

## ЗАСВОЄННЯ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ З ҐРУНТУ Й МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ КУКУРУДЗОЮ

**Г. М. ГОСПОДАРЕНКО**, доктор сільськогосподарських наук

**І. В. ПРОКОПЧУК**, кандидат сільськогосподарських наук

**В. П. БОЙКО**

Уманський національний університет садівництва

Встановлено вплив тривалого застосування різних доз і співвідношень мінеральних добрив у польовій сівозміні на чорноземі опідзоленому важко суглинковому Правобережного Лісостепу України на вміст основних елементів живлення в зерні та листостебельній масі кукурудзи. Розраховано відносне винесення елементів живлення кукурудзою залежно від системи удобрення.

**Ключові слова:** кукурудза, удобрення, основні елементи живлення, ґрунт, зерно, листостеблова маса.

**Постановка проблеми.** Для подальшого розвитку теоретичних положень оптимізації системи удобрення сільськогосподарських культур у сівозміні та розроблення практичних рекомендацій із застосування добрив, необхідно встановити, який елемент або елементи живлення, обумовлюють їх ефективність; встановити необхідну кількість засвоєних елементів живлення на формування врожаю; встановити частку засвоєних елементів живлення з ґрунту і добрив за різного удобрення [6].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Реалізувати потенційну продуктивність сільськогосподарських культур слід не за допомогою високих доз добрив, а оптимізацією всіх властивостей і життєвих процесів у ґрунті, що забезпечують відновлення його родючості, створення поживного, водного, повітряного режимів відповідно до біологічних вимог рослин і оптимального рівня біологічної активності ґрунту за відсутності негативного зсуву мікробіоценозів [14]. Дози мінеральних добрив повинні відповідати збалансованому живленню рослин всіма біогенними елементами з урахуванням екологічних наслідків їх застосування. Оптимізація доз добрив під окремі культури у спеціалізованих сівозмінах вимагає подальшого вдосконалення методів ґрунтової і комплексної діагностики потреби культур

в окремих елементах. Всі ці питання вимагають подальшого розширення та поглиблення комплексних досліджень, особливо в стаціонарних агрохімічних дослідах.

У довідниках і спеціальних виданнях є дані про витрати поживних речовин на формування одиниці зерна та відповідну кількість листостеблової маси, за якими можна визначити і загальну потребу культури в елементах живлення для формування запланованого врожаю. Але відносне внесення елементів живлення кукурудзою істотно змінюється залежно від ґрунтово-кліматичних умов, величини урожаю, відношення в урожаї між зерном і відповідною кількістю листостеблової маси, якості зерна та гібридних особливостей [11, 18]. Тому, на нашу думку, дані про оптимальний хімічний склад зерна та листостеблової маси слід включати до складу обов'язкових показників якості районованих гібридів кукурудзи, тому що основні показники якості (вміст білка, крохмалю, жиру тощо) значно залежать від вмісту в продукції N, P, K, Ca, Mg та інших елементів, тобто від хімічного складу [12, 20].

Високу продуктивність сільськогосподарських культур можна сформувати лише оптимальним рівнем їх забезпечення елементами живлення. Кореневе живлення рослин залежить не лише від їх біологічних особливостей і забезпечення продуктами фотосинтезу. На нього впливає інтенсивність розвитку кореневої системи, структура та вологість ґрунту, реакція ґрунтового середовища, вміст і співвідношення поживних речовин, активність ґрунтової біоти, кореневі виділення тощо [3]. Тому вважається, що проведення листової діагностики мінерального живлення рослин є недостатнім. Її потрібно уточнювати хімічним аналізом рослин. Встановлено [25], що зміна оптимального вмісту в них елементів живлення на різних типах ґрунтів не перевищує 5 %.

Елементарний склад рослин найбільше залежить від хімічного складу земної кори [2]. Рослини добре реагують на підвищення вмісту рухомих сполук елементів живлення в ґрунті, а тому їх вміст у тканинах змінюється під впливом удобрення [5, 7, 9]. Отже, виникає необхідність уточнення рівнів вмісту елементів живлення в сільськогосподарських культурах у конкретних умовах вирощування та засвоєння їх на формування одиниці врожаю.

**Методика досліджень.** Дослідження проведено в умовах стаціонарного польового досліду [21], закладеному у 2011 році, розміщеному в Правобережному Лісостепу України з географічними координатами за Гринвічем 48° 46' північної широти і 30° 14' східної довготи (табл. 1).

