

УДК 631.41:634.1

## РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЁМА ОБЫКНОВЕННОГО В ПЛОДОВЫХ НАСАЖДЕНИЯХ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ

Фоменко Т.Г., канд. с.-х. наук, Попова В.П., д-р с.-х. наук

Государственное научное учреждение Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский институт садоводства и виноградарства Россельхозакадемии  
(Краснодар)

**Реферат.** Результаты мониторинга плодовых насаждений при капельном орошении свидетельствуют о неблагоприятных изменениях физико-химических свойств чернозема обыкновенного. Использование минерализованной воды для полива приводит к локальному накоплению водорастворимых солей в зоне увлажнения почвы и сдвигу ионного равновесия. При многолетнем орошении отмечено частичное вымывание солей в глубокие слои почвы за пределами контура увлажнения.

**Ключевые слова:** плодовые насаждения, чернозем, капельное орошение, физико-химические свойства почв, почвенно-поглощающий комплекс

**Summary.** The results of monitoring of fruit orchards with drop irrigation testify about adverse changes of physical and chemical properties of the chernozem ordinary. Use of the mineralized water for watering leads to local accumulation of water-soluble salts in a zone of moistening of the soil and shift of ionic balance. At a long-term irrigation the partial washing away of salts in the deep layers of soil outside moistening contour is noted.

**Key words:** fruit orchards, ordinary chernozom, drop irrigation, physical and chemical properties of soil, soil absorbing complex

**Введение.** Плодовые растения за вегетационный период тратят значительное количество воды на испарение и транспирацию. Потребляемая вода необходима для роста, образования тканей и протекания жизненных процессов.

В условиях Северного Кавказа распределение осадков на протяжении вегетационного периода довольно неравномерное, поэтому даже в относительно влажные годы отмечаются засухи продолжительностью 40 дней и более. Для производства конкурентоспособной плодовой продукции без орошения нельзя создать оптимальные условия режима влажности почвы [1]. Необходимость применения искусственного орошения в интенсивных плодовых насаждениях юга России очевидна. Поэтому большое распространение в промышленных плодовых насаждениях получили автоматизированные системы капельного орошения.

Основным достоинством капельного способа является экономное расходование оросительной воды. Возможность малого расхода воды заложена в самом принципе локальной подачи поливной воды в виде капель раствора непосредственно в зону корневой системы растений с расходом, не превышающем впитывающую способность почвы.

Последующее распределение влаги в почве происходит под действием капиллярных сил, создавая так называемый контур увлажнения или очаг увлажнения [2, 3, 4].

Значительная доля площадей современных плодовых насаждений Северо-Кавказского региона расположена на черноземных почвах. Высокое содержание гумуса и глин, свойственное черноземам, обуславливая буферность по отношению к воздействию ксенобиотиков, определяет в то же время чрезвычайно высокую чувствительность черноземов к искусственному увлажнению [5, 6]. Даже при орошении водами хорошего качества наблюдается слабая степень деградации черноземных почв по структурному составу [7].

Ранее установлено, что при капельном орошении характер изменения свойств черноземов обусловлен, прежде всего, локальностью распределения поливной воды в почве. Формируются очаги повышенной концентрации питательных веществ, увеличивается содержание солей в почве, изменяется реакция почвенной среды и нарушается ионное равновесие в почвенно-поглощающем комплексе (ППК) [8, 9].

В полевых севооборотах проводится регулярная глубокая обработка почвы с перемешиванием почвенных частиц, что предотвращает локальное изменение физико-химических свойств черноземных почв. В садовых ценозах существуют две зоны: приствольных полос и междурядий с различными системами содержания почвы, которые существенно влияют на пространственную дифференциацию почвы. В приствольных полосах при минимальной обработке почвы отсутствует перемешивание почвенных частиц, что за период вегетации сада (10 и более лет) способствует созданию условий, усиливающих локальные изменения физико-химических свойств черноземных почв в условиях капельного орошения и применения удобрений. Остаются малоизученными процессы длительного влияния малообъемных способов орошения в плодовых насаждениях на изменения свойств черноземных почв, их плодородие и экологическую устойчивость экосистемы.

