

Оригинальная статья

УДК 631.674.6:635.132

DOI: 10.26897/1997-6011-2023-3-23-30



ФАКТОРЫ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ МОРКОВИ В УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Дубенок Николай Николаевич , академик РАН, профессор, заведующий кафедрой

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9059-9023>; ndubenok@mail.ru

Пенькова Раиса Ивановна , аспирант

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9348-4408>; raja14-1@mail.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, Россия

Аннотация. Ежегодное нарастание объемов импорта овощных, в том числе моркови столовой, является одним из основных показателей наличия проблемы в обеспечении внутреннего рынка продукцией отечественного производства. В первую очередь это связано с количеством затрачиваемых ресурсов и их высокой стоимостью, что не позволяет отечественным производителям восполнять потребность населения в овощах. Цель исследований сводилась к выявлению степени влияния различных факторов на эффективность использования водных ресурсов при капельном орошении моркови с формированием 90-130 т/га стандартных корнеплодов. Опыт проводился на территории Волгоградской области на полях крестьянско-фермерского хозяйства Зайцева В.А. В схеме опыта определены три фактора: А – условия водообеспечения; В – минеральное питание; С – плотность посева. Изменение количественных показателей основных урожаеобразующих факторов приводит к изменению урожайности товарной продукции моркови. Улучшенные условия, созданные в годы исследований (2019-2021) на вариантах с максимальной дозой вносимых питательных элементов при режиме дифференцированной влажности почвы 70-80% НВ в слое 0,4 м, позволили получить наибольшие показатели урожайности (до 114-115 т/га). Однако наименьший расход поливной влаги был отмечен для каждого года исследований на варианте с поддержанием указанного режима в слое 0,4 м, при внесении минеральных удобрений дозой $N_{210}P_{95}K_{260}$ и дифференцированном распределении посевного материала в ленте, где количество полученной продукции достигало 105-113 т/га.

Ключевые слова: водный режим, питательный режим, капельное орошение, морковь столовая, поливная норма, Кордоба F1, фертигация

Формат цитирования: Дубенок Н.Н., Пенькова Р.И. Факторы эффективного использования водных ресурсов при капельном орошении моркови в условиях Нижнего Поволжья // Природообустройство. 2023. № 3. С. 23-30. DOI: 10.26897/1997-6011-2023-3-23-30.

© Дубенок Н.Н., Пенькова Р.И., 2023

Original article

FACTORS OF EFFICIENT USE OF WATER RESOURCES DURING DRIP IRRIGATION OF CARROTS IN THE CONDITIONS OF THE LOWER VOLGA REGION

Dubenok Nikolay Nikolaevich , academician of RAS, professor, head of the department

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9059-9023>; ndubenok@mail.ru

Penkova Raisa Ivanovna , post graduate student

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9348-4408>; raja14-1@mail.ru

Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after C.A. Timiryazev, 127434, Moscow, Timiryazevskaya str., 49, Russia

Annotation. Every year, the volume of imports of vegetables, including table carrots, is growing. The above is the main indicator of the existence of a problem in providing the domestic market

with domestically produced products. This is primarily due to the amount of resources expended and their high cost, which does not allow domestic producers to meet the population's need for vegetables. The purpose of the study is to identify the degree of influence of various factors on the efficiency of water resources use during drip irrigation of carrots with the formation of 90-130 t/ha of standard root crops. The experiment was carried out on the territory of the Volgograd region on the fields of the peasant farm of Zaitsev V.A. Three factors are defined in the scheme of the experiment: A – water supply conditions, B – mineral nutrition, C – sowing density. A change in the quantitative indicators of the main crop-forming factors leads to a change in the yield of marketable carrot products. Improved conditions created during the years of research (2019-2021) on variants with the maximum dose of applied nutrients under a regime of differentiated soil moisture of 70-80% HB in a layer of 0.4 m made it possible to obtain the highest yields (up to 114-115 t/ha), however, the lowest consumption of irrigation moisture was noted for each year of research on the variant with maintaining the specified regime in a layer of 0.4 m, applying mineral fertilizers at a dose of $N_{210}P_{95}K_{260}$ and differentiated distribution of seed material in the tape, where the amount of the resulting product reached 105-113 t/ha.

Keywords: water regime, nutrient regime, drip irrigation, table carrot, irrigation rate, Cordoba F1, fertigation

Format of citation: Dubenok N.N., Penkova R.I. // Factors of efficient use of water resources during drip irrigation of carrots in the conditions of the Lower Volga region // Prirodoobustroystvo. 2023.3. P. 23-30. DOI: 10.26897/1997-6011-2023-3-23-30.

Введение. Регулирование водного и питательного режимов почв в мелиорации является одним из главных факторов, влияющих на повышение плодородия почв и, как следствие, на уровень урожайности сельскохозяйственных культур. Это подтверждается результатами исследований различных отечественных и зарубежных ученых [1-6].

