

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА

Научная статья

УДК 631.67:633.491

doi: 10.31774/2712-9357-2024-14-3-31-45

Комплексное решение проблемы ресурсосбережения при выращивании картофеля на орошении с использованием гидросорбентов

Алексей Николаевич Цепляев¹, Сергей Яковлевич Семенов²,
Андрей Александрович Куприянов³

^{1,2,3}Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия – филиал
Федерального научного центра гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова,
Волгоград, Российская Федерация

¹can_volgau@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1454-5784>

²semenenkosy.vniioz@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5992-8127>

³kuprijanov19967@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5469-2132>

Аннотация. Цель: создание и экспериментальная оценка ресурсосберегающей технологии производства картофеля на орошении при использовании гидросорбентов. **Материалы и методы.** В основу гипотезы исследований положено явление образования мини-водохранилищ за счет абсорбции гидрогелями оросительной воды с растворенными в ней удобрениями, которая направляется к корням растений в течение более длительного периода. Подачу гидрогеля с удобрениями обеспечивает специально разработанная машина, способная вносить обогащенный гидрогель ниже дна посадочной борозды и только в зону рядка. **Результаты.** Для снижения расхода оросительной воды, удобрений, а также антропогенного воздействия на почву при возделывании сельскохозяйственных культур на орошении предлагается при выращивании картофеля использовать обогащенный удобрениями гидрогель. Его способность абсорбировать влагу в объеме до 280 раз на 1 г вещества обеспечивает подачу влаги и питательного раствора к корням растений в течение более длительного периода, благодаря этому снижается расход оросительной воды и удобрений в 1,3–1,4 раза по сравнению с типовыми технологиями. **Выводы.** Разработана и экспериментально исследована технология комплексного решения задачи ресурсосбережения при возделывании картофеля на орошении с использованием гидросорбентов. Все элементы технологии взаимосвязаны между собой и включают разработку и применение машины для посадки картофеля с внесением обогащенного гидрогеля и обеспечение поливных норм из расчета 300 куб. м/га при соблюдении предполивного порога 80 % наименьшей влагоемкости. Биологическая урожайность на контроле – 21,6 т/га, а при внесении гидрогеля в дозе 18,2 г/пог. м и удобрений в виде нитроаммофоски в дозе 33,3 г/пог. м получена урожайность 29,4 т/га при НСР_{0,5} = 0,04. Выход товарный на контроле – 19,3 т/га, а при поддержании отмеченных доз обогащенного гидрогеля – 28,9 т/га. Такой прием способствовал увеличению урожайности на 7,8 т/га (36,1 %), товарного выхода – на 9,6 т/га (49,7 %).

Ключевые слова: дождевание, картофелесажалка, гидросорбент, поливная норма, локальное внесение, биологическая урожайность, влажность

Для цитирования: Цепляев А. Н., Семенов С. Я., Куприянов А. А. Комплексное решение проблемы ресурсосбережения при выращивании картофеля на орошении с использованием гидросорбентов // Мелиорация и гидротехника. 2024. Т. 14, № 3. С. 31–45. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2024-14-3-31-45>.

LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

Original article

A comprehensive solution to the resource-saving problem when growing potatoes under irrigation using hydrosorbents

Alexey N. Tseplyaev¹, Sergey Ya. Semenenko², Andrey A. Kupriyanov³

^{1,2,3}All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture – branch of the Federal Scientific Center of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov, Volgograd, Russian Federation

¹can_volgau@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1454-5784>

²semenenkosy.vniioz@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5992-8127>

³kupriyanov19967@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5469-2132>

Abstract. Purpose: development and experimental evaluation of resource-saving technology of irrigated potato production using hydrosorbents. **Materials and methods.** The hypothesis of the research is based on the phenomenon of formation of mini-reservoirs due to absorption of irrigation water by fertilizers dissolved in it by hydrogels, which is directed to the plant roots over a longer period. The supply of hydrogel with fertilizers is provided by a specially designed machine capable of introducing enriched hydrogel below the bottom of the planting furrow and only into the row zone. **Results.** To reduce the consumption of irrigation water, fertilizers, as well as anthropogenic impact on the soil during cultivation of agricultural crops under irrigation, it is proposed to use hydrogel enriched with fertilizers when growing potatoes. Its ability to absorb moisture in the amount of up to 280 times per 1 g of substance ensures the supply of moisture and nutrient solution to plant roots for a longer period, due to which the consumption of irrigation water and fertilizers is reduced by 1.3–1.4 times compared to standard technologies. **Conclusions.** A technology for a comprehensive solution to the problem of resource-saving in the cultivation of potatoes under irrigation using hydrosorbents has been developed and experimentally studied. All elements of the technology are interconnected and include the development and use of a potato-planting machine with the introduction of enriched hydrogel and ensuring irrigation rates at the rate of 300 cub. m/ha while maintaining the pre-irrigation threshold of 80% of the lowest moisture capacity. The biological yield under control is 21.6 t/ha, and with the introduction of hydrogel at a dose of 18.2 g/running m and fertilizers in the form of nitroammophoska at a dose of 33.3 g/running m yield of 29.4 t/ha at $NSR_{0.5} = 0.04$ was obtained. The marketable yield under control is 19.3 t/ha, and when maintaining the noted doses of enriched hydrogel is 28.9 t/ha. This technique contributed to an increase in yield by 7.8 t/ha (36.1 %), marketable yield – by 9.6 t/ha (49.7 %).

