

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА

Научная статья

УДК 631.674.6:631.8:635.25

doi: 10.31774/2712-9357-2024-14-3-18-30

Водопотребление, урожайность и качество лука репчатого в зависимости от применения гуминовых удобрений при капельном поливе в Саратовском Заволжье

Нина Анатольевна Пронько¹, Константин Вячеславович Корсаков²,
Виктор Васильевич Пронько³, Виктор Владиславович Корсак⁴

^{1,4}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии
имени Н. И. Вавилова, Саратов, Российская Федерация

^{2,3}Лайф Форс Групп, Саратов, Российская Федерация

¹n_pronko@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2814-2011>

²korsakovkonstantin@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-9717-3239>

³viktor-pronko@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-7915-9756>

⁴vvcorsac@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6285-7649>

Аннотация. Цель: изучить особенности влияния на водопотребление, урожайность и качество лука репчатого гуминовых удобрений при капельном орошении в сухостепной зоне Саратовского Заволжья. **Материалы и методы.** Полевые исследования проводились на темно-каштановых почвах в 2019–2022 гг. Объектами исследования были районированный сорт Халцедон и удобрения на основе гуминовых кислот. Сопутствующие наблюдения и исследования водопотребления, формирования продуктивности и качества урожая выполнены с применением общепринятых методик. **Результаты.** Исследования показали, что при поддержании режима капельного орошения, предусматривающего поливы при снижении влажности почвы до 80 % наименьшей влагоемкости в слое 0–30 см, суммарное водопотребление лука репчатого в среднем за годы исследования составило 4102 куб. м/га, среднесуточное – 31 куб. м/га. Применение гуминовых удобрений способствовало более экономному использованию влаги и оросительной воды, о чем свидетельствует уменьшение коэффициента водопотребления на 7,1–23,3 %, а затрат оросительной воды на формирование единицы товарной продукции – на 15,9–24,0 %. Гуминовые удобрения обеспечили также достоверную прибавку урожая – 4,9–15,31 т/га (на 10–31 % превышает контроль – без удобрений). **Выводы:** использование при выращивании лука репчатого в засушливых условиях Саратовского Заволжья при капельном орошении гуминовых удобрений, обладающих стимулирующими и адаптогенными свойствами, является эффективным приемом, обеспечивающим более экономное использование водных ресурсов и повышение урожайности одной из ведущих овощных культур – лука репчатого.

Ключевые слова: лук репчатый, капельный полив, гуминовые удобрения, водопотребление, коэффициент водопотребления, коэффициент использования оросительной воды, урожайность

Для цитирования: Водопотребление, урожайность и качество лука репчатого в зависимости от применения гуминовых удобрений при капельном поливе в Саратовском Заволжье / Н. А. Пронько, К. В. Корсаков, В. В. Пронько, В. В. Корсак // Мелиорация и гидротехника. 2024. Т. 14, № 3. С. 18–30. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2024-14-3-18-30>.



LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

Original article

Water consumption, yield and quality of onions depending on humic fertilizer application under drip irrigation in Saratov Trans-Volga region

**Nina A. Pronko¹, Konstantin V. Korsakov², Victor V. Pronko³,
Viktor V. Korsak⁴**

^{1,4}Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov, Saratov, Russian Federation

^{2,3}Life Force Group, Saratov, Russian Federation

¹n_pronko@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2814-2011>

²korsakovkonstantin@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-9717-3239>

³viktor-pronko@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-7915-9756>

⁴vvcorsac@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6285-7649>

Abstract. Purpose: to study the features of humic fertilizer impact on water consumption, yield and quality of onions under drip irrigation in the dry-steppe zone of Saratov Trans-Volga region. **Materials and methods.** Field studies were carried out on dark chestnut soils in 2019–2022. The objects of the study were the zoned Chalcedony variety and fertilizers based on humic acids. Related observations and studies of water consumption, productivity formation and yield quality were carried out using generally accepted methods. **Results.** Research has shown that when maintaining a drip irrigation regime, which involves watering when soil moisture is reduced to 80 % of the lowest moisture capacity in the 0–30 cm layer, the total water consumption of onions on average over the years of the study amounted to 4102 cub. m/ha, average daily – 31 cub. m/ha. The humic fertilizer application contributed to a more economical use of moisture and irrigation water, as evidenced by a decrease in the water consumption coefficient by 7.1–23.3 %, and the cost of irrigation water to form a unit of marketable output by 15.9–24.0 %. Humic fertilizers also provided a significant yield increase – 4.9–15.31 t/ha (10–31 % higher than the control – without fertilizers). **Conclusions:** the humic fertilizer application, which have stimulating and adaptogenic features, when growing onions under the arid conditions of the Saratov Trans-Volga region with drip irrigation, is an effective technique that ensures more economical use of water resources and increases the yield of one of the leading vegetable crops – onions.

