

Е. О. Ясониди, М. В. Григоренко (ФГБОУ ВПО «НГМА»)

ВЛИЯНИЕ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ НА СОЛОНЦЕВАТОСТЬ ТЕПЛИЧНЫХ ПОЧВ

Целью исследований тепличных почв при капельном орошении овощей в весенних пленочных теплицах было изучение влияния капельного орошения минерализованными грунтовыми водами, содержащими значительное количество водорастворенного натрия (до 0,470 г/л), на солонцеватость тепличных почв. При выращивании овощей в теплицах использовались деградированные региональные почвы, плодородие которых повышалось внесением органических и минеральных удобрений. Овощи поливались с помощью капельных линий, уложенных под каждый ряд растений или одной линией на два ряда томатов. Установлено, что капельное орошение овощей в теплицах минерализованными грунтовыми водами способствует ежегодному приросту натрия в почвенном поглощающем комплексе до 0,20-0,50 % от суммы поглощенных оснований. Техника капельного полива оказывает влияние на перераспределение поглощенных катионов Na^+ и Ca^{++} по площади тепличных почв с аккумуляцией Na^+ в междурядьях при поливе двух рядов двумя капельными линиями и в рядах растений при поливе двух рядов одной капельной линией. Менее всего поглощенный Na^+ содержится в междурядьях, где контуры капельного увлажнения полностью не смыкаются. Для предупреждения и устранения солонцеватости тепличных почв рекомендована химическая мелиорация с помощью $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и самомелиорация проведением периодического фрезирования поперек направления рядов растений и ежегодной смены местоположения рядов растений, междурядий и капельных линий.

Ключевые слова: капельное орошение, овощи, томаты, тепличные почвы, солонцеватость.

Ye. O. Yasonidi, M. V. Grigorenko (FSBEE HPE “NSMA”)

DRIP IRRIGATION INFLUENCE ON SOLONETZICITY OF HOthouse SOILS

The purpose of the study was to define the influence of drip irrigation by saline ground water which contains significant amount of soluble sodium (up to 0.470g/l) on solonetzicity of hothouse soils. Vegetables were grown on damaged regional soils which fertility was improved by application of organic and mineral fertilizers. Vegetables were irrigated by drip lines, laid under each row of plants or by one line for two rows of tomatoes. It is defined that drip irrigation contributes to annual increase of sodium content in soil absorbing complex up to 0.20-0.50 % from the sum of absorbed bases. Drip irrigation promotes the redistribution of absorbed sodium and calcium throughout the hothouse soil area and sodium accumulation in interlines (if two rows of tomatoes are irrigated by two drip lines) and in rows of plants (if two rows of tomatoes are irrigated by one drip line). The least content of absorbed sodium is in interlines where the moisture patterns do not close completely. To prevent and eliminate the solonetzicity of hothouse soils we recommend to conduct soil reclamation by using $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ and self-reclamation by periodic milling across the rows of plants and annually replacement of the layout of plants, interlines, and drip lines.

Key words: drip irrigation, vegetables, tomatoes, hothouse soils, solonetzicity.

В настоящее время капельное орошение получило широкое распространение в Ростовской области на участках частных предпринимателей, занимающихся производством товарной продукции овощей в теплицах. Так в ст. Кривянская Октябрьского района Ростовской области 95 % культивационных сооружений оборудованы системами капельного орошения турецкого, греческого и израильского производства. Площади теплиц в ст. Кривянская с поливом капельным способом составляют 320-350 га, а занятость населения приближается к 100 %. Частные предприниматели ст. Кривянская обеспечивают свежими овощами (помидорами и огурцами) жителей г. Новочеркасск с конца мая по декабрь и успешно конкурируют с зарубежными производителями этой продукции.

