

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, РАСТЕНИЕВОДСТВО

Научная статья

УДК 633.491:631.51:632.951

doi: 10.31774/2712-9357-2026-16-3-311-329

Сравнительный анализ эффективности применения различных способов основной обработки почв при возделывании картофеля в условиях Северо-Западного Прикаспия

Наталья Владимировна Тютюма¹, Анастасия Николаевна Бондаренко²

^{1, 2}Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук, Солёное Займище, Российская Федерация

¹tutumanv@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6582-2628>

²bondarenko-a.n@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4816-5667>

Аннотация. Цель: сравнение эффективности различных способов основной обработки почв плугом ПЛН-4-35 ($h = 0,20–0,22$ м) и ротационным культиватором РОПА ($h = 0,40–0,45$ м), а также различных инсектицидов в борьбе с проволочником. **Материалы и методы.** Полевой опыт проводили в 2023–2025 гг. на орошаемом участке Прикаспийского аграрного федерального научного центра Российской академии наук (Астраханская область). Изучались сорта картофеля Винета и Ажур, способы основной обработки почвы (отвальная вспашка ПЛН-4-35 и ротационный культиватор РОПА) и три инсектицида (Клубнещит, КС; Индикум, СП; Табу, ВСК) против проволочника. Учитывались: биологическая эффективность препаратов по динамике численности вредителя, структура урожая и экономические показатели. **Результаты.** Установлено, что при анализе клубней картофеля сорта Ажур на варианте с применением препарата Индикум, СП представленные образцы в основном были со слабым и средним повреждением. Наилучшие результаты были получены благодаря применению РОПА ($h = 0,40–0,45$ м) с использованием препарата Индикум, СП на картофеле сорта Ажур, где товарность достигла максимального значения 81,3 %. Рентабельность этого варианта обеспечила доходность 386,7 % при затратах 383,4 тыс. руб./га. **Выводы.** Если рассматривать способы основной обработки почв, преимущество имелось на участке, где был применен почвообрабатывающий агрегат РОПА ($h = 0,40–0,45$ м). В среднем прибавка к контролю в разрезе двух сортов находилась в диапазоне 21,4–24,5 т/га. На вариантах, где был применен способ основной обработки почв в виде отвальной вспашки ПЛН-4-35 ($h = 0,20–0,22$ м) с различными инсектицидами, в среднем прибавка относительно контроля находилась на уровне 13,5–25,1 т/га. При оценке биологической эффективности применения различных инсектицидов существенное снижение численности вредителя было получено на варианте с использованием препарата Индикум, СП.

Ключевые слова: картофель, сорт, обработка почв, ПЛН-4-35, РОПА, инсектициды, проволочник, биологическая эффективность, урожайность

Источник финансирования: исследования проведены в рамках тематики НИР 2025–2029 гг. (FNMW-2025-0007) «Разработать новые зональные технологии возделывания сельскохозяйственных культур с использованием адаптированных высокопродуктивных сортов и гибридов, обеспечивающие повышение объемов растениеводческой продукции, сохранение и воспроизводство плодородия светло-каштановых почв в зоне Северо-Западного Прикаспия».

Для цитирования: Тютюма Н. В., Бондаренко А. Н. Сравнительный анализ эффективности применения различных способов основной обработки почв при возделывании

вании картофеля в условиях Северо-Западного Прикаспия // Мелиорация и гидротехника. 2026. Т. 16, № 3. С. 311–329. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2026-16-3-311-329>.

GENERAL AGRICULTURE, CROP SCIENCE

Original article

Comparative analysis of the effectiveness of using various methods of basic soil tillage during potato cultivation in the North-Western Caspian region

Natalia V. Tyutyuma¹, Anastasia N. Bondarenko²

^{1, 2}Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Solenoye Zaymishche, Russian Federation

¹tutumanv@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6582-2628>

²bondarenko-a.n@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4816-5667>

Abstract. Purpose: to compare the effectiveness of various methods of basic soil cultivation with a PLN-4-35 plow ($h = 0.20\text{--}0.22$ m) and a ROPA rotary cultivator ($h = 0.40\text{--}0.45$ m), as well as various insecticides in wireworm control. **Materials and methods.** The field experiment was conducted in 2023–2025 on the irrigated plot of the Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Astrakhan region). Potato varieties Vineta and Azhur, methods of basic soil cultivation (moldboard plowing PLN-4-35 and rotary cultivator ROPA) and three insecticides (Klubneshit, KS; Indikum, SP; Tabu, VSK) against wireworms were studied. The biological effectiveness of the drugs based on the dynamics of the pest population, the yield structure and economic indicators were taken into account. **Results.** It was determined that when analyzing potato tubers of the Azhur variety using the drug Indikum, SP, the samples presented were mainly with weak and moderate damage. The best results were obtained through the use of ROPA ($h = 0.40\text{--}0.45$ m) using the drug Indikum, SP on Azhur variety potatoes, where marketability reached a maximum value of 81.3 %. The profitability of this option provided a yield of 386.7 % at a cost of 383.4 thousand rubles/ha. **Conclusions.** If to consider the methods of basic soil cultivation, there was an advantage in the area where the ROPA tillage unit was used ($h = 0.40\text{--}0.45$ m). On average, the increase over the control across the two varieties was in the range of 21.4–24.5 t/ha. In the variants where the main soil cultivation method was applied in the form of moldboard plowing PLN-4-35 ($h = 0.20\text{--}0.22$ m) with various insecticides, the average increase relative to the control was at the level of 13.5–25.1 t/ha. When assessing the biological effectiveness of the use of various insecticides, a significant reduction in the number of pests was obtained in the variant using the drug Indikum, SP.

Keywords: potato, variety, soil treatment, PLN-4-35, ROPA, insecticides, wireworm, biological effectiveness, productivity

Funding source: research was conducted within the framework of research projects 2025–2029 (FNMW-2025-0007) “Develop new zonal technologies for cultivating agricultural crops using adapted highly productive varieties and hybrids, ensuring an increase in the volume of crop production, preservation and reproduction of the light chestnut soils fertility in the North-West Caspian region”.

