

**ВПЛИВ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН І БІОПРЕПАРАТІВ НА
ПРОДУКТИВНІСТЬ ГОРОХУ ПОСІВНОГО (*Pisum sativum* L.)
В УМОВАХ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ.**

***В. В. Калитка, доктор сільськогосподарських наук, професор
М. В. Капінос, аспірант*
Таврійський державний агротехнологічний університет***

Досліджено вплив регуляторів росту рослин АКМ, Гумаксид і біопрепарату Ризобофіт на ріст, розвиток і симбіотичну азотфіксацію гороху посівного. Встановлено, що їх використання для передпосівної обробки насіння і вегетуючих рослин індукує симбіотичну азотфіксацію, стимулює фотосинтетичну діяльність, збільшує чисту продуктивність фотосинтезу та підвищує врожайність гороху за умов недостатнього зволоження степової зони України.

Горох посівний, регулятори росту, біопрепарати, симбіотична азотфіксація, фотосинтетичний потенціал, чиста продуктивність фотосинтезу, врожайність.

Інтенсифікація процесу симбіотичної азотфіксації є однією з актуальних проблем сучасного землеробства. Нестача азоту негативно позначається на інтенсивності синтезу азотовмісних органічних сполук, функціонуванні фотосинтетичного апарату, ростових процесах рослин, що обмежує утворення репродуктивних органів, призводить до зменшення врожайності і зниження вмісту білка в зерні [5].

Одним із перспективних шляхів вирішення цієї проблеми є збільшення частки симбіотрофного азоту в агроценозах під час забезпечення високоефективного симбіозу бобових культур і відповідними видами бульбочкових бактерій [3]. Численними дослідженнями встановлено, що доцільним агроприйомом у технологіях вирощування бобових культур є передпосівна обробка насіння активними штамми специфічних ризобій, яка сприяє інтродукції у ґрунтові мікробіоценози високоефективних штамів бульбочкових бактерій, підвищує азотфіксацію і позитивно впливає на азотний фон живлення рослин [12]. Слід відзначити, що використання біопрепаратів на основі специфічних бульбочкових бактерій призводить до формування місцевих популяцій ризобій, які можуть стати потенційним бар'єром для інтродукції нових високоефективних штамів [13]. Також доведено, що на інтенсивність протікання процесу фіксації молекулярного азоту та його ефективність значною мірою впливають біотичні та абіотичні стресові

*Науковий керівник – доктор сільськогосподарських наук, В. В. Калитка
© В. В. Калитка, М. В. Капінос, 2015

фактори навколишнього середовища, що є актуальним у Південному Степу України. У зв'язку з цим виникає необхідність у застосуванні біологічно активних речовин антистресової дії, які б підвищували стійкість рослин проти несприятливих факторів довкілля, активували функціонування ґрунтової біоти і сприяли збільшенню врожайності та якості сільськогосподарської продукції.

Фізіологічні механізми впливу РРР на ріст і розвиток рослин показано на прикладі впливу фітогормонів на поділ клітин, фотосинтез та процеси дихання, засвоєння елементів живлення зернових культур [2], тоді, як дія РРР на ефективність біологічної фіксації азоту і продуктивність зернобобових культур вивчена недостатньо.

Метою нашого дослідження було встановити вплив природних і синтетичних біологічно активних речовин антистресової дії та бактерій роду *Rhizobium* на ріст, розвиток, ефективність симбіотичної азотфіксації та продуктивність гороху посівного.

Методика дослідження. Дослідження проводили на дослідному полі НДІ агротехнологій та екології Таврійського державного агротехнологічного університету протягом 2012-2014 р.р. У досліді використане насіння гороху посівного (*Pisum sativum* L.) сорту Глянс. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем південний середньосуглинковий з вмістом гумусу - 2,7%, легкогідролізованого азоту - 71,0 мг/кг, рухомого фосфору – 137,5 мг/кг, обмінного калію – 179,5 мг/кг.

Метеорологічні умови вегетаційних періодів характеризувалися недостатньою кількістю і нерівномірністю випадання опадів та підвищеними температурами. Найбільш тривалий бездощовий період (11.04 – 15.05) спостерігався у 2013 році. Тому результати фізіологічних досліджень наведені саме за цей рік.

