

ВИМОГИ ДО СПЕКТРАЛЬНОГО СКЛАДУ ШТУЧНИХ ДЖЕРЕЛ ОПТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ РОСЛИН В СПОРУДАХ ЗАКРИТОГО ГРУНТУ

*Л. С. Червінський, доктор технічних наук
Л. О. Сторожук, кандидат історичних наук
О. І. Романенко, магістр
Я. М. Луцак, аспірант*

Анотація. Обґрунтовується необхідність штучного доопромінення рослин довгохвильовим ультрафіолетовим випромінюванням при вирощуванні рослин в спорудах захищеного ґрунту.

Ключові слова: вимоги, спектр, випромінювання, рослини

Постановка проблеми. Життя і розвиток рослин неможливо без Сонячного випромінювання. Частина спектру випромінювання, яка сприймається рослинами часто називають фотосинтезно активною радіацією (ФАР або FAR) тому, що багато фізіологічних процесів в рослинах не можуть проходити без його участі.

Мета досліджень – обґрунтувати вимоги до спектрального складу випромінювання штучних джерел, що використовуються в рослинництві закритого ґрунту на основі екологічного випромінювання Сонця.

Матеріали і методика досліджень. Дослідження проведено на основі аналізу досліджень дії спектрів випромінювання Сонця та широко розповсюджених штучних джерел оптичного випромінювання в галузі рослинництва.

Результати досліджень. Дослідженнями встановлено, що під дією видимого випромінювання (з максимумами довжини хвилі випромінювання біля 440 нм та 680 нм) в рослинах здійснюється утворення хлорофілу, формуються листя, квіти, плоди, відбувається синтез вітамінів, ферментів і інших речовин. В природних умовах рослини виростають під дією всього спектру Сонячного випромінювання, в якому окрім видимого випромінювання присутні ультрафіолетове і інфрачервоне. Причому, граничні довжини хвилі випромінювання і його інтенсивність залежать від часу доби (кута нахилу Сонця до горизонту) і пори року. Нижче приведена табл. 1, в якій показано співвідношення різних ділянок спектру випромінювання Сонця залежно від кута нахилу над горизонтом 50° (на широті Києва) [1].

1. Спектральний склад сонячного випромінювання при різній висоті Сонця над горизонтом (в %).

Інтенсивність ділянок спектру оптичного випромінювання в %	Висота Сонця, град			
	0,5	10	30	50
Ультрафіолетова (295-380)	0	1,0	2,7	3,2
Видима (380-780)	31,2	41,0	43,7	43,9
У тому числі:				
Фіолетова (380-4430)	0	0,8	3,8	4,5
Синя (430-490)	0	4,6	7,8	8,2
Зелена (490-570)	1,7	5,9	8,8	9,2
Жовта (570-600)	4,1	10,0	9,8	9,7
Червона (600-780)	25,4	19,7	13,5	12,2
Інфрачервона (780-34000)	68,8	58,0	54,6	52,3
Всього, %	100	100	100	100

Аналіз даних таблиці показує, що при 50° розташуванні Сонця над поверхнею землі (Європейська широта, рівня Києва) співвідношення частин спектру складає: ультрафіолетове випромінювання – 3,2%, видиме – 43,7%, інфрачервоне – 54,6% всього випромінювання. По відношенню до видимого випромінювання ультрафіолетове складає близько 8%, що свідчить про його біологічний вплив на живу природу Землі.

Висока чутливість і різноманітність відповідних реакцій рослин на вплив ультрафіолетових променів пов'язані з тим, що вони активно поглинаються багатьма фізіологічно важливими сполуками рослинної клітини [2]. За фактом, рослини в умовах природного вирощування постійно піддаються дії середньохвильовому (280-320 нм) і довгохвильовому (320–400 нм) ультрафіолетовому випромінюванню від Сонця.

