

DOI <https://doi.org/10.36059/978-966-397-240-4-23>

Шевченко М. С.

*доктор сільськогосподарських наук, професор,
завідувач відділу землеробства
Інститут зернових культур
Національної академії аграрних наук України
м. Дніпро*

Десятник Л. М.

*кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник,
завідувач лабораторією сівозмін
та природоохоронних систем обробітку ґрунту
Інститут зернових культур
Національної академії аграрних наук України
м. Дніпро*

Шевченко О. М.

*кандидат сільськогосподарських наук,
провідний науковий співробітник лабораторії сівозмін
та природоохоронних систем обробітку ґрунту
Інститут зернових культур
Національної академії аграрних наук України
м. Дніпро*

**ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА
ТА ЗБАЛАНСОВАНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
В АГРОПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ**

Анотація. В матеріалі розглянуто деякі шляхи підвищення екологічної безпеки агроценозів та досягнення параметрів збалансованого природокористування в АПК. Біологізація землеробства, зокрема, збільшення насиченості 8-пільних сівозмін зернобобовими культурами до 25 % (два поля – гороху і сої), заорювання побічної продукції попередньої культури, а також загортання в ґрунт сидерату редьки олійної підвищили показники продуктивності сівозмін за ротацію на 7–26 % і сприяли збільшенню вмісту гумусу в ґрунті на 0,35 % порівняно з вихідними даними 1991 р. Доведена

доцільність застосування мульчувальної системи обробітку з використанням чизельних, плоскорізних і дискових знарядь із заробкою у ґрунт побічної продукції попередника: використання 14–16 т/га рослинних решток за ротацію сівозміни сприяло зростанню вмісту гумусу на 0,3–0,7 %. За урожайності пшениці озимої 5,52–5,60 т/га такі обробітки забезпечують, порівняно з оранкою, економію пального і коштів при рентабельності 110–123 %. Мінімізація обробітку ґрунту (мілкий обробіток важкою дисковою бороною на 10–12 см) порівняно з оранкою знижувала вміст азоту, фосфору і калію в орному шарі. Вищий рівень волого-накопичення у ґрунті забезпечував більш глибокий обробіток. Підтверджено високий рівень кореляції між вмістом продуктивної вологи в ґрунті і урожайністю культур сівозміни ($r = 068-0,75$). Збільшення інтенсивності обробітку ґрунту від No-till до глибокої оранки забезпечило зростання урожайності всіх вирощуваних культур.

Вступ

Раціональне збалансоване природокористування – система використання природних ресурсів, яка характерна для інтенсивного господарства, яке розвивається на основі науково-технічного прогресу і хорошої організації праці при високій продуктивності праці. Принципи такої системи активно розробляються і впроваджуються з другої половини ХХ століття. При цій системі повинні ефективно використовуватись наявні природні ресурси, забезпечуватись відновлення поновлюваних природних ресурсів, повною мірою використовуватись відходи виробництва, що дозволяє значно зменшити забруднення навколишнього середовища.

Раціональне природокористування з однієї сторони спрямоване на забезпечення умов існування людства і отримання матеріальних благ, а з іншої – на запобігання проявам шкідливих наслідків людської діяльності, на підтримання високої продуктивності природи та охорону і економне використання її ресурсів.

Раціональне природокористування має забезпечити повноцінне існування і розвиток сучасного суспільства, за умови збереження високої якості середовища людини. Цього можна досягти завдяки економічній експлуатації природних умов і ресурсів при ефективному режиму їх відтворення з урахуванням перспективних інтересів розвитку господарства і збереження здоров'я людей.

Серед принципи раціонального природокористування слід виділити загальні і специфічні для кожної галузі економіки. До загальних принципів можна віднести наступні: принцип «нульового рівня» споживання природних ресурсів (сьогодні споживати не більше, ніж вчора, а в ідеалі – менше); принцип відповідності антропогенного навантаження природно-ресурсному потенціалу регіону; принцип збереження просторової цілісності природних систем у процесі їх господарського використання; принцип збереження природо-обумовленого кругообігу речовин у процесі антропогенної діяльності; принцип погодження виробничого і природного ритмів.

На основі вищезазначених загальних принципів природокористування науковцями узагальнено систему принципів природокористування для АПК.

Важливе значення надається економічному регулюванню природо-користування в АПК, при якому висока економічна ефективність узгоджувалась би з екологічною безпекою. Комплексний підхід передбачає всебічне врахування можливих екологічних наслідків застосування конкретних технологій вирощування сільськогосподарських культур, меліоративних заходів та ін. Незмінним є особливе відношення до земельних ресурсів, у процесі господарського їх використання перевага повинна надаватись науково обґрунтованим технологіям біологізованого аграрного виробництва. Еколого-безпечне господарювання на землі можливе за умови повного врахування законів природи, необхідності забезпечення потреб агропромислового виробництва в межах існуючих природно-територіальних комплексів; узгодження ритмів протікання природних процесів і агропромислового виробництва. Це стає можливим при розвитку еколого-безпечного виробництва в АПК із застосуванням природо-зберігаючих, ресурсозберігаючих та енергоощадних технологій, що обумовлює розширене відтворення природних ресурсів, зокрема, забезпечує розширене відтворення родючості ґрунту, підвищення продуктивності угідь і охорону земель. При цьому слід використовувати територіально-диференційований підхід при визначенні можливого агропромислового навантаження на агроценози. Попередження екологічних наслідків повинно здійснюватись адміністративно-правовими, економічними, технологічними методами (застосування ресурсо-, енергозберігаючих технологій, альтернативних систем землеробства з обмеженим використанням хімічних

засобів для підвищення родючості ґрунтів та захисту рослин з урахуванням асиміляційних можливостей агросфери) [1, с. 18; 2, с. 36].

Отже, природно-ресурсний потенціал АПК – це сукупність природних умов і природних ресурсів, що знаходяться на певній території і залучені чи можуть бути залучені до господарської діяльності відповідно до технічних і соціально-економічних можливостей суспільства. Вони служать або можуть служити у перспективі для забезпечення продовольчої безпеки населення за умови сталого екологічно-збалансованого розвитку АПК.

Нинішню екологічну ситуацію в Україні можна вважати кризовою, що формувалася протягом тривалого періоду через нехтування об'єктивними законами розвитку і відтворення природно-ресурсного комплексу України. Відбувалися структурні деформації народного господарства, зокрема, в галузі АПК, за яких перевага надавалася розвитку переважно сировинних галузей, найбільш екологічно небезпечних, що обумовлюють високе антропогенне навантаження на агроценози і веде до значної деградації довкілля [3, с. 18].

Сільське господарство України має могутній природно-ресурсний потенціал, який включає 41,84 млн гектарів сільськогосподарських угідь, в тому числі, 33,19 млн гектарів ріллі, 7,63 млн гектарів природних кормових угідь. Разом з тим, розораність сільськогосподарських земель складає 72 %, а в ряді регіонів перевищує 88 %. Часто до обробітку залучені малопродуктивні угіддя та схилі землі. Ефективність використання земель в Україні значно нижча, ніж у середньому по Європі [4, с. 33].

Основними причинами низької віддачі земельного потенціалу в Україні є безгосподарне ставлення до землі, стратегія максимального залучення земель до обробітку, недосконалі та неадекватні техніка і технологія обробітку землі та виробництва сільськогосподарської продукції, недотримання науково обґрунтованих систем ведення землеробства, зокрема, недотримання сівозмін, внесення недостатньої кількості органічних добрив, недосконала система використання і внесення мінеральних добрив та невиконання природоохоронних, комплексно-меліоративних, протиерозійних та інших заходів. Внаслідок цих причин якісний стан земельного фонду постійно погіршується. Майже на всіх землях спостерігається неухильне зниження вмісту гумусу в ґрунтах. Так за 20 років (з 1961 року по 1981 рік) середній вміст гумусу в ґрунтах України знизився з 3,5 до 3,2 відсотка [5, с. 42].

