

ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ВИКОРИСТАННЯ КАРБАМІДНО-АМІАЧНОЇ СУМІШІ З МІЖРЯДНИМ ОБРОБІТКОМ

Кравченко Наталія Володимирівна

доктор сільськогосподарських наук, доцент
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0001-6072-2652
kravchenko_5@ukr.net

Адамчик Євгеній Володимирович

аспірант
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0009-0008-5422-097X
99evgeniy19@gmail.com

Протасов Олександр Михайлович

аспірант
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0009-0009-2873-7403
o.protasov@molokovitchyzny.com

Рентабельність виробництва кукурудзи в Україні є однією з найвищих серед інших сільськогосподарських культур, але у воєнний час, час економічної кризи, увага сільськогосподарських виробників спрямована на максимальну економію матеріальних ресурсів. Підбір гібридів, систем обробітку, удобрення, захисту, досушування впливають на кінцеву собівартість зерна кукурудзи. В господарствах азотні добрива під кукурудзу переважно вносять навесні – під передпосівний обробіток, під час сівби, міжрядного рихлення, у позакореневе підживлення. Кожен строк, доза і форма внесення добрива є важливим і ефективність обраних технологічних операцій залежить від погодних умов, властивостей ґрунту, своєчасності та обґрунтованості внесення, в цілому від технології вирощування. При внесенні азотних добрив потрібно мінімізувати втрати азоту з ґрунту і в кінцевому рахунку отримати продукцію гарної якості, за продаж якої фермер отримає прибуток. Тому, в умовах темно-сірих лісових ґрунтів Чернігівського Полісся України було досліджено доцільність внесення КАС-32 з міжрядним обробітком у прикореневе внесення навесним культиватором IRIS-T з нормами 50, 80, 110, 140 кг/га у фазу 7–8 листків для підвищення врожайності. Восени перед осіннім обробітком було внесено 120 кг/га безводного аміаку, а разом з сівбою вносились комплексне добриво YaraMila 8-24-24 у нормі 100 кг/га у фізичній вазі. При розрахунку економічної ефективності застосування прикоренево карбамідно-аміачної суміші було отримано найбільше додаткових витрат при внесенні добрива в дозі 140 кг/га, а додатковий прибуток – при внесенні 110 кг/га. Рівень рентабельності даного заходу був в межах 54,3–81 % з найвищим показником при застосуванні КАС-32. Тому, в умовах темно-сірого ґрунту рекомендується застосовувати на посівах кукурудзи на зерно прикоренево КАС-32 з нормами до 110 кг/га у фазу 7–8 листків для підвищення врожайності та отримання прибутку.

Ключові слова: кукурудза, урожайність, азотні добрива, обробіток, ґрунт, КАС, прикореневе внесення, рентабельність.

DOI <https://doi.org/10.32782/agrobio.2023.1.9>

Вступ. Кожного року товаровиробники сільськогосподарської продукції стоять перед вибором щодо того, якій культурі віддати перевагу у цьому сезоні. Адже будь-який бізнес ґрунтується на отриманні максимальної вигоди із мінімальними затратами. З точки зору економіки господарство працює ефективно, коли рівень прибутку прагне бути максимальним. В аграрному бізнесі такий принцип важко втілити у життя через залежність від природно-кліматичних факторів. І основною проблемою тут стає навіть не неможливість впливати на них, а непередбачуваність майбутніх умов виробництва. Додатковим фактором впливу на ефективність роботи агровиробництва є складні міжнародні ринкові відносини, що впливають на цінову політику виробничих ресурсів та реалізаційні ціни виробленої продукції (Sava, 2016).

В Україні займаються вирощуванням кукурудзи на зерно і на силос, але домінуючу ланку посівних площ займає кукурудза на зерно (Ladyka, 2009). Кукурудза відноситься до одних з найпоширеніших культур в сільськогосподарському виробництві у світі. За масштабами вирощування вона поступається лише пшениці. У всьому світі, і в тому числі в Україні, кукурудза використовується в різних цілях – на корм худобі, для харчових і технічних потреб. Загалом дана культура існує як основа продовольчої безпеки населення країни та залишається основним джерелом харчування у більшості країн світу (Koren & Kostiukievych, 2021).

Останніми місяцями 2023 року спостерігається тенденція до зниження цін на добрива. Зниження цін на природний газ і кукурудзу, ймовірно, призвело до зни-

ження цін на азотні добрива (Schnitkey et al., 2023). Крім того, стабільність на ринках добрив могла бути досягнута, оскільки українсько-російська війна триває. Однак, будь-які подальші збої на ринку, від ескалації глобальної напруженості до збоїв у ланцюзі поставок, можуть призвести до підвищення цін на добрива. Ціни на кукурудзу залишаються високими, зниження цін, ймовірно, мало негативний вплив на ціни на азот (Yang, 2023).

