

УДК 631.8:631.4

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.141.1.6>

КАЛІЙНЕ ЖИВЛЕННЯ І ЙОГО БАЛАНС В УКРАЇНІ ТА КРАЇНАХ СВІТУ

Гамаюнова В.В. – д.с.-г.н., професорка,
завідувачка кафедри землеробства, геодезії та землеустрою,
Миколаївський національний аграрний університет
Сидякіна О.В. – к.с.-г.н., доцентка,
доцентка кафедри рослинництва та агроінженерії,
Херсонський державний аграрно-економічний університет

За період 2010–2020 рр. використання калійних добрив у світі зросло на 38,8%. В Україні внесення калію на орних землях також значно збільшилося, досягнувши 0,261 млн тонн у 2020 р., що становить 0,8% від світового обсягу. У 2010 р. в Україні вносили 2,97 кг/га калійних добрив, а у 2020 р. цей показник зріс до 7,73 кг/га. Проте, незважаючи на зростання, обсяги внесення калійних добрив є ще недостатніми. Для порівняння, у світі середнє внесення у 2020 р. становило 20,55 кг/га, у США – 21,07 кг/га, а в Європі – 12,82 кг/га.

Внесення K_2O з гноєм за досліджуваний період змінювалося незначно: з 24,940 млн тонн у 2010 р. до 25,434 млн тонн у 2020 р. У США обсяги внесення гною зросли з 2,028 до 2,099 млн тонн, тоді як у Європі вони зменшилися з 7,190 до 6,796 млн тонн. В Україні внесення K_2O з гноєм скоротилося з 0,339 млн тонн у 2010 р. до 0,239 млн тонн у 2020 р.

Основною статтею витратного балансу є винос калію з ґрунту урожаєм вирощуваних культур. Загальний винос калію у світі збільшився з 37,403 млн тонн у 2010 р. до 45,811 млн тонн у 2020 р. У США відбулося зростання даного показника з 4,386 до 5,011 млн тонн. У Європі винос калію збільшився на 19,3%, а в Україні – на 41,3%. Важливо розглядати винос калію не лише в загальному обсязі, а й на одиницю площі орних земель. Середній винос K_2O у світі зріс з 24,59 кг/га у 2010 р. до 29,34 кг/га у 2020 р. (на 19,3%). В Україні цей показник підвищився з 14,44 до 20,16 кг/га (на 39,6%). Хоча фактичний винос калію в США та світі перевищує зазначений показник, у 2020 р. в Україні він виявився більшим за усереднений європейський.

Середній баланс K_2O у світі за досліджуваний період залишався позитивним. У країнах Європи він змінювався незначно, а в США коливався за роками. В Україні баланс калію щороку залишався від'ємним з поступовим зростанням дефіциту. Світовий баланс калію за досліджуваний період зростає незначно, у США та Європі він залишався позитивним, проте спостерігалася тенденція до зменшення: з 4,65 до 2,79 кг/га в США та з 20,22 до 17,72 кг/га в країнах Європи. За 11 років у Європі баланс калію зменшився на 14,1%, тоді як в Україні – у 4,1 рази. У роки зі сприятливими умовами за зволоженням та формуванням високих рівнів урожайності сільськогосподарських культур негативний баланс калію посилювався. Очікується, що ця тенденція буде продовжуватися та навіть посилюватися у майбутньому.

Ключові слова: калій, калійні добрива, гній, винос елементів живлення, баланс калію.

Hamajunova V.V., Sydiakina O.V. Potassium nutrition and its balance in Ukraine and worldwide

Over the period 2010–2020, the global use of potassium fertilizers increased by 38.8%. In Ukraine, the application of potassium on arable lands also significantly rose, reaching 0.261 million tons in 2020, which accounts for 0.8% of the global volume. In 2010, 2.97 kg/ha of potassium fertilizers were applied in Ukraine, while in 2020, this figure grew to 7.73 kg/ha. However, despite the growth, the application rates of potassium fertilizers remain insufficient. For comparison, the global average application in 2020 was 20.55 kg/ha, in the USA – 21.07 kg/ha, and Europe – 12.82 kg/ha.

The application of K_2O from manure over the studied period changed insignificantly: from 24.940 million tons in 2010 to 25.434 million tons in 2020. In the USA, the volume of manure

application increased from 2.028 to 2.099 million tons, while in Europe, it decreased from 7.190 to 6.796 million tons. In Ukraine, the application of K_2O from manure decreased from 0.339 million tons in 2010 to 0.239 million tons in 2020.

The main item of the expenditure balance is the removal of potassium from the soil through the harvest of cultivated crops. The total potassium removal worldwide increased from 37.403 million tons in 2010 to 45.811 million tons in 2020. In the USA, this figure rose from 4.386 to 5.011 million tons. In Europe, potassium removal increased by 19.3%, while in Ukraine, it grew by 41.3%. It is essential to consider potassium removal in total volume and per unit area of arable land. The average K_2O removal worldwide increased from 24.59 kg/ha in 2010 to 29.34 kg/ha in 2020 (by 19.3%). In Ukraine, this figure increased from 14.44 to 20.16 kg/ha (by 39.6%). Although potassium removal in the USA and globally exceeds Ukrainian statistics, in 2020, it became higher than in Europe.

