

УДК 633.77:631.82

ББК 42.8

П-77

Притула Зоя Васильевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биотехнологии, физиологии и биохимии растений, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства и субтропических культур»; 354002, Россия, Краснодарский край, г. Сочи, ул. Яна Фабрициуса, 2/28; тел.: 8(8622)964021; e-mail: MalukovaLS@mail.ru;

Малюкова Людмила Степановна, доктор биологических наук, профессор РАН, главный научный сотрудник лаборатории агрохимии и почвоведения; Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства и субтропических культур»; 354002, Россия, Краснодарский край, г. Сочи, ул. Яна Фабрициуса, 2/28; e-mail: MalukovaLS@mail.ru;

Великий Андрей Васильевич, научный сотрудник лаборатории агрохимии и почвоведения, соискатель ученой степени кандидата наук; Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства и субтропических культур»; 354002, Россия, Краснодарский край, г. Сочи, ул. Яна Фабрициуса, 2/28; e-mail: kriptoזורxon@mail.ru; MalukovaLS@mail.ru

**ВЛИЯНИЕ КОРНЕВОГО ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ
(B, Zn) НА СОСТОЯНИЕ ПИГМЕНТНОГО КОМПЛЕКСА ЛИСТЬЕВ ЧАЯ
(*CAMELLIA SINENSIS* (L.) O. KUNTZE)
(рецензирована)**

*В природных условиях влажно-субтропической зоны России изучено влияние корневого применения бора и цинка на состояние пигментной системы ассимилирующих молодых и зрелых листьев разного возраста вечнозеленого кустарника *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze. Выявлено увеличение фонда хлорофиллов и каротиноидов от июля к октябрю-ноябрю. Соотношение хлорофилла а/в варьировало за вегетационный период в пределах 1,22-2,56 и было выше на вариантах с применением микроэлементов. Количественное содержание фотосинтетических пигментов в летний период при применении бора и цинка в зрелых листьях было соизмеримо или достоверно ниже контроля, в отличие от осеннего, где содержание хлорофилла а было выше. Динамика восстановления пигментного фонда в летне-осенний период более интенсивно проходила на вариантах с применением бора и цинка. Функциональная активность, оцененная по показателю медленной индукции флуоресценции хлорофилла «индексу жизнеспособности», оценивалась, как более высокая в сравнении с контролем.*

Ключевые слова: *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze, минеральные удобрения, бор, цинк, фотосинтез, фотосинтетические пигменты, флуоресценция хлорофилла

Pritula Zoya Vasilyevna, Candidate of Agricultural Sciences, a leading researcher of the Laboratory of Biotechnology, Plant Physiology and Biochemistry, Federal State Budget Scientific Institution "All-Russian Scientific Research Institute of Floriculture and Subtropical

Cultures"; 354002, Russia, the Krasnodar Territory, Sochi, 2/28 Jan Fabricius str.; tel.: (8622) 964021; e-mail: MalukovaLS@mail.ru;

Malyukova Lyudmila Stepanovna, Doctor of Biological Sciences, professor of the Russian Academy of Sciences, a chief scientific officer of the Laboratory of Agrochemistry and Soil Science; Federal State Budget Scientific Institution "All-Russian Scientific Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops"; 354002, Russia, the Krasnodar Territory, Sochi, 2/28 Jan Fabricius str., e-mail: MalukovaLS@mail.ru;

Velikiy Andrey Vasilievich, a researcher of the Laboratory of Agrochemistry and Soil Science, seeker for the degree of Candidate of Science; Federal State Budget Scientific Institution "All-Russian Scientific Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops"; 354002, Russia, the Krasnodar Territory, Sochi, 2/28 Jan Fabricius str.; e-mail: kriptoזורxon@mail.ru; MalukovaLS@mail.ru

INFLUENCE OF ROOT APPLICATION OF MICROELEMENTS (B, Zn) ON THE STATE OF THE PIGMENTAL COMPLEX OF TEA LEAVES (CAMELLIA SINENSIS (L.) O. KUNTZE)

