

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЕЛЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. И.А. БУНИНА»

АГРОПРОМЫШЛЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ

Выпуск 3 (№ 37) / Елец, 2025

Учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина» (399770, Липецкая область, г. Елец, ул. Коммунаров, 28, 1).

«Агропромышленные технологии Центральной России» является научно-практическим рецензируемым журналом, входит в перечень ВАК при Минобрнауки российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук. Журнал размещается в национальной информационно-аналитической системе РИНЦ. Журнал основан в 2016 году, выходит 4 раза в год. Свидетельство о регистрации ISSN: 2541-7835

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР ЖУРНАЛА, ПРЕДСЕДАТЕЛЬ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:

ГУЛИДОВА Валентина Андреевна – Заслуженный работник сельского хозяйства Российской Федерации, д-р с.-х. наук, профессор ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина».

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

ЗАХАРОВ Вячеслав Леонидович – д-р с.-х. наук, профессор ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина».

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ:

ШУБКИН Сергей Юрьевич – канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина».

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:

ТЕХНОЛОГИЯ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

АБЖАНОВА Шолпан Амангелдыкызы – канд. техн. наук, профессор Алматинского технологического университета.

БАКИН Игорь Алексеевич – д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева».

ВАСЮКОВА Анна Тимофеевна – д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО Министерства сельского хозяйства Российской Федерации «Российский государственный университет народного хозяйства имени В.И. Вернадского».

ГЛОТОВА Ирина Анатольевна – д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I».

ЖУРАВЛЕВ Михаил Валентинович – канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева»

КЛЮЧНИКОВ Андрей Иванович – д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (Первый казачий университет)».

ОВСЯННИКОВ Виталий Юрьевич – д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий».

ОСПАНОВ Асан Бекешович – Академик Академии сельскохозяйственных наук Республики Казахстан, д-р техн. наук, профессор, председатель правления Казахского НИИ перерабатывающей и пищевой промышленности.

РСКЕЛДИЕВ Бердан Абдазимович – Член-корреспондент Национальной академии естественных наук Республики Казахстан, д-р техн. наук, профессор Алматинского технологического университета, почетный профессор Государственного университета им. Шакарима г. Семей.

СОКОЛ Наталья Викторовна – д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина».

ШКОЛЬНИКОВА Марина Николаевна – д-р техн. наук, доцент, профессор, ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет».

ЩЕГОЛЬКОВ Николай Фёдорович – канд. с.-х. наук, доцент, ведущий научный сотрудник Липецкой лаборатории ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела».

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

АЛИЕВ Таймасхан Гасан-Гусейнович – д-р с.-х. наук, профессор ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет».

ИВОЙЛОВ Александр Васильевич – д-р с.-х. наук, профессор ФГБОУ ВО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева».

КУЗИН Андрей Иванович – д-р с.-х. наук, ведущий научный сотрудник ФНЦ им. И.В. Мичурина, профессор ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет».

НАУМКИН Владимир Петрович – д-р с.-х. наук, профессор ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет им. Н.В. Парахина».

ОБРАЗЦОВ Владимир Николаевич – д-р с.-х. наук, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I».

ОНИЩЕНКО Людмила Михайловна – д-р с.-х. наук, профессор ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина».

СОЛДАТЕНКО Алексей Васильевич – Академик Российской академии наук, д-р с.-х. наук, профессор, директор ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства».

СОТНИКОВ Борис Александрович – канд. с.-х. наук, доцент ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина».

ЩУЧКА Роман Викторович – канд. с.-х. наук, доцент ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина».

АГРОИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

ГИЕВСКИЙ Алексей Михайлович – д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I».

ЕДНАЧ Валерий Николаевич – канд. техн. наук, доцент УО «Белорусский государственный аграрный технический университет».

ПОЛЯКОВ Роман Николаевич – д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева».

САВИН Леонид Алексеевич – Действительный член Российской инженерной академии, д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева».

СОЛОВЬЕВ Сергей Владимирович – д-р с.-х. наук, профессор ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет».

ЧАТКИН Михаил Николаевич – Член-корреспондент Российской академии Естественных наук, ректор ФГБОУ ДПО «Мордовский институт переподготовки кадров агробизнеса», д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва».

ЧЕБОТАРЁВ Валерий Петрович – д-р техн. наук, профессор УО «Белорусский государственный аграрный технический университет».

ШАХОВ Сергей Васильевич – д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий».

АГРОЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

ВИНОГРАДОВ Дмитрий Валериевич – д-р биол. наук, профессор ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет».

ДУБРОВИНА Ольга Алексеевна – канд. биол. наук, доцент ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина».

ЗАЙЦЕВ Глеб Анатольевич – д-р биол. наук, профессор ФГБОУ ВО «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы».

ЗУБКОВА Татьяна Владимировна – д-р с.-х. наук, профессор ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина».

КРАВЧЕНКО Владимир Александрович – канд. с.-х. наук, доцент ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина».

КОЧАРЛИ Нателла Кериш кызы – канд. биол. наук, доцент Бакинского государственного университета.

The founder and the publisher: *The Federal State Educational Government-Financed Institution of Higher Education «Bunin Yelets State University» (399770, Lipetsk region, Yelets, Kommunarov street, 28, 1).*

«Agro-Industrial Technologies of Central Russia» is a scientific and practical peer-reviewed journal, is included in the list of the Higher Attestation Commission under the Ministry of Education and Science of Russian peer-reviewed scientific journals in which the main scientific results of dissertations for the degrees of doctor and candidate of sciences should be published. The journal is published in the national information and analytical system of the RSCI. The journal was founded in 2016, it is published 4 times a year. The certificate on registration in National agency ISSN: 2541-7835.

EDITORIAL COUNCIL:

EDITOR-IN-CHIEF OF THE JOURNAL, CHAIRMAN OF THE EDITORIAL BOARD:

GULIDOVA Valentina – Honored Worker of Agriculture of the Russian Federation, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Bunin Yelets State University.

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF:

ZAKHAROV Vjacheslav – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Bunin Yelets State University.

EXECUTIVE SECRETARY:

SHUBKIN Sergej – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Bunin Yelets State University.

MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD:

TECHNOLOGY OF STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS

ABZHANOVA Sholpan – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Almaty Technological University.

BAKIN Igor - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy.

VASYUKOVA Anna - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Vernadsky Russian State University of National Economy.

GLOTOVA Irina – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I.

ZHURAVLEV Mikhail – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy

KLYUCHNIKOV Andrey – Doctor of Technical Sciences, Professor of the K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management (the First Cossack University).

OVSYANNIKOV Vitaly – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Voronezh State University of Engineering Technologies.

OSPANOV Asan – Academician of the Academy of Agricultural Sciences of the Republic of Kazakhstan, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chairman of the Board of the Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry.

RSKELDIEV Berdan – Corresponding Member of the National Academy of Natural Sciences of the Republic of Kazakhstan, Doctor of Technical Sciences, Professor of Almaty Technological University, Honorary Professor of the State University Shakarima G. Semey.

SOKOL Natalia – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Kuban State Agricultural University.

SHKOLNIKOVA Marina – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Ural State University of Economics.

SHCHEGOLKOV Nikolay – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Russian Research Institution of Breeding Case (Lipetsk Laboratory).

GENERAL AGRICULTURE AND CROP PRODUCTION

ALIEV Tajmaskhan – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Michurinsky State Agrarian University.

IVOILOV Aleksandr – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Ogaryov Mordovian State University.

KUZIN Andrey – Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher at the I. V. Michurin Federal Research Center, Professor of the Michurinsky State Agrarian University.

NAUMKIN Vladimir – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin.

OBRAZTSOV Vladimir – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I.

ONISHCHENKO Lyudmila – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin.

SOLDATENKO Alexey – Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Director of the Federal State Budgetary Institution «Federal Scientific Center of Vegetable Growing».

SOTNIKOV Boris – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Bunin Yelets State University.

SHHUCHKA Roman – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Bunin Yelets State University.

AGROENGINEERING SYSTEMS AND TECHNOLOGIES

GIEVSKY Alexey – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I.

EDNACH Valery – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Belarusian State Agrarian Technical University.

POLYAKOV Roman – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Oryol State University named after I.S. Turgenev.

SAVIN Leonid – Full Member of the Russian Academy of Engineering, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Oryol State University named after I.S. Turgenev.

SOLOVYOV Sergey – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Michurinsky State Agrarian University.

CHATKIN Mikhail – Corresponding Member of the Russian Academy of Natural Sciences, Rector of the Mordovian Institute of Agribusiness Personnel Retraining, Doctor of Technical Sciences, Professor of the National Research Mordovian State University named after N.P. Ogarev.

CHEBOTARYOV Valery – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Belarusian State Agrarian Technical University.

SHAKHOV Sergej – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Voronezh State University of Engineering Technologies.

AGROECOLOGY AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

VINOGRADOV Dmitry – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev.

ZAITSEV Gleb – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Akmulla Bashkir State Pedagogical University.

ZUBKOVA Tatiana – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Bunin Yelets State University.

DUBROVINA Olga – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Bunin Yelets State University.

KRAVCHENKO Vladimir – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Bunin Yelets State University.

KOCHARLI Natella – Candidate of Biological Sciences, associate Professor of the Baku State University.

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНОЛОГИЯ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

Антипов А.В., Ключников А.И., Казарцев Д.А., Брежнев Л.Л., Москвичев К.О. Клатратное консервирование пищевых продуктов.....	10
Беляев А.Г., Трубников В.Н., Еськов Д.И., Чуваев И.В., Барышникова А.В. Применение муки из семян черного тмина в изготовлении безглютенового хлеба.....	18
Бочкарева З.А., Федорова М.П. Влияние функциональных ингредиентов на органо- лептические показатели сдобного печенья.....	27
Васюкова А.Т. Влияние компонентов рецептуры на качество теста из рисовой муки для пельменей.....	35
Виноградов Д.В., Зубкова Т.В. Разработка рецептуры и технологии приготовления сдобных кондитерских изделий с добавлением солодового экстракта.....	43
Калужских А.Г., Котельникова М.Н., Асадова М.Г., Заикин А.А., Марченко К.М. Влияние смеси гречневой и ячменной муки на физико-химические показатели крекера.....	51
Фролов Д.И., Пчелинцева О.Н., Юрна Д.А. Использование каштановой муки в тех- нологии производства «гусариков».....	59

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

Асхадуллин Д.Ф., Асхадуллин Д.Ф., Зуев Е.В., Хусаинова И.И., Гайфуллина Г.Р., Тазутдинова М.Р. Устойчивость образцов яровой мягкой пшеницы коллекции ВИР к мучнистой росе в условиях Республики Татарстан.....	67
Гизатуллина А.Т., Сташевски З., Вологин С.Г., Гимаева Е.А. Сравнительное изу- чение сортов картофеля на богаре и орошении.....	75
Гулидова В.А. Основные энтомофаги, используемые в современных теплицах для за- щиты томата от вредителей.....	85
Ленкшевич А.В. Воздействие гербицида, содержащего глифосат, на функциональные показатели руколы.....	92
Сташевски З., Гизатуллина А.Т., Вологин С.Г., Гимаева Е.А., Амерханова Ф.Р., Закиева Э.И. Сортовые особенности формирования урожая картофеля в зависимости от фона минерального питания и влагообеспеченности: количество, размер, форма и масса клубней.....	99
Шурхаева К.Д., Абросимова Т.Н., Хуснутдинова А.Т., Аскарова А.А. Кормовая ценность сортов гороха различных морфотипов.....	111

АГРОИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Бабкина А.В., Пучкова О.С., Торопцев В.В. Интеграция интернета вещей и облачных сервисов в системе интеллектуального садоводства.....	119
Везилов А.О., Дзюбан И.Л. Обзор современных исследований в области тракторостроения.....	129
Галяутдинов Р.Р. Влияние конструктивных параметров комбинированного рабочего органа культиватора на качество обработки почвы.....	143

АГРОЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Захаров В.Л., Пугачев Г.Н., Шубкин С.Ю., Бунеев С.С., Дубровина О.А. Зависимость агрохимических свойств почв и содержания в них фенольных соединений от возраста интенсивных яблоневых садов Тамбовской и Липецкой областей.....	154
Захаров В.Л., Пугачев Г.Н., Шубкин С.Ю., Бунеев С.С. Зависимость морфологических и гидрологических параметров почв от возраста интенсивных яблоневых садов Тамбовской и Липецкой областей.....	169
Захаров В.Л., Пугачев Г.Н., Шубкин С.Ю., Бунеев С.С. Зависимость водно-физических свойств чернозёмных почв от возраста интенсивных садов яблони в Тамбовской и Липецкой областях.....	178

CONTENTS

TECHNOLOGY OF STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS

Antipov A.V., Klyuchnikov A.I., Kazartsev D.A., Brezhnev L.L., Moskvichev K.O. Clathrate food preservation.....	10
Belyaev A.G., Trubnikov V.N., Eskov D. I., Chuvaev I.V., Baryshnikova A.V. The use of black cumin flour in the manufacture of gluten-free bread.....	18
Bochkareva Z.A., Fedorova M.P. Influence of functional ingredients on organoleptic characteristics of butter cookies.....	27
Vasyukova A.T. The influence of recipe components on the quality of rice flour dough for dumplings.....	35
Vinogradov D.V., Zubkova T.V. Development of a recipe and technology for the preparation of sweet confectionery products with the addition of malt extract.....	43
Kaluzhskikh A.G., Kotelnikova M.N., Asadova M.G., Zaikin A.A., Marchenko K.M. The effect of a mixture of buckwheat and barley flour on the physico-chemical parameters of the cracker.....	51
Frolov D.I., Pchelintseva O.N., Yurna D.A. The use of chestnut flour in the production technology of «gusariks».....	59

GENERAL AGRICULTURE AND CROP PRODUCTION

Askhadullin D.F., Askhadullin D.F., Zuev E.V., Khusainova I.I., Gaifullina G.R., Tazutdinova M.R. Resistance of spring soft wheat samples from the VIR collection to powdery mildew in the conditions of the Republic of Tatarstan.....	67
Gizatullina A.T., Stasevski Z., Vologin S.G., Gimaeva E.G. Comparative study of potato varieties under drainage and irrigated farming.....	75
Gulidova V.A. The main entomophages used in modern greenhouses to protect tomatoes from pests.....	85
Lenkshevich A.V. The effects of a glyphosate-containing herbicide on the functional parameters of arugula.....	92
Stasevski Z., Gizatullina A.T., Vologin S.G., Gimaeva E.A., Amerkhanova F.R., Zakieva E.I. Varietal characteristic features of potato harvest depending on effects of mineral nutrition and moisture: tuber number, size, shape and mass.....	99
Shurkhaeva K.D., Abrosimova T.N., Khusnutdinova A.T., Askarova A.A. Fodder value of pea varieties of various morphotypes.....	111

AGROENGINEERING SYSTEMS AND TECHNOLOGIES

Babkina A.V., Puchkova O.S., Toroptsev V.V. Integration of the internet of things and cloud services in an intelligent gardening system.....	119
Vezirov A.O., Dzyuban I.L. A review of modern research in the field of tractor manufacturing	129
Galyautdinov R.R. The influence of design parameters of the combined working element of the cultivator on the quality of soil cultivation.....	143

AGROECOLOGY AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

Zakharov V.L., Pugachev G.N., Shubkin S.Yu., Buneev S.S., Dubrovina O.A. Dependence of agrochemical properties of soils and the content of phenolic compounds in them on the age of intensive apple orchards in the Tambov and Lipetsk regions	154
Zakharov V.L., Pugachev G.N., Shubkin S.Yu., Buneev S.S. Dependence of morphological and hydrological parameters of soils on the age of intensive apple orchards in Tambov and Lipetsk regions.....	169
Zakharov V.L., Pugachev G.N., Shubkin S.Yu., Buneev S.S. Dependence of the water-physical properties of black soils on the age of intensive apple orchards in the Tambov and Lipetsk regions.....	178

ТЕХНОЛОГИЯ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

TECHNOLOGY OF STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS

Научная статья

УДК 664.8

DOI 10.24888/2541-7835-2025-37-3-10-17

КЛАТРАТНОЕ КОНСЕРВИРОВАНИЕ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

**Антипов Алексей Васильевич¹, Ключников Андрей Иванович²✉,
Казарцев Дмитрий Анатольевич³, Брежнев Леонид Леонидович⁴,
Москвичев Кирилл Олегович⁵**

^{1,2,3,4,5}Московский государственный университет технологий и управления
имени К. Г. Разумовского (Первый казачий университет), Москва, Россия

¹a225306@yandex.ru

²kaivanov@mail.ru✉

³kda_79@mail.ru

⁴brezhnev2011@list.ru

⁵gloomyvolf@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследования процесса клатратного консервирования яичного белка с использованием гидрата хладагента R141b. Эксперименты проводились в условиях начальной температуры 0,2 °С с применением специально разработанной установки, обеспечивающей вибрационное встряхивание для интенсификации теплообмена и ускорения процесса кристаллизации. Основной задачей работы являлось изучение возможности длительного сохранения структурных и функциональных свойств яичного белка при положительных температурах от +0,2 до +4 °С в течение 1 мес. и атмосферном давлении за счет формирования клатратной структуры. Исследованы кинетика образования и диссоциации клатрата, а также качество яичного белка после консервирования. Установлено, что предложенный метод позволяет эффективно стабилизировать белковую структуру без замораживания, сохраняя его физико-химические характеристики. Полученные данные свидетельствуют о перспективности применения клатратного консервирования в пищевой промышленности, особенно для продуктов, чувствительных к низким температурам и традиционным методам хранения. Метод открывает возможность создания новых технологий хранения пищевых продуктов при более высоких, по сравнению с замораживанием, температурах, что может способствовать снижению энергозатрат и повышению качества продукции. Результаты исследования могут быть использованы при разработке ресурсосберегающих и экологически безопасных технологий консервирования.

Ключевые слова: клатраты, консервирование, белок, температура, хранение, качество.

Для цитирования: Клатратное консервирование пищевых продуктов / А.В. Антипов, А.И. Ключников, Д.А. Казарцев, Л.Л. Брежнев, К.О. Москвичев // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 3(37). С. 10-17. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-37-3-10-17>.

Original article

CLATHRATE FOOD PRESERVATION

**Alexey V. Antipov¹, Andrey I. Klyuchnikov²✉, Dmitry A. Kazartsev³, Leonid L. Brezhnev⁴,
Kirill O. Moskvichev⁵**

^{1,2,3,4,5}Moscow State University of Technologies and Management (First Cossack University),
Moscow, Russia

¹a225306@yandex.ru

²kaivanov@mail.ru

³kda_79@mail.ru

⁴brezhnev2011@list.ru

⁵gloomyvolf@mail.ru

Abstract. The article presents the results of a study of the clathrate preservation of egg white using R141b refrigerant hydrate. The experiments were conducted at an initial temperature of 0.2 °C using a specially designed setup that provided vibration shaking to intensify heat exchange and accelerate the crystallization process. The main objective of the work was to study the possibility of long-term preservation of the structural and functional properties of egg white at positive temperatures from +0.2 to +4 °C for 1 month and atmospheric pressure due to the formation of a clathrate structure. The kinetics of clathrate formation and dissociation, as well as the quality of egg white after preservation, were studied. It was found that the proposed method allows for effective stabilization of the protein structure without freezing, preserving its physicochemical characteristics. The data obtained indicate the promise of clathrate preservation in the food industry, especially for products sensitive to low temperatures and traditional storage methods. The method opens up the possibility of creating new technologies for storing food products at higher temperatures than freezing, which can help reduce energy costs and improve product quality. The results of the study can be used in developing resource-saving and environmentally friendly canning technologies.

Keywords: clathrates, canning, protein, temperature, storage, quality.

For citation: Clathrate food preservation. A.V. Antipov, A.I. Klyuchnikov, D.A. Kazartsev, L.L. Brezhnev, K.O. Moskvichev. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2025, no. 3(37), pp. 10-17. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-37-3-10-17>.

Введение

В конце 1960-х годов возникла идея использования газовых гидратов в качестве криопротектора для консервации биологических объектов. В 1969 году Р. Прегода теоретически обосновал возможность применения инертных газов в этом контексте [11]. Инертные газы обладают малым размером молекул, что позволяет им свободно проникать через клеточные мембраны без участия в биохимических реакциях. Это решает основные проблемы криоконсервации крупных объектов:

- формирование кристаллов газовых гидратов вместо кристаллов льда;
- заполнение всего объема органа инертными газами;
- отсутствие токсичности инертных газов.

Однако до настоящего времени этот метод практически не исследован. Количество научных публикаций, посвященных криоконсервации с использованием газов, способных образовывать стабильные газовые гидраты, ограничено.

Клатратное консервирование пищевых продуктов представляет собой инновационный метод, использующий клатраты для увеличения срока хранения и сохранения питательных свойств. В условиях растущей актуальности вопросов продовольственной безопасности и устойчивого развития традиционные методы консервирования часто оказываются недостаточными. Это стимулирует поиск новых технологий, таких как клатратное консервирование, которые могут предложить более эффективные решения.

Актуальность темы клатратного консервирования для России и мира обусловлена необходимостью повышения качества и увеличения срока хранения продуктов питания, что особенно важно в условиях глобальных климатических изменений и роста населения. В рамках данного направления можно выделить следующие задачи:

- оценка питательных свойств консервированных продуктов;
- исследование сроков хранения;
- анализ экономической целесообразности применения клатратов в пищевой промышленности.

В начале 1980-х годов в Московском технологическом институте мясной и молочной промышленности (МТИММП) под руководством профессора А. М. Бражникова и Э. И. Каухчешвили проводились исследования по кристаллизации влаги в продуктах с ис-

пользованием нетоксичного агента, образующего газодые гидраты [8]. Этот метод предусматривает кристаллизацию влаги в жидких и пастообразных материалах путем пропуска через них гидратообразующего агента при определенных температуре и давлении, что позволяет перевести всю свободную влагу в устойчивое кристаллогидратное состояние. Процесс кристаллизации осуществляется при перемешивании продукта. Качество гидратированных продуктов оценивалось в цехе медпрепаратов Микояновского мясокомбината и на кафедрах института.

Механизм процесса консервирования заключается в следующем: газодые гидраты представляют собой твердые кристаллические соединения, состоящие из молекул воды, связанных водородными связями (молекул-хозяев), и газов (молекул-гостей). Молекулы воды образуют ячеистую структуру под воздействием высокого давления и низкой температуры. Общая формула газодых гидратов: $M \cdot n \cdot H_2O$, где M – молекула включенного газа, а n – число молекул воды, приходящихся на одну молекулу газа.

Недостатком этого метода является необходимость применения газов под высоким давлением, что увеличивает стоимость оборудования и продолжительность процесса, затрудняя его использование в промышленных масштабах.

Для дальнейшего развития технологии консервирования были предложены различные гидратообразователи, такие как гидрофторуглероды (ГФУ), которые образуют гидраты при относительно мягких условиях (более низкое давление и более высокая температура), что может снизить энергозатраты на образование клатратов [1–4,6,9].

Цель исследования – изучение возможности длительного сохранения структурных и функциональных свойств яичного белка при положительных температурах и атмосферном давлении путем применения метода клатратного консервирования с использованием гидрата хладагента R141b.

Ожидаемый результат заключался в подтверждении эффективности клатратного метода как альтернативы традиционным способам хранения пищевых продуктов, позволяющей сохранять качество продукции при более высоких температурах, снижать энергозатраты и разрабатывать ресурсосберегающие технологии в пищевой промышленности.

Материалы и методы исследований

Экспериментальные исследования процесса клатратного консервирования проводились в ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского (ПКУ)» на кафедре экологии и природопользования (с 1987 г. по наст. время).

При выполнении настоящей работы использовались методы анализа: ГОСТ 31469 – 2012 «Пищевые продукты переработки яиц сельскохозяйственной птицы. Методы физико-химического анализа».

Специальные методики были основаны на подготовке экспериментальной установки для исследования процесса клатратного консервирования яичного белка при положительных температурах и атмосферном давлении.

Для исследования процесса клатратного консервирования использовали экспериментальную установку (см. рис. 1), состоящую из электропривода 1, устройства для гидратообразования 2, вибрационного встряхивателя 3, термопар 4, испарителя 5, реакторов 6 и 9, сосуда 7 со льдом и водой, штока вибрационного встряхивателя 8.

Образование гидрата проводилось в реакторе периодического действия с вибрационным встряхивателем 3, работающим от электропривода 1, пластиковых реакторов 6 и 9 с размерами (высота х диаметр) 6х4 и 10х6 мм соответственно.

Для охлаждения сосуда 6 использовался лед с водой, размещаемые в сосуде 9. Температуру реактора регулировали с помощью воздуха, охлаждаемого в испарителе 5.

Температуру испарителя холодильника, охлаждающего воздуха, смеси объекта с фреоном R141b измеряли с помощью хромель-копелевых термопар ТХК посредством регистри-

рующего прибора ТРМ 138 с двухпозиционным управлением и RS-485, управляемого персональным компьютером.

В качестве гидратообразующего агента был использован фреон R141b [5, 7], который с влагой куриного яйца образует структуру II. Этот хладагент широко применяется в инженерных системах и отличается высокой эффективностью.

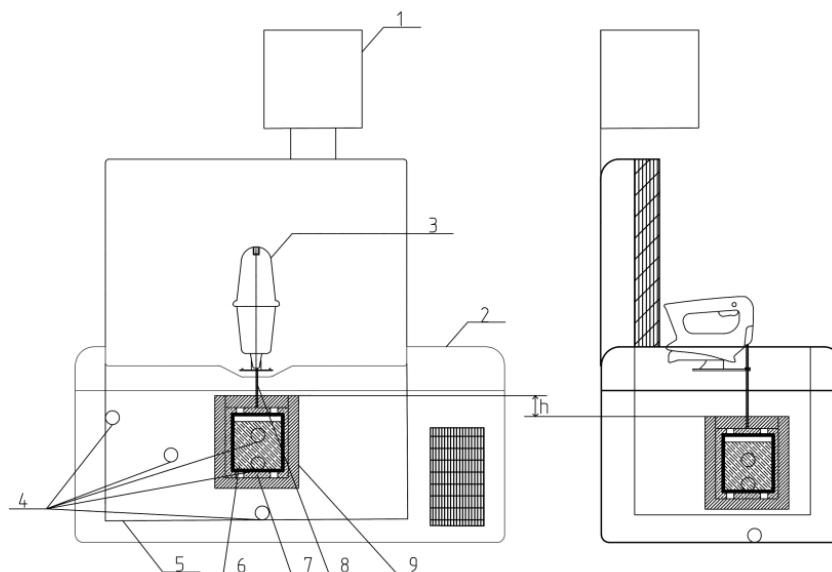


Рисунок 1. Схема экспериментальной установки для исследования процесса клатратного консервирования (Δh – ход штока встряхивателя)

В рамках проведения экспериментальных исследований установлено, что вибрационное воздействие является критическим параметром, требующим тщательного учета при решении определенных задач. Вибрационное встряхивание характеризуется постоянной частотой и хаотичным движением исследуемых жидкостей, что значительно увеличивает скорость теплопередачи в кратчайшие сроки. В данном контексте вибрационное воздействие применяется для охлаждения биологических объектов и фреона с целью ускорения образования клатратов и повышения эффективности охлаждения.

Экспериментальные исследования показали, что при вибрационном встряхивании в смеси образуются пузырьки газа, что существенно ускоряет процесс консервирования. В отличие от этого, перемешивание, генерирующее вихревое движение, ограничивает теплопередачу и замедляет рост клатратов. Данный метод применяется для растворения твердых веществ в жидкости и смешивания двух жидкостей.

Таким образом, вибрационное воздействие предпочтительно использовать в задачах, требующих быстрого теплообмена, тогда как перемешивание целесообразно применять для процессов, требующих более простого движения жидкости.

Результаты использования гидрата хладагента R141b в качестве гидратообразователя показали, что при атмосферном давлении он способствует образованию клатратов. Это позволяет применять вибрационное встряхивание для ускорения образования клатратов и снижения энергетических затрат. Кроме того, применение гидрата хладагента R141b упрощает оборудование и увеличивает скорость образования клатратов, что делает возможным хранение в кристаллогидратном состоянии при положительных температурах до $+8^{\circ}\text{C}$.

Объем яичного белка, вводимого в реактор для каждого эксперимента, составлял 40 см^3 . Учитывая весовое соотношение воды к гидрату хладагента R141b, равное 2,617, а также содержание воды в белке (88 %) и плотность гидрата хладагента ($1,227\text{ г/см}^3$), были рассчитаны необходимые объемы воды и гидрата хладагента, которые составили 40 и 11 см^3 соответственно. Необходимое количество фреона взвешивали на электронных весах с точностью до $\pm 0,01\text{ г}$. Затем яичный белок охлаждали до заданной температуры в емкости со льдом, добавляли охлажденную жидкость гидрата хладагента. После достижения темпера-

турного равновесия между белком и жидким гидратом хладагента, включали встряхиватель. Температуру охлаждающего устройства поддерживали на соответствующем уровне до тех пор, пока температура смеси в реакторе не достигала рабочей температуры (начальная температура составляла 0,2 °С). Время стабилизации температуры клатрата регистрировали с помощью системы сбора данных.

Гидрат хладагента R141b формировал гидрат структуры II при атмосферном давлении и температуре ниже 8,4 °С. Уравнение реакции гидратации имеет следующий вид:



где ΔH – теплота образования, кДж/кг.

Величина теплообразования составляла около 334 кДж/кг. Нормальная температура кипения гидрата хладагента R141b составляла около 38 °С, что и позволяла ему оставаться в жидком состоянии в условиях проведения экспериментов.

Анализ содержания белка в исследуемых образцах, подвергнутых клатратному консервированию и последующему хранению при положительных температурах в течение месяца, проводился с использованием двух методов:

1. Метод Кьельдаля с минерализацией пероксидом водорода и отгоном без водяного пара. Этот метод основан на окислении органического вещества путем его сжигания в концентрированной серной кислоте в присутствии катализатора или пероксида водорода. Образующийся аммиак отгоняется, улавливается раствором серной кислоты, и содержание азота определяется методом титрования соляной или серной кислоты. Данный метод применялся в качестве основного. Для анализа отбирали 2 г образца и подвергали его дальнейшему исследованию.

2. Метод фотометрии в ультрафиолетовой области с использованием спектрофотометра СФ-46 и последующим расчетом по поглощению белка в областях 280 и 260 нм. Этот метод основан на способности ароматических аминокислот (триптофана, тирозина, фенилаланина) поглощать ультрафиолетовый свет с максимумом при 280 нм. Измеряли величину оптической плотности при данной длине волны и рассчитывали количество белка в растворе по формуле Калькара. Этот метод применялся как дополнительный для подтверждения объективности результатов.

Образец для анализа готовили путем разведения белка в соотношении 1:10 в дистиллированной воде, гомогенизировали и фильтровали через бумажный фильтр.

Результаты исследований и их обсуждение

В процессе диссоциации клатрата происходило понижение температуры вследствие экзотермической реакции, до достижения равновесной температуры гидрата хладагента R141b. Морфологические характеристики гидратации в статическом реакторе и особенности диссоциации кристаллической структуры представлены на рис. 2.

По методу Кьельдаля содержание белка в контрольных и экспериментальных образцах составило 31,47 и 31,25 % соответственно, что полностью отвечало стандартным показателям для яичного белка. Результаты пересчёта приведены в табл. 1.

Таблица 1. Массовое содержание белка в экспериментальных образцах, определённое методом Кьельдаля и фотометрическим методом

Наименование образца	Результаты исследования (г)	
	метод Кьельдаля	метод фотометрии
Контрольный образец яичного белка	3,42	3,33
Консервированный клатратным методом яичный белок	3,38	3,27

Результаты химического анализа показали, что общее содержание белка и его концентрация после введения яичного белка в клатратное состояние и последующей диссоциации клатрата «белок – R141b» оставались неизменными.

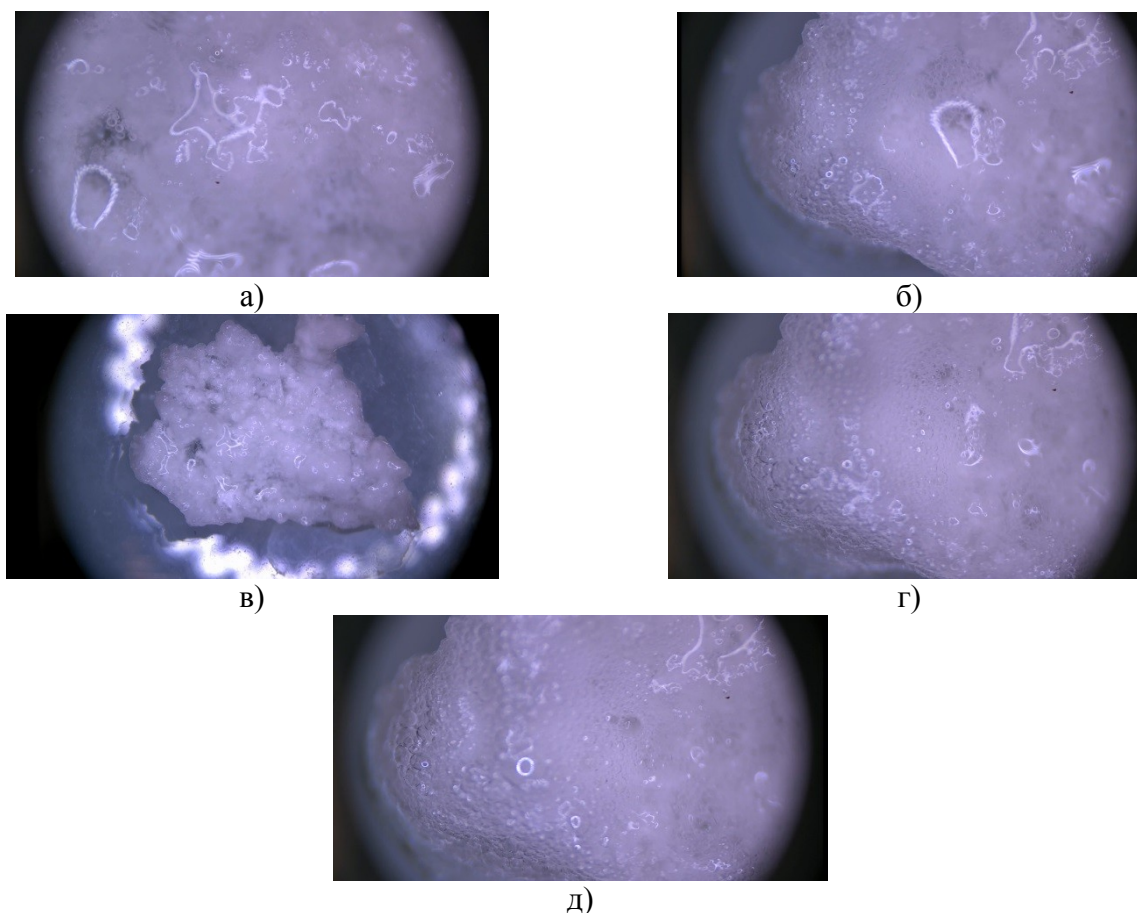


Рисунок 2. Морфология разложения клатрата яичного бека в гидрате хладагента R141b в зависимости от продолжительности диссоциации:
а) 1 с; б) 20 с; в) 35 с; г) 80 с; д) 150 с.

При использовании клатратного метода консервирования яичного белка не наблюдалось денатурации или агрегации белковых молекул, что свидетельствовало об эффективности данного метода.

Экспериментально было установлено, что метод хранения яичного белка в стандартных условиях окружающей среды, при атмосферном давлении и температуре от $+0,2$ до $+4$ °C в течение месяца, с применением клатрата хладагента R141b, обладающего гидратирующими свойствами, демонстрировало высокую эффективность. Клатрат хладагента R141b позволял поддерживать влагу в кристаллическом состоянии, что способствовало сохранению общего содержания белка и его концентрации при хранении исследуемых образцов в течение месяца [9, 12].

Выводы

1. Проведенные исследования подтвердили перспективность метода клатратного консервирования на примере яичного белка. Основным преимуществом данного подхода являлось возможность реализации процесса при относительно высоких температурах (от $+0,2$ до $+4$ °C), что позволяло значительно снизить энергозатраты на охлаждение по сравнению с традиционными методами замораживания, в соответствии с требованиями ГОСТ 30363-2013 Продукты яичные жидкие и сухие пищевые. Технические условия. Установлено, что снижение температуры хранения на 1 °C увеличивало энергопотребление в среднем на 4% [10].

2. Стабильное состояние кристаллогидрата R141b достигалось при атмосферном давлении и обеспечивало длительное сохранение структурных и функциональных свойств яичного белка (до 1 мес.), что открывает возможность расширения температурного диапазона хране-

ния продуктов и повышения энергоэффективности технологических процессов. При этом, клатрат хладагента R141b позволял поддерживать влагу в кристаллическом состоянии, что способствовало сохранению общего содержания белка на уровне 3,27 – 3,38 г при отсутствии денатурации или агрегации белковых молекул.

3. Основной технической сложностью при практическом внедрении метода являлась необходимость повторного использования газового хладагента. Предложено решение данной проблемы в виде необходимости конденсации кристаллогидрата R141b в специализированных холодильных установках, что позволит обеспечить замкнутость цикла и повысить экономическую целесообразность технологии.

4. Полученные результаты демонстрируют потенциал клатратного консервирования как инновационного, ресурсосберегающего метода, который может быть применен в пищевой промышленности для продления срока хранения чувствительных продуктов без ухудшения их качества.

Список источников

1. Бобко А. С. и др. Восстановление реологических свойств желтка после замораживания / А. С. Бобко, А. Л. Бобко, О. И. Сергиенко, А. Л. Ишевский // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2019. № 1. С. 20-26.
2. Буянова И. В., Lupinskaya C. M., Имангалиева Ж. К. Оценка эффективности применения нетрадиционных способов продления сроков годности пищевых продуктов // Вестник Международной академии холода. 2018. № 1. С. 19-25.
3. Жлобо Р. А., Шамаров М. В., Алешин В. И. Моделирование процесса холодильного воздействия на пищевые продукты // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2023. Т. 50. № 1. С. 24-32.
4. Занданова Т. Н. Выбор криопротекторов для замораживания бактериального концентрата симбиотической закваски // Вестник КрасГАУ. 2021. №3 (168). С. 163-168.
5. Колодязная В. С., Румянцева О. Н., Кипрушкина Е. И. История и перспективы развития холодильной технологии пищевых производств // Вестник Международной академии холода. 2023. №1. С. 47-54.
6. Максименко В. А. Экспериментальная оценка значимости влияния переменного низкочастотного магнитного поля на образование кристаллов льда применительно к биологическим субстанциям // Хранение и переработка сельхозсырья. 2023. № 4. С. 61-74.
7. Пономарева Е. Н. и др. Сохранение биологического разнообразия методами криоконсервации: Опыт Южного научного центра РАН / Е. Н. Пономарева, А. А. Красильникова, М. М. Белая, М. В. Коваленко // Морской биологический журнал. 2022 № 7(3). С. 80-87.
8. Способ консервирования жидких и пастообразных пищевых продуктов и биологических материалов / А. В. Антипов, Н. А. Бабицкая, А. М. Бражников, Ю. В. Грудинкин, Э. И. Каухчешвили, Э. Ф. Яушева, Н. А. Синцов // А.с. СССР №1281240, А23 В 7/144. 1987 г. Бюл. № 1.
9. Феськов О. А., Стефанова В. А. Кузьмина И. А. Быстрое замораживание продукции животного происхождения с применением оборудования и технологий криогенного метода // Вестник Международной академии холода. 2024. № 1. С. 60-70.
10. Эрлихман В. Н. Снижение энергозатрат в процессах производства и хранения замороженных продуктов // Вестник международной академии холода. 2010. № 1. С. 1-4.
11. Prehoda R. W. Suspended Animation // Chilton Book Company, Philadelphia, Pa., 1969. 211 p.

References

1. Bobko A. S. and others. Restoration of rheological properties of yolk after freezing. A. S. Bobko, A. L. Bobko, O. I. Sergienko, A. L. Ishevsky. Scientific Journal of the National Research University of IEMO. The series «Processes and devices of food production», 2019, no. 1, pp. 20-26.

2. Buyanova I. V., Lupinskaya S. M., Imangalieva Zh. K. Evaluation of the effectiveness of using non-traditional methods to extend the shelf life of food products. Bulletin of the International Academy of Refrigeration, 2018, no. 1, pp. 19-25.
3. Zhlobo R. A., Shamarov M. V., Alyoshin V. I. Modeling the process of refrigerating food products. Bulletin of Dagestan State Technical University. Technical sciences, 2023, vol. 50, no. 1, pp. 24-32.
4. Zandanova T. N. The choice of cryoprotectors for freezing the bacterial concentration of symbiotic starter culture. Bulletin of KrasSAU, 2021, no. 3 (168), pp. 163-168.
5. Kolodyaznaya V. S., Rummyantseva O. N., Kiprushkina E. I. History and prospects of development of refrigeration technology of food production. Bulletin of the International Academy of Refrigeration, 2023, no. 1, pp. 47-54.
6. Maksimenko V. A. Experimental assessment of the significance of the influence of an alternating low-frequency magnetic field on the formation of ice crystals in relation to biological substances. Storage and processing of agricultural raw materials, 2023, no. 4, pp. 61-74.
7. Ponomareva E. N. et al. Conservation of biological diversity by cryopreservation methods: The Experience of the Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. E. N. Ponomareva, A. A. Krasilnikova, M. M. Belaya, M. V. Kovalenko. Marine Biological Journal, 2022, no. 7(3), pp. 80-87.
8. A method of preserving liquid and pasty foodstuffs and biological materials. A. V. Antipov, N. A. Babitskaya, A.M. Brazhnikov, Yu. V. Grudinkin, E. I. Kaukhcheshvili, E. F. Yausheva, N. A. Sintsov. Copyright certificate of the USSR no. 1281240, A23 B 7/144, 1987, byul. no. 1.
9. Feskov O. A., Stefanova V. A. Kuzmina I. A. Rapid freezing of animal products using cryogenic equipment and technologies. Bulletin of the International Academy of Refrigeration, 2024, no. 1, pp. 60-70.
10. Erlikhman V. N. Reduction of energy consumption in the processes of production and storage of frozen products. Bulletin of the International Academy of Refrigeration, 2010, no. 1, pp. 1-4.
11. Prehoda R. W. Suspended Animation. Chilton Book Company, Philadelphia, Pa., 1969. 211 p.

Информация об авторах

А.В. Антипов – кандидат технических наук, доцент, академик МАХ, доцент кафедры экологии и природопользования;

А.И. Ключников – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технологии виноделия, броидильных производств и химии им. Г. Г. Агабальянца;

Д.А. Казарцев – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии виноделия, броидильных производств и химии им. Г. Г. Агабальянца;

Л.Л. Брежнев – обучающийся, младший научный сотрудник центра «Зеленых акватехнологий» факультета биотехнологий и рыбного хозяйства;

К.О. Москвичев – обучающийся.

Information about the authors

A.V. Antipov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Academician of the International Academy of Refrigeration, Associate Professor of the Department of Ecology and Environmental Management;

A.I. Klyuchnikov – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Winemaking Technology, Fermentation and Chemistry named after G.G. Agabalyants;

D.A. Kazartsev – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Winemaking Technology, Fermentation and Chemistry named after G.G. Agabalyants;

L.L. Brezhnev – Student, Junior Researcher at the Center for «Green Aquatic Technologies» of the Faculty of Biotechnology and Fisheries;

K.O. Moskvichev – Student.

Научная статья

УДК 664.663.9

DOI 10.24888/2541-7835-2025-37-3-18-26

ПРИМЕНЕНИЕ МУКИ ИЗ СЕМЯН ЧЕРНОГО ТМИНА В ИЗГОТОВЛЕНИИ БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ХЛЕБА

**Беляев Алексей Геннадьевич^{1✉}, Трубников Владимир Николаевич²,
Еськов Дмитрий Иванович³, Чуваев Иван Владимирович⁴,
Барышникова Анастасия Владимировна⁵**

^{1,4}Юго-Западный государственный университет, Курская область, Курск, Россия

^{2,3}Курский государственный аграрный университет, Курская область, Курск, Россия

⁵Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, Липецкая область, Елец, Россия

¹7631pektin@mail.ru✉

²aja491vn@yandex.ru

³aja491vn@yandex.ru

⁴impost46impost@gmail.com

⁵nastya181997@icloud.com

Аннотация. Безглютеновый хлеб не обладает достаточной питательной ценностью, что может привести к дефициту важных микроэлементов и биологически активных веществ. В представленной работе рассмотрена возможность использования компонентов муки из семян черного тмина, в качестве обогащающей добавки в изготовлении безглютенового хлеба, проведены исследования влияния обогащения на органолептические и физико-химические характеристики. Для реализации намеченных исследований были изготовлены образцы безглютенового хлеба, с внесением различных концентраций муки из семян черного тмина, в рецептуры. В рецептуре, безглютенового хлеба, содержащего безглютеновую смесь из рисовой, кукурузной и пшеничной муки применена мука из семян черного тмина, контрольным образцом 1, был безглютеновый хлеб, изготовленный без добавок. Для приготовления опытных образцов использовали муку черного тмина, с заменой ею части от общего количества безглютеновой смеси, в образце 2 в количестве 5%, в образце 3 в количестве 10%, в образце 4 в количестве, 15%, муки из семян черного тмина, внесенной от массы безглютеновой смеси. Полученные образцы исследовали по органолептическим показателям, образец 2 был отмечен, как наилучший. Определяли физико-химические показатели кислотности и массовой доли влаги образцов, которые находились в пределах нормативных показателей, регламентируемых государственным стандартом. Результаты проведенных опытов, позволяют сделать вывод о том, что внесение в рецептуры муки из черного тмина, в количестве 5% от общего содержания безглютеновой смеси улучшает органолептические и физико-химические показатели безглютенового хлеба.

Ключевые слова: безглютеновая мука, мука из семян черного тмина, физико-химические и органолептические показатели.

Для цитирования: Применение муки из семян черного тмина в изготовлении безглютенового хлеба / А.Г. Беляев, В.Н. Трубников, Д.И. Еськов, И.В. Чуваев, А.В. Барышникова // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 3(37). С. 18-26. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-37-3-18-26>.

Original article

THE USE OF BLACK CUMIN FLOUR IN THE MANUFACTURE OF GLUTEN-FREE BREAD

**Alexey G. Belyaev^{1✉}, Vladimir N. Trubnikov², Dmitry I. Eskov³, Ivan V. Chuvaev⁴,
Anastasia V. Baryshnikova⁵**

^{1,4}Southwestern State University, Kursk Region, Kursk, Russia

^{2,3}Kursk State Agrarian University, Kursk Region, Kursk, Russia

⁵Bunin Yelets State University, Lipetsk region, Yelets, Russia

¹7631pektin@mail.ru✉

²aja491vn@yandex.ru

³aja491vn@yandex.ru

⁴impost46impost@gmail.com

⁵nastya181997@icloud.com

Abstract. *Gluten-free bread does not have sufficient nutritional value, which can lead to a deficiency of important microelements and biologically active substances. In the presented work, the possibility of using components of black cumin seed flour as an enriching additive in the manufacture of gluten-free bread is considered, and the effect of enrichment on organoleptic and physicochemical characteristics is studied. To implement the planned studies, gluten-free bread samples were made with the introduction of various concentrations of black cumin seed flour into the recipes. In the recipe of gluten-free bread containing a gluten-free mixture of rice, corn and millet flour, black cumin seed flour was used, control sample 1 was gluten-free bread made without additives. To prepare the experimental samples, black cumin flour was used, replacing part of the total amount of gluten-free mixture, in sample 2 in the amount of 5%, in sample 3 in the amount of 10%, in sample 4 in the amount of 15%, flour from black cumin seeds, introduced from the mass of gluten-free mixture. The obtained samples were examined for organoleptic indicators, sample 2 was noted as the best. Physicochemical indicators of acidity and mass fraction of moisture of the samples were determined, which were within the normative indicators regulated by the state standard. The results of the experiments allow us to conclude that the introduction of black cumin flour into the recipes, in the amount of 5% of the total content of the gluten-free mixture, improves the organoleptic and physicochemical indicators of gluten-free bread.*

Keywords: *gluten-free flour, black cumin seed flour, physicochemical and organoleptic properties.*

For citation: *The use of black cumin flour in the manufacture of gluten-free bread. A.G. Belyaev, V.N. Trubnikov, D. I. Eskov, I.V. Chuvaev, A.V. Baryshnikova. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2025, no. 3(37), pp. 18-26. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-37-3-18-26>.*

Введение

Целиакия является распространенным заболеванием во всем мире, оказывающим значительное влияние на повседневную жизнь [4].

Целиакией страдает 0,5–1% населения земного шара, отмечается неуклонный рост непереносимости глютена [6].

При этом заболевании клейковина повреждает ворсинки тонкой кишки, ответственные за поглощение витаминов и минералов из пищи. Нарушение функции кишечника может привести к различным сопутствующим заболеваниям, начиная от дерматита и заканчивая сахарным диабетом.

Исследователи делают вывод о необходимости проведения дальнейшего изучения с целью улучшения или разработки новых безглютеновых хлебных изделий, богатых питательными веществами, и оценки их эффективности в качестве носителей питательных микроэлементов и биологически активных соединений [8].

Часто безглютеновый хлеб не обладает достаточной питательной ценностью, что может привести к дефициту важных микроэлементов и биологически активных веществ.

Черный тмин известен своими антиоксидантными свойствами и содержанием множества полезных веществ. Добавление муки из семян черного тмина в безглютеновый хлеб позволит повысить его пищевую ценность и сделать его более полезным для людей с целиакией или непереносимостью глютена [1].

Мука семян черного тмина является богатым источником витаминов, минералов и антиоксидантов. В нем содержится большое количество полиненасыщенных жирных кислот, витамина Е и бета-каротина, которые способствуют укреплению иммунной системы, снижению уровня холестерина в крови и улучшению общего состояния организма [1].

Помимо этого, семена черного тмина обладают противовоспалительными и противомикробными свойствами. Вещества входящие в семена, активно борются с болезнетворными микроорганизмами, помогают справиться с инфекциями и воспалительными процессами в

организме. Применение муки из семян черного тмина разнообразно. Она может быть использована в кулинарии, добавляясь в хлебобулочные изделия, тесто, супы, салаты и другие блюда.

В представленной работе изучена возможность применения муки из семян черного тмина, в качестве обогащающей добавки при приготовлении безглютенового хлеба, и её воздействие на некоторые показатели качества полученных образцов. Была проведена органолептическая оценка полученных образцов, исследованы физико-химические показатели кислотности и массовой доли влаги.

Имеются исследования как зарубежных, так и отечественных авторов по применению растительных компонентов в качестве добавок при изготовлении безглютеновых изделий.

Исследователи Пьяникова Э.А., Ковалева А.Е., Овчинникова Е.В., Колесник Д.В., применяли муку из семян чёрного тмина, и яблочные выжимки в рецептурах печенья, и получили высокие органолептические и физико-химические показатели готовых опытных образцов. Авторы установили, что «для получения печенья с использованием муки из семян черного тмина с высокими показателями качества оптимальным является внесение муки из черного тмина в количестве 7,3% (допускается не более 7,5%) от общего количества всех ингредиентов» [5].

Элс Дебонн с соавторами, в своей статье сравнивали влияние масел из семян черной смородины, семян черного тмина, тимьяна и зародышей пшеницы на технологические качества теста и хлеба, а также их противогрибковую активность. Влияние масел на впитывание воды и свойства замешивания теста, эластичность, и активность дрожжей сравнивали с контрольным образцом без масла и эталонным образцом с пропионатом кальция [9]. Оценивались вес, объём, цвет и структура мякиша. Антигрибковая активность проверялась путём определения срока хранения хлеба. Результаты показали, что в целом добавление масел приводило к снижению консистенции теста. Также известно, что масло семян тмина обладает антиоксидантной активностью. Кроме того, эта широко используемая в кулинарии специя обладает потенциальной противомикробной активностью [9].

Ученые из Турции Элиф Джавдароглу с соавторами провели исследования по сравнению антиоксидантных, технологических и веганские свойства белкового концентрата из жмыха чёрного тмина с аналогичными свойствами коммерческих белков. Результаты исследований белкового концентрата из жмыха чёрного тмина показали более высокий антиоксидантный потенциал, способность связывать железо, чем изолят картофельного белка, но сопоставимый с изолятом соевого белка; антиоксидантный потенциал показал самую высокую эмульгирующую способность при низких концентрациях белка [10].

Э.А. Черниязова, А.А. Ефремова, Н. Л. Наумова, в своей статье отмечают, что «одним из способов повышения пищевой ценности хлеба из ржаной муки является внесение в рецептуру теста нетрадиционных видов растительного сырья», и отмечают, что «применение муки из семян черного тмина позволит существенно повысить в ржаных изделиях содержание пищевых волокон и микроэлементов (железа, меди, кобальта, магния)» [1].

Неваленная, А.А. с соавторами использовали экстракт черного тмина вместе с другими добавками для обогащения рыбо-растительных снеков добавками с низким гликемическим индексом – гречневой мукой, СО₂-экстрактами и шротами растений с антиоксидантными свойствами. Авторы использовали фарш из мяса прудовых рыб, гречневую муку, экстракты перца черного и тмина черного, шроты липидсодержащих растений, а также готовые рыбо-растительные снеки [5].

Е. И. Пономарева с соавторами предложили использование продуктов из семян черного тмина, совместно с другими ингредиентами из пророщенных семян льна с внесением различных обогатителей (амарантовые отруби, тыквенная мука, жмых черного тмина, клетчатка конопляная с морской капустой), в производстве флаксов [2].

Н.С. Родионова с соавторами провели исследования по изучению возможности добавления муки из семян черного тмина в мучные изделия (галеты). В состав галет входили тапиоковый крахмал, куриные яйца, сычужный сыр, растительное масло, вода питьевая. В качестве обогащающих источников биологически активных веществ в состав галет вводили

композицию из частично обезжиренной муки зародышей пшеницы «Витазар» и отрубей пшеничных в соотношении дополнительно в рецептуру вводили порошок из морской капусты, изолят соевого белка, изолят горохового белка, частично обезжиренную муку семян черного тмина. Авторы утверждают, что «удовлетворение суточной потребности организма разработанными образцами мучных изделий более чем на 50 % по следующим макро- и микроэлементам: Ca, Mg, Na, P, Co, Cr, I, Mn [3].

При обзоре публикаций зарубежных и отечественных исследователей по обогащающим компонентам, вносимым в состав хлебобулочных изделий, не было найдено данных об исследовании такой добавки при изготовлении безглютенового хлеба, как мука из семян черного тмина.

Впервые представлены получение и исследование образцов безглютенового хлеба с применением муки из семян чёрного тмина.

В работе представлены результаты изучения свойств полученных образцов безглютенового хлеба с применением в рецептурах концентрации муки из семян черного тмина 5, 10 и 15 процентов, внесенной от массы безглютеновой смеси с ее заменой. Найден наиболее приемлемый образец по органолептическим показателям, определены физико-химические показатели образцов, такие как кислотность и влажность

Цель исследования – оценить возможность применения муки из семян черного тмина в качестве обогащающей добавки при изготовлении безглютенового хлеба, и изучить ее влияния на некоторые показатели качества полученных опытных образцов.

В исследовании были определены такие задачи, как подбор компонентов рецептур, для создания новых видов образцов безглютенового хлеба, полученных с внесением различных концентраций муки из семян черного тмина; сравнительная оценка органолептических показателей изготовленных образцов; определение кислотности и массовой доли влаги.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в лабораториях кафедры товароведения технологии и экспертизы товаров Юго-Западного государственного университета в 2023-2025 гг.

Сырьё и рецептура опытных образцов безглютенового хлеба приведены в табл. 1. В основу рецептуры положена рецептура безглютенового хлеба, с применением безглютеновой смеси рисовой, кукурузной, пшеничной муки, применена мука из семян черного тмина, контрольным образцом № 1, был безглютеновый хлеб, изготовленный без добавок.

Добавку вносили в количестве 5; 10; 15% к массе безглюеновой мучной смеси непосредственно при замесе и другие компоненты. По рецептурам, представленным в табл. 1, были изготовлены образцы безглютенового хлеба и исследованы их показатели качества. Контролем был безглютеновой хлеб без добавления муки из семян черного тмина.

Таблица 1. Рецептуры безглютенового хлеба, с добавлением муки из семян черного тмина при замене основного сырья (5%, 10%, 15%)

Наименование компонента рецептуры, г	Образец №1 Контрольный	Образец №2 5% замены	Образец № 3 10 % замены	Образец №4 15% замены
Безглютеновая смесь:	400	380	360	340
рисовая мука	150	142	134	126
кукурузная мука	150	142	134	126
пшеничная мука	100	96	92	88
крахмал кукурузный	50	50	50	50
крахмал картофельный	50	50	50	50
дрожжи сухие	3	3	3	3
Разрыхлитель теста	5	5	5	5
Соль	1,5	1,5	1,5	1,5
Вода	430	430	430	430
Мука из семян черного тмина	-	20	40	60

Органолептические и физико-химические показатели определяли после того, как изделие остыло, и применяли ГОСТ 34835-2022 Продукция пищевая специализированная. Изделия хлебобулочные безглютеновые. Общие технические условия. Массовая доля влаги определялась по ГОСТ 21094-75 Хлеб и хлебобулочные изделия. Метод определения влажности; кислотность – по ГОСТ 5670-96 Хлебобулочные изделия. Методы определения кислотности.

Результаты исследований и их обсуждение

Внешний вид готовых изделий характеризовался привлекательной формой и ровной поверхностью. Цвет хлеба варьировался от светло-желтого до темно-коричневого оттенка, в зависимости от пропорций исходных ингредиентов. Структура мякиша безглютенового хлеба с мукой из семян черного тмина обладал приятной мягкостью и эластичностью. Плотность мякиша была оптимальной, обеспечивая сбалансированное соотношение между прочностью и легкостью жевания. Пористость хлеба создавала аппетитный внешний вид и обеспечивала хорошую воздушность продукта. Вкус безглютенового хлеба с мукой семян черного тмина являлся насыщенным и нежным. Хлеб имел легкую ореховую нотку. Аромат безглютенового хлеба с мукой из семян черного тмина был приятный и интенсивный, пробуждающий аппетит.

В целом, органолептические показатели безглютенового хлеба с мукой семян черного тмина подчеркивали его высокое качество и привлекательность для любителей здорового и вкусного питания. В табл. 2 представлены органолептические показатели качества безглютенового хлеба с мукой из семян черного тмина.

Таблица 2. Органолептические показатели качества безглютенового хлеба с мукой из семян чёрного тмина

Наименование показателя	Характеристика по ГОСТ 34835-2022	Образец №1 Контрольный	Образец №2 5% замены	Образец № 3 10 % замены	Образец №4 15% замены
Внешний вид: форма и поверхность, цвет	Соответствующие виду изделия От светло-желтого до темно-коричневого	Квадратная в соответствии с формой для выпечки, без притисков, не расплывчатая цвет желтый	Квадратная в соответствии с формой для выпечки, без притисков, не расплывчатая. светло серый	Квадратная в соответствии с формой для выпечки, без притисков, не расплывчатая. цвет серый	Квадратная в соответствии с формой для выпечки, без притисков, не расплывчатая цвет темно серый
Состояние мякиша, пропеченность, промес, пористость	Пропеченный, не влажный на ощупь. Без следов непромеса. Свойственная изделию конкретного наименования, допускается неравномерная, неразвитая, с наличием крупных пор, пустот и уплотнения мякиша. Для изделий, в рецептуру теста с включениями	Пропеченный не влажный на ощупь. Без следов непромеса. Пористость равномерная умеренно развитая, с наличием небольших пустот	Пропеченный не влажный на ощупь. Без следов непромеса. Пористость равномерная хорошо развитая, без пустот, и уплотнения мякиша.	Пропеченный не влажный на ощупь. Без следов непромеса. Пористость равномерная хорошо развитая, без пустот, и уплотнения мякиша.	Пропеченный немного влажный на ощупь. Без следов непромеса. Пористость равномерная хорошо развитая, встречаются уплотнения мякиша

	орехов, сушеных фруктов, цукатов и т. п. Для изделий с начинкой может быть увлажнен.				
Вкус	Свойственный данному виду изделий, без постороннего привкуса.	С просяным привкусом	С просяным привкусом, и легким и легким приятным пряным привкусом семян черного тмина	С просяным и умеренным приятным пряным привкусом семян черного тмина, с легким горьким привкусом	С просяным привкусом и выраженным пряным горьким привкусом
Запах	Свойственный данному виду изделий, без постороннего запаха.	Без постороннего запаха, с просяным ароматом	Без постороннего запаха, с просяным ароматом, с легким запахом муки из семян черного тмина	Без постороннего запаха, с просяным ароматом, с умеренным запахом муки из семян черного тмина	Без постороннего запаха, с просяным ароматом, выраженным запахом муки из семян черного тмина
Консистенция замороженных изделий	Твердая	Твердая	Твердая	Твердая	Твердая

Хлеб имел легкую ореховую нотку. Аромат безглютенового хлеба с мукой из семян черного тмина был приятный и интенсивный, пробуждающий аппетит.

В целом, органолептические показатели безглютенового хлеба с мукой семян черного тмина подчеркивали его высокое качество и привлекательность для любителей здорового и вкусного питания.

Из данных табл. 2, безглютеновые изделия, с мукой из семян черного тмина, соответствуют показателям ГОСТ 34835-2022 Образцы полученного безглютенового хлеба с мукой семян черного тмина в разрезе представлены на рис. 1.

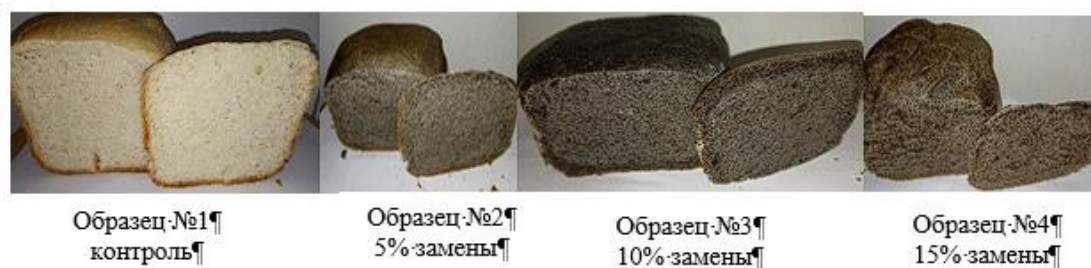


Рисунок 1. Образцы безглютенового хлеба с мукой из семян черного тмина

Из результатов органолептических исследований, отраженных в табл. 2, видно, что полученные образцы безглютенового хлеба с мукой из семян черного тмина соответствуют нормативным органолептическим показателям, но, хлеб, имеющий в своем составе большие концентрации замены на муку черного тмина, имеют худшие органолептические показатели вкуса и аромата по сравнению с образцами меньшей концентрации. Оптимальными по этим

показателям оказались образцы, имеющие в своем составе, 5% замены безглютеновой мучной смеси на муку тмина.

Качество готовых образцов безглютенового хлеба оценивали по следующим физико-химическим показателям – влажность и кислотность, результаты представлены в табл. 3.

В результате полученных данных выяснилось, что увеличение содержания добавки муки черного тмина в рецептуре увеличивает кислотность готового изделия.

Кислотность безглютенового хлеба с мукой черного тмина составила для контроля 0,36 градуса Тернера, для образцов с внесением муки черного тмина 5%, 10%, 15% соответственно 0,5; 0,64; 0,76 градуса Тернера.

В результате исследования определено, что влажность исследуемых образцов изделий увеличивалась с увеличением процента замены безглютеновой мучной смеси на муку черного тмина.

Таблица 3. Результаты исследования физико-химических показателей качества образцов

Наименование показателя	Характеристика по ГОСТ 34835-2022	Образец №1 Контрольный	Образец №2 5% замены	Образец №3 10 % замены	Образец №4 15% замены
Влажность мякиша, %	19,0-65,0	53,6	54,1	54,7	56
Кислотность мякиша, град.	0,2-5,0	0,36	0,5	0,64	0,76

Соответственно с заменой безглютеновой мучной смеси на муку черного тмина 5% влажность составила 54,1; 10% – 54,7%; 15% – 56%. Влажность контрольного образца составила 53,6%. В соответствии с ГОСТ 34835-2022 Продукция пищевая специализированная. Изделия хлебобулочные безглютеновые. Общие технические условия. Норма для влажности мякиша безглютеновых изделий составляет 19,0-65,0%. Необходимо отметить, что изделия соответствовали нормативным показателям, но вносимая добавка черного тмина, увеличивала влажность мякиша пропорционально увеличению количества замены в образцах изделий.

Выводы

1. По результатам проведенных исследований выяснилось, что для получения безглютенового хлеба с использованием муки из семян черного тмина с высокими показателями качества предпочтительным является внесение муки из семян черного тмина в количестве 5% от общего количества безглютеновой смеси из рисовой, кукурузной и просяной муки.

2. Исследование физико-химических показателей полученных образцов безглютенового хлеба с заменой муки из безглютеновой смеси, частью муки из семян черного тмина показало, что массовая доля влаги у образца №1 составила 53,6%, у образца №2 – 54,1%; у образца №3 – 54,1%; у образца №4 – 56%; кислотность у образца №1 - 0,36 град., у образца №2 – 0,5 град., у образца №3 – 0,64 град., у образца №4 – 0,76 град. Полученные данные находятся в пределах, допустимых действующим стандартом для безглютеновых хлебобулочных изделий.

Список источников

1. Альхамова Г.К. и др. Хлебобулочные изделия специального назначения с использованием семян пажитника, чёрного тмина и стевии / Г. К. Альхамова, Н.В. Андросова, Е.А. Акулова, В. И. Боган // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2018. Т. 6. № 4. С. 34-41.

2. Выбор рациональных параметров сушки флаксов с различными обогатителями / Е. И. Пономарева, С. А. Титов, М. Г. Магомедов [и др.] // Пищевая промышленность. 2023. № 7. С. 10-13.
3. Оценка минерального состава мучных изделий функционального назначения / Н. С. Родионова, Е. С. Попов, Д. И. Матвеев [и др.] // Пищевая промышленность. 2019. № 12. С. 76-80.
4. Популяционное исследование распространенности целиакии среди школьников г. Москвы / А. С. Антишин, А. Р. Полищук, М. А. Манина [и др.] // Вопросы детской диетологии. 2023. Т. 21. № 2. С. 13-23.
5. Пьяникова Э.А. и др. Оценка качества печенья из муки семян черного тмина и яблочных выжимок / Э.А. Пьяникова, А.Е. Ковалева, Е.В. Овчинникова, Д.В. Колесник // Агропромышленные технологии Центральной России. 2024. № 3(33). С. 55-62.
6. Современные представления о патогенетических механизмах целиакии: определяющая роль в клинических вариантах течения /П.В. Шумилов, Ю.Г. Мухина, О.К. Нетребенко [и др.] // Педиатрия. 2016. Т. 95. № 6. С. 110–121.
7. Черниязова А. А. Ефремова Н. Л. Наумова Сравнительный анализ химического состава растительного сырья, применяемого в технологии производства ржаного хлеба // Ползуновский вестник. 2018. № 2. С. 79-84.
8. Belyaev A., Shvets O., Belyaeva I. The use of non-traditional types of flour in the production of gluten-free butter cookies // E3s web of conferences: X International Conference on Advanced Agritechologies, Environmental Engineering and Sustainable Development (AGRITECH-X 2024), Termez, Uzbekistan, April 29-30, 2024. Les Ulis: EDP Sciences, 2024. P. 02018.
9. The influence of natural oils of blackcurrant, black cumin seed, thyme and wheat germ on dough and bread technological and microbiological quality / Els Debonne, IngridDe Leyn, Jan Verwaeren [et. all.] // LWT. Vol. 93. 2018. Pp. 212-219.
10. Utilization of black cumin (*Nigella sativa* L.) cake proteins as a sustainable food ingredient: A comparative study with commercial proteins for antioxidant, techno-functional and vegan cheese properties / Elif Çavdaroglu, Hilal Kayı, Yaren Buse Budak [et. All] // Food Hydrocolloids. Vol. 159. 2025. P. 110712.

References

1. Alhamova G.K. and others. Bakery products for special purposes using fenugreek seeds, black cumin and stevioside. G. K. Alhamova, N.V. Androsova, E.A. Akulova, V. I. Bogan. Bulletin of SUSU. The series «Food and biotechnology», 2018, vol. 6, no. 4. pp. 34-41.
2. The choice of rational parameters for drying vials with various concentrators. E. I. Ponomareva, S. A. Titov, M. G. Magomedov [et al.]. Food industry, 2023, no. 7, pp. 10-13.
3. Evaluation of the mineral composition of functional flour products. N. S. Rodionova, E. S. Popov, D. I. Matveev [et al.]. Food industry, 2019, no. 12, pp. 76-80.
4. Population study of the prevalence of celiac disease among schoolchildren in Moscow. A. S. Antishin, A. R. Polishchuk, M. A. Manina [et al.]. Issues of children's dietetics, 2023, vol. 21, no. 2, pp. 13-23.
5. Pyanikova E.A. and others. Evaluation of the quality of biscuits made from flour of black cumin seeds and apple pomace. E.A. Pyanikova, A.E. Kovaleva, E.V. Ovchinnikova, D.V. Kolesnik. Agroindustrial technologies of Central Russia, 2024, no. 3(33), pp. 55-62.
6. Modern concepts of the pathogenetic mechanisms of celiac disease: a determining role in clinical variants of the course. P.V. Shumilov, Yu.G. Mukhina, O.K. Netrebenko [et al.]. Pediatrics, 2016, vol. 95, no. 6, pp. 110-121.
7. Cherniyazova A. A. Efremova N. L. Naumova Comparative analysis of the chemical composition of vegetable raw materials used in the production technology of rye bread. Polzunovsky bulletin, 2018, no. 2, pp. 79-84.
8. Belyaev A., Shvets O., Belyaeva I. The use of non-traditional types of flour in the production of gluten-free butter cookies. E3s web of conferences: X International Conference on Ad-

vanced Agritechologies, Environmental Engineering and Sustainable Development (AGRITECH-X 2024), Termez, Uzbekistan, April 29-30, 2024. Les Ulis: EDP Sciences, 2024, p. 02018.

9. The influence of natural oils of blackcurrant, black cumin seed, thyme and wheat germ on dough and bread technological and microbiological quality. Els Debonne, Ingrid De Leyn, Jan Verwaeren [et. all.]. LWT, vol. 93, 2018, pp. 212-219.

10. Utilization of black cumin (*Nigella sativa* L.) cake proteins as a sustainable food ingredient: A comparative study with commercial proteins for antioxidant, techno-functional and vegan cheese properties. Elif Çavdaroglu, Hilal Kayı, Yaren Buse Budak [et. All]. Food Hydrocolloids, vol. 159, 2025, p. 110712.

Информация об авторах

А.Г. Беляев – кандидат биологических наук, доцент кафедры товароведения, технологии и экспертизы товаров;

В.Н. Трубников – кандидат технических наук, доцент, и.о. заведующего кафедрой «Процессы и машины в агроинженерии»;

Д.И. Еськов – старший преподаватель кафедры «Процессы и машины в агроинженерии»;

И.В. Чуваев – обучающийся;

А.В. Барышникова – старший преподаватель кафедры агротехнологий, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции.

Information about the authors

A.G. Belyaev – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Commodity Science, Technology and Expertise of Goods;

V.N. Trubnikov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Acting Head of the Department «Processes and Machines in Agroengineering»;

D.I. Eskov – Senior lecturer at the Department of «Processes and Machines in Agroengineering»;

I.V. Chuvaev – Student;

A.V. Baryshnikova – Senior lecturer at the Department of Agricultural Technologies, Storage and Processing of Agricultural Products.

Научная статья

УДК 664.68

DOI 10.24888/2541-7835-2025-37-3-27-34

ВЛИЯНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ НА ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СДОБНОГО ПЕЧЕНЬЯ

Бочкарева Зенфира Альбертовна^{1✉}, Федорова Мария Петровна²

^{1,2}Пензенский государственный технологический университет, Пензенская область, Пенза, Россия

¹bochkariievaz@mail.ru✉

²mariya_fedorova_0303@mail.ru

Аннотация. Введение в состав сдобного печенья функциональных ингредиентов соответствует запросам потребителей на наличие дополнительных преимуществ в обычных продуктах. Цель исследования – определение органолептических показателей сдобного печенья при разработке рецептур для частичной замены сахара и обогащения сдобного печенья функциональными ингредиентами. Объектами исследования явились образцы печенья с порошком из сушеных ягод черной смородины, финиковой пастой (урбечем), семенами подсолнечника и чиа. Органолептические показатели оценены в соответствии с ГОСТ 24901-2023 Печенье. Общие технические условия. В статье подробно описаны 5 этапов процесса разработки рецептуры печенья. Проведен органолептический анализ разрабатываемых образцов при поэтапном введении 5%, 10% и 15% порошка из сушеных ягод черной смородины, 50% и 100% молочной сыворотки, при внесении 10%, 20% 30% пасты из фиников и 5 и 10% семян чиа и семян подсолнечника. Итоговый образец, имеющий лучшие органолептические показатели содержит 10% порошка из сушеных ягод черной смородины, 50% молочной сыворотки в соотношении с количеством воды 1:1, 30% пасты финиковой и по 5% семян чиа и подсолнечника. На последнем этапе разработки был проведен сравнительный анализ образца с содержанием функциональных ингредиентов с прототипом. Включение натуральных полезных ингредиентов в состав сдобного печенья придает новый необычный вкус изделиям и способствует расширению ассортимента.

Ключевые слова: печенье сдобное, добавки функциональные, органолептические показатели.

Для цитирования: Бочкарева З.А., Федорова М.П. Влияние функциональных ингредиентов на органолептические показатели сдобного печенья // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 3(37). С. 27-34. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-37-3-27-34>.

Original article

INFLUENCE OF FUNCTIONAL INGREDIENTS ON ORGANOLEPTIC CHARACTERISTICS OF BUTTER COOKIES

Zenfira A. Bochkareva^{1✉}, Maria P. Fedorova²

^{1,2}Penza State Technological University, Penza region, Penza, Russia

¹bochkariievaz@mail.ru✉

²mariya_fedorova_0303@mail.ru

Abstract. Introduction of functional ingredients into the composition of butter cookies meets consumer demands for additional benefits in conventional products. The aim of the study was to determine the organoleptic parameters of sweet biscuits in the development of formulations for partial sugar replacement and enrichment of sweet biscuits with functional ingredients. The objects of the study were samples of cookies with dried blackcurrant powder, date paste (urbech), sunflower and chia seeds. Organoleptic characteristics were assessed in accordance with state standard 24901-2023 Cookie. General technical conditions. The article describes in detail 5 stages of the cookie recipe development process. An organoleptic analysis of the developed samples was carried out with the step-by-step introduction of 5%, 10% and 15% dried blackcurrant powder, 50% and 100% whey, with the addition of 10%, 20% and 30% date paste and 5 and 10% chia seeds and sunflower seeds. The final sample with the best organoleptic characteristics contains 10% powder

from dried blackcurrant berries, 50% whey in proportion to the amount of water 1:1, 30% date paste and 5% chia and sunflower seeds. At the last stage of development, a comparative analysis of the sample with the content of functional ingredients with the prototype was carried out. The inclusion of natural healthy ingredients in the composition of butter cookies gives a new unusual taste to the products and helps to expand the range.

Keywords: *butter cookies, functional additives, organoleptic characteristics.*

For citation: *Bochkareva Z.A., Fedorova M.P. Influence of functional ingredients on organoleptic characteristics of butter cookies. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2025, no. 3(37), pp. 27-34. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-37-3-27-34>.*

Введение

Одним из самых разнообразных видов мучных кондитерских изделий является сдобное печенье, но с учетом вредных последствий употребления этого вида продукции, все больше внимания уделяется разработке печенья с добавлением нетрадиционных и функциональных ингредиентов. Рассматриваются продукты, которые могут заменить сахар и жир в составе печенья, снижая его калорийность и повышая пищевую ценность. Перспективным направлением в разработке продуктов питания является применение функциональных ингредиентов [5,10]. Возможными вариантами обогащения печенья полезными веществами является добавление порошка из сушеных ягод черной смородины, финиковой пасты (урбеча), семян подсолнечника, семян чиа.

Порошок из сушеных ягод черной смородины обладает ярким вкусом и ароматом, а также множеством полезных свойств. Ягоды чёрной смородины содержат значительные количества пищевых волокон, полифенольных соединений, антоцианов, витамина С и калия, благодаря чему являются источником данных пищевых веществ, в значительной мере покрывая потребность человека в подобных нутриентах, имеют богатый коктейль органических кислот, включая аскорбиновую, янтарную, фумаровую, салициловую, хинную, кофейную, хлорогеновую и др. Достаточно высокое содержание эфирных масел улучшает вкусовые качества изделий с добавлением порошка из черной смородины [4].

Сахара являются вторым по значимости компонентом сдобного печенья, который существенно влияет на органолептические и технологические характеристики печенья. Уменьшение количества сахара в рецептурах печенья, как правило, влияет на вкусовые свойства. Исследования Дханкара Дж. и др. показали, что уровень сахара в печенье можно снизить на 60% за счёт использования финикового порошка в качестве подсластителя вместо сахара [9]. Паста из фиников (урбеч) – это натуральный продукт, получаемый путем измельчения фиников, включение которого в рецептуру печенья может обогатить его состав и при этом придать сладость, что позволит снизить количество добавляемого сахара [2]. Финиковая паста представляет собой густую, однородную массу тёмно-коричневого цвета с небольшими вариациями оттенков в зависимости от сорта фиников. Текстура пасты гладкая и вязкая, напоминающая мягкую карамель или густой мёд.

Финиковая паста – это концентрированный источник природных сахаров и энергии. В среднем, 100 грамм финиковой пасты содержит: калории: 280-300 ккал, углеводы: 65-75 г, пищевые волокна: 6-8, белки: 2-3, жиры: 0.1-0.5 г. Паста богата важными минералами и витаминами: калием, магнием, железом, витаминами группы В, антиоксидантами [6].

С целью придания профилактических свойств в массу для производства печенья добавляют семена чиа и подсолнечника. Семена чиа считаются суперфудом для мучных изделий, способствуют повышению содержания клетчатки, белка, полиненасыщенных жирных кислот, в частности Омега-3, кальция, магния и фосфора, такие антиоксиданты, как кверцетин и хлорогеновая кислота защищают от окислительного стресса [7]. Семена подсолнечника придают изделиям вкус, содержат витамин Е – антиоксидант, цинк, селен, фитостеролы [1].

Цель исследования – определение органолептических показателей сдобного печенья при разработке рецептур для частичной замены сахара и обогащения печенья функциональными ингредиентами.

Материалы и методы исследований

Основная часть экспериментальных исследований проводилась на базе кафедры пищевых производств факультета биотехнологий ФГБОУ ВО ПензГТУ в 2024-2025 гг.

Объектами исследования служили: прототип – печенье «Ромашка», рецептура № 125г по сборнику технических нормативов (Сборник рецептов на торты, пирожные, рулеты, печенье и т.д., 2000 г); в рецептуре прототипа молоко пастеризованное заменено на воду, а масло сливочное на маргарин; разрабатываемые образцы печенья «Кислинка» с содержанием порошка из сушеной черной смородины, пасты из финика, с семенами чиа и подсолнечника с различным процентным содержанием, а также следующие рецептурные компоненты: сыворотка молочная (ГОСТ 34352-2017 Сыворотка молочная-сырье. Технические условия), мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта (ГОСТ 26574-2017 Мука пшеничная хлебопекарная. Технические условия); сахар белый (ГОСТ 33222-2015 Сахар белый. Технические условия); маргарин (ГОСТ 32188-2013 Маргарины. Общие технические условия); меланж (ГОСТ 30363-2013 Продукты яичные жидкие и сухие пищевые. Технические условия). Замена масла сливочного на маргарин оправдана удешевлением изделия при массовом производстве.

Методология исследования. Так как в состав печенья входит большое количество функциональных ингредиентов, необходимо поэтапное внесение и проведение анализа влияния всех ингредиентов на органолептические показатели готового продукта. Наиболее сильное влияние на состояние вкуса и запаха печенья оказывает смородиновый порошок и молочная сыворотка. Данные ингредиенты обладают кислым вкусом и специфическим ароматом, характерным для них. Поэтому именно от количества внесения данных продуктов зависит вкус готового печенья. Весь процесс разработки рецептуры печенья представлял собой следующие этапы:

1 этап. Выработка 3-х образцов с внесением 5%, 10% и 15% смородинового порошка. Отбор образца с наиболее лучшими органолептическими показателями.

2 этап. Выработка 2-х образцов с внесением 50% и 100% молочной сыворотки на основе выбранного образца с 1-го этапа. Отбор образца с наиболее лучшими органолептическими показателями.

3 этап. Выработка 3-х образцов с внесением 10%, 20% 30% финикового урбеча на основе выбранного образца с 2-го этапа. Отбор образца с наиболее лучшими органолептическими показателями.

4 этап. Выработка 2-х образцов с внесением 5%, 10% семян чиа и слегка обжаренных семян подсолнечника на основе выбранного образца с 3-го этапа. Отбор образца с наиболее лучшими органолептическими показателями.

5 этап. Выработка контрольного образца и образца с итоговой рецептурой, для анализа и сравнения изменения вкуса и внешнего вида изделия.

Оценку изделий производили по органолептическим показателям в соответствии с ГОСТ 24901-2023 Печенье. Общие технические условия.

Результаты исследований и их обсуждение

На этапе внесения смородинового порошка в рецептуру печенья сдобного были разработаны рецептуры и выпечены изделия с частичной заменой пшеничной муки в изделиях на порошок из черной смородины в количестве 5%, 10% и 15%. В результате было выработано 3 образца печенья, которые представлены на рис. 1.

По результатам органолептического анализа были выбраны 2 образца с 10% и 15% смородинового порошка. У данных образцов выделили кисловатый вкус с ароматом смородины в сочетании со сладостью печенья. Цвет образцов с порошком из черной смородины приобрел шоколадный оттенок.

