

**ВЛИЯНИЕ КАЛЬЦИЕВОЙ СЕЛИТРЫ
НА АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АГРОГЕННО-
ИЗМЕНЕННЫХ ПОЧВ ПОД КУЛЬТУРОЙ ЧАЯ
В СУБТРОПИКАХ РОССИИ**

Великий А.В., Малюкова Л.С.

*Федеральный исследовательский центр
«Субтропический научный центр Российской академии наук»,
г. Сочи, Россия, e-mail: malukovals@mail.ru*

Длительное применение минеральных удобрений при возделывании культуры чая привело к существенным агрогенным изменениям бурозёмов влажных субтропиков России. Выявленные деградационные процессы (ацидизация, увеличение подвижности биогенных элементов, «зафосфачивание», ингибирование биологической активности) приводят к снижению общего уровня плодородия почв, что при дальнейшей их эксплуатации требует коренной химической мелиорации. Это определяет актуальность тестирования различных видов удобрений с целью восстановления дефицитных элементов, а также регулирования кислотности почв и токсичности алюминия. Целью данной работы являлось изучение действия кальциевой селитры на агрохимические свойства и питательный режим агрогенно-изменённых бурых лесных кислых почв под культурой чая. Было изучено изменение следующих почвенных параметров: pH_{KCl} , содержание обменных кальция и алюминия, аммиачной и нитратной форм азота, подвижных фосфатов, обменного калия, а также элементный состав зрелых листьев растений чая (N, P, K, Ca, Mg). Установлено, что применение кальциевой селитры на чайных плантациях при летней подкормке (в дозе Ca150), восполняло запасы обменного кальция в почве, снижая при этом содержание обменного алюминия и скорость её ацидизации. Повышение концентрации ионов кальция в почвенном растворе способствовало закреплению части подвижных фосфатов (в связи с образованием с ними менее растворимых форм), не оказывая существенного влияния на биодоступность этого элемента. Учитывая положительное воздействие кальциевых удобрений на химический состав агрогенно-изменённых почв, необходимо продолжать изучение воздействия разных форм и концентраций кальциевых удобрений на агрохимические свойства почв, а также функциональное состояние чайного растения, относящегося к ацидофитам.

Ключевые слова: бурозёмы, агрогенная трансформация почв, культура чая, удобрения, ацидизация почв, кальциевая селитра, обменный кальций, фосфаты.

Введение. В зоне влажных субтропиков России наиболее распространённым типом почв являются бурозёмы, на которых возделываются субтропические и южные плодовые культуры [17, 20]. Формирование этого

типа почв происходит на породах различного генезиса: на продуктах выветривания мергелей и известняков оно сопровождается значительным выщелачиваем почв и образованием слабоненасыщенных подтипов; на кислых бескарбонатных породах, к которым относятся сланцевые глины и песчаники, формируются кислые подтипы [10, 11]. При сельскохозяйственном использовании эти почвы, исходно характеризующиеся невысоким уровнем плодородия, испытывают агрогенный прессинг. Для кислых бурозёмов при длительном агрогенном преобразовании характерна ацидизация [7], увеличение подвижности биогенных элементов и обеднение ими [10, 12], снижение степени насыщенности основаниями и увеличение подвижного алюминия [7], снижение биологической активности [19, 16]. Помимо вышеперечисленных процессов, для других типов почв при длительном возделывании чая в различных регионах мира зарубежные исследователи отмечали также стимуляцию почвенных патогенов и накопление аутоксических веществ [36, 38, 24, 30].

Деградация почвы является значительным препятствием при длительной монокультуре чая и даже, в некоторых случаях, требует химической мелиорации. Изменить агрогенно-преобразованное состояние почв возможно путём внесения удобрений, корректирующих кислотно-основное состояние почв и балансирующих концентрацию в почвенном растворе других биогенных элементов. В последние десятилетия все большее внимание исследователи уделяют проблеме восстановления в длительно-эксплуатируемых почвах чайных плантаций обменного кальция. Рядом исследователей, в том числе и авторами, выявлен положительный эффект от внесения этого элемента на чайных плантациях [33, 13], а также при выращивании саженцев чая [3]. Имеются убедительные данные о положительном влиянии экзогенного кальция на состояние растений чая [33, 27, 28], в том числе при осмотическом стрессе [29], что обусловлено многофункциональностью действия этого элемента на растения [5, 26, 22, 34, 31]. При этом недостаточно изучено влияние различных видов и доз кальциевых удобрений на химические и биологические свойства почв, а также урожай зелёного чайного листа.

Целью данной работы являлось изучение влияния кальциевой селитры на агрохимические свойства агрогенно-изменённых бурых лесных кислых почв под культурой чая, определяющие чаепригодность и уровень плодородия применительно к этой культуре, а также биодоступность основных биогенных элементов.

Объекты и методы исследования. Исследования проводили на бурых лесных кислых почвах (согласно Классификации [6]), которые в соответствии с WRB, классифицировались как *Cambicols* [37].

Опыт был заложен в 2019 г. на длительно эксплуатируемой полно-возрастной плантации чая сорта 'Колхида' (1983 г. посадки) в ЗАО «Дагомысчай» (Сочи, Лазаревский район, п. Уч-Дере). Схема опыта включала 2 варианта с разными видами удобрений, используемыми при летней подкормке: контроль – аммиачная селитра (NH_4NO_3) и тестируемый вариант с применением кальциевой селитры $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. В ранневесенний период в поверхностный слой почвы этих вариантов вносили единые фоновые дозы нитроаммофоски и аммиачной селитры из расчёта N150P70K90. Летняя подкормка (июнь) различалась видами удобрений, согласно схемы опыта (в кг д.в./га): контроль – аммиачная селитра из расчёта N100 и вариант с кальциевой селитрой из расчета N100Ca150. Площадь опытной делянки составляла 5 м², полевая повторность 3-кратная. В разные периоды 2019–2021 гг. проводили отборы почвенных и растительных проб по вариантам опыта.

