

БАЛАНСОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ У СІВОЗМІНАХ З ЛІСОСТЕПОВИМИ КУЛЬТУРАМИ У ЗАХІДНОМУ ПОЛІССІ ЗА ЗМІННИХ ГІДРО-ТЕРМІЧНИХ УМОВ

ТАРАПІКО Ю.О. – доктор сільськогосподарських наук,
академік Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0001-8475-240X
Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук
України

ЗОСИМЧУК М.Д. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0002-7162-8300
Сарненська дослідна станція Інституту водних проблем і меліорації
Національної академії аграрних наук України

ПИСАРЕНКО П.В. – доктор сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0002-2104-2301
Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук
України

САЙДАК Р.В. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0002-0213-0496
Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук
України

БІДНИНА І.О. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0001-8351-2519
Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук
України

КНИШ В.В. – науковий співробітник
orcid.org/0000-0002-3220-9883
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

СТЕПАНОВА М.М. – кандидат економічних наук
orcid.org/0009-0008-5650-9232
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

ПОЛАГЕНЬКО О.С. – науковий співробітник
orcid.org/0009-0002-4416-4835
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

ВДОВИЧЕНКО О.П. – аспірант
orcid.org/0009-0007-0557-0036
Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук
України

Постановка проблеми. Ведення землеробства в умовах нестійкого зволоження та високої вірогідності екстремальних температурних режимів пов'язано з великою кількістю ризиків [1,2]. Крім того результативність аграрної виробничої діяльності визначається комплексною дією великої кількості чинників: забезпеченість поживними речовинами, фізико-хімічні, агрофізичні властивості ґрунту, розвиток шкочинних організмів [3,4]. Ступінь впливу цих факторів також у значній мірі залежить від поточних гідротермічних умов [5-7]. За значного дефіциту вологи знижується доступність біогенних елементів, внесені мінеральні добрива та застосовані пестициди можуть мати зворотній ефект, зростає щільність ґрунту, змінюється кислотність ґрунтового розчину, поширюються специфічні інфекції і шкідники. Все це стосується не тільки лісостепової і степової частини сільськогосподарських

територій, але й у минулому перезволожених земель Полісся [8,9].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Нині у поліських регіонах температурний режим і, відповідно, умови зволоження кардинально змінилися у бік зростання сприятливості для вирощування лісостепових культур [10,11]. При тому важливо, що ґрунтовий покрив розподіляється між мінеральними і органогенними відмінами, що за сприятливостю для вирощування окремих культур за різними показниками стосовно змінних гідротермічних умов є своєрідними. Торфові ґрунти відрізняються кращою водоутримуючою здатністю і відносно високими запасами доступних для рослин сполук азоту. Дерново-підзолисті ґрунти бідні на поживні речовини і під час літньої спеки не здатні забезпечити посіви вологою навіть на меліорованих землях [12-14]. За розширення площ притаманних

для більш південних територій культур важливого значення набуває розуміння процесів росту і розвитку культурних рослин у цих умовах. Дослідження останніх років свідчать, що такі культури як соняшник, соя, сорго та кукурудза на зерно дають змогу навіть на варіантах без добрив досягати високого рівня їх продуктивності [15, 16]. Враховуючи невисоку забезпеченість ґрунтів елементами живлення встає питання про оцінку балансу макро- та мікро- елементів [17]. Очевидно, накопичення значної надземної біомаси в таких умовах відбувається за рахунок глибини проникнення кореневої системи, що потребує поглиблення знань щодо розвитку кореневої системи різних рослин у цих умовах [18]. В даній роботі представлено результати спостережень за динамікою наростання надземної маси ряду культур стосовно запасів вологи в органо-генному і мінеральному ґрунтах Західного Полісся. Адже загальна площа меліорованих земель на півночі України становить 3,2 млн га [19], що в умовах опустелювання південних регіонів є актуальним.

Мета – провести балансові дослідження у сівозмінах з лісостеповими культурами на органо-генних і мінеральних ґрунтах Західного Полісся за органічних, мінеральних та органо-мінеральних систем удобрення.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводилися на осушуваних торфових та дерново-підзолистих легкосуглинкових ґрунтах у 2021-2024 рр. в межах Сарненської дослідної станції Інституту водних проблем і меліорації (м. Сарни). Торфовий ґрунт має середню забезпеченість доступними для рослин сполуками азоту, високу – рухомим фосфором, дуже низьку обмінним калієм, рН – 4,0-4,2. Дерново-слабо підзолистий ґрунт містить 1,1-2,0% гумусу, його щільність становить 1,56 г/см³, уміст азоту є дуже низьким, забезпеченість рухомим фосфором висока, кількість обмінного калію – низька, рН – 4,4-4,6.

Сівозміна: 1 – озимі зернові (на дерново-підзолистому ґрунті пшениця, на торфовому – тритикале; 2 – соя; 3. кукурудза; 4. соняшник. Висівали середньостиглі сорти озимих пшениці та тритикале, ранньостиглий сорт сої, ранньостиглий гібрид соняшнику, середньоранній гібрид кукурудзи на зерно.

Порівнювали наступні системи удобрення:

1. Контроль – без добрив;
2. Органічна – побічна продукція усіх культур на добриво на торфовому ґрунті 6 т/га, на дерново-підзолистому ґрунті – 9 т/га сівозміни;
3. Мінеральна – $N_{35}P_{60}K_{102}$ на торфовому ґрунті, $N_{72}P_{72}K_{72}$ на дерново-підзолистому ґрунті;
4. Органо-мінеральна – 9 т/га побічної продукції разом з $N_{35}P_{60}K_{102}$ на торфовому ґрунті, 10 т/га побічної продукції разом з $N_{72}P_{72}K_{72}$ на дерново-підзолистому ґрунті.

Середні по сівозміні обсяги надходження органічної біомаси у ґрунт визначали за фактично встановленим по культурах співвідношенням основної і побічної продукції. Для оцінки особливостей погодних умов використовувались дані метеопостей Сарненської дослідної станції. Балансові розрахунки здійснювали за Нормативи ґрунтозахисних

контурно-меліоративних систем землеробства, 1998 [17].

Результати дослідження. У цілому за період 2007-2024 відзначається тенденція до скорочення кількості опадів і підвищення температурного режиму на протязі вегетаційного періоду. У середньому, найменша кількість опадів випадає на початку (IV) та в кінці вегетаційного періоду (X). При наближенні до середини (VII) їх кількість зростає, сягаючи максимуму в липні. В цілому за вегетаційний період кількість опадів коливалась від 201 до 472 мм при середньому значенні 330 мм, що на 17,7% менше стандартної кліматичної норми.

Якщо вегетаційний період триває з квітня по листопад, то найтеплішим у середньому за 2007-2024 рр. є липень – 20,3°C з коливанням від 18,4-22,7°C, найпрохолоднішим є жовтень – 7,9°C з коливанням 4,7-11,5°C. За 18 років найтеплішим був 2024 р. (16,5°C), найпрохолоднішим – 2021 р. (14,2°C) з середнім значенням 14,8°C.

За показником гідротермічного коефіцієнту (ГТК) зволоження вегетаційних періодів 2007-2009, 2013 і 2014 років були слабо посушливими, 2011 року – посушливими, а 2015-2018 і 2021 – дуже посушливими, лише 2010, 2012, 2019 та 2020 роки були вологими (рис.).