The average K_2O balance worldwide over the studied period remained positive. In European countries, it changed slightly, while in the USA it fluctuated yearly. In Ukraine, the potassium balance remained negative each year, with a gradual increase in the deficit. The global potassium balance showed slight growth over the studied period; in the USA and Europe, it remained positive, but there was a trend towards a decrease: from 4.65 to 2.79 kg/ha in the USA and from 20.22 to 17.72 kg/ha in Europe. Over 11 years, the potassium balance in Europe decreased by 14.1%, while in Ukraine it decreased by 4.1 times. In years with favorable moisture conditions and high yields of crops, the negative potassium balance intensified. This trend is expected to continue and even strengthen in the future.

Key words: potassium, potassium fertilizers, manure, nutrient element removal, potassium balance.

Постановка проблеми. Для отримання високої продуктивності сільсько-господарських культур їх необхідно забезпечити всіма основними поживними речовинами та мікроелементами. Розвиток рослинницької галузі тісно пов'язаний з інтегрованим застосуванням мінеральних добрив та інших засобів хімізації. З використанням добрив виключно важливого значення набуває підвищення їх агроекономічної ефективності, адже від застосування добрив очікують позитивного впливу на родючість ґрунту, підвищення врожаїв с.-г. культур, покращення їх якості за одночасного усунення проблеми щодо антропогенного навантаження на ґрунти й природне середовище. При цьому вони повинні забезпечувати високу окупність та істотно не збільшувати собівартість рослинницької продукції [1].

Намагання виробників нарощувати рівні врожаїв с.-г. культур без серйозної турботи про родючість і поживний режим ґрунту призводить до помилок у господарюванні та нераціонального застосування добрив. На більшості ґрунтових відмін України найвищі прирости врожаїв забезпечує азотне живлення, і саме цьому елементу приділяють найбільше уваги [2]. Фосфорних, і особливо калійних, добрив вносять значно менше. При цьому не завжди враховують, що нестача навіть одного з елементів живлення може значно знижувати рівень урожаю.

Сільськогосподарські культури найвищу продуктивність формують за збалансованого забезпечення не лише основними макро-, а й мікроелементами [3, 4]. Вони мають різну потребу в поживних речовинах та характеризуються різним їх виносом з урожаєм. Сільськогосподарські рослини найбільше виносять калію, потім азоту і найменше фосфору. Переважна більшість учених вказують, що у можливішому підвищенні врожаїв с.-г. культур безпосередньо на живлення припадає 50% і більше, а решта приросту – на інші елементи технології та сорти (гібриди). Зі зростанням урожайності будь-яких культур збільшується потреба та винос елементів живлення. Останні визначають за сумою витрачених NPK на формування врожаю основної і нетоварної частини продукції з одиниці площі. Показник повернення елементів живлення в ґрунт визначають за їх кількістю, яка надходить з добривами, насіннєвим матеріалом,

післяживними кореневими залишками, атмосферними опадами (на зрошенні із поливною водою), за рахунок фіксації молекулярного азоту з повітря та інших джерел. За різницею між надходженням і витратами елементів живлення з ґрунту визначають їх баланс.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Незважаючи на виключно важливу роль калію для с.-г. рослин, баланс цього елементу живлення практично в усіх регіонах України залишається від'ємним [5–7]. Проте для отримання високої продуктивності рослин вміст калію в ґрунті має бути достатнім. Цей елемент живлення приймає активну участь у білковому й вуглеводному обміні в рослинах, сприяє процесу фотосинтезу, а саме утворенню АТФ, бере участь в основних фізіологічних процесах, активізує діяльність ферментів. За впливу дії калію в рослинах відбувається накопичення вуглеводів, збільшується вміст цукрів, крохмалю, а в плодових і овочевих культурах зростає кількість утворених зав'язей та плодів, урожайність і якість. До того ж, при цьому саме калій впливає на забарвлення, запах, смак і лежкість плодів [8].

Калій впливає на морозостійкість рослин, що обумовлюється збільшенням у клітинах вмісту цукрів та підвищенням осмотичного тиску. Ця ознака, в свою чергу, посилює синтез целюлози і пектинових речовин, збільшує товщину клітинних стінок, міцність волокон, соломини, що сприяє стійкості рослин до вилягання за сильних вітрів, опадів, надмірного азотного живлення. Виключно важливе значення калію полягає у посиленні стійкості рослин до несприятливих умов вегетації, дії високих і низьких температур, їх перепадів, а також до посухи. Саме калій забезпечує закриття продихів на листках, що знижує інтенсивність транспірації, підвищує їх водоутримуючу здатність, посилює споживання вологи кореневою системою, чим сприяє ощадливому ефективному використанню води й відповідно збільшенню врожайності [9]. Значення калію у живленні рослин у зв'язку зі зміною кліматичних чинників у бік зростання температурного режиму і зменшення кількості опадів буде посилюватись. Це досить важливо, й особливо для Південного Степу України.

