

ПІДГОТОВКА НАСІННЄВОГО МАТЕРІАЛУ КУКУРУДЗИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ НА РІЗНИХ РЕЖИМАХ ЯК 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, доцент
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. Для дослідів були обрано кукурудзу, як одну з найпоширеніших культур на теренах України. 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 можливості активізації біопотенціалу насіння. Таким чином, саме активація групи різних фоторецепторів, і фітохромів і кріптохрому, 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.

В порівнянні різних варіантів дослідів ефект виявлений у кукурудзи, що можливо пояснити по-перше розміром насіння, яке у кукурудзи є крупним, а, отже, і площа поверхні найбільша. 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 кукурудзи, що є незначним в лабораторних умовах, але може мати вагомий ефект в умовах польових досліджень, з урахуванням погодних умов та інших факторів вирощування. Не виявлено закономірності змін в показниках довжини корінців та проростків у всіх варіантах дослідів, що може говорити про нечутливість даного показника до обробки ЕМВ.

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

DOI <https://doi.org/10.32845/msnau.2022.2.7>

Вступ. Фундаментом виробництва продукції рослинництва є якісний насіннєвий матеріал, який забезпечує 40-45% реалізації біопотенціалу рослин.

Останнім часом застосування фізичних методів стимуляції росту рослин стає все більш популярним, завдяки менш шкідливому впливу на навколишнє середовище. Всі живі процеси сильно залежать від обміну енергією між клітиною і середовищем. Це основна концепція «квантового сільського господарства», яке інтенсивно обговорюється в останні десятиліття (www.btinternet.com). Енергетичний вплив – це інноваційний напрямок досліджень для підвищення врожайності сільськогосподарських культур. Така обробка ініціює фізіологічні та біохімічні зміни, які впливають на процеси росту і розвитку рослин і у підсумку підвищується врожайність і якість продукції. Обробка фізичними методами впливу призводить до зміни показників життєздатності насіння (проростання енергії, схожості та рівномірності проростання). Такими методами можуть бути: магнітне поле, гамма-опромінення, електричне поле, лазерне випромінювання, звукова енергія, світлова та теплова енергія (Govindaraj et al., 2017, Bezpal'ko et al., 2021, Pankova et al., 2021).

Рослини можна класифікувати за реакцією на світло для проростання наступним чином: ті, яким потрібне світло для проростання; ті, яким потрібна темрява для проростання; ті, які мають великий відсоток насіння, нейтрального до світла. Вважається, що дрібнонасінні рослини проростуть лише за наявності світла, щоб уникнути проростання занадто глибоко в ґрунті, де будуть виснажувати поживні речовини насіння до досягнення світла для фотосинтезу (Pons 2000).

Показано, що червоне та дальнє червоне світло впливає на фотоморфогенез, таким чином, співвідношення червоного та дальнього червоного світла також відіграє важливу роль у регуляції цвітіння (Simpson and Dean, 2002). Цвітіння рослин в основному регулюється фітохромами (групою рослинних пігментів), які зустрічаються у двох формах: Pr (реагує на червоне світло) і Pfr (реагує на дальнє червоне світло). Ці два пігменти (Pr і Pfr) перетворюються вперед і назад. Pr перетворюється в Pfr при освітленні червоним світлом, а Pfr в Pr при освітленні дальнім червоним світлом. Активною формою, яка викликає цвітіння, є Pfr. Pr – виробляється природним шляхом в рослині. Співвідношення Pr до Pfr знаходиться в рівновазі, коли рослина отримує світло (вдень), оскільки Pr перетворюється на Pfr під дією червоного світла, а Pfr перетворюється назад у Pr під дією далекого червоного світла. Однак зворотне перетворення Pfr також можливе в темряві реакція, тому саме нічний (темний) період головним чином впливає на співвідношення Pr до Pfr і контролює час цвітіння рослин (Downs and Thomas, 1982).