Keywords: onions, drip irrigation, humic fertilizers, water consumption, water consumption coefficient, irrigation water use coefficient, yield

For citation: Pronko N. A., Korsakov K. V., Pronko V. V., Korsak V. V. Water consumption, yield and quality of onions depending on humic fertilizer application under drip irrigation in Saratov Trans-Volga region. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2024;14(3):18–30. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2024-14-3-18-30>.

Введение. Важнейшей проблемой мелиоративной отрасли засушливых регионов России является обеспечение продовольственной независимости. При этом очень важно уменьшить зависимость от импорта овощей, для чего необходимо увеличить производство отечественных овощей открытого грунта. В Саратовском Заволжье выращивать овощные культуры

возможно только при орошении, поскольку в зоне сухой степи недостаточный водный режим лимитирует получение их высоких урожаев. Происходящее в последние десятилетия снижение влагообеспеченности теплого периода года в регионе только обостряет проблему.

Как известно, в регионе произошло значительное сокращение площади полива дождеванием [1], а практика последних лет показала, что перспективным способом регулирования водного режима почв на плантациях овощных культур в Нижнем Поволжье является капельное орошение [2–4]. Оно относится к технически сложным и дорогостоящим способам полива, поэтому очень важна разработка приемов, которые могут повысить его эффективность.

Одним из таких приемов может стать применение гуминовых удобрений, являющихся активными стимуляторами ростовых процессов. Крупным производителем таких удобрений является ООО «Лайф Форс Групп». Они производятся с добавлением хелатного агента, благодаря действию которого имеют ряд преимуществ перед неорганическими солями, в т. ч. обеспечивают повышение усвояемости микроэлементов в 3–4 раза и основных макроэлементов. Кроме того, доказано, что гуминовые удобрения этой фирмы значительно повышают устойчивость культур, в т. ч. и овощных, к стрессовому воздействию распространенных в регионе воздушных засух [5–8]. Не случайно, что они показали высокую эффективность на многих полевых культурах [9–14]. Доказано также, что в условиях достаточного увлажнения (при орошении) на гуминовые удобрения лучше всего отзываются овощные растения [15, 16]. Однако недостаточной остается изученность гуминовых удобрений для лука репчатого. В то же время на его долю в Саратовской области приходится до 21 % (1,8 тыс. га) посевных площадей овощей открытого грунта. По валовым сборам этой культуры промышленного выращивания область занимает 4-е место (90,1 тыс. т, 8,5 %) в овощеводстве открытого грунта России. Урожайность лука репчатого остается

невысокой: в сельхозорганизациях – 47,83 т/га, в крестьянско-фермерских хозяйствах – 43,56 т/га.

Поэтому целью наших исследований являлось изучение влияния на водопотребление, урожайность и качество лука репчатого гуминовых удобрений при капельном орошении в сухостепной зоне Саратовского Заволжья.

Материалы и методы. Полевые опыты проводились в 2019–2022 гг. в сухостепной зоне на орошаемых землях «ИП Жайлаулов С. М.» (Энгельсский район Саратовской области). Почва опытного участка согласно результатам агрохимического обследования 2019 г. темно-каштановая террасовая среднесуглинистая с низким содержанием гумуса (3,1 %). Обеспеченность легкогидролизуемым азотом низкая (37 мг/кг), доступным фосфором – средняя (23,2 мг/кг), обменным калием – повышенная (315 мг/кг).

Погодные условия в годы проведения исследований были для лука репчатого разными: 2019 и 2021 гг. – сильно засушливые, ГТК по Г. Т. Селянинову соответственно 0,45 и 0,57; 2020 и 2022 гг. – слабо засушливые, ГТК 0,94 и 0,84. В сильно засушливые годы выпало 117 и 153 мм, в слабо засушливые – 212 и 224 мм осадков.

