

СИМБІОТИЧНА АЗОТФІКСАЦІЯ БОБОВО-ЗЛАКОВИХ ТРАВСУМІШОК

У. Карбівська, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-0540-8887

ДВНЗ «Прикарпатський національний університет ім. В. Стефаника»

<https://doi.org/10.31734/agronomy2019.01.072>

Карбівська У. Симбіотична азотфіксація бобово-злакових травосумішок

Проаналізовано симбіотичну азотфіксацію бобово-злакових травосумішок за вирощування на дерново-підзолистому ґрунті. Симбіотична фіксація молекулярного азоту атмосфери бульбочковими бактеріями роду *Rhizobium* spp. в симбіозі з рослинами родини бобових (Fabaceae) – унікальне біологічне явище живої природи планетарного значення і є однією з фундаментальних проблем теоретичної біології.

В умовах стаціонарного дослідження вивчали симбіотичну азотфіксацію бобових компонентів залежно від різних злакових травосумішок та удобрення за вирощування на дерново-підзолистому ґрунті.

Вивчення азотфіксуючої властивості багаторічних бобових трав за рахунок вільно існуючих ризобій показало, що найбільший симбіотичний апарат формує козлятник східний, лядвенець рогатий, люцерна посівна, що сприяє накопиченню 450–550 кг/га симбіотичного азоту за рік. Це приводить до підвищення родючості ґрунту і покращання його фітосанітарного стану. У післяукісний період у результаті скидання старих бульбочок формування нових до другого укосу складало 50 % порівняно з першим, а їхня маса несуттєво збільшилася.

Найактивніше засвоювався азот із ґрунту на варіанті з лядвенцем рогатим +злаки+P₉₀K₉₀ – 99,3 кг/га, середньо – на варіанті з люцерною посівною+злаки+P₉₀K₉₀ – 94,2 кг/га, менш активним був козлятник східний (87,4 кг/га), що є закономірним і відповідає їхнім біологічним особливостям.

Встановлено, що в середньому за три роки вирощування бобово-злакових травосумішок на дерново-підзолистому ґрунті залишається найбільша кількість азоту (30,6 кг/га) на варіанті з лядвенцем рогатим сорту Аякс + стоколос прибережний сорт Боян + костриця очеретяна сорт Людмила + пирій середній сорт Хорс + P₉₀K₉₀.

Ключові слова: симбіотична азотфіксація, бобово-злакові травосумішки, дерново-підзолистий ґрунт.

Karbiwska U. Symbiotic nitrogen fixation of legume-cereal grass mixtures

Analyzed the symbiotic nitrogen fixation of legume-cereal grass mixtures during the cultivation on sod-podzolic soils. Symbiotic fixation of atmosphere molecular nitrogen by tuberous bacteria of genus *Rhizobium* spp. in symbiosis with plants family legumes (Fabaceae) - a unique biological phenomenon of nature in planetary significance and is one of the fundamental problems of theoretical biology.

Under stationary research, was studied the symbiotic nitrogen fixation of legume components, depending on various of cereal grass mixtures and fertilizers during the cultivation on sod-podzolic soils.

Studying of nitrogen fixation properties of perennial grasses due to free-exist Rhizobia was shown that the largest symbiotic device was formed by *Galega orientalis*, *Lotus corniculatus*, *Medicago sativa*, contribute to the accumulation of 450–550 kg/ha of symbiotic nitrogen per year. It contribute to increasing of soil fertility and improveing of their phytosanitary condition. After period of hay cut as a result of resetting old tubers, forming of the new one to the next hay cut was 50 % compared to the first, and their mass did not significantly increase.

The most actively nitrogen absorbing was from soil in option with *Lotus corniculatus* + P₉₀K₉₀ – 99,3 kg/ha, medium in option with *Medicago sativa* + Cereals + P₉₀K₉₀ – 94,2 kg/ha, less active was *Galega orientalis* (87,4 kg/ha), which is logical and corresponds to their biological peculiarities.

