

УДК 581.192.7:633.912.11

ВЫДЕЛЕНИЕ ЭТИЛЕНА И АКТИВНОСТЬ БЕЛКОВОГО ИНГИБИТОРА ПОЛИГАЛАКТУРОНАЗЫ В ПЛОДАХ ЯБЛОНИ И БАНАНА ПРИ ДЕЙСТВИИ СТИМУЛЯТОРОВ И ИНГИБИТОРОВ БИОСИНТЕЗА ЭТИЛЕНА

© 2011 г. Е. А. Буланцева, М. А. Проценко, А. С. Торопкина, Н. П. Кораблёва

Институт биохимии им. А.Н. Баха РАН, Москва, 119071

e-mail: protsenko@inbi.ras.ru

Поступила в редакцию 9.07.2010 г.

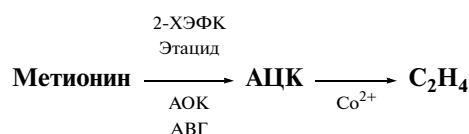
Обработка плодов яблони и банана препаратами 2-хлорэтилфосфоновая кислота и этацид индуцировала выделение этилена, вызывая ускорение созревания, а также накопление 1-аминоциклопропан-1-карбоновой кислоты в плодах яблони. Ингибиторы аминоксиуксусная кислота, аминоэтоксивинилглицин и CoCl_2 проявляли действие на разных этапах биосинтеза этилена, задерживая физиологический процесс старения, что приводило к увеличению продолжительности хранения. Обработка атаксантин и бутилоксианизол увеличивала время до появления пика выделения этилена плодами. Содержание белкового ингибитора полигалактуроназы (БИПГ) коррелировало с интенсивностью выделения этилена. Поражаемость плодов фитопатогенными микроорганизмами снижалась в результате ингибирования активности полигалактуроназы патогенов. Динамика активности БИПГ в плодах свидетельствует о его важной роли в комплексе процессов созревания.

В высших растениях функционирует гормональная система, координирующая их рост и развитие. Фитогормон этилен участвует во многих физиологических процессах, включая созревание, старение и устойчивость к заболеваниям сочных запасующих органов [1]. Регуляция биосинтеза этилена в сочных плодах может повлиять на темпы созревания плодов и длительность их послеуборочного хранения.

В тканях незрелых плодов функционирует так называемая “система 1 биосинтеза этилена”, обеспечивающая образование незначительного количества эндогенного этилена. По мере созревания концентрация этилена постепенно повышается и достигает некоторого порогового уровня, вслед за чем начинается массивный его синтез. Это явление связывают с активированием “системы 2 биосинтеза этилена” – метионинового цикла [2]. В метиониновом цикле образуется предшественник этилена – 1-аминоциклопропан-1-карбоновая кислота (АЦК). Накопление АЦК в плодах может быть вызвано также экзогенным внесением этилена. Изменить интенсивность образования этилена можно с помощью метаболических ингибиторов или физиологически активных соединений (ФАС) различной химической природы – продуцентов этилена, антиоксидантов и др. К метаболическим ингибиторам относятся: аминоксиуксусная кислота (АОК) – специфические ингибиторы синтазы АЦК, и хлористый кобальт (CoCl_2) – ингибирующий биосинтез этилена на эта-

пе превращения АЦК в этилен. Одним из продуцентов этилена является 2-хлорэтилфосфоновая кислота (2-ХЭФК), который можно использовать как самостоятельно, так и в составе комплексных препаратов. К числу препаратов нового поколения относится этацид, содержащий 2-ХЭФК и антибиотический компонент метацид. При разложении 2-ХЭФК выделяется этилен, который служит триггером запуска системы 2 биосинтеза этилена, вызывая ускорение созревания плодов.

Ниже приведена схема биосинтеза этилена в плодах с обозначением этапов, на которые действуют ингибиторы биосинтеза этилена и ФАС.



Обнаружена способность некоторых антиоксидантов ингибировать синтез этилена и влиять на длительность хранения плодов [3]. Свойства, характерные для таких антиоксидантов, проявляют атаксантин и бутилоксианизол (БОА). Атаксантин относится к семейству каротиноидов. По структуре молекулы он похож на другой каротиноид – бетакаротин, отличаясь наличием двух дополнительных атомов кислорода на каждом из колец. Эти дополнительные функциональные группы увеличивают антиоксидантные свойства атаксантина и придают ему иммуностимулирующие и антибактериальные

свойства. Действие препарата астаксантин основано на подавлении скорости инициации и образования перекисных радикалов [3, 4]. Представляет интерес изучение действия астаксантина и БОА на образование этилена в плодах.