Виключно важлива функція належить калію у його участі в азотному обміні в рослинах. Це, перш за все, полягає у гальмуванні перетворення амінокислот і амідів у білки за недостатньої забезпеченості рослин калієм. Він сприяє засвоєнню азоту, утворенню білків та знижує вміст нітратів [10–12]. За наявності калію в ґрунті посилюється азотфіксація та утворення бульбочкових бактерій на кореневих системах бобових рослин. Загалом, за достатньої забезпеченості ґрунту калієм складаються досить сприятливі умови для формування кореневої системи с.-г. культур. Це достатньо важлива ознака, адже чим краще розвинена і розгалужена коренева система, тим більшою стає спроможність рослин використовувати вологу й елементи живлення, а отже і формувати вищу продуктивність.

Важко оцінити значення калію щодо його здатності істотно знижувати ураженість рослин грибними та іншими захворюваннями. Вступаючи у різні метаболічні реакції, калій зменшує вміст в рослинах токсичних фітохімічних речовин. Хоча з основних елементів живлення радіоактивним є саме калій, він знижує надходження радіонуклідів у рослини.

Потреба рослин у калії є досить значною, це стосується, перш за все, калієлюбних культур: буряків цукрових, картоплі, ріпаку, соняшнику, льону, зернових – кукурудзи, ячменю, проса, більшості овочевих, для яких у співвідношенні N:P:K саме калій повинен переважати інші основні елементи живлення. Загальновідомо,

що зернові культури найбільше потребують азоту, проте за гострої нестачі калію вони слабо кущаться, у стебел можуть вкорочуватись міжвузля, а нижні листки, навіть за наявності вологі, можуть в'янути [13, 14].

За зниження вологості ґрунту до 30% ППВ поглинання калію рослинами послаблюється у межах від 15 до 40%, а за вологості до 20% ППВ поглинання калію кореневими системами знижується більш істотно – до 40–70%. Наявність цього елемента в глибоких шарах ґрунту буде посилювати стійкість рослин до посушливих умов, завдячуючи кращому розвитку кореневої системи. За цією ознакою багаторічні бобові люцерна і конюшина здатні асимілювати у симбіозі з бульбочковими бактеріями атмосферний азот у більшій кількості, а також ефективніше використовувати поживні речовини і вологу.

За недостатньої забезпеченості ґрунту калієм необхідна значно більша кількість вологі, щоб рослини могли його засвоїти. Це проблематично, особливо за зростання температурного режиму і посушливості. Тобто у розробці системи удобрення як окремих культур, так і загалом сівозміни, слід враховувати значну потребу в забезпеченні рослин калієм, адже його нестача може гальмувати окремі біохімічні процеси й негативно впливати на обмін речовин. У зернових культур стебла стають ламкими (посіви можуть вилягати), зерно формується щуплим, зі зниженим відсотком схожості.

Негативно впливає на ростові процеси рослин та смакові якості продукції і надмірне калійне живлення. При цьому ще й проявляється магнієве голодування. Тому бажано досягати оптимальних параметрів вмісту калію в ґрунті [15, 16]. Разом з тим, більшість дослідників вказують на слабку ефективність калійних добрив, до того ж, вона різко знижується на ґрунтах, що мають високий рівень забезпеченості цим елементом живлення.

Вміст рухомої форми калію в ґрунті змінюється у сезонній динаміці – впродовж вегетації с.-г. культур. Проте динаміка таких змін проявляється нечітко і більшою мірою обумовлюється вологістю ґрунту, на удобрених калієм полях – переважно за рахунок його необмінних форм [17]. Найбільш ефективно дія калію на рослини проявляється за органо-мінеральної системи удобрення у сівозміні [3]. Тривале вирощування с.-г. культур без внесення калійних добрив призводить до поступового збіднення ґрунту на необмінно-фіксовані сполуки калію, а за їх застосування відбувається накопичення. Родючий ґрунт, збагачений органікою, за порушення стабільності щодо вмісту в ньому форм калію, має спроможність повернутися до стійкого й оптимального їх стану внаслідок процесу трансформації, що залежить від калій-мобілізаційної здатності ґрунту поновлювати використаний рослинами калій із недоступних (фіксованих) запасів. Такі властивості ґрунту підсилює внесення гною [18]. Тобто фіксований калій треба розглядати як резервний, а не втрачений.

