

УДК 631.626.87:633.18

## АЗОТНИЙ РЕЖИМ ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТОГО ҐРУНТУ ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМ УДОБРЕННЯ ЗА ПЕРІОДИЧНО ПРОМИВНОГО ТИПУ ЗВОЛОЖЕННЯ

---

Р.В. САЙДАК, Ю.В. СОРОКА, Ю.Г. ЛІСОВИЙ

Інститут водних проблем і меліорації НААН

*Викладено вплив систем удобрення на азотний режим дерново-підзолистого ґрунту в короткоротаційній зерно-картопляній сівозміні. Установлено закономірності періодичності та обсягів вертикальної інфільтрації опадів у зоні Чернігівського Полісся, оцінено втрати біогенних елементів з інфільтраційними водами на різних агрофонах.*

**Ключові слова:** система удобрення, азотний режим ґрунту, опади, гідротермічні умови, інфільтрація, біогенні елементи

**Постановка завдання.** Проблема азоту в землеробстві тісно пов'язана із вмістом у ґрунті органічної речовини. У ній міститься

© Р.В. Сайдак, Ю.В. Сорока, Ю.Г. Лісовий, 2013

Меліорація і водне господарство. 2013. Вип. 100

97–99% усіх запасів азоту, вміст якого повністю визначається процесами гумусоутворення і біологічною активністю ґрунту [1]. Гострота проблеми азоту полягає у високому виносі його урожаєм, слабкій післядії азотних добрив, а також у тому, що доступні рослинам солі азотної кислоти та амонію легко вимиваються з ґрунту або переходять у газоподібну форму. Крім того, необхідно враховувати високу енергоємність виробництва, а значить, і вартість азотних добрив [2]. Запаси азоту в дерново-підзолистих ґрунтах низькі, для них характерне низхідне протікання і кисла реакція середовища, що визначає високу рухомість та втрати азоту [3]. Поживні елементи свіжої органічної маси стають доступними наступним культурам сівозміни тільки після їхньої мінералізації. За даними І.Ю. Мішина, А.Д. Фокіна (1994 р.) [4], активність мінералізаційних процесів залежить від хімічного складу біомаси, співвідношення в ній С:N і може тривати декілька років. В умовах періодично промивного типу зволоження дерново-підзолисті ґрунти характеризуються високим ступенем вимивання інфільтраційними водами поживних елементів [5], що часто суттєво знижує ефективність агротехнічних заходів, спрямованих на підвищення їхньої родючості, зокрема поліпшення азотного режиму. В зв'язку з цим основною метою досліджень було оцінювання впливу систем удобрення на азотний режим ґрунту за періодично промивного типу зволоження та визначення втрат біогенних елементів з інфільтраційними водами.

**Методика досліджень.** Дослідження проводили на основі системного аналізу та математичного моделювання багаторічних результатів, отриманих у лізиметричному та польовому досліді, які закладено в Чернігівському ІАПВ.

