

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ БИОЛОГИЗИРОВАННЫХ СПОСОБОВ СОХРАНЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ В ИНТЕНСИВНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ ЯБЛОНИ

Макарова А.А., Фоменко Т.Г., канд. с.-х. наук

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский
федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»*

(Краснодар, Россия)

alerseevna2315@gmail.com

Реферат. Обозначены проблемы снижения уровня плодородия почв интенсивных плодовых насаждений при использовании минерализованных вод для капельного орошения из-за недостатка водных ресурсов. Представлены результаты исследований трансформации свойств чернозема обыкновенного в насаждениях яблони под воздействием капельного орошения минерализованными водами. Проанализировано влияние минерализованной поливной воды на физико-химические и агрохимические параметры почвы: реакцию почвенного раствора, степень накопления солей, обменные основания, содержание органического вещества и основных элементов питания (NPK). На основе результатов исследования определены цели и задачи в направлении биологизации приемов сохранения плодородия почв плодовых ценозов.

Ключевые слова: продуктивность яблони, плодородие садовых почв, капельное орошение, минерализованные воды, чернозем обыкновенный, засоление почв, биологизация приемов ухода за почвой.

Summary. Problems of soil fertility level decrease in intensive fruit plantations under mineralized water use for drip irrigation due to deficit of water resources are outlined. Results of researches transformation of ordinary chernozem properties in apple-tree plantations under influence of mineralized water drip irrigation are presented. The influence of mineralized irrigation water on physico-chemical and agrochemical parameters of soil: reaction of soil solution, degree of salt accumulation, exchange bases, content of organic matter and basic nutrition elements (NPK) has been analyzed. Based on the results of the study, the purposes and problems for the biologization of soil fertility preservation techniques in fruit cenoses have been determined.

Key words: apple tree productivity, garden soil fertility, drip irrigation, mineralized waters, ordinary chernozem, soil salinity, biologization of soil cultivation practices.

Введение. Получение высоких урожаев качественной продукции садовых насаждений невозможно без оптимизации водного и пищевого режима почвы. Значительные площади современных плодовых насаждений оборудованы системами капельного орошения, при котором осуществляется внесение минеральных удобрений с поливной водой. Это позволяет поддерживать оптимальные почвенные условия в корнеобитаемом слое, что в значительной степени способствует снижению стресса у плодовых растений в летний период и дает возможность раскрыть продуктивный потенциал культуры [1, 2].

Однако одним из вытекающих негативных факторов влияния орошения и фертигации в целом является накопление водорастворимых вредных солей в почве. Особенно если для поливов используют минерализованные воды. Водами пригодными для орошения принято считать при содержании растворенных солей не более 0,2 г/л, допустимыми считаются концентрации от 0,2 до 0,5 г/л при отсутствии в воде нормальной соды. Минерализация поливной воды от 0,5 до 1,0 г/л допустима при условии возделывания садов на почвах с хорошим промывным режимом [3, 4].

Длительное орошение минерализованными водами может оказывать существенное влияние на реакцию почвенного раствора садовых почв. Под влиянием регулярного

орошения изменяется гидротермический режим, происходит усиление процесса оглинивания орошаемых почв, появление водопептизируемого ила, ухудшение агрегатного состояния почвы, трансформация гумусового состояния почв, накопление обменного магния и натрия, что приводит к изменению факторов почвообразования почв степной зоны (черноземов) [5, 6, 7].

Накопление вредных солей в корнеобитаемом слое почвы снижает доступность растениям влаги и элементов питания [8]. Плодовые культуры обладают плохой солеустойчивостью, поэтому высокое содержание солей в почве приводит к некрозу листьев, их опадению, нередко наблюдаются выпадения растений, что способствует снижению урожайности [9]. Поэтому необходимо вести строгий контроль над качеством поливной воды и совместимостью применяемых удобрений с ней [10].

В черноземных почвах Краснодарского края установлено изменение показателей почвенного плодородия от закладки сада до его вступления в период плодоношения в зависимости от продолжительности применения капельного орошения и норм внесения удобрений при фертигации [11, 12]. Под действием длительного периода орошения и высоких доз минерального удобрения происходит качественное изменение гумуса. Совместное действие оросительной воды и удобрений приводит к повышению растворимости гумусовых веществ. При орошении биологические процессы протекают более интенсивно, что стимулирует минерализационные процессы [13, 14, 15].