Лабораторные исследования почв выполнены по общепринятым методикам [18]: влажность почвы – весовым методом; pH_{KCl} – потенциометрически (ионметр pH -121, Россия); обменный алюминий по Соколову; азот нитратный – дисульфифеноловым методом (прибор УСФ-01, Россия); азот аммиачный – колориметрический метод с реактивом Несслера (прибор УСФ-01, Россия); фосфор подвижный по Ониани с колориметрическим окончанием по Дениже (прибор УСФ-01, Россия); калий подвижный по Ониани (прибор КВАНТ-АФА, Россия); содержание обменного кальция (Ca^{2+}) – трилонометрически. Для определения элементного состава листьев использовали ускоренный метод кислотного озоления (по К.Е. Гинзбург и др. [2]). Далее азот и фосфор определяли по стандартным методикам на приборе УСФ-01 (Россия); кальций – трилонометрически; калий – методом атомно-абсорбционной спектроскопии на приборе КВАНТ-АФА (Россия).

Статистическую обработку полученных данных осуществляли с помощью программ Microsoft Excel 2010. В таблице и на рисунках представлены средние арифметические значения определений (M) и их стандартные ошибки ($\pm \text{SEM}$).

Результаты и их обсуждение. В системе минерального питания чайного растения, относящегося к ацидофитам, кальциевые удобрения практически никогда не рассматривались. И даже имеются работы, в которых показано отрицательное воздействие высоких концентраций кальция на фотосинтетическую деятельность чайного растения, обосновывающее его кальциефобность [35]. Тем не менее интерес к кальцийсодержащим удобрениям в системе минерального питания чая возрастает [27, 30]. Наши исследования показали, что исходно (до применения кальциевого удобрения) бурые лесные кислые почвы опытного участка характеризовались

сильно кислой реакцией среды, средней обеспеченностью минеральными формами азота (с преобладанием аммиачной формы над нитратной), высокой и средней обеспеченностью фосфатами и обменным калием, соответственно (рис. 1, июнь, до летней подкормки). Содержание обменного кальция составляло в среднем около 5 ммоль(экв)/100 г почвы.

Анализ годовой динамики pH_{KCl} почв (с 2019 по 2021 год) демонстрировал умеренную ежегодную acidизацию почв на 0,1 единицу при внесении аммиачной селитры, относящейся к физиологически кислым удобрениям. Эти процессы хорошо известны и описаны во многочисленных публикациях [36, 10, 7]. На фоне применения кальциевой селитры отмечена стабилизация pH_{KCl} почв через месяц после внесения (на уровне исходных значений), при этом в последующие годы в разные периоды pH_{KCl} почв этого варианта в среднем на 0,1 единицу была выше контроля (рис. 1). Выявленный эффект обусловлен тем, что гидролиз кальциевой селитры в почве приводит к незначительному снижению её кислотности, обусловленному вытеснением гидроксил-ионов, а также преимущественным поглощением растениями нитрат-ионов (в сравнении с кальцием). Снижение кислотности почв и субстратов при применении кальциевой селитры отмечали и другие исследователи [21, 25].

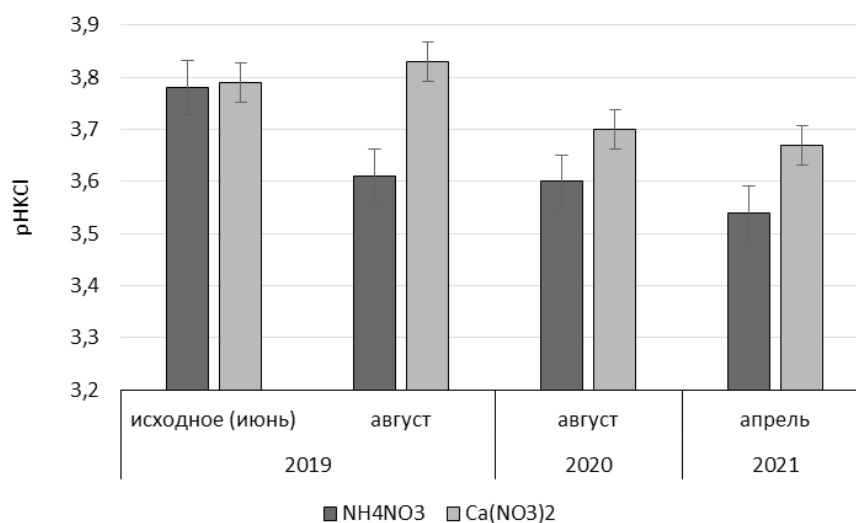


Рис. 1. Динамика pH_{KCl} почв при применении различных видов азотных удобрений

Внесение кальциевой селитры изменяло баланс катионов в почвенно-поглощающем комплексе, закономерно увеличивая содержание обменного кальция и снижая количество обменного алюминия, формируя

таким образом новый ионный гомеостаз (рис. 2). Снижение содержания в почвах алюминия при применении кальциевых удобрений отмечали и другие исследователи, указывая на важность этого процесса для ряда культур, страдающих от алюминиевой токсичности [21]. Для чайного растения, обладающего высокой толерантностью к алюминию и существенной потребностью в нём, этот процесс менее важен, хотя есть мнение о негативном влиянии высокого содержания алюминия на микробоценоз почв длительно-эксплуатируемых чайных плантаций [36, 30]. Наши многолетние исследования также демонстрировали снижение биологической активности почв при длительном возделывании чая [19, 16], что в большей степени коррелировало с увеличением кислотности почв и содержания в ней подвижного алюминия [15]. В тоже время на фоне применения кальциевой селитры нами было отмечено снижение численности ацидофильных микромицетов, увеличение численности сапротрофных бактерий и изменение их морфологии, а также значительно более выраженное спороношение актиномицетов [14], что в целом указывало на «оздоровление почв».