Роль природного ультрафіолетового випромінювання у життєдіяльності рослин в останні роки вивчена недостатньо. Є роботи (Зайцева, 1953; Гурского, 1962; Соколова, 1962, 1965; Дуброва, 1963, 1968; Насырова, 1966; Фрайкіна, 1987; Гиллера, 1965, 1988; Шульгіна, 1978, 1990; Brodfuhrer, 1955; Vellmann, 1983; Frederick, 1989; Coohill, 1989; Tevini, Teramura, 1989), актуальність яких безперечна, але вони не охоплюють всіх аспектів проблеми дії ультрафіолетового випромінювання.

Тому вивчення регуляторної ролі ультрафіолетового випромінювання різного спектрального складу в морфогенезі й метаболізмі рослин становить великий інтерес. З'ясування ролі ультрафіолету і видимого світла (400–700 нм) у формуванні морфофізіологічних особливостей рослин і їх адаптаційних механізмів до несприятливих умов середовища є одним з важливих питань сучасних умовах розвитку людського суспільства. Особливу

актуальність здобуває це питання при вирощуванні рослин в умовах закритого ґрунту, коли використання штучного оптичного випромінювання є головною складовою частиною технологічного процесу вирощування рослин.

Пошуковими дослідженнями встановлено позитивний біологічний вплив ультрафіолетового випромінювання (300 – 400 нм) на прискорення цвітіння та утворення зав'язі овочевих культур, що призводить до підвищення якості і кількості продукції [4]. Якщо у відкритому ґрунті рослини одержують ультрафіолетове випромінювання починаючи з 295 нм (найменша зареєстрована довжина хвилі ультрафіолетового променя, який досягнув поверхні землі складає 283 нм [6]), яке становить 3...5% сумарного сонячного випромінювання, – то в теплицях в осінньо-зимові місяці вони його практично не одержують [3].

Слід звернути увагу на те, що комбінована дія УФ радіації і видимого світла, якщо такий присутній в спектрі випромінювання джерела світла, приводить до значних змін в спрямованості біохімічних процесів і подальшому їх зростанні. Цьому наочно свідчать досліди з насінням фацелії *Phacelia tanacetifolia*, у якої через велику чутливість навіть звичайне видиме світло пригнічує проростання. У цієї рослини УФ опромінювання ($\lambda = 254$ нм; $E = 200$ мкВт/см²; $\lambda = 365$ нм, $E = 500$ мкВт/см², $T = 3-6$ год.) зменшує проростання на 35–60% (Schulz, Klein, 1963). Встановлено, що реакція насіння фацелії змінюється залежно від того, в якій послідовності проводиться опромінювання насіння світлом різного спектрального складу (табл. 2).

2. Дія випромінювання різного спектру на проростання насіння фацелії.

Послідовність опромінювання	Тривалість освітлення, годин	Придушення проростання %
Темнота	6	0
Синє світло, 1000 мкВт/см ²	6	37
Червоне світло, 1000 мкВт /см ²	6	44
УФ випромінювання. 200 мкВт/см ²	6	64
Синє >УФвипромінювання	3> 3	18
УФ випромінювання > синє	3> 3	37
Червоне > УФ випромінювання	3> 3	20
УФ випромінювання > червоне	3> 3	64

З даних табл. 2 видно, що у тому випадку, коли УФ опромінювання чередує після синього або червоного світла, воно зменшує їх дію і, навпаки, ефект посилюється, коли після УФ світла дається світло іншого спектрального складу. Ці реакції указують на

присутність в насінні різних фоторецепторів, контролюючих проростання і подальше зростання. Можливо, фоторецептори пов'язані з такими системами: 1) фотохімічною пов'язаною з фотосинтезом; 2) фотохімічною контролюючою фототропізм; 3) фітохромною пов'язаної з проростанням і частково морфогенезом; 4) високоенергетичною системою морфогенезу (Воскресенська, 1965; Mohr, 1964). Взаємодія цих систем, їх інгібування і активація при УФ опромінюванні грають найважливішу роль в зростанні і розвитку рослин. Слід зазначити, що реакція рослин на УФ опромінювання сильно залежить від інтенсивності видимого світла, при якій вирощуються рослини.

