

ОСОБЕННОСТИ ПАРАМЕТРОВ ФОТОСИНТЕЗА РАСТЕНИЙ, ВЫРАЩЕННЫХ ПРИ ПОНИЖЕННОМ ВОДНОМ ПОТЕНЦИАЛЕ СУБСТРАТА

Зубей Е.С.

*Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича
НАН Беларуси, Минск, Беларусь*

В качестве экологически безопасного средства повышения адаптивного потенциала растений применяют сильнонабухающие полиакриламидные гидрогели. В небольших концентрациях эти вещества улучшают водный режим субстрата, а в более высоких – создают мягкий водный дефицит, индуцирующий стрессоустойчивость растений.

Целью исследования было установить амплитуду изменений параметров фотосинтетической активности растений, сформировавшихся при разных величинах водного потенциала (ВП) субстрата. Объектами являлись представители разных экоморф: мезофит базилик душистый (*Ocimum basilicum* L.), гигромезофит незабудка лесная (*Myosotis sylvatica* L.), ксерофит иссоп лекарственный (*Hyssopus officinalis* L.).

Растения выращивали в течение 6 нед. на субстратах, различающихся величиной ВП: -8, -10, -16, -25, -35 кПа. Пониженный ВП создавали путем добавления в почвогрунт водных растворов полиакриламидного гидрогеля «Гисинар» в различной концентрации. Влажность субстратов в вариантах была одинаковой. Контролем служили растения, выращенные в почвогрунте без гидрогеля, с величиной ВП около -4 кПа. ВП субстрата измеряли при помощи тензиометра DM-8 Nieuwkoop Aalsmeer (Нидерланды).

Скорости выделения и поглощения O₂ листьями исследовали с помощью оборудования PlantVital 5030 (Германия); поглощение CO₂ фиксировали с применением газоанализатора TESTO 330-1LL (Германия). Флуоресценцию хлорофилла исследовали с помощью флуориметра CM 2203 (РБ). Вычисляли коэффициенты ω [1] и Rfd (коэффициент спада флуоресценции) [2]. Общее содержание хлорофиллов определяли с помощью хлорофиллометра DUALEX (Франция).

Параметры фотосинтетической активности полученных фенотипов растений представлены в таблице.

Таблица. Параметры фотосинтеза растений, выращенных при разном водном потенциале субстрата

Водный потенциал субстрата, кПа	Скорость выделения O ₂ , мг/дм ² ·ч	Коэффициент эффективности фотосинтеза KphA, отн. ед.	Коэффициент флуоресценции хлорофилла φ, отн. ед.	Коэффициент флуоресценции хлорофилла Rfd, отн. ед.	Скорость поглощения CO ₂ , мг/дм ² ·ч
<i>базилик (Ocimum basilicum L.)</i>					
-4 (К)	0,60 ± 0,054	1,11 ± 0,078	1,65 ± 0,056	3,35 ± 0,440	2,53 ± 0,124
-10	0,50 ± 0,045	1,28 ± 0,090	1,59 ± 0,062	4,86 ± 0,421	3,63 ± 0,186
-16	0,50 ± 0,045	2,05 ± 0,143	1,45 ± 0,049	6,69 ± 0,564	4,17 ± 0,219
-25	0,58 ± 0,052	1,42 ± 0,099	1,41 ± 0,072	3,49 ± 0,358	6,28 ± 0,315
-35	0,48 ± 0,043	1,27 ± 0,089	1,38 ± 0,037	3,21 ± 0,416	4,87 ± 0,247
<i>незабудка (Myosotis sylvatica L.)</i>					
-4 (К)	0,61 ± 0,074	1,10 ± 0,092	1,16 ± 0,023	1,83 ± 0,159	4,10 ± 0,205
-8	0,52 ± 0,067	1,29 ± 0,127	1,16 ± 0,019	1,98 ± 0,178	5,47 ± 0,271
-10	0,54 ± 0,071	1,26 ± 0,117	1,25 ± 0,019	1,82 ± 0,197	4,63 ± 0,233
-16*	0,79 ± 0,021	1,06 ± 0,126	1,17 ± 0,047	1,56 ± 0,200	4,51 ± 0,266
<i>иссоп (Hyssopus officinalis L.)</i>					
-4 (К)	1,29 ± 0,094	3,77 ± 0,308	1,35 ± 0,031	3,62 ± 0,270	7,2 ± 0,331
-10	1,55 ± 0,191	3,96 ± 0,304	1,35 ± 0,047	3,57 ± 0,249	7,4 ± 0,377
-16	2,50 ± 0,176	4,77 ± 0,329	1,38 ± 0,038	3,83 ± 0,151	8,3 ± 0,433
-25	2,59 ± 0,252	4,58 ± 0,389	1,44 ± 0,024	4,10 ± 0,177	8,0 ± 0,401
-35	1,47 ± 0,099	3,77 ± 0,345	1,36 ± 0,040	3,32 ± 0,247	7,8 ± 0,381

* при ВП -25 кПа и ниже растения незабудки не развивались

У растений базилика, выращенных при пониженном ВП субстрата, скорость фотосинтеза по O₂ была ниже контрольной на 17–21 %, за исключением растений, выращенных при -25 кПа, у которых этот параметр был идентичен контрольному. Однако скорость дыхания листьев опытных растений была существенно снижена, в связи с чем коэффициент эффективности фотосинтеза KphA, вычисляемый по соотношению скоростей выделения O₂ к поглощению, был повышен (табл.). Максимальное значение KphA наблюдалось при -16 кПа (на 84 % выше контроля).