**Объекты и методы исследований.** Исследования проводили в плодоносящих интенсивных насаждениях яблони в условиях недостаточного увлажнения Ростовской области на черноземе обыкновенном (ООО АФ «Красный сад»). Сад яблони посадки 2007 г., схема размещения деревьев 4x1,5 м, подвой М9. Наблюдения за изменениями физико-химических свойств чернозема обыкновенного проводили с 2007 года.

Капельное орошение плодовых насаждений проводилось в течение вегетации растений в засушливые периоды каждые 3-5 дней с поливной нормой от 12 до 33 м<sup>3</sup>/га. Расстояние между капельницами на поливпроводе было 70 см, расход воды через капельницы составлял 1,0-1,6 л/час, средняя поливная норма – 25 м<sup>3</sup>/га. Оросительные нормы за вегетационный период в годы исследований (2007-2012 гг.) варьировали в пределах 250-525 м<sup>3</sup>/га. Дозы удобрений, вносимые с поливной водой (фертигация), составляли: в 2009 г. – N<sub>25</sub> P<sub>20</sub> K<sub>20</sub>, в 2010 г. – N<sub>40</sub>, в 2011 г. и 2012 г. – N<sub>25</sub>.

Для изучения изменений химических свойств чернозема обыкновенного отбор образцов почвы проводили по слоям 0-10, 10-30, 30-50, 50-70, 70-90 см в местах падения капель поливной воды и через каждые 10 или 20 см на расстоянии до 1 м по направлению к центру междурядья или к соседней капельнице от точки падения капли. Образцы почвы отбирали с помощью малогабаритного почвенного бура С.Ф. Неговелова [10].

В почвенных образцах определяли рН водной суспензии, катионо-анионный состав водной вытяжки по ГОСТам 26423-26428-85; обменный натрий, обменный кальций и магний – по Шмуку в модификации Тюрина [11]. Качество поливной воды оценивали по качественно-количественному содержанию водорастворимых солей по ГОСТам 26423-26428-85.

Анализ полученных экспериментальных данных осуществляли методами математической статистики с применением дисперсионного анализа в программе Microsoft Office Excel 2003 по «Методике полевого опыта» [12].

**Обсуждение результатов.** Основным источником поливной воды являлась вода из реки Дон с рН 6,9 и содержанием солей в среднем 930 мг/л, в том числе безвредных – 33 %, вредных нейтральных – 67 %.

С 2011 года основная масса поливной воды использовалась из артезианских скважин глубиной около 50 м и периодически добавлялась речная вода. Поливная вода из скважин характеризовалась более щелочной реакцией водной среды (рН 7,37) и повышенным содержанием солей (1,59 г/л), в том числе безвредных – 26 %, вредных нейтральных – 74 %. (табл. 1).

Продолжительное капельное орошение насаждений яблони минерализованной водой способствовало накоплению водорастворимых солей в зоне увлажнения. Основная доля солей концентрировалась в слое почвы 0-60 см и в радиусе 25 см от точки падения капли.

Максимальное содержание солей наблюдалось в 2012 году, их количество в местах локализации составляло 0,16-0,18 % от массы почвы (рис. 1).

Установлены отличия по качественному распределению вероятных водорастворимых солей в пределах контура увлажнения чернозема обыкновенного при 5-летнем капельном орошении (табл. 2).

Таблица 1 – Химический состав поливной воды, используемой для орошения садов ООО «Агрофирма «Красный Сад» Ростовской области

Источник, срок отбора пробы	рН	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>	Сумма солей, г/л
		мг-экв./л						
Вода из реки Дон (21.06.2010 г.)	6,90	3,80	4,06	5,86	3,95	3,25	6,52	0,93
Вода из скважин (28.05.2012 г.)	7,37	3,20	4,70	15,81	5,55	5,55	12,61	1,59

Таблица 2 – Ионный состав водной вытяжки чернозема обыкновенного после 5-летнего капельного орошения (отбор 15.08.2012 г.)

