происходить в зависимости от мощности внешнего воздействия с различной скоростью. Поэтому встает задача учета динамического фактора того или иного процесса. Ее решение состоит в том, чтобы еще при незначительной величине начавшейся флуктуации выработать управляющее воздействие и оптимизировать процесс саморегуляции, удержать объект в пределах гомеостатического диапазона.

Решение проблемы повышения уровня организации, то есть создания линий второго и следующих поколений следует искать в разработке направления 4 (рис. 2). Его суть в структурном усложнении технологии АПК, увеличении количества подсистем до десяти и более, создании системного комплекса путем включения в него технологической системы соответствующего сельскохозяйственного производства (точка В).

Таким образом, формируется понятие «аграрно-пищевая технология продукта питания». Это означает, что вместо создания новых технических средств для существующих перерабатывающих и пищевых технологий, мы предлагаем использовать сырье со стабильными параметрами.

В этом случае проблемы перерабатывающих и пищевых технологий решаются через адаптацию сельскохозяйственного производства к процессам в машинах, аппаратах и биореакторах. Такая адаптация — это не отбор необходимого по условиям сырья, а производство растениеводческой и животноводческой продукции по заранее оговоренным требованиям (допуски), что обеспечит высокое качество сквозной аграрно-пищевой технологии. Это — результат сжатия аграрных, перерабатывающих и пищевых технологий во времени и пространстве. Существенное сближение технологий сельскохозяйственного производства (сборка из ресурсов растениеводческой и животноводческой продукции) с технологиями переработки (получение продуктов методом разборки сельскохозяйственного сырья на анатомические части) и с пищевыми технологиями (получение продуктов питания методом сборки компонентов рецептуры) дает новое качество этой большой сквозной технологии. Оно заключается в том, что, ранее не связанные биологические, механические, гидромеханические, тепломассообменные и биотехнологические процессы, теперь сближаются из-за узких допусков на величины параметров входа и выхода и начинают влиять друг на друга. При этом повышается эффективность процессов отражения (реакция на возмущения извне), усиливается роль причинно-следственных связей, возникают новые взаимодействия. [10] Эта новая сквозная технология начинает обладать свойствами, которыми ранее не обладали раздельно сельскохозяйственные, перерабатывающие и пищевые технологии.

Технологии АПК: основные законы диалектики. Диалектический процесс развития технологий — это переход революционных изменений в эволюционные. [2] Создание технологических линий в перерабатывающих и пищевых отраслях АПК в 30–80-е годы XX века и прекращение работ в этом направлении подтверждает диалектику развития машинных технологий. Новый скачок может быть связан с увеличением количества подсистем в технологии АПК. Четвертое направление развития технологий демонстрирует *закон перехода количественных изменений в качественные*.

В аграрно-пищевых технологиях возникают благоприятные условия для накопления информации, совершенствования внутрисистемных связей, роста отражательной способности технологии, повышения эффективности взаимодействия с ее внешней средой, возрастает уровень организации, целостности новой совокупности процессов как сложной технологии того или иного продукта питания.

Увеличение размеров технологий продуктов питания и переход к понятию «аграрно-пищевая технология» порождает вопрос о целесообразности усложнения технологического потока. Но корректно ли говорить о короткой, но плохо организованной технологии как о «простой», а о большой, но упорядоченной, слаженной структуре как о «сложной»?

Какова же диалектика скачков, если процесс развития аграрно-пищевых технологий трактовать как синергетический процесс? [3] Достигнув уровня высокой организации и детерминации, новая технология снова находит свою «оптимальную архитектуру» и существенно замедляет свое дальнейшее изменение, удовлетворяя требованиям своего времени. При их повышении опять начинают формироваться новые структуры на базе уже развившихся, но на еще более высоком иерархическом уровне.

Среди многих важных положений материалистической диалектики особое значение имеет *закон отрицания отрицания*. Для целостных систем он отображает прогрессивную линию развития и характеризует его как процесс, содержащий моменты преемственности, цикличности, повторяемости и ритма. Этот закон можно представить в виде троичного ритма.

Сущность триады состоит в том, что процесс развития, проходя этапы тезиса и антитезиса находит свое относительное завершение в синтезе, как более устойчивой и высокоорганизованной структуре, содержащей положительные стороны обоих предыдущих этапов. Диалектическая триада представляет собой динамику процесса развития технологий АПК (табл. 1, 2).

Закон единства и борьбы противоположностей виден при объединении противоречивых технологий «сборки» сельскохозяйственной продукции, то есть ее производства из соответствующих ресурсов (сельскохозяйственные технологии), технологий «разборки» сельскохозяйственной продукции на анатомические части (технологии переработки) и снова «сборки» из этих частей в соответствии с рецептурами продуктов питания (пищевые технологии). В этой «борьбе» перерабатывающие технологии выдвигают к сельскохозяйственным жесткие требования по технологическим свойствам продукции, а пищевые — перерабатывающим. И их возможно выполнить, создав сквозную единую аграрно-пищевую технологию. Она рассчитана на реализацию в крупных сельскохозяйственных, перерабатывающих и пищевых производствах, соединенных в технологические комплексы. Речь идет о новых, перспективных индустриальных технологиях во всех отраслях АПК. [11] Это выход к мобильным мостовым системам (передвижной сельскохозяйственный завод) в растениеводстве и к фермам-заводам в животноводстве. [7] Промышленное производство сельскохозяйственной продукции позволит получать ее в достаточно узком диапазоне технологических свойств, необходимых для организации технологий переработки и пищевых на роботизированных ротаторно-конвейерных линиях. [5, 8]

Ожидаемый синергетический эффект от функционирования сквозных аграрно-пищевых технологий: повышение производительности труда; усиление технологичности свойств сельскохозяйственного сырья; обеспечение прижизненного формирования качества продуктов питания; развитие ресурсосбережения и экологичности процессов по всему технологическому потоку; естественный уход от экспорта сельскохозяйственного сырья и увеличение экспорта готовых пищевых продуктов.

Диалектический анализ процесса создания технологий АПК показывает, что с реализацией аграрно-пищевых технологий завершится революционный

Таблица 1.

Триада диалектики технологии хлеба

Этап развития		
Тезис	Антитезис	Синтез
Интегрированные технологии (условия натурального хозяйства): – процессы выращивания зерна (сборка адресная); – процессы получения муки (разборка адресная); – процессы выпечки хлеба (сборка адресная).	Дифференцированные технологии (условия индустриальных технологий): – производство зерна в сельском хозяйстве (сборка безадресная); – производство муки на мелькомбинатах (разборка безадресная); – производство хлеба на хлебозаводах (сборка безадресная).	Дифференцированные технологии, интегрированные в суперсистему (аграрно-пищевая технология): – процессы производства зерна (сборка адресная); – процессы производства муки (разборка адресная); – процессы производства хлеба (сборка адресная).

Таблица 2.

Триада диалектики технологии колбасных изделий

Этап развития		
Тезис	Антитезис	Синтез
Интегрированные технологии (условия натурального хозяйства): – процессы выращивания скота (сборка адресная); – процессы получения полутош (разборка адресная); – процессы выделки колбасных изделий (сборка адресная).	Дифференцированные технологии (условия индустриальных технологий): – производство скота на фермах (сборка безадресная); – производство полутош на заводах первичной переработки (разборка безадресная); – производство колбасных изделий на колбасных заводах (сборка безадресная).	Дифференцированные технологии, интегрированные в суперсистему (аграрно-пищевая технология): – процессы производства скота (сборка адресная); – процессы производства полутош (разборка адресная); – процессы производства колбасных изделий (сборка адресная).

переход от старого технологического базиса «индустриальной эры» к качественно новому информационному в виде единых компьютерно-интегрированных производств продуктов питания, с чем агропромышленный комплекс России должен войти в Шестой технологический уклад. После этого научно-технический прогресс будет совершать эволюцию на основе совершенствования технологической и информационной базы и электронной технологии управления. Таким образом, открывается окно возможностей уже сейчас создавать в АПК России элементы Пятого технологического уклада не на базе элементов Четвертого, а опираясь на элементы Шестого технологического уклада. Это означает, что просматривается перспектива опережающего развития технологий агропромышленного комплекса, и планы научных работ на ближайшие годы должны формироваться с учетом прогнозных разработок на вторую половину XXI века.

Выводы. Научная составляющая рассматриваемой проблемы заключается в том, чтобы сознательно предвидеть диалектический скачок развития АПК, понять его механизм, вскрыть закономерности организации, строения, функционирования и форсированного развития технологий. Практическая часть состоит в пересмотре всего цикла получения продуктов питания, начиная с выращивания растений и животных. Необходимо выйти на концепцию создания открытых, нелинейных и неравновесных сложных технологических систем в АПК.

Решение проблемы требует создания организационных и дидактических основ подготовки научных и инженерных кадров технологических специальностей для разработки и реализации индустриальных аграрно-пищевых технологий продуктов питания.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Абдеев Р.Ф. Философия информационной цивилизации. М.: ВЛАДОС, 1994. 336 с.

2. Атаманчук Г.В. Управление: философия, идеология, научное обеспечение. М.: Academia, 2015. 416 с.
 3. Баранцев Р.Г. Синергетика в современном естествознании. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. 160 с.
 4. Иванов В.В., Малинецкий Г.Г. Россия XXI век. Стратегия прорыва. Технологии. Образование. Наука. Изд. 2-е. М.: ЛЕНАНД, 2017. 304 с.
 5. Кошкин Л.Н. Роторные и роторно-конвейерные линии. М.: Машиностроение, 1986. 320 с.
 6. Панфилов В.А. Вектор научных изысканий при создании технологий АПК будущего // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 1. С. 4–8.
 7. Погорелый Л.В. Сельскохозяйственная техника и технологии будущего. К.: Урожай, 1988. 176 с.
 8. Прейс В.В. Технологические роторные машины: вчера, сегодня, завтра. М.: Машиностроение, 1986. 128 с.
 9. Савкин Н.С. Возможности прикладной философии // Философия и общество. 2015. № 3-4. С. 155–165.
 10. Синергетика: Будущее мира и России // Под ред. Г.Г. Малинецкого. М.: Издательство ЛКИ, 2016. 384 с.
 11. Черноиванов В.И., Ежовский А.А., Федоренко В.Ф. Мировые тенденции машинно-технологического обеспечения интеллектуального сельского хозяйства. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2012. 284 с.

REFERENCES

1. Abdeev R.F. Filosofiya informacionnoj civilizacii. M.: VLADOS, 1994. 336 s.
 2. Atamanchuk G.V. Upravlenie: filosofiya, ideologiya, nauchnoe obespechenie. M.: Academia, 2015. 416 s.
 3. Barancev R.G. Sinergetika v sovremennom estestvoznanii. M.: Knizhnyj dom «LIBROKOM», 2009. 160 s.
 4. Ivanov V.V., Malineckij G.G. Rossiya XXI vek. Strategiya proryva. Tekhnologii. Obrazovanie. Nauka. Izd. 2-e. M.: LENAND, 2017. 304 s.
 5. Koshkin L.N. Rotornye i rotorno-konvejernye linii. M.: Mashinostroenie, 1986. 320 s.

6. Panfilov V.A. Vektor nauchnyh izyskanij pri sozdanii tekhnologij APK budushchego // Vestnik rossijskoj sel'sko-hozyajstvennoj nauki. 2020. № 1. S. 4–8.
7. Pogorelyj L.V. Sel'skohozyajstvennaya tekhnika i tekhnologii budushchego. K.: Urozhaj, 1988. 176 s.
8. Prejs V.V. Tekhnologicheskie rotornye mashiny: vchera, segodnya, zavtra. M.: Mashinostroenie, 1986. 128 s.
9. Savkin N.S. Vozможности prikladnoj filosofii // Filosofiya i obshchestvo. 2015. № 3-4. S. 155–165.
10. Sinergetika: Budushchee mira i Rossii // Pod red. G.G. Malineckogo. M.: Izdatel'stvo LKI, 2016. 384 s.
11. Chernoi Ivanov V.I., Ezhevskij A.A., Fedorenko V.F. Mirovye tendencii mashinno-tekhnologicheskogo obespecheniya intellektual'nogo sel'skogo hozyajstva. M.: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2012. 284 s.

Поступила в редакцию 25.08.2022

Принята к публикации 08.09.2022

УДК 637.14, ББК 85, ГСНТИ 65.63.33

DOI: 10.31857/2500-2082/2023/1/9-16, EDN: OJORAX

АДАПТАЦИЯ СИСТЕМЫ ISO 22000:2007 (ХАССП) В ПРОИЗВОДСТВЕ ИННОВАЦИОННОГО ТВОРОЖНОГО ПРОДУКТА

Вера Васильевна Крючкова¹, доктор технических наук

Иван Федорович Горлов^{1,2}, академик РАН

Марина Ивановна Сложенкина^{1,2}, член-корреспондент РАН

Наталья Ивановна Мосолова¹, доктор биологических наук

Елизавета Андреевна Алефиренко¹, соискатель

Светлана Николаевна Белик³, кандидат медицинских наук

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

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

³ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет», г. Ростов-на-Дону, Россия

E-mail: niimmp@mail.ru

Аннотация. Авторами теоретически доказана и практически подтверждена возможность использования тыквенного пюре, инулина, желатина и ванильного порошка в производстве творожного продукта. Изучены состав и свойства растительных ингредиентов, установлена их высокая пищевая и биологическая ценность, показана повышенная функциональная активность. Найдены способы получения тыквенного пюре и творога, предварительной подготовки растительных ингредиентов, определены количество и этап их внесения, на основании чего разработана технология производства инновационного продукта с использованием системы ХАССП. Проведен анализ существующих рисков и контролирование выбранных звеньев на производстве, через которые проходит пищевая продукция, установлены потенциально опасные факторы на предприятии и мероприятия по их управлению. Определены три критические контрольные точки ККТ: пастеризация молока и охлаждение; внесение закваски и сквашивание; приготовление замеса методом Дерево принятия решений. В результате разработан и внедрен стандарт ISO 22000:2007, который гарантирует высокое качество и безопасность готового продукта, предотвращая возникновение рисков и повышая уровень безопасности продукта на всех этапах технологического цикла – от приемки сырья до реализации потребителю.

Ключевые слова: технология творожного продукта, тыква, инулин, желатин, ванильный порошок, система ХАССП, потенциально опасные точки, критически контрольные точки, метод Дерево принятия решений

ADAPTATION OF THE ISO 22000:2007 (HASSP) SYSTEM IN THE PRODUCTION OF INNOVATIVE CURD PRODUCT PRODUCTION

V.V. Kryuchkova¹, Grand PhD in Engineering Sciences

I.F. Gorlov^{1,2}, Academician of the RAS

M.I. Slozhenkina^{1,2}, Corresponding Member of the RAS

N.I. Mosolova¹, Grand PhD in Biological Sciences

E.A. Alefirenko¹, Applicant

S.N. Belik³, PhD in Medical Sciences

¹Volga Research Institute of Meat and Dairy Products Production and Processing, Volgograd, Russia

²Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia

³Rostov State Medical University, Rostov-on-Don, Russia

E-mail: niimmp@mail.ru

Abstract. The authors have theoretically proved and practically confirmed the possibility of using pumpkin puree, inulin, gelatin and vanilla powder in the production of cottage cheese; the composition and properties of vegetable ingredients have been studied, their high nutritional

and biological value has been established and increased functional activity has been shown; the method of obtaining pumpkin puree and cottage cheese, preliminary preparation of vegetable ingredients, the amount and stage of their application have been determined on the basis of which the technology for the production of an innovative product using the HACCP system has been developed. The analysis of existing risks and control of selected links in the production through which food products pass, identified potentially dangerous factors at the enterprise and measures for their management, identified three critical control points of KKT: pasteurization of milk and cooling; introduction of fermentation and fermentation; preparation of the batch, using the Decision Tree method, as a result of which the ISO 22000:2007 standard was developed and implemented, which guarantees high quality and safety of the finished product, preventing the occurrence of risks and increasing the level of product safety at all stages of the technological cycle – from acceptance of raw materials to sale to the consumer.

Keywords: cottage cheese product technology, pumpkin, inulin, gelatin, vanilla powder, HACCP system, potentially dangerous points, critical control points, Decision Tree method

ХНИЗ – неинфекционные и неконтагиозные заболевания, имеющие длительную прогрессию, включая ожирение, сердечно-сосудистые заболевания, диабет, хронические заболевания почек, остеопороз, саркопению, болезнь Альцгеймера и рак. [5] Ведущий метаболический фактор риска смерти от ХНИЗ во всем мире – повышенное артериальное давление (19% всех случаев смерти), за ним следуют повышенное содержание глюкозы в крови, избыточная масса тела и ожирение. Глобальная эпидемия хронических заболеваний, связанных с питанием, побудила к возникновению и широкому распространению нового направления – функциональное питание (ФП). Его основная задача – укрепление здоровья путем влияния на определенные физиологические реакции организма. Реализуется систематическим длительным употреблением функциональных продуктов, в России более 35% это молочные, в том числе творожные. [1]

Творог – кисломолочный продукт, выработанный сквашиванием молока закваской молочнокислых мезофильных бактерий, сычужного фермента и коагуляцией молочного белка с последующим удалением сыворотки. Творог – основной диетический источник полноценного протеина, конъюгированной линолевой кислоты, кальция, калия, фосфора и других ценных макро- и микроэлементов, а также витаминов, которые обладают антиканцерогенными свойствами, регулируя пролиферацию, дифференцировку и апоптоз клеток [16], антиоксидантными и противовоспалительными эффектами. [7, 8] Для обогащения творога при производстве функциональных продуктов используют различные ингредиенты растительного и животного происхождения, в том числе ягоды, богатые полифенолами, овощи с большим количеством витаминов и микроэлементов, семена и злаки, концентрат молочной сыворотки, желатин и другое [10, 14] Основное действие этих компонентов – выраженное клинически доказанное влияние на здоровье, они ингибируют канцерогенез, снижают уровень провоспалительных эйкозаноидов, простагландинов и лейкотриенов, защищают от окислительного стресса, вызванного избытком активных форм кислорода и модулируют микробиоту. [9, 11, 12]

Возможность улучшения качества и функциональных свойств пищевых продуктов не исключает проблемы их безопасности, поэтому была обоснована профилактическая, основанная на оценке риска, система качества и безопасности продуктов питания ХАССП, которая охватывает ввод материалов, производственного процесса, конечных продуктов, объектов и персонала в кри-

тических контрольных точках. [3] Она состоит из двух компонентов: анализ опасности и контрольная мера критического предела. Первый – это процесс выявления и оценки факторов, которые могут негативно влиять на безопасность пищевых продуктов, а второй заключается в предотвращении или устранении опасностей до минимального и приемлемого уровня. Система ХАССП была широко принята странами, международными организациями, включая Всемирную организацию

Таблица 1.
Органолептические и химические показатели тыквенного пюре и инулина

Показатель	Тыквенное пюре	Инулин
Органолептические показатели		
Вкус, запах	Хорошо выраженный тыквенный, без посторонних привкусов и запахов	Вкус сладкий, без запаха
Внешний вид, консистенция	Однородная пюреобразная текучая масса, без частиц, волокон, кожицы и семян	Мелкий кристаллизованный порошок
Цвет	Насыщенно оранжевый	Светло – кремовый
Химические показатели, г/100 г		
Белки	1,7±0,01	2,1±0,1
Жиры	6,2±0,04	0,1±0,005
Углеводы, всего	7,5±0,05	12,8±0,11
Пищевые волокна	1,2±0,01	4,5±0,09
Крахмал	2,7±0,02	–
Сахара	3,6±0,01	–
Пектин	16,0±0,01	–
Зола	1,1±0,02	1,4±0,05
Органические кислоты	–	0,1±0,002
Витаминный состав, мг/100 г продукта		
A	0,25±0,04	–
B ₁	0,05±0,02	0,07±0,02
B ₂	0,06±0,01	0,06±0,01
E	0,4±0,02	0,2±0,01
PP	0,7±0,03	1,6±0,01
C	8,0±0,03	6,0±0,06
B ₄	–	30,0±0,03
Минеральные вещества, мг/100 г продукта		
Калий	204,0±0,03	200,0±0,03
Кальций	25,0±0,02	20,0±0,02
Магний	14,0±0,04	12,0±0,04
Железо	0,4±0,01	0,4±0,01
Фосфор	25,0±0,01	78,0±0,01
Натрий	4,0±0,02	3,0±0,02

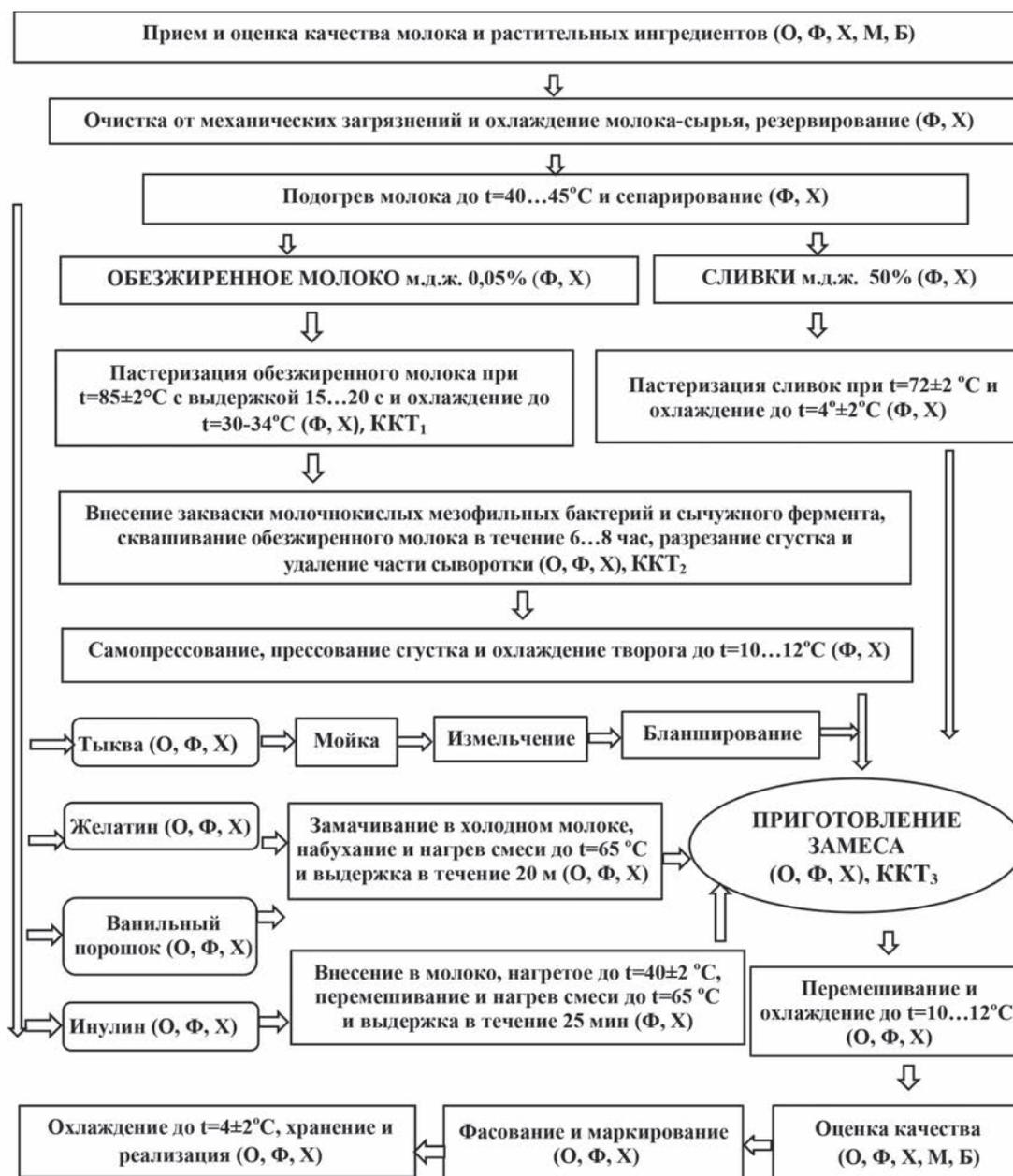


Рис. 1. Технологическая схема производства обогащенного творожного продукта с использованием системы ХАССП.

О – органолептические показатели (внешний вид, консистенция, вкус, запах, цвет); Ф – физические (плотность, чистота по механической загрязненности, температура, время выдержки, масса продукта); Х – химические (массовая доля жира, белка, углеводов, влаги, пищевых волокон); М – микробиологические (общая обсемененность, количество соматических клеток, молочнокислых бактерий, патогенных и условно-патогенных микроорганизмов, дрожжи и плесени); Б – показатели безопасности (содержание токсичных элементов, нитратов, нитритов, радионуклидов, микотоксинов); ККТ – критические контрольные точки.

здравоохранения, а также Продовольственную и сельскохозяйственную организацию, в настоящее время это всемирно признанная система профилактического менеджмента для поддержания гигиены пищевых продуктов. [4, 6]

Цель работы – адаптация системы ISO 22000:2007 (ХАССП) в производстве инновационного творожного продукта.

Для достижения поставленной цели был оценен весь процесс производства обогащенного творожного продукта; выявлены потенциальные биологические, химические и физические опасности, которые могут существовать в процессе производства; выделены критические контрольные точки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальные исследования проводили в лабораториях: ГНУ НИИММП (г. Волгоград), ФГБОУ ВО ВолгГТУ, ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный медицинский университет» и НУ Испытательная лаборатория «Ника и К» (г. Ростов-на-Дону). Объекты изучения: молоко коровье, не ниже первого сорта (ГОСТ 31449-2013); творог обезжиренный (ГОСТ 31453-2013); закваска молочнокислых мезофильных бактерий ООО «ВИВО» (ТУ 9223-001-18137828-2015); тыквенное пюре (ГОСТ 32742-2014); инулин пищевой (ТУ 9187-00118137828-2015); ванильный порошок (ГОСТ

Таблица 2.

Описание обогащенного творожного продукта

Состав продукта	Творог обезжиренный, молоко, тыквенное пюре, инулин, желатин, ванилин	
	Показатель	Требования
Качественные характеристики	Вкус, запах	Творожный, с гармоничным и приятным запахом, сладковатым привкусом введенного наполнителя
	Внешний вид, консистенция	Нежная, однородная, густая консистенция
	Цвет	Желто-оранжевый, равномерный по всей массе
	Массовая доля, % жира	1,0
	белка	12,7
	углеводов	6,0
	СОМО, %	23,3
	Кислотность, °Т	184
	Патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы в 25 г продукта	Не обнаружено
	БГКП не допускается в 0,1 г продукта <i>Staphylococcus aureus</i> в 1 г продукта	
Упаковка	Количество молочнокислых бактерий в 1 г продукта на конец срока годности, КОЕ/г	1*10 ⁶
	Полистироловые стаканчики объемом 250 мл	
Маркировка на каждой единице упаковки	Наименование продукции в соответствии с требованиями Технического регламента; товарный знак; наименование и место нахождения изготовителя продукции и контакты; состав продукции; пищевая и энергетическая ценность; количество молочнокислых бактерий и дрожжей; срок годности; условия хранения; дата производства; масса нетто потребительской упаковки; обозначение стандарта, нормативного или технического документа, в соответствии с которыми произведена продукция; номер партии; информация о подтверждении соответствия продукции требованиям Технического регламента; необходимые предупредительные надписи или манипуляционные знаки «Бережь от солнечных лучей», «Ограничение температуры», «Бережь от влаги»	
	Специализированные транспортные средства в соответствии с правилами перевозок скоропортящихся грузов, действующими на транспорте конкретного вида	
Транспортировка		
Условия хранения, °С	4±2	
Срок годности, сутки	5	

16599-71 «Ванилин. ТУ»); желатин (ГОСТ 11293-89 «Желатин. ТУ»); выработанный инновационный творожный продукт.

Использовали комплекс общепринятых стандартных и модифицированных методов исследований: физико-химический, органолептический и микробиологический. Основные методы исследований: массовая доля жира (ГОСТ Р ИСО 2446-2011); белок – методом Кьельдаля (ГОСТ 34454-2018); органолептические показатели – сенсорным методом (ГОСТ Р ИСО 22935-2-2011); микробиологические показатели (ГОСТ 32901-2014); аминокислотный, витаминный и минеральный состав тыквы, инулина и творожных продуктов – методом капиллярного электрофореза с помощью системы Капель-105М. Повторность – трехкратная. Результаты статистически обрабатывали в программе Statistica 6.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При разработке творожного продукта применяли в качестве функциональных ингредиентов тыкву, инулин, ванильный порошок и желатин. Плоды тыквы, включая мякоть, семена и кожуру, богаты источником первичных и вторичных метаболитов (белки, углеводы, мононенасыщенные жирные кислоты, полиненасыщенные жирные кислоты, каротиноиды, токоферолы, триптофан, дельта-7-стерины и многие другие фитохимические вещества). [2]

Инулин – водорастворимый полисахарид для хранения, относится к группе неперевариваемых углеводов (фруктаны). Пероральное введение ину-

лина обеспечивает как местную, так и системную иммунную модуляцию. Местный эффект (возможно косвенный) – через пребиотическое действие инулина, стимулирующего рост полезных бактерий в кишечнике. Кроме этого инулин снижает цитотоксичность и генотоксичность *in vitro* в клетках аденокарциномы толстой кишки человека. [13] Он может поглощать АФК через генерацию антиокси-

Таблица 3.

Перечень используемого сырья и материалов при производстве обогащенного творожного продукта

Сырье	Характеристика
Молоко-сырье коровье	Молоко-сырье не ниже первого сорта, кислотность – не более 19°Т, плотность – не менее 1,028 г/см ³ , ГОСТ 31449-2013
Творог обезжиренный	Творог обезжиренный м.д.ж. – 1,8%, м.д.в. – 80%, кислотность – 170...240°Т, ГОСТ 31453-2013
Молоко пастеризованное	Молоко пастеризованное м.д.ж. – 3,2%, кислотность – не более 18°Т, ГОСТ 32922 – 2014
Закваска	Закваска «Творог «VIVO», производитель ООО «ВИВО», ТУ 9223-001-18137828-2015
Тыквенное пюре	Тыквенное пюре, ГОСТ 32742 – 2014
Инулин	Инулин пищевой, ТУ 9187-002-97357430-09
Желатин	Желатин, ГОСТ 11293-89
Ванильный порошок	Ванилин, ГОСТ 16599-71
Упаковка: полистироловые стаканчики	ГОСТ 17527-2003 «Упаковка. Термины и определения»

Таблица 4.
Перечень потенциально опасных факторов на предприятии

Вид	Опасный фактор
Микробиологический (М)	КМАФАнМ, БГКП, патогенные: сальмонеллы, <i>S. aureus</i> , плесневые грибы
Химический (Х)	Элементы моющих средств, пищевые добавки
Физический (Ф)	Загрязнения среды предприятия, посторонние предметы, упаковка
Показатель безопасности (Б)	Содержание токсичных элементов, нитратов, нитритов, радионуклидов, микотоксинов

дантных ферментов и короткоцепочечных жирных кислот из-за пребиотической активности инулин-модифицированной микрофлоры в желудочно-кишечном тракте. [15]

Пищевая ценность, витаминно-минеральный состав тыквенного пюре и инулина представлены в таблице 1.

Органолептические показатели вводимых ингредиентов высокие, без резко выраженных вкуса и запаха, в состав тыквенного пюре входит множество необходимых организму веществ: витамины А, Е и С, группы В; важные макроэлементы (калий, кальций, магний, фосфор). Магний принимает участие в более чем 300 ферментативных реакциях, в том числе, с участием молекулы, оберегающей энергию АДФ. Кальций способствует свертываемости крови, мышечным сокращениям, нервному возбуждению и задействован в процессе нормального всасывания жира в желудочно-кишеч-

ном тракте, а также обладает антиаллергическим и противовоспалительным действием, активизирует ряд ферментов и гормонов. Фосфор – важнейший макроэлемент, обеспечивающий рост и здоровое состояние костной и зубной тканей организма, участвует в синтезе клеточных мембран, обмене жиров, белков и углеводов. Недостаток фосфора может вызвать нарушение нормального функционирования мышц и снижение умственной деятельности.

Инулин имеет мягкий сладкий вкус (примерно в 10 раз слабее сахара), низкокалорийный. В его составе значительное количество пищевых волокон (4,5%) и витаминов группы В, особенно В₄, С и РР.

Среди минеральных веществ в инулине содержится большое количество калия, улучшающего деятельность головного мозга и снабжение его кислородом, кальций, фосфор.

Таким образом, проведенные исследования качественных характеристик подтвердили высокую значимость полезных компонентов в составе тыквенного пюре и инулина, и возможность их использования в разрабатываемой технологии творожного продукта.

Были изучены разные способы и технологические этапы внесения не только тыквенного пюре и инулина, но и желатина в качестве стабилизатора, ванильного порошка как ароматизатора, а также их количество.

В результате разработана технологическая схема производства творожного продукта с применением системы ХАССП (рис. 1).

Таблица 5.
Мероприятия по управлению опасными факторами на молочном предприятии

Операция	Опасный фактор	Мероприятие
Приемка молока	О: вкус и запах, внешний вид, консистенция, цвет; М: бактериальная обсемененность, КМАФАнМ, БГКП, сальмонелла, <i>S. aureus</i> ;	Контроль сопровождающей документации; режима хранения молока; отбор проб и возврат молока при несоответствии его требованиям к качеству
	Б: токсичные элементы, микотоксины, радионуклиды, плесени; Ф: плотность, кислотность, наличие механических частиц и посторонних предметов	
Очистка	Ф: посторонние предметы, механические частицы молока; Б: токсичные элементы, нитраты, нитриты, радионуклиды	Контроль качества молока-сырья после очистки от механических примесей
Охлаждение	Ф: высокая температура и наличие микроорганизмов порчи	Контроль температурного режима и бактериальной обсемененности
Сепарирование	Ф: посторонние предметы, механические примеси; Х: Элементы моющих средств	Технический осмотр оборудования; выявление наличия остаточных моющих средств
Пастеризация	Ф: температура пастеризации и охлаждения молока	Контроль температуры пастеризации и охлаждения молока
	М: КМАФАнМ, патогенные: БГКП, сальмонеллы, <i>S. aureus</i> , плесневые грибы; Х: кислотность и активность закваски;	
Внесение закваски	Ф: режим пастеризации, механические примеси; Б: пестициды, токсичные элементы, микотоксины	Технический осмотр оборудования, контроль качества закваски и режима пастеризации пастеризованного молока; контроль температурного режима; микробиологический контроль закваски
	О: внешний вид и консистенция, вкус, запах и цвет; Ф: температура тепловой обработки и охлаждения функциональных ингредиентов; Б: пестициды, токсичные элементы, микотоксины, плесени и дрожжи	
Приготовление замеса	Ф: масса ингредиентов, очередность внесения, перемешивания; О: внешний вид и консистенция готового творожного продукта	Технический осмотр оборудования для смешивания, взвешивание массы ингредиентов, тщательность перемешивания
	Ф: масса нетто творожного продукта; наличие маркировки; О: внешний вид упаковочных материалов	
Хранение и реализация продукта	О: внешний вид упаковки; Ф: температура и сроки хранения	Контроль внешнего вида упаковки, наличия влажных пятен, подтеков, деформации; контроль температурного режима хранения и срока реализации

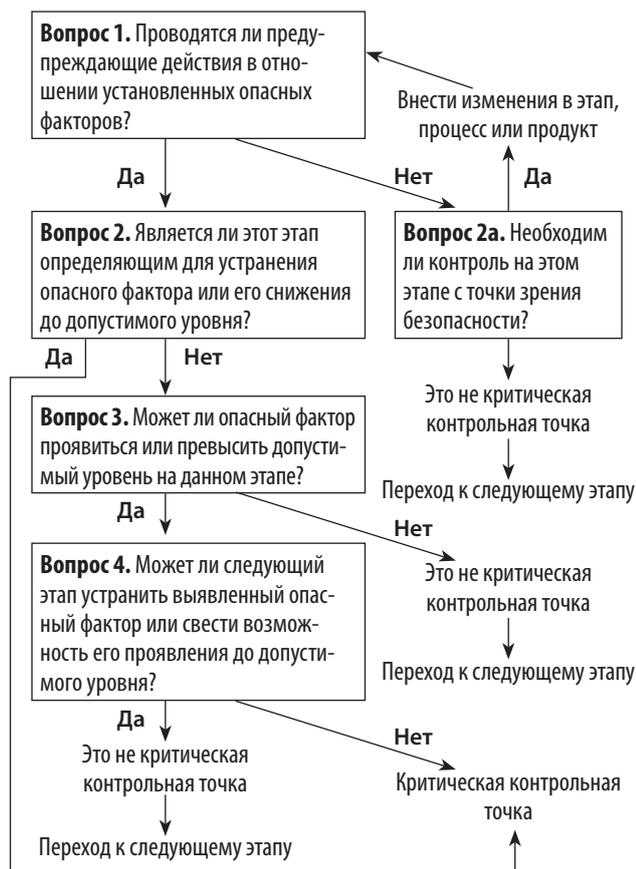


Рис. 2. Дерево принятия решений для анализа опасностей технологического процесса по ККТ.

Из рисунка видно, что каждая технологическая операция находится под контролем, при котором исследуют наиболее характерные показатели качества, регламентируемые стандартами для обеспечения качества и безопасности готового продукта, которым уделяется пристальное внимание не только со стороны потребителей, но и контролирующих органов для предотвращения поставок недоброкачественной продукции.

Существуют официальные правила и документы, регулирующие проведение различных мероприятий в этой области. К ним относится система HACCP – совокупность организационной структуры документов, производственных процессов и ресурсов, необходимых для ее реализации. [3] При создании плана HACCP тщательно изучают технологические и производственные процессы по всей «пищевой цепочке» от получения сырья до отгрузки готовой продукции. Выявляют вероятные опасности и принимают системные меры по предупреждению и устранению всевозможных нарушений.

Для разработки плана внедрения стандарта ISO 22000:2007 при производстве обогащенного творожного продукта использовали технологическую схему (рис. 1), описание обогащенного продукта (табл. 2) и перечень сырья и материалов (табл. 3).

Для оценки рисков при производстве обогащенного творожного продукта установлен перечень опасных факторов с краткой характеристикой и областью их распространения.

Опасный фактор означает, что употребляемые продукты питания могут влиять на здоровье потребителя и/или вызывать различные заболевания. Недоброкачественные продукты питания – угроза для здоровья человека. Подобные угрозы по системе HACCP подразделяются на: химические (Х); физические (Ф); микробиологические (М) и показатели безопасности (Б). [6] В таблице 4 представлен перечень потенциально опасных факторов на предприятии.

Главная задача системы HACCP – выявление и предупреждение появления опасных факторов на всех этапах технологического процесса. Одни из них используют ряд предупредительных действий для ликвидации опасного фактора, другие могут быть устранены с помощью одного предупредительного действия.

Разработанные мероприятия по управлению выявленными опасными факторами на молочном предприятии приведены в таблице 5.

Технология производства обогащенного творожного продукта – сложный процесс, который требует пристального внимания на каждой технологической операции по обеспечению безопасности производства и качества пищевых продуктов, что важно для потребителя и производителя.

Путем экспертизы каждого потенциально-опасного фактора проводится анализ рисков и составляется перечень учитываемых опасных факторов, по которым риск превышает допустимый уровень. Для определения ККТ использовали Дерево принятия решений, представленное на рисунке 2. [3, 6]

Поэтапное выявление критических контрольных точек с помощью метода дерева принятия решений приведено в таблице 6.

Выявлены три критические контрольные точки (ККТ) при производстве обогащенного творожного продукта: 1 – пастеризация молока и охлаждение, 2 – внесение закваски и сквашивание, 3 – приготовление замеса. В результате исследований разработана технология с указанием ККТ на всех этапах производства функционального продукта (рис. 1), внедрение стандарта ISO 22000:2007 гарантирует высокое качество и безопасность готовой продукции.

Таким образом, изучены состав и свойства тыквенного пюре и инулина, установлена их высокая пищевая и биологическая ценность, показана функциональная активность. Найдены способы получения тыквенного пюре и творога, предварительной подготовки растительных ингредиентов, определены количество и технологический этап их внесения – приготовление замеса, на основании чего разработана технология обогащенного творожного продукта с использованием системы HACCP. Для разработки плана внедрения стандарта ISO 22000:2007 использовали технологическую схему производства обогащенного творожного продукта, описание продукта и перечень используемого сырья и материалов, что дает возможность контролировать его соответствие требованиям стандартов. Для оценки рисков при производстве продукта установлен перечень опасных факторов с его краткой характеристикой и областью распространения. Путем экспертизы каждого потенциально-опасного фактора проводили анализ рисков и составили перечень

Таблица 6.
Выявление критических контрольных точек при производстве обогащенного творожного продукта с помощью метода Дерева принятия решений

Операция	Опасный фактор (да – (+), нет – (-))					Наличие/отсутствие ККТ, +/-
	О	Ф	Х	М	Б	
Приемка и оценка качества молока-сырья и функциональных добавок	-	-	-	-	-	-
Очистка молока-сырья от механических примесей	-	-	-	-	-	-
Сепарирование молока	-	-	-	-	-	-
Пастеризация и охлаждение молока	-	+	+	+	-	ККТ ₁
Внесение закваски, сквашивание молока	-	+	+	+	-	ККТ ₂
Разрезание сгустка, вымешивание и отделение сыворотки	-	-	-	-	-	-
Самопрессование и прессование сгустка	-	-	-	-	-	-
Оценка качества творога	-	-	-	-	-	-
Приготовление замеса – внесение функциональных ингредиентов	+	+	+	+	+	ККТ ₃
Оценка качества готового продукта	-	-	-	-	-	-
Расфасовка, охлаждение и хранение	-	-	-	-	-	-

учитываемых опасных факторов, по которым риск может превышать допустимый уровень. Для определения ККТ использовали Дерево принятия решений и выявили три ККТ: пастеризация молока и охлаждение; внесение закваски и сквашивание; приготовление замеса. На основании внедрения стандарта ISO 22000:2007 предприятие гарантирует высокое качество и безопасность продукта, предотвращая возникновение рисков и повышая уровень безопасности продукта на всех этапах производственной деятельности (от приемки сырья до потребителя).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Новости и аналитика молочного рынка. Обзор. Что сегодня происходит на молочном рынке России <https://milknews.ru/longridy/rynok-moloka-situaciya.html> (дата обращения 12.10.2022).
2. Batool M., Ranjha MMAN, Roobab U. et al. Nutritional Value, Phytochemical Potential, and Therapeutic Benefits of Pumpkin (Cucurbita sp.). *Plants (Basel)*. 2022. May 24. 11(11). P. 1394.
3. Chapman B., Gunter C. Local Food Systems Food Safety Concerns. *Microbiol Spectr*. 2018 Apr; 6(2).
4. Chiba T. Management of Food Hygiene and Safety by Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP). *Yakugaku Zasshi*. 2022. 142(1). P. 27–31.
5. Di Lorenzo L., Pipoli A., Manghisi N.M. et al. Nutritional hazard analysis and critical control points at work (NAC-CPW): interdisciplinary assessment of subjective and metabolic work-related risk of the workers and their prevention. *Int J Food Sci Nutr*. 2020. 71(7). P. 902–908.
6. Hung Y.T., Liu C.T., Peng I.C. et al. The implementation of Hazard Analysis and Critical Control Point management system in a peanut butter ice cream plant. *J Food Drug Anal*. 2015. Sep. 23(3). P. 509–515.
7. Khan I.T., Nadeem M., Imran M. et al. Antioxidant properties of Milk and dairy products: a comprehensive review of the current knowledge *Lipids Health Dis*. 2019. 18(1). p. 41.

8. Kontareva V.Yu., Belik S.N., Morgul E.V. et al. Yogurt enriched to correct intestinal microflora in dysbiosis В сборнике: III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk, Russia 82051. 2020.
9. Kontareva V.Yu., Belik S.N., Morgul E.V. et al. The effect of prebiotic components on the quality of yogurt В сборнике: III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk, Russia 82054. 2020.
10. Kryuchkova V.V., Gorlov I.F., Korneichuk K.M. et al. Brine-ripened cheese enriched with vegetable ingredients: technology and quality В сборнике: III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk, Russia 82063. 2020.
11. Kryuchkova V.V., Gorlov I.F., Belik S.N. As vegetable ingredients in functional fermented milk products В сборнике: III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk, Russia 82092. 2020.
12. Lettieri-Barbato D., Tomei F., Sancini A. et al. Effect of plant foods and beverages on plasma non-enzymatic antioxidant capacity in human subjects: a meta-analysis *Br J Nutr* 109(9) 1544-56. 2013.
13. Mensink M.A., Frijlink H.W., van der Voort Maarschalk K., Hinrichs W.L. Inulin, a flexible oligosaccharide. II: Review of its pharmaceutical applications. *Carbohydr Polym*. 2015 Dec 10. 134. P. 418-28.
14. Serafini M., Peluso I. Functional Foods for Health: The Interrelated Antioxidant and Anti-Inflammatory Role of Fruits, Vegetables, Herbs, Spices and Cocoa in Humans *Curr Pharm*. 2016. Des 22(44). 6701-15.
15. Shang H.M., Zhou H.Z., Yang J.Y. et al. In vitro and in vivo antioxidant activities of inulin. *PLoS One*. 2018. Feb 2. 13(2):e0192273.
16. Wu Y., Huang R., Wang M. et al. Dairy foods, calcium, and risk of breast cancer overall and for subtypes defined by estrogen receptor status: a pooled analysis of 21 cohort studies. *Am J Clin Nutr*. 2021. Aug 2. 114(2). P. 450–461.

REFERENCES

1. Novosti i analitika molochnogo rynka. Obzor. Chto segodnya proiskhodit na molochnom rynke Rossii <https://milknews.ru/longridy/rynok-moloka-situaciya.html> (data obrashcheniya 12.10.2022).
2. Batool M., Ranjha MMAN, Roobab U. et al. Nutritional Value, Phytochemical Potential, and Therapeutic Benefits of Pumpkin (Cucurbita sp.). *Plants (Basel)*. 2022. May 24. 11(11). P. 1394.
3. Chapman B., Gunter C. Local Food Systems Food Safety Concerns. *Microbiol Spectr*. 2018 Apr; 6(2).
4. Chiba T. Management of Food Hygiene and Safety by Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP). *Yakugaku Zasshi*. 2022. 142(1). P. 27–31.
5. Di Lorenzo L., Pipoli A., Manghisi N.M. et al. Nutritional hazard analysis and critical control points at work (NAC-

- CPW): interdisciplinary assessment of subjective and metabolic work-related risk of the workers and their prevention. *Int J Food Sci Nutr.* 2020. 71(7). P. 902–908.
6. Hung Y.T., Liu C.T., Peng I.C. et al. The implementation of Hazard Analysis and Critical Control Point management system in a peanut butter ice cream plant. *J Food Drug Anal.* 2015. Sep. 23(3). P. 509–515.
 7. Khan I.T., Nadeem M., Imran M. et al. Antioxidant properties of Milk and dairy products: a comprehensive review of the current knowledge *Lipids Health Dis.* 2019. 18(1). p. 41.
 8. Kontareva V.Yu., Belik S.N., Morgul E.V. et al. Yogurt enriched to correct intestinal microflora in dysbiosis V sbornike: III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk, Russia 82051. 2020.
 9. Kontareva V.Yu., Belik S.N., Morgul E.V. et al. The effect of prebiotic components on the quality of yogurt V sbornike: III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk, Russia 82054. 2020.
 10. Kryuchkova V.V., Gorlov I.F., Korneichuk K.M. et al. Brine-ripened cheese enriched with vegetable ingredients: technology and quality V sbornike: III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk, Russia 82063. 2020.
 11. Kryuchkova V.V., Gorlov I.F., Belik S.N. As vegetable ingredients in functional fermented milk products V sbornike: III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk, Russia 82092. 2020.
 12. Lettieri-Barbato D., Tomei F., Sancini A. et al. Effect of plant foods and beverages on plasma non-enzymatic antioxidant capacity in human subjects: a meta-analysis *Br J Nutr* 109(9) 1544–56. 2013.
 13. Mensink M.A., Frijlink H.W., van der Voort Maarschalk K., Hinrichs W.L. Inulin, a flexible oligosaccharide. II: Review of its pharmaceutical applications. *Carbohydr Polym.* 2015 Dec 10. 134. P. 418–28.
 14. Serafini M., Peluso I. Functional Foods for Health: The Interrelated Antioxidant and Anti-Inflammatory Role of Fruits, Vegetables, Herbs, Spices and Cocoa in Humans *Curr Pharm.* 2016. Des 22(44). 6701–15.
 15. Shang H.M., Zhou H.Z., Yang J.Y. et al. In vitro and in vivo antioxidant activities of inulin. *PLoS One.* 2018. Feb 2. 13(2):e0192273.
 16. Wu Y., Huang R., Wang M. et al. Dairy foods, calcium, and risk of breast cancer overall and for subtypes defined by estrogen receptor status: a pooled analysis of 21 cohort studies. *Am J Clin Nutr.* 2021. Aug 2. 114(2). P. 450–461.