Роль влаги в жизни растений трудно переоценить. Вода – один из главных активаторов пробуждения семени и начала его роста: все биохимические процессы, перенос минеральных и органических веществ в растении происходят за счет наличия в нем жидкости. Влага, находящаяся над поверхностью земли и в ее глубинах, участвует в процессе терморегуляции и в тепловом балансе почвы, влияет на ее агрофизические и определяет агрохимические показатели.

В целях обеспечения благоприятных условий для полноценного роста и развития растения, а также для повышения урожайности весьма важно изучить особенности формирования водного режима почвы.

Около 30-35 различных видов овощных культур в мире выращиваются в промышленных масштабах, и в число самых популярных из них входит морковь столовая. Согласно данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН основными производителями указанного корнеплода в последние 5 лет являются такие страны, как Китай (больше половины всего мирового рынка), Германия, Япония, Польша и Россия. В нашей стране объемы производства моркови столовой с каждым годом сокращаются

примерно на 4-7%, и уже сейчас производимых объемов недостаточно для обеспечения потребности населения, в связи с чем наблюдается ежегодное увеличение импорта [7, 8]. Основным фактором, влияющим на этот процесс, является отсутствие в России повсеместного внедрения прогрессивных наукоемких технологий производства, что существенно влияет на стоимость продукции.

В целях интенсификации производства продукции растениеводства все чаще используются ресурсосберегающие технологии, позволяющие не просто увеличить выход продукта, но и существенно снизить количество затрачиваемых на его производство ресурсов (поливной воды, минеральных удобрений, электроэнергии и др.), способствующие получению более ранних урожаев, предотвращению эрозии почвы, снижению вероятности распространения болезней растений. Одной из таких технологий является капельное орошение. По данным ФГБНУ ВНИИ «Радуга», уже в 2019 г. в России площадь земель под капельным орошением составляла 100 тыс. га, и на сегодняшний день эта цифра продолжает расти [9].

Проведенные исследования направлены на увеличение эффективности производства моркови столовой за счет дифференцированных уровней водообеспечения и агротехнических приемов возделывания при капельном орошении.

Материалы и методы исследований. Обычно основным источником поступления влаги к растениям являются атмосферные осадки, а в некоторых случаях подпитка может

происходить из грунтовых вод при высоком их расположении. В зависимости от этих факторов, климатических условий места исследований и принимается решение о необходимости (или необязательности) организации полива [10, 11].

Капельный способ полива является ресурсосберегающим, так как позволяет минимизировать количество используемой оросительной воды и повысить эффективность полива, что особенно актуально для засушливых условий Нижнего Поволжья. Действенность данного метода обуславливается гибкостью регулирования выдачи поливной нормы в зависимости от биологических особенностей культуры, возможностью поддержания влажности почвы в узко заданном оптимальном диапазоне.

Для исследуемой культуры такой способ полива наиболее оптимален, так как морковь, хотя и является относительно засухоустойчивой культурой, но предъявляет особые требования к влажности почвы в периоды прорастания семян, начального роста и формирования корнеплода. Избыток влаги в почве влечет за собой остановку роста главного корня моркови, начинается процесс его деформации. В случаях, когда избыточное увлажнение носит длительный характер, происходит гибель растения. В свою очередь, недостаток влаги является причиной огрубения тканей растения, задержки его роста и увядания. При резких колебаниях уровня увлажнения наблюдается повсеместное растрескивание корнеплодов, что также негативно сказывается на товарном виде производимого продукта. Этим и обосновано применение технологии капельного орошения при возделывании моркови столовой [12, 13].

Полевые исследования проводились на территории Волгоградской области в Городищенском районе на протяжении трех лет. Опыт включал в себя 3 фактора. Для фактора А (условия водообеспечения) предусматриваются три варианта с поддержанием дифференцированного порога предполивной влажности 70% НВ до фазы образования 2 листа с дальнейшим увеличением уровня НВ до 80% в слоях 0,3 м; 0,4 м; 0,5 м. Для фактора В (минеральное питание) предусмотрены также три варианта: внесение различных доз удобрений для достижения планируемой урожайности в 90, 110 и 130 т/га, соответственно $N_{165}P_{70}K_{190}$; $N_{210}P_{95}K_{260}$; $N_{255}P_{120}K_{330}$. Третий фактор (фактор С – распределение посевного материала

в ленте) включал в себя 2 варианта: равномерное распределение; распределение с увеличением на 10% в крайних строках и снижением на 10% по центру посевной ленты [4, 6, 11, 13-15].