Объектами исследования были районированный для Поволжья сорт лука репчатого Халщедон и гуминовые удобрения производства ООО «Лайф Форс Групп»: гумат калия, реасил микро гидромикс и реасил форте карб-азот-гумик (в таблицах реасил-N-гумик), допущенные к использованию на территории Российской Федерации. Гумат калия является источником гуминовых и фульвовых кислот (50 % от объема), содержит соли гумата калия (25 % от объема), органический азот (0,9 % от сухого вещества). Реасил микро гидромикс содержит гидроксикарбоновые и аминокислоты (26 %), служащие у него хелатообразователями, и комплекс макро-, мезо- и микро-элементов – азот (N) общий – 12 %, магний (MgO) – 4 %, железо (комплекс с агентом) – 5 %, цинк (комплекс с агентом) – 3 %, марганец (комплекс с

агентом) – 2,5 %, бор – 2 % борэтаноламин, медь (комплекс с агентом) – 0,8 %, молибден (комплекс с агентом) – 0,25 %, кобальт (комплекс с агентом) – 0,1 %. Реасил форте карб-азот-гумик содержит гидроксикарбоновые и аминокислоты – 8 %, служащие в роли комплексообразующих (хелатирующих) агентов, гуминовые и фульвовые кислоты – 9 %, азот (амидный и аминный в сумме) – 20 %.

Схема опыта включала пять вариантов: 1) контроль без применения удобрений; 2) реасил микро гидромикс; 3) реасил микро гидромикс + реасил форте карб-азот-гумик; 4) гумат калия; 5) гумат калия + реасил форте карб-азот-гумик.

Технология возделывания была общепринятой для Саратовского Заволжья. Лук высевался лентами с шириной между лентами 60 см, а между рядками в ленте 30 см. Полив лука репчатого осуществлялся системой капельного орошения, в которой использованы капельные линии фирмы Golddrip со встроенными полукомпенсированными капельницами с расходом 2,0 л/ч при давлении 0,8–2,0 кг/см². Поддерживали режим капельного орошения, предусматривающий поливы при снижении влажности почвы до 80 % наименьшей влагоемкости в слое 0–30 см. Для этого в годы исследований в зависимости от погодных условий было проведено 20–23 полива поливной нормой 110 м³/га. Оросительная норма колебалась от 2200 м³/га в слабо засушливом 2022 г. до 2530 м³/га в остро засушливом 2019 г. В среднем за годы исследований она составила 2338 м³/га.

Изучаемые удобрения вносили согласно схеме опыта. Первую обработку проводили при массовом появлении листьев, вторую – при формировании луковицы, третью – в период активного роста луковицы. На вариантах 2 и 4 (таблица 1), где применяли соответственно реасил микро гидромикс и гумат калия, дозы препаратов составляли 1,0 л/га на каждую обработку (в сумме за вегетацию по 3,0 л/га каждого препарата). На вариантах 3 и 5 в первую обработку применяли по 1,0 л/га соответственно реасила мик-

ро гидромикс и гумата калия. Во второе и третье опрыскивание на этих вариантах применяли по 2,0 л/га реасила форте карб-азот-гумик (по 4 л/га за вегетацию).

Таблица 1 – Водопотребление лука репчатого при капельном орошении в зависимости от гуминовых удобрений (в среднем за 2019–2022 гг.)

Table 1 – Water consumption of onions under drip irrigation depending on humic fertilizers (2019–2022 average)

Удобрение	Суммарное водопотребление, м ³ /га	Среднесуточное водопотребление, м ³ /га	Биоклиматический коэффициент, мм/°С
1) контроль	4102	31	0,162
2) реасил микро гидромикс	4162	32	0,164
3) реасил микро гидромикс + реасил-N-гумик	4232	32	0,167
4) гумат калия	4122	31	0,162
5) гумат калия + реасил-N-гумик	4152	32	0,164
Среднее	4154	31,6	0,164

Полевой эксперимент заложен методом систематических повторений, повторность опыта четырехкратная, учетная площадь 24 м².