Keywords: sprinkling, potato planter, hydrosorbent, irrigation rate, local application, biological yield, humidity

For citation: Tseplyaev A. N., Semenenko S. Ya., Kupriyanov A. A. A comprehensive solution to the resource-saving problem when growing potatoes under irrigation using hydrosorbents. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2024;14(3):31–45. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2024-14-3-31-45>.

Введение. Применение гидрогеля в качестве накопителя влаги широко известно в нашей стране и за рубежом. Исследования, посвященные использованию гидросорбентов в сельском хозяйстве, связаны с возмож-

ной экономией воды в условиях острозасушливого климата и дефицита пресной воды для орошения [1, 2].

Испытание гидрогелей проводилось на различных культурах, в разных зонах и на разных почвах [3, 4]. Вопрос снижения затрат при возделывании картофеля на орошении за счет сокращения использования необходимых дорогостоящих ресурсов, таких как удобрения, оросительная вода, посадочный материал, остается одним из наиболее важных во всей технологии. Такое снижение возможно только при их более эффективном использовании. Многие авторы, проводящие исследования в этом направлении, указывают на возможное увеличение эффективности выращивания сельскохозяйственных культур вследствие применения удобрений и воды при различных способах орошения, дробного внесения удобрений и т. д. [5, 6]. Существенная доля этих ресурсов (до 20 %), особенно минеральных удобрений, при дождевании вымывается водой в более глубокие горизонты почвы и не используется растениями на формирование урожая. Что же касается расхода поливной воды, то следует отметить, что при дождевании немалая часть воды теряется на испарение, особенно в жаркие годы с суховеями, при этом величина испарения может достигать 12–14 % от объема поданной воды, некоторая часть воды переходит в более низкие горизонты, вызывая засоление почвы, или затрачивается на поверхностный сток. Поэтому актуальными являются технологии, снижающие расход ресурсов (удобрений, воды), а также уменьшающие антропогенное воздействие на почву, и к ним можно отнести технологию возделывания картофеля на орошении с применением влагосорбента (гидрогеля). Прошитый сополимер – гидрогель позволяет накапливать влагу из почвы при поливе, а затем, при ее снижении до некоторых пределов, передавать ее растениям через корневую систему [7, 8].

Это свойство гидрогеля способствует снижению расхода воды, более рациональному ее использованию, а также уменьшению отрицательного влияния на саму почву [9–11].

Следует также отметить, что для выращивания 1 т картофеля необходимо подать не менее 150 м^3 оросительной воды [12].

Картофель как посадочный материал имеет достаточно объемное геометрическое тело, способное обеспечивать всходы даже при небольших запасах почвенной влаги, чему способствуют даже лесные полосы. Однако его последующий рост и развитие обеспечивается только при наличии достаточного количества влаги, тепла и необходимого питания [13, 14].

Материалы и методы. Для исследований использовали картофель сорта Гулливер в трехфакторном полевом опыте. Исследования проводились в течение трех лет (2021–2023 гг.).

Изучаемые факторы:

Фактор А – типы гидрогелей по вариантам: А₁ – гидрогель на основе калия Аваксин; А₂ – гидрогель на основе натрия Акрилекс.

Фактор В – дозы гидрогеля по вариантам: В₁ – 150 кг/га (15 г/м²); В₂ – 200 кг/га (20 г/м²); В₃ – 250 кг/га (25 г/м²).

Фактор С – дозы гидрогелей по вариантам (В₁, В₂, В₃) плюс удобрения (нитроаммофоска – 450 кг/га), гидрогели + NPK (N₁₆P₁₆K₁₆).

Контроль – без гидрогелей (полив + фон NPK 100 кг/га нитроаммофоски).

Дозы гидрогеля выбраны, исходя из целесообразности и с учетом затрат на его приобретение, а также на основании информационных данных из литературных источников с шагом доз 50 кг/га. Начало доз со 150 кг/га выбрано с учетом результатов ранее проведенных поисковых исследований. Доза удобрений принята из расчета получения планируемой урожайности клубней на уровне 30,0 т/га при строчном их внесении в рядок [8].

Расчетная глубина активного слоя почвы – 0,40 м.

Влажность почвы поддерживалась не ниже 80 % наименьшей влагоемкости (НВ). Расчетная поливная норма – 275 м³/га, принятая – 300 м³/га. Способ полива – дождевание.

Глубина внесения смеси гидрогеля и удобрений – на 0,08 м ниже посадки картофеля. Посадка картофеля проводилась при прогревании почвы на глубине заделки клубней не менее 14 °С.

Схема опытов и параметры опытной делянки представлены на рисунке 1.

