
МЕЛІОРАЦІЯ І РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТІВ

MELIORATION AND SOIL FERTILITY

УДК 631.423:631.81

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.121.31>

ЗМІНА ФОСФОРНО-КАЛІЙНОГО РЕЖИМУ ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТОГО СУПІЩАНОГО ҐРУНТУ ПІД ХМЕЛЕНАСАДЖЕННЯМИ ЗА РІЗНИХ АГРОТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ

Залевський Р.А. – к.с.-г.н., викладач вищої категорії,
завідувач відділення агрономії,

Житомирський агротехнічний фаховий коледж

Ільїнський Ю.М. – к.с.-г.н., викладач спеціальних дисциплін

кафедри агрономії та лісового господарства,

Житомирський агротехнічний фаховий коледж

Пасічник І.О. – к.с.-г.н.,

викладач спеціальних дисциплін кафедри агрономії та лісового господарства,

Житомирський агротехнічний фаховий коледж

Викладено результати досліджень поживного режиму дерново-підзолистого супіщаного ґрунту під хмеленасадженнями за впливу різних систем удобрення та способів основного обробітку. Найефективнішою щодо змін фосфорно-калійного режиму ґрунту виявилась органо-мінеральна система удобрення (40 т / га гною + $N_{180}P_{60}K_{200}$), як за полицевого, так і за безполицевого обробітку ґрунту. Відповідно, вміст рухомого фосфору становив 150–566 мг / кг, що у відсотковому відношенні на 35,1–57,6% вище за вихідні дані, а обмінного калію – 134–281 мг / кг або 97,0–162,8%. Зростання показників на варіантах із мінеральним фоном і сидерально-мінеральною системою удобрення суттєво відрізнялися інтенсивністю – 23,5–37,2% та 11,8–46,6% за фосфором, 44,5–110,1% і 68,4–127,8% за калієм. Результати досліджень дають підстави вважати, що за систематичного застосування добрив із високозабезпечених агрофонів навіть у незначних кількостях як для культури хмелю підвищення вмісту рухомого фосфору в кореневмісному шарі й нижче за профілем ґрунту поступово зростатиме. Необхідно також відзначити порівняно невисокі, зважаючи на локальне внесення K_{200} , темпи зростання вмісту рухомого калію в ґрунті. Це очевидно пов'язано зі значним виносом такого елемента рослинами хмелю, проходженням обмінних реакцій у ґрунтовому розчині, а також його посиленою міграційною здатністю, яка підтверджується високим рівнем зростання вмісту K_2O в 40–60 см шарі ґрунту. Контрольні варіанти без внесення добрив закономірно продемонстрували зниження ґрунтових запасів. Так, за рухомими формами фосфору воно склало 57–78 мг / кг, а за калієм – 9–50 мг / кг. Незважаючи на це, вміст фосфатів залишився в межах середньої забезпеченості. З огляду на незначну зміну вмісту обмінних форм калію в нижніх шарах – 9–22 мг або 16,4–25,9%, а також суттєвий винос елемента з урожаєм і процеси міграції вниз за профілем, можна припустити, що вона набула близького до мінімального рівноважного стану для дерново-підзолистого супіщаного ґрунту.

Ключові слова: фосфор, калій, родючість ґрунту, система удобрення, способи обробітку ґрунту.

Zalevskiy R.A., Ilinskiy U.M., Pasichnyk I.O. Change of phosphorus-potassium state of sod-podzol sandy loam soil under hop plantations under different growing practices