Розміщення варіантів у досліді послідовне. Дослід одночасно

розгорнутий на чотирьох полях, що дає змогу щорічно отримувати дані врожайності всіх культур 4-пільної польової сівозміни (пшениця озима, кукурудза, ячмінь ярий, соя) і виявляти вплив агрометеорологічних чинників на їх продуктивність та ефективність добрив. Повторення досліду триразове. Загальна площа дослідної ділянки 110 м<sup>2</sup>, облікова – 72 м<sup>2</sup>. Фосфорні (суперфосфат гранульований) і калійні добрива (калій хлористий) вносили під зяблевий обробіток ґрунту, азотні (аміачна селітра) – під передпосівну культивуацію та в підживлення.

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі з вмістом гумусу 3,8 %, вміст азоту легкогідролізованих сполук – низький, рухомих сполук фосфору та калію – підвищений рН<sub>KCl</sub> – 5.7.

Збирання врожаю зерна проводили прямим комбайнуванням. Нетоварну частину врожаю культур сівозміни (солома, листкостеблова маса) залишали на полі на добриво.

**Табл. 1. Схема досліду**

Насиченість добривами 1 га площі сівозміни	Сівозміна			
	Пшениця озима	Кукурудза	Ячмінь ярий	Соя
Без добрив (контроль)	–	–	–	–
N <sub>55</sub>	N <sub>75</sub>	N <sub>80</sub>	N <sub>35</sub>	N <sub>30</sub>
N <sub>110</sub>	N <sub>150</sub>	N <sub>160</sub>	N <sub>70</sub>	N <sub>60</sub>
P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	P <sub>60</sub> K <sub>110</sub>	P <sub>60</sub> K <sub>70</sub>	P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>
N <sub>110</sub> K <sub>80</sub>	N <sub>150</sub> K <sub>80</sub>	N <sub>160</sub> K <sub>110</sub>	N <sub>70</sub> K <sub>70</sub>	N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>
N <sub>110</sub> P <sub>60</sub>	N <sub>150</sub> P <sub>60</sub>	N <sub>160</sub> P <sub>60</sub>	N <sub>70</sub> P <sub>60</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>
N <sub>55</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	N <sub>75</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	N <sub>80</sub> P <sub>30</sub> K <sub>55</sub>	N <sub>35</sub> P <sub>30</sub> K <sub>35</sub>	N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>
N <sub>110</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub> (контроль 100% NPK)	N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	N <sub>160</sub> P <sub>60</sub> K <sub>110</sub>	N <sub>70</sub> P <sub>60</sub> K <sub>70</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>
N <sub>110</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	N <sub>150</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	N <sub>160</sub> P <sub>30</sub> K <sub>55</sub>	N <sub>70</sub> P <sub>30</sub> K <sub>35</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>
N <sub>110</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	N <sub>160</sub> P <sub>60</sub> K <sub>55</sub>	N <sub>70</sub> P <sub>60</sub> K <sub>35</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>
N <sub>110</sub> P <sub>30</sub> K <sub>80</sub>	N <sub>150</sub> P <sub>30</sub> K <sub>80</sub>	N <sub>160</sub> P <sub>30</sub> K <sub>110</sub>	N <sub>70</sub> P <sub>30</sub> K <sub>70</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>

Вміст азоту, фосфору та калію в рослинних зразках визначали після мокрого озолення [17]. Для якісного оцінювання тісноти зв'язку між досліджуваними чинниками використовували коефіцієнт кореляції за шкалою R. E. Chaddock [19]: 0,1–0,3 – незначний; 0,3–0,5 – помірний; 0,5–0,7 – істотний; 0,7–0,9 – високий; 0,9–0,99 – дуже високий; 1 – функціональний. Коефіцієнт стабільності досліджуваних показників розраховували за такою

формулою:  $K_{\text{стаб}} = V_{\text{сер}} (\text{max} - \text{min})$ , де:  $V_{\text{сер}}$  – показник середньої величини;  $\text{max} - \text{min}$  – різниця між максимальним і мінімальним значенням показника в досліді.

**Результати досліджень.** Дослідженнями встановлено певні зміни вмісту основних елементів живлення в зерні та листкостебловій масі кукурудзи (табл. 2). Як видно з даних табл. 2, хімічний склад урожаю залежить від особливостей застосування добрив у сівозміні. Складові врожаю суттєво відрізнялися за вмістом азоту. Найбільший його вміст мало зерно – 1,47–1,71 % у перерахунку на суху речовину, а значно менше його містила листкостеблова маса кукурудзи – 0,48–0,78 % залежно від варіанту удобрення.

