

## О ФОРМИРОВАНИИ УСТОЙЧИВОСТИ У РАСТЕНИЙ ЧАЯ *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze ПРИ НЕДОСТАТОЧНОМ ВОДООБЕСПЕЧЕНИИ НА ФОНЕ КОРНЕВОГО ВНЕСЕНИЯ КАЛЬЦИЯ В ВИДЕ ПРИРОДНОГО УДОБРЕНИЯ

Л.С. МАЛЮКОВА, З.В. ПРИТУЛА, Н.В. КОЗЛОВА, В.В. КЕРИМЗАДЕ,  
А.В. ВЕЛИКИЙ

Чайное растение [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze] в условиях Черноморского побережья России и в ряде других регионов мира (Китай, Индия) сталкивается с сезонными проявлениями дефицита воды, приводящими к существенной потере урожайности — по данным разных авторов до 40-50 % (М. Mukhopadhyay с соавт., 2014; Л.С. Малюкова, 2014). В этой связи проводятся исследования по изучению физиолого-биохимических механизмов устойчивости растений чая к дефициту воды, эффективности различных экзогенных индукторов, ведется селекционный поиск более засухоустойчивых сортов. Значительный интерес исследователей связан с изучением экзогенного применения кальция, который служит посредником в передаче сигнала внутри клетки при синтезе стрессорных белков, обеспечивающих устойчивость к неблагоприятным факторам среды, а также последующий выход из этого состояния (Х.У. Gao с соавт., 1999; М.У. Shu с соавт., 2000). Показано влияние кальция на снижение окислительных повреждений у различных растений (в том числе чая) при засухе посредством индуцирования антиоксидантной системы (Х.У. Gao с соавт., 1999; М. Ли с соавт., 2004; С.С. Медведев, 2005; Н. Upadhyaya с соавт., 2012; Е.Г. Рихванов с соавт., 2014). В России впервые в условиях полевого опыта изучено влияние корневого применения кальция на функциональное состояние растений чая и режим их питания в условиях недостаточного водообеспечения. Кальций вносили в почву в форме природного удобрения (глинисто-известковое вещество с содержанием СаО 40 %) в дозе 100 кг/га д.в. (СаО) на фоне макроудобрений (N<sub>240</sub>P<sub>70</sub>K<sub>90</sub>) (контроль — только N<sub>240</sub>P<sub>70</sub>K<sub>90</sub>). В летние периоды наибольшей напряженности по влагообеспеченности (конец июля–август) изучали динамику каталазной активности зрелых листьев и 3-листных флешей, рН клеточного сока, водообеспеченность и водоотдачу, а также химический состав растений и почв. Установлено, что под влиянием кальция в стрессовый период происходило повышение активности каталазы в зрелых листьях (на 10-19 мл O<sub>2</sub>/г за 3 мин в разные периоды), снижение водоотдачи (в среднем на 20 %), в меньшей степени выраженное подщелачивание клеточного сока (на 0,05-0,07 ед.), а также существенный (на 27-33 %) прирост урожайности, демонстрирующий их более стабильное функциональное состояние как во время стресса, так и в течение последующей регидратации. Каталазная активность флешей (в меньшей степени — зрелых листьев) коррелировала с рН клеточного сока (соответственно  $r = 0,93$  и  $r = 0,53$ ), что определяло его регулируемую роль в формировании окислительного статуса чайного растения. Более адаптированная перестройка растений к экстремальным условиям и последующее их эффективное восстановление происходило за счет влияния кальцийсодержащих удобрений на катионообменный состав почвенного поглощающего комплекса в направлении повышения содержания обменного кальция (в 1,5-3 раза) при сохранении калийного статуса и последующего скоординированного поглощения растениями основных биогенных элементов, обеспечивающего более эффективное поступление калия и кальция по сравнению с азотом и фосфором.

Ключевые слова: чайное растение, *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze, засухоустойчивость, кальций, минеральные удобрения, ферментативная активность, водоотдача, рН клеточного сока, агрохимические свойства почв, химический состав листьев.

