

Субтропические культуры России: экобезопасность, биология, селекция, биотехнологии (к 120-летию ВНИИЦиСК)

УДК 634:631.8:574(213.14:470.620)

doi: 10.15389/agrobiology.2014.3.24rus

ВОЗДЕЛЫВАНИЕ СУБТРОПИЧЕСКИХ КУЛЬТУР НА ЧЕРНОМОРСКОМ ПОБЕРЕЖЬЕ РОССИИ: ЭКОЛОГО-АГРОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

**Л.С. МАЛЮКОВА, Н.В. КОЗЛОВА, Е.В. РОГОЖИНА, Д.В. СТРУКОВА,
В.В. КЕРИМЗАДЕ, А.В. ВЕЛИКИЙ**

Последние 25 лет исследования по агрохимии и почвоведению в условиях российских влажных субтропиков во Всероссийском НИИ цветоводства и субтропических культур (ВНИИ-ЦиСК, г. Сочи) направлены на изучение эколого-агрохимических особенностей возделывания чая (*Camellia sinensis* L.), лимона (*Citrus limon*), актинидии сладкой (*Actinidia deliciosa*), азимины (*Asimina triloba* Dupal.). На основе изучения потребности растений в биогенных элементах, их биологического и хозяйственного выносов, результатов полевых опытов с оценкой эффективности применения различных видов и доз минеральных удобрений разработаны элементы систем удобрения этих субтропических культур (диагностика обеспеченности растений элементами питания, сроки и дозы применения минеральных удобрений). Изучены некоторые особенности микробно-растительных ассоциаций субтропических культур (состав и структура микробного сообщества, его ответная реакция на агрохимикаты), позволяющие судить о роли этих компонентов в устойчивости агроценоза. Для наиболее хозяйственно значимой культуры чая разработана научная концепция оптимизации плодородия и применения минеральных удобрений — система подходов и критериев, обеспечивающая реализацию принципа комплексного индивидуально дифференцированного возделывания для агроэкосистемы чайной плантации с учетом возраста насаждений, потенциального и эффективного плодородия почв, урожайности сорта, качества сырья, метеорологических условий, степени агрогенной трансформации почв, экономической эффективности, экологической безопасности применяемых агрохимикатов.

Ключевые слова: субтропические культуры, система удобрения, плодородие почв, Черноморское побережье России.

Лаборатория агрохимии и почвоведения вошла в состав Сочинской сельскохозяйственной и садовой опытной станции (ныне Всероссийский НИИ цветоводства и субтропических культур — ВНИИЦиСК) на первом этапе ее организации в 1896 году. Работа лаборатории была неразрывно связана с основными направлениями исследований станции (а в дальнейшем института) и сосредоточена на изучении характеристических свойств почвенного покрова уникальной природной зоны России, агрохимических особенностей выращивания и разработке систем минерального питания возделываемых здесь культур. Многолетнее изучение влияния минеральных удобрений, химической мелиорации и известкования на рост и плодоношение растений чая (*Camellia sinensis* L.), лавра благородного (*Laurus nobilis*), фундука (*Corylus* L.), винограда (*Vitis vinifera* L.), груши (*Pirus communis*), персика (*Prunus persica*), мандаринов (*Citrus reticulata*) и др. позволило установить некоторые общие закономерности, связанные с условиями зоны, и в дальнейшем разработать научно обоснованные градации обеспеченности почв субтропической зоны России элементами питания для различных культур. Проведены исследования, направленные на разработку вопросов использования минеральных удобрений (формы, дозы, сроки и способы внесения) как элемента технологии возделывания отдельных культур. При этом основным принципом и критерием было достижение максимальной урожайности культур. Практическое применение рекомендованных режимов минерального питания возделываемых культур на побережье позволило увеличить их урожайность в 2 раза и более (1, 2).

В последние десятилетия почвенно-агрохимические исследования

сориентированы на усовершенствование и оптимизацию предложенных ранее систем минерального питания для традиционно возделываемых культур (в частности, чая), а также на изучение агрохимических особенностей выращивания и разработку систем удобрения и диагностики питания для новых и перспективных для субтропической зоны России культур (например, для азимины *Asimina triloba* Dunal. и актинидии сладкой *Actinidia deliciosa*). При этом подобные разработки ведутся уже в рамках современных концепций рационального природопользования и адаптивно-ландшафтного земледелия с учетом различных эколого-агрохимических аспектов применения минеральных удобрений, позволяющих комплексно оценить процессы формирования урожайности и качества продукции, а также трансформацию почв (их свойств, общего потенциала плодородия) и устойчивость (адаптивность) агроценозов в постоянно меняющихся условиях внешней среды (3-8).