Для выращивания овощей используются весенние пленочные теплицы на солнечном или техническом обогреве. В теплицах на солнечном обогреве, как правило, выращивают овощи в один весенне-летний продолженный оборот с апреля по октябрь. В теплицах с техническим обогревом овощи выращивают в двух оборотах (весенне-летнем и летне-осеннем) с марта по июль и с июля по ноябрь.

Поливы овощей капельным способом осуществляют грунтовыми водами, забирая их из колодцев погружными насосами. Содержание и состав водорастворимых солей в оросительной воде представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание анионов и катионов в оросительной воде ст. Кривянская, 04.06.2011 г.

рН	Раз-мер-ность	Анионы			Катионы			Сумма ионов, г/л	Сухой остаток, г/л
		Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺		
7,9	г/л	0,369	1,245	0,464	0,218	0,153	0,470	2,920	2,990
	мг-экв.	10,4	25,94	7,60	10,90	12,60	20,44		

Солевой состав оросительной воды определили в эколого-аналитической лаборатории ФГБНУ «РосНИИПМ»: рН по ПНДФ 14.1:2:3:4.121-97 (потенциометрическим методом), Cl⁻ – ПНДФ 14.1:2.96-

Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, № 4 (12) 2013 г., [109-119]
97 (титрометрическим методом), SO_4^{2-} – РД 52.24.483-2005 (валовый, гравиметрическим методом), HCO_3^- – РД 52.24.395-2007 (титрометрическим методом), Ca^{2+} – РД 52.24.403-2007 (титрометрическим методом), Mg^{2+} – РД 52.24.395-2007 (титрометрическим методом), Na, K – расчетным методом, сухой остаток – ПНДФ 14.1:2.114-97. Оросительная вода с pH 7,9 содержит до 3,0 г/л водорастворимых солей с преобладанием гидрокарбонатов и сульфатов натрия. Содержание натрия составляет 0,470 г/л или 56 % от суммы катионов. По минерализации и содержанию натрия оросительную воду в ст. Кривянская можно считать неудовлетворительной, так как ее использование может привести к развитию процессов хлоридного засоления и натриевого осолонцевания.

Для выращивания овощных культур в весенних пленочных теплицах в ст. Кривянская использовали деградированные региональные почвы, обыкновенные черноземы, залегающие на суглинках и глинах, которые под влиянием 16-летнего орошения минерализованными водами перешли в категорию солонцеватых почв. Мощность гумусовых горизонтов (A+B) обыкновенных черноземов достигала 80-100 см. Первоначально они обладали достаточным естественным плодородием с общим запасом гумуса, приближающимся к 450 т/га, содержали в пахотном слое до 0,23 % валового азота, около 0,16 % – валового фосфора и 2,3 % – калия, имели нейтральную или слабощелочную реакцию почвенного раствора. При проведении исследований в теплицах для выращивания овощей при капельном орошении использовали региональные деградированные почвы, плодородие которых повышали за счет внесения осенью под перепашку 10-22 кг/м² перегноя крупного рогатого скота из расчета 100-220 т/га, 80-100 г/м² суперфосфата и 70-80 г/м² сульфата калия. Нормы внесения органических и минеральных удобрений применяли по рекомендациям селекционно-семеноводческой фирмы GAVRISH с учетом степени солонцеватости тепличных почв. После внесения органических и минеральных удобрений

Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, № 4 (12) 2013 г., [109-119]
почву обрабатывали мотофрезой на глубину 20 см.

