

УДК 633.15:631.811:581.132
DOI 10.31654/2786-8478-2026-BN-2-7-15

Богдан О. В.

аспірант кафедри біології
Ніжинського державного університету
імені Миколи Гоголя
oleksandrbogdan840@gmail.com
orcid.org/0009-0008-1797-9522

**ВПЛИВ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ КУКУРУДЗИ
МЕТАБОЛІЧНО АКТИВНИМИ РЕЧОВИНАМИ НА ВМІСТ
ФОТОСИНТЕТИЧНИХ ПІГМЕНТІВ**

У статті досліджено вплив передпосівної обробки насіння цукрової кукурудзи метаболічно активними речовинами на вміст фотосинтетичних пігментів. Актуальність роботи зумовлена необхідністю підвищення продуктивності культури шляхом застосування ефективних біостимуляторів, здатних оптимізувати фізіолого-біохімічні процеси рослин. Польові дослідження проведено на базі навчально-дослідної агробіостанції Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя із використанням насіння кукурудзи сорту Спокуса, обробленого комбінаціями таких метаболічно активних сполук, як вітамін Е, убіхінон-10, метіонін, параоксибензойна кислота, $MgSO_4$.

Встановлено, що всі досліджувані варіанти обробки сприяли підвищенню вмісту хлорофілу порівняно з контролем. Найвищі значення показників зафіксовано у варіанті з додаванням $MgSO_4$, який забезпечував найбільш виражений ефект, що підтверджується підвищенням значень показників.

Порівняння з препаратом Вимпел показало, що окремі комбінації метаболічно активних речовин не поступаються або перевищують його ефективність за здатністю стимулювати накопичення фотосинтетичних пігментів. Отримані результати узгоджуються з даними щодо позитивного впливу цих комбінацій на морфометричні показники та біомасу рослин.

Отримані результати свідчать, що передпосівна обробка насіння кукурудзи метаболічно активними речовинами є ефективним заходом підвищення інтенсивності фотосинтетичних процесів, що проявляється у збільшенні вмісту хлорофілу на всіх етапах розвитку рослин. Найбільш виражений і стабільний ефект забезпечує комплексна дія сполук із включенням $MgSO_4$, що вказує на доцільність синергетичного поєднання біологічно активних компонентів.

Загалом, застосування таких обробок сприяє формуванню більш активного фотосинтетичного апарату рослин і може розглядатися як перспективний елемент технології вирощування кукурудзи, спрямований на підвищення фізіологічної стійкості та потенційної продуктивності культури.

Ключові слова: цукрова кукурудза, фотосинтетичні пігменти, хлорофіл, метаболічно активні речовини, вітамін Е, метіонін, убіхінон-10, параоксибензойна кислота, $MgSO_4$.

Вступ. Цукрова кукурудза (*Zea mays convar. saccharata*) є важливою овочевою культурою, що відзначається високими смаковими якостями та значною харчовою цінністю. Формування її продуктивності значною мірою залежить від інтенсивності фізіолого-біохімічних процесів, зокрема фотосинтезу, який визначається вмістом і співвідношенням фотосинтетичних пігментів. Хлорофіли та каротиноїди відіграють ключову роль у поглинанні світлової енергії, забезпеченні фотохімічних реакцій і формуванні біомаси рослин, тому їх вміст є важливим показником функціонального стану фотосинтетичного апарату [1, 2].

На ранніх етапах онтогенезу рослини кукурудзи є особливо чутливими до дії абіотичних факторів середовища, що може обмежувати реалізацію їх продуктивного потенціалу. У зв'язку з цим актуальним є застосування агротехнічних заходів, спрямованих на стимуляцію ростових процесів і підвищення адаптивних можливостей рослин. Одним із таких ефективних прийомів є передпосівна обробка насіння біологічно та метаболічно активними речовинами, які здатні впливати на обмін речовин, активність ферментних систем і процеси фотосинтезу [2, 3].

