



**Г. М. Господаренко,**  
доктор с.-г. наук, професор кафедри агрохімії і ґрунтознавства,  
Уманський національний університет садівництва (м. Умань),  
Україна  
E-mail: Hospodarenko@gmail.com



**І. В. Прокопчук,**  
кандидат с.-г. наук,  
Уманський національний університет садівництва  
(м. Умань), Україна



**В. І. Невлад,**  
кандидат с.-г. наук,  
доцент кафедри агрохімії і ґрунтознавства,  
Уманський національний університет садівництва  
(м. Умань), Україна



**В. П. Бойко,**  
викладач кафедри агрохімії і ґрунтознавства,  
Уманський національний університет садівництва  
(м. Умань), Україна

## БАЛАНС КАЛІЮ У ҐРУНТІ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ КАЛІЙДЕФІЦИТНОЇ СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ

**Анотація.** Встановлено вплив тривалого застосування калійдефіцитної системи удобрення в польовій сівозміні (пшениця озима, кукурудза, ячмінь ярий, соя) на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому Правобережного Лісостепу України на вміст калію в рослинах, витрати його на формування одиниці врожаю, розраховано баланс калію та комплексно оцінено ефективність застосування різних доз калійних добрив. Встановлено, що вміст калію в зерні й насінні сільськогосподарських культур під впливом калійних добрив змінюється не більш ніж на 8 %, тоді як у соломі і стебелінні – на 10–24 % залежно від варіанту досліду. Показано, що в незерновій частині врожаю міститься значна частина калію – 50–80 % від господарського винесення залежно від культури. Розраховано, що у разі залишення її на полі на добриво у варіанті досліду Фон +  $K_{80}$  це компенсує витрати калію на 71 %. За внесенням  $K_{40}$  і  $K_{80}$  на тлі внесення  $N_{110}P_{60}$  та залишення нетоварної частини урожаю культур на полі на добриво баланс калію в ґрунті формується додатним з інтенсивністю відповідно 111 і 212 %. За індексом комплексного оцінювання, який враховує сім показників: окупність 1 кг д. р. мінеральних добрив; додатково умовно чистий прибуток; чистий енергетичний прибуток; баланс гумусу та інтенсивність балансу азоту, фосфору і калію, найліпшим варіантом досліду є застосування на 1 га площі польової сівозміни  $N_{110}P_{60}K_{40}$ . Це свідчить про можливість тимчасового зниження дози калійних добрив у польовій сівозміні на чорноземі опідзоленому важко суглинковому у Правобережному Лісостепу України.

**Ключові слова:** баланс калію, чорнозем опідзолений, удобрення, польова сівозміна, продуктивність.

**H. M. Hospodarenko,**

Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agricultural Chemistry and Soil Science, Uman National Horticulture University (Uman), Ukraine

**I. V. Prokopchuk,**

PhD of Agricultural Sciences

**V. I. Nevlad,**

PhD of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agricultural Chemistry and Soil Science, Uman National Horticulture University (Uman), Ukraine

**V. P. Boiko,**

Teacher of the Department of Agricultural Chemistry and Soil Science, Uman National Horticulture University (Uman), Ukraine

### POTASSIUM BALANCE IN THE SOIL AND THE EFFECTIVENESS OF POTASSIUM DEFICIENCY SYSTEM OF FERTILIZATION

**Abstract.** The influence of long-term application of potassium-deficient fertilizer system in the field crop rotation (winter wheat, corn, spring barley, soybeans) on podzolic heavy loam black earth of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine on potassium content in plants, its costs for formation of one unit of the harvest was determined; potassium balance was calculated and the effectiveness of different doses of potassium fertilizers was comprehensively assessed. It was found that the potassium content in grains and seeds of agricultural crops under the influence of potassium fertilizers varies by no more than 8%, while in straw and stalks - by 10-24% depending on the variant of the experiment. It is shown that the non-grain part of the crop contains a significant part of potassium - 50-80% of economic removal depending on the crop. It is calculated that if it is left in the field for fertilizer in the variant of the experiment Basis +  $K_{80}$ , it compensates for the consumption of potassium by 71%. By applying  $K_{40}$  and  $K_{80}$  on the basis of applying  $N_{110}P_{60}$  and leaving the non-commodity

