

Т. М. ИВАНОВА

ОБ ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ ФЕРМЕНТАХ ПРОРАСТАЮЩЕГО КЛУБНЯ КАРТОФЕЛЯ

(Представлено академиком А. И. Опариным 19 V 1952)

Вопросу о периоде покоя и способах регулирования длительности этого периода посвящены многочисленные работы. Изменением температуры, влажности, режима вентиляции, газового состава среды можно сократить или удлинить период покоя клубней картофеля (¹⁻⁵). Удлинение или сокращение периода покоя может быть достигнуто также обработкой различными химическими веществами (^{6, 7}).

Выход клубня из состояния покоя сопровождается существенными биохимическими изменениями, причем наблюдается возрастание гидролитических процессов в тканях клубня и усиление синтетической и окислительной активности в ростках.

Учитывая, что окислительные процессы имеют важное значение в превращении веществ организма, представилось необходимым предпринять изучение окислительных ферментов в клубнях картофеля в связи с выходом его из покоя.

Для изучения был выбран картофель сорта Лорх. Опыт от 7 XII 1950 г. был проведен с наиболее эффективным стимулятором прорастания — этиленхлоргидрином (ЭХГ). Опыт от 2 II 1951 г. проводился без воздействия стимулятора, т. е. при естественном выходе картофельных клубней из покоя. В опыте от 7 XII 1950 г. обработка ЭХГ проводилась в эксикаторе, на дно которого помещалась фарфоровая чашечка с ЭХГ из расчета 2 мл 40% ЭХГ на 1 кг клубней. Клубни находились в парах ЭХГ в течение 4 суток, после чего они вынимались из эксикатора и проветривались на воздухе в течение суток. Затем часть клубней поступала в анализ, а остальные помещались во влажную камеру, где и прорастивались при комнатной температуре. В таких же влажных камерах находились во время опыта и контрольные пробы.

В опытах, помимо общей интенсивности дыхания тканей глазков и паранхимы клубня, в тех же тканях определялось устойчивое и лабильное к азиду натрия дыхание. Азид натрия подавляет деятельность металлосодержащих ферментов и не влияет на ферменты флавопротеинового комплекса. 0,005 М раствор азиды натрия вводился в исследуемые ткани методом вакуум-инfiltrации (⁸), после чего дыхание определялось манометрическим методом в приборе Смирнова (⁹).

На рис. 1 видно, что сразу после воздействия ЭХГ интенсивность дыхания глазков клубня несколько уменьшается по сравнению с контрольным определением. После выхода клубня из состояния покоя, когда глазки трогаются в рост, наблюдается усиление интенсивности дыхания. Необходимо отметить, что глазки клубня, находящиеся в покое, осуществляют свое дыхание примерно на 60% за счет металлопротеидов.

Выход клубней из состояния покоя характеризуется перестройкой в окислительной системе, и глазки, тронувшиеся в рост, осуществляют свое дыхание в основном за счет флавопротеидов. Аналогичная перестройкой в окислительных ферментах наблюдается и в паренхиме клубня. В опыте от 2 II 1951 г. (рис. 2) такой перестройки в окислительной системе не наблюдалось, так как к этому времени клубни естественным путем вышли из состояния покоя, и перестройка окислительной системы прошла до начала опыта.

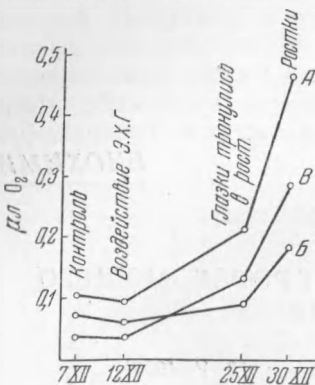


Рис. 1. Изменение интенсивности дыхания глазков клубня картофеля при выходе клубня из состояния покоя под воздействием ЭХГ (в $\mu\text{л}$ поглощенного O_2 на 1 г за 90 мин.). А — общее дыхание; Б — дыхание, подавляемое азидом натрия; В — остаточное дыхание

держущих оксидаз (рис. 1, Б) с ходом изменений интенсивности оксидаз этой группы (рис. 3), можно видеть, что роль отдельных металлопротеидов на разных этапах прорастания глазков клубня меняется. Так, из рис. 1, видно, что обработка ЭХГ несколько подавляет интенсивность дыхания за счет уменьшения активности металлосодержащих ферментов. К моменту прорастания интенсивность дыхания резко возрастает, а также возрастает активность металлосодержащих оксидаз.