Для изучения влияния техники капельного орошения на содержание поглощенных (обменных) оснований образцы почвы отбирались между строчками томатов в ряду растений и в междурядья. Для общей характеристики химических свойств почв отбирали смешанный образец. Исследования водно-физических и химических свойств тепличных почв проводили на двух вариантах техники капельного орошения томатов с поливами двух спаренных рядов растений 1 и 2 поливными трубопроводами с капельницами. Целью исследований было изучение влияния техники капельного орошения на распределение поглощенных оснований в пределах контура увлажнения и на его границах. Для характеристики тепличных почв ее плотность с ненарушенным сложением определили с помощью кольца Колесникова, гранулометрический состав – по ГОСТ 12536-79 (по Качинскому), наименьшую влагоемкость – методом залива площадок, гумус – по Тюрину с помощью фотометра «КФК-3», нитратный азот – иономером «Экотест 2000», аммоний – по ГОСТ 26489-95 фотометром «КФК-3», калий обменный – атомно-абсорбционным спектрометром «Квант 2А». Содержание водорастворимых солей определили при анализе водной вытяжки из пробы почвы: анионы Cl^- , HCO_3^- – титрометрическим методом по ГОСТ 26425-87, SO_4^- – расчетным методом, Ca^{2+} и Mg^{2+} – по ГОСТ 26428-85 комплексометрическим методом, Na^+ и K^+ по ГОСТ 26427-85 с помощью атомно-абсорбционного спектрометра «Квант 2А», сухой остаток – по ГОСТ 26426-85 выпариванием вытяжки и взвешиванием. Состав поглощенных оснований в почвенном поглощающем комплексе определяли: натрий обменный – по ГОСТ 26950-86 с помощью атомно-абсорбционного спектрометра «Квант 2А» (от общего натрия отнимали водорастворимый), обменные кальций и магний – по ГОСТ 26487-85 титрованием. Образцы почвы отбирались в 0,3-0,5 метровом слое тепличной почвы по горизонтам 0-10, 10-20 см и так далее.

Весной в момент высадки рассады плотность тепличных почв с нарушенным сложением, подготовленных вышеописанным способом, в среднем для 0,5 метрового слоя составила $1,21 \text{ г/см}^3$ и изменялось от 1,03 до $1,34 \text{ г/см}^3$. Гранулометрический состав почв по классификации А. Н. Качинского – среднесуглинистый с содержанием физической глины 34-49 % и физического песка 51-66 %, что благоприятствует выращиванию овощных культур при капельном орошении. Наименьшая влагоемкость (НВ) тепличных почв в среднем для 0,5 метрового слоя составляет 25-26 % абсолютно сухой навески. Содержание гумуса в пахотном 0-20 см слое изменялось от 6,05 до 7,56 %, что свидетельствует о среднем уровне потенциального плодородия почв. В то же время за счет передозировки норм внесения минеральных удобрений в предыдущие годы содержание нитратов в почвах достигает 51,3 мг/кг, фосфора подвижного – 411 мг/кг, калия обменного – 668 мг/кг. По содержанию водорастворимых солей (0,158-0,194 %) почвы приближаются к слабозасоленным с гидрокарбонатно-сульфатно-натриевым типом засоления. Они еще не нуждаются в мелиорации и дают достаточно высокие урожаи овощей. Томаты за два оборота в весенних обогреваемых пленочных теплицах обеспечивают урожайность плодов до 144 т/га [1]. Урожайность огурцов в весенних пленочных теплицах на солнечном обогреве в весеннем продленном обороте достигает 253 т/га [2].

В то же время содержание поглощенного натрия в отдельных горизонтах почвы достигает 13-14 % от суммы поглощенных оснований, что свидетельствует об их солонцеватости. Поливная вода, содержащая значительные количества гидрокарбонатов и сульфатов натрия, при капельном орошении томатов в весенних пленочных теплицах способствует формированию солонцеватых почв (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние капельного орошения томатов в весенних пленочных отапливаемых теплицах на содержание поглощенных катионов, среднее в 0-50 см слое почвы

Дата отбора почвенных образцов	Содержание поглощенных катионов, мг-экв. на 100 г почвы				
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	Σ поглощенных оснований	Na ⁺ в % от Σ поглощенных оснований
20.08.2011 г. (начало второго оборота томатов)	11,34	7,57	2,83	21,74	13,0
22.07.2012 г. (конец первого оборота томатов – начало второго оборота)	12,74	7,26	3,03	23,03	13,2

