Новосибирск: Юпитер, 2004. – 74 с. – Текст: непосредственный.

10. Омельянюк, Л. В. Селекция гороха и сои для условий Западной Сибири: 06.01.05 «Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений»: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / Омельянюк Людмила Валентиновна. – Тюмень, 2015. – 33 с. – Текст: непосредственный.

References

1. Suvorov Yu.N., Podsolnechnik i soya – perspektivnye introdutsirovannye maslichnye kultury dlya Zapadnoy Sibiri / Yu.N. Suvorov, L.V. Omelyanyuk, A.M. Asanov // Vestnik Omskogo GAU. 2021. No. 4 (44). S. 64-73.

2. Biologicheskaya aktivnost oroshaemoy lugovo-chernozemnoy pochvy i produktivnost soi v zavisimosti ot usloviy mineralnogo pitaniya v yuzhnoy lesostepi Zapadnoy Sibiri / O.F. Khamova, V.S. Boyko, A.Yu. Timokhin, N.N. Shuliko // Maslichnye kultury. 2018. No. 4 (176). S. 96-100. DOI 10.25230/2412608X-2018-4-176-96-100.

3. Iqbal, M. A., Raza, R. Z., Zafar, M., et al. (2022). Integrated Fertilizers Synergistically Bolster Temperate Soybean Growth, Yield, and Oil Content. *Sustainability*, 14(4), 2433. https://doi.org/10.3390/su14042433.

4. Lysenko, N.N. Gerbitsidy v posevakh soi / N.N. Lysenko // Vestnik agrarnoy nauki. – 2018. – No. 2. – S. 19-28. – URL: https://e.lanbook.com/journal/issue/307410.

5. Semenikhina Yu.A., Kambulov S.I., Demina E.B. i dr. Zasorennost posevov soi pri razlichnykh sposobakh obrabotki pochvy // Tavricheskiy vestnik agrarnoy nauki. 2024. No. 3 (39). S. 180-194.

6. Malinina A.I., Ershov V.L., Lomanovskiy A.V. Kontrol zasorennosti pri vozdelyvanii soi v yuzhnoy lesostepi Zapadnoy Sibiri // Aktualnye problemy nauchnogo obespecheniya zemledeliya Zapadnoy Sibiri: sb. nauchnykh statey. Omskiy ANTs. – Omsk: Izd-vo IP Maksheevoy E.A., 2020. – S. 160-165.

7. Baranov, V. F. Povyshenie posevnykh kachestv semyan rannespelykh sortov soi perenosom seva na pozdniy srok / V. F. Baranov, V. G. Kalyuzhnyy, Ugo Toro Korrea // Nauchno-tekhnicheskiy byulleten Vserossiyskogo nauchno-issledovatelskogo instituta maslichnykh kultur. – 2005. – Vyp. 1 (132). – S. 3-8.

8. Osobennosti formirovaniya urozhaya i elementov ego struktury rasteniyami soi v usloviyakh yuzhnoy lesostepi Zapadnoy Sibiri / L. V. Omelyanyuk, A. M. Asanov, V. V. Chibis, E. D. Markaryan // Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2020. – No. 3 (39). – S. 28-33.

9. Soya v Zapadnoy Sibiri / N. I. Kashevarov, V. A. Soloshenko, N. I. Vasyakin [i dr.]; Rosselkhozakademiya, Sibirskoe otdelenie, Sibirskiy nauchno-issledovatelskiy institut kormov. – Novosibirsk: Yupiter, 2004. – 74 s.

10. Omelyanyuk L.V. Selektsiya gorokha i soi dlya usloviy Zapadnoy Sibiri.: avtoref. dis. ... dok. s.-kh. n. Tyumen, GASZ. 2015. 33 s.

✦ ✦ ✦

УДК 633.1:004.048
DOI: 10.53083/1996-4277-2026-265-11-19-25

О.И. Пищимко, Д.С. Федоров, Л.В. Гарафутдинова
O.I. Pishchimko, D.S. Fedorov, L.V. Garafutdinova

МЕТОДЫ ПРОГНОЗА УРОЖАЙНОСТИ КАРТОФЕЛЯ И КОРМОВЫХ ТРАВ НА СЕНО

METHODS FOR FORECASTING THE YIELD OF POTATOES AND FORAGE GRASSES FOR HAY

Ключевые слова: *урожайность, прогноз, физико-статистические модели, картофель, кормовые травы, Иркутская область, ГТК, агрометеорологические условия, множественная регрессия, цифровизация АПК, программное обеспечение, настольное приложение.*

