

DOI: 10.32636/01308521.2020-(68)-1-5

УДК 519.233.5:631.41:631.445.2:631.51

**О. С. ГАВРИШКО<sup>1</sup>, Ю. М. ОЛІФІР<sup>1</sup>**, кандидати сільськогосподарських наук

**Т. В. ПАРТИКА<sup>1</sup>**, кандидат біологічних наук

**Н. Г. БУСЛАЄВА<sup>2</sup>**, кандидат економічних наук

<sup>1</sup>Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН

*вул. Грушевського, 5, с. Оброшине Пустомитівського р-ну Львівської обл.,*

*81115, e-mail: havryshko0@gmail.com*

<sup>2</sup>ННЦ «Інститут землеробства НААН»

*вул. Машинобудівників, 2-Б, смт Чабани Києво-Святошинського р-ну*

*Київської обл., 08162*

## **КОРЕЛЯЦІЙНИЙ АНАЛІЗ ЗАЛЕЖНОСТІ ПРОДУКТИВНОСТІ СІВОЗМНИ ВІД ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ, АГРОХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯСНО-СІРОГО ЛІСОВОГО ПОВЕРХНЕВО ОГЛЕЄНОГО ҐРУНТУ ЗА ТРИВАЛОГО СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВПЛИВУ**

Рівень родючості ґрунту визначається комплексом властивостей, серед яких агрофізичні, фізико-хімічні, агрохімічні та ін. Показники, які характеризують агрохімічну складову ґрунту, змінюються під дією органічних і мінеральних добрив. Взаємодіючи з ґрунтом, добрива трансформуються, істотно впливаючи на умови живлення рослин і, як наслідок, на продуктивність сільськогосподарських культур.

Результатами досліджень встановлено, що в ясно-сірому лісовому поверхнево оглеєному ґрунті за умов періодично промивного типу водного режиму найбільшою мірою поліпшуються фізико-хімічні властивості за органо-мінерального удобрення на фоні вапнування. Показник рН<sub>KCl</sub> підвищився до 5,25, Нг знизилася до 2,30 мг-екв/100 г ґрунту, а сума увібраних основ зросла до 10,7 мг-екв/100 г ґрунту. Вміст рухомого алюмінію становить 4,15 мг/кг ґрунту.

За таких умов вміст N в NEg<sub>лорн.</sub> і NEg<sub>лп/орн.</sub> шарах становить 96,6–102,9 мг/кг ґрунту, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 204,7–184,5 мг/кг ґрунту, K<sub>2</sub>O – 159,4–182,5 мг/кг ґрунту проти, відповідно, 86,8; 37,2 та 45,0 мг/кг варіанта без внесення добрив.

В багатьох агрономічних дослідженнях важливо з'ясувати залежність між двома або декількома ознаками, виявити їх взаємний зв'язок. Частіше трапляються такі співвідношення між змінними, коли кожному значенню ознаки X відповідає не одне, а безліч можливих значень ознаки Y. Такі зв'язки з'являються лише при масовому вивченні ознак і, на відміну від функціональних, називаються вірогідними, або кореляційними.

Проведений кореляційний аналіз дав змогу виявити певні тенденції зв'язку між фізико-хімічними, агрохімічними показниками ґрунту та

продуктивністю сівозміни. Простежується тенденція тісного зв'язку продуктивності сівозміни з фізико-хімічними та агрохімічними показниками, окрім азоту, де рівень зв'язку був середнім ( $r = 0,571-0,661$ ).

Виявлено обернену залежність продуктивності від гідролітичної кислотності та рухомого алюмінію, що призводить до зниження продуктивності на дослідному ґрунті.

Коефіцієнти кореляції свідчать, що рН, гідролітична кислотність та рухомий алюміній істотно впливають на збільшення вмісту гумусу ( $r = 0,771$ ) та фосфору ( $r = 0,629$ ) у шарі ґрунту 0–20 см, проте тіснота зв'язку залежності між вказаними показниками була оберненою.

**Ключові слова:** ясно-сірий лісовий поверхнево оглешений ґрунт, горизонт, кореляція, сівозміна, кислотність, гумус.

**Havryshko<sup>1</sup> O., Olifir<sup>1</sup> Y., Partyka<sup>1</sup> T., Buslaeva<sup>2</sup> N.**

<sup>1</sup>Institute of Agriculture of Carpathian region of NAAS

<sup>2</sup>NSC "Institute of Agricultural of NAAS"

**Correlation analysis of crop rotation productivity depending on physicochemical, agrochemical parameters of light grey forest surface-gleyed soil under long-term agricultural impact**

The level of soil fertility is determined by a set of properties, including agrophysical, physicochemical, agrochemical, etc. Indicators that characterize the agrochemical component of the soil change under the impact of organic and mineral fertilizers. Fertilizers transform, while interacting with the soil, significantly affect conditions of plant nutrition and, as a consequence, the productivity of crops.

The results of research show that organo-mineral fertilizer with liming improve physical and chemical properties in the light gray forest surface-gleyed soil under periodically leaching water regime. The pH<sub>KCl</sub> increases to 5.25, Ah decreases to 2.30 mg-eq/100 g of soil, and the amount of absorbed bases increases to 10.7 mg-eq/100 g of soil. The content of mobile aluminum is 4.15 mg/kg of soil.

