

*На правах рукописи*

**КЛИМЕНКО ОЛЬГА ЕВГЕНЬЕВНА**

**НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ОПТИМИЗАЦИИ САДОВЫХ  
АГРОЦЕНОЗОВ СТЕПНОГО КРЫМА**

03.02.08 – экология

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени

доктора биологических наук

Ялта – 2016

Работа выполнена в ГБУ РК «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр»

Научный консультант: **Плугатарь Юрий Владимирович**, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Официальные оппоненты: **Асадулаев Загирбег Магомедович**, доктор биологических наук, профессор, ФГБУН «Горный ботанический сад» Дагестанского научного центра РАН, директор

**Чурагулова Зила Султановна**, доктор биологических наук, заслуженный лесовод РФ и РБ, ФГБОУ ВПО «Башкирский государственный аграрный университет», кафедра кадастра недвижимости и геодезии, профессор

**Попова Валентина Петровна**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБНУ «Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский институт садоводства и виноградарства», научный центр агрохимии и почвоведения, заведующая, лаборатория экологии почв, заведующая

Ведущая организация: **Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт садоводства имени И.В. Мичурина»**

Защита диссертации состоится 16 ноября 2016 г. в 10<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета Д 900.004.01 при ГБУ РК «НБС – ННЦ» по адресу: 298648, Российская Федерация, Республика Крым, г. Ялта, пгт. Никита, Никитский спуск, 52; E-mail: dissovet.nbs@yandex.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГБУ РК «НБС – ННЦ» по адресу: 298648, Российская Федерация, Республика Крым, г. Ялта, пгт. Никита, Никитский спуск, 52 и на сайте <http://www.nbgnsipro.com>

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат биологических наук

Садогурская  
Светлана Александровна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследований.** Садовые агроценозы интенсивного типа отличаются низким уровнем биоразнообразия, высокой техногенной и химической нагрузкой на экотопы, что приводит к деградации почв и загрязнению окружающей среды. Длительное их орошение вызывает ощелачивание, слитизацию и дегумификацию почв. Одним из опасных последствий загрязнения атмосферы является выпадение кислотных осадков, которые отрицательно влияют на состояние и продуктивность садовых агроценозов.

Как альтернатива интенсификации разрабатываются компромиссные системы земледелия, где сочетается применение умеренных доз минеральных удобрений и широкое использование биологических подходов — внесение органических удобрений, посев сидератов, многолетних трав, минимизация обработки почвы, повышение роли севооборотов и др. [Кант, 1988]. Особое внимание уделяется энергосберегающим технологиям, которые позволяют за счет мобилизации внутренних, возобновляемых ресурсов агроэкосистемы минимизировать вложение антропогенной энергии [Жученко, 2008; Хазиахметов, 2002].

Вопросами снижения техногенного воздействия, повышения плодородия почв, подбора адаптированных сортов в садовых агроценозах занимались многие отечественные и зарубежные исследователи, в том числе и в Крыму [Подуфальный, 1959; Неговелов, Вальков, 1986; Кашин, 1995; Иванова, 1996; Бузоверов 1998; Иванов и др., 1998; Козак, 1998; Асадулаев, Юсупов, 2005; Придорогин, 2009; Кондратенко, 2009; Опанасенко, 2009; Попова, 2010; Драгавцева и др., 2013; Чурагулова, 2014; Дорошенко, 2015; Кант, 1988; Rinaldo, 1993; Lind, 2003; Sansavini, 2005 и др.]. Наименее изученными остаются вопросы влияния ощелачивания почв и кислотных осадков на плодовые культуры, а также активизация ассоциации гетеротрофов и автотрофов в агробиогеоценозе для улучшения питания растений. Поэтому совершенствование научных основ оптимизации садовых агроценозов в

степном Крыму, которые выражаются в адаптации и разработке новых агроэкологических приемов рационального размещения и стабилизации экосистем, повышения их продуктивности без разрушения природной среды являются актуальными для садоводства Крыма и южных регионов России.

**Цель исследований.** Разработка системы агроэкологических приемов рационального размещения, повышения устойчивости и адаптивности агроэкосистем для оптимизации садовых агроценозов степного Крыма.

**Задачи исследований:**

1. Оценить характер и степень подкисления атмосферных осадков в степном Крыму.

2. Изучить реакцию плодовых культур на воздействие кислотных осадков и разработать объективный критерий оценки устойчивости растений к этому воздействию.

3. Определить масштабы и степень ирригационного ощелачивания почв садовых агроценозов равнинного Крыма, выявить характер воздействия этого фактора на свойства почв и плодовые растения.

4. Установить реально оптимальные и допустимые значения токсичных щелочных солей в почве для *Prunus cerasifera* Ehrh.

5. Разработать способы и приемы улучшения почв, подверженных ощелачиванию, в садовом агроценозе.

6. Исследовать процессы деградации почв садовых агроценозов степного Крыма и разработать способ их оптимизации путем введения севооборота сидератов.

7. Изучить влияние микробных препаратов и активных штаммов фосфатмобилизирующих бактерий на доступность элементов питания в почве и трофику плодовых саженцев для производства качественного посадочного материала.

**Научная новизна.** Впервые проведен мониторинг химического состава атмосферных осадков в степном Крыму вблизи большого массива многолетних

насаждений, выявлены процессы подкисления осадков, вызванные загрязнением различными химическими примесями.

Биоиндикационными исследованиями на морфологическом и физиолого-биохимическом уровнях исследована реакция большого ряда сортов рода *Prunus* L. на воздействие кислотных осадков (КО) различного химического состава в интервале рН от 6 до 2. Впервые предложен показатель антиоксидантной активности ткани листа, на основе которого проведена оценка устойчивости плодовых растений к КО.

Показаны современные масштабы и степень ощелачивания почв садов степного Крыма, оценена их пригодность для рационального размещения садовых агроценозов с учетом устойчивости сортов плодовых культур к ощелачиванию, изучено воздействие ощелачивания на доступность элементов питания в почвах.

Впервые установлено реально оптимальное и допустимое содержание гидрокарбонатов натрия и магния в почве для ряда сортов *P. cerasifera*, выявлены наиболее устойчивые из них для размещения на орошаемых почвах степного Крыма.

Впервые разработаны способы нейтрализации токсической щелочности в орошаемых почвах садов степного Крыма, обеспечивающие эффективное использование садовых агроценозов.

Проведена оценка показателей плодородия почвы при многолетнем содержании междурядий сада под черным паром, выявлены процессы деградации почв, разработана система содержания почвы с использованием севооборота озимых сидератов в экосистеме плодоносящей яблони для улучшения физических, химических, физико-химических свойств эдафотопы и повышения биологической продуктивности агроценоза.

Разработаны приемы повышения плодородия почвы, улучшения питания растений и качества посадочного материала в агроценозе плодового питомника путем подбора наиболее эффективного взаимодействия плодовых растений и активных штаммов микроорганизмов.

**Теоретическая и практическая значимость.** Теоретическая значимость исследований состоит в оценке ряда неблагоприятных антропогенных факторов, разработке критериев и определении устойчивости генотипов плодовых растений к воздействию этих факторов в садовых агроценозах степного Крыма.

Получены новые знания о влиянии микробных препаратов, внесенных в ризосферу растения, на доступность питательных элементов в почвах и процессы их потребления плодовыми саженцами.

Разработаны методические рекомендации по способам нейтрализации возникшей токсической щелочности в орошаемых почвах садов степного Крыма, повышающим эффективность использования садовых агроценозов.

Оценена устойчивость сортов алычи к содержанию компонентов токсичной щелочности в почвах, на основе которой рекомендован их сортимент для проектирования и закладки садов в степном Крыму.

Предложен показатель антиоксидантной активности ткани листа, на основании которого можно оценить устойчивость сортов плодовых растений к кислотным осадкам на ранних этапах воздействия неблагоприятного фактора, когда внешних симптомов повреждения еще не наблюдается, а также на стадии сеянцев. Разработана шкала устойчивости плодовых растений к кислотным осадкам, которую можно использовать для подбора сортимента в районах с высоким уровнем загрязнения воздуха.

Разработана система содержания почвы в междурядьях садового агроценоза плодоносящей яблони с применением севооборота озимых сидератов в условиях пониженной водообеспеченности. Она использована при создании проекта яблоневого сада в ООО «Яросвит» Симферопольского района Республики Крым на площади 23,4 га.

Составлены методические рекомендации по применению микробных препаратов в плодовом питомнике, способствующих оптимизации питания и роста растений, улучшению качества саженцев и воспроизводству плодородия почвы. На их основе создан проект плодового питомника в ООО «СП Солнечная Таврида» (г. Феодосия) на площади 1,35 га.

Результаты исследований использованы при чтении курса лекций «Плодоводство» в Академии биоресурсов и природопользования ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского».

Разработан способ обработки семян и корневой системы сеянцев плодовых культур раствором культуральной жидкости *Bacillus* sp. БИМ В-443 Д и пастообразной почвенной болтушкой, приготовленной на основе этой культуральной жидкости, на который выдан патент. Способ позволяет повысить всхожесть семян и приживаемость саженцев, стимулировать рост растений, увеличить выход посадочного материала.

**Методология и методы исследований.** Методологической основой диссертационной работы послужили теоретико-экспериментальные исследования, направленные на установление антропогенных факторов, отрицательно влияющих на состояние агроценозов плодового сада и питомника, выбор критериев оценки их влияния, создание шкал оценки относительной устойчивости плодовых растений к этим факторам и разработку приемов минимизации их негативного воздействия.

Использованы генетико-морфологический и сравнительно-географический методы изучения почв, почвенно-биологические исследования в системе почва – плодовое растение; морфологические и экофизиологические методы исследования растений, мониторинговый, полевой, вегетационный и лабораторный методы исследования почв, атмосферных осадков, состояния растений; натурное моделирование процессов и явлений окружающей среды, статистические методы обработки данных и модели множественной регрессии связи исследуемых параметров почв, растений и факторов среды.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

1. Подкисление атмосферных осадков в степном Крыму обусловлено составом загрязняющих ионов и изменяется в течение года, в отдельные периоды достигая величин, приводящих к угнетению плодовых растений.

2. Реакция плодовых растений на подкисление атмосферных осадков зависит от генотипа, величины рН и химического состава осадков.

Объективным критерием оценки относительной устойчивости генотипов рода *Prunus* к кислотным осадкам является показатель антиоксидантной активности ткани листа.

3. На современном этапе одним из факторов, снижающих продуктивность садовых агроценозов степного Крыма, является локальное ощелачивание орошаемых почв, которое оказывает непосредственное токсическое воздействие на растение и опосредованное через снижение доступности элементов питания в почве.

4. Введение севооборота озимых сидератов в междурядьях яблоневых садов в условиях пониженной водообеспеченности способствует воспроизводству плодородия почв и повышению продуктивности насаждений *Malus domestica* Borkh.

5. Бактеризация семян и корневой системы сеянцев плодовых растений в плодовом питомнике активными штаммами бактерий и микробными препаратами способствует оптимизации питания и роста растений, улучшению качества саженцев и повышению плодородия почвы.

**Степень достоверности и апробация результатов.** Обоснованность научных положений и результатов исследований вытекает непосредственно из экспериментальных данных, полученных в полевых и лабораторных условиях, подтверждается их статистической обработкой с использованием современных методов и программного обеспечения.

Основные результаты исследований докладывались на 37 международных, всероссийских и региональных научных конференциях, съездах и форумах: (Киев, 1991, 2006, 2010; Херсон, 1994; Ялта, 1995, 1998, 2004, 2007, 2011; Запорожье, 1998; Ровно, 1998; Прага, 2000, 2001, 2003, 2005; Москва, 2001, 2002; Зволен, 2002; Умань, 2002, 2011; Санкт-Петербург, 2002; 2011; Капри, 2002; Берлин, 2003; Донецк, 2003, 2007, 2010, 2012; Мурсия, 2005, Вена, 2008; Львов, 2008; Севилья, 2010; Пекин, 2011; Мюнхен, 2012; Самохваловичи, 2009, 2013; Николаев, 2014).



**Публикации материалов исследований.** По теме диссертационной работы опубликовано 74 научные работы, в том числе: 20 статей в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных перечнем ВАК РФ, одна монография, 3 методические рекомендации и 49 статей, материалов и тезисов докладов на конференциях, получен 1 патент (в соавторстве) на изобретение.

**Объем и структура диссертации.** Материал работы изложен на 385 страницах, состоит из введения, 7 разделов, заключения и списка литературы, состоящего из 586 названий, из которых 102 иностранных. Диссертация иллюстрирована 89 таблицами, 52 рисунками, содержит 6 приложений.

**Благодарности.** Автор выражает благодарность своему научному консультанту доктору сельскохозяйственных наук Ю.В. Плугатарю, докторам сельскохозяйственных наук Н.Б. Хитрову, В.М. Гориной, Н.Е. Опанасенко, доктору биологических наук Е.П. Шоферистову за советы и ценные замечания при подготовке диссертации. В проведении лабораторных и полевых экспериментов большую помощь оказали сотрудники отдела микробиологии НИИ сельского хозяйства Крыма, института микробиологии АН Республики Беларусь. В проведении полевых и аналитических работ принимали участие сотрудники лаборатории степного растениеводства и южных плодовых культур ГБУ РК «Никитский ботанический сад – Национальный научный центр», которые являются соавторами опубликованных работ. Всем им автор выражает глубокую благодарность.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **Раздел 1. Негативное воздействие антропогенных факторов в садовых агроценозах и разработка приемов повышения их устойчивости (обзор литературы)**

В результате анализа отечественной и зарубежной научной литературы показана степень изученности вопросов негативного влияния антропогенных факторов в садовых агроценозах. Анализируются способы предупреждения, минимизации и устранения этих неблагоприятных факторов, а также различные стратегии управления агроэкосистемами в том числе и садовыми.

## Раздел 2. Объекты, методы и условия проведения исследований

Работа выполнена в ГБУ РК «Никитский ботанический сад – Национальный научный центр» (далее НБС – ННЦ) в 1990–2014 гг. Объектами исследования являлись агроценозы плодовых садов и питомников степного Крыма, включающие фитоценоз плодовых растений и блоки климатопы и эдафотопы. Мониторинговые исследования химического состава и величины pH атмосферных осадков проводили вблизи большого массива коллекционных плодовых насаждений Степного отделения (СО) НБС – ННЦ в течение 14 лет с 1995 по 2008 г.

Фитомониторинговые исследования реакции растений рода *Prunus* на воздействие КО проводили в СО НБС – ННЦ на тест-объектах путем воздействия на растения искусственного кислотного дождя (ИКД) различного химического состава и величины pH. Контроль — дистиллированная вода с  $\text{pH} \approx 6$ . Тест-объектами фитомониторинга были 30 сортов плодовых растений: *Prunus persica* (L.) Batsch, *P. armeniaca* L., *P. cerasifera* и *P. domestica* L. Растения оценивали по морфологическим и физиолого-биохимическим показателям.

