

Б. А. РУБИН и Е. П. ЧЕТВЕРИКОВА

ОБ УЧАСТИИ ЦИТОХРОМОКСИДАЗЫ В ДЫХАНИИ ТКАНЕЙ КАПУСТЫ

(Представлено академиком А. И. Опариним 2 II 1951)

Одним из важнейших активаторов кислорода, потребляемого живыми тканями в процессе дыхания, является цитохромоксидаза. Представляя собой Fe-протеид, цитохромоксидаза осуществляет окисление цитохромов путем переноса электрона и превращения двухвалентного железа в железо трехвалентное.

Последующее восстановление окисленного цитохрома происходит за счет водорода органических веществ, используемых тканями в качестве материального субстрата дыхания.

Если исключительно важная роль цитохромоксидазы в дыхании животных организмов общепризнана, то по вопросу о значении этой оксидазы для дыхательного газообмена тканей растительных единой точки зрения до настоящего времени нет.

Д. М. Михлин и П. А. Колесников⁽¹⁾, впервые обнаружившие цитохромоксидазу в проростках ячменя, подчеркивают, что присутствие этого фермента характерно для молодых, эмбриональных тканей. Уже на 5—6-й день развития проростков ячменя цитохромоксидазная активность их тканей нацело теряется. Эти данные были подтверждены в ряде исследований⁽²⁻⁴⁾. С другой стороны, в литературе имеются указания на активное участие цитохромоксидазы в дыхании тканей взрослых растений^(5, 7, 8). В ряде исследований Б. А. Рубина и Е. В. Арциховской было, например, показано, что дыхание плодов цитрусовых на всем протяжении их онтогенеза примерно на 50—60% катализируется металл-содержащими ферментами, в том числе и цитохромоксидазой^(6, 7). Резкое снижение активности этой группы оксидаз наблюдается лишь в период созревания плодов. Вполне вероятно, что противоречивость имеющихся в литературе данных об участии цитохромоксидазы в дыхании обусловлена видовыми особенностями исследовавшихся растений, так же как и различиями их стадийного и возрастного состояния.

В связи с этим нам казалось интересным провести наблюдения над цитохромоксидазной активностью у капусты. Растение капусты имеет листья, сильно различающиеся по своим морфологическим и физиологическим особенностям. В то время как зеленые листья розетки выполняют у капусты обычные фотосинтетические функции, внутренние листья кочна, представляющего собой метаморфизированную листовую почку, повидимому, приближаются по своим функциям к органам запаса. Способность к фотосинтезу этими листьями либо вовсе утрачена, либо она выражена у них очень слабо.

Для изучения зависимости динамики цитохромоксидазы от хода развития растений мы проводили наблюдения над сортами капусты с резко

различной длиной вегетации: Номер первый—одна из наиболее скороспелых форм белокочанной капусты и Амагер 611 — форма позднеспелая. В изучение была включена, кроме того, капуста Московская поздняя с длинным вегетационным периодом, отличающаяся от капусты Амагер 611 резко пониженной устойчивостью в период зимней лежки.

Капуста выращивалась на Грибовской селекционной станции (под Москвой). Активность цитохромоксидазы определялась манометрически с помощью аппарата Варбурга по поглощению кислорода водной суспензией листьев в присутствии гидрохинона и цитохрома С. Определения проводились 4 раза на протяжении вегетационного периода в следующие фазы: 1) семядоли (14-дневные проростки), 2) начало завивки кочна, 3) техническая спелость, 4) уборочная спелость.

Результаты наблюдений представлены на рис. 1. Из приведенных на нем кривых видно, что на всем протяжении вегетационного периода, превышающем у поздних сортов капусты 6 мес., ткани ее сохраняют высокую цитохромоксидазную активность.

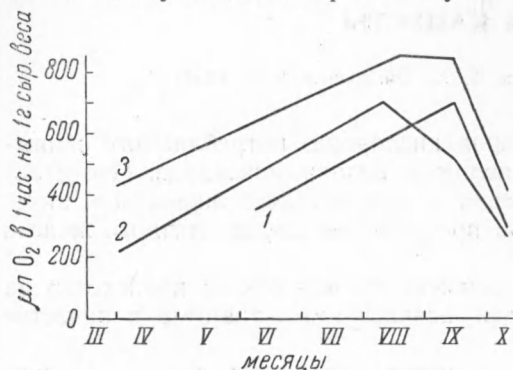


Рис. 1. 1— Номер первый, позднего посева; 2 — Московская поздняя; 3 — Амагер 611

Цитохромоксидаза обнаруживается у 14-дневных проростков, после чего ее активность существенно возрастает. К моменту уборки растений активность фермента в листьях снижается, однако и в этот период она продолжает оставаться весьма значительной, отвечая примерно уровню активности молодых проростков. Близость кривых, полученных для всех трех сортов, служит убедительным доказательством того, что наличие активной цитохромоксидазы

свойственно отнюдь не только молодым эмбриональным тканям капусты.

Об этом же свидетельствуют материалы, полученные при сравнительном изучении активности цитохромоксидазы в листьях капусты различного возраста. Так, при раздельном определении активности цитохромоксидазы в листьях розетки и внутренних листьях кочна в период завивки последнего мы получили следующие цифры (см. табл. 1).