(reviewed)

The influence of the root application of boron and zinc on the state of the pigment system of assimilating young and mature leaves of Samellia sinensis (L.) O. Kuntze evergreen shrub of different has been studied in natural conditions of the humid-subtropical zone of Russia. An increase in the stock of chlorophylls and carotenoids from July to October-November has been revealed. The ratio of chlorophyll a / v varied during the growing season in the range of 1.22-2.56 and was higher in variants with the use of microelements. The quantitative content of photosynthetic pigments in summer when using boron and zinc in mature leaves was commensurate or reliably below the control, in contrast to the autumn one, where the chlorophyll a content was higher. The dynamics of the restoration of the pigment fund in the summer-autumn period was more intensive in variants with the use of boron and zinc. Functional activity, estimated by the index of slow induction of chlorophyll fluorescence, "viability index", was assessed as higher in comparison with the control one.

Key words: *Samellia sinensis (L.) O. Kuntze, mineral fertilizers, boron, zinc, photosynthesis, photosynthetic pigments, fluorescence of chlorophyll*

Чай в условиях Черноморского побережья России, как и в ряде других регионов мира (Китай, Индия, Япония) сталкивается с рядом внешних стрессовых факторов (холодовое воздействие, солнечная инсоляция, гипертермия, засуха, минеральная недостаточность) под воздействием которых снижается его продуктивность [1, 2, 3]. В этой связи актуальным является изучение эффективности различных экзогенных индукторов (минеральные удобрения, биологически активные вещества) в повышении устойчивости и продуктивности растений в стрессовых условиях [4]. В этом аспекте среди широкого спектра биогенных макро- и микроэлементов, поступающих в агроэкосистемы с удобрениями, научный интерес представляют такие элементы, как бор и цинк, обеспечивающие основные метаболические (фотосинтез, транспирация) и акклиматизационные (эффективное использование воды, синтез пролина и других

осмолитиков) процессы [4, 5, 6, 7]. К тому же, содержание доступных форм этих элементов в почвах субтропической зоны по нашим данным [8], оценивалось как среднее и низкое (Zn – 2-4 мг/кг; В – 0,5-0,8 мг/кг), а при длительной эксплуатации наблюдалось дальнейшее их снижение в связи с биогеохимической миграцией этих элементов (ростом их подвижности и выносом с урожаем). Одним из важнейших показателей адаптивного потенциала растений, том числе и чая, в лимитирующих условиях произрастания является эффективность работы фотосинтетического аппарата, обусловленная в том числе, и особенностями пигментного аппарата [9, 10]. Основываясь на это, была поставлена цель – изучить состав, структуру, а также эффективность фотохимических реакций пигментного комплекса на фоне применения корневого применения цинка и бора для понимания механизма воздействия этих элементов на общее функциональное состояние растения.

Исследования проводили во влажно-субтропической зоне Черноморского побережья Краснодарского края, (г. Сочи, пос. Уч-Дере), где средняя многолетняя температура варьирует в пределах 12,8-16,5°C, годовое количество осадков 1313-2098 мм. Вегетационный период длится с апреля по октябрь, в летний период отмечается дефицит осадков (менее 50 мм в месяц), формирующий стресс для чайного растения. Тип почв на опытном участке – бурая лесная кислая, характеризующаяся высоким уровнем потенциального и эффективного плодородия по отношению к чайному растению. Чайная плантация представлена высокоурожайным интенсивным сортом Колхида, 1983 года посадки, на которой в 2003 году заложен полевой мелкоделяночный опыт по изучению эффективности применения ряда макро- и микроэлементов. Площадь опытной делянки – 10 м², повторность 3-кратная, контролем является внесение макроудобрений, согласно зональным рекомендациям N₂₄₀P₇₀K₉₀. Цинк и бор вносили в поверхностный слой почвы в форме сернокислого цинка (в дозе 4,3 кг/га) и борной кислоты (в дозе 6 кг/га) на фоне макроудобрений N₂₄₀P₇₀K₉₀.