Under such conditions, the content of N in HE<sub>g</sub>larable. and HE<sub>g</sub>sub layers is 96.6–102.9 mg/kg of soil, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 204.7–184.5 mg/kg of soil, K<sub>2</sub>O – 159.4–182.5 mg/kg of soil against 86.8; 37.2 and 45.0 mg/kg in the variant without fertilizer application.

In many agronomic studies it is very important to find out the relationship between two or more traits, to establish their relationship. Such relations between variables are more common, when each value of the attribute X corresponds to not one, but many possible values of the attribute Y. Such connections appear only in the mass study of attributes and, unlike functional ones, are called probabilistic or correlation.

The correlation analysis revealed certain trends in the relationship between physicochemical, agrochemical parameters of the soil and crop rotation productivity. There is a tendency of close connection of crop rotation productivity with physicochemical and agrochemical indicators, except for nitrogen, where the level of connection was average ( $r = 0.571-0.661$ ).

The inverse dependence of productivity on hydrolytic acidity and mobile aluminum is revealed, which leads to a decrease in productivity on the experimental soil.

Correlation coefficients indicate that pH, hydrolytic acidity and mobile aluminum significantly affect the increase in the content of humus ( $r = 0.771$ ) and phosphorus ( $r = 0.629$ ) in the soil layer 0-20 cm, the closeness of the relationship between these indicators was inverted.

**Key words:** light gray forest surface-gleyed soil, horizon, correlation, crop rotation, acidity, humus.

**Вступ.** Кореляційний аналіз є методом оброблення статистичних даних, який полягає у вивченні та порівнянні коефіцієнтів кореляції між однією або декількома парами ознак, властивостей, показників для виявлення між ними кореляційних зв'язків. При цьому порівнюють коефіцієнти кореляції між однією парою або численними парами ознак для виявлення між ними статистичних взаємозв'язків [20, 24, 25, 26].

Основним джерелом елементів живлення для формування врожаю є гумус, від запасів і якості якого залежать структура ґрунту, його водні і фізичні властивості, поглинальна здатність і ферментативна активність [5, 7, 8, 9, 13, 18]. Оцінка вмісту і запасів поживних елементів, їх перерозподіл у ґрунті, зокрема по профілю, дають змогу не тільки з'ясувати реально вільний доступ до фонду поживних елементів ґрунту для рослин, а і їх біогенну акумуляцію, шляхи міграції в ландшафті та участь у біологічному кругообігу речовин, що особливо актуально для підвищення ефективності агропромислового виробництва, яке має реалізовуватись з урахуванням зміни родючості ґрунтів [3, 4, 15, 16, 17]. Тому між вмістом гумусу і величиною запасів основних елементів живлення в ґрунті існує певна залежність, або кореляційний зв'язок [2, 13, 22, 23, 29, 30].

Користь кореляцій у тому, що вони здатні вказувати на відношення, яке може мати передбачуваний характер і тому бути придатним для практичного застосування [3, 11, 14, 19, 24, 27]. Кореляція виявляє не точний взаємозв'язок між двома ознаками, а тільки ступінь мінливості однієї від іншої [10].

За даними «Статистичного щорічника України – 2003» [17], зазвичай самої лише наявності кореляції недостатньо для того, щоб зробити висновок про причинно-наслідковий зв'язок, що часто формулюють фразою «кореляція не означає причинності». У багатьох випадках, коли достовірно відомо, що залежність існує, кореляційний аналіз може не дати результатів унаслідок того, що залежність

нелінійна. Факт кореляційної залежності не дає змоги стверджувати, яка зі змінних попереджує чи є причиною змін або що змінні причинно пов'язані між собою [20, 21, 26, 29].

**Матеріали і методи.** Дослідження залежності продуктивності сівозміни від фізико-хімічних та агрохімічних показників ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту в умовах Західного Лісостепу України здійснювали впродовж 2017–2020 рр. на основі тривалого (1965) стаціонарного досліду, занесеного в Реєстр довгострокових польових дослідів НААН (атестат реєстрації НААН № 29) на дослідному полі лабораторії агрохімії Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН [7].

Ґрунт стаціонарного досліду – ясно-сірий лісовий поверхнево оглеєний грубопилувато-легкосуглинковий на лесоподібних відкладах, орний шар (0–20 см) якого на час закладки досліду характеризувався такими усередненими вихідними показниками родючості: рН<sub>KCl</sub> – 4,2, гідролітична кислотність (за Каппеном) – 4,5 мг-екв/100 г ґрунту; обмінна (за Соколовим) – 0,6 мг-екв/100 г ґрунту; вміст рухомого алюмінію (за Соколовим) – 60,0 мг/кг; доступного фосфору (за Кірсановим) та обмінного калію (за Масловою) – 36,0 і 50,0 мг/кг ґрунту відповідно.

Стаціонарний дослід розміщений у просторі на трьох полях, варіанти перебувають у триразовому повторенні. Розмір посівної ділянки – 168 м<sup>2</sup>, облікової – 100 м<sup>2</sup>. Сівозміна чотирипільна з таким чергуванням культур: кукурудза на силос, ячмінь ярий з підсівом конюшини лучної, конюшина лучна, пшениця озима.