Упор в проводимых нами исследованиях делается не только на эффективность, но и на обоснованность и экологическую безопасность применения средств химизации (минеральных удобрений) для компонентов агроэкосистемы (почва, растения, водные бассейны). В отношении состояния и устойчивости агроэкосистем среди комплекса показателей большое внимание уделяется оценке состояния растений с привлечением физиологических исследований (ферментативная и фотосинтетическая активность, водный режим, пигментный состав листьев), а также учету функционального состояния почв по показателям микробиологической активности (9-11).

Важным представляется предложенный в этих исследованиях подход, когда при эксплуатации уникальных земель Черноморского побережья учитываются геоморфологические (экспозиция и крутизна склона), литологические (состав почвообразующих пород) и почвенные (потенциальный и фактический уровень плодородия) особенности каждого конкретного участка (5, 6). Существенно возрастает роль многокомпонентности питания растений с использованием в системе удобрения микроэлементов, признанных в настоящее время биологически значимыми (B, Zn, Mg). Все это позволяет интенсифицировать физиологические и биохимические процессы в растениях, в конечном итоге повысив урожайность и качество продукции, а также более эффективно использовать минеральные удобрения, оптимизировав и минимизировав их дозы за счет дифференцированного применения (12, 13).

Агрохимические исследования за последние 25 лет проводились нами с использованием традиционных методов полевого и вегетационного опыта, а также классических и современных (в том числе оригинальных авторских) приемов лабораторного анализа (14, 15). Изучение влияния длительного применения минеральных удобрений на состояние агроэкосистемы чайной плантации выполняли на базе полевого многофакторного опыта с удобрениями, включенного в реестр Географической сети опытов с удобрениями и другими агрохимическими средствами (Аттестат длительного опыта № 023 от 17.12.2001). Исследования по нормированию доз минеральных удобрений для азимины и актинидии сладкой осуществляли на базе производственных насаждений, коллекционных и опытных участков (Опытное поле ВНИИЦиСК, ЗАО «Верлиока», Адлерская опытная станция). Система удобрения лимона (*Citrus limon*) сорта Мейер разрабатывалась в условиях защищенного грунта в опыте с удобрениями (Опытное поле ВНИИЦиСК). При обработке экспериментальных данных использо-

вали методы математической статистики, в том числе моделирования, которые позволили рассчитать оптимальные дозы удобрений, обеспечивающие получение экономически и экологически оправданного урожая. Дозы удобрений для редких культур (азимина и киви) рассчитывали методом нормативного бездефицитного баланса.

Подобная диверсификация эколого-агрохимических исследований позволила проанализировать комплекс процессов формирования показателей урожайности и качества продукции при условии сохранения и воспроизводства плодородия почв, а также экологической безопасности минеральных удобрений для почвы и сопредельных сред.

Одно из наиболее важных направлений агрохимических исследований — разработка систем применения удобрений на субтропических культурах, включающая в себя комплекс параметров (16). Установленные нами закономерности, отражающие особенности влияния различных видов и доз минеральных удобрений на урожайность ряда субтропических культур (чай, лимон, азимина, актинидия сладкая), их многолетнюю стабильность, качество продукции, а также сохранение и воспроизводство плодородия почв, легли в основу предложенной дифференцированной системы удобрения этих культур. Были разработаны базовые дозы макроудобрений и их сочетания для молодых и полновозрастных насаждений (табл. 1).

