

## ПОСІВНІ ЯКОСТІ НАСІННЯ РІПАКУ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ОБРОБКИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ РІЗНИХ РЕЖИМІВ ЯК ЕКОЛОГІЧНИЙ СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ВРОЖАЙНОСТІ

**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  
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна  
ORCID: 0000-0003-3559-4729  
mykhailo.dumanchuk@snau.edu.ua

*У статті проведений аналіз впливу електромагнітного випромінювання (ЕМВ) червоного (660 нм), синього (460 нм) діапазонів, та сумісного впливу, з експозицією 10 та 30 хвилин на кожний варіант опромінення ріпаку. Світлодіодна фітолампа Grow Light 2 Full Spectrum, яка використовувалась в дослідгах, 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, було можливо підібрати та відрегулювати кут освітлення. Подібна лампа може досягати 360° освітлення. Одна з найголовніших особливостей лампи – індивідуальний режим опромінення. Для дослідів були обрано ріпак, як одну з найпоширеніших культур на теренах України. Ріпак є економічно важливою алотетраплоїдною олійною культурою. Традиційно ріпак – одна з найбільш маржинальних та експортно орієнтованих сільськогосподарських культур. В якості контролю використовували неопромінене насіння. Вивчалися енергія проростання та лабораторна схожість і додатково довжина корінців та проростків. Отримані результати показали, що найвагомий вплив на енергію проростання та лабораторну схожість мав варіант сумісної дії і червоного і синього діапазонів впродовж 30 хвилин. Саме такий режим обробки в лабораторних умовах показує можливість активізації біопотенціалу насіння. Таким чином, саме активація групи різних фоторецепторів, і фітохромів і криптохрому, є найефективнішим. Обробка впродовж 10 хвилин майже не мала впливу у всіх варіантах довжини хвилі. Це може бути пов'язано з тим, що вплив ЕМВ має пролонговану дію і може проявитися пізніше.*

*Для ріпаку різниця з контролем коливалась в межах 2%. Виявлений факт можливо пояснити особливостями біохімічних процесів, зокрема їх швидкості, що потребує подальшого вивчення.*

*В цілому, підвищення лабораторної схожості на енергії проростання насіння ріпаку, 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 у всіх варіантах досліду, що може говорити про нечутливість даного показника до обробки ЕМВ.

**Ключові слова:** електромагнітне випромінювання, довжина хвилі, фітохром, ріпак, біопотенціал, обробка насіння, врожайність, агротехнології.

DOI <https://doi.org/10.32782/msnau.2023.1.10>

**Вступ.** Ріпак є економічно важливою алотетраплоїдною олійною культурою, отриманою з *B. oleracea* L. і *B. gara* L. Незважаючи на високий вміст олії в насінні ріпаку, високий відсоток ерукової кислоти в ріпаківій олії (приблизно 40%) і високий рівень глюкозинолатів (80 мкмоль/г насіння) зробили олію непридатною для раціону людини. Поточні комерційні сорти ріпаку мають рівні глюкозинолатів, які майже не визначаються (менше 20 мкмоль/г насіння) (So, 2021). Ріпак став універсальною корисною культурою, яка добре себе зарекомендувала. У світі, за даними досліджень та аналізу інформації FAO, насіння ріпаку вирощують у майже 65 країнах на загальній площі близько 42 млн гектарів. Значний попит на насіння ріпаку та сприятлива кон'юнктура світового ринку зумовили розширення його виробництва вітчизняним агробізнесом протягом останніх років. Традиційно ріпак є однією з найбільш маржинальних та експортно орієнтованих сільгоспкультур. За 2018–2021 рр. обсяги експорту насіння ріпаку на світовий аграрний ринок збільшилися до 2,67 млн тон, а виручка досягла 1,69 млрд доларів США. (Kernasiuk, 2022). Зараз ріпак є другою поширеною олійною культурою у світі, на яку припадає понад 12% світових запасів олії. Кількість і якість білка, а також загальний вміст поживних речовин ріпаку досить хороші. Глобальний попит на джерела білка для споживання людиною та тваринами зростає зі швидким зростанням населення світу. Рослинні білки є хорошим джерелом для переробки їжі як альтернатива тваринним білкам. Макуха ріпаку має великий потенціал для використання як харчового інгредієнта з високим вмістом білка, а також є побічним продуктом біодизельної промисловості. (Bilmez, 2021; Safaei, 2022; Iassonova, 2022).

