УДК 581.1:631.5

МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Панкова Оксана Володимирівна
кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, Україна
ORCID: 0000-0003-2866-1858
pankova_oksana@ukr.net

Сировицький Кирило Геннадійович
старший викладач
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0003-0250-8994
gaver89@ukr.net

Харченко Сергій Олександрович
доктор технічних наук, професор
Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна
ORCID: 0000-0002-4883-2565
kharchenko_mtf@ukr.net

Оничко Віктор Іванович
кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0003-0584-319X
onichko@gmail.com

Тарельник В'ячеслав Борисович
доктор технічних наук, професор
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0003-2005-5861
viacheclav.tarelnyk@snau.edu.ua

Думанчук Михайло Юрійович
кандидат технічних наук, доцент
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0003-3559-4729
mykhailo.dumanchuk@snau.edu.ua

У статті приведено результати аналізу отриманих даних в лабораторних умовах впливу електромагнітного випромінювання червоного та синього діапазонів, а також їх одночасного впливу, з різним часом експозиції. Для проведення досліджень було взято один з найпоширеніших сортів озимої пшениці у Східному регіоні. Контрольною «групою» було насіння, яке не піддавалось жодній обробці. Отримані дані, а саме енергія проростання, лабораторна схожість і довжина корінців та проростків, дозволили зробити висновок, що найвагоміший вплив на енергію проростання та лабораторну схожість мав варіант сумісної дії і червоного і синього діапазонів впродовж 30 хвилин. Саме такий підхід до опромінення насіння в лабораторії показав властивості до збільшення біопотенціалу насіннєвого матеріалу. Таким чином, саме активація групи різних фоторецепторів, і фітохромів і криптохрому, є найефективнішим. Обробка впродовж 10 хвилин майже не мала впливу во всіх варіантах довжини хвилі. Це може бути пов'язано з тим що вплив ЕМВ має пролонговану дію і може проявитися пізніше. Енергія проростання та схожість же вивчається на початкову (перший тиждень) етапі росту.

Виявлений ефект для озимої пшениці пояснюється, по-перше, розміром насіння, по-друге виявлений факт можливо пояснити особливостями біохімічних процесів, зокрема їх швидкості, що потребує подальшого вивчення.

В цілому, підвищення лабораторної схожості на енергії проростання насіння складало від 1 до 9%, що є незначним в лабораторних умовах, але може мати вагомий ефект в умовах польових досліджень, з урахуванням погодних умов та інших факторах вирощування. Не виявлено закономірності змін в показниках довжини корінців та проростків во всіх варіантах досліду, що може говорити про нечутливість даного показника до обробки ЕМВ.

Ключові слова: *озима пшениця, електромагнітне випромінювання, довжина хвилі, фітохром, сільськогосподарські культури, біопотенціал, врожайність.*

DOI https://doi.org/10.32782/msnau.2024.1.8

Вступ. Світло відіграє важливу роль у житті всіх представників рослин. Рослини проходять дві різні програми розвитку: фотоморфогенез за наявності світла та скотоморфогенез за його відсутності. Вони використовують світлові сигнали для визначення часу ключових переходів у розвитку, таких як початок розмноження (перехід до цвітіння), проростання, тощо. Рослини оснащені системою фоторецепторів, що дозволяє їм сприймати дуже широкий спектр світла, що охоплює від УФ-В до дальнього червоного (280-750 нм) (Galvão, 2015). У рослин було виявлено багато типів фоторецепторів: фітохром (phy), криптохром (cry) і фототропін (phot) відомі як основні рецептори червоного/дальнього червоного та синього світла відповідно (Kong, 2016).

