


УДК 631.51:631.811

Поживний режим сірого лісового ґрунту за різного антропогенного навантаження

Борис Н.Є. , Красюк Л.М. 

ННЦ «Інститут землеробства НААН»

 Борис Н.Є. E-mail: nataliaborys2020@gmail.com



Борис Н.Є., Красюк Л.М. Поживний режим сірого лісового ґрунту за різного антропогенного навантаження. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2020. № 2. С. 16–26.

Borys N.Je., Krasjuk L.M. Pozhyvnyj rezhym sirogo lisovogo g'runtu za riznogo antropogennogo navantazhennja. Zbirnyk naukovykh prac' «Агробіологія», 2020. № 2. pp. 16–26.

Рукопис отримано: 21.09.2020 р.

Прийнято: 05.10.2020 р.

Затверджено до друку: 24.11.2020 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2020-161-2-16-26

Метою роботи було встановлення особливостей формування поживного режиму сірого лісового ґрунту за різних систем основного обробітку, удобрення та заорювання побічної продукції культур у короткоротаційній 4-пільній зерновій сівозміні – пшениця озима–кукурудза на зерно–ячмінь ярий–соя. Оцінювання кількісного надходження біомаси, участь її у формуванні поживного режиму сірого лісового ґрунту, та встановлення особливостей диференціації 0–40 см шару ґрунту за розподілом біогенних елементів залежно від системи удобрення та основного обробітку ґрунту. Встановлення особливостей впливу попередника кукурудзи і системи основного обробітку ґрунту на формування поживного режиму в полі ячменю, післядію розподілу біомаси у 0–40 см шарі ґрунту. Дослідження проводили в тривалому стаціонарному досліді відділу обробітку ґрунту і боротьби з бур'янами ННЦ «Інститут землеробства НААН». Порівняльний аналіз агрохімічних показників сірого лісового ґрунту, особливості формування поживного режиму впродовж вегетації культур у шарі 0–40 см ґрунту проводили впродовж ротації 4-пільної короткоротаційної зернової сівозміни. Система удобрення складалася з внесення мінеральних добрив $N_{65}P_{58}K_{68}$ кг/га д.р. на 1 га сівозмінної площі. Як органічне добриво залучали побічну продукцію культур сівозміни, де впродовж 2009–2013 рр. надходило в середньому 5,17–5,50 т/га і 2014–2017 рр. – 6,65–7,76 т/га сівозмінної площі. Сформована урожайність основної продукції істотно впливала саме на об'єм нетоварної частини, із зростанням основної прямо пропорційно відбувалось і зростання побічної продукції. Винос азоту становив 105 кг/га, а з біомасою поверталось в середньому 55,4 кг/га д.р. азоту за повного циклу мінералізації, що відповідає приблизно 45–47 % від частки витрат. Загалом повернення фосфору з побічною продукцією за ротацію 5-пільної сівозміни надходило в середньому 12–16,7 кг/га та 4-пільної – 19,5–22,0 кг/га, що становило 35–40 % від загального його виносу врожаєм. У ґрунт надходило в рази більше калію з біомасою культур, ніж частина витрат основною продукцією, завдяки залученню листо-стеблової маси кукурудзи, з якою в ґрунт надходить у середньому 177–253 кг/га, а за ротації – 61,4–95,4 кг/га сівозмінної площі.

Ключові слова: сірий лісовий ґрунт, поживний режим ґрунту, рециркуляція біогенних елементів, основна і побічна продукція культур.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Україна є однією з найбільш освоєних із сільськогосподарського погляду держав світу. Майже 70 % угідь розорано і зайнято природноантропогенними ландшафтами, структура яких екологічно незбалансована. Характеризуючи ґрунти України слід відзначи-

ти, що 12,1 млн га еродовані, 19,1 – дефляційно небезпечні, і більш як 10,5 млн га є кислими [17, 18]. Під впливом тривалого сільськогосподарського використання, інтенсивного ведення культури землеробства, ряду техногенних навантажень відбувається трансформація властивостей ґрунтів, і сірих лісових особливо, адже

вони є менш стійкими до навантаження, мають нижчий рівень природної родючості, незначне насичення основами [3, 5, 11]. Для встановлення зміни еволюційної спрямованості ґрунтових процесів, їх контролювання та регулювання необхідно здійснювати ряд моніторингових спостережень, що відображатиме якісні зміни властивостей ґрунту.

Застосування підвищених доз фізіологічно кислих азотних добрив, зменшення оптимального співвідношення між біогенними елементами в сторону азоту, дефіцит органічних добрив негативно впливають на фізико-хімічні властивості, зниження родючості та вмісту органічної речовини в ґрунті, незбалансоване живлення культур і загалом це спричиняє зниження продуктивності сільськогосподарських культур [2, 16, 18, 19]. На думку вчених, основним і не використаним сповна джерелом надходження поживних елементів залишається застосування побічної продукції сільськогосподарських культур [4, 6, 8, 10], яку можна застосовувати в інтенсивному та органічному землеробстві. Наприклад, надходження поживних речовин з листо-стебловою масою кукурудзи може забезпечувати приблизно 70,3–76,7 кг/га азоту, 35,2–38,4 фосфору і 146–160 кг/га калію, а заорювання 5,0 т/га забезпечує до 750 кг/га гумусу. Не менш потужною культурою, потенційним джерелом надходження біомаси з високим вмістом поживних речовин і калію є соя. Так, з 1 т основної продукції надходить 2,5 т/га побічної продукції, з якою в ґрунт, за умов заорювання, надходить N – 22, P – 8 та K – 109 кг [9, 21]. Надходження калію після сояшнику близьке за значенням у таких культур як соя (4,36 кг з 100 кг стебл), просо (2,59 кг з 100 кг стебл) та кукурудза (1,42 кг з 100 кг стебл) [1, 12]. Для повного циклу гуміфікації рослинної біомаси слід враховувати ґрунтово-кліматичні умови зони вирощування – температура повітря і ґрунту після заробляння нетоварною частини урожаю, кількість опадів у теплий період та коефіцієнти гуміфікації рослинної маси [15, 20].

Дослідження щодо особливостей застосування нетоварної частини урожаю як органічного добрива, оптимізація фізико-хімічних властивостей, регулювання поживного режиму, збереження та відтворення родючості ґрунту відбувається в разі залучення біопрепаратів для прискореного розкладання рослинних решток. Проаналізувавши особливості колообігу біогенних елементів з основною та побічною продукцією сільськогосподарських культур, слід відмітити, що у зоні Полісся надходження азоту і калію більшою мірою може реалізовуватися з

нетоварною частиною пшениці і кукурудзи, сояшнику та сої, а щодо фосфору, то з рослинною масою пшениці та сояшнику (табл. 1).

