



УДК 581

© 2011

В. І. Ємельянов, В. А. Соломаха, В. І. Григоруk, Н. М. Рашидов,
академік НАН України **Д. М. Гродзинський**

Моделна система для вивчення механізмів світлопровідності вищих рослин

Розроблено модельну систему для вивчення механізмів світлопровідності вищих рослин. Підбрано оптимальне джерело світла. Зібрано металеву конструкцію, яка дозволяє змінювати кут нахилу та інтенсивність освітлення рослин. На базі приладу ХЛМЦ-1С створено систему кювет зі світлофільтрами, яка дозволяє виділяти вузькі спектральні смуги світла, що проходить через рослину. Визначено співвідношення інтенсивності джерела освітлення (лк) та показників ФЕП-130 (імп./с).

Відкриття здатності вищих рослин (ВР) проводити світло малої інтенсивності до ризосфери [1, 2] поставило низку запитань перед сучасною фізіологією рослин та екологією. По-перше, який механізм потрапляння квантів до ризосфери існує у рослин та в якому діапазоні спектра він розташований. По-друге, навіщо ВР проводять світло до ризосфери.

Для з'ясування механізмів світлопровідності ВР ми пропонуємо модельну систему, для успішного впровадження якої необхідно зробити такі кроки.

1. Змоделювати джерело світла, щоб за своєю інтенсивністю та спектральними характеристиками воно наближалось до сонячного в період активної вегетації рослин. Підібрати кожух для джерела, який дозволить освітлювати рослини вибірково спектрами. Зробити градуївану металеву конструкцію із засобами, що забезпечуватимуть зміни кута нахилу та інтенсивності джерела світла.

2. Беручи до уваги результати досліджень щодо світлопровідності ВР, які було проведено на приладі ХЛМЦ-1С (призначеному для вимірювання хемілюмінесценції) [3], розробити модельну систему на його основі, яка дозволить використовувати систему фільтрів для відсікання окремих спектральних смуг випромінювання, що пройшло через рослини. Проаналізувати та відібрати низку світлофільтрів для реєстрації показників світлопровідності на виході з кореневої системи.

3. Визначити ступінь поглинання нейтральних світлофільтрів (НС-фільтрів) при освітленні світлодіодним джерелом. Побудувати калібрувальний графік співвідношення інтенсивності направленої світла (лк) та показників фотоелектронного помножувача — ФЕП-130 (імп./с).

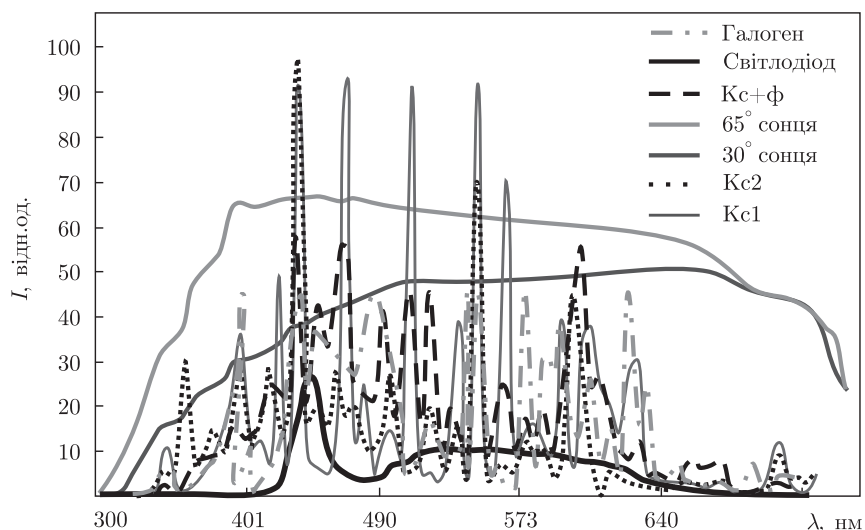


Рис. 1. Спектральні характеристики сонця та штучних джерел світла

Матеріали та методи дослідження. Інтенсивність джерел світла вимірювали за допомогою люксметра Ю-117. Аналіз джерел освітлення проводили на приладі СДЛ-2 (спектрометр дифракційний люмінесцентний, ЛОМО, Росія). Ширина щілини — 50 мкм. Результати, що фіксував прилад, виводились на ПК та обчислювались в графічному редакторі. Спектри пропускання/поглинання світлофільтрів реєстрували на двохвильовому спектрофотометрі Perkin-Elmer. Графіки будували в редакторі Excel. Співвідношення випромінювання світлодіодного джерела (інтенсивністю 40 000 лк) та показники ФЕП-130 (імп./с) розраховували за сумою середніх величин пропускання НС-фільтрів у діапазоні поглинання фотоелектронного помножувача (С₅-крива [4]).

Результати та їх аналіз. На першому етапі досліджено п'ять джерел випромінювання, які наближені до інтенсивності денного світла в період активної вегетації ВР та відповідають умовам щодо проведення подальших експериментів.