Поступила в редакцию 09.01.2023

Принята к публикации 20.01.2023

УДК 63.631.8

DOI: 10.31857/2500-2082/2023/1/16-19, EDN: OLEFBW

РАЗРАБОТКА БИОЛОГИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ В КАЧЕСТВЕ ЭЛЕМЕНТА ОРГАНИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Виктор Иванович Старцев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Владимир Геннадьевич Новиков, доктор экономических наук, профессор

Кирилл Андреевич Егоров, аспирант

Антон Петрович Сусленков, лаборант-исследователь

Лаборатория геномных исследований и селекционно-семеноводческих технологий

ФГБОУ ДПО «Российская академия кадрового обеспечения агропромышленного комплекса, г. Москва, Россия

E-mail: rako-apk@mail.ru

Аннотация. *Лабораторией геномных исследований и селекционно-семеноводческих технологий ФГБОУ ДПО «Российская академия кадрового обеспечения АПК» представлен план мероприятий по разработке биологизированных технологий возделывания сельскохозяйственных растений в условиях техногенно загрязненных почв отечественных агробиоценозов. Объект изучения – стратегически важные для продовольственной безопасности Российской Федерации овощные культуры отечественной селекции. Результаты исследования подтвердили гипотезу о том, что грибная микробиота способна синергически взаимодействовать с пробиотическими бактериями, улучшая их выживаемость, стимулируя рост и увеличивая биоразнообразие и восстановление сапротрофной микробиоты почвы. Предложена оригинальная комплексная схема, которая взаимоувязывает сортоспецифические особенности и первичное семеноводство новых сортов для использования в технологиях биологизированного и органического земледелия.*

Ключевые слова: *селекция, органическое земледелие, семеноводство, овощные культуры, антропогенная нагрузка*

NATURALISTIC TECHNOLOGIES DEVELOPMENT
FOR THE CULTIVATION OF AGRICULTURAL PLANTS
FOR THE INNOVATIVE DEVELOPMENT OF RURAL AREAS AS AN ELEMENT
OF ORGANIC FARMING

V.I. Startsev, *Grand PhD in Agricultural Sciences, Professor*

V.G. Novikov, *Grand PhD in Economical Sciences, Professor*

K.A. Egorov, *PhD Student*

A.P. Suslenkov, *Laboratory Assistant-Researcher*

Laboratory of Genomic Research and Seed Breeding Technologies of the Russian Academy

of Personnel Support of the Agro-Industrial Complex, Moscow, Russia

E-mail: rako-apk@mail.ru

Abstract. *The Laboratory of Genomic Research and Breeding and Seed Technologies of the Federal State Budgetary Educational Institution of Additional Professional Education “Russian Academy of Personnel Support for the Agro-Industrial Complex” presented an action plan for the development of biologized technologies for the agricultural plants cultivation in the conditions of technogenically polluted soils of domestic agrobiocenoses. The object of research is vegetable crops of domestic selection that are strategically important for the food security of the Russian Federation. The study results confirmed the hypothesis that the fungal microbiota is able to interact synergistically with probiotic bacteria, improving their survival, stimulating growth and increasing biodiversity and recovery of the saprotrophic soil microbiota. An original complex scheme has been proposed, which interconnects variety-specific features and primary seed production of new varieties for usage in biologized and organic farming technologies.*

Keywords: *breeding, organic farming, seed production, vegetable crops, anthropogenic load*

Рост интенсивности промышленного, сельскохозяйственного производства, возрастающая антропогенная нагрузка на природную среду приводит к деградации почвы. По данным ФАО мировые площади деградированных и больных (кондуктивные) почв — более 1,2 млрд га (22%), химически деградировано 12% всех почвенных ресурсов. Более 80% агроценозов зерновых культур в Российской Федерации заселено фитопатогенами. Ежегодно из-за деградации теряется до 17 млн га мировых почвенных ресурсов.

Одним из механизмов снижения пестицидной нагрузки на окружающую среду может стать биологизация возделывания сельскохозяйственных растений как этап перехода от технологий интенсивного земледелия с применением химически синтезированных препаратов к использованию технологий органического земледелия, на основе их синергетического действия при минимальных остаточных количествах в почве и продукции АПК.

Согласно Федеральному закону «Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 03.08.2018 № 280-ФЗ (последняя редакция), вступившему в силу 1 января 2020 года, реализуется комплекс мероприятий по созданию условий устойчивого развития органического сельского хозяйства для обеспечения внутреннего рынка отечественными экологически чистыми продуктами питания.

В некоторых субъектах Российской Федерации приняты нормативные правовые акты, регулирующие региональное законодательство в органическом земледелии: областная целевая программа о производстве и обороте органической продукции принята в Ярославской области; закон о мерах государственной поддержки производителей органической продукции — в Ульяновской; Краснодарском крае и Воронежской области — закон

о производстве органической сельскохозяйственной продукции; Белгородской области — целевая программа внедрения биологической системы земледелия; Республике Татарстан — программа развития органического агропроизводства и создания инновационного кластера «Экопитание».

Чтобы систематизировать подход к решению проблемы развития биологизированного и органического земледелия, авторы статьи считают необходимым разработку Концепции инновационного развития сельских территорий на основе биологизированного и органического земледелия, которая должна включать:

- развитие органического земледелия;
- использование биологических средств защиты растений и биоудобрений в сооружениях защищенного грунта, а также вблизи населенных пунктов, объектов детских и образовательных учреждений;
- применение технологий точного (прецизионного) земледелия в сельском хозяйстве, в том числе с помощью цифровых платформ;
- рекультивация неблагоприятных техногенных территорий;
- подготовка и повышение квалификации соответствующих кадров по программам экологизации жизнедеятельности.

Российская Федерация обладает огромным земельным потенциалом. Так как сельскохозяйственные растения возделывают примерно на 80 млн га, а 40 млн га находятся в залежи, то потребуется примерно до половины ресурсов семенного фонда и агропрепаратов, используемых в растениеводстве страны. Поскольку залежные земли длительный период не обрабатывались и прошли процесс самоочищения, на них целесообразно развивать органическое земледелие, которое будет не только экономически эффективным, но и социально значимым (рост занятости местного населения, закрепление кадров на сельских территориях и другое).

Органическое земледелие – экстенсивный способ производства, не требует выделения значительных финансовых ресурсов из бюджета страны. Основная статья расходов – затраты на ГСМ, семенной и посадочный материал. Если в 2017 году было высеяно семян сельскохозяйственных культур более 10 млн т на сумму 238 млрд руб. (импорт – более 85 тыс. т на 24 млрд руб.), то соответственно для вовлечения неиспользуемых земель в сельхозоборот потребуется примерно 115 млрд руб. только на семена. Но закупать их для органического земледелия за рубежом не целесообразно, так как отечественные сорта обладают большим адаптационным потенциалом. Таким образом, 115 млрд руб. – это налогооблагаемая база для государства и та сумма, которую могут заработать селекционеры и семеноводы нашей страны дополнительно.

Переход к органическому земледелию предполагает не только использование регламентированных специализированных технологий возделывания, но и создание набора сортов и гетерозисных гибридов сельскохозяйственных культур с комплексной устойчивостью к возбудителям болезней и вредителям. В органическом земледелии могут применяться сорта, включенные в Госреестр селекционных достижений РФ, допущенных к использованию 6...10 и более лет назад, когда они еще не создавались как элемент интенсивных технологий производства. В настоящее время таких сортов более 4,5 тыс. (25% сортов Госреестра). Сорта картофеля, которым более 40 лет – 11, 30 – 19, 10 – 167, капуста – 21, 26 и 116 соответственно.

При создании новых сортов для допуска их к использованию в технологиях органического земледелия потребуется система специализированного сортоиспытания.

Некоторые исследователи отвергают стопроцентное самообеспечение и ограниченный ввоз продовольствия, как крайние точки зрения достижения продовольственной безопасности, так как в первом случае придется оказывать всестороннюю постоянную помощь сельскому хозяйству, а во втором – ввоз продовольствия усугубляет отставание отечественного сельского хозяйства и не гарантирует бесперебойность поставок.

В основном усилия селекционеров направлены на устойчивость растений к биотическому стрессу. Однако до сих пор необходимы сорта полностью устойчивые наиболее вредоносным грибным заболеваниям: фузариоз колоса пшеницы, спорынья и стеблевая ржавчина.

Предлагаемая комплексная схема взаимоувязывает сортоиспытание и первичное семеноводство новых сортов для использования в технологиях органического земледелия и предполагает два момента по развитию инновационного потенциала в сельском хозяйстве: научно-исследовательский потенциал следует развивать в таком направлении, чтобы с самого начала учитывалась важность взаимодействия между исследовательскими секторами, частными и гражданскими общественными организациями; эффективная сельскохозяйственная инновационная система требует обеспечения производства кадрами профессионалов, обладающих совокупностью навыков и знаний.

Результатом освоения технологий производства органической продукции станет расширение деятельности в аграрной сфере, увеличение ассортимента возделываемых культур и сортов, насыщение продовольственного рынка продуктами органического происхождения, реализация экспортного потенциала АПК.

С первого марта 2022 года вступил в силу Федеральный закон от 11 июня 2021 года № 159-ФЗ «О сельскохозяйственной продукции, сырье и продовольствии с улучшенными характеристиками», регулирующий отношения в области производства, хранения, транспортировки и реализации сельскохозяйственной продукции с улучшенными характеристиками, который очень эффективно поможет развитию биологизированных технологий на пути перехода к органическому земледелию.

Сотрудниками лаборатории геномных исследований и селекционно-семеноводческих технологий ДПО «Российская академия кадрового обеспечения АПК» при участии руководителей «Национального органического союза», «Союза органического земледелия», «Национального союза селекционеров и семеноводов», был подготовлен план мероприятий по разработке биологизированных технологий возделывания сельскохозяйственных растений в условиях техногенно загрязненных почв агробиоценозов Российской Федерации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили с использованием лабораторного оборудования на базе тепличного комплекса и опытно-производственных полей Всероссийского научно-исследовательского института фитопатологии в рамках соглашения о стратегическом партнерстве между ДПО РАКО АПК и ВНИИФ.

Объект изучения – стратегически важные для продовольственной безопасности Российской Федерации овощные культуры отечественной селекции: томат сорта *Ажур*; капуста белокочанная раннего срока созревания – *Июньская*, среднеспелая – *Слава 1305*; свекла столовая *Ажур*; морковь – *Крестьянка*; огурец *Ажур*, *Кай*; кабачок *Аполлон*; цуккини *Гольда*; арбуз *Сахарный лежебока*; тыква *Большой Макс*.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Подтверждена гипотеза о том, что грибная микробиота способна синергически взаимодействовать с пробиотическими бактериями, улучшая их выживаемость, стимулируя рост, увеличивая биоразнообразие и восстановление сапротрофной микробиоты почвы.

Доказано, что некоторые микроэлементы, находясь в растении, за счет уменьшения потери электролитов в нижних листьях, улучшают сопротивляемость растений возбудителям болезней, происходит увеличение прочности клеточной стенки и размера васкулярных пучков. Это позволяет уменьшить ущерб, вызванный биотическими и абиотическими стрессами. При использовании

симбиотических технологий растения приобретают толерантность к возбудителям болезней и повреждению вредителями.

В качестве экспресс-анализа загрязнения почв пестицидами рекомендован посев в сосуды с почвой семян культур идентификаторов (горчица белая и редис), которые в течение пяти суток позволяют протестировать почву на пригодность к посеву сельскохозяйственных растений.

Выводы. При разработке биологизированных технологий возделывания овощных культур включить в процесс предпосевной подготовки обработку семян препаратами НВ-101 и Фитоспорин. Препарат НВ-101 стимулирует продуктивность на начальных этапах созревания плодов, Фитоспорин повышает иммунитет и сохранность урожая.

Обработка сорных растений гербицидами на основе глифосата может иметь побочный эффект — угнетение и повреждение овощных культур.

Хлорорганические вещества, попадающие в почву вследствие техногенной и антропогенной деятельности, могут отрицательно влиять на развитие овощных растений, без накопления токсических веществ в овощной продукции.

Препарат-иммуномодулятор Берканав в значительной степени уменьшает стресс, вызванный глифосатом и хлорорганическими соединениями, находящимися в почве и позволяет получить экологически чистый урожай томата, капусты белокочанной и свеклы столовой.

Основные положения научно-исследовательской работы были доложены на круглом столе «Законодательное обеспечение комплексных мер поддержки в области обеспечения технологическим оборудованием, семенным материалом и средствами защиты растений» в Государственной Думе 28 сентября 2022 года, на основании которых был подготовлен соответствующий аналитический материал по заданию Государственной Думы и рекомендован для использования в планах по формированию стратегического сотрудничества в сфере АПК стран — участников ЕАЭС.

Результаты исследования могут быть использованы для проведения мер по ликвидации очагов техногенного загрязнения, истощения, деградации, порчи и отчуждения земель сельскохозяйственного

назначения, а также создания благоприятной среды для наращивания производства экологически чистой продукции, обеспечения рационального использования сельскохозяйственных угодий в региональных программах рекультивации почв и восстановления почвенного плодородия для формирования сбалансированных высокопродуктивных агробиоценозов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Глинушкин А.П., Соколов М.С., Торопова Е.Ю. Фитосанитарные и гигиенические требования к здоровью почвы. М.: «Издательство Агрорус», 288 с.
2. Глинушкин А.П., Старцев В.И., Картабаева Б.Б., Старцева Л.В. Биопрепараты: защита овощных культур // Картофель и овощи. 2020. № 11. С. 14–18
3. Словарь терминов и определений, используемых в сортоиспытании сельскохозяйственных растений. М: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 292 с.
4. Startsev V.I., Glinushkin A.P. et al. Biological Aspects of Economic Efficiency of Crop Farming. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. To cite this article: 2020. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 459 062069
5. Startsev V.I. et al. Organic Growth as a New Direction of Agricultural Development. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. To cite this article. 2020. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 459 062072

REFERENCES

1. Glinushkin A.P., Sokolov M.S., Toropova E.Yu. Fitosanitarnye i gigienicheskie trebovaniya k zdorov'yu pochvy. M.: «Izdatel'stvo Agrorus», 288 s.
2. Glinushkin A.P., Starcev V.I., Kartabaeva B.B., Starceva L.V. Biopreparaty: zashchita ovoshchnyh kul'tur // Kartofel' i ovoshchi. 2020. № 11. S. 14–18
3. Slovar' terminov i opredelenij, ispol'zuemyh v sortoispytanii sel'skohozyajstvennyh rastenij. M: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2019. 292 s.
4. Startsev V.I., Glinushkin A.P. et al. Biological Aspects of Economic Efficiency of Crop Farming. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. To cite this article: 2020. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 459 062069
5. Startsev V.I. et al. Organic Growth as a New Direction of Agricultural Development. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. To cite this article. 2020. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 459 062072

Поступила в редакцию 28.11.2022

После доработки 05.12.2022

Принята к публикации 19.12. 2022

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА И ОСОБЕННОСТИ СЕЛЕКЦИИ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И АДАПТИВНОСТЬ К НЕМУ

Анатолий Иванович Грабовец, член-корреспондент РАН, профессор
Марина Анатольевна Фоменко, доктор сельскохозяйственных наук
Федеральный Ростовский аграрный научный центр, Ростовская область, Россия
E-mail: grabovets_ai@mail.ru

Аннотация. Климат меняется в сторону аридности. Наиболее значимым стал фактор «засухоустойчивость». С помощью генетической коадаптации потенциальную урожайность зерна в этих условиях удалось поднять до 10,7 т/га. Индекс урожайности вырос с 36 до 40%. Дальнейшее его увеличение при засухе ограничивается количеством биологического урожая. Используя трансгрессию можно решить эту проблему и получать генотипы с большей надземной массой за счет уменьшения коэффициента водопотребления при синтезе метаболитов. Интенсивность фотосинтеза определяется отношением урожая к площади листьев. Засухоустойчивость генотипа оценивали по массе зерна с растения или площади. Проблему устойчивости к заморозкам решали с помощью трансгрессивной селекции, используя источники этого признака. Он при взаимодействии генов в основном доминирует. Устойчивость к морозам прорабатывали, принимая за базовый показатель значение температуры на глубине залегания узла кущения – минус 18°C. Применяли два метода: получение трансгрессий при привлечении в скрещивания высокопродуктивных среднезимостойких форм и создание высокозимостойких генотипов с использованием в качестве одного из родителей местного морозостойкого материала.

Ключевые слова: климат, изменение, озимая пшеница, устойчивость, абиотические стрессоры, селекция

CLIMATE CHANGE AND SELECTION FEATURES OF WINTER SOFT WHEAT ON PRODUCTIVITY AND ADAPTABILITY TO IT

A.I. Grabovets, Corresponding Member of the RAS, Professor
M.A. Fomenko, Grand PhD in Agricultural Sciences
Federal Rostov Agricultural Research Center, Rostov Region, Russia
E-mail: grabovets_ai@mail.ru

Abstract. The climate is changing towards aridity. “Drought resistance” has become the most important factor. By using genetic coadaptation phenomena, it has been possible to increase the potential grain yield under these conditions up to 10,7 t/ha. This is due to significant growth of the crop yield index (from 36 to 40%). It continued increase in the case of droughts is limited by the biological yield. Using the phenomenon of transgression this problem can be solved with simultaneous obtaining the genotypes with increased top weight by reducing the coefficient of water consumption in the synthesis of metabolites. Along with this value, the photosynthesis intensity is of vital importance. It is determined by such factor as the yield to leaf area ratio. When assessing the heat and drought resistance of genotype, the following marker is used: weight of grain per plant or area. The freezing resistance issue is solved by using the transgressive selection with the sources of this specification. It usually dominates in the case of gene interaction. Despite the warming phenomena, the freezing resistance is also considered. The temperature at the tillering zone depth (–18°C) is used as the core indicator. Two methods are implemented namely: transgressions when attracting the high-yielding medium winter-hardy forms in hybridization and generation of genotypes equal to the high winter-hardy parent plant, with the use of the local frost-resistance material as one of the parent plants.

Keywords: climate, change, winter wheat, stability, abiotic stressors, breeding

На планете наблюдается потепление климата. За десять месяцев 2015 года средняя температура оказалась на 1,02°C выше по сравнению с этим периодом в XIX веке. Это обусловлено самым мощным в истории выбросом парниковых газов в 2000–2014 годах. [9]

Намечается тенденция сдвига климатических поясов. [13] В связи с этим меняется выраженность абиотических и биотических лимитирующих факторов при возделывании злаков. [10, 12] Необходимы новые методологии при их селекции, которые бы купировали вызовы климатической вариабельности. Разворачиваются исследования по выведению культурных дикоросов с высоким уровнем адаптации. Создана и включена в Госреестр по всей РФ культурная многолетняя форма пырея *Сова*. [1] Ведется работа по выведению ранней и среднеранней яровой пшеницы, которая при малом количестве

осадков успевает сформировать хозяйственно значимый урожай качественного зерна. [4] Внимание уделяют пшеницам-двуручкам с коротким периодом яровизации (10...15 суток), дающим урожай при осеннем и ранневесеннем посеве. [7]

По каждой культуре, в зависимости от почвенно-климатической зоны ее возделывания, должны быть разработаны и апробированы свои методы селекции. В северных регионах России – на повышение морозостойкости, устойчивости к полеганию и болезням, южных – на интенсивность при возделывании, высокое качество и другие свойства. [7, 8, 12] В основном применяют трансгрессивную и маркерную селекцию, мутагенез, биотехнологические методы, межвидовую гибридизацию. [2]

Цель работы – анализ изменчивости климата и степени выраженности лимитирующих стрессоров среды

в бассейне реки Дон (Ростовская область), а также особенностей использования гибридизации, как основного метода создания генетической изменчивости, способной адаптироваться к этим изменениям.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в Федеральном Ростовском аграрном научном центре (2000–2021 годы) с использованием собственных статистических данных с 1985 года. Местность – степь, климат – континентальный, почва – чернозем с низкими запасами фосфатов. Селекционировали озимую мягкую пшеницу *Triticum aestivum* L. Объекты изучения – гибридный материал, популяции, линии и сорта местной селекции. Методы общепринятые. Селекционный питомник закладывали необмолоченными колосьями (30...40 тыс. генотипов). Полевые исследования и учеты проводили согласно Методикам Государственной комиссии по сортоиспытанию РФ (1980) и методическим указаниям ВИР по изучению мировой коллекции (1977). Морозостойкость определяли собственным оригинальным методом с применением камеры низких температур (20 ч при минус 18°C на узле кушения). [3] Использовали данные метеопункта «Тарасовское опытное поле» Ростовской области.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В XXI веке темпы потепления на севере Ростовской области (площадь пашни – 6 млн га) продолжают усиливаться. Среднегодовая температура воздуха за 1985–2021 годы выросла на 1,51°C. Осенне-зимние месяцы по сравнению с многолетними данными стали теплее на 2,8...3,3°C, весенне-летние – 2,6...5,7°C. Годовая амплитуда температуры воздуха достигала 60...70°C (рис. 1). Периоды с морозами были в 2015 году – минус 26,5°C, 2016 – минус 29,2°C и 2017 – минус 23°C, температура на узле кушения – минус 7...минус 8°C. Однако в 2014 году морозы достигали минус 29°C, на глубине узла кушения – минус 17°C. Оттепели после морозов обуславливали образование ледяной корки на посевах (2003, 2006). Усиление

проявления низких температур и заморозков в апреле-мае при вегетации озимой пшеницы происходило в 2000, 2002, 2006, 2009, 2010, 2014, 2020 годах.

В зоне исследований максимум осадков передвинулся с летнего периода на осень-зиму и начало марта. По мере роста положительных температур нарастал дефицит почвенной и воздушной влаги, особенно в летние месяцы. Ее потери усиливались из-за черного цвета почвы (чернозем).

За последние 20 лет, на фоне повышения среднемесячных температур, среднегодовая сумма осадков варьировала от 276 (2013) до 687 мм (2019).

Еще более резкая флуктуация с количеством осадков происходит в период основного этапа онтогенеза озимых растений в апреле-июле (рис. 2).

Среднемноголетняя норма осадков за апрель-июль составила 199 мм. Засушливыми были 2001–2004, 2006, 2007, 2009, 2011–2016, 2020 годы (50...87% нормы).

Из-за аридизации среды не хватает влаги в период рекомендованного срока посева для зоны. Он сместился с 25 августа на 5 сентября и далее.

За 2000–2021 годы основными лимитирующими стрессорами стали жара, засуха и заморозки при вегетации озимых в апреле-первой декаде мая. Зимние морозы теперь на третьем месте. В таких условиях важно определить взаимосвязь урожая зерна с элементами его структуры (табл. 1).

За 1985–2021 годы средняя хозяйственная урожайность увеличилась на 0,44 т/га, потенциальная – 1,84 т/га. Ее реализации препятствовали засухи первого двадцатилетия XXI века. Итоги исследований дают возможность внести поправки в модель сорта 2021 года. Высокая потенциальная продуктивность генотипов обусловлена выросшим индексом урожая с 32 до 40%. Дальнейший его рост продолжается до тех пор, пока поддерживается определенная величина биологического урожая. Причина заключается в уменьшении емкости депонирования продуктов фотосинтеза. Высота растений с 1985 года (94,2) снизилась до 77,8 см, вес надземной массы (1707) до 1452 г/м². Выявлена четкая корреляционная зависимость между весом

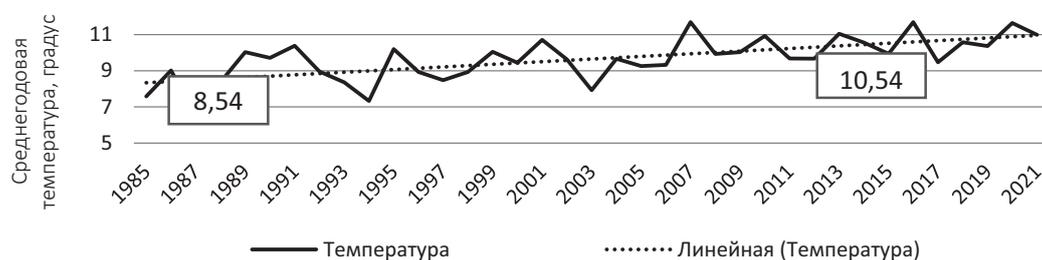


Рис. 1. Среднегодовая температура воздуха (°C) за 1985–2021 годы.

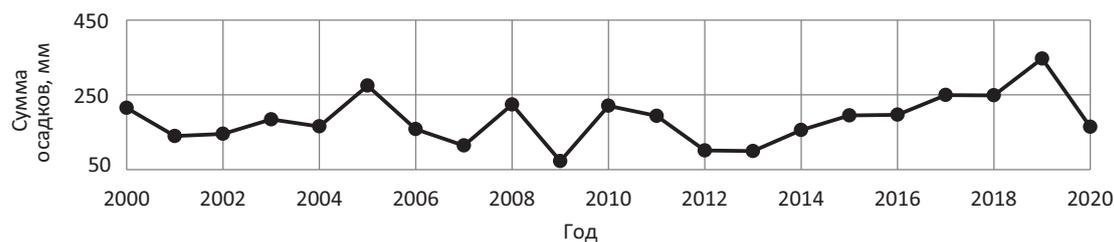


Рис. 2. Динамика осадков за апрель-июль, 2020–2021 годы.

Таблица 1.

Динамика элементов структуры сортов озимой пшеницы в конкурсных испытаниях (среднее)

Признак	Годы		
	1985–1995	1996–2011	2012–2021
Урожайность, т/га	5,69	5,82	6,13
Максимальная реализованная урожайность, т/га	8,87	9,51	10,71
Количество растений/м ²	189	152	160
Количество продуктивных стеблей/м ²	588	622	656
Продуктивная кустистость, шт.	3,11	4,09	4,1
Масса, г			
зерна с растения	3,01	3,7	4,1
зерна с колоса	0,97	0,99	1,1
1000 зерен	40,1	41,6	36,7
Число зерен в колосе, г	23,35	22,5	32,8
Надземная биомасса, г/м ²	1707	1977	1452
Индекс урожая, %	32,04	32,7	40
Высота растения, см	104,2	99,7	77,8
Длина колоса, см	7,6	7,6	8,9
Емкость ценоза (число зерен/м ²)	13 729	13 995	19 367

надземной массы и урожаем зерна. По мере уменьшения надземной массы снижалась средняя корреляционная сопряженность признаков: надземная масса и урожай. За 1985–1995 годы она составляла $0,67 \pm 0,03$, 2000–2013 – $0,56 \pm 0,04$, 2014–2021 – $0,38 \pm 0,09$ при $n = 850 \dots 1200$. Однако потенциальную продуктивность у генотипов-лидеров удалось повысить в 2012–2021 годах. Причина – в уменьшенном индексе водопотребления, проявлением компенсационных взаимосвязей при вегетации. Относительно низкая сопряженность между значениями надземной массы и урожаем объясняется также более сильной дифференциацией генотипов по этому показателю (рис. 3).

Фотосинтез при сравнительно небольшой массе часто протекает более интенсивно и наоборот. Это подтверждает индекс ЭРЛ (эффективность работы листьев) – отношение урожая зерна на единице площади к индексу листовой поверхности на ней при колосении. [5] ЭРЛ при засухах варьировал в пределах 1,5...1,9, в год с повышенной влажностью – 1,1...1,25. Наиболее адекватной экспериментальным данным была линейная модель регрессии с формулой:



Рис. 3. Особенности выщепления генотипов из популяций по признаку «надземная масса», 2012–2021 годы.

$$y = 0,8315 + 0,00173x,$$

где y – урожай, x – индекс ЭРЛ.

Появилась возможность создавать поддающуюся отбору генетическую изменчивость, адекватную варируемости климатических факторов, например, по надземной массе и другим признакам, выявлять трансгрессии по хозяйственно ценным свойствам, определяющим урожай.

Генетическую изменчивость создавали гибридизацией родительских генотипов, имеющих минимальное количество общих генов, контролирующих основные признаки. Чаще скрещивали высокопродуктивные с коадаптированным комплексом генов местные формы с материалом из разных почвенно-климатических зон мира, максимально приближенных к модели сорта.

Учитывали значение плазмогенов матери при усилении общей адаптивности у гибрида к стрессам различного рода. В программе исследований не преобладает использование в качестве родителей только местного материала для усиления засухоустойчивости. Из всего объема у 10% таких популяций выделены сорта – *Арфа*, *Донна*, *Миссия*, *Тарасовская 70*, остальные 90% созданы при ступенчатой гибридизации инорайонного исходного материала.

В процессе рекомбинации в условиях засух у популяций с длительным формообразованием происходило приспособление взаимодействующих аллелей в генофонде. Появлялся широкий спектр рекомбинантов с большей степенью выраженности селективируемого признака, чем ранее существовавший. Наличие адаптивно значимой изменчивости у популяции с продолжительным рекомбинированием давало возможность управлять формообразованием путем отборов от поколения к поколению, усиливать при помощи дальнейшей ступенчатой гибридизации признаки засухоустойчивости и продуктивности.

Высокая потенциальная продуктивность у генотипов-лидеров помимо индекса урожая, веса надземной массы в условиях засух была обусловлена существенным ростом емкости ценоза (количество зерен/м²) с 13729 до 19367 шт. Высота соломины в 2021 году снизилась, но повысились продуктивная кустистость, густота продуктивного стеблестоя и длина колоса. Из-за усиления интенсивности процессов реутилизации метаболитов в зерно увеличилась масса зерна с колоса и растения, но существенно уменьшилась масса 1000 зерен.

Для водопотребления и интенсивности водоотдачи при засухе оптимальное расположение листьев в пространстве – горизонтальное (2000–2003). Коэффициенты корреляции пространственной структуры листьев с урожаем составили $0,59 \pm 0,05$ (горизонтальное расположение) и $0,09 \pm 0,11$ (вертикальное), $n = 426$. При жаркой суховеивой погоде интенсивность транспирации на наружной стороне существенно выше, чем на внутренней, что положительно сказывается на конечном водопотреблении. У сорта *Дон 95* (стандарт) при урожайности зерна 3,32 т/га коэффициент водопотребления был равен $543 \text{ м}^3/\text{т}$, *Донская лира* (4,55 т/га) – $402 \text{ м}^3/\text{т}$.

Один из показателей засухоустойчивости – длина верхнего междоузлия. В постановочном опыте 2011–2012 годов коэффициент корреляции призна-

ков «длина верхнего междоузлия (средняя 25 см) – урожайность зерна (3,37 т/га)» у полукарликовых генотипов составил $0,67 \pm 0,09$ при $n = 150$.

Существует много методов оценки генотипа на жарозасухоустойчивость: по водоудерживающей способности листьев; отношению надземной массы к количеству использованной воды; интенсивности транспирации и другим показателям. [13] Однако из-за компенсационных взаимосвязей корреляционной закономерности между этими индексами и урожаем не выявлено.

В то же время существенная корреляционная сопряженность (0,57...0,71) получена между массой зерна с растения/площади в засушливый год и урожаем. Исследователи работающие в аридных условиях считают, что интегральный показатель «масса зерна» можно рассматривать как показатель адаптивности генотипа. Этот признак – главный маркер при проведении отборов, особенно в условиях засухи.

Есть суждения о перспективности скороспелых форм в аспекте одного из способов нейтрализации негативных последствий засухи. [6] В 2000 и 2021 годах высевали 305...450 сортообразцов различного происхождения. Дата колошения варьировала по годам (25 мая – 7 июня). У 11 скороспелых форм (колошение 25–28 мая) урожай зерна с делянки в среднем составил 1,2...2,5 кг, среднеспелых (1–2 июня) – 3,5 кг. При засухе для хорошей продуктивности нужна емкость накопления метаболитов. Уменьшение ее из-за скороспелости обуславливает снижение урожайности зерна.

В семилетнем опыте (2000–2007) изучали взаимосвязь между датой колошения и урожаем. Положительная зависимость была установлена в засушливом 2007 году ($r = 0,42 \pm 0,26$ при $n = 120$). Регрессионный анализ подтвердил отсутствие зависимости между урожаем и датой начала колошения, особенно у среднеспелых форм. Выявлена постоянная зависимость между продолжительностью фазы колошение–созревание и урожаем зерна. Коэффициент корреляции – $0,41 \pm 0,06$. Оптимальный период колошения–созревания согласно регрессионному анализу составил 39...45 дней.

Негативный фактор для озимой пшеницы – заморозки в апреле – начале мая, когда растения находятся в фазе выхода в трубку – роста стебля. Раньше весенние заморозки (ВЗ) наблюдали изредка (1962, 1965), но с 2000 года это стало проявляться с разной степенью интенсивности через один–два года. Особенно сильными были ВЗ в 2000 году за две недели до колошения. Температура воздуха понизилась до минус 11°C и держалась семь дней. На растении поврежда-

лись нижние (второе, третье) междоузлия, зачаточный колос. Нарушалась система транспорта метаболитов, ткани через неделю отмирали и стебли погибали. Но из узла кущения при хорошем агрофоне образовывались новые побеги, которые уступали погибшим по мощности развития. Реакция растений различных сортов была разной. Урожайность зерна сильно поврежденных сортов составила 1,8...4,7 т/га, средне поврежденных – 5,5...6,9, устойчивых – 7,0...8,6 т/га. Исследования в 2000 году не подтвердили зависимость между уровнем зимостойкости и устойчивостью к ВЗ в нашей зоне. Например, сорт *Альбатрос одесский* был среднезимостойкий, но характеризовался высокой устойчивостью к ВЗ. Следовательно, контроль устойчивости детерминировался другой ассоциацией генов.

Анализ гибридного материала в годы с ВЗ выявил наличие четкой комбинативной природы устойчивости к ВЗ. Сорт *Донщина* в одном случае скрестили с *Бельчанкой*, в другом – *Спартанкой*. Гибриды первой комбинации погибли на 70...71,5%, второй – сохранились на 85%. Предположили, что сорт *Спартанка* может быть источником устойчивости к ВЗ. Это подтвердилось в комбинации *Бельчанка* × *Спартанка*. Из нее был выделен сорт *Тарасовская 97* с трансгрессий по комплексу признаков: устойчивость к ВЗ и морозам, высокие продуктивность и качество зерна.

Изучив 250 комбинаций, во-первых, выявили сорта-источники устойчивости к ВЗ местного гибридного происхождения, например, *Северодонецкая юбилейная*, *Престиж*, *Тарасовская 97*, *Августа*, *1629/91*, из коллекции ВИР и других мест, среди них – *Вымпел*, *Альбатрос одесский*, *Украинка одесская*, *Фантазия одесская*, *Спартанка*. Во-вторых, определили характер спектра рекомбинационной изменчивости применяя их в качестве родителей. Он варьировал от 2,0...6,6% погибших от ВЗ растений до 40% и более. Признак устойчивости доминировал при использовании источника в качестве любого родителя (табл. 2).

Характер устойчивости к ВЗ усиливался при беккроссах с использованием того же донора устойчивости или другого источника. Выделили 11 перспективных рекомбинантов. У пяти из них процент гибели составил 0...4%, следующих пяти – 6,6...8,8 и у одного – 13,3%.

Создана большая группа сортов со средней и высокой устойчивостью к ВЗ (табл. 3).

Несмотря на потепление, третий лимитирующий фактор – морозозимостойкость. Морозы на уровне минус 26,6...минус 29,2 $^{\circ}\text{C}$ отмечали в 2014–2016 годах. При минус 29,2 $^{\circ}\text{C}$ температура на глубине узла куще-

Таблица 2.

Роль источников *Lut. 1629/91* и других в формировании устойчивости рекомбинантов к весенним заморозкам

Рекомбинант	Процент гибели от ВЗ	Рекомбинант	Процент гибели от ВЗ
<i>Северодонская 14/1629/91</i>	6,6	<i>1012/00 Lovrin 34/9238/1629/91</i>	1,0
<i>753/99/1629/91–</i>	5,0	<i>1629/91/Донская безостая</i>	10
<i>885/99/1629/91</i>	10,0	<i>1085/00/Донская безостая</i>	5
<i>977/99/1629/91</i>	20,0	<i>1123/00/Донская безостая</i>	2,0
<i>1054/00/1629/91</i>	2,0	<i>601/99/Альбатрос одесский/Харьковская 86/Украинка одесская.*</i>	4,0
<i>763/99 Тарасовская 67/1629/91</i>	16,2	<i>602/99/Альбатрос одесский/Харьковская 86/Украинка одесская</i>	8,7
<i>835/99/1629/91</i>	25	<i>786/99/Альбатрос одесский/Харьковская 86/Украинка одесская</i>	0

Примечание. * беккроссы.

Таблица 3.

Урожайность разных сортов озимой пшеницы при весенних заморозках 2020 года

Устойчивые		Среднеустойчивые	
сорт или селекционная линия	урожайность, т/га	сорт	урожайность, т/га
Донская лира	5,94	Дон 107*	5,06
Вольная заря	5,84	Октава 15	5,04
978/16	5,78	Безостая 100**	4,92
Богема	5,76	Мирабель 20	4,89
Былина Дона	5,71	Пальмира 18	4,86
Акапелла	5,68	Алексеич**	4,76
Пафос	5,60	Сварог**	3,96
Авеста	5,85	Надор**	2,70
Среднее	5,76	Среднее	4,78
НСР ₀₅ = 0,12 т/га		НСР ₀₅ = 0,18 т/га	

Примечание. * – АНЦ Донской, ** – национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко.

ния опускалась до минус 17°C и для сортов южной селекции была критической. Сорта селекции ФРАНЦ выдерживали на узле минус 18°C. Этот уровень устойчивости в наших исследованиях принят за основу.

До 2000 года в работе с популяциями использовали свойство трансгрессивной изменчивости. [11] При гибридизации привлекали высокопродуктивные сорта инорайонной селекции с максимальной приближенностью к модели нашего сорта по комплексу признаков, но среднезимостойкие. Получали гетерогенные популяции. Определяя характер наследования морозозимостойкости в F1 выявляли их перспективность в будущем. К таким популяциям относили гибриды с гетерозисом по морозозимостойкости, промежуточным наследованием, наследованием по типу лучшего родителя. Судя по многолетним данным при гетерозисе примерно у 70...80% популяций наблюдали продолжительное формирование, из них выделяли высокопродуктивные зимостойкие формы, при промежуточном наследовании – у 25...30, наследовании по типу лучшего родителя – 5...10%. Из 40 сортов Госреестра России 36 были трансгрессивными по своей природе. Появлению высокозимостойких форм в гетерогенных популяциях при рекомбинации способствовали низкие температуры в нашей зоне. У гибрида F1 комбинации, из которой был отобран сорт *Вольная заря*, в 2011 году был выявлен гетерозис по морозозимостойкости у 87% растений (родители – 65 и 43%). Из нее в F4 была выделена высокопродуктивная линия 945/16, средний уровень зимостойкости которой в 2017–2020 годах составил 76,4% живых растений (камера низких температур с минус 18°C на узле кушения), у матери – 62, отца (карлик) – 33%. Аналогичные данные были получены по сорту *Донья*, переданному на Государственное испытание в 2021 году. У *Доньи* морозозимостойкость по годам – 79...91%, родителей – 63...80 и 61...73%.

При потеплении климата в основном стали использовать классический метод – создание генотипов с зимостойкостью на уровне лучшего родителя. В 2021 году в Государственное испытание передан сорт *Константа 22*. Гибрид F1 в 2015 году наследовал

морозостойкость промежуточно: ♀ – 78%, F1 – 74, ♂ – 41%. У выделенной линии 978/16 с урожайностью 8,75 т/га (2017–2021) уровень морозостойкости составил 72...76%, у родителей – 74...80 и 40...46%.

При применении высокопродуктивных западноевропейских полукарликов, особенно с генами RHT (rht), несколько удлиняется процесс селекции. Чаще приходится прибегать к ступенчатой гибридизации для усиления выраженности признака, например, морозозимостойкости. В наших условиях при использовании генотипов с тремя генами карликовости при формировании наблюдали ограничения на рекомбинацию из-за несовпадения систем генов генотип-среда. Обычно это были формы с низкими соломиной и зимостойкостью.

Таким образом, в нашей зоне климат также меняется. Повысилась среднегодовая температура воздуха. Зимы стали мягкими. Количество осадков осталось примерно одинаковым, но с сильной изменчивостью по годам – 276 (2013)...683 мм (2019) при среднемноголетней – 451 мм. Осадки в основном выпадают в осенне-зимний период и марте. В мае часто бывают засухи. Они постепенно усиливаются и к июню-августу становятся постоянными, особенно в августе и первой половине сентября. Поэтому первым лимитирующим фактором стала засухоустойчивость вместо морозозимостойкости. С использованием свойства генетической коадаптации потенциальную урожайность зерна в этих условиях удалось поднять до 10,7 т/га. Это объясняется ростом индекса урожая (с 32 до 40%). Дальнейшее его увеличение при засухе ограничивается количеством биологического урожая. При этом снижается емкость депонирования продуктов фотосинтеза. С помощью трансгрессий можно решить эту проблему и получать генотипы с большей надземной массой. Важное значение имеет интенсивность фотосинтеза. Жарозасухоустойчивость генотипа оценивают по массе зерна с растения или площади. Для решения проблемы устойчивости к весенним заморозкам необходимо определить источники устойчивости к этому стрессору среди имеющегося генофонда, использовать трансгрессивную селекцию. На основании наших многолетних исследований выявлено доминирование устойчивости при взаимодействии генов. Устойчивость к заморозкам у рекомбинантов повышается при беккроссе третьим устойчивым к этому стрессору источником.

Селекция на устойчивость к морозам также очень важна. Одним методом с помощью среднезимостойких инорайонных генотипов созданы гетерогенные популяции, выделены из них с длительным расщеплением и после морозов при вегетации отобраны трансгрессии в комплексе с другими признаками, обуславливающими высокую продуктивность. Другой метод с применением местного и инорайонного генофонда заключается в создании рекомбинантов, приближающихся к высокозимостойкому родителю. Первым методом получили 32 сорта (внесены в Госреестр), вторым – 8.

Авторы выражают благодарность руководителям Федерального Ростовского аграрного научного центра А.И. Клименко и А.В. Гринько за содействие в проведении исследований и публикации статьи.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Айдаров А.Н., Шепелев С.С., Шаманин В.П. Характеристика по компонентам продуктивности высокостебельных и низкостебельных растений, выделенных из популяции крупнозернового пырея сизого (сорт Сова) в условиях южной лесостепи Западной Сибири // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2021. № 3 (430). С. 5–16. https://doi.org/10.48136/2222-0364_2021_3_5
2. Безуглая Т.С., Самофлова Н.Е., Иличкина Н.П. и др. Адаптивный потенциал новых сортов и линий твердой пшеницы в условиях Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2021. № 3 (75). С. 27–33. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2021-75-3-27-33>.
3. Грабовец А.И. Усовершенствованные методы оценки морозо- и зимостойкости растений // Селекция и семеноводство. 1983. № 2. С. 10–13.
4. Лихенко И.Е. Современные проблемы селекции сельскохозяйственных культур в Сибири // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 6. С. 19–20.
5. Осипов Ю.Ф., Фадеева О.И., Федулов Ю.П. Рекомендации по разработке моделей сортов озимой пшеницы в зоне Северного Кавказа. В Сб.: Применение физиологических методов при оценке селекционного материала и моделировании новых сортов с. х. культур. М.; ВАСХНИЛ, 1983. С. 26–31.
6. Ричардс Р.А., Кондон А.Г., Ребецке Г.Дж. Признаки, по которым улучшают урожайность в условиях засухи. В Сб.: Применение физиологии в селекции пшеницы. Киев, Логос, 2007. С. 184–209.
7. Романенко А.А., Беспалова Л.А., Котляров Д.В. Экономическая эффективность производства зерна на основе новых сортов озимой пшеницы селекции КННИСХ им. П.П. Лукьяненко // Достижения науки и техники АПК. 2016. № 3. С. 15–188.
8. Самофлова Н.Е., Иличкина Н.П., Макарова Т.С. и др. Методы создания исходного материала в селекции озимой твердой пшеницы и их результативность // Зерновое хозяйство России. 2020. № 2 (68). С. 54–60. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-68-2-54-60>
9. Чем грозит человечеству потепление, и что делать для предотвращения катастрофы. ТАСС. Специальный проект (revue). 2015. https://tass.ru/spec/climate_TASS. Special project (revue).
10. Carter T.R., Jones R.N., Lu X. et al. Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability, contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 2007. P. 133–171.
11. Grabovets A.I., Fomenko M.A. Plus- transgression in winter wheat breeding on frost resistance and productivity. Russian Agricultural Sciences. 2019. № 45 (5). С. 407–411.
12. Grabovets A.I., Fomenko M.A. Yield stability in a wide range of environments – the main parameter in winter wheat breeding / Russian Agricultural Science. 2020. Vol. 46. № 5. P. 539–545. DOI: 10.3103/S1068367420060075
13. Hughey L. Biological consequences of global warming is the signal already apparent. Trends in Ecology & Evolution. 1. 2000. Vol. 15 (2). P. 56–61. DOI: 10.1016/S0169-5347(99)01764-4

REFERENCES

1. Ajdarov A.N., Shepelev S.S., Shamanin V.P. Harakteristika po komponentam produktivnosti vysokostebel'nyh i nizkostebel'nyh rastenij, vydelennyh iz populyacii krupnozernovogo pyreya sizogo (sort Sova) v usloviyah yuzhnoj lesostepi Zapadnoj Sibiri // Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021. № 3 (430). S. 5–16. https://doi.org/10.48136/2222-0364_2021_3_5
2. Bezuglaya T.S., Samoflova N.E., Ilichkina N.P. i dr. Adaptivnyj potencial novyh sortov i linij tverdoj pshenicy v usloviyah Rostovskoj oblasti // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2021. № 3 (75). S. 27–33. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2021-75-3-27-33>.
3. Grabovec A.I. Usovershenstvovannye metody ocenki morozo- i zimostojkosti rastenij // Selekcija i semenovodstvo. 1983. № 2. S. 10–13.
4. Lihenko I.E. Sovremennye problemy selekcii sel'skohozyajstvennyh kul'tur v Sibiri // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2012. № 6. S. 19–20.
5. Osipov Yu.F., Fadeeva O.I., Fedulov Yu.P. Rekomendacii po razrabotke modelej sortov ozimoj pshenicy v zone Severnogo Kavkaza. V Sb.: Primenenie fiziologicheskikh metodov pri ocenke selekcionnogo materiala i modelirovanii novyh sortov s. h. kul'tur. M.; VASKHNIL, 1983. S. 26–31.
6. Richards R.A., Kondon A.G., Rebecke G.Dzh. Priznaki, po kotorym uluchshayut urozhajnost' v usloviyah zasuhi. V Sb: Primenenie fi-ziologii v selekcii pshenicy. Kiev, Logos, 2007. S. 184–209.
7. Romanenko A.A., Bepalova L.A., Kotlyarov D.V. Ekonomicheskaya effektivnost' proizvodstva zerna na osnove novyh sortov ozimoj pshenicy selekcii KNNISKH im. P.P. Luk'yanenko // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2016. № 3. S. 15–188.
8. Samoflova N.E., Ilichkina N.P., Makarova T.S. i dr. Metody sozdaniya iskhodnogo materialy v selekcii ozimoj tverdoj pshenicy i ih rezul'tativnost' // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2020. № 2 (68). S. 54–60. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-68-2-54-60>
9. Chem grozit chelovechestvu poteplenie, i chto delat' dlya predotvrashcheniya katastrofy. TASS. Special'nyj proekt (revyu). 2015. <https://tass.ru/spec/climate.TASS>. Special project (revue).
10. Carter T.R., Jones R.N., Lu X. et al. Climate change 2007: impacts, ad-aptation and vulnerability, contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 2007. P. 133–171.
11. Grabovets A.I., Fomenko M.A. Plus- transgression in winter wheat breed-ing on frost resistance and productivity. Russian Agricultural Sciences. 2019. № 45 (5). P. 407–411.
12. Grabovets A.I., Fomenko M.A. Yield stability in a wide range of environments – the main parameter in winter wheat breeding / Russian Agricultural Science. 2020. Vol. 46. № 5. P. 539–545. DOI: 10.3103/S1068367420060075
13. Hughey L. Biological consequences of global warming is the signal already apparent. Trends in Ecology & Evolution. 1. 2000. Vol. 15 (2). P. 56–61. DOI: 10.1016/S0169-5347(99)01764-4

Поступила в редакцию 20.09.2022

Принята к публикации 04.10.2022

ДЕЙСТВИЕ МАГНИЙСОДЕРЖАЩИХ УДОБРЕНИЙ НА ЯРОВУЮ МЯГКУЮ ПШЕНИЦУ В ЦЕНТРАЛЬНОМ НЕЧЕРНОЗЕМЬЕ

Валерия Геннадьевна Кокорева

Ольга Викторовна Гладышева, кандидат сельскохозяйственных наук

Татьяна Анатольевна Барковская

Институт семеноводства и агротехнологий –

филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», с. Подвязье, Рязанская обл., Россия

E-mail: podvyaze@bk.ru

Аннотация. Приведены результаты научных исследований на базе Института семеноводства и агротехнологий – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ по оптимизации минерального питания в посевах яровой мягкой пшеницы сорта Арсея. Сорт средне-спелый, высокопродуктивный, устойчивый к полеганию и болезням. Имеет высокие и стабильные по годам хлебопекарные качества: содержание белка – 14–17%, клейковины в муке – 32–44%, ценная пшеница. Применение магниевых удобрений позволило повысить продуктивность культуры и сформировать зерно с хорошими показателями качества. Во всех вариантах урожайность яровой мягкой пшеницы была выше, чем в контрольном на 0,04–0,37 т/га (0,8–7,0%), а также увеличилось формирование продуктивного стеблестоя на 4,1–19,0% (19–90 шт./м²). Число зерен с колоса и вес зерна с колоса увеличились на 2,3–7,4 и 1,9–7,8% соответственно. Масса 1000 зерен стала больше по сравнению с контролем на 0,9–4,3%. В исследованиях оценивали влияние удобрений на качество зерна. Максимальная доза внесения в почву АгроМага гранулированного (200 кг/га) и последующая дополнительная подкормка по листу АгроМагом Актимакс в дозе 6 л/га позволила улучшить качество продукции, содержание белка в зерна повысилось на 0,9%.

