

## ФОРМУВАННЯ СИМБІОТИЧНОГО АПАРАТУ ГОРОХУ ПОСІВНОГО ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ МІНЕРАЛЬНИМИ ДОБРИВАМИ ТА РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ЗАХІДНОГО

**М.І. БАХМАТ**, доктор сільськогосподарських наук, професор,  
Подільський державний аграрно-технічний університет  
**Д.П. ПЛАХТІЙ**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
Подільський державний аграрно-технічний університет  
**К.С. НЕБАБА**, аспірантка  
Подільський державний аграрно-технічний університет  
E-mail: agronebaba@gmail.com

**Анотація.** У статті висвітлено основні результати досліджень із вивчення впливу мінеральних добрив та регуляторів росту на формування симбіотичного апарату рослин сортів гороху посівного в умовах Лісостепу Західного.

Дослідження проводили впродовж 2016–2018 рр. на дослідному полі Навчально-виробничого центру «Поділля» ПДАТУ, в умовах польового досліді, закладеного в науково-дослідній десятипільній сівозміні. Грунт дослідного поля - чорнозем типовий, глибокий, малогумусний важкосуглинковий на лесовидних суглинках.

Встановлено, за роки досліджень були оптимальні умови для формування нодуляційного апарату на коренях гороху сортів: Готівський, Чекбек та Фаргус. У мікростадії ВВСН 60-69 на варіантах живлення мінеральними добривами в дозі  $N_{30}P_{30}K_{45}$  у поєднанні з регулятором росту Вимпел були відмічені максимальні показники як загальної кількості, так і кількості активних бульбочок. На посівах сорту Готівський на даному варіанті удобрення було зафіксовано 43,2 шт/рослину бульбочок, з них активних – 19,1 шт/рослину. У гороху сорту Чекбек була найбільша загальна кількість та кількість активних бульбочок і становила відповідно 52,2 шт/рослину та 23,4 шт/рослину. Для сорту Фаргус на цьому ж варіанті удобрення, загальна кількість бульбочок була 41,6 шт/рослину, з них 16,2 шт/рослину були активними.

**Ключові слова:** горох, сорт, мінеральні добрива, регулятори росту, бульбочки, азотфіксація.

### Актуальність.

Горох – одна із найважливіших азотфіксуючих культур, яка має чи-

мале агротехнічне значення. Його коренева система за оптимальних умов може проникати в ґрунт на 1,5 м та має високу здатність засвоювати

малодоступні поживні речовини з нього. Завдяки активному симбіотичному апарату, рослини гороху накопичують у 2-3 рази більше білка ніж злакові культури і становить у середньому 26,3 – 28 %, а в зерні ячменю, вівса, кукурудзи та сорго – лише 12 – 13 % (Павловская Н.Е., 2004, Кашукоєв М.В., 2006). Як попередник горох позитивно впливає на якість продукції наступних сільськогосподарських культур, а саме збільшується вміст білку, клейковини в зернах пшениці, покращується об'єм та пористість хліба (Січкач В.І., 2004).

За сприятливих умов на одному гектарі гороху фіксується від 130 до 200 кг азоту з повітря. Засвоєний азот виноситься урожаєм зерна, але значна частина – навіть до 40 % залишається у ґрунті разом з органічними рештками (Glagoleva O.B., 1996, Адамень Ф.Ф., 2005)

### **Аналіз останніх досліджень та публікацій.**

Формування симбіозу між рослинами гороху й бульбочковими бактеріями – це складний, багатоетапний процес, на який впливає багато факторів. Для доброї активності азотфіксуючих бульбочок, необхідні оптимальні умови, насамперед достатня вологість ґрунту на початку вегетації – не менше 50-60 % від повної вологості та його аерація в зоні формування бульбочок, оскільки бульбочкові бактерії не утворюються в сухому ґрунті (Барбер С.А., 1986, Титовська А.И., 2002, Spaink H., 2000).

Ряд вчених у своїх дослідженнях доводять, що азот є основним елементом для життя всіх сільськогосподарських культур, у тому числі й зернобобових. Внесення так званих «стартових доз» азоту до 30 кг/га д.р., сприяють збіль-

шенню врожайності даної культури. Мінеральний азот допомагає рослинам гороху на початкових мікростадіях розвиватися інтенсивніше, а в подальшому сприяє інтенсивній фіксації бульбочковими бактеріями атмосферного азоту з повітря (Колісник С. І., Кобак С. Я., Сереветник О. В, 2013, Вербицкий, Н. М., 2006). Іншими вченими доведено, що внесення азотних добрив у дозах до 60 кг/га на початкових етапах розвитку рослин гороху не знижують активності симбіотичного апарату (Камінський В.Ф, 2007, Косенко Л.В., Кругова О.Д., Мандровская Н.М., 2001). Але й існує думка – застосування азотних добрив гнітить процес азотфіксації. Це пояснюється тим, що рослини переходять на споживання мінерального азоту й бульбочки не утворюються (Сремко Л. С., Гангур В. В., Киричок О. О., 2019).