Збільшення невизначеності ціни передбачає зменшення кількості застосованих добрив у задачі оптимального рішення фермера. Невизначений ринок кукурудзи та погодні фактори впливають на рішення фермера щодо оптимального внесення добрив чи мінімального, а також які фактори викликають розбіжності між ними.

Рівень рентабельності, собівартість та прибуток при вирощуванні кукурудзи на зерно та силос залежать від ФАО та біології обраних гібридів (Liashenko, 2015; Kovalenko & Masyk, 2018), від обробітку ґрунту (Masyk & Zakharchenko, 2017), від норм, доз, форм та строків внесення добрив (Kharchenko et al., 2016; Zakharchenko, 2019; Zakharchenko et al., 2023), внесення меліорантів (Zakharchenko & Tunguz, 2020), в цілому, від комплексної технології вирощування (Kaminskyi & Asanishvili, 2020; Zhang et al., 2022; Kharchenko et al., 2019, 2021). Екологічному напрямку також приділяють значну увагу при обранні високих норм добрив та підборі обробітку ґрунту. Наприклад, у напівзасушливих умовах Ірану система нульового обробітку із повним збереженням решток пшениці (100%) є більш екологічно стійкою практикою для виробництва кукурудзяного силосу, порівняно з традиційною оранкою (Mirzaei et al., 2023). Отримані результати чітко показують, що лише правильний вибір гібриду кукурудзи для вирощування на силос у поєднанні з азотними добривами може гарантувати високий урожай (Szulc et al., 2023). При набутті високої вологості зерна зростають витрати на сушіння зерна і, таким чином, збільшуються витрати на одиницю продукції і зниження рентабельності (Palamarchuk, 2019; Palamarchuk & Demchuk, 2021).

Є докази того, що фермери вносили більше добрив у довоєнний час, ніж це екологічно обґрунтовано. Внесення азотних добрив на основі науково обґрунтованих рекомендацій дає більшу прибавку, порівняно з системами удобрення, що застосовують місцеві фермери, спираючись на досвід попередніх років (Li et al., 2023).

Мета нашого дослідження – проаналізувати економічні показники вирощування кукурудзи та за застосування карбамідно-аміачної суміші під час міжрядного обробітку ґрунту у фазі сьомого-восьмого листка та оцінити доцільність використання добрива.

Матеріали і методи досліджень. Територія проведення дослідження розташовувалася на території Чернігівського Полісся зони мішаних лісів південно-західної частини Східноєвропейської рівнини. Дослід був проведений у межах виробничих посівів господарства ТОВ «ДП Зернятко» Корюківського району Чернігівської області. Ґрунт у межах досліджу – темно-сірий опідзолений середньосуглинковий на лесі. Вміст гумусу 3,1%, рНсол. 5,04, рНвод. 5,76, вміст в сумі амонійного та ніт-

ратного азоту 12,6 мг/кг, рухомого фосфору 77,8 мг/кг, обмінного калію 49,5 мг/кг. Погодні умови у роки досліджень (2020–2021 рр.) незначною мірою відрізнялися від середньобаторічних показників. Загальна площа дослідної ділянки становила 6,5 га. Дослід проводився у трикратній повторності.

Вивчення впливу різних норм рідкого азотного добрива КАС-32 під час міжрядного обробітку на врожайність кукурудзи в умовах господарства ТОВ «ДП Зернятко» проводилося у польовій зернопросапній сівозміні. Попередником кукурудзи був соняшник.

Схема досліджу налічує 5 варіантів:

1. Контроль (без міжрядного підживлення КАС).
2. Міжрядне підживлення КАС-32 з нормою у фізичній вазі 50 кг/га.
3. Міжрядне підживлення КАС-32 з нормою у фізичній вазі 80 кг/га.
4. Міжрядне підживлення КАС-32 з нормою у фізичній вазі 110 кг/га.
5. Міжрядне підживлення КАС-32 з нормою у фізичній вазі 140 кг/га.

Міжрядне підживлення КАС проводилось у фазі 7–8 листків (за класифікацією BBCH 17–18). В даний період у кукурудзи один з критичних періодів, під час якого проходить закладання кількості зерен. Міжрядне підживлення проводилось навісним агрегатом IRIS-T в комплексі з трактором John Deere 6135. В досліді був використаний гібрид кукурудзи Pioneer 8816 з ФАО 300. Облік результатів досліджу проводилось після обмолоту кожної ділянки та зважування намолоченого врожаю на автомобільних вагах. Перевезення зерна з поля робилось вантажним автомобілем ГАЗ-53. Волога при збиранні становила 22–23%, вимірювалась вологоміром Wile 78.