**Табл. 2. Вміст основних елементів живлення в урожаї кукурудзи залежно від удобрення в польовій сівозміні (2016–2018 рр.), % на суху речовину**

Варіант досліджу	Вміст у					
	зерні			листокостебловій масі		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Без добрив	1,47	0,56	0,40	0,48	0,15	1,24
N <sub>55</sub>	1,55	0,57	0,39	0,59	0,16	1,23
N <sub>110</sub>	1,58	0,58	0,40	0,70	0,16	1,23
P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	1,52	0,60	0,41	0,51	0,17	1,29
N <sub>110</sub> K <sub>80</sub>	1,58	0,58	0,42	0,71	0,16	1,32
N <sub>110</sub> P <sub>60</sub>	1,63	0,64	0,40	0,76	0,19	1,35
N <sub>55</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	1,58	0,62	0,41	0,63	0,17	1,33
N <sub>110</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	1,71	0,64	0,43	0,78	0,20	1,38
N <sub>110</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	1,68	0,62	0,41	0,74	0,18	1,34
N <sub>110</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	1,70	0,64	0,43	0,75	0,20	1,36
N <sub>110</sub> P <sub>30</sub> K <sub>80</sub>	1,70	0,62	0,42	0,73	0,18	1,37

За рахунок удобрення вміст азоту в зерні кукурудзи максимально підвищувався на 16 %, а в листкостебловій масі – на 63 %. Значно менший вміст азоту в сухій речовині листкостеблової маси кукурудзи можна пояснити переміщенням його під час формування врожаю з вегетативних органів у зерно. Проте застосування мінеральних добрив, особливо азотних, сприяло підвищенню вмісту азоту в нетоварній частині врожаю.

Вважається [16, 23], що з основних елементів живлення рослини мають найбільшу здатність регулювати вміст фосфору, але вона є недостатньою, щоб повністю обмежити його засвоєння за високого вмісту в ґрунті.

Дослідження показали (див. табл. 2), що навіть за високих доз внесення

мінеральних добрив ( $N_{110}P_{60}K_{80}$ ), вміст фосфору в зерні кукурудзи підвищувався лише на 14 %. При цьому за внесення азотних добрив живлення рослин кукурудзи фосфором також покращувалось, тоді як впливу калійних добрив не було відмічено.

У вегетативній масі кукурудзи вміст фосфору, порівняно із зерном, був значно менший, проте зміни під впливом удобрення були значними. Так, у листкостебловій масі він підвищувався під впливом високої дози добрив ( $N_{110}P_{60}K_{80}$ ) на 37 %.

Щодо вмісту калію в рослинах, то вчені [4, 8, 15] не мають одностайної думки про вплив ґрунтово-кліматичних умов, рівня застосування добрив та інших чинників. Так, у вегетаційному досліді з 14-ма культурами і концентрацією калію від 0,1 мкмоль до 1 ммоль поживного розчину лише за вмісту понад 95 мкмоль/л простежувалось незначне підвищення його вмісту в органах рослин [1].

Дослідженнями встановлено (див. табл. 2), що на чорноземі опідзоленому вміст калію в зерні та нетоварній частині врожаю змінюються під впливом застосування добрив у сівозміні менш суттєво, ніж азоту та фосфору. Навіть застосування калійних добрив у дозі 80 кг/га д. р. на азотно-фосфорному фоні (варіант  $N_{110}P_{60}K_{80}$ ) підвищувало вміст калію в зерні кукурудзи не більш ніж на 8 %. У листкостебловій масі культури це збільшення було суттєвішим – на 11 %.

Розрахунки показали, що рівень вмісту азоту легкогідролізованих сполук у ґрунті (за методом Корнфілда) істотно впливає на вміст його зерні та листкостебловій масі кукурудзи ( $R^2 = 0,89-0,93$ ), залежність між вмістом рухомих сполук фосфору в ґрунті (за методом Чирикова) та вмістом в рослинах менша – ( $R^2 = 0,56-0,66$ ). Між вмістом рухомих сполук калію в ґрунті (за методом Чирикова) та вмістом калію в зерні й листкостебловій масі спостерігалась відповідно помірна ( $R^2 = 0,46$ ) і незначна ( $R^2 = 0,28$ ) залежність. Це вказує на те, що змінюючи поживний режим ґрунту, можна певних межах регулювати хімічний склад урожаю.

Показники вмісту основних елементів живлення в складових урожаю та його кількість дозволяють розрахувати господарське їх вилучення з ґрунту. Цей показник також залежить від структури урожаю – відношення між зерном і листкостебловою масою.

Розрахунки показали, що в зерні й листкостебловій масі врожаю елементи живлення містяться не лише в різній кількості, але і в різному співвідношенні (табл. 3).