Великий діапазон фізіологічних процесів від проростання насіння та деетіоляції проростків до цвітіння і плодоношення контролюється системою фітохрому (Quail, 2020; Kong, 2016). Фітохроми – це гомо- або гетеродимерні білки, що складаються з N-кінцевої фотосенсорної області, яка ковалентно зв'язує хромофор фітохромобіліну тетрапіролу, і С-кінцевої вихідної області, яка бере участь у димеризації та, імовірно, сприяє передачі світлового сигналу (Burgie E.S., 2014). Фітохром синтезуються як біологічно неактивна (Pr) форма, яка перетворюється на активну (Pfr) форму після поглинання червоного світла. Pfr швидко перетворюється назад в неактивний основний стан Pr після опромінення дальнім червоним світлом або повільно шляхом термічної реверсії. Останні кристалічні структури бактеріальних і рослинних фітохромних фотосенсорних модулів дають довгоочікуване розуміння індукованих світлом конформаційних змін, ініційованих ізомеризацією хромофорів (Burgie E.S., 2014; Burgie E.S., Bussell A.N., 2014). Дальнє червоне (730 нм) та червоне світло (660 нм) має великий вплив на швидкість росту, тобто впливає на довжину стебла, висоту рослини (Devesh Singh, 2015; Yoshida, 2016). Фітохром постійно контролює численні фізичні параметри світлових сигналів (включаючи наявність/відсутність, колір (довжину хвилі), інтенсивність (швидкість потоку) і добову тривалість (фотоперіодичність)) і передає цю інформацію за допомогою внутрішньоклітинних сигнальних шляхів, які викликають молекулярні та клітинні реакції, специфічні для організму та стану розвитку (Quail, 2010).

Криптохроми – це УФ-А/сині фоторецептори. Фотоактивація синім світлом (460 нм) ініціює реакцію перенесення електронів із залученням залишків триптофану та/або клітинних метаболітів, що запускає відновлення хромофора до «сигнального стану» (Conrad, 2014; Engelhard, 2014). Синє світло бере участь у багатьох процесах рослини, таких як відкриття продихів, фототропізм, фотосинтетичній функції та фотоморфогенезі (Sander, 2010). Ще одними рецепторами синього світла, присутніми у всіх рослинах, є фототропіни. На відміну від інших фоторецепторів, які діють переважно в ядрі, фототропіни спрямовані на плазматичну мембрану. Функціональне значення індукованої світлом перелокалізації цих фоторецепторів залишається недостатньо вивченим (Galvão, 2015).

У насінні ембріон знаходиться в дуже захищеному середовищі, тоді як молоді проростки дуже вразливі. Таким чином, проростання знаходиться під суворим контролем навколишнього середовища, включаючи вплив води, кисню, температури та світла. Насіння стає здатним реагувати на ці сигнали навколишнього середовища лише після того, як порушується стан спокою. Серед усіх фоторецепторів фітохроми відіграють найважливішу роль у сприянні проростанню за сприятливих умов освітлення та запобіганні проростанню коли умови освітлення неоптимальні. Щоб сприяти проростанню, фітохроми в першу чергу впливають на синтез гібереліну (Chitose Kami, 2010). Екологічне значення даних процесів, пов'язане з реакцією на світло фоторецепторів, полягає в тому, що світло служить індикатором глибини ґрунту, «дозволяючи» більшу схожість насіння що знаходиться у верхніх шарах ґрунту, ніж насіння, закопане глибоко в ґрунт (Lamsal, 2019).

Пшениця є широко вирощуваною культурою в усьому світі через її високу харчову цінність (Oyewole, 2016). Попит на пшеницю більший порівняно з іншими культурами. Фундаментальним дослідженням впливу якості освітлення на ріст і морфологію пшениці присвячено не мало робіт, які доводять вплив зокрема червоного та синього світла на фізіолого-біохімічні процеси рослин (Iqbal, 2020; Cecchetti, 2022). Але в області прикладних досліджень щодо використання агротехнологій на основі використання різних спектрів світла в рослинництві на сьогодні не достатньо. Попередні дослідження показали вплив ефектів фоторецепторів на метаболізм (Lysyshenko, 2016; Pankova, 2010; Pankova**,** 2021). Метою досліджень було вивчити ефекти дії червоного та синього світла з різними режимами опромінення на ростові процеси пшениці озимої.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження були проведені на базі навчально-наукової лабораторії екологічного землеробства та природокористування Центру колективного користування Сумського національного аграрного університету. Обробка здійснювалась з використанням експериментальної лабораторної установки на основі напівпровідникових світлодіодних джерел – світлодіодної фітолампи Grow Light Full Spectrum (рис. 1) має велику площу освітлення, володіє гнучкістю і має 3 окремі головки, що дозволяє збільшити кут освітлення в кілька разів. Завдяки гнучкості кожної окремої головки лампи, можливо підібрати та відрегулювати кут освітлення. Подібна лампа може досягати 360^0 освітлення. Одна з найголовніших особливостей лампи – індивідуальний режим опромінення. Всього лампа має 3 варіанти: синій (460 нм), синій та червоний (660+460 нм), червоний (660 нм). Кожен спектр опромінення має власну функцію. Заводські характеристики лампи наступні: джерело світла: світлодіод; кількість діодів: 54 LED чіпи (червоних – 36, синіх 18); строк служби (година): 50000; Потужність лампи (Вт): 30 Вт; вхідна напруга (В): AC85-265V.

