

Глава 6.

ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ

УДК 633.72:631.8:581.1

doi: 10.31360/2225-3068-2020-74-105-111

**ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ
ЗРЕЛЫХ ЛИСТЬЕВ ЧАЯ В РАННЕВЕСЕННИЙ ПЕРИОД
НА ФОНЕ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ УДОБРЕНИЙ
В УСЛОВИЯХ СУБТРОПИКОВ РОССИИ**

Великий А. В.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Федеральный исследовательский центр
«Субтропический научный центр Российской академии наук»,
г. Сочи, Россия, e-mail: kriptozooxop@mail.ru*

В условиях полевого опыта с удобрениями проведена оценка фотосинтетической активности растений чая в ранневесенний период по параметрам медленной индукции флуоресценции хлорофилла. Установлено влияние почвенного внесения кальцийсодержащего вещества, борной кислоты и последствие сульфата цинка на показатели флуоресценции хлорофилла. Отмечена тенденция положительного влияния кальцийсодержащего вещества на индекс жизнеспособности у зрелых листьев в марте месяце, что позволило растениям легче перенести различные стрессовые условия зимнего периода.

Ключевые слова: чай, флуоресценция, медленная индукция хлорофилла, индекс жизнеспособности, фотосинтетическая активность, биогенные элементы, кальций, бор, цинк.

Длительное применение минеральных удобрений на чайных плантациях влажных субтропиков России, как показали многочисленные исследования, привело к трансформации почвы (на фоне увеличения почвенной кислотности) и росту подвижности ряда элементов (Ca, Mg, Mn, Fe, Al, Cu, Zn), снижению их содержания в почве и соответствующему существенному изменению соотношения этих катионов в почвенно-поглощающем комплексе [2, 11, 12]. При этом большинство этих элементов являются компонентами ферментных систем, пигментов и других биологически активных структур и поэтому играют особую роль в жизнедеятельности любых растений, в том числе и чая. Так В и Zn определяют интенсивность биохимических и физиологических процессов в чайном растении, повышают продуктивность плантаций, устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды обитания и улучшают качество готовой продукции [1]. Другие же элементы, в частности Ca, являются не только важными элементами питания растений

чая, но и компонентами почвы, определяющими её кислотно-основные свойства и соответственно её чаепригодность [10]. В этой связи необходимость их компенсации очевидна.

При этом для обоснования применения необходимо исследовать их влияние на функциональное состояние растений, которое является одним из общепринятых индикаторов состояния жизнедеятельности, показывая эффективность первичных процессов фотосинтеза. Значение этого показателя определяется как важностью фотосинтетической функции в жизни растений, так и высокой чувствительностью фотосинтетического аппарата к изменениям факторов среды [4, 18, 19, 20]. Нарушения в первичных процессах фотосинтеза непосредственно отражаются на изменениях флуоресценции хлорофилла и появляются задолго до видимых нарушений физиологического состояния растений. Флуоресценция хлорофилла является неизменным спутником фотосинтеза, и её уровень зависит от интенсивности фотохимических процессов в обратной пропорции – чем меньше фотохимическая работа, тем выше флуоресценция [4, 19]. Она является наиболее быстрым, удобным и информативным среди других экспериментальных методов для оценки жизнеспособности и комплексной устойчивости растений к различным стресс-факторам [3].

Многочисленным исследованиям о влиянии метеорологических условий на растения уделено очень много внимания, их изменчивость из года в год заставляет наблюдать, изучать и своевременно реагировать на них для подбора агротехнических приёмов для получения высокого урожая хорошего качества на чайных плантациях [1, 7, 13, 16, 21]. Так на протяжении всего периода выращивания чая в субтропиках России П. М. Бушин [6] установил влияние температурного фактора на первые майские сборы чайного листа, составляющих большую долю (44–65 %) в годовом урожае. Исследование динамики фотосинтетических параметров совместно с изучением флуоресценции хлорофилла в течение листосборного периода показало, что под влиянием комплексного сочетания стрессовых условий происходит перестройка фотосинтетического аппарата зрелых листьев чайного растения в сторону роста доли каротиноидов на единицу хлорофилла в летний период, более эффективная на варианте с кальцием [9, 14, 15]. При этом с помощью флуоресценции хлорофилла менее детально был исследован ранневесенний период, который является важным, так как именно в этот период происходит выход растений чая из стадии зимнего покоя и рост первой волны молодых побегов флешей.