The paper presents the study results of the nutritional regime of sod-podzol sandy loam soil under hop plantations under different fertilizer systems and techniques of primary soil cultivation. The mineral-organic fertilizer system (40 t / ha of manure + $N_{180}P_{60}K_{200}$) appeared to be the most effective as to the changes of phosphorus-potassium state of soil both under deep tillage and low till. The content of active phosphorus equaled 150–566 mg / kg (by 35.1–57.6% higher as compared with benchmark data), and the content of active potassium equaled 134–281 mg / kg (97.0–162.8%, respectively). An increase in figures in the variants with minerals and green-manured-mineral fertilizer system differed significantly in the intensity – 23.5–37.2% and 11.8–46.6% as to phosphorus, 44.5–110.1% and 68.4–127.8% as to potassium. The results of the study suggest that under the systematic use of fertilizers on fertile agricultural backgrounds, even in small amounts (like for hop culture), the active phosphorus content in a root layer and down the soil profile will gradually increase. It should be mentioned that the increase rate of the amount of active potassium in the soil was not high, considering K_{200} local treatment. Evidently, it is connected with a significant removal of this element by hop plants, with exchange reactions in soil solution as well as with its enhanced penetration capability, which is proved by a high level of increase of K_2O content in the 40-60cm layer of soil. Control variants without fertilizers treatment have manifested the decrease in soil supply. Accordingly, it amounts to 57–78 mg / kg as to the active forms of phosphorus, and 9–50 mg / kg as to potassium. In spite of that, the phosphates content was within average level. Considering an insignificant change in the content of the exchange forms of potassium in lower layers (9–22 mg or 16.4–25.9%), as well as a significant removal of the element during gathering the harvest, and the penetration processes down the soil profile, we may assume that the average level of potassium reached the near-minimum balanced state for sod-podzol sandy loam soil.

Key words: phosphorus, potassium, soil fertility, fertilizer system, techniques of soil cultivation.

Постановка проблеми. Одним з основних чинників, що визначають рівень урожайності, є забезпеченість рослин головними елементами живлення. Процеси росту й розвитку рослин хмелю, засвоєння та винос ними елементів живлення залежать головню від біологічних особливостей сорту, метеорологічних умов, фізико-хімічні властивостей, вмісту поживних речовин і гумусу в ґрунті, а також доз внесення органічних і мінеральних добрив.

За своєю генезою дерново-середньопідзолистий супіщаний ґрунт характеризується незадовільним азотним і фосфатно-калійними поживними потенціалами, що зумовлює низький рівень родючості, негативно впливає на ріст і розвиток рослин і, відповідно, на кількісні та якісні показники врожаю хмелю. Тому вивчення поживного режиму в агроєкосистемі монокультури хмеленасаджень, а особливо побудованих на основі вдосконалених елементів технології вирощування, що є альтернативою традиційним, мають теоретичний і практичний інтерес.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Довготривале використання ґрунтів під монокультурою хмелю змінює їх агроєкологічний стан. Так, вміст рухомого фосфору в ґрунті, за систематичного внесення добрив зростає. Завдяки невисокій міграційній здатності та більшій стабільності, рухомі фосфати можна розглядати як надійний показник окультуреності ґрунту [12; 16]. Існують дані, що доступність рослинам ґрунтових фосфатів, кількість їх споживання, а відповідно, і позитивний ефект у значній мірі обумовлений реакцією ґрунтового середовища, вмістом органічної речовини, станом ґрунтового поглинального комплексу, режимом зволоження, температурою ґрунту та іншими факторами [7; 9; 12; 16]. Проте для кожної культури існує специфічна зона оптимального вмісту, що обумовлена взаємним впливом супутніх властивостей ґрунту. Більшість польових культур на супіщаних відмінах дерново-підзолистих ґрунтів відчутно реагують на фосфорні добрива тільки при фосфатній ємності (за Кірсановим) до 110–150 мг P_2O_5 на кг

ґрунту [9; 14]. Хміль як культура, що формує значну біомасу, споживає елементи живлення у великій кількості і, відповідно, потребує більш інтенсивного удобрення, тому і оптимальні нормативи їх вмісту в ґрунті інші. Встановлена область оптимального вмісту рухомого фосфору в прикореневій зоні (на відстані 30–35 см від осі ряду) на ґрунтах легкого гранулометричного складу коливається від 210 до 400 мг (0–20 см) до 110–300 мг / кг ґрунту (20–40 см). Високою вважається забезпеченість при 410–500 і 310–400 мг / кг ґрунту [2; 3; 6]. Згідно галузевих рекомендацій, відповідно до середнього рівня забезпеченості і запланованої врожайності вище 2,0 т / га рекомендується вносити близько 120–150 кг фосфорних добрив у діючій речовині [3; 5; 6].

