

ВЛИЯНИЕ АГРОХИМИКАТОВ РЕГУЛЯТОРНОГО ДЕЙСТВИЯ НА ПИГМЕНТНУЮ СИСТЕМУ РАСТЕНИЙ ЧАЯ

Лагошина А.Г., Белоус О.Г.

*Федеральный исследовательский центр
«Субтропический научный центр Российской академии наук»,
г. Сочи, Россия, e-mail: oksana191962@mail.ru*

Белоус О.Г. orcid.org/0000-0001-5613-7215

Природно-климатические условия юга России характеризуются рядом лимитирующих факторов для теплолюбивых сельскохозяйственных культур, к которым относится и чай. Анализ погодных условий на территории Адыгейского филиала ФИЦ СНЦ РАН в годы исследований (с 2019 по 2022 год) показал, что холодные весенние периоды, особенно последние два года, приводят к задержке ростовых процессов, а следовательно, меньшему количеству сборов, что снижает урожайность плантации. В свою очередь, дефицит осадков в летний период вызывает торможение ростовых процессов и ухудшение качества сырья вследствие образования большего количества глухих побегов. В то же время, стабилизировать функциональное состояние растений чая, активизировать продукционный процесс и повысить качество сырья возможно использованием на плантациях экологически безопасных агрохимикатов, в первую очередь гуминовой природы, обладающих ростостимулирующим и стресс-протекторным действием. Исследования влияния агрохимикатов (гумат, рокогумин и бомбардир) показало, что более отзывчивы на изменение гидротермических условий каротиноиды ($r = 0,57-0,74$), что вполне ожидаемо, учитывая протекторную роль этой группы пигментов в функционировании растений. При этом, некорневая обработка опытных растений гуматом оказывала существенное ($НСР_{05} = 0,16$) влияние на содержание зелёных пигментов, в то время как обработка растений рокогумином приводит к существенному усилению синтеза каротиноидов ($НСР_{05} = 0,03$), обеспечивающих защиту растений от абиотических стрессов. Экспериментальные данные вносят вклад в разработку эффективных способов регулирования функционального состояния растений чая при стрессовых воздействиях.

Ключевые слова: растения чая, листья, вегетация, агрохимикаты регуляторного действия, гидротермические условия, хлорофилл, каротиноиды.

Введение. В последние десятилетия на фоне интенсификации сельскохозяйственного производства растёт роль адаптивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, которые основываются на возможностях управления адаптивными ресурсами растений за

счёт использования региональных особенностей климата, почвенного покрова, эколого-биологических особенностей культуры, регулирования минерального питания, использования биологически активных веществ и т. д. [5, 6, 10, 13, 17, 19].

Несмотря на тёплый климат, природно-климатические условия юга России характеризуются рядом лимитирующих факторов для теплолюбивых сельскохозяйственных культур. Периодически повторяющиеся засухи на фоне высоких температур воздуха и солнечной инсоляции в летний период и понижения температур воздуха до 0 °С и ниже в совокупности с мокрым снегом – в зимний, приводят к нарушениям роста и развития теплолюбивых сельскохозяйственных культур [1, 9].

Чайное растение является уникальным биологическим видом, к основным лимитирующим факторам произрастания которого относится температурный режим и суммарное количество осадков, что резко ограничивает возможность его культивирования [1, 9]. Решить вопросы стабилизации функционального состояния растений чая, активизировать продукционный процесс и повысить качество сырья возможно использованием на плантациях агрохимикатов, в том числе, и регуляторов роста [7, 15, 20]. Однако чай относится к продуктам питания, на его плантациях актуально использование экологичных элементов технологий возделывания, к которым относятся регуляторы роста, применяющиеся в органическом земледелии.

Цель исследований – установить динамику содержания фотосинтетических пигментов в течение вегетации под влиянием гидротермических факторов на фоне применения некорневых обработок агрохимикатами регуляторного действия.