Среди сортов, рекомендованных для выращивания в условиях Волгоградской области, был выбран среднепоздний сорт столовой моркови Кордоба F1. Высадка семян производилась в конце мая, сразу после предпосевной обработки, в четырехкратной повторности методом сложных делянок с рандомизированным размещением вариантов. Семена высаживались на глубину 0,03 м по схеме 3×4 (12 строк) с расстоянием между строчками 0,065 м и интервалом между растениями 0,068 м. Норма высева семян составила 1,1 млн шт/га. Капельные линии находились на расстоянии 0,39 м друг от друга с расположением трех строчек моркови по краям, и шести – между ними (рис. 1).

Капельные ленты – отечественного производства (ЗАО «Новый век агротехнологий») с производительностью капельниц 1,2 л/ч. Для поддержания порога предполивной влажности 70% НВ в слое 0,3 м поливы проводились нормой $190 \text{ м}^3/\text{га}$; в слое 0,4 м – $250 \text{ м}^3/\text{га}$; в слое 0,5 м – $300 \text{ м}^3/\text{га}$. При увеличении порогового показателя до 80% НВ норма была сокращена и для каждого слоя составила соответственно $140 \text{ м}^3/\text{га}$; $190 \text{ м}^3/\text{га}$; $230 \text{ м}^3/\text{га}$.

Осенью проводилось лущение тяжелыми дисковыми боронами БДТ-3 на глубину 0,08-0,10 м. Вспашку производили лемешно-отвальными плугами ПЛН-5-35 в агрегате с трактором Т-4А на глубину 0,25...0,27 м. От расчетной дозы минеральных удобрений под вспашку вносили 16% азотных, 100% фосфорных и 37% калийных, остальную часть подавали с поливной водой по фазам развития растения: формирования корневой системы (фазы посев-2 лист), листового аппарата (фазы 2-7 листы), фазу формирования урожая (фазы 7 лист – уборка).

Из минеральных удобрений применяли аммиачную селитру с содержанием азота 34%,

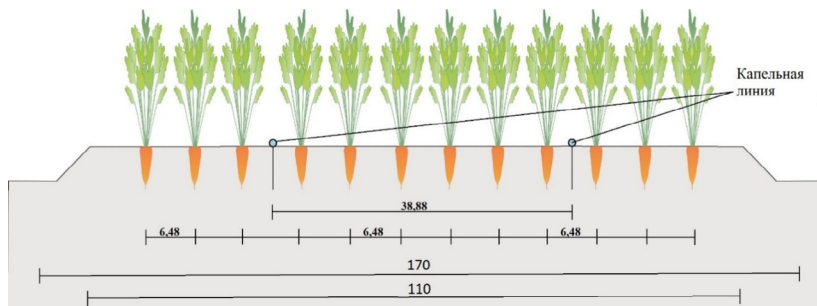


Рис. 1. Схема посева

Fig. 1. Sowing scheme

диаммофоску (10% N; 26% P₂O₅; 26% K₂O) и сульфат калия с содержанием калия 50%.

Результаты и их обсуждение. Почвы опытного участка – светло-каштановые среднесуглинистые, обладающие хорошими влагоудерживающими свойствами с типичным уровнем обеспеченности питательными веществами (в горизонте 0-0,3 м его содержание не превышает 1,6-1,7%; в слое 0,3-0,4 м – 0,5%; в слое 0,4-0,5 м – 0,2%). По уровню обеспеченности калием почвы опытного участка относятся к обеспеченным, по содержанию легкогидролизуемого азота и подвижного фосфора – к низкообеспеченным.

Климатические условия региона являются достаточно специфическими и имеют ряд особенностей: лето, как правило, жаркое, с минимальным количеством осадков и высоким ветровым режимом; зима отличается малоснежностью и низкими температурами. По уровню обеспеченности теплом и влагой годы исследований имели некоторые отличия. Самыми

теплыми по сумме среднесуточных температур периода вегетации стали 2020 г. (2943,39°C) и 2021 г. (2807,2°C). Несколько прохладной была температура в 2019 г. (сумма среднесуточных температур – 2703,8°C). Количество выпавших осадков в 2019 г. составило 110 мм, в 2020 г. – 41 мм, в 2021 г. – 75,6 мм. Рассчитанный для оценки уровня обеспеченности влагой гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова (ГТК) показал, что все 3 года исследований по климатическим данным относились к засушливым. По уровню обеспеченности влагой самыми благоприятными оказались 2019 и 2021 гг. (ГТК составил соответственно 0,4 и 0,3), а самым сухим был 2020 г. (ГТК = 0,1).

Поливная норма рассчитывалась исходя из водно-физических свойств почвы и глубины развития корневой системы моркови по общепринятой формуле. Поддержание предполивной влажности производилось капельными поливами в соответствии с вариантами опыта (табл. 1).

Таблица 1. Поливной режим моркови по фазам развития на варианте А2 2019-2021 гг.