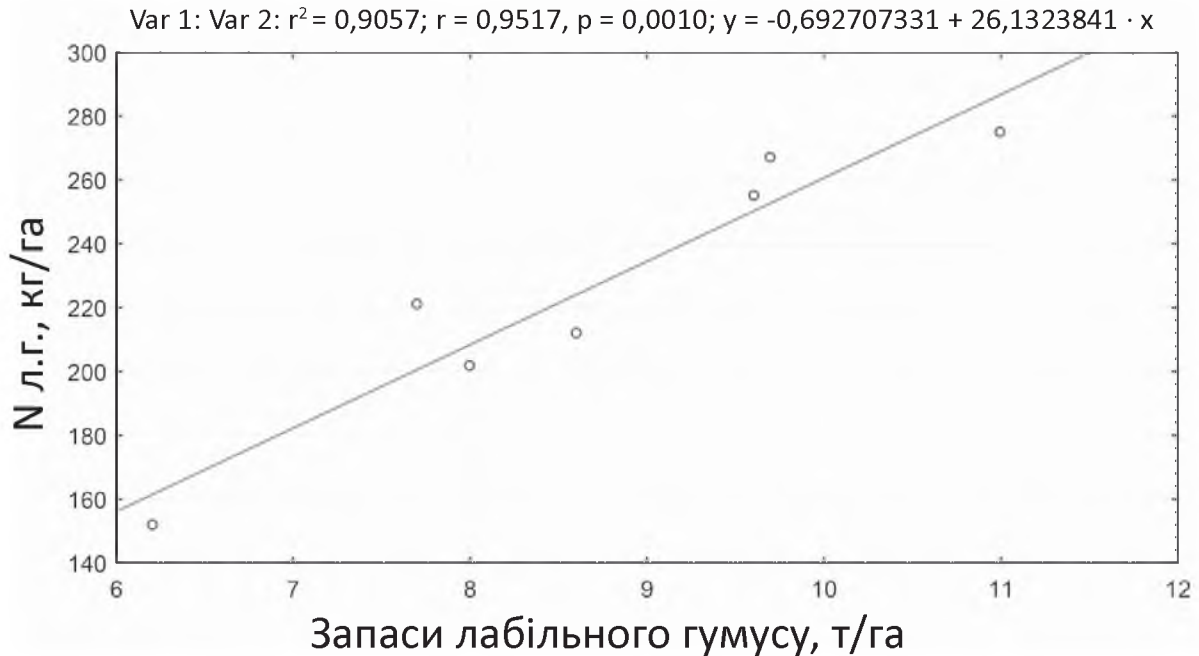
Загальна глибина лізиметрів становить 155 см, посівна площа – 3,8 м<sup>2</sup>, повторність – трикратна.

**Результати досліджень. Азотний режим ґрунту.** В цілому вважається, що для дерново-підзолистих ґрунтів оптимальний вміст сполук азоту, які легко гідролізуються, за Корнфілдом починається з рівня 150 мг/кг ґрунту [6].

Дослідження впливу систем удобрення на вміст у ґрунті сполук азоту, що легко гідролізуються, які є найближчим резервом мінерального азоту, показали, що його кількість перебуває в прямій залежності від запасів лабільного гумусу в ґрунті ( $r = 0,95$ ). Ця залежність описується поліномом першого порядку (рис. 1):

$$y = -0,6927 + 26,13x, \quad (1)$$

де  $y$  – запаси легкогідролізованого азоту в шарі ґрунту 0–20 см, кг/га;  
 $x$  – запаси лабільного гумусу в шарі ґрунту 0–20 см, т/га.



**Рис. 1. Залежність між вмістом сполук азоту, що легко гідролізується, та запасами лабільного гумусу в шарі ґрунту 0–20 см**

Найвищі запаси лабільного гумусу встановлено у варіанті з орґано-мінеральною системою удобрення та високими дозами гною, відповідно в цих самих варіантах і найвищі запаси сполук азоту, що легко гідролізуються (табл. 1).

Зміни вмісту мінерального азоту у варіанті без добрив під пшеницею озимою, картоплею і ячменем свідчать про те, що мінералізація рослинних решток конюшини в ґрунті активно відбувалася не тільки в перший рік, а і на другий рік після її вирощування. Протягом усієї вегетації на полі картоплі в контрольному варіанті вміст азоту мінерального в шарі 0–20 см був вищим, ніж на полі пшениці, на 11,4 кг/га, або на 46% (табл. 2). У варіанті без добрив на полі ячменю на третій рік після конюшини помітне істотне зменшення його кількості. Це вказує на те, що за три роки рослинні рештки конюшини повністю мінералізувалися.

Дослідження азотного режиму на полях ячменю і пшениці озимої вказують на позитивний вплив гною на азотне живлення не тільки в

перший рік, але і в післядії. Під ячменем на фоні 80 т/га гною запаси азоту в ґрунті відповідали варіанту з мінеральною системою удобрення. На полі пшениці на третій рік післядії гною в середньому за вегетацію вміст азоту в ґрунті був на 47,2% вищим, ніж на контролі.