За роки ведення досліду (2021-2024 рр.) відхилення від середньо багаторічної норми суми опадів за IV-IX місяці коливалось у межах мінус 90-170 мм, відхилення від середньо багаторічної норми середньої за вегетацію температури повітря у межах 0,6-3,2 °C. Це підтверджує підвищення актуальності організації активного регулювання водно-повітряного режиму ґрунту в умовах Західного Полісся за останні роки.

У даному випадку основним прийомом управління водним режимом є своєчасне відкриття і закриття щитів підпірних гідротехнічних споруд (шлюзів). Після проходження весняної повені, при зниженні рівнів ґрунтових вод до глибини, яка забезпечує нормальну роботу сільськогосподарської техніки, щити закриваються. На осушуваних ґрунтах найменш допустимі рівні ґрунтових вод (РГВ) на початку вегетації становлять 0,75 м та у кінці вегетації 1,2 м від поверхні ґрунту. В усі роки досліджень (2021-2024 рр.) РГВ підтримувався на прийнятному рівні. Навіть за істотного коливання кількості опадів на протязі періодів вегетації таке положення забезпечувало відносно рівномірну врожайність вирощуваних культур на відповідних фонах удобрення. Лише в окремі роки, на культурах і ґрунтах по різному, відзначаються помітні відхилення, що очевидно зумовлено дією інших чинників, зокрема формуванням специфічного режиму живлення (табл. 1).

Як видно з таблиці, що навіть на варіанті досліду без добрив (контроль) врожайність пшениці озимої на дерново-підзолистому ґрунті становить до 3,0 т/га, тритикале на торфовому ґрунті – на рівні 2,0 т/га, сої відповідно до 3,3 та 1,7 т/га, соняшнику по роках – 2,1-2,9 та 1,7-1,8 т/га, кукурудзи – 4,8-13,9 та 2,9-5,2 т/га.

Мінеральні та органо-генні ґрунти відрізняються строкатістю показників родючості, зокрема забез-

Таблиця 1 – Врожайність культур сівозмін по роках за регулювання умов зволоження та різних систем удобрення, т/га

Системи удобрення	Дерново-підзолистий ґрунт					Торфовий ґрунт				
	2021	2022	2023	2024	Середнє	2021	2022	2023	2024	Середнє
<i>Зернові колосові</i>										
Контроль (№ 1)	3,0	2,8	2,6	2,8	2,8	2,3	1,9	1,7	2,0	2,0
Органічна (№ 2)	3,6	3,5	3,2	3,6	3,5	3,3	2,5	2,2	2,6	2,6
Мінеральна (№ 3)	4,4	4,2	3,8	4,2	4,1	3,3	3,3	3,0	3,5	3,3
Органо-Мінеральна (№ 4)	4,9	5,0	4,5	5,1	4,9	3,9	4,0	3,6	4,2	3,9
<i>Соя</i>										
Контроль (№ 1)	3,3	3,1	2,3	1,8	2,6	1,6	1,6	1,7	1,4	1,5
Органічна (№ 2)	4,0	3,8	2,8	2,2	3,2	2,2	2,0	2,2	1,7	2,0
Мінеральна (№ 3)	4,2	4,1	3,3	2,6	3,5	2,3	2,2	2,4	2,1	2,2
Органо-Мінеральна (№ 4)	4,6	4,7	3,8	3,0	4,0	2,7	2,6	2,8	2,5	2,6
<i>Соняшник</i>										
Контроль (№ 1)	2,1	2,9	2,2	2,3	2,4	1,7	1,8	1,7	1,8	1,7
Органічна (№ 2)	2,5	3,4	2,5	2,7	2,8	2,0	2,1	1,9	2,3	2,1
Мінеральна (№ 3)	3,1	3,7	2,8	2,9	3,1	2,5	2,6	2,4	2,4	2,5
Органо-Мінеральна (№ 4)	3,7	4,8	3,6	3,6	3,9	2,7	2,8	2,6	3,2	2,8
<i>Кукурудза</i>										
Контроль (№ 1)	13,5	9,9	9,3	7,8	10,1	3,7	2,9	4,3	5,2	4,0
Органічна (№ 2)	14,6	11,9	11,6	9,4	11,9	4,9	4,4	6,5	8,0	5,9
Мінеральна (№ 3)	15,1	12,2	11,9	11,7	12,7	7,5	6,7	10,1	12,4	9,2
Органо-Мінеральна (№ 4)	16,0	12,8	12,9	12,7	13,6	8,5	7,7	11,8	13,8	10,5

печеності доступними для рослин сполуками азоту, фосфору і калію. Але в даному випадку ці ґрунти характеризується відповідно низьким та середнім вмістом легкогідролізованого азоту, високим – доступного фосфору та низьким – обмінного калію. З урахуванням щільності дерново-підзолистого ґрунту ($1,56 \text{ г/см}^3$) запаси цих елементів у 10 см шарі становлять 160, 470 і 125 кг/га. За щільності торфового ґрунту $0,26 \text{ г/см}^3$ ці показники складатимуть 50, 80 і 30 кг/га.

За усередненими чисельними результатами досліджень коефіцієнт використання посівами із запасів доступних форм азоту приймається на рівні 25%, фосфору – 10% та калію – 15%. Тобто рослинною біомасою може бути виведено з 10 см шару мінерального ґрунту азоту до 40 кг/га, фосфору – до 50 кг і калію – до 20 кг/га. На менш щільному органічному ґрунті кількість засвоєваних елементів живлення буде відповідно значно нижчою (табл. 2).

Данні таблиці свідчать про достатньо високу врожайність культур сівозміни навіть на фоні без добрив. Щоб співставити наявні засвоєвані запаси поживних речовин з виносом врожаю потрібно знати їх вміст в одиниці продукції. В даному випадку використовувалися узагальнені результати досліджень з різних джерел інформації. Крім того потрібно враховувати виніс з малоцінною частиною врожаю. Для цього в процесі його обліку визначалося співвідношення основної і побічної продукції.

Встановлено, що на дерново-підзолистому ґрунті на озимій пшениці досліджувані системи удобрення на цей показник не впливали, та на усіх

варіантах досліду на 1 кг зерна приходить 1,1 кг соломи. За органо-мінеральної системи удобрення на сої це співвідношення зменшується до контролю з 1,9 до 1,7, на соняшнику – з 2,5 до 1,8, на кукурудзі – з 1,5 до 1,3. У порівнянні з мінеральним на торфовому ґрунті даний показник виявився значно ширшим на всіх культурах сівозміни, що очевидно пов'язано з кращою його забезпеченістю доступними сполуками азоту. При чому з підвищенням фону удобрення (органо-мінеральна система) співвідношення основної і побічної продукції також скорочується до контролю: на тритикалі – з 2 до 1,7, на соняшнику – з 3,4 до 2,9, на кукурудзі – з 1,9 до 1,6. На сої відзначається зворотна тенденція – з покращенням рівня живлення це співвідношення розширюється (табл. 3).