Чайное растение в условиях Черноморского побережья России и в ряде других регионов мира (Китай, Индия) сталкивается с сезонным дефицитом воды, что приводит к существенной (до 40-50 %) потере урожая (1-5). Длительные периоды недостаточной водообеспеченности — наиболее губительный фактор для растений, особенно многолетних, поскольку возникает окислительный стресс с образованием активных форм кислорода (6, 7). В этой связи изучение эффективности различных экзогенных индукторов в регулировании устойчивости многолетних растений к засухе признается актуальным направлением исследований как в мире (7-10), так и в России (11-13). Как один из наиболее эффективных индукторов рассматривается кальций (14-17) — универсальный вторичный мессенджер (18-21) в усилении синтеза стрессорных белков и других соединений (22-

25), обеспечивающих устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды с последующим выходом из этого состояния. Есть сообщения о влиянии кальция на снижение окислительных повреждений у разных видов (в том числе у чая) при засухе посредством индуцирования антиоксидантной системы (7, 14–18). Устойчивость к окислительному стрессу оценивают по широкому спектру показателей функционального состояния растений (антиоксидантные ферменты, фотосинтетические пигменты, низкомолекулярные антиоксиданты, стрессорные белки, водный статус, урожайность как интегральный показатель) (13–17, 26). Получены данные по ряду однолетних и некоторым многолетним культурам, включая чайное растение, однако эффективность корневого внесения Са-содержащих удобрений на чайных плантациях самых северных субтропиков мира (Черноморское побережье России), где проблема периодических засух особенно актуальна, до сих пор не была изучена. Этот пробел восполняют исследования, представленные настоящей публикацией.

Цель работы — оценка влияния корневого внесения Са на функциональное состояние чайного растения и выявление особенностей формирования пула и поглощения биогенных элементов при водном дефиците в связи с неспецифической антиоксидантной защитой.

*Методика.* Полевой мелкоделяночный опыт проводили на плантации чая сорта Колхида (посадка 1983 года) (г. Сочи, пос. Дагомыс, 2013–2015 годы). В качестве источника экзогенного кальция использовали природное удобрение — глинисто-известковое вещество с содержанием СаО 40 %, которое вносили в дозе 100 кг/га (по СаО) в поверхностный слой почвы на фоне макроудобрений N<sub>240</sub>P<sub>70</sub>K<sub>90</sub> (контроль — только N<sub>240</sub>P<sub>70</sub>K<sub>90</sub>). Размер делянок — 10 м<sup>2</sup>, повторность 3-кратная, почва бурая лесная кислая. Исследования выполняли в летние периоды наибольшей напряженности по влагообеспеченности (конец июля–август), когда осадки не выпадали или были кратковременными. Почвенные (глубина 0–20 см) и растительные (3-листные флешки, зрелые 5–6-месячные листья) образцы отбирали в динамике.

В растительных образцах определяли каталазную активность по И.И. Гунару (27), концентрацию клеточного сока (ККС) рефрактометрически по Л.А. Филиппову (28); рН клеточного сока потенциометрически, водоудерживающую способность — модифицированным методом «завядания» по Арланду (27); водоотдачу рассчитывали как отношение потери воды листьями за засушливый промежуток времени к первоначальной сырой массе листа (29). Для анализа макроэлементного состава листьев использовали ускоренный метод кислотного озоления по К.Е. Гинзбург с соавт. (30) с последующим применением стандартных методик (31). В почвенных образцах определяли рН<sub>KCl</sub> потенциометрически, обменные Са<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> — трилометрически, азот аммиачный — спектрофотометрически, подвижные фосфор и калий (по Ониани) — спектрофотометрически, полевую влажность — весовым методом (31).

Данные обрабатывали методами вариационно-описательной статистики с использованием программы «Агрохимия» для моделирования влияния минеральных удобрений (ВНИИА, Россия) (32).

*Результаты.* Август 2014 года характеризовался дефицитом осадков (13,0 мм) и высокой среднесуточной температурой воздуха — 25,4 °С с максимумом до 33 °С. Влажность почвы составляла 30–35 % (начало августа), ККС — 8,1–8,6 %, что приближалось к критической величине (9 %), свидетельствуя о нарушении водного режима. В 2015 году дефицит осадков отмечали уже в июле (61,5 мм), в августе на фоне высокой среднесу-

точной температурой воздуха (24,2-25,7 °С с максимумом до 32 °С) он нарастал (15,0 мм), что привело к снижению влажности почвы до 20 %. В этих условиях уже в июле ККС составлял 10 %, к середине августа — 13 %, отражая серьезные нарушения водообеспечения чайного растения, что привело к снижению побегообразования. Активность антиоксидантного фермента каталазы (КА) в зрелых листьях чайного растения в этих стрессовых условиях была достаточно высока (рис. 1) и значительно превышала показатель в благоприятных условиях (12), что служит первичным сигналом возникновения окислительного напряжения, поскольку фермент, наряду с другими соединениями, играет ключевую роль в регуляции содержания активных форм кислорода (7, 16-18, 22, 33).