На этапе внесения молочной сыворотки в образцах печенья с 10% и 15% порошка из черной смородины вода была заменена на молочную сыворотку для обогащения полезными веществами, такими как витамины группы В, РР, Н, Е, минералами: кальцием, калием, маг-

нием. Молочная сыворотка низкокалорийна и содержит легкоусвояемые сывороточные протеины (альбумины, глобулины), стимулирующие метаболизм [8].



Рисунок 1. Образцы печенья с добавлением смородинового порошка

В технологическом плане кислота сыворотки частично разрушает глютен, способствуя получению более рассыпчатой структуры, сывороточные белки предотвращают черствение при хранении. Замена молока в рецептуре снижает себестоимость изделий, а использование сыворотки решает вопрос отходов при производстве творога и сыра. [8].

Технология приготовления печенья не меняется, при этом в образцах с 10% и 15% смородинового порошка в образцах № 2.1 и № 2.3 смешивали с молочной сывороткой в соотношении 1:1, а в образцах № 2.2 и № 2.4 полностью заменяли воду молочной сывороткой. Выпеченные образцы печенья с молочной сывороткой представлены на рис. 2.

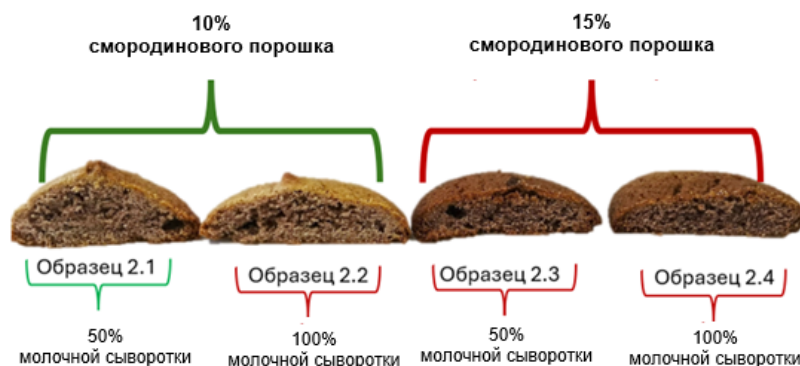


Рисунок 2. Образцы печенья с добавлением смородинового порошка и молочной сыворотки

При оценке органолептических показателей определено, что лучшим вкусом обладал образец № 2.1 с добавлением 10% смородинового порошка и 50% молочной сыворотки. У других образцов был ярко выраженный кислый вкус. Особенно низкие органолептические показатели имело печенье с добавлением 15 % смородинового порошка и 100 % молочной сыворотки. Добавление молочной сыворотки также влияет на пористость готового печенья – в образцах с 100% заменой воды на сыворотку, печенье получается с меньшим подъемом, более плоское, плотное. Это происходит, потому что сыворотка содержит белки, которые при нагревании денатурируют и образуют более жесткую структуру. Белки связывают воду и укрепляют клейковину муки, делая тесто менее рыхлым. Молочная сыворотка создает кислую среду, что также может подавлять действие разрыхлителей, так как для их работы нужна нейтральная или щелочная среда.

Третий этап представлял собой частичную замену сахарной пудры на финиковую пасту, которую вносили в количестве 10 %, 20 % и 30%. Замена сахара на финиковую пасту ока-

зывает положительное влияние, связанное с появлением ноток карамели и сухофруктов во вкусе. При нагревании аромат становится более интенсивным, раскрывая дополнительные нюансы – легкие ореховые оттенки.

В технологии приготовления финиковую пасту закладывают в процессе замеса теста вместе с маргарином, сахарной пудрой, солью и яйцами. Для исследования был выбран образец печенья с 10% смородинового порошка и частичной заменой воды на 50% молочной сыворотки. Образцы печенья с финиковой пастой представлены на рис. 3.



Рисунок 3. Образцы печенья с добавлением смородинового порошка, молочной сыворотки, финиковой пасты

По результатам данного эксперимента был выбран 3-й образец с добавлением 30% финиковой пасты, так как у данного образца присутствует аромат финика с легкой ноткой черной смородины. У образцов № 3.1 и № 3.2 негативных показателей тоже нет, но самыми лучшими вкусовыми показателями обладал образец № 3.

На следующем этапе в выбранный образец № 3.3 добавляли семена чиа и семена подсолнечника. Семена чиа, обладая уникальной способностью впитывать жидкость, проявляют себя как натуральный загуститель [3]. Семена подсолнечника ведут себя иначе – они не связывают тесто, а, наоборот, придают ему лёгкую рассыпчатость. Их натуральные масла делают печенье более нежным, а лёгкая обжарка усиливает ореховый аромат. Семена добавляли в количестве 5% и 10%.

Технология приготовления печенья осталась неизменной. Семена чиа и семена подсолнечника добавляют в самом конце замеса. В итоге было выработано 2 образца печенья. Образцы печенья с добавлением смородинового порошка, молочной сыворотки, финиковой пасты и семян чиа и подсолнечника представлены на рис. 4.



Рисунок 4. Образцы печенья с добавлением смородинового порошка, молочной сыворотки, финиковой пасты, семян чиа и подсолнечника

По результатам органолептического анализа был выбран образец № 4.1. Добавленные семена у образца № 4.1 равномерно распределены по массе, гармонично сочетаются со вку-

сом финика и смородины. Во втором образце семян много, они ухудшают внешний вид печенья.

В результате выбора лучшей рецептуры была разработана итоговая рецептура, изделия в соответствии с которой получили самые высокие оценки при проведении органолептического анализа.

На 5-м этапе была проведена контрольная выработка разработанного печенья и проведен сравнительный анализ с прототипом.

Сравнительный анализ органолептических показателей прототипа печенья и итогового образца печенья «Кислинка» представлен в табл. 1.

Таблица 1. Сравнительный органолептический анализ прототипа и печенья «Кислинка»

Наименование показателя	Прототип	Итоговый образец
Внешний вид, поверхность	поверхность гладкая, рисунок ярко выражен, форма слегка расплывчатая, цвет равномерный, светло-желтый	поверхность шероховатая, рисунок выражен слабо, цвет коричневый, форма не расплывчатая
Вид на изломе	печенье пропеченное с рассыпчатой структурой, без пустот и следов непромеса	пропеченное, структура более плотная, чем у прототипа; семена равномерно распределены по массе печенья, без пустот и следов непромеса.
Вкус и запах	сдобный вкус и характерный аромат, предусмотренных в составе печенья пищевых ингредиентов, без посторонних привкусов и запахов	изделие с кисловатым привкусом, с ароматом порошка черной смородины и финика; при разжевывании чувствуются семена, придающие приятную хрусткость печенью, а также ореховый привкус

Выводы

Поэтапное внесение функциональных ингредиентов в сдобное печенье дало следующие результаты:

1. Введение в рецептуру изделия порошка из сушеных ягод черной смородины в количестве 5%, 10% и 15% придает кисловатый привкус и аромат смородины, меняя цвет до шоколадного, при этом для дальнейшей разработки выбраны образцы с 10% и 15% смородинового порошка.

2. При замене воды молочной сывороткой в количестве 1:1 и 100% сыворотки особенно низкие органолептические показатели имело печенье с наибольшим количеством смородинового порошка 15% и 100 % молочной сыворотки. Лучшими вкусовыми показателями обладал образец с добавлением 10% смородинового порошка и 50% молочной сыворотки.

3. Замена сахарной пудры на финиковую пасту, которую вносили в количестве 10 %, 20 % и 30%, оказала положительное влияние, связанное с появлением ноток карамели и сухофруктов во вкусе. Добавление 30% финиковой пасты показало лучшие вкусовые качества, т.к. присутствовал яркий аромат финика.

4. Добавленные семена чиа и подсолнечника в количестве 5% не ухудшали вкусовых характеристик печенья, сочетались со вкусами финика и смородины и придавали ореховый привкус.

5. Многоэтапный процесс разработки сдобного печенья с органолептическим анализом позволил выявить образцы с лучшими вкусовыми качествами и разработать новую рецептуру изделия с содержанием 10% порошка из сушеных ягод черной смородины, 50% молочной сыворотки в соотношении с количеством воды 1:1, 30% пасты финиковой и по 5% семян чиа и подсолнечника.

6. Показана возможность создания сдобного печенья с сочетанием большого количества функциональных ингредиентов с дальнейшим исследованием изменения пищевой ценности новых изделий.

Список источников

1. Белоусова Т. В., Егорова Е. Ю., Дудкина Н. А. Влияние параметров обработки ядра семян подсолнечника на качество и пищевую ценность сдобного печенья // Ползуновский вестник. 2024. № 3. С. 75-81.
2. Ибрагимова З.Б. Урбеч – традиционный дагестанский продукт питания // Acta Historica: труды по истории, археологии, этнографии и обществознанию. 2018. Т. 1. № 1. С. 34-37.
3. Катаева Е.В. Технологические основы производства и контроль качества сдобного песочного печенья с черемуховой мукой и семенами чиа // Инновации и продовольственная безопасность. 2024. № 2 (44). С. 45-54.
4. Меренкова С.П., Полякова Е.Л. Экспериментальное обоснование применения ягодного сырья в технологии обогащенных мучных кондитерских изделий // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2018. Т. 6. № 2. С. 20-29.
5. Пчелинцева О.Н., Бочкарева З.А., Лукьянова Е.А. Потребительские свойства песочного печенья с добавлением кукурузной муки и свекольного порошка // Ползуновский вестник. 2020. № 1. С. 85-89.
6. Резниченко И.Ю., Мирошина Т.А. Потенциал продуктов переработки фиников как биологически ценного сырья в индустрии питания // Вестник КрасГАУ. 2024. № 10. С. 180–191.
7. Семена чиа – инновационный продукт в функциональном и специализированном питании / С.В. Егорова, В.Г. Кулаков, Е.М. Утюшева, Р.С. Ростегаев // Пищевая промышленность. 2018. № 3. С. 26-27.
8. Шелестун А., Елисеева Т. Сыворожка – что это за продукт и кому он полезен // Журнал здорового питания и диетологии. 2022. № 19.
9. Dhankhar, J., Vashistha, N., & Sharma, A. Development of biscuits by partial substitution of refined wheat flour with chickpea flour and date powder // Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences. 2019. Vol.8. No. 4. Pp. 1093-1097.
10. Goubgou, M., Songré-Ouattara, L.T., Bationo, F. *et al.* Biscuits: a systematic review and meta-analysis of improving the nutritional quality and health benefits // Food Prod Process and Nutr. 2021. Vol. 26. No. 3.

References

1. Belousova T. V., Egorova E. Yu., Dudkina N. A. The influence of sunflower seed kernel processing parameters on the quality and nutritional value of sweet biscuits. Polzunovsky Bulletin, 2024, No. 3, pp. 75-81.
2. Ibragimova Z.B. Urbech – a traditional Dagestani food product. Acta Historica: works on history, archeology, ethnography and social studies, 2018, vol. 1, no. 1, pp. 34-37.
3. Kataeva E.V. Technological bases of production and quality control of sweet shortbread cookies with cherry flour and chia seeds. Innovations and food safety, 2024, no. 2 (44), pp. 45-54.
4. Merenkova S.P., Polyakova E.L. Experimental substantiation of the use of berry raw materials in the technology of enriched flour confectionery products. Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and biotechnology, 2018, vol. 6, no. 2, pp. 20-29.
5. Pchelintseva O.N., Bochkareva Z.A., Lukyanova E.A. Consumer properties of shortbread biscuits with the addition of corn flour and beet powder. Polzunovsky Bulletin, 2020, no. 1, pp. 85-89.
6. Reznichenko I.Yu., Miroshina T.A. The potential of date processing products as biologically valuable raw materials in the food industry. Bulletin of KrasSAU, 2024, no. 10, pp. 180-191.
7. Chia seeds are an innovative product in functional and specialized nutrition. S.V. Egorova, V.G. Kulakov, E.M. Utyusheva, R.S. Rostegaev. Food industry, 2018, no. 3, pp. 26-27.
8. Shelestun A., Eliseeva T. Whey – what kind of product is it and to whom is it useful. Journal of Healthy Nutrition and Dietetics, 2022, no 19.

9. Dhankhar, J., Vashistha, N., & Sharma, A. Development of biscuits by partial substitution of refined wheat flour with chickpea flour and date powder. Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences, 2019, vol.8, no. 4, pp. 1093-1097.

10. Goubgou, M., Songré-Ouattara, L.T., Bationo, F. et al. Biscuits: a systematic review and meta-analysis of improving the nutritional quality and health benefits. Food Prod Process and Nutr, 2021, vol. 26, no. 3.

Информация об авторах

З.А. Бочкарева – кандидат технических наук, доцент кафедры пищевых производств;

М.П. Федорова – обучающийся.

Information about the authors

Z.A. Bochkareva – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department Food Production;

M.P. Fedorova – Student.

Научная статья

УДК 664.761;664.97

DOI 10.24888/2541-7835-2025-37-3-35-42

ВЛИЯНИЕ КОМПОНЕНТОВ РЕЦЕПТУРЫ НА КАЧЕСТВО ТЕСТА ИЗ РИСОВОЙ МУКИ ДЛЯ ПЕЛЬМЕНЕЙ

Васюкова Анна Тимофеевна

Российский государственный университет народного хозяйства имени В.И. Вернадского,
Балашиха, Россия

vasyukova-at@yandex.ru

Аннотация. На основании международных баз данных статистика исследований «plant antioxidants» в последнее время возрастает семимильными темпами. Такой подъем обусловлен востребованностью качественных продуктов питания, характеризующихся повышенной пищевой ценностью и высокими функциональными свойствами. Установлено, что свободно-радикальные реакции стимулируют развитие неинфекционных заболеваний, а антиоксиданты обладают рядом превентивных свойств: антимикробных, противоопухолевых и других, которые будут способствовать инактивации радикалов и получению качественных продуктов на основе натурального отечественного сырья. В статье рассмотрены актуальные вопросы использования рисовой муки, изолята соевого белка, картофельного крахмала, ксантановой камеди и яиц для формирования тестовой структуры оболочки пельменей. Приведены характеристики рисовой муки, показаны особенности и функциональные свойства составных компонентов теста. Показана пищевая ценность основного и дополнительного сырья. Отмечена возможность добавки кориандра в пресное тесто для обогащения антиоксидантами (кверцетин, кемпферол, рамнетин, апигенин, аскорбиновая кислота). Определены существенные факторы влияния качественных показателей муки на технологические особенности производства пельменного теста. Настоящее исследование демонстрирует ценность применения экспериментальных данных лучших отечественных и зарубежных исследований для создания сравнительной характеристики рисовой муки при бинарных сочетаниях с изолятом соевого белка, а также с яйцом и картофельным крахмалом. Цель исследований – формирование оптимальных функционально-технологических свойств рисового теста для производства пельменей. Объектами исследования являлись тестовые полуфабрикаты для изготовления пельменей. Исследование ФТС рисового теста проводили в течение весенне-летнего сезона. Установлено, что оптимальным являлось соотношение бинарной смеси рисовой муки и картофельного крахмала 1:1,45; концентрация рисовой муки в тесте – 20-21%, яиц 9-9,3%, а изолята соевого белка – 5,4-5,5%, при концентрации ксантановой камеди 0,2%, а кориандра 0,4-0,5%. Разработанная рецептура позволила получить пластичное и упругое тесто, которое позволяло формировать очень тонкую тестовую оболочку, не рвущуюся при формировании пельменей и их варке.

Ключевые слова: печенье сдобное, добавки функциональные, органолептические показатели.

Для цитирования: Васюкова А.Т. Влияние компонентов рецептуры на качество теста из рисовой муки для пельменей // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 3(37). С. 35-42. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-37-3-35-42>.

Original article

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF POWDERED PLANT COMPONENTS AND RAW MATERIALS FOR USE IN FOOD TECHNOLOGIES

Anna T. Vasyukova

Vernadsky Russian State University of National Economy, Balashikha, Russia

vasyukova-at@yandex.ru

Abstract. Based on international databases, statistics of studies of "plant antioxidants" have recently increased by leaps and bounds. This rise is due to the demand for high-quality food products characterized by increased nutritional value and high functional properties. It has been established that free-radical reac-

tions stimulate the development of non-infectious diseases, and antioxidants have a number of preventive properties: antimicrobial, antitumor and others, which will contribute to the inactivation of radicals and the production of high-quality products based on natural domestic raw materials. The article considers current issues of using rice flour, soy protein isolate, potato starch, xanthan gum and eggs to form the dough structure of dumplings. The characteristics of rice flour are given, the features and functional properties of the dough components are shown. The nutritional value of the main and additional raw materials is shown. The possibility of adding coriander to unleavened dough for enrichment with antioxidants (quercetin, kaempferol, rhamnetin, apigenin, ascorbic acid) is noted. The significant factors of influence of quality indicators of flour on technological features of dumpling dough production are determined. The present study demonstrates the value of using experimental data of the best domestic and foreign studies to create a comparative characteristic of rice flour in binary combinations with soy protein isolate, as well as with egg and potato starch. The purpose of the research is to identify the optimal functional and technological properties of rice dough for dumpling production. The objects of the study were test semi-finished products for making dumplings. The study of the FTS of rice dough was carried out during the spring-summer season. It was found that the optimal ratio of the binary mixture of rice flour and potato starch was 1: 1.45; the concentration of rice flour in the dough is 20-21%, eggs 9-9.3%, and soy protein isolate is 5.4-5.5%, with a concentration of xanthan gum of 0.2%, and coriander 0.4-0.5%. The developed recipe made it possible to obtain a flexible and elastic dough, which made it possible to form a very thin dough shell that did not tear when forming dumplings and cooking them.

Keywords: rice flour, dough, dumplings, nutritional value, safety, culinary use.

For citation: Vasyukova A.T. The influence of recipe components on the quality of rice flour dough for dumplings. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2025, no. 3(37), pp. 35-42. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-37-3-35-42>.

Введение

Экологические проблемы, связанные с потерями продовольствия и завышенными пищевыми отходами [14], вызывают все большую озабоченность, поскольку производство продовольствия является ресурсоемким, а рост населения и доходов, как ожидается, увеличит спрос на сельскохозяйственную продукцию на 50% к 2050 году, если не изменятся привычки питания и не сократятся пищевые отходы (Пути к действию «Продовольствие 2030») [12]. Рост обозначенных продуктовых потерь также являются частью общественного парадокса в мире, в котором продовольственная нестабильность и недоедание продолжают расти, в то время как значительное количество продуктов питания, которое могло бы быть потреблено, теряется или оказывается в виде отходов. Поэтому сокращение потерь сейчас и в ближайшей перспективе является приоритетом, который, как ожидается, повлияет на питание, климат, цикличность и сообщества [15].

В связи с импортозамещением рациональное использование отечественного сырья и создание уникальных рецептур на основе свойств компонентов, позволяющих получить синергетический эффект от взаимного дополнения или усиления функционально-технологических характеристик основного сырья, формирования требуемых показателей структуры, пищевой ценности, безопасности и сенсорных данных, отвечает запросам экономики и пожеланиям потребителей.

Моделирование матрицы тестовой оболочки пельменей обусловлено получением мясомучного продукта с минимальным объемом тестового компонента и большим содержанием мясной начинки. Однако возникает противоречие в структурных характеристиках тестовой оболочки и объемом начинки. Изменение установленных пропорций возможно только при получении структуры теста с высокой растяжимостью и достаточной липкостью, позволяющим формование полуфабрикатов. Но данные изделия должны не только формоваться и хорошо храниться. Готовые пельмени должны хорошо сохранять форму после тепловой обработки.

Ассортимент пищевых продуктов, в том числе специального назначения, в нашей стране крайне ограничен. Как правило, мучные изделия не соответствуют нормам здорового и рационального питания. Несбалансированность пищевой ценности данной группы изделий объясняется высоким содержанием жиров, углеводов и достаточно низкой концентрацией

белка, витаминов, минеральных веществ и пищевых волокон. Поэтому исследования, направленные на создание сбалансированных по пищевой ценности и реологическим показателям мясо-мучные изделия, перспективны и заслуживают внимания [11].

Основным сырьем при изготовлении тестовой оболочки является рисовая мука. Включение в рецептуру мясо-мучных изделий рисовой муки способствует повышению их пищевой ценности. Уникальной особенностью рисовой муки является большая концентрация крахмала, более 80%, и полное отсутствие клейковины. Она служит полноценным источником растительного белка, содержание которого составляет 5,95-7,4%.

Она отличается уникальным составом. В ней есть аминокислоты и минеральные вещества, в особенности высоко содержание марганца, селена, фосфора, меди, цинка, калия. Употребление 100 г рисовой муки обеспечивает 12% суточной потребности взрослого человека в пищевых волокнах. Рисовая клетчатка обладает абсорбирующим эффектом — адсорбирует токсины, соли тяжелых металлов, остатки не переваренной пищи и все это выводит из организма, попутно мягко стимулируя деятельность кишечника, тем самым улучшая обмен веществ. Перечисленные показатели качества рисовой муки делают ее уникальным диетическим продуктом. Продукты, изготовленные из данной муки, можно рекомендовать при заболеваниях печени, а также для выведения солей тяжелых металлов из организма.

Использование картофельного крахмала в рецептуре теста позволяет создать структуру более мягкой, нежной и рассыпчатой. Это позволяет тесто тонко раскатать и при формовании пельменей оно не будет рваться. Крахмал в процессе замеса теста впитывает свободную влагу, что способствует созданию пышной, объемной структуры, сладковатого вкуса и более рассыпчатой оболочки после тепловой обработки.

Введение в рецептуру пресного теста ксантановой камеди позволит улучшить свойства безглютеновой тестовой оболочки. Камедь удерживает влагу, соединяет ингредиенты рецептуры между собой, что повышает качество текстуры теста. В результате тестовая оболочка будет более нежной и воздушной.

Также ксантановая камедь препятствует осаждению муки, улучшает газодерживающую способность, повышает устойчивость к действию ферментов, замораживанию, оттаиванию и механическому воздействию [5].

Для загущения жидких соусов ксантан добавляют в количестве 0,05—0,5%. Это позволяет стабилизировать консистенцию. При наличии в рецептуре кулинарной продукции 0,8 % ксантана и более образуется густота консистенции увеличивается. Для того чтобы диспергировать и гидратировать ксантан, его добавляют в жидкость и перемешивают [9].

Добавление в тесто изолята соевого белка позволит повысить его пищевую ценность. Изолят соевого белка содержит все незаменимые аминокислоты в благоприятных для организма соотношениях [7]. Соевые белки способствуют получению изделия с высокими показателями качества. Соевые продукты, в том числе изолят, повышают прочность, эластичность и упругость теста. За счёт высокой водосвязывающей способности изолята происходит перераспределение влаги между компонентами теста, и мучные изделия получаются более пышными и ароматными [10]. Кроме того, белки сои более эффективно удерживают влагу, в результате чего изделия меньше черствеют [2-4]. Соевый белковый изолят после дополнительного удаления нерастворимых углеводов становится наиболее качественным [13] и максимально удовлетворяет организму человека [16].

Яйца, используемые в рецептурах теста, не только обогащают его полноценным белком, но и выполняют следующие функции: связующую (определенную упругость, не позволяющую тесту рассыпаться и разжижаться) [1], разрыхляющую (создают ячеисто-сетчатую структуру, при которой тесто приобретает пористость/воздушность) [4] Среднее увеличение пористости с увеличением дозировки от 1 % до 3 % составляет 1,3-2,8 %. ... 32 [8].

Наиболее широко используемая специя – кориандр. Введение его в пресное тесто [6] позволит повысить антиоксидантные свойства пищевой системы, что позволит улучшить не только органолептические показатели, но и обогатить продукт минорными соединениями,

позволяющими целенаправленно воздействовать на организм, продлить срок годности продукта [2-4].

Антиоксидантные свойства кориандра представлены кверцетином, кемпферолом, рамнетином, аскорбиновой кислотой и апигенином. Совокупность антиоксидантных свойств и белково-витаминного комплекса пряности позволяет ей проявить антиоксидантную и противовоспалительную активность при употреблении потребителями обогащенной продукции [6].

На основании перечисленных показателей качества и функционально-технологических свойств основного и дополнительного сырья, обоснована возможность моделирования рецептуры теста для производства пельменей улучшенной структуры и обогащенных нутриентами, входящими в проектируемую пищевую систему.

Цель исследования – формирование оптимальных функционально-технологических свойств рисового теста для производства пельменей.

Материалы и методы исследований

В качестве анализируемого материала использовались данные из официальных источников, позволяющих получить полную характеристику основного, дополнительного пищевого сырья и добавки для моделирования рецептуры пресного теста для приготовления пельменей. В представленных исследованиях проанализированы статьи баз данных Scopus, RSCI, РИНЦ за последние два года (2023-2025 гг.). Были отобраны 16 источников научной литературы для создания инновационных рецептур, повышения качественных показателей и функциональных свойств пресного теста, а также мясо-мучных изделий с использованием отобранного растительного сырья. В качестве методики исследования применялся сравнительный и теоретический анализ. В работе использованы современные общедоступные методы исследования качества сырья и готовых изделий. Теоретические и практические исследования проведены в 2024-2025 году на кафедре биотехнологий и продовольственной безопасности университета Вернадского.

В качестве объектов использовано сырье, произрастающее в Московском регионе, а также имеющееся в достаточном количестве в розничной торговле: рисовая мука, изолят соевого белка, ксантановая камедь, кориандр, крахмал картофельный, яйцо, соль.

Показатели химического состава различных видов рисовой муки представлены в табл. 1.

Таблица 1. Пищевая ценность рисовой муки белой и цельнозерновой

Пищевая ценность	Белая мука	Цельнозерновая мука	Отклонения $\pm$
Калорийность, ккал	366	321	- 45,0
Белки, г	6	7	+1,0
Жиры, г	1,4	0,6	- 0,8
Углеводы, г	77,7	78	+0,3
Пищевые волокна, г	2,4	0	-2,4
Витамин В ₁ , мг	0,138	0,06	-0,078
Витамин В ₄ , мг	5,8	0	-5,8
Витамин РР, мг	2,59	3,2	+0,61
Фосфор, мг	98	119	+21,0
Калий, мг	76	50	-26,0
Магний, мг	35	30	-5,0
Марганец, мг	1,2	0	-1,2

Сравнение производилось между рисовой муки белой и цельнозерновой.

На основе анализа результатов таблицы 1 следует, что концентрация биологически активных веществ, витаминно-минерального состава, а также белков, жиров и углеводов (БЖУ) в рисовой муке белой и цельнозерновой значительно отличаются. Цельнозерновая рисовая мука уступает белой по калорийности и содержанию жиров, пищевых волокон, ви-

таминов В₁, В₄, калия, магния и марганца. Наличие в рисовой муке низко питательных веществ (оболочек, частичек жесткой шелухи желтого цвета) делает ее менее полезной для приготовления пельменного теста.

Результаты исследований и их обсуждение

Для проведения исследований произведены пельмени с различной концентрацией рисовой муки (см. табл. 2). Затем путем органолептического анализа выявлены наиболее удачные образцы по внешним показателям и вкусовым характеристикам для дальнейшего исследования.

Таблица 2. Рецепт теста тестовых заготовок (нетто, г)

Наименование сырья	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
Рисовая мука	100	126	100	246
Изолят соевого белка	26	-	26	26
Ксантановая камедь	1	1	-	1
Кориандр	1	0,8	1	1,2
Крахмал картофельный	146	146	146	-
Яйцо	44	44	44	44
Соль	0,5	0,5	0,5	0,5
Вода	160	160	160	160
Выход	475	475	475	475

В качестве контрольного образца взяли пельмени по рецептуре №763 из Сборника рецептов (под ред. Голуновой), а вместо традиционного теста использовали разработанное нами тесто (см. табл. 3).

Таблица 3. Рецепт теста разработанных пельменей

Сырье	Брутто, г	Нетто, г	Нетто, г с учетом потерь
Тесто для пельменей	-	450	112,5
Говядина (котлетное мясо)	284	230	57,5
Свинина (котлетное мясо)	301	230	57,5
Лук репчатый	50	42	10,5
Соль	9	9	2,25
Черный молотый перец	0,2	0,2	0,05
Вода питьевая	90	90	22,5
Масса фарша	-	560	140
Выход	-	1000,00	250

Установлено: оптимальным являлось соотношение бинарной смеси рисовой муки и картофельного крахмала 1:1,45; концентрация рисовой муки в тесте – 20-21%, яиц 9-9,3%, а изолята соевого белка – 5,4-5,5%, при концентрации ксантановой камеди 0,2%, а кориандра 0,4-0,5%. Тестовые полуфабрикаты имеют высокую пластичность и растяжимость, тесто достаточно упругое, не крошливое, длительное время сохраняется влажным, что объясняется наличием ксантановой камеди, картофельного крахмала и изолята соевого белка. Совокупность в рецептуре №1 белков яиц и изолята соевого белка позволяет получение тонко раскатываемого теста, которое сохраняет функциональные свойства после формования пельменей, а также в процессе их варки и реализации.

Пельмени, выработанные по предлагаемым рецептурам, подвергнуты органолептической оценке по десяти балльной шкале для выявления недостатков и первичного апробирования в лабораторной практике.

Органолептическую оценку экспериментальных образцов пельменей проводили после термической обработки (см. рис. 1).

Установлено, что по органолептическим показателям комиссия дегустаторов наибольшее предпочтение отдала образцу №1 – пельмени имеют приятный легкий запах и привкус риса. Пельмени сохраняют форму, фарш не выступает. Данные изделия аналогичны образцу из пшеничной муки (образец 5), который также получил высокую оценку.

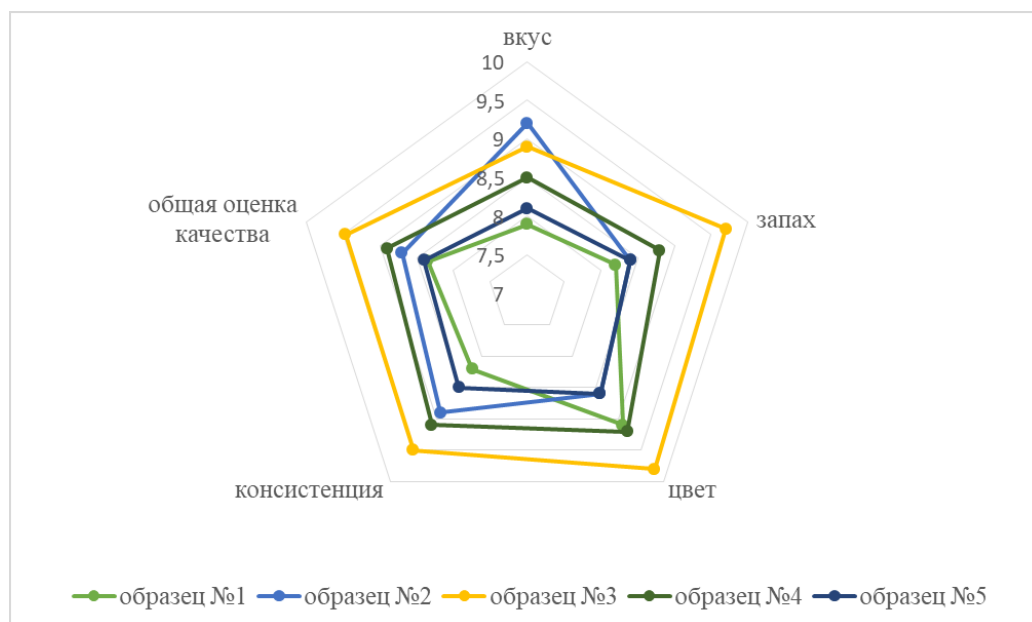


Рисунок 1. Органолептические показатели экспериментальных образцов

Выводы

1. Полученные результаты показывают, что эффективным способом повышения пищевой ценности и функционально-технологических свойств тестовых оболочек для пельменей является образец №1, содержащий рисовую муку, изолят соевого белка, ксантановую камедь, кориандр, крахмал картофельный, яйцо и соль в следующих соотношениях: бинарной смеси рисовой муки и картофельного крахмала 1:1,45; концентрация рисовой муки в тесте – 20%, яиц 9%, а изолята соевого белка – 5,5%, при концентрации ксантановой камеди 0,2%, а кориандра 0,5%.
2. Увеличение пролонгированных сроков годности пельменей возможно при концентрации порошкообразного кориандра в рецептуре теста 0,5% и более на 100 г продукта.
3. Разработанная рецептура позволила получить пластичное и хорошо формируемое тесто, которое позволяло создавать очень тонкую тестовую оболочку, не рвущуюся как при формировании пельменей, так и в процессе хранения и тепловой обработки.

Список источников

1. Блохин Ю.В. и др. Влияние осдобки на качество дрожжевого теста / Ю.В. Блохин, А.В. Мошкин, И.С. Бобоев, А.Т. Шлыкова, С.И. Гапонова // Образовательная среда сегодня и завтра. Сборник научных трудов XII Всероссийской научно-практической конференции, МосТех. 2017. С. 102-104.
2. Васюкова А.Т. и др. Влияние обогащающих добавок на пищевую ценность мясных и рыбных продуктов / А.Т. Васюкова, Т.В. Першакова, Д.Н. Фалин, Т.В. Яковлева, Н.И. Мячикова // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2011. № 2-3 (320-321). С. 11-13.
3. Васюкова А.Т., Валова В.Д. Гидроколлоидные свойства структурообразователей мясных фаршевых изделий // Фундаментальные и прикладные исследования кооперативного сектора экономики. 2012. № 2. С. 183-188.
4. Васюкова А. Т. и др. Структурно-механические свойства сдобного теста с солодом из зерновых и бобовых культур / А. Т. Васюкова, А. В. Мошкин, И. А. Богоносова, А. А. Сла-

вянский, С. И. Охотников // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2019. Том 5. №3. С. 289-304.

5. Захарова И. И. Применение ксантановой камеди при производстве продуктов питания // Агропродовольственная экономика. 2024. № 1. С. 14-21.

6. Калужских А.Г., Долгополова Н.В., Котельникова М.Н. Исследование возможности использования розмарина в технологии производства хлеба // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2022. №1. С. 30-37.

7. Лодянов В.В., Шатверова М.Н. Влияние продуктов переработки сои на реологические свойства хлебобулочных изделий: обзор // Инновационные технологии в науке и образовании (конференция «ИТНО 2023») сборник научных трудов XI Международной научно-практической конференции. Ростов-на-Дону. 2023. С. 239-243.

8. Мошкин А. В. Замороженное тесто и изделия из него // Агропромышленные технологии Центральной России. 2018. № 4(10). С. 30-34.

9. Мысаков Д. С. и др. Использование ксантановой камеди в качестве структурообразователя при производстве бисквитного полуфабриката / Д. С. Мысаков, О. В. Чугунова, Н. В. Заворохина, Н. А. Панкратьева // Новые технологии. 2014. № 3. С. 13-20.

10. Патент № 2453119 С1 Российская Федерация, МПК А21D 13/08. Способ приготовления бисквита «Егоза»: № 2010152828/13: заявл. 23.12.2010 : опубл. 20.06.2012 / Л. П. Пашенко, В. А. Лосева, Ю. Н. Труфанова [и др.].

11. Comprehensive assessment of bakery products with malt additives and optimal consumer properties / A.T. Vasyukova, A.A. Slavyansky, P.A. Kapyrin, S.V. Yegorova, A.V. Moshkin, M.M. Kononenko // In the collection: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Series «International Conference on Production and Processing of Agricultural Raw Materials - Technology of Processing, Storage and Recycling of Plant Crops». 2021. P. 022036.

12. FAO and WHO. Sustainable healthy diets – Guiding principles. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization. 2019.

13. Fasolin LH, Pereira RN, Pinheiro AC, Martins JT, Andrade CCP, Ramos OL, et al. Novel food proteins: towards sustainability, health and innovation // Food Research International. 2019. Vol. 125. P. 108586.

14. Goula, A. M., and Lazarides, H. N. Integrated processes can transform industrial food waste into valuable food by-products and/or ingredients: examples of olive oil and pomegranate waste // J. Food Eng. 2015. Vol. 167. Pp. 45-50.

15. Ramírez-Pulido B., Bas-Bellver C., Betoret N., Barrera C., Seguí L. Valorization of fresh vegetable processing residues as functional powdered ingredients. A review of the potential impact of pretreatment and drying methods on bioactive compounds and their bioavailability // Front. Sustaining Food System, April 20, 2021 Section: Sustainable Food Processing. 2021. Vol. 5.

16. Van den Berg L. A., Mes J. J., Wanders A. J. Soybean protein quality and impact of processing: a quantitative review // Front. Nutr., September 27, 2022. Section: Nutrition and Food Technology. 2022. Vol. 9.

References

1. Blokhin Yu.V. and others. The influence of baking on the quality of yeast dough. Yu.V. Blokhin, A.V. Moshkin, I.S. Boboev, A.T. Shlykova, S.I. Gaponova. Educational environment today and tomorrow. Collection of scientific papers of the XII All-Russian Scientific and Practical Conference. Mostekh, 2017, pp. 102-104.

2. Vasyukova A.T. et al. The effect of enriching additives on the nutritional value of meat and fish products. A.T. Vasyukova, T.V. Pershakova, D.N. Falin, T.V. Yakovleva, N.I. Myachikova. News of higher educational institutions. Food technology, 2011, no. 2-3 (320-321), pp. 11-13.

3. Vasyukova A.T., Valova V.D. Hydrocolloidal properties of structure-forming agents of minced meat products. Fundamental and applied research of the cooperative sector of the economy, 2012, no. 2, pp. 183-188.

4. Vasyukova A. T. et al. Structural and mechanical properties of pastry dough with malt from cereals and legumes. A. T. Vasyukova, A.V. Moshkin, I. A. Bogonosova, A. A. Slavyansky, S. I. Okhotnikov. Bulletin of the Mari State University. The series «Agricultural sciences. Economic Sciences», 2019, vol. 5, no. 3, pp. 289-304.

5. Zakharova I. I. The use of xanthan gum in the production of food products. *Agro-food economics*, 2024, no. 1, pp. 14-21.
6. Kaluzhskikh A.G., Dolgopolova N.V., Kotelnikova M.N. Investigation of the possibility of using rosemary in bread production technology. *Technologies of the food and processing industry of the agroindustrial complex – healthy food products*, 2022, no. 1, pp. 30-37.
7. Lodyanov V.V., Shatverova M.N. The influence of soy processing products on the rheological properties of bakery products: an overview. *Innovative technologies in science and education (ITNO 2023 conference) proceedings of the XI International Scientific and Practical Conference*. Rostov-on-Don, 2023, pp. 239-243.
8. Moshkin A.V. Frozen dough and products made from it. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2018, no. 4(10), pp. 30-34.
9. Mysakov D. S. et al. The use of xanthan gum as a structure-forming agent in the production of biscuit semi-finished products. D. S. Mysakov, O. V. Chugunova, N. V. Zavorokhina, N. A. Pankratieva. *New technologies*, 2014, no. 3, pp. 13-20.
10. Patent No. 2453119 C1 Russian Federation, IPC A21D 13/08. Method of preparation of Egoza biscuit: No. 2010152828/13: application. 23.12.2010 : published. 20.06.2012. L. P. Paschenko, V. A. Loseva, Yu. N. Trufanova [et al.].
11. Comprehensive assessment of bakery products with malt additives and optimal consumer properties. A.T. Vasyukova, A.A. Slavyansky, P.A. Kapyrin, S.V. Yegorova, A.V. Moshkin, M.M. Kononenko. In the collection: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Series «International Conference on Production and Processing of Agricultural Raw Materials - Technology of Processing, Storage and Recycling of Plant Crops»*, 2021, p. 022036.
12. FAO and WHO. Sustainable healthy diets – Guiding principles. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization, 2019.
13. Fasolin LH, Pereira RN, Pinheiro AC, Martins JT, Andrade CCP, Ramos OL, et al. Novel food proteins: towards sustainability, health and innovation. *Food Research International*, 2019, vol. 125, p. 108586.
14. Goula, A. M., and Lazarides, H. N. Integrated processes can transform industrial food waste into valuable food by-products and/or ingredients: examples of olive oil and pomegranate waste. *J. Food Eng*, 2015, vol. 167, pp. 45-50.
15. Ramírez-Pulido B., Bas-Bellver C., Betoret N., Barrera C., Seguí L. Valorization of fresh vegetable processing residues as functional powdered ingredients. A review of the potential impact of pretreatment and drying methods on bioactive compounds and their bioavailability. *Front. Sustaining Food System*, April 20, 2021 Section: Sustainable Food Processing, 2021, vol. 5.
16. Van den Berg L. A., Mes J. J., Wanders A. J. Soybean protein quality and impact of processing: a quantitative review. *Front. Nutr.*, September 27, 2022. Section: Nutrition and Food Technology, 2022, vol. 9.

Информация об авторе

А.Т. Васюкова – доктор технических наук, профессор кафедры биотехнологий и продовольственной безопасности.

Information about the author

A.T. Vasyukova – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Biotechnology and Food Safety.

Научная статья

УДК 664.681

DOI 10.24888/2541-7835-2025-37-3-43-50

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ СДОБНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ С ДОБАВЛЕНИЕМ СОЛОДОВОГО ЭКСТРАКТА

Виноградов Дмитрий Валериевич¹, Зубкова Татьяна Владимировна²

¹Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, Рязанская область, Рязань, Россия

²Елецкий государственный университет имени И.А. Бунина, Липецкая область, Елец, Россия

¹vdv-rz@rambler.ru

²zubkovatanua@yandex.ru

Аннотация. В статье представлены данные по разработке рецептуры и технологии приготовления сдобных кондитерских изделий с добавлением солодового экстракта. Солодовый экстракт вводили в рецептуру пропорционально массе используемой воды согласно различным экспериментальным условиям: вариант №1 (контроль): солодовый экстракт отсутствовал; вариант №2: содержание солодового экстракта составляло 2%; вариант №3: доля солодового экстракта равнялась 5%; вариант №4: количество солодового экстракта достигало 10%; вариант №5: концентрация солодового экстракта составляла 15%. Исследование показало, что добавление солодового экстракта существенно ускоряет процессы ферментации теста, уменьшая общую длительность процесса брожения на 35%, сокращая время ферментации с 180 до 130 минут. Более того, именно на этапе брожения теста отмечается значительное уменьшение продолжительности данной стадии на 42,1% (или 29 минут) при применении экстракта в дозировке 15%. Важнейшей особенностью использования солодового экстракта является стимулирование активного газообразования во время брожения, которое прямо зависит от концентрации внесенного компонента. Внесение солодового экстракта в тесто в концентрации до 10% повышает объемный выход тестовых заготовок на 5,2% по сравнению с контрольным вариантом, одновременно понижается влажность на 0,5% и кислотность на 0,9 °Н. Структурные особенности готового изделия заметно улучшаются: мякиш приобретает повышенную пористость и мягкость, приятные вкусовые и ароматические качества. Таким образом, полученные результаты подтверждают эффективность внедрения солодового экстракта в технологию хлебопечения, способствуя снижению себестоимости продукции и улучшению потребительских характеристик изделий.

Ключевые слова: сдоба, солодовый экстракт, рецептура, качество изделий, технология производства.

Для цитирования: Виноградов Д.В., Зубкова Т.В. Разработка рецептуры и технологии приготовления сдобных кондитерских изделий с добавлением солодового экстракта // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 3(37). С. 43-50. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-37-3-43-50>.

Original article

DEVELOPMENT OF A RECIPE AND TECHNOLOGY FOR THE PREPARATION OF SWEET CONFECTIONERY PRODUCTS WITH THE ADDITION OF MALT EXTRACT

Dmitry V. Vinogradov¹, Tatiana V. Zubkova²

¹Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan region, Ryazan, Russia

²Bunin Yelets State University, Lipetsk region, Yelets, Russia

¹vdv-rz@rambler.ru

²zubkovatanua@yandex.ru

Abstract. The article presents data on the development of a recipe and technology for the preparation of sweet confectionery products with the addition of malt extract. Malt extract was introduced into the for-

mulation in proportion to the weight of the water used according to various experimental conditions: Option No. 1 (control): there was no malt extract; option No. 2: the malt extract content was 2%; option No. 3: the proportion of malt extract was 5%; option No. 4: the amount of malt extract reached 10%; option No. 5: the concentration of malt extract was 15%. The study showed that the addition of malt extract significantly speeds up the fermentation of the dough, reducing the total duration of the fermentation process by 35%, reducing the fermentation time from 180 to 130 minutes. Moreover, it is at the fermentation stage of the dough that there is a significant decrease in the duration of this stage by 42.1% (or 29 minutes) when using the extract at a dosage of 15%. The most important feature of using malt extract is the stimulation of active gas formation during fermentation, which directly depends on the concentration of the introduced component. The addition of malt extract to the dough at a concentration of up to 10% increases the volume yield of dough blanks by 5.2% compared with the control version, while simultaneously reducing humidity by 0.5% and acidity by 0.9 °N. The structural features of the finished product are noticeably improved: the crumb acquires increased porosity and softness, pleasant taste and aromatic qualities. Thus, the results obtained confirm the effectiveness of the introduction of malt extract into baking technology, contributing to lower production costs and improved consumer characteristics of products.

Keywords: butter cookies, functional additives, organoleptic characteristics.

For citation: Vinogradov D.V., Zubkova T.V. Development of a recipe and technology for the preparation of sweet confectionery products with the addition of malt extract. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2025, no. 3(37), pp. 43-50. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-37-3-43-50>.

Введение

Хлебопекарная промышленность является одной из ключевых отраслей пищевых производств [1-3]. Она располагает необходимыми ресурсами и оборудованием для производства разнообразной высококачественной продукции, включая различные сорта хлеба и хлебобулочные изделия, предназначенные для питания, укрепления здоровья и специальных нужд населения [4, 5].

Современные исследования сосредоточены на расширении ассортимента мучных кондитерских изделий, внедряя передовые технологии и осваивая новые виды сырья. Это позволяет улучшать пищевую ценность продукции, оптимизировать производственные процессы, снижать издержки и создавать продукты с лечебно-профилактическим назначением и особыми свойствами [6, 7].

Уже много лет известно положительное влияние солода, преимущественно ржаного и ячменного, на качество хлебобулочных изделий, его традиционно применяют при приготовлении заварного хлеба. Помимо улучшения структуры теста, солод придаёт продукту специфический вкус и аромат, а также обогащает витаминами и микроэлементами, присутствующими в проростках зерна. Тем не менее, из-за способности веществ, находящихся в оболочке солодового зерна, окрашивать тесто, солод редко использовался при выпечке изделий из пшеничной муки. Последнее время актуальным стало использование в хлебопекарной отрасли при производстве хлебобулочной продукции не цельного солода, а солодовых экстрактов [8-10].

Цель исследования – разработка рецептуры и технологии приготовления сдобных кондитерских изделий с добавлением солодового экстракта.

В связи с этим ставились следующие задачи:

- разработать технологию производства и рецептуру сдобных изделий с включением солодового экстракта;
- по результатам пробной выпечки произвести оценку органолептических и физико-химических показателей готовых сдобных изделий.

Материалы и методы исследований

Исследования проводились в 2024 году на базе лабораторий кафедры агротехнологий, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции ЕГУ им. И.А. Бунина и кафедры агрономии и защиты растений РГАТУ им. П.А. Костычева.

Объектом исследования являлась рецептура сдобного изделия изготовленного в виде рожка, поверхность которого обсыпана отделочной крошкой. Рецептурой для приготовления

«Рожок сдобный обсыпной» массой 0,2 кг установлено соотношение сырья по массе в килограммах, которое представлено в таблице 1 (табл. 1).

Таблица 1. Рецепт «Рожок сдобный обсыпной»

Наименование сырья	Количество, кг
Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта	100,0
Соль поваренная	1,0
Дрожжи прессованные	5,0
Сахар-песок	16,5
Маргарин столовый	8,5
Ванилин	0,025
Меланж на смазку	3,0

Качество показателей изделий определялись по ГОСТ 28809-90 Изделия булочные. Общие технические условия. Органолептические показатели по ГОСТ 27669-88 Мука пшеничная хлебопекарная. Метод пробной лабораторной выпечки хлеба через 24 часа после выпечки. Кислотность по ГОСТ 5670-96 Хлебобулочные изделия. Методы определения кислотности. Влажность по ГОСТ 21094-75 Хлеб и хлебобулочные изделия. Метод определения влажности. Объемный выход хлеба и его формоустойчивость по ГОСТ 31805-2012 Изделия хлебобулочные из пшеничной муки. Общие технические условия.

Солодовый экстракт вводили в рецептуру пропорционально массе используемой воды согласно различным экспериментальным условиям:

- вариант №1 (контроль): солодовый экстракт отсутствовал;
- вариант №2: содержание солодового экстракта составляло 2%;
- вариант №3: доля солодового экстракта равнялась 5%;
- вариант №4: количество солодового экстракта достигало 10%;
- вариант №5: концентрация солодового экстракта составляла 15%.

Вся продукция, использованная в разработанных рецептурах сдобных изделий, имела сертификаты соответствия, подтверждающие её безопасность и полное соответствие установленным нормам, что гарантирует высокое качество и пригодность ингредиентов для пищевого производства.

Результаты исследований и их обсуждение

Технологический процесс приготовления сдобных изделий состоял из ряда операций (см. рис. 1).

Производство рогаликов сдобных посыпных выполнялось опарным методом. Опару готовили путём тщательного перемешивания всех необходимых по рецептуре ингредиентов в специальной тестомесильной машине до образования равномерной массы. Основная цель замеса опары заключалась в получении однородной смеси из определённых количеств муки, жидкости и дрожжей.

Тесто для «Рожка сдобного обсыпного» изготавливали в две фазы: первая – приготовление опары и вторая – приготовление теста. Замес теста производили на 50 кг муки. Для приготовления опары использовали 70 % предусмотренной по рецептуре муки (35 кг) и 60 % дрожжей (1,5 кг).

Перемешивание осуществляли до полного исчезновения комочков муки, равномерного распределения остального сырья в течение 15 мин.

Влажность опары 43 %, начальная температура опары 25-30 °С. Конечная кислотность 3-4 °Н. Длительность брожения устанавливалась по конечной кислотности и органолептическим

ским признакам и составляла 2,5-3 ч и зависела от хлебопекарных свойств муки, температуры помещения, активности дрожжей.

На готовой опаре замешивали тесто с отсдобкой. При этом добавляли к опаре все остальные компоненты: муку, воду, соль, дрожжи, ванилин и замешивали в течение 20 мин тесто.

Начальная температура теста 27-30 °С. Влажность теста 31-32 %. Без брожения кислотность 3-3,5 °Н. Продолжительность брожения 40 мин.

В процессе брожения проводили обминку теста. Брожение теста составило 30 минут. Во время отсдобки вносили такие ингредиенты как сахар и маргарин, после чего осуществляли перемешивание.

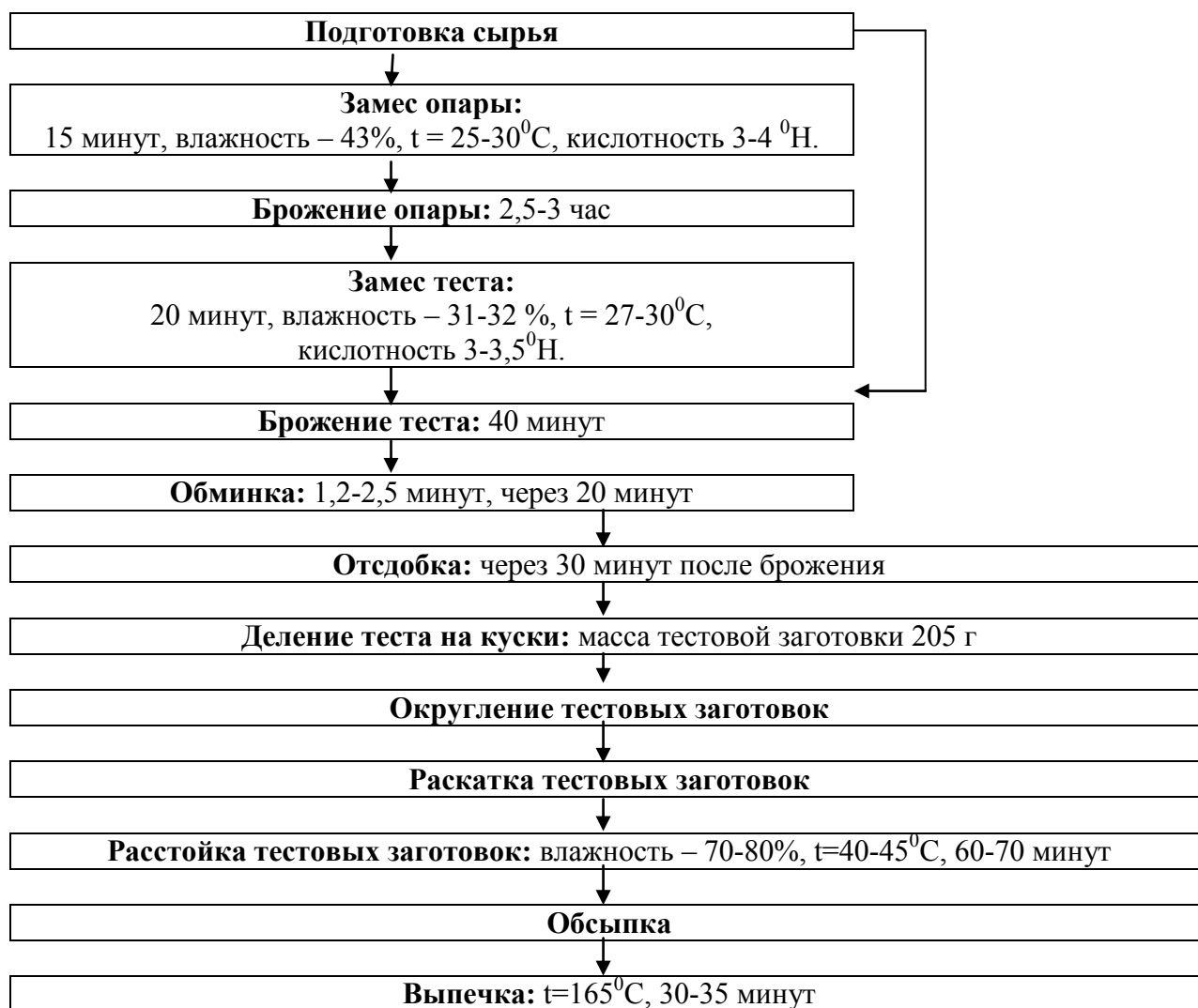


Рисунок 1. Технологическая схема производства кондитерского изделия «Рожок сдобный обсыпной»

Далее тесто делилось на порционные куски. Вес каждого куса рассчитывался исходя из нормы веса конечного изделия, регламентированной государственным стандартом, и составлял для сдобного рожка 200 ± 5 граммов.

Сразу после нарезания каждый кусок вручную округлялся, приобретая форму шара. Затем подготовленные круглые кусочки раскатывались для формирования удлиненной формы будущих полуфабрикатов. Этот этап одновременно являлся завершающим этапом формования, после которого сформированные заготовки отправлялись на расстойку.

Расстойка проводилась в специализированном расстоечном шкафу при поддержании температуры около 40-45 °С и влажности порядка 70-80%, создавая условия влажной тёплой среды. Длительность расстойки занимала примерно 60-70 минут.

Рожок обсыпной выпекали в пекарной камере хлебопекарной печи при температуре паровоздушной среды 165 + 10 °С в течении 30-35 мин.

Анализ органолептических характеристик экспериментальной выпечки, представленный в табл. 2, показал, что применение солодового экстракта в концентрации от 2% до 5% не оказывает существенного влияния на исследуемые показатели. Однако увеличение содержания экстракта до 10% значительно улучшает сенсорные свойства продукции – повышается интенсивность вкуса и аромата конечного продукта.

Таблица 2. Качество лабораторной выпечки по органолептическим характеристикам

Показатели	Требования по ГОСТ 28620-90	Контроль (без солодового экстракта)	Содержание солодового экстракта, %			
			2	5	10	15
Внешний вид, форма	Округлая, выпуклая	+	+	+	+	+
Поверхность	Гладкая без трещин и подрывов	+	+	+	+	+
Корка	Глянцевая, от светло-желтой до светло-коричневой	+	+	+	+	+
Вкус, запах	Свойственные данному виду изделия, без посторонних привкусов и запахов	+	+	+	Выраженный	Выраженный
Пропеченость	Хорошо пропеченный	+	+	+	+	+
Промес	Без комочков и следов непромеса	+	+	+	+	+
Структура пористости	Развитая, без уплотнений, равномерная, тонкостенная	+	+	+	+	Средне-развитая, толстостенная
Эластичность	Эластичный, при легком надавливании пальцем на мякиш принимает первоначальную форму	+	+	+	+	Удовлетворительная
Свежесть	Свежий	+	+	+	+	+

* Соответствует

Наблюдалось постепенное повышение объема продукта при увеличении концентрации солодового экстракта до 10%. Дальнейшее увеличение экстракта снижало объемный выход, вероятно, вследствие повышения влажности и вязкости теста. Формоустойчивость оставалась стабильной на уровне 0,8 вплоть до концентрации солодового экстракта 10%, после чего снижалась до 0,7 при максимальном содержании экстракта. Отмечалось снижение кислотно-

сти по мере увеличения концентрации солодового экстракта, достигая минимума при высоких уровнях экстракта (1,6). Данный факт объясняется увеличением активности бактерий и дрожжей при повышенном содержании сахара, способствующим снижению pH среды (см. табл. 3).

Таблица 3. Физико-химические показатели выпечки

Показатели	Контроль (без солодового экстракта)	Содержание солодового экстракта, %			
		2	5	10	15
Объемный выход, см ³	337,7	340,4	345,2	355,2	339,4
Формоустойчивость	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7
Влажность, %	34,3	34,2	34,1	33,8	33,5
Кислотность, °Н	2,5	2,1	1,8	1,6	1,6

На графике (см. рис. 2) показано уравнение регрессии: $Y = -0,0551X - 34,341$.

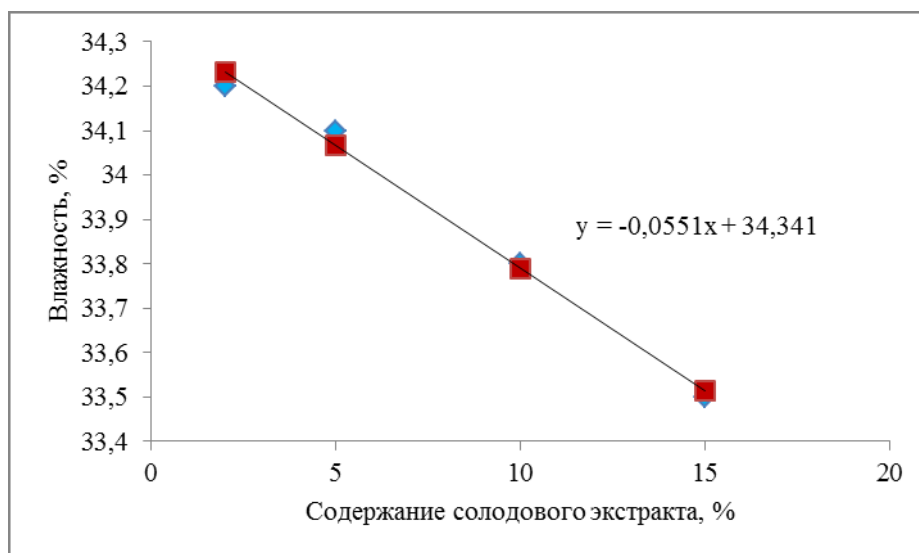


Рисунок 2. Корреляционная взаимосвязь влажности готовых изделий от содержания солодового экстракта в рецептуре

Коэффициент $-0,0551$ перед переменной X говорит о том, что с увеличением концентрации солодового экстракта влажность изделий уменьшается. Чем больше добавляется солодового экстракта, тем суше становится изделие.

Выводы

1. Установлено, что применение солодового экстракта в концентрации от 2% до 5% не оказывает существенного влияния на органолептические показатели. Однако увеличение содержания экстракта до 10% значительно улучшает сенсорные свойства продукции — повышается интенсивность вкуса и аромат конечного продукта.
2. При внесении солодового экстракта в тесто в концентрации до 10% повышается объемный выход тестовых заготовок на 5,2% по сравнению с контрольным вариантом, одновременно понижается влажность на 0,5% и кислотность на 0,9 °Н.
3. Полученные результаты констатируют целесообразность включения солодового экстракта в технологический процесс приготовления хлебобулочной продукции для оптимизации производственных процессов и повышения качественных характеристик выпускаемых изделий.

Список источников

1. Бурмакина О.А., Таран А.Н. Использование солодовых экстрактов в технологии производства хлеба // Хлебопечение России. 2020. № 4. С. 18-21.
2. Виноградов Д. В., Зубкова Т. В., Сухарев И. Н. Исследование хлебопекарных и технологических свойств зерна пшеницы в зависимости от продолжительности его прорастания // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2022. №1. С. 38-44.
3. Голдобин Д.В., Гаврилова Ю.С. Применение ферментированного солода в производстве ржаного хлеба // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. 2019. Т. 2. № 3. С. 58–61.
4. Гришина Н.И., Тимофеева Л.Б. Солодовые продукты и перспективы их использования в хлебобулочной промышленности // Известия вузов. Пищевая технология. 2018. № 3-4. С. 23–27.
5. Гулидова В.А., Зубкова Т.В. Технохимический контроль растениеводческой продукции // Елец: Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина. 2020. 74 с.
6. Зубкова Т.В., Виноградов Д.В. Технология хранения и переработки зерновых, зернобобовых и масличных культур // Елец - Рязань: ИП Колупаева Е.В., 2023. 168 с.
7. Зубкова Т. В., Виноградов Д. В. Технология хранения и переработки зерновых, зернобобовых и масличных культур: учебное пособие // Елец : ИП Колупаева, 2023. 168 с.
8. Корпачева С.М., Чугунова О.В., Позняковский В.М. Использование порошка из лузги гречихи в рецептурах и технологии производства бисквитного полуфабриката // Индустрия питания. 2021. Т. 6. № 4. С. 55-63.
9. Кузьмина Е.Г., Сергеев М.П. Особенности применения солодов в технологии пшеничного хлеба // Хранение и переработка сельхозсырья. 2021. № 1. С. 45-49.
10. Темникова О.Е., Егорцев Н.А., Зимичев А.В. Обзор использования нетрадиционного сырья в хлебопечении // Хлебопродукты. 2012. № 4. С. 54-55.

References

1. Burmakina O.A., Taran A.N. The use of malt extracts in bread production technology. Bakery of Russia, 2020, no. 4, pp. 18-21.
2. Vinogradov D. V., Zubkova T. V., Sukharev I. N. Investigation of baking and technological properties of wheat grain depending on the duration of its germination. Technologies of the food and processing industry of the agroindustrial complex – healthy food products, 2022, no. 1, pp. 38-44.
3. Goldobin D.V., Gavrilova Yu.S. The use of fermented malt in the production of rye bread. Food ingredients. Raw materials and additives, 2019, vol. 2, no. 3, pp. 58-61.
4. Grishina N.I., Timofeeva L.B. Malt products and prospects for their use in the bakery industry. News universities. Food technology, 2018, no. 3-4, pp. 23-27.
5. Gulidova V.A., Zubkova T.V. Technochemical control of crop production. Yelets: Bunin Yelets State University, 2020. 74 p.
6. Zubkova T.V., Vinogradov D.V. Technology of storage and processing of cereals, legumes and oilseeds. Yelets - Ryazan: IP Kolupaeva E.V., 2023. 168 p.
7. Zubkova T. V., Vinogradov D. V. Technology of storage and processing of cereals, legumes and oilseeds: a textbook. Yelets : IP Kolupaeva, 2023. 168 p.
8. Korpacheva S.M., Chugunova O.V., Poznyakovsky V.M. The use of buckwheat pulp powder in formulations and production technology biscuit semi-finished product. Food industry, 2021, vol. 6, no. 4, pp. 55-63.
9. Kuzmina E.G., Sergeev M.P. Features of malt application in the technology of wheat bread. Storage and processing of agricultural raw materials, 2021, no. 1, pp. 45-49.
10. Temnikova O.E., Yegortsev H.A., Zimichev A.B. Review of the use of non-traditional raw materials in baking. Bread products, 2012, no. 4, pp. 54-55.

Информация об авторах

Д.В. Виноградов – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой агрономии и защиты растений;

Т.В. Зубкова – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой агротехнологий, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции.

Information about the authors

D.V. Vinogradov – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Agronomy and Plant Protection;

T.V. Zubkova – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Agricultural Technologies, Storage and Processing of Agricultural Products.

Научная статья

УДК 664.681.1

DOI 10.24888/2541-7835-2025-37-3-51-58

ВЛИЯНИЕ СМЕСИ ГРЕЧНЕВОЙ И ЯЧМЕННОЙ МУКИ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРЕКЕРА

Калужских Александр Геннадьевич^{1✉}, Котельникова Марина Николаевна²,
Асадова Маргарита Григорьевна³, Заикин Александр Александрович⁴,
Марченко Кристина Михайловна⁵

^{1,4}Курский Юго-Западный государственный университет, Курская область, Курск, Россия

^{2,3}Курский государственный аграрный университет, Курская область, Курск, Россия

⁵Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, Липецкая область, Елец, Россия

¹alex.kaluzhskih@yandex.ru✉

²marinaf_84@mail.ru

³margo-asadova2012@yandex.ru

⁴zaikina.marija1986@mail.com

⁵agrodekan@yandex.ru

Аннотация. Рационы питания населения должны отвечать требованиям не только по объемам, физической и экономической доступности, но и нутриентной характеристике - соответствию состава (макро- и микронутриентов) потребностям организма различных групп населения Российской Федерации. Крекер, или сухое печенье, обладает слоистой и хрупкой структурой. Его вырабатывают преимущественно на дрожжах и химических разрыхлителях или только на дрожжах. Содержание сахара не более 10 %, жира не менее 10 %. Влажность до 7 %. Классический состав крекера включает: муку пшеничную, жир, дрожжи и ароматизаторы; тесто готовится обычным или опарным способом, разрыхлитель чаще не применяется, а слоистость изделия достигается путём раскатывания и складывания слоёв теста с промазыванием жиров на каждый слой. Современный ассортимент промышленно выпекаемых изделий разнообразен за счёт применения различных добавок: сыр, бекон, лук, картофель и укроп, сахар, орехи и так далее и использования различных форм. Крекер занимает особое место среди широкого ассортимента вырабатываемых мучных кондитерских изделий в России, так как крекер является сухим печеньем - мучной «консерв» длительного срока хранения; крекер имеет сравнительно низкую цену, т.е. является экономически доступным продуктом и главное преимущество его заключается в том, что он содержит меньше сахара, что очень важно для рационального питания. В ходе проведения исследований крекера с использованием смеси гречневой и ячменной муки было установлено, что наиболее приемлемым по физико-химическим показателям является внесение смеси гречневой и ячменной муки в количестве 5% гречневой и 10% ячменной муки, от общей массы муки.

Ключевые слова: крекер, ячменная мука, гречневая мука, хлебобулочные изделия, физико-химические показатели.

Для цитирования: Влияние смеси гречневой и ячменной муки на физико-химические показатели крекера / А.Г. Калужских, М.Н. Котельникова, М.Г. Асадова, А.А. Заикин, К.М. Марченко // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 3(37). С. 51-58. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-37-3-51-58>.

Original article

THE EFFECT OF A MIXTURE OF BUCKWHEAT AND BARLEY FLOUR ON THE PHYSICO-CHEMICAL PARAMETERS OF THE CRACKER

Alexander G. Kaluzhskikh^{1✉}, Marina N. Kotelnikova², Margarita G. Asadova³,
Alexander A. Zaikin⁴, Kristina M. Marchenko⁵

^{1,4}Kursk Southwestern State University, Kursk Region, Kursk, Russia

^{2,3}Kursk State Agrarian University, Kursk Region, Kursk, Russia

⁵Bunin Yelets State University, Lipetsk region, Yelets, Russia

¹alex.kaluzhskih@yandex.ru✉

²marinaf_84@mail.ru

³margo-asadova2012@yandex.ru

⁴zaikina.marija1986@mail.com

⁵agrodekan@yandex.ru

Abstract. *The diets of the population must meet the requirements not only in terms of volume, physical and economic accessibility, but also in terms of nutritional characteristics - the correspondence of the composition (macro- and micronutrients) to the needs of the body of various groups of the population of the Russian Federation. A cracker, or a dry cookie, has a layered and brittle structure. It is produced mainly on yeast and chemical leavening agents, or only on yeast. Sugar content is not more than 10%, fat content is not less than 10%. Humidity is up to 7%. The classic composition of the cracker includes: wheat flour, fat, yeast and flavors; the dough is prepared in the usual or sourdough way, baking powder is not used more often, and the layering of the product is achieved by rolling and folding layers of dough with greasing on each layer. The modern range of industrially baked products is diverse due to the use of various additives: cheese, bacon, onions, potatoes and dill, sugar, nuts, and so on, and the use of various shapes. The cracker occupies a special place among the wide range of flour confectionery products produced in Russia, as the cracker is a dry cookie - a flour "preserve" of long shelf life.; A cracker has a relatively low price, i.e. it is an economically affordable product and its main advantage is that it contains less sugar, which is very important for a healthy diet. During the research of the cracker using a mixture of buckwheat and barley flour, it was found that the most acceptable in terms of physico-chemical parameters is the addition of a mixture of buckwheat and barley flour in the amount of 5% buckwheat and 10% barley flour, of the total flour weight.*

Keywords: cracker, barley flour, buckwheat flour, bakery products, physico-chemical parameters.

For citation: *The effect of a mixture of buckwheat and barley flour on the physico-chemical parameters of the cracker. A.G. Kaluzhskih, M.N. Kotelnikova, M.G. Asadova, A.A. Zaikin, K.M. Marchenko. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2025, no. 3(37), pp. 51-58. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-37-3-51-58>.*

Введение

В последние годы в структуре потребления пищевых продуктов на территории Российской Федерации наблюдаются отклонения от современных принципов здорового питания в сторону дефицита физиологически важных микронутриентов, что отрицательно сказывается на здоровье населения [5,7,9].

Нестабильный рацион питания, постоянное потребление консервированной пищи, а также химизация окружающей среды приводят к ухудшению здоровья и сокращению продолжительности жизни населения России [2, 13].

Данная социальная проблема обостряется в условиях современной экономической ситуации, складывающейся в стране в условиях экономических санкций и ограничения поставок сырья и отдельных продуктов питания [3].

Придание мучным кондитерским изделиям свойств в соответствии с концепцией функционального питания в рамках решения задач обеспечения населения полноценными и качественными продуктами - тенденция последнего времени. К задачам развития кондитерского рынка следует отнести создание кондитерских изделий для здорового питания, то есть адекватных потребностям организма человека по химическому составу, энергетической и биохимической ценности [11].

Наиболее популярным мучным кондитерским изделием, потребляемым россиянами, является печенье. Однако эти изделия перегружены углеводами, поэтому на сегодняшний день отечественное производство развивается в направлении обогащения этой группы мучных кондитерских изделий витаминами, минеральными веществами, пищевыми волокнами.

Актуальной задачей является разработка технологий производства новых видов печенья, содержащего нетрадиционное сырье растительного происхождения, которое повысит их пищевую ценность. К добавкам растительного происхождения относятся овощные, плодовые, зерновые, бобовые, масличные культуры и продукты их переработки [12].

Крекер, или сухое печенье, обладает слоистой и хрупкой структурой. Его вырабатывают преимущественно на дрожжах и химических разрыхлителях или только на дрожжах. В зависимости от способа приготовления и рецептурного состава крекеры подразделяют на три группы: с жиром или с жиром и жировой прослойкой; с жиром или с жиром и жировой прослойкой с вкусовыми добавками (тмин, анис, большое количество соли и т. п.); без жира.

Главным отличием крекеров от печенья является сухость. Также содержание сахара в них намного меньше, чем в печенье. Существуют даже виды крекеров без сахара. Структура крекеров ломкая и слоистая, а у печенья чаще всего мягкая и рыхлая. Начинка печенья обычно состоит из сладостей, у крекеров бывает начинка со специями, сыром и т.д. В отличие от печенья, крекеры можно подавать к первым блюдам вместо хлеба.

Согласно современным тенденциям, в крекеры, изготовленные по традиционным технологиям, производители чаще всего добавляют сыр, розмарин, лук жареный и семена различных растений. В сладкие крекеры добавляется мёд, сахар, сухофрукты и орехи. Из всего этого следует, что энергетическая ценность крекеров велика, а что касается витаминов и минеральных веществ, то крекер в этом плане достаточно беден [10].

Пищевая ценность продукта определяется составом сырья, входящего в рецептуру крекеров. За счет внесения ингредиентов, богатых биологически активными веществами можно повысить пищевую ценность готового продукта и увеличить ассортимент вырабатываемой продукции [1,8].

В последнее время большое распространение получили крекеры, с витаминными добавками, но актуальным все же остается поиск нетрадиционного сырья, с чьей помощью можно повысить пищевую ценность продукта, содержание в нем макро- и микроэлементов, витаминов, играющих важную роль в здоровье человека [6].

Динамичное развитие сегмента рынка мучных хлебобулочных изделий с функциональной направленностью требует расширения ассортимента. Одним из направлений развития ассортимента и создания новых видов изделий является обогащение пшеничных мучных хлебобулочных изделий различными видами муки, а в частности гречневой и ячменной.

Одним из приоритетных видов муки по химическому составу и вкусовым предпочтениям потребителей нашей страны является гречневая и ячменная мука. Эти виды муки отличаются оптимально сбалансированным аминокислотным составом, высоким содержанием белков, минеральных веществ, в т. ч. железа, клетчатки, витаминов В, РР и других компонентов по сравнению с пшеничной мукой высшего сорта, что свидетельствует о свойстве гречневой и ячменной муки как функционального пищевого ингредиента, способного обогащать мучные хлебобулочные изделия из пшеничной муки высшего сорта. Химический состав гречневой и ячменной муки предопределяет влияние на технологию производства мучных хлебобулочных изделий из смеси пшеничной, гречневой и ячменной муки [4].

Гречневая мука – удивительно питательный продукт, который очень легко усваивается организмом и обладает прекрасным сладковато-горьким, не соленым, ореховым вкусом.

Она содержит большое количество различных витаминов, особенно группы В, микроэлементы, минералы и аминокислоты, в том числе 18 незаменимых и 8 синтезируемых в организме человека. По содержанию лизина гречиха превосходит такую культуру, как просо, а валина в ней содержится почти столько же, сколько в молоке. По содержанию лейцина гречка схожа с говядиной.

Кроме того, рутин, содержащийся в гречке, отлично укрепляет стенки сосудов. Ядро гречки содержит жизненно необходимые витамины. Гречка не содержит глютена и является превосходным натуральным источником растительного белка.

Добавление гречневой муки в пшеничную улучшает свойства изделия, делает его более полноценным с биологической точки зрения, обогащает специальными белками с незаменимыми аминокислотами [4].

Гречневая мука обладает отличной способностью впитывать жиры, что делает ее незаменимой для больных, не способных перерабатывать жиры в традиционном виде.

Ячменную муку добавляют в хлеб, лепешки, разную выпечку, каши, тесто для оладьев и блинов, печенья. Наряду с этим ячменную муку используют в качестве загустителя для первых блюд и соусов.

Ячменная мука содержит небольшое количество отрубей, природной клетчатки, что делает ее полезной для желудка, кишечника и пищеварения в целом. Ежедневное употребление ячменной муки улучшит работу всех систем органов и простимулирует работу мозга.

Ячменная мука более грубая по сравнению с пшеничной из-за повышенного содержания в её составе такого компонента, как клетчатка. Содержит мука и протеины, за счёт чего её часто добавляют в специальные напитки для спортсменов.

Наряду с клетчаткой ячменная мука в своём составе имеет: витамины группы В, С, РР, фосфор, калий, магний, цинк, медь, селен, кальций, натрий, железо [4].

Таким образом, внесение смеси гречневой и ячменной муки в рецептуру, позволит получить крекер с более широким набором полезных минеральных веществ.

Цель исследования – оценить влияние внесения в рецептуру приготовления крекера смеси гречневой и ячменной муки, на физико-химические показатели готового продукта.

Материалы и методы исследований

Экспериментальные исследования проводились в соответствии с поставленными задачами в лабораториях кафедры товароведения, технологии и экспертизы товаров ЮЗГУ в 2024 году.

Использовали общепринятые и специальные методы оценки свойств сырья. Свойства готовых лабораторных образцов крекера оценивали по физико-химическим показателям, которые определяли в соответствии с методиками. Физико-химические показатели готовых образцов крекера оценивали по ГОСТ 5667-2022 Изделия хлебобулочные. Правила приемки, методы отбора образцов, методы определения органолептических показателей и массы изделий.

Для изучения возможности использования смеси гречневой и ячменной муки в приготовлении крекера были использованы следующие образцы:

- образец №1 – без добавления гречневой и ячменной муки (контрольный образец).
- образец №2 с добавлением 5% гречневой муки и 10% ячменной муки, от общего количества муки;
- образец №3 с добавлением 10% гречневой муки и 10% ячменной муки, от общего количества муки;
- образец №4 с добавлением 10% гречневой муки и 15% ячменной муки, от общего количества муки.

В табл. 1 представлена рецептура крекера с добавлением смеси гречневой и ячменной муки в различном процентном соотношении.

Таблица 1. Рецептура крекера с добавлением смеси гречневой и ячменной муки в различном процентном соотношении

Наименование компонента рецептуры	образец №1	образец №2	образец №3	образец №4
Мука пшеничная в/с, г	225	195	185	175
Мука гречневая, г	-	10	20	20
Мука ячменная, г	-	20	20	30
Вода, г	100	100	100	100
Масло растительное, г	60	60	60	60
Разрыхлитель, г	7	7	7	7
Соль, г	10	10	10	10
Сахар, г	10	10	10	10

Результаты исследований и их обсуждение

Качество пищевых продуктов – совокупность свойств, отражающих способность продукта обеспечивать органолептические характеристики, потребность организма в пищевых веществах, безопасность его для здоровья, надежность при изготовлении и хранении.

Качество продукции определяется совокупностью свойств, обуславливающих пригодность ее удовлетворять определенные потребности человека в соответствии с назначением.

К физико-химическим показателям относят:

массовая доля влаги – не более 16 %.

намокаемость – не менее 150 %.

кислотность – не более 2,0 град.

массовая доля общего сахара (по сахарозе) – не более 45,0 %.

массовая доля жира – не более 40,0 %.

Крекер относится к мучным кондитерским изделиям. Согласно ГОСТ Р 53041-2008 Изделия кондитерские и полуфабрикаты кондитерского производства. Термины и определения, он может быть разной формы, с начинкой и без, но одно из обязательных условий – содержание влаги не более 16%. Основные виды крекера отражены в ГОСТ 24901-2014 Печенье. Общие технические условия.

На рис. 1 представлены выпеченные экспериментальные образцы крекера.



Рисунок 1. Выпеченные экспериментальные образцы крекера

Внешний вид крекера определяют при его осмотре, обращая при этом внимание на форму изделия (правильная или неправильная), цвет пропеченного изделия, подгорел или нет, поверхность (гладкая, неровная, бугристая, со вздутиями и трещинами или подрывами).

Цвет характеризуется как белый, коричневый, желтоватый, сероватый и т. п. Отмечают также равномерность его окраски.

Аромат и вкус мучных кондитерских изделий оценивают в процессе дегустации.

Крекер может быть твердым, хрустящим, пресным, с привкусом входящих в состав ингредиентов и т. п. Отмечают наличие посторонних привкусов и запахов [1].

Проведены исследования пробных выпеченных изделий крекера, которые были выбраны из всех видов кондитерских изделий как наиболее представительные и характерные для современного ассортимента с учётом охвата специфичности требований к качеству муки.

В целом все 4 образца показали хорошие результаты, соответствующие ГОСТ 24901-2014 Печенье. Общие технические условия, по всем показателям оценки качества готовых изделий (см. табл. 2).

Таблица 2. Физико-химические показатели качества крекера с добавлением смеси гречневой и ячменной муки

Наименование показателей	Результаты			
	№1	№2	№3	№4
Влажность текстуры, %	3,2	3,1	3,3	3,2
Кислотность текстуры, град	2,0	1,9	2,1	2,0
Пористость текстуры, %	80	80	80	70
Массовая доля золы, г	0,57	0,74	0,66	0,61
Намокаемость, %	152	151	137	135

Можно сделать вывод, что лучшие значения физико-химических показателей отмечены у образца № 2. У данного образца самый низкий показатель кислотности и влажности. Отмечаем высокий показатель содержания массовой доли золы, что, предположительно может говорить о возможности обогащения готового изделия минеральными веществами. Указанный образец крекера имел правильную форму и структуру. Ярко выраженный вкус и запах с приятным ароматом гречневой и ячменной муки.

Выводы

1. По итогам проведенных исследований можно сделать вывод, что экспериментальный образец №2 оказался лучшим по физико-химическим показателям. Кроме того, указанный образец крекера имел правильную форму, гладкую без трещин поверхность золотистого цвета. Слоистая структура светлая с вкраплениями частичек гречневой муки.

2. В процессе исследования установлено, что наиболее приемлемым по физико-химическим показателям является внесение смеси гречневой и ячменной муки в количестве 5% гречневой и 10% ячменной муки, от общей массы муки.

Список источников

1. Альшевская М. Н., Нечушкина А. Д. Разработка рецептуры продукции типа «крекеры» на основе применения вторичного сырья растительного происхождения // Балтийский морской форум: материалы VIII Международного Балтийского морского форума : в 6 т., Калининград, 5-10 октября 2020 года. Том 5. Калининград: Калининградский государственный технический университет, 2020. С. 8-14.

2. Асенова Б. К., Амирханов К. Ж., Ребезов М. Б. Технология производства функциональных продуктов питания для экологически неблагоприятных регионов // Торгово-экономические проблемы регионального бизнес пространства. 2013. № 1. С. 313-316.

3. Атурин В. В. Антироссийские экономические санкции и проблемы импортозамещения в условиях современной международной конкуренции // Вестник евразийской науки. 2019. Т. 11. № 2. С. 5.