Основний винос поживних речовин відбувається в разі формування основної продукції таких культур як пшениця, кукурудза та сояшник, саме після таких попередників наступна культура буде відчувати дефіцит поживних речовин у ґрунті, та доступність для засвоєння впродовж вегетації елементів живлення буде незначною [9, 12]. Це обумовлено високим вмістом біогенних елементів у рослинній продукції і загальним обсягом посівних площ цих культур. Якщо біомасу культур розглядати як потенційне джерело повернення поживних речовин, структура витрати азоту є в рази вищою, ніж відбувається його повернення, а надходження фосфору – майже на рівні витрат. Щодо калію, то надходження його є в рази вищим, ніж витрати після залучення до колообігу біомаси кукурудзи та сояшнику, однак мінералізація біомаси може тривати впродовж 2-х років, а в разі несприятливих ґрунтово-кліматичних умов значно довше.

Метою дослідження є встановлення особливостей формування поживного режиму сірого лісового ґрунту за різних систем основного обробітку, системи удобрення та заорювання побічної продукції культур у короткочасній 4-пільній зерновій сівозміні – пшениця озима–кукурудза на зерно–ячмінь ярий–соя. Оцінювання кількісного надходження біомаси, участь її у формуванні поживного режиму сірого лісового ґрунту, та встановлення особливостей диференціації 0–40 см шару ґрунту за розподілом біогенних елементів залежно від системи удобрення та основного обробітку ґрунту. Встановлення особливостей впливу попередника кукурудзи на зерно і системи основного обробітку ґрунту на формування поживного режиму в полі ячменю ярого, післядію розподілу біомаси кукурудзи у 0–40 см шарі ґрунту.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили в тривалому стаціонарному досліді відділу обробітку ґрунту і боротьби з бур'янами ННЦ «Інститут землеробства НААН». У досліді вивчали ефективність беззмінного застосування таких систем обробітку ґрунту: різноглибинна полицева на глибину 10–30 см, плоскорізна на 10–30 см, диференційована на глибину 10–45 см з диференціюванням глибини та способу основного обробітку ґрунту під культуру сівозміни (дискування на 10–12 см під пшеницю та ячмінь, оранка на 24–24 см під сою та глибоке чизельне розпушування на 43–45 см під кукурудзу) та одноглибинна дискова на 10–12 см (табл. 2).

Таблиця 1 – Колообіг біогенних елементів з основною і побічною продукцією сільськогосподарських культур, 2019 р.

Культура	Надходження елементів з побічною продукцією, млн т				Винос елементів з основною продукцією, млн т			
	N	P	K	NPK	N	P	K	NPK
Полісся								
Пшениця озима і яра	25,0	7,85	48,6	27,2	76,9	27,5	18,2	40,9
Ячмінь ярий	6,77	2,36	14,3	7,8	15,3	6,33	4,41	8,69
Кукурудза на зерно	28,7	8,72	59,0	32,1	36,1	13,9	9,92	20,0
Жито озиме	3,65	1,44	7,18	4,09	5,24	2,26	1,63	3,04
Соя	9,83	3,50	49,3	20,9	37,1	9,32	14,4	20,3
Горох	1,47	0,34	2,00	1,27	3,32	0,84	1,29	1,82
Соняшник	22,4	7,99	112	47,6	24,4	10,7	8,65	14,6
Ріпак озимий	11,4	4,06	16,2	10,6	14,5	6,36	5,14	8,66
Середнє по зоні, кг/га	13,7	4,53	39	18,9	26,6	9,7	7,96	14,7
Лісостеп								
Пшениця озима і яра	69,3	21,8	135	75,2	213	76,3	50,5	113
Ячмінь ярий	23,8	8,28	50,0	27,4	53,9	22,3	15,5	30,5
Кукурудза на зерно	223	67,8	458	250	281	108	77,1	155
Жито озиме	1,20	0,47	2,35	1,34	1,71	0,74	0,53	0,99
Соя	22,3	7,93	112	47,3	83,8	21,1	32,6	45,8
Горох	6,45	1,48	8,77	5,57	14,6	3,56	5,68	7,94
Соняшник	124	44,2	621	263	135	59,2	47,8	80,6
Ріпак озимий	17,4	6,21	24,8	16,1	23,6	10,3	8,36	14,1
Середнє по зоні, кг/га	60,9	19,76	176	85,7	101	37,7	29,76	56,1
Степ								
Пшениця озима і яра	76,3	23,9	148,0	82,7	234	83,7	55,4	124
Ячмінь ярий	29,1	10,1	61,2	33,5	65,8	27,2	18,9	37,3
Кукурудза на зерно	60,8	18,5	125,1	68,2	76,7	29,6	21,0	42,4
Жито озиме	0,31	0,12	0,60	0,34	0,44	0,19	0,1	0,3
Соя	4,15	1,48	20,8	8,81	15,6	3,92	6,1	8,5
Горох	4,57	1,05	6,21	3,94	10,3	2,60	3,8	5,6
Соняшник	152	54,1	761	322	166	72,7	58,7	99,1
Ріпак озимий	16,5	5,88	23,5	15,3	22,3	9,78	7,90	13,3
Середнє по зоні, кг/га	42,9	14,4	143	66,9	73,9	28,7	21,5	41,4
Середнє, кг/га	39,2	12,9	119,5	57,2	67,1	25,4	19,7	37,4

Примітка: *надходження біогенних елементів з поверхневими і корневими рештками відповідно до методики [1] на основі урожайності с.-г. культур згідно зі статистичними даними [7].

Ґрунт – сірий лісовий крупнопиловато-легкосуглинковий на карбонатному лесовидному суглинку (Haplic Greyzems GRh).

Порівняльний аналіз поживного режиму сірого лісового ґрунту за різного антропогенного навантаження проведено за дві ротації сівозміни в період з 2009 до 2017 рр. Впродовж 2009–2013 рр. сівозміна складалась на 40 % з бобових і на 60 % з зернових культур з таким їх чергуванням: горох–пшениця озима–кукурудза на зерно–соя–ячмінь ярий. У 2013 р. проведено часткову реконструкцію у сівозміні, частка зернових культур зросла до 75 %, а зернобобових зменшилась до 25 %. Сівозміна короткоротаційна чотирипільна, яка змінюється в часі та просторі: соя–пшениця озима–кукурудза на зерно–ячмінь ярий. Система удобрення складалась з внесення мінеральних добрив $N_{65}P_{58}K_{68}$

кг д.р. на 1 га сівозмінної площі та доз добрив під культури: пшениця озима $N_{80}P_{60}K_{80}$, кукурудза на зерно $N_{100}P_{80}K_{80}$, ячмінь ярий $N_{50}P_{40}K_{50}$, соя $N_{30}P_{50}K_{60}$. Як органічне добриво заорювали побічну продукцію культур сівозміни, де впродовж 2009–2013 рр. надходило в середньому 5,17–5,50 т/га і 2014–2017 рр. – 6,17–7,21 т/га.