Размягчение тканей при созревании сочных плодов связывают с активностью полигалактуроназы (ПГ – поли-[1,4- α -D-галактуронид]гликаногидролазы; КФ 3.2.1.15), повышение которой отмечено в зрелых сочных плодах многих растений [5]. ПГ, секретируемая патогенными организмами, служит одним из основных факторов, способствующих разрушению клеточных стенок и внедрению микроорганизмов в ткани растения [6]. Белковый ингибитор полигалактуроназы (БИПГ) снижает активность ПГ и может играть важную роль как при формировании качества плодов, так и в процессах, связанных с их устойчивостью к поражению микроорганизмами [7, 8]. Исследование биосинтеза этилена одновременно с определением активности БИПГ под влиянием обработок ФАС позволяет получить новые данные о молекулярных механизмах созревания и иммунитета растений, а также предложить биотехнологические приемы оптимизации этих функций.

Цель работы – изучение действия метаболических ингибиторов биосинтеза этилена, продуцентов этилена и антиоксидантов на выделение этилена, активность БИПГ, темпы созревания и степень устойчивости плодов яблони и банана к поражению фитопатогенными микроорганизмами.

МЕТОДИКА

Для экспериментов использовали плоды яблони (*Malus domestica* Borkh.) сортов Мантуанское и Антоновка, кожуру и мякоть плодов банана (*Musa acuminata* Colla) сортов Кавендиш и Королевский. Для проведения работы отбирали здоровые плоды, одинаковые по размеру, без механических повреждений, равномерно окрашенные. Степень зрелости плодов яблони обозначали как фазы созревания (I, II, III), которые характеризовали по интенсивности выделения этилена, а степень зрелости бананов определяли в зависимости от окраски: А – светло-зеленые, Б – светло-желтые и В – ярко-желтые.

Для тестирования устойчивости растений использовали плоды яблони, которые заражали фитопатогенными грибами, выделенными из пораженных растений. Интенсивность поражения тканей плодов при искусственном заражении оценивали измеряя радиус пятна поражения [9].

В процессе хранения определяли содержание этилена в плодах яблони и банана для оценки их физиологического состояния и соотносили с результатами анализа активности БИПГ. Этилен в пробах определяли методом ГЖХ. Для этого плоды на 1 сут

помещали в эксикаторы с газоотводной трубкой для отбора пробы газа. Для более детального исследования механизма действия регуляторов роста использовали экспериментальную модель – тонкий срез ткани плода толщиной 0.2–0.3 см и диаметром 1 см, общим весом около 1 г. 20 дисков инкубировали в 0.1 М фосфатном буфере (рН 4.5) в сосудиках емкостью 20 мл с газоотводной трубкой. Модель реагировала на внесение препаратов изменением содержания этилена. 1 мл пробы газа вводили в газовый хроматограф GC 2010 с масс-спектрометрическим детектором GCMS QP 2010, (“Shimadzu”, Япония). Колонка капиллярная MDN-1 (связанный неполярный метилсиликон) длиной 30 м, диаметром 0.32 мм. Газ-носитель – гелий. Режим деления потока 1 : 25, проток по колонке 1.8 мл/мин. Температуры: колонки – изотермический режим 40°C, инжектора 120°C, детектора 200°C. Этилен определяли по времени выхода – 1.2 мин [10].

Препараты, содержащие ПГ, получали путем осаждения сульфатом аммония 90%-ного насыщения из культурального фильтрата после выращивания грибов в течение 7 сут на качалке в жидкой среде с пектином [11]. Активность ПГ определяли “чашечным” методом [12]. Для этого делали лунки в слое геля, содержащего 1% агарозы, 0.05% деметоксилированного яблочного пектина, 0.5% оксалата аммония, 0.01 М ЭДТА в 0.1 М ацетатном буфере, рН 5.2. В лунки вносили препараты БИПГ и ПГ. После инкубирования в течение 1 сут при 34°C гель обрабатывали 1%-ным раствором цетавлона (цетилтриметиламмоний бромистый). Активность ПГ проявлялась вокруг лунок в виде прозрачных ореолов на молочно-белом фоне. Ее оценивали по радиусу (R) прозрачной зоны вокруг лунки.

Для получения препаратов БИПГ гомогенат ткани растения промывали 20 мМ ацетатным буфером, рН 5.2, содержащим 2 мМ меркаптоэтанол (“Sigma”, США) и 0.2% Na₂S₂O₅ [13] и экстрагировали таким же буфером с добавлением 1 М NaCl. Из экстракта материал осаждали при 90%-ном насыщении (NH₄)₂SO₄. Осадок растворяли в минимальном количестве ацетатного буфера и диализовали против дистиллированной воды в течение 1 сут.