Established that in average during 3 years of cultivation legume-cereal grass mixtures on sod-podzolic soil remain the biggest amount of nitrogen (30,6 kg/ha) in option with *Lotus corniculatus* variety Ajax + *Bromopsis riparia* variety Bojan + *Festuca arundinacea* variety Lyudmyla + *Elytrigia intermedia* variety Chors + P₉₀K₉₀.

Key words: symbiotic nitrogen fixation, legume-cereal grass mixtures, sod-podzolic soil.

Постановка проблеми. Для підвищення продуктивності кормових угідь у кормовиробництві важлива роль відведена біологічному джерелу азоту, а саме бобово-злаковим травостоям. На накопичення біологічного азоту впливає частка бобового компонента в агроценозі. Біологічний і фіксований азот бобових трав є результатом активності бульбочкових бактерій та

продуктивності симбіозу. Чим активніше працюють бульбочкові бактерії, тим вищий ефект азотфіксації. Біологічний азот підвищує продуктивність рослин, родючість ґрунту і є екологічно найчистішим та економічно найвигіднішим джерелом живлення [1; 2].

Багаторічні бобові трави у складі змішаних травостоїв щороку спроможні додавати в кормову

частину продукції до 60–120 кг/га азоту [3]. З-поміж багаторічних бобових трав виділяється лядвенець рогатий, який є добрим азотфіксатором на кислих ґрунтах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Симбіотична фіксація молекулярного азоту атмосфери бульбочковими бактеріями роду *Rhizobium spp.* в симбіозі з рослинами родини бобових (*Fabaceae*) – унікальне біологічне явище живої природи планетарного значення і є однією з фундаментальних проблем теоретичної біології.

Симбіотична азотфіксація – надзвичайно важливий процес взаємодії мікроорганізмів і вищих рослин. Здатність до симбіотичної азотфіксації виявлена у понад 90 % вивчених видів бобових рослин [4]. Як вказує В. Патица, останніми десятиліттями відбувся значний прогрес у сфері біологічної азотфіксації, пов'язаний із розробленням інструментальних методів, що дають змогу здійснювати комплексні дослідження, які охоплюють різні рівні організації та функціонування рослинно-мікробних систем – генетичний, молекулярний, клітинний, організмівий, системний. При цьому нові методи молекулярної біології, біотехнології, генетичної інженерії поряд із класичними методами мікробіології, фізіології рослин, генетики й агрохімії допомагають вирішувати фундаментальні питання, що стосуються виявлення особливостей формування та функціонування фітобактеріальних систем різної ефективності. Симбіотична азотфіксація забезпечує рослини екологічно чистим азотом і не має негативних екологічних наслідків. Роль біологічного азоту для росту сільськогосподарських культур постійно і різко зростає, тому що не всі країни в змозі повністю забезпечити свої потреби у зв'язаному азоті для отримання оптимального врожаю, а парадокс полягає в тому, що всі без винятку живі організми планети Земля, в тому числі й рослини, постійно потребуючи доступних форм азоту і не маючи способів його резервування, знаходяться в «океані» молекулярного азоту [4].

Постановка завдання. Завданням наших досліджень було визначити динаміку формування й активності симбіотичного апарату багаторічних бобових трав у бобово-злакових травосумішках.

Виклад основного матеріалу. В умовах стаціонарного дослідження вивчали симбіотичну азотфіксацію бобових компонентів залежно від різних злакових травосумішок та удобрення за вирощування на дерново-підзолистому ґрунті.

Стаціонарний дослід закладено на дерново-підзолистому поверхнево оглеєному ґрунті навесні 2015 р. у дендрологічному парку «Дружба» ДВНЗ «Прикарпатський національний університет» (Гисменицький р-н Івано-Франківської обл.).