part of the crop in the field for fertilizer, the balance of potassium in the soil is formed positive with intensity of 111 and 212%, respectively. According to the index of complex assessment, which takes into account seven indicators: payback of 1 kg of mineral fertilizers; additionally conditionally net profit; net energy profit; humus balance and intensity of nitrogen, phosphorus and potassium balance, the best variant of the experiment is application of  $N_{110}P_{60}K_{40}$  per 1 ha of field crop rotation area. This indicates the possibility of a temporary reduction in the dose of potassium fertilizers in field crop rotation on podzolic heavyloam black earth in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

**Key words:** potassium balance, podzolic black earth, fertilization, field crop rotation, productivity.

**Постановка проблеми.** Для уточнення теоретичних положень оптимізації удобрення калієм у сівозміні та окремих сільськогосподарських культур, необхідно встановити, як змінюються агрохімічні властивості ґрунту під дією різних доз калійних добрив, кількісне засвоєння і витрати калію на формування врожаю, його участь у формуванні врожаю та ефективності системи удобрення.

Аналіз останніх досліджень. Для розрахунку балансу елементів живлення і доз добрив у конкретних умовах вирощування виникає необхідність уточнення оптимальних рівнів вмісту елементів живлення в сільськогосподарських культурах. Відомо [1], що елементарний склад рослин найбільше залежить від хімічного складу земної кори, а також доступності їх з ґрунту та добрив [5, 7].

Щодо впливу ґрунтово-кліматичних умов, рівня застосування добрив та інших чинників на вміст калію в рослинах, то вчені [8, 13] не мають єдиної думки. 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 простежувались незначні зміни його вмісту в рослинах [24].

Для розрахунку доз добрив зазвичай використовують показник відносного винесення калію на одиницю основної і відповідну кількість нетоварної частини врожаю. Цей показник відносно стабільний [3, 13, 19], але його 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 [22] вміст калію на неудобрених і удобрених ділянках відрізнявся на 13 %, а на неудобрених ділянках між зонами дерново-підзолистих, каштанових і чорноземних ґрунтів на 80 %.

Зазвичай витрати поживних речовин на формування одиниці врожаю за високих доз добрив збільшуються. На думку Б. С. Носка [14], за оптимальний потрібно брати показник, що відповідає високому та якісному врожаєві.

ґрунти України на площі 70 % мають підвищений і високий вміст рухомих сполук калію. Вважається [11], що для відновлення їх калійного режиму необхідно щорічно вносити з добривами 35 кг/га  $K_2O$ . На чорноземах Лісостепу розраховану балансовим методом дозу калійних добрив за органо-мінеральної системи удобрення можна зменшити на 20 % [21]. На чорноземах типових, вилужених і опідзолених з вмістом рухомих сполук калію 80–180 мг/кг (за методом Чирікова) у районах нестійкого зволоження повернення вилученого з урожаєм калію повинно бути на рівні 40–60 % [3].

**Мета статті** – висвітлено питань доцільності застосування калійдефіцитної системи удобрення на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому в Правобережному Лісостепу на продуктивність польової сівозміни.

**Методика досліджень.** Дослідження проведено в умовах стаціонарного польового досліді [18], закладеному у 2011 році в Правобережному Лісостепу України з географічними координатами за Гринвічем  $48^{\circ} 46'$  північної широти і  $30^{\circ} 14'$  східної довготи.

Дослід закладено на дослідному полі Уманського НУС одночасно на чотирьох полях з послідовним розміщенням варіантів і триразовим повторенням. Загальна площа дослідної ділянки 110 м<sup>2</sup>, облікова – 72 м<sup>2</sup>. У варіанті досліді виробничого контролю доза добрив розрахована за середньорічним господарським винесенням основних елементів живлення культурами сівозміни. Схему досліді складено так, щоб за результатами проведених

досліджень можна було визначити доцільність зниження доз калійних добрив.