1. Разработанные базовые дозы минеральных удобрений (по действующему веществу) для ряда субтропических культур в условиях влажных субтропиков России (г. Сочи)

Критерий корректировки доз удобрений	Элемент минерального питания		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Полновозрастные чайные плантации, кг/га			
Обеспеченность растений элементами питания:			
низкая	300	90	120
средняя	240	70	90
высокая	120	40	50
Полновозрастные растения актинидии сладкой, кг/га			
Средняя урожайность, ц/га:			
90	110	55	90
135	135	65	120
180	155	75	150
Азими́на, г/дереву			
Тип деревьев:			
слаборослые и карликовые	120	50	200
среднерослые	160	70	225
высокорослые	210	90	250
Молодые растения лимона в защищенном грунте, г/дереву			
Средняя обеспеченность растений элементами питания			
	200	130	180

Примечание. Чай (*Camellia sinensis* L.) — сорт Колхида, актинидия сладкая (*Actinidia deliciosa*) — сорт Хейворд, лимон (*Citrus limon*) — сорт Мейер, азимина (*Asimina triloba* Dunal.) — сорт Хостинская.

Моделирование процесса формирования урожая у молодых растений лимона сорта Мейер основывалось на результатах полевого опыта с удобрениями, в рамках которого были получены уравнения регрессии, отражающие связь разных видов и доз минеральных удобрений с обеспеченностью растений лимона этими элементами, а также наиболее важными показателями роста и развития растений (ширина кроны, величина 1-го и 2-го прироста, масса плода и др.), определяющими урожайность. На основании этого установлены оптимальные дозы для возделывания культуры (17).

Нормирование удобрений для таких культур, как актинидия сладкая и азимина, относящихся, с одной стороны, к новым и даже редким, экзотическим культурам для субтропиков России, с другой — к наиболее перспективным для этого региона, разрабатывалось на основании размеров хозяйственного выноса основных элементов питания, установленных с

помощью изучения химического состава растений и биометрических учетов на различных фонах минерального питания в полевых опытах и в производственных насаждениях.

Так, у растений азимины ежегодный хозяйственный вынос питательных элементов, требующий компенсации внесением минеральных (и органических) удобрений, при урожайности 20 кг/дерево составил по азоту — 30-50, фосфору — 20-35, калию — 155-170, кальцию — 20-40, магнию — 15-25 г/дерево. Методом бездефицитного нормативного баланса для этой культуры были рассчитаны рекомендуемые дозы минеральных удобрений (см. табл. 1). Для почв с обеспеченностью ниже или выше средней при расчете доз удобрений следует применять поправочные коэффициенты: при низком и очень низком содержании питательных веществ — 1,2-1,5; при очень высоком и высоком — 0,5-0,8 (18).

Размер хозяйственного выноса элементов питания у актинидии сладкой (*Actinidia deliciosa*) при средней многолетней урожайности (для сорта Хейворд — 30 кг/растение) в условиях зоны Черноморского побережья России составил по азоту — 105, фосфору — 35, калию — 160 г/куст (19). С учетом этого нами предложены базовые нормы удобрений для полновозрастных вступивших в полное плодоношение растений актинидии сладкой (сорт Хейворд) в условиях субтропиков России, достаточные для компенсации хозяйственного выноса элементов питания растениями при разной возможной урожайности в зоне (см. табл. 1). При иной обеспеченности почв (различие на 1-2-3 градации по какому-либо из элементов питания, установленное по результатам очередного агрохимического обследования) норму применения соответствующего удобрения корректируют с помощью поправочных коэффициентов. Для культуры актинидии сладкой также разработаны критерии почвенно-растительной диагностики (перечень лимитирующих урожайность свойств почв, методы их оценки, особенности химического состава листьев), позволяющей дополнительно корректировать дозы минеральных удобрений с учетом степени обеспеченности растений элементами питания (19).

В результате длительных наблюдений (1986-2011 годы) за пространственно-временными изменениями ряда компонентов в агроэкосистеме чайной плантации (сорт Колхида) была разработана научная концепция оптимизации плодородия для бурых лесных почв и использования минеральных удобрений при выращивании чая в условиях Черноморского побережья России (20). Примененная система критериев охватывала несколько блоков научных исследований (временная изменчивость плодородия почв под влиянием длительного внесения минеральных удобрений; качество и экологическая безопасность исходного сырья и готовой продукции; моделирование урожайности в зависимости от метеорологических условий; эффективность различных видов и доз минеральных удобрений; агрогенная трансформация почв и экологическая безопасность агрохимикатов). В конечном итоге это позволило сформулировать принцип индивидуально дифференцированного комплексного подхода к возделыванию чайных растений в агроэкосистеме.