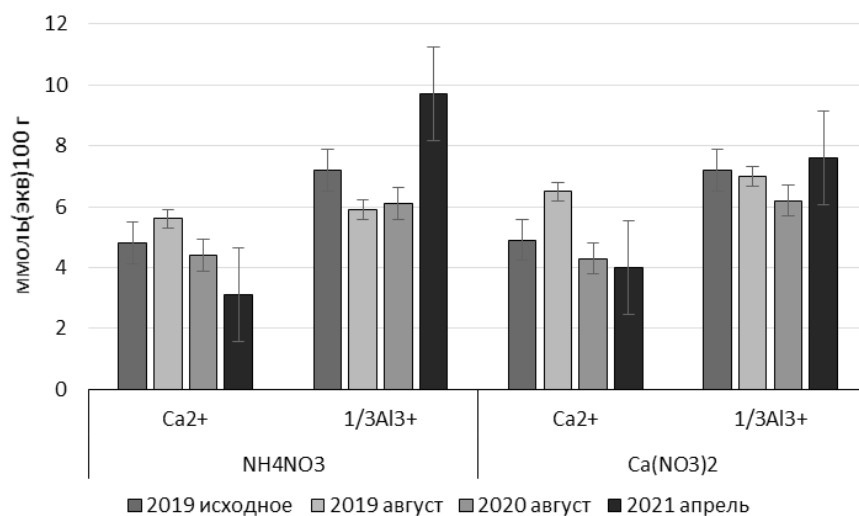


Рис. 2. Содержание в почве обменных кальция и алюминия при применении различных форм азотных удобрений

Применение кальциевой селитры приводило к снижению содержания подвижных фосфатов (рис. 3), обусловленное образованием более прочносвязанных соединений в сравнении с алюмо-железо-фосфатами. При этом, нужно отметить, что фосфор этих соединений (в отличие от

алюмо- и железофосфатов) является более доступным для растений, в связи с высоким сродством органических лигандов корневых выделений к кальцию [8]. В других работах также показано связывание подвижных фосфатов кальцием с последующим пролонгированным их высвобождением [21, 29].

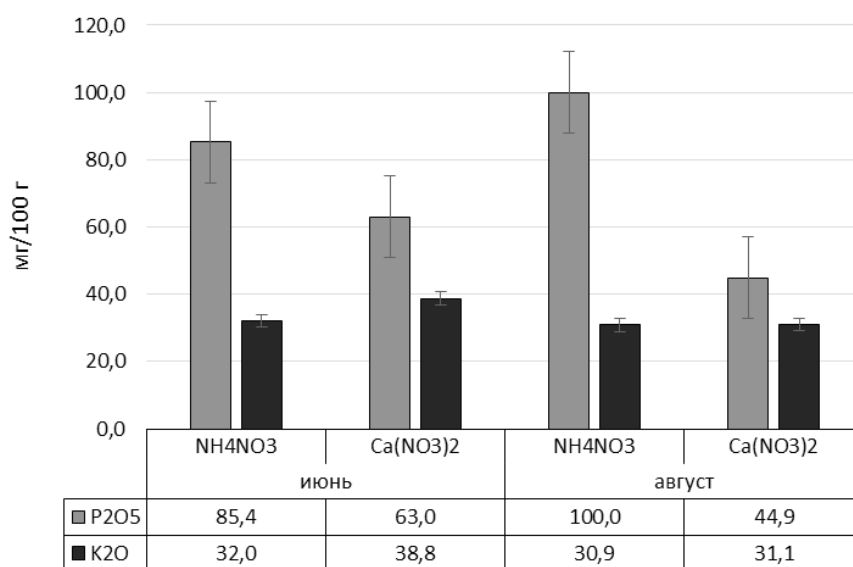


Рис. 3. Содержание подвижных фосфатов и калия в почве на фоне применения разных форм азотных удобрений

В сравнении с аммиачной селитрой, внесение нитрата кальция приводило к закономерному увеличению количества нитратов в почве и снижению содержания аммонийного азота (рис. 4).

Проведя исследования с мечеными изотопами азота, D. Tanga с соавт. [23] установили, что аммоний (в сравнении с нитратами) является преимущественной формой поглощения и реутилизации для чайного растения. При этом H. Wang с соавт. [36] отмечали схожую эффективность использования нитратной и аммиачной форм азота. В данном опыте не было обнаружено существенных различий в содержании азота в зрелых листьях чайного растения при применении разных форм азотных удобрений (табл. 1). Однако при этом процессы реутилизации азота из зрелых листьев в молодые побеги (флеш) более эффективно проходили при применении аммиачной селитры в сравнении с кальциевой (рис. 5). Можно предположить, что в полевых условиях отчетливо не проявляются различия в поглощении растениями разных форм азота, поскольку в почвах всегда

присутствует переходящий запас органического азота, который при мобилизации является дополнительным источником аммония.