For citation: Tyutyuma N. V., Bondarenko A. N. Comparative analysis of the effectiveness of using various methods of basic soil tillage during potato cultivation in the North-Western Caspian region. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2026;16(3):311–329. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2026-16-3-311-329>.

Введение. Картофель повсеместно занимает лидирующее положение среди сельскохозяйственных культур благодаря своей исключительной универсальности и массовому распространению [1–3].

Обработка клубней картофеля инсектицидами (протравливание) признана одним из наиболее действенных методов контроля ряда патогенов и вредоносных организмов, поражающих картофельные посадки [4–7].

Также решающее значение при возделывании картофеля имеют обработка почв и почвенные гербициды. Так, в исследовании И. В. Сатункина рассматриваются различные способы основной обработки почвы на глубину 27–30 см: отвальная вспашка плугом ПЛН-8-35, плоскорезная обработка культиватором-плоскорезом-глубококорыхлителем КПГ-2-150, глубокое безотвальное рыхление глубококорыхлителем Gaspardo Artiglio. По итогам проведенной работы автором было доказано, что при отвальной вспашке на глубину 27–30 см плугом ПЛН-8-35 в агрегате с трактором К-701 происходят существенное сокращение сорной растительности в посадках картофеля и повышение продуктивности клубней на фоне применения препаратов Зонтран, ККР нормой 1,0 л/га, Титус 30 г/га + Тренд 90, Ж [8].

В настоящее время одной из наиболее острых проблем, стоящих перед аграрным сектором, является ущерб, причиняемый проволочником [9–11]. Эти почвенные личинки жуков-щелкунов представляют значительную угрозу для глобального сельскохозяйственного производства [12–14].

Снижение показателей урожайности картофеля настолько велико, что потери могут достигать катастрофических двух третей объема, а порой и более. Причина столь масштабных убытков кроется не в одном факторе, а в сложной комбинации взаимозависимых обстоятельств [15–18].

Для достижения максимальной урожайности, а также получения высокого товарного качества картофеля необходимо использование инсектицидов, что представляет собой эффективное решение [19–21]. Механизм действия этих средств направлен на эффективное подавление популяций

вредителей, что снижает стресс для растений и способствует формированию полноценного урожая с высоким уровнем товарности.

Так, М. Н. Шороховым в результате исследований было установлено, что инсектицид с содержанием действующего вещества имидаклоприда 20 г/кг, который вносят в почву при посадке картофеля с последующей заделкой, дает положительный эффект в борьбе с опасными вредителями, в т. ч. проволочниками¹ [22].

Актуальной проблемой для современных аграриев является поиск наиболее результативных методов борьбы с проволочником в посадках картофеля. В контексте настоящего научного исследования была осуществлена оценка биологической эффективности инсектицидов в сдерживании роста и распространения личинок проволочника (*Agriotes* spp.) при культивировании картофеля в Астраханской области.

Целью настоящих исследований было сравнение эффективности различных способов основной обработки почв: плугом ПЛН-4-35 ($h = 0,20–0,22$ м) и ротационным культиватором РОПА ($h = 0,40–0,45$ м), а также различных инсектицидов в борьбе с проволочником.

Научная новизна исследований состоит в том, что впервые для почвенно-климатических условий Северо-Западного Прикаспия разработана научно обоснованная ресурсосберегающая технология возделывания различных сортов картофеля, основанная на применении разнообразных способов основной обработки почв и современных агрохимических средств защиты растений.

Материалы и методы. В рамках научно-исследовательской работы с использованием метода расщепленных делянок был проведен трехфакторный полевой опыт с различными сортами картофеля.

Опыты с картофелем предусматривали проведение защитных меро-

¹Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. М., 2023. 875 с.

приятый для борьбы с вредителями (проволочником). Площадь одной учетной делянки – 50 м², площадь под одним вариантом – 150 м². Густота посадки – 47,0 тыс. шт./га.

В полевом опыте фактор А – сорта картофеля: раннеспелый Винета, среднеранний Ажур.

Фактор В – способы основной обработки почв (ПЛН-4-35 на глубину 23 см; РОПА ($h = 0,40–0,45$ м)).

Фактор С – инсектициды: Клубнещит, КС; Индикум, СП; Табу, ВСК²:

- вариант 1 – контроль (обработка водой);

- вариант 2 – Клубнещит, КС. Норма расхода 60–100 мл на 1 л воды. Расход рабочего раствора 1 л на 60–100 кг посадочного материала. Способ обработки – однократное опрыскивание рабочим раствором препарата посадочного материала (клубней картофеля) перед посадкой. Аналогом изучаемого препарата является Престиж, КЭ;

- вариант 3 – Индикум, СП. Норма расхода 3,0–4,5 л/га на 1 т семенного материала. Расход рабочей жидкости – 350 л/га. Аналогом изучаемого препарата является Ровраль, СП;

- вариант 4 – Табу, ВКС. Расход препарата 8 мл на 1 л воды. Расход рабочей жидкости 1 л на 100 кг клубней. Аналогом изучаемого препарата является Имидалит, ТПС.

Объекты исследований – Винета, Ажур. Винета – раннеспелый сорт столового назначения. Клубень овально-округлый. Кожица желтая. Мякоть светло-желтая. Масса товарного клубня 67–95 г. Регионы допуска: Северо-Кавказский, Средневолжский. Ажур – среднеранний столовый сорт с красивыми овальными клубнями товарного вида, хорошо хранится. Период созревания 70–80 дней. Регион допуска – Центральный.

Представим материал изучения. Клубнещит, КС – инсектофунгицид-

²Методические указания по проведению регистрационных испытаний агрохимикатов в сельском хозяйстве: произв.-практ. изд. М.: Росинформагротех, 2024. 308 с.

ный протравитель. Имеет двухкомпонентный состав, действующие вещества из двух разных химических классов (мочевины + неоникотиноиды). Предусмотренная норма расхода препарата 60–100 мл на 1 л воды. Расход рабочего раствора 1 л на 60–100 кг посадочного материала. Способ обработки – однократное опрыскивание рабочим раствором препарата посадочного материала (клубней картофеля) перед посадкой.