Винос калію одиницею продукції залежить від біологічних особливостей культур, вмісту в ґрунті, системи удобрення, норм внесення добрив. За зростання рівня врожайності він збільшується. Баланс калію, перш за все, залежить від кількості застосування добрив та виносу його культурами сівозміни (й особливо нетоварною частиною врожаю). За даними тривалих 50-річних досліджень внесення калійних добрив під культури у дозах 45–135 кг/га д.р. не забезпечило позитивного (додатного) балансу калію в ґрунті [19]. При цьому автори встановили, що внесення калійного добрива на чорноземі опідзоленому під культури сівозміни у нормі 80 кг/га д.р. сумісно з азотно-фосфорними забезпечували приріст урожайності на рівні 5%. Значно вищі прирости забезпечує живлення рослин азотом

і фосфором. Навіть зменшення частки калійного у складі повного мінерального добрива не призводить до істотного зниження врожаю. Більш суттєво калійне живлення позначається на основних показниках якості вирощеної продукції [20, 21]. Найповніше дія внесених добрив проявляється за достатньої зволоженості ґрунту (на зрошенні та у роки зі значною кількістю опадів). Ефективність калійних добрив зростає за низького вмісту калію в ґрунті, тривалого вирощування с.-г. культур без їх внесення (за дефіцитного балансу калію), а також за оптимальної забезпеченості рослин азотом і фосфором [22].

Постановка завдання. Метою даної статті є узагальнення статистичних даних та здійснення огляду літературних джерел з метою проведення аналітичних досліджень щодо динаміки обсягів використання калійних добрив в Україні, Європі, США та загалом у світі, а також розрахунок балансу калію та виявлення нагальних проблем з цього приводу.

У процесі здійснення наукового пошуку для досягнення поставленої мети використовували метод порівняльного аналізу – порівняння статистичних даних за період 2000–2020 рр.; графічний метод – для наочного сприйняття результатів дослідження; абстрактно-логічний метод – для формування теоретичних узагальнень та формулювання висновків.

Інформаційною базою дослідження слугували статистичні дані FAOSTAT [23] – Food and Agriculture Organization of the United Nations за 2000–2020 роки; періодичні та довідкові публікації; результати власних досліджень та розрахунків.

Виклад основного матеріалу дослідження. Застосування калійних добрив у світі з 2010 до 2020 року зросло з 23,113 до 32,083 млн тонн, тобто на 38,8%. У країнах Європи та в США цей показник у кількісному виразі зростав менш істотно, а у відсотковому до світового рівня, навпаки, навіть зменшився відповідно з 13,8 до 11,5 і з 13,4 до 10,5% (табл. 1).

Таблиця 1

Динаміка калію внесених мінеральних добрив на орних землях

Рік	США		Європа		Україна		Світове внесення калію, млн тонн
	млн тонн	% від світового внесення	млн тонн	% від світового внесення	млн тонн	% від світового внесення	
2010	3,104	13,4	3,187	13,8	0,099	0,4	23,113
2011	3,127	12,8	3,171	12,9	0,169	0,7	24,500
2012	3,281	13,4	3,174	13,0	0,185	0,8	24,495
2013	3,560	13,7	3,244	12,5	0,196	0,8	25,976
2014	3,209	11,4	3,200	11,3	0,174	0,6	28,228
2015	3,328	11,7	3,110	10,9	0,195	0,7	28,460
2016	3,500	11,9	3,180	10,8	0,236	0,8	29,386
2017	3,523	11,4	3,288	10,7	0,260	0,8	30,813
2018	3,260	10,6	3,403	11,1	0,269	0,9	30,709
2019	3,294	11,0	3,389	11,3	0,257	0,9	30,069
2020	3,381	10,5	3,692	11,5	0,261	0,8	32,083

Джерело: FAOSTAT, 2022

Внесення калію на орних землях України за зазначений період істотно збільшилося як у фактичному, так і відсотковому значеннях. Застосування калійних добрив у нашій країні у 2020 р. досягло 0,261 млн тонн та склало 0,8% до загальної кількості їх внесення у світі. Це позитивно, проте у вимірі безпосереднього застосування мінеральних калійних добрив на гектар орної землі цього ще недостатньо. Так, якщо у 2010 р. в Україні їх вносили у кількості біля 3 кг/га, то у 2020 р. цей показник збільшився до 7,73 кг/га (табл. 2). Загалом у світі калійних добрив на цей період застосовували 20,55 кг/га, в США – 21,07 кг/га, а в країнах Європи – у середньому 12,82 кг/га.

Таблиця 2

**Динаміка калію внесених мінеральних добрив
на одиницю орних земель, кг/га**

Рік	США	Європа	Україна	Світове внесення калійних добрив
2010	19,35	10,99	2,97	15,20
2011	19,66	10,95	5,05	15,99
2012	20,80	10,94	5,54	15,89
2013	22,50	11,20	5,81	16,80
2014	20,21	11,05	5,17	18,23
2015	20,89	10,76	5,80	18,36
2016	21,89	11,02	7,00	18,92
2017	21,96	11,39	7,72	19,72
2018	20,32	11,81	7,98	19,66
2019	20,53	11,73	7,62	19,27
2020	21,07	12,82	7,73	20,55