Для определения масштабов и степени ощелачивания в эдафотопе садовых агроценозов степного Крыма были обобщены результаты детальных почвенных обследований, проведенных институтом «Укрگیпросад» в 1997–2013 гг. Объектами исследования были: черноземы южные обычные (агрочерноземы сегрегационные) и мицеллярно-карбонатные (миграционно-сегрегационные), лугово-черноземные карбонатные (агрочерноземы сегрегационные карбонатные квазиглееватые), черноземно-луговые слабосолонцеватые (агрогумусово-квазиглееватые слабосолонцеватые), лугово-каштановые (агрокаштановые квазиглееватые) и каштаново-луговые (агрогумусово-квазиглееватые) остаточные и слабосолонцеватые почвы на лессовидных отложениях и древнем глинистом аллювии (здесь и далее названия почв представлены по классификации почв СССР (1977, без скобок) и

классификации почв России (2004, в скобках)). В исследование входили как плантажированные (турбированные), так и неплантажированные почвы.

Взаимоотношения в системе эдафотоп – продуцент для оценки устойчивости сортов плодовых растений к негативному воздействию ощелачивания, как основного лимитирующего фактора, проводили на примере *P. cerasifera* по методике В.Ф. Иванова (1986). Почва на участке темно-каштановая слабосолонцеватая (агрокаштановая сегрегационная слабосолонцеватая).

Приемы и способы улучшения почв степи, подверженных ощелачиванию, изучали в стационарном полевом опыте, заложенном в агроценозе плодоносящего *P. persica* в Присивашье (Джанкойский район). Почва та же, что и в насаждении *P. cerasifera*. В опыт были включено 10 сортов *P. persica* на подвое *P. dulcis* (Mill.) D.A. Webb. Для мелиорации использовали фосфогипс (ФГ) и железный купорос (ЖК), соответствующие ТУ 113-08-418-94 и ГОСТ 2463-94, которые вносили двумя способами: на поверхность почвы и на глубину 50 см, в связи с тем, что максимум ощелачивания проявлялся в основном в слое 50–100 см. Дозы мелиорантов рассчитывали на полную нейтрализацию токсичной щелочности в слое 0–120 см. Максимальная расчетная доза мелиорантов для данной почвы и слоя 0–120 см составила 4–5 т/га. Контроль — без применения мелиорантов.

Мониторинговые исследования процессов деградации почв, а также разработки приемов повышения их плодородия и эффективности выращивания растений в агроценозах плодового сада и питомника проводили в СО НБС – ННЦ на черноземах южных плантажированных (агрочерноземах сегрегационных турбированных) на плиоценовых глинах. В агроценозе плодоносящей яблони исследовали влияние севооборота озимых сидератов, включающего пять полей в такой последовательности: ячмень (*Hordeum vulgare* L.), горох (*Pisum sativum* L.), рапс (*Brassica napus* L.), смесь вики (*Vicia pannonica* Crantz) с пшеницей (*Triticum aestivum* L.) и черный пар, на

свойства эдафотоп, рост и продуктивность 5 сортов *M. domestica* на подвое М 9. Контроль — бессменный черный пар.

В плодовом питомнике в условиях мелкоделяночных полевых опытов изучали влияние бактериализации семян, почвы и корневой системы плодовых растений рода *Prunus* микробными препаратами (МП): Диазофит, Фосфоэнтерин, Биополицид, Азотобактерин и Комплекс микробных препаратов (КМП), а также культуральной жидкостью (КЖ) штаммов фосфатмобилизующих бактерий: ФМБ № 6 (*Acinetobacter* БИМ В-445 Д), ФМБ № 7 (*Bacillus subtilis* БИМ В-443 Д) и их смеси на рост, развитие и минеральное питание саженцев, а также на эффективное плодородие почвы. Объектами исследования были: *P. persica*, привитые на *P. dulcis*; *P. armeniaca*, подвой *P. armeniaca*; *P. cerasifera*, привитые на *P. cerasifera*; *Cerasus avium* (L.) Moench на подвое *C. mahaleb* (L.) Mill. Контроль — без обработки МП и КЖ штаммов.

В основу исследований взаимоотношений в системе эдафотоп – фитоценоз положены методы почвенно-биологических исследований П.Г. Шитта (1968), С.Ф. Неговелова (1972), В.Ф. Иванова (1986) и др. При исследовании состава химических примесей в атмосферных осадках использовали мониторинговый метод (Щербатюк, 1985).

Полевые опыты в плодовых садах и питомниках были заложены по методикам, изложенным Б.А. Доспеховым (1985). При изучении биометрических показателей и плодоношения растений использовали «Программу и методику сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (1999). Состояние плодовых деревьев, реально оптимальные и допустимые показатели неблагоприятных свойств эдафотоп устанавливали по методикам, разработанным в отделе агроэкологии НБС – ННЦ (Иванов, 1986; Иванов и др., 1998). Оптимальными приняты показатели свойств почв, при которых деревья имеют хороший рост, а допустимыми — удовлетворительный. Продуктивность растений в условиях, оцененных как допустимые, на 20–30% ниже, чем в оптимальных.

Биометрические показатели роста, развития и состояния саженцев плодовых растений учитывали согласно методике изучения подвоев (Андриенко, Гулько, 1990; Кондратенко, Бублик, 1996). Биомассу трав сидератов учитывали методом пробных площадок в трехкратной повторности.

Лабораторные анализы почв выполняли согласно методикам, приведенным в ГОСТ 26423-85, ГОСТ 26424-85 – 26428-85, ГОСТ 26951-86, ГОСТ 26205-91, ДСТУ ISO 10693-2001 и в руководствах по определению химических и физических свойств почв (Александрова, Найденова, 1986; Вадюнина, Корчагина, 1986; Руководство по лабораторным методам..., 1990; Минеев, 2001 и др.). Химический состав плодов определяли по ГОСТ 28562-90 и методикам, изложенным в (Методы биохимического исследования..., 1987). Для изучения содержания элементов питания в листьях плодовых растений и биомассе трав сидератов определяли содержание золы, азота и зольных элементов после сухого (в муфеле) и мокрого (смесью серной и хлорной кислот) озоления (Гинзбург и др., 1963).

Для оценки устойчивости сортов к КО в молодых растущих листьях определяли содержание: аскорбиновой кислоты (АК), восстановленного глутатиона (ВГТ) и общую редуцирующую активность (ОРА) ткани листа методом Петта в модификации Прокошева (Практикум..., 1972).

Полученные данные обработаны статистическими методами (Зайцев, 1984; Доспехов, 1985; Gilbert, 1987) с использованием программ Excel и Statistica 07.

Регион исследований располагался на территории равнинного Крыма и приурочен к Центрально-Крымской возвышенной пологоволнистой равнине и южной повышенной части Северо-Крымской (Присивашской) низменности. Он охватывает Красногвардейский, Нижнегорский, Кировский, Сакский, южную часть Джанкойского и северную часть Симферопольского административных районов Крыма.

В системе агроклиматического районирования Крыма (1977) изученная территория относится к Центральному равнинно-степному и Северному

Присивашскому районам. Северный Присивашский район характеризуется очень засушливым климатом с умеренно-мягкой зимой. Климат Центрального равнинно-степного района отнесен к засушливому с умеренно жарким вегетационным периодом и мягкой зимой. Для обоих районов характерна неустойчивая зима со значительными колебаниями температур. Эти районы по количеству тепла позволяют выращивать большинство плодовых культур, но отличаются наиболее суровыми условиями в Крыму для их перезимовки. Установлено, что климатические условия в отдельные годы неблагоприятны для косточковых культур, особенно для персика и абрикоса. Повреждение плодовых почек морозами ниже  $-20^{\circ}$  у этих культур возможно в 35–55% зим, древесины — 1 раз в 8 лет (Абрикос, 1989; Опанасенко и др., 2015).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

### Раздел 3. Кислотные осадки: мониторинг, реакция плодовых растений и оценка их устойчивости

Мониторинговые исследования химического состава атмосферных осадков в степном Крыму свидетельствуют о том, что концентрации основных загрязняющих ионов расположились в следующий убывающий ряд:  $\text{SO}_4^{2-} > \text{NH}_4^+ > \text{Cl}^- > \text{NO}_3^-$  (рисунок 1).

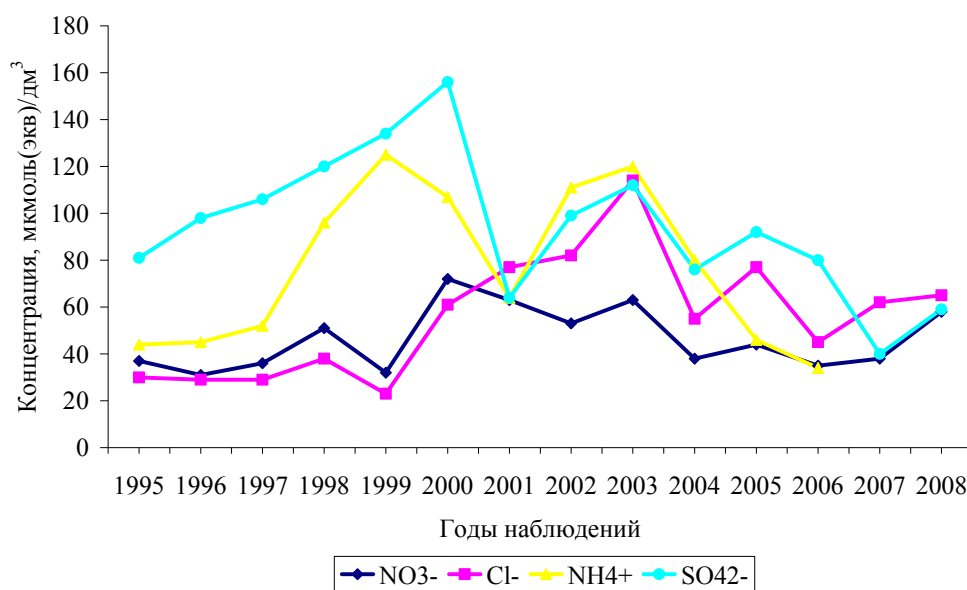


Рисунок 1 – Концентрации основных кислотообразующих ионов в атмосферных осадках степного Крыма, 1995–2008 гг.

В первые шесть лет наблюдений концентрация иона  $\text{SO}_4^{2-}$  значительно возрастала, в последние годы постепенно снижалась. Содержание ионов  $\text{NO}_3^-$  и  $\text{Cl}^-$  увеличивалось во времени, особенно интенсивно последнего, а иона  $\text{NH}_4^+$  было высоким со значительными колебаниями по годам.

Установлено, что измеренная величина pH атмосферных осадков находилась в пределах 3,72–7,28. В среднем за год осадки были слабокислыми (pH 5,18). В холодное время года (ноябрь – апрель) средняя величина pH снижалась до 5,07, в теплое (май – октябрь) — повышалась до 5,32.

Во времени наблюдалось подкисление атмосферных осадков, более значительное в теплый период года. За 14 лет наблюдений в этот период средняя величина pH снизилась на 2 единицы с 6,4 до 4,4, что во время затяжных дождей в июне – июле при снижении pH до 3,7–4,0 вызывало значительные повреждения листового аппарата и точек роста плодовых растений.

Снижение величины pH атмосферных осадков в степном Крыму определялось повышением концентрации ионов  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$  и  $\text{Cl}^-$  (таблица 1).

Таблица 1 – Зависимость pH атмосферных осадков от содержания основных ионов, 1995–2008 гг.

| Период года   | Число наблюдений | Концентрация, мкг-экв/дм <sup>3</sup> |                 |               |                 |
|---|------------------|---------------------------------------|-----------------|---------------|-----------------|
|   |                  | $\text{SO}_4^{2-}$                    | $\text{NO}_3^-$ | $\text{Cl}^-$ | $\text{NH}_4^+$ |
| Весь год  | 135              | -0,13                                 | -0,34***        | -0,23**       | 0,06            |
| Теплый период   | 73               | 0,12                                  | -0,27*          | -0,20         | -0,15           |
| Холодный период   | 62               | -0,33*                                | -0,42**         | -0,22         | 0,09            |
| * Корреляционная связь существенна, $p \leq 0,05$ ; ** $p \leq 0,01$ ; *** $p \leq 0,001$ |                  |                                       |                 |               |                 |

В теплый период года величина pH была более тесно и достоверно связана с концентрацией иона  $\text{NO}_3^-$ , в холодный —  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{NO}_3^-$  ионов.

На основании достоверных зависимостей величины pH и концентрации ионов в осадках в период 2001–2008 гг. рассчитаны уравнения регрессии (уравнения 1–3), позволяющие прогнозировать величины pH осадков в

зависимости от концентрации основных кислотообразующих ионов в разные периоды года.

$$Y_1 = 6,59 - 0,0057x_1 \text{ в теплый период } (r = -0,52 \pm 0,19) \quad (1)$$

$$Y_2 = 5,50 - 0,0022x_1 \text{ в холодный период } (r = -0,60 \pm 0,17) \quad (2)$$

$$Y_3 = 5,77 - 0,0019(x_1 + x_2 + x_3) \text{ в холодный период } (r = -0,74 \pm 0,15) \quad (3)$$

где  $Y_1$ – $Y_3$  — величины рН атмосферных осадков;  $x_1$ ,  $x_2$  и  $x_3$  — концентрации ионов  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$  и  $\text{Cl}^-$  в осадках соответственно ( $\text{мкг-экв/дм}^3$ ).

Плодовые растения признаны чувствительными к загрязнению воздуха кислыми газами (Singh et al., 1994; Bell, Treshow, 2002), однако их реакция на КО изучена недостаточно, исследования проводились в основном с *M. domestica*, *Vitis vinifera* L. и *Citrus* L. (Колесова, Чмырь, 1996; Forsline et al., 1983; Proctor, 1983; Roberts et al., 1986). В результате проведенных исследований установлено, что реакция растений рода *Prunus* на КО зависела от генотипа, фазы развития растения, в которую выпадали осадки, величины рН и химического состава осадков, а также адаптивных возможностей организма. Так ИКД с  $\text{pH} \leq 3$ , воздействующий на растение в период цветения, вызывал повреждения лепестков: появление мелких бурых пятен и увядание (*P. armeniaca*), скручивание и подсыхание (*P. cerasifera*). У растений *P. persica* ‘Фаворита Мореттини’ не отмечено повреждения лепестков, но при дожде сульфатного состава с рН 3 и 2 происходила гибель 52 и 67% пестиков соответственно. Наиболее чувствительными к воздействию ИКД оказались цветки *P. persica* и *P. armeniaca*, наиболее устойчивыми — *P. domestica*.

КО в период вегетации растения длительно воздействуют на листовой аппарат. У растений *P. persica* ИКД сульфатного состава с  $\text{pH} \leq 3$  вызывал повреждения листовой пластинки некрозами, преждевременное старение, пожелтение и опадение листьев (рисунок 2). Площадь, занятая повреждениями, составляла 0,5–5,0% площади листовой пластинки. Растения реагировали на КО уменьшением площади листа. При воздействии дождя сульфатного состава при рН 3 у сорта ‘Фаворита Мореттини’ и рН 2 у сорта ‘Докторский’ существенно сокращалась площадь листовой пластинки на 10–20% (рисунок 3).





1

2

Рисунок 2 – Повреждение листьев *P. persica* ‘Фаворита Мореттини’ (1) и ‘Докторский’ (2), вызванное ИКД сульфатного состава

При нитратном составе дождя и тех же величинах рН площадь листовой пластинки снижалась на 5–10%. Это связано с более токсичным воздействием аниона  $\text{SO}_4^{2-}$  по сравнению с  $\text{NO}_3^-$ , так как концентрация водородных ионов в растворе при равном рН была одинаковой.

