

ЗАГАЛЬНИЙ І АКТИВНИЙ СИМБІОТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ГОРОХУ ПОСІВНОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИЙОМІВ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ЗАХІДНОГО

Небаба Катерина Станіславівна

кандидат сільськогосподарських наук, асистент

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», м. Кам'янець-Подільський, Україна

ORCID: 0000-0002-4529-3623

agronebaba@gmail.com

У статті висвітлено результати щодо формування загального і активного симбіотичного потенціалів гороху посівного залежно від рівня удобрення різними дозами мінеральних добрив та регуляторів росту в умовах Лісостепу західного. Фактори, які вивчалися впродовж 2016–2018 років, мали позитивний вплив на розвиток і формування нодуляційного апарату в рослин гороху сучасних сортів.

Мета експериментальних досліджень полягала у виявленні особливостей впливу різних доз мінеральних добрив та регуляторів росту на формування нодуляційного апарату на коренях рослин гороху посівного.

Встановлено, що симбіотична система зернобобових культур залишається активною протягом усіх фаз росту та розвитку. Біологічний азот, який засвоюється коренями упродовж періоду вегетації бобових культур, зокрема й гороху посівного, екологічно безпечний та значно поліпшує родючість ґрунту.

Полеві дослідження закладали на чорноземах типових глибоких малогумусних важкосуглинкових на лесовидних суглинках, у десятипільній сівозміні Навчально-виробничого центру «Поділля» Подільського державного аграрно-технічного університету. Упродовж років досліджень вивчали дію та взаємодію трьох факторів, як-от: А – сорт (Готівський (контроль), Фаргус та Чекбек); В – удобрення ($P_{30}K_{45}$ (контроль), $N_{15}P_{30}K_{45}$, $N_{30}P_{30}K_{45}$, $N_{45}P_{30}K_{45}$); С – регулятори росту (контроль – без обробки, Плантапег – 25 г/га, Емістим С – 30 мл/га, Вимпел – 30 мл/га).

Доведено, що внесення невеликих доз мінеральних азотних добрив на фоні фосфорно-калійних покращувало біологічну фіксацію азоту в рослин, які обприскували регуляторами росту.

У наших дослідженнях показники загального симбіотичного потенціалу перевищували показники активного, адже загальна кількість бульбочок та їхня маса були більшими від кількості і маси активних бульбочок. Найвищими ці показники зафіксували на коренях рослин гороху сорту Чекбек, де вносили мінеральні добрива в дозах $N_{30}P_{30}K_{45}$ у комплексі з регуляторами росту. Найвищі дози мінерального азоту N_{45} негативно впливали на рівень загального й активного симбіотичного потенціалів, що в кінцевому результаті призвело до зниження врожайності зерна гороху.

Ключові слова: горох, сорт, мінеральні добрива, регулятори росту, нодуляційний апарат, симбіотичний потенціал.

DOI <https://doi.org/10.32845/agrobio.2021.4.7>

Вступ. Симбіоз сучасних інтенсивних сортів бобових культур та штамів бульбочкових бактерій зумовлює підвищення продуктивності рослин на 10–30%. Симбіотична система рослин гороху залишається активною протягом усіх фаз росту. Біологічний азот, який засвоюється за період вегетації бобових культур, зокрема й гороху посівного, екологічно безпечний та поліпшує родючість ґрунту (Mazur, 2020; Bakhmat, 2020; Lenssen, 2018; Khan, 2016).

Біологічний азот у ґрунті утворюється в результаті симбіотичної й асоціативної азотфіксації, надходження з опадами або поливу та внесення добрив (Hýbl, 2014; Jyoti Kumari, 2015).

Активність азотфіксації в посівах зернобобових культур пов'язана з низкою чинників: із ґрунтово-кліматичними умовами, сортовими особливостями, агротехнічними прийомами, але насамперед із вологістю ґрунту, оскільки бульбочкові бактерії слабо розмножуються за нестачі вологи. Особливо необхідна волога у ґрунті в першій половині вегетації рослин гороху, коли відбуваються активний ріст та розвиток бульбочкових бактерій (Burstin, 2015).

Не всі бульбочки, які формуються на коренях рослин, є азотфіксуючими, тобто активними. Якщо вони мають

рожеве забарвлення, то їх можна віднести до групи активних. Якщо ж бульбочки зеленкуватого або сірого кольору, то азотфіксація в них не відбувається (Nebaba, 2020; Coman, 2019).