В этой связи была поставлена цель изучить функциональное состояния фотосинтетического аппарата растений чая по параметрам медленной индукции флуоресценции хлорофилла на фоне применения биогенных элементов (Ca, B, Zn) на Черноморском побережье России для оценки их жизнеспособности после зимнего периода вегетации.

Исследования проводили на базе полевого опыта с микроудобрениями (Ca, B, Zn) на чайной плантации сорта 'Колхида', 1983 г. посадки, заложенного в 2003 г. Схема опыта представлена следующими вариантами (кг д.в./га):

1) контроль (фон) – N240P70K90;

2) фон + сернокислый цинк – Zn 4,3, с 2015 изучается в последствии в связи с увеличением подвижного цинка в почве на варианте в 2–4 раза [8];

3) фон + борная кислота – B 6,0;

4) фон + кальцийсодержащий материал (CaO 100).

Площадь опытных делянок – 10 м². Полевая повторность 3-кратная. Ежегодно микроудобрения вносили в почву на фоне макроудобрений в весенний период.

В статье обобщены данные за 2 года (2013 и 2020). Отбор зрелых листьев был проведён в марте после шпалерной обрезки. Измерения проводили на листьях чая сорта 'Колхида' (первый лист после рыбьего, на приросте предыдущего года), предварительно адаптированных к темноте. Материал собирали за несколько часов до начала измерений и сохраняли в темноте при температуре 20–25 °С. Флуоресценцию хлорофилла оценивали в лабораторных условиях в затемнённом помещении на установке LPT-3С согласно инструкции, разработанной Будаговской О. Н. и Будаговским А. В. [3]. В марте 2013 г. определяли параметры флуоресценции хлорофилла, содержание пигментов и процент сухого вещества. В марте 2020 г. провели определение параметров флуоресценции и процент сухого вещества. Оценка функционального состояния фотосинтетического аппарата листьев чайного растения осуществлялась по индексу жизнеспособности – показатель относительного тушения флуоресценции – отношение Fm/Ft [3, 4]. Определение содержания фотосинтетических пигментов (хлорофилла a, b и каротиноидов) в зелёных листьях чая после экстрагирования 100%-ным ацетоном по методу Шлыка с использованием расчётных формул Циглера и Эгле [17]. Процент сухого вещества листьев определялся с помощью весового метода.

Метеорологические показатели двух периодов исследований (2012–2013 и 2019–2020 гг.) в зимний и ранневесенний (мартовский) период имели достаточно ярко выраженные отличия в наступления минимальных температур в феврале-марте, что очень важно для начала вегетации чая (табл. 1). Так, зима в 2013 г. наблюдалась достаточно мягкая с непродолжительными заморозками до –2 °С (табл. 1) Весенние месяцы также были довольно тёплыми и влажными, количество осадков составило 243 мм. Таким образом, благоприятные метеоусловия зимне-весеннего периода способствовали раннему и дружному началу вегетации чайных растений. 2020 г. характеризовался более холодным

февралем, когда минимальная температура была зафиксирована на отметке $-7,2$ °С, что отразилось на растениях чая. Однако за счёт тёплых весенних месяцев и хороших осадков растения чая успешно восстановились и начали раннюю вегетацию.