Для обрахунку економічної ефективності застосування КАС було застосовано методики ННЦ «Інститут аграрної економіки».

Результати. Вирощування кукурудзи на зернові потреби супроводжується значними витратами. До виробничих витрат відносяться загальновиробничі витрати, оплата праці, запасні частини, амортизаційні нарахування, оплата оренди землі, та інші витрати. У 2021 році собівартість виробництва кукурудзи на зерно за інтенсивною технологією становила 24 тис. грн/га. Рентабельність виробництва кукурудзи в Україні є однією з найвищих серед інших сільськогосподарських культур, посівні площі під нею не зменшуються, оскільки дана рослина займає кращу позицію на світовому ринку зернових.

Світовий ринок кукурудзи протягом останніх років показує досить високі темпи росту показників виробництва, які перевищують понад 1 млрд т на рік (рис. 1). Російське вторгнення в Україну на початку 2022 року сколихнуло світові ринки зерна, оскільки призвело до майже повної зупинки нашого експорту. Це також призвело до підвищення світових цін на зерно кукурудзи через переорієнтацію експортних ринків, затрат на збільшення логістичних шляхів та ін. Але незалежно від світових цін на дану культуру та збільшення собівартості виробництва в Україні, це відіграло, очікувано, зворотну дію на

формування цін на реалізацію для виробників в Україні. Даний процес призвів до зниження рентабельності ледь не до нульових показників для окремих, в основному, не великих господарств.

За об'ємами посівних площ в Україні кукурудза займає друге місце після ранніх ярих культур та пшениці, маючи чималу роль в зерновому балансі країни. В 2021 році в Україні було засіяно 5 млн 342,88 тис. га. Чернігівщина знаходилася на другому місці серед областей (573,7 тис. га) після Полтавщини, у рейтингу посівних площ кукурудзи (Posivna, 2021).

Для розрахунку економічної ефективності внесення КАС-32 у міжрядне підживлення враховуються витрати на придбання добрива, транспортування, заправку, внесення, на збирання приросту врожаю, транспорту-

вання і реалізацію зерна (табл. 1, 2). КАС-32 на початку 2021 року коштував 8416 грн./т, при використанні 50 кг/га витрати склали 420,8 грн., далі розрахунок вівся відповідно до норм і тієї самої ціни КАСу. В таблиці 2 наведено вартість пестицидів, добрива та 1 т насіння станом на весну 2021 року.

Відомо, що при збиранні кукурудзи з надмірною вологістю, зерно потребує сушіння. Тому в реалізаційну ціну входив і цей захід, що суттєво відбивається на кінцевій цифрі отримання прибутку, оцінюючи валовий збір зерна.

З даних табл. 3 видно, що найбільше додаткових витрат на внесення КАС-32 було зроблено на варіанті з внесенням КАС у нормі 140 кг/га – 2426,1 грн., що сприяло отриманню в 3744 грн. Внесення з міжрядним обробітком норми 110 кг/га призвело до додатко-