Ингибирующее действие препаратов БИПГ определяли по снижению активности ПГ тест-объекта – *Verticillium dahliae* Kleb. Интенсивность действия БИПГ выражали в условных единицах, рассчитанных как процент уменьшения под действием БИПГ радиуса обесцвеченной зоны, отнесенный к массе сырой ткани, из которой получен препарат. Данные, характеризующие активность БИПГ, отражают его содержание в исследуемых тканях.

Плоды обрабатывали растворами этиленпродуцентов (500 мг/л) или ингибиторов биосинтеза

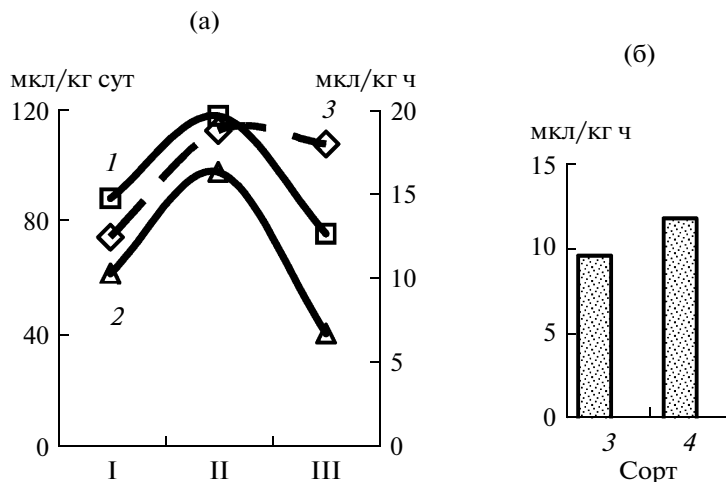


Рис. 1. Выделение этилена плодами яблони (а, мкл/кг-сут) и банана (б, мкл/кг ч) разных сортов при трех стадиях созревания (I, II, III). Яблоко: 1 – Мантуанское, 2 – Антоновка; банан: 3 – Кавендиш; 4 – Королевский.

этилена ($\text{CoCl}_2 - 10^{-3} \text{ M}$, АВГ – $5 \times 10^{-4} \text{ M}$, АОК – 10^{-3} M).

Астаксантин использовали в виде комплекса, содержащего циклодекстрин и 8% астаксантина, что позволяло растворить препарат в воде при 40°C . Для обработки плодов бутилоксианизолом применяли 0.01%-ный раствор в воде с 96%-ным этанолом (в соотношении 10 : 1), контролем служил раствор спирта в воде. В остальных случаях контролем служили плоды, обработанные водой. После обработки все плоды обсушивали на воздухе.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При созревании плодов яблони и банана в процессе хранения выявлено увеличение интенсивности биосинтеза этилена до максимума при достижении плодами физиологической зрелости, и постепенное его снижение при дальнейшем старении плодов (рис. 1а). Плоды банана несколько различались по интенсивности выделения этилена в зависимости от сорта (рис. 1б). При этом выделение этилена плодами банана было существенно ниже. Кривые выделения этилена целыми плодами и дисками имели куполообразную форму.

Отмечено увеличение содержания АЦК по мере созревания плодов (рис. 2). Сопоставление данных о влиянии препаратов, выделяющих этилен, на изменение содержания АЦК с данными об их влиянии на выделение этилена показало, что оба процесса активировались после лаг-периода, составляющего около 3 ч.

Содержание БИПГ изменялось по-разному в плодах яблони разных сортов в процессе роста на дереве и затем после съема, однако выявлены некото-

рые общие закономерности (рис. 3). Отмечены два основных пика увеличения содержания БИПГ. Один, меньший, проявлялся ко времени окончания роста плодов, но до наступления технической зрелости. Второй, значительно больший, обнаружен в период дозревания после съема плодов. Эти пики выявлялись как у поздних сортов, так и у ранних, изменялись только сроки их появления.

В плодах банана отмечена высокая активность ПГ в мякоти плодов. В кожуре она не выявлялась, хотя обнаружено существенное содержание БИПГ (рис. 4).