Ключевые слова: магниевые удобрения, минеральное удобрение, продуктивность, белок, клейковина, некорневая подкормка, агротехника

THE EFFECT OF MAGNESIUM-CONTAINING FERTILIZERS ON SPRING SOFT WHEAT IN THE CENTRAL NON-CHERNOZEM REGION

V.G. Kokoreva

O.V. Gladysheva, PhD in Agricultural Sciences

T.A. Barkovskaya

The Institute of Seed Production and Agrotechnologies –

branch of the FSBSI Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Podvyazye village, Ryazan region, Russia

E-mail: podvyaze@bk.ru

Abstract. Mineral nutrition from all external factors has a leading role on the size and quality of the crop. The results of scientific research on the basis of the Institute of Seed Production and Agrotechnologies – a branch of the Federal State Budgetary Institution FNAC VIM on the optimization of mineral nutrition in spring wheat crops are presented. All experimental studies were carried out on spring soft wheat crops of the Arsea variety. The variety is medium-ripened, highly productive, resistant to lodging and diseases. It has high and stable baking qualities over the years: protein 14–17%, gluten content in flour 32–44%, valuable wheat. The use of magnesium fertilizers made it possible to increase the productivity of the crop and form grain with high quality indicators. It was found that the use of magnesium fertilizers in all variants allowed to obtain additional harvests of spring soft wheat more control by 0.04–0.37 t/ha or 0.8–7.0%. They also affected the formation of a productive stem by increasing it by 4.1–19.0% or by 19–90 pcs/m². Magnesium fertilizers also showed a positive effect on the formation of structural elements, the number of grains from the ear and the weight of grain from the ear increased by 2.3–7.4% and 1.9–7.8%, respectively. The mass of 1000 grains with the use of fertilizers increased by 0.9–4.3% compared to the control. In our studies, in addition to crop productivity, the effect of fertilizers on grain quality was evaluated. The maximum dose of application of granulated Agromage to the soil (200 kg/ha) and subsequent additional top dressing on the sheet of Agromage Actimax at a dose of 6 l/ha allowed to improve the quality of products, the protein content in grains increased by 0.9%.

Keywords: magnesium fertilizers, mineral fertilizer, productivity, protein, gluten, foliar top dressing, agricultural machinery

Яровая мягкая пшеница – одна из главных зерновых культур в Российской Федерации. Значительная часть населения питается переработанным зерном пшеницы в виде хлебопродуктов, макарон и кондитерских изделий. [2, 7]

Яровой пшенице по сравнению с другими зерновыми культурами необходимо большее количество питательных веществ в почве. Это связано со слабым развитием корневой системы и низкой усвояющей способностью корней. [1, 6]

Получение хороших урожаев яровой пшеницы возможно с помощью внедрения в производство новых сортов с высокой продуктивностью и при совершенствовании агротехники, прежде всего, научно обоснованного применения оптимальных доз минеральных удобрений. Главные элементы для высокого урожая пшеницы – азот, калий, магний. [3, 5, 9–11]

Цель работы – оценить влияние удобрений АгроМаг гранулированный и АгроМаг Актимакс на про-

дуктивность, элементы структуры урожая и качество яровой мягкой пшеницы сорта *Арсея* в условиях Центрального Нечерноземья.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2020–2022 годах в Институте семеноводства и агротехнологий – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ.

В среднем за три года полевые условия существенно различались. В 2020 году сложились благоприятные условия с обильным количеством осадков для развития вегетативной массы и налива зерновки. В 2021 году была недостаточная влагообеспеченность при высокой температуре воздуха за весь период вегетации. Распределение осадков по месяцам в 2022 году – неравномерное, высокая влажность в мае сменялась засушливостью с июня по август (табл. 1).

Схема опыта: вариант 1 – фон $N_{90}P_{90}K_{90}$; вариант 2 – Фон + АгроМаг гранулированный в дозе 100 кг/га MgO д.в.; вариант 3 – Фон + АгроМаг гранулированный (100 кг/га MgO д.в.) + АгроМаг Актимакс подкормка по листу в фазе кушения – выход в трубку 3 л/га; вариант 4 – Фон + АгроМаг гранулированный (200 кг/га MgO д.в.); вариант 5 – Фон + АгроМаг гранулированный в дозе 200 кг/га MgO д.в. + АгроМаг Актимакс 6 л/га подкормка по листу в фазе кушения-выход в трубку.

Общая площадь опыта – 200 м², площадь учетной делянки – 10 м², повторность – четырехкратная. Закладывали опыт по методике государственного сортоиспытания [4], обрабатывали данные по Б.А. Доспехову. [8]

Посев проводили в оптимальные сроки для яровой мягкой пшеницы в Центральном регионе по предшественнику черный пар. Норма высева – 600 шт. всх. семян/м². В фазе полных всходов осуществляли опрыскивание от вредителей инсектицидом Борей, СК – 0,1 л/га, в фазе кушения баковой смесью гербицидов (Балерина, СЭ – 0,4 л/га + Магнум, ВДГ – 7 г/га) с добавлением инсектицида Борей, СК – 0,1 л/га. Элементы структуры урожая определяли со снопового материала учетных площадок, взятого с площади 0,25 м² в четырех повторениях. Убирали делянки в фазе полной спелости культуры комбайном Сампо 130, урожайные данные приводили к стандартной 14% влажности.

Почва темно-серая лесная тяжелосуглинистая. Агрохимические показатели участка перед закладкой опыта: рН_{сол} (ГОСТ 26483-85) – 5,05 ед., содержание органического вещества (ГОСТ 26213-

Таблица 1.
Гидротермический коэффициент за годы исследований

Месяц	2020	2021	2022
Май	1,43	0,86	1,12
Июнь	1,83	1,04	0,63
Июль	0,80	0,50	0,21
Август	2,31	0,02	0,16
ГТК ₀₅₋₀₈	1,28	0,80	0,43

2021) – 4,36%, подвижного фосфора (ГОСТ Р 54650-2011) – 257,0 мг/кг почвы, подвижного калия (ГОСТ Р 54650-2011) – 144,0 мг/кг почвы, обменного магния (ГОСТ 26487-85) – 2,48 ммоль/100 г почвы, обменного кальция (ГОСТ 26487-85) – 20,4 ммоль/100 г почвы, общий азот (ГОСТ Р 58596-2019) – 0,165%.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Во всех вариантах опыта установлена высокая устойчивость растений к полеганию – 7...9 баллов. Существенных различий по вариантам при поражении фитопатогенами не выявлено, все варианты были с очень высокой устойчивостью к мучнистой росе и септориозу – 9 баллов, бурой ржавчине – 7 баллов.

Отмечена прибавка во всех вариантах опыта по количеству растений и стеблей на 1 м². (табл. 2)

Самые высокие превышения над контролем отмечены в вариантах 4 и 5 по количеству растений – на 4,5 и 5,5%, густоте стеблестоя – 19,2 и 21,9%. В этих же вариантах наибольший коэффициент общего кушения – 1,4. По количеству продуктивных стеблей также выделились варианты 4 и 5 – на 19,2 и 21,9% больше контроля соответственно. Коэффициент продуктивного кушения у растений яровой пшеницы сформировался оптимальный во всех вариантах – 1,2...1,3. Сохранность растений к уборке варьировала от 87,7 (контроль) до 90,5% (различные дозы), превышение над контролем составило 0,5...3,2%. Наибольшая сохранность (90,5%) была в варианте 5 с максимальной дозой основного удобрения и подкормки по листу.

Отмечено увеличение длины колоса относительно контроля на 2,5...6,2%, числа колосков в колосе – 3,3...6,6%, озерненности колоса – 2,3...9,0% во всех вариантах опыта при внесении различных доз магниевых удобрений. Наибольшее их увеличение произошло в вариантах 4 и 5. Вес зерна с колоса повысился по сравнению с контролем на 1,9...7,8%.

Таблица 2.
Влияние магниесодержащих удобрений АгроМаг гранулированный, АгроМаг Актимакс на продуктивный стеблестой, 2020–2022 годы

Вариант	Высота, см	Количество растений, шт./м ²	Густота стеблестоя, шт./м ²	Коэффициент общего кушения	Продуктивные стебли, шт./м ²	Коэффициент продуктивного кушения	Сохранность растений, %
1	107	402	485	1,2	465	1,2	87,7
2	114	414	510	1,3	484	1,2	88,1
3	109	414	512	1,3	482	1,2	87,6
4	113	420	578	1,4	544	1,3	88,9
5	115	424	591	1,4	555	1,3	90,5

Таблица 3.

Структура урожая яровой пшеницы в зависимости от применения магнийсодержащих удобрений AgroMag гранулированный, AgroMag Актимакс, 2020–2022 годы

Вариант	Длина колоса, см	Число, шт.		Вес зерна с колоса, г	Масса 1000 зерен, г
		колосков в колосе	зерен в колосе		
1	8,1	15,1	31,0	1,03	32,6
2	8,3	15,6	31,7	1,05	32,9
3	8,4	15,7	32,4	1,06	32,9
4	8,6	16,1	33,8	1,11	33,5
5	8,5	16,1	33,3	1,11	34,0

Таблица 4.

Урожайность и качество зерна яровой пшеницы в зависимости от магнийсодержащих удобрений AgroMag гранулированный, AgroMag Актимакс, 2020–2022 годы

Вариант	Урожайность, т/га		Содержание, %	
	средняя	+,- к контролю	белка в зерне	сырой клейковины в зерне
1	5,32	–	15,11	29,8
2	5,36	+0,04	15,20	28,3
3	5,39	+0,08	14,95	27,5
4	5,44	+0,12	15,21	29,0
5	5,67	+0,37	15,24	27,8
НСР ₀₅	0,28			

Масса 1000 зерен (контроль) – 32,6 г с применением удобрений выросла на 0,9...4,3%. Максимальное значение получено в вариантах 4 и 5 – 33,5 и 34,0 г соответственно (табл. 3).

Содержание массовой доли белка в зерне во всех вариантах опыта – 15,11...15,24%, сырой клейковины – 27,5...29,8%, что соответствует показателям зерна 3 класса.

Следует отметить, что с повышением количества вносимых удобрений произошло небольшое повышение содержания белка и понижение содержания сырой клейковины в зерне испытываемых образцов. Максимальное значение белка в зерне (15,24%) обнаружено в варианте 5, что выше контроля на 0,9% (табл. 4).

Средняя урожайность яровой пшеницы на контроле (фон N₉₀P₉₀K₉₀) – 5,32 т/га. Наибольшая продуктивность (5,44 и 5,67 т/га) получена в вариантах 4 и 5. Установлено, что внесение магниевых удобрений в почву AgroMag гранулированный и последующая внекорневая подкормка по листу AgroMag Актимакс способствуют увеличению продуктивности культуры на 0,04...0,37 т/га, что на 0,8...7,0% выше значений контроля.

Таким образом, в статье были рассмотрены вопросы отзывчивости яровой мягкой пшеницы сорт Арсея на магниевые удобрения в условиях Нечерноземья. В среднем прибавка по структурным элементам и урожайности отмечена в вариантах 4 (AgroMag гранулированный, 200 кг/га) и 5 (AgroMag гранулированный, 200 кг/га + AgroMag Актимакс, 6 л/га). Водный режим почвы, зависящий от количества выпавших осадков, обуславливает действие удобрения, следовательно, выступает важным факто-

ром, влияющим на урожайность. Наибольшая отзывчивость яровой мягкой пшеницы на магниевые удобрения была в год с достаточной влагообеспеченностью (ГТК – 1,28), минимальная – в острозасушливый (ГТК – 0,43).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Амиров М.Ф. Формирование урожая яровой мягкой пшеницы при использовании биологических препаратов и минеральных удобрений // Вестник Казанского Гау. 2017. № 2(44). С. 5–8. DOI: 10.12737/article_599ac50e3defd6.43777208
2. Амунова О.С., Волкова Л.В., Зуев Е.В., Харина А.В. Исходный материал для селекции мягкой яровой пшеницы в условиях Кировской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. № 22(5). С. 661–675. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.661-675>
3. Барковская Т.А., Гладышева О.В., Кокорева В.Г. Влияние минеральных удобрений на урожайность сортов яровой мягкой пшеницы в условиях Центрального Нечерноземья // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. № 23(2). С. 239–247. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.2.239-247
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Альянс, 2011. 351 с.
5. Казак А.А., Логинова Ю.П., Ерёмин Д.И. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество семян сортов пшеницы в северной лесостепи Тюменской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019. № 20(3). С. 219–229. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.3.219-229>
6. Кузнецов Д.А., Ибрагимов Г.И. Зависимость семенной продуктивности яровой пшеницы от доз минеральных удобрений и норм высева // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. № 22(6). С. 835–843. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.6.835-843>
7. Малицкая Н.В. Пучкова С.Ю., Сыздыкова Г.Т. и др. Урожайность и качество зерна различных сортов яровой мягкой пшеницы в условия х Акмолинской области Казахстана // Известия ТСХА. 2020. № 1. С. 33–48. DOI: 10.26897/0021-342X-2020-1-33-48
8. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / под ред. В.И. Головачева, Е.В. Кириловской. М: Калининская областная типография, 1989. 194 с.
9. Науменко Е.Т. Урожайность пшеницы по фону разной обеспеченности почвы подвижным фосфором // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 2. С. 20–24. DOI: <https://doi.org/10.30850/vrsn/2018/2/20-24>
10. Potarzycki J., Grzebisz W., Szczepaniak W. Magnesium fertilization increases nitrogen use efficiency in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) // Plants. 2022. № 11. P. 1–22. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11192600>
11. Radchenki M.V., Trotsenko V.I., Hlupak Z.I. et al. Influence of mineral fertilizers on yielding capacity and quality of soft spring wheat grain // Agronomy Research. 2021. № 19(4). P. 1901–1913. DOI: <https://doi.org/10.15159/AR.21.104>

REFERENCES

1. Amirov M.F. Formirovanie urozhaya yarovoj myagkoj pshenicy pri ispol'zovanii biologicheskikh preparatov i mineral'nyh udobrenij // Vestnik Kazanskogo Gau. 2017. № 2(44). S. 5–8. DOI: 10.12737/article_599ac50e3defd6.43777208

2. Amunova O.S., Volkova L.V., Zuev E.V., Harina A.V. Iskhodnyj material dlya selekcii myagkoj yarovoj pshenicy v usloviyah Kirovskoj oblasti // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2021. № 22(5). S. 661–675. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.661-675>
3. Barkovskaya T.A., Gladysheva O.V., Kokoreva V.G. Vliyanie mineral'nyh udobrenij na urozhajnost' sortov yarovoj myagkoj pshenicy v usloviyah Central'nogo Nechernozem'ya // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2022. № 23(2). S. 239–247. DOI: [10.30766/2072-9081.2022.23.2.239-247](https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.2.239-247)
4. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta. M.: Al'yans, 2011. 351 s.
5. Kazak A.A., Loginova Yu.P., Eryomin D.I. Vliyanie mineral'nyh udobrenij na urozhajnost' i kachestvo semyan sortov pshenicy v severnoj lesostepi Tyumenskoj oblasti // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2019. № 20(3). S. 219–229. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.3.219-229>
6. Kuznecov D.A., Ibragimov G.I. Zavisimost' semennoj produktivnosti yarovoj pshenicy ot doz mineral'nyh udobrenij i norm vyseva // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2021. № 22(6). S. 835–843. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.6.835-843>
7. Malickaya N.V. Puchkova S.Yu., Syzdykova G.T. i dr. Urozhajnost' i kachestvo zerna razlichnyh sortov yarovoj myagkoj pshenicy v usloviyah Akmolinskoj oblasti Kazahstana // Izvestiya TSKHA. 2020. № 1. S. 33–48. DOI: [10.26897/0021-342X-2020-1-33-48](https://doi.org/10.26897/0021-342X-2020-1-33-48)
8. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur / pod red. V.I. Golovacheva, E.V. Kirilovskoj. M: Kalininskaya oblastnaya tipografiya, 1989. 194 s.
9. Naumenko E.T. Urozhajnost' pshenicy po fonu raznoj obespechennosti pochvy podvizhnym fosforom // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2018. № 2. S. 20–24. DOI: <https://doi.org/10.30850/vrsn/2018/2/20-24>
10. Potarzycki J., Grzebisz W., Szczepaniak W. Magnesium fertilization increases nitrogen use efficiency in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) // Plants. 2022. № 11. P. 1–22. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11192600>
11. Radchenki M.V., Trotsenko V.I., Hlupak Z.I. et al. Influence of mineral fertilizers on yielding capacity and quality of soft spring wheat grain // Agronomy Research. 2021. № 19(4). P. 1901–1913. DOI: <https://doi.org/10.15159/AR.21.104>

Поступила в редакцию 16.11.2022

Принята к публикации 30.11.2022

АГРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТАРОДАВНИХ И НОВЕЙШИХ СОРТОВ ПШЕНИЦЫ ТВЕРДОЙ ИЗ ИТАЛИИ В УСЛОВИЯХ ПРИМОРСКОЙ ЗОНЫ ЮЖНОГО ДАГЕСТАНА*

Асеф Зилфикарович Шихмурадов, доктор биологических наук

Магомед Махмудович Магомедов, старший научный сотрудник

Дагестанская ОС ФГБНУ «ФИЦ Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова», Дербентский р-н, Республика Дагестан, Россия

E-mail: asef121263@mail.ru

Аннотация. В 2018–2020 годах на Дагестанской ОС филиала ВИР в условиях орошения при озимом посеве изучили 350 современных и стародавних сортов пшеницы твердой из Италии по важнейшим хозяйственно ценным признакам. Выделены сорта *Maristella*, *Trentino*, *Obelix*, *Messapia*, *Dorato*, *VZ567* с продуктивностью более 700 г/м², *Maristella*, *gerardo VZ-466*, *Messapia*, *Obelix* с ранним сроком колошения и урожайностью более 690 г/м². Рекомендованы сорта как источники низкорослости (меньше 85 см) и устойчивости к полеганию (9 баллов) *k-58224* и *Synilo* соответственно. Крупным зерном (масса 1000 шт. — более 55,0 г) обладали сорта *k-26245*, *k-58224*, *k-21813* и *k-53007*. Сорта *gerardo VZ-466*, *Obelix* наряду с высокой продуктивностью показали высокую полевую устойчивость ко всем изученным болезням (мучнистая роса, бурая и желтая ржавчина) и к полеганию. Оптимальное сочетание селекционно ценных признаков было у сортов: *gerardo VZ-466*, *Obelix*, *Dorato*.

Ключевые слова: пшеница твердая, сорт, селекция, продуктивность, скороспелость, устойчивость, грибные болезни

AGROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF ANCIENT AND NEWEST VARIETIES OF DURUM WHEAT FROM ITALY IN THE CONDITIONS OF THE SOUTHERN DAGESTAN COASTAL ZONE

A.Z. Shikhmuradov, Grand PhD in Biological Sciences

M.M. Magomedov, Senior Researcher

Dagestan OS FGBNU "FIT of the All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N.I. Vavilov",
Derbent district, Republic of Dagestan, Russia

E-mail: asef121263@mail.ru

Abstract. In 2018–2020, at the Dagestan Experimental Station (it is a branch of All-Russian Institute of Plant) under irrigation conditions during winter sowing were studied 350 modern and ancient varieties of durum wheat from Italy in accordance to the most important economically valuable characteristics. The varieties *Maristella*, *Trentino*, *Obelix*, *Messapia*, *Dorato*, *VZ567* with a productivity of more than 700 g/m², *Maristella*, *gerardo VZ-466*, *Messapia*, *Obelix* with an early heading period and a yield of more than 690 g/m² have been identified. Varieties are recommended as sources of short stature (less than 85 cm) and resistance to lodging (9 points) *k-58224* and *Synilo*, respectively. Large grains (weight of 1000 pieces more than 55.0 g) were possessed by varieties *k-26245*, *k-58224*, *k-21813* and *k-53007*. Varieties *gerardo VZ-466*, *Obelix* along with high productivity showed high field resistance to all studied diseases (powdery mildew, brown and yellow rust) and to lodging. The optimal combination of breeding and valuable traits was found in the *gerardo VZ-466*, *Obelix*, *Dorato* varieties.

Keywords: durum wheat, variety, selection, productivity, early maturity, resistance, fungal diseases

Известно более двух десятков дикорастущих и культурных видов пшеницы, из которых широко возделывают два — мягкую и твердую. Зерно мягкой пшеницы — лучшее сырье для хлебопечения. Зерно твердой пшеницы имеет стекловидное строение, содержит большое количество белка и клейковины упругой консистенции. Из него изготавливают высококачественные макаронные изделия, манную и другие крупы. Твердая пшеница более требовательна к теплу, чем мягкая. [1, 3] Ее возделывают в сухих субтропиках Средиземноморья, ближнего Востока, а также восточных районах США и Канады. В России зерно высокого качества выращивают при весеннем посеве в жарких степных районах Поволжья. [5, 6]

Твердую пшеницу на Кавказе, в том числе в Дагестане, возделывают с древнейших времен. В конце 30-х годов прошлого столетия академик Н.И. Вавилов находил в низменных и предгорных зонах Дагестана и Азербайджана посевы твердой пшеницы, которую высевали под зиму в условиях плоскостной зоны или рано весной в долинах предгорно-горных районов. [2, 3]

С возрастанием потребности людей в источниках здорового питания пищевые продукты из чистой качественной твердой пшеницы приобретают особое значение. Крахмал в зерне твердой пшеницы, заключенный в более прочную кристаллическую структуру белка, расщепляется ферментами на глюкозу медленнее, чем у мягкой. В крови не образуется

* Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по проекту № 0481-2022-0001 / The work was carried out within the framework of the state assignment in accordance with the thematic plan of All-Russian Institute of Plant under project No. 0481-2022-0001.

ее избыток, который может отложиться в запасные жиры. [7]

Считаем целесообразным возобновление посевов твердой пшеницы в Дагестане, где она ранее возделывалась в течение нескольких тысяч лет.

На Дагестанской опытной станции филиала ВИР с 1935 года проводится научно-исследовательская работа по сохранению и изучению генетических ресурсов этой культуры. Ежегодно изучается от 1000 до 2000 образцов и более. [8] Сорты из Дагестана, Кавказа и других стран, собранные в экспедиционных поездках великого ученого, до настоящего времени сохранены и поддерживаются в жизнеспособном состоянии в хранилищах ВИР, в частности на Дагестанской опытной станции филиала ВИР.

В 1937 году методом отбора из популяции местного материала на станции был создан сорт *Дербентская черноколосая*, которую выращивали в Дагестане до 70-х годов прошлого века. [10]

Отечественные и зарубежные селекционеры, используя гены короткостебельности от мягкой пшеницы и другие современные методы селекции, создали сорта твердой пшеницы сочетающих комплекс ценных признаков. Активная селекционная работа ведется по этой культуре в Италии, по производству зерна твердой пшеницы страна занимает первое место в мире (более 4 млн т).

Цель работы – провести комплексное изучение современных и стародавних сортов пшеницы твердой из Италии по важнейшим хозяйственно ценным признакам, чтобы выявить потенциал продуктивности и выделить источники и доноры для их использования в селекционно-генетических программах по созданию новых урожайных сортов с высокой адаптивностью.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Дагестанская опытная станция филиала ВИР расположена в плоскостной приморской зоне сухих субтропиков Южного Дагестана. Зима мягкая, не-

продолжительная. Холодные месяцы – январь, февраль (среднемесячная температура – 1,0...1,4°C). Весна ранняя, затяжная, прохладная. Лето жаркое, сухое. Теплые месяцы – июль, август со среднемесячной температурой воздуха – 24,4 и 24,1°C соответственно. Осень теплая, влажная. Основное количество осадков выпадает в осенне-зимний период (80% годовой нормы). При годовом количестве осадков 400...500 мм на испарение тратится 1000 мм. Почвы каштановые тяжелосуглинистого механического состава, со слабо засоленными нижними горизонтами. Содержание гумуса в пределах 2,8...3,5%.

В течение 2018–2020 годов климатические условия были типичными для последнего десятилетия в связи с глобальным потеплением: теплая осень, зима без снега, ранняя весна и засушливое лето. Закладку полевых опытов и лабораторно-полевую оценку проводили в соответствии с Методическими указаниями ВИР. [9] Результаты исследований статистически обрабатывали по Б.А. Доспехову. [4] В качестве стандартов использовали допущенные в производство для Северного Кавказа сорта озимой твердой пшеницы из ФГБНУ НЦ зерна имени П.П. Лукьяненко – *Одари*, *Ярина* и *Дербентская черноколосая* из Дагестана.

Посев проводили в III декаде октября по овощным предшественникам (свекла, капуста). Теплые и влажные условия зимы и весны, два полива (осень и весна), а также подкормка аммиачной селитрой (2,0 ц/га) в фазе начала выхода в трубку способствовали формированию хорошего стеблестоя и продуктивных колосьев у растений. Однако высокие температуры и дефицит почвенной влаги в июне (фаза налива зерна) повлияли на формирование недозрелых зерен у короткостебельных и позднеспелых образцов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Продуктивность. Средняя масса зерна с 1 м² по двухлетним данным у стандартов: *Одари* – 530,0 г/м², *Ярина* – 540,0, *Дербентская черноколосая* – 430,5 г/м².

Таблица 1.
Оценка продуктивности и других селекционно ценных признаков современных сортов пшеницы твердой из Италии в условиях плоскостной зоны Южного Дагестана

№ по каталогу ВИР	Происхождение	Сорт	Масса зерна, г/м ²	Дата колошения	Высота растения, см	Устойчивость, балл					Масса 1000 зерен, г	В колосе		
						мучнистая роса	бурая ржавчина	желтая ржавчина	полегание	колосков, шт.		зерен, шт.	масса зерна, г	
53055	Италия	<i>Maristella</i>	710,0	08.05	115,0	9	9	5	7	50,5	19,4	52,0	2,6	
21813	Сицилия	<i>Trentino</i>	730,0	14.05	135,0	9	9	7	5	61,3	20,2	42,4	2,6	
67477	Италия	<i>Obelix</i>	730,0	10.05	100,0	9	9	9	9	53,4	19,3	47,9	2,6	
627509	Италия	<i>Dorato</i>	740,0	13.05	100,0	9	9	9	9	45,2	18,1	42,3	1,9	
53021	Италия	<i>VZ 567</i>	780,0	06.05	140,0	9	9	7	7	53,1	23,8	50,5	2,7	
53059	Италия	<i>gerardo VZ-466</i>	810,5	07.05	95,0	9	7	9	9	46,2	19,4	45,0	2,1	
66674	Стандарт 1	<i>Одари</i>	530,0	13.05	95,5	9	9	9	9	39,6	22,8	44,7	1,8	
67482	Стандарт 2	<i>Ярина</i>	540,0	11.05	135,0	9	7	7	9	39,6	18,8	45,4	1,8	
32453	Стандарт 3	<i>Дербентская черноколосая</i>	430,0	13.05	145,0	9	9	5	5	37,9	19,0	49,0	1,8	

Таблица 2.

Оценка продуктивности и других селекционно ценных признаков скороспелых сортов пшеницы твердой из Италии в условиях Южного Дагестана

№ по каталогу ВИР	Происхождение	Разновидность	Сорт	Дата колошения	Устойчивость, балл					Масса зерна, г		Высота растения, см	В колосе		
					мучнистая роса	бурая ржавчина	желтая ржавчина	полегание	1000 зерен	с делянки	колосков, шт.		зерен, шт.	масса зерна, г.	
41735	Италия	leucomelan, leucurum	<i>Garigliano</i>	08.05	9	9	5	7	55,7	550,5	125,0	21,4	45,0	2,5	
67478	Италия	var.leucurum	<i>Synilo</i>	09.05	9	9	7	9	52,2	630,5	90,0	20,0	46,0	2,4	
53009	Италия	leucurum	<i>BC 4</i>	09.05	7	9	9	7	49,3	670,0	110,0	18,3	39,3	1,9	
53055	Италия	leucurum	<i>Maristella</i>	08.05	7	9	5	7	50,5	710,0	115,0	19,4	52,1	2,6	
53015	Италия	leucomelan	<i>Valgerardo</i>	09.05	9	9	7	9	47,9	710,5	95,0	21,2	52,3	2,5	
53075	Италия	erythromelan	<i>gerardo VZ – 466</i>	07.05	9	9	7	9	46,2	810,0	95,0	19,2	45,0	2,1	
45252	Италия	leucurum	<i>Belsincap 8</i>	08.05	9	9	7	7	43,8	810,5	115,0	18,9	43,1	2,0	
66674	Стандарт 1		Одари	13.05	9	9	9	9	39,6	530,0	95,5	22,8	44,7	1,8	
67482	Стандарт 2		Ярина	11.05	9	7	7	9	39,6	540,0	135,0	18,8	45,4	1,8	
32453	Стандарт 3		Дербентская черноколосая	13.05	9	9	5	5	37,9	430,0	145,0	19,0	49,0	1,8	

Таблица 3.

Оценка продуктивности и других селекционно ценных признаков короткостебельных сортов пшеницы твердой из Италии в условиях Южного Дагестана

№ по каталогу ВИР	Происхождение	Разновидность	Сорт	Высота растения, см	Дата колошения	Устойчивость, балл					Масса зерна, г		В колосе		
						мучнистая роса	бурая ржавчина	Желтая ржавчина	полегание	1000 зерен	с делянки	колосков, шт.	зерен, шт.	масса зерна, г	
51003	Италия	leucomelan	<i>Valgiorgio</i>	85,0	12.05	9	9	7	9	45,3	460,0	19,6	38,6	1,8	
53005	Италия	erythromelan	<i>Giorgio VZ 384</i>	80,0	10.05	9	9	9	9	54,6	550,0	21,5	46,0	2,5	
53008	Италия	leucomelan	<i>Giorgio VZ 298</i>	80,0	08.05	9	9	7	9	49,8	470,0	22,1	48,9	2,4	
53024	Италия	leucomelan	<i>Gerardo VZ 472</i>	85,0	10.05	9	9	7	9	42,7	530,0	19,4	41,2	1,7	
53080	Италия	leucomelan	<i>gerardo 644</i>	85,0	13.05	9	9	7	9	53,6	570,0	16,7	40,8	2,1	
58091	Италия	leucomelan	<i>Valriccardo</i>	85,0	07.05	7	9	7	9	53,5	680,0	19,8	41,3	2,2	
58224	Италия	leucomelan	–	85,0	12.05	7	9	7	9	57,2	690,0	19,2	38,5	2,2	
61957	Италия	leucomelan	<i>Castello</i>	85,0	10.05	9	9	7	9	42,6	530,0	19,5	51,9	2,2	
66674	Стандарт 1		Одари	95,5	13.05	9	9	9	9	39,6	530,0	22,8	44,7	1,8	
67482	Стандарт 2		Ярина	135,0	11.05	9	7	7	9	39,6	540,0	18,8	45,4	1,8	
32453	Стандарт 3		Дербентская черноколосая	145,0	13.05	9	9	5	5	37,9	430,0	19,0	49,0	1,8	

Урожайность коллекционных образцов (330...810 г/м²) в среднем составила 570,0 г/м², превысив показатели стандартов более чем на 700 г/м² (табл. 1).

Скороспелость. В качестве критерия оценки скороспелости использовали дату колошения. Сроки колошения стандартов: *Одари* – 13.05, *Ярина* – 11.05, *Дербентская черноколосая* – 13.05, у изучаемых образцов – 4.05...20.05 (варьирование признака – 16 дней). Большинство изученных сортов пшеницы твердой выколосилось раньше стандартов, но отмечается отрицательная корреляция между скороспелостью и продуктивностью, то есть выявлены образцы, сочетающие скороспелость с относительно высокой продуктивностью (табл. 2).

Высота растений и устойчивость к полеганию. Высота растений стандартов: *Одари* – 95 см, *Ярина* – 130, *Дербентская черноколосая* – 145; изученных образцов – 75...160 см.

В таблице 3 представлены сорта твердой пшеницы, выделившиеся низким ростом (85 см и ниже) и высокой устойчивостью к полеганию. Все они входят в группу полукарликов и могут быть рекомендованы как источники низкорослости при создании новых сортов.

Крупность зерна. У высокорослых сортов зерно крупнее, чем у скороспелых и короткостебельных (табл. 1–3).

Структура колоса. Число колосков в колосе у изученных образцов – 18,1...23,8 шт., стандарта *Одари* – 22,8 шт. Среди высокопродуктивных образцов более 20 колосков формируют: *VZ567*, *Giorgio VZ384* и *Garigliano*. Соответственно, у них высокая масса зерна с колоса.

Грибные болезни. Основные распространенные в зоне болезни (мучнистая роса, желтая и бурая ржавчина) на растениях твердой пшеницы, в связи с засушливыми условиями вегетации проявились

в средней и слабой степени. Большая часть изученных образцов отмечены как устойчивые или слабо восприимчивые (табл. 1–3).

Максимальной устойчивостью (9 баллов) к мучнистой росе обладали единичные сорта. Бурая и желтая ржавчины проявились в слабой степени только на отдельных образцах из-за засушливых условий в годы изучения. Скороспелые сорта показали себя как наиболее устойчивые из-за раннего завершения вегетации. Сорта *Dorato*, *Giorgio* и *VZ384* показали высокую устойчивость ко всем трем болезням и полеганию, а также хорошее качество зерна.

Таким образом, в результате изучения 350 образцов твердой пшеницы из Италии выделены *Dorato*, *Maristella*, *Obelix* с максимальным количеством селекционно ценных признаков. Они могут быть рекомендованы для включения в селекционные программы по созданию новых более совершенных сортов в условиях Дагестана и за его пределами.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Альдеров А.А. Генетика короткостебельности тетраплоидных пшениц. С.-Пб.: ВИР, 2001. 166 с.
2. Вавилов Н.И. Мировые ресурсы хлебных злаков. Пшеница. М.-Л.: Наука. 1964. 124 с.
3. Дорофеев В.Ф., Удачин Р.А. и др. Пшеницы мира. Л.: «Агропромиздат», 1987. 559 с.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 416 с.
5. Ляпунова О.А. Селекция твердой пшеницы в Италии. Письма в Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. № 5(1). С. 19–34.
6. Ляпунова О.А., Андреева А. С. Сорта и линии, пополнившие генофонд твердой пшеницы ВИР в 2000–2019 гг. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции 2020. № 181(4). С. 7–16.
7. Ляпунова О.А. Ахмедов М.А., Андреева А.С., Магомедов М.М. Каталог мировой коллекции ВИР. Вып. 875. Твердая пшеница. С.-Пб. ВИР, 2018. 27 с.
8. Магомедов М.М., Баташева Б.А., Куркиев У.К. Твердая пшеница в условиях орошаемого земледелия Южного Дагестана // Вестник социально педагогического института. Дербент. 2018. № 1(25). С. 38–43.
9. Мережко А.Ф., Удачин Р.А. Методические указания ВИР. Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале. СПб. 1999. 83 с.
10. Филатенко А.А., Богуславский Р.Л., Кафланов К.М. Сортные ресурсы твердой пшеницы для условий Дагестана // Генетические ресурсы и интродукция кормовых и пищевых растений в Дагестане. Махачкала. 1988. С. 5–8.

REFERENCES

1. Al'derov A.A. Genetika korotkostebel'nosti tetraploidnyh pshenic. S.-Pb.: VIR, 2001. 166 s.
2. Vavilov N.I. Mirovye resursy hlebnih zlakov. Pshenica. M.-L.: Nauka. 1964. 124 s.
3. Dorofeev V.F., Udachin R.A. i dr. Pshenicy mira. L.: "Agropromizdat", 1987. 559 s.
4. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta. M.: Kolos, 1979. 416 s.
5. Lyapunova O.A. Selekcija tverdoj pshenicy v Italii. Pis'ma v Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2019. № 5(1). S. 19–34.
6. Lyapunova O.A., Andreeva A. S. Sorta i linii, popolnivshie genofond tverdoj pshenicy VIR v 2000–2019 gg. Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii 2020. № 181(4). S. 7–16.
7. Lyapunova O.A. Ahmedov M.A., Andreeva A.S., Magomedov M.M. Katalog mirovoj kolekcii VIR. Vypusk. 875. Tverdaya pshenica. S.-Pb. VIR, 2018. 27 s.
8. Magomedov M.M., Batasheva B.A., Kurkiev U.K. Tverdaya pshenica v usloviyah oroshaemogo zemledeliya Yuzhnogo Dagestana // Vestnik social'no pedagogicheskogo instituta. Dербent. 2018. № 1(25). S. 38–43.
9. Merezko A.F., Udachin R.A. Metodicheskie ukazaniya VIR. Popolnenie, sohranenie v zhivom vide i izuchenie mirovoj kolekcii pshenicy, egilopsa i tritikale. SPb. 1999. 83 s.
10. Filatenko A.A., Boguslavskij R.L., Kaflanov K.M. Sortovye resursy tverdoj pshenicy dlya uslovij Dagestana // Geneticheskie resursy i introdukcija kormovyh i pishchevyh rastenij v Dagestane. Mahachkala. 1988. S. 5–8.

Поступила в редакцию 30.11.2022.

Принята к публикации 14.12.2022.

ДОСТИЖЕНИЯ ФНЦ «ВИК ИМЕНИ В.Р. ВИЛЬЯМСА» В ИЗУЧЕНИИ КОРМОВЫХ РАСТЕНИЙ

Владимир Михайлович Косолапов, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН
Владимир Иванович Чернявских, доктор сельскохозяйственных наук
ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса», г. Лобня,
Московская обл., Россия
E-mail: vnii.kormov@yandex.ru

Аннотация. Федеральное научное учреждение кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса – крупнейший научно-методический, исследовательский, интеллектуальный центр, в котором сосредоточены научные знания, навыки, умения, связанные с выращиванием кормовых растений. Стратегические направления исследований за период деятельности (более 100 лет) ФНЦ «ВИК имени В.Р. Вильямса» – селекция и семеноводство кормовых растений; луговое и полевое кормопроизводство; разработка технологий заготовки, хранения и использования кормов. В Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в Российской Федерации, включено 227 сортов кормовых культур (24% общей численности кормовых культур России) селекции ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», 57 сортов районированы на все регионы. Осуществляются глубокие фундаментальные исследования луговых экосистем, онтогенеза луговых трав, разрабатываются технологии луговодства. Разработаны и освоены на практике эффективные технологии восстановления деградированных аридных пастбищ и засоленных земель на основе экологически специализированных видов растений с предельно высокой устойчивостью к засолению и засухоустойчивостью. Общий генофонд галофитов и аридных растений включает в себя более 1200 образцов 25 видов. Результатом биоресурсной и селекционной работы стало создание 20 новых сортов засухоустойчивых кормовых галофитов для аридных территорий из семейств Chenopodiaceae, Tamaricaceae, Fabaceae, Asteraceae, Poaceae. Учеными ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» разработаны научные основы полевого кормопроизводства. Показано, что кормовые севообороты – важнейшее средство повышения продуктивности пашни, борьбы с засухой, эрозией и дегумификацией почв. Многолетние травы на пашне защищают от засух, восстанавливают и поддерживают плодородие почвы. Получены экспериментальные данные по консервирующей эффективности композиций экспериментальных ферментных мультисистем в сочетании с бактериальными препаратами.

Ключевые слова: луговодство, полевое кормопроизводство, аридные культуры, селекция и семеноводство кормовых культур, технологии приготовления кормов

ACHIEVEMENTS OF THE FEDERAL SCIENTIFIC CENTER “ALL-RUSSIAN INSTITUTE OF FORAGES V.R. WILLIAMS” IN THE STUDY OF FODDER PLANTS

V.M. Kosolapov, *Grand PhD in Agricultural Sciences, Academician of the RAS*
V.I. Chernyavskikh, *Grand PhD in Agricultural Sciences*
Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology, Lobnya, Moscow region, Russia
E-mail: vnii.kormov@yandex.ru

Abstract. Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology for more than 100 years has been the largest scientific, methodological, research, intellectual center, which concentrates scientific knowledge, skills, and abilities related to the cultivation of fodder plants. Strategic areas of research for the period of activity of the Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology, is the selection and seed production of fodder plants; meadow fodder production; field fodder production; development of technologies for procurement, storage and use of feed. The State Register of Breeding Achievements Approved for Use in the Russian Federation includes 227 varieties of forage crops (24% of the total number of forage crops in Russia) bred by the Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology, 57 varieties are released to all regions. Profound fundamental research is being carried out on meadow ecosystems, on the ontogeny of meadow grasses, and grassland technologies are being developed. Effective technologies for the restoration of degraded arid pastures and saline lands based on ecologically specialized plant species with extremely high salinity and drought resistance have been developed and put into practice. The total gene pool of halophytes and arid plants includes more than 1200 samples of 25 species. The result of bioresource and breeding work was the creation of 20 new varieties of drought-resistant fodder halophytes for arid territories from the families Chenopodiaceae, Tamaricaceae, Fabaceae, Asteraceae, Poaceae. Scientists of the Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology developed the scientific foundations of field fodder production. It is shown that fodder crop rotations are the most important means of increasing the productivity of arable land, combating drought, erosion and soil dehumification. Perennial grasses on arable land are the most important means of protection against droughts, the basis for restoring and maintaining soil fertility. Experimental data on the preservative efficacy of compositions of experimental enzyme multi-systems in combination with bacterial preparations have been obtained.

Keywords: grassland farming, field fodder production, arid crops, selection and seed production of fodder crops, fodder preparation technologies

В 2022 году исполнилось 100 лет уникальному учреждению российской сельскохозяйственной и биологической науки по луговодству, луговедению, селекции и семеноводству кормовых культур – Федеральному научному центру кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса.

ФНЦ «ВИК имени В.Р. Вильямса» – крупнейший научно-методический, исследовательский, интеллектуальный центр, в котором сосредоточены научные знания, навыки, умения, связанные с выращиванием кормовых растений в условиях луговых и полевых фитоценозов. Все время своего существования ВИК имени В.Р. Вильямса – бессменный координатор и эксперт работы более 100 научно-исследовательских институтов и вузов страны, основной центр разработки теоретических основ, методологий и методик научных исследований в кормопроизводстве России.

Стратегическими направлениями исследований за период деятельности ФНЦ «ВИК имени В.Р. Вильямса», несмотря на изменяющиеся политические и экономические условия, всегда оставались:

- селекция и семеноводство кормовых растений;
- луговое кормопроизводство;
- полевое кормопроизводство;
- разработка технологий заготовки, хранения и использования кормов.

Селекция и семеноводство кормовых культур. Особенностью и главным преимуществом института была активная работа в сети опорных пунктов, опытных станций, филиалов в различных регионах страны (Калининградский НИИСХ, Ярославский НИИ животноводства и кормопроизводства, ВНИИ люпина, ОПХ «Дядьково», ОПХ «Красная пойма», опытные станции – Московская, Моршанская, Воронежская, Дединовская, Новозыбковская, Кировская лугово-болотная и другие). Это позволяло создавать лучшие наиболее широко районированные сорта кормовых культур. [1, 5, 8, 9]

За прошедший период времени в ФНЦ «ВИК имени В.Р. Вильямса» завершены комплексные фундаментальные программы: разработаны методы симбиотической селекции бобовых культур и ассоциативной селекции небобовых культур; на основе оригинальных методологических принципов отработаны методики фитоценотической, упреждающей селекции; экспериментальной полиплоидии, мутагенеза, отдаленной гибридизации, клеточной, гаметной и экологической селекции, в том числе с учетом прогнозируемых изменений климата. [3]

Творческими объединениями селекционеров (ТОС) создано 12 сортов, районированных на всей территории страны. Под общим научно-методическим руководством работали ТОС «Клевер», «Люцерна», «Злаковые травы», «Аридные культуры», научные учреждения России, Беларуси, Казахстана, Китая, Монголии, республик Средней Азии.

В Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в Российской Федерации, включено 227 сортов кормовых культур (24% общей численности в России) селекции ФНЦ «ВИК имени В.Р. Вильямса», 57 из них районированы на все регионы. [5]

Во многих областях возделываются сорта клевера лугового с высоким разнообразием адаптивных

свойств: *Марс, ВИК 7, Ранний 2, Трио, Дединовский 5, Топаз, Орлик, Алтын, Добрыня*; клевер белый с различным сроком созревания – *Смена, Юбилейный, ВИК 70, Луговик*; клевер гибридный с большой степенью устойчивости к кислым почвам и затоплению – *Марусинский 488, Первенец, Маяк*.

Особое место занимают сорта люцерны, показавшие высокую эффективность при возделывании на всей территории страны: *Вега 87, Пастбищная 88, Селена, Таусия, Агния, Находка* и другие.

За период работы селекционными коллективами, входящими в состав института, выведены и включены в Государственный реестр селекционных достижений РФ: 25 сортов клевера, 20 – люцерны, 56 – злаковых трав, 26 – люпина, 24 – крестоцветных культур, а также другие культуры, возделываемые в России на площади более 3,8 млн га.

Основа любой селекционной работы – генофонд. Проведены обследования биологических ресурсов кормовых растений Кировской, Ярославской, Калининградской областей, республик Удмуртия, Татарстан и других регионов. Общая длина маршрутов экспедиций составила более 5 тыс. км. Коллекционный фонд сохраняется как в полевых условиях, так и в установках долговременного хранения семян.

Методологическая основа селекционно-семеноводческой работы ФНЦ «ВИК имени В.Р. Вильямса» – четырехблочная схема, внутри которой ведется проработка конкретных приемов, методик, принципов и систем:

1. Сбор целевых коллекций и их первичная оценка по генетической, хозяйственной, иммунологической ценности для регионов, расположенных в различных эколого-географических условиях.

2. Подбор исходного материала для селекции и его оценка во многих географических точках, экологических условиях отдельных регионов. Особое внимание уделяется устойчивости к засухе, кислым почвам, засолению, реакции на длину вегетационного периода, среднесуточные температуры, заморозки.

3. Создание сортов, организация экологического испытания в регионах страны, передача выделенных сортов в Государственное сортоиспытание.