Сучасні дослідження свідчать про позитивний вплив різних груп біологічно активних сполук – регуляторів росту, амінокислот, мікроелементів і антиоксидантів – на формування фотосинтетичного апарату рослин. Зокрема, такі сполуки, як вітамін Е, убіхінон-10, метіонін, параоксибензойна кислота (ПОБК) та сульфат магнію ($MgSO_4$), беруть участь у процесах антиоксидантного захисту, стабілізації клітинних мембран, синтезі хлорофілу та регуляції метаболізму. Магній, як центральний атом молекули хлорофілу, відіграє визначальну роль у формуванні пігментного комплексу, тоді як інші компоненти сприяють підвищенню стійкості фотосинтетичного апарату до стресових умов [4].

Водночас у науковій літературі недостатньо висвітлено питання комплексного впливу комбінацій метаболічно активних речовин на вміст фотосинтетичних пігментів саме у цукровій кукурудзі. Більшість досліджень зосереджена на морфометричних показниках або виконана на інших культурах, що зумовлює необхідність поглибленого вивчення фізіолого-біохімічних аспектів дії таких препаратів.

Метою даного дослідження було встановити вплив передпосівної обробки насіння кукурудзи комбінаціями метаболічно активних речовин на вміст фотосинтетичних пігментів та визначити найбільш ефективні їх поєднання для оптимізації функціонування фотосинтетичного апарату рослин.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження проведено протягом 2024-2025 років на території навчально-дослідної агробіостанції Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя (Чернігівська обл., Україна). Об'єктом дослідження були рослини цукрової кукурудзи сорту Спокуса, які вивчали на різних етапах онтогенезу.

Перед висівом насіння піддавали передпосівній обробці водними розчинами метаболічно активних речовин. До складу досліджуваних сполук входили: вітамін Е, убіхінон-10, метіонін, параоксибензойна кислота (ПОБК) та сульфат магнію ($MgSO_4$). Речовини застосовували у складі таких комбінацій:

1. Вітамін Е + убіхінон-10.
2. Вітамін Е + метіонін + ПОБК.
3. Вітамін Е + метіонін + ПОБК + $MgSO_4$.

Контрольним варіантом слугувало насіння, оброблене дистильованою водою. Для порівняльної оцінки ефективності досліджуваних комбінацій використовували препарат Вимпел-2.

Передпосівну обробку насіння здійснювали методом замочування у відповідних розчинах протягом 2 годин при температурі 20 ± 2 °С. Для варіанта із застосуванням препарату Вимпел-2 робочий розчин готували відповідно до інструкції: 10 мл препарату розчиняли у 0,5 л води, після чого насіння витримували у розчині протягом 2 годин. Після обробки насіння висівали безпосередньо у ґрунт на дослідних ділянках [5, 6, 7].

Усі варіанти досліду вирощували за однакових агротехнічних умов без додаткового внесення мінеральних добрив та зрошення, що дозволяло оцінити вплив саме фактору передпосівної обробки.

Оцінку стану фотосинтетичного апарату рослин здійснювали у фазах 3-5 листків, викидання волоті, молочної та повної стиглості. Основним показником був вміст хлорофілу в тканинах листків. Вміст фотосинтетичних пігментів у листках кукурудзи визначали спектрофотометричним методом. Оптичну густину вимірювали при довжинах хвиль 665, 654 і 649 нм. Як екстрагент застосовували 96% етиловий спирт. Кількісне визначення здійснювали за наступною методикою: наважку рослинної сировини масою 0,1 г (точна наважка) перенесли у ступку. Матеріал ретельно розтирали з додаванням невеликої кількості карбонату магнію, кварцового піску та 5 мл 96% етилового спирту до утворення однорідної екстракційної маси. Отриману суміш фільтрували для відокремлення твердого залишку, після чого об'єм фільтрату доводили до 30 мл тим самим екстрагентом. Як розчин порівняння використовували 96% етанол.