Обработка плодов яблони 2-ХЭФК и этацидом увеличивала выделение этилена в среднем на 20–25% в зависимости от сорта и физиологического состояния плодов и вызывала снижение ингибирующе-

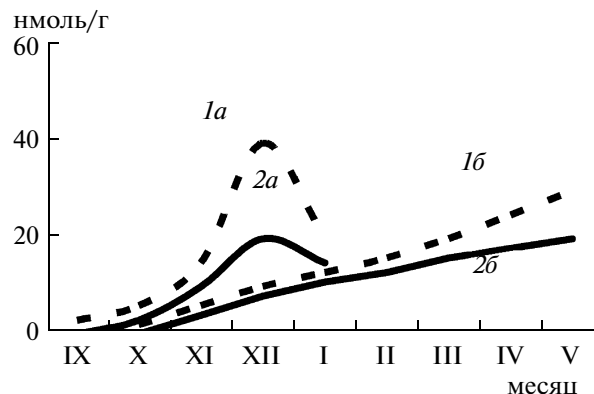


Рис. 2. Содержание АЦК (нмоль/г) в плодах яблони Антоновка (а) и Мантуанское (б) в процессе хранения и при действии ингибитора биосинтеза этилена: 1 – контроль; 2 – АВГ.

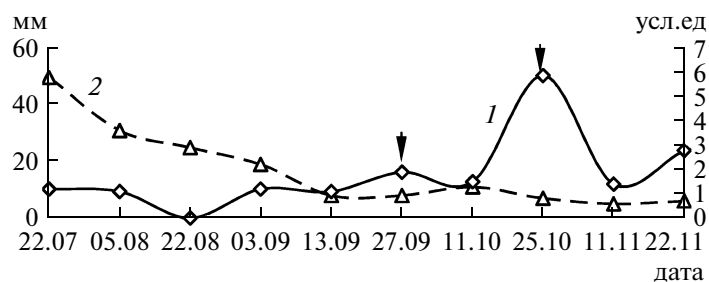


Рис. 3. Активность БИПГ в плодах яблони Антоновка в процессе созревания и интенсивность поражения их *M. fructigena*: 1 – активность БИПГ, усл.ед; 2 – интенсивность поражения, мм. Стрелками обозначены пики повышения активности БИПГ.

шего действия БИПГ, которое в контроле значительно возрастало во время II фазы созревания (рис. 5).

В плодах банана, находящихся в различном физиологическом состоянии, препараты, выделяющие этилен – 2-ХЭФК и этацид, вызывали увеличение выделения этилена: у плодов степени зрелости А и Б в среднем на 25–30%, В – на 10% (рис. 6а). При этом стимулировались одновременно созревания и выравнивание окраски плодов, что важно для их товарного вида. Важно отметить, что у бананов степени зрелости А и Б, обработанных этацидом, в течение последующих 10 сут хранения при комнатной температуре микробиологическое поражение не превышало 5%, тогда как в контрольных образцах составляло 10%. По-видимому, такое действие связано с антисептическими свойствами метацида [4].

Содержание БИПГ в препаратах из кожуры плодов банана на стадии А повышалось при действии 2-ХЭФК. Оно достигало максимальной величины на стадии Б и сильно снижалось на стадии В. Обработка этацидом приводила к снижению содержания БИПГ по сравнению с препаратами из кожуры кон-

трольных плодов. Возможно, что бактерицидный компонент вызывает некоторые биохимические изменения в кожее плодов банана (рис. 6б).

Проведенные исследования показали, что препараты, выделяющие этилен, оказывают влияние на систему биосинтеза этилена и содержание БИПГ в плодах, находящихся на различных стадиях созревания.

Инкубация ткани яблок двух сортов с АВГ в течение 1 ч уменьшала содержание АЦК в среднем на 30% (рис. 2). Эффективность обработки различалась в зависимости от сорта, определялась уровнем АЦК, предсуществующим в ткани, и зависела от сроков созревания разных сортов (стадия старения плодов Антоновки наступает в ноябре–декабре, а зимнего сорта Мантуанское – в апреле–мае).

При обработке целых плодов сорта Мантуанское раствором АВГ активность БИПГ в период II стадии созревания оказалась более высокой по сравнению с контролем (рис. 7). Поскольку эти изменения были наиболее выражены во II стадии созревания, характеризующейся пиком выделения этилена, очевидно

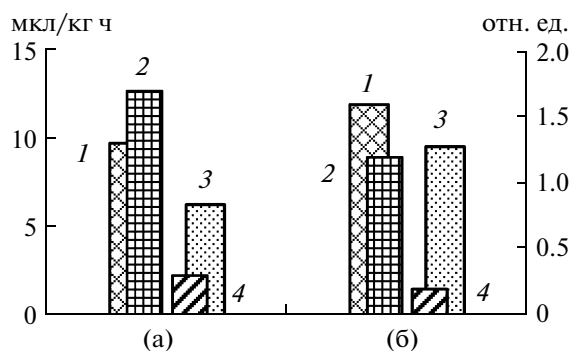


Рис. 4. Выделение этилена плодами банана (мкл/кг ч), содержание в них БИПГ (отн. ед.) и активность ПГ (R – радиус обесцвеченной зоны): (а) – Кавендиш, (б) – Королевский; 1 – этилен; 2 – БИПГ, кожура; 3 – БИПГ, мякоть; 4 – ПГ, мякоть.

