

СЕЛЕКЦИЯ, СЕМЕНОВОДСТВО, АГРОТЕХНОЛОГИИ

УДК 631.67:551.58

**ЭКОЛОГО-МЕЛИОРАТИВНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ
КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ ЛУКА РЕПЧАТОГО В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО
ПРИЧЕРНОМОРЬЯ****Фёдор Фёдорович Адамень¹, Сергей Васильевич Коковихин²,
Алена Фёдоровна Сташкина³**¹Никитский ботанический сад – Национальный научный центр,
298648, Республика Крым, м.о. город-курорт Ялта,
тер. Никитский ботанический сад, здание 1, строение 1²ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина»,
350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13³ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН»
г. Севастополь, проспект Нахимова, 2

Исследовано влияние капельного орошения, минеральных удобрений и фосфогипса на свойства тёмно-каштановой почвы, урожай и качество лука в Северном Причерноморье. Установлено, что капельное орошение, повышая общую концентрацию солей в почве (на 0,0357% в зоне увлажнения), одновременно увеличивает урожайность лука в 3,3 раза по сравнению с неполивным контролем. Ключевую роль в регулировании солевого режима сыграл фосфогипс. Он вызывал наибольший прирост общей суммы солей (на 0,023–0,091%), но за счёт нетоксичных компонентов, улучшая соотношение кальция и натрия. Совместное применение фосфогипса (1,9 т/га в ряд) и кальциевой селитры (вариант 8) обеспечило максимальную урожайность. Минеральные удобрения повышали урожай на 33,1–42,8%, а также улучшали качество луковиц, увеличивая содержание сахара и витамина С. Дисперсионный анализ показал, что основным фактором урожайности (70,8%) было капельное орошение в комплексе с удобрениями и мелиорантом.

Ключевые слова: *лук репчатый; капельное орошение; минеральные удобрения; физико-химические свойства почвы; урожайность; качество продукции*

Введение

Существующие подходы к оценке эффективности использования поливных земель не отражают в полной мере окупаемость природных ресурсов, а тем более вовсе не раскрывают природно-ресурсный потенциал орошаемых территорий, особенностей агрокомпонентов, не освещают функциональные связи и взаимозависимости, которые существуют. Природно-хозяйственными законами, больше подчиняясь требованиям производства, а не возможностям и особенностям структуры природной составляющей агроландшафта. В связи с многовекторностью результатов и тенденций развития орошаемого земледелия актуальной для теории и практики является оценка изменений, происходящих при использовании земельно-водных ресурсов, а также факторов, влияющих на эти изменения. Среди природных факторов, влияющих на формирование и развитие орошаемого земледелия Украины, наибольшее значение имеет именно земельно-водный потенциал, его размеры, бонитет грунтов и качество поливной воды, условия использования, экологические ограничения (Малюга, 2014; Вожегова, 2017; Ефремова и др., 2018; Адамень, 2022).

Земледелие в условиях орошения прежде всего базируется на использовании свойства поливного грунта, где сочетаются все компоненты биосферы в форме сложной полигенетической системы и является зеркалом орошаемого ландшафта. Одновременно земля выступает как планетарный эколого-формирующий фактор. Это обуславливает специфический подход к использованию земельных ресурсов в регионах

орошения (Васильков и др., 2002; Коковихин, 2023 а, б; Макаренко, 2023; Kokovikhin et al., 2019; Vozhehova et al., 2020). С точки зрения повышения эффективности использования орошаемого земельного фонда следует отметить, что реалии его эколого-экономического состояния свидетельствуют о целесообразности корректировки парадигмы экономической оценки этого направления интенсификации.

К сожалению, неоднозначность понимания целей орошения и ситуация, в которой находится орошаемая земля, свидетельствуют о том, что не все так очевидно, как казалось многим в начале его развития. Одной из основных причин этого состояния является то, что освоение поливных земель осуществлялось в условиях функционирования преимущественно искривленных предыдущей системой экономических подходов и отсутствием экологических оценок и прогнозов (Пушкин и др., 2003; Адамень, 2023; Коковихин, 2023; Логойда и др., 2024).

Среди важнейших вопросов по эффективному использованию орошаемых земель, как базовой составляющей природно-ресурсного потенциала, в зоне Северного Причерноморья, есть собственность на земельно-водные ресурсы, цена и плата за них, что безусловно вытекает из их эколого-экономической оценки. В современных условиях экономики Российской Федерации на рыночной основе, введение экологических ограничений и экономической целесообразности и нагрузок на природный потенциал, а также экономической ответственности за нарушения, различных форм хозяйствования усиливается экономическая и политическая роль земли и воды как капитала в денежных, материальных, вещественных, информационных потоках рынка (Макаренко, 2008 а, б; Найдёнов, 2008; Макаренко, 2021; Тарасенко, 2021). Это положение и обусловило то, что вопросы эффективного природопользования и ресурсосбережения в условиях новых производственных отношений приобретают особое значение и требуют инновационных подходов для своего изучения. В агропроизводстве, функционирующем в условиях орошения, и наиболее контактной зоной с природной средой, острота этой проблемы выдвигается на передний план (Тучапский, 2017; Зеленский и др., 2018; Логойда и др., 2020; Коковихин и др., 2024 а, б).