Але ж, раціональне використання землі – обов'язкова екологічна вимога при використанні цього природного ресурсу, так базовий законодавчий акт (Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища») в сфері екології прямо вказує, що використання природних ресурсів громадянами, підприємствами, установами та організаціями повинно здійснюватись з дотриманням раціонального і економного використання природних ресурсів на основі широкого застосування новітніх технологій.

1. Біологізація землеробства ефективний шлях підвищення продуктивності виробництва та екологічної безпеки агроценозів

Сьогодні одним з перспективних напрямів удосконалення системи землеробства є біологізація, що спрямована на практичну реалізацію принципів збалансованого природокористування. Тому в умовах сучасного виробництва аграрної продукції до існуючої системи землеробства слід впроваджувати елементи біологізації, які орієнтовані переважно на використання біологічних, а не хімічних і технічних засобів виробництва з метою підвищення економічної й екологічної ефективності господарювання [6, с. 41; 7, с. 204; 8, с. 88].

Сучасна біологізована система землеробства має складатись з комплексу взаємопов'язаних агротехнічних, меліоративних і організаційно-господарських заходів, спрямованих на ефективне використання землі для вирощування сільськогосподарських культур з одночасним відтворенням родючості ґрунтів. Вона передбачає управління структурами посівних площ та сівозмін, широке застосування різних видів органічних добрив, таких як гній, побічна продукція культур-попередників, сидератів, а також мікробних та інших біопрепаратів.

Дієвим біологічним фактором в землеробстві є науково обґрунтована сівозмінна, яка при правильному застосуванні має значний вплив на всі ґрунтові режими і сприяє підвищенню рівня біологізації та екологізації виробництва. Позитивний вплив сівозміни може бути підсилений за рахунок розширення частки посівів багаторічних та однорічних бобових трав, зернобобових культур, впровадження сидеральних і проміжних посівів як органічного добрива.

Про вплив елементів біологізації на продуктивність сівозмін свідчать результати багаторічних стаціонарних дослідів Ерастів-

ської дослідної станції (Державна установа Інститут зернових культур), які проводяться з 1991 р. на ділянці з чорноземом звичайним мало-гумусним важко-суглинковим на лесі з вмістом гумусу – 4,0 %, загального азоту – 0,23 %, фосфору – 0,12 %, калію – 2,0 % і реакцією ґрунтового розчину близької до нейтральної – рН 6,5–6,9. Метою роботи було дослідити базові елементи сучасної системи землеробства: структуру посівів та чергування культур у восьмипільних сівозмінах і системи удобрення ґрунту та встановити їх вплив на родючість ґрунту, ресурсозбереження і екологічну рівновагу агроценозів, при якій забезпечується високий рівень урожайності і якості продукції культур та відбувається підвищення продуктивності сівозмінної площі.

У третій ротації восьмипільних сівозмін було здійснено удосконалення сівозміни з метою підвищення рівня її біологізації. До структури зерно-паро-просапної та зерно-просапної сівозмін була введена друга зернобобова культура – соя. Таким чином насиченість сівозмін цієї групою сільськогосподарських культур досягла 25 %. Були внесені зміни і до системи удобрення ґрунту: до органічної (12,5 т/га гною) – додали заорювання побічної продукції попередньої культури, а також загортання в ґрунт сидерату (посіви редьки олійної після збирання пшениці озимої та ячменю ярого). Органо-мінеральна (гній 7,5 т/га + $N_{26}P_{21}K_{19}$) та мінеральна ($N_{53}P_{45}K_{45}$) системи удобрення не зазнали змін. Внесені корективи позитивно вплинули на середні показники продуктивності сівозмін за ротацію (табл. 1). Так, у зерно-паро-просапній сівозміні у третій ротації з 1 га сівозмінної площі вихід зерна збільшився на 7–8 %, урожайність зернових – на 7–9 %, вихід кормових одиниць – на 9–10 %, збір перетравного протеїну – на 21–23 %. Ці дані стосуються контрольного варіанту без добрив, органо-мінеральної та мінеральної системи удобрення ґрунту. На фоні органічної системи показники продуктивності виявились ще кращими: збільшення становило 11, 16, 13 та 26 % відповідно. Аналогічні зміни стосуються і показників продуктивності зерно-просапної сівозміни.

Протягом наступних шести років четвертої ротації сівозмін (2015–2020 рр.) позитивний вплив біологізації сівозмін також підтверджується: порівняно з показниками третьої ротації спостерігалось збільшення виходу зерна в середньому на 6–9 % залежно від системи удобрення, урожайності зернових – на 8–11 %, виходу кормових одиниць – на 9–12 %, збору перетравного протеїну – на 15–18 %.

Таблиця 1

**Продуктивність восьмипільних сівозмін
в другій і третій ротації залежно від систем основного
обробітку та удобрення ґрунту**

Система удобрення ґрунту в сівозміні	Показники продуктивності сівозмін*							
	в середньому за другу ротацію (1999–2006 рр.)				в середньому за третю ротацію (2007–2014 рр.)			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Зерно-паропросапна сівозміна								
Без добрив	2,47	3,49	4,76	0,382	2,65	3,81	5,20	0,460
Органічна	2,94	3,72	5,34	0,414	3,25	4,33	6,01	0,521
Органо- мінеральна	3,20	4,27	5,78	0,448	3,43	4,58	6,28	0,544
Мінеральна	3,25	4,33	5,79	0,454	3,47	4,63	6,38	0,555
Зерно-паропросапна сівозміна								
Без добрив	2,16	3,29	4,93	0,407	2,70	3,60	5,37	0,479
Органічна	2,35	3,64	5,94	0,479	3,15	4,20	5,20	0,534
Органо- мінеральна	2,65	4,24	6,51	0,527	3,27	4,66	6,38	0,551
Мінеральна	2,70	4,32	6,57	0,533	3,41	4,75	6,57	0,567

Примітка. Показники продуктивності сівозмін: 1 – вихід зерна з 1 га ріллі, т; 2 – урожайність зернових, т/га; 3 – вихід кормових одиниць з 1 га, т; 4 – збір перетравного протеїну з 1 га, т.

Отже, розглянуті вище елементи біологізації позитивно вплинули на продуктивність як окремих вирощуваних культур, так і сівозміни в цілому.

За роки проведення дослідів відбувались зміни і в гумусному стані чорнозему. Найбільш сприятливі умови для збереження і відтворення потенційної родючості ґрунту забезпечували органічна та органо-мінеральна системи удобрення, де вміст гумусу за три ротації зерно-паро-просапної сівозміни підвищився на 0,35 % порівняно з вихідними показниками 1991 р. Простежувалася тенденція до підвищення кількості валових форм азоту і фосфору в удобрених варіантах.

Одним з важливих прийомів біологізації є впровадження сидеральних парів. Значення сидератів у сучасному землеробстві

обумовлюється їх участю у відтворенні органічної речовини ґрунту, що глобально впливає на весь комплекс агрономічних властивостей ґрунту. Запаси гумусу і азоту в ґрунтах сільськогосподарського використання відновлюються як завдяки внесенню мінеральних добрив, так і за рахунок органічних речовин, які надходять у ґрунт у вигляді рослинних решток різного походження, зокрема, в результаті заорювання зеленої маси сидеральної культури. Систематичне заорювання її в кількості 15–20 т/га забезпечує ефект, який рівноцінний внесенню 20 т/га гною.

Важливим в питанні сидерації полів в умовах північного Степу України першочерговим завданням є вибір сидеральної культури. Необхідно, щоб ця культура мала короткий термін вегетації, нарощувала велику кількість вегетативної маси, була економічно вигідна в плані насінництва. Відомо, що в умовах степової зони можна вирощувати на зелене добриво такі культури як: горох, вика яра, буркун білий, еспарцет, гірчиця біла, ріпак ярий та озимий, гречка та редька олійна.

