ПРИКЛАДНАЯ БИОХИМИЯ И МИКРОБИОЛОГИЯ, 2013, том 49, № 1, с. 94–96

РЕЦЕНЗИИ

В. К. ВОЙНИКОВ “МИТОХОНДРИИ РАСТЕНИЙ ПРИ ТЕМПЕРАТУРНОМ СТРЕССЕ”. НОВОСИБИРСК, АКАДЕМИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО “ГЕО”. 2011, 163 с.

DOI: 10.7868/S0555109913010170

Книга написана профессором В.К. Войниковым – известным фитобиологом, специалистом в области физиологии, биохимии, генетики устойчивости растений к экстремальным температурным условиям среды обитания. Рецензируемая монография – одна из 12 монографических работ автора, посвященная изучению роли растительных митохондрий – энергетических “станций” растений, в ответе растительного организма на действие низкой температуры. Отправная точка этих исследований связана с изменением энергетического обеспечения клеток при действии стресса и переходу организма на новый уровень обмена веществ, обусловленного запрограммированной в течение эволюции наследственной (генетической) программой развития растительного организма.

Теоретический интерес к рассматриваемой проблеме тесно связан с ее важным практическим значением, так как открывает возможности повышения продуктивности и расширения ареала возделывания культурных растений путем повышения их устойчивости к холоду.

В книге обобщаются данные литературы и результаты исследований автора и сотрудников руководимой им лаборатории по проблеме холодо- и морозоустойчивости культурных растений с акцентом на физиологическую, биохимическую и генетическую роль митохондрий.

Монография состоит из 10 глав, а также “Введения”, “Заключения” и списка используемой литературы (364 источника). В водной части автор акцентирует внимание на важность изучения и понимания механизмов контроля функциональной активности митохондрий в экстремальных условиях среды, что позволит выявить звенья метаболизма, ответственные за устойчивость растения.

В главе 1 “Реакция растений на флуктуации температуры” эта мысль доказывается литературными данными о накоплении в растениях новых биологически активных соединений: специфических белков, адаптогенов и стресс-протекторов. Автор подчеркивает, что переход от стрессовых реакций к адаптационным сопровождается ингибированием генов, ответственных за контроль роста и развития растения в нормальных условиях среды, и активацией генов, повышающих устойчивость организма в изменившихся условиях среды обитания. Несомненную роль в этом играет энергетическая активность митохондрий и экспрессия генов, ответственных за синтез специфических (стрессовых) белков. В дальнейшем, в главах 2 и 3 раскрываются структурные и функциональные особенности как растительных, так и животных митохондрий и делается вывод, что эти органеллы чувствительны к экзогенным и эндогенным воздействиям и быстро вовлекаются в ответную реакцию тканей организмов на стрессовое воздействие. Используя широко применяемую в физиологии растений модель сравнения контрастных по устойчивости к экстремальным факторам сортов растений (например, устойчивый и неустойчивый к морозу сорта озимой пшеницы), автор показывает разнонаправленные изменения энергетической активности митохондрий в ответ на кратковременное действие холода: у неустойчивого к морозу сорта возрастает сопряженность процессов окисления и фосфорилирования и энергетической эффективности дыхания, а у митохондрий морозоустойчивых растений происходит ослабление сопряженности этих процессов. Однако в последнем случае происходит не снижение, а заметное повышение скорости фосфорилирования за счет увеличения дыхания митохондрий. Подобная закономерность обнаружена и в животных митохондриях и представляет собой, по мнению автора, “аварийный” механизм, который действует на первых этапах действия повреждающего фактора и имеет важное значение для последующего обеспечения репарационных процессов.

Раскрывая биохимические причины различного поведения митохондрий, выделенных из контрастных по устойчивости сортов растений, автор анализирует действие свободных жирных кислот (**СЖК**), обращая внимание на резкое увеличение содержания этих соединений, особенно ненасыщенных жирных кислот, при действии гипотермии. Этому посвящена глава 4 “Состав липидов митохондрий и их энергетическая актив-

ность при низкой температуре”, в которой детально рассматривается роль мембранных липидов митохондрий при низкотемпературном воздействии. Обнаружено несколько закономерностей, объясняющих биохимическую роль СЖК в функциональной активности митохондрий при действии холода: СЖК могут разобщать окислительное фосфорилирование и выступать как субстраты окисления, ингибировать в мембранах митохондрий фермент аденинну клеотидтранслоказу и активировать фермент фосфолипазу A_2. Эти процессы ведут к снижению степени сопряженности процессов окисления и фосфорилирования при переходе митохондрий в низкоэнергетическое состояние при гипотермии.

Глава 5 посвящена рассмотрению данных, связанных с изучением термостабильности и функциональной активности отдельных комплексов дыхательной цепи митохондрий. Автор доказывает, что при гипотермии стабильно высокой термоустойчивостью и функциональной активностью обладают III и IY комплексы дыхательной цепи митохондрий и низкой – комплекс I и связанный с ним дегидрогеназы субстратов цикла трикарбоновых кислот.

