


УДК 631.811: 633.15:631.445.21(447.81)

Винос біогенних елементів кукурудзою на зерно залежно від удобрення і вапнування у Західному ПоліссіПольовий В.М. , Ященко Л.А. , Ровна Г.Ф. *Інститут сільського господарства Західного Полісся НААН України* rivne_apv@ukr.net

Польовий В.М., Ященко Л.А., Ровна Г.Ф. Винос біогенних елементів кукурудзою на зерно залежно від удобрення і вапнування у Західному Поліссі. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2021. № 2. С. 116–123.

Polovyi V., Yashchenko L., Rovna H. Removal of nutrients by corn depending on fertilization and liming in Western Polissia. «Agrobiology», 2021. no. 2, pp. 116–123.

Рукопис отримано: 17.08.2021 р.

Прийнято: 01.09.2021 р.

Затверджено до друку: 09.12.2021 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2021-167-2-116-123

У статті наведено результати досліджень впливу вапнування та удобрення на вміст і винос азоту, фосфору і калію рослинами кукурудзи за вирощування на дерново-підзолистому зв'язнопіщаному ґрунті Західного Полісся. Визначено, що вміст основних поживних елементів змінювався у межах 1,63–1,90 і 0,77–0,86 % для азоту, 0,51–0,59 і 0,32–0,41 % для фосфору, 0,31–0,45 і 1,24–1,32 % для калію відповідно в основній і побічній продукції залежно від варіантів. Найвищі показники накопичення біогенних елементів відзначено за сумісного застосування 1,0 Нг дози доломітового борошна і мінерального живлення $N_{120}P_{90}K_{120}$ із додаванням S_{40} і мікродобрива Нутривант Плюс зерновий (2 кг/га). Господарський винос елементів переважно залежав від поєднання компонентів удобрення і доз вапнування. Максимальні показники виносу, які у 1,8–2,3 раза для основної і 2,0–2,3 раза для побічної продукції перевищували дані на контролі, встановлено за застосування 1,0 Нг дози доломітового борошна сумісно з мінеральними добривами у нормі $N_{120}P_{90}K_{120}$ і додаванням S_{40} та S_{40} і мікродобрива Нутривант Плюс зерновий (2 кг/га). Більш стабільною величиною, що дає змогу корегувати систему живлення культури, є показник виносу елементів на одиницю основної та відповідну кількість побічної продукції. Встановлено, що за вапнування та удобрення відбувається посилене споживання азоту, фосфору і калію рослинами кукурудзи, і зростає показник нормативного виносу. У досліді найвищі значення виносу 33,5 і 32,6 кг/т за азотом, 12,3 і 12,4 за фосфором, 26,9 і 24,1 кг/т за калієм отримано у варіантах комплексного застосування 1,0 Нг дози доломітового борошна, $N_{120}P_{90}K_{120}$ із додатковим внесенням сірки та сірки і мікродобрива.

Ключові слова: кукурудза, вапнування, удобрення, урожайність, азот, фосфор, калій, вміст, винос.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Головним завданням агропромислового виробництва є максимальна реалізація значного генетичного потенціалу продуктивності гібридів кукурудзи завдяки науково обґрунтованому підходу оптимізації чинників, які регулюють урожайність. Важливо розуміти здатність різних частин рослин до накопичення елементів живлення, щоб правильно налаштувати агротехнічні поради та оновити програми селекції для підвищення ефективності використання поживних речовин та врожайності кукурудзи [1].

Основним методом визначення необхідних норм мінеральних добрив під запланований урожай є балансний. Для визначення

розрахункових норм мінеральних добрив важливе значення мають показники виносу поживних елементів урожаєм основної і побічної продукції [2]. Впровадження новітніх технологій вирощування та високопродуктивного гібридного складу кукурудзи вимагають корегування рівнів виносу елементів рослинами. Виходячи з цього, оновлення показників диференційованого виносу біогенних елементів зерном і нетоварною частиною урожаю кукурудзи у сівозміні залежно від агроресурсного навантаження дасть змогу вирішувати питання, пов'язані з кругообігом поживних речовин, для створення оптимальних рівнів живлення рослин, підвищення родючості ґрунту [3].

Кукурудза – дуже вимоглива до родючості ґрунтів культура. Створення оптимального рівня мінерального живлення для рослин є однією з основних умов поєднання високої урожайності та ресурсозбереження [4]. Дослідженнями встановлено, що за сприятливих ґрунтово-кліматичних умов та високого рівня технології вирощування досягається більш повне засвоєння елементів живлення рослинами на одиницю врожаю [5, 6].

Потреба в елементах живлення визначається за допомогою хімічного аналізу, у результаті виконання якого встановлюють їх вміст у основній і побічній продукції [7]. Показники вмісту у біомасі рослин, включаючи надземні органи і кореневу систему, характеризують загальну потребу в елементах, тобто показують біологічний винос. Кількість елементів, що знаходиться в основній і побічній продукції врожаю, становить його господарський винос.

Рослина поглинає з ґрунту азот, фосфор, калій протягом усього періоду вегетації. Важливим моментом у живленні культур є періодичність, коли засвоєння елементів відбувається у певні фази росту і розвитку у різних кількостях. Кількість та інтенсивність надходження азоту в рослини кукурудзи зростає, починаючи з фази 6–8 листків, і досягає максимуму в період викидання волоті-цвітіння качана, після чого його споживання помітно спадає [8]. Фосфор споживається від початку до кінця вегетації, калій – від сходів до викидання волоті і закінчується у фазі молочної та воскової стиглості [9].

