



UDC 633.2/.3:581.13

ACCUMULATION OF ROOT MASS AND SYMBIOTIC NITROGEN ON LEGUME-CEREAL GRASS MIXTURES

U. Karbivska

Article info

Received
20.03.2020

Accepted
27.05.2020

Vasyl Stefanyk
Precarpathian
National
University
201, Halytska Str.,
Ivano-Frankivsk,
76000, Ukraine

E-mail:
yljakarbivska@ukr.net

Karbivska, U. (2020). Accumulation of root mass and symbiotic nitrogen on legume-cereal grass mixtures. Scientific Horizons, 05 (90), 29–35. doi: 10.33249/2663-2144-2020-90-5-29-35.

The most optimal sowing period was determined in one of the experiments with winter barley for the conditions of the southern Steppe zone of Ukraine, such as the 2nd decade of October. At the same time, during sowing in the 1st decade of October, the average grain yield over the years of cultivation, for varieties and preparations from pre – sowing seed treatment increased by 13.7 %, for sowing in the 2nd decade it Legume-cereal grass mixtures cause alkalization of sod-podzolic soils by slow recovering of soil microorganism activity by root excreta and plant residues.

Research purpose was to study the influence of legume-cereal grass mixtures composition and fertilizers on accumulation of root mass and symbiotic nitrogen in sod-podzolic surface-gleyed soil during 2015–2018.

Analysis of research results showed that in variants without fertilizers yield capacity of legume-cereal grass mixtures was fluctuated in the range of 7.23–7.54 t/ha of dry mass. Accumulation of roots in 0–20 cm layer of soil was 7.43 t/ha, which indicates the formation of strong turf upon the years of research. Introduction of phosphorus-potassium fertilizers (P₆₀K₆₀) helps to increase the yield capacity of legume-cereal mixtures up to 2 %.

Accumulation of root mass increased upon the years of research irrespectively from fertilizer application and composition of legumes and grass mixtures. The highest amount of root mass was in variant with Lotus corniculatus-cereal grass mixture and applying of phosphorus-potassium fertilizers (P₆₀K₆₀) – 7.77 t/ha. Medicago sativa, Trifolium pratense and Galega orientalis showed significantly less root mass accumulation.

Nutrient content of root mass in 0–20 cm layer of the soil averaged over the years of research was nitrogen – 1.00-1.54 %, phosphorus – 0.19–0.22 %, potassium – 0.85–0.87 %.

Formation of symbiotic apparatus in legume crops highly dependent on: fertilizer application, biological features of plant growth and development. These features also have an influence on symbiotic nitrogen accumulation over the years of their cultivation.

Received experimental data demonstrate expediency of fertilizer application upon the cultivation of legume-cereal grass mixtures on Precarpathian sod-podzolic soils and importance of further research to improve the technology of their cultivation.

Key words: *fertilizers, roots, nutrients, soil, legume and cereal grasses, yield capacity.*

НАКОПИЧЕННЯ КОРЕНЕВОЇ МАСИ ТА СИМБІОТИЧНОГО АЗОТУ БОБОВО-ЗЛАКОВИМИ ТРАВΟΣУМІШКАМИ

У. М. Карбівська

ДВНЗ «Прикарпатський національний університет ім. В. Стефаника»
вул. Галицька, 201, м. Івано-Франківськ, 76000, Україна

Залуження бобово-злаковими травосумішками дерново-підзолистих ґрунтів сприяє повільному відновленню активності ґрунтових мікроорганізмів за рахунок корневих виділень і рослинних залишків багаторічних трав.

Мета досліджень полягала у вивченні впливу показників накопичення кореневої маси та симбіотичного азоту бобово-злаковими травостоями залежно від складу травосумішей та удобрення, проведених у 2015–2018 рр. на дерново-підзолистому поверхнево оглеєному ґрунті.

Аналіз результатів дослідження показав, що на бобово-злакових травостоях без внесення добрив урожайність становила 7,23–7,54 т/га сухої маси, відповідно, у шарі ґрунту 0–20 см нагромаджується до 7,43 т/га коріння, що пояснюється формуванням міцної дернини протягом чотирьох років використання. Внесення фосфорно-калійних ($P_{60}K_{60}$) добрив дає можливість підвищити врожайність лучних травостоїв на 2 %.