Джерело: FAOSTAT, 2022

Більше калію міститься у нетоварній частині врожаю с.-г. культур порівняно з основною продукцією. З цієї причини всі основні елементи живлення і мікроелементи містяться у гної, у тому числі кількість калію в ньому значно перевищує вміст азоту і фосфору. Тому з внесенням гною, як органічного добрива, ґрунт поповнюється на вміст калію (табл. 3). Так, внесення K_2O з гноєм у світі за досліджуваний період змінювалося з неістотним приростом: з 24,940 у 2010 р. до 25,434 млн тонн у 2020 р. або лише на 1,9%. Поповнення балансу калію за рахунок застосування гною в США за цей же проміжок часу змінилося також у бік зростання з 2,028 до 2,099 млн тонн, що до світового рівня внесення склало з 8,1 до 8,3%. У країнах Європи за окреслений період поповнення калійного балансу від гною, навпаки, дещо зменшилося: із 7,190 у 2010 р. до 6,796 млн тонн у 2020 р. або із 28,8 до 26,7% від загального внесення у світі. Ще меншою мірою відбулося поповнення ґрунту калієм, який вносять із гноєм, в Україні. Якщо у 2010 р. загальне надходження K_2O з ним складало 0,339 млн тонн, то у 2020 р. воно зменшилося до 0,239 млн тонн, а у відсотках до світового внесення відповідно з 1,4 до 0,9%. Аналогічним чином змінилося й поповнення калію за рахунок гною на гектарі площі орних земель (рис. 1).

Таблиця 3

Динаміка калію, внесеного на орних землях з гноєм

Рік	США		Європа		Україна		Світове внесення калію, млн тонн
	млн тонн	% від світового внесення	млн тонн	% від світового внесення	млн тонн	% від світового внесення	
2010	2,028	8,1	7,190	28,8	0,339	1,4	24,970
2011	2,034	8,2	7,033	28,3	0,328	1,3	24,830
2012	2,023	8,1	7,013	28,1	0,321	1,3	24,968
2013	2,005	8,0	7,027	28,2	0,331	1,3	24,946
2014	2,007	8,0	7,044	28,1	0,320	1,3	25,102
2015	2,020	8,0	7,046	28,0	0,292	1,2	25,156
2016	2,058	8,1	7,009	27,7	0,280	1,1	25,321
2017	2,087	8,3	6,972	27,6	0,274	1,1	25,291
2018	2,104	8,3	6,903	27,2	0,262	1,0	25,407
2019	2,113	8,4	6,830	27,1	0,253	1,0	25,235
2020	2,099	8,3	6,796	26,7	0,239	0,9	25,434

Джерело: FAOSTAT, 2022

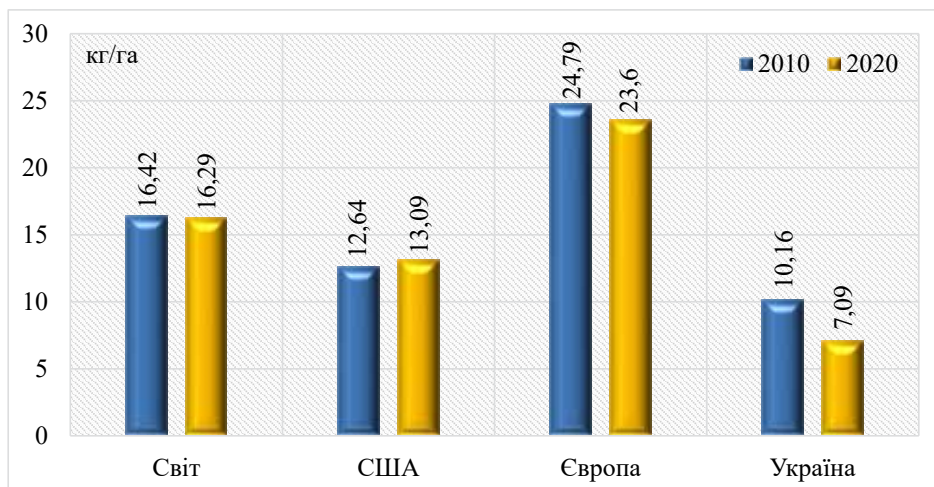


Рис. 1. Динаміка калію, внесеного на одиницю орних земель з гноєм, кг/га

Джерело: FAOSTAT, 2022

Основну статтю витратного балансу посідає винесення калію з ґрунту з урожаєми сільськогосподарських культур (табл. 4). Світове винесення цього елемента живлення з урожаєми за досліджуваний період поступово зростало: з 37,403 у 2010 р. до 45,811 млн тонн у 2020 р., тобто збільшилося на 22,5%. У США даний показник за цей період зріс із 4,386 до 5,011 млн тонн (на 14,2%). Проте відносно винесення калію з урожаєм до світового, він, навпаки, зменшився з 11,7% у 2010 р. до 10,9% у 2020 р. Аналогічним чином ця закономірність проявилася

і для країн Європи: з 4,513 до 5,386 млн тонн та з 12,1 до 11,8%. Проте, якщо загалом у Європі винос калію зріс на 19,3%, то в Україні – на 41,3%, або значно більше від середньоєвропейського показника періоду з 2010 до 2020 р.