Представлены результаты разработки, испытания и внедрения обновлённых физико-статистических моделей прогноза урожайности картофеля (по всем категориям хозяйств и сельскохозяйственным предприятиям) и кормовых трав на сено (многолетних, однолетних, луговых) для территории Иркутской области. Исследование выполнено на основе данных 20 репрезентативных гидрометеорологических станций за период 1981-2022 гг. и официальной статистики урожайности Росстата. В качестве предикторов использованы агрометеорологические по-

казатели, характеризующие тепло- и влагообеспеченность в критические фазы вегетации культур: среднесуточная температура воздуха, сумма осадков, дефицит насыщения воздуха, гидротермический коэффициент Селянинова, коэффициенты увлажнения Чиркова и Гулиновой, запас влаги в слое почвы 0-50 см. Модели построены в виде уравнений множественной линейной регрессии с включением временного тренда; отбор предикторов осуществлялся на основе корреляционного анализа с обеспечением их попарной независимости. Результаты авторских испытаний на независимой выборке подтвердили высокую оправдываемость разработанных методов: 92-97% для картофеля и 88-97% для кормовых трав, что превышает нормативный порог оправдываемости агрометеорологических прогнозов (80%). Средняя относительная ошибка методических прогнозов составила 3,3-8,5% для картофеля и 2,5-11,0% для кормовых трав. Уточнённые прогнозы кормовых трав (срок 1-6 июля) демонстрируют более высокую точность по сравнению с предварительными (1-6 июня), что обусловлено накоплением информативных данных к середине вегетации. На базе созданных физико-статистических моделей было разработано настольное приложение. Его архитектура включает 3 основных блока: первый отвечает за импорт и сохранение исходных данных в формате .xlsx; второй обеспечивает наглядное представление результатов в виде таблиц и графиков; третий выполняет непосредственно моделирование, рассчитывая прогнозные значения урожайности и определяя погрешность применяемого метода. Приложение опирается на данные из зарегистрированных баз данных, а конечным результатом его работы является таблица с прогнозируемой урожайностью и валовым сбором.

Keywords: *crop yielding capacity, forecast, physico-statistical models, potato, forage grasses, Irkutsk Region, hydrothermal coefficient, agrometeorological conditions, multiple regression, digitalization of agro-industrial complex, software, desktop application.*

The results of the development, testing, and operational implementation of updated physico-statistical models for forecasting potato yields (in all farm categories and agricultural enterprises) and forage grass hay yields (perennial, annual, and meadow grasses) in the Irkutsk Region are discussed. The study is based on the data from 20 representative hydrometeorological stations covering the period from 1981 through 2022 combined with official crop yield statistics from the Russian Federal State Statistics Service. The following agrometeorological indicators characterizing heat and moisture supply during critical crop growth stages were used as predictors: mean daily air temperature, precipitation totals, air saturation deficit, the Selyaninov hydrothermal coefficient, the Chirkov and Gulinova moisture coefficients, and soil moisture storage in the 0-50 cm layer. The models were constructed as multiple linear regression equations incorporating a temporal trend term; predictor selection was performed via correlation analysis with pairwise independence ensured. Author testing on an independent sampling confirmed high reliability of the developed methods: 92-97% for potato and 88-97% for forage grasses exceeding the regulatory reliability threshold of 80% for agrometeorological forecasts. The mean relative error of the methodological forecasts was 3.3-8.5% for potato and 2.5-11.0% for forage grasses. Refined forage grass forecasts (1-6 July) demonstrated higher accuracy compared to preliminary ones (1-6 June) which was attributed to the accumulation of informative meteorological data by mid-growing season. A desktop application was developed based on the physical-statistical models. Its architecture consists of three main components: the first is responsible for importing and saving source data in .xlsx format; the second provides a visual representation of the results in the form of tables and graphs; the third performs the modeling, calculating predicted yield values and determining the error of the method used. The application relies on data from registered databases, and the final result of its operation is a table with predicted yields and gross harvests.