Из данных рис. 3 видно, что кривые активности полифенолоксидазы и цитохром-оксидазы представляют собой как бы зеркальное изображение друг друга. Суммарная их активность остается неизменной, снижаясь несколько к концу опыта. Активность пероксидазы к концу опыта снижается, что может быть, связано с тем, что пероксидаза не является завершающей оксидазой. Таким образом, изменения, происходящие в группе металлопротеидов в данном опыте, обусловлены, в основном, изменениями активности аскорбинооксидазы.

На рис. 2 и 4 представлены данные для глазков клубней, вышедших из покоя естественным путем. Опыт проводился в феврале, когда клубни без всякой обработки начинали прорастать на 7-й день после помещения их во влажные камеры. Из сопоставления рис. 2 и 4 видно, что активность металлосодержащих ферментов во все время опыта возрастает, причем на первом этапе, после 4-дневной выдержки клубней в лаборато-

Таким образом, высокая активность металлосодержащих оксидаз в глазках свойственна клубням, находящимся в покое. Выход клубня из покоя связан с резким падением активности этой группы оксидазы и возрастанием роли остаточного дыхания.

Одновременно с изучением участия в дыхании различных групп окислительных ферментов изучалась активность отдельных оксидаз, содержащих в простетической группе металл. Из этой группы оксидаз в клубнях картофеля имеются: полифенолоксидаза, цитохромоксидаза, аскорбинооксидаза и пероксидаза.

Сопоставляя ход изменений интенсивности оксидаз этой группы окислительных ферментов изучалась активность отдельных оксидаз, содержащих в простетической группе металл. Из этой группы оксидаз в клубнях картофеля имеются: полифенолоксидаза, цитохромоксидаза, аскорбинооксидаза и пероксидаза.

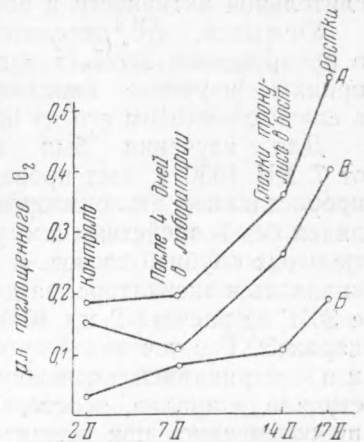


Рис. 2. Изменение интенсивности дыхания глазков клубня картофеля при естественном выходе из покоя (в $\mu\text{л}$ поглощенного O_2 на 1 г за 90 мин.). А — общее дыхание; Б — дыхание, подавляемое азидом натрия; В — остаточное дыхание

рии, повышение активности обусловлено повышением активности полифенолоксидазы и цитохромоксидазы. На втором этапе, когда глазки тронулись в рост, активность этих ферментов падает, и повышение активности металлопротеидов происходит за счет повышения активности аскорбиноксидазы при одновременном падении активности полифенолоксидазы и аскорбиноксидазы.

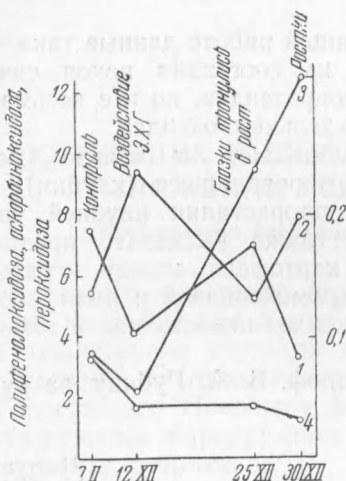


Рис. 3. Изменение активности отдельных оксидаз глазков клубня картофеля при выходе клубня из состояния покоя под воздействием ЭХГ. 1 — полифенолоксидаза (в $\mu\text{л}$ поглощенного O_2 на 1 г за 1 час); 2 — цитохромоксидаза (в $\mu\text{л}$ поглощенного O_2 на 1 г за 1 час); 3 — аскорбиноксидаза (в мг аскорбиновой кислоты, окисленной за 15 мин.); 4 — пероксидаза (в относительных единицах)

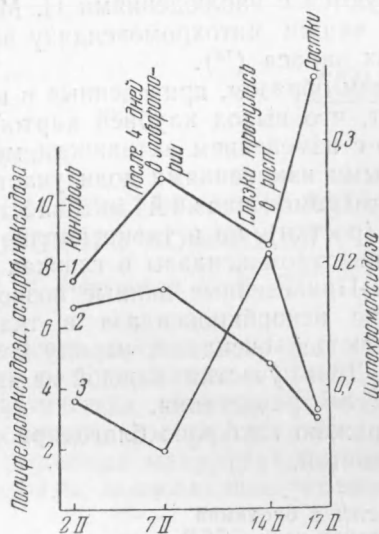


Рис. 4. Изменение активности отдельных оксидаз глазков клубня картофеля при естественном выходе из покоя. 1 — полифенолоксидаза (в $\mu\text{л}$ поглощенного O_2 на 1 г в 1 час); 2 — цитохромоксидаза (в $\mu\text{л}$ поглощенного O_2 на 1 г в 1 час); 3 — аскорбиноксидаза (в мг аскорбиновой кислоты, окисленной за 15 мин.)