Развитие спроса на инновации в орошаемом земледелии объективно требует усовершенствования существующих или разработки новых способов удовлетворения этого спроса. С одной стороны, потребительская стоимость товара все больше усовершенствуется и приносит потребителям большую прибыль за ту же цену. С другой, экономические, технологические, организационные и экологические возможности совершенствования потребностей со временем начинают отставать от темпов усложнения запроса. Количественное накопление такого отставания приводит к качественному скачку: в агропроизводстве появляются новые способы удовлетворения существующей потребности в научных разработках, касающихся орошаемого земледелия. Эти методы чаще всего базируются на новых идеях или технических решениях и становятся тем, что в современных условиях принято называть нововведением или инновацией. Нововведение в агропроизводство на орошаемых землях – это способ удовлетворения орошаемого земледелия в научных разработках, обеспечивающих прирост полезного эффекта и, как правило, основанный на научно-технических достижениях (Магомедтагиров, 2019; Логойда и др., 2020; Бойко, 2021; Василько и др., 2022).

Исходя из выше сказанного, целью работы является эколого-мелиоративное обоснование применения капельного орошения при выращивании лука репчатого для предотвращения вторичного осолонцевания и сохранения плодородия почвы в условиях Северного Причерноморья.

Объекты и методы исследования

Исследования проводились на территории опытного поля Института орошаемого земледелия на протяжении 2016–2018 гг. Площадь посевных делянок составляла 25,2 м², учетных – 22,4 м², повторность вариантов в опыте четырехкратная.

Закладка полевых опытов и их выполнение проводились в соответствии с общепринятыми методиками опытного дела в орошаемом земледелии (Горянский, 1970; Агрохимические методы исследования почв ..., 1975; Ушкаренко и др., 2011).

Схема опыта включала варианты:

- 1) без орошения (контроль 1);
- 2) орошение без применения удобрений и мелиоранта (контроль 2);
- 3) орошение + N₁₂₀P₉₀ (рекомендуемая норма удобрений);
- 4) орошение + N₁₇₁P₀K₀ (расчетная норма);
- 5) орошение + N₁₇₁P₀K₀ (расчетная норма удобрений, кальциевая селитра);
- 6) орошение + фосфогипс 3,0 т/га (под предпосевную культивацию);
- 7) орошение + фосфогипс 1,9 т/га (в ряды посевов);
- 8) орошение + N₇ селитра + фосфогипс 1,9 т/га (в ряды посевов);
- 9) орошение водой улучшенного качества (кальцинирование) + N₁₇₁P₀K₀ (расчетная норма удобрений, аммиачная селитра).

Почва опытных делянок – тёмно-каштановая среднесуглинистая, слабо карбонатная с слабощелочной реакцией среды. Культура – лук репчатый сорта Халцедон, который выращивался на репку из семян в однолетней культуре. Агротехника выращивания культуры – зональная, за исключением изучаемых факторов.

Удобрения (аммиачная, кальциевая селитра) и мелиорант вносили в соответствии со схемой опыта. Норму внесения фосфогипса в почву рассчитывали по порогу коагуляции мелкодисперсных частиц, минеральных удобрений в соответствии с методом оптимальных параметров элементов питания на запланированный уровень урожайности репчатого лука 50 т/га.

В опыте применяли рядовую схему посева с 8-рядковым посевом исследуемой культуры. Ширина ряда посева составляла 96 см, междурядья между рядами, соответственно, 60 см. Норма посева семян – 6 кг/га.

Источник орошения – подземные воды неогенового горизонта с минерализацией 1,55 г/дм³, ее химический состав сульфатно-хлоридный магниевый-натриевый. Оценка оросительной воды позволяет отнести ее ко 2-му классу (ограниченно пригодна по опасности засоления и осолонцевания). Оросительная норма в среднем за годы исследований составила 1236 м³/га. Для улучшения качественных характеристик подземных вод их подвергали мелиорации с использованием маточного раствора фосфогипса. Раствор готовили исходя из расчета 1,5 кг фосфогипса на 1 м³ воды.

Результаты и их обсуждение

В полевых опытах установлено, что капельное орошение слабоминерализованными водами при выращивании лука репчатого приводит к тенденции накопления легкорастворимых солей в 0-30 сантиметровом слое почвы. При этом обнаружено, что содержание легкорастворимых солей в почве увеличивалось не только в ряде посева репчатого лука (зона увлажнения), но и в почве междурядий (неполивная зона) между лентами посева (табл. 1). Так, на орошаемых делянках без внесения удобрений и мелиоранта (вариант 2) сумма легкорастворимых солей в выше упомянутом слое почвы, в ряде посева увеличивалась на 0,0380%, в междурядье между

поливными лентами соответственно на 0,0141% по сравнению с идентичными зонами на первом варианте.

Увеличение общей суммы солей в почвенном растворе на поливных участках полевого опыта происходило преимущественно за счет увеличения содержания токсичных солей. Их количество в почве в зоне ленты посева (зона увлажнения) повышалось в среднем на 0,0357%, а в междурядье соответственно на 0,0144% по сравнению с контрольным вариантом без орошения.

Внесение аммиачной селитры существенно не влияло на содержание солей в почвенном растворе, а кальциевой – приводило к росту солей особенно, в зоне увлажнения.

