

УДК 634.1:631.563:581.145

ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ В ТКАНЯХ РАСТЕНИЙ В СОСТОЯНИИ ПОКОЯ И ЕЁ СВЯЗЬ С ПРОДУКТИВНОСТЬЮ И ХРАНЕНИЕМ ЗАПАСАЮЩИХ ОРГАНОВ В ОХЛАЖДЁННОМ СОСТОЯНИИ

©2013 С.В. Мурашев¹, Э.Г. Гончарова², А.Л. Бобко¹

¹Институт холода и биотехнологий СПб НИУ ИТМО, г. Санкт-Петербург

²ВНИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова РАСХН, г. Санкт-Петербург

Поступила 31.05.2013

В данной статье исследуется влияние активности каталазы, пероксидазы и полифенолоксидазы в ткани растений в зимне-весенний период на свойства плодов, сформировавшихся на этих растениях в последующий вегетационный период.

Ключевые слова: морозо- и холодоустойчивость растений, плодовые растения, активность ферментов.

Воздействию низких положительных и отрицательных температур, вызывающих стрессовое состояние, подвергаются дикие и культурные растения, распространенные в погодно-климатических условиях с соответствующим зимним периодом. Существует как природно-экологический, так и сельскохозяйственный аспекты этой важной проблемы. В первом случае от способности растений адаптироваться к гипотермии зависит ареал их распространения и обеспечение земной атмосферы кислородом. В связи с этим весьма актуальны усилия направленные на понимание сущности явления низкотемпературного стресса и адаптации растений, в ходе которой повышаются их холодо- и морозостойкость [1].

В состоянии стресса в растениях увеличивается содержание активных форм кислорода (АФК). При инфицировании АФК являются средством борьбы с микроорганизмами, оно сопровождается некротизацией растительной ткани. С понижением температуры развитие микроорганизмов замедляется и в состоянии низкотемпературного стресса на первый план выступает повреждающее действие АФК на растительную ткань, которое при замерзании усиливает отрицательные последствия обезвоживания клеток и образования льда в межклетниках.

В природных условиях, как правило, наблюдается медленное замораживание, с образованием льда в межклетниках растений. Оно вызывает обезвоживание протопласта и механическое повреждение клеток. Обезвоживание вызывает увеличение концентрации электролитов в протопласте, приводит к денатурации белков, нарушению функций мембран и клеточных органелл. Одновременно усиливается окисление сульфгидрильных групп в белках, изменяющее их функциональные свойства. Таким образом, обезвоживание клеток является причиной, вызывающей изменения в структуре и

свойствах жизненно важных соединений и внутриклеточных образований [1-4].

Потеря воды молекулами белков, происходящая при обезвоживании, стимулирует их сближение, агрегацию, потерю биохимических свойств и выпадение в осадок. Гидрофильные группы, в том числе и сульфгидрильные, удерживающие воду и препятствующие сближению молекул белков, усиливают морозоустойчивость клеток растений. Поэтому существует положительная связь между содержанием сульфгидрильных групп и морозоустойчивостью растений [1]. Происходящая в клетках при низкотемпературном стрессе активизация окислительных процессов представляет серьезную угрозу выживанию растений.

Защиту растений от избыточного образования АФК осуществляют антиоксиданты и ферментные системы. Преимущественное значение в контроле за содержанием АФК принадлежит антиоксидантным ферментам. Реакция растений на охлаждение выражается в снижении активности каталазы. У теплолюбивых растений установлено более значительное снижение активности каталазы, что указывает на ее важную роль в системе защиты растений от действия пониженных температур. Это предполагает возможность ее использования в скрининге на холодоустойчивость растений. В тех случаях, когда растения с низкой активностью каталазы не обнаруживали повышенной чувствительности к охлаждению, по-видимому, ее функциональное действие компенсируется активизацией альтернативных механизмов, например, повышенной активностью пероксидаз. Кроме того, существенный вклад аскорбатпероксидазы вносит в репарацию холодового повреждения в тканях теплолюбивых растений после длительного охлаждения [4].

В зимне-весенний период растения, лучше защищенные от АФК, получают меньше повреждений от воздействия отрицательных температур и в них интенсивнее протекают репарационные процессы по завершении этого трудного периода. Можно ожидать, что антиоксидантная система, сокращая повреждение ткани растений от неблагоприятных условий зимне-весеннего периода, обеспечит

Мурашев Сергей Викторович, д.т.н., профессор, e-mail: s.murashev@mail.ru; Гончарова Эльза Андреевна, д.б.н., проф., главный научный сотрудник, e-mail: e.goncharova@vir.nw.ru; Бобко Александр Леонидович, аспирант, e-mail: amoh1987@mail.ru

печивает им в последующем вегетационном периоде повышение продуктивности и формирование урожая с усиленными постоянно действующими защитными механизмами, способствующими минимизации потерь при хранении в охлажденном состоянии запасующих органов растений. Следует отметить что рост и формирование запасующих органов, в данном случае плодов, в физиологическом аспекте, в том числе и их водосберегающая способность экспериментально показаны в ряде публикаций [5].