Сучасний стан науки і техніки дозволяє розробляти штучні джерела оптичного випромінювання із заданими ділянками спектру та інтенсивності. Так у парникових і тепличних господарствах для вирощування могутнішої розсади овочевих рослин з'явилась можливість застосовувати ультрафіолетові світлофільтри, які відтинають шкідливі пригнічуючі короткохвильові спектри довжин хвиль світла у потужних ксенонових ламп. Приведені результати свідчать, що довгохвильове ультрафіолетового випромінювання (від 295 до 380 нм) є невід'ємною складовою природного Сонячного випромінювання і в помірних дозах необхідне для нормального розвитку рослин. Це випромінювання проникає крізь епідерміс поверхні листя і робить значний вплив на життєдіяльність рослин.

Але на сьогодні недостатньо вивчено питання про найефективнішу ділянку спектра (у межах довжин хвиль) в ультрафіолетовій частині та дози випромінювання [1, 2, 5, 7]. Встановлено, що в умовах закритого ґрунту додаткове ультрафіолетове випромінювання ($E_{\text{уф}} < 2,5 \text{ Вт/м}^2$) [3] спричиняло стимулюючу дію на фотосинтез листків, вміст хлорофілу та нагромадження корисної біомаси у редису і салату. Встановлено також, що ультрафіолетове випромінювання рослин помідора прискорює їх цвітіння та плодоношення, а також сприяє підвищенню вмісту розчинних цукрів та вітаміну С [4].

За останні роки, у зв'язку з новими підходами до вивчення фотобіологічних ефектів та бурхливого розвитку світлодіодних джерел випромінювання виникає унікальна можливість керування ростом та продуктивністю рослин за допомогою модифікації рівня ультрафіолетового випромінювання на рослини. Поряд із цим вивчення біологічного впливу ультрафіолетового випромінювання важливо для моніторингу біосферної обстановки в Україні – в зв'язку із зростаючим антропогенним забрудненням атмосфери, частіших розривів захисного озонового прошарку Землі й, відповідно, можливості дії більш короткохвильової частини (шкідливої) частини спектру ультрафіолету Сонячного випромінювання.

Висновки

1. Ультрафіолетове випромінювання в невеликих дозах в діапазоні 300–400 нм має позитивний біологічний вплив і сприяє прискоренню цвітіння та утворення зав'язі овочевих культур.

2. За допомогою керування інтенсивністю та тривалістю ультрафіолетового доопромінювання тепличних рослин можливо регулювати технологічний процес отримання рослинної продукції і, таким чином, прогнозувати якість і кількість вихідної продукції.

3. При виробничому вирощуванні рослин в теплицях їх врожайність і якість залежать в першу чергу від відповідності спектрального складу випромінювання від штучних джерел світла спектру природного Сонячного випромінювання. Відповідно до аналізу Сонячного спектру на географічній широті Києва найефективнішим є наступне співвідношення ділянок спектру штучного джерела – ультрафіолетове (290–380) / видиме (380–760), інфрачервоне (760–1000): 3/43/54.