Наиболее существенно влияло на содержание солей в почве применения фосфогипса – сумма солей в ряду посева возросла на 0,023–0,091% по сравнению с орошаемым вариантом без удобрений и мелиоранта. Максимальное количество солей обнаружено на варианте с внесением фосфогипса 3 т/га под культивацию. Использование для полива лука репчатого поливной воды после кальцинации (вариант 9) с минерализацией 2,090 г/дм³ усиливало интенсивность накопления солей в почве. Но их количество в 0–30 см слое почвы в зоне ряда посева (зона увлажнения) было несколько меньше (на 0,0319%), чем в этом же слое почвы на участках с внесением фосфогипса (вариант 7).

Таблица 1

Влияние капельного орошения, минеральных удобрений и мелиорантов на физико-химические свойства 0-30 сантиметрового слоя почвы (среднее за 2016-2018 гг.)

Table 1

The effect of drip irrigation, mineral fertilizers and ameliorants on the physical and chemical features of a 0-30 cm soil layer (average for 2016-2018)

№ варианта / Variant number	Место отбора образца / Place of sampling	Сумма водораство- римых солей, % / Sum of water-soluble salts, %	$\frac{Ca^{2+}}{Na^{+}}$	Сумма токсичных солей, % / The amount of toxic salts, %	Сумма обменных катионов, мг-экв./100 г почвы / The amount of exchangeable cations, mg- eq./100 g of soil	% от суммы катионов / % of the sum of cations		
						Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
1	Капельная лента / Drip tape	0,1070	0,7	0,0660	19,68	76,4	21,7	1,9
	Междурядье / Row spacing	0,1064	0,7	0,0653	19,58	76,9	21,1	2,0
2	Капельная лента / Drip tape	0,1452	0,5	0,1017	19,47	71,4	25,2	3,4
	Междурядье / Row spacing	0,1205	0,6	0,0797	19,85	75,6	22,2	2,2
3	Капельная лента / Drip tape	0,1501	0,5	0,1000	19,70	72,7	23,7	3,6
	Междурядье / Row spacing	0,1254	0,7	0,0777	19,95	76,1	21,7	2,2

Продолжение таблицы 1

4	Капельная лента / Drip tape	0,1418	0,5	0,0970	19,53	71,6	24,6	3,8
	Междурядье / Row spacing	0,1224	0,7	0,0781	19,65	73,7	24,1	2,2
5	Капельная лента / Drip tape	0,1556	0,6	0,1007	20,05	72,8	23,9	3,3
	Междурядье / Row spacing	0,1246	0,7	0,0762	20,16	75,3	22,4	2,3
6	Капельная лента / Drip tape	0,2277	1,0	0,1258	20,58	75,6	22,1	2,3
	Междурядье / Row spacing	0,1941	1,1	0,1022	20,15	73,9	23,9	2,2
7	Капельная лента / Drip tape	0,2320	1,2	0,1195	20,23	75,1	22,3	2,6
	Междурядье / Row spacing	0,1348	0,6	0,0681	19,30	76,8	21,2	2,0
8	Капельная лента / Drip tape	0,2300	1,3	0,1149	20,91	75,9	21,7	2,4
	Междурядье / Row spacing	0,1363	0,6	0,0864	20,21	75,8	22,1	2,1
9	Капельная лента / Drip tape	0,2001	1,0	0,1124	20,14	74,9	22,9	2,2
	Междурядье / Row spacing	0,1360	0,6	0,0885	19,88	76,1	21,5	2,4

Следует отметить, что увеличение содержания легкорастворимых солей в мелиорированной почве проходило за счет нетоксичных химических составляющих фосфогипса, что способствовало повышению отношения кальция к натрию в почвенном растворе на 0,24–0,61 единицы по сравнению с орошаемым вариантом.

Исследования показали, что капельное орошение приводит к достаточно типичному процессу осолонцевания, которое обычно наблюдается при орошении водами низкого качества. По нашим данным использование слабоминерализованных вод для орошения привело к значительным изменениям качественного состава почвенного поглотительного комплекса. В зоне увлажнения доля обменного кальция уменьшалась на 5,0%, а количество натрия, напротив, увеличивалось на 1,5% от суммы катионов по сравнению с орошаемой почвой. Внесением фосфогипса как под предпосевную культивацию, так и в ряды посева лука репчатого обеспечивало снижение доли обменного натрия в почвенном комплексе на 0,8–1,1% от суммы катионов по сравнению с орошаемым вариантом, то есть значительно снижало интенсивность процесса вторичного осолонцевания.

Трансформация физико-химических свойств 0-30 сантиметрового слоя почвы при применении капельного орошения слабоминерализованными водами обусловила и изменение его структурно-агрегатного состояния (табл. 2).

Таблица 2

Изменение структурно-агрегатного состава почвы при капельном орошении, внесении минеральных удобрений и фосфогипса в 0-30 сантиметровом слое почвы (среднее за 2016–2018 гг.)