4. Борисова С.В. и др. Биохимия зерна и продуктов его переработки: учебное пособие / С. В. Борисова, Т. А. Ямашев, М. М. Богова и др. // Казань: Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2016. 100 с.
5. Дыдыкин А. С., Лисицын А. Б., Асланова М. А. Функциональные продукты - современный вектор развития пищевой индустрии // Функциональные продукты питания: научные основы разработки, производства и потребления: Сборник докладов III Международной научно-практической конференции, Москва, 30-31 октября 2019 года. Москва: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, 2019. С. 24-32.
6. Матвеева Т. В., Корячкина С. Я. Мучные кондитерские изделия функционального назначения. Научные основы, технологии, рецептуры. Санкт- Петербург: ГИОРД, 2016. 360 с.
7. Наумова Н. Л., Ребезов М. Б. Микроэлементный статус челябинцев как обоснование развития производства обогащенных продуктов питания // Фундаментальные исследования. 2012. № 4-1. С. 196-200.
8. Николаева Ю. В., Тарасова В. В. Экология питания и перспективные тенденции производства пищевых продуктов быстрого приготовления на основе пищевых волокон // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2019. № 2. С. 117-125.
9. Пацюк Л. К., Алабина Н. М., Федосенко Т. В. Анализ основных видов сырья по биохимическому составу, используемых для создания функциональных продуктов // Аграрная наука. 2018. № 11-12. С. 49-53.
10. Праздничкова Н.В. и др. Анализ рынка, крекеров в торговых предприятиях / Н.В. Праздничкова, О.А. Блинова, А.П. Троц, А.Н. Макушин // Успехи современной науки и образования. 2016. Т. 1. № 3. С. 13-14.
11. Резниченко И.Ю. Обоснование разработки обогащённых мучных кондитерских изделий / И.Ю. Резниченко [и др.] // Пищевая промышленность. 2019. №5. С. 56-59.
12. Татьяначенко А. Кондитерский рынок России: факторы роста, тенденции, перспективы // Кондитерское производство. 2016. №3. С. 4-7.
13. Sarkar T. et al. Underutilized green leafy vegetables: frontier in fortified food development and nutrition // Crit Rev Food Sci Nutr. 2022. Vol. 63. No. 33. Pp. 11679-11733.

References

1. Alshevskaya M. N., Nechushkina A.D. Development of the formulation of products of the «crackers» type based on the use of secondary raw materials of plant origin. Baltic Sea Forum: proceedings of the VIII International Baltic Sea Forum: in 6 volumes, Kaliningrad, October 5-10, 2020, vol. 5. Kaliningrad: Kaliningrad State Technical University, 2020, pp. 8-14.
2. Asenova B. K., Amirkhanov K. Zh., Rebezov M. B. Technology of production of functional food products for ecologically unfavorable regions. Trade and economic problems of the regional business space, 2013, no. 1, pp. 313-316.
3. Aturin V. V. Anti-Russian economic sanctions and import substitution problems in the context of modern international competition. Bulletin of Eurasian Science, 2019, vol. 11, no. 2, p. 5.
4. Borisova S.V. and others. Biochemistry of grain and its processed products: a textbook. S. V. Borisova, T. A. Yamashev, M. M. Bogova and others. Kazan: Kazan Scientific Research Technological University (KSRTU), 2016. 100 p.
5. Dydykin A. S., Lisitsyn A. B., Aslanova M. A. Functional foods - a modern vector of food industry development. Functional foods: scientific foundations of development, production and consumption: Collection of reports of the III International Scientific and Practical Conference, Moscow, October 30-31, 2019. Moscow: Federal State Budgetary Scientific Institution «V.M. Gorbatov Federal Scientific Center for Food Systems» RAS, 2019, pp. 24-32.
6. Matveeva T. V., Koryachkina S. Ya. Flour confectionery products of functional purpose. Scientific foundations, technologies, formulations. St. Petersburg: GIORD, 2016. 360 p.

7. Naumova N. L., Rebezov M. B. The microelement status of Chelyabinsk residents as a justification for the development of fortified food production. *Fundamental research*, 2012, no. 4-1, pp. 196-200.
8. Nikolaeva Yu. V., Tarasova V. V. Nutrition ecology and promising trends in the production of fast-food products based on dietary fiber. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, 2019, no. 2, pp. 117-125.
9. Patsyuk L. K., Alabina N. M., Fedosenko T. V. Analysis of the main types of raw materials by bio-chemical composition used to create functional products. *Agrarian Science*, 2018, no. 11-12, pp. 49-53.
10. Festive N.V. and others. Market analysis of crackers in commercial enterprises. N.V. Festive, O.A. Blinova, A.P. Trots, A.N. Makushin. *Successes of modern science and education*, 2016, vol. 1, no. 3, pp. 13-14.
11. Reznichenko I.Y. Justification of the development of enriched flour confectionery products. I.Y. Reznichenko [et al.]. *Food industry*, 2019, no. 5, pp. 56-59.
12. Tatianchenko A. Confectionery market of Russia: growth factors, trends, prospects. *Confectionery production*, 2016, no. 3, pp. 4-7.
13. Sarkar T. et al. Underutilized green leafy vegetables: frontier in fortified food development and nutrition. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 2022, vol. 63, no. 33, pp. 11679-11733.

Информация об авторах

А.Г. Калужских – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры товароведения, технологии и экспертизы товаров;

М.Н. Котельникова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции;

М.Г. Асадова – кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции;

А.А. Заикин – обучающийся;

К.М. Марченко – обучающийся.

Information about the authors

A.G. Kaluzhskikh – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Commodity Science, Technology and Expertise of Goods;

M.N. Kotelnikova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products;

M.G. Asadova – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products;

A.A. Zaikin – Student;

K.M. Marchenko – Student.

Научная статья

УДК 633.111.1:632.4

DOI 10.24888/2541-7835-2025-37-3-59-66

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАШТАНОВОЙ МУКИ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА «ГУСАРИКОВ»

Фролов Дмитрий Иванович^{1✉}, Пчелинцева Ольга Николаевна², Юрна Диана Андреевна³

^{1,2,3} Пензенский государственный технологический университет, Пензенская область,

Пенза, Россия

^{1,2} Московский государственный университет технологий и управления
имени К. Г. Разумовского (Первый казачий университет), Москва, Россия

¹ surr@bk.ru[✉]

² pchelincevaon@yandex.ru

³ dianayrna@icloud.com

Аннотация. В статье рассматривается разработка технологии производства «гусариков» (разновидности кондитерских изделий) с использованием каштановой муки для улучшения их пищевой ценности и расширения ассортимента функциональных мучных изделий. Исследование направлено на оценку влияния частичной замены пшеничной муки каштановой в пропорциях 15%, 20% и 25% на органолептические, физико-химические и биологические характеристики продукции. В ходе работы были проведены анализы содержания витаминов, минералов, а также расчет пищевой и энергетической ценности. Каштановая мука характеризуется низким содержанием жиров (3,4 г на 100 г) и крахмала, высоким содержанием клетчатки и полезных веществ, таких как витамины (B2, B6, B9) и минералы (калий, магний). Введение её в рецептуру гусариков улучшает органолептические характеристики, придавая изделиям ореховый вкус и улучшенную текстуру. Результаты показали, что увеличение доли каштановой муки снижает содержание белков и углеводов, но не изменяет существенно энергетическую ценность (от 200,95 до 200,99 ккал на 100 г). В то же время значительно увеличивается содержание минералов, таких как калий (от 14,4 мг до 43,2 мг), а также магний (от 4,25 мг до 5,59 мг). Микробиологические показатели соответствуют нормам безопасности. Разработанная технология может быть внедрена для расширения ассортимента функциональных мучных продуктов.

Ключевые слова: гусарики, каштановая мука, функциональные продукты, пищевая ценность, органолептические показатели.

Для цитирования: Фролов Д.И., Пчелинцева О.Н., Юрна Д.А. Использование каштановой муки в технологии производства «гусариков» // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 3(37). С. 59-66. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-37-3-59-66>.

Original article

THE USE OF CHESTNUT FLOUR IN THE PRODUCTION TECHNOLOGY OF «GUSARIKS»

Dmitry I. Frolov^{1✉}, Olga N. Pchelintseva², Diana A. Yurna³

^{1,2,3} Penza State Technological University, Penza region, Penza, Russia

^{1,2} Moscow State University of Technologies and Management (First Cossack University),
Moscow, Russia

¹ surr@bk.ru[✉]

² pchelincevaon@yandex.ru

³ dianayrna@icloud.com

Abstract. The article discusses the development of a technology for producing «gusariki» (a type of pastry) using chestnut flour to improve their nutritional value and expand the range of functional flour-based products. The study focuses on evaluating the impact of partial substitution of wheat flour with chestnut flour

at ratios of 15%, 20%, and 25% on the organoleptic, physicochemical, and biological characteristics of the product. During the research, analyses of vitamin and mineral content were carried out, along with the calculation of nutritional and energy value. Chestnut flour is characterized by a low fat content (3.4 g per 100 g) and starch, but high in fiber and beneficial substances such as vitamins (B2, B6, B9) and minerals (potassium, magnesium). Introducing chestnut flour into the gusariki recipe improves the organoleptic characteristics, giving the products a nutty flavor and enhanced texture. The results showed that increasing the proportion of chestnut flour reduces the content of proteins and carbohydrates but does not significantly change the energy value (from 200.95 to 200.99 kcal per 100 g). At the same time, the content of minerals such as potassium (from 14.4 mg to 43.2 mg) and magnesium (from 4.25 mg to 5.59 mg) significantly increases. The microbiological indicators meet safety standards. The developed technology can be implemented to expand the range of functional flour-based products.

Keywords: gusariks, chestnut flour, functional products, nutritional value, organoleptic indicators.

For citation: Frolov D.I., Pchelintseva O.N., Yurna D.A. The use of chestnut flour in the production technology of «gusariks». *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2025, no. 3(37), pp. 59-66. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-37-3-59-66>.

Введение

За последние десятилетия мировая пищевая промышленность существенно трансформировалась под влиянием изменений потребительских предпочтений. В условиях растущего внимания к вопросам здоровья и благополучия особую актуальность приобретает разработка функциональных продуктов питания, обладающих не только высокими органолептическими характеристиками, но и способствующих поддержанию здоровья человека [0]. Одним из перспективных направлений развития пищевой индустрии и является использование альтернативных видов сырья, таких как каштановая мука, которая характеризуется высокой питательной ценностью и потенциальной пользой для здоровья.

Каштановая мука представляет собой безглютеновый ингредиент с уникальным химическим составом, включающим значительное количество пищевых волокон, незаменимых минералов (магний, калий, фосфор) и антиоксидантов. Эти компоненты способствуют улучшению пищеварения, нормализации обменных процессов и поддержанию общего состояния здоровья [0]. Уникальные свойства каштановой муки делают ее ценным ингредиентом для создания функциональных продуктов питания, особенно в контексте безглютеновых диет и для людей с особыми пищевыми ограничениями [0].

Гусарики, представляющие собой популярный тип мучных изделий на тестовой основе, могут служить универсальной платформой для включения функциональных ингредиентов. Внедрение каштановой муки направлено на повышение пищевой и биологической ценности готового продукта, что особенно важно для потребителей с особыми диетическими потребностями, включая тех, кто придерживается безглютенового питания или стремится контролировать уровень сахара в крови [0, 0].

Исследование основывается на комплексном анализе влияния каштановой муки на органолептические, физико-химические и технологические свойства гусариков. Особое внимание уделяется оценке пищевой ценности, минерального состава и аминокислотного профиля готовых изделий. Полученные результаты могут способствовать развитию новых подходов к созданию функциональных продуктов питания, отвечающих современным требованиям здорового образа жизни.

Использование каштановой муки в производстве мучных кулинарных изделий является относительно новой концепцией, однако ее преимущества с точки зрения вкуса и питания становятся все более признанными. Каштановая мука, будучи натуральным безглютеновым продуктом, идеально подходит для создания безглютеновых изделий, сохраняющих желаемую текстуру и вкус [0]. Богатый состав магния, калия и фосфора делает ее привлекательным вариантом для улучшения общего профиля питания продуктов [0]. Помимо пользы для здоровья, каштановая мука также придает уникальный ореховый вкус и зернистую текстуру, что может повысить сенсорную привлекательность мучных изделий, таких как гусарики [0].

Проведенные ранее исследования показывают, что включение каштановой муки в рецептуры хлебобулочных и макаронных изделий способствует повышению их пищевой цен-

ности за счет увеличения содержания клетчатки и снижения гликемического индекса конечного продукта [0, 0]. Однако добавление каштановой муки сопряжено с некоторыми технологическими вызовами, связанными с отсутствием глютена, что может повлиять на структурно-механические свойства теста и качество готовых изделий [0]. Для компенсации этих эффектов необходимо оптимизировать соотношение каштановой и пшеничной муки, а также адаптировать технологические параметры производства.

Производство гусариков включает несколько ключевых этапов: подготовку теста, формовку изделий и их выпечку. Влияние каштановой муки на процессы смешивания, расстойки и выпечки оценивали с точки зрения изменения влажности, кислотности, текстуры и органолептических свойств готового продукта. Особое внимание уделено изучению влияния каштановой муки на пищевую и энергетическую ценность гусариков, а также на их сроки хранения и микробиологическую безопасность [0].

С точки зрения пищевой ценности каштановая мука известна своим высоким содержанием клетчатки, которая способствует здоровью пищеварительной системы и может помочь снизить уровень холестерина. Она также содержит необходимые витамины и минералы, включая магний, калий и железо, которые важны для поддержания общего здоровья и благополучия. Ожидается, что добавление каштановой муки в рецептуру гусариков увеличит содержание клетчатки и улучшит профиль микронутриентов продукта, предоставляя потребителям функциональный продукт, соответствующий современным тенденциям здорового питания.

Результаты данного исследования предоставят данные о потенциале каштановой муки для улучшения питательных и органолептических свойств мучных кулинарных изделий, особенно для людей с особыми диетическими потребностями. Разработка технологии производства гусариков с использованием каштановой муки позволит расширить ассортимент функциональных продуктов питания и внести вклад в развитие научных знаний о применении альтернативных ингредиентов в пищевой промышленности.

Цель исследования – разработка технологии производства гусариков с использованием каштановой муки в качестве частичного заменителя пшеничной муки.

Материалы и методы исследований

Объектом исследования является каштановая мука, богатая клетчаткой, белками, витаминами и минеральными веществами. Предметом исследования является тесто с частичной заменой пшеничной муки каштановой в пропорциях 15%, 20% и 25%. Содержание влаги определяли по ГОСТ 13496.3-92 Комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения влаги; крахмала – по ГОСТ 10845-98 Зерно и продукты его переработки. Метод определения крахмала; водорастворимых углеводов – по ГОСТ Р 51636-2000 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Фотометрический с применением 2,4-динитрофенола и перманганатный методы определения массовой доли водорастворимых углеводов; клетчатки – по ГОСТ Р 52839-2007 Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации; белка – по ГОСТ 10846-91 Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка; жира – по ГОСТ 27670-88 Мука кукурузная. Метод определения жира; золы – по ГОСТ 27494-2016 Мука и отруби. Методы определения зольности; аминокислот – в соответствии с М 04-38-2009 Корма, комбикорма и сырье для их производства. Методика измерений массовой доли аминокислот методом капиллярного электрофореза с использованием системы капиллярного электрофореза «Капель». Энергетическую ценность определяли расчетным методом.

В табл. 1 представлены физико-химические показатели каштановой и пшеничной муки.

Таблица 1. Физико-химические показатели каштановой и пшеничной муки

Показатель	Каштановая мука	Пшеничная мука
Углеводы, %	44-50	70-75
Белки, %	6-7	8-15
Жиры, %	2-4	1-2
Клетчатка, %	8-9	2-3
Энергетическая ценность, ккал/100 г	200-250	350-370
Минералы	Магний, калий, фосфор, кальций, железо	Железо, магний, калий, фосфор
Витамины	Витамины группы В (В1, В2, В6)	Витамины группы В (В1, В2), витамин Е
Глютен	Отсутствует (без глютена)	Присутствует (содержит глютен)
рН	5,0-6,5	5,5-6,5
Влажность, %	7-9	10-14
Плотность, г/см ³	0,6-0,7	0,5-0,6

Статическая обработка данных проводилась с помощью программ MS Excel и Statistica 10.0. Исследования и разработка рецептов производилась на базе лаборатории кафедры «Пищевые производства» ПензГТУ в 2025 г. Изучение органолептических показателей качества выработанных изделий проводили по стандартной методике в соответствии с требованиями ГОСТ 24901-2014 Печенье. Общие технические условия и ГОСТ ISO 8586-2015 Органолептический анализ. Общие руководящие указания по отбору, обучению и контролю за работой отобранных испытателей и экспертов-испытателей.

В рецептуре часть муки пшеничной была заменена на каштановую муку. Варианты замены: 15, 20 и 25%.

Результаты исследований и их обсуждение

Для приготовления гусариков была применена традиционная рецептура.

В табл. 2 рассчитаны рецептуры гусариков с различными дозировками муки.

Таблица 2. Рецептура гусариков с заменой пшеничной муки на каштановую

Наименование сырья	Контрольный образец	Образец №1 (15%)	Образец №2 (20%)	Образец №3 (25%)
Мука пшеничная высшего сорта	19,3	16,4	15,5	14,5
Каштановая мука	0	2,9	3,8	4,8
Маргарин	7,2	7,2	7,2	7,2
Яйцо	1,2	1,2	1,2	1,2
Соль	0,3	0,3	0,3	0,3
Кислота лимонная	0,03	0,03	0,03	0,03
Вода	7,5	7,5	7,5	7,5
Масса теста	35,5	35,5	35,5	35,5
Котлетное мясо (говядина)	46/33	46/33	46/33	46/33
Лук	8/6,6	8/6,6	8/6,6	8/6,6
Морковь	8/6,6	8/6,6	8/6,6	8/6,6
Яйцо	3,3	3,3	3,3	3,3
Перец чёрный молотый	0,2	0,2	0,2	0,2
Соль	0,6	0,6	0,6	0,6
Масса фарша	50,3	50,3	50,3	50,3
Масса полуфабриката	85,8	85,8	85,8	85,8
Выход	75	75	75	75

В табл. 3 представлена органолептическая оценка готовых изделий гусариков с различной дозировкой каштановой муки. Внешний вид гусариков с увеличением дозы каштановой муки становится все более темным, начиная от незначительного изменения оттенка в образце с 15% до выраженного темно-коричневого цвета в образце с 25%. Вкус и запах также претерпевают изменения: с добавлением каштановой муки появляется ореховый и сладковатый вкус, который становится более выраженным по мере увеличения дозы. В образце с 25% дозировкой ореховый вкус и запах становятся особенно интенсивными. Консистенция гусариков с каштановой мукой также изменяется: от чуть более плотной основы в образце с 15% до значительно более плотной и зернистой текстуры в образце с 25%, что делает их менее эластичными и более грубыми. Эти изменения подчеркивают влияние каштановой муки на органолептические характеристики продукции.

Таблица 3. Органолептическая оценка гусариков с различной дозировкой каштановой муки

Показатель качества	Контрольный образец	Образец №1 (15%)	Образец №2 (20%)	Образец №3 (25%)
Внешний вид	Круглая форма, поверхность без подгорелости, видна начинка, основа хорошо пропечена, без следов непромеса.	Незначительное изменение цвета, более темный оттенок, чем у обычной пшеничной муки.	Более заметный темный оттенок, с легким красноватым	Выраженный темно-коричневый оттенок, с возможным легким мраморным рисунком.
Вкус и запах	Свойственные печеному слоеному тесту, без посторонних привкуса и запаха.	Слегка ореховый, сладковатый вкус	Более выраженный ореховый вкус, с более заметной сладостью и легким привкусом древесины.	Сильный ореховый вкус и запах
Консистенция	Фарша – однородная; основы – пропечённая, эластичная, не липкая.	Немного более плотная и зернистая основа, чем у обычной пшеничной муки.	Более плотная и грубая основа, с ощутимой зернистостью.	Основа очень плотная и зернистая

В табл. 4 представлена сводная ведомость пищевой и энергетической ценности изделий.

Таблица 4. Пищевая и энергетическая ценность образцов гусариков

Показатель	Контрольный образец	Образец №1 (15%)	Образец №2 (20%)	Образец №3 (25%)
Белки, г	8,83	8,73	8,69	8,67
Жиры, г	11,91	12	12,02	12,03
Углеводы, г	14,62	14,6	14,54	14,5
ЭЦ, ккал	200,99	201,32	201,1	200,95

Из анализа табл. 4 видно, что в целом энергетическая ценность образцов остается близкой, с небольшими колебаниями в пределах 200-201 ккал. Однако, наибольшее содержание белков, жиров и углеводов сохраняется в контрольном образце, где используется только пшеничная мука, но разница в энергетической ценности между образцами с добавлением каштановой муки незначительна. Образцы с добавлением каштановой муки (в частности, образец №1 с 15%) продемонстрировали хорошее сочетание текстуры и органолептических качеств, при этом не увеличив энергетическую ценность, что может быть полезно для тех, кто ищет продукт с улучшенными питательными характеристиками. Исходя из этих факторов,

образец №1 (15%) выглядит оптимальным, так как сохраняет баланс между пищевой ценностью и улучшенными органолептическими свойствами.

В табл. 5 представлено содержание витаминов и минеральных веществ в исследуемых изделиях.

Таблица 5. Содержание витаминов и минеральных веществ в исследуемых изделиях

Показатель	Контрольный образец	Образец №1 (15%)	Образец №2 (20%)	Образец №3 (25%)
Магний, мг	4,25	5,06	5,31	5,59
Железо, мг	0,68	0,65	0,64	0,63
Калий, мг	14,4	31,8	37,2	43,2
Кальций, мг	0,67	0,67	0,67	0,67
В1, мг	0,07	0,06	0,05	0,05
В2, мг	0,02	0,02	0,02	0,02
С, мг	1,2	1,49	1,58	1,68
Е, мг	0,22	0,22	0,22	0,22
А, мкг	70,64	70,64	70,64	70,64
Д, мкг	0,01	0,01	0,01	0,01

На основе табл. 5 можно сделать вывод, что с увеличением дозы каштановой муки в образцах увеличивается содержание некоторых важных микроэлементов, таких как калий, магний и витамин С. Образец №3 (25%) показал наибольшее содержание калия (43,2 мг), магния (5,59 мг) и витамина С (1,68 мг), что делает его самым богатым по минералам среди всех образцов. Однако увеличение содержания каштановой муки также связано с небольшим снижением содержания витаминов группы В и железа. Образец №1 (15%) является сбалансированным выбором, так как он сохраняет хорошее содержание витаминов и минералов, а также не имеет выраженных изменений в органолептических свойствах. Таким образом, образец №1 (15%) может быть оптимальным выбором, так как он обеспечивает достаточно высокий уровень питательных веществ при сохранении хороших текстурных характеристик.

Выводы

Результаты исследований по использованию каштановой муки в рецептуре теста для гусариков обосновали перспективность её применения.

В ходе исследований установлено:

1. Органолептические свойства гусариков улучшились при добавлении 15% каштановой муки. Вкус стал сбалансированным с легким ореховым оттенком, а тесто не имело ярко выраженных посторонних привкусов. Это позволяет использовать продукт для повседневного потребления, который будет привлекательным для широкого круга потребителей.

2. Физико-химические анализы показали, что содержание углеводов во всех образцах с каштановой мукой снизилось, что способствует снижению калорийности продукта. Содержание белка в тесте незначительно уменьшается с возрастанием доли каштановой муки. В образце с 15% каштановой муки белок уменьшился на 1,1%.

3. В микроэлементном составе наблюдается значительное увеличение содержания калия и магния с увеличением дозы каштановой муки. Например, в образце с 25% каштановой муки содержание калия достигло 43,2 мг, что является положительным фактором для потребителей, заинтересованных в улучшении своего минерального баланса.

Целесообразность использования каштановой муки в рецептуре гусариков обусловлена её способностью улучшать органолептические характеристики и повышать пищевую ценность продукта. В перспективе использование каштановой муки в рецептурах теста для гусариков способствует созданию продуктов с улучшенными питательными свойствами и уникальными вкусовыми качествами. Это также открывает новые возможности для расширения ассортимента и создания функциональных пищевых продуктов.

Список источников

1. Баженова Т. С., Баженова И. А. Разработка мучной кондитерской продукции с пониженным содержанием глютена // Успехи современной науки. 2017. Т. 2. № 8. С. 155-159.
2. Безглютеновый хлеб и перспективное сырье для его производства / В. Е. Галимова, А. Е. Попова, Д. Д. Руденко, Д. Е. Попова // Пищевые инновации и биотехнологии: Сборник тезисов X Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Кемерово, 17 мая 2022 года. Под общей редакцией А.Ю. Просекова. Том 1. Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2022. С. 16-17.
3. Обзор разработок мучных изделий для безглютенового и геродиетического питания / И. М. Жаркова, А. А. Самохвалов, В. Г. Густинович [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2019. Т. 81. № 1(79). С. 213-217.
4. Оптимизация безглютеновой диеты новыми продуктами / И. М. Жаркова, А. А. Звягин, Л. А. Мирошниченко [и др.] // Вопросы детской диетологии. 2017. Т. 15. № 6. С. 59-65.
5. Старовойтова О. В., Борисова С. В. Разработка функциональных пищевых продуктов // Экономика и управление: проблемы, решения. 2024. Т. 8. № 12(153). С. 20-26.
6. Dall'Asta C. et al. Effect of chestnut flour supplementation on physico-chemical properties and volatiles in bread making // LWT-Food Science and Technology. 2013. Vol. 53. No. 1. Pp. 233-239.
7. Marciniak-Lukasiak K. et al. The influence of chestnut flour on the quality of gluten-free bread // Applied Sciences. 2022. Vol. 12. No. 16. Pp. 8340.
8. Paciulli M. et al. Chestnut flour addition in commercial gluten-free bread: A shelf-life study // LWT. 2016. Vol. 70. Pp. 88-95.
9. Paciulli M. et al. Effect of chestnut flour supplementation on physico-chemical properties and oxidative stability of gluten-free biscuits during storage // LWT. 2018. Vol. 98. Pp. 451-457.
10. Raczky M., Kruszewski B., Michałowska D. Effect of coconut and chestnut flour supplementations on texture, nutritional and sensory properties of baked wheat based bread // Molecules. 2021. Vol. 26. No. 15. P. 4641.
11. Shafi M. et al. Wheat-water chestnut flour blends: effect of baking on antioxidant properties of cookies // Journal of food science and technology. 2016. Vol. 53. No. 12. Pp. 4278-4288.
12. Zeng X. et al. Impact of using whole chestnut flour as a substitute for cake flour on digestion, functional and storage properties of chiffon cake: A potential application study // Food Chemistry. 2024. Vol. 432. P. 137016.

References

1. Bazhenova T. S., Bazhenova I. A. Development of flour confectionery products with reduced gluten content. Successes of modern science, 2017, vol. 2, no. 8, pp. 155-159.
2. Gluten-free bread and promising raw materials for its production. V. E. Galimova, A. E. Popova, D. D. Rudenko, D. E. Popova. Food innovations and biotechnologies: Collection of abstracts of the X International Scientific Conference of students, postgraduates and young scientists, Kemerovo, 17 May 2022. Under the general editorship of A.Y. Prosekov. Volume 1. Kemerovo: Kemerovo State University, 2022, pp. 16-17.
3. Review of the development of flour products for gluten-free and gerodietic nutrition. I. M. Zharkova, A. A. Samokhvalov, V. G. Gustinovich [et al.]. Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies, 2019, vol. 81, no. 1(79), pp. 213-217.
4. Optimization of a gluten-free diet with new products. I. M. Zharkova, A. A. Zvyagin, L. A. Miroshnichenko [et al.]. Issues of children's dietetics, 2017, vol. 15, no. 6, pp. 59-65.
5. Starovoitova O. V., Borisova S. V. Development of functional food products. Economics and management: problems, solutions, 2024, vol. 8, no. 12(153), pp. 20-26.
6. Dall'Asta C. et al. Effect of chestnut flour supplementation on physico-chemical properties and volatiles in bread making. LWT-Food Science and Technology, 2013, vol. 53, no. 1, pp. 233-239.

7. Marciniak-Lukasiak K. et al. The influence of chestnut flour on the quality of gluten-free bread. *Applied Sciences*, 2022, vol. 12, no. 16, pp. 8340.
8. Paciulli M. et al. Chestnut flour addition in commercial gluten-free bread: A shelf-life study. *LWT*, 2016, vol. 70, pp. 88-95.
9. Paciulli M. et al. Effect of chestnut flour supplementation on physico-chemical properties and oxidative stability of gluten-free biscuits during storage. *LWT*, 2018, vol. 98, pp. 451-457.
10. Raczky M., Kruszewski B., Michałowska D. Effect of coconut and chestnut flour supplementations on texture, nutritional and sensory properties of baked wheat based bread. *Molecules*, 2021, vol. 26, no. 15, p. 4641.
11. Shafi M. et al. Wheat-water chestnut flour blends: effect of baking on antioxidant properties of cookies. *Journal of food science and technology*, 2016, vol. 53, no. 12, pp. 4278-4288.
12. Zeng X. et al. Impact of using whole chestnut flour as a substitute for cake flour on digestion, functional and storage properties of chiffon cake: A potential application study. *Food Chemistry*, 2024, vol. 432, pp. 137016.

Информация об авторах

Д.И. Фролов – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Пищевые производства» ПензГТУ; заведующий кафедрой «Промышленные технологии и сервис» МГУТУ имени К.Г. Разумовского (ПКУ);

О.Н. Пчелинцева – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Пищевые производства» ПензГТУ; доцент кафедры «Промышленные технологии и сервис» МГУТУ имени К.Г. Разумовского (ПКУ);

Д.А. Юрна – обучающийся.

Information about the authors

D.I. Frolov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of «Food Production» PenzSTU; Head of the Department of «Industrial technologies and services» of K.G. Razumovsky Moscow State Technical University (FCU).

O.N. Pchelintseva – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of «Food Production» PenzSTU; Associate Professor of the Department of «Industrial technologies and services» K.G. Razumovsky Moscow State Technical University (FCU);

D.A. Yurna – Student.

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

GENERAL AGRICULTURE AND CROP PRODUCTION

Научная статья

УДК 633.111.1:632.4

DOI 10.24888/2541-7835-2025-37-3-67-74

УСТОЙЧИВОСТЬ ОБРАЗЦОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ КОЛЛЕКЦИИ ВИР К МУЧНИСТОЙ РОСЕ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Асхадуллин Данил Фидусович^{1✉}, Асхадуллин Дамир Фидусович²,

Зуев Евгений Валерьевич³, Хусаинова Ильсина Ильнуровна⁴,

Гайфуллина Гульнар Ришатовна⁵, Тазутдинова Мухаббат Рустамджановна⁶

^{1,2,4,5,6} Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Федеральный исследовательский центр Казанский научный центр Российской академии наук, Республика Татарстан, Казань, Россия

³ Федеральный исследовательский центр «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР)», Санкт-Петербург, Россия

¹ tatnii-rape@mail.ru ✉

² trulik@ya.ru,

³ ezuev@vir.nw.ru,

⁴ husainovail823@gmail.com

⁵ fanzil419@yandex.ru,

⁶ tazutdinova1974@gmail.com

Аннотация. Изучалась устойчивость 100 образцов яровой мягкой пшеницы из коллекции ВИР к мучнистой росе (*Blumeria graminis*) в условиях Республики Татарстан. Оценка проводилась в 2023 и 2024 гг. на опытных полях Татарского НИИСХ с использованием естественного заражения. Устойчивость определялась по 9-балльной шкале, где 9 баллов означали отсутствие болезни, а 1 балл — высокую восприимчивость. В 2023 г. 46 образцов показали устойчивость (8–9 баллов), но в 2024 г. только 25 сохранили этот уровень. Среди них выделились образцы KWS Sharki, Niveau, KW 329 2 17, KW 360 2 17, Эпония, Капитол, Patricia, Мельница, Линия 71-73, Registana и Tarantino, у которых симптомы болезни отсутствовали или были минимальными. Большинство устойчивых образцов происходили из европейских стран. Также оценивались урожайность, содержание белка в зерне и устойчивость к бурой ржавчине у устойчивых к мучнистой росе образцов. Наибольшую урожайность показали Cancian (461 г/м²) и Линия 71-73 (455 г/м²), высокое содержание белка (до 18,4%) отмечено у KWS Sharki, Капитол и Линии 71-73. Выделенные образцы сочетают устойчивость к болезням с высокой продуктивностью и качеством зерна, что делает их ценными для селекции новых сортов пшеницы, адаптированных к местным условиям.

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница, *Blumeria graminis*, устойчивость, коллекция.

Финансирование: работа выполнена в рамках государственного задания Татарского научно-исследовательского института сельского хозяйства «Федеральный исследовательский центр Казанский научный центр Российской академии наук», и государственного задания согласно тематическому плану федерального исследовательского центра «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР)».

Для цитирования: Устойчивость образцов яровой мягкой пшеницы коллекции ВИР к мучнистой росе в условиях Республики Татарстан / Д.Ф. Асхадуллин, Д.Ф. Асхадуллин, Е.В. Зуев, И.И. Хусаинова, Г.Р. Гайфуллина, М.Р. Тазутдинова // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 3(37). С. 67-74. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-37-3-67-74>.

Original article

RESISTANCE OF SPRING SOFT WHEAT SAMPLES FROM THE VIR COLLECTION TO POWDERY MILDEW IN THE CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Danil F. Askhadullin^{1✉}, Damir F. Askhadullin², Evgeniy V. Zuev³, Ilsina I. Khusainova⁴, Gulnar R. Gaifullina⁵, Mukhabbat R. Tazutdinova⁶

¹Tatar Scientific Research Institute of Agriculture, Federal Research Center Kazan Scientific Center Russian Academy of Sciences, Republic of Tatarstan, Kazan, Russia

²Federal Research Center N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), Saint Petersburg, Russia

¹tatnii-rape@mail.ru✉

²trulik@ya.ru,

³ezuev@vir.nw.ru,

⁴husainovail823@gmail.com

⁵fanzil419@yandex.ru,

⁶tazutdinova1974@gmail.com

Abstract. The resistance of 100 samples of spring common wheat from the VIR collection to powdery mildew (*Blumeria graminis*) in the conditions of the Republic of Tatarstan was studied. The assessment was carried out in 2023 and 2024 on the experimental fields of the Tatar Scientific Research Institute of Agriculture using natural infection. Resistance was determined on a 9-point scale, where 9 points meant absence of disease, and 1 point — high responsiveness. In 2023, 46 samples showed stability (8-9 points), but in 2024 only 25 retained this level. Among them, the samples of KWS Sharki, Niveau, KW 329 2 17, KW 360 2 17, Eponia, Kapitool, Patricia, Melnica, Linia 71-73, Registana and Tarantino stood out, which had no or minimal symptoms of the disease. Most of the stable samples originated from European countries. The yield, protein content in grain, and resistance to brown rust of powdery mildew-resistant samples were also evaluated. Cancian (461 g/m²) and Linia 71-73 (455 g/m²) showed the highest yields, while KWS Sharki, Kapitool and Linia 71-73 had a high protein content (up to 18.4 %). The selected samples combine disease resistance with high productivity and grain quality, which makes them valuable for breeding new wheat varieties adapted to local conditions.

Keywords: spring common wheat, *Blumeria graminis*, resistance, collection.

Funding: the work was performed within the framework of the state assignment of the Tatar Scientific Research Institute of Agriculture, Federal Research Center Kazan Scientific Center Russian Academy of Sciences, and the state assignment according to the thematic plan of the Federal Research Center N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR).

For citation: Resistance of spring soft wheat samples from the VIR collection to powdery mildew in the conditions of the Republic of Tatarstan. D.F. Askhadullin, D.F. Askhadullin, E.V. Zuev, I.I. Khusainova, G.R. Gaifullina, M.R. Tazutdinova. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2025, no. 3(37), pp. 67-74. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-37-3-67-74>.

Введение

Мягкая пшеница (*Triticum aestivum* L.) представляет собой значимую сельскохозяйственную культуру, которая играет ключевую роль в обеспечении продовольствием примерно 30% мирового населения и покрывает более 20% калорий, потребляемых человеком [9]. Серьезным барьером для стабильного производства пшеницы являются болезни. Одной из самой распространенной и опасной болезнью пшеницы в Средневолжском регионе является мучнистая роса [1]. Мучнистую росу вызывает гриб *Blumeria graminis* (DC.) Speer f. sp. *tritici* Marchal (син. *Erysiphe graminis* f. sp. *tritici*) – узкоспециализированный гриб, облигатный паразит и гетерогенный по своей природе [10], так же у пшеницы мучнистую росу может вызывать *B. graminis* f. sp. *triticales* паразитирующий на тритикале [8]. Гриб распространяется ветром в зависимости от региона, а также человеком, являющимся движущей силой его глобального распространения на протяжении всей истории, в результате чего мучнистая роса пшеницы быстро эволюционирует в результате гибридизации с местными штаммами [7].

В условиях Республики Татарстан эпифитотийное развитие мучнистой росы на яровой пшенице наблюдается практически ежегодно [5]. Борьба с мучнистой росой с помощью химических средств требует значительных затрат и может наносить вред как людям, так и экологии. Поэтому разработка устойчивых к этому заболеванию сортов становится ключевым направлением, что, в свою очередь, зависит от поиска эффективных источников устойчивости и их успешного внедрения в селекционный процесс [6]. В условиях Российской Федерации ежегодно выделяются формы пшеницы устойчивые к мучнистой росе, которые используются в селекционных программах [2].

Цель исследования – изучить устойчивость к мучнистой росе образцов яровой мягкой пшеницы коллекции ВИР нового поступления в условиях Республики Татарстан и дать характеристику устойчивым образцам по основным хозяйственно-ценным признакам.

Материалы и методы исследований

Объектами исследования были 100 коллекционных образцов нового поступления, предоставленные Всероссийским институтом генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР). Проводилась оценка по устойчивости к мучнистой росе и другим агрономически значимым признакам. Посев яровой мягкой пшеницы проводился на опытных полях Татарского НИИСХ, находящегося в Предкамской зоне Республики Татарстан вблизи города Казань.

Коллекция нового поступления в 2023 году высевалась в ручную на делянках 0,25 м², в 2024 году коллекция высеяна селекционной кассетной сеялкой HEGE-90 в однократной повторности с частым стандартом, через каждые 30 номеров, на делянках с площадью 1 м². В качестве восприимчивого стандарта к мучнистой росе использовался сорт Приамурская, в качестве хозяйственного стандарта – стандарт Госсорткомиссии в Республике Татарстан сорт Йолдыз. Норма высева коллекционных образцов 6 млн. всх. семян/га. Оценка устойчивости/восприимчивости образцов яровой мягкой пшеницы к *Blumeria graminis* проводили на фоне естественного заражения в фазу колошения по 9 балльной интегрированной шкале оценки устойчивости зерновых колосовых культур к мучнистой росе (9 баллов – признаки болезни отсутствуют, очень высокая устойчивость ... 1 балл – поражено все растение: листья – очень сильно, наблюдается их гибель, инфекция на колосковых чешуях, осях, стебле в различной степени, очень высокая восприимчивость) [3].

Содержание белка в зерне определено с помощью метода спектроскопии в ближней инфракрасной области на приборе DS 2500F FOSS. Дату наступления фаз вегетации проводили по методическим указаниям ВИР [4]. Название образцов приведены по номенклатуре ВИР. Степень поражения бурой ржавчиной в процентах по шкале Peterson at al. в изложении ВНИИФ [3]. Статистический анализ данных проведен с помощью программы Excel 2016 Microsoft Corporation.

Результаты исследований и их обсуждение

На массовое развитие мучнистой росы в 2023 и 2024 гг. и эффективность оценки по степени устойчивости указывает степень восприимчивости стандарта Приамурская (к-66377, РФ, Хабаровский край), которая составила 1 – 2 балла (высокая и очень высокая восприимчивость) (табл. 1). Из 100 образцов коллекции ВИР в 2023 г. устойчивыми к мучнистой росе оказались 46 образцов, у которых устойчивость была не менее 8 баллов, то есть на листьях имеются отдельные некрозные и хлорозные пятна, очень редкий единичный налет конидий. В 2024 г. сохранили свою устойчивость только 25 образцов.

Образцы Пексессо (к-67436, Чехия) и Фурор (к-67445, РФ, Владимирская обл.) у которых симптомов болезни не регистрировалось в 2023 г., проявили слабую восприимчивость в 2024 г. (степень восприимчивости 5 баллов, растения были поражены от основания до середины: самые нижние листья сильно, вышерасположенные умеренно и слабо).

У образцов ТИМА (к-67424, РФ, Московская обл.), Триумф (67470, РФ, Саратовская обл.), Агрономическая 5 (к-67474, РФ, Омская обл.) отмечалась устойчивость на уровне 8 баллов в 2023 году, а в 2023 году восприимчивость на уровне 3 баллов, растения были поражены до флагового листа, который был поражен слабо, листья среднего яруса умеренно – сильно, листья нижнего яруса очень сильно, наблюдалась их гибель.

Таблица 1. Образцы яровой мягкой пшеницы устойчивые к мучнистой росе

№ п/п	Каталог ВИР	Образец	Место происхождения	Устойчивость к мучнистой росе, балл	
				2023 г.	2024 г.
1	67423	Беляна	РФ, Московская обл.	9	6
2	67424	ТИМА	РФ, Московская обл.	8	3
3	67425	Тулайковская 117	РФ, Самарская обл.	9	6
4	67426	РУС 19 6019	Германия	9	8
5	67436	Пексесо	Чехия	9	5
6	67439	Атланта 2	РФ, Тюменская обл.	8	6
7	67445	Фурор	РФ, Волгоградская обл.	9	5
8	67470	Триумф	РФ, Саратовская обл.	8	3
9	67471	KWS Sharki	Германия	9	9
10	67472	SU ANAB	Германия	9	ед.
11	67473	SU TARRAFAL	Германия	9	8
12	67474	Агрономическая 5	РФ, Омская обл.	8	3
13	67475	РУС 20 7006	Германия	9	9
14	67476	Виталия	РФ, Владимирская обл.	9	8
15	67551	Линия 454-27	РФ, Новосибирская обл.	8	3
16	67552	Линия 454-47	РФ, Новосибирская обл.	8	4
17	67558	Cancian	Германия	9	8
18	67559	Niveau	Франция	9	9
19	67560	Jasmund	Германия	9	8
20	67561	Iceman	Франция	9	8
21	67562	KW 329 2 17	Германия	9	9
22	67563	KW 360 2 17	Германия	9	9
23	67564	Эпония	Чехия	9	9
24	67565	Lascada	Германия	9	8
25	67566	Winx	Германия	9	8
26	67567	Kapitol	Германия	9	9
27	67568	Patricia	Франция	9	9
28	67749	Тая	РФ, Краснодарский край	8	4
29	67751	Агрос	РФ, Московская обл.	8	4
30	67752	Марфа	РФ, Московская обл.	9	4
31	67755	Сигма 5	РФ, Омская обл.	8	6
32	67766	Загора Новосибирская	РФ, Новосибирская обл.	8	5
33	67797	Судьба	РФ, Владимирская обл.	9	6
34	67799	Мельница	РФ, Владимирская обл.	9	9
35	67804	Рифор 13	РФ, Ленинградская обл.	8	5
36	67821	Варден	РФ, Московская обл.	9	6
37	67903	Линия 35-37	РФ, Новосибирская обл.	9	7
38	67904	Линия 71-73	РФ, Новосибирская обл.	9	9
39	67963	Taifun	Германия	9	8
40	67964	Sorbas	Германия	9	6
41	67968	Calixo	Франция	9	8
42	67969	Lotte	Чехия	9	ед.
43	67970	Registana	Чехия	9	9
44	67971	Caral	Швейцария	9	8
45	67974	St.10/10	РФ, Тамбовская обл.	8	5
46	68161	Tarantino	Франция	9	9
47	66377	Приамурская (восприимчивый стандарт)	РФ, Хабаровский край	1	2

По результатам 2-х лет испытаний признаков болезни не регистрировалось или регистрировались единичные пустулы в делянках без некроза и хлороза на листьях у образцов: KWS Sharki (к-67471, Германия), SU АНАВ (к-67472, Германия), РУС 20 7006 (к-67475, Германия), Niveau (к-67559, Франция), KW 329 2 17 (к-67562, Германия), KW 360 2 17 (к-67563, Германия), Эпония (к-67564, Чехия), Kapitol (к-67567, Германия), Patricia (к-67568, Франция), Мельница (к-67799, РФ, Владимирская область), Линия 71-73 (к-67904, РФ, Новосибирская область), Lotte (к-67969, Чехия), Registana (к-67970, Чехия), Tarantino (к-68161, Франция). Большинство из данных образцов происходят из европейских стран и только два из России. Это можно объяснить массовым развитием мучнистой росы пшеницы в Европейских странах [6], в таких условиях повышается эффективность фенотипического отбора устойчивых генотипов.

Из 100 образцов изученной коллекции в 2024 году 66 % характеризуются как восприимчивые. Устойчивые образцы составляют 34 %, среди них только 7% очень высоко устойчивые, то есть симптомов мучнистой росы у них не регистрировалось (рис. 1)



Рисунок 1. Доля сортов с различной устойчивостью/восприимчивостью к мучнистой росе, 2024 г.

К высоко восприимчивым и восприимчивым образцам относились все испытанные образцы из Казахстана – 8 шт., Мексики – 4 шт, Кении – 3 шт., Боливии – 1 шт. Из России к данной группе было отнесено 38 образцов. Нами ранее также выявлено, что среди российских сортов яровой пшеницы доля устойчивых к местной популяции мучнистой росы остается незначительной [1].

Поиск источников устойчивости к мучнистой росе нельзя рассматривать изолированно, необходимо параллельно анализировать их продуктивность, качество продукции, устойчивость к другим болезням и адаптивный потенциал. Что позволит выделить образцы, сочетающие устойчивость к мучнистой росе с высокой практической значимостью для селекции. Характеристика выделившихся по устойчивости к мучнистой росе образцов приведена в табл. 2.

Таблица 2. Образцы не восприимчивые к мучнистой росе, 2023 – 2024 гг.

№ п/п	Кат. ВИР	Образец	Урожайность, г/м ²	Содержание белка, %	Высота, см	Степень поражения бурой ржавчиной, %	Продолжительность «всходы» - «полная спелость», дн.
1	67426	РУС 19 6019	244	15,4	51	5	77
2	67471	KWS Sharki	302	18,1	61	10	79
3	67472	SU ANAB	368	16,9	56	20	79
4	67473	SU TARRAFAL	363	17,9	57	15	79
5	67475	РУС 20 7006	354	16,8	54	3	79
6	67476	Виталия	360	16,1	60	3	79
7	67558	Cancian	461	16,1	68	20	78
8	67559	Niveau	411	15,4	66	7	78
9	67560	Jasmund	341	16,4	48	12	78
10	67561	Iceman	412	16,2	56	8	78
11	67562	KW 329 2 17	415	15,6	55	3	78
12	67563	KW 360 2 17	306	16,0	60	0	78
13	67564	Эпония	376	15,1	56	2	78
14	67565	Lascada	387	17,0	65	3	78
15	67566	Winx	308	15,5	58	7	78
16	67567	Kapitol	324	18,1	62	5	78
17	67568	Patricia	335	15,8	63	15	78
18	67799	Мельница	363	16,1	60	3	79
19	67904	Линия 71-73	455	18,4	72	0	76
20	67963	Taifun	347	17,2	51	25	76
21	67968	Calixo	339	14,6	64	5	77
22	67969	Lotte	356	14,9	51	0	77
23	67970	Registana	377	15,4	61	3	77
24	67971	Caral	287	17,8	53	0	77
25	68161	Tarantino	409	16,5	60	20	79
	St.	Йолдыз	336	13,7	74	15	79
	sd*		50	1,2	6	-	1

*sd – стандартное отклонение

Продуктивность яровой мягкой пшеницы является ключевым показателем, определяющим её хозяйственную ценность. В ходе исследования были выявлены образцы с высокой урожайностью: Cancian (к-67558, Германия) – 461 г/м² и Линия 71-73 (к-67904, РФ, Новосибирская область) – 455 г/м², что свидетельствует о их потенциале для использования в селекционных программах. Содержание белка в зерне пшеницы является важным качественным показателем, влияющим на пищевую и кормовую ценность культуры. Образцы с повышенным содержанием белка представляют особый интерес для селекции, так как они могут быть использованы для создания сортов, отвечающих требованиям рынка продовольственной пшеницы. У выделившихся по устойчивости к мучнистой росе образцов выявлена значительная вариабельность по содержанию белка в зерне от 14,6 % до 18,4 %. У исследуемых образцов повышенным содержанием белка в зерне отличались: KWS Sharki (к-67471, Германия) и Capitol (к-67567, Германия) по 18,1%, Линия 71-73 (к-67904, РФ, Новосибирская область) – 18,4 %. Комплексный иммунитет к мучнистой росе и бурой листовой ржавчине имеют образцы KW 360 2 17 (к-67563, Германия), Линия 71-73 (к-67904, РФ, Новосибирская область), Lotte (к-67969, Чехия), Caral (к-67971, Швейцария). Среди изученных образцов выделилась Линия 71-73 (к-67904, РФ, Новосибирская область), которая кроме отмеченных

преимуществ имела более короткую продолжительность вегетационного периода, на 3 дня меньше, чем у среднеспелого стандарта Йолдыз.

Выводы

1. В результате двухлетнего изучения выявлены образцы яровой мягкой пшеницы, обладающие высокой устойчивостью к мучнистой росе (*Blumeria graminis*) в условиях Республики Татарстана. Среди них наиболее стабильную устойчивость (9 баллов) показали образцы KWS Sharki, Niveau, KW 329 2 17, KW 360 2 17, Эпония, Capitol, Patricia, Мельница, Линия 71-73, Registana и Tarantino.

2. Установлено, что устойчивые образцы преимущественно происходят из европейских стран, что может быть связано с интенсивным фенотипическим отбором в условиях высокой распространенности патогена в Европе.

3. Комплексная оценка хозяйственно-ценных признаков позволила выделить образцы, сочетающие устойчивость к мучнистой росе с высокой урожайностью (Cancian – 461 г/м², Линия 71-73 – 455 г/м²) и повышенным содержанием белка в зерне (до 18,4%).

4. Некоторые образцы (KW 360 2 17, Линия 71-73, Lotte, Caral) обладают устойчивостью не только к мучнистой росе, но и к бурой ржавчине, что повышает их селекционную ценность.

5. Полученные результаты позволяют рекомендовать выделенные образцы в качестве исходного материала для создания новых сортов пшеницы, устойчивых к болезням, высокопродуктивных и адаптированных к условиям Средневолжского региона.

Список источников

1. Источники устойчивости яровой мягкой пшеницы к мучнистой росе / Д. Ф. Асхадуллин, Д. Ф. Асхадуллин, Н. З. Василова [и др.] // Аграрный научный журнал. 2022. № 10. С. 10-15.

2. Лебедева Т.В., Брыкова А.Н., Зуев Е.В. Эффективные источники устойчивости яровой мягкой пшеницы к мучнистой росе для северо-запада России // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2023. Т. 184(1). С. 205-214.

3. Методические рекомендации по созданию инфекционных фонов для иммуногенетических исследований пшеницы / С.С. Санин [и др.]. Москва, 2008. 68 с.

4. Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале. Методические указания / А.Ф. Мережко [и др.]. Санкт-Петербург: ВИР, 1999. 82 с.

5. Результаты оценки сортов яровой мягкой пшеницы на устойчивость к болезням в Казанском НЦ / Д. Ф. Асхадуллин, Д. Ф. Асхадуллин, Н. З. Василова [и др.] // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14. № 3. С. 89-94.

6. Breeding Wheat for Powdery Mildew Resistance: Genetic Resources and Methodologies-A Review / T. Bapela [et al.] // Agronomy. 2023. Vol. 13(4). Art. 1173.

7. Global genomic analyses of wheat powdery mildew reveal association of pathogen spread with historical human migration and trade / A.G. Sotiropoulos [et al.] // Nature communications. 2022. Vol. 13. Art. 4315.

8. Hybridization of powdery mildew strains gives rise to pathogens on novel agricultural crop species / F. Menardo [et al.] // Nature Genetics. 2016. Vol. 48. Pp. 201-205.

9. Shewry P. R. Wheat // Journal of Experimental Botany. 2009. Vol.60 (6). Pp. 1537-1553.

10. The wheat powdery mildew genome shows the unique evolution of an obligate biotroph / T. Wicker [et al.] // Nature Genetics. 2013. Vol.45. Pp. 1092-1096.

References

1. Sources of spring soft wheat resistance to powdery mildew. D. F. Askhadullin, D. F. Askhadullin, N. Z. Vasilova [et al.]. Agrarian Scientific Journal, 2022, no. 10, pp. 10-15.

2. Lebedeva T.V., Brykova A.N., Zuev E.V. Effective sources of spring wheat resistance.the ratio of soft wheat to powdery mildew for the north-west of Russia. Proceedings on applied botany, genetics and breeding, 2023, vol. 184(1), pp. 205-214.

3. Methodological recommendations for the creation of infectious backgrounds for immunogenetic studies of wheat. S.S. Sanin [et al.]. Moscow, 2008. 68 p.
4. Replenishment, preservation in a living form and study of the world collection of wheat, aegilops and tritcale. Methodological guidelines. A.F. Merezko [et al.]. Saint Petersburg: N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 1999. 82 p.
5. Results of evaluation of spring soft wheat varieties for disease resistance in the Kazan Scientific Research Center. D. F. Askhadullin, D. F. Askhadullin, N. Z. Vasilova [et al.]. Grain industry of Russia, 2022, vol. 14, no. 3, pp. 89-94.
6. Breeding Wheat for Powdery Mildew Resistance: Genetic Resources and Methodologies-A Review. T. Bapela [et al.]. Agronomy, 2023, vol. 13(4), art. 1173.
7. Global genomic analyses of wheat powdery mildew reveal association of pathogen spread with historical human migration and trade. A.G. Sotiropoulos [et al.]. Nature communications, 2022, vol. 13, art. 4315.
8. Hybridization of powdery mildew strains gives rise to pathogens on novel agricultural crop species. F. Menardo [et al.]. Nature Genetics, 2016, vol. 48, pp. 201-205.
9. Shewry P. R. Wheat. Journal of Experimental Botany, 2009, vol.60 (6), pp. 1537-1553.
10. The wheat powdery mildew genome shows the unique evolution of an obligate biotroph. T. Wicker [et al.]. Nature Genetics, 2013, vol.45, pp. 1092-1096.

Информация об авторах

Д.Ф. Асхадуллин – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции яровой пшеницы;

Д.Ф. Асхадуллин – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции яровой пшеницы;

Е.В. Зуев – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела генетических ресурсов пшеницы;

И.И. Хусаинова – научный сотрудник лаборатории селекции яровой пшеницы;

Г.Р. Гайфуллина – научный сотрудник лаборатории селекции яровой пшеницы;

М.Р. Тазутдинова – научный сотрудник лаборатории селекции яровой пшеницы.

Information about the authors

D.F. Askhadullin – Candidate of Agricultural Sciences, Leading researcher of Spring Wheat Breeding Laboratory;

D.F. Askhadullin – Candidate of Agricultural Sciences, Leading researcher of Spring Wheat Breeding Laboratory;

E.V. Zuev – Candidate of Agricultural Sciences, Leading researcher Department of Wheat Genetic Resources;

I.I. Khusainova – Researcher of Spring Wheat Breeding Laboratory;

G.R. Gaifullina – Researcher of Spring Wheat Breeding Laboratory;

M.R. Tazutdinova – Researcher of Spring Wheat Breeding Laboratory.

Научная статья

УДК 631.527:633.491

DOI 10.24888/2541-7835-2025-37-3-75-84

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ НА БОГАРЕ И ОРОШЕНИИ

Гизатуллина Альбина Талгатовна^{1✉}, Сташевски Зенон², Вологин Семен Германович³,
Гимаева Елена Алексеевна⁴

^{1,2,3,4}Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Федеральный
исследовательский центр Казанский научный центр Российской академии наук,
Республика Татарстан, Казань, Россия

¹gizatyllina.a@mail.ru✉

²zenons@bk.ru

³semen_vologin@mail.ru

⁴elenagim@bk.ru

Аннотация. В статье представлены результаты изучения 11 сортов картофеля, созданных в ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН, в условиях Среднего Поволжья на богаре и орошении в 2022-2024 гг. по комплексу хозяйственно значимых признаков. На богаре и низком фоне минерального питания в условиях контрастных погодных профилей по температуре и влагообеспеченности выделились сорта Сальса, Самба, Блоссом и Кайо. На орошении и высоком фоне минерального питания – сорта Самба, Сальса, Кортни и Зумба. У изученных сортов на орошении и высоком фоне минерального питания по сравнению с богарным участком с низким фоном минерального питания продуктивность в среднем выросла в 2 раза, количество клубней – 1,7 раза, средняя масса клубней – 1,3 раза и выход клубней более 50 мм – 1,3 раза. У изученных сортов на орошении и высоком фоне минерального питания по сравнению с богарным участком с низким фоном минерального питания стабильность продуктивности по годам в среднем выросла в 1,2 раза, стабильность количества клубней – 1,2 раза, стабильность массы клубня – 1,3 раза и стабильность выхода клубней более 50 мм – 2,2 раза. Наибольшей адаптивностью к аридным условиям и орошению обладал сорт Самба (1,3). Сорта Зумба, Кортни и Сальса были более приспособлены к орошению (1,2), чем богарным условиям.

Ключевые слова: картофель, сорт, богарное земледелие, орошение, продуктивность, комплексная оценка.

Финансирование: работа выполнена в рамках государственного задания Татарского научно-исследовательского института сельского хозяйства – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр Казанский научный центр Российской академии наук».

Для цитирования: Сравнительное изучение сортов картофеля на богаре и орошении / А.Т. Гизатуллина, З. Сташевски, С.Г. Вологин, Е.А. Гимаева // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 3(37). С. 75-84. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-37-3-75-84>.

Original article

COMPARATIVE STUDY OF POTATO VARIETIES UNDER DRAINAGE AND IRRIGATED FARMING

Albina T. Gizatullina^{1✉}, Zenon Stasevski², Semen G. Vologin³, Elena G. Gimaeva⁴

^{1,2,3,4}Tatar Scientific Research Institute of Agriculture, Federal Research Center Kazan Scientific Center Russian Academy of Sciences, Republic of Tatarstan, Kazan, Russia

¹gizatyllina.a@mail.ru✉

²zenons@bk.ru

³semen_vologin@mail.ru

⁴elenagim@bk.ru

Abstract. The evaluation of agronomically important traits of 11 potato cultivars bred at the Tatar Research Institute of Agriculture of the Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences conducted

in the Middle Volga region under dry farming and irrigated conditions during 2022–2024 are presented. Under dry farming conditions with low mineral fertilization and contrasting temperature and moisture regimes the best results detected for cultivars Salsa, Samba, Blossom and Kayo. Under irrigation with high mineral fertilization the best results showed for cultivars Samba, Salsa, Kortni. For the studied varieties under irrigation and high mineral nutrition compared to the dry farming with low mineral nutrition increased mean yield twofold, the number of tubers by 1,7-fold, the average tuber weight by 1,3-fold and the yield of tubers over 50 mm by 1,3-fold. Compared with dry farming low mineral nutrition irrigation with high fertilization improved interannual stability: yield stability by 1.2-fold, tuber number stability by 1.2-fold, mean tuber weight stability by 1.3-fold, and stability of the >50 mm fraction by 2.2-fold. The cultivar Samba exhibited the greatest adaptability to both arid conditions and irrigation (adaptability index 1.3). Zumba, Kortni, and Salsa were better adapted to irrigation (adaptability index 1.2) than to dry farming.

Keywords: potato, variety, dry farming, irrigation, productivity, comprehensive assessment.

Funding: the work was carried out within the framework of the state assignment of the Tatar Scientific Research Institute of Agriculture, a separate structural unit of the Federal State Budgetary Institution of Science Federal Research Center Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences.

For citation: Comparative study of potato varieties under drainage and irrigated farming. A.T. Gizatullina, Z.Stasevski, S.G. Vologin, E.G. Gimaeva. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2025, no. 3(37), pp. 75-84. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-37-3-75-84>.

Введение

Картофель (*Solanum tuberosum* L.) третья по значимости продовольственная культура после риса и пшеницы, играющая важную роль в современном и развивающемся мире, обеспечивая продовольственную и экономическую безопасность многих стран. По данным ФАОСТАТ за 2023 год Россия занимает пятое место в мире по объему производства картофеля (19,37 млн. т) [8].

Урожайность картофеля в Российской Федерации зависит от региона возделывания и варьирует от 93,1 до 363,9 ц/га (данные Росстат за 2024 г.) [1]. Значительный разброс урожайности складывается из большого разнообразия почвенных и климатических условий страны. В Среднем Поволжье Основные лимитирующие факторы для картофеля это относительно короткий период вегетации, засуха в разные периоды вегетации, высокая температура воздуха, переуплотнение почвенного слоя [3].

Картофель характеризуется высоким потенциалом продуктивности, большой пластичностью и адаптивностью к выращиванию в различных климатических зонах [4, 12]. Высокую урожайность можно получить за счет сбалансированного минерального питания и обеспечения растений влагой [6]. В условиях засухи у картофеля редуцировано накопление сухих веществ, что приводит к снижению урожайности. В свою очередь недобор урожая клубней происходит из-за существенного снижения количества формируемых клубней [11]. Транспирационный коэффициент картофеля составляет 350–620 л/т. Для получения высокого урожая клубней картофеля в зависимости от условий возделывания необходимо в течение вегетационного периода от 316 до 800 мм воды в виде осадков и/или орошения [10]. Максимальная эффективность использования азота и оросительной воды на картофеле достигается при внесении от 60 до 170 кг N/га на фоне 80–100% влагообеспечения [13]. В условиях резко континентального климата северного Китая на песчаных почвах оптимальное сочетание ($\geq 90\%$) высокой урожайности картофеля, эффективности использования ресурсов (вода, удобрения) и чистого дохода было достигнуто при внесении удобрений (N-P-K) от 200–24–248 до 247–42–306 кг/га на фоне полива 204–262 мм [9]. В условиях Египта сокращение уровня полива на 50% в первой части цикла выращивания картофеля (50% – 100%) снизило общую урожайность на 20,3 %, в то время как ограничение полива во второй части цикла выращивания (100 % – 50%) привело к недобору урожая всего на 8,6 %. Дефицит влагообеспеченности на уровне 50% в течение всего вегетационного периода (50% - 50%) снижал урожайность на 41% [5]. Для оптимального обеспечения условий роста и развития растений картофеля необходимо постоянно поддерживать влажность почвы 70–80% от предельной полевой влагоемкости (ППВ) [4, 5].

Цель исследования – проведение сравнительной оценки хозяйственно значимых характеристик сортов картофеля в условиях богары и орошения.

Материалы и методы исследований

В 2022-2024 гг. проводили полевые испытания по оценке продуктивности и адаптивности сортов картофеля (*Solanum tuberosum* L.), созданных в ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН. Экспериментальные питомники были заложены в двух географических точках: первый на богаре на территории экспериментальной базы ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН (Лаишевский р-н, Республика Татарстан, координаты 55.61591, 49.33970) (далее НИИ) и второй питомник был заложен на орошаемых (дождевание) производственных полях ООО «Агрофирма «Слава картофелю-Яльчики» (Комсомольский р-н, Республика Чувашия, координаты 55.19349, 47.67833) (далее АСК). Материалом для исследования служили сорта картофеля: Амигос, Блоссом, Дана, Догода, Зумба, Кайо, Кортни, Орлан, Регги, Сальса, Самба. Образцы картофеля были получены из ЦКП «Биоресурсная коллекция картофеля» (www.ckp-rt.ru Рег. № 471948). Категория высаженного материала первое полевое поколение из миниклубней.

Анализ структуры урожая и морфометрический анализ клубней картофеля проводили согласно методическим рекомендациям, разработанным в ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН [7]. Для изучения продуктивности и структуры урожая использовали оборудование для высокопроизводительного фенотипирования клубней картофеля: автоматическую сортировальную машину Smart Grader SG Reader согласно инструкции производителя.

Комплексную оценку продуктивного и адаптивного потенциала сорта по показателю «урожайность» проводили по методике Л.А. Животкова и др. [2]. Коэффициент адаптивности (КА) рассчитывали по формуле:

$$КА = \left(\frac{x_{ij} \times 100}{\bar{x}} \right) \div 100,$$

где x_{ij} - урожайность i -го сорта в j -й год испытания; $\bar{x}$ - среднесортная урожайность года.

Почва опытного участка ТатНИИСХ – серая лесная, среднесуглинистая. Содержание гумуса (по Тюрину) 2 %, азота щелочногидролизующего 104 мг/кг, подвижного фосфора (по Чирикову) 275 мг/кг почвы, калия (по Кирсанову) 145 мг/кг почвы, рН солевой вытяжки 4,3. Удобрения $N_{40}P_{104}K_{104}$. Предшественник черный пар. Без орошения. Протравливание клубней перед посадкой Шансометокс Трио, КС 0,4 л/т.

Почва опытного участка АСК – чернозем, среднесуглинистый. Содержание гумуса (по Тюрину) 7,4 %, азота щелочногидролизующего 172 мг/кг, подвижного фосфора (по Чирикову) 401 мг/кг почвы, калия (по Кирсанову) 321 мг/кг почвы, рН солевой вытяжки 5,8. Удобрения $N_{221}P_{161}K_{358}$. Предшественник черный пар. Орошение дождеванием. Протравливание клубней перед посадкой Шансометокс Трио, КС 0,4 л/т.

Схема посадки 0,75 х 0,26 м. Площадь питания одного растения 0,19 м². Размер делянки 3,9 м². Повторность трехкратная. Технология выращивания картофеля общепринятая для региона [2].

Метеоусловия в годы исследований различались по температуре и количеству осадков. Среднемесячная температура в годы исследования за вегетационный сезон была в пределах 17,3-20,6°C, что на 0,9-2,6°C выше среднееголетнее значение. Сумма эффективных температур ($\sum T > 10^\circ C$) в географической точке ТатНИИСХ в 2022 году составила 918, в 2023 г. – 925, в 2024 г. – 918°C. Гидротермический коэффициент (ГТК) в 2022 составил 0,8 – слабо засушливый, 2023 г. – 0,6 средне засушливый, 2024 г. – 1,1 достаточно влажный. Сумма эффективных температур ($\sum T > 10^\circ C$) в географической точке АСК в 2022 году составила 1002, в 2023 г. – 915, в 2024 г. – 923°C. Гидротермический коэффициент (ГТК) в 2022 составил 0,9 – слабо засушливый, 2023 г. – 0,5 сильно засушливый, 2024 г. – 1,1 достаточно влажный.

Среднееголетнее значение ГТК 0,9. В 2022 году в начале и середине вегетации отмечено достаточное увлажнение, а в конце вегетации наступила сильная засуха. В 2023 году

сильная засуха была в начале и конце вегетации. В 2024 году начало вегетации было засушливым, середина чрезмерно влажной, конец умеренно засушливым.

Математическую обработку экспериментальных данных проводили в программе «Microsoft Excel» с применением пакета анализа «XLSTAT FREE» и программе «STATISTICA».

Результаты исследований и их обсуждение

На богаре в группе изученных сортов среднее значение продуктивности за 3 года составило 0,58 кг/куст (Cv 20 %) (табл. 1). На орошаемом дождеванием участке на высоком фоне минерального питания средняя продуктивность изучаемых сортов достигла 1,22 кг/куст (Cv 18 %). На богаре по среднему значению продуктивности за 3 года выделились сорта Сальса (0,68 кг/куст), Кайо (0,67 кг/куст) и Самба (0,67 кг/куст). Из-за нестабильности продуктивности сортов на богаре по годам разница между сортами статистически недостоверна. На орошаемом участке за данный период максимальная продуктивность показана у сортов Самба (1,57 кг/куст), Сальса (1,44 кг/куст), Зумба (1,41 кг/куст), Кортни (1,40 кг/куст). По сравнению с богарным участком продуктивность сортов на орошении и высоком фоне минерального питания выросла в два раза. Наиболее отзывчивыми оказались сорта Зумба и Самба, продуктивность которых выросла соответственно в 2,8 и 2,3 раза.

В 2022 году в условиях достаточной влагообеспеченности в период от посадки до цветения и 2023 году в засушливых условиях на богаре по продуктивности все сорта превзошел сорт Самба (0,79 и 0,64 кг/куст). В 2024 году на богаре на фоне сильной засухи от посадки до цветения и достаточной влагообеспеченности во время цветения выделились сорта Сальса (1,07 кг/куст), Кайо (1,01 кг/куст) и Орлан (0,95 кг/куст).

Таблица 1. Результаты сравнительного изучения сортов картофеля по влиянию условий роста на продуктивность (кг/куст), 2022-2024 года

Сорт	2022		2023		2024		Богара		Орошение	
	НИИ	АСК	НИИ	АСК	НИИ	АСК	М _{ср}	Cv, %	М _{ср}	Cv, %
Амигос	0,3 ^f	0,63 ^t	0,31 ^d	1,13 ^b	0,55 ^a	0,92 ^b	0,39 ^a	37	0,89 ^a	28
Блоссом	0,63 ^t	0,81 ^a	0,44 ^{ab}	1,24 ^t	0,56 ^a	1,27 ^g	0,54 ^a	18	1,11 ^{abc}	23
Дана	0,51 ^d	0,89 ^{ab}	0,46 ^b	0,91 ^{cd}	0,51 ^{ab}	1,02 ^{bc}	0,49 ^a	6	0,94 ^{ab}	7
Догода	0,41 ^g	0,86 ^{ab}	0,37 ^c	1,06 ^{ab}	0,78 ^c	1,43 ^{dt}	0,52 ^a	43	1,12 ^{abc}	26
Зумба	0,6 ^{ct}	1,03 ^{cd}	0,34 ^{cd}	1,67 ^g	0,55 ^a	1,55 ^{tf}	0,5 ^a	27	1,41 ^{abc}	24
Кайо	0,54 ^{abd}	1,11 ^d	0,45 ^{ab}	1 ^{ad}	1,01 ^d	1,63 ^{af}	0,67 ^a	45	1,25 ^{abc}	27
Кортни	0,59 ^{bct}	1,74 ^g	0,43 ^{ab}	1,03 ^a	0,7 ^c	1,42 ^d	0,57 ^a	24	1,4 ^{abc}	26
Орлан	0,53 ^{ad}	0,93 ^{bc}	0,47 ^{ab}	1,07 ^{ab}	0,95 ^d	1,73 ^a	0,65 ^a	40	1,24 ^{abc}	35
Регги	0,56 ^{abc}	1,31 ^f	0,33 ^d	0,86 ^c	0,65 ^c	1,13 ^c	0,51 ^a	32	1,1 ^{abc}	21
Сальса	0,56 ^{abc}	1,01 ^{cd}	0,41 ^a	1,44 ^f	1,07 ^d	1,86 ^h	0,68 ^a	51	1,44 ^{bc}	30
Самба	0,79 ^h	1,89 ^h	0,64 ^f	1,14 ^b	0,8 ^c	1,69 ^a	0,74 ^a	12	1,57 ^c	25
М _{ср}	0,55 ^a	1,11 ^b	0,42 ^a	1,14 ^b	0,76 ^a	1,42 ^b	0,58 ^a	-	1,22 ^b	-
CV, %	22	35	24	21	28	22	20	-	18	-
НСР ₀₅ МО	0,10		0,10		0,11		0,11			

М_{ср} – среднесортовая продуктивность; МО – НСР₀₅ между обработками.

Значения в столбце, за которыми следуют разные буквы, существенно различаются на основе НСР при $p \leq 0,05$. Значения в строке М_{ср}, за которыми следуют разные буквы, существенно различаются на основе НСР при $p \leq 0,05$.

На богаре растения изучаемых сортов в среднем за три года формировали по 7,2 клубней на растение (табл. 2). Лидерами по количеству клубней выступили сорта Орлан

(10,0 шт./куст), Догода (9,7 шт./куст), Кайо (8,6 шт./куст). На богаре минимальное варьирование признака показано у малоклубневого сорта Амигос (4,7 шт./куст, CV 13%) и многоклубневых сортов Дана (8,2 шт./куст, CV 16%) и Догода (9,7 шт./куст, CV 18%). Максимальное варьирование количества клубней установлено у малоклубневого сорта Регги (5,1 шт./куст, CV 45%) и многоклубневого сорта Орлан (10 шт./куст, CV 42%). У данных сортов значительное снижение количества клубней произошло на фоне резко засушливых условий 2023 года. У всех изученных сортов максимальное количество клубней сформировалось при более высоком влагообеспечении картофеля в начале и середине вегетации. Недостаточное влагообеспечение картофеля в начале вегетации в 2023 и 2024 гг. приводило к снижению количества сформированных клубней и к увеличению дифференциации сортов по данному признаку.

На орошаемом дождеванием участке сорта формировали в среднем за три года по 11,8 клубней с растения. По количеству клубней на орошении выделились сорта Догода (15,8 шт./куст), Дана (14,3 шт./куст), Орлан (13,7 шт./куст), Сальса (12,6 шт./куст) и Кайо (12,6 шт./куст). На орошении наиболее стабильное количество клубней по годам формировали сорта Орлан (CV 4%) и Самба (CV 9%). По сравнению с богарным участком статистически достоверная ($p < 0,05$) прибавка по количеству клубней показана у сортов Блоссом, Дана, Кортни, Регги, Сальса. У изученных сортов количество клубней на орошении и высоком фоне минерального питания по сравнению с богарой и низким фоном минерального питания в среднем выросло в 1,7 раза. Наиболее отзывчивыми оказались сорта Регги (2,3 раза), Сальса (1,9 раза) и Кортни (1,8 раза). Сорта Дана, Догода, Кайо и Орлан на обеих средах формировали количество клубней выше среднего.

Таблица 2. Результаты сравнительного изучения сортов картофеля по влиянию условий роста на количество клубней (шт./куст), 2022-2024 года

Сорт	2022		2023		2024		Богара		Орошение	
	НИИ	АСК	НИИ	АСК	НИИ	АСК	М _{ср}	Cv, %	М _{ср}	Cv, %
Амигос	4,7 ^f	6,5 ^t	4,1 ^d	11 ^{ab}	5,3 ^{bc}	5,5 ^t	4,7 ^a	13	7,7 ^d	38
Блоссом	6,8 ^b	8,4 ^a	4,6 ^{ad}	11,8 ^{abc}	5 ^b	7,9 ^b	5,5 ^{ab}	21	9,3 ^{ad}	22
Дана	9,5 ^t	11,6 ^f	8,4 ^c	16,1 ^f	6,8 ^t	15,4 ^f	8,2 ^{abc}	16	14,3 ^{bc}	17
Догода	9,2 ^{at}	9,7 ^{cd}	11,6 ^g	19,3 ^h	8,3 ^f	18,2 ^g	9,7 ^c	18	15,8 ^c	33
Зумба	7,9 ^d	8,8 ^{ac}	5,4 ^b	11,8 ^{bc}	4,8 ^b	7,3 ^b	6,0 ^{ab}	27	9,3 ^{ad}	25
Кайо	6,9 ^{bc}	13,9 ^b	8,4 ^c	10,6 ^{at}	10,5 ^h	13,2 ^a	8,6 ^{bc}	21	12,6 ^{abc}	14
Кортни	8,6 ^a	16,8 ^g	6,8 ^f	12,2 ^c	5,9 ^c	10,1 ^c	7,1 ^{abc}	19	13 ^{abc}	26
Орлан	11,8 ^h	13,3 ^b	5,2 ^{ab}	13,4 ^g	12,9 ^e	14,2 ^a	10 ^c	42	13,7 ^{abc}	4
Регги	7,6 ^{cd}	14 ^b	3,2 ^t	9,6 ^{dt}	4,3 ^a	10,4 ^{cd}	5,1 ^{ab}	45	11,4 ^{abcd}	20
Сальса	5,5 ^g	8,2 ^a	5,1 ^{ab}	16,1 ^f	9,1 ^g	13,4 ^a	6,6 ^{abc}	34	12,6 ^{abc}	32
Самба	8,8 ^a	10,3 ^d	8,1 ^c	9,5 ^d	5,1 ^d	11,3 ^d	7,3 ^{abc}	27	10,4 ^{abd}	9
М _{ср}	7,9 ^a	11,1 ^b	6,4 ^a	12,8 ^b	7,1 ^a	11,5 ^b	7,2 ^a	-	11,8 ^b	-
CV, %	25	28	39	24	39	33	25		21	
НСР ₀₅ МО	0,74		1,05		1,01		0,93			

М_{ср} – среднесортовая продуктивность; МО – НСР₀₅ между обработками.

Значения в столбце, за которыми следуют разные буквы, существенно различаются на основе НСР при $p \leq 0,05$. Значения в строке М_{ср}, за которыми следуют разные буквы, существенно различаются на основе НСР при $p \leq 0,05$.

У изучаемых сортов на богаре среднее значение массы клубня условиях 2022-2024 годов установлено на уровне 86 г (Cv 21 %) (табл. 3). Крупные клубни формировали сорта Регги (109 г), Сальса (107 г), Самба (106 г), Блоссом (100 г) и Зумба (95 г). Средняя масса клубней у изучаемых сортов на орошаемом участке была на уровне 109 г (Cv 28 %). По средней массе клубня выделились сорта Зумба (156 г), Самба (151 г), Амигос (122 г) и Блоссом (121 г). Статистически значимое ($p < 0,05$) повышение массы по сравнению с богарным участком показано у сортов Амигос, Зумба, Орлан, Самба. В случае с сортом Регги отмечено достоверное ($p < 0,05$) снижение средней массы клубня по сравнению богарным участком. У изученных сортов средняя масса клубня на орошении и высоком фоне минерального питания по сравнению с богарой и низким фоном минерального питания в среднем выросло в 1,3 раза. Наиболее отзывчивыми оказались сорта Зумба (1,64 раза) и Амигос (1,60 раза).

Таблица 3. Результаты сравнительного изучения сортов картофеля по влиянию условий роста на массу клубней (г), 2022-2024 года

Сорт	2022		2023		2024		Богара		Орошение	
	НИИ	АСК	НИИ	АСК	НИИ	АСК	М _{ср}	Cv, %	М _{ср}	Cv, %
Амигос	64 ^c	96 ^{ab}	60 ^{ac}	102 ^t	104 ^{tf}	168 ^d	76 ^{ab}	32	122 ^{ac}	33
Блоссом	93 ^t	96 ^{ab}	95 ^g	105 ^t	112 ^{fg}	161 ^{cd}	100 ^{ab}	10	121 ^{ac}	29
Дана	54 ^f	77 ^{cd}	54 ^{bc}	57 ^c	75 ^c	66 ^t	61 ^{ab}	20	67 ^b	15
Догода	44 ^b	88 ^{at}	32 ^t	55 ^c	93 ^d	78 ^f	56 ^b	58	74 ^{ab}	23
Зумба	76 ^a	116 ^f	64 ^a	141 ^g	144 ^{ab}	211 ^h	95 ^{ab}	45	156 ^c	31
Кайо	78 ^a	80 ^{dt}	53 ^b	93 ^{bt}	96 ^{dt}	123 ^b	76 ^{ab}	29	99 ^{ab}	22
Кортни	69 ^{cd}	104 ^b	63 ^a	85 ^{ad}	118 ^g	140 ^a	84 ^{ab}	36	110 ^{abc}	26
Орлан	45 ^b	70 ^c	72 ^f	80 ^d	74 ^c	122 ^b	63 ^{ab}	25	90 ^{ab}	31
Регги	74 ^{ad}	93 ^a	103 ^h	89 ^{ab}	151 ^b	108 ^g	109 ^a	35	97 ^{ab}	10
Сальса	102 ^g	123 ^f	82 ^d	90 ^{ab}	138 ^a	139 ^a	107 ^a	27	117 ^{ac}	21
Самба	90 ^t	184 ^g	79 ^d	119 ^f	186 ⁱ	150 ^{ac}	118 ^a	35	151 ^c	25
М _{ср}	72 ^a	102 ^b	69 ^a	92 ^b	117 ^a	133 ^b	86 ^a	-	109 ^b	-
CV, %	27	31	29	27	34	31	21		28	
НСР ₀₅ МО	7,34		6,25		8,79		8,76			

М_{ср} – среднесортная продуктивность; МО – НСР₀₅ между обработками.

Значения в столбце, за которыми следуют разные буквы, существенно различаются на основе НСР при $p \leq 0,05$. Значения в строке М_{ср}, за которыми следуют разные буквы, существенно различаются на основе НСР при $p \leq 0,05$.

На богаре и орошении, у оцениваемых сортов выход клубней диаметров более 50 мм в среднем за три года составил соответственно 57 % и 69 % (табл. 4). На богарном участке по выходу клубней с поперечным диаметров более 50 мм выделились сорта Самба (77 %), Сальса (69 %), Регги (69 %), Зумба (61 %). На орошаемом участке по этому показателю выделились сорта Самба (88 %), Зумба (85 %), Блоссом (79 %) и Кортни (78 %). Статистически достоверная ($p < 0,05$) прибавка по выходу клубней более 50 мм показана у сортов Амигос, Догода и Зумба по сравнению с богарным участком. Лучшее соотношение высокий выход клубней с поперечным диаметров более 50 мм и стабильность признака на всех средах показано у сортов Самба (82 %, CV 10 %), Блоссом (77 %, CV 3 %), Сальса (72 %, CV 6 %) и Регги (68 %, CV 2 %).