Дослідження проводили в таких варіантах: без добрив (контроль, вар. 1); N<sub>65</sub>P<sub>68</sub>K<sub>68</sub> + 10 т/га гною + CaCO<sub>3</sub> – 6 т/га (1,0 Нг) (вар. 7); гній, 10 т/га + N<sub>65</sub>P<sub>68</sub>K<sub>68</sub> + CaCO<sub>3</sub> оптим. за кисл.-осн. буф. – 2,5 т/га (вар. 8); N<sub>105</sub>P<sub>101</sub>K<sub>101</sub> + 10 т/га гною + CaCO<sub>3</sub> – 6 т/га (1,0 Нг) (вар. 12); N<sub>30</sub>P<sub>34</sub>K<sub>34</sub> + 15 т/га гною + CaCO<sub>3</sub> – 9 т/га (1,5 Нг) (вар. 13); за тривалого внесення лише N<sub>65</sub>P<sub>68</sub>K<sub>68</sub> (вар. 15); у варіантах N<sub>105</sub>P<sub>101</sub>K<sub>101</sub> + CaCO<sub>3</sub>, – 9 т/га (1,5 Нг) (вар. 17) і N<sub>105</sub>P<sub>101</sub>K<sub>101</sub> + CaCO<sub>3</sub> оптим. за кисл.-осн. буф. – 2,5 т/га (вар. 18).

У досліді застосовували середньоперепрілий гній великої рогатої худоби на солом'яній підстилці, аміачну селітру (34%), гранульований суперфосфат (19,5%), калійну сіль (40%), в останні роки – нітроамофоску (17%). Як вапняковий матеріал використовували вапнякове борошно (93,5% CaCO<sub>3</sub>). Черговий тур вапнування проводили перед початком ІХ ротачії сівозміни (під кукурудзу на силос). Гній (40–60 т/га) вносили під кукурудзу на силос, фосфорно-

калійні добрива – восени, а азотні – під передпосівну культивуацію. Обробіток ґрунту і догляд за посівами – загальноприйнятий для умов зони.

Зразки ґрунту відбирали та готували до аналізів згідно з ДСТУ ISO 11464-2001. Агрохімічні та фізико-хімічні показники ґрунту визначали за такими методиками: гумус – за методом І. В. Тюріна (ДСТУ 4732–2007); рН сольової витяжки – потенціометричним методом (ДСТУ ISO 10390-2001), гідролітичну кислотність – за Каппеном у модифікації ЦІНАО (ДСТУ 7537:2014), вміст рухомого алюмінію – за Соколовим (ГОСТ 26485-85); лужногідролізний азот (N) – за Д. Р. Корнфілдом (ДСТУ 7863:2015); рухомий фосфор ( $P_2O_5$ ) та обмінний калій ( $K_2O$ ) – за Ф. В. Чиріковим у витяжці 0,5 н  $CH_3COOH$  (ДСТУ 4115–2002) [1, 8]; математичне оброблення результатів досліджень врожайних даних здійснювали дисперсійним та кореляційно-регресійним методом за Б. О. Доспеховим і В. О. Єщенком [11, 12] з використанням програм «Microsoft Excel» і «Statistica 6.0».

**Результати та обговорення.** Результатами досліджень встановлено, що в ясно-сірому лісовому поверхнево оглеєному ґрунті за умов періодично промивного типу водного режиму [10, 14] одноразове внесення за ротацію  $CaCO_3$  (1,0 Нг), 10 т/га сівозмінної площі гною і щорічно мінеральних добрив  $N_{65}P_{68}K_{68}$  (вар. 7) і  $N_{105}P_{101}K_{101}$  (вар. 12) змінили на кінець дев'ятої ротації  $pH_{KCl}$  орного шару ґрунту з 4,20 до 5,25 і 5,54, а гідролітична кислотність знизилася до 2,45 і 2,20 мг-екв/100 г ґрунту проти 4,68 мг-екв/100 г ґрунту на контролі (вар. 1). Вміст рухомого алюмінію в орному та підорному шарах становив 4,15 і 5,35 мг/кг ґрунту відповідно. За вказаних систем удобрення формується найвища продуктивність – 7,68 і 7,47 т з. о. з гектара сівозмінної площі, що, відповідно, на 4,87 і 4,66 т/га з. о. перевищує варіант без добрив.

За внесення  $N_{105}P_{101}K_{101}$  та оптимальної дози  $CaCO_3$  за кислотно-основною буферністю (вар. 18) гідролітична кислотність зростає в обох шарах порівняно з контролем без добрив. Вміст рухомого алюмінію коливався від 8,10 до 13,25 мг/кг ґрунту. За мінеральної системи удобрення без вапнування (вар. 15) кількість рухомого алюмінію перебувала на найвищому рівні (75,0 мг/кг ґрунту), гідролітична кислотність підвищилась до 5,02–5,05 мг-екв/100 г ґрунту, а показник  $pH_{KCl}$  знизився до 3,94–4,08 (табл. 1).

Отже, високі дози мінеральних добрив ефективні лише за умови внесення їх на фоні вапнування 1,5  $CaCO_3$  за Нг. Так, у варіанті

застосування мінеральних добрив у дозі  $N_{105}P_{101}K_{101}$  і вапнування  $0,5$  н  $CaCO_3$  за Нг (вар. 17) показник  $pH_{KCl}$  в орному шарі становив  $5,59$ , а гідролітична кислотність знижувалась від  $2,07$  до  $1,89$  мг-екв/100 г ґрунту, вміст алюмінію – до  $4,90$  мг/кг ґрунту.