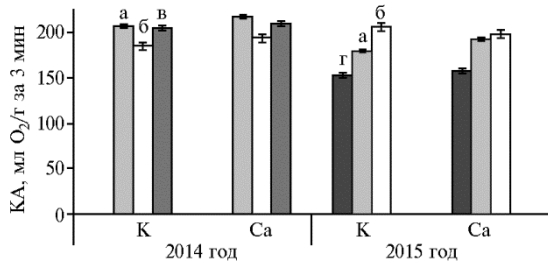


Рис. 1. Каталазная активность (КА) в зрелых листьях чайного растения [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze] сорта Колхида при корневом внесении Са в напряженный по влагообеспеченности период: а — 04.08, б — 19.08, в — 27.08, г — 27.07; К — контроль (полевой мелкоделяночный опыт, г. Сочи).

На фоне применения Са-содержащего удобрения во все сроки (кроме 19.08.2015) прослеживалось достоверное увеличение активности КА в зрелых листьях, что свидетельствовало о более эффективной работе сигнальной внутриклеточной сети, в которой тесно связаны окислительные и кальциевые пути (14-17). Это согласуется с данными о снижении окислительных повреждений при засухе при некорневом применении Са на чайных плантациях вследствие индуцирования антиоксидантной системы растения (3, 7).

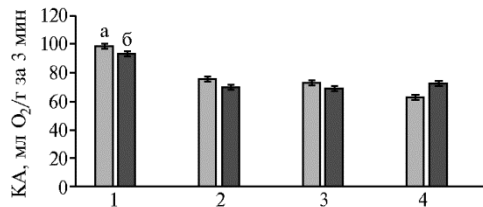


Рис. 2. Динамика каталазной активности (КА) в 3-листных флешах чайного растения [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze] сорта Колхида при корневом внесении Са в разные по влагообеспеченности периоды: а — контроль, б — Са; 1 — май, 2 — июль, 3 — I декада августа, 4 — II декада августа (полевой мелкоделяночный опыт, г. Сочи, 2015 год).

У молодого побега (3-листные флешы) чайного растения КА была значительно ниже, чем у зрелых листьев (рис. 2). Это отмечалось и другими исследователями и связано с более выраженным фотострессом, высокой степенью обезвоживания по сравнению с другими листьями, а также с возрастом листа (34). В период вегетации активность фермента снижалась с мая (оптимальные по влагообеспеченности условия) к августу (недостаток воды), коррелируя со степенью обезвоживания листьев ( $r = -0,59$  для ККС). Для этой части чайного растения (молодой растущий побег) незначительное влияние кальция проявилось только в период усиления стресса (II декада августа).

КА флешей (в меньшей степени — зрелых листьев) коррелировала с рН клеточного сока (соответственно  $r = 0,93$  и  $r = 0,53$ ), что определяло его регулируемую роль в формировании окислительного статуса чайного растения. При этом повышение рН клеточного сока в условиях, вызывающих ускоренную транспирацию (значительный дефицит давления водяных паров в воздухе, высокая освещенность и температура листа), запускает механизм закрывания устьиц через модуляцию концентрации абсци-

звой кислоты (35). При применении кальция этот показатель отличался от контроля (на 0,05-0,07 ед. рН) в течение всего стрессового периода 2015 года (за исключением 27 августа), что подтверждало известный факт о роли Са в регуляции работы устьиц (35, 36).

С наступлением в августе-сентябре воздушной и почвенной засухи (влажность воздуха — 70-71 %, полевая влажность почвы — 20 %; для сравнения: в июле, относительно обеспеченном влагой, — соответственно 75-79 и 30 %) водоотдача в варианте с применением Са была существенно ниже (88 %), чем в контроле (106 %), что свидетельствовало о большей водоудерживающей способности клеток растений. По содержанию сухого вещества в зрелых листьях (36,5 % в контроле, 34,9 % в опыте) и 3-листных флешах (в контроле и опыте — соответственно 23,1-26,9 и 22,6-25,5 %) также наблюдали некоторое повышение водообеспеченности при стрессе. Положительный эффект от применения Са прослеживался в течение ряда лет по урожайности, которая рассматривается как интегральный показатель функционирования растений в период действия неблагоприятных условий и пострессовой реабилитации (рис. 3).