Так, было установлено, что исходный уровень плодородия почвы чайных плантаций, обусловленный ее кислотно-основными свойствами, изначально предопределяет возможность получения низкой, средней или высокой урожайности, что учитывается при подборе доз минеральных удобрений. В этой связи была разработана система диагностики плодородия почвы с учетом тесной корреляционной связи между урожайностью и комплексом показателей кислотно-основного состояния ($pH - r = -0,82$;

гидролитическая кислотность почв — $r = 0,77$; степень насыщенности почв основаниями — $r = -0,70$), а также вариабельности, определяющей их информативность, биогенности элементов (для Al, Ca и Mg) и важности контроля за содержанием последних в связи с выносом из почв (табл. 2).

2. Характеристика потенциального плодородия бурых лесных почв применительно к культуре чая (*Camellia sinensis* L., сорт Колхида) по показателям кислотно-основного состояния в условиях влажных субтропиков России (для почвенного слоя 0-40 см, г. Сочи)

Показатель	Уровень плодородия почв		
	низкий	средний	высокий
pH _{KCl}	3,9-4,2	3,5-3,8	3,1-3,4
Гидролитическая кислотность, мг · экв/100 г	15-19	20-24	25-35
Подвижный алюминий, мг/100 г	< 30	30-59	60-140
Степень насыщенности почв основаниями, %	36-43	20-35	10-19
Сумма обменных кальция и магния, мг · экв/100 г	11-14	8-10	3-7

Как показатель высокого плодородия рассматривали кислотно-основные параметры, при которых (при прочих благоприятных условиях) достигалась урожайность зеленого чайного листа более 50-80 ц/га. Для почв с кислотно-основными характеристиками, соответствующими высокой градации, дозы удобрений увеличиваются на 20 % ($k = 1,2$) в связи с высокой эффективностью использования последних в оптимальном для чайного растения диапазоне кислотности. В случае низкой градации дозы снижаются на 20 % ($k = 0,8$). Также установлены оптимальные параметры плодородия бурых лесных почв для чайных плантаций, включающие показатели, которые характеризуют базовые агрохимические (кислотность почв, содержание гумуса и основных биогенных элементов), некоторые физические (объемная масса, содержание физической глины) свойства почв и геоморфологические особенности территории (высота над уровнем моря, экспозиция и крутизна склона) (20). Выявлены закономерности изменения состояния почв чайных плантаций под влиянием необоснованно высоких доз минеральных удобрений: существенная ацидизация, снижение содержания физиологически важных мезо- и микроэлементов (Ca, Mg, Mn, Fe), изменение калийного статуса, состава и структуры почвенного поглощающего комплекса, «зафосфачивание», ингибирование биологической активности (20, 21). Усовершенствована методика почвенно-растительной диагностики минерального питания чая, учитывающая пространственную вариабельность плодородия почв для конкретных участков и физиологические особенности чайного растения (22).

Разработка научных основ применения минеральных удобрений напрямую сопряжена с оценкой их экологической безопасности, одной из характеристик которой служит биологическое состояние почв (23, 24). Мы обнаружили, что при внесении минеральных удобрений даже в относительно невысоких дозах снижались показатели дыхательной, ферментативной (инвертазной, каталазной, фосфатазной) и азотфиксирующей (выявляемой методом ацетиленредукции) активности почв по сравнению с почвами фона (естественный ценоз) и контроля (агроценоз без применения минеральных удобрений) (25, 26), отмечалось изменение состава и структуры микробоценоза (27). Так, применение минеральных удобрений в дозе N₂₀₀P₆₀K₅₀ оказывало стимулирующее действие на бактериальную микрофлору почв (возрастала численность бактерий на МПА и свободноживущих аэробных азотфиксаторов, растущих на безазотистой среде Эшби) по сравнению с контролем. При этом отмечалось снижение численности групп микроорганизмов мицелиального комплекса (актиномицетов и грибов) и функциональной группы аэробных целлюлозоразлагающих микро-

организмов. Применение более высоких доз минеральных удобрений ($N_{600}P_{180}K_{150}$) значительно снижало численность всех изученных морфологических групп микроорганизмов в почве, что свидетельствовало об ослаблении процессов противодействия системы внешним факторам при указанной агрогенной нагрузке, по-видимому, превышающей предельно допустимые значения. В целом наиболее существенное изменение в комплексе показателей биологической активности наблюдали в почвах вариантов с применением высоких доз азотных удобрений (400–600 кг/га по действующему веществу).