Основные и сопутствующие наблюдения проводились в соответствии с общепринятыми методиками и ГОСТами: нитрификационная способность определялась по методу Кравкова (ГОСТ 26107-84), содержание подвижного фосфора и обменного калия – по методу Мачигина (ГОСТ 26205-84), влажность почвы – термостатно-весовым методом (ГОСТ 28268-89), содержание в растениях азота – фотометрическим индофенольным методом (ГОСТ Р 50466-93), фосфора – с молибденовым аммонием (ГОСТ 26657-85), калия – методом пламенной фотометрии, нитратный азот – ионометрически в растворе алюмокалиевых квасцов, сумма сахаров – по Бертрану, фенологические и биометрические исследования, учет урожая проводили по методике опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве под редакцией Белика (1992), математическая обработка опытных данных проведена по методике Доспехова (1985) с помощью программы Statistika 5.5 и процессора электронных таблиц Microsoft Excel XP.

Результаты и обсуждение. При выращивании лука репчатого с использованием систем капельного орошения суммарное водопотребление на контроле без удобрений в среднем за годы исследований составило 4102 м³/га, среднесуточное водопотребление – 31 м³/т, биоклиматический коэффициент – 0,162 мм/°С (таблица 1). Применение гуминовых удобрений не оказало существенного влияния на водопотребление культуры. Наблюдалась лишь слабая тенденция к увеличению суммарного водопотребления на 0,5–3,2 %, биоклиматического коэффициента на 1,2–3,8 %.

Вместе с тем применение гуминовых удобрений способствует более эффективному использованию растениями лука репчатого влаги и оросительной воды (таблица 2). Расход влаги на формирование 1 т товарной продукции уменьшился на 7,13–23,31 %, а оросительной воды – на 8,62–24,03 %. Наиболее экономно влага и поливная вода расходовались при совместном применении реасила микро гидромикс и гумата калия с реасилом форте карб-азот-гумик.

Таблица 2 – Эффективность использования влаги и оросительной воды луком репчатым в зависимости от гуминовых удобрений (в среднем за 2019–2022 гг.)

Table 2 – Efficiency of moisture and irrigation water use by onions depending on humic fertilizers (average for 2019–2022)

Удобрение	Коэффициент водопотребления		Коэффициент водоемкости	
	м ³ /т	% снижения к контролю	м ³ /т	% снижения к контролю
1) контроль	84,35	–	47,81	–
2) реасил микро гидромикс	78,34	7,13	43,69	8,62
3) реасил микро гидромикс + реасил-N-гумик	67,05	20,51	36,99	22,63
4) гумат калия	71,04	15,78	40,19	15,94
5) гумат калия + реасил-N-гумик	64,69	23,31	36,32	24,03

Применение гуминовых удобрений достоверно увеличивало урожайность лука репчатого сорта Халседон. Прибавка урожая товарных луковиц в среднем за годы исследований составляла 4,90–15,31 т/га, или 10–31 % (таблица 3).

Таблица 3 – Хозяйственная урожайность лука репчатого сорта Халцедон
Table 3 – Economic productivity of the Chalcedony variety onion

Вариант	Урожайность товарных луковиц, т/га, по годам					Прибавка		Товар- ность, %
	2019	2020	2021	2022	среднее	т/га	%	
1) контроль	45,94	40,17	62,42	51,60	50,03	–	100	88
2) реасил микро гидромикс	50,72	43,22	69,89	55,90	54,93	4,90	110	94
3) реасил микро гидромикс + реасил-N-гумик	58,75	51,90	75,55	72,22	64,61	14,58	129	96
4) гумат калия	55,44	50,00	68,66	61,33	58,86	8,83	118	92
5) гумат калия + реасил-N-гумик	61,81	53,57	74,33	71,63	65,34	15,31	131	95
НСР ₀₅	3,98	2,05	3,07	3,83				

Наибольшая урожайность 65,34 т/га и самая высокая прибавка урожая товарных луковиц 15,31 т/га (31 %) получены при совместном применении гумата калия с реасилом форте карб-азот-гумик. Практически такие же результаты, 64,61 т/га и 14,58 т/га (29 %), получены и при совместном применении реасила микро гидромикс с реасилом форте карб-азот-гумик. Наряду с увеличением урожайности применение гуминовых удобрений способствовало росту товарности до 92–96 % против 88 % на контроле без удобрений (см. таблицу 3). Наибольшая товарность получена при совместном применении реасила микро гидромикс и гумата калия с реасилом форте карб-азот-гумик: соответственно 96 и 95 %, что объясняется их положительным синергетическим влиянием на массу товарных луковиц – соответственно 138 и 132 г/шт., и их количество на единице площади – 50,12 и 52,61 шт./м² (таблица 4).