Таким чином, на сьогоднішній день ріпак є найпоширенішим видом культури родини Brassicaceae. Але, вплив зміни клімату на сільське господарство, а точніше на ріпак та його багатомірні біотичні та абіотичні зв'язки, може різко скоротити глобальне виробництво ріпаку, особливо у вразливих регіонах. Зміна клімату впливає на період росту сільськогосподарських культур, ріст сільськогосподарських культур, фотосинтез і інші важливі метаболізм рослин, площі орних земель, родючість ґрунту та дію біотичних факторів (шкідників, хвороб і бур'янів). (Bilmez, 2022). В зв'язку з цим актуальним становиться розробка екологічно-чистих і у той же час економічно-вигідних методів підвищення стійкості сільсько-господарських культур. Вже багато років досліджуються та ефективно використовуються різноманітні методи передпосівної обробки насіння для досягнення встановленої мети.

Такі агротехнічні методи можливо розділити на хімічні та фізичні. До хімічних методів передпосівної обробки належить протруювання фунгіцидами чи інсектофун-

гіцидами або дражування насіння, які окрім позитивного ефекту знезараження, мають негативний вплив на екосередовище. До фізичних методів обробки насіння належать: термічні, фізико–механічні, фотоенергетичні, радіаційні, магнітні та електрофізичні. (Bezpal'ko et al., 2021, Chervinskyi, 2015, Semenov et al., 2019, Slobodanyuk, 2022). Видатними вченими в області електрифікації сільськогосподарського виробництва доведена ефективність застосування оптичного випромінювання для отримання додаткової рослинницької продукції. Це обробка імпульсним сфокусованим сонячним випромінюванням, короткочасна і повторно–короткочасна обробка насіння сфокусованим хвильовим ультрафіолетовим випромінюванням, обробка когерентним лазерним випромінюванням (Chervinskyi, 2015). Основною метою електрофізичної передпосівної обробки насіння є стимуляція росту. (Taranov, 2021).

Останнім часом все більшої популярності набуває використання некогерентного оптичного випромінювання різних діапазонів на основі світлодіодних джерел енергії через його екологічну безпечність та економічну вигідність. Зокрема це червоний з довжиною хвилі 660 нм та синій з довжиною хвилі 460 нм спектри випромінювання, які сприймаються фоторецепторами та охоплюють низьку позитивних фізіолого-біохімічних ефектів. Фітохромі – рецептори червоного/дальнього червоного світла та криптохромі – рецептори синього світла є одними з найбільш досліджених сенсорних фоторецепторів у рослин. Ці структурно відмінні фоторецептори стають фотохімічно активними лише у відповідь на певну довжину хвилі. Співдія фітохромів і криптохромів була визнана протягом десятиліть. (Wang, 2017). Кріптохром та фітохром сприймають різні довжини хвилі світлового спектру, щоб регулювати пов'язані процеси розвитку за допомогою двох незалежних, але спільних сигнальних систем. Їх взаємодії, ймовірно, забезпечують загальну регуляцію росту клітин і фотоперіодичне цвітіння багатьох видів культур. Крім того, фоторецептори регулюють багато важливих агрономічних ознак, які, ймовірно, є видоспецифічними. Таким чином, розуміння взаємодії фітохром–кріптохром в окремих видах сільськогосподарських культур може дати змогу зрозуміти, як покращити врожайність і якість сільськогосподарських культур. (Su, 2017).

Якщо окремо ефектам фітохрома та кріптохрома різних культур приділялась велика увага, то ефекти їх взаємодії досліджені не достатньо, особливо на такій культурі як рапс. Метою наших досліджень було вивчення ростових процесів насіння рапсу залежно від обробки некогерентним оптичним випромінювання червоного та синього діапазонів, як окрема так і сумісно.