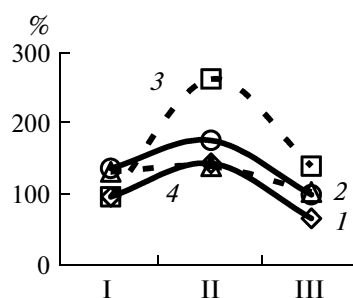


Рис. 5. Действие 2-ХЭФК на выделение этилена плодами яблони сорта Антоновка и активность БИПГ на разных стадиях созревания (I, II, III). За 100% приняты значения, полученные для контрольных плодов, находящихся в I фазе созревания: 1 – этилен, контроль; 2 – этилен, 2-ХЭФК; 3 – БИПГ, контроль; 4 – БИПГ, 2-ХЭФК.

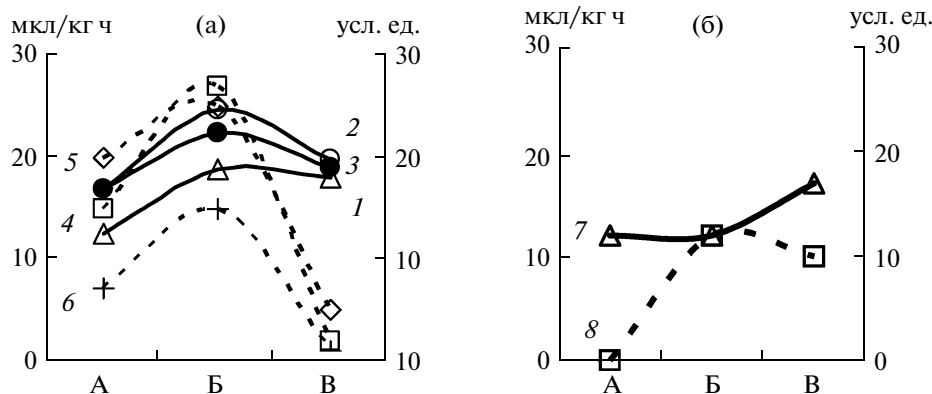


Рис. 6. Выделение этилена (мкл/кг ч) и активность БИПГ (усл. ед.) в плодах банана разной степени зрелости (А, Б, В), обработанных стимуляторами (а) и ингибитором (б) биосинтеза этилена. Этилен: 1 – контроль, 2 – 2-ХЭФК, 3 – этацид, 7 – АОК. БИПГ: 4 – контроль, 5 – 2-ХЭФК, 6 – этацид, 8 – АОК.

участие БИПГ в процессе послеуборочного дозревания плодов яблони.

Действие 10^{-3} М АОК подавляло выделение этилена целыми плодами Антоновки на 25–30%. Инкубация дисков из кожицы яблок в присутствии АОК снижала накопление АЦК.

Эффективность обработки бананов АОК наблюдалась только у плодов степени зрелости Б – выделение этилена снижалось примерно на 30%; у плодов зрелости А и В снижение не превышало 5%. Снижение интенсивности выделения этилена у плодов зрелости Б предотвращало преждевременное перезревание бананов, что важно для сохранения продукции в предреализационный период (рис. 8).

Содержание БИПГ в плодах банана снижалось при обработке АОК по сравнению с контролем (рис. 8) как на стадии А, так и Б. Это снижение было сопоставимо с вызываемым при действии этацида. Очевидно, участие БИПГ в процессах созревания плодов не связано непосредственно с интенсивно-

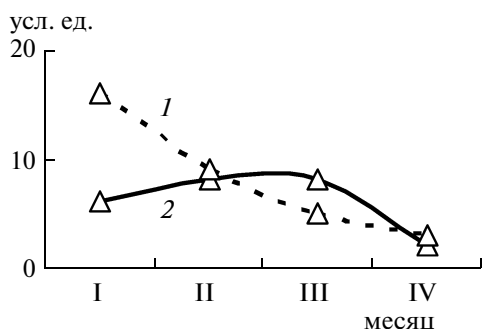


Рис. 7. Активность БИПГ (усл. ед.) в плодах яблони сорта Мантуанское, обработанных АВГ: 1 – контроль; 2 – АВГ.