В последние годы как одно из наиболее перспективных направлений рассматривается изучение особенностей растительно-микробных систем различных культур с целью выявления эффективных микробных ассоциаций, которые участвуют в снабжении растений элементами питания, фитогормонами, витаминами и другими факторами роста (28, 29). В условиях Черноморского побережья России дана сравнительная оценка потенциальной азотфиксирующей активности почв для различных агрофитоценозов (чай, фундук, персик, азимины), установлено ее значительное варьирование в течение вегетационного периода — от 0,6 до 8710 нг $C_2H_4/(г \cdot ч)$ (26). Выявлены стабильно высокие показатели активности азотфиксации почв: для агроценоза азимины — от 544 до 5342 нг $C_2H_4/(г \cdot ч)$, фундука и персика — соответственно 663 и 2343 нг $C_2H_4/(г \cdot ч)$. Самую низкую потенциальную активность азотфиксации отмечали в более кислых почвах чайной плантации — 0,6–2,9 нг $C_2H_4/(г \cdot ч)$ в течение года. Выявлена специфика аборигенных микробных сообществ, складывающихся в прикорневой зоне различных видов и сортов растений (26, 27). Так, для ризосферы чайного куста (ацидофильное растение) доминирующей морфологической группой микроорганизмов были сапрофитные бактерии, численность которых на МПА варьировала от 10^{11} до 10^{15} КОЕ/г абсолютно сухой почвы, потенциальных азотфиксаторов на среде Эшби — от 10^7 до 10^{11} КОЕ/г абсолютно сухой почвы (в зависимости от гидротермических условий и фаз развития растений). Численность грибов и актиномицетов составила 10^4 – 10^5 КОЕ/г абсолютно сухой почвы. В составе ризосферных микробных комплексов плодовых культур (фундук, персик) на бурых лесных слабонасыщенных почвах ($pH_{\text{сол.}}$ 6,6–6,7) также преобладали бактерии (численность 10^{11} – 10^{12} КОЕ/г абсолютно сухой почвы). Для грибов и актиномицетов зафиксирована численность, которая на шесть порядков ниже (10^5 – 10^6 КОЕ/г абсолютно сухой почвы) (16). У более устойчивой к патогенам формы персика в структуре мицелиального микробного комплекса установлено преобладание актиномицетов над грибами.

Таким образом, за последние 25 лет в результате агрохимических исследований в зоне Черноморского побережья России разработан научный подход и сформулированы основные принципы применения многокомпонентной системы удобрения для чайных плантаций, дифференцированной с учетом их возраста, планируемого урожая и качества сырья, потенциального плодородия почв и степени их агрогенной трансформации, а также предложены элементы системы удобрения для других культур (лимон, актинидия сладкая, азимины). Проведена оценка экологической безопасности применения минеральных удобрений по комплексу показателей биологической активности почв. Результаты, полученные при изучении специфики микробных ассоциаций, служат основой для выявления наиболее эффективных сообществ с точки зрения повышения продуктивности и устойчивости растений к биотическим и абиотическим стресс-факторам.

CULTIVATING SUBTROPICAL CROPS ON THE BLACK SEA COAST OF RUSSIA: ECOLOGICAL AND AGROCHEMICAL ASPECTS

L.S. Malyukova, N.V. Kozlova, Ye.V. Rogozhina, D.V. Strukova,
V.V. Kerimzade, A.V. Veliky

All-Russian Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops, Russian Academy of Agricultural Sciences, 2/28,
ul. Yana Fabriciusa, Sochi, 354002 Russia, e-mail MalukovaLS@mail.ru, agro-pochva@vniisubtrop.ru, RogojinaEW@yandex.ru, sheveleva82@list.ru, kerimzadevadim@yandex.ru
Received March 24, 2014