Відповідно до схеми досліді застосовували такі види мінеральних добрив: аміачна селітра, суперфосфат гранульований і калій хлористий. Фосфорні та калійні добрива вносили під зяблевий обробіток ґрунту, азотні – під передпосівну культивування та в підживлення пшениці озимої. Вирощували пшеницю озиму сорту Місія одеська, ячмінь ярий сорту Командор, сою сорту Аннушка і гібрид кукурудзи ДКС 3730.

Збирання врожаю зерна й насіння проводили прямим комбайнуванням. Нетоварну частину врожаю культур сівозміни (солому, стебелиння) залишали на полі на добриво.

Для комплексного оцінювання системи удобрення в польовій сівозміні визначали і розраховували низку показників. У ґрунтових зразках визначали: вмісту загального вуглецю за методом Тюрина в модифікації Симакова згідно з ДСТУ 4289:2004; вміст азоту легкогідролізованих сполук за методом Корнфілда згідно з ДСТУ 7863:2015; рухомі сполуки фосфору й калію – за модифікованим методом Чирікова згідно з ДСТУ 4115-2002.

У рослинних зразках визначали: вміст сухої речовини – термогравіметричним методом; вмісту загальних форм азоту, фосфору, калію методом мокрого озонення за МВВ 31-497058-019-2005 [10].

Для спрощення розрахунків балансу елементів живлення скоротили кількість статей як у частині надходження, так і їх вилучення [4].

Економічну ефективність застосування добрив розраховували за загальноприйнятими методиками, з урахуванням витрат за технологічними картами та реалізаційних цін IV кварталу 2020 р. [17]; енергетичну ефективність – за методикою О. К. Медведовського та П. І. Іваненка [11].

Індекс комплексного оцінювання (ІКО) системи удобрення в польовій сівозміні розраховували за формулою

$$ІКО = \sqrt[n]{\frac{\Phi_1}{O_1} + \frac{\Phi_2}{O_2} + \dots + \frac{D_1}{\Phi_1} + \frac{D_2}{\Phi_2} + \dots}$$

де  $\Phi$  – фактичне значення показника;  $O$  – оптимальне значення показника;  $D$  – допустиме значення показника.

Оптимальні та допустимі значення окремих показників визначали з урахуванням типових нормативів коефіцієнтів повернення елементів живлення від винесення врожаєм і екологічно безпечних нормативів інтенсивності балансу фосфору і калію залежно від вмісту їх рухомих сполук у ґрунті [3]. При цьому, з урахуванням вмісту в ґрунті азоту легкогідролізованих сполук (за методом Корнфілда), рухомих сполук фосфору і калію (за методом Чирікова), вважали що екологічно безпечна інтенсивність балансу азоту, фосфору і калію відповідно становить 120; 130 і 70 %.

Для статистичної обробки результатів досліджень і визначення достовірності одержаних експериментальних даних використовували пакет стандартних програм (ПК «Agrostat», MSOfficeExcel).

**Основні результати досліджень.** Дослідженнями встановлено, що під впливом тривалого застосування різних доз калійних добрив проходять певні зміни вмісту калію в основній і нетоварній частині врожаю культур сівозміни (табл. 1).

Як видно з даних табл. 2, вміст калію в основній і нетоварній частині врожаю, вирощеного на чорноземі опідзоленому, змінювався під впливом удобрення не суттєво. Навіть застосування в сівозміні калійних добрив у дозі 80 кг д. р./(га · рік) на азотно-фосфорному тлі

