

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

А. А. ЗАЙЦЕВА

**РОЛЬ САХАРА В ЗЕЛЕНЕНИИ ПРОРОСТКОВ ПШЕНИЦЫ**

*(Представлено академиком А. Н. Бахом 13 XII 1939)*

В ряде работ нами было установлено, что под влиянием временного охлаждения проростки пшеницы приобретают способность к более быстрому зеленению, и было высказано предположение, что здесь большую роль играют сахара.

Еще в 1892 г. В. И. Палладин, изучая зеленение этиолированных проростков, пришел к заключению, что для образования хлорофилла в растениях необходимо присутствие сахара и показал, что на скорость зеленения оказывает влияние концентрация сахара (1-5).

Факторами, благоприятствующими накоплению хлорофилла, в наших опытах были: временное охлаждение и наличие питающего эндосперма; оба они одновременно являются и факторами, способствующими накоплению сахаров в проростках, так как под влиянием охлаждения понижается энергия дыхания и усиливаются гидролитические процессы, что способствует накоплению сахаров. У Гасснера и Гримме есть прямые указания на то, что под влиянием пониженных температур повышается содержание сахаров в этиолированных листочках злаков. Листочки, развившиеся при 5—6°, оказались богаче сахарами, нежели выросшие при 25°. Аналогичные указания встречаются также у Шаффита и Бальде. Чтобы решить вопрос о том, насколько в наших опытах скорость зеленения этиолированных проростков зависела от наличия сахаров, были проведены две серии опытов. В первой из них кроме учета хлорофилла велся учет растворимых углеводов в выставляемых на зеленение проростках, во второй этиолированным проросткам давался сахар и затем велись наблюдения за скоростью их зеленения.

Перехожу к описанию опытов.

7 II. Пшеница Гордейформе 010 была высеяна в горшки с почвой и развивалась в темноте при температуре 20—22°.

13 II. В 10 горшках у всех проростков было тщательно удалено питающее зерно, растения продолжали оставаться в темноте. Получалось два варианта этиолированных проростков, лишенных эндосперма и сохраняющих эндосперм.

17 II. Надземные части проростков обоих вариантов (по 2 горшка) были срезаны в темноте, высушены и в дальнейшем послужили материалом для количественного учета в них растворимых углеводов. Одновременно с этим по несколько горшков обоих вариантов поставлены на охлаждение при 2—3° на 48 час. и, наконец, по 2 горшка обоих вариантов были перене-

сены в люминостат и поставлены на зеленение. После 5-часового пребывания в люминостате в них был проведен учет накопленного хлорофилла.

К 19 II у нас были следующие варианты этиолированных проростков: контрольные, не подвергавшиеся охлаждению, и охлаждавшиеся. Среди тех и других были как лишенные эндосперма, так и сохраняющие эндосперм.

19 II. Надземные части этиолированных проростков всех 4 вариантов были высушены и послужили материалом для учета растворимых углеводов.

Одновременно с этим растения всех 4 вариантов были перенесены в люминостат и поставлены на зеленение. Через 5 час. в них был проведен учет накопленного хлорофилла (см. таблицу).

Дата опыта	Опытный материал	Количество накопленного за 5 час. хлорофилла в мг на 1 г свежего веса листочков	Содержание растворимых углеводов в мг на 1 г сухого вещества
17 II	Без эндосперма . . . . .	0,053	3,6
	С эндоспермом . . . . .	0,069	
19 II	Без эндосперма . . . . .	0,272	20,8
	Контроль, не охлаждался . . . . .	0,281	
	Без эндосперма . . . . .	0,300	2,45
	Контроль, не охлаждался . . . . .	0,043	
	Без эндосперма . . . . .	0,043	2,97
	Охлаждавшийся . . . . .	0,069	
	С эндоспермом . . . . .	0,125	15,8
	Контроль, не охлаждался . . . . .	0,125	
С эндоспермом . . . . .	0,375	23,3	
Охлаждавшийся . . . . .	0,36		

Цифры ясно показывают полное соответствие между количественным содержанием углеводов и скоростью накопления хлорофилла у этиолированных проростков.