**Табл. 3. Господарське винесення основних елементів живлення культурами сівозміни за різних доз і співвідношень добрив у польовій сівозміні (2016–2018 рр.), кг/га**

Елемент живлення	Варіант досліду										
	Без добрив	N <sub>55</sub>	N <sub>110</sub>	P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	N <sub>110</sub> K <sub>80</sub>	N <sub>110</sub> P <sub>60</sub>	N <sub>55</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	N <sub>110</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	N <sub>110</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	N <sub>110</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	N <sub>110</sub> P <sub>30</sub> K <sub>80</sub>
<b>Зерно</b>											
N	59	97	122	90	133	148	135	192	164	179	1700
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	23	36	45	36	49	58	53	72	60	67	62
K <sub>2</sub> O	16	24	31	24	35	36	35	48	40	45	42
<b>Листкостеблова маса</b>											
N	23	45	65	37	72	83	65	105	87	95	88
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	7	12	15	12	16	21	18	27	21	25	22
K <sub>2</sub> O	61	93	114	92	134	148	137	187	158	173	165
<b>Господарське винесення</b>											
N	83	142	187	127	205	231	200	297	251	274	258
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	30	48	59	48	65	79	71	99	82	93	84
K <sub>2</sub> O	77	117	145	117	169	184	172	235	198	218	207

З основною продукцією кукурудза з ґрунту виносить найбільше азоту, а найменше – калію, з нетоварною частиною врожаю калію виноситься навіть більше, ніж азоту. Слід також зазначити, що із зерном виноситься з ґрунту багато фосфору – 23–72 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/га залежно від варіанту удобрення.

Внесення на 1 га сівозмінної площі N<sub>110</sub>P<sub>60</sub>K<sub>80</sub> порівняно з ділянками без добрив збільшувало винесення з урожаєм кукурудзи азоту на 258 %, фосфору – 230 і калію – на 208 %.

Нині в господарствах рослинницького напряму гостро стоїть проблема органічних добрив. Тому залишення на полях нетоварної частини врожаю є одним із джерел повернення органічного вуглецю в ґрунт. Поряд з вуглецем у ґрунт повертаються й елементи живлення. За даними [10], заорювання 4 т/га нетоварної продукції у ланці сівозміни соя–овес–кукурудза дозволяє компенсувати витрати азоту на формування урожайності на 43 %, фосфору – 35, калію – 90 % та підвищує урожайність культур на 15 %.

Як видно з даних табл. 3, з листкостебловою масою кукурудзи у ґрунт може повертатися значна кількість елементів живлення від їх господарського винесення врожаєм. З практичного погляду для розрахунку доз добрив

важливо знати, яка частка елементів живлення, що була використана для формування господарського врожаю, повертається в ґрунт у разі залишення на полі на добриво нетоварної продукції.

Розрахунки показали, що з листкостебловою масою кукурудзи у ґрунт повертається 28–35 % азоту від господарського винесення врожаєм залежно від варіанту досліду. При цьому слід зазначити, що коефіцієнт повернення зростає з покращенням умов мінерального живлення рослин, особливо азотного. Багато повертається й фосфору – 23–27 % залежно від варіанту досліду. Коефіцієнт повернення калію з нетоварною частиною врожаю кукурудзи є найвищим і становить 0,79–0,80. Відомо, що калій в рослинах не утворює складних органічних сполук, а тому після надходження в ґрунт буде легкодоступним наступним культурам сівозміни. Це потрібно врахувати при розробленні системи застосування калійних добрив у сівозміні.

Для розрахунку доз добрив користуються показником господарського винесення елементів живлення запланованим урожаєм, хоч це і не відповідає біологічним вимогам культур для його формування. При цьому вважають, що частину елементів живлення рослини візьмуть з ґрунту, а з метою оптимізації їх живлення та відновлення ґрунтової родючості потрібно повернути лише ті, які будуть витрачені на формування основного і нетоварного врожаю.

Для практичних розрахунків зазвичай використовують показники відносного винесення елементів живлення на одиницю основної і відповідну кількість нетоварної частини врожаю. Ці показники відносно стабільні, що пояснюється законами постійності хімічного складу рослин і їх вибірковою здатністю поглинати поживні речовини [13, 22]. Показники відносного винесення елементів живлення на одиницю врожаю необхідно постійно уточнювати з врахуванням ґрунтово-кліматичних умов регіону, сортів і гібридів культури, оскільки вони відрізняються за генотипом, хімічним складом, відношенням товарного врожаю до відповідної кількості нетоварного. Так, за узагальненими даними географічної мережі дослідів [24] вміст азоту, фосфору і калію на неудобрених і удобрених ділянках відрізнявся відповідно на 14; 3 і 13 %, а на неудобрених ділянках між зонами дерново-підзолистих, каштанових і чорноземних ґрунтів відповідно на 37; 57 і 80 %. При цьому витрати поживних речовин на одиницю врожаю за високих доз добрив збільшуються. На думку Б. С. Носка [13], за оптимальний потрібно брати показник вмісту і відносного їх винесення, що відповідає максимальному високоякісному врожаєві. Ці показники також важливі для розрахунку балансу елементів живлення за умови різного використання нетоварної частини врожаю (на добриво, корм чи підстилку для худоби, тощо).