4. Организация центров выращивания районированных сортов в регионах, наиболее благоприятных для семеноводства каждой из культур, преимущественно в филиалах или на землях промышленных партнеров. Первичное семеноводство концентрируется в зоне создания сорта.

Аридные культуры занимают особое место. Климатические изменения привели к увеличению площади земель, подвергающихся опустыниванию в России.

Аридные природные пастбища были и остаются базой кормопроизводства и основой развития мясного скотоводства, овцеводства, коневодства, верблюдоводства Дагестана, Ставропольского края, Астраханской, Волгоградской областей России, а также многих регионов мира (Средняя Азия, Ближний Восток, Африка и другие).

Большая часть естественных аридных пастбищ деградировано, что связано с климатическими условиями и антропогенными факторами. Вызывает опасение снижение надземной продуктивности

в два-три раза, вплоть до полного отсутствия покрыва (Черные земли Калмыкии).

Больших успехов достигли ученые института в области создания сортов для аридных условий. Особое значение имеют разработки школы члена-корреспондента РАН З. Шамсутдинова по изучению аридных культур и ведению селекционной работы с ними.

Разработаны и освоены на практике эффективные технологии восстановления деградированных аридных пастбищ и засоленных земель на основе экологически специализированных видов растений с предельно высокой устойчивостью к засолению и засухоустойчивостью.

Изучены галофиты и аридные виды, проводятся комплексные мероприятия по введению этих растений в культуру, селекционную работу. Общий генофонд галофитов и аридных растений – более 1200 образцов 25 видов.

Результатом биоресурсной работы стало выделение наиболее перспективных, зонально-типичных видов из семейств: Маревые (*Chenopodiaceae*), Тамариковые (*Tamaricaceae*), Бобовые (*Fabaceae*), Астровые (*Asteraceae*), Мятликовые (*Poaceae*).

Дальнейшая работа методами экотипической селекции позволила впервые в сельскохозяйственной практике создать более 20 новых сортов засухоустойчивых кормовых галофитов для аридных территорий: саксаул черный *Haloxylon aphyllum* (сорт *Нортуя*); прутняк простертый *Kochia prostrata* (*Бархан, Джансар*); терескен серый *Eurotia ceratoides* (*Фаворит, Тулкин, Бар*); камфоросма Лессинга *Camphorosma lessingii* (*Ногана, Алы*); кейреук (солянка восточная) *Salsola orientalis* (*Саланг*); полынь солелюбивая *Artemisia halophila* (*Сонет*); полынь белая *Artemisia lerchiana* (*Цаган*); эстрагон кормовой (*Нарн*); солодка голая *Glycyrrhiza glabra* (*Фортуна*); сведа высокая *Suaeda altissima* (*Земфира*); кохия венечная *Kochia scoparia* (*Дельта, Исток*); колосняк гигантский *Leymus racemosus* (*Лу*); джужгун безлистный *Calligonum aphyllum* (*Цаг*) и другие.

На основе этих сортов отработаны и внедрены технологии восстановления деградированных пастбищ с применением галофитов весеннее-летнего и осеннее-зимнего использования; восстановления аридных пастбищ на подвижных песках; орошения солеными водами засоленных земель с выращиванием галофитов для создания страховых запасов кормов и другие. [4, 12]

Развитие генетических технологий помогло выйти на новый уровень селекционной работы. Впервые в стране разработана система генетической идентификации и паспортизации сортов кормовых культур на основе ДНК-маркирования ценных признаков селекционных образцов девяти видов кормовых культур. Опубликован каталог генетических паспортов сортов кормовых культур селекции ФНЦ «ВИК имени В.Р. Вильямса». [1]

Луговоеводство. В институте проведены фундаментальные исследования геоботаники луговых экосистем, функционирования растительных сообществ, онтогенеза луговых трав, отклика различных видов на изменяющиеся условия среды.

Тщательная проверка теоретических выкладок и фундаментальных исследований осуществляется

в серии многолетних опытов, несколько из которых непрерывно ведутся с 1935, 1946 и 1947 годов, и до настоящего времени имеют важнейшее научное и научно-производственное значение.

На опыте, полученном В.Р. Вильямсом, Л.Г. Раменским, И.В. Лариным, А.М. Дмитриевым, А.А. Кузубовой, Д.М. Тебердиевым и другими учеными, основываются разработки в луговоеводство, технологии формирования травостоев пастбищного и сенокосного использования для регионов России.

Созданные технологии обеспечивают гарантированное получение высококачественных кормов в зависимости от года использования травостоев, циклов их стравливания, а также проведения укосов в разнообразных климатических, почвенных, географических условиях регионов.

Для Нечерноземной зоны подготовлены рекомендации по освоению под сенокосы и пастбища деградированной пашни. Технологии создания долголетних травостоев позволяют получать в этих условиях 3,3...4,1 тыс. корм. ед./га качественного сена.

На основе использования люцерно-злаковых смесей разработана технология кормления молодняка мясных пород крупного рогатого скота, обеспечивающая ежесуточный привес более 1000 г/сут., а при дополнительном скармливании концентратов (дерь ячменя) – 1200...1300 г/сут.

Доказано, что содержание животных на культурных сенокосах и пастбищах по сравнению со стойловым благотворно влияет на их здоровье и продуктивное долголетие. Молочная продукция, полученная от таких животных, лучше подходит для детского питания, производства сыра, сгущенного молока, масла. [6, 7, 11]

Луговоеводство становится теоретической основой экологического сельского хозяйства, пастбищного мясного скотоводства, получения функциональных продуктов питания.

Новое, открывающее значительные научные, экономические и производственные перспективы, направление луговоеводства, – карбоновое земледелие. Разработка технологических решений контроля углеродного баланса на основе комплексного использования луговых фитоценозов, позволит снизить потоки углекислого газа в атмосферу из-за его поглощения надземной частью многолетних трав и депонирования в подземной сфере накоплением в корневой массе и постепенным переводом в трудноразлагаемое вещество – гумус. ФНЦ «ВИК имени В.Р. Вильямса» активно включился в процесс создания карбоновых полигонов луговоговодства типа как прообраза будущих карбоновых ферм.

Полевое кормопроизводство – основа современного кормопроизводства, обеспечивает более 80% кормов для животных. Научные исследования по его интенсификации вели ученые института в течение нескольких десятилетий, что способствовало переводу сельскохозяйственного производства страны на новый уровень. Особое место занимают работы по выращиванию высококачественных объемистых кормов.

Подготовлены рекомендации по повышению эффективности полевого кормопроизводства в различных регионах:

– дана оценка современного состояния, основных направлений развития, а также экономических аспектов его функционирования;

– разработано видовое районирование кормовых культур для организации зеленых конвейеров при разведении молочного скота;

– предложены системы кормовых севооборотов, способные обеспечить продуктивность на орошаемых землях до 11 тыс. корм. ед., на неорошаемых – до 6 тыс. корм. ед.;

– на основе различных видов кормовых культур собственной селекции представлена концепция создания стабильной сырьевой базы для производства концентратов;

– разработаны агроэкологические основы повышения плодородия почвы с помощью комплексного использования кормовых культур и севооборотов.

Доказано, что снизить дефицит кормового белка в районах животных возможно увеличением посевов рапса до 2,5 млн га и получением не менее 6,0 млн т жмыха и шрота взамен соевым.

Основа стабильного производства кормов на пашне – многолетние травы. Важно повысить долю высокобелковых бобовых культур (клевер, люцерна, вика) до 40% общей площади кормового клина.

Таким образом, севообороты – одно из главных средств борьбы с засухой, эрозией и деградацией почв, развитием других негативных процессов. Многолетние травы на пашне защищают от засух, восстанавливают и поддерживают плодородие почвы. Необходимо оптимальное соотношение однолетних культур и многолетних трав. [10]

Разработка технологий заготовки, хранения и использования кормов. В институте активно проводили исследования по ферментативному разрушению молекул целлюлозы для повышения качества кормов.

Совместно с промышленными партнерами получены экспериментальные данные по консервирующей эффективности композиций ферментных мультисистем в сочетании с бактериальными препаратами, их влиянию на гидролиз сложных труднопереваримых углеводов при консервировании люцерны, козлятника восточного.

Для улучшения качества заготавливаемых кормов необходимо использовать опробованные и рекомендуемые биологические препараты: бактериальные (Биотроф, Биотроф 111, Силзак, Биосиб, Лактофид, Биолакт); ферментные (Феркон, Биофарм); комплексные композиции (Феркон + Биосиб, Биофарм + Биосиб, ЦеллоЛюкс-Ф).

Применение биопрепаратов Феркон и АИВ-3 Плюс при силосовании зеленой массы люцерны обеспечивает переваримость более 70% клетчатки. [1]

ФНЦ «ВИК имени В.Р. Вильямса» – один из крупнейших научных центров, осуществляющих научно-методическую, исследовательскую работу в агроэкологии, кормопроизводстве, селекции и семеноводстве кормовых растений.

Особое место занимает образовательная деятельность по подготовке научных кадров высшей квалификации. Реализуется подготовка кадров в аспирантуре по четырем научным специальностям: 4.1.1 Общее земледелие и растениеводство; 4.1.2 Селекция, семеноводство и биотехнология растений; 4.1.4 Садоводство, овощеводство, вино-

градарство и лекарственные культуры; 4.2.4 Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства.

В рамках федерального проекта «Наука и образование» поддержано создание двух молодежных лабораторий: молекулярно-генетических исследований кормовых культур и физиологии сельскохозяйственных растений.

Тесное взаимодействие с национально ориентированными промышленными партнерами, такими как АПХ «МИРАТОРГ», ЗАО «Павловская нива», АПХ «Зеленая долина», «Сиббио», «Биотроф» и другими позволяет внедрять научные разработки в реальный сектор экономики.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Клименко В.П. Качественные объемистые корма – основа полноценных рационов для высокопродуктивного скота // Адаптивное кормопроизводство. 2019. № 3. С. 102–115. DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2019-3-102-113
2. Клименко И.А., Козлов Н.Н., Костенко С.И. и др. Идентификация и паспортизация сортов кормовых трав (клевера лугового, люцерны изменчивой, посевной и хмелевидной) на основе ДНК-маркеров. М.: Угреша Т, 2020. 35 с. ISBN: 978-5-6043194-9-9. DOI: 10.33814/978-5-6043194-9-9
3. Косолапов В.М., Чернявских В.И., Костенко С.И. Развитие современной селекции и семеноводства кормовых культур в России // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. Т. 25. № 4. С. 401–407. DOI: 10.18699/VJ21.044.
4. Косолапов В.М., Шамсутдинов З.Ш., Костенко С.И. и др. Сорта кормовых культур селекции ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса». М.: Угрешская типография, 2019. 92 с. ISBN 978-5-91850-021-7.
5. Костенко С.И., Седова Е.Г., Думачева Е.В. Селекция кормовых культур – основа устойчивого кормопроизводства на современном этапе развития России // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 4. С. 15–21. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_4_15.
6. Кутузова А.А., Привалова К.Н., Тебердиев Д.М. и др. Методика эффективного освоения разновозрастных залежей на основе многовариантных технологий под пастбища и сенокосы и очередности возврата их в пашню в Нечерноземной зоне РФ. М.: ООО «Угрешская типография», 2017. 64 с. ISBN 978-5-91850-070-5
7. Кутузова А.А., Тебердиев Д.М., Привалова К.Н. и др. Основные направления развития лугового кормопроизводства в России // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 2. С. 17–20. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10204.
8. Сапрыкин С.В., Золотарев В.Н., Иванов И.С. и др. Научные основы селекции и семеноводства многолетних трав в Центрально-Черноземном регионе России. Воронеж: ОАО «Воронежская областная типография», 2020. 496 с. ISBN 978-5-4420-0836-4
9. Шамсутдинова Э.З., Шамсутдинов Н.З., Ибрагимов И.О. и др. Пастбищезащитные черносаксауловые полосы в Среднеазиатской пустыне: средообразующая и продукционная функции // Аридные экосистемы. 2019. Т. 25. № 2 (79). С. 43–51.
10. Шпаков А.С. Системы кормопроизводства Центральной России: молочно-мясное животноводство. М.:

Российская академия наук, 2018. 272 с. ISBN 978-5-906906-75-5.

11. Kutuzova A.A., Provornaya E.E., Sedova E.G. et al. Agroenergy efficiency of using new zoned varieties to create cultivated pastures in the forest zone of the European Part of Russia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. "All-Russian Conference with International Participation Economic and Phytosanitary Rationale for the Introduction of Feed Plants". 2021. P. 012031. DOI: 10.1088/1755-1315/663/1/012031
12. Shamsutdinov Z.S., Shamsutdinova E.Z., Shamsutdinov N.Z. et al. Biogeocenotic principles of pasture restoration in the Central Asian Desert // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2021. Vol. 91. № 2. P. 204–212. DOI: 10.1134/S1019331621020076

REFERENCES

1. Klimenko V.P. Kachestvennye ob"emistye korma – osnova polnocennyh racionov dlya vysokoproduktivnogo skota // Adaptivnoe kormoproizvodstvo. 2019. № 3. S. 102–115. DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2019-3-102-113
2. Klimenko I.A., Kozlov N.N., Kostenko S.I. i dr. Identifikaciya i pasportizaciya sortov kormovyh trav (klevera lugovogo, lyucerny izmenchivoj, posevnoj i hmelevidnoj) na osnove DNK-markerov. M.: Ugresha T, 2020. 35 s. ISBN: 978-5-6043194-9-9. DOI: 10.33814/978-5-6043194-9-9
3. Kosolapov V.M., Chernyavskih V.I., Kostenko S.I. Razvitiye sovremennoj selekcii i semenovodstva kormovyh kul'tur v Rossii // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2021. T. 25. № 4. S. 401–407. DOI: 10.18699/VJ21.044.
4. Kosolapov V.M., Shamsutdinov Z.Sh., Kostenko S.I. i dr. Sorta kormovyh kul'tur selekcii FGBNU "Federal'nyj nauchnyj centr kormoproizvodstva i agroekologii imeni V.R. Vil'yamsa". M.: Ugreshskaya tipografiya, 2019. 92 s. ISBN 978-5-91850-021-7.
5. Kostenko S.I., Sedova E.G., Dumacheva E.V. Selekcija kormovyh kul'tur – osnova ustojchivogo kormoproizvodstva na sovremennom etape razvitiya Rossii // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2022. T. 36. № 4. S. 15–21. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_4_15.
6. Kutuzova A.A., Privalova K.N., Teberdiev D.M. i dr. Metodika effektivnogo osvoeniya raznovozrastnyh zalezhej na osnove mnogovariantnyh tekhnologij pod pastbishcha i senokosy i ocherednosti vozvrata ih v pashnyu v Nechernozemnoj zone RF. M.: OOO "Ugreshskaya tipografiya", 2017. 64 s. ISBN 978-5-91850-070-5
7. Kutuzova A.A., Teberdiev D.M., Privalova K.N. i dr. Osnovnye napravleniya razvitiya lugovogo kormoproizvodstva v Rossii // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2018. T. 32. № 2. S. 17–20. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10204.
8. Saprykin S.V., Zolotarev V.N., Ivanov I.S. i dr. Nauchnye osnovy selekcii i semenovodstva mnogoletnih trav v Central'no-Chernozemnom regione Rossii. Voronezh: OAO "Voronezhskaya oblastnaya tipografiya", 2020. 496 s. ISBN 978-5-4420-0836-4
9. Shamsutdinova E.Z., Shamsutdinov N.Z., Ibragimov I.O. i dr. Pastbishchezashchitnye chernosaksaulovye polosy v Sredneaziatskoj pustyne: sredobrazuyushchaya i produkcionnaya funkcii // Aridnye ekosistemy. 2019. T. 25. № 2 (79). S. 43–51.
10. Shpakov A.S. Sistemy kormoproizvodstva Central'noj Rossii: molochno-myasnoe zhivotnovodstvo. M.: Rossijskaya akademiya nauk, 2018. 272 s. ISBN 978-5-906906-75-5.
11. Kutuzova A.A., Provornaya E.E., Sedova E.G. et al. Agroenergy efficiency of using new zoned varieties to create cultivated pastures in the forest zone of the European Part of Russia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. "All-Russian Conference with International Participation Economic and Phytosanitary Rationale for the Introduction of Feed Plants". 2021. R. 012031. DOI: 10.1088/1755-1315/663/1/012031
12. Shamsutdinov Z.S., Shamsutdinova E.Z., Shamsutdinov N.Z. et al. Biogeocenotic principles of pasture restoration in the Central Asian Desert // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2021. Vol. 91. № 2. P. 204–212. DOI: 10.1134/S1019331621020076

Поступила в редакцию 23.11.2022

Принята к публикации 07.12.2022

ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СВЕТОВОГО ДНЯ НА МАТРИКАЛЬНУЮ РАЗНОКАЧЕСТВЕННОСТЬ И ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕМЯН СКОРОСПЕЛОГО СОРТА СОИ СЕНТЯБРИНКА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В УСЛОВИЯХ ПРИАМУРЬЯ

Валентина Тимофеевна Синеговская, академик РАН, профессор, заслуженный деятель науки РФ
Анна Николаевна Лёвина, младший научный сотрудник
ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои»,
г. Благовещенск, Амурская обл., Россия
E-mail: valsino9@gmail.com

Аннотация. *Вегетационный опыт проводили в лаборатории физиологии растений ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои со скороспелым сортом сои Сентябринка. В 2020–2022 годах изучали влияние продолжительности светового дня на матричную разнокачественность и продуктивность семян сои для определения реакции сорта на продолжительность светового дня, которая зависит от срока посева семян раннеспелого сорта. Искусственное сокращение светового дня с шестнадцати до десяти часов при посеве 28 мая уменьшило вегетационный период растений на семь дней, а световой день при посеве 3 июня в естественных условиях обеспечил самую продолжительную вегетацию (на четыре дня длиннее по сравнению с этим периодом у растений, выращиваемых с десятичасовым световым днем). Количество семян, сформированных на одном растении в естественных условиях, было максимальным при сроке посева 28 мая (на девять штук больше, чем на растении со сроком посева 3 июня). Наибольшее количество бобов сформировалось в ярусе II у растений с естественным световым днем при сроке посева 28 мая и превысило на четыре штуки этот показатель у растений со сроком посева 3 июня. Независимо от продолжительности светового дня и даты посева меньше всего бобов было в ярусе I. В условиях естественного светового дня при сроке посева 28 мая выявлена тенденция к повышению продуктивности растений на 0,3 г/раст. по сравнению с этим показателем у растений с датой посева 3 июня. Установлено достоверное повышение продуктивности растений сои сорта Сентябринка на 1,16 г/раст. при сроке посева 28 мая относительно этого показателя в варианте с сокращением светового дня до 10 ч при сроке посева 3 июня. Наилучшие качество и продуктивность семян были в естественных условиях при сроке посева 28 мая.*

Ключевые слова: соя, бобы, семена, качество, световой день, продуктивность

INFLUENCE OF THE LENGTH OF DAYLIGHT HOURS ON THE MATRIX DIVERSITY AND PRODUCTIVITY OF THE EARLY MATURING SOYBEAN VARIETY Sentyabrinka SEEDS WHEN GROWN IN THE CONDITIONS OF THE AMUR REGION

V.T. Sinegovskaya, Academician of the RAS, Professor, Honored worker of science of the Russian Federation
A.N. Levina, Junior Researcher
FSBSI FRC “All-Russian Scientific Research Institute of Soybean”,
Blagoveshchensk, Amur region, Russia
E-mail: valsino9@gmail.com

Abstract. *The research was carried out under the conditions of a vegetative experiment of the laboratory of plant physiology of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Research Center “All-Russian Scientific Research Institute of Soybean” with an early maturing soybean variety Sentyabrinka. In 2020–2022, we research the effect of light days on the matrix different quality and productivity of soybean seeds in order to determine the response of an early maturing variety to light days, which depends primarily on the sowing time of seeds of an early maturing variety. The artificial reduction of light days from sixteen to ten hours at the sowing date on May 28 reduced the growing season of plants by 7 days, and light days at the sowing date on June 3 under natural conditions provided the longest growing season, which was 4 days longer compared to this period in plants grown with 10 hours of light days. The number of seeds formed on 1 plant under the conditions of natural light days was maximum at the sowing date on May 28, exceeding by 9 pcs/plant relative to this indicator for plants with a sowing date of June 3. The largest number of beans was formed on tier II in plants with natural light days at the sowing date on May 28 and exceeded this figure by 4 pcs for plants with a sowing date of June 03. Regardless of the duration of light days, the least number of beans was on layer I, both at the sowing date of May 28 and June 3. With the duration of light days at the sowing date of May 28, a tendency to increase plant productivity by 0.3 g/plant was revealed compared with this indicator for plants with a sowing date of June 3. A significant increase in the productivity of soybean plants of the Sentyabrinka variety by 1.16 g/plant was established at the sowing date on May 28 relative to this indicator for the variant with a reduction in light days to 10 hours at the sowing date on June 3. For all indicators of the quality and productivity of seeds, a favorable light day was created for plants in natural conditions at the sowing date of May 28.*

Keywords: soybean, beans, seeds, quality, light days, productivity

Семена с одного растения не бывают одинаковыми по своему качеству (масса, величина, зрелость). Из крупных семян обычно вырастают хорошо развитые и урожайные растения, из мелких – недостаточно полноценные. Один из важнейших факторов, обуславливающих образование разнокачественных семян – неодновременность их формирования на растении. Это связано с воздействием внешней среды (температура воздуха, продолжительность светового дня, качество и интенсивность света). [13, 16] Сое для перехода в репродуктивную стадию требуется определенное соотношение светового и темного периодов суток. [6] Начало цветения у растений наступает быстрее в условиях короткого светового дня и затягивается с его удлинением. В Амурской области цветение растений и формирование репродуктивных органов происходит при длительном световом дне – 16...17 ч. [11, 18] Это приводит к изменениям в фазах цветения и созревания и ухудшает биометрические показатели репродуктивных органов, биохимический состав и посевные качества семян. [4,10,14] Семена, сформировавшиеся на одном растении в различных условиях освещения, отличаются по морфологическим, физиологическим и биологическим признакам. [2, 7] У зернобобовых культур увеличение времени цветения и формирования семян приводит к образованию разнокачественных семян на материнском растении. Многочисленные исследования указывают на тесную взаимосвязь между разнокачественностью семян и урожайностью. [1, 5, 12] Для получения семян высокого качества важно в каждом регионе создавать сорта слабо реагирующие на длину светового дня.

Цель работы – изучение реакции скороспелого сорта на продолжительность светового дня, которая зависит от срока посева.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2020–2022 годах в условиях вегетационного домика с использованием сосудов Вагнера. Изучали действие продолжительности естественного светового дня и искусственно сокращенного до 10 ч с фазы третьего тройчатого листа на рост, развитие и формирование репродуктивных органов скороспелого сорта сои в зависимости от срока посева. Объект изучения – сорт селекции ВНИИ сои *Сентябринка* с периодом вегетации 87...99 дней, урожайностью семян более 2,6 т/га, содержанием белка до 43,8 %, жира – 19,2 %. Сорт характеризуется индетерминантным типом роста, устойчив к полеганию, формирует две-три ветви, растения устойчивы к грибным и бактериальным болезням. Он соответствует параметрам возделывания в регионах с ограниченными тепловыми ресурсами, что обеспечивает получение высокой урожайности за короткий безморозный период. [15] Посев проводили 28 мая и 3 июня, повторность – четырехкратная. Высевали по пять семян в каждом сосуде, после появления всходов оставляли по три растения. В течение всего вегетационного периода влажность почвы поддерживали на уровне 80 % ППВ. Растения закрывали в сосудах для изменения продолжительности светового дня до десяти

часов с фазы третьего тройчатого листа. Чередование дневного и ночного периодов в каждом варианте повторяли семь раз за вегетацию. Контролем для сои, выращиваемой с сокращенным световым днем, служили растения, рост и развитие которых проходили в естественных условиях, когда продолжительность светового дня от всходов сои до начала образования бобов, составляла 16 ч. Учеты по чередованию фотопериодов, формированию репродуктивных органов с фазы начала цветения выполняли по методике Э.Ф.Лопаткиной. [8] Фенологические наблюдения осуществляли ежедневно в течение вегетационного периода с фазы всходов (VE) до полного созревания семян (R8), с отметкой фазы роста и развития по методике W. Fehret. al. [17] Структуру и величину урожая определяли по методике ГСИ. [9] Анализ параметров генеративных органов проводили на главном стебле растений, разбив его по узлам на три яруса – I, II и III (снизу вверх) на основе теоретического распределения средних из трех величин разных параметров: количество бобов и семян, масса семян. Учитывая ограниченное число степеней свободы, использовали t-распределение Стьюдента. [3]

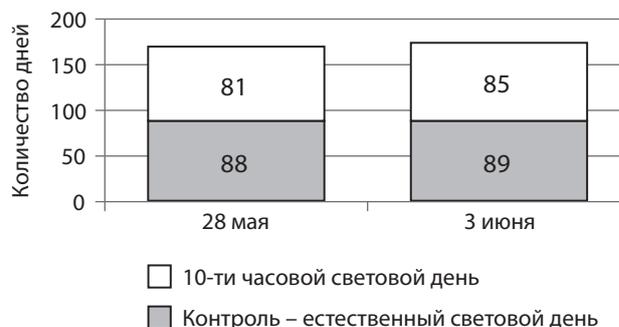


Рис. 1. Продолжительность вегетационного периода сои сорта *Сентябринка* в зависимости от срока посева и длины светового дня, 2020–2022 годы.

Влияние продолжительности светового дня на матрикальную разнокачественность семян сорта *Сентябринка*, 2021–2022 годы

Дата посева	Продолжительность светового дня	Ярус	Количество, шт./раст.		Масса семян, г/раст.
			бобов	семян	
28.05	Контроль – естественные условия	I	5	9	0,94
		II	17	37	5,78
		III	9	23	3,67
	всего	31	69	10,39	
	10 ч	I	7	15	1,71
		II	14	34	4,89
III		10	17	2,58	
всего	31	66	9,18		
03.06	Контроль – естественные условия	I	6	13	1,18
		II	13	29	4,72
		III	9	18	3,14
	всего	28	60	9,04	
	10 ч	I	6	11	1,36
		II	14	31	5,27
III		7	17	2,73	
всего	27	59	9,36		
НСР ₀₅			2,10	5,64	0,87

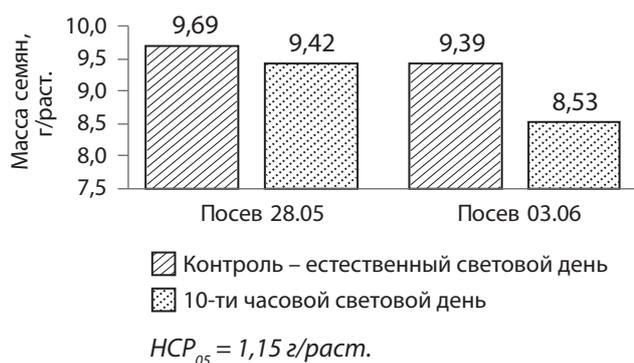


Рис. 2. Продуктивность сорта сои *Сентябринка* в зависимости от срока посева и продолжительности светового дня, г/раст., 2020–2022 годы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В благоприятных условиях температурного режима и оптимальной влажности почвы длина светового дня оказала влияние на продолжительность вегетационного периода скороспелого сорта сои *Сентябринка* (рис.1).

Световой день был самым продолжительным в условиях естественного освещения во все фазы роста и развития растений, что привело к удлинению вегетационного периода со сроком посева 3 июня на четыре дня по сравнению с десятичасовым световым днем. При сроке посева 28 мая искусственное сокращение светового дня до десяти часов уменьшило вегетационный период на семь дней.

Формирование репродуктивных органов на главном стебле растений как по ярусам, так и на всем растении, в среднем за два года, различалось в зависимости от продолжительности светового дня (табл. 1).

Максимальное количество бобов на растении образовалось при сроке посева 28 мая, как при естественном световом дне, так и сокращенном, минимальное – в варианте с укороченным световым днем (посев – 3 июня). Количество семян на одном растении в условиях естественной продолжительности светового дня было больше на 9 шт. при сроке посева 28 мая, чем у растений, посеянных 3 июня. В остальных вариантах опыта существенных различий по количеству семян с одного растения не установлено. Положительные различия массы семян с растения получены в варианте с естественной про-

должительностью светового дня при сроке посева 28 мая по сравнению с другими вариантами.

Продолжительность светового дня в большей степени повлияла на репродуктивные органы при их формировании в ярусах главного стебля по сравнению с образовавшимися на всем растении в течение вегетационного периода сои. Наибольшее количество бобов сформировалось на ярусе II у растений с естественным световым днем при сроке посева 28 мая (на 4 шт. больше, чем у растений, посеянных 3 июня). Независимо от продолжительности светового дня и даты посева меньше всего бобов было в ярусе I. Сокращение светового дня до десяти часов не привело к увеличению бобов в нижнем ярусе. Вероятнее всего, на формирование бобов отрицательно повлияло затенение нижнего яруса листовой поверхностью. Несмотря на лучшее освещение узлов яруса III, количество бобов не только не превышало этот показатель для яруса II, а было меньше на 4...11 шт. в зависимости от продолжительности светового дня. Меньше всего бобов в ярусе III сформировалось у растений с десятичасовым световым днем при сроке посева 3 июня. Показатели количества и массы семян были также самыми высокими в ярусе II, независимо от продолжительности светового дня, максимальными – в варианте со сроком посева 28 мая в естественных условиях. Следовательно, наиболее благоприятный режим продолжительности светового дня создается при посеве 28 мая, что подтверждается данными по количеству и массе семян со всего растения. Превышение массы семян с растения относительно варианта со сроком посева 3 июня (полный световой день) в среднем за два года составило 1,35 г/раст., при $НСР_{05} = 0,87$. Изучение влияния продолжительности светового дня в течение трех лет показало, что продуктивность семян с растения не имела существенных различий по вариантам опыта (рис. 2). Выявлена тенденция к снижению продуктивности семян у растений, выращиваемых с коротким световым днем. В естественных условиях продуктивность растений (посев – 28 мая) была выше на 0,30 г/раст. относительно посева 3 июня.

Сформировавшиеся в бобах семена различались по крупности в зависимости от их расположения по ярусам (рис. 3).

По мере увеличения высоты растений доля крупных семян (6...7 мм) в верхнем ярусе уменьшалась

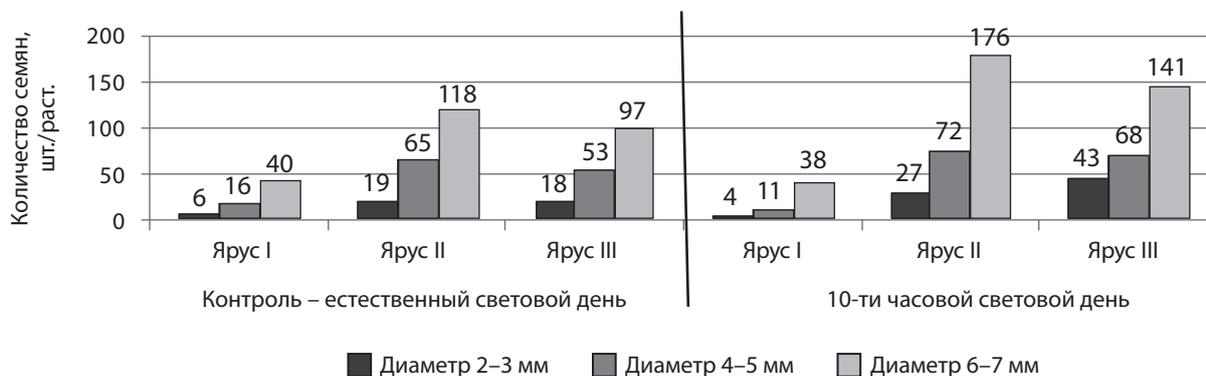


Рис. 3. Крупность семян сои сорта *Сентябринка* в зависимости от места их формирования на растении и длины светового дня при сроке посева 28 мая, 2021–2022 годы.

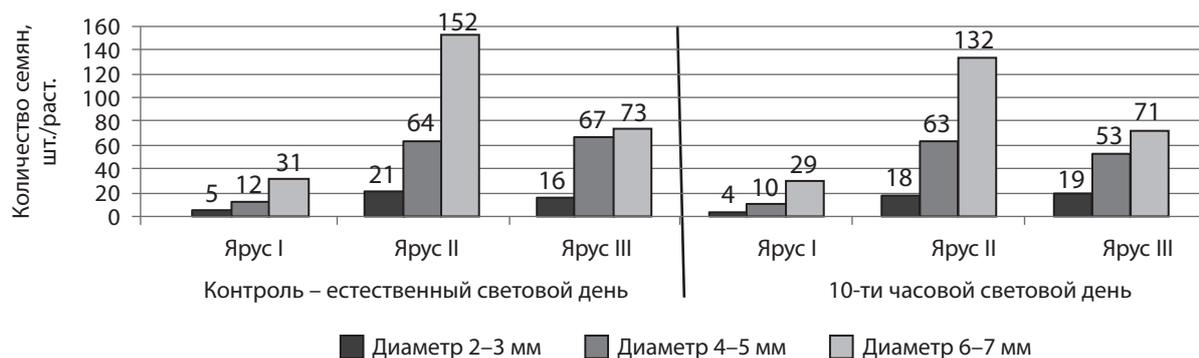


Рис. 4. Крупность семян сои сорта *Сентябринка* в зависимости от места их формирования на растении и длины светового дня при сроке посева 3 июня, 2021–2022 годы.

относительно нижнего. При сроке посева 28 мая у растений контрольного варианта в ярусе I доля семян с диаметром 6...7 мм составила 64,5 % их общего количества, II – 58,4, III – 57,7, с укороченным световым днем – 71,7, 71,0 и 56,0% соответственно. Сокращение светового дня оказало положительное влияние на крупность семян в нижнем и среднем ярусах из-за более раннего начала их формирования, что подтверждается снижением продолжительности вегетационного периода растений с укороченным световым днем на семь дней. У растений со сроком посева 3 июня доля крупных семян в варианте с естественным световым днем в бобах яруса I – 64,6%, II – 64,1, III – 46,8, десятичасовом – 67,4, 62,0 и 49,6 % соответственно (рис. 4).

Сокращение светового дня, ускоряя начало цветения, обеспечило увеличение доли крупных семян нижнего и верхнего ярусов на 2,8% относительно вариантов с естественным световым днем, независимо от даты посева растений.

Таким образом, продолжительность светового дня при сроке посева 28 мая создает наиболее благоприятные условия для роста и развития растений сои сорта *Сентябринка*, что подтверждается величиной продуктивности растений и показателями матричной разнокачественности по количеству бобов и семян, массе семян в ярусах главного стебля. Наибольшее количество бобов формировалось в ярусе II у растений с естественным световым днем при сроке посева 28 мая и превышало этот показатель на четыре штуки у растений, посеянных 3 июня. Увеличение доли крупных семян в бобах в условиях десятичасового светового дня не привело к повышению продуктивности растений.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Бельшклина М.Е., Кобозева Т.П., Шевченко В.А., Деллаев У.А. Влияние норм высева и способов посева на урожайность и качество семян раннеспелых сортов и форм сои Северного экотипа // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2018. № 4. С. 182–190. doi 10.26897/0021-342X-2018-4-182-190. – EDN YLSYTG.
- Бухаров А.Ф. Разнокачественность семян: теория и практика (обзор) // Овощи России. 2020. № 2. С. 23–31. doi: 10.18619/2072-9146-2020-2-23-31.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. / М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
- Елисеева Л.В., Каюкова О.В. К вопросу изучения матричной разнокачественности семян зерновых бобовых // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 2(2). С. 21–25.
- Елисеева Л.В., Кокуркина О.Т., Мефодьев Г.А. Изучение разнокачественности семян сои // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2. 505 с.
- Зеленцов С.В., Савельев А.А. Использование параметров ярусной изменчивости длины междоузлий для выявления генотипов сои с пониженной реакцией на длину дня // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. 2008. вып. 1(138). С.47–3.
- Кашуков М.В., Магомедов К.Г., Калова В.Х., Абазова М.С. Влияние агротехнических приемов на физические свойства, химический состав и посевные качества семян сои // Проблемы развития АПК региона. 2017. Т. 30. № 2(30). С. 22–25.
- Лопаткина Э.Ф. Фоторегулирование длительности этапов органогенеза сои в связи с задачами селекции // Приемы регулирования продуктивности сои: Сб. науч. тр. /ВАСХНИЛ. Сиб. отд-ние. Новосибирск, 1987. С. 126–129.
- Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1989. 195 с.
- Позднякова А.В., Магомедтагиров А.А., Резвицкий Т.Х. Матричная разнокачественность элементов цветка сои // The Scientific Heritage. 2021. № 59-2(59). С. 31–34. doi: 10.24412/9215-0365-2021-59-2-31-34.
- Синеговская В.Т., Левина А.Н. Влияние продолжительности светового дня на рост, развитие и продуктивность сои // Дальневосточный аграрный вестник. 2020. № 2(54). С. 47–55.
- Соколова С.С., Гатаулина Г.Г. Продолжительность вегетации и особенности формирования урожая зернобобовых культур на дерново-подзолистых почвах центрального региона // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2011. № 1. С. 19–23.
- Ткаченко К.Г. Разнокачественность плодов и семян, определяющая ритмы развития особей нового поколения // Hortus Botanicus. 2020. Т. 15. С. 226–253.
- Устюжанин А.П., Шевченко В.Е., Турьянский А.В. Селекция сортов сои северного экотипа // Воронеж: Воронежский ГАУ. 2007. 225 с.
- Фокина Е.М., Беляева Г.Н., Синеговский М.О. и др. Каталог сортов сои. Благовещенск: ООО «ИНК «ОДЕОН», 2021. 69 с.
- Яркова Н.Н., Федорова В.М. Семеноведение сельскохозяйственных растений: учебное пособие // Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2016. 116 с. ISBN 978-5-94279-323-4

17. Fehr W.R., Caviness C.E., Burmood D.T., Pennington J.S. Stages of development descriptions for soybeans, *Glycine max.* (L) Merr. // *Crop Sci.* 1971. №11. pp. 929–930.
18. Zhang L.X., Liu W., Tsegaw M., et al. Principles and practices of the photo-thermal adaptability improvement in soybean // *Journal of integrative agriculture.* 2020. Vol. 19. № 2. pp. 295–310. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62850-9](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62850-9)
8. Lopatkina E.F. Fotoregulirovanie dlitel'nosti etapov organogeneza soi v svyazi s zadachami selekcii // *Priemy regulirovaniya produktivnosti soi: Sb. nauch. tr. /VASKHNIL. Sib. otd-nie. Novosibirsk, 1987. S. 126–129.*
9. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur. M., 1989. 195 s.
10. Pozdnyakova A.V., Magomedtagirov A.A., Rezvickij T.H. Matrikal'naya raznokachestvennost' elementov cvetka soi // *The Scientific Heritage.* 2021. № 59-2(59). S. 31–34. doi: [10.24412/9215-0365-2021-59-2-31-34](https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-59-2-31-34).
11. Sinegovskaya V.T., Levina A.N. Vliyanie prodolzhitel'nosti svetovogo dnya na rost, razvitie i produktivnost' soi // *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik.* 2020. № 2(54). S. 47–55.
12. Sokolova S.S., Gataulina G.G. Prodolzhitel'nost' vegetacii i osobennosti formirovaniya urozhaya zernobobovyh kul'tur na dernovo-podzolistyh pochvah central'nogo regiona // *Izvestiya Timiryazevskoj sel'skohozyajstvennoj akademii.* 2011. № 1. S. 19–23.
13. Tkachenko K.G. Raznokachestvennost' plodov i semyan, opredelyayushchaya ritmy razvitiya osobej novogo pokoleniya // *Hortus Botanicus.* 2020. T.15. S. 226–253.
14. Ustyuzhanin A.P., Shevchenko V.E., Tur'yanskij A.V. Selekcija sortov soi severnogo ekotipa // *Voronezh: Voronezhskij GAU.* 2007. 225 s.
15. Fokina E.M., Belyaeva G.N., Sinegovskij M.O. i dr. Katalog sortov soi. Blagoveshchensk: OOO «INK «ODEON», 2021. 69 s.
16. Yarkova N.N., Fedorova V.M. Semenovedenie sel'skohozyajstvennyh rastenij: uchebnoe posobie // Perm': IPC «Prokrost», 2016. 116 s. ISBN 978-5-94279-323-4
17. Fehr W.R., Caviness C.E., Burmood D.T., Pennington J.S. Stages of development descriptions for soybeans, *Glycine max.* (L) Merr. // *Crop Sci.* 1971. №11. pp. 929–930.
18. Zhang L.X., Liu W., Tsegaw M., et al. Principles and practices of the photo-thermal adaptability improvement in soybean // *Journal of integrative agriculture.* 2020. Vol. 19. № 2. pp. 295–310. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62850-9](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62850-9)

REFERENCES

1. Belyshkina M.E., Kobozeva T.P., Shevchenko V.A., De-laev U.A. Vliyanie norm vyseva i sposobov poseva na urozhajnost' i kachestvo semyan rannespelyh sortov i form soi Severnogo ekotipa // *Izvestiya Timiryazevskoj sel'skohozyajstvennoj akademii.* 2018. № 4. S. 182–190. doi: [10.26897/0021-342X-2018-4-182-190](https://doi.org/10.26897/0021-342X-2018-4-182-190). – EDN YLSYTJ.
2. Buharov A. F. Raznokachestvennost' semyan: teoriya i praktika (obzor) // *Ovoshchi Rossii.* 2020. № 2. S. 23–31. doi: [10.18619/2072-9146-2020-2-23-31](https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-2-23-31).
3. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisti-cheskoj obrabotki rezul'tatov issledovanij). 5-e izd., dop. i pererab. / M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
4. Eliseeva L.V., Kayukova O.V. K voprosu izucheniya matrikal'noj raznokachestvennosti semyan zernovyh bobovyh // *Vestnik CHuvashskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii.* 2017. № 2(2). S. 21–25.
5. Eliseeva L.V., Kokurkina O.T., Mefod'ev G.A. Izuchenie raznokachestvennosti semyan soi // *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya.* 2015. № 2. 505 s.
6. Zelencov S.V., Savel'ev A.A. Ispol'zovanie parametrov yarusnoj izmenchivosti dliny mezhdouzlij dlya vyavleniya genotipov soi s ponizhennoj reakciej na dlinu dnya // *Maslichnye kul'tury. Nauchno tekhnicheskij byulleten' VNIIMK.* 2008. vyp. 1 (138). S.47– 3.
7. Kashukoev M.V., Magomedov K.G., Kalova V.H., Abazova M.S. Vliyanie agrotekhnicheskikh priemov na fizicheskie svoystva, himicheskij sostav i posevnye kachestva semyan soi // *Problemy razvitiya APK regiona.* 2017. T. 30. № 2(30). S. 22–25.

Поступила в редакцию 06.01.2023

Принята к публикации 20.01.2023

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ В УСЛОВИЯХ ЗОНЫ РИСКОВАННОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ ПРИАМУРЬЯ

Галина Антониевна Кузьмицкая, кандидат сельскохозяйственных наук

Инга Юрьевна Меньшинина, старший научный сотрудник

Василий Романович Гашевский, старший научный сотрудник

Хабаровский Федеральный исследовательский центр ДВО РАН –

обособленное подразделение Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства,

с. Восточное, Хабаровский край, Россия

E-mail: galina-kuzmitskaya@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты изучения 28 гибридов кукурузы различного эколого-географического происхождения по основным хозяйственно полезным признакам. Из них 16 селекционных образцов селекции ДВ НИИСХ. Исследования проводили в 2019–2021 годах в питомнике конкурсного сортоиспытания отдела кормопроизводства на экспериментальном участке овощного севооборота ДВ НИИСХ методом агроклиматических аналогов применительно к экстремальным условиям Приамурья. Цель работы – сравнить продуктивность перспективных гибридов кукурузы в зоне рискованного земледелия Приамурья. Все гибриды были разделены на две группы: 1. Раннеспелые (FAO – 150–199), 13 образцов. Стандарт – сорт местной селекции Бирсу; 2. Среднеранние (FAO – 200–299), 15 образцов. Стандарт – Молдавский 215 СВ, районированный в Хабаровском крае. В среднем за годы испытаний в группе раннеспелых гибридов по урожайности зерна большинство образцов не превысили показатели стандартного сорта, выделился Бирсу двухпочатковая (+12,4 ц/га). По показателям урожайности зеленой массы и початков практически все гибриды превзошли стандартные показатели на 9,7–126,2 и 9,0–29,9 ц/га соответственно (стандарт Бирсу 194,8 и 106,6 ц/га). В группе среднеранних образцов особенный по всем показателям продуктивности гибрид Порумбень 295 АСВ × Фертильный восстановитель, который по сравнению со стандартом Молдавский 215 СВ дал прибавку по урожайности зерна, зеленой массы и початков на 31,7, 113,7 и 59,2 ц/га соответственно. У Молдавского 215 СВ урожайность – 59,7; 256,9 и 110,4 ц/га соответственно. Выделили перспективный раннеспелый гибрид Алитет 2 селекции ДВ НИИСХ, превысивший по урожайности зеленой массы сорт Бирсу на 54,3% и початков – 26, 1%. Сорт передан в Государственное сортоиспытание.

Ключевые слова: гибриды кукурузы, урожайность зерна, зеленая масса, початки, питомник конкурсного сортоиспытания

COMPARATIVE ANALYSIS OF PROSPECT CORN VARIETIES PRODUCTIVITY UNDER HIGH-RISK FARMING AMUR RIVER REGION AREA

G.A. Kuzmitskaya, PhD in Agricultural Sciences

I.Yu. Menshinina, Senior Researcher

V.R. Gashevskiy, Senior Researcher

FEB RAS Khabarovsk Federal Research Center – standalone division Far Eastern Agricultural Research Institute,

Vostochnoye village, Khabarovsk Krai, Russia

E-mail: galina-kuzmitskaya@mail.ru

Abstract. The article presents the results of the study of corn hybrids of various ecological and geographical origin according to economic traits. The research was carried out during 2019–2021 in the nursery of the competitive variety trial of the fodder production department on the experimental plot of vegetable rotation of the Far Eastern Agricultural Research Institute (FEARI) by the method of agro-climatic analogues as applicable to the extreme conditions of the Khabarovsk territory. The targets of research were 28 maize hybrids, 16 of which were selected by FEARI. The goal of research is comparative assessment of the productivity of promising corn hybrids in conditions of risk farming zone in the Amur river region. The studied hybrids were divided into 2 groups: short-season hybrids (FAO – 150–199), 13 samples. The standard is the local selection Birsu hybrid. 2. middle-early hybrids (FAO – 200–299), 15 samples. The standard is released in the Khabarovsk territory Moldavian 215 SV hybrid. On average during the research period the grain productivity of most of the samples in the group of short-season hybrids didn't exceed the characteristics of standard hybrid. Only Birsu (2-cob) hybrid stood out (+12.4 dt/ha). In terms of herbage and cob productivity almost all hybrids exceed the standard values (Birsu – 194,8; 106,6 dt/ha) by 9.7–126.2 and 9.0–29.49 dt/ha respectively. In the group of middle-early hybrids the Porumben 295 ASV × fertile restorer hybrid stood out. In terms of grain, herbage and cob productivity it exceeded the standard hybrid Moldavian 215 (59.7, 256.9, 110.4 dt/ha) by 31.7, 113.7 and 59.2 dt/ha respectively. Based on the research findings the selected by FEARI Alitet 2 advantageous hybrid was marked out. In terms of herbage productivity it exceed Birsu hybrid by 54.3% and in terms of cob productivity – by 26, 1%. The hybrid is transferred to the state variety testing.

Keywords: corn hybrids, advantageous hybrids, grain productivity, herbage, cobs, nursery of the competitive variety trial

Развитие животноводства, в частности поголовья крупного рогатого скота, невозможно без увеличения производства фуража. Выращивание кукурузы

на зернофураж и силос обеспечивает около 80% потребности животного в энергии и на 50% снабжает его белком от требуемой нормы. [6] Отрасль живот-

новодства в Дальневосточном регионе убыточная. Связано это с тем, что к общероссийским негативным факторам развития отрасли добавляются специфические, связанные с природно-климатическими условиями, удаленностью от центра России и близостью стран АТР. [5, 9] Наращивание производства зерна на фураж при ограниченных тепловых ресурсах Приамурья и особенностей муссонного климата — одна из важнейших задач сельского производства Хабаровского края. При малоземелье пашни переход на высокоурожайные культуры (кукуруза) — наиболее реальный путь увеличения зернофуража. Инорайонные гибриды, попадая в экстремальные условия местного муссонного климата, часто погибают, поражаются гельминтоспориозом и другими болезнями, повреждаются восточным мотыльком, который вызывает ломкость стебля.