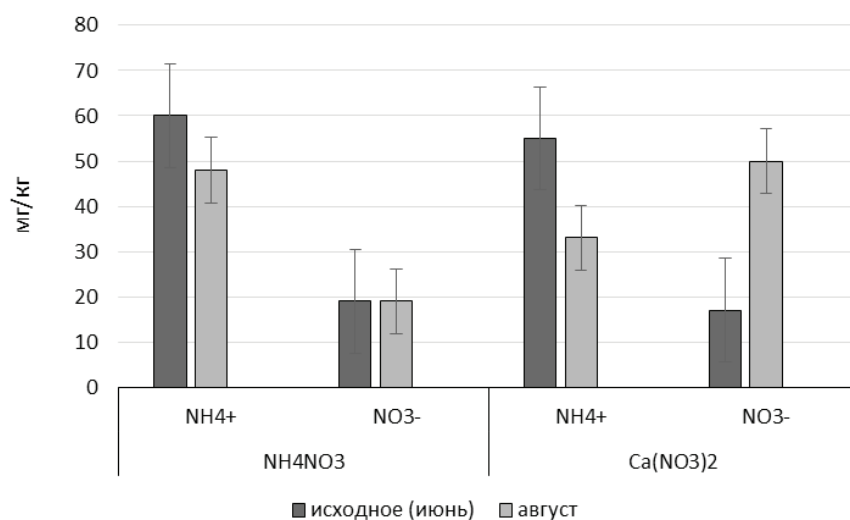


Рис. 4. Содержание минерального азота в почве на фоне применения разных форм азотных удобрений

Таблица 1

**Элементный состав
(% к сухой массе) зрелого листа,
2019–2020 гг.**

Вариант	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
	1 декада августа				
NH ₄ NO ₃	2,80 ±0,74	0,74 ±0,04	1,92 ±0,11	0,85 ±0,07	0,26 ±0,09
Ca(NO ₃) ₂	2,96 ±0,21	0,73 ±0,01	1,93 ±0,11	0,85 ±0,07	0,19 ±0,05
2 декада августа					
NH ₄ NO ₃	3,21 ±0,21	0,64 ±0,08	1,67 ±0,04	0,95 ±0,07	0,25 ±0,03
Ca(NO ₃) ₂	3,43 ±0,10	0,62 ±0,01	1,72 ±0,14	1,05 ±0,07	0,25 ±0,03

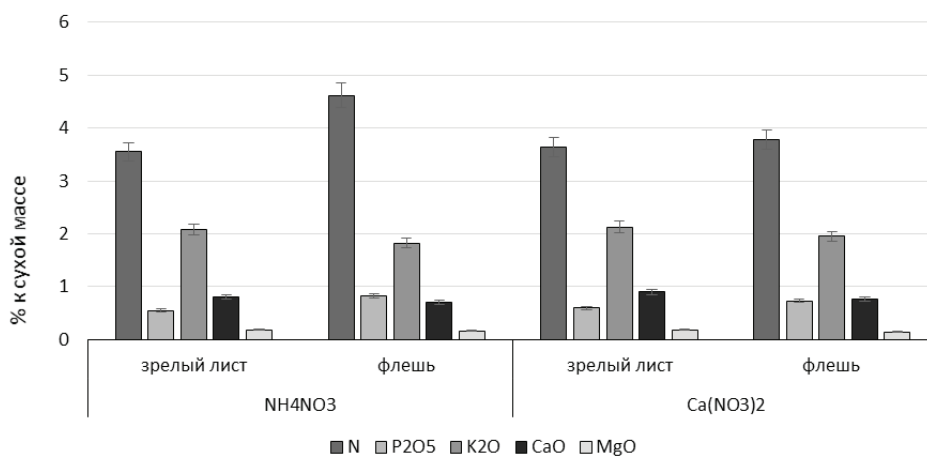


Рис. 5. Элементный состав зрелого листа и 3-листной флешки чайного растения (июль 2020 г.)

При внесении кальциевой селитры в летний период была зафиксирована тенденция увеличения содержания в листья чайного растения калия и кальция (табл. 1, рис. 5), что является фактором повышения стрессоустойчивости растений. По содержанию фосфора листья изученных вариантов не различались, что подтверждало их одинаковую биодоступность, несмотря на выявленное снижение содержания подвижных фосфатов в почвах при применении кальциевой селитры. В целом элементный состав растений при разных видах удобрений определялся сформированным под их воздействием ионным гомеостазом почвенного раствора. Внесение в почву кальциевой селитры несколько замедляло темпы реутилизации азота, способствуя таким образом сбалансированному поглощению и дальнейшей реутилизации других элементов, в частности калия и кальция.

Также установлено, что летнее внесение кальциевой селитры $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ в благоприятные по метеоусловиям годы увеличивало урожайность чая на 6–8 ц/га в сравнении с контролем (аммиачная селитра) [1]. Важная роль кальция в питании большинства сельскохозяйственных культур, том числе и чая показана во многих работах [33, 5, 26, 13], при этом эффективность применения именно этого вида удобрений (кальциевой селитры) изучена только на некоторых культурах [4, 32, 9, 21, 25]. Учитывая это, для ацидофильной культуры чая важно изучение эффективности разных форм и концентраций кальциевых удобрений, которые восстанавливая запас кальция в почве, не препятствовали бы росту и развитию растений, чему и посвящена серия наших работ [13, 14, 1, 28, 29].