Для розуміння значення добрив за впливом на виніс біогенних елементів з ґрунту окремими культурами та у середньому по сівозміні у таблиці наводяться конкретні показники по варіантах досліду. Так, урожай озимої пшениці на дерново-підзолистому ґрунті виносить із зерном і соломою на фоні без добрив 74 кг/га азоту, за зорювання всієї побічної продукції сівозміни – 88 кг/га або на 16% більше, за мінеральної системи удобрення – 109 кг/га або на 32% більше до контролю, за поєднання NPK з соломою – 127 кг/га або на 42% більше до контролю. На торфовому ґрунті на контролі виніс азоту тритикалі становив 55 кг/га із збільшенням по варіантах удобрення відповідно 24, 38 і 48%. Тобто, на органічному ґрунті ефект від добрив був дещо вищим відносно мінерального. Виніс фосфору і калію на

Таблиця 2 – Потенціал використання елементів живлення з 10 см шару ґрунту

Елемент	Вміст*, мг/кг	Щільність, г/см³	Запаси у 10 см шарі, кг/га	Використання, %	Засвоєння з 10 см шару, кг/га
<i>Дерново-підзолистий ґрунт</i>					
N	100	1,56	156	25	39
P	300	1,56	468	10	47
K	80	1,56	125	15	19
<i>Торфовий ґрунт</i>					
N	200	0,26	52	25	13
P	300	0,26	78	10	8
K	120	0,26	31	15	5

Таблиця 3 – Співвідношення основної і побічної продукції

Варіанти	Озимі зернові	Соя	Соняшник	Кукурудза
<i>Дерново-підзолистий ґрунт</i>				
Контроль (№ 1)	1,1	1,9	2,5	1,5
Органічна (№ 2)	1,1	1,8	2,3	1,4
Мінеральна (№ 3)	1,1	1,8	2,3	1,4
Органо-мінеральна (№ 4)	1,1	1,7	1,8	1,3
<i>Торфовий ґрунт</i>				
Контроль (№ 1)	2,0	2,2	3,4	1,9
Органічна (№ 2)	1,9	2,2	3,4	1,8
Мінеральна (№ 3)	1,7	2,4	2,7	1,8
Органо-мінеральна (№ 4)	1,7	2,3	2,9	1,6

дерново-підзолистому і торфовому ґрунтах відповідно на контролі по озимих становив 22 і 44 та 23 і 50 кг/га із зростанням по варіантах удобрення у тій же пропорції, що і по азоту (табл. 4).

Вміст елементів живлення в одиниці основної і побічної продукції кукурудзи є такого ж рівня, що і озимих зернових. Однак, за рахунок значно більшої врожайності цієї культури виніс загальною надземною біомасою азоту по варіантах дослідів на мінеральному ґрунті переважав озимі у 2,7-3,7 рази, на органогенному – у 1,9-2,5 рази, фосфору відповідно 2,8-3,8 та 1,6-2,5 та калію Навпаки, за рахунок значно більш високого вмісту елементів живлення в одиниці маси зерна і соломи соя за їх виносом також значно переважає колосові та по азоту і калію наближається до кукурудзи з істотно вищим виносом по фосфору. Соняшник відрізняється тим, що виносить з ґрунту значно більше за інші культури калію, особливо з побічною продукцією.

Зрозуміло, що за органо-мінеральної системи удобрення по усіх культурах сівозміни складається найбільш сприятливий поживний режим та відчуження азоту сягає по ґрунтах на озимих зернових 130 та 105 кг/га, на сої – 340 та 210 кг/га, на соняшнику – 170 та 140 кг/га, на кукурудзі – 250 та 190 кг/га. По фосфору ці показники відповідно становлять 44 та 44 кг/га, 175 і 122 кг/га, 114 і 96 кг/га, 110 і 87 кг/га; по калію: 76 і 96 кг/га, 185 і 130 кг/га, 422 і 388 кг/га, 335 і 278 кг/га

На дерново-підзолистому ґрунті середній по культурах виніс азоту на контролі становить 168 кг/га, фосфору – 73 кг/га і калію – 169 кг/га, на торфовому відповідно 93, 48 і 121 кг/га. Середнє

зростання до варіанту без добрив на мінеральному ґрунті по системах удобрення становить по елементах 14, 25 і 35%, на органогенному – 21, 38 і 46%. Тобто відносно варіанту без добрив зростання урожайності і виніс біогенних елементів в першому випадку значно нижче ніж у другому, що свідчить про вищу відносну ефективність досліджуваних систем удобрення на торфовому ґрунті.

У цілому слід відзначити, що детальна оцінка обсягів відчуження біогенних елементів урожаєм перспективних для гумідної зони лісостепових культур дає змогу обґрунтувати ефективні системи удобрення для сівозмін на органогенних і мінеральних ґрунтах регіону. Це пов'язано з тим, що дана стаття витрат елементів живлення є найбільш вагомою в їх балансі, що також включає процеси денітрифікації та інфільтрації. Застосування мінеральних і органічних добрив дає змогу не тільки поліпшити умови живлення рослин, але й активізувати використання ґрунтових запасів поживних речовин, що супроводжується збільшенням продуктивності посівів та знову ж таки збільшенням обсягів їх відчуження. Тобто система удобрення повинна бути динамічною і параметри цієї динаміки визначаються на основі балансових досліджень з урахуванням змін поживного режиму ґрунту у часі.

Для формування ефективної системи удобрення важливе значення має природна забезпеченість ґрунту поживними речовинами. Співставлення фактичних обсягів їх виносу на фоні без добрив із запасами у ґрунті з урахуванням коефіцієнтів використання рослинами з доступних сполук можна у першому наближенні встановити глибину проник-

Таблиця 4 – Виніс урожаєм основної і побічної продукції елементів живлення, кг/га

Елементи	Варіанти	Озимі зернові		Соя		Соняшник		Кукурудза		Середнє	
Дерново-підзолистий ґрунт											
Азот	№ 1	74	± до № 1	217	± до № 1	104	± до № 1	272	± до № 1	168	± до № 1
	№ 2	88	14	259	42	120	16	312	40	196	28
	№ 3	109	35	298	81	136	32	325	53	220	52
	№ 4	127	53	340	123	173	69	348	76	249	81
Фосфор	№ 1	25	± до № 1	112	± до № 1	68	± до № 1	96	± до № 1	73	± до № 1
	№ 2	30	5	133	21	79	11	110	14	85	12
	№ 3	38	13	153	41	90	35	115	19	96	23
	№ 4	44	19	175	63	114	173	123	27	110	37
Калій	№ 1	44	± до № 1	118	± до № 1	252	± до № 1	263	± до № 1	181	± до № 1
	№ 2	52	8	140	22	291	39	301	38	212	31
	№ 3	65	13	162	44	332	80	314	51	237	56
	№ 4	76	11	185	67	422	170	335	72	273	92
Торфовий ґрунт											
Азот	№ 1	55	± до № 1	127	± до № 1	87	± до № 1	101	± до № 1	101	± до № 1
	№ 2	72	17	156	29	99	12	141	40	127	26
	№ 3	88	33	180	53	125	38	224	123	163	62
	№ 4	105	50	210	83	137	50	259	158	188	87
Фосфор	№ 1	23	± до № 1	74	± до № 1	61	± до № 1	35	± до № 1	49	± до № 1
	№ 2	30	7	91	17	69	8	49	14	60	11
	№ 3	37	14	105	31	88	27	78	43	76	27
	№ 4	44	21	122	48	96	35	90	55	87	38
Калій	№ 1	50	± до № 1	79	± до № 1	246	± до № 1	109	± до № 1	133	± до № 1
	№ 2	66	16	97	18	280	34	151	42	164	31
	№ 3	81	31	111	32	354	108	241	132	211	78
	№ 4	96	46	130	51	388	142	278	169	240	107

нення кореневої системи по ґрунтовому профілю. Зрозуміло, що вміст елементів живлення вниз по профілю змінюється, але для експертної оцінки умовно приймалося, що їх кількість розподіляється по товщині ґрунту рівномірно.