**Матеріали і методи досліджень.** Обробка здійснювалась з використанням експериментальної лабораторної

установки на основі напівпровідникових світлодіодних джерел ЕМВ з довжиною хвилі 660 нм (червоний діапазон) та 460 нм (синій діапазон). Світлодіодна фітолампа Grow Light 2 Full Spectrum 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° освітлення. Одна з найголовніших особливостей лампи – індивідуальний режим опромінення. Всього лампа має 3 варіанти: синій (460 нм), синій та червоний (660+460нм), 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. При дослідженні застосовували як окремо кожний з діапазонів, так і сумісно. В якості контролю було неопромінений насіннєвий матеріал. Експозиція склала 10 хвилин та 30 хвилин за кожним з варіантів опромінення. До завдань дослідження даного напрямку входило дослідження: посівних властивостей насіння у вигляді енергії проростання та схожості насіння. Схожість насіння – це його здатність давати за встановлений термін нормальні проростки за певних умов пророщування. Пророщування дослідних зразків проводили в термостаті відповідно до ДСТУ 4138-2002.

Аналізування схожості насіння дослідних зразків проводили за наступною методикою. Довільно відбирали чотири проби насіння по 50 штук у кожній у кількості 4-ри повторності. У чашку Петрі вкладали одним або кількома шарами зволожений фільтрувальний папір. Для зволоження папір занурювали у воду, виймали і давали стекти надлишку води. Насіння рівномірно розміщували на фільтрувальному папері. Умови пророщування для кукурудзи – 20–30°C. Енергію проростання визначали на четвертий день, за тією ж формулою, що і схожість. Схожість пшениці визначали на сьомий день. Зверху ростильню накривали листком фільтрувального паперу, змоченим водою і доливали ще води, щоб зволожити весь субстрат.

Підраховували кількість насінин, які проросли, а також насінини з вираженими ознаками аномалій та зігнилі. До нормальних проростків відносять такі, у яких найбільш важливі структури (корінці, сім'ядольні та надсім'ядольні коліна, брунечка, сім'ядолі, колеоптіль) добре і пропорційно розвинені, цілі, здорові, а також з незначними дефектами тих структур, що не впливають на нормальний розвиток проростка.

Схожість та енергію проростання насіння визначали за формулою:

$$C = (пН/зН) \times 100, \quad (1)$$

де С – схожість; пН – кількість нормально пророслого насіння; зН – загальна кількість насіння, взятого для аналізу.

Отримані результати під час визначення схожості насіння виражали у відсотках. Додатково вивчали довжину корінців та проростків на сьому добу експерименту.

Довжину коренів і пагонів визначали з використанням звичайної сантиметрової шкали. Дані обробляли статистично за допомогою комп'ютерної програми Microsoft Excel.

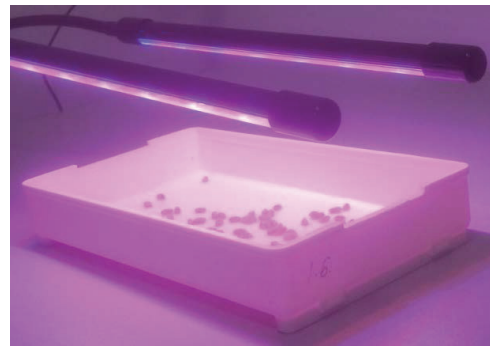
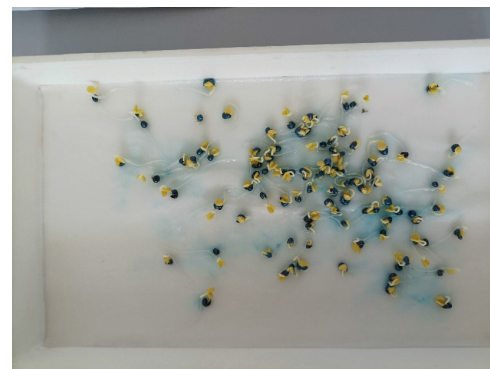
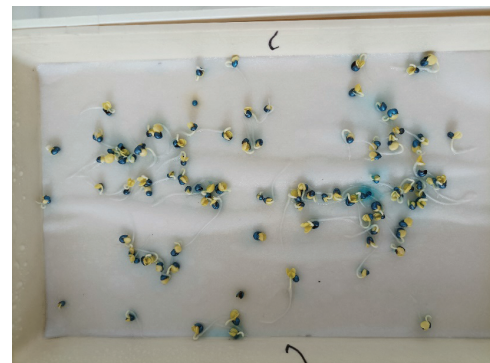