Нами исследовалось изменение активности антиоксидантных ферментов каталазы и пероксидазы в многолетних растениях (яблоня) в зимне-весенний период, и влияние их активности на формирование урожая в условиях последующего вегетационного периода, что связано с качеством плодов и способностью к хранению в охлажденном состоянии. В аналогичных условиях, кроме указанного выше, в наших экспериментах была исследована также полифенолоксидаза. Если антиоксидантные ферменты препятствуют развитию старения, то относительно этого фермента известна способность активизироваться при старении растительных тканей. Поэтому представляет интерес сопоставление активностей ферментов препятствующих развитию окислительных процессов и старению и, напротив, активизирующихся при старении ткани растений на свойства сформировавшихся на этих растениях плодов.

Проводимые исследования открывают возможность раннего прогнозирования способности плодовой продукции к холодильному хранению с минимальными потерями по активности компонентов антиоксидантной защиты в ткани растений в зимне-весенний период, предшествующий вегетации. В связи с этим, цель данной работы состоит в исследовании возможности такого прогнозирования потерь плодов при хранении.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводились на растениях яблони (сорт Белый налив) и получаемых на них плодах. Для определения активности каталазы, пероксидазы и полифенолоксидазы с растений срезали типичные по внешнему виду побеги в состоянии глубокого покоя в декабре, далее в марте и мае по мере перехода растений к вегетации. Активность каталазы, пероксидазы и полифенолоксидазы определяли по методикам [6, 7].

Плоды для определения их свойств получали в вегетативном периоде, следующем за зимне-весенним периодом, в течение которого исследовалась активность ферментов в растениях. Потери естественной убыли массы плодов во время холодильного хранения, связанные с жизнедеятельностью, определяли весовым методом.

Хранение плодов осуществляли при температуре в диапазоне $+1...+3$ °С и относительной влажно-

сти воздуха 90...95 %. Все исследования проводили в 3-х кратной повторности.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На основании проведенных исследований построены графические зависимости естественной убыли массы яблок сорта Белый налив при холодильном хранении от активности каталазы и полифенолоксидазы в ткани растений, определяемой на протяжении зимне-весеннего периода, предшествующего формированию плодов (рис. 1, 2). Для пероксидазы получены результаты аналогичные каталазе.

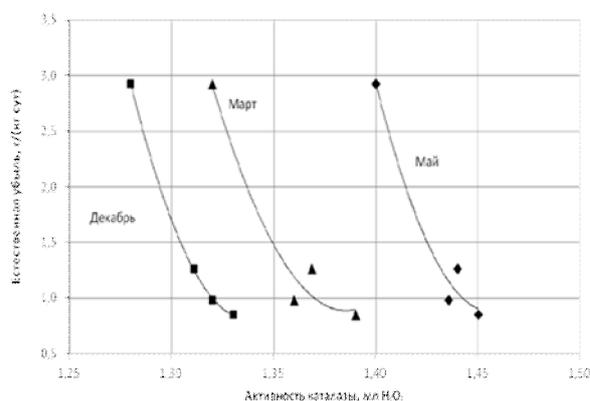


Рис. 1. Зависимость естественной убыли массы яблок с. Белый налив при холодильном хранении от активности каталазы в растениях: 1 – декабрь; 2 – март; 3 – май

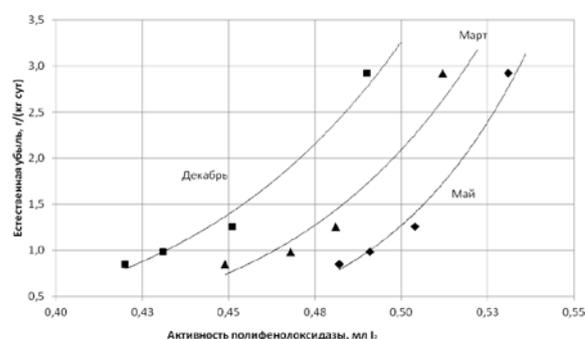


Рис. 2. Зависимость естественной убыли массы яблок с. Белый налив при холодильном хранении от активности полифенолоксидазы в растениях: 1 – декабрь; 2 – март; 3 – май

Из полученных результатов следует, что каталаза и пероксидаза с одной стороны, и полифенолоксидаза с другой оказывают противоположное действие на формирование и биохимические свойства плодов. С повышением активности каталазы и пероксидазы в ткани растений в зимне-весенний период величина убыли массы плодов при холодильном хранении уменьшается. И напротив повышение активности полифенолоксидазы приводит к увеличению физиологических потерь массы плодов во время хранения.