Що стосується калійного режиму дерново-підзолистих ґрунтів, то слід зазначити, якщо його оптимальний рівень для живлення більшості польових сільськогосподарських культур становить 120–240 мг обмінних форм на кг ґрунту (за Кірсановим) [9; 11]. Регулювання калійного режиму в ґрунтах легкого гранулометричного складу має свої особливості, за існуючими даними, поведінка і перетворення калію залежать насамперед від кількості і якості органічної маси, мулистої та глинистої фракцій. Хміль відноситься до культур, які споживають цей елемент у значній кількості, його винос складає 66,4–78,6 кг на 1 т шишок, або 83,0–235,0 кг / га [3; 8]. Відповідно, для нормального росту і розвитку рослин хмелю на ґрунтах легкого гранулометричного складу встановлено середні показники вмісту обмінного калію на рівні 210–400 мг на кг ґрунту в орному горизонті і 110–200 мг у шарі 20–40 см [6].

Постановка завдання. Метою досліджень було з'ясування впливу довготривалого систематичного застосування різних складових технології вирощування хмелю на родючість дерново-підзолистого супіщаного ґрунту під хмелешпалерою в зоні Полісся.

Об'єктом досліджень був процес змін показників поживного режиму дерново-середньопідзолистого супіщаного ґрунту залежно від агротехнологічних прийомів вирощування хмелю. Польові дослідження проводили у 2013–2017 рр. на території хмелеплантації № 221 Інституту сільського господарства Полісся Національної академії аграрних наук із характерними для зони Полісся ґрунтово-кліматичними умовами.

Ґрунт дослідних ділянок дерново-середньопідзолистий супіщаний з вмістом гумусу в орному шарі 1,23–1,28%, $pH_{\text{сол.}}$ 6,4–6,5, гідролітична кислотність 0,98–1,06 мг-екв. / 100 г ґрунту, сума увібраних основ 7,6–8,2 мг-екв. / 100 г ґрунту, вмісту азоту що легко гідролізується 54–57 мг, рухомого фосфору 350–399 мг, обмінного калію 116–137 мг на кг ґрунту. Згідно встановлених параметрів забезпеченості ґрунту основними елементами живлення для хмеленасаджень на ґрунтах легкого гранулометричного складу, вміст азоту і калію низький, фосфору високий. Високий фосфатний рівень є штучним, що викликано застосуванням високих доз мінеральних добрив під культуру хмелю в попередні роки експлуатації хмелешпалери. Фізико-хімічні властивості ґрунту сформувались під впливом вапнування ґрунту дослідних ділянок, за два роки до закладання досліді.

Дослідження проводилися із середньостиглим сортом ароматичної групи – Слов'янка. Агротехніка та догляд за рослинами загальноприйняті. Схемою досліді передбачалось вивчення двох способів основного обробітку ґрунту – полицевого (оранка міжрядь на глибину 18–20 см) та безполицевого (чизельне розпушування на глибину 18–20 см) на фоні чотирьох варіантів удобрення:

- 1) без добрив;

2) $N_{180}P_{60}K_{200}$;

3) гній 40 т / га + $N_{180}P_{60}K_{200}$;

4) сидерат + $N_{180}P_{60}K_{200}$.

Основне внесення мінеральних добрив проводили ранньою весною локальним способом, в борозни з обох боків і на віддалі 30–35 см від центру ряду рослин на глибину 12–14 см. Протягом вегетації проводилося два підживлення по N_{50} – перше у фазу інтенсивного росту рослин (I–II декади червня), друге під час цвітіння (II декада липня). Органічні добрива застосовувалися у вигляді напівперепрілого підстилкового гною разом з основним внесенням мінеральних, а якості сидеральної культури використовувався люпин вузьколистий, що висівався навесні в міжряддях.