Окрім фоторецепторів фітохромів в рослинах містяться фоторецептори криптохроми – рецептори синього світла, які опосередковують різні реакції, викликані світлом, у рослин. Наприклад, криптохроми арабідопсису працюють разом із фітохромами рецепторами червоного/далекого червоного світла, щоб регулювати

різні світлові реакції, включаючи регуляцію подовження клітин і фотоперіодичне цвітіння, а також виявлено, що вони діють разом із фототропінами рецепторів синього світла, опосередковуючи регуляцію відкриття продихів. Останнім часом було досягнуто значного прогресу в розумінні функцій криптохрому в інших культурах, дводольних, таких як горох і помідори. (Li & Yang, 2007).

Неабиякий інтерес наукового співтовариства викликала лазерна біостимуляція з огляду на потенціал для підвищення проростання насіння, фізіологічних, біохімічних і врожайних властивостей зернових культур. Asghar et al. провели дослідження для оцінки впливу передпосівної обробки насіння, зокрема, лазером на цукор, білок, азот, перекис водню (H₂O₂), аскорбінову кислоту (AsA), пролін, фенольний і малоновий діальдегід (MDA), а також вміст хлорофілу сої. Також були проаналізовані специфічну активність ферментів, таких як протеаза (PRT), амілаза (AMY), каталізатор (CAT), супероксиддисмутаза (SOD) і пероксиди (POD). Під дією як лазерної передпосівної обробки суттєво підвищувалася питома активність ферментів (під час проростання та раннього росту), біохімічний вміст і вміст хлорофілу. Результати показали, що передпосівна обробка насіння лазером має потенціал для підвищення біологічних компонентів сої, вмісту хлорофілу та метаболічно важливих ферментів. (2016).

Світлодіоди, як джерело освітлення рослин, використовувалися більше 20 років тому, коли салат вирощували під червоними (R) світлодіодами та синіми (B) люмінесцентними лампами. Літературні джерела підтверджують успішне зростання рослин під світлодіодним освітленням (Singh et al., 2015; Yanagi and Okamoto, 1997). Червоне світло (610–720 нм) необхідне для розвитку фотосинтетичного апарату та фотосинтезу, тоді як синє світло (400–500 нм) також важливе для синтезу хлорофілу, розвитку хлоропластів, відкриття продихів і фотоморфогенезу (Saebo et al., 1995). Кілька експериментів у садівництві з картоплею, редькою та салатом (Stutte et al., 2009) показали потребу в синьому (400–500 нм) світлі для більшої біомаси та площі листя. Однак різні довжини хвиль червоного (660, 670, 680 і 690 нм) і синього (430, 440, 460 і 475 нм) світла можуть мати неоднаковий вплив на рослини в залежності від виду рослин (Li et al., 2012). Було показано, що дальнє червоне світлодіодне світло (700–725 нм), яке знаходиться за межами PAR, підтримує ріст рослин і фотосинтез (Stutte et al., 2009). Гойнс та ін. (1997) показали, що пшениця (*Triticum aestivum* L., сорт «USU-Super Dwarf») може завершити свій життєвий цикл під дією лише червоних світлодіодів, але більші рослини (більше сухої речовини пагонів) і більша кількість насіння виробляється в присутності червоних світлодіодів, доповнених кількістю синього світла.

Попередні дослідження з використанням світлодіодів показали, що монохроматичне оптичне випромінювання червоного діапазону ($\lambda=660$ нм) активізує проростання насіння ячменю і прискорює гідролітичний розпад запасних речовин внаслідок стимуляції ферментативної активності, що дає можливість говорити про те що воно приводить до підвищення продуктивності рослин.

(Pankova O.V., 2010, Lysyshenko M., Pankova O., 2016). Отримані результати підтверджують данні літературних джерел щодо активізації фітохромної системи рослин, яка в свою чергу запускає каскад біохімічних реакцій.