Процес біологічної азотфіксації на головному на бічних коренях у гороху розпочинається у разі появи 2-3 справжніх листків із прилистками і вусиками, досягаючи максимуму, коли закінчується цвітіння, та закінчується до початку наливу зерна.

Тому, вивчення впливу невеликих доз  $N_{15}$ ,  $N_{30}$  та  $N_{45}$  на інтенсивність формування фізіологічних бобово-ризобіальних систем для рослин гороху посівного в умовах Лісостепу Західного є актуальним питанням.

**Мета дослідження** полягає у виявленні особливостей впливу різних доз мінеральних добрив та регуляторів росту на формування симбіотичного апарату сортів гороху посівного, які вивчалися.

### **Матеріали і методи досліджень.**

Дослідження проводили впродовж 2016 – 2018 рр. на дослідному полі Навчально-виробничого центру

«Поділля» ПДАТУ, в умовах польового дослідю, закладеного в науково-дослідній десятипільній сівозміні.

Ґрунт дослідного поля – чорнозем типовий, глибокий малогумусний важкосуглинковий на лесовидних суглинках. За результатами досліджень кафедри землеробства, ґрунтознавства й захисту рослин Подільського державного аграрно-технічного університету встановлено, що дослідна ділянка характеризується такими агрофізичними та агрохімічними властивостями ґрунту: щільність твердої фази шару ґрунту 0-30 см становить 2,55-2,62 г/м<sup>3</sup>; рН водної й сольової суспензій та гідролітичну кислотність за методом Капсена в модифікації ЦІНАО (ГОСТ 26212-91). Так, рН водне у верхньому шарі складає: 6,8, а гідролітична кислотність становить 0,70 мг-екв./100 г ґрунту. Уміст гумусу за Тюріним у модифікації ЦІНАО (ГОСТ 26213-84) у верхньому горизонті складає 3,39 %. Щільність зложення – 1,17-1,25 г/м<sup>3</sup>; загальна пористість – 51,6-54,7 %, уміст азоту (за Корнфільдом) – 13,6-14,2, фосфору та калію за Чиріковим (ДСТУ-4115-2002) – відповідно 15,7-16,4 та 22,4-26,3 мг на 100 г ґрунту. Ємність поглинання на рівні 20-25 мг-екв./100 г ґрунту.

Регіон проведення досліджень характеризується нерівномірним надходженням опадів протягом вегетації гороху і значними коливаннями температур. У 2016 році температурні показники у квітні були вищими на 4 °С порівняно із середніми багаторічними показниками. Травень 2017 року був найпрохолодніший за роки досліджень, а середньодобова температура становила лише 14,5 °С. Зокрема в червні 2017 року та 2018 року середня температура повітря майже не відрізнялася і становила в межах відповідно 19,1 та 19,2 °С.

У досліді вивчали дію та взаємодію трьох факторів: А – сорт (Готівський, Фаргус та Чекбек); В – удобрення (P<sub>30</sub>K<sub>45</sub> (контроль), N<sub>15</sub>P<sub>30</sub>K<sub>45</sub>, N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>45</sub>, N<sub>45</sub>P<sub>30</sub>K<sub>45</sub>); С – регулятори росту (контроль – без обробки, ПлатаПег – 25 г/га, Емістим С – 30 мл/га, Вимпел – 30 мл/га).

Насіння висівали зерновою сівалкою, звичайним рядковим способом із шириною міжрядь 15 см, з глибиною загортання насіння 5-6 см і нормою висіву 1,2 млн/га схожих насінин для всіх досліджуваних нами сортів гороху посівного. Після сівби на 2 день площу посіву коткували кільчастим котком. Дослідження проводили за схемою в трифакторному польовому досліді методом рендомізованих розщеплених ділянок. Повторність варіантів чотириразова. Площа посівної ділянки – 30 м<sup>2</sup>, облікової – 25 м<sup>2</sup>. Попередник – пшениця озима.

