

**ДИНАМИКА АКТИВНОСТИ
ФЕРМЕНТА ПЕРОКСИДАЗА КАК ЭЛЕМЕНТА
АНТИОКСИДАНТНОЙ ЗАЩИТЫ ЧАЯ
CAMELLIA SINENSIS (L.) KUNTZE**

Платонова Н. Б., Белоус О. Г.

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства и субтропических культур»,
г. Сочи, Россия, e-mail: oksana191962@mail.ru*

Исследованиями прослежена динамика активности фермента гваяколпероксидазы в свежей 3-листной флешы по сортам и её зависимость от гидротермических факторов. Активность окислительного фермента гваяколпероксидазы определяли спектрофотометрическим методом. В период активной вегетации определена достаточно высокая активность гваяколпероксидазы в молодых побегах (флешах) чайного растения. Полученные данные показали, что сорт 'Сочи' наиболее устойчив к неблагоприятным абиотическим факторам.

Ключевые слова: чай, флешь, спектрофотометрия, гваяколпероксидаза, адаптация, устойчивость, антиоксиданты.

Актуальной задачей современной биологии является изучение индукции защитных механизмов растений, направленных на снижение повреждающего действия активных форм кислорода (АФК), которые образуются при неблагоприятных условиях выращивания. Избыток АФК образующихся под влиянием абиотических стрессоров вызывает в растительных тканях ряд окислительных повреждений [7]. В ответ на стресс, одним из первых, активируется фермент гваяколпероксидаза (ГПО), способный реагировать на большинство нарушений клеточного гомеостаза [1, 10]. ГПО локализуется преимущественно в вакуолях и клеточных стенках, проявляет активность, используя в качестве акцептора электронов пероксид водорода, катализирует двухэлектронное восстановление H_2O [4, 9]. Так как высокая ферментативная активность у растений напрямую коррелирует с устойчивостью, несомненный интерес для биологов представляют исследования в изменении энзиматического механизма антиоксидантной защиты у чайного растения (*Camellia sinensis*) в стрессовых условиях произрастания [2, 3, 5, 8]. Исходя из вышесказанного, нами были поставлены **следующие цели:** определить физиологическое состояние молодых побегов (флешей) чайного растения в период активной вегетации при влиянии высоких положительных температур и засухи по активности фермента ГПО и выявить

наиболее устойчивый сорт/форму чайного растения к неблагоприятным абиотическим факторам.

Объекты и методы исследований. Объекты исследований – молодые 3-листные побеги (флеши) чайного растения сортов ‘Колхида’ (контроль), ‘Сочи’, радиамутант № 3823, радиамутант № 582, химимутант № 855, колхимутант № 2264, выращиваемых на опытном коллекционно-маточном участке, заложенном в 1984–1985 гг. в пос. Уч-Дере (Сочи, Лазаревский р-н).

Лабораторные исследования проводили в лаборатории физиологии и биохимии растений Всероссийского научно-исследовательского института цветоводства и субтропических культур. Активность окислительного фермента гваяколпероксидазы определяли спектрофотометрическим методом по изменению оптической плотности реакционной смеси при длине волны 470 нм в течение 3 минут в присутствии перекиси водорода [6].

Статистическая обработка результатов исследований проведена с применением пакета статистических программ STATGRAPHICS Centurion XV.

Результаты и обсуждение. Чай, или камелия китайская (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze), влаголюбивое растение тропических и субтропических горных лесов Юго-Восточной Азии (Индокитай). В настоящее время чай выращивают в субтропической зоне Черноморского побережья России, где большая часть осадков выпадает осенью, зимой и весной, тогда как и летом отмечаются длительные засухи.

По температурному фактору 2017 г. отличался по климатическим условиям и характеризовался засушливым периодом во время активной вегетации: если в мае норма осадков была перекрыта – 187 мм (норма 110 мм), в июне выпало 82 %, а в июле – 53 % от среднемноголетней нормы, то уже в августе только 26 % (табл. 1).

Таблица 1

**Гидротермические условия
в период активной вегетации 2017–2018 гг.**

Месяц	Температура, °C			Осадки, мм		
	среднемесячная		средне-многолетняя норма	среднемесячная		средне-многолетняя норма
	2017 г.	2018 г.		2017 г.	2018 г.	
Май	15,7	19,6	16,0	187	40	110
Июнь	20,3	23,3	20,2	85	36	104
Июль	24,3	24,6	23,2	68	199	128
Август	25,9	25	23,6	32	26	121

Гидротермические условия 2018 г. также отличались от средней нормы многолетних показателей. Поздней весной и летом дожди выпадали редко, и как следствие этого наблюдались продолжительные засухи (за исключением июля, когда выпало 199 мм осадков. Эта сумма составляет 155 % от нормы).