Объектом исследования являлись растительные образцы, отобранные в динамике: 3-листная флешь и физиологически зрелые листья, которыми являются 1-й и 2-й лист, расположенные после так называемого «рыбьего» на побеге первой волны роста вегетации текущего года. Содержание фотосинтетических пигментов определяли в экстракте зеленых листьев на 100 % ацетоне методом А.А. Шлыка [11] с использованием расчетных формул Циглера и Эгле. Оценку функционального состояния фотосинтетического аппарата растений чая проводили по параметрам медленной индукции флуоресценции хлорофилла на отделенных от кустов листьях, предварительно адаптированных к темноте в лабораторных условиях в затемненном помещении на приборе LPT-3С, согласно его инструкции, разработанной Будаговской О.Н. и Будаговским А.В. [12]. Эффективность фотохимических реакций была оценена по показателю относительного тушения флуоресценции – индексу жизнеспособности (ИЖ). Концентрацию клеточного сока (ККС) 3-листной флешки определяли рефрактометрическим методом Л.А. Филиппова [13].

Погодные условия периода наблюдений (2011-2014 гг.) сильно варьировали в основном по уровню влагообеспеченности и длительности засушливого периода, которым во влажно-субтропической зоне России, как правило, является июль-август. В целом относительно благоприятными по гидротермическим условиям для культуры чая были

2011, 2013, 2014 годы, тем не менее, в летний период регистрировались стрессовые условия, обусловленные повышением температуры 26,0-37,0°C и дефицитом осадков. Наиболее экстремальным по гидротермическим условиям был 2012 год, в котором с апреля по сентябрь выпало всего 403,5 мм осадков (при средней многолетней 877±242 мм), отмечалось усиление солнечной инсоляции, с повышением дневной температуры до 31-33,5°C. Нарушение водного режима растений чая наблюдалось со второй половины июня, а в июле (при усилении засухи), ККС достигла 11,8-13,8 %. Это обусловило снижение интенсивности ростовых процессов и массовое появление глухих побегов у растений на всех вариантах опыта.

Содержание пигментов в целом существенно варьировало по сезонам, степени зрелости листа и вариантам опыта. Выявлена характерная для чая динамика роста количества хлорофилла а и в, а также каротиноидов с июля к сентябрю, в соответствие с фазами развития растений, температурным режимом и фотопериодизмом (табл. 1, 2). Содержание хлорофилла а в среднем в 1,5-2 раза превышало содержание хлорофилла в, а содержание каротиноидов было в 4-5 раз ниже суммы хлорофиллов.

Таблица 1 - Содержание фотосинтетических пигментов в зрелом листе чайного растения в летний период (2011-2013 гг.)

Вариант	Хлорофилл			Каротиноиды	Отношение	
	a	b	a + b		a / b	a + b / k
	мг/г					
25.07.2011						
Контроль	1,43±0,05	0,99±0,08	2,42±0,13	0,60±0,04	1,44±0,06	4,03±0,09
Zn	1,33±0,07	0,91±0,08	2,24±0,15	0,55±0,05	1,46±0,04	4,07±0,10
B	1,21±0,07	0,80±0,15	2,01±0,19	0,49±0,06	1,51±0,22	4,10±0,18
23.08.2012						
Контроль	1,95±0,09	1,29±0,12	3,25±0,20	0,65±0,03	1,52±0,07	4,99±0,16
Zn	1,72±0,05	1,02±0,06	2,74±0,11	0,57±0,05	1,70±0,06	4,86±0,20
B	1,83±0,08	1,13±0,09	2,97±0,17	0,62±0,02	1,62±0,07	4,79±0,21
10.07.2013						
Контроль	1,88±0,06	1,14±0,16	3,02±0,21	0,64±0,07	1,67±0,20	4,80±0,10
Zn	1,87±0,10	1,13±0,12	2,99±0,22	0,60±0,07	1,66±0,10	5,02±0,16
B	1,79±0,08	1,05±0,08	2,85±0,16	0,57±0,03	1,71±0,06	5,02±0,05

Примечание: В таблицах 1, 2, 3 и на рисунках 1, 2: Контроль – N₂₄₀P₇₀K₉₀, Zn – N₂₄₀P₇₀K₉₀ + Zn, B – N₂₄₀P₇₀K₉₀ + B.