Таблица 4. Результаты сравнительного изучения сортов картофеля по влиянию условий роста на выход клубней размером более 50 мм (%), 2022-2024 года

Сорт	2022		2023		2024		Богара		Орошение	
	НИИ	АСК	НИИ	АСК	НИИ	АСК	М _{ср}	Сv, %	М _{ср}	Сv, %
Амигос	32 ^a	66 ^{tf}	29 ^a	66 ^{cd}	71 ^f	87 ^{acd}	44 ^{abc}	53	73 ^{abc}	17
Блоссом	69 ^t	71 ^f	71 ^f	75 ^t	86 ^{abc}	90 ^{ad}	75 ^a	12	79 ^{abc}	13
Дана	25 ^b	45 ^b	27 ^a	35 ^b	56 ^d	42 ^t	36 ^{bc}	48	41 ^t	13
Догода	28 ^{ab}	60 ^{cd}	10 ^t	36 ^b	66 ^{tf}	60 ^f	35 ^c	83	52 ^{dt}	27
Зумба	59 ^d	78 ^a	36 ^b	86 ^f	89 ^{bc}	93 ^a	61 ^{abc}	43	85 ^{bc}	9
Кайо	55 ^d	42 ^b	26 ^a	56 ^a	61 ^{dt}	81 ^{bc}	47 ^{abc}	39	60 ^{adt}	33
Кортни	50 ^c	80 ^a	40 ^b	69 ^d	86 ^{abc}	84 ^{bcd}	58 ^{abc}	42	78 ^{abc}	11
Орлан	32 ^a	57 ^c	60 ^{cd}	58 ^a	60 ^{dt}	81 ^{bc}	51 ^{abc}	32	65 ^{ad}	21
Регги	45 ^c	64 ^{dt}	77 ^g	58 ^a	85 ^{ab}	80 ^b	69 ^{ab}	30	67 ^{abd}	17
Сальса	69 ^t	77 ^a	57 ^c	62 ^{ac}	81 ^a	88 ^{ad}	69 ^{ab}	17	76 ^{abc}	18
Самба	76 ^f	91 ^g	63 ^d	80 ^t	91 ^c	93 ^a	77 ^a	18	88 ^c	8
М _{ср}	49 ^a	67 ^b	45 ^a	62 ^b	75 ^a	80 ^b	57 ^a	-	69 ^b	-
CV, %	37	22	48	26	17	19	27		21	
НСР ₀₅ МО	4,55		5,03		3,54		5,06			

М_{ср} – среднесортная продуктивность; МО – НСР₀₅ между обработками.

Значения в столбце, за которыми следуют разные буквы, существенно различаются на основе НСР при $p \leq 0,05$. Значения в строке М_{ср}, за которыми следуют разные буквы, существенно различаются на основе НСР при $p \leq 0,05$.

Наибольшей адаптивностью к аридным условиям и орошению обладал сорт Самба (1,3) (табл. 5). Сорта Зумба, Кортни и Сальса были более приспособлены к орошению (1,2), чем богарным условиям.

Таблица 5. Результаты сравнительного изучения сортов картофеля по коэффициенту адаптивности, 2022-2024 года

Сорт	Богара				Орошение			
	2022	2023	2024	Среднее по годам	2022	2023	2024	Среднее по годам
Амигос	0,55	0,74	0,73	0,7	0,57	0,99	0,65	0,7
Блоссом	1,15	1,05	0,74	1,0	0,73	1,09	0,90	0,9
Дана	0,93	1,09	0,67	0,9	0,80	0,80	0,72	0,8
Догода	0,74	0,88	1,02	0,9	0,78	0,93	1,01	0,9
Зумба	1,08	0,82	0,72	0,9	0,92	1,47	1,09	1,2
Кайо	0,99	1,06	1,33	1,1	1,00	0,87	1,15	1,0
Кортни	1,07	1,02	0,92	1,0	1,57	0,90	1,00	1,2
Орлан	0,97	1,12	1,25	1,1	0,84	0,94	1,22	1,0
Регги	1,03	0,79	0,85	0,9	1,18	0,75	0,79	0,9
Сальса	1,02	0,98	1,41	1,1	0,91	1,27	1,31	1,2
Самба	1,44	1,53	1,05	1,3	1,70	1,00	1,19	1,3

В таблице 6 представлены результаты ранжирования сортов по проявлению хозяйственно значимых признаков на богаре и орошении в условиях 2022-2024 гг. Ранжирование проводили по продуктивности, среднему количеству клубней, среднему весу клубня и выходу товарных клубней размером более 50 мм.

Таблица 6. Итоговая оценка сортов картофеля по хозяйственно значимым признакам

Сорт	Сумма рангов			Итоговый ранг		
	Богара	Орошение	Общий ранг	Богара	Орошение	Общий ранг
Амигос	10	17	27	11	9	11
Блоссом	27	24	51	3	5	5
Дана	14	14	28	10	11	10
Догода	17	20	37	9	8	9
Зумба	21	32	53	8	2	4
Кайо	27	22	49	4	6	6
Кортни	26	30	56	6	3	3
Орлан	27	22	49	5	7	7
Регги	25	17	42	7	10	8
Сальса	35	30	65	1	4	2
Самба	35	36	71	2	1	1

На основании проведенного исследования было показано, что на богаре наиболее полно свой потенциал реализовали сорта Самба, Сальса и Блоссом. В условиях орошаемого участка выделились сорта Самба, Зумба и Кортни. На основании проделанного анализа данных можно сделать заключение, что по совокупности проявления хозяйственно значимых признаков сорта картофеля Самба, Сальса пригодны для возделывания, как на богаре, так и на орошении.

Выводы

1. На богаре и низком фоне минерального питания в условиях контрастных погодных профилей по температуре и влагообеспеченности выделились сорта Сальса, Самба, Блоссом и Кайо.
2. На орошении и высоком фоне минерального питания выделились сорта Самба, Сальса, Кортни и Зумба.
3. У изученных сортов на орошении и высоком фоне минерального питания по сравнению с богарным участком с низким фоном минерального питания продуктивность в среднем выросла в 2 раза, количество клубней – 1,7 раза, средняя масса клубней – 1,3 раза и выход клубней более 50 мм – 1,3 раза.
4. У изученных сортов на орошении и высоком фоне минерального питания по сравнению с богарным участком с низким фоном минерального питания стабильность продуктивности по годам в среднем выросла в 1,2 раза, стабильность количества клубней – 1,2 раза, стабильность массы клубня – 1,3 раза и стабильность выхода клубней более 50 мм – 2,2 раза.

Список источников

1. Валовые сборы и урожайность сельскохозяйственных культур по Российской Федерации в 2024 году: бюллетень. Ч. 2 // Росстат. URL: <https://rosstat.gov.ru>.
2. Животков Л. А., Морозова З. А., Секатуева Л. И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайность» // Селекция и семеноводство. 1994. № 2. С. 3–6.
3. Сташевски З. и др. Первые результаты эколого-географического испытания новых российских сортов картофеля / З. Сташевски, О.А. Кузьмина, С.Г. Вологин, А.Т. Гизатуллина, Е.А. Гимаева, Г.Ф. Сафиуллина, С.Д. Киру, А.Э. Шабанов, А.Д. Сафонова, Н.И. Полушин, Е.В. Журавлева // Земледелие. 2019. № 6. С. 43-48.
4. Симаков А. В. Урожайность и качество семенных клубней сортов картофеля в условиях Западной Сибири: монография / А. В. Симаков, Ю. П. Логинов, Т. В. Симакова. Тюмень: ГАУ Северного Зауралья, 2023. 154 с.

5. Лапшинов Н. А. Урожайность картофеля в зависимости от влагообеспеченности // Достижения науки и техники АПК. 2009. № 3.
6. Миникаев Р. В. и др. Формирование урожайности клубней картофеля в зависимости от площади питания на серой лесной почве Республика Татарстана / Р. В. Миникаев, Ф. Ш. Шайхутдинов, Л. М. Егоров, А. Р. Шарاپова // Агробiotехнологии и цифровое земледелие. 2024. №. 4. С. 32-36.
7. Методика морфологического анализа и оценки ростовых аномалий у образцов картофеля / З. Стасhevский, Е.А. Гимаева, А.Т. Гизатуллина, С.Г. Вологин, О.А. Кузьмина, Г.Ф. Сафиуллина. Казань, 2017. 4 с.
8. ФАОСТАТ: база данных. URL: <https://www.fao.org>.
9. Cheng M. et al. Effects of irrigation and fertilization regimes on tuber yield, water-nutrient uptake and productivity of potato under drip fertigation in sandy regions of northern China / M. Cheng, H. Wang, F. Zhang, X. Wang, Z. Liao, S. Zhang, Q. Yang, J. Fan // Agricultural Water Management. 2023. Vol. 287. P. 108459.
10. Djaman K., Irmak S., Koudahe K., Allen S. Irrigation Management in Potato (*Solanum tuberosum* L.) Production: A Review // Sustainability. 2021. Vol. 13. Pp. 1-19.
11. Jefferies R. A., Mackerron D. K. L. Aspects of the physiological basis of cultivar differences in yield of potato under droughted and irrigated conditions // Potato Research. 1987. Vol. 30. Pp. 201-217.
12. Nasir M.W., Toth Z. Effect of Drought Stress on Potato Production: A Review // Agronomy. 2022. Vol. 12. P. 635.
13. Shrestha B. et al. Effect of Irrigation and Nitrogen Management on Potato Growth, Yield, and Water and Nitrogen Use Efficiencies / B. Shrestha, B. L. Stringam, M. K. Darapuneni, K. A. Lombard, S. Sanogo, C. Higgins, K. Djaman // Agronomy. 2024. Vol. 14. P. 560.

References

1. Gross harvests and crop yields in the Russian Federation in 2024: bulletin, Part 2. Rosstat. URL: <https://rosstat.gov.ru>.
2. Zhivotkov L. A., Morozova Z. A., Sekatueva L. I. Methodology for identifying the potential productivity and adaptability of varieties and breeding forms of winter wheat in terms of «yield». Breeding and seed production, 1994, no. 2, pp. 3-6.
3. Stashevsky Z. and others. The first results of ecological and geographical testing of new Russian potato varieties. Z. Stashevsky, O.A. Kuzminova, S.G. Vologda, A.T. Gizatulina, E.A. Gimaeva, G.F. Safiullina, S.D. Kiru, A.E. Shabanov, A.D. Safonova, N.I. Polukhin, E.V. Zhuravleva. Agriculture, 2019, no. 6, pp. 43-48.
4. Simakov A.V. Productivity and quality of seed tubers of potato varieties in Western Siberia: a monograph. A.V. Simakov, Yu. P. Loginov, T. V. Simakova. Tyumen: State Agrarian University of the Northern Urals, 2023. 154 p.
5. Lapshinov N. A. Potato yield depending on moisture availability. Achievements of science and technology of the Agroindustrial complex, 2009, no. 3.
6. Minikaev R. V. and others. The formation of potato tuber yields depending on the area of nutrition on gray forest soil in the Republic of Tatarstan. R. V. Minikaev, F. S. Shaikhutdinov, L. M. Egorov, A. R. Sharapova. Agrobiotechnology and digital agriculture, 2024, no. 4, pp. 32-36.
7. Methodology of morphological analysis and assessment of growth anomalies in potato samples. Z. Stashevsky, E.A. Gimaeva, A.T. Gizatullina, S.G. Vologda, O.A. Kuzminova, G.F. Safiullina. Kazan, 2017. 4 p.
8. FAOSTAT: database. URL: <https://www.fao.org>.
9. Cheng M. et al. Effects of irrigation and fertilization regimes on tuber yield, water-nutrient uptake and productivity of potato under drip fertigation in sandy regions of northern China. M. Cheng, H. Wang, F. Zhang, X. Wang, Z. Liao, S. Zhang, Q. Yang, J. Fan. Agricultural Water Management, 2023, vol. 287, p. 108459.

10. Djaman K., Irmak S., Koudahe K., Allen S. Irrigation Management in Potato (*Solanum tuberosum* L.) Production: A Review. *Sustainability*, 2021, vol. 13, pp. 1-19.
11. Jefferies R. A., Mackerron D. K. L. Aspects of the physiological basis of cultivar differences in yield of potato under droughted and irrigated conditions. *Potato Research*, 1987, vol. 30, pp. 201-217.
12. Nasir M.W., Toth Z. Effect of Drought Stress on Potato Production: A Review. *Agronomy*, 2022, vol. 12, p. 635.
13. Shrestha B. et al. Effect of Irrigation and Nitrogen Management on Potato Growth, Yield, and Water and Nitrogen Use Efficiencies. B. Shrestha, B. L. Stringam, M. K. Darapuneni, K. A. Lombard, S. Sanogo, C. Higgins, K. Djaman. *Agronomy*, 2024, vol. 14, p. 560.

Информация об авторах

А.Т. Гизатуллина – старший научный сотрудник отдела сельскохозяйственной биотехнологии;

З. Сташевски – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела сельскохозяйственной биотехнологии;

С.Г. Вологин – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела сельскохозяйственной биотехнологии;

Е.А. Гимаева – старший научный сотрудник отдела сельскохозяйственной биотехнологии.

Information about the authors

A.T. Gizatullina – Senior Researcher at the Department of Agricultural Biotechnology;

Z. Stasevski – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher at the Department of Agricultural Biotechnology;

S.G. Vologin – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher at the Department of Agricultural Biotechnology;

E.A. Gimaeva – Senior Researcher at the Department of Agricultural Biotechnology.

Научная статья

УДК 632.93:632.937.1

DOI: 10.24888/2541-7835-2025-37-3-85-91

ОСНОВНЫЕ ЭНТОМОФАГИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В СОВРЕМЕННЫХ ТЕПЛИЦАХ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ТОМАТА ОТ ВРЕДИТЕЛЕЙ

Гулидова Валентина Андреевна

Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, Липецкая область, Елец, Россия

guli49@yandex.ru

Аннотация. Цель исследования состояла в изучении эффективной защиты томата в закрытом грунте от вредителей для увеличения урожайности, повышения качества продукции и снижения затрат. Исследования были проведены в компании ООО «Елецкие овощи», которая находится в Липецкой области, г. Елец. На двух гибридах Томатжино и Виллакс изучали биологические средства защиты от белокрылки, трипса, тли. В качестве биологических средств защиты – использовали хищного клопа (*Macrolophus pygmaeus*) в количестве 0,2 особи/м², рулонные клеевые ловушки желтые (50 шт/га), специализированного паразита тепличной белокрылки (*Encarsia Formosa*) – 5 особей/м² и почвообитающего хищного клеща (*Hypoaspis miles*) – 100 особей/м². Энтомофагов применяли в фазы томата: всходы, вегетативный рост и цветение. Результаты исследований показали, что наибольшее количество зараженности насекомыми-вредителями наблюдалось в фазу цветения томата. В течение культурооборота на томате Томатжино белокрылка наблюдалась в фазу цветения в количестве 3,8% и в фазу развитие и созревание плодов – 4,7%, а тля – только в фазу цветения – 4,9%. Гибрид Виллакс в наших исследованиях в большей степени поражался белокрылкой, практически в 2 раза в фазу цветения и больше в фазу развития и созревания плодов (5,5 против 4,7%). Комбинация схемы защиты, состоящая из применения полезных энтомофагов: *Macrolophus pygmaeus* в норме расхода 1,25+1,25 особи/м²; *Encarsia Formosa* – 5 особей/м²; *Hypoaspis miles* – 100 особей/м², клеевых ловушек позволяют сдерживать развитие вредителей на минимальном уровне.

Ключевые слова: томат, гибрид, белокрылка, тля, урожайность, вредоносность, энтомофаги

Для цитирования: Гулидова В.А. Основные энтомофаги, используемые в современных теплицах для защиты томата от вредителей // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 3(37). С. 85-91. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-37-3-85-91>.

Original article

THE MAIN ENTOMOPHAGES USED IN MODERN GREENHOUSES TO PROTECT TOMATOES FROM PESTS

Valentina A. Gulidova

Bunin Yelets State University, Lipetsk region, Yelets, Russia

guli49@yandex.ru

Abstract. The purpose of the study was to study the effective protection of tomatoes in the closed ground from pests to increase yields, improve product quality and reduce costs. The research was conducted in the company Yelets Vegetables LLC, which is located in the Lipetsk region, Yelets. Biological means of protection against whiteflies, thrips, and aphids were studied on two Tomatjino and Villax hybrids. As biological means of protection, a predatory bug (*Macrolophus pygmaeus*) in the amount of 0.2 individuals/m², yellow roll adhesive traps (50 pcs/ha), a specialized parasite of the greenhouse whitefly (*Encarsia Formosa*) – 5 individuals/m² and a soil-dwelling predatory mite (*Hypoaspis miles*) – 100 individuals/m² were used. Entomophages were used in the phases of tomato: germination, vegetative growth and flowering. The research results showed that the greatest number of insect pest infestations was observed during the flowering phase of tomatoes. During the crop rotation on Tomatjino tomatoes, whitefly was observed in the flowering phase in the amount of 3.8% and in the fruit development and ripening phase – 4.7%, and aphids – only in the flowering phase – 4.9%. In our studies, the Villax hybrid was more affected by whitefly, almost 2 times during the flowering phase and more during the phase of fruit development and maturation (5.5 vs. 4.7%). A

combination of a protection scheme consisting of the use of useful entomophages: *Macrolophus pygmaeus* at a consumption rate of 1.25+1.25 individuals / m²; *Encarsia Formosa* – 5 individuals / m²; *Hypoaspis miles* – 100 individuals / m², adhesive traps can restrain the development of pests at a minimum level.

Keywords: tomato, hybrid, whitefly, aphid, yield, harmfulness, entomophages

For citation: Gulidova V.A. The main entomophages used in modern greenhouses to protect tomatoes from pests. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2025, no. 3(37), pp. 85-91. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-37-3-85-91>.

Введение

Овощеводство является одной из ведущих отраслей сельского хозяйства, которая стремительно развивается в последнее время [5,10]. Среди овощных культур, выращиваемых в закрытом грунте в зимне-весенний период наиболее распространены огурец и томаты [4,7,8,12,13]. Но в последние годы в структуре производства продукции закрытого грунта наблюдается плавное снижение доли тепличных огурцов за счет увеличения производства томатов. Россия находится в мире на 6 месте по площадям и на 12 - по производству томатов. Доля защищенного грунта в площадях производства томатов пока недостаточная. Из 1,8 тысячи гектаров промышленных теплиц на томаты приходится 15-20% площади в зимне-весеннем обороте и 70-80% в летне-осеннем обороте [3,11].

Плавный рост производства томатов в российских теплицах, позволил уже в 2023 году сократить до рекордно низкого уровня импорт томатов. Импорт составил 365 тыс. тонн, сократившись на 1/3 по сравнению с уровнем пятилетней давности. Самообеспеченность томатом растет, но до пороговых значений еще далеко. Основным поставщиком импортной продукции томатов является Азербайджан, на долю которого приходится до 35% ввозимой продукции. Так же в последние годы все более активно экспортирует в нашу страну томаты Турция, которая после объявления санкций в 2015 году старается вернуть былую позицию. Доля турецких томатов в общем объеме на столах российских потребителей составляет порядка 14%.

Одной из распространенных проблем при выращивании культур — является быстрое появление устойчивых популяций вредных организмов к препаратам, что существенно снижает урожай и качество выращиваемой продукции. В условиях защищенного грунта создаётся наиболее благоприятная среда для питания и развития популяций вредных организмов. При постоянном наличии кормовых растений, оптимальном гидро-температурном режиме, отсутствии естественных факторов регуляции численности, насекомые-вредители размножаются в таком количестве, что могут полностью уничтожить выращенную продукцию.

Разработка эффективных методов защиты растений от колюще-сосущих вредителей всегда была актуальна. Особенно остро стоит эта проблема в защищенном грунте, где активно внедряются новые сорта и гибриды, осваиваются новые технологии выращивания культур, расширяется их ассортимент.

Цель исследования – изучение эффективной защиты томата в закрытом грунте от вредителей для увеличения урожайности, повышения качества продукции и снижения затрат.

Материалы и методы исследований

Исследования были проведены в компании ООО «Елецкие овощи». Компания «Елецкие овощи» находится в Липецкой области, г. Елец. В настоящее время площадь теплиц составляет 65 га, валовый сбор овощей составляет до 80 тыс. тонн в год. Специализацией организации является выращивание томата, огурца и салата.

Объектами исследований были два гибрида томата – Томатжино и Виллакс и биологические средства защиты этих гибридов от комплекса вредителей. Схема опыта представлена в табл.1. Для защиты томата от белокрылки, трипса, тли, применяли биологические средства защиты – хищный клоп (*Macrolophus pygmaeus*) в количестве 0,2 особи/м², рулонные ловушки желтые (50 шт/га), специализированный паразит тепличной белокрылки (*Encarsia Formosa*) - 5 особей/м², почвообитающий хищный клещ (*Hypoaspis miles*) - 100 особей/м². Если вышеуказанные биоагенты не справлялись с белокрылкой, тлями и трипсами, то предусмот-

ривалось использовать инсектицид Теппеки (500 г/кг флониамида), ВДГ в норме расхода 350-400 г/га в фазу цветения томата.

Таблица 1. Схема опыта

Фаза развития томата	Препараты и энтомофаги	Норма внесения	Целевой объект
Всходы	<i>Macrolophus pygmaeus</i>	0,2 особи/м ²	Белокрылка, трипс, комарик
	Рулонные ловушки желтые (15 см x100м)	50 шт/га	Белокрылка, трипс, листовые комарики
Вегетативный рост	Рулонные ловушки желтые (15 см x100м)	50 шт/га	Белокрылка, трипс, листовые комарики
Цветение	<i>Macrolophus pygmaeus</i>	1,25+1,25 особи/м ²	Белокрылка, трипс, комарик
	<i>Encarsia Formosa</i>	5 особ/м ²	Белокрылка, томатный трипс, грибные комарики
	<i>Hyposaspis miles</i>	100 особ/м ²	
	<i>Bombus Terestris</i>	3,4ул/неделю га	Опыление

Агротехника томата в закрытом грунте заключалась в следующем. Высев семян в кассеты с минеральной ватой проводился в начале августа в расчёте на 880 растений на одном ряду. Когда растения образуют устойчивый стебель, происходила прививка [6,9,10]. К привою (дикому растению) прививали подвой (сортовое растение), далее происходила пикировка в кубики из минеральной ваты. Также проводили клипсование растений и устанавливали специальные деревянные подпорки. Через 3-4 недели после посева растения из рассадного отделения перевозили в основные теплицы. В фазу всходов томата и в фазу цветения вносили *Sitotroga cerealella* 100 г/га в качестве корма для *Macrolophus pygmaeus*.

Для лучшего опыления и завязываемости плодов томата выставляли *Bombus Terestris* 3,4 улья/неделю га два раза в фазы цветения, развития и созревания плодов. Шмелей для опыления применяют все российские тепличные комбинаты, которые выращивают томаты.

Результаты исследований и их обсуждение

В теплицах комбината ООО «Елецкие овощи» основной вред томатам наносят тепличная белокрылка (*Trialeurodes vaporariorum*), бахчевая тля (*Aphis frangulae gossypii*), персиковая тля (*Myzus persicae*), табачный трипс (*Thrips tabaci*) и паутинный клещ (*Tetranychus urticae*). Помимо снижения продуктивности и качества продукции многие насекомые являются переносчиками заболеваний, вызываемых вирусами [1]. В настоящее время в ООО «Елецкие овощи» против этих вредителей используют хищных насекомых. Хищные энтомофаги представляют собой устойчивую и экологически безопасную альтернативу химическим пестицидам. Важным фактором является также то, что к хищным насекомым у вредителей не вырабатывается резистентность [2].

Хищный клоп (*Macrolophus pygmaeus*) - небольшое насекомое (2-11 мм) с удлинённым телом зеленого цвета. Спектр кормовых насекомых его широк - это тепличная и табачная белокрылки, паутинные клещи, западно-цветочный трипс, табачный трипс, совки.

Цикл развития этого энтомофага состоит из 4 стадии: яйцо, личинка (проходит 5 нимфальных стадий развития), нимфа, имаго (табл.2).

Таблица 2. Фенология развития *Macrolophus pygmaeus* для контроля вредителей в закрытом грунте, в сутках

Превращение	Неполное
Полный цикл развития	14-35 суток (в среднем 21)
Яйцо (эмбрион)	10,6 суток при температуре 30°C; 36,9 суток при температуре 15°C
Нимфа (5 стадий)	18-25 суток
Имаго	Женская особь 71 суток (в среднем 30 суток) Мужская особь 27-30 суток

Питается *Macrolophus pygmaeus* мелкими членистоногими, но любимым кормом является белокрылка. Более активными считаются нимфы 4-5 возрастов, имаго немного менее активны в питании. За одни сутки особь может уничтожить около 30 личинок белокрылки или 40 тлей. За жизненный цикл одна особь способна уничтожить около 3500 яиц или 2500 личинок тепличной белокрылки (*Trialeurodes vaporariorum*). Продолжительность развития одной генерации 37–43 дня.

Второй специализированный паразит тепличной белокрылки - *Encarsia formosa*. Это мелкое хищное насекомое из отряда перепончатокрылых, оно паразитирует на 15 видах вредителей. В своих опытах *Encarsia formosa* использовали для контроля тепличной и табачной белокрылки. Размножается фитофаг партеногенезом.

Голова и грудь у самки *Encarsia formosa* чёрного цвета, а живот жёлтого. Самцы полностью чёрные. Энкарзии откладывают яйца непосредственно внутрь белокрылки, когда та является нимфой или куколкой. Затем из яйца выходит личинка наездника, которая питается внутри жертвы и вызывает её гибель. Окукливание так же происходит внутри зараженной нимфы. Через некоторое время, а именно, несколько дней появляется взрослая оса. Почти все они самки. Развитие от яйца до имаго может составлять от 31 дня при температуре 18° С и от 10 дней при 30° С. Если температура ниже 10° С или выше 38° С, то это может привести к гибели личинок ос. Имаго *Encarsia formosa* живут примерно 15-39 дней и за это время откладывают до 300 яиц (табл.3). Нормы внесения паразитоида зависят от культуры, однако, в общем, это 1 особь на 1м² еженедельно.

Таблица 3. Фенология развития *Encarsia formosa* для контроля вредителей в закрытом грунте, в сутках

Превращение	Полное
Полный цикл развития	32 суток при температуре 16°C; 15 суток при температуре 26°C
Яйцо (эмбрион)	2-3 суток
Личинка	Около 7 суток
Куколка	8 суток
Имаго	15-39 суток (в среднем 12 суток)

Почвообитающий хищный клещ *Stratiolaelaps scimitus*, также известен под научным названием *Hypoaspis miles*, используют во многих сельскохозяйственных предприятиях в теплицах и на большом количестве культур: овощных, цветочно-декоративных, плодово-ягодных, грибном производстве. Это почвенный хищный клещ уничтожает личинок щитовок (грибных комариков), трипсов и других почвенных насекомых. Клещи обитают в почве и на почве, а также у основания стеблей растений томата.

Клещ – мелкое насекомое (0,8-1 мм), овальной формы, коричневой окраски. Плодовитость самок около 100-200 яиц. Жизненный цикл *Hypoaspis miles* состоит из 5 стадий: яйцо, личинка, протонимфа, дейтонимфа, взрослая особь. Яйца у фитофага овальной формы, которые самка откладывает в почвенный субстрат. Личинки шестиногие, могут переходить в следующую стадию без развития и питания. Протонимфы и дейтонимфы восьминогие, тёмно-коричневого или чёрного цвета. Оптимальной температурой для хищника считается 25°C, при ней смертность нимф минимальная, а при увеличении температуры до 30°C или уменьшении до 15°C смертность молодняка возрастает в 8-17 раз. Скорость развития *Hypoaspis miles* зависит от температуры (табл.4).

Таблица 4. Влияние температуры на скорость развития *Hypoaspis miles*, в сутках

t, °C	Яйцо	Личинка	Нимфа	От яйца до самки
+15	11,9	3,1	18,6	33,7
+20	5,9	1,9	9,7	17,5
+24	4,0	1,0	9,7	11,4
+28	3,1	1,0	5,5	9,2

В результате применения хищных фитофагов для защиты томата отмечаем, что за весь культурооборот были диагностированы такие вредители как тепличная белокрылка и тля. Основная масса вредителей находилась на нижней стороне листа, что затрудняло опрыскивание растений (рис.1).



Рисунок 1. Белокрылка на нижней стороне листа томата

В результате мониторинга, который проводился по верхушкам растений с помощью специального приспособления-подъёмника, вредителей в течение культурооборота на томате гибрида Томатжино было немного. Белокрылка наблюдалась только в фазу цветения (3,8%) и в фазу развитие и созревание плодов (4,7%), а тля только в фазу цветения (4,9%). На томате гибрида Виллакс были аналогичные вредители. Этот гибрид в большей степени был заселён белокрылкой в фазу цветения в 2 раза и в фазу развитие и созревание плодов - на 0,8%. (5,5%). А тля на этом гибриде была отмечена только в фазу цветения и в меньшей степени, чем на гибриде Томатжино на 1,1% (табл.5). По всей видимости, это связано с большей концентрацией сахарозы в клеточном соке этого гибрида Томатжино.

В фазы томата – укоренения проростков и вегетативный рост - вредителей с колюще-сосущим ротовым аппаратом на обоих гибридах не отмечалось. Очень хорошо работали полезные энтомофаги: *Macrolophus pygmaeus* в норме расхода 1,25+1,25 особи/м²; *Encarsia Formosa* – 5 особ/м²; *Hypoaspis miles* – 100 особ/м².

Заселенность гибридов томата вредителями сказалась на их урожайности. Валовая урожайность томата гибрида Томатжино имела колебания в интервале 0,3924-1,1517кг/м², гибрида Виллакс от 0,3621 до 0,9847 кг/м². Уровень рентабельности выше на гибриде Томатжино (26%), чем на Виллаксе (30%).

Таблица 5. Количество вредителей на томате после применения энтомофагов, (%)

Вредители	Фаза развития томата			
	укоренение проростков	вегетативный рост	цветение	развитие и созревание плодов
Гибрид Томатжино				
Белокрылка	-	-	3,8	4,7
Тля	-	-	4,9	-
Гибрид Виллакс				
Белокрылка			7,6	5,5
Тля			3,8	-

Выводы

1. Гибрид Томатжино меньше поражается вредителями, в сравнении с Виллаксом. Наибольшее количество зараженности насекомыми-вредителями наблюдалось в фазу цветения. В течение культурооборота на томате гибрида Томатжино вредители, а именно, белокрылка, наблюдалась в фазу цветения (3,8%) и в фазу развитие и созревание плодов (4,7%), а тля - только в фазу цветения (4,9%). На томате гибрида Виллакс белокрылка наблюдалась в фазу цветения (7,6%) и в фазу развитие и созревание плодов (5,5%) а тля только в фазу цветения (3,8 %).

2. Комбинация схемы защиты, состоящая из применения полезных энтомофагов: *Macrolophus pygmaeus* в норме расхода 1,25+1,25 особи/м²; *Encarsia Formosa* – 5 особ/м²; *Hypoaspis miles* – 100 особ/м², клеевых ловушек позволяют сдерживать развитие вредителей на минимальном уровне.

Список источников

1. Батыгин А. С. Основные фитопатогенные вирусы // Гавриш. 2022. № 4. С. 39.
2. Биологическая защита растений / М. В. Штерншис, Ф. С.-У. Джалилов, И. В. Андреева, О. Г. Томилова / Под ред. М. В. Штерншис. Москва: КолосС, 2004. 264 с.
3. Бутов И.С. Объем рынка и потребление томатов в России // Картофель и овощи. 2024. №1. С. 12-16.
4. Гавриш С.Ф. Томаты. Москва: Вече, 2005. 160 с.
5. Гиш Р.А. Овощеводство защищенного грунта. Краснодар: ИП Профатилов, 2018. 464 с.
6. Еременко И.Е. Технологический прием прививки в регулировании эффективного выращивания томата при возделывании малообъемным способом в условиях защищенного грунта: автореф. дис. ... на соискание уч. степени к.-х. наук. Волгоград, 2011. 20 с.
7. К вопросу об организации предприятий круглогодичного производства овощей в районах с экстремальными природными условиями / В.Л. Судаков, О.Р. Удалова, Л.М. Аникина, А.К. Виличко, Д.В. Шибанов // Агрофизика. 2013. № 2 (10). С.37-43.

8. Осипова Г.С. Овощеводство защищенного грунта. Санкт-Петербург: Проспект Науки, 2010. 288с
9. Пуць Н.М. Инновационные агроприемы выращивания томата для зимних теплиц // Сельскохозяйственные вести. 2018. № 2 (113). С. 32-34.
10. Пуць Н.М., Снежкова Н.А. Инновационные агроприемы в зимних теплицах // Известия Санкт-Петербургского ГАУ. 2021. № 1(162). С. 36-42.
11. Решетникова Т. Исследования компании «Технологии Роста» Российского рынка томатов. 2013. № 1.
12. Gulidova V.A., Shchuchka R.V., Zakharov V.L., Popov Yu.V., Sotnikov B.A. The quality of cucumber (*Cucumis sativus* L.) products depending on the fruiting period and the sowing period in closed ground // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2025. Vol.17. No. 2.
13. Shchuchka R.V., Gulidova V.A., Zubkova T.V., Dubrovina O.A., Zakharov V.L. Entomophages in the cucumber plant protection system // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2024. Vol. 16. No. 5. Pp.204-220.

References

1. Batygin A. S. The main phytopathogenic viruses. Gavrish, 2022, no. 4, p. 39.
2. Biological protection of plants. M. V. Sternshis, F. S.-U. Jalilov, I. V. Andreeva, O. G. Tomilova. Edited by M. V. Sternshis. Moscow: KolosS Publ., 2004. 264 p.
3. Butov I.S. The volume of the market and consumption of tomatoes in Russia. Potatoes and vegetables, 2024, no. 1, pp. 12-16.
4. Gavrish S.F. Tomatoes. Moscow: Veche Publ., 2005. 160 p.
5. Gish R.A. Vegetable growing of protected soil. Krasnodar: IP Profatilov Publ, 2018. 464 p.
6. Eremenko I.E. The technological method of vaccination in regulating the effective cultivation of tomatoes during low-volume cultivation in protected soil conditions: abstract of the dissertation. ... for the degree of Candidate of Chemical Sciences. Volgograd, 2011. 20 p.
7. On the issue of organizing year-round vegetable production enterprises in areas with extreme natural conditions. V.L. Sudakov, O.R. Udalova, L.M. Anikina, A.K. Vilichko, D.V. Shibarov. Agrophysics, 2013, no. 2 (10), pp.37-43.
8. Osipova G.S. Protected soil vegetable growing. Saint Petersburg: Sciences Avenue, 2010. 288 p.
9. Putz N.M. Innovative agricultural methods of tomato cultivation for winter greenhouses. Agricultural news, 2018, no. 2 (113), pp. 32-34.
10. Puts N.M., Snezhkova N.A. Innovative agricultural practices in winter greenhouses. News St. Petersburg State Agrarian University, 2021, no. 1(162), pp. 36-42.
11. Reshetnikova T. Research of the company «Growth Technologies» of the Russian tomato market, 2013, no. 1.
12. Gulidova V.A., Shchuchka R.V., Zakharov V.L., Popov Yu.V., Sotnikov B.A. The quality of cucumber (*Cucumis sativus* L.) products depending on the fruiting period and the sowing period in closed ground. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2025, vol.17, no. 2.
13. Shchuchka R.V., Gulidova V.A., Zubkova T.V., Dubrovina O.A., Zakharov V.L. Entomophages in the cucumber plant protection system. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2024, vol. 16, no. 5, pp.204-220.

Информация об авторе

В.А. Гулидова – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры агротехнологий, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции.

Information about the author

V.A. Gulidova – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Agrotechnology, Storage and Processing of Agricultural Products.

Научная статья

УДК 632.954+631.95

DOI: 10.24888/2541-7835-2025-37-3-92-98

ВОЗДЕЙСТВИЕ ГЕРБИЦИДА, СОДЕРЖАЩЕГО ГЛИФОСАТ, НА ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РУКОЛЫ

Ленкиевич Анна Владимировна

Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, Липецкая область, Елец, Россия

lenkshevich@mail.ru

Аннотация. Целью исследования было определение диагностических показателей, по которым можно было бы судить о воздействии глифосатсодержащих гербицидов на функциональные показатели роста и развития культурных растений на примере руколы. Для подопытных образцов, выращенных на разных типах почв, были определены длина и масса побегов, содержание воды, водоудерживающая способность и содержание красящих пигментов. Показатели образцов, подвергавшихся воздействию препарата, отличались от показателей контрольных образцов таким образом, что можно было сделать выводы о негативных последствиях внесения гербицида. Особенно отчетливо сформировалась зависимость водоудерживающей способности растений от присутствия гербицида в почве. Содержание воды было больше в среднем на 4,4% в образцах подвергавшихся воздействию глифосата, но их водоудерживающая способность при этом оказалась ниже на 3,6%, чем у контрольных образцов. Менее очевидно сказалось влияние гербицида на размер и массу растений. По содержанию пигментов сложно сделать однозначные выводы, требуются дальнейшие исследования. Тип почвы так же оказывает влияние на устойчивость растений к воздействию гербицида. Наиболее плодородными оказались образцы чернозёма оподзоленного, отобранные из яблоневого сада 1986 года закладки.

Ключевые слова: рукола, глифосат, чернозём оподзоленный, чернозём выщелоченный.

Для цитирования: Ленкиевич А.В. Воздействие гербицида, содержащего глифосат, на функциональные показатели руколы // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 3(37). С. 92-98. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-37-3-92-98>.

Original article

THE EFFECTS OF A GLYPHOSATE-CONTAINING HERBICIDE ON THE FUNCTIONAL PARAMETERS OF ARUGULA

Anna V. Lenkshevich

Bunin Yelets State University, Lipetsk region, Yelets, Russia

lenkshevich@mail.ru

Abstract. The aim of the study was to determine diagnostic indicators by which it would be possible to judge the effect of glyphosate-containing herbicides on the functional indicators of growth and development of cultivated plants using the example of arugula. The length and mass of shoots, water content, water retention capacity and the content of coloring pigments were determined for experimental samples grown on different types of soils. The indicators of the samples exposed to the drug differed from those of the control samples in such a way that it was possible to draw conclusions about the negative consequences of applying the herbicide. The dependence of the water-retaining ability of plants on the presence of the herbicide in the soil has become especially pronounced. The water content was 4.4% higher on average in the samples exposed to glyphosate, but their water retention capacity was 3.6% lower than in the control samples. The effect of the herbicide on the size and weight of plants was less obvious. It is difficult to draw clear conclusions about the pigment content, and further research is required. The type of soil also affects the resistance of plants to the effects of the herbicide. The most fertile were samples of podzolized black soil, taken from an apple orchard in 1986.

Keywords: arugula, glyphosate, podzolized black soil, leached black soil.

For citation: Lenkshevich A.V. The effects of a glyphosate-containing herbicide on the functional parameters of arugula. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2025, no. 3(37), pp. 92-98. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-37-3-92-98>.

Введение

Глифосат - самый распространённый гербицид для борьбы с сорняками, занимает первое место в мире по объёмам производства, широко применяется в РФ.

Для оценки его влияния на культурные растения производится выявление важнейших диагностических показателей роста и развития культур.

Одним из таких показателей является содержание воды в растении – общее количество воды, содержащейся в его тканях, выражается в процентах от общей массы растения. Это важный параметр, определяющий физиологическое состояние растения и его способность к нормальной жизнедеятельности. Содержание воды в растении может меняться в зависимости от внешних факторов, таких как влажность почвы и воздуха, а также от физиологического состояния самого растения. Наряду с общим содержанием воды для растений определяют так же водоудерживающую способность. Это свойство растений сохранять определенное количество воды в клетках, тканях и органах, которое зависит от сорта, фаз онтогенеза, условий произрастания и др. [6, 9, 12]. Водоудерживающая способность клеток зависит от условий выращивания растений. В частности, большое влияние оказывают условия питания. При оптимальных условиях водоудерживающая способность возрастает. Таким образом водоудерживающая способность является важным диагностическим показателем [3, 11].

Он определяется с целью выявления оптимальных показателей окружающей среды для культивирования растений, определения их жароустойчивости и засухоустойчивости. Однако, исследований влияния глифосата на содержание воды и водоудерживающую способность растений ранее не производилось [2, 5].

В растениях содержится множество красящих пигментов, которые отвечают за окраску различных частей растения, таких как листья, цветы, плоды и корни. Наиболее важными классами растительных пигментов являются хлорофиллы, каротиноиды и флавоноиды [8]. Содержание красящих пигментов также является важным диагностическим показателем, так как существуют исследования подтверждающие, что в комфортных условиях при отсутствии источников загрязнения растения способны накапливать максимальное количество пигментов [4].

Цель исследования – определение диагностических показателей, по которым можно было бы судить о воздействии глифосатсодержащих гербицидов на функциональные показатели роста и развития культурных растений на примере руколы.

Материалы и методы исследований

Объектами исследований являлись побеги и листья культурного однолетнего травянистого растения рукола торговой марки «Диковина». Рукола была выбрана для эксперимента в связи с коротким циклом вегетативного развития. Это небольшое растение с серовато-зелёными ажурными листьями семейства Капустные, также известное как индау, молодые листья и семена которого используют для приготовления различных блюд, а так же в медицинских целях.

Все исследования были выполнены на базе лаборатории кафедры «Агротехнологий, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина в 2024-2025 гг.

Для посева растений использовалась почва гумусового горизонта, собранная в садах СПССПК «Тимирязевский» Долгоруковского района Липецкой области следующих типов:

- чернозём выщелоченный из вишнёвого сада 2020 года закладки с приствольной полосы;
- чернозём выщелоченный из вишнёвого сада 2020 года с междурядий;
- чернозём выщелоченный с посадки земляники;
- чернозём оподзоленный из яблоневого сада 1972 года закладки с приствольной полосы;

- чернозём оподзоленный из яблоневого сада 1986 года закладки с приствольной полосы;
- чернозём оподзоленный из яблоневого сада подвоя 2021 года сорта Лобо с междурядья;
- чернозём оподзоленный из яблоневого сада подвоя 2021 года сорта Лобо с приствольной полосы.

Для посадки растений использовалось 14 порций чернозёма по 380 грамм. Ёмкости с руколой были помещены под специализированные лампы для рассады и цветения ULI-P20-18W/SPSB IP40 WHITE COMPLEMENT.

Для обработки применялся водный раствор гербицида торговой марки «Раундап» с концентрацией рекомендованной в справочнике пестицидов и агрохимикатов: 6 л концентрата на 1 Га поверхности [10].

Гербицид был внесён исключительно на почву на 18-й день после посева, не затрагивая стебли и листья.

Все экспериментальные измерения массы и длины образцов были произведены на седьмой день после внесения гербицида.

Взвешивание производилось на лабораторных весах марки ACF-3000.1 LCD «Accurate».

Общее содержание воды в побегах руколы было определено гравиметрическим методом (определение потери массы при сушке) [7].

Для оценки водоудерживающей способности использовалась методика основанная на учете потери воды завядающими листьями по Арланду. Данная методика позволяет оценить водоудерживающие силы, обусловленные в основном содержанием в клетках осмотически активных веществ и способностью коллоидов к набуханию, используется на различных культурах (зерновых, овощных, плодовых) [1, 11].

По результатам измерений провели расчеты промежуточных показателей и водоудерживающей способности [11].

Для образцов было определено содержание хлорофилла А, хлорофилла В, каротина методом фотометрии.

Статистическую обработку результатов исследования и математические вычисления проводили с помощью программы Excel.

Результаты исследований и их обсуждение

Результаты измерений длины и массы побегов руколы выращенных на разных типах почвы представлены в таблице 1.

Таблица 1. Длина и масса побегов индау (руколы) сорта Диковина

Тип почвы, культура, год закладки сада и зона отбора	длина min, мм	длина max, мм	масса, г	длина min, мм	длина max, мм	масса, г
	обработано гербицидом			контроль		
Чернозём оподзоленный, яблоня, 2021 г., междурядье	35	65	0,47	45	90	0,98
Чернозём оподзоленный, яблоня, 2021 г., приствольная полоса	34	38	0,19	35	47	0,34
Чернозём оподзоленный, яблоня, 1972 г., приствольная полоса	12	50	1,49	20	55	1,24
Чернозём оподзоленный, яблоня, 1986 г., приствольная полоса	30	65	2,43	13	55	1,95
Чернозём выщелоченный, 2021 г. земляника	25	50	0,51	36	60	0,71
Чернозём выщелоченный, вишня, 2020 г., междурядье	25	55	0,5	40	65	0,9
Чернозём выщелоченный, вишня, 2020 г., приствольная полоса	35	55	0,86	30	60	1,09

Для шести образцов из семи показатели массы и длины контрольного образца уступают аналогичным показателям образца выращенного на почве обработанной гербицидом. Максимальные показатели массы были выявлены у образцов выращенных на почвах яблоневого сада 1986 года закладки (2,43 г. и 1,95 г.). Минимальная масса побегов составила 0,19 г и была выявлена у образца выращенного на чернозёме оподзоленном с приствольной полосы яблони Лобо (обработано гербицидом).

Максимальная длина побега зафиксирована у контрольного образца, выращенного на почве яблоневого сада сорта Лобо и составила 90 мм. Минимальная длина побега составила 12 мм и была зафиксирована у образца выросшего на чернозёме оподзоленном с приствольной полосы яблоневого сада 1972 г. закладки (обработано гербицидом).

Результаты измерения содержания воды в побегах руколы представлены в таблице 2.

Таблица 2. Содержание воды в побегах индау (руколы) сорта Диковина

Тип почвы, культура, год закладки сада и зона отбора	Содержание воды, %	
	обработано гербицидом	контроль
Чернозём оподзоленный, яблоня, 2021 г., междурядье	83,10	88,88
Чернозём оподзоленный, яблоня, 2021 г., приствольная полоса	94,99	90,51
Чернозём оподзоленный, яблоня, 1972 г., приствольная полоса	86,72	86,52
Чернозём оподзоленный, яблоня, 1986 г., приствольная полоса	83,82	85,48
Чернозём выщелоченный, 2021 г. земляника	83,13	76,15
Чернозём выщелоченный, вишня, 2020 г., междурядье	93,24	84,24
Чернозём выщелоченный, вишня, 2020 г., приствольная полоса	90,38	88,84

Содержание воды больше в образцах выращенных на обработанной гербицидом почве для пяти образцов из семи. Максимальное содержание воды было выявлено у образца обработанного глифосатом, выращенного на чернозёме оподзоленном, собранном в приствольной полосе яблонь сорта Лобо (подвой 2021г). А минимальное содержание воды наблюдалось у контрольного образца, выращенного на чернозёме выщелоченном, собранном с посадки земляники. Следует заметить, что у большинства образцов содержание воды меньше, чем свойственно данному растению. В среднем нормальное содержание воды составляет порядка 91 - 92%.

Результаты вычисления водоудерживающей способности представлены в таблице 3.

Таблица 3. Водоудерживающая способность листьев индау (руколы) сорта Диковина

Тип почвы	Водоудерживающая способность, %	
	обработано гербицидом	контроль
Чернозём оподзоленный, яблоня, 2021 г., междурядье	82,97	83,67
Чернозём оподзоленный, яблоня, 2021 г., приствольная полоса	84,21	88,23
Чернозём оподзоленный, яблоня, 1972 г., приствольная полоса	82,55	86,08
Чернозём оподзоленный, яблоня, 1986 г., приствольная полоса	88,06	89,89
Чернозём выщелоченный, 2021 г. земляника	85,88	86,91
Чернозём выщелоченный, вишня, 2020 г., междурядье	79,21	75,75
Чернозём выщелоченный, вишня, 2020 г., приствольная полоса	72,09	82,38

Водоудерживающая способность лучше у не подвергавшихся влиянию гербицида растений для шести пар образцов из семи.

Наибольшей водоудерживающей способностью обладали растения выращенные на образцах грунта чернозём оподзоленный из яблоневого сада 1986 года закладки собранных с

приствольной полосы, и составила 89,89% у контрольного образца и 88,06% у опытного. Наименьшая водоудерживающая способность была выявлена у растений выращенных на образцах грунта чернозём выщелоченного из вишнёвого сада 2020 года закладки с приствольной полосы и составила 82,38% у контрольного образца и 72,09% у опытного.

Результаты измерения содержания пигментов представлены в таблице 4.

Таблица 4. Содержание пигментов в листьях индау (руколы) «Диковина»

Место отбора почвы: культура, тип почвы, год закладки сада и зона	Хлорофилл А, мг%	Хлорофилл В, мг%	Каротин, мг%	Сумма пигментов, мг%
Чернозём оподзоленный, яблоня, 2021 г., между- рядье	78,8	20,7	38,2	137,7
Чернозём оподзоленный, яблоня, 2021 г, между- рядье, контроль	94,5	32,6	29,0	156,1
Чернозём оподзоленный, яблоня, 2021 г. приствольная полоса	89,7	26,6	32,5	148,8
Чернозём оподзоленный, яблоня, 2021 г. при- ствольная полоса, контроль	76,6	21,5	26,6	124,7
Чернозём оподзоленный, яблоня, 1972 г., при- ствольная полоса	94,3	24,7	31,1	150,2
Чернозём оподзоленный, яблоня, 1972 г., при- ствольная полоса, контроль	58,4	15,7	21,3	95,4
Чернозём оподзоленный, яблоня, 1986 г., при- ствольная полоса	88,6	23,6	29,4	141,7
Чернозём оподзоленный, яблоня. 1986 г., при- ствольная полоса, контроль	58,2	17,5	20,2	95,8
Чернозём выщелоченный, земляника, 2021 г.	65,0	17,5	24,3	106,8
Чернозём выщелоченный, земляника, 2021 г., контроль	70,7	19,3	22,0	112,0
Чернозём выщелоченный, вишня, 2020 г., меж- дурядье	99,0	24,9	22,1	145,9
Чернозём выщелоченный, вишня, 2020 г., меж- дурядье, контроль	124,4	32,9	44,8	202,1
Чернозём оподзоленный, вишня, 2020 г., при- ствольная полоса	55,1	16,0	14,9	86,0
Чернозём оподзоленный, вишня, 2020 г., при- ствольная полоса, контроль	72,2	20,3	26,7	119,2

Содержание каротина А, каротина В и суммарные значения красящих пигментов оказались выше в листьях растений не подвергавшихся воздействию глифосата для четырёх пар образцов из семи.

Содержание каротина выше в растениях произраставших на почве обработанной гербицидом для пяти пар образцов из семи. Можно предположить, что глифосат способствует накоплению кератина, что оказывает влияние на окраску растений.

Выводы

1. Глифосатсодержащий гербицид проникает в корневую систему из почвы и отрицательно влияет на размеры и массу растений, замедляя их рост.
2. Содержание воды в среднем на 4,4% больше у образцов подвергшихся воздействию химиката по сравнению с контрольными образцами. Под воздействием гербицида растение накапливает воду, но вместе с тем, не способно её удержать.
3. В шести случаях из семи водоудерживающая способность контрольных образцов, не испытывавших на себе пагубное влияние гербицида, оказалась выше, чем у образцов обработанных глифосатом в среднем на 3,6%.

4. Масса побегов и водоудерживающая способность оказались выше у образцов выращенных на почвах яблоневых садов, чем у образцов, выращенных на почвах вишнёвых садов. Можно сделать вывод, что почва яблоневых садов 1986 года закладки обладает наилучшей устойчивостью к негативному воздействию химиката по сравнению с другими типами почв в рамках эксперимента. Иначе говоря, в ней более эффективно протекает деструкция глифосата.

5. По результатам измерения содержания хлорофилла А, хлорофилла В, каротина и суммарного количества красящих пигментов сложно сделать однозначный вывод о влиянии обработки почвы глифосатом на эти показатели, так как нет явного преобладания по образцам. Для установления зависимости требуются дальнейшие изыскания в этой области.

6. Гербицид и его производные активны в почве и способны проникать в побеги через корневую систему травянистого культурного растения и воздействовать на него ухудшая его функциональные показатели. Особенно чётко прослеживается зависимость водоудерживающей способности растений от присутствия гербицида в почве. Немного менее очевидно сказывается влияние гербицида на содержание воды, размер и массу растений. Для выявления зависимости количества красящих пигментов от воздействия глифосата необходимы дополнительные исследования.

Список источников

1. Власова Е.В., Охотникова М.А. Оценка водоудерживающей способности листьев у образцов *Lupinus Angustifolius* L. // Аграрный вестник Верхневолжья. 2019. № 1 (26). С.27-30.
2. Евдокименкова М. И. и др. Изменение водоудерживающей способности степных растений в зависимости от орографических условий / М. И. Евдокименкова, Л. Г. Смирнова, А. А. Кувшинова, А. В. Гринева, Д. С. Тычинин // Степи Северной Евразии: материалы X международного симпозиума. 2024. № 10. С. 409-414.
3. Жибоедов П.М. Адаптация растений к условиям Крайнего Севера и разработка методов диагностики на зимостойкость. Исследования по физиологии растений в Заполярье. Апатиты: Изд-во Кольского филиала АН СССР. 1975. С. 51-68.
4. Зубкова Т.В., Масина Т.А. Влияние экологических условий выращивания на фотосинтетический потенциал декоративных растений // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. 2021. №1.
5. Исследование водоудерживающей способности *Catalpa speciosa* в условиях городов Караганды и Жезказгана / С.У. Тлеукенова, Е.А. Гаврилькова, А.Н. Мадиева, А.Н. Матвеев, А.К. Айтимов // Серия «Биология. Медицина. География». 2022. №4 (108). С. 132-139.
6. Кожушко Н.Н. Изучение засухоустойчивости мирового генофонда яровой пшеницы для селекционных целей: методические указания. Ленинград: ВНИИ растениеводства, 1991. 92 с.
7. Кузнецов В. В., Дмитриева Г. А. Физиология растений В 2 Т. Т 1, 4-е изд., пер. и доп. Учебник для академического бакалавриата. Москва: Издательство Юрайт. 2019. 437 с.
8. Мирзорохимов К.К. Химический состав природных красящих веществ, выделенных из растений // Вестник педагогического университета (Естественных наук). 2021. №3-4 (11-12).
9. Самуилов Ф.Д., Мухитов Л.А. Водный режим и водопотребление сортов яровой мягкой пшеницы различных экологических групп в контрастных условиях водообеспеченности // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2012. № 5. С. 10-13.
10. Справочник пестицидов и агрохимикатов, разрешённых к применению на территории Российской Федерации. Москва, 2023. Агрорус. 891 с.
11. Третьяков Н.Н., Карнаухова Т.В., Паничкин Л.А. Практикум по физиологии растений. 3-е изд., перераб. и доп. Москва: Агропромиздат, 1990. 271 с.
12. Федулов Ю.П., Котляров В.В., Доценко К.А. Устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды: учебное пособие. Краснодар: КубГАУ, 2015. 64 с.

References

1. Vlasova E.V., Okhotnikova M.A. Assessment of the water retention capacity of leaves in specimens of *Lupinus Angustifolius* L. Agrarian Bulletin of the Upper Volga region, 2019, no. 1(26), pp.27-30.
2. Evdokimenkova M. I. and others. Changes in the water-holding capacity of steppe plants depending on orographic conditions. M. I. Evdokimenkova, L. G. Smirnova, A. A. Kuvshinova, A.V. Grineva, D. S. Tychinin. Steppes of Northern Eurasia: proceedings of the X International Symposium, 2024, no. 10, pp. 409-414.
3. Zhiboyedov P.M. Adaptation of plants to the conditions of the Far North and development of diagnostic methods for winter hardiness. Research on plant physiology in the Arctic. Apatity: Publishing House of the Kola Branch of the USSR Academy of Sciences, 1975, pp. 51-68.
4. Zubkova T.V., Masina T.A. The influence of environmental growing conditions on the photo-synthetic potential of ornamental plants. AgroEcoInfo: Electronic scientific and production journal, 2021, no. 1.
5. Study of the water retention capacity of *Catalpa speciosa* in the conditions of the cities of Karaganda and Zhezkazgan. S.U. Tleukenova, E.A. Gavrilkova, A.N. Madieva, A.N. Matveev, A.K. Aitimov. Series «Biology. Medicine. Geography», 2022, no. 4 (108), pp. 132-139.
6. Kozhushko N.N. Studying the drought resistance of the global spring wheat gene pool for breeding purposes: methodological guidelines. Leningrad: All-Russian Research Institute of Plant Breeding, 1991. 92 p.
7. Kuznetsov V. V., Dmitrieva G. A. Plant physiology In 2 Volumes 1, 4th ed., trans. and add. Textbook for academic baccalaureate. Moscow: Yurait Publishing House. 2019. 437 p.
8. Mirzorakhimov K.K. Chemical composition of natural coloring substances isolated from plants. Bulletin of the Pedagogical University (Natural Sciences), 2021, no. 3-4 (11-12).
9. Samuilov F.D., Mukhitov L.A. Water regime and water consumption of spring soft wheat varieties of various ecological groups in contrasting water availability conditions. Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences, 2012, no. 5, pp. 10-13.
10. Handbook of pesticides and agrochemicals approved for use in the territory of the Russian Federation. Moscow, 2023. Agrorus. 891 p.
11. Tretyakov N.N., Karnaukhova T.V., Panichkin L.A. Practicum on plant physiology. 3rd ed., revised and add. Moscow: Agro-industry publishing, 1990. 271 p.
12. Fedulov Yu.P., Kotlyarov V.V., Dotsenko K.A. Plant resistance to unfavorable environmental factors: a textbook. Krasnodar: KubSAU Publ., 2015. 64 p.

Информация об авторе

А.В. Ленкшевич – аспирант.

Information about the author

A.V. Lenkshevich – Postgraduate student.

Научная статья

УДК 631.527:633.491

DOI 10.24888/2541-7835-2025-37-3-99-110

СОРТОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЯ КАРТОФЕЛЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФОНА МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ И ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ: КОЛИЧЕСТВО, РАЗМЕР, ФОРМА И МАССА КЛУБНЕЙ

Сташевски Зенон^{1✉}, Гизатуллина Альбина Талгатовна², Вологин Семен Германович³, Гимаева Елена Алексеевна⁴, Амерханова Фаина Равиловна⁵, Закиева Эндже Илгизовна⁶

^{1,2,3,4,5,6}Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Федеральный исследовательский центр Казанский научный центр Российской академии наук, Республика Татарстан, Казань, Россия

¹zenons@bk.ru✉

²gizatullina.a@mail.ru

³semen_vologin@mail.ru

⁴elenagim@bk.ru

⁵nu-fain@mail.ru

⁶sh-end@mail.ru

Аннотация. В работе представлены результаты изучения сортов картофеля, созданных в ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН, в крайне засушливых условиях 2023 года на богаре $N_{40}P_{104}K_{104}$, орошении дождеванием $N_{40}P_{104}K_{104}$, орошении дождеванием $N_{182}P_{172}K_{366}$, капельном орошении $N_{100}P_{260}K_{260}$. Орошение позволило удвоить продуктивность исследуемых сортов на низком фоне минерального питания и утроить на высоком фоне минерального питания. Орошение способствовало увеличению количества клубней у исследованных сортов на низком фоне минерального питания в 1,3 раза и в 2 раза на высоком фоне минерального питания. Статистически достоверная прибавка ($P < 0,05$) по средней массе клубней была показана между богарным и орошаемыми участками. На богаре $N_{40}P_{104}K_{104}$ по продуктивности выделился сорт Самба (0,64 кг/куст). Максимальная продуктивность показана у сорта Самба (1,74 кг/куст) на капельном орошении $N_{100}P_{260}K_{260}$. Сорта Блоссом, Орлан, Флорет и Коломба сохраняли стабильность размеров клубней на разных фонах минерального питания и орошения. У сортов Зумба, Кайо, Самба и Амигос показано существенное увеличение размеров клубней в ответ на повышение уровня минерального питания и применение орошения. На богаре у изученных сортов форма клубней была округло-овальной. На орошении у сортов Амигос, Кайо, Регги и Сальса форма клубня переходила из округло-овальной в овальную.

Ключевые слова: картофель, сорт, богарное земледелие, орошение, структура урожая.

Финансирование: работа выполнена в рамках государственного задания Татарского научно-исследовательского института сельского хозяйства – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр Казанский научный центр Российской академии наук».

Для цитирования: Сортные особенности формирования урожая картофеля в зависимости от фона минерального питания и влагообеспеченности: количество, размер, форма и масса клубней / З. Сташевски, А.Т. Гизатуллина, С.Г. Вологин, Е.А. Гимаева, Ф.Р. Амерханова, Э.И. Закиева // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 3(37). С. 99-110. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-37-3-99-110>.

Original article

VARIETAL CHARACTERISTIC FEATURES OF POTATO HARVEST DEPENDING ON EFFECTS OF MINERAL NUTRITION AND MOISTURE: TUBER NUMBER, SIZE, SHAPE AND MASS

Zenon Stasevski^{1✉}, Albina T. Gizatullina², Semen G. Vologin³, Elena A. Gimaeva⁴, Faina R. Amerkhanova⁵, Endzhe I. Zakieva⁶

^{1,2,3,4,5,6}Tatar Scientific Research Institute of Agriculture, Federal Research Center Kazan Scientific Center Russian Academy of Sciences, Republic of Tatarstan, Kazan, Russia

¹zenons@bk.ru✉

²gizatyllina.a@mail.ru

³semen_vologin@mail.ru

⁴elenagim@bk.ru

⁵nu-fain@mail.ru

⁶sh-end@mail.ru

Abstract. The results of the examination of potato varieties bred at the Tatar Research Institute of Agriculture of the Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences in extremely droughty conditions of 2023 on the arid farming $N_{40}P_{104}K_{104}$, pivot irrigation $N_{40}P_{104}K_{104}$, pivot irrigation $N_{182}P_{172}K_{366}$, drip irrigation $N_{100}P_{260}K_{260}$ are presented. Irrigation allowed to double the yield of the studied varieties on low mineral nutrition and to triple on high mineral nutrition. Irrigation increased the number of tubers the studied varieties in the low mineral nutrition by 1.3 times and in the high mineral nutrition by 2 times. A statistically significant increase ($P < 0.05$) in the mean tuber mass was shown between the arid plot and irrigated plots. In the dry farming $N_{40}P_{104}K_{104}$ cv. Samba (0.64 kg/plant) showed the best yield. Maximum yield shown for Samba (1.74 kg/plant) in drip irrigation $N_{100}P_{260}K_{260}$. Cultivars Blossom, Orlan, Floret and Colomba maintained tuber size stability in different mineral nutrition and irrigation events. Cultivars Zumba, Kayo, Samba and Amigos a significant increase in tuber size showed in response to enhanced mineral nutrition and irrigation. On arid farming, the studied cultivars had a round-oval shape. On irrigation tuber shape of cultivars Amigos, Cayo, Reggi and Salsa changed from round-oval to oval.

Key words: potato, variety, arid farming, irrigation, yield structure.

Funding: the work was carried out within the framework of the state assignment of the Tatar Scientific Research Institute of Agriculture, a separate structural unit of the Federal State Budgetary Institution of Science Federal Research Center Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences.

For citation: Varietal characteristic features of potato harvest depending on effects of mineral nutrition and moisture: tuber number, size, shape and mass. Z.Stasevski, A.T. Gizatullina, S.G. Vologin, E.A. Gimaeva, F.R. Amerkhanova, E.I. Zakieva. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2025, no. 3(37), pp. 99-110. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-37-3-99-110>.

Введение

Среднее Поволжье регулярно испытывает дефицит влаги и неравномерное распределение осадков в течение вегетации сельскохозяйственных культур, что обуславливает отнесение данного региона к зоне рискованного земледелия. Год от года отличаются по срокам и продолжительности периодов без осадков или с незначительным количеством осадков. [2].

Большинство современных коммерческих сортов картофеля неустойчивы к засухе. Главным образом это связывают с мелким залеганием корневой системы [4]. Недостаточная влагообеспеченность в период вегетации у картофеля вызывает снижение общей урожайности, урожайности товарных клубней, общего количества клубней, количества товарных клубней и массы клубней [4, 9].

В аридных условиях Египта, где потребности растений картофеля в воде практически полностью обеспечиваются посредством орошения, на богаре урожайность и масса клубней картофеля были соответственно на 89-94 % и 80-83% ниже, чем на орошаемом участке. Дефицит влагообеспеченности на уровне 50% и 75 % приводил к недобору урожая соответственно на 41% и 8%, массы клубня соответственно на 20% и 4% [3]. В аридных условиях Ливана дефицит влаги в начале и конце вегетации вызывал снижение урожайности картофеля соответственно на 11% и 41%, и снижение количества клубней соответственно на 17% и 5% [6]. У большинства сортов засуха в начале вегетации картофеля приводит к снижению количества клубней, а засуха в конце вегетации – к снижению их размеров и массы. Влияние засухи на распределение размеров клубней проявляется через влияние на урожайность и её компоненты: количество и массу (размер) клубней. Распределение размеров клубней является сортоспецифичным и не зависит от степени недостатка влаги в почве [5, 8].

На картофеле негативное действие засухи усиливается при недостаточном или несбалансированном питании. В условиях оптимальной влагообеспеченности растений картофеля эффективность использования удобрений повышается не менее чем на 50%. Орошение дает возможность сократить объем применяемого удобрения без потери урожайности [10, 12, 13].

Сорта картофеля между собой отличаются по эффективности использования удобрений в засушливых условиях [10, 12].

В последние десятилетия картофель активно распространяется в регионах с аридным земледелием. Для обеспечения стабильного развития отрасли ведется активный поиск сортов картофеля толерантных к засухе, обладающих определенными морфофизиологическими особенностями растений [4, 9]. В аридных условиях северо-западной части Китая на основе 24 общепринятых показателей, связанных с морфологией, фотосинтезом, физиологией и урожайностью культуры, был проведен анализ полиморфизма сортов картофеля по способности купировать негативные последствия засухи. На основе анализа сорта были отнесены к пять типам: высокая толерантность к засухе, средняя толерантность к засухе, относительная толерантность к засухе, чувствительность к засухе и чрезвычайная чувствительность к засухе. Также были выделены показатели, которые могут использоваться в качестве объективных критериев оценки толерантности сортов картофеля к засухе. В группе критериев, связанных с урожайностью, толерантность к засухе обуславливают: количество крупных клубней (более 50 г) шт./растение), продуктивность (кг/растение) и урожайность с единицы площади [7].

Цель исследования – изучение сортовых особенностей формирования количества, размера, формы и массы клубней картофеля в зависимости от фона минерального питания и влагообеспеченности.

Материалы и методы исследований

Изучение характеристик клубней проводили с использованием 13 сортов картофеля (*Solanum tuberosum* L.), созданных в ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН и сорта Коломба (табл. 1). Для закладки полевого опыта использовали клубни категории оригинальный семенной картофель класса первое полевое поколение из миниклубней, выращенные в ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН для ЦКП «Биоресурсная коллекция картофеля» (www.ckp-rf.ru Рег. № 471948).

Таблица 1. Характеристика сортов картофеля

Наименование	Группа спелости	Назначение
Амигос	Среднеспелый	Универсальный
Блоссом	Раннеспелый	Столовый
Дана	Среднеранний	Столовый
Догода	Среднеранний	Столовый
Зумба	Среднеранний	Столовый
Кайо	Среднеранний	Столовый
Кортни	Среднеранний	Столовый
Орлан	Среднеспелый	Столовый
Регги	Раннеспелый	Столовый
Сальса	Среднеранний	Столовый
Самба	Среднеранний	Столовый
Танго	Позднеспелый	Технический (крахмал, крупка, мука)
Флорет	Среднеспелый	Технический (крахмал, крупка, мука)
Коломба	Раннеспелый	Столовый

Опыты были заложены в 2023 году в четырех географических точках. Первая участок был расположен на богаре на территории экспериментальной базы ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН (Лаишевский р-н, Республика Татарстан, координаты 55.61591, 49.33970) (далее Т/богара). Второй – орошаемый дождеванием был заложен на территории экспериментальной базы ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН (Лаишевский р-н, Республика Татарстан, координаты 55.37415, 49.22107) (далее Т/дождевание). Третий – на орошаемых дождеванием производственных полях ООО «Агрофирма «Слава картофелю-Яльчики» (Республика Чувашия, Комсомольский р-н, д. Малые Кошелеи, координаты 55.259175, 47.487759) (далее

АСК/дождевание). Четвертый – орошаемый капельным поливом был размещен на территории экспериментальной базы ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН (Лаишевский р-н, Республика Татарстан, координаты 55.64318, 49.31076) (далее Т/капельный полив).

Почва опытного участка Т/богара – серая лесная, среднесуглинистая. Содержание гумуса (по Тюрину) 2 %, азота щелочногидролизующего 104 мг/кг, подвижного фосфора (по Чирикову) 275 мг/кг почвы, калия (по Кирсанову) 145 мг/кг почвы, pH солевой вытяжки 4,3. Удобрения $N_{40}P_{104}K_{104}$. Предшественник черный пар. Сумма осадков за вегетационный период картофеля составила 109 мм. Орошение не применялось. Протравливание клубней перед посадкой Шансометокс Трио, КС 0,4 л/т.

Почва опытного участка Т/дождевание – серая лесная, среднесуглинистая. Содержание гумуса (по Тюрину) 3,7 %, азота щелочногидролизующего 95 мг/кг, подвижного фосфора (по Чирикову) 160 мг/кг почвы, калия (по Кирсанову) 158 мг/кг почвы, pH солевой вытяжки 5,9. Удобрения $N_{40}P_{104}K_{104}$. Предшественник черный пар. Сумма осадков за вегетационный период картофеля составила 109 мм. Орошение дождеванием. С орошением было внесено 84 мм воды. Сумма осадков и орошения за период вегетации картофеля составила 193 мм. Протравливание клубней перед посадкой Шансометокс Трио, КС 0,4 л/т.

Почва опытного участка АСК/дождевание – чернозем, легкосуглинистая. Содержание гумуса (по Тюрину) 7,1 %, азота щелочногидролизующего 154 мг/кг, подвижного фосфора (по Чирикову) 380 мг/кг почвы, калия (по Кирсанову) 291 мг/кг почвы, pH солевой вытяжки 5,6. Удобрения $N_{182}P_{172}K_{366}$. Предшественник черный пар. Орошение дождеванием. Сумма осадков и орошения за период вегетации картофеля составила 391,2 мм. Протравливание клубней перед посадкой Шансометокс Трио, КС 0,4 л/т.

Почва опытного участка Т/капельное орошение – серая лесная, тяжелосуглинистая. Содержание гумуса (по Тюрину) 4,3 %, азота щелочногидролизующего 120 мг/кг, подвижного фосфора (по Чирикову) 380 мг/кг почвы, калия (по Кирсанову) 180 мг/кг почвы, pH солевой вытяжки 6,8. Удобрения $N_{100}P_{260}K_{260}$. Предшественник яровая пшеница. Сумма осадков за вегетационный период картофеля составила 109 мм. Применялось капельное орошение. С орошением было внесено 284 мм воды. Сумма осадков и орошения за период вегетации картофеля составила 393 мм. Протравливание клубней перед посадкой Шансометокс Трио, КС 0,4 л/т.

Анализ структуры урожая и морфометрический анализ клубней картофеля проводили согласно методическим рекомендациям, разработанным в ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН [4]. Для изучения продуктивности и структуры урожая использовали оборудование для высокопроизводительного фенотипирования клубней картофеля: автоматическую сортировальную машину Smart Grader SG Reader согласно инструкции производителя.

Схема посадки 0,75 x 0,26 м. Площадь питания одного растения 0,19 м². Густота посадки 51 282 клубней на гектар. Размер делянки 3,9 м². Повторность трехкратная. Технология выращивания картофеля общепринятая для региона [1].

Инструментальные измерения и визуальные оценки метеорологических величин, характеристик и атмосферных явлений по экспериментальным участкам Т/богара, Т/дождевание и Т/капельный полив проводили в пункте наблюдений экспериментальной базы ТатНИИСХ – ОСП ФИЦ КазНЦ РАН (с. Большие Кабаны, Лаишевский район Республики Татарстан). Информация была любезно предоставлена руководителем метеостанции вед. науч. сотр., канд. с.-х. наук О.Л. Шайтановым. Метеонаблюдения по экспериментальному участку АСК/дождевание проводили в пункте наблюдения хозяйства. Информация была любезно предоставлена исполнительным директором агрофирмы Р.Х. Идиатуллиним.

Сумма эффективных температур $T > 10^{\circ}\text{C}$ за период вегетации картофеля составила 925 $^{\circ}\text{C}$ и была на уровне среднесуточного значения 928 $^{\circ}\text{C}$. Сумма осадков за вегетацию картофеля составила 109 мм при среднесуточном значении 209 мм. В 2023 году в среднем за вегетацию картофеля ГТК составил 0,5 при среднесуточном значении 1,0, что соответствует сильно засушливым условиям, обязательно требующим применения орошения. Сильная засуха была в начале и конце вегетации.

Математическую обработку экспериментальных данных проводили в программе «Microsoft Excel» с применением пакета анализа «XLSTAT FREE» и программе «STATISTICA».

Результаты исследований и их обсуждение

В работе представлены результаты изучения сортов картофеля, созданных в Татарстане, и жаростойкого сорта отзывчивостью на орошение Коломба, созданного в Нидерландах, в крайне засушливых условиях 2023 г. Особенно засушливые условия были в начале и конце вегетации. Засуха сопровождалась высокими температурами воздуха. В условиях Татарстана и близлежащих регионах подобный погодный профиль вегетационного сезона складывается достаточно часто [2]. На богаре сумма осадков за вегетационный период картофеля составила 52% от среднегодовой нормы. На участке Т/дождевание сумма осадков и орошение компенсировали нехватку влагообеспеченности до уровня среднегодовой нормы (92%). На интенсивно орошаемых участках АСК/дождевание и Т/капельное орошение сумма осадков и дождевание достигли соответственно 187% и 188% к уровню среднегодовой нормы осадков.

При попарном сравнении разница между продуктивностью изученных сортов на богаре и орошаемых участках была статистически достоверна при $P < 0,001$ (рис. 1). Разница по продуктивности образцов на орошаемом участке Т/дождевание и точках учета АСК/дождевание и Т/капельное орошение была статистически достоверна при $P < 0,05$. Орошение позволило удвоить продуктивность исследуемых сортов на низком фоне питания и утроить на высоком фоне питания.

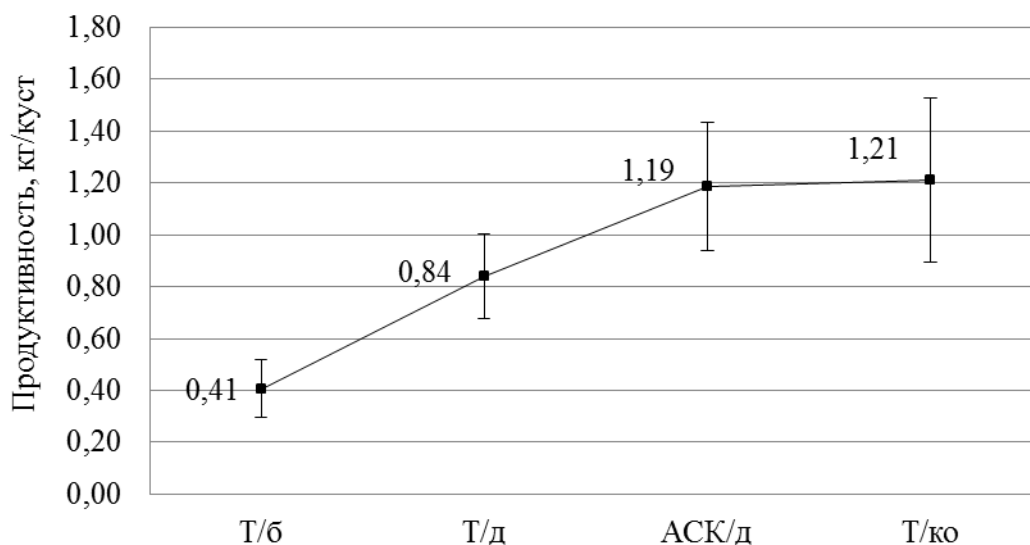


Рисунок 1. Продуктивность сортов в разных условиях влагообеспеченности и минерального питания. Предел погрешности – стандартное отклонение. Т/б – ТатНИИСХ богара; Т/д – ТатНИИСХ дождевание; АСК/д – ООО «Агрофирма «Слава картофелю-Яльчики» дождевание; Т/ко – ТатНИИСХ капельное орошение

Динамика среднего количества клубней у исследованных сортов картофеля в зависимости от условий выращивания представлена на рисунке 2. При попарном сравнении количества клубней с растения статистически достоверная ($P < 0,05$) разница была показана между богарным и орошаемыми участками с высоким агрофоном, а также между орошаемыми участками с низким и с высоким фоном питания.

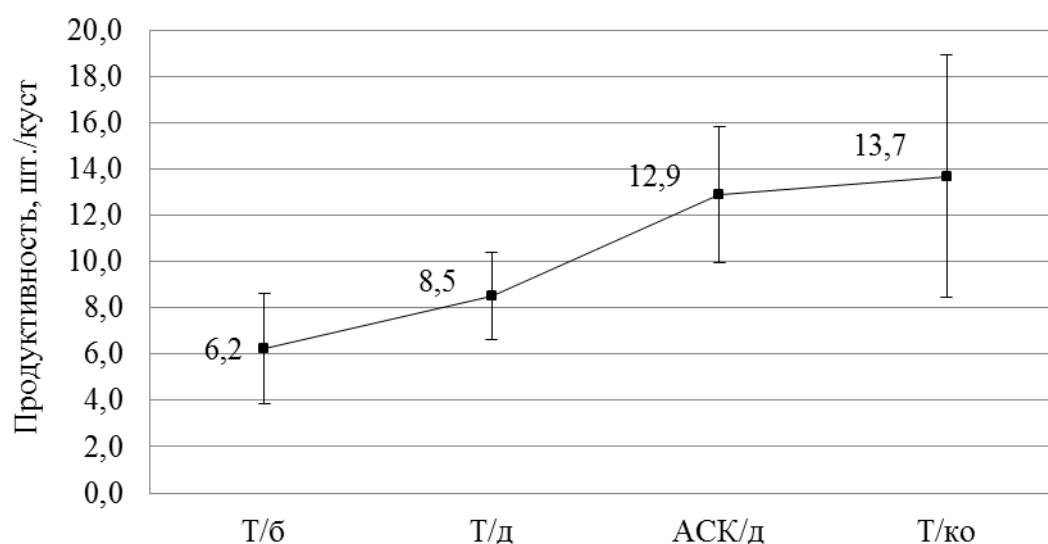


Рисунок 2. Среднее количество клубней у сортов в разных условиях влагообеспеченности и минерального питания. Предел погрешности – стандартное отклонение. Т/б – ТатНИИСХ богара; Т/д – ТатНИИСХ дождевание; АСК/д - ООО «Агрофирма «Слава картофелю-Яльчики» дождевание; Т/ко – ТатНИИСХ капельное орошение

Изменение средней массы клубней у изученных сортов картофеля в зависимости от влагообеспеченности и уровня минерального питания представлено на рисунке 3. При попарном сравнении статистически достоверная разница ($P < 0,05$) по средней массе клубней была показана между богарным и орошаемыми участками. Вклад массы клубней в прибавку продуктивности изучаемых сортов картофеля в точке учета Т/дождевание составил 52,3 %, АСК дождевание – 39,4 % и Т/капельное орошение – 38,0 %.

