

## ОЦЕНКА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ РАСТЕНИЙ ЧАЯ В РАННЕВЕСЕННИЙ ПЕРИОД НА ЧЕРНОМОРСКОМ ПОБЕРЕЖЬЕ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

Великий А. В.

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Всероссийский научно-исследовательский институт  
цветоводства и субтропических культур»,  
г. Сочи, Россия, e-mail: kriptozooxop@mail.ru*

Произведена оценка фотосинтетической активности растений чая в ранневесенний период на Черноморском побережье Краснодарского края. Изучено влияние почвенного внесения кальцийсодержащего вещества, борной кислоты и последствие сульфата цинка на показатели флуоресценции хлорофилла. Отмечено влияние 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

Одним из общепринятых индикаторов состояния жизнедеятельности является 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 [3, 18, 20, 21]. 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 ее уровень зависит от интенсивности фотохимических процессов в обратной пропорции – чем меньше фотохимическая работа, тем выше флуоресценция [4, 20]. Она является наиболее быстрым, удобным и информативным среди других экспериментальных методов [9].

Как показали многочисленные исследования, длительное применение минеральных удобрений на чайных плантациях влажных субтропиков России привело к трансформации почвы (на фоне увеличения почвенной кислотности), к 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]. Данное исследование посвящено оценке функционального 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 проводились на базе полевого опыта с микроудобрениями (Ca, B, Zn) на чайной плантации сорта Колхида, 1983 года посадки, заложенного в 2003 году. Схема опыта представлена следующими вариантами (кг д.в./га): 1) контроль (фон) – N240P70K90; 2) сернокислый цинк – Zn 4,3; 3) борная кислота – B 6,0; 4) фон + кальцийсодержащий материал (CaO 100). Размер опытных делянок - 10 м<sup>2</sup>. Повторность 3-х кратная. Ежегодно микроудобрения вносились в почву на фоне макроудобрений в весенний период.

Отбор зрелых десятилетних листьев был проведен в марте 2013 и 2020 гг. Измерения проводили на листьях чая с. Колхида (первый лист после рыбьего, на приросте прошлого года), предварительно адаптированных к темноте. Материал собирали за несколько часов до начала опытов и сохраняли в темноте при температуре 20–25 °С. Флуоресценцию хлорофилла изучали в лабораторных условиях в затемненном помещении на установке LPT-3С. Оценка функционального состояния фотосинтетического аппарата листьев чайного растения осуществлялась по параметрам флуоресценции хлорофилла: индекс жизнеспособности – показатель относительного тушения флуоресценции – отношение  $F_m/F_t$ ; и показатель фотосинтетической активности ( $Kf_n$ ). Для оценки состояния пигментного комплекса листьев чая (2011–2015 гг.) проводилось: определение содержания фотосинтетических пигментов (хлорофилла a, b и каротиноидов) в зеленых листьях чая после экстрагирования 100% ацетоном по методу Шлыка с использованием расчетных формул Цингера и Эгле [16] Процент сухого вещества листьев определялся с помощью весового метода.

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 приемов для получения высокого урожая хорошего качества на урожайность чайных плантаций [1, 7, 13, 14, 15]. 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. Изучение зрелых листьев растений чая по параметрам медленной индукции флуоресценции хлорофилла в течение вегетации в период 2012–2019 года позволило выделить несколько тенденций и несколько фаз для проведения учета данных параметров [8]. Ранневесенняя фаза в марте являлась одной из перспективных для дальнейшего изучения, так как именно в этот период происходит выход растений чай из стадии зимнего покоя и рост первой волны молодых побегов флешей.

Метеорологические показатели двух периодов исследований (2012–2013 и 2019–2020 гг.) в целом были сопоставимы друг с другом. Однако годы имели достаточно ярко выраженные отличия в наступления минимальных температур в феврале – марте, что очень важно для начала вегетации чая. Так в 2013 году наблюдалась холодная весна, выраженная в возвращении низких температур в феврале (-0,3 и -1,5 °С соответственно), что отразилось угнетением ростовых процессов у растений чая, и более поздним началом активной вегетации. 2020 год напротив отметился очень холодным февралем, когда минимальная температура была зафиксировано на отметке - 7,2 °С, что тоже отразилось на растениях чая (табл.1).