Показником, що узагальнює величину активності симбіотичного апарату, є активний симбіотичний потенціал (далі – АСП). Метод визначення АСП заснований на відносній сталості маси бульбочок за певний період розвитку рослин та залежності активності бобово-ризобіальної системи від маси бульбочок, що містять леггемоглобін (Duhan, 2017; Elemike, 2019, Savranchuk, 2015)

Матеріали і методи досліджень. Полеві дослідження проводились упродовж 2016–2018 рр. на дослідному полі Навчально-виробничого центру «Поділля» Подільського державного аграрно-технічного університету (далі – ПДАТУ) і були закладені в науково-дослідній десятипільній сівозміні.

Ґрунт дослідного поля – чорнозем типовий глибокий малогумусний важкосуглинковий на лесовидних суглинках. За результатами досліджень кафедри землеробства, ґрунтознавства і захисту рослин Подільського державного аграрно-технічного університету встановлено, що дослідна ділянка характеризується такими агрофізичними й агрохімічними властивостями

ґрунту: щільність твердої фази шару ґрунту 0–30 см становить 2,55–2,62 г/м³; рН водне у верхньому шарі становить 6,8 а, гідролітична кислотність становить 0,70 мг-екв/100 г ґрунту. Вміст гумусу, за Тюріним, у верхньому горизонті – 3,39%. Щільність – 1,17–1,25 г/м³; загальна пористість – 51,6–54,7%, вміст азоту (за Корнфільдом) – 13,6–14,2, фосфору та калію (за Чиріковим) – 15,7–16,4 та 22,4–26,3 мг на 100 г ґрунту відповідно.

Посівна площа елементарної ділянки становила 50 м², облікової – 48 м². Попередник – пшениця озима.

У досліді вивчали дію та взаємодію трьох факторів, як-от: А – сорт (Готівський, Фаргус та Чекбек); В – удобрення (P₃₀K₄₅ (контроль), N₁₅P₃₀K₄₅, N₃₀P₃₀K₄₅, N₃₀P₃₀K₄₅); С – регулятори росту (контроль – без обробки, ПлантаПег – 25 г/га, Емістим С – 30 мл/га, Вимпел – 30 мл/га) (табл. 1).

Таблиця 1

Схема польового досліді

Фактор А: сорт	Фактор В: удобрення	Фактор С: регулятори росту
A ₁ – Готівський	B ₁ – P ₃₀ K ₄₅ (контроль)	C ₁ – без регулятора росту (контроль)
A ₂ – Фаргус	B ₂ – N ₁₅ P ₃₀ K ₄₅	C ₂ – Емістим С
A ₃ – Чекбек	B ₃ – N ₃₀ P ₃₀ K ₄₅	C ₃ – ПлантаПег
	B ₄ – N ₄₅ P ₃₀ K ₄₅	C ₄ – Вимпел

Насіння висівали сівалкою, звичайним рядковим способом із шириною міжрядь 15 см, із глибиною загортання насіння 5–6 см і нормою висіву 1,2 млн/га схожих насінин. Після сівби на 2-й день площу посіву коткували кільчастим котком.

Результати. Гідротермічні умови за роки досліджень мали суттєвий вплив на загальний і активний симбіотичний потенціали. Надмірна кількість вологи у 2018 р. негативно вплинула на формування симбіотичного апарату – як загального, так і активного. За гідротермічними умовами 2016–2017 рр. були більш сприятливими для формування високих показників симбіотичного потенціалу.

Упродовж трьох років досліджень нами встановлено, що показники загального й активного симбіотичного потенціалів найбільшими були на варіантах, де вносили мінеральні добрива в дозі N₃₀P₃₀K₄₅ та застосували регулятори росту.

Встановлено, що внесення мінеральних добрив у дозах N₃₀P₃₀K₄₅ і обприскування посівів гороху регуляторами росту привело до найвищих показників загального симбіотичного потенціалу (далі – ЗСП) і АСП. Так, у гороху сорту Чекбек на цьому варіанті живлення ці показники відповідно були 12,5 тис. кг*діб/га та 6,9 тис. кг*діб/га, у сорту гороху Готівський – 10,0 тис. кг*діб/га та 6,9 тис. кг*діб/га, а у гороху сорту Фаргус – 9,5 тис. кг*діб/га та 5,9 тис. кг*діб/га. Найкраще себе проявив регулятор росту Вимпел, за його дії показники загального й активного симбіотичного потенціалів були вищими порівняно з варіантами, де застосовували регулятори росту Емістим С та ПлантаПег (рис. 1, 2, 3).