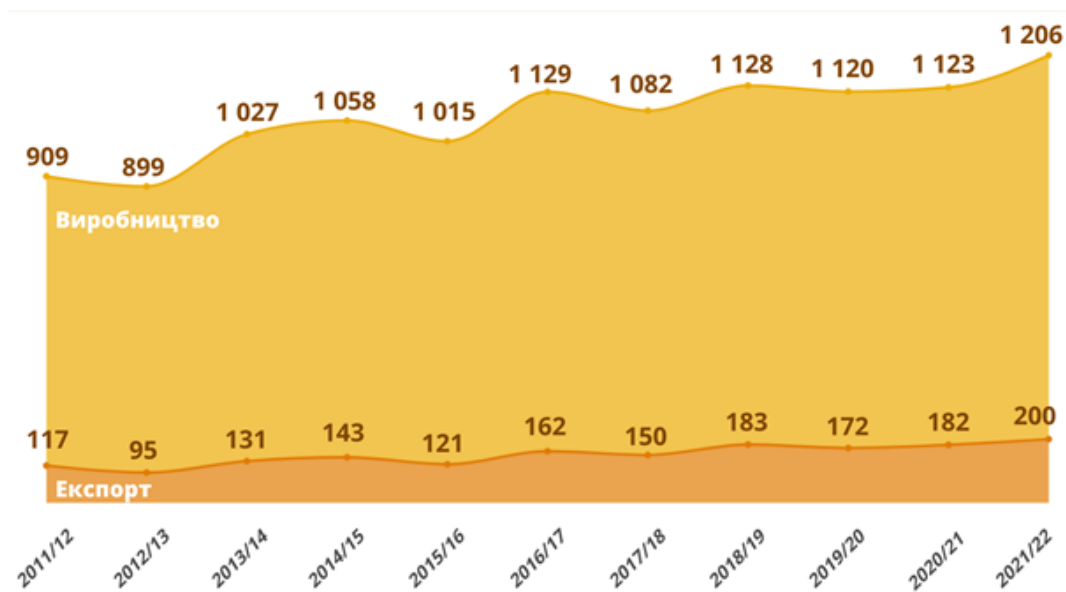


Рис. 1. Динаміка виробництва та експорту кукурудзи у світі, млн т. (ТОР-10, 2022)

Таблиця 1

Ціни 2021 року на пестициди, добрива та насіння кукурудзи, що використовувалися при вирощуванні кукурудзи

Назва	Норма, л, кг/га, п.о.	Ціна за одиницю, л, кг, п.о.	Витрачено, грн
Гербіциди:			
Майстер Пауер	1,4	704,5	986,3
Фунгіциди:			
Амістар Екстра	0,7	980	686
Інсектициди:			
Енжіо	0,2	426	85,2
Добрива:			
ЯраМіла 8-24-24	100	18,884	1888,4
КАС	103	8,416	866,848
Насіння:			
Кукурудза Піонер 8816	0,94	2947	2770,18
Витрат на 1 га			7282,93

Економічна ефективність внесення КАС-32 з міжрядним обробітком при вирощуванні кукурудзи на зерно

Найменування показників	Варіанти з різними дозами внесення			
	КАС 50 кг/га	КАС 80 кг/га	КАС 110 кг/га	КАС 140 кг/га
Прибавка врожайності, т	0,39	0,6	0,84	0,78
Реалізаційна ціна 1 т, грн.	4800,0			
Вартість додаткової продукції, грн.	1872	2880	4032	3744
Витрати на придбання КАС-32, грн.	420,8	673,3	925,8	1178,2
Витрати на заправлення агрегату, транспортування та внесення, грн.	241,7	247,2	262,7	268,2
Витрати на збирання і реалізацію додаткової продукції, грн.	416	644	901	836
Інші витрати	128,0	133,2	138,4	143,7
Всього додаткових витрат, грн	1206,5	1697,7	2227,9	2426,1
Додатковий прибуток, грн	665,5	1182,3	1804,1	1317,9
Рівень рентабельності застосування мінеральних добрив, %	55,1	69,6	81,0	54,3
Окупність витрат, грн	1,55	1,70	1,81	1,54

вих витрат у розмірі 2227,9 грн, а принесло 4032 грн., що на 288 грн. більше порівняно з варіантом при нормі 140 кг/га. Величина рентабельності є тим вищою, чим більша норма внесення. Найбільшою вона є у варіанті дослід з нормою 110 кг/га, але при збільшенні норми до 140 кг/га рентабельність різко знизилась.

Обговорення. В даному дослідженні з вивчення впливу різних норм добрив, внесених прикоренево, використовувався гібрид кукурудзи Pioneer 8816. Цей гібрид із ФАО 300 відноситься до середньоранніх гібридів із зубовидним типом зерна. Він підходить для ранніх та оптимальних строків висіву, а також придатний для вирощування в монокультурі, для мінімального обробітку ґрунту та для пізнього збирання. Особливістю даного гібриду також є те, що він має відмінну вологовіддачу і посухостійкість. Призначений для різних потреб таких як спирт, силос чи зерно. За 2021 рік вказаний гібрид у різних областях показав себе по різному, зокрема через різні погодні умови. Але у висновку результати показали, що в Чернігівській області даний гібрид дав майже найбільшу врожайність в 151,9 ц/га, зокрема після Вінницької області з невеликою різницею (Nasinnia Pioneer, 2022).

КАС обирають для внесення у передпосівну культувацію, під оранку, у позакореневе підживлення (Kramarev et al., 2020). Але підвищені норми внесення азотних добрив завжди стають причиною збільшеного вмісту мінерального азоту в ґрунті, що може призводити до зменшення коефіцієнта засвоєння інших елементів живлення рослинами (Herasymenko, 2021).

Шоу Н. разом із співавторами при вирощуванні силосної кукурудзи і застосування доз азотних добрив 0–280 кг д.р. у напівпосушливому регіоні Китаю констатували, що зі збільшенням норми азоту накопичення нітратів у ґрунті зростало експоненціально, видимі втрати азоту збільшувалися лінійно, а агрономічна ефективність чітко знижувалася (Shou, 2023). У даному випадку норма більше за 195 кг азоту на гектар

рекомендована для максимізації прибутку та мінімізації екологічних витрат, вищі дози застосовувати нераціонально.