На Ерастівській дослідній станції протягом восьми років проводились дослідження по виявленню ефективності різних бобових та хрестоцвітих культур в якості сидеральної культури з метою використання її біомаси в якості органічного добрива. За результатами досліджень встановлено, що найбільш ефективними і доцільними для широкого впровадження виявилися посіви редьки олійної або в чистому вигляді, або в сумішці з викою ярою (табл. 2, 3).

Таблиця 2

Порівняння ефективності сидеральних культур

Культура	Зелена маса		Кореневі рештки		Сумарний урожай сухої речовини, т/га
	урожай, т/га	вміст сухої речовини, %	кількість, т/га	вміст сухої речовини, %	
Гірчиця біла	19,1	13,1	4,7	30	3,91
Вика яра	22,1	18,2	4,9	33	5,64
Гірчиця біла + вика яра	21,5	15,6	5,5	31	5,06
Редька олійна + вика яра	28,2	16,8	6,7	32	6,88

Ефективність зеленого добрива значною мірою залежить від величини урожаю сидеральної культури. Чим більше зеленої маси буде зароблено в ґрунт, тим помітніша буде його дія і післядія на продуктивність наступних культур сівозміни.

Таблиця 3

**Порівняльна характеристика удобрювальної цінності
сидеральних культур**

Культура	Поступило в ґрунт сухої речовини, т/га	Кількість поживних речовин в загальній біомасі, кг/га				Еквівалент підстилкового гною, т
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	всього	
Редька олійна	5,48	102	73	206	381	29
Гірчиця біла	3,91	71	37	91	199	15
Вика яра	5,64	126	46	158	330	25
Гірчиця біла + вика яра	5,06	103	46	130	279	21
Редька олійна + вика яра	6,88	141	75	226	442	34

Аналіз рослин редьки олійної показав, що в її зеленій масі в перерахунку на абсолютно суху речовину містилось в середньому азоту 2,10 %, фосфору – 1,54 і калію –3,88 %, а в корінні – 1,47; 0,97; 3,56 %. При заробці посівів редьки олійної в ґрунт поступало 5,48 т/га органічної маси, що еквівалентно внесенню 29 т/га гною. Аналогічні результати забезпечує і вироснування вики ярої, а найкращі показники забезпечує їх вирощування в сумішці.

Отже, максимальний урожай сидеральної маси в усі роки досліджень формувался при вирощуванні редьки олійної у сумішці з викою ярою, проте насінництво вики ярої і використання її насіння в сумішах значно підвищують собівартість зеленої маси. Тому, самою оптимальною культурою для використання на зелене добриво в умовах північного Степу можна вважати – редьку олійну (*Raphanus sativus* L.).

Ефективність застосування сидерального пару підтверджується дослідями Єрастівської дослідної станції: в удобрених посівах урожайність пшениці озимої по сидеральному пару за сприятливого режиму волого забезпечення лише на 5–9 % менша за її урожайність по чорному пару, який вважається найбільш сприятливим попередником для цієї культури. (Але в несприятливі

роки ця різниця може сягати 20–25 %). Цікаво, що в середньому по всіх попередниках урожайність пшениці на фоні органо-мінеральної та мінеральної систем удобрення майже не відрізнялась між собою, а в разі органічної системи була меншою лише на 8–11 %, що свідчить на користь впровадження ефективніших в плані відновлення родючості ґрунту органічної і органо-мінеральної систем (табл. 4).

Таблиця 4

Урожайність озимої пшениці залежно від попередників та системи удобрення в сівозміні, т/га, (середнє за 2016–2020 рр.)

Попередники	Система удобрення ґрунту в сівозміні			
	без добрив	органічна	органомінеральна	мінеральна
Чорний пар	4,84	5,07	5,63	5,69
Зайнятий пар	3,94	4,51	5,00	4,94
Горох	4,02	4,30	4,72	4,84
Люцерна	3,98	4,28	4,71	4,77
Сидеральний пар	3,78	4,01	4,31	4,39

Як було зазначено вище, внаслідок інтенсивної експлуатації ґрунт поступово втрачає родючість, погіршуються його агрофізичні та агрохімічні показники, посилюються явища ґрунтової ерозії, інтенсифікуються ерозійні процеси. Тому для поповнення запасів органічної речовини ґрунту важливо повною мірою використовувати всі наявні можливості її відновлення, зокрема, застосовувати загортання побічної продукції вирощуваних культур.

Позитивний ефект від такого збагачення ґрунту елементами живлення у поєднанні з ґрунтозберезним мульчувальним обробітком демонструють результати багаторічних дослідів, що проводились в ДУ Інститут зернових культур на базі ДП ДГ «Дніпро». Ґрунт – чорнозем звичайний важко-суглинковий, вміст гумусу в орному шарі – 4,2 %. За рівнем агрохімічної забезпеченості чорнозем на стаціонарній ділянці відноситься до середнього та підвищеного класу: нітратний азот – 21 мг/кг сухого ґрунту, рухомих сполук фосфору і калію відповідно – 145 та 115 мг/кг.

У коротко-ротаційній сівозміні: чистий пар – пшениця озима – сояшник – ячмінь ярий – кукурудза на зерно досліджувалась ефективність базових агроприймів, спрямованих на підвищення продуктивності виробництва і відновлення родючості чорнозему: порівню-

валась ефективність полицевого, диференційованого та мульчувального основного обробітку ґрунту на трьох фонах живлення: без добрив + рослинні (пожнивні) рештки; $N_{30}P_{30}K_{30}$ + рослинні рештки; $N_{60}P_{30}K_{30}$ + рослинні рештки. Пожнивні рештки вирощуваних культур рівномірно розподілялись по поверхні поля з метою упередження ерозійних процесів, покращання вологозабезпеченості культурних рослин і підвищення родючості ґрунту.

У результаті доведена доцільність застосування мульчувальної системи обробітку ґрунту із залученням чизельних, плоскорізних і дискових знарядь (табл. 5). Так, на підвищеному агрофоні рівень урожайності всіх культур сівозміни відрізнявся незначно (в межах помилки досліду), але по економічних показниках (прибутковості і рентабельності виробництва) мульчувальна система переважає ефективність щорічної зяблевої оранки. На мульчувальному фоні найбільш ефективною виявилась органо-мінеральна система удобрення (побічна продукція + $N_{60}P_{30}K_{30}$), яка зумовлює як суттєве покращання поживного режиму ґрунту, так і підвищення продуктивності вирощуваних культур.

Таблиця 5

**Урожайність культур зерно-паропросапної сівозміни,
т/га (середнє за 2006–2015 рр.)**

Система обробітку ґрунту	Система удобрення ґрунту	Культури сівозміни			
		пшениця озима	ячмінь ярий	кукурудза на зерно	соляшник
Полицева	без добрив	5,24	2,69	4,88	2,35
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	5,52	3,12	5,33	2,51
	$N_{60}P_{30}K_{30}$	5,50	3,35	5,60	2,64
Диференційована	без добрив	5,17	2,35	4,83	2,22
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	5,55	2,92	5,29	2,53
	$N_{60}P_{30}K_{30}$	5,60	3,32	5,56	2,67
Мульчувальна	без добрив	5,04	2,21	4,81	2,28
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	5,37	2,76	5,28	2,57
	$N_{60}P_{30}K_{30}$	5,52	3,16	5,62	2,72

Серед досліджуваних способів утримання чистого пару перевагу мали технологічні схеми, що забезпечують суцільне екранування поверхні поля подрібненими рослинними рештками попередника та проведення мілкого дискового (восени) чи плоскорізного (навесні) обробітку ґрунту. За середньої урожайності пшениці озимої 5,52–5,60 т/га вони забезпечують, порівняно з оранкою,

економію пального (22–29 л/га) і коштів (664–1257 грн./га) при рентабельності 110–123 %.