За результатами проведених досліджень встановлено, що найвищі дози мінерального азоту N₄₅ негативно впливали на рівень ЗСП і АСП, тобто спостерігалось пригнічення бульбочок, що в результаті призвело до зниження формування симбіотичних потенціалів. На варіанті живлення N₄₅P₃₀K₄₅ та без регуляторів росту (контроль) показники ЗСП і АСП відповідно становили в гороху сорту Готівський 6,0 тис. кг*діб/га та 3,6 тис. кг*діб/га, у гороху сорту Чекбек – 7,7 тис. кг*діб/га та 3,8 тис. кг*діб/га, а найменшими ці показники були в рослин сорту Фаргус – 5,3 тис. кг*діб/га та 3,1 тис. кг*діб/га. Після обприскування посівів регуляторами росту показники як загального, так і активного симбіотичного потенціалів збільшилися в середньому на 35–55%.

Спостереження за розвитком кореневих бульбочок, їхньою масою, а згодом – загального й активного симбіотичних потенціалів дало змогу нам розрахувати біологічно фіксований азот. Кількість біологічно фіксованого азоту – добуток активного симбіотичного потенціалу та питомої активності симбіозу.

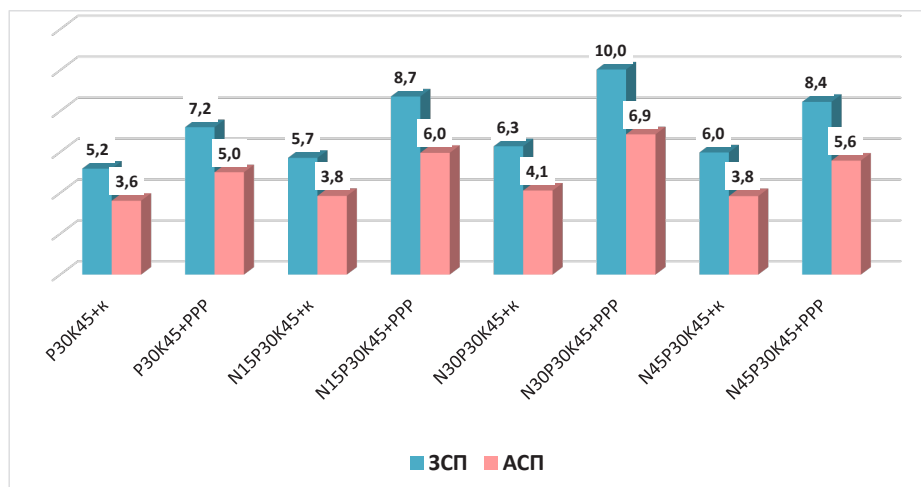


Рис. 1. Динаміка загального й активного симбіотичних потенціалів гороху посівного сорту Готівський, кг*діб/га (середнє за 2016–2018 рр.)

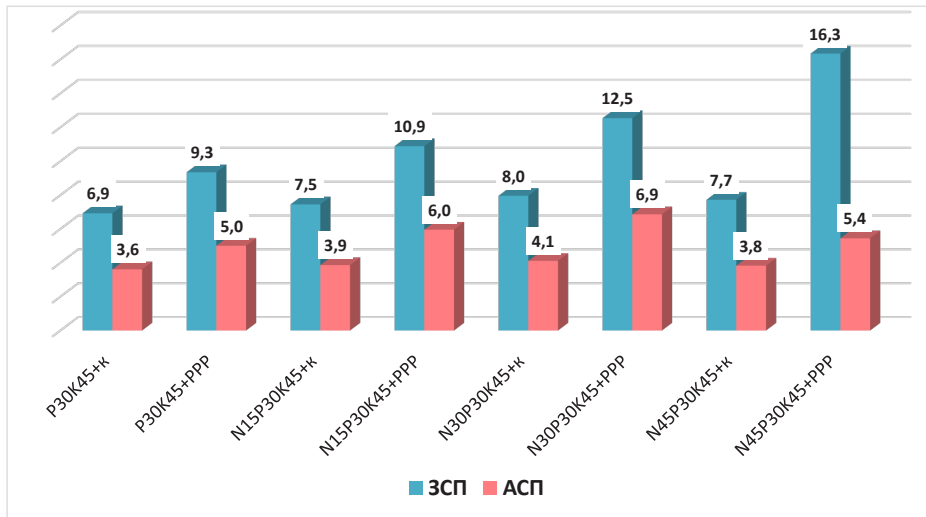


Рис. 2. Динаміка загального й активного симбіотичних потенціалів гороху посівного сорту Чекбек, кг*дм³/га (середнє за 2016–2018 рр.)

