

УДК 633.72:581.11

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

Лагошина А.Г.<sup>1</sup>, Белоус О.Г.<sup>2</sup>, Пчихачев Э.К.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Адыгейский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр Российской академии наук», п. Цветочный, e-mail: Gvenvivare@mail.ru*

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

**Аннотация.** В работе представлен анализ литературных источников по исследованию влияния регуляторов роста на физиологические процессы растений, лежащие в основе повышения адаптивности сельскохозяйственных культур и их продуктивности. Показано, что адаптационные процессы растений можно усилить использованием биологически активных веществ, представляющих собой физиологически активные соединения, способные в малых количествах вызывать изменения процессов роста и развития растений. Отмечено, что культура чая в республике Адыгея подвержена целому ряду стрессовых факторов, связанных с климатическими особенностями региона и эффективность применения регуляторов роста на растениях чая, является актуальным направлением экологических технологий возделывания чайных насаждений в регионе. Приведены данные первого года исследований по использованию регуляторов роста на плантации чая, показавших активацию механизма устойчивости растений чая при некорневых обработках регуляторами роста.

**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 1000 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, 16, 17, 20, 21, 22–24, 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 году 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 СНЦ 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 трехкратно: 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 проведен 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 году не отмечено низких температур в зимний период, которые могли бы привести к обмерзанию ветвей. Год характеризовался теплой малоснежной зимой, теплой весной с умеренным выпадением осадков, умеренно влажным жарким летом, теплой и сухой осенью. Отчетный 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 мгO<sub>2</sub>/г (рис. 1), и существенных различий по вариантам опыта в первый год проведения исследований нами не отмечено.

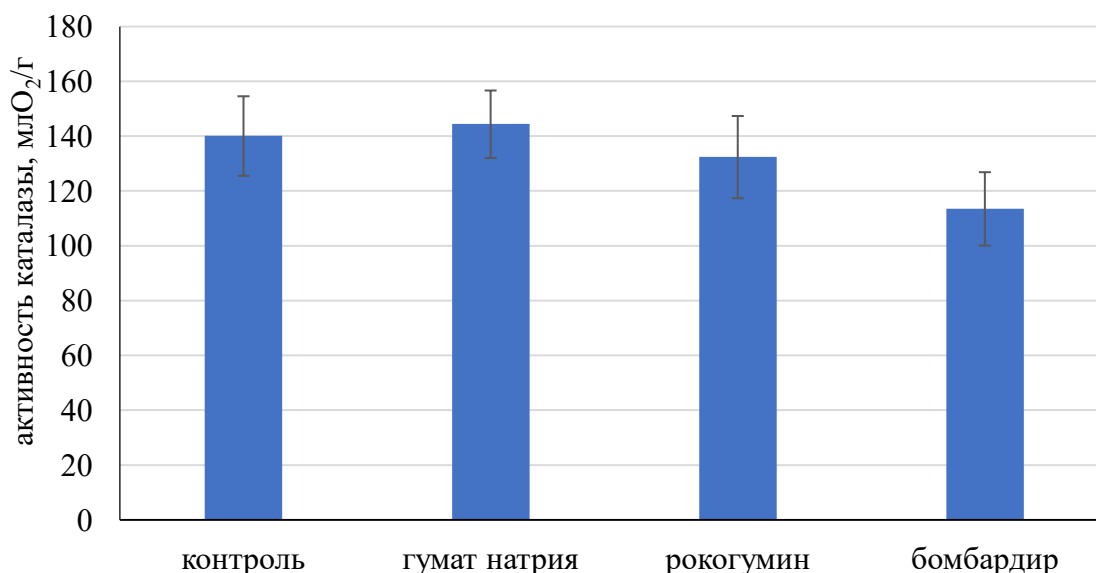


Рис. 1. Влияние регуляторов роста на ферментативную активность листьев чая, 2019 г

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 чем 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 ее резкого повышения 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).