Рис. 1. Процес обробки насіння ЕМВ



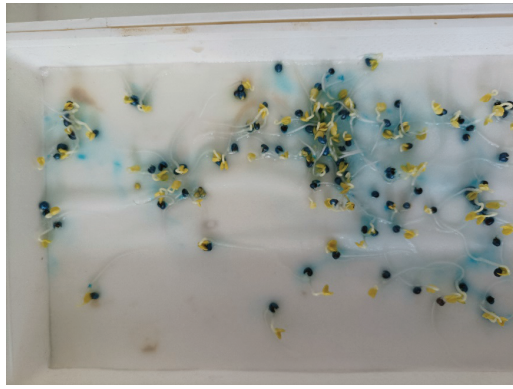
А)



Б)



В)



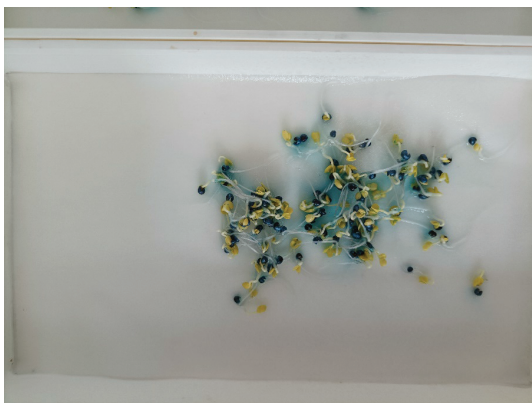
Г)



Д)



Ж)

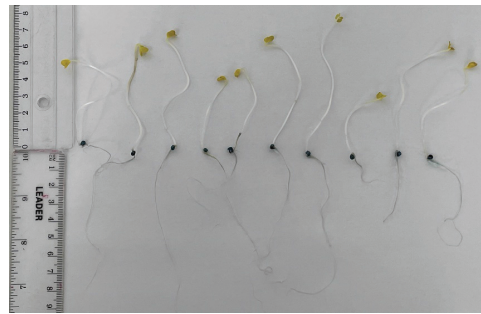


З)

Рис. 2. Схожість (на 7 добу) насіння ріпаку



А)



Б)



В)



Г)



Д)



Ж)



З)

**Рис. 3. Визначення довжини проростків та корінців кукурудзи в залежності від обробки електромагнітним випромінюванням: А) 660 нм 10 хв; Б) 660 нм 30 хв; В) 460 нм 10 хв; Г) 460 нм 30 хв; Д) 660+460 нм 10 хв; Ж) 660+460 нм 30 хв З) контроль**

**Результати.** У випадку енергії проростання ріпаку різниця між варіантами коливалась в межах 2% і була найвищою у варіанті 660+460 нм 30 хв (таблиці 1). Це корелює з результатами дослідження лабораторної схожості, у випадку якої найвищий показник був також у варіанті 660+460 нм 30 хв і становив 98%.

Таблиця 1

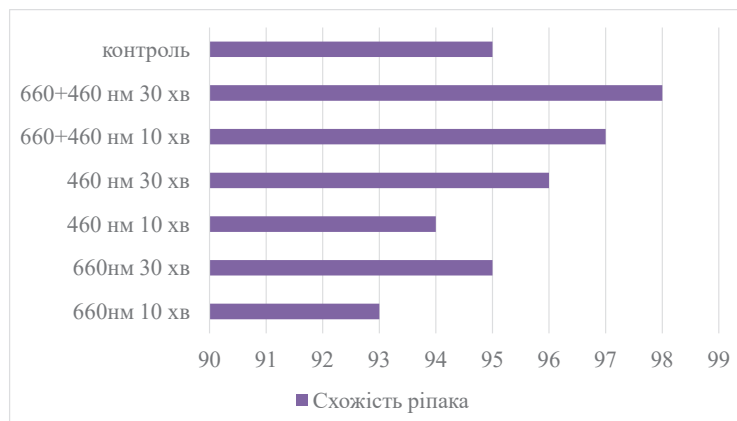
**Результати обліку показників посівної якості насіння ріпака (середні значення)**