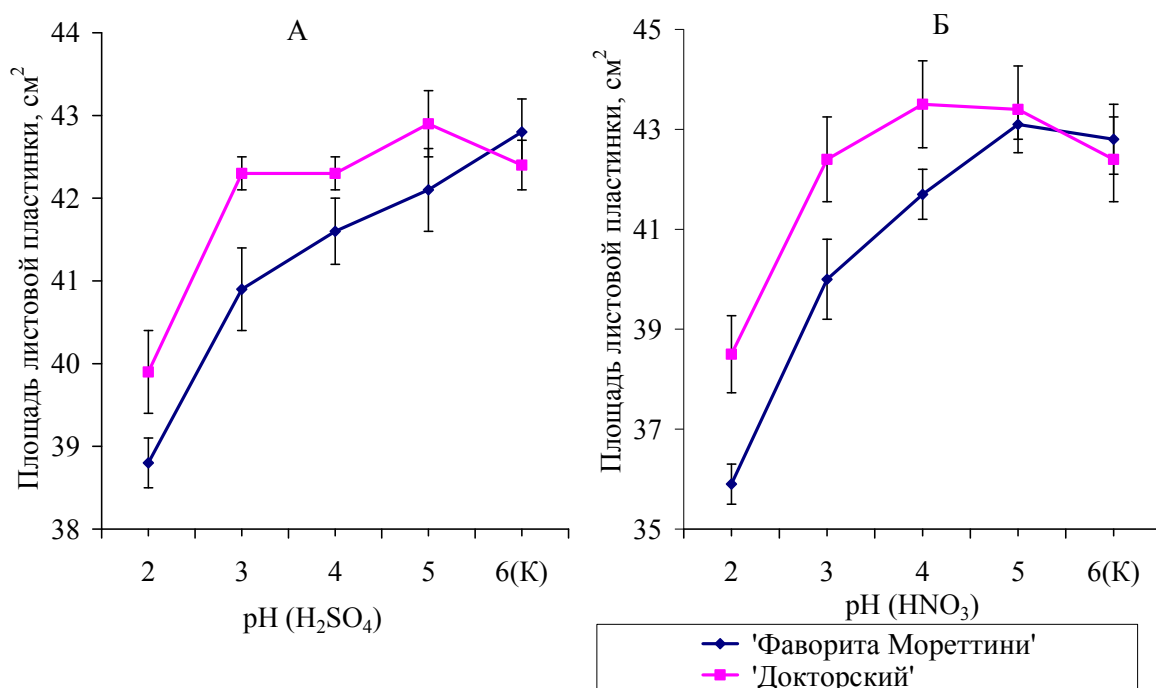


Рисунок 3 – Изменение площади листовой пластинки сортов *P. persica* под действием ИКД сульфатного (А) и нитратного (Б) состава, (К – контроль)

У сорта ‘Фаворита Мореттини’ при воздействии ИКД независимо от его состава и величины рН площадь листовой пластинки снижалась в большей мере, чем у ‘Докторского’, что говорит о разной устойчивости этих сортов к КО. У растений *P. armeniaca* при воздействии ИКД сульфатного состава с рН 3 площадь листовой пластинки уменьшалась на 12–20%.

Повреждение листового аппарата плодового растения КО вызывало снижение интенсивности ростовых процессов. У сортов *P. persica* это выражалось в существенном снижении общего прироста однолетних побегов на 10–40% при воздействии ИКД за счет уменьшения их количества и длины (рисунок 4).

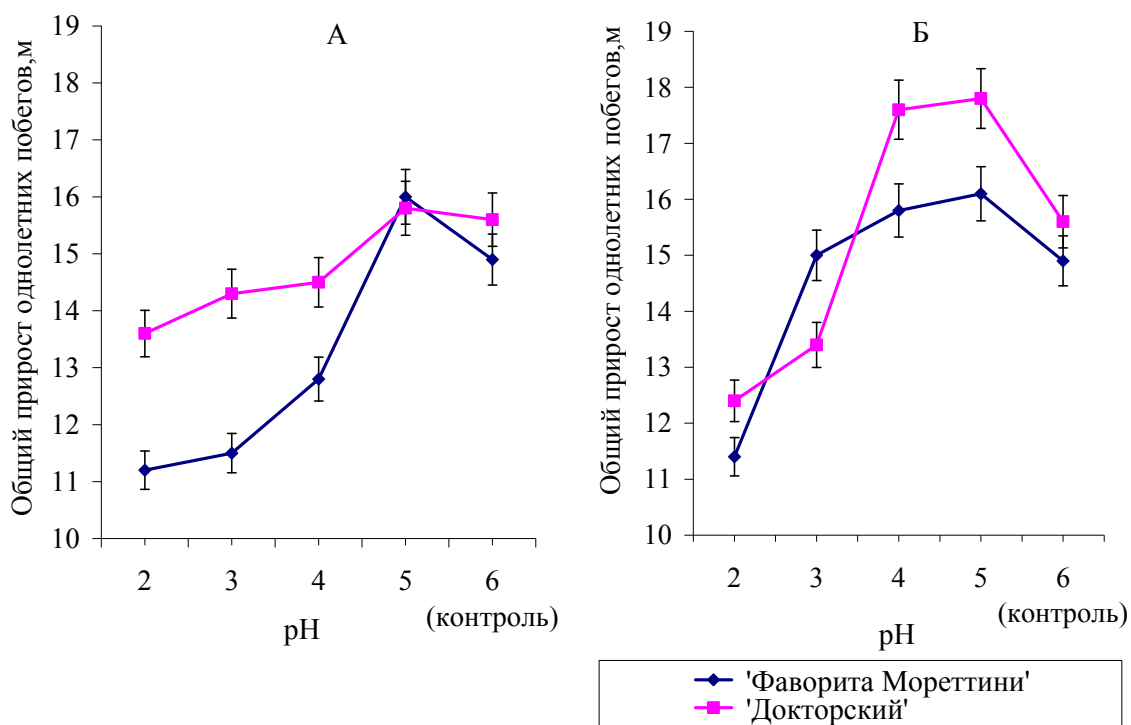


Рисунок 4 – Воздействие ИКД сульфатного (А) и нитратного (Б) состава на общий прирост однолетних побегов персика, среднее за 4 года (1997–2000 гг.)

При этом дождь сульфатного состава приводил к большему угнетению роста уже при рН 4, чем нитратного, где существенное уменьшение общего прироста побегов у ‘Фаворита Мореттини’ наступало при рН 3, ‘Докторского’ — при рН 2. Более поздние из изученных сортов *P. persica* ‘Докторский’ и *P. armeniaca* ‘Крымский Амур’ оказались более устойчивыми к ИКД по показателям роста и состояния листового аппарата, чем ранние ‘Фаворита

Мореттини' и 'Приусадебный'. Сорта *P. cerasifera* были более устойчивыми к КО, чем *P. persica* и *P. armeniaca*.

Плодоношение молодых растений *P. persica* снижалось под действием ИКД с рН 3 и ниже и зависело от генотипа и состава ИКД. Наиболее значительное уменьшение продуктивности происходило у 'Фаворита Мореттини' при сульфатном составе дождя с рН 3 на 40%, при рН 2 — на 60%. У сорта 'Докторский' такое снижение наблюдалось только при рН 2 при любом составе ИКД на 22%. Все это также подтверждает различную устойчивость сортов к кислотному стрессу, а также различную токсичность нитратного и сульфатного состава ИКД.

При воздействии ИКД изменялся биохимический состав плодов 'Фаворита Мореттини'. Происходило увеличение содержания моносахаров в общем их пуле на 0,4–1,8%, титруемой кислотности на 0,04–0,13%, снижалась концентрация АК на 1–3 мг/100 г по сравнению с оптимальными условиями.

Таким образом, впервые установлено, что наиболее ранние из изученных сортов ('Фаворита Мореттини', 'Приусадебный') являются наиболее чувствительными к КО и их можно использовать как индикаторы на КО по морфологическим показателям. При кратковременном остром воздействии ИКД сульфатного состава критической, снижающей площадь листовой пластинки и общий прирост однолетних побегов на 20–30%, продуктивность и качество плодов, является величина рН 4, для более поздних и устойчивых сортов: 'Докторский' и 'Крымский Амур' — рН 3, для сортов *P. cerasifera* и *P. domestica* таким порогом является величина рН 2. ИКД нитратного состава у большинства сортов приводил к меньшим негативным последствиям, чем сульфатного при одинаковой величине рН ('Фаворита Мореттини', 'Крымский Амур', 'Обильная').

В экстремальных условиях важнейшим механизмом устойчивости является активизация антиоксидантной системы (АОС) организма, в которую входят низкомолекулярные метаболиты, проявляющие антиоксидантные свойства: аскорбиновая кислота (АК), глутатион (ГТ), пролин, полифенолы,

каротиноиды и др., ферменты оксидоредуктазы: каталаза, пероксидазы, супероксиддисмутаза и др. (Гарифзянов, 2011; Mittler et al., 2002; Molina et al., 2002 и др.). Они защищают клетку от разнообразных экстремальных воздействий, в том числе и от загрязняющих воздух кислот (Безсонова и др., 2010; Pell, 1988; Cottam et al., 1992; Stegmann et al., 1993; Yu, 1993 и др.).

Нами был исследован ряд показателей этой системы (Клименко, 2014), и для оценки устойчивости растений к КО впервые было предложено определять общую редуцирующую активность (ОРА) ткани листа. Этот показатель характеризует сумму веществ, способных восстанавливать свободный йод при взаимодействии с  $KJO_3$  в кислой среде (в основном это АК и ВГТ — важнейшие компоненты АОС). Наши исследования показали, что при воздействии ИКД ОРА снижалась у одних сортов рода *Prunus* и оставалась неизменной или повышалась у других (рисунок 5). Рано созревающие сорта *P. persica* и *P. armeniaca*, ('Небесный Тихоход', 'Фаворита Мореттини', 'Пушистый Ранний', 'Старк Ранний Оранжевый', 'Олимп') отличались высокими значениями ОРА, но резко снижали их при стрессе. Это свидетельствует о том, что значительная доля антиоксидантов расходовалась в реакциях детоксикации активных форм кислорода, образующихся при стрессе, и не восполнялась в постстрессовый период. У сортов среднего и позднего сроков созревания ОРА была ниже и при кислотном стрессе либо незначительно снижалась, ('Ореховый', 'Кандидатский', 'Докторский', и др.), либо увеличивалась ('Беби Голд', 'Еревани', 'Костинский', 'Выносливый'). А так как ранее по морфологическим показателям и продуктивности было показано, что рано созревающие сорта, как правило, являются более чувствительными к стрессу, то, следовательно, степень изменения ОРА подтверждает эти данные и может характеризовать степень устойчивости сорта к КО. В связи с этим, впервые предложен показатель антиоксидантной активности (ПАОА), показывающий степень изменения ОРА ткани листа при воздействии КО по сравнению с оптимальными условиями.

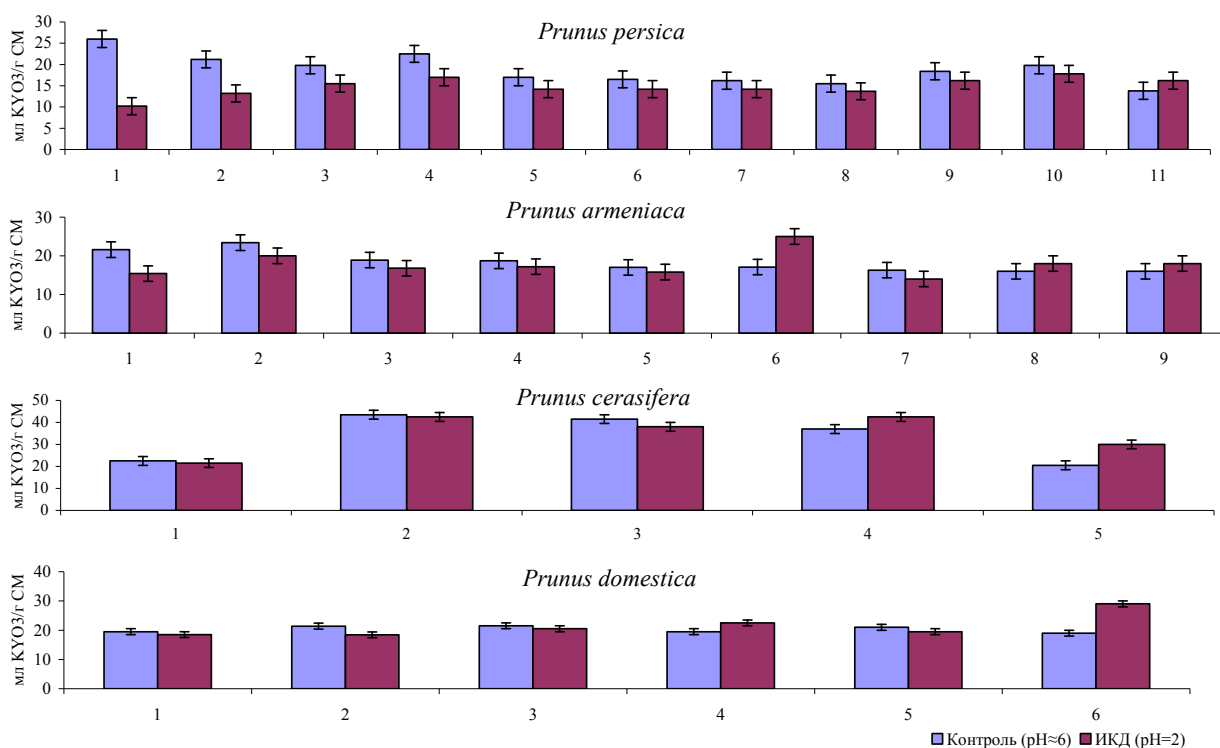


Рисунок 5 – Изменение ОРА ткани листа плодовых растений под воздействием ИКД. Примечание. Сорта *P. persica*: 1 – ‘Небесный Тихоход’, 2 – ‘Фаворита Мореттини’, 3 – ‘Пушистый Ранний’, 4 – ‘Ак-Шефтали’, 5 – ‘Ореховый’, 6 – ‘Кандидатский’, 7 – ‘Докторский’, 8 – ‘Редхавен’, 9 – ‘Стенфорд’, 10 – ‘Острижковский Белый’, 11 – ‘Беби Голд’; *P. armeniaca*: 1 – ‘Старк Ранний Оранжевый’, 2 – ‘Олимп’, 3 – ‘Табу’, 4 – ‘Хендерсон’, 5 – ‘Крымский Амур’, 6 – ‘Еревани’, 7 – ‘Крымский Медунец’, 8 – ‘Костинский’, 9 – ‘Выносливый’; *P. cerasifera*: 1 – ‘Десертная’, 2 – ‘Люша Крупная’, 3 – ‘Никитская Желтая’, 4 – ‘Обильная’, 5 – ‘Субхи Ранняя’; *P. domestica*: 1 – ‘Блюфри’, 2 – ‘Гилберт’, 3 – ‘Кабардинская Ранняя’, 4 – ‘Калифорнийская’, 5 – ‘Ренклюд Альтана’, 6 – ‘Стенлей’ (сорта размещены по возрастанию степени устойчивости к КО).