В орному шарі ґрунту дослідного полігону містилося 2,4 % гумусу, з глибиною вміст його різко зменшувався і в шарі ґрунту 20–30 см становив 1,5 %. Реакція ґрунту сильно кисла та кисла (рН сольової витяжки 4,4–4,8), гідролітична кислотність – 5,8–6,0 мг-екв. на 100 г ґрунту. Кількість увібраного кальцію в ґрунтах становила 6,3 мг-екв., магнію 2,5 мг-екв. на 100 г ґрунту, що вказує на низьку насиченість основами. З огляду на низький вміст гумусу ці ґрунти бідні на азот, а кисла реакція пригнічує процеси нітрифікації. Тому нагромадження доступних для рослин форм азоту відбувається повільно. Вміст рухомих сполук фосфору тут становить 7,8 мг, і обмінного калію – 6,0 мг на 100 г ґрунту.

У дослідженнях передбачалося вивчення взаємодії двох факторів: А – травосуміші, В – добрива (табл. 1).

Дослід закладали у триразовій повторності, де використовували три рівні удобрення: контроль (без добрив), $P_{60}K_{60}$, і $P_{90}K_{90}$.

Висівали такі сорти бобових і злакових трав: конюшина лучна – Анітра; люцерна посівна – Синюха; лядвенець рогатий – Аякс; козлятник східний – Кавказький бранець; костриця червона – Айра; стоколос безостий – Марс; пажитниця багаторічна – Обрій; стоколос прибережний – Боян; стоколос безостий – Марс; пирій середній – Хорс. Усі сорти виведені в Інституті кормів та сільського господарства Поділля НААН. Методика обліків, спостережень та опрацювання даних загальноприйняті [4].

Погодні умови упродовж досліджень переважно були сприятливими для росту й формування врожаю трав.

Аналіз динаміки бульбочкоутворення показав, що кількість ризобіальних наростів у досліджуваних рослин зростала протягом усього вегетаційного періоду. У фазі першого листка при утворенні кореневих волосків на коріннях формуються бульбочки, які мають приблизно такий самий розмір, як і насіння відповідних культур. Симбіотичний апарат досліджуваних рослин сягнув максимального розвитку у фазі бутонізації – початок цвітіння (табл. 2). У післяукісний період у результаті скидання старих бульбочок формування нових до другого укусу складало 50 % порівняно з першим, а їхня маса не суттєво збільшилася.

Схема досліду

Фактор А	Фактор В
Конюшина лучна + костриця червона + стоколос безостий + пажитниця багаторічна	Без добрив
	P ₆₀ K ₆₀
	P ₉₀ K ₉₀
Люцерна посівна + злакові трави	Без добрив
	P ₆₀ K ₆₀
	P ₉₀ K ₉₀
Лядвенець рогатий + злакові трави	Без добрив
	P ₆₀ K ₆₀
	P ₉₀ K ₉₀
Козлятник східний + злакові трави	Без добрив
	P ₆₀ K ₆₀
	P ₉₀ K ₉₀
Конюшина лучна + стоколос прибережний + костриця очеретяна + пирій середній	Без добрив
	P ₆₀ K ₆₀
	P ₉₀ K ₉₀
Люцерна посівна + злакові трави	Без добрив
	P ₆₀ K ₆₀
	P ₉₀ K ₉₀
Лядвенець рогатий + злакові трави	Без добрив
	P ₆₀ K ₆₀
	P ₉₀ K ₉₀
Козлятник східний + злакові трави	Без добрив
	P ₆₀ K ₆₀
	P ₉₀ K ₉₀

Таблиця 2

Симбіотична азотфіксація у фазі цвітіння багаторічних бобових рослин

Культура	К-ть бульбочок на рослині, шт.	Маса сухих бульбочок з рослини, г	Маса бульбочки, мг	Загальна к-ть азоту за рік, кг/га	Залишок азоту в ґрунті, кг/га
Конюшина лучна	39	15,8	0,25	236	84
Люцерна посівна	25	13,7	0,21	326	119
Лядвенець рогатий	37	17,5	0,26	432	159
Козлятник східний	33	16,8	0,34	547	188

Ефективність процесів фіксації азоту атмосферного повітря залежала від наявності бульбочкових бактерій і біологічних особливостей бобових рослин. Аналізуючи отримані дані, ми показали межі фіксації азоту з атмосфери бобовими рослинами [1].