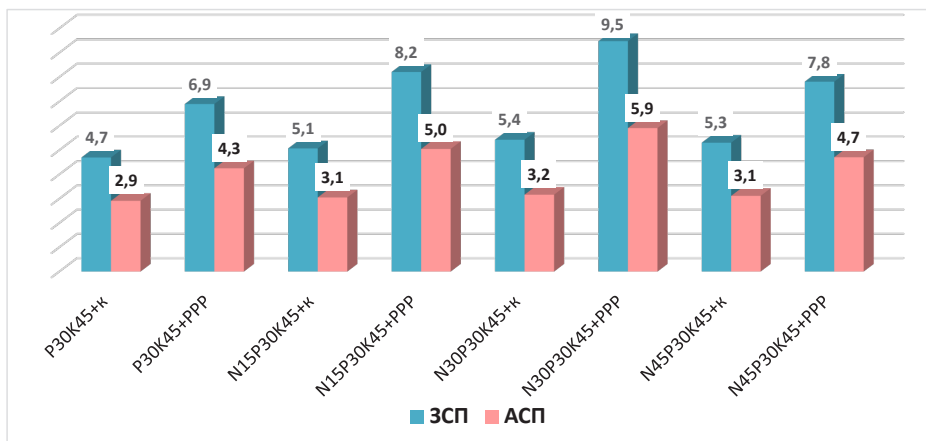


Рис. 3. Динаміка загального й активного симбіотичних потенціалів гороху посівного сорту Фаргус, кг*дм³/га (середнє за 2016–2018 рр.)

Питома активність симбіозу (далі – ПАС) – це кількість азоту повітря, що фіксується одним кілограмом сирих бульбочок за добу (Mazur, 2019; Pantsyeva, 2019).

Аналіз показників питомої активності симбіозу впродовж 2016–2018 рр. засвідчив, що цей період супроводжували оптимальні умови для фіксації біологічного азоту. За згаданими показниками найкраще себе показав сорт гороху Чекбек, порівняно із сортами Готівський та Фаргус. На контрольному варіанті в гороху сорту Готівський величина питомої активності симбіозу становила 28,3 кг/га, у сорту Чекбек – 35,5 кг/га, у сорту Фаргус – 25,9 кг/га. Із збільшенням доз мінеральних добрив від N_{15} до N_{30} інтенсивність біологічної фіксації азоту збільшувалася в середньому на 1,2–3,0 кг/га, залежно від сорту (табл. 2).

За роки досліджень показники АСП і ПАС, кількість фіксованого азоту повітря на варіантах удобрення мінеральними добривами в дозі $N_{30}P_{30}K_{45}$ були найвищими. Так, у комплексі з регулятором росту Вимпел у сортів гороху Готівський ми зафіксували 54,0 кг/га, Чекбек – 65,2 кг/га, Фаргус – 52,8 кг/га фіксованого

азоту. Регулятори росту Емістим С та ПлантаПег менш активно сприяли фіксації азоту з повітря, тому ці показники були нижчими на 4,5–8,9% порівняно з варіантом $N_{30}P_{30}K_{45} + \text{Вимпел}$.

Нами встановлено, що підвищення дози мінерального азоту до $N_{45}P_{30}K_{45}$ мало негативний вплив на показники кількості фіксованого біологічного азоту повітря, але вони були дещо більшими за контроль ($P_{30}K_{45}$). Найкраще спрацювала симбіотична система в сорту гороху Чекбек. За поєднання $N_{45}P_{30}K_{45}$ та регуляторів росту рослинами гороху сортів Готівський, Чекбек та Фаргус було засвоєно 39,7–44,5 кг/га, 51,0–56,0 кг/га та 38,1–43,0 кг/га біологічного азоту відповідно.