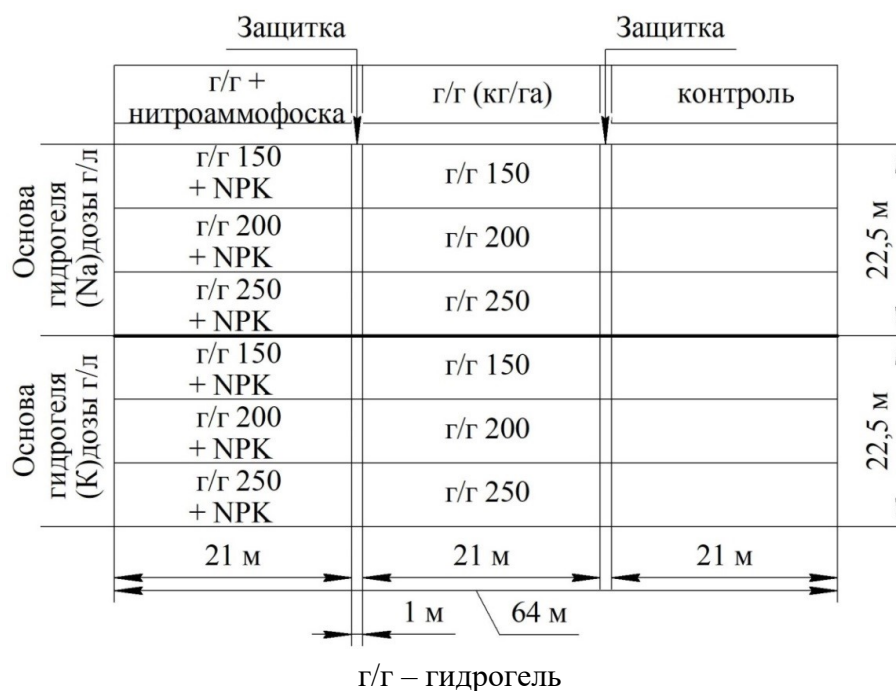


Рисунок 1 – Схема опыта по изучению влияния гидрогеля по вариантам при выращивании картофеля сорта Гулливер

Figure 1 – Experiment scheme to study the hydrogel impact by variants when growing Gulliver potato variety

Полевые опыты сопровождались наблюдениями, учетами и измерениями, выполняемыми при соблюдении требований методики опытного дела Б. А. Доспехова, В. Н. Плешакова (1967).

Результаты и обсуждение. В таблицах 1–3 показаны значения климатической оценки периода вегетации, эффективные осадки и поливной режим по вариантам опыта, а также структура суммарного водопотребления.

В среднем за три года исследования выпало осадков за вегетационный период 80,3 мм, из них эффективных осадков – 56 мм, при этом они не оказали существенного влияния на влажность почвы в расчетном слое.

Таблица 1 – Климатическая оценка периода вегетации, среднее за 2021–2023 гг.

Table 1 – Climate assessment of the growing season, average for 2021–2023

Период	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Температура средняя, °С	17,4	22,0	24,7	26,3	17,7
Относительная влажность, %	52,1	43,8	47,0	36,8	42,3
Сумма осадков, мм	25,8	28,8	35,6	5,9	10,0
ГТК периода	0,47	0,43	0,46	0,07	0,18

Таблица 2 – Поливной режим по вариантам опыта, среднее за три года исследований

Table 2 – Irrigation regime for experimental variants, average for three years of research

Вариант опыта	Количество поливов по фазам				Всего	Оросительная норма, м ³ /га
	всходы	нарастающие ботвы	бутонизация – цветение	завядание ботвы		
Контроль	2	6	4	2	14	4200
АВ ₁₋₃	2	3	5	2	12	3600

Таблица 3 – Структура суммарного водопотребления

В м³/га

Table 3 – Structure of total water consumption

In m³/ha

Элемент суммарного водопотребления	Вариант опыта			
	Контроль, А ₀	А ₂ В ₁	А ₂ В ₂	А ₂ В ₃
Оросительная норма	4200	3600	3600	3600
Атмосферные осадки	560	560	560	560
Использование почвенных влагозапасов	571	571	610	680
Суммарное водопотребление	5331	4731	4770	4840

Установлен водосберегающий эффект от применения водоудерживающих сорбентов, который наиболее показательно проявил себя в 2023 г., острозасушливом по ГТК.

Структура осредненного за 2021–2023 гг. суммарного водопотребления по исследованным факторам и вариантам опыта представлена в таблице 3.

На контрольном варианте для поддержания заданного предполивного порога необходимо было проведение 14 поливов, тогда как на варианте с применением дозы гидрогеля 250 кг – 12 поливов.

Межполивной период за вегетацию в среднем за 2021–2023 гг. составил: на контрольном варианте – 7,4 сут; на исследуемом, при максималь-

ных дозах внесения гидрогеля и минеральных удобрений – 8,7 сут, т. е. произошло его увеличение на 15 %. Данный эффект отразился на величине оросительной нормы, уменьшив ее на 600 м³/га. Аналогичным образом реагирует суммарное водопотребление.

Действие гидрогеля кроме уменьшения оросительной нормы на 14,3 % привело к снижению использования почвенных влагозапасов на 16 %, так как на вариантах А₂В₂, А₂В₃ на момент уборки наблюдалась повышенная влажность почвы, причем максимальная ее разница (около 14 %) была на варианте с дозой гидрогеля 250 кг/га.

Действие гидрогеля как фактора увеличения межполивного интервала наглядно показано на рисунках 2 и 3, где представлены графики изменения влажности, а также диаграммы поливных норм и атмосферных осадков, календарные сроки поливов. Графическая визуализация проведения поливов наглядно показывает наибольшую эффективность использования гидрогеля в начальный период проведения поливов (до пяти поливов), а в дальнейшем продолжительность межполивных периодов на варианте А₂В₃ практически совпадает с вариантом А₀.