doi: 10.15389/agrobiolgy.2014.3.24eng

Abstract

Over the past 25 years, in All-Russian Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops (Sochi) the soil science research focused on the ecological and agrochemical parameters of tea (*Camellia sinensis* L.), lemon (*Citrus limon*), kiwi (*Astinidia deliciosa*) and pawpaw (*Asimina triloba* Dunal) cultivation in Russian humid subtropical conditions. On the basis of studying the plant needs in nutrient elements, their biological and yield removals, as well as the results of field experiments, including assessment of the effectiveness of different types and doses of fertilizers, there were developed some elements of fertilizers systems for these subtropical crops (diagnostics of plants nutrients, terms and doses of fertilizer application). Here we also reported some specific features of microbe—plant associations of subtropical crops (i.e. the composition and structure of microbocenosis, its response to agrochemicals), which indicated their role in agroceonosis stability. The scientific concept of fertility optimization and fertilizer application (i.e. the system of approaches and criteria) was developed for the most economically significant tea crop. It provides a comprehensive individually differentiated principle of plant cultivation in the tea plantation agroecosystems, considering plant age, potential and effective soil fertility, cultivar productivity, quality of raw materials, meteorological conditions, a degree of soil agrogenic transformation, economic efficiency and environmental safety of the applied agrochemicals.

Keywords: subtropical crops, fertilizer system, soil fertility, the Black Sea coast of Russia.

REFERENCES

1. Bushin P.M., Zhizhina N.A. *Sbornik nauchnykh trudov*, vypusk 28. [In: Collection of scientific papers. Issue 28.] Sukhumi, 1969: 357-379.
2. Vorontsov V.V., Shteiman U.G. *Vozdelyvanie subtropicheskikh kul'tur* [Cultivation of subtropical crops]. Moscow, 1982.
3. Zhuchenko A.A. *Adaptivnoe rastenievodstvo* [Adaptive plant cultivation]. Kishinev, 1990.
4. Hoogenboom G., Jones J.W., Hunt L.A., Thornton P.K., Pickering N.W., Tsuji G.Y. An integrated decision support system for crop model application. American Society of Agricultural Engineers, Michigan, 1994: 10-20.
5. Kiryushin V.I. *Ekologicheskie osnovy zemledeliya* [Ecological bases of agriculture]. Moscow, 1996.
6. Dobrovolskii G.V. *Pochvovedenie*, 2001, 2: 133-137.
7. Meragalge Swarna Damayanthi Luxmei De Silva. The effects of soil amendments on selected properties of tea soils and tea plants (*Camellia sinensis* L.) in Australia and Sri Lanka. *Thesis submitted by BSc, MPhil (Crop science)*. University of Peradeniya, Sri Lanka—Australia, 2007.
8. Norton B. Nutrient management for wheat in the variable climate. *Better Crops*, 2012, 96(3): 16-17.
9. Guzev V.S., Levin S.V. *Pochvovedenie*, 1991, 9: 50-62.
10. *Degradatsiya i okhrana pochv* /Pod redaktsiei G.V. Dobrovolskogo [Soil degradation and protection. G.V. Dobrovolskii (ed.)]. Moscow, 2002.
11. Koshkin E.I. *Fiziologiya ustoichivosti sel'skokhozyaistvennykh kul'tur* [Physiology of agricultural plant resistance]. Moscow, 2010.
12. Sychev V.G., Aristarkhov A.N., Kharitonova A.F., Tolstousov V.P., Efimova N.K., Bushuev N.N. *Intensifikatsiya produktsionnogo protsessa rastenii mikroelementami. Priemy upravleniya* [Intensification of yield production by means of microelements. Management techniques]. Moscow, 2009.