Концентрацію хлорофілів *a* та *b* розраховували за наступними формулами:

$$C_{\text{хл.а}} = 13.70 A_{665} - 5.76 A_{649}$$

$$C_{\text{хл.б}} = 25.80 A_{649} - 7.60 A_{665},$$

де A_{649} – оптична густина розчину за довжини хвилі 649 нм; A_{665} – оптична густина розчину за довжини хвилі 665 нм.

Загальний вміст хлорофілів *a* та *b* ($C_{\text{хл.а}} + C_{\text{хл.б}}$) визначали за формулою:

$$C_{\text{хл.а}} + C_{\text{хл.б}} = 25,1 A_{654}$$

де, $C_{\text{хл.а}} + C_{\text{хл.б}}$ – концентрація хлорофілів *a* та *b*; A_{654} — оптична густина розчину за довжини хвилі 654 нм.

Кількісний вміст хлорофілів *a* та *b* (*X*, мг/г) розраховували за формулою:

$$V_{\text{ек}} = \frac{C_{\text{хл}}}{1000} \cdot m_{\text{нав}}$$

де, $V_{\text{ек}}$ – об'єм спиртової витяжки, мл; $C_{\text{хл}}$ – концентрація хлорофілу у спиртовій витяжці, мг/г; $m_{\text{нав}}$ – маса наважки сировини, г [8]. Повторність досліджень – восьмикратна.

Отримані експериментальні дані обробляли із використанням методів математичної статистики з визначенням достовірності відмінностей між варіантами на рівні $p < 0,05$ [9, 10].

Результати досліджень та їх обговорення. З метою оцінки впливу передпосівної обробки насіння метаболічно активними речовинами на інтенсивність фотосинтетичних процесів у рослин цукрової кукурудзи сорту Спокуса було визначено вміст хлорофілу в тканинах листків на різних етапах онтогенезу. Отримані результати представлені на діаграмах і дозволяють простежити динаміку змін пігментного складу залежно від застосованих комбінацій.

У фазі 3-5 листків встановлено, що всі варіанти передпосівної обробки сприяли підвищенню вмісту хлорофілу порівняно з контролем (0,88 мг/г). Найвищий показник відзначено у варіанті №3 (1,63 мг/г), що перевищує контроль майже на 85%. Варіанти №2 (1,31 мг/г) та із застосуванням препарату Вимпел (1,32 мг/г) також демонстрували значне зростання вмісту пігменту. Найменший ефект серед дослідних варіантів спостерігався у варіанті №1 (1,11 мг/г), проте і він перевищував контрольні значення (рис. 1).

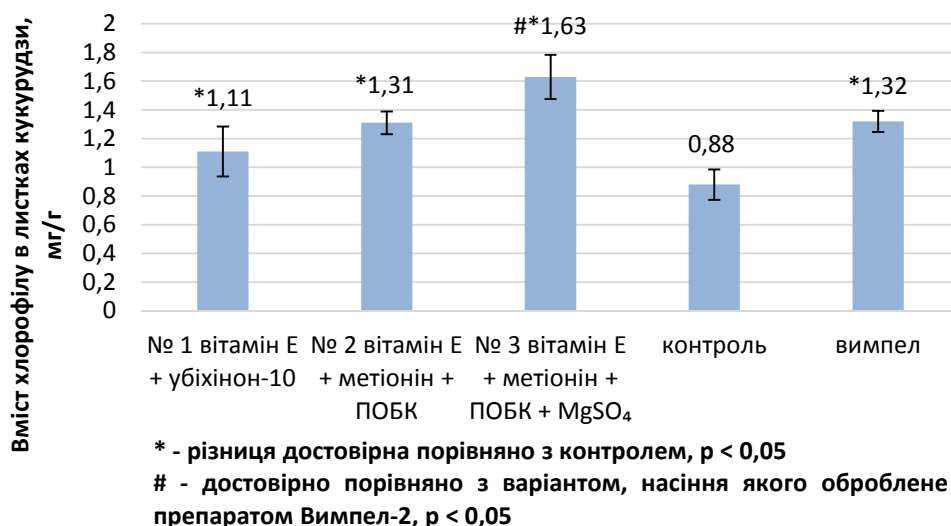


Рис. 1. Вплив передпосівної обробки насіння кукурудзи метаболічно активними речовинами на вміст фотосинтетичних пігментів у фазі 3-5 листків