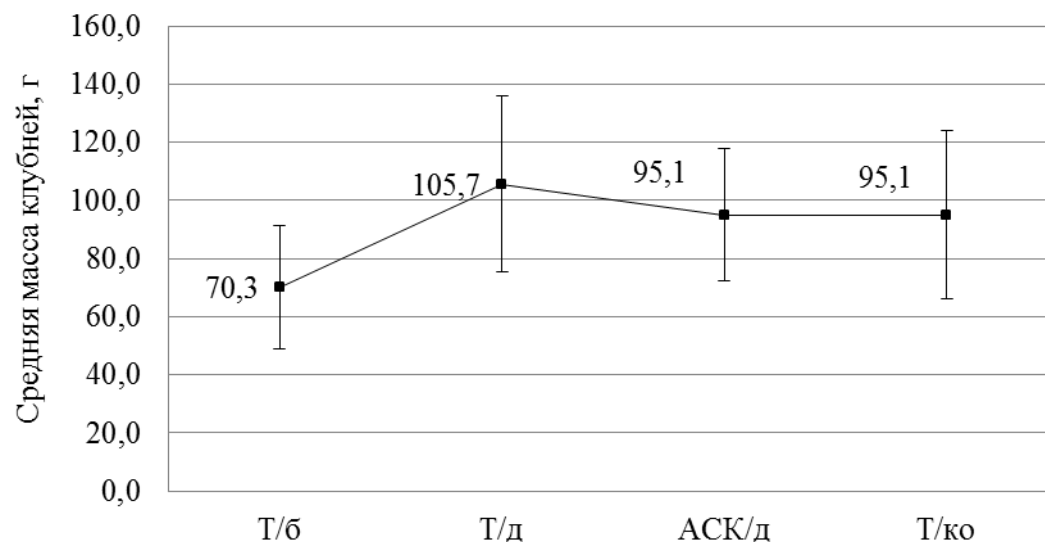


Рисунок 3. Средняя масса клубней у сортов в разных условиях влагообеспеченности и минерального питания. Предел погрешности – стандартное отклонение. Т/б – ТатНИИСХ богара; Т/д – ТатНИИСХ дождевание; АСК/д - ООО «Агрофирма «Слава картофелю-Яльчики» дождевание; Т/ко – ТатНИИСХ капельное орошение

Результаты изучения сортов картофеля по показателям продуктивности, количества и массы клубней в разных условиях влагообеспеченности и минерального питания представлены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты изучения формирования продуктивности, количества и массы клубней картофеля в зависимости от уровня минерального питания и влагообеспеченности

Сорт	Продуктивность, кг/куст				Продуктивность, шт./куст				Средняя масса клубня, г			
	Т/б	Т/д	АСК/д	Т/ко	Т/б	Т/д	АСК/д	Т/ко	Т/б	Т/д	АСК/д	Т/ко
Амигос	0,25 ^a	0,92 ^{de}	1,08 ^{cd}	1,26 ^{ef}	4,1 ^b	9,7 ^{cd}	10,4 ^{ab}	9,7 ^c	60 ^{cd}	98 ^d	104 ^f	130 ^h
Блоссом	0,44 ^{de}	1,05 ^f	1,24 ^f	1,09 ^{cd}	4,6 ^{bc}	9,0 ^c	11,8 ^{cd}	10,4 ^{cd}	96 ^g	118 ^e	106 ^{fg}	105 ^f
Дана	0,46 ^e	0,62 ^b	0,91 ^{ab}	1,15 ^{cd}	8,4 ^f	7,9 ^b	16,1 ^f	22,9 ⁱ	55 ^c	80 ^b	57 ^a	50 ^a
Догода	0,37 ^c	0,86 ^d	1,06 ^{cd}	1,18 ^{de}	11,6 ^g	11,7 ^f	19,3 ^g	26,1 ^j	32 ^a	73 ^b	55 ^a	45 ^a
Зумба	0,34 ^{bc}	0,95 ^e	1,67 ^h	1,10 ^{cd}	5,4 ^d	6,4 ^a	11,8 ^d	9,6 ^{bc}	64 ^d	150 ^g	142 ⁱ	115 ^g
Кайо	0,45 ^{de}	1,08 ^f	1,0 ^{bc}	1,34 ^f	8,3 ^f	10,1 ^{de}	10,6 ^{bc}	13,4 ^{ef}	54 ^{bc}	107 ^d	94 ^{de}	100 ^{ef}
Кортни	0,43 ^{de}	0,93 ^{de}	1,03 ^c	1,49 ^g	6,8 ^e	9,6 ^{cd}	12,2 ^d	15,6 ^h	63 ^h	102 ^d	85 ^{bc}	96 ^{de}
Орлан	0,37 ^c	0,92 ^{de}	1,07 ^{cd}	1,33 ^f	5,2 ^{cd}	10,8 ^e	13,4 ^e	15,0 ^{gh}	72 ^d	87 ^c	80 ^b	88 ^d
Регги	0,33 ^b	0,88 ^{de}	0,86 ^a	1,61 ^h	3,2 ^a	6,0 ^a	9,6 ^{ab}	12,5 ^e	103 ^e	156 ^g	89 ^{cd}	129 ^h
Сальса	0,41 ^d	0,89 ^{de}	1,44 ^g	1,33 ^f	5,1 ^{cd}	6,7 ^a	16,1 ^f	14,8 ^{gh}	82 ^h	132 ^f	90 ^{cde}	90 ^d
Самба	0,64 ^g	0,76 ^c	1,14 ^{de}	1,74 ⁱ	8,1 ^f	6,0 ^a	9,5 ^a	14,2 ^{fg}	79 ^f	139 ^f	119 ^h	122 ^{gh}
Танго	0,25 ^a	0,6 ^{ab}	1,36 ^g	1,19 ^b	5,3 ^d	7,5 ^b	12,0 ^d	11,0 ^d	48 ^f	83 ^c	113 ^{gh}	108 ^b
Флорет	0,35 ^{bc}	0,77 ^c	1,18 ^{ef}	1,07 ^c	3,3 ^a	7,6 ^b	11,6 ^{cd}	8,4 ^{ab}	105 ^e	101 ^d	102 ^f	127 ^h
Коломба	0,59 ^f	0,54 ^a	0,99 ^{ab}	0,97 ^a	8,1 ^f	10,1 ^{de}	10,1 ^{ab}	13,6 ^{ef}	73 ^b	54 ^a	98 ^{ef}	71 ^c
М _{ср}	0,41 ^a	0,84 ^b	1,15 ^c	1,28 ^d	6,3 ^a	8,5 ^b	12,5 ^c	14,1 ^d	70 ^b	106 ^c	95 ^a	98 ^a
НСР ₀₅ МО	0,06				0,69				4,38			

Т/б – ТатНИИСХ богара; Т/д – ТатНИИСХ дождевание; АСК/д - ООО «Агрофирма «Слава картофелю-Яльчики» дождевание; Т/ко – ТатНИИСХ капельное орошение; НСР₀₅МО – НСР₀₅между обработками.

Значения в столбце, за которыми следуют разные буквы, существенно различаются на основе НСР при $P \leq 0,05$.

На богарном участке и низком фоне минерального питания по продуктивности выделился сорт Самба (0,64 кг/куст). Данный сорт по продуктивности превзошел сорт Коломба (0,59 кг/куст). В условиях низкого фона минерального питания и влагообеспеченности на уровне среднесезонного количества осадков выделились сорта Кайо и Блоссом. Все исследованные сорта, за исключением сорта Танго, по продуктивности превзошли сорт Коломба. Продуктивность у сортов Коломба, Самба и Дана осталась на уровне богарной. По-видимому, для реализации биологического потенциала данных сортов необходима достаточная влагообеспеченность со стадии всходов. Орошение на данном участке начали применять в фазе бутонизации картофеля. На высоком фоне минерального питания и орошения дождеванием по продуктивности выделились сорта Зумба, Сальса и Танго. Максимальная урожайность у исследованных сортов показана на высоком фоне минерального питания и капельном орошении. На данном участке выделился сорт Самба, сформировавший урожай клубней на уровне 1,74 кг/куст. При сопоставимом уровне минерального питания и орошения на данном участке для формирования высокого урожая решающее значение имели ранние сроки начала полива и высокая эффективность доставки воды к корневой системе картофеля.

По количеству клубней на всех участках выделился многоклубневый сорт Догода. На богаре данный сорт по количеству клубней превзошёл сорт Коломба. Сорта Дана (8,4 шт./раст.), Кайо (8,4 шт./раст.) и Самба (8,1 шт./раст.) по количеству сформированных клубней были на уровне сорта Коломба (8,1 шт./раст.). Без орошения лучшее соотношение количества и размера клубней показано у сорта Самба (63 % товарных клубней 45-65 мм). По количеству клубней на орошении выделились сорта Догода (26,1 шт./раст.), Дана (22,9 шт./раст.), Сальса (16,1 шт./раст.) и Кортни (15,6 шт./раст.). На орошении лучшее соотношение количества и размера клубней показано у сорта Сальса (82 % товарных клубней 45-65 мм).

Результаты изучения размера и формы клубней в зависимости от условий выращивания растений у перспективных сортов и селекционных номеров картофеля представлены в таблице 3. На всех фонах наиболее стабильной была толщина клубня ($C_v=24,7\%$). Ширина клубня ($C_v=25,2\%$) и особенно его длина ($C_v=26,8\%$) изменялись сильнее в зависимости от

условий выращивания. У изученных сортов наиболее выровненный по размеру (Д $C_v=23,3\%$, Ш $C_v=22,8\%$ и Т $C_v=22,4\%$) урожай клубней получен на богарном участке Т/богара. На участке Т/капельное орошение у исследованных сортов показан максимальный разброс размеров клубней в урожае (Д $C_v=28,8\%$, Ш $C_v=26,7\%$ и Т $C_v=26,0\%$).

На богарном участке минимальное варьирование размеров клубней показано у сорта Регги (Д $15,7\%$, Ш $14,4\%$ и Т $12,9\%$). На орошении минимальное варьирование размеров клубней выявлено на участке АСК/дождевание у сортов Кайо (Д $20,4\%$, Ш $18,7\%$ и Т $19,8\%$) и Блоссом (Д $22,1\%$, Ш $21,0\%$ и Т $21,6\%$).

Сорта Блоссом, Орлан, Флорет и Коломба сохраняли стабильность размеров клубней на разных фонах питания и орошения. У данных сортов размеры клубней увеличились в пределах $8-12\%$, на уровне ошибки опыта, по сравнению с богарным участком.

У сортов Зумба, Кайо, Самба и Амигос показано существенное увеличение размеров клубней в ответ на повышение уровня питания и применение орошения. У оставшихся сортов отмечено избирательное увеличение размеров клубней на некоторых фонах, что может быть связано с сортовыми особенностями и различиями в режиме орошения. Так на экспериментальном участке Т/дождевание, на низком фоне питания и орошения, у сортов Дана, Догода, Кортни, Регги и Сальса установлено значительное повышение размера клубней по сравнению с богарным и другими орошаемыми участками. В данной точке учета закладка клубней была на уровне богарного участка. Применение орошения позволило растениям вышеупомянутых сортов накопить большую массу клубней. На высоком фоне питания и орошения растения сортов Дана, Догода, Кортни, Регги и Сальса сформировали $1,5-2$ раза большее количество клубней, размер которых был на уровне богарного участка.

Таблица 3. Результаты изучения размеров клубней картофеля в зависимости от уровня минерального питания и влагообеспеченности

Сорт	Географическая точка	Средний размер клубня, мм					
		Длина	$C_v, \%$	Ширина	$C_v, \%$	Толщина	$C_v, \%$
Амигос	Т/богара	59 ^b	23	45 ^b	22	36 ^b	19
	Т/дождевание	71 ^a	30	51 ^c	24	40 ^a	25
	АСК/дождевание	69 ^a	27	54 ^a	22	41 ^a	21
	Т/капельное орошение	80 ^c	34	56 ^a	25	41 ^a	23
Блоссом	Т/богара	63 ^a	23	54 ^a	23	44 ^a	21
	Т/дождевание	69 ^b	34	54 ^a	28	45 ^a	28
	АСК/дождевание	66 ^{ab}	22	55 ^a	21	45 ^a	22
	Т/капельное орошение	66 ^{ab}	31	52 ^a	29	44 ^a	27
Дана	Т/богара	53 ^b	23	44 ^b	22	37 ^a	22
	Т/дождевание	59 ^c	30	47 ^c	28	40 ^b	28
	АСК/дождевание	49 ^a	29	42 ^{ab}	27	37 ^a	26
	Т/капельное орошение	48 ^a	27	41 ^a	27	36 ^a	26
Догода	Т/богара	43 ^a	28	36 ^a	28	30 ^a	28
	Т/дождевание	60 ^d	29	46 ^d	25	38 ^d	26
	АСК/дождевание	51 ^c	29	42 ^c	27	35 ^c	26
	Т/капельное орошение	47 ^b	33	39 ^b	30	33 ^b	28
Зумба	Т/богара	58 ^b	21	48 ^b	20	37 ^b	21
	Т/дождевание	76 ^a	23	56 ^a	20	44 ^a	21
	АСК/дождевание	74 ^a	25	61 ^c	21	47 ^c	22
	Т/капельное орошение	69 ^c	31	54 ^a	30	44 ^a	29
Кайо	Т/богара	54 ^b	26	44 ^b	23	35 ^b	22
	Т/дождевание	71 ^a	32	50 ^a	26	40 ^a	27
	АСК/дождевание	69 ^a	20	51 ^a	19	41 ^a	20
	Т/капельное орошение	71 ^a	27	50 ^a	22	42 ^a	23
Кортни	Т/богара	55 ^a	22	48 ^a	22	38 ^a	22
	Т/дождевание	68 ^c	24	58 ^c	23	45 ^b	24
	АСК/дождевание	57 ^a	32	49 ^a	33	39 ^a	33
	Т/капельное орошение	62 ^b	23	54 ^b	24	43 ^b	24
Орлан	Т/богара	56 ^a	24	49 ^a	24	41 ^a	23
	Т/дождевание	52 ^b	37	45 ^b	37	38 ^b	36
	АСК/дождевание	55 ^a	25	48 ^a	25	42 ^a	25

	Т/капельное орошение	59 ^a	32	51 ^a	31	42 ^a	30
Регги	Т/богара	69 ^{ab}	16	57 ^a	14	44 ^a	13
	Т/дождевание	82 ^c	24	63 ^c	23	48 ^b	20
	АСК/дождевание	64 ^a	24	51 ^b	23	40 ^c	21
	Т/капельное орошение	74 ^b	23	59 ^a	21	46 ^{ab}	21
Сальса	Т/богара	63 ^a	22	52 ^a	21	39 ^a	21
	Т/дождевание	75 ^a	28	56 ^a	25	44 ^a	25
	АСК/дождевание	64 ^b	27	50 ^b	26	41 ^b	26
	Т/капельное орошение	67 ^a	28	51 ^a	26	39 ^a	25
Самба	Т/богара	58 ^b	26	51 ^b	27	41 ^b	26
	Т/дождевание	78 ^c	24	65 ^c	23	50 ^c	24
	АСК/дождевание	69 ^a	29	55 ^a	28	44 ^a	29
	Т/капельное орошение	67 ^a	31	56 ^a	30	45 ^a	30
Танго	Т/богара	50 ^a	22	49 ^b	22	43 ^b	24
	Т/дождевание	53 ^a	24	47 ^{ab}	24	37 ^a	23
	АСК/дождевание	63 ^b	31	55 ^c	31	44 ^b	29
	Т/капельное орошение	53 ^a	29	45 ^a	29	37 ^a	27
Флорет	Т/богара	63 ^a	26	55 ^{ab}	26	46 ^{ab}	26
	Т/дождевание	61 ^a	26	54 ^a	27	45 ^a	26
	АСК/дождевание	61 ^a	24	53 ^a	24	46 ^a	25
	Т/капельное орошение	68 ^b	24	58 ^b	22	49 ^b	22
Коломба	Т/богара	56 ^a	25	49 ^{bc}	26	41 ^{bc}	25
	Т/дождевание	53 ^a	22	44 ^a	22	37 ^a	21
	АСК/дождевание	60 ^b	38	50 ^c	34	42 ^c	31
	Т/капельное орошение	57 ^{ab}	32	46 ^{ab}	29	39 ^{ab}	29

Значения в столбцах «Длина», «Ширина» и «Толщина» в пределах сорта, за которыми следуют разные буквы, существенно различаются на основе НСР при $P \leq 0,05$.

Результаты изучения продуктивности, массы и индекса формы клубней в зависимости от условий выращивания растений у перспективных сортов и селекционных номеров картофеля представлены в таблице 4.

Таблица 4. Результаты изучения индекса формы клубней картофеля в зависимости от уровня минерального питания и влагообеспеченности

Сорт	Отношение: длина/ширина (индекс / CV, %)				Отношение: ширина/толщина (индекс / CV, %)			
	Т/б	Т/д	АСК/д	Т/ко	Т/б	Т/д	АСК/д	Т/ко
Амигос	$\frac{1,3^a}{10}$	$\frac{1,39^b}{13}$	$\frac{1,26^a}{10}$	$\frac{1,4^b}{16}$	$\frac{1,27^a}{10}$	$\frac{1,28^a}{10}$	$\frac{1,33^b}{11}$	$\frac{1,35^b}{9}$
Блоссом	$\frac{1,16^{ab}}{7}$	$\frac{1,26^a}{12}$	$\frac{1,22^a}{8}$	$\frac{1,26^b}{11}$	$\frac{1,23^{ab}}{8}$	$\frac{1,22^a}{11}$	$\frac{1,21^a}{9}$	$\frac{1,2^b}{12}$
Дана	$\frac{1,23^b}{12}$	$\frac{1,23^b}{10}$	$\frac{1,17^a}{7}$	$\frac{1,17^a}{7}$	$\frac{1,19^b}{7}$	$\frac{1,19^b}{7}$	$\frac{1,14^a}{9}$	$\frac{1,15^a}{6}$
Догода	$\frac{1,22^a}{11}$	$\frac{1,28^b}{12}$	$\frac{1,21^a}{9}$	$\frac{1,2^a}{9}$	$\frac{1,2^a}{8}$	$\frac{1,21^a}{9}$	$\frac{1,21^a}{8}$	$\frac{1,2^a}{7}$
Зумба	$\frac{1,21^a}{8}$	$\frac{1,35^c}{11}$	$\frac{1,21^a}{9}$	$\frac{1,29^b}{11}$	$\frac{1,29^a}{8}$	$\frac{1,28^a}{11}$	$\frac{1,3^a}{9}$	$\frac{1,24^b}{11}$
Кайо	$\frac{1,23^b}{10}$	$\frac{1,4^a}{13}$	$\frac{1,33^c}{10}$	$\frac{1,43^a}{12}$	$\frac{1,25^a}{9}$	$\frac{1,27^a}{11}$	$\frac{1,26^a}{12}$	$\frac{1,2^b}{10}$
Кортни	$\frac{1,15^a}{5}$	$\frac{1,17^b}{8}$	$\frac{1,17^a}{7}$	$\frac{1,15^a}{7}$	$\frac{1,27^a}{9}$	$\frac{1,31^b}{12}$	$\frac{1,27^a}{14}$	$\frac{1,26^a}{11}$
Орлан	$\frac{1,14^a}{6}$	$\frac{1,16^b}{7}$	$\frac{1,15^{ab}}{6}$	$\frac{1,16^{ab}}{7}$	$\frac{1,21^{bc}}{9}$	$\frac{1,19^{ab}}{10}$	$\frac{1,17^a}{10}$	$\frac{1,22^c}{9}$
Регги	$\frac{1,2^b}{8}$	$\frac{1,32^c}{12}$	$\frac{1,24^a}{8}$	$\frac{1,25^a}{10}$	$\frac{1,31^a}{9}$	$\frac{1,32^a}{11}$	$\frac{1,29^a}{13}$	$\frac{1,3^a}{10}$
Сальса	$\frac{1,23^b}{8}$	$\frac{1,33^a}{11}$	$\frac{1,29^c}{9}$	$\frac{1,33^a}{10}$	$\frac{1,31^a}{9}$	$\frac{1,29^a}{10}$	$\frac{1,24^b}{11}$	$\frac{1,3^a}{8}$
Самба	$\frac{1,13^b}{8}$	$\frac{1,21^a}{11}$	$\frac{1,25^c}{9}$	$\frac{1,21^a}{10}$	$\frac{1,26^a}{9}$	$\frac{1,3^b}{10}$	$\frac{1,25^a}{11}$	$\frac{1,24^a}{8}$

	5	10	10	10	8	11	11	9
Танго	$\frac{1,03^b}{1}$	$\frac{1,13^c}{5}$	$\frac{1,16^a}{7}$	$\frac{1,17^a}{10}$	$\frac{1,15^c}{7}$	$\frac{1,26^b}{10}$	$\frac{1,25^{ab}}{11}$	$\frac{1,23^a}{10}$
Флорет	$\frac{1,14^a}{6}$	$\frac{1,14^a}{6}$	$\frac{1,15^{ab}}{6}$	$\frac{1,17^b}{6}$	$\frac{1,19^a}{8}$	$\frac{1,19^a}{8}$	$\frac{1,17^a}{10}$	$\frac{1,2^a}{9}$
Коломба	$\frac{1,14^b}{5}$	$\frac{1,22^a}{9}$	$\frac{1,19^c}{8}$	$\frac{1,22^a}{8}$	$\frac{1,2^a}{10}$	$\frac{1,19^a}{8}$	$\frac{1,2^a}{10}$	$\frac{1,19^a}{7}$

Значения в строках в пределах столбцов «Отношение: длина/ширина» и «Отношение: ширина/толщина», за которыми следуют разные буквы, существенно различаются на основе НСР при $P \leq 0,05$.

Анализ индекса формы клубней показал, что на богаре у большинства изученных сортов форма клубней была округло-овальной. Исключение составил сорт Амигос, форма клубней которого была овальной. На орошении у сортов Кайо, Регги и Сальса форма клубня переходила из округло-овальной в овальную. Максимальное увеличение индекса формы на 16 % установлено у сорта Кайо.

Выводы

1. Орошение позволило удвоить продуктивность исследуемых сортов на низком фоне минерального питания и утроить на высоком фоне минерального питания.
2. Орошение способствовало увеличению количества клубней у исследованных сортов на низком фоне минерального питания в 1,3 раза и в 2 раза на высоком фоне минерального питания.
3. Статистически достоверная разница ($P < 0,05$) по средней массе клубней была показана между богарным и орошаемыми участками. Вклад массы клубней в прибавку продуктивности изучаемых сортов картофеля на дождевании $N_{40}P_{104}K_{104}$ составил 52,3 %, дождевании $N_{182}P_{172}K_{366}$ – 39,4 % и капельном орошении $N_{100}P_{260}K_{260}$ – 38,0 %.
4. На богаре $N_{40}P_{104}K_{104}$ по продуктивности выделился сорт Самба (0,64 кг/куст). Максимальная продуктивность показана у сорта Самба (1,74 кг/куст) на капельном орошении $N_{100}P_{260}K_{260}$.
5. Сорта Блоссом, Орлан, Флорет и Коломба сохраняли стабильность размеров клубней на разных фонах минерального питания и орошения. У сортов Зумба, Кайо, Самба и Амигос показано существенное увеличение размеров клубней в ответ на повышение уровня минерального питания и применение орошения.
6. На богаре у изученных сортов форма клубней была округло-овальной. На орошении у сортов Амигос, Кайо, Регги и Сальса форма клубня переходила из округло-овальной в овальную.

Список источников

1. Методика морфологического анализа и оценки ростовых аномалий у образцов картофеля / З. Сташевски, Е. А. Гимаева, А. Т. Гизатуллина, С. Г. Вологин, О. А. Кузьмина, Г. Ф. Сафиуллина. Казань, 2017. 4 с.
2. Шайтанов О. Л., Тагиров М. Ш. Основные тенденции изменения климата Татарстана в XXI веке: справочник. Казань: Фолиант, 2018. 66 с.
3. Badr M.A., El-Tohamy W.A., Salman S.R., Gruda N. Yield and water use relationships of potato under different timing and severity of water stress // Agricultural Water Management. 2022. Vol. 271. Art. 107793.
4. Hill D., Nelson D., Hammond J., Bell L. Morphophysiology of Potato (*Solanum tuberosum*) in Response to Drought Stress: Paving the Way Forward // Front. Plant Sci. 2021. Vol. 11, Art. 597554.
5. Jefferies R. A., MacKerron D. K. L. Aspects of the physiological basis of cultivar differences in yield of potato under droughted and irrigated conditions // Potato Res. 1987. Vol. 30. Pp. 201-217.

6. Karama F., Amachab N., Fahedc S., EL Asnard T., Domíngueze A. Response of potato to full and deficit irrigation under semiarid climate: Agronomic and economic implications // *Agricultural Water Management*. 2014. Vol. 142. Pp. 144-151.
7. Li X., Luo L., Shi X., Li S., Wang L., Li D., Li F. Screening drought tolerance in potato germplasm resources in the northwestern region of China // *BMC Plant Biology*. 2025. Vol. 25. Art. 777.
8. Mackerron D. K. L., Marshall B., Jefferies R. A The distributions of tuber sizes in droughted and irrigated crops of potato. II. Relation between size and weight of tubers and the variability of tuber-size distributions // *Potato Res.* 1988. Vol. 31. No. 2. Pp. 279-288.
9. Obidiegwu J.E., Bryan G.J., Jones H.G., Prashar A. Coping with drought: stress and adaptive responses in potato and perspectives for improvement // *Front. Plant Sci.* 2015. Vol. 6. Art. 542.
10. Ospina Nieto C. A. et al. Diversity of crop development traits and nitrogen use efficiency among potato cultivars grown under contrasting nitrogen regimes / C. A. Ospina Nieto, E. Lammerms Van Bueren, J. J. H. M. Allefs, B. Engel, P. E. L. van der Putten, C. G. van der Linden, P. C. Struik // *Euphytica*. 2014. Vol. 199. No. 1-2. Pp. 13-29.
11. Sands P. J., Regel P. A. A model of the development and bulking of potatoes (*Solanum tuberosum* L.). V. A simple model for predicting graded yields // *Field Crops Res.* 1983. Vol. 6. Pp. 25-40.
12. Saravia D., Farfán-Vignolo E. R., Gutiérrez R., De Mendiburu F., Schafleitner R., Bonierbale M., Khan M.A. Yield and physiological response of potatoes indicate different strategies to cope with drought stress and nitrogen fertilization // *Am. J. Potato Res.* 2016. Vol. 93. Pp. 288-295.
13. Shrestha B., Stringam B.L., Darapuneni M.K., Lombard K.A., Sanogo S., Higgins C., Djaman K., Effect of Irrigation and Nitrogen Management on Potato Growth, Yield, and Water and Nitrogen Use Efficiencies // *Agronomy*. 2024. Vol. 14. Art. 560.

References

1. Methods of morphological analysis and assessment of growth anomalies in potato samples. Z. Stashevsky, E. A. Gimaeva, A. T. Gizatullina, S. G. Vologda, O. A. Kuzminova, G. F. Safiullina. Kazan, 2017. 4 p.
2. Shaitanov O. L., Tagirov M. Sh. The main trends of climate change in Tatarstan in the 21st century: a handbook. Kazan: Foliant, 2018. 66 p.
3. Badr M.A., El-Tohamy W.A., Salman S.R., Gruda N. Yield and water use relationships of potato under different timing and severity of water stress. *Agricultural Water Management*, 2022, vol. 271, art. 107793.
4. Hill D., Nelson D., Hammond J., Bell L. Morphophysiology of Potato (*Solanum tuberosum*) in Response to Drought Stress: Paving the Way Forward. *Front. Plant Sci*, 2021, vol. 11, art. 597554.
5. Jefferies R. A., MacKerron D. K. L. Aspects of the physiological basis of cultivar differences in yield of potato under droughted and irrigated conditions. *Potato Res*, 1987, vol. 30, pp. 201-217.
6. Karama F., Amachab N., Fahedc S., EL Asnard T., Domíngueze A. Response of potato to full and deficit irrigation under semiarid climate: Agronomic and economic implications. *Agricultural Water Management*, 2014, Vol. 142, Pp. 144-151.
7. Li X., Luo L., Shi X., Li S., Wang L., Li D., Li F. Screening drought tolerance in potato germplasm resources in the northwestern region of China. *BMC Plant Biology*, 2025, vol. 25, art. 777.
8. Mackerron D. K. L., Marshall B., Jefferies R. A The distributions of tuber sizes in droughted and irrigated crops of potato. II. Relation between size and weight of tubers and the variability of tuber-size distributions. *Potato Res*, 1988, vol. 31, no. 2, pp. 279-288.
9. Obidiegwu J.E., Bryan G.J., Jones H.G., Prashar A. Coping with drought: stress and adaptive responses in potato and perspectives for improvement. *Front. Plant Sci*, 2015, vol. 6, art. 542.

10. Ospina Nieto C. A. et al. Diversity of crop development traits and nitrogen use efficiency among potato cultivars grown under contrasting nitrogen regimes. C. A. Ospina Nieto, E. Lammerts Van Bueren, J. J. H. M. Allefs, B. Engel, P. E. L. van der Putten, C. G. van der Linden, P. C. Struik. Euphytica, 2014, vol. 199, no. 1-2, pp. 13-29.
11. Sands P. J., Regel P. A. A model of the development and bulking of potatoes (*Solanum tuberosum* L.). V. A simple model for predicting graded yields. Field Crops Res, 1983, vol. 6, pp. 25-40.
12. Saravia D., Farfán-Vignolo E. R., Gutiérrez R., De Mendiburu F., Schafleitner R., Bonierbale M., Khan M.A. Yield and physiological response of potatoes indicate different strategies to cope with drought stress and nitrogen fertilization. Am. J. Potato Res, 2016, vol. 93, pp. 288-295.
13. Shrestha B., Stringam B.L., Darapuneni M.K., Lombard K.A., Sanogo S., Higgins C., Djaman K., Effect of Irrigation and Nitrogen Management on Potato Growth, Yield, and Water and Nitrogen Use Efficiencies. Agronomy, 2024, vol. 14, art. 560.

Информация об авторах

- З. Сташевски** – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела сельскохозяйственной биотехнологии;
- А.Т. Гизатуллина** – старший научный сотрудник отдела сельскохозяйственной биотехнологии;
- С.Г. Вологин** – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела сельскохозяйственной биотехнологии;
- Е.А. Гимаева** – старший научный сотрудник отдела сельскохозяйственной биотехнологии;
- Ф.Р. Амерханова** – младший научный сотрудник отдела сельскохозяйственной биотехнологии;
- Э.И. Закиева** – младший научный сотрудник отдела сельскохозяйственной биотехнологии.

Information about the authors

- Z. Stasevski** – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher at the Department of Agricultural Biotechnology;
- A.T. Gizatullina** – Senior Researcher at the Department of Agricultural Biotechnology;
- S.G. Vologin** – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher at the Department of Agricultural Biotechnology;
- E.A. Gimaeva** – Senior Researcher at the Department of Agricultural Biotechnology;
- F.R. Amerkhanova** – Junior Researcher at the Department of Agricultural Biotechnology;
- E.I. Zakieva** – Junior Researcher at the Department of Agricultural Biotechnology.

Научная статья

УДК 633.358:631.52

DOI 10.24888/2541-7835-2025-37-3-111-118

КОРМОВАЯ ЦЕННОСТЬ СОРТОВ ГОРОХА РАЗЛИЧНЫХ МОРФОТИПОВ

Шурхаева Ксения Дмитриевна^{1✉}, Абросимова Тамара Николаевна²,
Хуснутдинова Алсу Тагировна³, Аскарова Аделя Айратовна⁴

^{1,2,3,4}Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Федеральный
исследовательский центр Казанский научный центр Российской академии наук,
Республика Татарстан, Казань, Россия

¹shurhaeva/k@yandex.ru✉

²abrosimova-tamara@mail.ru

³alsuh581@gmail.com

⁴askarovadelya@gmail.com

Аннотация. В кормопроизводстве для восполнения дефицита белка горох является источником растительного белка и используется для приготовления сенажа в смешанных посевах с овсом и ячменем, а также в одновидовых посевах. Для использования на кормовые цели зерноукосные сорта должны обладать среднерослым стеблем с высокой урожайностью зеленой массы и семян. Отличаются мелкими семенами и высоким содержанием протеина в зеленой массе. Целью исследований является изучение кормовой ценности сортов гороха с различной формой листа. Объектами исследований послужили 5 сортов гороха селекции Татарского НИИСХ. Сорта Тан и Кабан характеризуются традиционной формой листа. Сорта Фрегат, Велес и Купидон новой морфологической группы – с усатым типом листа и деформацией формирования лигнина в створках бобов. По результатам изучения сортов за период 2021-2024 гг. в условиях, крайне различающихся гидротермическим режимом, можно заключить, что лучшие средние значения урожайности зеленой массы показали сорта Купидон и Велес, которые продемонстрировали более высокие параметры в засушливых условиях на уровне 17,7 и 19,2 т/га. Важное значение для кормопроизводства имеют качественные показатели зеленой массы. Ценность зеленой массы, в первую очередь, обуславливается содержанием сырого протеина. Установлено, что лучшими качественными характеристиками зеленой массы обладали беспергаментные сорта Велес и Купидон с максимальным значением 20,39 и 23,93% в условиях оптимальной влагообеспеченности и засухи. Также представленные сорта формировали высокий урожай зеленой массы и сухого вещества 21,0 и 6,2 т/га; 18,6 и 4,7 т/га; 19,2 и 5,6 т/га; 17,7 и 4,7 т/га, что свидетельствует об их высокой адаптивности.

Ключевые слова. горох, сорт, зеленая масса, сухое вещество, сырой протеин, сырая клетчатка.

Финансирование: работа выполнена в рамках государственного задания Татарского научно-исследовательского института сельского хозяйства – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр Казанский научный центр Российской академии наук».

Для цитирования: Кормовая ценность сортов гороха различных морфотипов / К.Д. Шурхаева, Т.Н. Абросимова, А.Т. Хуснутдинова, А.А. Аскарова // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 3(37). С. 111-118. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-37-3-111-118>.

Original article

FODDER VALUE OF PEA VARIETIES OF VARIOUS MORPHOTYPES

Kseniya D. Shurkhaeva^{1✉}, Tamara N. Abrosimova², Alsu T. Khusnutdinova³,
Adela A. Askarova⁴

^{1,2,3,4}Tatar Scientific Research Institute of Agriculture, Federal Research Center Kazan Scientific
Center Russian Academy of Sciences, Republic of Tatarstan, Kazan, Russia

¹shurhaeva/k@yandex.ru✉

²abrosimova-tamara@mail.ru

³alsuh581@gmail.com

⁴askarovadelya@gmail.com

Abstract. In feed production, peas are used as a source of vegetable protein to compensate for protein deficiencies. They are used to make haylage in mixed crops with oats and barley, as well as in single-species crops. For use as fodder, grain-cutting varieties should have a medium-sized stem and a high yield of green mass and seeds. They have small seeds and a high protein content in their green mass. The purpose of the research is to study the fodder value of pea varieties with different leaf shapes. The research objects were 5 varieties of peas bred by the Tatar Research Institute of Agriculture. The Tan and Kaban varieties have a traditional leaf shape. Varieties of the Fregat, Veles, and Cupid morphological groups, with a leaf type and lignin formation deformation. Based on the results of the study of varieties for the period 2021-2024 in conditions with extremely different hydrothermal regimes, it can be concluded that the varieties Cupid Veles and those with higher parameters in arid conditions showed the best average yields of green mass at 17.7 and 19.2 t/ha. The quality of green mass is important for feed production. The value of green mass is primarily determined by the content of crude protein. It was found that the best quality characteristics of the green mass were exhibited by the non-parchment varieties Veles and Kupidon, with a maximum value of 20.39% and 23.93% under optimal moisture conditions and dry conditions, respectively. The presented varieties also produced high yields of green mass and dry matter, respectively, of 21.0 and 6.2 t/ha; 18.6 and 4.7 t/ha; 19.2 and 5.6 t/ha; and 17.7 and 4.7 t/ha, indicating their high adaptability.

Keywords. Peas, variety, green mass, dry matter, crude protein, crude fiber.

Funding: the work was carried out within the framework of the state assignment of the Tatar Scientific Research Institute of Agriculture, a separate structural unit of the Federal State Budgetary Institution of Science Federal Research Center Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences.

For citation: Fodder value of pea varieties of various morphotypes. K.D. Shurkhaeva, T.N. Abrosimova, A.T. Khusnutdinova, A.A. Askarova. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2025, no. 3(37), pp. 111-118. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-37-3-111-118>.

Введение

Для устойчивого развития высокопродуктивного животноводства требуется создание кормовой базы. Решение проблемы повышения качества кормов обеспечивается за счет возделывания зернобобовых культур. В мировом земледелии в плане производства растительного белка большое внимание уделяется гороху [5].

Ценность культуры определяется повышенным содержанием в белке незаменимых аминокислот (треонина, изолейцина, лейцина, валина, фенилаланина, лизина, триптофана) по сравнению с зерновыми культурами. Среди них важную роль играет лизин, который участвует в различных биохимических процессах в организме животных и человека. В гороховом белке лизина содержится около 7 г в 100 г продукта [4].

Питательная ценность зелёной массы определяется содержанием обменной энергии, кормовых единиц в сухом веществе корма и обеспеченностью кормовой единицы переваримым протеином. В 1 кг сухого вещества гороха содержится 0,86-94 кормовых единиц, 9,0-9,8 МДж обменной энергии [1].

Для кормопроизводства требуется выведение среднеспелых сортов укосно-кормового назначения с высокой урожайностью зеленой массы и семян, со среднерослым и высокорослым стеблем и высокой облиственностью. Укосные сорта гороха должны отличаться высоким содержанием протеина и низким процентом клетчатки, способствующих уменьшению грубости зеленой массы [2].

В качестве зеленого корма или в приготовлении сена или сенажа принято использовать сорта пелюшки укосного направления. При этом отмечена высокая активность антипитательных веществ, ингибиторов ферментов поджелудочной железы животных и человека с содержанием трипсина и химотрипсина на уровне 1.98 мг/г и 4.14 мг/г, а у белоцветковых сортов гороха содержание составляло 1.08 мг/г, 3.80 мг/г. Укосные сорта пелюшек обладают преимуществом по содержанию белка в зеленой массе до 15,4% [10]. Химический состав зеленой массы зависит от климатических условий. Значения сырого протеина, сырого жира, сырой клетчатки повышается в годы с достаточным влагообеспечением [7].

Важными показателями, характеризующими использование сортов гороха на кормовые цели, является урожайность сухой и зеленой массы. По данным исследований максимальная урожайность зеленой массы достигает 32,2 - 41,7 т/га, сухого вещества 5,67 т/га [6].

Во многих регионах возделывания для получения сбалансированных по белково-углеводному составу кормов в одновидовых и смешанных посевах используются белоцветковые формы гороха как с традиционным, так и видоизмененным типом листа. Наличие бобового компонента в посевах с овсом способствует увеличению содержания белка до 15,89-17,56% [9].

Кормовые сорта обладают низкой массой 1000 семян, что позволяет расходовать меньшее по массе количество посевного материала. Среди зерновых и кормовых сортов существуют и переходные формы, которые можно назвать зерно-кормовыми (зернофуражными) [8].

Необходимо отметить, что среди допущенных для возделывания селекционных достижений в государственном реестре РФ доля зерноукосных сортов гороха посевного составляет небольшую часть. В связи с этим создание кормовых сортов и подбор наиболее адаптивных из них в зоне районирования представляет высокую актуальность.

Цель исследования – изучить формирование урожайности зеленой массы, сухого вещества и химического состава гороха в зависимости от сортовых особенностей.

Материалы и методы исследований

Почвы опытных участков серые лесные, характеризующиеся слабокислой реакцией (рН 5,3...5,8 ед. по Тюрину). Содержание гумуса колебалось от 2,97 до 3,83 %, подвижного фосфора и калия в пределах 155-480 и 77-145 мг/кг почвы соответственно (по Кирсанову).

При оценке кормовой ценности использовали сорта селекции Татарского НИИСХ. Сорта Тан и Кабан характеризуются традиционной формой листа. В качестве стандарта принят сорт Кабан. С 2020 и 2024 года в кормовую группу включены новые сорта Велес и Купидон морфологической группы с усатым типом листа и деформацией формирования лигнина в створках боба.

Оценку сортов гороха по урожайности зеленой массы проводили в фазе формирования репродуктивной зоны растений. Урожай с учетных площадок убирали согласно методике ВИР через 5 суток от полного цветения растений скашиванием растений вручную.

При проведении лабораторных анализов качества зеленой массы и семян использовались общепринятые ГОСТы (табл. 1).

Таблица 1 Использованные ГОСТы для проведения анализов кормов, комбикормов, зерна

Корма, комбикорма, комбикормового сырья	
ГОСТ Р 54951-2012	Метод определения влаги
ГОСТ Р 570059-2016	Экспресс-метод определения влажности
ГОСТ 13496.4-2019	Определение азота и сырого протеина
ГОСТ 13496.15-2016	Методы определения жира
ГОСТ 31675-2012	Методы определения клетчатки с применением промежуточной фильтрации

Статистическую обработку полученных результатов провели методами одно- и двухфакторного анализа по Б.А. Доспехову (2011) с использованием программы Microsoft Excel XP [3].

Сорта изучались в контрастные по метеорологическим условиям 2021-2024 гг. В 2021 году все фазы вегетации проходили при повышенном температурном режиме и дефиците осадков. В 2022 году вегетационный период характеризовался как засушливый с ГТК 0,48. Фаза всходы-начало цветения сопровождалась оптимальной среднесуточной температурой и суммой осадков ниже нормы. Вторая декада июля сопровождалась обильными осадками до 61 мм, превышающими норму на 190%, среднесуточная температура установилась на уровне

21,9°C. Сложившиеся условия в фазе налива семян (ГТК = 1,39) способствовали развитию мучнистой росы.

В 2023 году в первой половине вегетации температурный режим соответствовал среднелетним значениям. За период всходы-начало цветения выпало 81 мм осадков. Условия благоприятно повлияли на рост и развитие растений гороха, закладку бутонов. В фазе образования бобов и налива семян за один день выпало 20 мм осадков. Низкое значение ГТК=0,51 обусловлено повышением среднесуточной температуры на 4,0°C по сравнению с нормой. Фаза цветения проходила при оптимальной среднесуточной температуре, при минимальном количестве выпавших осадков (в июне 7 мм).

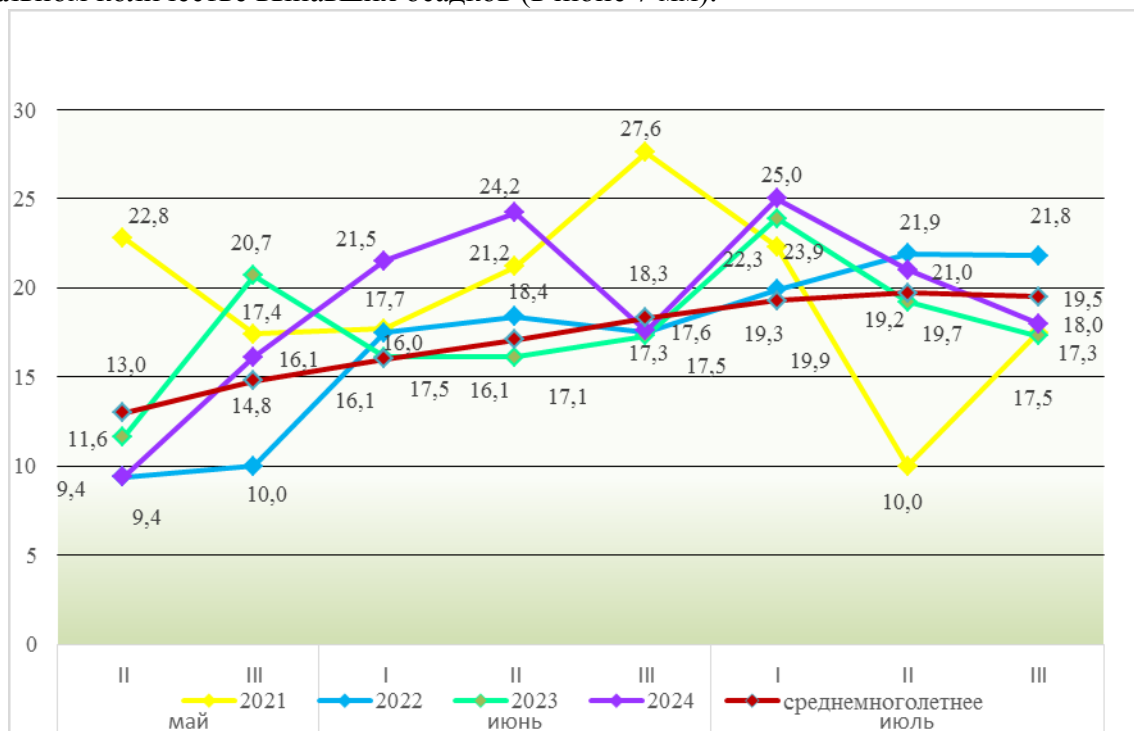


Рисунок 1. Среднесуточная температура в период вегетации гороха, 2021-2024 гг.

В 2024 году при прорастании семян среднесуточная температура опускалась до 9,4°C и еженедельно повышалась до 21,0...24,0°C, (I, II декада июня), с отклонением от среднелетних значений на 34 и 41,5%. В периоды до цветения – начало цветения наблюдались засушливые условия. Всего за этот период выпало 4 мм осадков (рис.2).

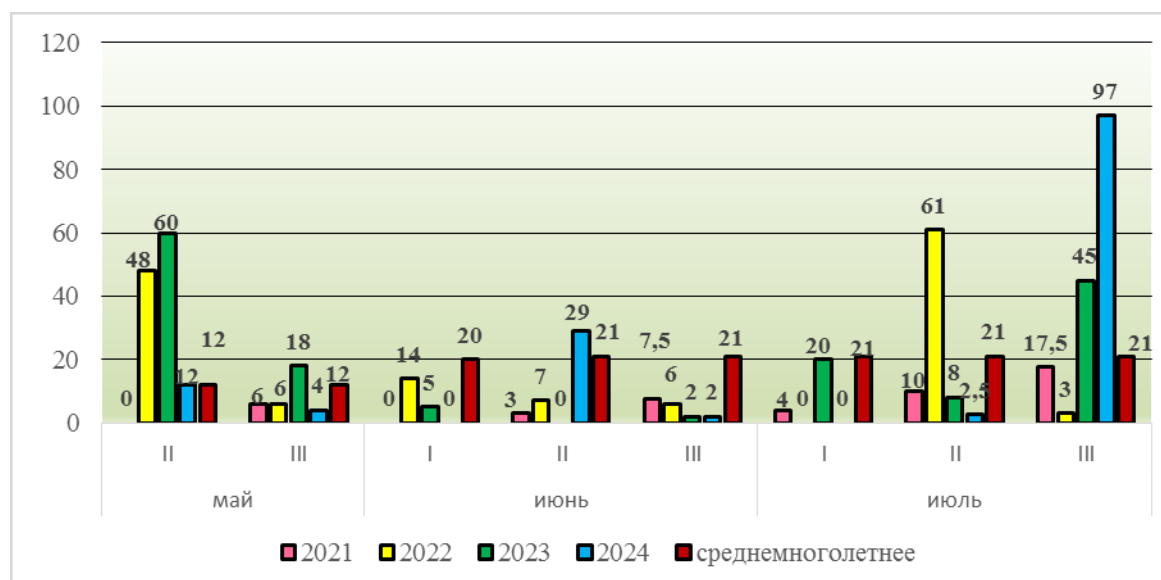
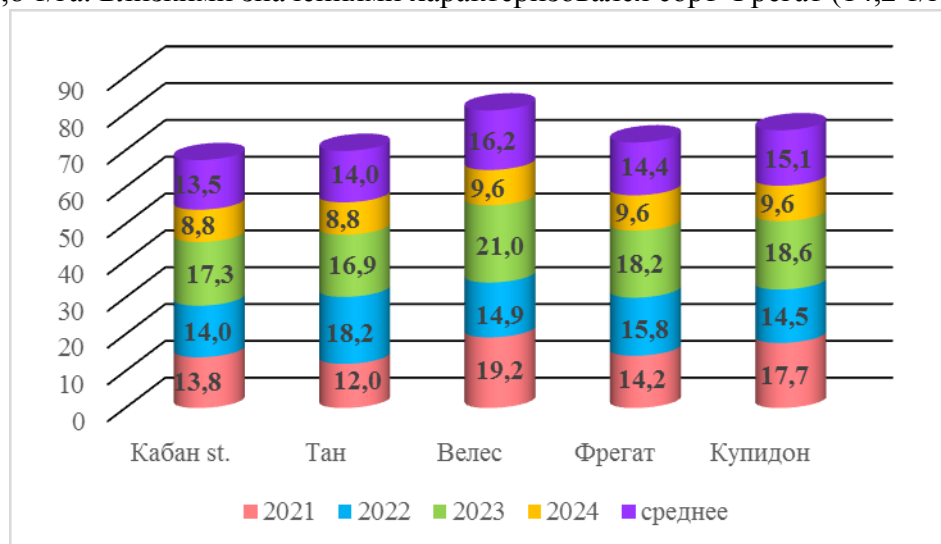


Рисунок 2. Сумма осадков в период вегетации гороха, 2021-2024 гг.

Результаты исследований и их обсуждение

Полученные данные урожайности надземной массы показывают, что по реализации величины урожайности зеленой массы и сухого вещества проявились генотипические особенности. Сильное колебание показателей наблюдалось в зависимости от сорта и условий года.

В засушливых условиях (2021 г.) все изученные сорта реализовали потенциал на низком уровне. Лучшие показатели урожайности зеленой массы отмечены у сортов Купидон и Велес. По величине показателя 17,7 и 19,2 т/га соответственно имели достоверную прибавку по сравнению со стандартным сортом Кабан. Сорта Тан и Кабан с лущильными и беспергаментными бобами формировали существенно низкую зеленую биомассу, урожай не превысил 12,0 -13,8 т/га. Близкими значениями характеризовался сорт Фрегат (14,2 т/га). (рис.2).



НСР₀₅ 2021-3,48; 2022 – 2,66; 2023 – 2,60; 2024 – 0,44

Рисунок 3. Урожай зеленой массы у сортов гороха различных морфотипов

В 2022 году лучшее значение урожайности зеленой массы (18,2 т/га) демонстрировал листочковый сорт Тан, чем превысил стандарт на достоверном уровне и безлисточковые сорта. Усатые генотипы сформировали урожайность зеленой массы на уровне стандартного сорта Кабан в пределах 14,5-15,8 т/га, с максимальным значением показателя у сорта Фрегат.

В благоприятных условиях 2023 года по урожаю зеленой массы группа безлисточковых сортов превышала сорт Кабан. Максимальная прибавка показателя отмечена у сорта Велес, значение составляло 21,0 т/га.

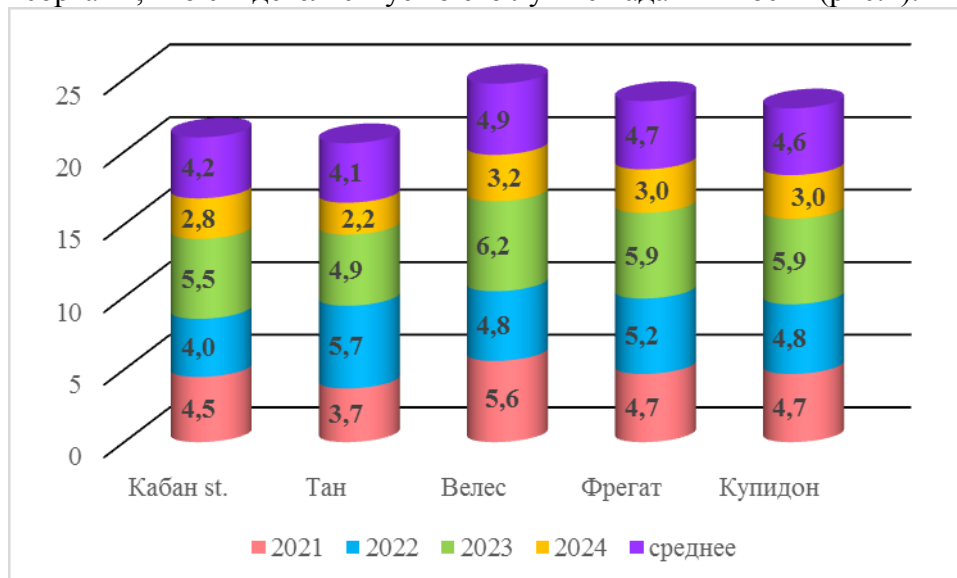
В 2024 году изученные сорта формировали урожайность зеленой массы на уровне 8,8-9,6 т/га и по сортам различий не было выявлено.

В литературных источниках и на практике часто бытует мнение о преимуществе листочковых сортов по урожайности зеленой массы. В наших исследованиях данное утверждение не подтвердилось. Высокая реализация урожайности биомассы гороха определяется генотипическими особенностями способности по формированию урожайности в меняющихся условиях среды.

По средней урожайности зеленой массы сорт Кабан уступал всем изученным сортам, значение его составило 13,5 т/га. По результатам изучения сортов за период 2021-2024 гг. в условиях, крайне различающихся гидротермическим режимом, можно заключить, что лучшие средние значения урожайности зеленой массы показали сорта Велес и Купидон с более высокими параметрами в засушливых условиях.

По величине урожая сухого вещества в засушливых условиях сохранился аналогичный порядок сортов по мере убывания. Лучший показатель 5,6 т/га показал сорт Велес. Минимальное значение сухого вещества у сорта Тан составило 3,7 т/га. У остальных изученных сортов данный параметр менялся незначительно, в пределах 4,7 т/га. Причем сорт Велес дос-

тигал высокого уровня урожая сухого вещества за все годы исследований по сравнению с изученными сортами, что свидетельствует о его лучшей адаптивности (рис.4).



НСР₀₅ 2021-0,68; 2022 – 0,62; 2023 – 0,50; 2024 – 0,38

Рисунок 4. Урожай сухого вещества у сортов гороха различных морфотипов

Важное значение для кормопроизводства имеют качественные показатели зеленой массы, включающие ряд параметров. В результате проведенного химического анализа обнаружено сильное генотипическое различие гороха по важнейшим из них. Ценность зеленой массы в первую очередь обуславливается содержанием сырого протеина.

По результатам наших опытов в засушливых условиях 2021 г. в зеленой массе гороха количество сырого протеина на абсолютно сухое вещество в зависимости от генотипа достигало высоких значений 19,18-23,93% с максимальным проявлением у сорта Купидон (табл. 2).

Таблица 2 Химический состав зеленой массы растений, (на абсолютно сухое вещество), 2021-2024 гг.

Показатели, %	Год	Кабан	Тан	Велес	Фрегат	Купидон	sd**
Сырой протеин	2021	20,32	21,65	19,18	21,05	23,93	1,71
	2022	21,28	16,00	15,95	18,91	18,60	1,52
	2023	18,13	15,30	20,39	18,25	20,11	2,06
	2024	17,68	15,30	15,43	15,56	16,29	0,41
	среднее	19,35	17,06	17,74	18,44	19,73	
Сырая клетчатка	2021	20,32	16,61	18,78	21,89	19,44	6,92
	2022	17,06	16,70	20,75	16,30	18,26	1,82
	2023	11,72	10,93	15,04	11,43	12,04	1,60
	2024	13,70	16,20	15,19	14,23	16,33	0,90
	среднее	15,70	15,11	17,44	15,96	16,52	
Сырой жир	2021	5,78	5,55	5,20	5,34	4,89	0,25
	2022	4,09	1,52	3,30	4,07	2,83	0,94
	2023	5,02	4,39	3,86	3,79	3,50	0,79
	2024	4,90	3,48	2,83	4,94	4,16	0,82
	среднее	4,95	3,73	3,80	4,53	3,85	

В 2022 году наибольшее преимущество по содержанию сырого протеина (21,28%) и сырого жира (4,09%) выявлено у сорта Кабан, который характеризовался низким урожаем зеленой массы. Среди безлисточковых сортов выделены сорта Купидон и Фрегат с высоким содержанием сырого протеина (18,60-18,91%), а Фрегат – и жира (4,07).

В 2023 году максимальное значение показателя сырого протеина установлено у сортов Купидон и Велес на уровне 20,11-20,39%, характеризующихся высоким урожаем зеленой массы.

В 2024 году в условиях неравномерного распределения температурного режима и влагообеспеченности сорта гороха отличались низким уровнем качественных показателей в зеленой массе. В зависимости от особенностей генотипа значения составляли: сырого протеина – 15,30-17,68%; сырой клетчатки – 13,70-16,33%; сырого жира – 2,83-4,94%.

Выводы

1. Таким образом, изучение сортов зерноукосного использования позволило оценить их по урожайности и качеству зеленой массы, формированию зерновой продукции в зависимости от меняющихся условий среды.

2. Наибольшей адаптивностью по данным показателям обладают усатые сорта Купидон и Велес с деформацией формирования лигнина в створках бобов с урожайностью зеленой массы и сухого вещества. В благоприятных условиях (2023 г.) с максимальным проявлением содержания сырого протеина в пределах 20,11-20,39% формировали урожай зеленой массы и сухого вещества на высоком уровне 18,6 и 5,9 т/га; 21,0 и 6,2 т/га. В засушливых условиях они показали лучшие значения этих параметров (17,7 и 4,7 т/га; 19,2 и 5,6 т/га) и по содержанию сырого протеина (19,18-23,93 %).

3. Выявлено, что усатые сорта с деформацией формирования лигнина в створках бобов Велес и Купидон выделяются большей адаптивностью реализации потенциала урожайности и качества зеленой массы.

Список источников

1. Воскобулова Н. И., Верещагина А. С., Ураскулов Р. Ш. Влияние нормы посева и сроков уборки на питательную ценность зелёной массы гороха // Животноводство и кормопроизводство. 2018. Т. 101. № 3. С. 126-132.

2. Градобоева Т.П., Пислегина С.С., Лыскова И.В. Зерноукосный сорт гороха Вита // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2015. № 5 (48). С. 15-19.

3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 6-е, перераб. и доп. Москва: Агропромиздат, 2011. 351 с.

4. Колпакова В. В. И др. Пищевые и кормовые белковые препараты из гороха и нута: производство, свойства, применение / В.В. Колпакова, Д.С. Куликов, Р.В. Уланова, Л.В. Чумкина // Техника и технология пищевых производств. 2021. Т. 51. № 2. С. 333–348.

5. Косолапов В. М. и др. Рациональное природопользование и кормопроизводство в сельском хозяйстве России / В. М., Косолапов, И. А, Трофимов, Л. С. Трофимова, Е. П. Яковлева. Москва: РАН, 2018. 32 с.

6. Пислегина С.С., Четверных С.А. Новый сорт гороха полевого Вятч Новый сорт гороха полевого Вятч // Агропромышленные технологии в Центральной России. 2020. №4 (18). С. 64-71.

7. Пономарева С.В., Ивенин А.В., Богомолова Ю.А. Кормовые характеристики зеленой массы гороха полевого сорта Красивый, в зависимости от погодных условий, при возделывании в Волго-Вятском регионе // Зернобобовые и крупяные культуры. 2024. № 3 (51). С. 32-40.

8. Семенова Е.В. и др. Фенотипические признаки, определяющие дифференциацию генотипа гороха (*Pisum sativum* L.) по направлениям использования / Е.В. Семенова, А.П. Бойко, Л.Ю. Новикова, М.А. Вишнякова // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2022. № 26(7). С. 599-608.

9. Фадеева А.Н. и др. Конкурентная способность компонентов смешанного агроценоза гороха с овсом / А.Н. Фадеева, К.Д. Шурхаева, Е.А. Фадеев, Т.Н. Абросимова // Зернобобовые и крупяные культуры. 2017. № 2(22). С. 67-73.

10. Чекалин Е.И. Горох пелюшка – ценная кормовая и сырьевая культура для отрасли животноводства в ЦЧР России // Биология в сельском хозяйстве. 2022. № 4 (37). С. 40-43.

References

1. Voskobulova N. I., Vereshchagina A. S., Uraskulov R. S. The influence of the seeding rate and harvesting time on the nutritional value of the green mass of peas. *Animal husbandry and feed production*, 2018, vol. 101, no. 3, pp. 126-132.
2. Gradoboeva T.P., Pislegina S.S., Lyskova I.V. Grain-bearing variety of Vita peas. *Agrarian science of the Euro-North-East*, 2015, no. 5 (48), pp. 15-19.
3. Dospekhov B. A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). 6th edition, revised. and add. Moscow: Agro-industry publishing, 2011. 351 p.
4. Kolpakova V. V. And others. Food and feed protein preparations from peas and chickpeas: production, properties, application. V.V. Kolpakova, D.S. Kulikov, R.V. Ulanova, L.V. Churikina. *Machinery and technology of food production*, 2021, vol. 51, no. 2, pp. 333-348.
5. Kosolapov V. M. et al. Rational use of natural resources and feed production in agriculture in Russia. V. M., Kosolapov, I. A., Trofimov, L. S. Trofimova, E. P. Yakovleva. Moscow: RAS, 2018. 32 p.
6. Pislegina S.S., Chetvernykh S.A. A new variety of field pea Vyatich A new variety of field pea Vyatich. *Agro-industrial technologies in Central Russia*, 2020, no. 4 (18), pp. 64-71.
7. Ponomareva S.V., Ivenin A.V., Bogomolova Yu.A. Fodder characteristics of the green mass of field peas of the Krasivy variety, depending on weather conditions, when cultivated in the Volga-Vyatka region. *Legumes and cereals*, 2024, no. 3 (51), pp. 32-40.
8. Semenova E.V. and others. Phenotypic features determining the differentiation of the pea gene pool (*Pisum sativum* L.) in the areas of use. E.V. Semenova, A.P. Boyko, L.Y. Novikova, M.A. Vishnyakova. *Vavilovsky Journal of Genetics and Breeding*, 2022, no. 26(7), pp. 599-608.
9. Fadeeva A.N. et al. The competitive ability of the components of a mixed agrocenosis of peas with oats. A.N. Fadeeva, K.D. Shurkhaeva, E.A. Fadeev, T.N. Abrosimova. *Legumes and cereals*, 2017, no. 2(22), pp. 67-73.
10. Chekalin E.I. Pelyushka peas – a valuable fodder and raw material crop for the livestock industry in the Central Russian Republic. *Biology in agriculture*, 2022, no. 4 (37), pp. 40-43.

Информация об авторах

К.Д. Шурхаева – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции зернобобовых культур;

Т.Н. Абросимова – старший научный сотрудник лаборатории селекции зернобобовых культур;

А.Т. Хуснутдинова – кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории селекции зернобобовых культур;

А.А. Аскарова – младший научный сотрудник лаборатории аналитических исследований.

Information about the authors

K.D. Shurkhaeva – Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher at the Laboratory of Leguminous Crop Breeding;

T.N. Abrosimova – Senior Researcher at the Laboratory of Leguminous Crop Breeding;

A.T. Khusnutdinova – Candidate of Agricultural Sciences, Researcher at the Laboratory of Leguminous Crop Breeding;

A.A. Askarova – Junior Researcher at the Laboratory of Analytical Research.

АГРОИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ AGROENGINEERING SYSTEMS AND TECHNOLOGIES

Научная статья

УДК 004.415

DOI 10.24888/2541-7835-2025-37-3-119-128

ИНТЕГРАЦИЯ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ И ОБЛАЧНЫХ СЕРВИСОВ В СИСТЕМЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО САДОВОДСТВА

**Бабкина Анастасия Валентиновна¹, Пучкова Ольга Сергеевна²,
Торопцев Василий Владимирович³**

^{1,2,3}Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева,
Москва, Россия,

¹babkina@rgau-msha.ru

²puchkova@rgau-msha.ru

³toroptsev@rgau-msha.ru

Аннотация. Внедрение интеллектуальных технологий является стратегическим приоритетом для развития современного садоводства и повышения его вклада в обеспечение продовольственной безопасности и устойчивого развития сельских территорий. Ключевую роль в этом процессе играет интеграция методов искусственного интеллекта, машинного обучения и облачных сервисов в системы управления садоводческими хозяйствами. В статье освещены основные этапы разработки системы интеллектуального садоводства, интегрирующей нейросетевые модели интернета вещей и облачные сервисы для диагностики заболеваний яблонь и поддержки принятия решений по уходу за садом. Описаны методы и инструменты, использованные при разработке системы. В качестве объекта для внедрения и апробации результатов исследования выступает отдел плодовых культур «Мичуринский сад» Учебно-научно-производственного центра садоводства и овощеводства имени В.И. Эдельштейна ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева». Исследования были проведены в 2023-2024 гг. В результате оценки экономической эффективности предлагаемой системы были сформулированы выводы о том, что внедрение разработанной системы интеллектуального садоводства, несмотря на начальные инвестиции, является экономически выгодным в долгосрочной перспективе. Система позволяет существенно снизить затраты на агрохимикаты и трудозатраты, а также уменьшить потери урожая за счет более эффективного контроля за состоянием растений. Через пять лет эксплуатации системы ожидается экономический эффект в размере 95000 руб. Ежемесячная экономическая выгода за счёт сокращения времени, затраченного на выполнение задач до и после внедрения системы, составляет 75000 руб.

Ключевые слова: интеллектуальное садоводство, искусственный интеллект, машинное обучение, нейронная сеть, интернет вещей, облачные сервисы, мобильное приложение.

Для цитирования: Бабкина А.В., Пучкова О.С., Торопцев В.В. Интеграция интернета вещей и облачных сервисов в системе интеллектуального садоводства // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 3(37). С. 119-128. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-37-3-119-128>.

Original article

INTEGRATION OF THE INTERNET OF THINGS AND CLOUD SERVICES IN AN INTELLIGENT GARDENING SYSTEM

Anastasia V. Babkina¹, Olga S. Puchkova², Vasily V. Toroptsev³✉

^{1,2,3}Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy,
Moscow, Russia

¹babkina@rgau-msha.ru

²puchkova@rgau-msha.ru

³toroptsev@rgau-msha.ru✉

Abstract. The introduction of intelligent technologies is a strategic priority for the development of modern horticulture and increasing its contribution to ensuring food security and sustainable rural development. The integration of artificial intelligence, machine learning, and cloud services into horticultural management systems plays a key role in this process. The article highlights the main stages of the development of an intelligent gardening system that integrates neural network models of the Internet of Things and cloud services for diagnosing apple tree diseases and supporting decision-making on home care. The methods and tools used in the development of the system are described. The department of fruit crops "Michurinsky Garden" of the V.I. Edelstein Educational, Scientific and Production Center for Horticulture and Vegetable Growing of the Timiryazev Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy acts as an object for the implementation and testing of the research results. The studies were conducted in 2023-2024. As a result of the assessment of the economic efficiency of the proposed system, conclusions were formulated that the introduction of the developed intelligent gardening system, despite initial investments, is economically beneficial in the long term. The system can significantly reduce the cost of agrochemicals and labor costs, as well as reduce crop losses due to more effective control over the condition of plants. After five years of operation of the system, an economic effect of 95,000 rubles is expected. The monthly economic benefit due to the reduction of time spent on completing tasks before and after the implementation of the system is 75,000 rubles.

Keywords: intelligent gardening, artificial intelligence, machine learning, neural network, Internet of things, cloud services, mobile application.

For citation: Babkina A.V., Puchkova O.S., Toroptsev V.V. Integration of the internet of things and cloud services in an intelligent gardening system. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2025, no. 3(37), pp. 119-128. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-37-3-119-128>.

Введение

В условиях санкционного давления обостряются вопросы, связанные с продовольственной безопасностью страны [7]. Садоводство является одной из ключевых отраслей сельского хозяйства, играющей важную роль в обеспечении продовольственной безопасности и экономического развития многих стран мира [10]. Однако в настоящее время данная отрасль сталкивается с рядом серьезных проблем и вызовов, которые требуют поиска новых инновационных решений и подходов как в области новых экологически чистых технологий [8], так и разработки программного обеспечения, позволяющего автоматизировать не только процессы по учету продукции и закупкам оборудования [6], но и интеллектуальному сбору данных, необходимых для ведения расширенного производства.

Одной из главных проблем современного садоводства является снижение урожайности и качества продукции вследствие распространения болезней и вредителей растений. Согласно данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединённых наций (ФАО), ежегодные потери урожая сельскохозяйственных культур от болезней и вредителей достигают 20-40% [5]. Особенно остро эта проблема стоит для яблоневых садов, которые подвержены таким заболеваниям, как парша, мучнистая роса, бактериальный ожог и др.

Другим серьезным вызовом для современного садоводства является изменение климата, которое приводит к учащению экстремальных погодных явлений, таких как засухи, наводнения, заморозки и т.д. По оценкам экспертов, к 2050 году потери урожая плодовых культур от климатических рисков могут возрасти на 35% [3].

Помимо экологических факторов, современное садоводство испытывает возрастающее давление со стороны рынка и регуляторов. Потребители предъявляют все более высокие требования к качеству, безопасности и органичности плодовой продукции, что заставляет производителей внедрять строгие стандарты и системы контроля качества.

Решение указанных проблем и адаптация к новым вызовам требуют комплексной модернизации отрасли садоводства на основе принципов устойчивого развития и внедрения передовых технологий. Одним из наиболее перспективных направлений такой модернизации является развитие интеллектуального садоводства, основанного на применении цифровых технологий и методов науки о данных для оптимизации процессов выращивания, защиты и уборки урожая плодовых культур.

Цель исследования – повышение эффективности ведения сельского хозяйства за счет разработки системы интеллектуального садоводства, способной автоматически определять признаки болезней яблонь по фотографиям и предоставлять фермерам рекомендации по уходу за растениями.

Материалы и методы исследований

Исследования проводились на базе отдела плодовых культур «Мичуринский сад» Учебно-научно-производственного центра садоводства и овощеводства имени В.И. Эдельштейна ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» в 2023-2024 гг.

Ключевыми элементами интеллектуального садоводства являются: системы сбора и анализа данных о состоянии растений, почвы, микроклимата и других факторов, влияющих на рост и развитие плодовых культур; интеллектуальные модели и алгоритмы для обработки собранных данных и поддержки принятия решений; роботизированные платформы и автономные машины для выполнения трудоемких и монотонных операций, таких как обрезка деревьев, сбор урожая, прополка и др.; платформы и сервисы для интеграции и обмена данными между различными участниками производственной цепочки – садоводами, консультантами, поставщиками ресурсов, переработчиками, ритейлерами и т.д. [9].

Искусственный интеллект и машинное обучение позволяют создавать высокоточные модели для прогнозирования развития болезней и вредителей, оптимизации использования ресурсов, оценки качества продукции и других задач на основе анализа больших данных, собираемых с помощью сенсоров и других источников.

Яркими образцами систем интеграции искусственного интеллекта и облачных сервисов служат платформы точного земледелия, например, Cropio, Hummingbird Technologies, Prospera и другие, которые объединяют данные спутникового мониторинга, датчиков и других источников, обрабатывают их с использованием алгоритмов ИИ и предлагают садоводам советы по улучшению сельскохозяйственных работ через веб- и мобильные приложения.

Искусственный интеллект и нейронные сети – это действенные инструменты для решения задач распознавания образов в разных сферах, включая интеллектуальное садоводство.

Архитектура предлагаемой платформы включает следующие основные компоненты:

1. Подсистему сбора данных с IoT-устройств в саду (датчиков, камер, метеостанций и др.) с использованием протоколов MQTT и HTTP и их передачи в облако через сервис Cloud IoT Core.

2. Подсистему хранения собранных данных в облачных хранилищах Cloud Storage и BigQuery, обеспечивающих надежность, масштабируемость и возможности эффективного доступа и запросов к данным.

3. Подсистему обработки и анализа данных с использованием сервисов Cloud Dataflow, Cloud Functions и Cloud AI Platform, реализующих конвейеры обработки данных, функции преобразования и очистки данных, а также обучение и выполнение моделей машинного обучения (включая модели классификации изображений, обученные ранее).

4. Подсистему визуализации и интерактивной аналитики данных на основе сервиса Data Studio, предоставляющего возможности создания информативных дашбордов и отчетов для мониторинга ключевых показателей и поддержки принятия решений.

5. Подсистему доступа к данным и моделям через REST API и интеграции с внешними приложениями и сервисами, такими как мобильное приложение для садоводов, веб-портал для агрономов и консультантов, системы управления садом и др.

Результаты исследований и их обсуждение

Разрабатываемая система направлена на решение конкретной проблемы – повышения эффективности и точности диагностики болезней яблонь в садах за счет применения передовых методов компьютерного зрения и анализа данных. При этом система использует общие принципы и подходы, характерные для интеллектуального сельского хозяйства – сбор данных от множества распределенных сенсоров (камер), передача и хранение данных в облачной платформе, обработка данных с помощью моделей машинного обучения (сверточных нейронных сетей), визуализация и предоставление результатов анализа через мобильные и веб-приложения.

Для обучения нейронной сети EfficientNet, способной классифицировать яблоки по степени поражения паршой, первоочередной задачей является формирование репрезентативного набора данных. В рамках данного исследования был использован открытый датасет PlantVillage [2], содержащий изображения листьев различных культур, в том числе яблони, с признаками поражения болезнями.

Для целей данного исследования были отобраны только изображения здоровых листьев и листьев, пораженных паршой, в количестве 1621 штук. Изображения других заболеваний были исключены из рассмотрения.

Следующим этапом подготовки данных стала разметка изображений листьев с паршой по степени поражения. Изображения были разделены на три класса:

1. Здоровые листья (1105 изображений).
2. Листья с начальной стадией парши (312 изображений).
3. Листья с запущенной стадией парши (204 изображения).

Размеченный датасет был разделен на обучающую, валидационную и тестовую выборки в соотношении 70%/15%/15% соответственно. Таким образом, обучающая выборка составила 1135 изображений (773 здоровых, 218 с начальной стадией, 144 с запущенной стадией), валидационная - 243 изображения (166 здоровых, 47 начальных, 30 запущенных), тестовая - 243 изображения (166 здоровых, 47 начальных, 30 запущенных).

Для увеличения размера обучающей выборки и повышения устойчивости модели к различным вариациям изображений были применены техники аугментации данных. Аугментация была реализована с помощью библиотеки Albumentations [1] на языке Python. Каждое изображение из обучающей выборки было случайным образом модифицировано 3 раза, что позволило утроить размер обучающего набора данных.

В результате проведенных операций был сформирован структурированный датасет изображений яблонь, пригодный для обучения нейросетевой модели EfficientNet. Подготовленный датасет включает в себя 3405 размеченных изображений в обучающей выборке (2319 здоровых, 654 с начальной стадией, 432 с запущенной стадией), 243 изображения в валидационной выборке и 243 изображения в тестовой выборке.

Для удобства работы с данными, изображения были организованы в соответствующие директории по классам (здоровые/ начальная_стадия/ запущенная_стадия) отдельно. Такая структура позволяет легко подавать данные на вход нейронной сети в процессе обучения и оценки качества модели (рис. 1).

Имя	Размер	Сжат
..		
images	859 085 544	851 383 352
Запущенная_стадия	28 408 498	27 995 608
Здоровые	558 752 882	553 532 208
Начальная_стадия	218 557 836	216 313 378
train.csv	129 627	17 399

Рисунок 1. Классы модели

Качественный набор данных является залогом высокой точности и обобщающей способности обученной модели.

Для решения задачи классификации изображений яблонь по степени поражения паршой в данном исследовании была выбрана современная архитектура сверточных нейронных сетей EfficientNet. Ключевой особенностью EfficientNet является эффективное масштабирование глубины, ширины и разрешения сети, что позволяет достигать высокой точности при относительно небольшом количестве параметров.

В данном исследовании была использована предобученная на наборе данных ImageNet модель EfficientNet-B0, содержащая 5,3 миллиона параметров. Модель состоит из 18 MBConv блоков, организованных в 7 стадий с разным разрешением и количеством каналов. Размер входного изображения составляет 224x224 пикселей.

Для адаптации модели EfficientNet-B0 к задаче классификации яблонь был применен подход Transfer Learning, заключающийся в использовании весов предобученной на большом наборе данных модели и дообучении ее на целевом датасете. При этом производится замена последнего полносвязного слоя на новый, соответствующий количеству классов в решаемой задаче (в нашем случае – 3 класса).

Процесс обучения модели состоял из следующих этапов:

1. Замораживание весов всех слоев, кроме последнего полносвязного. Обучение только полносвязного слоя в течение 10 эпох с lr=0.001.
2. Разморозка весов последних 5 MBConv блоков. Обучение всей модели в течение 50 эпох с lr=0.0001 и постепенным снижением в 10 раз каждые 20 эпох.
3. Дополнительное обучение всей модели в течение 20 эпох с lr=0.00001 для финальной подстройки весов (рис. 2).

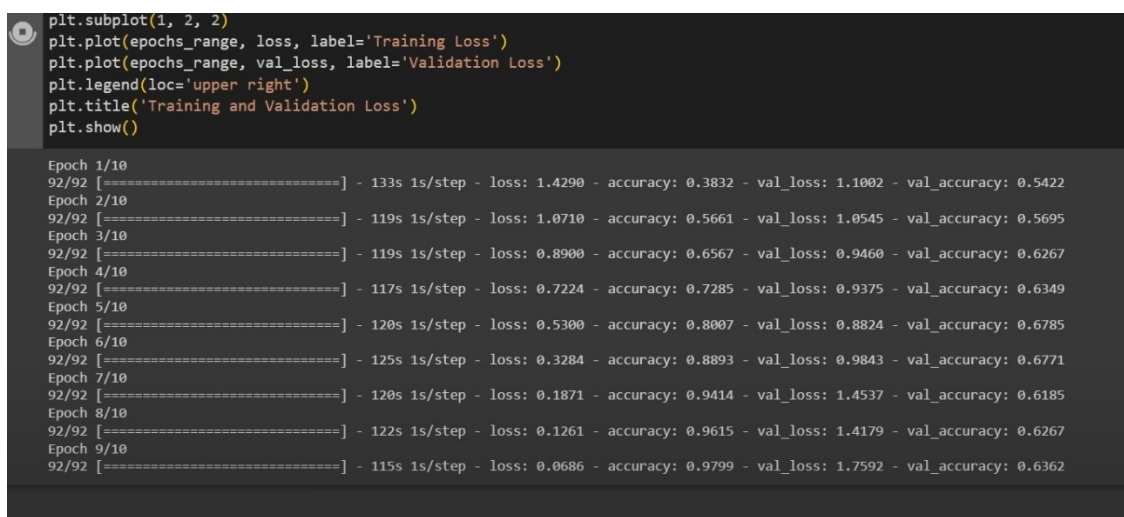


Рисунок 2. Обучение модели

В процессе обучения производился мониторинг значений функции потерь и точности на обучающей и валидационной выборках. Лучшая модель выбиралась по максимальному значению точности на валидационной выборке. График обучения модели представлен на рис. 3.



Рисунок 3. График обучения модели EfficientNet-B0 (слева – функция потерь, справа – точность классификации)

Другим важным аспектом реализации системы интеллектуального садоводства является обмен сообщениями между мобильным приложением, используемым фермерами, и облачными сервисами. Для этой цели был выбран сервис Firebase Cloud Messaging (FCM) – кросс-платформенное решение для отправки push-уведомлений и сообщений на мобильные устройства под управлением Android и iOS [4].

Интеграция облачных сервисов GCP в проект осуществлялась поэтапно:

Проектирование архитектуры системы и выбор необходимых сервисов GCP.

Создание проекта в GCP Console и активация выбранных сервисов (Cloud Storage, Firebase Cloud Messaging).

Реализацию API для взаимодействия с мобильным приложением.

Интеграция облачных сервисов с мобильным приложением, разработанным на платформе Flutter.

Тестирование и отладка интеграции на реальных данных, полученных от фермеров-участников проекта.

Развертывание системы в производственной среде и мониторинг ее работы.

При проектировании системы интеллектуального садоводства одним из ключевых компонентов является мобильное приложение, которое позволит фермерам удобно взаимодействовать с системой, загружать фотографии яблонь для анализа и получать результаты классификации и рекомендации по уходу за садом. Учитывая необходимость охвата широкой аудитории фермеров, использующих различные мобильные платформы (Android и iOS), в качестве инструмента для разработки кроссплатформенного мобильного приложения был выбран фреймворк Flutter (рис. 4).

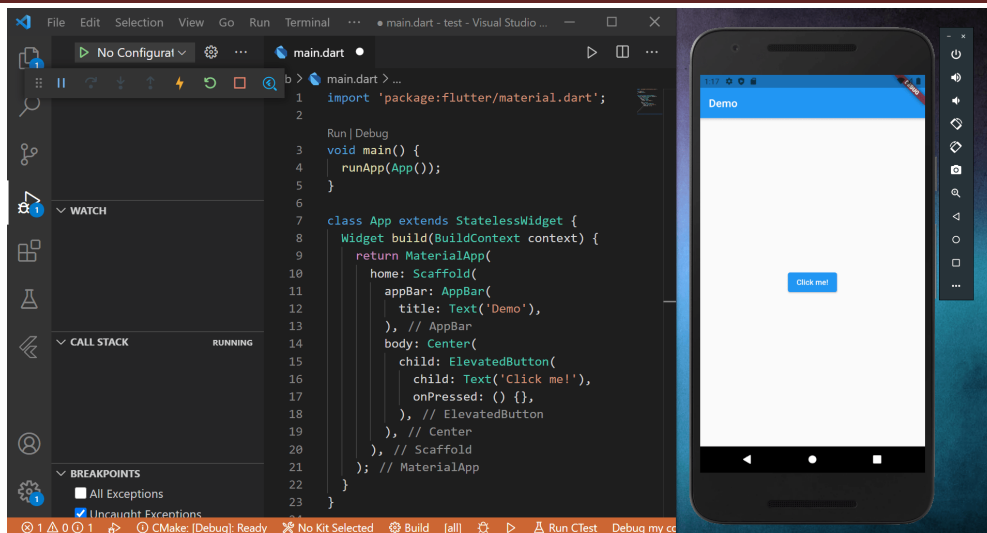


Рисунок 4. Использование Flutter в VS Code

Интеграция Flutter-приложения с облачными сервисами Google Cloud Platform (GCP) и Firebase открывает широкие возможности для реализации серверной части системы интеллектуального садоводства и обеспечения коммуникации между мобильным приложением и облачными сервисами.

В данном исследовании для разработки чат-бота на базе моделей обработки естественного языка для предоставления фермерам консультаций по вопросам ухода за растениями была выбрана платформа Coze. Выбор данной платформы обусловлен рядом факторов. Во-первых, Coze предоставляет интуитивно понятный веб-интерфейс для конфигурации и настройки чат-ботов. Во-вторых, платформа поддерживает интеграцию с различными популярными мессенджерами, такими как Telegram. Для расширения функциональных возможностей чат-бота был подключен плагин Google Web Search. Данный плагин позволяет боту выполнять поиск информации в сети Интернет и включать в свои ответы ссылки на релевантные веб-страницы. После завершения настройки и тестирования чат-бота на платформе Coze была осуществлена его интеграция в разрабатываемое мобильное приложение системы интеллектуального садоводства.

Предлагаемая архитектура системы интеллектуального садоводства, состоящая из нескольких основных компонентов: мобильное приложение, серверная часть на базе облачной платформы Google Cloud, нейросетевая модель для классификации изображений и чат-бот на основе обработки естественного языка, представлена на рис. 5.

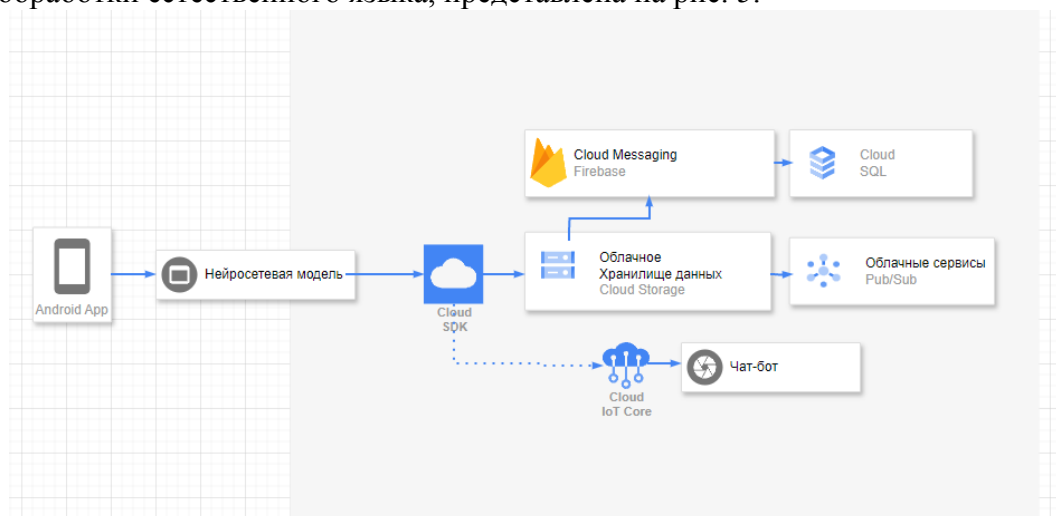


Рисунок 5. Архитектура системы интеллектуального садоводства

Экономическая эффективность инновационных технологических решений в аграрной сфере является критическим фактором для их успешного внедрения и дальнейшего использования. Экономические выгоды от внедрения разработанной системы могут быть оценены через следующие аспекты.