Для визначення рівня зміни показників поживного режиму ґрунту відбирали змішані зразки з шарів ґрунту 0–20; 21–40; 41–60 см, поділяючись за схемою дослідження, уздовж рядів хмелю на відстані 30–35 см від осі, згідно з ДСТУ 7030: 2009. Аналізи зразків ґрунту та розрахунки проводилися відповідно прописів спеціальних методик: рухомий фосфор (фотоколориметрично) і обмінний калій (полум'яна фотометрія) – за Кірсановим (ДСТУ 4405:2005 в модифікації ННЦІГА).

Виклад основного матеріалу дослідження. За даними агрохімічного обстеження ґрунту дослідних ділянок, початковий уміст рухомих форм фосфору коливався в межах середньої та високої забезпеченості – 288–399 мг у шарі 0–20 см і 131–294 мг / кг ґрунту в шарі 20–40 см. Відповідно до рівня забезпеченості ґрунту, на удобрених варіантах було заплановано й проводилось тільки компенсаційне внесення мінеральних фосфатів – 60 кг / га д.р.

Результати досліджень свідчать, що на контрольних варіантах без застосування добрив, спостерігались суттєві зміни фосфорного режиму 0–60 см шару ґрунту, незалежно від технології обробітку ґрунту. Так, вміст рухомих форм зменшився порівняно з початковими показниками на 57–78 мг / кг (19,7–43,8%) при оранці і на 57–75 мг / кг (19,4–42,5%) за безполицевого обробітку (табл. 1).

Незважаючи на порівняно незначну, як для насаджень хмелю, дозу внесення фосфорних добрив, агрохімічне обстеження дослідних ділянок по закінченню досліджень, свідчить про значні зміни вмісту рухомого фосфору в ґрунті внаслідок впливу різних систем удобрення, а також, менш суттєві – від способів його основного обробітку. Так, від використання мінерального фону $N_{180}P_{60}K_{200}$ за оранки вміст рухомих форм в 0–60 см профілі ґрунту, залежно від шару, збільшився від 33 до 89 мг/кг (23,5–36,7%), а за безполицевого обробітку від 29 до 117 мг / кг (27,6–37,2 %). Більш суттєві зміни відбуваються від сумісної дії мінеральних добрив і гною. Збільшення відповідно сягали 39–160 мг / кг (35,1–57,6%) та 47–192 мг / кг (40,9–55,0%). Використання сидерації міжрядь люпином вузьколистим на мінеральному фоні також сприяло підвищенню рівня вмісту рухомого фосфору в різних шарах ґрунту в межах від 20 до 108 мг / кг (18,5–31,0%) за умов оранки, і від 15 до 163 мг / кг (11,8–46,6%) за умов безполицевого обробітку.

Необхідно відмітити, що суттєве підвищення вмісту P_2O_5 відбувалося не тільки в орному шарі, а і на глибині 20–40, 40–60 см, що можна пояснити дещо більшою фізичною рухомістю фосфору по профілю ґрунту легкого гранулометричного складу в результаті високої концентрації цього елемента в прикореневій зоні внаслідок щорічного локального внесення.

Таблиця 1
Розподіл вмісту рухомого фосфору й обмінного калію в 0–60 см шарі ґрунту залежно від систем удобрення та обробітку ґрунту, мг / кг