Table 1. Irrigation regime of carrots by phases of development, on option A2 2019-2021

Уровень водообеспеченности Level of water supply	Уровень минерального питания Veel of mineral nutrition	Схема посева* Scheme of sowing*	Год исследования Year of investigation	Фазы развития** Phases of development**						Сумма за вегетацию Total for vegetation
				Посев – всходы Sowing – shoots	Всходы – 2 лист Shoots – 2 leave	2-5 лист 2-5 leave	5-7 лист 5-7 leave	7 лист – тех. спелость 7 leave – tech. ripeness	Тех. спелость – уборка Tech. ripeness – harvesting	
0,4 м (70% НВ до 2 листа, после – 80% НВ)	N ₁₆₅ P ₇₀ K ₁₉₀	РР	2019	1/250	1/250	2/190	3/190	6/190	2/190	15/2970
			2020	0/0	2/250	4/190	6/190	6/190	4/190	22/4300
			2021	0/0	1/250	5/190	5/190	6/190	3/190	20/3860
		ДР	2019	1/250	1/250	2/190	4/190	6/190	1/190	15/2970
			2020	0/0	2/250	4/190	6/190	6/190	4/190	22/4300
			2021	0/0	1/250	5/190	6/190	6/190	3/190	21/4050
	N ₂₁₀ P ₉₅ K ₂₆₀	РР	2019	1/250	1/250	2/190	4/190	6/190	1/190	15/2970
			2020	0/0	2/250	4/190	6/190	6/190	4/190	22/4300
			2021	0/0	1/250	5/190	6/190	6/190	3/190	21/4050
		ДР	2019	1/250	1/250	2/190	4/190	6/190	1/190	15/2970
			2020	0/0	2/250	4/190	6/190	6/190	4/190	22/4300
			2021	0/0	1/250	5/190	6/190	6/190	3/190	21/4050
	N ₂₅₅ P ₁₂₀ K ₃₃₀	РР	2019	1/250	1/250	2/190	4/190	6/190	1/190	15/2970
			2020	0/0	2/250	5/190	6/190	6/190	4/190	23/4490
			2021	0/0	1/250	5/190	6/190	6/190	3/190	21/4050
		ДР	2019	1/250	1/250	2/190	4/190	6/190	1/190	15/2970
			2020	0/0	2/250	5/190	6/190	7/190	4/190	24/4680
			2021	0/0	1/250	5/190	6/190	6/190	3/190	21/4050

* – РР – равномерное распределение посевного материала в ленте; ДР – дифференцированное распределение посевного материала в ленте

** – число поливов/поливная норма

* – РР – uniform distribution of seed in the tape; DR – differentiated distribution of seed in the tape

** – number of irrigations/irrigation rate

В зависимости от требуемой глубины промачивания и уровня предполивной влажности количество необходимой для полива воды варьирует. В фазы развития «Посев-всходы» и «Всходы-2 лист» во все годы исследований поддерживался порог предполивной влажности почвы 70% НВ. Количество поливов, проведенных в эти 2 фазы, было самым минимальным и за весь исследуемый период составило от 0 до 4 в зависимости от гидротермических показателей фазы. Меньше всего поливов в этот интервал было произведено в 2019 и 2021 гг., так как наблюдались наиболее благоприятные климатические условия.

Рост и развитие моркови, формирование и развитие листового аппарата – основные показатели, влияющие на объем потребляемой растением влаги, поэтому с фазы 2-5 листьев увеличивается среднесуточное водопотребление, что вызывает необходимость увеличения порога предполивной влажности до 80% НВ. Для этого потребовалось проведение большего количества поливов (от 2 до 7 в зависимости от фазы развития) меньшей поливной нормой. Так, для поддержания требуемого уровня увлажнения в слое 0,3 м она была сокращена на $50 \text{ м}^3/\text{га}$; для слоя 0,4 м – на $60 \text{ м}^3/\text{га}$; для слоя 0,5 м – на $70 \text{ м}^3/\text{га}$.

Исследованиями установлено, что с каждой последующей фазой требуемое количество поливов увеличивается, причем наибольшее значение было отмечено в период максимального прироста вегетативной массы и основного формирования урожая, то есть в фазу «7 листьев-тех. спелость». В этот период потребовалось проведение от 5 до 8 поливов, причем их количество уменьшалось с увеличением глубины промачивания.

В период наступления последней фазы «Техническая спелость-уборка» происходит уменьшение количества потребляемой влаги на фоне уменьшения среднесуточных температур, что приводит к уменьшению количества поливов.

В зависимости от гидротермических условий года исследований количество поливов и поливная норма менялись. Так, за 2019 г. было проведено от 13 до 20 поливов оросительной нормой $2760\text{-}3360 \text{ м}^3/\text{га}$, в 2020 г. – от 17 до 30 поливов нормой $3980\text{-}4440 \text{ м}^3/\text{га}$, в 2021 г. – 17-28 поливов нормой $3980\text{-}4020 \text{ м}^3/\text{га}$.