У дослідженні був використаний регулятор росту природного походження Гумаксид [10], синтетичний препарат АКМ та мікробний препарат Ризобофіт (*Rhizobium*, штам 261-Б) [11]. Насіння обробляли робочими розчинами препаратів за схемою, наведеною у табл. 1, із розрахунку 20 л робочого розчину на 1 т насіння. Повторність варіантів у досліді – шестиразова. Насіння висівали на дослідних ділянках площею 10 м², розміщених методом неповної рендомізації. Захисні смуги 30 см. Норма висіву становила 116 схожих насінин на 1 м². У фазу 2-3 прилистків нормували густоту стояння рослин (95 шт./м²). Позакореневу обробку рослин здійснювали двічі у фазу формування 2-3 прилистків та 5-6 прилистків із розрахунку 300 л робочого розчину на 1 га.

1. Схема дослідю.

Варіант	Препарат, норма витрати	
	обробка насіння, л/т	обробка рослин, л/га
Перший (Контроль)	Вода	Вода
Другий	Ризобофіт, 0,5	Вода
Третій	Гумаксид, 0,3	Гумаксид, 0,6
Четвертий	АКМ, 0,3	АКМ, 0,5

Площу листової поверхні, фотосинтетичний потенціал посіву (ФСП), масу сухої речовини, чисту продуктивність фотосинтезу (ЧПФ), кількість активних бульбочок, показники врожайності, вміст азоту визначали за загальноприйнятими методиками [6, 4, 7]. Дисперсійний та кореляційний аналіз і статистичну оцінку середніх показників проводили за методикою Б. Доспехова та програмою «Statistica – 6» [7].

Результати дослідження та їх аналіз. Інокуляція насіння ефективним штамом ризобій та інкрустація РРР неоднозначно вплинула на формування бобово-ризобіального симбіозу. На стадії 3-4 прилистків найбільша кількість бульбочок утворювалась на рослинах контрольного варіанта, а найменша – під час інокуляції насіння бактеріальною суспензією штаму 261-Б (рис. 1). Ймовірно наявність у ґрунті конкурентоспроможних спонтанних популяцій ризобій є бар'єром для інтродукції нових вискоелективних штамів [14].

Інкрустація насіння Гумаксидом суттєво не впливала на кількість бульбочок, тоді як за дії АКМ вона зменшувалась стосовно контролю в 1,5 рази. Отже, на стадіях росту проростка гороху формування бобово-ризобіального симбіозу визначається щільністю місцевої популяції бульбочкових бактерій і складом препарату для передпосівної обробки насіння.

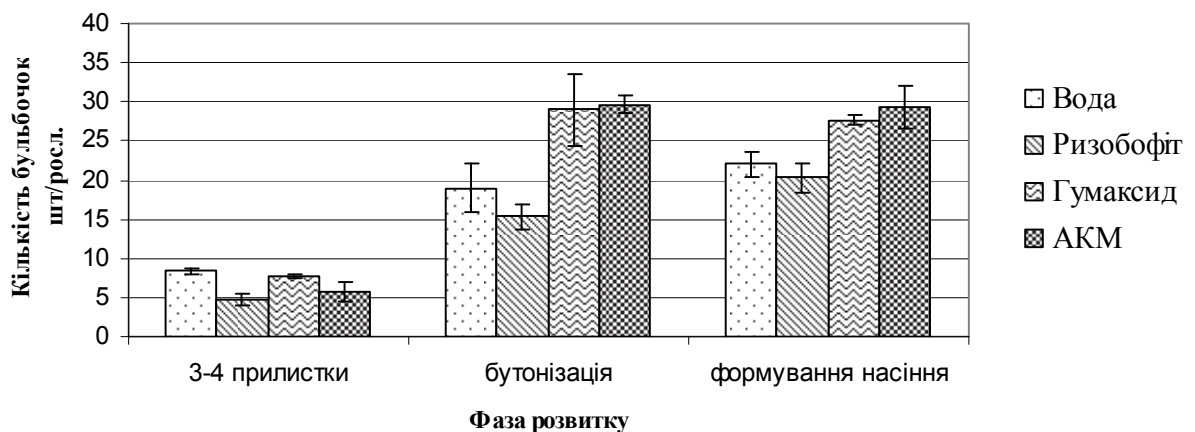


Рис.1 Вплив Ризобіофіту і РРР на кількість функціонально активних бульбочок, n=10

Участь фенольних сполук під час формування бобово-ризобіального симбіозу на етапі преінфекції доведена Л. Е. Макаровою [9]. При цьому, у низьких концентраціях фенольні сполуки активують подгени ризобій, а у високих можуть інгібувати їх експресію. Використані для інкрустації насіння препарати різняться складом фенольних сполук: АКМ містить доступний монофенол, а Гумаксид суміш менш доступних поліфенолів. На стадіях росту проростка склалися дуже несприятливі гідротермічні умови (ГТК =0-0,1). Тому концентрація біологічно активних речовин у ризосфері первинного кореня була високою. Підвищені концентрації фенольних сполук у ризосфері первинного кореня під час обробки насіння розчином АКМ ймовірно і були причиною меншої кількості бульбочок у таких рослин у цей період.