Варіанти дослідів	Горизонт	P ₂ O ₅				K ₂ O			
		2013	2017	Відхилення ±		2013	2017	Відхилення ±	
				мг	%			мг	%
Полицевий обробіток ґрунту									
без добрив (контроль)	0-20	380	305	-75	-19,7	137	87	-50	-36,5
	20-40	233	155	-78	-33,5	85	63	-22	-25,9
	40-60	130	73	-57	-43,8	55	46	-9	-16,4
N ₁₈₀ P ₆₀ K ₂₀₀ – фон	0-20	379	468	+89	+23,5	119	172	+53	+44,5
	20-40	197	264	+67	+34,0	87	148	+61	+70,1
	40-60	90	123	+33	+36,7	48	95	+47	+97,9
ґній 40 т/га + фон	0-20	393	553	+160	+40,7	134	264	+130	+97,0
	20-40	203	320	+117	+57,6	93	191	+98	+105,4
	40-60	111	150	+39	+35,1	51	134	+83	+162,8
сидерат + фон	0-20	399	507	+108	+27,1	117	197	+80	+68,4
	20-40	213	279	+66	+31,0	91	171	+80	+87,9
	40-60	108	128	+20	+18,5	53	112	+59	+111,3
Безполицевий обробіток ґрунту									
без добрив (контроль)	0-20	356	287	-69	-19,4	122	84	-38	-31,1
	20-40	294	219	-75	-25,5	71	66	-5	-7,0
	40-60	134	77	-57	-42,5	52	44	-8	-15,4
N ₁₈₀ P ₆₀ K ₂₀₀ – фон	0-20	354	471	+117	+33,1	116	203	+87	+75,0
	20-40	250	343	+93	+37,2	69	145	+76	+110,1
	40-60	105	134	+29	+27,6	54	109	+55	+101,9
ґній 40 т/га + фон	0-20	374	566	+192	+51,3	125	281	+156	+124,8
	20-40	273	423	+150	+55,0	78	189	+111	+142,3
	40-60	115	162	+47	+40,9	53	139	+86	+162,3
сидерат + фон	0-20	350	513	+163	+46,6	127	245	+118	+92,9
	20-40	286	378	+92	+32,2	74	165	+91	+123,0
	40-60	127	142	+15	+11,8	54	123	+69	+127,8
НР _{0,5} (А/В)	0-20	25,7 (12,9/18,2)				10,7 (5,3/7,5)			
	20-40	20,5 (10,3/14,5)				7,6 (3,8/5,4)			
	40-60	13,7 (6,8/9,7)				5,1 (2,6/3,6)			

У підтвердження такої думки свідчать дослідження закономірності міграції фосфору, при порівнянні локального і розкидного способів внесення мінеральних добрив під хміль [4].

Також, аналізуючи показники фосфорного режиму ґрунту на удобрених варіантах, слід підкреслити неадекватну їх зміну, адже доза мінеральних добрив була знижена, а отже, інтенсивне підвищення вмісту рухомих форм P₂O₅ свідчить, що наявні в ґрунті резерви живлення не були використані. Відповідно до існуючих наукових даних [7; 9; 11; 12; 15; 17], подібні зміни могли відбуватися внаслідок створення сприятливих ґрунтових умов для переходу та знаходження елемента в рухому стані. Цьому сприяла реакція ґрунтового розчину (рН близька до нейтральної), а також, систематичне внесення азотних, калійних і додатково органічних добрив, що в різній мірі підтримують та поповнюють вміст рухомих форм, або стимулюють процес переходу їх з важкодоступних форм ґрунту.

Неоднозначним у даний час є і питання щодо впливу технології основного обробітку ґрунту на накопичення та розподіл рухомого фосфору по профілю. У культурі хмелю воно взагалі не вивчалось. Проте дане питання не є актуальним для багаторічної культури хмелю, так як її технологія вирощування зовсім інша і навпаки, передбачає саме диференціацію ТА концентрацію елементів живлення у ґрунті та наближення їх до основної маси коренів. По друге, основний обробіток, що проводиться в міжрядді, в таких умовах може впливати лише на розширення зони концентрації елементів живлення внаслідок механічного перемішування ґрунту. Наші дослідження є тому підтвердженням, спостерігається незначна перевага безполицевого рихлення у підвищенні концентрації поживної речовини добрив у зоні їх внесення та вниз по профілю.

На відміну від показників забезпеченості рухомими формами фосфатів за встановленими оптимальними параметрами для дерново-підзолистого супіщаного ґрунту під хмеленасадженнями, вміст обмінного калію в орному шарі дослідних ділянок на початку досліджень був низьким 116–137 мг / кг ґрунту й різко знижувався з глибиною. Внесення добрив на всіх варіантах дозволило підвищити його вміст до нормативних показників, згідно вимог культури. Проте слід зазначити, що лише на варіантах, де елемент надходив у ґрунт з мінеральними й органічними добривами, калійний режим ґрунту відповідає рівню, за якого можливо отримати високу продуктивність хмеленасаджень.