Дані табл. 4 показують, що показники відносного винесення елементів живлення кукурудзою залежать від системи удобрення. Винесення азоту зерном кукурудзи залежно від удобрення змінюється найістотніше з основних елементів живлення – від 12,6 до 14,6 кг/т.

**Табл. 4. Відносне винесення основних елементів живлення зерном і листостебловою масою кукурудзи з ґрунту залежно від доз і співвідношення добрив (2016–2018 рр.), кг/т**

Варіант досліджу	Продукція					
	зерно			листокстеблова маса		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Без добрив	12,6	4,8	3,4	4,13	1,29	10,7
N <sub>55</sub>	13,2	4,9	3,3	5,07	1,38	10,6
N <sub>110</sub>	13,5	5,0	3,4	6,02	1,38	10,6
P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	13,0	5,1	3,5	4,39	1,46	11,1
N <sub>110</sub> K <sub>80</sub>	13,5	4,9	3,6	6,11	1,38	11,3
N <sub>110</sub> P <sub>60</sub>	13,9	5,5	3,4	6,54	1,63	11,6
N <sub>55</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	13,5	5,3	3,5	5,42	1,46	11,4
N <sub>110</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	14,6	5,5	3,7	6,71	1,72	11,9
N <sub>110</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	14,4	5,3	3,5	6,36	1,55	11,5
N <sub>110</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	14,5	5,5	3,7	6,45	1,72	11,7
N <sub>110</sub> P <sub>30</sub> K <sub>80</sub>	14,5	5,3	3,6	6,28	1,55	11,8

Показники винесення фосфору і калію з 1 т зерна кукурудзи є стабільними. Винесення фосфору частково зростає за покращення умов фосфорного живлення рослин.

З одиницею нетоварної частини врожаю, порівняно із зерном, кукурудза виносять з ґрунту менше азоту й фосфору, але значно більше калію.

Як уже зазначалось у практиці для розрахунку доз добрив, особливо за умови видалення нетоварної частини врожаю з поля використовується показник винесення елементів живлення на одиницю основної і відповідну кількість нетоварної продукції. Винесення основних елементів живлення з 1 т зерна та відповідною кількістю листостеблової маси не постійна величина, а змінюється в широких межах залежно від рівня врожайності, доз добрив і ґрунтово-кліматичних умов. У табл. 5 наведено узагальнені дані витрат елементів живлення на формування одиниці врожаю кукурудзи. Як видно з цих даних, найбільше змінюється цей показник відносно азоту.



Як видно з даних табл. 5, з 1 т зерна кукурудза виносить у середньому 13,7 кг азоту, тоді як з 1 т листкостеблової маси лише 5,8 кг. Витрати фосфору на формування врожаю зерна й відповідної кількості листкостеблової маси, порівняно з азотом і калієм, незначні – 7,0 кг/га

**Табл. 5. Відносне винесення основних елементів живлення врожаєм кукурудзи з ґрунту залежно від доз і співвідношень добрив у польовій сівозміні, 2016–2018 рр.**

Елемент живлення	Винесення з 1 т, кг		
	зерна	листокостеблової маси	зерна й відповідної кількості листкостеблової маси
Азот (N)	<u>13,7</u> 12,6–14,6	<u>5,8</u> 4,1–6,7	<u>20,6</u> 17,6–22,2
Фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	<u>5,2</u> 4,8–5,5	<u>1,5</u> 1,30–1,7	<u>7,0</u> 6,3–7,6
Калій (K <sub>2</sub> O)	<u>3,5</u> 3,4–3,7	<u>11,3</u> 10,7–11,9	<u>17,0</u> 16,2–18,0

*Примітка.* Над рискою – середнє значення, під рискою – діапазон змін.

На формування урожаю одиниці товарної і відповідну кількість нетоварної продукції кукурудза засвоює елементи живлення у такому співвідношенні N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O: – 1 : 0,3 : 0,8. Показник відносного винесення основних елементів живлення різними частинами урожаю кукурудзи має неоднакову стабільність (табл. 6).

**Табл. 6. Коефіцієнт стабільності відносного винесення елементів живлення кукурудзою**

Елемент живлення	Винесення з одиницею		
	зерна	листокостеблової маси	зерна і відповідної кількості листкостеблової маси
Азот	6,9	2,2	4,5
Фосфор	7,4	3,8	5,4
Калій	11,6	9,4	9,4

Це пояснюється законами генетичної спадковості рослин. Так, найстабільнішим є вміст азоту й фосфору в листкостебловій масі. Коефіцієнт стабільності калію залежно від продукції змінювався в межах 9,4–11,6.

