

Б. А. РУБИН, В. Е. СОКОЛОВА и О. Н. САВЕЛЬЕВА

ОСОБЕННОСТИ УГЛЕВОДНОГО ОБМЕНА В СВЕКЛОВИЧНОМ РАСТЕНИИ И ИХ СВЯЗЬ С ТЕМПЕРАТУРОЙ

(Представлено академиком А. И. Опариным 17 VI 1949)

В ряде работ нашей лаборатории установлено, что зависимость действия ферментов растения от температуры подвергается в онтогенезе организма весьма существенным изменениям ⁽¹⁾.

Исследования показывают, что смещения в ходе температурных кривых целесообразно приспособлены к ритмическим изменениям температуры воздуха, имеющим место в течение вегетационного периода и на протяжении отдельных суток ⁽²⁾. Установлено также, что эти сдвиги играют важную роль в согласовании функций отведения ассимилятов из листьев и накопления углеводов в органах запаса ⁽³⁾.

Эти исследования проводились главным образом на картофеле. Представлялось существенно важным проверить правильность установленных положений на растении, в тканях которого процессы полимеризации углеводов ограничены в основном образованием сахарозы. Классическим примером такого растения является сахарная свекла, у которой и в листьях и в корнях содержание крахмала не превышает нескольких сотых процента и практически не изменяется на всем протяжении онтогенеза. Можно было а priori утверждать, что присущие свекле особенности обмена углеводов должны найти отражение в суточной динамике осмотических показателей в тканях мезофилла. Известно, что превращение моноз в сахарозу влечет за собой заметное снижение осмотического давления раствора. Однако значение этого процесса не может идти в сравнение с тем влиянием, которое оказывают превращения ассимилятов в нерастворимый, осмотически неактивный крахмал. Важное значение осмотического фактора для всех звеньев сахаронакопления давало основания предполагать, что высокая продуктивность сахаронакопления у растений сахарозной группы должна базироваться на ином ритме процессов ассимиляции и оттока, нежели у растений крахмалистой группы.

Соответствующие наблюдения проводились нами в вегетационном сезоне 1948 г. Методом вакуум-инfiltrации, разработанным Курсановым, в живой ткани листьев свеклы определялась интенсивность синтеза и распада сахарозы; в тканях корней осуществлялись лишь наблюдения над образованием сахарозы, так как процессы распада идут здесь с крайне низкой скоростью. Отбор проб производился 3 раза в течение вегетации, причем в каждую дату наблюдений пробы отбирались дважды: в 8 и 24 часа.

Действие ферментов изучалось при температуре 10, 20, 30 и 40°. В среднем для трех сроков наблюдений получены следующие цифры (в мл 0,05 N KMnO₄ на 1 г сырого веса за 3 часа) по синтезу и распаду сахарозы при различных температурах (табл. 1).

Таблица 1

Т-ра в °С	Л и с т ь я				К о р н и	
	синтез сахарозы		распад сахарозы		синтез сахарозы	
	утром	ночью	утром	ночью	утром	ночью
10	0,65	1,06	1,64	1,18	2,21	3,96
20	0,97	1,36	2,15	2,01	3,75	2,60
30	1,42	1,54	1,95	1,35	5,30	2,73
40	1,50	1,51	1,96	1,55	3,64	1,03
Средн.	1,14	1,38	1,93	1,67	3,73	2,58

Из материалов табл. 1 обращает на себя, прежде всего, внимание весьма значительная активность распада сахарозы в утренних пробах. Интенсивность этого процесса хотя и колеблется в зависимости от температуры, остается во всех случаях более высокой, чем в ночных пробах.

В данном отношении листья свеклы резко отличаются от листьев картофеля, у которых распад полисахаридов в дневные часы отмечается лишь в строго ограниченных интервалах температуры. Заслуживает также быть отмеченной свойственная листьям свеклы высокая способность синтезировать сахарозу в ночные часы.

С этими особенностями ферментативных превращений сахарозы в листьях хорошо согласуются данные по синтезу сахарозы в корнеплодах. В отличие от клубней картофеля, у которых уровень синтеза крахмала в дневные часы значительно уступает синтезу в ночные часы, синтетическая активность тканей корней свеклы утром в широком интервале температуры от 20 до 40° значительно превышает таковую в ночные часы.