Эффект от применения микроэлементов прослеживался по нескольким показателям. Так, в летний период, содержание всех изученных пигментов в зрелых листьях вариантов с корневым применением микроэлементов было соизмеримо или ниже в сравнении с контролем. Однако, при этом доля фотосинтетически активного хлорофилла а относительно суммы хлорофиллов была выше в листьях растений на вариантах с применением цинка и бора в сравнении с контролем. В осенние месяцы по мере снижения

интенсивности флешеобразования и роста возраста листа содержание фотосинтетических пигментов (табл. 2) увеличивалось в сравнении с летним периодом, при этом различия по вариантам опыта были отмечены в содержании хлорофилла а и его доли в составе общего хлорофилла. Достоверно значимое увеличение содержания хлорофилла а и его доли в составе суммы хлорофиллов на вариантах с внесением микроэлементов отмечены в октябре 2012 года (после летней засухи). Одной из причин этому является то, что интенсивность формирования пигментного фонда (увеличение содержания пигментов в осенний период в сравнении с летним) была выше на вариантах с внесением микроэлементов (табл. 1, 2).

Таблица 2 - Содержание фотосинтетических пигментов в зрелом листе чайного растения в осенний период (2011-2013 гг.)

Вариант	Хлорофилл			Кароти- ноиды	Отношение	
	a	b	a + b		a / b	a + b / k
	мг/г					
19.09.2011						
Контроль	1,61±0,06	1,32±0,14	2,93±0,20	0,78±0,04	1,22±0,09	3,76±0,14
Zn	1,73±0,06	1,34±0,14	3,07±0,20	0,71±0,06	1,29±0,11	4,32±0,33
B	1,57±0,12	1,23±0,25	2,80±0,37	0,69±0,08	1,28±0,17	4,06±0,34
22.10.2012						
Контроль	2,16±0,07	1,34±0,12	3,50±0,10	0,71±0,03	1,63±0,18	4,99±0,53
Zn	2,36±0,23	0,97±0,12	3,34±0,34	0,62±0,02	2,44±0,16	5,34±0,40
B	2,52±0,09	0,99±0,06	3,51±0,14	0,64±0,02	2,56±0,11	5,48±0,26
21.11.2012						
Контроль	1,94±0,06	1,32±0,05	3,26±0,09	0,73±0,04	1,48±0,06	4,45±0,23
Zn	2,09±0,02	1,50±0,04	3,59±0,06	0,81±0,02	1,40±0,03	4,43±0,09
B	2,20±0,12	1,38±0,17	3,38±0,28	0,74±0,04	1,46±0,09	4,53±0,15

Индекс жизнеспособности (коэффициент спада флуоресценции) возрастал от летних к осенним месяцам, в целом варьировал по вариантам опыта, при этом прослеживалась единая тенденция его увеличения на вариантах с цинком и бором, что свидетельствовало о более высокой удельной продуктивности фотосинтеза (рис. 1).