Пищимко Олеся Игоревна, ст. науч. сотр., Сибирский региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт, г. Новосибирск, Российская Федерация, e-mail: pishchimko@sibnigmi.ru.
Федоров Дмитрий Сергеевич, науч. сотр., Сибирский региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт, г. Новосибирск, Российская Федерация, e-mail: dima.fedorov99@mail.ru.
Гарафутдинова Людмила Вячеславовна, мл. науч. сотр., Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, р.п. Краснообск, Новосибирская обл., Российская Федерация, e-mail: lv.garafutdinova@mail.ru.

Pishchimko Olesya Igorevna, Senior Researcher, Siberian Regional Hydrometeorological Research Institute, Novosibirsk, Russian Federation, e-mail: pishchimko@sibnigmi.ru.
Fedorov Dmitry Sergeevich, Researcher, Siberian Regional Hydrometeorological Research Institute, Novosibirsk, Russian Federation, e-mail: dima.fedorov99 @mail.ru.
Garafutdinova Lyudmila Vyacheslavovna, Junior Researcher, Siberian Federal Scientific Center of Agro-Biotechnologies of Russian Academy of Sciences, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russian Federation, e-mail: lv.garafutdinova@mail.ru.

Введение

В соответствии с Доктриной продовольственной безопасности РФ до 2030 г. приоритетом является рост производства качественной аграрной продукции [1]. Однако в Иркутской области этому препятствуют климатические риски, деградация мелиоративного фонда и неоднородность агроландшафтов, обусловливающие нестабильность растениеводства. Климатические условия области определяются взаимодействием арктического, полярного и тропического воздуха, сезонным проявлением континентальных центров действия атмосферы и резко расчленённым рельефом [2, 3]. Значительная межгодовая изменчивость агрометеорологических условий обусловливает существенные колебания урожайности, а своевременный прогноз позволяет снизить негативное влияние этих факторов и принять обоснованные управленческие решения [4, 5].

Цель исследования – разработка, испытание и практическое внедрение физико-статистических моделей прогноза урожайности картофеля и кормовых трав на сено по территории Иркутской области, а также создание на их основе автоматизированной цифровой технологии [6-10].

Объекты и методы

Информационную базу исследования составили данные 20 репрезентативно расположенных гидрометеорологических станций Иркутской области (Киренск, Усть-Илимск, Железногорск-Илимский, Тангуй, Новочунка, Тайшет, Худоеланское, Тулун, Куйтун, Зима, Залари, Кутулик, Новонукутск, Бохан, Оса, Черемхово, Новожилкино, Хомутово, Усть-Ордынский, Качуг). Период наблюдений охватывает 1981-2022 гг. Данные по урожайности сельскохозяйственных культур получены от Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Иркутской области. Формирование и верификация баз данных осуществлены совместно с отделом агрометеорологических прогнозов ФГБУ «Иркутское УГМС», зарегистрированные базы данных депонированы в установленном порядке [9-11].

В качестве предикторов рассматривались: среднесуточная температура воздуха (*T*), сумма осадков (*ОС*), среднесуточный дефицит насыщения воздуха (*D*), гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК), коэффициент увлажнения Чиркова (КЧ) и коэффициент увлажнения Гулиновой (КГ), запас влаги в слое 0-50 см (ЗВ). Временной охват предикторов определялся критическими фазами вегетации каждой культуры: для картофеля – май-июль (период клубнеобразования), для кормовых трав – апрель-июнь (предварительный прогноз) и апрель-июль (уточнённый).

Модели строились как уравнения множественной регрессии. Порядковый номер года (*n*) включался в качестве тренда. Отбор предикторов проводился по корреляционным матрицам с условием их попарной независимости. Успешность методов оценивалась согласно РД 52.27.284-91: критерий оправдываемости – относительная ошибка не более 0,67σ (заблаговременность ≤ 2 мес.) или 0,80σ (заблаговременность > 2 мес.); сравнение проводилось с инерционным и климатологическим прогнозами [11]. Независимая выборка составила 3 года (2017-2019 гг. для картофеля; 2018-2020 гг. для многолетних трав; 2019-2021 гг. для однолетних трав; 2020-2022 гг. для луговых трав).

Результаты и их обсуждения

Анализ многолетних рядов урожайности показал, что все исследуемые культуры характеризуются значительной межгодовой изменчивостью (рис.). Урожайность картофеля по сельскохозяйственным предприятиям отличается наибольшей вариабельностью (CV = 34%), тогда как по всем категориям хозяйств этот показатель составляет 13%, что объясняется стабилизирующим вкладом личных подсобных хозяйств. В 2003 г. урожайность многолетних трав достигла минимального за наблюдаемый период значения (6,6 ц/га) вследствие засухи на территории Иркутской области.

