

УДК 634.1:631.413.3[631.445.4(477.7)]

## СОДЕРЖАНИЕ И СОСТАВ ВОДОРАСТВОРИМЫХ СОЛЕЙ В ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВАХ ЮГА УКРАИНЫ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В САДОВОДСТВЕ

Т.В. Малюк, канд. с.-х. наук,  
Н.Г. Пчелкина

*Мелитопольская опытная станция садоводства имени М.Ф. Сидоренко Института садоводства Национальной академии аграрных наук  
(Мелитополь, Украина)*

**Реферат.** Установлено, что на количество, ионный состав и распределение водорастворимых солей по профилю почвы под плодовыми насаждениями наибольшее влияние оказывает орошение. Длительное применение различных систем удобрения и содержания почв не имело существенного влияния на трансформацию их солевого режима.

**Ключевые слова:** Плодовый агроценоз, черноземные почвы, удобрение, орошение, солевой режим.

**Summary.** *The amount, ionic composition and distribution of water-soluble salts in the soil profile under fruit plantations are mostly influenced by irrigation. Long-term use of different fertilization systems and soil treatment did not have a valid impact on the transformation of the salt regime.*

**Key words:** Fruit agrocenosis, chernozem soils, fertilization, irrigation, salt regime.

**Введение.** Интенсификация садоводства не только расширяет возможности целенаправленного влияния на продуктивность агроэкосистемы, а и резко усиливает антропогенную нагрузку на почвы. Поэтому проблема рационального использования и охраны земельных ресурсов в условиях интенсификации садоводства приобретает особую актуальность.

В районах недостаточного увлажнения, к которым относится южная степная зона Украины, орошение является важным фактором повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Однако его применение выступает мощным фактором влияния на почву [1, 2]. Так, активное проявление таких процессов, как накопление солей, изменение соотношения ионов в составе ППК, снижение уровня плодородия, чаще всего связаны именно с этим агроприемом.

Одной из причин значительных изменений физических и физико-химических свойств орошаемых почв является свойство воды – универсального растворителя – активно влиять на процессы распада и синтеза химических соединений почвы. При этом степень воздействия орошения на почвенное тело определяется как химическим составом поливной воды, так и самой почвы.

Способ орошения при этом может снижать или усиливать силу влияния воды, тем самым определяя ход внутрипочвенных процессов. Известно, что разные способы полива неодинаково влияют на структуру почвы и ее физические, химические свойства, водный, питательный и солевой режимы [3, 4]. Так, например, при капельном орошении черноземов карбонатных и обыкновенных отмечено проявление процесса осолонцевания почв, сопровождающееся оглеением, повышением показателя дисперсности, дегумификацией, поднятием линии вскипания карбонатов, несмотря на высокое качество поливной воды [4].

Несомненно, особое внимание при орошении почв юга Украины должно уделяться качеству оросительной воды как потенциального источника засоления. Известно, что поливные земли данного региона в основном сосредоточены на черноземах южных и темнокаштановых почвах, уже имеющих на глубине 1,5-2 м горизонты соленакопления [1, 5].

Поэтому использование для полива воды даже с невысокой степенью минерализации, сопровождающееся внесением в почву определенного количества солей, может привести к активизации процессов деградации этих почв.

Установлено, что снижение плодородия орошаемых минерализованными водами почв происходит как за счет повышения концентрации солей [2, 3, 6], так и осолонцевания [7, 8]. Например, исследования, проведенные на юге Украины на незасоленных почвах тяжелого гранулометрического состава, свидетельствуют о возникновении вторичного засоления почв при орошении водой, степень минерализации которой не превышает 2 г/л [9].

Таким образом, учитывая существенное влияние орошения на ход внутрипочвенных процессов, важно вовремя выявить направленность изменений физико-химических свойств почв для предупреждения негативных последствий данного агроприема.