Розрахунок маси поверхневих і корневих решток культур ланки сівозміни проводили за рівняннями регресії [1]; вміст елементів у основній та побічній продукції визначали: азот – методом К'ельдаля за ДСТУ ISO 5983:1997, фосфор – спектрометричним методом ДСТУ ISO 6491:1998 та калій – з використанням полуменевої-емісійної спектрометрії ДСТУ ISO 7485:2000; вміст у ґрунті азоту лужногідролізованого – за методом Корнфілда (ЦНАО, 1985), вміст фосфору і калію – за Кірсановим

Таблиця 2 – Схема тривалого стаціонарного дослідження

Система основного обробітку ґрунту	Культура сівозміни та система удобрення			
	соя N ₃₀ P ₅₀ K ₆₀ + п. п.	пшениця озима, N ₈₀ P ₆₀ K ₈₀ + п. п.	кукурудза на зерно, N ₁₀₀ P ₈₀ K ₈₀ + п. п.	ячмінь ярий, N ₅₀ P ₄₀ K ₅₀ + п. п.
Різноглибинна полицева (контроль)	оранка на 22–24 см	оранка на 16–18 см	оранка на 28–30 см	мілка оранка на 10–12 см
Різноглибинна плоскорізна	плоскорізне розпушування на 22–24 см	плоскорізне розпушування на 16–18 см	плоскорізне розпушування на 28–30 см	плоскорізне розпушування на 10–12 см
Диференційована	оранка на 22–24 см	дисковий обробіток на 10–12 см	чизельне розпушування на 43–45 см	дисковий обробіток на 10–12 см
Одноглибинна дискова	дисковий обробіток на 10–12 см	дисковий обробіток на 10–12 см	дисковий обробіток на 10–12 см	дисковий обробіток на 10–12 см

Примітка: оранку та мілку оранку проводили лемішним плугом ПЛН–3-35; плоскорізне розпушування – ПЩН–2,5 дискування – БДВ–2,6; чизельне розпушування – плугом чизельним ПЧ–2,5; п.п. – побічна продукція.

згідно з ДСТУ 4405:2005. Облік урожаю проводили згідно з «Методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур» (2001). Математико-статистичний аналіз експериментальних даних проводили методом дисперсійного аналізу за Б.О. Доспеховим з використанням програми Excel 2010. Розмір ділянки варіанта – 200 м², розмір облікової ділянки – 120 м², повторність дослідження триразова. Розміщення варіантів у дослідженні послідовне.

Результати дослідження та їх обговорення. Встановлено, що за ротацію п'ятипільної зернової сівозміни з насиченням на 40 % зерновими бобовими та 60 % зерновими в ґрунт за різноглибинної полицевої системи обробітку надходило 8,80 т на 1 га біомаси, що на 18,8 % менш як біомаса, сформована в 4-пільній зерновій сівозміні. За різноглибинної плоскорізної та одноглибинної дискової системи надходження біомаси було на 3–4,3 та 6–10,3 % менш як за полицевої. Частка біомаси, яка надходила в ґрунт, була найбільшою після кукурудзи – 35,4–37,1 %. Менший обсяг побічної продукції надходив із зерновими колосовими I групи, після яких залишалося відповідно 5,39–5,70 т/га, що в середньому становило 42 % від обсягу біомаси у сівозміні. Внесок бобових культур становив 3,02 т, або 11 % від загальної маси. Слід зауважити, що за диференційованої системи обробітку в ґрунт надходило найбільше органічної маси як за 5-ти, так і 4-пільної сівозміни – 8,94–11,3 т/га, тимчасом за одноглибинної дискової її було на 0,68–1,53 т/га, або 7,5–13,5 % менше. Листо-стеблова маса кукурудзи становила 48 %, пшениці – 24, ячменю – 17, а сої – 11 % від загального обсягу, сформованого за сівозміну (табл. 3).

Інтенсивність регулювання поживного режиму ґрунту переважно відбувається в разі застосування мінеральних добрив, а також завдяки залученню в систему удобрення біомаси культур як органічного добрива [14, 16]. Надходження елементів з біомасою культур буде досить різним і залежатиме саме від вмісту елементів у біомасі – процес мінералізації, кількість і просторовий розподіл в ґрунті – заорювання чи перемішування у верхньому 0–10 см шарі, що відбувається за дискування, а також від об'єму, що надходить у ґрунт.

Надходження азоту за ротацію 5-пільної сівозміни (2009–2013 рр.) з біомасою культур становило, в середньому 45,1 кг/га, що на 10,3 кг менш як за ротацію 4-пільної сівозміни. Сформована урожайність основної продукції істотно впливала саме на об'єм нетоварної частини. Винос зерном культур становив 105 кг/га азоту, а біомасою поверталось, в середньому 55,4 кг/га д.р. азоту, що становить приблизно 45–47 %. Повернення фосфору з побічною продукцією за ротацію 5-ти та 4-пільної сівозміни становило 12–16,7 та 19,5–22,0 кг/га відповідно, що становило 35–40 % від загального його виносу врожаєм. Повернення калію є в разі більшим завдяки залученню листо-стеблової маси кукурудзи, з якою в ґрунт надходить у середньому 22,6–43,2 кг/га, а за ротації сівозмін – 17,2–18,0 кг/га сівозмінної площі (табл. 4).

Залучення побічної продукції зернових колосових, зернобобових, соняшнику та кукурудзи може бути альтернативним джерелом органічних добрив та доповнювати мінеральну систему удобрення [2, 8]. Для якісного процесу мінералізації біомаси слід враховувати спів-

Таблиця 3 – Вплив системи обробітку ґрунту і насичення культурами сівозміни на колообіг біомаси, т/га