Индикум, СП – трехкомпонентный инсектофунгицидный протравитель клубней картофеля. Действующие вещества – ипродион, 133 г/л, имидаклоприд, 100 г/л, дифеноконазол, 6,7 г/л. Препарат одновременно применяется и как защита от болезней и вредителей, и как обеззараживание клубней и почвы, и как защита проростков благодаря комплексу действующих веществ с системным и контактным действием. Норма расхода препарата 3,0–4,5 л/га. Расход рабочей жидкости – 350 л/га.

Табу, ВСК – водно-суспензионный базовый инсектицидный системный протравитель семян и клубней сельскохозяйственных культур. Действующее вещество – имидаклоприд, 500 г/л. Расход препарата 8 мл на 1 л воды. Расход рабочей жидкости 1 л на 100 кг клубней.

Для выполнения поставленных задач проводились полевые учеты, наблюдения и измерения с использованием: методики опытного дела в растениеводстве С. С. Литвинова³ (2011 г.); «Методики государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» (2015 г.)⁴; «Методического руководства по проведению регистрационных испытаний регуляторов роста растений, дефолиантов и десикантов в сельском хозяйстве» (2016 г.)⁵;

³Литвинов С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М.: ВНИИ овощеводства, 2011. 650 с. EDN: VVLERZ.

⁴Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 4. Картофель, овощные и бахчевые культуры. М.: Минсельхоз России, 2015. 61 с.

⁵Методическое руководство по проведению регистрационных испытаний регуляторов роста растений, дефолиантов и десикантов в сельском хозяйстве: произв.-практ. изд. / В. Г. Сычев, О. А. Шаповал, И. П. Можарова, Т. М. Веревкина, М. Т. Мухина, А. А. Коршунов, А. С. Лазарева, Т. Ю. Грабовская, Е. Л. Веревкин. М.: Росинформагро-тех, 2016. 216 с.

«Методических указаний по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, феромонов, моллюскоцидов и родентицидов в растениеводстве» (2022 г.)⁶; «Методических указаний по регистрационным испытаниям пестицидов в части биологической эффективности» (2024 г.)⁷; «Методических указаний по проведению регистрационных испытаний агрохимикатов в сельском хозяйстве» (2024 г.)².

Учеты при исследовании инсектицидов: учет до опрыскивания; учет на 3-и сутки после обработки; учет на 14-е сутки после обработки.

Для расчета биологической эффективности применялась формула:

$$\Theta = \frac{K - O}{K} \times 100, \quad (1)$$

где Θ – эффективность, выраженная процентом снижения численности вредителя, %;

K – число живых особей на контроле для данного срока учета, шт./м²;

O – число живых особей в опыте для данного срока учета, шт./м².

В тех случаях, когда не представляется возможным точно установить количество погибших насекомых, эффективность определяется по формуле Аббота:

$$\Theta = \frac{A - B}{A} \times 100, \quad (2)$$

где Θ – эффективность, выраженная процентом снижения численности, %;

A – средняя численность насекомых до обработки, шт./м²;

B – средняя численность насекомых после обработки, шт./м².

Влияние исследуемого препарата на рост и развитие растений кар-

⁶Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, феромонов, моллюскоцидов и родентицидов в растениеводстве / В. И. Долженко [и др.]; под ред. В. И. Долженко; М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации. М.: Росинформротех, 2022. 504 с. EDN: NABLMM.

⁷Методические указания по регистрационным испытаниям пестицидов в части биологической эффективности. Общая часть (утв. Науч.-техн. советом Минсельхоза России, протокол от 8 мая 2024 г. № 12). 2024. 63 с.

тофеля оценивалось по следующим параметрам: средний размер клубня; масса клубня; фракции; урожайность; товарность, %.

Экономическая эффективность возделывания изучаемых сортов рассчитана согласно технологической карте и методическим рекомендациям^{8,9}.

Математическая обработка данных проведена методом дисперсионного анализа по методике Б. А. Доспехова¹⁰.

Агрохимический анализ образцов из пахотного горизонта светло-каштановой солонцеватой почвы, отобранных с опытного участка, позволил установить ряд параметров, оказывающих существенное влияние на продуктивность картофеля.

В частности, было отмечено низкое содержание органического вещества (гумуса) на уровне 0,6 % и нейтральное значение рН (7,05). При этом, несмотря на высокие концентрации подвижных форм фосфора (241,0 мг/кг) и калия (257,8 мг/кг), дефицит гумуса может выступать лимитирующим фактором для их эффективного поглощения растениями, тем самым снижая общую эффективность минерального питания.

Результаты и обсуждение. В период с 2023 по 2025 г. в среднем за каждый вегетационный сезон осуществлялся 21 полив нормой 250 м³/га. Анализ водного баланса за весь вегетационный период дал следующие результаты. Общее водопотребление составило 5947,0 м³/га (100 %), из него оросительная норма 5250,0 м³/га (88,3 %). Доля осадков за вегетацию составила 570,0 м³/га (9,6 %), а водопотребление из почвенных запасов – 127,0 м³/га (2,1 %).

⁸Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники / А. В. Шпилько [и др.]. Ч. 1. М.: РИЦ ГОСНИТИ, 1998. 219 с. EDN: QRMFUZ.

⁹Эффективность сельскохозяйственного производства: метод. рекомендации / И. Г. Ушачев [и др.]. М.: Росинформагротех, 2013. 228 с. EDN: TRWZGZ.

¹⁰Доспехов Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с. EDN: ZJQBUD.

По результатам проведенных учетов и наблюдений было установлено, что исходная численность проволочника на опытных делянках (на примере сорта Ажур) до протравливания клубней перед посадкой находилась на уровне 4–5 шт./м².

При оценке биологической эффективности применения различных инсектицидов в борьбе с проволочником было установлено, что снижение численности относительно исходной с поправкой на контроль на 3-и сутки после обработки на варианте с применением инсектицида Клубнещит, КС составляло 59,1 %. На варианте с применением препарата Табу, ВКС – 60,8 %. При этом максимальное снижение 87,8 % было получено на варианте с использованием препарата Индикум, СП.