Получать высокие урожаи зеленой массы и зерна невозможно без внедрения в производство перспективных скороспелых гибридов с учетом местных условий и совершенствования агротехники. [7, 10]

Новые сорта должны обладать комплексом хозяйственно ценных признаков (скороспелость, устойчивость к основным болезням и вредителям, высокая адаптивная способность, позволяющая получать стабильно высокий урожай зерна и зеленой массы). [3]

Одно из условий решения задач увеличения урожайности — создание новых перспективных гибридов кукурузы с повышенной зерновой продуктивностью, толерантностью к неблагоприятным факторам окружающей среды, иммунных к болезням и вредителям, устойчивых к полеганию и ломкости.

Цель работы — комплексная оценка местных и инорайонных гибридов кукурузы в питомнике конкурсного сортоиспытания по основным хозяйственно ценным признакам.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Научные исследования проводили в питомнике конкурсного сортоиспытания отдела кормопроизводства на экспериментальном участке овощного севооборота ДВ НИИСХ методом агроклиматических аналогов в экстремальных условиях Приамурья (патент на изобретение № 2311.754). Почва лугово-бурая тяжелосуглинистая. рН солевой вытяжки пахотного слоя перед закладкой опыта — 4,7, содержание гумуса (по Тюрину) — 4,7, P_2O_5 (по Кирсанову) — 4,2 мг/100 г почвы, K_2O_5 (по Масловой) — 25 мг/100 г почвы.

Семена кукурузы сеяли ручными кукурузными сажалками на глубину 4...5 см, норма высева — 70 тыс. всх. сем./га, доза минеральных удобрений $N_{90}P_{90}K_{90}$. Предшественник (в зависимости от года исследований) — соя, томат, картофель. Агротехнические мероприятия проводили в соответствии с общепризнанной в Приамурье технологией возделывания кукурузы. [2]

Объект исследований — 28 гибридных образцов кукурузы зернового и силосного использования селекции ДВ НИИСХ, Молдавии, КНР, США, Сербии. Повторность трехкратная, площадь учетной делянки — 25 м². Сорта-стандарты: *Бирсу* — для раннеспелой группы и *Молдавский 215 СВ* — среднеранних образцов, районированных в Хабаровском крае. Высевали через 10...20 номеров. Фенологи-

ческие, морфобиологические наблюдения, учеты и измерения выполняли в соответствии с методикой Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур и общепринятым методикам для кукурузы. [4, 8] Полученные результаты математически обрабатывали методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову. [1]

Агроклиматические условия были различными. Это позволило провести объективную оценку изучаемым образцам с учетом особенностей местного климата.

В 2019 году вегетационный период в мае отличался умеренным обеспечением тепла и переувлажнением почвы (ГТК — 3,0), летом преимущественно была прохладная погода. В июне — прохладная влажная: температура воздуха на 2,0°C ниже климатической нормы (15,9°C). За месяц выпало 99 мм осадков, что в 1,3 раза больше нормы (ГТК — 2,0) (рис. 1, 2, 2-я стр. обл.).

Июль был умеренно теплый с сильными дождями и ливнями в III декаде. Выпало 139% осадков к среднееголетним значениям (ГТК — 2,5). Температура воздуха в августе была на 0,7°C ниже нормы, а осадков выпало в 2,1 раза больше многолетних показателей (ГТК — 5,4). Осень преимущественно теплая (на 0,7°C выше нормы) и сухая (ГТК — 1,7). Начальный период роста растений кукурузы (май 2020 года) проходил в благоприятных условиях по теплу. Увлажнение почвы было умеренно-достаточным (ГТК — 0,7). Летний период характеризовался неустойчивой погодой. Июнь оказался холоднее нормы на 2,7°C, а осадков выпало в 1,7 раза больше нормы (ГТК — 4,5). Июль был умеренно теплый с осадками в пределах климатической нормы (ГТК — 2,5). В августе температура чуть ниже средних многолетних значений, но по осадкам средние значения выше на 31% (ГТК — 3,8). Сентябрь — теплый (15°C) и дождливый (ГТК — 2,9).

Сложившиеся агроклиматические условия в 2021 году были благоприятными для посева и появления всходов кукурузы (температура в мае — 12,1°C, сумма осадков — 71,6 мм, что незначительно выше нормы (ГТК — 1,2)). Лето — теплое с неравномерным распределением осадков. В июне ГТК — 2,3, июле — 0,3, августе — 2,8. В августе среднедекадные температуры воздуха были ниже нормы на 0,6°C, осадки, наоборот, превысили ее в два раза. Сентябрь — теплый (14,9°C) с дефицитом осадков (73% нормы). В критические периоды растения кукурузы не испытывали дефицита тепла и влаги, что обеспечивало формирование высокого урожая.

Таким образом, агрометеорологические условия 2019–2021 годов в течение активной вегетации кукурузы существенно различались между собой. Неоднозначные погодные условия в отдельные периоды вегетации (июнь-июль) позволили дать объективную оценку изучаемому селекционному материалу по урожайности и устойчивости к био- и абиострессам региона.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По времени созревания в условиях Приамурья анализируемые гибриды показали себя как раннеспелые (ФАО — 150...199) — 13 гибридов, и средне-

Таблица 1.

Урожайность раннеспелых гибридов кукурузы, среднее за 2019–2021 годы, ц/га

Гибрид	Зерно 14% влажности	Прибавка к стандарту	Зеленая масса	Прибавка к стандарту	Початки	Прибавка к стандарту
Бирсу, стандартный сорт	69,3	–	194,8	–	106,6	–
ф.в.* х Порумбень 145 МВ	66,6	–2,7	291,8	+97,0	125,0	+18,4
Алитет 1	65,1	–4,2	284,3	+89,5	121,3	+14,7
ф.в.* х Порумбень 172 СВ	70,9	+1,6	338,5	+143,7	134,1	+27,5
Алитет 2	57,1	–12,2	300,5	+105,7	134,4	+27,8
Ирма С х Порумбень 173 СВ	55,4	–13,9	269,0	+74,2	123,5	+16,9
Инга С х Порумбень 173 СВ	57,3	–12,0	256,8	+62,0	118,7	+12,1
Инга С х Порумбень 140 МВ	65,2	–4,1	282,6	+87,8	115,6	+9,0
ф.в.* х Порумбень 140 МВ	71,3	+2,0	278,5	+83,7	124,4	+17,8
Стерильная линия	67,5	–1,8	321,0	+126,2	135,8	+29,2
Бирсу 2-х початковая	81,7	+12,4	314,4	+119,6	136,5	+29,9
Гуран 1	64,1	–5,2	297,3	+102,5	120,4	+13,8
Гуран 2	70,3	+1,0	251,8	+57,0	130,4	+23,8
НСР _{0,5}	4,6		48,2		12,4	

Примечание. ф.в.* – фертильный восстановитель (то же в табл.2).

Таблица 2.

Урожайность среднеранних гибридов кукурузы, среднее 2019–2021 годы, ц/га

Гибрид	Зерно 14% влажности	Прибавка к стандарту	Зеленая масса	Прибавка к стандарту	Початки	Прибавка к стандарту
Молдавский 215 СВ, стандартный сорт	59,7	–	256,9	–	110,4	–
Дачная – 1	72,6	+12,9	333,0	+76,1	149,8	+39,4
Российская – 1	69,9	+10,2	306,1	+49,2	126,2	+15,8
Бемо 182 СВ х ф.в.*	55,5	–2,2	246,8	–10,1	106,7	–3,4
Росс 199 МВ	64,9	+5,2	284,6	–27,7	118,0	+7,6
Краснодарский 294 МВ	78,3	+18,6	316,6	+59,7	134,9	+24,5
Росс 197 МВ	76,6	+16,9	296,4	+39,5	124,9	+14,5
Ольга М х Порумбень 295 АСВ	65,8	+6,1	300,5	+43,6	126,0	+15,6
ЗПТК – 196 МВ	67,5	+7,8	303,3	+46,4	127,7	+17,3
Порумбень 295 АСВ х ф.в.*	91,4	+31,7	370,6	+113,7	169,6	+59,2
Порумбень 295 АСВ	50,3	–9,4	213,5	–43,4	86,5	–23,9
Порумбень 291 СВ х ф.в.*	55,1	–4,6	247,0	–9,9	92,5	–17,9
Фальконе	57,4	–2,3	240,5	–16,4	122,5	+12,1
Ставропольская	65,4	+5,7	365,9	+109,0	160,5	+50,1
Китайская коллекция белая	69,9	+10,2	399,0	+142,1	167,8	+57,4
НСР _{0,5}	6,6		44,8		15,6	

ранние (ФАО – 200...299) – 15. На основе комплексной оценки по урожайности зеленой массы, початков и зерна 14% влажности были выделены наиболее продуктивные гибриды.

В группе раннеспелых гибридов в среднем за три года все сортообразцы превзошли стандартный сорт Бирсу по урожаю зеленой массы и початков на 57,0...147,3 и 9,0...29,9 ц/га соответственно. Самые

высокоурожайные: фертильный восстановитель х Порумбень 172 СВ; Стерильная линия и Алитет 2. У гибрида Бирсу двухпочатковая, помимо повышенной урожайности зеленой массы и початков, отмечена высокая урожайность зерна, на 12,4 ц/га превысившая стандартные значения (табл. 1).

67% гибридов (среднеранняя группа) по урожайности зерна превзошли стандартный сорт Молдавский 215 СВ в среднем на 5,7...31,7 ц/га (табл. 2).

Наиболее продуктивными по объему зеленой массы и початков оказались гибриды: Порумбень 295 АСВ × Фертильный восстановитель; Краснодарский 294 МВ, Ставропольская, Дачная-1, Китайская белая. Прибавка урожая зерна – от 9,5 до 53,1% по сравнению со стандартом. Рост урожая зеленой массы и початков по сравнению с Молдавским 215 СВ находился в пределах 12,3...55,3 и 22,2...53,6% соответственно.

В условиях ограниченных тепловых ресурсов в Приамурье быстрорастущие сорта, гибриды, линии способны накапливать больше сухого вещества в зеленой массе. Это важнейший показатель для получения силоса высокого качества, и представляет наибольшую хозяйственную ценность. В питомнике конкурсного сортоиспытания по сбору сухого вещества в зеленой массе в среднем за три года исследований 13 вариантов показали значения, превышающие аналогичные показатели у сортов-стандартов. Выделились гибриды: Стерильная линия – 113,3 ц/га, ЗПТК-196 МВ – 105,0, Гуран 1 – 104,7, Алитет 2 – 104,3 ц/га (рис. 3, 2-я стр. обл.).

Порумбень 295 АСВ × Фертильный восстановитель, Краснодарский 294 МВ, фертильный восстановитель × Порумбень 172 СВ и Алитет 2 в среднем за период исследований показали максимальный сбор сухого вещества в початках, превышающий стандартные показатели у Бирсу и Молдавского 215 СВ на 13,0...28,2 ц/га.

Таким образом, в результате исследований были выделены наиболее перспективные раннеспелые и среднеранние гибриды с максимальными показателями урожайности зерна, зеленой массы, початков и сбора сухого вещества, которые можно рекомендовать для выращивания в Среднем Приамурье.

Они отличаются оптимальным сочетанием по морфологическим показателям: высота растений – 215,7...236,7 см; количество початков – 1,1...1,4, узлов – 10,5...12,4 и листьев – 11,5...12,7; высота прикрепления початков – 75,6...99,2 см. Морфологические показатели сортообразцов наиболее полно отвечают требованиям механизированной уборки и будут учитываться в дальнейшей селекционной работе.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
2. Зубрев А.И. Интенсивная технология возделывания кукурузы в Хабаровском крае. Методологические рекомендации ВАСХНИЛ. Новосибирск, 1990. 72 с.
3. Зубрев А.И., Кологоров Н.В. Кукуруза в Хабаровском крае. Хабаровск, 2002. 145 с.
4. Изучение и поддержание образцов коллекции кукурузы. Методические указания. Л.: ВАСХНИЛ, ВИР, 1985. С. 11-35.

5. Ким Л.В., Назарова А.А. Актуальные проблемы производства продукции растениеводства на Дальнем Востоке в современных экономических условиях. Актуальные проблемы, современное состояние инновации в области природообустройства и строительства: матер. Всерос. заоч. науч.-практ. конф., посвящ. памяти д-ра техн. наук, проф., заслуженного мелиоратора РФ И.С. Алексейко (г. Благовещенск, 11 ноября 2015 г.) / отв. ред. М.В. Маканникова. Благовещенск: Изд-во ДальГАУ, 2015. С. 238–245.
6. Кириллов Н.А., Волков А.И. Экономическая и энергетическая эффективность использования энергосберегающих технологий и регуляторов роста // Мат. науч.-техн. конф. «Дорожно-транспортный комплекс: состояние, проблемы и перспективы развития». Чебоксары: ВФ МАДИ, 2016. С. 106–114.
7. Кириллов Н.А., Соколова Е.А., Измest'ев В.М. Сравнительная оценка урожайности зеленой массы гибридов кукурузы // Аграрная Россия. 2018. № 5. С. 9–11.
8. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. 1989. Вып. 2. С. 194.
9. Назарова А.А. Перспективы развития кормопроизводства в Дальневосточном федеральном округе (на примере Хабаровского края) // Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ, 2018. Т. 2. С. 229–234.
10. Орлянский Н.А., Орлянская Н.Г. Оценка результатов экологического сортоиспытания гибридов кукурузы с использованием селекционных индексов // Кукуруза и сорго. 2016. № 4. С. 3–7.
2. Zubrev A.I. Intensivnaya tekhnologiya vozdeleyvaniya kukuruzy v Habarovskom krae. Metodologicheskie rekomendacii VASKHNIL. Novosibirsk, 1990. 72 s.
3. Zubrev A.I., Kologorov N.V. Kukuruza v Habarovskom krae. Habarovsk, 2002. 145 s.
4. Izuchenie i podderzhanie obrazcov kolekcii kukuruzy. Metodicheskie ukazaniya. L.: VASKHNIL, VIR, 1985. S. 11–35.
5. Kim L.V., Nazarova A.A. Aktual'nye problemy proizvodstva produkcii rastenievodstva na Dal'nem Vostoke v sovremennykh ekonomicheskikh usloviyakh. Aktual'nye problemy, sovremennoe sostoyanie innovacii v oblasti prirodobustroystva i stroitel'stva: mater. Vseros. zaoch. nauch.-prakt. konf., posvyashch. pamyati d-ra tekhn. nauk, prof., zasluzhennogo melioratora RF I. S. Aleksejko (g. Blagoveshchensk, 11 noyabrya 2015 g.) / отв. red. M.V. Makannikova. Blagoveshchensk: Izd-vo Dal'GAU, 2015. S. 238–245.
6. Kirillov N.A., Volkov A.I. Ekonomicheskaya i energeticheskaya effektivnost' ispol'zovaniya energosberegayushchih tekhnologij i regulyatorov rosta // Мат. науч.-техн. конф. «Дорожно-транспортный комплекс: состояние, проблемы и перспективы развития». Чебоксары: ВФ МАДИ, 2016. С. 106–114.
7. Kirillov N.A., Sokolova E.A., Izmet'ev V.M. Sravnitel'naya ocenka urozhajnosti zelenoj massy gibridov kukuruzy // Agrarnaya Rossiya. 2018. № 5. С. 9–11.
8. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur. 1989. Vyp. 2. S. 194.
9. Nazarova A.A. Perspektivy razvitiya kormoproizvodstva v Dal'nevostochnom federal'nom okruge (na primere Habarovskogo kraja) // Novye idei novogo veka: materialy mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii FAD TOGU, 2018. T. 2. S. 229–234.
10. Orlyanskij N.A., Orlyanskaya N.G. Ocenka rezul'tatov ekologicheskogo sortoispytaniya gibridov kukuruzy s ispol'zovaniem selekcionnykh indeksov // Kukuruza i sorgo. 2016. № 4. С. 3–7.

REFERENCES

1. Dospikhov V.A. Metodika polevogo opyta. M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.

Поступила в редакцию 12.10.2022

Принята к публикации 26.10.2022

МЕТОДЫ СЕЛЕКЦИИ ЯБЛОНИ НА УЛУЧШЕНИЕ БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПЛОДОВ

Маргарита Алексеевна Макаркина, доктор сельскохозяйственных наук
Евгений Николаевич Седов, академик РАН, профессор
Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур,
д. Жилина, Орловская обл., Россия
E-mail: makarkina@vniispk.ru

Аннотация. Яблоня – самая распространенная в мире плодовая культура, в ее плодах содержатся питательные (сахара) и биологически активные вещества (аскорбиновая кислота, фенольные соединения и другие), оказывающие благотворное влияние на организм человека. Одно из приоритетных направлений при создании новых сортов яблони – улучшение химического состава плодов. Такую работу проводят во ВНИИСПК, используя метод повторных и географически отдаленных скрещиваний. В институте создан ряд сортов, превосходящих ранее широко известные сорта по содержанию в плодах питательных и биологически активных веществ. Представлена сравнительная оценка новых сортов селекции ВНИИСПК со старыми распространенными в средней полосе РФ по содержанию сахаров, аскорбиновой кислоты и фенольных соединений. Выделены лучшие образцы по каждому изучаемому показателю: содержание сахаров (%) – Ивановское (11,8), Масловское (10,8), Олимпийское (10,9), Орлик (10,8), Осиповское (12,2), Пепин орловский (10,8), Старт (10,9), Тургеневское (11,4), Яблочный Спас (10,6); аскорбиновой кислоты (мг/100 г) – Ивановское (19,5), Куликовское (15,3), Масловское (14,6), Низкорослое (18,0), Олимпийское (15,4), Свежесть (12,5), Синап орловский (13,4), Старт (11,0), Юбилар (11,3); фенольных соединений (мг/100 г) – Августа (451), Болотовское (477), Желанное (384), Кандиль орловский (553), Памяти Хитрово (480), Память Семакину (474), Радость Надежды (474), Юбилар (362), Яблочный Спас (369). Установлено, что новые сорта яблони селекции ВНИИСПК не уступают, а по некоторым показателям (сахара, фенольные вещества) превосходят ранее широко распространенные сорта.

Ключевые слова: яблоня, селекция, сорт, сахара, аскорбиновая кислота, фенольные соединения

APPLE TREE SELECTION METHODS FOR FRUIT BIOCHEMICAL COMPOSITION IMPROVING

M.A. Makarkina, *Grand PhD in Agricultural Sciences*
E.N. Sedov, *Academician of the RAS, Professor*
Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, Zhilin village, Oryol region, Russia
E-mail: makarkina@vniispk.ru

Abstract. Apple is the most widespread crop in the world, the fruits of which contain nutrients (sugars) and biologically active substances (ascorbic acid and phenolic compounds) that have a beneficial effect on the human body. One of the priorities in the creation of new apple cultivars is to improve the chemical composition of fruits. Such work is carried out in the Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPK). The method of repeated and geographically distant crosses is used. Over the years of breeding work at the Institute, a number of cultivars have been created that surpass previously widely known apple cultivars in terms of the content of nutrients and biologically active substances in fruits. A comparative assessment of new VNIISPK cultivars with old cultivars widely distributed in the middle zone of the Russian Federation is presented in terms of the content of sugars, ascorbic acid and phenolic compounds. The best cultivars have been selected for each studied indicator – by the sugar content (%): Ivanovskoye (11,8), Maslovskoye (10,8), Olimpiyskoye (10,9), Orlik (10,8), Osipovskoye (12,2), Pepin Orlovsky (10,8), Start (10,9), Turgenevskoye (11,4), Yablochny Spas (10,6); by the ascorbic acid content (mg/100 g): Ivanovskoye (19,5), Kulikovskoye (15,3), Maslovskoye (14,6), Nizkorosloye (18,0), Olimpiyskoye (15,4), Svezhest (12,5), Sinap Orlovskoye (13,4), Start (11,0), Yubilar (11,3); by phenolic compounds (mg/100 g): Avgusta (451), Bolotovskoye (477), Zhelannoye (384), Candil Orlovsky (553), Pamyati Khitrovo (480), Pamyat Semakinu (474), Radost Nadezhdy (474), Yubilyar (362), Yablochny Spas (369). It has been established that the new VNIISPK apple cultivars are not inferior, and in some indicators (sugars, phenolic substances) surpass previously widespread cultivars.

Keywords: apple, breeding, cultivar, sugars, ascorbic acid, phenolic compounds

Яблоня – самая распространенная в мире плодовая культура, отличается большой изменчивостью и приспособляемостью к разным почвенно-климатическим условиям. Сортовое разнообразие позволяет культивировать ее почти повсюду, вплоть до самых суровых районов Севера. Яблоню выращивают более чем в 80 странах, где ежегодно производят около 57,5 млн т яблок. [2, 3]

Работа по совершенствованию сортимента яблони ведется во Всероссийском НИИ селекции плодовых культур (ранее Орловская плодово-ягодная опытная станция) с 1955 года. С первого этапа работы и до сих пор в селекции яблони применяют метод повторных и географически отдаленных скрещиваний. [4] Этим методом создано 18 сортов, в том числе широко известных: *Ветеран*, *Орлик* и *Орлов-*

ское полосатое. Ветеран районирован в Центральном, Центрально-Черноземном, Волго-Вятском и Средневолжском регионах; Орлик – Северо-Западном, Центральном, Центрально-Черноземном, Нижневолжском; Орловское полосатое – Центральном, Центрально-Черноземном и Средневолжском регионах.

Биологически активные вещества яблок (аскорбиновая кислота и Р-активные соединения) имеют профилактическое и лечебное значение. [1, 11, 15–17] Антиоксидантная активность 100 г яблок эквивалентна 1500 мг аскорбиновой кислоты. [14] Учитывая, что потребление яблок в свежем виде возможно круглый год, витамины (С и Р) приобретают особое значение. Установленное нами отсутствие тесной связи между массой плодов и содержанием в них аскорбиновой кислоты дает возможность вести селекцию на крупноплодность и повышенное содержание витамина С. [7, 8] Селекция яблони на улучшение биохимического состава плодов ведется во ВНИИСПК с 1970 года. Только за 1970–2018 годы по этому направлению проведены скрещивания 463360 цветков, выращено 100 тыс. однолетних сеянцев, в селекционный сад перенесено 19209 отборных образцов. Больше внимание уделено селекции яблони на увеличение в плодах витамина С. В качестве исходных форм с повышенным содержанием аскорбиновой кислоты представляют сорта: Бабушкино (24 мг/100 г), Желтое ребристое (30), Ренет Кичунова (23), Ренет Фрома золотой (32), Россиянка (35), Трудовое (36 мг/100 г). Значительное разнообразие в пределах гибридной семьи по содержанию аскорбиновой кислоты дает возможность для эффективного селекционного отбора. Ранее нами из гибридного фонда были выделены сеянцы яблони, в плодах которых содержалось до 30...60 мг/100 г аскорбиновой кислоты. [8]

Новый этап в селекции на повышенное содержание в плодах аскорбиновой кислоты основан на целенаправленных сложных (ступенчатые) скрещиваниях, при которых лучшие трансгрессивные сеянцы от простых скрещиваний используются в гибридизации между собой или с высоковитаминными сортами. [9] От ступенчатых скрещиваний были получены сеянцы с содержанием аскорбиновой кислоты в плодах от 45 до 80 мг/100 г. [10] Во ВНИИСПК создан целый ряд гибридов с высоким содержанием витаминов С и Р, из которых выделен сорт *Vita* – 24 и 486 мг/100 г соответственно.

Инициатива создания сортов яблони на полиплоидном уровне принадлежит шведским исследователям, которые ставили задачу получать триплоидные сорта от скрещивания диплоидных сортов и форм с тетраплоидными формами. По неизвестным нам причинам эта работа была прервана. Во ВНИИСПК селекция яблони на полиплоидном уровне была начата в 1970 году. Нам удалось впервые в России и мире создать целую серию триплоидных сортов (12 шт.) от интервалентных скрещиваний типа диплоид × тетраплоид, а также ряд сортов от скрещивания между собой диплоидных родителей. Триплоидные сорта характеризуются меньшей периодичностью плодоношения по годам, более высокой товарностью и массой плодов, повышенной самоплодностью. [12] Во ВНИИСПК создано

и включено в Госреестр селекционных достижений РФ, допущенных к использованию, 15 иммунных к парше сортов яблони. Особый интерес представляют обладающие иммунитетом к парше триплоидные сорта: *Александр Бойко*, *Вавиловское*, *Масловское*, *Праздничное*, *Рождественское*, *Юбиляр*, *Яблочный Спас*.

В 1984 году начата работа по выведению колонновидных сортов. Созданы: *Восторг*, *Гирлянда*, *Орловская Есения*, *Поэзия*, *Приокское*, которые кроме *Орловской Есени* имеют иммунитет к парше.

Цель работы – сравнить лучшие новые сорта яблони селекции ВНИИСПК со старыми широко известными по биохимическому составу плодов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследований – лучшие сорта яблони селекции ВНИИСПК и девять широко известных в РФ. В плодах определяли содержание сахаров, аскорбиновой кислоты и Р-активных веществ. Анализы осуществляли по общепринятым методикам. [5]

Определение сахаров проводили по методу Бертрана, который основан на способности редуцирующих сахаров, обладающих свободной карбоксильной группой, восстанавливать в щелочном растворе окисную медь в закисную (ГОСТ 8756.13-87). Аскорбиновую кислоту (витамин С) определяли методом титрования шавелевокислых вытяжек краской Тильманса (2,6-дихлорфенолиндофенол) (ГОСТ 24556-89), Р-активные вещества (лейкоантоцианы, катехины) – фотометрическим методом с использованием фотометра ФЭК КФК-3-01-«ЗОМЗ».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Основные компоненты химического состава плодов ранее широко распространенных в России сортов представлены в таблице 1.

Сравнивая лучшие новые сорта селекции ВНИИСПК с ранее широко известными, следует отметить, что сорта селекции ВНИИСПК несколько превосходят последние по накоплению изучаемых

Таблица 1.
Содержание аскорбиновой кислоты, Р-активных веществ и сахаров в плодах широко известных сортов яблони средней полосы России (среднепогодные данные)

Сорт	Аскорбиновая кислота, мг/100 г	Сумма	
		Р-активных веществ, мг/100 г	сахаров, %
<i>Антоновка обыкновенная</i>	10,3	350	9,2
<i>Грушовка московская</i>	9,6	–	9,3
<i>Коричное полосатое</i>	5,2	128	9,5
<i>Мелба</i>	8,3	355	9,3
<i>Осеннее полосатое</i>	13,5	414	9,2
<i>Папировка</i>	12,0	269	9,4
<i>Пепин шафранный</i>	10,9	168	10,8
<i>Северный синап</i>	13,1	222	8,7
<i>Уэлси</i>	12,9	225,7	9,7
Среднее по сортам	10,6	266	9,5

компонентов (табл. 2). В среднем у девяти широко известных сортов (20...30 лет назад) средней полосы России содержание сахаров было 9,5%, а у лучших по комплексу хозяйственно полезных признаков новых сортов селекции ВНИИСПК – 10,3...10,6% в зависимости от группы. Лучший по данному признаку – *Пепин шафранный* (10,8% сахаров), среди сортов селекции ВНИИСПК – *Ивановское* (11,8%), *Масловское* (10,8), *Олимпийское* (10,9), *Орлик* (10,8), *Осиповское* (12,2), *Пепин орловский* (10,8), *Праздничное* (11,1), *Старт* (10,9), *Тургеневское* (11,4), *Яблочный Спас* (10,6%), что свидетельствует о том, что новые сорта не уступают ранее широко распространенным по накоплению сахаров в плодах.

Анализ данных таблиц 1 и 2 подтверждает превосходство новых сортов по содержанию в плодах Р-активных веществ (366...455 мг/100 г) над старыми – 266 мг/100 г. Среди сортов селекции ВНИИСПК отмечены по содержанию Р-активных веществ в плодах: *Августа* (451 мг/100 г), *Болотовское* (477), *Желанное* (384), *Кандиль орловский* (553), *Памяти Хитрово* (480), *Память Семакину* (474), *Радость Надежды* (474), *Юбилар* (362), *Яблочный Спас* (369 мг/100 г), среди старых – *Осеннее полосатое* (414), *Мелба* (355 мг/100 г).

Содержание аскорбиновой кислоты в плодах сортов селекции ВНИИСПК от четырех типов скрещиваний также несколько превышает этот показатель у ранее распространенных сортов. Лучшие сорта из них по содержанию аскорбиновой кислоты в плодах – *Ивановское* (19,5 мг/100 г), *Куликовское* (15,3), *Масловское* (14,6), *Низкорос-*

лое (18,0), *Олимпийское* (15,4), *Свежесть* (12,5), *Синап орловский* (13,4), *Старт* (11,0), *Юбилар* (11,3 мг/100 г).

Сорта яблони селекции ВНИИСПК с повышенным содержанием сахаров в плодах

Осиповское (*Мантет* х *Папировка тетраплоидная*) – триплоидный сорт летнего срока созревания. Авторы: Е.Н. Седов, З.М. Серова, Г.А. Седышева. При его создании гибридизацию проводили в 1989 году, в 2013 он включен в Госреестр селекционных достижений РФ, допущенных к использованию. Деревья среднерослые с округлой кроной. Плоды средней массы (130 г), приплюснутые, ширококоробчатые. Покровная окраска распространена на меньшей части поверхности плода в виде розовых штрихов. Мякоть плодов зеленоватая, достаточно сочная. По внешнему виду и вкусу оцениваются на 4,4 балла. В условиях Орловской области съем плодов проходит в начале августа. Период потребления плодов – до середины сентября. Сорт характеризуется высоким содержанием сахаров (12,2%).

Орловский партизан [*Орлик* × 13-6-106 (сеянец сорта *Суворова*)] – триплоидный сорт зимнего срока созревания. Авторы: Е.Н. Седов, З.М. Серова, Г.А. Седышева, Е.А. Долматов. Скрещивание проведено в 1988 году, в 2010 включен в Госреестр. Деревья среднерослые с округлой кроной. Плоды крупные (190 г), среднеуплощенные, конические. Внешний вид и вкус оцениваются на 4,4 балла. Плодоножка короткая, косопоставленная. Мякоть плотная, сочная. В плодах содержится 11,8% сахаров. Съемная зрелость наступает в Орловской обла-

Таблица 2.

Содержание аскорбиновой кислоты (АК), Р-активных веществ и сахаров в плодах яблони сортов различного происхождения

Сорта	Среднее содержание АК, мг/100 г	Лучшие сорта по содержанию АК (мг/100 г)	Среднее содержание Р-активных веществ, мг/100 г	Лучшие сорта по содержанию Р-активных веществ (мг/100 г)	Среднее содержание сахаров, %	Лучшие сорта по содержанию сахаров (%)
Сорта от повторных скрещиваний						
<i>Желанное, Куликовское, Олимпийское, Орлик, Орловская заря, Пепин орловский, Радость Надежды</i>	11,2	<i>Куликовское</i> (15,3), <i>Олимпийское</i> (15,4), <i>Пепин Орловский</i> (15,3)	377	<i>Радость Надежды</i> (474), <i>Желанное</i> (384)	10,5	<i>Олимпийское</i> (10,9), <i>Орлик</i> (10,8), <i>Пепин орловский</i> (10,8)
Лучшие триплоидные						
<i>Августа, Бежин луг, Низкорослое, Синап орловский, Осиповское, Память Семакину, Тургеневское</i>	14,2	<i>Низкорослое</i> (18,0), <i>Синап орловский</i> (13,4)	455	<i>Память Семакину</i> (474), <i>Августа</i> (451)	10,6	<i>Осиповское</i> (12,2), <i>Тургеневское</i> (11,4)
Лучшие иммунные к парше						
<i>Болотовское, Здоровье, Ивановское, Кандиль орловский, Памяти Хитрово, Свежесть, Старт</i>	14,3	<i>Ивановское</i> (19,5), <i>Свежесть</i> (12,5), <i>Старт</i> (11,0)	491	<i>Кандиль орловский</i> (558), <i>Памяти Хитрово</i> (480), <i>Болотовское</i> (477)	10,5	<i>Ивановское</i> (11,8), <i>Старт</i> (10,9)
Лучшие триплоидные, иммунные к парше						
<i>Масловское, Праздничное, Юбилар, Яблочный Спас</i>	11,3	<i>Масловское</i> (14,6), <i>Юбилар</i> (11,3)	366	<i>Яблочный Спас</i> (369), <i>Юбилар</i> (362)	10,5	<i>Праздничное</i> (11,1), <i>Масловское</i> (10,8), <i>Яблочный Спас</i> (10,6)
Широко известные сорта средней полосы России						
<i>Антоновка обыкновенная, Грушовка московская, Коричное полосатое, Мелба, Осеннее полосатое, Папировка, Пепин шафранный, Северный синап, Уэлси</i>	10,6	<i>Осеннее полосатое</i> (13,5), <i>Папировка</i> (12,0)	266	<i>Осеннее полосатое</i> (414), <i>Мелба</i> (355)	9,5	<i>Пепин шафранный</i> (10,8), <i>Уэлси</i> (9,7)

сти в середине сентября. Продолжительность лежкости — до середины февраля. Достоинства: товарность плодов, высокая урожайность и устойчивость к парше.

Сорта яблони селекции ВНИИСПК с высоким содержанием аскорбиновой кислоты в плодах

Ивановское (Уэлси × Прима) — иммунный к парше сорт. Авторы: Е.Н. Седов, З.М. Серова, В.В. Жданов, Е.А. Долматов. Скрещивание при создании этого сорта проведено в 1985 году, а в 2010 он включен в Госреестр. Деревья среднерослые, быстрорастущие, с округлой кроной. Плоды конические, среднеуплощенные, средняя масса — 150 г. Покровная окраска занимает большую часть поверхности плода, малинового цвета. Мякоть плодов колющаяся, очень сочная. Внешний вид и вкус — 4,4 балла. В плодах отмечено высокое содержание аскорбиновой кислоты — 19,5 мг/100 г, при среднем ее значении в плодах у всех сортов селекции ВНИИСПК — 9,2 мг/100 г. По урожайности и накоплению аскорбиновой кислоты превосходит *Антоновку обыкновенную*. Сорт характеризуется регулярным плодоношением. В Орловской области съем плодов — в середине сентября. В условиях холодильника плоды сохраняются до конца января.

Низкорослое (*Скрыжалель* × *Пепин шафранный*). Авторы: Е.Н. Седов, В.К. Заец, Н.Г. Красова, М.В. Михеева. Триплоидный сорт получен в результате гибридизации в 1954 году в НИИ садоводства имени И.В. Мичурина, посев гибридных семян и всю дальнейшую селекционную работу проводили на Орловской зональной плодово-ягодной опытной станции (ныне ВНИИСПК). В 1997 году он был включен в Госреестр. Деревья сравнительно небольшого размера, с уплощенной кроной. Плоды массой 130 г, округлые, приплюснутые, с крупными хорошо заметными ребрами. Мякоть плодов плотная, колющаяся, мелкозернистая, сочная. Внешний вид оценивается на 4,3 балла, вкус — 4,2. В плодах содержится 18,0 мг/100 г аскорбиновой кислоты. Достоинства: скороплодность, высокая урожайность.

Сорта яблони селекции ВНИИСПК с высоким содержанием Р-активных веществ в плодах

Кандиль орловский (сеянец 1924 — свободное опыление) — иммунный к парше сорт. Авторы: Е.Н. Седов, З.М. Серова, В.В. Жданов, Е.А. Долматов. Деревья среднерослые, с округлой кроной и поникающими ветвями. Плоды, продолговатоконические (форма кандилей), сильно ребристые, средняя масса — 120 г. Покровная окраска плодов в виде малинового румянца занимает около половины поверхности, мякоть зеленоватая. Внешний вид — 4,4 балла, вкус — 4,3. Сорт показал высокую экономическую эффективность, рентабельность составила более 200%. [6] *Кандиль орловский* по комплексу признаков превосходит многие сорта народной селекции. [13] В плодах содержится 558 мг/100 г Р-активных веществ, в среднем по сортам селекции ВНИИСПК — 357 мг/100 г. Сорт районирован по Центральному, Центрально-Черноземному и Северо-Кавказскому регионам.

Радость Надежды (Уэлси — свободное опыление) — позднелетний сорт. Авторы: Е.Н. Седов, Н.Г. Красова, З.М. Серова, М.В. Михеева.

В 2011 году сорт включен в Госреестр. Деревья среднерослые, быстрорастущие, с округлой кроной. Плоды одномерные, плоскоокруглые, слаборебристые, средняя масса — 150 г. Покровная окраска на большей части плода в виде полос и размытого румянца темно-красного цвета, мякоть зеленоватая. Внешний вид — 4,4 балла, вкус — 4,3. Съем плодов в условиях Орловской области проводят 15...25 августа. Сорт характеризуется высокой урожайностью. В плодах содержится 474 мг/100 г Р-активных веществ.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Акимов М.Ю., Макаров В.Н., Жбанова Е.В. Роль плодов и ягод в обеспечении человека жизненно важными биологически активными веществами // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 2. С. 56–60. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10214
2. Деменина Л.Г., Петрова А.Б., Савицкая К.А., Коваленкова Л.М. К особенностям мирового и российского производства плодовой продукции (яблок и груш) // Самарский научный вестник. 2018. Т. 7. № 2(23). С. 20–26.
3. Леонова Н.В. Организационно-экономические аспекты развития российского садоводства // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2018. № 1 (56). С. 213–220. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2018.1.213
4. Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под общ. ред. Е.Н. Седова. Орел: ВНИИСПК, 1995. 504 с.
5. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под общ. ред. Е.Н. Седова и Т.П. Огольцовой. Орел: ВНИИСПК, 1999. 608 с.
6. Савельев Н.И., Савельева Н.Н., Юшков А.Н. Перспективные иммунные к парше сорта яблони. Мичуринск-наукоград РФ, 2009. 126 с.
7. Седов Е.Н., Седова З.А. Селекция яблони на улучшение химического состава плодов. Орел, 1982. 120 с.
8. Седов Е.Н., Макаркина М.А., Левгерова Н.С. Биохимическая и технологическая характеристика генофонда яблони. Орел: ВНИИСПК, 2007. 312 с.
9. Седов Е.Н., Макаркина М.А., Серова З.М. Развитие наследия Н.И. Вавилова в селекции яблони на улучшение химического состава плодов. Плодоводство: РУП «Институт плодоводства». Самохваловичи, 2012. Т. 24. С. 220–233.
10. Седов Е.Н., Макаркина М.А., Серова З.М. Наследование содержания аскорбиновой кислоты в плодах гибридных сеянцев // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2014. № 1-2 (40-41). С. 35–40.
11. Седов Е.Н., Макаркина М.А., Серова З.М. Целебные сорта яблони (популяризация селекционных достижений). Аграрная наука. 2019. № 7-8. С. 57–59. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-330-7-57-59
12. Седов Е.Н., Янчук Т.В., Корнеева С.А. Новые диплоидные, триплоидные, иммунные к парше и колонновидные сорта яблони в совершенствовании сортимента // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2022. № 1. С. 20–22. DOI: 10.30850/vrnsn/2022/1/25-31
13. Сусов В.И. Перспективные сорта плодовых деревьев. М., 2009. 86 с.

14. Eberhardt M.V., Lee C.Y., Liu R.H. Antioxidant activity of fresh apples // *Nature*. 2000. V. 405. № 6789. pp. 903–904.
15. Kaur C., Kapoor H. C. Antioxidants in fruits and vegetables—the millennium’s health // *International journal of food science & technology*. 2001. V. 36. № 7. pp. 703–725.
16. Pozczola D.E. Antioxidants: from preserving food quality of life // *Food Technol.* 2001. V. 55. № 6. S. 56.
17. Van der Sluis A.A., Dekker M., de Jager A., Jongen W.M. Activity and concentration of polyphenolic antioxidants in apple: effect of cultivar, harvest year, and storage conditions // *Journal of agricultural and food chemistry*. 2001. V. 49. № 8. pp. 3606–3613.
7. Sedov E.N., Sedova Z.A. Selekcija yabloni na uluchshenie himicheskogo sostava plodov. Orel, 1982. 120 s.
8. Sedov E.N., Makarkina M.A., Levgerova N.S. Biohimicheskaya i tekhnologicheskaya karakteristika genofonda yabloni. Orel: VNIISPK, 2007. 312 s.
9. Sedov E.N., Makarkina M.A., Serova Z.M. Razvitie naslediya N.I. Vavilova v selekcii yabloni na uluchshenie himicheskogo sostava plodov. *Plodovodstvo: RUP «Institut plodovodstva»*. Samohvalovichi, 2012. T. 24. S. 220–233.
10. Sedov E.N., Makarkina M.A., Serova Z.M. Nasledovanie soderzhaniya askorbinovoj kisloty v plodah gibridnyh seyancev // *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2014. № 1-2 (40-41). S. 35–40.
11. Sedov E.N., Makarkina M.A., Serova Z.M. Celebnye sorta yabloni (populyarizaciya selekcionnyh dostizhenij). *Agrarnaya nauka*. 2019. № 7-8. S. 57–59. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-330-7-57-59
12. Sedov E.N., Yanchuk T.V., Korneeva S.A. Novye diploidnye, triploidnye, immunnye k parshe i kolonovidnye sorta yabloni v sovershenstvovanii sortimenta // *Vestnik Rossijskoj sel’skohozyajstvennoj nauki*. 2022. № 1. S. 20–22. DOI: 10.30850/vrsn/2022/1/25-31
13. Susov V.I. Perspektivnye sorta plodovyh derev’ev. M., 2009. 86 s.
14. Eberhardt M.V., Lee C.Y., Liu R.H. Antioxidant activity of fresh apples // *Nature*. 2000. V. 405. № 6789. pp. 903–904.
15. Kaur C., Kapoor H.C. Antioxidants in fruits and vegetables—the millennium’s health // *International journal of food science & technology*. 2001. V. 36. № 7. pp. 703–725.
16. Pozczola D.E. Antioxidants: from preserving food quality of life // *Food Technol.* 2001. V. 55. № 6. S. 56.
17. Van der Sluis A.A., Dekker M., de Jager A., Jongen W.M. Activity and concentration of polyphenolic antioxidants in apple: effect of cultivar, harvest year, and storage conditions // *Journal of agricultural and food chemistry*. 2001. V. 49. № 8. pp. 3606–3613.

REFERENCES

1. Akimov M.Yu., Makarov V.N., Zhanova E.V. Rol’ plodov i yagod v obespechenii cheloveka zhiznenno vazhnymi biologicheski aktivnymi veshchestvami // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2019. T. 33. № 2. S. 56–60. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10214
2. Demenina L.G., Petrova A.B., Savickaya K.A., Kovalenkova L.M. K osobennostyam mirovogo i rossijskogo proizvodstva plodovoj produkcii (yablok i grush) // *Samarskij nauchnyj vestnik*. 2018. T. 7. № 2(23). S. 20–26.
3. Leonova N.V. Organizacionno-ekonomicheskie aspekty razvitiya rossijskogo sadovodstva // *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2018. № 1 (56). S. 213–220. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2018.1.213
4. Programma i metodika selekcii plodovyh, yagodnyh i orekhoplodnyh kul’tur / pod obshch. red. E.N. Sedova. Orel: VNIISPK, 1995. 504 s.
5. Programma i metodika sortoizucheniya plodovyh, yagodnyh i orekhoplodnyh kul’tur / pod obshch. red. E.N. Sedova i T.P. Ogol’covoj. Orel: VNIISPK, 1999. 608 s.
6. Savel’ev N.I., Savel’eva N.N., Yushkov A.N. Perspektivnye immunnye k parshe sorta yabloni. Michurinsk-naukograd RF, 2009. 126 s.

Поступила в редакцию 27.09.2022

Принята к публикации 11.10.2022

БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ БРОККОЛИ (*BRASSICA OLERACEA* L. VAR. *ITALICA*) ПРИ ЛЕТНЕ-ОСЕННЕМ СРОКЕ ВЫРАЩИВАНИЯ В ЮЖНОМ ДАГЕСТАНЕ

Евгения Гусейновна Гаджимустапаева¹, кандидат сельскохозяйственных наук

Алла Евгеньевна Соловьева², кандидат биологических наук

Киштили Уллубиевич Куркиев¹, доктор биологических наук

¹Дагестанская опытная станция – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр –

Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова»,

с. Вавилово, Дербентский р-н, Республика Дагестан, Россия

²Отдел биохимии и молекулярной биологии Всероссийского института генетических ресурсов растений

имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

E-mail: vir-evg-gajimus@yandex.ru

Аннотация. Капуста брокколи *Brassica oleracea* L. var. *italica* – экономически важная и широко возделываемая овощная культура, потребляется как в свежем, так и переработанном виде. Для решения задач импортозамещения на первое место выходит обеспечение качественного сортового разнообразия брокколи для производителей сельхозпродукции в средней полосе России и Южном Федеральном округе (ЮФО). В работе представлены результаты по изучению семи сортов и гибридов брокколи, предварительно выделенных по продуктивности и товарным качествам. Впервые в условиях северных сухих субтропиков Южного Дагестана определяли содержание сухого вещества, водорастворимых полисахаридов, органических кислот, флавоноидов и антиоксидантную активность в свежей продукции. Показано распределение данных веществ по органам растений. Выделены образцы брокколи с высоким содержанием отдельных химических веществ и по комплексу признаков, которые могут быть использованы в качестве источников в селекции на повышенное содержание сухого вещества, водорастворимых полисахаридов, органических кислот, флавоноидов и с высокой антиоксидантной активностью.

Ключевые слова: брокколи, сорта, гибриды, содержание сухих веществ, водорастворимые полисахариды, органические кислоты, флавоноиды, антиоксидантная активность

BIOCHEMICAL COMPOSITION AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF BROCCOLI (*BRASSICA OLERACEA* L. VAR. *ITALICA*) DURING THE SUMMER-AUTUMN CULTIVATION PERIOD IN SOUTH DAGESTAN

E.G. Gadzhimustapaeva¹, PhD in Agricultural Sciences

A.E. Soloveva², PhD in Biological Sciences

K.U. Kurkiev¹, Grand PhD in Biological Sciences

¹Dagestan Experiment Station N.I. Vavilov All-Research Institute of Plant Industry,

Vavilovo village, Derbent district, Republic of Dagestan, Russia

²Department of Biochemistry and Molecular Biology N.I. Vavilov

All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia

E-mail: vir-evg-gajimus@yandex.ru

Abstract. Broccoli cabbage *Brassica oleracea* L. var. *italica* is an economically important and widely cultivated vegetable crop, consumed both fresh and processed. To solve the problems of import substitution, the provision of high-quality varietal diversity of broccoli for agricultural producers in the middle zone of Russia and the Southern Federal District (SFD) comes first. Our work presents the results of the study of seven varieties and hybrids of broccoli, previously identified by productivity and commercial qualities. For the first time in the conditions of the northern dry subtropics of southern Dagestan, the content of dry matter, water-soluble polysaccharides, organic acids, flavonoids and antioxidant activity in fresh products were determined. The distribution of these substances by plant organs is shown. Broccoli samples with a high content of individual chemicals, as well as a set of characteristics that can be used as sources in breeding for an increased content of dry matter, water-soluble polysaccharides, organic acids, flavonoids and with high antioxidant activity, were isolated.

Keywords: broccoli, varieties, hybrids, flavonoids, organic acids, water-soluble polysaccharides, antioxidant activity, moisture content in fresh heads

Цели современных потребителей растительной продукции – это здоровое питание, безопасность и удобство. В последние годы появляются инновационные и привлекательные готовые к употреблению растительные продукты. Семейство *Brassicaceae* высоко ценится из-за биологически активных соединений. [4] Капусту брокколи *Brassica oleracea* L. var. *italica* выращивают во многих стра-

нах мира, но в России она не распространена. До недавнего времени потребности внутреннего рынка РФ в этом виде продукции обеспечивали импортом. Для решения задач импортозамещения на первое место выходит снабжение разнообразными и качественными сортами брокколи производителей сельхозпродукции в средней полосе России и ЮФО.