Про вплив позакореневого підживлення карбамідом разом із внесенням мікроелементів та $MgSO_4$ на фоні $N_{160}P_{80}K_{140}$ в одну тону повідомляють і вчені Подільського державного аграрно-технічного університету на чорноземі типовому, висіваючи гібрид LG 3258 (ФАО 250) (Shynkaruk, 2021).

В сухих умовах Степової зони Дніпропетровської зони на чорноземі опідзоленому вчені Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету довели ефективність внесення азотних добрив (N_{150} -сечовина) з калійними (калійна сіль) разом з поливною водою при вирощуванні кукурудзи. Було доведено ефективність дробового внесення добрив при застосуванні схеми 40-40-20, мається на увазі внесення у фазі десяти-дванадцяти листків, викидання волотей і молочної стиглості зерна. При цьому підвищувалися вміст білка в зерні та врожайність зерна до 2,7-4,4 т/га. Підвищення ГДК щодо нітратного азоту в продукції не відмічалось (Kiver, 2010).

Останнім часом, після початку повномасштабної війни росії проти України, тенденції щодо використання мінеральних добрив кардинально змінилися. Вітчизняні заводи з виробництва мінеральних добрив зупинилися, так само як і основний експорт через море. Це стало наслідком гострого дефіциту всіх видів добрив, зокрема і КАСу. Ще у грудні 2021 року аналітики казали, що буде проблема з купівлею КАС, бо виробники сільськогосподарської продукції вирішили закупити добрива на весні 2022 року з очікуванням зменшення цін на добриво. Також аналітики говорили, що буде проблема з транспортом на доставку в такій кількості, яка потрібна аграріям в один сезон купівлі – це надто складно (Ahrajiat, 2021; Pavliuk, 2021).

Початок війни у лютому 2022 році кардинально змінив плани аграріїв, багато хто сів кукурудзу взагалі

без добрив, деякі вносили тільки під час посіву, маючи в основне внесення 2021 року фосфорні та калійні добрива.

Тим не менш, світова тенденція щодо запровадження сталих практик, враховуючи екологічні аспекти стійкості сільського господарства, можна отримувати достатньо високі прибутки при вирощуванні кукурудзи (Cabreza et al., 2020; Dong & Mitchell, 2023). Прогнозування ефективності внесених азотних добрив залишається актуальним для різних ґрунтово-кліматичних умов та гібридів кукурудзи (Ransom et al., 2020; McFadden & Miranowski, 2020). Технології виробництва, які використовують виробники, різноманітні, починаючи від традиційних і проміжних до найсучасніших, які використовують передові технології. Останні вносять високі дози добрив і високу густоту посадки, з механізованими процесами для отримання високих урожаїв з гектара; в той час як інші виробники, які

застосовують менші дози добрив, з меншою врожайністю досягають кращих прибутків (Vargas Salgado et al., 2021). Однак занадто багато добрив може бути дорогим і марнотратним, оптимальну норму азотних добрив слід коригувати залежно від погодних умов (Huang et al., 2023).

Висновки. Найвищу окупність витрат за внесення КАС у міжрядний обробіток та рівень рентабельності отримано на варіанті із внесенням КАС 110 кг/га – 1,81 грн. та 81 % відповідно. Логічно припустити, що подальше збільшення норми більше 140 кг/га призведе до ще більшого падіння врожайності, яка буде навіть нижчою за варіант без підживлення з міжрядним обробітком. Це буде лише погіршувати рентабельність виробництва та його дохідність. Таким чином, в умовах темно-сірих лісових ґрунтів Чернігівського Полісся України рекомендується вносити КАС-32 з міжрядним обробітком в нормі до 110 кг/га у фазу 7–8 листків.

Бібліографічні посилання:

1. Ahrariiam varto ochikuvaty hostroho defitsytu KAS navesni – ekspert (2021). [Agrarians should expect an acute shortage of KAS in the spring – the expert.] 23 Hrudnia 2021 (in Ukrainian). Access mode: <https://www.growhow.in.ua/ahrariiam-var-to-ochikuvaty-hostroho-defitsytu-kas-navesni-ekspert/>
2. Cabrera, E. S., Amaro G. R. M., & Contreras-Hernández, A. (2022). Profitability of Corn (Zea mays L.) Grown in Milpa Production Systems in Oaxaca, Puebla, and Veracruz, Mexico. *Agro Productividad*, 15(10), 51–59. doi: 10.32854/agrop.v15i10.2212
3. Dong, F. & Mitchell, P. (2023). Economic and Risk Analysis of Sustainable Practice Adoption Among U.S. Corn Growers, 33. doi: 10.2139/ssrn.4357612
4. Herasymenko, A. (2021). Yak pravylno vnosyty dobryva po merzlotalomu ґрунту – rozbyraemos razom [How to properly apply fertilizers on frozen soil 2 let's figure it out together.]. 20.02.2021. (in Ukrainian). Access mode: <https://kurkul.com/spetsproekty/981-yak-pravilno-vnositi-dobryva-po-merzlo-talomu-gruntu--rozbirayemos-razom>
5. Huang, Na., Sassenrath, G. F., & Lin, X. (2023) Improving Resilience of Corn to Weather through Improved Fertilizer Efficiency. *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports*, 9(2), article 14. doi: 10.4148/2378-5977.8447
6. Kaminskyi, V. F. & Asanishvili, N. M. (2020). Economic efficiency of maize growing technologies of different levels of intensity. *Ukrainian Black Sea region agrarian science*, 3(107), 28–34 (in Ukrainian).
7. Kharchenko, O., Petrenko, S., Zakharchenko, E., Sobko, M., Medvid, S. & Pshychenko, O. (2021). Models of quantitative estimation of sowing density effect on maize yield and its dependence on weather conditions. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, LXIV, 2, 224–231.
8. Kharchenko, O. V., Prasol, V. I., Zakharchenko, E. A. & Sobko, M. G. (2016). Do problemy analitychnoi otsinky efektyvnosti mineralnykh dobryv ta ekolohichnykh obmezhen yikh normy: naukove vydannia [To the problem of analytical evaluation of the effectiveness of mineral fertilizers and ecological limitations of their norms: scientific publication]. *Universytetska knyha*, Sumy, 31 (in Ukrainian).
9. Kharchenko, O., Zakharchenko, E., Kovalenko, I. Prasol, V., Pshychenko, O., Mishchenko, Y. (2019). On problem of establishing the intensity level of crop variety and its yield value subject to the environmental conditions and constraints. *AgroLife scientific journal*, 8(1), 113–119.
10. Kiver, V. F. & Onopriyenko, D. M. (2010). Vplyv fertyhatsii na produktyvnist roslyn i yakist zerna kukurudzy [Effect of fertigation on plant productivity and corn grain quality.]. *Bulletin of Agricultural Science*, 8(10), 56–59 (in Ukrainian).
11. Koren, V. V. & Kostiukievych, T. K. (2021). Otsinka ahrometeorolohichnykh umov vyroshchuvannia kukurudzy v Chernihivskii oblasti [Assessment of agrometeorological conditions for growing corn in the Chernihiv region]. *Henetyka i selektsiia v suchasnomu ahrokompleksi: VI Vseukrainska naukovo-praktychna konferentsiia*, m. Uman, 15 zhovtnia 2021, 83–84 (in Ukrainian).
12. Kovalenko, I. M. & Masyk, I. M. (2018). Vplyv tekhnolohii vyroshchuvannia kukurudzy na zerno na urozhainist ta ekonomichnu efektyvnist v umovakh Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [The influence of the technology of growing corn for grain on productivity and economic efficiency in the conditions of the Left Bank Forest Steppe of Ukraine]. *Tavriyskiy naukoviy visnyk: naukoviy zhurnal. Ser. «Silskohospodarski nauky»*, 99, 67–76 (in Ukrainian).
13. Kramarev, S. M., Kramarev, O. S., Demydenko, V. G., Khoroshun, K. O., Pisotsky, S. S., Bondar, V. J., Ruban, S. M. & Tsurcan, K. P. (2020). Ekonomichna efektyvnist vykorystannia karbamid-amiachnykh sumishei (KAS) v suchasnykh systemakh udobrennia silskohospodarskykh kultur [Use of carbamide-ammonia mixtures (CAM) in modern fertilizer systems of agricultural crops]. *New Ideology, Dnipro*, 195 (in Ukrainian).
14. Ladyka, V. I. (2009). Bioenerhetychnyi potentsial lisostepovoi i poliskoi zon Ukrainy ta perspektyvy yoho vykorystannia: monohrafiia [Bioenergy potential of forest-steppe and steppe zones of Ukraine and prospects for its use: monograph.]. *Universytetska knyha*, Sumy, 304 (in Ukrainian).