Таким чином, застосування елементів біологізації землеробства сприяють поліпшенню умов живлення культурних рослин, підвищенню родючості ґрунту, збільшенню продуктивності ріллі та позитивно впливають на стан довкілля та здоров'я людей, що в цілому і забезпечує продовольчу та екологічну безпеку держави та досягнення збалансованого природокористування в аграрному виробництві. Досвід розвинених країн свідчить, що це економічно вигідний шлях розвитку, тому біологізація землеробства в Україні має стати важливим напрямком розвитку агропромислового комплексу.

2. Регулювання поживного режиму та вибір обробітку ґрунту – засіб досягнення високої продуктивності і екологічної безпеки в агроценозах

В умовах стрімкого зростання інтенсивності землеробства на основі максимальної експлуатації екологічних ресурсів і потенціалу урожайності сільськогосподарських культур на систему добрив покладаються дуже важливі функції – підвищення продуктивності виробництва, збереження родючості ґрунтів, підвищення екологічної безпеки довкілля. При цьому посилення використання потужної енерго-насиченої техніки, засобів хімізації і високопродуктивних сортів все більше потребує організації системних заходів щодо поліпшення поживного режиму ґрунтів одночасно із заходами по їх захисту від негативних наслідків антропогенного впливу.

За останні 100 років процеси втрати переважали процеси відновлення родючості ґрунтів залежно від стадії розвитку матеріальної бази землеробства і технологічних можливостей аграрного виробництва. На початку XX століття це перехід до механізованого обробітку ґрунту, в другій половині – тотальна полицева оранка і сучасний режим експлуатації чорноземів зі значним дефіцитом внесення як мінеральних, так і органічних добрив та високим рівнем відчуження поживних речовин з урожаєм. А це є небезпечними явищами, що не сприяють підтриманню високої якості агрохімічного та агрофізичного стану ґрунтів.

Сьогодні чорноземи ще мають достатній запас елементів живлення, який здатний підтримувати високий рівень урожайності сільськогосподарських культур. Але щоб подолати тенденцію до

зростаючого дефіциту поживних речовин важливо розробити фундаментальну модель кругообігу ресурсів в різних агросистемах.

Стаціонарні польові досліді відкривають широкі можливості для формування теорії трансформації родючості ґрунтів, розробки технологічних моделей її підтримання в сівозмінах, створення умов для бездефіцитного балансу поживних речовин в агробіоценозах та прогнозування шляхів подальшого розвитку агроєкосистем.

Головними факторами регулювання вмісту поживних речовин в ґрунті є застосування різних видів добрив, взаємовплив сільсько-господарських культур в сівозміні, способи механічного перемішування сипких добрив в ґрунті та тривалість регулярного поповнення ґрунту діючою речовиною азоту, фосфору, калію та інших поживних елементів [9, с. 43].

Результати дослідів, проведених в 5-пільній сівозміні (чорний пар – пшениця озима – сояшник – ячмінь ярий – кукурудза на зерно) стаціонарного досліді ДУ інститут зернових культур дозволяє визначити реальну ефективність технологічних прийомів з урахуванням комплексної просторово-часової взаємодії факторів.

Досліді проводили на базі ДП ДГ «Дніпро» протягом 2009–2019 рр. Ґрунт – чорнозем звичайний важко-суглинковий, вміст гумусу в орному шарі – 4,2 %, щільність протягом вегетації коливалась в межах 1,18–1,34 г/см³, твердість – 13,4–36,0 кг/см². Вміст макроелементів в орному шарі ґрунту: нітратний азот – 21 мг/кг сухого ґрунту, рухомий фосфор – 142 мг та обмінний калій – 187 мг. Ґрунтовий агрохімічний контроль в сівозміні було розпочато в 2009 році, після повної закладки досліді, що дозволило отримати стартові показники та коректно проводити порівняння результатів подальших досліджень.

В стаціонарному досліді вивчали системне застосування різних способів основного обробітку ґрунту (оранка полицевим плугом на глибину 25–27 см, безполицевий обробіток чизелем на 10–14 см, мілкий обробіток важкою дисковою бороною на 10–12 см) та їх вплив на поживний режим та особливості концентрації поживних елементів в орному шарі ґрунту.

Вихідні показники агрохімічного стану ґрунт сівозміні характеризувались значною різницею залежно від впливу вирощуваних культур та способів основного обробітку ґрунту. Так, показники вмісту азоту в орному шарі неудобрених посівів коливалися в межах від 8,9 до 15,6 мг/кг сухого ґрунту, рухомого фосфору від 127 до 168 мг/кг, обмінного калію від 99 до 156 мг/кг (табл. 6).

Таблиця 6

Вміст основних елементів живлення в неудобреному ґрунті сівозміни (шар ґрунту 0–30 см) залежно від вирощуваної культури і способів обробітку у 2009 р., мг/кг

Культура	Способи обробітку ґрунту								
	оранка			чизельний			дисковий		
	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пар чорний	14,6	168	156	11,9	166	154	11,3	164	153
Пшениця озима	9,2	138	124	8,6	137	122	8,9	142	115
Соняшник	12,1	137	112	10,2	136	101	9,9	133	99
Ячмінь ярий	15,6	127	152	13,6	117	145	12,4	112	129
Кукурудза на зерно	15,2	140	143	13,2	133	142	13,6	125	131

На вміст запасів поживних елементів в ґрунті впливали сільськогосподарські культури, які характеризувались різними обсягами виносу елементів живлення з урожаєм, особливостями вологоспоживання і рівня мобілізації або консервації основних елементів живлення. Найвищий рівень мобілізації елементів живлення спостерігався в умовах парового поля, де агрохімічні показники становили на фоні оранки: N – 14,6 мг/кг, P – 168 мг/кг і K – 156 мг/кг. Мінімальні показники вмісту доступних форм азоту, фосфору і калію були зафіксовані на посівах пшениці озимої (N – 9,2 мг/кг, P – 138 мг/кг, K – 124 мг/кг) як наслідок високого виносу зольних елементів у фазі формування зерна цієї культури та в результаті зневоднення ґрунту і припинення мікробіологічних процесів. Відновлення концентрації NPK в орному шарі до рівня, характерного для чорнозему дослідної ділянки без застосування мінеральних добрив, відбувалося в полі ярого ячменю і кукурудзи на зерно. Аналогічна тенденція щодо впливу сільськогосподарських культур на розподіл рівня вмісту основних елементів живлення в сівозміні повторювалась також на фоні чизельного обробітку та мілкового дискування.

В той же час спостерігався і інший вектор трансформації показників вмісту NPK, пов'язаний з інтенсивністю обробітку ґрунту. Погіршення умов аерації орного шару після проведення чизельного і мілкового обробітку супроводжувалось зниженням показників вмісту основних елементів живлення в 0–30 см шарі чорнозему. В різному ступені явище погіршення живлення відмічалось у всіх полях сівозміни внаслідок зменшення механічного

переміщення ґрунту. На прикладі кукурудзи на зерно досить чітко видно, що з переходом від полицевої оранки до чизельного розпушення і мілкового дискування вміст азоту в шарі 0–30 см знижувався на 1,6–2,0 мг/кг, фосфору на 7–15 мг/кг та калію на 1–12 мг/кг.

Спосіб обробітку ґрунту виступає досить важливим регулятором позиційного розподілу у вертикальному розрізі поживних речовин. Навіть за відсутності внесення мінеральних добрив ґрунтозахисні безполицеві способи основного обробітку викликають більш помітну диференціацію орного шару за агрохімічними показниками. Порівняльний аналіз показав, що в шарі ґрунту 0–10 см на фоні полицевої оранки концентрація азоту становила 16,5 мг/кг, а вже при проведенні мілкового дискування в шарі 21–30 см вміст цього елемента знижувався до 12,1 мг/кг. За аналогічною порівняльною схемою вміст фосфору на мілкому обробітку знижувався на 60 мг/кг, а калію відповідно на 56 мг/кг. В межах мілкового дискування диференціація орного шару ґрунту за вмістом фосфору і калію проявлялася в тому, що з поглибленням обробітку вміст цих елементів знижувався на 33–39 %.