Анализ графиков также указывает, что межполивной период напрямую связан с температурой окружающего атмосферного воздуха, и в особо жаркий период, с 25.07 по 21.08, когда температура поднималась выше отметки 40 °С, межполивной период составлял на контроле 5–6 дней, а при применении гидрогеля – 6–7 дней. Кроме того, повлияли и факторы прохождения фаз развития картофеля, когда в период бутонизации и формирования урожая среднесуточное водопотребление увеличивается и для его покрытия необходимо большее количество оросительной воды и обеспеченность питательными веществами.

Важные показатели экономической оценки предлагаемой технологии возделывания картофеля – биологическая урожайность и товарный выход продукции.

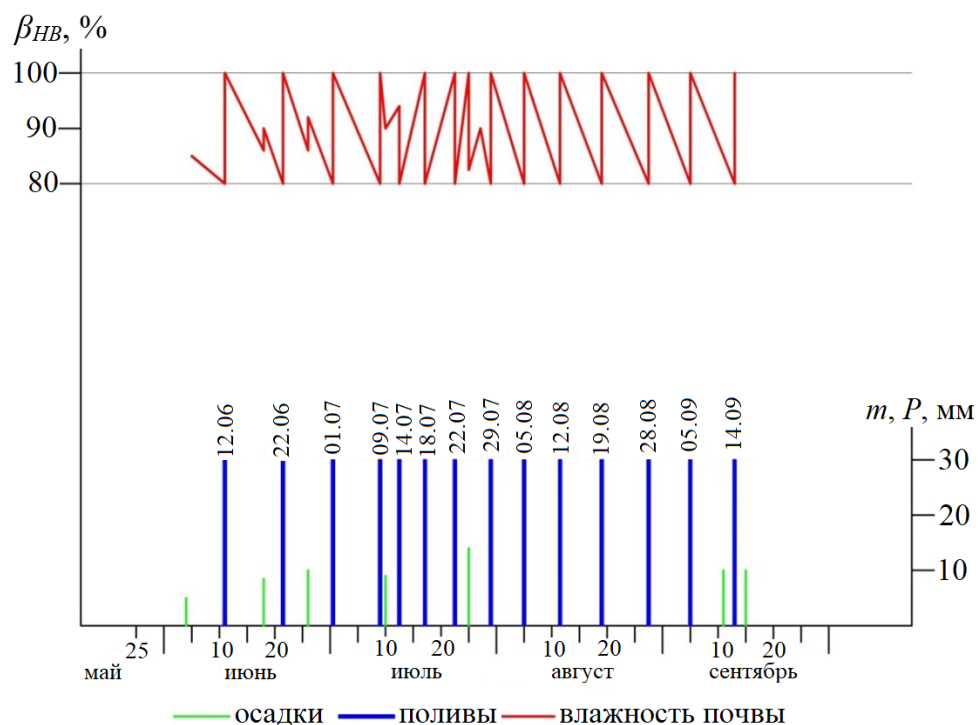


Рисунок 2 – Динамика влажности почвы, вариант – контроль, 2023 г.
Figure 2 – Soil moisture dynamics, control variant, 2023

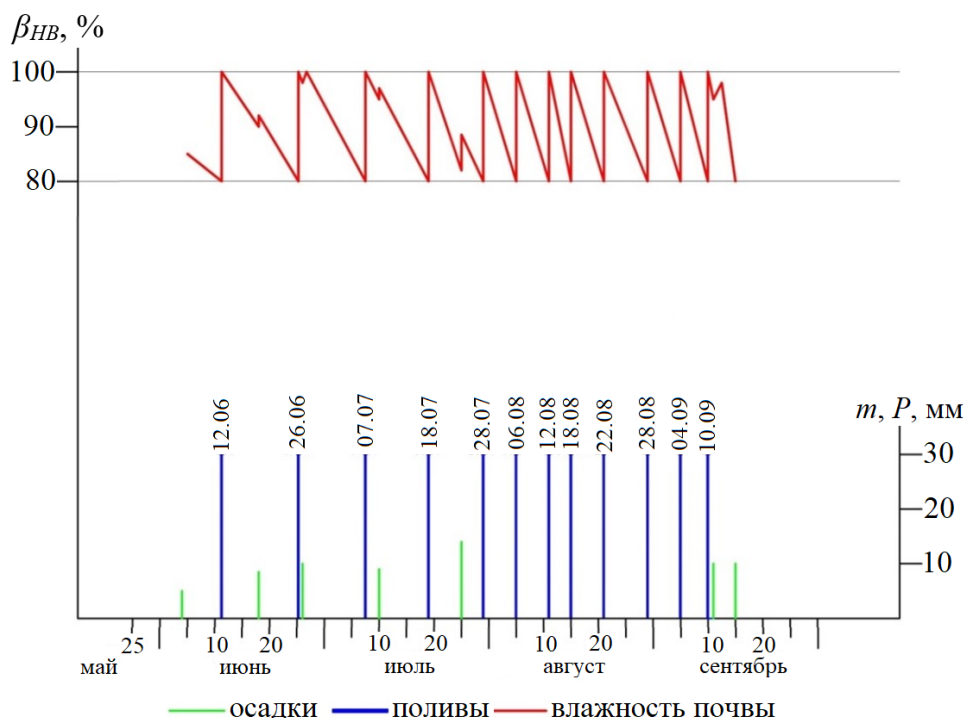


Рисунок 3 – Динамика влажности почвы, вариант А₂В₃, 2023 г.
Figure 3 – Soil moisture dynamics, option A₂B₃, 2023

Полученные результаты определения урожайности и товарного выхода картофеля приведены по средним значениям за 2021–2023 гг. на рисунках 4 и 5.