Место отбора	Слой почвы, см	Массовая доля ионов в водной вытяжке, мг-экв./100 г						Сумма солей, %
		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>	
Под капельницей	0-10	0,535	0,160	1,047	0,374	0,107	1,261	0,126
	10-30	0,522	0,270	1,770	0,704	0,142	1,716	0,182
	30-50	0,428	0,268	1,660	0,674	0,160	1,522	0,167
	50-70	0,691	0,075	0,421	0,403	0,108	0,676	0,090
	70-90	0,636	0,026	0,348	0,350	0,095	0,565	0,078
На расстоянии 20 см от капельницы	0-10	0,321	0,214	0,56	0,674	0,160	0,261	0,076
	10-30	0,451	0,094	0,624	0,58	0,133	0,456	0,085
	30-50	0,535	0,027	0,527	0,460	0,107	0,522	0,081
	50-70	0,486	0,027	0,276	0,410	0,095	0,284	0,060
	70-90	0,592	0,075	0,506	0,535	0,107	0,531	0,086
На расстоянии 40 см от капельницы	0-10	0,428	0,027	0,167	0,428	0,107	0,087	0,048
	10-30	0,484	0,027	0,124	0,414	0,107	0,114	0,049
	30-50	0,514	0,027	0,124	0,428	0,107	0,130	0,051
	50-70	0,528	0,027	0,148	0,482	0,095	0,126	0,054
	70-90	0,528	0,027	0,138	0,464	0,095	0,134	0,055

