ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ЦВЕТОВОДСТВА И СУБТРОПИЧЕСКИХ КУЛЬТУР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК

На правах рукописи

СТРУКОВА Дарья Викторовна

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ БУРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ АГРОЦЕНОЗОВ ЧАЯ, ПЕРСИКА, ФУНДУКА ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ РОССИИ

Специальность 06.01.04 – агрохимия

Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук

Научный руководитель:

доктор биологических наук, доцент,

Малюкова Людмила Степановна

СОДЕРЖАНИЕ

| Глава 1. Литературный обзор 11 1.1. Природно-климатические условия района исследований 11 1.2. Эколого-биологические и технологические особенности возделывания хозяйственно значимых субтропических и южных плодовых культур (чай, фундук, персик) 19 1.3. Биологическая активность почв агроценозов 35 Глава 2. Объекты и методы исследований 49 |
|--|
| 1.2. Эколого-биологические и технологические особенности возделывания хозяйственно значимых субтропических и южных плодовых культур (чай, фундук, персик) |
| возделывания хозяйственно значимых субтропических и южных плодовых культур (чай, фундук, персик) |
| плодовых культур (чай, фундук, персик) 19 1.3. Биологическая активность почв агроценозов 35 Глава 2. Объекты и методы исследований 49 |
| 1.3. Биологическая активность почв агроценозов 35 Глава 2. Объекты и методы исследований 49 |
| Глава 2. Объекты и методы исследований |
| |
| |
| РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ |
| Глава 3. Агрохимические свойства бурых лесных почв при длительном |
| возделывании различных агроценозов |
| 3.1. Бурые лесные кислые почвы. 59 |
| 3.2. Бурые лесные слабоненасыщенные почвы |
| Глава 4. Биологическая активность бурых лесных почв при длительном |
| возделывании различных агроценозов |
| 4.1. Активность почвенных ферментов |
| 4.1.1. Инвертаза |
| 4.1.2. Уреаза |
| 4.1.3. Фосфатаза |
| 4.1.4. Каталаза |
| 4.2. Целлюлозолитическая активность |
| 4.3. Функциональное разнообразие микробного сообщества |
| Глава 5. Влияние длительного применения различных видов и доз |
| минеральных удобрений на комплекс показателей биологической |
| активности бурых лесных кислых почв на примере культуры чая 90 |
| ВЫВОДЫ |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 1 |

ВВЕДЕНИЕ

Природно-климатические условия Черноморского побережья г. Сочи с обилием тепла, влаги, разнообразием почв позволяют возделывать здесь растения, произрастающие только в субтропической зоне: чай, фундук, субтропические плодовые (хурма, фейхоа и др.), цитрусовые, благородный и многие другие, продовольственные и лекарственные культуры. При этом с учетом происхождения и экологического оптимума произрастания субтропических и южных плодовых культур, многие из которых являются интродуцированными, условия данного региона не оптимальны (невысокая обеспеченность почв питательными элементами, периодические заморозки, вызывающие подмерзание растений, летние засухи и др.), что требует применения комплекса агротехнических и агрохимических приемов для их успешного возделывания (Герасимов, 1951; Бушин, 1971; Культура..., 1989; Махно, Хахо, 1989; Туов, 1997; Козин, 2000, 2005; Беседина, 2004; Малюкова, 2013).

Так, в связи с высокой потребностью и отзывчивостью чайного растения внесение питательных элементов (NPK), эффективная на технология возделывания этой культуры сопровождается применением повышенных доз минеральных удобрений, длительное воздействие которых приводит к агрогенной трансформации почв (Баджелидзе, 1957; Бушин, 1971; Саришвили, 1974; Голетиани, 1976; Культура..., 1989; Мчелидзе, 1990; Аргунова, Бушин, 1992; Козин и др., 1992; Малюкова, 1997; Добежина, 1998; Беседина, 2004а; Владыченский и др., 2007; Козлова, 2008; Малюкова и др., 1999, 2008; Козлова, Малюкова, 2007, 2009). Возделывание персика в связи с высокой поражаемостью его комплексом болезней и вредителей наряду с применением минеральных удобрений сопровождается интенсивным применением химических средств защиты (5–8 обработок за вегетационный период) (Загайный и др., 1968; Ряднова, 1974; Осташёва, 2004; Янушевская и др., 2004). Фундук, являясь наиболее адаптированным растением к внешним условиям 30НЫ, тэжом длительно произрастать на маломощных, низкопродуктивных почвах, в меньшей степени подвергается воздействию вредителей и болезней. Тем не менее, эффективное его возделывание возможно только при высокой агротехнике: применение минеральных удобрений, система содержание почвы, выполнение мероприятий по защите растений (Махно, 1993, 2004). Экологическая ситуация в агроэкосистемах осложняется тем, ЧТО ограниченности пригодных также из-за сельскохозяйственного использования земельных ресурсов на Черноморском побережье России, вызванной сложным рельефом зоны, вертикальной зональностью, мелкоконтурностью земельных участков, ротация культур практически отсутствует, что приводит к увеличению агрохимической нагрузки на почвы. Культура может возделываться на одном месте длительное время (50 и более лет), в течение которого применяются минеральные удобрения и средства защиты растений, которые необходимы для получения высоких стабильных урожаев продукции высшей категории качества.

То есть, в целом промышленное возделывание субтропических и Черноморского побережья РΦ КИНЖО плодовых культур зоне сопровождается существенной агрогенной нагрузкой на почвы и ландшафты, трансформации почв (изменению что приводит агрохимических, физических, биологических свойств), снижению уровня их плодородия и биопродуктивности. В этих условиях требуется наиболее детальная оценка состояния почв, степени её агрогенной трансформации для разработки технологий обоснованных применения экологически минеральных удобрений и средств защиты растений, поиска новых приемов регулирования продуктивности агробиоценозов и реабилитации почв. При достаточно детальной изученности физических, физико-химических и химических показателей, характеризующих трансформационные процессы (изменение кислотно-основных и агрофизических свойств; макро- и микроэлементного состава, гумусного состояния), имеющие при место возделывании

субтропических и южных плодовых культур (Лоскутникова и др., 1981; Малюкова, 1997; Малюкова и др., 1999; Беседина, 2004а, б; Козлова, 2008, Козлова и др., 2008), изменения биологического состояния почв агроценозов зоны Черноморского побережья России изучались значительно реже. При этом общеизвестно, что адекватное понимание функционирования почвы при изучении процессов почвообразования, деградации почвенного покрова, а также оценке агрогенной трансформации почв возможно всестороннем исследовании особенностей почвенной биоты. Для каждого типа почв формируется характерное сообщество микроорганизмов, на которое в условиях агробиоценоза оказывают влияние не только природные факторы, но и агротехнические приемы, такие как механическая обработка почвы, применение удобрений и химических средств защиты, а также возделываемая культура. Под их воздействием происходит перегруппировка и сукцессия микрофлоры, флуктуация ее численности и биомассы, изменение характера и интенсивности биохимических процессов (Звягинцев, 1987; Микроорганизмы..., 1989; Минеев и др., 1999; Мотузова, Безуглова, 2007). Именно биологическое состояние почв, с одной стороны, чувствительным индикатором нарушений, произошедших в антропогенноизмененных почвах, с другой стороны, показателем способности почв к реабилитации, что также может служить универсальными индикаторами состояния почв при экологическом мониторинге (Деградация..., 2002; Горленко, Кожевин, 2005).

Для выявления общих и специфических черт ответной реакции почвенного микробоценоза на антропогенную деградацию почв используют широкий спектр показателей: сокращение видового разнообразия, изменение структуры микробоценоза, изменение функциональных показателей активности микробоценоза – «дыхания», интенсивности азотфиксации, ферментативной (Anderson, Domsch, активности ПОЧВ И др. 1978; Евдокимова, 1982; Хазиев, 1990; Гузев, Левин, 1991; Ворожбет, 2002; Казеев и др., 2003, 2004; Полянская, Звягинцев, 2005; Попович, 2005; Попова, 2005;

Izquierdo и др., 2005; Джанаев и др., 2007; Мотузова, Безуглова, 2007; Дурихина, 2007; Джанаев, 2008; Завьялова и др., 2008; Минеев и др., 2008; Терещенко, Бубина, 2009). Надежным индикатором нарушения состояния почв, снижения ее биологической активности под влиянием агрогенного воздействия, как показали многочисленные многолетние исследования, является активность почвенных ферментов (Купревич, Щербакова, 1966; Козлов, 1966; Галстян, 1974, Григорян, 1990; Хазиев, 1990; Хазиев, Гулько, 1991; Dick et al., 1992; Деградация..., 2002; Speir, Ross, 2002; Мотузова, Безуглова, 2007). В последние годы широкое применение в экологическом почвенном мониторинге приобрели современные методы, одним из наиболее перспективных представляется метод мультисубстратного тестирования (Деградация..., 2002; Горленко, Кожевин, 2005; Марченко, 2008; Ильбулова, Семенова, 2009), где в качестве тест-объекта используется не отдельный организм, а целое микробное сообщество почв. Этот метод позволяет оценить функциональное разнообразие микробного сообщества и поэтому рассматривается как комплексный многофакторный параметр, обусловленный в основном правильным функционированием почвенной биоты (Деградация..., 2002).

Биологическая активность естественных и агрогенных почв зоны Черноморского побережья России изучена в меньшей степени по сравнению с другими их характеристиками. Имеются отдельные работы по изучению ферментативной активности почв садовых агроценозов (Казеев и др., 2002), в том числе и наши (Струкова, 2008; Струкова, Малюкова, 2009; и др.). Проводились исследования изучению влияния пестицидов ПО ферментативную и дыхательную активность почв (Беседина и др., 2008, 2009; Янушевская, 2009); ПО изучению особенностей ризосферного микробоценоза культур чая, персика, фундука (Рогожина, Малюкова, 2009, 2010а, б; Рогожина, 2010, 2011). При этом практически отсутствовало изучение ряда других аспектов биологической активности почв агроценозов, сопряжённых с определением допустимой нагрузки для почвенного

микробного сообщества, c оценкой экологической безопасности эффективности применяемых агротехнических приемов, ДЛЯ возделываемой культуры, так и для среды обитания. Требовалось также детальное изучение комплекса традиционных и современных функциональное разнообразие микробных сообществ) (например, показателей биологической активности почв, с целью выделения наиболее чувствительных к загрязнению почв садовых агроценозов агрохимикатами, универсальных, а также наиболее технологичных, информативных, удобных для использования при практическом экспресс анализе мониторинге природных объектов. Вопрос диагностического использования определенного показателя или комплекса показателей биологического состояния почвы при конкретном виде нарушений также остается открытым и требует дополнительного изучения.

Цель исследований: Изучить влияние длительного применения минеральных удобрений на биологическую активность бурых лесных почв чайных плантаций и садовых агроценозов Черноморского побережья г. Сочи по комплексу показателей.

Задачи исследований:

- 1. Изучить биологическую активность (ферментативная активность, биоразнообразие микробного сообщества) основных подтипов бурых лесных почв естественных ценозов по генетическим горизонтам.
- 2. Оценить по комплексу показателей биологическую активность почв садовых агроценозов (фундук, персик) и чайных плантаций при длительном применении минеральных удобрений по горизонтам профиля.
- 3. Исследовать сезонную динамику биологической активности изучаемых почв в верхнем слое, наиболее подверженном агрогенному воздействию в садовых агроценозах.
- 4. Изучить влияние различных видов и доз минеральных удобрений на биологическую активность бурых лесных почв (на примере чайных плантаций).

5. Выделить наиболее информативные показатели биологической активности для мониторинга состояния бурых лесных почв в условиях агрогенного воздействия.

Научная новизна. Впервые в зоне Черноморского побережья России изучена биологическая активность бурых лесных кислых и бурых лесных слабоненасыщенных почв различных агроценозов (чая, персика, фундука) по комплексу функциональных показателей. Показаны характер и интенсивность изменения биологической активности бурой лесной почвы при длительном сельскохозяйственном использовании с применением различных видов и доз минеральных удобрений. Выделены наиболее информативные показатели биологической активности почв, максимально отражающие состояние бурых лесных почв и агроэкосистемы в целом.

Практическая значимость. Проведенные исследования биологической активности почв и оценка информативности полученных показателей позволят использовать самые результативные из них в диагностике состояния бурых лесных почв Черноморского побережья агроценозов чая, персика, фундука и других садовых агроценозов по степени агрогенных изменений. Учет этого состояния почв при разработке ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур обеспечит рост эффективности использования биологического потенциала почв, а также экологическую безопасность применяемых агротехнических приемов, как для агроценоза, так и для агроэкосистемы в целом.

Связь темы диссертации с плановыми исследованиями. Исследования проводились в рамках тематического плана ГНУ ВНИИЦиСК Россельхозакадемии (2006–2011 гг.).

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Длительное применение минеральных удобрений в садовых агроценозах Черноморского побережья России является фактором, нарушающим систему агрохимических и биологических свойств бурых

лесных почв. На фоне существенной ацидизации почв и снижения содержания гумуса уменьшается потенциальная активность ферментов, участвующих в углеводном обмене, окислительно-восстановительных реакциях.

- 2. Азотные удобрения в дозах более 200 кг/га д.в. в наибольшей сравнению cфосфорными И калийными удобрениями степени ПО ингибировали ферментативную активность бурых лесных почв И существенно снижали показатели функционального биоразнообразия микробоценоза.
- 3. Функциональные показатели биоразнообразия микробного сообщества являются наиболее чувствительными и информативными показателями, позволяющими оценить характер, направленность и интенсивность агрогенных нарушений в бурых лесных почвах.

Апробация работы. Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались в ходе отчетных сессий на заседаниях Ученого ГНУ ВНИИЦиСК экспертно-методических совета И групп Россельхозакадемии; на международной научной конференции «Биоресурсы, биотехнологии, экологически безопасное развитие регионов юга России» (Сочи, 2007); на 44-й международной научной конференции «Комплексное применение средств химизации в адаптивно-ландшафтном земледелии» (Москва, 2010); на IV всероссийской научно-практической конференции «Научное обеспечение агропромышленного комплекса» (Краснодар, 2010); на международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы плодоводства и декоративного садоводства в начале XXI века» (Сочи, 2014).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 15 работ, из которых 3 статьи – в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объем диссертации. Представленная работа изложена на 128 страницах машинописного текста, содержит 10 таблиц, 15 рисунков; состоит из введения, литературного обзора, описания объектов и методов исследований, трех глав экспериментальных результатов, выводов, списка

литературы (включает 235 источника, в том числе 27 на иностранных языках) и приложений.

Диссертационная работа выполнена в лаборатории агрохимии и ВНИИЦиСК Российской ГНУ почвоведения Академии сельскохозяйственных наук (г. Сочи) ПОД руководством доктора биологических наук, ведущего научного сотрудника Л.С. Малюковой, выражает глубокую благодарность. Автор благодарит которой автор заведующую лабораторией агрохимии И почвоведения, кандидата биологических наук Н.В. Козлову и сотрудников лаборатории за поддержку и помощь, оказанную в процессе выполнения лабораторных и полевых исследований.

Глава 1. Литературный обзор

1.1. Природно-климатические условия района исследований

Климатические особенности. Прибрежная полоса Черноморского побережья Сочи расположена пределах Средиземноморской Γ. В климатической области, характеризующейся субтропическим климатом, который под воздействием орографического фактора (высотные отметки Главного Кавказского хребта от 1800 до 3000 м н. у. м.) переходит от сухих влажным (Селянинов, 1961). Климат субтропиков К этой области нескольких определяется сочетанием факторов: во-первых, морским бассейном, него смягчающее влияние; во-вторых, оказывающим на защитным действием высокого Кавказского хребта, препятствующего проникновению на побережье, холодных северо-восточных ветров, что в целом обуславливает теплую осень и сравнительно мягкую зиму. По данным А.С. Мосияш (1971) средняя годовая температура на уровне моря находится в пределах 12,9-14,1 °C, средняя температура самых теплых месяцев июля и августа около 23 °C, максимум может достигать 38–39 °C. Температуры воздуха двух самых холодных месяцев (январь-февраль) близки между собой по побережью и составляют 3,8–5,9 °C, абсолютный минимум (за 100 летний период) зафиксирован на уровне -14 °C. По мере повышения местности над уровнем моря, климат становится холоднее (на каждые 100 м высоты температура уменьшается на 0,5-0,9 °C), возрастают величины зимних отрицательных температур, вегетационный период сокращается. Годовое количество осадков увеличивается в направлении от севера к югу, а так же от берега моря в сторону гор. Эти особенности позволяют рассматривать климат этой зоны переходным к субтропическому.

В зоне выпадает большое количество осадков, в среднем около 1500 мм в год. Однако распределение их в течение года неравномерное. За вегетационный период (апрель-сентябрь) выпадает менее половины осадков,

наибольшее количество дождей (до 60 %) выпадает в осенне-зимний период, самый засушливый на побережье период май-июль. В летние и осенние месяцы осадки часто носят ливневый характер. Несмотря на большую годовую сумму осадков, засухи весной и летом здесь довольно обычны — не реже, чем раз в десять лет наблюдаются длительные засушливые периоды (более 40 дней).

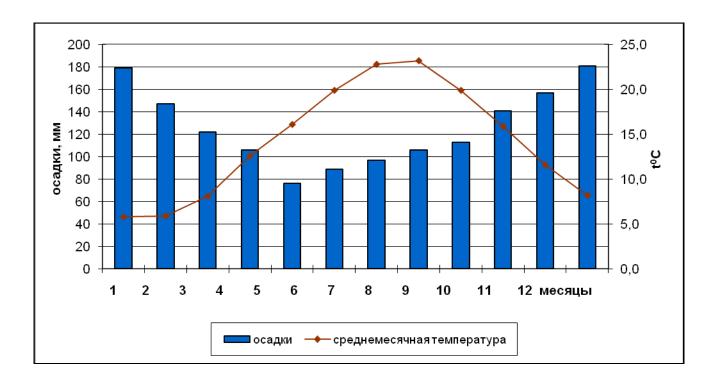


Рис. 1. Климадиаграмма зоны влажных субтропиков России по средним многолетним данным СГМС за период 1900–2010 гг.

Горная и предгорная части резко различаются по природным условиям. В целом А.С. Мосияш (1971) выделяет несколько вертикальных зон:

1. Прибрежная зона — от 0 до 200 м над уровнем моря (н.у.м.), характеризуется мягкой зимой (средняя температура января 6 °С), частыми и иногда продолжительными засухами в летний период и годовой суммой тепла свыше 5000 °С. Она включает в себя зону морских террас высотой 60—100 м н.у.м, характеризующуюся типично морским теплым и влажным климатом, благоприятным для произрастания различных субтропических культур. Среднегодовая температура воздуха здесь около 14 °С,

минимальные температуры доходят до -6 °C и лишь в отдельные годы до -13 °C; годовое количество осадков колеблется от 1250 до 1500 мм.

- 2. Предгорная зона от 200 до 600 м н.у.м, имеет более низкие зимние температуры (в среднем на 2 °C), более влажное и прохладное лето.
- 3. Среднегорная зона от 600 до 1000 м н.у.м Лето не жаркое, зима умеренно холодная. Морозы зимой достигают 20 °C, средняя температура января 0 °C.
- 4. Высокогорная и альпийская зоны выше 1000 и 1700 м н.у.м. соответственно, имеют продолжительную зиму с устойчивым снежным покровом, короткий летний период, малую сумму тепла и дождливое лето.

Рельеф. По характеру рельефа район исследований может быть разделен на две части: холмистую предгорную и собственно низкогорную (Дубровин, Кочетов, 1971). Первая представляет собой равновысокую, наклонную в сторону моря и к северо-западу поверхность высотой 500-600 м, расчлененную гидрографической сетью на ряд субмеридиональных хребтов, спускающихся к морю. Местами эта поверхность нарушается отдельно возвышающимися массивами (горы Сахарная Головка, Ахун, Мосья, Шейетх и др.). Первичная поверхность своим происхождением обязана древнеабразионной деятельности морского бассейна, а современный рельеф создан активными денудационными процессами (линейная эрозия, плоскостной смыв, оползневые процессы). Характерной особенностью рельефа является значительное эрозионное расчленение. Для рассматриваемой территории характерны крутизной 10°, однако на интервал 10-20° также приходится значительная часть территории предгорий, а склоны менее 10° приурочены к области развития песчано-глинистых толщ олигоцена. Прибрежно-Черноморская зона простирается узкой полосой по берегу Черного моря, вытянута вдоль южного склона Кавказского хребта от Анапы до границы с Абхазией. Рельеф здесь резкопересеченный. Большую часть зоны занимают возвышенности, не превышающие 200 м над уровнем моря (Апостолов, 1931; Вязовский, 1938).

С южного склона Кавказских гор круто спускаются к морю ряд горных рек: Туапсинка, Сочинка, Мацеста, Кудепста, Мзымта и др. Мощным фактором, влияющим на процессы почвообразования, являются горные породы, служащие исходным материалом для образования почв.

Почвообразующие породы. Вся поверхность территории Сочинского, Адлерского, Лазаревского и Туапсинского районов, согласно И.И. Галактионову (1947), в основном слагается из четырех главнейших геологических образований, непосредственно влияющих на формирование почв этих районов:

- 1. Наиболее распространены серые, зеленоватые и розоватые мергеля, среди массы которых часто можно наблюдать выходы гряд, сложенных плотными белыми и розоватыми известняками. Распространение этих отложений, относимых геологами к верхнему мелу, приурочено к отрогам главного Кавказского хребта.
- 2. Следующая значительная группа отложений это серые мергелистые (известковые) глиномощные пласты, перемежающиеся с серыми известковыми песчаниками эоценовые глины и песчаники.
- 3. Между первой группой отложений с севера и второй с юга залегает полоса мощных перемежающихся пластов палево-желто-бурых мелко-сланцевых глин и желтых песчаников, лишенных извести, имеющих кислую реакцию и носящих в геологии название нижне-меловых отложений.
- 4. Вся приморская равнина и плоская терраса, поднимающаяся над равниной и заходящая в устье долин рек, покрыта, так называемыми, четвертичными или постплиоценовыми отложениями кислых, вязких, тяжелых глин сизо-ржавого мраморовидного цвета, слабо пропускающих через себя воду.

Коренные геологические породы в зоне предгорий с широким развитием террас представлены преимущественно глинистыми сланцами (аргиллитами), песчаниками нижне-, среднеюрского и нижнемелового периодов (Бушин, 1971). Элюво-делювий этих пород, сложенный желто-

бурыми ненасыщенными глинами составляет основную почвообразующую породу. Мощность его относительно небольшая и редко превышает 1,5–2,0 м, только у основания склонов при выполаживании рельефа мощность делювиального шлейфа возрастает до 3-5 м. Механический состав этих глинистый, при ЭТОМ содержание физической пород глины гранулометрическом составе может колебаться в широких пределах (62–96 %), что связано с различной долей песчаника, преобладающими фракциями являются илистая и мелкопылеватая, составляющие от 27 до 65 %. Чаще им свойственна кислая реакция среды (рН_{сол} 3,7-4,2), высокая гидролитическая кислотность (до 29 мг–экв / 100 г) и низкая степень насыщенности основаниями (18-81)%), встречаются НО И карбонатные породы (Лоскутникова и др., 1981).

Растительность. На территории исследуемого района находится около 282 тысяч гектаров леса и кустарников, составляющих его ценнейшее богатство. Растительный покров чрезвычайным здесь отличается разнообразием. Число видов и форм растений, произрастающих на Черноморском побережье г. Сочи, превышает 3000 названий. Леса начинаются от берега моря и поднимаются в горы до 1600–1800 м над уровнем где сменяются высокогорными субальпийскими моря, альпийскими лугами, пустошами и скалами. Основными лесообразующими породами являются бук, дуб, каштан, пихта, граб, ольха. Небольшие площади занимают ясень, осина, береза, самшит, клен, сосна, липа, тополь. Довольно много в лесах груши, яблони, черешни, ореха грецкого, алычи, кизила, лещины, боярышника, шиповника, еживики, малины, черники, смородины. Все же наибольшее распространение имеют древостои с преобладанием бука (до 41 %).

В настоящее время естественная растительность сильно изменена в результате вырубки сплошных массивов лесов и последующего освоения этих площадей под строительство и сельхозугодья. В регионе качественно и количественно изменился характер биологического круговорота веществ.

Влияние хозяйственной деятельности человека сильно меняет почвенногеохимические условия миграции и перераспределения элементов в системе почва-растение. Нарушение естественных фитоценозов – существенный фактор, влияющий на формирование почв и их эволюцию, что связано с принципиальным изменением характера биологического круговорота Сущность приспособления биоценозов веществ. лесных состоит накоплении и удержании необходимых ему элементов-органогенов не в почве, из которой легко идет вымывание, а в более надежном хранилище биомассе, и, следовательно, биологический круговорот элементов в лесах имеет тенденцию приближаться к автономному, более или менее замкнутому типу (Пономарева, 1972; Вальков, 1977). В отличие от этого, круговорот веществ в агроэкосистемах характеризуется разомкнутым циклом, что связано как с отчуждением определенного набора элементов с урожаем, так и с их внесением с удобрениями.

Почвенный покров зоны Черноморского побережья отличается значительной пестрой, обусловленной разнообразием почвообразующих пород, сильной изрезанностью рельефа, обилием осадков, разнообразием растительности. Следуя вертикальной зональности, смена почвенного покрова имеет определенную закономерность: желтоземы с высотой сменяются буроземами и выше — горно-луговыми почвами. Здесь (исключая высокогорные области) распространены следующие основные типы почв: бурые лесные; дерново-карбонатные; желтоземы; аллювиальные (Бушин, 1971). В пределах каждой почвенной зоны, существует большое различие почв по содержанию органических веществ, механическому составу, насыщенности карбонатами, реакции почвенного раствора, плодородию.

По данным крупномасштабного почвенного обследования 1982 года, приведенным в работе Т.Д. Бесединой (2004а), в структуре почвенного покрова сельхозугодий зоны Черноморского побережья г. Сочи бурые лесные почвы (кислые оподзоленные, кислые, слабоненасыщенные, слабоненасыщенные остаточно-карбонатные) занимали более 50 % всех

земель (19367 га), дерново-карбонатные -12.9 %, желтоземы и подзолистожелтоземные почвы -5.9 %, аллювиальные -22.3 %.

Буроземы, являющиеся самыми распространенными почвами в почвенном покрове Кавказа, на Черноморском побережье занимают средневысокие и высокие горы до 1200–1800 м н.у.м., при этом нижняя граница опускается до 50–400 м (Козин, 2005). Согласно Классификации и диагностике почв СССР (1977) тип Бурые лесные почвы (буроземы) делится на подтипы: кислые грубогумусные; кислые грубогумусные; кислые грубогумусные; кислые слабоненасыщенные оподзоленные.

Развитие буроземов происходит на породах различного гранулометрического состава и генезиса под широколиственными, хвойношироколиственными, а также хвойными лесами, с богатым и интенсивным биологическим круговоротом веществ. Для развития буроземов характерно преобладание атмосферных осадков над испарением, обеспечивающее глубокое (сезонное) промачивание почвы, промывной водный режим, при этом, обязателен свободный внутрипочвенный дренаж, с чем связано преимущественное распространение буроземов на горных склонах. Не слишком длительное сезонное промерзание (или его полное отсутствие) обеспечивает достаточную интенсивность выветривания и вторичного минералообразования (Вальков, 1977; Классификация..., 1977; Розанов, 1977; Почвоведение, 1988).

Основные характерные признаки буроземов (бурых лесных почв) (Герасимов, 1951; Вальков, 1977; Классификация..., 1977; Розанов, 1977; Почвоведение, 1988; Козлова, 2008):

- Строение буроземного профиля в типичном выражении $-A-B_t-C$ с постепенными переходами между горизонтами $(A_0-A_0A_1-A_1-AB-B_t-BC-C)$;

- Слабая дифференциация почвенного профиля на генетические горизонты, сравнительно равномерный и однотонный (за исключением гумусового горизонта) бурый или коричневато-бурый цвет, определяемый содержанием и составом гумуса (с преобладанием фульвокислот и бурых гуминовых кислот), а так же прокрашиванием оксидами железа;
- Отсутствие явно выраженных признаков элювиально-иллювиальной дифференциации профиля (и соответственно элювиальных и иллювиальных горизонтов);
- Кислая или слабокислая реакция и ненасыщенность основаниями всего профиля или верхней его части;
- Регрессивно-аккумулятивный гумусовый профиль при различном содержании гумуса (от 3–4 до 10–12 %) в горизонте А преобладание фульвокислот во всех генетических горизонтах;
- Сиаллитное метаморфическое оглинивание всей толщи профиля, охваченной почвообразованием, преимущественно развивающееся в средней части профиля и ведущее как правило к формированию глинистометаморфического горизонта B_t (иногда четко не диагностируемого);
- Умеренное ожелезнение почвенного профиля; накопление несиликатных (оксалатнорастворимых по Тамму и свободных по Мера и Джексону) подвижных соединений железа в верхней части профиля; большая доля соединений железа, связанных с гумусом;
- Биогенная аккумуляция элементов в гумусовом горизонте, в первую очередь Са и Мg; высокое абсолютное содержание и относительно слабый вынос обменных Са и Мg по профилю почвы по сравнению с почвообразующей породой;
- Высокая оструктуренность, порозность, влагоемкость и хорошая водопроницаемость, обеспечивающая нормальный внутрипочвенный дренаж.

Таким образом, буроземы (бурые лесные почвы) — относительно молодые профильно-недифференцированные (по элювиально-илювиальному типу) кислые или слабокислые почвы с интенсивным внутрипочвенным

метаморфическим сиаллитным оглиниванием и умеренным ожелезнением, формирующиеся в гумидных условиях хорошо дренированных горных склонов или сильно расчлененных высоких равнин, при промывном водном разнообразных почвообразующих режиме, на породах, ПОЛ широколиственными, хвойно-широколиственными и хвойными лесами с богатым биологическим азотно-кальциевым круговоротом веществ; характеризующиеся благоприятными водно-физическими свойствами.

1.2. Эколого-биологические и технологические особенности возделывания хозяйственно значимых субтропических и южных плодовых культур (чай, фундук, персик)

Климатические особенности Черноморского побережья г. Сочи, наряду с другими природными факторами позволяют довольно успешно возделывать здесь ряд редких субтропических и южных плодовых культур – хурма, фейхоа, лавр благородный, азимина, гранат, унаби, и др. Основное промышленное значение имеют такие культуры, как чай, фундук, персик.

Чай. Чайное растение по современной ботанической классификации относится к порядку Верескоцветные (Ericales), семейству чайных (Theaceae), роду (Camellia), виду чай китайский (Camellia sinensis). Это вечнозеленое многолетнее растение, относящееся к группе ацидофильных растений, для которых характерна высокая потребность в кислотности почв. В связи с семенным его размножением существует большое количество его популяций и форм, культивируемых в различных регионах мира.

Чайная плантация представляет собой интенсивную многолетнюю монокультуру, возделываемую на постоянном месте 40–70 лет, с наиболее продуктивным периодом в 50–55 лет (Рындин, Туов, 2006). Закладка основных промышленных массивов чайных плантаций в России проведена в 50-е годы семенным материалом, завезенным из Грузии (с маточных растений чая грузинской популяции) и частично из Китая. В дальнейшем, в

связи с расширением площадей под культуру чая в Краснодарском крае, закладки начали проводить сортовым материалом (Грузинский № 6, Грузинский № 8, Колхида, Кимынь), который по урожайности на 30–50 % превосходил культивируемый чай грузинской популяции и потому отличался повышенной потребностью в элементах питания. В настоящее время промышленные посадки чая на Черноморском побережье России в основном представлены чаем грузинской популяции (возрастом более 60 лет), а также насаждениями чая местной популяции, полученной путем семенного размножения чая грузинской популяции, урожайность которых в среднем составляет 40–50 ц/га зеленого листа. Имеются площади чая (100 га), заложенные вегетативно размноженным чаем сорта Колхида интенсивного типа. По урожайности (70 – 90 ц/га для полновозрастной плантации) этот сорт на 50–60 % превосходит чай местной популяции (Малюкова и др., 2010).

Урожайность плантаций чая в условиях субтропической зоны РФ определяют следующие факторы: гидротермические условия, исходный уровень почвенного плодородия (в частности кислотность почв), биологический потенциал сорта, применяемая агротехника (Малюкова, 2009).