На 7-е сутки после обработки минимальное количество вредителей на 1 м² было зафиксировано на варианте с использованием инсектицида Индикум, СП. Снижение на данном варианте было максимальным в изучении и составило 97,0 %. На вариантах с использованием препаратов Клубнещит, КС и Табу, ВКС снижение находилось в диапазоне 81,7–89,0 % (таблица 1).

На 14-е сутки после обработки снижение по выделившемуся, перспективному варианту составляло уже 96,4 %, что доказало его высокую биологическую эффективность. Вариант, где был использован Клубнещит, КС, уступал на 4,8 % препарату Индикум, СП, а вариант с применением Табу, ВКС – на 10 % (см. таблицу 1). Анализ итогов проведенных исследований, посвященных возделыванию различных сортов картофеля с использованием разнообразных способов обработки почв, показал существенное преимущество варианта с обработкой препаратом Индикум, КС.

Также важно отметить, что из вариантов способов основной обработки почв преимущество имелось у варианта, где был применен почвообрабатывающий агрегат РОПА ($h = 0,40–0,45$ м). В среднем прибавка к контролю в разрезе двух сортов находилась в диапазоне 21,4–24,5 т/га.

Таблица 1 – Биологическая эффективность инсектицидов в борьбе с проволочником (*Agriotes* spp.) в посадках картофеля при основной обработке почв рабочим органом РОПА ($h = 0,40–0,45$ м) (на примере сорта Ажур), среднее за 2023–2025 гг.

Table 1 – Biological effectiveness of insecticides in controlling wireworms (*Agriotes* spp.) in potato crops during basic soil cultivation using the ROPA implement ($h = 0.40–0.45$ m) (using the Azhur variety as an example), average for 2023–2025

Вариант опыта	Повторность	Среднее число вредителей на 1 м², шт.				Снижение численности относительно исходной с поправкой на контроль после обработки по суткам учетов, %		
		До обработки	После обработки по суткам учетов					
			3-и	7-е	14-е	3-и	7-е	14-е
Контроль	1	4	4	9	13	—	—	—
	2	5	6	7	13	—	—	—
	3	6	8	8	14	—	—	—
	4	3	5	9	16	—	—	—
	Среднее	5	6	8	14	—	—	—
Клубнещит, КС	1	4	2	1	1	50,0	89,0	92,3
	2	5	2	1	2	66,7	85,7	84,6
	3	4	3	1	1	43,8	81,3	89,3
	4	5	2	0	0	76,0	100	100
	Среднее	4	2	1	1	59,1	89,0	91,6
Индикум, СП	1	5	1	0	0	80,0	100	100
	2	6	1	1	0	86,1	88,1	100
	3	3	0	0	1	100	100	85,7
	4	4	1	0	0	85,0	100	100
	Среднее	5	1	0	0	87,8	97,0	96,4
Табу, ВКС	1	3	2	2	2	33,3	70,4	79,5
	2	4	2	1	2	58,3	82,1	80,8
	3	6	1	1	1	87,5	87,5	92,9
	4	5	3	2	2	64,0	86,7	92,5
	Среднее	5	2	2	2	60,8	81,7	86,4

На вариантах, где был применен такой способ основной обработки почв, как отвальная вспашка ПЛН-4-35 ($h = 0,20\text{--}0,22$ м), с различными инсектицидами, в среднем прибавка относительно контроля находилась на уровне от 13,5 до 25,1 т/га.

Среди сортообразцов картофеля высокоурожайным оказался сорт Ажур с биологической урожайностью 76,5 т/га на варианте основной обработки почв рабочим органом РОПА ($h = 0,40\text{--}0,45$ м) с использованием инсектицида Индикум, КС. Высота растений на данном варианте составляла 122,6 см, общая масса клубней с одного растения была равна 1628,6 г при средней массе клубня 125,3 г. Товарная урожайность находилась на уровне 62,2 т/га.

Благодаря использованию препарата Индикум, КС в борьбе с проволочником в посадках картофеля у сорта Ажур существенно увеличилась товарность клубней, которая оказалась максимальной в изучении и составила 81,3 % на варианте с использованием РОПА ($h = 0,40\text{--}0,45$ м).

При оценке двух сортов в среднем по всем вариантам опыта биологическая урожайность сорта картофеля Ажур на 7,6 т/га превышала такую у сорта картофеля Винета. Товарная урожайность – на 7,1 т/га (таблица 2).

Главными показателями оценки экономической эффективности применения различных способов основной обработки почв и инсектицидов в борьбе с проволочником в посадках картофеля явились: снижение затрат труда, денежных вложений на борьбу с вредителем и себестоимость полученных клубней.

Анализ экономической эффективности, проведенный по уровню рентабельности, показал существенное преимущество варианта с применением препарата Индикум, СП.

Таблица 2 – Элементы структуры урожая картофеля разных сортов в зависимости от вариантов обработки, среднее за 2023–2025 гг.

Table 2 – Structure elements of different potato varieties yield depending on processing options, average for 2023–2025