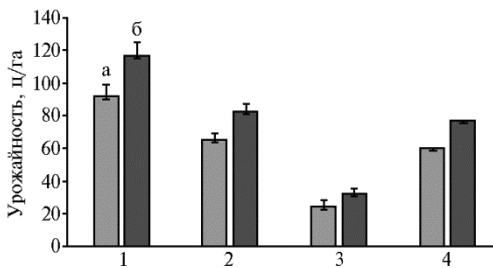


Рис. 3. Урожайность плантации чайного растения [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze] сорта Колхида по годам наблюдений при корневом внесении Са: а — контроль, б — Са; 1, 2 и 3 — соответственно 2013, 2014 и 2015 годы, 4 — среднее (полевой мелкоделяночный опыт, г. Сочи).

Выявленные изменения в функциональном состоянии растений в стрессовых условиях напрямую связаны с режимом питания. В нашем опыте с усилением засухи (при снижении влажности почвы с 30 до 20 %) в почвенном поглощающем комплексе в целом отмечалось уменьшение содержания аммиачного азота, подвижных форм фосфора и калия, но возрастало количество обменного кальция (табл. 1). При внесении в почву Са-содержащих удобрений менялась структура почвенного поглощающего комплекса в сторону роста доли обменного кальция и магния и снижения содержания аммонийного азота и фосфат-ионов в сравнении с контролем.

**1. Динамика содержания элементов минерального питания в почве чайной плантации (сорт Колхида) в стрессовый период при корневом внесении Са ( $X \pm x$ , полевой мелкоделяночный опыт, г. Сочи, 2015 год)**

Вариант	Содержание, мг/кг			Содержание, ммоль-экв/100 г	
	$\text{NH}_4^+$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$
	4 августа				
Контроль	52±2,7	870±13,0	310±4,4	1,6±0,4	2,7±0,5
Са	89±3,5	720±23,2	320±4,4	3,0±0,6	3,9±0,7
	30 августа				
Контроль	45±1,5	960±10,7	270±8,8	1,4±0,2	2,4±0,6
Са	64±0,9	590±34,6	320±6,5	4,5±0,7	4,2±0,8

В варианте с Са в начале стрессового периода в листьях накапливался преимущественно азот, а по мере усиления стресса — кальций и калий в ущерб азоту (табл. 2). Уменьшение содержания азота и магния в листьях при повышении количества кальция и калия свидетельствовало о перестройке клеточного метаболизма в сторону снижения ассимиляционной деятельности для более эффективного функционирования в стрессовых условиях и в период пострессовой регидратации. Количество  $\text{Ca}^{2+}$  в цитозоле индуцирует антиоксидантную систему растений, а также регулирует

в клетке один из калиевых каналов, что обеспечивает увеличение концентрации  $K^+$ , приводя к повышению вязкости цитоплазмы и, как следствие, устойчивости клетки (35-37).

**2. Динамика химического состава зрелого листа (к сухой массе, %) у чайного растения [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze] сорта Колхида в стрессовый период при корневом внесении Ca ( $X \pm x$ , полевой мелкоделяночный опыт, г. Сочи, 2014-2015 годы)**

Вариант	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
		4 августа			
Контроль	3,37±0,01	0,66±0,02	2,29±0,02	0,90±0,01	0,72±0,02
Ca	3,44±0,02	0,69±0,02	2,05±0,01	0,90±0,02	0,60±0,01
		27 августа			
Контроль	2,98±0,01	0,72±0,01	2,12±0,02	0,80±0,01	0,72±0,03
Ca	2,24±0,03	0,70±0,01	2,61±0,05	1,20±0,03	0,48±0,01

