

Глава 4.

ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ

УДК 633.72:581.11

doi: 10.31360/2225-3068-2020-75-60-67

**ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ
НА АКТИВНОСТЬ КАТАЛАЗЫ В ЛИСТЬЯХ ЧАЯ**

Лагошина А. Г.¹, Белоус О. Г.², Пчихачев Э. К.¹

¹ Адыгейский филиал

¹ Федерального государственного бюджетного учреждения науки
«Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр
Российской академии наук»,
п. Цветочный, Республика Адыгея, Россия, e-mail: Gvenvivare@mail.ru

² Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр
Российской академии наук»,
г. Сочи, Россия, e-mail: oksana191962@mail.ru

Проведены исследования по выявлению возможности использования такого физиологического параметра, как «активность каталазы» в качестве диагностического критерия оценки функционального состояния растений в стрессовые периоды. Отмечено, что данный показатель достаточно пластичен и быстро изменяется в ответ на изменения в метаболических реакциях растений (коэффициент вариации находится в пределах 13–18 %). Обработка опытных кустов чая регуляторами роста стабилизирует функциональные процессы, смягчая действие стрессовых факторов. Показано, что растения, обработанные гуматом натрия более подготовлены к зимнему покою, о чем свидетельствует более высокая активность каталазы в ноябре (149,02 мл O₂/г при 113,48–141,13 мл O₂/г на остальных вариантах). На данном варианте и более низкий уровень ферментативной активности в период выхода из состояния зимнего покоя, что свидетельствует об оптимальном состоянии растений. На вариантах с внесением регуляторов роста активность фермента в листьях чая в летний стрессовый период существенно ниже, чем на контроле (НСР₀₅ = 3,67).

Ключевые слова: чай, регуляторы роста, обработки, активность каталазы.

Расположенные в Адыгейском филиале Федерального исследовательского центра «Субтропический научный центр Российской академии наук» (ФИЦ СНЦ РАН) чайные плантации являются самыми северными не только в России, но и в мире. Для выращивания и сбора качественного и экономически выгодного урожая, чайные растения требуют определенных почвенно-климатических условий. В целом почвы и климат средней подзоны предгорий Адыгеи (от 450 м до высоты

1 000 м над уровнем моря) позволяют выращивать чайные растения, и существует перспектива для расширения ареала этой культуры в регионе [6, 14, 18, 25]. Однако, предгорная зона Адыгеи характеризуется относительно суровым климатом и чай, являясь субтропической культурой, подвержен целому ряду стрессовых факторов, связанных в первую очередь с климатическими особенностями региона как в зимний, так и в летний период. По многолетним данным в январе наблюдается абсолютный минимум – до $-33,7$ °С, а в августе отмечается абсолютный максимум $+39,8$ °С. К стрессовым факторам для чайных растений можно отнести возвратные весенние заморозки и засушливый период, длящийся с третьей декады июля до третьей декады августа [6, 12, 13].

Тенденция в развитии современного сельского хозяйства предполагает переход к более экологичным, почвосберегающим технологиям возделывания, которые включают применение регуляторов роста растений, как фактора, способствующего повышению стрессоустойчивости и иммунитета растений, то есть повышению урожайности и снижению затрат на борьбу с вредителями и болезнями [1, 2, 4, 5, 8, 10, 15–17, 20–24, 26, 29, 30]. В то же время, чай относится к продуктам питания, в частности, напиткам, широко употребляемым разными возрастными группами населения, поэтому в связи с вопросами здорового и безопасного питания особенно актуально использование на плантациях экологических технологий возделывания чайных насаждений.

В связи с необходимостью оптимизации выращивания чая в условиях Республики Адыгея, в 2019 г. был заложен опыт по изучению эффективности применения экологически безопасных регуляторов роста нового поколения на растениях чая для повышения устойчивости культуры к воздействию стрессовых факторов внешней среды, повышения продуктивности и качества продукции.