Обговорення. Аналіз наукових публікацій показав (Batsmanova, 2020; Long, 2006), що за сприятливих умов симбіотрофного живлення активний симбіотичний потенціал у зернобобових культур може досягати 24–25 тис. одиниць. У період від початку плодоутворення до наливання насіння в рослини гороху поступає 55–60% від загальної кількості азоту, фіксованого за вегетацію. Ріст бобів і наливання насіння здійснюються шляхом прямого

Вплив регуляторів росту на кількість біологічно фіксованого азоту повітря сортами гороху посівного, кг/га (2016–2018 рр.)

Фактор В	Фактор С	Фактор А		
		Готівський	Чекбек	Фаргус
$P_{30}K_{45}$ (к)*	Без обробки (к)	28,3	35,5	25,9
	ПлантаПег	35,6	45,5	35,5
	Емістим С	38,4	47,6	38,8
	Вимпел	39,9	49,2	39,8
$N_{15}P_{30}K_{45}$	Без обробки (к)	29,1	37,0	26,7
	ПлантаПег	42,9	52,6	42,3
	Емістим С	45,0	54,5	44,2
	Вимпел	46,9	56,8	45,8
$N_{30}P_{30}K_{45}$	Без обробки (к)	31,0	38,4	27,3
	ПлантаПег	49,2	60,2	48,4
	Емістим С	51,3	62,1	50,4
	Вимпел	54,0	65,2	52,8
$N_{45}P_{30}K_{45}$	Без обробки (к)	28,9	36,4	26,6
	ПлантаПег	39,7	51,0	38,1
	Емістим С	41,9	53,8	40,4
	Вимпел	44,5	56,0	43,0
		HIP _{0,5} фактор А – 0,47		
		HIP _{0,5} фактор В – 0,54		
		HIP _{0,5} фактор С – 0,54		

Примітка * – контроль.

використання фіксованого азоту (Petrychenko, 2020; Sukhova, 2012).

А.Д. Гирка, І.Д. Ткаліч, Ю.Я. Сидоренко (Нурка et al., 2018), Г.С. Посипанов (Andrushko & Andrushko, 2019) доводять, що загальний симбіотичний потенціал характеризує стан бобово-ризобіального симбіозу за вегетаційний період. Значення ЗСП завжди більші за значення активного, адже тривалість загального симбіозу визначають від появи перших бульбочок на коренях гороху до повного їх розпаду.

Тривалість активного функціонування бульбочок на коренях гороху та їхня здатність фіксувати біологічний азот упродовж вегетаційного періоду визначають величину активного симбіотичного потенціалу (Patyka, 2003; Nebaba, 2020).

Невід'ємна особливість гороху – біологічна фіксація атмосферного азоту, який накопичується у ґрунтах під час взаємодії рослини з бактеріями. За відсутності активних симбіонтів рослини гороху не здатні засвоювати атмосферний азот, у такому разі рослина активно використовує азот із ґрунту. Біологічний азот забезпечує покращення врожайності сільськогосподарських культур та збереження родючості ґрунтів (Shang, 2019; Tulbek, 2017; Telekalo, 2016; Vdovenko, 2018).

В.В. Лихочвор, О.М. Андрушко, М.О. Андрушко (Andrushko, 2019; Pryshchero et al., 2018) уважають,

що за комфортних умов розміри симбіотичної азотфіксації рослинами гороху на одному гектарі можуть сягати 100–200 кг біологічного азоту. А.В. Черенковим, М.С. Шевченком та іншими (Cherenkov & Shevchenko, 2017) доведено, що засвоєний азот виноситься з урожаєм, але 25–40% його залишається у ґрунті з органічними рештками, збільшує в ньому вміст гумусу й азоту.

Висновки. Інтенсивне формування коренів рослин гороху й утворення леггемоглобіну на бульбочках спостерігалось в усіх досліджуваних сортів гороху посівного, унаслідок чого зростала величина АСП. Загальний і активний симбіотичний потенціали є досить важливими показниками, від яких залежить біологічна фіксація азоту.

Зазначено збільшення показників активного симбіотичного потенціалу за стартових доз мінерального азоту (N_{15} , N_{30}), а також зменшення їх за збільшення доз азоту (N_{45}).

Результати наших досліджень показали, що в середньому за 2016–2018 рр. найбільшу кількість азоту з повітря фіксували рослини гороху сорту Готівський – 54,0 кг/га, у сорту Чекбек – 65,2 кг/га, Фаргус – 52,8 кг/га, за внесення мінеральних добрив $N_{30}P_{30}K_{45}$ та регулятора росту Вимпел. Менш інтенсивно азотфіксація проходила за дії препаратів ПлантаПег і Емістим С.

