

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ЦИНКУ ПРИ ВИРОЩУВАННІ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО

Захарченко Еліна Антоліївна

кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

ORCID: 0000-0002-9291-3389

elionapolis@gmail.com

В статті наведено результати польового дослідження з вивчення ефективності застосування цинковмісних добрив при вирощуванні кукурудзи на зерно. Дослід було проведено в умовах чорнозему типового середньосуглинкового на лівобережного Лісостепу України (Сумський район, Сумська область). Вивчалися наступні варіанти: 1) контроль; 2) передпосівний обробіток насіння кукурудзи Моноцинком, 3) обробка насіння Моноцинком + обприскування у фазу 3–5 листків Нутривантом Плюс (0,5 л/га); 4) обробка насіння Моноцинком + обприскування Нутривантом Плюс у фазу 3–5 листків (0,5 л/га) і 10–11 листків (1 л/га). Використано Моноцинк Zn від компанії COMPO (Німеччина) та Нутривант Плюс зерновий "ICL Fertilizers" (Ізраїль), гібрид кукурудза – Інагуа (ФАО 210, Франція). Встановлено збільшення площі листової поверхні, висоти рослини, висоти кріплення качана та урожайності за застосування цинкових добрив. За обробки насіння Моноцинком підвищувалася енергія проростання на 3,1 % відносно контролю, польова та лабораторна схожість на 3,3 та 3,0 % відповідно. Найвища врожайність отримана на варіанті з обробкою насіння та позакореневому підживленні у два строки.

Ключові слова: Моноцинк, Нутривант, обробка насіння, інкрустація насіння, мікроелементи, цинк, позакореневе підживлення кукурудзи, фоліарне живлення.

DOI: <https://doi.org/10.32845/agrobio.2019.4.2>

Вступ. Кукурудза залишається найбільш розповсюдженою культурою як у світі, так і в Україні. За даними світових рейтингів, наша країна знаходиться на п'ятому місці за обсягами виробництва зерна [18]. Але із збільшенням площ та врожайності культури, відбувається виснаження ґрунтів за незбалансованого внесення елементів живлення. Переважно вносяться змішані добрива, різні форми азотних добрив, велика кількість останніх і приводить до утворення дисбалансу у співвідношенні макро- та мікроелементів у ґрунті. За агрохімічного обстеження ґрунти аналізують здебільшого на вміст таких елементів живлення як азот, фосфор, калій, рідше кальцій, магній і ще рідше – на вміст сірки, цинку, бору, молібдену, міді, кобальту та ін. Але із інтенсивністю технології вирощування та монокультури кукурудзи проявляються ознаки фізіологічного голодування рослини, які можна визначити візуально та за допомогою листової діагностики. На ринку добрив наразі велика кількість добрив із вмістом мікроелементів, зокрема, цинку, які використовуються як для передпосівної обробки насіння, так

і для внесення під час сівби чи в інші фази. Тому ефективність добрив повинна бути досліджена в різних ґрунтово-кліматичних умовах для визначення найбільш дієвої схеми їх внесення та ефективності, що є актуальним на даний час.

В останні двадцять років проведено достатньо досліджень з насінням зернових культур, зокрема, кукурудзи, яке оброблялося як регуляторами росту, так і мікроелементами. Велика увага приділяється саме цинку через його значущий вплив на метаболічні процеси, дихання та ін., що особливо важливо в перші фази розвитку рослини [4]. За застосування добрив із цинком на кислих ґрунтах спостерігається зниження їх ефективності внаслідок утворення важкодоступних форм для рослини – цинкати кальцію. С. М. Крамарьов та П. В. Писаренко [4] у своїх дослідженнях описують досвід застосування різних сумішей із цинком для передпосівної інкрустації насіння. Ними встановлено, що як використаний сульфат цинку разом із лугом, так і суміші ди-(3-індопілацетат) цинку чи 2-аміно-5-

метил-1,3,4-тіадіазолдипропіонатаквa цинку позитивно впливали на врожайність зерна кукурудзи і знижували вміст нітратів у ньому. Вчені підкреслюють, що потрібно контролювати концентрацію цинку у розчині і, наприклад, якщо застосовувати сульфат цинку у концентрації вище 1,5 %, то це може призвести до негативних наслідків через токсичну дію. Також ущільнення може негативно вплинути на доступність цинку рослинам.

Вчені Ужгородського національного університету досліджували ефективність обробітку насіння кукурудзи нітратом цинку і підтвердили ефективність цього заходу збільшенням врожайності зерна, особливо у середньоранніх та ранньостиглих гібридів (в умовах Закарпаття) [12]. Було рекомендовано застосовувати 0,01 % та 0,02 % розчини нітрату цинку для передпосівного замочування та для позакореневого підживлення.

