

**Солодка Т. М.** [1; ORCID ID: 0000-0001-7265-4706],

к.с.-г.н., доцент,

**Крайна М. А.** [1; ORCID ID: 0009-0008-7755-8252],

аспірантка, асистент,

**Опанасюк Д. В.** [1; ORCID ID: 0009-0002-8543-669X],

студент

<sup>1</sup>Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

## ДИНАМІКА МОРФОЛОГІЧНИХ ТА БІОХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОСЛИН КУКУРУДЗИ НА ПОЧАТКОВИХ ЕТАПАХ РОСТУ ЗА РІЗНОГО ТИПУ УДОБРЕННЯ

У статті представлено результати дослідження впливу різних типів добрив: карбаміду, гранульованих комплексних та рідких комплексних (стартових) добрив (РКД) – на морфологічні та біохімічні показники рослин кукурудзи на початкових етапах росту. Актуальність роботи зумовлена необхідністю адаптації технологій живлення до змін клімату, зокрема до коливань температури, нестачі вологи та зниження доступності елементів живлення з традиційних гранульованих форм добрив. Дослід проводився у вегетаційних посудинах за умов оптимальної температури та достатньої вологості, що дозволило оцінити ефективність добрив у сприятливому середовищі. Визначено, що найбільш позитивний вплив на морфологічні показники (висота рослин, розвиток кореневої системи, вегетативна маса) та біохімічні параметри (активність каталази, енергія проростання) забезпечує комбінація гранульованих добрив із РКД. Окреме застосування карбаміду або NPK-добрив виявилось менш ефективним порівняно з їх поєднанням. Водночас, за оптимальних умов, внесення лише РКД не забезпечило суттєвого покращення показників, що свідчить про обмежену роль рідких форм добрив у сприятливому середовищі. Очікується, що ефективність РКД буде більш вираженою за стресових умов – низьких температур, дефіциту вологи та на легких ґрунтах. Отримані результати підтверджують доцільність адаптивного підходу до вибору форми добрив залежно від ґрунтового-кліматичних умов, що має практичне значення для оптимізації технологій вирощування кукурудзи.

**Ключові слова:** кукурудза; комплексне добриво; коренева система; каталаза; рідке стартове добриво; вегетативна маса культури.

**Постановка проблеми.** Ведення сільськогосподарського виробництва у наш час неможливо уявити без застосування різного типу добрив, засобів захисту та допоміжних речовин. Дедалі частіше у аграріїв постає питання саме ефективності тих добрив, які вони звикли застосовувати при вирощуванні основних сільськогосподарських культур. Наразі існує широкий вибір різноманітного виду як моно-, так і комплексних добрив. Серед яких – рідкі стартові (комплексні) добрива. Оскільки такі добрива зазвичай містять швидкодоступний для рослин фосфор, то популярності РКД набуває саме у застосуванні на ярих культурах, зокрема і на кукурудзі. З кожним роком ми відчуваємо зміни клімату: широкі амплітудні коливання між нічними та денними температурами, раптові заморозки наприкінці весни, а також строкаті опади протягом вегетаційного періоду. Це несе певні ризики для кукурудзи особливо на початкових етапах її росту, оскільки коливання температур та відсутність вологи при посіві можуть впливати на доступність макро- та мікроелементів із гранульованих добрив та безпосередньо впливають на подальше формування врожаю. Отже, застосування лише гранульованих форм добрив потребує розгляду та, в певній мірі, підсилення, до прикладу, РКД, для нівелювання негативного впливу навколишнього середовища.