На основе корреляционного анализа и пошаговой регрессии получены уравнения прогноза урожайности с заблаговременностью 1-3 мес. (табл.).

Наибольший коэффициент множественной корреляции получен для модели прогноза урожайности картофеля по сельскохозяйственным предприятиям (R = 0,85-0,86), а также для уточнённого прогноза урожайности однолетних (R = 0,84) и многолетних трав (R = 0,79-0,82). Для картофеля ведущим предиктором является ГТК за период май-июль, что подтверждает определяющую роль тепло-, влагообеспеченности в период клубнеобразования. Для кормовых

трав ключевыми предикторами выступают коэффициенты увлажнения Гулиновой и Чиркова, температура воздуха и сумма осадков за весенне-летний период.



Рис. Динамика урожайности исследуемых культур по Иркутской области (1981-2021 гг.)

Таблица

Физико-статистические модели прогноза урожайности (лучшие по R и S)

Культура (срок)	Уравнение	R	±S, ц/га
Картофель, все хоз-ва (1-3 авг.)	Y = 7,83 + 13,4D(VI-VII) + 0,136ОС(V-VII) + 0,296n	0,70	6,0
Картофель, с.-х. пред. (1-3 авг.)	Y = 43,82 + 12,963ГТК(V-VII) + 3,148n	0,85	13,8
Многолет. травы – пред. (1-6 июня)	y = 7,879 + 1,487ГТК(IV-V) – 0,025ОС(IV) + 0,184n	0,62	1,86
Многолет. травы – уточн. (1-6 июля)	y = 2,608 – 0,085Т(V-20.VI) + 0,053ОС(I-VI) + 0,224n	0,82	1,35
Однолет. травы – пред. (1-6 июня)	y = 10,665 + 0,847КЧ(V) + 0,424n	0,75	2,5
Однолет. травы – уточн. (1-6 июля)	y = -5,771 + 0,652Т(VI) + 0,1103В(VI) + 0,4n	0,84	2,09
Луговые травы – пред. (1-6 июня)	Y = 5,454 + 4,777КГ(V) + 0,187n	0,68	1,57
Луговые травы – уточн. (1-6 июля)	Y = 22,759 – 2,171D(IV-VI) + 0,018ОС(VI) + 0,293n	0,75	1,45

Средняя относительная ошибка методических прогнозов урожайности картофеля составила не более 4,1% (все категории хозяйств) и 8,5% (сельскохозяйственные предприятия), по кормовым травам – 11,0% (многолетние), 8,0% (однолетние), 3,5% (луговые). Оправдываемость по всем культурам превысила нормативный порог 80%: для кормовых трав – 88-97%, для картофеля – 92-97%. Методические прогнозы для сельскохозяйственных предприятий существенно превзошли по точности инерционный (15,0%) и климатологический (12,7%) методы; для луговых трав аналогичное превосходство зафиксировано над инерционным (16,3%) и климатологическим (9,6%) прогнозами. Прогнозы картофеля по всем категориям хозяйств незначительно уступили альтернативным методам, однако инерционный метод в принципе неприменим в качестве долгосрочного прогностического инструмента. Уточнённые прогнозы кормовых трав (1-6 июля) во всех группах демонстрируют более низкую ошибку по сравнению с предварительными (1-6 июня), что отражает накопление информативных агрометеорологических данных к середине вегетационного сезона.

На основе разработанных физико-статистических моделей создано настольное приложение [9, 10], имеющее модульную структуру: модуль взаимодействия с данными, модуль визуализации результатов и модуль моделирования, выполняющий расчёт прогностических значений урожайности и оценку ошибки метода. Приложе-

ние использует данные из зарегистрированных баз данных [6-8]; результатом работы является таблица прогнозируемой урожайности и валового сбора. Разработка программных комплексов для прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур является актуальным направлением цифровизации АПК, способствующим обеспечению технологического суверенитета и продовольственной безопасности регионов [12], а в перспективе предусматривается расширение набора алгоритмов за счёт методов случайного леса и градиентного бустинга [13]. Приложение зарегистрировано как программа для ЭВМ (Свидетельство № 2024667973) и внедрено в оперативную работу ФГБУ «Иркутское УГМС» согласно решениям ЦМКП Росгидромета от 29.05.2023 г., 26.06.2024 г. и 29.09.2025 г. Таким образом, сформирован комплекс цифровых инструментов для использования в органах агрометеорологического мониторинга, сельскохозяйственных предприятиях и научно-исследовательских организациях.