Table 2

Changes in the structural and aggregate composition of the soil during drip irrigation, application of mineral fertilizers and phosphogypsum in a 0-30 cm soil layer (average for 2016-2018)

№ варианта / Variant number	Глыбистость (сумма агрегатов >10 мм), % / Lumpiness (sum of aggregates >10 mm), %	Агрономически ценные фракции (сумма агрегатов 0,25-10 мм), % / Agronomically valuable fractions (sum of aggregates 0.25-10 mm), %	Коэффициент структурности / Coefficient of structurality	Водостойкость (сумма агрегатов > 0,25 мм), % / Water resistance (total aggregates > 0.25 mm), %	Коэффициент водостойкости / Coefficient of water resistance
1	17,41	71,00	2,45	36,56	0,41
2	40,83	54,36	1,19	32,57	0,34
3	40,66	54,95	1,22	32,04	0,33
4	40,99	54,81	1,21	30,20	0,32
5	40,59	55,14	1,23	30,51	0,32
6	24,44	66,73	2,00	35,55	0,39
7	24,67	66,28	1,96	35,86	0,39
8	24,83	66,40	1,98	36,19	0,40
9	25,48	66,42	1,98	35,86	0,39

Анализ данных полученных в результате просеивания образцов воздушно-сухой почвы, отобранных из зоны рядов посева (зона увлажнения) показал, что на период уборки урожая лука репчатого на орошаемом неудобренных делянках без внесения фосфогипса (вариант 2) в нулевой фракции зафиксировано 23,42% (за счет мезоструктурных образований). При этом количество агрономически ценных агрегатов уменьшилось на 16,64%, соответственно величина коэффициента структурности почвы уменьшилась больше, чем в 2 раза, по сравнению с соответствующим слоем почвы на неполивных делянках полевого опыта. На орошаемых вариантах с внесением фосфогипса и при орошении водой улучшенного качества обеспечивалось снижение удельного веса глыбистой фракции на 15,35–16,39% и повышение количества агрономически ценных и водостойких агрегатов по сравнению с орошаемым вариантом.

Анализ урожайных данных показал, что капельное орошение обеспечивало более высокую продуктивность лука репчатого – в 3,3 раза больше неполивного контроля (таблица 3).

По годам проведения исследований наблюдалось существенное изменение уровня продуктивности культуры, например, в засушливом 2017 г. на первом контрольном варианте (без орошения) урожайность не была получена из-за засыхания растений при отсутствии продуктивных осадков в июле и начале августа, а при применении капельного орошения совместно с другими средствами интенсификации (расчётная норма удобрений и мелиорант), урожайность превысила 50 т/га в 2017 г. на 5, 8 и 9 вариантах, а в 2018 г. – на 4, 5, 8 и 9 вариантах.

Таблица 3

Урожайность репчатого лука в зависимости от применения различных превентивных мер по сохранению плодородия почвы при капельном орошении слабоминерализованными водами (среднее за 2016–2018 гг.)

Table 3

Yield of onions depending on the application of various preventive measures to preserve soil fertility during drip irrigation with slightly mineralized waters (average for 2016–2018)

№ варианта / Variant number	Урожайность лука репчатого, т/га / Onion yield, t/ha			Среднее / Average	Прибавка (среднее по годам исследований) / Increase (average over the years of research)	
	2016	2017	2018		т/га / t/ha	%
1	15,4	–	16,8	10,7	–	–
2	31,2	36,1	37,6	35,0	–	–
3	45,2	46,8	47,9	46,6	11,6	33,1
4	46,7	49,6	50,2	48,8	13,8	34,4
5	48,5	50,1	51,4	50,0	15,0	42,8
6	37,2	40,8	42,7	40,2	5,2	14,8
7	37,7	40,5	41,8	40,0	5,0	14,3
8	49,7	53,6	53,4	52,2	17,2	49,1
9	47,5	50,2	51,5	49,7	14,7	42,0
НСР ₀₅ , т/га / НСР ₀₅ , t/ha	3,3	3,4	3,8	2,2	–	–

В среднем за годы исследований, внесение минеральных удобрений повышало урожайность на 33,1–42,8%. Применение фосфогипса (3 т/га под культивацию и 1,9 т/га в ряды посева) также увеличивало продуктивность лука на 14,3–14,8%, что составляло 50–52 т/га.

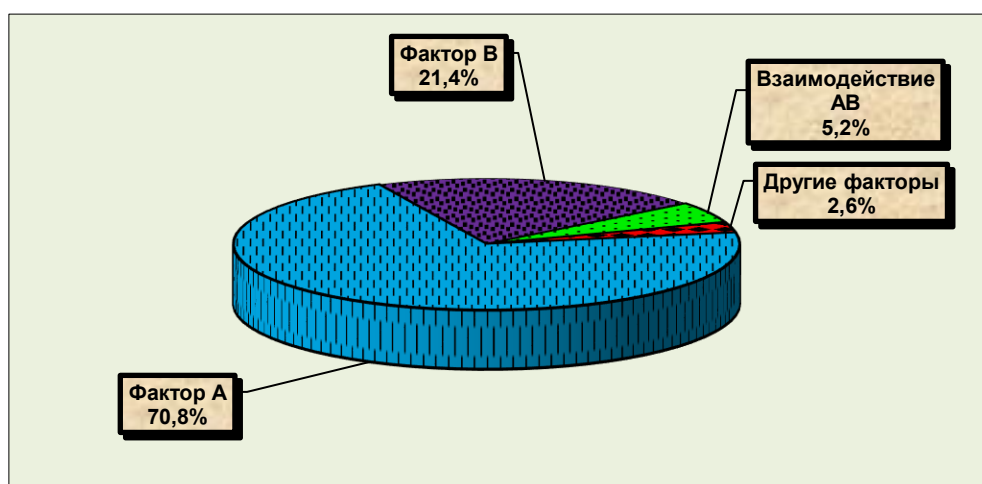


Рис. 1 Доля участия исследуемых факторов (А – капельное орошение, удобрения, мелиорант; В – годы проведения исследований)

Fig. 1 The share of participation of the studied factors (A – drip irrigation, fertilizers, meliorant; B – the years of research)

Применение фосфогипса дозой 1,9 т/га (в ряды посева) в фоне внесенной кальциевой селитры (вариант 8) способствовало формированию максимального урожая репчатого лука в полевых опытах. Применение орошения водой улучшенного качества снизило на 7,1% урожайность по сравнению с предыдущим вариантом.