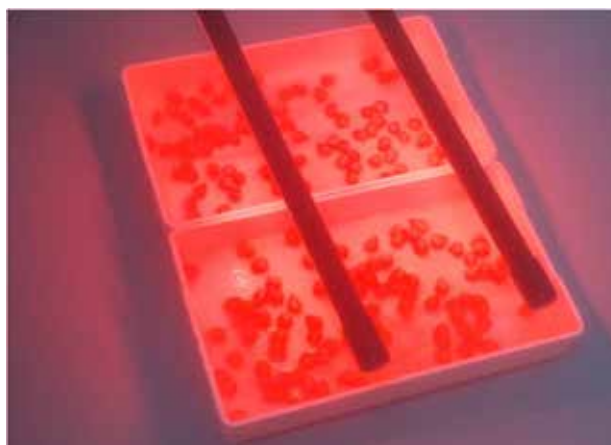
Вирішити завдання підвищення біопотенціалу можливо завдяки розробленню машин та обладнання з інноваційними робочими органами на основі високопродуктивних, екологічно-безпечних, ресурсозберігаючих технологій підготовки насіннєвого матеріалу. В основу запропонованої авторами технології, як її складової, було запропоновано покласти обробку з використанням електромагнітного випромінювання (ЕМВ) різних діапазонів та режимів. Даний метод має забезпечити збільшення виробництва продукції рослинництва, зниження енерговитрат, запобігання забрудненню навколишнього середовища. Метою даного дослідження було провести теоретичне обґрунтування параметрів обробки ЕМВ насіннєвого матеріалу.

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 ЕМВ

з довжиною хвилі 660 нм (червоний діапазон) та 460 нм (синій діапазон) (рис. 1). Застосовували як окремо кожний з діапазонів, так і сумісно. В якості контролю було неопромінене насіння. Експозиція 10 хвилин та 30 хвилин за кожним з варіантів опромінення. Було вивчено: посівні якості насіння (енергія проростання, схожість насіння). В якості контролю використовували неопромінене насіння.

Для проведення 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. Проросле насіння підраховувати у два строки: на 3-й день визначити енергію проростання, на 7-й – схожість. Схожість визначали як середнє арифметичне результатів пророщування чотирьох проб. Додатково вивчали довжину корінців та проростків на сьому добу експерименту. В таблицях 1–3 приведені середні значення результатів обліку. Для проведення досліджень обрали одну з найбільш популярних в Україні та перспективну сільськогосподарську культуру – кукурудзу.

Кукурудза представлена гібридом ДН Гарант, 2021 року генерації. Відповідно до свідоцтва на насіння чистота складає 99,8%, маса тисячі насінин 314,8 г, енергія проростання 97%, схожість насіння 97%, вологість 12,2%.



А)



Б)

Рис. 1. Процес обробки насіння ЕМВ
А) червоний діапазон (660 нм) Б) комбіновано червоним та синім діапазонами (460+660 нм)

Результати обліку показників посівної якості зерна кукурудзи (середні значення)

Таблиця 1

Варіанти досліду	Енергія проростання	Схожість	Довжина проростка	Довжина корінця
1. 660нм 10 хв	84	85	9,6	13,9
2. 660нм 30 хв	96	91	7,3	13,5
3. 460 нм 10 хв	90	90	7,3	12,7
4. 460 нм 30 хв	96	94	8,4	17,0
5. 660+460 нм 10 хв	86	90	6,8	16,6
6. 660+460 нм 30 хв	97	95	7,1	14,4
7. контроль	83	85	7,3	12,4

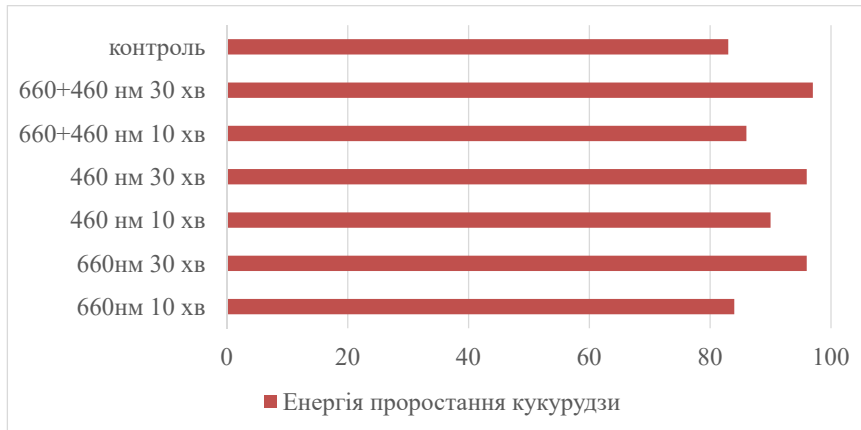


Рис. 2. Енергія проростання насіння кукурудзи в залежності від різних режимів обробки насіння ЕМВ