Выводы

Разработан комплекс физико-статистических моделей прогноза урожайности картофеля и кормовых трав на сено для Иркутской области. Анализ результатов авторских испытаний позволяет сформулировать следующие основные выводы:

1. Оправдываемость методических прогнозов составила 88-97% для кормовых трав и 92-97% для картофеля, что превышает нормативный порог (≥80%) согласно РД 52.27.284-91. Уточнённые прогнозы кормовых трав (1-6 июля) обеспечивают более низкую относительную ошибку по сравнению с предварительными вследствие накопления агрометеорологических данных к середине вегетации.

2. Установлена дифференцированная роль климатических факторов: для картофеля ключевым предиктором является ГТК Селянинова (май-июль), для кормовых трав – коэффициенты увлажнения Чиркова и Гулиновой, температура воздуха и сумма осадков. Включение трендовой компоненты обеспечивает корректный учёт долгосрочной динамики урожайности.

3. Методические прогнозы превосходят по точности инерционный и климатологический методы: для картофеля по сельскохозяйственным предприятиям средняя ошибка составила 6,6% против 12,7-15,0% у базовых методов; для луговых и однолетних трав – не более 8,0% против 9,6-28,0%.

Библиографический список

1. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации до 2030 года / Правительство Российской Федерации. – Москва, 2020. – 19 с. – URL: http://government.ru/docs/all/125815. – Текст: электронный.

2. Латышева, И. В. Современные изменения климата на территории Иркутской области / И. В. Латышева, Е. П. Белоусова, С. В. Олемской, К. А. Лощенко. – Текст: непосредственный // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. – 2010. – № 2. – С. 110-125.

3. Латышева, И. В. Региональные особенности современного климатического периода в Иркутской области / И. В. Латышева, К. А. Лощенко, С. Ж. Вологжина, А. В. Гекова. – Текст: непосредственный // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. – 2025. – № 51. – С. 19-35.

4. Лебедева, Т. В. Основные подходы к управлению сельскохозяйственным производством в зоне рискованного земледелия / Т. В. Лебедева. – Текст: непосредственный // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2004. – № 1 (1-1). – С. 72-73.

5. Агаркова, Л. В. Построение прогнозных параметров деятельности предприятий регионального АПК / Л. В. Агаркова, Т. Г. Гурнович, О. С. Берулава. – Текст: непосредственный // Региональная экономика: теория и практика. – 2016. – № 3 (426). – С. 16-27.

6. Свидетельство о государственной регистрации в реестре баз данных № 2025622858. Российская Федерация. База агрометеорологических данных для оценки условий вегетации зерновых, зернобобовых культур и кормовых трав по территории Сибири: заявл. 25.06.2025: опубл. 03.07.2025 / О. И. Пищимко, Д. С. Федоров; правообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение «Сибирский региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт» (RU). – Бюл. № 7. – Текст: непосредственный.

7. Свидетельство о государственной регистрации в реестре баз данных № 2024620977. Российская Федерация. База агрометеорологических данных для прогноза урожайности кар-

тофеля по всем категориям хозяйств Иркутской области: заявл. 20.02.2024: опубл. 01.03.2024 / О. И. Пищимко, Т. Д. Соболева; правообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение «Сибирский региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт» (RU). – Бюл. № 3. – Текст: непосредственный.

8. Свидетельство о государственной регистрации в реестре баз данных № 2024623704. Российская Федерация. База агрометеорологических данных для прогноза урожайности кормовых трав на сено по Иркутской области: заявл. 12.08.2024: опубл. 22.08.2024 / О. И. Пищимко; правообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение «Сибирский региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт» (RU). – Бюл. № 9. – Текст: непосредственный.

9. Свидетельство о государственной регистрации в реестре программ для ЭВМ № 2024667973. Российская Федерация. Программа расчёта прогноза среднеобластной урожайности картофеля по Иркутской области: заявл. 18.07.2024: опубл. 01.08.2024. / О. И. Пищимко, Д. С. Федоров, Л. В. Гарафутдинова; правообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение «Сибирский региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт» (RU). – Бюл. № 8. – Текст: непосредственный.