За даними дослідників, 85 г цинку споживається рослиною кукурудзи протягом вегетаційного періоду і накопичується у зерні, листях та стеблах (цифри можуть дещо коливатися залежно від ФАО) [1].

Вченими встановлено, що близько 60 % ґрунтів України характеризуються низькою забезпеченістю рухомими формами цинку, що може призводити до обмеження потенціалу врожайності кукурудзи та, в окремих випадках, до зниження імунітету та хвороб [11]. Дослідження, проведені співробітниками ТОВ «НВК«КВАДРАТ», свідчать про ефективність Квантум-Хелат цинку, який підвищує вміст цинку в зерні, що в подальшому впливає на розвиток кореневої та надземної систем, стійкість рослини до стресів, які виникають за екстремальних погодних умов.

Вплив Еколисту моноцинк на висоту рослин кукурудзи була доведена в умовах чорнозему звичайного [10], але деякі гібриди в різні роки не мали різниці з контрольними рослинами без обробки цинком. Біостимулятор Вітазім, що має у складі чотири елементи живлення і містить 0,06 % цинку, що був застосований як фоліарне добриво, був найефективнішим у фазі 7–9 листків кукурудзи в умовах чорнозему типового (Полтавська область, Пирятинський район). При цьому збільшувалися врожайність та вміст білку, але на вміст жиру та крохмалю це не вплинуло [3]. Гідратований дифосфат мангану (II)-цинку як регулятор росту покращував схожість рослин, збільшував масу рослин [13]. Саме поєднання фосфору і цинку, їх синергічної дії, за твердженням дослідників, сприяє підвищенню використання елементів живлення рослиною.

Американські вчені підкреслюють, що сульфати цинку, цинк ЕДТА є водорозчинними на рівні 100 % [15]. *Dorivar Ruiz-Diaz* з Канзаського державного університету не

рекомендує застосовувати оксид цинку через його низьку розчинність у ґрунтах, особливо лужних та нейтральних [14]. Потрібна якнайменш 50 % розчинність цинку у воді в оксисульфатних продуктах цинку. Гній є також гарним джерелом цинку, але завжди актуальним є аналіз ґрунту на вміст цинку [14]. Також *Matías Ruffo* [19] підкреслює, що більш доцільним є використання комплексного добрива – суміші фосфату амонію, сульфату амонію та сульфату цинку, ніж застосування тільки останнього.

Таїландські вчені підтверджують ефективність застосування як добрива під обробіток у вигляді сульфату цинку, ЕДТА та цитрату цинку і говориться про майже однакову їх ефективність за вирощування кукурудзи та велику затратність даного заходу. Краще, за їх думкою, замочувати насіння у сульфаті цинку, це є найбільш доцільним [21].

Вчені Пакистану, які проводили дослідження на супіщаних ґрунтах, встановили, що застосування 1 % та 2 % розчину цинку для обробки насіння кукурудзи та для позакореневого підживлення як окремо, так і в одному полі, підвищувало врожайність зерна, але за 2 % концентрації зменшувався вміст білку [20]. Іранські вчені вивчали ефективність наноцинку у порівнянні з сульфатом цинку та підтвердили позитивну дію обох добрив, але підкреслили необхідність подальшого вивчення саме застосування наноцинку для обробки насіння, так як відмічено було збільшення концентрації фосфору, біомаси, концентрації сирого білку та розчинних вуглеводнів порівняно із сульфатом [22].

Вчені Бангладешу також довели ефективність застосування цинкових добрив на основі оксиду цинку на лужних ґрунтах (рН 8,3), але підсумували, що відгук різних гібридів та сортів на цинк може бути різний і це питання в кожному конкретному випадку повинно бути вивчено, бо доцільність застосування з економічної точки зору не менш важливо [17].

Haiyong Xia зі своїми колегами [16] проводили польові дослідження у Цюйчжоу в провінції Хебей та Лічен у провінції Шаньдун (Китай) в гумідному кліматі з оприскуванням розчином сульфату цинку по листу кукурудзи чотири рази протягом вегетації. Вчені стверджують, що ця обробка рослин дозволила б збагатити цинком та залізом зерна кукурудзи одночасно.

Таким чином, проведений літературний огляд свідчить про цікавість вчених всього світу щодо вирішення питання дефіциту цинку для рослин кукурудзи, і одним з актуальних підходів – це створення різних комбінацій, форм макро- і мікроелементів, рістрегулюючих речовин, перевірка ефективності нових добрив за різних погодних та ґрунтових умов, з різними культурами, сортами та гібридами.