Ми проводили дослідження на коренях рослинах гороху в мікростадіях росту й розвитку рослин – ВВСН 51-59 (поява перших квіткових бруньок – поява перших пелюсток, але квіти ще є закритими), ВВСН 60-69 (перші квіти розкриті – кінець), ВВСН 70-79 (10-70 % бобів досягли типової довжини, виділяється сік при їх натисканні – боби досягли типового розміру, насіння повністю сформоване).

Враховуючи всі вимоги дослідної справи Б. О. Доспехова (Доспехов Б. О., 1985) вивчення впливу мінеральних добрив та регуляторів росту на рослини гороху та особливостей формування врожаю різних сортів гороху проводили ряд обліків і спостережень. Облік симбіотичного апарату (кількість і маса бульбочок) за допомогою методу монолітів з наступним розрахунком їх кількості й маси на рослину (Бабич А. О., 1994).

## Результати дослідження та їх обговорення.

Нами виявлено, що не всі бульбочкові бактерії, які сформувалися на коренях рослин є азотфіксуючими, тобто активними. Якщо вони мають рожеве забарвлення, то їх можна віднести до групи активних. І навпаки, якщо бульбочки зеленкуваті або сірого кольору, то азотфіксація в них не відбувається.

Нами встановлено, зі збільшенням доз мінерального азоту загальна кількість та кількість активних бульбочок на варіантах без внесення регуляторів росту зменшувалася. Після обприскування посівів регуляторами росту в мікростадії ВВСН 55-65 (перші квіткові бруньки відокремились від листків, але ще є закритими – повне цвітіння, 50 % квіток відкриті) ПлантаПег, Емістим С та Вимпел кількість бульбочок значно збільшувалася.

У мікростадії ВВСН 51-59 в середньому за роки спостережень на контрольному варіанті  $P_{30}K_{45}$  та без обробки регуляторами росту загальна кількість бульбочок у сорту Готівський становила 36,0 шт/рослину, у сорту Чекбек – 44,9 шт/рослину та в сорту Фаргус – 33,7 шт/рослину, з них активних відповідно 15,1; 21,4; 12,2 шт/рослину.

Регулятори росту рослин сприяють підвищенню урожайності та стійкості культур проти несприятливих чинників довкілля: критичних перепадів температур, дефіциту вологи, ураження хворобами й пошкодження шкідниками (Петриченко В. Ф., 2018).

Встановлено позитивний вплив дії регуляторів росту, які ми вивчали, на симбіотичну азотфіксацію в системі бульбочкові бактерії-бобові культури. На варіантах удобрення

регуляторами росту ПлантаПег показники загальної кількості бульбочок були наступні: у сорту Готівський – 38,4 шт/рослину, у сорту Чекбек – 46,5 шт/рослину та в сорту Фаргус – 36,0 шт/рослину. Щодо активних, то ці показники відповідно становили: 16,4; 23,0; 13,3 шт/рослину. За дії регулятора Емістим С, загальна кількість бульбочок зростала до 39,2 шт/рослину для сорту Готівський, до 47,0 шт/рослину для сорту Чекек та 36,7 шт/рослину для сорту Фаргус, з них активних було відповідно: 17,1; 23,5; 13,8 шт/рослину. Після обприскування посівів регулятором Вимпел показники загальної кількості сягали для сорту Готівський – 40,1 шт/рослину, сорту Чекбек – 47,6 шт/рослину та для сорту Фаргус – 37,6 шт/рослину (табл. 1).

На варіантах удобрення зі збільшенням азоту в дозах  $N_{15}$ ,  $N_{30}$  та  $N_{45}$  загальна кількість бульбочок була меншою в середньому на 1,5-5,4 % та кількість активних на 5,6-7,8 % залежно від сорту, порівняно з варіантом-контроль. Наші дослідження показали, що більші дози мінерального азоту пригнічували нодуляційний апарат, але на посівах, які обробили регуляторами росту ці показники збільшувалися. Максимальну загальну кількість та кількість активних бульбочок на коренях рослин гороху зафіксували на ділянках, які обприскувалися регулятором Вимпел у сорту Чекбек. На варіанті удобрення  $N_{15}P_{30}K_{45}$  + Вимпел для цього сорту загальна кількість була 48,0 шт/рослину та 24,2 шт/рослину – активних. Для сорту Готівський ці показники становили відповідно – 39,1 шт/рослину та 17,1 шт/рослину, для гороху сорту Фаргус - 36,6 шт/рослину та 13,8 шт/рослину. У поєднанні

### 1. Загальна кількість бульбочок на коренях рослин гороху посівного залежно від впливу мінеральних добрив та регуляторів росту, шт/рослину (середнє за 2016 – 2018 рр.)