10. Федоров, Д. С. Цифровизация методов прогноза урожайности сельскохозяйственных культур / Д. С. Федоров, О. И. Пищимко, Л. В. Гарафутдинова. – DOI 10.26898/0370-8799-2025-1-1. – Текст: непосредственный // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2025. – № 55 (1). – С. 5-13.

11. РД 52.27.284-91. Методические указания по проведению производственных испытаний новых методов гидрометеорологических прогнозов. – Москва: Гидрометеоиздат, 1991. – Текст: непосредственный.

12. Кузнецова, К. С. Мониторинг технологического потенциала в системе обеспечения продовольственной безопасности / К. С. Кузнецова. – Текст: непосредственный // Матрица научного познания. – 2025. – № 12-2. – С. 92.

13. Иванов, Д. А. Применение математических алгоритмов при моделировании урожайности трав в пределах хозяйства / Д. А. Иванов, С. В. Архипов, К. С. Курпас. – Текст: непосредственный // Земледелие. – 2026. – № 2. – С. 18-23.

References

1. Doktrina prodovolstvennoy bezopasnosti Rossiyskoy Federatsii do 2030 goda / Pravitelstvo Rossiyskoy Federatsii. – Moskva, 2020. – 19 s. – URL: http://government.ru/docs/all/125815.

2. Latysheva, I. V. Sovremennye izmeneniya klimata na territorii Irkutskoy oblasti / I. V. Latysheva, E. P. Belousova, S. V. Olemskoy, K. A. Loshchenko // Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Nauki o Zemle. – 2010. – No. 2. – S. 110-125.

3. Latysheva, I. V. Regionalnye osobennosti sovremennogo klimaticheskogo perioda v Irkutskoy oblasti / I. V. Latysheva, K. A. Loshchenko, S. Zh. Vologzhina, A. V. Gekova // Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Nauki o Zemle. – 2025. – No. 51. – S. 19-35.

4. Lebedeva, T. V. Osnovnye podkhody k upravleniyu selskokhozyaystvennym proizvodstvom v zone riskovannogo zemledeliya / T. V. Lebedeva // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2004. – No. 1 (1-1). – S. 72-73.

5. Agarkova, L. V. Postroenie prognoznykh parametrov deyatelnosti predpriyatiy regionalnogo APK / L. V. Agarkova, T. G. Gurnovich, O. S. Berulava // Regionalnaya ekonomika: teoriya i praktika. – 2016. – No. 3 (426). – S. 16-27.

6. Svidetelstvo o gosudarstvennoy registratsii v reestre baz dannykh No. 2025622858. Rossiyskaya Federatsiya. Baza agrometeorologicheskikh dannykh dlya otsenki usloviy vegetatsii zernovykh, zernobobovykh kultur i kormovykh trav po territorii Sibiri. Zayavl. 25.06.2025. Opubl. 03.07.2025. Byul. No. 7 / O.I. Pishchimko, D.S. Fedorov; pravoobladatel Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe uchrezhdenie “Sibirskiy regionalnyy nauchno-issledovatelskiy gidrometeorologicheskiy institut”.

7. Svidetelstvo o gosudarstvennoy registratsii v reestre baz dannykh No. 2024620977. Rossiyskaya Federatsiya. Baza agrometeorologicheskikh dannykh dlya prognoza urozhaynosti kartofelya po vsem kategoriyam khozyaystv Irkutskoy oblasti. Zayavl. 20.02.2024. Opubl. 01.03.2024. Byul. No. 3 / O.I. Pishchimko, T.D. Soboleva; pravoobladatel Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe uchrezhdenie “Sibirskiy regionalnyy nauchno-issledovatelskiy gidrometeorologicheskiy institut”.

8. Svidetelstvo o gosudarstvennoy registratsii v reestre baz dannykh № 2024623704. Rossiyskaya Federatsiya. Baza agrometeorologicheskikh

dannykh dlya prognoza urozhaynosti kormovykh trav na seno po Irkutskoy oblasti. Zayavl. 12.08.2024. Opubl. 22.08.2024. Byul. No. 9 / O.I. Pishchimko; pravoobadatel Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe uchrezhdenie “Sibirskiy regionalnyy nauchno-issledovatelskiy gidrometeorologicheskiy institut”.