Метою дослідження є вивчення впливу цинковмісних добрив на ріст та розвиток рослин кукурудзи.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження проводились на спеціально відведених для дослідів в умовах ПрАТ «Максимко» (с. Підліснівка, Сумська область). Ґрунти дослідної ділянки – чорноземи типові на лесоподібному суглинку, що характеризуються наступними показниками: механічний склад: пилувато-мулистий (пісок – 5 %, пил – 60,5 %, мул – 34,5 %); вміст гумусу: в орному горизонті 4,2 %, в підорному – 3,2 %; гідролітична кислотність в мікроеквівалентах на 100 г ґрунту 2,3; вміст легкорозчинних елементів живлення в мг на 100 г ґрунту: рухомий фосфор 10,1; гідролізований азот 7,2; обмінний калій 12,2–10,2.

Схема досліду:

1. Контроль (без обробки).
2. Обробка насіння Моноцинком
3. Обробка насіння Моноцинком + обприскування у фазу 3–5 листків Нутривантом Плюс (0,5 л/га).
4. Обробка насіння Моноцинком + обприскування Нутривантом Плюс у фазу 3–5 листків (0,5 л/га) і 10–11 листків (1 л/га).

В досліді використовувався гібрид Інаґа (PM 981), який є стійкий до вилягання та поширення хвороб, і належить до групи середньоранніх гібридів (ФАО 210). Заявник - фірма Рустіка Програ Женетік (Франція). Дослідження були проведені у 2015–2016 роках.

Виробник Нутриванту Плюс зерновий "ICL Fertilizers", Ізраїль. До складу Нутриванту Плюс входять: нітроген (N) 6 %, фосфор (P_2O_5) – 23 %, калій (K_2O_5) – 35 %, магній (MgO) – 1 %, сульфур (S) – 1,5 %, бор (B) – 0,1 %, манган (Mn) – 0,2 %, цинк (Zn) – 0,2 %, мідь (Cu) – 0,2 %, залізо (Fe) – 0,05 %, молібден (Mo) – 0,002 %, + «Фертівант» – прилипач органічного походження.

Моноцинк Zn від компанії COMPO (Німеччина) складається з цинку 6,1 % (75 г/л), нітрогену – 5,0 % ,

містить прилипач та інші допоміжні речовини.

Для проведення досліджень було виділено ділянку із розрахунку площі облікової ділянки – 50 м², повторність триразова. Попередник кукурудзи – ячмінь ярий.

Методичною основою експериментальних досліджень були методичні рекомендації організації польових дослідів з кукурудзою і методика проведення дослідів Б. А. Доспєхова.

Площу листової поверхні розраховували, використовуючи параметри довжини та ширини листка за формулою Б. А. Доспєхова:

$$S = k \cdot l \cdot n,$$

де S – площа листової поверхні, см²; k – середній поправочний коефіцієнт, що становить 0,67; l – довжина листя, см; n – ширина листка в самому широкому місці, см.

Структуру врожаю визначали в пробах качанів, які відбирали на кожній обліковій ділянці. Урожай зерна перераховували на вологість 14 %.

Основний обробіток складався з рихлення на глибину 25–27 см, перед обробітком був внесений безводний аміак 150 кг/га, сульфат магнію гранульований, монофосфат калію. Перед весняним обробітком ґрунту під кукурудзу внесено нітрофоску. В досліді була посіяна 1 посівна одиниця 80000 насінин. Протягом вегетації використовували Харнес, Маро, Гроділ Максі, Пріма і трихограму.

Результати та їх обговорення. Не менш важливим показником якості насіння є енергія його проростання. Вона зумовлює дружність з'явлення сходів. Енергію проростання визначають за кількістю насінин, які проросли чи накілчилися за перший період, визначений для кожної культури визначення схожості.

В таблиці 1 наведено результати визначення показників схожості у середньому за 2 роки досліджень.

Таблиця 1

Показники схожості насіння кукурудзи

Варіанти досліду	Польова схожість, %	± до контролю, %	Лабораторна схожість, %	± до контролю, %	Енергія проростання, %	± до контролю, %
1. Контроль (без обробки)	70	К	92,8	К	83,4	К
2. Обробка насіння Моноцинком	73,3	+3,3	95,8	+3,0	86,5	+3,1
НІР ₀₅	1,2		0,8		0,9	

Як видно з таблиці 1, обробка насіння моноцинком сприяла збільшенню польової схожості на 3,3 %, лабораторної на 3 %, енергії проростання на 3,1 %. За твердженням вчених, потреба в цинку починається на етапах проростання насіння. Він входить до складу багатьох ферментів, впливає на вуглеводний та білковий обмін.