Об'єктом дослідження виступала м'яка озима пшениця сорту Ліра Одеська. Країна походження Україна, Рік врожаю 2020 р., категорія та генерація СН, перша.

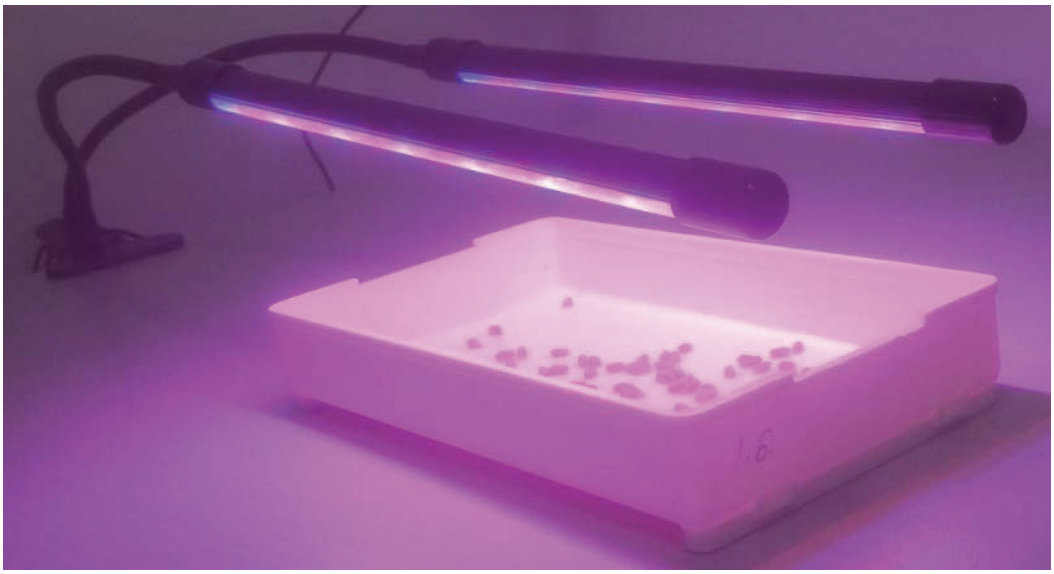

Рис. 1. Світлодіодна фітолампа Grow Light Full Spectrum

Номер партії UA-19-15-089/0106-20. Схожість відповідно до сертифікату на сорт складає 96%, енергія проростання 95%, чистота насіння 99.8%, вологість 12,5%, маса тисячі насінин 37,1 г.

Для лабораторних досліджень відбирали 4 проби по 100 насінини на кожний варіант досліду, розміщували в ростильнях на зволоженому фільтрувальному папері, пророщування проводили в термостаті відповідно до ДСТУ 4138-2002. Визначали енергію проростання на третю добу та схожість на сьому добу як середнє арифметичне результатів пророщування чотирьох проб. На сьому добу виміряли довжину корінців та проростків. В таблицях приведені середні значення результатів обліку.

Досліджувались ефекти дії опромінення різних режимів. Обробку насіння проводили як окремо червоним та синім спектром, так і сумісно. Було обрано два режиму експозиції: короткочасне – впродовж 10 хвилин та подовжене – впродовж 30 хвилин. Варіантами досліду були: 1) опромінення червоним світлом із довжиною хвилі 660 нм впродовж 10 хв; 2) червоним світлом із довжиною хвилі 660нм впродовж 30 хв; 3) синім світлом із довжиною хвилі 460 нм впродовж 10 хв; 4) синім світлом із довжиною хвилі 460 нм впродовж 30 хв; 5) сумісно 660+460 нм впродовж 10 хв; 6) сумісно 660+460 нм впродовж 30 хв; 7) в якості контролю використовували неопромінене насіння (рис. 2, 3).