Таким чином, на початковій стадії закладання польового стаціонарного дослідів агрохімічний фон кожного поля сівозміни формувався на основі природних ресурсів чорнозему звичайного, біологічних і технологічних особливостей культур сівозміни та способів основного обробітку ґрунту. Чизельне розпушення та мілкий дисковий обробіток без обертання скиби і вертикального переміщення ґрунтової маси посилював диференціацію ріллі за вмістом основних елементів живлення, що негативно позначилося на урожайності сільськогосподарських культур.

Застосування мінеральних добрив на початку освоєння сівозміни суттєво позначилося на агрохімічному фоні ґрунту під посівами різних культур сівозміни. Але виявлені закономірності щодо змін показників вмісту поживних елементів залежно від вирощуваної культури і способів основного обробітку мали аналогічні характеристики з варіантом без добрив. Тобто мінімізація обробітку ґрунту супроводжувалась зниженням вмісту азоту, фосфору і калію в орному шарі, а також сприяла посиленню диференціації ґрунту на агрогоризонти з різною концентрацією елементів живлення (табл. 7).

При внесенні під культури сівозміни $N_{45}P_{45}K_{45}$ коливання між максимальними і мінімальними показниками вмісту азоту

відбувалось в межах 11,5–27,7 мг/кг, що перевищувало показники неудобраних ділянок на 3,1–11,1 мг/кг.

При вирощуванні соняшнику внесення мінеральних добрив забезпечило зростання вмісту в 0–30 см шарі ґрунту на фоні оранки (порівняно з варіантом без застосування добрив): сполук азоту на 8,6 мг/кг, фосфору – на 27 мг/кг, калію – на 26 мг/кг. При цьому внаслідок того, що вміст рухомих форм фосфору і калію на порядок вище, ніж азоту, внесення мінеральних добрив дозою $N_{45}P_{45}K_{45}$ більш радикально впливало на зростання вмісту азоту – на 31,5 %. Аналогічні зміни характерні і для ґрунту під іншими культурами сівозміни.

Таблиця 7

Вміст основних елементів живлення на фоні внесення $N_{45}P_{45}K_{45}$ в ґрунті сівозміни (шар ґрунту 0–30 см) залежно від вирощуваної культури і способів обробітку у 2009 р., мг/кг

Культура	Способи обробітку ґрунту								
	оранка			чизельний			дисковий		
	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пар чорний	23,2	171	176	21,5	160	165	20,9	153	160
Пшениця озима	22,8	160	163	20,4	147	150	19,6	142	149
Соняшник	20,7	164	138	20,1	155	136	20,1	160	131
Ячмінь ярий	21,6	158	142	19,4	140	144	18,6	125	132
Кукурудза на зерно	21,6	161	155	20,6	130	147	19,7	138	141

Базові агрохімічні показники продовжували трансформуватись в контрольованих агротехнологічних умовах протягом двох наступних ротацій сівозміни (табл. 8, 9). Приведені дані свідчать про те, що вирощування культур сівозміни на неудобреному ґрунті за 10 років привело до зниження вмісту основних елементів живлення у ґрунті фактично всіх культур на фоні всіх досліджуваних обробітків. Підтвердилась закономірність щодо зниження вмісту поживних елементів в орному шарі ґрунту зі зменшенням глибини обробітку.

Поряд із зниженням загальних показників вмісту основних елементів живлення, зокрема, на фоні безполицевих способів обро-

бітку тут спостерігалось поглиблення диференціації орного шару за агрохімічними ознаками. Так, в ґрунті під посівами озимої пшениці при проведенні полицевої оранки вміст азоту в шарі 20–30 см порівняно з верхнім шаром 0–10 см знижувався на 22,5 %, а на фоні мілкої дискової обробітку ця різниця зростала до 40,3 %.

Таблиця 8

Вплив на вміст основних елементів живлення в неудобреному ґрунті сівозміни (шар ґрунту 0–30 см) вирощуваних культур сівозміни і способів обробітку у 2009 р., мг/кг

Культура	Способи обробітку ґрунту								
	оранка			чизельний			дисковий		
	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пар чорний	13,3	155,7	141,7	9,9	149,7	136,7	8,3	146,3	136
Пшениця озима	7,5	123	107,7	5,9	119,3	105,3	5,2	123,3	95,3
Соняшник	10,8	121,7	94,7	8,2	118,7	83,7	6,6	113,7	80
Ячмінь ярий	13,9	113,7	136,3	11,3	98,3	130,3	9,1	93,3	109
Кукурудза на зерно	13,2	115	127	11,2	115,3	125,3	11,6	106,3	112

Таблиця 9

Вплив на вміст основних елементів живлення при внесенні N₄₅P₄₅K₄₅ в ґрунт сівозміни (шар ґрунту 0–30 см) залежно від вирощуваної культури і способів обробітку у 2019 р., мг/кг

Культура	Способи обробітку ґрунту								
	оранка			чизельний			дисковий		
	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пар чорний	24,9	181	182	23,5	169,3	174,7	22,9	162,3	169,3
Пшениця озима	24,1	169,3	173,3	21,7	156,3	158,3	20,9	150,7	157,7
Соняшник	22,4	173,7	147,3	21,4	164	144,7	21,8	170,7	141
Ячмінь ярий	22,9	168	151,3	21,1	149,3	153,3	20,3	134	140,7
Кукурудза на зерно	23,6	171	164,3	22,6	139	156,3	56,2	147,7	150

Застосування мінеральних добрив в сівозміні сприяє підвищенню забезпеченості всіх сільськогосподарських культур елементами

живлення, а в процесі систематичного поповнення запасів зольних елементів у ґрунті відбувається вирівнювання агрохімічних показників в різних полях сівозміни. Подібне явище викликане наближенням балансу виносу елементів живлення культурами і обсягів застосування добрив до зрівноваженого стану, незмінністю культур в сівозміні та однотипністю механічного впливу на ґрунт в межах окремих способів обробітку.

Підтвердженням цього наукового положення є показники вмісту у 0–30 см шарі ґрунту азоту, які знаходяться у вузькому коридорі 20,7–23,2 мг/кг з дисперсією до 10 %, в той же час як на фоні без внесення добрив розбіжність між показниками досягала 44 %. В даній ситуації можна говорити про те, що застосування мінеральних добрив при послідовному чергуванні культур в сівозміні виступає фактором стабілізації агрохімічних показників і родючості ґрунтів.

Розподіл рухомого фосфору в 0–30 см шарі ґрунту характеризувався аналогічними тенденціями. За відсутності удобрення вміст фосфору знижувався з 127 до 113 мг/кг та зростав з 164 до 174 мг/кг на фоні регулярного внесення $N_{45}P_{45}K_{45}$.

Таким чином, завдяки високій природній буферності чорноземи характеризуються достатнім консерватизмом щодо мінливості агрохімічних показників під впливом різних агроприйомів, в тому числі і застосування мінеральних добрив в процесі багаторічного використання ґрунтів. На сьогодні існує дві основні причини, які не дозволяють встановити точну корелятивну залежність в балансі поживних речовин у ґрунті. По-перше, це відсутність об'єктивної адекватності між агрохімічними показниками та ідентичністю засвоєння зольних елементів рослинами. По-друге, недостатня вивченість процесів трансформації поживних речовин з валових запасів у ґрунті в доступні форми і навпаки. Про значні диспропорції в методології агрохімічного аналізу свідчать суттєві розбіжності між величинами цих показників. Наприклад, вміст доступних форм фосфору і калію на порядок вище, ніж азоту, в той час як винос азоту рослинами, як правило, в 2–3 рази вище за винос фосфору і калію.