Перейдем к описанию 2-ой серии опытов. 10-дневные (считая от посева) этиолированные проростки пшеницы охлаждались в течение 48 час. при 2—3°. Контрольные продолжали оставаться при 20—23°.

Непосредственно перед перенесением на свет на зеленение контрольные, не охлаждавшиеся проростки инфильтрировались растворами сахарозы 1/2%, 1% и 2%. Одна порция инфильтрировалась водою. Операция проводилась посредством 10-минутного центрифугирования при 3 000 об/мин., затем инфильтрированные проростки всех 4 вариантов были погружены основаниями в стаканчики с водою и в 14 ч. 30 м. выставлены на зеленение. Одновременно и рядом с ними были поставлены на зеленение еще следующие варианты:

5) Проростки, подвергавшиеся охлаждению, не инфильтрированные, погружены основаниями в воду вместе с эндоспермом, питаются за счет последнего.

6) Такие же охлаждавшиеся проростки отделены от эндосперма, основаниями погружены в стаканчики с водою.

7) Проростки, не подвергавшиеся охлаждению, не инфильтрировались, питаются за счет эндосперма.

8) Такие же проростки, лишенные эндосперма и погруженные основаниями в стаканчики, с 1/2%-ным раствором сахарозы.

Наконец, инфильтрированные проростки: 9) водой, 10) 1/2 %-ным раствором сахарозы, 11) 1%-ным раствором сахарозы и 12) 2%-ным раствором сахарозы в таких же стаканчиках с водой были поставлены на окно в эксикаторе над щелочным пирогаллолом (25% пирогаллола в 10%-ном NaOH).

Наблюдение, проведенное через 1 ч. 45 м. после выставления проростков на свет, показало, что охлаждавшиеся проростки обоих вариантов успели приобрести явно зеленый оттенок.

Все проростки, не подвергавшиеся охлаждению, выглядели еще совершенно желтыми.

При повторном наблюдении в 10 час. утра следующего дня замечен ряд особенностей в зеленении проростков различных вариантов. Обратил на себя внимание факт, что у всех инфильтрированных проростков, безразлично водой или растворами сахарозы, зеленеют только части, находящиеся над жидкостью, и везде остается желтой нижняя, погруженная часть проростков. При этом видна отчетливая граница между желтой, погруженной, и зеленой частью проростка.

Бросается в глаза, что рядом стоявшие, также погруженные основаниями в воду или раствор сахара не подвергавшиеся инфильтрации проростки позеленели целиком; особенно интенсивным было у них позеленение снизу, в данном случае в части проростков, погруженной в жидкость. Только кончики листьев, как обычно через такой срок, оставались еще желтоватыми. Повидимому, в данном случае погруженные в жидкость части инфильтрированных листьев находились в условиях чрезвычайно затрудненного доступа кислорода и вследствие этого не зеленели. Совершенно нет признаков позеленения у проростков в эксикаторе над щелочным пирогаллолом.

Интенсивнее всего были окрашены в зеленый цвет, особенно снизу, проростки, подвергавшиеся охлаждению и продолжающие питаться за счет эндосперма. Слабее всего (кроме находящихся в эксикаторе) позеленели инфильтрированные водой проростки. Через 22 ч. 30 м. от начала экспозиции взяты навески всех вариантов для учета накопленного хлорофилла. Там, где погруженная часть проростков оставалась желтой, в навеску брались только выступающие над поверхностью жидкости позеленевшие части.