## **Висновки.**

1. Вміст основних елементів живлення в урожаї кукурудзи істотно залежить від поживного режиму ґрунту. Особливо це стосується азоту і в меншій мірі калію.

2. У господарському вилученні елементів живлення з урожаєм зерна кукурудзи найбільшу частку складає азот (59–192 кг/га), потім – фосфор – 23–72 кг/га  $P_2O_5$  залежно від варіанту дослідів.

3. З листкостебловою масою врожаю кукурудзи у ґрунт від господарського винесення повертається 28–36 % азоту, 23–27 – фосфору і 79–80 % калію залежно від варіанту дослідів.

4. На формування одиниці врожаю зерна та відповідної кількості листкостеблової маси кукурудза засвоює N,  $P_2O_5$  і  $K_2O$  у такому співвідношенні: 1 : 0,3 : 0,8.

## **Література**

1. Acher C. I., Ozanne P. L. Calcium and potassium content of plant in solution cultures maintained at constant potassium concentration. Soil Sci. 1963. V. 103. p. 155.

2. Вибрані праці академіка В. І. Вернадського. Київ, 2011. Т. 1. Кн. 2. 584 с.

3. Господаренко Г. М. Агрохімія. Київ: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2018. 560 с.

4. Господаренко Г. М. Основні принципи побудови системи удобрення в польовій сівоzmіні. Агрохімія і ґрунтознавство (спецвипуск). Кн. 3. Харків, 2002. С. 200–203.

5. Діагностика стану хімічних елементів системи ґрунт–рослина. За ред. А. І. Фатєєва. В. П. Самохвалової. Харків: КП «Міськдрук», 2012. 146 с.

6. Єщенко В. О., Опришко В. П. Екологічні основи проектування польових сівоzmін. Зб. наук. праць Уманського с.-г. інституту. Київ: Сільгоспосвіта, 1994. С. 31–36.

7. Загорча К. Л. Оптимизация системы удобрения в полевых севооборотах. Кишенев: Штиинца, 1990. 288 с.

8. Ивойлова А. В., Шильников И. А., Шелкунова А. В. Вынос N, P, K и Ca культурами зернопашного севооборота. Агрoхимия. 1990. №1. С. 26–32.

9. Ильин В. Б. Элементарный химический состав растений. Новосибирск: Наука, 1985. 129 с.

10. Клименко І. І. Вплив системи удобрення на продуктивність культур ланки зерно-просапної сівоzmіни та родючість темно-сірого опідзоленого ґрунту: автореф. дис. канд. ... с.-г. наук. Київ, 2015. 22 с.

11. Кравченко Р. В. Агробиологическое обоснование получения стабильных урожаев зерна кукурузы в условиях степной зоны Центрального Предкавказья. Ставрополь, 2010. 208 с.

12. Кукуруза (выращивание, уборка, консервирование и использование) / Д. Шпаар [и др.]. Москва: ИД ООО «DLV АГРОДЕЛО», 2009. 390 с.

13. Максимович А. Е. Химия сахарной свеклы в первый год жизни. Физиология сельскохозяйственных растений. Т. III. Физиология сахарной свеклы. Москва: Изд-во МГУ, 1968. С. 328–380.

14. Минеев В. Г., Ремпе Е. Х. Экологические последствия длительного применения повышенных и высоких доз минеральных удобрений. Агрохимия. 1991. №3. С. 35–48.

15. Нікітіна О. В. Зміна калійного стану чорнозему опідзоленого за тривалого застосування добрив у польовій сівозміні в умовах Правобережного Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Харків, 2017. 23 с.

16. Носко Б. С. Фосфор у ґрунтах і землеробстві України. Харків: ФОП «Бровін О. В.», 2017. 476 с.

17. Рослини. Визначення загальних форм азоту, фосфору і калію в одній наважці рослинного матеріалу: МВВ 31–497058–019–2005. Методика визначення складу та властивостей ґрунтів. Харків: Типографія №13, 2005. Кн. 2. С. 189–208.

18. Семина С. А., Анохина Е. К. Формирование продуктивности агроценоза кукурузы в зависимости от приемов возделывания. Нива Поволжья. 2013. №3(28). С. 59–64.

19. Синицький О. М., Батюк О. Я. Економетія. Львів: Сполом, 2011. 210 с.

20. Справочник по зерновым культурам / Под ред. И. М. Карасюка. Киев: Урожай, 1991. 320 с.

21. Стаціонарні польові дослідження України. Київ: Аграрна наука, 2014. 146 с.

