

УДК 631.4:631.6:631.8

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КАЛЬЦИЙСОДЕРЖАЩИХ АГРОРУД НА БУРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ

Малюкова Л.С., д-р биол. наук

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства
и субтропических культур» (Сочи)

Реферат. Изучена эффективность применения кальцийсодержащих агроруд в качестве химического мелиоранта на бурых лесных кислых почвах. Показано, что на фоне роста содержания обменных форм кальция в почве происходило снижение почвенной кислотности, увеличение содержания в почвенном растворе обменного калия и магния. Формирование в почвенном растворе фосфатов кальция обеспечивало более эффективное поглощение этих элементов растениями. Интенсифицировалась биологическая активность почв, что сопровождалось улучшением их азотного режима, состав почвенного раствора оказывал положительное влияние на функциональное состояние растений.

Ключевые слова: химическая мелиорация, удобрения, бурые лесные почвы, кальций, подвижные фосфаты, биологическая активность почв

Summary. The efficiency of use of calcium containing agric ores has been studied as a chemical improver on brown forest acid soils. It was found the increasing in content of calcium exchange forms in the soil, the reducing the acidity of the soil, increasing in exchange able potassium and magnesium in the soil solution. In the soil solution the calcium phosphates are formed, the presence of which improves the efficiency of absorption of these elements by plants. The intensification of biological activity of soils was accompanied by the improvement of their nitrogen regime, the composition of the soil solution has a positive effect on the functional state of plants.

Key words: chemical melioration, fertilizers, brown forest soils, calcium, mobile phosphates, biological activity of soil

Введение. Бурые лесные почвы наиболее распространенный в зоне влажных субтропиков России тип почв, который широко используется при возделывании субтропических и южных плодовых культур. [1, 2, 3]. Формирование буроземов происходит на породах различного гранулометрического состава и генезиса: на карбонатных породах (продукты выветривания мергелей и известняков) оно сопровождается значительным выщелачиваем почв и формированием слабоненасыщенных подтипов; на кислых бескарбонатных породах (сланцевые глины, песчаники) формируются кислые подтипы. Бурые лесные почвы исходно характеризуются невысоким уровнем плодородия, в связи с чем в результате применения высоких доз минеральных удобрений при сельскохозяйственном использовании испытывают серьезный агрогенный прессинг. Для этого типа почв при длительном агрогенном преобразовании характерна в разной степени выраженная ацидизация верхних горизонтов почв, рост подвижности и обеднение рядом биогенных элементов (кальций, магний, железо, медь, марганец, цинк), снижение степени насыщенности основаниями и рост доли Al; изменение соотношения основных макро- и микроэлементов питания (часто зафосфачивание) [1, 4-12]. Эти процессы сопровождаются снижением общего уровня плодородия почв, урожайности и устойчивости сельскохозяйственных культур, что при дальнейшей их эксплуатации (или перезакладке) требует коренной химической мелиорации.

Изменить агрогенно-преобразованное состояние почв возможно путем внесения компонентов, регулирующих кислотно-основное равновесие почв и балансирующих кон-

центрацию в почвенном растворе других биогенных элементов. Восстановление в почвенно-поглощенном комплексе кислых выщелоченных почв доли кальция – важнейшего биогенного элемента, а также формирование новых комплексных соединений, более доступных растениям, будет способствовать росту продуктивности и устойчивости растений к стрессам различной природы. В качестве источника кальция могут использоваться известковые отходы горнодобывающей промышленности, применение которых имеет явно выраженный природоохранительный и природовосстановительный эффекты [13, 14].