Ефективність мінеральних добрив залежить не тільки від вмісту поживних елементів у ґрунті, але і від того, наскільки вони суміщаються з активними зонами кореневої системи рослин. У цьому випадку важливого значення набувають способи основного обробітку ґрунту, які регулюють позиційне розміщення в орному шарі як добрив, так і кореневої маси рослин.

При впровадженні ґрунтозахисних способів обробітку без обертання скиби та мілкого розпушування проявлялися процеси поглиблення диференціації орного шару за вмістом поживних речовин. Переконливим прикладом у цьому контексті є порівняння вмісту NPK на фоні полицевої оранки і мілкого дискування при регулярному внесенні мінеральних добрив протягом 10 років. Якщо оранка забезпечувала рівномірний вертикальний розподіл поживних речовин, при якому вміст рухомого фосфору в шарі ґрунту 0–10 см у посівах кукурудзи становив 206 мг/кг, то в шарі 20–30 см – 148 мг/кг. За мілкого дискового обробітку у верхньому шарі концентрація фосфору була меншою на 11 мг/кг, а у нижньому – на 30 мг/кг порівняно з оранкою.

Показовим прикладом впливу оранки на більш глибоке проникнення добрив в ґрунт є динаміка вмісту фосфору в шарі 20–30 см залежно від способу обробітку в посівах кукурудзи. Так, за систематичного внесення добрив на фоні оранки порівняно з неудобреними варіантами в шарі ґрунту 20–30 см він зростав на 59 мг/кг, а при мілкому обробітку – лише на 3 мг/кг. Тобто, глибока оранка більш активно включала в кругообіг поживні елементи ґрунту.

Таким чином, в процесі досліджень встановлено, що агрохімічні показники чорнозему звичайного знаходились під комплексним впливом організаційних і технологічних прийомів. Систематичне внесення мінеральних добрив нормою $N_{45}P_{45}K_{45}$ під культури сівозміни супроводжувалось збільшенням вмісту азоту, фосфору і калію на всіх фонах основного обробітку ґрунту в кожному з полів зерно-паро-просапної сівозміни. Вирощування сільськогосподарських культур в сівозміні без компенсації виносу поживних речовин урожаєм приводить до зниження вмісту основних елементів живлення в ґрунті на 9–30 %. Незмінне використання безполицевих способів обробітку ґрунту викликає посилення диференціації орного шару за агрохімічними параметрами з підвищенням концентрації у верхній частині орного шару. При значній мінливості показників вмісту азоту, фосфору і калію в ґрунті під впливом комплексу агротехнологічних заходів чорнозем звичайний відрізнявся достатньо високою буферністю і здатністю підтримувати високий рівень урожайності культур в сівозміні.

В землеробстві України в останні 20–30 років спостерігається значний дефіцит мінеральних і особливо органічних добрив. Тому, виходячи з даних реальних ресурсних обставин, важливо визна-

чити комплекс агротехнологічних елементів, які здатні оптимізувати як умови живлення рослин, так і забезпечити збереження рівня родючості ґрунту.

Сьогодні при вирішенні питань раціонального природокористування і підвищення ефективності використання агроценозів надзвичайно актуальним є питання трансформації рослинних решток в гумусові речовини, швидкість процесів гуміфікації в різних локаціях профілю орного шару, ступінь її диференціації за вмістом гумусу. Важливим є також питання закономірностей накопичення гумусу в ґрунті під впливом різних способів обробітку ґрунту: мілкої обробітку без обертання скиби, або оранки, яка забезпечує інтенсивне обертання скиби разом з біорештками вирощуваних культур.

Рівень гумусованості чорнозему, з одного боку, є досить стабільним показником, а з іншого він здатний змінюватись під впливом агротехнологічних заходів. Як встановлено нами, природна буферність гумусових сполук дозволяла утримувати показники вмісту гумусу в орному шарі у достатньо вузькому діапазоні 4,21–4,39 %, не зважаючи на вплив добрив і обробітку ґрунту протягом 8 років контролювання режиму родючості (табл. 10).

Таблиця 10

Вплив обробітку ґрунту і добрив на вміст гумусу у сівозміні, %

Добрива	Обробіток ґрунту	Шари ґрунту, см			
		0–10	10–20	20–30	0–30
2009 рік					
Без добрив	оранка	4,43	4,22	3,98	4,21
	мілкий	4,42	4,24	4,05	4,24
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	оранка	4,62	4,18	3,93	4,24
	мілкий	4,62	4,25	4,00	4,29
2019 рік					
Без добрив	оранка	4,45	4,22	4,05	4,26
	мілкий	4,51	4,34	4,08	4,31
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	оранка	4,66	4,33	4,06	4,35
	мілкий	4,70	4,42	4,05	4,39

Проте, в розрізі окремих шарів залежно від інтенсивності обробітку ґрунту і застосування добрив процеси трансформації показників вмісту гумусу проявляються більш активно, що свідчить про значну регулятивну роль агроприймів. Максимуму різниці

вмісту гумусу досягала на фоні дискового обробітку при внесенні $N_{45}P_{45}K_{45}$ між шарами ґрунту 0–10 см – 4,7 % і 20–30 см, де вміст гумусу знижувався до 4,05 %, або на 0,65 %.

Регулярне використання біорешток попередніх культур в сівозміні виявилось одним з найважливіших факторів стабілізації гумусового балансу в ґрунті. Введення у кругообіг до 14–16 т/га рослинних решток за ротацію сівозміни сприяло зростанню вмісту гумусу як на фоні внесення, так і без застосування добрив на фоні дискового обробітку на 0,5–0,7 %, а на фоні оранки на 0,3–0,5 %. Таким чином, орний шар ґрунту за умов акумуляції біорешток, продукуваних вирощуваними культурами, забезпечує стійку тенденцію до збільшення вмісту гумусу, що сприяє збереженню рівня родючості. Розподіл надземних біорешток та відмерлої кореневої системи рослин в орному шарі ґрунту забезпечував зростання показників вмісту гумусу по всьому профілю ріллі. Найбільш активно процеси гуміфікації проходили у верхньому 0–10 см шарі, де вміст гумусу сягав 4,45–4,70 %. В менш активному 0–30 см шарі – збільшився до 4,05–4,08 % як на фоні полицевої оранки, так і мілкого обробітку.

Тисячолітнє формування чорнозему відбувалось перш за все за рахунок сезонного відмирання біомаси рослин і перемішування її з мінеральною породою. Тому навіть часткове повернення в ґрунт біомаси попередників сприятливо впливає на баланс гумусу. Загалом, на відновлення балансу гумусу наявність біомаси сільськогосподарських культур впливає більше, ніж способи обробітку ґрунту.

Вміст поживних речовин в ґрунті безпосередньо впливає на формування урожаю вирощуваних культур. Про достатньо тісну залежність урожаю від агрохімічних показників свідчать показники урожайності культур сівозміни. Поряд із загальним рівнем забезпеченості основними елементами живлення сільськогосподарські культури чутливо реагували і на спосіб обробітку ґрунту. Більш рівномірний розподіл мінеральних добрив в орному шарі на фоні полицевої оранки забезпечив одержання вищого урожаю з використанням $N_{45}P_{45}K_{45}$, який досяг у кукурудзи 6,55 т/га; у пшениці – 5,27; у ячменю – 2,94; у соняшника – 3,07 т/га. В той час як на фоні мілкого дискового обробітку урожайність зменшилась відповідно до 6,09; 4,91; 2,52; 2,60 т/га. Аналогічна закономірність щодо зниження урожайності була характерною при проведенні чизельного обробітку, урожайні дані вирощуваних культур

займали проміжне положення між оранкою і дисковим обробітком: 6,22; 5,05; 2,71; 2,75 т/га відповідно.

Таким чином, рівень забезпеченості агробіоценозів основними елементами живлення значною мірою залежить від комплексу факторів: інтенсивності їх засвоєння сільськогосподарськими культурами, обсягів внесення мінеральних добрив і побічної рослинної продукції та способів обробітку ґрунту, що слід враховувати, розраховуючи системи удобрення і обробітку ґрунту в сівозміні.