Таблица 1

Метеорологические показатели в период исследований

Метеорологические показатели	Годы исследования					
	2012–2013	2019–2020	2012–2013	2019–2020	2012–2013	2019–2020
	Среднесуточная температура, °С		Минимальная температура, °С		Суммарное количество осадков, мм	
Декабрь	9,1	10,5	-0,2	1,7	109,7	116,3
Январь	7,0	6,1	-2,6	-1,8	198,9	197,1
Февраль	9,5	6,5	-0,3	-7,2	101,9	196,3
1 декада марта	6,7	14,3	-1,5	5,2	24,4	15,4

Исследования динамики хлорофиллов показало их более эффективное синтезирование и накопление в ранневесенний период на вариантах с применением кальция по отношению к контролю, что являлось, по-видимому, следствием сохранения целостности пигментного фонда в стрессовых условиях и его дальнейшего возобновления (рис. 1).

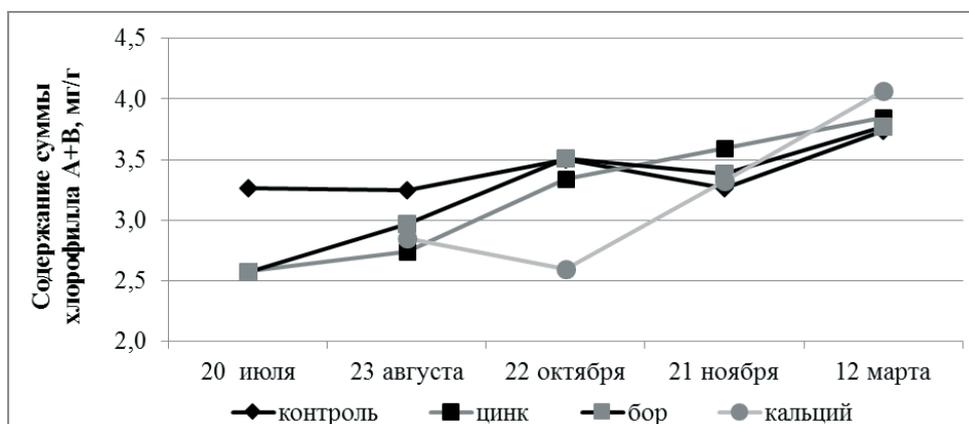


Рис. 1. Динамика содержания хлорофиллов в зрелых листьях по вариантам опыта 2012–2013 гг.

Результаты проведённых в первой декаде марта анализов содержания сухого вещества показали, что его процент в зрелых листьях опытных растений незначительно варьировал по вариантам опыта, и в 2013 и 2020 годы изучения находился в диапазоне значений – от 40,3 до 43,8 %, что в целом существенно для всех вариантов опыта.

Сравнение двух зимних периодов исследований показало, что при более низких температурах в феврале 2020 г. жизнеспособность зрелого листа была ниже на 1,0–1,5 ед., чем за тот же период 2013 г. (рис. 2). При этом полученные в 2020 г. данные подтвердили гипотезу о более эффективной работе фотосинтетического аппарата на фоне применения кальцийсодержащего минерального удобрения. Коэффициент жизнеспособности на нём был выше, чем на других вариантах. Предположительно это связано с тем, что кальций защищает мембраны тилакоидов от повреждения (прямо или косвенно) при стрессовых условиях путём повышения активности антиокислительных ферментов и содержания осморегулирующих веществ, а также участвует в переориентации хлоропластов, их механическом движении с целью наиболее эффективного поглощения квантов света [5, 22]. Из этого следует то, что возможно процессы структурной перестройки пигментного фонда как адаптивной реакции на стресс, происходили более эффективно на фоне применения кальция.