На початку репродуктивної стадії розвитку рослин (фаза бутонізації) їх симбіоз з «місцевими» популяціями ризобій досягав максимуму, особливо за використання регуляторів росту. Кількість бульбочок за дії Гумаксиду і АКМ була більшою, порівняно з контрольним варіантом у 1,5-1,6 рази (див. рис.1). Цьому сприяли гідротермічні умови (ГТК = 1,3). Ризобіот не забезпечував домінування інтродукованого штаму (261-Б) ризобій і кількість бульбочок була на рівні контролю.

У фазу формування насіння вплив рістстимулювальних речовин на бобово-ризобіальний симбіоз зберігався на достовірно вищому рівні стосовно як контрольних, так і бактеризованих рослин.

Таким чином, інкрустація насіння гороху Гумаксидом і АКМ, які містять природні і синтетичні фенольні сполуки в решті-решт сприяє формуванню ефективних симбіотичних взаємовідносин з ґрунтовими популяціями *Rhizobium*, що відзначається у публікаціях інших авторів [9].

У цілому частка впливу фактора обробки насіння і рослин на кількість бульбочок становить 68-69% у всі досліджені фази розвитку рослин гороху.

Ефективність симбіозу бульбочкових бактерій з рослинами можна оцінити за накопиченням азоту в ґрунті та вегетативних і репродуктивних органах гороху. Між умістом азоту в ґрунті, рослинах і зерні та кількістю бульбочок встановлено сильний прямий кореляційний зв'язок ($r = 0,827 - 0,915$). Але характер розподілу біологічно фіксованого азоту залежить від досліджуваного препарату і природи *Rhizobium*.

Ефективність симбіотичної азотфіксації у рослин контрольного варіанта недостатня для компенсації біологічного виносу азоту з ґрунту, про що свідчить зменшення на 20% умісту легкогідролізованого азоту в ґрунті після збирання гороху з контрольної ділянки (табл. 2).

2. Нагромадження азоту в ґрунті, вегетативних та репродуктивних органах гороху сорту Глянс залежно від дії мікробних та рістстимулювальних препаратів, $M \pm m$, $n=10$

Варіант	Вміст азоту		
	в ґрунті, мг/кг	у вегетативних органах рослин, мг/г	в насінні, мг/г
1(к)	56,9±1,7	12,0±0,2	33,9±0,2
2	66,8±2,1*	13,4±0,1*	33,2±0,2*
3	82,4±2,3*	19,1±0,2*	37,4±0,3*
4	98,1±1,2*	18,4±0,3*	39,5±0,2*

*Достовірність різниці порівняно з контролем, $p \leq 0,05$

Інкрустація насіння гороху рістстимулювальними препаратами активізує симбіоз рослин з місцевими популяціями ризобій, що супроводжується не лише повною компенсацією виносу азоту біологічним урожаєм культури, а й приростом його вмісту в ґрунті на 11,4 – 27,1 мг/кг, збільшенні вмісту азоту в насінні на 10-17%, у вегетативних органах - на 53-59%. Слід відзначити, що Гумаксид найбільше впливає на нагромадження азоту у вегетативних органах рослин, а АКМ – у

репродуктивних. За ефективністю впливу на симбіотичну азотфіксацію Ризобофіт поступається дослідженим рістстимулювальним препаратам.

Численними дослідженнями доведено, що ефективний симбіоз бульбочкових бактерій з рослиною встановлюється в тому випадку, коли бульбочки отримують достатню кількість продуктів фотосинтезу, що є джерелом енергії для фіксації молекулярного азоту та асиміляції аміаку. Інтенсивність фотосинтетичної діяльності залежить, перш за все, від величини листової поверхні, яка для напівбезлисточкових форм гороху визначається нормально розвинутими прилистками [1].

Нами встановлено, що інокуляція насіння гороху Ризобофітом та інкрустація рістрегулювальними препаратами позитивно впливала на формування листової поверхні рослин. Так, на початку вегетації, а саме у фазу формування 2-3 прилистків, найбільший приріст їх поверхні спостерігався за обробки насіння мікробним препаратом Ризобофіт і був на 25% більшим, ніж у контролі (табл.3). За використання АКМ і Гумаксиду стимулювальний ефект був меншим і становив 12,8 і 14,7%.