Наприклад, якщо у 0-10 см шарі дерново-підзолистого ґрунту міститься 40 кг/га гідролізованого азоту, 50 кг/га рухомого фосфору і 20 кг/га обмінного калію, а виніс основною і побічною продукцією озимої пшениці цих елементів порядку 75, 25 і 45 кг/га, то визначаючим глибину проникнення коріння культури буде калій – 40 см (табл. 5). Для формування досягнутої врожайності за фактичними запасами цього елементу в 0-10 см шарі розвиток кореневої системи в глибину сої повинен сягати рівня 1 м, соняшнику і кукурудзи – більше 2 м.

Якщо з доступних сполук азоту, фосфору і калію рослини здатні засвоювати відповідно 25, 10 й 15%, то з 0-10 см шару торфового ґрунту буде поглинається 13, 8 й 5 кг/га. Виніс цих елементів урожаєм основної і побічної продукції тритикале на контролі

становить 55, 25 й 50 кг/га. Отже потужність кореневмісного шару ґрунту буде визначатися запасами доступних сполук азоту. На сої глибина розповсюдження кореневої системи залежатиме від вмісту азоту і фосфору, на соняшнику – від калію, на кукурудзі – від азоту.

На удобрених варіантах співставлення додаткового до контролю виносу урожаєм поживних речовин з їх надходженням в ґрунт дає змогу встановити коефіцієнти використання посівами біогенних елементів з добрив. Так, на дерново-підзолистому ґрунті з побічної продукції культур сівозміни на добриво засвоюється азоту 64%, фосфору – 36% і калію – 18%, з мінеральних добрив відповідно 76, 31 і 61%, за орґано-мінеральної системи удобрення – 66, 30 і 29% (табл. 6).

На торфовому ґрунті з соломи і стебел на добриво використовується майже весь азот, 46% фосфору і 30% калію. На фоні мінеральних добрив додатковий до контролю виніс азоту урожаєм перевищує його надходження у 2 рази, за орґано-міне-

Таблиця 5 – Шар ґрунту, запасів елементів живлення в якому вистачає для формування врожаю основної і побічної продукції на варіанті без добрив, см

Елементи	Озимі зернові	Соя	Соняшник	Кукурудза
<i>Дерново-підзолистий ґрунт</i>				
Азот	20	60	30	70
Фосфор	10	30	20	20
Калій	40	100	220	220
<i>Торфовий ґрунт</i>				
Азот	40	100	70	80
Фосфор	30	100	80	50
Калій	30	50	140	60

Таблиця 6 – Коефіцієнти використання елементів живлення з добрив, %

Елементи	Варіанти	Виніс до контролю	Надходження			Засвоєння, %
			побічна	НРК	разом	
Дерново-підзолистий ґрунт						
Азот	№ 2	32	50	-	50	64
	№ 3	53	-	70	70	76
	№ 4	86	61	70	131	66
Фосфор	№ 2	13	37	-	37	36
	№ 3	22	-	70	70	31
	№ 4	35	47	70	117	30
Калій	№ 2	25	142	-	142	18
	№ 3	43	-	70	70	61
	№ 4	73	181	70	251	29
Торфовий ґрунт						
Азот	№ 2	33	36	-	36	92
	№ 3	72	-	35	35	205
	№ 4	97	54	35	89	109
Фосфор	№ 2	12	27	-	27	46
	№ 3	27	-	60	60	44
	№ 4	37	38	60	98	38
Калій	№ 2	29	96	-	96	30
	№ 3	69	-	100	100	69
	№ 4	91	156	100	256	35

ральної системи удобрення – в 1,1 рази. Таке положення свідчить про високі темпи мінералізації як свіжої органічної речовини, так і торфу, особливо за внесення мінеральних добрив. В результаті наявний рівень врожайності вирощуваних культур в значній мірі формується за рахунок ґрунтових запасів азоту.

Частка використання фосфору виявилася одного рівня на мінеральному ґрунті 30-36% та 38-46% на органогенному ґрунті по всіх варіантах удобрення, що також може вказувати на засвоєння рослинами ґрунтових запасів фосфатів за їх високої забезпеченості обох типів ґрунтів. Коефіцієнт використання калію з мінеральних добрив удвічі вищий від інших систем удобрення, що може свідчити про більш повільне вивільнення і надходження у рослини цього елементу з побічної продукції рослинництва на добриво за низької забезпеченості цих ґрунтів.

Основними джерелами надходження макро- і мікроелементів є: мінеральні та органічні добрива,

атмосферні опади, поливні води, насіння і посадковий матеріал, симбіотична фіксація азоту бобовими культурами, несимбіотична фіксація азоту в ґрунті.

Як вже відзначалося, головною статтею витрат є винос поживних речовин з урожаєм культур, втрати їх від вимивання, внаслідок ерозії та втрати азоту в газоподібній формі. З атмосферними опадами в різних зонах України надходить: азоту – 10-15 кг/га; надходження фосфору – в різні роки від 0,2 до 2,5 кг/га; калію – від 3 до 18 кг/га. За усьередненими даними дослідів на кожному тону урожаю сухої речовини багаторічні бобові трави фіксують з повітря до 30 кг/га азоту, соя, люпин і кормові боби біля 20 кг/га, горох – 15 кг/га, бобово-злакові трави – 13 кг/га. Розміри несимбіотичної фіксації азоту складають 20-30 кг/га [20-22].

Втрати поживних речовин з ґрунту та добрив шляхом інфільтрації на чорноземах Лісостепу і Степу незначне, на мінеральних ґрунтах

Полісся – по 5% азоту, фосфору і калію від внесеної кількості. Величина газоподібних втрат азоту дорівнює в Поліссі – 20, в Лісостепу і Степу – 15% від кількості внесених добрив. Втрати біогенних елементів при ерозії визначаються добутком абсолютної величини твердого стоку і вмістом в його твердій фазі поживних елементів. В середньому за узагальненими даними на еродованих землях витрачається 20% азоту, 5% фосфору і 40% калію від внесених з добривами. Розрахунки балансу поживних речовин використовуються для характеристики конкретної системи землеробства при фактичних урожаях культур і дозах мінеральних добрив, а також застосовуються для встановлення їх оптимальних доз.

Ще академік Д.М. Прянишников, визначивши головним завданням агрономічної хімії дослідження кругообігу речовин в землеробстві, по суті вперше встановив екологічні нормативи для основних елементів живлення, дотримання яких забезпечує стабільне функціонування системи «ґрунт-рослина», отримання не менше 25 ц/га зерна та збереження родючості ґрунту. Він припускав негативний баланс азоту (мінус 13-14 кг/га) і калію (мінус 20-22 кг/га), але вважав що баланс фосфору повинен бути бездефіцитним, тобто коефіцієнт відшкодування вносу поживних елементів урожаєм сільськогосподарських культур за рахунок внесення добрив повинен становити 70-80 % для азоту і калію, та 100-110 % – для фосфору.

Але під впливом інтенсифікації сільськогосподарського виробництва, росту врожайності сільськогосподарських культур та посилення деградаційних процесів агроландшафтних систем сформувалась інша агроекологічна обстановка, яка вимагає для своєї оцінки нових критеріїв та перегляду вище наведених нормативів.

Внаслідок узагальнення даних довготривалих стаціонарних дослідів з добривами доведено, що з метою виявлення глибини порушення балансової рівноваги в сівозмінах потрібно використовувати показники інтенсивності балансу, що обчислюються за формулою:

$$ІБ=Н/В*100,$$

де: ІБ – показник інтенсивності балансу речовини, %;

Н – надходження поживних речовин в ґрунт, кг/га;

В – їх втрати, кг/га.