Снижение потерь урожая: преждевременное обнаружение болезней и вредителей позволяет своевременно реагировать, предотвращая массовое распространение заболеваний и снижая потери урожая.

Оптимизация использования агрохимикатов: система позволяет точно применять фунгициды и другие средства защиты растений, что снижает общий объем их использования и связанные с этим затраты, а также уменьшает негативное воздействие на окружающую среду.

Экономия трудовых ресурсов: автоматизация процесса мониторинга состояния сада сокращает необходимость регулярных осмотров специалистами, что ведет к снижению трудозатрат.

Для оценки экономического эффекта от внедрения системы используется формула:

$$EE = (C_{\text{без}} - C_c) - (I_{\text{нач}} + I_{\text{эксп}}), \quad (1)$$

где EE - экономический эффект, $C_{\text{без}}$ - среднегодовые затраты на агрохимикаты без использования системы, C_c - среднегодовые затраты на агрохимикаты с использованием системы, $I_{\text{нач}}$ - начальные инвестиции в разработку и внедрение системы, $I_{\text{эксп}}$ - ежегодные эксплуатационные затраты на поддержку системы.

$$EE = (50000 - 20000) - (30000 + 5000) = 30000 - 35000 = -5,000 \text{ руб.}$$

Таким образом, в первый год использования системы ожидается отрицательный экономический эффект. Однако для полной оценки эффективности важно рассмотреть долгосрочную перспективу. Если рассчитывать на период в 5 лет, то кумулятивный экономический эффект будет выглядеть следующим образом:

$$E_{5\text{ лет}} = (50000 - 20000) \cdot 5 - (30000 + 5000 \cdot 5) = 150000 - 55000 = 95000 \text{ руб.}$$

Таким образом, через пять лет эксплуатации системы ожидается положительный экономический эффект.

Рассчитывать экономический эффект на основе времени, затраченного на выполнение задач до и после внедрения системы может быть очень полезно, особенно для систем, ориентированных на повышение эффективности и сокращение трудозатрат. Этот подход позволяет количественно оценить влияние технологии на производительность работы и на основе этих данных сделать выводы о её экономической выгоде.

Экономический эффект по времени выполнения (V) может быть рассчитан с использованием следующей формулы:

$$V = \left(\frac{T_m - T_n}{T_m} \right) \cdot 100\%, \quad (2)$$

где T_m - время, затрачиваемое на выполнение задач до внедрения системы, T_n - время, затрачиваемое на выполнение тех же задач после внедрения системы.

$$V = \left(\frac{100 - 40}{100} \right) \cdot 100\% = 60\%.$$

Это означает, что внедрение системы позволило сократить время, затрачиваемое на мониторинг состояния яблонь, на 60%.

Экономическая выгода от сокращения времени может быть переведена в денежный эквивалент, если умножить экономию времени на стоимость часа работы сотрудника или специалиста. Например, если стоимость часа работы составляет 1250 рублей, то ежемесячная экономия составит по формуле:

$$60 \text{ ч} \cdot 1250 \frac{\text{руб.}}{\text{ч}} = 75000 \text{ руб.}$$

Выводы

Исходя из проведенного анализа, можно сделать следующие выводы:

1. Применение разработанной системы интеллектуального садоводства позволит значительно повысить эффективность диагностики заболеваний яблонь, сократить потери урожая, а также снизить трудозатраты фермеров на мониторинг состояния сада на 60%. При этом ежемесячная экономическая выгода за счет сокращения времени, затрачиваемого на выполнение задач, составит 75 тыс. руб. Экономический эффект через пять лет эксплуатации системы ожидается в размере 95 тыс. руб.
2. С точки зрения экологического аспекта: повышение качества продукции создаёт дополнительные преимущества перед традиционными методами мониторинга и обработки сельскохозяйственных угодий.
3. Интеграция интернета вещей и облачных сервисов открывает новые возможности для применения современных информационных технологий в сельском хозяйстве и повышения устойчивости отрасли садоводства.

Список источников

1. Аугментация наборов изображений для обучения нейронных сетей при решении задач семантической сегментации / И. А. Ложкин, М. Е. Дунаев, К. С. Зайцев, А. А. Гармаш // *International Journal of Open Information Technologies*. 2023. Т. 11. № 1. С. 109-117.
2. Ивашкевич В. Б., Емельянова Н. З. *Управленческий учет в информационной системе предприятия*. Москва: ДИАЛОГ-МИФИ, 2013. 102 с.
3. Ксенофонов М. Ю., Ползиков Д. А. К вопросу о влиянии климатических изменений на развитие сельского хозяйства России в долгосрочной перспективе // *Проблемы прогнозирования*. 2020. № 3(180). С. 82-92.
4. Мархакшинов А. Л., Тонхонова А. А., Урмакшинова Е. Р. Разработка бессерверных мобильных приложений // *Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии*. 2019. Т. 17. № 4. С. 66-73.
5. Мировой рынок химических средств защиты растений: потенциальные потери урожая, тренды и перспективы производства пестицидов для экономики России / А. И. Тареев, А. В. Березнов, В. В. Смирнов [и др.] // *Техника и технология пищевых производств*. 2024. Т. 54. № 2. С. 310-329.
6. Николаева А. В. Автоматизация производственного учета в крестьянских (фермерских) хозяйствах // *Управление рисками в АПК*. 2024. № S3(53). С. 474-479.
7. Пучкова О. С., Бабкина А. В. Анализ результатов математического моделирования влияния санкций на сельское хозяйство южного федерального округа РФ // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2024. № 3. С. 154-165.
8. Разработка экологически чистой технологии получения диффузионного сока / Н. Г. Кульнева, М. В. Журавлев, Л. А. Беляева, Е. В. Авилова // *Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение: Материалы Международной научно-технической конференции, Воронеж, 13-14 ноября 2014 года / Воронежский государственный университет инженерных технологий. Том 1. Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2014. С. 187-191.*
9. Система визуализации данных для интеллектуальной экспертной системы активной защиты растений / А. М. Ксолов, К. Ч. Бжихатлов, С. А. Канкулов [и др.] // *Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН*. 2022. № 2(106). С. 22-30.
10. *International Banana Trade: Volumes, Countries, and Trends* / N. G. Platonovskiy, L. R. Ibrasheva, N. I. Obukhova [et al.] // *Sustainable Development of the Agrarian Economy Based on Digital Technologies and Smart Innovation*. Cham: Springer, 2024. Pp. 25-30.

References

1. Augmentation of image sets for training neural networks in solving semantic segmentation problems. I. A. Lozhkin, M. E. Dunaev, K. S. Zaitsev, A. A. Garmash. *International Journal of Open Information Technologies*, 2023, vol. 11, no. 1, pp. 109-117.

2. Ivashkevich V. B., Yemelyanova N. Z. Managerial accounting in the enterprise information system. Moscow: DIALOG-MEPhI Publ., 2013. 102 p.
3. Ksenofontov M. Yu., Polzikov D. A. On the issue of the impact of climate change on the development of agriculture in Russia in the long term. Problems of forecasting, 2020, no. 3(180), pp. 82-92.
4. Markhakshinov A. L., Tonkhonoeva A. A., Urmakshinova E. R. Development of serverless mobile applications. Bulletin of Novosibirsk State University. Series: Information Technology, 2019, vol. 17, no. 4, pp. 66-73.
5. The global market of chemical plant protection products: potential losses, trends and prospects of pesticide production for the Russian economy. A. I. Tareev, A.V. Bereznov, V. V. Smirnov [et al.]. Machinery and technology of food production, 2024, vol. 54, no. 2, pp. 310-329.
6. Nikolaeva A.V. Automation of production accounting in peasant (farmer) farms. Risk management in the agro-industrial complex, 2024, no. S3(53), pp. 474-479.
7. Puchkova O. S., Babkina A.V. Analysis of the results of mathematical modeling of the impact of sanctions on agriculture in the southern Federal District of the Russian Federation. News imi-Ryazan Agricultural Academy, 2024, no. 3, pp. 154-165.
8. Development of an environmentally friendly technology for the production of diffusion juice. N. G. Kulneva, M. V. Zhuravlev, L. A. Belyaeva, E. V. Avilova. Food safety: scientific, personnel and information support: Materials of the International Scientific and Technical Conference, Voronezh, November 13-14, 2014. Voronezh State University of Engineering Technologies. Volume 1. Voronezh: Voronezh State University of Engineering Technologies, 2014, pp. 187-191.
9. Data visualization system for an intelligent expert system of active plant protection. A.M. Ksalov, K. Ch. Brzikhatlov, S. A. Kankulov [et al.]. News Kabardino-Balkaria Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2022, no. 2(106), pp. 22-30.
10. International trade in bananas: volumes, countries and trends. N. G. Platonovsky, L. R. Ibrasheva, N. I. Obukhova [and others]. Sustainable development of the agrarian economy based on digital technologies and intellectual innovations. Cham: Springer, 2024, pp. 25-30.

Информация об авторах

А.В. Бабкина – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры прикладной информатики;

О.С. Пучкова – кандидат экономических наук, доцент кафедры прикладной информатики;

В.В. Торопцев – кандидат технических наук, доцент кафедры процессов и аппаратов перерабатывающих производств.

Information about the authors

A.V. Babkina – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Applied Informatics;

O.S. Puchkova – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Applied Informatics;

V.V. Toroptsev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Processes and Apparatuses of Processing Industries.

Обзорная статья

УДК 631.372

DOI 10.24888/2541-7835-2025-37-3-129-142

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ТРАКТОРОСТРОЕНИЯ

Везилов Александр Олегович^{1,2✉}, Дзюбан Иван Леонидович³

^{1,3}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, Саратовская область, Саратов, Россия

²Всероссийский институт научной и технической информации Российской академии наук, Москва, Россия

¹vezirov2008@mail.ru✉

²dil6477@yandex.ru

Аннотация. Проведен анализ современных тенденций развития сельскохозяйственных тракторов, на основе открытых научных публикаций вышедших 2024–2025 гг. Представлены современные тенденции развития сельскохозяйственных тракторов, направленные на повышение производительности, энергоэффективности и экологической безопасности. Исследование охватывает ключевые аспекты тракторостроения, включая совершенствование трансмиссионных систем, внедрение альтернативных видов топлива, электрификацию, развитие автономных навигационных технологий, а также снижение негативного воздействия на почву и оператора. Выявлены основные направления совершенствования: переход на автоматизированные и бесступенчатые трансмиссии (снижение динамических нагрузок на 25–30%), разработка гибридных и электрических силовых установок (КПД до 90–96%), применение интеллектуальных систем управления и адаптивных ходовых систем. Показано, что использование активаторов в системах разделённой подачи топлива увеличивает мощность двигателя на 8–15% и снижает выбросы оксидов азота на 9–14%. СВЧ-обработка топлива позволяет снизить его расход на 6,3%, а системы регулировки давления в шинах повышают урожайность на 4–6%. Анализ показал, что современные разработки способствуют значительному снижению энергозатрат (прямая экономия до 1701,92 МДж/га), вредных выбросов (снижение доли углекислого газа на 18% при использовании аммиака) и уплотнения почвы (снижение плотности пахотного горизонта на 7%), одновременно повышая точность и автономность сельскохозяйственных операций (тяговая эффективность до 73,08% на сложных грунтах). Перспективы дальнейших исследований связаны с созданием полностью автономных тракторных систем, адаптирующихся к изменяющимся условиям эксплуатации.

Ключевые слова: сельскохозяйственный трактор, автономная навигация, тягово-сцепные характеристики, альтернативные виды топлива, уплотнение почвы, гибридные силовые установки, научный обзор.

Для цитирования: Везилов А.О., Дзюбан И.Л. Обзор современных исследований в области тракторостроения // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 3(37). С. 129–142. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-37-3-129-142>.

Review article

A REVIEW OF MODERN RESEARCH IN THE FIELD OF TRACTOR MANUFACTURING

Alexander O. Vezirov^{1,2✉}, Ivan L. Dzyuban³

¹Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov Region, Saratov, Russia

²Russian Institute of Scientific and Technical Information of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

¹vezirov2008@mail.ru✉

²dil6477@yandex.ru

Abstract. An analysis of current trends in the development of agricultural tractors has been conducted, based on open scientific publications from 2024–2025. The study outlines modern development

trends aimed at enhancing productivity, energy efficiency, and environmental safety. The research covers key aspects of tractor engineering, including the improvement of transmission systems, the introduction of alternative fuels, electrification, the development of autonomous navigation technologies, as well as the reduction of negative impact on soil and the operator. The main directions for improvement have been identified: a transition to automated and continuously variable transmissions (reducing dynamic loads by 25–30%), the development of hybrid and electric powertrains (with efficiency reaching 90–96%), and the implementation of intelligent control systems and adaptive running gear. It is demonstrated that the use of binary activators in split fuel injection systems increases engine power by 8–15% and reduces nitrogen oxide (NO_x) emissions by 9–14%. Microwave treatment of fuel enables a reduction in fuel consumption by 6.3%, and central tire inflation systems contribute to a yield increase of 4–6%. The analysis has shown that modern developments facilitate a significant reduction in energy consumption (direct savings of up to 1701.92 MJ/ha), harmful emissions (an 18% reduction in CO₂ when using ammonia), and soil compaction (a 7% reduction in topsoil density), while simultaneously improving the accuracy and autonomy of agricultural operations (traction efficiency up to 73.08% on challenging terrains). The prospects for further research are associated with the creation of fully autonomous tractor systems capable of adapting to varying operating conditions.

Keywords: agricultural tractor, autonomous navigation, traction and coupling properties, alternative fuels, soil compaction, hybrid power plants, scientific review.

For citation: Vezirov A.O., Dzyuban I.L.. A review of modern research in the field of tractor manufacturing. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2025, no. 3(37), pp. 129-142. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-37-3-129-142>.

Введение

Современное сельское хозяйство сталкивается с комплексом глобальных вызовов, включая рост населения, увеличение спроса на продовольствие и необходимость минимизации антропогенного воздействия на окружающую среду. В этих условиях ключевым фактором устойчивого развития аграрного сектора становится внедрение инновационных технологий, обеспечивающих повышение производительности, энергоэффективности и экологической безопасности. Одним из центральных элементов этого перехода является сельскохозяйственный трактор, который не только остается основным энергетическим звеном агропроизводства, но и становится важнейшим компонентом сельского хозяйства 4.0, интегрирующим в себя последние достижения в области науки и техники.

Цель исследования – анализ современных направлений развития конструктивных, технологических и эксплуатационных решений в сельскохозяйственном тракторостроении, направленных на повышение производительности, энергетической эффективности и минимизации негативного воздействия на окружающую среду тракторной техники.

Материалы и методы исследований

Анализ потока научно-технической литературы в рассматриваемой области осуществлялся посредством изучения научных публикаций, отобранных из международных баз данных открытого доступа – AGRIS, CNKI (China National Knowledge Infrastructure), а также российских баз цитирования: БД ВИНТИ, РИНЦ. Поиск релевантных материалов проводился с использованием следующих ключевых терминов на русском языке: «трактор», «сельскохозяйственный трактор», «беспилотный трактор», «электрический трактор», на английском языке: («tractor» OR «agricultural tractor») AND («autonomous tractor» OR «unmanned tractor» OR «electric tractor»). В исследовательскую выборку вошли научные и обзорные статьи открытого доступа, опубликованные в научных журналах, и патентные документы, датированные периодом с 1 января 2024 года по 1 июня 2025 года включительно.

Объектом исследования являлись принципиальные схемы, конструктивные решения и технологические реализации устройств, агрегатов и систем современных колесных и гусеничных тракторов средней и высокой мощности (силовых установок, трансмиссий, гидравлики, систем управления, ходовой части), применяющихся в сельскохозяйственном производстве. Мини-тракторы и специализированные машины на базе тракторных шасси (например, погрузчики) исключены из обзора.

Результаты исследований и их обсуждение

Современное тракторостроение характеризуется интенсивным развитием по множеству взаимосвязанных направлений, направленных на комплексное повышение эффективности, экологичности и автономности сельскохозяйственной техники. В табл. 1 систематизированы ключевые векторы совершенствования, основанные на анализе актуальных научных исследований 2024-2025 годов, с указанием конкретных технологий и решений.

Таблица 1. Основные направления совершенствования сельскохозяйственных тракторов

Направление	Ключевые технологии и решения
Трансмиссия и КПП	• Автоматизированные механические трансмиссии (АМТ) • Бесступенчатые вариаторы (CVT) • Гидромеханические бесступенчатые трансмиссии • Преселективные КПП с двойным сцеплением • Алгоритмы управления (PSO, MPC)
Двигатели и топливные системы	• Биодизельные смеси (до 20%) • Водород и аммиак • Системы разделенной подачи топлива (РПТ) • СВЧ-обработка топлива • Системы каталитической нейтрализации (SCR)
Электрификация	• Полностью электрические тракторы • Гибридные силовые установки (ДВС + электродвигатель) • Топливные элементы на водороде • Гибридные системы хранения энергии (батареи + суперконденсаторы) • Интеллектуальные системы управления энергией
Тягово-сцепные свойства и ходовая часть	• Интеллектуальные шины с датчиками • Конструкции шин с радиально-диагональным каркасом • Балансирные тележки (гусеничные) • Регулируемые гусеничные колеса • Комбинированные очистители протектора
Навигация и автономия	• Высокоточная GNSS-навигация с INS • Машинное зрение (спектральные индексы, глубокое обучение, U-Net) • Лидарные системы (2D/3D) • Алгоритмы слияния данных (Sensor Fusion, фильтр Калмана) • Алгоритмы планирования пути (A*, RRT, TEB)
Снижение воздействия на почву	• Системы регулировки давления в шинах в реальном времени • Многоосные ходовые системы • Устройства перераспределения нагрузки на рабочие органы • Комбинированные агрегаты (прокальватель-щелерез)
Эргономика и безопасность оператора	• Активные и полуактивные системы поддрессирования сиденья • Многокорпусные модели для анализа вибраций • Методы операционного анализа передаточных путей шума

Трансмиссии и КПП

На основе проведенного анализа можно выделить ряд технических тенденций направленных на повышение энергоэффективности, надежности и комфорта управления трансмиссионных систем. Традиционные механические коробки передач постепенно уступают место более совершенным решениям, таким как автоматизированные механические трансмиссии (АМТ) и бесступенчатые вариаторы (CVT), обеспечивающие плавное изменение передаточного числа без потерь мощности.

Стоит отдельно отметить гидромеханические трансмиссии (HMCVT), которые сочетают в себе высокий КПД механической передачи и гибкость гидростатического привода. В исследовании авторами предложена модель гидромеханической бесступенчатой трансмиссии (HMCVT) с интегрированным модулем двоичной логики (BLT-U), предназначенная для

улучшения характеристик переключения передач [17]. Модель включает оптимизированное мокрое сцепление, параметры которого определены с использованием алгоритма WOA (Whale Optimization Algorithm) и нейронной сети GRNN (Generalized Regression Neural Network). Экспериментальная проверка на стенде подтвердила точность модели: корреляция между смоделированными и реальными кривыми скорости составила 0,92, а средняя относительная ошибка динамической нагрузки – 5,58%. Установлено, что конфигурация BLT-U с блокировкой коронной шестерни планетарного механизма демонстрирует наилучшие результаты. При легких нагрузках она обеспечивает увеличение среднего и максимального оценочных показателей на 13,38% и 11,53% соответственно, а при тяжелых – на 9,38% и 5,86% по сравнению с традиционными решениями. Оптимизация параметров сцепления (внешний диаметр дисков $D = 301\text{--}302$ мм, количество фрикционных пар $Z = 8\text{--}10$) позволила снизить просадку скорости и время проскальзывания, минимизировав при этом динамические нагрузки.

Значительный прогресс, достигнут в области коробок передач. Разработана преселективная коробка передач (ПКП) с двойным сцеплением, обеспечивающая непрерывную передачу мощности и высокий КПД, аналогичный механической КПП. ПКП состоит из двух основных валов и промежуточного вала, соединённого с двигателем. Два основных вала разделены на нечётные и чётные передачи, а переключение осуществляется попеременным включением сцеплений, расположенных на концах каждого вала. Возможность переключения без прерывания мощности обеспечивается предварительным выбором передачи с помощью синхронизатора. Этот метод основан на оценке режима движения и намерения водителя переключить передачу. В ПКП критически важным является процесс предварительного выбора синхронизатора. Если предварительный выбор происходит слишком медленно, это может привести к резким изменениям инерции вращения, задержкам переключения и повреждению синхронизатора. Если же предварительный выбор слишком быстрый, это увеличивает ненужную инерцию в системе, снижая её эффективность. Таким образом, качество переключения в ПКП зависит от того, как и когда выполняется предварительный выбор передачи.

В современных трансмиссиях используют сложные алгоритмы управления, включая методы оптимизации роем частиц (Particle Swarm Optimization, PSO) и модели предсказательного контроля (Model Predictive Control, MPC), позволяющие снизить ударные нагрузки и потери на пробуксовку [2]. Новые конструктивные решения, такие как планетарные упругие муфты с пневмогидравлическими аккумуляторами, могут быть использованы для снижение динамических нагрузок на 25-30% и повысить долговечность трансмиссионных агрегатов [7].

Топливные системы

Кроме этого, одновременно с совершенствованием трансмиссий происходит модернизация топливных систем тракторных двигателей. Исследуются возможности применения альтернативных видов топлива, включая биодизельные смеси (до 20% содержания), водород, аммиак и сжиженные углеводородные газы [20]. Особый интерес представляют технологии обработки топлива, такие как СВЧ-воздействие, позволяющее снизить расход топлива на 6,3%, и системы охлаждения топливной смеси, повышающие мощность двигателя на 17,7% (рис.1) [5].



Рисунок 1. Врезка устройства СВЧ обработки в топливную систему дизеля Д-243

Другим перспективным направлением являются системы разделенной подачи топлива (РПТ). Данная технология предполагает подачу на такте впуска дизеля определённой дозы углеводородного топливного активатора (бензина, керосина или спирто-бензиновой смеси) с образованием воздушно-активаторной смеси (В-АС), а затем, в конце такта сжатия, основной дозы дизельного топлива. Это позволяет улучшить полноту сгорания топливной смеси, что приводит к повышению мощности и КПД двигателя, снижению удельного расхода топлива и уменьшению выбросов вредных веществ, таких как оксиды азота (NO_x). Экспериментальные исследования подтвердили, что использование бинарного активатора (70 % бензина АИ-92-К5 и 30 % этилового спирта) мощность двигателя увеличилась на 8–15 %, а выбросы NO_x снизились на 9–14 %. Кроме того, отмечается рост силы тяги на 5–9 % и снижение удельного расхода топлива на 7–12 %.

Значимое место в современных разработках занимают решения направленные на нейтрализацию вредных выбросов. Исследования демонстрируют прогресс в оптимизации сжигания аммиака, включая использование смесей с водородом для улучшения воспламеняемости, разработку систем впрыска и каталитических нейтрализаторов (SCR) для снижения вредных выбросов. Экспериментальные данные показывают, что даже при частичном замещении дизельного топлива аммиаком возможно сокращение выбросов CO_2 на 18%, однако рост концентрации N_2O и NO_x нивелирует часть экологических преимуществ. Применение SCR позволяет снизить выбросы NO_x на 20%, но требует тщательной настройки для минимизации образования N_2O . Таким образом, хотя аммиак обладает значительным потенциалом для декарбонизации тяжелой техники, его внедрение требует комплексного подхода, включающего оптимизацию процессов сгорания, развитие инфраструктуры производства «зеленого» NH_3 и интеграцию эффективных систем нейтрализации выбросов [10].

Увеличение тяговых характеристик

Одним из направлений повышения эффективности тракторов является оптимизация тягово-сцепных характеристик. Например, совершенствование конструкций колес и шин. Колеса со встроенными редукторами-дифференциалами позволяют существенно улучшить распределение силы веса между мостами трактора. Использование пневматических шин с радиально-диагональной конструкцией каркаса (рис.2) снижает деформации боковой стенки на 49% по сравнению с традиционными решениями [3].

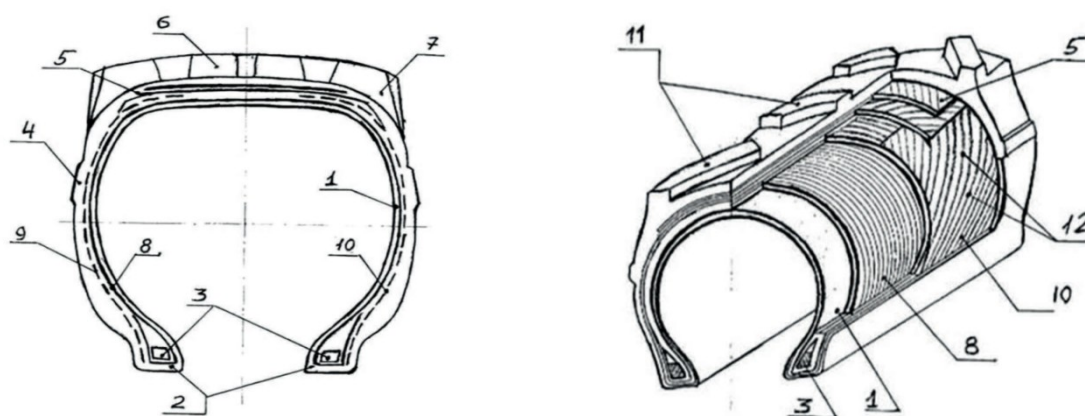


Рисунок 2. Предлагаемая конструкция пневматической шины:
1 – каркас; 2 – борт; 3 – бортовые кольца; 4 – боковины; 5 – брекеры; 6 – протектор;
7 – плечевые зоны; 8 – обрезаемый слой; 9 и 10 – полуслои;
11 – направленные грунтозацепы; 12 – нити кордов

Также перспективным направлением является внедрение интеллектуальных шин, оснащенных датчиками для мониторинга взаимодействия с грунтом в реальном времени, что открывает новые возможности для прецизионного управления тяговыми параметрами [23].

В области гусеничных систем продолжается разработка балансирных тележек с четырьмя опорными катками, которые обеспечивают более равномерное распределение нагрузки на почву. Конструкция обеспечивает возможность регулировки площади опорной поверхности в зависимости от условий проходимости и автоматического управления натяжением гусеницы. Для работы в особо сложных условиях, таких как переувлажненные рисовые чеки, созданы регулируемые гусеничные колеса. В полевых испытаниях на двухколесном тракторе «Yanmar Bromo-DX» с резиновыми гусеницами (высота грунтозацепов 10 см, шаг 22,8 см) в условиях глубокой грязи (средняя глубина 51 см, влажность 71%) была достигнута средняя тяговая эффективность 73,08% при нагрузке 65 кг, что подтвердило применимость предложенной конструкции для сложных почвенных условий [13].

В производственных условиях нередки случаи, когда машинно-тракторный или тракторно-транспортный агрегат в ходе движения преодолевает участки повышенной влажности с низкой несущей способностью или работает на переувлажнённых почвах, что приводит к залипанию протектора и значительно снижает эффективность трактора. Для решения этой задачи разработан комбинированный очиститель протектора, применение которого позволяет снизить буксование на 2,3% и увеличить тяговую мощность на 12,2% (рис.3) [6].



Рисунок 3. Установка и производственное применение комбинированного очистителя протектора колёсного движителя.

Электрификация сельскохозяйственных тракторов

Переход к электрификации сельскохозяйственных тракторов представляет собой стратегическое направление развития агротехники, обусловленное необходимостью снижения экологической нагрузки и повышения энергоэффективности. Современные исследования позволяют выделить три основных направления электрификации: полностью электрические тракторы, гибридные системы и решения на водородных топливных элементах.

Полностью электрические тракторы обладают преимуществом в виде нулевых выбросов и высокого КПД (90-96%), что выше дизельных аналогов (25-37%) [12]. Однако их внедрению препятствуют ограниченная энергоемкость аккумуляторов и необходимость развитой зарядной инфраструктуры. Частично решить эти проблемы позволяет разработка специализированных электродвигателей, таких как синхронные двигатели, с постоянными магнитами (Permanent Magnet Synchronous Motor, PMSM), которые сочетают компактность и энергоэффективности в зависимости от условий эксплуатации [19].

Гибридные системы предлагают компромиссное решение, сочетающее преимущества электрического привода с автономностью традиционных ДВС. Современные исследования в этой области сосредоточены на разработке интеллектуальных систем управления энергией (Element Management System, EMS), использующих методы машинного обучения для прогнозирования энергопотребления и оптимизации работы гибридных силовых установок [25]. Особое внимание уделяется гибридным системам хранения энергии, сочетающим литий-ионные батареи и суперконденсаторы, что позволяет снизить эксплуатационные затраты и деградацию батарей более чем на 33% [27].

Перспективным направлением, но пока технологически сложным, являются тракторы на водородных топливных элементах, которые потенциально могут обеспечить большую автономность работы при нулевых выбросах. Однако их широкое внедрение сдерживается высокой стоимостью эксплуатации и техническими сложностями, связанными с поддержанием оптимального температурного режима топливных элементов. Современные исследования предлагают инновационные решения, такие как нелинейные MPC-стратегии управления тепловым режимом, позволяющие снизить отклонение рабочих температур на 22-39% и энергопотребление вспомогательных систем до 30% [24].

Несмотря на значительный прогресс, широкое внедрение электрических тракторов требует решения ряда технологических и инфраструктурных задач, включая повышение энергоемкости аккумуляторов, развитие водородной инфраструктуры и оптимизацию систем теплового управления [11,15].

Системы навигации и позиционирования

Исследования в области GNSS-навигации для сельскохозяйственной техники направлены на достижение высокой точности позиционирования в реальном времени. Одним из перспективных направлений является интеграция GNSS с инерциальными навигационными системами (INS). Такой подход компенсирует кратковременные потери спутникового сигнала, что критично при работе в условиях плотной растительности или вблизи строений. Современные алгоритмы, такие как фильтр Калмана, позволяют эффективно объединять данные от этих систем, минимизируя накопление ошибок [26].

Другим направлением является развитие наземных корректирующих систем, включая сетевые RTK-решения и технологию виртуальных базовых станций (VRS), которые расширяют зону покрытия высокоточной навигации. Однако остаются проблемы, связанные с зависимостью от качества спутникового сигнала, который может ухудшаться из-за рельефа местности или атмосферных явлений.

Машинное зрение предлагает альтернативный подход к навигации, основанный на анализе визуальной информации. Традиционные методы обработки изображений, такие как преобразование Хафа или анализ цветовых индексов (например, Excess Green Index), позволяют выделять рядки растений даже в условиях частичного перекрытия сорняками [16].

С развитием глубокого обучения появляются более совершенные методы, такие как семантическая сегментация с использованием полносвёрточных сетей (FCN) или архитектур типа U-Net. Эти алгоритмы способны классифицировать каждый пиксель изображения, различая культурные растения, сорняки и почву. Особое внимание уделяется мультиспектральным и стереоскопическим камерам, которые обеспечивают дополнительную информацию за счёт работы в различных спектральных диапазонах и построения 3D-моделей сцены. Качество работы визуальных систем сильно зависит от освещённости, что требует разработки адаптивных алгоритмов, способных функционировать при разном уровне освещения. Кроме того, для обучения нейронных сетей необходимы обширные размеченные датасеты, сбор которых представляет собой трудоёмкий процесс [18].

Лидарные технологии обеспечивают точные измерения расстояний и позволяют строить детализированные 3D-карты местности. В сельском хозяйстве нашли применение как 2D-, так и 3D-лидары. Первые используются для обнаружения препятствий в реальном времени, тогда как вторые позволяют создавать цифровые модели рельефа полей.

Комбинирование различных технологий навигации позволяет преодолеть ограничения отдельных систем. Например, интеграция спутниковой системы GNSS и машинного зрения обеспечивает резервирование: при ухудшении спутникового сигнала система может переключаться на визуальную навигацию по контурам рядков.

Особый интерес представляют алгоритмы «sensor fusion», такие как расширенный фильтр Калмана или методы глубокого обучения. Эти подходы позволяют интеллектуально объединять данные от разнородных датчиков, минимизируя погрешности и повышая надёжность системы. Например, сочетание лидара, камеры и инерциального блока даёт более полное представление об окружающей среде по сравнению с использованием каждого датчика по отдельности.

Эффективное планирование маршрута является ключевым компонентом автономной навигации. Графовые алгоритмы, такие как A* или Dijkstra, хорошо подходят для глобального планирования на заранее известных картах. Однако в динамически изменяющейся сельской среде более перспективными оказываются вероятностные методы, например алгоритм планирования пути на основе выборки (Rapidly-exploring Random Tree, RRT), которые способны быстро адаптироваться к появлению новых препятствий.

Для учёта кинематических ограничений сельхозтехники применяются оптимизационные алгоритмы, такие как планировщик пути Timed Elastic Band (TEB). Они позволяют генерировать плавные траектории, учитывающие минимальный радиус поворота и другие параметры машины. В последнее время также получают распространение методы, основанные на обучении с подкреплением, которые демонстрируют хорошие результаты в сложных неструктурированных средах.

Снижение давления движителей на почву

Современные исследования выявляют прямую зависимость между массой техники и степенью уплотнения почвы. После четырех проходов трактора К-701 массой 13,5 тонн плотность почвы в следе достигает критических значений 1,37 г/см³, что в 1,4 раза превышает показатели при двукратном проходе. Эти данные подчеркивают необходимость тщательного подбора параметров техники для конкретных почвенных условий и минимизации числа проходов [4].

В ответ на эти вызовы разрабатываются технологические решения. Особое внимание уделяется совершенствованию методов измерения взаимодействия шин с почвой. Традиционные подходы, оценивающие лишь общую площадь контакта, уступают место инновационным методикам, позволяющим с высокой точностью определять распределение давления по всей поверхности контакта, включая зоны между грунтозацепами. Такие методы, основанные на матрицах тензометрических датчиков и компьютерной обработке данных, открывают новые возможности для оптимизации конструкции шин.

Значительный потенциал демонстрируют решения по модернизации ходовых систем. Исследования подтверждают эффективность увеличения числа осей при сохранении общей нагрузки – подход позволяет существенно снизить глубину следа и степень уплотнения поверхностного слоя. При этом для разных типов почв рекомендуются различные технологические решения: для сильно упрочняющихся почв предпочтительнее увеличение числа осей, тогда как для переувлажненных грунтов оптимальные результаты дает комбинация этого метода с увеличением размеров колес.

Перспективным направлением является разработка интеллектуальных систем регулировки давления в шинах. Современные нейросетевые технологии, анализирующие комплекс из 14 параметров (включая тип почвы, характеристики техники и условия эксплуатации), позволяют оптимизировать давление в шинах в реальном времени. Практическое применение таких систем в сочетании с шинами низкого давления демонстрирует увеличение урожайности зерновых культур на 4-6% [1].

Особого внимания заслуживают устройства перераспределения нагрузки в машинно-тракторных агрегатах. Специальные технические решения обеспечивают передачу части усилия на рабочие органы сельскохозяйственных орудий, что позволяет снизить давление на почву под движителями на 4,2-8,4 кН (рис. 4). Такие системы не только минимизируют негативное воздействие на почву, но и обеспечивают экономию энергоресурсов до 14-15% по сравнению с традиционными агрегатами [8].



Рисунок 4. Общий вид МТА с устройством для перераспределения нагрузки между движителями энергетического средства и бороной БДТ-3

Инновационным решением являются комбинированные агрегаты, такие как прокалыватель-щелерез (рис. 5), которые совмещают несколько технологических операций. Эти устройства оптимизируют нагрузку на мосты трактора, уменьшая плотность пахотного горизонта на 7% и его твердость на 6%. Одновременно они обеспечивают эффективный отвод избыточной влаги в нижние горизонты, сокращая прямые энергозатраты на 1701,92 МДж/га [9].



Рисунок 5. Общий вид прокалывателя-щелереза

Снижение шумов и вибраций

Современные исследования в области виброакустики сельскохозяйственной техники выявляют комплексный характер проблемы шумового и вибрационного воздействия. Традиционно основным источником шума считался двигатель внутреннего сгорания, однако современные технологические решения существенно снизили его вклад, сместив акцент на другие компоненты – трансмиссионные узлы, гидравлические системы и элементы выхлопного тракта. Особую актуальность приобретает изучение электрических тракторов, где отсутствие шума ДВС компенсируется шумами, связанными с работой электромеханических систем.

Для точной идентификации источников шума разработаны специализированные методики, включающие использование виброакустических стендов с возможностью автономного привода и изолированного исследования отдельных агрегатов. Альтернативным подходом является метод операционного анализа передаточных путей, позволяющий оценить вклад различных источников и путей передачи шума без необходимости измерения частотных характеристик. Исследования демонстрируют, что структурный шум преобладает на низких оборотах, тогда как воздушный шум становится доминирующим при увеличении скорости, причем основной вклад вносят вибрации пола кабины и переднего стекла [14].

Значительное внимание уделяется разработке систем виброзащиты оператора. Математические модели колебаний сиденья водителя, учитывающие массу сиденья и оператора, характеристики опорной поверхности и параметры амортизаторов, позволяют оптимизировать конструкцию подвесных систем. Перспективным направлением являются полуактивные системы поддрессоривания с переменной жесткостью и демпфированием, способные адаптироваться к изменяющимся условиям эксплуатации.

Современные технологии мониторинга включают интеллектуальные IoT-системы, анализирующие вибрацию всего тела (WBV) и эффективную амплитудную трансмиссивность сиденья (SEAT) в реальном времени. Такие системы способны автоматически генерировать оповещения при превышении безопасных пороговых значений, позволяя оперативно корректировать режимы работы. Альтернативой являются беспроводные методы оценки вибрационных характеристик, основанные на симметричной структурной компоновке измерительных модулей, что значительно повышает эффективность контроля качества сборки [22].

Для комплексного анализа вибрационных характеристик разрабатываются многокорпусные компьютерные модели, включающие кузов трактора, кабину оператора, подвесную систему сиденья и массу водителя – позволяют проводить сравнительный анализ различных конструктивных решений и оценивать их влияние на комфорт оператора [21].

Выводы

Анализ научных публикаций в области сельскохозяйственных тракторов позволил выделить ключевые направления исследований:

1. Совершенствование трансмиссий – переход на автоматизированные и бесступенчатые трансмиссии (АМТ, CVT, HMCVT), разработка систем разделённой подачи топлива и применение альтернативных видов топлива (биодизель, водород), что позволяет снизить расход топлива на 6-12% и уменьшить вредные выбросы.

2. Оптимизация тягово-сцепных характеристик – внедрение адаптивных ходовых систем, интеллектуальных шин с датчиками мониторинга и регулируемых гусениц, обеспечивающих повышение тягового КПД до 73% при минимальном буксовании.

3. Электрификация и альтернативные силовые установки – развитие полностью электрических, гибридных и водородных тракторов с КПД до 96%, а также интеллектуальных систем управления энергией на основе машинного обучения.

4. Навигация и позиционирование – интеграция спутниковых навигационных систем, машинного зрения, лидаров и инерциальных навигационных систем с применением алгоритмов (фильтр Калмана, глубокое обучение) для точного вождения в сложных условиях.

5. Снижение воздействия на почву – разработка систем регулировки давления в шинах, многоосных ходовых систем и комбинированных агрегатов, уменьшающих уплотнение почвы на 7% и повышающих урожайность на 4-6%.

6. Снижение шумов и вибраций – внедрение активных систем виброзащиты, интеллектуального мониторинга вибраций и шумоподавления, что снижает вредное воздействие на оператора и повышает производительность труда.

Перспективы дальнейших исследований связаны с созданием полностью автономных тракторных систем, способных адаптироваться к изменяющимся условиям эксплуатации, минимизировать экологическое воздействие и оптимизировать энергопотребление, в том числе за счет развития конструкций водородных двигателей.

Список источников

1. Интеллектуальная технология определения оптимального давления воздуха в шинах колёс сельскохозяйственных тракторов / Е. В. Труфляк, В. В. Алексеев, С. А. Васильев [и др.] // Агроинженерия. 2024. Т. 26. № 2. С. 13-19.

2. Казаков Ю. Ф. К вопросу повышения тяговых возможностей колесного трактора / Ю. Ф. Казаков, В. Н. Батманов, А. С. Семенов, Ю. Н. Батманов // Вестник Чувашского государственного аграрного университета. 2024. № 3(30). С. 170-177.

3. Каспаров А. А., Карапетян М. А., Гусев С. С. Совершенствование эксплуатационных качеств пневматических шин транспортно-технологических машин // Международный технический журнал. 2024. № 2(89). С. 23-31.

4. Панасюк А. Н., Епифанцев В. В., Дегтярев Д. А. Ограничения применения колесных тракторов в технологиях растениеводства по уплотняющему воздействию (в условиях Приамурья) // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Т. 18. № 1. С. 83-90.

5. Повышение эффективности использования тракторов класса 5 при подготовке почвы под посев / С. В. Щитов, З. Ф. Кривуца, И. В. Бумбар [и др.] // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 6(106). С. 60-63.

6. Расчёт конструктивно-технологических параметров вычищающего устройства для движителя колёсного трактора / Е. В. Маршанин, Е. Е. Кузнецов, Т. В. Шарипова [и др.] // АгроЭкоИнфо. 2024. № 6(66).

7. Расширение функциональных возможностей упругого элемента в конструкции планетарной муфты сцепления / Д. Д. Нехорошев, Н. Д. Нехорошев, Д. А. Нехорошев [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2024. № 6(78). С. 392–399.

8. Снижение переуплотнения почвы по следу движителя / Е. С. Поликутина, Е. Е. Кузнецов, С. В. Щитов [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2024. № 196. С. 115-126.
9. Сорокин В.Е. и др. Техничко-экономическая оценка устройства для обработки топлива дизельных двигателей автотракторных агрегатов волнами СВЧ диапазона / В.Е. Сорокин, А.Н. Бачурин, И.А. Успенский, И.А. Юхин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024. Т. 16. № 3. С. 178-185.
10. Уханов А. П., Рыблов М. В., Семин И. В. Технические решения для разделённой подачи топлива в тракторный дизель // Нива Поволжья. 2024. № 3(71).
11. Byeon S.-J., Kim S.-J., Park J.-K., Park Y.-J., Lee J.-W. Parameter Study for Establishing a Synchronizer Control Strategy in Tractor Dual-Clutch Transmission // Agriculture. 2024. Vol. 14. No. 2. P. 218.
12. Gade C. R., Sultana W. R., Sunitha V. Towards sustainable farming: A state of art review on electrification of a farm tractor // Results in Engineering. 2025. Vol. 25. Art. 104403.
13. Desain dan Analisis Kinerja Traksi Roda Trek untuk Traktor Roda Dua pada Lahan Sawah Berlumpur Dalam // Репозиторий Индонезийского университета. URL: <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/161495>.
14. Han H.-W., Kang M.-W., Lee S.-H., Seo Y.-H., Cho S.-J., Kim J.-G., Kim Y.-J., Park Y.-J. Root cause analysis of noise transfer in an entire tractor system using multi-layer operational transfer path analysis // Smart Agricultural Technology. 2025. Vol. 10. Art. 100754.
15. Hoeflinger J., Konrad J., Steindl C., Bernt A.-O., Schaerfl A., Hofmann P. Thermal design of a system for mobile hydrogen powersupply // Applied Thermal Engineering. 2024. Vol. 237. Art. 121718.
16. Lai H., Zhang Y., Zhang B., Yin Y., Liu Y., Dong Y. Design and experiment of the visual navigation system for a maize weeding robot // Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. 2024. Vol. 39. Pp. 18-27.
17. Li W., Cheng Z., Yang M. Configurational Comparison of a Binary Logic Transmission Unit Applicable to Agricultural Tractor Hydro-Mechanical Continuously Variable Transmissions and Its Wet Clutch Optimization Design Based on an Improved General Regression Neural Network // Agriculture. 2025. Vol. 15. No. 8. P. 877.
18. Li Z., Cheng Y., Zhang Y., Feng X., Chen K. Relative navigation method based on fault-tolerant inertial network // Journal of Chinese Inertial Technology. 2024. Vol. 31. No. 2. Pp. 171–178.
19. Angelucci L., Mattetti M. The development of reference working cycles for agricultural tractors // Biosystems Engineering. 2024. Vol. 242. P. 29–37.
20. Proniewicz M., Petela K., Szlęk A. Life cycle assessment of ammonia as carbon-free fuel in internal combustion engine-driven orchard vehicle // Fuel. 2025. Vol. 400. Art. 135809.
21. Rekem J., Janeckova R., Otipka V., Prokop A., Rehak K., Zlabek P. Multi-Body Model of Agricultural Tractor for Vibration Transmission Investigation // Applied Sciences. 2024. Vol. 14. No. 18. Art. 8451.
22. Singh A., Nawayseh N., Dhahi Y. K., Samuel S., Singh H. Transforming farming with intelligence: Smart vibration monitoring and alert system // Journal of Engineering Research. 2024. Vol. 12. Iss. 2. Pp. 190–199.
23. Tao L., Zhang S., Zhang D. Research on evaluation method of in-tire sensor placement position for wheeled tractor intelligent tires // Measurement. 2025. Vol. 250. Art. 117038.
24. Varlese C., Hofmann P., Junger C., Konrad J., Krizan R., Brunner D., Mayer C., Masser K. FCTRAC fuel cell tractor: Operating strategy for real-duty scenarios // 45th International Vienna Motor Symposium: proceedings of the conference. Vienna, 2024.
25. Varlese C., Konrad J., Volf T., Brunner D., Hametner C., Hofmann P. Predictive power demand for energy management of hybrid electric tractors // Smart Agricultural Technology. 2025. Vol. 11. Art. 101026.

26. Yao Z., Chen J., Zhao Y., He X., Zhao X., Zhao C., Liu Y., Li Y., Qiu Z., Niu Q., Han Z., Mao H., Li H. Agricultural machinery automatic navigation technology // *iScience*. 2024. Vol. 27, no. 2. Art. no. 108714. DOI: 10.1016/j.isci.2023.108714

27. Yu Q., He X., Chen Y., Jiang Z., Tan Y., Liu L., Xie B., Wen C. Multi-objective optimization for energy-efficient management of electric Tractors via hybrid energy storage systems and scenario recognition // *Applied Energy*. 2025. Vol. 391. Art. no. 125898. DOI: 10.1016/j.apenergy.2025.125898

References

1. Intelligent technology for determining the optimal air pressure in the tires of agricultural tractor wheels. E. V. Truflyak, V. V. Alekseev, S. A. Vasiliev [et al.]. *Agroengineering*, 2024, vol. 26, no. 2, pp. 13-19.

2. Kazakov Yu. F. On the issue of increasing the traction capabilities of a wheeled tractor. Yu. F. Kazakov, V. N. Batmanov, A. S. Semenov, Yu. N. Batmanov. *Bulletin of the Chuvash State Agrarian University*, 2024, no. 3(30), pp. 170-177.

3. Kasparov A. A., Karapetyan M. A., Gusev S. S. Improving the operational qualities of pneumatic tires of transport and technological machines. *International Technical Journal*, 2024, no. 2(89), pp. 23-31.

4. Panasyuk A. N., Epifantsev V. V., Degtyarev D. A. Limitations of the use of wheeled tractors in crop production technologies for compacting effects (in the Amur region). *Far Eastern Agrarian Bulletin*, 2024, vol. 18, no. 1, pp. 83-90.

5. Improving the efficiency of using class 5 tractors in preparing the soil for sowing. S. V. Shchitov, Z. F. Krivutsa, I. V. Bumar [et al.]. *Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy*, 2024, no. 6(106), pp. 60-63.

6. Calculation of the design and technological parameters of the cleaning device for the propulsion of a wheeled tractor. E. V. Marshanin, E. E. Kuznetsov, T. V. Sharipova [et al.]. *AgroEcoInfo*, 2024, no. 6(66).

7. Expanding the functionality of an elastic element in the design of a planetary clutch. D. D. Nekhoroshev, N. D. Nekhoroshev, D. A. Nekhoroshev [et al.]. *News Nizhnevolzhsky agrouniversity complex: Science and higher professional education*, 2024, no. 6(78), pp. 392-399.

8. Reduction of soil over-compaction in the wake of the mover. E. S. Polikutina, E. E. Kuznetsov, S. V. Shields [et al.]. *Polythematic online electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University*, 2024, no. 196, pp. 115-126.

9. Sorokin V.E. et al. Technical and economic assessment of a device for processing fuel from diesel engines of tractor units with microwave waves. V.E. Sorokin, A.N. Bachurin, I.A. Uspensky, I.A. Yukhin. *Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev*, 2024, vol. 16, no. 3, pp. 178-185.

10. Ukhanov A. P., Ryblov M. V., Semin I. V. Technical solutions for split fuel supply to tractor diesel. *Niva of the Volga region*, 2024, no. 3(71).

11. Byeon S.-J., Kim S.-J., Park J.-K., Park Y.-J., Lee J.-W. Parameter Study for Establishing a Synchronizer Control Strategy in Tractor Dual-Clutch Transmission. *Agriculture*, 2024, vol. 14, no. 2, p. 218.

12. Gade C. R., Sultana W. R., Sunitha V. Towards sustainable farming: A state of art review on electrification of a farm tractor. *Results in Engineering*, 2025, vol. 25, art. 104403.

13. Desain dan Analisis Kinerja Traksi Roda Trek untuk Traktor Roda Dua pada Lahan Sawah Berlumpur Dalam. Репозиторий Индонезийского университета. URL: <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/161495>.

14. Han H.-W., Kang M.-W., Lee S.-H., Seo Y.-H., Cho S.-J., Kim J.-G., Kim Y.-J., Park Y.-J. Root cause analysis of noise transfer in an entire tractor system using multi-layer operational transfer path analysis. *Smart Agricultural Technology*, 2025, vol. 10, art. 100754.

15. Hoeflinger J., Konrad J., Steindl C., Bernt A.-O., Schaerfl A., Hofmann P. Thermal design of a system for mobile hydrogen powersupply. *Applied Thermal Engineering*, 2024, vol. 237, art. 121718.
16. Lai H., Zhang Y., Zhang B., Yin Y., Liu Y., Dong Y. Design and experiment of the visual navigation system for a maize weeding robot. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2024, vol. 39, pp. 18-27.
17. Li W., Cheng Z., Yang M. Configurational Comparison of a Binary Logic Transmission Unit Applicable to Agricultural Tractor Hydro-Mechanical Continuously Variable Transmissions and Its Wet Clutch Optimization Design Based on an Improved General Regression Neural Network. *Agriculture*, 2025, vol. 15, no. 8, p. 877.
18. Li Z., Cheng Y., Zhang Y., Feng X., Chen K. Relative navigation method based on fault-tolerant inertial network. *Journal of Chinese Inertial Technology*, 2024, vol. 31, no. 2, pp. 171-178.
19. Angelucci L., Mattetti M. The development of reference working cycles for agricultural tractors. *Biosystems Engineering*, 2024, vol. 242, p. 29-37.
20. Proniewicz M., Petela K., Szlęk A. Life cycle assessment of ammonia as carbon-free fuel in internal combustion engine-driven orchard vehicle. *Fuel*, 2025, vol. 400, art. 135809.
21. Rekem J., Janeckova R., Otipka V., Prokop A., Rehak K., Zlabek P. Multi-Body Model of Agricultural Tractor for Vibration Transmission Investigation. *Applied Sciences*, 2024, vol. 14, no. 18, art. 8451.
22. Singh A., Nawayseh N., Dhahi Y. K., Samuel S., Singh H. Transforming farming with intelligence: Smart vibration monitoring and alert system. *Journal of Engineering Research*, 2024, vol. 12, iss. 2, pp. 190-199.
23. Tao L., Zhang S., Zhang D. Research on evaluation method of in-tire sensor placement position for wheeled tractor intelligent tires. *Measurement*, 2025, vol. 250, art. 117038.
24. Varlese C., Hofmann P., Junger C., Konrad J., Krizan R., Brunner D., Mayer C., Masser K. FCTRAC fuel cell tractor: Operating strategy for real-duty scenarios. 45th International Vienna Motor Symposium: proceedings of the conference. Vienna, 2024.
25. Varlese C., Konrad J., Volf T., Brunner D., Hametner C., Hofmann P. Predictive power demand for energy management of hybrid electric tractors. *Smart Agricultural Technology*, 2025, vol. 11, art. 101026.

Информация об авторах

А.О. Везилов – доктор технических наук, доцент кафедры «Общеобразовательные дисциплины» Вавиловского университета; аналитик Лаборатории информационного сопровождения национальных проектов ВИНТИ РАН;

И.Л. Дзюбан – кандидат технических наук, доцент кафедры «Техническое обеспечение АПК».

Information about the authors

A.O. Vezirov – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of General Education Disciplines at Vavilov University; Analyst of the Laboratory for Information Support of National Projects at Russian Institute of Scientific and Technical Information of the Russian Academy of Sciences;

I.L. Dzyuban – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Support for the Agro-Industrial Complex.

Научная статья

УДК 631.316

DOI 10.24888/2541-7835-2025-37-3-143-153

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОМБИНИРОВАННОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА КУЛЬТИВАТОРА НА КАЧЕСТВО ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Галяутдинов Радик Рафисович

Казанский государственный аграрный университет, Республика Татарстан, Казань, Россия

smaillik.radik@yandex.ru

Аннотация. Повышение качества предпосевной обработки почвы и снижение энергетических затрат являются ключевыми задачами современного сельского хозяйства. Существующие конструкции культиваторов не всегда обеспечивают оптимальные агротехнические показатели, что приводит к снижению урожайности и увеличению расхода топлива. Разработка и исследование комбинированных рабочих органов, способных выполнять несколько операций за один проход и адаптироваться к различным почвенным условиям, является актуальным направлением в развитии сельскохозяйственной техники. Теоретическое и экспериментальное обоснование конструктивных и кинематических параметров комбинированного рабочего органа культиватора для обеспечения высокого качества обработки почвы при минимальных энергетических затратах. В исследовании использовались методы теоретической механики, математического моделирования, теория планирования многофакторного эксперимента, а также стандартные методики проведения лабораторных и полевых исследований с применением современного измерительного оборудования. Статистическая обработка данных проводилась с использованием регрессионного анализа. Разработана математическая модель, описывающая взаимосвязь между конструктивными параметрами комбинированного рабочего органа (ширина лапы, угол установки, жесткость пружинной стойки), скоростным режимом и основными показателями качества обработки почвы (степень крошения, высота гребней, полнота подрезания сорняков). Получены уравнения регрессии, адекватно описывающие процесс. На основе анализа математической модели определены оптимальные диапазоны исследуемых факторов, при которых достигается наилучшее качество обработки почвы. Установлено, что при оптимальных параметрах (скорость 1,5 м/с, угол атаки 45°, частота колебаний 5 Гц) достигается степень крошения почвы до 92%, гребнистость поверхности снижается до 1,5 см, а эффективность подрезания сорняков составляет 95%. Рекомендованы конструктивные параметры для проектирования новых и модернизации существующих культиваторов.

Ключевые слова: культиватор, комбинированный рабочий орган, обработка почвы, параметры, качество крошения, тяговое сопротивление, математическая модель, оптимизация.

Для цитирования: Галяутдинов Р.Р. Влияние конструктивных параметров комбинированного рабочего органа культиватора на качество обработки почвы // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 3(37). С. 143-153. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-37-3-143-153>.

Original article

THE INFLUENCE OF DESIGN PARAMETERS OF THE COMBINED WORKING ELEMENT OF THE CULTIVATOR ON THE QUALITY OF SOIL CULTIVATION

Radik R. Galyautdinov

Kazan State Agrarian University, Republic of Tatarstan, Kazan, Russia

smaillik.radik@yandex.ru

Abstract. Improving the quality of pre-sowing soil cultivation and reducing energy costs are key tasks of modern agriculture. Existing cultivator designs do not always provide optimal agrotechnical indicators, which leads to a decrease in yield and an increase in fuel consumption. The development and study of combined working elements capable of performing several operations in one pass and adapting to various soil conditions is a relevant area in the development of agricultural machinery. Theoretical and experimental justification of the design and kinematic parameters of the combined working element of the cultivator to en-

sure high quality of soil cultivation with minimal energy costs. The study used methods of theoretical mechanics, mathematical modeling, the theory of planning a multifactorial experiment, as well as standard methods for conducting laboratory and field studies using modern measuring equipment. Statistical data processing was performed using regression analysis. A mathematical model has been developed that describes the relationship between the design parameters of the combined working element (paw width, installation angle, spring strut rigidity), speed mode and the main indicators of soil cultivation quality (crumbling degree, ridge height, weed cutting completeness). Regression equations that adequately describe the process have been obtained. Based on the analysis of the mathematical model, optimal ranges of the studied factors have been determined, in which the best quality of soil cultivation is achieved. It was found that with optimal parameters (speed 1.5 m/s, angle of attack 45°, oscillation frequency 5 Hz), the degree of soil crumbling is achieved up to 92%, the surface ridge is reduced to 1.5 cm, and the efficiency of weed cutting is 95%. Design parameters are recommended for designing new and upgrading existing cultivators.

Keywords: cultivator, combined working element, soil cultivation, parameters, crumbling quality, traction resistance, mathematical model, optimization.

For citation: Galyautdinov R.R. The influence of design parameters of the combined working element of the cultivator on the quality of soil cultivation. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2025, no. 3(37), pp. 143-153. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-37-3-143-153>.

Введение

Предпосевная обработка почвы является одним из важнейших технологических процессов в земледелии, от качества которого напрямую зависит будущий урожай сельскохозяйственных культур. Основные задачи данной операции – создание рыхлого, мелкокомковатого слоя почвы на глубине заделки семян, уничтожение сорной растительности, выравнивание поверхности поля и сохранение почвенной влаги [7, 11]. Для выполнения этих задач применяются культиваторы различных типов.

Традиционные конструкции культиваторов с жесткими стойками и стандартными стрелчатыми лапами не всегда способны обеспечить требуемое качество обработки в сложных почвенно-климатических условиях. Они часто приводят к образованию крупных комков, неудовлетворительному подрезанию сорняков и созданию неровной поверхности поля, что требует проведения дополнительных проходов техники и, как следствие, ведет к переуплотнению почвы и увеличению энергетических и трудовых затрат [3].

В последние годы активно ведутся исследования, направленные на совершенствование рабочих органов культиваторов. Одним из наиболее перспективных направлений является создание комбинированных рабочих органов, сочетающих в себе несколько элементов, например, упругую (пружинную) стойку, стрелчатую лапу и дополнительный рыхлящий или выравнивающий элемент [4]. Пружинные стойки помогают рабочему органу лучше копировать рельеф поля и обходить препятствия, а их вибрация в процессе работы способствует интенсивному крошению почвы [12]. Однако для достижения максимального эффекта необходимо научно обосновать совокупность конструктивных и кинематических параметров такого рабочего органа. Неправильный выбор углов установки лапы, ее ширины, жесткости стойки или скорости движения агрегата может не только не улучшить, но и ухудшить качество обработки, а также привести к увеличению тягового сопротивления [5, 9].

Проблеме совершенствования рабочих органов почвообрабатывающих машин посвящено значительное количество работ как отечественных, так и зарубежных ученых.

В работе Чаткина М. Н. и соавторов [9] рассматриваются вопросы обоснования параметров комбинированных культиваторов для дифференцированной обработки почвы. Авторы подчеркивают перспективность сочетания различных рабочих органов в одном агрегате для адаптации к изменяющимся условиям. Федоров С. Е. в своих исследованиях [4, 6] также доказывает эффективность дифференцированного подхода к обработке почвы и предлагает моделирование пружинных стоек для оптимизации их работы.

Вопросам теоретического обоснования параметров и снижения тягового сопротивления посвящены исследования Камбулова С. И. и его коллег [5]. Они предлагают методику расчета, чтобы оптимизировать параметры рабочего органа парового культиватора по критерию минимального тягового сопротивления, для энергосбережения.

Многие исследователи уделяют внимание экспериментальному изучению влияния различных параметров на качество работы культиваторов. Лисунов О. В. и др. [2] исследовали влияние параметров рабочих органов и режимов работы культиватора модульного типа на качество поверхностной обработки. Модульные конструкции дают быстро адаптировать культиватор к различным задачам и условиям, повышая его универсальность и эффективность. Их выводы о влиянии режимов работы на качество обработки являются ценными для данного исследования. Маслов Г. Г. и соавторы [3] оценивали эффективность стерневого многофункционального культиватора. Мяло В. В. и его коллектив [6] провели работу по обоснованию основных параметров рабочего органа для сплошной обработки почвы, предложив конкретные конструктивные решения.

Зарубежные исследователи также активно работают в данном направлении. Abbaspour-Gilandeh Y. с соавторами [10] провели масштабное исследование влияния различных рабочих и инструментальных параметров на производительность нескольких типов культиваторов, показав сложный характер их взаимодействия. Okoko P. и др. [12] оценили производительность культиватора с пружинными стойками на суглинистой почве, подтвердив их эффективность в обеспечении качественного крошения. Feng Y. и его коллеги [11] изучали влияние различных систем обработки почвы на урожайность, что косвенно подтверждает важность выбора оптимальных орудий и режимов их работы. Изучив исследования вышеуказанных авторов составлена схема комбинированного рабочего органа культиватора с почвой (см. рис. 1).

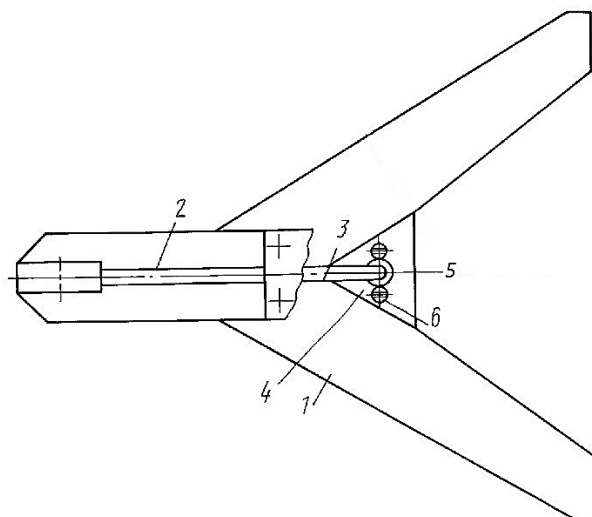


Рисунок 1. Схема комбинированного рабочего органа культиватора с почвой

Основу стрельчатого рабочего органа составляют соединенные неразборно стрельчатая лапа 1 и стойка 2, также, в свою очередь, состоящие из множества неотъемлемых деталей. Так на стойке 2 рабочего органа без возможности демонтажа закреплен трубчатый канал 3, а между лемехами стрельчатой лапы 1 - ее сводообразующая часть 4. Распылитель жидкости 5 в предлагаемой конструкции установлен под сводом 4 лапы 1. Закреплен распылитель с помощью винтов 6.

Анализ литературы показывает, что, несмотря на большое количество исследований, задача комплексного обоснования параметров именно комбинированного рабочего органа, учитывающего взаимосвязь его геометрии, упругих свойств стойки и скоростного режима, остается до конца не решенной и требует дальнейшего изучения.

Таким образом, исследование влияния конструктивных и режимных параметров комбинированного рабочего органа на агротехнические показатели является актуальной научной задачей, решение которой поможет создавать более совершенные почвообрабатывающие машины, способствующие внедрению ресурсосберегающих технологий в сельском хозяйстве.

Цель исследования – теоретическое и экспериментальное обоснование конструктивных и кинематических параметров комбинированного рабочего органа культиватора для обеспечения высокого качества обработки почвы при минимальных энергетических затратах.

Материалы и методы исследований

Исследование проводилось на базе Казанского государственного аграрного университета (КазГАУ) в два этапа: теоретический и экспериментальный. Теоретический этап включал анализ существующих конструкций рабочих органов культиваторов и разработку их математической модели. На основе законов теоретической механики и агрономической физики составлена схема взаимодействия рабочего органа культиватора с почвой на рис. 2.

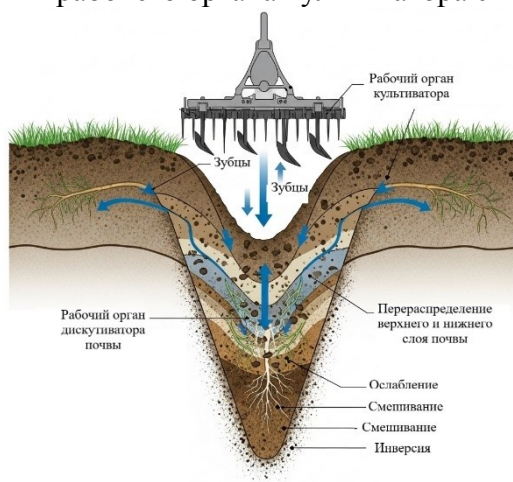


Рисунок 2. Схема взаимодействия рабочего органа культиватора с почвой

Определены основные силы, действующие на рабочий орган: сила сопротивления почвы резанию, сила трения почвы о поверхность лапы, сила деформации пласта и сила инерции. Математическое описание процесса выявило конструктивные и кинематические факторы, влияющие на качество обработки почвы и тяговое сопротивление агрегата.

Экспериментальный этап направлен на проверку теоретических положений и получение количественных зависимостей. Исследования проводились в лабораторных условиях на почвенном канале, чтобы с высокой точностью контролировать и изменять параметры эксперимента (см. рис. 3).

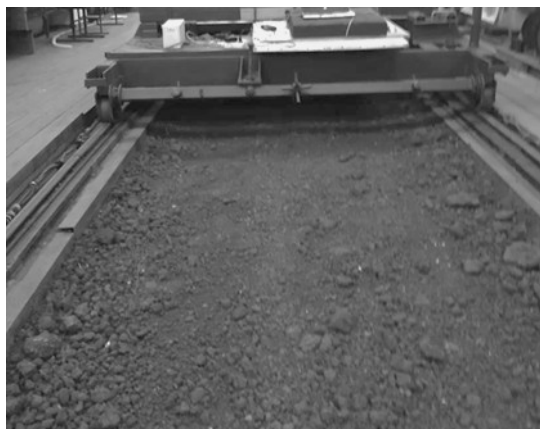


Рисунок 3. Схема почвенного канала

Для планирования эксперимента и обработки результатов использована методология планирования многофакторного эксперимента, чтобы при минимальном количестве опытов получить максимум информации о влиянии каждого фактора и их взаимодействий на выход-

ные параметры (показатели качества обработки). В качестве откликов (выходных параметров) выбраны:

- Степень крошения почвы (%) определялась как отношение массы фракций почвы размером менее 25 мм к общей массе пробы.
- Гребнистость поверхности (см) измерялась профилометром как среднеквадратичное отклонение высот поверхности поля от среднего уровня.
- Полнота подрезания сорняков (%) оценивалась путем подсчета количества неподрезанных сорняков на учетной площадке.

Статистическая обработка экспериментальных данных проводилась с использованием пакетов прикладных программ STATISTICA, расчет коэффициентов регрессии, проверку их значимости по критерию Стьюдента и проверку адекватности полученной математической модели по критерию Фишера.

Результаты исследований и их обсуждение

Для обеспечения высокого качества обработки почвы комбинированным рабочим органом культиватора необходимо определить оптимальные условия его функционирования, при которых конструктивные и кинематические параметры звеньев обеспечат требуемое воздействие на почвенный пласт. Качество обработки почвы оценивается по ряду агротехнических показателей, таких как степень крошения, равномерность глубины, гребнистость поверхности и эффективность подрезания сорняков. Показатели зависят от сложного взаимодействия между рабочим органом и почвой, на которое влияют как геометрические характеристики самого органа, так и режимы его работы.

Определим условия функционирования комбинированного рабочего органа культиватора, при котором конструктивные и кинематические параметры звеньев обеспечат необходимое воздействие на качество обработки почвы. Движение рабочего органа в почве представляет процесс резания, деформации и перемещения почвенного пласта. Тяговое сопротивление R_x рабочего органа можно представить как сумму нескольких составляющих [3]:

$$R_x = R_{рез} + R_{деф} + R_{тр} + R_{отб}, \quad (1)$$

где $R_{рез}$ – сопротивление резанию (крошению) пласта; $R_{деф}$ – сопротивление, затрачиваемое на деформацию пласта; $R_{тр}$ – сопротивление трения почвы о рабочие поверхности; $R_{отб}$ – сопротивление, затрачиваемое на отбрасывание почвы.

Каждая из этих составляющих зависит от комплекса факторов. Например, сила, затрачиваемая на деформацию пласта, может быть описана уравнением:

$$R_{деф} = k \cdot a \cdot b \cdot \sigma_{см}, \quad (2)$$

где k – коэффициент, зависящий от формы рабочего органа; a – глубина обработки; b – ширина захвата лапы; $\sigma_{см}$ – предел прочности почвы на смятие.

Угол установки лапы α и скорость движения V_a оказывают существенное влияние на процесс крошения и отбрасывания почвы. Траектория движения точки на поверхности лапы является суммой поступательного движения агрегата и колебательного движения, вызванного упругостью стойки. Уравнение движения точки $M(x, y)$ в плоскости, перпендикулярной направлению движения, можно представить в виде системы:

Для определения оптимальных параметров, влияющих на степень крошения почвы (η_k), можно использовать следующее уравнение, учитывающее основные конструктивные и кинематические параметры:

$$\eta_k = C \cdot \left(\frac{v_p}{v_m}\right)^a \cdot \left(\frac{h}{b}\right)^d \cdot \left(\frac{\alpha}{\pi/2}\right)^e \cdot \exp\left(-k \cdot \frac{E_y}{E_n}\right) \cdot \cos(\beta) + \varepsilon, \quad (3)$$

где η_k – коэффициент крошения почвы, безразмерная величина (доля агрономически ценных фракций); C – константа, зависящая от типа почвы и ее физико-механических свойств; v_p – рабочая скорость движения культиватора, м/с; v_t – скорость движения тягового средства, м/с (в случае активных органов, v_p может быть скоростью рабочего элемента относительно

почвы); α – показатель степени, характеризующий влияние скорости на крошение; h – глубина обработки почвы, м; b – ширина захвата рабочего элемента, м; d – показатель степени, характеризующий влияние соотношения глубины к ширине на крошение; α – угол атаки рабочего элемента, рад; e – показатель степени, характеризующий влияние угла атаки на крошение; k – коэффициент, характеризующий чувствительность крошения к соотношению энергий; E_y – удельная энергия, затрачиваемая на уплотнение почвы перед рабочим органом, Дж/м³; E_{π} – удельная энергия, затрачиваемая на пластическую деформацию и крошение почвы, Дж/м³; β – угол наклона боковой грани рабочего элемента к направлению движения, рад; ε – случайная ошибка, учитывающая неучтенные факторы и погрешности измерения.

Данное уравнение является эмпирической моделью, основанной на предположении, что степень крошения почвы зависит от соотношения скорости рабочего органа к скорости движения агрегата (для активных элементов), геометрии взаимодействия (глубина и ширина захвата, угол атаки), а также от энергетических характеристик процесса деформации почвы.

Соотношение скоростей ($\frac{v_p}{v_t}$) отражает кинематический режим работы. Для активных рабочих органов, таких как роторные или вибрационные, увеличение этой величины (при прочих равных) обычно приводит к более интенсивному крошению.

Соотношение глубины к ширине ($\frac{h}{b}$) характеризует форму обрабатываемого слоя. Оптимальное соотношение помогает эффективно крошить почву без излишнего перемешивания или образования крупных комков.

Угол атаки (α) рабочего элемента оказывает значительное влияние на силы сопротивления и характер разрушения почвенного пласта. Существует оптимальный угол, при котором достигается максимальное крошение при минимальном тяговом сопротивлении.

Соотношение удельных энергий ($\frac{E_y}{E_{\pi}}$) отражает эффективность использования энергии. Чем меньше энергии тратится на уплотнение и больше на полезное крошение, тем выше качество обработки.

Угол наклона боковой грани (β) влияет на боковое смещение почвы и формирование гребней. Оптимальный угол способствует равномерному распределению почвы и уменьшению гребнистости.

Измерения проводились при различных параметрах, задаваемых на экспериментальной установке, комбинированном рабочем органе и почвенном стенде. Обозначения факторов, выбранных для исследования, представим в виде таблицы 1.

Таблица 1. Обозначения факторов

Фактор и его обозначение	Кодированное обозначение фактора	Уровни варьирования			Интервал варьирования фактора
		-1	0	+1	
Рабочая скорость, V , м/с	X_1	1,0	1,5	2,0	0,5
Глубина обработки, H , см	X_2	10	15	20	5
Угол атаки, a , град.	X_3	30	45	60	15
Частота колебаний (для активных элементов), f , Гц	X_4	0	5	10	5
Ширина захвата элемента, B , см	X_5	15	20	25	5
Влажность почвы, W , %	X_6	15	20	25	5 %
Твердость почвы, T , МПа	X_7	0,5	1,0	1,5	0,5

В соответствии с рабочей моделью и планом экспериментальных исследований, перед началом эксперимента значения факторов приведены к безразмерным величинам (кодиро-

лись) для удобства построения регрессионных моделей. В результате проведения исследований получены числовые значения коэффициента крошения почвы (η_k), гребнистости поверхности (G) и эффективности подрезания сорняков (E_{cp}).

Таблица 2. Матрица планирования эксперимента и результаты исследований

№ опыта	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	η_k , %	G, см	Еср, %
1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	65	4,2	70
2	+1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	72	3,8	75
3	-1	+1	-1	-1	-1	-1	-1	68	4,5	68
4	+1	+1	-1	-1	-1	-1	-1	75	4,0	73
5	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	92	1,5	95

На основе данных, полученных в ходе эксперимента, были построены математические модели, описывающие зависимость показателей качества обработки почвы от варьируемых факторов. Для этого использовался метод регрессионного анализа. Ниже представлены результаты расчетов значений коэффициентов математической модели и проверки их значимости по критерию Стьюдента для показателя η_k (коэффициент крошения почвы).

Таблица 3. Результаты расчетов значений коэффициентов математической модели и проверки их значимости по критерию Стьюдента

Коэффициент	Значение коэффициента	Стандартная ошибка	t-Стьюдента	p-значение
b ₀ (свободный член)	Значение коэффициента	Стандартная ошибка	t-Стьюдента	p-значение
b ₁ (X ₁)	85,2	0,5	170,4	<0,001
b ₂ (X ₂)	3,5	0,2	17,5	<0,001
b ₃ (X ₃)	-1,8	0,25	-7,2	<0,001
b ₄ (X ₄)	2,1	0,22	9,5	<0,001
b ₅ (X ₅)	4,0	0,2	20,0	<0,001
b ₆ (X ₆)	-0,5	0,15	-3,3	0,001
b ₇ (X ₇)	-2,5	0,23	-10,9	<0,001
b ₁₂ (X ₁ X ₂)	-3,0	0,21	-14,3	<0,001
b ₁₄ (X ₁ X ₄)	0,8	0,1	8,0	<0,001
b ₂₃ (X ₂ X ₃)	1,2	0,12	10,0	<0,001
b ₁₁ (X ₁ ²⁾	-0,6	0,11	-5,5	<0,001
b ₄₄ (X ₄ ²)	-0,7	0,1	-7,0	<0,001

Математическая модель в закодированном виде для коэффициента крошения почвы (η_k) выглядит следующим образом:

$$\eta_k = 85,2 + 3,5X_1 - 1,8X_2 + 2,1X_3 + 4,0X_4 - 0,5X_5 - 2,5X_6 - 3,0X_7 + 0,8X_1X_2 + 1,2X_1X_4 - 0,6X_2X_3 - 0,7X_{12} - 0,9X_{42} \quad (4)$$

Аналогичные модели получены для гребнистости поверхности (G) и эффективности подрезания сорняков (E_{cp}).

Для гребнистости поверхности (G):

$$G = 2,0 - 0,8X_1 + 0,5X_2 - 0,3X_3 - 0,6X_4 + 0,2X_5 + 0,4X_6 + 0,7X_7 + 0,3X_1X_3 - 0,2X_2X_4 + 0,4X_{12} + 0,3X_{42} \quad (5)$$

Для эффективности подрезания сорняков (E_{cp}):

$$E_{cp} = 88,5 + 2,8X_1 - 1,0X_2 + 1,5X_3 + 3,2X_4 - 0,3X_5 - 1,2X_6 - 1,8X_7 + 0,5X_1X_4 - 0,4X_2X_5 - 0,5X_{12} - 0,6X_{42} \quad (6)$$

Анализ полученных моделей показывает, что наиболее значимыми факторами, влияющими на коэффициент крошения почвы, являются рабочая скорость (X₁), частота колебаний

активных элементов (X_4), а также влажность (X_6) и твердость почвы (X_7). Увеличение рабочей скорости и частоты колебаний, как правило, приводит к улучшению крошения. Однако чрезмерное увеличение этих параметров может вызвать обратный эффект (отрицательные квадратичные члены X_{12} и X_{42}) из-за переизмельчения или образования пылевидных фракций, а также увеличения тягового сопротивления. Влажность и твердость почвы являются естественными факторами, которые существенно влияют на процесс обработки, и их повышение обычно снижает качество крошения.

Для гребнистости поверхности (G) ключевыми факторами являются рабочая скорость (X_1), глубина обработки (X_2) и частота колебаний (X_4). Оптимизация этих параметров помогает минимизировать гребнистость, что важно для последующих сельскохозяйственных операций и предотвращения водной эрозии.

Эффективность подрезания сорняков (E_{cp}) в значительной степени зависит от рабочей скорости (X_1), частоты колебаний (X_4) и угла атаки (X_3). Активное воздействие на почву способствует полному подрезанию корневой системы сорняков.

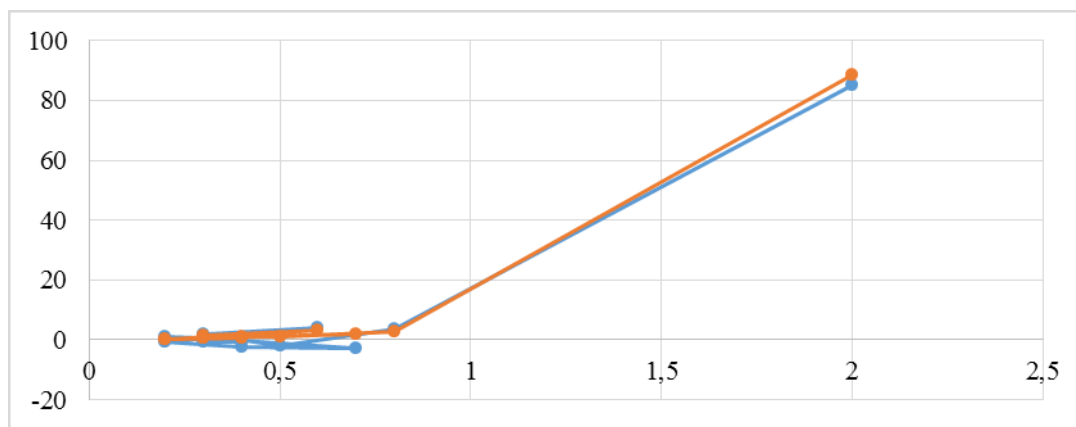


Рисунок 4. Результаты математического моделирования и экспериментальных исследований

Полученные результаты математического моделирования и экспериментальных исследований подтверждают сложный характер взаимосвязи между конструктивными и кинематическими параметрами комбинированного рабочего органа культиватора и качеством обработки почвы. Выявленные зависимости помогают количественно оценить влияние каждого фактора и предсказать оптимальные режимы работы для различных условий.

Так, высокая значимость рабочей скорости (X_1) и частоты колебаний (X_4) для коэффициента крошения (η_k) и эффективности подрезания сорняков (E_{cp}) указывает на то, что активные элементы комбинированного рабочего органа важны в интенсификации процесса обработки. Чаткина М.Н. и соавторы [10], которые также подчеркивают важность оптимизации параметров рабочих органов культиваторов для достижения максимальной эффективности. Однако наличие отрицательных квадратичных членов (X_{12} , X_{42}) в модели для η_k свидетельствует о существовании оптимального диапазона скоростей и частот, за пределами которого дальнейшее увеличение этих параметров может привести к ухудшению качества крошения (например, к образованию пылевидных фракций) или к неэкономичному расходу энергии, подчеркивая необходимость точной настройки оборудования.

Влияние глубины обработки (X_2) на качество крошения и гребнистость (G) также является значимым. Увеличение глубины обработки, как правило, приводит к снижению коэффициента крошения и увеличению гребнистости, которое объясняется возрастанием объема обрабатываемой почвы и увеличением сопротивления. Также подтверждает выводы Лисунова О.В. и соавторов о влиянии режимов работы на качество поверхностной обработки [2].

Факторы, связанные с состоянием почвы, такие как влажность (X_6) и твердость (X_7), оказывают существенное негативное влияние на коэффициент крошения. Также подчеркива-

ет необходимость адаптации параметров рабочего органа к конкретным почвенно-климатическим условиям, что является основой для дифференцированной обработки почвы, о чем говорит Федоров С.Е. [7]. В условиях повышенной влажности или твердости почвы может потребоваться снижение рабочей скорости или изменение угла атаки для поддержания приемлемого качества обработки.

Взаимодействия факторов, например X_1X_2 (скорость и глубина) или X_1X_4 (скорость и частота колебаний), указывают на то, что оптимизация одного параметра не может быть проведена изолированно от других. Комплексный подход к настройке комбинированного рабочего органа является обязательным для достижения наилучших результатов. Например, при увеличении рабочей скорости может потребоваться соответствующая корректировка частоты колебаний активных элементов для поддержания оптимального крошения.

Результаты также показывают, что ширина захвата элемента (X_5) оказывает менее значимое влияние на крошение по сравнению с другими параметрами, однако важна для равномерности распределения почвы и общей производительности агрегата.

Таким образом, разработанные математические модели предоставляют ценный инструмент для прогнозирования и оптимизации работы комбинированных культиваторов. Они помогут инженерам и агрономам принимать обоснованные решения при проектировании новых машин и настройке существующих, учитывая конкретные условия поля и требуемые агротехнические показатели

Выводы

1. Проведенное исследование помогло установить количественные зависимости между конструктивными и кинематическими параметрами комбинированного рабочего органа культиватора и основными показателями качества обработки почвы. Разработанные математические модели в закодированном виде дают возможность прогнозировать эффективность работы культиватора и оптимизировать его настройки для различных почвенно-климатических условий.