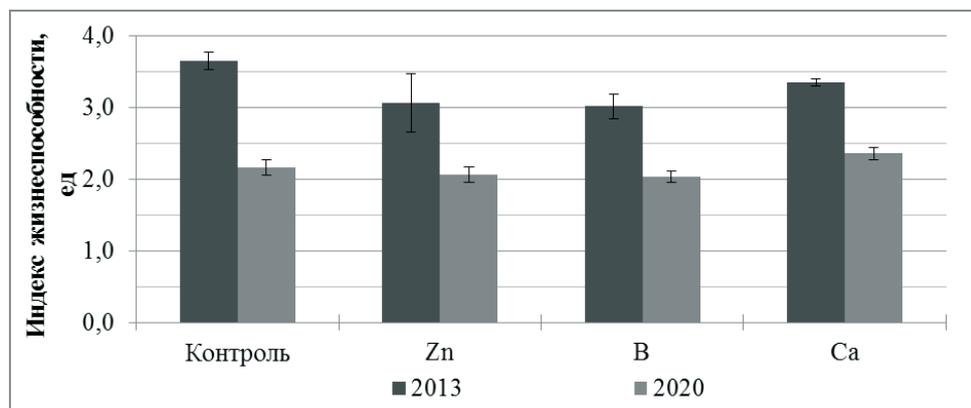


Рис. 2. Индекс жизнеспособности зрелого (10-месячного) листа чайного растения в ранневесенний период, II декада марта 2013 и 2020 гг.

Таким образом, на фоне применения кальцийсодержащего материала в ранневесенний период отмечена тенденция незначительного увеличения функциональной активности листьев и содержания пигментов, что в целом указывает на более эффективное прохождение растениями зимнего стрессового периода. Изученный элемент бор, а также эффект от последствия элемента цинка по своему влиянию на растения чая в ранневесенний период находятся на уровне контроля.

Библиографический список

1. Белоус О.Г. Микроэлементы на чайных плантациях субтропиков России. – Краснодар: КубГАУ, 2006. – 164 с.
2. Беседина Т.Д., Бузоверов А.В. Агрогенная трансформация почв влажных субтропиков России под культурой чая. – Краснодар: КубГАУ, 2004. – 169 с.

3. Будаговская О.Н. Новые оптические методы и приборы количественной оценки адаптивного потенциала садовых растений // Плодоводство и ягодоводство России. – 2001. – Т. 28. – С. 74-79. – ISSN 2073-4948.
4. Будаговская О.Н., Будаговский А.В., Будаговский И.А., Гончаров С.А. Комплексная диагностика функционального состояния растений // Научные основы эффективного садоводства: тр. ВНИИС им. И.В. Мичурина. – Воронеж: Кварта, 2006. – С. 101-110.
5. Бухов Н.Г. Динамическая световая регуляция фотосинтеза // Физиология растений. – 2004. – № 51(6). – С. 825-837. – ISSN 0015-3303.
6. Бушин П.М. О влиянии температуры и влажности воздуха на урожай чайного листа в субтропической зоне Краснодарского края // Метеорология и гидрология. – 1975. – № 3. – С. 93-100.
7. Великий А.В. Влияние метеорологических условий на продуктивность чайного растения на фоне внесения макро- и микроудобрений // Плодоводство и ягодоводство России. – 2016. – Т. 47. – С. 62-70. – ISSN 2073-4948.
8. Великий А.В. Влияние почвенного внесения цинка (Zn) на содержание его подвижных форм в бурой лесной кислой почве чайной плантации на Черноморском побережье Краснодарского края // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2016. – Вып. 57. – С. 97-102. – ISSN 2225-3068.
9. Великий А.В. Влияние микроудобрений (B, Zn) на функциональное состояние фотосинтетического аппарата растений чая по параметрам медленной индукции флуоресценции хлорофилла в условиях субтропиков России // Плодоводство и ягодоводство России. – 2017. – Т. 51. – С. 241-248. – ISSN 2073-4948.
10. Дараселия М.К., Воронцов В.В., Гвасалия В.П., Цанав В.П. Культура чая в СССР / под ред. Р. Д. Панцхава. – Тбилиси: Мецниереба, 1989. – 558 с. – ISBN 5-520-00355-6.
11. Малюкова Л.С., Козлова Н.В. Методические рекомендации по комплексной почвенно-растительной диагностике минерального питания чая. – Сочи: ВНИИЦиСК, 2010. – 37 с. – ISBN 978-5-904533-05-2.
12. Малюкова Л.С. Состояние микроэлементов (Mn, Cu, Zn) в бурых лесных почвах чайных плантаций Черноморского побережья Краснодарского края: дис. ... канд. биол. наук. – М., 1997. – 173 с.
13. Малюкова Л.С. Эффективность применения кальцийсодержащих агроруд на бурых лесных почвах // СКЗНИИСиВ: науч. тр. – Краснодар, 2016 – С. 121-125. – ISSN 2308-8567.
14. Притула З.В., Малюкова Л.С., Великий А.В. Состояние пигментного комплекса листьев чая (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) на фоне прикорневого внесения кальция // Плодоводство и ягодоводство России. – 2017. – Т. 51. – С. 299-308. – ISSN 2073-4948.
15. Притула З.В., Малюкова Л.С., Великий А.В. Влияние корневого применения микроэлементов (B, Zn) на состояние пигментного комплекса листьев чая (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) // Новые технологии. – 2018. – № 2. – С. 128-136. – ISSN 2072-0920.
16. Рындин А.В. Водно-термический режим субтропиков России // Садоводство и виноградарство. – 2009. – № 3. – С. 14-18. – ISSN 0235-2591.
17. Шлык А.А. Определение хлорофилла и каротиноидов зелёных листьев // Биологические методы в физиологии растений / под ред. О.А. Павлиновой. – М., 1971. – С. 154-170.
18. Kautsky H., Hirsch A. Das fluoreszenzverhalten grüner pflanzen // Biochem. Z. – 1934. – Vol. 274. – P. 422-434
19. Krause G.H., Weis E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: The basics // Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. – 1991. – Vol. 42. – P. 313-349.
20. Lichtenthaler H.K. The Kautsky effect: 60 years of chlorophyll fluorescence induction kinetics // Photosynthetica. – 1992. – Vol. 27. – № 1-2. – P. 45-55.
21. Ryndin A., Belous O., Abilfazova Y., Prytula Z. The regulation of the functional state of subtropical crops with micronutrients // Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences. – 2017. – Vol. 11. – № 1. – P. 175-182. – ISSN 1338-0230.