Дисперсионным анализом доказано, что доля влияния исследуемых факторов на урожайность лука репчатого во взаимосвязи с действием погодных условий в годы проведения исследований имела существенные отличия (рис. 1).

Таблица 4

Влияние применения превентивных мер по сохранению плодородия почвы при капельном орошении слабоминерализованными водами на биохимические показатели качества продукции репчатого лука (среднее за 2016–2018 гг.)

Table 4

The effect of the application of preventive measures to preserve soil fertility during drip irrigation with slightly mineralized waters on the biochemical quality indicators of onion products (average for 2016-2018)

№ п/п / No	Вариант / Variant	Показатели качества / Quality indicators		
		Сухое вещество, % / Dry matter, %	Общий сахар, % сырого вещества / Total sugar, % of total substance	Витамин С, мг/% сырого вещества / Vitamin C, mg/% of the total substance
1	Без орошения (контроль 1) / Without irrigation (control 1)	13,18	7,61	8,15
2	Орошение без применения удобрений и мелиорантов (контроль 2) / Irrigation without fertilizers and ameliorants (control 2)	12,42	8,14	8,02
3	Орошение + N120P90 (рекомендованная норма удобрений) / Irrigation + N120P90 (recommended fertilizer rate)	11,81	8,19	8,27
4	Орошение + N171P0K0 (расчетная норма удобрений, аммиачная селитра) / Irrigation + N171P0K0 (calculated fertilizer rate, ammonium nitrate)	11,89	8,17	8,29
5	Орошение + N171 (расчетная норма удобрений, кальциевая селитра) / Irrigation + N171 (calculated fertilizer rate, calcium nitrate)	11,87	8,20	8,28
6	Орошение + фосфогипс 3 т/га (под предпосевную культивацию) / Irrigation + phosphogypsum 3 t/ha (for pre-sowing cultivation)	12,63	7,99	8,06
7	Орошение + фосфогипс 1,9 т/га (в ряд посева) / Irrigation + phosphogypsum 1,9 t/ha (in a row of crops)	12,63	7,98	8,07
8	Орошение + N171P0K0 (расчетная норма удобрений, кальциевая селитра) + фосфогипс 1,9 т/га (в ряд посева) / Irrigation + N171P0K0 (calculated fertilizer rate, calcium nitrate) + phosphogypsum 1,9 t/ha (in a row of crops)	11,67	8,16	8,29
9	Орошение водою улучшенного качества (кальцинация) + N171P0K0 (расчетная норма удобрений, аммиачная селитра) / Irrigation with improved quality water (calcination) + N171P0K0 (calculated fertilizer rate, ammonium nitrate)	11,87	8,15	8,18
НСР ₀₅		0,64	0,09	0,24

Наибольшее значение имеет фактор А, суммирующий общее позитивное действие капельного орошения на формирование продуктивности лука репчатого – 70,8%. Также следует отметить значительное влияние погодных условий в отдельные годы проведения исследований – 21,4%. Взаимодействие исследуемых факторов составило 5,2%.

Минимальный уровень влияния (2,6%) был у неучтённых факторов, которые отображают воздействие других элементов технологии возделывания лука репчатого в условиях Северного Причерноморья.

По результатам качества продукции репчатого лука (таблица 4) видно, что применение минеральных удобрений (варианты 3–5) обеспечило увеличение содержания общего сахара по сравнению с неудобренным вариантом (вариант 2) на 0,03–0,06%, витамина С – на 0,25–0,27 мг/%.

Применение фосфогипса для мелиорации темно-каштановой почвы (варианты 6 и 7) с одной стороны обусловило уменьшение содержания общего сахара на 0,15–0,16%, а с другой стороны привело к увеличению содержания витамина С и сухого вещества на 0,04–0,05 мг/% и 0,21%, соответственно. На опытных делянках, где минеральные удобрения и фосфогипс применялись в комплексе (вариант 8), содержание общего сахара в луковицах существенно не отличалось от его содержания на удобренных делянках (варианты 3 и 5).

Выводы

1. Нами рекомендован комплексный агроприём для сохранения плодородия тёмно-каштановой почвы и получения высокого урожая лука репчатого в условиях Северного Причерноморья. Он включает капельное орошение слабоминерализованной водой, внесение кальциевой селитры на запланированную урожайность и превентивное локальное применение фосфогипса в дозе 1,9 т/га в ряд посева. Данная мера стабилизирует ирригационное осолонцевание.

2. Капельное орошение, несмотря на увеличение общей концентрации солей в почвенном растворе (в среднем на 0,0357% в зоне увлажнения), является ключевым фактором повышения продуктивности, обеспечивая урожайность в 3,3 раза выше, чем на неполивном контроле.

3. Максимальное влияние на солевой режим почвы оказывает фосфогипс. Его применение приводит к значительному росту общей суммы солей (на 0,023–0,091%), однако это увеличение происходит за счёт нетоксичных компонентов и улучшает качество почвенного раствора, повышая отношение Са/Na на 0,24–0,61 единицы.