Суммарное водопотребление – основной показатель потребности культуры во влаге. Наибольшее его значение в 2019 г. наблюдалось на варианте с сочетанием

факторов АЗВЗС2- $4630 \text{ м}^3/\text{га}$. В 2020 ($5140 \text{ м}^3/\text{га}$) и 2021 ($5070 \text{ м}^3/\text{га}$) гг. максимальный расход пришелся на вариант А2ВЗС2 (рис. 2).

В 2019 г. доля использования выпавших осадков в структуре суммарного водопотребления составила 28,4%, в 2020 г. – 8,9%, в 2021 г. – 15,6%. При этом доля использованных почвенных запасов влаги в 2019 г. составила 2,9%, в 2020 г. – 2,9%, в 2021 г. – 4,3%.

В зависимости от фазы развития среднесуточное водопотребление моркови изменяется: в начальные фазы развития оно было минимальным, затем, до фазы «7 лист-техническая спелость», происходило его постепенное увлечение, а к фазе «Техническая спелость-уборка» снова наблюдался спад [4, 10, 15]. Самое высокое среднесуточное потребление отмечается на вариантах с максимальной дозой вносимых питательных веществ $N_{255}\text{-}P_{120}\text{-}K_{330}$: в 2019 г. – на варианте АЗВЗС2, в 2020 г. – на варианте А2ВЗС2, в 2021 г. – на варианте А2ВЗС1. Это связано с интенсивным накоплением биомассы, развитием корневой системы в зависимости от количества вносимых удобрений.

Тенденция роста водопотребления также прослеживается в зависимости от глубины увлажняемого слоя почвы. Самые низкие значения коэффициента водопотребления по всем годам исследований отмечены на вариантах опыта с глубиной промачивания 0,4 м, что обусловлено расположением основной части корневой системы моркови в пределах указанного слоя. Также по каждому году исследований наблюдается уменьшение количества воды, израсходованной за вегетационный период на 1 т продукции в зависимости от распределения посевного материала в ленте. Так, при равномерном распределении (фактор С1) наблюдается большее иссушение почвы в периферийных строках за счет

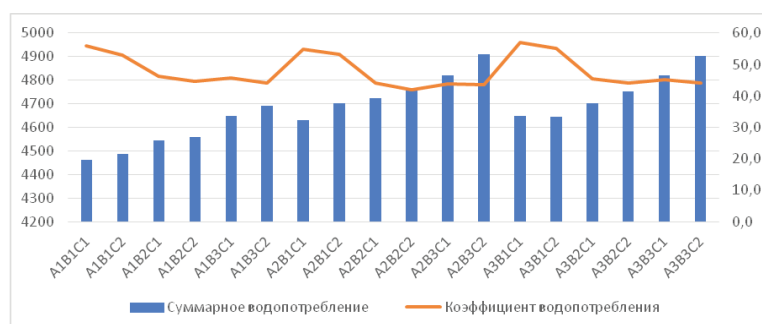


Рис. 2. Зависимость коэффициента водопотребления от суммарного водопотребления (среднее значение за период 2019-2021 гг.)

Fig. 2. Dependence of the water consumption coefficient on total water consumption (average value for the period 2019-2021)

испарения, а также снижение количества листьев у растений, расположенных по центру ввиду сильного затенения. Все это влечет за собой снижение продуктивности фотосинтеза и, как следствие, ухудшение показателей прироста сухой массы.

Влияние указанных факторов удалось снизить на вариантах, где количество посевного материала в ленте было увеличено на 10% в крайних строках и снижено на 10% по центру посевной ленты (фактор С2). Так, в 2019 г., в фазу с максимальным количеством листьев «Формирование 7 листьев-техническая спелость», среднесуточный прирост сухой биомассы в вариантах с дифференцированным распределением посевного материала в среднем составил 5-6 кг/га, в 2020 г. – 8-9 кг/га, а в 2021 г. – 7-8 кг/га. Стоит отметить, что распределение посевного материала оказало влияние и на коэффициент водопотребления: во все годы исследований самые низкие значения наблюдались на вариантах, где плотность посева соответствовала фактору С2.

Наименьшая существенная разница ($НСР_{05}$) по вариантам опыта статистически достоверна и составила: для 2019 г. по фактору А – 0,44, фактору В – 0,44, по фактору

С – 0,36 для частных средних 1,08; для 2020 г. по фактору А – 1,19, по фактору В – 1,19; по фактору С – 0,97 для частных средних 2,92; для 2021 г. – по фактору А – 1,13, по фактору В – 1,13, по фактору С – 0,92 для частных средних 2,77.

На основе метода множественной нелинейной регрессии с включением в анализ различных нелинейных преобразований аргументов была разработана модель формирования урожая. Построенная модель включала в себя как линейные, так и нелинейные компоненты.