У фазі 3–5 листків і 10–11 листків ми застосували добриво Нутривант-плюс. Склад добрива повністю відповідає фізіології мінерального живлення кукурудзи. За рахунок спеціального прилипача «Фертівана» добриво не змивається опадами з листової поверхні рослин.

Легкодоступні сполуки фосфору на ранніх фазах органогенезу кукурудзи активізують ріст і розвиток її кореневої системи та сприяють закладанню високого врожаю. Цинк приймає участь у азотному обміні, активізує синтез амінокислоти триптофану та фітогормону ауксину. Цинк також бере участь у вуглеводному, жировому, фосфорному обміні, синтезі хлорофілу, вітамінів В, Р, С та підвищує стійкість кукурудзи до приморозків.

Передпосівна обробка насіння кукурудзи «проводиться напівсухим способом у дозі від 1,5 до 2,0 л на 1 т. Він успішно комбінується з усіма протруйниками. За відсутності можливості передпосівної обробки насіння рекомендується проводити позакореневе живлення Моноцинком або іншими добривами як-то Нутривант-плюс [9].

Щодо критичних фаз кукурудзи. Відомо, що у мінеральному живленні кукурудзи є дві "критичні" фази. Перша – фаза 3–4-х листків, коли споживання мінеральної поживи кукурудзою розпочалось слабо розвинутою первинною кореневою системою. У цій фазі формуються перші вузлові корені, які є основою кореневої системи кукурудзи у подальші її фази росту та розвитку. Відповідно, з метою стимулювання формування вузлових коренів

важливо забезпечити молоді рослини кукурудзи сполуками фосфору (P), магнієм (Mg), цинком (Zn), бором (B).

Друга – фаза 6–8-ми листків (не пізніше), коли уже не працює первинна (зародкова) коренева система і культура кукурудзи переходить на живлення лише вторинною кореневою системою. У цій фазі активно наростає листова поверхня, спостерігається інтенсивний ріст рослин кукурудзи у висоту та формуються генеративні органи. У цій фазі зростає потреба кукурудзи в усіх елементах мінерального живлення [6, 7].

Але є відомості, що і у фазі викидання волоті застосовують мікроелементи та азотні добрива, які значно підвищують врожай зерна кукурудзи [8, 10].

Тобто і Моноцинк при обробці насіння, і цинк та інші макро- і мікроелементи Нутриванту повинні впливати на рослини кукурудзи, що ми і встановили.

Висока продуктивність складних систем (рослинних угруповань) можлива за умов, коли в них формується оптимальний за розмірами і за тривалістю роботи фотосинтетичний апарат (площа листя); забезпечується найкраща за інтенсивністю і за якісного спрямування його робота у різних фазах росту і розвитку рослин; забезпечується найкраще, з найменшими втратами використання продуктів фотосинтезу на процеси транспортування, загального метаболізму, росту та розвитку рослини, тобто на кінцеві процеси формування врожаїв [8]. Хід і рівень цих процесів залежать, по-перше, від генетичної та екологічної природи та властивостей від вирощуваної культури і, по-друге, від рівня забезпеченості рослин умовами зовнішнього середовища.

В таблиці 2 наведено динаміку формування площі листової поверхні у фазі 9–10 листків, викидання волоті та молочної стиглості.

Таблиця 2

Динаміка формування площі листової поверхні кукурудзи, тис. м²

(в середньому за 2015–2016 рр.)

Варіанти дослідів	Фенофази кукурудзи		
	9–10 лист	викидання волоті	молочна стиглість
1. Контроль (без обробки)	11,7	34,1	38,6
2. Обробка насіння Моноцинком	12,1	36,7	42,3
3. Обробка насіння Моноцинком + обприскування у фазу 3–5 листків Нутривантом Плюс (0,5 л/га)	12,2	37,2	42,9

4. Обробка насіння Моноцинком + обприскування Нутривантом Плюс у фазу 3–5 листків (0,5 л/га) і 10–11 листків (1 л/га)	12,2	37,2	43,8
---	------	------	------

За результатами досліджень видно, що у фазу 9–10 листків на контролі площа становила 11,7 тис.м². За застосування Моноцинка по насінню призвело до збільшення площі листової поверхні до 12,1–12,2 тис. м².

На час викидання волоті площа листової поверхні сформувалася на рівні 34,1–37,2 тис. м². Найбільшою вона була на 3 і 4 варіанті з обробкою насіння Моноцинком, одно- і дворазовим підживленням Нутривантом. Потрібно відмітити однакові результати на 3 і 4 варіантах, що можна пояснити тим, що останнє підживлення було зроблено у фазі 10–11 листків і до викидання волоті, листкова ж поверхня

так швидко не наростає. А вже у фазу молочної стиглості спостерігається ефект від дворазового підживлення на фоні обробки насіння Моноцинком. Загалом у цій фазі збільшилася листкова поверхня, і на контролі площа становила 38,6 тис. м², на 2 варіанті – 42,3, у незначній мірі вища на 3 варіанті – 42,9 і на останньому місці 4 варіант з найбільшою площею поверхні – 43,8 тис. м². Нітроген та інші хімічні елементи сприяли збільшенню листової поверхні у складі Нутриванту плюс.