При тривалому систематичному застосуванні мінеральних добрив, гною і вапна сума увібраних основ ясно-сірого лісового ґрунту також значно змінюється (табл. 1). Так, найбільше її значення отримано за органо-мінеральної системи удобрення із застосуванням  $N_{65}P_{68}K_{68}$ ,  $10$  т/га сівозмінної площі гною на фоні періодичного внесення  $1,0$   $CaCO_3$  за Нг (вар. 7). При цьому сума увібраних основ у шарі  $0-20$  см збільшилась до  $10,7$  при їх вмісті на контролі (вар. 1)  $3,5$  мг-екв/100 г ґрунту.

За систематичного внесення  $10$  т/га сівозмінної площі гною і високої дози  $N_{105}P_{101}K_{101}+1,0$  вапна за Нг (вар. 12) сума увібраних  $Ca+Mg$  підвищилась до  $8,0$  мг-екв/100 г ґрунту, що підкреслює особливе значення гною в системі удобрення не тільки як джерела живлення, а в першу чергу як біологічного меліоранта, що зв'язує сполуки рухомого алюмінію і сприяє збільшенню суми увібраних основ порівняно з контролем без добрив.

За мінеральної системи удобрення (вар. 15) відбулось зниження суми увібраних основ в орному та підорному шарах ґрунту порівняно з іншими удобрювальними варіантами ґрунту до  $3,0$  і  $2,8$  мг-екв/100 г ґрунту. За внесення  $N_{65}P_{68}K_{68}$  і  $N_{105}P_{101}K_{101}$  на фоні вапнування  $1,0$  н за Нг і внесення  $10$  т/га гною сума увібраних основ у шарі  $0-20$  см була, відповідно, на  $0,5-3,2$  мг-екв/100 г ґрунту нижчою порівняно з варіантом мінерального удобрення в дозі  $N_{30}P_{34}K_{34}$  із внесенням  $CaCO_3$  ( $1,5$  Нг) і  $15$  т/га гною (вар. 13), де їх кількість перебувала на рівні  $11,2$  мг-екв/100 г ґрунту.

Встановлено, що вміст гумусу  $1,89\%$  забезпечує органо-мінеральна система удобрення з внесенням на гектар сівозмінної площі мінеральних добрив у дозі  $N_{65}P_{68}K_{68}$  на фоні  $10$  т/га гною і  $1,0$   $CaCO_3$  за Нг. При цьому вміст гумусу порівняно з варіантом без добрив підвищився на  $0,42\%$ . За сумісного внесення  $N_{30}P_{34}K_{34}$ ,  $15$  т/га сівозмінної площі гною на фоні вапнування  $1,5$   $CaCO_3$  вміст гумусу збільшився на  $0,36\%$  порівняно з контролем без добрив (табл. 1).

За мінеральної системи удобрення при внесенні впродовж  $50$  років одних мінеральних добрив вміст гумусу в ґрунті підвищився лише на  $0,11\%$  в орному шарі і становив  $1,58\%$ . Мінеральні добрива на фоні вапнування хоч і підвищили вміст гумусу до  $1,66\%$  в орному шарі ґрунту, однак загалом ця система удобрення є економічно витратною.

1. Фізико-хімічні, агрохімічні показники та продуктивність сівозміни ясно-сірого лісового поверхнево-оглесного ґрунту залежно від різних доз добрив і вапна в стаціонарному польовому досліді (2017–2020)

№	Варіант	рН <sub>KCl</sub>	Нг мг-екв/100 г ґрунту	Сума увібраних основ	Al <sup>3+</sup> , мг/кг ґрунту	Гумус, %	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Продуктивність сівозміни, т/га з. о.		
											Шар ґрунту, см	
											0–20	20–35
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
1	Без добрив (контроль)	4,20	4,68	3,5	60,65	1,47	86,8	37,2	45,0	2,81		
		4,15	4,26	2,4	61,20	1,40	84,7	32,2	29,5			
7	Гній, 10 т/га + N <sub>65</sub> P <sub>68</sub> K <sub>68</sub> + СаСО <sub>3</sub> , (1,0 Нг)	5,25	2,45	10,7	4,15	1,89	102,9	184,5	182,5	7,68		
		5,43	2,30	7,5	5,35	1,63	95,9	154,5	125,0			
8	Гній, 10 т/га + N <sub>65</sub> P <sub>68</sub> K <sub>68</sub> + СаСО <sub>3</sub> оптим. за кисл.-осн. буф.	4,95	2,97	6,2	6,90	1,74	93,8	165,0	186,0	7,38		
		4,97	3,09	7,0	7,10	1,54	94,5	122,2	108,7			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
12	Гній, 10 т/га + N <sub>105</sub> P <sub>101</sub> K <sub>101</sub> + CaCO <sub>3</sub> , (1,0 Нг)	5,54	2,20	8,0	6,10	1,78	96,6	204,7	159,4	7,47
		5,17	2,48	6,9	5,35	1,62	89,8	166,5	103,7	
13	Гній, 15 т/га + N <sub>30</sub> P <sub>34</sub> K <sub>34</sub> + CaCO <sub>3</sub> , (1,5 Нг)	5,68	2,07	11,2	3,75	1,83	96,2	167,2	130,6	6,89
		5,62	2,00	8,0	3,95	1,56	89,2	128,2	80,2	
15	N <sub>63</sub> P <sub>63</sub> K <sub>63</sub>	4,08	5,02	3,0	75,0	1,58	94,5	163,7	140,6	3,68
		3,94	5,05	2,8	74,4	1,42	80,1	134,2	71,2	
17	N <sub>105</sub> P <sub>101</sub> K <sub>101</sub> + CaCO <sub>3</sub> , (1,5 Нг)	5,59	2,07	9,6	4,90	1,66	88,9	177,7	125,7	6,67
		5,99	1,89	7,0	2,00	1,41	81,2	133,5	62,5	
18	N <sub>105</sub> P <sub>101</sub> K <sub>101</sub> + CaCO <sub>3</sub> оптим. за хістл.-осн. буф.	4,69	3,32	8,3	13,25	1,58	89,6	160,5	120,0	6,24
		4,95	2,57	5,0	8,10	1,42	84,3	113,5	60,2	
	НІР <sub>05</sub>	0,2	0,1	0,7	1,4	0,05	8	9	8	
		0,1	0,1	0,7	1,5	0,04	6	8	7	