Объекты и методы. Полевые опыты проводятся на плантации чая (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) сортопопуляции 'Кимынь' в Адыгейском филиале ФИЦ СЦ РАН в соответствии с «Программой и методиками сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» [11].

В качестве регуляторов роста нами использованы следующие препараты: гуamat натрия в концентрации 1,5 г/10 л воды (производственный контроль); рокогумин – 1 л/10 л воды и бомбардир – 20 мл/10 л воды; контроль – обработка растений водой. Рокогумин представляет собой жидкий комплекс аминокислот с добавлением гуминовых, фульвокислот и микроэлементов; бомбардир – комплекс аминокислот с добавлением витаминов и фульвокислот. Полевая повторность опыта 3-кратная, расположение вариантов рендомизированное. Некорневые обработки проводятся трёхкратно: первая – после обрезки растений чая (конец марта – начало апреля); вторая – после первой волны роста (июль); третья – перед зимним покоем (октябрь-ноябрь).

Лабораторные анализы выполнены на базе Адыгейского филиала ФИЦ СНЦ РАН, повторность лабораторных опытов – 3-кратная. Активность каталазы определяли через три-четыре дня после каждой обработки, в стрессовые периоды вегетации, и в период выхода растений из зимнего покоя, и в процессе подготовки растений к зимнему покою. Активность фермента оценивали газометрическим методом [7].

На рисунках представлены средние арифметические значения измеряемых величин и их среднеквадратичные отклонения. Для оценки статистических величин проведён анализ с применением пакета ANOVA в STATGRAPHICS Centurion XV (версия 15.1.02, StatPoint Technologies) и MS Excel 2007. Статистический анализ включал одномерный дисперсионный анализ (метод сравнения средних с использованием дисперсионного анализа, t-критерий). Статистически значимой принята значимость различия между средними значениями при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. Один из основных факторов, влияющих на ростовые процессы растений чая – это температурный режим и осадки в течение вегетации. В 2019 г. не отмечено низких температур в зимний период, которые могли бы привести к обмерзанию ветвей. Год характеризовался тёплой малоснежной зимой, тёплой весной с умеренным выпадением осадков, умеренно влажным жарким летом, тёплой и сухой осенью. Отчётный год можно считать комфортным для культуры. Наблюдалось обмерзание исключительно листьев, во второй-третьей декаде июня в засушливый период отмечено замедление роста флешей.

Каталаза – первичный антиоксидантный фермент, изменение которого может служить показателем устойчивости растений к стрессам [19, 27, 28]. Динамика изменения активности каталазы показывает состояние метаболизма [3, 9]. При высоких показателях каталазы в стрессовый период судят о нарушении обменных процессов, выражающихся в накоплении агрессивных для растений активных форм кислорода. В первый год проведения исследований нами показано, что активность каталазы у опытных растений достаточно высокая – в среднем составляет по вариантам $136 \text{ мгО}_2/\text{г}$ (рис. 1), и существенных различий по вариантам опыта в первый год проведения исследований нами не отмечено.

Определение активности фермента в период подготовки к зимнему покою (октябрь-ноябрь 2019 г.) и период начала вегетации (март 2020 г.) показало, что более подготовленными вошли в зимний период растения, обработанные гуматом натрия, о чём свидетельствует более высокая активность каталазы на этом варианте (рис. 2). Данный факт предположительно может расцениваться как механизм устойчивости, так как по литературным данным известно, что повышение активности каталазы в предзимний период коррелирует с лучшей подготовленностью растений к зиме [9, 10]. В дальнейшем, как правило, активность

каталазы падает, и момент её резкого повышение при подготовке к зиме может быть использован, как диагностический критерий. Более низкий уровень ферментативной активности на варианте с гуматом натрия подтверждает более оптимальное состояние растений и в период выхода из состояния покоя (март 2020 г.). Вариант с обработкой растений бомбардиром в этот период был близок по активности каталазы растениям на варианте с гуматом (рис. 2).