13. Upadhyaya H., Dutta B.K., Sahoo L., Panda S.K. Comparative effect of Ca, K, Mn and B on post-drought stress recovery in tea [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze]. *Am. J. Plant Sci.*, 2012, 3: 443-460.
14. *Teoriya i praktika khimicheskogo analiza pochv* /Pod redaktsiei L.A. Vorob'evoi [Theory and practice of soil chemical analysis. L.A. Vorob'eva (ed.)]. Moscow, 2006.
15. Gorlenko M.V., Kozhevnikov P.A. *Mul'tisubstratnoe testirovanie prirodnykh mikrobnyykh soobshchestv* [Multisubstrate testing of natural microbial communities]. Moscow, 2005.
16. Mineev V.G. *Agrokimiya*, 2000, 5: 5-13.
17. Malyukova L.S., Bushin P.M., Kozlova N.V. Modelirovanie vliyaniya mineral'nykh udobrenii na produktivnost' limona sorta Meier i agrokhimicheskie svoystva teplichnogo substrata. *Tezisy dokladov Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Problemy NIR i razvitiya subtropicheskogo i yuzhnogo sadovodstva v 2001-2005 godakh»* [Proc. Int. Conf. «Problems in Research and Development of Subtropical and South Horticulture in 2001-2005»]. Sochi, 2001: 50-53.
18. Malyukova L.S., Ksenofontova D.V., Kozlova N.V. *Ekologo-agrokhimicheskie osobennosti vozdeleyvaniya kul'tury azimina trekhlopastnaya (Asimina triloba Dunal.) v usloviyakh subtropikov Rossii (Rekomendatsii)* [Ecological and agrochemical peculiarities of *Asimina triloba* Dunal. cultivation in the subtropical Russia: Recommendations]. Sochi, 2009.
19. Kozlova N.V., Grebenyukov S.N. V sbornike: *Nauchnye issledovaniya v subtropikakh Rossii* [In: Scientific research in the subtropical Russia]. Sochi, 2013: 161-177.
20. Malyukova L.S. *Optimizatsiya plodorodiya burykh lesnykh pochv i primeneniya mineral'nykh udobrenii pri vyrashchivanii chaya v usloviyakh Chernomorskogo poberezh'ya Rossii. Doktorskaya dissertatsiya* [Optimization of gray forest soil fertility and application of fertilizers in Russia's Black Sea coast. DSc Thesis]. Sochi, 2013.
21. Kozlova N.V. *Sostoyaniye burykh lesnykh kislykh pochv chainykh plantatsii pri dlitel'nom primeneniі mineral'nykh udobrenii v subtropikakh Rossii. Kandidatskaya dissertatsiya* [Acidic gray forest soils of tea plantations under long-term use of mineral fertilizers in the the subtropical Russia. PhD Thesis]. Moscow, 2008.
22. Malyukova L.S., Kozlova N.V. *Metodicheskie rekomendatsii po kompleksnoi pochvenno-rastitel'noi diagnostike mineral'nogo pitaniya chaya* [Recommendations for complex soil and plant diagnosis of mineral nutrition of tea plants]. Sochi, 2010.
23. Wardle D.A., Ghani A. A critique of the microbial metabolic quotient (qCO₂) as bioindicator of disturbance and ecosystem development. *Soil Biol. Biochem.*, 1995, 27(12): 1601-1610.
24. Schimel J.P., Weintraub M.N. The implications of exoenzyme activity on microbial carbon and nitrogen limitation in soil: a theoretical model. *Soil Biol. Biochem.*, 2003, 35(4): 549-563.
25. Strukova D.V., Malyukova L.S. *Agrokhimicheskii vestnik*, 2010, 6: 5-9.
26. Rogozhina E.V., Kostina N.V., Malyukova L.S. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2011, 1: 35-38.
27. Rogozhina E.V., Malyukova L.S. Osobennosti gruppovogo sostava kompleksa rizofernykh mikroorganizmov khozyaistvenno-znachimykh plodovykh kul'tur (funduk, persik) v usloviyakh vlazhnykh subtropikov Rossii. *Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Sovershenstvovanie sortimenta i tekhnologii vozdeleyvaniya plodovykh i yagodnykh kul'tur»* [Proc. Int. Conf. «Improvement of assortment and technologies for cultivation of fruit and berry crops»]. Orel, 2010: 188-190.
28. Provorov N.A., Tikhonovich I.A. Evolyutsionnaya genetika mikrobnno-rastitel'nogo vzaimodeistviya i ee prakticheskoe znachenie. *Materialy shkoly molodykh uchenykh: «Ekologicheskaya genetika kul'turnykh rastenii»* [Proc. Young Scientists' School «Ecological Genetics of Cultivated Plants»]. Krasnodar, 2005: 221-231.
29. Shirokikh A.A. *Izuchenie mikrobnogo potentsiala fitosfery rastenii dlya ispol'zovaniya v sel'skokhozyaistvennoi biotekhnologii. Avtoreferat kanidatskoi dissertatsii* [Study and use of microbial potential of plant phytosphere in agricultural biotechnology. PhD Thesis]. Kirov, 2007.