Спостерігали на коренях лядвенцю рогатого ризобії люцерни. На рослинах утворюються маленькі бульбочки, тоді як специфічні бактерії утворюють великі, часто складно розгалужені бульбочки. Чим менші бульбочки, тим вони мають більшу азотфіксуючу властивість. Особливо це виражено у рослин лядвенцю рогатого. Це свід-

чить про неординарність спонтанних популяцій ризобій за властивістю засвоювати атмосферний азот, навіть на близько розташованих ділянках посівів.

Кореневі рештки – енергетичний матеріал для ґрунтової мікрофлори, ентомофагів і фізико-хімічних реакцій в ґрунті. Найбільшу кількість органічної речовини залишають у ґрунті козлятник східний та люцерна посівна. Високий коефіцієнт кореляції спостерігали між масою коренів і площею листків у козлятника східного, лядвенцю рогатого та люцерни посівної (табл. 3).

Таблиця 3

**Коефіцієнти парної кореляції незалежних змінних, багаторічних бобових рослин
(середнє за 2015–2018 рр.)**

Показник	Коефіцієнт кореляції			
	конюшина лучна	люцерна посівна	лядвенець рогатий	козлятник східний
Маса коренів – маса бульбочок, всього	0,47	0,41	0,57	0,54
Маса коренів – маса маленьких бульбочок	0,72	0,80	0,68	0,97
Маса коренів – площа листків	0,71	0,82	0,88	0,87
Площа листків – маса маленьких бульбочок	0,70	0,40	0,54	0,99

Таблиця 4

Залежність азотфіксації бобово-злакових травостоїв від видів бобових трав

№ з/п	Варіант досліджу	Урожайність, т/га	У тому числі бобового компонента, т/га	Вміст протеїну, кг/т СР	Вміст азоту, кг/т СР	Втрати азоту з урожаєм, кг/га	У тому числі за рахунок біологічної фіксації азоту, кг/га
1	Конюшина лучна + злаки (без добрив)	4,2	1,2	76,4	12,3	89,1	14,8
2	Конюшина лучна + злаки + P ₆₀ K ₆₀	4,3	1,3	78,3	12,7	90,8	16,5
3	Конюшина лучна + злаки + P ₉₀ K ₉₀	4,4	1,4	80,1	13,1	92,5	18,3
4	Люцерна посівна + злаки (без добрив)	4,3	1,3	88,2	14,2	90,8	18,5
5	Люцерна посівна + злаки + P ₆₀ K ₆₀	4,4	1,4	90,2	14,5	92,5	20,3
6	Люцерна посівна + злаки + P ₉₀ K ₉₀	4,5	1,5	92,3	14,9	94,2	22,4
7	Лядвенець рогатий + злаки (без добрив)	4,6	1,6	100,7	16,2	95,2	25,9
8	Лядвенець рогатий + злаки + P ₉₀ K ₉₀	4,7	1,7	102,9	16,6	97,6	28,2
9	Лядвенець рогатий + злаки + P ₉₀ K ₉₀	4,8	1,8	105,1	17,0	99,3	30,6
10	Козлятник східний + злаки (без добрив)	4,0	1,0	55,2	8,9	89,7	8,9
11	Козлятник східний + злаки + P ₉₀ K ₉₀	4,0	1,0	55,2	8,9	89,7	8,9
12	Козлятник східний + злаки + P ₉₀ K ₉₀	4,1	1,1	56,6	9,1	87,4	10,0