Выводы. Таким образом, данные исследования показали, что применение кальциевой селитры (как альтернативы аммиачной селитре) на чайных плантациях при летней подкормке (в дозе Ca150), восполняет запасы обменного кальция почвы, уменьшая при этом содержание обменного алюминия и снижая скорость её acidизации. Повышение концентрации ионов кальция в почвенном растворе приводит к уменьшению содержания подвижных фосфатов в связи с образованием с ними более труднорастворимых форм в сравнении с фосфатами алюминия и железа, не влияя на биодоступность этого элемента. Внесение в почву кальциевой селитры также замедляло темпы реутилизации азота, способствуя таким образом сбалансированному поглощению и усвоению других элементов, в частности калия и кальция. Учитывая важность сохранения плодородия уникальных чаепригодных почв, необходимо продолжать исследования в области влияния различных видов и доз кальциевых удобрений на урожай, функциональное состояние растений чая и плодородие почв.

Исследования выполнены за счёт средств гранта РФФИ и Администрации Краснодарского края № 19-416-230049

Список литературы

1. Великий А.В. Влияние кальциевой селитры на урожайность чая сорта 'Колхида' в субтропической зоне России, Субтропическое и декоративное садоводство. 2021; 76 : 152-160. DOI: 10.31360/2225-3068-2021-76-152-160.
2. Гинзбург К.Е., Щеглова Г.М., Вульфийс Е.В. Ускоренный метод сжигания почв и растений, Почвоведение. 1963; 5 : 89-96.
3. Годзишвили Б.А., Чеботарёва М.В. Влияние корректировки почвенной кислотности краснозёма на рост и развитие чайных саженцев, Субтропическое и декоративное садоводство России. 2009; 42 : 78-86.
4. Гребенникова Т.В., Хасеева К.А., Белоусова К., Тареева М.М. Концентрированный нитрат кальция – эффективное решение для минерального питания овощей, выращенных при защищённом выращивании, Овощные культуры России. 2017; 3 : 70-74. DOI: 10.18619/2072-9146-2017-3-70-74.
5. Карпец Ю.В., Колупаев Ю.Е., Ястреб Т.О., Обозный А.И. Индуцирование теплоустойчивости проростков пшеницы экзогенными кальцием, пероксидом водорода и донором оксида азота: функциональное взаимодействие сигнальных посредников, Физиология растений. 2016; 63(4) : 521-531. DOI: 10.7868/S0015330316040072.
6. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977, 224 с.
7. Козлова Н.В., Керимзаде В.В. Скорость агрогенной acidизации бурых лесных почв чайных плантаций в условиях влажных субтропиков России, Плодоводство и ягодоводство России. 2017; 51 : 259-267. ISSN: 2073-4948.
8. Кудеярова А.Ю. Фосфатогенная трансформация почв. М.: Наука, 1995, 285 с.

9. Ле В.Ч., Буй Б.Т. Влияние гибберелловой кислоты, микроудобрения и внекорневого удобрения – нитрата кальция на рост и урожайность томатов *Solanum lycopersicum* L., выращиваемых во Вьетнаме, Растениеводство. 2019; 14(4) : 306-318. DOI: 10.22363/2312-797X-2019-14-4-306-318.
10. Малюкова Л.С. Оптимизация плодородия бурых лесных почв и применения минеральных удобрений при выращивании чая в условиях Черноморского побережья России. Докт. дис. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2013.
11. Малюкова Л.С., Козлова Н.В. Зональные типы почв влажных субтропиков Черноморского побережья России, Субтропическое и декоративное садоводство. 2016; 56 : 146-156.
12. Малюкова Л.С., Малинина М.С. Особенности поведения металлов ((Mn, Zn, Cu) в бурой лесной кислой почве под чайной плантацией в условиях влажных субтропиков России, Агрoхимия. 2001; 3 : 62-68.
13. Малюкова Л.С., Притула З.В., Козлова Н.В., Великий А.В. Влияние кальцийсодержащего природного материала на состояние бурых лесных кислых почв и растений чая (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) в субтропиках России, Агрoхимия. 2020; 12 : 3-10. DOI: 10.31857/S0002188120120054.
14. Малюкова Л.С., Рогожина Е.В. Влияние кальциевой селитры на микробоценоз почв чайной плантации, Субтропическое и декоративное садоводство. 2020; 75 : 140-149. DOI: 10.31360/2225-3068-2020-75-140-149.
15. Малюкова Л.С., Рогожина Е.В. Информативность численности сапротрофных бактерий, актиномицетов и микромицетов при оценке состояния агрогенно-изменённых почв субтропической зоны России, Проблемы агрохимии и экологии. 2020; 2 : 36-42. DOI: 10.26178/AE.2020.87.94.001 (RSCI).
16. Малюкова Л.С., Рогожина Е.В., Струкова Д.В. Влияние длительного применения минеральных удобрений на биологическую активность почв чайных плантаций, Агрoхим. вестн. 2012; 2 : 15-17.
17. Малюкова Л.С., Козлова Н.В., Рогожина Е.В., Струкова Д.В., Керимзаде В.В., Великий А.В. Эколого-агрoхимические аспекты возделывания субтропических культур на Черноморском побережье России, С.-х. биология. 2014; 3 : 24-31.
18. Практикум по агрохимии / под ред. В.Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 2001, 687 с.
19. Рогожина Е.В. Костина Н.В., Малюкова Л.С. Оценка азотфиксирующей способности почв садовых агроценозов субтропической зоны России, Вестник Московского университета, серия Почвоведение. 2011; 1 : 35-38.
20. Рындин А.В. Агрoэкологические аспекты садоводства влажных субтропиков России. Сочи: ВНИИЦиСК, 2016, 260 с. ISBN: 978-5-904533-29-8.
21. Vasconcelos C.V., Costa A.C., Müller C., Castoldi G., Costa A.M., Barbosa K., Rodrigues A.A., Alves da Silva A. Potential of calcium nitrate to mitigate the aluminum toxicity in *Phaseolus vulgaris*: effects on morphoanatomical traits, mineral nutrition and photosynthesis, Ecotoxicology. 2020; 29(2) : 203-216. DOI: 10.1007/s10646-020-02168-6.
22. Edel K.H., Marchadier E., Brownlee C., Kudla J., Hetherington A.M. The evolution of calcium-based signalling in plants, Current Biology. 2017; 27(13) : R667-R679. DOI: 10.1016/j.cub.2017.05.02.
23. Tanga D., Liua M.-Y., Zhanga Q., Maa L., Shia Y., Ruana J. Preferential assimilation of NH₄⁺ over NO₃⁻ in tea plant associated with genes involved in nitrogen transportation, utilization and catechins biosynthesis, Plant Science. 2020; 291 : 110369. DOI: 10.1016/j.plantsci.2019.110369.
24. Fan D.M., Fan K., Yu C.P., Lu Y.T., Wang, X.C. Tea polyphenols dominate the short-term tea (*Camellia sinensis*) leaf litter decomposition, J. Zhejiang Univ. Sci. 2017; 18 : 99-108. DOI: 10.1631/jzus.B1600044.