У середньому на 1 т зерна з відповідною кількістю стебел і листя рослини використовують 24–30 кг азоту, 10–12 кг фосфору і 25–30 кг калію, по 6–10 кг магнію і кальцію [10]. Винос поживних речовин культурою змінюється залежно від продуктивності кукурудзи і визначається як ґрунтово-кліматичними умовами її вирощування, так і системою живлення. Зі збільшенням удвічі дози азоту, фосфору і калію підвищується і рівень їх виносу, однак не пропорційно. У сівозміні це підвищення становить відповідно за елементами 14,7 %, 1,7 і 6,1 %. Однак внесення добрив не змінює співвідношення елементів у загальному виносі. Найбільша частка азоту, дещо менша – на калію, тимчасом фосфору найменша: $N > K_2O > P_2O$ [11, 12].

Для активного росту та розвитку рослин кукурудзи сприятливою є реакція ґрунтового розчину в межах pH_{KCl} 6,5–7,5, за пониженого рівня кислотності 5,0–5,5 урожайність культури знижується до 30 % [13]. Без застосування добрив і меліорантів на кислому дерново-підзолистому ґрунті одержано низький урожай у

результаті значної загибелі рослин (32,1 %), крім того маса одного качана була невисокою – 151 г, а вихід зерна з качана становив 71,1 % [14]. Застосування в зернопросапній сівозміні мінеральних добрив сумісно з вапнуванням в 1,4–2,2 рази збільшувало господарський винос основних елементів живлення з одиниці площі, підвищуючи його переважно завдяки росту врожайності культури [15].

Отже, актуальним є на основі параметрів вмісту елементів живлення в основній і побічній продукції кукурудзи визначити нормативи виносу азоту, фосфору і калію рослинами у конкретних умовах.

Мета дослідження – встановити нормативні показники виносу головних біогенних елементів основною і побічною продукцією кукурудзи залежно від удобрення і вапнування у стаціонарному досліді на дерново-підзолистому ґрунті.

Матеріал і методи дослідження. Польові дослідження проводили упродовж 2016–2020 рр. у стаціонарному досліді Інституту сільського господарства Західного Полісся НААН України в короткоротаційній сівозміні на дерново-підзолистому зв'язнопіщаному ґрунті на трьох полях, чергування культур – пшениця озима, кукурудза на зерно, ячмінь ярий, ріпак озимий. Технологія вирощування кукурудзи на зерно – загальноприйнята для зони Полісся. Захист від шкідників, хвороб і бур'янів проводили за інтенсивною технологією.

Схема досліді містила варіанти: без добрив (контроль); $N_{120}P_{90}K_{120}$ – фон; фон + $CaMg(CO_3)_2$ (1,0 Нг); фон + $CaMg(CO_3)_2$ (1,0 Нг) + S_{40} ; фон + $CaMg(CO_3)_2$ (1,0 Нг) + S_{40} + мікродобриво; фон + $CaMg(CO_3)_2$ (1,5 Нг); фон + $CaCO_3$ (1,0 Нг).

Мінеральні добрива вносили згідно зі схемою досліді у формі аміачної селітри, амофосу, калію хлористого. Хімічні меліоранти застосовували перед закладанням стаціонарного досліді у формі доломітового ($CaMg(CO_3)_2$) і вапнякового борошна ($CaCO_3$), 1 Нг доза встановлена за рівнем гідролітичної кислотності досліджуваного ґрунту.

Азотні (N_{30}), фосфорно-калійні та сіркові (S_{40}) добрива вносили під зяблеву оранку, решту азотних добрив (N_{90}) – під передпосівну культивування. Позакореневе підживлення рослин кукурудзи проводили мікродобривом Нутривант Плюс зерновий (2 кг/га) у фазі 4–5 та 6–8 листків.

Аналіз рослинного матеріалу у повітряно-сухому стані на вміст елементів живлення після мокрого озолення за К'ельдалем проводили методами: азот – із реактивом Несслера,

фосфор – фотометрично, калій – методом полуменевої фотометрії [16].

Статистичне оброблення одержаних результатів досліджень здійснювали методом дисперсійного аналізу за Б.О. Доспеховим із використанням комп'ютерних програм Microsoft Office Excel, Statistica.

Результати дослідження та обговорення.

Дослідженнями встановлено певні закономірності в акумуляції елементів живлення в рослинах кукурудзи залежно від удобрення та вапнування. Добрива помітно впливають на вміст елементів у тканинах рослини, змінюючи умови живлення, активізуючи і прискорюючи темпи їх накопичення (табл. 1).

Вміст основних поживних речовин коливався у межах 1,63–1,90 % азоту, 0,51–0,59 % фосфору, 0,31–0,45 % калію в основній продукції, і 0,77–0,86, 0,32–0,41, 1,24–1,32 % відповідно у побічній продукції. Найвищі показники накопичення біогенних елементів відзначено у варіанті із внесенням 1,0 Нг дози доломітового борошна сумісно з мінеральним фоном, сіркою та мікродобривом. Підвищення вмісту поживних елементів у органах рослин кукурудзи за інтенсифікації системи удобрення культури відзначається у роботах багатьох дослідників [17–20].