Зона традиционного промышленного возделывания чая называемый «чайный пояс» – находится между 10° с.ш. и 10° ю.ш. (Культура..., 1989). В настоящее время она распространилась далеко за эти пределы (до 30-40°), захватив и самые северные субтропики мира, расположенные на территории России, Грузии, Азербайджана. (41–44° с.ш.) (Культура..., 1989). По данным Г.И. Чхаидзе, А.Д. Микеладзе (1979) температурным барьером для начала и окончания вегетации чая является температура 10 °C, а наиболее активная физиологическая деятельность происходит при 17–27 °C. Оптимальная температура для успешного роста побегов находится в пределах 21-25 °C. Средняя годовая температура воздуха должна быть не менее 12,5 °C; средняя за вегетационный период – не ниже 18 °C, необходимая сумма активных температур для успешной вегетации чая составляет 3800-4500 °C. Длительность сезона сбора чайного листа в субтропиках России колеблется от 130 до 180 дней в зависимости от метеорологических условий года, при этом 28–40 % от годового сбора приходится на май (Бушин, 1975). Относительно высокая средняя температура зимы позволяет чайному кусту без заметного угнетения переносить период ростового покоя. Этот период назван условно ростовым покоем, поскольку, бутонизация, цветение и завязывание плодов у чая происходят в ноябре-декабре, а в теплые зимы – и в январе.

Чай, проявляя повышенное требование к теплу, в то же время обладает способностью приспосабливаться к разным температурным условиям. Г.Т. Гутиев и А.С. Мосияш (1977), М.К. Дараселия с соавт. (Культура..., 1989), наблюдали в условиях Краснодарского края зимы, когда под снеговым покровом при –20 °С чайные растения сохраняли листовой аппарат и в следующем году давали высокий урожай.

Осадки и влажность воздуха являются главными элементами климата, определяющие урожайность чая. Считается, что для нормального роста и развития культуры чая необходимо не менее 600 мм осадков за вегетационный период (Культура..., 1989), а среднесуточная относительная влажность воздуха, равная 80 % (при максимальном снижении в течение дня до 70 %) является граничной величиной, ниже которой затормаживается рост побегов чая (Бушин, 1975). Несмотря на то, что суммарное количество осадков в период активной вегетации чая (апрель-сентябрь) на побережье составляет в среднем 600–700 мм, их ливневый характер, неравномерное выпадение, периодические засухи определяют необходимость и высокую эффективность орошения чайных плантаций, позволяющее в среднем на 25–38 %, а в сильнозасушливые годы на 50–60 % увеличить их урожайность и улучшить качество сырья (Гвасалия и др., 1975).

Основная площадь насаждений чая (77 %) размещена на высоте 100–500 м над уровнем моря, на слабопокатых (5–10°) и покатых (10–15°) склонах (Беседина, 2004а; Беседина, Козин, 2007). Наиболее благоприятна для выращивания чая высота 100–300 метров н.у.м., выше 400 метров

урожайность плантаций снижается на 11–24 %, так как сумма положительных температур на этом уровне становится ниже 3 000 °C (Беседина, 2004а). Продуктивность чайных плантаций, расположенных на северо-западных и западных склонах на 13–21 % выше, чем в среднем по зоне (Беседина, Козин, 2007).

Широкий опыт по возделыванию чайных насаждений в Западной Грузии, Азербайджане, на Черноморском побережье Краснодарского края показывает, что высокий урожай чайного листа можно получить лишь на мощных, хорошо аэрируемых почвах, которые должны отвечать следующим основным требованиям: быть кислыми (рН водной суспензии в пределах 4,5-5,5) до глубины 70–80 см, поскольку чай, как указывают многие авторы (Thomas, 1941; Othieno, 1980), относится к кальциефобным растениям; оптимальная степень насыщенности основаниями 25–30 % (Козин и др., 1992); не иметь избытка влаги; обладать хорошей структурой и высокой водо- и воздухопроницаемостью, которые в большой степени зависят от механического состава почвы (Othieno, 1980). Всем этим требованиям отвечают бурые лесные почвы (кислые, оподзоленные), которые широко распространены в районе Кавказских гор, охватывая самые различные по высоте области. По данным Т.Д. Бесединой (2004а) на Черноморском побережье Большого Сочи имеется около 4400 га чаепригодных земель (обладающих сильнокислым pH, имеющие степень насыщенности основаниями ниже 48 %, с мощным профилем, размещенные на высоте 100-300 м над уровнем). Лучшими чаепригодными почвами являются бурые лесные кислые и кислые оподзоленные почвы и желтоземы ненасыщенные оподзоленные. Около 60 % чайных плантаций расположено на бурых лесных почвах, при этом, по данным картирования 1982 года, из 19367 га бурых лесных почв под культурой чая было занято 1448 га, т.е. всего около 7,5 % (Беседина, 2004а). Таким образом, бурые лесные почвы – основной резерв земель, пригодных для выращивания чая.

Несмотря на то, что бурые лесные почвы по целому ряду своих свойств требованиям удовлетворяют основным культуры чая, недостаточная обеспеченность основными питательными элементами (особенно азотом) невысокую биопродуктивность, поскольку специфика ИХ культуры заключается в регулярном (5–9 раз за сезон) отчуждением больших объемов биомассы с урожаем. При экстенсивной системе возделывания чая эти почвы обеспечивают урожайность в среднем на уровне 5-20 ц/га (Малюкова и др., 2007; Малюкова, 2013). В связи с этим комплекс агротехнических мероприятий при возделывании чая включает обязательное применение минеральных удобрений, особенно азотных. Так, полная доза удобрений для полновозрастной чайной плантации с урожайностью более 5 т/га составляет N350P150K150 (Методические..., 1977). Такие дозы рекомендуются для внесения на участках со средней обеспеченностью элементами почвенного питания. При очень низкой степени обеспеченности азотом дозу рекомендуют увеличить до 500 кг/га (с орошением). Система удобрений чайных плантаций складывается из основного внесения и подкормок. Азотные удобрения вносят в два приема: 60 % от полной дозы в виде сульфата аммония в марте и 40 % в виде подкормки аммиачной селитрой или мочевиной в июне. Перед зимней обработкой вносятся фосфорные и калийные удобрения. Лучшими формами удобрений для чая являются аммиачная селитра, сульфат аммония, мочевина, суперфосфат простой и двойной, калийная соль и хлористый калий, комбинированные удобрения. С ростом урожайности чайных плантаций и интенсивности применения минеральных удобрений возрастает необходимость внесения некоторых микроудобрений (Методические..., 1977; Цанава, 1985; Малюкова и др., 2010, 2012).

В общей системе агротехнических мероприятий подрезка чайных плантаций составляет важное звено, от которого в значительной степени зависит урожайность и качество чайного листа. Правильная подрезка способствует формированию удобной для сбора листа поверхности шпалер и

регулирует сроки проведения сборов чайного листа. Система ежегодной шпалерной подрезки отодвигает необходимость в тяжелой омолаживающей подрезке вплоть до 30 лет (Методические..., 1977).

При длительном возделывании культуры чая с применением высоких доз минеральных удобрений по данным разных исследователей в почве происходят существенные изменения её свойств: рост кислотности почв и связанное с этим уменьшение содержания обменных кальция и магния; повышение уровня обеспеченности ПОЧВ подвижными формами макроэлементов; рост подвижности ряда микроэлементов; рост содержания гумуса и изменение его качественных характеристик (Аргунова, Бушин, 1992; Малюкова, 1997; Добежина, 1998; Беседина, 2004а; Владыченский и др., 2007; Козлова, Малюкова, 2007, 2009; Козлова, 2008; Малюкова и др., 2008; Малюкова, 2013). Увеличение содержания гумуса в почве под чайными плантациями обусловлено большим количеством растительных остатков после ежегодных шпалерных подрезок (Беседина, 2004в; Владыченский и др., 2007).

Таким образом, чайная плантация — это монокультура, возделываемая на постоянном месте 40–70 лет и более. Её эффективное ведение при низкой обеспеченности почв питательными элементами требует ежегодного применения повышенных доз минеральных удобрений (особенно азотных), которые приводят к существенным изменениям комплекса свойств почв.

Фундук — многолетний листопадный субтропический кустарник, живущий свыше 150 лет, относится к семейству березовых, роду Corylus, виду Corylus pontica C. Растение фундука обладает мощной быстрорастущей корневой системой, которая хорошо предохраняет почву от смывов и эрозии. Размеры корневой системы зависят от физических и химических свойств почвы, возраста растений, приемов агротехники; основная масса корней у фундука сосредоточена в верхних почвенных горизонтах на глубине до 30 см.

В зависимости от сорта вегетационный период у фундука в условиях Черноморского побережья продолжается от 220 до 300 дней (Технология...,

1981; Махно, 1985). Фундук относится к теплолюбивым и влаголюбивым растениям. Для нормального вызревания орехов требуется вегетационный период с температурой выше 10 °C. Все виды фундука имеют короткий период покоя и весной начинают рано вегетировать, в феврале-марте уже происходит цветение. Морозостойкость фундука сравнительно высокая, совершенно без повреждения растения выносят температуру -20-25 0 C. Однако урожаев при таких температурах не бывает, т.к. тычиночные цветки фундука при снижении температуры до -5-7 °C погибают. Это в основном и ограничивает ареал возделывания культуры (Махно, Хахо, 1989). Период ростового покоя приходится на четыре поздне-осенних и зимних месяца, составляет 6-8 0 С. Однако которых температура приостановки всей жизнедеятельности растения не происходит: в период с декабря по март происходит опыление мужских соцветий (сережек) и цветение пестичных цветков, в середине марта происходит распускание листовых почек (Технология..., 1981).

В практике возделывания культуры фундука за основу принят вегетативный способ размножения и только для селекционных целей пользуются семенным размножением. К эксплуатации маточника фундука (получение саженцев) приступают с третьего года роста растений, когда достаточно развиты, растения имеют хорошую корневую систему, поросль в большом количестве, способную образовывать корневую используемую для получения саженцев. Это биологическая особенность растения фундука как геоксильного кустарника. Метод получения посадочного материала основан на методе вертикального отводкования перед вегетацией срезают почвы, ДО основания интенсивную порослеобразовательную способность. Ее используют в качестве исходного материала для получения саженцев. Полновозрастной плантация считается, когда насаждения достигнут 10–12-летнего возраста. Период наибольшей продуктивности наступает, примерно, с 12 лет, продолжительность его зависит от сорта, почвенно-климатических условий, способов ведения культуры и применяемой агротехники (Технология..., 1981).

Имея мощную поверхностную корневую систему, растения фундука могут расти на самых разнообразных лесных почвах, даже на маломощных и смытых (Козин, 2005). Однако для получения высоких и устойчивых урожаев им необходимы высокоплодородные, глубокие, легкие и умеренно-влажные почвы с залеганием грунтовых вод не ближе 1 метра от поверхности (Технология..., 1981; Воронцов, Штейман, 1982; Дараселия, Воронцов, 1986; Козин, 1994). По отношению к реакции почвы фундук хорошо растет и плодоносит как на кислых разностях с рН 4-6,5, так и карбонатных. В субтропических районах России фундук легко выдерживает засушливые периоды, отзываясь на них только замедлением или приостановкой вегетативного роста (Технология..., 1981). Лучшими почвами для закладки промышленных насаждений фундука являются мощные слабоненасыщенные бурые лесные, близкие к нейтральным по кислотности почвенного раствора, желтоземы, выщелоченные дерново-карбонатные и аллювиальные луговые почвы, расположенные от Геленджика до Адлера (Технология..., 1981; Козин, 2005).

Фундук — основная орехоплодная культура в Краснодарском крае, которая среди субтропических культур занимает особое положение. Фундук может успешно произрастать на склоновых участках 18–25°, а при полном задернении — на склонах до 30–35° (Воронцов, Штейман, 1982; Дараселия Воронцов, 1986; Козин, 2005), где не могут выращиваться другие культуры. При выращивании фундука используется значительно меньшее количество химических средств (удобрения, пестициды) по сравнению с другими плодовыми культурами.

Возделывание фундука на Черноморском побережье Краснодарского края до организации Сочинской опытной станции носило местный характер. С 1904 г. началась интродукция сортов фундука из Германии, стран Средиземноморья и Малой Азии. В 1990 году площади производства

фундука занимали 2201 га, валовой сбор ореха составлял 867 т при урожайности 5,6 ц/га. В 2006 году площадь составила 1814 га, валовой сбор ореха не превышал трехсот тонн при средней урожайности 1,8 ц/га. В настоящее время фундук на Черноморском побережье Краснодарского края занимает около 3 тыс. га; коллекция фундука насчитывает более 120 сортообразцов, основным промышленным сортом в регионе является «Черкесский-2», занимающий 98 % всех насаждений (Махно, 2004; Рындин, 2009; Рындин и др., 2009).

В связи с поверхностным расположением корневой системы растений фундука и с рациональным использованием освоенных земель насаждения фундука были размещены в основном на бурых лесных почвах различной скелетности и мощности, на которых урожайность культуры составила в среднем по зоне 6,8 ц/га (Беседина, 2004б).

Бурые лесные почвы и желтоземы, на которых настоящее время в основном размещены фундучные насаждения Черноморского побережья России, характеризуются небольшой мощностью почвенного профиля (40–60 см), от которой зависят запасы влаги и питательных веществ; низким содержанием гумуса (менее 3 %) и неблагоприятными агрофизическими показателями. В результате продуктивность насаждений фундука в кустовой форме в зоне достигает 4,5 ц/га орехов, а при штамбовой формировке растений сорта Черкесский-2 урожай достигал 3,4–8,1 ц/га. Тогда как при внесении минеральных удобрений в различных нормах и соотношениях в них азота, фосфора и калия на этих же почвах урожайность варьировала от 8,6 до 14,7 ц/га (Махно, 2004).

Достижение высоких и стабильных урожаев фундука 15–20 ц/га возможно только при внесении минеральных удобрений, мощного фактора воздействия на растения и почвы. Повышение урожайности возможно при оптимизации питания плодового растения не только в период вегетации, но и на протяжении жизни сада, учета воздействия климатических факторов на урожай, особенностей питания сорта и т.д. (Беседина, 2004б). Интенсивные

высокопродуктивные сорта нового поколения для формирования своего урожая требуют более высокое содержание питательных веществ в почве. Растения, обеспеченные питанием, менее подвержены стрессовым ситуациям климата и болезням, они экономно используют влагу, у них формируется корневая система значительно мощнее, чем у растений, выращиваемых на низко продуктивных почвах (Махно, 1985; Беседина, 2004б; Козин, 2005).

В связи с погодными условиями и периодичностью плодоношения фундука изменяется продуктивность его насаждений и их отзывчивость на внесение минеральных удобрений. Поскольку растения фундука имеют двухлетний цикл формирования генеративных органов, то уровень питания настоящего года отражается на урожайности последующего года, поэтому адекватной реакции культуры на нормы внесения удобрений следует ожидать через 2 года.

На фундучных плантациях применяют простые и комплексные минеральные удобрения. Из азотных удобрений – аммиачную селитру, мочевину, сульфат аммония. Предпочтение отдают мочевине, ввиду высокого содержания в ней действующего вещества и физиологической нейтральности; сульфат аммония, благодаря сильной физиологической кислотности, при систематическом применении сильно подкисляет почву. Это необходимо учитывать при возделывании фундука на кислых почвах. Из фосфорных удобрений применяют суперфосфат, преципитат, фосфоритную муку, фосфорсодержащие шлаки. Из калийных удобрений под фундук применяют хлористый калий, 30-40 % калийную соль и сульфат калия. Хлорсодержащие калийные удобрения вносят в осенне-зимний период, с тем, чтобы обеспечить максимальное вымывание из корнеобитаемого слоя почвы вредного для растения иона хлора (Технология..., 1981). Дозы простых, так и дозы комплексных удобрений дифференцируются в зависимости от возраста плантаций и должны увязываться с существующим почвенным плодородием (Технология..., 1981).

На почвах, среднеобеспеченных питательными элементами (NPK), простые, минеральные удобрения, как так И комплексные полновозрастных плантациях фундука рекомендуется вносить в дозе 120 кг д.в./га. Удобрения вносят в феврале и сентябре как всплошную, так и в приствольные круги, под горизонтальную проекцию кроны. На крутых склонах, с целью уменьшения потерь их желательно заделывать под мотыжение (Технология..., 1981). Т.Д. Бесединой (2004б) на основе многолетнего полевого опыта для бурой лесной слабоненасыщенной экономически целесообразная малогумусной почвы определена экологически безопасная доза минеральных удобрений для фундука штамбовой формировки – N240P80K80 кг д.в./га, урожайность орехов при которой достигает 13 ц/га.

Правильная система содержания почвы в насаждениях фундука во определяет продуктивность и долговечность плантации. МНОГОМ полновозрастных фундучных плантациях до смыкания крон фундука междурядья содержатся по паро-сидеральной, паро-дерновой системе или дерново-прегнойной системе в зависимости от крутизны склона. дальнейшем почву содержат под естественным задернением, с обработкой приствольных кругов ежегодным 2–3-кратным укосом трав И И последующим мульчированием (Технология..., 1981).

Для получения высоких и устойчивых урожаев фундука важное значение имеет система мероприятий по защите растений. Согласно многолетним исследованиям по фитосанитарному мониторингу (Загайный и др., 1968; Технология..., 1981) его повреждают 70 видов вредителей. Большого значения болезни не имеют, но в некоторые влажные годы приносят значительный ущерб листьям. В настоящее время на Черноморском побережье имеет хозяйственное значение 6 видов вредителей: фундучный усач, орешниковый почковый клещ, ореховый долгоносик, ольховый листогрыз, ложнощитовки (Рындин и др., 2009). Основные меры борьбы: агротехнические приемы (в т.ч. внесение удобрений и использование

устойчивых сортов), обрезка пораженных побегов, сбор и уничтожение опавших плодов, химические и биологические средства защиты растений (Технология..., 1981; Рындин и др., 2009).

Учитывая особенности технологии возделывания фундука, в которой минимизировано воздействие на почву (как механическое, так и химическое), в литературе имеется мало сведений о характере воздействия длительного возделывания этой культуры на почву. В работе Т.Д. Бесединой, (2004в) показано, что при многолетнем экстенсивном ведении культуры фундука (при нерегулярном внесении удобрений) в бурых лесных кислых почвах снижалось содержание гумуса и подвижных соединений азота, фосфора и калия. В рамках полевого многофакторного опыта с удобрениями этим же исследователем показано, что 10-летнее внесение удобрений в различных дозах и сочетаниях также существенно влияло на комплекс агрохимических свойств бурых лесных ненасыщенных почв: повышалась кислотность почв, увеличивалось содержание азота, фосфор и калия в зависимости от доз минеральных удобрений. Однако в целом показатели свойств бурых лесных почв и желтоземов под насаждениями фундука занимали промежуточное место между значениями соответствующих величин для почв под лесом и чаем, т.е. изменялись в том же направлении, но не столь значительно.

Таким образом, фундук – многолетняя орехоплодная культура (срок эксплуатации 30–35 лет, при штамбовой формировке «Татура» – 50 лет), широко распространенная на Черноморском побережье Краснодарского края (68 % площади от многолетних насаждений). Биологические особенности этой культуры позволяют с успехом возделывать её на крутых склонах и маломощных почвах при многолетнем задернении. При ведении культуры фундука используется минимальное количество агрохимических средств по сравнению с другими культурами, что обеспечивает незначительный характер изменения комплекса свойств почв под фундучными насаждениями.

Персик является одной из самых популярных южных плодовых культур, ценится за высокие пищевые, диетические и лечебные свойства

плодов. По рентабельности занимает первое место среди плодовых пород (Козин, 2005). Плодоносить дерево персика начинает со второго-третьего года после посадки и плодоношение может продолжаться до 20 лет (Ряднова, 1974). В результате многолетнего изучения отделом плодоводства НИИ цветоводства (сейчас ВНИИЦиСК) горного садоводства И ДЛЯ Черноморского побережья рекомендованы сорта персика: Красная горка (Рекомендации..., 1982). (Редхавен), Старт, Ветеран и др. разнообразие сортов разных сроков созревания дает возможность иметь зрелые плоды с июня по сентябрь.

Персик принадлежит к семейству розоцветных, роду персик (Persica Mill). Большинство культивируемых сортов принадлежит к виду персик обыкновенный (Persica Vulgaris Mill) (Ряднова, 1974).

Персик очень требовательная к почве и местоположению культура. Эта особая требовательность объясняется ее биологическими особенностями, и правильный выбор участка в значительной степени определяет судьбу закладываемого персикового сада. Весной культура начинает вегетировать при температуре воздуха 7-8 °C. Большинство сортов цветет чаще всего в первой половине апреля, почти все сорта персика самоопыляющиеся (Ряднова, 1974). Расчеты по сортам Старт и Редхавен в условиях Сочи показали: необходимая сумма положительных температур воздуха для созревания составляет 2290 ^{0}C (Козин, 2005). наступления относительно морозостойкая культура. По данным (Соколова, Соколов, 1973) персик выдерживает без повреждений морозы до -25-30 °C. При этом однои двухлетние побеги персика повреждаются при −22 ⁰C, поэтому в местах, где зимние температуры бывают более низкие, разведение персика в промышленных масштабах нецелесообразно (Рекомендации..., 1982).

В летний период для успешного роста персика необходимо достаточное количество тепла и влаги при высоком уровне минерального питания (Карпенчук, 1984). Сильный дефицит влаги приводит к предуборочному осыпанию плодов или своего рода мумификации, когда

плоды прекращают рост, не созревают и не осыпаются. Избыточное увлажнение почвы отрицательно влияет на персиковые деревья из-за недостатка аэрации почвы и ухудшения деятельности корневой системы, плоды получаются низкого качества. Оптимум влажности корнеобитаемого слоя составляет 75–80 % от ППВ, уровень грунтовых вод должен быть не выше 1,5 м, а в период затопления грунтовыми водами корнеобитаемого слоя не более 1,5 месяца (Рекомендации..., 1982).

Персик – одна из наиболее светолюбивых пород, и чашевидная формировка кроны обеспечивает наилучшее освещение всех ее частей (Глущенко, 1978; Козин и др., 2000).

Районами выращивания персика в субтропиках России являются центрально-черноморская и южная черноморская (от г. Геленжик до границ Абхазии) подзоны. Лучшим районом для персика по экологическим условиям на юге России является территория от г. Туапсе до реки Псоу. Персик возделывается на различных типах почв: аллювиальных луговых, дерново-карбонатных, бурых лесных насыщенных, желтоземах насыщенных. Бурые лесные кислые и оподзоленные почвы, желтоземы ограниченно пригодны под посадку персика, поскольку требуют обязательного известкования (Козин, 2005).

Персик, отличающийся некоторыми биологическими особенностями (плодоношение на приростах прошлого года, высокая побегообразовательная способность, отсутствие периодичности плодоношения), требует повышенного количества основных элементов питания, особенно в первой половине вегетационного периода. В это время происходит интенсивный рост побегов, увеличение площади листового аппарата, формирование урожая и закладка генеративных почек на приросте текущего года. Оптимальную обеспеченность деревьев персика азотом, фосфором и калием поддерживают путем внесения точно рассчитанных доз минеральных удобрений (Рекомендации..., 1982). Удобрение деревьев персика повышает их общую морозостойкость и усиливает рост, улучшает облиственность,

способствует обильной закладке цветковых почек и повышению урожайности. Удобрения вносят на всю площадь питания дерева. По И.М. Рядновой (1974) корни персика в возрасте 5 лет располагаются от штамба в радиусе 2,8–3 м.

В НИИ горного садоводства и цветоводства были разработаны средние дозы основных элементов питания для плодоносящих насаждений персика: N180Р90К130 кг/га (Рекомендации..., 1982), которые корректируются для каждого участка в зависимости от естественного уровня плодородия почвы. С учетом того, что почвы Черноморского побережья Большого Сочи характеризуются промывным водным режимом и значительными потерями азота в зимнее время в диагностике питания персика был разработан наиболее простой оперативный способ И контроля за уровнем обеспеченности листовой деревьев азотом диагностики. метод Оптимальным уровнем обеспеченности персиковых деревьев азотом считается такой, когда в середине вегетационного периода содержание его в листьях составляет 3,0-3,4 %. В этом случае весной следующего года вносят полную дозу азотного удобрения – 60 % до начала вегетации, и 40 % через 2– 3 недели после цветения (Рекомендации..., 1976, 1982).

В горных условиях Черноморского побережья, где большинство садов персика размещено на склонах, содержание почвы наряду с повышением плодородия должно обеспечивать ее защиту от эрозии (Козин, 2000, 2005). С учетом особенностей рельефа и возраста насаждений персика рекомендуются паро-сидеральная и паро-дерновая системы (Ряднова, 1974; Рекомендации..., 1982). Согласно этим рекомендациям сидераты высевают в сентябре – октябре, перед посевом вносят минеральные удобрения N30P60K60, с последующей заделкой при дисковании боронами. Сплошное многолетнее задернение (до 7 лет и более) рекомендуется только в зоне влажных субтропиков на особо эрозионно-опасных участках склонов крутизной более 15° (Рекомендации..., 1982). В садах, размещенных на склонах в 10–15° и особо эрозионно опасных участках, используется дерново-перегнойная

система содержания почвы, повышающая почвенное плодородие и обеспечивающая ее сохранение от смывов (Беседина, 1986).

Важным мероприятием ПО уходу за персиковыми садами, обеспечивающим получение полноценного урожая, является борьба с болезнями и вредителями. Ее проводят с помощью химических биологических средств защиты растений, разрешенных для применения в сельском хозяйстве. В связи с высокой поражаемостью культуры комплексом болезней и вредителей проводится 5-8 обработок за вегетационный период (Ряднова, 1974; Рекомендации..., 1982; Осташева, 2004; Янушевская и др., 2004). Основные болезни и вредители культуры персика: курчавость листьев, мучнистая роса, восточная плодожорка, дырчатая пятнистость, персиковая тля и др. Опрыскивания биопрепаратами и химикатами проводятся с января сентябрь. Обязательным также является обрезка и уничтожение пораженных побегов с начала их появления и до конца вегетации (Загайный и др., 1968; Рекомендации..., 1982).

При применении в насаждениях персика химических средств защиты от болезней и вредителей отмечается существенное загрязнение почвы остаточными количествами действующих веществ (Янушевская и др., 2004). Содержание этих веществ в почве колеблется от 1 до 5 ПДК, а многолетнее их применение на одном и том же участке вызывает эффект функциональной кумуляции с последующим снижением интенсивности почвенного самоочищения (Подгорная, 2007).

Снижение экологической устойчивости агробиоценоза при воздействии пестицидов также проявляется в угнетении функциональной активности почвенной биосреды, приводит что нарушению биотрансформации органических веществ, ухудшению питания растений (Попова, 2005; Янушевская, 2009). В исследованиях Э. Б. Янушевской (2009) ПО применению пестицидов в насаждениях персика показано, экотоксическое воздействие на почву оказывали делан, каратэ и нурелл; при применении скора и фундазола не обнаружено негативного влияния на биологическую активность почвы.

Таким образом, персик — одна из самых популярных южных плодовых культур, очень требовательная к почвенным условиям и местоположению, характеризуется высокой поражаемостью болезнями и вредителями. В связи с этим эффективное её выращивание требует высокого уровня агротехники (ежегодное внесение минеральных удобрений, 5—8 обработок пестицидами за сезон, механическая обработка почвы).

1.3. Биологическая активность почв агроценозов

Микробное сообщество ключевой компонент экосистем, обеспечивающий в наземных биогеоценозах возможность круговорота углерода, азота, фосфора и других элементов, определяет «здоровье почвы» (способность поддерживать агрономическую продуктивность, сохранять приемлемое качество воды и воздуха, а также обеспечивать здоровье людей, животных и растений), мощный биологический механизм, регулирующий и определяющий напряженность окислительно-восстановительных процессов, кислотно-основное равновесие и как следствие этого формирование органического вещества, рН, концентрации биофильных элементов (Руссель, 1977; Звягинцев, 1987; Биология..., 1989; Мотузова, Безуглова, 2007). Почвенные микроорганизмы являются обязательным компонентом любой агроэкосистемы, они обладают мощным ферментативным аппаратом, выполняют многообразные функции в круговороте веществ, обеспечивая стабильное функционирование экосистем (Микроорганизмы..., Микроорганизмы выполняют также широкий круг адаптивно значимых для растений функций – питание, регуляция развития, выживание в стрессовых условиях, биоконтроль патогенов (Широких, 2007).

В условиях агробиоценоза наряду с природными факторами почвенное микробное сообщество испытывает мощное влияние агрогенных

воздействий, таких как механическая обработка почвы, применение удобрений и средств защиты растений, а также многолетнее ведение монокультуры.

В целом, в процессе изменения микробного сообщества в результате действия какого-либо фактора можно выделить четыре стадии: 1) адаптивная (низкий уровень нагрузки) – состав и организация сообщества практически неизменны, меняется только численность активно функционирующего сообщества; 2) стресс (средний уровень нагрузки) – происходит резкое перераспределение популяций по степени доминирования, тогда как состав сообщества может не отличаться от контрольного; 3) резистентность (высокий уровень нагрузки) – изменение состава микробного сообщества: его видовое разнообразие резко сокращается из-за гибели большинства организмов, свойственных контрольной почве, а преимущественное развитие получают устойчивые к данному фактору популяции; 4) репрессия дальнейшее увеличение нагрузки приводит к практически полному подавлению роста и развития каких-либо микроорганизмов в почве (Гузев, Левин 1991). Допустимой нормой нагрузки на микробную систему принято считать ту, которая не выводит систему из зоны гомеостаза, где микробное сообщество является устойчивой и стабильной системой. При дальнейшем увеличении нагрузки характерные качественные изменения в сообществе закрепляются и могут сохраняться длительное время, несмотря прекращение воздействия и восстановление исходных условий окружающей среды. Система переходит в другое устойчивое состояние, переставая выполнять ряд свойственных ей функций. Чем выше уровень нагрузки, тем дольше время релаксации системы, тем больше новая структура будет отличаться от старой (Микроорганизмы..., 1989; Горленко, Кожевин, 2005).

При поступлении в почву нового вещества – поллютанта его действие может быть двояким в зависимости от типа соединения и концентрации. Если субстратный эффект соединения превышает токсический и ксенобиотический, то идет адаптация системы к новому субстрату и

запускается субстрат-индуцированная сукцессия. В изначально бедных сообшествах возможно даже повышение общего биоразнообразия и интенсивности процессов. В случае преобладания ксенобиотического эффекта происходит снижение биоразнообразия и стабильности, подавление основных процессов (Горленко, Кожевин, 2005).

Таким образом, биологическая активность — это не только важнейшее свойство почвы, обеспечивающее круговорот биогенных элементов и ее плодородие, а также важный показатель изменений состояния почвы при естественных процессах и антропогенном воздействии.

Биологическая активность бурых лесных почв чайных плантаций и садовых агроценозов практически не изучена. Имеются лишь некоторые сведения о бурых лесных почвах садовых агроценозов предгорных зон Краснодарского края (Казеев, 1996; Ворожбет, 2002; Казеев и др., 2004; Попова, 2005), а также зоны Черноморского побережья (Казеев и др., 2002; Беседина и др., 2008, 2009; Рогожина, Малюкова, 2009). При этом именно эти малогумусные почвы, как правило, подвергаются существенному агрохимическому воздействию в связи с необходимостью пополнения запаса основных элементов питания для ведения основных перспективных культур.

При этом традиционные (агрохимические) показатели отражают в основном накопившиеся в ходе использования почв агроценозов свойства, и не могут точно характеризовать экологическое состояние почвы, значительно более чуткими индикаторами современных изменений режима и свойств почв являются почвообитающие организмы и вызываемые ими процессы. Поэтому биологические критерии должны учитываться при контроле за состоянием почв, при определении степени произошедших изменений (Микроорганизмы..., 1989; Деградация..., 2002; Мотузова, Безуглова, 2007).

Именно биологические показатели могут адекватно оценивать экологическое состояние почвы, эффективность и безопасность агротехнологий.

Активность почвенных ферментов. Ферменты (энзимы) — это вещества, которые способны многократно (на порядки) ускорять химические реакции и обеспечивать большинство реакций обмена веществ. Они характеризуют потенциальную биологическую активность почв (Хазиев, 1972; Галстян, 1974; Мотузова, Безуглова, 2007).