стью выделения этилена, хотя его содержание повышалось во время II фазы созревания. Высказывается мнение о перспективности применения АОК в качестве экологически чистого потенциального ингибитора созревания плодов с целью увеличения длительности их хранения.

Co^{2+} ингибировал превращение АЦК в этилен, что приводило к снижению накопления этилена (рис. 9). Действие Co^{2+} зависело от продолжительности инкубации и от стадии зрелости. Как видно из рисунка, плоды фазы созревания I и II более чувствительны к действию Co^{2+} , нежели плоды, находящиеся в стадии старения.

Содержание БИПГ в обработанных Co^{2+} плодах прямо противоположно его содержанию в контроле. БИПГ локализуется в апопласте, связываясь с клеточной стенкой [14, 15]. Однако изменение актив-

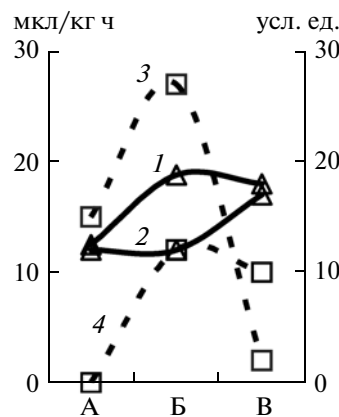


Рис. 8. Содержание этилена (мкл/кг ч) и активность БИПГ (усл. ед.) в плодах банана разной степени зрелости (А, Б, В), обработанных АОК. Этилен: 1 – контроль, 2 – АОК. БИПГ: 3 – контроль, 4 – АОК.

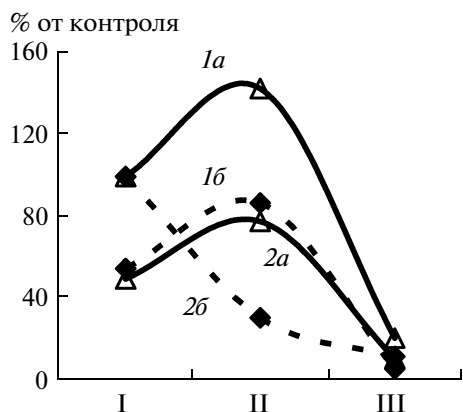


Рис. 9. Влияние Co^{2+} на интенсивность выделения этилена (1) и содержание БИПГ (2) в плодах яблони сорта Мантуанское в разные фазы созревания (I, II, III) (% от контроля, как на рис. 5): а – контроль, б – Co^{2+} .

ности БИПГ, по-видимому, не связано непосредственно с процессами, обуславливающими интенсификацию выделения этилена.

Из проведенных экспериментов следует, что АОК, АВГ и Co^{2+} ингибируют выделение этилена на разных этапах его биосинтеза, что приводит к замедлению созревания плодов.

В первые дни после обработки БОА повышалось выделение этилена целыми плодами яблони (рис. 10), а затем интенсивность биосинтеза этилена снижалась по сравнению с контролем, что приводит к замедлению процесса созревания. В экспериментах с дисками из кожицы плодов также отмечено ингибирование биосинтеза этилена при действии БОА, которое проявлялось в первые сутки. Обработка БОА препятствовала развитию физиологического забо-

левания “загара” и побурению целых плодов при хранении [4], что позволяет использовать препарат для улучшения лежкости плодов, при этом оптимальным оказался 0.01%-ный раствор препарата, обеспечивший сохранение товарного вида плодов.

Обработка 0.02%-ным раствором астаксантина плодов яблони сорта Антоновка через 2 нед после сбора снижала выделение этилена и отодвигала его пик на 5 сут (рис. 11). Поражаемость плодов яблони микробиологическими заболеваниями снизилась на 10–15% за 1 месяц хранения.

В плодах банана астаксантин задерживал пик выделения этилена на 3 сут по сравнению с контролем. Обработанные плоды бананов, хранившиеся 14 сут при комнатной температуре, сохраняли тургор. Другие обработанные плоды, хранившиеся при 10°C , нуждались еще в 2–3-суточном дозревании перед реализацией. Поражение микробиологическими заболеваниями плодов банана, обработанных астаксантином и хранящихся при комнатной температуре, не превышало 5%, а при 10°C снизилось до 1%, в контроле таких плодов было около 10%.

Определено ингибирующее действие БИПГ, выделенного из плодов яблони, на ПГ патогенов яблوك (*Monilia fructigena* Pers.), бананов (*Gloeosporium musarum* Sck. et Mass.) и других растений (*Verticillium dahliae* Kleb., *Penicillium* sp.). Как видно из рис. 12, БИПГ из яблук двух сортов по-разному ингибировал ПГ фитопатогенных грибов. При этом интенсивное ингибирующее действие, как правило, коррелировало со слабым поражением тканей плодов, что подтверждает участие БИПГ в повышении устойчивости растений к заболеваниям.