Фактор В	Фак-тор С	Сорт Готівський			Сорт Чекбек			Сорт Фаргус		
		Стадії росту і розвитку рослин ВВСН								
		51-59	60-69	70-79	51-59	60-69	70-79	51-59	60-69	70-79
P30K45	I	36,0	39,9	9,1	44,9	48,6	11,0	33,7	38,4	8,3
	II	38,4	41,6	10,0	46,5	50,5	11,6	36,0	40,1	9,1
	III	39,2	42,1	10,2	47,0	51,0	12,1	36,7	40,6	9,3
	IV	40,1	42,6	10,7	47,6	51,5	12,6	37,6	41,1	9,7
N15P30K45	I	35,4	39,0	8,7	44,1	47,9	10,4	33,2	37,6	7,9
	II	37,7	41,0	10,3	46,1	49,8	12,2	35,3	39,5	9,4
	III	38,6	42,2	10,7	47,3	50,5	12,8	36,2	40,7	9,8
	IV	39,1	43,0	11,2	48,0	51,9	12,9	36,6	41,4	10,2
N30P30K45	I	34,1	38,4	8,2	43,1	47,1	10,1	31,9	37,0	7,6
	II	35,9	40,9	10,5	45,5	49,5	13,1	33,7	39,4	8,9
	III	37,1	42,4	11,1	46,2	50,8	13,6	34,7	40,9	10,0
	IV	39,0	43,2	11,6	47,1	52,2	13,9	36,5	41,6	10,6
N45P30K45	I	32,7	37,7	7,5	42,2	46,4	9,2	30,6	36,4	6,8
	II	34,9	39,8	9,1	44,0	48,5	11,9	32,7	38,3	8,3
	III	36,1	40,5	10,1	45,0	49,0	12,6	33,8	39,0	9,2
	IV	37,7	41,7	10,9	45,9	49,7	12,9	35,3	40,2	9,9
НІР 0,5 фактор А		0,68	0,69	0,23						
НІР 0,5 фактор В		0,78	0,80	0,27						
НІР 0,5 фактор С		0,78	0,80	0,27						

\*Примітка: I – без обробки регулятором росту (контроль), II – регулятор росту ПлантаПег, III – регулятор росту Емістим С, IV – регулятор росту Вимпел

$N_{30}P_{30}K_{45}$  та регуляторів росту показники кількості бульбочок на коренях гороху дещо зменшилися, в середньому на 0,1- 1,1 шт/рослину залежно від сорту та регулятору порівняно з варіантом  $P_{30}K_{45}$  (контроль) + регулятори росту рослин.

У разі застосування мінеральних добрив у дозі  $N_{45}P_{30}K_{45}$  та рістрегуляторів загальна кількість та кількість активних бульбочок не збільшилася, а навпаки зменшилася, але була більшою за контроль ( $P_{30}K_{45}$ ). Так, поєднання даних доз мінеральних добрив та регуляторів росту рослин збільшили показники загальної кількості

бульбочок усього лиш на 1,9-2,1 шт/рослину залежно від сорту.

Також ми побачили ефект регуляторів росту й у мікростадії ВВСН 71-79. Позаяк на цьому етапі розвитку кількість бульбочок у бобових рослин суттєво зменшується і, відповідно, знижується їх активність, а рістрегулятори помітно впливали на збільшення їх кількості для всіх трьох досліджуваних нами сортів. Якщо на контрольному варіанті живлення ( $P_{30}K_{45}$ ) у сорту Готівський (контроль) було 2,9 шт./рослину рожевих бульбочок за загальної кількості 9,1 шт./рослину, то з регуляторами росту

Вимпел, Емістим С, ПлантаПег відповідно 4,4 шт./рослину за загальної – 10,7; 4,1 шт./рослину за загальної 10,2 шт./рослину; 3,7 шт./рослину за загальної 10,0 шт./рослину. Для сорту Чекбек ці показники збільшилися в середньому на 15,9 – 20,1 %, а в гороху сорту Фаргус навпаки зменшувалися на 7,9-9,0 % залежно від регулятора росту. На варіантах удобрення з азотом у дозі  $N_{15}$ ,  $N_{30}$  та  $N_{45}$  кількість як загальна, так і активних бульбочок дещо зменшувалася в середньому на 1,9-2,5 шт./рослину на рослинах, які не були оброблені регуляторами росту залежно від сорту. Можемо відмітити, що рістрегулятори подовжували формування нодуляційного апарату в мікростадії ВВСН 71-79. Так, найвищими показники були в сорту Чекбек на варіанті  $N_{30}P_{30}K_{45}$  та Вимпел, загальна кількість бульбочок становила – 13,9 шт./рослину з них 6,5 шт./рослину були активними. Дещо меншими зафіксували показники в сорту-контроль Готівський, їхня загальна кількість сягала 11,6 шт./рослину з них активних – 5,4 шт./рослину, а наймен-