Изменение реакции среды почвенного раствора оказывает подавляющее воздействие на деятельность микроорганизмов, идет угнетение аммонифицирующих и нитрофицирующих бактерий, участвующих в круговороте азотосодержащих соединений. Вместе с тем, создаются благоприятные условия для повышения численности активных патогенных грибов, выделяющие вещества, угнетающие и отравляющие растения. Засоление почвы в высоких концентрациях может влиять на общий метаболизм растений и почвенной биоты, которые входят в состав основных функциональных групп. Многие бактерии впадают в состояние покоя в случае, если концентрация солей превышает допустимую величину. Биологические регуляторы экосистем очень чувствительны к засолению. В большинстве случаев засоление вызывает замедление роста растений и продуктивности, опустынивание и утрату почвенного биоразнообразия [16, 17, 18].

На практике, в современных интенсивных насаждениях, по причине ограниченности водных ресурсов, особенно в степной зоне Краснодарского края, используют для капельного полива воды разной степени минерализованности. В связи с этими обстоятельствами, возникает необходимость изучить изменения свойств черноземных почв и их влияние на ростовые процессы и продуктивность плодовых растений. Целью наших исследований является изучение трансформации свойств черноземных почв плодовых насаждений в условиях капельного орошения минерализованными водами и определить пути биологизации приемов предотвращения их деградации для сохранения высокой продуктивности плодовых агроценозов.

Объекты и методы исследований. Исследования проводятся в Северо-Кавказском регионе в условиях степной зоны плодоводства в интенсивных насаждениях яблони на базе АО «Трудовое» (Ленинградский район Краснодарского края). Год закладки сада осень 2016 г., схема размещения деревьев 3,3 x 0,8 м, подвой М-9. В опыт включены насаждения яблони сортов Пинк Леди, Бребурн.

Лабораторно-аналитические исследования водных и почвенных образцов выполнены по следующим параметрам:

- реакция почвенной среды (рН_{водное}) по ГОСТу 26423-85;
- удельная электропроводность почвы по ГОСТу 26423-85;

- определение ионов хлорида и ионов натрия потенциометрическим методом в водной вытяжке;
- содержание органического вещества по методу Тюрина в модификации ЦИНАО по ГОСТу 26213-91;
- содержание нитратов ионометрическим методом по ГОСТу 26951-86;
- содержание подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО по ГОСТу 26205-91;
- содержание обменного кальция и обменного магния трилонометрическим методом в 1,0 н вытяжке NaCl;
- содержание обменного натрия по ГОСТу 26950-86.

Аналитические работы выполнены в агрохимической лаборатории НЦ агрохимии и почвоведения и ЦКП «Приборно-аналитический» ФГБНУ СКФНЦСВВ. Приборное обеспечение: весы лабораторные АСОМ JW-1 и VIBRA AF-R220CE, влагомер весовой МХ-50, перемешивающее устройство устройство ЛАБ ПУ 01 с подогревом, установка для получения деионизированной воды «Ключ М-Д», кондуктометр ЭКОНИКС ЭКСПЕРТ-002, рН-метр-иономер ЭКОТЕСТ-120 с набором ионселективных электродов, комплект "Миком-2"-Нитрат, фотометр фотоэлектрический КФК-3-01 "ЗОМЗ", пламенный фотометр ПФА-354, холодильник "Полюс" (для хранения образцов и реактивов), набор лабораторной посуды, набор мерной посуды по ГОСТ 1770-64, ГОСТ 20292-74.

Анализ полученных экспериментальных данных осуществлен методами математической статистики с применением дисперсионного анализа в программе Microsoft Office Excel 2007 по «Методике полевого опыта» [19].

Обсуждение результатов. Для оценки степени пригодности поливной воды в АО «Трудовое» были взяты пробы для лабораторного анализа из источника орошения (скважина на территории хозяйства). Вода из скважины имеет слабощелочную реакцию среды (рН 8,19). Общее содержание солей в воде – 1,472 г/л, из которых вредные соли составляют 82,2 % (1,210 г/л), при этом содержание хлорида натрия составляет 0,865 г/л (табл. 1).