Брокколи отличается от других видов капусты повышенным содержанием питательных веществ и специфическим вкусом. Известно о высоком содержании белка, в состав которого входят антисклеротические вещества (холин, метионин), а также незаменимые аминокислоты (лизин, метионин, валин, изолейцин, лейцин, треонин, фенилаланин), заменимые (тирозин, гистидин, аланин, аргинин, аспарагиновая кислота, глицин, глутаминовая кислота, пролин, серин). По количеству белка брокколи превосходит батат, картофель, кукурузу сахарную, спаржу, шпинат. Согласно литературным данным брокколи содержит: белки – 10,3 г; жиры – 4,9; углеводы – 67,3; в том числе пищевые волокна – 2,1 г; калий – 292,0 мг, магний – 104,0, фосфор – 301,0, кальций – 46,0, железо – 4,1, цинк – 4,0 мг. Калорийность – 330...340 ккал/100 г продукта. [4, 11]

Взаимодействие различных биологически активных веществ (каротиноиды, лютеин, витамины С, Е и индол-3-карбинол) обуславливает диетические и лечебно-профилактические свойства брокколи. Она обладает антиоксидантными свойствами и антимикробной активностью. [5, 9] Потребление брокколи снижает риск развития определенных видов онкологических и сердечно-сосудистых заболеваний. [8, 15]

Биотические и абиотические факторы связаны с биосинтезом, накоплением фенольных соединений и флавоноидов в тканях растений. Брокколи относится к основным пищевым источникам флавоноидов среди овощей, фруктов и напитков. [13] Флавоноиды, содержащиеся в брокколи, – кверцетин и кемпферол. Они хорошо поглощают свободные радикалы и хелаторы металлов. [7, 8, 15]

На метаболизм брокколи и, как следствие, фитохимический состав могут влиять факторы окружающей среды (температура, солнечная радиация и количество осадков). [11, 12] Активность патогенов также может влиять на физико-химический состав брокколи. [6]

Еще один важный компонент качества – биологическая ценность продукта. В последние годы большое внимание уделялось антиоксидантной активности овощей и других пищевых продуктов. Антиоксиданты – соединения, которые ингибируют или задерживают окисление других молекул и защищают клетки от разрушительного воздействия активных форм кислорода. Считается, что брокколи – овощ с высокой антиоксидантной активностью. [8, 15] Имеются сообщения о влиянии факторов окружающей среды и условий хранения на антиоксидантную активность соцветий брокколи. В процессе хранения брокколи накапливала фенольные соединения, что приводило к более высокой антиоксидантной активности. [10] Антиоксиданты, поглощая свободные радикалы, защищают организм человека от окислительного стресса. [15] Согласно результатам ORAC [11], брокколи относится к ведущим источникам антиоксидантной активности против пероксильных радикалов. Конкретное содержание антиоксидантов различается в зависимости от зрелости образца, времени сбора урожая, условий выращивания, качества почвы, условий хранения и транспортировки, а также термической обработки, используемой при приготовлении блюд из капусты. [10, 14]

Несмотря на то, что биология капусты брокколи изучена в достаточной степени в низменной, предгорной и горной зоне Дагестана, сведения о биохимическом составе при выращивании в этих условиях отсутствуют.

Цель работы – изучить антиоксидантную активность и некоторые другие параметры качества восьми сортов и гибридов брокколи (*Brassica oleracea* L. var. *cymosa* Duch. var. *italica* Plenck), выращиваемой в условиях Дербентского района Республики Дагестан, и определение различий в качестве между частями растения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Полевые исследования проводили в филиале Дагестанской ОС ВИР в 2015–2017 годах в летне-осенней культуре выращивания.

Объект изучения – семь сортов и гибридов капусты брокколи японского происхождения, выделенные по продуктивности и полученные из мировой коллекции ВИР (табл. 1).

Посев семян на рассаду проводили в открытом грунте во II декаде июня, высаживали в III декаде июля. Схема посадки – 70×40 см, площадь делянки – 8,4 м².

Агротехника выращивания общепринятая для капустных культур в данном регионе. Подкармливали образцы минеральными удобрениями, которые вносили дробно три раза: первая – в рассаднике (аммиачная селитра, 30 г/м²); вторая – через 10 суток после высадки (180 кг/га); третья – через 20 суток после второй подкормки (нитроаммофоска, 200 кг/га).

При проведении фенологических наблюдений отмечали даты посева и посадки, закладку соцветий (головки) на главном стебле, появление боковых побегов и закладку соцветий на них, дату первого и последующих сборов урожая.

Биометрические исследования 10 растений по вариантам проводили через каждые 10 дней после высадки рассады. Учет урожая вели по мере созревания головок (10; 50; 100% хозяйственной годности) и поступления урожая пасынков. При уборке учитывали массу и количество головок, среднюю массу центральной головки, общую массу и количе-

Таблица 1.
Сорта и гибриды капусты брокколи из Японии
(Дагестанская ОС, 2017)

№ каталога ВИР	Сорт, гибрид	Репродукция	Примечание
297	<i>Marathon F1</i>	2010	
297	<i>Marathon F1**</i>	Оригинальные	
299	<i>Comanche</i>	2011	
300	<i>Senshi F1</i>	2011	
301	<i>Triathlon F1</i>	2012	
Вр.286	<i>Landmark F1</i>	2010	
–	<i>Parthenon F1</i>	2013	Не образует боковых головок
–	<i>Samson F1</i>	2014	Позднее образование боковых головок

ство боковых головок с одного растения и в целом с делянки. [1]

Анализ и обработку материала осуществляли по методикам ВИР [1] и Государственной Фармакопеи СССР. [2] Содержание массы сухих веществ определяли взвешиванием до и после высушивания средней пробы в сушильном шкафу при 105°C. [1–3] Водорастворимые полисахариды определяли осаждением 95%-м этанолом и высушиванием до постоянной массы, свободные органические кислоты – титрованием раствором натра едкого (0,1 моль/л) в присутствии фенолфталеина и метиленового синего, флавоноидные соединения – методом дифференциальной спектрофотометрии, основанном на реакции комплекс образования с раствором алюминия хлорида в нейтральной и слабокислой среде. [2] Суммарное содержание антиоксидантов находили амперометрическим методом на приборе «Цвет Яуза 01-АА», основанном на измерении электрического тока в электрохимической ячейке, возникающего при подаче на электрод определенного потенциала и выражали в мг/г воздушно-сухого сырья в пересчете на галловую кислоту. [3–5]

Данные статистически обрабатывали с использованием пакета электронных таблиц Microsoft Excel и лицензионного пакета программ Statistika 5.5.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изучен биохимический состав семи образцов капусты брокколи, предварительно выделенных по продуктивности и товарным качествам. В ходе работы отметили значительные различия по содержанию изученных веществ у представителей рода *Brassica oleracea* L. var. *italica*.

Анализ показал, что накопление массы сухих веществ у образцов в различных органах растений неодинаковое (рис.1, 3-я стр. обл.). Содержание массы сухих веществ в листьях варьировало от 12,80 до 21,71%, в центральной головке – 10,29...13,08%, боковых соцветиях – 10,77...13,74 и в ножке (при центральной головке) меньше, чем в других органах растения – 6,73...9,07%. Высоким содержанием массы сухих веществ в головке и пасынках (13,08 и 13,74 соответственно) выделился гибрид *Senshi F1*. Из составных частей сухого вещества капусты брокколи на первом месте по количеству стоят сахара, за ними азотистые вещества, клетчатка, зола и масло. [13]

Сухое вещество продуктивных органов представлено преимущественно углеводами. Известно, что сахара – энергетический материал, накопление которого в разных органах растений способствует сохранению их в период понижения температуры. Образующиеся полисахариды отлично очищают организм от продуктов обмена. [5]

Количество водорастворимых полисахаридов у брокколи в пластине листьев в два-три раза превышает их содержание по сравнению с другими органами растения (центральная головка, ножка, боковые головки), высокое содержание отмечено в центральной и боковых головках у гибридов: *Senshi F1* – 1,77 и 0,85; *Parthenon F1* – 1,23; *Triathlon F1* – 0,83 и 0,84 соответственно (табл. 2).

В листовой пластинке брокколи повышенное содержание водорастворимых полисахаридов вы-

явлено у сорта *Comanche* – 1,84% и гибридов: *Landmark F1* – 0,95, *Triathlon F1* – 1,11, *Senshi F1* – 1,21, *Samson F1* – 1,12, *Marathon F1* – 1,28%.

В капустных культурах находится большое количество органических кислот в форме солей и свободном виде. Органические кислоты – активные метаболиты углеводного обмена, обладают дезинфицирующей функцией, участвуют в процессах пищеварения, придают продуктам более яркий вкус, защищают от биотических и абиотических факторов внешней среды. [4, 15]

В брокколи наблюдается высокое содержание органических кислот, особенно яблочной. [6, 11, 13] Наше исследование показало, что сорта и гибриды накапливали среднее количество общей кислотности в центральной (0,39...0,78%) и боковых головках (0,61...0,99%) (рис. 2, 3-я стр. обл.).

Повышенным содержанием органических кислот в листьях выделился сорт *Comanche* – 1,09% и гибриды *Triathlon F1* – 1,19 и *Landmark F1* – 1,05. У всех образцов низкое содержание общей кислотности в ножках головок – 0,30...0,44%.

Флавоноиды – продукты жизнедеятельности растений. Им свойственно всеобщее распространение в растительном мире, так как они необходимые и активные участники клеточного обмена, выполняют функции регуляторов роста, развития и репродукции растений.

Флавоноиды традиционно рассматривают как биологически активные вещества, обладающие широким спектром лечебного действия. [7] Благодаря терапевтическим возможностям флавоноидов их считают источниками средств общего положительного действия на организм. Результаты исследования по распределению в капусте брокколи содержания флавоноидов представлены в таблице 3.

Максимальное содержание флавоноидов наблюдается в листьях в фазе вегетации и формирования головок у образцов: *Marathon F1* (170), *Comanche* (150), *Landmark F1* (120).

В центральной головке брокколи повышенное содержание флавоноидов отмечено у образцов: *Samson F1* (60), *Marathon F1* (50), *Senshi F1* (50), *Landmark F1* (40), в головках брокколи из боковых побегов наибольшее их содержание – у *Senshi F1* (60) и *Landmark F1* (40).

Во всех образцах стабильно одинаковое содержание флавоноидов у основания головки – 10%.

Таблица 2.
Содержание водорастворимых полисахаридов (%) в свежих головках капусты брокколи (Дагестанская ОС, 2017)

№ каталога ВИР	Сорт, гибрид	Головка	Ножка	Пасынки	Листовая пластина
297	<i>Marathon F1</i>	0,45	0,36	0,48	1,28
297	<i>Marathon F1*</i>	0,32	0,33	0,34	0,34
299	<i>Comanche</i>	0,47	0,47	0,41	1,84
300	<i>Senshi F1</i>	1,77	0,40	0,85	1,21
301	<i>Triathlon F1</i>	0,83	0,19	0,84	1,11
вр.к.286	<i>Landmark F1</i>	0,68	0,18	0,29	0,95
00	<i>Parthenon F1</i>	1,23	0,26	–	0,51
00	<i>Samson F1</i>	0,39	0,36	–	1,12

Таблица 3.
Содержание флавоноидов (%) в свежих головках брокколи (Дагестанская ОС, 2017)

№ каталога ВИР	Сорт, гибрид	Головка	Ножка	Пасынки	Листья
297	<i>Marathon F1</i>	50	10	20	170
297	<i>Marathon F1*</i>	30	10	20	20
299	<i>Comanche</i>	20	10	20	150
300	<i>Senshi F1</i>	50	10	60	80
301	<i>Triathlon F1</i>	20	10	20	100
Вр.к.286	<i>Landmark F1</i>	40	10	40	120
00	<i>Parthenon F1</i>	20	10	–	80
00	<i>Samson F1</i>	60	10	–	110

Примечание. * – семена оригинальные.

Таблица 4.
Содержание антиоксидантной активности (мг/г) в свежих головках брокколи (Дагестанская ОС, 2017)

№ каталога ВИР	Сорт, гибрид	Головка	Ножка	Пасынки	Листья
297	<i>Marathon F1</i>	1,38±0,00**	1,00±0,00	1,71±0,00	1,70±0,00
297	<i>Marathon F1*</i>	1,60±0,00	0,90±0,01	1,50±0,00	1,50±0,00
299	<i>Comanche</i>	2,15±0,00	1,24±0,00	2,32±0,00	1,75±0,00
300	<i>Senshi F1</i>	1,82±0,00	1,09±0,00	1,95±0,00	1,87±0,00
301	<i>Triathlon F1</i>	1,60±0,01	1,17±0,00	2,00±0,00	2,28±0,00
Вр.к.286	<i>Landmark F1</i>	2,22±0,00	1,58±0,00	2,47±0,00	1,70±0,00
00	<i>Parthenon F1</i>	1,78±0,00	1,00±0,00	–	1,41±0,00
00	<i>Samson F1</i>	1,80±0,00	0,86±0,00	–	1,36±0,00
Среднее		1,79±0,15	1,11±0,12	1,99±0,19	1,70±0,16

Примечание. * – семена оригинальные; ** – стандартная ошибка.

В работе [11] выявлена линейная зависимость антиоксидантной активности экстрактов брокколи от содержания флавоноидов. Для количественного определения антиоксидантной активности выбрали надежный амперометрический метод. Это единственный метод, который позволяет непосредственно измерить содержание всех антиоксидантов в пробе. Другие методы – непрямые, в них оценивается ингибирование реакционных смесей, в частности, свободных радикалов, генерированных в ходе реакций. [5]

Антиоксидантная активность в капусте распределялась по органам растения неоднородно (табл. 4). Диапазон изменчивости варьировал от 0,86 (ножки) до 2,47 мг/г (листья). В среднем, наибольшей антиоксидантной активностью отличались пасынки.

Сравнивая полученные данные по антиоксидантной активности с данными представленными А.Я. Яшиным можно сказать, что брокколи относится к овощным культурам с высоким накоплением антиоксидантов, наряду со свеклой и красным сладким перцем.

Высокую антиоксидантную активность наблюдали в центральной головке капусты брокколи и боковых соцветиях в двух образцах: *Comanche* – 2,15 и 2,32 мг/г, *Landmark F1* – 2,22 и 2,47 соответственно.

В листьях наибольшее содержание антиоксидантной активности у гибрида *Triathlon* – 2,28.

Таким образом, природные условия Южного Дагестана способствуют росту, развитию и накоплению в головках брокколи ценных питательных веществ. Различия и стабильность биохимического комплекса головок брокколи обусловлены сортовыми особенностями, влияющими на качественный и количественный состав химических компонентов. В результате проведенных исследований органов растений были выделены образцы с высоким содержанием в свежих головках сухого вещества, органических кислот, водорастворимых полисахаридов, флавоноидов и антиоксидантов.

Головки богаты высоким содержанием:

массы сухих веществ: листья – 12,80...21,71%; головки – 10,29...13,08; пасынки – 10,77...13,74%;

водорастворимых полисахаридов: головки – *Senshi F1* (1,77%), *Parthenon F1* (1,23), *Triathlon F1* (0,83); пасынки – *Senshi F1* (0,85), *Triathlon F1* (0,84); листья – *Comanche* (1,84%), *Marathon F1* (1,28), *Senshi F1* (1,21), *Samson F1* (1,12), *Triathlon F1* (1,11), *Landmark F1* (0,95%);

органических кислот: листья – *Triathlon F1* (1,19%), *Comanche* (1,09), *Landmark F1* (1,05); головки – 0,39...0,78; пасынки – 0,61...0,99; ножки – 0,30 – 0,44%;

флавоноидов: листья – *Marathon F1* (170), *Comanche* (150), *Landmark F1* (120); головки – *Samson F1* (60), *Marathon F1* (50), *Senshi F1* (50), *Landmark F1* (40); пасынки – *Senshi F1* (60) и *Landmark F1* (40);

антиоксидантов: головки – *Landmark F1* (2,22 мг/г), *Comanche* (2,15), *Senshi F1* (1,82), *Samson F1* (1,80), *Parthenon F1* (1,78); пасынки – *Landmark F1* (2,47 мг/г), *Comanche* (2,32), *Triathlon* (2,00), *Senshi F1* (1,95); листья – *Triathlon* (2,28), *Senshi F1* (1,87).

Выделенные образцы можно успешно использовать для сбалансированного питания человека и селекции на качество, расширения ассортимента капустных культур в РФ.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Боос Г.В., Джохадзе Т.И., Артемьева А.М. Методические указания по изучению и поддержанию мировой коллекции капусты. Л.: ВИР, 1988. 117 с.
2. Государственная Фармакопея СССР: Вып. 2. Общие методы анализа. Лекарственное растительное сырье. МЗ СССР. 11-е изд., доп. М.: Медицина, 1989. 400 с.
3. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П. Методы биохимического исследования растений. Л., 1987.
4. Фатеев Д.А., Соловьева А.Е., Шеленга Т.В., Артемьева А.М. Комплексная биохимическая характеристика брокколи и цветной капусты. Овощи России. 2020. № 6. С. 108–115. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-6-104-111>
5. Яшин А.Я. Инжекционно-проточная система с амперометрическим детектором для селективного определения антиоксидантов в пищевых продуктах и напитках // Российский химический журнал (Журнал российского химического общества им. ДИ Менделеева). 2008. Т. 52. № 2. С. 130–135.
6. Basten G.P., Bao Y., Williamson G. Sulforaphane and its glutathione conjugate but not sulforaphane nitrile induce UDP-glucuronosyl transferase (UGT1A1) and glutathi-

- one transferase (GSTA1) in cultured cells. *Carcinogenesis*. 2002. (23). P. 1399–1404
7. Gliszczynska-Swiglo, A., Kaluzewicz A., Lemanska K. et al. The effect of solar radiation on the flavonol content in broccoli inflorescence. *Food Chem.* No. 100. P. 241–245.
 8. Khan M.A.M., Ulrichs C., Mewis I. Effect of water stress and aphid herbivory on flavonoids in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck). *J. Appl. Bot. & Food Quality*. No. 84. P. 178–182.
 9. Leja M., Mareczek A., Starzyńska A., Rożek S. Antioxidant ability of broccoli flower buds during short-term storage. *Food Chem.* No. 72. P. 219–222. ISSN: 0308-8146.
 10. Lisiewska Z., Kmiecik W. Effects of level of nitrogen fertilizer, processing conditions and period of storage of frozen broccoli and cauliflower on vitamin C retention. *Food Chem.* 1996. No. 57. P. 261–270.
 11. Ou B.X., Huang D.J., Hampsch-Woodill M. et al. Analysis of antioxidant activities of common vegetables employing oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assays: a comparative study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. No. 50(11). P. 3122–3128.
 12. Singh J., Rai M., Upadhyay A.K. et al. Antioxidant phytochemicals in broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck) cultivars. *Journal of Food Science and Technology*. Mysore. 2006. No. 43. P. 391–393.
 13. Sun T., Powers J.R., Tang J. Evaluation of the antioxidant activity of asparagus, broccoli and their juices // *Food Chem.* 2007. Vol. 105. P. 101–106.
 14. Vallejo F., Tomás-Barberán, F.A., García-Viguera C. Potential bioactive compounds in health promotion from broccoli cultivars grown in Spain. *J. Sci. Food Agric.* 2002. No. 82. P. 1293–1297.
 15. Yochum L., Kushi L.H., Meyer K., Folsom A.R. Dietary flavonoid intake and risk of cardiovascular disease in postmenopausal women. *Am J Epidemiol.* 1999. No. 149. P. 943–949.
- teristika brokkoli i cvetnoj kapusty. *Ovoshchi Rossii*. 2020. № 6. S. 108–115. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-6-104-111>
5. Yashin A.Ya. Inzhektionno-protochnaya sistema s amperometrichestkim detektorom dlya selektivnogo opredeleniya antioksidantov v pishchevyyh produktah i napitkah // *Rossijskij himicheskij zhurnal (Zhurnal rossijskogo himicheskogo obshchestva im. DI Mendeleeva)*. 2008. T. 52. № 2. S. 130–135.
 6. Basten G.P., Bao Y., Williamson G. Sulforaphane and its glutathione conjugate but not sulforaphane nitrile induce UDP-glucuronosyl transferase (UGT1A1) and glutathione transferase (GSTA1) in cultured cells. *Carcinogenesis*. 2002. (23). P. 1399–1404
 7. Gliszczynska-Swiglo, A., Kaluzewicz A., Lemanska K. et al. The effect of solar radiation on the flavonol content in broccoli inflorescence. *Food Chem.* No. 100. P. 241–245.
 8. Khan M.A.M., Ulrichs C., Mewis I. Effect of water stress and aphid herbivory on flavonoids in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck). *J. Appl. Bot. & Food Quality*. No. 84. P. 178–182.
 9. Leja M., Mareczek A., Starzyńska A., Rożek S. Antioxidant ability of broccoli flower buds during short-term storage. *Food Chem.* No. 72. P. 219–222. ISSN: 0308-8146.
 10. Lisiewska Z., Kmiecik W. Effects of level of nitrogen fertilizer, processing conditions and period of storage of frozen broccoli and cauliflower on vitamin C retention. *Food Chem.* 1996. No. 57. P. 261–270.
 11. Ou B.X., Huang D.J., Hampsch-Woodill M. et al. Analysis of antioxidant activities of common vegetables employing oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assays: a comparative study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. No. 50(11). P. 3122–3128.
 12. Singh J., Rai M., Upadhyay A.K. et al. Antioxidant phytochemicals in broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck) cultivars. *Journal of Food Science and Technology*. Mysore. 2006. No. 43. P. 391–393.
 13. Sun T., Powers J.R., Tang J. Evaluation of the antioxidant activity of asparagus, broccoli and their juices // *Food Chem.* 2007. Vol. 105. P. 101–106.
 14. Vallejo F., Tomás-Barberán, F.A., García-Viguera C. Potential bioactive compounds in health promotion from broccoli cultivars grown in Spain. *J. Sci. Food Agric.* 2002. No. 82. P. 1293–1297.
 15. Yochum L., Kushi L.H., Meyer K., Folsom A.R. Dietary flavonoid intake and risk of cardiovascular disease in postmenopausal women. *Am J Epidemiol.* 1999. No. 149. P. 943–949.

REFERENCES

1. Boos G.V., Dzhohadze T.I., Artem'eva A.M. Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu i podderzhaniyu mirovoj kollekcii kapusty. L.: VIR, 1988. 117 s.
2. Gosudarstvennaya Farmakopeya SSSR: Vyp. 2. Obshchie metody analiza. Lekarstvennoe rastitel'noe syr'e. MZ SSSR. 11-e izd., dop. M.: Medicina, 1989. 400 s.
3. Ermakov A.I., Arasimovich V.V., Yarosh N.P. Metody biokhimicheskogo issledovaniya rastenij. L., 1987.
4. Fateev D.A., Solov'eva A.E., Shelenga T.V., Artem'eva A.M. Kompleksnaya biokhimicheskaya harak-

Поступила в редакцию 30.11.2022

После доработки 07.12.2022

Принята к публикации 21.12.2022

ОБОСНОВАНИЕ ПОДХОДА К УСТАНОВЛЕНИЮ УРОВНЕЙ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ (НА ПРИМЕРЕ ХОЗЯЙСТВА)

Роман Николаевич Ушаков, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Анастасия Владимировна Ручкина, старший преподаватель

Виктор Иванович Левин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Татьяна Юрьевна Ушакова, кандидат сельскохозяйственных наук

Федор Юрьевич Бобраков, аспирант

Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия

E-mail: r.usakov1971@mail.ru

Аннотация. С помощью агрохимического мониторинга элементарных участков полей возможно более детально изучить почвенное плодородие. Например, методами кластерного и дискриминантного анализа выявить разные уровни плодородия агропочв. При этом необходимо соблюдать критерии группировки по плодородию. 1. Невысокая пространственная контрастность агрохимических свойств. Если она присутствует (проверяется показателями асимметрии и эксцесса), то ее требуется ослабить – привести значения данных в выборке к нормальному распределению или близкому к нему. Иначе информация по некоторым показателям может оказаться завуалированной крайне высокими другими значениями. 2. Достоверное участие всех регистрируемых почвенных показателей при выделении нескольких групп участков со схожими характеристиками (кластерный анализ). 3. Равноценный (по лямбде-Уилкса) и достоверный вклад (уровню значимости) показателей при установлении плодородия. Можно определить доли участков с разными классами обеспеченности элементами питания или степенями кислотности. Исследования выполнены по данным агрохимического мониторинга почвенных показателей чернозема выщелоченного тяжелосуглинистого гранулометрического состава в АО «имени Генерала Скобелева» (Рязанская область). Определяли обменную кислотность, подвижные формы фосфора, калия и гумус общедоступными методами. Выделены два варианта плодородия – условно уровень № 1 и № 2. По № 2 кислотность чернозема выщелоченного смещена в большей степени в слабокислую область по сравнению с № 1. Значения по подвижному фосфору соответствуют среднему – 72–92 мг/кг (уровень № 1) и повышенному – 103–122 мг/кг (№2) классам обеспеченности, подвижному калию – повышенному. Для уровня № 2 значения были выше (145–167 мг/кг) по сравнению с № 1 (114–138 мг/кг). Аналогичный характер различий наблюдали и по гумусу. Информация о плодородии чернозема выщелоченного, характерная для уровня № 1, может служить ориентиром для почвы элементарных участков с наихудшими характеристиками.

Ключевые слова: уровни плодородия, обменная кислотность, подвижный калий, подвижный фосфор, гумус, кластерный анализ, дискриминантный анализ, чернозем выщелоченный

JUSTIFICATION OF THE APPROACH TO ESTABLISHING LEVELS OF SOIL FERTILITY (ON THE EXAMPLE OF A FARM)

R.N. Ushakov, *Grand PhD in Agricultural Sciences, Professor*

A.V. Ruchkina, *Senior Lecturer*

V.I. Levin, *Grand PhD in Agricultural sciences, Professor*

T.Yu. Ushakova, *PhD in Agricultural Sciences*

F.Yu. Bobrakov, *PhD Student*

Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, Ryazan, Russia

E-mail: r.usakov1971@mail.ru

Abstract. The information of agrochemical monitoring of elementary sections of fields allows us to study soil fertility in more detail. For example, using cluster and discriminant analysis methods to identify different levels of agricultural soil fertility. At the same time, it is necessary to comply with the criteria of grouping by fertility. 1. Low spatial contrast of agrochemical properties. If it is present (checked by indicators of asymmetry and kurtosis), then it must be weakened – to bring the data values in the sample to a normal distribution or close to it. Otherwise, information on some indicators may be veiled by extremely high values of others. 2. Reliable participation of all registered soil indicators in the allocation of several groups of sites with similar characteristics (cluster analysis). 3. Equivalent (according to Lambda-Wilkes) and reliable contribution (in terms of significance) of indicators in the allocation of fertility levels. At the same time, it is possible to determine the proportion of sites with different classes of availability of batteries or degrees of acidity. The research was carried out on the basis of data from agrochemical monitoring of soil indicators of leached chernozem of heavy loamy granulometric composition in JSC “General Skobelev”, Ryazan region. Salt acidity, mobile forms of phosphorus and potassium, humus were determined by publicly available methods. Two fertility options have been established – conditionally level No. 1 and No. 2. According to level 2, the acidity of leached chernozem is shifted to a greater extent to a slightly acidic region compared to level No. 1. The ranges of values for mobile phosphorus correspond to the average – 72–92 mg/kg (level No. 1) and elevated – 103–122 mg/kg (level No. 2) security classes, for mobile potassium – an elevated class. However, for level No. 2, the values were higher (145–167 mg/kg) compared to level No. 1 (114–138 mg/kg). A similar nature of differences was observed in humus. We believe that the information on the fertility of leached chernozem, characteristic of level No. 1, can serve as a guide for the soil of elementary areas with the worst characteristics.

Keywords: fertility levels, exchange acidity, mobile potassium, mobile phosphorus, humus, cluster analysis, discriminant analysis, leached chernozem

Пространственная агрохимическая неоднородность почвы в границах классификационных выделов уровня подтипа, если только она несильно (но неизбежно) обусловлена гранулометрическим составом материнской породы и рельефом – следствие возделывания сельскохозяйственных культур, применения агротехнических средств. Одинаковые агрохимические показатели почвенных контуров одного поля контрастируют между собой в той или иной степени. Производственные участки могут служить научным полигоном для детального изучения плодородия. Не менее важно решение некоторых прикладных задач, связанных с внедрением систем точного земледелия. [5, 6] Не исключение – адаптивно-ландшафтные системы земледелия.

Пространственный учет показателей плодородия находит свое отражение в нормативных и рекомендательных документах для почвенного мониторинга. [3] Детальное изучение плодородия подразумевает не только математический расчет средних значений каждого показателя и их локацию в пространстве. Почвенные свойства необходимо представлять как единое целое. Это позволит реализовать принципы комплексной оценки почвенного плодородия, добавить к существующим классическим методам [4, 10] другие способы, ориентированные на выявление уровней плодородия в соответствии с зонально-провинциальными нормативами. [9] Мониторинг, анализ и оценка каждого показателя плодородия и их совокупности в целом по контурам, элементарным участкам требует дополнительных и более сложных статистических методов обработки информации (кластерный и дискриминантный анализы), которые широко применяют в исследованиях агрообъектов. [2, 12, 14, 15] В нашем случае кластерный анализ (предварительный этап) необходим для разбивки общего массива данных почвенных свойств на группы со схожими значениями. Далее на основе группировки проводят дискриминантный анализ. Если вклад какого-либо показателя в дискриминацию оказывается недостаточным, то на фоне относительно высокой вариации этого показателя (проверяется расчетом коэффициента вариации) указывают на плохие комбинации между почвенными свойствами. Например, когда внутри группы большой процент случаев с высоким содержанием подвижного калия и низким гумуса.

Элементарные участки предоставляют объем выборки, достаточный для получения развернутой информации о плодородии. Определить не только характер его пространственной вариабельности с нахождением уровней плодородия, но и выявить проблемные участки в условиях агровоздействий на почву, проверить на наличие одного их важных принципов проявления плодородия – взаимосвязь его параметров, комплексности. [3]

Цель работы – установить для выщелоченного чернозема производственных участков хозяйства уровни плодородия при условии проявления им комплексности. Под комплексностью плодородия мы понимаем уникальную сущность по формированию (организации) между почвенными показателями структурного единства целно направленных связей, сочетаний.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования выполнены на основе данных агрохимического мониторинга почвенных показателей чернозема выщелоченного тяжелосуглинистого в АО «имени Генерала Скобелева» (Рязанская область). Определяли обменную кислотность (pH_{KCl}), подвижный фосфор (P_2O_5), подвижный калий (K_2O) и гумус. Объем выборки включал 104 наблюдения с различными комбинациями почвенных показателей. Почву анализировали в смешанных образцах по общепринятым методам: гумус – по Тюрину (ГОСТ 26213-91), подвижный фосфор и калий – по Кирсанову (ГОСТ 26207-91), обменная кислотность – потенциометрически.

Статистические анализы выполнены с помощью программного продукта STATISTICA10. Многомерному статистическому анализу предшествовала проверка на соответствие закону распределения эмпирических данных; значения pH_{KCl} – нормальное распределение, P_2O_5 – логнормальное. По K_2O и гумусу, определив значимые «выбросы» по графикам распределения эмпирических значений к ожидаемым нормально распределенным, была построена категориальная гистограмма случайных величин с исключением «выбросов». Проверку гипотезы на нормальное распределение проводили с помощью критерия Шапиро-Уилкса.

Кластерный анализ (метод k-средних) позволяет: выделить группы (в нашем случае их было две) с разными уровнями почвенного плодородия и оценить его степень пространственной дифференциации. Для проверки эффективности результатов кластеризации – выявления и по возможности устранения неправильных классификаций, определения вклада почвенных свойств использовали дискриминантный анализ. Принимали условие, что только участие всех почвенных показателей в дискриминации может служить признаком качественной классификации и проверки на комплексность плодородия. Дискриминантный анализ позволил скорректировать исходный массив данных таким образом, чтобы затем на основе корреляций почвенных показателей и их групповой принадлежности найти максимальные удачные соотношения между ними.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В таблице 1 представлены статистические данные: широкий диапазон значений P_2O_5 и K_2O между минимальными (X_{min}) и максимальными значениями (X_{max}): 39...279 и 67...558 мг/кг соответственно (вариация этих показателей высокая – 44%).

Медиана – параметр, который в отличие от среднего значения, устойчив к «выбросам», поэтому при нормальном распределении значения медианы и среднего значения совпадают. По элементам питания отмеченные показатели разнятся: по P_2O_5 на 11 мг/кг, K_2O – 14 мг/кг. На наличие большой доли экстремально больших отклонений от среднего указывают асимметрия (As) и эксцесс (E). As значительно превысила порог в 0,5 ед., при котором она расценивается как высокая: P_2O_5 – 1,4, K_2O – 2,4 ед. Избыточный эксцесс для K_2O (10,2 ед.) свидетельствует

о крайней неоднородности почвы по этому элементу, связанной с наличием элементарных участков с очень высоким его содержанием. Это послужило основанием для корректировок, так как вероятно, что за высокими значениями одного показателя вклады других могут оказаться завуалированными.

Следующий этап работы – классификация почвенных показателей, нахождение оптимального варианта их групповой систематизации.

Кластеризация исходных данных по почвенным показателям (на две группы) в том виде, в котором они были представлены до проверки на нормальное распределение, показала плохой результат. Достоверные различия между кластерами (группы) проявились по P_2O_5 и K_2O , pH_{KCl} и гумусу – отсутствовали (табл. 2).

Формирование почвенного плодородия предполагает в максимальной степени приближенное участие всех учитываемых почвенных показателей. На практике часто результатом агрохимического мониторинга становится весьма вариабельный массив данных почвенных свойств, указывающий на пространственную неоднородность. Если при кластеризации, используемый в обработке агрохимических данных как метода классификации, а не сжатия информации, обнаруживается при сравнении кластеров недостоверное участие хотя бы одного признака, массив информации о плодородии можно считать неудачным. С научной точки зрения для понимания комплексности плодородия, равнозначного влияния почвенных свойств необходимо проводить коррекцию. Частично она осуществляется самой процедурой кластеризации (разделение на гомогенные группы).

После корректировки массива данных (удаление «хвостов») участие почвенных показателей (признаки) стало достоверным. Во второй группе, по сравнению с первой, значение pH_{KCl} было достоверно выше на 0,3 ед pH , P_2O_5 и K_2O – 30 мг/кг, гумуса – 0,3% (табл. 3). С 95%-й уверенностью в таблице 3 представлены доверительные интервалы (–95% +95%).

Следует признать, что если кластерный анализ обнаруживает различающиеся между собой группы, то это означает, что почвенные свойства характеризуются пестротой, дифференцированы в пространстве. При оценке плодородия почвы это плохой признак, но встречается очень часто. Кластерный анализ позволяет вычленив группу с почвенными свойствами, характеризующими наихудший вариант модели плодородия для хозяйства. Например, на долю кластера 1 с указанными в таблице 2 не самыми оптимальными числовыми значениями приходится 22%, что много. Чтобы кластеры объединились, необходимо привести в числовое соответствие показатели кластера 1 и кластера 2, как ориентира. Практически реализовать это в элементарных участках полей несложно.

Проведенная кластеризация разбила массив данных на две группы, которые отличаются уровнем плодородия. Их можно использовать для включения в ранжированные модели плодородия выщелоченного чернозема применительно к конкретным условиям хозяйства. Результаты кластерного анализа – предварительная процедура с общими наметками для успешного решения задач, которые ставятся перед дискриминантным анализом.

Кластерный анализ не дает четких критериев оценки качества классификации и результаты могут быть неоднозначными. По данным дискриминантного анализа оценивается для отдельных лет варьирование доли влияния и уровня значимости факторов и их взаимодействий: чем меньше варьирование, тем устойчивее влияние изучаемых факторов. [10]

Наша задача применения дискриминантного анализа состоит в поиске такой структуры модели плодородия, выровненной по его показателям, при которой неизбежное разделение на группы минимизируется. В нашем случае дискриминантный анализ исходного (до корректировки) массива данных не установил отношения к дискриминации pH_{KCl} и гумуса (табл. 4). Их исключение из обработки не привело к существенному увеличению лямбды Уилкса (0,37), не ухудшило результат, значит, эти переменные не вносили важный вклад (чем выше значение лямбды Уилкса, тем важнее этот признак). После добавления pH_{KCl} и гумуса лямбда Уилкса достоверно не уменьшилась, поэтому можно сделать вывод об отсутствии их вклада в разделении групп. Если бы по фосфору и калию сложилась аналогичная ситуация, то на этом статистическую обработку можно было бы остановить, так как группы однородные, различия между ними недостоверные. Однако дискриминация проходит по элементам питания.

В таблице 4 показаны результаты для исходного массива данных, которые плохо описывали нормальное распределение по фосфору, калию, гумусу.

Таблица 1.
Общая статистика агрохимических показателей чернозема выщелоченного

Параметр	X_{cp}	Me	X_{min}	X_{max}	Sx_{cp}	Kv, %	As	E
pH_{KCl}	5,2	5,1	4,6	6,0	0,3	5,4	0,3	0
P_2O_5 , мг/кг	106	95	39	279	46,8	44	1,4	2,6
K_2O , мг/кг	157	143	67	558	69,9	44	2,4	10,2
Гумус, %	6,3	6,2	4,1	8,0	0,6	9,6	-0,3	2,3

Таблица 2.
Дисперсионный анализ при кластеризации

Параметр	Дисперсия		F-критерий Фишера	Уровень значимости (p)
	между кластерами	в пределах кластеров		
pH_{KCl}	0	8	0,05	0,81
P_2O_5 , мг/кг	109172	116324	95	<0,01
K_2O , мг/кг	268169	234438	116	<0,01
Гумус, %	0,1	37	0,21	0,64

Таблица 3.
Краткая описательная статистика кластеров (лямбда Уилкса=0,57; $p < 0,05$)

Показатель	Кластер (группа) 1				Кластер (группа) 2			
	X_{cp}	Sx	-95%	+95%	X_{cp}	Sx	-95%	+95%
pH_{KCl}	5,0	0,04	5,0	5,1	5,3	0,03	5,2	5,3
P_2O_5 , мг/кг	82	5,2	72	92	112	4,8	103	122
K_2O , мг/кг	126	6,0	114	138	156	5,5	145	167
Гумус, %	6,1	0,093	5,9	6,3	6,4	0,086	6,3	6,6

Пришлось выявить и исключить «хвосты» — очень высокие значения показателей, например, по K_2O , низкие значения по гумусу без ущерба потери ценной информации. Не совсем удачной оказалась кластеризация. С учетом выявленных плохих классификаций объектов (наблюдения) изменили наименования кластеров с таким учетом, чтобы в них количество оптимальных соотношений между почвенными свойствами было наибольшим. В противном случае, например, более чем в 15% событий программа отнесла содержание гумуса существенно выше медианного значения в кластер 1, который отличался невысоким содержанием элементов питания. Аналогичные неудачные комбинации встречались в отношении других показателей. Поэтому кластеры скорректировали — принудительно изменили кластер 1 на кластер 2 при превышении количества гумуса медианного значения (6,3%, табл. 1), и массив данных — исключили значения K_2O , превышающие 250 мг/кг. После этого участие почвенных показателей стало достоверным (табл. 4). Увеличилась общая лямбда Уилкса с 0,37 до 0,57, это свидетельствует о снижении контрастности между группами или о приближении к выровненности плодородия. Чем выше значение лямбды Уилкса, тем значимее вклад почвенного показателя. pH_{KCl} со значением лямбды Уилкса 0,73, превышающим остальные показатели, обладает наибольшей дискриминирующей силой, то есть вкладом в разделении общего массива данных на две группы с разными уровнями плодородия. По медианному значению pH (5,1) чернозем выщелоченный имеет слабокислую реакцию почвенного раствора (табл. 1). Одинаковая лямбда Уилкса (0,6...0,63), но наименьший вклад элементов питания и гумуса не могут свидетельствовать об уменьшении межгрупповых различий по этим переменным.

Наибольший множественный коэффициент R (0,94) у гумуса подтверждает его тесную корреляцию со всеми другими переменными в модели при дискриминации, хотя до кластеризации корреляции между гумусом, pH_{KCl} , элементами питания отсутствовали. Отмечены достоверные корреляции между элементами питания, что говорит об их синхронном увеличении из-за применения минеральных удобрений.

Многомерная статистика была использована для того, чтобы на основе доверительных интервалов получить модели с разными по числовым значениям почвенными параметрами вариантов плодородия чернозема выщелоченного.

Доверительные интервалы по исходному массиву данных (вариант 1) в отличие от сгруппированного методом кластеризации (вариант 2) особенно разнились по элементам питания и гумусу. Для варианта 1 интервал значений, в пределах которого с доверительной вероятностью 95% находится истинное среднее содержание P_2O_5 , — 97...115 мг/кг (табл. 5). В этом интервале на долю средней обеспеченности приходится 55%, повышенной — 32%. Кластеризация и проверка на наличие достоверных межгрупповых различий позволяет определить фрагмент почвенного плодородия со значениями ниже средних величин для конкретного результата агрохимического мониторинга. В нашем случае на его долю приходилось 22%. Кластеризация (вариант 2) разделила данные по P_2O_5 на среднюю обеспеченность

(группа 1 — 72...92 мг/кг) и повышенную (группа 2 — 103...122 мг/кг).

Данные по варианту 1 не могут быть использованы при выделении уровней плодородия, так как не был установлен вклад всех почвенных показателей.

В варианте 2 (на основе кластеризации) найдены два уровня плодородия. По условному уровню 2 кислотность чернозема выщелоченного смещена в слабокислую область по сравнению с уровнем 1. Области значений по P_2O_5 соответствуют среднему (72...92 мг/кг) и повышенному (103...122 мг/кг) классам обеспеченности (по Кирсанову), K_2O — повышенному. Для уровня 2 значения были выше (145...167 мг/кг). Аналогичный характер различий наблюдали и по гумусу. Мы полагаем, что информация о плодородии чернозема выщелоченного, характерная для уровня 1, может служить ориентиром для почвы элементарных участков с наихудшими характеристиками.

В большинстве случаев агрохимическое обследование почв затрагивает гумус, кислотность, фосфор и калий (показательные параметры). Гумус, как подсистема почвенного органического вещества, придает ему стабильность и обеспечивает сохранность в почве. [7] С гумусом коррелируют многие показатели. [8] Повышенная кислотность инициирует деграционные процессы в почве. [13] С кислотностью коррелируют емкость катионного обмена, сумма обменных оснований.

Выводы. Результаты агрохимического мониторинга почвенных показателей, проводимого в рамках обследования элементарных участков производственных полей, представляют не только

Таблица 4.
Статистика переменных в дискриминантном анализе

Параметр	Лямбда Уилкса	Частная лямбда	F (критерий)	Уровень значимости	R
исходный массив данных (общая лямбда Уилкс = 0,37)					
вариант 1					
pH_{KCl}	0,38	0,99	1,4	0,23	0,84
P_2O_5 , мг/кг	0,46	0,81	22,7	<0,01	0,76
K_2O , мг/кг	0,48	0,79	27,0	<0,01	0,87
Гумус, %	0,38	0,99	0,6	0,44	0,98
скорректированный кластер и массив данных (общая лямбда Уилкс = 0,57)					
вариант 2					
pH_{KCl}	0,73	0,79	24,2	<0,01	0,87
P_2O_5 , мг/кг	0,60	0,96	3,78	0,05	0,25
K_2O , мг/кг	0,63	0,91	8,49	<0,01	0,71
Гумус, %	0,63	0,91	8,91	<0,01	0,94

Таблица 5.
Уровни плодородия чернозема выщелоченного (на основе доверительных интервалов)

Параметр	Без группы (вариант 1)		На основе кластеризации (вариант 2)			
			группа/уровень 1		группа/уровень 2	
	-95%	+95%	-95%	+95%	-95%	+95%
pH_{KCl}	5,1	5,2	5,0	5,1	5,2	5,3
P_2O_5 , мг/кг	97	115	72	92	103	122
K_2O , мг/кг	144	171	114	138	145	167
Гумус, %	6,2	6,4	5,9	6,3	6,3	6,6

практический, но и научный интерес для получения обширного и в большинстве случаев варибельного по объектам и признакам массива данных.

Подход по выделению уровней плодородия включает несколько этапов. На первом (он может и отсутствовать) определяют и при необходимости исключают крайне высокие, необоснованные значения показателей. В нашем случае это было выражено в отношении элементов питания. Необходимость связана с тем, что в противном случае высок риск проявления почвенных показателей с допустимыми для нормального распределения значениями асимметрии и эксцесса недостоверного вклада при кластеризации исходного общего массива данных по плодородию (второй этап). Если в одну группу входят показатели с разнокачественными характеристиками, то правильно интерпретировать результаты группировки в разрезе формирования почвенного плодородия очень сложно, если слабокислая почва обнаруживается в разных кластерах. Выделение уровней плодородия невозможно. На третьем этапе, по результатам кластерного анализа предлагаем проводить дискриминантный анализ. Он позволяет обнаружить плохие комбинации в классификации почвенных свойств. Например, когда высокое содержание элементов питания проявляется на фоне низкого для конкретной почвы содержания гумуса.

На четвертом этапе рассчитывают доверительные интервалы по регистрируемым показателям. Их можно использовать для выделения уровней плодородия для конкретного хозяйства. Мы не ранжируем уровни плодородия на условно низкий, средний или высокий. Их наличие может указывать на контрастную неоднородность плодородия в пределах поля, которую необходимо сглаживать. Это один из критериев успешной группировки. Другое условие – достоверный вклад всех регистрируемых почвенных показателей при выделении групп или кластеров, определяемых как уровни плодородия почвы, при этом само плодородие представляет единый комплекс, так как его параметры в структурном отношении выстраиваются в единое целое.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Апарин Б.Ф. В книге: Эволюционные модели плодородия почв. С-Пб.: Изд-во Петербургского университета, 1997. С. 183–185.
- Гиниятуллин К.Г., Валева А.А., Смирнова Е.В. Использование кластерного и дискриминантного анализов для диагностики литологической неоднородности почвообразующей породы по гранулометрическому составу // Почвоведение. 2017. № 8. С. 946–953.
- Державин Л.М., Фрид А.С. О комплексной оценке плодородия пахотных земель // Агрохимия. 2001. № 9. С. 5–12.
- Державин Л.М., Фрид А.С. Научно-методические принципы комплексного мониторинга плодородия земель сельскохозяйственного назначения // Агрохимия. 2012. № 2. С. 3–11.
- Иванов Д.А., Карасева О.В., Рублюк М.В. Мониторинг агрохимических свойств почв различных угодий в пределах агроландшафта // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 1. С. 27–30.
- Княжнева Е.В., Надежкин С.М., Фрид А.С. Оценка плодородия чернозема выщелоченного на производственном участке // Агрохимия. 2005. № 2. С. 5–14.
- Когут Б.М., Семенов В.М., Артемьева З.С., Данченко Н.Н. Дегумусирование и почвенная секвестрация углерода // Агрохимия. 2021. № 5. С. 3–13.
- Лыков А.М. Гумус и плодородие почвы. М.: Московский рабочий, 1985. С. 65–69.
- Фрид А.С., Кузнецова И.В., Королева И.Е. и др. Зонально-провинциальные нормативы изменений агрохимических, физико-химических и физических показателей основных пахотных почв европейской территории России при антропогенных воздействиях. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2010. С. 107–111.
- Фрид А.С. Обоснование методических подходов к анализу данных многолетних полевых опытов // Агрохимия. 2013. № 10. С. 95–96.
- Фрид А.С., Чуян О.Г., Соловиченко В.Д., Тютюнов С.И. Оценка плодородия. В книге: Научные основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий России и формирования систем воспроизводства их плодородия в адаптивно-ландшафтном земледелии. М., 2013. С. 17–34.
- Холодов В.А., Ярославцева Н.В., Лазарев В.И. Интерпретация данных агрегатного состава типичных черноземов разного вида использования методами кластерного анализа и главных компонент // Почвоведение. 2016. № 9. С. 1093–1100.
- Чижикова Н.П. Деградация минеральной основы почв. В книге: Научные основы предотвращения деградации почв (Земель) сельскохозяйственных угодий России и формирования систем воспроизводства их плодородия в адаптивно-ландшафтном земледелии. М., 2013. С. 353–368.
- Якушев В.П., Петрушин А.Ф., Матвеев Д.А. и др. Новый метод количественной оценки внутривидовой изменчивости по оптическим характеристикам посевов для точного земледелия // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 2. С. 4–10.
- Mandal U.K., Warrington D.N., Bhardwaj A.K. et al Evaluating impact of irrigation water quality on a calcareous clay soil using principal component analysis // Geoderma. 2008. V. 144. P. 189–197.