Перейдем к рассмотрению полученных данных. Оказалось, что к моменту взятия проб различные варианты накопили хлорофилла, считая в мг на 1 г свежего веса (везде даны величины средние из 3 определений; параллельные порции обычно давали чрезвычайно близкие величины содержания хлорофилла):

1. Проростки, подвергавшиеся охлаждению и во время зеленения питавшиеся эндоспермом . . . . .	0,73 мг
2. Проростки, лишенные эндосперма . . . . .	0,45 мг
3. Контрольные, не охлаждавшиеся, сохраняющие эндосперм . . . . .	0,17 мг
4. Контрольные, лишенные эндосперма и корешков, на время зеленения погруженные своими основаниями в 1/2 %-ный раствор сахарозы	0,382 мг
5. Такие же, инфильтрированные водой, основаниями в воде . . . . .	0,026 мг
6. Инфильтрированные 1/2 %-ным раствором сахарозы основаниями в воде . . . . .	0,096 мг
7. Инфильтрированные 2%-ным раствором сахарозы основаниями в воде . . . . .	0,168 мг

Повторный опыт: проростки развивались в темноте при 30°. На 48-часовое охлаждение при 2—3° поставлены 8-дневные проростки. Перед экспозицией контрольные, не охлаждавшиеся, проростки инфильтрировались водой и 2%-ным раствором сахарозы.

За 1 сутки на окне лаборатории накопили хлорофилла в мг на 1 г свежего веса:

1. Проростки, охлаждавшиеся, содержащие эндосперм . . . . .	1,5 мг
---	--------

2. Контрольные, не охлаждавшиеся, сохраняющие эндосперм . . . . .	0,75 мг
3. Такие же контрольные, перед экспозицией лишённые эндосперма и инфильтрированные водою, основаниями погружены в стаканчики с водою . . . . .	0,128 мг
4. Такие же контрольные, лишённые эндосперма, перед экспозицией инфильтрированные 2%-ным раствором сахарозы, основаниями погружены в 2%-ный раствор сахарозы . . . . .	0,46 мг

Опыт ясно показал значение сахара для зеленения проростков. При инфильтрировании водою накопление хлорофилла шло гораздо слабее, чем при инфильтрировании растворами сахарозы; при 2%-ном растворе сахарозы накоплено хлорофилла значительно больше, нежели при  $\frac{1}{2}$ %-ном.

Наличие питающего эндосперма как источника, из которого поступают к зеленеющему проростку растворимые углеводы, способствует более энергичному накоплению хлорофилла проростком.

Становится понятным и то, почему зеленение начинается и интенсивнее идет в молодых растущих участках этиолированного проростка, почему последними и очень медленно зеленеют более старые листья и участки листьев, особенно кончики. Именно там, куда прежде всего и в большем количестве поступают из эндосперма растворимые углеводы, раньше и интенсивнее идет и зеленение. Наконец, становится совершенно понятным и то, почему первые листочки вполне или частично яровизированных пшениц отличаются более высоким содержанием хлорофилла. За время прохождения яровизации при пониженной температуре эндосперм обогащается растворимыми углеводами, и развивающийся молодой проросток на первых порах попадает в особо благоприятные условия снабжения сахарами. Отсюда и более высокое содержание хлорофилла в первом листочке. Понятным становится и то, что в проростках озимых злаков содержание хлорофилла выше, нежели у яровых (<sup>6</sup>). По данным Гасснера и Гримме содержание сахаров в листочках озимых злаков значительно выше, нежели у яровых. Показывая огромное значение сахара для процессов накопления хлорофилла, мы отнюдь не хотим утверждать, что благоприятное питание углеводами зеленеющего листочка пшеницы является единственным фактором, ускоряющим его зеленение после временного охлаждения. Наряду с ним и в том же направлении, ускоряющем синтез хлорофилла, может действовать и по всей вероятности действует и усилившийся приток азотистых веществ к зеленеющим клеткам.

Институт физиологии растений  
им. К. А. Тимирязева.  
Академия Наук СССР.

Поступило  
13 II 1940

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> В. И. Палладин, О-во испыт. природы при Харьковск. ун-те, XXVI (1892). <sup>2</sup> В. И. Палладин, Зап. Харьковск. ун-та, вып. 3 (1893). <sup>3</sup> В. И. Палладин, Тр. СПб. о-ва естеств., XXXVII, вып. 1. <sup>4</sup> В. И. Палладин, Rev. génér. d. bot., 9 (1897). <sup>5</sup> В. И. Палладин, Ver. d. dtsh. bot. Ges., XX, N. 5 (1902). <sup>6</sup> М. Х. Чайлахян, ДАН, № 3 (1933).