ПАОА выражается отношением ОРА ткани листа при стрессе к ее значению в оптимальных условиях, умноженное на 100. Чем выше этот показатель, тем большей способностью противостоять стрессу обладает АОС. Метод определения ОРА прост в исполнении, хорошо воспроизводим и универсален, позволяет определить реакцию растения на КО на стадии сеянцев. Показатель ПАОА использован нами как критерий оценки относительной устойчивости сортов рода *Prunus* к КО. По степени устойчивости к КО изученные виды растений, оцененные по ПАОА, составили следующий убывающий ряд: *P. domestica* > *P. cerasifera* > *P. armeniaca* > *P. persica*. Если ПАОА был ниже или равен 70, то растения отнесены в группу неустойчивых (это ранние сорта *P. persica* и *P. armeniaca*: ‘Фаворита Мореттини’, ‘Пушистый

Ранний', 'Старк Ранний Оранжевый' и др.). К слабоустойчивым отнесены сорта с ПАОА в пределах 71–100. Это в основном сорта *P. persica* и *P. armeniaca* среднего срока созревания: 'Докторский', 'Кандидатский', 'Крымский Амур', 'Крымский Медунец' и др.), большинство сортов *P. cerasifera*: 'Десертная', 'Люша Крупная', 'Никитская Желтая' и ранние сорта *P. domestica*: 'Блюфри', 'Гилберт', 'Кабардинская Ранняя' и др.). К среднеустойчивым сортам с ПАОА 101–150 отнесены сорта *P. persica*: 'Беби Голд'; *P. armeniaca*: 'Еревани' и 'Костинский'; *P. cerasifera*: 'Обильная' и 'Субхи Ранняя'; *P. domestica*: 'Калифорнийская'. Устойчивым к КО с ПАОА более 150 оказался один сорт сливы 'Стенлей'. Показатель ПАОА может быть использован в селекционном процессе для оценки устойчивости полученных гибридов к кислотному стрессу на стадии сеянцев, а также для подбора сортимента устойчивых и относительно устойчивых сортов косточковых растений при размещении их в районах с повышенным содержанием поллютантов в воздухе.

#### **Раздел 4. Ощелачивание почв как лимитирующий фактор в садовых агроценозах степного Крыма**

Длительное орошение степных автоморфных почв пресными водами приводит к их рассолению и, как следствие, к защелачиванию (Зимовец, 1982; Новикова и др., 1986; Новикова, Гаврилович, 2007; Barbiéro et al., 2001; Wang et al., 2009; Bhadauria et al., 2010 и др.). Щелочная реакция почвенного раствора является лимитирующим фактором роста плодовых растений и продуктивности садового агроценоза (Рассел, 1955; Хейуорд, Бернштейн, 1959; Канивец, 1960; Удовенко, 1978; Семенюк, 1983). Однако современные масштабы и степень защелачивания почв садовых агроценозов степного Крыма изучены недостаточно.

Обобщение большого массива данных состава водных вытяжек показало, что в последние два десятилетия (1997–2013 гг.) в орошаемых почвах, в том числе и в садовых агроценозах степного Крыма на площади около 3 тыс. га отмечается спорадическое появление соды в количествах 0,03–0,10 и суммы гидрокарбонатов натрия и магния в пределах 0,10–0,77 смоль(экв)/кг, что

является токсичным для плодовых растений (Иванов и др., 1998; Клименко, 1988; Клименко, Клименко, 2006). Это почвы, которые до орошения считались вполне пригодными под сады: черноземы южные (агрочерноземы сегрегационные), лугово-черноземные (агрочерноземы квазиглееватые), черноземно-луговые (агрогумусово-квазиглеевые), лугово-каштановые (агрокаштановые квазиглееватые) остаточносолонцеватые и каштаново-луговые (агрогумусово-квазиглеевые) слабосолонцеватые. Максимальное ощелачивание в большинстве почв отмечено в слое 100–150 см, что может привести к угнетению и даже гибели плодовых растений, имеющих глубокую корневую систему. Сода обнаруживалась в черноземах южных (агрочерноземы сегрегационные) с глубины 50 см, что значительно снижало их пригодность. В лугово-черноземных (агрочерноземах квазиглееватых), а также в черноземно-луговых (агрогумусово-квазиглеевых) почвах плантажная вспашка способствовала содообразованию и увеличению содержания гидрокарбонатов натрия и магния на 0,1–0,2 смоль(экв)/кг, а также повышению частоты встречаемости этих солей на 10–35%. Ощелачивание усиливалось в солонцеватых почвах.

Для оценки степени пригодности почв, подверженных ощелачиванию в степном Крыму, и более рационального размещения на них садовых агроценозов применяли разработанные нами ранее допустимые параметры содержания гидрокарбонатов натрия и магния (Клименко, 1988; Клименко, Клименко, 2006). Оценка почв, входящих в наше исследование, по этим параметрам показала, что наиболее благоприятными в степном Крыму для размещения садов яблони, персика и черешни являются лугово-черноземные (агрочерноземы квазиглееватые), лугово-каштановые (агрокаштановые квазиглееватые) и каштаново-луговые (агрогумусово-квазиглеевые) остаточно- и слабосолонцеватые почвы, где доля пригодных почв составляла 56–80% от обследованной площади (таблица 2). При этом площадь почв, где присутствовала сода или содержание гидрокарбонатов натрия и магния было выше допустимого, не превышала 30%.

Таблица 2 – Частота проявления ощелачивания орошаемых почв степного Крыма в связи с их пригодностью под закладку садов яблони, персика и черешни, 1997–2013 гг.

| Почва  | Площадь, га | Частота встречаемости (%) разрезов с разной оценкой пригодности для плодовых растений* |                       |             |
|--|-------------|--|-----------------------|-------------|
|  |             | пригодные  | ограниченно пригодные | непригодные |
| Черноземы южные (агрочерноземы сегрегационные) на лёссовидных отложениях   | 355         | 18   | 13                    | 69          |
| Те же плантажированные (турбированные)   | 636         | 27   | 14                    | 61          |
| Черноземы южные слабосолонцеватые (агрочерноземы сегрегационные слабосолонцеватые) на лёссовидных отложениях   | 322         | 23   | 3                     | 74          |
| Черноземы южные мицелярно-карбонатные (агрочерноземы миграционно-сегрегационные) на лёссовидных отложениях   | 637         | 54   | 0                     | 46          |
| Лугово-черноземные карбонатные плантажированные (агрочерноземы сегрегационные карбонатные квазиглееватые турбированные) на древнем глинистом аллювии   | 436         | 35   | 40                    | 25          |
| Лугово-черноземные карбонатные глубокосолончаковатые (агрочерноземы сегрегационные карбонатные квазиглееватые) на лёссовидных отложениях   | 56          | 58   | 17                    | 25          |
| Те же плантажированные (турбированные)   | 137         | 36   | 4                     | 60          |
| Черноземно-луговые слабосолонцеватые (агрогумусово-квазиглееватые слабосолонцеватые) на лёссовидных отложениях   | 11          | 25   | 37                    | 38          |
| Те же плантажированные (турбированные)   | 35          | 0  | 25                    | 75          |
| Лугово-каштановые глубокосолончаковатые (агрокаштановые квазиглееватые) на лёссовидных отложениях  | 30          | 80   | 0                     | 20          |
| Те же остаточносолонцеватые плантажированные (турбированные)   | 60          | 27   | 30                    | 43          |
| Каштаново-луговые слабосолонцеватые глубокосолончаковатые (агрогумусово-квазиглееватые слабосолонцеватые глубокосолончаковатые почвы) на лёссовидных отложениях  | 102         | 56   | 32                    | 12          |
| Примечание – Оценка пригодности почв для плодовых культур: пригодные – токсическая щелочность ( $\text{HCO}_3^-_{\text{токс.}}$ ) < 0,1 смоль(экв)/кг; ограниченно пригодные – $\text{HCO}_3^-_{\text{токс.}}$ – 0,1÷0,3 смоль(экв)/кг; непригодные – $\text{HCO}_3^-_{\text{токс.}}$ > 0,3 смоль(экв)/кг и наличие $\text{CO}_3^{2-}$ в водной вытяжке. |             |  |                       |             |

Однако, эти почвы занимали всего 7% от общей площади обследования. Следует отметить, что все эти почвы не были плантажированы. Проведение плантажной вспашки на лугово-черноземных (агрочерноземах квазиглееватых)



почвах привело к образованию соды и увеличению содержания гидрокарбонатов натрия и магния до 0,57–0,74 смоль(экв)/кг, а нередко и частоты их встречаемости на 10–30%. При этом доля непригодных почв возросла более чем в два раза и составляла 43–75% площади. Кроме того, в этих почвах снизилось содержание общих карбонатов в 1–4 раза в слое 50–150 см, наиболее значительно в черноземно-луговых (агрогумусово-квазиглеевых) и лугово-каштановых (агрокаштановых квазиглееватых) почвах. На черноземах южных (агрочерноземы сегрегационные) обычных и слабосолонцеватых доля непригодных и ограниченно пригодных почв также была велика (69–74%). Это связано с присутствием соды, повышением на отдельных участках содержания гидрокарбонатов натрия и магния до 0,43–0,55 смоль(экв)/кг, а также с высокой частотой встречаемости щелочных солей. Черноземы южные мицелярно-карбонатные (агрочерноземы миграционно-сегрегационные), лугово-черноземные плантажированные (агрочерноземы квазиглееватые турбированные) на древнем глинистом аллювии и черноземно-луговые (агрогумусово-квазиглеевые) слабосолонцеватые почвы занимали промежуточное положение по степени ощелачивания между вышеприведенными почвами. Доля непригодных почв для размещения плодовых культур составляла 25–46%, причем у первых было больше пригодных, а у вторых двух — ограниченно пригодных почв за счет повышенного содержания гидрокарбонатов натрия и магния (0,35–0,62 смоль(экв)/кг).

Кроме непосредственного токсичного влияния на растения, щелочные соли могут приводить к ухудшению других свойств почвы и влиять на растения опосредованно. В результате наших исследований установлено, что орошение почв степной зоны, а нередко и проведение плантажной вспашки привело к снижению содержания общих карбонатов, что способствовало накоплению в почве гидрокарбонатов натрия и магния (рисунок 6). Установленная обратная прямолинейная сильная зависимость ( $r = 0,724$ ) позволяет прогнозировать возможное увеличение концентрации токсичных щелочных солей, зная

содержание общих карбонатов в почве, регулировать его внесением кальцийсодержащих удобрений и мелиорантов.

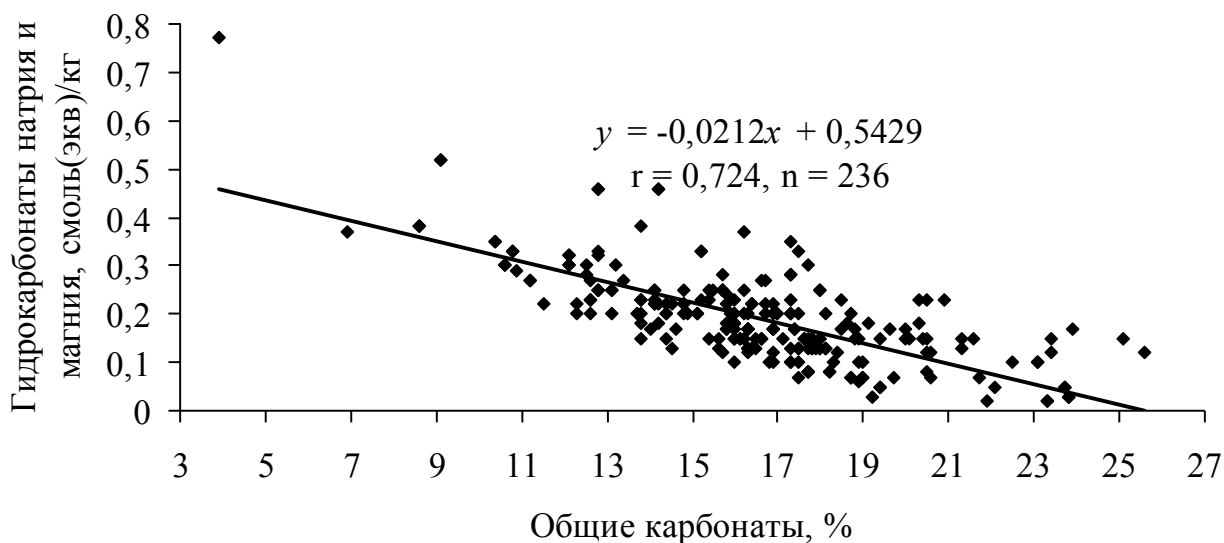


Рисунок 6 – Зависимость концентрации гидрокарбонатов натрия и магния (y) от содержания общих карбонатов (x) в почвах степного Крыма (слой 50–150 см)

Впервые установлено, что ощелачивание (pH 8,6–9,0) и осолонцевание (обменного  $\text{Na}^+$  более 10% от суммы катионов) почв степного Крыма вызывало существенное снижение содержания в почве  $\text{N-NO}_3$  в 3, обменного  $\text{K}_2\text{O}$  — в 1,4, водорастворимых ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  — в 6 и 1,8 раз соответственно, подвижного Mn — в 2,5 раза и увеличение концентрации подвижного бора в 1,8 раза. Это может привести нарушению минерального питания плодовых растений и вызвать отравление бором.

В последние годы широкое распространение в Крыму и на юге России получила плодовая культура алыча или слива растопыренная (*P. cerasifera* Ehrh.), которая характеризуется скороплодностью, ранним созреванием, высокой и регулярной урожайностью, ценными диетическими качествами плодов (Еремин и др., 2000; Горина, 2014). Однако, в новой экологической обстановке при ощелачивании почв не проводилось исследований по изучению реакции и устойчивости *P. cerasifera* к повышенному содержанию токсичных щелочных солей в эдафотопе. Нашими исследованиями впервые установлено, что в почве под деревьями *P. cerasifera*, содержание общей щелочности в

основном было невысоким (0,47–0,69 смоль(экв)/кг), но в отдельных разрезах достигало 0,76–0,84 смоль(экв)/кг в слое 60–100 см. Токсичные щелочные соли представлены в основном гидрокарбонатом магния, содержание которого возрастало с глубиной и в слое 100–120 см составляло в среднем 0,16, а в отдельных разрезах 0,41–0,45 смоль(экв)/кг. Среднее содержание гидрокарбоната натрия колебалось от 0,01 до 0,05 смоль(экв)/кг, нередко достигая концентраций 0,20 смоль(экв)/кг в слое 60–100 см. Сода встречалась редко в количествах 0,02–0,04 смоль(экв)/кг. Там, где обнаружена сода или гидрокарбонаты натрия и магния в количестве 0,30 смоль(экв)/кг и выше в слое 60–120 см, деревья находились в удовлетворительном и плохом состоянии, часть деревьев погибла. Впервые установлено, что предельно допустимые параметры гидрокарбонатов натрия и магния для этой культуры, определенные по окружности штамба дерева, зависели от сорта, слоя почвы и колебались в пределах 0,14–0,30 смоль(экв)/кг для среднеустойчивых сортов: ‘Субхи Ранняя’, ‘Пионерка’, ‘Крымская Смуглянка’ (таблица 3).