Бібліографічні посилання:

1. Andrushko, M.O. (2019). Formuvannia produktyvnosti horokhu zalezno vid elementiv systemy udobrennia [Formation of pea productivity depending on the elements of the douche system] Mizhvidomchyi tematychnyi naukovyi zbirnyk "Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo", Obroshyne, Lviv, 66, 8–20 (in Ukrainian).
2. Andrushko, M.O., Lykhochvor, V.V. & Andrushko, O.M. (2019). Urozhainist zerna horokhu zalezno vid elementiv systemy udobrennia [Yield of pea grain depending on the elements of the douche system]. Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu: ahronomiia, Lviv. nats. ahrar. un-t, Lviv, 23, 67–71 (in Ukrainian). doi: 10.31734/agronomy2019.01.067.

3. Bakhmat, M.I., Plakhtii, D.P. & Nebaba, K.S. (2020). Formuvannia symbiotychnoho aparatu horokhu posivnoho zalezno vid udobrennia mineralnymi dobryvamy ta rehulatoriv rostu v umovakh Lisostepu Zakhidnoho [Formation of a symbiotic apparatus of sowing peas depending on fertilization with mineral fertilizers and growth regulators in the Forest-steppe of the Western]. *Roslynnystvo ta gruntoznavstvo: nauk. Zhurn, NUBIP, Kyiv*, 11 (3), 33–43 (in Ukrainian). doi: 10.31548/agr2020.03.033.
4. Batsmanova, L., Taran, N., Konop, Y., Kalenska, S., & Noovytska, N. (2020). Use of a colloidal solution of metal and metal oxide-containing nanoparticles as fertilizer for increasing soybean productivity. *Journal of Central European Agriculture*, 21 (2), 311–319. doi: 10.5513/JCEA01/21.2.2414.
5. Bursting, J., Salloignon, P., Chabert-Martinello, M., Magnin-Robert, J., Siol, M., Jacquin, F. (2015). Genetic diversity and trait genomic prediction in a pea diversity panel. *BMC Genomics*, 16, 105. doi: 10.1186/s12864-015-1266-1.
6. Cherenkov, A.V. & Shevchenko, M.S. (2017). Stratehii vyrobnytstva zernobobovykh kultur i soi v Stepu Ukrainy [Strategy of leguminous crops and soy production in the Steppe of Ukraine]. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 1, 13–18. Access Mode: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vaan_2017_1_4 (in Ukrainian).
- a. Coman, V., Oprea, I., Leopold, L.F., Vodnar, D.C. & Coman, C. (2019). Soybean interaction with engineered nanomaterials: a literature review of recent data. *Nanomaterials*, 9, 1248. doi: 10.3390/nano9091248.
- b. Duhan, J.S., Kumar R., Kumar, N., Kaur, P., Nehra, K. & Duhan, S. (2017). Nanotechnology: The new perspective in precision agriculture. *Biotechnology Reports*, 15, 11–23. doi: 10.1016/j.btre.2017.03.002.
- c. Elemike, E.E., Uzoh, I.M., Onwudiwe, D.C. & Babalola, O.O. (2019). The role of nanotechnology in the fortification of plant nutrients and improvement of crop production. *Applied Sciences*, 9, 499. doi: 10.3390/app9030499.
- d. Hýbl, M. (2014). Hrách setý (*Pisum sativum* L.). Pěstování vybraných plodin v ekologickém zemědělství. Editor Petr Konvalina. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 205–228 (in the Czech Republic).
- e. Hyrka, A.D., Tkalic, I.D., Sydorenko, O.V., Bochevar, O.V. & Ilyenko (2018). Osoblyvosti formuvannia zernovoi produktyvnosti roslyn riznykh sortiv horokhu v umovakh Pivnichnoho Stepu Ukrainy [Features of the formation of grain productivity of plants of different varieties of peas in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine], *Dnipro, Naukovyi zhurnal Instytutu zernovykh kultur. Zernovi kultury*, 2 (2), 267–273. (in Ukrainian). doi: 10.31867/2523-4544/0035.
- f. Hyrka, A.D., Tkalic, I.D., Sydorenko, O.V., Bochevar, O.V., Ilyenko (2018). Aktualni aspekty tekhnolohii vyroshchuvannia horokhu v umovakh pivnichnoho Stepu Ukrainy [Actual aspects of the technology of growing peas in the conditions of the northern Steppe of Ukraine]. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 2, 31–35 (in Ukrainian). doi: 10.31073/agroviznyk201802-05.