У фазі викидання волоті зберігалася аналогічна тенденція. У контрольному варіанті цей показник становив 2,13 мг/г, тоді як у всіх дослідних варіантах відмічено його істотне підвищення – до 2,58-3,61 мг/г. Найвищі значення зафіксовано у варіанті №3 (3,61 мг/г), що перевищує контроль майже на 70% і свідчить про найбільш ефективний вплив даної комбінації на формування та функціонування фотосинтетичного апарату рослин. Варіант із препаратом Вимпел (3,38 мг/г) також показав високі результати, однак поступався варіанту з використанням комбінації з додаванням MgSO₄ (рис. 2).

Варіант №2 також демонстрував помітне зростання вмісту хлорофілу (2,82 мг/г), що на понад 30% більше порівняно з контролем, однак поступався варіанту №3. Найменше підвищення серед дослідних варіантів відзначено у варіанті №1 (2,58 мг/г), хоча й у цьому випадку спостерігалася позитивна динаміка щодо накопичення пігменту.

Варіант із застосуванням препарату Вимпел характеризувався високими показниками (3,38 мг/г), що значно перевищували контрольні значення (приблизно на 58%), проте дещо поступалися найефективнішій комбінації з додаванням MgSO₄. Це може свідчити про важливу роль магнію у процесах біосинтезу хлорофілу, оскільки він входить до складу його молекули та активує ряд ферментів, пов'язаних із фотосинтетичною діяльністю.

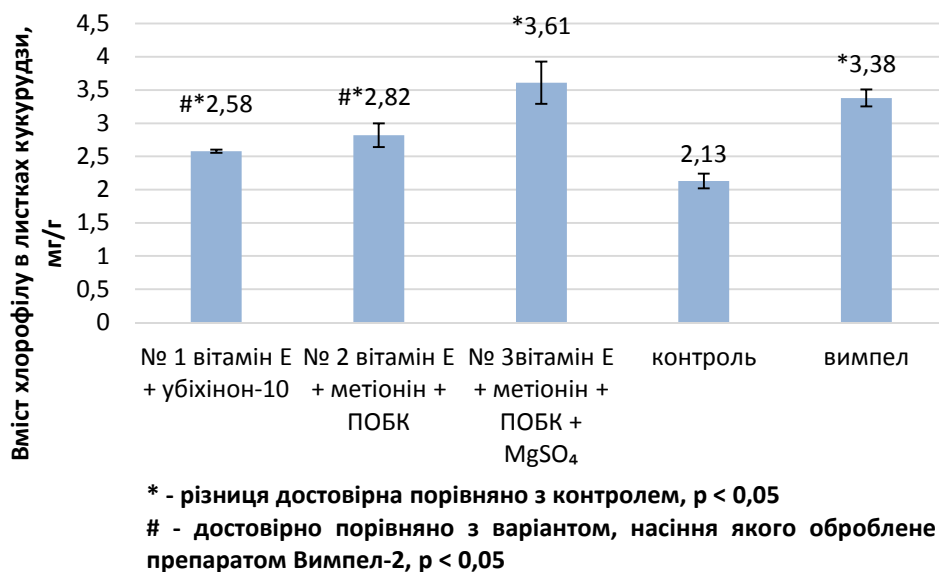


Рис. 2. Вплив передпосівної обробки насіння кукурудзи метаболічно активними речовинами на вміст фотосинтетичних пігментів у фазі викидання волоті

У фазі молочної стиглості вміст хлорофілу у контрольному варіанті становив 1,92 мг/г, тоді як у дослідних варіантах спостерігалось його підвищення до 2,18–2,64 мг/г. Найвищий показник було зафіксовано у варіанті №3 (2,64 мг/г), що підтверджує стабільну та тривалу дію даної комбінації метаболічно активних речовин протягом усього періоду вегетації (рис. 3).