Установлено, що маса кореневої системи збільшувалася від першого до четвертого року вирощування незалежно від мінерального удобрення та виду бобових та злакових трав. Найбільшу масу кореневої системи за внесення $P_{60}K_{60}$ розвивав лядвенець-злаковий травостій – 7,77 т/га сухої маси. Значно меншими виявилися значення зазначеного показника у інших видів бобових трав (люцерна посівна, конюшина лучна та козлятник кавказький).

Вміст поживних елементів у кореневій масі лучних фітоценозів у шарі ґрунту 0–20 см у середньому за роки дослідження становив: азоту 1,00–1,54 %, фосфору – 0,19–0,22 %, калію – 0,85–0,87 %.

Формування симбіотичного апарату бобових культур істотно залежить від технологічних заходів вирощування, насамперед внесення мінеральних добрив та біологічних особливостей їх росту і розвитку. Без сумніву, ці особливості впливали також і на показники накопичення симбіотичного азоту за роками їх вирощування.

Одержані експериментальні дані засвідчили доцільність вирощування сучасних сортів бобово-злакових травосумішок за внесення мінеральних добрив на дерново-підзолистому ґрунті Прикарпаття та необхідність подальших досліджень щодо вдосконалення технології їх вирощування.

Ключові слова: добрива, коріння, поживні речовини, ґрунт, бобові та злакові трави, урожайність.

Вступ

Ріст кореневої системи лучних трав, нагромадження корневих залишків вивчало багато дослідників, якими встановлено, що основна маса коріння (80–90 %) наростає у верхньому (0–10 см) горизонті ґрунту. Часте використання травостою призводить до зменшення кореневої системи. Із роками використання довготривалого лучного травостою збільшується наростання кореневої маси (Yarmolyuk, 2013).

У підвищенні продуктивності кормових угідь важливу роль відіграє біологічний азот, передусім за рахунок створення бобово-злакових травостоїв. На накопичення біологічного азоту впливає частка бобового компоненту у структурі агроценозу. Біологічний і фіксований азот бобових трав залежить від активності бульбочкових бактерій та продуктивності симбіозу. Чим

активніше працюють бульбочкові бактерії, тим вищий ефект азотфіксації. Біологічний азот підвищує продуктивність рослин, родючість ґрунту і є найбільш екологічно чистим та економічно вигідним джерелом живлення (Abdushayeva, 2017).

Багаторічним травам належить провідна роль у виробництві екологічно безпечної продукції рослинництва, високобілкових кормів та відновлення родючості ґрунтів (Kvitko, 2013). Завдяки міцній дернині та нагромадженню кореневої маси лучні травостої позитивно впливають на родючість ґрунту, а саме, поліпшують його структуру, збагачують його поживними речовинами, захищають від ерозії.

Найбільший позитивний вплив на структурний стан ґрунту справляють рослини багаторічних трав з добре розвинутою кореневою

системою і надземними органами, які суцільно покривають ґрунт з весни – до збирання врожаю, і не потребують механічного обробітку ґрунту (Bomba, 2016).

Аналіз проведених досліджень свідчить, що коріння лучних трав розміщується, в основному, у верхніх шарах ґрунту і різко зменшується за його профілем. На природних луках маса коренів у шарі 0–10 см у 5–10 разів менша у порівнянні із шаром 10–20 см (Olifirovych, 2018).

Вирощування багаторічних бобових трав сприяє істотному зростанню вмісту гумусу, що зумовлене значним накопиченням органічної речовини кореневою системою та надземним опаданням листків і стебел. У різних ґрунтово-кліматичних умовах перед розорюванням під бобово-злаковими травостоями акумулюється від 10 до 19 т/га сухої кореневої маси, яка збагачена азотом у кількості 40–60 т/га гною. Нагромадження азоту кореневою системою бобових може досягати 250 кг/га (Tkachuk, 2017).