Закономірності зміни агрохімічних властивостей ґрунтів найбільш об'єктивно відображають характер ведення сільськогосподарського виробництва. Здійснені дослідження тривалого досліду виявили, що систематичне застосування різних доз добрив і вапна суттєво впливає на вміст основних елементів живлення в ґрунті. Найкращий поживний режим ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту формується за органо-мінеральної системи удобрення на фоні вапнування. Так, за сумісного внесення в сівозміні  $N_{105}P_{101}K_{101}$  і  $N_{65}P_{68}K_{68}$  10 т/га гною на фоні внесення  $CaCO_3$  1,0 дози за Нг (вар. 12, 7) вміст легкогідролізного азоту становив, відповідно, 96,6–102,9 мг/кг ґрунту, рухомих форм  $P_2O_5$  – 204,7–184,5 мг/кг ґрунту і  $K_2O$  – 159,4–182,5 мг/кг ґрунту проти, відповідно, 86,8, 37,2 та 45,0 мг/кг ґрунту на контролі без добрив (див. табл. 1).

Достатньо високим вмістом легкодоступних поживних речовин в орному шарі ґрунту ( $N$  – 94,5,  $P_2O_5$  – 163,7,  $K_2O$  – 140,6) характеризується варіант з інтенсивним мінеральним удобренням (вар. 15). Однак унаслідок зростання кислотності ( $pH_{KCl}$  дорівнює 4,08, а Нг становить 5,02 мг-екв/100 г ґрунту) рослини не здатні засвоювати поживні речовини ґрунту та трансформувати їх у врожай. Зміни вмісту легкодоступних поживних речовин під впливом удобрення та вапнування в підорному шарі ґрунту підлягають тим самим закономірностям, що і в орному.

Проведений кореляційний аналіз дав змогу виявити певні тенденції залежності між фізико-хімічними, агрохімічними показниками ґрунту та продуктивністю сівозміни. Простежується тісний зв'язок продуктивності сівозміни з усіма показниками ґрунту ( $r = 0,735-0,948$ ), окрім азоту, де рівень зв'язку був середнім ( $r = 0,571-0,661$ ). Поряд із цим виявлено обернену залежність продуктивності від гідролітичної кислотності ( $r = -0,905; -0,844$ ) та рухомого алюмінію ( $r = -0,835; -0,840$ ), тобто підвищення вмісту вказаних показників призводить до зниження продуктивності.

Залежність продуктивності сівозміни від pH, гідролітичної кислотності, гумусу та рухомого фосфору є вищою у шарі 0–20 см, а від суми увібраних основ, вмісту рухомого алюмінію, легкогідролізного азоту та обмінного калію, навпаки, залежність є вищою від вмісту у шарі 20–35 см (табл. 2).

2. Кореляційна матриця зв'язку між фізико-хімічними, агрохімічними показниками ясно-сірого лісового поверхнево-оглеєного ґрунту та продуктивністю сівозміни залежно від різних доз добрив і вапна в стаціонарному польовому досліді (2017–2020)