Таблиця 4

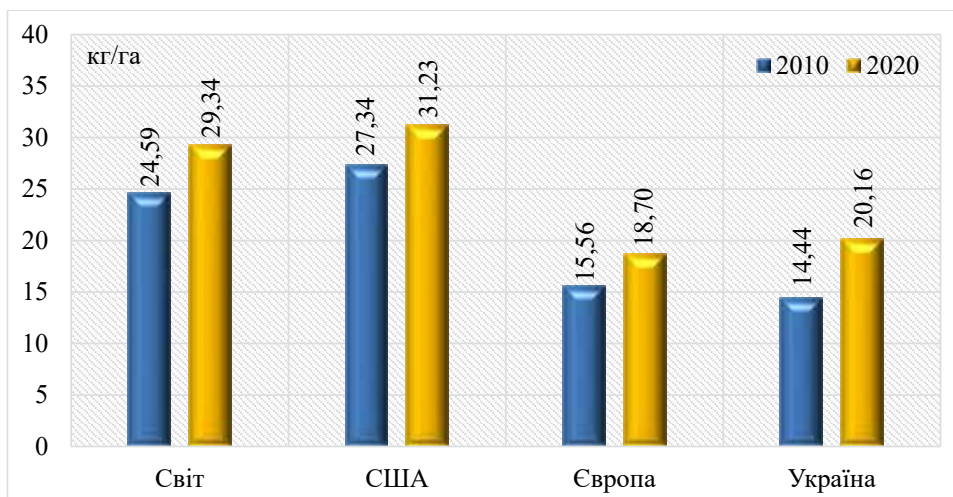
Динаміка калію, винесеного з ґрунту вирощуваними культурами

Рік	США		Європа		Україна		Світове винесення калію, млн тонн
	млн тонн	% від світового винесення	млн тонн	% від світового винесення	млн тонн	% від світового винесення	
2010	4,386	11,7	4,513	12,1	0,482	1,3	37,403
2011	4,209	10,7	5,158	13,1	0,635	1,6	39,305
2012	4,142	10,6	4,692	12,0	0,572	1,5	39,026
2013	4,510	11,0	5,151	12,5	0,671	1,6	41,180
2014	4,891	11,6	5,539	13,1	0,708	1,7	42,327
2015	4,808	11,3	5,339	12,6	0,663	1,6	42,425
2016	5,388	12,4	5,424	12,5	0,718	1,7	43,288
2017	5,209	11,6	5,680	12,6	0,704	1,6	45,057
2018	5,175	11,6	5,429	12,1	0,769	1,7	44,721
2019	4,707	10,4	5,621	12,4	0,772	1,7	45,298
2020	5,011	10,9	5,386	11,8	0,681	1,5	45,811

Джерело: FAOSTAT, 2022

Більш важливо розглядати винос калію сільськогосподарськими культурами не в загальному обсязі, а на одиницю площі орних земель. Зазначимо, що винос K_2O з урожаєм рослин як у світі, так і в окремих країнах поступово зростав. Якщо середній показник виносу калію з гектару оброблюваних земель у світі у 2010 р. становив 24,59, то у 2020 р. він збільшився до 29,34 кг або на 19,3%. У США зазначений період характеризувався наступним відповідним виномом K_2O – 27,34; 31,23 кг/га та 14,2%, а в країнах Європи – 15,56; 18,70 кг/га і 20,2%. В Україні винос калію з урожаєм с.-г. культур за досліджуваний 11-річний період збільшився з 14,44 до 20,16 кг/га і відповідно на 39,3% (рис. 2). Хоча фактичне винесення цього елемента живлення в США та загалом у світі є більшим порівняно з Україною, і на 2020 р. склало відповідно 31,23; 29,34 та 20,16 кг/га. Або ж у нашій країні на період 2020 р. винос K_2O урожаєм відносно США і світу був меншим відповідно на 54,9 і 45,5%. Це чітко можна відстежити за даними рис. 2. За цим показником порівняно з країнами Європи винесення калію з урожаєм с.-г. культур у 2010 р. було незначно меншим, а вже у 2020 р. децю перевищило його. Ще більше цього елемента живлення було винесено культурами у 2018 та 2019 рр. – 22,78 і 22,86 кг/га відповідно.

Темпи зростання виносу калію, очевидно, можна пояснити значним збільшенням площ, зайнятих соняшником в Україні [24], адже ця культура чи не найбільше використовує запаси калію з ґрунту і добрив, якщо їх вносять, на формування врожаю.

Рис. 2. Винос K_2O з ґрунту вирощуваними культурами, кг/га

Джерело: FAOSTAT, 2022

Дуже важливо при розгляді застосування (внесення) та відповідно визначення витрат будь-якого з елементів живлення дослідити його баланс – різницю між надходженням у ґрунт і виносом урожаєм. Зазначимо, що у середньому в світі за період досліджень баланс по K_2O є позитивним, він навіть зріс із 10,680 у 2010 р. до 11,706 млн тонн у 2020 р. (табл. 5).