Объекты и методы исследований. Изучаемые агроруды представляют собой кальцийсодержащий природный материал – глинисто-известковые отходы карьера (Адлерский район), образующиеся при дроблении известняков на мелкие фракции щебня. Содержание CaCO_3 составляет 70-75 %. По механическому составу материал на $\frac{3}{4}$ состоит из фракций тоньше 0,25 мм. Исследования эффективности применения этих агроруд проводились в 2-х опытах: вегетационном и полевом. В вегетационном опыте были проанализированы свойства агроруд и их влияние на агрохимические свойства бурых лесных кислых почв, которые подвергались длительному агрогенному воздействию (высокие дозы минеральных удобрений). Материал в почву вегетационных сосудов вносили из расчета – 25 и 250 кг/га (10 и 100 кг/га д.в. СаО, соответственно).

В полевом опыте было изучено влияние агроруд на агробиологические свойства бурых лесных почв и функциональное состояние чайного растения, относящегося к группе кальциефобных. Используемое природное удобрение вносили в дозе 100 кг/га д.в. (СаО) в поверхностный слой почвы на фоне макроудобрений (N240P70K90); контролем служил фон – N240P70K90. Размер опытных делянок – 10 м². Повторность 3–кратная, почва бурая лесная кислая, возделываемая культура – чай. В почвенных образцах определяли: рН_{KCl} — потенциметрически; обменные Ca^{2+} , Mg^{2+} — трилометрически; азот легкогидролизуемый по Тюрину; подвижные фосфаты и обменный калий — по Ониани. Обработка экспериментального материала проведена методами вариационно-описательной статистики с использованием программы Агрохимия (при P=0,95).

Обсуждение результатов. Результаты агрохимического анализа вещества показали, что оно характеризуется слабощелочной реакцией водной суспензии (рН – 8,20), содержит в доступной форме кальций (10,9 мг-экв/100 г), в меньшем количестве магний (2,2 мг-экв./100 г), присутствуют также доступные формы азота, фосфора и калия. В условиях вегетационного опыта было установлено, что внесение агроруд в дозе 250 кг/га привело к снижению кислотности почв, увеличению содержания обменного кальция в 3 раза, при уменьшении содержания токсичного алюминия и гидролитической кислотности (табл. 1).

В условиях полевого опыта внесение в почву чайных плантаций кальцийсодержащего материала было направлено на восполнение его запасов при существенном выщелачивании в кислых условиях до значений 2-3 мг-экв/100 г, которые рассматриваются как пограничные величины для этого типа почв [15]. В ходе эксперимента было установлено, что внесение кальцийсодержащего материала в дозе 100 кг д.в. СаО/га в течение 7 лет повлияло на кислотно-основные свойства бурой лесной кислой почвы [16]. Так, в верхних слоях почвы (0-40 см) уменьшились показатели почвенной кислотности (обменная и гидролитическая кислотность, содержание подвижного алюминия), при соответствующем увеличении содержания обменного кальция и, в целом, степени насыщенности почв основаниями (табл. 2). На этом фоне прослеживался рост дыхательной активности почв (99-128 мг CO_2 /кг почвы в сравнении с контролем 35-90 мг CO_2 /кг почвы) и её быстрое восстановление (в течение месяца) после внесения вещества [17].

Применение кальцийсодержащих агроруд оказывало существенное влияние на плодородие почв, выражаемое через комплекс агрохимических показателей и содержание питательных элементов, в частности NPK.

Таблица 1 – Влияние агроруды на агрохимические свойства бурой лесной кислой почвы

Этапы	рН сол.	Нгк, мг-экв/100 г	Al ³⁺ , мг/100 г	Ca ²⁺	Mg ²⁺	P ₂ O ₅	K ₂ O	Азот, мг/100 г		
				мг-экв/100 г				мг/100 г		N-NO ₃
1	3,60	23,0	24,7	3,5	3,9	70,3	14,9	4,2	5,2	14,8
2	3,56	23,9	22,6	4,2	4,0	73,1	18,7	0,3	3,6	12,8
3	4,25	10,4	7,3	14,8	1,7	71,4	16,9	1,5	1,3	10,3
4	4,15	8,8	5,0	13,6	2,6	79,3	18,8	5,2	6,1	11,2

Примечание. 1. До внесения. 2. После внесения в дозе 25 кг/га. 3. После внесения в дозе 250 кг/га. 4. Через 3 месяца после внесения агроруд.