3. Динаміка площі поверхні прилистків та фотосинтетичний потенціал гороху в онтогенезі залежно від дії мікробних і рістстимулювальних препаратів, $M \pm m$, $n=10$

Показник	Фаза розвитку	Варіант			
		1 (к)	2	3	4
Площа прилистків однієї рослини, $cm^2/rocl.$	2-3 прилистки	25,8±0,3	32,3±3,2*	29,6±1,5*	29,1±2,6*
	3-4 прилистки	55,5±3,7	50,1±1,0	71,6±3,7*	65,1±1,1*
	Бутонізація	152,6±12,4	157,4±22,4	179,8±15,0*	180,4±17,9*
	Формування насіння	146,5±19,5	180,7±4,6*	195,6±3,0*	168,4±5,0*
ФСП, тис. $m^2 \cdot dn./ga$	Бутонізація	463,8	487,3	546,6	548,4
	Формування насіння	584,4	721,0	780,6	671,7

*Достовірність різниці порівняно з контролем, $p \leq 0,05$

Дворазове обприскування рослин гороху розчинами Гумаксиду (варіант три) і АКМ (варіант чотири) збільшило показники площі прилистків на 30-43% після першої обробки (фаза 3-4 прилистків) і на 15-18% після другої (фаза бутонізації), порівняно з необробленими рослинами першого і другого варіантів. У цілому площа листової поверхні досягала найбільших значень (18,6 тис. m^2/ga) за обробки насіння і рослин розчином Гумаксиду.

У порядку збільшення стимулювального впливу на формування листової поверхні рослин гороху досліджені препарати можна розмістити в ряд: Ризобофіт, АКМ, Гумаксид.

Частка впливу досліджуваного фактора на формування площі прилистків мала найбільші значення у фазу 3-4 прилистків (81%) і у фазу

формування насіння (60%). В інші фази частка впливу дослідженого фактора на формування листової поверхні не перевищувала 45%, що свідчить про значний вплив абіотичних факторів, зокрема, гідротермічних умов і запасу продуктивної вологи в ґрунті.

Для отримання високих урожаїв важливо не тільки створення великої листової поверхні, але й подовження тривалості її функціонування з найбільшою продуктивністю. Тому дуже важливим є характер впливу досліджуваних препаратів на фотосинтетичний потенціал (ФСП) посіву.

У наших дослідженнях найбільший ФСП був сформований рослинами гороху за дії Гумаксиду і перевищував ФСП контрольних рослин у фазу бутонізації на 17,9%, а у фазу формування насіння – на 33,6% (табл.3). Вплив Ризобофіту на ФСП бактеризованих рослин був суттєвим лише у фазу формування насіння. Використання АКМ для обробки насіння і вегетуючих рослин забезпечило стабільний, але менший за показником ФСП ефект.

Інтенсивність роботи фотосинтетичного потенціалу посіву характеризується чистою продуктивністю фотосинтезу (ЧПФ), яка змінюється за фазами розвитку залежно від передпосівної обробки насіння, обприскування рослин і метеорологічних умов. Максимальна ЧПФ була у фазу формування насіння в усіх варіантах досліді (рис. 2).

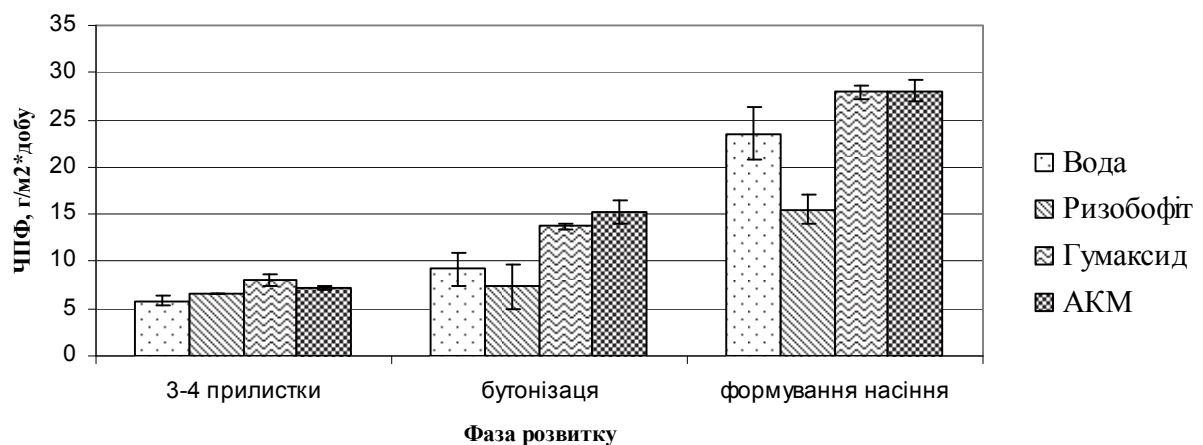


Рис.2 Вплив Ризобофіту і PPP на чисту продуктивність фотосинтезу рослин гороху, n=10