Результаты исследований автора по так называемой “митохондриальной поре” (**МП**), локализованной на внутренней мембране митохондрий, изложены в главе 6. Известно, что неспецифическая проницаемость внутренней мембраны митохондрий, связанная с открытием под влиянием ионов кальция МП, имеют для животных клеток негативные метаболические последствия – клеточная смерть, разобщение окислительного фосфорилирования, активация процессов окислительного стресса и др. Исследования автора с сотрудниками позволили установить, что в митохондриях озимых злаков функционирует циклоспорин А-чувствительная (ингибирует открытие МП) и Ca^{2+}-зависимая МП (активирует открытие поры). Другой важный результат связан с установлением участия комплекса I и ротенон-нечувствительных НАДН-дегидрогеназ в образовании МП, что ведет к увеличению проницаемости мембраны митохондрий.

Связь низкотемпературного стресса в растениях с другими видами стрессовых реакций обсуждается в главе 7. В первую очередь, это процессы, связанные с обезвоживанием клеток и развитием окислительных процессов. Следствием этого является перекисное окисление липидов (**ПОЛ**), обсуждаемое в главе 8. Особое внимание автор уделяет ПОЛ в митохондриях, в которых имеются физиологические условия и все необходимые соединения для протекания этих процессов и, в частности, субстраты – ненасыщенные жирные кислоты. Активация ПОЛ и других окислительных процессов в митохондриях при гипотермии ведет к накоплению АФК и нарушению окислительного фосфорилирования, неспецифической проницаемости внутренней мембраны, разбалансированию про- и антиоксидантного равновесия в органеллах, поступления и оттока эффективного регулятора обменных процессов иона Ca^{2+}.

Наличие в митохондриях мощной антиокислительной системы позволяет организму регулировать уровень АФК и интенсивность процессов ПОЛ и таким образом смягчать или снимать отрицательное действие гипотермии и других неблагоприятных факторов. Составной частью этой системы являются белки, разобщающие окисление и фосфорилирование в митохондриях, и связанный с этим термогенез в клетках во время гипотермии (главы 9 и 10).Необходимо отметить существенный вклад автора монографии в доказательство существования в митохондриях растений разобщающих белков и явления термогенеза, ранее известных только для животных митохондрий. Митохондриальные разобщающие белки (**UCP** – uncoupling proteins), были открыты в начале 60-х годов прошлого столетия при изучении митохондрий бурого жира млекопитающих. Автор подчеркивает, что обнаруженные в настоящее время в растениях UCP-подобные белки индуцируются холодом и могут считаться стрессовыми белками.

В книге подробно описываются свойства и функции стрессового белка **БХШ 310**, обнаруженного и изученного в лаборатории автора. Показано, что содержание этого белка увеличивается при действии на проростки озимых злаков холода. Выявлены 2 формы БХШ 310 – конститутивная и стрессовая. Делается вывод, что БХШ 310 озимых злаков в дополнение к альтернативной цианидрезистентной оксидазе и другим UCP-подобным митохондриальным белкам, является частью антиоксидантной системы растений и кодируются ядерным геномом. Основная функция этих белков – участие в защите растений от холода путем разобщения процессов окисления и фосфорилирования, при котором происходит выделение тепла (термогенез) и локальное повышение температуры тканей. Подробно этот вопрос обсуждается в главе 10, в которой приводятся результаты исследований автора по изучению различных стрессовых разобщающих белков, в т.ч. и БХШ 310, на их способность вызывать термогенез у растений. Обращается внимание на то, что формирование холодоустойчивости у растений протекает при участии большого числа белков, контролирующих энергетическое обеспечение клеток при гипотермии, а также другие связанные с устойчивостью звенья метаболизма. Кроме UCP-белков, это – ферменты, шапероны, дегидрины, антифризные белки, многофункциональные белки, регулирующие трансляцию и транскрипцию. Установлено, что синтез этих белков экспресси-

руется при действии низкой температуры и во время закаливания растений.

В “Заключении” подводятся итоги исследований по обсуждаемой проблеме: подчеркиваются особенности энергообеспечения при кратковременном воздействии холодом (до 1 ч) и более продолжительном (до 3–4 ч) у незакаленных и предварительно закаленных к холоду проростков озимых и роль перехода митохондрий в низкоэнергетическое состояние, обусловленного действием СЖК. Роль термогенеза, вызванного действием разобщающих белков, связывается с необходимостью для растения адаптационной перестройки метаболизма в условиях стрессового воздействия. Поскольку большинство изученных к настоящему времени стрессовых белков являются водорастворимыми, то в перспективе автор считает необходимым более широкое изучение структурных белков мембран, их роли при гипотермии. Взаимодействие энергетической и информационной систем растительных клеток при воздействии холодом – другая важная часть дальнейших исследований.

Книга хорошо иллюстрирована схемами, таблицами. Однако, на наш взгляд, в ней не хватает общей схемы, которая показывала бы физиологические, биохимические и генетические связи устойчивости растений с митохондриями на основе обсуждаемых в монографии знаний по этой проблеме. Оценивая в целом монографию, следует отметить своевременность и важность обобщения результатов исследований по данной проблеме.

Монография будет полезна и интересна физиологам и биохимикам растений, генетикам и студентам ВУЗов биологического профиля.

А.К. Глянько