3. Оптимізація режиму волого-забезпечення – резерв підвищення виробництва в аграрному секторі і покращення екологічного стану довкілля

Вода – один з найважливіших структурних елементів рослин, що бере участь у процесі фотосинтезу і синтезу органічних речовин, підтримує тургор клітин, запобігає перегріванню рослин, сприяє розчиненню поживних речовин і переміщенню їх з ґрунту в рослину. Її вміст у надземній частині коливається в межах 70–96 %. Тому ґрунтова волога є незамінним чинником в забезпеченні процесів росту, розвитку і формування урожаю рослин, а нормальне волого-забезпечення посівів є найважливішою умовою життя рослин.

Для ґрунтів степової зони характерний непромивний режим, при якому поповнення ґрунтів водою відбувається за рахунок атмосферних опадів без наскрізного промочування. Природна волого-зарядка відбувається переважно восени та взимку. Оподи весняно-літнього періоду значно поступаються сумарній витраті вологи на споживання рослинами і фізичне випаровування. Рослини потерпають від нестачі вологи або від посухи, що веде до негативних змін у фізіологічних процесах, порушення обміну речовин. Захищаючись від таких явищ, рослини перебудовують свій організм на функціонування в режимі економічного споживання води, але при цьому відбувається зниження продуктивності. Продуктивність сільськогосподарських культур знаходиться в прямо-пропорційній залежності від їх вологозабезпеченості, тому регулювання водного режиму – важливе завдання для сучасного аграрного виробництва. [10, с. 111; 11, с. 123].

В умовах посушливого клімату саме нестача вологи є фактором, що обмежує зростання рівня урожаю польових культур. Для умов степової зони, яка відноситься до територій дефіцитного забез-

печення волого-ресурсами, актуальність проблеми посушливого клімату ніколи не знімалася з черги денної. На фоні глобального потепління клімату, яке призвело до підвищення середньорічної температури в степовій зоні за останні 20 років на 1,6 °C і непередбачуваності гідротермічних характеристик протягом року, важливого значення набуває удосконалення агротехнологій в напрямку ефективного використання акумулятивних та консервуючих властивостей агроценозів.

У структурі факторів, які визначають рівень продуктивності ріллі, забезпеченості вологою належить 45–60 %. У проблемі оптимального використання ресурсів вологи існує ще багато не використаних резервів. Так, якщо в умовах посушливого Степу України на виробництві на формування 1 т зерна використовується 800–1000 м³, то в США за аналогічних кліматичних умов коефіцієнт волого-споживання складає рекордні 280 м³.

Це свідчить про те, що в окремих технологічних і організаційних складових землеробство не досить адекватно реагує на зміни клімату та не повною мірою використовує можливості технічної і хімічної модернізації аграрного виробництва, пов'язані з волого-збереженням та балансовим обігом води в агросистемах.

Масштаби непродуктивної втрати вологи можна скоротити на 30–40 % за рахунок зменшення забур'яненості посівів, зниження ерозійного стоку, покращання інфільтраційних властивостей ґрунту, зменшення випаровування вологи з поверхні поля, добору адаптивних технологій і сортів.

В цьому комплексі питань чи не найголовніша – водорегулююча – роль належить сівозмінам і основному обробітку ґрунту.

В дослідженнях науковців ДУ Інститут зернових культур досліджувались шляхи оптимізації рівня волого-забезпечення культур зерно-просапної сівозміни на основі застосування різних способів обробітку ґрунту, які сприяють ефективному накопиченню запасів ґрунтової вологи та продуктивному використанню її сільсько-господарськими культурами.

Польові стаціонарні досліді проводили в зоні північного Степу протягом 2015–2018 рр. на ділянці з чорноземом звичайним, в якому вміст гумусу в орному шарі становив 3,98 %, щільність коливалась в межах 1,18–1,34 г/см³, а твердість – 13,4–36,0 кг/см². Вміст основних поживних елементів наступний: нітратний азот – 21 мг/кг сухого ґрунту, рухомий фосфор – 142 мг/кг та обмінний калій – 187 мг/кг. Дослідження проводились в 5-пільній сівозміні

горох – пшениця озима – соняшник – ячмінь ярий – кукурудза на зерно, де вивчали особливості застосування різних способів основного обробітку ґрунту (оранка полицевим плугом на глибину 25–27 см, безполицевий обробіток чизелем на 10–14 см, мілкий обробіток важкою дисковою бороною на 10–12 см, використання сівалки прямої сівби для системи No-till) та їх вплив на динаміку накопичення і втрати вологи, її запаси в ґрунті посівів всіх культур сівозміни та загальний баланс вологи забезпечення.

За активний волого-накопичувальний період з початку сівби озимих культур до відновлення весняної вегетації запаси продуктивної вологи в ґрунті досягали своїх максимальних показників. Запаси продуктивної вологи в ґрунті на початку вегетаційного періоду характеризують роль попередників, обробітку ґрунту та його волого-накопичувальні властивості.

Нашими дослідженнями доведено, що величина урожайності ранніх зернових культур на 50–60 % залежить від вихідних запасів ґрунтової вологи і на 40–50 % від кількості опадів під час вегетації. Для посівів пізніх культур значення дощів протягом вегетації зростає до 55–70 %. При цьому важливість запасів ґрунтової вологи закономірно зростала в посушливі роки.

Діапазон показників запасів продуктивної вологи в шарі ґрунту 0–150 см залежно від місця культур в сівозміні і основного обробітку ґрунту становив 169–191 см. Такий незначний рівень коливання запасів продуктивної вологи в ґрунті свідчить про те, що процеси акумуляції вологи були спрямовані на вирівнювання цього показника на різних агросистемних фонах (табл. 11). Розподіл вологи в ґрунтовому профілі характеризувався тим, що переважна частина вологи зосереджувалася в 50–100 см шарі і дещо нижчою (на 6–10 мм) була в глибших шарах 100–150 см.

В посівах всіх культур сівозміни проявлялась тенденція щодо зниження обсягів накопичення вологи одночасно із зменшенням глибини основного обробітку ґрунту. Так, наприклад, якщо на глибокій оранці і чизельному обробітку максимальні запаси вологи досягали 188–191 мм, то на мілкому дисковому і прямій сівбі вони знижувались до 179–186 мм. З точки зору впливу різних способів обробітку ґрунту на волого-накопичення одним з важливих факторів є щільність та глибина первинного акумулятивного шару, або, простіше, об'єм розпушеного ґрунту.

Рівень волого-споживання та характер використання вологи культурами попередниками також впливав на весняні запаси продуктивної вологи в період сівби наступних культур сівозміни. Великі

обсяги використання вологи пізніми культурами, такими як кукурудза на зерно і соняшник, а також інтенсивна транспірація включно до першої декади серпня, обумовили неможливість повного відновлення запасів ґрунтової вологи до рівня польової вологоємності.

Таблиця 11

Запаси продуктивної вологи при сівбі ранніх ярих культур залежно від попередників і способів обробітку ґрунту, мм (середнє за 2015–2018 рр.)