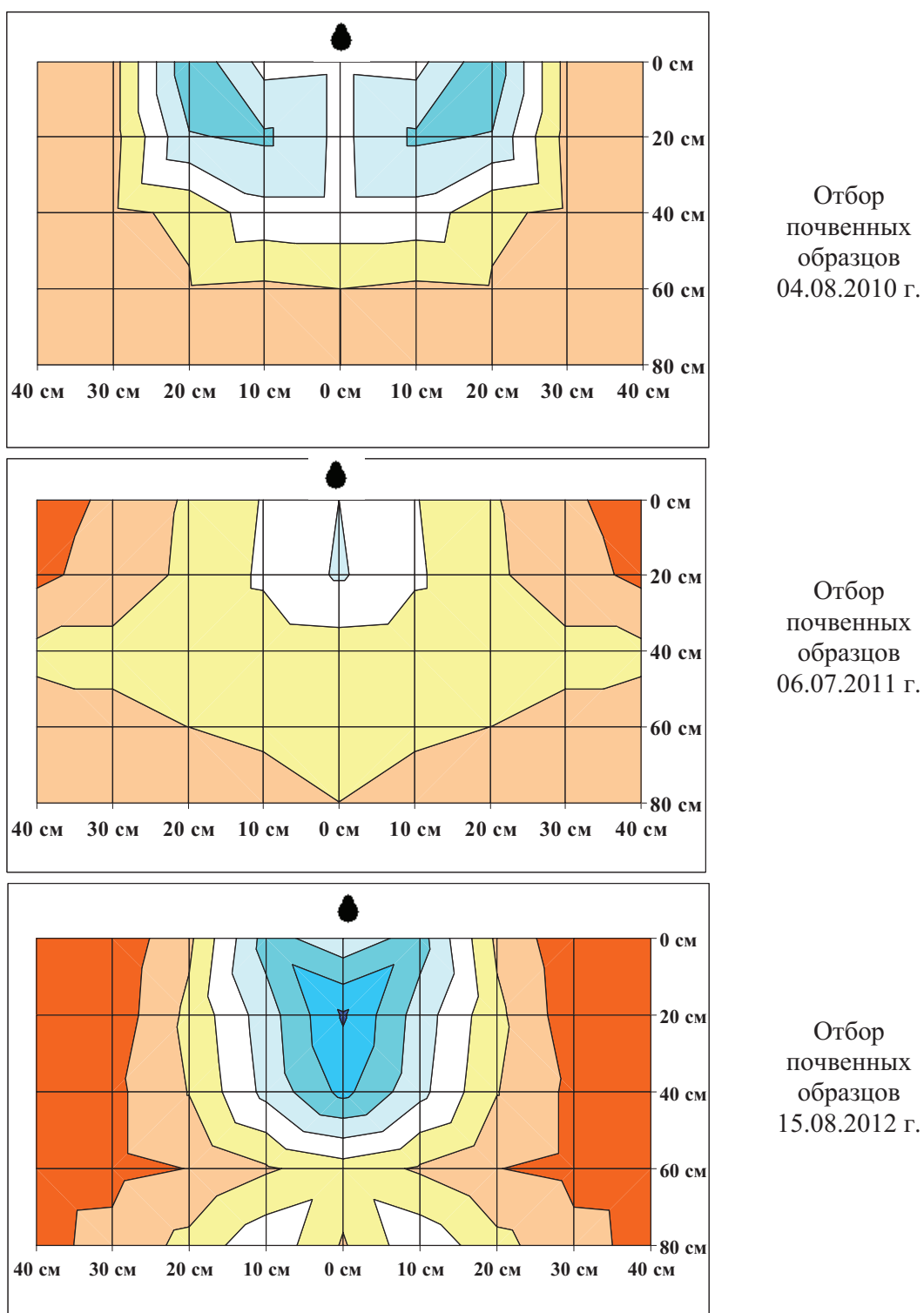


Рис. 1. Распределение водорастворимых солей при капельном орошении яблони в черноземе обыкновенном, % от массы почвы (по горизонтали – при удалении от точки падения капли в сторону междурядья, по вертикали – в глубину почвы)

Содержание солей:

- – 0,04-0,06 %, ■ – 0,06-0,08 %, ■ – 0,08-0,10 %, □ – 0,10-0,12 %, □ – 0,12-0,14 %, ■ – 0,14-0,16 %, ■ – 0,16-0,18 %

В местах наибольшей концентрации солей (под капельницей, слой 10-50 см) отмечено преобладание вредных нейтральных солей – около 70 %. В более глубоких слоях почвы (под капельницей, слой 50-90 см) отмечено увеличение вредных щелочных солей ( $Mg(HCO_3)_2$  и  $NaHCO_3$ ) до 25-30 % и снижение доли вредных нейтральных до 35-38 %. Следует отметить, что в поливной воде содержание вредных щелочных солей не установлено. Увеличение их количества в почве в нижних слоях контура увлажнения связано с постепенным накоплением иона  $HCO_3^-$ .

Как отмечает С.Ф. Неговелов, ион  $HCO_3^-$  сначала связывается с кальцием и при подсыхании почвы и потере  $CO_2$  почвенным воздухом и раствором переходит в ион  $CO_3^{2-}$  с выпадением осадка  $CaCO_3$ . И только когда ионов  $HCO_3^-$  больше, чем  $Ca^{2+}$ , в почве после израсходования влаги могут появляться вредные щелочные соли [1]. Аналогичная закономерность отмечается при периодическом подсыхании нижних слоев контура увлажнения почвы чернозема обыкновенного при капельном орошении.

На расстоянии 20 см от точки падения капли содержание вредных нейтральных солей составляло 35-48 % от общего количества, доля вредных щелочных не превышала 10 %.

За пределами контура увлажнения на расстоянии 40 см от точки падения капли общее содержание солей в почве соответствовало количеству на участке без орошения и составляло около 0,05 %. Содержание вредных нейтральных солей было около 20 %, вредных щелочных не превышало 10 % от общего количества.

Неравномерное распределение солей в пределах контура увлажнения при капельном орошении сада способствовало небольшому изменению реакции почвенной среды. В местах локализации поливной воды в верхнем слое почвы отмечено небольшое снижение рН почвы до 8,0, а с глубины 60 см наблюдалось подщелачивание почвы, реакция почвенной среды увеличилась до 8,7. Подщелачивание почвы объясняется локальным накоплением вредных щелочных солей в нижних слоях почвы (рис. 2).