Доведено, що екологічно безпечна величина ІБ складає 105-110%. Орієнтовно-оптимальні показники ІБ фосфору і калію, залежно від їх вмісту в ґрунті, подані в таблиці 7.

Вказані нормативи забезпечують високу продуктивність землеробства, розширене відтворення родючості ґрунтів, екологічну чистоту агроценозів і сільськогосподарської продукції.

На контролі без добрив у середньому урожай культур сівозміни на мінеральному ґрунті формується за рахунок надходження 10 кг/га з опадами, біофіксації 50-ти кг/га азоту та 110-ти кг/га його ґрунтових запасів, 70-ти кг/га ґрунтових фосфору і 140-ка кг/га калію. В результаті має місце дуже низький рівень інтенсивності балансу, що свідчить про швидкі темпи агрохімічного виснаження ґрунтового покриву. За дуже низької його забезпеченості азотом, високої – фосфором і низької калієм для підтримки досягнутої на контролі врожайності їх компенсуючи дози потрібно забезпечувати на рівні відповідно 130, 60 і 200 кг/га.

За рахунок нижчої врожайності культур і меншого виносу на органічному ґрунті інтенсивність балансу елементів живлення дещо вища. Для відновлення запасів азоту у середньому по сівозміні потрібно доносити 65 кг/га азоту, 30 кг/га фосфору і 140 кг/га калію мінеральних добрив. Вміст валового азоту у торфовому ґрунті у 30 см шарі становить 3,5% або за його щільності 0,3 г/см³ 32 т, фосфору – 1,4% або 13 т/га, калію – 0,11% або 1 т/га. Тобто без компенсації втрат цих елементів їх кількості може вистачити відповідно на 500, 400 і 7 років. Тобто за такого використання торфового ґрунту першим обмежуючим фактором у найближчій перспективі є його виснаження на калій.

На дерново-підзолистому ґрунті від застосування на добриво соломи і стебел зростає урожайність культур і втрати азоту на 35 кг/га, фосфору на 12 кг/га та калію на 33 кг/га при поверненні з органічною речовиною відповідно 50, 40 і 140 кг/га. Тобто для забезпечення їх бездефіцитного балансу додатково потрібно вносити 110, 30 і 130 кг/га цих елементів. На торфовому ґрунті ці показники становитимуть 60, 15 і 80 кг/га (табл. 8).

На мінеральному ґрунті на фоні застосування мінеральних добрив виніс азоту у порівнянні з контролем зростають на 70 кг/га, фосфору – на 20 кг/га і калію – на 50 кг/га. Фактично за внесення $N_{70}P_{20}K_{50}$ увесь синтетичний азот використовується на прибиравку врожаю з необхідністю додаткового

Таблиця 7 – Нормативи інтенсивності балансу фосфору і калію в залежності від їх вмісту в ґрунті

Рівень вмісту поживних речовин у ґрунті	Інтенсивність балансу, %	
	P_2O_5	K_2O
Дуже низький	280	150
Низький	250	130
Середній	200	110
Підвищений	150	90
Високий	100	70
Дуже високий	80	50

Таблиця 8 – Баланс елементів живлення та його інтенсивність за різних систем удобрення у 4-пільних сівозмінах

Варіанти	Елементи	Втрати				Надходження						Баланс	Інтенсивність балансу, %
		вініс урожаєм	денітріфікація	інфільтрація	разом	побічна продукція	азотфіксація		опади	мінеральні добрива	разом		
							асоціативна	симбіотична					
Дерново-підзолистий ґрунт													
№ 1	N	167	-	3	170	-	20	27	10	-	57	-113	34
	P	75	-	0	75	-	-	-	2	-	2	-73	3
	K	152	-	1	152	-	-	-	10	-	10	-142	7
№ 2	N	199	-	6	205	50	20	32	10	-	112	-93	55
	P	80	-	2	82	37	-	-	2	-	39	-43	47
	K	177	-	8	185	142	-	-	10	-	152	-33	82
№ 3	N	220	14	7	241	-	20	36	10	70	136	-105	56
	P	89	-	4	92	-	-	-	2	70	72	-20	78
	K	195	-	4	199	-	-	-	10	70	80	-119	40
№ 4	N	253	14	10	277	61	20	40	10	70	201	-76	73
	P	102	-	5	107	37	-	-	2	70	109	2	102
	K	225	-	13	238	181	-	-	10	70	261	22	109
Торфовий ґрунт													
№ 1	N	99	-	2	102	-	20	18	10	-	48	-54	47
	P	41	-	0	41	-	-	-	2	-	2	-39	5
	K	97	-	1	97	-	-	-	10	-	10	-87	10
№ 2	N	132	-	4	136	36	20	21	10	-	87	-49	64
	P	53	-	1	55	27	-	-	2	-	29	-26	53
	K	126	-	6	132	104	-	-	10	-	114	-17	87
№ 3	N	171	7	5	182	-	20	26	10	35	91	-91	50
	P	68	-	3	71	-	-	-	2	60	62	-9	88
	K	166	-	6	171	-	-	-	10	100	110	-61	64
№ 4	N	196	7	7	210	54	20	29	10	35	149	-62	71
	P	78	-	5	83	38	-	-	2	60	100	17	120
	K	188	-	13	201	156	-	-	10	100	266	65	132

компенсуючого застосування 130 кг/га. При цьому формується близька до оптимальної інтенсивність балансу фосфору та гострий дефіцит у балансі калію для компенсації якого потрібно 220 кг/га, всього 300 кг/га. На органогенному ґрунті для відновлення запасів кількість мінеральних азоту і калію потрібно збільшити відповідно з 35 до 200 кг/га та з 100 до 260 кг/га.

На дерново-підзолистому ґрунті за органо-мінеральної системи удобрення для забезпечення інтенсивності балансу азоту 110% і калію 150% потрібно дозу збільшити з $N_{70}K_{70}$ до $N_{170}K_{100}$ при забезпеченні позитивного балансу фосфору. На торфовому ґрунті кількість азотних добрив необхідно збільшити з 35 до 80 кг/га, калійних – з 100 до 140 кг/га, дозу фосфорних змінювати не потрібно.

Таким чином, проведений балансовий аналіз свідчить про необхідність корегування досліджуваних систем удобрення. Це дасть змогу не тільки забезпечити відновлення агроекологічного стану

мінерального і органогенного ґрунтів, але й підвищити продуктивність вирощуваних культур. Однак, представлені варіанти систем удобрення можна розглядати як моделі виробничої діяльності. Наприклад, за рослинницької спеціалізації аграрного виробництва відчужувана з поля побічна продукція (варіанти № 1 і № 3) може бути використана як паливо, зокрема у вигляді пілет. Заорювання солом і стебел дає змогу скоротити підтримуючі дози мінеральних добрив та стабілізувати баланс органічного вуглецю у ґрунті (варіанти № 2 і № 4).

Для розуміння кількісного впливу досліджуваних систем удобрення сумарний за 10 років дефіцит елементів живлення представлено в грошах (умовних одиницях). Так за такий період часу на контролі без добрив буде винесено 1100 кг/га азоту, 700 кг/га фосфору і 1400 кг/га калію на загальну суму (у цінах на мінеральні добрива на 2024 рік) 3,4 тис. у.о./га, за органічної системи удобрення ця сума скоротиться до 1,9 тис. у.о./га, за мінеральної – до 2,5 тис. у.о./га,

за органо-мінеральної – до 0,7 тис. у.о./га. На органо-генному ґрунті ці відкладені затрати відповідно по варіантах систем удобрення становитимуть 1,9, 1,0, 1,7 та 0,7 (по азоту) тис. у.о./га.