По мере выхода растений из состояния покоя и переходе к вегетации (декабрь → март → май) ак-

тивность каталазы, пероксидазы и полифенолоксидазы в растениях увеличивается, но при этом остается неизменным отмеченный выше характер влияния активности каждого из ферментов на потери естественной убыли массы плодов при хранении в охлажденном состоянии.

Положительное влияние каталазы и пероксидазы в растениях на сокращение потерь массы плодов может быть связано как с предотвращением повреждения растений во время воздействия на них отрицательных температур, так и участием этих ферментов в репарационных процессах устраняющих последствия низкотемпературного стресса.

Плоды, формирующиеся на растениях с высокой активностью полифенолоксидазы в зимне-весенний период, характеризуются более высокими потерями массы. Высокая активность полифенолоксидазы в растениях и большие потери массы сформировавшихся на этих растениях плодов могут иметь одну общую причину – старение тканей растений. Одновременно на этих же растениях наблюдается низкая активность каталазы и полифенолоксидазы, что также может быть обусловлено старением растительных тканей, в которых снижается активность антиоксидантных ферментов.

По сравнению с цитохромоксидазой полифенолоксидаза имеет более низкое сродство к кислороду и соответственно она активизируется при более высоком парциальном давлении кислорода. Приток кислорода может усиливаться при повреждении или поранении тканей и в этом случае полифенолоксидаза выполняет защитную функцию. Приток кислорода может возрастать также при старении растений, когда ткань становится более проницаемой и рыхлой. Могут существовать и другие причины притока кислорода, например, пониженная концентрация растворенных в водной среде веществ. При низкой концентрации растворенных веществ криоскопическая температура смещается в

сторону положительных температур, что ведет к увеличению повреждений ткани растений при действии на них отрицательных температур. Это указывает на общность причин оказывающих повреждающее действие на растения при низкотемпературном стрессе.

Благодаря однотипному характеру зависимостей убыли массы плодов при хранении от активности ферментов в растениях возникает возможность определять способность плодовой продукции к холодильному хранению задолго до сбора урожая. Для этого необходимо сопоставить активности ферментов с разных растений, определенных зимой-весной. Для растений, в которых активность каталазы и пероксидазы больше, а активность полифенолоксидазы меньше, следует ожидать более низкую убыль биомассы, полученных плодов во время хранения. Следовательно, исходя из сопоставления активности ферментов в побегах растений, определяемых в зимне-весенний период, возможен долгосрочный прогноз качественного сохранения плодов в охлажденном состоянии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трунова Т.И. Растение и низкотемпературный стресс, (Тимирязевские чтения LXIV). М.: Наука, 2007. 54 с.
2. Туманов И.И. Физиология закаливания и зимостойкости растений. М.: Наука, 1979. 350 с.
3. Кузнецов В.В., Дмитриева Г.А.. Физиология растений. М.: Высш. шк., 2005. 736 с.
4. Кошкин Е.И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур. М.: Дрофа, 2010. 638 с.
5. Гончарова Э.А. Водный статус культурных растений и его диагностика. СПб.: ВИР РАСХН, 2005. 112 с.
6. Физиологические и биохимические методы анализа растений: Практикум / Калининград. ун-т; Сост. Г.Н. Чулихина. Калининград, 2000. 59 с.
7. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Смирнова-Иконникова М.И. и др. Методы биохимического исследования растений. Л.: Агропромиздат, 1987. 456 с.

ENZYME ACTIVITY IN PLANT TISSUES DURING DORMANCY AND ITS CORRELATION WITH PRODUCTIVITY AND RESERVING BODIES REFRIGERATED STORAGE

©2013 S.V. Murashev¹, E.G. Goncharova², A.L. Bobko¹

¹Institute of refrigeration and biotechnologies ITMO, St. Petersburg

²All-Russian Sci.-Research Institute of Plant Growing of RAAS, St. Petersburg

This paper examines the influence of catalase, peroxidase and polyphenol oxidase activity in the plant tissue during winter and spring on the properties of fruits formed by these plants within the subsequent growing season.

Keywords: frost and cold resistance of plants, fruit plants, enzyme activity.

Sergey Murashev, Doctor of Engineering, Professor, e-mail: s.murashev@mail.ru; Elza Goncharova, Doctor of Biology, Professor, chief researcher, e-mail: e.goncharova@vir.nw.ru; Alexander Bobko, postgraduate student, e-mail: amoh1987@mail.ru