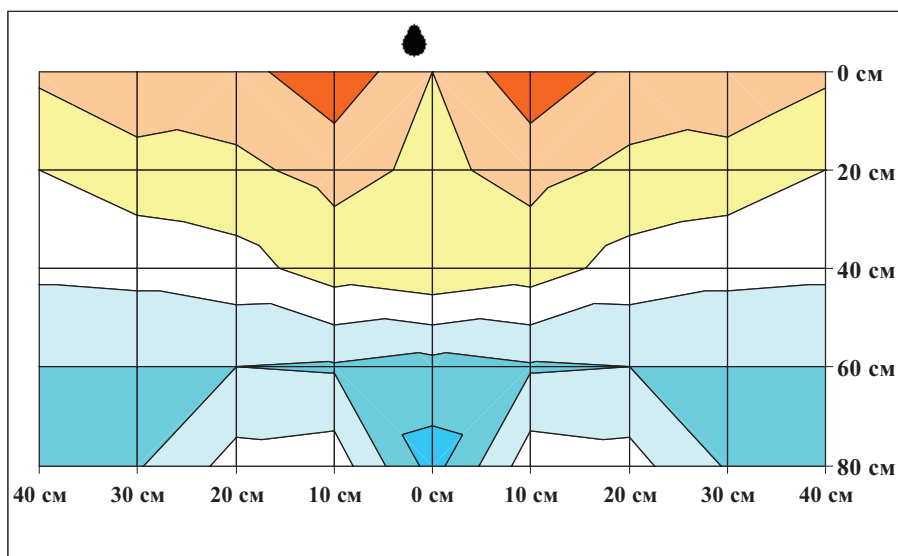


Рис. 2. Изменение реакции почвенной среды в черноземе обыкновенном после 5-летнего капельного орошения

(по горизонтали – при удалении от точки падения капли в сторону междурядья, по вертикали – в глубину почвы)

рН водной суспензии:

■ – 8,0-8,1   ■ – 8,1-8,2   ■ – 8,2-8,3   □ – 8,3-8,4   □ – 8,5-8,6   ■ – 8,5-8,6   ■ – 8,6-8,7