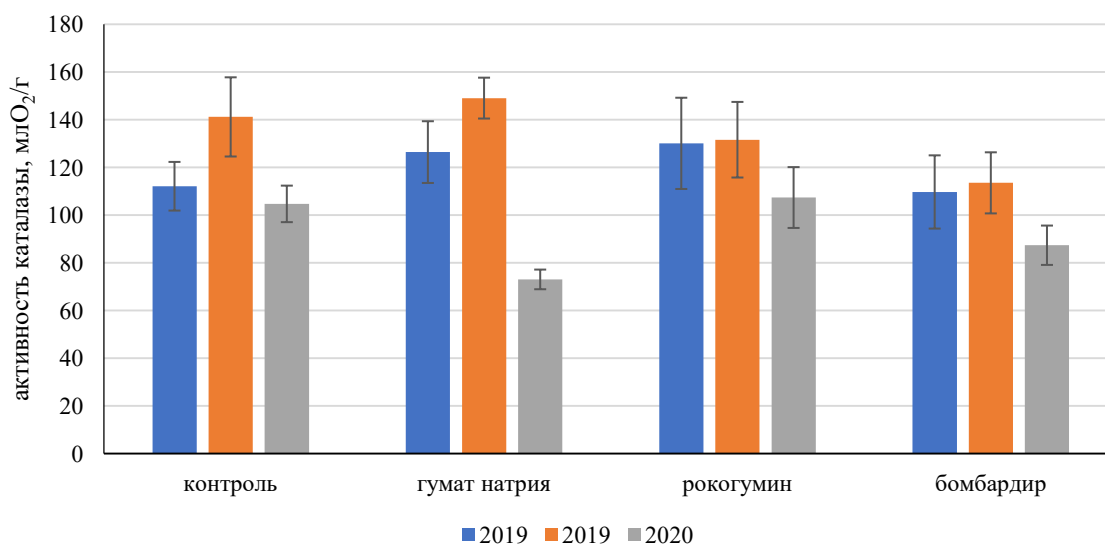


Рис. 2. Ферментативная активность листьев чая при обработках регуляторами роста, 2019–2020 гг.

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 ( $НСР_{05} = 3,67$ ). Наименьшая активность, а следовательно, и более оптимальное состояние растений отмечается на вариантах с гуматом натрия (128,0 млО<sub>2</sub>/г) и бомбардиром (123,4 млО<sub>2</sub>/г). Однако, и менее низкая величина активности фермента на варианте с рокогумином (131,43 млО<sub>2</sub>/г) является существенной по сравнению с контролем (140,41 млО<sub>2</sub>/г).

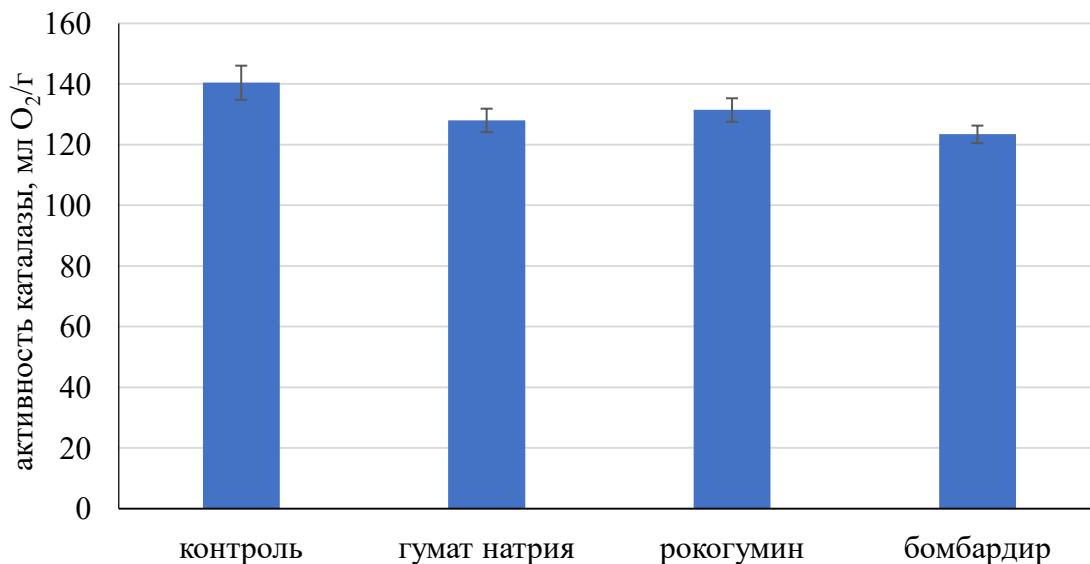


Рис. 3. Влияние регуляторов роста на ферментативную активность листьев чая, июль–октябрь 2020 г.

Проведенный статистический анализ помог оценить вариабельность данного показателя. Так, в первый год проведения исследований (2019 г.) коэффициент вариации на всех вариантах находились в пределах 13–18 %, подтверждая тот фак, 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 учетом особенностей субтропических культур и условий влажных субтропиков // Перспективы использования инновационных форм удобрений, средств защиты и регуляторов роста растений в агротехнологиях сельскохозяйственных культур: Материалы докладов участников 10-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](https://doi.org/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](https://doi.org/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. - 240с.
11. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Под ред. Е. Н. Седова. – Орел: изд-во 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.
13. Пчихачев Э.К., Корзун Б.В. Самый северный чай в мире // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2016. – № 57. – С. 24-30.
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](https://doi.org/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., Абиьлфазова Ю. С. Оценка эффективности применения новых регуляторов роста в субтропическом садоводстве // Проблемы экологии и агрохимии – №3. – С. 34 -38. - <http://dx.doi.org/10.26178/AE.2019.70.59.007>

17. Рынди́н 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.
18. Рынди́н А.В., Пчихачев Э.К. История, современное состояние и перспективы развития чаеводства в республике Адыгея // В сборнике: Современное состояние и перспективы развития садоводства и культуры чая в Республике Адыгея. материалы научно-практической конференции, посвященной 70-летию развития чаеводства и 40-летию образования научного учреждения по чаю в Республике Адыгея. Российская Академия сельскохозяйственных наук, Министерство образования и науки Республики Адыгея, 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](https://doi.org/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](https://doi.org/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](https://doi.org/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.
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](https://doi.org/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](https://doi.org/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.