2. Рабочая скорость и частота колебаний активных элементов являются наиболее значимыми факторами, влияющими на степень крошения почвы и эффективность подрезания сорняков. Существует оптимальный диапазон этих параметров, за пределами которого эффективность может снижаться. Глубина обработки оказывает существенное влияние на гребнистость поверхности и коэффициент крошения, требуя тщательного подбора в зависимости от агротехнических задач. Влажность и твердость почвы являются критически важными природными факторами, значительно влияющими на качество обработки, и требуют адаптации параметров рабочего органа.

3. Степень крошения почвы при оптимальных параметрах (скорость 1,5 м/с, угол атаки 45°, частота колебаний 5 Гц) достигала 92%, что значительно превышает показатели стандартных аналогов. Гребнистость поверхности удалось снизить до 1,5 см и является критически важным для последующих операций посева и обеспечивает равномерность всходов. Эффективность подрезания сорняков составила 95%, что минимизирует засоренность посевов и снижает потребность в гербицидах.

4. Взаимодействия между факторами подчеркивают необходимость комплексного подхода к оптимизации, поскольку изменение одного параметра может потребовать корректировки других для достижения наилучших результатов.

5. Практическая значимость полученных результатов заключается в возможности научно обоснованного проектирования и эксплуатации комбинированных культиваторов. Дальнейшие исследования могут быть направлены на разработку адаптивных систем управления рабочими органами, способных автоматически корректировать параметры в зависимости от изменяющихся условий поля.

Список источников

1. Дюндик О.С. Строение и кинематика механизмов: учебное пособие // Министерство образования и науки России, ОмГТУ. Омск: Издво ОмГТУ. 2017. 144 с.

2. Лисунов О.В. и др. Исследование влияния параметров рабочих органов и режимов работы культиватора модульного типа на качество поверхностной обработки почвы / О. В. Лисунов, М. В. Богиня, А. А. Васильев, Е. Н. Олейникова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 1 (61). С. 190-196.
3. Маслов Г. Г., Юдина Е. М., Журий И. А. Эффективность поверхностной обработки почвы стерневым многофункциональным культиватором // Тракторы и сельхозмашины. 2018. Т. 85. № 3. С. 7–11.
4. Мяло В. В., Мяло О. В., Демчук Е. В. Обоснование основных параметров рабочего органа культиватора для сплошной обработки почвы // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2019. № 2 (34). С. 153–164.
5. Обоснование оптимальных параметров функционирования рабочего органа парового культиватора по тяговому сопротивлению / И. В. Божко, С. И. Камбулов, Г. Г. Пархоменко [и др.] // Инженерные технологии и системы. 2024. Т. 34. № 2. С. 213-228.
6. Федоров С.Е. и др. Моделирование пружинных стоек комбинированных культиваторов / С. Е. Федоров, М. Н. Чаткин, А. С. Костин, С. Ю. Городсков // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 8. С. 41-44.
7. Федоров С.Е. Применение дифференцированной обработки почвы // Тракторы и сельхозмашины. 2018. № 2. С. 78-82.
8. Филиппов А. И., Филиппова В. А., Примаков А. А. Обоснование технических и конструктивных параметров опрыскивателя телескопического комбинированного в составе агрегата для междурядной обработки почвы // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 1. С. 178-183.
9. Чаткин М.Н. и др. Оптимизация параметров рабочих органов культиваторов / М.Н. Чаткин, С.Е. Федоров, М.В. Бычков, А.А. Жалнин // ТЕСНИКА. Учредители: Издательство «Re-Health» (Андижан). 2020. С. 34-36.
10. Abbaspour-Gilandeh, Y., Fazeli, M., Roshanianfard, A., Hernández-Hernández, J.L.; Fuentes Penna, A.; Herrera-Miranda, I. Effect of Different Working and Tool Parameters on Performance of Several Types of Cultivators. Agriculture. 2020. Vol.10. p. 145.
11. Feng Y. Effects of Fallow Tillage on Winter Wheat Yield and Predictions Under Different Precipitation Types / Feng Y., Lin W., Yu S., Ren A., Wang Q., Noor H., Xue J., Yang Z., Sun M., Gao Z. // PeerJ. 2021. Vol. 9. Art. e12602.
12. Okoko P., Umani K. C., Onwe D. N. Performance Evaluation of a Spring Tine Cultivator in a Sandy Loam Soil // Agricultural Engineering International: CIGR Journal. 2023. Vol. 25, Issue 2. Pp. 21-33.

References

1. Dundik O.S. Structure and kinematics of mechanisms: a textbook. Ministry of Education and Science of Russia, OmSTU. Omsk: Publishing house of OmSTU, 2017. 144 p.
2. Lisunov O.V. and others. Investigation of the influence of parameters of working bodies and operating modes of a modular cultivator on the quality of surface tillage. O. V. Lisunov, M. V. Boginya, A. A. Vasiliev, E. N. Oleinikova. Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy, 2023, no. 1 (61), pp. 190-196..
3. Maslov G. G., Yudina E. M., Zhuri I. A. The effectiveness of surface tillage with a stubble multifunctional cultivator. Tractors and agricultural machinery, 2018, vol. 85, no. 3, pp. 7-11.
4. Myalo V. V., Myalo O. V., Demchuk E. V. Substantiation of the main parameters of the cultivator's working body for continuous tillage. Bulletin of Omsk State Agrarian University, 2019, no. 2 (34), pp. 153-164.
5. Substantiation of the optimal parameters of the functioning of the working body of a steam cultivator in terms of traction resistance. I. V. Bozhko, S. I. Kambulov, G. G. Parkhomenko [and others]. Engineering technologies and systems, 2024, vol. 34, no. 2, pp. 213-228.
6. Fedorov S.E. and others. Modeling of spring racks of combined cultivators. S. E. Fedorov, M. N. Chatkin, A. S. Kostin, S. Y. Gorodskov. Tractors and agricultural machinery, 2013, no. 8, pp. 41-44.
7. Fedorov S.E. Application of differentiated tillage. Tractors and agricultural machinery, 2018, no. 2, pp. 78-82.

8. Filippov A. I., Filippova V. A., Primakov A. A. Substantiation of the technical and design parameters of a combined telescopic sprayer as part of a row-by-row tillage unit. Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy, 2021, no. 1, pp. 178-183.
9. Chatkin M.N. et al. Optimization of parameters of working organs of cultivators. M.N. Chatkin, S.E. Fedorov, M.V. Bychkov, A.A. Zhalnin. TESNIK. Founders: Re-Health Publishing House (Andijan), 2020, pp. 34-36.
10. Abbaspour-Gilandeh, Y., Fazeli, M., Roshanianfard, A., Hernández-Hernández, J.L.; Fuentes Penna, A.; Herrera-Miranda, I. Effect of Different Working and Tool Parameters on Performance of Several Types of Cultivators. Agriculture, 2020, vol.10, p. 145.
11. Feng Y. Effects of Fallow Tillage on Winter Wheat Yield and Predictions Under Different Precipitation Types. Y. Feng, W. Lin, S. Yu, A. Ren, Q. Wang, H. Noor, J. Xue, Z. Yang, M. Sun, Z. Gao. PeerJ, 2021, vol. 9, art. e12602.
12. Okoko P., Umani K. C., Onwe D. N. Performance Evaluation of a Spring Tine Cultivator in a Sandy Loam Soil. Agricultural Engineering International: CIGR Journal, 2023, vol. 25, issue 2, pp. 21-33.

Информация об авторе

Р.Р. Галяутдинов – аспирант.

Information about the author

R.R. Galyautdinov – Postgraduate student.

АГРОЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

AGROECOLOGY AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

Научная статья

УДК 631.412: 634.1-15

DOI 10.24888/2541-7835-2025-37-3-154-168

ЗАВИСИМОСТЬ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ И СОДЕРЖАНИЯ В НИХ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ОТ ВОЗРАСТА ИНТЕНСИВНЫХ ЯБЛОНЕВЫХ САДОВ ТАМБОВСКОЙ И ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТЕЙ

Захаров Вячеслав Леонидович^{1✉}, Пугачев Григорий Николаевич²,

Шубкин Сергей Юрьевич³, Бунеев Сергей Сергеевич⁴, Дубровина Ольга Алексеевна⁵

^{1,3,4,5} Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, Липецкая область, Елец, Россия

²Федеральный научный центр им. И.В. Мичурина, Тамбовская область, Мичуринск, Россия

¹zaxarov7979@mail.ru ✉

²grig-nir42@mail.ru

³shubkin.92@mail.ru

⁴limes88@mail.ru

⁵laboratoria101@mail.ru

Аннотация. Исследования проводили в 2020-2025 гг. в интенсивных яблоневых садах Липецкой и Тамбовской области. Междурядья всех садов содержались под чёрным паром. С увеличением возраста интенсивного яблоневых садов содержание гумуса в гумусовом (0-60 см) горизонте уменьшается ($r=-0,94...-0,99$). Самым устойчивым типом почвы к уменьшению процента гумуса оказался чернозём оподзоленный. С увеличением возраста интенсивного яблоневых садов в гумусовом горизонте (0-60 см) снижается содержание щелочногидролизующего азота ($r=-0,86$), в гумусово-переходном (0-80 см) уменьшается значение pH_{KCl} ($r=-0,98...-0,99$), содержание легкогидролизующего азота ($r=-0,89...-0,92$), подвижного фосфора ($r=-0,9...-0,98$), обменного магния ($r=-0,95...-0,96$) и увеличивается содержание общего количества фенольных соединений ($r=0,82-0,94$), в иллювиальном горизонте (80-110 см) происходит накопление подвижного фосфора ($r=0,69$) (зафосфачивание), в гумусово-иллювиальном горизонте (0-110 см) происходит увеличение гидролитической кислотности ($r=0,97-0,99$) и снижение муссы обменных оснований ($r=-0,78...-0,95$), нитратного азота ($r=-0,83...-0,98$), обменного калия ($r=-0,92...-0,95$) и кальция ($r=-0,87...-0,99$). Наиболее сильное закисление, обеднение элементами питания и накопление фенольных соединений с возрастом сада наблюдается в слое 0-60 см. В чернозёмах выщелоченных всех интенсивных яблоневых садов плодоносящего возраста (12 лет) содержание фенольных соединений существенно ниже, чем в садах старого типа. По сравнению с междурядьями содержание фенольных соединений существенно больше в зоне приствольных полос, где с глубиной их количество возрастает до слоя 30-60 см. В ризосфере корней 9-летних подвоев яблони количество фенольных соединений составляет в среднем по подвоям и типам почвы 0,068 мг/кг. Превышение ПДК фенола в почве интенсивных садов в возрасте 12 лет в слое 10-30 см приствольных полос составило 0,02 мг/кг, в садах старого типа - в 2 раза в междурядьях и в приствольных полосах.

Ключевые слова: яблоня, интенсивные сады, тип почвы, агрохимические параметры, фенольные соединения.

Финансирование: исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-26-00232, <https://rscf.ru/project/25-26-00232/>.

Для цитирования: Зависимость агрохимических свойств почв и содержания в них фенольных соединений от возраста интенсивных яблоневых садов Тамбовской и Липецкой областей / В.Л. Заха-

ров, Г.Н. Пугачев, С.Ю. Шубкин, С.С. Бунеев, О.А. Дубровина // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 3(37). С. 154-168. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-37-3-154-168>.

Original article

THE DEPENDENCE OF AGROCHEMICAL PROPERTIES OF SOILS AND THE CONTENT OF PHENOLIC COMPOUNDS IN THEM ON THE AGE OF INTENSIVE APPLE ORCHARDS IN THE TAMBOV AND LIPETSK REGIONS

Vyacheslav L. Zaharov^{1✉}, Grigorij N. Pugachev², Sergej Yu. Shubkin³, Sergej S. Buneev⁴, Olga A. Dubrovina⁵

^{1,3,4,5}Bunin Yelets State University, Lipetsk region, Yelets, Russia

² Michurin Federal Scientific Center, Tambov region, Michurinsk, Russia

¹zaxarov7979@mail.ru✉

²grig-nir42@mail.ru

³shubkin.92@mail.ru

⁴limes88@mail.ru

⁵laboratoria101@mail.ru

Abstract. The research was conducted in 2019-2025 in intensive non-irrigated apple orchards in the Lipetsk and Tambov regions. The aisles of all the gardens were kept under black steam. As the age of the intensive apple orchard increases, the humus content in the humus (0-60 cm) horizon decreases ($r=-0.94...-0.99$). The most stable type of soil to reduce the percentage of humus was podzolized chernozem. As the age of an intensive apple orchard increases, the content of alkaline hydrolyzable nitrogen decreases in the humus horizon (0-60 cm) ($r=-0.86$), the pH value of HCl decreases in the humus transition horizon (0-80 cm) ($r=-0.98...-0.99$), the content of easily hydrolyzable nitrogen ($r=-0.89...-0.92$), mobile phosphorus ($r=-0.9...-0.98$), exchangeable magnesium ($r=-0.95...-0.96$) and the content of the total amount of phenolic compounds increases ($r=0.82-0.94$), accumulation of mobile phosphorus ($r=0.69$) (phosphorification) occurs in the illuvial horizon (80-110 cm), in the humus-illuvial horizon (0-110 cm), there is an increase in hydrolytic acidity ($r=0.97-0.99$) and a decrease in the mousse of exchangeable bases ($r=-0.78...-0.95$), nitrate nitrogen ($r=-0.83...-0.98$), exchangeable potassium ($r=-0.92...-0.95$) and calcium ($r=-0.87...-0.99$). The strongest acidification, depletion of nutrients and accumulation of phenolic compounds with the age of the garden is observed in the 0-60 cm layer. In the leached chernozems of all intensive apple orchards of fruiting age (12 years) The content of phenolic compounds is significantly lower than in the old type of gardens. Compared with row spacing, the content of phenolic compounds is significantly higher in the zone of trunk strips, where their number increases to a layer of 30-60 cm with depth. In the rhizosphere of the roots of 9-year-old apple rootstocks, the amount of phenolic compounds averages 0.068 mg/kg for rootstocks and soil types. The excess of the maximum permissible concentration of phenol in the soil of intensive gardens at the age of 12 years in a layer of 10-30 cm of trunk strips was 0.02 mg/kg, in old-type gardens - by 2 times in row spacing and in trunk strips.

Keywords: apple tree, intensive orchards, soil type, agrochemical parameters, phenolic compounds.

Funding: the research was carried out at the expense of the grant of the Russian Science Foundation No. 25-26-00232, <https://rscf.ru/project/25-26-00232/>.

For citation: Dependence of agrochemical properties of soils and the content of phenolic compounds in them on the age of intensive apple orchards in the Tambov and Lipetsk regions. V.L. Zakharov, G.N. Pugachev, S.Yu. Shubkin, S.S. Buneev, O.A. Dubrovina. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2025, no. 3(37), pp. 154-168. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-37-3-154-168>.

Введение

В условиях Мичуринска на чернозёме выщелоченном в период с 1990 по 2014 гг. зафиксировано обеднение почвы органическим веществом на 7,5% [10]. На южных чернозёмах Краснодарского края при фертигации в местах локального внесения удобрений содержание подвижного фосфора в слое почвы яблоневого сада 0-30 см увеличилось на 98,3-251,1 мг/кг

почвы; обменного калия на 66-421 мг/кг почвы, по сравнению с участками, находящимися за пределами зоны локализации минеральных удобрений, а многолетнее применение капельного орошения в промышленных насаждениях яблони привело к накоплению водорастворимых солей (особенно ионов натрия), подщелачиванию и качественному изменению содержания обменных катионов в почвенно-поглощающем комплексе в зонах локального увлажнения почвы [18]. В этом же регионе применение многолетнего капельного орошения в плодовых насаждениях привело к постепенному вымыванию ионов кальция из зон локального увлажнения почвы. Доля магния в почвенно-поглощающем комплексе в результате поливов увеличилась до 20,8-32,8 % от суммы поглощенных оснований [15]. На основе изучения агрохимических свойств почв в садах введены усредненные поправочные коэффициенты, учитывающие уровень обеспеченности почвы элементами питания как вне зоны локального внесения удобрений, так и степень ее удобренности в местах локализации питательных веществ [7]. Предложен показатель степени агрогенной дифференциации параметров почвы при локальном внесении удобрений с малообъемным орошением [18] и запатентован способ оптимизации питания плодовых насаждений интенсивного типа [12]. Уровень водорастворимых фенольных соединений в основном рассматривался в научной литературе касательно растительного сырья [8], опада [3] или лесной подстилки [16]. В почвах уровень фенольных соединений рассматривался в основном в полеводстве [4], без привязки к многолетним плодовым насаждениям. Рассмотрены разномасштабные изменения содержания фенольных соединений (ФС) в почвенных растворах торфяно-подзолисто-глееватой почвы южной тайги на внутрисуточном, межсуточном и межгодовом уровнях [9]. Предложен бактериальный препарат для разложения фенольных соединений химической природы в почве [11]. Другим способом ускоренной трансформации фенольных соединений в почве является внесение соломы и сидератов [5].

Цель исследования – установить зависимость агрохимических свойств почв и содержания в них фенольных соединений от возраста интенсивных яблоневых садов Тамбовской и Липецкой областей.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в интенсивных яблоневых садах Тамбовской (ФНЦ им. И.В. Мичурина, АО «Дубовое», АО учхоз-племзавод «Комсомолец», ООО «Сады Мичурина») и Липецкой областей (СПССПК «Тимирязевский», ЗАО «Агрофирма имени 15 лет Октября»). В СПССПК «Тимирязевский» преобладающими типами почвы были чернозём выщелоченный и оподзоленный, в ФНЦ им. И.В. Мичурина – лугово-чернозёмная и серая лесная почва, в АО «Дубовое» – чернозём выщелоченный, в АО учхоз-племзавод «Комсомолец» – чернозём выщелоченный, в ООО «Сады Мичурина» – чернозём выщелоченный, в АО учхоз-племзаводе «Комсомолец» – чернозём выщелоченный. На подвое 62-396 схема размещения деревьев в была ФНЦ им. И.В. Мичурина была 4,5X2 и 4,5X1 м, на подвое Малыш Будаговского – 3,5X1,25 и 3,5X0,75 м, в остальных хозяйствах на таком подвое деревья размещались по схеме 4,5X1 м. На подвое МБ схема размещения деревьев была 3,5X0,75 м, на подвое М-9 схема размещения деревьев была 4X0,75 м. В ЗАО «Агрофирма имени 15 лет Октября» и ФНЦ им. И.В. Мичурина в приствольных полосах использовалось капельное орошение, а междурядья остальных садов содержались под чёрным паром. Почвы по гранулометрическому составу были от среднесуглинистого до тяжелосуглинистого. Почву для анализов отбирали с глубины 0-60, 60-80 и 80-110 см приствольных полос 5,8,12 и 16-летних садов, а также перед их закладкой. Агрохимические анализы почвы выполнены по инструкции ЦИНАО [6]: щёлочногидролизующий азот – по методу А.Х. Корнфилда, гумус – по методу И.В. Тюрина в модификации В.Н. Симакова [1], легкогидролизующий азот – по методу И.В. Тюриной и М.М. Кононовой [2], подвижного фосфора (фотометрия) и обменного калия (пламенная фотометрия) – по методу Ф.В. Чирикова [13], обменного кальция и магния – трилонометрическим методом, гидролитическую кислотность и сумму обменных оснований – титриметрическим методом, нитратный азот и pH_{KCl} – ионометрическим методом [1]. Содержание общего коли-

чества фенольных соединений в почве определяли фотометрическим методом после отгонки с водяным паром [14].

Результаты исследований и их обсуждение

Проведя корреляционный анализ мы установили, что самая тесная обратная зависимость между содержанием гумуса в гумусовом горизонте (0-60 см) и количеством лет деревьев яблони получена на чернозёмах выщелоченных ООО «Сады Мичурина», АО учхоз-племзавода «Комсомолец» и АО «Дубовое» ($r=-0,99$). Чуть меньшая, но такая же тесная зависимость получена на серой лесной почве ФНЦ им. И.В. Мичурина ($r=-0,98$). Чуть менее тесная зависимость получена на лугово-чернозёмной почве ФНЦ им. И.В. Мичурина и чернозёме выщелоченном СПССПК «Тимирязевский» ($r=-0,97$). Еще менее тесная зависимость установлена на чернозёме выщелоченном ЗАО «Агрофирма имени 15 лет Октября» ($r=-0,94$). И самая малая зависимость получена на чернозёме оподзоленном СПССПК «Тимирязевский» ($r=-0,93$).

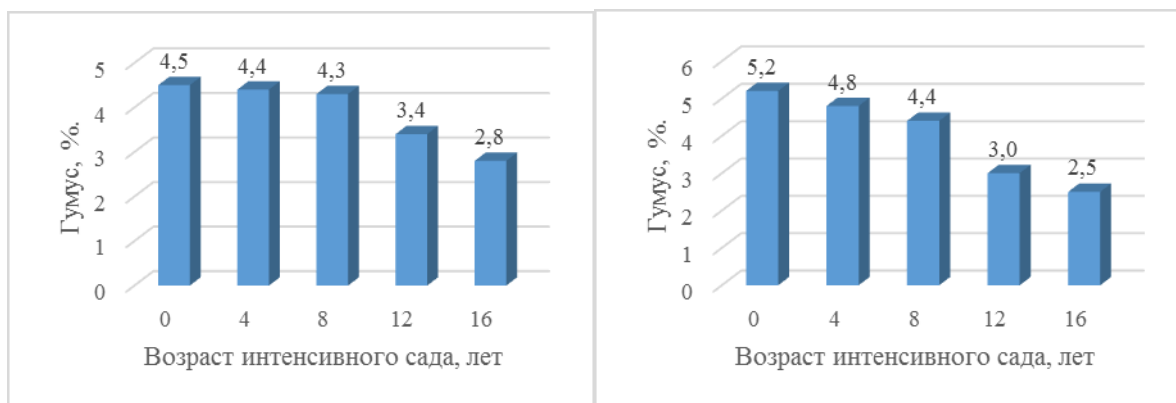


Рисунок 1. Зависимость содержания общего гумуса в слое 0-60 см чернозёма оподзоленного (слева) и выщелоченного (справа) от возраста яблоневого сада СПССПК «Тимирязевский»

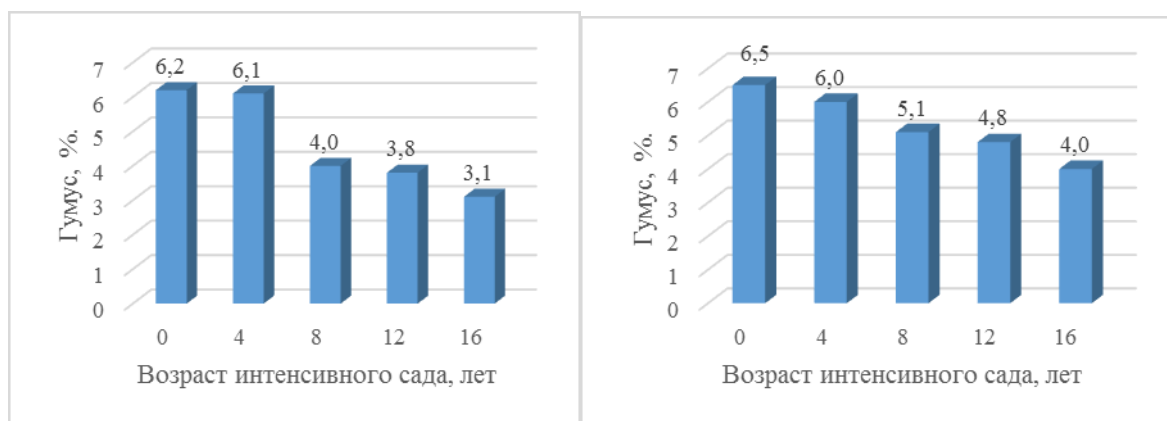


Рисунок 2. Зависимость содержания общего гумуса в слое 0-60 см чернозёма выщелоченного от возраста яблоневого сада в ЗАО Агрофирма имени 15 лет Октября (слева) и в ООО «Сады Мичурина» (справа)

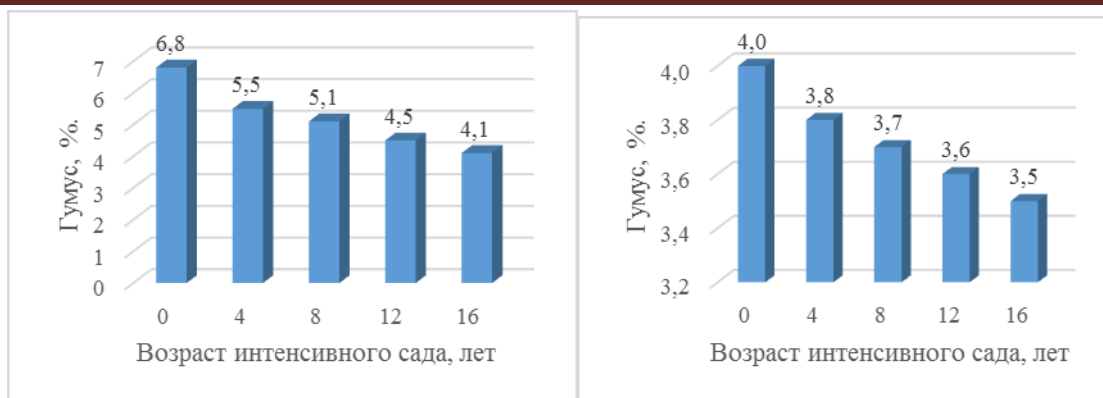


Рисунок 3. Зависимость содержания общего гумуса в слое 0-60 см от возраста яблоневого сада в ФНЦ им. И.В. Мичурина на лугово-чернозёмной почве (слева) и серой лесной почвы (справа)

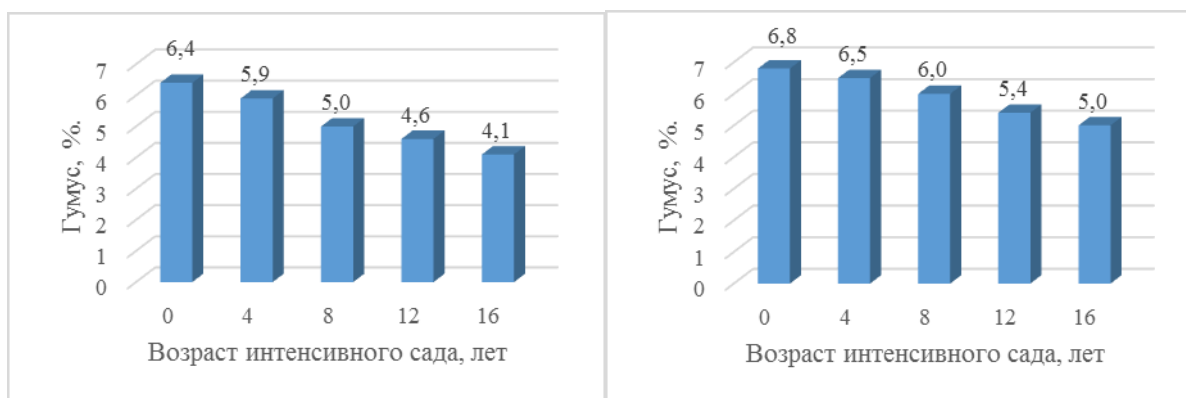


Рисунок 4. Зависимость содержания общего гумуса в слое 0-60 см пристволенной полосы чернозёма выщелоченного от возраста яблоневого сада АО учхоза-племзавода «Комсомолец» (слева) и АО «Дубовое» (справа)

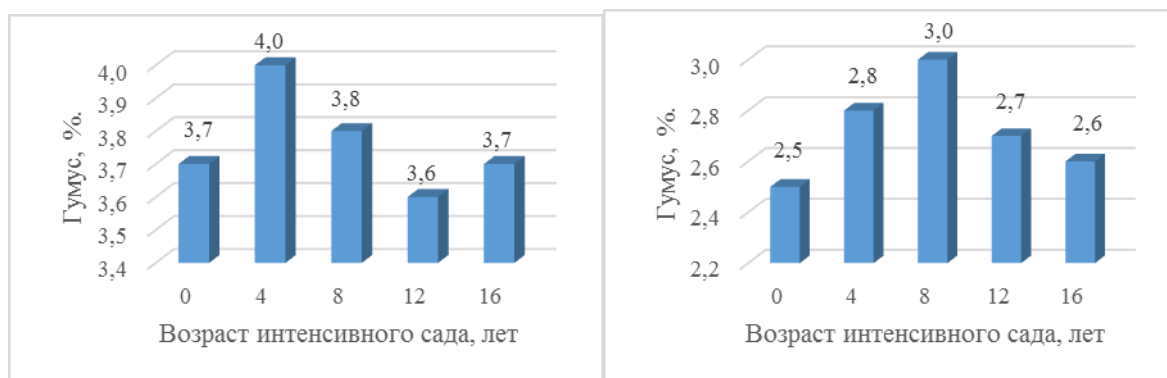


Рисунок 5. Зависимость содержания гумуса в чернозёме выщелоченном СПССПК «Тимирязевский» от возраста сада: в слое 60-80 см (слева) и в слое 80-110 см (справа)

Таким образом, с увеличением возраста интенсивного яблоневого сада содержание гумуса в гумусовом (0-60 см) горизонте уменьшается ($r=-0,94\dots-0,99$). Самым устойчивым типом почвы к уменьшению процента гумуса оказался чернозём оподзоленный. На примере чернозёма выщелоченного СПССПК «Тимирязевский» нами не установлено никакой зависимости между возрастом дерева яблони и содержанием гумуса в переходном горизонте АВ (60-80 см) ($r=-0,41$) и иллювиальном горизонте В (80-110 см) ($r=0,08$).

На примере чернозёма выщелоченного СПССПК «Тимирязевский» нами приводятся ниже зависимости между возрастом яблони и всеми остальными агрохимическими свойст-

вами. По pH_{KCl} получена тесная обратная зависимость – по гумусовому горизонту 0-60 см ($r=-0,99$), и по переходному горизонту 60-80 см ($r=-0,98$), а для иллювиального 80-110 см нет зависимости ($r=0,07$) (рис. 6).

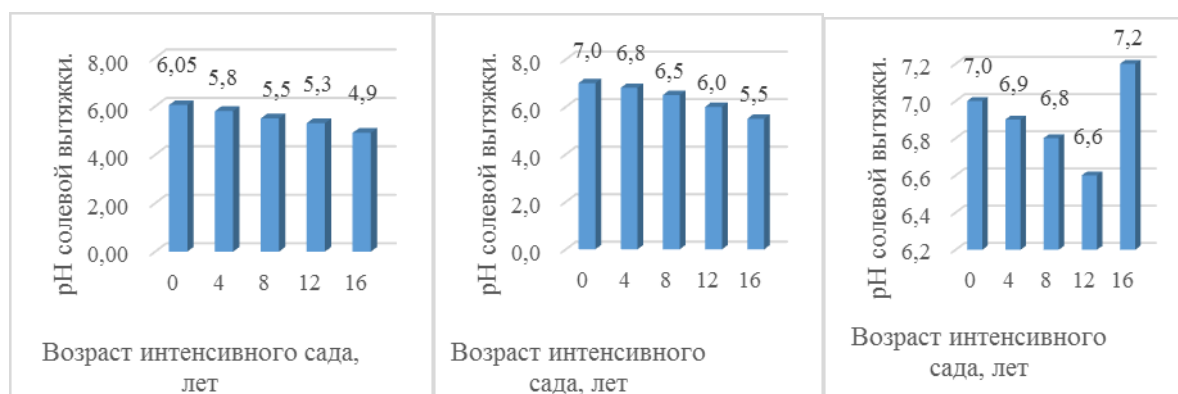


Рисунок 6. Зависимость pH солевой вытяжки чернозёмов выщелоченных в слое 0-60 см (слева), 60-80 см (в центре) и 80-110 см (справа) от возраста яблоневого сада по гидролитической кислотности прямая тесная зависимость по слою 0-60 см ($r=0,98$), по слою 60-80 см ($r=0,99$) и слою 80-110 см ($r=0,97$) (рис. 7).

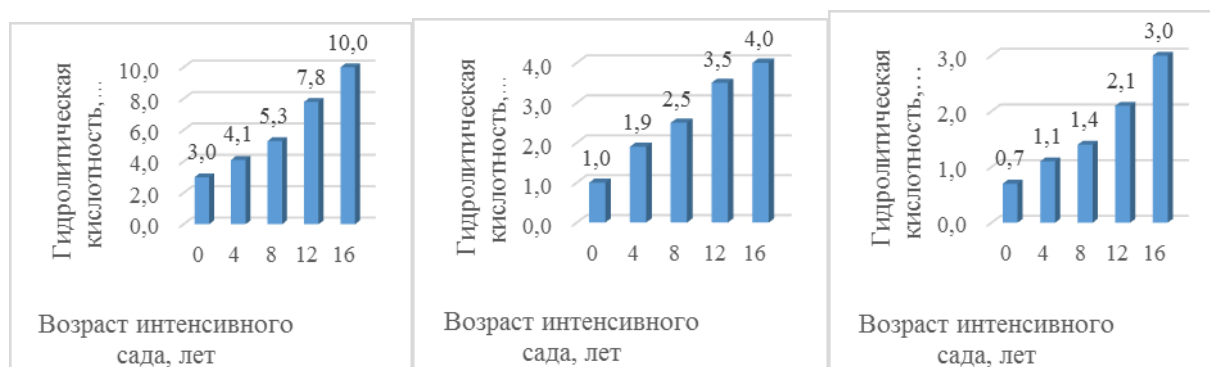


Рисунок 7. Зависимость гидролитической кислотности (мг-экв/100 г) чернозёма выщелоченного в слое 0-60 см (слева), 60-80 см (в центре) и 80-110 см (справа) от возраста яблоневого сада

По сумме обменных оснований обратная тесная зависимость по слою 0-60 см ($r=-0,95$), по слою 60-80 см ($r=-0,78$) и слою 80-110 см ($r=-0,92$) (рис. 8).



Рисунок 8. Зависимость суммы обменных оснований чернозёма выщелоченного в слое 0-60 см (слева), 60-80 см (в центре) и 80-110 см (справа) от возраста яблоневого сада

По щелочногидролизуемому азоту ($N_{щг}$) тесная обратная зависимость только по слою 0-60 см ($r=-0,86$), а по слою 60-80 см ($r=-0,16$) и 80-110 см ($r=0,31$) нет связи (рис. 9).

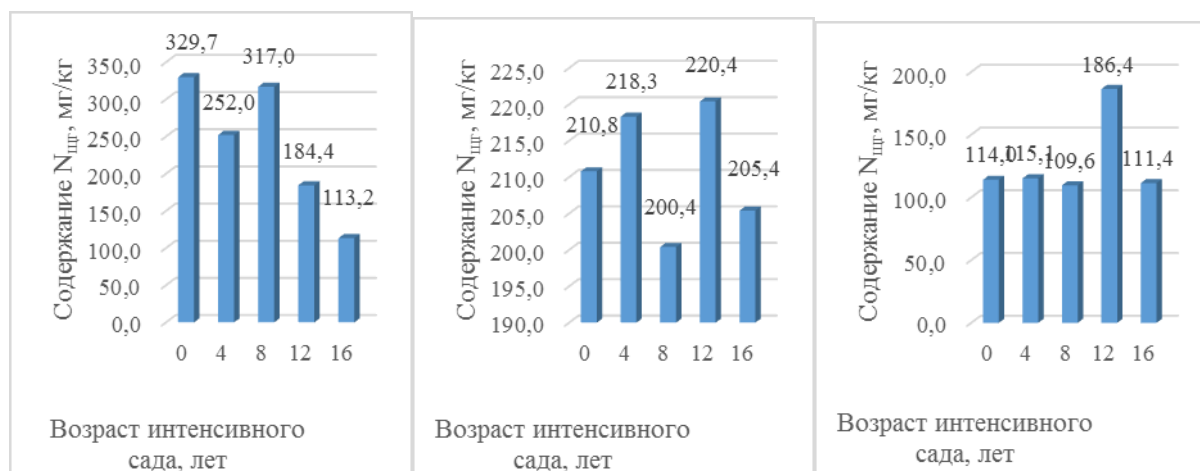


Рисунок 9. Зависимость содержания щелочногидролизуемого азота в слое 0-60 см (слева), 60-80 см (в центре) и 80-110 см (справа) чернозёма выщелоченного от возраста яблоневого сада. По легкогидролизуемому азоту ($N_{лг}$) тесная обратная зависимость получена по слою 0-60 см ($r=-0,92$) и слою 60-80 см ($r=-0,89$), а по иллювиальному горизонту – нет ($r=0,26$) (рис. 10).



Рисунок 10. Зависимость содержания легкогидролизуемого азота в слое 0-60 см (слева), 60-80 см (в центре) и 80-110 см (справа) чернозёма выщелоченного от возраста яблоневого сада

По нитратному азоту (NO_3) получены тесные обратные зависимости по слою 0-60 см ($r=-0,98$), 60-80 см ($r=-0,85$), 80-110 см ($r=-0,83$) (рис. 11).



Рисунок 11. Зависимость содержания нитратов в слое 0-60 см (слева), 60-80 см (в центре) и 80-110 см (справа) чернозёма выщелоченного от возраста яблоневого сада

По подвижному фосфору (P_2O_5) получены тесные обратные зависимости по слою 0-60 см ($r=-0,9$) и слою 60-80 см ($r=-0,98$) и прямая зависимость по слою 80-110 см ($r=0,69$) (рис. 12).

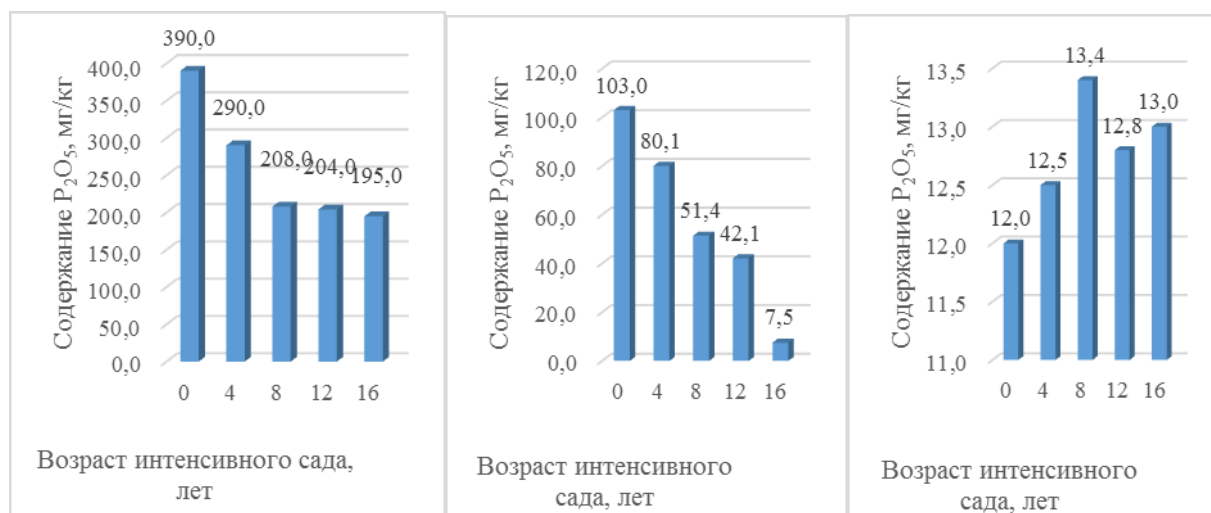


Рисунок 12. Зависимость содержания подвижного фосфора в слое 0-60 см (слева), 60-80 см (в центре) и 80-110 см (справа) чернозёма выщелоченного от возраста яблоневого сада

По обменному калию (K_2O) получены тесные обратные зависимости по слою 0-60 см ($r=-0,94$), слою 60-80 см ($r=-0,95$) и слою 80-110 см ($r=-0,92$) (рис. 13).



Рисунок 13. Зависимость содержания обменного калия в слое 0-60 см (слева), 60-80 см (в центре), 80-110 см (справа) чернозёма выщелоченного от возраста яблоневого сада

По обменному кальцию (Ca) получены тесные обратные зависимости по слою 0-60 см ($r=-0,99$), слою 60-80 см ($r=-0,92$) и слою 80-110 см ($r=-0,87$) (рис. 14).

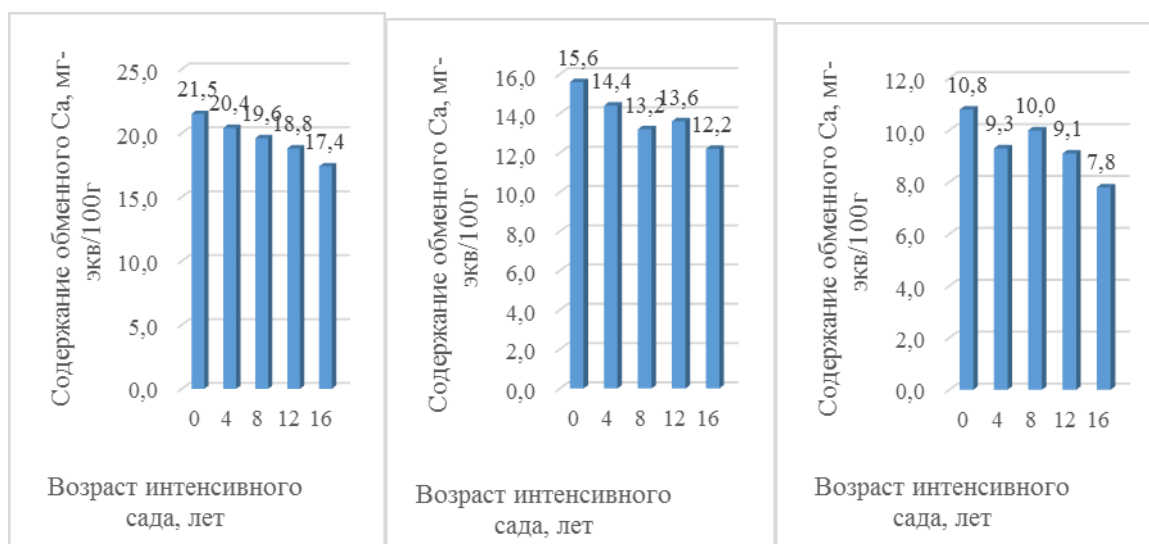


Рисунок 14. Зависимость содержания обменного кальция в слое 0-60 см (слева), 60-80 см (в центре) и 80-110 см (справа) от возраста яблоневого сада

По обменному магнию (Mg) получены тесные обратные зависимости по слою 0-60 см ($r=-0,96$) и слою 60-80 см ($r=-0,95$) и не получено связи по слою 80-110 см ($r=-0,49$) (рис. 15).

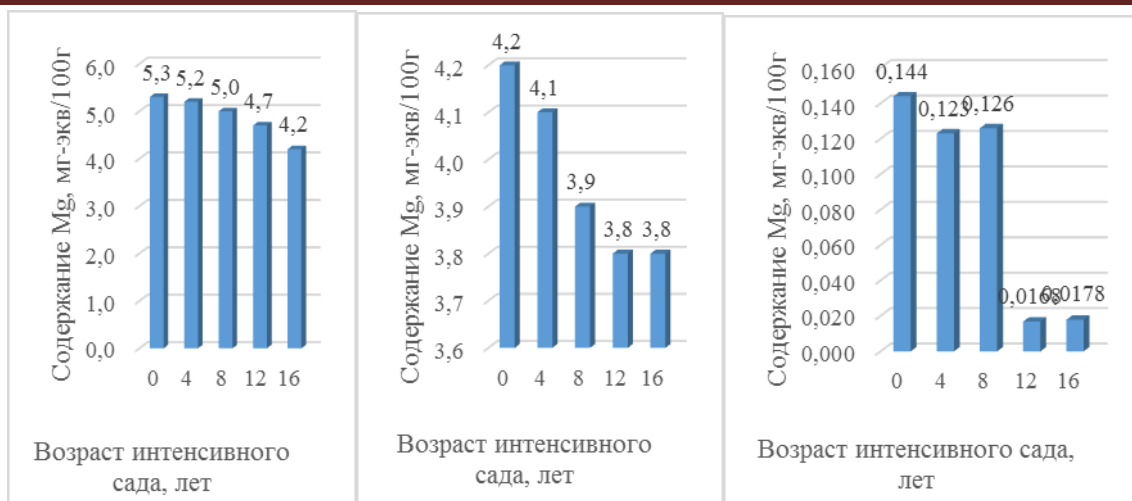


Рисунок 15. Зависимость содержания обменного магния в слое 0-60 см (слева), 60-80 см (в центре) и 80-110 см (справа) чернозёма выщелоченного от возраста яблоневого сада

По общему количеству фенольных соединений получены тесные прямые зависимости по слою 0-60 см ($r=0,94$) и по слою 60-80 см ($r=0,82$), а по иллювиальному горизонту (80-110 см) – нет зависимости ($r=0,42$) (рис. 16).

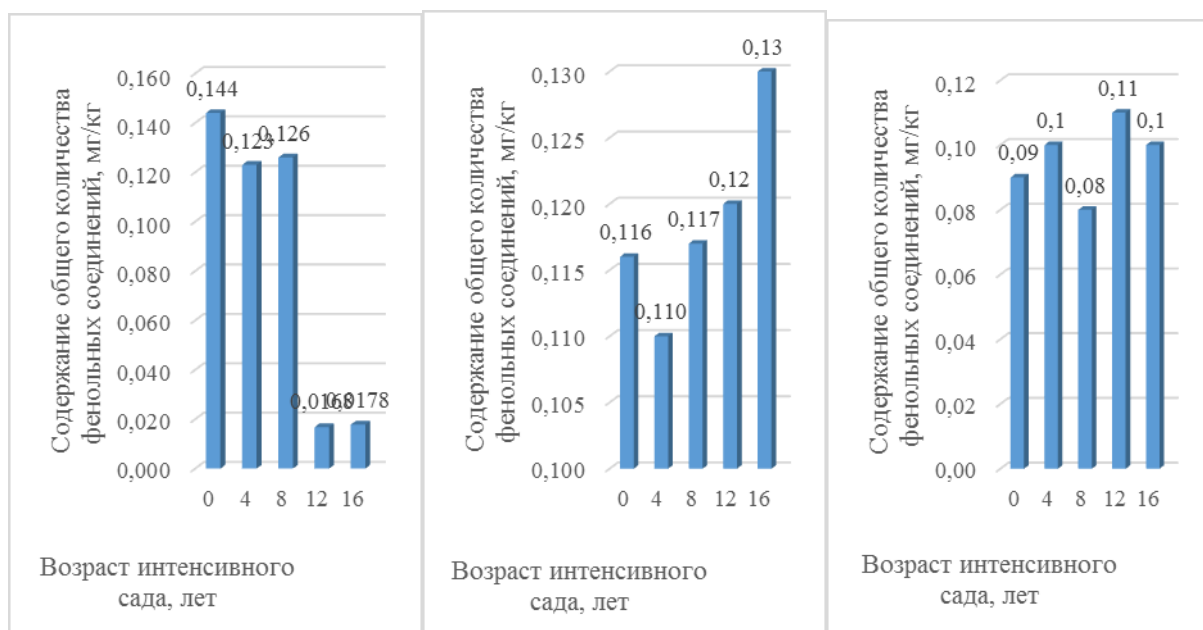


Рисунок 16. Зависимость содержания общего количества фенольных соединений в слое 0-60 см (слева), 60-80 см (в центре) и 80-110 см (справа) чернозёма выщелоченного СПССПК «Тимирязевский»

Нами установлено, что в чернозёмах выщелоченных всех интенсивных яблоневых садов плодоносящего возраста (12 лет) содержание фенольных соединений существенно ниже, чем в садах старого типа (табл. 1).

Таблица 1. Содержание общего количества водорастворимых фенольных соединений в чернозёме выщелоченном интенсивных яблоневых садов, мг/кг

Зона		Междурядье	Приствольная полоса	НСП ₀₅	НСП %
ЗАО «Агрофирма имени 15 лет Октября»					
Слой, см	0-10	0,041	0,05	0,004	8,304
	10-30	0,07	0,056	0,003	4,54
	30-60	0,064	0,068	0,005	7,52
НСП ₀₅		0,002	0,003		
НСП %		3,87	4,39		
АО «Дубовое»					
Слой, см	0-10	0,054	0,053	0,001	2,663
	10-30	0,054	0,062	0,003	8,481
	30-60	0,042	0,065	0,002	5,595
НСП ₀₅		0,006	0,005		
НСП %		10,1	9,06		
СПССПК «Тимирязевский» (слой 0-20 см)					
Возраст сада, лет	12	0,114	0,124	0,002	2,78
	40	0,145	0,174	0,007	6,27
НСП ₀₅		0,003	0,008		
НСП %		3,036	7,8		
ПДК фенола в почве 0,05 мг/кг					

Содержание фенольных соединений существенно больше в зоне приствольных полос по сравнению с междурядьями. В междурядьях не установлено увеличения их количества с глубиной, а в приствольных полосах такое увеличение хорошо прослеживается. В модельном опыте с подвоями 62-396, 54-118 и ПБ9 на чернозёме выщелоченном, оподзоленном, тёмно-серой лесной, дерново-подзолистой, пойменной слоистой и пойменной зернистой почвах мы установили, что в ризосфере корней 9-летних деревьев яблони количество фенольных соединений составляет в среднем по подвоям и типам почвы 0,068 мг/кг. Небольшое превышение ПДК фенола в почве зафиксировано в слое 10-30 см интенсивных садов в возрасте 12 лет в основном только в приствольных полосах (на 0,02 мг/кг), а в садах старого типа превышение в 2 раза отмечено и в междурядьях и в приствольных полосах.

Выводы

1. С увеличением возраста интенсивного яблоневого сада содержание гумуса в гумусовом (0-60 см) горизонте уменьшается ($r=-0,94...-0,99$). Самым устойчивым типом почвы к уменьшению процента гумуса оказался чернозём оподзоленный.

2. С увеличением возраста интенсивного яблоневого сада в гумусовом горизонте (0-60 см) снижается содержание щелочногидролизующего азота ($r=-0,86$), в гумусово-переходном (0-80 см) уменьшается значение pH_{KCl} ($r=-0,98...-0,99$), содержание легкогидролизующего азота ($r=-0,89...-0,92$), подвижного фосфора ($r=-0,9...-0,98$), обменного магния ($r=-0,95...-0,96$) и увеличивается содержание общего количества фенольных соединений ($r=0,82-0,94$), в иллювиальном горизонте (80-110 см) происходит накопление подвижного фосфора ($r=0,69$) (зафосфачивание), в гумусово-иллювиальном горизонте (0-110 см) происходит увеличение гидролитической кислотности ($r=0,97-0,99$) и снижение муссы обменных оснований ($r=-0,78...-0,95$), нитратного азота ($r=-0,83...-0,98$), обменного калия ($r=-0,92...-0,95$) и кальция ($r=-0,87...-0,99$).

3. Наиболее сильное закисление, обеднение элементами питания и накопление фенольных соединений с возрастом сада наблюдается в слое 0-60 см.

4. В черномзёмах выщелоченных всех интенсивных яблоневого сада плодоносящего возраста (12 лет) содержание фенольных соединений существенно ниже, чем в садах старого типа.

5. По сравнению с междурядьями содержание фенольных соединений существенно больше в зоне приствольных полос, где с глубиной их количество возрастает до слоя 30-60 см.

6. В ризосфере корней 9-летних подвоев яблони количество фенольных соединений составляет в среднем по подвоям и типам почвы 0,068 мг/кг.

7. Превышение ПДК фенола в почве интенсивных садов в возрасте 12 лет в слое 10-30 см приствольных полос составило 0,02 мг/кг, в садах старого типа - в 2 раза в междурядьях и в приствольных полосах.

Список источников

1. Александрова Л.Н., Найденова О.А. Лабораторно-практические занятия по почвоведению. 3-е изд., перераб. и доп. Ленинград: Колос, 1976. 280 с.

2. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. Москва: Изд-во Моск. Ун-та, 1962. 491 с.

3. Артемкина Н.А., Данилова М.А., Лукина Н.В. Содержание фенольных соединений в растительном опаде и органогенном горизонте почв еловых лесов на Северном пределе распространения // Лесные почвы и функционирование лесных экосистем: материалы VIII Всероссийской научной конференции с международным участием, Москва, 24–27 сентября 2019 года. Москва: Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, 2019. С. 217-218.

4. Биотехнологические аспекты разработки биопрепарата для ремедиации почв, загрязненных фенольными соединениями / Н.А. Ильина, Е.И. Тихомирова, С.Э. Третьякова [и др.] // Инновационные пути решения актуальных проблем природопользования и защиты окружающей среды: Материалы докладов Международной научно-технической конференции, Алушта, 4–8 июня 2018 года. Ответственный редактор И.В. Старостина. Том III. Алушта: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2018. С. 226-230.

5. Зезюков Н.И., Коржов С.И. Влияние внесения соломы и зеленых удобрений на токсичность почвы и сумму свободных фенольных соединений // Научные аспекты формирования интеллектуальной собственности специалистов АПК России: Тезисы докладов научной и учебно-методической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов агроуниверситета, Воронеж, 1–31 января 1993 года. Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 1993. С. 8-9.

6. Инструкция ЦИНАО по проведению массовых анализов почв в зональных агрохимических лабораториях. Москва: Колос, 1973. 55 с.

7. К методике агрохимического обследования плодовых насаждений интенсивного типа и расчета дифференцированных доз применения минеральных удобрений / Т.Г. Фоменко, В.П. Попова, Н.Г. Пестова, Е.А. Черников // Агрохимия. 2017. № 3. С. 79-91.

8. Лузиков А.В., Трофимов С.Я., Загоскина Н.В. Взаимосвязь между запасами ионов аммония в почвах и содержанием фенольных соединений в хвое ели (на примере ненарушенных ландшафтов Центрально-лесного заповедника) // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2005. № 3. С. 42-47.

9. Малинина М.С., Иванилова С.В. Фенольные соединения в растворах различных типов почв Центрального лесного заповедника // Почвоведение. 2008. № 4. С. 421-430.

10. Многолетняя динамика агрохимических свойств черноземов под яблоневыми садами / Н.Н. Сергеева, И.Ю. Савин, Ю.В. Трунов [и др.] // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2018. № 93. С. 21-39.

11. Патент № 2463344 С1 Российская Федерация, МПК C12N 1/26, C02F 3/34, C12R 1/40. Штамм *Pseudomonas putida* 131, осуществляющий деструкцию фенольных соединений: № 2011131457/10: заявл. 26.07.2011: опубл. 10.10.2012 / Р. М. Хайруллин, Т. В. Маркушева,

Н. А. Уразбахтина [и др.]; заявитель Открытое акционерное общество «Газпром нефтехим Салават».

12. Патент № 2588640 С1 Российская Федерация, МПК А01С 21/00, А01G 17/00. Способ оптимизации питания плодовых насаждений интенсивного типа: № 2015106779/13: заявл. 26.02.2015; опубл. 10.07.2016 / Т.Г. Фоменко, В.П. Попова, Н.Г. Пестова; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский институт садоводства и виноградарства».

13. Петербургский А. В. Практикум по агрономической химии. 6-е изд. Москва: Колос, 1968. 496 с.

14. ПНД Ф 16.1:2.3:3.44-05 «Методика выполнения измерений массовой доли летучих фенолов в пробах почв, осадков сточных вод и отходов фотометрическим методом после отгонки с водяным паром». Методика рассмотрена и одобрена ФГУ «Федеральный центр анализа и оценки техногенного воздействия на окружающую среду» (ФГУ «ФЦАО»). Москва: ФГУ «ФЦАО», 2005.

15. Попова В.П., Фоменко Т.Г., Макарова А.А. Оценка влияния капельного орошения минерализованными водами на изменение свойств чернозема обыкновенного и состояние насаждений яблони // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2021. № 67(1). С. 226-241.

16. Растворимые фенольные соединения, общий и аммонийный азот в лесных подстилках ненарушенных ельников Центрально-Лесного заповедника / А.В. Лузиков, С.Я. Трофимов, А.Г. Заварзина, Н.В. Загоскина // Почвоведение. 2006. № 8. С. 928-934.

17. Фоменко Т.Г., Попова В.П., Пестова Н.Г. Изменение параметров почв садовых ценозов при локальном применении удобрений и водных мелиораций // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2015. № 3. С. 39-43.

18. Фоменко Т.Г., Попова В.П., Пестова Н.Г. Трансформация агрохимических свойств почв плодовых насаждений, возделываемых по интенсивным технологиям // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2018. № 54(6). С. 59-71.

References

1. Alexandrova L.N., Naidenova O.A. Laboratory and practical exercises on soil management. 3rd ed., revised and add. Leningrad: Kolos Publ., 1976. 280 p.

2. Arinushkina E. V. Manual on chemical analysis of soils. Moscow: Publishing House of Moscow. University, 1962. 491 p.

3. Artemkina N.A., Danilova M.A., Lukina N.V. The content of phenolic compounds in plant litter and the organogenic horizon of spruce forest soils at the Northern limit of the distribution. Forest soils and the functioning of forest ecosystems: proceedings of the VIII All-Russian Scientific Conference with international participation, Moscow, September 24-27, 2019 of the year. Moscow: Center for Ecology and Forest Productivity of the Russian Academy of Sciences, 2019, pp. 217-218.

4. Biotechnological aspects of the development of a biological product for remediation of soils contaminated with phenolic compounds. N.A. Ilyina, E.I. Tikhomirova, S.E. Tretyakova [et al.]. Innovative ways to solve urgent problems of environmental management and environmental protection: Proceedings of the International Scientific and Technical Conference, Alushta, June 04-08 in 2018. The responsible editor is I.V. Starostina. Volume III. Alushta: Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, 2018, pp. 226-230.

5. Zezyukov N.I., Korzhov S.I. The effect of applying straw and green fertilizers on soil toxicity and the amount of free phenolic compounds. Scientific aspects of the formation of intellectual property of Russian agro-industrial complex specialists: Abstracts of the scientific and educational-methodical conference of the faculty, researchers and postgraduates of the Agricultural University, Voronezh, January 1-31, 1993. Voronezh: Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, 1993, pp. 8-9.

6. Instructions of the Central Administrative District on conducting mass soil analyses in zonal agrochemical laboratories. Moscow: Kolos Publ., 1973. 55 p.
7. On the methodology of agrochemical examination of intensive fruit plantations and calculation of differentiated doses of mineral fertilizers. T.G. Fomenko, V.P. Popova, N.G. Pestova, E.A. Chernikov. Agrochemistry, 2017, no. 3, pp. 79-91.
8. Luzikov A.V., Trofimov S.Ya., Zagoskina N.V. The relationship between ammonium ion reserves in soils and the content of phenolic compounds in spruce needles (on the example of uninhabited landscapes of the Central Forest Reserve). Bulletin of the Moscow University. Series 17: Soil Science, 2005, no. 3, pp. 42-47.
9. Malinina M.S., Ivanilova S.V. Phenolic compounds in solutions of various types of soils of the Central Forest Reserve. Soil science, 2008, no. 4, pp. 421-430.
10. Long-term dynamics of agrochemical properties of chernozems under apple orchards. N.N. Sergeeva, I.Yu. Savin, Yu.V. Trunov [et al.]. Bulletin of the V.V. Dokuchaev Soil Institute, 2018, no. 93, pp. 21-39.
11. Patent No. 2463344 C1 Russian Federation, IPC C12N 1/26, C02F 3/34, C12R 1/40. Strain *Pseudomonas putida* 131, which destroys phenolic compounds: No. 2011131457/10: application dated 26.07.2011: published on 10.10.2012. R. M. Khairullin, T. V. Markusheva, N. A. Urazbakhtina [et al.]; the applicant is Gazprom Neftekhim Salavat Open Joint Stock Company.
12. Patent No. 2588640 C1 Russian Federation, IPC A01C 21/00, A01G 17/00. Methods for optimizing nutrition of intensive fruit plantations: No. 2015106779/13: published on 26.02.2015: published on 10.07.2016. T.G. Fomenko, V.P. Popova, N.G. Pestova; applicant Federal State Budgetary Scientific the institution «North Caucasian Zonal Scientific Research Institute of Horticulture and Viticulture».
13. Petersburgsky A.V. Workshop on agronomic chemistry. 6th ed. Moscow: Kolos Publ., 1968. 496 p.
14. HDPE F 16.1:2.3:3.44-05 «Methodology for measuring the mass fraction of volatile phenols in soil samples, sewage sludge and waste by photometric method after steam treatment». The methodology was reviewed and approved by the Federal State Institution «Federal Center for Analysis and Assessment of Anthropogenic Impact on the Environment» (FSU «FCAA»). Moscow: FSU «FCAA», 2005.
15. Popova V.P., Fomenko T.G., Makarova A.A. Assessment of the effect of drip irrigation with mineralized waters on changes in the properties of common chernozem and the condition of apple trees. Fruit growing and viticulture in the South of Russia, 2021, no. 67(1), pp. 226-241.
16. Soluble phenolic compounds, total and ammonium nitrogen in forest litter of undisturbed spruce forests of the Central Forest Reserve. A.V. Luzikov, S.Ya. Trofimov, A.G. Zavarzina, N.V. Zagoskina. Soil Science, 2006, no. 8, pp. 928-934.
17. Fomenko T.G., Popova V.P., Pestova N.G. Changes in soil parameters of garden plants with local application of fertilizers and water reclamation. Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences, 2015, no. 3, pp. 39-43.
18. Fomenko T.G., Popova V.P., Pestova N.G. Transformation of agrochemical properties of soils of fruit plantations cultivated using intensive technologies. Fruit growing and viticulture in the South of Russia, 2018, no. 54(6), pp. 59-71.

Информация об авторах

В.Л. Захаров – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агротехнологий, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции;

Г.Н. Пугачев – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник;

С.Ю. Шубкин – кандидат технических наук, доцент, директор института агробиотехнологий и технических систем;

С.С. Бунеев - кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математического моделирования, компьютерных технологий и информационной безопасности;

О.А. Дубровина – кандидат биологических наук, доцент кафедры агротехнологий, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции.

Information about the authors

V.L. Zakharov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agricultural Technologies, Storage and Processing of agricultural Products;

G.N. Pugachev – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher;

S.Yu. Shubkin – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Director of the Institute of Agrobiotechnology and Technical Systems;

S.S. Buneev - Candidate of Physico-Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Mathematical Modeling, Computer Technology and Information Security;

O.A. Dubrovina – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Agrotechnology, Storage and Processing of Agricultural Products.

Научная статья

УДК 631.412: 634.1-15

DOI 10.24888/2541-7835-2025-37-3-169-177

ЗАВИСИМОСТЬ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОЧВ ОТ ВОЗРАСТА ИНТЕНСИВНЫХ ЯБЛОНЕВЫХ САДОВ ТАМБОВСКОЙ И ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТЕЙ

Захаров Вячеслав Леонидович^{1✉}, Пугачев Григорий Николаевич²,
Шубкин Сергей Юрьевич³, Бунеев Сергей Сергеевич⁴

^{1,3,4}Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, Липецкая область, Елец, Россия

²Федеральный научный центр им. И.В. Мичурина, Тамбовская область, Мичуринск, Россия

¹zaxarov7979@mail.ru✉

²grig-nir42@mail.ru

³shubkin.92@mail.ru

⁴limes88@mail.ru

Аннотация. Исследования проводили в 2020-2025 гг. в интенсивных яблоневых садах Липецкой и Тамбовской области. Междурядья всех садов содержались под чёрным паром. С возрастом яблоневых интенсивных садов мощность гумусовых горизонтов (A_1) уменьшается особенно быстро на лугово-чернозёмных почвах ($r=-0,94$), чернозёмах выщелоченных ($r=-0,92$) и чуть медленнее на чернозёмах оподзоленных ($r=-0,84$), чернозёмно-луговых ($r=-0,8$), серых лесных почвах ($r=-0,7$) и чернозёмах типичных ($r=-0,7$). Мощность переходного, иллювиального горизонтов, глубина грунтовых вод, карбонатов, водорастворимых веществ и степень минерализации грунтовых вод не зависят от возраста интенсивного яблоневых садов. С увеличением возраста интенсивного яблоневых садов на подвое 62-396 без капельного орошения мощность корнеобитаемого слоя увеличивается быстрее ($r=0,93$), чем с капельным орошением ($r=0,84$). Такая же закономерность обнаружена и для деревьев на подвое ПБ9 (без полива $r=0,9$, с поливом $r=0,88$) и на подвое М9 (без полива $r=0,92$, с поливом $r=0,85$). За 16 лет роста яблони при использовании капельного орошения глубина залегания карбонатов увеличивается на 25 см на чернозёмах типичных, на 15 см на лугово-чернозёмных почвах и на 12 см на чернозёмах выщелоченных. При использовании капельного орошения в интенсивных садах яблони глубина верхней границы оглеенного горизонта приближается к поверхности почвы на 105 см на чернозёмно-луговых почвах и на 60 см – на лугово-чернозёмных. При богарном возделывании интенсивных яблоневых садов мощность корнеобитаемого слоя и оглеенного горизонта не зависят от возраста сада.

Ключевые слова: интенсивные сады яблони, тип почвы, морфология и гидрология почвы.

Финансирование: исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-26-00232, <https://rscf.ru/project/25-26-00232/>.

Для цитирования: Зависимость морфологических и гидрологических параметров почв от возраста интенсивных яблоневых садов Тамбовской и Липецкой областей / В.Л. Захаров, Г.Н. Пугачев, С.Ю. Шубкин, С.С. Бунеев // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 3(37). С. 169-177. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-37-3-169-177>.

Original article

DEPENDENCE OF MORPHOLOGICAL AND HYDROLOGICAL PARAMETERS OF SOILS ON THE AGE OF INTENSIVE APPLE ORCHARDS IN TAMBOV AND LIPETSK REGIONS

Vyacheslav L. Zakharov^{1✉}, Grigorij N. Pugachev², Sergej Yu. Shubkin³, Sergej S. Buneev⁴

^{1,3,4}Bunin Yelets State University, Lipetsk region, Yelets, Russia

²Michurin Federal Scientific Center, Tambov region, Michurinsk, Russia

¹zaxarov7979@mail.ru✉

²grig-nir42@mail.ru

³shubkin.92@mail.ru

⁴limes88@mail.ru

Abstract. The research was conducted in 2020-2025 in intensive apple orchards of the Lipetsk and Tambov regions. The aisles of all the gardens were kept under black steam. With the age of an intensive apple orchard, the thickness of humus horizons (A1) decreases especially rapidly on meadow-chernozem soils ($r=-0.94$), leached chernozems ($r=-0.92$) and slightly more slowly on podzol chernozems ($r=-0.84$), chernozem-meadow ($r=-0.8$), gray forest soils ($r=-0.7$) and typical chernozems ($r=-0.7$). The thickness of the transitional and illuvial horizons, the depth of groundwater, carbonates, water-soluble substances, and the degree of mineralization of groundwater do not depend on the age of the intensive apple orchard. With an increase in the age of an intensive apple orchard on rootstock 62-396 without drip irrigation, the capacity of the root layer increases faster ($r=0.93$) than with drip irrigation ($r=0.84$). The same pattern was found for trees on the PB9 rootstock (without watering $r=0.9$, with watering $r=0.88$) and on the M9 rootstock (without watering $r=0.92$, with watering $r=0.85$). During 16 years of apple tree growth, when drip irrigation is used, the depth of carbonates increases by 25 cm on typical chernozems, by 15 cm on meadow-chernozem soils, and by 12 cm on leached chernozems. When drip irrigation is used in intensive apple orchards, the depth of the upper boundary of the peeled horizon approaches the soil surface by 105 cm on chernozem-meadow soils and by 60 cm on meadow-chernozem soils. When intensive apple orchards are cultivated with rain, the thickness of the root layer and the peeled horizon do not depend on the age of the garden.

Keywords: intensive apple orchards, soil type, morphology and hydrology of the soil.

Funding: the research was carried out at the expense of the grant of the Russian Science Foundation No. 25-26-00232, <https://rscf.ru/project/25-26-00232/>.

For citation: Dependence of morphological and hydrological parameters of soils on the age of intensive apple orchards in Tambov and Lipetsk regions. V.L. Zakharov, G.N. Pugachev, S. Yu. Shubkin, S.S. Buneev. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2025, no. 3(37), pp. 169-177. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-37-3-169-177>.

Введение

Морфологические признаки почв позволяют оценить состояние почвы без применения сложных анализов и приборов. При оценке садопригодности почвы необходимо детально изучать особенности гумусового и иллювиального горизонтов отрицательных форм рельефа по комплексу морфологических признаков [8]. Очень важно знать морфологические признаки почвы, чтобы дать правильное название почве [12], понимать, как правильно готовить почвы для закладки сада [4] и как спланировать систему полива [2]. Например, серые лесные почвы сами по себе садопригодны для всех подвоев яблони. Однако, если они серые лесные почвы поверхностно-глеевые, то уже не являются садопригодными [8]. Предложена оценка интенсивности протекания почвообразовательных процессов по морфологическим признакам, оцениваемым количественно методами компьютерной диагностики [10]. В условиях дендрария НИИСС им. М. А. Лисавенко (г. Барнаул) под различными культурами формировались почвы различного генезиса: под рябиновыми насаждениями имеет место чернозем обыкновенный, а под сиренью и туей – выщелоченный [14]. В Поволжье в результате лесных пожаров происходило формирование своеобразного пирогенного горизонта O_{rig}, характеризующегося зольными остатками растительного опада с небольшой вариабельностью мощности на всех исследованных участках [7]. В условиях Удмуртской Республики изучены морфологические признаки почв разных угодий: пашни, залежи разных периодов зарастания и леса. Установлено, что изменения морфологических признаков почвенного профиля наблюдаются по истечении 35–40 летнего зарастания и проявляются в первую очередь дифференциацией бывшего пахотного горизонта на два подгоризонта, отличающихся окрасом и структурой [11]. Верхние пылевато-глинистые горизонты чернозема под яблоневым садом обладают большей водоудерживающей способностью, в основная гидрофизическая характеристика более легкого по гранулометрическому составу В_{2к} горизонта существенно сдвинута в сторону меньшей влажности [13]. В Саратовской области установлено, что нижняя граница гумусового горизонта залежных почвенных профилей по сравнению с пашней независимо от

пространственного размещения увеличивается в среднем на 4 см, а нижняя граница горизонтов В₂ и ВС в перемещается вниз по профилю на 3,5 см. При длительной консервации растительного покрова на 60-летней залежи генетические горизонты сместились вниз по профилю почвы соответственно на 5, 6, 3 и 3 см [1]. При длительном использовании лугово-каштановых почв Дагестана снижается плодородие почвы, происходит деструкция генетических горизонтов. В естественных условиях почвообразование идет к лугово-степной стадии, а при нерациональном хозяйственном использовании - к сухостепной солонцово-солончаковой стадии [6]. Знания о гидрологии почв под яблоневыми садами также важны. Существенное влияние на распределение воды в черноземе выщелоченном под яблоневым садом в засушливый период оказывают восходящие потоки влаги [13].

Цель исследования – установить зависимость морфологических и гидрологических параметров почв от возраста интенсивных яблоневых садов Тамбовской и Липецкой областей.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в интенсивных яблоневых садах Тамбовской (ФНЦ им. И.В. Мичурина, АО «Дубовое», АО учхоз-племзавод «Комсомолец», ООО «Сады Мичурина») и Липецкой областей (СПССПК «Тимирязевский», ЗАО «Агрофирма имени 15 лет Октября»). В СПССПК «Тимирязевский» преобладающими типа почвы были чернозём выщелоченный и оподзоленный, в ФНЦ им. И.В. Мичурина - лугово-чернозёмная и серая лесная почва, в АО «Дубовое» - чернозём выщелоченный, в АО учхоз-племзавод «Комсомолец» - чернозём выщелоченный, в ООО «Сады Мичурина» - чернозём выщелоченный, в АО учхоз-племзаводе «Комсомолец» - чернозём выщелоченный. На подвое 62-396 схема размещения деревьев в ФНЦ им. И.В. Мичурина была 4,5X2 и 4,5X12 м, на подвое Малыш Будаговского – 3,5X1,25 и 3,5X0,75 м, в остальных хозяйствах на таком подвое деревья размещались по схеме 4,5X1 м. На подвое МБ схема размещения деревьев была 3,5X0,75 м, на подвое М-9 схема размещения деревьев была 4X0,75 м. В ЗАО «Агрофирма имени 15 лет Октября» и ФНЦ им. И.В. Мичурина в приствольных полосах использовалось капельное орошение, а междурядья остальных садов содержались под чёрным паром. Почвы по гранулометрическому составу были от среднесуглинистого до тяжелосуглинистого. Морфологический анализ почвы проводили по А.О. Рагимову [9]. Корреляционный анализ проводили с помощью программного обеспечения Microsoft Excel. Степень минерализации грунтовых вод определяли по сухому остатку [3]. Оценку почв проводили по В.Д. Иванову и Е.В. Кузнецовой [5].

Результаты исследований и их обсуждение

Проведя корреляционный анализ мы установили, что в зоне приствольных полос нет зависимости между мощностью гумусового горизонта А₁ и возрастом интенсивного яблоневых сада. Однако установлена такая зависимость в зоне междурядий. Здесь самая тесная обратная зависимость получена на лугово-чернозёмной почве ($r=-0,94$) и чернозёме выщелоченном ($r=-0,92$) (рис. 1).



Рисунок. 1. Зависимость мощности гумусового горизонта А₁ чернозёма выщелоченного (слева), чернозёма оподзоленного (в центре) и лугово-чернозёмной почвы (справа) от возраста интенсивного яблоневого сада

Чуть менее тесная аналогичная зависимость обнаружена на чернозёме оподзоленном (рис. 1, $r=-0,84$), серой лесной (рис. 2, $r=-0,7$) и чернозёме типичном (рис. 2, $r=-0,7$). Прямая тесная зависимость между возрастом сада и мощностью гумусового горизонта A_1 обнаружена только на чернозёмно-луговой почве (рис. 2, $r=0,8$).

Увеличение мощности горизонта A_1 чернозёмно-луговых почв с возрастом сада объясняется смывом почвы с более высоких форм рельефа в низины, где находятся эти почвы и накоплением на их поверхности частиц гумусового горизонта.



Рисунок 2. Зависимость мощности гумусового горизонта A_1 от возраста яблоневого интенсивного сада на серой лесной (слева), чернозёмно-луговой (в центре) и чернозёме типичном (справа)

В садообороте вышеуказанных хозяйств по мощности гумусового горизонта все почвы являются мощными, а серые лесные – среднемощными.

Нами не установлено зависимости между мощностью переходного (AB), иллювиального (B_1) горизонтов и возрастом яблоневых садов: по лугово-чернозёмной почве $r=-0,01$, по чернозёму выщелоченному $r=-0,53$, по чернозёму оподзоленному $r=-0,3$ (рис. 3).



Рисунок 3. Зависимость мощности иллювиального горизонта B_1 лугово-чернозёмной почвы (слева), чернозёма выщелоченного (в центре) и чернозёма оподзоленного (справа) от возраста интенсивного яблоневого сада.

Эти параметры зависят скорее от геологических особенностей покровных суглинков.

Нами установлено, что мощность корнеобитаемого слоя интенсивных яблоневых садов зависит не от типа почвы, а от подвоя и наличия или отсутствия капельного орошения. В садах без капельного орошения корневая система яблони проникала глубже в почву в поисках воды (рис. 4), чем при капельном орошении, где корни локализовались в слое 0-65 см (рис. 5).



Рисунок 4. Зависимость мощности корнеобитаемого слоя от возраста интенсивного яблоневого сада на подвое 62-396 (слева), ПБ9 (в центре) и М9 (справа) без полива

Здесь зафиксирована следующая прямая тесная зависимость: на подвое 62-396 $r=0,93$, на подвое ПБ9 $r=0,9$, на подвое М9 $r=0,92$.

При использовании капельного полива коэффициенты корреляции между мощностью корнеобитаемого слоя и возрастом яблони были меньше: на подвое 62-396 $r=0,84$, на подвое ПБ9 $r=0,83$, на подвое М9 $r=0,85$ (рис. 5).

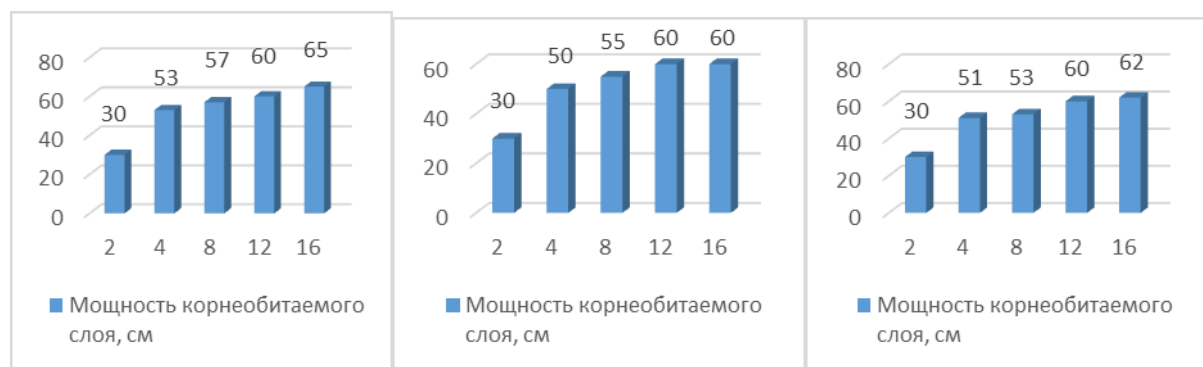


Рисунок 5. Зависимость мощности корнеобитаемого слоя от возраста интенсивного яблоневого сада на подвое 62-396 (слева), ПБ9 (в центре) и М9 (справа) при капельном орошении

Установлено, что глубина верхней границы карбонатов в почвах интенсивных яблоневых садов без применения капельного полива не зависит от возраста дерева. Однако такая зависимость обнаружена при использовании капельного орошения (рис. 6).

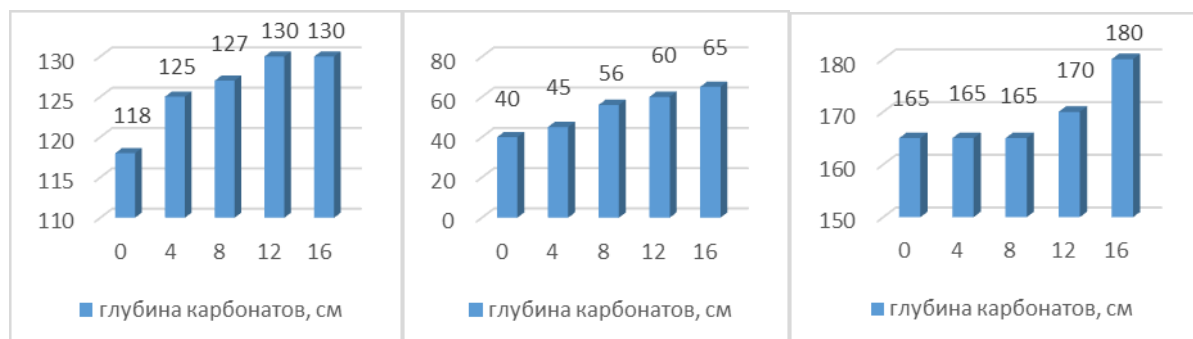


Рисунок 6. Зависимость глубины залегания карбонатов в чернозёме выщелоченном (слева), чернозёме типичном (в центре) и лугово-чернозёмной почвы (справа) от возраста интенсивного яблоневого сада при капельном орошении

Здесь зафиксирована следующая прямая тесная зависимость: на чернозёме выщелоченном $r=0,92$, на чернозёме типичном $r=0,98$, на лугово-чернозёмной $r=0,84$.

Наиболее глубокая миграция карбонатов вниз по профилю (на 25 см) с возрастом сада под влиянием осадков и поливной воды замечена на чернозёме типичном, что объясняется тем, что здесь карбонаты самые рыхлые, легко растворимые и представлены в виде псевдомицелия. На чернозёмных выщелоченных почвах (чернозём выщелоченный и лугово-чернозёмная почва) карбонаты представлены в виде журавчиков и плотных стяжений, поэтому и более инертны.

В садообороте вышеуказанных хозяйств по глубине залегания карбонатов почвы чернозёмы выщелоченные и лугово-чернозёмные почвы являются глубококарбонатными, а чернозёмы типичные – высококарбонатными.

По нашим наблюдениям без применения капельного полива глубина оглеенного горизонта не зависела от возраста яблоневого сада. Однако установлена эта тесная обратная зависимость в интенсивных сада с капельным поливом (рис. 7).



Рисунок 7. Зависимость глубины залегания оглеенного горизонта от возраста интенсивного яблоневого сада при использовании капельного орошения на чернозёмно-луговой почве ФНЦ им. И.В. Мичурина (слева) и на лугово-чернозёмной слабооглеенной почве АО «Дубовое» (справа)

При капельном поливе к 16-ти годам жизни яблони оглеенный горизонт постепенно распространяется ближе к поверхности почвы: на чернозёмно-луговых почвах $r=-0,98$, на лугово-чернозёмных почвах $r=-0,97$.

Самое значительное приближение оглеенного горизонта к поверхности почвы (на 105 см к 16-ти годам жизни яблони) на чернозёмно-луговой почве обусловлено её природной гидроморфностью – близостью грунтовых вод. На более автоморфной лугово-чернозёмной почве такое приближение к 16-ти годам жизни яблони зафиксировано на 60 см.

Глубина залегания грунтовых вод не зависела от возраста яблоневого интенсивного сада и была следующей в июне: чернозёмно-луговые почвы – 2 м, лугово-чернозёмные почвы – 4 м, чернозёмы выщелоченные – 6 м, чернозёмы типичные, оподзоленные и серые лесные почвы – 11 м. По уровню грунтовых вод почвы вышеуказанных хозяйств имеют средний уровень (чернозёмно-луговые), пониженный (лугово-чернозёмные), низкий (чернозём выщелоченный) и очень низкий (чернозёмы типичные, оподзоленные и серые лесные).