Образование продуктивных побегов (флешей) начинается обычно в начале мая. Погодные условия в этот период благоприятные, что способствует интенсивному росту побегов и максимальному сбору чайного листа. С наступлением летней засухи чайное растение испытывает стресс и как следствие активацию антиоксидантного фермента гваяколпероксидазы.

Полученные данные двухлетних исследований показали достаточно высокую активность ГПО в свежесобранной флешей чая у всех сортов и форм в неблагоприятный период (рис. 1).

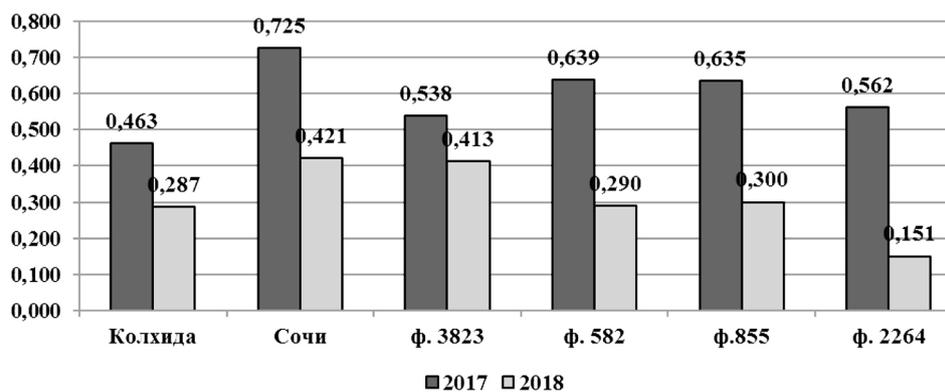


Рис. 1. Активность фермента гваяколпероксидазы, среднее за 2017–2018 гг.

Нами отмечено, что высокая активность фермента в 2017 г. наблюдалась не у всех сортов. Наиболее высокими значениями отличается сорт 'Сочи' (0,421 мл/г) и форма № 3823 (0,413 мл/г). Наименьшую активность показала форма № 2264 (0,151 мл/г).

В 2018 г. наивысший показатель, в 1,5 раза превышающий контрольный сорт 'Колхида', как и в 2017 г., отмечен у сорта 'Сочи'. Остальные сорта и формы также незначительно, но превосходят контроль.

Нами выявлено, что в течение двух лет сохраняется закономерность в активности ГПО у изучаемых растений (рис. 2). Так, активность ГПО в продолжение сезона имеет вид двухвершинной кривой с максимальными пиками в мае и июле. В июне отмечается резкое падение синтеза фермента, что совпадает с наступлением летней фазы затухания ростовых процессов.

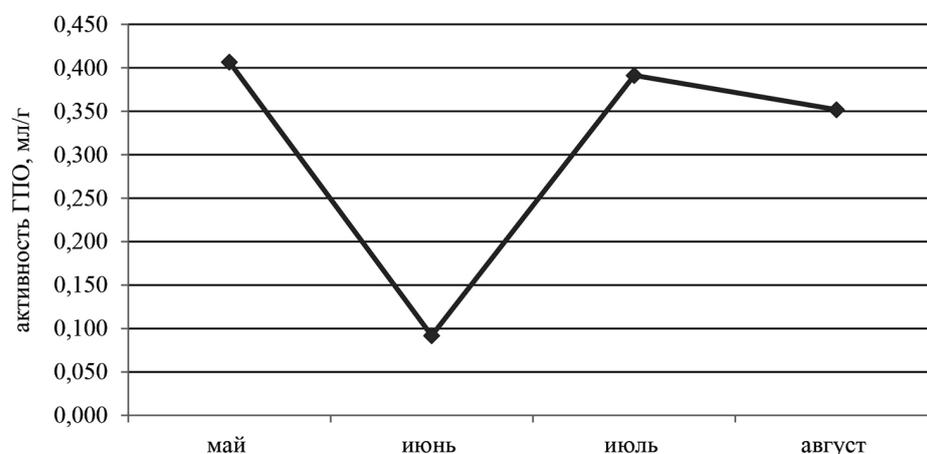


Рис. 2. Динамика активности гваяколпероксидазы на примере сорта 'Колхида' (контроль), среднее за 2017–2018 гг.