В умовах воєнного стану та дефіциту енергоресурсів доступність мінеральних добрив скорочується. Однак якщо площа осушуваних земель складає 3,3 млн га, з яких у поліській зоні 0,8 млн га органо-генних ґрунтів та 2,5 млн га мінеральних, то відкладені затрати коштів навіть за органо-мінеральної системи удобрення становитимуть 2,3 млрд у.о., якщо буде реалізовано сценарій без застосування добрив то ця сума зростає до 6,3 млрд у.о.

Висновки. Встановлено, що зміна гідротермічних умов регіону досліджень характеризується підвищенням температури вегетаційного періоду із середнім значенням 14,8°C (2007–2024 рр.) та дефіцитом опадів (на 17,7% нижче норми), що підвищує агрокліматичну придатність регіону для вирощування лісостепових культур. Органо-мінеральна система удобрення демонструє максимальну продуктивність зернових культур (до 4,9 т/га на дерново-підзолистому та 3,9 т/га на торфовому ґрунті), кукурудзи (13,6 та 10,5 т/га відповідно), сої (4,0 і 2,6 т/га) та соняшнику (3,9 і 2,8 т/га), одночасно сприяючи оптимізації балансу поживних речовин у ґрунті. Виніс поживних елементів з урожаєм при органо-мінеральному удобренні становить: азоту – 249 кг/га на дерново-підзолистому та 188 кг/га на торфовому ґрунті; фосфору – 110 і 87 кг/га; калію – 273 і 240 кг/га відповідно, що обґрунтовує необхідність диференційованого компенсаційного внесення добрив. Встановлено, що збалансована циркуляція елементів живлення досягається за внесення добрив у дозах $N_{170}P_{70}K_{190}$ для дерново-підзолистого та $N_{80}P_{60}K_{140}$ для торфового ґрунту, що забезпечує екологічно безпечну інтенсивність балансу (до 110% по азоту та 150% по калію). Використання побічної продукції як органічного добрива знижує потребу в мінеральному удобренні: на мінеральному ґрунті засвоєння з решток становить до 64% N, 36% P, 18% K; на торфовому – до 92% N. Економічна оцінка систем удобрення свідчить, що сумарні умовні втрати за 10 років без внесення добрив можуть досягати 3,4 тис. у.о./га, тоді як застосування органо-мінеральної системи знижує їх до 0,7 тис. у.о./га, що підтверджує доцільність впровадження комбінованих систем удобрення. Результати балансових досліджень формують методологічну основу для розробки адаптивних моделей удобрення, запобігання агрохімічній деградації ґрунтів та оптимізації агровиробництва в умовах кліматичних змін гумідної зони України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гера О. М. Вплив сівозміни та структури вирощуваних культур на родючість осушуваних органо-генних ґрунтів Полісся. *Наукові основи адаптивного землеробства*: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. з нагоди 100-річчя від дня народж. д-ра с.-г. наук, проф., акад. Федора Трохимовича Моргуна (м. Дніпро, 16–17 трав. 2024 р.). Дніпро, 2024. С. 31–32.

2. Криштофор Г. О. Вплив кліматичних змін на виробництво продукції садівництва в Україні. *Актуальні проблеми рослинництва в умовах змін клімату*: матеріали Міжнар. наук. інтернет-конф. молодих учених (м. Харків, 26–27 жовтня 2022 р.). Харків: Ін-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН, 2022. С. 150–152.

3. Дослідження ефективності деструкторів мікробного походження за різних систем обробітку ґрунту / Болоховський В., Яковенко Д., Хоменко Т., Болоховська В., Бородай В. *Екологічна безпека та збалансоване природокористування в агропромисловому виробництві*: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, (м. Київ, 6–7 липня 2023 р.). Київ, 2023. С. 70–74.

4. Куценко О. М., Каламбет В. В. Основні тенденції вирощування соняшнику в Україні в 2021–2023 роках. *Актуальні напрямки та проблематика у технологіях вирощування продукції рослинництва*: матеріали Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. (м. Полтава, 25 квітня 2023 р.). Полтава: Полтавський держ. аграр. ун-т, 2023. С. 86–89.

5. A multi-model analysis of teleconnected crop yield variability in a range of cropping systems / Heino M., Guillaume J. H. A., Muller C. et al. *Copernicus gesellschaft MBH*. 2020. Volume 11. Issue 1. Pages 113–128. Published: FEB 11 DOI: 10.5194/esd-11-113-2020.

6. Synchronous crop failures and climate-forced production variability / Anderson W.B., Seager R., Baethgen W. et al. *Science advances*. 2019. Volume 5. Issue 7. DOI:10.1126/sciadv.aaw1976.

7. A meta-analysis of crop yield under climate change and adaptation / Challinor A. J., Watson J., Lobell D. B. et al. *Nature climate change*. 2014. Volume 4. Issue 4. Pages 287–291 DOI:10.1038/NCLIMATE2153.

8. Меліоровані агроєкосистеми. Оцінка та раціональне використання агресурсного потенціалу України (зони зрошення і осушення) / за ред. М.І. Ромашенка, Ю.О. Тараріко. Київ: Ніжин: Видавництво ПП Лисенко М.М., 2017. 696 с.

9. Меліорація та облаштування Українського Полісся: колективна монографія / за ред. Я.М. Гадзала, В.А. Сташука, А.М. Рокочинського. Херсон : Олді-Плюс, 2018. Т. 2. 854 с.

10. Українське Полісся як індикатор сучасних кліматичних змін / В. Є. Тимофєєв, С. В. Клок, А. О. Корнус, О. Г. Корнус, О. С. Данильченко. *Українське Полісся: проблеми та тренди сучасного розвитку*: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, (м. Ніжин, 10–11 лютого 2022 року). Ніжин : НДУ ім. Гоголя, 2022. С. 102–105.

11. Оцінка сучасного стану кліматичних умов, їх змін та вплив на загальний природно-меліоративний режим осушуваних земель зони Полісся України / А. М. Рокочинський, П. П. Волк, Н. В. Приходько, Н. І. Дерев'ягіна. *Вісник НУВГП*. Рівне : НУВГП, 2021. Вип. 1(93). С. 48–64.

12. Екологічний стан ґрунтів України / С. А. Балюк, В. В. Медведєв, М. М. Мірошніченко, Є. В. Скрильчик, Д. О. Тимченко, А. І. Фатєєв, А. О. Христенко, Ю. Л. Цапко. *Український географічний журнал*. 2012. № 2. С. 38–42.

13. Ґрунти України: властивості, генезис, менеджмент родючості: навч. посіб. / В. І. Купчик, В. В. Іва-

ніна, Г. І. Нестеров, О. Л. Тонха ; за ред. В. І. Купчика. Київ: Кондор, 2010. 416 с.

14. Паньків З. П. Земельні ресурси: навчальний посібник. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2008. 272 с.

15. Особливості вирощування кукурудзи на зерно на осушуваних землях у зоні Західного Полісся України в умовах сучасних кліматичних змін / Y. Tarariko, M. Zosymchuk, M. Stetsiuk, O. Zosymchuk, O. Danylytskiy, Y. Soroka, O. Hulenکو. *Меліорація і водне господарство*. 2023. № 2. С. 83-96. <https://doi.org/10.31073/mivg202302-367>

16. Потенціал продуктивності органоґенних і мінеральних ґрунтів Західного Полісся / Ю. Тараріко, М. Зосимчук, Г. Личук, В. Величко. *Вісник аграрної науки*. 2024. № 9 (858). С. 45-56. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201809-02>.