4. Применение минеральных удобрений повышало урожайность лука на 33,1–42,8% по сравнению с неудобренным орошаемым вариантом. Дополнительное внесение фосфогипса (3 т/га под культивацию + 1,9 т/га в ряд) обеспечивало прибавку урожая на 14,3–14,8%, или 50–52 т/га.

5. Наивысшая урожайность была достигнута при комплексном применении капельного орошения, кальциевой селитры и фосфогипса (1,9 т/га в ряд) – вариант 8.

6. Дисперсионный анализ подтвердил, что основным фактором, формирующим урожайность (70,8% влияния), является комплекс мелиоративных и агрохимических мероприятий (фактор А). Погодные условия в годы исследований также имели существенный вес (21,4%).

7. Минеральные удобрения положительно влияют не только на урожай, но и на качество луковиц, достоверно повышая содержание общего сахара (на 0,03–0,06%) и витамина С (на 0,25–0,27 мг/%).

Литература / References

Агрохимические методы исследования почв / Под ред. А.В. Соколова. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 1975. 656 с.
[*Agrochemical methods of soil research* / Ed. by A.V. Sokolov. 5th edition, revised and enlarged. Moscow: Nauka, 1975. 656 p. (In Russian)]

Адамень Ф.Ф. Влияние гидротермических факторов на продуктивность гибридов кукурузы разных групп спелости в орошаемых условиях Северного Причерноморья // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2022. № 32(195). С. 18–29.

[Adamen F.F. Influence of hydrothermal factors on the productivity of corn hybrids of different maturity groups in irrigated conditions of the Northern Black Sea region // News of the agricultural science of Tavrida. 2022. 32(195):18–29. (In Russian)]

Адамень Ф.Ф. Эффективность применения искусственного увлажнения с учётом метеорологических факторов при выращивании основных сельскохозяйственных культур в условиях Северного Причерноморья // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – № 33(196). – С. 34–43.

[Adamen F.F. Efficiency of artificial humidification, taking into account meteorological factors, when growing the main agricultural crops in the Northern Black Sea region // News of agricultural science of Tavrida. 2023. 33 (196):34–43. (In Russian)]

Бойко Е.С. Семенная продуктивность люцерны в зависимости от некорневой подкормки микроэлементами на обыкновенном черноземе Центральной зоны Краснодарского края // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2021. – № 165. – С. 225–234.

[Boyko E.S. Seed productivity of alfalfa depending on foliar feeding with microelements on ordinary chernozem of the Central zone of Krasnodar Krai // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2021. 165:225–234. (In Russian)]

Василько В.П., Терещенко В.В., Кривonos Г.А. Водно-физические свойства почв // Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края: Юбилейный выпуск, посвященный 80-летию со дня основания Кубанского государственного аграрного университета (выпуск второй). Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; Кубанский государственный аграрный университет департамент сельского хозяйства и продовольствия Краснодарского края. Краснодар: ООО "Агропромполиграфист", 2002. С. 35–45.

[Vasilko V.P., Tereshchenko V.V., Krivonos G.A. Water-physical properties of soils // Agroecological monitoring in agriculture of Krasnodar Krai: Anniversary issue dedicated to the 80th anniversary of the founding of the Kuban State Agrarian University (second issue). Ministry of Agriculture of the Russian Federation; Kuban State Agrarian University, Department of Agriculture and Food of Krasnodar Krai. Krasnodar: ООО Agroprompoligrafist, 2002. pp. 35–45. (In Russian)]

Василько В.П., Герасименко В.Н., Великанова Л.О. Плодородие почвы – основа устойчивости сельскохозяйственного производства и экологизации агроландшафтов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 102. С. 114–120.

[Vasilko V.P., Gerasimenko V.N., Velikanova L.O. Soil fertility – the basis for the sustainability of agricultural production and greening of agricultural landscapes // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2022. 102:114–120. (In Russian)]

Вожегова Р.А. Агрометеорологическое обоснование режимов орошения сельскохозяйственных культур // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2017. № 1(65). С. 187–192.

[Vozhegova R.A. Agrometeorological substantiation of irrigation regimes for agricultural crops // Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture. 2017. 1(65):187–192. (In Russian)]

Горянский М.М. Методика полевых опытов на орошаемых землях. К.: Урожай, 1970. 83 с.

[Goryansky M.M. Methodology of field experiments on irrigated lands. K.: Urozhai, 1970. 83 p. (In Russian)]

Зеленский Г.Л., Чеботарев М.И., Логойда Т.В. Совершенствование технологии возделывания риса в санитарных зонах (на примере учхоза "Кубань") // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2018. № 74. С. 53–57.

[*Zelensky G.L., Chebotarev M.I., Logoida T.V.* Improving the technology of rice cultivation in sanitary zones (on the example of the training farm "Kuban") // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2018. 74:53–57. (In Russian)]

Ефремова В.В., Самелик Е.Г., Логойда Т.В., Лесняк С.А. Сравнительная оценка потенциальной продуктивности сортов озимой мягкой пшеницы, в разные годы рекомендованных для возделывания, по параметрам пластичности и стабильности урожайности // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2018. № 139. С. 65–82.

[*Efremova V.V., Samelik E.G., Logoida T.V., Lesnyak S.A.* Comparative assessment of potential productivity of winter soft wheat varieties recommended for cultivation in different years, based on the parameters of plasticity and stability of yield // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2018. 139:65–82. (In Russian)]

Коковихин С.В. Оптимизация систем земледелия на территории Северного Причерноморья в условиях изменения климата и эколого-мелиоративного состояния почв // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2023а. № 36(199). С. 71–89.