Результати. Отримані результати показали певний вплив обробки насіння ЕМВ різних режимів (таблиця 1). Так, найбільший показник енергії проростання спостерігали у варіанті 660+460 нм 30 хв (97%), найнижчий у варіанті 660+460 нм 10 хв (94%). Довжина паростка була найбільшою (12,4 мм) у варіанті 660 нм 10 хв., в той час, як довжина корінця було найбільшим (17,9 мм) на варіанті 460 нм 30 хв.

Обговорення. Відсутність (або ж мала дія) ефекту від опромінення з експозицією 10 хвилин на енергію проростання та на схожість може бути пов'язаним з недостатнім часом експозиції та тим, що такі показники відносяться до пролонгованих відповідей, а не швидких.

Висновки. Можна зробити висновок, що вплив ЕМВ (червоний 660 нм + синій 460 нм діапазони) впродовж 0,5 години має вплив на перші етапи проростання, а саме – енергію проростання та схожість в лабораторних умовах (в межах декількох відсотків). Такий вплив може мати важливе значення в умовах промислового виробництва насіннєвого матеріалу.

1)

2)

3) 4)

5) 6)

7)

Рис. 2. Довжина проростків та корінців пшениці озимої залежно від дії опромінення: 1) 660 нм впродовж 10 хв; 2) 660 нм впродовж 30 хв; 3) 460 нм впродовж 10 хв; 4) 460 нм впродовж 30 хв; 5) 660+460 нм впродовж 10 хв; 6) 660+460 нм впродовж 30 хв; 7) контроль

Таблиця 1

Результати обліку показників посівної якості зерна пшениці озимої (середні значення)

Варіанти досліду	Енергія проростання	Схожість	Довжина проростка, мм	Довжина корінця, мм
1. 660 нм 10 хв	95	97	12,4	17,6
2. 660 нм 30 хв	96	95	11,7	16,7
3. 460 нм 10 хв	95	94	11,3	14,8
4. 460 нм 30 хв	96	95	11,5	17,9
5. 660+460 нм 10 хв	94	95	10,6	16,0
6. 660+460 нм 30 хв	97	98	11,2	15,3
7. контроль	95	96	11,6	15,7