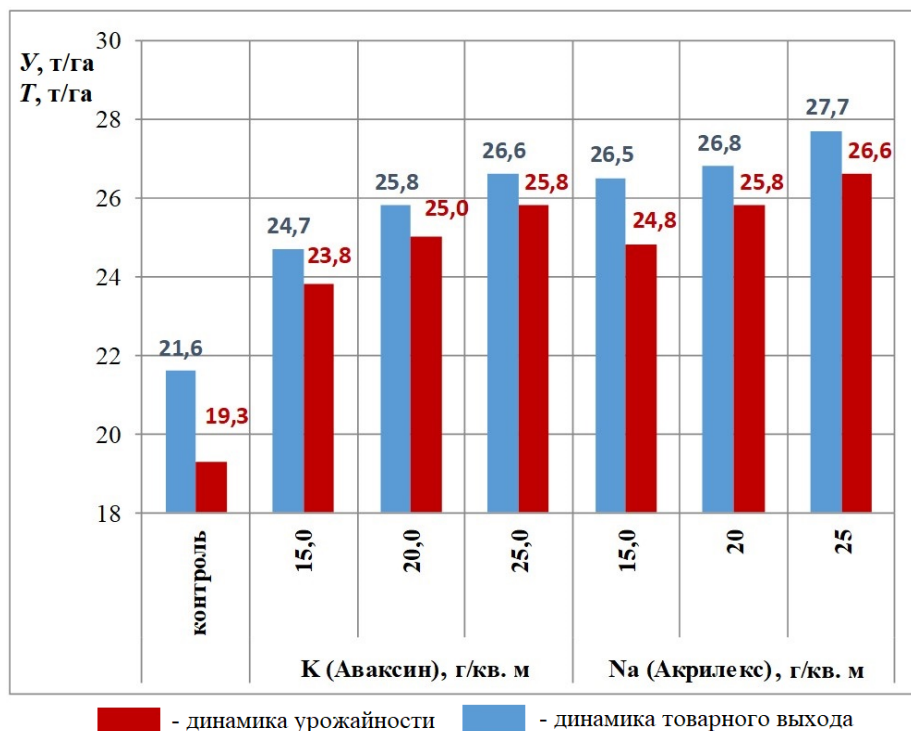


Рисунок 4 – Диаграмма изменения средней урожайности и товарного выхода картофеля Гулливер в зависимости от вида и доз гидрогеля

Figure 4 – Diagram of changes in average yield and marketable output of Gulliver potatoes depending on the hydrogel type and doses

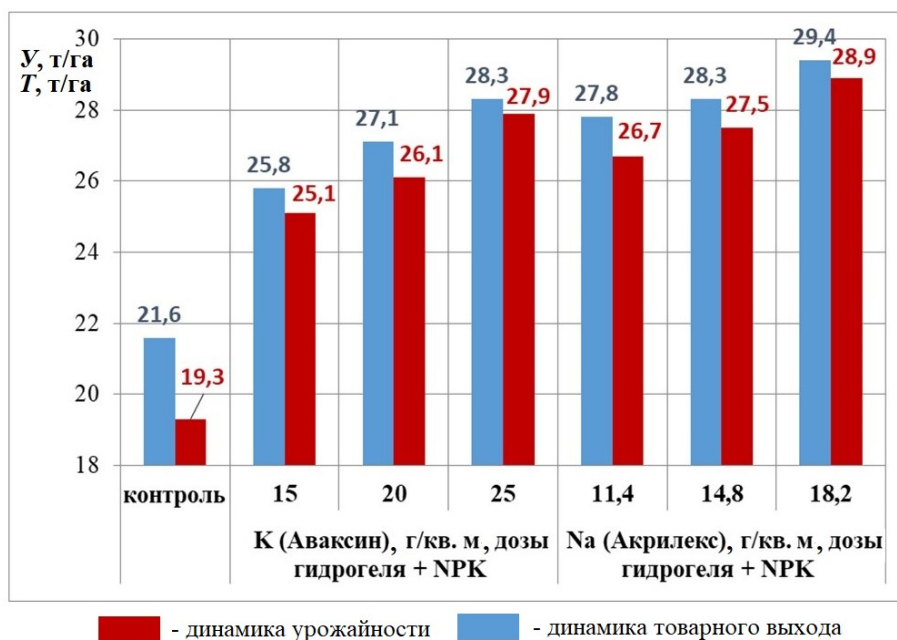


Рисунок 5 – Диаграмма изменения средней урожайности и товарного выхода картофеля Гулливер в зависимости от вида и доз обогащенного гидрогеля и удобрений

Figure 5 – Diagram of changes in average yield and marketable output of Gulliver potatoes depending on the type and doses of enriched hydrogel and fertilizers

По сравнению с контролем, показатель урожайности при применении гидрогеля выше, разница при небольших дозах гидрогеля (15 г/м^2 – 150 кг/га) составляет в натуральных единицах $3,1 \text{ т/га}$ (15%) при использовании гидрогеля Аваксин и $4,9 \text{ т/га}$ ($22,6 \%$) с гидрогелем Акрилекс при значении $\text{НСР}_{0,5} = 0,03 \dots 0,05 \text{ т/га}$. На рисунке 4 представлены графики изменения биологической урожайности картофеля в зависимости от количества поданного в почву гидрогеля. С увеличением количества подаваемого гидрогеля урожайность картофеля возрастает, и при минимальных значениях ($15,0 \text{ г/м}^2$) гидрогеля на основе калия урожайность составляет $23,0 \text{ т/га}$, а на основе натрия – $23,5 \text{ т/га}$.