За порівняння дії 1,0 Нг дози доломітового і вапнякового борошна вміст поживних елементів у зерні був вищим у варіанті з $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ і становив 1,76 % за азотом, 0,57 % за фосфором, 0,41 % за калієм, тимчасом у побічній продукції дані показники істотно не відрізнялися.

Величина споживання поживних речовин рослинами залежить від величини урожаю культури. Результати досліджень довели, що урожайність основної та побічної продукції змінювалася залежно від досліджуваних чинників і варіювала в межах 4,35–9,26 і 7,90–15,7 т/га відповідно (рис. 1).

Співвідношення основної до побічної продукції становило 1,69–1,85. Зниження величини співвідношення зерно:листо-стебельна маса у варіантах удобрення та меліорації порівняно з варіантом мінерального фону вказує на позитивну дію меліорантів на формування основної частини урожаю. Водночас вищу урожайність зерна на 3,2 % і соломи на 4,4 % одержано за удобрення $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{120}$ на фоні 1,0 Нг дози доломітового борошна порівняно з такою самою дозою вапнякового борошна. Застосування сірки як окремо, так і з мікродобривом Нутривант Плюс зерновий у комплексі з фоном і 1,0 Нг дозою доломітового борошна позитивно впливало на збільшення продуктивності культури: приріст урожаю зерна від вказаних чинників становив 0,26–0,80 т/га.

На зміну виносу елементів живлення з ґрунту врожаєм кукурудзи значний вплив мали добрива та хімічні меліоранти, оскільки ці чинники безпосередньо впливали на динаміку як урожайності культури, так і вмісту азоту, фосфору і калію у продукції.

Найменший винос азоту 73,1 кг/га, фосфору 22,6 кг/га, калію 16,1 кг/га в основній продукції, та 54,0, 25,1, 92,9 кг/га відповідно в побічній продукції відзначено у варіанті без добрив (табл. 2). Застосування рекомендованої дози мінеральних добрив $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{120}$ сприяло зростанню цих показників у 1,3–1,5 і 1,4–1,6 раза щодо попередньо варіанта залежно від виду продукції.

За внесення доломітового і вапнякового борошна у всіх варіантах простежується підвищення виносу біогенних елементів у межах 118,7–168,5 кг/га азоту, 39,8–52,3 кг/га фосфору, 27,4–33,1 кг/га калію в зерні, і 107,7–125,3, 37,8–56,0, 130,3–191,7 кг/га в солоті відповідно. Досліджено, що найбільший вплив на винос поживних елементів мало застосування 1,0 Нг дози доломітового борошна за мінераль-

Таблиця 1 – Вміст елементів живлення в рослинах кукурудзи залежно від удобрення та вапнування, % на суху речовину (середнє за 2016–2020 рр.)

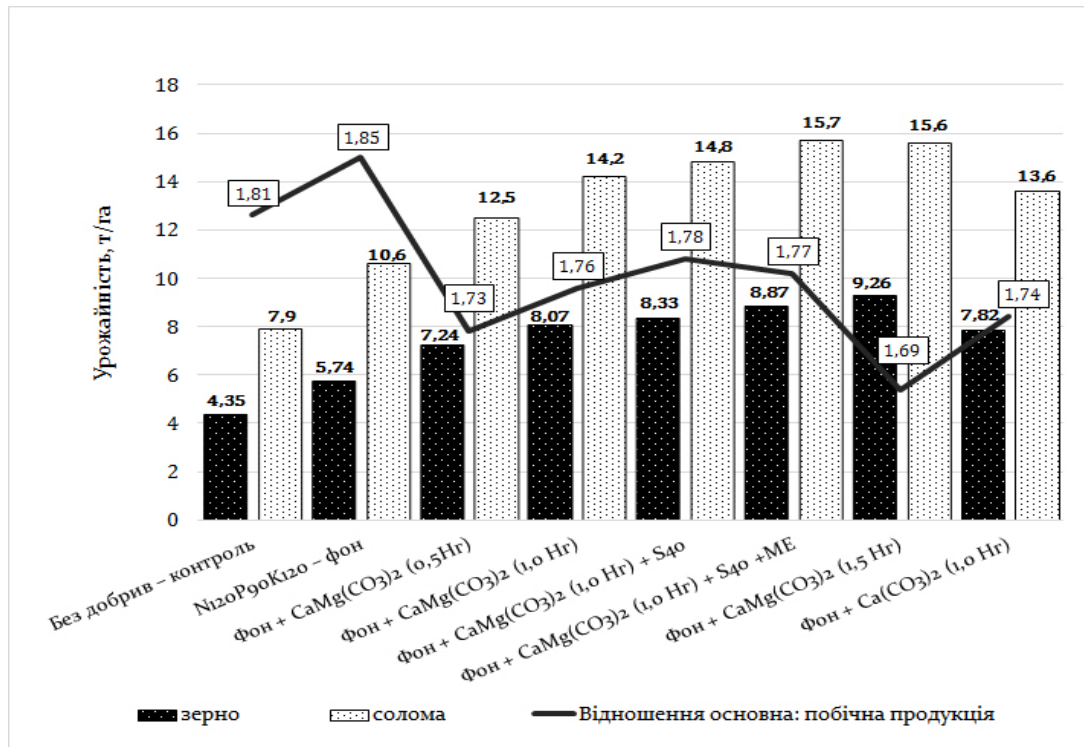
Варіант	Основна продукція			Побічна продукція		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без добрив - контроль	1,68	0,52	0,37	0,71	0,33	1,22
$\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{120}$ - фон	1,66	0,53	0,43	0,84	0,36	1,24
Фон + $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (0,5Нг)	1,64	0,55	0,45	0,86	0,34	1,24
Фон + $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (1,0 Нг)	1,76	0,57	0,41	0,81	0,35	1,26
Фон + $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (1,0 Нг) + S ₄₀	1,85	0,56	0,39	0,85	0,38	1,3
Фон + $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (1,0 Нг) + S ₄₀ +ME	1,9	0,59	0,32	0,86	0,41	1,32
Фон + $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (1,5 Нг)	1,63	0,53	0,31	0,77	0,32	1,25
Фон + $\text{Ca}(\text{CO}_3)_2$ (1,0 Нг)	1,67	0,51	0,35	0,79	0,35	1,27
НІР ₀₅	0,07	0,05	0,04	0,04	0,03	0,06