Таблиця 5

Баланс калію на орних землях (співвідношення статей надходження і витрат), млн тонн

Рік	Світовий баланс	США	Європа	Україна
2010	10,680	0,746	5,864	-0,044
2011	10,025	0,952	5,046	-0,138
2012	10,437	1,162	5,495	-0,066
2013	9,742	1,055	5,120	-0,144
2014	11,003	0,325	4,705	-0,214
2015	11,191	0,540	4,817	-0,176
2016	11,419	0,170	4,765	-0,202
2017	11,047	0,401	4,580	-0,170
2018	11,395	0,189	4,877	-0,238
2019	10,006	0,700	4,598	-0,262
2020	11,706	0,469	5,102	-0,181

У середньому в країнах Європи баланс калію на орних землях за досліджуванний період змінився зовсім неістотно, а в США значно коливався за роками. На жаль, в Україні цей показник залишається від'ємним (мінусовим) з поступовим

зростанням дефіцитного балансу. Досить інформативно це ілюструє рис. 3. Так, якщо загалом в усіх країнах світу за аналізовані період калійний баланс незначно змінився у бік збільшення, то в США та країнах Європи він позитивний, але зменшився відповідно з 4,65 у 2010 р. до 2,79 кг/га у 2020 р. та з 20,22 до 17,72 кг/га. У країнах Європи зниження показника за позитивного балансу калію за 11-річний період склало 14,1%, а в Україні – у 4,1 рази. У сприятливих за зволоженням роки, коли рівні врожаїв с.-г. культур були вищими порівняно з 2020 р., негативність калійного балансу зростала: у 2014 р. цей показник був визначений на рівні -6,35, у 2018 р. – -7,02, а у 2019 р. – -7,76 кг/га. Така тенденція до збільшення прояву негативного балансу відносно калійного живлення буде продовжуватися і навіть посилюватися.

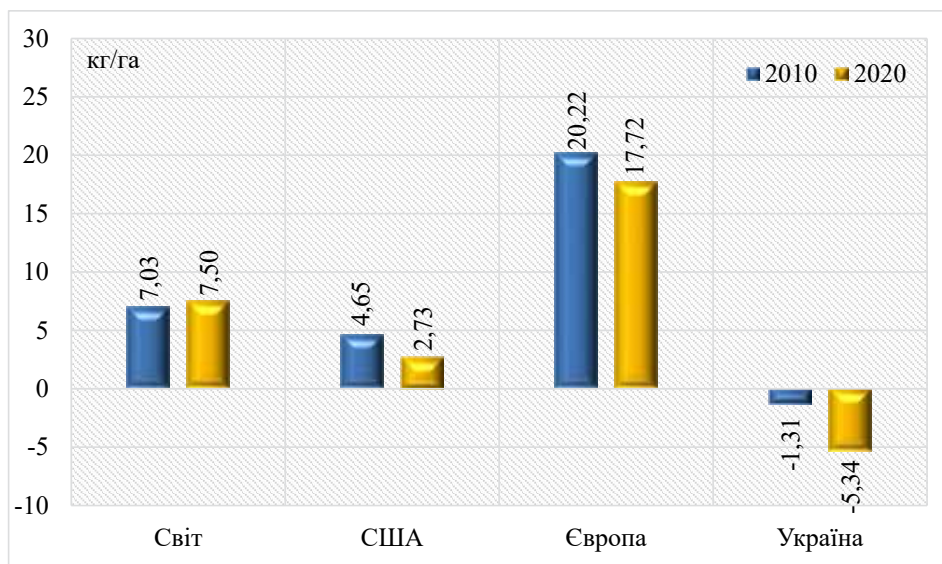


Рис. 3. Баланс калію орних земель
(співвідношення статей надходження і витрат), кг/га