Гуминовые удобрения способствовали большей аккумуляции в урожае азота и калия, о чем свидетельствует увеличение содержания азота (N) с 1,60 % на контроле до 1,66–1,74 % и калия (K₂O) с 1,92 до 1,98–1,99 % на абсолютно сухое вещество. Вместе с тем изучаемые удобрения не оказали заметного влияния на содержание в луковицах суммы сахаров. Для оценки химической безопасности продукции определяли содержание в лу-

ковицах токсина NO₃. Результаты анализа, приведенные в таблице 4, показывают, что содержание NO₃ на всех вариантах (20–21 мг/кг) в 4 раза ниже ПДК (80 мг/кг), гуминовые удобрения не влияли на данный показатель.

Таблица 4 – Биометрические показатели и качество биологического урожая лука репчатого сорта Халцедон (среднее за 2019–2022 гг.)

Table 4 – Biometric indicators and quality of the biological harvest of the Chalcedony variety onions (average for 2019–2022)

Вариант	Товарные луковицы			В % на абсолютно сухое вещество			NO ₃ , мг/кг	Сумма сахаров, %
	шт./м ²	кг/м ²	г/шт.	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
1) контроль	45,40	5,51	121	1,60	0,71	1,92	20	5,0
2) реасил микро гидромикс	49,21	5,89	119	1,66	0,72	1,98	20	4,9
3) реасил микро гидромикс + реасил-N-гумик	50,12	6,96	138	1,72	0,72	1,99	21	5,1
4) гумат калия	51,14	6,15	120	1,68	0,70	1,98	21	5,0
5) гумат калия + реасил-N-гумик	52,61	6,99	132	1,74	0,72	1,99	20	5,2

Примечание – ПДК NO₃ в луковицах лука репчатого для открытого грунта – 80 мг/кг в сырой массе.

Выводы. Для засушливых условий Саратовского Заволжья применение гуминовых удобрений при выращивании лука репчатого на капельном орошении является эффективным приемом, обеспечивающим:

- более экономное использование водных ресурсов благодаря уменьшению расхода влаги на формирование 1 т товарной продукции до 23,31 %, оросительной воды до 24,03 %;

- прибавку урожая до 31 % и повышение урожайности культуры до 64,61–65,34 т/га;

- улучшение товарности до 95–96 % и массы луковицы до 132–138 г.

Наибольшая эффективность достигается при опрыскивании реасилом микро гидромикс или гуматом калия дозой 1,0 л/га при массовом появлении листьев и реасилом форте карб-азот-гумик по 2,0 л/га при формировании луковицы и в период активного роста.