Почва является самой богатой системой, как по ферментативному пулу, так и по ферментному разнообразию. Роль ферментов в почвенных процессах трудно переоценить, ведь ОНИ являются катализаторами биохимических превращений органических остатков и гумуса и тем самым участвуют в биохимических циклах углерода, азота, фосфора, серы и других элементов (Хазиев, 1972; Щербаова, 1980; Caldwell, 2005; Makoi, Ndakidemi, 2008). Основные пути поступления ферментов в почву – это прижизненно выделяемые внеклеточные ферменты микроорганизмов и корней растений и постмортально поступающие внутриклеточные ферменты всех почвенных Гулько, 1991). Обогащенность организмов (Хазиев, ферментами значительной степени зависит от генетических особенностей органического (содержания вещества, микрофлоры, химического механического составов, физико-химических и водно-физических свойств) (Купревич, Щербакова, 1966; Галстян, 1974; Звягинцев, 1976; Waldrop et al., 2000; Makoi, Ndakidemi, 2008), растительного покрова (Попова, 2005; Лариков, 2010), при этом в верхних биогенных горизонтах активность ферментов максимальна, а вниз по профилю – в большинстве случаев снижается (Хазиев, Гулько, 1991; Ворожбет, 2002; Caldwell, 2005; Makoi, Ndakidemi, 2008).

В процессе сельскохозяйственной деятельности изменяются свойства среды, оказывающие влияние на развитие растений, микроорганизмов и почвенной биоты. В антропогенных ландшафтах фитоценоз характеризуется исключительной бедностью — господствуют монофиты с относительно небольшим объемом ризосферы, что обусловливает существенные изменения

в видовом составе и соотношении отдельных видов или групп микроорганизмов (Хазиев, Гулько, 1991).

Многолетние исследования в области почвенной энзимологии показали высокую эффективность применения активности ферментов в качестве дополнительного диагностического показателя состояния почв (Галстян, 1974, 1978; Звягинцев, 1976, 1978; Хазиев, 1976, 1982; Михайловская, 1988; Абрамян, 1992; Dick et al., 1997; Killham, Staddon, 2002; Speir, Ross, 2002; Казеев и др., 2003, 2004; Caldwell, 2005; Егоров, 2006). Показатели ферментативной активности широко используются в почвенно-генетических исследованиях, при изучении эффективности агротехнических приемов и возможных негативных последствий сельскохозяйственного использования (Pancholy, Rice, 1973; Воробьева, 1978; Щербаков и др., 1984; Араксян, 1988; Арзыханов, 2001; Ворожбет, 2002; Хамова и др., 2002; Казеев и др., 2004; Девятова, 2006; Егоров, 2006; Garcira-Ruiz, 2008; Беседина, Янушевская, 2008; Беседина и др., 2009), а также при мониторинге и оценке влияния различного рода загрязнений (нефтепродукты, тяжелые металлы и др.) (Brookes, 1995; Moreno, 1998; Макарова, Канаева, 2000; Колесников и др., 2001, 2008; Егорова и др., 2002; Киреева и др., 2002; Бадмаев, Дорошкевич, 2006; Галиулин, Галиулина, 2006; Медведева и др., 2006; Галиулин и др., 2008), и электромагнитных полей на состояние почвы (Денисова и др., 2005; Денисова, 2011).

Основу общего почвенного метаболизма составляют процессы превращения поступающих в почву углеводов, азот- и фосфорорганических соединений И биогенез гумуса. Bce эти процессы осуществляются почвенными ферментами. В почвах естественных экосистем, где экологические параметры находятся в состоянии динамического равновесия, динамика ферментативной активности почвы обусловлена главным образом сезонными колебаниями гидротермического режима, микробиологической активности почвы, развитием растений. Очевидно, что в таких условиях она Сельскохозяйственное стабильна. относительно использование почв

приводит к изменению направленности почвенных процессов, ее биологической активности под влиянием агроэкологических факторов (Хазиев, Гулько, 1991; Казеев, 1996; Малюкова, 1997; Минеев и др., 1999; Беседина, 2004; Девятова 2006; Малюкова, Козлова 2007; Джанаев, 2008; Козлова, 2008).

При вопросы ЭТОМ недостаточно исследованными остаются практического использования достижений почвенной энзимологии для диагностики влияния системы агротехнических мероприятий на функционально-экологическое состояние почв (Девятова, 2006). К тому же, методология биоиндикации антропогенно-нарушенных почв до конца не разработана (Howard, 1972; Brookes, 1995; Деградация..., 2002). Учитывая тот факт, что в России зона влажных субтропиков расположена только в районе Большого Сочи, многие аспекты исследований ферментативной активности требуют дополнительного изучения для почв этой зоны как естественных, так и агроценозов.

В настоящее время в почве обнаруживают до 1000 ферментов, с диагностической целью используют 8–9 из них. Наиболее распространено определение гидролаз (инвертаза, фосфатаза, уреаза, протеаза и др.) и оксидоредуктаз (каталаза, дегидрогеназа, полифенолоксидаза и др.) (Мотузова, Безуглова, 2007).

Инвертаза. Фермент инвертаза участвует в биохимических превращениях углеводов, которые содержатся в почвенном органическом веществе, микроорганизмах и растениях в значительном количестве. Исследованиями А.Ш. Галстяна (1974) установлена корреляция инвертазы с активностью других карбогидраз. Во многих работах показано, что инвертазная активность в почве убывает вниз по профилю, коррелирует с содержанием гумуса (Александрова, Шмурова, 1974; Пухидская, Ковриго, 1974; Галстян, 1974; Калетозова, 1975; Кулаковская, Стефанькина, 1975; Ворожбет, 2002; Попова, 2005). Влияние гидротермического режима на активность инвертазы установлено С.А. Алиевым и Д.А. Гаджиевым (1973).

Влияние температуры на потенциальную активность инвертазы подробно исследовал А.Ш. Галстян (1965), установив оптимум при температуре около 60 °C, порог инактивации фермента после прогревания почв при 70 °C и полную инактивацию после трехчасового прогревания при 180 °C. В исследовании кислотно-основной регуляции действия ферментов С.А. Абрамян и А.Ш. Галстян (1981) установили наибольшую активность инвертазы при рН=5,0. Очевидно, что агроэкологические воздействия, приводящие к изменению физико-химического и биологического состояния почв, оказывают влияние на активность ферментов углеводного обмена. В обзорной работе Ф.Х. Хазиева и А.Е. Гулько (1991) рассмотрены многочисленные исследования, которые свидетельствуют о снижении активности ферментов углеводного обмена при введении целинных почв в сельскохозяйственное использование. При этом внесение различных норм и форм органических и минеральных удобрений, как правило, приводило к увеличению активности инвертазы в почве (Хазиев, Гулько, 1991, Попова, 2005; Супрун, 2008). В настоящее время показатели инвертазной активности используются при решении ряда диагностических вопросов теоретического и прикладного почвоведения, а именно при оценке степени окультуренности, эродированности, однородности и загрязненности почв, степени воздействия культурных растений и удобрений на биохимическую активность почв и т.д. (Попова, 2005).

Из ферментов азотного обмена **уреаза** (карбамид-амидогидролаза) изучена лучше других. Она обнаруживается во всех почвах, варьирует в широких пределах. Активность уреазы коррелирует с активностью всех ведущих ферментов азотного метаболизма (Хазиев, 1990). Активность фермента уреазы используется для характеристики азотного режима почвы и является показателем ее потенциальной способности к минерализации азотсодержащих органических соединений (аммонификации) (Дараселия, 1979; Биология..., 1989). Уреазная активность в различных почвах неодинакова в зависимости от содержания гумуса, степени окультуренности

и характера растительности (Эгамкулов, Малахова, 1969; Хазиев, 1990; Makoi, Ndakidemi, 2008). Показана тесная связь активности уреазы с наличием органического вещества в почве (Галстян, 1974; Dharmakeerthi, Thenabadu, 2006) и соответственное снижение ее активности вниз по профилю почвы (Skujins, 1967; Myers, McGarity, 1968; Ворожбет, 2002). На скорость гидролиза мочевины в почве влияют температура (Иванов, Баранова, 1972; Галстян, 1974; Cortez et al., 1972), кислотность почвы (Галстян, 1974; Моисеева, 1974; Абрамян, Галстян, 1981). Как правило, при повышении температуры с 10 до 60 °C наблюдалось увеличение активности уреазы, а при 70 °C исследователями уже отмечалась частичная инактивация (Dharmakeerthi, Thenabadu, 2006). Наибольшая активность уреазы черноземе выщелоченном отмечена при рН 7, при снижении рН до 4,5 активность фермента существенно ослабевала (Надежкина, Надежкин, 2001). Инактивация фермента происходит тем быстрее, чем больше разница между рН почвы и оптимумом значений рН для действия фермента (Галстян, 1974; 1981). Абрамян, Галстян, Отрицательное действие на активность гидролитических ферментов оказывает засоленность и насыщенность почвы карбонатами (Галстян, 1974; Абрамян, Галстян, 1981). Интенсивное применение азотных удобрений приводит к повышенной концентрации минерального азота, что вызывает снижение активности уреазы (Мергель и др., 1987). Высокие дозы азотных удобрений ингибировали активность уреазы в почве (Араксян и др., 1988, Абрамян, 1990; Свирскене, 2003; Воронин и др., 2006). При этом, умеренные дозы удобрений (100-200 кг д.в./га азота на фоне фосфора и калия) в своем последействии и положительном влиянии на содержание гумуса и азота в почве увеличивали активность уреазы (Свирскене, 2003; Егоров, 2006). Активность уреазы рассматривается как информативный показатель влияния длительного воздействия минеральных удобрений В диагностике экологофункционального состояния почв (Воронин и др., 2006).

Фосфатазная активность почвы определяется ее генетическими особенностями, физико-химическими свойствами и уровнем культуры земледелия. Наиболее высокой фосфатазной активностью характеризуются черноземы. В дерново-подзолистых и серых лесных почвах активность фосфатазы невелика (Хазиев, 1972). Субстратами почвенных фосфатаз являются специфические гумусовые вещества, включающие фосфор гумусовых кислот, а также неспецифические соединения (нуклеиновые кислоты, фосфолипиды и фосфопротеины), которые поступают в почву с растительными остатками (Хазиев, Гулько, 1991). При недостатке в среде микроорганизмы и растения резко усиливают подвижного фосфора выделение фосфатазы, и наоборот. На такой взаимосвязи и основано применение величины фосфатазной активности почвы как диагностического показателя обеспеченности растений и микроорганизмов биологически доступным фосфором. Избыток подвижного фосфора подавляет активность фосфатаз. Внесение фосфора в почву до соотношения С:Р равного 20:1 приводило к тому, что синтез фосфатазы микроорганизмами полностью прекращался (Spiers, 1979). Некоторые исследования свидетельствуют о прямой зависимости фосфатазной активности почв от содержания в почве органического фосфора (Гаврилова и др., 1973; Арутюнян, Галстян, 1975; Арутюнян, 1977), последнее, в свою очередь, тесно связано с количеством гумуса и биомассы (Арутюнян, Галстян, 1975). В этой связи некоторыми фосфатазная исследователями активность считается информативным показателем почвенного плодородия (Eivazi, Tabatabai, 1977; Dick, Tabatai, 1992; Dick et al, 2000). Минеральные удобрения в повышенных дозах (300 кг/га фосфора) снижают активность почвенной фосфатазы. А в условиях недостатка подвижного фосфора и низкой фосфатазной активности почвы внесение удобрений, особенно органических повышает фосфатазную активность (Хазиев, Гулько, 1991).

Каталаза. В обмене веществ и энергии в почве важное место принадлежит окислительно-восстановительным ферментам. В основе синтеза

гумусовых компонентов почвы лежат также окислительновосстановительные процессы. Реакции такого типа катализируются ферментами класса оксидоредуктаз, уровень их активности связывают с характеристикой биогенеза гумуса (Хазиев, Гулько, 1991). Фермент каталаза является одним из наиболее универсальных и информативных показателей состояния стабильности микробоценоза. Этот фермент катализирует реакцию разложения перекиси водорода на кислород и воду и отражает способность микробного сообщества противостоять воздействию стресс-факторов. Активность каталазы обнаруживается практически во всех почвах и варьирует в зависимости от температуры и влажности, влияющих как на биогенность почвы, так и непосредственно на скорость ферментативной реакции (Kunse, 1972; Галстян, 1974; Тульская, Звягинцев, 1980; Биология..., 1989). Оптимум действия каталазы находится в интервале рН 7,2-8,3 (Абрамян, Галстян, 1981). Обнаружена положительная корреляция активности каталазы с показателями численности микроорганизмов в почве и гидротермическими условиями (Хазиев, 1972), а также с содержанием углерода и азота (Раськова, Звягинцев, 1981; Семиколенных, 2001). Отмечено отрицательное влияние избыточного увлажнения на каталазную активность почв (Купревич, Щербакова, 1966; Дараселия, 1979). Наибольшая скорость ферментативной реакции каталазы характерна для подстилки и гумусовых горизонтов почв (Кулаковская, Стефанькина, 1975; Воробьева, 1978; 1979). Некоторые авторы отмечают, Дараселия, что положительная корреляция активности каталазы с содержанием гумуса в пределах профиля не подтверждалась при сопоставлении верхних горизонтов разных типов почв, имеющих различные запасы гумуса (Славнина, Гобова, 1972; Пухидская, Ковриго, 1974). Использование удобрений в зависимости от вида, дозы и формы, а также от типа почв оказывает различное действие на каталазную активность. Применение полных минеральных удобрений в высоких ингибирует каталазу дозах И другие оксидоредуктазы. Использование органических удобрений и в комплексе с минеральными, как правило, стимулирует окислительно-восстановительные процессы в почве (Хазиев, Гулько, 1991; Супрун, 2008). В работе А.А. Воронина (2006) с соавторами влияние применения минеральных удобрений на каталазную активность чернозема обыкновенного не обнаружено.

Для полного представления о биологическом состоянии почвы необходимо проводить исследования актуальной биологической активности методами, позволяющими почвы оценить интенсивность реальных природных процессов. Одним ИЗ таких широко используемых традиционных методов биологической активности почв является активность разложения целлюлозы (степень разложения льняного полотна).

Разложение целлюлозы в почве – центральное звено в цепи круговорота углерода в природе, поскольку на долю клетчатки приходится около 50 % всех органических соединений углерода растений и почвенного органического вещества. Кроме того, с минерализацией целлюлозы в почве гумусообразования, тесно связаны процессы создания водопрочной структуры. Целлюлазная активность почвы прямо зависит от количества и целлюлозоразрушающих энергии жизнедеятельности микроорганизмов (целлюлазы являются экзоферментами, продуцируемыми этой группой микроорганизмов). Зависит она и от климатических условий, влажности почвы, содержания гумуса, вида растительности. Целлюлазная активность подвержена также сезонным колебаниям: максимум ее отмечается в поздневесенние и осенние месяцы. Весной это связано с активацией развития растений и микробной деятельности, осенью – с обогащением почвы растительными и корневыми остатками (Хазиев, 1972).

Активность разложения целлюлозы используется как показатель общей биогенности почвы, при оценке влияния удобрений, а также в диагностике различного вида загрязнений (Абашеева и др., 2003; Бадмаев, Дорошкевич, 2006; Галиулин, Галиулина, 2006; Мильхеев и др., 2006; Бабаев, Оруджева, 2009). При этом активность разложения льняного полотна в почве является показателем актуальной биологической активности, поэтому исследователи

часто используют этот показатель в комплексе с показателями потенциальной активности, и включают в интегральный показатель биологического состояния почвы (ИПБС) (Казеев, и др., 2000, 2004; Бабаев, Оруджева, 2009; Колесников и др., 2008).

Функциональное биоразнообразие микробных сообществ. Особенностью природных микробных сообществ является очень высокий уровень биоразнообразия по таксономическим характеристикам, так что функциональные группы, как правило, представлены набором из многих видов. Разнообразные антропогенные воздействия на почву, такие как интенсивное сельскохозяйственное использование, применение удобрений, загрязнение ксенобиотиками, рекреация и т.д., МОГУТ приводить принципиальному изменению всей почвенной экосистемы. Естественно, при этом происходят существенные перестройки в структуре почвенных микробных сообществ, изменяются состав относительное обилие И различных групп микроорганизмов, меняется характер вызываемых ими процессов (функций). При оценке характера антропогенного воздействия на почвенные микробные сообщества необходимы показатели, отражающие степень его диффернциации, таксономической сложности и разнообразия. таксономической дифференциации При определенных сложностях микроорганизмов для микробной экологии более характерна разработка таких методов анализа микробных сообществ, которые избегают процедуры видовой идентификации (Деградация..., 2002). К тому же в каждой функциональной группировке в зависимости от условий одна и та же функция будет выполняться различными видами в соответствии с особенностями их экониши. Соответственно, для мониторинга и оценки состояния почвы структурное, a функциональное важнее знать не биоразнообразие микробной системы (Горленко, Кожевин, 2005).

Несмотря на большое количество существующих индексов оценки биоразнообразия (Мэгарран, 1992), чаще других в микробиологии почв используются индекс Шеннона (Н) и выравненность (Е), как наиболее универсальные критерии оценки разнообразия системы (энтропийные индексы), выводимые из общей теории информации. Параметр Н — это

оценка разнообразного дискретного распределения или энтропия. В дискретных распределениях энтропия максимальна, когда все классы и типы объектов равновероятны. Выравненность Е — это отношение энтропии системы Н к максимальной энтропии Н_{тах}. Выравненность тем меньше, чем больше выражено доминирование какого-либо одного класса (Горленко, Кожевин, 2005).

Современные методы биомониторинга почв, основанные на функциональных характеристиках микробного сообщества в последние годы приобрели особенную популярность (Деградация..., 2002). Очень перспективным представляется подход, базирующийся на оценке функциональных возможностей микробного сообщества, в частности метод мульисубстратного тестирования (Горленко, 2001). Разработанный М.В. Горленко $\Pi.A.$ Кожевиным новый метол функционального микробиологического биомониторинга _ мультисубстратное ПОЧВ тестирование (МСТ) использует в качестве тест-объекта не отдельный организм, а целое микробное сообщество почв (Горленко, Кожевин, 2005).

К достоинствам МСТ можно отнести высокую чувствительность при регистрации разнообразных изменений в микробном сообществе, что связано с исключительно богатой комбинаторикой сигналов. Регистрация и обработка данных осуществляется с помощью современных компьютерных технологий, что позволяет эффективно и быстро охарактеризовать структурно-функциональные природных микробных сообществ.

Данный метод с помощью системы «Эколог» позволяет определить различные информационные индексы, характеризующие функциональное биоразнообразие (всего более 30 параметров). Анализ коэффициентов распределения наряду со стандартными параметрами биоразнообразия, такими как индекс Шеннона (Н), выровненность (Е), число потребленных субстратов (N), позволяет производить количественный экспрессмониторинг благополучия микробных систем агробиоценозов в задачах оптимизации агромелиоративных мероприятий и бонитировки почв, дает возможность получить интегральную оценку устойчивости и степени деградации микробной системы.

Использование метода МСТ для изучения биологической активности почв все чаще встречается в современных работах (Горленко и др., 2003; Кузнецова, 2007; Юркова, 2008; Якушев, Бызов, 2008; Ильбулова, Семенова, 2009; Добровольская и др., 2010).

Анализ параметров функционального биоразнообразия, полученных методом МСТ, используется в мониторинге антропогенных загрязнений почвы (Горленко, Кожевин, 2005; Марченко, 2008; Ильбулова, Семенова, 2009). Изучение влияния удобрений на биологическую активность дерновоподзолистой почвы показано в работе Н.В. Дурихиной (2007). Анализ данных, полученных методом МСТ, показал, что внесение таких удобрений как навоз КРС и компост на основе осадков сточных вод (ОСВ) приводило к увеличению показателя выравненности (Е) и биоразнообразия (по индексу Шеннона (Н)) по сравнению с контрольной почвой. При этом анализ устойчивости системы в отношении потребляемых субстратов по величине коэффициента (d) указывал на значительные изменения функциональной целостности микробной системы и негативном влиянии компостов ОСВ в дозах 35 т/га (Дурихина, 2007). По данным Селиверстовой О.М. (2009) минеральные удобрения при интенсивном (N210P150K340 + навоз 40 т/га) и высокоинтенсивном (N480P180K360 + навоз 80 т/га) уровне их применения в севообороте плодосменном не оказывали негативного влияния на биоразнообразие микробного сообщества серой лесной почвы.

Метод мультисубстратного тестирования, по мнению авторов (Горленко, Кожевин, 2005) — незаменимый инструмент для функционального описания микробных сообществ, и в сочетании с традиционными методами почвенной микробиологии позволяит дать интегральное структурнофункциональное описание почвенного микробного комплекса.

Глава 2. Объекты и методы исследований

2.1. Объекты исследований

Исследования проводились в период с 2007 по 2011 гг. на базе опытных участков, расположенных в ЗАО «Дагомысчай» (район Большого Сочи, п. Дагомыс, п. Уч-Дере,) (чайная плантация, фундучные насаждения), а также на базе опытно-коллекционных участков в Опытном поле ГНУ ВНИИЦиСК Россельхозакадемии (г. Сочи, Хостинский р-н) (фундучные насаждения, персиковый сад). Объектами исследований являлись бурые лесные кислые и бурые лесные слабоненасыщенные почвы естественных ценозов и садовых агроценозов.

Метеоусловия периода исследований существенно не отличались от средних многолетних данных. Из всего периода исследований следует выделить 2008 и 2009 года. Относительно теплым был зимний период, понижение температуры отмечалось в 2008 году: во 2-ой декаде января и с 1-й по 3-ю декады февраля; в 2009 году в январе и 1-ой декаде марта; однако в целом это не повлияло на среднюю температуру этих месяцев. Метеоусловия весенних месяцев (апрель-май) были также близки к средним многолетним данным; среднесуточные температуры были выше 10 °С (Приложение 2, табл. 1, 2).

В 2008 году более жаркими (повышение температуры до 33 °C) месяцами были июнь и июль, в 2009 году – август. Дефицит осадков отмечался в 2008 году с конца июля по середину августа, в 2009 году – с конца мая до начала июня и в середине августа.

Бурые лесные кислые почвы. *Чайная плантация*. Длительный полевой многофакторный опыт площадью 0,75 га заложен в 1986 году на плантации чая сорта Колхида посадки 1983 года, расположенной в зоне Большого Сочи (п.Уч-Дере, ЗАО "Дагомысчай") на высоте 105 м над уровнем моря. Опыт включен в реестр Географической сети опытов с удобрениями и

другими агрохимическими средствами (2001), в рамках данного опыта проводятся ежегодные мониторинговые исследования основных компонентов агроэкосистемы (почва-растение-удобрения).

классифицировалась как Почва исходно бурая лесная кислая малогумусная мощная среднеглинистая, сформированная на элюво-делювии (Классификация..., сланцев (аргиллитов) 1977). Согласно ГЛИНИСТЫХ «Классификация и диагностика почв России» (2004) эти почвы относятся к отделу структурно-метаморфических, типу буроземы. Окультуренные почвы классифицировались бурые как лесные окультуренные, согласно «Классификация CCCP» диагностика (1977);И ПОЧВ согласно «Классификация и диагностика почв России» (2004) – как агроземы структурно-метаморфические.

По содержанию основных элементов питания участок в момент закладки опыта был достаточно хорошо выровнен по почвенным условиям и характеризовался средним уровнем плодородия. Опыт заложен согласно методике полевого опыта (Перегудов, 1978; Доспехов, 1985), проводился по схеме, разработанной ВИУА им. Д.Н.Прянишникова для географической сети опытов с удобрениями. Схема опыта – 1/4 (4х4х4), является специальной выборкой из полной схемы факториального опыта с удобрениями, содержит 16 вариантов различных сочетаний и доз минеральных удобрений (NPK), повторность двукратная, расположение вариантов в повторностях — метод блоков. Изучали 3 фактора: азотные, фосфорные и калийные удобрения в четырех градациях (0, 1, 2, 3 единичные дозы). Единичные дозы удобрений с 1986 по 2011 г. по фосфору и калию не менялись, по азоту изменялись по периодам (табл. 1).

Размер опытных делянок – 50 м². Удобрения вносили согласно методическим указаниям (Методические..., 1977) по схеме опыта: 60 % азота, 100 % фосфора и калия в начале вегетации, 40 % азота – в июне в виде подкормки (вручную, в междурядья). Формы используемых удобрений: аммиачная селитра, двойной суперфосфат, хлористый калий. Урожайность

культуры по вариантам опыта варьирует в зависимости от системы удобрения в благоприятные по метеоусловиям годы от 20 до 80 ц/га.

Таблица 1 Кодирование доз удобрений по годам (кг д.в./ га)

| Период, гг. | N | | | P_2O_5 | | | K ₂ O | | | | | |
|-------------|---|-----|-----|----------|---|----|------------------|-----|---|----|-----|-----|
| Код | 0 | 1 | 2 | 3 | 0 | 1 | 2 | 3 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 1986-1988 | 0 | 70 | 140 | 210 | 0 | 60 | 120 | 180 | 0 | 50 | 100 | 150 |
| 1989-1992 | 0 | 90 | 180 | 270 | 0 | 60 | 120 | 180 | 0 | 50 | 100 | 150 |
| 1993-1999 | 0 | 120 | 240 | 360 | 0 | 60 | 120 | 180 | 0 | 50 | 100 | 150 |
| 2000-2011 | 0 | 200 | 400 | 600 | 0 | 60 | 120 | 180 | 0 | 50 | 100 | 150 |

Для сравнительной характеристики агрохимических и биологических свойств бурых лесных почв чайной плантации и фонового участка буковограбового леса в осенне-зимний период (2008 год) были заложены разрезы (рис. 2), образцы почв отбирали по генетическим горизонтам — смешанные по стенкам разреза. Для обозначения горизонтов почвенных профилей использована индексация согласно (Классификация..., 1977), описание разрезов представлено в Приложении 1.

С целью изучения сезонной динамики ферментативной активности на контрастных вариантах опыта чайной плантации N0P0K0 (000), N200P60K50 (111), N600P180K150 (333) и фоновом участке (прилегающего к плантации леса) проведен отбор почвенных образцов на глубину 0–15 см в весенний (2-я декада мая), летний (1-я декада июля и 1-я декада августа — стрессовый период — высокой температуры и засухи) и осенний периоды (1-я декада октября) (2008 год).

Для изучения актуальной биологической активности было проведено определение интенсивности разложения целлюлозы в почве в 2009 г. (майсентябрь) на вариантах N0P0K0 (000), N200P60K50 (111), N600P180K150 (333) чайной плантации и фоновом участке (слой почвы 5–25 см) (рис. 2).

| | № ряда (шпалеры) | Вариант | | |
|--------------------------|---------------------|---------|----------|-------------------------|
| * | 1-8 | | | |
| | 9 | 333*+ | 000 //*+ | |
| \mathcal{C} | 10, 11 | | | |
| IE | 12 | 222* | 111 //*+ | ** |
| 1,1 | 13, 14 | | | Направ- |
| | 15 | 113* | 220 | ление |
| BE | 16, 17 | | | склона |
| | 18 | 002 | 331 | CKHOH |
| P | 19, 20 | | | |
| БУКОВО-ГРАБОВЫЙ ЛЕС //*+ | 21 | 131 | 202 | |
| | 22, 23 | | | \neg \downarrow $ $ |
| | 24 | 020 | 313 | ─ |
| | 25, 26 | | | |
| $\frac{1}{2}$ | 27 | 311 | 022 | |
| Byk | 28, 29 | | | |
| | 30 | 200 | 133 | |
| | 31, 32 | | | |

Рис.2. Схема расположения вариантов на чайной плантации с указанием мест закладки разрезов и отбора образцов

(// – разрез; * – 5-точечные отборы, + – отборы для определения сезонной динамики активности ферментов и целлюлозолитической активности)

Для изучения влияния длительного применения различных видов и доз минеральных удобрений на агрохимические и биологические свойства почв чайной плантации (с учетом пространственной вариабельности показателей) был проведен многоточечный отбор почвенных образцов. Образцы почвы отбирали в 5 точках с каждого варианта с глубины 0–7 см в ранневесенний период (в марте, до внесения удобрений) 2008 года. Исходя из особенностей зоны внесения минеральных удобрений, для изучения их действия был выбран наиболее активный по биологическим свойствам поверхностный почвенный слой. По данным (Казеев и др., 2004) в лесных почвах в верхнем слое (0–10 см) с наивысшей концентрацией органического вещества активность биологических процессов бывает максимальной. Как правило, с

продвижением вниз по профилю почвы она уменьшается, особенно в бурых лесных почвах. Уже в слое почвы 10–15 см ферментативная активность наполовину меньше, чем в верхних слоях почвы.

Для микробиологического биомониторинга методом мультисубстратного тестирования (МТС) в декабре 2008 года с 16 вариантов опыта изучаемой чайной плантации были отобраны образцы из слоя почвы 0–5 см. Пробы почвы отбирались из расчета 10 субпроб с 1 м². Образец для МСТ был представлен репрезентативной смешанной почвенной пробой.

Производственные насаждения фундука 1983 года посадки расположены в п. Уч-Дере, р-н Большого Сочи на площади 5 га, участок примыкает к изучаемой чайной плантации.

Почва бурая лесная кислая малогумусная мощная среднеглинистая на элюво-делювии аргиллитов. Фундучные насаждения возделывались при естественном многолетнем задернении, удобрения (N180P120K120) вносили согласно технологии возделывания, ежегодно, в приствольные круги (Технология..., 1982).

В качестве фона для изучаемых бурых лесных кислых почв был взят участок буково-грабового леса, непосредственно примыкающий к чайной фундучным насаждениям. Почва бурая плантации и лесная кислая В малогумусная мощная среднеглинистая. составе растительности преобладали бук (Fagus orientalis) и граб (Carpinus Betulus L.), встречался каштан (Castanea); в подлеске - глоговина (Sorbus torminalis L.), мушмула (Mespilus germanica L.), свидина (Thelycrania australis L.), бирючина (Ligustrum vulgare L.), кизил (Cornus mas L.), бузина (Sambucus nigra L.), папоротник (Dryopteris filix mas L.), ежевика (Rubus caucasicus Focke).

Бурые лесные слабоненасыщенные почвы. *Персиковый плодоносящий сад* 1996 года посадки, расположенный в Опытном поле ГНУ ВНИИЦиСК Россельхозакадемии (г. Сочи, Хостинский р-н). Почва бурая лесная слабоненасыщенная малогумусная легкоглинистая плантажированная.

Минеральные удобрения (нитроаммофоска, аммиачная селитра) для молодых насаждений в дозах N100P50K70, для полновозрастных – N180P90K130 кг д.в./га вносили согласно (Рекомендации..., 1982); система содержания почвы паро-дерновая, механическая обработка почвы проводилась ежегодно согласно (Рекомендации..., 1982). В борьбе с бактериальными и грибными болезнями персиковых деревьев применяли пестициды: бордоская жидкость, делан, скор, каратэ, фундазол.

Опытно-коллекционные насаждения фундука (44 сорта) 1984 года посадки, расположенные на территории опытного поля ВНИИЦиСК. В данной работе свойства бурой лесной почвы изучали под сортом Черкесский.

Почва бурая лесная слабоненасыщенная малогумусная легкоглинистая плантажированная. Фундучные насаждения возделывались при естественном многолетнем задернении, удобрения в дозах (N100–180Р50К50) вносили ежегодно согласно (Технология..., 1982).

В качестве фона для бурых лесных слабоненасыщенных почв был взят участок лесополосы, примыкающий к опытному участку, почва бурая лесная слабоненасыщенная малогумусная легкоглинистая.

Для изучения агрохимических и биологических свойств бурых лесных слабоненасыщенных почв садовых агроценозов персика и фундука и лесного ценоза в осенне-зимний период были заложены разрезы (2008 г.), образцы почв отбирали по генетическим горизонтам – смешанные по стенкам разреза. Для обозначения горизонтов почвенных профилей использована индексация согласно (Классификация..., 1977), описание разрезов представлено в Приложении 1.

С целью изучения сезонной динамики ферментативной активности на участках проведен отбор почвенных образцов на глубину 0–15 см в поздневесенний (2-я декада мая – активная вегетация), летний (1-я декада августа – стрессовый период высокой температуры и засухи) и осенний периоды (1-я декада октября).

Закладка льняного полотна в почву под насаждениями фундука проводилась в 2009 году в 3-кратной повторности (слой почвы 5–25 см). С учетом определения сезонной активности разложения целлюлозы каждая повторность включала 5 образцов полотна, которые поочередно изымались из почвы в течение сезона. В почве под персиковым садом закладка и отбор образцов льняного полотна проведены с декабря 2009 по февраль 2010 года.

Для детальной оценки изучаемых характеристик с учетом вариабельности показателей в почве под персиком дополнительно отбирали образцы в 5 точках с глубины 1–15 см в феврале 2011 г.