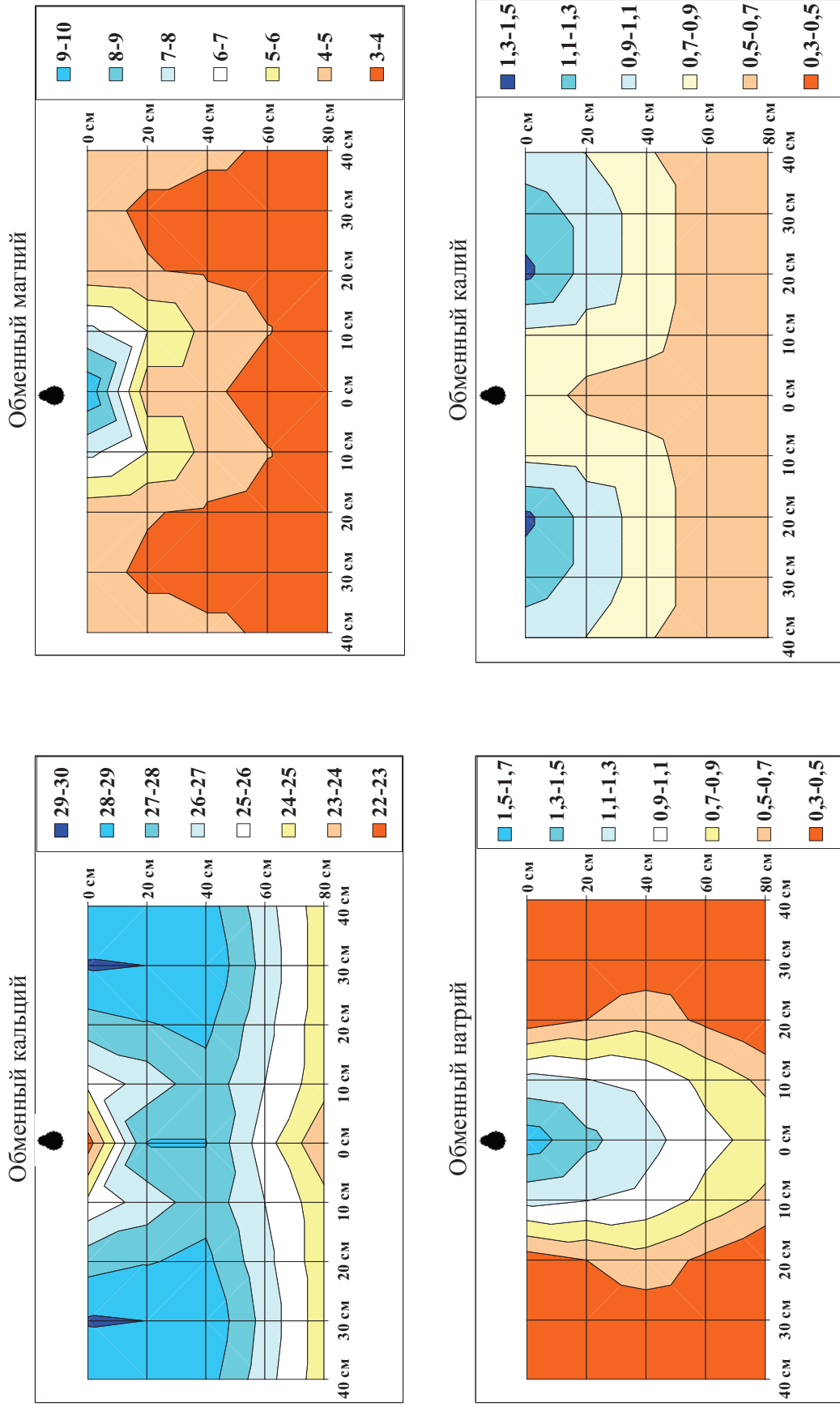


Рис. 3. Содержание обменных катионов в черноземе обыкновенном после 5-летнего капельного орошения, мг-экв./100 г. (по горизонтали – при удалении от точки падения капли в сторону междурядья, по вертикали – в глубину почвы)



За пределами контура увлажнения на расстоянии 40 см от точки падения капли показатели реакции почвенной среды с глубиной возрастали равномерно – с 8,2 в верхнем 0-10 см слое почвы до 8,5 в 70-90 см слое почвы.

Применение многолетнего капельного орошения в садах на черноземе обыкновенном привело к постепенному вымыванию ионов кальция из мест локализации поливной воды. Содержание обменного кальция в почве в результате пятилетнего орошения понизилось с 28,03 до 22,47 мг-экв./100г почвы непосредственно в точке падения капли раствора. Небольшое повышение концентрации обменного кальция отмечено на глубине почвы ниже 40 см и в радиусе 20 см по поверхности от точки падения капли (рис. 3).

В местах падения капель поливной воды наблюдалось значительное повышение магния – с 4,28 до 9,84 мг-экв./100г. почвы. Доля магния от суммы поглощенных оснований возросла с 12,7 до 28,3 %.

Обменный натрий промывался узкой полосой из мест локализации поливной воды на глубину почвы более 60 см, содержание его в верхнем слое значительно увеличилось – с 0,30 до 1,61 мг-экв./100г. почвы. Доля натрия составила до 4,6 % от суммы поглощенных оснований, что совершенно нехарактерно для черноземных почв.

Калийные удобрения с поливной водой в 2012 году не вносили, это привело к снижению содержания обменного калия непосредственно в точке падения капли поливной воды с 0,99 до 0,81 мг-экв./100 г. Снижение обменных форм калия объясняется его вытеснением из почвенно-поглощающего комплекса (ППК) натрием и магнием.

**Выводы.** В условиях недостаточного увлажнения на черноземе обыкновенном продолжительное капельное орошение насаждений яблони минерализованной водой и внесение минеральных удобрений способствовало локальному накоплению водорастворимых солей в зоне увлажнения. Основная доля солей концентрировалась в слое почвы 0-60 см и в радиусе 25 см от точки падения капли. Установлено частичное вымывание солей за пределы корнеобитаемого слоя почвы при выпадении осадков в период покоя плодовых растений.