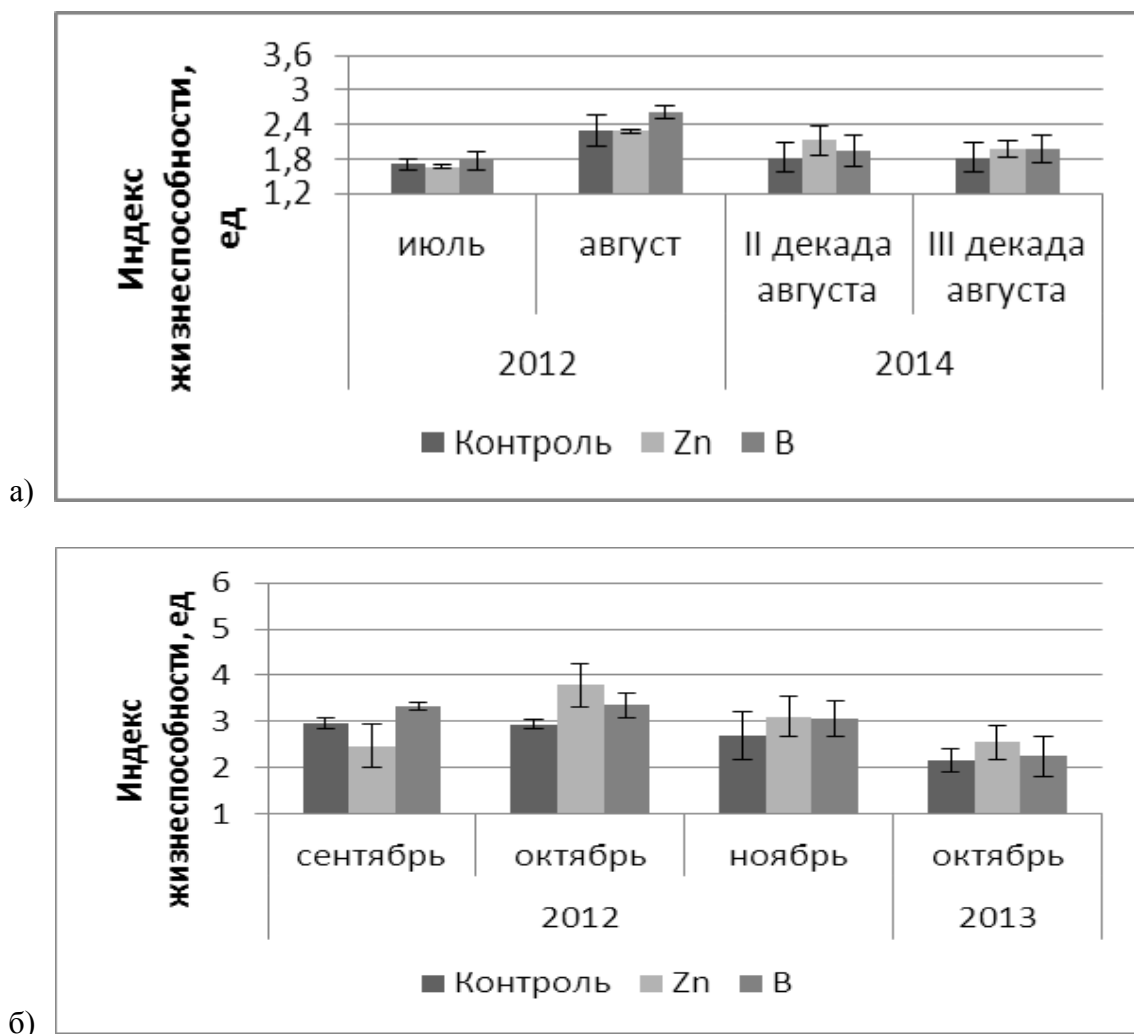


Рис. 1. Индекс жизнеспособности зрелого листа чайного растения в летний (а) и осенний (б) периоды

Для 3-листной флешки, в частности для вызревшего листа молодого побега первой волны роста, содержание всех пигментов значительно ниже в сравнении со зрелым листом. По вариантам опыта достоверных различий не выявлено (табл. 3). Функциональная активность (ИЖ), соизмеримая по вариантам опыта в мае, в более жаркие месяцы (июнь и август) была также выше на вариантах с применением микроэлементов (рис. 2).