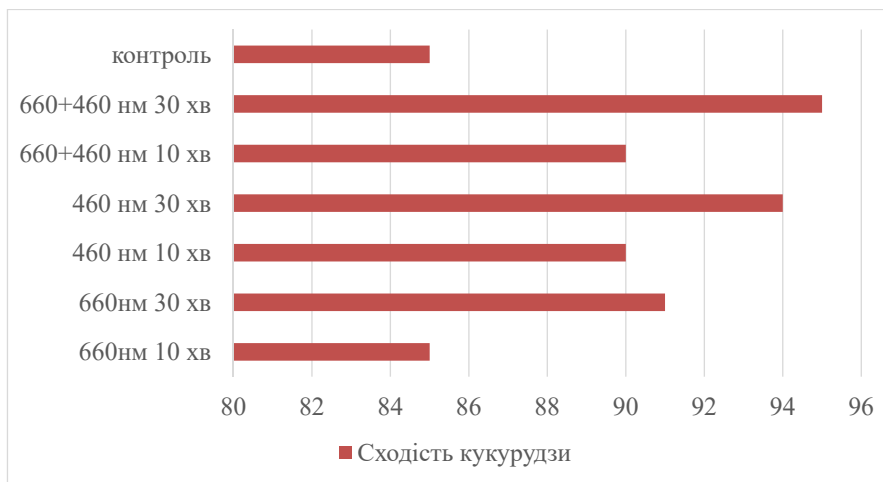


Рис. 3. Лабораторна схожість насіння кукурудзи в залежності від різних режимів обробки насіння ЕМВ

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 контролі та варіанті 660 нм 10 хв (84%) відносно контролю де показник становив 83%. У випадку кукурудзи високий результат показав варіант 660 нм 30 хв. і склав 98%, що говорить про значний вплив фітохрому на дану культуру.

При обробці результатів не спостерігалось достовірних змін у довжині корінців та проростків, що може бути говорити про нечутливість даних показників до фізичного впливу ЕМВ.

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. Більш істотний прояв впливу ЕМВ на кукурудзу можливо пояснити по-перше розміром насіння, яке у кукурудзи є крупним, а значить і площа поверхні велика. По-друге виявлений факт можливо пояснити особливостями біохімічних процесів, зокрема їх швидкості, що потребує подальшого вивчення.

Серед різних режимів ЕМВ увагу заслуговує обробка насіння комбінованим червоним та синім діапазоном впродовж 30 хвилин. Отримані результати пояснюються літературними даними. Так, показано, що фізичні фактори імпортують різні види енергії в клітини. Це свого роду «енергетичний вплив», який стимулює ферменти та інші біохімічні реакції, що важливі на перших етапах проростання. Імпортована енергія поглинається електронами в різних молекулах. Поглинена енергія може бути перетворена в інший вид енергії (швидше за все хімічний), а потім використана для прискорення метаболізму (Govindaraj et al., 2017). Прискорення розпаду та утилізації запасних речовин зародку може викликати в свою чергу ростових процесів.

Висновки. Таким чином, можна констатувати що обробка насіння сумісною дією червоного (660 нм) та синього (460 нм) діапазонів впродовж 30 хвилин оказує вплив на перші етапи проростання сільськогосподарських культур (кукурудзи), а саме показники енергії проростання та лабораторної схожості у межах декількох процентах, що може мати значний вплив у виробничих умовах.