Багаторічні бобові трави гарантують надходження в ґрунтове середовище органічної маси, а з нею і основних елементів живлення рослин, значно більше за однорічні кормові рослини (Sobko, 2012). Відомо, що бобові і бобово-злакові травостої поліпшують родючість ґрунту завдяки нагромадженню бобовими травами симбіотичного азоту, який фіксується у симбіозі з бульбочковими бактеріями. За даними деяких вчених (Herben et al., 2017; Malisch et al., 2017; Panakhud, 2019), залежно від ґрунтово-кліматичних умов та видового складу, багаторічні бобові трави залучають у кругообіг лучних екосистем від 45 до 470 кг/га симбіотичного азоту, що суттєво зменшує внесення дорогих азотних мінеральних добрив.

Матеріали та методи

Мета досліджень полягала у вивченні впливу показників накопичення кореневої маси та симбіотичного азоту бобово-злаковими травостоями залежно від складу травосумішей та удобрення.

Експериментальні дослідження проводили впродовж 2015–2018 рр. на дослідному полі кафедри агрохімії і ґрунтознавства ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника». Об'єктом досліджень були бобово-злакові травосумішки. Дослідження виконували за методикою Інституту кормів НААН (Babych, 1994). Облік урожаю проводили шляхом скошування та зважування зеленої маси з

облікової площі. Урожайні дані обробляли дисперсійним методом (Dospikhov, 1985).

Перерахунок на абсолютно суху масу проводили при висушуванні пробного снопа вагою 0,5 кг зеленої маси за температури 105 °С до постійної ваги. Нагромадження кореневої маси визначали після відбору ґрунтових проб стаканом розміром 516,9 см³ на глибині 0–20 см в чотирікратному повторенні з наступним відмиванням на ситах діаметром 0,25 мм і зважуванням у повітряно-сухому стані. Зразки ґрунту відбирали перед закладанням досліду та після чотирирічного вирощування трав. Визначали такі показники: вміст загального гумусу – за Тюрнімом, рН_{сол.} – потенціометрично на іонометрі, лужно-гідролізований азот – за Корнфілдом, рухомий фосфор та рухомий калій – за Кірсановим.

Ґрунт дослідних ділянок – дерново-підзолистий поверхнево оглешений на алювіально-делювіальних відкладах. Реакція ґрунтового розчину сильнокисла (рН–4,6). Вміст гумусу в шарі 0–20 см – 2,4 %. Рухомих форм елементів живлення в орному шарі ґрунту в середньому містилося: рухомого фосфору (за Кірсановим) – 78, рухомого калію (за Кірсановим) – 60 мг/кг ґрунту.

Схема досліду включала наступні варіанти:

Фактор А – травосумішка; висівали такі сорти бобових та злакових трав: конюшина лучна – Анітра, люцерна посівна – Синюха, лядвенець рогатий – Аякс, козлятник кавказький – Бранець, костриця червона – Айра, стоколос безостий – Марс, пажитниця багаторічна – Обрій. Оригінатором сортів є Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН.

Фактор В – удобрення: 1. Контроль (без добрив); 2. P₆₀K₆₀; 3. N₆₀P₆₀K₆₀.

Погодні умови у роки досліджень різнилися, зокрема, у 2018 році нестача опадів спостерігалася в квітні та вересні і становила 19,6 і 23 мм, що на 27,4; 22,0 мм менше від середньобагаторічної.

Результати досліджень та обговорення

Залуження бобово-злаковими травосумішками дерново-підзолистих ґрунтів сприяє повільному відновленню активності ґрунтових мікроорганізмів за рахунок корневих виділень і рослинних залишків багаторічних трав (Petrichenko, 2017). У шарі ґрунту 0–20 см, як правило, акумулюється 70–95 % маси підземних органів.

У посівах багаторічних трав маса підземних

органів збільшується з їх віком. Нагромадження коріння в рік сівби пояснюється тим, що відчуження тваринами надземної маси стимулює процеси кушіння. У кожного нового пагона злаків формуються свої вузлові корені, що сприяє більш швидкому утворенню дернини. З часом у ґрунті накопичується велика кількість нерозкладених і напіврозкладених решток, відповідно, ґрунт збагачується поживними речовинами, що

рівноцінно внесенню 30–40 т/га гною (Kotyash, 2018).