15. Liashenko, N. O. (2015). Ekonomichna efektyvnist zastosuvannya riznykh system dobryv pry vyroshchuvanni kukurudzy na zerno v stepovii zoni Ukrainy. [Economic efficiency of application of the different systems of fertilizers at growing of grain corn in the steppe zone of Ukraine]. *Agrosvit*, 21, 67–71 (in Ukrainian).
16. Li, H., Zhang, Y., Sun, Y., Liu, P., Zhang, Q., Wang, X., Wang, R., Li, J. (2023). Long-term effects of optimized fertilization, tillage and crop rotation on soil fertility, crop yield and economic profit on the Loess Plateau. *European Journal of Agronomy*, 143, 126731. doi: 10.1016/j.eja.2022.126731.
17. Masyk, I. M. & Zakharchenko, E. A. (2017). Productivity and economic efficiency of corn cultivation for grain under different systems of basic cultivation of soil in the conditions of the left bank forest-steppe of Ukraine. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho ahrarynoho universytetu imeni V. V. Dokuchaieva. Seriya: Gruntoznavstvo, ahrokhimiia, zemlerobstvo, lisove hospodarstvo, ekolohiia gruntiv*, 1, 46–154 (in Ukrainian).
18. McFadden, J. & Miranowski, J. (2020). Corn yield dynamics and weather shocks: climate change implications for the U.S. corn belt. *Climate Change Economics*, 11(01), 2050001. doi: 10.1142/S2010007820500013
19. Mirzaei, M., Anari, G. M., Saronjic, N., Sarkar, S., Kral, I., Gronauer, A., Mohammed, S. & Caballero-Calvo, A. (2023). Environmental impacts of corn silage production: influence of wheat residues under contrasting tillage management types. *Environ Monit Assess*, 195, 171. doi: 10.1007/s10661-022-10675-8
20. Nasinnia Pioneer: P8816 (2022). Nadiinist, plastychnist ta harantiia vysokoho vrozhaiu [Pioneer Seeds: P8816. Reliability, plasticity and guarantee of a high yield] (in Ukrainian). Access mode: https://www.pioneer.com/ua/products/corn/P8816.html#anchor_1
21. Palamarchuk, V. D. (2019). Ekonomichna otsinka hibrydiv kukurudzy zalezho vid pozakorenyvkh pidzhyvlen [Economic estimation of growing corn hybrids depending on the factors of vegetation and foliar nutrition]. *Agriculture and forestry, scientific journal of Vinnitsa national agrarian university*, 12, 18–27. (in Ukrainian). doi: 10.37128/2707-5826-2019-1-2
22. Palamarchuk, V. & Demchuk, B. (2021). Role of root feeding in modern technology of cultivating grain corn. *Agriculture and forestry, scientific journal of Vinnitsa national agrarian university*, 20, 60–76. doi: 10.37128/2707-5826-2021-5
23. Ransom, C. J., Kitchen, N. R., Camberato J. J., et al. (2020). Corn nitrogen rate recommendation tools' performance across eight US midwest corn belt states. *Agronomy Journal*, 112, 470–492. doi: 10.1002/agj2.20035
24. Pavliuk, I. (2021). Yak otrymaty 10 t/ha kukurudzy u sukhii vazi. [How to get 10 t/ha of corn in dry weight]. 11 chervnia 2021 r. (in Ukrainian). Access mode: <https://agronomy.com.ua/statti/zernovi-kultury/489-yak-otrymaty-10-t-ha-kukurudzy-u-sukhii-vazi.html>
25. Posivna-2021 u tsyfrakh. [Sowing-2021 in numbers]. (in Ukrainian). Access mode: <https://superagronom.com/articles/518-posivna-2021-u-tsifrah>
26. Sava, A. (2016). Perspektyvy haluzi roslynnytstva u 2016 rotsi: shcho vyhidno vyroshchuvaty? Agroelita. (in Ukrainian). Access mode: <https://agroelita.info/perspektyvy-haluzi-roslynnytstva-u-2016-rotsi-scho-vyhidno-vyroschuvaty/>
27. TOP-10 krain vyrobnykiv kukurudzy v 2021/22 MR [TOP-10 corn producing countries in the 2021/22 marketing year] (in Ukrainian). Access mode: <https://latifundist.com/rating/top-10-krayin-virobnikiv-kukurudzi-2021-22-mr>
28. Schnitkey, G., Paulson N., Zulauf, C. & Baltz, J. (2023). Fertilizer Prices and Company Profits Going into Spring 2023. *Farmdoc daily* (13), 36. Department of Agricultural and Consumer Economics, University of Illinois at Urbana-Champaign, February, 28. Access mode: <https://farmdocdaily.illinois.edu/2023/02/fertilizer-prices-and-company-profits-going-intospring-2023.html>
29. Shou, N., Gao, W., Jiang, C., Ma, R., Usman, S. & Yang, X. (2023). Optimizing nitrogen fertilization for forage maize production to maximize profit and minimize environmental costs in a rainfed region in China. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 69(13), 2569–2584. doi: 10.1080/03650340.2023.2165066
30. Shynkaruk, L. (2021). Vplyv makro- i mikro-dobryv na vrozhainist kukurudzy [Influence of macro- and micro-fertilizers on maize yield]. *Bulletin of Lviv National Agrarian University*, 5, 162–166 (in Ukrainian).
31. Szulc, P., Krauklis, D., Ambroży-Deregowska, K., Wróbel, B., Zielewicz, W., Niedbała, G., Kardasz, P., Selwet, M. & Niazian, M. (2023). Evaluation of the effectiveness of NBPT and NPPT application as a urease carrier in fertilization of maize (*Zea mays* L.) for ensiling. *Agronomy*, 13, 817. doi: 10.3390/agronomy13030817
32. Vargas-Salgado, M., Portillo-Vázquez, M., Brambila-Paz, J. J., Martínez-Damián, M. Á. & Medina-Cuellar, S. E. (2021). Economic optima of fertilizer in the production of white corn in High Valleys. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas*, 12 (8), 1391–1400. doi: 10.29312/remexca.v12i8.2685
33. Zakharchenko, E. A. (2019). Effect of zinc application on the maize. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The series: Agronomy and Biology*, 4, 8–14. doi: 10.32845/agrobio.2019.4.2
34. Zakharchenko, E. A., Petrenko, S. V., Berdin, S. I., Podhaietskyi, A. A., Kravchenko, N. V., Hnitetskyi, M. O., Hlupak, Z. I., Bordun, R. M., Tiutiunyk, O. S., Tryus, V. O. (2023). Response of maize plants to seeding rates under conditions of typical black soil. *Modern Phytomorphology*, 17, 71–74. doi: 10.5281/zenodo.2023-17-200119
35. Zakharchenko, E. & Tunguz, V. (2020). Effect of ammonium sulfate and phosphogypsum application on nutrients dynamics and acidity of black soil. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Agronomy and Biology*, 42(4), 61–69. doi: 10.32845/agrobio.2020.4.8.
36. Zhang X., Wu D. & Zakharchenko E. A. (2022). Review on effects of biogas slurry application on crop growth. *Agrarian innovations*, 13, 155–165. doi: 10.32848/agrar.innov.2022.13.24.
37. Yang, X. (2023). An analysis of optimal agricultural fertilizer application decisions in the presence of market and weather uncertainties and nutrient pollution. *UWSpace*. Access mode: <http://hdl.handle.net/10012/19054>