За один год (то есть за два оборота томатов) содержание поглощенного натрия в 0-50 см слое тепличной почвы возросло с 13,0 до 13,2 % от суммы поглощенных оснований. Если в начале второго оборота 2011 г. количество поглощенного натрия в почвенном поглощающем комплексе составляло 2,83 мг-экв. на 100 г почвы, то через год оно увеличилось до 3,03 мг-экв. на 100 г почвы. Одновременно увеличилось на 1,40 мг-экв. содержание катиона кальция в почвенном поглощающем комплексе тепличных почв. Общее содержание поглощенных оснований возросло за счет катионов Ca⁺⁺ и Na⁺ за рассматриваемый период с 21,74 до 23,03 мг-экв. на 100 г почвы. Это объясняется тем, что орошение проводили водой, содержащей до 0,470 г/л катиона натрия, продолжительным вегетационным и оросительным периодами (март – ноябрь) и большими оросительными нормами (до 4000 м³/га) с локальной подачей воды не на всю площадь питания, а лишь в контуры увлажнения. Одновременно высокие температуры воздуха, максимум которых приближался к 40 °С, способствовали интенсивному испарению и накоплению солей в верхних горизонтах почвы. Емкость поглощения катионов возросла за счет ежегодного внесения в тепличные почвы значительного количества органических удобрений.

Аналогичные процессы наблюдались и при капельном орошении огурцов в весенних пленочных теплицах на солнечном обогреве (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние капельного орошения огурцов в весенних пленочных теплицах на солнечном обогреве на содержание поглощенных катионов, среднее в слое 0-50 см

Дата отбора почвенных образцов	Содержание поглощенных катионов, мг.-экв. на 100 г почвы				
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	Σ поглощенных оснований	Na ⁺ , % от Σ поглощенных оснований
04.08.2011 г.	12,76	7,04	2,42	22,22	10,9
22.07.2012 г.	13,26	6,50	2,52	22,50	11,4

В отличие от томатов, огурцы выращивались в весенних пленочных теплицах на солнечном обогреве в одном продленном обороте. Схема посадки огурцов однострочная, каждый ряд поливали одной капельной линией. При такой технологии возделывания огурцов и капельном орошении степень солонцеватости тепличных почв (содержание поглощенного Na⁺ в процентах от суммы поглощенных оснований) оказалась ниже на 1,8-2,4 %, в сравнении с теплицами, где выращивались томаты.

В то же время накопление поглощенного натрия в почвенном поглощающем комплексе при капельном орошении огурцов оказалось идентичным тому, что наблюдалось в теплицах с выращиванием томатов. Это, в первую очередь, объясняется капельным орошением томатов и огурцов водой, содержащей значительное количество ионов натрия (0,470 г/л или 56 % от суммы катионов). Под влиянием капельного орошения огурцов слабоминерализованной водой с преобладанием ионов Na⁺ за один год в почвенном поглощающем комплексе содержание этого токсичного компонента увеличилось на 0,50 % от суммы поглощенных оснований или на 0,10 мг-экв. на 100 г почвы. Одновременно возросли содержание кальция (на 0,50 %) и сумма поглощенных оснований (на 0,28 %). При капельном орошении томатов и огурцов в течение года наблюдалось некоторое снижение содержания поглощенного Mg⁺⁺ (на 0,31-0,54 мг-экв. на 100 г почвы соответственно).

При возделывании томатов в весенних пленочных отапливаемых теплицах было изучено влияние техники капельного полива на распределе-

Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, № 4 (12) 2013 г., [109-119]
 ние поглощенных оснований по почвенному профилю (таблица 4). Места отбора образцов почвы на анализ в контурах капельного увлажнения показаны в таблице 4.