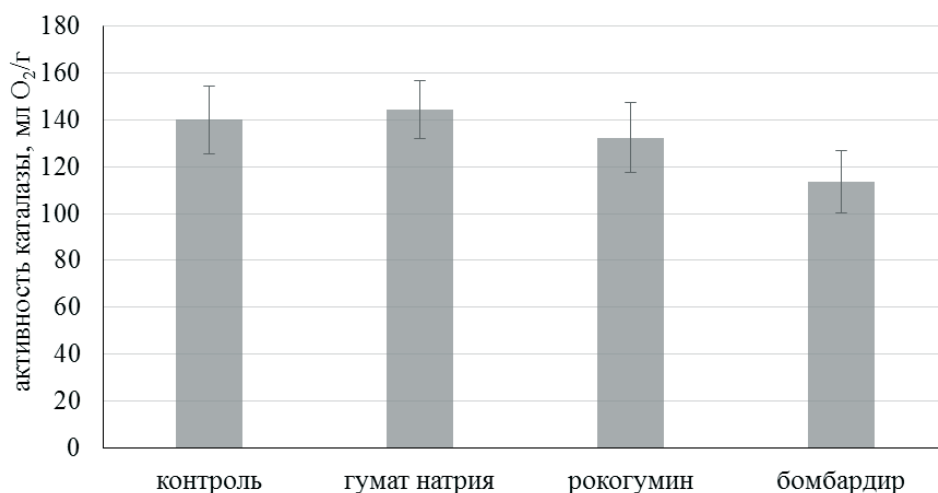


Рис. 1. Влияние регуляторов роста на ферментативную активность листьев чая, 2019 г.

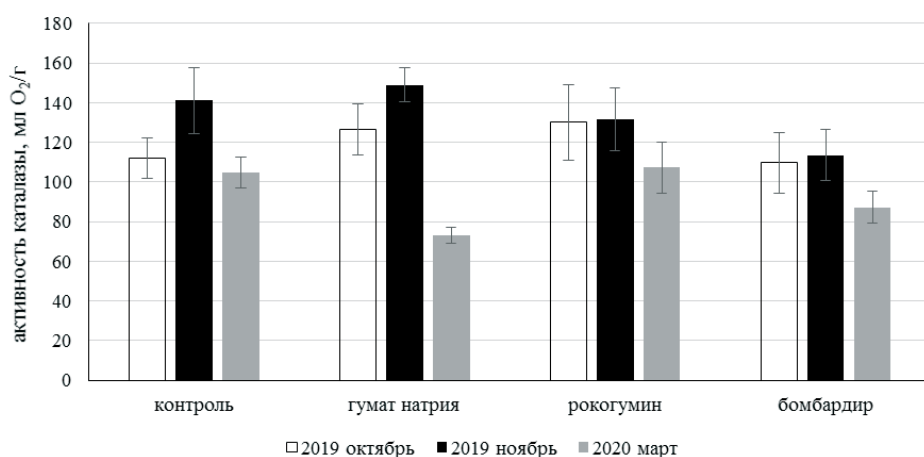


Рис. 2. Ферментативная активность листьев чая при обработках регуляторами роста, 2019–2020 гг.

Второй год наблюдений позволил проследить изменение в активности фермента под влиянием применяемых регуляторов роста (рис. 3). На вариантах с внесением регуляторов роста активность фермента в летний стрессовый период существенно ниже показателей на контроле ($HC P_{05} = 3,67$). Наименьшая активность, а, следовательно, и более оптимальное состояние растений отмечается на вариантах с гуматом натрия (128,0 мл O_2 /г) и бомбардиром (123,4 мл O_2 /г). Однако и менее низкая величина активности фермента на варианте с рокогумином (131,43 мл O_2 /г) является существенной по сравнению с контролем (140,41 мл O_2 /г).