Таким образом, корневое внесение кальция способствовало росту устойчивости растений чая к недостаточной водообеспеченности, что регистрировали по более высокой каталазной активности листьев (+10-19 мл O<sub>2</sub>/г за 3 мин в разные периоды), снижению водоотдачи (в среднем на 20 %) и pH клеточного сока, а также по увеличению урожайности зеленого чайного листа (в среднем на 2-3 тыс. кг/га). Эти процессы происходили благодаря изменению катионообменного состава почвенного поглощающего комплекса (в сторону повышения содержания обменного кальция в 1,5-3 раза и сохранения калийного статуса) и росту поглощения растениями калия и кальция под влиянием кальцийсодержащих удобрений. Через воздействие на химический состав растений и, как следствие, на внутриклеточную концентрацию элементов, эти удобрения обеспечивали противодействие окислительному стрессу, повышали резистентность растений к неблагоприятным факторам среды и облегчали их последующий выход из состояния стресса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bhagat R.M., Deb Baruah R., Cacique S. Climate and tea [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze] production with special reference to north eastern India: a review. *Journal of Environmental Research and Development*, 2010, 4(4): 1017-1028.
2. Baruah R.D., Bhagat R.M. Climate trends of Northeastern India: a long term pragmatic analysis for tea production. Two and a Bud, 2012, 59(2): 46-49.
3. Upadhyaya H., Panda S.K. Abiotic stress responses in tea [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze]: An overview. *Reviews in Agricultural Science*, 2013, 1: 1-10 (doi: 10.7831/ras.1.1).
4. Mukhopadhyay M., Mondal T.K. The physio-chemical responses of *Camellia* plants to abiotic stresses. *J. Plant Sci.*, 2014, 1: 1-12.
5. Малюкова Л.С. Оценка влияния метеорологических условий на биопродуктивность почв чайных плантаций в условиях Черноморского побережья России. *Плодоводство и ягодоводство России*, 2014, 38(1): 255-261.
6. Damayanthi M.M.N., Mohottil A.J., Nissanka S.P. Comparison of tolerant ability of nature field grown tea (*Camellia sinensis* L.) cultivars exposed to a drought stress in Passara Area. *Tropical Agricultural Research*, 2010, 22(1): 66-75 (doi: 10.4038/tar.v22i1.2671).
7. 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 (doi: 10.4236/ajps.2012.34054).
8. Waheed A., Hamid F.S., Shah A.H., Ahmad H., Khalid A., Abbasi F.M., Ahmad N., Aslam S., Sarwar S. Response of different tea (*Camellia sinensis* L.) clones against drought stress. *J. Master Environ. Sci.*, 2012, 3: 395-410.
9. Upadhyaya H., Panda S.K., Dutta B.K. CaCl<sub>2</sub> improves post-drought recovery potential in *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze. *Plant Cell Rep.*, 2011, 30: 495-503 (doi: 10.1007/s00299-010-0958-x).
10. Mukhopadhyay M., Ghosh P.D., Mondal T.K. Effect of boron deficiency on photosynthesis and antioxidant responses of young tea [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze] plantlets. *Russ. J. Plant Physiol.*, 2013, 60: 633-639.
11. Пригула З.В., Абилюфаева Ю.С. Влияние биогенных микроэлементов на химический состав листа, основные физиологические процессы, продуктивность и качество