ного живлення $N_{120}P_{90}K_{120}$ сумісно з сіркою S_{40} та позакореневим підживленням Нутривант Плюс зерновий (2 кг/га), що підвищувало винос у 1,8–2,3 раза в основній і 2,0–2,3 раза у побічній продукції.

Отже, за поліпшення умов живлення кукурудзи на фоні удобрення та хімічної меліорації зростає не лише урожайність зерна і листо-стебельної маси, а й відбувається підвищене накопичення елементів у продукції, у зв'язку з чим зростає їх господарський

винос. Однак для коригування системи живлення культури доцільно використовувати показники виносу елементів на формування одиниці основної і відповідної кількості побічної продукції, оскільки цей показник меншою мірою залежить від зміни умов вирощування.

Під час аналізування результатів дослідження визначено, що у варіанті без добрив відносний винос на 1 т зерна і відповідну кількість соломи становив 29,2 кг азоту, 11,0 кг фосфору і 25,1 кг калію (рис. 2).



$НР_{05}$ – основна продукція 0,35 т/га; побічна продукція 0,52 т/га

Рис. 1. Продуктивність кукурудзи у досліді, середнє за 2016–2020 рр.

Таблиця 2 – Винос елементів урожаєм кукурудзи залежно від удобрення та вапнування, кг/га (середнє за 2016–2020 рр.)

Варіант	Основна продукція			Побічна продукція			Господарський винос		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Без добрив – контроль	73,1	22,6	16,1	54,0	25,1	92,9	127,1	47,7	109,0
$N_{120}P_{90}K_{120}$ – фон	95,3	30,4	24,7	88,2	37,8	130,3	183,5	68,2	154,9
Фон + $CaMg(CO_3)_2$ (0,5Hr)	118,7	39,8	32,6	107,7	42,6	155,3	226,5	82,4	187,9
Фон + $CaMg(CO_3)_2$ (1,0 Hr)	142,0	46,0	33,1	115,0	49,7	179,0	257,1	95,7	212,0
Фон + $CaMg(CO_3)_2$ (1,0 Hr) + S_{40}	154,1	46,6	32,5	125,3	56,0	191,7	279,4	102,7	224,2
Фон + $CaMg(CO_3)_2$ (1,0 Hr) + S_{40} + ME	168,5	52,3	28,4	120,5	57,5	185,0	289,1	109,8	213,4
Фон + $CaMg(CO_3)_2$ (1,5 Hr)	150,9	49,1	28,7	116,2	48,3	188,7	267,2	97,4	217,4
Фон + $Ca(CO_3)_2$ (1,0 Hr)	130,6	39,9	27,4	107,5	47,6	172,8	238,1	87,5	200,2
$НР_{05}$	2,64	1,37	1,28	4,17	1,27	4,59	4,72	2,38	3,18