Список источников

1. Овчинников А. С., Пронько Н. А., Фалькович А. С. О предотвращении вторичного засоления орошаемых земель Нижнего Поволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 4(44). С. 6–15. EDN: ХНРТРЗ.
2. Бородычев В. В., Бубер А. А., Выборнов В. В. Экспериментальная оценка капельного и комбинированного орошения в агрофитоценозах // Эффективное использование мелиорируемых земель и водных ресурсов в агропромышленном комплексе России: сб. науч. тр. М.: ВНИИГиМ, 2021. С. 22–31. EDN: NKDDVP.
3. Ахмедов А. Д., Абдуова Р. Ю. Продуктивность использования влаги белокочанной капустой при орошении в Волго-Донском междуречье // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 2(62). С. 32–41. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-03. EDN: LUWDIU.
4. Water-saving technologies for drip irrigation of cotton in the south of Russia / E. A. Khodiakov, E. P. Borovoy, N. V. Kuznetsova, S. G. Milovanov, K. V. Bondarenko // Journal of Agriculture and Environment. 2022. № 4(24). DOI: 10.23649/jae.2022.4.24.01. EDN: FYDOCS.
5. Пронько Н. А., Шушков Ю. С., Степанченко Д. А. Применение удобрений на основе гуминовых кислот при выращивании овощей в Саратовском Заволжье // Плодородие. 2015. № 4(85). С. 42–45. EDN: UAXIXZ.
6. Корсаков К. В., Пронько В. В. Итоги изучения гуминовых удобрений на черноземах и каштановых почвах Степного Поволжья // Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях аридизации климата: сб. материалов III Междунар. науч.-практ. конф. Саратов, 2023. С. 330–336. EDN: TQYXNQ.
7. Бабичев А. Н., Бабенко А. А. Особенности минерального питания сельскохозяйственных культур // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2021. Т. 11, № 1. С. 192–210. URL: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1186> (дата обращения: 14.05.2024). DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-1-192-210. EDN: FMUZZY.
8. Шадских В. А., Кижаяева В. Е., Пешкова В. О. Показатели формирования агрофитоценозов зернобобовых культур при применении стимулирующих биопрепаратов в условиях орошения // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2023. Т. 13, № 4. С. 314–331. URL: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1412> (дата обращения: 14.05.2024). DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-4-314-331. EDN: OQPGNM.
9. Пронько В. В., Корсаков К. В., Гатаулин Т. С. Применение солей гуминовых кислот при возделывании зерновых культур // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова. 2008. № 7. С. 34–36. EDN: JSPQOR.
10. Эффективность хелатных удобрений в земледелии России (аналитический обзор) / Н. А. Пронько, О. П. Кибальник, И. Г. Ефремова, Д. А. Степанченко // Научная жизнь. 2021. Т. 16, № 8(120). С. 1074–1083. DOI: 10.35679/1991-9476-2021-16-8-1074-1083. EDN: QEJEXL.
11. Souri M. K. Amino-chelate fertilizers: the new approach to the old problem; a review // Open Agriculture. 2016. Vol. 1, № 1. P. 118–123. <https://doi.org/10.1515/opag-2016-0016>.
12. Impact of nano-chelated micronutrients and biological fertilizers on growth performance and grain yield of maize under deficit irrigation condition / M. Janmohammadi, A. Navid, A. E. Segherloo, N. Sabaghnia // Biologija. 2016. Vol. 62, № 2. P. 134–147. <https://doi.org/10.6001/biologija.v62i2.3339>.
13. Impact of nano-micronutrients as foliar fertilization on yield and quality of sugar

beet roots / M. Said Abbas, A. Saad El-Hassanin, M. Desouki Hassan Dewdar, H. A. Elfattah Abd Elaleem // Pakistan Journal of Biological Sciences. 2020. Vol. 23, iss. 11. P. 1416–1423. DOI: 10.3923/pjbs.2020.1416.1423.

14. Harsini M. G., Habibi H., Talaei G. H. Study the effects of iron nano chelated fertilizers foliar application on yield and yield components of new line of wheat cold region of Kermanshah province // Agricultural Advances. 2014. Vol. 3, № 4. P. 95–102. DOI: 10.14196/aa.v3i4.1339.

15. Сравнительная оценка отзывчивости орошаемых овощных культур на гуминовые удобрения в Саратовском Заволжье / К. В. Корсаков, Н. А. Пронько, В. В. Пронько, Д. А. Степанченко // Проблемы агрохимии и экологии. 2020. № 3. С. 3–7. DOI: 10.26178/AE.2020.51.60.006. EDN: WQCHNO.

16. Применение хелатных удобрений на орошаемых овощных культурах в Саратовском Заволжье / В. В. Пронько, К. В. Корсаков, Н. А. Пронько, Д. А. Степанченко // Аграрный научный журнал. 2021. № 5. С. 41–45. DOI: 10.28983/asj.y2021i5pp41-45. EDN: LVZZNZ.

References

1. Ovchinnikov A.S., Pronko N.A., Falkovich A.S., 2016. *O predotvrashchenii vtorichnogo zasoleniya oroshaemykh zemel' Nizhnego Povolzh'ya* [On the prevention of secondary salinization of irrigated lands in the Lower Volga region]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education], no. 4(44), pp. 6-15, EDN: XHPTPZ. (In Russian).