Таблица 3 – Допустимые и реально оптимальные показатели гидрокарбонатов натрия и магния в почве (x), установленные по окружности штамба (y) *P. cerasifera* на подвое *P. cerasifera*

| Сорт, порода                                    | Слой почвы, см | Окружность штамба (см) в состоянии |                    | Коэффициент корреляции | Уравнение регрессии | Показатели          |            |
|---|----------------|------------------------------------|--------------------|------------------------|---------------------|---------------------|------------|
|   |                | хорошем                            | удовлетворительном |                        |                     | реально оптимальные | допустимые |
| ‘Субхи Ранняя’,<br>n = 9                        | 0–60           | 54                                 | 47                 | -0,70*                 | $y = 57 - 69,3x$    | 0,04                | 0,14       |
|   | 60–100         |                                    |                    | -0,81                  | $y = 61,5 - 53,4x$  | 0,14                | 0,27       |
|   | 100–120        |                                    |                    | -0,78                  | $y = 58,8 - 46,7x$  | 0,10                | 0,25       |
| ‘Пионерка’,<br>n = 9                            | 0–60           | 55                                 | 48                 | 0,33                   | -                   | -                   | -          |
|   | 60–100         |                                    |                    | -0,73                  | $y = 57,8 - 32,7x$  | 0,09                | 0,30       |
|   | 100–120        |                                    |                    | -0,73                  | $y = 63,9 - 85,6x$  | 0,10                | 0,19       |
| ‘Крымская Смуглянка’<br>n = 8                   | 0–60           | 56                                 | 38                 | -0,33                  | -                   | -                   | -          |
|   | 60–100         |                                    |                    | -0,83                  | $y = 89,4 - 168,3x$ | 0,20                | 0,25       |
|   | 100–120        |                                    |                    | -0,78                  | $y = 72,9 - 94,6x$  | 0,18                | 0,26       |
| <i>P. cerasifera</i><br>среднее по породе, n=26 | 0–60           | 55                                 | 44                 | -0,75                  | $y = 60 - 180x$     | 0,03                | 0,07       |
|   | 60–100         |                                    |                    | -0,75                  | $y = 62 - 48x$      | 0,12                | 0,29       |
|   | 100–120        |                                    |                    | -0,75                  | $y = 66 - 85x$      | 0,14                | 0,21       |

\* уравнения регрессии рассчитаны при достоверном коэффициенте корреляции,  $p \leq 0,05$ .

Реально оптимальные величины токсичной щелочности находились в пределах 0,03–0,14 смоль(экв)/кг.

Относительная оценка ряда сортов *P. cerasifera*, проведенная по состоянию и сохранности растений, показала, что в группу высокоустойчивых вошли: ‘Оленька’, ‘Десертная’, ‘Амазонка’ и др., для которых допустимые значения суммы гидрокарбонатов натрия и магния составляют 0,4 смоль(экв)/кг почвы.

### **Раздел 5. Улучшение почв, подверженных ощелачиванию, в садовых агроценозах**

Если содержание гидрокарбонатов натрия и магния в почве превышает допустимое для плодовых культур или присутствует сода (Клименко, Иванов, 1996; Иванов и др., 1998), почву нужно мелиорировать. Для этого впервые модифицированы приемы и способы химической мелиорации почв для садовых агроценозов степного Крыма. Установлено, что мелиорация темно-каштановой (агрокаштановой сегрегационной) слабосолонцеватой почвы фосфогипсом (ФГ) и железным купоросом (ЖК) в плодоносящем насаждении *P. persica*, привела к снижению содержания гидрокарбонатов натрия и магния до нетоксичных пределов (0,02–0,19 смоль(экв)/кг) или полной их нейтрализации. На второй год после применения ФГ (первый год последействия) токсичная щелочность обнаружена только в слое 80–120 см в ничтожных количествах (0,01–0,04 смоль(экв)/кг), после внесения ЖК — отсутствовала во всей 120-ти см толще. На четвертый год после внесения мелиорантов (третий год последействия) гидрокарбонат натрия в почве отсутствовал. Содержание гидрокарбоната магния при использовании ФГ продолжало оставаться низким (0,04–0,10 смоль(экв)/кг), при использовании ЖК восстанавливалось до контрольного и составляло 0,07–0,20 смоль(экв)/кг, увеличиваясь с глубиной. Это свидетельствует о разной длительности периода последействия этих мелиорантов, необходимости мониторинга концентрации щелочных солей в эдафотопе и возможной повторной мелиорации.

При мелиорации почва обогащалась водорастворимым  $\text{Ca}^{2+}$  и гипсом на 0,10–0,20 смоль(экв)/кг за счет внесения их с мелиорантами (ФГ) и благодаря образованию в почве (ФГ и ЖК). Другие продукты реакций обмена (сульфаты натрия и магния) не накапливались в почве в токсичных для плодовых растений количествах и составляли 0,30–0,50 смоль(экв)/кг.

Под действием мелиорации изменялся состав поглощенных оснований в почве. Особенно значительно это проявилось во второй год после внесения мелиорантов. Произошло увеличение содержания обменного  $\text{Ca}^{2+}$  в 60-ти см слое почвы на 3–7 смоль(экв)/кг при обоих способах внесения ЖК. Применение ФГ поверхностным способом приводило к снижению концентрации обменного  $\text{Na}^+$  на 0,1–0,5 смоль(экв)/кг.

При мелиорации важно контролировать содержание элементов питания в почве, так как от их содержания зависит продуктивность агроценоза и качество плодов. Установлено, что в первый год после внесения мелиорантов в контроле содержание  $\text{N-NO}_3$  было низким (2,3–3,6 мг/кг), подвижных форм  $\text{P}_2\text{O}_5$  — на уровне среднего (15,9–33,8 мг/кг), обменного  $\text{K}_2\text{O}$  — высокое (364–538 мг/кг). Внесение мелиорантов способствовало накоплению этих элементов, достоверному при внесении ЖК на поверхность почвы. В первый год последствия эта закономерность сохранялась. В варианте с глубинным внесением ФГ содержание подвижной  $\text{P}_2\text{O}_5$  достоверно увеличилось в 1,7–2,5 раза в слое 20–60 см. Внесение ФГ на глубину и ЖК обоими способами способствовало накоплению  $\text{N-NO}_3$  в 1,2–1,6 раза по сравнению с контролем. Содержание обменного  $\text{K}_2\text{O}$  в слое почвы 0–20 см во всех вариантах опыта значительно возросло по сравнению с контролем и достигало 624–732 мг/кг, ниже по профилю — было оптимальным.

Таким образом, влияние ЖК проявилось уже в первый год опыта и выразилось в увеличении содержания подвижных форм  $\text{NPK}$  в почве в варианте с поверхностным его внесением благодаря растворению слаборастворимых соединений. ФГ, как менее растворимый мелиорант, через два года после

внесения способствовал достоверному накоплению N–NO<sub>3</sub> и P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в варианте с глубинным его применением.

Одной из количественных характеристик роста и состояния плодового дерева является окружность штамба (ОШ), которая тесно связана с биомассой и продуктивностью (Иванов, 1995). Установлено, что при благоприятном влиянии на свойства эдафотопы, внесение ФГ положительно воздействовало на ростовые процессы сортов *P. persica* (рисунок 7).

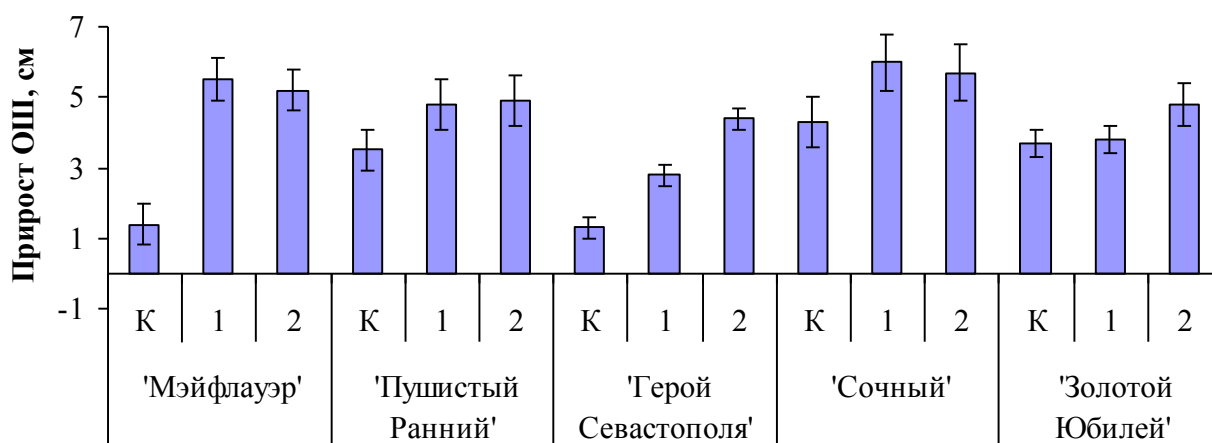


Рисунок 7 – Прирост окружности штамба (ОШ) сортов *P. persica* за три года после внесения фосфогипса (ФГ). К – контроль, 1 – ФГ на поверхность, 2 – ФГ на глубину 50 см

Наиболее значительное и существенное усиление роста дерева происходило у сортов 'Мэйфлауэр' и 'Герой Севастополя' при обоих способах внесения мелиоранта.

Установлено, что применение ФГ способствовало увеличению продуктивности *P. persica* на 15–22% по сравнению с контролем в среднем за 5 лет, а на отдельных сортах ('Мэйфлауэр', 'Пушистый ранний') — до 50–200%. Внесение ЖК сопровождалось более быстрой и глубокой мелиорацией почвы и резким изменением всей среды обитания плодового дерева, что несколько снижало рост и продуктивность плодоносящих деревьев в первые годы после его применения. В связи с этим рекомендуется применять ЖК перед закладкой сада под плантажную вспашку или в молодых садах. Поверхностное внесение мелиорантов приводило к более быстрому и значительному изменению свойств

почвы, чем при внесении на глубину 50 см. Из сортов *P. persica* наиболее отзывчивыми к мелиорации оказались ‘Мэйфлауэр’, ‘Пушистый ранний’, ‘Маяковский’, ‘Советский’ и ‘Успех’.

### **Раздел 6. Севооборот сидератов как способ оптимизации садового агроценоза**

Последствием интенсивной технологии и длительного содержания почвы в междурядьях садового агроценоза *M. domestica* под черным паром при низких дозах внесения органических удобрений, является снижение содержания и запасов гумуса. Установлено, что за 14 лет его запас в слое 0–80 см снизился на 21,2 т/га или на 1,4 т/га в год. Отмечено низкое содержание подвижных форм N–NO<sub>3</sub> (4–9 мг/кг) и P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (10–20 мг/кг) в слое 0–40 см, неудовлетворительное структурное состояние: высокое содержание агрегатов более 10 мм (60–70%), низкий коэффициент структурности (0,4–0,6), значительное уплотнение почвы до 1,23–1,42 г/см<sup>3</sup>.

Для преодоления негативных явлений впервые в агроценозе плодоносящего насаждения *M. domestica* в условиях пониженной водообеспеченности (2–3 вегетационных полива нормой 300 м<sup>3</sup>/га) предлагается введение пятипольного севооборота озимых сидератов. Запаханые травы обеспечивали ежегодное поступление в почву 1–6 т/га сухой органической массы, стабилизацию и накопление гумуса — 35 т/га в слое 0–80 см за 14 лет, увеличение запаса продуктивной влаги на 20–40%, особенно высокое в июне, когда запасы влаги в почве контроля были минимальными из-за недостатка оросительной воды (рисунок 8).

Исследования почвы под севооборотом сидератов показали улучшение структуры (повышение коэффициента структурности в 1,5–2,0 раза и показателя водопрочности на 20%), снижение плотности сложения (в слое 0–20 см на 14%) по сравнению с контролем. Установлено, что на 1 га севооборота ежегодно с травами поступало 29 кг N–NO<sub>3</sub>, 8 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и 34 кг/га K<sub>2</sub>O. При этом отмечено некоторое обеднение почвы подвижной P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в начале вегетации

растений яблони и сидератов, что требует внесения небольших стартовых доз фосфора (10 кг/га д.в.) при посеве трав.

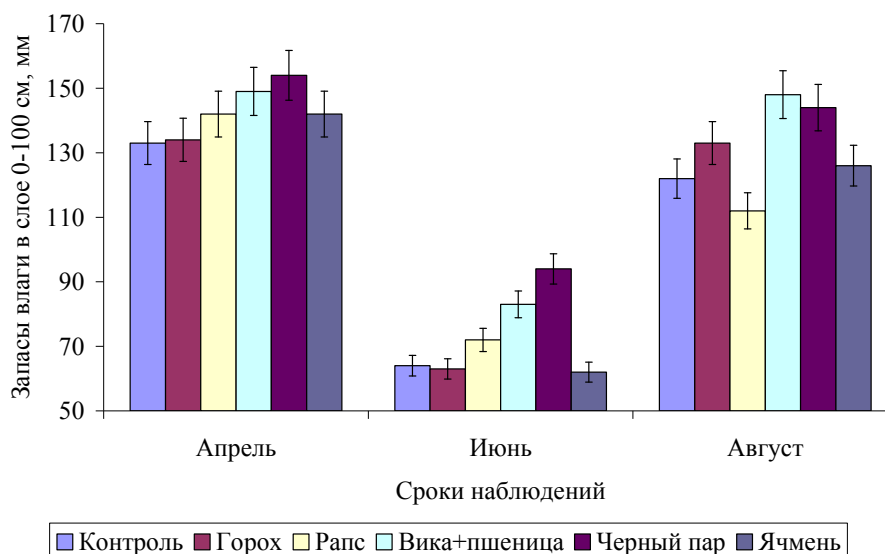


Рисунок 8 – Изменение запасов продуктивной влаги в слое почвы 0–100 см под действием севооборота озимых сидератов под плодоносящей яблоней, среднее за 5 лет

Показано, что улучшение свойств эдафотопы в результате сидерации способствовало увеличению продуктивности зимних сортов *M. domestica* на 20–30% в год (в контроле она составляла 10,1 т/га в среднем за 5 лет). Лучшим сидеральным вариантом оказалась смесь озимых *Vicia pannonica* и *Triticum durum* по озимому *Brassica napus*, где продуктивность *M. domestica* в среднем по всем сортам увеличилась на 68% по сравнению с контролем.

Нашими исследованиями впервые установлено, что продуктивность садового агроценоза с монокультурой *M. domestica* при сидерации наиболее тесно и достоверно связана с запасом продуктивной влаги в верхнем метровом слое почвы в июне ( $r = 0,94$ ). Между запасом N-NO<sub>3</sub> и продуктивностью установлена отрицательная сильная достоверная для апреля и августа, и средняя для июня зависимость ( $r = -0,79$ ;  $-0,88$  и  $-0,35$  соответственно). Это связано с тем, что во влажные годы продуктивность *M. domestica* резко возрастала при одновременном вымывании N-NO<sub>3</sub> из слоя почвы 0–60 см и большем его выносе с урожаем, а его восполнение за счет сидератов было незначительным. Некоторое увеличение концентрации подвижной P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в почве



в августе при сидерации способствовало увеличению продуктивности *M. domestica* ( $r = 0,72$ ). Следовательно, недостаток подвижной  $P_2O_5$  и влаги в почве являются лимитирующими факторами продуктивности яблони в данных условиях.

## **Раздел 7. Оптимизация агроценоза плодового питомника при активизации растительно-микробного взаимодействия**

Агроценоз плодового питомника формируется на протяжении двух лет. При выращивании саженцев важным является обеспечение быстрого роста растений для достижения стандартных размеров. В годы интенсификации это осуществлялось путем внесения больших доз минеральных удобрений, что приводило к загрязнению почвы и грунтовых вод (Минеев, 1990; Патыка и др., 1993; Копытко, 2001; Носко, 2002). Альтернативой химическому воздействию на почвы и растения является усиление растительно-микробного взаимодействия для улучшения питания растений. Оно проявляется при инокуляции семян или ризосферы доминантов агроценоза активными штаммами бактерий и микробными препаратами (МП), биоагенты которых обладают азотфиксирующими, фосфатмобилизующими и биопротекторными и ростстимулирующими свойствами.