17. Нормативи ґрунтозахисних контурно-меліоративних систем землеробства. Київ: 1998. 158 с.

18. Тимчук Н. Ф. Корінь. Фармацевтична енциклопедія / гол. ред. ради та автор передмови В. П. Черних ; Нац. фармац. ун-т України. 2-ге вид., переробл. і доповн. Київ: МОРІОН, 2010. 1632 с.

19. Концепція ефективного використання осушуваних земель гумідної зони України (наукові засади). Київ: ЦП «Компринт», 2015. 22 с.

20. Методика суцільного ґрунтового-агрохімічного моніторингу сільськогосподарських угідь України. Київ: 1994. 162 с.

21. Venkataraman C. S. Non-symbiotic nitrogen fixation. *Rev. Soil. Res. India*, 12 Int. Congr. *Soil Sci.* New Delhi, 1982. P. 205–235.

22. Волкогон В. В. Мікробіологічні аспекти оптимізації азотного удобрення сільськогосподарських культур. Київ: Аграрна наука, 2007. 144 с.

REFERENCES:

1. Hera, O.M. (2024). Vplyv svozminy ta struktury vyroshchuvanykh kultur na rodiuchist osushuvanykh orhanohennykh gruntiv Polissia [The influence of crop rotation and the structure of cultivated crops on the fertility of drained organic soils of Polissia]. *Naukovi osnovy adaptivnoho zemlerobstva: materialy Mizhnar. nauk.-prakt. konf. z nahody 100-richchia vid dnia narodzh. d-ra s.-h. nauk, prof., akad. Fedora Trokhymovycha Morhuna [Scientific foundations of adaptive agriculture: materials of the International Scientific and Practical Conference on the occasion of the 100th anniversary of the birth of Dr. of Agricultural Sciences, Professor, Academician Fedor Trokhymovych Morgun]* (pp. 31-32). Dnipro [in Ukrainian].

2. Kryshfor, H.O. (2022). Vplyv klimatychnykh zmin na vyrobnytstvo produktsii sadivnytstva v Ukraini [The impact of climate change on the production of horticultural products in Ukraine]. *Aktualni problemy roslыnnystva v umovakh zmin klimatu: materialy Mizhnar. nauk. internet-konf. molodykh uchenykh [Current problems of crop production in the context of climate change: materials of the International Scientific Online Conference of Young Scientists]* (pp. 150-152). Kharkiv: In-t roslыnnystva im. V. Ya. Yurieva NAAN [in Ukrainian].

3. Bolokhovskiy, V., Yakovenko, D., Khomenko, T., Bolokhovska, V., & Borodai, V. (2023). Doslidzhennia efektyvnosti destruktoriv mikrobnoho pokhodzhennia

za riznykh system obrobтку gruntu [Research on the effectiveness of destructors of microbial origin under different soil cultivation systems]. *Ekolohichna bezpeka ta zbalansovane pryrodokorystuvannia v ahropromyslovomu vyrobnytstvi: materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii [Ecological safety and balanced environmental management in agro-industrial production: materials of the International Scientific and Practical Conference]* (pp. 70-74). Kyiv [in Ukrainian].

4. Kutsenko, O.M., & Kalambet, V.V. (2023). Osnovni tendentsii vyroshchuvannia soniashnyku v Ukraini v 2021–2023 rokakh [Main trends in sunflower cultivation in Ukraine in 2021–2023]. *Aktualni napriamky ta problemy roslыnnystva: materialy Vseukr. nauk.-prakt. internet-konf. [Current directions and problems in crop production cultivation technologies: materials of the All-Ukrainian scientific-practical online conference]* (pp. 86-89). Poltava: Poltavskiy derzh. ahrar. un-t [in Ukrainian].

5. Heino, M., Guillaume, J.H.A., & Muller, C. et al. (2020). A multi-model analysis of teleconnected crop yield variability in a range of cropping systems. *Copernicus gesellschaft MBH*. Volume 11. Issue 1. Pages 113–128. DOI: 10.5194/esd-11-113-2020.

6. Anderson, W.B., Seager, R., & Baethgen, W. et al. (2019). Synchronous crop failures and climate-forced production variability. *Science advances*. Volume 5. Issue 7. DOI:10.1126/sciadv.aaw1976.

7. Challinor, A.J., Watson, J., & Lobell, D.B. et al. (2014). A meta-analysis of crop yield under climate change and adaptation. *Nature climate change*. Volume 4. Issue 4. Pages 287–291 DOI:10.1038/NCLIMATE2153.

8. Romashchenka, M.I., & Tarariko, Yu.O. (Eds.). (2017). *Meliorovani ahroekosystemy. Otsinka ta ratsionalne vykorystannia ahroresursnoho potentsialu Ukrainy (zony zroshennia i osushennia) [Reclaimed agroecosystems. Assessment and rational use of the agresource potential of Ukraine (irrigation and drainage zones)]*. Kyiv; Nizhyn: Vydavnytstvo PP Lysenko M.M., 696 [in Ukrainian].

9. Hadzala, Ya.M., Stashuka, V.A., & Rokochynskoho, A.M. (Eds.) (2018). *Melioratsiia ta oblashtuvannia Ukrainskoho Polissia [Reclamation and development of Ukrainian Polissia]*. Kherson: Oldi-Plius, 2, 854 [in Ukrainian].

10. Tymofieiev, V.Ye., Klok, S.V., Kornus, A.O., Kornus, O.H., & Danylchenko, O.S. (2022). Ukrainiske Polissia yak indykator suchasnykh klimatychnykh zmin [Ukrainian Polissya as an indicator of modern climate change]. *Ukrainske Polissia: problemy ta trendy suchasnoho rozvytku: materialy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii [Ukrainian Polissia: problems and trends of modern development: materials of the All-Ukrainian scientific and practical conference]* (pp. 102–105). Nizhyn: NDU im. Hoholia [in Ukrainian].

11. Rokochynskiy, A.M., Volk, P.P., Prykhodko, N.V., & Dereviahina, N.I. (2021). Otsinka suchasnoho stanu klimatychnykh umov, yikh zmin ta vplyv na zahalnyi pryrodno-meliorativnyi rezhym osushuvanykh zemel zony Polissia Ukrainy [Assessment of the current state of climatic conditions, their changes and impact on the general natural and melioration regime of drained lands of the Polissya zone of Ukraine]. *Visnyk NUVHP – Bulletin of the National University of Ukraine*, 1(93), 48-64 [in Ukrainian].

12. Baliuk, S.A., Medvediev, V.V., & Miroshnychenko, M.M. et al. (2012). Ekologichnyi stan gruntiv Ukrainy [Ecological state of soils of Ukraine]. *Ukrainskyi heohrafichnyi zhurnal – Ukrainian Geographical Journal*, 2, 38-42 [in Ukrainian].

13. Kupchyka, V.I. (Ed.). (2010). *Grundy Ukrainy: vlastyvosti, henezys, menedzhment rodiuchosti [Soils of Ukraine: properties, genesis, fertility management]*. Kyiv: Kondor, 416 [in Ukrainian].

14. Pankiv, Z.P. (2008). *Zemelni resursy [Land resources]*. Lviv: Vydavnychiy tsentr LNU imeni Ivana Franka, 272 [in Ukrainian].