Кроме того, получение высоких стабильных урожаев плодовых культур при интенсивных технологиях их выращивания невозможно без применения удобрений, что, в свою очередь, влияет на содержание и состав органического вещества почвы, миграцию питательных веществ и солей, кислотность почвенного раствора и т.д. [2–6]. Ситуация обостряется тем, что в последнее время в связи с сокращением объемов животноводства значительно сократилось использование в садах органических удобрений вплоть до применения исключительно минеральной системы удобрения.

В связи с этим целью исследований было изучение содержания и состава водорастворимых солей в черноземных почвах юга Украины в условиях длительного их использования под садами.

**Объекты и методы исследований.** Исследования по изучению закономерностей изменений солевого режима черноземных почв в плодовых насаждениях выполнены на базе собственных полевых и экспедиционных опытов (2003–2012 гг.), а также данных стационарных опытов сотрудников Мелитопольской опытной станции садоводства (МОСС) имени М.Ф. Сидоренко ИС НААН, проведенных на этих же участках в 1950–1990 гг. по изучению влияния антропогенных факторов на формирование питательного, солевого и водного режимов почв. Исследованные почвы – темно-каштановая и чернозем южный разного гранулометрического состава

Темно-каштановая почва по гранулометрическому составу преимущественно тяжело-суглинистая, сформированная на лессах, по содержанию гумуса – малогумусная (в слое 0–20 см – 2,7–3,1 %), по содержанию обменного натрия (4,4–5,2 % от ЕКО) – слабосолонцеватая, карбонаты залегают с поверхности в количестве 2,3–4,2 %,  $pH_{\text{водн.}}$  – 7,2–7,8.

Черноземы южные, обследованных участков, характеризуются супесчаным, легко- и тяжелосуглинистым гранулометрическим составом. Супесчаные разновидности сформированы на древнеаллювиальных отложениях, легко- и тяжелосуглинистые – на лессовидных породах. Данные почвы по содержанию гумуса – низко- и малогумусные (в слое 0–20 см – 0,8–3,3 % с увеличением по мере утяжеления гранулометрического состава), по содержанию обменного натрия (0,6–2,8 % от ЕКО) – несолонцеватые,  $pH_{\text{водн.}}$  – 6,8–7,4.

Определение ионного состава водорастворимых солей в образцах почвы, отобранных в период интенсивного роста побегов до глубины 150 см, проводили по ГОСТ 26424–85 – ГОСТ-26428–85 [10],  $pH$  водный – ДСТУ ISO 10390:2001 [11], математическая обработка результатов – по общепринятым методам математической статистики [12] с помощью компьютерной программы Microsoft Excel.

**Обсуждение результатов.** Солевой режим почвы является одним из важных факторов в процессе почвообразования, под влиянием которого могут изменяться физико-химические свойства, а следовательно, и плодородие почвы. Содержание водорастворимых солей в почве может значительно изменяться в зависимости от качества поливной

воды. Орошение незасоленных почв, даже слабоминерализованными водами, может вызвать засоление, особенно при непромывном режиме, тяжелом гранулометрическом составе или наличии плохо фильтрующих глин, плотных пород и др. Поэтому нами была проведена оценка качества поливной воды по агрономическим критериям согласно ДСТУ 2730-94 [13] (табл. 1).

Таблица 1 – Химический состав поливной воды

Тип почв	рН	Минерализация, г/л	Содержание ионов, мг-экв/л							
			CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
1	7,80	1,2	-	4,40	11,40	3,06	6,80	3,40	8,39	0,27
2	7,40	1,4	-	4,72	14,59	2,65	9,00	4,60	8,10	0,26
3	8,35	1,6	0,24	3,92	11,70	8,71	3,80	5,20	15,18	0,39

**Примечание.** 1 – чернозем южный супесчаный и легкосуглинистый, 2 – чернозем южный тяжелосуглинистый, 3- темно-каштановая почва