Культури	Шар ґрунту, см	Спосіб обробітку ґрунту			
		оранка	чизельний	мілкий дисковий	No-till
Горох	0–50	64	65	63	60
	0–100	136	138	130	127
	0–150	180	181	175	169
Пшениця озима	0–50	68	68	65	63
	0–100	144	143	138	133
	0–150	191	190	186	180
Соняшник	0–50	67	66	65	62
	0–100	141	142	136	132
	0–150	187	188	184	179
Ячмінь ярий	0–50	62	64	60	59
	0–100	134	135	128	124
	0–150	184	185	178	173
Кукурудза на зерно	0–50	67	68	65	62
	0–100	142	143	137	132
	0–150	188	189	182	179

Примітка: $НР_{0,05}$ для шару ґрунту 0–50 см – 2,6 мм ; для шару ґрунту 0–100 см – 4,1 мм; для шару ґрунту 0–150 см – 5,7 мм

В той же час, завершення періоду максимального водоспоживання у ранніх зернових культур наставав набагато раніше – в кінці другої декади червня. Тобто в цей період агроценоз ранньої групи культур переходив із стадії споживання вологи до стадії її накопичення. В результаті дії такого механізму регулювання волого-споживання запаси продуктивної вологи перед сівбою озимої пшениці, соняшнику і кукурудзи на зерно (після гороху, пшениці озимої, ячменю ярого) були вищими і становили 187–191 мм. Після пізніх культур перед сівбою гороху, ярого ячменю вихідні запаси вологи були дещо меншими – 180–184 мм.

Показники залишкової кількості вологи в ґрунті після завершення вегетації сільськогосподарських культур характеризують не тільки

обсяги використання води рослинами, але й обумовлюють необхідність вибору адекватної системи волого-зберігаючого обробітку ґрунту (табл. 12). На період сівби озимих культур визначення запасів вологи показало зниження їх вмісту в шарі ґрунту 0–150 см до 14–50 мм. При цьому на цей показник впливали як культури сівозміни, так і способи основного обробітку ґрунту, які залишалися визначальним фактором формування запасів вологи. Після всіх культур сівозміни найменші запаси продуктивної вологи в ґрунті залишалися при використанні системи No-till, а більшими запасами вологи вирізнялись ділянки, де застосовували оранку або чизельний обробіток. Перевагу тут мали культури, збирання яких припадає на більш ранні строки: горох, пшениця озима і ячмінь ярий, які залишали після себе на фоні чизельного обробітку 50–51 мм, а в системі No-till 42–45 мм вологи.

Таблиця 12

Вміст вологи в ґрунті посівів культур сівозміни в період сівби озимих культур, мм (середнє за 2015–2018 рр.)

Культури	Шар ґрунту, см	Спосіб обробітку ґрунту			
		оранка	чизельний	мілкий дисковий	No-till
Горох	0–50	26	24	22	20
	0–100	35	34	33	29
	0–150	52	50	47	43
Пшениця озима	0–50	28	27	25	22
	0–100	37	37	35	33
	0–150	54	51	48	45
Соняшник	0–50	19	18	17	15
	0–100	26	25	23	21
	0–150	38	36	34	32
Ячмінь. ярий	0–50	25	25	21	19
	0–100	34	35	30	30
	0–150	51	50	44	42
Кукурудза зерно	0–50	19	18	16	14
	0–100	25	24	23	20
	0–150	37	35	31	30

Примітка: НР_{0,05} для шару ґрунту 0–50 см – 1,4 мм ; для шару ґрунту 0–100 см – 2,8 мм; для шару ґрунту 0–150 см – 3,2 мм

Основний обробіток ґрунту в період проведення польових робіт протягом вегетації виконував дві функції: збереження вологи, яка

залишилася після збирання урожаю попередників, і акумуляція та накопичення опадів у передзимовий сезон. У прояві різних компенсаторних процесів волого-споживання – волого-накопичення перевагу в 4–7 мм мав глибокий обробіток – оранка, чизелювання.

Перевага обробленого на більшу глибину і краще розпушеного ґрунту формувалася за рахунок сумарного накопичувального ефекту, який вплинув на величину сформованого урожаю. Поступове зростання інтенсивності обробітку ґрунту від системи No-till до глибокої оранки супроводжувалось зростанням урожайності зерна кукурудзи з 5,36 т/га до 6,31 т/га, а ярого ячменю – з 2,22 до 2,75 т/га, аналогічно змінювалась урожайність пшениці озимої і соняшнику. Наші розрахунки свідчать про високий рівень кореляції між показниками вмісту продуктивної вологи в шарі ґрунту 0–150 см і урожайністю культур сівозміни (для кукурудзи $r = 0,73$; пшениці озимої – 0,68; ячменю ярого – 0,75; соняшнику – 0,71).

Висновки

Основне завдання сільського господарства – виробництво високоякісної конкурентоспроможної продукції за умови збереження родючості ґрунту. В аграрному секторі дієвими факторами для якісного виконання цих завдань є біологізація сівозміни шляхом введення до її складу одного-двох полів зернобобових культур, використання в якості органічного добрива поживних решток, сидеральних культур, інших джерел органічної речовини. В умовах степової зони ефективним прийомом збереження родючості ґрунту і підвищення біологізації землеробства виявилось зароблення в ґрунт поживних решток вирощуваних культур у поєднанні з мульчувальним обробітком ґрунту в сівозміні.

Рівень забезпеченості агробіоценозів основними елементами живлення залежить від комплексу факторів: інтенсивності їх засвоєння сільсько-господарськими культурами, обсягів внесення мінеральних добрив і побічної рослинної продукції та способів обробітку ґрунту. Більш глибокий обробіток з обертанням скиби забезпечує рівномірне розподілення внесених добрив по всьому профілю орного шару і підвищує урожай вирощуваних культур.

Основний обробіток ґрунту в період проведення польових робіт протягом вегетації виконує дві основні функції: збереження вологи, яка залишилася після збирання урожаю попередників, і акумуляція та накопичення опадів у передзимовий сезон. Обробіток ґрунту на

більшу глибину за рахунок сумарного накопичувального ефекту забезпечує краще волого-забезпечення рослин протягом вегетації і позитивно впливає на величину сформованого урожаю.

Список використаних джерел:

1. Булыгин С.Ю., Неаринг М.А. Формирование экологически сбалансированных агроландшафтов. – Харьков : Эней, 1999. 271 с.
2. Трускавецький Р.С. Основи управління родючістю ґрунтів / Р.С. Трускавецький, Ю. Л. Цапко. – Харків, 2016. 388 с.
3. Медведев В.В. Мониторинг почв Украины. Концепция, предварительные результаты, задачи /В. В. Медведев. – Харьков: Антика, 2003. 426 с.
4. Про стан родючості ґрунтів України: національна доповідь / С.А. Балюк, В.В. Медведев, О.Г. Тараріко та ін. К., 2010. 111 с.
5. Ґрунти України: властивості, генезис, менеджмент родючості: навч. посіб. / В. І. Купчик, В. В. Іваніна, Г. І. Нестеров, О. Л. Тонха; за ред. В. І. Купчика. – Київ: Кондор, 2010. 416 с.
6. Бойко П. І. Біологічна та екологічна роль сівозмін в землеробстві. К. : Знання, 1990. 148 с.
7. Смарт методи управління родючістю ґрунтів : навч. посіб. для аспірантів спеціальності 201 – Агрономія / Шевченко М.С., Десятник Л.М. Дніпро : ДУ ІЗК НААН, 2019. 176 с. URL: https://www.institut-zema.com/education/docs/silabusfahcom-netentions/navchalniy_posibnyk.pdf
8. Шевченко М.С., Десятник Л.М., Шапка В.П., Кохан А.В. Вплив елементів біологізації на продуктивність сівозмін та родючість ґрунту в Степу. *Бюл. Інституту сільського господарства степової зони*. Дніпро, 2016. № 11. С. 88–96.
9. Шевченко М.С. Гадзало Я.М., Заришняк А.С. Актуальні сівозміни: новий погляд на класику : монографія. Дніпро : ТОВ «Роял Прінт», 2017. 90 с.
10. Шевченко М., Десятник Л., Льоринець Ф., Шевченко С. Агросистемні методи регулювання волого-споживання в агроценозі. *Науковий журнал Зернові культури*. 2017. Т. 1. № 1. С. 119–123.
11. Шевченко І.П., Коломієць Л.П., Терещенко К.Є. Адаптивні системи землеробства і сучасні агротехнології – основа раціонального землекористування, збереження і відтворення родючості ґрунтів. Київ, 2013. 339 с.