

УДК 530.145.61; 577.3

Юлія РОГОВИК, студент

Наталья ТИТОВА, д.т.н., професор,

Національний університет «Одеська політехніка», м. Одеса, Україна, e-mail: rogovik16@ukr.net,  
tnv.titova@gmail.com

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ОПТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА РОСЛИНИ

**Анотація.** У роботі був здійснений огляд наукових робіт на тему дослідження морфологічних та функціональних змін рослинних культур під впливом спектрального опромінення з метою знаходження спільних механізмів регулювання розвитку рослин світлом оптичного спектра.

**Ключові слова:** оптичне світло, випромінювання, спектр, фотосинтез, врожайність.

Розвиток рослин є неможливим за відсутності сонячного випромінювання. Вплив білого світла зрозумілий інтуїтивно, давно сформульовані і санітарні норми для культурних рослин, що забезпечує ефективне їх вирощування на обмеженій площі, часто в закритих приміщеннях. Але в наш час, коли попит на рослинну продукцію стрімко зростає, а ресурси лишається обмеженими, часто постає питання нетрадиційних та нешкідливих методів прискорення росту та підвищення врожайності культурних рослин. Дослідження впливу окремих спектрів оптичного випромінювання привернуло увагу багатьох вчених.

У роботі була здійснена спроба виділення спільних реакцій рослин на випромінювання одного спектра, або сукупності кількох.

Для розгляду взяті наукові роботи з детальним описом експериментів на широко поширених покритонасінних рослинах. Дослідження проводились за дещо різних довжин світлових хвиль у межах оптичного спектра, у різних кліматичних поясах.

Відповідно до даних дослідження [1], у якому описано результати адаптації саджанців малини до нових умов під впливом комбінованого квазімонохроматичного випромінювання, при виборі комбінацій застосованих спектрів відштовхувались від відомого твердження, що фотоморфогенез рослин залежить, в першу чергу, від співвідношення «ближніх», «дальніх» (коротко- та довгохвильових) червоних і синіх променів у потоці, а також від проблеми суперечливих даних, отриманих різними дослідниками при експериментах над даною культурою. Виділення двох сегментів червоного спектра відбулось через їх властивість підсилювати процес фотосинтезу рослин за одночасного впливу, що здобуло назву «ефекту Емерсона». Використання зеленого світла зумовлене його високим коефіцієнтом пропускання, відбивною здатністю і нестачею даних про його вплив на рослини.

Як стресовий фактор мав місце перехід рослин від умов *in vitro* до *ex vitro* та зміна світлового опромінення. З метою пришвидшення адаптації рослин до нових умов і проводилось дане дослідження.

Отже, частина рослин була піддана опроміненню комбінацією червоних та синіх фотонних потоків. Робота фотосинтетичного апарата зразків виявилась найпродуктивнішою у випадку поєднання ближнього 660 нм червоного та синього 470 нм світла, зі зниженою кількістю дальнього червоного 739 нм. При великій частці дальнього червоного випромінювання спостерігалось зменшення площі листя одночасно із посиленням розростанням кореневої системи. Наземна частина рослини була найбільш розвинутою у випадку повної відсутності довгохвильових червоних променів, у листових пластинах було виявлено підвищений рівень хлорофілу, але висота пагона була значно меншою, ніж в інших зразків.

Варто зазначити, що використання постійних значень синього спектра при вище описаних дослідах зумовлене його універсальністю, адже він чинить збуджуючу дію не лише на фітохромі, а й на криптохромі та фототропіни, які є частиною фотосинтетичного апарату. У

випадку опромінення рослин потоком світла без синього спектра спостерігалось пригнічення фотосинтетичної здатності.

Зелене світло здатне забезпечувати адаптацію росту рослин у ценозі, поліпшення фотосинтетичної здатності, стимулювання подовження стебла.

Інша частина зразків, яка опромінювалась червоним 659 нм, зеленим 518 нм та синім 450 нм світлом показала такі результати: пришвидшений ріст стебла та подовження міжвузлів при меншій кількості листя і уповільненому його розвитку за збільшеної частки синього спектра; при збільшенні частки червоного потоку зростала швидкість росту листя та зменшення сухої біомаси рослини. Через 30 днів ці показники були згладжені в усіх зразках. Інтенсифікація фотосинтезу відбувалась при збільшенні частки зеленого світла, яке поєднувалась з дальнім червоним, найнижчі показники були у зразка з найбільшою часткою червоного у спектрі.

Під час дослідів на помідорах, описаних у роботі [2], досліджувався вплив лише червоного 666 нм і синього 462 нм спектрів. Результатом стало підвищення врожайності на 14% та поліпшення параметрів плодів (вага, маса).

Світлодіодне підсвічування викликало підвищення вмісту хлорофілу на 15,5%; продуктова активність збільшилась майже у три рази; зросла температура листя.

Росту плодів більше сприяло опромінення білим світлом або виключно червоним спектром, аніж синім. У весняний період поздовжній і поперечний діаметри плодів збільшувались на 14 і 13% відповідно, у літній — на 5 і 6%. Середня маса зросла на 15% у літній період, що є наслідком покращення фотосинтетичної здатності рослини. Дозрівання також відбулось швидше, ніж за звичайних умов.