Система основного обробітку	Культура	Надходження маси рослинних решток					
		2009–2013 рр.			2014–2017 рр.		
		п.п.	к.р.	всього	п. п.	к. р.	всього
Різноглибинна полицева на 10–30 см (контроль)	горох	4,39	1,96	6,34	–		
	пшениця озима	6,80	4,66	11,46	6,86	3,69	10,6
	кукурудза зерно	10,08	5,48	15,56	12,9	6,95	19,8
	ячмінь ярий	4,39	2,86	7,25	4,88	3,07	7,96
	соя	1,86	1,55	3,40	3,07	1,97	5,04
	на 1 га сівозміни	5,50	3,30	8,80	6,92	3,92	10,85
Різноглибинна плоскорізна на 10–30 см	горох	4,22	1,92	6,13	–		
	пшениця озима	6,50	4,50	11,01	6,27	3,37	9,6
	кукурудза зерно	10,18	5,53	15,71	12,4	6,69	19,0
	ячмінь ярий	4,08	2,72	6,81	4,79	3,04	7,83
	соя	1,70	1,49	3,18	3,03	1,96	4,99
	на 1 га сівозміни	5,34	3,23	8,57	6,61	3,76	10,38
	± до контролю, т/га	-0,17	-0,07	-0,24	-0,31	-0,16	-0,47
Диференційована на 10–45 см	горох	4,39	1,96	6,35	–		
	пшениця озима	6,67	4,59	11,25	7,15	3,85	11,0
	кукурудза зерно	10,75	5,53	16,28	13,2	7,08	20,2
	ячмінь ярий	4,37	2,85	7,22	5,28	3,25	8,53
	соя	1,99	1,59	3,58	3,25	2,04	5,29
	на 1 га сівозміни	5,63	3,30	8,94	7,21	4,05	11,27
	± до контролю, т/га	0,13	0,00	0,13	0,29	0,13	0,42
Одноглибинна дискова на 10–12 см	горох	3,94	1,85	5,78	–		
	пшениця озима	6,36	4,04	10,40	5,94	3,20	9,14
	кукурудза зерно	9,93	5,40	15,33	11,67	6,36	18,0
	ячмінь ярий	3,93	2,66	6,59	4,39	2,86	7,25
	соя	1,70	1,49	3,19	2,68	1,84	4,52
	на 1 га сівозміни	5,17	3,09	8,26	6,17	3,56	9,73
	± до контролю, т/га	-0,33	-0,21	-0,54	-0,75	-0,36	-1,11

Примітка: *п.п. – побічна продукція, к.р. – кореневі рештки.

Таблиця 4 – Надходження елементів живлення з біомасою культур, кг/га

Рік	Культура	Надходження елементів живлення, кг/га								
		з побічною продукцією			з кореневими рештками			разом		
		N	P	K	N	P	K	N	P	K
2009–2013 рр.	горох	61,5	18	21,9	51,5	10,4	7,1	113	28	29
	пшениця озима	33,3	13	43,3	77,7	19,7	24,7	111	33	68
	кукурудза	80,6	32	177	64,4	17,7	22,6	145	50	200
	ячмінь ярий	26,2	13	54,6	66,8	13,9	17,4	93	27	72
	соя	23,9	7,2	9,96	54,1	14,8	14,0	78	22	24
	∑ за ротацию кг/га*	226	83	307	314	76,6	85,8	540	160	393
2014–2017 рр.	пшениця озима	35,8	14,3	46,5	68,8	15,5	17,0	105	29,8	63,5
	кукурудза	115	46	253	111	22,3	34,2	226	68,2	287
	ячмінь ярий	31,7	15,8	66,0	47,2	13,0	14,3	78,9	28,9	80,3
	соя	39,0	11,7	16,3	45,3	9,4	6,5	84,3	21,1	22,8
	∑ за ротацию	221	87,9	382	273	60,2	72,0	494	148	454
	кг/га*	55,4	22,0	95,4	68,1	15,0	18,0	124	37,0	113

Примітка: *кг/га д.р. NPK на 1 га сівозмінної площі.

відношення C:N, ґрунтово-кліматичні умови зони вирощування, запаси азоту в ґрунті, який буде використано на процес мінералізації біомаси. Для прискореного розкладання поживних решток і зростання доступності поживних елементів у ґрунті, за вирощування кукурудзи (досить великі об'єми біомаси на поверхні) з метою зниження токсикації сходів мікотоксинами, які виділяють патогени, досить часто застосовують целюлозоруйнівні мікроорганізми (деструктори) [2, 15]. Окрім регулювання системи удобрення, залучення біомаси культур є ефективним заходом щодо зниження рівня щільності та твердості, особливо на безструктурних здатних до запливання ґрунтах [13].

Аналіз поживного режиму ґрунту проводили за вмістом поживних елементів у ґрунті на початку ротації після збирання пшениці в 2013 р., попередник – горох (2012 р.), щорічно в динаміці впродовж вегетації культур в полі, та в кінці ротації в 2017 р. у фазу повної стиглості ячменю, де попередником є кукурудза на зерно (2016 р.). Азот має важливе значення в будь-якому живому організмі, зокрема в рослинах. У ґрунті він є одним із основних макроелементів, необхідних для росту і розвитку культур. Вміст мінерального азоту в ґрунті є дуже динамічним і змінюється за вегетаційний період, через активність біологічних процесів та використання азоту рослинами впродовж вегетації на формування біомаси та урожайності загалом. Саме від його доступності залежить продуктивність культури та якість отриманої основної продукції.

Встановлено особливості диференціації профілю 0–40 см шару ґрунту залежно від принципу дії робочих органів ґрунтообробної техніки, які формують шар ґрунту з локалізацією основної маси мінеральних добрив і побічної продукції культур сівозміни. За безпліцевих обробітків прослідковувалось зростання вмісту азоту в шарі ґрунту 0–10 см, особливо у стартовий період вегетації рослин за достатнього рівня вологи, в середньому вміст на 6–14 % був вищими, ніж за оранки. У шарі ґрунту 20–40 см вміст азоту за пліцевої системи обробітку навпаки був вищим, ніж за плоскорізного обробітку, на 14 %, диференційованої – на 8,2 та одноглибинної дискової – на 19,1 %. Запаси азоту, що легко гідролізується, в шарі ґрунту 0–40 см за різноглибинної пліцевої і диференційованої систем обробітку були на одному рівні. Зниження загального вмісту азоту прослідковувалось за плоскорізної та дискової систем в середньому на 9,8 % (рис. 1).