Таблица 2 – Влияние агроруды на кислотно-основные свойства бурых лесных кислых почв, 2010 г.

Вариант	рН сол.	Нобм	Нгк	Ca ²⁺ + Mg ²⁺	V
		мг – экв/100 г			%
слой 0-20 / 20–40					
N ₂₄₀ P ₇₀ K ₉₀	<u>3,26 ± 0,15</u>	<u>12,5 ± 1,2</u>	<u>31,7 ± 3,5</u>	<u>3,1 ± 0,7</u>	<u>9,1 ± 2,1</u>
Контроль	3,52 ± 0,14	11,2 ± 2,2	27,3 ± 2,9	3,8 ± 1,4	12,5 ± 5,3
N ₂₄₀ P ₇₀ K ₉₀ + Ca	<u>3,50 ± 0,12</u>	<u>9,8 ± 0,9</u>	<u>27,2 ± 1,0</u>	<u>4,8 ± 1,3</u>	<u>15,3 ± 2,9</u>
	3,69 ± 0,08	9,1 ± 0,8	24,3 ± 0,8	5,5 ± 1,1	18,5 ± 3,4

Эти показатели изучались в динамике в течение вегетационного периода (апрель-октябрь) в почвенном слое 0–20 см, наиболее подверженном воздействию удобрений (табл. 3). Действие кальция на фоне NPK проявлялось непосредственно после их применения (апрель-май) и заключалось в росте содержания обменных форм кальция и магния и снижении почвенной кислотности. На этом фоне в течение вегетационного периода прослеживался рост содержания в почве минерального азота за счет более эффективной биологической активности почв, определяющей в свою очередь направленность и интенсивность процессов трансформации азотосодержащих веществ минерального и органогенного происхождения.

Пополнение в почве запасов обменного кальция приводило к вытеснению из почвенно-поглощающего комплекса обменного калия, содержание которого в почве возрастало по сравнению с контролем и улучшало питательный режим растения этим элементом, особенно необходимым в условиях недостаточного водообеспечения. Применение кальцийсодержащих удобрений кардинально меняло фосфатный режим сильно «зафосфаченных» агрогенных бурых лесных почв. Было установлено существенное снижение в почвах подвижных фосфатов, обусловленное их высоким химическим сродством к иону Ca⁺, с которым они образуют слаборастворимые соединения [18]. При этом фосфор этих вновь образованных кальцийсодержащих компонентов жидких фаз почв (в отличие от алюмо- и железифосфатов) в энергетическом отношении является более доступной формой для растений, что обусловлено высоким сродством лигандов корневых выделений к кальцию [18].

В первые годы (до 2012 года) на фоне применения кальцийсодержащего материала урожай зеленого чайного листа был несколько ниже или соизмерим с урожаем контрольного варианта [16]. В последующий период при ежегодном использовании этого вида удобрения отмечалось его положительное влияние на урожайность, обусловленное особенной функцией кальция в работе сигнальной антистрессовой системы растения, обеспе-

чивающей устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды (в частности дегидратации), а также последующий выход из этого состояния [19, 20].

Таблица 3 – Динамика агрохимических свойств бурых лесных почв в течение апреля-сентября, 2012 г.

Показатель	Вариант	
	N ₂₄₀ P ₇₀ K ₉₀ – Контроль	N ₂₄₀ P ₇₀ K ₉₀ + Ca
Ca ²⁺ + Mg ²⁺ , мг-экв/100 г	2,9 – 4,5	3,9 – 5,3
pH сол.	2,95 – 3,28	3,23 – 3,44
НЛГ, мг/100 г	5,5 – 26,7	10,6 – 45,3
P ₂ O ₅ , мг/100 г	78,0 – 110,7	56,2 – 89,3
K ₂ O, мг/100 г	30,0 – 45,0	40,4 – 65,9