Таблиця 1

**Вміст калію ( $K_2O$ ) в урожаї культур залежно від удобрення в польовій сівозміні, 2016–2018 рр.**

Варіант дослідження	Культура сівозміни			
	Пшениця озима	Кукурудза	Ячмінь ярий	Соя
<i>вміст в основній продукції, % на суху речовину</i>				
Без добрив (контроль)	0,49	0,40	0,54	1,27
$N_{110}P_{60}$ – фон	0,56	0,40	0,60	1,29
Фон + $K_{40}$	0,54	0,43	0,61	1,42
Фон + $K_{80}$	0,56	0,43	0,61	1,46
$HIP_{05}$	0,02	0,01	0,03	0,08
<i>вміст у нетоварній продукції, % на суху речовину</i>				
Без добрив (контроль)	0,82	1,24	0,91	1,19
$N_{110}P_{60}$ – фон	1,00	1,35	0,99	1,19
Фон + $K_{40}$	0,96	1,36	1,08	1,27
Фон + $K_{80}$	1,02	1,38	1,12	1,31
$HIP_{05}$	0,06	0,08	0,06	0,07

підвищувало вміст калію в зерні та насінні культур сівозміни не більш ніж на 8 %. У соломі культур це збільшення було суттєвим – на 10–24 % залежно від культури.

Між вмістом рухомих сполук калію в ґрунті та в урожаї була незначна кореляційна залежність, проте в насінні сої і соломі ячменю ярого і сої вона чітко простежувалась ( $R^2 = 0,53-0,68$ ).

Для розрахунку доз добрив важливо знати, яка частка калію, що була використана для формування господарського врожаю, повертається в ґрунт у разі залишення на полі на добриво соломи і стебеління. Як видно з даних табл. 2, з нетоварною продукцією у ґрунт може повертатися значна кількість калію від його господарського винесення. Коефіцієнт його повернення є досить високим – 0,50–0,80 залежно від культури сівозміни.

Відомо, що калій у рослинах не утворює складних органічних сполук, а тому після їх надходження в ґрунт він буде легкодоступним наступним культурам сівозміни. Це потрібно врахувати при розробленні системи застосування калійних добрив.

Для розрахунку доз добрив зазвичай користуються показником господарського винесення калію запланованим урожаем, хоч це і не відповідає біологічним вимогам культур для його формування. При цьому вважають, що частину калію рослини візьмуть з ґрунту, а з метою оптимізації їх живлення та відновлення ґрунтової родючості потрібно повернути лише ті, які витрачені на формування основного і нетоварного врожаю [3].

Як видно з даних табл. 3, вилучення калію із зерном і насінням у середньому за дві ротації сівозміни

було незначним (17,2–37,8 кг/(га·рік) сівозмінної площі) і збільшувалося у два рази за внесення повного мінерального добрива. Баланс калію у варіантах дослідження з внесенням калійних добрив у дозі 40 і 80 кг/га д. р. формувався додатним з інтенсивністю відповідно 111 і 212 %.

Застосування на добриво нетоварної продукції культур сівозміни без додаткового внесення мінеральних добрив, компенсує витрати калію на формування врожаю на 69 % та не забезпечує оптимальних параметрів калійного режиму ґрунту. У варіанті Фон +  $K_{80}$  цей показник відповідно становить 71 %.

Сучасне рослинництво характеризується значними витратами техногенної енергії. Особливо вони великі на виробництво та застосування добрив, які, як відомо, в цій галузі становлять більш як 50 %. Тому встановлення економічно виправданих доз добрив є одним з важливих важелів виходу сільського господарства України з кризового стану. Складність розрахунку економічної ефективності полягає у диспаратності та нестабільності цін на добрива і продукцію рослинництва, а також неможливості врахувати їх післядію. Найбільш достовірну та діалектично взаємозв'язану інформацію з цих питань одержують у тривалих стаціонарних дослідженнях.

Нині добрива є найсуттєвішим чинником підвищення врожаю культур. При цьому не викликає сумніву і те, що за економічно обґрунтованої дози добрив проблема полягає у формуванні не якомога більшого врожаю, а такого, який забезпечує найліпші економічні показники [9, 20].