**1. Запаси азоту сполук, що легко гідролізується (N л.г.), за різних систем удобрення**

Система удобрення	Пшениця озима		Картопля		Ячмінь		Середнє		
	мг/кг	кг/га	мг/кг	кг/га	мг/кг	кг/га	кг/га	± до К	
								кг/га	%
К	55	163	50	148	49	145	152	–	–
Сд	60	178	98	292	65	192	221	69	45
НРК	66	195	70	207	69	204	202	50	33
1ГН+ НРК	78	231	102	302	99	293	275	123	81
2ГН	89	263	95	281	86	256	267	115	75

**2. Запаси мінерального азоту (N-NO<sub>3</sub>+N-NH<sub>4</sub>) в дерново-підзолистому ґрунті за різних систем удобрення**

Система удобрення	Пшениця озима			Картопля			Ячмінь			Середнє		
	кг/га	± до К		кг/га	± до К		кг/га	± до К		кг/га	± до К	
		кг/га	%		кг/га	%		кг/га	%		кг/га	%
К	24,6	–	–	36,0	–	–	23,2	–	–	27,9	–	–
Сд	22,9	-1,7	-6,9	36,7	0,7	1,7	25,5	2,3	9,9	28,4	0,5	1,8
НРК	31,6	7,0	28,5	40,4	4,4	12,2	31,5	8,3	35,8	34,5	6,6	23,6
1ГН+ + НРК	35,2	10,6	43,1	42,2	6,2	13,5	39,6	16,4	70,7	39,0	11,1	39,7
2ГН	36,2	11,6	47,2	46,0	10,0	24,8	32,2	9,0	38,8	38,1	10,2	36,6

Післядія 40 т/га гною в поєднанні з прямою дією мінеральних добрив також помітно поліпшувала азотний режим ґрунту. Порівняно з мінеральним фоном удобрення за органо-мінеральної системи вміст азоту на полі ячменю був на 26% вищим, під пшеницею озимою ця перевага становила 11%. Впливу післядії сидерації на азотний режим ґрунту не виявлено.

Більш стабільно протягом вегетації культур азотний режим ґрунту формується за органо-мінеральної системи удобрення 10 т/га гною + + NPK. Порівняно з мінеральним фоном у цьому варіанті в середньому по сівозміні вміст азоту в ґрунті був на 13% вищим.

Проведені дослідження свідчать про важливу роль органічних і мінеральних добрив у поліпшенні азотного живлення культур сівозміни. Але, попри встановлені закономірності, в цілому вміст азоту в зв'язку з його високою динамічністю в дерново-підзолистому ґрунті навіть за органічної і органо-мінеральної систем удобрення можна вважати невисоким.

**Втрати біогенних елементів на вимивання.** Інфільтрація – це проникнення води в ґрунт і її рух до рівня підземних вод. Відношення кількості опадів, що просочуються в ґрунт, до кількості атмосферних опадів називають коефіцієнтом інфільтрації. Його величина залежно від інфільтраційної здатності ґрунтів змінюється від 1–3% до 25–30% [7].

Провідним фактором, що впливає на об'єми вертикальної міграції вологи в ґрунті, є кількість та інтенсивність опадів. На основі кількісного обліку надходження фільтрувального в лізіметри розчину ми щороку визначали ступінь інфільтрації опадів. Тобто порівнювали показники надходження води в приймачі із сумою опадів за визначений період.

Аналізом багаторічних досліджень (починаючи з 1974 р.) встановлено, що в середньому за рік інфільтрується 75 л/м<sup>2</sup> вологи, яка надходить з опадами, із цієї кількості 85% припадає на осінній і весняний періоди. Найінтенсивніша інфільтрація опадів відбувається під чистим паром, у середньому 121 л/м<sup>2</sup> (табл. 3). Із трьох проаналізованих сівозмін найменші втрати вологи (49 л/м<sup>2</sup>) шляхом вертикальної фільтрації забезпечує сівозміна з багаторічними травами (конюшиною), тоді як за їхньої відсутності, при значному насиченні сівозміни зерновими культурами (сівозміна 3) цей показник підвищується до 82 л/м<sup>2</sup>, або на 67%.