2.2. Методы исследований

В почвенных образцах определяли комплекс агрохимических свойств (Аринушкина, 1970; Агрохимические..., 1975; Практикум..., 2001):

- pH_{KCl} потенциометрически (ионометр pH-121);
- гумус по Тюрину, в модификации Орлова и Гриндель, колориметр КФК-3, УСФ-01 (длина волны 670 нм);
- азот легкогидролизуемый методом Тюрина и Кононовой (с ацидометрическим титрованием для слабоненасыщенных почв) с колориметрическим окончанием с реактивом Несслера, на фотоэлектро-колориметре КФК-3, УСФ-01 (длина волны 440 нм);
- фосфор подвижный методом Ониани (для кислых) и методом Олсена (для слабоненасыщенных почв) с колориметрическим окончанием по Дениже на фотоэлектроколориметре КФК-3, УСФ-01, длина волны 650 нм;
- калий подвижный методом Ониани (для кислых почв) на пламенном фотометре ПФМЦ 4.2;
- калий обменный по Масловой (для слабоненасыщенных почв) на пламенном фотометре ПФМЦ 4.2;
 - Ca^{2+} и Mg^{2+} трилонометрически, экстракция 0,1 н NaCl;
 - алюминий подвижный по Соколову;

- обменная кислотность по Соколову;
- гидролитическая кислотность по Каппену;
- влажность весовым методом;
- гранулометрический состав почв методом Н.А. Качинского.

Активность ферментов определяли по А.Ш. Галстяну (Практикум..., 2001):

- уреазы с определением аммиака колориметричеким методом с реактивом Несслера на КФК-3, УСФ-01 (длина волны 400 нм);
- фосфатазы колориметрически с фенолфталеинфосфатом натрия на КФК-3, УСФ-01 (длина волны 530 нм);
- инвертазы с колориметрическим определением глюкозы на КФК-3, УСФ-01 (длина волны 630 нм);
 - каталазы газометрически, с перекисью водорода.

Активность ферментов определяли в свежих образцах, так как согласно данным (Pancholy, Rice, 1972; Раськова, Звягинцев, 1977; Галстян, 1982; Даденко и др., 2009) при высушивании и хранении почв активность ферментов обычно изменяется, что может быть причиной неверной интерпретации результатов. При отсутствии возможности быстрого определения свежие образцы почвы хранились в полиэтиленовых пакетах не более 1-го месяца в холодильнике при +4 °C. Образцы растирали стеклянной палочкой уже в растворе, так как перед анализом сделать это не представлялось возможным ввиду глинистости и влажности почвы.

Целлюлозолитическую активность почвы определяли аппликационным методом И.С. Вострова и А.Н. Петровой, согласно которого в качестве субстрата использовали неотбеленную льняную ткань (Практикум..., 2001). Закладка льняного полотна проводилась в 3-кратной повторности. С учетом определения сезонной активности разложения целлюлозы, каждая 5 отдельных повторность образцов включала полотна, которые последовательно изымались из почвы каждый месяц с мая по сентябрь.

Полученные данные обрабатывали методами описательной статистики и корреляционного анализа с использованием программ STATISTICA 6,0, Excel 2000, с учетом основных принципов математического анализа экспериментальных данных в агрохимии (Дмитриев, 1972).

Функциональное биоразнообразие микробного сообщества изучаемых почв исследовали методом мультисубстратного тестирования (МСТ) по М.В. Горленко и П.А. Кожевину (2005) на базе кафедры биологии почв МГУ имени Ломоносова под руководством М.В. Горленко. Мультисубстратное тестирование микробного сообщества осуществляли стандартным образом (методика проведения анализа почв соответствует свидетельству об аттестации МВИ №13-06 «Методика выполнения измерений интенсивности потребления тест-субстратов микробным сообществом почвоподобных объектов фотометрическим методом») с использованием чашечного спектрофотометра (анализатора иммуноферментных реакций «Униплан») в диапазоне 510 нм. Для проведения МСТ использовали стандартные кюветы для иммунологических тестов, представляющие собой пластины из прозрачного пластика с 96 ячейками. Объем ячейки 250 микролитров. Каждая ячейка содержит набор тест-субстратов (сахара, аминокислоты, соли органических кислот, полимеры и др.). В каждую ячейку добавляли 0,2 мл почвенной суспензии после ультразвуковой обработки (УЗДН-1) и центрифугирования. Микрокюветы инкубируются 48 часов при температуре 28 °C. Появившаяся окраска пропорциональна интенсивности потребления находящегося в ячейке субстрата. Степень окрашенности каждой ячейки сравнивали с аналогичным показателем контрольной ячейки, не содержащей субстрата.

Количественное фотометрическое определение потребляемых субстратов осуществляли с помощью тетразолиевого красителя — при росте микроорганизмов в ячейках происходит восстановление неокрашенных солей тетразолия до бордово-окрашенного формазана, который накапливается в ячейках в виде гранул. Регистрация данных МСТ осуществлялась

программно-аппаратным комплексом «Эколог». Полученные в результате анализа данные представляли собой 47-мерный массив, обработка которого проводилась методами многомерной статистики (факторный анализ, компонентный анализ, кластерный анализ и др.). Для этого использовались пакеты статистических программ.

субстратов, При потребленных анализе спектра программное «Эколог» обеспечение автоматически вычисляет как традиционные биоразнообразия (индекс Шеннона Н, выравненность Е, параметры количество потребленных субстратов N, удельную метаболическую работу W), так и коэффициенты ранговых распределений спектров потребления субстратов, являющиеся разработкой авторов метода.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Глава 3. Агрохимические свойства бурых лесных почв при длительном возделывании различных агроценозов

3.1. Бурые лесные кислые почвы

Изученные бурые лесные кислые почвы естественного ценоза (буково-грабового леса) характеризовались значительной мощностью почвенного профиля (более 120 см), тяжелым механическим составом с увеличением содержания физической глины вниз по профилю. Почва верхних горизонтов A_0A_1 (0–6 см), A_1 (6–24 см) классифицировалась как легкоглинистая пылеватая, горизонтов A_1B_t (24–56 см) и B_t (56–93 см) – как среднеглинистая пылеватая, горизонта BC (93-120)cm) как тяжелоглинистая иловатая (Приложение 2, табл. 1). В изученной почве зафиксирована кислая реакция среды по всему профилю, со снижением значений рH_{ксі} с глубиной. Обменная кислотность почвы, определяемая в основном содержанием подвижного алюминия, увеличивалась с глубиной. Гидролитическая кислотность также с глубиной увеличивалась от 12 до 26 ммоль-экв/100 г почвы, отмечалось невысокое содержание обменных Са и Мg (табл. 2).

По содержанию гумуса изученная бурая лесная кислая почва лесного ценоза характеризовалась как малогумусная с типичным для буроземов регрессивно-аккумулятивным распределением гумуса по профилю. Также изученная почва характеризовалась средней обеспеченностью легкогидролизуемым азотом (55–80 мг/кг), очень низкой обеспеченностью подвижным фосфором (30–60 мг/кг), средней обеспеченностью подвижными формами калия (200–300 мг/кг) (табл. 3). Полученные данные характерны для наиболее типичных бурых лесных кислых почв (Малюкова, 1997; Беседина, 2004(а,в); Козлова, 2008). Такие свойства бурых лесных кислых

почв, сформированных под буково-грабовыми лесами на кислых бескарбонатных материнских породах, обусловлены химическим составом материнской породы, промывным типом водного режима в условиях горного рельефа, типом растительности, характером гумусообразования (Бушин, 1971; Вальков, 1977).

чайной Изученная бурая почва плантации лесная кислая характеризовалась более тяжелым механическим составом по сравнению с почвой фона: процентное содержание илистой фракции в верхних горизонтах почвенного профиля A_0A_1 и A_1 было выше в 1,2 раза (Приложение 2, табл. 1). При длительном (26 лет) ведении культуры чая с внесением удобрений в дозах N(70-200)Р60К50 (вариант 111, согласно табл. 1, глава 3) наблюдалось изменение кислотно-основных свойств почвы чайной плантации сравнению с почвой леса, наиболее ярко выраженное в верхнем горизонте (A_0A_1) , где значение р H_{KCI} уменьшилось на 0,8 единицы (при 0,2 единицы в Апп) (табл. 2). Гидролитическая кислотность увеличилась до уровня характерного для наиболее кислых нижних горизонтов почвы леса. Произошло более равномерное перераспределение содержания подвижного алюминия по профилю почвы чайной плантации по сравнению с фоном и увеличение его содержания в среднем по профилю в два раза. При этом сумма обменных форм кальция и магния в изученной почве уменьшилась в 2–3 раза. То есть, в результате применения физиологически кислых минеральных удобрений – основного приема повышения продуктивности почв под культурой чая, выявлены изменения показателей кислотности почв чайных плантаций (Струкова, 2010). Аналогичные тенденции отмечены и другими исследователями как для бурых лесных почв Черноморского побережья (Малюкова и др., 1999; Беседина, 2004(а,в); Козлова, Малюкова, 2007), так и для красноземных почв Западной Грузии (Голетиани, 1976; Культура..., 1989). При этом, несмотря на выявленные изменения, в силу физиологических особенностей растения чая – его ацидофильности и алюмофильности, урожайность чайных плантаций поддерживалась на высоком уровне (50–60 ц/га).

Таблица 2 Кислотно-основные свойства бурых лесных кислых почв различных ценозов $(2008 \; \Gamma.)$

| Горизонты | Глубина, | рНсол | H_{r} , | Н _{обм} | Al _{подвиж} , | Ca ²⁺ | Mg^{2+} | | | |
|---------------------|---------------------|---------|-----------------|------------------|------------------------|--------------------|-----------|--|--|--|
| | СМ | | ммоль-экв /100г | | мг/100г | ммоль-экв /100г | | | | |
| Буково-грабовый лес | | | | | | | | | | |
| A_0A_1 | 0-6 | 4,3 | 12,38 | 0,64 | 5,33 | 8,24 | 5,46 | | | |
| A_1 | 6-24 | 3,9 | 14,74 | 4,34 | 38,82 | 4,12 | 4,02 | | | |
| A_1B_t | 24-56 | 3,9 | 17,47 | 4,72 | 42,27 | 3,30 | 3,00 | | | |
| B _t | 56-93 | 3,8 | 23,93 | 7,44 | 66,74 | 4,73 | 2,37 | | | |
| BC | 93-120 | 3,7 | 26,55 | 16,08 | 143,75 | 1,03 | 2,78 | | | |
| | Ча | йная пл | антация N7 | 70-200P60I | ζ 50 | | | | | |
| A_0A_1 | 0-5 | 3,5 | 21,20 | 10,01 | 89,64 | 1,24 | 3,50 | | | |
| Апл | 5-19 | 3,7 | 24,57 | 9,98 | 89,57 | 3,09 | 2,06 | | | |
| A_1B_t | 19-41 | 3,8 | 22,20 | 9,32 | 83,51 | 3,30 | 2,06 | | | |
| B _t | 41-80 | 3,8 | 22,11 | 8,85 | 79,25 | 2,68 | 4,12 | | | |
| | Фундук N180P120K120 | | | | | | | | | |
| A_dA_1 | 0-4 | 3,7 | 23,43 | 5,08 | 45,23 | 5,35 | 4,53 | | | |
| Апл | 4-18 | 3,5 | 28,48 | 7,06 | 62,37 | 2,47 | 2,68 | | | |
| A_1B_t | 18-48 | 3,6 | 25,45 | 7,48 | 66,42 | 2,47 | 2,06 | | | |
| B _t | 48-88 | 3,6 | 25,91 | 10,56 | 93,87 | 2,06 | 1,85 | | | |

Примечание: Апл – А плантажированный

Для почв чайных плантаций (бурых лесных, красноземов и желтоземов) на фоне применения минеральных удобрений характерно накопление гумусовых веществ (Голетиани, 1976; Дараселия, 1979; Культура..., 1989; Беседина, 2004а; Малюкова и др., 2007). Так, по данным

Н. В. Козловой (2008) в бурой лесной кислой почве чайной плантации при длительном интенсивном ведении культуры и применении азота в высоких дозах (400– 600 кг/га) содержание гумуса в слое почвы 0–20 см достоверно увеличивалось на 1,0–1,5 % (в абсолютных величинах). По нашим данным, в изученной почве чайной плантации на фоне N(70–200)P60K50 (вариант 111) содержание гумуса находилось на одном уровне с почвой фоновой территории (табл. 3).

Таблица 3 Содержание гумуса и подвижных форм макроэлементов в бурых лесных кислых почвах различных ценозов (2008 г.)

| Горизонты | Глубина, | Гумус, % | $N_{\pi\Gamma}$ | P_2O_5 | K ₂ O | | | | | |
|--------------------------------|----------|----------|-----------------|----------|------------------|--|--|--|--|--|
| | СМ | | мг/кг | | | | | | | |
| Буково-грабовый лес | | | | | | | | | | |
| A_0A_1 | 0-6 | Не опр. | 83 | 63 | 338 | | | | | |
| A_1 | 6-24 | 3,7 | 71 | 26 | 208 | | | | | |
| A_1B_t | 24-56 | 2,7 | 74 | 60 | 198 | | | | | |
| B _t | 56-93 | 2,2 | 77 | 58 | 200 | | | | | |
| BC | 93-120 | 1,6 | 55 | 34 | 198 | | | | | |
| Чайная плантация N70-200P60K50 | | | | | | | | | | |
| A_0A_1 | 0-5 | Не опр. | 83 | 239 | 281 | | | | | |
| Апл | 5-19 | 4,0 | 83 | 457 | 375 | | | | | |
| A_1B_t | 19-41 | 2,6 | 73 | 347 | 273 | | | | | |
| B _t | 41-80 | 2,4 | 64 | 92 | 208 | | | | | |
| Фундук N180P120K120 | | | | | | | | | | |
| A_dA_1 | 0-4 | Не опр. | 92 | 1549 | 404 | | | | | |
| Апл | 4-18 | 4,0 | 83 | 1567 | 329 | | | | | |
| A_1B_t | 18-48 | 2,3 | 49 | 74 | 273 | | | | | |
| B _t | 48-88 | 1,8 | 42 | 89 | 264 | | | | | |

Длительное применение высоких доз минеральных удобрений (NPK) на чайных плантациях существенно увеличивает содержание подвижных и валовых форм этих элементов в почвах (Малюкова, 1997; Беседина, 2004; Козлова, 2008). Сбалансированное же внесение минеральных удобрений, компенсирующее ежегодный вынос элементов с урожаем, поддерживает обеспеченность почв на уровне фона или несколько выше (по данным Л.С. Малюковой с соавторами (2007) в условиях Черноморского побережья Краснодарского края вынос по азоту составлял 45–110, по фосфору (P_2O_5) – 10–29, по калию (K_2O) – 20–45 кг/га при уровне урожайности 40–90 ц/га зеленого чайного листа). Так, содержание легкогидролизуемого азота в изученной почве чайной плантации практически не отличалось от фона, так как поддерживалось ежегодным внесением невысоких (70–200 кг д.в./га) доз азотных удобрений. Содержание подвижных форм фосфора в горизонтах Апп и АВ увеличилось на порядок; содержание подвижных форм калия увеличилось в 1,6 раза в горизонтах Апл и АВ и в 1,7 раза уменьшилось в поверхностном горизонте A_0A_1 (табл. 3).

Таким образом, длительное применение минеральных удобрений в небольших дозах (N(70–200)P60K50) позволяет увеличить урожайность чая в 3–4 раза и поддерживать исходный уровень содержания гумуса и азота в бурых лесных кислых почвах, компенсируя их вынос с урожаем и потери при минерализации.

В бурой лесной кислой почве под фундучными насаждениями с применением минеральных удобрений В дозах N100-180Р120К120 в верхних горизонтах также наблюдалось изменение кислотноосновных свойств почв в горизонтах A_dA_1 , A_{nn} , где значения р H_{KCl} уменьшились на 0,4-0,6 единиц. Содержание подвижного алюминия и гидролитическая кислотность почвы также увеличились наиболее верхних горизонтах. Сумма обменных форм кальция и существенно в магния соответственно уменьшилась в 1,5 раза в горизонтах A_dA_1 , A_{nn} , что не столь значительно, как на чайной плантации (табл. 2).

Содержание легкогидролизуемого азота в изученной почве под фундучными насаждениями находилось на уровне фона (средняя обеспеченность), несмотря на значительный вынос его с урожаем (содержание белка в орехе достигает 20 %), и поддерживалось ежегодным внесением азотных удобрений.

Выявленное очень высокое содержание подвижных фосфатов в почве фундучных насаждений (табл. 3) связано с внесением большого количества фосфорных удобрений перед посадкой и в течение последующей их эксплуатации. Содержание подвижных форм калия в почве фундучных насаждений также увеличилось по сравнению с фоном в связи с систематическим применением калийных удобрений. Согласно технологии закладки фундучной плантации, в каждую посадочную яму вносят 300 г суперфосфата и 450 г калийной соли (Технология..., 1981).

3.2. Бурые лесные слабоненасыщенные почвы

Изученные бурые лесные слабоненасыщенные почвы естественного ценоза (буково-грабового леса) характеризовались значительной мощностью 100 (более см). тяжелым механическим составом c относительно равномерным распределением различных почвенных фракций по профилю (Приложение 2, табл. 2). По всему профилю почва классифицировалась как глина легкая пылеватая. Изученная почва характеризовалась слабощелочной реакцией среды на всю глубину почвенного профиля (рН водной вытяжки с глубиной увеличивался от 7,4 до 7,8), значительным содержанием обменных Са и Мд по всему профилю. По содержанию гумуса изученная почва классифицировалась как малогумусная, а также характеризовалась высокой обеспеченностью легкогидролизуемым азотом, подвижным фосфором и средней обеспеченностью обменным калием (табл. 4). Полученные данные характерны для наиболее типичных бурых лесных слабоненасыщенных почв и подтверждались другими исследователями (Беседина, 2004а).

Изученная бурая лесная слабоненасыщенная почва **персиковых насаждений** также характеризовалась тяжелым механическим составом. Классифицировалась как глина легкая, однако, по сравнению с фоном отмечалось увеличение содержания илистой фракции вниз по профилю (Приложение 2, Табл. 2) в горизонтах A_1B , B_t и BC.

Таблица 4 Агрохимические свойства бурых лесных слабоненасыщенных почв различных ценозов (2008 г.)

| Горизон- | Глубина, | pH _{H2O} | Гумус | $N_{\rm JI\Gamma}$ | P_2O_5 | K ₂ O | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | | | |
|---------------------|----------|-------------------|----------|--------------------|----------|------------------|------------------|------------------|--|--|--|
| ты | СМ | | % | мг/кг | | | ммоль-экв /100г | | | | |
| Буково-грабовый лес | | | | | | | | | | | |
| A_0A_1 | 0-6 | 7,4 | ио они | 132 | 384 | 320 | 33,6 | 2,5 | | | |
| | | , | не опр. | | | | Í | | | | |
| A_1 | 6-17 | 7,6 | 3,5 | 100 | 254 | 206 | 26,6 | 2,7 | | | |
| A_1B_t | 17-35 | 7,7 | 2,7 | 81 | 105 | 174 | 25,8 | 2,3 | | | |
| B _t | 35-59 | 7,7 | 2,2 | 65 | 71 | 159 | 26,2 | 1,9 | | | |
| BC | 59-90 | 7,8 | 2,1 | 41 | 77 | 143 | 25,3 | 2,3 | | | |
| | l | | Персик № | V180P90 | K130 | | | | | | |
| A_dA_1 | 0-3 | 6,6 | Не опр. | 176 | 226 | 626 | 23,7 | 2,3 | | | |
| А _{пл.} | 3-17 | 6,6 | 3,7 | 85 | 276 | 363 | 25,8 | 2,1 | | | |
| A_1B_t | 17-45 | 6,6 | 2,0 | 43 | 93 | 231 | 21,0 | 1,4 | | | |
| B_{t} | 45-70 | 6,5 | 1,6 | 59 | 29 | 197 | 22,0 | 1,0 | | | |
| BC | 70-85 | 5,8 | 1,4 | 67 | 10 | 205 | 22,9 | 1,4 | | | |
| | l | (| Фундук 1 | N180P5 | 0K50 | | | | | | |
| A_dA_1 | 0-6 | 6,5 | Не опр. | 140 | 352 | 293 | 30,5 | 1,2 | | | |
| А _{пл.} | 6-28 | 7,3 | 1,8 | 55 | 108 | 194 | 26,8 | 0,1 | | | |
| A_1B_t | 28-43 | 7,3 | 1,9 | 103 | 64 | 155 | 25,8 | 0,6 | | | |
| B _t | 43-62 | 7,4 | 1,5 | 41 | 21 | 210 | 24,7 | 0,8 | | | |
| BC | 62-75 | 7,4 | 1,8 | 18 | 88 | 201 | 24,1 | 0,6 | | | |

Бурые лесные слабоненасыщенные почвы под культурой персика возделывания) 14-летнего характеризовались более кислыми условиями почвенной среды (показатель кислотности pH_{H2O} в почве персикового сада был ниже на 0,8-2,0 единиц по всему профилю), что связано как с внесением физиологически кислых минеральных удобрений, так и с исходно более выщелоченной почвообразующей породой. Сумма обменных форм кальция и магния также ниже в 1,4 раза в почве под персиком по сравнению с фоном (табл. 4). Содержание гумуса в почве агроценоза персика было на уровне фона в горизоте Апл, в нижележащих горизонтах отмечено снижение содержания гумуса по сравнению с почвой фона (Струкова, 2011). Т.Д. Бесединой с соавторами (2009) было отмечено более существенное снижение содержания гумуса в бурой лесной почве агроценоза персика по всему профилю. Содержание легкогидролизуемого азота в почве под персиком было соизмеримо с почвой фона.

В изученной бурой лесной слабоненасыщенной почве после возделывания в течение 26 лет культуры фундука отмечалось некоторое почвы В верхних горизонтах, связанное подкисление внесением физиологически кислых минеральных удобрений (табл. 4). Детальный анализ влияния минеральных удобрений на изменение кислотно-основных свойств бурой лесной слабоненасыщенной почвы при многолетнем ведении культуры фундука показан в работе Т.Д. Бесединой (2004б), в которой отмечается снижение рН_{КСІ} на 1 единицу при внесении азотных удобрений в дозе 160 кг д.в./га в течение 10 лет. Изученная почва характеризовалась более низким содержанием гумуса по сравнению с фоном. Содержание макроэлементов соизмеримо с почвами фоновой территории, ИΧ уровень поддерживался внесением минеральных удобрений.

Выявленная достаточно сложная картина распределения содержания азота, фосфора и калия в почвенных горизонтах изученных агроценозов (табл. 4) является не совсем характерной для нативных почв, и, по-видимому, связана с глубоким плантажированием почвы перед закладкой насаждений

персика и фундука, в результате которой верхний плодородный слой почвы (0–40 см) смещался с поверхности и перемешивался с нижележащими почвенными горизонтами.

Таким образом, длительное ведение культур чая, персика, фундука на бурых лесных почвах в условиях Черноморского побережья России (Большой Сочи) приводило к изменению как кислотно-основных свойств, так и обеспеченности их основными элементами питания. Отмечается разной степени ацидизация почв, повышение в них содержания подвижных форм фосфора и калия в зависимости от доз применяемых минеральных удобрений и длительности их внесения. Содержание легкогидролизуемого азота поддерживается на уровне почв фона. Выявленные изменения наиболее четко прослеживаются в слое почвы 0–40 см. Гумусное состояние почв чайной плантации, благодаря ежегодному поступлению органического вещества с подрезочной массой, сохраняется на уровне почв естественного ценоза. При возделывании персика и фундука почвенный профиль обедняется гумусом.

Глава 4. Биологическая активность бурых лесных почв при длительном возделывании различных агроценозов

4.1. Активность почвенных ферментов

Основу общего почвенного метаболизма составляют процессы превращения поступающих в почву углеводов, азот- и фосфорорганических соединений и биогенез гумуса. Все эти процессы осуществляются почвенными ферментами.

В настоящей работе проведено исследование активности ферментов: инвертазы, уреазы, фосфатазы (группа гидролаз) и каталазы (группа оксидоредуктаз) бурых лесных почв естественного ценоза (буково-грабовый лес) и агроценозов чая, персика, фундука. Результаты изучения активности ферментов по генетическим горизонтам почвенного профиля представлены на рис. 3–6, 9, 10; в табл. 3, 4 Приложения 2. Исследование сезонной динамики активности ферментов представлено на рис. 7, 8, 11.

4.1.1. Инвертаза

Фермент инвертаза участвует в биохимических превращениях углеводов, которые содержатся в почвенном органическом веществе, микроорганизмах и растениях в значительном количестве.

В изученной **бурой лесной кислой почве** буково-грабового леса (п. Уч-Дере) в горизонтах A_0A_1 и A_1 зафиксирована относительно высокая активность инвертазы, обусловленная значительным поступлением органических веществ и высокой микробиологической активностью, обусловленных климатическими условиями зоны (за вегетационный период средняя температура около 20 °C, количество осадков около 700 мм). С глубиной почвенного профиля наблюдалось резкое снижение активности инвертазы, и далее с 90 см активность фермента не обнаруживалась (рис. 3).

Это связано, прежде всего, с распределением корневой системы растений, так как активность почвенной инвертазы коррелирует с количеством живых корней в почве. Чем больше корней приходится на единицу объема почвы, тем выше активность фермента (Купревич, Щербакова, 1966). По данным В.П. Поповой (2005) наибольшая активность инвертазы бурой лесной почвы садового биоценоза (яблочный сад) южно-предгорной зоны Краснодарского края отмечена в верхнем пятисантиметровом слое, и с глубиной активность постепенно снижалась. Также автором отмечено существенное повышение активности инвертазы при задернении почвы травами по сравнению с черным паром.

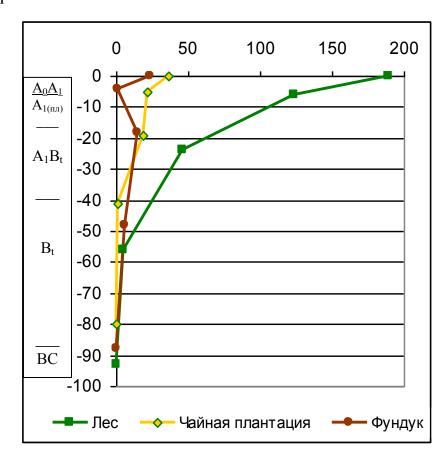


Рис. 3. Профильное распределение активности инвертазы в бурых лесных кислых почвах различных ценозов, мг глюкозы / 1 г почвы за 24 часа (ноябрь)

В бурой лесной кислой почве чайной плантации по сравнению с почвой буково-грабового леса инвертазная активность была значительно

ниже по всему профилю: в поверхностном горизонте A_0A_1 – в 5 раз, в горизонте A_1 – в 6 раз, в горизонте AB – в 2,5 раза; при этом активность фермента также снижалась с глубиной, но более постепенно (рис. 3). В монографии Н.А. Дараселия (1979) отмечено резкое снижение активности инвертазы вниз по профилю для подзолисто-глеевых почв чайных плантаций, при этом по его данным в слое почвы 0–10 см активность фермента составляла 7–8 мг глюкозы / 1 г почвы.

В бурой лесной кислой почве под насаждениями фундука также зафиксировано существенное снижение активности всех изученных ферментов по сравнению с фоном. Так, активность почвенной инвертазы на глубине основного распространения корневой системы культуры (горизонты A_dA_1 , A_1 и A_1B , 0–50 см) была в 8 раз ниже фоновой, и на глубине 50–90 см (горизонт B_t) находилась на уровне фона.

В бурой лесной слабоненасыщенной почве буково-грабового леса активность инвертазы была максимальной в верхнем горизонте, снижалась с глубиной и с глубины 60-90 см не обнаруживалась (рис. 4). Для бурых лесных слабоненасыщенных почв установлен коэффициент корреляции активности инвертазы с содержанием в почве гумуса r =0,72. При этом по абсолютным значениям активность инвертазы отличалась меньшими величинами по всему профилю (в 2-7 раз) по сравнению с бурой лесной кислой почвой Активность бурой лесной леса. инвертазы слабоненасыщенной почвы под фундучными насаждениями в поверхностном горизонте превышала активность почвы фона в 1,7 раза, что обусловлено применяемой при выращивании системой содержания почвы (задернение), а также минимальной обработкой почвы. Так, в работе О.Ф. Хамовой с соавторами (2002) отмечена максимальная инвертазная активность чернозема выщелоченного при минимально-нулевой обработке в слое 0-20 см.

Активность инвертазы почвы под персиковым садом была на порядок ниже почвы фона и фундучных насаждений в поверхностном горизонте. Столь существенное снижение активности инвертазы, по-видимому, является

результатом пестицидной нагрузки. В исследованиях Т.Д. Бесединой и Э.Б. Янушевской (2008) установлено, что одним из основных механизмов экотоксического действия пестицидов является угнетение аэробного дыхания почвенной биоты. Такое явление наблюдалось только в поверхностном слое почвы (0–3 см), в нижележащих горизонтах активность фермента находилась на уровне фона и даже превышала его в горизонтах В и ВС. Однако в ранневесенний период активность этого фермента увеличивалось в слое 0–15 см и составила $19,58 \pm 5,33$ мг глюкозы / 1г почвы за сутки. В целом, пространственная вариабельность активности инвертазы бурой лесной почве под персиковым садом (в слое 0–15 см) была невысокой и составляла 27 %, что позволило расценивать выявленный рост активности этого фермента статистически значимым.

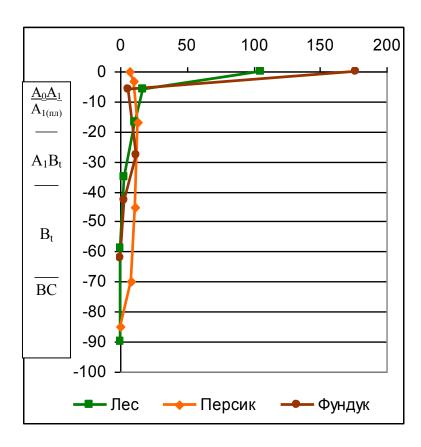


Рис. 4. Профильное распределение активности инвертазы в бурых лесных слабоненасыщенных почвах различных ценозов, мг глюкозы / 1 г почвы за 24 часа (ноябрь)

4.1.2. Уреаза

Активность фермента уреазы используется для характеристики азотного режима почвы и является показателем ее потенциальной способности к минерализации азотсодержащих органических соединений (аммонификации) (Дараселия, 1979; Биология..., 1989).

Исследования показали, что в изученной бурой лесной кислой почве естественного ценоза (буково-грабовый лес) активность уреазы в горизонте A_1 была в 3 раза ниже, чем в верхнем горизонте A_0A_1 , снижалась вниз по профилю, и с глубины 56 см практически не обнаруживалась (рис. 5). В почве чайной плантации с применением минеральных удобрений (N200P60K50) уровень активности уреазы и ее распределение по профилю заметно отличались от фона. А именно, в зоне непосредственного внесения минеральных удобрений (0-5 см) происходило снижение потенциальной активности фермента в 2 раза по сравнению с почвой фона. При этом в горизонте $A_{\pi\pi}$ (5–40 см) активность уреазы увеличивалась, способствовало поступление элементов питания из удобрений, и характер распространения корневой системы растения чая. Так, в бурых лесных почвах, в зависимости от физических свойств почв, корневая система чая может распространяться до 70 см и более, однако основная масса корней (88– 98 %) сосредоточена в слое до 40–50 см (Гвасалия, 1975; Бушин 1977; Туов, 1997).

В ранневесенний период активность уреазы в верхнем почвенном горизонте чайной плантации увеличивалась и составила $29,72 \pm 7,62$ мг $NH_3/10$ г почвы за 24 часа. В целом, пространственная вариабельность активности уреазы в бурой лесной почве чайной плантации (в слое 0-7 см) была невысокой и составляла 25,7%, что позволило расценивать выявленный рост активности этого фермента статистически значимым (Струкова, Малюкова, 2010).

В бурой лесной кислой почве под фундучными насаждениями уреазная активность была в 3 раза ниже уровня фона в поверхностном горизонте и с горизонта АВ (18 см) не обнаруживалась. Возможно, это связано с высоких фосфорных удобрений при применением доз закладке последующей эксплуатации фундучных насаждений, что привело повышению в почвах подвижных фосфатов до избыточного уровня (табл. 3).