У растений незабудки при ВП -8 и -10 кПа скорость фотосинтетического выделения O₂ листьями была ниже контрольной на 15 и 11 %, соответственно. При этом интенсивность дыхания также существенно снижалась, и коэффициент KphA в этих вариантах превышал контрольный на 17 и 15%, соответственно. При ВП -16 кПа отмечался рост скоростей фотосинтеза и дыхания, а KphA был идентичен контрольному.

Скорость фотосинтеза опытных растений иссопа была выше контрольной. Особенно существенно (до 2 раз) этот параметр возрастал при

-16 и -25 кПа, для этих растений отмечен и наиболее высокий KphA (на 26 и 21 % выше контрольного, соответственно). При ВП -35 кПа коэффициент KphA снижался и был идентичен контрольному.

Параметр флуоресценции хлорофилла ω листьев базилика в диапазоне ВП субстрата -16 – -35 кПа снижался на 12-16 %, свидетельствуя о наличии стресса, у остальных видов изменялся незначительно (табл.). У растений иссопа, выращенных при -25 кПа, параметр ω превышал контрольный на 8 %.

Коэффициент Rfd флуоресценции хлорофилла возрастал у растений иссопа и базилика в диапазоне ВП от -10 до -25 кПа, у незабудки от -8 до -10 кПа (табл.). При более низком ВП значения Rfd были ниже контрольных. Максимальный Rfd был у фенотипа базилика при ВП -16 кПа (в 2 раза выше контроля), у незабудки при -8 кПа (на 8% выше контроля), у иссопа при ВП -25 кПа (на 13 % выше контроля).

Повышение квантовой эффективности фотосинтеза может быть связано с более высоким содержанием хлорофиллов, которое отмечено у опытных растений. Максимальное содержание пигментов на единицу площади листа у базилика и иссопа было при ВП -25 кПа, у незабудки при ВП -16 кПа (на 22, 19, и 13 % выше контроля, соответственно).

Установлено, что при пониженном ВП субстрата существенно возрастали скорости поглощения CO₂ листьями растений (табл.). Максимального значения у растений базилика этот параметр достигал при ВП -25 кПа (в 2,5 раза выше контроля). У незабудки и иссопа диапазон изменения скоростей поглощения CO₂ был ниже. Максимальные значения были у растений незабудки при ВП -8 кПа (на 33 % выше контроля), у растений иссопа при ВП -16 кПа (на 15 % выше контроля).

Исследованные виды показали различную стратегию адаптации фотосинтетических процессов к пониженному ВП субстрата. У базилика и незабудки снижались скорости дыхания и фотосинтеза, у иссопа происходила интенсификация выделения O₂. У растений базилика наиболее существенно возросла фиксация CO₂. Стимуляция фотосинтетических процессов наблюдалась у представителей мезо- и ксерофитов при ВП субстрата -16 – -25 кПа, гигромезофита – при -8 – -10 кПа.

Литература

1. Метод определения функционального состояния растений по спектрам флуоресценции хлорофилла (техника биомониторинга) / К. Б. Асланиди [и др.]. – Пушино: НЦБИ АН СССР, 1988. – С. 43.
2. Флуоресценция хлорофилла растений как показатель экологического стресса: теор. основы применения метода / В. С. Лысенко [и др.]. // Фунд.

исслед. Биол. науки. [Электронный ресурс]. – 2014. – № 4. – Режим доступа: http://www.rae.ru/fs/?section=content&op=show_article&article_id=10000320. – Дата доступа: 03.06.2014.

ПРИРОДА НИЖНЕГО ВОЗБУЖДЕННОГО СОСТОЯНИЯ СПЕЦПАРЫ БАКТЕРИАЛЬНОГО ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО РЕАКЦИОННОГО ЦЕНТРА *RHODOBACTER SPHAEROIDES* И ДИНАМИКА ПЕРВИЧНОГО РАЗДЕЛЕНИЯ ЗАРЯДА

Ивашин Н.В., Щупак Е.Е.

Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Предположение о разделении заряда внутри спецпары $P=P_A P_B$ (рис. 1) бактериального фотосинтетического реакционного центра *Rhodobacter Sphaeroides* (РЦПБ) до переноса электрона (ПЭ) на вспомогательный бактериохлорофилл (B_A), расположенный в белковой субъединице L, высказывалось в ряде работ.

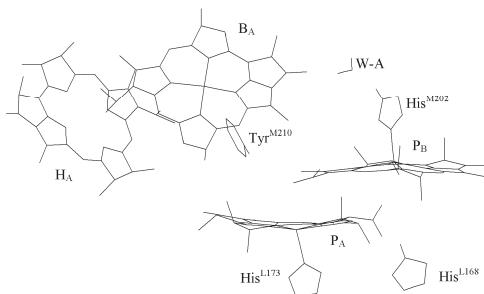


Рисунок 1 – Взаимное положение кофакторов $P=P_A P_B$, B_A и H_A в активной (L) ветви переносчиков электрона в РЦПБ *Rhodobacter Sphaeroides* по данным рентгеноструктурного анализа

Так, анализ сечений комбинационного рассеяния мономерного бактериохлорофилла и спецпары указывает на то, что возбужденное состояние P^* вовлечено в очень быструю электронную релаксацию. Данные Штарк-спектроскопии свидетельствуют о наличии в состоянии P^* вклада возбуждения, соответствующего разделению заряда внутри спецпары. Транзиентные спектры поглощения выявили спектральные изменения в