Також ми визначали деякі біометричні показники рослин кукурудзи по варіантах дослідів. Результати наведені у таблиці 3.

Таблиця 3

Біометричні показники рослин кукурудзи у фазі молочної стиглості

(в середньому за 2015–2016 рр.)

Варіанти дослідів	Висота рослини, см	Висота прикріплення качану, см	Діаметр стебла, см
1. Контроль (без обробки)	241	72	1,6
2. Обробка насіння Моноцинком	247	76	1,8
3. Обробка насіння Моноцинком + обприскування у фазу 3–5 листків Нутривантом Плюс (0,5 л/га)	248	77	1,8
4. Обробка насіння Моноцинком + обприскування Нутривантом Плюс у фазу 3–5 листків (0,5 л/га) і 10–11 листків (1 л/га)	250	78	1,8

З таблиці видно, що добрива впливали на біометричні показники. Висота рослин була на рівні 241–250 см, при внесенні добрив вона збільшувалася. При обробці насіння на 6 см (247 см), при додаванні Нутриванту плюс 7 см і дворазового обприскування Нутривантом – 9 см.

Висота прикріплення качану була на рівні 72–78 см. Внесення добрив дещо підвищило у сантиметрах цей

показник і на варіантах він становив 76, 77 і 78 відповідно на 2, 3 і 4 варіантах.

Діаметр стебла на контролі становив 1,6 см, на інших варіантах 1,8 см, тобто однаковий при обробці насіння і обприскуванні Нутривантом.

В таблиці 4 наведено врожайність кукурудзи у 2015 році.

Таблиця 4

Врожайність кукурудзи у 2015 році по варіантах дослідів

Варіанти дослідів	Врожайність кукурудзи, ц/га	± до контролю, ц/га	%
1. Контроль (без обробки)	66,2	К	К
2. Обробка насіння Моноцинком	68,7	+2,5	3,8
3. Обробка насіння Моноцинком + обприскування у фазу 3–5 листків Нутривантом Плюс (0,5 л/га)	73,8	+5,8	8,4

4. Обробка насіння Моноцинком + обприскування Нутривантом Плюс у фазу 3–5 листків (0,5 л/га) і 10–11 листків (1 л/га)	75,6	+9,4	14,3
HIP ₀₅	0,65		

В таблиці 5 наведено врожайність кукурудзи у 2016 році.

Таблиця 5

Врожайність кукурудзи у 2016 році по варіантах дослідів

Варіанти дослідів	Врожайність кукурудзи, ц/га	± до контролю, ц/га	%
1. Контроль (без обробки)	52,0	К	К
2. Обробка насіння Моноцинком	56,0	+4,0	7,1
3. Обробка насіння Моноцинком + обприскування у фазу 6–7 листків Нутривантом Плюс (0,5 л/га)	59,0	+7,1	11,9
4. Обробка насіння Моноцинком + обприскування Нутривантом Плюс у фази 3–5 листків (0,5 л/га) і 10–11 листків (1 л/га)	62,0	+10,0	16,1
HIP ₀₅	1,0		

Як видно з таблиць 4–5, у 2015 році врожайність була більша, ніж у 2016 році через більш сприятливі погодні умови. На контролі, де не було проведено обробку Моноцинком та позакоренових підживлень, але на фоні мінеральних добрив, урожайність становила 66,2 ц/га. Обробка Моноцинком піднімала врожайність на 3,8 ц/га. Обприскування рослин Нутривантом у фазу 3–5 листків становило 73,8 ц/га, що на 5,1 ц/га перевищує варіант тільки з обробкою Моноцинком. Двохразове підживлення Нутривантом підвищило врожайність ще на 1,8 ц/га, прибавка до контролю склала 9,4 ц/га.

У 2016 році після шквальних буревіїв, граду на протязі вегетаційного періоду, отримали урожайність дещо нижчу, що знаходилась в досліді в межах 52–62 ц/га. В

цьому ж році прибавки дещо вище за минулорічні. Можливо, це саме той характер використання Нутриванту, про який багато пишеться в рекламних проспектах і говориться про підвищення стійкості культур до різного роду стресів і хвороб, підвищення на 5–10 % коефіцієнтів засвоєння біогенних елементів кореневою системою рослин.