15. Tarariko, Y., Zosymchuk, M., & Stetsiuk, M., et al. (2023). Osoblyvosti vyroshchuvannya kukurudzy na zerno na osushuvanykh zemliakh u zoni Zakhidnoho Polissia Ukrainy v umovakh suchasnykh klimatichnykh zmin [Peculiarities of growing corn for grain on drained lands in the Western Polissya zone of Ukraine under conditions of modern climate change]. *Melioratsiia i vodne hospodarstvo – Land reclamation and water management*, 2, 83-96. <https://doi.org/10.31073/mivg202302-367> [in Ukrainian].

16. Tarariko, Yu., Zosymchuk, M., Lychuk, H., & Velychko, V. (2024). Potentsial produktyvnosti orhanohennykh i mineralnykh gruntiv Zakhidnoho Polissia [Productivity potential of organic and mineral soils of Western Polissya]. *Visnyk aharnoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, 9 (858), 45-56. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201809-02> [in Ukrainian].

17. Normatyvy gruntozakhysnykh konturno-meliorativnykh system zemlerobstva (1998). [Standards for soil protection contour and reclamation systems of agriculture]. Kyiv, 158 [in Ukrainian].

18. Tymchuk, N.F. (2010). *Korin. Farmatsevtichna entsyklopediia [Root. Pharmaceutical Encyclopedia]*. Nats. farmats. un-t Ukrainy. 2-he vyd., pererobl. i dopovn. Kyiv: MORION, 1632 [in Ukrainian].

19. Kontseptsii efektyvnoho vykorystannia osushuvanykh zemel humidnoi zony Ukrainy (naukovi zasady) (2015). [Concept of effective use of drained lands of the humid zone of Ukraine (scientific principles)]. Kyiv: TsP «Kompriynt», 22 [in Ukrainian].

20. Metodyka sutsilnoho gruntovo-ahrokhimichnoho monitorynhu silskohospodarskykh uhid Ukrainy. (1994). [Methodology of continuous soil and agrochemical monitoring of agricultural lands of Ukraine]. Kyiv: 162 [in Ukrainian].

21. Venkataraman, C.S. (1982). Non-symbiotic nitrogen fixation. *Rev. Soil. Res. India*, 12 Int. Congr. *Soil Sci.* New Delhi, 205–235.

22. Volkohon, V.V. (2007). *Mikrobiologichni aspekty optymizatsii azotnoho udobrennia silskohospodarskykh kultur [Microbiological aspects of optimization of nitrogen fertilization of agricultural crops]*. Kyiv: Aharna nauka, 144 [in Ukrainian].

Тараріко Ю.О., Зосимчук М.Д., Писаренко П.В., Сайдак Р.В., Біднина І.О., Книш В.В., Вдовиченко О.П., Полагенько О.С. Балансові дослідження у сівозмiнах з лісостеповими культурами у Західному Поліссi за змінних гідро-термічних умов

Мета – провести балансові дослідження у сівозмiнах з лісостеповими культурами на органічних і мінеральних ґрунтах Західного Поліссi

за органічних, мінеральних та органо-мінеральних систем удобрення. **Методи.** Дослідження проводилися на осушуваних торфових та дерново-підзолистих легкосуглинкових ґрунтах у 2021-2024 рр. в межах Сарненської дослідної станції Інституту водних проблем і меліорації (м. Сарни). Середні по сівозмiні обсяги надходження органічної біомаси у ґрунт визначали за фактично встановленим по культурах співвідношенням основної і побічної продукції. Для оцінки особливостей погодних умов використовувались дані метеопосту Сарненської дослідної станції. **Результати.** Органо-мінеральна система удобрення забезпечила найвищу врожайність (13,6 т/га на дерново-підзолисту та 10,5 т/га на торфовому ґрунтах), у 1,3–3,6 рази перевищуючи контроль. Оптимальні дози добрив ($N_{170}P_{70}K_{190}$; $N_{80}P_{60}K_{140}$) забезпечили баланс поживних речовин на рівні 105–110%. Ефективність засвоєння елементів живлення та їх винос варіювали залежно від типу ґрунту й системи удобрення. В умовах воєнного стану та дефіциту енергоресурсів доступність мінеральних добрив скорочується. Однак якщо площа осушуваних земель складає 3,3 млн га, з яких у поліській зоні 0,8 млн га органогенних ґрунтів та 2,5 млн га мінеральних, то відкладені затрати коштів навіть за органо-мінеральної системи удобрення становитимуть 2,3 млрд у.о., якщо буде реалізовано сценарій без застосування добрив то ця сума зростає до 6,3 млрд у.о. **Висновки.** Зміна гідротермічних умов Західного Поліссi зумовлює підвищення придатності регіону до вирощування лісостепових культур, водночас посилюючи ризики виснаження ґрунтів. Максимальну врожайність (до 13,6 т/га) та найкращі показники поживного балансу забезпечує органо-мінеральна система удобрення. Оптимальні дози добрив – $N_{170}P_{70}K_{190}$ для дерново-підзолистої та $N_{80}P_{60}K_{140}$ для торфового ґрунтів – стабілізують родючість і підвищують продуктивність. Результати балансових досліджень формують наукову основу для системного управління поживним режимом ґрунтів та адаптації землеробства до кліматичних змін.

Ключові слова: лісостепові культури, торфові ґрунти, система удобрення, водний режим, баланс поживних речовин, врожайність.

Tarariko Yu.O., Zosymchuk M.D., Pysarenko P.V., Saidak R.V., Bidnya I.O., Knysh V.V., Vdovychenko O.P., Polahenko O.S. Balance studies in crop rotations with forest-steppe crops in Western Polissia under variable hydro-thermal conditions

The **purpose** of the article is to conduct balance studies in crop rotations with forest-steppe crops on organogenic and mineral soils of Western Polissya using organic, mineral, and organo-mineral fertilization systems. **Methods.** The research was conducted on drained peat and sod-podzolic light loam soils in 2021-2024 within the Sarny Research Station of the Institute of Water Problems and Land Reclamation (Sarny). The average crop rotation volumes of organic biomass input into the soil were determined based on the actual established ratio of main and by-products for each crop. Data from the weather station of the Sarny Research Station were used to assess the characteristics of weather conditions. **Results.** The organo-mineral fertilisation system provided the highest yields (13.6 t/ha on sod-podzolic and 10.5 t/ha on peat soils), 1.3-3.6 times higher than the control. Optimal fertiliser doses ($N_{170}P_{70}K_{190}$;

$N_{80}P_{60}K_{140}$) ensured a nutrient balance of 105-110%. The efficiency of nutrient uptake and removal varied depending on the soil type and fertilisation system. In conditions of martial law and energy shortages, the availability of mineral fertilizers is decreasing. However, if the area of drained lands is 3.3 million hectares, of which in the Polissya zone 0.8 million hectares of organic soils and 2.5 million hectares of mineral, then the deferred costs of funds even with the organic-mineral fertilization system will amount to 2.3 billion USD, if the scenario without the use of fertilizers is implemented, this amount will increase to 6.3 billion USD. **Conclusions.** Changes in the hydro-

thermal conditions of Western Polissia are increasing the region's suitability for growing forest-steppe crops, while increasing the risk of soil depletion. The highest yields (up to 13.6 t/ha) and the best nutritional balance are ensured by an organic-mineral fertiliser system. The optimal fertiliser doses – $N_{170}P_{70}K_{190}$ for sod-podzolic soil and $N_{80}P_{60}K_{140}$ for peat soil – stabilise fertility and increase productivity. The results of balance studies form the scientific basis for systematic management of soil nutrition and adaptation of agriculture to climate change.

Key words: forest-steppe crops, peat soils, fertilisation system, water regime, nutrient balance, yield.