- плодов мандарина. Субтропическое и декоративное садоводство, 2004, 39(2): 427-440.
12. Белоус О.Г. Микроэлементы на чайных плантациях субтропиков России. Краснодар, 2006.
  13. Ненько Н.И., Сергеева Н.Н., Караваева А.В. Исследование адаптивных реакций сортов яблони на фоне листовых обработок специальными удобрениями и регуляторами роста. Плодоводство и виноградарство Юга России, 2015, 35(5): 83-94.
  14. Gao X.Y., Yang G.P., Xu Z.Q., Xu F.C. Effect of calcium on antioxidant enzymes of lipid peroxidation of soy-bean leaves under water stress. J. South China Agric. Univ., 1999, 2: 58-62.
  15. Shu M.Y., Fan M.Q. Effect of osmotic stress and calcium on membrane-lipid peroxidation and the activity of defense enzymes in fir seedling. Forest Res., 2000, 4: 391-396.
  16. Bowler C., Fluhr B. The role of calcium and activated oxygen as signals for controlling cross-tolerance. Trends Plant Sci., 2000, 5: 241-243.
  17. Ли М., Ван Г., Лин Ц. Кальций способствует адаптации культивируемых клеток сое-лодки к водному стрессу, индуцированному полиэтиленгликолем. Физиология растений, 2004, 51(4): 575-581.
  18. Медведев С.С. Кальциевая сигнальная система растений. Физиология растений, 2005, 52(2): 282-305.
  19. Kim M.C. Calcium and calmodulin-mediated regulation of gene expression in plant. Mol. Plant, 2009, 2: 13-21 (doi: 10.1093/mp/ssn091).
  20. Spalding E.P., Harper J.F. The ins and outs of cellular Ca<sup>2+</sup> transport. Curr. Opin. Plant Biol., 2011, 14: 715-720 (doi: 10.1016/j.pbi.2011.08.001).
  21. Olson M.L., Chalmers S., McCarron J.G., Mitochondrial organization and Ca<sup>2+</sup> uptake. Biochemical Society Transactions, 2012, 40: 158-167 (doi: 10.1042/BST20110705).
  22. Liu H.T., Sun D.Y., Zhou R.G. Ca<sup>2+</sup> and AtCaM3 are involved in the expression of heat shock protein gene in *Arabidopsis*. Plant Cell Environ., 2005, 28: 1276-1284 (doi: 10.1111/j.1365-3040.2005.01365.x).
  23. Saidi Y., Finka A., Muriset M., Bromberg Z., Weiss Y.G., Maathuis F.J., Goloubinoff P. The heat shock response in moss plants is regulated by specific calcium-permeable channels in the plasma membrane. Plant Cell, 2009, 21: 2829-2843 (doi: 10.1105/tpc.108.065318).
  24. Saidi Y., Finka A., Goloubinoff P. Heat perception and signaling in plants: a tortuous path to thermotolerance. New Phytol., 2011, 190: 556-565 (doi: 10.1111/j.1469-8137.2010.03571.x).
  25. Рихванов Е.Г., Федосеева И.В., Пятрикас Д.В., Боровский Г.Б., Войников В.К. Механизм функционирования кальциевой сигнальной системы у растений при действии теплового стресса. Роль митохондрий в этом процессе. Физиология растений, 2014, 61(2): 155-169.
  26. Рындин А.В., Белоус О.Г., Маляровская В.И., Притула З.В., Абилюфазова Ю.С., Кожевникова А.М. Использование физиолого-биохимических методов для выявления механизмов адаптации. Сельскохозяйственная биология, 2014, 3: 40-48 (doi: 10.15389/agrobiology.2014.3.40rus).
  27. Практикум по физиологии растений /Под ред. И.И. Гунара. М., 1972.
  28. Филиппов Л.А. Рефрактометрический метод и принципы диагностирования сроков полива чайных растений. Водный режим и орошение плодовых и субтропических культур в горных условиях (тр. НИИГСиЦ), 1975, 21: 102-122.
  29. Кормилицын А.М., Марченко Н.Г. Водоудерживающая способность листьев деревьев и кустарников как показатель приспособленности при интродукции на южном берегу Крыма. Труды Никитского ботанического сада, 1960, XXXII: 55-60.
  30. Гинзбург К.Е. Ускоренный метод сжигания почв и растений. Почвоведение, 1963, 5: 89-96.
  31. Агрохимические методы исследования почв. Методика /Отв. ред. А.В. Соколов. М., 1975.
  32. Срапеняц Р.А., Новиков А.И., Стребков И.М., Шапиро Л.З., Кирикой Я.Т. Моделирование закономерностей действия минеральных удобрений на урожай. Вестник сельскохозяйственных наук, 1980, 12: 34-44.
  33. Arrel K., Hirt H. Reactive oxygen species metabolism, oxidative stress, and signal transduction. Annu. Rev. Plant Soil, 2004, 55: 373-399 (doi: 10.1146/annurev.arplant.55.031903.141701).
  34. Белоус О.Г. Активность каталазы в листьях чая в зоне влажных субтропиков России. Saarbruchen, 2012.
  35. Кошкин Е.И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур. М., 2010.
  36. Bach M., Schnitzler J.P., Seitz H.U. Elicitor-induced changes in Ca<sup>2+</sup> influx, K<sup>+</sup> efflux and 4-hydroxybenzoic acid synthesis in protoplasts of *Daucus carota* L. Plant Physiol., 1993, 103: 407-412.
  37. Зялалов А.А., Газизов И.С. Рециркуляция калия в растениях. Физиология растений, 1989, 36(5): 880-887.