Шляхом кореляційного аналізу доведено, що найбільш тісний зв'язок з надходженням інфільтраційної води в приймачі в осінньо-весняний період має сумарна кількість опадів протягом вересня–грудня. На фоні чистого пару, беззмінних посівів пшениці озимої і картоплі коефіцієнт кореляції (r) становить між вказаними факторами 0,965; 0,954 і 0,946 відповідно. Ці залежності описуються поліномами першого порядку:

фон монокультура пшениця озима:

$$y_1 = -46,5836 + 0,66x \quad (r=0,954, r^2=0,9108); \quad (2)$$

фон монокультура картопля:

$$y_2 = -53,6195 + 0,857x \quad (r=0,946, r^2=0,8956); \quad (3)$$

фон монокультура чистий пар:

$$y_3 = -86,5858 + 1,2537x \quad (r=0,965, r^2=0,9321), \quad (4)$$

де  $y_1 - y_3$  – надходження інфільтраційної води, л/м<sup>2</sup>;  $x$  – сума опадів за вересень – грудень, мм.

### 3. Інфільтрації опадів залежно від агрофону, л/м<sup>2</sup> (у середньому за роки проведення досліджень)

Період	Фон					
	Незмінні посіви			Сівозміни		
	чис- тий пар	пше- ниця озима	карто- пля	конюшина, пшениця, картопля, овес (1)	люпин, пшениця, картопля, овес (2)	овес, пшениця, картопля, овес (3)
Осінь–вес- на	97	52	74	44	53	71
Літо	24	7	15	5	9	11
<b>Рік</b>	<b>121</b>	<b>59</b>	<b>89</b>	<b>49</b>	<b>62</b>	<b>82</b>
Осінь–вес- на, % до загального за рік	80	88	83	90	85	87

Із графічного зображення залежностей кількісної вертикальної інфільтрації опадів від їхньої сумарної кількості за вересень – грудень (рис. 2) видно, що найнижча інфільтрація відмічається в посівах озимої пшениці, а найвища – під чистим паром.

Поряд з цим, як зазначалось вище, різниця надходження інфільтраційних вод у середньому між цими варіантами становить (якщо за відносний контроль взяти чистий пар) лише мінус 32 л/м<sup>2</sup> (26%) у варіанті з картоплею і мінус 62 л/м<sup>2</sup> (52%) у варіанті з пшеницею озимою. Однак при значній кількості опадів (понад 240 мм) за даний період різниця втрат вологи шляхом вертикальної інфільтрації

між культурою суцільного посіву (пшениця озима) та чистим паром може сягати 115 л/м<sup>2</sup>. Установлені математичні залежності об'ємів інфільтрації опадів дали змогу розрахувати її імовірність та інтенсивність в осінньо-весняний період.