Таблица 1 – Химический состав поливной воды из скважины

Показатели, единицы измерения	Величины	
Реакция среды (рН), ед.	8,19	
Удельная электропроводность (Ес), мСм/см	2,59	
Ионный состав	мг-экв./л	мг/л
Ионы бикарбоната (HCO ₃ ⁻)	4,40	268
Ионы хлорида (Cl ⁻)	17,20	611
Ионы сульфата (SO ₄ ²⁻)	2,39	115
Ионы кальция (Ca ²⁺)	3,23	65
Ионы магния (Mg ²⁺)	5,98	73
Ионы натрия (Na ⁺)	14,78	340
Сумма солей, г/л	1,472	

По различным оценочным градациям минерализация воды 0,5-1,0 г/л допустима для полива сельскохозяйственных растений на почвах, характеризующихся хорошим промывным режимом. Общее содержание солей превышало оптимальные допустимые значения, установлено высокое содержание ионов натрия (61,6 % от суммы катионов). Рассчитано натрий-адсорбционное отношение (SAR – 15,8), которое указывает на высокую

вероятность осолонцевания почв при регулярном орошении. Таким образом, данный водный ресурс ограниченно пригоден для использования в капельном орошении плодовых насаждений.

С целью установления изменений свойств почв под орошением водами с высоким содержанием вредных солей в насаждениях яблони, был проведен отбор и анализ почвенных образцов (табл. 2). Исследования показали, что почвы под плодовыми насаждениями за пределами зоны внесения минеральных удобрений характеризовались слабощелочной реакцией почвенной среды $pH_{\text{водн}}$ 8,1-8,3 в плодородном слое. В почве под капельницами зафиксировано увеличение показателей реакции почвенной среды до сильнощелочной $pH_{\text{водн}}$ 8,7-9,0.

Таблица 2 – Влияние капельного орошения минерализованными водами на агрохимические и физико-химические показатели чернозема обыкновенного в саду яблони

Параметры почвы	Слой почвы, см	Показатели и уровни обеспеченности	
		под капельницами	на расстоянии 50 см
Реакция почвенной среды ($pH_{\text{водное}}$), ед.	0-30	8,74	8,11
	30-60	8,96	8,29
Удельная электропроводность (Ес), мСм/см	0-30	0,605	0,159
	30-60	0,614	0,155
Ионы хлорида (Cl^-) в водной вытяжке, мг-экв./100 г.	0-30	1,709	0,079
	30-60	2,355	0,092
Ионы натрия (Na^+) в водной вытяжке, мг-экв./100 г.	0-30	2,712	0,084
	30-60	2,581	0,249
Органическое вещество (гумус), %	0-30	3,45	3,51
Азот нитратный ($N-NO_3$), мг/кг	0-30	5,2	17,2
Подвижный фосфор (P_2O_5), мг/кг	0-30	123,9	24,4
Подвижный калий (K_2O), мг/кг	0-30	422,0	480,0
Обменный кальций (Ca^{2+}), мг-экв./100 г.	0-30	14,21	31,63
	30-60	20,64	31,11
Обменный магний (Mg^{2+}), мг-экв./100 г.	0-30	14,31	3,94
	30-60	17,21	2,28
Обменный натрий (Na^+), мг-экв./100 г.	0-30	4,33	0,28
	30-60	4,82	0,47

Установлено, что увеличенное содержание натрия в поливной воде привело к более сильному подщелачиванию почвы в зоне локального увлажнения. Проведение капельного орошения минерализованной водой в насаждениях яблони способствовало накоплению водорастворимых солей в зоне увлажнения почвы. Удельная электропроводность почвы под капельницами составляла 0,605-0,614 мСм/см, что в среднем в 4 раза больше по сравнению с параметрами почвы за пределами зоны увлажнения. Таким образом, значительное накопление водорастворимых солей в результате капельного орошения наблюдается в пределах основного корнеобитаемого слоя почвы (0-60 см) для плодовых деревьев.

На накопление водорастворимых солей при капельном орошении указывает увеличение концентрации в водном растворе ионов хлорида и натрия. Содержание ионов хлорида в слое почвы 0-30 и 30-60 см превышает значения за пределами зоны орошения на 1,630-2,263 мг-экв./100 г. Значительное увеличение содержания водорастворимых ионов хлорида на данном участке обусловлено очень высоким их содержанием в поливной воде (71,7 % от суммы анионов). Также установлено существенное увеличение водорастворимых ионов натрия, содержание которых увеличилось в 32,3 раза в слое почвы

0-30 см и в 10,4 раз в слое почвы 30-60 см по сравнению с параметрами почвы за пределами зоны увлажнения.