Варіант № 2 також демонстрував помітне збільшення вмісту хлорофілу (2,22 мг/г) порівняно з контролем, однак поступався варіанту № 3 за інтенсивністю накопичення пігменту. Варіант із застосуванням препарату Вимпел (2,46 мг/г) займав проміжне положення між варіантами № 2 та № 3, що свідчить про його достатньо високу, але менш виражену ефективність порівняно з найбільш активною комбінацією.

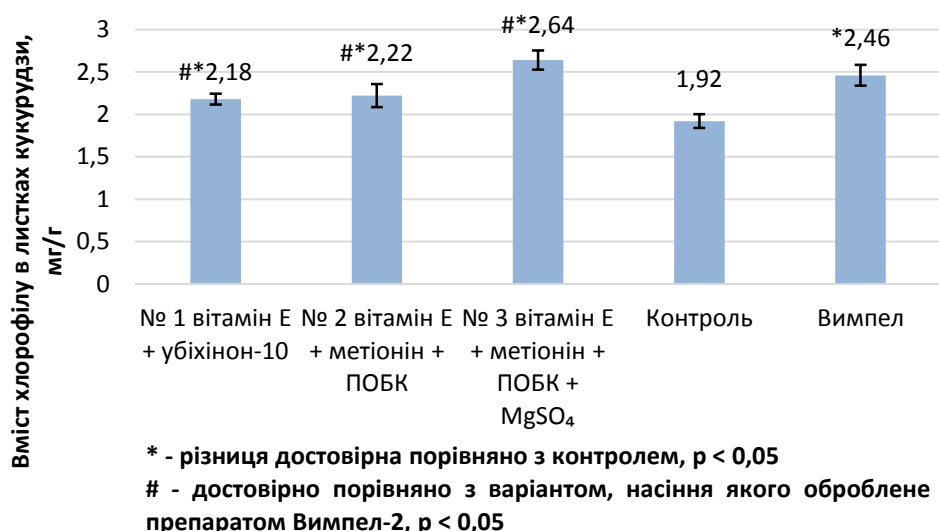


Рис. 3. Вплив передпосівної обробки насіння кукурудзи метаболічно активними речовинами на вміст фотосинтетичних пігментів у фазі воскової стиглості

На завершальному етапі розвитку рослин (фаза повної стиглості) також чітко простежувалася перевага варіанта №3, у якому вміст хлорофілу становив 0,87 мг/г.

Це перевищувало контрольний показник (0,43 мг/г) більш ніж на 49%, що свідчить про тривале збереження позитивного ефекту передпосівної обробки насіння комплексом метаболічно активних речовин (рис 4).

Варіант №2 забезпечував помірне підвищення вмісту хлорофілу до 0,61 мг/г, а застосування препарату Вимпел давало близький результат (0,63 мг/г), що вказує на їх приблизно однакову ефективність на пізніх етапах онтогенезу. Варіант №1 мав найнижчі значення серед дослідних варіантів (0,46 мг/г) і практично не відрізнявся від контролю, що свідчить про слабший вплив даної комбінації на підтримання фотосинтетичної активності в період завершення вегетації.

Отримані результати свідчать про те, що найбільш ефективною є комбінація метаболічно активних речовин у складі вітамін Е + метіонін + ПОБК + $MgSO_4$ (варіант №3), яка забезпечує стабільно високий рівень накопичення хлорофілу на всіх етапах розвитку рослин.