25. Gbollie S., Mwonga S., Kibe A. Effects of calcium nitrate levels and soaking durations on cocopeat nutrient content, *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*. 2021; 10 : 372-388. DOI: 10.4236/jacen.2021.103024.
26. Kaczmarek M., Fedorowicz-Stronska O., Głowacka K., Waskiewicz A., Sadowski J. CaCl₂ treatment improves drought stress tolerance in barley (*Hordeum vulgare* L.), *Acta Physiologiae Plantarum*. 2017; 39(1) : 41-52. DOI: 10.1007/s11738-016-2336-y.
27. Luo J., Ni D., He C., Zhang S., Liu S., Du Y., Chen Y. Influence of exogenous calcium on the physiological, biochemical, phytochemical and ionic homeostasis of tea plants (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) subjected to fluorine stress, *Plant Growth Regulation*. 2019; 87 : 455-465. DOI: 10.1007/s10725-019-00478-2.
28. Malyukova L.S., Pritula Z.V., Kozlova N.V., Veliky A.V., Rogozhina E.V., Kerimzade V.V., Samarina L.S. Effects of calcium-containing natural fertilizer on *Camellia sinensis* (L.) Kuntze, *Bangladesh J. Bot.* 2021; 50(1) : 179-187. DOI: 10.3329/bjb.v50i1.52686.
29. Malyukova L.S., Koninskaya N.G., Orlov Y.L., Samarina L.S. Effects of exogenous calcium on the drought response of the tea plant (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze), *PeerJ*. 2022; 10 : e13997. DOI: 10.7717/peerj.13997.
30. Qiu Q., Fan D., Wang Y., Huang D., Wang Y., Ma J.; Wang X. Effect of calcium cyanamide on soil fungal community in successive tea-cuttings nursery, *Agriculture*. 2021; 11 : 716. DOI: 10.3390/agriculture11080716.
31. Pirayesh N., Giridhar M., Khedher A., Vothknecht U.C., Chigri F. Organellar calcium signaling in plants: An update, *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Cell Research*. 2021; 18(4) : 118948. DOI: 10.1016/j.bbamcr.2021.118948.
32. Ruamrungsri S., Inkham C. Effect of calcium nitrate addition on growth and bulb quality of *Hippeastrum*, *Acta Hort.* 2017; 1167 : 375-380. DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1167.54.
33. 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], *American Journal Plant Science*. 2012; 3 : 443-460.
34. Wang X., Zhu B., Jiang Z., Wang S. Calcium-mediation of jasmonate biosynthesis and signaling in plants, *Plant Science*. 2019; 287 : P. 110-192. DOI: 10.1016/j.plantsci.2019.110192.
35. Wang Y., Zhang L.X., Sun Q. Effects of excessive calcium fertilization on photosynthetic characteristics and chloroplast ultra-structure of tea tree, *Biology Plant Nutrition and Fertilizing Science*. 2010, Corpus ID : 85871701.
36. Wang H., Zhang H., Zhao Y., Xu R.K. Soil acidification of alfisols influenced by nitrate and ammonium nitrogen level in tea plantation. *Int J. Agric. Biol Eng*, 2018; 11(4) : 168-172.
37. Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps, *World Soil Resources Reports*. FAO. 2014; 181 p.
38. Ye J.H., Wang H.B., Yang X.Y., Zhang Q., Li J.Y., Jia X.L., Kong X.H., He H.B. Autotoxicity of the soil of consecutively cultured tea plantations on tea (*Camellia sinensis*) seedlings, *Acta Physiol. Plant*. 2016; 38 : 195. DOI: 10.1007/s11738-016-2216-5.

Reference

1. Veliky A.V. Influence of calcium nitrate on the yield of Colchis tea variety in the subtropical zone of Russia, *Subtropical and ornamental horticulture*. 2021; 76 : 152-160. DOI: 10.31360/2225-3068-2021-76-152-160.
2. Ginzburg K.E., Shcheglova G.M., Vulfius E.V. Accelerated method of burning soils and plants, *Soil science*. 1963; 5 : 89-96.