При увеличении дозы гидрогеля (на калийной основе) с удобрениями до $11,8 \text{ г/пог. м}$ урожайность составила $24,8 \text{ т/га}$, а на натриевой основе – $27,9 \text{ т/га}$, при повышении дозы до $18,2 \text{ г/пог. м}$ урожайность увеличилась и составила $28,3$ и $29,4 \text{ т/га}$ соответственно.

Данные, приведенные на рисунке 5, отражают изменение выхода товарной продукции при тех же дозах гидрогеля. Естественно, что закономерность изменения этого показателя согласуется с изменением урожайности. Картофель, полученный с применением гидрогеля, и особенно гидрогеля с удобрениями, оценивается более высокими показателями товарности.

Следует отметить, что гидрогель на натриевой основе предпочтительнее, чем на калийной, поскольку показатели урожайности и товарного выхода картофеля выше. Это связано с более высокой сорбирующей способностью сополимера, она соответствует $1:280$ (сертификат фирмы-изготовителя).

В опытах с использованием гидрогеля одновременно с внесением удобрений (нитроаммофоска) из расчета 45 г/м^2 (450 кг/га) урожайность возросла при применении Аваксина на $1,1 \text{ т/га}$ при дозе гидрогеля $15,0 \text{ г/м}^2$, а при дозе 25 г/м^2 – на $1,3 \text{ т/га}$, при использовании Акрилекса – на $1,3$ и $1,5 \text{ т/га}$ соответственно. Тенденция изменения товарного выхода близка к

показателям урожайности и согласуется с ними. При этом необходимо отметить, что товарный выход на контроле составляет 19,3 т/га при урожайности 21,6 т/га, т. е. соответствует 88 %, а на гидрогеле показатель увеличивается до 95 %, с использованием удобрений показатель товарности возрастает до 97 %, т. е. применение гидрогелей с удобрениями способствует более равномерному распределению влаги и питанию растений в процессе не только формирования, но и развития клубней.

Выводы. Комплексный анализ результатов опытов указывает на предпочтительное внесение гидрогеля Акрилекс, так как его сорбционные возможности при накоплении влаги существенно выше (1:280 против 1:118 у Аваксина), что и предопределяет наивысший эффект в виде урожайности. При увеличении дозы внесения гидрогелей тренд урожайности смещается в сторону повышения, и при максимальных испытываемых дозах внесения (250 кг/га) показатель прироста урожайности при внесении Акрилекса возрастает до 1,9 т/га при $НСР_{0,5} = 0,05$, а на гидрогеле Аваксин прирост составляет 1,2 т/га при $НСР_{0,5} = 0,03$.

В целом же урожайность картофеля при внесении высоких доз гидрогеля (250 кг/га) возросла до 27,7 т/га при урожайности на контроле 21,6 т/га (на 28 %), а при внесении тех же доз гидрогеля вместе с удобрениями (нитроаммофоской) в дозе 450 кг/га урожайность возросла до 29,4 т/га, т. е. была на 36,1 % больше, чем на контроле.

Товарный выход составлял на контроле 19,1 т/га, на участках с гидрогелем в тех же дозах – 26,6 т/га, а на участках с гидрогелем и удобрениями – 28,9 т/га (что на 49,5 % выше по сравнению с контролем).

Следует также учесть, что показатели биологической урожайности и товарного выхода продукции получены на фоне экономии оросительной воды в объеме 600 м³/га.

Список источников

1. Deficit irrigation scheduling and superabsorbent polymer – hydrogel enhance seed yield, water productivity and economics of Indian mustard under semi-arid ecologies / S. S. Rat-

hore, K. Shekhawat, A. Class, O. P. Premi, B. S. Rathore, V. K. Singh // Irrigation and Drainage. 2019. Vol. 68, iss. 3. P. 531–541. <https://doi.org/10.1002/ird.2322>.

2. Kabir M. H., Ahmed K., Furukawa H. A low cost sensor based agriculture monitoring system using polymeric hydrogel // Journal of the Electrochemical Society. 2017. № 164(5). P. 3107–3112. DOI: 10.1149/2.0171705jes.

3. Advanced nanomaterials in agriculture under a changing climate: The way to the future? / A. Ioannou, G. Gohari, P. Papaphilippou, S. Panahirad, A. Akbari, M. R. Dadpour, T. Krasia-Christoforou, V. Fotopoulos // Environmental and Experimental Botany. 2020. Vol. 176. 104048. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2020.104048>.

4. Исследование водно-физических свойств почвы с применением гидрогеля в Курчумском районе Восточно-Казахстанской области / Т. А. Вдовина, А. А. Винокуров, Е. А. Исакова, О. А. Лагус // Вестник Карагандинского университета. Серия: Биология. Медицина. География. 2020. Т. 99, № 3. С. 29–35. DOI: 10.31489/2020BMG3/29-35. EDN: AESNSV.