7. Jyoti Kumari, H.K., Dikshit, B. & Singh, D. (2015). Combining ability and character association of agronomic and biochemical traits in pea (*Pisum sativum* L.). *Scientia Horticulturae*, 181, 26–33. doi: 10.1016/J.Scienta.2014.10.051.
8. Khan, T.N., Meldrum, A., & Croser, J.S. (2016). Pea Overview. Reference Module in Food Science. doi: 10.1016/B978-0-08-100596-5.00037-8.
9. Lenssen, A.W., Sainju, U.M., Jabro, J.D., Allen, B.L. & Stevens, W.B. (2018). Dryland pea production and water use responses to tillage, crop rotation, and weed management practice. *Agronomy Journal*, 110 (5), 1843–1853. doi: 10.2134/ agronj2018.03.0182.
10. Long, S.P., Zhu, X.G., Naidu, S.L. & Ort, D.R. (2006). Can improvement in photosynthesis increase crop yields? *Plant, Cell & Environment*, 29 (3), 315–330. doi: 10.1111/j.1365-3040.2005.01493.x.
- a. Mazur, V.A., Myalkovsky, R.O., Mazur, K.V., Pansyryeva, H.V., Alekseev, O.O. (2019). Influence of the Photosynthetic Productivity and Seed Productivity of White Lupine Plants. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9 (4), 665–670. doi: 10.15421/2019_807.
11. Mazur, V., Didur, I., Myalkovsky, R., Pansyryeva, H., Telekalo, N. & Tkach, O. (2020). The Productivity of intensive pea varieties depending on the seeds treatment and foliar fertilizing under conditions of right-bank forest-steppe Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10 (1), 101–105. doi: 10.15421/2020_16.
12. Nebaba, K.S. (2020). Formuvannia fotosyntetychnoho aparatu horokhu posivnoho zalezno vid tekhnolohichnykh pryimiv v umovakh Zakhidnoho Lisostepu [Formation of photosynthetic apparatus of sowing peas depending on technological techniques in the Western Forest-steppe]. *Naukovyi zhurnal: zbalansovane pryrodokorystuvannia, Kyiv*, 3, 139–145 (in Ukrainian). doi: 10.33730/2310-4678.3.2020.212616.
13. Nebaba, K.S. (2020). Symbiotychna produktyvnist horokhu posivnoho zalezno vid vplyvu mineralnykh dobryv ta rehulatoriv rostu v umovakh Lisostepu zakhidnoho [Symbiotic productivity of sowing peas depending on the influence of mineral fertilizers and growth regulators in the western forest-steppe], *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika. PDATU, Kamianets-Podilskyi*, 32, 54–58 (in Ukrainian). doi: 10.37406/2706-9052-2020-1-6.
14. Pansyryeva, H.V. (2019). Morphological and ecological-biological evaluation of the decorative species of the genus *Lupinus* L. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9 (3), 74–77. doi: 10.24412/2520-6990-2021-1299-53-57.
15. Patyka, V.P., Kots, S.Ya., Volkohon, V.V., Sherstoboieva, O.V., Melnychuk, T.M., Kalinichenko, A.V. & Hrynyk, I.V. (Patyka, V.P. (Ed.)). (2003). *Biologichnyi azot [Biological nitrogen] Svit, Kyiv*, (in Ukrainian).
16. Petrychenko, V.F. & Lykhochvor, V.V. (2020). Roslynnystvo. Novi tekhnolohii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur [Crop production. New technologies of growing crops]. 5-te vyd., vyprav., dopov., Lviv, *Ukrainski tekhnolohii*, 806 (in Ukrainian).
17. Pryshchepo, M.M., Serhieiev, L.A., & Konashchuk, O.P. (2018). Vyroshchuvannia nasinnieoho horokhu na pivdni Ukrainy [Growing seed peas in the south of Ukraine]. *Ahronom*, 4, 138–140 (in Ukrainian).
18. Savranchuk, V.V., & Ishchenko, V.A. (2015). Vplyv bakterialnykh i biologichno aktyvnykh preparativ na formuvannia produktyvnosti roslynamy horokhu vusatoho typu v Pivnichnomu Stepu [Influence of bacterial and biologically active drugs on the formation of productivity by mustache plants in the Northern Steppe]. *Biuletyn ISZ NAAN*, 6, 119–125 (in Ukrainian).
19. Shang, Y., Hasan, Md. K., Ahammed, G.J., Li, M., Yin, H. & Zhou, J. (2019). Applications of nanotechnology in plant growth and crop protection: a review. *Molecules*, 24, 2558. doi: 10.3390/molecules24142558.