Показник	r <sub>Hкл</sub>	Hг		Сума увібраних основ	Al <sup>3+</sup> , мг/кг ґрунту	Гумус, %	N			K <sub>2</sub> O	Продуктивність сівозміни, т/га з. о.
		мг-екв/100 г ґрунту					мг/кг ґрунту				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Шар ґрунту 0–20 см											
r <sub>Hкл</sub>	1,000										
Hг, мг-екв/100 г ґрунту	-0,983	1,000									
Сума увібраних основ, мг-екв/100 г ґрунту	0,882	-0,910	1,000								
Al <sup>3+</sup> , мг/кг ґрунту	-0,875	0,920	-0,814	1,000							
Гумус, %	0,771	-0,778	0,760	-0,704	1,000						
N, мг/кг ґрунту	0,387	-0,389	0,452	-0,304	0,864	1,000					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг ґрунту	0,629	-0,647	0,576	-0,372	0,712	0,618	1,000				
K <sub>2</sub> O, мг/кг ґрунту	0,438	-0,493	0,398	-0,373	0,777	0,764	0,846	1,000			
Продуктивність сівозміни, т/га з. о.	0,838	-0,905	0,812	-0,835	0,852	0,571	0,791	0,776	1,000		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Шар ґрунту 20–35 см									
pH <sub>ксл</sub>	1,000								
Hg, мг-екв/100 г ґрунту	-0,961	1,000							
Сума увібраних основ, мг-екв/100 г ґрунту	0,897	-0,888	1,000						
Al <sup>3+</sup> , мг/кг ґрунту	-0,868	0,946	-0,852	1,000					
Гумус, %	0,410	-0,470	0,717	-0,519	1,000				
N, мг/кг ґрунту	0,314	-0,398	0,625	-0,562	0,856	1,000			
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг ґрунту	0,506	-0,464	0,661	-0,322	0,632	0,303	1,000		
K <sub>2</sub> O, мг/кг ґрунту	0,386	-0,387	0,701	-0,412	0,881	0,797	0,787	1,000	
Продуктивність сівозміни, т/га з. о.	0,809	-0,844	0,948	-0,840	0,735	0,661	0,745	0,789	1,000

Між фізико-хімічними та агрохімічними показниками ґрунту тіснота зв'язку варіювала від слабкого до середнього та високого рівня. Коефіцієнти кореляції свідчать, що реакція ґрунтового розчину істотно впливає на збільшення вмісту гумусу ( $r = 0,771$ ) та фосфору ( $r = 0,629$ ) у шарі ґрунту 0–20 см. При цьому в шарі 20–35 см вплив рН слабшає, відповідно, до  $r = 0,410$  та  $r = 0,506$ .

Схожий вплив на вміст гумусу та фосфору в ґрунті мають гідролітична кислотність та рухомий алюміній, проте в цьому випадку за такого ж рівня тісноти зв'язку залежність між вказаними показниками була оберненою. Тобто зростання гідролітичної кислотності та кількості рухомого алюмінію призводить до зменшення вмісту гумусу та доступного фосфору в ґрунті. Крім цього, в обох шарах ґрунту спостерігається тісний та наближений до тісного кореляційного зв'язок гумусу з азотом ( $r = 0,856$ – $0,864$ ), фосфором ( $r = 0,632$ – $0,712$ ) та калієм ( $r = 0,777$ – $0,881$ ).

Зв'язок агрохімічних показників, таких як гумус, азот, фосфор та калій, із рН та гідролітичною кислотністю тісніший у шарі 0–20 см порівняно з шаром 20–35 см.

**Висновки.** Отже, систематичне сумісне застосування на кислих ясно-сірих лісових поверхнево оглеєних ґрунтах органо-мінеральних систем удобрення з внесенням 10 т/га сівозмінної площі гною, однієї ( $N_{65}P_{68}K_{68}$ ) та півтори норми ( $N_{105}P_{101}K_{101}$ ) мінеральних добрив на фоні застосування  $1,0$  н  $CaCO_3$  за гідролітичною кислотністю найбільшою мірою покращує їх фізико-хімічні та агрохімічні властивості.

За вказаних систем удобрення формується найвища продуктивність – 7,68 і 7,47 т з. о. з гектара сівозмінної площі, що, відповідно, на 4,87 і 4,66 т/га з. о. перевищує варіант без добрив.

Тривалий антропогенний вплив на ясно-сірий лісовий поверхнево оглеєний ґрунт веде до тенденції тісного зв'язку продуктивності сівозміни з усіма показниками ґрунту, окрім азоту, де рівень зв'язку був середнім ( $r = 0,571$ – $0,661$ ). Виявлено обернену залежність продуктивності від гідролітичної кислотності та вмісту рухомого алюмінію, що призводить до зниження продуктивності.

Коефіцієнти кореляції свідчать, що рН, гідролітична кислотність та рухомий алюміній істотно впливають на збільшення вмісту гумусу ( $r = 0,771$ ) та фосфору ( $r = 0,629$ ) у шарі ґрунту 0–20 см, проте тіснота зв'язку залежності між вказаними показниками була оберненою.

#### Список використаної літератури

1. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. Москва : Изд-во МГУ, 1970. 488 с.