2. Borodychev V.V., Buber A.A., Vybornov V.V., 2021. *Eksperimental'naya otsenka kapel'nogo i kombinirovannogo orosheniya v agrofytotsenozakh* [Experimental assessment of drip and combined irrigation in agrophytocenoses]. *Effektivnoe ispol'zovanie melioriruemyykh zemel' i vodnykh resursov v agropromyshlennom komplekse Rossii: sb. nauch. tr.* [Effective Use of Reclaimed Lands and Water Resources in the Agro-Industrial Complex of Russia: Collection of Scientific Works]. Moscow, VNIIGiM, pp. 22-31, EDN: NKDDVP. (In Russian).

3. Akhmedov A.D., Abduova R.Yu., 2021. *Produktivnost' ispol'zovaniya vlagi belokochannoy kapustoy pri oroshenii v Volgo-Donskom mezhdurech'e* [Productivity of using the moisture of white cabbage during irrigation in the Volga-Don interfluv]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education], no. 2(62), pp. 32-41, DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-03, EDN: LUWDIU. (In Russian).

4. Khodiakov E.A., Borovoy E.P., Kuznetsova N.V., Milovanov S.G., Bondarenko K.V., 2022. Water-saving technologies for drip irrigation of cotton in the south of Russia. *Journal of Agriculture and Environment*, no. 4(24), DOI: 10.23649/jae.2022.4.24.01, EDN: FYDOCS.

5. Pronko N.A., Shushkov Yu.S., Stepanchenko D.A., 2015. *Primenenie udobreniy na osnove guminovykh kislot pri vyrashchivanii ovoshchey v Saratovskom Zavolzh'e* [Application of humic acid fertilizers at the growing of vegetables in Saratov Trans-Volga region]. *Plodorodie* [Fertility], no. 4(85), pp. 42-45, EDN: UAXIXZ. (In Russian).

6. Korsakov K.V., Pronko V.V., 2023. *Itogi izucheniya guminovykh udobreniy na chernozemakh i kashtanovykh pochvakh Stepnogo Povolzh'ya* [Results of the study of humic fertilizers on chernozems and chestnut soils of the Volga Steppe]. *Nauchnoe obespechenie ustoychivogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa v usloviyakh aridizatsii klimata: sb. materialov III Mezhdunar. nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Scientific Support of Sustainable Development of the Agro-Industrial Complex under the Conditions of Climate Aridization: Proc. of the III International Scientific-Practical Conference]. Saratov, pp. 330-336, EDN: TQYXNQ. (In Russian).

7. Babichev A.N., Babenko A.A., 2021. [Features of mineral nutrition of agricultural crops]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, vol. 11, no. 1, pp. 192-210, available: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1186> [accessed 14.05.2024], DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-1-192-210, EDN: FMUZZY. (In Russian).

8. Shadskikh V.A., Kizhaeva V.E., Peshkova V.O., 2023. [The indicators of formation of agrophytocenoses of leguminous crops using stimulating biologics under irrigation]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 13, no. 4, pp. 314-331, available: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1412> [accessed 14.05.2024], DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-4-314-331, EDN: OQPGNM. (In Russian).

9. Pronko V.V., Korsakov K.V., Gataulin T.S., 2008. *Primenenie soley guminovykh kislot pri vozdeystvovanii zernovykh kul'tur* [The use of the salt of the humic acid at the grain crops cultivating]. *Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta im. N. I. Vavilova* [Bulletin of Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov], no. 7, pp. 34-36, EDN: JSPQOR. (In Russian).

10. Pronko N.A., Kibalnik O.P., Efremova I.G., Stepanchenko D.A., 2021. *Effektivnost' khelatnykh udobreniy v zemledelii Rossii (analiticheskiy obzor)* [Efficiency of chelated fertilizers in Russian agriculture (analytical review)]. *Nauchnaya zhizn'* [Scientific Life], vol. 16, no. 8(120), pp. 1074-1083, DOI: 10.35679/1991-9476-2021-16-8-1074-1083, EDN: QEJEXL. (In Russian).

11. Souri M.K., 2016. Aminochelate fertilizers: the new approach to the old problem; a review. *Open Agriculture*, vol. 1, no. 1, pp. 118-123, <https://doi.org/10.1515/opag-2016-0016>.