Нашими исследованиями впервые установлено, что обработка семян *P. armeniaca*, *P. cerasifera* и ризосферы сеянцев *C. mahaleb* микробными препаратами (МП), а последней и активными штаммами фосфатмобилизующих бактерий (ФМБ № 6 и ФМБ № 7 и их смесь) способствовала улучшению всхожести семян и приживаемости подвоев на 6–20%. Применение МП усиливало рост, корне- и побегообразование сеянцев и саженцев, повышало сохранность глазков плодовых растений после перезимовки на 3–26%. В большей мере этому способствовали Фосфоэнтерин, ФМБ № 7, смесь ФМБ № 6 + ФМБ № 7 и КМП.

В эдафотопе наблюдались положительные изменения в содержании подвижных форм элементов питания при применении МП. Это связано с процессами азотфиксации и фосфатмобилизации, осуществляемыми активными

штаммами бактерий в ассоциации с плодовым растением. В почве отмечалось накопление N–NO<sub>3</sub> (дiazотрофы и КМП), особенно значительное под сеянцами *P. dulcis* и *P. cerasifera* на 20–30% от контроля. В ризосфере этих растений и сеянцев *P. armeniaca* произошло увеличение содержания подвижной P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, максимально под действием Фосфоэнтерина (на 30–35%). Отмечена тенденция к увеличению содержания гумуса под сеянцами *P. armeniaca*, в большей мере под действием КМП на 15% от контроля.

Во втором поле питомника происходило обогащение ризосферной почвы всех изученных растений подвижными формами элементов питания под действием большинства МП, особенно N–NO<sub>3</sub> до 10–60% по сравнению с контролем, наиболее существенное в ризосфере *P. armeniaca* ‘Крымский Амур’. Содержание гумуса либо не изменялось, либо имело тенденцию к увеличению, и только под саженцами *P. cerasifera* ‘Обильная’ наметилась тенденция к его снижению, что требует применения небольших доз органических удобрений (навоз, солома), а также введения сидератов и многолетних трав в севооборот питомника для пополнения запаса свежего органического вещества. Улучшение свойств почвы под действием МП происходило на фоне одной подкормки минеральным азотом (N<sub>50</sub>) во втором поле. Наиболее эффективными по оптимизации содержания элементов питания и гумуса в почве при выращивании *P. persica* были МП: Диазофит, Биополицид и КМП; *C. avium* — Диазофит, Фосфоэнтерин и КМП; *P. armeniaca* и *P. cerasifera* — Азотобактерин и КМП.

Полезная ассоциация растений с бактериями приводила к улучшению потребления элементов питания плодовыми саженцами. В первом поле питомника Фосфоэнтерин улучшал питание сеянцев *P. dulcis* K<sub>2</sub>O, *C. mahaleb* — N и K<sub>2</sub>O, Диазофит повышал поглощение N растениями последней на 0,73% сухой массы листа (рисунок 9 А, Б). Наиболее значительные изменения в минеральном питании растений под действием МП происходили во втором поле питомника: увеличивалось содержание N и P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в листьях *P. persica* ‘Фаворита Мореттини’, N и особенно K<sub>2</sub>O в листьях *P. armeniaca* ‘Крымский

Амур’; наметилась тенденция к увеличению содержания N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O в листьях *P. cerasifera* ‘Обильная’ (рисунок 9 А, В, Г). В листьях *C. avium* ‘Валерий Чкалов’ не происходило значительных изменений в поглощении элементов питания под действием МП (рисунок 9 Б).

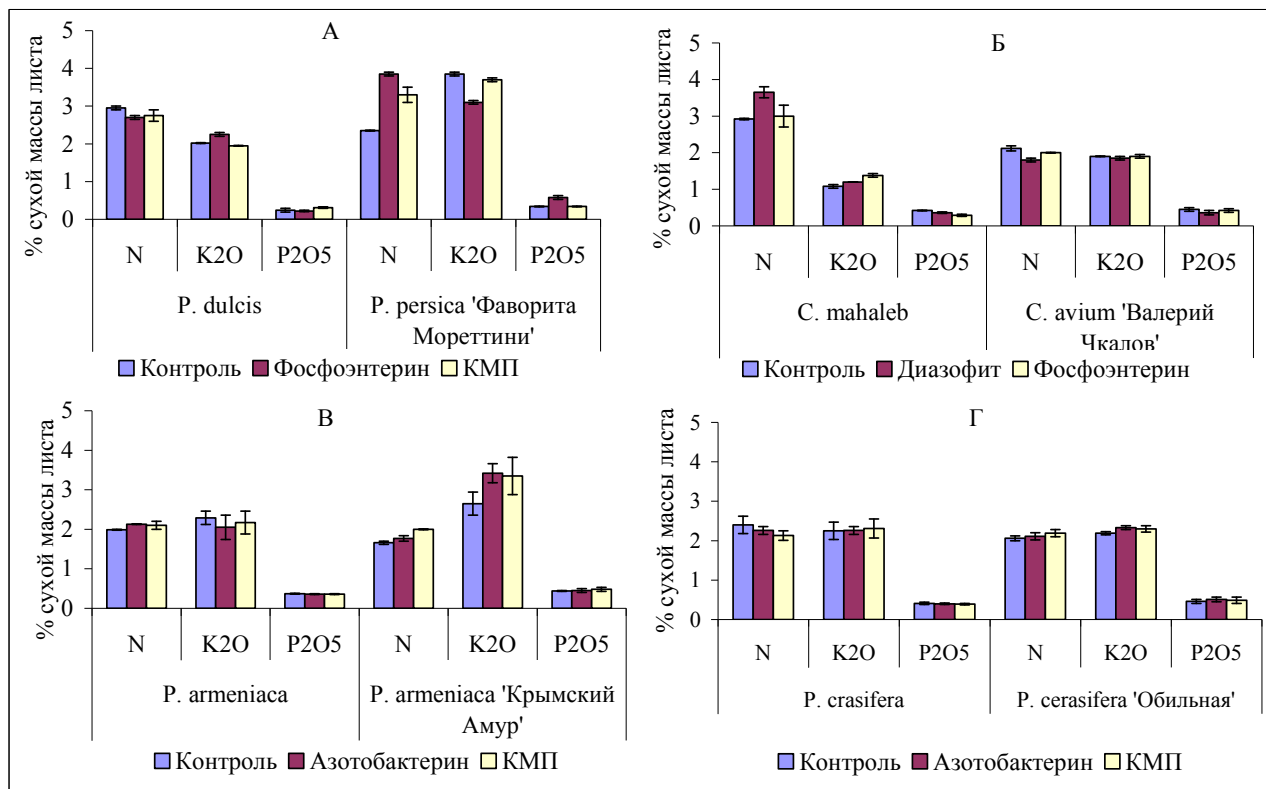


Рисунок 9 – Влияние микробных препаратов на минеральное питание сеянцев и саженцев плодовых растений

Известно, что генотипы имеют разную отзывчивость на инокуляцию полезными микроорганизмами, которая определяется различной способностью растения сохранять ассоциативные связи с бактериями в зависимости от условий возделывания и метаболической активности их корневой системы (Родынюк, 1991; Тихонович, Проворов, 2009). Впервые показано, что эффективность ассоциативного взаимодействия, выраженная в продуктивности агроценоза плодового питомника, была различной и зависела от сорта (рисунок 10). Деревья *C. avium* ‘Валерий Чкалов’ и *P. armeniaca* ‘Крымский Амур’ оказались наиболее восприимчивыми к ассоциации с интродуцированными бактериями, которая способствовала увеличению количества полученных стандартных саженцев на 17–45%. Растения *P. cerasifera* ‘Обильная’ и *P.*

*P. persica* 'Фаворита Мореттини' были менее чувствительными к этому приему, однако выход стандартного посадочного материала этих культур также повышался на 7–21% при применении МП и штамма ФМБ № 7.

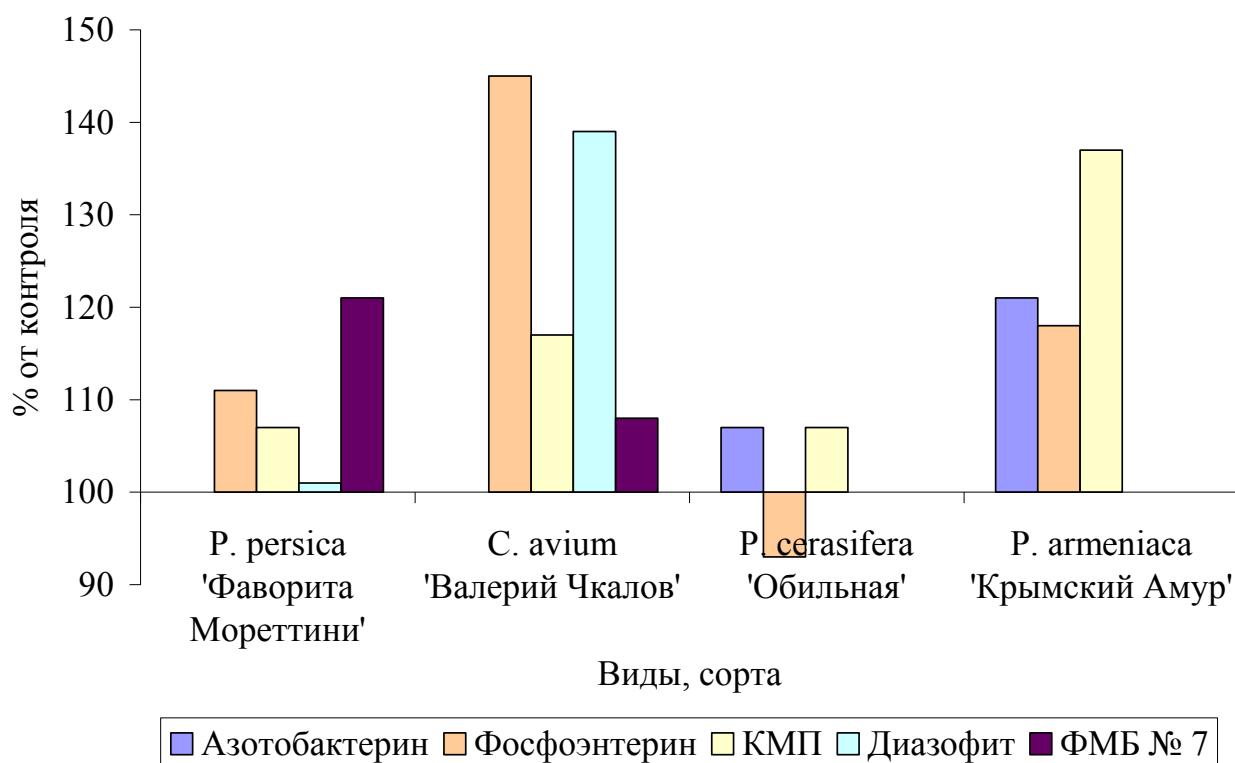


Рисунок 10 – Воздействие МП и штамма ФМБ № 7 на продуктивность агроценоза плодового питомника (число стандартных саженцев, % от контроля), среднее за 3 года

Лучшими для *P. persica* и *C. avium* по комплексу признаков, обеспечивающими улучшение питания растений и повышение плодородия почвы, являются Фосфоэнтерин и активный штамм ФМБ № 7, для *P. cerasifera* и *P. armeniaca* — Азотобактерин и КМП.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### Выводы

1. Сформулированы научные основы оптимизации садовых агроценозов степного Крыма, которые включают систему агроэкологических приемов рационального размещения, повышения адаптивности агроценозов, допустимые значения лимитирующих факторов экотопа, оценку устойчивости пород и сортов плодовых растений к кислотным осадкам и ощелачиванию почв,

а также повышение устойчивости и продуктивности агроценозов путем мелиорации, применения севооборота сидератов и микробных препаратов.

2. Установлено усиление подкисления атмосферных осадков в южной части Центрально-Крымской возвышенной пологоволнистой равнины в теплое время года до величин рН 3,7–4,0. Выявлено, что в этот период года подкисление определялось ростом концентрации иона  $\text{NO}_3^-$ , в холодный период — ионов  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{NO}_3^-$ .

3. Кислые атмосферные осадки с величиной рН  $\leq 4$  вызывают повреждение цветков, листовых пластинок, угнетение роста побегов, снижение продуктивности плодовых растений: *Prunus persica*, *P. armeniaca*, *P. cerasifera* и *P. domestica*. Характер повреждений и критическая величина повреждающего воздействия зависят от сорта плодовой культуры и состава дождя.

4. Установлено, что для сортов *P. persica* и *P. armeniaca* с ранним созреванием плодов ('Фаворита Мореттини', 'Приусадебный' и др.), наиболее чувствительных к КО, при остром кратковременном воздействии допустимой является величина кислотного дождя сульфатного состава с рН 4, нитратного — с рН 3; для более поздних и устойчивых сортов 'Докторский' и 'Крымский Амур' — рН 3, для сортов *P. cerasifera* и *P. domestica* ('Обильная', 'Стенлей' и др.) таким порогом является величина рН 2 при любом составе дождя.

5. Предложен показатель антиоксидантной активности (ПАОА) ткани листа, отражающий реакцию растения на кислотный стресс. На его основе разработана шкала устойчивости сортов и пород плодовых культур к кислотным осадкам, позволяющая осуществлять рациональное их размещение в районах с повышенным содержанием поллютантов в воздухе. По степени устойчивости к КО изученные виды растений составили следующий ряд: слива > алыча > абрикос > персик. Сорта, имеющие ПАОА ниже 100, отнесены в группу чувствительных и слабоустойчивых, выше 100 — к среднеустойчивым и устойчивым к КО. Среди сортов в пределах вида (персик, абрикос, слива) наименее устойчивыми были сорта раннего срока созревания.

6. Установлено, что одним из лимитирующих факторов размещения садовых агроценозов в степном Крыму является локальное ощелачивание почв при орошении пресными водами, содержащими соду и гидрокарбонаты натрия и магния. Выявлено, что в орошаемых почвах повышение токсической щелочности выше допустимого уровня наблюдалось на большей части обследованных массивов. Пригодными для создания садов яблони, персика и черешни, оказались лишь 18–54% черноземов южных (агрочерноземов сегрегационных), черноземов южных мицелярно-карбонатных (агрочерноземов миграционно-сегрегационных) на лессовидных породах и лугово-черноземных карбонатных плантажированных почв (агрочерноземов сегрегационных карбонатных квазиглеватых турбированных) на древнем глинистом аллювии.

7. Впервые установлены реально оптимальные (0,03–0,14 смоль(экв)/кг) и допустимые (0,14–0,40 смоль(экв)/кг) концентрации гидрокарбонатов натрия и магния в почве для *Prunus cerasifera*. Выявлены устойчивые к ощелачиванию почв сорта: 'Десертная', 'Оленька', 'Субхи Ранняя' и др.

8. Модифицированы способы и приемы применения фосфогипса и железного купороса для улучшения почв под садами степного Крыма, подверженными ощелачиванию. Внесение мелиорантов на поверхность почвы и на глубину 50 см в дозах 4–5 т/га способствовало усилению роста и увеличению продуктивности сортов *Prunus persica*, положительно воздействовало на свойства почв.