5. Цепляев А. Н., Цепляев В. А., Магомедов А. М. Разработка и исследование секции сеялки для посева семян овощных и бахчевых культур одновременно с гидрогелем // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1(61). С. 380–389. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-36. EDN: KLNSUY.

6. Тибирьков А. П., Филин В. И. Влияние полиакриламидного гидрогеля на структурно-агрегатный состав пахотного слоя светло-каштановой почвы Волго-Донского междуречья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 4. С. 84–89. EDN: RUHVBD.

7. Цепляев А. Н. Теоретическое обоснование параметров машины для посадки картофеля с гидрогелем при орошении // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 2(70). С. 499–507. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-58. EDN: SLCРВА.

8. Тимошенко В. В., Цепляев А. Н. Эффективность использования сошника для посева и внесения гидрогеля и жидких удобрений // Стратегические ориентиры инновационного развития АПК в современных экономических условиях: материалы конф., г. Волгоград, 26–28 янв. 2016 г. / ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ. Волгоград, 2016. Т. 2. С. 164–169. EDN: WYRQUF.

9. Наумов П. В., Щербакова Л. Ф., Околелова А. А. Оптимизация влагообеспеченности почв с помощью полимерных гидрогелей // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2011. № 4(24). С. 77–81. EDN: ONKCLT.

10. Агафонов О. М., Ревенко В. Ю. Возможности полимерного гидрогеля как накопителя почвенной влаги в зоне неустойчивого увлажнения Краснодарского края // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2017. № 10. С. 35–38. EDN: ZTPRLR.

11. Годунова Е. И., Шкабарда С. Н., Гундырин В. Н. Использование гидрогеля и влагообеспеченность культур в зоне неустойчивого увлажнения Ставрополя // Земледелие. 2014. № 6. С. 37–38. EDN: SLBYYV.

12. Гиченкова О. Г., Лаптина Ю. А., Дергачева И. А. Результаты агроэкологического испытания сортов картофеля отечественной селекции в условиях орошения Волгоградской области // Орошаемое земледелие. 2021. № 4. С. 41–44. DOI: 10.35809/2618-8279-2021-4-7. EDN: VLZHLF.

13. Старовойтов В. И., Старовойтова О. А., Манохина А. А. Возделывание картофеля с использованием влагосорбирующих полимеров // Техника и технологии в АПК. 2015. № 1. С. 15–18.

14. Рулева О. В., Веденева В. А. Особенности развития орошаемого агрофитоценоза картофеля, выращиваемого под влиянием лесных полос // Орошаемое земледелие. 2020. № 4. С. 28–32. DOI: 10.35809/2618-8279-2020-3-5. EDN: FOTURD.

References

1. Rathore S.S., Shekhawat K., Class A., Premi O.P., Rathore B.S., Singh V.K., 2019. Deficit irrigation scheduling and superabsorbent polymer – hydrogel enhance seed yield, water productivity and economics of Indian mustard under semi-arid ecologies. *Irrigation and Drainage*, vol. 68, iss. 3, pp. 531-541, <https://doi.org/10.1002/ird.2322>.
2. Kabir M.H., Ahmed K., Furukawa H., 2017. A low cost sensor based agriculture monitoring system using polymeric hydrogel. *Journal of the Electrochemical Society*, no. 164(5), pp. 3107-3112, DOI: 10.1149/2.0171705jes.
3. Ioannou A., Gohari G., Papaphilippou P., Panahirad S., Akbari A., Dadpour M.R., Krasia-Christoforou T., Fotopoulos V., 2020. Advanced nanomaterials in agriculture under a changing climate: The way to the future? *Environmental and Experimental Botany*, vol. 176, 104048, <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2020.104048>.
4. Vdovina T.A., Vinokurov A.A., Isakova E.A., Lagus O.A., 2020. *Issledovanie vodno-fizicheskikh svoystv pochvy s primeneniem gidrogelya v Kurchumskom rayone Vostochno-Kazakhstanskoy oblasti* [Research of water-physical properties of soil with application of hydrogel in the Kurchum district of the Eastern-Kazakhstan region]. *Vestnik Karagandinskogo universiteta. Seriya: Biologiya. Meditsina. Geografiya* [Bulletin of the Karaganda University. Series: Biology. Medicine. Geography], vol. 99, no. 3, pp. 29-35, DOI: 10.31489/2020BMG3/29-35, EDN: AESNSV. (In Russian).
5. Tseplyaev A.N., Tseplyaev V.A., Magomedov A.M., 2021. *Razrabotka i issledovanie seksii seyalki dlya poseva semyan ovoshchnykh i bakhchevykh kul'tur odnovremennno s gidrogelem* [Development and research of a section of a seed drill for sowing seeds of vegetable and melon crops simultaneously with hydrogel]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education], no. 1(61), pp. 380-389, DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-36, EDN: KLNSUY. (In Russian).
6. Tibirikov A.P., Filin V.I., 2013. *Vliyanie poliakrilamidnogo gidrogelya na strukturno-agregatnyy sostav pakhotnogo sloya svetlo-kashtanovoy pochvy Volgo-Don'skogo mezhdurech'ya* [Effect of polyacrylamide hydrogel on structure-aggregate composition of the arable layer of light chestnut soils of Volga-Don interfluve]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education], no. 4, pp. 84-89, EDN: RUHVBD. (In Russian).
7. Tseplyaev A.N., 2023. *Teoreticheskoe obosnovanie parametrov mashiny dlya posadki kartofelya s gidrogelem pri oroshenii* [Theoretical justification of the parameters of the potato planting machine with hydrogel during irrigation]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education], no. 2(70), pp. 499-507, DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-58, EDN: SLCPBA. (In Russian).
8. Timoshenko V.V., Tseplyaev A.N., 2016. *Effektivnost' ispol'zovaniya soshnika dlya poseva i vneseniya gidrogelya i zhidkikh udobreniy* [Efficiency of using a coultter for sowing and application of hydrogel and liquid fertilizers]. *Strategicheskie orientiry innovatsionnogo razvitiya APK v sovremennykh ekonomicheskikh usloviyakh: materialy konferentsii* [Strategic Guidelines for Innovative Development of the Agro-Industrial Complex in Current Economic Conditions: Proceedings of the Conference]. Volgograd State Agrarian University, Volgograd, vol. 2, pp. 164-169, EDN: WYRQUF. (In Russian).