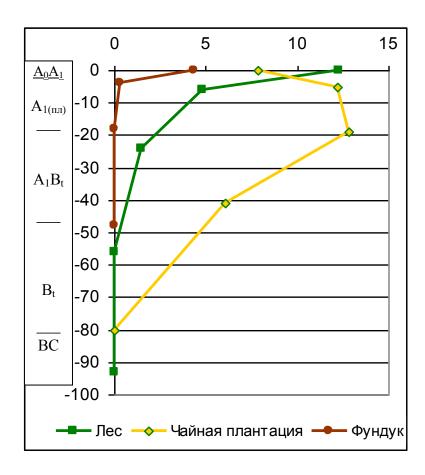


Рис. 5. Профильное распределение активности уреазы в бурых лесных кислых почвах различных ценозов, мг NH₃ / 10 г почвы за 24 часа (ноябрь)

В изученной бурой лесной слабоненасыщенной почве естественного ценоза (буково-грабовый лес) самая высокая активность уреазы отмечена в верхнем горизонте A_0A_1 , в остальных нижележащих горизонтах активность была в 2–3 раза ниже (рис. 6). В бурой лесной слабоненасыщенной почве под персиком и фундуком уреазная активность находилась на уровне почвы леса в верхних горизонтах A_dA_1 и A_{nn} , и далее убывала вниз по профилю.

Аналогичный характер распределения активности уреазы по почвенному профилю лесного ценоза и агроценозов (персик, мандарин) бурых лесных слабоненасыщенных почв показан в работе Т.Д. Бесединой с соавторами (2009). А. А. Ворожбет (2002) и В. П. Поповой (2005) для бурых лесных почв садовых ценозов южно-предгорной зоны Краснодарского края установлена активность уреазы 4–5 мг NH₃ на 10 г почвы за 24 часа в слое 0–20 см с постепенным снижением активности фермента вниз по профилю.

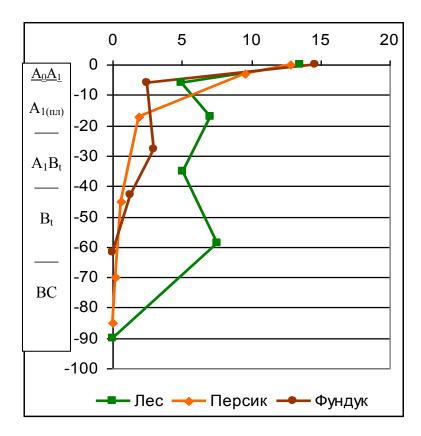


Рис. 6. Профильное распределение активности уреазы в бурых лесных слабоненасыщенных почвах различных ценозов, мг NH_3 / 10 г почвы за 24 часа (ноябрь)

Для изученных бурых лесных слабоненасыщенных почв установлен коэффициент корреляции активности уреазы с содержанием в почве легкогидролизуемого азота r=0.74 и с содержанием гумуса r=0.75. В ранневесенний период активность уреазы под персиковым садом в слое 0-15 см составила 11.24 ± 4.12 мг NH3 / 10 г почвы за 24 часа (коэффициент

вариации V = 36,7 %), и достоверно не отличалась от осеннего уровня активности.

Активность почвенных ферментов зависит от комплекса факторов, в том числе от гидротермических условий (McClaugherty, Linkins, 1990; Лариков, 2010). При этом, сезонные изменения активности ферментов могут быть значительными (Skujins, 1967; Ворожбет, 2002), хотя в некоторых почвах уровень активности относительно стабилен (Эгамкулов, Малахова, 1972; Cortez et al, 1972).

При изучении сезонной динамики ферментов в бурых лесных почвах установлено, что активность уреазы в бурой лесной кислой почве была относительно стабильной в период июль-октябрь (3,6–6,3 мг NH₃/10г). Пик активности этого фермента в почве лесного ценоза (20,8 мг NH₃/10г) зафиксирован во 2-й декаде мая (рис. 7). Это связано с тем, что весной в почве зоны влажных субтропиков складываются наиболее благоприятные гидротермические условия (оптимальный уровень влажности и теплообеспечения) для активизации биологических процессов. Для почв чайной плантации этот период (май) также характеризуется максимальной

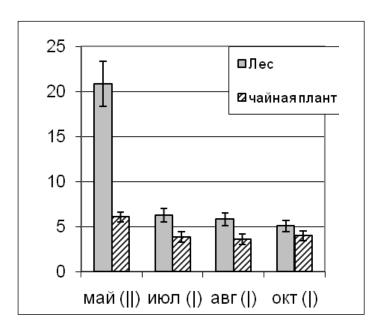


Рис. 7. Динамика активности уреазы (мгNH $_3$ на 10 г почвы за 24 часа) в бурых лесных кислых почвах в течение вегетационного периода, в слое 0–15 см (2008 г.)

активностью уреазы, однако, особенности самой культуры (более ранняя вегетация), а также сроки внесения минеральных удобрений (подкормка в апреле), по-видимому, изменяют течение биологических процессов в почве в сторону снижения их активности.

Динамика активности уреазы в бурых лесных слабоненасыщенных почвах была более сложной и не объяснялась вариабельностью гидротермических условий. В почве лесного ценоза активность уреазы менялась от 6,2 до 18,7 мг $NH_3/10$ г почвы и от 1,9 до 8,1 мг $NH_3/10$ г почвы – в агроценозах персика и фундука (рис. 8).

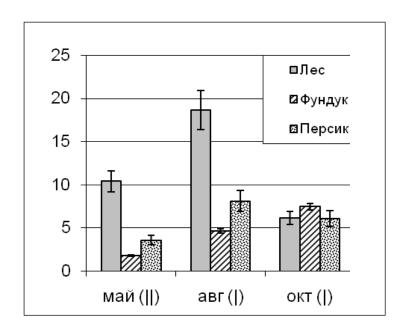


Рис. 8. Динамика активности уреазы (мг NH_3 на 10 г почвы за 24 часа) в бурых лесных слабоненасыщенных почвах в течение вегетационного периода, в слое 0–15 см (2008 г.)

При этом в весенне-летний период четко прослеживалось снижение ее активности при возделывании персика и фундука. Так, активность уреазы в почве под персиком и фундуком была значительно ниже ее активности в почве леса: в мае в 4 раза, в августе в 2–3 раза. В октябре активность уреазы почв агроценозов находилась на уровне фона.

4.1.3. Фосфатаза

Исследования показали, что изученные бурые лесные кислые и слабоненасыщенные почвы как лесных ценозов так И агроценозов характеризовались очень низкой активностью фосфатазы по всему профилю (Приложение 2, табл. 3, 4). Регистрируемая активность отмечена в верхних горизонтах профиля почвы буково-грабового леса: бурой лесной кислой – 0,64; бурой лесной слабоненасыщенной -0,13; в почве под персиком -0,15мг P_2O_5 / 100 г почвы за 1 час (Струкова, Малюкова, 2009). Можно предположить, что в целом низкая активность фосфатазы, характерная для этого типа почв, обусловлена низким содержанием в почве гумусовых веществ и связанной с этим более сильной адсорбцией фосфатаз почвенными минералами, что отмечалось для дерново-подзолистых и серых лесных почв (Хазиев, 1972). При исследовании динамики активности фосфатазы в течение вегетационного периода не удалось выявить достоверных поскольку значения активности фосфатазы были столь малы, что находились на грани чувствительности приборов.

В результате исследований установлено также, что активность фосфатазы в воздушно-сухих образцах приближена к нулю и практически не идентифицируется. Фосфатаза — один из наименее устойчивых ферментов, и при высушивании и хранении практически полностью инактивируется (Воробьева, 1978), что подтвердилось и нашими исследованиями.

4.1.4. Каталаза

Этот фермент катализирует реакцию разложения перекиси водорода на кислород и воду и отражает способность микробного сообщества противостоять воздействию стресс-факторов.

Установлено, что исследованные бурые лесные кислые почвы естественного ценоза (буково-грабовый лес) характеризовались самой

высокой активностью каталазы из изученных почв: 15–11 мл O_2 / 1 г для горизонтов A_0A_1 и A_1 , которая закономерно снижалась с глубиной (рис. 9). Выявленная картина распределения каталазной активности характерна для бурых кислых почв лесных ценозов и связана с их водно-воздушным режимом, характером распространения корней, а также с содержанием гумуса, что отмечалось и другими исследователями (Воробьева, 1978; Казеев и др., 2002; Попова, 2005). При переходе от естественного ценоза к агроценозу уровень активности каталазы в почве существенно снижался. В чайной бурой лесной почве плантации и фундучных насаждений наблюдалось снижение активности фермента по сравнению с почвой фона по всему профилю: в поверхностном горизонте A_0A_1 (A_dA_1) – в 5 раз, в горизонтах A_{nn} и AB - в 4 раза; при этом постепенное убывание активности каталазы по профилю сохранялось (рис. 9).

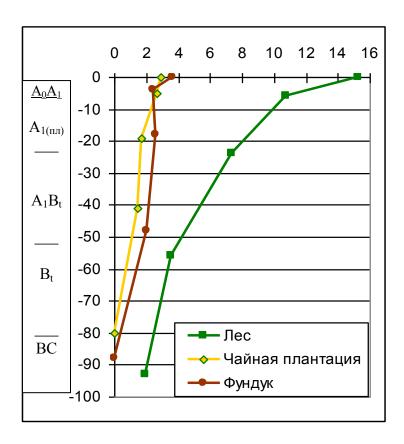


Рис. 9. Профильное распределение активности каталазы в бурых лесных кислых почвах различных ценозов, мл $O_2/1$ г почвы за 1 мин (ноябрь)

В ранневесенний период активность каталазы в почве леса и чайной плантации в слое 0–7 см оставалась на том же уровне и составила $10,93 \pm 2,48$ и $5,90 \pm 1,57$ мл O_2 / 1 г почвы соответственно, при пространственной вариабельности 22,7 и 26,6 %.

Активность каталазы в бурой лесной слабоненасыщенной почве естественного ценоза в горизонтах A_0A_1 и A_1 была в 4 раза ниже, чем в соответствующих горизонтах профиля бурой лесной кислой почвы, и с глубины 17–35 см составляла десятые доли единиц ферментативного действия (рис. 10). Каталазная активность почвы под персиком и фундуком практически не отличалась от активности почвы фона (Струкова, 2010, 2011).

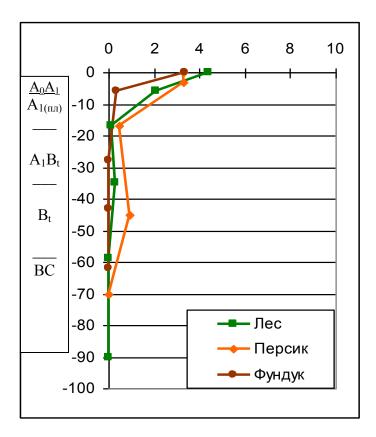


Рис. 10. Профильное распределение активности каталазы в бурых лесных слабоненасыщенных почвах различных ценозов, мл $O_2/1$ г почвы за 1 мин (ноябрь)

Анализ сезонной динамики каталазной активности показал существенное варьирование этого показателя в течение вегетационного

периода. Самый высокий уровень активности каталазы бурых лесных кислых почв естественного ценоза и чайной плантации отмечен в начале августа (11,1 и 8,0 мл O_2 соответственно), а самый низкий – в начале октября (4,2 и 1,5 мл O_2) (рис. 11). При этом отмечалось снижение активности фермента в почве чайной плантации относительно фона, наиболее существенное в мае (более, чем в 3 раза).

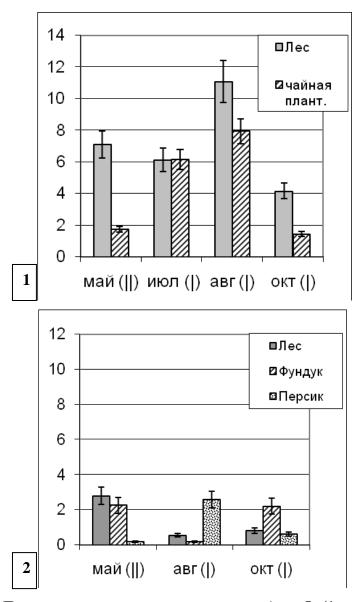


Рис. 11. Динамика активности каталазы (мл $O_2/1$ г почвы за 1 мин) в бурых лесных кислых (1) и слабоненасыщенных (2) почвах в течение вегетационного периода, в слое 0–15 см (2008 г.)

Активность каталазы в бурых лесных слабоненасыщенных почвах была низкой в течение всего вегетационного периода и изменялась от 0,2 до 2,8 мл $O_2/1$ г почвы за 1 мин (рис. 11).

Таким образом, бурые изученные лесные кислые И слабоненасыщенные почвы характеризовались максимальной ферментативной активностью верхних горизонтов и снижением активности вниз по профилю почвы. Такой характер распределения активности ферментов обусловлен основными контролирующими eë факторами: распространением корневой системы растений, содержанием гумуса, а также водно-воздушным режимом и связанной с этим микробиологической активностью. Бурые лесные кислые почвы естественного ценоза обладали (B активностью инвертазы И каталазы слабоненасыщенные; активность же уреазы находилась практически на Bce изученные подтипы бурых лесных одном уровне. почв характеризовались низкой активностью фосфатазы.

В почвах агроценозов при длительном ведении культур с применением минеральных удобрений (и пестицидов на персике) отмечалось снижение ферментативной активности изученных почв: активность каталазы и инвертазы снижалась в бурых лесных кислых почвах чайной плантации и фундучных насаждений по всему профилю по сравнению с лесом, под персиком резко снижалась в верхнем горизонте.

Отмечено увеличение активности уреазы в почве чайной плантации по всему профилю, за исключением снижения активности в слое 0–5 см (в ноябре).

4.2. Целлюлозолитическая активность

Одним из широко используемых и традиционных показателей биологической активности почв является активность разложения целлюлозы (степень разложения льняного полотна).

В результате исследований установлено, что по шкале интенсивности разрушения клетчатки (% за вегетационный сезон) Д.Г. (Практикум..., 1989) бурая лесная кислая почва буково-грабового леса и чайной плантации характеризовалась средней интенсивностью разложения (30-50%). На вариантах N200P60K50 и N600P180K150 значения степени разложения целлюлозы в почве были практически равны и не отличались от фонового уровня (леса). Это связано с тем, что в почвы этих вариантов помимо минеральных удобрений ежегодно поступает значительное количество органических остатков, а именно 17-25 т/га подрезочной массы чая (Козлова, 2008). В почве чайной плантации на варианте без внесения удобрений (где практически отсутствует поступление органических остатков) некоторое снижение активности отмечалось разложения относительно фона и вариантов опыта с внесением удобрений на 8% (табл. 5).

В бурой лесной слабоненасыщенной почве под фундучными насаждениями интенсивность разложения целлюлозы была выше, чем в бурых лесных кислых почвах на 9–18%. Такой уровень разложения целлюлозы (табл. 5) уже относился к градации «сильная» (50–80%) по шкале Д.Г. Звягинцева. Повышение биологической активности, возможно, связано с менее кислыми условиями среды, характерными для этого подтипа почв; а также со способом содержания почвы (задернением), дополнительно обогащающим почву органическим веществом и улучшающим ее свойства.

Изучение сезонной динамики активности разложения целлюлозы показало, что во всех изученных почвах наибольшая активность приходилась на май-июнь, а в июле (период засухи — стресса для растений) был зафиксирован минимум активности (табл. 5). В зимний период активность разложения целлюлозы в почве под персиком также характеризовалась высокими значениями. За три зимних месяца (в период покоя культуры) активность составила 58,2%. Эти данные, скорее всего, подтверждают особенность нашей зоны, в которой до середины января температура может не опускаться ниже +10 — +15 градусов, тогда как летом — наоборот —

наблюдаются стрессовые высокие температуры и недостаток увлажнения для растений (Мосияш, 1971).

Таблица 5 Целлюлозолитическая активность бурых лесных почв садовых агроценозов (слой 5–25 см), %

| Ценозы, варианты | | Динамика | | | | | Общая за сезон |
|----------------------|--------------|----------|------|------|--------|----------|-------------------|
| | | май | июнь | июль | август | сентябрь | май- сентябрь |
| Буково-грабовый лес* | | 17,2 | 15,9 | 0,0 | 5,0 | 3,6 | 41,7 |
| Чайная плантация* | N0P0K0 | 21,5 | 10,5 | 0,0 | 1,3 | 1,1 | 34,4 |
| | N200P60K50 | 19,8 | 9,6 | 2,5 | 4,3 | 6,1 | 42,3 |
| | N600P180K150 | 19,3 | 7,3 | 4,0 | 8,3 | 3,8 | 42,7 |
| Фундук**180Р50К50 | | 12,7 | 19,6 | 1,6 | 1 | 8,4 | 52,3 |

Примечание: * - бурая лесная кислая; ** - бурая лесная слабоненасыщенная

Таким образом, активность разложения целлюлозы демонстрирует уровень актуальной биологической активности в почве и интенсивность гидролитических процессов, показывает их сезонные изменения. Но с точки зрения эффективности и безопасности применения удобрений в агроценозах этот метод показал себя как неинформативный, что подтверждает необходимость использования комплекса показателей в вопросе изучения биологической активности почв агроценозов.

4.3. Функциональное разнообразие микробного сообщества

Помимо традиционных методов изучения биологической активности почв в последнее время широко используются современные методы, основанные на изучении функциональной активности микробоценоза (Горленко, 2001; Деградация..., 2002; Горленко, Кожевин, 2005).

Для изучения эколого-функционального состояния почв агроценозов в данной работе был использован современный метод биологического мониторинга — метод мультисубстратного тестирования (метод МСТ) (Горленко, Кожевин, 2005), который позволяет осуществить комплексную оценку биологической активности почв. Суть данного метода состоит в одновременном контроле за интенсивностью потребления микробным сообществом 47 моносубстратов путем инкубации образца в планшете для иммунологических тестов. Измерение оптической плотности ячеек такой планшеты после инкубации дает многомерные спектры потребления субстратов. Они являются своеобразным «отпечатком пальца» сообщества и незаменимы в задачах идентификации и контроля над нарушениями (Горленко, Кожевин, 2005). Из наиболее полезных (по мнению авторов метода) в мониторинговых исследованиях из всех вычисляемых системой «Эколог» индексов в данной работе были использованы следующие:

- число потребленных субстратов N;
- энтропийные индексы Шеннона Н и выравненность Е;
- удельная метаболическая работа W;
- параметр d рангового распределения спектра потребленных субстратов $F(n) = E_0$ —be $^n d^n$ (характеризующий устойчивость системы). (Исходные данные представлены в Приложении 2, табл. 5).

Использование этих параметров позволяет количественно сравнивать благополучие микробных систем различного генезиса. При этом благополучными считаются системы, обладающие большей устойчивостью, разнообразием и метаболической работой.

Результат анализа спектра потребленных субстратов изученных бурых слабоненасыщенных) лесных почв (кислых И ПО параметрам функционального биоразнообразия представлен на рисунке 12. Наибольшие значения удельной метаболической работы (W) и количества потребленных субстратов (N), а также выравненности (E) и индекса Шеннона (H) функциональное биоразнообразие характеризуют максимальное И

стабильность микробного сообщества в почве (Горленко, Кожевин, 2005). Таким образом, самые высокие показатели функционального биоразнообразия и, соответственно, наилучшее состояние микробного сообщества изученных образцов отмечено бурой лесной ИЗ слабоненасыщенной почве под персиковым садом (в горизонтах A_dA_1 , $A_{\pi\pi}$ и лесной слабоненасыщенной почве под фундучными AB), бурой насаждениями соизмеримые показатели наблюдались только в горизонте A_dA_1 ; в горизонтах A_{nn} и AB значение индекса Шеннона в среднем ниже на 0,6 ед., количество потребленных субстратов меньше на 11 (рис. 12). Бурые лесные кислые почвы по изученным показателям характеризовались более низким биоразнообразием и формировали свою обособленную группу. Наиболее приближен к слабоненасыщенным почвам горизонт A_0A_1 бурой лесной кислой почвы леса. В бурой лесной кислой почве чайной плантации отмечено существенное снижение разнообразия и стабильности микробного сообщества в поверхностном горизонте A_0A_1 (зона внесения минеральных удобрений) по сравнению с уровнем фона (леса): количество потребленных субстратов уменьшилось в 2,3 раза, индекс Шеннона – в 1,3 раза (рис. 12, табл. 7 Приложение 2).

Для профилей изученных почв отмечено снижение биоразнообразия с глубиной как в естественных почвах, так и в почвах агроценозов, что определялось характером распространения корневой системы, структурой почвы, содержанием органического вещества (рис. 12; Приложение 2, табл. 5).

Среди комплекса показателей, полученных методом MCT последующей обработкой системы «Эколог», авторы метода (Горленко, Кожевин, 2005) рассматривают как наиболее информативный в мониторинге антропогенного воздействия параметр d, отражающий стабильность сообщества. Индекс d привлекает внимание как метод оценки нагрузки и оценки благополучия экосистемы, позволяющий определить предельно допустимую концентрацию как загрязняющих веществ, так и агрохимикатов.

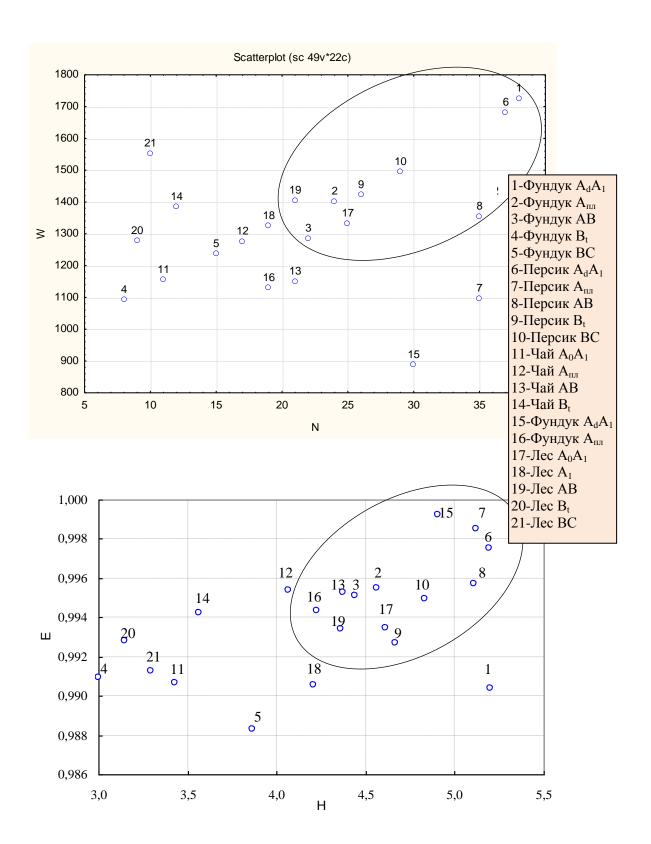


Рис. 12. Параметры биоразнообразия спектра потребленных субстратов микробного сообщества бурых лесных почв (N – количество потребленных субстратов, W – удельная метаболическая работа, H – индекс Шеннона, E – выравненность).

На основе детального изучения этого показателя в природных (различные типы почв) и модельных системах (моделирование процессов антропогенного воздействия на почвы), варьирующего от 0,01 до 1,7, авторами метода (Горленко, Кожевин, 2005) была предложена следующая шкала: в благополучных избыточных системах, имеющих максимальный запас прочности, d принимает значения от 0,01 до 0,1; в устойчивых стабильных системах от 0,1 до 0,4; системам с истощенными ресурсами или находящимся под обратимым воздействием какого-либо нарушающего фактора d 0.8;характерны значения ОТ 0.4ДΟ кризисным дестабилизированным системам соответствуют значения от 0,8 до 1; значения >1 характерны для необратимо нарушенных систем, потерявших исходную функциональную целостность. Исходя из этих градаций, рост коэффициента d указывает на снижение стабильности микробоценоза, его неустойчивом состоянии, а неким критическим значением коэффициента является 1.

В результате анализа устойчивости системы изучаемых почв в отношении потребляемых микроорганизмами субстратов по величине коэффициента d как самая стабильная из изученных закономерно была выделена бурая лесная кислая почва лесного ценоза, несмотря на отмечаемый рост коэффициента в верхнем органоминеральном горизонте A_0A_1 и на глубине 35–59 см (горизонт B_t) (рис. 13). Микробное сообщество в аккумулятивных горизонтах A_1 ($A_{\pi\pi}$) во всех изученных почвах агроценозов также характеризовалось как стабильная система, демонстрируя формирование нового равновесного состояния микробного сообщества.

При рассмотрении верхних горизонтов $(A_{0(d)}A_1)$, испытывающих наиболее сильный агрогенный прессинг, установлено, что микробное сообщество почвы агроценоза персика по значению коэффициента d характеризовалось как стабильная система (несмотря на применение пестицидов); в почве под фундучными насаждениями отмечено снижение устойчивости и дестабилизация. Бурая лесная кислая почва чайной

плантации (за исключением горизонта A_{nn}) характеризовалась самыми высокими значениями коэффициента d, указывающими на существенные функциональные изменения микробной системы почвы.

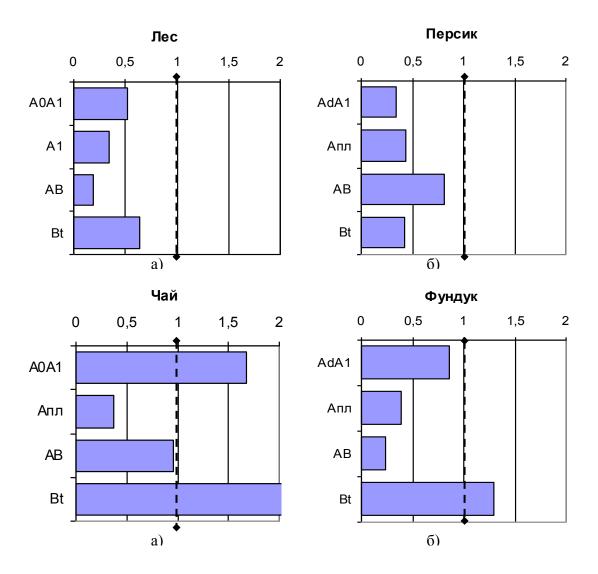


Рис. 13. Параметр устойчивости системы (d) микробного сообщества бурых лесных кислых (a) и бурых лесных слабоненасыщенных (б) почв агроценозов и леса.

Полученные значения параметров биоразнообразия для микробного комплекса бурых лесных почв разных подтипов показали специфичность их структуры и функций. Эти различия прослеживались и в результатах кластерного анализа спектров потребления субстратов (рис. 14).

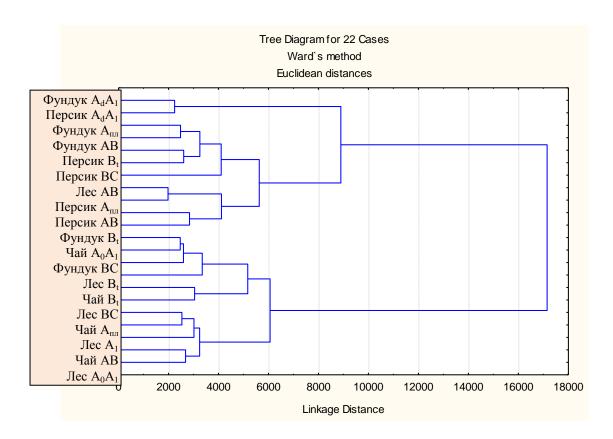


Рис. 14. Дендрограмма сходства (по Варду) микробных комплексов.

Таким мультисубстратного образом, ПО показателям метода тестирования биоразнообразием устойчивостью максимальным И характеризовалась микробная система бурой лесной слабоненасыщенной почвы под персиковым садом. Бурые лесные кислые почвы, в целом, по изученным показателям характеризовались меньшим биоразнообразием. Наибольшие функциональные изменения микробного сообщества были отмечены в бурой лесной кислой почве чайной плантации.

Глава 5. Влияние длительного применения различных видов и доз минеральных удобрений на комплекс показателей биологической активности бурых лесных кислых почв на примере культуры чая

Минеральные удобрения — мощный фактор в регулировании продуктивности сельскохозяйственных культур и биопродуктивности почв, однако, при нерациональном использовании оказывают неблагоприятное воздействие на целый ряд параметров агроэкосистемы, особенно на состояние почв.

Из ряда изученных агроценозов наиболее полный спектр многолетней информации по длительному применению различных доз и видов минеральных удобрений представлен для культуры чая. И наиболее детальное изучение влияния различных доз и видов минеральных удобрений было возможно провести на чайной плантаций, в связи с наличием 20-летнего многофакторного опыта с удобрениями.

Многочисленными исследованиями показано, что длительное интенсивное (c применением возделывание чая повышенных минеральных удобрений) приводит к агрогенной трансформации почв, включающей изменения её кислотно-основного и гумусного состояния, макро- и микроэлементного состава (Бушин, 1971; Аргунова и др., 1994; Малюкова, 1997; Добежина, 1998; Беседина, 2004а; Козлова, 2008). К тому же применение необоснованно высоких доз минеральных удобрений отрицательно влияет на качество сырья и готовой продукции чая (Притула и др., 2011).

Изучение агрохимических и биологических свойств почв чайной плантации по генетическим горизонтам показало, что наиболее существенные изменения происходят в верхнем почвенном слое глубиной 0–7 см (органо-минеральный горизонт A_0A_1), который подвержен наибольшему агрогенному воздействию. Исходя из этого, были проведены более детальные исследования именно этого почвенного слоя. При многолетнем применении

возрастающих доз минеральных удобрений (NPK) отмечалось снижение показателей кислотности бурой лесной кислой почвы в слое 0–7 см (табл. 7). При применении одинарных доз минеральных удобрений (особенно азотных) рН снижался на 0,5 единиц по сравнению с фоном, при применении двойных и тройных — на 1,0; гидролитическая кислотность увеличилась в 1,5 и 2 раза соответственно; сумма обменных Ca^{2+} и Mg^{2+} от 2,2 до 5 раз. Выявленные различия в показателях кислотности почв вариантов опыта и контролем достоверны, вариабельность показателей низкая.

Содержание легкогидролизуемого азота в верхнем почвенном слое варианта с одинарными дозами N200P60K50 в весенний период достоверно превышало его содержание в почве контроля и было соизмеримо с фоном. С повышением доз азотных удобрений до 400–600 кг д.в./га происходило повышение содержания азота. Применение фосфорных удобрений (на фоне азотных и калийных) в возрастающих дозах приводило к соответствующему увеличению содержания подвижных форм фосфора в бурой лесной почве изучаемой чайной плантации. Дозы фосфора 60 кг д.в./га обеспечивали фосфатов поддержание подвижных на высоком уровне, согласно существующим градациям (Малюкова, Козлова, 2010). Внесение фосфора в дозах 120–180 кг д.в./га увеличивало содержание фосфатов в почве в 2 раза по сравнению с одинарной дозой (60 кг д.в./га) и на порядок по сравнению с фоном и контролем.

Содержание подвижных форм калия в верхнем почвенном слое бурой лесной почве чайной плантации на различных вариантах опыта оценивалось как высокое, согласно существующим градациям (Малюкова, Козлова, 2010) и существенно не отличалось.

Таблица 7 Вариационно-статистические показатели кислотно-основных свойств бурых лесных кислых почв чайной плантации (почвенный слой 0–7 см, 28.03.2008)

| показатель | варианты | Лес (фон) | N0Р0К0 (контроль) | N200P60K50 | N200P60K150 | N400P120K100 | N600P180K150 |
|---|----------|-----------|----------------------|------------|-------------|--------------|--------------|
| рНсол. | M | 4,08 | 4,28 | 3,50 | 3,57 | 3,07 | 3,11 |
| | σ | 0,22 | 0,18 | 0,13 | 0,09 | 0,02 | 0,16 |
| | V, % | 5,33 | 4,28 | 3,78 | 2,58 | 0,69 | 5,00 |
| | M | 13,97 | 10,04 | 21,19 | 22,24 | 31,93 | 30,18 |
| H_{Γ} | σ | 2,54 | 1,34 | 1,67 | 1,11 | 0,69 | 0,78 |
| | V, % | 18,19 | 13,36 | 7,87 | 4,97 | 2,18 | 2,58 |
| Ca ²⁺ + Mg ²⁺ , ммоль- экв/100г | M | 16,57 | 14,42 | 7,42 | - | 3,32 | 4,79 |
| | σ | 1,06 | 2,66 | 2,24 | - | 0,21 | 0,72 |
| | V, % | 6,39 | 18,44 | 30,23 | - | 6,33 | 15,15 |

Примечание: М- среднее, σ – стандартное отклонение, V – коэффициент вариации

Таблица 8 Вариационно-статистические показатели содержания подвижных форм макроэлементов бурых лесных кислых почв чайной плантации (почвенный слой 0–7 см, 28.03.2008)

| показатель | арианты | Лес (фон) | N0Р0К0 (контроль) | N200P60K50 | N200P60K150 | N400P120K100 | N600P180K150 |
|--------------------------------|---------|-----------|----------------------|------------|-------------|--------------|--------------|
| $N_{\rm Jir}$, мг/кг | M | 93,4 | 64,6 | 107,4 | 205,7 | 218,4 | 194,7 |
| | σ | 24,5 | 7,9 | 7,7 | 10,7 | 10,0 | 8,1 |
| | V, % | 26,3 | 12,3 | 7,2 | 5,2 | 4,6 | 8,5 |
| P_2O_5 , мг/кг | M | 147,5 | 108,5 | 607,5 | 586,3 | 1112,8 | 1430,7 |
| | σ | 23,0 | 64,4 | 72,0 | 52,5 | 68,0 | 39,2 |
| | V, % | 15,6 | 59,4 | 47,7 | 19,0 | 14,3 | 11,4 |
| К ₂ О, мг/кг | M | 455,9 | 513,4 | 527,6 | 513,8 | 476,9 | 515,8 |
| | σ | 76,2 | 80,3 | 78,6 | 78,7 | 54,7 | 20,8 |
| | V, % | 16,7 | 15,6 | 14,9 | 15,3 | 11,5 | 4,0 |

Примечание: М- среднее, σ – стандартное отклонение, V – коэффициент вариации

Продуктивность растений и эффективность минеральных удобрений тесно связаны с биологическими свойствами почвы. Изменение химических свойств почвы, наступающее при антропогенных нагрузках, непременно оказывает влияние на условия образования фермент-субстратных комплексов и продуктов реакции (Хазиев, Гулько, 1991).