Зазвичай вважається, що найефективнішою системою удобрення є та, що забезпечує максимальний

Таблиця 2

**Відносне винесення калію ( $K_2O$ ) врожаєм сільськогосподарських культур за різного удобрення в польовій сівозміні, 2016–2018 рр.**

Культура	Винесення з 1 т продукції, кг		
	товарної	нетоварної	товарної і відповідної кількості нетоварної
Пшениця озима	4,5 4,2–4,8	7,9 7,0–8,8	18,0 16,2–19,7
Кукурудза	3,5 3,4–3,7	11,3 10,7–11,9	17,0 16,2–18,0
Ячмінь ярий	5,0 4,6–5,2	8,8 7,8–9,6	15,6 14,0–16,8
Соя	12,0 11,2–12,8	10,7 10,2–11,3	24,0 23,4–26,4

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

Таблиця 3  
Баланс калію ( $K_2O$ ) у ґрунті польової сівозміни та його інтенсивність за різного удобрення та залишення на полі нетоварної частини урожаю, 2011–2018 рр.

Показник	Варіант досліду			
	Без добрив (контроль)	$N_{110}P_{60}$ – фон	Фон + $K_{40}$	Фон + $K_{80}$
Надходження, кг/(га·рік)	–	–	40	80
Вилучення, кг/(га·рік)	17,2	31,7	35,9	37,8
Баланс, кг/(га·рік)	-17,2	-31,7	4,1	42,2
Інтенсивність балансу, %	–	–	111	212

Таблиця 4  
Вихідні показники для розрахунку та індекс комплексного оцінювання (ІКО) системи удобрення в польовій сівозміні, 2011–2018 рр.

Варіант досліду	Окупність 1 кг д. р. добрив, кг з. Од.	Додатковий умовно чистий прибуток, грн/га	Чистий енергетичний прибуток, ГДж/га	Баланс гумусу, т/(га·рік)	Інтенсивність балансу, %			ІКО
					N	P	K	
$N_{110}P_{60}$ – фон	17,5	9635	38,11	0,125	112	133	–	1,25
Фон + $K_{40}$	17,2	12441	48,66	0,725	104	122	114	1,29
Фон + $K_{80}$	15,7	13000	53,16	0,865	100	117	212	1,28

приріст урожаю сільськогосподарських культур. З економічного погляду це не завжди є доцільним у тривалій перспективі, тому що ціни на мінеральні добрива ростуть більшими темпами, ніж на продукцію рослинництва. Тому нині надають перевагу оптимізації системи удобрення за комплексним показником, що враховує рівень урожайності сільськогосподарських культур, прибутковості і енергоємності застосування добрив [6, 9, 13]. Проте за такого підходу не враховуються можливі зміни родючості ґрунту за різної інтенсивності балансу гумусу, азоту, фосфору і калію в сівозміні.

Індекс комплексного оцінювання (ІКО) системи удобрення в польовій сівозміні розраховували із врахуванням семи показників: окупність 1 кг д. р. мінеральних добрив; додатково умовно чистий прибуток; чистий енергетичний прибуток; баланс гумусу та інтенсивність балансу азоту, фосфору і калію (табл. 4).

Розрахунки показали, що найвищим ІКО був у варіанті досліду  $N_{110}P_{60}K_{40}$  – 1,29. Децю йому уступав варіант досліду  $N_{110}P_{60}K_{80}$ . Це вказує на можливість тимчасового зниження доз калійних добрив під культури польової сівозміни. Допустимість і виправданість слабкодефіцитного балансу калію в сівозмінах відмічали й інші вчені [13,16].

#### Висновки.

1. Вміст калію в зерні й насінні сільськогосподарських культур під впливом калійних добрив змінюється не більш ніж на 8 %, тоді як у соломі і стебелінні – на 10–24 % залежно від варіанту досліду.

2. Значна частина калію – 50–80 % від господарського винесення залежно від культури повертається в ґрунт із соломю й стебелінням у разі залишення їх на полі на добриво. У варіанті досліду Фон +  $K_{80}$  це компенсує витрати калію на 71 %.

3. За умови залишення нетоварної частини урожаю культур на полі на добриво баланс калію у варіантах з внесенням  $K_{40}$  і  $K_{80}$  формується додатним з інтенсивністю відповідно 111 і 212 %.