шою загальною кількістю бульбочок на цьому ж варіанті удобрення була в сорту Фаргус і становила лише 10,6 шт./рослину з них активних – 5,4 шт./рослину. Проаналізувавши варіант удобрення мінеральними добривами в дозах  $N_{45}P_{30}K_{45}$ , ми помітили зменшення загальної кількості, а відповідно й кількості активних бульбочок. На цьому варіанті відсоток активних бульбочок коливався в межах 25,6-49,4 залежно від сорту за дії різних регуляторів росту.

Не менш важливим показником під час вивчення ефективності бобово-ризобіального симбіозу є загальна маса та маса активних бульбочок на коренях рослин гороху (Косенко Л. В., Кругова Е. Д та ін., 2001).

Упродовж 2016 – 2018 рр. досліджень ми спостерігали тенденцію інтенсивного збільшення маси бульбочок до мікростадії ВВСН 61-70, але потім до мікростадії ВВСН 71-79 їх маса зменшувалася. Обприскування рослин гороху препаратами ПлантаПег, Емістим С та Вимпел мали позитивний вплив на симбіотичний апарат гороху посівного (рис. 1).

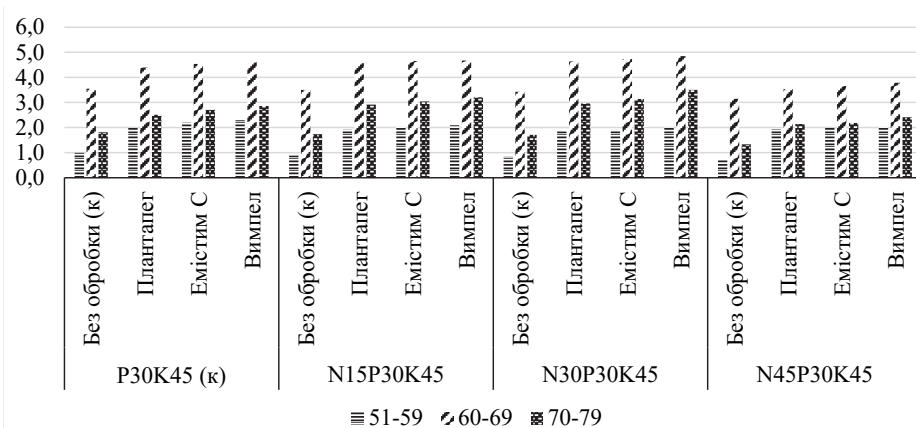


Рис. 1 Загальна маса бульбочок у рослин гороху сорту Готівський (к) залежно від технологічних прийомів, г/10 рослин (середнє за 2016 – 2018 рр.)



У мікростадії ВВСН 51-59 в середньому за три роки, найменшими були показники загальної маси бульбочок на контрольних варіантах удобрення  $P_{30}K_{45}$  та без регуляторів росту. Для гороху сорту Готівський, який був контрольним загальна маса була зафіксована 0,99 г/10 рослин, для сорту Чекбек 1,33 г/10 рослин та для сорту Фаргус 0,63 г/10 рослин.

Зі збільшенням доз азотних добрив ці показники зменшувалися в середньому на 0,20-0,32 г/10 рослин у залежності від сорту, але після обприскування рослин регуляторами росту загальна маса та маса активних бульбочок почала збільшуватися. Так, на варіантах  $N_{15}P_{30}K_{45}$  + регулятори росту показники загальної маси бульбочок для сорту Готівський коливалася в межах 1,91-2,09 г/10 рослин, сорту Чекбек – 2,45-2,49 г/10 рослин та для сорту Фаргус – 1,63-1,80 залежно від дії регуляторів росту, які вивчали (рис. 2).