Сорт (фактор А)	Способ основной обработки почвы (фактор В)	Инсектицид (фактор С)	Показатель												
			Высота расте- ний, см	Количество клубней, шт.			Масса клубней, г			Общая масса клубней с 1 рас- тения, г	Средняя масса клубня с 1 рас- тения, г	Биологическая урожайность, т/га	Товарная урожайность, т/га	Товарность, %	Прибавка (био- логическая), ± к контролю, т/га
				крупных	средних	мелких	крупных	средних	мелких						
Винета	Отвальная вспашка (ПЛН-4-35), h = 0,20–0,22 м	Контроль	72,2	1,0	4,0	5,0	110,1	343,1	286,7	739,9	74,0	34,8	21,3	61,3	–
		Клубнещит, КС	76,5	2,0	4,0	6,0	244,2	379,9	310,6	934,7	77,9	43,9	29,3	66,8	9,1
		Индикум, СП	76,9	2,0	5,0	5,0	327,3	408,3	347,2	1082,8	90,2	50,9	34,6	68,0	16,1
		Табу, ВКС	75,2	2,0	5,0	6,0	262,3	431,2	371,9	1065,4	82,0	50,1	32,6	65,1	15,3
	Рабочий орган РОПА, h = 0,40–0,45 м	Контроль	71,6	1,0	5,0	7,0	109,5	378,2	338,0	825,7	73,5	38,8	22,9	59,1	–
		Клубнещит, КС	72,7	4,0	5,0	6,0	441,4	420,3	444,0	1305,7	87,0	61,4	40,5	66,0	22,6
		Индикум, СП	60,4	5,0	5,0	4,0	548,2	408,8	272,5	1229,5	87,8	57,8	45,0	78,0	19,0
		Табу, ВКС	55,1	5,0	6,0	5,0	539,3	526,4	240,7	1306,4	81,7	61,4	50,1	81,6	22,6
Ажур	Отвальная вспашка (ПЛН-4-35), h = 0,20–0,22 м	Контроль	85,4	1,0	3,0	5,0	111,0	260,0	341,4	712,4	79,2	33,5	17,4	52,1	–
		Клубнещит, КС	91,3	3,0	5,0	7,0	347,5	428,4	366,6	1142,5	80,2	53,7	36,5	68,0	20,2
		Индикум, СП	95,7	4,0	5,0	7,0	555,9	467,1	395,9	1418,9	88,7	66,7	48,1	72,1	33,2
		Табу, ВКС	82,6	4,0	3,0	6,0	546,8	272,2	361,3	1180,3	90,8	55,5	38,5	70,0	22,0
	Рабочий орган РОПА, h = 0,40–0,45 м	Контроль	95,8	1,0	5,0	7,0	133,3	435,9	378,2	947,4	82,9	44,5	26,8	60,1	–
		Клубнещит, КС	117,0	4,0	6,0	4,0	546,8	516,5	278,7	1342,0	95,9	63,1	50,0	80,0	18,6
		Индикум, СП	120,6	5,0	4,0	4,0	974,1	350,3	304,2	1628,6	125,3	76,5	62,2	81,3	32,0
		Табу, ВКС	113,5	4,0	4,0	4,0	792,7	343,1	296,7	1432,5	119,4	67,3	53,4	80,0	22,8
Фактор А: НСР ₀₅											1,7				
Фактор В: НСР ₀₅											2,4				
Фактор С: НСР ₀₅											1,6				
Фактор АВ: НСР ₀₅											5,3				
Фактор АС: НСР ₀₅											7,6				
Фактор ВС: НСР ₀₅											6,3				

В разрезе двух сортов преимущество по показателю чистого дохода в расчете на 1 га было у сорта картофеля Ажур (таблица 3). При отвальной вспашке (ПЛН-4-35), $h = 0,20\text{--}0,22$ м, чистый доход составлял 1073,5 тыс. руб./га, при основной обработке почв рабочим органом РОПА ($h = 0,40\text{--}0,45$ м) с использованием препарата Индикум, СП чистый доход составлял 1482,6 тыс. руб./га.

Экономическая оценка применения инсектицидов при возделывании различных сортов картофеля, проведенная с учетом сложившейся цены на выращенную продукцию, свидетельствовала об их высокой эффективности.

Самый низкий показатель себестоимости 6,2 тыс. руб./т из всех вариантов, находящихся в изучении, был получен у сорта картофеля Ажур на варианте основной обработки почвы рабочим органом РОПА, $h = 0,40\text{--}0,45$ м, с применением инсектицида Индикум, СП.

Рентабельность производства по данному варианту также была максимальной и составляла 386,7 % при товарной урожайности 62,2 т/га и затратах на производство 383,4 тыс. руб./га.

При отвальной вспашке (ПЛН-4-35), $h = 0,20\text{--}0,22$ м, препараты Клубнещит, КС и Табу, ВКС были менее результативными по всем сортам, представленным в исследовании (см. таблицу 3).

Выводы. Если рассматривать способы основной обработки почв, преимущество имелось на участке, где был применен почвообрабатывающий агрегат РОПА ($h = 0,40\text{--}0,45$ м), по всем вариантам опыта. В среднем прибавка к контролю в разрезе двух сортов находилась в диапазоне 21,4–24,5 т/га. На вариантах, где был применен такой способ основной обработки почв, как отвальная вспашка ПЛН-4-35 ($h = 0,20\text{--}0,22$ м), с различными инсектицидами, в среднем прибавка относительно контроля находилась на уровне от 13,5 до 25,1 т/га.

Таблица 3 – Экономическая эффективность возделывания сортов картофеля с использованием инсектицидов, Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук, среднее за 2023–2025 гг.

Table 3 – Economical efficiency of cultivating potato varieties using insecticides, Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Science, average for 2023–2025

Сорт (фактор А)	Способ основной обработки почвы (фактор В)	Инсектицид (фактор С)	Товарная урожай- ность, т/га	Общие затраты, тыс. руб./га	Себестои- мость, тыс. руб./т	Стоимость реализованной продукции, тыс. руб./т	Чистый доход, тыс. руб./га	Рентабель- ность, %
Вине- та	Отвальная вспашка (ПЛН-4-35), $h = 0,20-0,22$ м	Контроль	21,3	342,5	16,1	639,0	296,5	86,6
		Клубнещит, КС	29,3	350,5	12,0	879,0	528,5	150,8
		Индикум, СП	34,6	355,8	10,3	1038,0	682,2	191,7
		Табу, ВКС	32,6	353,8	10,9	978,0	624,2	176,4
	Рабочий орган РОПА, $h = 0,40-0,45$ м	Контроль	22,9	344,1	15,0	687,0	342,9	99,7
		Клубнещит, КС	40,5	362,7	9,0	1215,0	852,3	235,0
		Индикум, СП	45,0	366,5	8,1	1350,0	983,5	268,3
		Табу, ВКС	50,1	371,3	7,4	1503,0	1131,7	304,8
Ажур	Отвальная вспашка (ПЛН-4-35), $h = 0,20-0,22$ м	Контроль	17,4	338,6	19,5	522,0	183,4	54,2
		Клубнещит, КС	36,5	357,7	9,8	1095,0	737,3	206,1
		Индикум, СП	48,1	369,5	7,7	1443,0	1073,5	290,5
		Табу, ВКС	38,5	359,7	9,3	1155,0	795,3	221,1
	Рабочий орган РОПА, $h = 0,40-0,45$ м	Контроль	26,8	348,0	13,0	804,0	456,0	131,0
		Клубнещит, КС	50,0	371,2	7,4	1500,0	1129,0	304,3
		Индикум, СП	62,2	383,4	6,2	1866,0	1482,6	386,7
		Табу, ВКС	53,4	374,6	7,0	1602,0	1227,4	327,7
Цена реализации 30 руб./кг.								