Висновки і пропозиції. За період 2010–2020 рр. використання калійних добрив у світі зросло на 38,8%, проте в Україні внесення калію залишається недостатнім. Хоча обсяги застосування калійних добрив в Україні досягли 0,261 млн тонн у 2020 р., середнє внесення на гектар становило лише 7,73 кг/га, що значно нижче світового показника – 20,55 кг/га. Водночас, винос калію з ґрунту з урожаєм вирощуваних культур в Україні зріс на 41,3%, що свідчить про збільшення потреби в цьому елементі живлення. Баланс K_2O в Україні залишається від’ємним, з поступовим зростанням дефіциту, тоді як у світі, США та країнах Європи він є позитивним. Очікується, що негативний баланс калію буде посилюватися, якщо не вжити відповідних заходів. Така ситуація обґрунтовує необхідність збільшення обсягів внесення калійних добрив в Україні для забезпечення сталого розвитку сільського господарства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гамаюнова В. В., Хоненко Л. Г., Бакланова Т. В., Коваленко О. А., Пилипенко Т. В. Сучасні підходи до застосування мінеральних добрив за збереження ґрунтової родючості в умовах зміни клімату. *Наукові горизонти*. 2020. №. 02 (87). С. 89–101. DOI: 10.33249/2663-2144-2020-87-02-89-101.
2. Gamayunova V., Sydiakina O. The problem of nitrogen in modern agriculture. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*. 2023. Vol. 27. № 3. P. 46–61. DOI: 10.56407/bs.agrarian/3.2023.46.
3. Господаренко Г. М., Черно О. Д., Чередник А. Ю. Формування родючості ґрунту за різних систем удобрення в польовій сівозміні. *Агрологія*. 2019. Т. 2, № 1. С. 3–9.
4. Сидякіна О. В., Павленко С. Г. Ефективність застосування мікроелементів у системі живлення рослин соняшнику. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 118. С. 152–158. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.118.19>.
5. Господаренко Г. М., Черно О. Д. Баланс основних елементів живлення у ґрунті за тривалого застосування добрив. *Землеробство*. 2015. Вип. 2 (89). С. 47–50.
6. Chen Q., Xin Y., Liu Z. Long-term fertilization with potassium modifies soil biological quality in K-rich soils. *Agronomy*. 2020. Vol. 10 (6). P. 771. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10060771>.
7. Zhang Z., Liu D., Wu M., Xia Y., Zhang F., Fan X. Long-term straw returning improve soil K balance and potassium supplying ability under rice and wheat cultivation. *Scientific Reports*. 2021. Vol. 11 (1). P. 22260. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-01594-8>.
8. Якість сільськогосподарської продукції / А. С. Заришняк та ін. *Посібник хлібороба України*. 2017. Т. 1. С. 81–90.
9. Wakeel A., Magen H. Potash Use for Sustainable Crop Production in Pakistan: A Review. *International Journal of Agriculture & Biology*. 2017. Vol. 19 (3). P. 381–390. DOI: 10.17957/IJAB/15.0291.
10. Новітні технології вирощування овочевих культур та кукурудзи за використання дигестату біогазових станцій : монографія / Паламарчук В. Д., Кричковський В. Ю., Рудська Н. О., Колісник О. М. Вінниця : Видавництво ТОВ «Друк», 2023. 296 с.
11. Балюк С., Носко Б., Воротинцева Л. Регулювання родючості ґрунтів та ефективності добрив в умовах змін клімату. *Вісник аграрної науки*. 2018. Вип. 96 (4). С. 5–12. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201804-01>.
12. Liu X., Hu B., Chu C. Nitrogen assimilation in plants: current status and future prospects. *Journal of genetics and genomics*. 2022. Vol. 49 (5). P. 394–404. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jgg.2021.12.006>.
13. Господаренко Г. М., Черно О. Д., Нікітіна О. В. Агрохімія калію / за заг. ред. Г. М. Господаренка. Київ : ТОВ «ТРОПЕА», 2021. 264 с.
14. Ali N., Anjum M. M., Khan G. R., Ali R. Unraveling wheat grain quality, physiological indices, dry matter accumulation, and attenuating water stress adverse effect via foliar potassium application at different growth stages. *Gesunde Pflanzen*. 2022. Vol. 74 (1). P. 41–52. DOI: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10343-021-00587-x>.
15. Xie K., Cakmak I., Wang S., Zhang F., Guo S. Synergistic and antagonistic interactions between potassium and magnesium in higher plants. *The Crop Journal*. 2021. Vol. 9 (2). P. 249–256. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cj.2020.10.005>.
16. Imtiaz H., Mir A. R., Corpas F. J., Hayat S. Impact of potassium starvation on the uptake, transportation, photosynthesis, and abiotic stress tolerance. *Plant Growth Regulation*. 2023. Vol. 99 (3). P. 429–448. DOI: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10725-022-00925-7>.

17. Akhtar M. N., Ul-Haq T., Ahmad F., Imran M., Ahmed W., Ghaffar A., Shahid M., Saleem M. H., Hamzah M., Alshaya H., Okla M. K., Ali S. Application of potassium along with nitrogen under varied moisture regimes improves performance and nitrogen-use efficiency of high-and low-potassium efficiency cotton cultivars. *Agronomy*. 2022. Vol. 12 (2). P. 502. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12020502>.

18. Нікітіна О. В. Зміна калійного стану чорнозему опідзоленого та тривалого застосування добрив у польовій сівоzmіні в умовах Правобережного Лісостепу України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня к-та с.-г. наук : 06.01.04. Харків, 2017. 23 с.

19. Господаренко Г. М. Система застосування добрив. Київ : «СІК ГРУП Україна», 2018. 376 с.

20. Система удобрення сільськогосподарських культур у землеробстві початку ХХІ століття / Балюк С. А. та ін. ; за ред. С. А. Балюка, М. М. Мірошніченка. Київ : Альфа-стевія, 2016. 400 с.

21. Черно О. Д. Фізичні та біохімічні показники якості зерна пшениці озимої за тривалого удобрення. *Землеробство*. 2015. Вип. 1. С. 98–102.

22. Цвей Я. П. Формування родючості ґрунту в короткоротаційних сівоzmінах Лісостепу. *Землеробство*. 2015. Вип. 1. С. 56–59.

23. Official site of Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2022. Available at: <https://www.fao.org/home/en>.

24. Сидякіна О. В., Гамаюнова В. В. Сучасний стан та перспективи виробництва насіння соняшнику. *Таврійський науковий вісник*. 2023. Вип. 131. С. 196–204. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.131.25>.