Варіанти дослідів	Енергія проростання	Схожість	Довжина проростка	Довжина корінця
1. 660нм 10 хв	95	93	6,9	10,8
2. 660нм 30 хв	96	95	7,5	10,9
3. 460 нм 10 хв	96	94	7,7	6,1
4. 460 нм 30 хв	97	96	7,9	5,9
5. 660+460 нм 10 хв	96	97	5,1	9,9
6. 660+460 нм 30 хв	97	98	6,9	7,6
7. контроль	96	95	7,1	11,2

**Обговорення.** Відсутність 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.



**Рис. 4. Енергія проростання насіння ріпаку в залежності від різних режимів обробки насіння ЕМВ**



**Рис. 5. Лабораторна схожість насіння ріпаку в залежності від різних режимів обробки насіння ЕМВ**

**Висновки.** Можна зробити висновок, що вплив ЕМВ (червоний 660 нм + синій 40 нм діапазони) впродовж 0,5 години має вплив на перші етапи проростання, а саме – енергію та схожість в лабораторних умовах (в межах декількох відсотків). Такий вплив може мати важливе значення в умовах промислового виробництва насінневого матеріалу.

#### **Бібліографічні посилання:**

1. Bezpal'ko, V., Stankevych, S., & Matsyura, A. (2021). Pre-sowing treatment of winter wheat and spring barley seeds with the extremely high frequencies electromagnetic field. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11(1), 62–71. [https://doi.org/10.15421/2021\\_9](https://doi.org/10.15421/2021_9)
2. Bilmez Özçınar, A. (2021). Winter Oilseed Crop Canola in the Age of Fast Changing Climate. *MAS Journal of Applied Sciences*, 6(4), 828–835. <https://doi.org/10.52520/masjaps.131>
3. Chervinskyi, L., & Romanenko, O. (2015). Elektrofizychni metody peredposivnoi obrobky nasinnia. *Tekhnika ta enerhetyka [Electrophysical methods of pre-processing seed] / Machinery & Energetics*, 0 (184) <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Tekhnika/article/view/1195> (in Ukrainian)
4. Iassonova, Diliara & Rempel, Curis. (2022). High-oleic canola oil. 10.1016/B978-0-12-822912-5.00001-0.
5. Kernasiuk, Yu. (2022, July 27). Hlobalnyi i vnutrishnii rynky ripaku. [Global and domestic rapeseed markets]. *Ahrobiznes Sohodni*. <http://agro-business.com.ua/agro/ekonomichniy-hektar/item/24923-hlobalnyi-i-vnutrishnii-rynky-ripaku.html> (in Ukrainian).
6. Lysychenko M. L., Pankova O. V. (2016) Intensyfikatsiia biokhimichnykh protsesiv u nasinni silskohospodarskykh kultur [Intensification of biochemical processes in seeds of agricultural crops]. *Inzheneriia pryrodokorystuvannia*. 2016. № 2 (6). S. 44-47. (in Ukrainian).
7. Pankova O.V. Proteoliz ryznykh sortiv yachmeniu v zalezhnosti vid obrobky nasinnia monokhromatychnym optychnym vyprominiuvanniam chervonoho diapazonu. (2010). [Proteolysis of different sorts of barley in dependence on treatment of seeds by monochromatic optical radiation of red range of spectrum] *Fotobiologhiia Ta Fotomedytyna*, 3–4, 66–69. [http://fnjournal.univer.kharkov.ua/Ua/nomera/3\\_4\\_2010.pdf](http://fnjournal.univer.kharkov.ua/Ua/nomera/3_4_2010.pdf) (in Ukrainian)
8. Pankova, O., Puzik, V., & Lysishenko, M. (2021). Vplyv elektromahnitnoho vyprominiuvannia na roslyny. [The influence of electromagnetic radiation on plants] *TOV «Planeta-Print»*, Kharkiv, 159. [https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/8096/3/Pankova\\_Effect\\_of\\_electromagnetic\\_radiation\\_monograph\\_2021.pdf](https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/8096/3/Pankova_Effect_of_electromagnetic_radiation_monograph_2021.pdf) (in Ukrainian)
9. Safaei, Amir & Rouzbhan, Yousef & Aghaalikhani, Majid. (2022). Canola as a potential forage. *Translational Animal Science*. 6. 10.1093/tas/txac100.
10. Semenov, Anatoliy & Kozhushko, Gregory & Sakhno, Tamara. (2019). Influence of UV radiation in pre-sowing treatment of seeds of crops. *Technology audit and production reserves*. 1. 30-32. 10.15587/2312-8372.2019.159954.
11. Slobodianyk, Halyna & Zhilyak, Ivan & Mostoviyak, Ivan & Shchetyna, Serhii & Zabolotnyi, Oleksandr. (2022). Effectiveness of Different Groups of Preparations for Pre-Sowing Treatment of Winter Wheat Seeds. *Scientific Horizons*. 25. 10.48077/scihor.25(9).2022.53-63.
12. So, K.K.Y.; Duncan, R.W. Breeding Canola (*Brassica napus* L.) for Protein in Feed and Food. *Plants* 2021, 10, 2220. <https://doi.org/10.3390/plants10102220>
13. Su, Jun & Liu, Bobin & Liao, Jiakai & Yang, Zhaohe & Lin, Chentao & Oka, Yoshito. (2017). Coordination of Cryptochrome and Phytochrome Signals in the Regulation of Plant Light Responses. *Agronomy*. 7. 25. 10.3390/agronomy7010025.
14. Taranov, M & Kazakova, A & Gulyaev, P & Ukraintsev, M & Tatarintsev, A. (2021). Improving the efficiency of pre-sowing treatment of winter wheat seeds with low power coherent optical radiation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 659. 012019. 10.1088/1755-1315/659/1/012019.
15. Wang, Qin & Liu, Qing & Wang, Xu & Zuo, Zecheng & Oka, Yoshito & Lin, Chentao. (2017). New insights into the mechanisms of phytochrome–cryptochrome coaction. *New Phytologist*. 217. 10.1111/nph.14886.
16. Pankova, O. V., Sirovitskiy, K. G., Kharchenko, S. O., Onychko, V. I., Tarelnyk, V. B., & Dumanchuk, M. Y. (2022). Corn seed preparation by electromagnetic radiation in different modes as a way of yield increase. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Mechanization and Automation of Production Processes*, (2(48)), 50-55. <https://doi.org/10.32845/msnau.2022.2.7>.