При оценке биологической эффективности применения различных инсектицидов в борьбе с проволочником в посадках картофеля было установлено, что существенное снижение численности вредителя относительно исходной с поправкой на контроль было получено на варианте с использованием препарата Индикум, СП. К 14-м суткам после обработки биологическая эффективность препарата составляла 96,4 %.

Список источников

1. Визирская М. М., Аканова Н. И., Федотова Л. С. Эффективность приемов повышения продуктивности картофеля // Международный сельскохозяйственный журнал. 2021. № 5(383). С. 111–116. DOI: 10.24412/2587-6740-2021-5-111-116. EDN: ANG CXJ.
2. Кудачова М. М., Омарова А. О., Гимбатов А. Ш. Инновационные приемы ресурсосберегающей технологии возделывания картофеля в равнинной зоне Дагестана // Вестник АПК Ставрополя. 2020. № 1(37). С. 67–70. DOI: 10.31279/2222-9345-2020-9-37-67-70. EDN: CDDJAL.
3. Стимуляторы роста и фунгициды при возделывании и хранении картофеля / А. А. Молявко, Н. П. Борисова, А. В. Марухленко, Н. М. Белоус, В. Е. Ториков // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 2(78). С. 15–19. EDN: CLNTAI.
4. Совершенствование ассортимента средств борьбы с вредителями растений в XXI веке / В. И. Долженко, Г. И. Сухорученко, Л. А. Буркова, Г. П. Иванова, Т. И. Васильева, О. В. Долженко, А. Б. Лаптиева // Агрохимия. 2021. № 1. С. 31–40. DOI: 10.31857/S000218812101004X. EDN: LJMMRO.
5. Долженко В. И., Лаптиева А. Б. Современный ассортимент средств защиты растений: биологическая эффективность и безопасность // Плодородие. 2021. № 3(120). С. 71–75. DOI: 10.25680/S19948603.2021.120.13. EDN: ZUQONQ.
6. Влияние различной пестицидной нагрузки на развитие фитофтороза и альтернариоза картофеля в Центральном регионе России / М. К. Деревягина, Г. Л. Белов, С. В. Васильева, В. Н. Зейрук // Аграрный научный журнал. 2022. № 9. С. 18–23. DOI: 10.28983/asj.y2022i9pp18-23. EDN: QLANIT.
7. Дзедаев Х. Т., Газданова И. О., Бекмурзов Б. В. Биологическая борьба с фитофторозом картофеля, вызываемым *Phytophthora infestans* // Аграрный вестник Урала. 2023. Т. 23, № 9. С. 2–10. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-09-2-10. EDN: HRYFZP.
8. Сатункин И. В. Влияние способа основной обработки почвы и регламента применения гербицидов на снижение засоренности посадок и продуктивность картофеля при капельном орошении // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 1(81). С. 53–58. EDN: IMGXYT.
9. Comparison of chemical and biological wireworm control options in Serbian sunflower fields and a proposition for a refined wireworm damage assessment / S. Gvozdenac, Ž. Milovac, St. Vidal, Z. Crvenković, I. Papuga, F. Franeta, J. Ovuka, S. Cvejić // Agronomy. 2022. Vol. 12, № 12(4). P. 2–21. DOI: 10.3390/agronomy12040758. EDN: IGWPBF.
10. Managing wireworms in Florida sweet potatoes / R. Hochmuth, D. Seal, N. Leppla, D. Fenneman, Rh. Broughton, A. Baniya // EDIS. 2021. № 6. P. 32–47. DOI: 10.32473/edis-IN1339-2021. EDN: LUMOMF.
11. Выявление устойчивых к фитофторозу гибридов картофеля с использовани-

ем маркеров R-генов и искусственного заражения / О. Г. Казаков, О. Б. Поливанова, М. К. Деревягина, В. А. Бирюкова, С. К. Темирбекова // Овощи России. 2025. № 6. С. 146–153. DOI: 10.18619/2072-9146-2025-6-146-153. EDN: UVLPYS.

12. Alternative strategies for controlling wireworms in field crops: A review / S. Poggi, R. Le Cointe, M. Plantegenest, J. Lehmhus, L. Furlan // Agriculture. 2021. Vol. 11, № 436. P. 2–30. DOI: 10.3390/agriculture11050436. EDN: VVDRWY.

13. Effects of organic amendments and cover crops on soil characteristics and potato yields / T. Rittl, Fr. Grønmyr, I. Bakken, A.-K. Løes // Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science. 2023. Vol. 73. P. 13–26. DOI: 10.1080/09064710.2023.2165963. EDN: XHHAPA.

14. Pellegrino A., Woodley A., Huseth A. Understanding the relationship between wireworm (Coleoptera: Elateridae) damage, varietal resistance, and cover crop use in organic sweet potato // Journal of Economic Entomology. 2021. Vol. 114, iss. 5. P. 2127–2134. DOI: 10.1093/jee/toab118. EDN: DEYCWF.

15. Efficacy of naturally occurring and commercial entomopathogenic nematodes against sugar beet wireworm (Coleoptera: Elateridae) / A. Nikoukar, P. Ensafi, E. Lewis, D. Crowder, A. Rashed // Journal of Economic Entomology. 2021. Vol. 114, iss. 5. P. 2241–2244. DOI: 10.1093/jee/toab140. EDN: MTTRHU.

16. Kołodziejczyk M., Gwóźdź K. Effect of plant growth regulators on potato tuber yield and quality // Plant, Soil and Environment. 2022. № 8(68). P. 375–381. DOI: 10.17221/215/2022-PSE. EDN: JSJPIL.

17. Preventive field application of *Metarhizium brunneum* in cover crops for wireworm control / L. Reinbacher, S. Bacher, F. Knecht, Ch. Schweizer, T. Sostizzo, G. Grabenweger // Crop Protection. 2021. № 150. P. 40–58. DOI: 10.1016/j.cropro.2021.105811. EDN: VYACKK.