9. Установлено, что при введении севооборота озимых сидератов в садовый агроценоз *Malus domestica* в условиях пониженной водообеспеченности происходило ежегодное поступление в почву до 6 т/га сухой массы трав, улучшение структуры почвы и увеличение ее водопропускности, снижение плотности сложения, увеличение запасов продуктивной влаги, гумуса, нитратного азота и обменного калия. Это способствовало повышению продуктивности агроценоза *M. domestica* на 18%.

10. Показано, что обогащение микробного ценоза ризосферной почвы плодовых растений активными штаммами бактерий, входящих в микробные препараты, способствовало увеличению всхожести семян, зимостойкости глазков,

усилению роста, улучшению обеспеченности растений элементами питания, повышению качества саженцев без дополнительного внесения минеральных удобрений.

11. Выявлена специфичность видов плодовых растений к ассоциации с интродуцированными бактериями. По комплексу показателей отобраны следующие микробные препараты и фосфатмобилизующие бактерии, повышающие продуктивность плодового питомника на 7–45%: Фосфоэнтерин и штамм ФМБ № 7 (*Bacillus subtilis* БИМ В-443 Д) — для *Prunus persica* и *Cerasus avium*; Азотобактерин и Комплекс микробных препаратов, состоящий из препаратов Диазофит, Фосфоэнтерин и Биополицид, — для *Prunus cerasifera* и *Prunus armeniaca*.

### **Рекомендации производству**

1. Для рационального размещения садовых агроценозов в районах с загрязнением воздуха кислотными осадками рекомендуется использовать разработанную нами шкалу относительной устойчивости плодовых растений для подбора наиболее адаптивных видов и сортов. В селекционном процессе для оценки устойчивости генотипа к кислотному стрессу на стадии гибридных семян рекомендуется использовать показатель антиоксидантной активности ткани листа.

2. Наиболее благоприятными почвами в степном Крыму в условиях ощелачивания и отсутствия других лимитирующих факторов для размещения садов яблони, персика и черешни, являются лугово-черноземные карбонатные (агрочерноземы сегрегационные карбонатные квазиглееватые), лугово-каштановые (агрокаштановые квазиглееватые) и каштаново-луговые слабосолонцеватые (агрогумусово-квазиглееватые слабосолонцеватые) почвы на лёссовидных породах. Не рекомендуется проведение плантажной вспашки на этих почвах перед закладкой сада, так как это способствует их ощелачиванию.

3. Если в почве содержание токсичных щелочных солей выше допустимого для плодовых культур, почву необходимо мелиорировать. Для мелиорации следует использовать фосфогипс и железный купорос в дозах, рассчитанных на полную нейтрализацию соды и гидрокарбонатов натрия и

магния в слое 0–150 см и снижение содержания обменного натрия до нетоксичных пределов.

4. С целью повышения устойчивости и продуктивности садового агроценоза в степном Крыму при недостаточном водообеспечении следует применять севооборот озимых сидератов с включением злаковых, бобовых, крестоцветных травянистых растений и смесей злаков с бобовыми травами. Это способствует сохранению влаги, улучшению физических и физико-химических свойств почвы, повышению плодородия, торможению процессов дегумификации, что приводит к повышению продуктивности зимних сортов яблони.

5. В агроценозе плодового питомника на черноземах южных (агрочерноземах сегрегационных) рекомендуется применение микробных препаратов и активных штаммов бактерий фосфатмобилизаторов для повышения всхожести семян и приживаемости сеянцев, улучшения питания растений, усиления их роста, увеличения выхода стандартного посадочного материала, повышения плодородия почвы на фоне низких норм минеральных удобрений. При выращивании саженцев *Prunus persica* и *Cerasus avium* наиболее эффективным будет применение Фосфоэнтерина и бактериального штамма ФМБ № 7, для *Prunus armeniaca* и *Prunus cerasifera* — Азотобактерина и Комплекса микробных препаратов.

#### **Перспективы дальнейшей разработки темы**

При дальнейших исследованиях негативного влияния загрязнения воздуха на плодовые растения необходимо изучить влияние кислотных осадков на семечковые плодовые культуры (яблоня, груша) в данном регионе, а также уделить внимание негативному воздействию повышенных концентраций озона и токсичных углеводов на плодовые растения.

При исследованиях в системе почва – плодовое растение перспективной будет разработка проблемы устойчивости новых сортов и сорто-подвойных комбинаций различных плодовых культур к ощелачиванию и другим неблагоприятным проявлениям антропогенного влияния на почвы. В садовом



агроценозе необходимо изучить обогащение биоразнообразия нижнего яруса агроценоза путем введения многолетних трав (сеянных и сеgetальных) и их сочетаний с применением микробных препаратов в условиях степного Крыма при дефиците атмосферных осадков и поливной воды и использовании новых адаптированных к данным условиям экологически устойчивых сортов плодовых культур.

Перспективным будет также изучение влияния активных штаммов микроорганизмов и микробных препаратов, созданных на их основе, в садовых агроценозах степного Крыма на повышение их устойчивости к биотическим и абиотическим стрессорам для получения стабильных и высоких урожаев плодов высокого качества при снижении химической нагрузки. Важным является вопрос воздействия вносимых с биопрепаратами бактерий на микробный ценоз почвы и его регулирование для улучшения питания, роста и биозащиты плодовых растений.

## **СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

### **Статьи в рецензируемых изданиях, рекомендуемых ВАК РФ**

1. Клименко, О.Е. Динамика солей кальция при ошелачивании орошаемых почв / О.Е. Клименко // Мелиорация и водное хозяйство. – 1991. – № 11. – С. 38–40.
2. Клименко, О.Е. Реакция растений персика на увеличение карбонатной щелочности в почве / О.Е. Клименко, Н.И. Клименко // Физиология и биохимия культурных растений. – 1997. – Т. 29. – № 6. – С. 455–460.
3. Клименко, О.Е. Кислотные осадки и рост персика / О.Е. Клименко, Н.И. Клименко // Питання біоіндикації та екології : міжвід. зб. наук. праць. – Запоріжжя, 1999. – Вип. 4. – С. 55–60.
4. Клименко, О.Е. Один з можливих шляхів оптимізації родючості ґрунтів в садовому агроценозі / О.Е. Клименко // Вісник ХДАУ. Сер. Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство і лісове господарство. – 2001. – № 5. – С. 112–114.
5. Клименко, О.Е. Вплив озимих сидератів на властивості чорнозему південного та продуктивність яблуні / О.Е. Клименко // Вісник аграрної науки. – 2002. – № 5. – С. 16–19.
6. Клименко, О.Е. Сидерати – шлях до оптимізації умов вирощування і підвищення продуктивності яблуні / О.Е. Клименко // Біологічні науки і проблеми рослинництва : зб. наук. праць Уманського держ. аграрного ун-ту. – Умань, 2003. – С. 907–912.
7. Клименко, О.Е. Использование сидератов в плодоносящем яблоневом саду на черноземах южных / О.Е. Клименко, Н.И. Клименко // Пути оптимизации экологических условий в садоводстве : тр. Гос. Никит. ботан. сада. – 2003. – Т. 121. – С. 153–167.
8. Клименко, О.Е. Повышение плодородия почвы в садовом агроценозе под воздействием сидератов / О.Е. Клименко, Н.И. Клименко // Вісник аграрної науки південного регіону. Сер. Сільськогосп. та біол. науки. – Одеса: СМІЛ, 2003. – Вип. 4. – С. 51–62.
9. Клименко, О.Е. Изменение элементов антиоксидантной системы растений персика как тест-фактор кислотного стресса / О.Е. Клименко, Н.И. Клименко, Т.А. Лацко // Проблемы

экологии и охраны природы техногенного региона : межведом. сб. науч. работ / Отв. ред. С.В. Беспалова. – Донецк : ДонНУ, 2004. – Вып. 4. – С. 163–168.

10. Клименко, О.Е. Оценка устойчивости сортов алычи к щелочным солям в почвах степного Крыма / О.Е. Клименко, Н.И. Клименко // Науч. тр. ЮФ «Крымский агротехнологический университет» НАУ. – 2006. – Вып. 96. – С. 141–145.

11. Клименко, О.Е. Влияние щелочности почвы на подвижность элементов питания растений / О.Е. Клименко, А.С. Иванова, Н.И. Клименко // Бюл. Гос. Никит. ботан. сада. – 2007. – Вып. 95. – С. 46–50.

12. Клименко, О.Е. Динаміка рухомого фосфору в чорноземі південному під сидератами в яблуневому саду / О.Е. Клименко // Садівництво : міжвід. темат. наук. зб. – К. : СПД «Жителев С.І.», 2008. – Вип. 61. – С. 238–244.

13. Клименко, О.Е. Зависимость степени подкисления атмосферных осадков от химического состава их примесей / О.Е. Клименко // Экологические проблемы садоводства и интродукции растений : тр. Гос. Никит. ботан. сада. – 2008. – Т. 130. – С. 76–82.

14. Клименко, О.Е. Воздействие микробных препаратов на рост и развитие плодовых саженцев / О.Е. Клименко, Н.И. Клименко, И.А. Каменева, Т.Д. Куликова // Сільськогосподарська мікробіологія: міжвід. темат. наук. зб. – Чернігів: Чернігівський АНТЕІ, 2008. – Вип. 8. – С. 90–103.

15. Клименко, О.Е. Использование фосфатмобилизующих и азотфиксирующих микроорганизмов для выращивания саженцев персика / О.Е. Клименко, Н.И. Клименко, Л.Е. Картыжова, З.М. Алещенкова, Е.А. Шестакова, А.Р. Акчурин // Агроэкологічний журнал. – 2009, червень (спеціальний випуск). – С. 136–139.

16. Клименко, О.Е. Определение относительной устойчивости сортов абрикоса к кислотному стрессу по показателю антиоксидантной активности ткани листа / О.Е. Клименко // Вісник ДДАУ. – 2012. – № 2. – С. 47–50.

17. Клименко, О.Е. Применение активных штаммов микроорганизмов при выращивании привитых саженцев персика / О.Е. Клименко, Н.И. Клименко, Л.Е. Картыжова, З.М. Алещенкова // Наук. праці ПФ НУБіП «КАТУ». – Симферополь, 2013. – Вип. 154. – С. 175–182.

18. Клименко, О.Е. Выращивание привитых саженцев алычи с использованием микробных препаратов / О.Е. Клименко // Наук. праці ПФ НУБіП «КАТУ». – Симферополь, 2014. – Вип. 161. – С. 96–101.

19. Харитонов, М.М. Визначення стійкості кісточкових рослин до кислотних дощів, обумовлених утворенням аерозолів / М.М. Харитонов, С.А. Станкевич, О.Є. Клименко, В.М. Хлопова // Вісн. Полтавської держ. аграрної акад. – 2014. – № 4. – С. 15–19.

20. Клименко, О.Е. Минеральное питание яблони (*Malus domestica* Borkh.) на различных подвоях в условиях ощелачивания почвы / О.Е. Клименко // Садівництво : міжвід. темат. наук. зб. – К., 2014. – Вип. 68. – С. 290–297.

### **Монографія**

21. Клименко, О.Е. Химический состав атмосферных осадков в степном Крыму и влияние его кислотообразующих компонентов на косточковые плодовые культуры / О.Е. Клименко. – К. : Освіта України, 2014. – 144 с.

### **Методические рекомендации**

22. Клименко, О.Е. Методические рекомендации по химической мелиорации почв с высокой щелочностью перед закладкой сада и в плодоносящем саду / О.Е. Клименко, В.Ф. Иванов. – Ялта, 1996. – 33 с.

23. Клименко, О.Е. Методические рекомендации по применению микробиологических препаратов в плодовом питомнике на южных черноземах Крыма / О.Е. Клименко, Н.И. Клименко, И.А. Каменева, В.Д. Боровик. – Ялта, 2011. – 19 с.

24. Клименко, О.Е. Методические рекомендации по использованию озимых сидератов в плодоносящих яблоневых садах / О.Е. Клименко. – Симферополь, 2014. – 16 с.

## Научные статьи в журналах, сборниках

25. Клименко, О.Е. Мелиорация почв, подверженных ощелачиванию при орошении сада / О.Е. Клименко // Перспективы отечественного садоводства : тез. докл. 2 респ. конф. мол. ученых и специал. – К., 1991. – С. 63–64.
26. Клименко, О.Е. Мелиорация почв, подверженных ощелачиванию, и продуктивность персика / О.Е. Клименко // Тез. допов. 4 з'їзду ґрунтознавцїв і агрохіміків України (Херсон, серпень 1994 г.). – Харків, 1994. – С. 156–157.
27. Клименко, О.Е. Рациональное использование почв, ограниченно пригодных под сады / О.Е. Клименко, Н.И. Клименко // Проблемы дендрологии, садоводства и цветоводства : тез. докл. междунар. конф. мол. ученых (Ялта, 25-27 сент. 1995). – Ялта, 1995. – С. 99.
28. Клименко, О.Е. Влияние сидерации в яблоневом саду на некоторые свойства чернозема южного / О.Е. Клименко // Ґрунти – екологія – продовольство: Агрохімія і ґрунтознавство : міжвід. темат. наук. зб. (спец. випуск до 5 з'їзду УТґА. Ровно, 6-10 липня 1998 р.). – Харків, 1998. – Ч. 3. – С. 150–152.
29. Клименко, О.Е. Изменения в состоянии и минеральном питании персика под воздействием искусственного кислотного дождя / О.Е. Клименко, Н.И. Клименко // Экологические проблемы садоводства : тез. докл. конф. стран содружества (Ялта, 15-16 окт. 1998 г.). – Ялта, 1998. – С. 17–19.
30. Клименко, О.Е. Кислотные осадки и рост персика / О.Е. Клименко, Н.И. Клименко // Питання біоіндикації та екології : тези доп. міжнар. конф. (Запоріжжя, 21-24 вер. 1998 г.). – Запоріжжя, 1998. – С. 96.
31. Klymenko, O.E. Monitoring the effects of air pollution on fruit plants / O.E. Klymenko, M.I. Klymenko // Abstr. 5<sup>th</sup> Int. Sympos. and Exhibit. on Envir. Contam. in Central and Eastern Europe (Prague, 12-14 Sept. 2000). – Prague, 2000. – P. 130.
32. Klymenko, O.E. The change of the peach tree mineral nutrition in condition of air pollution / O.E. Klymenko, N.I. Klymenko // Sustainable use of land and water : abstr. 19<sup>th</sup> European Regional Conf. of ICID, 4-8 June 2001. – Brno and Prague, Czech Republic. – 2001. – P. 104.
33. Klymenko, O.E. The influence of acid stress on the antioxidant system of peach plant / O.E. Klymenko, N.I. Klymenko // Plant and Environmental Stress : proc. Int. Symp. (Moscow, 23-28 Okt. 2001). – Moscow: Publ. House of Peoples' Friendship Univ. of Russia, 2001. – P. 131.
34. Klymenko, O.E. Nutrient concentrations in leaves of peach trees subjected to acid rain / O.E. Klymenko, M.I. Klymenko // Plant Nutrition: Food security and sustainability of agro-ecosystems through basic and applied research: Developments in Plant and Soil Sciences / ed. by Horst, W.J. (et al.). – Dordrecht, Boston, London : Kluwer Academic Publishers, 2001. – V. 92. – P. 926-927.
35. Klymenko, O.E. Attempt of using peach plant antioxidant system elements changes as a test-factors of acid stress / O.E. Klymenko, M.I. Klymenko // Long term air pollution effect on forest Ecosystems : abstr. 20<sup>th</sup> Intern. Meeting for Specialists in Air Pollution Effects on forest Ecosystems (Zvolen, Aug. 30 – Sept. 1, 2002). – Zvolen : FRI, Slovak Republic. – P. 155.
36. Клименко, О.Е. Воздействие сидератов на пищевой режим почвы в яблоневом саду / О.Е. Клименко // Ґрунтознавство та агрохімія на шляху до сталого розвитку України : Агрохімія і ґрунтознавство : міжвід. темат. наук. зб. (спец. випуск до 6 з'їзду УТґА, Умань, 1-5 лип. 2002 р.). – Харків, 2002. – Кн. 3. – С. 218-220.
37. Клименко, О.Е. Мониторинг состояния воздушной среды и оценка ее воздействия на плодовые растения / О.Е. Клименко, Н.И. Клименко // Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон : материалы междунар. науч. конф. (С-Петербург, 15-17 окт. 2002 г.). – СПб : РГГМУ, 2002. – С. 77.
38. Klymenko, O.E. Loss of calcium from soil by the irrigation and alkalization / O.E. Klymenko, N.I. Klymenko // New trends in water and Environmental Engineering for Safety and Life: Eco-compatible Solution for Aquatic Environments : proc. 2<sup>nd</sup> Intern. conf. (Capri, 24-28 June 2002). – Capri (Italy), 2002.
39. Клименко, О.Е. Последствия длительного содержания почвы в междурядьях сада под черным паром на черноземе южном / О.Е. Клименко, А.С. Иванова // Устойчивость почв к

естественным и антропогенным воздействиям : тез. докл. всеросс. конф. (Москва, 24-25 апреля 2002 г.). – М. : Почв. институт им. Докучаева, 2002. – С. 301.