Так, для поливов темно-каштановой почвы используется смешанная сульфатно-хлоридно-натриевая поливная вода с минерализацией 1,6 г/л, щелочной реакцией среды. Среди солей в воде преобладают хлориды натрия – 11,31 мг-экв/л. Она содержит 16,25 эквивалентов хлора. В воде найдены следы токсичной соды. Эта вода по опасности вторичного засоления, подщелачивания, осолонцевания и токсичного влияния на растения относится к II классу (ограниченно пригодна) для орошения. Следует отметить, что основным источником поливной воды для орошения садов на темно-каштановых почвах до начала 90-х годов прошлого столетия была исключительно артезианская вода с минерализацией 1,8-2,5 г/л преимущественно сульфатно-натриевого состава. Потом для полива начали использовать днепровскую воду (0,4–0,6 г/л), которую смешивали с артезианской, вследствие чего поливная вода имела минерализацию 1,2–1,6 г/л. Кроме этого, при смешивании хлоридов натрия артезианской воды с гидрокарбонатами кальция днепровской образовывалась сода. Это привело к увеличению показателя рН с 7,70 до 8,35 единиц.

Минерализация хлоридно-натриево-кальциевой воды, используемой для полива садов в условиях чернозема южного тяжелосуглинистого, составляет 1,4 г/л; она имеет нейтральную реакцию среды. Общая концентрация токсичных ионов в воде – 15,68 эквивалентов хлора. Среди солей в ней также преобладают хлориды натрия – 8,10 мг-экв/л. По опасности вторичного засоления почв и токсичного влияния на растения вода относится к II классу (ограниченно пригодна).

Минерализация хлоридно-кальциево-натриевой поливной воды в условиях черноземов южных легкого гранулометрического состава – 1,2 г/л. Общая концентрация токсичных ионов в этой воде – 12,68 эквивалентов хлора. По опасности вторичного засоления и токсичного влияния на растения вода относится к II классу, а по опасности подщелачивания и осолонцевания почв вода относится к I классу – пригодна без ограничений.

В результате исследований установлено, что вследствие поливов садов минерализованной водой произошли существенные изменения солевого режима темно-каштановой почвы. Например, общая сумма водорастворимых солей в слое почвы 0-150 см увеличилась на 7,9–39,1 мг/100 г (при НСР<sub>05</sub> = 5,1) в зависимости от периода орошения.

Изменился и тип солей в почве: с гидрокарбонатного в полевом ценозе на сульфатно-гидрокарбонатный и гидрокарбонатно-сульфатный – в садовом за счет дополнительного поступления ионов SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> с поливной водой. Так, изучение содержания водорастворимых сульфатов показало неравномерное распределение их по профилю почвы, что характерно

для темно-каштановых почв. Максимальная их концентрация (до 1,64 мг-экв) наблюдается в аккумулятивном горизонте на глубине 130–150 см. Орошение водой сульфатно-хлоридно-натриевого состава привело к существенному увеличению количества сульфатов в темно-каштановой почве. Так, если в слое почвы 0–60 см полевого ценоза содержание  $\text{SO}_4^{2-}$  составило 0,13 мг-экв/100 г, то в почве садового агроценоза этот показатель увеличился в 1,3–3,2 раза (табл. 2). Следует отметить, что содержание сульфатов в почве в большинстве случаев возрастало по мере увеличения срока эксплуатации почвы под садами.