REFERENCES

- Aparin B.F. V knige: Evolyucionnye modeli plodorodiya pochv. S-Pb.: Izd-vo Peterburgskogo universiteta, 1997. S. 183–185.
- Giniyatullin K.G., Valeeva A.A., Smirnova E.V. Ispol'zovanie klasternogo i diskriminantnogo analizov dlya diagnostiki litologicheskoy neodnorodnosti pochvoobrazuyushchej porody po granulometricheskomu sostavu // Pochvovedenie. 2017. № 8. S. 946–953.
- Derzhavin L.M., Frid A.S. O kompleksnoj ocenke plodorodiyah pahotnyh zemel' // Agrohimiya. 2001. № 9. S. 5–12.
- Derzhavin L.M., Frid A.S. Nauchno-metodicheskie principy kompleksnogo monitoringa plodorodiyah zemel' sel'skhozaystvennogo naznacheniya // Agrohimiya. 2012. № 2. S. 3–11.
- Ivanov D.A., Karaseva O.V., Rublyuk M.V. Monitoring agrohimicheskikh svojstv pochv razlichnyh ugodij v predelakh agrolandshafta // Vestnik Rossijskoj sel'skhozaystvennoj nauki. 2020. № 1. S. 27–30.
- Knyazhneva E.V., Nadezhkin S.M., Frid A.S. Ocenka plodorodiyah chernozema vyshchelochennogo na proizvodstvennom uchastke // Agrohimiya. 2005. № 2. S. 5–14.
- Kogut B.M., Semenov V.M., Artem'eva Z.S., Danchenko N.N. Degumusirovanie i pochvennaya sekvestraciya ugljeroda // Agrohimiya. 2021. № 5. S. 3–13.

8. Lykov A.M. Gumus i plodorodie pochvy. M.: Moskovskij rabochij, 1985. S. 65–69.
9. Frid A.S., Kuznecova I.V., Koroleva I.E. i dr. Zonal'no-provincial'nye normativy izmenenij agrohimicheskikh, fiziko-himicheskikh i fizicheskikh pokazatelej osnovnykh pahotnykh pochv evropejskoj territorii Rossii pri antropogennyy vozdeystviyah. M.: Pochvennyj in-t im. V.V. Dokuchaeva, 2010. S. 107–111.
10. Frid A.S. Obosnovanie metodicheskikh podhodov k analizu dannyh mnogoletnih polevyh opytov // Agrohimiya. 2013. № 10. S. 95–96.
11. Frid A.S., Chuyan O.G., Solovichenko V.D., Tyutyunov S.I. Ocenka plodorodiya. V knige: Nauchnye osnovy predotvrashcheniya degradacii pochv (zemel') sel'skohozyajstvennykh ugodij Rossii i formirovaniya sistem vosproizvodstva ih plodorodiya v adaptivno-landshaftnom zemledelii. M., 2013. S. 17–34.
12. Holodov V.A., Yaroslavceva N.V., Lazarev V.I. Interpretaciya dannyh agregatnogo sostava tipichnyh chernoze-mov raznogo vida ispol'zovaniya metodami klasternogo analiza i glavnyh component // Pochvovedenie. 2016. № 9. S. 1093–1100.
13. Chizhikova N.P. Degradaciya mineral'noj osnovy pochv. V knige: Nauchnye osnovy predotvrashcheniya degradacii pochv (Zemel') sel'skohozyajstvennykh ugodij Rossii i formirovaniya sistem vosproizvodstva ih plodorodiya v adaptivno-landshaftnom zemledelii. M., 2013. S. 353–368.
14. Yakushev V.P., Petrushin A.F., Matveenkov D.A. i dr. Novyy metod kolichestvennoj ocenki vnutripolevoj izmenchivosti po opticheskim harakteristikam posevov dlya tochnogo zemledeliya // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2020. № 2. S. 4–10.
15. Mandal U.K., Warrington D.N., Bhardwaj A.K. et al Evaluating impact of irrigation water quality on a calcareous clay soil using principal component analysis // Geoderma. 2008. V. 144. P. 189–197.

Поступила в редакцию 06.10.2022

Принята к публикации 20.10.2022

УДК: 631.6

DOI: 10.31857/2500-2082/2023/1/63-67, EDN: OLADUT

СОВРЕМЕННЫЕ ВОПРОСЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРАВОВОЙ БАЗЫ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ

**Виктор Александрович Шевченко, академик РАН, профессор,
ORCID: 0000-0002-5444-9693, ID: C-479685, Scopus: 57209792752**

**София Давидовна Исаева, доктор технических наук,
ORCID: 0000-0001-9640-2191, Scopus: 57193422572**

**Эльвира Батыревна Дедова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, ORCID: 0000-0002-0640-911X,
ID: C-1822-2014, Scopus: 57130902500**

**Татьяна Васильевна Наумова, кандидат технических наук
Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники
и мелиорации имени А.Н. Костякова, г. Москва, Россия
E-mail: Shevchenko.v.a@yandex.ru**

Аннотация. В статье рассмотрены актуальные вопросы совершенствования организационно-правовой базы водопользования при мелиорации земель. Мелиорация земель на основе развития мелиоративно-водохозяйственного комплекса во многом определяет повышение эффективности сельского хозяйства, обеспечение продовольственной безопасности страны. Снабжение водными ресурсами в настоящее время осложняется климатическими изменениями, обуславливающими на юге Европейской части России усиление засушливости. Выполненное районирование территории по водообеспеченности подтвердило высокую антропогенную нагрузку на водные объекты Ставропольского и Краснодарского края, Республики Калмыкия и Ростовской области, что сказывается не только на объемах доступных для орошения водных ресурсов, но и их качестве. Физический износ сооружений мелиоративно-водохозяйственного комплекса, достигающий 80% и более, низкие значения КПД мелиоративных систем определяют непродуцируемые потери воды при орошении. Для нормализации сельскохозяйственного водопользования, обеспечения безаварийной и бесперебойной подачи населению и сельхозпроизводителям воды требуемого количества и качества, для развития и повышения эффективности орошаемого земледелия важное значение имеет совершенствование организационно-правовой базы использования водных ресурсов при мелиорации земель. Принципиальные направления правового регулирования развития мелиорации и водного хозяйства страны и регионов определяются необходимостью закрепления перехода к интегрированному управлению водными ресурсами в сельском хозяйстве, изменения действующих законодательных актов, нормирования прав и обязанностей водопользователей, определения роли государства в реализации мер по модернизации водохозяйственного комплекса. Для совершенствования организационных основ сельскохозяйственного водопользования большое значение имеет переход на новый технологический уровень управления мелиоративно-водохозяйственным комплексом АПК, внедрение систем водочета и контроля использования водных ресурсов в зоне недостаточного увлажнения, технологический аудит мелиоративных систем для оценки их эффективности и перспективного планирования развития сельского хозяйства на основе мелиорации земель.

Ключевые слова: мелиоративно-водохозяйственный комплекс, водные ресурсы, подземные воды, антропогенная нагрузка, климатические изменения, интегрированное управление водными ресурсами

MODERN ISSUES OF THE ORGANIZATIONAL AND LEGAL BASIS IMPROVING OF LAND RECLAMATION

V.A. Shevchenko, *Academician of the RAS, Professor,*
 ORCID: 0000-0002-5444-9693, ID: C-479685, Scopus: 57209792752

S.D. Isaeva, *Grand PhD in Engineering Sciences,*
 ORCID: 0000-0001-9640-2191, Scopus: 57193422572

E.B. Dedova, *Grand PhD in Agricultural Sciences, Professor of the RAS,*
 ORCID: 0000-0002-0640-911X, ID: C-1822-2014, Scopus: 57130902500

T.V. Naumova, *PhD in Engineering Sciences*

All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Melioration named after A.N. Kostyakov, Moscow, Russia

E-mail: Shevchenko.v.a@yandex.ru

Abstract. *The article deals with topical issues of the development of the organizational and legal framework for water use in land reclamation. Land reclamation based on a developed reclamation and water management complex largely determines the increase in the efficiency of agriculture, ensuring the country's food security, meeting the needs of the rural population and the agro-industrial complex in water resources. At present, the provision of water resources is complicated by modern climate changes, which cause an increase in the aridity of the climate in the south of the European part of Russia. The performed zoning of the territory confirmed insignificant renewable water resources and high anthropogenic pressure on water bodies of the Stavropol and Krasnodar Territories, the Republic of Kalmykia and the Rostov Region, which affects not only the volume of water resources available for irrigation, but also the quality. Significant physical deterioration of the structures of the reclamation and water management complex, reaching 80% or more, low values of the efficiency of reclamation systems determine significant unproductive water losses during irrigation. To normalize agricultural water use, ensure accident-free and uninterrupted supply of water of the required quantity and quality to the population and agricultural producers, develop and improve the efficiency of irrigated agriculture, it is important to improve the organizational and legal framework for water use in land reclamation. The principal directions of legal regulation of the development of land reclamation and water management of the country and regions are determined by the need to legally consolidate the transition to integrated water resources management in agriculture, improve existing legislative acts, standardize the rights and obligations of water users, determine the role of the state in the implementation of measures to modernize the water management complex. For the transition to a new technological level of management of the reclamation and water management complex of the agro-industrial complex, the introduction of water accounting systems and control over the use of water resources, the improvement of organizational principles for managing the operation mode of reservoirs to take into account the requirements of agriculture in the zone of insufficient moisture, audit of reclamation systems to assess their effectiveness and long-term planning of agricultural development based on land reclamation and other activities.*

Keywords: *reclamation and water management complex, water resources, groundwater, anthropogenic load, climate change, integrated water resources management*

Главная цель развития водохозяйственного комплекса Российской Федерации состоит в обеспечении устойчивого водопользования в сельском хозяйстве и получении гарантированных урожаев сельскохозяйственной продукции. При значительных объемах водных ресурсов, регионы на юге Европейской территории России испытывают их дефицит, прежде всего для хозяйственно-питьевого водоснабжения, сельского хозяйства и судоходства. На Нижней Волге и р. Кубань даже в среднезасушливые годы происходит ограничение водопользования, что отрицательно влияет на возможности развития орошения. Проблемы, связанные с состоянием водохозяйственного комплекса страны из-за климатических изменений, особенностей распределения водных ресурсов между водопользователями, становятся все более очевидными. [3, 4, 7, 8] Чтобы безаварийно и бесперебойно подавать население и сельхозпроизводителям воду требуемого количества и качества, развивать и повышать эффективность орошаемого земледелия необходимо совершенствовать организационную и правовую базы водопользования.

Потребности населения и сельскохозяйственной отрасли страны в водных ресурсах обеспечивает водохозяйственный комплекс АПК, в который входят более 31 тыс. гидротехнических сооружений, в том числе 286 водохранилищ, 200 прудов, более 2 тыс. регулирующих и распределительных гидро-

узлов, 134 речные плотины, 1,8 тыс. подающих и откачивающих насосных станций, 42,3 тыс. км магистральных водопроводящих и водосборных каналов, свыше 3 тыс. км защитных дамб и валов. [2] Мелиоративный фонд Российской Федерации, по данным МСХ РФ, в 2020 году составил 9,45 млн га, в том числе площадь орошаемых сельскохозяйственных угодий – 4,67 млн га, осушаемых – 4,78. Государственными мелиоративными системами проводится полив на площади не более 1,35 млн га, расположенной в основном на юге европейской части России. [4] Необходимо наличие достаточного объема водных ресурсов и в перспективе, принимая во внимание, что в 2020–2021 годах из-за засухи были перебои даже с питьевым водоснабжением.

Исследования, проведенные во ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова, свидетельствуют о высокой антропогенной нагрузке на водные ресурсы юга европейской части России (рис. 1, 4-я стр. обл.).

Работу проводили с учетом наличия возобновляемых поверхностных, подземных водных ресурсов и величины водоотбора (рис. 2, 4-я стр. обл.). Международной организацией по экономическому сотрудничеству и развитию (Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD) нагрузка на водные ресурсы рассматривается как отношение водоотбора к объемам водных ресурсов. Нагрузка считается низкой, если отбор составляет менее 10% возобновляемых ресурсов пресной воды, умерен-

ной или допустимой – 10...20%; средневысокой – 20...40%; высокой – 40...60% и очень высокой – более 60%. В этом случае объемы водозабора определяет исчерпание водных ресурсов.

В условиях интенсивной антропогенной нагрузки, климатических изменений и других факторов, управление водными ресурсами должно создавать условия для устойчивого развития сельского хозяйства.

Необходим переход на интегрированное управление водными ресурсами, для которого характерен непрерывный инновационный процесс управления водными, земельными ресурсами, мелиоративными системами для достижения запланированного результата. При этом возникает потребность в широком применении информационно-коммуникационных и цифровых технологий в процессе обоснования и принятия управленческих решений. Переход на новый технологический уровень управления определяется Федеральным Законом от 28 июня 2014 г. № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации». Законом устанавливаются правовые основы стратегического планирования и государственного управления от федерального уровня до муниципального.

Планирование, ориентированное на результат, успешно проводили до 1955 года на основе метода скользящего планирования. В настоящее время этот метод используют в отдельных организациях, но уже на цифровой платформе. На правовом уровне при таком подходе предполагается восстановление роли государства в стратегическом планировании. [5, 6] Государством устанавливается цель, а также критерии, достижение которых обязательно на всех уровнях управления. Планирование должно быть ориентировано на результат, обеспечивающий инновационное развитие, в данном случае, мелиоративно-водохозяйственного комплекса и сельского хозяйства. Для понимания государственных и региональных целей в новых природных, экономических, социальных условиях планирование проводят на основе Генеральной схемы комплексного использования и охраны вод, разработанной на основе бассейновых Схем комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО).

Эффективное интегрированное управление водными ресурсами должно базироваться на достоверной информации, получаемой на стадии информационно-аналитического обоснования принятия решений. Такой подход и необходимость слаженной работы компонентов мелиоративно-водохозяйственной системы предполагает развитие комплексного экологического мониторинга земель сельскохозяйственного назначения, включающего согласованный и синхронизированный контроль мелиоративного состояния земель, почвенного покрова, поверхностных и подземных вод, гидротехнических сооружений. Система позволяет координировать действия: на локальном уровне – службы эксплуатации мелиоративных систем при принятии решений в обычном режиме и внештатной ситуации; региональном – исполнительных органов государственной власти при выполнении программ по развитию водохозяйственного комплекса, включая мероприятия проектного и восстановительно-

строительного характера; бассейновом – водного управления при оптимизации проведения мероприятий по использованию и охране водных ресурсов; федеральном – обеспечивать разработку госпрограмм, включающих задачи развития сельского хозяйства, мелиорации земель и водохозяйственного комплекса АПК. Особенность перечисленных мер, принимаемых на разных иерархических уровнях управления, – системность и целостность при целеполагании, планировании, определении задач и мероприятий по их решению, что в совокупности способствует инновационному развитию сельского хозяйства, мелиорации земель и водохозяйственного комплекса АПК.

Длительная эксплуатация сказалась на техническом состоянии мелиоративных систем, построенных в 60-70-е годы прошлого века во многих регионах РФ. [6] По данным Паспортизации их физический износ в южном регионе Европейской части России достиг 80% и более. [2] Высокий износ определяет значительные непроизводительные потери воды, особенно в результате фильтрации из каналов, так как большая их часть не имеет противofильтрационных покрытий. Величина КПД в 2021 году по мелиоративным системам Юга России – 0,65...0,94. [2] Низкие значения КПД мелиоративных систем в совокупности с другими факторами определяют необходимость выполнения комплексных мероприятий по повышению эффективности использования водных ресурсов. Ремонт, восстановление, реконструкция отдельных элементов гидротехнических сооружений мелиоративных систем (если это не случай аварийной ситуации) в орошаемом земледелии оказываются недостаточно эффективными без системного подхода к оценке сложившейся ситуации и обоснованию решений в рамках интегрированного управления водными ресурсами, гидротехническими сооружениями, мелиоративным состоянием земель и плодородием почв. Задачи оптимизации ведения сельского хозяйства и водопользования позволяют обосновать приоритетность работ с учетом экономической эффективности, социальной целесообразности и экологических ограничений. Необходим аудит мелиоративных систем для перспективного планирования развития сельского хозяйства.

Повышение надежности информационно-аналитического обеспечения интегрированного управления водными ресурсами на основе комплексного экологического мониторинга предполагает совершенствование организационно-правового регулирования структуры и работы службы эксплуатации мелиоративных систем, воссоздание и развитие в ее составе гидромелиоративных экспедиций и партий, поиск профильных специалистов и необходимого программного и иного оснащения, связанного с использованием в работе геоинформационных технологий.

Обеспечение сельского хозяйства водой и последующее эффективное ее использование начинают с совершенствования принципов управления водными ресурсами водохранилищ, как источника оросительной воды, рассматривая на паритетных началах значимость требований сельского хозяйства в ряду других водопользователей – энергетики,

Прогнозные ресурсы и эксплуатационные запасы подземных вод и степень их освоения по федеральным округам Российской Федерации (состояние на 01.01.2018 года)

Федеральный округ	S, тыс. км ²	Население, тыс. чел.	Прогнозные ресурсы		Запасы подземных вод, тыс. м ³ /сутки	Степень разведанности ресурсов, %	Степень освоения, %	
			всего, тыс. м ³ /сутки	средний модуль, м ³ /сутки/км ²			ресурсов	запасов
РФ	17 125,3	146 880,4	870 271	50,8	82 446,7	9,5	2,7	16,2
Центральный	650,3	39 311,4	74 055	113,9	26 101,5	35,2	9,5	20,0
Северо-Западный	1686,9	13 952,0	117 704	69,8	4181,9	3,6	1,5	13,8
Южный	447,9	16 441,9	18 161	40,5	8484,0	46,7	9,6	15,3
Северо-Кавказский	170,5	9823,5	22 904	134,3	4739,4	20,7	4,6	13,6
Приволжский	1036,9	29 542,7	84 738	81,7	15 404,0	18,2	4,5	14,5
Уральский	1818,5	12 356,2	142 575	78,4	5112,0	3,6	1,5	24,0
Сибирский	5144,9	19 287,5	250 902	48,8	13 054,2	5,2	1,8	11,4
Дальневосточный	6169,4	6165,3	159 232	25,8	5369,7	3,4	0,7	11,5

транспорта, хозяйственно-бытового водоснабжения, рыбоводства. Для охраны окружающей среды необходимо развитие нормативно-правового обоснования и выделение объемов воды при вододелении для сохранения или улучшения состояния водных объектов.

Повышение водообеспеченности определяется и мероприятиями по водосбережению на оросительных системах. Требуется нормативно-методическая база для оптимизации водораспределения, нормирования водопользования, прежде всего, режимов орошения с учетом климатических изменений, совершенствования технологии возделывания и полива сельскохозяйственных культур, качества оросительной воды. Необходим учет использования водных ресурсов на орошение с применением автоматизированных приборов контроля и геоинформационных технологий при сборе, хранении, обработке и анализе информации.

Регионы Российской Федерации, как правило, не используют в экологических допустимых объемах запасы подземных вод (см. таблицу). Степень освоения запасов по РФ – 16%. [1]

Запасы и ресурсы подземных вод представляют значительные величины, при этом степень разведанности прогнозных ресурсов (отношение запасов к прогнозным ресурсам) составляет в среднем по Российской Федерации 9,5%. Районирование территории юга Европейской части РФ по величине потенциально доступных для временного изъятия в остросушливые периоды подземных водных ресурсов представлено на рисунке 3 (4-я стр. обл.).

Ставропольский край обладает достаточными запасами подземных пресных вод – более 500 тыс. м³/сут. Для целей хозяйственно-бытового водоснабжения разведано 15 месторождений, из которых в эксплуатации находятся 12 с общим объемом добычи около 100 тыс. м³/сут. Степень освоения запасов подземных вод в Ставропольском крае составляет всего 10% и может быть при необходимости увеличена. В критические по вододефициту годы возможно кратковременное изъятие запасов подземных вод, в том числе для орошения. На территории Ставропольского края величину извлекаемой воды можно увеличить со 132 до 433 тыс. м³/сут.

Для объективной оценки состояния подземных вод, учитывая, что основные объемы запасов были разведаны в середине прошлого века, необходимо их переутверждение, тем более что климатические изменения влияют на условия их формирования. В регионах с повышением зимних температур, частыми оттепелями наблюдается процесс истощения запасов пресных подземных вод, что связано с уменьшением их естественного восполнения инфильтрацией весеннего паводкового поверхностного стока.

Текущие вопросы состояния водохозяйственного комплекса АПК и водообеспечения сельского хозяйства в условиях интенсивной антропогенной нагрузки, изменений факторов формирования поверхностных и подземных вод, связанных с климатическими изменениями, сложно решить без совершенствования организационно-правовой базы мелиорации земель. Среди правовых задач важное значение имеют:

- совершенствование действующих законодательных актов, нормирование прав и обязанностей водопользователей, определение роли государства в реализации мер по модернизации водохозяйственного комплекса;
- правовое закрепление перехода к интегрированному управлению водными ресурсами как инновационному процессу управления водными, земельными ресурсами, мелиоративными системами;
- паритетный учет требований сельского хозяйства как водопользователя при использовании водных ресурсов водохранилищ;
- обоснование в системе водопользования объемов водных ресурсов, необходимых для сохранения или улучшения состояния водных объектов;
- развитие нормативно-методической базы для оптимизации водораспределения в пределах мелиоративно-водохозяйственного комплекса, нормирования водопользования.

Основные организационные мероприятия для сельскохозяйственного водопользования:

- переход на новый технологический уровень управления мелиоративно-водохозяйственным комплексом АПК;
- разработка Генеральной схемы комплексного применения и охраны вод для страны на основе

СКИОВО (схемы комплексного использования и охраны водных объектов);

– обязательность внедрения систем водоучета и контроля использования водных ресурсов;

– совершенствование организационных принципов управления режимом работы водохранилищ для учета требований сельского хозяйства в зоне недостаточного увлажнения;

– технологический аудит функционирования мелиоративных систем для оценки их эффективности и перспективного планирования развития сельского хозяйства на основе мелиорации земель;

– организационно-правовое регулирование структуры и работы службы эксплуатации мелиоративных систем;

– обеспечение работы компонентов мелиоративно-водохозяйственного комплекса как единого целого, развитие комплексного экологического мониторинга земель сельскохозяйственного назначения, водных объектов, гидротехнических сооружений как информационно-аналитической основы системы принятия решений при интегрированном управлении водными ресурсами.

Выводы. Для достижения основной цели развития мелиоративно-водохозяйственного комплекса и обеспечения устойчивого водопользования при сохранении экосистем, гарантированного обеспечения водными ресурсами страны, повышения эффективности орошаемого земледелия необходимо совершенствовать организационно-правовую базу водопользования, в том числе, в сельском хозяйстве. Следует на законодательном уровне закрепить переход к интегрированному управлению водными ресурсами, определить роль государства в реализации мер по модернизации водохозяйственного комплекса. Возникает потребность в широком применении информационно-коммуникационных и цифровых технологий в процессе обоснования и принятия управленческих решений. Система комплексного экологического мониторинга позволяет координировать действия на разных иерархических уровнях управления мелиоративно-водохозяйственными системами. На его основе возможно аналитическое обоснование мероприятий по водосбережению, дополнительному использованию подземных вод, проведению внеочередных и плановых мероприятий по ремонту гидротехнических сооружений мелиоративных систем, корректировке структуры землепользования с учетом имеющихся водных ресурсов, контролю мелиоративных систем и мелиоративного фонда для оценки эффективности и перспективного планирования развития сельского хозяйства на основе мелиорации земель.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2017 году». М.: НИА-Природа, 2018. 298 с.
2. Информационный портал ФГБНУ ВНИИ «Радуга». <http://inform-raduga.ru>

3. Кизяев Б.М., Исаева С.Д. Водообеспеченность Российской Федерации в условиях глобального потепления климата // Вестник российской академии наук. 2016. Т. 86. № 10. С. 909–914.
4. Мелиоративный комплекс Российской Федерации: информ. издание. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. 304 с.
5. Наумова Т.В. Проблемы технического состояния оросительных систем и их решение при переходе на новый технологический уровень управления орошением // Гидротехническое строительство. 2022. № 1. С. 2–4.
6. Шевченко В.А., Исаева С.Д., Дедова Э.Б. Модель принятия решений в инновационных проектах развития сельскохозяйственного водопользования // Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. Т. 65. № 2 (386). С. 124–128. DOI: 10.55186/25876740_2022_65_2_124
7. Isaeva S.D., Dedova E.B. Principles of ensuring geosystem environmental sustainability under man-made impacts on water resources // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. V. 867(1). Pp. 012038. DOI: 10.1088/1755-1315/867/1/012038
8. Shevchenko V.A., Isaeva S.D., Dedova E.B. Geosystem approach to using surface and groundwater in agricultural water supply // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. V. 867(1). Pp. 012071. DOI: 10.1088/1755-1315/867/1/012071

REFERENCES

1. Gosudarstvennyj doklad «O sostoyanii i ispol'zovanii vodnyh resursov Rossijskoj Federacii v 2017 godu». M.: NIA-Priroda, 2018. 298 s.
2. Informacionnyj portal FGBNU VNII «Raduga». <http://inform-raduga.ru>
3. Kizyaev B.M., Isaeva S.D. Vodoobespechennost' Rossijskoj Federacii v usloviyah global'nogo potepneniya klimata // Vestnik rossijskoj akademii nauk. 2016. T. 86. № 10. S. 909-914.
4. Meliorativnyj kompleks Rossijskoj Federacii: inform. izdanie. M.: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2020. 304 s.
5. Naumova T.V. Problemy tekhnicheskogo sostoyaniya orositel'nyh sistem i ih reshenie pri perekhode na novyj tekhnologicheskij uroven' upravleniya orosheniem // Gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo. 2022. № 1. S. 2-4.
6. Shevchenko V.A., Isaeva S.D., Dedova E.B. Model' prinyatiya reshenij v innovacionnyh proektah razvitiya sel'skohozyajstvennogovodopol'zovaniya//Mezhdunarodnyj sel'skohozyajstvennyj zhurnal. 2022. T. 65. № 2 (386). S. 124–128. DOI: 10.55186/25876740_2022_65_2_124
7. Isaeva S.D., Dedova E.B. Principles of ensuring geosystem environmental sustainability under man-made impacts on water resources // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. V. 867(1). Pp. 012038. DOI: 10.1088/1755-1315/867/1/012038
8. Shevchenko V.A., Isaeva S.D., Dedova E.B. Geosystem approach to using surface and groundwater in agricultural water supply // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. V. 867(1). Pp. 012071. DOI: 10.1088/1755-1315/867/1/012071

Поступила в редакцию 21.11.2022

Принята к публикации 05.12.2022

НАРУШЕНИЯ АЭРОБНОГО ПУТИ СИНТЕЗА ЭНЕРГИИ: ПРОБЛЕМЫ, ПОСЛЕДСТВИЯ, ВОЗМОЖНЫЕ ПОДХОДЫ К ИХ РЕШЕНИЮ

Алексей Алексеевич Евглевский¹, доктор ветеринарных наук, профессор

Галина Федоровна Рыжкова², доктор биологических наук

¹ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр» г. Курск, Россия

²ФГБОУ ВО «Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова», г. Курск, Россия

E-mail: evgl46@yandex.ru

Аннотация. Фундаментально изменившийся рацион питания людей и животных негативно сказывается на системе пищеварения. Процессы метаболизма питательных веществ стали протекать с чрезмерно высоким синтезом сложных для организма кислых продуктов энергетического обмена. При большом накоплении они становятся токсичными. Понимание особенностей превращения питательных веществ в энергию — основа для изучения механизма развития патобиохимических процессов, поиска средств целенаправленной активации вовлечения в энергетический обмен субстратов (лактат, липиды, кетоакислоты). В работе показаны пути образования проблемных для организма субстратов, вызывающих нарушение кислотно-щелочного баланса и сбой энергетического обмена. Оцениваются перспективы применения сукцинатов для активации энергетического обмена, которые даже при минимальных дозировках обеспечивают нетипично высокий энергетический и метаболический эффект. Сукцинатсодержащие препараты широко используют в различных областях медицины — неврологии, токсикологии, наркологии, кардиологии, эндокринологии, педиатрии, фармакологии, а также спортивной и ветеринарной. Акцентируется внимание ученых на неизвестные энергетические эффекты янтарной кислоты, которые могут инициировать исследовательскую работу по целому ряду научных направлений.

Ключевые слова: метаболизм, энергетический обмен, субстраты, сукцинаты, лактат, пируват, патобиохимические процессы, гликолиз, глюконеогенез, липолиз, цикл Кребса

VIOLATIONS OF THE AEROBIC ROUTES OF ENERGY SYNTHESIS: PROBLEMS, CONSEQUENCES, POSSIBLE APPROACHES TO THEIR SOLUTION

A.A. Evglevskiy¹, *Grand PhD in Veterinary Sciences, Professor*

G.F. Ryzhkova², *Grand PhD in Biological Sciences*

¹FGBNU Kursk Federal Agrarian Research Center, Kursk, Russia

²FGBOU VO Kursk State Agricultural Academy named after I.I. Ivanov, Kursk, Russia

E-mail: evgl46@yandex.ru

Abstract. The evolutionarily developed digestive system of humans and animals is now faced with a fundamentally changed diet. The processes of nutrient metabolism began to proceed with an excessively high synthesis of acidic energy metabolism products that are very problematic for the body. With a large accumulation, they become toxic to the body. In this regard, understanding the peculiarities of the conversion of nutrients into energy and the involvement of energy substrates in energy metabolism is the basis for studying the mechanism of development of pathobiochemical processes, including the search for means of purposeful activation of the involvement in energy metabolism of the most problematic energy substrates such as lactate, lipids, ketoacids. Attention is drawn to the well-known, little-known and unknown aspects of the transformation of nutrients into energy substrates. The ways of formation of problematic energy substrates for the body that cause disturbances are shown.

Keywords: metabolism, energy metabolism, substrates, succinates, lactate, pyruvate, pathobiochemical processes, glycolysis, gluconeogenesis, lipolysis, Krebs cycle

Фундаментально изменившийся рацион питания людей и животных негативно сказывается на системе пищеварения. Можно привести данные по потреблению сахара. В конце XIX века человек потреблял около 2 кг сахара в год, к 20-м годам XXI эта цифра составляет больше 40 кг. При низкой физической активности организм человека не успевает расходовать такое большое количество углеводов. Избыток сахара с помощью инсулина преобразовывается в жир. [2] Ожирение людей — мировая социальная проблема. Схожая ситуация в современном промышленном животноводстве. Для обеспечения быстрого роста продуктивности приходится вводить в рацион кормления животных высококалорийные кормовые компоненты, вызывающие

интенсивный гликолиз и синтез большого количества недоокисленных продуктов энергетического обмена. [6, 8, 13–15, 22] Процессы метаболизма питательных веществ стали протекать с чрезмерно высоким синтезом кислых продуктов энергетического обмена (лактат, кетоакислоты). [19, 24] При высоком накоплении в организме они вызывают однотипные патобиохимические процессы и патофизиологические состояния. Знание механизмов формирования патобиохимических процессов — непременное условие проведения исследований по их купированию и профилактике.

Цель работы — анализ ключевых аспектов нарушений энергетического обмена, развития патобиохимических процессов, протекающих по типу

метаболического ацидоза и кетоацидоза, и возможные подходы активации аэробного синтеза энергии с применением сукцинатов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основной метод исследований — научный анализ, который базируется на авторской интерпретации механизма развития патобиохимических процессов и возможных подходах их купирования. Материал — обзор научных исследований в данной области.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Питательные вещества, поступающие в пищеварительную систему организма (белки, жиры, углеводы) участвуют в энергетическом обмене. Под действием пищеварительных ферментов белки распадаются на аминокислоты, жиры — глицерин и жирные кислоты, сложные сахара — моносахариды. Сложный многоступенчатый процесс превращения углеводов, жирных кислот и аминокислот происходит в анаэробных условиях. Конечный продукт — пировиноградная кислота (пируват).

Дальнейшее преобразование пирувата может пойти по анаэробному пути с образованием лактата или по аэробному с выделением ацетилкоэнзима А (активная уксусная кислота). При достаточном кислородном обеспечении ацетил-КоА вступает в реакции, именуемые циклом лимонной кислоты или трикарбоновых кислот Кребса. Он начинается с образования лимонной кислоты в результате реакции между щавелевоуксусной и активной уксусной (ацетил-КоА) кислотами. Далее следует целый ряд ферментативных реакций, в ходе которых лимонная кислота превращается в другие органические кислоты — α -кетоглутаровую, янтарную, фумаровую, яблочную. Последняя окисляется до щавелевоуксусной кислоты, и цикл возобновляется в том же порядке (см. рисунок). Авторство открытия процесса преобразования питательных веществ в энергетические субстраты принадлежит немецко-английскому биохимику Х. Кребсу.

В цикле Кребса от субстратов (органические кислоты) с помощью ферментов дегидрогеназ происходит отщепление атомов водорода, которые передаются в дыхательную цепь. [7] Главная функция ацетил-КоА — доставлять атомы углерода с аце-

тильной группой в цикл трикарбоновых кислот для их окисления с выделением энергии. Содержание ацетил-КоА определяет направление клеточного метаболизма в данный момент (синтез и накопление гликогена, жира, белков или расход ранее накопленных энергозапасов).

Выработка энергии происходит во всех клетках организма, но наиболее интенсивно — в печени. Самый востребованный источник энергии — глюкоза. Однако она не сразу превращается в энергию. Сначала из одной молекулы глюкозы синтезируются две молекулы пирувата. В процессе глюконеогенеза пируват может превратиться в глюкозу, жирные кислоты или окислиться до CO_2 и H_2 с выделением энергии. Наиболее активно глюконеогенез протекает в печени.

Метаболическая функция печени во многом зависит от кислородного обеспечения. При недостатке кислорода основная роль аэробного пути синтеза энергии снижается и возрастает анаэробный гликолиз. [20, 30]

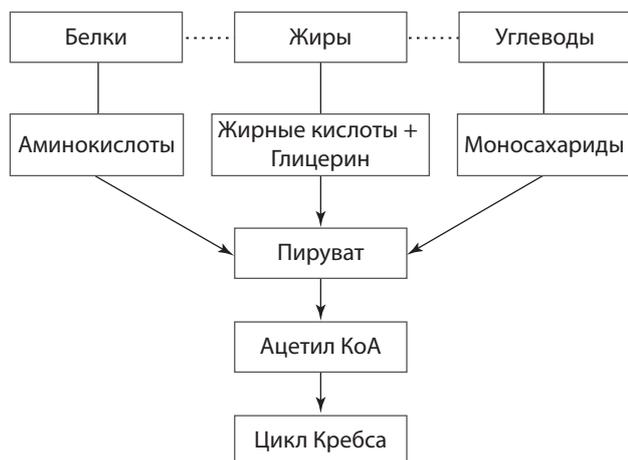
В анаэробных условиях синтез энергии (гликолиз) сопровождается образованием молочной кислоты и малым энергетическим выходом. Всего две молекулы АТФ на одну молекулу глюкозы. Из-за низкой энергетической продуктивности анаэробный гликолиз не способен длительное время поддерживать жизнедеятельность клеток и организма. [10, 18]

Аэробное окисление одной молекулы глюкозы дает возможность синтезировать 38 молекул АТФ, что в 19 раз больше чем при анаэробном гликолизе. [12]

Конечный продукт анаэробного гликолиза — лактат. [6] Его уровень в организме повышается при нехватке кислорода и нарушении механизма выработки энергии. Во многих случаях компенсаторных возможностей организма достаточно, чтобы избежать высокого уровня накопления лактата. При гидролизе лактата выделяется молочная кислота, которая вызывает состояние закисления организма (лактатный ацидоз). Чтобы этого не произошло существует несколько механизмов удаления лактата. Наиболее продуктивный — окисление лактата до CO_2 (цикл Кребса), при котором удаляется до 70% молочной кислоты.

Лактат может выступать в качестве энергетического субстрата, но его доля в энергетическом обмене лимитирована (не более 20%). Основная его масса перерабатывается печенью в глюкозу или гликоген. Благодаря этой способности печень имеет большое значение в поддержании кислотно-щелочного баланса. Таким образом, в условиях недостаточного кислородного обеспечения синтез энергии идет по наименее продуктивному пути с накоплением в организме большого количества лактата, что приводит к метаболическому ацидозу. Сдвиг кислотно-щелочного баланса в сторону метаболического ацидоза блокирует поступление кислорода в клетки.

При закислении организма плохо усваиваются жизненно важные микроэлементы, а некоторые из них (Ca, Na, K, Mg, Fe) усиленно выводятся, развиваются гипомикроэлементозы. Затем снижается синтез эритроцитов и их насыщенность гемоглобином, что приводит к анемическому синдрому. При анемии ухудшается перенос кислорода к органам и тканям, развивается гипоксия, при которой с трудом реализуется аэробный (основной) путь



выработки энергии. Промежуточный продукт гликолиза (пируват) не подвергается окислительно-декарбоксилированию и не вовлекается в цикл Кребса. [12] Без кислорода не может быть энергии.

Таким образом, высокое накопление лактата в крови — индикатор «неблагополучия» энергетического обмена и может указывать на различные заболевания.

Тяжелая форма закисления организма с образованием большого количества кетокилот и холестерина происходит в условиях интенсивного липолиза. [8, 13, 22] Липолиз — вовлечение в энергетический обмен жировых запасов собственного тела при дефиците глюкозы. Калорийная ценность жиров (9 ккал/г) в два раза больше, чем углеводов и белков (4,1). Но жирные кислоты — не лучший энергетический субстрат. При интенсивном липолизе они окисляются в печени с образованием значительного количества кетоновых тел: β -оксималяная, ацетоуксусная кислоты и ацетон. Уровень кетоновых тел в крови отражает скорость окисления жиров. Жирные кислоты не могут заменить углеводы, так как на их выделение и использование уходит больше энергии и времени.

При определенных метаболических условиях ацетоуксусная, β -оксималяная кислоты выступают в качестве источников энергии. Ацетон удаляется через легкие с выдыхаемым воздухом. При избыточном синтезе кетоновых тел они не успевают включиться в энергетический обмен и, накапливаясь в крови, вызывают состояние гиперкетонемии. [14] Высокое накопление лактата (молочная кислота), кетоновых тел токсично для организма. Они угнетают эритропоэз и усиливают состояние кислородной недостаточности, при которой нарушается катаболизм белков, что приводит к повышенному синтезу аммиака (гипераммониемия) и мочевой кислоты (гиперурикемия). В результате формируется замкнутый круг патобиохимических процессов, в основе которого нарушение аэробного синтеза энергии и высокое накопление проблемных продуктов анаэробного гликолиза. [6]

Во время гипоксии окисление жирных кислот приостанавливается, и происходит накопление недоокисленных продуктов. При недостатке энергии в организме необходима активация аэробного синтеза АТФ для создания условий, обеспечивающих активное вовлечение в энергетический обмен наиболее проблемных энергетических субстратов (лактат и кетокилоты). В 1930 году американский биохимик Альберт Сент-Дьерди установил, что при добавлении сукцината, фумарата и малата к измельченной мышечной ткани поглощается большее количество кислорода, чем требуется для окисления. Открытие этого феномена предоставило широкие возможности по применению органических кислот цикла Кребса для активации энергетического обмена. Вышеуказанные интермедиаты цикла Кребса активно используют в научных исследованиях. [3, 6, 10, 17, 20, 30, 31] Однако из всех его субстратов наибольшее внимание получил сукцинат. Высокая эффективность сукцинатов для активации аэробного пути синтеза энергии впервые была установлена в экспериментальных исследованиях ученых института биофизики АН СССР. [9, 11] Доказано,

что экзогенно вводимая янтарная кислота и ее соли (сукцинаты), даже при минимальных дозировках, обеспечивают нетипично высокий энергетический и метаболический эффект, например, в десятки раз увеличивают способность потребления кислорода клетками печени. Так как печень — центральный орган выработки глюкозы, в условиях низкого кислородного обеспечения сукцинаты могут активировать аэробный синтез энергии. Мощность системы энергопродукции, замыкающейся на янтарной кислоте и ее солях, в сотни раз превосходит все другие системы энергообразования организма. [23]

Высокая энергетическая мощность окисления сукцината обеспечивает успех применения сукцинатсодержащих композиций при повышенном потреблении энергии, развитии энергетического дефицита и ацидоза, адаптации к тяжелым нагрузкам и восстановлении.

При недостаточном кислородном обеспечении дыхательная цепь митохондрий не может принять на себя водород от какого-либо иного субстрата, кроме янтарной кислоты. [26–28] Благодаря этому образуются высокоэнергетические фосфатные связи и реализуется синтез молекул АТФ из аденозиндифосфорной кислоты (АДФ).

Таким образом, когда организму требуется резко увеличить энергопродукцию, решающее значение приобретает система окисления янтарной кислоты, которая минуя медленные стадии цикла Кребса, позволяет значительно ускорить процессы энергообразования.

Большой клинический интерес представляет буферная активность натриевых солей янтарной кислоты. В клинических исследованиях мы наблюдали эффект нормализации резервной щелочности при инъекционном применении сукцината натрия. [5] При его внутриклеточном окислении происходит замена одной молекулы водорода на натрий и образуется бикарбонат. Такой эффект дает уникальную возможность купирования внутриклеточного метаболического ацидоза, играющего ключевую роль в развитии патобиохимических процессов и патофизиологических состояний у людей и животных.

Способность янтарной кислоты и ее солей в десятки раз усиливать клеточное дыхание гепатоцитов применяют при токсикозах и отравлениях. [21, 25, 29]

Возможна высокая противоопухолевая активность янтарной кислоты. В злокачественных клетках реализуется анаэробный путь образования энергии. Янтарная кислота изменяет его на аэробный, губительный для онкоклеток. [1, 4] К сожалению, это никак не реализуется в современной онкологии.

Выводы. Изменение рациона питания людей и животных привело к высокому синтезу сложных для организма энергетических субстратов (лактат и кетокилоты). При высоком накоплении они закисляют организм. В условиях нарушения кислотно-щелочного баланса при метаболическом ацидозе и кетоацидозе только янтарная кислота обладает способностью перевести энергетические процессы с менее эффективного анаэробного гликолиза на эффективный аэробный путь. Это решает проблему активации энергетического обмена при патофизиологических состояниях.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Абашин С. Ю. Роль препаратов на основе янтарной кислоты в программах противоопухолевого лечения // Медицина в Кузбассе. Спецвыпуск. 2014. № 2. С. 27–28.
2. Березина А.В., Беляева О.Д., Баженова Е.А. и др. Особенности окисления жиров при физических нагрузках различной интенсивности у больных абдоминальным ожирением // Проблемы эндокринологии. 2010. № 2. С. 20–26.
3. Гунина Л.М. Безопасность и эффективность янтарной кислоты при использовании спортсменами для стимуляции работоспособности // Здоровье для всех: научно-практический журнал. 2014. № 2. С. 10–14.
4. Дрогоморецкая Е.И., Трашков А.П., Балашов В.К. и др. Экспериментальный и клинический опыт применения Ремаксола как препарата сопровождения при противоопухолевом лечении // Эффективная фармакотерапия, онкология, гематология и радиология. 2018. № 2. С. 34–42.
5. Евлевский А.А., Евлевская Е.П., Гладилин Г.В., Старниченко Д.И. Клиническая эффективность сукцината натрия при метаболическом ацидозе у коров // Сборник научных трудов: Научное обеспечение агропромышленного производства / Мат. Междунар. науч.-практ. конф. Курск. 2018. С. 11–15).
6. Евлевский Ал.А., Скира В.Н., Евлевская Е.П. и др. Метаболический ацидоз у высокопродуктивных коров: причины, последствия, профилактика // Ветеринария. 2017. № 5. С. 45–48.
7. Емельянов В.В. Максимова Н.Е., Мочульская Н.Н. Биохимия. // Учебное пособие. Екатеринбург: Уральский университет. 2016. 131 с.
8. Жаров А.В., Жарова Ю.П. Патология обмена веществ у высокопродуктивных животных // Ветеринария. 2012. №9. С. 46-50.
9. Кондрашова М.Н. Янтарная кислота источник энергии в организме // Норма-пресс. 1991. 9. С. 17–18.
10. Маевский Е., Васильева А., Гришина Е. и др. Обоснование метаболизма для применения композиций на основе сукцината для поддержания высоких показателей в организме человека // Кардиометрия. 2020. Вып. 16. С. 15–25. DOI: 10.12710/cardiometry.2020.16.1525.
11. Маевский Е.И., Гришина Е.В., Розенфельд А.С., Кондрашова М.Н. Взаимодействие анаэробного образования сукцината и гликолиза как основа повышения устойчивости клеток к кислородному голоданию // Терапия экстремальных состояний: Мат. Науч.-практ. конф. Обнинск: 2006. С. 123–134.
12. Маевский Е.И., Розенфельд А.С., Гришина Е.В., Кондрашова М.Н. Коррекция метаболического ацидоза путем поддержания функций митохондрий. Пушино: ИТЭБ РАН 2001. 155 с.
13. Мищенко В. А. Анализ причин заболеваний высокопродуктивных коров // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2008. Т. 11. № 2. С. 20–24.
14. Мищенко В.А., Мищенко А.В., Яшин Р.В. и др. Метаболические заболевания крупного рогатого скота // Ветеринария сегодня. 2021. № 3 (38). С. 184–189.
15. Никулин И. А., Ратных О.А., Ветрова Ж.А. Мониторинг биохимического состава крови коров в Воронежской области // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2016. № 3 (11). С. 104–109.
16. Оковитый С.В., Безбородкина Н.Н., Улейчик С.Г., Шуленин С.Н. Гепатопротекторы. М.: Гэотар-МЕДИА. 2010. 112 с.
17. Оковитый С.В., Радько С.В. Применение сукцинатов в спорте // Вопросы курортологии, физиотерапии, и лечебной физической культуры. 2015. № 6. С. 59–65. DOI: 10.17116/kurort2015659-65
18. Оковитый С.В., Суханов Д.С., Заплутанов В.А., Смагина А.Н. Антигипоксанты в современной клинической практике // Клин. мед. 2012. 90 (9): 69-74. 12 (113): 30-33.
19. Покровская М.В., Гусев И.В., Рыков Р.А. Биохимические показатели минерального обмена у высокопродуктивных молочных коров // Молочное и мясное скотоводство. 2014. № 8. С. 30–32.
20. Розенфельд А.С., Маевский Е.И. Теоретико-методологические аспекты действия сукцината при спортивных нагрузках и гипоксии. Екатеринбург: 2007. 174 с.
21. Романцов М.Г., Суханов Д.С., Петров А.Ю. и др. Применение субстратов энергетического обмена при хроническом поражении печени для коррекции метаболических нарушений (экспериментально-клинические исследования) Фундаментальные исследования.
22. Рядчиков В.Г. Питание и здоровье высокопродуктивных коров // Научный журнал Кубанского ГАУ. 2012. № 79. С. 147–165.
23. Рямова К.А., Розенфельд А.С. Поддержание работоспособности и относительного постоянства pH среды средствами субстратной поддержки митохондриального аппарата // Вестник Южно-Уральского государственного университета. 2014. 14(4). С. 14–19.
24. Самохин В.Т. Профилактика нарушений обмена микроэлементов у животных. 2-е издание. Воронеж: Воронежский государственный университет. 2003. 136 с.
25. Сас Е.И., Гриневиц В.В. Многокомпонентные инфузионные гепатопротекторы при лекарственном поражении печени. // Медицинский совет. 2019. 3: 84-88. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2019-3-84-88>.
26. Смирнов А.В., Нестерова О.Б., Голубев Р.В. Янтарная кислота и ее применение в медицине // Нефрология. 2014. № 4. С. 12–24.
27. Стецура Я.А., Шоломов И.И., Щуковский Н.В. и др. Коррекция астенического синдрома на фоне приема препаратов янтарной кислоты // Бюл. мед. интернет-конференций. 2015. 5(4): 265.
28. Швец О.М., Лебедев А.Ф., Евлевский А.А. и др. Теоретические и практические аспекты разработки и применения препаратов на основе янтарной кислоты // Ветеринарная патология. 2009. № 1(28). С. 98–100.
29. Шилов В.В., Шикалова И.А., Васильев С.А. и др. Коррекция метаболических расстройств в лечении алкогольных поражений печени у больных с острыми отравлениями алкоголем // Клиническая медицина. 2013. № 2. С. 45–48.
30. Ariza A.C., Deen P.M.T., Robben J.H. // The succinate receptor a novel therapeutic target for oxidative and metabolic stress-related conditions. *Frontiers in Endocrinology*. 2012. V. 3 (Art. 22). P. 1–8.
31. Starling S. Succinate regulates muscle exercise adaptations. // *Nat Rev Endocrinol*. 2020. V. 16 (12). P. 678–679. DOI: 10.1038/s41574-020-00429-2.