[*Kokovikhin S.V.* Optimization of farming systems in the Northern Black Sea region under changing climate conditions and the ecological and meliorative state of soils // News of the agricultural science of Tavrida. 2023a. 36(199):71–89. (In Russian)]

Коковихин С.В. Кластерный анализ качественных показателей поливной воды рек Ингулец и Днепр, используемых для орошения в условиях Северного Причерноморья // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2023б. № 35(198). – С. 69–81.

[*Kokovikhin S.V.* Cluster analysis of qualitative indicators of irrigation water of the Ingulets and Dnieper rivers used for irrigation in the conditions of the Northern Black Sea region // News of agricultural science of Tavrida. 2023b. 35 (198):69-81. (In Russian)]

Коковихин С.В., Василько В.П., Макаренко А.А., Логойда Т.В. Эффективность применения биопрепаратов при выращивании озимой пшеницы после разных предшественников // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2024а. № 112. С. 113–124.

[*Kokovikhin S.V., Vasilko V.P., Makarenko A.A., Logoida T.V.* Efficiency of using biopreparations in growing winter wheat after different predecessors // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2024a. 112:113-124. (In Russian)]

Коковихин С.В. Оптимизация орошаемых севооборотов и агроэкологическое обоснование климатически ориентированных систем земледелия // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2024б. № 39(202). С. 80–99.

[*Kokovikhin S.V.* Optimization of irrigated crop rotations and agroecological substantiation of climate-oriented farming systems // News of agricultural science of Tavrida. 2024b. 39(202):80-99. (In Russian)]

Логойда Т.В., Макаренко А.А., Магомедтагиров А.А. Эффективность применения гербицидов в посевах кукурузы на зерно в зависимости от срока посева на черноземе, выщелоченном центральной зоны Краснодарского края / [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2020. № 82. С. 90-96.

[*Logoyda T.V., Makarenko A.A., Magomedtagirov A.A.* Efficiency of herbicide application in grain corn crops depending on the sowing time on leached chernozem of the central zone of Krasnodar Krai / [et al.] // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2020. 82:90-96. (In Russian)]

Логойда Т.В., Макаренко А.А., Баландин В.С., Магомедтагиров А.А. Влияние системы основной обработки почвы на структуру чернозема выщелоченного Западного Предкавказья // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2024. № 112. С. 155–166.

[Logoida T.V., Makarenko A.A., Balandin V.S., Magomedtagirov A.A. Influence of the primary tillage system on the structure of leached chernozem in the Western Ciscaucasia // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2024. 112:155-166. (In Russian)]

Магомедтагиров А.А. Влияние технологии возделывания люцерны на плодородие чернозема, выщелоченного в низинно – западном агроландшафте центральной зоны Краснодарского края // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: Сборник статей по материалам XII Всероссийской конференции молодых ученых, Краснодар, 05–08 февраля 2019 года / Отв. за вып. А.Г. Кощачев. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, 2019. С. 231–232.

[Magomedtagirov A.A. The Impact of Alfalfa Cultivation Technology on the Fertility of Leached Chernozem in the Lowland-Depression Agricultural Landscape of the Central Zone of Krasnodar Krai // Scientific Support for the Agro-Industrial Complex: Collection of Articles Based on the Materials of the XII All-Russian Conference of Young Scientists, Krasnodar, February 5–8, 2019 / Responsible for the issue. Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, 2019. 231–232. (In Russian)]

Макаренко А.А. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от системы основной обработки почвы, применения минеральных удобрений и гербицидов на черноземе, выщелоченном Западного Предкавказья: специальность 06.01.01 "Общее земледелие, растениеводство»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Краснодар, 2008 а. 24 с.

[Makarenko A.A. Productivity of winter wheat depending on the system of primary tillage, application of mineral fertilizers and herbicides on leached chernozem of the Western Ciscaucasia: specialty 06.01.01. "General agriculture, plant growing": abstract of a dissertation for the degree of candidate of agricultural sciences. Krasnodar, 2008 a. 24–25. (In Russian)]

Макаренко А.А. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от системы основной обработки почвы, применения минеральных удобрений и гербицидов на черноземе, выщелоченном Западного Предкавказья: специальность 06.01.01. "Общее земледелие, растениеводство»: диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Краснодар, 2008б. 179 с.

[Makarenko A.A. Productivity of winter wheat depending on the system of primary tillage, application of mineral fertilizers and herbicides on leached chernozem of the Western Ciscaucasia: specialty 06.01.01 "General agriculture, plant growing": dissertation for the degree of candidate of agricultural sciences. Krasnodar, 2008b. 179 p. (In Russian)]

Макаренко А.А. Влияние системы основной обработки почвы на плотность сложения чернозема, выщелоченного Центральной зоны Краснодарского края // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2021. № 88. С. 89–96.

[Makarenko A.A. Influence of the primary tillage system on the bulk density of leached chernozem in the Central zone of Krasnodar Krai // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2021. 88:89–96. (In Russian)]

Макаренко А.А. Моделирование орошаемых севооборотов с использованием эколого-мелиоративных и хозяйственно-экономических параметров агропредприятий // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2023. № 36(199). С. 6–20.