По результатам анализа, в зависимости от фактора С (распределение посевного материала в ленте), были выведены два уравнения. За основу была взята формула полинома четвертой степени, а так как анализ данных производился в соответствии с законом Парето (с отбором отдельных факторов, существенно влияющих на конечный результат), то она свелась к функции полного полинома второй степени: $Y = a + b \cdot h + c \cdot NPK + d \cdot h^2 + e \cdot NPK^2 + f \cdot h \cdot NPK$, где за переменную Y были приняты данные по урожайности моркови в зависимости от фактора С (способа посева), т/га; NPK – показатель, характеризующий уровень минерального питания моркови, численно равный дозе вносимого

минерального азота – лимитирующего элемента плодородия почвы, кг.д.в./га; величина h зависела от глубины промачивания почвы при проведении капельных поливов по вариантам А, сут. (рис. 3).

Параметры поверхности отклика по всей совокупности зависимостей урожайности моркови от условий минерального питания и условий водообеспечения представлены в таблице 2. Полученные коэффициенты детерминации соответственно по факторам $R = 0,94$ и $R = 0,95$

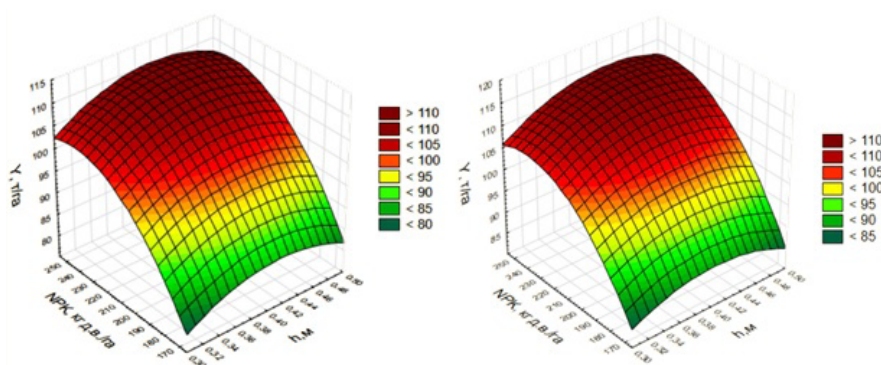


Рис. 3. Графики поверхности отклика урожайности столовой моркови Кордоба F1 в зависимости от уровня минерального питания и условий водообеспечения при капельном поливе (способ посева С1 и С2)

Fig. 3. Graphs of the response surface of the yield of table carrots of Cordoba F1 depending on the level of mineral nutrition and water supply conditions during drip irrigation (sowing method C1 and C2)

Таблица 2. Параметры уравнений поверхности отклика

Table 2. Parameters of the response surface equations

Способ посева Sowing method	Параметры уравнения Parameters of the equation						Коэффициент детерминации R^2 Coefficient of determination
	a	b (Th)	c (Rd)	d (Th2)	e (Rd2)	f (Rd Th)	
C1	-226,19	412,22	2,08	-521,11	-0,004	0,11	0,94
C2	-201,10	331,78	2,04	-469,44	-0,004	0,29	0,95

характеризуют хорошую согласованность теоретической поверхности отклика с опытными данными.

Изменение количественных показателей основных урожаеобразующих факторов (предполивной порог влажности, дозы вносимых удобрений, схемы посадки) приводит к изменению урожайности товарной продукции моркови. Улучшенные условия развития продукционного процесса, созданные в годы исследований (2019-2021) на вариантах с максимальной дозой вносимых питательных элементов при режиме дифференцированной влажности почвы 70-80% НВ в слое 0,4 м (А2В3С2), позволили получить соответственно по годам: 115,7 т/га; 114,5 т/га; 109,0 т/га. Однако наименьшее значение коэффициента водопотребления отмечено для каждого года исследований на варианте с сочетанием факторов А2В2С2. На указанном варианте расход поливной влаги был самым минимальным (2019 г. – 2970 м³/га, 2020 г. – 4300 м³/га; 2021 г. – 4050 м³/га). Доля использования осадков от суммарного водопотребления составила: 2019 г. – 30,2%; 2020 г. – 8,9%; 2021 г. – 16,1%. Доля же использованных почвенных влагозапасов составила: 2019 г. – 2,9%; 2020 г. – 3,7%; 2021 г. – 1,9%.