Нами були зафіксовані максимальні значення загальної маси бульбочок у мікростадії ВВСН 60-69 на всіх сортах

гороху: Готівський, Чекбек та Фаргус. За внесення мінеральних добрив у дозі  $P_{30}K_{45}$  (контроль) загальна маса бульбочок відповідно становила – 3,55 г/10 рослин, 3,82 г/10 рослин та 2,86 г/10 рослин.

Загальна маса бульбочок на всіх етапах росту даної культури зменшувалася при збільшенні доз мінерального азоту. На варіанті-контроль ( $P_{30}K_{45}$ ) у мікростадії ВВСН 60-69 ці показники коливалися в межах 2,86-3,82 г/10 рослин, то у разі додавання азоту в дозі  $N_{15}$  ці показники стали меншими в середньому на 0,11-0,55 г/10 рослин, за внесення  $N_{30}$  на 0,25-0,45 г/10 рослин, а за внесення  $N_{45}$  зменшилися ще на 1,16-1,35 г/10 рослин.

У разі застосування регуляторів росту загальна маса кореневих бульбочок дещо збільшувалася. Найвищими були показники на варіанті удобрення  $N_{30}P_{30}K_{45}$  + Вимпел у сорту гороху Чекбек – 5,41 г/10 рослин. Дещо менша загальна маса бульбочок була сортів Готівський та Фаргус, ці показники становили відповідно 4,85 г/10 рослин і 4,2 г/10 рослин (рис. 3).

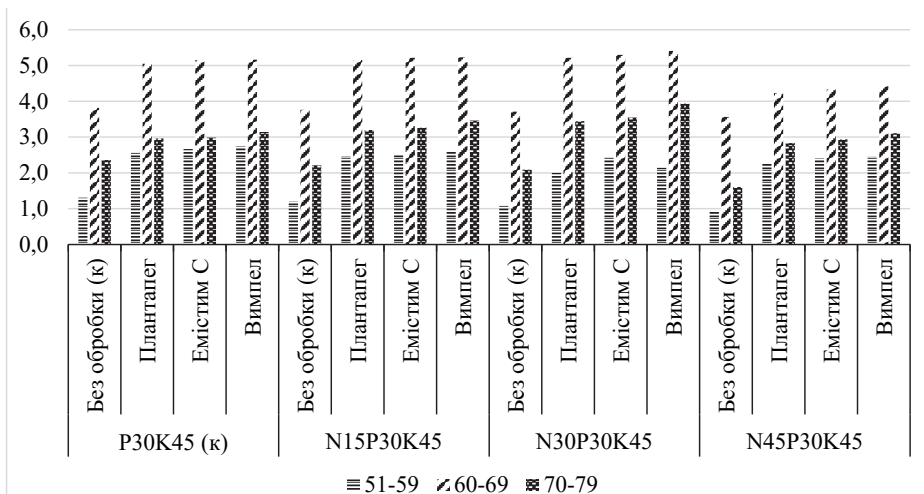


Рис. 2 Загальна маса бульбочок у рослин гороху сорту Чекбек залежно від технологічних прийомів, г/10 рослин (середнє за 2016 – 2018 р.)

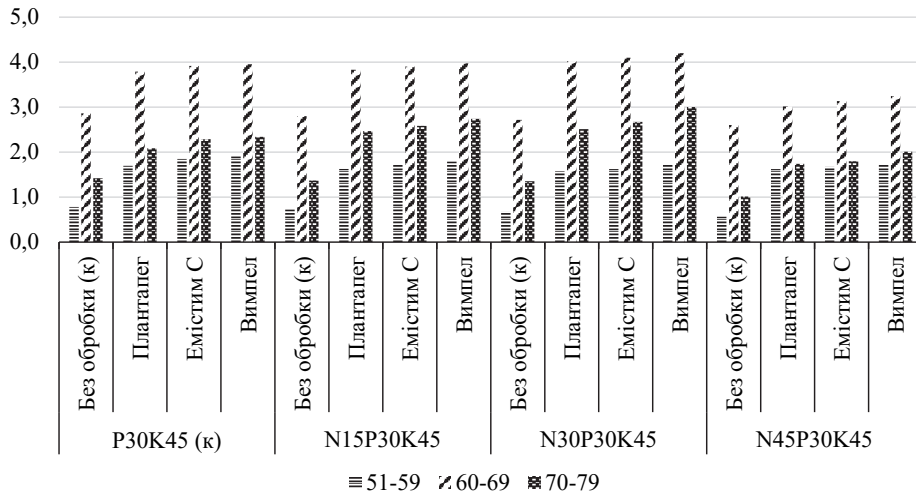


Рис. 3 Загальна маса бульбочок у рослин гороху сорту Фаргус залежно від технологічних прийомів, г/10 рослин (середнє за 2016 – 2018 рр.)