Содержание водорастворимых ионов хлорида и натрия в зоне увлажнения почвы превышало предельно допустимое количество вредных нейтральных солей для растений яблони. Значительное накопление водорастворимых солей в основной зоне увлажнения почвы обусловлено неудовлетворительным качеством используемой поливной воды (рис.).



Рис. Накопление солей по контуру увлажнения в почве насаждений яблони, орошаемых минерализованными водами

Капельные поливы минерализованной водой в насаждениях яблони привели к неблагоприятным изменениям в почвенном поглощающем комплексе (ППК). Локальное увлажнение почвы способствовало насыщению ППК катионами Na^+ и Mg^{2+} и обеднению Ca^{2+} . Снижение содержания обменного кальция в почве в результате орошения составило 17,42 мг-экв./100 г. почвы в поверхностном слое почвы непосредственно под капельницами.

Отмечено накопление обменного магния в зоне локального увлажнения почвы до 14,31 мг-экв./100 г. почвы в 0-30 см слое почвы, его содержание увеличилось в 3,6 раза по сравнению с содержанием в почве за пределами зоны локального увлажнения. Накопление обменного магния ведет к увеличению щелочности, ухудшению водно-физических свойств почв и нарушению поступления влаги в растение. Магний очень прочно закрепляется в ППК и плохо поддается удалению.

Повышенное содержание натрия в поливной воде привело к существенному увеличению его концентрации в местах локализации поливной воды (табл. 2). Содержание обменного натрия в поверхностном слое почвы под капельницей увеличилось в 15,5 раз. Доля обменного натрия в ППК составила 11,3-13,2 % от суммы поглощенных оснований. На участке установлено увеличение солонцеватости почвы, что обусловлено очень высоким содержанием натрия в поливной воде (61,6 % от суммы катионов). При этом за пределами зоны локального увлажнения почвы содержание обменного натрия в слое почвы 0-30 см соответствовало оптимальным пределам и не превышало 1,8 % от суммы поглощенных оснований. Содержание обменного натрия в пределах 5-10 % характеризует почву как слабосолонцеватую, а содержание в пределах 10-15 % как среднесолонцеватую. Большинство плодовых культур чувствительны к высокому содержанию натрия в поливной воде и почве. Считается, что даже при слабой степени солонцеватости уровень потенциального почвенного плодородия снижается на 50 % для плодовых деревьев. Таким образом, на участке в зоне локального увлажнения установлены существенные негативные

изменения свойств почвы, которые могут приводить к снижению потенциальной продуктивности плодовых деревьев.

Применение капельного орошения с внесением удобрений не оказало существенного влияния на изменение содержания органического вещества (гумуса) в почве, которое составило 3,5 %, что соответствует среднему уровню обеспеченности. Содержание нитратного азота в почве под капельницами соответствовало низкому уровню обеспеченности 5,2 мг/кг. При фертигации не установлено закономерности увеличения содержания нитратного азота, данный факт может указывать как на интенсивное его усвоение растениями на протяжении вегетационного периода, так и на вымывание из основной зоны увлажнения почвы при регулярном капельном орошении. Обеспеченность почвы азотом на расстоянии 50 см от капельниц была больше в среднем на 40 %, чем под капельницами. Относительно невысокое содержание нитратов в почве под капельницами может указывать как на интенсивное его усвоение растениями на протяжении вегетационного периода, так и на вымывание из основной зоны увлажнения почвы при регулярном капельном орошении. Необходимо отметить, что обеспеченность почвы минеральными формами азота это достаточно мобильный показатель и может значительно изменяться за относительно короткий период времени при изменении влажности почвы и микробиологических процессов.

Обеспеченность почв плодовых насаждений подвижным фосфором за пределами удобряемой зоны почвы, согласно общепринятой группировке, находилась в пределах средней (24,4 мг/кг). В местах локального внесения минеральных удобрений отмечено существенное увеличение содержания подвижного фосфора, которое составляло 123,9 мг/кг почвы, что превышает значения под капельницей на 99,5 мг/кг. Содержание подвижного фосфора в почве под капельницами соответствовало очень высокому уровню обеспеченности, в результате происходит так называемое локальное зафосфачивание почвы. Содержание обменного калия в почве под капельницами соответствовало высокому уровню обеспеченности 422 мг/кг почвы. Поливы не оказали существенного влияния на изменение содержания обменного калия в почве.