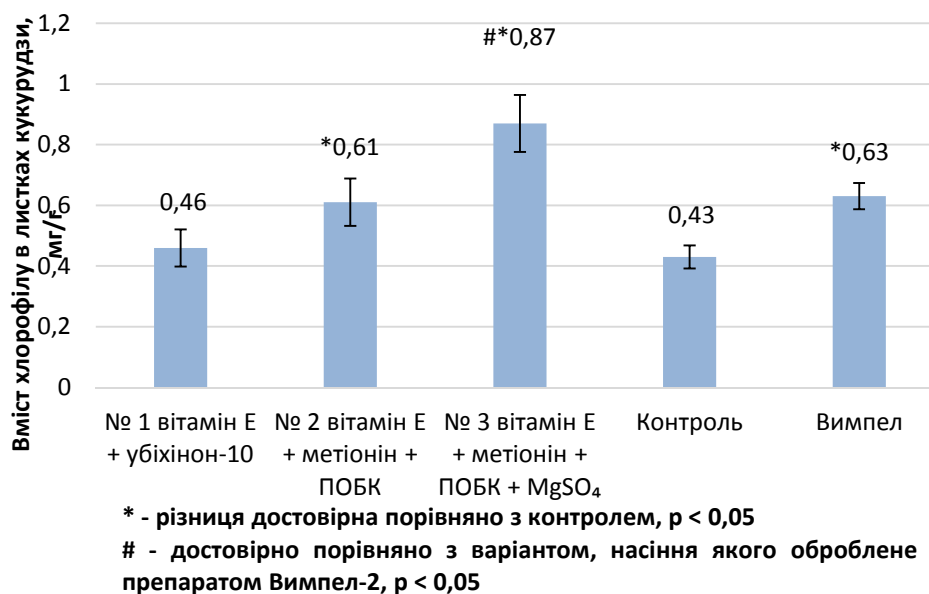


Рис. 4. Вплив передпосівної обробки насіння кукурудзи метаболічно активними речовинами на вміст фотосинтетичних пігментів у фазі повної стиглості

Такий ефект можна пояснити синергічною дією компонентів досліджуваних комплексів. Зокрема, магній є центральним елементом молекули хлорофілу, що безпосередньо впливає на його синтез, тоді як вітамін Е виконує антиоксидантну функцію, захищаючи хлоропласти від окисного стресу. Метіонін бере участь у синтезі білків і регуляторних сполук, а параоксисбензойна кислота стимулює ріст і розвиток рослин, що опосередковано впливає на формування фотосинтетичного апарату. Порівняння з препаратом Вимпел показало, що досліджувані комбінації, особливо варіант №3, не лише не поступаються, але й перевищують його ефективність за здатністю підвищувати вміст фотосинтетичних пігментів [1-3].

Таким чином, передпосівна обробка насіння кукурудзи метаболічно активними речовинами, зокрема у комплексі з $MgSO_4$, є ефективним агротехнічним прийомом, що сприяє підвищенню вмісту хлорофілу та інтенсифікації фотосинтетичних процесів, що, у свою чергу, створює передумови для зростання продуктивності культури.

Висновки. Отримані результати свідчать, що передпосівна обробка насіння кукурудзи метаболічно активними речовинами є ефективним заходом підвищення інтенсивності фотосинтетичних процесів, що проявляється у збільшенні вмісту хлорофілу на всіх етапах розвитку рослин. Найбільш виражений і стабільний ефект

забезпечує комплексна дія сполук із включенням $MgSO_4$, що вказує на доцільність синергетичного поєднання біологічно активних компонентів.

Загалом, застосування таких обробок сприяє формуванню більш активного фотосинтетичного апарату рослин і може розглядатися як перспективний елемент технології вирощування кукурудзи, спрямований на підвищення фізіологічної стійкості та потенційної продуктивності культури.