Найважливішим параметром якості плодів томатів є вміст розчинних твердих речовин. У даному випадку показник лишився аналогічним до контрольного.

Дослідження, описане у джерелі [3] було покликане пришвидшити ріст та збільшити біомасу базилика солодкого. Один зі зразків перебував під впливом комбінації червоного (84%) та синього (16%) спектрів, інший — червоного (79%), синього (11%) і дальнього червоного (10%). Штучне освітлення було єдиним джерелом світла для рослин.

І перший, і другий експеримент призвів до збільшення врожайності культури.

Блакитний спектр сприяє ранньому вегетативному росту та спроможний вплинути на компактність і щільність рослини. Червоний спровокував подовження листя. Друга опромінююча комбінація призвела до збільшення біомаси майже у два рази, у порівнянні з контрольним зразком. Підвищення врожайності дослідники пов'язують саме з дією червоного спектра. Дальнім червоним променям приписують інтенсифікацію фотосинтезу.

Було помічено, що збільшення інтенсивності червоного опромінення гальмує перехід до цвітіння у базилика і пригнічення квантової ефективності фотосинтезу. Уповільнювалась також транспірація, що дало змогу ефективніше використовувати водний ресурс.

Дослідження [4] також описує вплив червоних 660 нм (90%) та синіх 400...500 нм спектрів видимого світла, але вже на шпинат, редиску та салат.

Фіксували гальмування швидкості фотосинтезу та погіршення продигової провідності у зразків, що опромінювались лише двома спектрами. Суха біомаса також зменшилась, що пояснюється недостатньою кількістю синіх променів. Лише зразки салату проявили задовільні результати, хоча вони й поступались контрольному зразку.

Праця [5] присвячена аналізу впливу білого, синього монохроматичного 440 нм, червоного монохроматичного 660 нм, комбінації червоного та синього (8:1) світла на фотосистеми і фотосинтетичну здатність транспорту електронів у листках огірка.

Науковцями були зроблені висновки, що червоне світло провокує пригнічення активності фотосистем та лінійного транспорту електронів, натомість активуючи циклічний їх потік, що є несприятливим для розвитку рослини. Ситуацію виправило додавання світла синього спектра. Було встановлено, що синє світло стимулює фотосинтез ефективніше і відіграє життєво важливу роль у підтримці активності фотосистем і фотосинтетичного

транспорту електронів. У випадку поєднання впливу червоного та синього випромінювань відбулось посилення лінійного транспорту електронів.

Значна різниця у реакціях рослин різних видів на однакові умови дає підстави вважати вплив окремих спектрів оптичного випромінювання видоспецифічним.

Але описані вище експерименти все ж дають можливість виділити певні загальні риси в отриманих результатах: вплив зеленого спектра, а також комбінації червоного та синього, з переважаючою часткою червоного, пов'язують з інтенсифікацією фотосинтезу; окремо червоне світло здатне викликати збільшення розмірів плодових частин рослини; коротко- та довгохвильове червоне світло, у межах оптичного спектра, викликає значне посилення роботи фотосинтетичного апарату, поліпшення продигової функції; оптимальна комбінація основних розглянутих спектрів може призвести до значного збільшення біомаси рослини за короткий термін. Левова частка результату залежить від співвідношення спектрів у загальному оптичному потоці.

Оптичне коригування розвитку рослин потребує глибшого вивчення його алгоритмів, доказової бази наразі недостатньо для масового застосування методики на практиці без ризику значних матеріальних втрат виробників.

### Література

1. Tarakanov IG, Kosobryukhov AA, Tovstyko DA, et al. Effects of Light Spectral Quality on the Micropropagated Raspberry Plants during Ex Vitro Adaptation. *Plants (Basel)*. 2021;10(10):2071. Published 2021 Sep 30. doi:10.3390/plants10102071.

2. Paucek, I.; Pennisi, G.; Pistillo, A.; Appolloni, E.; Crepaldi, A.; Calegari, B.; Spinelli, F.; Cellini, A.; Gabarrell, X.; Orsini, F.; Gianquinto, G. Supplementary LED Interlighting Improves Yield and Precocity of Greenhouse Tomatoes in the Mediterranean. *Agronomy* 2020, *10*, 1002. <https://doi.org/10.3390/agronomy10071002>.

3. Rahman MM, Vasiliev M, Alameh K. LED Illumination Spectrum Manipulation for Increasing the Yield of Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.). *Plants (Basel, Switzerland)*. 2021 Feb;10(2). DOI: 10.3390/plants10020344. PMID: 33670392; PMCID: PMC7917910.

4. Yorio NC, Goins GD, Kagie HR, Wheeler RM, Sager JC. Improving spinach, radish, and lettuce growth under red light-emitting diodes (LEDs) with blue light supplementation. *HortScience*. 2001 Apr;36(2):380-3. PMID: 12542027.

5. MIAO Yx, Li-hong GAO, Mei QU, Qing-yun CHEN, Xiao-zhuo WANG. Blue light is more essential than red light for maintaining the activities of photosystem II and I and photosynthetic electron transport capacity in cucumber leaves *Journal of Integrative agriculture*.. 2016 Jan;15:87-100. DOI: 10.1016/s2095-3119(15)61202-3.