### Висновки.

В умовах Лісостепу Західного нами встановлено позитивний вплив мінеральних добрив та регуляторів росту на формування симбіотичного апарату рослин гороху. Проте збільшення доз азотних добрив перед сівбою гороху призводило до зменшення азотфіксуючих бульбочок на коренях даної культури в середньому на 8,5-10,5 %.

У результаті досліджень регулятори росту рослин збільшували масу активних бульбочок у різних мікростадіях у сорту гороху Чекбек у середньому на 62,2-67,7 %, у сорту Готівський на 39,4-42,7 %, у сорту Фаргус на 34,5-39,6 % у порівнянні з контрольним варіантом (без обробки).

### References

- Glagoleva O. B., Kovalskaya N. U., & Umarov M. M. (1996). Endosymbiosis formation between nitrogen-fixing bacteria *Pseudomonas caryophylli* and rape root cells. *Endosymbiosis Cell Research*. Vol. 11. P. 147-158).
- Spaink H. (2005). Root nodulation and infection factors produced by Rhizobial bacteria. *Microbiology*. Vol. 54. P. 257-288. URL: <https://www.annualreviews.org/doi/full/10.1146/annurev.micro.54.1.257#article-denial>.
- Adamen F. F. & Tourin Y. M. (2005). Vzaïmodiia sortiv soi zi shtamamy bulbochkovykh bakterii. [Interaction of soybean varieties with strains of nodule bacteria]. *Biuletyn Instytutu zernovoho hospodarstva*. [Bulletin of the Institute of Grain Management]. 23-24. P. 103 - 106. [In Ukrainian].
- Barber S. A., Havkina E. Y. (Ed.). (1988). *Biologicheskaya dostupnost pitatelnykh veshchestv v pochve. Mekhanisticheskij podhod*. [The bioavailability of nutrients in the soil. Mechanistic approach]. Moscow: Agropromizdat. [In Russian].
- Verbytskyi N. M., Shurupov V. G., & Ilyushechkin A. V. (2006). Goroh – vysokobelkovaya kultura. [Peas - high protein culture]. *Vestnik RASKHN [Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences]*. 5. P. 11-13. [In Russian].
- Kosenko L. V., Krugova E. D., Mandarovskaya S. M., & Ohrymenko S. M. (2001). Vli-