22. Wang F, Yang S, Guo F, Meng J J, Meng Q W, Wan S B, Li X G. Effect of calcium on peanut (*Arachis Hypogae* L.) seedling growth, accumulation of reactive oxygen species and photoinhibition // American Journal Plant Science. – 2015. – Vol. 35. – № 15. – P. 1496-1504. – doi: 10.5846/stxb201305070965.

**PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY
OF MATURE TEA LEAVES IN EARLY SPRING WITHIN APPLICATION
OF VARIOUS FERTILIZERS IN THE CONDITIONS
OF RUSSIAN SUBTROPICS**

Veliky A. V.

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

In the conditions of field experiment with fertilizers, the photosynthetic activity of tea plants in the early spring period was evaluated by the parameters of slow induction of chlorophyll fluorescence. It was established that calcium-containing substance and boric acid applied in soil influenced on the chlorophyll fluorescence, as well as there was recorded an aftereffect of zinc sulfate. The tendency of positive influence from calcium-containing substance on the viability index of mature leaves was noted in March, which made it easier for plants to bear various stressful conditions in the winter period.

Key words: tea, fluorescence, slow chlorophyll induction, viability index, photosynthetic activity, biogenic elements, calcium, boron, zinc.

УДК 635.92

doi: 10.31360/2225-3068-2020-74-111-120

**ВОДНЫЙ РЕЖИМ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ
РОДА *CHRYSANTHEMUM* ПРИ ИНТРОДУКЦИИ
НА ЮЖНОМ УРАЛЕ**

Денисова С. Г., Реут А. А.

*Южно-Уральский ботанический сад-институт –
обособленное структурное подразделение Федерального государственного
бюджетного научного учреждения Уфимского федерального
исследовательского центра Российской академии наук,
г. Уфа, Россия, e-mail: svetik-7808@mail.ru*

В статье представлены результаты сравнительного изучения водного режима 23 сортов хризантем, интродуцированных в Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук. Дана оценка общей оводнённости, водоудерживающей способности, суточной потери влаги и водного дефицита в течение вегетационного периода 2018–2019 гг. Показано, что сорта хризантем