**Аналіз досліджень та публікацій.** Нині кукурудза – найурожайніша зернова культура з різноманітним використанням. Кукурудза на зерно в Україні займає близько 1,2 млн га, а кукурудза на силос і зелений корм – 4,5–5,0 млн га [1, С. 104]. Аналіз статистичних даних свідчить, що з 2011 р. по 2022 р. посівні та збиральні площі в Україні збільшилися з 3543,7 тис. га до 4200 тис. га. Для досягнення високих врожаїв кукурудзи важливе значення має пошук та впровадження сучасних ефективних елементів технології вирощування, які забезпечують оптимальний ріст та розвиток культури [2, С. 153]. Найдієвішим чинником збільшення врожайності та покращення якості зерна кукурудзи, за умов достатньої забезпеченості вологою або за умов зрошення, залишається створення оптимального агрофону вирощування культури. Найбільш важливе значення на початкових етапах органогенезу відіграє забезпеченість посівів кукурудзи азотом, нестача якого значною мірою затримує ріст і розвиток рослин [3, С. 199].

Не менш важливе значення для росту кукурудзи має фосфор, що є надзвичайно важливим саме у розподілі енергії по рослині: на

початкових стадіях – це формування кореневої системи, а згодом – цвітіння і формування плодів [4, С. 132].

Калій найбільш швидко поглинається у фазі проростання насіння – формування проростків і ця інтенсивність продовжується до закінчення цвітіння. [5, С. 71]. Оптимальна забезпеченість рослин кукурудзи калієм сприяє більш ефективному засвоєнню рослинами азоту і фосфору з внесених мінеральних добрив і ґрунту.

За свідченнями як вітчизняних, так і закордонних вчених кукурудза добре реагує на внесення мінеральних добрив, але ефективно їх застосування неможливе без урахування ґрунтово-кліматичних умов, прийнятої технології вирощування культури, без ретельного вивчення впливу добрив на продуктивність рослин та якість продукції, без аналізу динаміки ґрунтових процесів та зміни складу ґрунтових сполук у результаті використання штучно створених джерел поживних речовин. Питання ефективного використання саме рідких форм мінеральних добрив детально розглядали чимало науковців, які обґрунтували не лише можливість, а й практичну доцільність внесення рідких форм фосфору [6, С. 124]. Тому важливим є вивчення впливу обраної системи живлення не лише на культуру, як окрему одиницю дослідження, проте слід обов'язково враховувати вплив та особливості ґрунтово-кліматичних умов регіону та поля зокрема.

**Матеріали та методи досліджень.** Метою роботи є визначення доцільності та ефективності застосування комбінацій добрив та їх вплив на перші етапи росту та розвитку кукурудзи при оптимальних умовах навколишнього середовища. Для досягнення поставленої мети було проведено дослід у вегетаційних посудинах у двократній повторності, що був змодельований відповідно до польового дослід, за наступною схемою:

- 1) Контроль (без застосування добрив).
- 2) Варіант із внесенням карбаміду.
- 3) Варіант із комплексним гранульованим добривом NPK-7/20/28.
- 4) Варіант, що поєднує карбамід та гранульоване добриво.
- 5) Варіант із внесення рідкого комплексного добрива (РКД) 5/20/5.
- 6) Варіант із внесенням РКД+ карбамід + гранульоване добриво.
- 7) Варіант із внесенням РКД + гранульоване добриво.

Усі перелічені добрива було внесено при посіві, зокрема РКД безпосередньо на насінину; карбамід та гранульовані добрива обабіч

насінини. Дози внесення добрив було перераховано та зменшено відповідно до досліджуваної площі вегетаційних посудин і відповідало наступним дозам добрив: карбамід 200 кг/га; гранульоване комплексне добриво – 150 кг/га; РКД – 25 л/га.

Посів здійснювався у двох повторностях на глибину, що відповідає 5 см у польових умовах, із шириною міжрядь 70 см.

Для досліду використовували гібрид кукурудзи Аллікс (компанія-оригінація РАЖТ) із ФАО 220, що відповідає ранній групі стиглості.

**Результати досліджень.** Спостереження було проведено протягом 25 днів росту культури: від проростання і до фази двох листків. Протягом росту рослин було зафіксовано відсоткове співвідношення рослин, що проросли між варіантами, а також зафіксовано середню висоту рослин на трьох етапах росту.