Дослідження показали, що в середньому за роки користування під сіяними бобово-злаковими травостоями найнижча врожайність спостерігалася на варіантах без добрив, а саме, на конюшино-злаковому 6,21 т/га, люцерно-злаковому – 5,35 т/га (табл. 1).

Таблиця 1. Надземна та підземна маса бобово-злакових травостоїв залежно від удобрення у шарі ґрунту 0–20 см, середнє за 2015–2018 рр.

Травосуміш (види трав і норми висіву насіння, кг/га)	Удобрення	Суха маса, т/га		Співвідношення надземної маси до підземної	Час, за який моноліт ґрунту розмився, хв, сек
		надземна	коренева		
Конюшина лучна, 10 + злаки (костриця червона, 8 + стоколос безостий, 12 + пажитниця багаторічна, 12)	контроль (без добрив)	7,21	7,32	1:0,98	9,20±0,22
	$P_{60}K_{60}$	7,34	7,41	1:0,99	9,27±0,20
Люцерна посівна, 10 + злаки	контроль (без добрив)	5,35	7,23	1:0,74	8,55±0,19
	$P_{60}K_{60}$	5,46	7,37	1:0,74	9,10±0,23
Лядвенець рогатий, 6 + злаки	контроль (без добрив)	7,68	7,54	1:1,02	9,30±0,22
	$P_{60}K_{60}$	7,75	7,77	1:1,00	9,40±0,23
Козлятник східний, 20 + злаки	контроль (без добрив)	7,04	7,43	1:0,95	8,57±0,21
	$P_{60}K_{60}$	7,03	7,35	1:0,96	9,14±0,22
Злаки	контроль (без добрив)	3,32	5,70	1:0,58	7,25±0,15
	$P_{60}K_{60}$	3,41	6,05	1:0,56	7,45±0,16
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	5,23	7,93	1:0,66	9,05±0,20
НІР ₀₅ , т/га					
травостій		0,42	0,28		
удобрення		0,35	0,25		

Внесення фосфорно-калійних добрив підвищило продуктивність на 0,13 т/га лядвенець-злакового травостою. Найменший приріст урожаю забезпечив злаковий травостій (6,05 т/га).

При цьому, слід зауважити, що нагромадження кореневої маси в лучних агрофітоценозах залежало в основному від їх віку, застосованих фосфорно-калійних добрив та виду бобового компоненту. В той же час, на варіантах без добрив акумулювалося 7,23–7,54 т/га сухої кореневої маси. За внесення фосфорно-калійних добрив ($P_{60}K_{60}$) кількість сухої кореневої маси суттєво не змінювалася, проте спостерігалася

тенденція до збільшення маси коріння.

На накопичення кореневої маси позитивно впливала дія азоту різного походження, зокрема як симбіотичного, так і мінерального. Включення одного з чотирьох видів багаторічних бобових трав до суміші злаків, завдяки дії симбіотичного азоту, збільшило накопичення сухої кореневої маси на однакових фонах (варіанти без добрив і внесення $P_{60}K_{60}$) на 26–32%. Під дією мінерального азоту у нормі N_{60} на злаковому травості за внесення $P_{60}K_{60}$ показники нагромадження сухої кореневої маси підвищилися на 1,9 т/га.

Співвідношення маси надземних і підземних органів залежало від різниці в абсолютній продуктивності травостоїв і маси підземних органів, що пов'язано з біологічними особливостями досліджуваних видів багаторічних трав, умовами росту рослин та віком агроценозу. Оскільки у всіх травосумішках злакові компоненти були однакових видів, кількість кореневої маси та її співвідношення до надземної визначалася, в першу чергу, бобовим компонентом. Найвищим (1:1,02) співвідношення надземної маси до маси коріння було на варіантах з вирощування лядвенцю рогатого та злаків. Збільшення кореневої маси бобово-злакових травостоїв за рахунок фосфорно-калійних добрив відбувалося на конюшино-злаковому та козлятничко-злаковому агрофітоценозах.