#### References

1. Arinushkina E. V. Guide on chemical soil analysis. Moscow : Izdatel'stvo MGU, 1970. 488 p.

2. Бережная Е. В., Бережной В. И. Математические методы моделирования экономических систем : учеб. пособ. Москва : Финансы и статистика, 2001. 368 с.
2. Berezhnaja E. V., Berezhoj V. I. Mathematical methods for modeling economic systems : textbook. Moscow : Finansy i statistika, 2001. 368 p.
3. Бородин А. Л. Агрофізичні властивості посівного шару ґрунту перед сібною ярих культур. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2016. Вип. 85. С. 96–99.
3. Borodin A. L. Agrofizychni vlastyvoli posivnogo шарu ґрунту перед sivboyu yaryx kultur. *Agroximiya i ґruntoznastvo*. 2016. Vyp. 85. S. 96–99.
4. Вергунова І. М. Основи математичного моделювання для аналізу та прогнозу агрономічних процесів. Київ : Нора-прінт, 2000. 146 с.
4. Verhunova I. M. Fundamentals of mathematical modeling for analysis and forecasting of agronomic processes. Kyiv : Nora-print, 2000. 146 p.
5. Веремєєнко С. І., Фурманец О. А. Изменение агрохимических свойств темно-серой почвы Западной Лесостепи Украины под влиянием длительного сельскохозяйственного использования. *Почвоведение*. 2014. № 5. С. 602–610.
5. Veremeenko S. I., Furmanets O. A. Changes in the agrochemical properties of dark gray soil in the Western Ukrainian Forest-Steppe under the effect of long-term agricultural use. *Pochvovedenie*. 2014. Vol. 47. No. 5. P. 602–610. DOI: 10.7868/S0032180X14050244.
6. Вплив добрив у сівозміні на родючість ґрунту і продуктивність культур / С. Е. Дегодюк та ін. *Зб. наук. праць Нац. наук. центру «Ін-т землеробства НААН»*. 2010. Вип. 4. С. 3–10.
6. Influence of fertilizers in crop rotation on soil fertility and crop productivity / S. E. Dehodiuk et al. *Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoho naukovoho tsentru «Instytut zemlerobstva NAAN»*. 2010. Issue 4. P. 3–10.
7. Гізбуллін Н. Г. Удосконалення методики проведення польових досліджень. *Наук. праці Ін-ту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2007. Вип. 9. С. 79–87.
7. Hizbullin N. H. Improving the methodology of field research. *Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovyykh buriakiv*. 2007. Issue 9. P. 79–87.
8. Господаренко Г. М. Агрохімія : підручник. Київ : Аграрна освіта, 2013. 406 с.
8. Hospodarenko H. M. Agrarian chemistry : textbook. Kyiv : Ahrarna osvita, 2013. 406 p.
9. Господаренко Г. М., Прокопчук І. В. Трансформація кислотно-основних властивостей ґрунту за тривалого застосування добрив у польовій сівозміні. *Вісник Уман. нац. ун-ту садівництва*. 2014. № 1. С. 8–12.
9. Hospodarenko H. M., Prokopchuk I. V. Transformation of acid-base soil properties with long-term use of fertilizers in field crop rotation. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*. 2014. No. 1. P. 8–12.
10. Ґрунти Львівської області : монографія / за ред. С. П. Позняка. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2020. 424 с.
10. Soils of Lviv region: a collective monograph / ed. by S. P. Pozniak. Lviv : LNU imeni Ivana Franka, 2020. 424 p.
11. Доспєхов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 5-е, доп. и перераб. Москва, 1985. 351 с.
11. Dosphehov B. A. Methodology of field experiment (with basics of statistical processing of research results). 5th ed. Moscow : Agropromizdat, 1985. 351 p.
12. Яшеченко В. О. Основи наукових досліджень в агрономії. Вінниця : Едельвейс і К, 2014. 332 с.
12. Yeshchenko V. O. Fundamentals of scientific research in agronomy. Vinnytsia : Edelweis i K, 2014. 332 p.
13. Кирильчук А. А., Бонішко О. С. Хімія ґрунтів. Основи теорії і практикум. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2011. 354 с.
13. Kyrylchuk A. A., Bonishko O. S. Chimiia ґruntiv. Osnovy teorii i praktykum. Lviv : LNU imeni Ivana Franka, 2011. 354 s.
14. Львів region: natural conditions and resources: monograph / ed. by

Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2011. 354 с.

14. Львівська область: природні умови та ресурси: монографія / за заг. ред. М. М. Назарука. Львів : Видавництво Старого Лева, 2018. 592 с.

15. Малієнко А. М., Борис Н. Є., Буслаєва Н. Г. Питання методики польових дослідів у землеробстві та рослинництві *Землеробство*. 2018. Вип. 1. С. 38–44.

16. Мешалкина Ю. Л., Самсонова В. П. Математическая статистика в почвоведении. Москва : МАКС Пресс, 2008. 84 с.

17. Статистичний щорічник України – 2003. Київ : Консультант, 2004. 632 с.

18. Ушкарєнко В. А. Дисперсионный и корреляционный анализ в растениеводстве и луговодстве. Москва : РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2011. 336 с.

19. Царенко О. М. Комп'ютерні методи в сільському господарстві та біології. Суми : Університетська книга, 2000. 203 с.

20. Чичуліна К. В. Кореляційний зв'язок в економіко-математичних моделях. *Наук. праці Полтав. держ. аграрної акад.* 2012. Вип. 1(4). Т. 3. С. 250–255.

21. Effects of slope position, aspect and cropping system on soil nutrient variability in hilly areas / Y. Gou, H. Chen, W. Wu, H. B. Liu *Soil Res.* 2015. Vol. 53. P. 338–348. DOI: 10.1071/SR14113.

22. Effect of slope position on physico-chemical properties of eroded soil / F. Khan, Z. Hayat, W. Ahmad et al. *Soil Environ.* 2013. Vol. 32. P. 22–28.

23. El Shafee O., Abdoun T., Zeghal M. Centrifuge modeling and analysis of soil structure interaction under biaxial dynamic excitations. *Geotechnical Special Publication*. 2017. Vol. 281. P. 37–47. DOI: 10.1088/1748-9326/10/2/024019.