Установлено, что в ранневесенний период (по прошествии 9 месяцев после внесения удобрений) в поверхностном слое бурой лесной кислой почвы чайной плантации после длительного применения одинарных доз (N70–200Р60К50) минеральных удобрений активность уреазы увеличивалась по сравнению с контролем и фоном в среднем в 1,4–1,8 раза (табл. 9). В осенний период отбора для этого почвенного слоя активность уреазы была значительно ниже фона (см. раздел 5.1). Рост активности фермента с октября по март указывает на способность почвы восстанавливаться при таком уровне агрогенного воздействия (N70–200Р60К50) (Струкова, Малюкова, 2010).

Таблица 9 Активность уреазы в бурых лесных кислых почвах по вариантам опыта, мг $NH_3/10$ г почвы за сутки, 0–7 см (отбор 28.03.08)

| Вариант (N-P-K) | M | σ | V, % |
|------------------|------|-----|------|
| Лес (фон) | 12,9 | 4,2 | 32,7 |
| N0P0K0(контроль) | 15,9 | 3,4 | 21,6 |
| N200P60K50 | 22,7 | 7,6 | 25,6 |
| N200P60K150 | 10,3 | 3,0 | 28,7 |
| N400P120K100 | 11,5 | 1,1 | 9,3 |
| N600P180K150 | 2,7 | 1,1 | 41,1 |

Примечание: М- среднее, σ – стандартное отклонение, V – коэффициент вариации

При увеличении доз минеральных удобрений (N200P60K150, N400P120K100) активность фермента снижалась, но и при этом находилась

на уровне фона. При дальнейшем увеличении агрогенной нагрузки проявлялся сильный ингибирующий эффект многолетнего применения стрессовых доз минеральных удобрений — в почве варианта N600P180K150 активность уреазы снижалась в 4,8—5,9 раз по сравнению с фоном и контролем. То есть применение избыточных доз (свыше 400 кг д.в./га) минеральных удобрений оказывает, несомненно, вредное воздействие на почвенную биоту и агроэкосистему в целом.

Сравнительный анализ активности каталазы в весенний период (в слое почвы 0–7 см) на вариантах опыта с внесением различных доз и соотношений удобрений также показал значительное ее варьирование. В целом, отмечалось существенное снижение активности фермента в почве при внесении минеральных удобрений (табл. 10). Так, применение одинарных доз удобрений (N200P60K50) снижало каталазную активность в три раза по сравнению с контролем. Еще более резкое падение активности (на порядок) этого фермента наблюдалось при внесении азотных удобрений в дозах 400–600 кг д.в./га.

Таблица 10 Активность каталазы в бурых лесных кислых почвах по вариантам опыта, мл $O_2/1$ г почвы за 1 мин, 0–7 см (отбор 28.03.08)

| Вариант (NPK) | M | σ | V, % |
|-------------------|------|-----|------|
| Лес (фон) | 10,9 | 2,5 | 22,7 |
| N0P0K0 (контроль) | 19,2 | 3,8 | 19,6 |
| N200P60K50 | 5,9 | 1,6 | 26,6 |
| N200P60K150 | 3,1 | 2,0 | 64,4 |
| N400P120K100 | 1,4 | 0,5 | 37,7 |
| N600P180K150 | 1,4 | 0,5 | 37,0 |

Примечание: М- среднее, σ – стандартное отклонение, V – коэффициент вариации

Полученные данные подтверждают установленный для других типов почв эффект снижения активности этого фермента при внесении минеральных удобрений (Галстян, 1972; Дараселеия, 1979). По мнению А.Ш. Галстяна (1974), кислотные остатки вносимых удобрений могут заметно снижать активность каталазы за счет блокирования железа простетической группы этого фермента. Второй причиной можно назвать снижение устойчивости микробного сообщества в результате длительного применения высоких доз азотных удобрений, обусловленное значительными его перестройками (Устойчивое..., 2000).

Для комплексной оценки биологического состояния почв при сравнении изучаемых вариантов был использован интегральный индекс витальности (коэффициент «здоровья» почвы, отражающий степень её «благополучия», согласно терминологии М.В. Горленко): $G = (N / N_{max})/d$, где N_{max} — количество тест-субстратов (47), N количество потребленных субстратов (мера разнообразия), d — коэффициент рангового распределения спектра потребленных субстратов, отражающий устойчивость сообщества. Следовательно, высокие значения G характерны для богатых и устойчивых микробных систем, низкие — для истощенных и дестабилизированных.

Изучаемый коэффициент «здоровья» почвы G значительно варьировал по вариантам опыта (Рис. 15). Установлено, что азотные удобрения оказывали наиболее существенное влияние на состояние микробного сообщества, тогда как однозначных закономерностей влияния различных доз фосфора и калия не было выявлено. Лучшие почвенные условия (наибольшие значения G) обеспечивали схемы удобрения N200P60K150, N200P180K150, N400P120K0, N200P60K50 (Малюкова и др., 2012).

Сопряженный анализ коэффициента G и урожайности позволил установить следующие тенденции. Варианты опыта с внесением одинарных и двойных доз азотных удобрений характеризовались урожаем от среднего до высокого (40–60 ц/га) и в большинстве своем относительно высоким коэффициентом «здоровья» почвы.

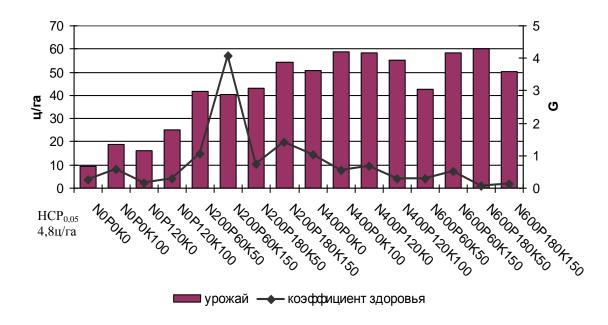


Рис. 15. Урожайность культуры чая и коэффициент здоровья почв при применении различных доз удобрений на чайной плантации (2008–2010 гг.)

На вариантах без азотных удобрений коэффициент почвенного «здоровья» низкий (<0,6), и урожайность культуры составила 9–25 ц/га. На вариантах с тройными дозами азота, характеризующихся также низким коэффициентом G, отсутствовал пропорциональный рост урожайности по сравнению с внесением одинарных и двойных доз азота, что также подтверждало стрессовое состояние почвенной биоты, отражающееся на состоянии агроценоза.

Таким образом, установлено, что длительное применение различных видов и доз минеральных удобрений достоверно изменяло показатели биологической активности почв агроценоза по сравнению с фоном и контролем в почвенном слое 0–7 см, который подвергается наиболее сильному агрогенному воздействию, являясь при этом буферной зоной между почвой и другими компонентами биосферы. Активность каталазы существенно снижалась под влиянием применения минеральных удобрений в различных комбинациях. Влияние минеральных удобрений на активность

уреазы в ранневесенний период определялось их дозами: одинарные дозы повышали активность фермента, а тройные – резко снижали.

Метод МСТ позволил оценить влияние различных схем удобрений в условиях многолетних полевых экспериментов на состояние почв и агроэкосистемы в целом. Выявлено доминирующие значение азота, как структурообразующего биогенного элемента в восстановлении здоровья почв, находящихся в интенсивном сельскохозяйственном использовании, а также в формировании устойчивого функционирования агроэкосистемы чайной плантации — как недостаток, так и избыток этих удобрений однозначно ухудшал не только урожайность культуры, но и состояние почвы.

ВЫВОДЫ

Комплексное изучение агрохимических и биологических свойств бурых лесных кислых и бурых лесных слабоненасыщенных почв садовых агроценозов и чайных плантаций Черноморского побережья России (зона Большого Сочи) позволило сделать следующие выводы:

- 1. Бурые лесные (кислые и слабоненасыщенные) почвы естественных ценозов характеризовались самой высокой активностью ферментов инвертазы (189,5 и 105,6 мг глюкозы/10 г за 24 часа), уреазы (12,3 и 13,5 мг NH₃/10 г за 24 часа), каталазы (15, 3 и 4,4 мл O₂/1 г за 1 мин) фосфатазы (0,64 и 0,13 мг P₂O₅/100 г за 1 час) в верхних горизонтах, с характерным убыванием активности вниз по профилю. В бурых лесных кислых почвах максимальная активность уреазы зафиксирована в мае, активность каталазы в августе, в бурых лесных слабоненасыщенных почвах в августе и мае, соответственно.
- 2. Длительное возделывание культур чая, персика и фундука на этих подтипах почв приводило к снижению активности каталазы, инвертазы и фосфатазы по всему профилю, наиболее существенное в верхних горизонтах, в большей степени на чайной плантации. Активность уреазы в бурой лесной чайной кислой почве плантации существенном при снижении поверхностном горизонте, увеличивалась в слое 5-40 см; в бурой лесной слабоненасыщенной – оставалась на уровне фона. В целом, бурые лесные слабоненасыщенные характеризовались наибольшим почвы биоразнообразием (B частности почва под персиковым садом). поверхностном горизонте бурых лесных кислых почв чайной плантации и фундучных насаждений отмечалось снижение устойчивости микробного сообщества.
- 3. Длительное применение минеральных удобрений на чайных плантациях оказывало наиболее сильное воздействие на биологическую активность бурой лесной кислой почвы в поверхностном слое (0–7 см).

Активность каталазы снижалась в 2–3 раза уже при внесении одинарных доз N200P60K50, а применение тройных доз (N600P180K150) уменьшало ее на порядок. Тройные дозы минеральных удобрений также ингибировали активность уреазы (в 4,8–5,9 раз по сравнению с контролем и фоном), при внесении одинарных доз активность уреазы в бурой лесной почве чайной плантации увеличивалась в 1,4–1,8 раз по сравнению с контролем и фоном. Ингибирующего действия удобрений на активность разложения целлюлозы в почве не было выявлено.

- 4. Наиболее существенное влияние на коэффициент «здоровья» почвы, отражающий функциональное биоразнообразие и стабильность микробоценоза бурой лесной кислой почвы под культурой чая, оказывали азотные удобрения, тогда как однозначных закономерностей влияния различных доз фосфора и калия не было выявлено. Лучшие почвенные условия (наибольшие значения G) обеспечивали дозы азота 200 кг д.в./га на фоне разных доз фосфора и калия. Более высокие дозы азотных удобрений, а также их отсутствие снижали этот показатель.
- 5. Из изученной группы функциональных показателей (ферментативная активность почв, показатели МСТ) наиболее информативными в отношении оценки эффективности И экологической безопасности применения минеральных удобрений на чайных плантациях и в садовых агроценозах активность показателей функционального являются уреазы И ряд биоразнообразия микробного сообщества почв (d-коэффициент устойчивости микробоценоза, G-коэффициент «здоровья» почв), полученных методом мультисубстратного тестирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абашеева Н.Е. Влияние лантансодержащих микроудобрений на биологическую активность каштановой почвы [Текст] / Н.Е. Абашеева, Е.Г. Инешина, М.Г. Меркушева, Н.М. Кожевникова, Б.Б. Митыпов // Агрохимия. 2003. №8. С. 39–44.
- Абрамян С.А. Изменение ферментативной активности почвы под влиянием естественных и антропогенных факторов [Текст] / С.А. Абрамян // Почвоведение. – 1992. – №7. – С. 70–82.
- 3. Абрамян. С.А. Природа регуляции ферментативных процессов в почве: автореф. дис. ... д-ра. биол. наук [Текст] / С. А. Абрамян. М., 1990. 33 с.
- Абрамян С.А. Кислотно-основная регуляция действия ферментов почв / С.А. Абрамян, А.Ш. Галстян [Текст] // Почвоведение. 1981. №5. С. 39–45.
- 5. Агрохимические методы исследования почв [Текст] / отв. ред. А.В. Соколов; АН СССР, ВАСХНИЛ, Почв. Ин-т им. В.В. Докучаева. 5-е изд. М.: Наука, 1975. 656 с.
- Александрова Т.С. Ферментативная активность почв [Текст] / Т.С. Александрова, Э.М. Шмурова // Итоги науки и техники. Почвовед. и агрохим. 1974. №1. С. 5–69.
- 7. Алиев Р.А. Коррелятивные изменения активности ферментов в почвах вертикальных зон [Текст] / Р.А. Алиев, Д.А. Гаджиев // Науч. докл. высш. шк. биол. науки. 1973. №5. С. 121–126.
- 8. Апостолов Л.Я. Климат Северо-Кавказского края [Текст] / Л.Я. Апостолов. Ростов-на-Дону, 1931. 51 с.
- 9. Араксян С.М. Влияние азотных удобрений на активность ферментов азотного обмена и формы азота в почвах [Текст] / С.М. Араксян, С.А. Абрамян, В.Г. Агабабова // Биол. журнал Армении. 1988. Т. 41. № 11. С. 946—949.

- 10. Аргунова В.А. Влияние минеральных удобрений на урожай чая и агрохимические показатели почв [Текст] / В.А. Аргунова, П.М. Бушин // Агрохимия. 1992. №2. С. 77–82.
- 11. Аргунова, В.А. Принципы оптимального программирования урожаев чая и получения качественной продукции при разработке экологически безопасных систем питания [Текст] / В.А. Аргунова, П.М. Бушин, Л.С. Малюкова // Сб. науч. тр. / ВНИИЦиСК. Сочи, 1994. Вып. 38. С. 182–189.
- 12. Арзыханов Р.Д. Влияние предпосевной обработки на биологическую активность почвы [Текст] / Р.Д. Арзыханов // Земледелие. 2001. № 5. С. 25.
- 13. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв [Текст] / Е.В. Аринушкина; отв. ред. А.И. Бусев; изд-е 2-е; перераб. и доп. М.: Изд-во МГУ, 1970. 505 с.
- 14. Арутюнян Э.А. Об определении активности щелочной и кислой фосфатазы почв [Текст] / Э.А. Арутюнян, А.Ш. Галстян // Агрохимия. 1975. №5. 128–133.
- 15. Арутюнян Э.А. Активность фосфогидролаз и формы фосфора в основных типах почв Армянской ССР: автореф. дис. ... канд-та. биол. наук [Текст] / Э.А. Арутюнян. М.: МГУ. 1977. 24 с.
- 16. Бабаев М.П. Оценка биологической активности почв субтропической зоны Азербайджана [Текст] / М.П. Бабаев, Н.И. Оруджева // Почвоведение. 2009. №10. С. 1248–1255.
- 17. Баджелидзе А.Ш. Влияние длительного удобрения чайных плантаций на химический состав почвенных растворов красноземов и золы листьев чая [Текст] / А.Ш. Баджелидзе // Бюл. ВНИИЧиСК. 1957. №2. с.51—66.
- 18. Бадмаев А.Б. Влияние осадков сточных вод на биологическую активность аллювиальной дерновой почвы [Текст] / А.Б. Бадмаев, С.Г. Дорошкевич // Агрохимия. 2006. \mathbb{N} 1. С. 62–66.

- 19. Беседина Т. Д. Плодородие почв в садах при дерново-перегнойной системе содержания во влажных субтропиках : автореферат дис. ... канд-та с.-х. наук [Текст] / Тина Давыдовна Беседина. Краснодар, 1986. 22 с.
- 20. Беседина Т.Д. Агрогенная трансформация почв влажных субтропиков России под культурой чая [Текст] / Т.Д. Беседина; рец. А.В. Бузоверов и др. Краснодар: КубГАУ, 2004 (а). 169 с.
- 21. Беседина Т.Д. Антропогенное воздействие на растение фундука и почвы субтропиков России [Текст] / Т.Д. Беседина // Сб. науч. тр. «110 лет в субтропиках России» / редкол. : И.А Кравцов и др. Сочи, 2004 (б). Вып. 39. С. 380—388.
- 22. Беседина Т.Д. Изменение агрохимических свойств бурых лесных почв и желтоземов под плантациями чая и фундука [Текст] / Т.Д. Беседина // Агрохимия. 2004 (в). №9. С. 39–47.
- 23. Беседина Т.Д. Биологическая индикация состояния садовых экосистем в субтропиках России [Текст] / Беседина Т.Д., Янушевская Э.Б. // Оптимизация технолого-экономических параметров и структуры агроценозов при возделывании плодовых культур и винограда. Краснодар, 2008. С. 343–356.
- 24. Беседина Т.Д. Агроэкологические требования культуры чая в субтропиках России [Текст] / Т.Д. Беседина, В.К. Козин // Сб. науч. тр. «Биоресурсы, биотехнологии, экологически безопасное развитие агропромышленного комплекса» / под ред. А.В. Рындина. Сочи, 2007. Вып. 40. С. 232—248.
- 25. Беседина Т.Д. Влияние пестицидов на биоресурсы садовых экосистем в субтропиках России [Текст] / Т.Д. Беседина, Э.Б. Янушевская, А.В. Егошин // Субтропическое и южное садоводство России: науч. труды ГНУ Всерос. инт-та цветоводства и субтроп. культур; [редкол.: А.В. Рындин и др.]. Сочи: ВНИИЦ и СК, 2009. Вып. 42, Т. 2. С. 296 311.

- 26. Биология почв: Учебник [Текст] / И.П. Бабьева, Г.М. Зенова; под ред. Д.Г. Звягинцева. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во МГУ, 1989. 336 с.: ил.
- 27. Бушин П.М. Почвы субтропической зоны Краснодарского края [Текст] / П.М. Бушин // Докл. Сочинского отдела геогр. об-ва СССР. / под ред. В.В. Воронцова и др. Л.: 1971. Вып. 2. С. 139–163.
- 28. Бушин П.М. Агрометеорологические факторы и их использование для оценки и прогноза эффективности орошения чайных плантаций [Текст] / П.М. Бушин // Водный режим и орошение плодовых и субтропичесих культур в горных условиях. Сочи, 1975. Вып. 21. С. 8–43.
- 29. Бушин П.М. Развитие корневой системы чайного куста в зависимости от степени аэрации почв / П.М. Бушин // Почвоведение. 1977. № 3. С. 78—84.
- 30. Вальков В.Ф. Генезис почв Северного Кавказа [Текст] / В.Ф. Вальков. Ростов: Изд-во Ростовского университета, 1977. 160 с.
- 31. Владыченский А.С. Гумусное состояние бурых лесных кислых почв и его изменение при интенсивном возделывании культуры чая в условиях субтропической зоны РФ [Текст] / А.С. Владыченский, Л.С. Малюкова, Н.В. Козлова // Вестник Моск. ун-та. Сер. Почвоведение. 2007. № 4. С. 10—16.
- 32. Воробьева Е.А. Сравнительная характеристика биологической активности почв вертикальных зон Кавказа: дисс. ... канд. биол. наук [Текст] / Е.А. Воробьева; науч. рук. Д.Г. Звягинцев; МГУ им. Ломоносова. М., 1978. 234 с.
- 33. Ворожбет А.А. Биологическая активность почв в садовых агроценозах западного предкавказья: автореферат дис. ... канд-та с.-х. наук [Текст] / Андрей Александрович Ворожбет. Краснодар, 2002. 22 с.
- 34. Воронин А.А. Динамика ферментативной активности чернозема обыкновенного в условиях полевого стационарного опыта Федерального полигона «Каменная степь» [Текст] / А.А. Воронин, Н.А.

- Протасова, Н.С. Беспалова // Вестник ВГУ. Сер. Биология. 2006. №2. С. 122–127.
- 35. Воронцов В.В. Возделывание субтропических культур [Текст] / В.В. Воронцов, У.Г. Штейман. М.: Колос, 1982. 271 с.
- 36. Вязовский П.Л. Климат Ростовской области и Краснодарского края [Текст] / П.Л. Вязовский. Ростов-на-Дону, 1938. 34 с.
- 37. Гаврилова А.Н. Динамика органических соединений фосфора и фосфатазной активности в дерново-подзолистой палевой почве [Текст]
 / А.Н. Гаврилова, Н.А. Шимко, Н.И. Савченко // Почвоведение. 1973.
 №6 С. 70–78.
- 38. Галактионов И.И. Почва и удобрения в субтропическом хозяйстве [Текст] / И.И. Галактионов; отв. редактор Н.М. Вильчинский. Сочи: Типогр. УСМК, 1947. 140 с.
- 39. Галиулин Р.В. Ферментативная индикация загрязнения почв тяжелыми металлами [Текст] / Р.В. Галиулин, Р.А. Галиулина // Агрохимия. 2006. №11. С. 84—95.
- 40. Галиулин Р.В. Биологическая индикация ремедиации почвы, загрязненной газовым конденсатом [Текст] / Р.В. Галиулин, Р.А. Галиулина, Э.Б. Бухгалтер, В.Н. Башкин, И.Е. Сидорова, А.В. Грунвальд, А.Ю. Семенцов // Агрохимия. 2008. № 10. С. 69–73.
- 41. Галстян А.Ш. Влияние температуры на активность ферментов почвы [Текст] / А.Ш. Галстян // Доклад АН Арм. ССР, 1965. Т.40 №3 С. 177-181.
- 42.Галстян А.Ш. Об устойчивости ферментов почв [Текст] / А.Ш. Галстян // Почвоведение. 1982. №4. С.108—110.
- 43. Галстян А.Ш. Унификация методов определения ферментативной активности почв [Текст] / А.Ш. Галстян // Почвоведение. 1978. №2. С.107—113.

- 44. Галстян А.Ш. Ферментативная активность почв Армении [Текст] / А.Ш. Галстян // Труды НИИ почв. и агрохим. / Ереван: Изд-во «Айастан», 1974. Вып. 8. 275 с.
- 45. Гвасалия В.П. Влияние орошения на рост побегов и урожайность чайных плантаций [Текст] / В.П. Гвасалия, П.М. Бушин, Р.В. Воронцова // Тр. НИИГСиЦ: Водный режим и орошение плодовых и субтропических культур в условиях Краснодарского края / под. ред. П.М. Бушина. Сочи, 1975. Вып. 21. С. 163–174.
- 46. Гвасалия В.П. Развитие корневой системы чайного куста в различных почвенно-гидрологических условиях [Текст] / В.П. Гвасалия // Тр. НИИГСиЦ: Водный режим и орошение плодовых и субтропических культур в условиях Краснодарского края / под. ред. П.М. Бушина. Сочи, 1975. вып. 21. С. 94 –101.
- 47. Гельцер Ю.Г. Биологическая диагностика почв [Текст] / Ю.Г. Гельцер. М.: МГУ, 1986. 83 с.
- 48. Герасимов И.П. Почвенный покров и характеристика почв пригодных для культуры чая на территории адлерского района [Текст] / Герасимов И.П. // В кн. Природные условия Северо-Западного Кавказа и пути рационального использования их в сельскохозяйственном производстве / М. Л.: Изд-во АН СССР, 1951. Ч. 2. С. 21–30.
- 49. Глущенко К.С. Лучшие сорта персика для Черноморского побережья [Текст] / К.С. Глущенко // Сб. науч. тр. НИИ горного садоводства и цветоводства. Сочи, 1978. Вып. 25. С. 30–33.
- 50. Голетиани Г.И. Основы удобрения чайной плантации [Текст] / Г.И. Голетиани; отв. ред О.Н. Качарава; Сухуми: Изд-во «Алашара», 1976. 192 с.
- 51. Горленко М.В. Индикация загрязнения почвы полициклическими ароматическими углеводородами по функциональной реакции почвенного микробного комплекса [Текст] / М.В. Горленко, А.С.

- Терехов, С.А. Марченко и др. // Вестник Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. 2003. №1
- 52. Горленко М.В. Мультисубстратное тестирование природных микробных сообществ [Текст] / М.В. Горленко, П.А. Кожевин. М: МАКС Пресс, 2005. 88 с.
- 53. Горленко М.В. Функциональное биоразнообразие почвенных микроорганизмов: подходы к оценке [Текст] / М.В. Горленко // Перспективы развития почвенной биологии : Тр. Всерос. конф, Москва, 22 февраля 2001 г. / М.: Макспресс, 2001. С. 228–234.
- 54. Григорян К.В. Экологическая оценка компонентов биоценоза по активности ферментов почв в условиях техногенного загрязнения : автореф. дис. ... д-ра биол. наук [Текст] / К.В. Григорян. М.: МГУ, 1990. 32 с.
- 55. Гузев В.С. Перспективы эколого-микробиологической экспертизы состояния почв при антропогенных воздействиях [Текст] / В.С. Гузев, С.В. Левин // Почвоведение. 1991. № 9. С. 50–62.
- 56. Гутиев Г.Т. Климат и морозостойкость субтропических растений [Текст] / Г.Т. Гутиев, А.С. Мосияш. М.: Гидрометеоиздат, 1977. 231с.
- 57. Даденко В.Е. Изменение ферментативной активности при хранении почвенных образцов [Текст] / Е.В. Даденко, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников, В.Ф. Вальков // Почвоведение. 2009. №12. С. 1481–1486.
- 58. Дараселия Н.А. Биологическая активность основных типов почв западной Грузии [Текст] / Н.А. Дараселия. Тбилиси: Мецниереба, 1979. 302 с.
- Дараселия М.К. Субтропические культуры в выполнении продовольственной программы [Текст] / М.К. Дараселия, В.В. Воронцов. Тбилиси: Мицниереба, 1986. 168 с.

- 60. Девятова Т.А. Ферментативная активность чернозема выщелоченного при длительном систематическом применении удобрений [Текст] / Т.А. Девятова // Агрохимия. 2006. №1. С. 12–15.
- 61. Деградация и охрана почв [Текст] / Под ред. академика РАН Г.В. Добровольского. М.: МГУ, 2002. 654 с.
- 62. Денисова Т.В. Влияние гамма-излучения на биологические свойства почвы (на примере чернозема обыкновенного) [Текст] / Т.В. Денисова, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников, В.Ф.Вальков // Почвоведение. − 2005. − №7. − С. 877−881.
- 63. Денисова Т.В. Влияние электромагнитных полей на биологические свойства почв : автореф. дис. ... д-ра биол. наук [Текст] / Татьяна Викторовна Денисова. Ростов-на-Дону, 2011. 48 с.
- 64. Джанаев Г.Г. Влияние систематического применения удобрений на агрохимические и биологические свойства каштановой почвы и продуктивность севооборота [Текст] / Г.Г. Джанаев, А.Т. Фарниев, З.Г. Джанаев // Агрохимия. 2007. № 10. С. 32 38.
- 65. Джанаев З.Г. Агрохимия и биология почв юга России. Монография [Текст] / З.Г. Джанаев; под ред. академика РАСХН В.Г. Минеева. М.: Изд-во МГУ, 2008. 528 с.
- 66. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении [Текст] / Е.А. Дмитриев ; ред. Е.Д. Кобылянский. М.: МГУ, 1972. 292 с.
- 67. Добежина С.В. Влияние минеральных удобрений на агрохимические свойства почв и продуктивность культуры чая в условиях Краснодарского края : автореф. дис. ... канд. биол. наук [Текст] / Добежина Светлана Владимировна. М., 1998. 17 с.
- 68. Добровольская Т.Г. Влияние долговременного внесения сахарозы и эктомикоризных корней на функционирование микробных комплексов дерново-подзолистой почвы [Текст] / Т.Г. Добровольская, М.В. Горленко, А.Л. Степанов, С.А. Нестеров, А.В. Тиунов // Вестник Моск. Ун-та. Сер. 17. Почвоведение. 2010. №3. С. 31–34.

- 69. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта [Текст] / Б.А. Доспехов. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
- 70. Дубровин Н.И. Оценка инженерно-геологических условий низкогорной зоны междуречья Мзымта-Пзезуапсе в сельскохозяйственных целях [Текст] / Н.И. Дубровин, Н.И. Кочетов // Доклады Счинского отдела географического общества СССР. 1971. Вып. 2. С. 117—128.
- 71. Дурихина Н.В. Биологическая активность дерново-подзолистой почвы при использовании осадков сточных вод : автореф. дис. ... д-ра. биол. наук [Текст] / Наталья Викторовна Дурихина. М., 2007. 23 с.
- 72. Евдокимова Г.А. Биологическая активность рекультивированных промышленных отвалов в условиях северной тайги [Текст] / Г.А. Евдокимова, В.В. Калмыкова // Агрохимия. 2008. №1. С. 63–67.
- 73. Евдокимова Г.А. Микробиологическая активность почв при загрязнении тяжелыми металлами [Текст] / Г.А. Евдокимова // Почвоведение. $1982. N_{\odot} 6. C. 125-128.$
- 74. Егоров В.С. Агроэкологическая оценка действия и последействия разных систем удобрения в агроценозах на дерново-подзолистых почвах : автореф. дисс. ... д-ра биол. наук [Текст] / Владимир Сергеевич Егоров. М., 2006. 48 с.
- 75. Егорова Е.В. Изменение ферментативной активности дерновоподзолистой почвы на агрохимических фонах при загрязнении свинцом и кадмием [Текст] / Е.В. Егорова, В.С. Егоров, А.В. Арзамазова // Доклады РАСХН. 2002. №4. С. 29–31.
- 76.Завьялова Н.Е. Влияние минеральных удобрений и известкования на биологическую активность дерново-подзолистой почвы [Текст] / Н.Е. Завьялова, Е.М. Митрофанов // Агрохимия. 2008. № 12. С. 29–34.
- 77. Загайный С.А. Защита субтропических и южных плодовых культур от вредителей и болезней в Черноморской зоне Краснодарского края

- [Текст] / С.А. Загайный, Ю.Ф. Кулибаба, Н.А. Панкова. Сочи, 1968. 168с.
- 78. Звягинцев Д.Г. Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей [Текст] / Д.Г. Звягинцев // Почвоведение. 1978. №6. С. 48–54.
- 79. Звягинцев Д.Г. Биология почв и их диагностика [Текст] / Д.Г. Звягинцев // Проблемы и методы биологической диагностики и индикации почв / М.: Наука, 1976. С. 175–189.
- 80. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы [Текст] / Д.Г. Звягинцев. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987. 256 с.
- 81. Иванов Н.А. Динамика ферментативных и биохимических процессов в некоторых почвах лесостепного Зауралья [Текст] / Н.А. Иванов, Р.П. Баранова // Тр. Свердл. с.х. ин-та. 1972. Т.26. С. 24–36.
- 82. Ильбулова Г.Р. Оценка параметров биоразнообразия почвенных микробных сообществ территорий, подверженных воздействию горнообогатительных комбинатов [Текст] / Г.Р. Ильбулова, И.Н. Семенова // Вестник ОГУ. 2009. №6 (100). С. 571–572.
- 83. Казеев К.Ш. Изменение биологической активности почв предгорий Северо-Западного Кавказа при антропогенном воздействии : автореф. дис. ... канд. биол. наук [Текст] / Казеев Камиль Шагидуллович. Краснодар, 1996. 17 с.
- 84. Казеев К.Ш. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований [Текст] / К.Ш. Казеев, С.И. Колесников, В.Ф. Вальков. Ростов-на-Дону: ЦВВР, 2003. 350 с.
- 85. Казеев К.Ш. Биологические особенности почв влажных субтропиков России [Текст] / К.Ш. Казеев, В.К. Козин, С.И. Колесников, В.Ф. Вальков // Почвоведение. 2002. № 12. С. 1474–1478.
- 86. Казеев К.Ш. Биология почв Юга России [Текст] / К.Ш. Казеев, С.И. Колесников, В.Ф. Вальков. Ростов-на-Дону: ЦВВР, 2004. 349 с.