Выводы

В ходе проведения опытов установлено, что в изменении поливного режима по вариантам отмечены следующие закономерности:

- на величину оросительной нормы большое влияние оказывали количество выпадающих осадков, требуемая глубина промачивания почв (причем увеличение первого показателя вело к снижению оросительной нормы, а второго – наоборот, к увеличению);

Список использованных источников

1. Бородычев В.В., Гуренко В.М., Дмитриенко О.М. Потребность овощных культур в минеральном питании при капельном орошении // Картофель и овощи. 2005. № 8. С. 36.
2. Дубенок Н.Н., Бородычев В.В., Мартынова А.А. Минеральное питание – важный резерв повышения продуктивности посевов моркови при орошении // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 7. С. 24-27.
3. Борисов В.А., Васючков И.Ю., Коломиец А.А. и др. Эффективность применения подкормок овощных культур по данным почвенной и растительной диагностики // Агрохимия. 2022. № 2. С. 22-27. DOI: 10.31857/S000218812202003X. EDN WQKKIS.
4. Cultivo da cenourasubmetida à aplicação de doses de biofertilizante José Lucas Guilherme Santos, Ancélio Ricardo de Oliveira Gondim // Joaquim Vieira Lima Neto, Erivan Alves da Silva Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável. 2017. № 1. Vol. 12. Pp. 55-60.

- при повышении уровня предполивной влажности с 70 до 80% НВ требуется увеличение числа поливов с сокращением при этом поливной нормы на 23-26%;

- самыми затратными по количеству поданной воды были варианты с максимальной дозой вносимых питательных веществ $N_{255}P_{120}K_{330}$, когда достигнутые показатели урожайности в 106-113 т/га были получены при оросительной норме 2900-4490 м³/га;

- распределение посевного материала в лентах оказывает влияние не только на уровень водопотребления (на варианте с фактором С2 наблюдается снижение суммарного водопотребления в среднем на 40-50 м³/га), но и на фотосинтетические показатели (на том же варианте увеличивается продуктивность фотосинтеза за счет увеличения площади листьев на 1-2%).

По результатам, полученным в процессе исследований, для эффективного использования поливной воды и получения конкурентоспособной продукции надлежащего качества рекомендуется поддержание дифференцированного порога предполивной влажности 70% НВ до фазы образования 2 листа с дальнейшим увеличением уровня НВ до 80% в слое 0,4 м на фоне внесения питательных веществ дозой $N_{210}P_{95}K_{260}$ и распределением посевного материала в ленте с увеличением на 10% в крайних строках, снижением на 10% по центру посевной ленты (А2В2С2). При таком режиме были достигнуты планируемые значения урожайности в 113,9 т/га в 2019 г., 112,3 т/га в 2020 г., 107,0 т/га в 2021 г. Отмечены максимальные значения прироста площади листовой поверхности и сухой биомассы (среднесуточный прирост в 2019 г. составил 107 кг/га, в 2020 г. – 113 кг/га, в 2021 г. – 108 кг/га).

References

1. Borodychev V.V. The demand of vegetable crops for mineral nutrition at drip irrigation / A.I. Boldyr, Gurenko V.M., Dmitrienko O.M. // Potatoes and vegetables, 2005. № 8. P. 36.
2. Dubenok N.N., Borodychev V.V., Martynova A.A. Mineral nutrition is an important reserve for increasing the productivity of carrot crops during irrigation // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2010. № 7. P. 24-27.
3. Borisov V.A. Efficiency of usage of additional fertilizing for vegetable cultures according to the data of soil and vegetation diagnostics / I.Yu. Vasyuchkov A.A. Kolomiets [and others] // Agrochemistry. 2022. No 2. P. 22-27. – DOI 10.31857/S000218812202003X. – EDN WQKKIS.
4. Cultivo da cenourasubmetida à aplicação de doses de biofertilizante José Lucas Guilherme Santos, Ancélio Ricardo de Oliveira Gondim, Joaquim Vieira Lima Neto, Erivan Alves da Silva Revista Verde de Agroecologia e

5. Eric Kerloch. Influence du développement racinaire et du régime hydrique sur l'évolution des propriétés physiques et hydrauliques de substrats horticoles organiques // *Biologie végétale*. Agrocampus Ouest 2016. Français. □NNT: 2016NSARC124□.

6. Produtividade da cenoura, coentro e rúcula em função de densidades populacionais Jailma Suerda Lima, Aridônia Peixoto Chaves, Francisco Bezerra Neto, Elizangela Cabral dos Santos, Gardênia Silvana de Oliveira Rodrigues Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável. 2013. Vol. 8. № 1.

7. Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (FAO). [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fao.org/statistics/ru/>.

8. Федеральная служба государственной статистики / Центральная база статистических данных. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gks.ru/dbscripts/munst/munst18/DBInet.cgi#1>.

9. **Ольгаренко Г.В., Турапин С.С.** Аналитические исследования перспектив развития техники орошения в России: Информационно-аналитическое издание. Колмна: ИП Лавренов А.В., 2020. 128 с. EDN XRBKQM.

10. **Бородычев В.В., Мартынова А.А., Лытов М.Н.** Возделывание моркови в условиях орошения: от эксперимента к технологии: монография. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2019. 204 с.