4. За індексом комплексного оцінювання, який враховує сім показників: окупність 1 кг д. р. мінеральних добрив; додатково умовно чистий прибуток; чистий

енергетичний прибуток; баланс гумусу та інтенсивність балансу азоту, фосфору і калію, найліпшим варіантом досліду є застосування на 1 га площі польової сівозміни  $N_{110}P_{60}K_{40}$ .

#### Література

1. Вибрані праці академіка В. І. Вернадського. Київ, 2011. Т. 1. Кн. 2. 584 с.
2. Господаренко Г. М. Система застосування добрив. Київ : ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2018. 376 с.
3. Господаренко Г. М. Агрохімія. Київ : ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2019. 560 с.
4. Господаренко Г. М. Практикум з агрохімії. Київ : ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2020. 148 с.
5. Діагностика стану хімічних елементів системи ґрунт-рослина /за ред.: А. І. Фатеева, В. П. Самохвалової. Харків : КП «Міськдрук», 2012. 146 с.
6. Доценко О. В. Вплив тривалого застосування добрив на агрохімічні показники чорнозему типового та ефективність ресурсощадних систем удобрення: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.04. Харків. 2013. 23 с.
7. Загорча К. Л. Оптимізація системи удобрення в польових 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. Агрохимия. 1990. №1. С. 26–32.
9. Мартиненко В. М. Вплив систем удобрення і обробітку чорнозему типового на його родючість та продуктивність короткоротаційної сівозміни: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.04. Харків, 2017. 20 с.
10. МВВ 31–497058–019–2005 Рослини. Визначення загальних форми азоту, фосфору, калію в одній наважці рослинного матеріалу. Методики визначення складу та властивостей ґрунтів. Харків : КП «Друкарня №13», 2005. С. 189–208.
11. Медведев В. В., Пліско І. В., Накісько С. Г., Тітенко Г. В. Деградація ґрунтів у світі, досвід її попередження і подолання. Харків : Стильна типографія, 2018. 168 с.
12. Медведевський О. К. Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ : Урожай, 1988. 208 с.
13. 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: 06.01.04. Харків, 2017. 23 с.
14. Носко Б. С. Фосфор у ґрунтах і землеробстві України. Харків : ФОР «Бровін О. В.», 2017. 476 с.
15. Пархоменко М. М. Продуктивність короткоротаційних сівозмін за різних систем удобрення в умовах Полісся. Агрохімія і ґрунтознавство (специвипуск). 2018. Кн. 2. С. 203–204.
16. Прокошев В. В., Дерюгин И. П. Калий и калийные удобрения. Москва : Ледум, 2000. 185 с.
17. Роїк М. В., Курило В. Л., Сінченко В. М., Присяжнюк О. І. Визначення

- економічної ефективності технологій, нової техніки, винаходів та завершених наукових розробок в рослинництві: методичні рекомендації. Київ : ІБКЦБ НААН. Нілан ЛТД, 2013. 90 с.
18. Стаціонарні польові дослідження України. Київ : Аграрна наука, 2014. 146 с.
  19. 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.
  20. Ходаківська О. В. Корчинська С. Г., Матвієнко А. П. Еколого-економічні аспекти відтворення родючості ґрунтів. Землеробство. 2017. №1. С. 16–22.
  21. Цвей Я. П., Бондар С. О., Семчук С. М. Формування родючості чорнозему в сівозмінах Лісостепу. Матер. Міжнар. н.-практ. конфе. 7–8 червня 2018 р. «Інноваційні технології у рослинництві: проблеми та їх вирішення». Житомир: Рута, 2018. С. 267–271.
  22. Юркін С. Н., Пименов Е. А., Макаров Н. Б. Почвенно-зональные различия расхода питательных веществ в связи с применением удобрений. Агрехимия. 1979. №12. С. 127–130.
  23. Якименко В. Н. Влияние баланса калия в аэрозоле на продуктивность культур и калийное состояние серой лесной почвы. Агрехимия. 2006. №5. С. 3–11.
  24. Acher C. J., Ozanne P. L. Calcium and potassium content of plant in solution cultures maintained at constant potassium concentration. Soil Sci. 1963. V. 103. P. 155.