20. Sukhova H.I. (2012). Formation of elements of crop productivity of lentils depending on the features of a grade. Bulletin of Kharkiv National Agrarian University named after V.V. Dokychaiv: Crop production, selection and seed production, fruit and vegetable growing, 2, 106–111 (in Ukrainian).

21. Telekalo, N.V. (2016). Symbiotychna diialnist posiviv horokhu posivnoho. Zemobobovi kultury ta soia dlia staloho rozvytku ahramoho vyrobnytstva Ukrainy [Symbiotic activity of sowing peas. Leguminous crops and soybeans for sustainable development of agricultural production of Ukraine]. Materialy mizhnarodnoi naukovoï konferentsii. Dilo, Vinnytsia, 82–83 (in Ukrainian).

22. Tulbek, M.C., Lam, Y., Wang, P. & Asavajaru, A. (2017). Pea: A Sustainable Vegetable Protein Crop. Sustainable Protein Sources, 45–164. doi: 10.1016/B978-0-12-802778-3.00009-3.

23. Vdovenko, S.A., Pansyreva, G.V., Palamarchuk, I.I., & Lytvyniuk, H.V. (2018). Symbiotic potential of snap beans (*Phaseolus vulgaris* L.) depending on biological products in agrocoenosis of the right-bank forest-steppe of Ukraine. Ukrainian J Ecol, 8(3), 270–274. doi: 10.15421/2021_61.

Nebaba K. S., Candidate of Agricultural Sciences, Podillia State University, Kamianets-Podilskyi, Ukraine

General and active symbiotic potential of peas depending on the use of mineral fertilizers and growth regulators in Western Forest-Steppe

*The present paper highlights the results on the formation of general and active symbiotic potential of garden peas (*Pisum sativum*) depending on the level of fertilization with different doses of mineral fertilizers and growth regulators in the Western Forest-Steppe. Factors studied during 2016–2018 had a positive impact on the development and formation of nodulation apparatus in peas plants.*

The purpose of experimental studies was to examine the influence of various doses of mineral fertilizers and growth regulators on the formation of a nodulation apparatus on the peas roots. It has been found that the symbiotic system of leguminous crops remains active for all phases of growth and development. Biological nitrogen, which is absorbed of the peas plant roots during the growing season of legumes, including peas, is friendly environment and significantly improves of soil fertility.

Field experiments were conducted in the typical, deep, low-humus black soils, heavy-toed loams, in the ten-thousand crop rotation of the “Podillia” Educational and Production Center of Higher Educational Institution of Podillia State University. The interaction between three factors (A – grade (“Hotivskyi” (control), “Chekbek” and “Farhus”); C – applications ($P_{30}K_{45}$ (control), $N_{15}P_{30}K_{45}$, $N_{30}P_{30}K_{45}$, $N_{45}P_{30}K_{45}$); C – growth regulators (control – without processing, PlantaPeh – 25 g/ha, Emistym C – 30 ml / ha, Wypel – 30 ml / ha) were studied.

It has been proved that the application of small doses of mineral nitrogen fertilizers after of phosphorus-potassium ones improved of nitrogen biological fixation in plants sprayed with growth regulators.

The study results showed that the indicators of the general symbiotic potential exceeded the indicators of active potential, because the total number of nodules and their mass were higher than the number and mass of active nodules. The highest indicators were recorded on the peas roots of Chekbek variety where mineral fertilizers were applied in doses of $N_{30}P_{30}K_{45}$ in combination with growth regulators. The highest doses of mineral nitrogen of N_{45} adversely affected the level of general and active symbiotic potentials, which ultimately led to decrease in the yield of peas grain.

Key words: peas, variety, mineral fertilizers, growth regulators, nodulation apparatus, symbiotic potential.

Дата надходження до редакції: 07.12.2021 р.