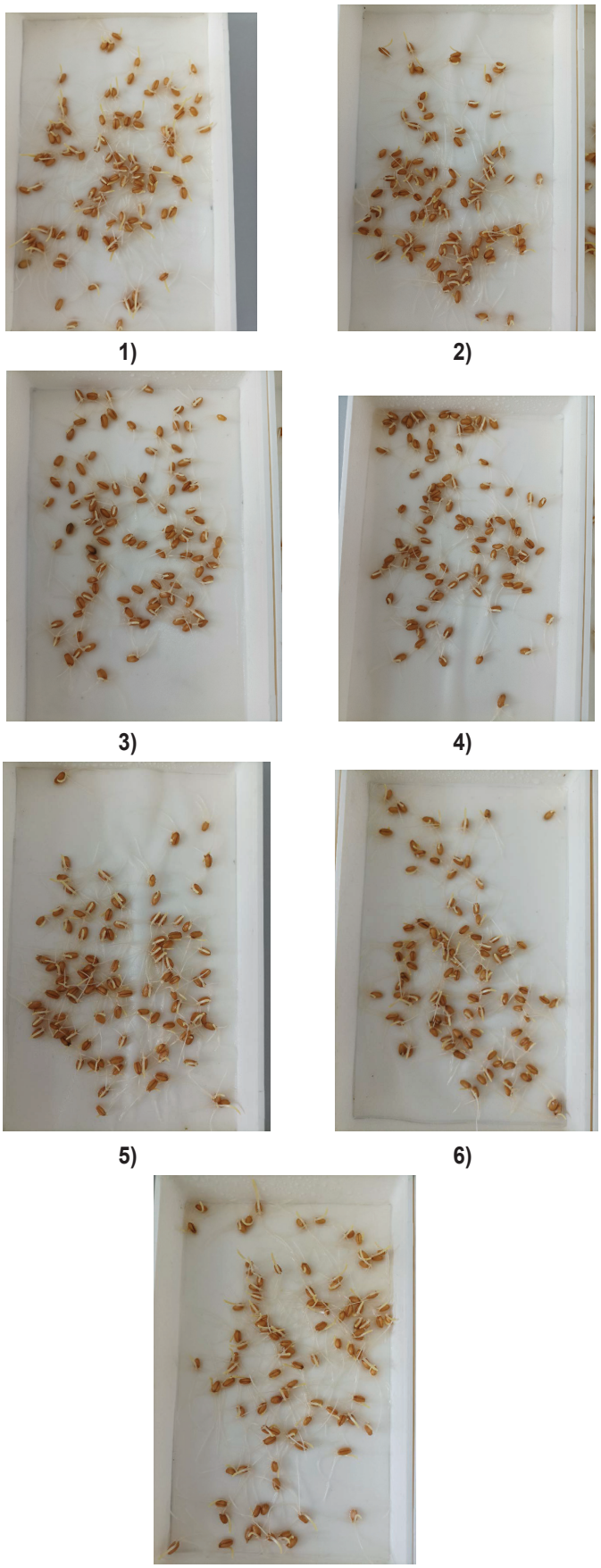

Рис. 3. Енергія проростання насіння пшениці озимої залежно від дії опромінення:
1) 660 нм впродовж 10 хв; 2) 660 нм впродовж 30 хв; 3) 460 нм впродовж 10 хв; 4) 460 нм впродовж 30 хв;
5) 660+460 нм впродовж 10 хв; 6) 660+460 нм впродовж 30 хв; 7) контроль

Бібліографічні посилання:

1. Burgie E.S., Vierstra R.D.: Phytochromes: an atomic perspective on photoactivation and signaling. Plant Cell 2014, http://dx.doi.org/10.1105/tpc.114.131623
2. Burgie E.S., Bussell A.N., Walker J.M., Dubiel K, Vierstra RD: Crystal structure of the photosensing module from a red/far-red light-absorbing plant phytochrome. Proc Natl Acad Sci U S A 2014, 111:10179-10184.
3. Cecchetti, Daniele & Pawełek, Agnieszka & Wyszkowska, Joanna & Antoszewski, Marcel & Szmidt-Jaworska, Adriana. (2022). Treatment of Winter Wheat (Triticum aestivum L.) Seeds with Electromagnetic Field Influences Germination and Phytohormone Balance Depending on Seed Size. Agronomy. 12. 1423. 10.3390/agronomy12061423.
4. Chitose Kami, Séverine Lorrain, Patricia Hornitschek, Christian Fankhauser, Chapter Two – Light-Regulated Plant Growth and Development, Editor(s): Marja C.P. Timmermans, Current Topics in Developmental Biology, Academic Press, Volume 91, 2010, Pages 29-66, https://doi.org/10
5. Conrad K.S. Manahan C.C., Crane B.R.: Photochemistry of flavoprotein light sensors. Nat Chem Biol 2014, 10:801-809.
6. Engelhard C., Wang X., Robles D., Moldt J., Essen L.O., Batschauer A., Bittl R., Ahmad M.: Cellular metabolites enhance the light sensitivity of Arabidopsis cryptochrome through alternate electron transfer pathways. Plant Cell 2014, http://dx.doi.org/10.1105/tpc.114.129809.
7. Galvão, V. C., & Fankhauser, C. (2015). Sensing the light environment in plants: photoreceptors and early signaling steps. *Current opinion in neurobiology*, *34*, 46–53. https://doi.org/10.1016/j.conb.2015.01.013
8. Devesh Singh, Chandrajit Basu, Merve Meinhardt-Wollweber, Bernhard Roth (2015). LEDs for energy efficient greenhouse lighting. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 49, Pages 139-147, https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.117.
9. Iqbal, Kanwal. (2020). Effect of Different Light on Wheat (Triticum aestivum L) Growth and Role of Phytochrome. Biotechnology and Bioprocessing. 1. 01-05. 10.31579/2766-2314/001.
10. Kong, SG., Okajima, K. (2016) Diverse photoreceptors and light responses in plants. J Plant Res 129, 111–114. https://doi.org/10.1007/s10265-016-0792-5
11. Lysyshenko, M., Pankova, O. (2016). Intensyfikatsiia biokhimichnykh protsesiv u nasinni silskohospodarskykh kultur. Inzheneriia Pryrodokorystuvannia, 44–47 (№ 2 (6)). [Method of intensification of seeds crops vital activity] https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/2975 (in Ukrainian).
12. Lamsal A, Devkota MP, Shrestha DS, Joshi S, Shrestha A (2019) Seed germination ecology of *Ageratum houstonianum*: A major invasive weed in Nepal. PLOS ONE 14(11): e0225430. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0225430
13. Oyewole, Charles. (2016). The wheat crop. 10.13140/RG.2.2.13776.92164.
14. Sander W. Hogewoning, Govert Trouwborst, Hans Maljaars, Hendrik Poorter, Wim van Ieperen, Jeremy Harbinson. (2010). Blue light dose–responses of leaf photosynthesis, morphology, and chemical composition of Cucumis sativus grown under different combinations of red and blue light, Journal of Experimental Botany, Volume 61, Issue 11, Pages 3107–3117, https://doi.org/10.1093/jxb/erq132
15. Pankova O.V. Proteoliz riznykh sortiv yachmeniu v zalezhnosti vid obrobky nasinnia monokhromatychnym optychnym vyprominiuvanniam chervonoho diapazonu. (2010). Fotobiolohiia Ta Fotomedytsyna, 3–4, 66–69. [Proteolysis of different sorts of barley in dependence on treatment of seeds by monochromatic optical radiation of red range of spectrum] http://fnfjournal.univer.kharkov.ua/Ua/nomera/3_4_2010.pdf (in Ukrainian)
16. Pankova, O., Puzik, V., & Lysishenko, M. (2021). Vplyv elektromahnitnoho vyprominiuvannia na roslyny. TOV «Planeta-Print», Kharkiv, 159. [The influence of electromagnetic radiation on plants] https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/8096/3/Pankova_Effect_of_electromagnetic_radiation_monograph_2021.pdf (in Ukrainian)
17. Quail P. H. (2010). Phytochromes. *Current biology : CB*, *20*(12), R504–R507. https://doi.org/10.1016/j.cub.2010.04.014
18. Quail P. H. (2010). Phytochromes. *Current biology : CB*, *20*(12), R504–R507. https://doi.org/10.1016/j.cub.2010.04.014
19. Yoshida, H., Mizuta, D., Fukuda, N., Hikosaka, S., & Goto, E. (2016). Effects of varying light quality from single-peak blue and red light-emitting diodes during nursery period on flowering, photosynthesis, growth, and fruit yield of everbearing strawberry. *Plant biotechnology (Tokyo, Japan)*, *33*(4), 267–276. https://doi.org/10.5511/plantbiotechnology.16.0216a