18. Distribution of pest wireworm (Coleoptera: Elateridae) species in Alberta, Saskatchewan, and Manitoba (Canada) / W. G. van Herk, R. S. Vernon, T. J. Labun, M. H. Sevcik, T. D. Schwinghamer // Environmental Entomology. 2021. № 50. P. 663–672. DOI: 10.1093/ee/nvab006. EDN: JNFYJA.

19. Газданова И. О., Дзедаев Х. Т., Моргоев Т. А. Биологическая защита картофеля в Республике Северная Осетия – Алания // Вестник КрасГАУ. 2022. № 1(178). С. 76–82. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-1-76-82. EDN: MVYNMA.

20. Гериева Ф. Т., Газданова И. О. Эффективность применения перспективных биопрепаратов нового поколения в условиях Северо-Кавказского региона // Аграрный вестник Урала. 2021. № 3(206). С. 2–9. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-206-03-2-9. EDN: VMTTIL.

21. Разработка мер борьбы с проволочниками на картофеле с использованием микробиологических препаратов и горчицы белой / С. А. Доброхотов, А. И. Анисимов, Л. Г. Данилов, Г. Р. Леднев // Вестник защиты растений. 2014. № 3. С. 25–33. EDN: TAWNAAZ.

22. Шорохов М. Н., Долженко О. В., Долженко В. И. Новое средство защиты картофеля от проволочников // Плодородие. 2022. № 5. С. 46–48. DOI: 10.25680/S19948603.2022.128.12. EDN: FQAWVU.

References

1. Vizirskaya M.M., Akanova N.I., Fedotova L.S., 2021. *Effektivnost' priemov povysheniya produktivnosti kartofelya* [The efficiency of the methods of increasing potato productivity]. *Mezhdunarodnyy sel'skokhozyaystvennyy zhurnal* [International Agricultural Journal], no. 5(383), pp. 111-116, DOI: 10.24412/2587-6740-2021-5-111-116, EDN: ANGCTXJ. (In Russian).

2. Kudakhova M.M., Omarova A.O., Gimbatov A.Sh., 2020. *Innovatsionnye priemy resursosberegayushchey tekhnologii vozdel'nyaniya kartofelya v ravninnoy zone Dagestana* [Innovative methods of resource-saving potato cultivation technology in plain zone of Dagestan]. *Vestnik APK Stavropol'ya* [Agricultural Bulletin of Stavropol Region], no. 1(37), pp. 67-70, DOI: 10.31279/2222-9345-2020-9-37-67-70, EDN: CDDJAL. (In Russian).

3. Molyavko A.A., Borisova N.P., Marukhlenko A.V., Belous N.M., Torikov V.E., 2020. *Stimulyatory rosta i fungitsidy pri vozdel'yvanii i khranении kartofelya* [Growth stimulants and fungicides in the potatoes cultivation and storage]. *Vestnik Bryanskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* [Bulletin of Bryansk State Agricultural Academy], no. 2(78), pp. 15-19, EDN: CLNTAI. (In Russian).

4. Dolzhenko V.I., Sukhoruchenko G.I., Burkova L.A., Ivanova G.P., Vasilyeva T.I., Dolzhenko O.V., Laptiev A.B., 2021. *Sovershenstvovanie assortimenta sredstv bor'by s vreditelyami rasteniy v XXI veke* [Improving the range of plant pest control products in the 21st century]. *Agrokimiya* [Agrochemistry], no. 1, pp. 31-40, DOI: 10.31857/S000218812101004X, EDN: LJMMRO. (In Russian).

5. Dolzhenko V.I., Laptiev A.B., 2021. *Sovremennyy assortiment sredstv zashchity rasteniy: biologicheskaya effektivnost' i bezopasnost'* [Modern range of plant protection means: biological efficiency and safety]. *Plodorodie* [Fertility], no. 3(120), pp. 71-75, DOI: 10.25680/S19948603.2021.120.13, EDN: ZUQONQ. (In Russian).

6. Derevyagina M.K., Belov G.L., Vasilyeva S.V., Zeyruk V.N., 2022. *Vliyanie razlichnoy pestitsidnoy nagruzki na razvitie fitoftoroza i al'ternarioza kartofelya v Tsentral'nom regione Rossii* [The influence of various pesticide loads on the development of late blight and potato alternariosis in the Central region of Russia]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal* [Agrarian Scientific Journal], no. 9, pp. 18-23, DOI: 10.28983/asj.y2022i9pp18-23, EDN: QLAHIT. (In Russian).

7. Dzedaev Kh.T., Gazdanova I.O., Bekmurzov B.V., 2023. *Biologicheskaya bor'ba s fitoftorozom kartofelya, vyzyvaemym Phytophthora infestans* [Biological control of Phytophthora infestans in potatoes]. *Agrarnyy vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals], vol. 23, no. 9, pp. 2-10, DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-09-2-10, EDN: HRYFZP. (In Russian).

8. Satunkin I.V., 2020. *Vliyanie sposoba osnovnoy obrabotki pochvy i reglamenta primeneniya gerbitsidov na snizhenie zasorennosti posadok i produktivnost' kartofelya pri kapel'nom oroshenii* [The effect of the basic tillage method and the regulations for the use of herbicides on the reduction of crops weed infestation and on potato yields under drip irrigation]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Orenburg State Agrarian University], no. 1(81), pp. 53-58, EDN: IMGXYT. (In Russian).

9. Gvozdenac S., Milovac Ž., Vidal St., Crvenković Z., Papuga I., Franeta F., Ovuka J., Cvejić S., 2022. Comparison of chemical and biological wireworm control options in Serbian sunflower fields and a proposition for a refined wireworm damage assessment. *Agronomy*, vol. 758, no. 12(4), pp. 2-21, DOI: 10.3390/agronomy12040758, EDN: IGWPBF.

10. Hochmuth R., Seal D., Leppla N., Fenneman D., Broughton Rh., Baniya A., 2021. Managing wireworms in Florida sweet potatoes. *EDIS*, no. 6, pp. 32-47, DOI: 10.32473/edis-IN1339-2021, EDN: LUMOMF.