Із рисунка 1 бачимо, що при замірі висот ростків рослин на 13-й день жоден варіант не дав приросту щодо контролю. Слід відмітити, що при обрахунку відсоткового співвідношення появи проростків, тобто відсотку схожості культури, саме на контрольному варіанті було зафіксовано найвищу схожість вже на 6-й день росту (94%). На решті варіантів із добривами, проростки з'являлись повільніше і відсоток схожості становив в середньому 68,2%. Незважаючи на повільний старт, варіант № 2–7 відмічаємо активне проростання вже на 9-й день спостережень. Окремо слід відмітити варіант № 6 із застосуванням трьох видів добрив, де на 9-й день відсоток проростків становив уже 96% та вирізнявся більш дружніми сходами.

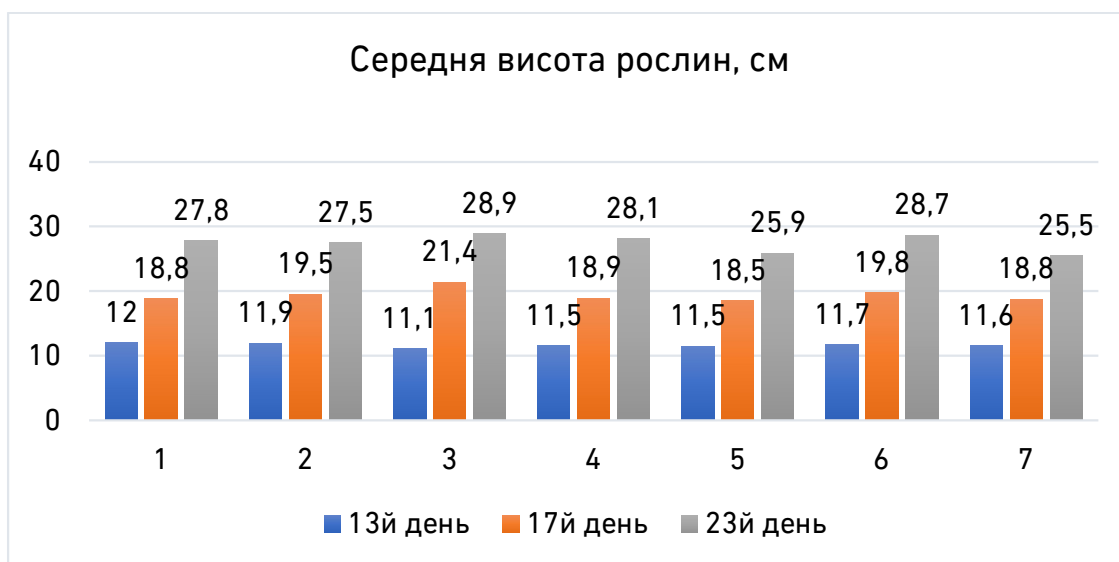


Рис. 1. Середні висоти рослин кукурудзи, см

Аналізуючи наведені дані, бачимо, що незначний приріст висот рослин спостерігали на 17-й день на варіантах 2 (карбамід) та більш помітний на варіантах 3 та 6, де використовували повне застосування трьох видів добрив та, окремо, гранульованого добрива, що становили 3,7%; 5,1% та 13,8% відповідно до контролю. Уже на 23-й день картина знівелювалась і вже не становила суттєвої різниці у приростах відповідно до контролю. Це можна пояснити тим, що коренева система почала галузитись і споживати внесенні при посіві добрива, а отже, енергія рослини була спрямована не на збільшення висоти рослини, а на укріплення коренів та зміцнення стебла.

Після закінчення зазначеного терміну досліджень було проведено вимірювання об'єму кореневої системи кукурудзи та взято до порівняння вагове співвідношення зеленої маси рослин (рис. 2).