Список літератури

1. *Воскресенская Н. П.* Фоторегуляторные реакции и активность фотосинтетического аппарата / *Н. П. Воскресенская* // Физиол. растений. – 1987. – Т. 34, вып. 4. – С. 669–683.
2. *Генотипические* особенности реакции растений на средневолновую ультрафиолетовую радиацию / *П. Д. Усманов, И. Г. Медник, Б. И. Липкинд, Ю. Е. Гиллер* // Физиол. растений. – 1987. – Т. 34, вып. 4. – С. 720–729.
3. *О влиянии* дополнительного ультрафиолетового облучения на продуктивность и пищевую ценность овощей в условиях защищенного грунта / *Н. А. Голубкина, М. В. Добровольский, Л. Б. Прикупец, Н. Н. Протасова* // Светотехника. – 1994. – №6. – С. 2–5.
4. *Сторожев И. П.* Влияние УФ – облучения на качество и урожайность овощной продукции в зимних теплицах / *И. П. Сторожев, В. П. Гусаров* // Науч. тр. ВНИИЭСХ. – 1988. – Т. 71 – С. 46–54.
5. *Фрайкин Г. Я.* Некоторые проблемы в современной ультрафиолетовой фотобиологии / *Г. Я. Фрайкин* // Физиол. растений. 1987. – Т. 34, вып. 4. – С. 712–719.
6. *Дубров А. П.* Действие ультрафиолетовой радиации на растения / *А. П. Дубров* // Издательство Академии наук СССР. – М., 1963. – С. 23.
7. *Червінський Л. С.* Світлокультура рослин – Історія виникнення і становлення / *Л. С. Червінський, Л. О. Сторожук* // Електронний ресурс Історія науки і біографістика. – 2006. – №1. – Режим доступу: <http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/inb/20061/06clsivs.html>.
8. *Червінський Л. С.* Оптичні технології у рослинництві / *Л. С. Червінський* // "СВІТЛО люкс", наук.-практ журнал. – Електроінформцентр України. – №3. – 2003. – С. 40–42.
9. *Lockhart J. A.* Brodführer-Franzgrotte U. The effect of UV radiation on plants.- Hand. d. Pflanzenphysiol. W. Ruhland (Hrsg). Berlin-Göttingen. – Heidelberg, 1961. – №16. – 532 p.
10. *Gilles E.* 1939 Quelques remarques sur les effets du rayonnement de la lampe a vapeur de mercure sur les plantules. – C R. des Seances de .la Soc. de Biol. – 112. – 14. – 1409.

11. Klein R. M. 1965. Effect of near UV and green radiation on plant growth / Klein R. M., Edsall P. C., Gentile A. G. – Plant Physion. – 40. – 5. – 903.
12. Partanen C. R., Nelson. 1961. Induction of plant tumors by UV radiation. – Proc. Nat. Acad. Sci. USA. – 47. – 1165.

Аннотация. Обосновывается необходимость искусственного дооблучения растений длинноволновым ультрафиолетовым излучением при выращивании растений в сооружениях защищенной почвы.

Ключевые слова: *требования, спектр, излучение, растения*

Annotation. The necessity of lamplight of plants is grounded long-wave ultraviolet radiation at growing of plants in building of the protected soil.

Key words: *requirements, spectrum, radiation, plants*

УДК 62-83:621.313.333

АВТОНОМНИЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧНИЙ КОМПЛЕКС З КОМПЕНСОВАНИМИ АСИНХРОННИМИ МАШИНАМИ

***Р. М. Чуєнко, С. С. Макаревич, кандидати технічних наук
В. В. Гаврилюк, інженер***

Анотація. Запропонована конструкція автономного електромеханічного комплексу із компенсованими асинхронними машинами.

Ключові слова: *автономний електромеханічний комплекс, компенсований асинхронний двигун*

Постановка проблеми. Важливим для практики, але досить важким режимом для електричних машин є спільна робота в автономній системі сумірних по величині потужностей генератора і двигуна. Особливо важко для обох машин у такій системі протікає процес пуску і розгону асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором від генератора змінного струму. Великий пусковий струм двигуна при малому пусковому моменті, що залежить від квадрату (U^2) напруги живлення, зниження цієї напруги при обмеженій потужності генератора зменшують можливості задовільного запуску АД в автономній системі. Чотири-п'ятикратне форсування збудження синхронного генератора підтримує рівень напруги при накиді

© Р. М. Чуєнко, С. С. Макаревич, В. В. Гаврилюк, 2016