На основе анализа данных установлено, что качество используемой поливной воды для орошения плодовых насаждений оказало существенное влияние на степень изменения свойств орошаемых почв. На обследованном участке хозяйства в зоне локального увлажнения установлено накопление водорастворимых солей больше предельно допустимого количества для деревьев яблони и увеличение содержания обменного натрия до 11,3-13,2 %, что характеризует почву как среднесолонцеватую. Установленные негативные изменения свойств почвы могут приводить к снижению потенциальной продуктивности плодовых деревьев.

Регулярное локальное увлажнение почвы при капельном орошении плодовых насаждений оказывает значительное влияние на состояние черноземных почв, в первую очередь, в местах локализации поливной воды. В слое почвы 30-60 см также установлены существенные негативные изменения её свойств в результате капельного орошения плодовых насаждений. Увеличение содержания водорастворимого и обменного натрия установлено даже на расстоянии 50 см от капельниц в слое почвы 30-60 см по сравнению с поверхностным слоем, что свидетельствует о значительном его накоплении и распределении в пределах основного корнеобитаемого слоя плодовых насаждений.

Как вытекает из вышеизложенного, существует проблема деградации черноземных почв плодовых насаждений, возделываемых по интенсивным технологиям, особенно при поливах минерализованными водами. Требуется разработать способы мелиорации почв для сохранения почвенного плодородия, улучшения экологического состояния агроценоза, предохранения почв от засоления, улучшения температурного режима и как следствие создания благоприятных условий для формирования почвенно-биотического комплекса.

Определяющим в этом направлении должны быть мелиоративные приемы с элементами биологизации. Наибольшее увеличение количества органического вещества происходит за счёт внесения органических мелиорантов и мульчирования почвы [20, 21]. Применение химических мелиорантов также имеет значительный эффект [22]. Многолетний опыт использования вторичных сырьевых ресурсов (фосфогипс) на засоленных почвах доказывает свою результативность [23]. Следует также принять во внимание инновационные методы поддержания оптимального уровня плодородия почв садовых культур за счет использования биопрепаратов на основе эффективных штаммов бактерий и грибов [24, 25].

Для изучения и разработки приемов применения различных мелиорантов и их комбинаций в условиях чернозема обыкновенного нами был заложен опыт в яблоневом саду интенсивного типа, включающий варианты с химической мелиорацией, использованием фосфогипса, биологизированной мелиорацией (мульчирование приствольных полос растительными материалами), их комплексного применения (фосфогипс + мульчирование), а также некоторых современных почвоулучшителей с органоминеральной составляющей.

Выводы. В результате исследований установлено влияние качества поливной воды на накопление солей в садовых почвах. Использование капельного орошения минерализованными водами на черноземе обыкновенном способствовало повышению щелочности почвы, накоплению водорастворимых солей, увеличению концентрации в водном растворе ионов хлорида и натрия, насыщению ППК катионами Na^+ и Mg^{2+} и обеднение катионом Ca^{2+} в зоне локального увлажнения почвы. Определены цели и задачи исследований в направлении биологизации приемов сохранения плодородия почв плодовых ценозов.

Литература

1. Попова В.П., Сергеева Н.Н., Фоменко Т.Г. Удобрение садов (рекомендации). Краснодар, 2010. 36 с.
2. Овчинников А.С., Рябичева Н.В. Влияние режимов капельного орошения на продуктивность интенсивного яблоневое сада на шпалерной опоре // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 2 (38). С. 40-46.
3. Система земледелия в садоводстве и виноградарстве Краснодарского края / под ред. К.А. Серпуховитина и др. Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2015. 241 с.
4. Попова В. П. Управление плодородием почв в плодовых ценозах приёмами фитомелиорации // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2010. № 6(5). С. 69–85.
5. Фоменко Т.Г., Попова В.П., Пестова Н.Г. Трансформация агрохимических свойств почв плодовых насаждений, возделываемых по интенсивным технологиям // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2018. № 54(6). С. 59-71.
6. Malash, N. M Flowers, T. J. Ragab, R. Effect of irrigation methods, management and salinity of irrigation water on tomato yield, soil moisture and salinity distribution // Irrig Sci. 2008. Vol. 26. P. 313-323.
7. Воеводина Л.А. Влияние капельного орошения водой неблагоприятного химического состава на гумусное состояние обыкновенных черноземов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2013. № 1 (09). 12 с.
8. Mounzer O., Pedrero-Salcedo F., Nortes P.A., Bayona J. M., Nicolás-Nicolás E., Alarcón, J.J. Transient soil salinity under the combined effect of reclaimed water and regulated deficit drip irrigation of Mandarin trees // Agricultural Water Management. 2013. Vol. 120. P. 23-29.