Объекты и методы исследований. Объектами исследований являются физиологически зрелые листья растений чая сортопопуляции ‘Кимынь’ в рамках опыта по изучению влияния агрохимикатов регуляторного действия. Растения произрастают на базе Адыгейского филиала ФИЦ СНЦ РАН (Республика Адыгея, Майкопский район, пос. Цветочный). В опыте использованы агрохимикаты гуминовой и стимулирующей природы: рокогумин (5 мл/10 л воды); гумат натрия (1,5 г/10 л воды) и бомбардир (20 мл/10 л воды). Контроль (обработка растений водой). Размер опытных делянок – 9 м², повторность опыта трёхкратная. Некорневые обработки проводятся трёхкратно:

- в начале вегетации после обрезки растений чая (вторая декада мая);
- после второй волны роста (первая декада июля);
- во второй декаде ноября при подготовке к зимнему периоду покоя.

Лабораторные анализы выполнены на базе отдела физиологии и биохимии растений ФИЦ СНЦ РАН в трёхкратной повторности. Определение фотосинтетических пигментов (хлорофиллов и каротиноидов) проводили спектрофотометрически в спиртовых экстрактах из листьев

(экстрагирование 96%-ным этанолом) по спектрам поглощения (длины волн для хлорофилла *a* – 662 нм, хлорофилла *b* – 644 нм, суммы каротиноидов – 440,5 нм), снятым на спектрофотометре ПЭ-5400ви (Россия) с использованием расчётных формул Смита и Бенитеза [12].

Погодные условия в районе расположения плантаций чая Адыгейского филиала, где проводятся исследования по установлению влияния регуляторов роста на растения чая представлены по данным метеостанции Шунтук [8].

Статистическая обработка проведена методами корреляционного анализа с применением математического пакета программ MS Excel.

Результаты и их обсуждение. Анализ гидротермических условий показал, что температура марта в течение двух последних лет резко отличалась и от среднесуточных данных, и от температуры предшествующих годов (табл. 1). Две холодные весны приводили к задержке ростовых процессов и, следовательно, из-за меньшего количества сборов, снижали урожайность плантации. В 2022 году холодным был и май, что сказывалось на состоянии растений и их способности выйти из зимнего покоя. По количеству осадков выделился вегетационный период 2022 года, который с марта по июль был в 1,4–1,6 раза более засушливым. Дефицит осадков вызывал торможение ростовых процессов и ухудшение качества сырья в следствии образования большего количества глухих побегов.

Таблица 1. Гидротермические условия в годы проведения исследований

Table 1. Hydrothermal conditions during research years

Месяц	Среднемесячная температура воздуха, °C				Месяц	Количество осадков, мм			
	2020	2021	2022	средне-много-летняя		2020	2021	2022	средне-много-летняя
март	8,3	2,8	1,7	6,8	март	35	93	47	76
апрель	8,9	10,4	13,0	11,3	апрель	16	103	44	61
май	15,3	16,7	13,1	16,4	май	103	127	75	101
июнь	20,2	19,9	20,8	20,3	июнь	79	163	61	90
июль	23,3	23,3	21,3	22,5	июль	84	36	54	74
август	21,0	23,2	21,3	22,2	август	49	72	62	57
сентябрь	19,5	14,9	16,6	17,1	сентябрь	49	190	88	79
октябрь	14,0	9,0	11,2	11,4	октябрь	38	46	53	75

Для оценки состояния растений нами на фоне применения некорневых обработок агрохимикатами регуляторного действия изучались функциональные особенности онтогенеза опытных растений, в частности –

проводился анализ содержания фотосинтетических пигментов (рис. 1 и 2). Из рисунка 1 видно, что синтез хлорофиллов достаточно динамичный процесс, который, однако, не коррелирует с температурными условиями – $r = 0,46$ (рис. 1а). В большей степени зависимость проявляется между синтезом хлорофиллов и количеством осадков – $r = 0,6$ (рис. 1б).