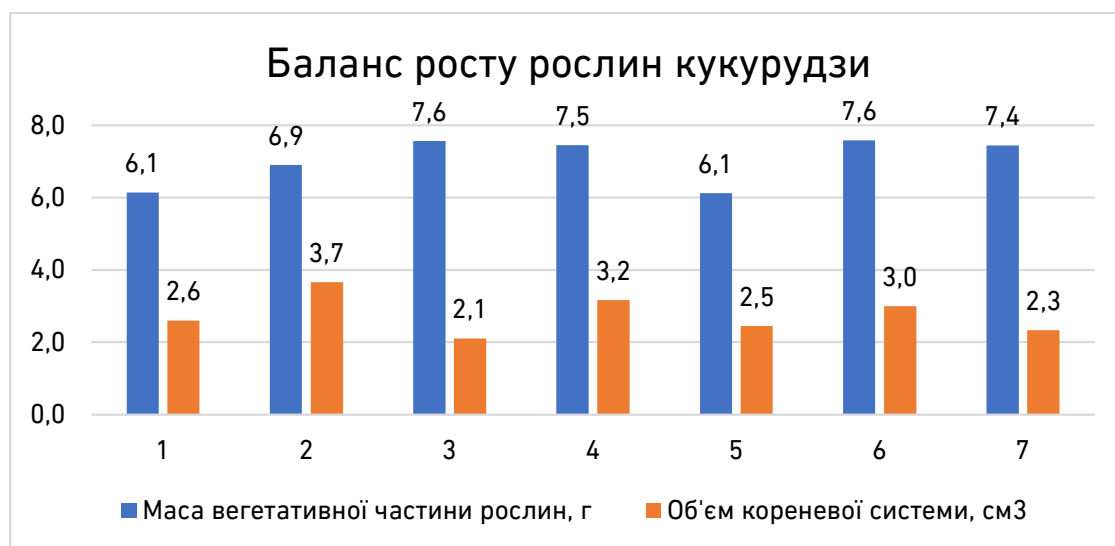


Рис. 2. Баланс росту рослин кукурудзи

Отримані дані за масою вегетативної частини рослин свідчать про те, що застосування різних видів добрив сприяють її приросту відносно до контрольного варіанту. Проте застосування лише РКД (варіант 5) виявилось найменш ефективним, було рівноцінне до показників на контролі і за масою надземної частини рослин, і за об'ємом кореневої системи.

Оскільки у перші 20 днів росту і розвитку кукурудзи важливим до спостережень є не лише морфометричні параметри, але і біохімічні показники – було проведено замір фотосинтетичної активності хлорофілу та активності ферменту каталази, що безпосередньо впливає на перебіг процесу фотосинтезу і має вплив на підтримання стресостійкості культури.

Проведення спектрометричних вимірювань продемонстрували наступний результат (рис. 3 та рис. 4).



Рис. 3. Кількісне визначення хлорофілу у рослинах кукурудзи за оптичною густиною

Найвищий рівень хлорофілу спостерігається на варіанті 1 (контроль) з показником 0,9, що може свідчити про базову стабільність фотосинтетичного апарату без добрив. Варіанти 4, 6 та 7 (комбіновані добрива) також демонструють високі значення (0,8 і 0,7), що вказує на позитивний вплив на фотосинтетичну активність. Найнижчий показник відмічаємо на варіанті 5 (РКД) – 0,5, що може свідчити про стрес або порушення пігментного балансу. Слід зазначити, що кардинальних розбіжностей не було зафіксовано, тобто фотосинтетична активність в цілому була нормальною на усіх варіантах.



Рис. 4. Активність каталази у рослинах кукурудзи

Найвищу активність каталази зафіксували на варіантах 3 та 7 (21,9 та 13,2 мкмоль  $H_2O_2$ /хв/г відповідно), що свідчить про інтенсивну антиоксидантну реакцію та про те, що комплексне гранульоване добриво, як і комбінація його із РКД, не спричиняє стресового середовища для рослин. На відміну від попередніх варіантів, ті, де було внесено карбамід (варіант 2, 4 та 6), продемонстрували дуже низьку та від'ємну активність каталази, що є маркером стресу у рослин від можливого дисбалансу живлення кукурудзи.