- 87. Калетозова Г.В. Микробиологические и ферментативные процессы в некоторых почвах Грузии: автореферат дис. ... канд. биол. наук [Текст] / Г.В. Калетозова. Тбилиси. –1975. 23 с.
- 88. Карпенчук Г.К. Частное плодоводство [Текст] / Г.К. Карпенчук. Краснодар: Выс. шк., 1984. – 295 с.
- 89. Киреева Н.А. Активность каталазы и дегидрогеназы в почвах, загрязненных нефтью и нефтепродуктами [Текст] / Н.А. Киреева, Е.И. Новоселова, Т.С. Онегова // Агрохимия. 2002. №8. С.64–72.
- 90. Классификация и диагностика почв СССР [Текст] / [Егоров В.В. и др.] ; М.: Колос, 1977. 223 с.
- 91. Классификация и диагностика почв России [Текст] / [Л.Л. Шишов и др.]; под ред. Г.В. Добровольского. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
- 92. Козин В.К. Методика комплексной агроэкологической оценки почв под многолетними насаждениями [Текст] / В.К. Козин, Т.Д. Беседина, П.М. Бушин. Сочи, 1992. 45 с.
- 93. Козин В.К. Зоны выращивания фундука на Черноморском побережье России [Текст] / В.К. Козин // Садоводство и виноградарство. 1994. № 4. С. 22—23.
- 94. Козин В.К. Варьирование гидротермических характеристик климата и продуктивность персика в субтропиках России [Текст] / В.К. Козин, В.И. Михайлюк, К.В. Козин // Новые сорта и технологии возделывания плодовых и ягодных культур для садов интенсивного типа: материалы междунар. науч.-метод. конф., Орел, 18–21 июля 2000 г. / ВНИИСПК. Орел, 2000. С. 103–104.
- 95. Козин В.К. Оценка почвенно-экологических условий садовых ценозов субтропиков России : учебное пособие [Текст] / В.К. Козин. Краснодар, 2005. 135 с.
- 96.Козин К.В. Рост и плодоношение персика в зависимости от плотности посадки и экспозиции склона во влажных субтропиках России :

- автореферат дис. ... канд. с.-х. наук [Текст] / Козин Константин Владимирович. Краснодар, 2000. 25 с.
- 97. Козлов К.А. Биологическая активность почвы [Текст] / К.А. Козлов // Изв. АН СССР. Сер. биол. №5. С. 719–733.
- 98.Козлова Н.В. Влияние длительного применения минеральных удобрений на гранулометрический состав бурой лесной кислой почвы чайной плантации субтропиков России [Текст] / Н.В. Козлова, Л.С. Малюкова // Агрохимия. 2009. №9. С. 1–8.
- 99. Козлова Н.В. Влияние длительного применения минеральных удобрений на кислотно-основное состояние бурых лесных кислых почв чайных плантаций субтропиков России [Текст] / Н.В. Козлова, Л.С. Малюкова // Агрохимия. 2007. №9. С. 1–7.
- 100. Козлова Н.В. Минералогический состав илистой фракции кислых бурых лесных почв чайных плантаций субтропиков России, испытывающих длительного внесения минеральных влияние удобрений [Текст] / Н.В. Козлова, Л.С. Малюкова, Т.А. Соколова, Т.Я. Дронова // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17, Почвоведение. – 2008. – № 4. – C. 7–13.
- 101. Козлова Н.В. Состояние бурых лесных кислых почв чайных плантаций при длительном применении минеральных удобрений в субтропиках России : автореферат дис. ... канд. биол. наук [Текст] / Наталья Васильевна Козлова. М., 2008. 28 с.
- 102. Козлова Н.В. Состояние бурых лесных кислых почв чайных плантаций при длительном применении минеральных удобрений в субтропиках России: дис. ... канд. биол. наук [Текст] / Козлова Наталья Васильевна; науч. рук. Л.С. Малюкова; РАСХН, ГНУ ВНИИЦиСК. М., 2008. 200 с.
- 103. Колесников С.И. Биологические принципы мониторинга и нормирования загрязнения почв [Текст] / С.И. Колесников, К.Ш. Казеев, В.Ф.Вальков. Ростов-на-Дону: ЦВВР, 2001. 64 с.

- 104. Колесников С.И. Влияние загрязнения фтором, бором, селеном, мышьяком на биологические свойства чернозема обыкновенного [Текст] / С.И. Колесников, А.А.Попович, К.Ш. Казеев, В.Ф.Вальков // Почвоведение. 2008. № 4. С. 448–453.
- 105. Колесников С.И. Изменение эколого-биологических свойств почв юга России при загрязнении фтором [Текст] / С.И.Колесников, А.А. Попович, К.Ш. Казеев, В.Ф.Вальков // Агрохимия. 2008. № 1. С. 76—82.
- 106. Кузнецова Т.А. Особенности азотфиксации в желудочнокишечном тракте песчанок и их влияние на биологическую активность почв : автореферат дис. ... канд. биол. наук [Текст] / Татьяна Александровна Кузнецова. – М., 2007. – 25 с.
- 107. Кулаковская Т.Н. Взаимосвязь биологической активности с содержанием гумуса и урожаем ячменя на дерново-подзолистой супесчаной почве [Текст] / Т.Н. Кулаковская, Л.М. Стефанькина // тезисы V съезд микр. общества: секц. с.-х. микр. 1975. Вып. 75.
- 108. Культура чая в СССР [Текст] / [М.К. Дараселия и др.]; АН Груз. ССР. Тбилиси: Мецниереба, 1989. 560 с.
- 109. Купревич В.Ф. Почвенная энзимология [Текст] / В.Ф. Купревич, Т.А. Щербакова. – Минск: Наука и техника, 1966. – 275 с.
- 110. Лариков А.А. Влияние растений на ферментативную активность почв Юга России: дис. ... канд. биол. наук [Текст] / Александр Александрович Лариков; науч. рук. К.Ш. Казеев. Ростов-на-Дону. 2010. 154 с.
- Лоскутникова А.И. Почвы Дагомысского чайсовхоза Лазаревского района г. Сочи и рекомендации по их использованию [Текст] / А.И. Лоскутникова, Г.В. Завитков, З.С. Марченко. Краснодар: Кубаньгипрзем, 1981. 98 с.
- 112. Макарова М.Ю. Взаимосвязь между ферментативной и микробиологической активностью нефтезагрязненных почв Севера

- [Текст] / М.Ю. Макарова, Ю.С. Канаева // Тез. Докл. 14-й Комиресп. Молодежной науч. конф. Сыктывкар, 2000. Т 2. С. 132–133.
- 113. Малюкова Л.С. Влияние длительного применения минеральных удобрений на химический состав бурой лесной кислой почвы под чайной плантацией в условиях влажных субтропиков России [Текст] / Л.С. Малюкова, В.А. Аргунова, И.В. Юткина, А.А. Губарева // Агрохимия. 1999. № 10. С. 33–40.
- 114. Малюкова Л.С. Некоторые механизмы реализации научных принципов создания устойчивых агроэкосистем в субтропическом земледелии [Текст] / Л.С. Малюкова, Н.В. Козлова, Д.В. Струкова, Е.В. Рогожина // Сб. науч. тр. «Биоресурсы, биотехнологии, экологически безопасное развитие агропромышленного комплекса» / под ред. А.В. Рындина, Сочи: 2007. Вып. 40. С. 232–248.
- 115. Малюкова Л.С. Оптимизация доз минеральных удобрений на плантациях чая [Текст] / Л.С. Малюкова, З.В. Притула, Н.В. Козлова, О.В. Липова // Садоводство и виноградарство. 2007. №1. С. 20–23.
- 116. Малюкова Л.С. Особенности агрогенной трансформации бурых лесных кислых почв чайных плантаций [Текст] / Л.С. Малюкова, А.В. Рындин, Н.В. Козлова // Вестник Российской академии. с.-х. наук. 2008. №4. С. 26–27.
- 117. Малюкова Л.С. Состояние микроэлементов (Мп, Сu, Zn) в бурых лесных почвах чайных плантаций Черноморского побережья Краснодарского края: дис. ... канд. биол. наук [Текст] / Малюкова Людмила Степановна; науч. рук. М.С. Малинина. ГНУ ВНИИЦиСК Россельхозакадемии. М., 1997. 173 с.
- 118. Малюкова Л.С. Урожайность растений чая сорта Колхида в зависимости от комплекса абиотических и агрогенных факторов [Текст] / Л.С. Малюкова // Сельскохозяйственная биология. 2009. №3. С. 29–33.

- 119. Малюкова Л.С. Результаты агроэкологического мониторинга состояния агроэкосистем чайных плантаций при различных уровнях условиях Черноморского минерального питания В побережья Краснодарского края [Текст] / Л.С. Малюкова, Н.В. Козлова // Материалы междунар. конф. «Биоресурсы, биотехнологии, экологически безопасное развитие регионов юга России», 3-5 октября 2007 г. Астрахань: Астраханский университет, 2007. – С. 9–13.
- 120. Малюкова Л.С. Методические рекомендации по комплексной почвенно-растительной диагностике минерального питания чая [Текст]
 / Л.С. Малюкова, Н.В. Козлова // Сочи: ГНУ ВНИИЦиСК Россельхозакадемии, 2010. 37 с.
- 121. Малюкова Л.С. Система удобрения плантаций чая в субтропиках России [Текст] / Л.С. Малюкова, Н.В. Козлова, З.В. Притула. Сочи : ГНУ ВНИИЦиСК Россельхозакадемии, 2010. 46 с.
- 122. Малюкова Л.С. Влияние мезо- и микроудобрений на урожай чайного листа и плодородие бурых лесных кислых почв чайных плантаций Черноморского побережья России [Текст] / Л.С. Малюкова, Н.В Козлова, В.В. Великий // Проблемы агрохимии и экологии. 2012. № 1. С. 18—21.
- 123. Малюкова Л.С. Влияние длительного применения минеральных удобрений на биологическую активность почв чайных плантаций [Текст] / Л.С. Малюкова, Е.В. Рогожина, Д.В. Струкова // Агрохимический вестник 2012. \mathbb{N} 2. С. 15–17.
- 124. Малюкова Л.С. Оптимизация плодородия бурых лесных почв и применения минеральных удобрений при выращивании чая в условиях Черноморского побережья России: автореферат дис. ... доктора биол. наук [Текст] / Людмила Степановна Малюкова. М., 2013. 41 с.
- 125. Марченко С.А. Индикация загрязнения почвы стойкими органическими загрязнителями по функциональной реакции

- микробного сообщества : автореф. дис. ... канд. биол. наук [Текст] / Сергей Анатольевич Марченко. М., 2008. 21 с.
- 126. Махно В.Г. Перспективы промышленного выращивания фундука в предгорьях Северного Кавказа [Текст] / В.Г. Махно // Сб. науч. тр. НИИ горного садоводства и цветоводства. Сочи, 1985. Вып. 32. С. 60 67.
- 127. Махно В.Г. Культура фундука и проблемы его возделывания [Текст] / В.Г. Махно, К.И. Хахо // Сб. науч. тр. НИИ горного садоводства и цветоводства. Сочи, 1989. Вып. 36. С. 64 71.
- 128. Махно В.Г. Научные основы выращивания фундука в субтропиках России : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук [Текст] / Василий Григорьевич Махно. С.-Пб., 1993. 51 с.
- 129. Махно В.Г. Культура фундука итоги НИР за последние 25 лет [Текст] / В.Г. Махно // 110 лет в субтропиках России. Сборник научных трудов. Вып.39, ч.ІІ Сочи: ВНИИЦиСК, 2004. С. 365—368.
- 130. Медведева М.В. Микробиологическая и биохимическая индикация состояния почв Карелии, подверженных воздействию аэротехногенного загрязнения [Текст] / М.В. Медведева, О.Н. Бахмет, А.С. Яковлев // Почвоведение. 2006. № 1. С.72—76.
- 131. Мергель А.А. Влияние концентрированного очага азотных удобрений на азотный режим и ферментативную активность серой лесной почвы [Текст] / А.А. Мергель, В.М. Семенов, О.А. Соколов // Почвоведение. 1987. № 2. С. 55—63.
- 132. Методические указания по диагностике питания чая [Текст] / [сост. М. Л. Бзиава и др.], М.: Колос, 1982. 14 с.
- 133. Методические указания по технологии возделывания чая в субтропической зоне Краснодарского края [Текст] / [Т.П.Алексеева и др.]; Мин. сельского хозяйства, НИИ горного садоводства и цветоводства, Фирма «Краснодарский чай» Сочи, 1977. 80 с.

- 134. Микроорганизмы и охрана почв [Текст] / Под ред. Д.Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ, 1989. 235 с.
- 135. Мильхеев Е.Ю. Свойства и биологический потенциал почв дельты реки Селенга бассейна озера Байкал [Текст] / Е.Ю. Мильхеев, Г.Д. Чимитдоржиева, Р.А. Егорова, С.О. Ходоева // Агрохимия. 2006. №7. С. 9-12.
- 136. Минеев В.Г. Изменение свойств дерново-подзолистой почвы и ее микробоценоза при интенсивном антропогенном воздействии [Текст] / В.Г. Минеев, Н.Ф. Гомонова, Г.М. Зенова, И.Н. Скворцова // Почвоведение. 1999. №4. С. 455–460.
- 137. Минеев В.Г. Последействие различных систем удобрения на ферментативную активность дерново-подзолистой почвы при загрязнении тяжелыми металлами [Текст] / В.Г. Минеев, Л.А. Лебедева, А.В. Арзамазова // Агрохимия. 2008. №10. С. 48–54.
- 138. Михайловская Н.А. Ферментативная активность как показатель плодородия дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук [Текст] / Н.А. Михайловская // Минск, 1988. 17 с.
- 139. Моисеева В.К. К вопросу о рН-оптимумах ферментов азотного режима почв / В.К. Моисеева // Науч. тр. Сев.—Зап. НИИ с.-х., 1974. Вып. 28. С. 97–100.
- 140. Мосияш А.С. Агроклиматическая характеристика субтропических районов Краснодарского края [Текст] / А.С. Мосияш // Докл. Сочинского отдела геогр. о-ва СССР. Л., 1971. Вып. 2. С. 80–94.
- 141. Мотузова Г.В. Экологический мониторинг почв [Текст] / Г.В. Мотузова, О.С. Безуглова. М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. 237 с.

- 142. Мчелидзе А.Б. Модели плодородия почв чайных плантаций Западной Грузии: автореф. дис. канд. сельхоз. наук [Текст] / А.Б. Мчелидзе. Тбилиси, 1990. 30 с.
- 143. Мэггаран Э. Экологическое разнообразие и его измерение [Текст] / Э. Мэггаран. М.: Мир, 1992. 182с.
- 144. Надежкина Е.В. Влияние реакции среды на биологичнскую и ферментативную активность чернозема выщелоченного [Текст] / Е.В. Надежкина Е.В., С.М. Надежкин // Бюл. ВНИИ удобр. и агропочвовед. 2001. № 114. С. 134–135.
- 145. Осташева Н.А. Биологическое обоснование защиты персика от курчавости на Черноморском побережье Кавказа [Текст] / Н.А. Осташева // Сб. науч. трудов «110 лет в субтропиках России». Сочи, 2004. Вып. 39. С. 580–582.
- 146. Перегудов В.И. Планирование многофакторных полевых опытов с удобрениями и математическая обработка результатов [Текст] / В.И. Перегудов. М.: Колос, 1978.
- 147. Подгорная М.Е. Динамика разложения фунгицидов в почве садов при защите яблони от болезней [Текст] / М.Е. Подгрная // Сб. науч. тр. «Биоресурсы, биотехнологии, экологически безопасное развитие агропромышленного комплекса» / под ред. А.В. Рындина. Сочи, 2007. Вып. 40. С. 385—390.
- 148. Полянская Л.М. Содержание и структура микробной биомассы как показатель экологического состояния почв [Текст] / Л.М. Полянская, Д.Г. Звягинцев // Почвоведение. 2005. №6. С. 706–714.
- Пономарёва В.В. Водно-почвенно-экологическая характеристика некоторых типов растительности леса, луга, компонентов лесостепи [Текст] / В.В. Пономарёва // Экология. 1972. №6.
- 150. Попова В.П. Агроэкологические аспекты формирования продуктивных садовых экосистем [Текст] / В.П. Попова. Краснодар, 2005. 242 с.

- 151. Попович А.А. Изменение эколого-биологических свойств почв юга России при загрязнении фтором, бором, селеном, мышьяком: автореф. дис. ...канд. биол. наук [Текст] / Анна Александровна Попович. Ростов-на-Дону, 2005. 24 с.
- 152. Почвоведение: учебник для ун-тов. В 2 ч. [Текст] / Под ред. А.В. Ковды, Б.Г. Розанова. Ч. 1. Почва и почвообразование. М.: Высш. шк., 1988. 399 с.
- 153. Практикум по агрохимии [Текст] / под ред. В.Г. Минеева. М.: Изд-во МГУ, 1989. 304 с.
- 154. Практикум по агрохимии: учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. [Текст] / под ред. акад. РАСХН В.Г. Минеева. М.: Изд-во МГУ, 2001.-689 с.
- 155. Притула З.В. Влияние минеральных удобрений на биохимические показатели качества чайного листа сорта Колхида в условиях субтропиков России [Текст] / З.В. Притула, Л.С. Малюкова, Н.В. Козлова // Агрохимия. 2011. № 3. С. 33–40.
- 156. Пухидская Н.С. Ферментативная активность основных типов почв Удмуртской АССР [Текст] / Н.С. Пухидская, В.П. Ковриго // Тр. Ижевск. с.-х. института. 1974. Вып. 23. С. 110–118.
- 157. Раськова Н.В. Активность каталазы в почвах под широколиственно-еловым лесом и лугом [Текст] / Н.В. Раськова, Д.Г. Звягинцев // Почвоведение. 1981. № 6. С. 76—81.
- 158. Рекомендации по выращиванию персика в черноморской зоне Краснодарского края [Текст] / сост. К.С. Глущенко. – Сочи, 1976. – 22 с.
- 159. Рекомендации по технологии выращивания персика в предгорных и горных районах [Текст] / [сост. К.С. Глущенко и др.; ред. Т.А. Ищенко]. М.: Колос, 1982. 30 с.
- 160. Рогожина Е.В. Групповой состав и функциональная активность комплекса ризосферных микроорганизмов культуры чая в условиях

- субтропической зоны России [Текст] / Е.В. Рогожина, Л.С. Малюкова // Сборник науч. тр. ВНИИЦиСК. Вып. 42. Т. 2. «Субтропическое растениеводство и южное садоводство». Сочи, 2009. С. 111–118.
- 161. Рогожина Е.В. Влияние минеральных удобрений на комплекс мицелиальных микроорганизмов в ризосфере чайного растения в условиях бурых лесных кислых почв влажных субтропиков России [Текст] / Е.В. Рогожина, Л.С. Малюкова // Комплексное применение средств химизации в адаптивно-ландшафтном земледелии : мат. 44-й междунар. науч. конф. молодых ученых и специалистов / ВИУА. М., 2010 (а). С. 237—241.
- 162. Рогожина Е.В. особенности группового состава комплекса ризосферных микроорганизмов хозяйственно-значимых плодовых культур (фундук, персик) в условиях влажных субтропиков России [Текст] / Е. В. Рогожина, Л. С. Малюкова // Совершенствование сортимента и технологий возделывания плодовых и ягодных культур : мат. междун. науч.-практ. конф., Орел, 27-30 июля 2010 г. / ВНИИ селекции плодовых культур. Орел : ВНИИСПК, 2010 (б). С. 188–190.
- 163. Рогожина E.B. Особенности ризосферного микробного сообщества различных сортов чая в условиях субтропической зоны России [Текст] E. В. Рогожина // Труды ВНИИЦиСК / «Субтропическое и южное садоводство России»: мат-лы регион. науч.практ. сем-ра «Научные основы возделывания чая в субтропической зоне Краснодарского края» / Рос. акад. с.-х. наук; ГНУ ВНИИ цветоводства и субтроп. культур / под ред. А В. Рындина и др. – Сочи: ВНИИЦиСК, 2010. – Вып. 43. – Т.1. – С. 63–69.
- 164. Рогожина Е.В. Особенности ризосферного микробоценоза различных сортов фундука в условиях субтропической зоны России [Текст] / Е.В. Рогожина // Проблемы и перспективы садоводства в

- субтропиках Кавказского региона: науч. тр. ГНУ ВНИИЦиСК Россельхозакадемии. Вып. 44. Т. 1. Сочи, 2011. С. 195–201.
- 165. Розанов Б.Г. Почвенный покров земного шара [Текст] / Б.Г. Розанов. М.: Изд-во МГУ, 1977. 248 с.
- 166. Руссель С. Микроорганизмы и жизнь почвы [Текст] / С. Руссель.– М.: Колос, 1977. 224 с.
- 167. Рындин А.В. Культивирование чая в субтропиках России [Текст] / А.В. Рындин, М.Т. Туов // Наука Кубани. 2006. №4. С. 28–32.
- 168. Рындин А.В. Адаптивное садоводство влажных субтропиков России: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук [Текст] / Алексей Владимирович Рындин. Краснодар, 2009. 46 с.
- 169. Рындин А.В. К вопросу защиты культуры фундука от вредителей [Текст] / А.В. Рындин, Е.А. Игнатова, Э.Б. Янушевская // Сборник науч. тр. ВНИИЦиСК. Вып. 42. Т. 2. «Субтропическое растениеводство и южное садоводство». Сочи, 2009. С. 243–249.
- 170. Ряднова И.М. Персик Северного Кавкза [Текст] / Ряднова И.М. Краснодар: Кн. изд-во, 1974. – 126 с. с ил.
- 171. Саришвили И.Ф. Влияние систематического применения удобрений на окультуривание почв чайных плантаций [Текст] / И.Ф. Саришвили // Труды МКП. Плодородие почвы. М., 1974. Т. 4. С. 54–67.
- 172. Свирскене А. Микробиологические и биохимические показатели при оценке антропогенного воздействия на почвы [Текст] / А. Свирскене // Почвоведение. 2003. № 2. С. 202–210.
- 173. Селянинов Г.Т. Перспективы субтропического хозяйства в СССР в связи с природными условиями [Текст] / Г.Т. Селянинов. Л.: Гидрометеоиздат, 1961. 195 с.
- 174. Селиверстова О.М. Влияние удобрений на продуктивность агроценоза и микробное сообщество серых лесных почв : автореф. дис.

- ... канд. биол. наук [Текст] / Ольга Микелисовна Селиверстова. М., 2009. 27 с.
- 175. Семиколенных А.А. Каталазная активность почв северной тайги [Текст] / А.А. Семиколенных // Почвоведение. 2001. № 1. С. 90—96.
- 176. Славнина Т.П. Об активности каталазы в некоторых почвах юговосточной части Западной Сибири [Текст] / Т.П. Славнина Г.П. Гобова // Тр. НИИ биол. и биофиз. при Томском ун-те. 1972. Ч. 2. С. 172–179.
- 177. Соколова С.А. Персик [Текст] / С.А. Соколова, Б.С. Соколов // Косточковые культуры. Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1973. С. 63–109.
- 178. Струкова Д.В. Влияние минеральных удобрений на активность фермента каталазы бурой лесной кислой почвы чайной плантации при длительном ведении культуры в условиях субтропиков России [Текст] // Параметры адаптивности многолетних культур в современных условиях развития садоводства и виноградарства. Краснодар, 2008. С. 63–66.
- 179. Струкова Д.В. Активность ферментов каталазы и фосфатазы в бурых лесных кислых почвах чайных плантаций субтропиков России / Д.В. Струкова, Л.С. Малюкова [Текст] // Сборник науч. тр. ВНИИЦиСК. Вып. 42. Т. 2. «Субтропическое растениеводство и южное садоводство». Сочи, 2009. С. 118–127.
- 180. Струкова Д.В. Некоторые показатели биологической активности бурых лесных кислых почв чайных плантаций субтропиков России [Текст] / Д.В. Струкова, Л.С. Малюкова // Агрохимический вестник 2010. №6. С. 5–9.
- 181. Струкова Д.В. Оценка биологической активности бурой лесной слабоненасыщенной почвы агроценоза персика в условиях субтропиков России [Текст] // Материалы IV всерос. научно-практ.

- конф. молодых ученых «Научное обеспечение агропромышленного комплекса». Краснодар, 2010. С. 225–227.
- 182. Струкова Д.В. Особенности агрохимических свойств бурых лесных кислых почв чайных плантаций субтропиков России [Текст] // Материалы X111 Докучаевских молодежных чтений «Органоминеральная матрица почв». С-Пб., 1–4 марта 2010. С. 162–163.
- 183. Струкова Д.В. Состояние бурой лесной слабоненасыщенной почвы при ведении культуры персика в субтропиках России [Текст] // Материалы X1V Докучаевских молодежных чтений «Почвы в условиях природных и антропогенных стрессов». С-Пб., 1–4 марта 2011. С. 173–174.
- 184. Струкова Д.В. Биологическая активность бурой лесной слабоненасыщенной почвы агроэкосистемы фундука в условиях субтропиков России [Текст] // Проблемы и перспективы садоводства в субтропиках Кавказского региона: науч. тр. / ГНУ ВНИИЦиСК Россельхозакадемии. Вып. 44. Т. 1. Сочи, 2011. С. 195–201.
- 185. Супрун С.В. Влияние антропогенных факторов на плодородие почвы, урожайность и качество корнеплодов сахарной свеклы : автореф. дис. ... канд. биол. наук [Текст] / Светлана Васильевна Супрун. М., 2008. 23 с.
- 186. Терещенко Н.Н. Микробиологические критерии экологической устойчивости почвы и эффективности почвозащитных технологий [Текст] / Н.Н. Терещенко, А.Б. Бубина // Вестник Томского гос. ун-та. Биология. 2009. №3 (7). С. 42–62.
- 187. Технология возделывания фундука на юге СССР [Текст] / [сост. В.В. Воронцов и др.]; ред. Л.П. Ардасенова; Министерство сельского хозяйства СССР. Сочи, 1981. 84 с.
- 188. Тульская Е.М. Иммобилизация каталазы и специфика каталазной активности [Текст] / Е.М. Тульская, Д.Г. Звягинцев // Почвоведение. 1980. N 1. C. 90-96.

- 189. M.T. Научные Туов основы повышения качества И продуктивности чайных плантаций России: дис. д-ра сельхоз. наук [Текст] Туов Маджид Тахирович; ГНУ ВНИИЦиСК Россельхозакадемии. – Сочи., 1997. – 417 с.
- 190. Устойчивое развитие агроландшафтов [Текст] / [Н.З. Милащенко и др.]; ОНТИ ПНЦ РАМН. Пущино, 2000. В 2-х тт. Т.1. 316 с.
- 191. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии [Текст] / Ф.Х. Хазиев. – М.: Наука, 1990. – 189 с.
- 192. Хазиев Ф.Х. Почвенные ферменты [Текст] / Ф.Х. Хазиев. М.: «Знание», 1972. 32 с.
- 193. Хазиев Ф.Х. Системно-экологический анализ ферментативной активности почв [Текст] / Ф.Х. Хазиев. М.: Наука, 1982. 203с.
- 194. Хазиев Ф.Х. Системно-экологический анализ ферментативной активности почв: дис. ... док-ра биол. наук [Текст] / Фангат Хаматович Хазиев; Ин-т биологии; Башкирский филиал акад. наук СССР. Уфа, 1982. 419 с.
- 195. Хазиев Ф.Х. Ферментативная активность почв [Текст] / Ф.Х. Хазиев. – М., 1976. – 180 с.
- 196. Хазиев Ф.Х. Ферментативная активность почв агроценозов и перспективы ее изучения [Текст] / Ф.Х. Хазиев, А.Е. Гулько // Почвоведение. 1991. №8. С. 88–103.
- 197. Хамова О.Ф. Биологическая активность чернозема выщелоченного при минимизации основной обработки почвы в южной лесостепи Западной Сибири [Текст] / О.Ф. Хамова, Л.В. Юшкевич, В.В. Леонова // Агрохимия. 2002. №4. С. 11–16.
- 198. Цанава В.П. Агрохимические основы азотного питания чайного растения [Текст] / В.П. Цанава; под ред. М.К. Дараселия; АН Груз. ССР. Тбилиси: Мецниереба, 1985. 188 с.
- 199. Чхаидзе К.И. Чаеводство [Текст] / К.И. Чхаидзе, А.Д. Микеладзе. М.: Колос, 1979. 112 с.

- 200. Широких А.А. Изучение микробного потенциала фитосферы растений для использования в сельскохозяйственной биотехнологии [Текст] : автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Широких Александр Анатольевич. Киров, 2007. 48 с.
- 201. Щербаков А.П. Сравнительная характеристика микробиологических и ферментативных показателей черноземов Европейской части СССР [Текст] / А.П. Щербаков, А.Д. Михновская, Ф.Х. Хазиев // Почвоведение. 1984. №10. С. 45—52.
- 202. Щербакова Т.А. Почвенные ферменты, их выделение, свойства и связи с компонентами почвы [Текст] / Т.А. Щербакова // Почвоведение. -1980. N = 5. C. 102 113.
- 203. Эгамкулов М. Биологическая активность некоторых почв Юго-Западных Кызылкумов [Текст] / М. Эгамкулов, П.Т. Малахова // Узб. биол. н. – 1969. – №5. – Т. 13. – С. 14–17.
- 204. Юркова Н.Е. Экологическое состояние и функционирование почв Московского зоопарка: автореф. дис. ... канд. биол. наук [Текст] / Наталья Евгеньевна Юркова. М., 2008. 25 с.
- 205. Якушев А.В. Микробиологическая характеристика вермикомпостирования методом мультисубстратного тестирования [Текст] / А.В. Якушев, Б.А. Бызов // Почвоведение. 2008. №11. С. 1381—1387.
- 206. Янушевская Э.Б. Роль биологически активных веществ в повышении экологической устойчивости агробиоценоза насаждений персика [Текст] / Э.Б. Янушевская // Субтропическое и южное садоводство России: науч. труды ГНУ Всерос. инт-та цветоводства и субтроп. культур; [редкол.: А.В. Рындин и др.]. Сочи: ВНИИЦиСК, 2009. Вып. 42. Т. 2. С. 169—174.
- 207. Янушевская Э.Б. Состояние биологической активности агробиоценоза при возделывании лимонов в защищенном грунте [Текст] / Э.Б. Янушевская // Субтропическое и южное садоводство

- России : науч. труды ГНУ Всерос. инт-та цветоводства и субтроп. культур ; [редкол.: А.В. Рындин и др.]. Сочи: ВНИИЦиСК, 2009. Вып. 42. Т. 2. С. 255–260.
- 208. Янушевская Э.Б. Экологические основы развития садоводства на Черноморском побережье [Текст] / Э.Б. Янушевская, В.А. Фогель, В.Н. Аверьянов // В Сб.: 110 лет в субтропиках России. Сочи, 2004. Вып. 39, ч. II. С. 569–575.
- 209. Anderson J.P.E. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soil / J.P.E. Anderson, K.H. Domsch // Soil Biology and Biochemistry. 1978. Vol. 10. №10. P. 215–221.
- 210. Brookes P.C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals / P.C. Brookes // Biol. Fertil. Soils. − 1995. − №19. − P. 269–279.
- 211. Caldwell B.A. Enzymes as a component of soil biodiversity / B.A. Caldwell // Pedobiologia. 2005. №49. P. 637–644.
- Cortez J. Biological activity of soils in the Mediterranian ecosystem /
 J. Cortez, F. Lossaint, G. Billes // Enzymatic activities Rev. Ecol. Biol.
 Soc., 1972 Vol. 9 №1.
- 213. Dharmakeerthi R.S. Urease activity in soils / R.S. Dharmakeerthi, M.W. Thenabadu // J. Natn. Sci. Coun. Sri Lanka, 1996. №24(3). P. 159–195.
- 214. Dick P. Soil enzyme activities as process level biological indexes of soil quality / P. Dick // Amer. Soc. Agron. Annu. Meet. – Minneapolis. 1992. – P. 253.
- 215. Dick W.A. Potential uses of soil enzymes / W.A. Dick, M.A. Tabatai // Metting F.B. Jr. (Ed.), Soil Microbial Ecology: Applications in Agricultural and Environmental Management. Marcel Dekker. New York, 1992. –P. 95–127.