12. Janmohammadi M., Navid A., Segherloo A.E., Sabaghnia N., 2016. Impact of nano-chelated micronutrients and biological fertilizers on growth performance and grain yield of maize under deficit irrigation condition. *Biologija*, vol. 62, no. 2, pp. 134-147, <https://doi.org/10.6001/biologija.v62i2.3339>.

13. Said Abbas M., Saad El-Hassanin A., Desouki Hassan Dewdar M., Elfattah Abd Elaleem H.A., 2020. Impact of nano-micronutrients as foliar fertilization on yield and quality of sugar beet roots. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, vol. 23, iss. 11, pp. 1416-1423, DOI: 10.3923/pjbs.2020.1416.1423.

14. Harsini M.G., Habibi H., Talaei G.H., 2014. Study the effects of iron nano chelated fertilizers foliar application on yield and yield components of new line of wheat cold region of Kermanshah province. *Agricultural Advances*, vol. 3, no. 4, pp. 95-102, DOI: 10.14196/aa.v3i4.1339.

15. Korsakov K.V., Pronko N.A., Pronko V.V., Stepanchenko D.A., 2020. *Sravnitel'naya otsenka otzyvchivosti oroshaemykh ovoshchnykh kultur na guminovye udobreniya v Saratovskom Zavolzh'ye* [Comparative analysis of irrigated vegetable crops' response to humic fertilizer in Saratov Trans-Volga region]. *Problemy agrokhimii i ekologii* [Agrochemistry and Ecology Problems], no. 3, pp. 3-7, DOI: 10.26178/AE.2020.51.60.006, EDN: WQCHNO. (In Russian).

16. Pronko V.V., Korsakov K.V., Pronko N.A., Stepanchenko D.A., 2021. *Primenenie khelatnykh udobreniy na oroshaemykh ovoshchnykh kul'turakh v Saratovskom Zavolzh'ye* [Application of chelate fertilizers on irrigated vegetable crops in Saratov Trans-Volga region]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal* [Agricultural Scientific Journal], no. 5, pp. 41-45, DOI: 10.28983/asj.y2021i5pp41-45, EDN: LVZZNZ. (In Russian).

Информация об авторах

Н. А. Пронько – профессор кафедры гидромелиорации, природообустройства и строительства в АПК, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, Саратов, Российская Федерация, n_pronko@mail.ru, AuthorID: 415593, ORCID ID: 0000-0003-2814-2011;

К. В. Корсаков – генеральный директор, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, Лайф Форс Групп, Саратов, Российская Федерация, korsakovkonstantin@gmail.com, AuthorID: 995507, ORCID ID: 0009-0000-9717-3239;

В. В. Пронько – заведующий отделом науки и развития, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Лайф Форс Групп, Саратов, Российская Федерация, viktor-pronko@mail.ru, AuthorID: 415591, ORCID ID: 0009-0001-7915-9756;

В. В. Корсак – профессор кафедры гидромелиорации, природообустройства и строительства в АПК, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, Саратов, Российская Федерация, vvcorsac@rambler.ru, AuthorID: 352371, ORCID ID: 0000-0001-6285-7649.

Information about the authors

N. A. Pronko – Professor of the Department of Hydromelioration, Nature Management and Construction in Agro-Industrial Complex, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov, Saratov, Russian Federation, n_pronko@mail.ru, AuthorID: 415593, ORCID ID: 0000-0003-2814-2011;

K. V. Korsakov – General Director, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Life Force Group, Saratov, Russian Federation, korsakovkonstantin@gmail.com, AuthorID: 995507, ORCID ID: 0009-0000-9717-3239;

V. V. Pronko – Head of the Science and Development Department, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Life Force Group, Saratov, Russian Federation, viktor-pronko@mail.ru, AuthorID: 415591, ORCID ID: 0009-0001-7915-9756;

V. V. Korsak – Professor of the Department of Hydromelioration, Nature Management and Construction in Agro-Industrial Complex, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov, Saratov, Russian Federation, vvcorsac@rambler.ru, AuthorID: 352371, ORCID ID: 0000-0001-6285-7649.

*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 26.03.2024; одобрена после рецензирования 24.06.2024; принята к публикации 01.07.2024.

The article was submitted 26.03.2024; approved after reviewing 24.06.2024; accepted for publication 01.07.2024.