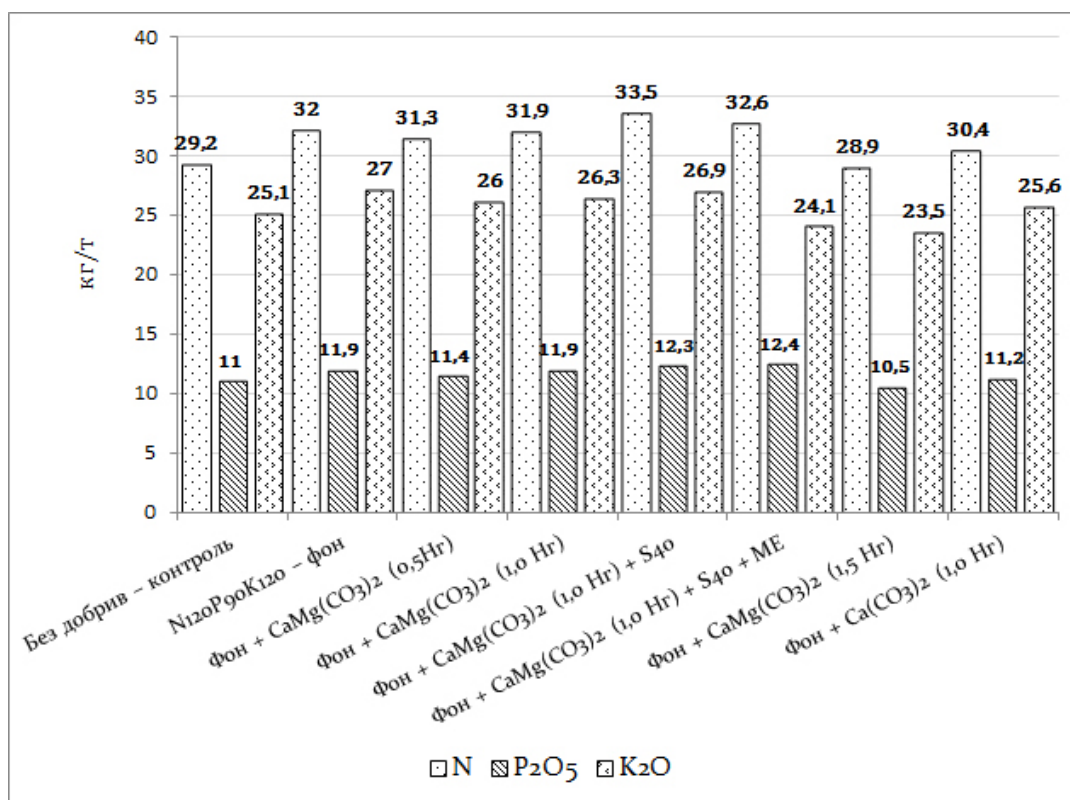


Рис. 2. Нормативний показник виносу основних елементів живлення на формування 1 т зерна і відповідну кількість побічної продукції кукурудзи на зерно, кг (середнє за 2016–2020 рр.)

Однак внесення 1,5 Нг дози доломітового борошна на фоні мінерального живлення зумовило деяке зниження витрат елементів у формуванні одиниці продукції кукурудзи, що може бути пов'язано з поліпшенням кислотного режиму дерново-підзолистого ґрунту.

У варіантах 1,0 Нг дози доломітового і вапнякового борошна не відзначено істотної різниці між нормативними показниками виносу за елементами.

Найвищі величини нормативного виносу встановлено у варіантах із додаванням сірки і мікроелементів у систему мінерального живлення за внесення 1,0 Нг доломітового борошна: 32,6–33,5 кг/т за азотом, 12,3–12,4 кг/т за фосфором, 24,1–26,9 кг/т за калієм.

Отже, за умов планування підвищеної урожайності зерна кукурудзи завдяки інтенсифікації системи її живлення слід враховувати щораз більшу потребу культури в основних елементах живлення.

Висновки. За вирощування кукурудзи на дерново-підзолистому ґрунті Західного Полісся застосування вапнякових матеріалів на