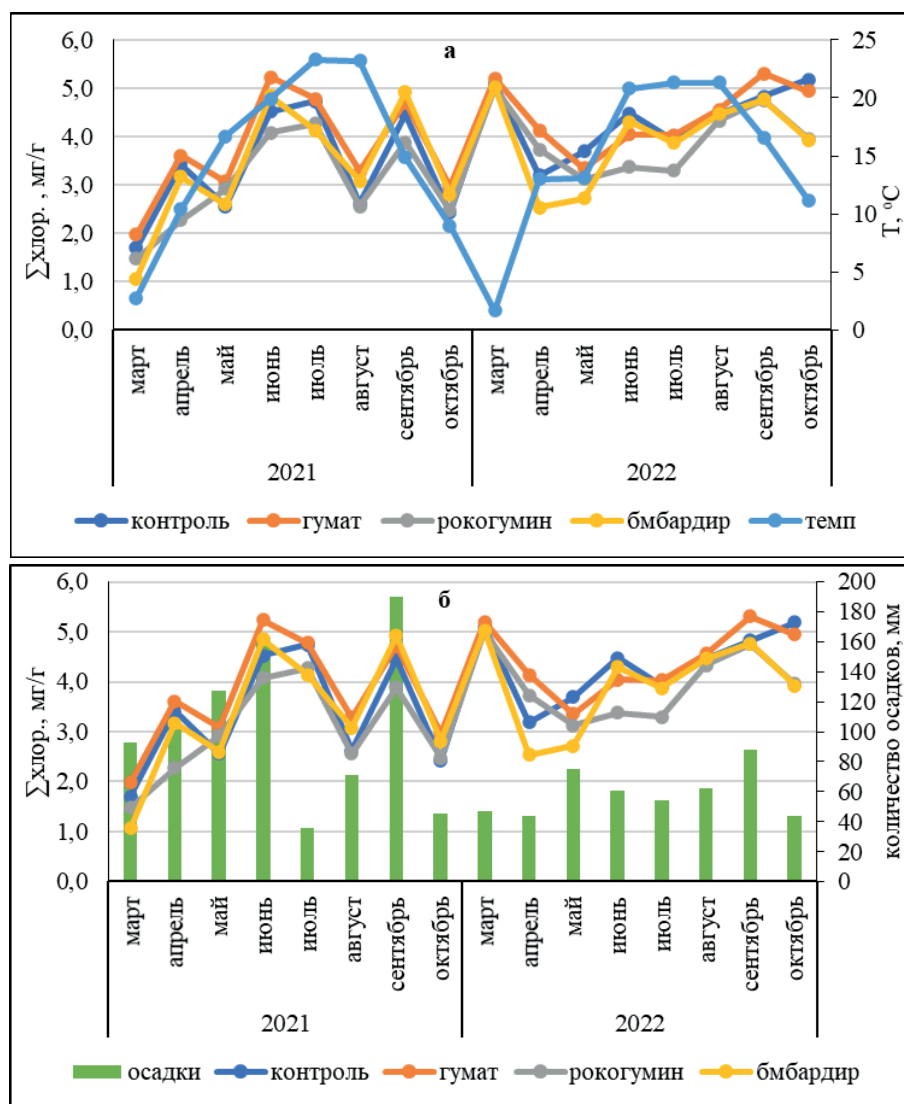


Рис. 1. Динамика суммарного содержания хлорофилла в зависимости от гидротермических условий периода вегетации (а – температура; б – количество осадков)

Fig. 1. Dynamics of the sum chlorophyll content Depending on the hydrothermal conditions during the growing season (a – temperature; b – precipitation)