24. Hallett P., Mooney S., Whalley R. Soil physics: New approaches and emerging challenges. *European Journal of Soil Science*. 2013. Vol. 64 (3). P. 277–278.

25. Johnson R. M., Richard E. P. Variable rate lime application in Louisiana

M. M. Nazaruk. Lviv : Vydavnytstvo Staroho Leva, 2018. 592 p.

15. Malienko A. M., Borys N. E., Buslaeva N. G. The questions of methodology of field experiments in agriculture and crop production. *Zemlerobstvo*. 2018. Issue 1. P. 38–44.

16. Meshalkina Ju. L., Samsonova V. P. Mathematical statistics in soil science. Moscow : MAKS Press, 2008. 84 p.

17. Statistical Yearbook of Ukraine – 2003. Kyiv : Konsultant, 2004. 632 p.

18. Ushkarenko V. A. Analysis of variance and correlation in crop and meadow farming. Moscow : RGAU-MSHA im. K. A. Timirjazeva, 2011. 336 p.

19. Tsarenko O. M. Computer methods in agriculture and biology. Sumy : Universytetska knyha, 2000. 203 p.

20. Chychulina K. V. Correlation in economic and mathematical models. *Naukovi pratsi Poltavskoi derzhavnoi ahrarynoi akademii*. 2012. Issue 1 (4). Vol. 3. P. 250–255.

21. Effects of slope position, aspect and cropping system on soil nutrient variability in hilly areas / Y. Gou, H. Chen, W. Wu, H. B. Liu. *Soil Res.* 2015. Vol. 53. P. 338–348. DOI: 10.1071/SR14113.

22. Effect of slope position on physico-chemical properties of eroded soil / F. Khan, Z. Hayat, W. Ahmad et al. *Soil Environ.* 2013. Vol. 32. P. 22–28.

23. El Shafee O., Abdoun T., Zeghal M. Centrifuge modeling and analysis of soil structure interaction under biaxial dynamic excitations. *Geotechnical Special Publication*. 2017. Vol. 281. P. 37–47. DOI: 10.1088/1748-9326/10/2/024019.

24. Hallett P., Mooney S., Whalley R. Soil physics: New approaches and emerging challenges. *European Journal of Soil Science*. 2013. Vol. 64 (3). P. 277–278.

25. Johnson R. M., Richard E. P. Variable rate lime application in Louisiana sugarcane production systems. *Precision Agriculture*. 2010. Vol. 11. P. 464–474. DOI: 10.1007/s11119-009-9140-2.

26. Ma Q., Zhao G. X. Effects of different land use types on soil nutrients in intensive agricultural region. *J. Nat. Res.* 2010. Vol. 25. P. 1834–1844.

sugarcane production systems. *Precision Agriculture*. 2010. Vol. 11. P. 464–474. DOI: 10.1007/s11119-009-9140-2.

26. Ma Q., Zhao G. X. Effects of different land use types on soil nutrients in intensive agricultural region. *J. Nat. Res.* 2010. Vol. 25. P. 1834–1844.

27. Nichols K. A., Samson-Liebig S. An inexpensive and simple method to demonstrate soil quality parameters. *Journal of Natural Resources and Life Sciences Education*. 2011. Vol. 40. P. 51–57. DOI: 10.1071/SR14113.

28. Nichols K. A., Toro M. A new index for measuring whole soil stability. *Soil and Tillage Research*. 2010. Vol. 111(2). P. 99–104. DOI: 10.1007/s11119-009-9140-2.

29. Shake table test of soil-pile groups-bridge structure interaction in liquefiable ground / Tang L. et al. *Earthquake Engineering and Engineering Vibration*. 2010. Vol. 9. № 1. P. 39–50. DOI: 10.1016/e2012.01.010.

30. Variation in soil physical and chemical properties as affected by three slope positions and their management implications in Ganye, North-Eastern Nigeria / S. A. Gisilanbe, H. J. Philip, R. I. Solomon, E. E. Okorie *Asian. J. Soil Sci. Plant Nutr.* 2017. Vol. 2. P. 1–13. DOI: 10.9734/AJSSPN/2017/39047.

27. Nichols K. A., Samson-Liebig S. An inexpensive and simple method to demonstrate soil quality parameters. *Journal of Natural Resources and Life Sciences Education*. 2011. Vol. 40. P. 51–57. DOI: 10.1071/SR14113.

28. Nichols K. A., Toro M. A new index for measuring whole soil stability. *Soil and Tillage Research*. 2010. Vol. 111(2). P. 99–104. DOI: 10.1007/s11119-009-9140-2.

29. Shake table test of soil-pile groups-bridge structure interaction in liquefiable ground / Tang L. et al. *Earthquake Engineering and Engineering Vibration*. 2010. Vol. 9, № 1. P. 39–50. DOI : 10.1016/e2012.01.010.

30. Variation in soil physical and chemical properties as affected by three slope positions and their management implications in Ganye, North-Eastern Nigeria / S. A. Gisilanbe, H. J. Philip, R. I. Solomon, E. E. Okorie. *Asian. J. Soil Sci. Plant Nutr.* 2017. Vol. 2. P. 1–13. DOI: 10.9734/AJSSPN/2017/39047.

Отримано 17.09.2020