Установлены отличия по качественному распределению вероятных водорастворимых солей в пределах контура увлажнения чернозема обыкновенного. Так, в местах наибольшей концентрации солей (под капельницей, слой 10-50 см) установлено преобладание вредных нейтральных солей – около 70 %. В более глубоких слоях почвы (под капельницей, слой 50-90 см) отмечено увеличение вредных щелочных солей ( $Mg(HCO_3)_2$  и  $NaHCO_3$ ) до 25-30 % и снижение доли вредных нейтральных солей до 35-38 %. Увеличение вредных щелочных солей в нижних слоях контура увлажнения способствовало подщелачиванию почвы, повышению показателей реакции почвенной среды до 8,6-8,7.

Локальное увлажнение чернозема обыкновенного привело к насыщению ППК катионами  $Na^+$  и  $Mg^{2+}$  и обеднению  $Ca^{2+}$  и  $K^+$ , что позволяет сделать вывод о сдвиге ионного равновесия за счет активного внедрения в ППК вредных для плодовых растений  $Na^+$  и  $Mg^{2+}$  и вытеснения из него  $Ca^{2+}$  и  $K^+$ .

Результаты мониторинга свидетельствуют о том, что в многолетних плодовых насаждениях капельное орошение минерализованной водой в течение длительного периода времени (свыше 5 лет) приводит к неблагоприятным изменениям физико-химических свойств обыкновенных черноземов.

#### Литература

1. Неговелов, С.Ф. Почвы и сады / С.Ф. Неговелов, В.Ф. Валькв. – Изд-во Ростовского университета, 1985. – 192 с.
2. Овчинников, А.С. Применение ресурсосберегающих способов полива при возделывании сельскохозяйственных культур / А.С. Овчинников, М.П. Мещеряков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – ФГОУ ВПО Волгоградская ГСХА, 2007. – № 1. С. 46-49.

3. Дубенок, Н.Н., Особенности водного режима почвы при капельном орошении сельскохозяйственных культур / Н.Н. Дубенок, В.В. Бородычев, М.Н. Лытов [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 4. – С. 22-25.
4. Храбров, М.Ю. Оценка способов малообъемного орошения / М.Ю. Храбров // Вестник РАСХН. – 2007. – № 5. – С. 53-56.
5. Минашина, Н.Г. Проблемы орошения почв степей юга России и возможности их решения (на основе анализа производственного опыта 1950-1990 гг.) / Н.Г. Минашина // Почвоведение. – 2009. – № 7. – С. 867-876.
6. Орошаемые черноземы / Под ред. Б.Г. Розанова. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 240 с.
7. Королев, В.А. Оценка изменения структурного состояния черноземов типичных при орошении / В.А. Королева // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. – ВГУ, 2006. – № 1. – С. 120-128.
8. Попова, В.П. Изменение свойств черноземов Северного Кавказа при капельном орошении плодовых насаждений / В.П. Попова, Т.Г. Фоменко // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2012. – № 3. – С. 37-40.
9. Воеводина, Л.А. Изменение агрофизических свойств черноземных почв под влиянием капельного орошения минерализованной водой / Л.А. Воеводина // Научный журнал российского НИИ проблем мелиорации. – 2011. – № 4. – С. 10.
10. Неговелов, С.Ф. Малогабаритный почвенный бур новой конструкции / С.Ф. Неговелов // Почвоведение. – 1960. – № 1. – С. 101-105.
11. Агрохимические методы исследования почв / Под ред. А.В. Соколова. – М.: Наука, 1975. – 656 с.
12. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
13. Базилевич, Н.И. Опыт классификации почв по содержанию токсичных солей и ионов / Н.И. Базилевич, Г.И. Панкова // Бюл. почв. ин-та им. В.В. Докучаева. – 1972. – Вып. 5. – С. 36-40.