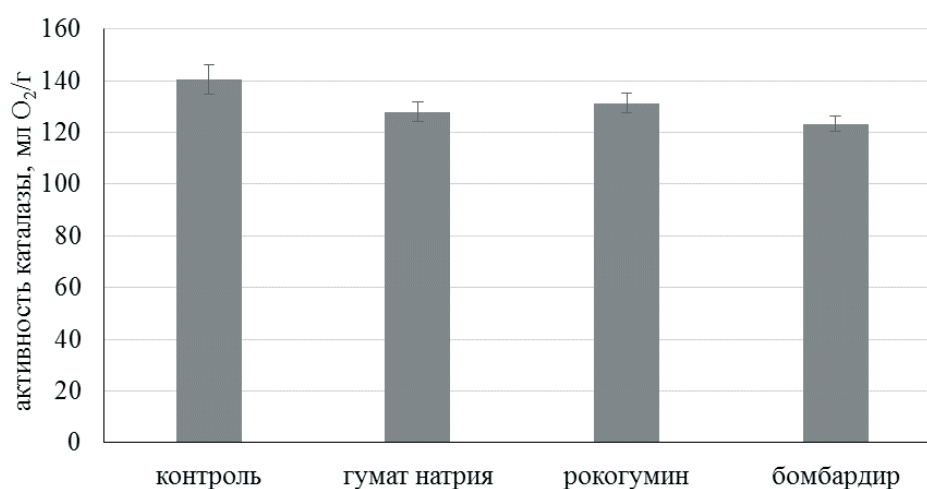


Рис. 3. Влияние регуляторов роста на ферментативную активность листьев чая, июль – октябрь 2020 г.

Проведённый статистический анализ помог оценить вариабельность данного показателя. Так, в первый год проведения исследований (2019 г.) коэффициент вариации на всех вариантах находился в пределах 13–18 %, подтверждая тот факт, что показатель достаточно пластичен и быстро изменяется в ответ на изменения в метаболических реакциях растений. Во второй год наблюдений, вносимые препараты стабилизировали функциональные процессы в клетках опытных растений, зачастую смягчая действие стрессовых факторов (высокие температуры и отсутствие осадков), и как видно из данных таблицы 1, на вариантах с обработками регуляторами роста коэффициент вариации на 5–7 % ниже, чем на контроле.

Таблица 1

**Коэффициенты вариации
показателя активности каталазы листьев чая**

Вариант	V, %	
	2019 г.	2020 г.
контроль	15	15
гумат натрия	18	8
рокогумин	13	9
бомбардир	13	10

Таким образом, исследованиями показано, что повышение активности каталазы при подготовке растений к зиме может быть использовано, как диагностический критерий. Применяемые в исследованиях регуляторы роста стабилизируют функциональное состояние опытных растений, смягчая действие стрессовых факторов, что выражается в существенно более низких значениях активности фермента в листьях чая данных вариантов.

Библиографический список

1. Агафонов Н.В., Фаустов В.В. Применение регуляторов роста в плодоводстве. – М.: ВНИИТЭИСХ, 1972. – 64 с.
2. Баскаков Ю.А., Шаповалов А.А. Регуляторы роста растений. – М.: Знание. –1982. – 64 с.
3. Белоус О.Г., Платонова Н.Б. Изменение ферментативной активности растений чая под влиянием стресс-факторов влажных субтропиков России: Механизмы устойчивости растений и микроорганизмов к неблагоприятным условиям среды: матер. годичного собрания Общества физиологов растений России, Иркутск. – 2018. – С. 127-129. – doi: 10.31255/978-5-94797-319-8-127-129.
4. Белоус О.Г., Рындин А.В. Проведение испытаний новых регуляторов роста с учётом особенностей субтропических культур и условий влажных субтропиков // Перспективы использования инновационных форм удобрений, средств защиты и регуляторов роста растений в агротехнологиях сельскохозяйственных культур: мат-лы докладов участников X-й научно-практической конференции «Анапа-2018». – М.: ООО «Плодородие», 2018. – С. 29-32. – ISBN 978-5-9500529-6-5.
5. Белоус О.Г., Рындин А.В., Платонова Н.Б. Физиологическое состояние растений мандарина под влиянием экзогенных регуляторов роста растений // Биология растений и садоводство: теория, инновации. – 2019. – № 4(153). – С. 110-120. – doi: 10.36305/2019-4-153-110-120.
6. Беседина Т.Д., Пчихачев Э.К., Добежина С.В., Татошин И.Ф. Оценка адаптивного потенциала культуры чая в условиях Адыгеи // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 87. – С. 349-360.
7. Воробьев В.Н., Невмержитская Ю.Ю., Хуснетдинова Л.З., Якушенкова Т.П. Практикум по физиологии растений: учебно-методическое пособие. – Казань: Казанский университет, 2013. – 80 с.