На основі встановлених регресійних рівнянь обчислені коефіцієнти листової поверхні для абсолютно сухих листків перелічених культур. За спонтанної інокуляції бобових культур не

знайдено значних взаємозв'язків між розвитком симбіотичного апарату, габітусом надземної маси і масою коренів рослин. Значний кореляційний зв'язок спостерігали між масою коренів однієї

рослини і масою листків ($r = 0,6 \dots 0,7$). Виявлено значний зворотний зв'язок між масою листків і масою однієї бульбочки, що свідчить про високу активність маленьких бульбочок. Встановлено залежність урожайності багаторічних трав від фотосинтетичного потенціалу посіву [1]. Цю залежність описано таким рівнянням регресії:

$$V = 2,60X + 2,45;$$

$$Vx = 0,95 + 0,07;$$

$$Rx = 0,91 + 0,06;$$

$$X = 2,1 - 2,91 \text{ млн м}^2/\text{добу/га}.$$

Це рівняння можна використати для програмування врожаю біомаси багаторічних бобових трав.

Вивчення азотфіксуючої властивості багаторічних бобових трав за рахунок вільноіснуючих ризобій показало, що найбільший симбіотичний апарат формує козлятник східний, лядвенець рогатий, люцерна посівна, що сприяє накопиченню 450–550 кг/га симбіотичного азоту за рік. Це приводить до підвищення родючості ґрунту і покращання його фітосанітарного стану.

Основним гранично допустимим фактором симбіотичної азотфіксації бобових трав в умовах дерново-підзолистого ґрунту є підвищена кислотність (рН 4,4–4,8), в цих умовах бульбочкові бактерії слабо фіксують азот повітря, оскільки більшість бобових рослин за ефективністю симбіозу залежно від кислотності ґрунту належить до групи, в якій активний симбіоз протікає за рН від 5,1–7,0 (Посипанов, 1997). Найактивніше засвоювався азот з ґрунту на варіанті з лядвенцем рогатим + злаки + $P_{90}K_{90}$ – 99,3 кг/га, середньо – варіант з люцерною посівною + злаки + $P_{90}K_{90}$ – 94,2 кг/га, менш активним був козлятник східний

(87,4 кг/га), що є закономірним і відповідає їхнім біологічним особливостям (табл. 4).

У середньому за роки досліджень найбільшу кількість азоту (30,6 кг/га) спостерігали на варіанті з лядвенцем рогатим + стоколос прибережний + костриця очеретяна + пирій середній + $P_{90}K_{90}$.

Висновки. Із досліджуваних факторів на формування активного симбіотичного потенціалу позитивний вплив мало застосування фосфорно-калійних добрив.

Найбільшу кількість біологічно фіксованого азоту атмосфери (25,9–30,6 кг/га) фіксували рослини лядвенцю рогатого, менш активними були рослини люцерни посівної (18,5 кг/га).

Бібліографічний список

1. Абдушаева Я. М., Николаева Т. А., Карбивская У. М. Особенности формирования симбиотического аппарата многолетних бобовых трав в условиях Новгородской области. *Наука, бизнес, власть – триада регионального развития: материалы II Международной научно-практической конференции*. Санкт-Петербург: ГНИИ «НАЦРАЗВИТИЕ», 2017. С. 8–12.
2. Карбивская У. М., Самойленко В. А. Азотный баланс злаковых и бобово-злаковых травостоев. *Международная конференция*. Дагомыс, 2001. С. 59–60.
3. Векленко Ю. А., Корнійчук О. В., Ковтун К. П. та ін. Сучасні системи ведення лукопасовищного господарства в Україні. Київ: Аграрна наука, 2013. 32 с.
4. Патики В. П. Біологічний азот: монографія / за ред. В. П. Патики. Київ: Світ, 2003. 424 с.
5. Бабич А. О. Методика проведення дослідів по кормовиробництву. Вінниця, 1994. 88 с.

Стаття надійшла 13.03.2019.