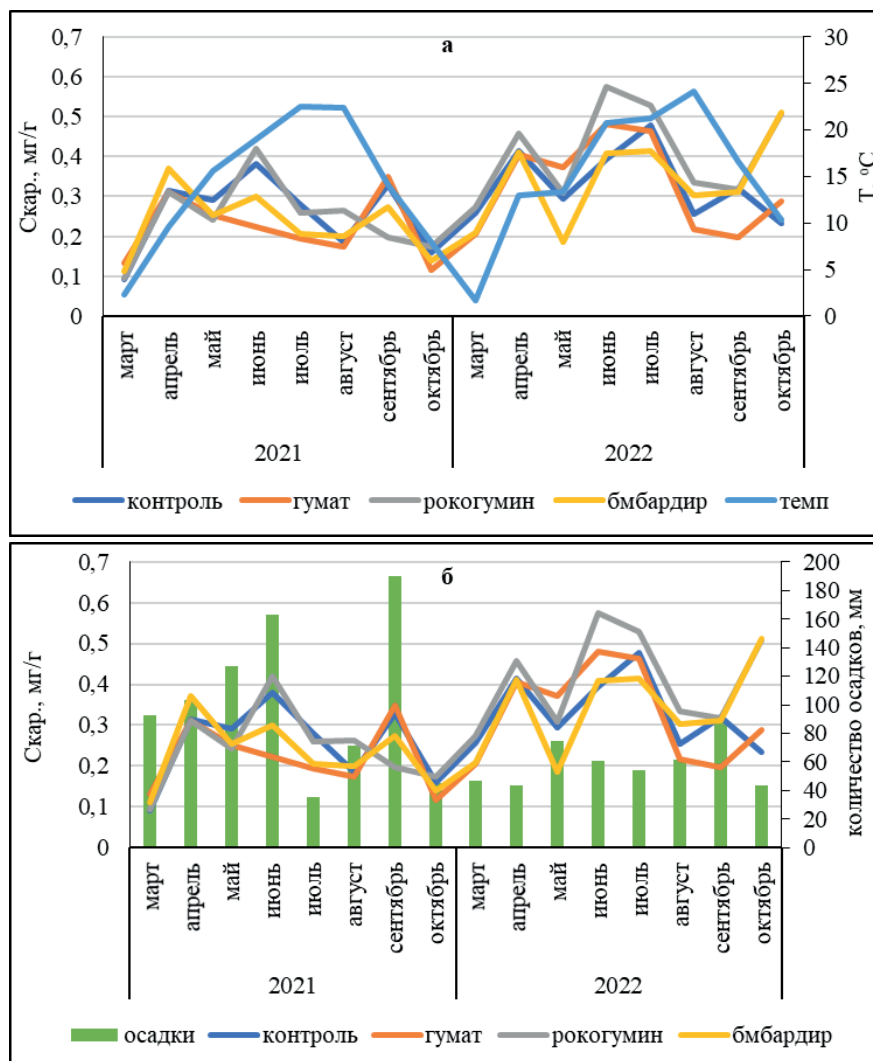


Рис. 2. Динамика содержания каротиноидов в зависимости от гидротермических условий периода вегетации (а – температура; б – количество осадков)

Fig. 1. Dynamics of the carotenoids content depending on the hydrothermal conditions during the growing season (a – temperature; b – precipitation)

Более отзывчивы на изменение гидротермических условий каротиноиды ($r = 0,57-0,74$), что вполне ожидаемо, учитывая протекторную роль этой группы пигментов в функционировании растений [16, 18, 21].

Также нами показано, что некорневая обработка опытных растений гуматом оказывала существенное влияние ($НСР05 = 0,16$) на содержание зелёных пигментов, что имеет особую ценность с позиции фото-

синтетических процессов и синтеза ассимилятов, относящихся, в том числе, и к значимым биологически активным веществам чая (табл. 2). В то время, как обработка растений и гуматом, и рокогумином приводит к усилению синтеза каротиноидов ($НСР05 = 0,03$), обеспечивающих защиту растений от абиотических стрессов.

Таблица 2. Содержание фотосинтетических пигментов в физиологически зрелых листьях чая (среднее за два года исследований)

Table 2. The content of photosynthetic pigments in physiologically mature tea leaves (average over two years of research)

Вариант	Σ хлор., мг/г	Σ кар., мг/г
контроль	3,83 \pm 0,90	0,29 \pm 0,07
гумат	4,08 \pm0,78	0,27 \pm 0,09
рокогумин	3,47 \pm 0,78	0,33 \pm0,11
бомбардир	3,64 \pm 0,94	0,29 \pm 0,09
НСР05	0,16	0,03

Выводы. Таким образом, нами отмечена динамичность синтеза фотосинтетических пигментов в зависимости от гидротермических условий периода вегетации, содержание хлорофилла коррелирует с количеством осадков, в то время как накопление каротиноидов в листьях чая изменяется и под влиянием температурного фактора, и в зависимости от нормы выпадающих осадков. Отмечено неоднозначное влияние агрохимикатов регуляторного действия на растения чая. В то время, как гумат приводит к большему синтезу хлорофилла, рокогумин, содержащий в составе кроме гуминовых и фульвокислот, еще и аминокислоты, активизирует синтез каротиноидов, что стимулирует механизм защиты от абиотического стресса.