Таким образом, содержание БИПГ коррелировало с интенсивностью выделения этилена, характеризуя физиологическое состояние плода, соответ-

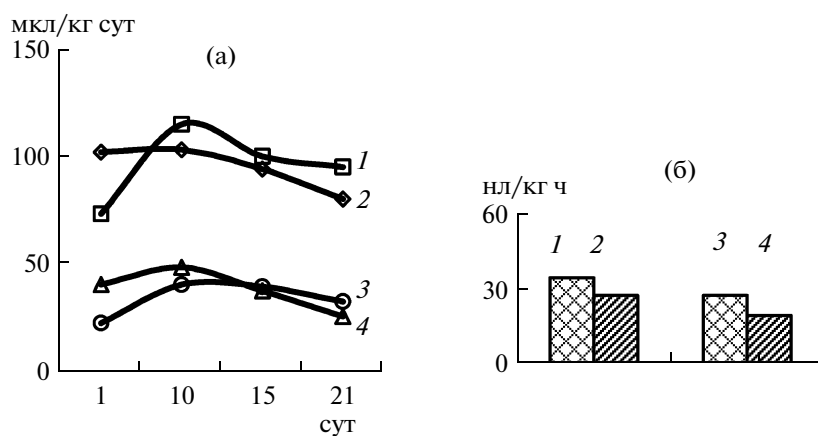


Рис. 10. Выделение этилена (мкл/кг сут) целыми плодами (а) и дисками из кожицы (б) яблони сортов Антоновка (1, 2) и Симиренко (3, 4), обработанными раствором БОА: 1, 3 – БОА; 2, 4 – контроль.

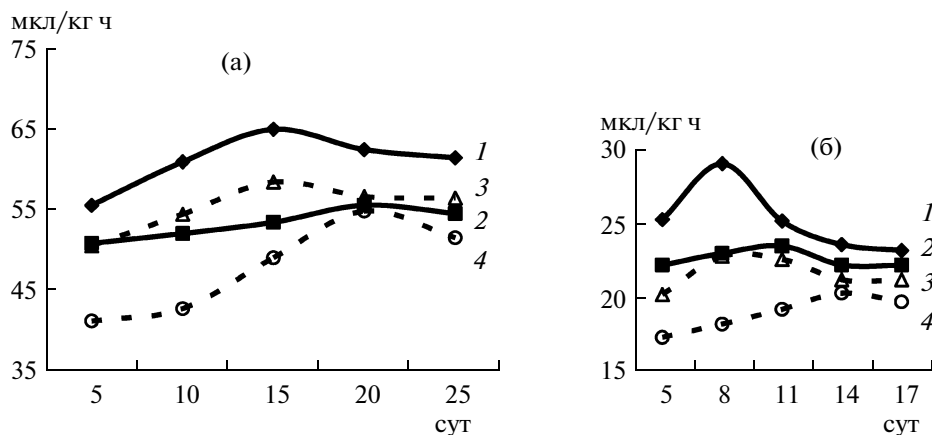


Рис. 11. Выделение этилена плодами яблони (Антоновка, а) и банана (Кавендиш, б), хранящимися при 18°C (1, 2) и 4°C (3, 4), и обработанными астаксантином: 1, 3 – контроль; 2, 4 – астаксантин.

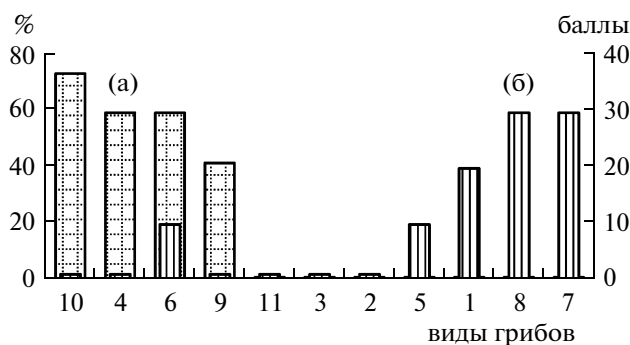


Рис. 12. Действие БИПГ из яблок на ПГ разных фитопатогенных грибов (а, % ингибирования) и интенсивность поражения яблок этими грибами (б, баллы заражения). Виды грибов обозначены номерами в соответствии с алфавитным списком: 1 – *Alternaria* sp. (томат); 2 – *Botrytis cinerea* Pers. (лук); 3 – *B. cinerea* (малина); 4 – *Fusarium graminearum* Schwabe (пшеница); 5 – *Fusarium* sp. (картофель); 6 – *Fusarium* sp. (томат); 7 – *M. fructigena* (яблоки); 8 – *Penicillium* sp. (лимон); 9 – *Septoria nodorum* Berk.; 10 – *V. dahliae* (хлопчатник); 11 – *Verticillium* sp. (картофель).