Таблица 2 - Состав водной вытяжки темно-каштановой почвы при разных сроках эксплуатации под садами

Срок, лет	Содержание ионов, мг-экв/100 г грунту							Сумма солей, %	Тип солей
	$\text{HCO}_3^-$	$\text{Cl}^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$		
Слой почвы 0-60 см									
15	0,37	0,05	0,17	0,18	0,12	0,26	0,03	0,04	СГк
26	0,30	0,06	0,37	0,24	0,24	0,21	0,04	0,05	ГкС
55	0,76	0,04	0,54	0,55	0,37	0,39	0,03	0,10	СГк
Поле	0,46	0,04	0,13	0,34	0,15	0,12	0,02	0,05	Гк
НСР <sub>05</sub>	0,04	0,01	0,06	0,06	0,02	0,05	0,01	0,02	-
Слой почвы 60-100 см									
15	0,68	0,12	0,10	0,13	0,10	0,66	0,01	0,07	Гк
26	0,53	0,05	0,47	0,33	0,28	0,43	0,01	0,08	СГк
55	1,07	0,04	0,43	0,35	0,40	0,78	0,01	0,12	СГк
Поле	0,54	0,18	0,06	0,35	0,23	0,19	0,01	0,06	Гк
НСР <sub>05</sub>	0,08	0,02	0,03	0,03	0,05	0,24	0,01	0,02	-
Слой почвы 100-150 см									
15	0,55	0,25	1,02	0,48	0,45	0,88	0,01	0,13	ГкС
26	0,51	0,18	0,65	0,34	0,56	0,43	0,01	0,10	ГкС
55	1,08	0,07	0,98	0,42	0,63	1,07	0,01	0,16	СГк
Поле	0,50	0,09	0,16	0,50	0,15	0,09	0,01	0,06	Гк
НСР <sub>05</sub>	0,05	0,09	0,18	0,07	0,18	0,12	0,01	0,03	-

**Примечания:**

1. Гк – гидрокарбонатный, ГкС – гидрокарбонатно-сульфатный, СГк – сульфатно-гидрокарбонатный;
2. Анионов  $\text{CO}_3^{2-}$  не обнаружено.

Также установлено существенное накопление по профилю темно-каштановой почвы токсичных солей, в том числе и щелочных. Отмечено, что в зависимости от периода орошения количество последних в среднем в слое почвы 0–150 см превышало вариант без орошения (б/о) в 3–5 раз (рисунок).

Увеличение количества токсичных щелочных солей отмечено по всему профилю почвы. Однако наибольшая их концентрация наблюдается с глубины 50 см, и в большинстве случаев в слое почвы 50–150 см количество этого вида солей достигало критических значений для плодовых культур, которые, согласно классификации В.Ф. Иванова и др. [14], составляют 0,2–0,6 мг-экв/100 г в зависимости от культуры. Помимо этого, увеличение количества гидрокарбонатов натрия и магния при многолетнем использовании темно-каштановых почв под орошаемыми насаждениями обусловило усиление щелочности почвенного раствора (свыше 8,0 единиц рН).