Необхідно також відмітити порівняно невисокі, зважаючи на локальне внесення K_{200} , темпи зростання умісту рухомого калію в ґрунті. Це очевидно пов'язано із значним виносом даного елемента рослинами хмелю, проходженням обмінних реакцій в ґрунтовому розчині і між колоїдами ґрунту, а також у зв'язку із його посиленою міграційною здатністю. Тобто, підтверджується думка [9; 13], що спроба швидко забезпечити надійний калійний режим на легких ґрунтах шляхом застосування підвищених доз мінеральних добрив не завжди дає бажані результати. Також відомо, що в умовах довготривалого беззмінного парування дерново-підзолистого ґрунту, або за просапної монокультури, калій рухається в особливо значних кількостях як із орного так і з підорного шару [9; 14; 13].

Отже, при внесенні виключно мінеральних добрив під хміль ($N_{180}P_{60}K_{200}$) та за умов застосування оранки в якості основного обробітку ґрунту, вміст обмінного калію в 0–60 см профілі, залежно від шару, збільшився на 47–61 мг / кг (44,5–97,9%), а за безполицевого обробітку – 55–87 мг / кг (75,0–110,1%). Як вже було відзначено, найбільш суттєві зміни відбулися від застосування органо-мінеральних систем удобрення, що можна пояснити додатковим надходженням елемента з гноєм, або біомасою люпину. Так, на фоні оранки підвищення склало 59–130 мг / кг (68,4–162,8%), а на фоні безполицевого обробітку 69–156 мг / кг (92,9–142,3%). Слід зауважити, що застосування сидерації суттєво поступалося внесенню гною за кількістю накопичення у ґрунті рухомих форм калію. Залежно від способу основного обробітку в різних шарах ґрунту воно було меншим на 17,5–34,5%, відносно початкових значень.

Результати аналізу показників калійного стану ґрунту на контрольних варіантах досліджу, де добрива не застосовувались, свідчать, що найбільш суттєве зниження показників відбулося в орному шарі, максимально проявляючись на фоні оранки – 50 мг / кг, або 36,5%. З огляду на незначну зміну умісту обмінних форм калію в нижніх шарах 5–22 мг, або 7,0–25,9%, а також зважаючи на значний винос елемента з врожаєм та процеси міграції вниз по профілю, можна припустити, що вона набула близького до мінімального рівноважного стану для

дерново-підзолистого супіщаного ґрунту. Цим підтверджується думка про динамічну рівновагу характерну для різних форм калію в ґрунті. Тобто, зміни вмісту однієї із форм здійснюють вплив на інші і, таким чином, в живленні рослин приймають участь всі форми поживного елемента [9; 11].

Аналізуючи дію систем удобрення хмелю в наших дослідженнях, необхідно відмітити позитивний вплив систематичного обробітку без обертання скиби на вміст обмінного калію як в орному шарі ґрунту так і нижче по профілю. При близьких початкових показниках, об'єми накопичення обмінних форм даного елемента живлення в досліджуваних шарах ґрунту було дещо вищими.