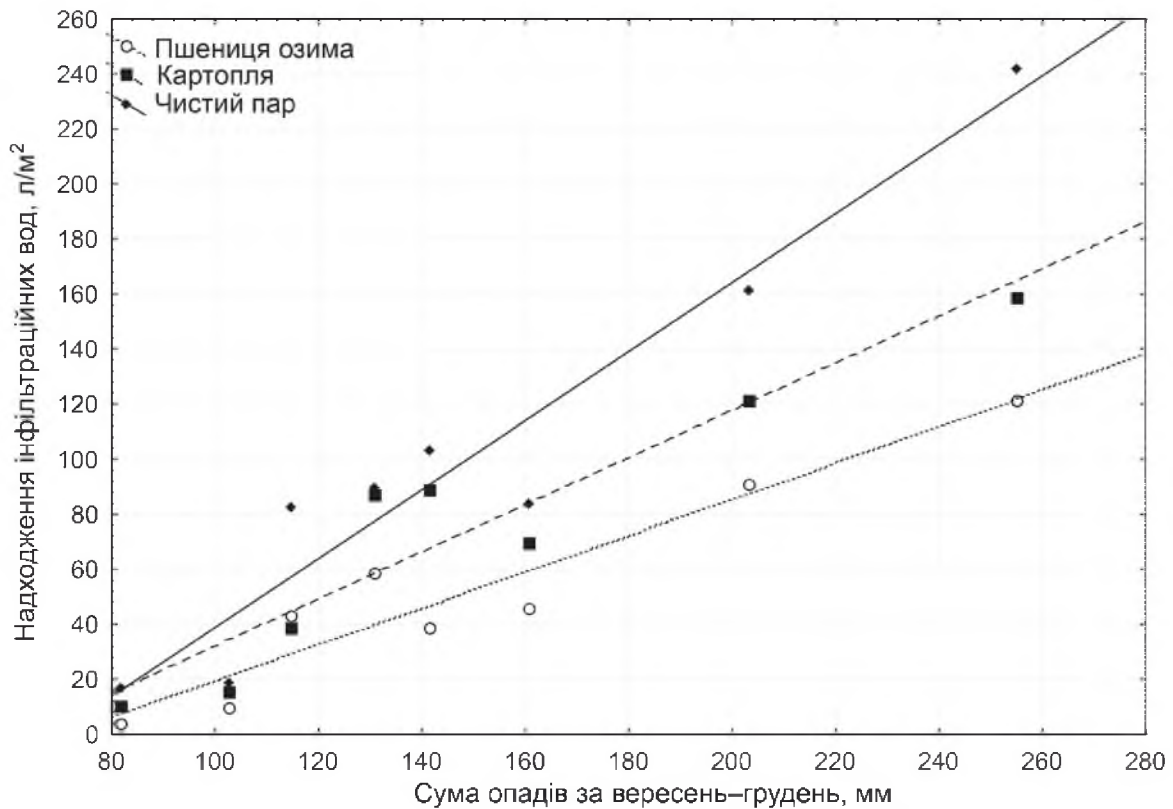


Рис. 2. Надходження інфільтраційних вод за осінньо-весняний період під монокультурою пшениці озимої, картоплі на удобреному фоні та чистим паром залежно від суми опадів за вересень-грудень

Починаючи з другої половини минулого століття і до кінця 2010 р. осінньо-весняну інфільтрацію опадів згідно з розрахунками відмічали щороку на всіх агрофонах, що досліджувались. Однак об'єми інфільтрації опадів сильно коливались за роками. Так, при сумі опадів за вересень – грудень менше 100 мм, які відмічаються з імовірністю 3%, об'єми інфільтрації опадів за осінньо-зимовий період становлять на фоні беззмінних посівів пшениці озимої близько 14 л/м<sup>2</sup>, а під чорним паром збільшуються вдвічі (табл. 4).

Із зростанням кількості опадів за цей період до 201–250 мм інфільтрація вологи збільшується на фоні пшениці до 102 л/м<sup>2</sup>, картоплі – 139, під чорним паром – 195 л/м<sup>2</sup>. У зоні досліджень з імовір-

ністю 8% сумарна кількість опадів вересня – грудня може бути понад 250 мм, що підвищує рівень інфільтрації в середньому на вказаних фонах до 190 мм і більше.

**4. Об'єми інфільтрації опадів за осінньо-весняний період залежно від їхньої сумарної кількості за вересень–грудень**

Сума опадів за вересень–грудень, мм	Імовірність, %	Об'єми інфільтрації опадів, л/м <sup>2</sup>			
		пшениця озима	картопля	чорний пар	середнє
Менше 100	3	14	24	28	22
101–150	34	37	55	73	55
151–200	34	72	101	139	104
201–250	21	102	139	195	145
Понад 250	8	134	181	256	190

В окремі роки в зоні досліджень відмічається і літня інфільтрація. Інтенсивність її значно нижча осінньо-весняної і становить у середньому 11 л/м<sup>2</sup> (табл. 3). Закономірність кількості надходження інфільтраційної вологи в цей період на різних фонах аналогічна осінньо-весняному періоду і в основному залежить від кількості опадів за червень–липень. На фоні чистого пару, беззмінних посівів пшениці озимої і картоплі коефіцієнт кореляції (r) становить між надходженням інфільтраційної вологи з сумою опадів за червень–липень 0,91; 0,83 і 0,89 відповідно. Ці залежності описуються поліномами другого порядку:

фон монокультура пшениця озима:

$$y_1 = 7,2572 - 0,1596x + 0,0009x^2 \quad (r=0,83, r^2=0,69); \quad (5)$$

фон монокультура картопля:

$$y_2 = 20,8431 - 0,4282x + 0,0022x^2 \quad (r=0,89, r^2=0,79); \quad (6)$$

фон монокультура чистий пар:

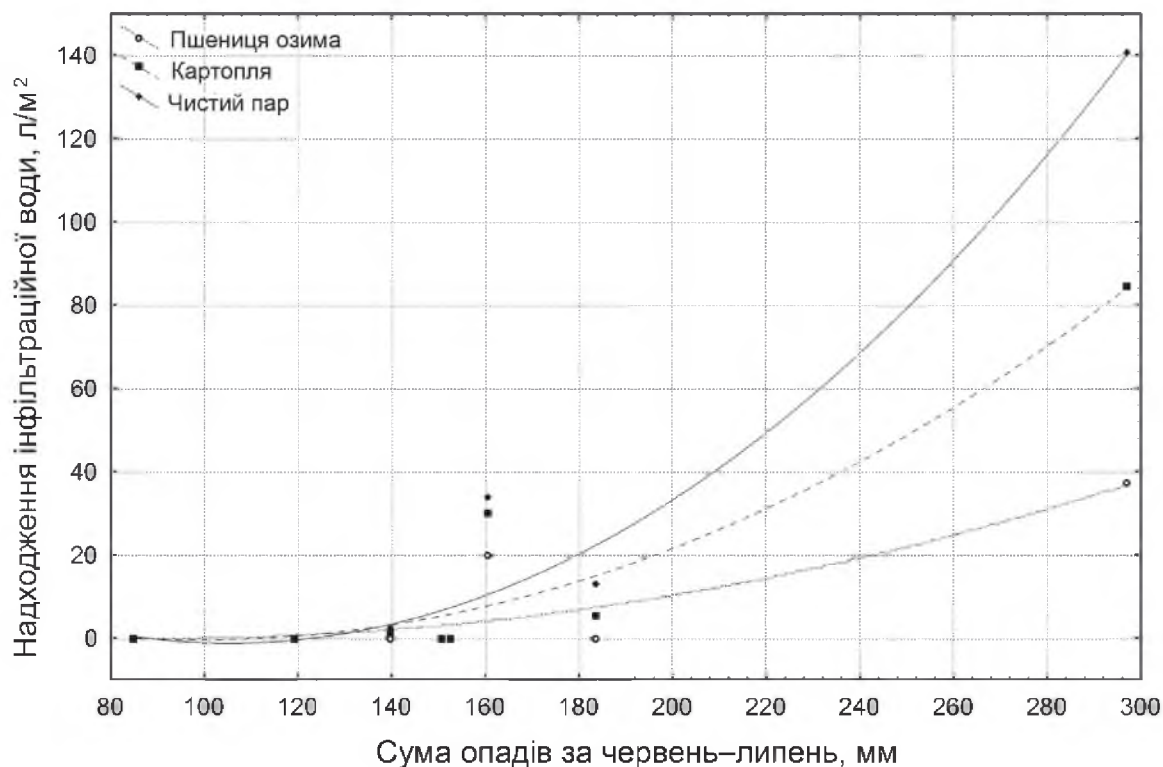
$$y_3 = 41,6755 - 0,8134x + 0,0039x^2 \quad (r=0,91, r^2=0,83), \quad (7)$$

де  $y_1 - y_3$  – надходження інфільтраційної води, л/м<sup>2</sup>;  $x$  – сума опадів за червень – липень, мм.

З наведеної графічної залежності (рис. 3) надходження інфільтраційної вологи від режиму зволоження літніх місяців видно, що промивний тип зволоження в цей період відмічається за сумарної



кількості опадів понад 135 мм. При кількості опадів понад 280 мм за червень–липень інтенсивність інфільтрації може становити під чистим паром близько 120 л/м<sup>2</sup>, а на полі пшениці озимої – 70 л/м<sup>2</sup>, або на 42% менше.



**Рис. 3. Надходження інфільтраційних вод за літній період фільтрації під монокультурою пшениці озимої, картоплі на удобреному фоні та чистим паром залежно від суми опадів за червень–липень**

Починаючи з 1950 р. розрахункову літню інфільтрацію опадів відмічали у 50% випадків. У 25% випадків за сумарної кількості опадів 135–170 мм за перші два літні місяці спостерігали незначну їхню інфільтрацію, яка становить залежно від фону 4–9 л/м<sup>2</sup>. При зростанні кількості опадів до 171–205 мм (імовірність 15%) об’єми їхньої інфільтрації збільшуються вдвічі (табл. 5). У 10% випадків сумарна кількість опадів за червень – липень може перевищувати 205 мм, при цьому їхня інфільтрація в середньому підвищується до 26 л/м<sup>2</sup> на фоні пшениці та 56 і 90 л/м<sup>2</sup> на фоні картоплі й чорного пару відповідно.