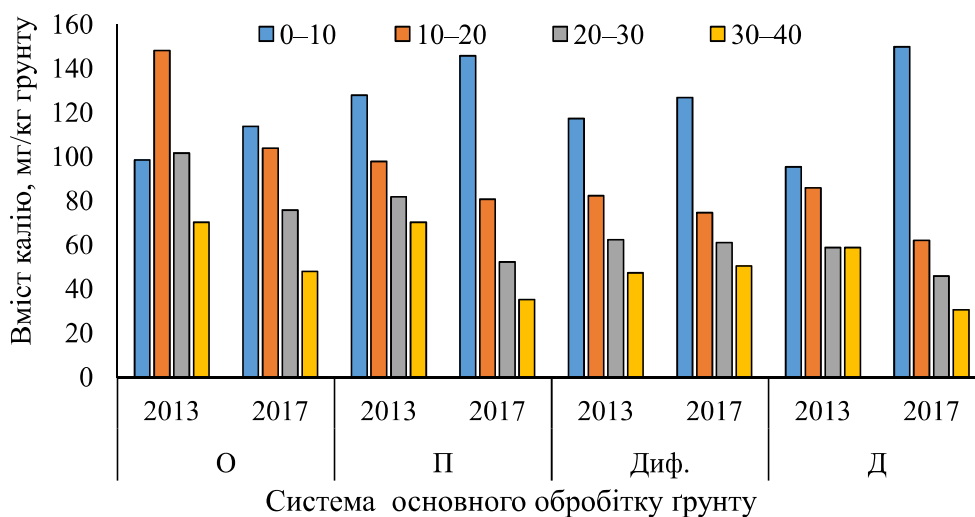
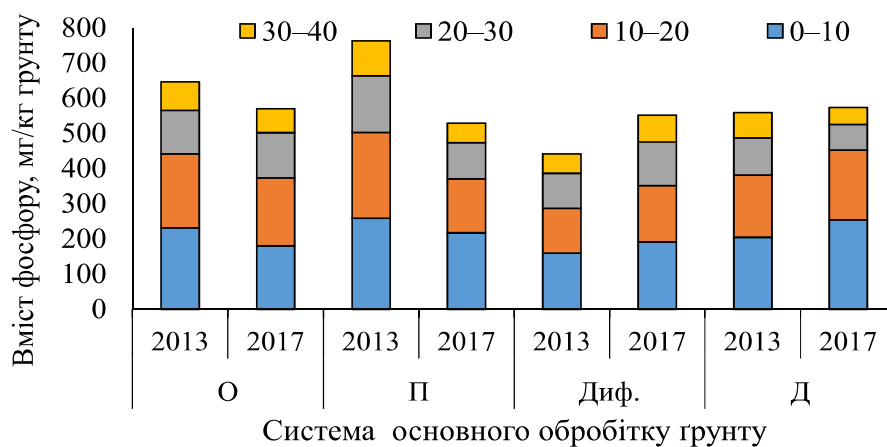
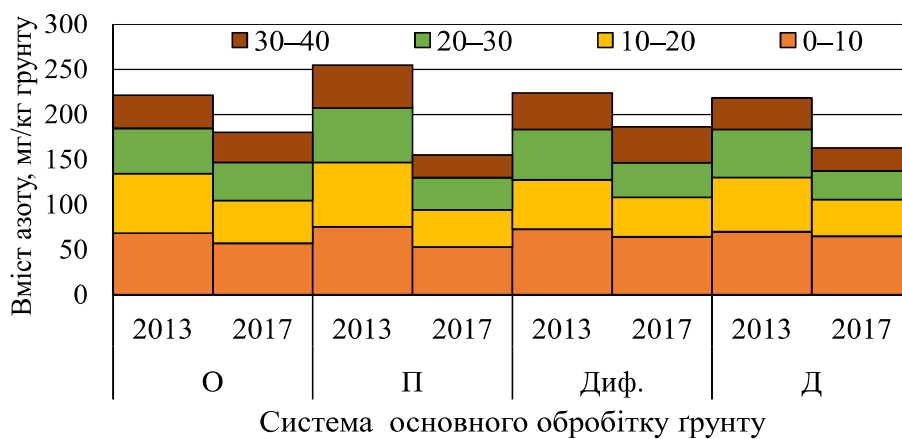
Така сама тенденція прослідковувалась і за вмістом фосфору і калію, де у 0–10 см шарі за

одноглибинної дискової він був вищим на 40,8 і 32 % та різноглибинної плоскорізної – на 20,4 і 28,1 % відповідно. Зростання вмісту фосфору та калію за оранки відбувалось саме в нижньому 10–30 см шарі, це є пряма дія принципу роботи пліци – загортання основної маси мінеральних добрив і побічної продукції в нижній шар ґрунту.

Формування поживного режиму сірого лісового ґрунту переважно залежало від системи удобрення культур, дози діючої речовини, яку застосовували під культуру – прямої дії в період вегетації і післядії – щорічне заробляння в ґрунт побічної продукції попередника, мінералізація біомаси в 1-й рік та наступні на 2–3 роки, а також післядії на 2-й та меншою мірою на 3-й рік мінеральних фосфорних добрив. Відомо, що в 1–3-й роки дія фосфорних добрив становить 30, 13, 6 %, калійних – 55 та 13 % відповідно [8, 20]. Період розкладання біомаси культур залежав від вмісту елементів живлення у побічній продукції, співвідношення C:N, гідротермічних умов, активності ґрунтових мікроорганізмів, та принципу її загортання в ґрунт. Зокрема, за безпліцевих обробітків на 60–70 % біомаса локалізувалась в верхньому 0–10 см шарі, і листо-стеблова маса кукурудзи візуально прослідковувалась в полі ячменю в перший рік, і меншою мірою на другий рік в полі сої, тому повний цикл мінералізації може тривати впродовж 1–3-х років. Водночас проведення оранки на глибину 28–30 см під кукурудзу забезпечило локалізацію біомаси попередника в шарі 20–30 см, руйнування і ферментативне розкладання біомаси (твердих целюлозних відходів) відбувалось значно швидше, ніж за одноглибинної дискової та різноглибинної плоскорізної систем обробітку ґрунту, де основний об'єм біомаси культур локалізувався у верхньому 0–10 см шарі.

У полі ячменю, де вивчали різні системи удобрення: без добрив (контроль), заорювання побічної продукції культур сівозміни – листо-стеблова маса кукурудзи під ячмінь та комплексне удобрення – $N_{50}P_{60}K_{50}$ + побічна продукція (рис. 2) встановлено істотний вплив не лише системи удобрення, а й системи основного обробітку ґрунту. Так, за диференційованої системи ріст, розвиток та продуктивність ячменю була істотно вищою, ніж за різноглибинної пліцевої на 10–30 см.

Особливістю диференційованої системи основного обробітку є те, що залежно від фізіологічних особливостей та вимог культур (локалізація основної кореневої маси) забезпечення елементами живлення відбувається завдяки принципу дії робочих органів. Проведення під



Примітка: О – різноглибинна оранка, 10–30 см, П – плоскорізне розпушування, 10–30 см, Диф. – диференційована система обробітку, 10–45 см, Д – одноглибине дискування, 10–12 см.

Рис. 1. Диференціація 0–40 см шару ґрунту за вмістом елементів живлення залежно від системи основного обробітку, мг/кг.

попередник глибокого чизельного обробітку на 43–45 см забезпечує руйнування плужної підшви, накопичення вологи в осінньо-зимовий період, а також оптимізує агрофізичні властивості ґрунту, знижуючи його щільність складення та твердість.