фоні N₁₂₀P₉₀K₁₂₀ забезпечило істотне зростання врожайності зерна на 2,89–4,91 т/га, соломи – на 4,40–7,80 т/га до варіанта без добрив, та формування відношення основної до побічної продукції на рівні 1,69–1,78. Вміст елементів живлення змінювався залежно від удобрення та вапнування у зерні в межах 1,63–1,90 % для азоту, 0,53–0,59 % фосфору, 0,31–0,45 % калію, у листо-стебельній масі – в межах 0,77–0,86, 0,32–0,41, 1,25–1,32 % відповідно. Найвищий нормативний показник виносу основних поживних елементів на формування 1 т основної і відповідної кількості побічної продукції відзначено у варіантах внесення 1,0 Нг дози доломітового борошна сумісно з N₁₂₀P₉₀K₁₂₀ за додавання S₄₀ та S₄₀ і мікродобрива Нутривант Плюс зерновий (2 кг/га): 33,5 і 32,6 кг/т азоту, 12,3 і 12,4 кг/т фосфору, 26,9 і 24,1 кг/т калію. Отже, підвищена потреба в елементах живлення за умови вапнування дерново-підзолистого ґрунту та її забезпечення сприяють формуванню підвищених урожаїв як порівняно з контролем, так і одностороннім внесенням мінеральних добрив.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Macronutrient Management Effects on Nutrient Accumulation, Partitioning, Remobilization, and Yield of Hybrid Maize Cultivars / Ray K. et al. *Front. Plant Sci.* 2020. Vol. 11:1307. DOI: 10.3389/fpls.2020.01307
2. До проблеми аналітичної оцінки ефективності мінеральних добрив та екологічної оцінки їх норми / за ред. О.В. Харченка, М.Г. Собка. Суми: Університетська книга, 2016. 31 с.
3. Господаренко Г.М., Прокопчук І.В., Бойко В.П. Засвоєння основних елементів живлення з ґрунту й мінеральних добрив кукурудзою. *Зб. наук. пр. Уманського НУС.* 2019. Вип. 95. Ч. 1. С. 76–89.
4. Белов Я.В. Напрями оптимізації технологій вирощування насіння кукурудзи за умов змін клімату. *Вісник аграрної науки Причорномор'я.* 2018. Вип. 4 С. 74–81 DOI: 10.31521/2313-092X/2018-4(100)
5. Біологічні вимоги гібридів кукурудзи до умов вирощування в Західному Лісостепу / Волощук О.П. та ін. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво.* 2019. Вип. 65. С. 22–36. DOI: 10.32636/01308521.2019-(65)-3.
6. Оптимізація удобрення та родючості ґрунту у сівозмінах: монографія / за ред. А.С. Заришняка. Київ: Аграрна наука, 2015. 208 с.
7. Діагностика стану хімічних елементів системи ґрунт–рослина / за ред. А.І. Фатєєва, В.П. Самохвалової. Харків: КП «Міськдрук», 2012. 146 с.
8. Ciampitti, I.A., Vyn, T.J. Grain nitrogen source changes over time in maize: A review. *Crop Science.* 2013. Vol. 53. Issue 2. P. 366–377. DOI: 10.2135/cropsci2012.07.0439
9. Maize nutrient accumulation and partitioning in response to plant density and nitrogen rate: I. Macronutrients / Ciampitti I.A. et al. *Agronomy Journal.* 2013. Vol. 105. P. 783–795. DOI: 10.2134/agronj2012.0467.
10. Лихочвор В.В., Проць Р.Р. Кукурудза. Львів, 2002. НВФ «Українські технології», 46 с.
11. Стулин А.Ф. Влияние длительного применения удобрений в бессменном посеве кукурузы на ее продуктивность и вынос элементов питания на черноземе выщелоченном. *Агрохимия.* 2007. № 1. С. 25–30
12. Reference values of grain nutrient content and removal for corn / Aildson Pereira Duarte et al. *Soil Fertility and Plant Nutrition. Rev. Bras. Cienc. Solo.* 2019. Vol. 43:e0180102. DOI: 10.1590/18069657rbc20180102.
13. Ткаченко М.А., Борис Н.С. Оптимізація живлення сільськогосподарських культур за фізико-хімічної деградації кислих ґрунтів. *Вісник аграрної науки.* 2021. Т. 99. № 1. С. 15–22. DOI: 10.31073/agrovisnyk202101.
14. Вплив удобрення та вапнування на продуктивність кукурудзи на зерно в короткоротаційній сівозміні на дерново-підзолистому ґрунті / Польовий В.М. та ін. *Зернові культури.* 2021. Т. 5. № 1. С. 84–91. DOI: 10.31867/2523-4544/0163
15. Ивойлов А.В. Вынос азота, фосфора, калия и кальция культурами зерно-пропашного севооборота. *Агрохимия.* 1990. №1. С. 26–32.
16. Агрохімічний аналіз: практикум / за ред. М.М. Городнього. Київ: Арістей, 2005, 476 с.
17. Subbaiah Venkata P., Kumar Satish Y.S. Review on effect of inorganic and organic sources of nutrients and their integrated use on growth and yield of maize (*Zea mays L.*) *International Journal of Chemical Studies.* 2019.

7(4). P. 896–901 URL: https://www.researchgate.net/publication/334645822_Review_on_effect_of_inorganic_and_organic_sources_of_nutrients_and_their_integrated_use_on_growth_and_yield_of_maize_Zea_mays_L

18. Глущенко Л.Т. Физиологические особенности внесения минеральных удобрений под кукурузу. *Сб. науч. тр. Харьковского СХИ.* 1985. С. 66–70.

19. Караулова Л.Н. Динамика содержания элементов питания в растениях кукурузы. Инновационные исследования и разработки для научного обеспечения производства и хранения экологически безопасной сельскохозяйственной и пищевой продукции: сб. матер. II Междунар. науч.-практ. конф. Краснодар, 2017. С. 38–40. URL: http://www.vniiti.ru/conf/conf2017/article/KaraulovaL.N._statya.pdf

20. Чабан В.І. Вміст хімічних елементів в рослинах кукурудзи та оцінка мінерального живлення. *Бюл. Ін-ту сіл. госп-ва степової зони НААН України. Дніпропетровськ,* 2014. № 7. С. 16–21. URL: <https://www.institut-zerna.com/library/pdf7/8.pdf>

REFERENCES

1. Ray, K., Banerjee, H., Dutta, S., Sarkar, S., Murrell, T.S., Singh, V.K., Majumdar, K. (2020). Macronutrient Management Effects on Nutrient Accumulation, Partitioning, Remobilization, and Yield of Hybrid Maize Cultivars. *Front. Plant Sci.* Vol. 11:1307. DOI: 10.3389/fpls.2020.01307.
2. Kharchenko, O.V., Sobko, M.H. (2016). Do problemy analitychnoi otsinky efektyvnosti mineralnykh dobyrv ta ekologichnoi otsinky ikh normy [On the problems of analytical assessment of the effectiveness of mineral fertilizers and environmental assessment of their rate]. *Sumy, University book,* 31 p.
3. Hospodarenko, H.M., Prokopchuk, I.V., Boiko, V.P. (2019). Zasvoiennia osnovnykh elementiv zhyvlennia z ґрунту i mineralnykh dobyrv kukurudzoiu [Assimilation of main nutrients from soil and mineral fertilizers by maize]. *Zb. nauk. pr. Umanskoho NUS [Collected Works of Uman National University of Horticulture].* Vol. 95, no. 1, pp. 76–89.
4. Belov, Ya.V. (2018) Napriamy optymizatsii tekhnolohiy vuroshchuvannia nasiinnia kukurudzy za umov zmin klimatu [Directions for optimizing technologies for growing corn seeds under climate change]. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomor'ia [Bulletin of Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science],* no. 4, pp. 74–81. DOI: 10.31521/2313-092X/2018-4(100).
5. Voloshchuk, O.P., Voloshchuk, I.S., Hlyva, V.V., Pashchak, M.O. (2019). Biolohichni vumohy hubrudiv kukurudzy do umov vyroshchuvannia v Zakhidnomu Lisostepu [Biological requirements of maize hybrids for production conditions in the Western Forest-Steppe]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynystvo [Foothill and mountain agriculture and stockbreeding],* no. 65, pp. 22–36. DOI: 10.32636/01308521.2019-(65)-3.
6. Zarushniak, A.S. (2015). Optimizatsia udobrennia ta roduchist ґрунту u sivozminakh: monohrafia [Fertilization optimization and soil fertility in crop rotations: monograph]. *Kyiv, Agricultural science,* 208 p.
7. Fateev, A.I., Samokhvalova, V.P. (2012) Diahnostuka stanu khimichnykh elementiv sustemy ґрунт-roslyna