Загалом середня розрахункова річна сумарна інфільтрація опадів у зоні досліджень за 60-річний період може сягати на фоні пше-

ниці озимої 75 л/м<sup>2</sup>, просапних культур (картопля) – 107 і чорного пару – 149 л/м<sup>2</sup>, що становить відповідно 13% (залежно від року від 3 до 26%), 19% (від 5 до 35%) та 27% (від 6 до 50%) середньорічної суми опадів.

**5. Інфільтрації опадів за літній період залежно від їхньої сумарної кількості за червень – липень**

Сума опадів за червень–липень, мм	Імовірність, %	Об'єми інфільтрації опадів, л/м <sup>2</sup>			
		пшениця озима	картопля	чорний пар	середнє
Менше 135	50	0	0	0	0
136–170	25	4	7	9	7
171–205	15	9	18	27	18
Понад 205	10	26	56	90	57

Таким чином, сівозміни можуть бути одним із факторів регулювання водного режиму ґрунту і відповідно сприяти підвищенню рівня використання природних ресурсів вологи. Насичення сівозмін багаторічними травами дає змогу зменшити рівень інфільтрації вологи на 55% в осінньо-весняний період і на 79% у літній. Також для значного зниження втрат вологи шляхом вертикальної інфільтрації доцільно використовувати проміжні посіви люпину на зелене добриво.

Дерново-підзолисті ґрунти Полісся характеризуються високим коефіцієнтом фільтрації і вимиванням інфільтраційними водами біогенних елементів [5]. Нашими дослідженнями в лізіметричному досліді встановлено, що максимальні втрати нітратів, кальцію, магнію та водорозчинного гумусу з інфільтраційними водами спостерігаються під чорним паром і можуть сягати в середньому відповідно до 250; 140; 34 і 36 кг/га (табл. 6).

Також значні втрати вказаних елементів виявляються під просапними культурами. Так, інфільтрація NO<sub>3</sub> на полі картоплі сягає 72,9 кг/га, СаО – 88,9, MgO – 25,3 кг/га. Під культурами суцільного посіву (пшениця озима) втрати даних елементів унаслідок інфільтрації на 9–36% нижчі порівняно з просапними культурами.

У сівозміні з багаторічними травами (конюшина – пшениця озима – картопля – овес) на фоні органо-мінеральної системи удобрення втрати біогенних елементів унаслідок вимивання є найменшими. Щодо нітратного азоту вони становлять 40,1 кг/га, що на 14% менше порівняно з монокультурою пшениці та на 45% менше беззмінних

посівів картоплі. Подібну закономірність відмічено по втратах CaO і MgO. Вимивання інфільтраційними водами цих елементів становить відповідно 60,0 і 12,9 кг/га, що перевищує лише варіант із перелогом.

#### **6. Втрати біогенних елементів залежно від агрофону**

*(в середньому за 8 років на фоні органо-мінеральної системи удобрення)*

Агрофон	Елементи, кг/га			
	NO <sub>3</sub>	CaO	MgO	водорозчинний гумус
Пшениця озима	46,4	80,8	20,1	19,7
Картопля	72,9	88,9	25,3	24,6
Пар	250,7	138,6	33,6	36,2
Переліг	5,5	42,8	12,3	16,9
У середньому по сівозміні: з багаторічними травами із сидератами	40,1	60,0	12,9	18,2
	63,3	68,8	19,2	21,9
Інтенсивна сівозміна без багаторічних трав і сидератів	69,7	99,1	28,4	31,4

Із виведенням із сівозміни багаторічних трав та залученням люпину втрати нітратів азоту підвищуються до 63,3 кг/га, або на 58%, а кальцію та магнію – відповідно на 15 і 49%. У сівозміні із сидератами також до 21,9 кг/га зростають втрати водорозчинного гумусу.