В цілому, прибавки були на рівні 4,0–10 ц/га. Так, при обробці тільки насіння отримали 56 ц/га, з одноразовим обприскуванням Нутривантом 59 ц/га і двохразовим – 62 ц/га. У відсотковому вираженні це прибавки у 7,1, 11,9 та 16,1 %, значно більше за відсотків у 2015 році.

В таблиці 6 наведено урожайність кукурудзи у середньому за два роки досліджень.

Таблиця 6

Врожайність кукурудзи в середньому за 2015–2016 рр. по варіантах дослідів

Варіанти дослідів	Врожайність кукурудзи, ц/га	± до контролю, ц/га
1. Контроль (без обробки)	59,1	К
2. Обробка насіння Моноцинком	62,35	+3,25
3. Обробка насіння Моноцинком + обприскування у фазу 3–5 листків Нутривантом Плюс (0,5 л/га)	66,4	+7,3
4. Обробка насіння Моноцинком + обприскування Нутривантом Плюс у фази 3–5 листків (0,5 л/га) і 10–11 листків (1 л/га)	68,8	+9,7

HIP ₀₅ AB	2,283	
----------------------	-------	--

В середньому на контролі отримали 59,1 ц/га, при обробці насіння Моноцинком 62,35 ц/га, що становить 3,25 ц/га прибавки. З одноразовим підживленням прибавка піднялася до 7,3 ц/га, двохразовим до 9,7 ц/га.

Тобто найвищий врожай на 4 варіанті із обробкою насіння та двохразовим внесенням Нутриванту плюс.

В таблиці 7 наведено масу 1000 насінин за два роки досліджень.

Таблиця 7

Маса 1000 зерен по варіантах дослідів, г

Варіанти дослідів	2015 рік	2016 рік	Середнє за 2016–2017 рр.	± до контролю
1. Контроль (без обробки)	351	251,3	301,2	К
2. Обробка насіння Моноцинком	355,5	252,2	303,8	+2,1
3. Обробка насіння Моноцинком + обприскування у фазу 3–5 листків Нутривантом Плюс (0,5 л/га)	360,2	253,8	307,0	+5,8
4. Обробка насіння Моноцинком + обприскування Нутривантом Плюс у фазу 3–5 листків (0,5 л/га) і 10–11 листків (1 л/га)	361,4	260,3	310,9	+9,7

Як видно з таблиці, маса 1000 зерен у 2015 році значно більше за показники 2016 року. У 2015 році маса коливається в межах 351,0–361,4, у 2016 році 251,3–260,3 г. Найвищий показник маси 1000 зерен отримано на 4 варіанті із обробкою насіння та двохразового обприскування. Так, у 2015 році отримано 361,4 г, у 2016 році 260,3 г.

В середньому за два роки маса на контролі становила 301,1 г, на удобрених варіантах 303,8–310,9 г. Прибавка на 2 варіанті становила 2,1 г, на 3 варіанті – 5,8 г, і на 4-му – 9,7 г.

Висновки. Застосування добрив однозначно впливало на підвищення врожайності кукурудзи, але їх ефективність залежала більше від погодних умов року. В умовах стресу застосування нутриванту дало більшу прибавку врожаю.

Таким чином, обробка насіння моноцинком сприяла збільшенню польової схожості на 3,3 %, лабораторної на 3 %, енергії проростання на 3,1 %. Застосування моноцинку та нутриванту плюс призводило до збільшення листової поверхні та висоти рослин. Висота прикріплення качану була на рівні 72–78 см, внесення добрив дещо підвищило в сантиметрах цей показник. Діаметр стебла кукурудзи був на рівні 1,6–1,8 см. Урожайність зерна кукурудзи збільшувалася від обробки насіння на 3,25 ц/га і з позакореневим одноразовим підживленням нутривантом плюс на 7,3, двохразовим на 9,7 ц/га.

Бібліографічні посилання:

1. Voloschuk, O. P., Voloschuk, I. S., Gliva, V. V., & Paschak, M. O. (2019). Biologichni vimogi gibridiv kukurudzi do umov viroschuvannya v zahidnomu Lisostepu. *Peredgirne ta girske zemlerobstvo i tvarinnitstvo*, 65, 22–36 (in Ukrainian).
2. Didenko, N. O., & Ranskiy, A. P. (2018) Vpliv kompleksnih spoluk kuprumu (II), kobaltu (II) ta tsinku z aromatichnimi i geterotsiklichnimi tioamidami na posivni vlastivosti deyakih silskogospodarskih kultur. *Visnik Poltavskoyi agrarnoyi akademiyi*, 2, 17–23 (in Ukrainian).
3. Ermakova, L. M., & Svistunov, Yu. (2016). Formuvannya vrozhayu ta yakosti zerna kukurudzi zalezho vid udobrennya v livoberezhnomu Lisostepu. *Visnik Poltavskoyi derzhavnoyi agrarnoyi akademii*, 4, 60–62 (in Ukrainian).
4. Kramarov, S. M., & Pysarenko, P. V. (2007). Perspektyvy vykorystannya kompleksonativ tsynku dlia provedennia peredposivnoi inkrustatsii nasinnia kukurudzy. *Visnyk Poltavskoyi derzhavnoyi agrarnoyi akademii*, 2, 10–15 (in Ukrainian).
5. Kutilkin, V. H. (2006). Sovershenstvovanie tekhnologii vzdelyvaniya kukuruzy na silos. *Zemledelie*, № 3, 34–35 (in Russian).
6. Mikrodobryva "Orakul nasinnia". [Electronic resource]. Access mode: <http://himiya.org/company/GRUPA-KOMPANY-DOLINA-TOV/Mikroudobrenie-Orakul-nasnnya-81>
7. Nemynushchyi, V. V. Osoblyvosti vyroshchuvannya kukurudzy na zerno ta umovy otrymannia maksimalnoho vrozhaiu z odynytsi ploschi. Sait «Mnavor». [Electronic resource]. Access mode: <http://www.mnavor.com/ua/articles/23/> (in Ukrainian).
8. Nichiporovich, A. A. (1970). Vazhneishie problemy fotosinteza v rastenievodstve. *Ahropromyza*, M., 171, 6–22. (in Russian)
9. Nutrivant plus™ kukurudza» — vodorozchynne dobrovo z prylypachem Fertivant dlia pozakorenevoho lystkovoho pidzhyvlennia kukurudzy. [Electronic resource]. Access mode: <http://www.nutritech.com.ua/ua/44/> (in Ukrainian).
10. Palamarchuk, V. D. (2018). Vplyv pozakorenevyykh pidzhyvlen na liniini rozmyry roslin kukurudzy. *Naukovyi visnyk NUBIP. Seriya: Ahronomiia*, 286, 231–244 (in Ukrainian).
11. Polianchykov, S., Kapitanska, O., Poberezhnyk, V., & Kovbel, A. (2017) Tsynk: systemnyi pidkhid u mineralnomu zhyvlenni roslin. *Agronom*. [Electronic resource]. Access mode: <https://agronom.com.ua/tsynk-systemnyj-pidhid-u-mineralnomu-zhyvlenni-roslin/> (in Ukrainian).
12. Tafii, M. D., Nikolaichuk, V. I., Belchhazi, V. I. (2016). Vplyv rozchyniv solei tsynku na utvorennia khlorofilu ta zakladannia nasinnia u hibrydiv kukurudzy. *Visnyk Dnipropetrovskoho universytetu. Biologhiia, ekolohiia*, 24(2), 302–307 (in Ukrainian).
13. Tkachova, N. V., & Leonova, B. I. (2009). Hydratovani dyfosfatu manhanu (II)-tsynku yak novi rehulatory zasvoiennia roslynamy osnovnykh elementiv zhyvlennia. *Naukovi dopovidi NUBiP*. [Electronic resource]. Access mode: <http://nd.nubip.edu.ua/2009-3/09tnvbef.pdf> (in Ukrainian).
14. *Dorivar Ruiz-Diaz*. Zinc Deficiency and Starter Applications in Corn. *Ag Professional*. 2011. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.agprofessional.com/article/zinc-deficiency-and-starter-applications-corn>
15. Camberato, Jim, Maloney, Stephen. Zinc deficiency in corn. 2012. Purdue University. Department of Agronomy. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.agry.purdue.edu/ext/soilfertility/ZincDeficiencyCorn.pdf>
16. Haiyong, Xia, Wqilin, Kong, Lan, Wang, Yanhui, Xue, Wenlong, Liu, Chunyan, Zhang, Shenggang, Yang, Chong, Li (2019). Foliar Zn spraying simultaneously improved concentration and bioavailability of Zn and Fe in maize grain irrespective of foliar sucrose supply. *Agronomy*, № 9(7). [Electronic resource]. Access mode: <https://www.mdpi.com/2073-4395/9/7/386/htm>
17. Hossain, M. A., Jahiruddin, M., & Khatun, F. (2011). Response of maize varieties to zinc fertilization. *Bangladesh J.*