Далее следует плавное падение активности фермента в августе, несмотря на продолжающиеся засухи. Известно, что неспецифической реакцией на стресс при высоких положительных температурах является участие гваяколпероксидазы в биосинтезе лигнина, входящего в состав клеточной стенки. Можно предположить, что её уплотнение, вследствие активности ГПО помогает растению удерживать больше воды, что повышает его жизнеспособность в условиях засухи и высокой температуры.

Таким образом, нами отмечена следующая закономерность в динамике активности ГПО, в продолжение сезона она имеет вид двухвершинной кривой с максимальными пиками в мае и июле. Следовательно, в ответ на абиотический стресс-фактор чайное растение адекватно реагирует повышением активности фермента гваяколпероксидазы. В проявлении активности фермента прослеживается сортовая специфика, при этом, изучаемые растения показали высокую активность ГПО, что говорит о их хорошей адаптации к изменяющимся погодным условиям. Наибольшая активность гваяколпероксидазы проявляет сорт 'Сочи', что может говорить о его большей устойчивости к засухе и водному дефициту.

Библиографический список

1. Андреева В.А. Фермент пероксидаза. – М.: Наука, 1988. – 128 с.
2. Белоус О.Г. Биологические особенности культуры чая в условиях влажных субтропиков России: дис. ... д-ра биол. наук. – Краснодар, 2009. – 314 с.

3. Белоус О.Г. Ферментативная активность листьев чая во влажных субтропиках России // Субтропическое и южное садоводство России: мат. и докл. регионал. науч.-практ. семинара «Научные основы возделывания чая в субтропическое зоне Краснодарского края», Сочи, 16-17 июня 2010 г. – Сочи: ВНИИЦиСК, 2010. – Вып. 43. – Т. 1. – С. 70-75. – ISBN 978-5-904533-07-6
4. Брюханов А. Л., Нетрусов А. И. Системы защиты от активных форм кислорода в клетках строго анаэробных микроорганизмов: функционирование, регуляция, экологическая роль // Свободные радикалы и антиоксиданты в химии, биологии и медицине: материалы междунар. науч.-практич. конф, Новосибирск, 1-4 октября 2013 г. – Новосибирск: НГПУ, 2013. – Ч. 1. – С. 33-35. – ISBN 978-5-00023-142-5.
5. Джемухадзе К.М. Физиология чая // Физиология сельскохозяйственных растений. – М.: МГУ ТЕХ, 1970. – С. 450-616.
6. Ермаков А.И., Арасенович В.В. Методы биохимического исследования растений. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 430 с.
7. Колупаев, Ю. Е. Активные формы кислорода в растениях при действии стрессоров: образование и возможные функции // Вестник Харьковского национального аграрного университета. Сер. Биология. – 2007. – Вып. 3(12). – С. 6-26. – ISSN: 2075-5457.
8. Маляровская В.И., Белоус О.Г. Изменение ферментативной активности *Hydrangea macrophylla* (Thunb.) Ser. в зависимости от гидротермических условий влажных субтропиков России // Субтропическое и декоративное садоводство – 2018. – Вып. 65. – С. 160-166. – doi: 10.31360/2225-3068-2018-65.
9. Шарова Е.И. Антиоксиданты растений: учеб. пособие. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2016. – 140 с.
10. Muhammad Anjum Zia, Mamoona Kousar, Ishtiaq Ahmed, Hafiz Muhammad Nasir Iqbal, Rao Zahid Abbas. Comparative study of peroxidase purification from apple and orange seeds // African Journal of Biotechnology. – 2011. – Vol. 10(33). – P. 6300-6303. – doi: 10.5897/AJB10.2675.

**DYNAMICS OF PEROXIDASE ENZYMATIC ACTIVITY
AS AN ELEMENT OF ANTIOXIDANT DEFENSE IN TEA PLANT
CAMELLIA SINENSIS (L.) KUNTZE**

Platonova N. B., Belous O. G.

*Federal State Budgetary Scientific Institution
“Russian Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops”,
c. Sochi, Russia, e-mail: oksana191962@mail.ru*

The paper studied the dynamics of guaiacol peroxidase enzymatic activity in fresh three-leaves flush among cultivars and its dependence on hydrothermal factors. The oxidative enzymatic activity of guaiacol peroxidase was determined by spectrophotometric method. In the period of active vegetation, sufficiently high activity of guaiacol peroxidase was found in young shoots (flushes) of tea plant. The data obtained showed that cultivar ‘Sochi’ is the most resistant to adverse abiotic factors.

Key words: tea plant, flush, spectrophotometry, guaiacol peroxidase, adaptation, resistance, antioxidants.