Так, в благоприятных условиях 2013 года, на фоне депрессии ростовых процессов в 2012 году была достигнута на этом варианте очень высокая урожайность – 117 ц/га (приближенная к потенциально возможной), существенно превышающая контроль (92 ц/га). Выявленный эффект сохранялся в течение последующих трех лет и фиксировался по росту урожайности, усилению побегообразовательной деятельности растения [21], более устойчивой водообеспеченности растений [22], а также по интенсивности биохимических процессов, в частности усилению синтеза полифенольных соединений (танина) на 2-3 % по сравнению с контролем [23]. Совокупность полученных результатов позволяет рассматривать изученный агроприем как эффективный в восстановлении запасов обменного кальция в кислых почвах и улучшении питательного режима в отношении ряда других элементов, в том числе для растений, относящихся к группе ацидофильных.

Выводы. Изученные агроруды горнодобывающей промышленности, являющиеся кальцийсодержащим материалом, эффективно регулируют кислотно-щелочной баланс бурых лесных кислых почв и улучшают их питательный режим в отношении кальция, магния, фосфора, калия, азота, повышают общую биологическую активность почв и улучшают функциональное состояние растений, проявляющееся ростом побегообразовательной способности, урожайности, синтеза полифенольных соединений.

Литература

1. Беседина, Т.Д. Агрогенная трансформация почв Черноморского побережья Северо-Западного Кавказа при использовании под субтропические культуры: дис. ... д-ра с.-х. наук / Беседина Тина Давидовна. – Краснодар, 2004. – 313 с.
2. Рындин, А.В. Земельные ресурсы зоны влажных субтропиков России / А.В. Рындин // Субтропическое и южное садоводство России: науч. тр. – Сочи: ГНУ ВНИИЦ и СК Россельхозакадемии, 2009. – Вып. 42. – Т. 2. – С. 15-24.
3. Малюкова, Л.С. Зональные типы почв влажных субтропиков Черноморского побережья России / Л.С. Малюкова, Н.В. Козлова // Субтропическое и декоративное садоводство: науч. тр. – Сочи: ГНУ ВНИИЦ и СК Россельхозакадемии, 2016. – Вып. 56. – С. 146-156.
4. Малюкова, Л.С. Влияние длительного применения минеральных удобрений на химический состав бурой лесной кислой почвы под чайной плантацией в условиях влажных субтропиков России / Л.С. Малюкова, В.А. Аргунова, И.В. Юткина, А.А. Губарева // Агрохимия. – 1999. – № 10. – С. 33-40.
5. Малюкова, Л.С. Особенности поведения металлов (Mn, Zn, Cu) в бурой лесной кислой почве под чайной плантацией в условиях влажных субтропиков России / Л.С. Малюкова, М.С. Малинина // Агрохимия. – 2001. – № 3. – С. 62-68.
6. Козлова, Н.В. Состояние бурых лесных кислых почв чайных плантаций при длительном применении минеральных удобрений в субтропиках России: автореф. дис. ... канд-та биол. наук / Козлова, Наталья Васильевна. – М., 2008. – 24 с.