11. Kazakov O.G., Polivanova O.B., Derevyagina M.K., Biryukova V.A., Temirbekova S.K., 2025. *Vyyavlenie ustoychivyykh k fitoftoroze gibridov kartofelya s ispol'zovaniem markerov R-genov i iskusstvennogo zarazheniya* [Identification of potato hybrids resistant to late blight using R-gene markers and artificial infection]. *Ovoshchi Rossii* [Vegetable Crops of Russia], no. 6, pp. 146-153, DOI: 10.18619/2072-9146-2025-6-146-153, EDN: UVLPYS. (In Russian).

12. Poggi S., Le Cointe R., Plantegenest M., Lehmkus J., Furlan L., 2021. Alternative strategies for controlling wireworms in field crops: A review. *Agriculture*, vol. 11, no. 436, pp. 2-30, DOI: 10.3390/agriculture11050436, EDN: VVDRWY.

13. Rittl T., Grønmyr Fr., Bakken I., Løes A.-K., 2023. Effects of organic amendments and cover crops on soil characteristics and potato yields. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*, vol. 73, pp. 13-26, DOI: 10.1080/09064710.2023.2165963, EDN: XHHAPA.

14. Pellegrino A., Woodley A., Huseeth A., 2021. Understanding the relationship between wireworm (Coleoptera: Elateridae) damage, varietal resistance, and cover crop use in organic sweet potato. *Journal of Economic Entomology*, vol. 114, iss. 5, pp. 2127-2134, DOI: 10.1093/jee/toab118, EDN: DEYCWF.

15. Nikoukar A., Ensafi P., Lewis E., Crowder D., Rashed A., 2021. Efficacy of naturally occurring and commercial entomopathogenic nematodes against sugar beet wireworm (Coleoptera: Elateridae). *Journal of Economic Entomology*, vol. 114, iss. 5, pp. 2241-2244, DOI: 10.1093/jee/toab140, EDN: MTTRHU.

16. Kołodziejczyk M., Gwóźdź K., 2022. Effect of plant growth regulators on potato tuber yield and quality. *Plant, Soil and Environment*, no. 8(68), pp. 375-381, DOI: 10.17221/215/2022-PSE, EDN: JSJPIL.

17. Reinbacher L., Bacher S., Knecht F., Schweizer Ch., Sostizzo T., Grabenweger G., 2021. Preventive field application of *Metarhizium brunneum* in cover crops for wireworm control. *Crop Protection*, no. 150, pp. 40-58, DOI: 10.1016/j.cropro.2021.105811, EDN: VYACKK.

18. Van Herk W.G., Vernon R.S., Labun T.J., Sevcik M.H., Schwinghamer T.D., 2021. Distribution of pest wireworm (Coleoptera: Elateridae) species in Alberta, Saskatchewan, and Manitoba (Canada). *Environmental Entomology*, no. 50, pp. 663-672, DOI: 10.1093/ee/nvab006, EDN: JNFYJA.

19. Gazdanova I.O., Dzedaev Kh.T., Morgoev T.A., 2022. *Biologicheskaya zashchita kartofelya v Respublike Severnaya Osetiya – Alaniya* [Potato biological protection in the Republic of North Ossetia – Alania]. *Vestnik KrasGAU* [Bulletin of KrasSAU], no. 1(178), pp. 76-82, DOI: 10.36718/1819-4036-2022-1-76-82, EDN: MVYNMA. (In Russian).

20. Gerieva F.T., Gazdanova I.O., 2021. *Effektivnost' primeneniya perspektivnykh biopreparatov novogo pokoleniya v usloviyakh Severo-Kavkazskogo regiona* [Efficiency of using promising new-generation biopreparations in the North Caucasus region]. *Agrarnyy vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals], no. 3(206), pp. 2-9, DOI: 10.32417/1997-4868-2021-206-03-2-9, EDN: VMTTIL. (In Russian).

21. Dobrokhov S.A., Anisimov A.I., Danilov L.G., Lednev G.R., 2014. *Razrabotka mer bor'by s provolochnikami na kartofele s ispol'zovaniem mikrobiologicheskikh preparatov i gorchitsy beloy* [Development of wireworm control on potato fields using microbiological preparations and white mustard]. *Vestnik zashchity rasteniy* [Bulletin of Plant Protection], no. 3, pp. 25-33, EDN: TAWNAZ. (In Russian).

22. Shorokhov M.N., Dolzhenko O.V., Dolzhenko V.I., 2022. *Novoe sredstvo zashchity kartofelya ot provolochnikov* [New means of potato protection against pests]. *Plodородie* [Fertility], no. 5, pp. 46-48, DOI: 10.25680/S19948603.2022.128.12, EDN: FQAWVU. (In Russian).

Информация об авторах

Н. В. Тютюма – директор, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент Российской академии наук, Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук (416251, Астраханская область, Черный район, с. Солёное Займище, кв-л Северный, д. 8), tutumanv@list.ru, ORCID: 0000-0001-6582-2628;

А. Н. Бондаренко – заведующая лабораторией агротехнологий овощных культур, доктор сельскохозяйственных наук, Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук (416251, Астраханская область, Черный район, с. Солёное Займище, кв-л Северный, д. 8), bondarenko-a.n@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4816-5667.

Information about the authors

N. V. Tyutyuma – Director, Doctor of Agricultural Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (416251, Astrakhan region, Chernoyarsky district, Solenoye Zaymishche village, Severny quarter, 8), tutumanv@list.ru, ORCID: 0000-0001-6582-2628;

A. N. Bondarenko – Head of the Vegetable Crop Agrotechnology Laboratory, Doctor of Agricultural Sciences, Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (416251, Astrakhan region, Chernoyarsky district, Solenoye Zaymishche village, Severny quarter, 8), bondarenko-a.n@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4816-5667.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Все авторы в равной степени несут ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

All authors are equally responsible for ethical violations in scientific publications.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 19.02.2026; одобрена после рецензирования 01.09.2026; принята к публикации 15.09.2026.

The article was submitted 19.02.2026; approved after reviewing 01.09.2026; accepted for publication 15.09.2026.