ствующее степени его зрелости. Ингибирующее действие БИПГ на ПГ фитопатогенных микроорганизмов способствовало снижению поражаемости плодов при хранении.

Результаты проведенных экспериментов показывают, что с помощью метаболитических ингибиторов и ФАС можно регулировать темпы созревания плодов яблони и банана, а также их устойчивость к болезням. Полученные биологические параметры применения изученных нами ФАС будут использованы при разработке новых биотехнологий повышения лежкоспособности плодов и прогнозирования длительности их хранения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Pathak N., Asif M.H., Dhawan P., Srivastava M.K., Nath P. // Plant Growth Regulation. 2003 V. 40. № 1. P. 11–19.

2. Yang S.F., Hoffman N.E. // Ann. Rev. Plant Physiol. Mol. Biol. 1984. V. 35. P. 155–189.
 3. Michaeli R., Philosoph-Hadas S., Riov I., Meir S. // Physiologia Plantarum. 1999. V. 107. № 1. P. 166–173.
 4. Черных А.С., Буланцева Е.А., Шапошников Г.Л., Серебряный А.М., Проценко М.А., Салькова Е.Г. // Прикл. биохимия и микробиология. 2004. Т. 40. № 3. С. 366–369.
 5. Jones T.M., Anderson A.J., Albersheim P. // Physiol. Plant Pathol. 1972. V. 2. № 2. P. 153–166.
 6. Hadfield K.A., Bennett A.B. // Plant Physiol. 1998. V. 117. № 2. P. 337–343.
 7. De Lorenzo G., D'Ovidio R., Cervone F. // Annu. Rev. Phytopathol. 2001. V. 39. P. 313–335.
 8. Проценко М.А., Буланцева Е.А., Короблёва Н.П. // Физиология растений. 2010. Т. 57. № 3. С. 1–8.
 9. Буза Н.Л., Криницына А.А., Проценко М.А., Вартапетян В.В. // Микология и фитопатология. 2004. Т. 38. № 5. С. 62–66.

10. Буланцева Е.А., Нгуен ТьенТханг, Ружицкий А.О., Проценко М.А., Кorableва Н.П. // Прикл. биохимия и микробиология. 2009. Т. 45. № 1. С. 104–108.
11. Гладких Т.А., Васильева К.В., Метлицкий Л.В. // Прикл. биохимия и микробиология. 1978. Т. 14. № 6. С. 833–848.
12. Dingle J., Reid W.W., Solomonos G.L. // J. Sci. Food. Agric. 1953. V. 4. № 2. P. 149–153.
13. Глинка Е.М., Гладких Т.А., Проценко М.А. // Прикл. биохимия и микробиология. 1997. Т. 33. № 5. С. 503–507.
14. Ahsan N., Yoon H.-S., Jo J. // Plant Science. 2005. V. 169. № 6. P. 1081–1089.
15. Проценко М.А., Буза Н.Л., Криницына А.А., Буланцева Е.А., Кorableва Н.П. // Биохимия. 2008. Т. 73. № 10. С. 1317–1328.

The Effect of Physiologically Active Compounds on the Production of Ethylene and the Activity of Polygalacturonase Inhibiting Protein in Fruits

E. A. Bulantseva, M. A. Protsenko, A. S. Toropkina, and N. P. Korableva

Bach Research Institute for Biochemistry, Russian Academy of Sciences, Moscow, 119071 Russia

e-mail: protsenko@inbi.ras.ru

Received July 9, 2010

Abstract—The treatment of apple and banana fruits with 2-CEFA and ethacrydine induced the production of ethylene and accelerated the ripening and accumulation of ACC in apple fruits. Inhibitors AOA, AVG, and CoCl₂ acted at the different steps of ethylene biosynthesis, inhibited the physiological aging process and increased storage longevity. Treatment with astaxanthin and BOA delayed the pick of ethylene production by fruits. The content of PGIP was correlated with intensity of ethylene production. The infection of fruits with phytopathogenic microorganisms lowered as the result of the inhibition of pathogen PG. The dynamics of PGIP activity in fruits suggests its important role in the processes of ripening.