Установлено, що умовна протиерозійна стійкість досліджуваних сіяних лучних травостоїв коливалась у межах від 7 хв 25 сек. до 9 хв 40 сек. Вона корелювала з продуктивністю травостоїв та збільшувалася під дією як

симбіотичного, так мінерального азоту. На варіантах без внесення азотних добрив (контроль і $P_{60}K_{60}$) включення одного з чотирьох видів багаторічних бобових трав до суміші злаків з костриці червоної, стоколосу безостого, пажитниці багаторічної покращує на 18–28 % протиерозійну стійкість, що виражена часом, за який моноліт ґрунту розмився завдяки дії симбіотичного азоту. А під дією мінерального азоту у дозі N_{60} на злаковому травостої за внесення $P_{60}K_{60}$ вона зросла на 21 %, що підтверджує результати досліджень В. Г. Кургака (Kurgak, 2010). Найбільшою протиерозійною стійкістю характеризувався лядвенце-злаковий травостій.

Аналізуючи середні дані за чотири роки досліджень щодо накопичення основних поживних елементів у сухій кореневій масі шару ґрунту 0–20 см сіяних лучних травостоїв залежно від удобрення, можна відмітити, що вміст азоту в ній становив 1,00–1,54 %, фосфору – 0,19–0,22 %, калію – 0,85–0,87 % (табл. 2).

Таблиця 2. Накопичення основних поживних елементів у кореневій масі лучних травостоїв у шарі ґрунту 0–20 см, середнє за 2015–2018 рр.

Травосуміш (види трав і норми висіву їх насіння, кг/га)	Удобрення	Вміст у коренях, % в сухій масі			Накопичення у коренях, кг/га			
		N	P_2O_5	K_2O	N	N симбіотичний	P_2O_5	K_2O
Конюшина лучна, 10 + злаки (костриця червона, 8 + стоколос безостий, 12 + пажитниця багаторічна, 12)	контроль (без добрив)	1,45	0,21	0,87	106	49	15	64
	$P_{60}K_{60}$	1,47	0,22	0,90	109	47	16	67
Люцерна посівна, 10 + злаки	контроль (без добрив)	1,30	0,20	0,91	94	37	14	66
	$P_{60}K_{60}$	1,33	0,21	0,93	98	36	15	69
Лядвенець рогатий, 6 + злаки	контроль (без добрив)	1,51	0,21	0,85	114	57	16	64
	$P_{60}K_{60}$	1,54	0,22	0,87	120	58	17	68
Козлятник східний, 20 + злаки	контроль (без добрив)	1,40	0,20	0,93	104	47	15	69
	$P_{60}K_{60}$	1,42	0,21	0,95	104	42	15	70
злаки	контроль (без добрив)	1,00	0,21	0,96	57	–	12	55
	$P_{60}K_{60}$	1,03	0,22	0,97	62	–	13	59
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	1,25	0,19	0,93	99	–	15	74
НІР ₀₅ , %		0,05	0,01	0,02				

Включення одного з чотирьох видів багаторічних бобових трав до суміші злаків, завдяки дії симбіотичного азоту, збільшило вміст азоту на 23,1–33,1 %. Поміж бобово-злакових травостоїв високим вмістом азоту у сухій масі коріння характеризувався лядвенце-злаковий травостій.

Аналіз показників накопичення у коренях досліджуваних травостоїв азоту у шарі ґрунту 0–20 см показав, що його кількість становила 57–120 кг/га. За внесення мінеральних добрив ($N_{60}P_{60}K_{60}$) на злаковому травостої показник азоту підвищився на 37 %.

Фосфору в корінні різнотипних лучних

травостоїв акумулювалось від 12 до 17 кг/га, а калію – 55–70 кг/га. Відмічено що, в бобово-злакових травостоях, завдяки дії симбіотичного азоту і вищим нагромадженням кореневої маси, у варіантах без внесення азоту їх накопичувалося більше, ніж в коренях злакового травостою.

У процесі досліджень виявлено, що в середньому за 2015–2018 рр. різні багаторічні бобові трави у складі сіяних бобово-злакових травостоїв нагромаджували симбіотичного азоту сумарно в надземній і кореневій масі в межах 110–190 кг/га, з яких 66–73 % припадало на надземну масу (табл. 3).