Таблица 3 - Содержание фотосинтетических пигментов в 3-листной флешки чайного растения (06.05. 2013)

Вариант	Хлорофилл			Каротиноиды	Отношение	
	a	b	a + b		a / b	a + b / k
	мг/г					
06.05.2013 (3-лиственная флешка)						
Контроль	0,64±0,01	0,25±0,01	0,89±0,01	0,24±0,01	2,51±0,17	3,72±0,09
Zn	0,64±0,16	0,25±0,09	0,89±0,25	0,25±0,06	2,61±0,28	3,60±0,11
B	0,57±0,11	0,22±0,07	0,79±0,18	0,23±0,05	2,70±0,41	3,44±0,02

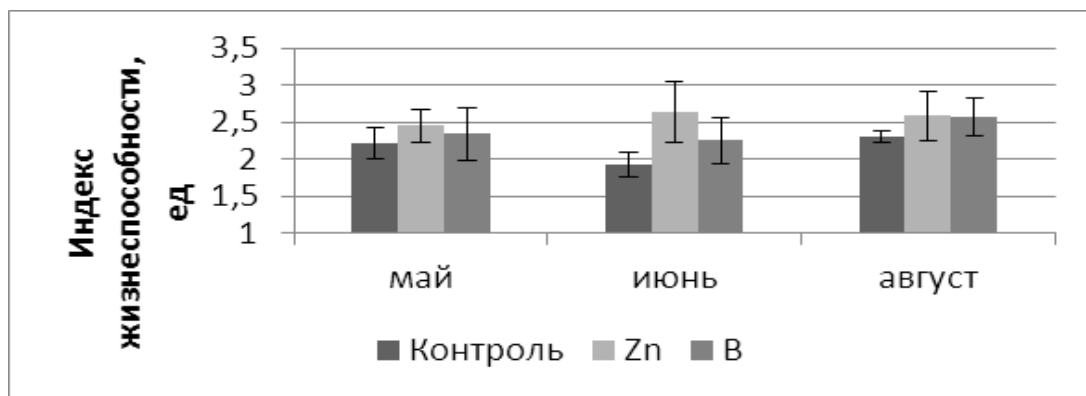


Рис. 2. Индекс жизнеспособности 3-листной флешки чая

Применение микроэлементов, как было показано ранее, оказывало влияние на ростовые процессы, определяющие урожайность чая. Так, установлена положительная их роль в побегообразовательной способности чайного растения, обеспечивающая прирост молодых побегов в среднем на 6% (Zn) и 20% (B) в сравнении с контролем [17], что обеспечивало прирост урожайности в разные годы от 15 до 30 % [18, 19]. В целом можно предположить, что цинк, являясь структурным компонентом антиоксидантных ферментов, в частности супероксиддисмутазы (CuZnСОД) (основное количество которой локализовано в хлоропластах), а также его неоспоримо значимую роль в синтезе комплекса других антистрессовых соединений (полифенолов, катехинов, аминокислот, растворимых сахаров) [14, 15], обеспечивает устойчивость пигментного аппарата в стрессовых условиях, которая проявляется в повышении его функциональной активности. В целом аналогичная картина характерна и для варианта с бором, который также демонстрирует более высокую функциональную активность, по-видимому, за счет участия его в антистрессовых процессах, в частности в синтезе пролина и других осмолитиков [4, 15], а также влиянии на эффективность использования воды [16].

Таким образом, выявлено, что увеличение фонда хлорофиллов и каротиноидов начиналось в летний период по мере созревания листа, более интенсивно этот процесс проходил на фоне корневого применения бора и цинка. Количественное содержание фотосинтетических пигментов в летний период при применении бора и цинка в зрелых листьях было соизмеримо или достоверно ниже контроля, в отличие от осеннего, где содержание хлорофилла а было выше. Функциональная активность молодых и зрелых листьев разного возраста на вариантах с применением бора и цинка, оцененная по показателю медленной индукции флуоресценции хлорофилла «индексу жизнеспособности», оценивалась, как более высокая в сравнении с контролем.

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). P. 1017-1028.
2. Rupanjali D., Baruah R.M. Bhagat Climate trends of Northeastern India: a long term pragmatic analysis for tea production // Two and a Bud. 2012. №59(2). P. 46-49.
3. Малюкова Л.С. Оптимизация плодородия почв и применения минеральных удобрений при выращивании чая в России. Сочи: ВНИИЦиСК, 2014. 416 с.