[Diagnosis of the soil-plant system chemical elements state]. Kharkiv, Miskdruk, 146 p.

8. Ciampitti, I.A., Vyn, T.J. (2013). Grain nitrogen source changes over time in maize: A review. *Crop Science*. Vol. 53, Issue 2, pp. 366–377. DOI: 10.2135/cropsci2012.07.0439.

9. Ciampitti, I.A., Camberato, J.J., Murrell, S.T., Vyn, T.J. (2013). Maize nutrient accumulation and partitioning in response to plant density and nitrogen rate: I. Macronutrients. *Agronomy Journal*. Vol. 105, pp. 783–795. DOI: 10.2134/agronj2012.0467.

10. Lykhochvor, V.V., Prots, P.P. (2002). *Kukurudza [Maize]*. Lviv, Ukrainian technologies, 46 p.

11. Stulyn, A.F. (2007). Vliyanie dlitel'nogo primeneniya udobrenij v bessmennom poseve kukuruzy na ee produktivnost' i vy'nos e'lementov pitaniya na chernozeme vy'shelochennom [Influence of long-term use of fertilizers in permanent sowing of corn on its productivity and removal of nutrients on leached chernozem]. *Agrokhimiya*. [Agrochemistry], no. 1, pp. 25–30.

12. Aildson Pereira, Duarte, Mônica Ferreira, de Abreu, Eros Artur Bohac, Francisco, Douglas, de Castilho Gitti, Gabriel, Barth, Claudinei, Kappes. (2019). Reference values of grain nutrient content and removal for corn. *Soil Fertility and Plant Nutrition*. *Rev. Bras. Cienc. Solo*. Vol. 43:e0180102. DOI: 10.1590/18069657rbcs20180102.

13. Tkachenko, M.A., Borys, N.E. (2021). Optyimizatsia zhyvlennia silskohospodarskykh kultur za fizyko-khimichnoi dehradatsii kyslykh gruntiv [Optimization of agricultural nutrition for physico-chemical degradation of acid soils]. *Visnyk ahrarnoi nauky* [Bulletin of Agricultural Science]. Vol. 97, no. 1, pp. 15–22. DOI: 10.31073/agrovisnyk202101.

14. Polovyi, V.M., Lukashchuk, L.Ya., Yashchenko, L.Ya., Rovna, H.F., Huk, B.V. (2021). Vplyv udobrennia ta vapnuvania na produktyvnist kukurudzy na zerno v korotkorotatsiini sivozmini na dernovo-pidzolistomu grunti [Effect of fertilization and liming on grain maize productivity in the short-term crop rotation on soddy-podzolic soil]. *Zernovi kultury* [Grain Crops]. Vol. 5, no. 1, pp. 84–91. DOI: 10.31867/2523-4544/0163.

15. Ivojlav, A.V. (1990) Vynos azota, fosfora, kaliya i kal'ciya kul'turami zerno-propashnogo sevooborota [Removal of nitrogen, phosphorus, potassium and calcium by crops of grain-tilled crop rotation]. *Agrokhimiya* [Agrochemistry], no. 1, pp. 26–32.

16. Horodniy, M.M. (2005). *Ahrokhimichnuy analiz: praktykum* [Agrichemical analysis: workshop]. Kyiv, Aristei, 476 p.

17. Subbaiah Venkata, P., Kumar Satish, Y.S. (2019). Review on effect of inorganic and organic sources of nutrients and their integrated use on growth and yield of maize (*Zea mays* L.) *International Journal of Chemical Studies*. Vol. 7(4), pp. 896–901. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/334645822>.

18. Glushchenko, L.T. (1985) Fiziologicheskie osobennosti vneseniya mineral'ny'x udobrenij pod kukuruzu [Physiological features of mineral fertilizers application for corn]. *Sb. nauch. tr. Xarkovskogo SXI* [Collection of scientific papers of the Kharkov Agricultural Institute], pp. 66–70.

19. Karaulova, L.N. (2017). Dinamika sodержaniya elementov pitaniya v rasteniyakh kukuruzy [Dynamics of the content of nutrients in corn plants]. *Innovacionnye*

issledovaniya i razrabotki dlya nauchnogo obespecheniya proizvodstva i xraneniya ekologicheskoi bezopasnoj sel'skoxozyajstvennoj i pishhevoj produkcii: sb. mater. II Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. [Innovative research and development for scientific support of production and storage of ecologically safe agricultural and food products: mater. II Int. scientific-practical conf]. Krasnodar, pp. 38–40. Available at: http://www.vniitti.ru/conf/conf2017/article/KaraulovaL.N._statya.pdf.