Таблица 1

| С о р т | Активность цитохромоксидазы в $\mu\text{l O}_2$ в 1 час на 1 г сыр. веса | |
|------------------------------|--|--------------|
| | листья розетки | листья кочна |
| Амагер 611 | 248,9 | 849,0 |
| Московская поздняя | 79,7 | 703,5 |
| Номер первый, летний посев . | 165,3 | 699,0 |

Из этих данных следует, что возрастно молодые, но стадийно более старые листья кочна значительно превосходят по своей активности листья розетки. Более детальное изучение этого вопроса показывает, однако, что зависимость активности цитохромоксидазы от возрастного состояния ткани не является прямой. Из приводимых ниже цифр (см. табл. 2) видно, например, что наиболее богаты цитохромоксидазой эмбриональные листья кочна, находящиеся в непосредственной близости

от точек роста. В то же время минимальную активность цитохромоксидазы мы обнаружили не в периферийных — наиболее старых, а в средних листьях кочна.

Значительно более высокой, чем в средних листьях, оказалась активность фермента в тканях кочерыги, несмотря на то, что по сроку их возникновения последние являются более старыми.

Таким образом, связь между цитохромоксидазной активностью ткани и ходом развития растений носит характер сложной физиологической зависимости, природа которой может быть раскрыта лишь в результате дальнейшего специального изучения. Руководствуясь основными положениями материалистической биологии, нетрудно признать, что изменения активности цитохромоксидазы в онтогенезе растения должны быть связаны с общими биологическими особенностями организма и с его приспособленностью к определенным условиям существования. Полученные нами экспериментальные данные по активности цитохромоксидазы в тканях капусты Номер первый высевавшейся в разные сроки весной (ранний посев) и летом (поздний посев), полностью подтверждают это. Являясь раннеспелой (длина вегетационного периода около 85 дней), капуста Номер первый обладает резко пониженной лежкостью. Поэтому для селекционных целей используют кочны капусты Номер первый, полученные от летнего посева, достигающие уборочной спелости примерно в те же сроки, что и капуста поздних сортов. Сравнительные определения показывают, что по активности цитохромоксидазы в листьях капусты весеннего и летнего сроков посева значительно друг от друга отличаются (см. табл. 3).

Таблица 2

| Часть кочна | Активность цитохромоксидазы в $\mu\text{л O}_2$ в 1 час на 1 г сыр. веса |
|----------------------------------|--|
| Эмбриональные листочки | 1347 |
| Наружные листья | 586 |
| Средние листья | 396 |
| Кочерыга | 546 |

Таблица 3

Активность цитохромоксидазы в листьях капусты Номер первый различных сроков посева ($\mu\text{л O}_2$ в 1 час на 1 г сыр. веса)

| Фаза | Весенний посев | Летний посев |
|------------------------------|----------------|--------------|
| Проростки | 348,7 | 348,7 |
| Завивка кочна | 175,5 | 699,0 |
| Уборочная спелость | 229,8 | 285,0 |

Из этих данных видно, что на всем протяжении онтогенеза ткани капусты Номер первый летнего посева сохраняют более высокую активность цитохромоксидазы, чем ткани той же капусты, высеянной весной. В среднем по всем срокам наблюдений это превышение составило 174,1%. Заслуживает особого внимания то обстоятельство, что столь сильное увеличение активности цитохромоксидазы имеет место одновременно со значительным возрастанием устойчивости капусты к микроорганизмам, характерным для растений капусты летнего посева. Исходя из результатов многолетних исследований Б. А. Рубина с сотрудниками (9), следует считать вполне вероятным, что в комплексе фактов, обеспечивающих устойчивость капусты в период зимней лежки, серьезная роль должна принадлежать окислительным процессам, катализируемым цитохромоксидазой. Исследования в этой области продолжаются.

Считаем своим приятным долгом выразить глубокую благодарность действительному члену Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук им. В. И. Ленина Е. И. Ушаковой и Е. М. Поповой за внимание к нашей работе, ценные советы и предоставление растений для исследования

Институт биохимии им. А. Н. Баха
Академии наук СССР

Поступило
19 I 1951

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Д. М. Михлин и П. А. Колесников, Биохимия, **12**, в. 5 (1947).
² Н. Н. Крюкова, Биохимия, **14**, в. 6 (1949). ³ E. R. Waugood, *Canad. Journ. of Res.*, **28**, No. 1, 7 (1950). ⁴ H. G. Albaum and V. Eichel, *Am. Journ. of Bot.*, **30**, 18 (1943). ⁵ Н. М. Сисакян и И. И. Филиппович, ДАН, **67**, № 3 (1949).
⁶ Б. А. Рубин, Е. В. Арциховская и Т. М. Иванова, ДАН, **67**, № 6 (1949).
⁷ Б. А. Рубин, Е. В. Арциховская и Т. М. Иванова, Биохимия плодов и овощей, сборн. 2, 1951. ⁸ A. J. Rosenberg and G. Ducet, *S. R.*, **229**, 391 (1949).
⁹ Б. А. Рубин и Е. В. Арциховская, Биохимическая характеристика устойчивости растений к микроорганизмам, изд. АН СССР, 1948.