Отримання розгорнутої наукової інформації можливо за проведення розширеного агрохімічного аналізу ґрунту та рослинного матеріалу. Особливо цінним є порівняльний аналіз у стаціонарних довготривалих дослідках, які є класичними за своїм значенням. Маючи на меті встановлення особливостей зміни показників, що характеризують родючість ґрунту, фізико-хімічні властивості, стан та особливості мікробіологічних процесів, інтенсивність навантаження на ґрунт за різних систем удобрення та хімічного захисту, науково-дослідним установам рекомендується розширити проведення додаткових поглиблених досліджень, де буде охоплено ці питання і встановлено оптимальне поєднання регульованих чинників у системі «ґрунт–рослина–продуктивність».

Висновки. Надходження азоту за ротацію 5-пільної сівозміни (2009–2013 рр.) з біомасою культур становило в середньому 45,1 кг/га, що на 10,3 кг менш як за ротацію 4-пільної сівозміни. Сформована урожайність основної продукції істотно впливала саме на об'єм нетоварної частини, із зростанням основної прямо пропорційно відбувалось і зростання побічної продукції. Винос азоту зерном культур становив 105 кг/га, а з біомасою поверталось в середньому 55,4 кг/га д.р. азоту за повного циклу мінералізації, що відповідає приблизно 45–47 % від частки витрат. Загалом повернення фосфору з побічною продукцією за ротацію 5-пільної сівозміни надходило в середньому 12–16,7 кг/га та 4-пільної – 19,5–22,0 кг/га, що становило 35–40 % від загального його виносу врожаєм. Щодо особливостей формування калійного режиму, то слід зазначити, що його повернення в ґрунт є в рази більшим, ніж винос основною продукцією, завдяки залученню листо-стеблової маси кукурудзи, з якою в ґрунт надходить в середньому 177–253 кг/га, а за ротації – 61,4–95,4 кг/га сівозмінної площі.

За безпліцевих обробітків прослідковувалось зростання вмісту азоту в шарі ґрунту 0–10 см, особливо у стартовий період вегетації рослин за достатнього рівня вологи, де вміст в середньому на 6–14 % був вищим, ніж за оранки. У шарі ґрунту 20–40 см вміст азоту за пліцевої системи обробітку навпаки був вищим, ніж за плоскорізного обробітку, на 14 %, диференційованої – на 8,2 % та одноглибинної дискової – на 19,1 %. Зростання вмісту фосфо-

ру і калію відбувалось саме у 0–10 см шарі, за одноглибинної дискової він був вищим на 40,8 і 32 % та різноглибинної плоскорізної – на 20,4 і 28,1 % відповідно. Зростання вмісту фосфору та калію за оранки відбувалось в нижньому 10–30 см шарі, це є пряма дія принципу роботи пліци – загортання основної маси мінеральних добрив і побічної продукції в нижній шар ґрунту.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Балюк С.А. Розрахунок балансу гумусу і поживних речовин у землеробстві України на різних рівнях управління. ННЦ Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського. Харків: КП Миська друкарня, 2011. 30 с.
2. Борис Н. Поживний режим ґрунту за використання біомаси культур. Пропозиція. (291). 12/19. С. 72–74.
3. Гамалей В.І., Драган М.І., Шкарівська Л.І. Родючість сірого лісового ґрунту за різних умов використання. Вісник аграрної науки. 2010. № 7. С. 10–15.
4. Гангур В.В. Царица полей в монокультурі: продуктивність кукурудзи на зерно при бессменном выращивании и в севообороте. Зерно. 2009. № 6. С. 27–29.
5. Гордієнко В.П., Бодня В.І. Вплив тривалого застосування різних систем удобрення й обробітку ґрунту в сівозмінах на урожайність ярого ячменю. Наукові праці Полтавської державної аграрної академії. Полтава. 2005. Вип. 4 (23). С. 94–100.
6. Демиденко О.В., Блащук М.І., Шаповал І.С. Кругообіг органічного вуглецю в агроценозах різноротаційних сівозмін лівобережного Лісостепу. Посібник Українського хлібороба. Мін. АПК. Інститут рослинництва ім. Юр'єва. 2016. С. 179–182.
7. Державна служба статистики України. Обсяг виробництва, урожайність та зібрана площа сільськогосподарських культур за їх видами на 01 листопада 2019 року. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
8. Дегодюк Е.Г. Застосування побічної продукції рослинництва і сидератів у відновлювальному землеробстві України. Київ: Аграрна наука, 2014. 60 с.
9. Камінський В.Ф., Гангур В.В. Винос поживних речовин сільськогосподарськими культурами різноротаційних сівозмін лівобережного Лісостепу: зб. наук. праць Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН». 2018. Вип. 3. С. 3–10.
10. Лебідь Є.М., Коваленко В.Ю., Чабан В.І. Використання побічної продукції попередника під кукурудзу. Бюл. ін-т зернового господарства степової зони НААН України. Дніпропетровськ, 2003. № 20. С. 9–11.
11. Prediction humus level of black soils of forest-steppe Ukraine depending on the application of crop rotation, fertilization and tillage / Boyko P. et al. International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES). 2019. Vol. 9 (1). P. 155–162. DOI: <https://doi.org/10.31407/ijeess9118>
12. Літвінов Д.В., Борис Н.С. Рециркуляція органічної речовини та біогенних елементів у різноротаційних сівозмінах. Землеробство: міжвідомчий тематичний науковий збірник. Київ: ПВ Едельвейс, 2018. Вип. 1 (94). С. 4–19.
13. Малиєнко А.М., Борис Н.С. Влияние способов основной обработки и побочной продукции предшественника на плотность сложения почвы в севообороте:

збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. Умань: УНУС, 2016. Вип. 89. Ч. 1: Сільськогосподарська науки. С. 113–125. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/zhpumus_2016_89\(1\)_17](http://nbuv.gov.ua/UJRN/zhpumus_2016_89(1)_17).

14. Малієнко А.М., Тараріко Н.М., Зведенюк Т.Б., Любомський В.С. Динаміка родючості чорнозему звичайного в беззмінному посіві кукурудзи і в короткоротаційній сівозміні. Землеробство: міжвідомчий тематичний науковий збірник. Випуск 1 (90). Київ, 2016. С. 32–36.

15. Мишустин Е.Н. Пути улучшения азотного баланса пахотных почв СССР и выполнение продовольственной программы. Изд-во АН СССР сер. биол. 1983. № 3. 325 с.

16. Ятчук В.Я., Гаврилов С.О., Красюк Л.М., Зведенюк Т.Б. Рециркуляція елементів живлення за використання на добриво побічної продукції рослинництва та різних способів основного обробітку ґрунту. Біологічні системи: науковий журнал. 2012. Т. 4. Вип. 3. С. 356–359.

17. Христенко А.А. К вопросу о плодородии черноземных почв. Агрохимия і ґрунтознавство. 2010. Спеціальний випуск. Книга 3. С. 292–294.

18. Ткаченко М., Борис Н. Залежність структури посівних площ в Україні за зростаючого попиту на сільськогосподарську продукцію та зміни клімату. Пропозиція. (288). 9/19. С. 34–38.