Було проаналізовано два світлодіодних джерела, які дають максимальну інтенсивність 40 та 80 тис. лк; галогенну лампу, що дає максимум інтенсивності — 70 тис. лк; дві ксенонові лампи із спектральною температурою 4000 та 10000 К (далі Кс1 і Кс2 відповідно). Інтенсивність світла останніх може сягати 100000 лк. Дані щодо спектральних характеристик описаних джерел освітлення наведені на рис. 1. На графічному зображенні також показано спектральні характеристики сонячних променів при різних кутах нахилу сонця над горизонтом (30°, 65°) [5] для їх порівняння зі спектральними характеристиками експериментальних джерел світла. Важливою компонентою для відбору джерела світла є інтенсивність. Тільки ксенонові лампи можуть давати інтенсивність випромінювання, яке характерне для сонячного літнього дня. Необхідною складовою джерела світла для проведення експериментів по визначенню світлопровідності ВР є наявність УФ спектра, який активує велику кількість онтогенетичних реакцій (програм) у рослинному організмі в процесі його розвитку [6]. УФ піки, як можна побачити на рис. 1, присутні лише у трьох джерел — галогенового, Кс1 та Кс2. Для модельної системи вибрано джерело Кс2, світло якого при проходженні через 5 мм світлофільтр СЗС-24 має найближчу до спектральних характеристик сонця [5] криву (див. рис. 1).

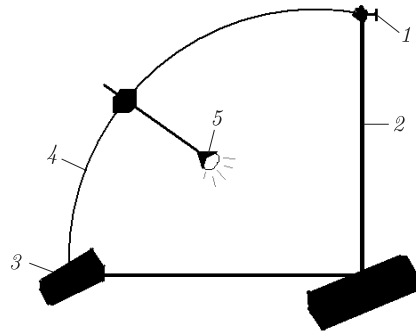


Рис. 2. Металева конструкція для зміни інтенсивності та кута освітлення рослин: 1 — кріплення; 2 — штатив; 3 — підставка; 4 — градуйована чверть кола; 5 — джерело освітлення

Отже, нами було підібрано оптимальне джерело для вивчення механізмів світлопровідності у ВР. Зроблено градуйовану металеву конструкцію (рис. 2) для зміни кута та інтенсивності освітлення ВР.

Після аналізу спектрів поглинання/пропускання 30 світлофільтрів було відібрано 8 світлофільтрів зі спектральними характеристиками, які задовольняють вимоги наших дослідів — СС-15, СЗС-3, СЗС-24, ЗС-11, ЗС, ЖС-18, ОС-12, КС-11. Ці фільтри виділяють спектральні смуги на певній ділянці, що дозволяє визначати проміжки спектра завширшки від 20 до 60 нм.

Світлофільтри вклеювали в розроблені нами стакани-кювети, які розташовували у підстаканники приладу ХЛМЦ-1С. Наявність певних фільтрів дає можливість виявляти межі спектральних діапазонів, з яких кванти потрапляють до ризосфери. Це може сприяти встановленню механізму, що забезпечує їх транспорт.

На наступному етапі було побудовано калібрувальну криву залежності інтенсивності світла та кількості квантів, що фіксує фотоелектронний помножувач, визначено співвідношення поглинання НС-фільтрів при освітленні їх світлодіодним джерелом з інтенсивністю 40000 лк (рис. 3). Ступінь поглинання фільтрів розраховували за сумою середніх значень в інтервалі 420–650 нм. Ступені поглинання НС-фільтрів також сумували.

За умови падіння на НС-фільтри світла інтенсивністю 40 000 лк від світлодіодного джерела вихідне випромінювання становило всього $1,6 \cdot 10^{-9}$ частки від вхідного. При цьому ФЕП-130 реєстрував 650000 імп./с. При проходженні $2,9 \cdot 10^{-10}$ частки від вхідного випромінювання ФЕП-130 мав показники 95000 імп./с, а при проходженні $4,2 \cdot 10^{-11}$ частки направленої світла — 310 імп./с. Таким чином, отримані під час експерименту значення світлопровідності рослин квасолі становили не менше 10^{-9} від 1/2 інтенсивності денного світла (рис. 4).

Отже, авторським колективом розроблено модельну систему для дослідження механізмів світлопровідності у ВР, в якій джерело світла за своєю інтенсивністю та спектральними характеристиками наближене до сонячного в період активної вегетації рослин. Підібраний для джерела кожух дозволяє освітлювати рослини вибірково спектрами, градуйована металеві конструкція забезпечує зміну інтенсивності та кута нахилу джерела світла. На основі приладу ХЛМЦ-1С розроблено модельну систему зі світлофільтрами, яка дає можливість виділяти вузькі спектральні смуги світла, що пройшло через рослину. Визначено ступінь