3. Godziashvili B.A., Chebotareva M.V. Influence of adjusting the soil acidity of red soil on the growth and development of tea seedlings, Subtropical and ornamental horticulture in Russia. 2009; 42 : 78-86.
4. Grebennikova T.V., Khaseeva K.A., Belousova K., Tareeva M.M. Concentrated calcium nitrate is an effective solution for the mineral nutrition of vegetables grown under protected cultivation, Vegetable crops of Russia. 2017; 3 : 70-74. DOI: 10.18619/2072-9146-2017-3-70-74.
5. Karpets Yu.V., Kolupaev Yu.E., Yastreb T.O., Obozny A.I. Heat tolerance induction in wheat seedlings by exogenous calcium, hydrogen peroxide, and nitric oxide donor: functional interaction of signaling mediators, Plant Physiology. 2016; 63(4) : 521-531. DOI: 10.7868/S0015330316040072.
6. Classification and diagnostics of soils of the USSR. Moscow: Kolos, 1977, 224 p.
7. Kozlova N.V., Kerimzade V.V. The rate of agrogenic acidization of brown forest soils of tea plantations in the humid subtropics of Russia, Fruit growing and berry growing in Russia. 2017; 51 : 259-267. ISSN: 2073-4948.
8. Kudeyarova A.Yu. Phosphatogenic transformation of soils. M.: Nauka., 1995, 285 p.
9. Le V.Ch., Buy B.T. Influence of gibberellic acid, microfertilizer and foliar fertilizer – calcium nitrate on the growth and yield of *Solanum lycopersicum* L. tomatoes grown in Vietnam, Crop production. 2019; 14(4) : 306-318. DOI: 10.22363/2312-797X-2019-14-4-306-318.
10. Malyukova L.S. Optimization of the fertility of brown forest soils and the use of mineral fertilizers in the cultivation of tea in the conditions of the Black Sea coast of Russia. Dr. dis. Moscow: Moscow State University. M.V. Lomonosov, 2013.
11. Malyukova L.S., Kozlova N.V. Zonal soil types of humid subtropics of the Black Sea coast of Russia, Subtropical and ornamental horticulture. 2016; 56 : 146-156.
12. Malyukova L.S., Malinina M.S. Peculiarities of the behavior of metals (Mn, Zn, Cu) in brown forest acidic soil under a tea plantation in the humid subtropics of Russia, Agrokhimiya. 2001; 3 : 62-68.
13. Malyukova L.S., Pritula Z.V., Kozlova N.V., Velikiy A.V. Influence of calcium-containing natural material on the state of brown forest acidic soils and tea plants (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) in the subtropics of Russia, Agrochemistry. 2020; 12 : 3-10. DOI: 10.31857/S0002188120120054.
14. Malyukova L.S., Rogozhina E.V. Influence of calcium nitrate on the microbial cenosis of tea plantation soils, Subtropical and ornamental horticulture. 2020; 75 : 140-149. DOI: 10.31360/2225-3068-2020-75-140-149.
15. Malyukova L.S., Rogozhina E.V. Informativeness of the number of saprotrophic bacteria, actinomycetes and micromycetes in assessing the state of agrogenically modified soils of the subtropical zone of Russia, Problems of agrochemistry and ecology. 2020; 2 : 36-42. DOI: 10.26178/AE.2020.87.94.001 (RSCI).
16. Malyukova L.S., Rogozhina E.V., Strukova D.V. Influence of long-term use of mineral fertilizers on the biological activity of tea plantation soils, Agrokhim. vestn. 2012; 2 : 15-17.
17. Malyukova L.S., Kozlova N.V., Rogozhina E.V., Strukova D.V., Kerimzade V.V., Velikii A.V. Ecological and agrochemical aspects of the cultivation of subtropical crops on the Black Sea coast of Russia, S.-x. biology. 2014; 3 : 24-31.
18. Workshop on agricultural chemistry/ed. V.G. Mineev. – M : Publishing House of Moscow State University, 2001, 687 p.
19. Rogozhina E.V. Kostina N.V., Malyukova L.S. Evaluation of the nitrogen-fixing capacity of soils in horticultural agrocenoses in the subtropical zone of Russia, Bulletin of the Moscow University, Soil Science series. 2011; 1 : 35-38.