Таблиця 3. Накопичення симбіотичного азоту бобово-злаковими травостоями за різного удобрення, кг/га (середнє за 2015–2018 рр.)

Травосуміш (види трав і норми висіву насіння, кг/га)	Удобрення	В надземній масі за роками користування					Разом в надземній і кореневій масі, середнє
		1-й	2-й	3-й	4-й	середнє	
Конюшина лучна, 10 + злаки (костриця червона, 8 + стоколос безостий, 12 + пажитниця багаторічна, 12)	контроль (без добрив)	106	183	177	60	131	180
	$P_{60}K_{60}$	102	185	182	60	133	180
Люцерна посівна, 10 + злаки	контроль (без добрив)	72	101	79	40	73	110
	$P_{60}K_{60}$	76	103	83	43	76	112
Лядвенець рогатий, 6 + злаки	контроль (без добрив)	99	157	144	130	133	190
	$P_{60}K_{60}$	95	148	141	126	128	186
Козлятник східний, 20 + злаки	контроль (без добрив)	101	150	144	128	131	178
	$P_{60}K_{60}$	99	149	138	127	129	171

Так, найбільше накопичення симбіотичного азоту в середньому за чотири роки відзначено на лядвенце-злаковому травостої, тоді як в люцерно-злакового становило 110 кг/га. Показники акумуляції симбіотичного азоту на варіантах з конюшиною лучною і козлятником східним були середніми між згаданими видами.

Після четвертого року використання травостою кількість симбіотичного азоту в надземній масі збільшилася, порівняно з першим. За роки спостереження найменше його акумулювала люцерна посівна з параметрами в межах 40–111 кг/га, що обумовлено несприятливими для неї умовами через високу кислотність ґрунтового розчину. Лядвенець рогатий і козлятник східний мали проміжне значення з показниками 130–189 кг/га.

Конюшина лучна у складі бобово-злакових травостоїв більш продуктивною щодо нагромадження симбіотичного азоту була на

2-ому і 3-ому роках користування з показниками 152–185 кг/га. На четвертому році, через значне зрідження і навіть повне випадання з травостою, показники азоту в ґрунті зменшувалися.

Висновки

1. Наростання кореневої маси активізувалося із роками використання бобово-злакового травостою. Максимальна кількість кореневих решток у ґрунті в середньому за роки дослідження травостою була на варіанті з лядвенцем рогатим та злаками за норми удобрення $P_{60}K_{60} - 7,70$ т/га. Найменшу кількість кореневих залишків нагромаджував люцерно-злаковий травостій без добрив – 7,23 т/га, відповідно, співвідношення надземної маси до підземної становило 1:0,74.

2. Багаторічні бобові трави у складі сіяних бобово-злакових травостоїв накопичували симбіотичного азоту сумарно в надземній і кореневій

масі в межах 110–217 кг/га.

3. Визначено вплив складу травосумішки та удобрення на рівень накопичення кореневих залишків на бобово-злакових травостоях. Найпродуктивнішим варіантом досліджуваних травосумішок за комплексом показників був лядвенець-злаковий агроценоз.

Перспективи досліджень слід зосередити на подальшому вдосконаленні технології вирощування бобово-злакових травосумішок в умовах Прикарпаття у зв'язку із появою нових сортів бобових та злакових трав, препаратів й зміною кліматичних і ґрунтових умов.