11. **Доспехов Б.А.** Методика полевого опыта (С основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 4-е, перераб. и доп. М.: Колос, 1979. 416 с.

12. **Дубенок Н.Н., Калинин Р.В., Шумакова Р.И.** Технология возделывания культуры моркови посевной на капельном орошении в условиях Нижнего Поволжья // Наука и технологии XXI века: тренды и перспективы: Сборник статей по итогам IV Профессорского форума; в 2 т. Т. 2. М.: Общероссийская общественная организация «Российское профессорское собрание», 2021. С. 140-147. EDN EOKVOS.

13. **Литвинов С.С.** Методика полевого опыта в овощеводстве. М.: Всероссийский НИИ овощеводства, 2011. 648 с.

14. **Брыкина И.Г.** Действие минеральных удобрений и физиологически активных веществ на урожайность моркови при орошении // Теория и практика современной аграрной науки: Сборник V национальной (всероссийской) научной конференции с международным участием. Новосибирск: Издательство НГАУ «Золотой колос», 2022. С. 23-26. EDN OLDTYF.

15. **Дербасова Н.М., Черкашина Н.И., Львов А.В.** Анализ эффективности органических удобрений // Естественные и технические науки. 2022. № 1 (164). С. 120-122. EDN DQOPHG.

Desenvolvimento Sustentável, ISSN-e 1981-8203, Vol. 12, Nº. 1, 2017, págs. 55-60

5. Eric Kerloch. Influence du développement racinaire et du régime hydrique sur l'évolution des propriétés physiques et hydrauliques de substrats horticoles organiques. *Biologie végétale*. Agrocampus Ouest, 2016. Français. □NNT: 2016NSARC124□. □tel-01649203□

6. Produtividade da cenoura, coentro e rúcula em função de densidades populacionais Jailma Suerda Lima, Aridônia Peixoto Chaves, Francisco Bezerra Neto, Elizangela Cabral dos Santos, Gardênia Silvana de Oliveira Rodrigues Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, ISSN-e 1981-8203, Vol. 8, Nº. 1, 2013

7. Food and agricultural organization of UNO (FAO). – [Electronic resource] – Access mode: <https://www.fao.org/statistics/ru/>

8. Federal State Statistics Service. / Central Statistical Database. – [Electronic resource] – Access mode: <http://www.gks.ru/dbscripts/munst/munst18/DBInet.cgi#1>

9. **Olgarenko G.V., Turapin S.S.** Analytical studies of the prospects for the development of irrigation technology in Russia: Information and analytical publication of Kolomna: IP Lavrenov A.V., 2020. 128 p. – ISBN 978-5-9908948-9-1. – EDN XRBKQM.

10. **Borodychev V.V., Martynova A.A., Lytov M.N.** Cultivation of carrots under irrigation conditions: from experiment to technology: monograph. Volgograd: Volgograd State Agrarian University, 2019. 204 p.

11. **Dospikhov B.A.** Methodology of field experience: (With the basics of statistical processing of research results). Edition 4th, revise and enlarged. M.: Kolos, 1979. 416 p.

12. **Dubenok N.N., Kalinichenko R.V., Shumakova R.I.** Technology of cultivation of carrot crop under drip irrigation in the conditions of the Lower Volga region. // Science and technology of the XXI century: trends and prospects: Collection of articles on the results of the IV Professorial forum. In 2 volumes, Volume 2. Moscow: All-Russian public organization "Russian professorial assembly", 2021. S. 140-147. – EDN EOKVOS.

13. **Litvinov S.S.** Methodology of field experience in vegetable growing. M.: All-Russian research institute of vegetable growing, 2011. 648 p.

14. **Brykina I.G.** Action of mineral fertilizers and physiologically active substances on the yield of carrots during irrigation // Theory and practice of modern agrarian science: Collection of the V national (all-Russian) scientific conference with international participation. Novosibirsk: Zolotoy Kolos NSAU Publishing House, 2022. P. 23-26. – EDN OLDTYF.

15. **Derbasova N.M., Cherkashina N.I., Lvov A.V.** Analysis of the effectiveness of organic fertilizers // Natural and technical sciences. 2022. № 1(164). P. 120-122. – EDN DQOPHG.

Критерии авторства

Дубенок Н.Н., Пенькова Р.И. выполнили теоретические и практические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись. Имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 28.02.2023

Одобрена после рецензирования 18.05.2023

Принята к публикации 18.05.2023

Criteria of authorship

Dubenok N.N., Penkova R.I. carried out theoretical and practical studies, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript. Dubenok N.N., Penkova R.I. have a copyright on the article and are responsible for plagiarism.

Conflict of interests

The authors state that there are no conflicts of interests

The article was submitted to the editorial office 28.02.2023

Approved after reviewing 18.05.2023

Accepted for publication 18.05.2023