Бібліографічні посилання:

1. Asghar, T., Jamil, Y., Iqbal, M., Zia-ul-Haq, & Abbas, M. (2016b). Laser light and magnetic field stimulation effect on biochemical, enzymes activities and chlorophyll contents in soybean seeds and seedlings during early growth stages. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 165, 283–290. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2016.10.022>
2. 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
3. Downs, R. J. and Thomas J. F. (1982). Phytochrome regulation of flowering in the long-day plant, *Hyoscyamusniger*. *Plant Physiol.* 70: 898–900.
4. Goins G. D., Yorio, N. C., Sanwo, M. M. and Brown, C. S. (1997). Photomorphogenesis, photosynthesis and seed yield of wheat plants grown under red light-emitting diodes (LEDs) with and without supplemental blue lighting. *J Exp Bot.* 48: 1407–1413.
5. Govindaraj, M., Masilamani, P., Albert, V. A., & Bhaskaran, M. (2017). Effect of physical seed treatment on yield and quality of crops: A review. *Agricultural Reviews, OF*. <https://doi.org/10.18805/ag.v0i0f.7304>
6. Li, Q. H., & Yang, H. Q. (2007). Cryptochrome Signaling in Plants†. *Photochemistry and Photobiology*, 83(1), 94–101. <https://doi.org/10.1562/2006-02-28-ir-826>
7. Li, H., Tang, C., Xu Z., Liu, X. and Han, X. (2012). Effects of different light sources on the growth of non heading Chinese cabbage (*Brassica campestris* L.). *J Agr Sci.* 4: 262–273.
8. 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).
9. Pankova O.V. Proteoliz riznykh sortiv yachmeniu v zalezhnosti vid obrobky nasinnia monokhromatychnym optychnym vyprominiuvanniam chervonoho diapazonu. (2010). *Fotobiologhiia Ta Fotomedytyna*, 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://fnjournal.univer.kharkov.ua/Ua/nomera/3_4_2010.pdf (in Ukrainian).
10. Pankova, O., Puzik, V., & Lysishenko, M. (2021). Vplyv elektromagnitnoho 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).
11. Pons, T. L. (2000) Seed responses to light. In Fenner M (ed). *Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities*, 2nd ed. Wallingford, UK: CABI Publishing, 237–60.
12. Saebo, A., Krekling, T. and Appelgren, M. (1995). Light quality affects photosynthesis and leaf anatomy of brich plantlets in vitro. *Plant Cell Tiss Org.* 41:177–185.
13. Simpson, G. G. and Dean, C. (2002). *Arabidopsis*, the Rosetta stone of flowering time? *Science.* 296: 285–289.
14. Singh, D., Basu, C., Meinhardt-Wollweber, M. and Roth, B. (2015). LEDs for energy efficient greenhouse lighting. *Renewable Sustainable Energy Rev.* 49: 139–147.
15. Stutte, G. W., Edney, S. and Skerritt, T., (2009). Photoregulation of bioprotectant content of red leaf lettuce with lightemitting diodes. *Hort Science.* 44: 79–82.
16. Yanagi, T. and Okamoto. K. (1997). Utilization of super-bright light emitting diodes as an artificial light source for plant growth. *Acta Hort.* 418: 223–228.

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, Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Corn seed preparation by electromagnetic radiation in different modes as a way of yield increase

The article analyzes the impact of electromagnetic radiation (EMR) in the red (660 nm), blue (460 nm) ranges, and combined exposure, during 10 and 30 minutes for each type of exposure. The most common agricultural crops – corn, were chosen for the experiments. 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. This mode of treatment in laboratory conditions that shows the possibilities of activating the biopotential of seeds. Thus, it is the activation of a group of different photoreceptors, both and phytochromes and cryptochromes, that is most effective. Treatment for 10 minutes had almost no effect with all wavelengths. This may be due to the fact that the effect of EMR has a prolonged effect and may be showed later. Germination energy and germination are studied at the initial (first week) stage of growth.

In the comparison of different agricultural crops used in the experiment, the most noticeable effect was found in the case of corn. This can be explained, first of all, by the size of the seed, which is the largest in corn, and therefore has the largest surface area. In second place are wheat and rapeseed, for which the difference with the control. Secondly, the discovered 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, 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 pattern of changes in the indicators of the length of roots and sprouts was found in all variants of the experiment. This may indicate the insensitivity of this indicator to EMRV treatment.

Key words: *electromagnetic radiation, wavelength, phytochrome, agricultural crops, corn, biopotential, seed treatment, productivity, agrotechnology.*