References

- Abdushaeva, Ya. M., Nikolaeva, T. A. & Karbivskaya, U. M. (2017). Osobennosti formirovaniya simbioticheskogo aparata mnogoletnih bobovyih trav v usloviyah Novgorodkoy oblasti [Features of the formation of symbiotic apparatus of perennial leguminous herbs in the conditions of the Novgorod region]. In *Nauka, biznes, vlast – triada regionalnogo razvitiya, materialy II mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* (pp. 8–12). Sankt-Peterburg : GNII «NATsRAZVITIE» [in Russian].
- Babych, A. O. (1994). Metodyka provedennia doslidiv z kormovyrobnytstva ta hodivli tvaryn [Methods of conducting experiments on animal feed production and feeding]. Kyiv [in Ukrainian].
- Bomba, M. Ya. (2016). Ekologichni problemy struktury gruntiv v umovakh suchasnoho zemlerobstva i shliakhy yikh vyrishennia [Ecological problems of soil structure in modern agriculture and ways of their solution] *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*, 1, 13–17 [in Ukrainian].
- Dosphehov, B. A. (1985). Metodika polevogo opyita (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy) [Field experiment methodology (with the basics of statistical processing of research results)]. Moskva : Agropomizdat [in Russian].
- Herben, T. (2017). Long-term time series of legume cycles in a semi-natural montane grassland: evidence for nitrogen-driver grass dynamics? *Functional Ecology*, 31, 1430–1440.
- Kotias, U. O., Panakhyd, H. Ya., Buhryn, L. M. & Didukh, H. M. (2018). Vplyv poverkhnevoho polipshennia na produktyvnist ta nahromadzhennia korenevoi masy riznovikovykh fitotsenoziv [Influence of surface improvement on productivity and accumulation of root mass of different age phytocenoses]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*, 64, 111–119. doi: 10.32636/01308521.2018-(64-9) [in Ukrainian].
- Kurhak, V. H. (2010). Luchni ahrofitotsenozy [Meadow agrophytocenoses]. Kyiv : DIA [in Ukrainian].
- Kvitko, H. P., Polishchuk, I. S., Mazur, V. A., Protopish, I. H., Korniiichuk, O. V., Hetman, N. Ya. & Demydas, H. I. (2013). Bahatorichni travy yak faktor stabilnoho rozvytku zemlerobstva Ukrainy [Perennial grasses as a factor in the sustainable development of Ukrainian agriculture]. *Zemlerobstvo*, 85, 63–71 [in Ukrainian].
- Malisch, C. S. (2017). Multifunctional benefits of sainfoin mixtures: Effects of partner species, sowing density and cutting regime. *Crass and Forage Science*, 72, 794–805.
- Olifirovych, V. O., Osadchuk, V. D., Chynchyk, O. S. & Kravchenko, V. S. (2018). Nahromadzhennia korenevoi masy bobovo-zlakovoho travostoiv zalezno vid skladu travosumishky ta udobrennia [The accumulation of root mass of legumes and grasses depending on the composition of the grass mix and fertilizer]. *Visnyk ahrarnoi nauk*, 11, 201–208. doi: 10.31395/2415-8240-2018-93-1-201-208 [in Ukrainian].
- Panakhid, H. Ya. & Konyk, H. S. (2019). Formuvannia novostvorenykh bobovo-zlakovykh luchnykh travostoiv zalezno vid riznykh vydiv udobrennia [Formation of newly formed legumes and grass meadows depending on different types of fertilizers]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*, 65, 114–124. doi: 10.32636/01308521.2019-(65)-10 [in Ukrainian].
- Petrychenko, V. F. & Hetman, N. Ya. (2017). Faktory pidvyshchennia produktyvnosti ahrofitotsenoziv bahatorichnykh bobovykh trav v umovakh Lisostepu Pravoberezhnoho [Factors of increase of productivity of agrophytocenoses of perennial legumes in the conditions of the Right-bank Forest Steppe]. *Kormy i kormovyrobnytstvo*, 84, 3–10 [in Ukrainian].
- Sobko, M. H., Sobko, N. A. & Sobko, O. M. (2012). Rol bahatorichnykh bobovykh trav u pidvyshchenni rodiuchosti gruntu [The role of perennial legumes in increasing soil fertility]. *Kormy i kormovyrobnytstvo*, 74, 53–57 [in Ukrainian].
- Tkachuk, O. P. (2017). Vplyv bobovykh bahatorichnykh trav na ahroekologichni stan gruntu [Influence of legumes perennial grasses on the agroecological state of the soil]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia*, 1, 127–130 [in Ukrainian].
- Yarmoliuk, M. T., Sedilo, H. M., Konyk, H. S. ... Dziabiak, H. M. (2013). Ahroekobiologichni osnovy stvorennia ta vykorystannia luchnykh fitotsenoziv [Agroecobiological bases of creation and use of meadow phytocenoses]. Lviv : SPOLOM [in Ukrainian].