20. Chaban, V.I., Kliavzo, S.P., Podobed, O.U. (2014). Vmest khimicheskikh elementiv v roslynakh kukurudzy ta otsinka mineral'nogo zhuvlennia [Content of chemical elements in maize plants and evaluation of mineral nutrition]. *Biul. Instut. silsk. hospod. step. zony* [Bull. Institute of agriculture of steppe zone]. Available at: <https://www.institut-zerna.com/library/pdf/78.pdf>.

Вынос биогенных элементов кукурузой на зерно в зависимости от удобрения и известкования в Западном Полесье

Полевой В.М., Ященко Л.А., Ровна Г.Ф.

В статье приведены результаты исследований влияния известкования и удобрений на содержание и вынос азота, фосфора и калия растениями кукурузы при выращивании в севообороте на дерново-подзолистой связнопесчаной почве Западного Полесья. Определено, что содержание основных питательных элементов изменялось в пределах 1,63–1,90 и 0,77–0,86 % для азота, 0,51–0,59 и 0,32–0,41 % для фосфора, 0,31–0,45 и 1,24–1,32 % для калия соответственно в основной и побочной продукции в зависимости от варианта исследования. Самые высокие показатели накопления отмечено при совместном применении 1,0 Нг (по гидролитической кислотности) дозы доломитовой муки и минерального питания $N_{120}P_{90}K_{120}$ с добавлением S_{40} и микроудобрения Нутривант Плюс зерновой (2 кг/га). Хозяйственный вынос элементов преимущественно зависел от сочетания компонентов удобрения и доз известкования. Максимальные показатели выноса, которые в 1,8–2,3 раза для основной и 2,0–2,3 раза для побочной продукции превышали данные на контроле, установлены при применении 1,0 Нг дозы доломитовой муки совместно с минеральными удобрениями в норме $N_{120}P_{90}K_{120}$ и добавлением S_{40} , а также S_{40} и микроудобрения Нутривант Плюс зерновой (2 кг/га).

Более стабильным показателем, который позволит корректировать систему питания культуры, является вынос биогенных элементов на единицу основной и соответствующее количество побочной продукции. Установлено, что при известковании и удобрении происходит усиленное потребление азота, фосфора и калия растениями кукурузы, и повышается показатель нормативного выноса. В опыте высокие значения выноса: 33,5 и 32,6 кг/т по азоту, 12,3 и 12,4 фосфору, 26,9 и 24,1 кг/т калию полученные в вариантах комплексного применения 1,0 Нг дозы доломитовой муки, $N_{120}P_{90}K_{120}$ с дополнительным внесением серы, а также серы и микроудобрения.

Ключевые слова: кукуруза, известкование, удобрения, урожайность, азот, фосфор, калий, содержание, вынос элементов.

Removal of nutrients by corn depending on fertilization and liming in Western Polissia**Polovyi V., Yashchenko L., Rovna H.**

The article presents the results of liming and fertilization influence on the content and removal of nitrogen, phosphorus and potassium by maize on sod-podzolic sandy soil of Western Polissia. It was determined that the content of the main nutrients varied within 1.63–1.90 and 0.77–0.86 % for nitrogen, 0.51–0.59 and 0.32–0.41 % for phosphorus, 0.31–0.45 and 1.24–1.32 % for potassium respectively in the main and by-products.

The highest accumulation NPK data were noted in the variant with application a 1.0 dose by hydrolytic acidity (Ha) of dolomite flour and $N_{120}P_{90}K_{120}$ with addition of S_{40} and micronutrient fertilizer Nutrivant Plus Cereals (2 kg/ha). The total uptake of elements mainly depended on the combination of fertilizer components and liming doses.

The maximum removal data were established for variants with a 1.0 dose by Ha of dolomite flour, norms of mineral

fertilizers $N_{120}P_{90}K_{120}$ and the addition of S_{40} , as well as S_{40} and micronutrients fertilizer Nutrivant Plus Cereals (2 kg/ha). These data 1.8–2.3 times for the main product and 2.0–2.3 times for by-products exceeded the control.

A more stable indicator that will make it possible to adjust the crop nutrition system is the removal of nutrients per unit of the main and the corresponding amount of by-products. It was found that with liming and fertilization, the consumption of nitrogen, phosphorus and potassium by corn plants and the normative removal rate increase. In the experiment, high values of removal of 33.5 and 32.6 kg/t of nitrogen, 12.3 and 12.4 kg/t of phosphorus, 26.9 and 24.1 kg/t of potassium were obtained with the integrated application a 1.0 Ha dose by Ha of dolomite flour, $N_{120}P_{90}K_{120}$ with the addition of sulfur, as well as sulfur and trace elements.

Key words: corn, liming, fertilizers, productivity, nitrogen, phosphorus, potassium, elements content, nutrients removal.



Copyright: Польовий В.М., Ященко Л.А., Ровна Г.Ф. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Польовий В.М.

Ященко Л.А.

Ровна Г.Ф.

<https://orcid.org/0000-0002-3133-9803><https://orcid.org/0000-0003-1407-0133><https://orcid.org/0000-0002-7599-5650>