Контрольний варіант без добрива показав помірну активність, що може свідчити про непорушений ріст рослин зовнішніми чинниками. Порівнюючи показник активності каталази варіантів із добривами щодо контролю було відмічено, що третій варіант із комплексним добривом мав значно вищу активність (різниця склала 16,2), а сьомий – у 2,3 раза більший від контрольного варіанту та у 1,7 раза меншого від третього варіанту. Очевидно, що додавання РКД мало ефект пригнічення культури, про що також свідчить і варіант 5, де було внесено лише РКД.

**Висновки.** За результатами лабораторного дослідження встановлено, що за більшістю показників, які визначали, найдоцільніше використовувати комбінацію як гранульованих, так і рідких стартових добрив. Згідно з отриманими результатами можна зробити висновки, що окреме внесення карбаміду чи комплексного гранульованого добрива точково має перевагу над спільним їх застосуванням із РКД. Зіставивши всі отримані дані та не менш важливі показники відсотку схожості та її енергії, можемо констатувати доречність спільного застосування добрив. Щодо ефективності застосування рідкого стартового добрива: в цьому змодельованому досліді воно не забезпечило вираженого позитивного ефекту на морфологічні та біохімічні показники рослин кукурудзи за оптимальних умов (середня температура повітря -  $+20^{\circ}C$ ) та достатньої вологості (15,2 мм опадів за період 25 днів). Ймовірно, це пов'язано з тим, що за таких умов гранульовані добрива швидко розчиняються і забезпечують рослину макроелементами, зокрема, доступним фосфором, нівелюючи роль РКД як стартового джерела фосфору. Саме тому ми не спостерігали відмінностей при обліку об'єму кореневої системи між варіантами з РКД та без. Очікується, що ефективність РКД буде більш вираженою за стресових умов – знижених температур, обмеженої вологості та на легких піщаних ґрунтах, де доступність фосфору з гранули обмежена. Це свідчить про доцільність адаптивного підходу до вибору форми

добрива залежно від ґрунтово-кліматичних умов та проведення подальших досліджень.

1. Стоцький В. В. Засвоєння основних елементів живлення кукурудзою за різних видів і доз добрив. *Аграрні інновації*. 2024. № 28. С. 104–110. 2. Дідур І. М., Богомаз С. О. Сучасний стан і перспективи вирощування кукурудзи в Україні. *Сільське господарство та лісництво*. 2023. № 2 (29). С. 153–161. 3. Сидякіна О. В., Мелешко І. О. Ефективність застосування мінеральних добрив у посівах кукурудзи на зерно (огляд літератури). *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 128. С. 196–203. 4. Фурманець О. А., Крайна М. А. Продуктивність кукурудзи при вирощуванні на дерново-підзолистих ґрунтах Західного Полісся за різних доз основного удобрення. *Вісник НУВГП. Сільськогосподарські науки*. 2023. № 3(103). С. 130–141. 5. Жмура О., Андрієнко О. Удобрення гібридів кукурудзи. *Сучасні технології агропромислового виробництва : матеріали І-ї міжнародної студентської науково-практичної інтернет-конференції*, 19 листопада 2020. Кропивницький, 2020. С. 70–72. 6. Фурманець О. А. Ефективність застосування рідких комплексних добрив при вирощуванні кукурудзи в умовах Західного Полісся України. *Продовольча та екологічна безпека в умовах війни та повоєнної відбудови: виклики для світу та України : матеріали науково-практичної конференції, присвяченої 125-річчю НУБіП України, 25 травня 2023, Київ*. 2023. С. 98–101.