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                        | -1,8      | 109,7                            | 197,1     |
| январь                       | 7,0                            | 6,1       | -2,6                        | -7,2      | 198,9                            | 196,3     |
| февраль                      | 9,5                            | 6,5       | -0,3                        | 22,4      | 101,9                            | 332,8     |
| 1 декада марта               | 9,5                            | 11,6      | -1,5                        | 1,9       | 24,4                             | 15,4      |

Исследования показали высокое содержание фотосинтетических пигментов в марте (прошлогодний лист - возраст 10 месяцев), так как в этот период наиболее активны ассимиляционные процессы, ответственные за подготовку первой волны роста флешей (табл.1). Этот период является показательным в оценке функционального состояния растений после воздействия низких температур зимнего периода (2012–2013 гг.). Большим накоплением суммы фотосинтетических пигментов (хлорофиллов и каротиноидов) характеризовались листья растений с применением кальция по отношению к контролю, что при одинаковой структуре фотосинтетического аппарата являлось, по-видимому, следствием сохранения целостности пигментного фонда в стрессовых условиях и его дальнейшего возобновления. Анализ содержания сухого вещества в зрелых листьях чая в марте 2020 года показал, что наибольший процент сухого вещества находился в листьях варианта цинк. Однако в целом на всех вариантах отмечено существенное накопление питательных веществ к началу вегетации.

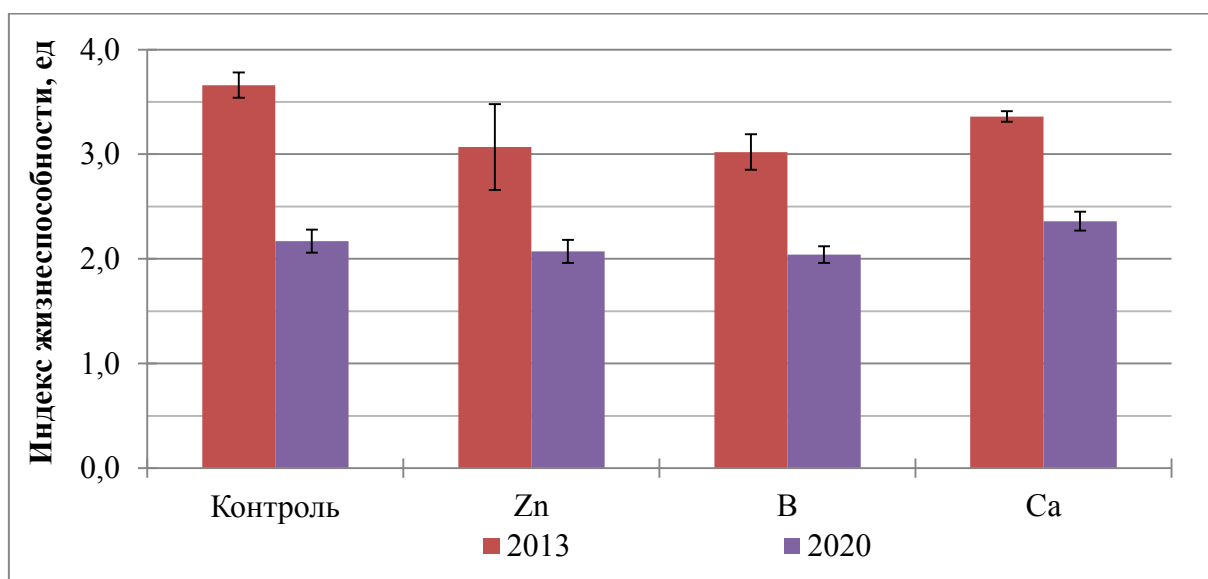
Таблица 2

**Содержание фотосинтетических пигментов и %-сухого вещества в зрелом листе чайного растения в весенний период (2013 и 2020 гг.)**

| Вариант  | Сумма хлорофилла a + b | Каротиноиды | % сухого вещества |
|----------|------------------------|-------------|-------------------|
|          | 2013                   |             | 2020              |
| Контроль | 3,73 ± 0,13            | 0,78 ± 0,01 | 41,67             |
| Zn       | 3,80 ± 0,08            | 0,79 ± 0,02 | 42,33             |
| B        | 3,75 ± 0,20            | 0,77 ± 0,03 | 40,33             |
| Ca       | 4,05 ± 0,16            | 0,83 ± 0,03 | 40,33             |

Самый высокий индекс жизнеспособности растений в 2013 году был отмечен на варианте с внесением только макроудобрений, на варианте с кальцием он был

несколько ниже в сравнении с контролем, остальные же варианты демонстрировали низкие показатели (рис.1). Сравнение двух зимних периодов исследований показало, что в суровых условиях февраля 2020 года жизнеспособность зрелого листа была ниже на 1-1,5 ед., чем за тот же период 2013 года, при этом холодные зимние температуры лучше всего перенесли растения на варианте с внесением кальцийсодержащего вещества, о чем свидетельствует тенденция повышения индекса жизнеспособности зрелых листьев (рис. 1). Известно, что кальций защищает мембраны тилакоидов от повреждения (прямо или косвенно) при стрессовых условиях путем 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, 17, 18]. Из этого следует то, что возможно процессы структурной перестройки пигментного фонда, как адаптивной реакции на стресс, происходили более эффективно на фоне применения кальция.