8. Дорошенко Т.Н., Рязанова Л.Г., Аль-Хуссейни Акил Моххамед Абдула-Мир, Максимцов Д.В., Ненько Н.И., Белоус О.Г. Перспективы использования физиологически активных веществ для формирования урожая плодов цитрусовых культур // Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – №1(64). – С. 71-77. – doi: 10.21515/1999-1703-64-71-76.
9. Колупаев Ю.Е., Карпец Ю.В. Активные формы кислорода при адаптации растений к стрессовым температурам // Физиология и биохимия культурных растений. – 2009. – Т. 41. – № 2. – С. 95-108.
10. Лихолат Т.В. Регуляторы роста древесных растений. – М.: Лесн. пром-сть, 1983. – 240 с.
11. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Е.Н. Седова. – Орёл: ВНИИ селекции плодовых культур, 1999. – 608 с.
12. Пчихачев Э.К., Корзун Б.В. Развитие чаеводства в Адыгее // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2017. – № 62. – С. 24-31. – ISSN 2225-3068.
13. Пчихачев Э.К., Корзун Б.В. Самый северный чай в мире // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2016. – № 57. – С. 24-30. – ISSN 2225-3068.
14. Пчихачев Э.К., Корзун Б.В., Вавилова Л.В. Перспективы использования биоресурсного потенциала Адыгейского филиала // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2020. – № 73. – С. 16-23. – doi: 10.31360/2225-3068-2020-73-16-23.
15. Ракитин Ю.В. Биологически активные вещества как средства управления жизненными процессами растений // Научные основы защиты урожая. – М.: АН СССР, 1963. – С. 7-42.
16. Рындин А.В., Белоус О. Г., Омаров М. Д., Абильфазова Ю. С. Оценка эффективности применения новых регуляторов роста в субтропическом садоводстве // Проблемы экологии и агрохимии – № 3. – С. 34 -38. – doi: 10.26178/AE.2019.70.59.007.
17. Рындин А.В., Белоус О.Г., Горшков В.М., Дорошенко Т.Н., Рязанова Л.Г., Аль-Хуссейни Акил Моххамед Абдула-Мир Влияние регуляторов роста на физиологические показатели растений мандарина (*Citrus reticulata* var. *unshiu* Tan.) в условиях влажных субтропиков России // Плодоводство и ягодоводство России. – 2017. – Т. 51. – С. 92-99. – ISSN 2073-4948.
18. Рындин А.В., Пчихачев Э.К. История, современное состояние и перспективы развития чаеводства в республике Адыгее // Современное состояние и перспективы развития садоводства и культуры чая в Республике Адыгее: мат-лы научно-практической конференции, посвященной 70-летию развития чаеводства и 40-летию образования научного учреждения по чаю в Республике Адыгее. Российская Академия сельскохозяйственных наук, Министерство образования и науки Республики Адыгее, ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства и субтропических культур, Адыгейский филиал. – 2008. – С. 12-15.
19. Сарсенбаев К.Н., Полимбетова Ф.А. Роль ферментов в устойчивости растений. – АН КазССР, Гл. ботан. сад. – Алма-Ата: Наука, 1986. – 180 с.
20. Чайлахян М.Х. Регуляторы роста в жизни растений и в практике сельского хозяйства // Вестник АН СССР. – 1982. – № 1. – С. 11-26.
21. Чекуров В.М., Сергеева С.И. Новые регуляторы роста // Защита и карантин растений. – 2003. – № 3. – С. 13-15.
22. Шаповал О.А., Можарова И.П., Коршунов А.А. Регуляторы роста растений в агротехнологиях // Защита и карантин растений. – 2014. – № 6. – С. 16-20.
23. Шевелуха В.С., Блиновский И.К. Состояние и перспективы исследований и применения фиторегуляторов в растениеводстве // Регуляторы роста. – М. – 1990. – С. 6-35.
24. Belous O., Abilphasova Ju. Effect of growth regulators on biochemical compounds of tangerine (*Citrus unshiu* Marc.) // Potravinarstvo. – 2019. – Vol. 13(1). – P. 443-448. – doi: 10.5219/1126.