Известно, что покой клубней определяется процессами, протекающими как в глазах клубня, так и в резервной ткани — паренхиме, хотя доминирующее значение, безусловно, имеют процессы, происходящие в точках роста клубня — в глазках. И действительно, при аналогичных исследованиях паренхимы клубня получены данные, показывающие, что изменения, происходящие в паренхиматической ткани при прорастании клубня, незначительны.

Данные, полученные по двум опытам, показывают, что соотношение активностей различных оксидаз не остается постоянным и зависит, вероятно, от различных внешних и внутренних факторов. При рассмотрении этих данных напрашивается вывод, что каждая из оксидаз — полифенолоксидаза, цитохромоксидаза и аскорбиноксидаза — способна выполнять функцию завершающей оксидазы. Они как бы сменяют друг друга на различных этапах жизни клубня.

По вопросу о роли аскорбиназы в качестве завершающей оксидазы в литературе нет единой точки зрения; некоторыми авторами эта возможность отрицается. Однако наблюдавшийся нами подъем активности этого фермента, совпадающий с подъемом активности группы металлосодержащих оксидаз при одновременном падении активности полифенолокси-

дазы и цитохромоксидазы, делает высказанное выше предположение вполне вероятным.

Работами Б. А. Рубина с сотр. было установлено, что созревание плодов цитрусовых связано с существенными качественными сдвигами в окислительной системе ⁽¹¹⁾ и что активность цитохромоксидазы свойственна не только молодым тканям растений ⁽¹²⁾. Эти данные хорошо согласуются с наблюдениями Н. М. Сисакяна и И. И. Филлипович, которые нашли цитохромоксидазу во взрослых листьях и в вегетативных органах запаса ⁽¹³⁾.

Таким образом, приведенные в настоящей работе данные также показывают, что выход клубней картофеля из состояния покоя связан не только с изменением активности металлопротеидов, но и с весьма существенными изменениями доли участия отдельных оксидов.

Цитохромоксидазной активностью обладают не только молодые ткани (ростки), но и ткани вполне сформировавшиеся (клубни). Активность цитохромоксидазы в глазках при прорастании клубней увеличивается. Приведенные данные позволяют также высказать предположение, что аскорбиноксидаза в тканях картофеля может играть роль завершающей оксидазы, наряду с цитохромоксидазой и полифенолоксидазой. Доля участия каждой из этих оксидаз непостоянна и изменяется в процессе прорастания.

Выражаю глубокую благодарность проф. Б. А. Рубину за руководство работой.

Институт биохимии
Академии наук СССР

Поступило
29 IV 1952

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Н. Müller-Thurgau, Landw. Jahrb., 14, 851 (1885). ² O. Smith, Hilgardia, 4, 273 (1927). ³ Д. Жуковский, Сборн. Картофель, 1937, стр. 487. ⁴ Ю. Раки-тин, Н. Суворов, ДАН, 4, 277 (1935). ⁵ С. Прокошев, Биохимия картофеля, изд. АН СССР, 1947. ⁶ Т. Красносельская, П. Сабурова, П. Маттисон, Соц. растениеводство, сер. А, № 11 (1944). ⁷ Л. Рожалин, Тр. ВАСХНИЛ, в. 6 (1936). ⁸ А. Курсанов, Биохимия, 1, 280 (1926). ⁹ А. Смирнов, С. Чигирев, Биохимия, 5, 358 (1940). ¹⁰ Б. Рубин, Е. Четверикова, Изв. АН СССР, сер. биол., № 4 (1951). ¹¹ Б. А. Рубин, Е. В. Арциховская, Т. М. Иванова, Биохимия плодов и овощей, сборн. 1, 1940. ¹² Б. А. Рубин, Е. В. Арциховская, Т. М. Иванова, там же, сборн. 2, 1951. ¹³ Н. М. Сисакян, И. И. Филиппович, ДАН, 67, № 3 (1949).