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

**Sirovitskiy 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, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

**Sowing quality of canola seeds depending on treatment with electromagnetic radiation of different modes as an environmentally way of increase yield**

The article analyzes the impact of electromagnetic radiation (EMR) in the red (660 nm), blue (460 nm) ranges, and combined exposure, with exposure of 10 and 30 minutes for each variant of rapeseed irradiation. The Grow Light 2 Full Spectrum LED plant lamp, which was used in experiments, has a large lighting area, is flexible and has 3 separate heads, which allows you to increase the lighting angle several times. Thanks to the flexibility of each individual lamp head, it was

possible to choose and adjust the lighting angle. Such a lamp can achieve 360° illumination. One of the most important features of the lamp is the individual irradiation mode. For the experiments, rapeseed was chosen as one of the most widespread crops in the territory of Ukraine. Rape is an economically important allotetraploid oil crop. Traditionally, rape is one of the most marginal and export-oriented agricultural crops. Unirradiated seeds were used as a control. The energy of germination and laboratory germination and additionally the length of roots and seedlings were studied. The obtained results showed that the most significant effect on the energy of germination and laboratory germination had a variant of the combined action of both the red and blue ranges for 30 minutes. It is this mode of processing in laboratory conditions that shows the possibilities of activating the biopotential of seeds. 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 exposure to EMF has a prolonged effect and may manifest itself later.

For rape, the difference with the control ranged within 2%. The revealed fact can be explained by the peculiarities of biochemical processes, in particular their speed, which requires further study.

In general, the increase in laboratory similarity to the germination energy of canola seeds, which is insignificant in laboratory conditions, but can have a significant effect in the conditions of field studies, taking into account weather conditions and other factors of cultivation. No regularity of changes in the indicators of the length of roots and seedlings was found in all variants of the experiment, which may indicate the insensitivity of this indicator to EMV treatment.

**Key words:** electromagnetic radiation, wavelength, phytochrome, rapeseed, biopotential, seed treatment, productivity, agricultural technologies.