Список використаних джерел

1. Макрушин М. М., Макрушина Є. М., Петерсон Н. В., Мельников М. М. Фізіологія рослин : підручник / за ред. М. М. Макрушина. Вінниця : Нова Книга, 2006. 416 с.
2. Mastropetros S. G., Darras A. I., Matsi T. Effect of Pre-Sowing Seed Stimulation on Maize Seedling Vigour // *International Journal of Molecular Sciences*. 2023. Vol. 24, No. 10. Article 9248. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms252212480>
3. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур : навч. посібник / В. В. Лихочвор, В. Ф. Петриченко. Львів : Українські технології, 2006. 730 с.
4. Лісовицький В. В., Кучменко О. Б. Вплив метаболічно-активних речовин на окремі фізіолого-біохімічні показники росту і розвитку огірків сорту Ніжинський // *Наукові записки НаУКМА. Біологія та екологія*, 2020. Т. 3. С. 35–42. DOI: <https://doi.org/10.18523/2617-4529.2020.3.35-42>
5. Кучменко О. Б. Біохімія вітамінів / О. Б. Кучменко. Київ : Університет «Україна», 2012. 528 с.
6. Міщенко С. І., Шерстюк В. І., Завгородній В. А., Копилова І. О. Технологія вирощування кукурудзи з використанням стимуляторів росту // *Науковий вісник НУБіП України*, 2017. Вип. 278. С. 112–118.
7. Ласло О. О., Мельничук А. В. Ефективність застосування регулятора Вимпел-2 та комплексного мікродобрива у посівах сої // *Scientific Progress & Innovations*. 2021. № 4. С. 24–29. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.04.02>
8. Vicas S. I., Laslo V., Pantea S. and Bandict G. E. Chlorophyll and carotenoids pigments from Mistletoe (*Viscum album*) leaves using different solvents. *Fascicula Biologie*. 2010. Vol. 2017. 7 2. P. 213–218.
9. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Опришко В. П., Костогриз П. В. Основи наукових досліджень в агрономії / В. О. Єщенко, П. Г. Копитко, В. П. Опришко, П. В. Костогриз. Київ : Дія, 2005. 288 с.
10. Томашевський О. В., Рисіков В. П. Комп'ютерні технології статистичної обробки даних : навчальний посібник/ за ред. О. В. Томашевського. Запоріжжя: Запорізький національний технічний університет, 2015. 175 с.

References

1. Makrushyn, M. M., Makrushyna, Ye. M., Peterson, N. V., & Melnykov, M. M. (2006). *Fiziolohiia roslyn [Plant physiology]* (M. M. Makrushyn, Ed.). Nova Knyha.
2. Mastropetros, S. G., Darras, A. I., & Matsi, T. (2023). Effect of pre-sowing seed stimulation on maize seedling vigour [Effect of pre-sowing seed stimulation on maize seedling vigour]. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(10), Article 9248. [in English]. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms252212480>
3. Lykhochvor, V. V., & Petrychenko, V. F. (2006). *Roslynnnytstvo. Suchasni intensyvni tekhnolohii vyroshchuvannya osnovnykh poliovykh kultur [Crop production. Modern intensive technologies for growing major field crops]*. Lviv (Ukraine): Ukrainski Tekhnolohii. [in Ukrainian].
4. Lisovytskyi, V. V., & Kuchmenko, O. B. (2020). Vplyv metabolichno-aktyvnykh rehovyn na okremi fizioloho-biohimichni pokaznyky rostu i rozvytku ohirkiv sortu Nizhynskyi [Effect of metabolically active substances on physiological and biochemical parameters of Nizhyn cucumber growth]. *Naukovi Zapisky NaUKMA. Biolohiia ta Ekolohiia*, 3, 35–42. [in Ukrainian]. DOI: <https://doi.org/10.18523/2617-4529.2020.3.35-42>
5. Kuchmenko, O. B. (2012). *Biokhimiia vitaminiv [Biochemistry of vitamins]*. Kyiv (Ukraine): Universytet "Ukraina". [in Ukrainian].