7. Малюкова, Л.С. Особенности агрогенной трансформации бурых лесных кислых почв чайных плантаций / Л.С. Малюкова, А.В. Рындин, Н.В. Козлова // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2008. – № 4. – С. 26-27.
8. Керимзаде, В.В. Влияние длительного применения разных схем минеральных удобрений на содержание основных питательных элементов (NPK) в бурой лесной кислой почве под культурой чая в условиях субтропиков России / В.В. Керимзаде // Проблемы и перспективы садоводства в субтропиках Кавказского региона : науч. тр. – Сочи: ГНУ ВНИИЦиСК, 2011. – Вып. 44. – Т. 1. – С. 159-167.
9. Керимзаде, В.В. Влияние длительного применения минеральных удобрений на кислотно-основное состояние бурых лесных кислых почв чайных плантаций черноморского побережья России / В.В. Керимзаде // Субтропическое и декоративное садоводство России : науч. тр. – Сочи: ГНУ ВНИИЦиСК, 2012. – Вып. 46. – С. 239-247.
10. Малюкова, Л.С. Влияние длительного применения минеральных удобрений на биологическую активность почв чайных плантаций / Л.С. Малюкова, Е.В. Рогожина, Д.В. Струкова // Агрохимический вестник. – 2012. – № 2. – С. 15-17.
11. Малюкова, Л.С. Оптимизация плодородия бурых лесных почв и применения минеральных удобрений при выращивании чая в условиях Черноморского побережья России / Л.С. Малюкова. – Сочи: ВНИИЦиСК, 2014. – 343 с.
12. Струкова Д.В. Биологическая активность бурых лесных почв агроценозов чая, персика, фундука при длительном применении минеральных удобрений в условиях Черноморского побережья России: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Струкова Дарья Викторовна. – М., 2014. – 23 с.
13. Малюкова, Л.С. Пути экологизации сельскохозяйственного производства в субтропической зоне на основе использования местных природных удобрений / Л.С. Малюкова, Р.К. Габитов // Агрохимия на рубеже веков. – 2000. – № 13. – С. 123-124.
14. Габитов, Р.К. Перспективы применения местных природных удобрений в адаптивных системах субтропического земледелия / Р.К. Габитов, Л.С. Малюкова, Н.В. Козлова // Тезисы докладов междунар. науч.-практич. конференции «Проблемы НИР и развития субтропического и южного садоводства в 2001-2005 г.г.». – Сочи, 2001. – С. 69-71.
15. Малюкова, Л.С. Методические рекомендации по комплексной почвенно-растительной диагностике минерального питания чая / Л.С. Малюкова, Н.В. Козлова. – Сочи: ГНУ ВНИИЦ и СК Россельхозакадемии, 2010. – 37 с.
16. Малюкова, Л.С. Влияние мезо- и микроудобрений на урожай чайного листа и плодородие бурых лесных кислых почв чайных плантаций Черноморского побережья России / Л.С. Малюкова, Н.В. Козлова, А.В. Великий // Проблемы агрохимии и экологии. – 2012. – № 1. – С. 18-21.
17. Малюкова, Л.С. Влияние различных видов и доз минеральных удобрений на дыхательную активность почв чайных плантаций / Л.С. Малюкова, В.В. Керимзаде, А.В. Великий // Плодоводство и ягодоводство России: сб. науч. работ ВСТИСП. – М., 2015. – Т. 43. – С. 132-138.
18. Кудеярова, А.Ю. Фосфатогенная трансформация почв / А.Ю. Кудеярова. – М.: Наука, 1995. – 285 с.
19. 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.
20. Bowler C., Fluhr B. The role of calcium and activated oxygen as signals for controlling cross-tolerance. *Trendplantsci.*, 2000, 5:241-243.
21. Великий, А.В. Влияние мезо- и микроудобрений (S, Mg, Ca, B, Zn) на побегообразовательную способность чай в условиях Черноморского побережья России / А.В. Великий // Актуальные вопросы плодоводства и декоративного садоводства в начале XXI века: междунар. науч.-практ. конф. (Сочи, 22-26 сент. 2014 г.). – Сочи: ВНИИЦиСК, 2014. – С. 402-408.
22. Великий, А.В. Особенности формирования водного режима чайного растения на фоне применения мезо- и микроудобрений в условиях субтропиков России / А.В. Великий // Материалы V Всероссийской научно-практической конференции молодых учёных «Научное обеспечение агропромышленного комплекса». – Краснодар, КубГАУ, 2011 – С. 19-21.
23. Притула, З.В. Влияние мезо- и микроудобрений на качество чайного сырья в условиях Черноморского побережья России / З.В. Притула, А.В. Великий, Л.С. Малюкова // Плодоводство и ягодоводство России: сб. науч. работ ВСТИСП. – М., 2014. – Т. 38. – Вып. 2. – С. 52-58.