## REFERENCES:

1. Stotskyi V. V. Zasvoiennia osnovnykh elementiv zhyvlennia kukurudzoiu za riznykh vydiv i doz dobryv. *Ahrarni innovatsii*. 2024. № 28. S. 104–110. 2. Didur I. M., Bohomaz S. O. Suchasnyi stan i perspektyvy vyroshchuvannia kukurudzy v Ukraini. *Sil'ske hospodarstvo ta lisnytstvo*. 2023. № 2 (29). S. 153–161. 3. Sydiakina O. V., Mielieshko I. O. Efektyvnist zastosuvannia mineralnykh dobryv u posivakh kukurudzy na zerno (ohliad literatury). *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. 2023. № 128. S. 196–203. 4. Furmanets O. A., Kraina M. A. Produktivnist kukurudzy pry vyroshchuvanni na dernovo-pidzolistykh gruntakh Zakhidnoho Polissia za riznykh doz osnovnoho udobrennia. *Visnyk NUVHP. Silskohospodarski nauky*. 2023. № 3(103). S. 130–141. 5. Zhmura O., Andriienko O. Udobrennia hibrydiv kukurudzy. *Suchasni tekhnolohii ahropromyslovoho vyrobnytstva : materialy I-yi mizhnarodnoi studentskoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii*, 19 lystopada 2020. Kropyvnytskyi, 2020. S. 70–72. 6. Furmanets O. A. Efektyvnist zastosuvannia ridkykh kompleksnykh dobryv pry vyroshchuvanni kukurudzy v umovakh Zakhidnoho Polissia Ukrainy. *Prodovolcha ta ekolohichna bezpeka v umovakh viiny ta povoiennoi vidbudovy: vyklyky dlia svitu ta Ukrainy : materialy naukovo-praktychnoi konferentsii, prysviachenoї 125-richchiu NUBiP Ukrainy, 25 travnia 2023, Kyiv*. 2023. S. 98–101.

---

**Solodka T. M.** [1; ORCID ID: 0000-0001-7265-4706],

Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor,

**Kraina M. A.** [1; ORCID ID: 0009-0008-7755-8252],

Post-graduate Student, Assistant,

**Opanasiuk D. V.** [1; ORCID ID: 0009-0002-8543-669X],

Senior Student

*<sup>1</sup>National University of Water and Environmental Engineering, Rivne*

## **DYNAMICS OF MORPHOLOGICAL AND BIOCHEMICAL INDICATORS OF CORN PLANTS AT THE INITIAL STAGES OF GROWTH UNDER DIFFERENT TYPES OF FERTILIZERS**

**This article presents the results of effects different types of fertilizers—urea, granular complex fertilizers, and liquid complex (starter) fertilizers (LCF)—on the morphological and biochemical parameters of maize plants during the early stages of growth. The relevance of the study is driven by the need to adapt fertilization technologies to climate change, particularly temperature fluctuations, moisture deficits, and reduced nutrient availability from traditional granular fertilizers.**

**The experiment was conducted in vegetation vessels under optimal temperature and sufficient moisture conditions, allowing for the evaluation of fertilizer effectiveness in a favorable environment. It was found that the combination of granular fertilizers with LCF had the most positive impact on morphological traits (plant height, root system development, vegetative biomass) and biochemical indicators (catalase activity, germination energy). The separate application of urea or NPK fertilizers proved less effective compared to their combined use. Meanwhile, under optimal conditions, the application of LCF alone did not significantly improve plant parameters, indicating a limited role of liquid fertilizers in favorable environments. It is expected that the effectiveness of LCF will be more pronounced under stress conditions—low temperatures, moisture deficiency, and on light sandy soils where phosphorus availability from granules is limited.**

**The results confirm the importance of an adaptive approach to fertilizer selection based on soil and climatic conditions, which is practically significant for optimizing maize cultivation technologies.**

**Keywords:** corn; complex fertilizer; root system; catalase; liquid starter fertilizer; crop vegetative mass.

Отримано: 10 жовтня 2025 року  
Прорецензовано: 17 жовтня 2025 року  
Прийнято до друку: 28 листопада 2025 року