19. Assessment of soil nutrient balance. Approaches and Methodologies / R.N. Roy et al. FAO 2003. URL: <http://www.fao.org/3/y5066e/y5066e00.htm#Contents>.

20. Basal organic phosphorus mineralization in soils under different farming systems / F. Oehl et al. Soil. Biochem. 2004. Vol. 36. P. 667–675.

21. Ukraine Corn: Harvest Reports Cite Record Production. Foreign Agricultural Service. USDA 4 December 2018. Office of Global Analysis. URL: <https://ipad.fas.usda.gov/>

REFERENCES

1. Baliuk, S.A. (2011). Rozrahunok balansu gumusu i pozhyvnyh rehovyn u zemlerobstvi Ukrainy na riznyh rivnjah upravlinnja [Calculation of the balance of humus and nutrients in agriculture of Ukraine at different levels of government]. NNC Instytut ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Сокіловського [NSC Institute of Soil Science and Agrochemistry O.N. Sokolovsky]. Kharkiv, KP City printing house, 30 p.

2. Borys, N. (2019). Pozhivnij rezhim rruntu za vikoristannja biomasi kul'tur [Soil nutrient regime using crops biomass]. Propozicija [Sentence], no. (291), 12, pp. 72–74.

3. Gamaljej, V.I., Dragan, M.I., Shkarivs'ka, L.I. (2010). Rodjuchist' sirogo lisovogo ґрунту za riznyh umov vykorystannja [Fertility of gray forest soil under different conditions of use]. Visnyk agrarnoi' nauky [Bulletin of Agricultural Science], no. 7, pp. 10–15.

4. Hanhur, V.V. (2009). Caryca polej v monokul'ture: produktyvnost' kukuruzy na zerno pry bessmennom vurashhyvanju v sevooborote [The queen of fields in monoculture: the productivity of corn for grain during continuous cultivation and crop rotation]. Zerno [Grain], no. 6, pp. 27–29.

5. Gordijenko, V.P., Bodnja, V.I. (2005). Vplyv tryvalo go zastosuvannja riznyh system udobrennja j obrobittu ґрунту v sivozminah na urozhajnist' jarogo jachmenju [Influence of long-term application of different systems of fertilizer and

tillage in crop rotations on spring barley yield]. Naukovi praci Poltav's'koi' derzhavnoi' agrarnoi' akademii' [Scientific works of Poltava State Agrarian Academy]. Poltava, Issue 4 (23), pp. 94–100.

6. Demydenko, O.V., Blashhuk, M.I., Shapoval, I.S. (2016). Krugoobig organichnogo vuglecju v agrocenozah riznorotacijnyh sivozmin livoberezhnogo Lisostepu [The cycle of organic carbon in the agrocenoses of rotational crop rotations of the left-bank Forest-Steppe]. Posibnyk Ukrain's'kogo hliboroba [Handbook of Ukrainian farmers]. Ministry of AIC. Institute of Plant Breeding named after Yuryeva, pp. 179–182.

7. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy [State Statistics Service of Ukraine]. Obsjag vyrobnyctva, urozhajnist' ta zibrana ploshha sil's'kogospodars'kyh kul'tur za i'h vydamy na 01 lystopada 2019 roku [Production volume, yield and harvested area of crops by their types on November 1, 2019]. Available at: <http://www.ukrstat.gov.ua/>

8. Degodjuk, E.G. (2014). Zastosuvannja pobichnoi' produkci'i roslynnyctva i syderativ u vidnovljuval'nomu zemlerobstvi Ukrainy [Application of crop by-products and greens in regenerative agriculture of Ukraine]. Kyiv, Agrarian Science, 60 p.

9. Kamins'kyj, V.F., Gangur, V.V. (2018). Vynos pozhyvnyh rehovyn sil's'kogospodars'kymy kul'turamy riznorotacijnyh sivozmin livoberezhnogo Lisostepu: zb. nauk. prac' Nacional'nogo naukovo go centru «Instytut zemlerobstva NAAN» [Removal of nutrients by agricultural crops of rotational crop rotations of the left-bank Forest-Steppe: coll. Science. Proceedings of the National Research Center "Institute of Agriculture NAAS"]. Issue 3, pp. 3–10.

10. Lebid', Je.M., Kovalenko, V.Ju., Chaban, V.I. (2003). Vykorystannja pobichnoi' produkci'i poperednyka pid kukurudzu [The use of by-products of the predecessor for corn]. Bjul. in-t zernovogo gospodarstva stepovoi' zony NAAN Ukrainy [Bull. Institute of Grain Management of the Steppe Zone of NAAS of Ukraine]. Dnipropetrovsk, no. 20, pp. 9–11.

11. Boyko, P., Litvinov, D., Demidenko, O., Blashchuk, M., Rasevich, V. (2019). Prediction humus level of black soils of forest-steppe Ukraine depending on the application of crop rotation, fertilization and tillage International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES). Vol. 9 (1), P. 155–162. Available at: <https://doi.org/10.31407/ijeec9118>

12. Litvinov, D.V., Borys, N.Je. (2018). Recyrkuljacija organichnoi' rehovyny ta biogenykh elementiv u riznorotacijnyh sivozminah [Recycling of organic matter and nutrients in rotational crop rotations]. Vidomchij tematychnyj zbirnyk naukovyj zbirnyk «Zemlerobstvo» [Interdepartmental thematic collection scientific collection "Agriculture"]. Kyiv, PV Edelweiss, no. 1 (94), pp. 4–19.

13. Malijenko, A.M., Borys, N.Je. (2016). Vlijanie sposobov osnovnoj obrabotki i pobochnoj produkci'i predshestvennika na plotnost' slozhenija pochvy v sevooborote: zbirnyk naukovykh prac' Umans'kogo nacional'nogo universitetu sadivnictva [Influence of the main processing methods and by-products of the predecessor on the density of the soil in the crop rotation: collection of Science Practitioners of the Uman National University of Gardens]. Uman, UNUS, Vol. 89, Part 1, Agricultural sciences, pp. 113–125. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/zhpumus_2016_89\(1\)_17](http://nbuv.gov.ua/UJRN/zhpumus_2016_89(1)_17).

14. Malijenko, A.M., Tarariko, N.M., Zvedenjuk, T.B., Ljubomskij, V.S. (2016). Dynamika rodjuchosti chornozemu zvyčajnogo v bezzminnomu posivi kukurudzy i v korotkorotacijnij sivozmini [Dynamics of fertility of common chernozem in uninterrupted sowing of corn and in short-rotation crop rotation]. Mizhvidomchij tematychnyj naukovyj zbirnyk «Zemlerobstvo» [Interdepartmental thematic scientific collection «Agriculture»]. Kyiv, Issue 1 (90), pp. 32–36.