- 216. Dick R.P. Soil enzyme activities is integrative indicators of soil health // Biological indicators of Soil Health / Eds. C.E. Pankhurst, B.M. Doube. V.V.S.R. Gupta CAB International, 1997. P. 121–156.
- 217. Dick W.A. Soil acid and alkaline phosphatase activity as pH adjustment indicators / W.A. Dick, L. Cheng, P. Wang // Soil Biology and Biochemistry. 2000. V. 32. P. 1915–1919.
- 218. Eivazi F. Phosphates in soils / F. Eivazi, M.A. Tabatabai // Soil Biology and Biochemistry. 1977. V. 9. P. 167–172.
- Garcıra-Ruiz R. Suitability of enzyme activities for the monitoring of soil quality improvement in organic agricultural systems / R. Garcıra-Ruiz,
 V. Ochoa, M. B. Hinojosa , J. A. Carreira // Soil Biology and Biochemistry.
 2008. V. 40. P. 2137–2145.
- 220. Howard P.J.A. Problems in the estimation of biological activity in soil / P.J.A. Howard // Oicos. − 1972. − № 23. − P. 235–240.
- 221. Izquierdo I.F. Rolda / I.F. Izquierdo, M.M. Caravaca, G. Alguacil, A. Fernandez // Applied Soil Ecology. − 2005. − №30. − P. 3–10.
- 222. Killham, K. Bioindicators and sensors of soil health and the application of geostatistics / K. Killham, W.J. Staddon // Burns, R.G., Dick, R.P. (Eds.), Enzymes in the Environment: Activity, Ecology and Applications. Marcel Dekker. New York, 2002. –P. 391–405.
- 223. Makoi J. Selected soil enzymes: Examples of their potential roles in the ecosystem / J. Makoi, P. Ndakidemi / African Journal of Biotechnol. Feb., 2008. Vol. 7 (3). P. 181–191.
- 224. Margezin R. Monitoring of bioremediation by soil biological activities / R. Margezin, A. Zimmerbauer, F. Schinner // Chemosphere. 2000. V.40. P. 339–346.
- McClaugherty C.A. Temperature responses of enzymes in two forest soils / C.A. McClaugherty, A.E. Linkins // Soil Biol. and Biochem. 1990.
 V. 22. №1. P.29–33.

- Moreno J.L. Changes in organic matter and enzymatic activity of an agricultural soil amended with metal-contaminated sewage sludge compost / J.L. Moreno, C. Garcia, T. Hernandez // Commun. Soil Sci. Plant. Anal. 1998. V. 29. № 15–16. P. 2247–2262.
- 227. Myers M.G. The urease activity in profiles of five great soil groups from northen New South Wales / M.G. Myers, J.W. McGarity / Plant Soil. 1968. Vol. 28 (1). P. 25–37.
- 228. Othieno C.O. Nutrient requirement of the tea Plant / C.O. Othieno // Tea. − 1980. № 2. − p. 19.
- 229. Pancholy S.K. Effect of storage conditions activity of urease, invertase, amylase and degidrogenase in soil / S.K. Pancholy, E.L. Rice // Soil Sci. Soc. Amer. J., 1972. V. 36. №3. P. 536.
- 230. Pancholy, S.K. Soil enzymes in relation to old field succession: amylase, cellulase, invertase, dehydrogenase, and urease / S.K. Pancholy, E.L. Rice // Soil Sci. Soc. Am. Proc. 1973. Vol. 37. P. 47–50.
- Skujins J. Enzymes in soil / Skujins J.// Soil biochemistry. ed. by A.
 D. McLaren, G.H. Peteson. Marcel Dekker Inc., New-York, 1967. P.
 371–414.
- 232. Speir T.W. Hydrolytic enzyme activities to assess soil degradation and recovery / T.W. Speir, D.J. Ross // Burns, R.G., Dick, R.P. (Eds.), Enzymes in the Environment: Activity, Ecology and Applications. Marcel Dekker. New York, 2002. P. 407–431.
- 233. Spiers G.A. Effect of phosphorous edition and energy supply on acid phosphatase preduction and activity on soils / G.A. Spiers, W. B. McGill // Soil Biol. and Biochem. 1979. V. 11. № 1. P. 3–8.
- 234. Thomas A.S. Some lesson from tour of the tea / A.S. Thomas // District of India. E. Africa. Agric. J., 7, 1941. P. 24.
- 235. Waldrop, M.P. Linking microbial community composition to function in a tropical soil / M.P. Waldrop, T.C. Balser, M.K. Firestone // Soil Biol. Biochem. 2000. Vol. 32. P. 1837–1846.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Описание почвенных разрезов

Пункт заложения 1: Краснодарский край, прибрежная зона Бльшого Сочи (п. Дагомыс, с. Уч-Дере, ЗАО «Дагомысчай»); высота над уровнем моря 105 м; средняя часть склона юго-западной экспозиции, крутизной 10-15°. Почва бурая лесная кислая. Почвообразующая и подстилающая порода: элюводелювий глинистых сланцев (аргиллитов). 16 ноября 2008 года.

Разрез № 1. Буково-грабовый лес (фоновый участок)

Лесная подстилка отсутствует или выражена слабо (фрагментарно в понижениях).

 A_0A_1 (0-6 см): Сухой, буровато-темно-серый, тяжелосуглинистый, мелко комковато-порошистый, рыхлый, много корней, переход заметный.

A₁ (6-24 см): Свежий, серовато-бурый, тяжелосуглинистый, ореховатозернистый, менее рыхлый, редкие крупные и мелкие корни, мелкие железисто-марганцевые примазки, переход постепенный.

АВ (24-56 см): Свежий, бурый, глинистый, мелкокомковато-зернистый, уплотненный, единичные корни, железисто-марганцевые конкреции и примазки, переход постепенный.

В_t (56-93 см): Влажноватый, бурый, глинистый, комковато-ореховатый, плотный, мелкие железисто-марганцевые конкреции, единичные мелкие обломки породы, переход заметный по цвету.

BC (93-120 см): Влажноватый, желто-бурый, глинистый, комковатоореховатый, плотный, твердоватый, железисто-марганцевые конкреции и примазки, обломки породы (щебень).

Разрез № 2. Чайная плантация, сорт Колхида, вариант 000 (N0Р0К0)

В междурядьях чайных шпалер густая травянистая растительность. Подстилка отсутствует.

A_d (0-5 см): Влажноватый, серый, комковато-зернистый, рыхлый, суглинистый, сплетен живыми корнями, переход ясный.

А_{пл} (5-19 см): Влажноватый, буро-серый, тяжелосуглинистый, мелко ореховато-зернистый, рыхлый, немного мелких марганцево-железистых конкреций и примазок, много корней, переход заметный.

АВ (19-41 см): Влажноватый, серо-бурый, тяжелосуглинистый, ореховатозернистый, уплотненный, крупные марганцево-железистые примазки, среднее количество корней, единичные включения щебня аргиллита, сизоватый налет по граням структурных отдельностей, переход постепенный.

В (41-60 см): Свежий, серовато-бурый, глинистый, ореховато-зернистый, рыхлый, мало железисто-марганцевых примазок, мало корней, редкие включения мелкого щебня аргиллита, единичные крупные камни, переход постепенный.

B_t (60-92 см): Свежий, бурый, глинистый, ореховато-комковатый, сложение уплотненное со щебнем, твердоватый, железисто-марганцевые примазки, переход заметный.

BC (92-116 см): Свежий, рыжевато-бурый глинистый, плотный с включением среднего количества мелкого и крупного щебня, много железисто-марганцевых (рыже-черных) примазок и конкреций.

Разрез № 3. Чайная плантация, сорт Колхида, вариант 111 (**N200P60K50**)

 A_0A_1 (0-5 см): Свежий, серый, рыхлый, структура не выражена, много корней и включения полуразложившихся растительных остатков, переход заметный.

А_{пл} (5-19 см): Свежий, серо-бурый, тяжелосуглинистый, мелко ореховато-зернистый, рыхлый, немного мелких марганцево-железистых конкреций и примазок, много корней, переход заметный.

АВ (19-41 см): Свежий, бурый, комковато-зернистый, глинистый, много корней, железисто-марганцевые примазки, по граням структурных отдельностей сероватый налет, переход заметный.

 B_t (41-80 см): Свежий, бурый, глинистый, железисто-марганцевые примазки, среднее количество корней, плотный с включением щебня аргиллита.

Разрез № 4. Производственные насаждения фундука, (N180P120K120)

 A_0A_1 (0-5 см): Влажноватый, буро-серый, структура плохо выражена, рыхлый, многочисленные включения полуразложившихся растительных остатков, много корней, переход заметный.

А_{пл} (5-18 см): Влажноватый, серо-бурый, глинистый, ореховатокомковатый, встречаются корни, железисто-марганцевые конкреции, переход заметный по плотности.

АВ (18-46 см): Влажноватый, бурый, глинистый, уплотненный, комковатый, мало корней, единичные включения аргиллита, редкие железисто-марганцевые конкреции, переход заметный по цвету.

B_t (46-88 см): Влажноватый, рыжевато-бурый, глинистый, слабовыраженная комковатая структура, единичные корни, плотный с включением щебня аргиллита.

Пункт заложения 2: Краснодарский край, г. Сочи, Хостинский район, Опытное поле ГНУ ВНИИ Цвнтоводства и субтропических культур; высота над уровнем моря 50 м; Почва бурая лесная слабоненасыщенная. Почвообразующая и подстилающая порода: элюво-делювий карбонатизированных глинистых сланцев (аргиллитов). 14 ноября 2008 года.

Разрез № 5. Буково-грабовый лес (фоновый участок)

Лесная подстилка выражена слабо.

 A_0A_1 (0-6 см): Влажноватый, темно-серый, грубогумусный, тяжелосуглинистый, мелкокомковато-зернистый, рыхлый, мягкий, густая сеть корней, растительные остатки разной степени разложенности, переход ясный по цвету и структуре.

А₁ (6-17 см): Влажноватый, серый, глинистый, комковато-глыбистый, плотный, твердоватый, много корней, гумусовые затеки, темные органические и железистые рыжие примазки, включения щебня аргиллита, вскипание с HCl, переход заметный.

АВ (17-35 см): Влажноватый, буровато-серый, глинистый, комковатоглыбистый, плотный, твердый, единичные корни, рыжие пятна, черные пятна органики, включения аргиллита, вскипание с HCl, переход ясный.

В_t (35-59 см): Влажноватый, буровато-серый, глинистый, комковатоореховатый, плотный, мало корней, рыжие пятна, включения аргиллита, вскипание с HCl, переход заметный по цвету.

ВС (59-90 см): Влажноватый, буровато-серый, пятнистый — с рыжими пятнами, глинистый, комковато-глыбистый, плотный, твердоватый, мало корней, черные (железисто-марганцевые) примазки, включения щебня аргиллита, вскипание с НС1.

Разрез № 6. Производственные насаждения персика (N180P90K130)

 A_0A_d (0-3 см): Свежий, буровато-серый, суглинистый, комковатоореховатый, плотный, много корней (дернина), переход заметный по окраске и количеству корней.

А_{пл} (3-17 см): Свежий, серовато-бурый, глинистый, мелко комковатый, твердоватый, плотное слабо-структурное сложение, мало корней, редкие железисто-марганцевые примазки, переход постепенный.

АВ (17-45 см): Свежий, серовато-бурый, глинистый, ореховатокомковатый, твердоватый, плотный, единичные корни, железистомарганцевые примазки (рыжие пятна), переход заметный.

В_t (45-70 см): Свежий, серо-бурый, глинистый, комковато-ореховатый, плотное слабо-структурное сложение с включениями аргиллита,

BC (70-85 см): Влажноватый, уплотненный, глинистый, каменистый, обломки аргиллита разного размера.

Разрез № 7. Опытно-коллекционные насаждения фундука (N180P50K50)

 A_0A_d (0-6 см): Свежий, светло-серый, неоднородный, тяжелосуглинистый, ореховато-комковатый, среднее количество корней, переход постепенный.

А_{пл} (6-28 см): Влажноватый, желтовато-серый, тяжелосуглинистый, ореховато-комковатый, твердоватый, плотное сложение с редкими включениями щебня аргиллита, редкие корни, редкие марганцевые примазки, рыжие пятна, сизоватый налет по граням структурных отдельностей, переход заметный.

АВ (28-43 см): Влажноватый, серовато-желтый, глинистый, ореховато-комковато-глыбистый, твердоватый, сложение рыхлое каменистое (количество щебня среднее), единичные корни, марганцевые примазки и рыжие пятна, сизый налет по граням структурных отдельностей, переход заметный по количеству щебня.

 B_t (43-62 см): Влажноватый, сероватый, глинистый, комковатоглыбистый, большое количество щебня аргиллита, наблюдается горизонтальная слоистость щебня с глиной.

BC (62-75 см): Влажноватый, серый, глинистый, рыхлый каменистый, четкая горизонтальная слоистость аргиллита с глиной, очень много щебня.

С (75-...): Крупный щебень аргиллитов, штык лопаты не втыкается.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Экспериментальный табличный материал

Таблица 1

Метеорологические условия периода исследований (по данным Сочинской метеостанции, 2008 г)

| 2008 год | декада | осадки, | | t, °C | |
|----------|--------|---------|------------|-------|------|
| 200010Д | донада | мм | Сред. | min | max |
| январь | 1 | 12,1 | 3,8 | 0,1 | 11,5 |
| жирь | 2 | 0 | 3,7 | -0,7 | 10,3 |
| | 3 | 51 | 4,1 | 0 | 14,5 |
| февраль | 1 | 0 | 4,8 | -0,1 | 11,9 |
| февраль | 2 | 108,6 | 1,9 | -2,9 | 9 |
| | 3 | 38,9 | 5,5 | -2 | 17,2 |
| март | 1 | 16,9 | 11,2 | 3,2 | 22 |
| | 2 | 77,6 | 10,6 | 3,5 | 19,1 |
| | 3 | 36,1 | 13,3 | 4,9 | 28,6 |
| апрель | 1 | 37 | 11 | 6,5 | 22 |
| . r | 2 | 42,3 | 5,6 | 7,6 | 26,5 |
| | 3 | 41,1 | 16,1 | 10,5 | 25,8 |
| май | 1 | 68,6 | 12,3 | 7,8 | 18,5 |
| | 2 | 49,8 | 14,1 | 7,6 | 23,6 |
| | 3 | 123,3 | 17 | 9,4 | 29,1 |
| июнь | 1 | 10,4 | 17,7 | 10,1 | 26,9 |
| | 2 | 25,9 | 19,6 | 15,3 | 25,7 |
| | 3 | 17,3 | 21,6 | 15,3 | 27,5 |
| июль | 1 | 76,6 | 19,9 | 13,3 | 26,8 |
| | 2 | 69,6 | 22,6 | 16,8 | 27,6 |
| | 3 | 1,2 | 25,4 | 20,3 | 32,2 |
| август | 1 | 57,3 | 23,9 | 19 | 28,8 |
| | 2 | 0,1 | 25,7 | 20,7 | 33,7 |
| | 3 | 67,6 | 25 | 18,6 | 33,8 |
| сентябрь | 1 | 32,4 | 22,4 | 14,9 | 28,7 |
| | 2 | 35,5 | 20,3 | 14,5 | 30,2 |
| | 3 | 41,6 | 18,6 | 14 | 27,7 |
| октябрь | 1 | 69 | 17,4 | 11,8 | 25,5 |
| | 2 | 81,8 | 16 | 11,2 | 26,6 |
| | 3 | 3,9 | 15 | 10,7 | 21,2 |
| ноябрь | 1 | 6,2 | 13,3 | 7,7 | 20,1 |
| | 2 | 38,1 | 12 | 8,5 | 19,7 |
| | 3 | 96 | 12,6 | 6,3 | 20,6 |
| декабрь | 1 | 51,4 | 13,5 | 5,5 | 22,4 |
| | 2 | 0 | 6,4 | 1,8 | 13,1 |
| | 3 | 138,3 | 5,6 | -2,4 | 12,6 |

Таблица 2 Метеорологические условия периода исследований (по данным Сочинской метеостанции, 2009 г)

| 2009 | декада | осадки, | | t, °C | |
|----------|--------|---------|-------|-------|------|
| | | MM | Сред. | min | max |
| январь | 1 | 132,2 | 2,1 | -4,8 | 7,1 |
| | 2 | 55,7 | 5,8 | -0,4 | 17,1 |
| | 3 | 17,6 | 10,4 | 3,2 | 17,8 |
| февраль | 1 | 53,4 | 9,9 | 3 | 17,7 |
| | 2 | 32,8 | 9,8 | 1 | 20,5 |
| | 3 | 29,3 | 7,7 | 1,3 | 15,1 |
| март | 1 | 89,3 | 7,5 | -2,1 | 24,6 |
| | 2 | 90,2 | 7,9 | 1,9 | 20,1 |
| | 3 | 34,4 | 8,8 | 0,9 | 17,4 |
| апрель | 1 | 8,9 | 9,8 | 4,1 | 17,5 |
| | 2 | 26,1 | 10,1 | 3,5 | 17,8 |
| | 3 | 31,8 | 11,8 | 5,9 | 20,5 |
| май | 1 | 99,4 | 13,1 | 8,3 | 22,9 |
| | 2 | 53 | 16,4 | 9,4 | 26,2 |
| | 3 | 16,5 | 16,6 | 10,8 | 25,9 |
| июнь | 1 | 3 | 21,5 | 14,5 | 28,6 |
| | 2 | 67,6 | 21,3 | 15,6 | 29,3 |
| | 3 | 1 | 25 | 19,4 | 33,2 |
| июль | 1 | 51,5 | 23,8 | 17,5 | 29,7 |
| | 2 | 59,1 | 24,1 | 19 | 32,7 |
| | 3 | 55,9 | 22,9 | 15 | 28,4 |
| август | 1 | 85,9 | 22,6 | 15,5 | 29,3 |
| | 2 | 1,5 | 21,8 | 15,1 | 27,5 |
| | 3 | 17,4 | 20,8 | 14 | 26,7 |
| сентябрь | 1 | 41,2 | 21,8 | 16,6 | 28,3 |
| | 2 | 69,2 | 20 | 14,5 | 28,4 |
| | 3 | 45 | 16,5 | 10,8 | 23,5 |
| октябрь | 1 | 10,3 | 18,2 | 11,4 | 26,8 |
| | 2 | 1,1 | 21,2 | 15,6 | 28,4 |
| | 3 | 42,9 | 18,8 | 10,3 | 28,4 |
| ноябрь | 1 | 106,4 | 13,8 | 6,1 | 21,8 |
| | 2 | 150,8 | 12,4 | 6,7 | 21,6 |
| | 3 | 11,1 | 9,5 | 4,2 | 15,6 |
| декабрь | 1 | 7,7 | 11,2 | 7 | 17,8 |
| | 2 | 62,1 | 9,6 | 0,1 | 16,1 |
| | 3 | 62,3 | 10 | 2,7 | 18,4 |

Таблица 3 Механический анализ бурых лесных кислых почв различных ценозов методом пипетки Н.А. Качинского, (ноябрь, 2008)

| | | Содержание фракций, % веса абс. сух. почвы | | | | | | | V подонфикация по | | |
|----------------|---------------------|--|------|---------------|-----------|----------------|-----------|---------------|-------------------|---|--|
| горизонт | глубина | Размер фракций, мм | | | | | | > 0,01 < 0,01 | | Классификация по механическому составу по | |
| Торизонт | торизонт тлуоина | 1 - 0, | | 0,25 - 0,05 - | 0,01 - | 0,01 - 0,005 - | < 0,001 | физ. | физ. | Н.А. Качинскому | |
| | | 0,25 | 0,05 | 0,01 | 0,005 | 0,001 | < 0,001 | песок | глина | 11.71. Ru Innekowy | |
| | Буково-грабовый лес | | | | | | | | | | |
| A_0A_1 | 0-6 | 9,24 | 2,48 | 25,87 | 13,82 | 28,20 | 20,39 | 37,59 | 62,41 | Глина легкая пылеватая | |
| A_1 | 6-24 | 5,87 | 0,36 | 24,17 | 14,39 | 27,92 | 27,29 | 30,40 | 69,60 | Глина легкая пылеватая | |
| A_1B_t | 24-56 | 5,15 | | 19,93 | 14,39 | 28,91 | 33,58 | 25,08 | 76,88 | Глина средняя пылеватая | |
| B _t | 56-93 | 4,47 | | 16,77 | 14,81 | 27,29 | 38,19 | 21,24 | 80,29 | Глина средняя пылеватая | |
| BC | 93-120 | 8,59 | | 11,13 | 7,60 | 26,17 | 52,04 | 19,72 | 85,81 | Глина тяжелая иловатая | |
| | | | | | Чайная пл | тантация 1 | N200P60K | 50 | | | |
| A_0A_1 | 0-5 | 4,57 | | 19,47 | 10,94 | 26,84 | 40,76 | 24,04 | 78,49 | Глина средняя иловатая | |
| Апл | 5-19 | 4,07 | | 18,35 | 11,85 | 30,41 | 36,23 | 22,42 | 78,49 | Глина средняя пылеватая | |
| A_1B_t | 19-41 | 4,31 | | 22,21 | 9,07 | 29,87 | 36,48 | 26,52 | 75,42 | Глина средняя пылеватая | |
| B _t | 41-80 | 4,11 | | 19,31 | 7,16 | 29,54 | 43,35 | 23,42 | 80,05 | Глина средняя иловатая | |
| | | | | Фун | дучные н | асаждения | н N180P12 | 0K120 | | | |
| A_0A_1 | 0-4 | 6,20 | | 21,16 | 13,99 | 32,00 | 30,04 | 27,36 | 76,03 | Глина средняя пылеватая | |
| Апл | 4-18 | 5,41 | | 18,56 | 15,68 | 30,58 | 34,04 | 23,97 | 80,29 | Глина средняя пылеватая | |
| A_1B_t | 18-48 | 5,07 | | 20,45 | 13,44 | 29,82 | 34,87 | 25,52 | 78,13 | Глина средняя пылеватая | |
| B_t | 48-88 | 3,89 | | 19,70 | 5,00 | 30,36 | 48,98 | 23,59 | 84,34 | Глина средняя иловатая | |

Таблица 4 Механический анализ бурых лесных слабоненасыщенных почв различных ценозов методом пипетки Н.А. Качинского, (ноябрь, 2008)

| | | Содержание фракций, % веса абс. сух. почвы | | | | | | | IC 1 | |
|---------------------|---------|--|--------------------|--------|--------|-----------|---------|-------|-------|---|
| горизонт | глубина | | Размер фракций, мм | | | | | | <0,01 | Классификация по механическому составу по |
| Торизонт | тлубина | 1 - | 0,25 - | 0,05 - | 0,01 - | 0,005 - | < 0,001 | физ. | физ. | Н.А. Качинскому |
| | | 0,25 | 0,05 | 0,01 | 0,005 | 0,001 | < 0,001 | песок | глина | Title Ru milekomy |
| Буково-грабовый лес | | | | | | | | | | |
| A_0A_1 | 0-6 | 5,33 | 5,65 | 26,12 | 11,65 | 23,88 | 27,37 | 37,10 | 62,90 | Глина легкая пылеватая |
| A_1 | 6-17 | 2,18 | 5,08 | 29,17 | 16,27 | 19,28 | 28,02 | 36,43 | 63,57 | Глина легкая пылеватая |
| A_1B_t | 17-35 | 1,89 | 4,38 | 26,49 | 12,69 | 23,40 | 31,15 | 32,76 | 67,24 | Глина легкая пылеватая |
| B_t | 35-59 | 1,97 | 7,56 | 24,63 | 11,46 | 23,52 | 30,86 | 34,16 | 65,84 | Глина легкая пылеватая |
| BC | 59-100 | 1,63 | 7,48 | 25,01 | 10,55 | 24,18 | 31,15 | 34,12 | 65,88 | Глина легкая пылеватая |
| | | | | | Пер | сик N180I | P90K130 | | | |
| A_0A_1 | 0-3 | 5,03 | 12,77 | 24,72 | 10,46 | 17,93 | 29,09 | 42,52 | 57,48 | Суглинок тяжелый иловатый |
| Апл | 3-17 | 4,18 | 12,43 | 23,32 | 10,50 | 19,78 | 29,79 | 39,93 | 60,07 | Глина легкая пылеватая |
| A_1B_t | 17-45 | 1,56 | 7,21 | 24,33 | 9,57 | 20,34 | 36,99 | 33,10 | 66,90 | Глина легкая иловатая |
| B_t | 45-70 | 1,31 | 8,58 | 24,18 | 9,69 | 20,14 | 36,10 | 34,07 | 65,93 | Глина легкая иловатая |
| BC | 70-85 | 1,12 | 8,27 | 21,38 | 9,11 | 19,80 | 40,32 | 30,77 | 69,23 | Глина легкая иловатая |
| | | | | | Фун | ндук N180 | P50K50 | | | |
| A_0A_1 | 0-6 | 3,11 | 9,11 | 22,09 | 15,68 | 22,92 | 27,09 | 34,31 | 65,69 | Глина легкая пылеватая |
| Апл | 6-28 | 1,13 | 4,89 | 22,01 | 13,72 | 23,68 | 34,57 | 28,03 | 71,97 | Глина легкая пылеватая |
| A_1B_t | 28-43 | 0,12 | 2,99 | 24,42 | 13,39 | 28,67 | 30,41 | 27,53 | 72,47 | Глина легкая пылеватая |
| B _t | 43-62 | 0,71 | 2,77 | 25,29 | 11,74 | 22,88 | 36,61 | 28,77 | 71,23 | Глина легкая пылеватая |
| BC | 62-75 | | | | | | | | | |

Таблица 5 Активность ферментов бурых лесных кислых почв различных ценозов, (ноябрь 2008)

| Горизонты | Глубина, | Инвертаза, | Уреаза, | Фосфатаза, | Каталаза, | | | | |
|----------------|----------|---------------|-------------|-------------------|-------------|--|--|--|--|
| | СМ | мг глюкозы/ | мгNН₃/ 10г | $M\Gamma P_2O_5/$ | мл О2/1г за | | | | |
| | | 10г за 1 сут. | за 1 сут. | 100г за 1 час | 1 мин. | | | | |
| Лес | | | | | | | | | |
| A_0A_1 | 0-6 | 189,54 | 12,26 | 0,64 | 15,29 | | | | |
| A_1 | 6-24 | 123,18 | 4,85 | след. | 10,76 | | | | |
| A_1B_t | 24-56 | 46,02 | 1,46 | след. | 7,33 | | | | |
| B _t | 56-93 | 4,61 | 0,02 | 0,00 | 3,52 | | | | |
| BC | 93-110 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,96 | | | | |
| | | Чайная планта | ция N200P60 | 0K50 | | | | | |
| A_0A_1 | 0-5 | 36,14 | 7,46 | след. | 2,93 | | | | |
| Апл | 5-19 | 21,33 | 11,32 | 0,00 | 2,68 | | | | |
| A_1B_t | 19-41 | 18,49 | 12,26 | 0,00 | 1,71 | | | | |
| B _t | 41-80 | 1,06 | 5,39 | 0,00 | 1,49 | | | | |
| | | Фундук N1 | 80P120K120 | 0 | | | | | |
| A_0A_1 | 0-4 | 23,43 | 4,38 | 0,10 | 3,67 | | | | |
| Апл | 4-18 | 0,54 | 0,30 | 0,00 | 2,46 | | | | |
| A_1B_t | 18-48 | 14,50 | 0,00 | 0,00 | 2,60 | | | | |
| B _t | 48-88 | 5,41 | 0,00 | 0,00 | 2,03 | | | | |

Таблица 6 Активность ферментов бурых лесных слабоненасыщенных почв различных ценозов, (ноябрь 2008)

| Горизонты | Глубина, | Инвертаза, | Уреаза, | Фосфатаза, | Каталаза, | | | | |
|----------------|----------|---------------|-------------|-------------------|--------------|--|--|--|--|
| | СМ | мг глюкозы/ | мгNН₃/ 10г | мг $P_2O_5/100$ г | мл О₂/ 1г за | | | | |
| | | 10г за 1 сут. | за 1 сут. | за 1 час | 1 мин. | | | | |
| Лес | | | | | | | | | |
| A_0A_1 | 0-6 | 105,56 | 13,49 | 0,13 | 4,38 | | | | |
| A_1 | 6-17 | 16,90 | 5,02 | 0,11 | 2,10 | | | | |
| A_1B_t | 17-35 | 10,66 | 7,04 | 0,13 | 0,13 | | | | |
| B _t | 35-59 | 2,68 | 5,12 | след. | 0,29 | | | | |
| BC | 59-90 | 0,00 | 7,58 | след. | 0,00 | | | | |
| | 1 | Персик N | 1180P90K130 |) | | | | | |
| A_dA_1 | 0-3 | 7,01 | 12,79 | 0,15 | 3,32 | | | | |
| Апл | 3-17 | 10,37 | 9,58 | 0,20 | 3,32 | | | | |
| A_1B_t | 17-45 | 12,59 | 1,86 | след. | 0,46 | | | | |
| B _t | 45-70 | 10,71 | 0,64 | - | 0,93 | | | | |
| BC | 70-85 | 8,49 | 0,24 | - | 0,00 | | | | |
| | | Фундук] | N180P50K50 |) | | | | | |
| A_dA_1 | 0-6 | 176,93 | 14,59 | - | 3,34 | | | | |
| Апл | 6-28 | 6,13 | 2,48 | 0,11 | 0,35 | | | | |
| A_1B_t | 28-43 | 12,16 | 2,95 | след. | 0,00 | | | | |
| B _t | 43-62 | 2,74 | 1,28 | - | 0,00 | | | | |
| BC | 62-75 | 0,00 | 0,00 | - | 0,00 | | | | |

Таблица 7

Параметры биоразнообразия спектра потребленных субстратов микробного сообщества бурых лесных кислых (1) и слабоненасыщенных (2) почв агроценозов и леса, (декабрь 2008)

| Горизон- | Глубина, | Число | Коэффи- | Удельная | Выравнен- | Индекс | | | | |
|--|----------|------------|------------|------------|-----------|----------|--|--|--|--|
| ТЫ | СМ | потреблен- | циент | метаболии- | ность, Е | Шеннона, | | | | |
| | | ных суб- | устойчи- | ческая | | Н | | | | |
| | | стратов, N | вости, d | работа, W | | | | | | |
| Лес (1) | | | | | | | | | | |
| A_0A_1 | 0-6 | 25 | 0,517 | 1331,7 | 0,993 | 4,61 | | | | |
| A_1 | 6-17 | 19 | 0,342 | 1324,5 | 0,991 | 4,21 | | | | |
| A_1B_t | 17-35 | 21 | 0,190 | 1404,1 | 0,993 | 4,36 | | | | |
| B _t | 35-59 | 9 | 0,638 | 1277,0 | 0,993 | 3,15 | | | | |
| BC | 59-90 | 10 | 0,194 | 1552,0 | 0,991 | 3,29 | | | | |
| | | Чайная пл | антация N | 200P60K50 | (1) | | | | | |
| A_0A_1 | 0-5 | 11 | 1,672 | 1155,0 | 0,991 | 3,43 | | | | |
| $A_{\scriptscriptstyle \Pi \! \! \! \! \! \! \! \! \! \! \! \! \! \! \! \! \! \! $ | 5-19 | 17 | 0,374 | 1276,1 | 0,995 | 4,07 | | | | |
| A_1B_t | 19-41 | 21 | 0,957 | 1150,1 | 0,995 | 4,37 | | | | |
| B _t | 41-80 | 12 | 2,083 | 1383,9 | 0,994 | 3,56 | | | | |
| | | Перс | ик N180P9 | 0K130 (2) | | | | | | |
| A_0A_d | 0-3 | 37 | 0,345 | 1680,8 | 0,998 | 5,20 | | | | |
| Апл | 3-17 | 35 | 0,440 | 1096,8 | 0,999 | 5,12 | | | | |
| A_1B_t | 17-45 | 35 | 0,813 | 1353,4 | 0,996 | 5,11 | | | | |
| B_t | 45-70 | 26 | 0,424 | 1422,0 | 0,993 | 4,67 | | | | |
| BC | 70-85 | 29 | 0,045 | 1494,4 | 0,995 | 4,83 | | | | |
| | | Фунд | цук N180P: | 50K50 (2) | | | | | | |
| A_0A_d | 0-6 | 38 | 0,856 | 1725,5 | 0,990 | 5,20 | | | | |
| Апл | 6-28 | 24 | 0,393 | 1401,5 | 0,996 | 4,56 | | | | |
| A_1B_t | 28-43 | 22 | 0,235 | 1284,3 | 0,995 | 4,44 | | | | |
| B _t | 43-62 | 8 | 1,292 | 1092,1 | 0,991 | 2,97 | | | | |
| BC | 62-75 | 15 | 0,950 | 1236,7 | 0,988 | 3,86 | | | | |