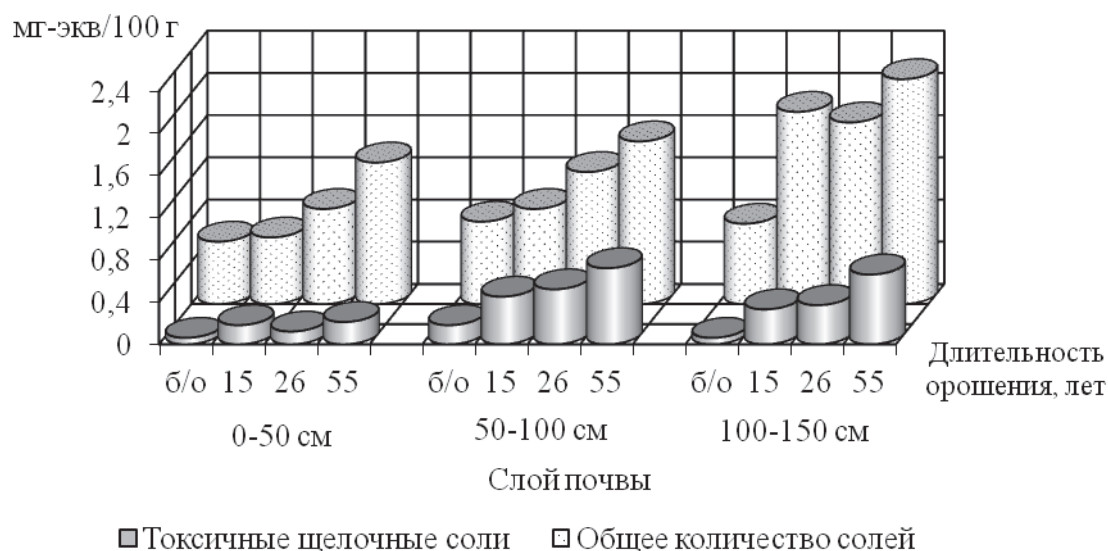


Рис. 1. Содержание водорастворимых солей в темно-каштановой почве при длительном орошении плодовых культур

Таким образом, длительное орошение садов водой повышенной минерализации привело к существенным изменениям концентрации и состава солей в почве. К тому же содержание токсичных щелочных солей достигло критических значений для яблони и груши и превысило их для персика, абрикоса, черешни, что может вызвать значительные нарушения физиологических процессов в плодовых растениях и значительное снижение урожайности.

В тоже время установлено, что долговременное использование в садоводстве черноземов южных разного гранулометрического состава не привело к существенному увеличению количества водорастворимых солей, а также к изменению их типа. В первую очередь это связано с применением для полива воды с более благоприятным химическим составом (см. табл. 1). Кроме того отсутствие соленакопления в черноземах южных супесчаных и легкосуглинистых связано с меньшей поглотительной способностью данных почв. Следует сказать, что достоверного увеличения содержания водорастворимых солей не отмечено и на черноземах южных тяжелосуглинистых. Это связано как с использованием только днепровской воды, так и более коротким периодом эксплуатации под плодовыми агроценозами.

В результате исследований влияния различных систем содержания почвы в саду на накопление солей установлено, что длительное применение задернения не привело к значительным изменениям солевого режима черноземных почв. Так, например, продолжительное (35 лет) задернение чернозема южного смесью злаковых трав не вызвало существенных изменений состава и количества солей в почве, а также смещения реакции почвенного раствора. Содержание токсичных щелочных солей в почве в течение всего периода также не превышало предельно допустимые нормы для плодовых культур. К примеру, их содержание в черноземе южном супесчаном в течение всего периода применения задернения не превышало 0,02-0,05÷0,11-0,16 мг-экв на 100 г почвы. Аналогичная закономерность отмечена и при длительном содержании почвы в садах под черным паром.

При изучении влияния различных систем удобрения на солевой режим черноземных почв юга Украины в плодовых насаждениях установлено, что использование различных видов, норм, способов, сочетаний и периодичности внесения удобрений под плодовые

насаждения в большинстве случаев не оказывало достоверного влияния на уровень накопления водорастворимых солей в почве. Однако в некоторых случаях все же отмечено влияние удобрений на данный показатель. Например, применение системы удобрения насаждений абрикоса, включающей единовременную заправку темно-каштановой почвы высокими дозами питательных элементов, рассчитанными на весь период эксплуатации сада, обусловило накопление в почве значительного количества хлоридов (до 1,15 мг-экв/100 г почвы) вследствие применения в качестве калийного удобрения хлорида калия. В тоже время данное явление имело временный характер: химический анализ образцов почвы, отобранный с данного участка через 10 лет, не выявил повышенного содержания хлоридов. Их уровень не превышал контрольный вариант (без внесения удобрений) и составил  $0,10 \pm 0,02$  мг-экв/100 г почвы.

**Выводы.** В условиях длительной монокультуры плодового сада наибольшее влияние на количество, состав и распределение водорастворимых солей, в том числе токсичных, по профилю черноземных почв юга Украины оказывают продолжительность периода орошения и химический состав поливной воды.