[*Makarenko A.A.* Modeling of irrigated crop rotations using ecological-ameliorative and economic-economic parameters of agricultural enterprises // News of the agricultural science of Tavrida. 2023. 36(199):6–20. (In Russian)]

Малюга Н.Г. Влияние технологии возделывания на продуктивность озимой пшеницы // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 99. С. 786–802.

[*Malyuga N.G.* Influence of cultivation technology on the productivity of winter wheat // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2014. 99:786–802. (In Russian)]

Найденев А.С. Влияние систем основной обработки почвы, минеральных удобрений и гербицидов на агрофизические показатели выщелоченного чернозема и урожайность озимой пшеницы // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2008. № 14. С. 97–101.

[*Naidenov A.S.* The influence of primary tillage systems, mineral fertilizers and herbicides on the agrophysical parameters of leached chernozem and winter wheat yield // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2008. 14:97–101. (In Russian)]

Пушкин В.В., Пашков М.В., Гаркуша С.В. Особенности ухода за посевами озимых колосовых, многолетних трав и возделывания яровых культур в 2003 г.: Рекомендации Департамента сельского хозяйства и продовольствия Краснодарского края Кубанский государственный аграрный университет Краснодарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. П.П. Лукьяненко Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур им. В.С. Пустовойта Северо-Кавказский НИИ сахарной свеклы и сахара Северо-Кавказский НИИ животноводства Северо-Кубанская сельскохозяйственная опытная станция. Краснодар: ООО "Агропромполиграфист", 2003. 46 с.

[*Pushkin V.V., Pashkov M.V., Garkusha S.V.* Features of caring for crops of winter cereals, perennial grasses and cultivation of spring crops in 2003: Recommendations of the Department of Agriculture and Food of Krasnodar Krai Kuban State Agrarian University Krasnodar Research Institute of Agriculture named after P.P. Lukyanenko All-Russian Research Institute of Oilseeds named after V.S. Pustovoyt North Caucasus Research Institute of Sugar Beet and Sugar North Caucasus Research Institute of Animal Husbandry North Kuban Agricultural Experimental Station. Krasnodar: ООО "Agroprompoligrafist", 2003. 46 p. (In Russian)]

Тарасенко Б.И. Обработка почвы. 3-е издание, переработанное и дополненное. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, 2021. 162 с.

[*Tarasenko B.I.* Soil Cultivation. 3rd edition, revised and supplemented. Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, 2021. 162 p. (In Russian)]

Тучапский Ю.А. Влага, как фактор формирования урожая зерна озимого ячменя в Краснодарском крае // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: Сборник статей по материалам X Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 120-летию И.С. Косенко. Краснодар, 26–30 ноября 2016 года / Отв. за вып. А.Г. Коцаев. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, 2017. С. 908–909.

[*Tuchapskiy Yu.A.* Moisture as a factor in the formation of winter barley grain yield in Krasnodar Krai // Scientific support for the agro-industrial complex: Collection of articles based on the materials of the X All-Russian Conference of Young Scientists dedicated to the 120th anniversary of I.S. Kosenko. Krasnodar, November 26–30, 2016 / Responsible for the issue. Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, 2017. 908–909. (In Russian)]

Ушкаренко В.А., Лазарев Н.Н., Голобородько С.П., Коковихин С.В. Дисперсионный и корреляционный анализ в растениеводстве и луговодстве: монография. М.: Изд. РГАУ МСХА им. К.А. Тимирязева, 2011. 336 с.

[Ushkarenko V.A., Lazarev N.N., Goloborodko S.P., Kokovikhin S.V. Dispersion and correlation analysis in plant growing and grassland farming: monograph. M.: Publishing house. RSAU Moscow Agricultural Academy named after. K.A. Timiryazeva, 2011. 336 p. (In Russian)]

Kokovikhin S.V., Zaporozhchenko V.Y., Karashchuk G.V. The influence of farming activities on seeds productivity of winter wheat varieties in the conditions of the South of Ukraine // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2019. Vol. 10. No. 1. P. 449–456.

Vozhehova R., Kokovikhin S., Biliaieva I. Energy efficiency of sweet corn cultivation at drip irrigation in dependence on depth of plowing, fertilization and plants density // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2020. Vol. 26. No. 4. P. 885.

Статья поступила в редакцию 20.10.2025 г.

Adamen F.F., Kokovikhin S.V., Stashkina A.F. Ecological and reclamation justification of the use of drip irrigation of onions in the conditions of the northern Black sea region // Plant Biology and Horticulture: theory, innovation. 2026. № 1 (178). P. 36-49

The study examined the effects of drip irrigation, mineral fertilizers, and phosphogypsum on the properties of dark chestnut soil, as well as the yield and quality of onions in the northern Black Sea region. It was found that drip irrigation, while increasing the total salt concentration in the soil (by 0.0357% in the moistening zone), simultaneously raised onion yield by 3.3 times compared to the non-irrigated control. Phosphogypsum played a key role in regulating the soil's salt regime. It caused the greatest increase in total salt content (by 0.023–0.091%), but due to its non-toxic components, it improved the calcium-to-sodium ratio. The combined application of phosphogypsum (1.9 t/ha in the row) and calcium nitrate (variant 8) ensured the highest yield. Mineral fertilizers increased yield by 33.1–42.8% and also improved bulb quality by raising sugar and vitamin C content. Analysis of variance showed that the main factor affecting yield (70.8%) was drip irrigation combined with fertilizers and soil amendment.

Key words: onions; drip irrigation; mineral fertilizers; physical and chemical properties of soil; yield; product quality