40. Klymenko, O.E. Acid precipitation and peach tree growth / O.E. Klymenko, M.I. Klymenko : proc. 2<sup>th</sup> Symposium on Plant Helth in Urban Horticulture (Berlin, 27-29 Aug. 2003) / ed. by H. Balder, K.-H. Strauch, G.F. Backhaus // Mitt. Biol. Bundesanst Land-Forstwirtschaft. – Hamburg, 2003. – № 394. – P. 190–192.

41. Klymenko, O.E. Modeling of acid rain content and its effect on the bearing capacity of peach trees / O.E. Klymenko, M.I. Klymenko // Proc. 6<sup>th</sup> Int. Sympos. and Exhibit. on Envir. Contam. in Central and Eastern Europe (Prague, 1-4 Sept. 2003). – Prague, 2003. – P. 233.

42. Klymenko, O.E. Peach plant antioxidant system elements changes as a test factor of acid stress / O.E. Klymenko, M.I. Klymenko, T.A. Latsko // Промислова ботаніка: стан та перспективи розвитку : матер. IV міжнар конф. (Донецьк, 17-19 вер. 2003 р.). – Донецьк : ТОВ «Лебідь», 2003. – С. 75–77.

43. Клименко, О.Е. Слежение за составом химических примесей в атмосферных осадках вблизи больших массивов плодовых насаждений в степном Крыму / О.Е. Клименко, Н.И. Клименко // Оптимизация экологических условий в садоводстве : матер. 3 междунар. уауч.-практ. конф. (Ялта, май 2004 г.). – Ялта, 2004. – С. 48–51.

44. Клименко, О.Е. Состав атмосферных осадков и воздействие его кислотных компонентов на растения персика / О.Е. Клименко, Н.И. Клименко / Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон : матер. междунар. научной конф. (С-Петербург, 15-17 октября 2002 г.). – СПб : РГМУ, 2004. – С. 23–27.

45. Klymenko, O.E. The comparative estimation of apricot varieties to acid stress / O.E. Klymenko, M.I. Klymenko, V.M. Gorina // Abstr. 13<sup>th</sup> Intern. symp. on apricot breeding and culture (Murcia, 13-17 June 2005). – Murcia (Spain), 2005. – P. 32.

46. Klymenko, M. Ambient precipitation long time monitoring in the south of Ukraine / M. Klymenko, O. Klymenko // Acid rain 2005 : abstr. 7th Intern. Conf. on Acid Deposition / ed. by I. Hunova et al. (Prague, 12-17 June, 2005). – Prague : Czech Hydrometeorological institute, 2005. – P. 227.

47. Klymenko, O. Acid rains and fruit plants / O. Klymenko, M. Klymenko // Acid rain 2005: abstr. 7<sup>th</sup> International Conference on Acid Deposition / ed. by I. Hunova et al. (Prague, 12-17 June, 2005). – Prague: Czech Hydrometeorological institute, 2005. – P. 302.

48. Клименко, О.Е. Изменение подвижности некоторых биогенных элементов при ощелачивании почвы и минеральное питание персика / О.Е. Клименко // Грунти — основа доброти, державна турбота кожного : Агрохімія і ґрунтознавство : міжвід. темат. наук. зб. (спец. вип. до 7 з'їзду УТГА, Київ, липень 2006 р.). – Харків, 2006. – Кн. 2. – С. 243–245.

49. Клименко, О.Е. Воздействие кислотных осадков на плодовые растения / О.Е. Клименко, Н.И. Клименко // Промислова ботаніка: стан і перспективи розвитку : матер. 5 міжнар. наук. конф. (Донецьк, 24-26 вересня 2007 р.). – Донецьк, 2007. – С. 206–208.

50. Клименко, О.Е. Определение относительной устойчивости сортов абрикоса к кислотному стрессу по показателю антиоксидантной активности ткани листа / О.Е. Клименко, Н.И. Клименко, В.М. Горина // Теоретические и прикладные аспекты интродукции растений как перспективного направления развития науки и народного хозяйства : матер. междунар. научн. конф., посвящ. 75-летию со дня образ. ЦБС НАН Беларуси (Минск, 12-15 июня 2007 г.). – Минск: «Эдит ВВ», 2007. – Т. 2. – С. 125–127.

51. Akchurin, A.R. Application of biofertilizers at a fruit nursery / A.R. Akchurin, O.E. Klymenko, M.I. Klymenko // S.P. Kostychev and contemporary agricultural microbiology: abstr. Intern. conf. (Yalta, 8–12 Oct., 2007). – Chernihiv : CSTEI, 2007. – P. 101.

52. Klymenko, O. Search of ecological ways preservation and increasing of soil fertility / O. Klymenko, M. Klymenko, G. Rusina, A. Akchurin, V. Kosulina, N. Klymenko // Soil – Society – Environment : abstr. Eurosoil2008 (Vienna, 25-29 Aug., 2008). – Vienna, 2008. – P. 277.

53. Клименко, О.Е. Довготривалий моніторинг хімічного складу атмосферних опадів в степовому Криму та моделювання ступеня їх підкислення / О.Є. Клименко, М.І. Клименко, В.В. Висоцький, В.І. Косуліна // Значення та перспективи стаціонарних досліджень для збереження біорізноманіття : матер. міжнар. наук. конф., присв. 50-річчю функціонування високогірного біологічного стаціонару „Пожижевська” (Львів, Пожижевська, 23-27 вересня 2008 р.). – Львів, 2008. – С. 181–182.
54. Клименко, О.Є. Вплив кислотних опадів на плодіві культури / О.Є. Клименко, М.І. Клименко, В.М. Горіна // Донецький вісн. наук. тов.ар. ім. Шевченка. – 2008. – Т. 20. – С. 208–215.
55. Картыжова, Л.Е. Технология выращивания саженцев персика с использованием ризобактерий и арбускулярных микоризных грибов / Л.Е. Картыжова, З.М. Алещенкова, Е.А. Соловьева, О.Е. Клименко, Н.И. Клименко / Инновационные технологии в питомниководстве : матер. межд. науч.-практ. конф. (Самохваловичи, 15 июня – 31 июля 2009 г.) / РУП «Ин-т плодоводства» ; редкол.: В.А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2009. – С. 50–54.
56. Klymenko, O. Cultivation of sweet cherry (*Cerasus avium* (L.) Moench) seedlings with using of phosphate-mobilizing microorganisms / O. Klymenko, M. Klymenko, L. Kartyzhova, Z. Alechenkova // Agronomy Research (Special Issue III). – 2010. – № 8. – P. 633–636.
57. Клименко, О.Є. Підвищення ефективної родючості ґрунту в плодівому розсаднику при застосуванні мікробіологічних препаратів / О.Є. Клименко, М.І. Клименко, І.О. Каменева, В.Д. Боровік, В.М. Мережко, С.А. Попова // Ґрунт – основа життя. – К. : Держрідючість, 2010. – С. 106–109.
58. Клименко, О.Е. Изменения в минеральном питании персика при кислотном стрессе / О.Е. Клименко, Н.И. Клименко, И.В. Конюшко // Інтродукція рослин, збереження та збагачення біорізноманіття в ботанічних садах і дендропарках : матер. міжнар. наук. конф., присв. 75-річчю заснув. нац. бот. саду ім. М.М. Гришка НАН України (Київ, 15–17 вересня 2010 р.). – К. : Фітосоціоцентр, 2010. – С. 489–491.
59. Клименко, О.Е. Воздействие различных микробных препаратов и активных штаммов микроорганизмов на рост и состояние сеянцев миндаля / О.Е. Клименко, Н.И. Клименко, И.А. Каменева, З.М. Алещенкова, Л.Е. Картыжова // Промислова ботаніка: стан та перспективи розвитку : матер. 6 міжнар. наук. конф. (Донецьк, 4-7 жов. 2010 р.). – Донецьк, 2010. – С. 225–227
60. Klymenko, O. Using of plant antioxidant system elements changes as a test-factor of acid stress / O. Klymenko, M. Klymenko, T. Latsko, A. Akchurin // Science and technology for Environmental Protection : proc. 20<sup>th</sup> SETAC Europe Annual Meeting (Seville 23–27 May 2010). – Seville (Spain), 2010. – P. 118.
61. Клименко, О.Е. Сидераты в междурядьях сада – путь к повышению плодородия почвы / О.Е. Клименко, Н.И. Клименко, А.Р. Акчурин // Ресурсный потенциал почв – основа продовольственной и экологической безопасности России : матер. междунар. научн. конф., посв. 165-летию со дня рожд. В.В. Докучаева / под ред. Б.Ф. Апарина (С-Петербург, 1-4 марта 2011 г.). – СПб. : Изд. Дом С-Петербургского гос. ун-та., 2011. – С. 201–202.
62. Клименко, О.Е. Эффективность применения биопрепаратов при выращивании привитых саженцев персика и черешни / О.Е. Клименко, Н.И. Клименко, И.А. Каменева // Бюл. центра науч. обеспечения агропромышленного производства АР Крым. – 2011. – № 8. – 8 с.
63. Клименко, О.Е. Моніторинг хімічного складу атмосферних опадів на півдні України і тенденції його змінення у часі / О.Є. Клименко, М.І. Клименко, Г.Ф. Бенескриптова, Н.М. Клименко // Старовинні парки і ботанічні сади — наукові центри збереження біорізноманіття рослин та охорони історико-культурної спадщини : матер. міжнар. наук. конф., присв. 215-річ. заснування нац. дендрол. парку «Софіївка» НАН України. – Умань: «Сочинський», 2011. – С. 228–229.

64. Klymenko, O.E. Acidification of atmospheric precipitation in the south of Ukraine / O.E. Klymenko, M.I. Klymenko, I.V. Konushko // Acid rain 2011 : abstr. 8<sup>th</sup> Intern. Conf. on Acid Deposition (Beijing, 16-18 June, 2011). — Beijing, 2011. — P. 169–170.
65. Klymenko, M.I. Pollution of atmospheric precipitation and predict of their acidification in steppe Crimea (Ukraine) / M.I. Klymenko, O.E. Klymenko, A.R. Akchurin // Acid rain 2011 : abstr. 8<sup>th</sup> Intern. Conf. on Acid Deposition (Beijing, 16-18 June, 2011). — Beijing, 2011. — P. 112–113.
66. Клименко, О.Е. Изменения в минеральном питании саженцев персика и черешни при использовании микробиологических препаратов / О.Е. Клименко, Н.И. Клименко, Т.А. Лацко, Л.А. Лукичева, И.А. Каменева // Досягнення і перспективи розвитку селекції, вирощування і використання плодкових культур : матер. міжнар. наук. конф., присв. 200-річчю Нікітського ботан. саду. — Ялта, 2011. — С. 152–154.
67. Клименко, О.Е. Определение относительной устойчивости плодовых растений к кислотной составляющей атмосферных осадков / О.Е. Клименко // Інтродукція, селекція та захист рослин : матер. 3 міжнар. наук. конф. (Донецьк, 25-28 вересня 2012 р.). — Донецьк, 2012. — С. 62–64.
68. Klymenko, O. Ecological aspects of nitrogen fixing bacteria application in a fruit nursery / O. Klymenko, M. Klymenko, I. Kameneva, N. Klymenko, Nad. Klymenko // Abstr. 13<sup>th</sup> Sympos. on Biological Nitrogen Fixation with Non-Legumes (Munich 6-7 Sept. 2012). — Munich, 2012. — P. 53.
69. Клименко, О.Е. Применение биопрепаратов при выращивании привитых саженцев абрикоса / О.Е. Клименко, Н.И. Клименко, И.А. Каменева // Актуальные проблемы интенсификации плодового хозяйства в современных условиях : матер. межд. научн. конф., посв. 90-летию со дня рожд. д.с.-х. наук А.С. Девятова и к.б.н. В.Н. Балобина (Самохваловичи, 19-23 авг. 2013 г.). — Самохваловичи, 2013. — С. 311–315.
70. Klymenko, O. Ecologization of fruit crops grafted seedlings growing / O. Klymenko, M. Klymenko, I. Kameneva, N. Klymenko // Acta Hort. — 2014. — V. 1032. — P. 125–132.
71. Клименко, О.Е. Эффективность применения микробных препаратов в плодовом питомнике / О.Е. Клименко, Н.И. Клименко, И.А. Каменева // Охорона ґрунтів — основа сталого розвитку України : Агрохімія і ґрунтознавство (Спец. вип. до ІХ з'їзду УТГА, Миколаїв, 30 черв. — 4 лип. 2014 р.). Кн. 3. Охорона ґрунтів від ерозії і техногенного забруднення, рекультивация, агрохімія, біологія ґрунтів. — Харків : ТОВ «Смуґаста типографія», 2014. — С. 288–289.
72. Клименко, О.Е. Воздействие биопрепаратов на эффективное плодородие почвы и минеральное питания саженцев абрикоса и алычи / О.Е. Клименко, Н.И. Клименко, И.А. Каменева // Сільськогосподарська мікробіологія. — 2015. — Вип. 21. — С. 31–38.
73. Клименко, О.Е. Влияние химической мелиорации почв на свойства почвы и продуктивность деревьев персика / О.Е. Клименко // Вісник ДДАЕУ. — 2015. — № 2. — С. 16–20.

#### **Патент на изобретение**

74. Патент на изобретение № 19961 Способ обработки семян и корневой системы сеянцев плодовых культур. Заяв. № 20121556, приоритет 13.11.2012, выдан 07.12.2015. Картыжова Л.Е, Алещенкова З.М, Клименко О.Е., Клименко Н.И.