Pankova O. V., *Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine*

Syrovytskyi K. G., *Senior Lecturer, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine*

Kharchenko S. O., *Doctor of Technical Sciences, Professor, Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine*

Onychko V. I., *Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine*

Tarelnyk V. B., *Doctor of Technical Sciences, Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine*

Dumanchuk M. Yu., *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine*

The method of increase the yield of winter wheat using electromagnetic radiation

The article presents the results of the analysis of data obtained in laboratory conditions of exposure to electromagnetic radiation in the red and blue ranges, as well as their simultaneous exposure, with different exposure times. One of the most common varieties of winter wheat in the Eastern region was taken for research. The control "group" was the seed that was not subjected to any treatment. The obtained data, namely the energy of germination, laboratory germination and the length of roots and seedlings, allowed to conclude that the most significant effect on the energy of germination and laboratory germination had a variant of the combined action of both red and blue bands during 30 minutes. This approach to seed

irradiation in the laboratory showed properties to increase the biopotential of seed material. Thus, it is the activation of a group of different photoreceptors, and phytochromes and cryptochromes, that is most effective. Treatment for 10 minutes had almost no effect at all wavelengths. This may be due to the fact that the effect of EMF has a prolonged effect and may manifest itself later. Germination energy and germination are studied at the initial (first week) stage of growth.

The detected effect for winter wheat is explained, firstly, by the size of the seeds, secondly, the detected fact can be explained by the features of biochemical processes, in particular, their speed, which requires further study.

Overall, the increase in laboratory similarity in seed germination energy ranged from 1 to 9%, which is insignificant in laboratory conditions, but can have a significant effect in field research conditions, taking into account weather conditions and other growing factors. No regularity of changes in the indicators of the length of roots and sprouts was found in all variants of the experiment, which may indicate the insensitivity of this indicator to EMV treatment.

Key words: *winter wheat, electromagnetic radiation, wavelength, phytochrome, agricultural crops, biopotential, productivity.*