При длительном периоде орошения (15–55 лет) почв черноземного типа водой повышенной минерализации установлено увеличение общего содержания водорастворимых солей на 7,9–39,1 мг/100 г в зависимости от периода орошения. Кроме того произошло накопление токсичных щелочных солей в концентрациях, превышающих критические значения для плодовых культур, что может привести к значительным нарушениям физиолого-биохимических и продукционных процессов в плодовых растениях.

Под влиянием орошения отмечено изменение гидрокарбонатного типа солей в почве на сульфатно-гидрокарбонатный и гидрокарбонатно-сульфатный за счет дополнительного поступления ионов  $\text{SO}_4^{2-}$  с поливной водой. В слое почвы 0–60 см садового агроценоза содержание  $\text{SO}_4^{2-}$  в 1,3–3,2 раза превышало данный показатель для богарных участков поля.

Применение в садах различных систем содержания почвы и внесения органических и минеральных удобрений не имело существенного и устойчивого влияния на закономерности накопления, перераспределения и миграции по профилю почвы водорастворимых солей.

## Литература

1. Садівництво півдня України / Ін-т зрош. садівн. ; за ред. В.А. Рудьова. – Запоріжжя: Дике Поле, 2003. – 240 с.
2. Плодородие почв и сельскохозяйственные растения: экологические аспекты / В.Ф. Вальков, Т. В. Денисова, К. Ш. Казеев [и др.]. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2008. – 416 с.
3. Горбач, Н.М. Солевой режим почв в садах, орошаемых минерализованными водами в связи со способом полива / Н.М. Горбач, В.И. Водяницкий // Агрoхимия и почвоведение. – Вып. 51. – К.: Урожай, 1988. – С. 75 – 80.
4. Синкевич, З. А. Современные процессы в черноземах Молдавии / З.А. Синкевич. – Кишинев: Штиинца, 1989. – С. 187 – 197.
5. Полупан, М.І. Класифікація ґрунтів України / М.І. Полупан, В.Б. Соловей, В.А. Величко. – К.: Аграрна наука, 2005. – 300 с.
6. Горбач, М.М. Зміна фізико-хімічних властивостей темно-каштанових ґрунтів після довготривалого використання під садовими агроценозами / М.М. Горбач, Н.Г. Пчолкіна // Вісник ХНАУ імені В.В. Докучаєва. – Харків: ХНАУ, 2008. – № 2. – С. 97 – 100. – (Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство»).
7. Сучасні заходи та технології меліорації природно солонцевих та вторинно солонцюватих ґрунтів України (рекомендації). – Х.: ННЦ ІГА імені О.Н. Соколовського, 2011. – 48 с.

8. Новикова, А.В. История почвенно-мелиоративных и экологических исследований засоленных и солонцевых земель Украины 1890-1996 гг. – К.: Світ, 1999. – 144 с.

9. Малюк, Т.В. Екологічні проблеми зрошуваних садів на півдні України / Т.В. Малюк, Н.Г. Пчолкіна // Агрохімія і ґрунтознавство. – Вип. 79. – С. 21 – 24.

10. Почвы. Методы определения катионно-анионного состава водной вытяжки : ГОСТ 26423-85 – ГОСТ 26428-85. – [Дата введения 01.01.86]. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1985. – 40 с.

11. Якість ґрунту. Визначання рН : ДСТУ ISO 10390:2001. – [Чинний від 2003-07-01]. – К.: Держстандарт України, 2003. – 8 с.

12. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) : [учеб. и учеб. пособия для высш. с.-х. заведений] / Б.А. Доспехов. – [3-е изд. перераб., доп]. – М.: Колос, 1973. – 336 с.

13. Якість природної води для зрошення. агрономічні критерії : ДСТУ 2730-94. – [Чинний від 1995-07-01]. – К.: Держстандарт України, 1994. – 14 с.

14. Экология плодовых культур / В.Ф. Иванов, А.С. Иванова, Н.Е. Опанасенко [и др.]. – К.: Аграрна наука, 1998. – 411 с.