Полученные в работе экспериментальные данные вносят вклад в разработку эффективных способов регулирования функционального состояния растений при стрессовых воздействиях.

*Публикация подготовлена в рамках реализации
ГЗ ФИЦ СХЦ РАН № FGRW-2022-0012,
рег. № 121120700353-5*

Список литературы/References

1. Белоус О.Г. Биологические особенности культуры чая в условиях влажных субтропиков России. Автореф. докт. дис. Краснодар: КубГАУ, 2009. [Belous O.G. Biological features of tea culture in the humid subtropics of Russia. Abstract doct. dis. Krasnodar: KubGAU, 2009. (In Rus)].

2. Белоус О.Г. Влияние микроэлементов на повышение качества чая, Садоводство и виноградарство. 2006; 6 : 18-20. [Belous O.G. The effect of trace elements on improving the quality of tea, Horticulture and viticulture. 2006; 6 : 18-20. (In Rus)].
3. Белоус О.Г. Водный режим растений чая, Субтропические культуры. 2010; 1-4 : 88-91. [Belous O.G. Water regime of tea plants, Subtropical crops. 2010; 1-4 : 88-91. (In Rus)].
4. Белоус О.Г., Платонова Н.Б. Механизмы устойчивости растений чая к стрессорам зимнего периода, Естественные и технические науки. 2019; 10 : 41-44. [Belous O.G., Platonova N.B. Mechanisms of resistance of tea plants to winter stressors, Natural and technical sciences. 2019; 10 : 41-44. (In Rus)]. DOI: 10.25633/ETN.2019.10.19.
5. Гудковский В.А. Научные основы устойчивого садоводства России: Слаборослое садоводство: материалы междунар. науч.-практич. конф., Мичуринск, 1999; 12-15. [Gudkovsky V.A. Scientific foundations of sustainable horticulture in Russia: Low-growth gardening: materials of the International Scientific and practical Conference, Michurinsk, 1999; 12-15. (In Rus)].
6. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы): теория и практика. М.: Агрорус, 2008; 814. [Zhuchenko A.A. Adaptive crop production (ecological and genetic foundations): theory and practice. Moscow: Agrorus, 2008, 814. (In Rus)].
7. Лагошина А.Г., Пчихачев Э.К., Белоус О.Г. Влияние инновационных форм удобрений на адаптивный потенциал растений чая, Садоводство и виноградарство. 2021; 3 : 23-28. [Lagoshina A.G., Pchikhachev E.K., Belous O.G. The influence of innovative forms of fertilizers on the adaptive potential of tea plants, Horticulture and viticulture. 2021; 3 : 23-28. (In Rus)]. DOI: 10.31676/0235-2591-2021-3-23-35.
8. Погода и климат, 2023, URL: <http://www.pogodaiklimat.ru>. Ссылка активна на 25.07.2023. [Weather and climate, 2023, URL: <http://www.pogodaiklimat.ru>. The link is active on 07/25/2023. (In Rus)].
9. Рындин А.В., Белоус О.Г. Физиологические особенности растений чая в различных почвенно-климатических условиях, Вестник РАСХН. 2008; 3 : 49-51. [Ryndin A.V., Belous O.G. Physiological features of tea plants in various soil and climatic conditions, Bulletin of RAS. 2008; 3 : 49-51. (In Rus)].
10. Федулов Ю.П., Котляров В.В., Доценко К.А. Устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды. Краснодар: КубГАУ, 2015, 64. [Fedulov Yu.P., Kotlyarov V.V., Dotsenko K.A. Plant resistance to adverse environmental factors. Krasnodar: KubGAU, 2015, 64 (In Rus)]. ISBN: 978-5-94672-882-9.
11. Чиркова Т.В. Физиологические основы устойчивости растений. Изд. С.-Петерб. ун-та, 2002, 240. [Chirkova T.V. Physiological foundations of plant resistance. Publishing house of St. Petersburg University, 2002, 240. (In Rus)].
12. Шлык А.А. Определение хлорофилла и каротиноидов в экстрактах зелёных листьев. В кн.: Биохимические методы в физиологии растений. М.: Наука, 1971, 154-170. [Shlyk A.A. Determination of chlorophyll and carotenoids in green leaf extracts. In the book: Biochemical methods in plant physiology. M.: Nauka, 1971, 154-170. (In Rus)].
13. Яковец О.Г. Фитофизиология стресса. Минск: БГУ, 2009, 101. [Yakovets O.G. Phytophysiology of stress. Minsk: BSU, 2009, 101. (In Rus)].
14. Amrit Kumar Singh, Veersain, Swatantra Yadav, Prashant Srivastav, Sarfaraz. Plant growth regulators. In: Organic Horticulture. India: Bright Sky Publications, 2022, 155. ISBN: 978-93-92804-10-6.
15. Ashraf M., Harris P.J.C. Photosynthesis under stressful environments: An overview, Photosynthetica. 2013; 51(2) : 163-190.
16. Belous O., Klemeshova K., Malyarovskaya V. Photosynthetic pigments of subtropical plants. In book: Photosynthesis – from its evolution to future improvements in photosynthetic efficiency using nanomaterials. London: IntechOpen Limited, UNITED KINGDOM, 2021, 31-52. ISBN: 978-1-78923-786-3. DOI: 10.5772/intechopen.75193.