Kravchenko N. V., Doctor (Agricultural Sciences), Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Adamchuk Ye. V., PhD student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Protasov O. M., PhD student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Economic evaluation of the urea-ammonia mixture application with inter-row processing cultivator

The profitability of corn production in Ukraine is one of the highest among other crops, but in wartime, a time of economic crisis, the attention of agricultural producers is directed to the maximum saving of material resources. The selection of hybrids, tillage systems, fertilization, application of pesticides and grain drying affect the final cost of the corn grain production. In farms, nitrogen fertilizers for corn are mainly applied in the spring – during pre-sowing cultivation, during sowing, inter-row processing, in foliar application. Each term, dose and form of fertilizer application is important, and the effectiveness of the selected technological operations depends on weather conditions, soil properties, timeliness and reasonableness of application, as a whole, on the cultivation technology. Using of the nitrogen fertilizers, it is necessary to minimize the loss of nitrogen from the soil and ultimately obtain products of good quality, for the sale of which the farmer will receive a profit. In the conditions of dark gray forest soils of the Chernihiv Polyssia of Ukraine, the feasibility of applying UAN-32 (solution of urea and ammonium nitrate in water) with inter-row processing in the root application with the mounted cultivator IRIS-T with rates of 50, 80, 110, 140 kg/ha in the phase of 7–8 leaves was investigated. In the fall, before tillage, 120 kg/ha of anhydrous ammonia was applied, the complex fertilizer YaraMila 8-24-24 was applied at the rate of 100 kg/ha in physical weight during sowing. Calculating the economic efficiency of the fertilizer application, the most additional costs were obtained under applying at a dose of 140 kg/ha, and additional profit – at a dose of 110 kg/ha. The level of profitability of this measure was in the range of 54.3-81 %, with the highest parameter using UAN-32. Therefore, in the conditions of dark gray soil, it is recommended to use UAN-32 rootstock on corn crops with rates of up to 110 kg/ha in the 7–8 leaf phase to increase yield and gain profit.

Key words: corn, productivity, nitrogen fertilizers, tillage, soil, UAN, root, yield, profitability.