Таблица 4 – Влияние техники капельного полива томатов в теплицах на распределение поглощенных катионов по почвенному профилю в 0-30 см слое почвы

Вариант опыта и место отбора почвенных образцов		Содержание поглощенных катионов, мг-экв. на 100 г почвы				Na ⁺ в % Σ поглощенных оснований
Техника полива	Место отбора пробы	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	Σ поглощенных оснований	Σ поглощенных оснований
Два ряда, два поливных трубопровода	Между строчками растений	10,05	8,70	2,88	23,63	12,2
	Между растениями в ряду	11,91	8,83	2,34	23,09	10,1
	В междурядье	12,8	6,63	3,11	22,54	13,8
Два ряда, один поливной трубопровод между строчками	Между строчками растений	12,35	10,52	2,60	25,47	10,2
	Между растениями в ряду	12,23	9,23	3,06	24,52	12,5
	В междурядье	15,04	6,63	2,45	24,12	10,2

Техника капельного полива при расположении капельных линий вдоль каждого ряда при двухстрочной посадке по схеме 90×35×30 см и одного поливного трубопровода между строчками оказали вполне ощутимое влияние на распределение поглощенных оснований в горизонтальной плоскости контуров капельного увлажнения. При двухстрочной посадке и двух поливных трубопроводах с капельницами (по одному на каждый ряд) наибольшее количество поглощенного натрия в почвенном поглощающем комплексе находилось в междурядье и между строчками, где смыкались два контура капельного увлажнения. На границе смыкания контуров увлажнения на этом варианте наблюдалась и наибольшая сумма поглощенных оснований (23,63 мг-экв. на 100 г почвы). Наименьшее количество поглощенного Na⁺ и суммы поглощенных оснований (22,54 мг-экв. на 100 г почвы) было отмечено в междурядье спаренных рядов, на границе контуров капельного увлажнения, которые в этом месте лишь частично смыка-

Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, № 4 (12) 2013 г., [109-119]
лись. В то же время наибольшее количество поглощенного Ca^{++} (12,80 мг-экв. на 100 г почвы) наблюдалось именно в междурядье, где соседние контуры увлажнения смыкались лишь частично.

Судить о перераспределении Mg^{++} в горизонтальной плоскости следует с учетом подачи магнийсодержащих удобрений через капельницы в растворенном виде вместе с поливной водой. Наибольшее количество Mg^{++} (8,83 мг-экв. на 100 г почвы) наблюдалось между растениями в ряду в месте подачи на почву оросительной воды капельными линиями, наименьшее (6,63 мг-экв. на 100 г почвы) – в междурядье.

На варианте с поливом двух спаренных рядов одной капельной линией наибольшее количество поглощенного Na^+ обнаружено между растениями в ряду (3,06 мг-экв.). В этой зоне контура капельного увлажнения обнаружено наименьшее количество поглощенного Ca^{++} (12,23 мг-экв. на 100 г почвы) и Mg^{++} (9,23 мг-экв. на 100 г почвы). Наименьшее количество поглощенных Na^+ (2,45 мг-экв. на 100 г почвы) и Mg^{++} (6,63 мг-экв. на 100 г почвы) оказалось в почвенном поглощающем комплексе в междурядье, где контуры капельного увлажнения полностью не смыкались. В то же время в междурядьях оказалось наибольшее количество Ca^{++} (15,04 мг-экв. на 100 г почвы).

Для предупреждения дальнейшего накопления Na^+ в почвенном поглощающем комплексе тепличных почв и устранения избыточной солонцеватости применялись химические мелиорации с внесением фосфогипса и агротехнические приемы.