Характерно, что оптимум процессов синтеза в корнях в ночные часы лежит в среднем при температуре 10°, причем в этой точке интенсивность синтеза в ночных пробах вдвое выше, чем в утренних. Не менее важно подчеркнуть, что оптимум синтеза сахарозы в корнях в утренние часы расположен при 30°, причем этот процесс течет в 2½ раза интенсивнее, чем в этих же пробах при 10°, и в 2 раза превышает активность синтеза при 30° в ночные часы. При 40° синтез сахарозы в ночных пробах корней имеет минимальную активность (в 4 раза ниже, чем при 10°).

Все эти факты легко объяснить с позиций развиваемых нами представлений о приспособительном характере температурных кривых действия ферментов. Что касается относительной активности процессов в ночных и утренних пробах, то уже на основании рассмотренных данных легко прийти к выводу, что процессы миграции сахаров в подземные органы протекают у свеклы на протяжении суток гораздо более равномерно и отнюдь не проявляют столь яркой приуроченности к ночному периоду суток, как те же процессы у картофеля. Об этом свидетельствуют также данные по активности синтеза и распада сахарозы в свекловичном растении на разных этапах его развития (табл. 2).

Материалы табл. 2 показывают, что соотношение активностей ферментативных процессов в утренние и ночные часы значительно изменяется с возрастом растений. На ранних этапах развития свеклы уровень активности углеводных ферментов выше в утренних пробах, чем в ночных.

В согласии с уже приводившимися данными мы вновь отмечаем, что процессы распада сахарозы в листьях не приурочены только к ночным часам, а осуществляются и утром, причем с интенсивностью большей,

Таблица 2

Интенсивность ферментативных превращений в тканях свеклы
(средние данные по наблюдениям при 4 вариантах температуры)

Дата наблюдений	Л и с т ь я				К о р н и	
	синтез сахарозы		распад сахарозы		синтез сахарозы	
	утром	ночью	утром	ночью	утром	ночью
9 VI	1,62	1,42	2,35	1,81	3,42	1,55
1 VII	1,55	1,63	3,13	2,28	4,11	3,13
17 VIII	0,43	1,00	0,37	0,54	2,63	2,40

чем ночью. Перелом в этих соотношениях наступает лишь на последних этапах активной жизнедеятельности листьев. В середине августа уровень распада сахарозы ночью в полтора раза превышает скорость этого процесса в утренние часы. Столь же резко снижается относительная скорость образования сахарозы в утренних пробах листьев.

Значение этих изменений раскрывают данные по синтезу сахарозы в корнях. Мы видим, что большей активности распада сахарозы в листьях, приходящейся в июне и июле на утренние часы, отвечает относительно более интенсивный синтез сахарозы в корнях. На конечных этапах вегетации уровни синтеза в дневных и ночных пробах корней выравниваются.

Усиление в листьях относительной роли ночных процессов распада свидетельствует о том, что в поздние периоды вегетации имеет место мобилизация основных запасов углеводов листьев и перевод их в запасные органы. Этому положению вполне отвечает резкое усиление относительной роли процессов синтеза сахарозы в корнях в ночные часы.

Указанные соотношения выявляются наиболее отчетливо в табл. 3, в которой интенсивность процесса в утренние часы вычислена в процентах от интенсивности этого же процесса в ночные часы.

Таблица 3

Относительная скорость дневных процессов
(в % от скорости ночных)

Дата наблюдений	Л и с т ь я		К о р н и
	синтез сахарозы	распад сахарозы	синтез сахарозы
9 VI	114	130	221
7 VII	95	137	131
17 VIII	43	69	110

Цифры табл. 3 наглядно показывают, что относительная активность дневных процессов распада сахарозы в листьях с удлинением сроков вегетации падает. Столь же интенсивно падает с возрастом и относительная скорость дневного синтеза сахарозы в корнях.

На основании рассмотренных здесь материалов можно сделать вывод, что общая продуктивность свекловичного растения и уровень сахаристости корня связаны в первую очередь с процессами распада сахарозы в листьях. Именно об этом свидетельствует более резко выраженная на протяжении вегетации температурная адаптация распада сахарозы

в листьях по сравнению с ее синтезом. Эти особенности связаны с тем, что избыток ассимилятов откладывается в листьях свеклы не в виде осмотически инертного крахмала, а в виде растворимых сахаров.

Различное направление превращений ассимилятов создает, как мы видим, иной ритм ферментативных процессов и иную форму приспособленности этих процессов к температуре.

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

Поступило
4 VI 1949

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Б. А. Рубин и В. Е. Соколова, ДАН, 54, № 4 (1946). ² Б. А. Рубин, Е. В. Арциховская и В. Е. Соколова, ДАН, 60, № 4 (1948). ³ В. Е. Соколова и Б. А. Рубин, ДАН, 64, № 3 (1949).