9. Naumov P.V., Shcherbakova L.F., Okolelova A.A., 2011. *Optimizatsiya vlogoobespechennosti pochv s pomoshch'yu polimernykh gidrogeley* [Soil moisture optimization using polymer hydrogels]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education], no. 4(24), pp. 77-81, EDN: ONKCLT. (In Russian).

10. Agafonov O.M., Revenko V.Yu., 2017. *Vozmozhnosti polimernogo gidrogelya kak nakopitelya pochvennoy vlagi v zone neustoychivogo uvlazhneniya Krasnodarskogo kraya* [Possibilities of polymeric hydrogel as storage of soil moisture in the zone of unstable moistening in Krasnodar territory]. *Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i yestestvennykh nauk* [International Journal of Humanities and Natural Sciences], no. 10, pp. 35-38, EDN: ZTPRLR. (In Russian).

11. Godunova E.I., Shkabarda S.N., Gundyryin V.N., 2014. *Ispol'zovanie gidrogelya i vlogoobespechennost' kul'tur v zone neustoychivogo uvlazhneniya Stavropol'ya* [Using hydrogel and the moisture content of crops in the area of unstable moistening in Stavropol territory]. *Zemledelie* [Soil Science], no. 6, pp. 37-38, EDN: SLBYYV. (In Russian).

12. Gichenkova O.G., Laptina Yu.A., Dergacheva I.A., 2021. *Rezultaty agroekologicheskogo ispytaniya sortov kartofelya otechestvennoy selektsii v usloviyakh orosheniya Volgogradskoy oblasti* [Results of agroecological tests of potato varieties of domestic breeding in the conditions of irrigation of Volgograd region]. *Oroshaemoe zemledelie* [Irrigated Agriculture], no. 4, pp. 41-44, DOI: 10.35809/2618-8279-2021-4-7, EDN: VLZHLF. (In Russian).

13. Starovoytov V.I., Starovoytova O.A., Manokhina A.A., 2015. *Vozdelyvanie kartofelya s ispol'zovaniem vlagosorbiruyushchikh polimerov* [Potato cultivation using moisture-controlled polymers]. *Tekhnika i tekhnologii v APK* [Equipment and Technologies in the Agro-Industrial Complex], no. 1, pp. 15-18. (In Russian).

14. Ruleva O.V., Vedeneyeva V.A., 2020. *Osobennosti razvitiya oroshayemogo agrofytotsenoza kartofelya, vyrashchivaemogo pod vliyaniem lesnykh polos* [Features of the development of irrigated agrophytocenosis of potatoes grown under the influence of forest belts]. *Oroshaemoe zemledelie* [Irrigated Agriculture], no. 4, pp. 28-32, DOI: 10.35809/2618-8279-2020-3-5, EDN: FOTURD. (In Russian).

Информация об авторах

А. Н. Цепляев – ведущий научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия – филиал Федерального научного центра гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова, Волгоград, Российская Федерация, can_volgau@mail.ru, ORCID: 0000-0003-1454-5784;

С. Я. Семененко – главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия – филиал Федерального научного центра гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова, Волгоград, Российская Федерация, semenenkosy.vniioz@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-5992-8127;

А. А. Куприянов – младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия – филиал Федерального научного центра гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова, Волгоград, Российская Федерация, kuprijanov19967@gmail.com, ORCID: 0000-0002-5469-2132.

Information about the authors

A. N. Tseplyaev – Leading Researcher, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture – branch of the Federal Scientific Center of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov, Volgograd, Russian Federation, can_volgau@mail.ru, ORCID: 0000-0003-1454-5784;

S. Ya. Semenenko – Chief Researcher, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture – branch of the Federal Scientific Center of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov, Volgograd, Russian Federation, semenenkoy.vniioz@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-5992-8127;

A. A. Kupriyanov – Junior Researcher, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture – branch of the Federal Scientific Center of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov, Volgograd, Russian Federation, kupriyanov19967@gmail.com, ORCID: 0000-0002-5469-2132.

*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 15.04.2024; одобрена после рецензирования 25.07.2024;
принята к публикации 05.08.2024.*

*The article was submitted 15.04.2024; approved after reviewing 25.07.2024; accepted for
publication 05.08.2024.*