15. Myshustyn, E.N. (1983). Puty uluchshenyja azotnogo balansu pahotnyh pochv SSSR u vypolnenje provodol'stvennoj programmy [Ways to improve the nitrogen balance of arable soils of the USSR and the implementation of the food program]. Publishing house ANSSR ser. Biol., no. 3, 325 p.

16. Jatchuk, V.Ja., Gavrilov, S.O., Krasjuk, L.M., Zvedenjuk, T.B. (2012). Recirkuljacija elementiv zhivlennja za vikoristannja na dobrovo pobichnoj produkcii roslinnictva ta riznih sposobiv osnovnogo obrobittu gruntu [Recycling of nutrients for the use of crop by-products and various methods of basic tillage]. Naukovyj zhurnal «Biologichni sistemi» [Scientific Journal "Biological Systems"]. Vol. 4, Issue 3, pp. 356–359.

17. Hrystenko, A.A. (2010). K voprosu o plodorodny chernozemnyh pochv [On the fertility of chernozem soils]. Agrohimiya i g'runtoznnavstvo [Agrochemistry and Soil Science]. Special issue, Book 3, pp. 292–294.

18. Tkachenko, M., Borys, N. (2019). Zalezhnist' strukturi posivnih ploshh v Ukraini za zrostajuchogo popitu na sil'skogospodars'ku produkciju ta zmini klimatu [Dependence of the structure of sown areas in Ukraine with the growing demand for agricultural products and climate change]. Propozycja [Sentence], no. (288), 9, pp. 34–38.

19. Roy, R.N., Misra, R.V., Lesschen, J.P., Smaling, E.M. Assessment of soil nutrient balance. Approaches and Methodologies. FAO 2003. Available at: <http://www.fao.org/3/y5066e/y5066e00.htm#Contents>

20. Oehl, F., Frossard, E., Fliessbach, A. (2004). Basal organic phosphorus mineralization in soils under different farming systems. Soil. Biochem. Vol. 36, pp. 667–675.

21. Ukraine Corn: Harvest Reports Cite Record Production. Foreign Agricultural Service. USDA 4 December 2018. Office of Global Analysis. Available at: <https://ipad.fas.usda.gov/>

Питательный режим серой лесной почвы в зависимости от антропогенной нагрузки

Борис Н.Е., Красюк Л.М.

Целью работы было установление особенностей формирования питательного режима серой лесной почвы при различных системах основной обработки, удобрения и заделки побочной продукции культур в короткоротационном 4-польном зерновом севообороте – пшеница озимая–кукуруза на зерно–ячмень–соя. Оценивание количественного поступления биомассы, участие в формировании питательного режима серой лесной почвы, особенности дифференциации 0–40 см слоя почвы в зависимости от распределения биогенных элементов при различных системах обработки.

Исследования проводили в длительном стационарном опыте отдела обработки почвы и борьбы с сорняками ННЦ «Институт земледелия НААН». Сравнительный

анализ агрохимических показателей серой лесной почвы, особенности формирования питательного режима в течение вегетации культур в слое 0–40 см почвы проводили в течение ротации 4-польного короткоротационного зернового севооборота. Система удобрения состояла из внесения минеральных удобрений $N_{65}P_{58}K_{68}$ кг д.в. на 1 га площади севооборота. В качестве органического удобрения привлекали побочную продукцию культур севооборота, где в течение 2009–2013 гг. привлекалось побочной продукции в качестве удобрения в среднем 5,17–5,50 т/га и 2014–2017 гг. – 6,65–7,76 т/га севооборота.

Сложившаяся урожайность основной продукции существенно влияла именно на объем нетоварной части, с ростом основной продукции прямо пропорционально происходил и рост побочной продукции. Вынос азота составлял в среднем 105 кг/га, а с биомассой возвращалось в среднем 55,4 кг/га д.в. азота при полном цикле минерализации, что соответствует 45–47 % от доли расходов. В общем возвращение фосфора с побочной продукцией за ротацию 5-польного севооборота поступало в среднем 12,0–16,7 кг/га и 4 – 19,5–22,0 кг/га, что составляло 35–40 % от общего его выноса урожаем. В почву поступало в разы больше калия с биомассой культур, чем часть расходов основной продукцией, благодаря привлечению лист-стеблевой массы кукурузы, с которой в почву поступает в среднем 177–253 кг/га, а за ротации – 61,4–95,4 кг/га площади севооборота.

Ключевые слова: серая лесная почва, питательный режим почвы, рециркуляция биогенных элементов, основная и побочная продукция культур.

Nutritional regime of gray forest soil at different anthropogenic loads

Borys N., Krasjuk L.

The aim of the research is to establish the peculiarities of the formation of the nutrient regime of gray forest soil with different systems of basic cultivation, fertilization and sealing of by-products of crops in short-rotation 4-field grain crop rotation – winter wheat–corn for grain–barley–soybean. Evaluate the quantitative inflow of biomass, participation in the formation of the nutrient regime of gray forest soil, especially the differentiation of 0–40 cm of soil layer depending on the distribution of nutrients in different tillage soil systems.

The studies were carried out in a long-term stationary experiment of the department of soil cultivation and weed control of the NSC «Institute of Agriculture of the NAAS», founded in 1969. The fertilization system consisted of the application of mineral fertilizers $N_{65}P_{58}K_{68}$ kg acting things per 1 ha of crop rotation area. As an organic fertilizer, we used by-products of crop rotation, where during 2009–2013 received an average of 5,17–5,50 t/ha, and 2014–2017 – 6,65–7,76 t/ha of crop rotation.

The existing yield of the main product significantly influenced the volume of the non-commodity part, with the growth of the main product, the growth of by-products also took place in direct proportion. Nitrogen removal averaged 105 kg/ha, and with biomass it returned on average 55,4 kg/ha, nitrogen with a full mineralization cycle, in general, this corresponds to 45–47 % of the share of costs. In general, the return of phosphorus from by-products for the rotation of 5 received an average of 12,0–16,7 kg/ha and 4-field crop

rotation 19,5–22,0 kg/ha, which was 35–40 % of the total removal harvest. The soil received many times more potassium from the biomass of agricultural crops than part of the cost of the main product, due to the attraction of the maize leaf mass,

from which an average of 177–253 kg/ha enters the soil, and for crop rotation – 61,4–95,4 kg/ha per hectare of sown area.

Key words: gray forest soil, soil nutrient regime, recycling of nutrients, main and by-products of crops.



Copyright: Борис Н.Є., Красюк Л.М. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



Борис Н.Є.

ID: <https://orcid.org/0000-0002-9385-1263>

Красюк Л.М.

ID: <https://orcid.org/0000-0001-9871-8253>