22. Ткаченко М. А., Драч Ю. О. Видове генотипове співвідношення елементів живлення як основа оптимізації удобрення сільськогосподарських культур. Зб. наук. пр. ННЦ «Інститут землеробства НААН». 2016. Вип. 1 С. 113–123.

23. Туева О. Ф. Фосфор в питании растений. Москва: Наука, 1966. 296 с.

24. Юркин С. Н., Пименов Е. А., Макаров Н. Б. Почвенно-зональные различия расхода питательных веществ в связи с применением удобрений. Агрохимия. 1979. №12. С. 127–130.

25. Ягодин Б. А., Буторина Е. П., Феофанов С. Н. Уточнение некоторых вопросов применения тканевой диагностики в регулировании азотного

питания озимой пшеницы. *Агрохимия*. 1993. №4. С. 19–28.

### References

1. Acher C. I., Ozanne P. L. Calcium and potassium content of plant in solution cultures maintained at constant potassium concentration. *Soil Sci.* 1963. V. 103. p. 155.
2. Selected works of Academician V.I. Vernadsky. Kyiv, 2011. Vol. 1. Book. 2. 584 p. (in Ukrainian).
3. Hospodarenko H.M. *Agrochemistry*. Kiev: SIC GROUP UKRAINE LLC, 2018. 560 p. (in Ukrainian).
4. Hospodarenko H. M. Basic principles of construction of fertilizer system in field rotation. *Agrochemistry and Soil Science (special issue)*. Book. 3. Kharkiv, 2002. S. 200–203. (in Ukrainian).
5. Diagnosis of the state of chemical elements of the soil-plant system. Edited A.I. Fateeva. V.P. Samokhvalova. Kharkiv: KP «Misdruk», 2012. 146 p. (in Ukrainian).
6. Yyshchenko V.O., Opryshko V.P. Ecological bases of field crop rotation design. Coll. Sciences. works of the Umansky agricultural community. of the Institute. Kyiv: Agriculture, 1994. pp. 31–36. (in Ukrainian).
7. Zagorcha K. L. Optimization of the fertilizer system in field crop rotation. Kishenev: Shtiintsa, 1990. 288 p. (in Russian).
8. Ivoylova A. V., Shilnikov I. A., Shelkunova A. V. Removal of N, P, K and Ca by crops of crop rotation. *Agrochemistry*. 1990. No. 1. pp. 26–32. (in Russian).
9. Ilyin V.B. Elementary chemical composition of plants. Novosibirsk: Nauka, 1985. 129 p. (in Russian).
10. Klimenko I.I. Influence of the fertilizer system on the productivity of crops of the link of grain-tilled crop rotation and fertility of dark gray podzolized soil: author. diss. Cand. ... Pg. Sciences. Kyiv, 2015. 22 p. (in Ukrainian).
11. Kravchenko R. V. Agrobiological substantiation of obtaining stable corn grain crops in the conditions of the steppe zone of the Central Ciscaucasia. Stavropol, 2010. 208 p. (in Russian).
12. Corn (growing, harvesting, canning and use) / D. Shpaar [et al.]. Moscow: Publishing House of DLV AGRODELO LLC, 2009. 390 p. (in Russian).
13. Maksimovich A.E. Chemistry of sugar beets in the first year of life. *Physiology of agricultural plants. T. III. Physiology of sugar beet*. Moscow: Moscow State University Publishing House, 1968. pp. 328–380. (in Russian).
14. Mineev V. G., Rempe E. Kh. Ecological consequences of prolonged use of elevated and high doses of mineral fertilizers. *Agrochemistry*. 1991. no3. p.

35–48. (in Russian).

15. Nikitina O.V. Changing in potassium state of chernozem podzolized for long-term use of fertilizers in field rotation in the conditions of the Right-bank Forest Steppe of Ukraine: author. diss. ... Cand. agricultural Sciences. Kharkiv, 2017. 23 p. (in Ukrainian).

16. Nosko B.S. Phosphorus in soils and agriculture of Ukraine. Kharkiv: FOP «Brovin O.V.», 2017. 476 p. (in Ukrainian).

17. Plants. Determination of general forms of nitrogen, phosphorus and potassium in one sample of plant material: MVB 31–497058–019–2005. Methods for determining the composition and properties of soils. Kharkov: Typography No. 13, 2005. Book. 2. S. 189–208. (in Ukrainian).

18. Semina S. A., Anokhina E. K. Formation of productivity of maize agrocenosis depending on cultivation techniques. *Niva Volga*. 2013. No3 (28). S. 59–64. (in Russian).