17. Belous O., Vasileiko M., Lagoshina A., Platonova N. Optimization of the adaptive mechanism of subtropical crops under the influence of innovative forms of fertilizers, E3S Web Conf. 2021; 254 : 1-6. DOI: 10.1051/e3sconf/202125402006.
18. He Liming et al. Optimization of water uptake and photosynthetic parameters in an ecosystem model using tower flux data, Ecological Modelling. 2014; 294 : 94-104.
19. Lagoshina A., Pchihachev E., Chernjakovskaja I., Aleksandrova A., Belous O. Influence of innovative forms of fertilizers on the productivity of tea plants in the conditions of the foothill zone of the north-west Caucasus, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021; 935(1) : 012006. DOI: 10.1088/1755-1315/935/1/012006.
20. Rademacher W. Plant Growth Regulators: Backgrounds and Uses in Plant Production, J Plant Growth Regul. 2015; 34 : 845-887. DOI: 10.1007/s00344-015-9541-6.
21. Yan K., Chen P., Shao H. et al. Effects of short-term high temperature on photosynthesis and photosystem II performance in Sorghum, J. Agron. Crop Sci. 2011; 97 : 400-408.

THE INFLUENCE OF AGROCHEMICALS OF REGULATORY ACTION ON TEA PLANTS' PIGMENT SYSTEM

Lagoshina A.G., Belous O.G.

*Federal Research Centre the Subtropical Scientific Centre
of the Russian Academy of Sciences,
Sochi, Russia, e-mail: oksana191962@mail.ru*

Belous O.G. orcid.org/ 0000-0001-5613-7215

The natural and climatic conditions of the south of Russia are characterized by a number of limiting factors for heat-loving crops, which include tea. An analysis of weather conditions on the territory of the Adygei Branch of FRC SSC of RAS in the research years from 2019 to 2022 showed that cold spring periods, especially for the last two years, lead to a delay in growth processes, and consequently, fewer harvests, which reduces yield capacity. In turn, the lack of precipitation in the summer period causes inhibition of growth processes and deterioration of raw materials' quality as a result of more deaf shoots. At the same time, it is possible to stabilize the functional state of tea plants, activate the production process and improve the quality of raw materials by using environmentally friendly agrochemicals on plantations, primarily humic in nature, with growth-stimulating and stress-protective effects. Studies of the influence of agrochemicals (humate, rocohumine and bombardier) have shown that carotenoids are more responsive to changes in hydrothermal conditions ($r = 0.57-0.74$), which is quite expected, given the protective role of this group of pigments in plants' functioning. At the same time, non-root treatment of experimental plants with humate had a significant (least significant difference $05 = 0.16$) effect on the content of green pigments, while treatment of plants with rocohumine leads to a significant increase in the synthesis of carotenoids (least significant difference $05 = 0.03$), which protect plants from abiotic stresses. Experimental data contribute to the development of effective ways to regulate the functional state of tea plants under stress.

Key words: tea plants, leaves, vegetation, agrochemicals of regulatory action, hydrothermal conditions, chlorophyll, carotenoids.