4. Comparative effect of Ca, K, Mn and B on post-drought stress recovery in tea [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze] / Upadhyaya H. [etc] // American Journal Plant Science. 2012. №3. P. 443-460.
5. Njoloma C. Application of foliar spray containing copper, zinc and boron to mature clonal tea (*Camellia sinensis*): affect on yield and quality / A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree in M.Sc. (Agric) Agronomy in the Faculty of Natural and Agricultural Sciences University of Pretoria. 2012. 116 p.
6. Function of nutrients: micronutrients. In: Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants // P. Marschner (etc) // Academic Press, UK, 2012. P. 191-248.
7. Hajiboland R., Bastani S. Tolerance to water stress in boron-deficient tea (*Camellia sinensis*) plants // Folia Hort. 2012. №24. P. 41-51.
8. Малюкова Л.С. Микроэлементы в системе почва – чайное растение в условиях субтропиков России. Сочи: ВНИИЦиСК Россельхозакадемии. 2011. 114 с.
9. Белоус О.Г., Притула З.В. Характеристика пигментного аппарата растений чая в условиях влажных субтропиков России // Субтропическое и декоративное садоводство: сборник научных трудов. Сочи: ВНИИЦиСК, 2004. Т. 39, №2. С. 300-310.
10. Белоус О.Г., Рындин А.В., Притула З.В. Методические рекомендации по применению диагностических показателей устойчивости растений чая к стресс-факторам. Сочи, 2009. 50 с.
11. Шлык А.А. Определение хлорофилла и каротиноидов зеленых листьев// Биологические методы в физиологии растений. Москва, 1971. С. 154-170.
12. Будаговская О.Н. Новые оптические методы и приборы количественной оценки адаптивного потенциала садовых растений // Плодоводство и ягодоводство России (ВСТИСП). 2001. Т. 28. С. 74-79.
13. Филиппов Л.А. Рефрактометрический метод и принципы диагностирования сроков полива чайных растений // Водный режим и орошение плодовых и субтропических культур в горных условиях: труды НИИГСиЦ. 1975. №21. С. 102-122.
14. Molecular responses to photooxidative stress in *Pinus sylvestris* (L.) (II). differential expression of CuZn-superoxide dismutases and glutathione reductase / Karpinski S. [etc] // Plant Physiol. 1993. №103. P. 1385-1391.
15. Influence of foliar application of micronutrients on physiological characteristics and yield of Darjeeling tea (*Camellia sinensis* L.) / Kumar R. [etc] Proc. 3rd Int. Conf. on Agriculture and Horticulture, (27-29 October). Hyderabad International Convention Centre, India, 2014. P. 64.
16. Apostol K.G., Zwiazek J.J. Boron and water uptake in jack pine (*Pinus banksiana*) seedlings // Environ. Exp. Bot. 2004. № 51. P. 145-153.
17. Великий А.В. Влияние мезо- и микроудобрений (S, Mg, Ca, B, Zn) на побегообразовательную способность растений чая в условиях Черноморского побережья России // Актуальные вопросы плодоводства и декоративного садоводства XXI века: научные труды. Сочи: ВНИИЦиСК, 2014. С. 402-408.
18. Малюкова Л.С., Козлова Н.В., Великий А.В. Влияние мезо- и микроудобрений на урожай чайного листа и плодородие бурых лесных кислых почв чайных плантаций Черноморского побережья России // Проблемы агрохимии и экологии. 2012. №1. С. 18-21.

19. Великий А.В. Влияние метеорологических условий на продуктивность чайного растения на фоне внесения макро-и микроудобрений // Плодоводство и ягодоводство России. 2016. Т. 47. С. 62-69.

Literature:

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). P. 1017-1028.

2. Rupanjali D., Baruah R.M. Bhagat Climate trends of Northeastern India: a long term pragmatic analysis for tea production // *Two and a Bud*. 2012. № 59(2). P. 46-49.