19. Synitsky O.M., Batiuk O.J. Economometia. Lviv: Spom, 2011. 210 p.

20. Handbook of grain crops / Ed. I.M. Karasyuk. Kiev: Harvest, 1991. 320 p.

21. Stationary field experiments of Ukraine. Kyiv: Agrarian Science, 2014. 146 p.

22. Tkachenko M.A, Drach Y.A. Specific genotypic ratio of nutrients as a basis for optimization of crop fertilizers. Coll. Sciences. Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences of Ukraine. 2016. Vyp. 1, pp. 113–123.

23. Tueva O. F. Phosphorus in plant nutrition. Moscow: Nauka, 1966. 296 p.

24. Yurkin S. N., Pimenov E. A., Makarov N. B. Soil-zonal differences in the consumption of nutrients in connection with the use of fertilizers. *Agrochemistry*. 1979. no. 12. pp. 127–130.

25. Yagodin B. A., Butorina E. P., Feofanov S. N. Clarification of some issues of tissue diagnosis in the regulation of nitrogen nutrition of winter wheat. *Agrochemistry*. 1993. no. 4. pp. 19–28.

#### *Аннотация*

***Господаренко Г. Н., Прокопчук И. В., Бойко В. П.***

***Усвоение основных элементов питания из почвы и минеральных удобрений кукурузой***

*В статье было установлено, что химический состав урожая зависит от особенностей применения удобрений в севообороте. Составляющие урожая существенно отличались по содержанию азота. Наибольший его содержание мало зерно – 1,47–1,71% в пересчете на сухое вещество, а значительно меньше его содержала листостеблевая масса кукурузы – 0,48–0,78% в зависимости от варианта удобрения. За счет удобрения содержание азота в зерне кукурузы максимально повышалось на 16%, а в листостеблевой массе – на 63%.*

*Применение калийных удобрений в дозе 80 кг / га д. в. на азотно-фосфорном фоне (вариант N<sub>110</sub>P<sub>60</sub>K<sub>80</sub>) повышало содержание калия в зерне кукурузы не больше чем на 8%. В листостебельной массе культуры это увеличение было существенным – на 11%.*

*С основной продукцией кукуруза из почвы выносит больше азота, а наименьшее – калия, с нетоварной частью урожая калия выносятся даже больше, чем азота. Следует также отметить, что с зерном выносятся из почвы много фосфора – 23–72 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/га в зависимости от варианта удобрения.*

*Внесение на 1 га площади севооборота N<sub>110</sub>P<sub>60</sub>K<sub>80</sub> по сравнению с участками без удобрений увеличивало выноса с урожаем кукурузы азота на 258%, фосфора – 230 и калия – на 208%.*

*На формирование урожая единицы товарной и соответствующее количество нетоварной продукции кукуруза усваивает элементы питания в таком соотношении N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: K<sub>2</sub>O: – 1: 0,3: 0,8. Показатель относительного выноса основных элементов питания различными частями урожая кукурузы имеет неодинаковую стабильность.*

**Ключевые слова:** кукуруза, удобрения, основные элементы питания, почву, зерно, листостебельной масса.

#### **Annotation**

**Hospodarenko H.M., Prokopchuk I.V., Boyko V.P.**

#### **Assimilation of basic nutrients from soil and mineral fertilizers by corn**

*The article found that the chemical composition of the crop depends on the application of fertilizers in rotation. The components of the crop differed significantly in nitrogen content. Its largest content was grain - 1.47–1.71% in terms of dry matter, and much less was contained in the leaf-stem weight of corn - 0.48–0.78%, depending on the fertilizer variant. Due to fertilization, the nitrogen content of corn increased by 16% and 63%, respectively. The use of potassium fertilizers at a dose of 80 kg / ha a year on nitrogen-phosphorus background (variant N<sub>110</sub>P<sub>60</sub>K<sub>80</sub>) increased the potassium content of corn by no more than 8%. In the deciduous mass of culture this increase was more significant - by 11%.*

*With the main production of corn from the soil it makes the most nitrogen and the least potassium, with the non-market part of the crop potassium is carried out even more than nitrogen. It should also be noted that a lot of phosphorus is taken from the soil - 23–72 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> / ha depending on the fertilizer variant.*

*The application of 1 ha of crop rotation area N<sub>110</sub>P<sub>60</sub>K<sub>80</sub> compared to the areas without fertilizers increased the removal of maize nitrogen by 258%, phosphorus - 230 and potassium - by 208%.*

*For the formation of the crop unit of the commodity and the corresponding amount of non-marketable production of corn assimilates the batteries in the following ratio N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: K<sub>2</sub>O: - 1: 0.3: 0.8. The indicator of relative carrying out of the basic nutrients of different parts of the corn crop has unequal stability.*

**Key words:** corn, fertilizers, basic nutrients, soil, grain, leaf-stem mass.