## ABOUT THE FORMATION OF *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze RESISTANCE UNDER INSUFFICIENT WATER SUPPLY AT THE ROOT FERTILIZATION WITH CALCIUM CLAY

L.S. Malyukova, Z.V. Pritula, N.V. Kozlova, V.V. Kerimzade, A.V. Velikii

All-Russian Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops, Federal Agency of Scientific Organizations,  
2/28, ul. Yana Fabriciusa, Sochi, 354002 Russia, e-mail MalukovaLS@mail.ru

Received July 19, 2016

doi: 10.15389/agrobiology.2016.5.673eng

### Abstract

In the conditions of Russian Black Sea coast and in many other regions of the world (China, India) tea plant is faced with seasonal water shortages leading to a significant loss of productivity — according to different authors, up to 40-50 % (M. Mukhopadhyay et al., 2014; L.S. Malyukova, 2014). In this regard, physiological and biochemical mechanisms of tea plant resistance to water shortages as well as the effectiveness of various exogenous inducers are being researched; more drought-resistant cultivars are being searched for the breeding. Considerable interest in research is related to the study of application of exogenous calcium, which is a mediator in signaling within the cell when there is a synthesis of stress proteins, which, in turn, provide the resistance to adverse environmental factors, as well as the subsequent exit from this state (X.Y. Gao et al., 1999; M.Y. Shu et al., 2000). The papers showed calcium effect on reducing oxidative damage in various plants (including tea plant) at drought by inducing antioxidant system (X.Y. Gao et al., 1999; M. Lee et al., 2004; S.S. Medvedev, 2005; H. Upadhyaya et al., 2012; E.G. Rikhvanov et al., 2014). In Russia, it is the first time when in a field experiment we studied an effect of root fertilization with calcium on the functional state of tea plants and the mode of their nutrition at low water supply. Calcium was introduced into the soil in the form of a natural fertilizer (clay and lime matter containing 40 % of CaO) at 100 kg CaO per ha along with macronutrients (N<sub>240</sub>P<sub>70</sub>K<sub>90</sub>) against solely N<sub>240</sub>P<sub>70</sub>K<sub>90</sub> in control. During summer periods of high moisture deficit (late July to August) we studied the dynamics of catalase activity in mature leaves and 3-leaf fleshes, pH of the cell sap, water supply and water loss, as well as chemical composition of plants and soil. It was found that under the influence of calcium in the stressful period there were an increase in catalase activity in mature leaves (by 10-19 ml of O<sub>2</sub>/g within 3 min at different periods), a reduction of water loss (on average by 20 %), a lesser alkalescency of the cell sap (by 0.05-0.07 units), and a significant (by 27-33 %) increase in plant productivity, which indicates more stable functional state both during water stress and rehydration. Catalase activity in shoots (to a lesser extent in mature leaves) correlated with the pH of the cell sap ( $r = 0.93$  and  $r = 0.53$ , respectively), which determined its important role in the formation of tea plant oxidative state. More adapted restructuring of the plants to extreme conditions and their subsequent effective recovery was due to the effect of calcium fertilizers on the cation-exchange capacity of soil absorbing complex, i.e. 1.5-3-fold enhancing the calcium exchange, while maintaining the potassium status and subsequent coordinated absorption of major biogenic nutrient elements, which provides preferential flow of potassium and calcium in plants as compared to nitrogen and phosphorus.

Keywords: tea plant, *Samellia sinensis* (L.) O. Kuntze, drought resistance, calcium, mineral fertilizers, enzyme activity, water loss, pH of the cell sap, agrochemical properties of soils, chemical composition of leaves.

---

### Научные собрания

#### THE THIRD MEDITERRANEAN SYMPOSIUM ON MEDICINAL AND AROMATIC PLANTS (MESMAP-3)

(13-16 April 2017, Girne (Kyrenia), Cyprus, Turkey)

**Organization:** AMAPMED

This scientific-based organization is of important forums to bring together all the stakeholders in the MAP and/or NWFP sectors. This big event welcomes the participants from all climates. MESMAP-3 scientific program covers all related aspects of MAPs and NWFPs. The selected papers will also be published in a distinguished scientific journal after scientific evaluation.

**Contacts:** <http://www.mesmap.org>, [mesmap2017@gmail.com](mailto:mesmap2017@gmail.com)

**Information:** <http://www.globaleventslist.elsevier.com/events/2017/04/the-third-mediterranean-symposium-on-medicinal-and-aromatic-plants-mesmap-3/>