3. Malyukova L.S. Optimization of soil fertility and the use of mineral fertilizers in the cultivation of tea in Russia. Sochi: ARSRIFandOC, 2014. 416 p.

4. Comparative effect of Ca, K, Mn and B on post-drought stress recovery in tea [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze] / Upadhyaya H. [etc] // *American Journal Plant Science*. 2012. № 3. P. 443-460.

5. Njoloma C. Application of foliar spray containing copper, zinc and boron to mature clonal tea (*Camellia sinensis*): affect on yield and quality / A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree in M.Sc. (Agric) Agronomy in the Faculty of Natural and Agricultural Sciences University of Pretoria. 2012. 116 p.

6. Function of nutrients: micronutrients. In: Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants // P. Marschner (etc) // Academic Press, UK, 2012. P. 191-248.

7. Hajiboland R., Bastani S. Tolerance to water stress in boron-deficient tea (*Camellia sinensis*) plants // *Folia Hort*. 2012. № 24. P. 41-51.

8. Malyukova L.S. Microelements in the soil system - a tea plant in the subtropical environment of Russia. Sochi: ARSRIFandOC of the Russian Academy of Agricultural Sciences. 2011. 114 p.

9. Belous O.G., Pritula Z.V. Characteristics of the pigmentary apparatus of tea plants in humid subtropical Russia // *Subtropical and decorative gardening: a collection of scientific papers*. Sochi: ARSRIFandOC, 2004. T. 39, No. 2. P. 300-310.

10. Belous O.G., Ryndin A.V., Pritula Z.V. Methodical recommendations on the application of diagnostic indicators of resistance of tea plants to stress factors. Sochi, 2009. 50 p.

11. Shlyk A.A. Determination of chlorophyll and carotenoids of green leaves // *Biological methods in plant physiology*. Moscow, 1971. P. 154-170.

12. Budagovskaya O.N. New optical methods and devices for quantitative assessment of the adaptive potential of garden plants // *Fruit growing and Russian grapes (VSTPI)*. 2001. T. 28. P. 74-79.

13. Filippov L.A. Refractometric method and principles of diagnosing the timing of watering tea plants // *Water regime and irrigation of fruit and subtropical crops in mountainous conditions: works of SRIHandF*. 1975. No. 21. P. 102-122.

14. Molecular responses to photooxidative stress in *Pinus sylvestris* (L.) (II). differential expression of CuZn-superoxide dismutases and glutathione reductase / Karpinski S. [etc] // *Plant Physiol*. 1993. № 103. P. 1385-1391.

15. Influence of foliar application of micronutrients on physiological characteristics and yield of Darjeeling tea (*Camellia sinensis* L.) / Kumar R. [etc] Proc. 3rd Int. Conf. on Agriculture

and Horticulture, (27-29 October). Hyderabad International Convention Centre, India, 2014. P. 64.

16. Apostol K.G., Zwiazek J.J. *Boron and water uptake in jack pine (Pinus banksiana) seedlings // Environ. Exp. Bot. 2004. № 51. P. 145-153.*

17. Velikiy A.V. *Influence of meso- and microfertilizers (S, Mg, Ca, B, Zn) on the shoot-forming ability of tea plants in the Black Sea coast of Russia // Actual problems of fruit growing and decorative gardening of the XXI century: scientific works. Sochi: RSRIFandOC, 2014. P. 402-408.*

18. Malyukova L.S., Kozlova N.V., Veliky A.V. *Influence of meso- and microfertilizers on the yield of tea leaf and fertility of brown forest acidic soils of tea plantations of the Black Sea coast of Russia // Problems of Agrochemistry and Ecology. 2012. № 1. P. 18-21.*

19. Velikiy A.V. *Influence of meteorological conditions on the productivity of a tea plant when applying macro- and microfertilizers // Fruit growing and grapes breeding in Russia. 2016. V. 47. P. 62-69.*