25. Belous O., Platonova N. Physiological foundations of sustainability *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze and *Corylus pontica* C. Koch. in the conditions of humid subtropics of Russia, American Journal of Plant Sciences. Special Issue on Plants in Extreme Environment. – 2018. – Vol. 09(09). – P. 1771-1780. – doi: 10.4236/ajps.2018.99129.
26. Cacco G., Dell'agnola G. Plant growth regulator activity of soluble humid regulator complexes // Canadian Journal of Soil Science. – 1984. – Vol. 64(2). – P. 225-228. – doi: 10.4141/cjss84-023.
27. Nashikkar V.J., Chakrabarti T. Catalase and peroxidase activity in plants – an indicator of heavy metal toxicity // Indian J. Exp. Biol. – 1994. – Vol. 32. – № 7. – P. 520-521. – ISSN 0019-5189.
28. Tacken E. Ethylene regulates apple (*Malus x domestica*) fruit softening through a dose x time-dependent mechanism and through differential sensitivities and dependencies of cell wall-modifying genes // Plant Cell Physiology. – 2014. – Vol. 55(5). – P. 1005-1016. – doi: 10.1093/pcp/pcu034.
29. Wajahatullah Khan, Usha Menon, Sowmyalakshmi Subramanian, Mundaya N. Jithesh. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development // Journal of Plant Growth Regulation. – 2009. – Vol. 28(4). – P. 386-399. – doi: 10.1007/s00344-009-9103-x.
30. Yuan R., Carbaugh D.H. Effects of NAA, AVG, and 1-MCP on Ethylene Biosynthesis, Preharvest Fruit Drop, Fruit Maturity, and Quality of 'Golden Supreme' and 'Golden Delicious' Apples // Horticulture Science. – 2007. – Vol. 42. – P. 101-105. – ISSN 0862-867x.

THE INFLUENCE OF PLANT GROWTH REGULATORS ON CATALASE ACTIVITY IN TEA LEAVES

Lagoshina A. G., ¹Belous O.G., ²Pchikhachev E. K. ¹

¹ *Adygei Branch
of the Federal Research Centre
the Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences,
v. Tsvetochnyy, the Republic of Adygea, Russia, e-mail: Gvenvivare@mail.ru*

² *Federal Research Centre
the Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences
Sochi, Russia, e-mail: oksana191962@mail.ru*

The studies were conducted to identify the possibility of using such a physiological parameter as "catalase activity" as a diagnostic criterion for assessing plants' functional state during stressful periods. It is noted that this indicator is quite adaptive and changes rapidly in response to changes in plants' metabolic reactions (the variation coefficient is in the range of 13–18 %). Treatments of experimental tea bushes with growth regulators stabilized functional processes, softening the effect of stress factors. It is shown that plants treated with sodium humate are more prepared for winter dormancy, as evidenced by higher catalase activity in November (149.02 ml O₂/g at 113.48–141.13 ml O₂/g in other variants). This variant also has a lower level of enzymatic activity during the period of coming out the winter dormancy, which indicates the optimal state of plants. In the variants with growth regulators, the enzymatic activity in tea leaves during the summer stress period is significantly lower than in the control (LSD 05 = 3.67).

Key words: tea, growth regulators, treatments, catalase activity.