В інтенсивній сівозміні за насичення її зерновими культурами (овес –пшениця озима–картопля–овес чи ячмінь) втрати нітратного азоту сягають 69,7 кг/га, що наближається до монокультури картоплі, а за втратами CaO і MgO навіть перевищують вказаний варіант. У цій сівозміні також суттєво зростають втрати водорозчинного гумусу – до 31,4 кг/га, що на 72 і 43% відповідно перевищує варіанти сівозмін з багаторічними травами та сидератом.

Таким чином, регулюванням співвідношення в сівозміні просапних культур, зернових, багаторічних трав і сидератів можна суттєво впливати на втрати основних біогенних елементів. Максимальне насичення сівозмін польовими культурами з тривалим періодом вегетації також сприяє зниженню втрат вказаних елементів з інфільтраційними водами.

**Висновки.** Найвищий позитивний вплив на гумусний стан та показники родючості ґрунту забезпечує органічна система удобрення з використанням високих норм гною (20 т/га сівозмінної площі).

За його дефіциту альтернативою поліпшення поживного режиму ґрунту можуть виступати органо-мінеральні системи удобрення з використанням одинарних доз гною.

Застосування мінеральних добрив і сидерації потребує підвищеного контролю за фізико-хімічними властивостями дерново-підзолистих ґрунтів. Ефективним прийомом покращання фізико-хімічних властивостей може бути застосування компенсуючого вапнування.

Агрокліматичні умови Чернігівського Полісся характеризуються здебільшого достатнім рівнем природного зволоження, однак рівень його використання рослинами обмежується високим ступенем вертикальної інфільтрації, яка може сягати під чорним паром до 50% середньорічної суми опадів. Унаслідок інфільтрації опадів втрати нітратного азоту під просапними культурами можуть сягати 73 кг/га, калію – 89, магнію – 25 і водорозчинного гумусу – 25 кг/га, тоді як за оптимальних сівозмін з багаторічними травами вони суттєво знижуються. Тому сівозмінний фактор і система удобрення в цій зоні є основними засобами регулювання поживного і водного режимів ґрунту.

1. *Прянишников Д.Н.* Азот в жизни растений и земледелии СССР / Прянишников Д.Н. – М.: Издательство АН СССР, 1945. – С. 6–75.

2. *Щербаков А.П.* Изменение азотного режима почв Центральной Черноземной полосы в процессе сельскохозяйственного использования / Круговорот и баланс азота в системе почва–удобрение–растение–вода / Щербаков А.П. – М.: Наука, 1979. – С. 142–147.

3. *Кудеяров В.Н.* Цикл азота в почве и эффективность удобрений / Кудеяров В.Н. – М.: Наука, 1989. – 216 с.

4. *Мишин И.Ю.* Влияние растительных остатков и гумусовых веществ на эффективное плодородие дерново-подзолистых почв / И.Ю. Мишин, А.Д. Фокин // Известие ТСХА. – 1994. – Вып. 3. – С. 85–92.

5. *Патыка Н.В.* Миграция питательных элементов и гумуса подзолистой почвы в условиях длительных лизиметрических опытов / Н.В. Патыка, А.М. Бердников, В.Ф. Патыка // Агрохімія і ґрунтознавство. – Х.: ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського». – 2009. – Вип. 72. – С. 81–84.

6. *Методика* суцільного ґрунтового-агрохімічного моніторингу сільськогосподарських угідь України. – К., 1994. – 162 с.

7. *Мала ґірнична енциклопедія: в 3 т. / за ред. В.С. Білецького.* — Донецьк: «Донбас», 2004. — ISBN 966-7804-14-3.

*Изложено влияние систем удобрения на азотный режим дерново-подзолистой почвы в краткоротационном зерно-картофельном севообороте. Установлены закономерности периодичности и объемов вертикальной инфильтрации осадков в зоне Черниговского Полесья, оценены потери биогенных элементов с инфильтрационными водами на разных агрофонах.*

*It examines the influence of fertilization systems on nitrogen regime of sod-podzolic soil in the short rotary grain - potato rotation. The laws of the frequency and volume of vertical infiltration of precipitation in the region Chernigov Polesie estimated loss of nutrients from the water infiltration in various agricultural background.*