9. Руководство по управления засоленными почвами / под ред. Варгаса Р., Панковой Е.И., Балюка С.А., Красильникова П.В. и Хасанхановой Г.М. Рим: Продовольственная организация объединенных наций (ФАО), 2017. 153 с.

10. Oussama Mounzer, Francisco Pedrero-Salcedo, Pedro A. Nortes, Josй-Maria Bayona, Emilio Nicolas-Nicolas, Juan Jose Alarcon. Transient soil salinity under the combined effect of reclaimed water and regulated deficit drip irrigation of Mandarin trees // *Agricultural Water Management*. 2013. Vol. 120. P. 23-29.

11. Фоменко Т.Г., Попова В.П., Черников Е.А., Дрыгина А.И., Лебедевский И.А., Узловатый Д.В., Мязина А.Н. Миграция биогенных элементов в черноземе типичном при фертигации плодовых насаждений // *Агрохимия*. 2021. № 3. С. 60-70.

12. Фоменко Т.Г., Попова В.П., Пестова Н.Г. Изменение параметров почв садовых ценозов при локальном применении удобрений и водных мелиораций // *Российская сельскохозяйственная наука*. 2015. № 3. С. 39-43.

13. Попова В.П., Фоменко Т.Г. Изменение свойств черноземов Северного Кавказа при капельном орошении плодовых насаждений // *Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук*. 2012. № 3. С. 37-40.

14. Shchedrin V.N. The Impact of Regular and Periodic Irrigation on the Fertility and Productivity of an Ordinary Chernozem of the Azov Irrigation System // *Eurasian Soil Science*. 2016. Vol. 49, Iss. 2. P. 226-233.

15. Пугачев Г.Н., Кузин А.И. Некоторые аспекты изменения почвенного плодородия в садах интенсивного и традиционного типа // *Агропромышленные технологии Центральной России*. 2019. № 2 (12). С. 85-101.

16. Zheng W. et al. Reactions and adaptation of microbial communities to soil salinization of agricultural lands: analysis of the molecular ecological network // *Applied soil ecology*. 2017. Vol. 120. P. 239-246.

17. Greg Deakin, Emma L. Tilston, Julie Bennett, Tom Passey, Nicola Harrison, Felicidad Fernbndez-Fernbndez, Xiangming Xu. Spatial structuring of soil microbial communities in commercial apple orchards // *Applied Soil Ecology*. 2018. Vol. 130. P. 1-12.

18. Rath K. M. et al. Linking bacterial community composition to soil salinity along environmental gradients // *The ISME journal*. 2019. Vol. 13. Iss. 3. P. 836-846.

19. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиз-дат, 1985. 351 с.

20. Gregory M. Peck, Ian A. Merwin, Janice E. Thies, Robert R. Schindelbeck, Michael G. Brown. Soil properties change during the transition to integrated and organic apple production in a New York orchard // *Applied Soil Ecology*. 2011. Vol. 48. P. 18-30.

21. Wiktor RafałŻelaznya, Maria Licznar-Małańczuk. Soil quality and tree status in a twelve-year-old apple orchard under three mulch-based floor management systems // *Soil & Tillage Research*. 2018. Vol. 180. P. 250-259.

22. Аканова Н.И., Шеуджен А.Х., Визирская М.М., Андреев А.А. Агроэкологическая эффективность нейтрализованного фосфогипса, как химического мелиоранта и фосфорсодержащего минерального удобрения в условиях богарного земледелия Краснодарского края // *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2018. № 2 (362). С. 32-37.

23. Фоменко Т.Г., Попова В.П., Черников Е.А. Влияние химической мелиорации на физико-химические свойства черноземных почв орошаемых плодовых питомников // *Российская сельскохозяйственная наука*. 2018. № 2. С. 44-49.

24. Aslantaş, Rafet, Ramazan Cakmakçi, Fikretin Şahin. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on young apple tree growth and fruit yield under orchard conditions // *Scientia Horticulturae*. 2007. Vol. 111. Iss. 4. P. 371-377.

25. Mohammadi K. et al. Bacterial biofertilizers for sustainable crop production: a review // *ARPN J Agric Biol Sci*. 2012. Vol. 7. Iss. 5. P. 307-316.