6. Mishchenko, S. I., Sherstyuk, V. I., Zavgorodniy, V. A., & Kopylova, I. O. (2017). Tekhnolohiia vyroshchuvannia kukurudzy z vykorystanniam stymulatoriv rostu [Technology of maize with growth stimulants application]. *Naukovyi Visnyk NUBiP Ukrainy*, 278, 112–118. [in Ukrainian].

7. Laslo, O. O., & Melnychuk, A. V. (2021). Efektyvnist zastosuvannia rehuliatora Vympel-2 ta kompleksnoho mikrodobryva u posivakh soi [Effectiveness of Vympel-2 and complex micronutrient fertilizer in soybean crops]. *Scientific Progress & Innovations*, 4, 24–29. [in Ukrainian]. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.04.02>

8. Vicas S. I., Laslo V., Pantea S. and Bandict G. E. Chlorophyll and carotenoids pigments from Mistletoe (*Viscum album*) leaves using different solvents. *Fascicula Biologie*. 2010. Vol. 2017. 7 2. P. 213–218. [in English].

9. Yeshchenko, V. O., Kopytko, P. H., Opryshko, V. P., & Kostohryz, P. V. (2005). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii* [Fundamentals of scientific research in agronomy]. Kyiv (Ukraine): Diia. [in Ukrainian].

10. Tomashievskiy O. V., Rysikov V. P. *Kompiuterni tekhnolohii statystychnoi obrobky danykh: navchalnyi posibnyk/ za red. O. V. Tomashievskoho*. Zaporizhzhia Zaporizkyi natsionalnyi tekhnichniy universytet, 2015. 175 s. [in Ukrainian].

Bogdan O.

Postgraduate Student, Department of Biology
Nizhyn Mykola Gogol State University
oleksandrbogdan840@gmail.com
orcid.org/0009-0008-1797-9522

THE EFFECT OF PRE-SOWING TREATMENT OF CORN WITH METABOLICALLY ACTIVE SUBSTANCES ON THE CONTENT OF PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS

The article investigates the effect of pre-sowing treatment of sweet corn seeds with metabolically active substances on the content of photosynthetic pigments. The relevance of the work is due to the need to increase crop productivity by using effective biostimulants capable of optimizing physiological and biochemical processes of plants. Field studies were conducted on the basis of the educational and research agrobiostation of the Mykola Gogol Nizhyn State University using corn seeds of the Spokusa variety treated with combinations of metabolically active compounds such as vitamin E, ubiquinone-10, methionine, paraoxybenzoic acid, MgSO₄.

It was found that all the studied treatment options contributed to an increase in the chlorophyll content compared to the control. The highest values of the indicators were recorded in the option with the addition of MgSO₄, which provided the most pronounced effect, which is confirmed by the increase in the values of the indicators.

Comparison with the drug Vympel showed that certain combinations of metabolically active substances are not inferior or exceed its effectiveness in terms of the ability to stimulate the accumulation of photosynthetic pigments. The results obtained are consistent with the data on the positive effect of these combinations on morphometric indicators and plant biomass.

The results obtained indicate that pre-sowing treatment of corn seeds with metabolically active substances is an effective measure to increase the intensity of photosynthetic processes, which is manifested in an increase in the content of chlorophyll at all stages of plant development. The most pronounced and stable effect is provided by the complex action of compounds with the inclusion of MgSO₄, which indicates the feasibility of a synergistic combination of biologically active components.

In general, the use of such treatments contributes to the formation of a more active photosynthetic apparatus of plants and can be considered as a promising element of corn cultivation technology, aimed at increasing the physiological stability and potential productivity of the crop.

Keywords: sweet corn, photosynthetic pigments, chlorophyll, metabolically active substances, vitamin E, methionine, ubiquinone-10, paraoxybenzoic acid, MgSO₄.

*Стаття до редакції надійшла 07.04.2026 року
Рецензія на статтю надійшла 17.04.2026 року*