9. Svidetelstvo o gosudarstvennoy registratsii v reestre programm dlya EVM No. 2024667973. Rossiyskaya Federatsiya. Programma rascheta prognoza sredneoblastnoy urozhaynosti kartofelya po Irkutskoy oblasti. Zayavl. 18.07.2024. Opubl. 01.08.2024. Byul. No. 8 / O.I. Pishchimko, D.S. Fedorov, L.V. Garafutdinova; pravoobladatel Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe uchrezhdenie “Sibirskiy regionalnyy nauchno-issledovatelskiy gidrometeorologicheskiy institut”.

10. Fedorov, D. S. Tsifrovizatsiya metodov prognoza urozhaynosti selskokhozyaystvennykh kultur / D. S. Fedorov, O. I. Pishchimko, L. V. Garafutdinova // Sibirskiy vestnik selskokhozyaystvennoy nauki. – 2025. – No. 55 (1). – S. 5-13. – DOI 10.26898/0370-8799-2025-1-1.

11. RD 52.27.284-91. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu proizvodstvennykh ispytaniy novykh metodov gidrometeorologicheskikh prognozov. – Moskva: Gidrometeoizdat, 1991.

12. Kuznetsova, K. S. Monitoring tekhnologicheskogo potentsiala v sisteme obespecheniya prodovolstvennogo bezopasnosti / K. S. Kuznetsova, E. V. Lobkova // Matritsa nauchnogo poznaniya. – 2025. – No. 12-2. – S. 92-108.

13. Ivanov, D. A. Primenenie matematicheskikh algoritmov pri modelirovanii urozhaynosti trav v predelakh khozyaystva / D. A. Ivanov, S. V. Arkhipov, K. S. Kurpas // Zemledelie. – 2026. – No. 2. – S. 18-23.

✦ ✦ ✦

УДК 634.7:581.143.6
DOI: 10.53083/1996-4277-2026-265-11-25-30

Д.А. Гусев, **Г.Н. Блинова**, **Т.В. Плаксина**
D.A. Gusev, G.N. Blinova, T.V. Plaksina

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ИНДУКЦИИ РИЗОГЕНЕЗА НА РОСТ РАСТЕНИЙ СОРТОВ ЕЖЕВИКИ И МАЛИНО-ЕЖЕВИЧНЫХ ГИБРИДОВ НА ЭТАПЕ АДАПТАЦИИ *EX VITRO*

EFFECT OF RHIZOGENESIS INDUCTION METHOD ON THE GROWTH OF PLANTS OF BLACKBERRY VARIETIES AND RASPBERRY-BLACKBERRY HYBRIDS AT ADAPTATION STAGE *EX VITRO*

Ключевые слова: *ежевика, малино-ежевичный гибрид, клональное микроразмножение, укоренение in vitro, укоренение ex vitro, ризогенез, Rubus L., симультантная адаптация и укоренение.*

Традиционно в технологии клонального микроразмножения присутствуют этапы укоренения *in vitro* с последующей адаптацией *ex vitro*, что не всегда оправдано с точки зрения эффективности технологии применительно к тем или иным культурам. Цель представленных исследований – оценить особенности ризогенеза в условиях *in vitro* и *ex vitro* у 10 сортов ежевики и 3 малино-ежевичных гибридов. Индукцию ризогенеза проводили 2 способами – *in vitro* (в питательной среде) и *ex vitro* (непосредственно в субстрате). В качестве минеральной основы питательной среды в первом способе – *in vitro* применяли среды Мурасиге и Скуга и Драйвера и Куниюки в нашей модификации с добавлением индолил-3-масляной кислоты в концентрации 1 и 2 мкМ и без неё. Во втором – *ex vitro* микрочеренки высаживали в стерилизованный субстрат, предварительно смоченный раствором комплексного удобрения. Индукцию ризогенеза проводили 3 вариантами обработки. Установлено, что добавление в питательную среду ауксина негативно влияло на процесс корнеобразования. Высокая жизнеспособность растений, а также высокий уровень укоренения отмечены при симультанной (совместной) адаптации и ризогенезе *ex vitro* без обработок экзогенными ауксинами. ГОСТу по высоте (не менее 50 мм) соответствовали растения от 2 до 9%, укоренявшиеся *in vitro*. У растений, находившихся на симультанной адаптации и ризогенезе, этот показатель составил 48-58%, что показывает преимущество последнего способа перед традиционным подходом при клональном микроразмножении для изученных сортов. В эксперименте по ризогенезу *ex vitro* отмечена высокая жизнеспособность растений (от 93 до 100%), а также высокий уровень укоренения (100%).