**Рис. 1.** Индекс жизнеспособности зрелого листа чайного растения в марте по вариантам опыта в 2013 и 2020 гг.

Таким образом, отмечено, что применение биогенных элементов (Ca, B, Zn) по-разному влияет на флуоресценцию хлорофилла зрелых листьев в период зимних стрессов. Установлено, что внесение кальцийсодержащего удобрения позволило растениям легче перенести различные стрессовые условия зимнего периода. Индекс жизнеспособности, отражающий эффективность работы фотосинтетического аппарата, выше на варианте с кальцием. Также выявлено высокое содержание фотосинтетических пигментов и большое содержание сухого вещества в зрелых листьях в период марта месяца, когда наиболее активны ассимиляционные процессы, ответственные за подготовку первой волны роста флешей

### Библиографический список

1. Белоус О.Г., Притула З.В. Показатели урожайности растений чая при внесении микроэлементов // Субтропическое садоводство России, науч.тр. – вып.43. – т.1. – Сочи, ВНИИЦиСК. – 2010. – С. 76–82 – ISSN: 2225-3068.
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., Будаговский А.В., Будаговский И.А., Гончаров С.А. Комплексная диагностика функционального состояния растений // Научные основы эффективного садоводства: Труды ВНИИС им. И.В.Мичурина. – Воронеж: Кварта, 2006. – С.101-110.
4. Будаговский А.В., Будаговская О.Н., Будаговский И.А. Парадоксы оптических свойств зеленых клеток и их практическое применение // Фотоника. – 2010 - С. 22-28.
5. Бухов Н. Г. Динамическая световая регуляция фотосинтеза // Физиология растений, 2004. - № 51(6). - С. 825-837.
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, 2016. – Т. 47. – С. 62–70. – ISSN: 2073–4948.
8. 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.
9. Корнеев Д.Ю. Информационные возможности метода индукции флуоресценции хлорофилла. Киев: Альтепрес, 2002. 188 с.
10. Культура чая в СССР / М.К. Дараселия и др.; отв. ред. Р.Д. Панцхава. — Тбилиси: Мецниереба, 1989. — 558 с.
11. Малюкова Л.С., Козлова Н.В. Методические рекомендации по комплексной почвенно-растительной диагностике минерального питания чая // Сочи: ГНУ ВНИИЦ и СК Россельхозакадемии, 2010. – 37 с.
12. Малюкова Л.С. Состояние микроэлементов (Mn, Cu, Zn) в бурых лесных почвах чайных плантаций Черноморского побережья Краснодарского края: дис. ... канд. биол. наук // ГНУ ВНИИЦ и СК Россельхозакадемии. - М., 1997. – 173 с.
13. Малюкова Л.С. Эффективность применения кальцийсодержащих агроруд на бурых лесных почвах // ГНУ СКЗНИИСиВ Россельхозакадемии науч. тр. – Краснодар, 2016 – С. 121 – 125.
14. Рындин А.В. Водно-термический режим субтропиков России // Садоводство и виноградарство, 2009. – № 3. – С. 14–18. – ISSN: 0235–2591.
15. Рындин А.В. Агрэкологические аспекты садоводства влажных субтропиков России - Сочи, 2016. – 260 с. – ISBN: 978-5-904533-29-8.
16. Шлык А.А. Определение хлорофилла и каротиноидов зеленых листьев // Биологические методы в физиологии растений. -М., 1971. -С. 154-170.
17. Fang W., Sha Y, Feng G., Jingjing et al. 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.
18. Govindjee V.M. // Austr. J. Plant Physiol. – 1995. – V. 22. – P. 131.
19. Jarén-Galán M., Minguez-Mosquera M. I.  $\beta$ -caroten and capsanthin co-oxidation by lipoxygenase. Kinetic and Thermodynamic aspects of the reaction // J. Agric. Food Chem., 1997. -№45. -P. 4814-4820.
20. Kautsky H., Hirsch A. // Biochem. Z. – 1934. – Bd. 247. – S. 422
21. Lichtenthaler H.K. // Photosynthetica. – 1992. – V. 27. № 1-2. – P. 45.

### **ASSESSMENT OF PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF TEA PLANTS IN THE EARLY SPRING PERIOD ON THE BLACK SEA COAST OF KRASNODAR TERRITORY**

**Veliki A. V.**

*Federal State Budgetary Scientific Institution  
«Russian Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops»,  
c. Sochi, Russia, e-mail: [kriptooorxon@mail.ru](mailto:kriptooorxon@mail.ru)*

An assessment of the photosynthetic activity of tea plants in the early spring period on the black sea coast of the Krasnodar territory was made. The influence of soil application of calcium-containing substances, boric acid and the aftereffect of zinc sulfate on chlorophyll fluorescence indicators was studied. The effect of a calcium-containing substance on the viability index of mature leaves in march was noted, which made it easier for plants to endure various stressful conditions of the winter period.

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