Висновки і пропозиції. Найбільш ефективним заходом, що покращує фосфорно-калійний поживний режим дерново-підзолистого супіщаного ґрунту є застосування органо-мінеральних систем удобрення хмелю. Внесення гною та незначних доз фосфорних добрив (60 кг д.р.) протягом чотирьох років, на фоні середнього і високого рівня забезпеченості ґрунту, призводять до подальшого підвищення умісту рухомих форм елемента в 0–60 см шарі на (11,8–57,6%), тобто досягається рівень дуже високої забезпеченості незалежно від способу основного обробітку ґрунту. Зміна показників калійної стану під впливом удобрення проходила інтенсивно зважаючи на невисокі вихідні показники вмісту та високу дозу внесення калійних добрив. Зміни відбулися від дуже низького і низького рівня забезпеченості до середнього, з максимумом приросту обмінного калію в 0–60 см профілі ґрунту за сукупного використання мінеральних добрив і гною на фоні безполицевого обробітку – 47–192 мг / кг (40,9–55,0%) залежно від шару. Порівняльний аналіз впливу на поживний режим ґрунту органічних добрив у вигляді напівперепрілого підстилкового гною і як його альтернативи, зеленої маси люпину вузьколистого отриманої при сидерації міжрядь, показує, що внесення гною ефективніше по накопиченню фосфору на 15,1–68,1%, а по калію на 18,0–38,5%. Проте необхідно відмітити, що на відміну гною, органічна маса сидерату біогенного походження і не потребує значних витрат на застосування. Окрім того, збагачення ґрунтового профілю відбувається за рахунок вже наявних в ґрунті, а не залучених із зовні елементів живлення. Процес погіршення поживного режиму за відсутності добрив, відбувається незалежно від способу обробітку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гамкало З.Г. Роль активної фази органічної речовини ґрунту в регулюванні доступності калію у симбіотрофному комплексі ґрунт – рослина. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. 2007. Вип. 3 (39). Ч. 1. С. 230–235.
2. Годованій А.О. Агроекологічна оцінка використання добрив під хміль. *Хмелярство*. 1996. № 18. С. 50–59.
3. Годованій А.О., Колос Б.А., Москальчук М.И. Баланс питательных веществ в почве под хмелевыми плантациями в длительном стационарном опыте с удобрениями. *Хмелярство*. 1990. № 12. С. 18–23.
4. Годованій А.О., Ющенко В.М., Вербицький В.І. Вплив локального внесення нітроамофоски під хміль на міграцію елементів живлення із місця їх внесення по профілю ґрунту. *Хмелярство*. 1991. № 13. С. 36–38.
5. Годованій А.О., Ющенко В.М., Вержицький В.І. Вплив тривалого застосування мінеральних добрив на продуктивність хмелю і агрохімічні властивості дерново-підзолистого ґрунту під хмільниками на Поліссі. *Хмелярство*. 1992. № 14. С. 26–28.

6. Годованый А.А., Ляшенко Н.И., Колос Б.А. Установление уровней обеспеченности почв питательными веществами и норм удобрений под хмель. *Хмелеводство*. 1983. № 5. С. 18–22.
 7. Канівець В.Ц., Толмакова Л.М., Пищур І.М. Шляхи мікробіологічної мобілізації фосфатів у ґрунтах. *Ґрунтознавство*. 2006. Т. 7. № 3–4. С. 118–122.
 8. Колос Г.Е., Москальчук Н.И. Листовая диагностика минерального питания хмеля. *Хмелеводство*. 1989. № 11. С. 16–18.
 9. Кулаковская Т.Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений. Москва : Агропромиздат, 1990. 219 с.
 10. Ляшенко Н.И., Михайлов Н.Г., Рудык Р.И. Физиология и биохимия хмеля. Житомир: Полисся, 2004. 408 с.
 11. Мазур Г.А. Відновлення та регулювання родючості легких ґрунтів. Київ : Аграрна наука, 2008. 300 с.
 12. Носко Б.С. Фосфатний режим ґрунтів і ефективність добрив. Киев : Урожай, 1990. 224 с.
 13. Пчелкин В.У. Почвенный калий и калийные удобрения. Москва : Колос, 1966. 336 с.
 14. Христенко А.О., Копоть Н.П., Шаповалова В.С. Динаміка значень основних показників фосфатного режиму ґрунтів за екстенсивного та інтенсивного використання. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2003. Вип. 64. С. 16–19.
 15. Du Ch., Lei M., Zhou J., Wang H., Chen X., Yang Y. Effect of long-term fertilization on the transformations of water-extractable phosphorus in a fluvo-aquic soil. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 2011. V. 174. Issue 1. P. 20–27.
 16. Encyclopedia of Soils in the Environment. *Phosphorus in soils* : overview / J.T. Sims, P.A. Vadas ; University of Delaware, Newark, USA. Elsevier Ltd, 2005. P. 202–210.
 17. Wickramatilake A., Kouno K., Nagaoka T. Compost amendment enhances the biological properties of Andosols and improves phosphorus utilization from added rock phosphate. *Soil Science & Plant Nutrition*. 2010. V. 56. Issue 4. S. 607–616.
-