Глубина залегания водорастворимых веществ не зависела от возраста сада и на чернозёмно-луговых почвах совпадала с верхней границей грунтовых вод. На других типах почвы в садах обозначился второй слой залегания водорастворимых веществ – псевдофибровый (содержит Fe_2O_3): на лугово-чернозёмных почвах – 110-140 см, на серых лесных почвах – 82-150 см, на чернозёмах оподзоленных – 200-220 см.

Степень минерализации грунтовых вод не зависела от возраста яблоневого сада и колебалась от 0,2 до 0,5 г/л. Вода была умеренно жёсткая, так как общее содержание солей составляло 5,0-6,0 мг-экв/л.

Выводы

1. С возрастом яблоневого интенсивного сада мощность гумусовых горизонтов (A_1) уменьшается особенно быстро на лугово-чернозёмных почвах ($r=-0,94$), чернозёмах выщелоченных ($r=-0,92$) и чуть медленнее на чернозёмах оподзоленных ($r=-0,84$), чернозёмно-луговых ($r=-0,8$), серых лесных почвах ($r=-0,7$) и чернозёмах типичных ($r=-0,7$).
2. Мощность переходного, иллювиального горизонтов, глубина грунтовых вод, карбонатов, водорастворимых веществ и степень минерализации грунтовых вод не зависят от возраста интенсивного яблоневого сада.
3. С увеличением возраста интенсивного яблоневого сада на подвое 62-396 без капельного орошения мощность корнеобитаемого слоя увеличивается быстрее ($r=0,93$), чем с капельным орошением ($r=0,84$). Такая же закономерность обнаружена и для деревьев на подвое ПБ9 (без полива $r=0,9$, с поливом $r=0,88$) и на подвое М9 (без полива $r=0,92$, с поливом $r=0,85$).
4. За 16 лет роста яблони при использовании капельного орошения глубина залегания карбонатов увеличивается на 25 см на чернозёмах типичных, на 15 см на лугово-чернозёмных почвах и на 12 см на чернозёмах выщелоченных.
5. При использовании капельного орошения в интенсивных садах яблони глубина верхней границы оглеенного горизонта приближается к поверхности почвы на 105 см на чернозёмно-луговых почвах и на 60 см – на лугово-чернозёмных.
6. При богарном возделывании интенсивных яблоневых садов мощность корнеобитаемого слоя и оглеенного горизонта не зависят от возраста сада.

Список источников

1. Влияние различных биоценозов на отдельные морфологические признаки почв черноземного типа / Л.Б. Сайфуллина, И.Ф. Медведев, А.С. Белякова, К.А. Азаров // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2013. № 6. С. 45-49.
2. Гончаров Н.А. Почвенно-климатическое обоснование оросительных мелиораций в плодовых садах Алтайского Приобья: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Барнаул, 2015. 22 с.
3. ГОСТ 181645-72 Вода питьевая. Метод определения содержания сухого остатка. Утверждён и введён в действие Постановлением госкомитета стандартов Совета Министров СССР от 09.09.72 № 1855. Москва: Стандартинформ, 2003. 3 с.
4. Еремеев Д.Н. Агробиологическое обоснование системы подготовки и содержания черноземных почв в яблоневых садах ЦЧР: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Мичуринск, 2015. 22 с.
5. Иванов В.Д., Кузнецова Е.В. Оценка почв: учеб. пособ. Воронеж: ФГОУ ВПО ВГАУ, 2004. 287 с.
6. Изменения в морфологических признаках лугово-каштановых почв Терско-Сулакской подпровинции после интенсивного сельскохозяйственного использования / М.М. Аличаев, М.Г. Султанова, А.В. Рамазанов, А.Б. Курбанбагандов // Актуальные вопросы развития отраслей сельского хозяйства в условиях цифровизации: Материалы Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), Махачкала, 12 мая 2022 года. Махачкала: ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан», 2022. С. 26-33.
7. Нуреев Н.Б. Морфологические признаки почв в постпирогенных лесных насаждениях // Сельское хозяйство. 2025. № 1. С. 14-23.
8. Особенности морфологических и водно-физических свойств серой лесной почвы при наличии отрицательных форм рельефа / Г.Н. Пугачёв, В.Л. Захаров, Н.Н. Савельева, А.Н. Юшков, А.С. Земисов // Агропромышленные технологии Центральной России. 2024. № 4(34). С. 132-141.
9. Рагимов А.О., Мазиров М.А., Шентерова Е.М. Почвоведение: лаб. практикум. Владимир: Изд-во ВлГУ, 2017. 120 с.

10. Савич В.И., Гулаков В.В., Лось К.С. Оценка интенсивности протекания почвообразовательных процессов и классификация принадлежности почв по их морфологическим признакам, оцениваемым методами компьютерной диагностики // Черноземы Центральной России: генезис, эволюция и проблемы рационального использования: сборник материалов научной конференции, посвященной 80-летию кафедры почвоведения и управления земельными ресурсами в 100-летней истории Воронежского государственного университета, Воронеж, 15–19 мая 2017 года. Воронеж: Воронежский государственный университет, 2017. С. 107-111.
11. Суворков И.О. Влияние хозяйственного пользования земель на морфологические признаки почв // Научные труды студентов Ижевской ГСХА: Электронный ресурс. Главный редактор А. И. Любимов; научный редактор Н. М. Итешина; ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. Том 2 (9). Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2019. С. 125-129.
12. Тлехугов Р.М. Восстановление промышленных насаждений яблони на аллювиально-луговых почвах центральной части Северного Кавказа: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Нальчик, 2004. 24 с.
13. Физические свойства, почвенно-гидрологические показатели и водный режим чернозема выщелоченного под яблоневым садом ОПХ «Горно-Алтайское» / С.В. Бабошкина, А.В. Пузанов, Т.А. Рождественская, О.А. Ельчинова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2023. № 10(228). С. 44-51.
14. Хлебникова В.В. Морфологические признаки и гранулометрический состав почв под декоративными культурами в дендрарии // Аграрная наука - сельскому хозяйству: Сборник материалов XIV Международной научно-практической конференция. В 2-х книгах, Барнаул, 7–8 февраля 2019 года. Том Книга 1. Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 2019. С. 416-418.

References

1. The influence of various biocenoses on certain morphological features of soils of the black earth type. L.B. Saifullina, I.F. Medvedev, A.S. Belyakova, K.A. Azarov. Bulletin of Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, 2013, no. 6, pp. 45-49.
2. Goncharov N.A. Soil and climatic substantiation of irrigation land reclamation in orchards of the Altai territory: abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Agricultural Sciences. Barnaul, 2015. 22 p.
3. GOST standard 181645-72 Drinking water. A method for determining the dry residue content. Approved and put into effect by Resolution No. 1855 of the State Committee of Standards of the Council of Ministers of the USSR dated 09.09.72. Moscow: Standartinform, 2003. 3 p.
4. Ereemeev D.N. Agrobiological substantiation of the system of preparation and maintenance of chernozem soils in apple orchards of the Central Asian Republic: abstract of the dissertation for the degree of candidate of agricultural sciences. Michurinsk, 2015. 22 p.
5. Ivanov V.D., Kuznetsova E.V. Soil assessment: textbook. the manual. Voronezh: FSEI HPE VSAU, 2004. 287 p.
6. Changes in the morphological features of meadow-chestnut soils of the Tersko-Sulak substructure after intensive agricultural use. M.M. Alichayev, M.G. Sultanova, A.V. Ramazanov, A.B. Kurbanbagandov. Topical issues of the development of agricultural sectors in the context of digitalization: Proceedings of the All-Russian Scientific and practical conference (with international participation), Makhachkala, May 12, 2022. Makhachkala: Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Agrarian Scientific Center of the Republic of Dagestan», 2022. pp. 26-33.
7. Nureyev N.B. Morphological features of soils in post-pyrogenic forest plantations. Agriculture, 2025, no. 1, pp. 14-23.
8. Features of morphological and water-physical properties of gray forest soil in the presence of negative relief forms. G.N. Pugachev, V.L. Zakharov, N.N. Savelyeva, A.N. Yushkov, A.S. Zemisov. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2024, no. 4(34), pp. 132-141.

9. Ragimov A.O., Mazirov M.A., Shenterova E.M. Soil science: laboratory practice. Vladimir: Publishing House of the All-Russian State University, 2017. 120 p.
10. Savich V.I., Gulakov V.V., Los K.S. Assessment of the intensity of soil transformation processes and classification of soil ownership according to their morphological characteristics, assessed by computer diagnostic methods. Black Soil of Central Russia: genesis, evolution and problems of rational use: proceedings of a scientific conference dedicated to the 80th anniversary of the Department of Soil Science and Management Land Resources in the 100-year history of Voronezh State University, Voronezh, May 15-19, 2017. Voronezh: Voronezh State University, 2017, pp. 107-111.
11. Suvorkov I.O. Influence of economic use of lands on morphological features of soils. Scientific works of students of Izhevsk State Agricultural Academy: Electronic resource. Editor-in-chief A. I. Lyubimov; scientific editor N. M. Iteshina; Izhevsk State Agricultural Academy. Vol. 2 (9). Izhevsk: Izhevsk State Agricultural Academy, 2019, pp. 125-129.
12. Tlekhugov R.M. Restoration of industrial apple tree plantations on alluvial meadow soils of the central part of the North Caucasus: abstract of the dissertation for the degree of candidate of agricultural sciences. Nalchik, 2004. 24 p.
13. Physical properties, soil and hydrological indicators and the water regime of the leached black soil under the apple orchard of the Gorno-Altayskoe agricultural complex. S.V. Baboshkina, A. V. Puzanov, T.A. Rozhdestvenskaya, O.A. Yelchinina. Bulletin of the Altai State Agrarian University, 2023, no. 10(228), pp. 44-51.
14. Khlebnikova V.V. Morphological features and granulometric composition of soils under ornamental crops in the arboretum. Agrarian science - agriculture: Collection of materials of the XIV International Scientific and Practical Conference. In 2 books, Barnaul, February 7-8, 2019. Volume 1. Barnaul: Altai State Agrarian University, 2019, pp. 416-418.

Информация об авторах

- В.Л. Захаров** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агротехнологий, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции;
- Г.Н. Пугачев** – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник;
- С.Ю. Шубкин** – кандидат технических наук, доцент, директор института агробиотехнологий и технических систем;
- С.С. Бунеев** - кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математического моделирования, компьютерных технологий и информационной безопасности.

Information about the authors

- V.L. Zakharov** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agricultural Technologies, Storage and Processing of agricultural Products;
- G.N. Pugachev** – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher;
- S.Yu. Shubkin** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Director of the Institute of Agrobiotechnology and Technical Systems;
- S.S. Buneev** - Candidate of Physico-Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Mathematical Modeling, Computer Technology and Information Security.

Научная статья

УДК 634.11: 631.41:631.434

DOI 10.24888/2541-7835-2025-37-3-178-191

ЗАВИСИМОСТЬ ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЁМНЫХ ПОЧВ ОТ ВОЗРАСТА ИНТЕНСИВНЫХ САДОВ ЯБЛОНИ В ТАМБОВСКОЙ И ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТЯХ

Захаров Вячеслав Леонидович^{1✉}, Пугачев Григорий Николаевич²,
Шубкин Сергей Юрьевич³, Бунеев Сергей Сергеевич⁴

^{1,3,4}Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, Липецкая область, Елец, Россия

²Федеральный научный центр им. И.В. Мичурина, Тамбовская область, Мичуринск, Россия

¹zaxarov7979@mail.ru ✉

²grig-nir42@mail.ru

³shubkin.92@mail.ru

⁴limes88@mail.ru

Аннотация. Установлено, что объёмная масса почвы, плотность твёрдой фазы, гигроскопическая влажность, наименьшая и капиллярная влагоёмкость в процессе роста и развития яблони в приствольной полосе относительно междурядья могут как снижаться, так и увеличиваться. Общая пористость почвы за период эксплуатации интенсивного сада яблони увеличивается в приствольной полосе относительно междурядья. Наиболее значительные изменения под влиянием интенсивного сада яблони зарегистрированы в отношении таких показателей как агрегатное и структурное состояние почвы. В междурядьях интенсивного сада яблони происходит улучшение данных показателей относительно приствольной полосы, что необходимо использовать при научно обоснованной организации реновации почвы после раскорчёвки интенсивного сада. С увеличением возраста интенсивных яблоневых садов на чернозёмах выщелоченных в гумусовом горизонте возрастает плотность и твёрдость почвы, снижается пористость, увеличивается количество агрономически ценных агрегатов и коэффициент структурности, снижаются запасы продуктивной влаги и коэффициент водопрочности. При капельном поливе возрастает содержание физической глины, гигроскопическая, максимальная гигроскопическая, наименьшая и капиллярная влагоёмкости. По мере увеличения возраста интенсивных яблоневых садов на чернозёмах выщелоченных в иллювиальном горизонте увеличивается плотность, снижается общая пористость, увеличивается содержание агрономически ценных агрегатов и коэффициент структурности и сокращаются запасы продуктивной влаги, а на чернозёмах оподзоленных уменьшается твёрдость почвы. При капельном поливе возрастает содержание физической глины, увеличивается гигроскопическая, максимальная гигроскопическая, наименьшая и капиллярная влагоёмкости.

Ключевые слова: возраст сада, водно-физические свойства почвы, яблоня, интенсивные сады, генетические горизонты почвы.

Финансирование: исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-26-00232, <https://rscf.ru/project/25-26-00232/>.

Для цитирования: Зависимость водно-физических свойств чернозёмных почв от возраста интенсивных яблоневых садов Тамбовской и Липецкой областей / В.Л. Захаров, Г.Н. Пугачев, С.Ю. Шубкин, С.С. Бунеев // Агропромышленные технологии Центральной России. 2025. № 3(37). С. 178-191. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-37-3-178-191>.

Original article

DEPENDENCE OF THE WATER-PHYSICAL PROPERTIES OF CHERNOZEM SOILS ON THE AGE OF INTENSIVE APPLE ORCHARDS IN THE TAMBOV AND LIPETSK REGIONS

Vyacheslav L. Zakharov^{1✉}, Grigorij N. Pugachev², Sergej Yu. Shubkin³, Sergej S. Buneev⁴

^{1,3,4}Bunin Yelets State University, Lipetsk region, Yelets, Russia

²Michurin Federal Scientific Center, Tambov region, Michurinsk, Russia

¹zaxarov7979@mail.ru✉

²grig-nir42@mail.ru

³shubkin.92@mail.ru

⁴limes88@mail.ru

Abstract. It has been established that the volume mass of the soil, the density of the solid phase, hygroscopic humidity, the lowest and capillary moisture capacity during the growth and development of an apple tree in the trunk strip relative to the row spacing can both decrease and increase. The total porosity of the soil during the period of operation of an intensive apple orchard increases in the trunk strip relative to the row spacing. The most significant changes under the influence of intensive apple orchard were recorded in relation to such indicators as the aggregate and structural state of the soil. In the aisles of an intensive apple orchard, these indicators are improving relative to the trunk strip, which should be used in the scientifically sound organization of soil renovation after uprooting an intensive orchard. With increasing age of intensive apple orchards on leached chernozems in the humus horizon, soil density and hardness increase, porosity decreases, the number of agronomically valuable aggregates and the coefficient of structurality increase, productive moisture reserves and the coefficient of water durability decrease. Drip irrigation increases the content of physical clay, hygroscopic, maximum hygroscopic, lowest and capillary moisture capacities. As the age of intensive apple orchards increases on leached chernozems in the illuvial horizon, the density increases, the total porosity decreases, the content of agronomically valuable aggregates increases and the coefficient of structurality and the reserves of productive moisture decrease and on podzolized chernozems, the hardness of the soil decreases. With drip irrigation, the content of physical clay increases, hygroscopic, maximum hygroscopic, lowest and capillary moisture capacities increase.

Keywords: garden age, water-physical properties of the soil, apple tree, intensive gardens, genetic horizons of the soil.

Funding: the research was carried out at the expense of the grant of the Russian Science Foundation No. 25-26-00232, <https://rscf.ru/project/25-26-00232/>.

To quote: Dependence of the water-physical properties of chernozem soils on the age of intensive apple orchards in the Tambov and Lipetsk regions. V.L. Zakharov, G.N. Pugachev, S.Y. Shubkin, S.S. Buneev. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2025, no. 3(37), pp. 178-191. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2025-37-3-178-191>.

Введение

В агроэкосистеме интенсивного сада протекают два противоположных процесса – почвообразование и почвоутомление. В яблоневом саду наблюдаются специфические условия, влияющие на микробиологическую активность почвы, температурный, водный и воздушный режимы, изменение количества водопрочных агрегатов, формирование детрита, в чём существенную роль играет задержание почвы [8]. Процессы почвоутомления под влиянием современной почвенной агротехники порой имеют противоречивый характер. Так, капельное орошение может негативно повлиять на физико-химические свойства почвы. Физические свойства почв ухудшаются в основном за счет преобладания глыбистой фракции [3]. В результате орошения происходит сильное уплотнение и слитизация почвы, вымывание коллоидной органоминеральной части из верхних горизонтов в нижние. В Алтайском крае установлено, что верхние хорошо структурированные пылевато-глинистые горизонты чернозема под яблоневым садом обладают большей водоудерживающей способностью, тогда как общие гидрофизические характеристики более легкого по гранулометрическому составу иллювиально-карбонатного горизонта существенно сдвинута в сторону меньшей влажности [10].

Наличие уплотнённых слоёв в профиле бурой лесной почвы Краснодарского края на глубине 60-120 см (и более) в средней и нижней частях склона крутизной 10-12 ° приводят к

уменьшению вертикального стока и накоплению влаги в слоях почвы, расположенных над естественным водоупором [11]. На основе водно-физических свойств почвы проводится расчёт поливной нормы для яблони при капельном поливе [5], а также строятся режим орошения, мелиоративные и агротехнические мероприятия [1]. Выполнено моделирование влагообмена в корнеобитаемом слое почвы, разработана методика расчета и обоснованы оптимальные параметры систем внутрипочвенного орошения в условиях Нижнего Поволжья в зависимости от водно-физических свойств почвы [2]. Изучение меняющихся почвенных условий позволяет разрабатывать новые и корректировать имеющиеся агротехнические приёмы управления питанием и водным режимом растений. Нами проводится сравнительный анализ изменения плодородия почвы в приствольной полосе яблоневого сада относительно междурядья. Последнее используется не только как контрольный вариант, но и потенциально возможный объект для закладки будущего сада путём смещения рядов после раскорчёвки. Изучение динамики водно-физических свойств почвы позволит разработать методологию прогноза изменения плодородия почвы в интенсивных садах яблони.

Цель исследования – установить зависимость водно-физических свойств чернозёмных почв от возраста интенсивных садов яблони в Тамбовской и Липецкой областях.

Материалы и методы исследований

Исследования проводились в интенсивных яблоневых садах Липецкой области: ЗАО «Агрофирма им. 15 лет Октября» Лебедянского района (квартал № 4, схема размещения деревьев 4X1,5 м, подвой М-9, сорт Лигол; междурядья были задернены смесью клевера белого и овсяницы красной), СПССПК «Тимирязевский» Долгоруковского района и в садах Тамбовской области - АО «Дубовое» Петровского района (квартал № 11). Сорта яблони Лигол, Лобо. На подвое 62-396 схема размещения деревьев была ФНЦ им. И.В. Мичурина была 4,5X2, 4X1,45 и 4,5X1 м, на подвое Малыш Будаговского – 3,5X1,25 и 3,5X0,75 м, в остальных хозяйствах на таком подвое деревья размещались по схеме 4,5X1 м. На подвое МБ схема размещения деревьев была 3,5X0,75 м, на подвое М-9 схема размещения деревьев была 4X0,75 м. Система содержания междурядий – искусственное залужение, приствольных полос – гербицидный пар. Год посадки – 2009. Почва изучалась в гумусово-переходном (А₁+АВ) - в слое 0-80 см и иллювиальном горизонте В₁ (80-110 см). Для расчёта почвенно-гидрологических констант [6] влажность определялась термостатно-весовым методом, наименьшая влагоёмкость почв - методом гипсовых слепков. Объёмная масса почвы – методом режущих цилиндров, плотность твёрдой фазы – пикнометрическим методом, твёрдость почвы – плотномером Wile Soil при влажности почвы 60 % от наименьшей влагоёмкости. Анализ физических свойств почв проводился в соответствии с градациями, представленными в учебном пособии «Оценка почв» [4] и лабораторном практикуме «Почвоведение» [7].

Результаты исследований и их обсуждение

За время использования интенсивного сада яблони в ЗАО «Агрофирма им. 15 лет Октября» отмечается тенденция разуплотнения почвы в приствольной полосе как в слое 0-25, так и 25-50 см (табл. 1). Плотность твёрдой фазы существенно снижается в слое 0-25 см в междурядье яблоневого сада. Общая пористость почвы значительно выше в приствольной полосе как в слое 0-25 см, так и 25-50 см. Агрегатное состояние значительно лучше в междурядье, особенно в слое 0-25 см, где, согласно градации Н.И.Саввинова, значение данного показателя трактуется как «отличное агрегатное состояние» (более 1,5). В остальных вариантах ЗАО «Агрофирма им. 15 лет Октября» значения агрегатного состояния характеризуются как «хорошее» и «удовлетворительное». Структурное состояние почвы также выше в междурядье и относится к категории «хорошее структурное состояние» в слое 0-25 см. Следует отметить, что в приствольной полосе в слое 25-50 см структурное состояние почвы «неудовлетворительное». Гигроскопическая влажность существенно возросла в приствольной полосе в слое 0-25 см. В других слоях разница незначительная. Различия в наименьшей влагоёмкости слоя 0-25 см незначительны, однако данный показатель значительно увеличился в слое 25-50 см в приствольной полосе, что характерно также и для капиллярной влагоёмкости почвы.

В АО «Дубовое» существенное снижение объёмной массы происходит только в слое 0-25 см. В слое 25-50 см наблюдается уплотнение почвы в приствольной полосе относительно междурядья. Плотность твёрдой фазы различается незначительно. Общая пористость существенно выше в слое 0-25 см в приствольной полосе. Агрегатное состояние почвы имеет максимальное значение в слое 0-25 см в междурядье. Структурное состояние подтверждает данную тенденцию как в слое 0-25 см, так и 25-50 см. Гигроскопическая влажность и наименьшая влагоёмкость почвы существенно выше в междурядье в слое 25-50 см. Капиллярная влагоёмкость увеличивается в приствольной полосе в слое 0-25 см, но значительно снижается в слое 25-50 см по сравнению с междурядьем.

Таблица 1. Водно-физические свойства чернозёмных почв в хозяйствах Тамбовской и Липецкой областях

Вариант			Показатели**							
			dv	d	P _{общ.}	Kс	ССП	Г	НВ	КВ
1***	ПП*	0-25	1,16	2,43	52,28	0,96	48,97	5,80	38,95	30,38
	ПП	25-50	1,29	2,41	46,56	0,60	36,99	5,23	36,90	30,70
	М*	0-25	1,20	2,34	48,58	2,38	69,70	5,48	38,45	30,59
	М	25-50	1,38	2,47	43,93	0,87	46,53	5,26	32,26	32,22
2****	ПП	0-25	0,97	2,36	58,91	1,75	61,78	5,93	36,22	36,80
	ПП	25-50	1,11	2,38	53,24	1,19	54,32	6,00	34,65	38,31
	М	0-25	1,19	2,30	48,21	6,97	87,30	5,95	34,85	34,55
	М	25-50	1,07	2,33	54,12	1,96	64,94	6,32	39,94	44,85
НСР ₀₅	Частных различий		0,052	0,052	3,174	0,328	8,561	0,180	4,247	0,759
	Фактор А		0,026	0,026	1,587	0,164	4,281	0,090	2,123	0,380
	Фактор В		0,037	0,037	2,245	0,232	6,054	0,128	3,003	0,537
	Фактор АВ		0,037	0,037	2,245	0,232	6,054	0,128	3,003	0,537

* – место взятия пробы: ПП – приствольная полоса, ЦМ – центр междурядья, слой почвы, см;

** – Показатели: dv – плотность сложения почвы, г/см³; d – плотность твёрдой фазы почвы, г/см³;

P_{общ.} – общая пористость почвы, %; Kс – агрегатное состояние почвы; ССП – структурное состояние почвы, %;

Г – гигроскопическая влажность почвы, %; НВ – наименьшая влагоёмкость почвы, %;

КВ – капиллярная влагоёмкость почвы, %;

*** – ЗАО «Агрофирма им. 15 лет Октября»;

**** – АО «Дубовое».

Для сравнительного анализа изменения изучаемых показателей в междурядье относительно приствольной полосы используем формулу 1. При данном методе разница показателя в междурядье умножается на 100 и делится на величину показателя в приствольной полосе:

$$\frac{(P_M - P_{III})}{P_{III}} \cdot 100\% = \Delta P(\pm), \quad (1)$$

где P_M – величина показателя в междурядье сада; P_{III} – величина показателя в приствольной полосе сада; ΔP – изменение (+/-) показателя, %

Наиболее значительные изменения под влиянием интенсивного сада яблони в садоводческих хозяйствах зарегистрированы в отношении таких показателей как агрегатное и структурное состояние почвы (рисунок 1). Как отмечено выше, в междурядьях интенсивного сада яблони происходит улучшение данных показателей относительно приствольной полосы. Это связано с влиянием корневых систем трав, используемых для задернения. Увеличение агрономически ценных агрегатов произошло в основном за счёт снижения количества глыбистой фракции. Н.Ю. Ревин и А.Г. Гурин (2021) [9] связывают улучшение структурного состояния почвы под влиянием многолетних трав со скреплением пылеватых частиц почвы сетью мелких корешков и повышением прочности структуры за счёт разложения органических продуктов и гумификации прижизненно отмирающих корней.

Наши исследования имеют особенное значение для научно обоснованной системы реновации почвы после раскорчёвки интенсивного сада. Улучшение физических свойств поч-

вы, наряду с другими показателями, позволяет закладывать новый сад на месте раскорчёванного путём размещения деревьев в центре междурядий старого сада.

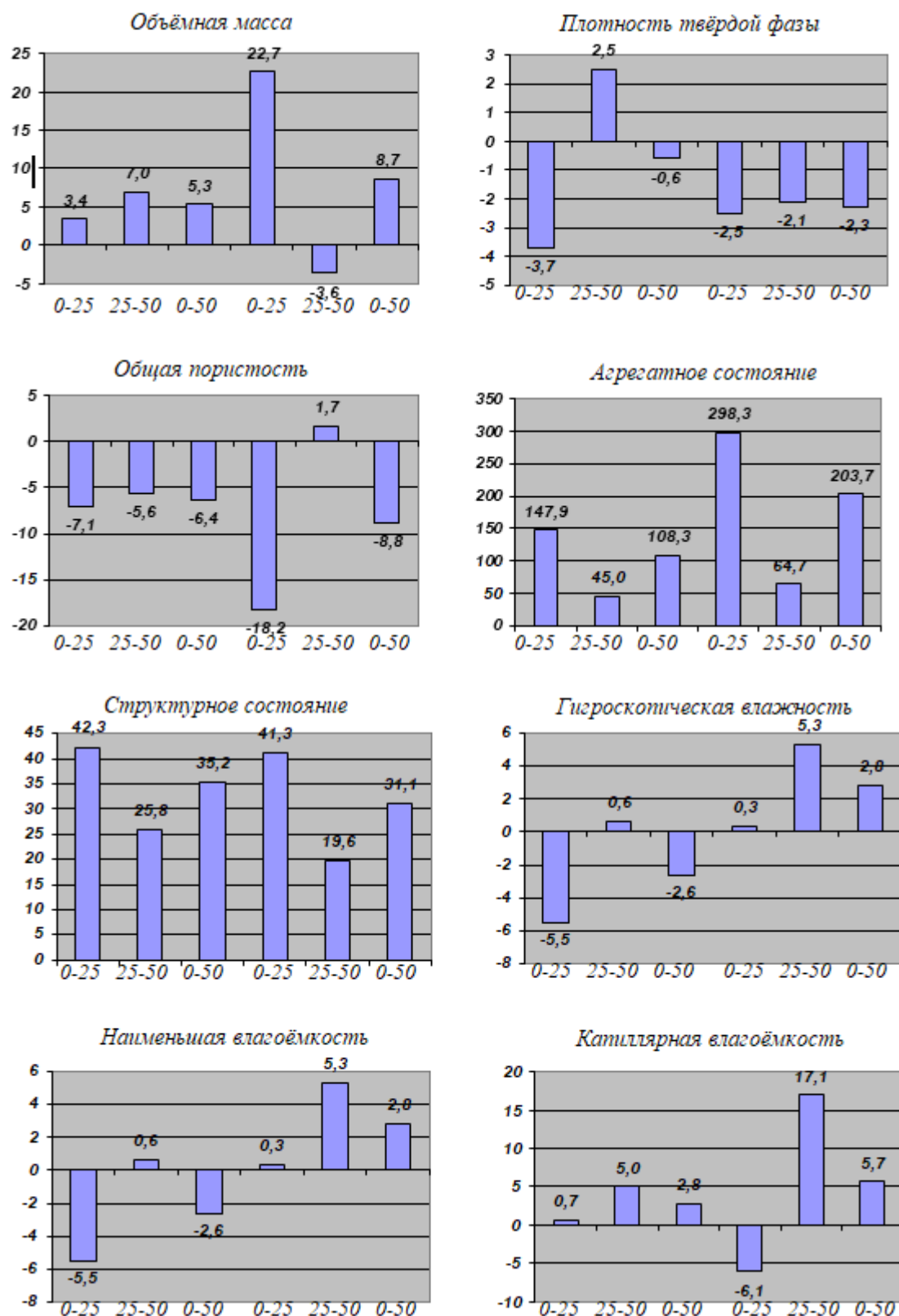


Рисунок 1. Изменение (+/-) физических показателей почвы в междурядье относительно приствольной полосы (%)

Более оптимальное агрегатное состояние почвы способствует лучшему развитию корневой системы яблони и увеличению коэффициента использования питательных веществ из почвы и удобрений. Количество агрономически ценных агрегатов положительно влияет на водный, пищевой, воздушный и тепловой режим почвы.

Сопоставляя водно-физические параметры почв на примере чернозёма выщелоченного в интенсивных садах разного возраста мы установили прямую тесную зависимость ($r=0,98$) между возрастом сада и плотностью гумусового горизонта (A_1), а также иллювиального горизонта B_1 ($r=0,95$) (рис. 2).

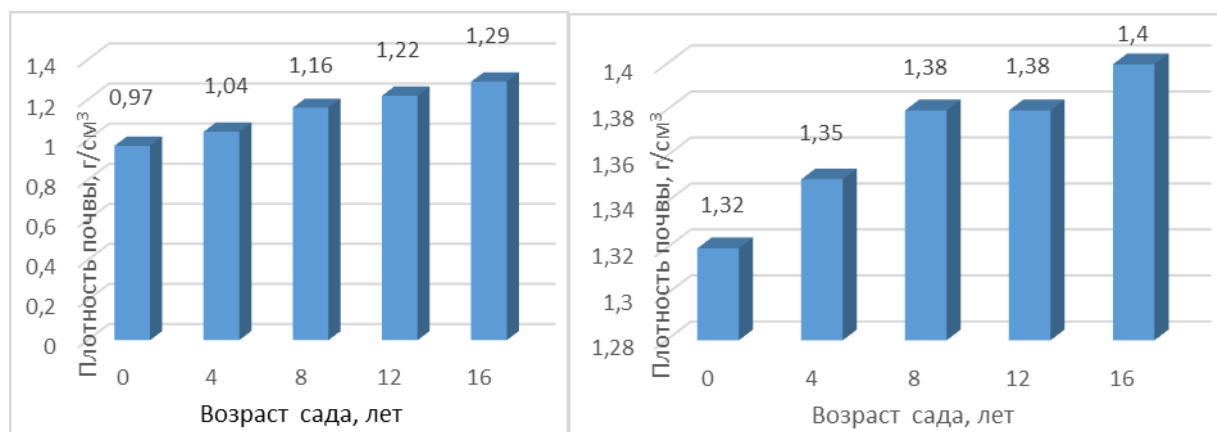


Рисунок 2. Зависимость плотности гумусового (слева) и иллювиального (справа) горизонтов от возраста интенсивного яблоневого сада на чернозёме выщелоченном без орошения

С увеличением возраста интенсивного яблоневого сада плотность гумусового и иллювиального горизонтов увеличивается.

Тесная обратная зависимость установлена между возрастом сада и общей пористостью почвы в с гумусовом ($r=-0,96$) и иллювиальном ($r=-0,97$) горизонтах (рис. 3).

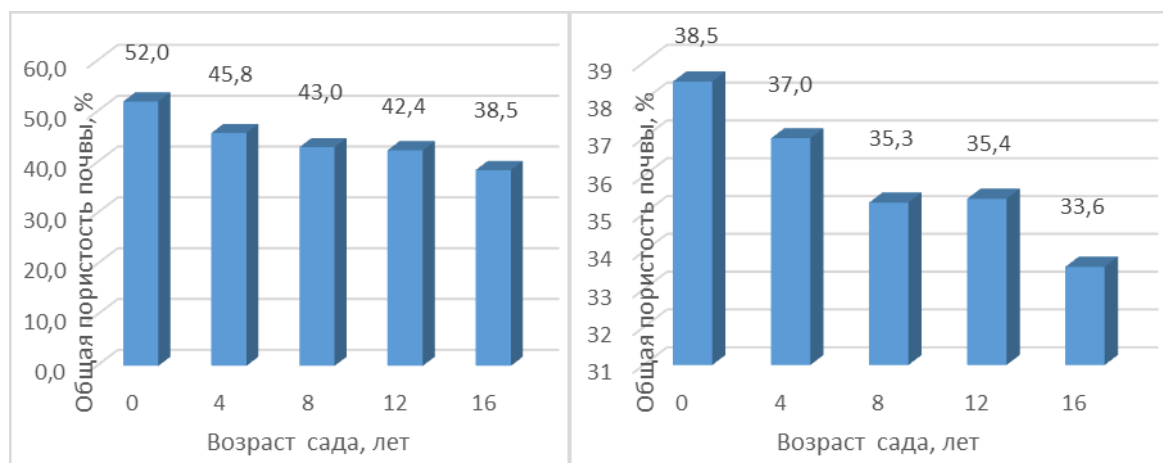


Рисунок 3. Зависимость общей пористости гумусового (слева) и иллювиального (справа) горизонтов от возраста интенсивного яблоневого сада на чернозёме выщелоченном без орошения

С увеличением возраста сада пористость почвы в гумусовом и иллювиальном горизонтах уменьшается.

Тесно зависит от возраста сада содержание агрономически ценных мезоагрегатов (0,25-10 мм) ($r=0,98$) и коэффициент структурности ($r=0,97$) в гумусовом горизонте (рис. 4).

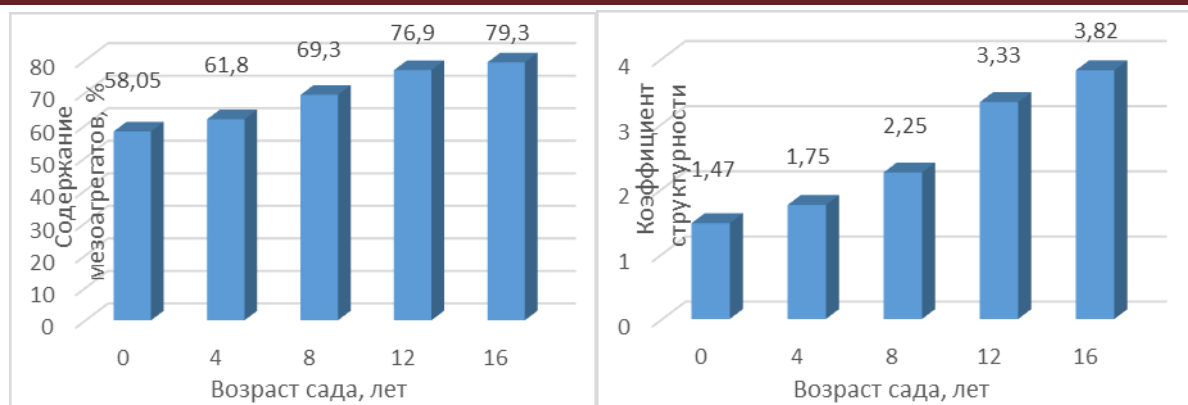


Рисунок 4. Зависимость содержания мезоагрегатов (0,25-10 мм) (слева) и коэффициента структурности (справа) в гумусовом горизонте от возраста сада на чернозёме выщелоченном без орошения

Благодаря оструктуривающему воздействию корней яблони содержание агрономически ценных почвенных агрегатов увеличивается с возрастом сада. Чуть менее тесная зависимость между возрастом сада и оструктуренностью почвы получена для иллювиального горизонта: содержание агрономически ценных агрегатов ($r=0,88$) и коэффициент структурности ($r=0,89$) (рис. 5).

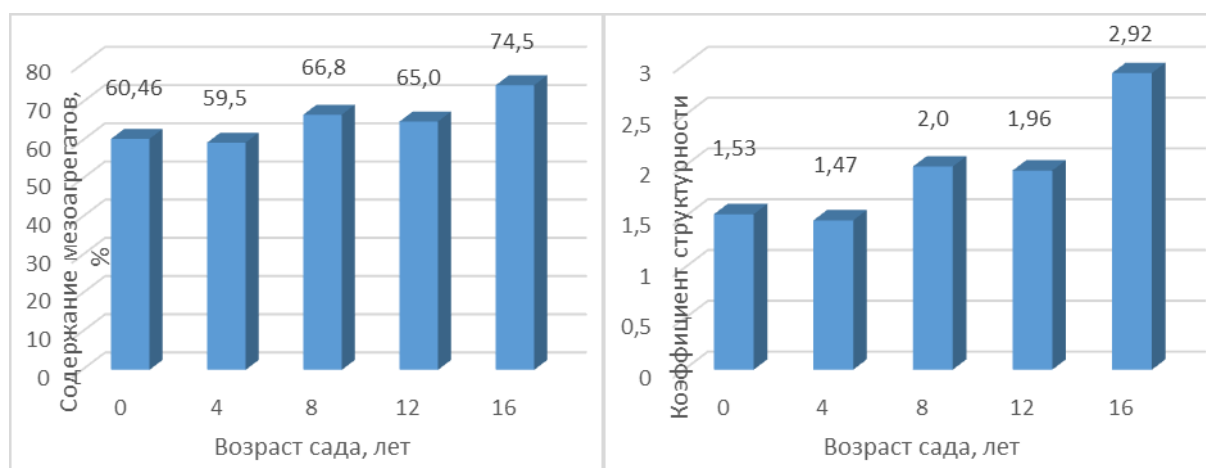


Рисунок 5. Зависимость содержания мезоагрегатов (0,25-10 мм) (слева) и коэффициента структурности (справа) в иллювиальном горизонте от возраста сада на чернозёме выщелоченном без орошения

С увеличением возраста сада доля агрономически ценных фракций почвенных отдельных в иллювиальном горизонте увеличивается.

Только при капельном орошении установлена тесная зависимость содержания физической глины (частицы диаметром менее 0,01 мм) от возраста сада в гумусовом ($r=0,96$) и иллювиальном ($r=0,91$) горизонтах (рис. 6).

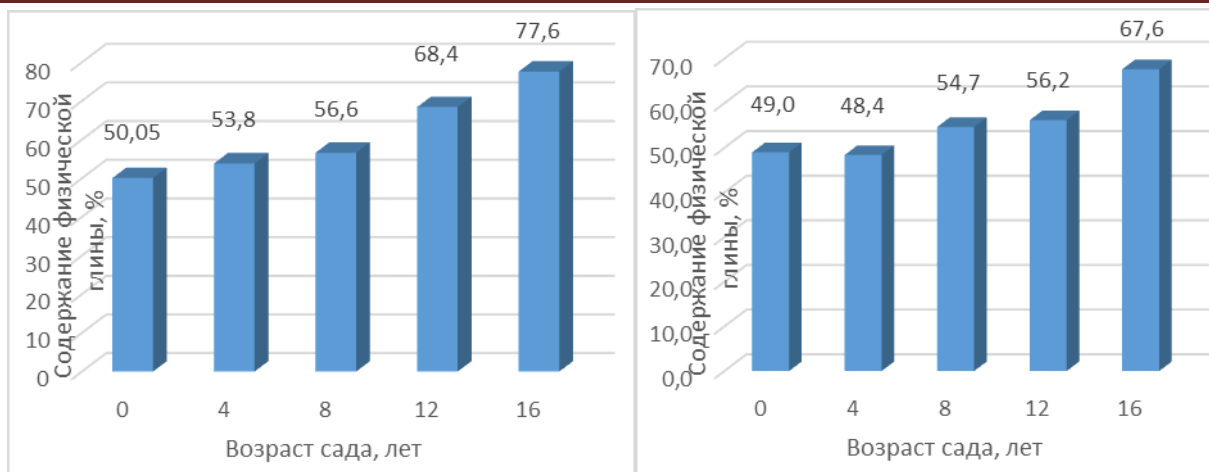


Рисунок 6. Зависимость содержания физической глины от возраста яблоневого сада на чернозёме выщелоченном в гумусовом (слева) и иллювиальном (справа) горизонтах при капельном орошении

Только при капельном поливе установлена тесная зависимость между возрастом сада и гигроскопической влажностью почвы на примере чернозёма выщелоченного: в гумусовом горизонте $r=0,99$ и иллювиальном горизонте $r=0,95$ (рис. 7).

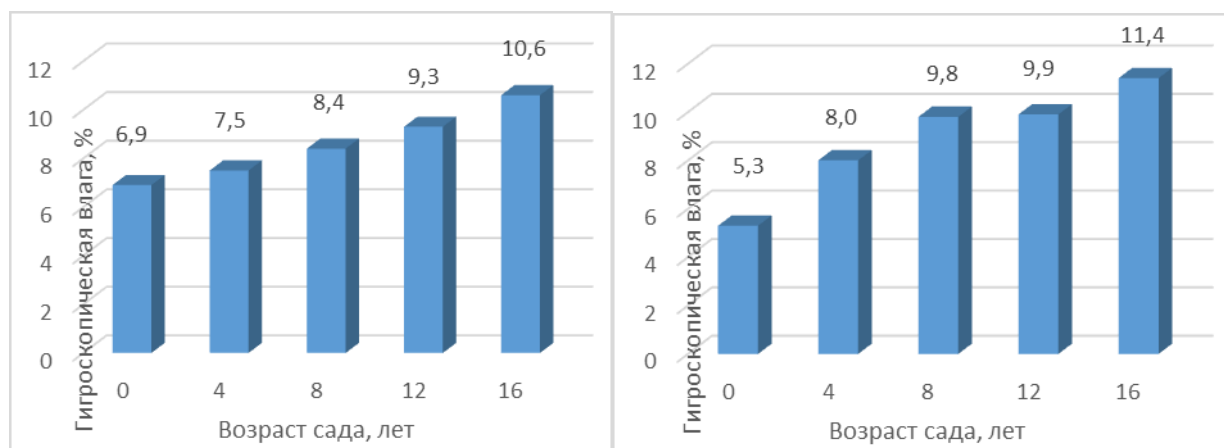


Рисунок 7. Зависимость гигроскопической влаги в гумусовом (слева) и иллювиальном (справа) горизонте чернозёма выщелоченного от возраста яблоневого сада при капельном орошении

С увеличением возраста сада гигроскопичность почвы при капельном орошении за счёт пропитки солями кальция гумусового и иллювиального горизонта возрастает.

Совершенно похожим образом ведёт себя и максимальная гигроскопическая влажность почвы – увеличивается по мере роста деревьев в гумусовом ($r=0,91$) и иллювиальном ($r=0,88$) горизонте (рис. 8).

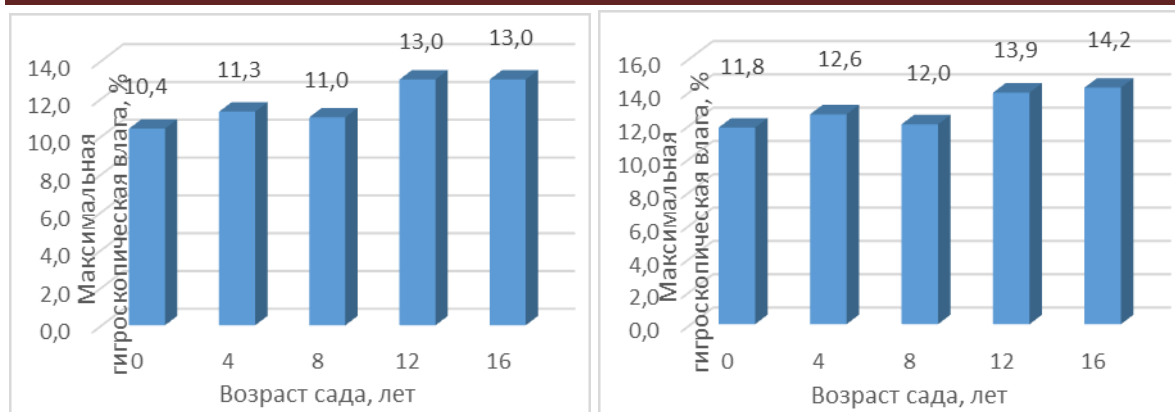


Рисунок 8. Зависимость максимальной гигроскопической влажности в гумусовом (слева) и иллювиальном (справа) горизонте чернозёма выщелоченного от возраста яблоневого сада при капельном орошении

Установлена тесная прямая связь возраста сада при капельном орошении с величиной наименьшей влагоёмкости в гумусовом (слева, $r=0,96$) и иллювиальном (справа, $r=0,9$) слоях чернозёма выщелоченного (рис. 9).

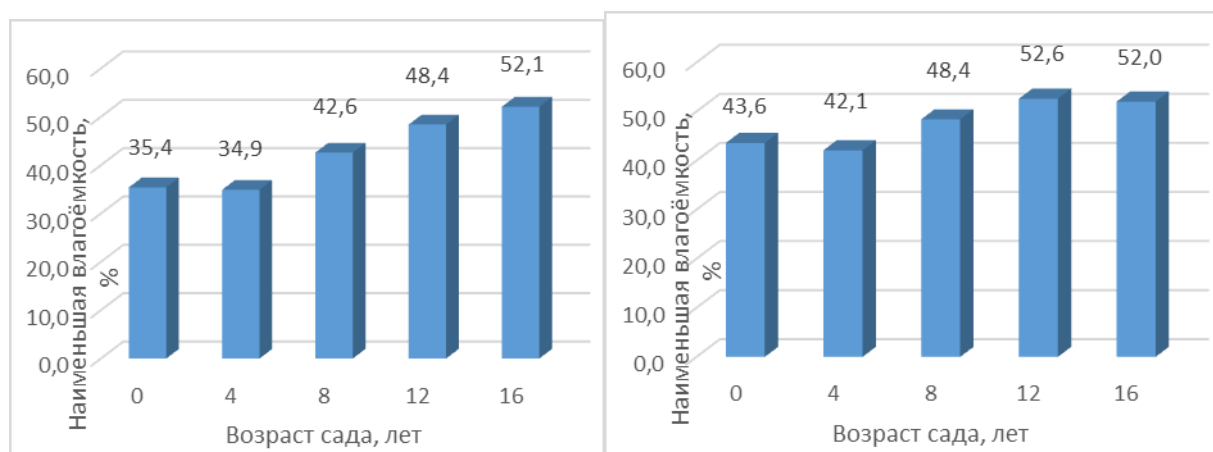


Рисунок 9. Зависимость наименьшей влагоёмкости в гумусовом (слева) и иллювиальном (справа) горизонте чернозёма выщелоченного от возраста яблоневого сада при капельном орошении

С увеличением возраста сада при орошении верхние горизонты почвы пропитываясь солями кальция поливной воды увеличивают свою наименьшую влагоёмкость. Такая же тенденция установлена и для капиллярной влагоёмкости почвы на примере чернозёма выщелоченного (рис. 10).

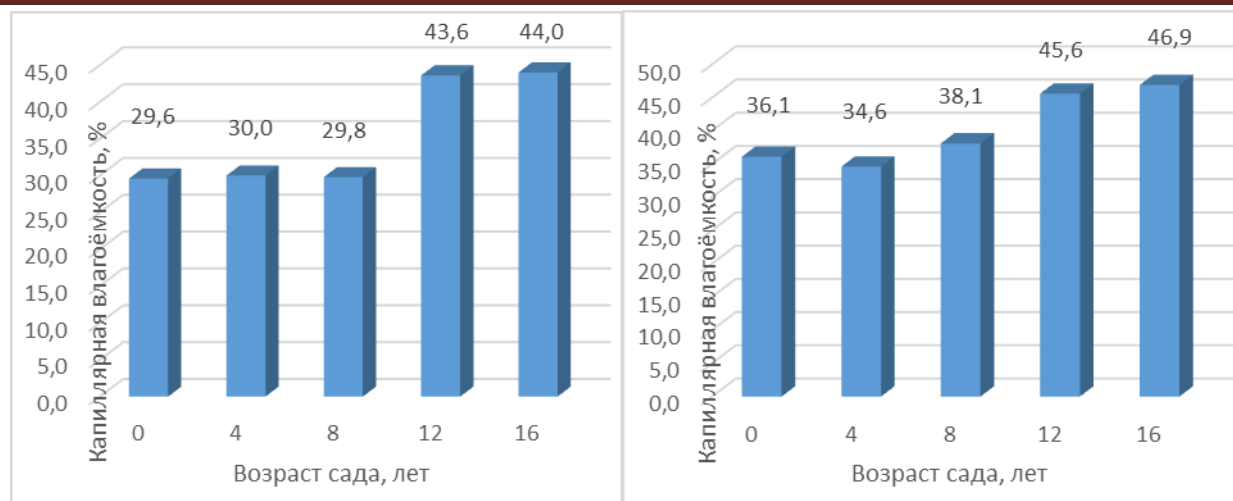


Рисунок 10. Зависимость капиллярной влагоёмкости чернозёма выщелоченного в гумусовом (слева) и иллювиальном (справа) горизонтах от возраста сада

Чем больше возраст интенсивного сада, тем выше капиллярная влагоёмкость чернозёмов выщелоченных в гумусовом ($r=0,87$) и иллювиальном ($r=0,91$) горизонтах.

Установлена обратная тесная зависимость величины запасов продуктивной влаги в гумусовом ($r=-0,94$) и иллювиальном ($r=-0,93$) горизонтах от возраста сада (рис. 11).

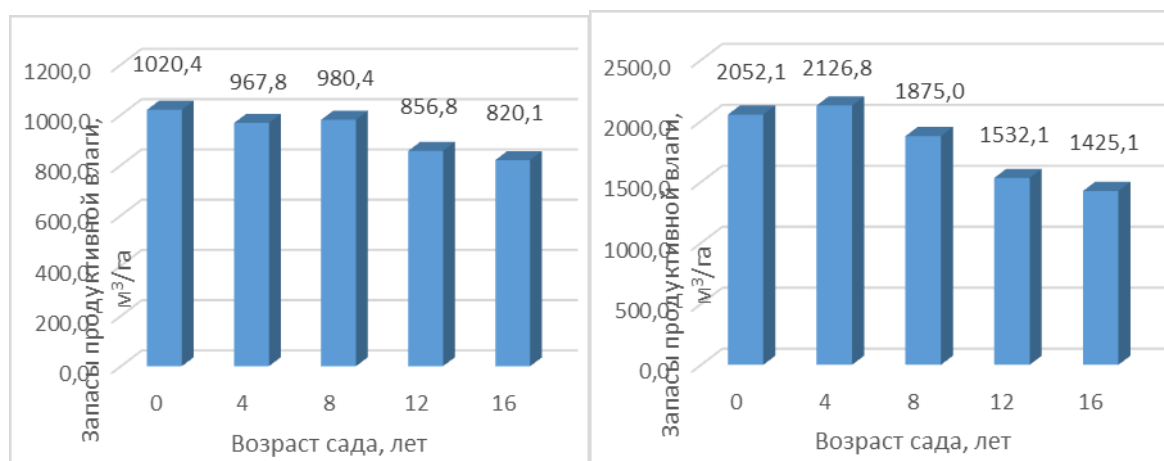


Рисунок 11. Зависимость запасов продуктивной влаги в чернозёме выщелоченном в гумусовом (слева) и иллювиальном (справа) горизонтах от возраста сада

По мере увеличения возраста сада за счёт уплотнения почвы в гумусовом и иллювиальном горизонте и уменьшения общей пористости величина запасов продуктивной влаги снижается.

Только для гумусового горизонта установлена обратная тесная зависимость коэффициента водопрочности от возраста сада ($r=-0,87$) (рис. 12).

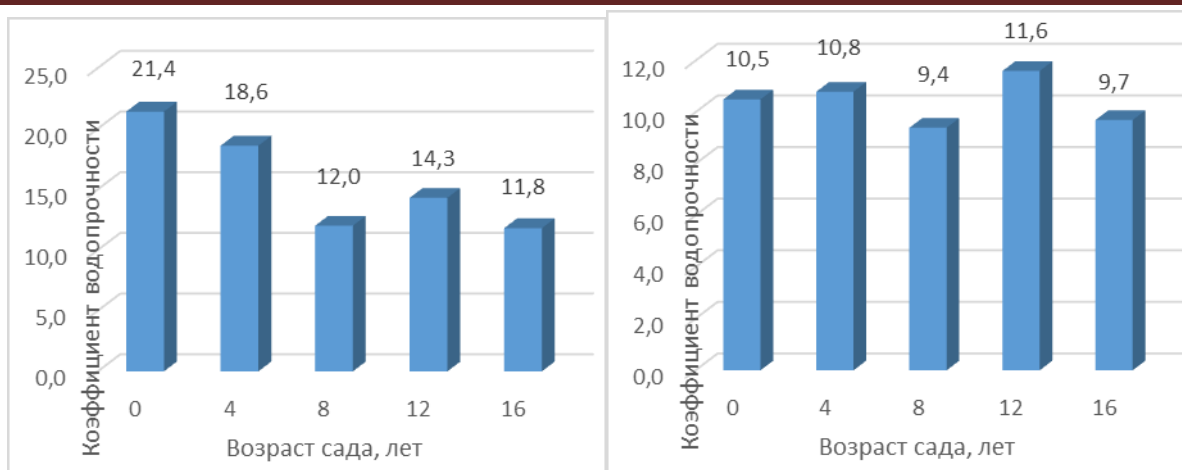


Рисунок 12. Зависимость коэффициента водопрочности чернозёма выщелоченного в гумусовом (слева) и иллювиальном (справа) горизонте от возраста сада

По иллювиальному горизонту никакой зависимости от возраста сада не получено ($r=-0,14$).

Установлено, что твёрдость почвы в приствольной полосе гумусового горизонта на примере чернозёма выщелоченного до возраста деревьев 12 лет увеличивается и приобретает значение $28,5 \text{ кг/см}^2$, а затем уменьшается и к возрасту 16 лет составляет $16,9 \text{ кг/см}^2$ (рис.13).

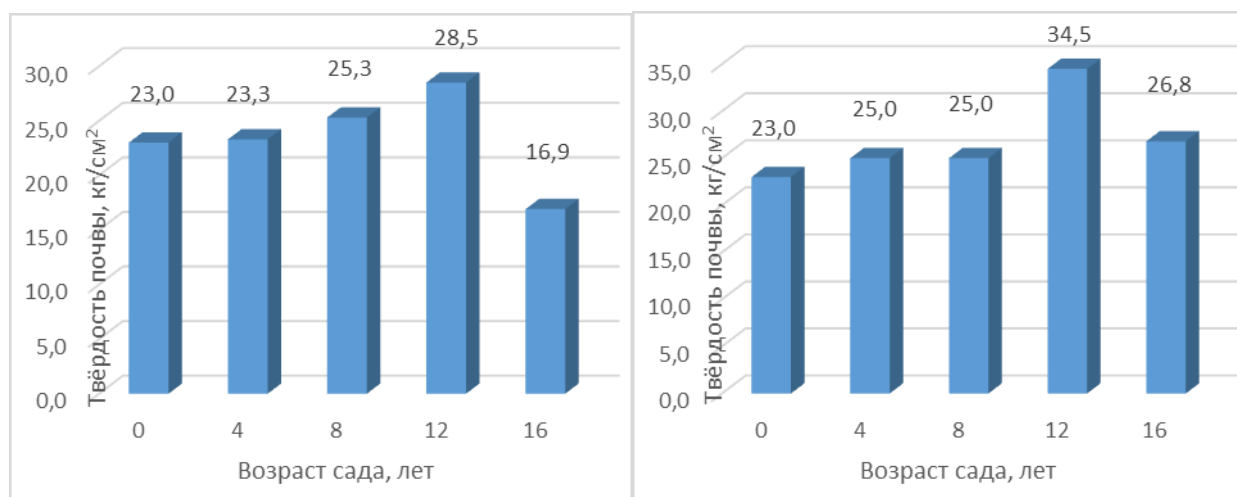


Рисунок 13. Зависимость твёрдости почвы чернозёма выщелоченного в гумусовом горизонте приствольной полосы (слева) и междурядья (справа) от возраста сада без орошения

В междурядьях твёрдость почвы гумусового горизонта при содержании их под чёрным паром также возрастает до возраста деревьев 12 лет, составляя $34,5 \text{ кг/см}^2$, а затем снижается к 16 годам яблони, составляя $26,8 \text{ кг/см}^2$. При содержании междурядий под клевером в смеси с овсяницей красной твёрдость почвы в гумусовом горизонте к возрасту деревьев 4 года составляет всего $18,7 \text{ кг/см}^2$, а далее с возрастом дерева увеличивается незначительно, составляя $17,0 \text{ кг/см}^2$ в возрасте деревьев 16 лет. Установлен средний уровень зависимости ($r=0,61$) между возрастом интенсивного сада и твёрдостью почвы в гумусовом горизонте в зоне междурядий. Для приствольных полос такой зависимости нет ($r=-0,26$). При использовании капельного орошения в приствольных полосах твёрдость почвы гумусового горизонта выше, чем без орошения за счёт накопления в слое 20-60 см илистых частиц.

Твёрдость почвы на чернозёме выщелоченном в иллювиальном горизонте не зависела от возраста интенсивного сада ($r=-0,21$) и в среднем за 16 лет эксплуатации сада колебалась от $26,6$ до 30 кг/см^2 (рис. 14).

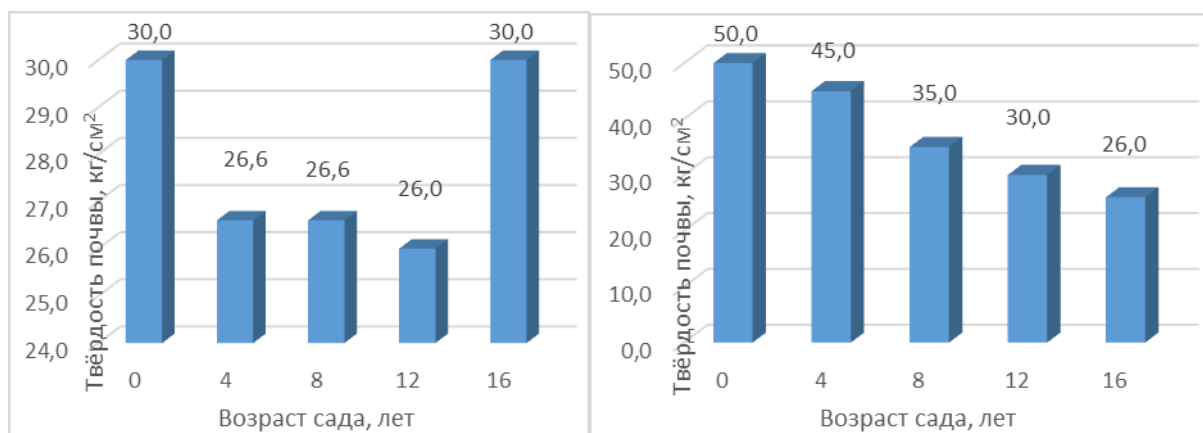


Рисунок 14. Зависимость твёрдости почвы в иллювиальном горизонте на чернозёме выщелоченном (слева) и чернозёме оподзоленном (справа) от возраста сада без орошения

На чернозёме оподзоленном установлена обратная тесная зависимость между возрастом сада и твёрдостью почвы в иллювиальном горизонте ($r=-0,98$). Твёрдость почвы в приствольных полосах меньше, чем в междурядьях, где часто в слое 10-40 см образуется плужная подошва с твёрдостью достигающей 50 кг/см².

Выводы

1. Изменение таких показателей как объёмная масса почвы, плотность её твёрдой фазы, гигроскопическая влажность, наименьшая и капиллярная влагоёмкость в процессе роста и развития яблони в приствольной полосе относительно междурядья имеет противоречивый характер и может как снижаться, так и увеличиваться.

2. Общая пористость почвы за период эксплуатации интенсивного сада яблони увеличивается в приствольной полосе относительно междурядья.

3. Наиболее значительные изменения под влиянием интенсивного сада яблони зарегистрированы в отношении таких показателей как агрегатное и структурное состояние почвы. В междурядьях интенсивного сада яблони происходит улучшение данных показателей относительно приствольной полосы, что необходимо использовать при научно обоснованной организации реновации почвы после раскорчёвки интенсивного сада.

4. С увеличением возраста интенсивных яблоневых садов на чернозёмах выщелоченных в гумусовом горизонте возрастает плотность ($r=0,98$), твёрдость ($r=0,61$), снижается пористость ($r=-0,96$), увеличивается количество агрономически ценных агрегатов ($r=0,98$) и коэффициент структурности ($r=0,97$), снижаются запасы продуктивной влаги ($r=-0,94$) и коэффициент водопрочности ($r=-0,87$). При капельном поливе возрастает содержание физической глины ($r=0,96$), гигроскопическая ($r=0,99$), максимальная гигроскопическая ($r=0,91$), наименьшая ($r=0,96$) и капиллярная ($r=0,87$) влагоёмкости. Капельное орошение в приствольных полосах увеличивает твёрдость почвы, а задернение междурядий клеверо-овсяницевой смесью снижает твёрдость почвы.

5. По мере увеличения возраста интенсивных яблоневых садов на чернозёмах выщелоченных в иллювиальном горизонте увеличивается плотность ($r=0,95$), снижается общая пористость ($r=-0,97$), увеличивается содержание агрономически ценных агрегатов ($r=0,88$) и коэффициент структурности ($r=0,89$) и сокращаются запасы продуктивной влаги ($r=-0,93$), а на чернозёмах оподзоленных уменьшаются твёрдость почвы ($r=-0,98$). При капельном поливе возрастает содержание физической глины ($r=0,91$), увеличивается гигроскопическая ($r=0,95$), максимальная гигроскопическая ($0,88$), наименьшая ($r=0,9$) и капиллярная ($r=0,91$) влагоёмкости.

Список источников

1. Агрохимические и водно-физические свойства дерново-подзолистой почвы при капельном орошении плодового питомника / Н.Н. Дубенок, А.В. Гемонов, А.В. Лебедев [и др.] // Овощи России. 2021. № 3. С. 116-121.
2. Ахмедов А.Д. Обоснование основных параметров систем внутрпочвенного орошения в условиях Нижнего Поволжья: специальность 06.01.02 «Мелиорация, рекультивация и охрана земель»: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Волгоград, 2006. 366 с.
3. Влияние капельного орошения на изменение физических и химических свойств почвы / А.И. Кузин, Г.Н. Пугачев, В.Л. Захаров, Ю.В. Трунов, А.В. Соловьев, З.Н. Тарова // Научный журнал КубГАУ. № 129(05). 2017.
4. Иванов В.Д., Кузнецова Е.В. Оценка почв: Учебное пособие. Воронеж: ФГУ ВПО ВГАУ, 2004. 331 с.
5. Лунева Е.Н., Новикова И.В., Меладзе Д.З. К методике расчёта режима капельного орошения плодового сада // Мелиорация и водное хозяйство: Материалы Всероссийской научно-практической конференции (Шумаковские чтения), посвящённой 95-летию со дня рождения профессора В.С. Лапшенкова, Новочеркасск, 25–30 сентября 2020 года. Том 18. Новочеркасск: ООО «Лик», 2020. С. 52-57.
6. Ревут И. Б. Физика почв. Ленинград: Колос, 1964. 318 с.
7. Рагимов А.О., Мазиров М.А., Шентерова Е.М. Почвоведение: лабораторный практикум. Владимир: Изд-во ВлГУ, 2017. 120 с.
8. Ревин Н.Ю., Гурин А.Г., Резвякова С.В. Роль бобово-злаковых травосмесей в формировании детрита в почве и её водопроницаемость при задержании междурядий яблоневого сада // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2020. № 64 (4). С. 282-292.
9. Ревин Н.Ю., Гурин А.Г. Изменение структурно агрегатного состояния почвы в междурядьях яблоневого сада при дерново-перегнойной системе содержания // Вестник Аграрной науки. 2021. № 1 (88). С. 63-67.
10. Физические свойства, почвенно-гидрологические показатели и водный режим чернозема выщелоченного под яблоневым садом ОПХ «Горно-Алтайское» / С.В. Бабошкина, А.В. Пузанов, Т.А. Рождественская, О.А. Ельчианинова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2023. № 10(228). С. 44-51.
11. Черников Е.А., Попова В.П. Влияние рельефа на водно-физические свойства почвы сада // Плодоводство и ягодоводство России. 2014. Т. 40. № 1. С. 344-347.

References

1. Agrochemical and water-physical properties of sod-podzolic soil during drip irrigation of a fruit nursery. N.N. Dubenok, A.V. Gemonov, A.V. Lebedev [et al.]. Vegetables of Russia, 2021, no. 3, pp. 116-121.
2. Akhmedov A.D. Substantiation of the main parameters of subsurface irrigation systems in the conditions of the Lower Volga region: specialty 06.01.02 «Land reclamation, reclamation and protection of lands»: dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences. Volgograd, 2006. 366 p.
3. The effect of drip irrigation on changes in the physical and chemical properties of soils. A.I. Kuzin, G.N. Pugachev, V.L. Zakharov, Yu.V. Trunov, A.V. Solovyov, Z.N. Tarova. Scientific Journal of KubSAU, no. 129(05), 2017.
4. Ivanov V.D., Kuznetsova E.V. Soil assessment: A textbook. Voronezh: FSEI HPE VSAU, 2004. 331 p.
5. Luneva E.N., Novikova I.V., Meladze D.Z. On the methodology for calculating the drip irrigation regime of an orchard. Land reclamation and water management: Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference (Shumakov readings) dedicated to the 95th anniversary

of the birth of Professor V.S. Lapshenkov, Novocherkassk, September 25-30, 2020. Volume 18. Novocherkassk: LLC «Lik» Publ., 2020, pp. 52-57.

6. Revut I. B. Physics of soils. Leningrad: Kolos Publ., 1964. 318 p.

7. Ragimov A.O., Mazirov M.A., Shenterova E.M. Soil science: laboratory practice. Vladimir: Publishing House of the All-Russian State University, 2017. 120 p.

8. Revin N.Yu., Gurin A.G., Rezvyakova S.V. The role of legume-cereal grass mixtures in the formation of detritus in the soil and its water permeability during the blackening of row spacing in an apple orchard. Fruit growing and viticulture in the South of Russia, 2020, no. 64 (4), pp. 282-292.

9. Revin N.Yu., Gurin A.G. Changes in the structural and aggregate state of the soil in the apple orchard under the sod-humus maintenance system. Bulletin of Agricultural Science, 2021, no. 1 (88), pp. 63-67.

10. Physical properties, soil and hydrological indicators and the water regime of the leached black soil under the apple orchard of the Gorno-Altayskoe agricultural complex. S.V. Baboshkina, A.V. Puzanov, T.A. Rozhdestvenskaya, O.A. Yelchinina. Bulletin of the Altai State Agrarian University, 2023, no. 10(228), pp. 44-51.

11. Chernikov E.A., Popova V.P. The influence of relief on the water-physical properties of garden soil. Fruit and berry growing in Russia, 2014, vol. 40, no. 1, pp. 344-347.

Информация об авторах

В.Л. Захаров – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агротехнологий, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции;

Г.Н. Пугачев – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник;

С.Ю. Шубкин – кандидат технических наук, доцент, директор института агробиотехнологий и технических систем;

С.С. Бунеев – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математического моделирования, компьютерных технологий и информационной безопасности.

Information about the authors

V.L. Zakharov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agricultural Technologies, Storage and Processing of agricultural Products;

G.N. Pugachev – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher;

S.Yu. Shubkin – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Director of the Institute of Agrobiotechnology and Technical Systems;

S.S. Buneev - Candidate of Physico-Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Mathematical Modeling, Computer Technology and Information Security.

ПРАВИЛА НАПРАВЛЕНИЯ, РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ И ОПУБЛИКОВАНИЯ НАУЧНЫХ СТАТЕЙ в научно-практическом журнале «Агропромышленные технологии Центральной России»

Требования к направленным на публикацию рукописям

Представленные для публикации материалы должны соответствовать научному направлению журнала, быть актуальными, содержать новизну, научную и практическую значимость.

В статье обязательно должна быть представлена следующая информация (на русском и английском языках): тип статьи; индекс Универсальной десятичной классификации (УДК); заглавие статьи; сведения об авторе (авторах); аннотация; ключевые слова; список источников.

Дополнительно могут быть приведены: благодарности; сведения о вкладе каждого автора.

При оформлении статьи следует придерживаться следующей структуры: **введение, материалы и методы исследований, результаты исследований и их обсуждение, выводы.**

Тип статьи – научная. Указывают отдельной строкой слева.

Индекс УДК помещают на отдельной строке слева.

Заглавие статьи приводят перед статьей, по центру, **прописными** буквами.

Сведения об авторе (авторах) содержат: имя, отчество, фамилию автора (полностью); наименование организации (учреждения), где работает или учится автор (без обозначения организационно-правовой формы юридического лица: ФГБУН, ФГБОУ ВО, АО и т.п.); адрес организации (учреждения), где работает или учится автор (город и страна); электронный адрес автора приводят без слова «e-mail», после электронного адреса точку не ставят.

Сведения о месте работы (учебы), электронные адреса, авторов указывают после имен авторов на разных строках и связывают с именами с помощью надстрочных цифровых обозначений.

Автор, ответственный за переписку, и его электронный адрес обозначается условным изображением конверта.

Аннотация: рекомендуемый объем – 150-200 слов. Аннотацию не следует начинать с повторения названия статьи. Аннотация должна содержать следующую информацию: цель исследования, методы, результаты (желательно с приведением количественных данных), выводы. В аннотации не допускается разбивка на абзацы и использование вводных слов и оборотов.

Ключевые слова должны соответствовать теме статьи и отражать ее предметную область. Количество ключевых слов **не должно быть меньше 3 и более 7**.

После ключевых слов по желанию приводят слова **благодарности** организациям, научным руководителям и другим лицам, оказавшим помощь в подготовке статьи, сведениях о грантах и т.п. Эти сведения приводят с предшествующим словом «**Благодарности**».

Перечень затекстовых библиографических ссылок помещают после основного текста статьи с предшествующими словами «**Список источников**», который оформляют по ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления».

Библиографические записи в перечне затекстовых библиографических ссылок нумеруют и располагают в **алфавитном** порядке. Отсылку на источник в тексте статьи приводят в **квадратных скобках** после цитаты.

Количество публикаций одного автора в одном выпуске не более 2 статей, выполненных индивидуально, или не более 3-х статей, выполненных в соавторстве.

Особое внимание авторов обращаем на качество перевода заглавия, ключевых слов, аннотации, списка источников и сведений об авторах. Перевод должен быть обязательно сделан профессиональным переводчиком или носителем языка, имеющим необходимую компетенцию. Перевод с помощью автоматизированного переводчика не допускается. При низком качестве перевода статья может быть отклонена от печати.

ВНИМАНИЕ: Авторы несут полную ответственность за достоверность и оригинальность информации, предоставленной в рукописи. Все рукописи проходят проверку на наличие заимствований в системе «Антиплагиат». Оригинальность рукописи должна быть не менее 70 %, в противном случае рукопись будет возвращена без права опубликования. При обнаружении нарушения авторских прав или плагиата будет проведена ретракция опубликованных статей в соответствии с правилами COPE.

Технические требования к оформлению рукописи

Файл в формате *.doc и *.pdf. Формат листа – А4 (210 x 297 мм), все поля по 20 мм. Шрифт: размер (кегель) – 12, тип – Times New Roman. Межстрочный интервал – одинарный. Абзацный отступ – 1,0 мм.

Редактор формул – MathTypeEquation (версии 5-7). Шрифт в стиле основного текста – Times New Roman; переменные – курсив, греческие – прямо, матрица-вектор – полужирный; русские – прямо. Размеры в математическом редакторе (в порядке очередности): обычный – 12 pt, крупный – индекс – 8 pt, мелкий индекс – 7 pt, крупный символ – 14 pt, мелкий символ – 10 pt.

Рисунки, выполненные в графическом редакторе, подавать исключительно в форматах *.jpeg, *.doc (сгруппированные, толщина линии не менее 0,75 pt). Ширина рисунка – не более 11,5 см. Они размещаются в рамках рабочего поля. Рисунки должны допускать перемещение в тексте и возможность изменения размеров. Используемое в тексте сканированное изображение должно иметь разрешение не менее 300 точек на дюйм. Сканированные формулы, графики и таблицы не допускаются. Форматирование номера рисунка и его названия:

шрифт – обычный, размер – 12 пт, выравнивание – по центру. Обратите внимание, что в конце названия рисунка точка не ставится.

Таблицы в тексте должны быть выполнены в редакторе Microsoft Word (не отсканированные и не в виде рисунка). Таблицы должны располагаться в пределах рабочего поля. Форматирование номера таблицы и ее названия: шрифт – обычный, размер – 12 пт, выравнивание – по центру. Обратите внимание, что в конце названия таблицы точка не ставится. Содержимое таблицы – шрифт обычный, размер – 11 пт, интервал – одинарный.

Все страницы рукописи с вложенными таблицами и рисунками должны быть пронумерованы (в счет страниц рукописи входят таблицы, рисунки, подписи к рисункам, список источников, сведения об авторах).

Минимальное количество страниц в статье – 6.

Максимальное количество страниц – 20.

Редакция оставляет за собой право не включать в журнал статьи, не соответствующие требованиям (в том числе к объему текста, оформлению таблиц и иллюстраций).

Авторские права

Авторы имеют возможность лично просмотреть электронный макет статьи перед выпуском журнала и внести последние правки. Отсутствие ответа со стороны авторов снимает ответственность редакции за недочеты в статье. Редакция оставляет за собой право производить необходимую правку и сокращения по согласованию с автором. Рукописи не возвращаются. Авторы не могут претендовать на выплату гонорара. Авторы имеют право использовать материалы журнала в их последующих публикациях при условии, что будет сделана ссылка на публикацию в журнале «Агропромышленные технологии Центральной России».

Рубрики

Объем и рубрики каждого номера журнала «Агропромышленные технологии Центральной России» варьируются в зависимости от содержания поступившего материала, тематики, задач. Основные рубрики журнала и соответствие их номенклатуре научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени:

- Технология хранения и переработки сельскохозяйственных продуктов (4.3.3. Пищевые системы (технические науки))
- Общее земледелие и растениеводство (4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки))
- Агроинженерные системы и технологии (4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки))
- Агроэкология и рациональное природопользование (4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки))

Комплектность материалов, направленных для публикации в журнал

- рукопись статьи (*.doc и *.pdf);
- рецензия доктора наук по научному направлению статьи, подписанная и обязательно заверенная печатью организации;
- справка из отдела аспирантуры для подтверждения статуса аспиранта (для бесплатной публикации);
- копия договора подготовки в докторантуре ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина» для подтверждения статуса докторанта (для бесплатной публикации).

Оплата редакционно-издательских услуг

Реквизиты для оплаты

ИНН: 4821004595

КПП: 482101001

БИК: 014206212

БАНК ПОЛУЧАТЕЛЯ ПЛАТЕЖА: Отделение Липецк/УФК по Липецкой области, г. Липецк

ПОЛУЧАТЕЛЬ ПЛАТЕЖА: УФК по Липецкой области (ЕГУ им. И.А. Бунина, л/с 20466X13800)

ЕДИНЫЙ КАЗНАЧЕЙСКИЙ СЧЕТ: 40102810945370000039

КАЗНАЧЕЙСКИЙ СЧЕТ: 03214643000000014600

ОКОНХ 92110

ОКПО 02079537

ОКТМО 42715000

КБК 000000000000000000130 (доходы от оказания платных услуг (работ))

Оплата редакционно-издательских услуг **500 руб. за 1 стр.**

Назначение платежа: за выполнение редакционно-издательских услуг, «Агропромышленные технологии Центральной России, ФИО плательщика».

После оплаты Заказчику необходимо направить на электронный адрес agropromelets@mail.ru сканированную квитанцию об оплате, а также почтовый адрес для отправки журнала.

Автор статьи имеет право на получение одного журнала бесплатно вне зависимости от количества соавторов. Информация о приобретении дополнительного экземпляра сообщается заранее, экземпляр оплачивается по каталожной цене журнала.

Право на бесплатную публикацию в журнале имеют:

все аспиранты, докторанты ФГБОУ ВО Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина», **члены редакционной коллегии журнала** «Агропромышленные технологии Центральной России», **ведущие ученые**, статьи которых имеют высокую научно-практическую значимость (по согласованию с заместителями главного редактора и после утверждения главным редактором).

Ведущими учеными признаются лица, имеющие следующие документально подтвержденные результаты научной деятельности за 5 лет, предшествующие публикации: 1) количество статей в международных цитатно-аналитических базах данных Web of Science и Scopus – не менее 5; 2) количество статей в Перечне рецензируемых научных изданий РФ, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, доктора наук на основании данных РИНЦ («Перечень ВАК») – не менее 8; 3) количество рецензируемых монографий в области знаний, соответствующих научной специальности ученого, – не менее 1; 4) индекс Хирша – не менее 10.

В одном номере журнала принято ограничение на количество бесплатных публикаций:

- количество публикаций аспирантов и докторантов не должно превышать 5 статей;
- количество публикаций членов редакционной коллегии не должно превышать 5 статей;
- количество публикаций ведущих ученых не должно превышать 3 статей.

РЕЦЕНЗИРОВАНИЕ

Порядок рецензирования рукописей научных статей, поступивших в редакцию журнала «Агропромышленные технологии Центральной России».

1. Рукописи научных статей, поступившие в редакцию, проходят обязательное рецензирование с целью их экспертной оценки.

2. Председатель редакционного совета определяет соответствие рукописи статьи профилю журнала и требованиям к оформлению.

3. После рассмотрения рукописи статьи на заседании редакционной коллегии рукопись направляется на рецензирование специалисту (доктору или кандидату наук), имеющему наиболее близкую к теме статьи научную специализацию. Все рецензенты являются признанными специалистами по тематике рецензируемых материалов и имеют в течение последних 3 лет публикации по тематике рецензируемых статей. Если статья не соответствует профилю журнала, то автору сообщается о невозможности ее публикации.

4. Тип рецензирования — двустороннее слепое (анонимное). Присланные рецензентам рукописи являются частной собственностью авторов и содержат сведения, не подлежащие разглашению. Рецензентам не разрешается делать копии статей, а также передавать статьи на рецензирование другому лицу.

5. Срок рецензирования составляет не более четырех недель.

6. Рецензент оценивает:

соответствие содержания статьи ее названию; структуру статьи (предмет исследования, постановка задачи, ход проведения исследований, результаты и выводы); наличие в статье научной или технической новизны; достоинства и недостатки статьи.

7. Рецензент дает заключение о целесообразности публикации статьи:

принять статью; принять статью с незначительной доработкой – автору направляется текст рецензии с предложением внести необходимые изменения и дополнения в статью или аргументировано опровергнуть замечания рецензента, затем рукопись статьи рассматривается на заседании редакционной коллегии на предмет выполнения требований рецензента; рассмотреть статью повторно после серьезной переработки – автору направляется текст рецензии с предложением переработки статьи, затем переработанная автором статья направляется на повторное рецензирование; отклонить статью – мотивированный отказ направляется автору, к повторному рассмотрению статья не принимается.

8. Текст рецензии предоставляется автору по его запросу, а также в Высшую аттестационную комиссию РФ по соответствующему запросу без подписи и указания фамилии, должности и места работы рецензента.

9. Рукописи статей, принятых к публикации, автору не возвращаются.

10. Рукописи статей, не принятых к публикации, вместе с текстом мотивированного отказа, возвращаются автору.

11. Рецензии, а также все сопроводительные документы (авторское заявление, экспертное заключение) хранятся в Издательстве и в редакции журнала в течение 5 лет.

Процедура рецензирования и утверждения статей занимает от одного до двух месяцев, далее статьи публикуются в порядке очередности. Редакция может принимать решение о внеочередной публикации статьи.

Подготовка статьи к публикации, проводимая редакцией журнала, состоит в литературном и техническом редактировании. Редакторские правки согласуются с авторами.

Научное издание

АГРОПРОМЫШЛЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ

Выпуск 3 (№ 37)

*Корректор – С.Е. Гридчина
Техническое исполнение – В.М. Гришин*

Знак информационной продукции 12+

Подписано в печать: 22.09.2025
Дата выхода в свет: 23.09.2025
Бумага формат А-4 (97,5 п.л.)
Гарнитура Times
Печать трафаретная
Тираж 1000 экз. Заказ № 68
Свободная цена

Адрес редакции:
399770, Липецкая область, г. Елец, ул. Допризывников, 1

Адрес издателя:
399770, Липецкая область, г. Елец, ул. Коммунаров, 28,1
E-mail: agropromelets@mail.ru
Сайт журнала: [www. http://elsu.ru/agrotech](http://elsu.ru/agrotech)
Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору
в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.
Регистрационный номер средства массовой информации
ПИ № ФС77-67628 от 10 ноября 2016 г.

Подписной индекс журнала **№ 64988** в объединенном каталоге
«Пресса России»

Отпечатано с готового оригинал-макета на участке оперативной полиграфии
Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина
399770, Липецкая область, г. Елец, ул. Коммунаров, 28,1

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина,
399770, Липецкая область, г. Елец, ул. Коммунаров, 28, 1