18. Kopp C. The world's 6 biggest corn producers. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.investopedia.com/articles/markets-economy/090316/6-countries-produce-most-corn.asp>
19. Matías, Ruffo, Ron, Olson & Inés, Daverede. (2016). Maize Yield Response to Zinc Sources and Effectiveness of Diagnostic Indicators. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 47(2), 137–141.
20. Muhammad Farooq, A. U. Mohsin, A.U. H. Ahmad, & Saifullah, Ullah. (2014). Influence of zinc application through seed treatment and foliar spray on growth, productivity and grain quality of hybrid maize. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 24(5), 1494–1503.
21. Natta Takrattanasaran, Jongruk Chanchareonsook, Paul G. Johnson, Suthep Thongpae, Ed Sarobol (2013). Amelioration of zinc deficiency of corn in calcareous soils of Thailand: zinc sources and application methods. *Journal of Plant Nutrition*, 36(8), 1275–1286.
22. Rozhin Sharifi, Khosro Mohammadi, Asad Rokhzadi (2016). Effect of seed priming and foliar application with micronutrients on quality of forage corn (*Zea mays*). *Environmental and Experimental Biology*, 14, 151–156. [Electronic resource]. Access mode: http://eeb.lu.lv/EEB/201612/EEB_XIV_Sharifi.pdf

Zakharchenko E. A., PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

EFFECT OF ZINC APPLICATION ON THE MAIZE

The article presents the results of field experience in studying the effect of zinc-containing fertilizers on the growth and yield of maize. The experiment was carried out under typical loamy chernozem in the loess of the Left-Bank Forest-Steppe (Sumy region, Sumy oblast). The following plots were studied: 1) control; 2) pre-sowing treatment of corn seeds with Monozinc, 3) treatment of seeds with Monozinc + spraying in the phase of 3-5 leaves Nutrivant Plus (0.5 l/ha); 4) seed treatment with Monozinc + spraying Nutrivant Plus in the phase of 3–5 leaves (0.5 l/ha) and 10-11 leaves (1 l/ha). Zn monocinc from «Compo» (Germany) and Nutrivant Plus grain from «ICL Fertilizers» (Israel) were used, a hybrid of corn was Inagua (FAO 210, France). An increasing of the leaf surface area, plant height, height of the main ear in maize and yield under zinc fertilizers application has been established. The height of the main ear in maize was at the level of 72–78 cm, the application of fertilizers slightly increased this indicator. The zinc application clearly influenced on the increasing of maize yields, but their effectiveness more depended on weather conditions. Under stress, the application of Nutrivant gave a larger increasing of grain yield. The maize yield increased to 0.35 t/ha under Monozinc seed treatment and with foliar top dressing with a Nutrivant plus 0.73, two-time top dressing – 0.97 t/ha.

On average, over two years of research, the weight of 1000 seeds in the control was 301.1 g, in fertilized plots – 303.8–310.9 g. The weight of grain in the treatment 2 was 2.1 g, in the 3 – 5.8 g and on the 4-th – 9.7 g.

Monozinc treatment of seeds leads to increased germination energy to 3.1 % (compared to control), field and laboratory germination to 3.3 and 3.0 %, respectively.

Key words: Monozinc, Nutrivant, seed treatment, seed incrustation, microelements, zinc fertilizer, foliar application.

Захарченко Э. А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Сумской национальный аграрный университет, г. Сумы, Украина

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИНКА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО

В статье приведены результаты полевого опыта по изучению эффективности применения цинксодержащих удобрений при выращивании кукурузы на зерно. Опыт был проведен в условиях чернозема типичного
Вісник Сумського національного аграрного університету

среднесуглинистого на лессе Левобережной Лесостепи Украины (Сумской район, Сумская область). Изучались следующие варианты: 1) контроль; 2) предпосевная обработка семян кукурузы Моноцинком, 3) обработка семян Моноцинком + опрыскивание в фазу 3-5 листьев Нутривантом Плюс (0,5 л/га); 4) обработка семян Моноцинком + опрыскивание Нутривантом плюс в фазу 3-5 листьев (0,5 л/га) и 10-11 листьев (1 л/га). Использованы Моноцинк Zn от компании Сомро (Германия) и Нутривант Плюс зерновой от компании "ICL Fertilizers" (Израиль), гибрид кукурузы – Инагуа (ФАО 210, Франция). Установлено увеличение площади листовой поверхности, высоты растения, высоты крепления початка и урожайности при применении цинковых удобрений. При обработке семян Моноцинком повышалась энергия прорастания на 3,1 % относительно контроля, полевая и лабораторная всхожесть на 3,3 и 3,0 % соответственно. Наивысшая урожайность получена в последнем варианте с обработкой семян и подкормке в два срока.

Ключевые слова: Моноцинк, Нутривант, обработка семян, инкрустация семян, микроэлементы, цинк, внекорневые подкормки кукурузы, фолиарная подкормка.

Дата надходження до редакції: 02.09.2019 р.