REFERENCES

1. Abashin S. Yu. Rol' preparatov na osnove yantarnoj kisloty v programmah protivopuholevogo lecheniya // *Medicina v Kuzbasse. Specvypusk*. 2014. № 2. S. 27–28.
2. Berezina A.V., Belyaeva O.D., Bazhenova E.A. i dr. Osobennosti okisleniya zhirov pri fizicheskikh nagruzkah razli-

- chnoj intensivnosti u bol'nyh abdominal'nym ozhireniem // Problemy endokrinologii. 2010. № 2. S. 20–26.
3. Gunina L.M. Bezopasnost' i effektivnost' yantarnoj kisloty pri ispol'zovanii sportsmenami dlya stimulyacii rabotosposobnosti // Zdorov'e dlya vsekhn: nauchno-prakticheskij zhurnal. 2014. № 2. S. 10–14.
 4. Drogomireckaya E.I., Trashkov A.P., Balashov V.K. i dr. Eksperimental'nyj i klinicheskij opyt primeneniya Remak-sola kak preparata soprovozhdeniya pri protivoopuholevom lechenii // Effektivnaya farmakoterapiya, onkologiya, gematologiya i radiologiya. 2018. № 2. S/ 34–42.
 5. Evglevskij A.A., Evglevskaya E.P., Gladilin G.V., Star-nichenko D.I. Klinicheskaya effektivnost' sukcinata natriya pri metabolicheskom acidoze u korov // Sbornik nauchnyh trudov: Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo proizvodstva / Mat. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Kursk. 2018. S. 11–15).
 6. Evglevskij A.I.A., Skira V.N., Evglevskaya E.P. i dr. Metabolicheskij acidoz u vysokoproduktivnyh korov: prichiny, posledstviya, profilaktika // Veterinariya. 2017. № 5. S. 45–48.
 7. Emel'yanov V.V. Maksimova N.E., Mochul'skaya N.N. Biohimiya. // Uchebnoe posobie. Ekaterinburg: Ural'skij universitet. 2016. 131 s.
 8. Zharov A.V., Zharova Yu.P. Patologiya obmena veshchestv u vysokoproduktivnyh zhivotnyh // Veterinariya. 2012. № 9. S. 46–50.
 9. Kondrashova M.N. Yantarnaya kislota istochnik energii v organizme // Norma-press. 1991. 9. S. 17–18.
 10. Maevskij E., Vasil'eva A., Grishina E. i dr. Obosnovanie metabolizma dlya primeneniya kompozicij na osnove sukcinata dlya podderzhaniya vysokih pokazatelej v organizme cheloveka // Kardiometriya. 2020. Vyp. 16. S. 15–25. DOI: 10.12710/cardiometry.2020.16.1525.
 11. Maevskij E.I., Grishina E.V., Rozenfel'd A.S., Kondrashova M.N. Vzaimodejstvie anaerobnogo obrazovaniya sukcinata i glikoliza kak osnova povysheniya ustojchivosti kletok k kislородному golodaniyu // Terapiya ekstremal'nyh sostoyanij: Mat. Nauch.-prakt. konf. Obninsk: 2006. S. 123–134.
 12. Maevskij E.I., Rozenfel'd A.S., Grishina E.V., Kondrashova M.N. Korrekciya metabolicheskogo acidoza putem podderzhaniya funkcij mitohondrij. Pushchino: ITEB RAN 2001. 155 s.
 13. Mishchenko V.A. Analiz prichin zabelevanij vysokoproduktivnyh korov // Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2008. T. 11. № 2. S. 20–24.
 14. Mishchenko V.A., Mishchenko A.V., Yashin R.V. i dr. Metabolicheskie zabelevaniya krupnogo rogatogo skota // Veterinariya segodnya. 2021. № 3 (38). S. 184–189.
 15. Nikulin I. A., Ratnyh O.A., Vetrova Zh.A. Monitoring biohimicheskogo sostava krovi korov v Voronezhskoj oblasti // Innovacii v APK: problemy i perspektivy. 2016. № 3 (11). S. 104–109.
 16. Okovityj S.V., Bezborodkina N.N., Ulejchik S.G., Shulenin S.N. Gepatoprotektory. M.: Geotar-MEDIA. 2010. 112 c.
 17. Okovityj S.V., Rad'ko S.V. Primenenie sukcinatov v spor-te // Voprosy kurortologii, fizioterapii, i lechebnoj fizicheskoy kul'tury. 2015. № 6. S. 59–65. DOI: 10.17116/kurort2015659-65
 18. Okovityj S.V., Suhanov D.S., Zaplutanov V.A., Smagina A.N. Antigipoksanty v sovremennoj klinicheskoy praktike // Klin. med. 2012. 90 (9): 69-74. 12 (113): 30-33.
 19. Pokrovskaya M.V., Gusev I.V., Rykov R.A. Biohimicheskie pokazateli mineral'nogo obmena u vysokoproduktivnyh molochnyh korov // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2014. № 8. S. 30–32.
 20. Rozenfel'd A.S., Maevskij E.I. Teoretiko-metodologicheskie aspekty dejstviya sukcinata pri sportivnyh nagruzkah i gipoksii. Ekaterinburg: 2007. 174 s.
 21. Romancov M.G., Suhanov D.S., Petrov A.Yu. i dr. Primenenie substratov energeticheskogo obmena pri hronicheskom porazhenii pecheni dlya korrekcii metabolicheskikh narushenij (eksperimental'no-klinicheskie issledovaniya) Fundamental'nye issledovaniya.
 22. Ryadchikov V.G. Pitanie i zdorov'e vysokoproduktivnyh korov // Nauchnyj zhurnal Kubanskogo GAU. 2012. № 79. S. 147–165.
 23. Ryamova K.A., Rozenfel'd A.S. Podderzhanie rabotosposobnosti i odnositel'nogo postoyanstva rN srede sredstvami substratnoj podderzhki mitohondrial'nogo apparata // Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. 2014. 14(4). S. 14–19.
 24. Samohin V.T. Profilaktika narushenij obmena mikroelementov u zhivotnyh. 2-e izdanie. Voronezh: Voronezhskij gosudarstvennyj universitet. 2003. 136 s.
 25. Sas E.I., Grinevich V.B. Mnogokomponentnye infuzionnye hepatoprotektory pri lekarstvennom porazhenii pecheni. // Medicinskij sovet. 2019. 3: 84-88. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2019-3-84-88>.
 26. Smirnov A.V., Nesterova O.B., Golubev R.V. Yantarnaya kislota i ee primenenie v medicine // Nefrologiya. 2014. № 4. S. 12–24.
 27. Stecura Ya.A., Sholomov I.I., Shchukovskij N.V. i dr. Korrekciya astenicheskogo sindroma na fone priema preparatov yantarnoj kisloty // Byul. med. internet-konferencij. 2015. 5(4): 265.
 28. Shvec O.M., Lebedev A.F., Evglevskij A.A. i dr. Teoreticheskie i prakticheskie aspekty razrabotki i primeneniya preparatov na osnove yantarnoj kisloty // Veterinarnaya patologiya. 2009. № 1 (28). S. 98–100.
 29. Shilov V.V., Shikalova I.A., Vasil'ev S.A. i dr. Korrekciya metabolicheskikh rasstrojstv v lechenii alkohol'nyh porazhenij pecheni u bol'nyh s ostrymi otravleniyami alkogolem // Klinicheskaya medicina. 2013. № 2. S. 45–48.
 30. Ariza A.C., Deen P.M.T., Robben J.H. // The succinate receptor a novel therapeutic target for oxidative and metabolic stress-related conditions. *Frontiers in Endocrinology*. 2012. V. 3 (Art. 22). P. 1–8.
 31. Starling S. Succinate regulates muscle exercise adaptations. // *Nat Rev Endocrinol*. 2020. V. 16 (12). P. 678–679. DOI: 10.1038/s41574-020-00429-2.

*Поступила в редакцию 25.10.2022
Принята к публикации 08.11.2022*

АДАПТАЦИОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КРОВИ КОРОВ ПРИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ СТРЕССЕ*

Анна Вячеславовна Дерюгина¹, доктор биологических наук
 Марина Николаевна Иващенко², кандидат биологических наук
 Мария Николаевна Таламанова¹, кандидат биологических наук
 Андрей Александрович Белов², аспирант
 Владимир Александрович Петров², аспирант
 Александра Андреевна Кустова¹, аспирант
 Дарья Александровна Еробкина¹, аспирант

¹ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского», г. Нижний Новгород, Россия

²ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия»
 Министерства науки и образования, г. Нижний Новгород, Россия

E-mail: kafedra2577@mail.ru

Аннотация. Создание животноводческих комплексов с внедрением новых способов организации и технологий привело к широкому проявлению технологических стрессов у крупного рогатого скота. Стресс снижает естественную резистентность и уровень гуморального иммунитета, в результате создаются условия для активизации условно-патогенной микрофлоры, что приводит к расстройству пищеварения, респираторным заболеваниям, снижению продуктивности, повышению заболеваемости и летальности животных. Поэтому анализ адапционных реакций крови у коров при технологическом стрессе позволит оценить состояние организма и своевременно разработать меры профилактики возникающих нарушений. Маркером общего адапционного процесса служит система крови. В работе проведено исследование содержания лейкоцитов, эритроцитов, АТФ в эритроцитах, электрофоретической подвижности эритроцитов (ЭФПЭ) крови крупного рогатого скота при технологическом стрессе. Показано, что у животных после технологического стресса достоверно увеличивается число лейкоцитов на 3–14 сутки исследования по сравнению с контрольной группой животных, отмечено развитие нейтрофилии, моноцитоза и лимфопении. Число эритроцитов, концентрация гемоглобина, ЭФПЭ и содержание АТФ после технологического стресса были ниже по сравнению с контрольной группой в течение трех суток. Для коррекции технологического стресса у коров необходимы средства повышающие общие адапционные возможности организма животных.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, эритроциты, лейкоциты, лейкоцитарная формула, электрофоретическая подвижность эритроцитов, АТФ, лейкоцитарные индексы

ADAPTIVE CHANGES OF COWS BLOOD UNDER TECHNOLOGICAL STRESS

A.V. Deryugina¹, *Grand PhD in Biological Sciences*
 M.N. Ivashchenko², *PhD in Biological Sciences*
 M.N. Talamanova¹, *PhD in Biological Sciences*
 A.A. Belov², *PhD Student*
 V.A. Petrov², *PhD Student*
 A.A. Kustova¹, *PhD Student*
 D.A. Erobkina¹, *PhD Student*

¹National Research Nizhny Novgorod State University named after N.I. Lobachevsky, Nizhny Novgorod, Russia

²“Nizhny Novgorod State Agricultural Academy” of the Ministry of Science
 and Education of the Russian Federation, Nizhny Novgorod, Russia

E-mail: kafedra2577@mail.ru

Abstract. The creation of livestock complexes with the introduction of new methods of organization and technologies has led to a wide manifestation of technological stresses in cattle. Stress reduces the natural resistance and the level of humoral immunity, as a result of which conditions are created for the activation of conditionally pathogenic microflora, which leads to digestive disorders, respiratory diseases, decreased productivity, increased morbidity and mortality of animals. Therefore, the analysis of adaptive reactions of blood in cows under technological stress will allow us to assess the state of the body and timely develop measures to prevent emerging disorders. The marker of the general adaptation process is the blood system. The study of the content of leukocytes, erythrocytes, ATP in erythrocytes, electrophoretic mobility of erythrocytes (EFPE) of cattle blood under technological stress. It was shown that in animals after technological stress there was a significant increase in the number of leukocytes on the 3rd–14th day of the study compared with the control group of animals, the development of neutrophilosis, monocytosis and lymphopenia was noted. The number of red blood cells, hemoglobin concentration, EFPE and ATP content after technological stress were lower compared to the control group for 3 days. Thus, to correct technological stress in cows, means are needed that increase the overall adaptive capabilities of the animal organism.

Keywords: cattle, erythrocytes, leukocytes, leukocyte formula, electrophoretic mobility of erythrocytes, ATP, leukocyte indices

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ в рамках научного проекта № 22-26-00311 / The study was carried out with the financial support of the Russian Academy of Sciences in the framework of scientific project No. 22-26-00311.

Развитие животноводства – перспективное направление развития мясного комплекса России. Создание крупных животноводческих комплексов с внедрением новых способов организации и технологий привело к широкому проявлению технологических стрессов у сельскохозяйственных животных. Стресс снижает естественную резистентность и уровень гуморального иммунитета, в результате создаются условия для активизации условно-патогенной микрофлоры, что приводит к расстройству пищеварения, респираторным заболеваниям, снижению продуктивности, повышению заболеваемости и летальности животных. [2]

Высокопродуктивные коровы, обладая интенсивным метаболизмом, под действием стрессоров более склонны к нарушениям гомеостаза, восстановление которого сопровождается напряжением компенсаторных механизмов. [3, 9] С помощью анализа адаптационных реакций крови у коров при технологическом стрессе возможно оценить состояние организма, своевременно разработать меры профилактики возникающих нарушений и избежать снижения эффективности производства продукции.

Система крови служит маркером общего адаптационного процесса и играет важную роль в поддержании гомеостаза. [1] Клеточный состав крови отражает нейроэндокринные, иммунные и метаболические изменения, происходящие в организме при адаптации. Эритроциты и лейкоциты – важнейшие носители информации о процессах, протекающих на уровне тканевых структур организма, и индикаторы изменений нормального хода физиологических, биохимических и биофизических процессов в организме. [4]

Исследование структурно-функциональной организации эритроцитов и лейкоцитов при стрессе

может иметь не только теоретическое, но диагностическое и прогностическое значение.

Цель работы – исследование воздействия технологического стресса на гематологические показатели крови коров.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект изучения – цельная кровь физиологически здоровых коров *черно-пестрой* породы, перенесших технологический стресс (опытная группа) и нестрессированных животных (контрольная). Технологический стресс был вызван перегруппировкой животных и взвешиванием.

Группы формировали по принципу групп-аналогов по полу, возрасту, средней живой массе и фенотипическим признакам (по 10 голов). Кровь подопытных животных исследовали на гематологические показатели, электрофоретическую подвижность эритроцитов (ЭФПЭ), концентрацию АТФ в эритроцитах.

Для оценки ЭФПЭ готовили взвесь отмытых эритроцитов трехкратным центрифугированием при 1500 об./мин. в течение 10 мин. с 0,9%-м раствором хлористого натрия. Суспензию клеток разводили в 10 мМ трис HCl буфере (pH = 7,4) и измеряли ЭФПЭ методом микроэлектрофореза с использованием цитоферометра в нашей модификации. [11] Концентрацию АТФ в эритроцитах определяли в ТХУ фильтрате гемолизированных эритроцитов неэнзиматическим методом по содержанию неорганического фосфата. [5] Гематологические показатели исследовали на анализаторе Гемалайт 1270 (Dixon, Россия).

Математико-статистическую обработку полученных данных проводили в программе BIOSTAT. Рассчитывали среднюю арифметическую и ее ошибку ($M \pm m$), достоверность разницы (p) по критерию Стьюдента.

Таблица 1.

Гематологические показатели крови коров исследуемых групп животных, ($M \pm m$)

Показатель крови	Группа	Время после технологического стресса, сутки			
		1	3	14	30
Лейкоциты, $\cdot 10^9$ /л	Контрольная	6,72±0,79	6,73±0,82	6,67±0,75	6,69±0,81
	Опытная	6,96±1,09	9,88±1,41*	9,33±0,65*	6,98±0,47
Нейтрофилы, %	Контрольная	34,82±1,75	34,44±1,68	35,72±2,06	34,59±1,93
	Опытная	34,67±0,88	42,33±3,76*	37,00±2,08*	33,33±1,76
Эозинофилы, %	Контрольная	4,65±1,18	5,14±1,15	5,14±1,21	5,09±1,19
	Опытная	4,67±1,76	4,98±1,00	3,00±1,00	5,33±0,33
Базофилы, %	Контрольная	1,63±0,73	1,62±0,89	1,60±0,81	1,61±0,79
	Опытная	1,67±0,33	1,69±0,78	2,33±0,33	1,00±0,58
Лимфоциты, %	Контрольная	52,53±3,71	53,43±4,74	52,25±4,75	53,39±4,73
	Опытная	52,67±3,28	42,00±3,51*	49,67±0,88	56,00±2,01
Моноциты, %	Контрольная	6,37±1,73	5,37±1,74	5,29±1,65	5,32±1,71
	Опытная	6,32±0,67	9,00±0,58*	8,00±0,58*	4,33±0,67
Эритроциты, $\cdot 10^{12}$ /л	Контрольная	7,43±0,46	7,42±0,31	7,38±0,39	7,41±0,42
	Опытная	5,33±0,58*	5,42±0,52*	6,43±0,74	7,33±0,65
Гемоглобин, г/л	Контрольная	121±3,41	123±2,27	126±2,18	121±2,18
	Опытная	99±4,74*	115±3,68*	127±3,01	120±2,31

Примечание. Среднее \pm SEM, * – статистически значимые различия относительно значений интактной группы животных, $p \leq 0,05$. То же в табл. 2 и 3.

Таблица 2.
Изменение электрокинетических и метаболических показателей эритроцитов крови коров, $M \pm m$

Показатель крови	Группа	Время после технологического стресса, сутки			
		1	3	14	30
ЭФПЭ, (мкм см $B^{-1}c^{-1}$)	Контрольная	0,92±0,02	0,94±0,07	0,92±0,06	0,93±0,04
	Опытная	0,87±0,02*	0,85±0,03*	0,88±0,03	0,90±0,05
АТФ, (мкмоль/мл)	Контрольная	1,98±0,38	1,95±0,27	1,96±0,29	2,01±0,31
	Опытная	1,29±0,16*	1,34±0,19*	1,86±0,28	1,99±0,23

Таблица 3.
Лейкоцитарные индексы коров, $M \pm m$

Показатель крови	Группа	Время после технологического стресса, сутки			
		1	3	14	30
ИСЛК	Контрольная	0,69±0,13	0,7±0,12	0,74±0,14	0,7±0,21
	Опытная	0,69±0,14	0,96±0,13*	0,72±0,15	0,66±0,18
иК	Контрольная	0,66±0,23	0,64±0,17	0,68±0,25	0,64±0,19
	Опытная	0,66±0,19	1,01±0,13*	0,74±0,18	0,59±0,22

РЕЗУЛЬТАТЫ

После технологического стресса у животных опытной группы отмечено достоверное увеличение числа лейкоцитов на 3...14 сутки исследования по сравнению с животными контрольной группы (табл. 1).

Выявлено развитие умеренного лейкоцитоза, так как при сравнении числа лейкоцитов крови коров после технологического стресса с нормативными величинами их значения находились в пределах верхней границы нормы. [8]

Количество эритроцитов в опытной группе животных было ниже по сравнению с контрольной в течение первых и третьих суток на 28,26 и 26,96% соответственно. При этом уменьшалась концентрация гемоглобина, что свидетельствует о снижении кислородтранспортных возможностей крови при стрессе.

Общие закономерности изменения гомеостаза организма, морфофункциональное состояние мембран клеток и электрокинетический потенциал можно определить по электрофоретической подвижности эритроцитов (ЭФПЭ). [7] Анализ уровня ЭФПЭ показал, что при технологическом стрессе у животных ЭФПЭ уменьшалась в первые и третьи сутки на 5,44 и 9,58% соответственно с последующим восстановлением исследуемого показателя до уровня контрольной группы животных (табл. 2).

Форма эритроцитов, способность к деформации тесно связаны с энергетическим метаболизмом. Главный источник энергии в эритроцитах – АТФ, которая участвует не только в поддержании формы, объема клеток, но и регуляции их функций, контролирует передачу рецепторного сигнала и изменяет метаболизм эритроцитов. [12, 13] По концентрации АТФ определили, что показатели в опытной группе снизились в среднем на 33% в течение трех суток

после стресса относительно показателей животных контрольной группы.

Важный источник информации о характере протекания адапционных реакций в организме – данные лейкоцитарной формулы крови. После стресса отмечено перераспределение в процентном соотношении клеток в лейкограмме.

Анализ лейкоцитарной формулы выявил развитие нейтрофилии, моноцитоза и лимфопении на 3 и 14 сутки после технологического стресса. [6] На третьи сутки количество нейтрофилов увеличилось на 22,91%, моноцитов – 67,60, доля лимфоцитов уменьшилась на 21,39% по сравнению с величинами контрольной группы.

Через 14 суток тенденции в перераспределении процентного содержания нейтрофилов, моноцитов в лейкограмме по сравнению со значениями контрольной группы сохранились. Содержание нейтрофилов увеличилось на 3,58%, моноцитов – 51,23. При изучении процентного содержания эозинофилов, базофилов в лейкоцитарной формуле коров при технологическом стрессе на протяжении всего периода исследований достоверных отличий не обнаружено.

Выявленные изменения в лейкоцитарной формуле коров опытной группы указывают на быстрое развитие стресс-реакции. Уже непосредственно после воздействия в крови животных обнаружены признаки, характерные для общего адаптационного синдрома.

Наиболее точно оценить степень напряжения функциональных приспособительных механизмов позволяет расчет лейкоцитарных индексов: сдвига лейкоцитов крови (ИСЛК) и индекс Кребса (иК) (табл. 3).

ИСЛК – маркер реактивности организма при различных его состояниях. [10] В наших исследованиях ИСЛК на третьи сутки после стресса превышал значение контрольной группы на 37,14%.

Индекс Кребса характеризует напряженность стресс-реакции организма, активность фагоцитарных реакций и факторов специфического иммунитета, их участие в поддержании общей реактивности организма. При уменьшении тяжести и продолжительности воздействия на организм коров неблагоприятных факторов происходит снижение показателя.

Таким образом, технологический стресс вызывает изменение гематологических и метаболических показателей крови. Можно считать, что первые и третьи сутки наиболее критические для течения патологического процесса.

Установлено, что при технологическом стрессе в крови крупного рогатого скота появляются классические признаки стресс-реакции, к которым относятся нейтрофилия, моноцитоз и лимфопения. Достоверно изменяются лейкоцитарные индексы крови, а также метаболические показатели эритроцитов (ЭФПЭ, содержание АТФ), свидетельствующие о газотранспортной функции крови и метаболических процессах в организме.

Для сохранения здоровья и повышения продуктивности животных в условиях промышленного комплекса требуется постоянный анализ показателей метаболизма коров, чтобы своевременно принять меры по его коррекции. Необходимы средства

с широким спектром защитно-восстановительной активности, повышающие общие адаптационные возможности организма животных.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. М.: Медицина, 1997. 222 с.
2. Бантикова Т.Н., Тухфатова Р.Ф. Влияние антиоксидантного препарата на биохимические показатели сыворотки крови при профилактике технологического стресса поросят // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2016. № 6. С. 90–93.
3. Беляев А.И., Горлов И.Ф. Ресурсосберегающие технологии производства говядины // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2010. № 3. С. 10–14.
4. Бусловская Л.К., Ковтуненко А.Ю., Рыжкова Ю.П. Адаптационные реакции у коров при технологических операциях // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2019. № 2 (12). С. 3–9.
5. Виноградова И.Л., Багрянцева С.Ю., Дервиз Г.В. Метод одновременного определения 2,3 ДФГ и АТФ в эритроцитах // Лабораторное дело. 1980. № 7. С. 424–426.
6. Горизонтов П.Д., Белоусова О.И., Федотова М.И. Стресс и система крови. М.: Медицина, 1983. 240 с.
7. Дерюгина А.В., Шабалин М.А., Грачева Е.А. Электрофоретическая подвижность эритроцитов в качестве маркера адаптационных реакции организма. Нижний Новгород: Издательство Нижегородского госуниверситета, 2020. 21 с.
8. Дерюгина А.В., Ивашенко М.Н., Игнатъев П.С. и др. Морфофункциональные показатели эритроцитов крупного рогатого скота при стрессе и его коррекции низкоинтенсивным лазерным излучением // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2021. № 1. С. 67–71.
9. Ермакова Н.В. Изучение сезонной динамики физиолого-биохимического гомеостаза крови коров в условиях технологического стресса // Аграрная наука. 2009. № 4. С. 28–29.
10. Сперанский И.И., Самойленко Г.Е., Лобачева М.В. Общий анализ крови – все ли его возможности исчерпаны? Интегральные индексы интоксикации как критерии оценки тяжести течения эндогенной интоксикации, ее осложнений и эффективности проводимого лечения // Острые и неотложные состояния в практике врача. 2009. № 6 (19). С. 92–99.
11. Deryugina A.V., Shumilova A.V., Filippenko E.S. et al. Functional and biochemical parameters of erythrocytes during mexicor treatment in posttraumatic period after experimental blood loss and combined traumatic brain injury // Bulletin of experimental biology and medicine. 2017. Vol. 164. № 1. P. 26–29.
12. González-Alonso J. ATP as a mediator of erythrocyte-dependent regulation of skeletal muscle blood flow and oxygen delivery in humans: Erythrocytes contribute to the regulation of muscle oxygen supply // The Journal of Physiology. 2012. Vol. 590. P. 5001–5013.
13. Puchulu-Campanella E., Chu H., Anstee D.J. Identification of the Components of a Glycolytic Enzyme Metabo-

lon on the Human Red Blood Cell Membrane // Journal of Biological Chemistry. 2013. Vol. 288. № 2. P. 848–858.

REFERENCES

1. Baevskij R.M., Berseneva A.P. Ocenka adaptacionnyh vozmozhnostej organizma i risk razvitiya zabojevanij. M.: Medicina, 1997. 222 s.
2. Bantikova T.N., Tuhfatova R.F. Vliyanie antioksidantnogo preparata na biohimicheskie pokazateli syvorotki krovi pri profilaktike tekhnologicheskogo stressa porosyat // Veterinariya, zootekhnija i biotekhnologija. 2016. № 6. S. 90–93.
3. Belyaev A.I., Gorlov I.F. Resursosberegayushchie tekhnologii proizvodstva govyadiny // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2010. № 3. S. 10–14.
4. Buslovskaya L.K., Kovtunenکو A.Yu., Ryzhkova Yu.P. Adaptacionnye reakcii u korov pri tekhnologicheskikh operacijah // Aktual'nye voprosy sel'skohozyajstvennoj biologii. 2019. № 2 (12). S. 3–9.
5. Vinogradova I.L., Bagryanceva S.Yu., Derviz G.V. Metod odnovremennogo opredeleniya 2,3 DFG i ATF v eritrocitah // Laboratornoe delo. 1980. № 7. S. 424–426.
6. Gorizontov P.D., Belousova O.I., Fedotova M.I. Stress i sistema krovi. M.: Medicina, 1983. 240 s.
7. Deryugina A.V., Shabalin M.A., Gracheva E.A. Elektroforeticheskaya podvizhnost' eritrocitov v kachestve markera adaptacionnyh reakcii organizma. Nizhnij Novgorod: Izdatel'stvo Nizhegorodskogo gosuniversiteta, 2020. 21 s.
8. Deryugina A.V., Ivashchenko M.N., Ignat'ev P.S. i dr. Morfofunkcional'nye pokazateli eritrocitov krupnogo rogatogo skota pri strasse i ego korrekcii nizkointensivnym lazernym izlucheniem // Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2021. № 1. S. 67–71.
9. Ermakova N.V. Izuchenie sezonnoj dinamiki fiziologobiohimicheskogo gomeostaza krovi korov v usloviyah tekhnologicheskogo stressa // Agrarnaya nauka. 2009. № 4. S. 28–29.
10. Speranskij I.I., Samojlenko G.E., Lobacheva M.V. Obshchij analiz krovi – vse li ego vozmozhnosti ischerpany? Integral'nye indeksy intoksikacii kak kriterii ocenki tyazhesti techeniya endogennoj intoksikacii, ee oslozhnenij i effektivnosti provodimogo lecheniya // Ostrye i neotlozhnye sostoyaniya v praktike vracha. 2009. № 6 (19). S. 92–99.
11. Deryugina A.V., Shumilova A.V., Filippenko E.S. et al. Functional and biochemical parameters of erythrocytes during mexicor treatment in posttraumatic period after experimental blood loss and combined traumatic brain injury // Bulletin of experimental biology and medicine. 2017. Vol. 164. № 1. P. 26–29.
12. González-Alonso J. ATP as a mediator of erythrocyte-dependent regulation of skeletal muscle blood flow and oxygen delivery in humans: Erythrocytes contribute to the regulation of muscle oxygen supply // The Journal of Physiology. 2012. Vol. 590. P. 5001–5013.
13. Puchulu-Campanella E., Chu H., Anstee D.J. Identification of the Components of a Glycolytic Enzyme Metabolon on the Human Red Blood Cell Membrane // Journal of Biological Chemistry. 2013. Vol. 288. № 2. P. 848–858.

Поступила в редакцию 07.12.2022

Принята к публикации 23.12.2022

ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ КОМБИНИРОВАННОГО СОШНИКА

Максим Сергеевич Чекусов, кандидат технических наук
 Александр Александрович Кем, кандидат технических наук
 Евгений Михайлович Михальцов, кандидат технических наук
 Андрей Николаевич Шмидт, аспирант
 ФГБНУ «Омский аграрный научный центр», г. Омск, Россия
 E-mail: kem@anc55.ru

Аннотация. Необходимость совершенствования рабочих органов посевных машин определяется разнообразием физико-механических свойств семян сельскохозяйственных культур, трудоемкостью и способами их посева, а также требованиями агротехнологий и различием почвенно-климатических условий. Разработана конструкция сошника для технологии ресурсосберегающего земледелия, позволяющая выполнять посев зерновых культур с одновременным внесением гранулированных минеральных удобрений ниже уровня посева семян. Изготовлен комплект сошников применительно к сеялке-культиватору СКП-2.1. На полях ФГБНУ «Омский АНЦ» с 2019 по 2021 год определяли качество и урожайность зерна яровой мягкой пшеницы Омская 36 в зависимости от способа внесения минеральных удобрений. При установке комплекта разработанных сошников к названию сеялки добавлен индекс «М» – СКП-2.1М. По годам представлены результаты средней урожайности и качества зерна согласно вариантам исследования. Установлено, что на делянках, где посев проводили разработанной конструкцией сошников, в среднем прибавка урожая составила 11% (0,3 т/га), по сравнению с посевом серийно выпускаемыми стрельчатыми сошниками. Максимальная прибавка урожая 16% и (0,4 т/га) отмечена в вариантах посева сеялкой СКП-2.1М с нормами внесения минеральных удобрений 150 и 200 кг/га. Наибольшая масса 1000 зерен (35,7 г) получена на делянке посеянной сеялкой СКП-2.1М с удобрениями (150 кг/га). В этом же варианте в среднем за три года наибольшее содержание клейковины – 29,8%, белка – 15,05%. Наименьшая масса 1000 зерен – 34,1 г в варианте посева СКП-2.1 без удобрений. Отсутствие внесения удобрений в данном варианте сказалось на уменьшении клейковины (до 27,4%) и белка (13,98%) в среднем за три года.

Ключевые слова: сошник, минеральные удобрения, посев, пшеница, урожайность

FIELD STUDIES OF THE OPERATION OF THE COMBINED COULTER

M.S. Chekusov, PhD in Engineering Sciences
 A.A. Kem, PhD in Engineering Sciences
 E.M. Mikhaltsov, PhD in Engineering Sciences
 A.N. Shmidt, PhD Student
 FSBSI “Omsk Agrarian Scientific Center”, Omsk, Russia
 E-mail: kem@anc55.ru

Abstract. The need to improve the working bodies of sowing machines is determined by the variety of physical and mechanical properties of seeds of agricultural crops, the complexity and methods of their sowing, as well as the requirements of agricultural technologies and the difference in soil and climatic conditions. A coulters design has been developed for the technology of resource-saving agriculture, which allows sowing grain crops with simultaneous application of granular mineral fertilizers below the seeding level. A set of coulters was made in relation to the seeder-cultivator SKP-2.1. In the fields of the Omsk ANC for three years from 2019 to 2021, field experiments were conducted to determine the quality and yield of spring soft wheat grain “Omsk 36”, depending on the method of applying mineral fertilizers. When installing a set of developed coulters, the index “M” – UPC-2.1M was added to the name of the seeder. The results of the average yield and grain quality according to the conducted research options are presented by year. It was found that on plots where sowing was carried out by the developed design of coulters, on average, the yield increase was 11% or 0.3 t/ha, compared with sowing by mass-produced lancet coulters. The maximum yield increase of 16% or 0.4 t/ha is noted on the sowing variants with the UPC-2 seeder. 1M with mineral fertilizer application rates of 150 and 200 kg/ha in physical weight. The largest mass of 1000 grains is 35.7 g., obtained on a plot sown with a seeder SKP-2.1M with fertilization of 150 kg/ha. On the same variant, on average for three years, the highest gluten content of 29.8%, as well as protein of 15.05%, is noted. The smallest mass of 1000 grains is 34.1 g., on the UPC-2.1 sowing variant without fertilization. The lack of fertilization in this variant affected the reduction of gluten to 27.4% and protein to 13.98% on average over three years.

Keywords: coulters, mineral fertilizers, sowing, wheat, yield

Основная задача производства продукции растениеводства – увеличение урожайности возделываемых культур. Она может быть решена с помощью применения сельскохозяйственными организациями новых научно-обоснованных достижений, которые базируются на использовании перспективных высокопродуктивных сортов, сбалансированном наличии в почве питательных веществ и обеспечении

благоприятных условий корневого питания растений, с помощью минеральных удобрений. Во многих сельхозпредприятиях величина урожая зависит в основном от погодных условий и естественного плодородия почв. [2–4, 7, 10, 11, 14]

По рекомендациям агрохимических служб при переходе на систему интенсивного земледелия внесение минеральных удобрений должно составлять

60...85 кг действующего вещества, из них азот – 30, фосфор – 30...45, калий – 10 кг. Фосфорные и калийные удобрения можно вносить как в запас на ротацию севооборота, так и каждый год под отдельные виды культур. Азотные удобрения необходимо вносить локально, совместно с посевом, предпочтительно ниже уровня высева семян с почвенной прослойкой между ними. При поверхностном внесении, с последующей заделкой орудиями для поверхностной обработки почвы, примерно 40...50% удобрений заделывают в верхние, более иссушенные слои – 0...5 см. В условиях засухи всходы зерновых культур практически не обеспечены минеральным питанием. Небольшое количество осадков провоцирует рост семян сорных растений, находящихся на глубине 2...5 см. При размещении удобрения на 3...4 см ниже уровня высеваемой культуры, семена получают более благоприятные условия питания. [1, 6, 12, 13]

Данный способ объясняется тем, что минеральные удобрения располагаются в более влажном слое почвы. Это повышает их разложение и отдачу от внесения, а почвенная прослойка между семенами и удобрениями позволяет свести к минимуму негативное воздействие азотных удобрений с высокой концентрацией. Уменьшаются потери азота на испарение. Культурное растение становится более конкурентноспособным по отношению к сорным растениям. При таком способе внесения минеральных удобрений совместно с посевом, необходимо разрабатывать и создавать универсальные рабочие органы посевных машин. [8, 9, 15]

Проведя анализ научно-технической литературы, патентно-поисковые исследования, учеными инженерами ФГБНУ «Омский АНЦ» разработан и изготовлен комплект сошников (9 шт.) применительно к базовой сеялке-культиватору СКП-2.1, осуществляющий внесение минеральных удобрений ниже уровня высева семян с почвенной прослойкой между ними. [5]

Цель работы – провести сравнительные полевые опыты по определению качества и урожайности зерна яровой пшеницы в зависимости от способа внесения минеральных удобрений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сравнительные полевые опыты проводили с 2019 по 2021 год. Опыт двухфакторный с использованием базовой сеялки СКП-2.1, установлены серийные лаповые сошники (контроль) и сошники, осуществляющие внесение удобрений ниже уровня высева семян. К названию последней добавлен индекс «М» – СКП-2.1М.

Норма внесения минеральных азотных удобрений: 0, 100, 150, 200 кг/га. Посевной материал – яровая мягкая пшеница *Омская-36*, норма высева – 4,5 млн шт. всх. сем./га. Для объективности опыт выполняли на одном участке поля по стерневому фону. Предшественник – яровая пшеница. Высевали семена за одну рабочую смену сеялкой СКП-2.1 с заменой рабочих органов (сошники), глубина посева – 5 см. Почва – чернозем выщелоченный. Повторность – четырехкратная, количество делянок – 32 шт. Ширина делянки – 2,1 м, длина – 25 м, площадь – 52,5 м².

РЕЗУЛЬТАТЫ

Посев семян с одновременным внесением твердых минеральных удобрений часто приводит к обжиганию проростков в агрессивной среде. Агротехническими требованиями рекомендуется разделять почвенной прослойкой (толщина – не менее 3...5 см) минеральные удобрения и семенной материал. Для укоренения семян необходима плотность почвы – 1,0...1,2 г/см³, что в условиях недостаточного увлажнения Западной Сибири, в пересушенной почве достигается через определенный временной промежуток. Это резко снижает равномерность появления всходов, готовность растений к уборке и их продуктивность.

На урожай и качество зерна влияют не только средства химизации, сроки, способы посева, но и погодные условия за период вегетации культуры. Основные метеорологические показатели 2019–2021 годов приведены в таблице.

Метеорологические показатели 2019 года были близки к норме. Период 2020 года – теплый и влажный, 2021 – засушливый и жаркий. Осадки выпадали неравномерно, в основном ливни.

Уборку учетных делянок проводили селекционным комбайном «Неге», с намолотом в лоток для зерна. После обмолота каждой делянки зерно из лотка высыпали в индивидуальную тару и пронумеровывали. Расчет урожайности зерна приведен к стандартной влажности 14% и 100% чистоте (см. рисунок, 3-я стр. обл.).

Анализируя полученные трехгодичные данные можно заметить, что при посеве сошниками, позволяющими вносить минеральные удобрения ниже уровня высева семян, в среднем урожайность яровой пшеницы *Омская-36* увеличилась на 11% (0,3 т/га). Урожайность на делянках с нормой внесения минеральных удобрений 150...200 кг/га, засеянных испытываемыми сошниками, повысилась на 16% (0,4 т/га), по сравнению с делянками, где удобрения не вносили (контроль).

Наибольшая масса 1000 зерен (35,7 г) в варианте, где высевали сеялкой СКП-2.1М с внесе-

Метеорологические показатели в период вегетации (2019–2021), ОГМС «Омск-Степная»

Месяц	Год			Среднее	Норма	Отношение от нормы ±°С; % нормы
	2019	2020	2021			
Температура воздуха, °С						
Май	12,2	17,4	17,3	15,6	12,5	+3,1
Июнь	15,4	16,1	16,9	16,1	17,9	-1,8
Июль	20,4	21,1	20,6	20,7	19,6	+1,1
Август	17,9	19,3	19,3	18,8	16,9	+1,9
Май–август	16,5	18,5	18,5	17,8	16,7	+1,1
Осадки, мм						
Май	38	22	13	24	35	68
Июнь	85	43	45	58	51	114
Июль	29	13	33	25	66	38
Август	41	53	42	45	54	83
Май–август	193	131	133	152	206	74
ГТК	0,96	0,60	0,76	0,77	0,99	-0,22

нием минеральных удобрений 150 кг/га. В этом же варианте в среднем за три года отмечали наибольшее содержание клейковины – 29,8% и белка – 15,05%.

Наименьшая масса 1000 зерен (34,1 г) в варианте посева СКП-2.1 без удобрений. Отсутствие внесения удобрений сказалось на уменьшении клейковины (27,4%) и белка (13,98%) в среднем за три года.

Выводы. Разработана конструкция и изготовлены в металле сошники, позволяющие выполнять посев зерновых культур с одновременным внесением гранулированных минеральных удобрений ниже уровня высева семян.

Проведенные исследования свидетельствуют о том, что конструкция работоспособна. Применение сошников, осуществляющих внесение минеральных удобрений ниже уровня высева семян с почвенной прослойкой между ними, позволило в среднем за три года получить прибавку урожайности зерна – 11% (0,3 т/га), повысить его качество по клейковине до 29,8%, на 8% больше по сравнению с посевом, произведенным серийными лаповыми сошниками.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Дорохов А.С., Новиков Н.Н., Митрофанов С.В. Интеллектуальная технология формирования системы удобрения // Техника и оборудование для села. 2020. № 7(277). С. 2–5. DOI: 10.33267/2072-9642-2020-7-2-5.
2. Жидков Г.А., Лаврухин П.В., Иванов П.А. «Оценка операции посева как элемент прогноза перспективности технологии растениеводства». Сельскохозяйственные машины и технологии. 2012. № 1. С. 19–21.
3. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Хорошенков В.К. Оптимизация управления технологическими процессами в растениеводстве // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2018. Т. 12. № 3. С. 4–11. DOI: 10.22314/2073-7599-2018-12-3-4-11.
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. Кем А.А., Искан В.Я., Козлов В.В., Чекусов М.С. Комбинированный сошник для разноуровневого посева семян и внесения удобрений: патент на полезную модель № 192762 Российская Федерация; опубл. 30.09.2019. Бюл. № 28.
6. Климова, Е.В. Экологически безопасная технология внесения минеральных удобрений при посеве зерновых культур [Внутрипочвенное локальное внесение минеральных удобрений одновременно с посевом] // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. 2004. № 2. С. 519.
7. Лачуга Ю.Ф., Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Шогенов Ю.Х. Развитие интенсивных машинных технологий, роботизированной техники, эффективного энергообеспечения и цифровых систем в агропромышленном комплексе // Техника и оборудование для села. 2019. № 6(264). С. 2–9. DOI: 10.33267/2072-9642-2019-6-2-8.
8. Мударисов С.Г., Аминов Р.И., Фархутдинов И.М., Мухаметдинов А.М. Рабочий орган для разноуровневого внесения удобрений и посева семян // Сельский механизатор. 2019. № 5. С. 8–9.

9. Ногтиков А.А., Бычков В.П. «Развитие конструкций комбинированных рабочих органов посевных машин». Достижения науки и техники АПК. 2002. № 1. С. 25–26.
10. Рахимов Р.С., Мударисов С.Г., Рахимов И.Р. Разработка ресурсосберегающие технологии и обоснование комплекса машин для возделывания сельскохозяйственных культур в зоне Урала // Вестник Башкирского ГАУ. 2018. № 2. С. 117–129.
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., Михальцов Е.М. и др. Возделывание пшеницы в зависимости от способа посева и внесения азотных удобрений / Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 1. С. 90–99.
13. Chekusov, M., Schmidt A., Kem A. Agrotechnical Assessment of the Work of the Furrow Opener During the Cultivation of Cereals Using Intensive Technology // Lecture Notes in Networks and Systems. 2022. Vol. 353 LNNS. P. 164–173. DOI: 10.1007/978-3-030-91402-8_20.
14. Rendov N., Gladkikh A., Nekrasova E. The influence of the cultivation technology elements on the economic performance of the bare barley grain production. IOP Conf Ser: Earth Environ Sci Inter Conf on Sust Dev of Cross-Border Regions SDCBR. 2019. 395:012011. DOI: 10.1088/1755-1315/395/1/012011.
15. Verma S., Arora K., Srivastava A. Caryologia. 2016. Т. 69. № 4. С. 343–350. DOI: 10.1080/00087114.2016.1226540.

REFERENCES

1. Dorohov A.S., Novikov N.N., Mitrofanov S.V. Intellectuāl'naya tekhnologiya formirovaniya sistemy udobreniya // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. 2020. № 7(277). S. 2–5. DOI: 10.33267/2072-9642-2020-7-2-5.
2. Zhidkov G.A., Lavruhin P.V., Ivanov P.A. Ocenka operacii poseva kak element prognoza perspektivnosti tekhnologii rastenievodstva // Sel'skokozyajstvennye mashiny i tekhnologii. 2012. № 1. S. 19–21.
3. Izmajlov A.Yu., Lobachevskij Ya.P., Horoshenkov V.K. Optimizaciya upravleniya tekhnologicheskimi processami v rastenievodstve // Sel'skokozyajstvennye mashiny i tekhnologii. 2018. Т. 12. № 3. S. 4–11. DOI: 10.22314/2073-7599-2018-12-3-4-11.
4. Izmajlov A.Yu., Shogenov Yu.H. Sozдание intensivnyh mashinnyh tekhnologij i energonasychchennoj tekhniki dlya proizvodstva osnovnyh grupp prodovol'stviya // Mekhanizaciya i elektrifikaciya sel'skogo hozrajstva. 2016. № 3. S. 2–5.
5. Kem A.A., Iskam V.Ya., Kozlov V.V., Chekusov M.S. Kombinirovannyj soshnik dlya raznourovneвого poseva semjan i vneseniya udobrenij: patent na poleznuyu model' № 192762 Rossijskaya Federaciya; opubl. 30.09.2019. Byul. № 28.
6. Klimova, E.V. Ekologicheski bezopasnaya tekhnologiya vneseniya mineral'nyh udobrenij pri poseve zernovyh kul'tur [Vnutripochvennoe lokal'noe vnesenie mineral'nyh udobrenij odnovremenno s posevom] // Inzhenerno-tehnicheskoe obespechenie APK. Referativnyj zhurnal. 2004. № 2. S. 519.
7. Lachuga Yu.F., Izmajlov A.Yu., Lobachevskij Ya.P., Shogenov Yu.H. Razvitie intensivnyh mashinnyh tekhnologij, robotizirovannoj tekhniki, effektivnogo energoobespecheniya i cifrovyyh sistem v agropromyshlennom

- komplekse // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. 2019. № 6(264). S. 2–9. DOI: 10.33267/2072-9642-2019-6-2-8.
8. Mudarisov S.G., Aminov R.I., Farhutdinov I.M., Muhametdinov A.M. Rabochij organ dlya raznourovneвого vneseniya udobrenij i poseva semyan // Sel'skij mekhanizator. 2019. № 5. S. 8-9.
 9. Nogtikov A.A., Bychkov V.P. Razvitie konstrukcij kombinirovannyh rabochih organov posevnyh mashin // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2002. № 1. S. 25–26.
 10. Rahimov R.S., Mudarisov S.G., Rahimov I.R. Razrabotka resursoberegayushchie tekhnologii i obosnovanie kompleksa mashin dlya vozdeliyvaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur v zone Urala // Vestnik Bashkirskego GAU. 2018. № 2. S. 117–129.
 11. Utenkov G.L. Strategiya formirovaniya mashinnyh tekhnologij vozdeliyvaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur v usloviyah Sibiri // Vestnik KrasGAU. 2010. № 2. S. 123–127.
 12. Chekusov M.S., Kem A.A., Mihal'cov E.M. i dr. Vozdeliyvanie pshenicy v zavisimosti ot sposoba poseva i vneseniya azotnyh udobrenij / Sibirskij vestnik sel'skohozyajstvennoy nauki. 2022. T. 52. № 1. S. 90–99.
 13. Chekusov, M., Schmidt A., Kem A. Agrotechnical Assessment of the Work of the Furrow Opener During the Cultivation of Cereals Using Intensive Technology // Lecture Notes in Networks and Systems. 2022. Vol. 353 LNNS. P. 164–173. DOI: 10.1007/978-3-030-91402-8_20.
 14. Rendov N., Gladkikh A., Nekrasova E. The influence of the cultivation technology elements on the economic performance of the bare barley grain production. IOP Conf Ser: Earth Environ Sci Inter Conf on Sust Dev of Cross-Border Regions SDCBR. 2019. 395:012011. DOI: 10.1088/1755-1315/395/1/012011.
 15. Verma S., Arora K., Srivastava A. Caryologia. 2016. T. 69. № 4. S. 343–350. DOI: 10.1080/00087114.2016.1226540.

Поступила в редакцию 21.10.2022

Принята к публикации 07.11.2022