Норму внесения фосфогипса по CaSO_4 рассчитывали по формуле с учетом средневзвешенных фактических величин емкости поглощения T и поглощенного натрия CNa в мг-экв. на 100 г. почвы:

$$D\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O} = 0,086(\text{CNa} - 0,05T) \times 100 \times h \times \alpha, \text{ т/га.}$$

Глубину солонцового горизонта h принимали равной 0,4 м, его объемную массу $\alpha = 1,1 \text{ т/м}^3$ по фактическим средневзвешенным показателям,

Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, № 4 (12) 2013 г., [109-119] полученным в лабораторно-полевых исследованиях. Расчетная доза внесения $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ составила $0,9 \text{ кг/м}^2$ теплицы или $8,7 \text{ т/га}$. Гипс вносили в тепличную почву в разброс осенью, после чего проводили фрезерование на глубину 20 см, сворачивали пленочное покрытие теплицы, чтобы обеспечить естественное увлажнение почвы осенними, зимними и ранневесенними осадками. Весной после высадки рассады тепличную почву дополнительно увлажняли с помощью системы капельного орошения. Осадки в среднем составили 200 л/м^2 и обеспечили промывку солонцового слоя почвы от избыточного содержания Na^+ в почвенном растворе.

Для самомелиорации и выравнивания концентрации поглощенного Na^{++} проводили фрезерование тепличных почв поперек направления рядов растений, чем достигалось перемешивание почв участков с повышенным и пониженным содержанием Ca^{++} и Na^+ . С этой же целью ежегодно при высадке рассады в первом и втором оборотах меняли местоположение рядов и междурядий, а следовательно и капельных линий, что также нивелировало распределение катионов Ca^{++} и Na^+ по площади тепличных почв.

Выводы

1 На основании проведенных исследований видно, что капельное орошение овощей в теплицах грунтовыми водами, содержащими до $0,470 \text{ г/л Na}^+$, способствует осолонцеванию и может привести к формированию солонцеватых почв и потере естественного плодородия почв.

2 Техника капельного полива оказывает влияние на перераспределение поглощенных катионов Na^+ и Ca^{++} по площади тепличных почв с аккумуляцией Na^+ в междурядьях при поливе двух рядов двумя капельными линиями и в рядах растений при поливе двух рядов одной капельной линией, то есть ближе к границам контуров капельного увлажнения. Менее всего поглощенный Na^+ содержится в междурядьях, где контуры капельного увлажнения полностью не смыкаются.

3 Для предупреждения и устранения солонцеватости тепличных почв

Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, № 4 (12) 2013 г., [109-119]
необходима их химическая мелиорация с помощью $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и самомелиорация проведением периодического фрезерования поперек направления рядов растений и ежегодной смены местоположения рядов растений, междурядий и капельных линий. Важное значение для предупреждения солонцеватости почв имеет увеличение содержания органического вещества в них.

Список использованных источников

1 Ясониди, О. Е. Капельное орошение в защищенном грунте: монография / О. Е. Ясониди, Е. О. Ясониди. – Новочеркасск, НГМА, 2012. – 188 с.

2 Ясониди, О. Е. Капельное орошение овощей в весенних пленочных теплицах / О. Е. Ясониди, Е. О. Ясониди, М. В. Григоренко // Сб. науч. тр. НГМА. – Новочеркасск, НГМА, 2012. – С. 48-53.

Ясониди Елена Олеговна – аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новочеркасская государственная мелиоративная академия» (ФГБОУ ВПО «НГМА»).
Контактный телефон: +7(908) 198-16-15
E-mail: Elena-jasonidi@rambler.ru

Yasonidi Yelena Olegovna – Postgraduate Student, Federal State Budget Educational Establishment of Higher Professional Education “Novocherkassk State Meliorative Academy” (FSBEE HPE «NSMA»).
Contact phone: +7(908) 198-16-15.
E-mail: Elena-jasonidi@rambler.ru

Григоренко Михаил Валентинович – аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новочеркасская государственная мелиоративная академия» (ФГБОУ ВПО «НГМА»).
Контактный номер: +7(928) 180-78-99
E-mail: нет

Grigorenko Mikhail Valentinovich – Postgraduate Student, Federal State Budget Educational Establishment of Higher Professional Education “Novocherkassk State Meliorative Academy” (FSBEE HPE «NSMA»).
Contact phone: +7(928) 180-78-99
E-mail: no