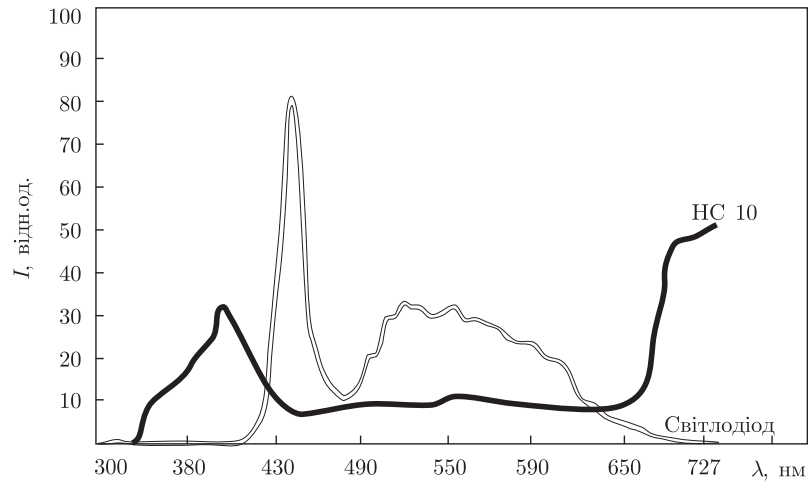


Рис. 3. Спектри поглинання НС-фільтрів та спектр джерела світла

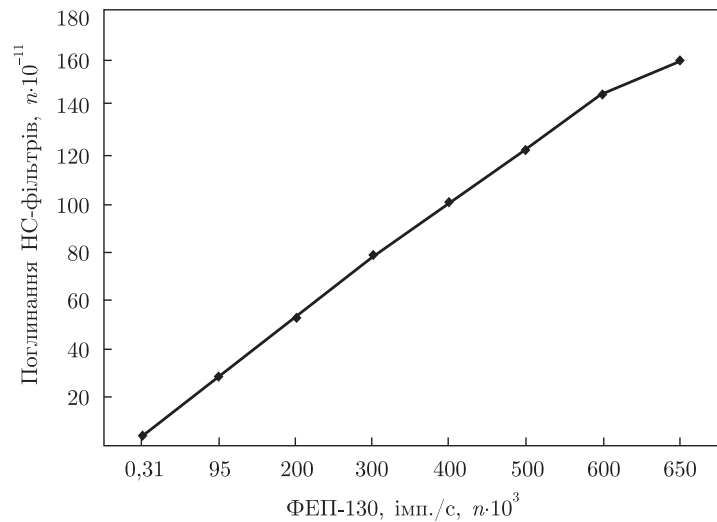


Рис. 4. Калібрувальна крива співвідношення поглинання НС-фільтрів при освітленні світлодіодним джерелом з інтенсивністю 40 000 лк та показників ФЕП-130 (імп./с)

поглинання НС-фільтрів при опроміненні світлодіодним джерелом. Побудовано калібрувальну криву співвідношення інтенсивностей направлено світла та показників ФЕП-130. Останнє дозволяє вільно оперувати величинами освітлення рослин у люксах та проходження квантів через кореневу систему в імпульсах за секунду.

1. Ємельянов В. І., Рашидов Н. М., Романенко П. О., Сакада В. І., Гродзинський Д. М. Здатність рослини проводити світло до ризосфери // Доп. НАН України. – 2007. – № 11. – С. 151–157.
2. Ємельянов В. І., Рашидов Н. М., Романенко П. О., Сакада В. І., Гриневич Ю. П., Гродзинський Д. М. Вищі рослини, світло та ризосфера // Матеріали конф. “Биология 21 века”. Запороз. нац. ун-т. – 2008. – Т. 2. – С. 67–72.
3. Веселовский В. А., Веселова Т. В. Люминесценция растений. – Москва: Наука, 1990. – 200 с.
4. Кацнельсон Б. В., Калугин А. М., Ларионов А. С. Электровакуумные электронные и газоразрядные приборы: Справ. – Москва: Радио и связь, 1985. – 864 с.
5. Рвачев В. П. Введение в биофизическую фотометрию. – Львов: Изд. Львов. ун-та, 1966. – 378 с.

6. Гродзинський Д. М., Дмитрієв О. П., Гуца М. І. та ін. УФ-В радіація і рослини: механізми ушкодження та захисту. – Київ: Фітосоціоцентр, 2007. – 152 с.

Інститут клітинної біології
і генетичної інженерії НАН України, Київ

Надійшло до редакції 23.03.2010

V. I. Emelyanov, V. A. Solomakha, V. I. Grygoruk, N. M. Rashidov,
Academician of the NAS of Ukraine **D. M. Grodzynsky**

A model system for the study of mechanisms of light conduction in higher plants

A model system to study the mechanisms of light conduction in higher plants is developed. An optimum source of light is selected, and a metallic construction allowing one to change the angle and the intensity of the illumination of plants is produced. On the basis of the KhLMTs-1S device, a system of cuvettes with light filters selecting narrow spectral bands is fabricated. The ratio of the light source intensity (in Lx) and readings of PEM-130 (in pulse/sec) is determined.