20. Ryndin A.V. Agroecological aspects of horticulture in the humid subtropics of Russia. Sochi: FGBNU VNIITsISK, 2016, 260 p. ISBN: 978-5-904533-29-8.
21. Vasconcelos C.V., Costa A.C., Müller C., Castoldi G., Costa A.M., Barbosa K., Rodrigues A.A., Alves da Silva A. Potential of calcium nitrate to mitigate the aluminum toxicity in *Phaseolus vulgaris*: effects on morphoanatomical traits, mineral nutrition and photosynthesis, *Ecotoxicology*. 2020; 29(2) : 203-216. DOI: 10.1007/s10646-020-02168-6.
22. Edel K.H., Marchadier E., Brownlee C., Kudla J., Hetherington A.M. The evolution of calcium-based signalling in plants, *Current Biology*. 2017; 27(13) : R667-R679. DOI: 10.1016/j.cub.2017.05.02.
23. Tanga D., Liua M.-Y., Zhanga Q., Maa L., Shia Y., Ruana J. Preferential assimilation of NH_4^+ over NO_3^- in tea plant associated with genes involved in nitrogen transportation, utilization and catechins biosynthesis, *Plant Science*. 2020; 291 : 110369. DOI: 10.1016/j.plantsci.2019.110369.
24. Fan D.M., Fan K., Yu C.P., Lu Y.T., Wang, X.C. Tea polyphenols dominate the short-term tea (*Camellia sinensis*) leaf litter decomposition, *J. Zhejiang Univ. Sci.* 2017; 18 : 99-108. DOI: 10.1631/jzus.B1600044.
25. Gbollie S., Mwonga S., Kibe A. Effects of calcium nitrate levels and soaking durations on cocopeat nutrient content, *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*. 2021; 10 : 372-388. DOI: 10.4236/jacen.2021.103024.
26. Kaczmarek M., Fedorowicz-Stronska O., Głowacka K., Waskiewicz A., Sadowski J. CaCl_2 treatment improves drought stress tolerance in barley (*Hordeum vulgare* L.), *Acta Physiologiae Plantarum*. 2017; 39(1) : 41-52. DOI: 10.1007/s11738-016-2336-y.
27. Luo J., Ni D., He C., Zhang S., Liu S., Du Y., Chen Y. Influence of exogenous calcium on the physiological, biochemical, phytochemical and ionic homeostasis of tea plants (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) subjected to fluorine stress, *Plant Growth Regulation*. 2019; 87 : 455-465. DOI: 10.1007/s10725-019-00478-2.
28. Malyukova L.S., Pritula Z.V., Kozlova N.V., Veliky A.V., Rogozhina E.V., Kerimzade V.V., Samarina L.S. Effects of calcium-containing natural fertilizer on *Camellia sinensis* (L.) Kuntze, *Bangladesh J. Bot.* 2021; 50(1) : 179-187. DOI: 10.3329/bjb.v50i1.52686.
29. Malyukova L.S., Koninskaya N.G., Orlov Y.L., Samarina L.S. Effects of exogenous calcium on the drought response of the tea plant (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze), *PeerJ*. 2022; 10 : e13997. DOI: 10.7717/peerj.13997.
30. Qiu Q., Fan D., Wang Y., Huang D., Wang, Y.; Ma, J.; Wang, X. Effect of calcium cyanamide on soil fungal community in successive tea-cuttings nursery, *Agriculture*. 2021; 11 : 716. DOI: 10.3390/agriculture11080716.
31. Pirayesh N., Giridhar M., Khedher A., Vothknecht U.C., Chigri F. Organellar calcium signaling in plants: An update, *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Cell Research*. 2021; 18(4) : 118948. DOI: 10.1016/j.bbamcr.2021.118948.
32. Ruamrungsri S., Inkham C. Effect of calcium nitrate addition on growth and bulb quality of *Hippeastrum*, *Acta Hort.* 2017; 1167 : 375-380. DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1167.54.
33. 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], *American Journal Plant Science*. 2012; 3 : 443-460.
34. Wang X., Zhu B., Jiang Z., Wang S. Calcium-mediation of jasmonate biosynthesis and signaling in plants, *Plant Science*. 2019; 287 : 110-192. DOI: 10.1016/j.plantsci.2019.110192.
35. Wang Y., Zhang L.X., Sun Q. Effects of excessive calcium fertilization on photosynthetic characteristics and chloroplast ultra-structure of tea tree, *Biology Plant Nutrition and Fertilizing Science*. 2010, Corpus ID : 85871701.

36. Wang H., Zhang H., Zhao Y., Xu R.K. Soil acidification of alfisols influenced by nitrate and ammonium nitrogen level in tea plantation. *Int J. Agric. Biol Eng*, 2018; 11(4) : 168-172.
37. Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps, World Soil Resources Reports. FAO. 2014; 181 p.
38. Ye J.H., Wang H.B., Yang X.Y., Zhang Q., Li J.Y., Jia X.L., Kong X.H., He H.B. Autotoxicity of the soil of consecutively cultured tea plantations on tea (*Camellia sinensis*) seedlings, *Acta Physiol. Plant*. 2016; 38 : 195. DOI: 10.1007/s11738-016-2216-5.

**THE EFFECT OF CALCIUM NITRATE
ON THE AGROCHEMICAL PROPERTIES
OF AGROGENICALLY-MODIFIED SOILS UNDER TEA CROP IN
THE SUBTROPICS OF RUSSIA**

Velikiy A.V., Malyukova L.S.

*Federal Research Centre
the Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences,
Sochi, Russia, e-mail: malukovals@mail.ru*

The long-term use of mineral fertilizers when cultivating tea crop has led to significant agrogenic changes in the brown soils of the humid subtropics of Russia. The revealed degradation processes (acidification, increased mobility of biogenic elements, "overphosphating", inhibition of biological activity) lead to a decrease in the overall soil fertility level, which requires radical chemical reclamation during their further exploitation. This determines the relevance of testing various types of fertilizers in order to restore deficient elements, as well as regulating soil acidity and aluminum toxicity. The purpose of this work was to study the effect of calcium nitrate on the agrochemical properties and nutritional regime of agrogenically-modified acid brown forest soils under tea crop. Changes in the following soil parameters have been studied: pH_{KCl} , the content of exchangeable calcium and aluminum, ammonia and nitrate forms of nitrogen, mobile phosphates, exchangeable potassium, as well as the elemental composition of mature tea leaves (N, P, K, Ca, Mg). It has been found that the use of calcium nitrate on tea plantations during summer feeding (at a dose of Ca150) replenished the reserves of exchangeable calcium in the soil, while reducing the content of exchangeable aluminum and the rate of its acidification. An increased concentration of calcium ions in the soil solution contributed to the consolidation of some mobile phosphates (due to the formation of less soluble forms with them), without significant effect on the bioavailability of this element. Taking into account the positive effect of calcium fertilizers on the chemical composition of agrogenically-modified soils, it is necessary to continue studying the effects from calcium fertilizers at different forms and concentrations on the agrochemical soil properties, as well as the functional state of the tea plant related to acidophytes.

Key words: brown soil, agrogenic transformation of soils, tea crop, fertilizers, acidification of soils, calcium nitrate, exchange calcium, phosphates.