- yanie stimulyatorov rosta rastenij na Rhizobium leguminosarum bv. Viciae 263b i effektivnost simbioticheskoy azotfikscii u rastenij goroha. [The effect of plant growth stimulants on Rhizobium leguminosarum bv. Viciae 263b and the effectiveness of symbiotic nitrogen fixation in pea plants]. Mikrobiolohichniy zhurnal. [Microbiological Journal]. 63 (5). P. 59-66. [In Russian].
7. Dospheov B. O. (1985). Metodyky polovoho doslidu (z osnovamy statystychnoi obrobky rezultativ doslidzhennia). [Methods of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)]. Moscow: Agropromizdat. [In Ukrainian].
  8. Kaminskyi V. F., Dvoretzka S. P., & Kostyna T. P. (2007). Vplyv system udobrennia na vrozhainist sortiv horokhu riznykh ekolohichnykh hrup [Influence of fertilizer systems on yield of pea varieties of different ecological groups]. Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoho naukovooho tsentru "Instytut zemlerobstva UAAN". [Collection of scientific papers of the National Research Center "UAAS Institute of Agriculture"]. Vol. 2. P. 63-68. [In Ukrainian].
  9. Kashukoyev M. V. & Gazhev H. A. (2006). Soderzhanie, sbor belka i zhira s semyan soi i goroha. [Content, collection of protein and fat from soybean and pea seeds]. Zernovoe hozyajstvo. [Grain farming]. 7. P. 24-26. [In Russian].
  10. Kolisnyk S. I., Kobak S. Y., & Serevetnyk O. V. (2013). Vplyv pryiomiv sortovoi tekhnolohii na formuvannia symbiotychnoi ta nasinnievoi produktyvnosti soi v umovakh Lisostepu Ukrainy. [Influence of methods of varietal technology on the formation of symbiotic and seed productivity of soybeans in the Forest-Steppe of Ukraine]. Kormy i kormovyrobnytstvo. [Feed and feed production]. 76. P. 134-145. [In Ukrainian].
  11. Kruhova O. D. (2001). Fiziolohichni osoblyvosti azotnoho zhyvlennia roslyn horokhu v symbiozi z bulbochkovyvy bakteriiamy. [Physiological features of nitrogen nutrition of pea plants in symbiosis with nodule bacteria]. Fiziolohiia roslyn v Ukraini na mezhi tysiacholit. [Plant physiology in Ukraine at the turn of the millennium]. 1. P. 256-258. [In Ukrainian].
  12. Babych A. O. (Ed.). (1994). Metodyka provedennia doslidiv po kormovyrobnytstvu. [Methods of conducting experiments on feed production]. Vinnytsia. [In Ukrainian].
  13. Pavlovskaya N. E. & Yarovataya M. A. (2004). Izmeneniya soderzhaniya belka i krahmala v semenah goroha. [Changes in protein and starch in pea seeds]. Agrarnaya nauka. [Agricultural science]. 5. P. 8-9. [In Russian].
  14. Sichkar V. I. (2004). Rol zernobobovykh kultur u vyrishenni bilkovoї problemy v Ukraini. [The role of legumes in solving the protein problem in Ukraine]. Kormy i kormovyrobnytstvo. [Feed and feed production]. Vol. 53. P. 110-115. [In Ukrainian].
  15. Titovskaya A. I., Titovskiy A. G., & Shelemeh D. Y. (2002). Tekhnologiya vzdelyvaniya sortov goroha intensivnogo tipa. [Technology of cultivation of grades of peas of intensive type]. Moscow: BASF. [In Russian].
  16. Yeremko L. S., Hanhur V. V., & Kyrychok O. O. (2019). Mineralne zhyvlennia yak faktor pidvyschennia fotosyntetychnoi produktyvnosti i urozhainosti posiviv horokhu. [Mineral nutrition as a factor of increasing photosynthetic productivity and yield of field pea]. Visnyk PDAA. [PDAA Bulletin]. 3. P. 50-56. DOI: 10.31210/visnyk2019.03.06. [In Ukrainian].
  17. Petrychenko V. F., Kobak S. Ya., Chorna V. M., Kolisnyk S. I., Lykhochvor V. V., & Pyda S. V. (2018). Formuvannia azotfiksuvalnoho potentsialu ta produktyvnosti sortiv soi selektsii instytutu kormiv ta silskoho hospodarstva NAAN. [Formation of the Nitrogen-Fixing Potential and Productivity of Soybean Varieties Selected at the Institute of Feeds and Agriculture of Podillia of NAAS]. Mikrobiolohichniy zhurnal. 80 (5). P. 63-75. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201811-08>. [In Ukrainian].

---

**M. I. Bahmat, D. P. Plahytiy, K. S. Nebaba, (2020). THE INFLUENCE OF MINERAL FERTILIZERS AND GROWTH REGULATORS ON FORMATION OF THE SYMBIOTIC APPARATUS OF FIELD PEA VARIETIES IN THE CONDITIONS OF WESTERN FOREST-STEPPE OF UKRAINE. PLANT AND SOIL SCIENCE, 11(3): 33–42.**

<https://doi.org/10.31548/agr2020.03.033>

**Abstract.** *The article presents the main results reached in our study of the influence of mineral fertilizers and growth regulators on formation of the symbiotic apparatus of field pea varieties of the conditions of Western Forest-Steppe.*

*Experimental part of the research was carried out during 2016-2018 in the experimental field of the Training and Production Center "Podilya" at the State Agrarian and Engineering University in Podilya. The field experiment was laid down in the research ten-digit crop rotation. Soil of the experimental field was the typical black earth, characterized as deep, low-humus, and heavy gravel on forest-like loams. The research was set under the optimal conditions for the formation of nodulation apparatus on the roots of the following pea varieties: Gotovsky, Chekbek and Fargus. During the growth stage BBSN 60-69, with application of N30P30K45 fertilizer combined with Vimpel growth regulator, was recorded both the highest general number of nodules per plant, and the highest number of active nodules. With the same combination of mineral fertilizer and growth regulator, the Gotovsky variety demonstrated the rates of 43,2 nodules per plant, including 19,1 active nodules per plant; the Chekbek variety demonstrated the rates of 52.2 nodules per plant, including 23.4 active nodules per plant; the Fargus variety demonstrated 41.6 nodules, 16.2 active nodules per plant, respectively.*

**Keywords:** *field pea, variety, mineral fertilizer, growth regulator, nodule, nitrogen-fixation.*

---