Інокуляція насіння Ризобофітом забезпечила активізацію фотосинтетичної діяльності рослин гороху в фазу 3-4 прилистків і ЧПФ збільшилась на 12,7%, порівняно з контролем. За ефективністю впливу, Гумаксид і АКМ перевищували Ризобофіт і ЧПФ була більшою стосовно контролю на 23,5–40,1%, а бактеризованих рослин на 9,6-24,4%. В інші фази розвитку бактеризовані рослини знижували фотосинтетичну діяльність, що негативно відбилось на формуванні зернової продуктивності гороху. У фазу бутонізації в зв'язку з неоднозначними змінами маси сухої речовини рослин і площі листового апарату найбільша ЧПФ була за дії регулятора росту АКМ і перевищувала

показник у контрольних рослин на 66%. Ефективність застосування рістстимулювальних препаратів підтвердилась результатами дослідження ЧПФ у фазу формування насіння. Так, достовірне збільшення цього показника спостерігалось як за обробки АКМ, так і Гумаксидом. Різниця за ЧПФ порівняно з контролем, за використання АКМ становила 19,6%, а за обробки природними гуматами – 18,7%.

Отже, обприскування рослин гороху розчинами досліджуваних РРР, які містять синтетичні та природні фенольні речовини в низьких концентраціях ($5 \cdot 10^{-4}$ г/л) забезпечує стійкий антистресовий ефект, що супроводжується активізацією фотосинтетичної діяльності і зростанням ЧПФ. Частка впливу досліджуваного фактора на ЧПФ становила 70-82%, залежно від фази розвитку рослин.

4. Урожайність зерна гороху за використання в технології вирощування мікробних і рістстимулюючих препаратів, $M \pm m$, $n=180$ (середнє за 2012-2013 р.р.)

Варіант	Кількість бобів на одній рослині, шт	Кількість насінин в бобі, шт	Маса 1000 насінин, г	Біологічна урожайність, т/га
1 (к)	3,42±0,09	3,25±0,02	232,15±2,58	2,45±0,20
2	2,95±0,15*	3,56±0,04*	229,47±5,64	2,41±0,32
3	2,96±0,25*	4,45±0,04*	251,19±2,15*	3,14±0,18*
4	2,98±0,24*	4,38±0,07*	258,5±1,25*	3,21±0,1*

*Достовірність різниці порівняно з контролем, $p \leq 0,05$

Інтегральним показником ефективності обробки насіння і вегетуючих рослин мікробними і рістстимулювальними препаратами є формування зернової продуктивності посіву. Наші дослідження показали, що в умовах польового дослід у варіантах з використанням регуляторів росту була отримана достовірна прибавка врожаю 0,69-0,76 т/га. Прибавка врожаю за використання АКМ і Гумаксиду отримана в основному за рахунок збільшення на 36% кількості насінин у бобі (табл. 4). За несприятливих гідротермічних умов у фазі бутонізації – цвітіння – формування насіння Ризобіфит не проявляє антистресових властивостей і бактеризовані рослини реагують на стрес зниженням зернової продуктивності у тій самій мірі, що і контрольні рослини.

Висновки

1. Використання регуляторів росту Гумаксид і АКМ під час вирощування гороху сприяло підвищенню ефективності бобово-ризобіального симбіозу, що в свою чергу сприяло збільшенню вмісту азоту в вегетативних органах рослин в 2,0-2,4 рази та в насінні – на 10-17% порівняно з контролем. Активізація роботи азотфіксуючих бактерій сприяла більшому нагромадженню легкогідралізованого азоту в ґрунті, що дозволяє значно знизити внесення азотних добрив під наступну культуру сівозміни.

2. Використання Гумаксиду і АКМ для інкрустації насіння та позакореневої обробки рослин гороху сприяє формуванню більшої на 15-

43% площі прилистків, зростанню 17,9-33,6% фотосинтетичного потенціалу посіву і на 23,5-40,1% чистої продуктивності фотосинтезу, порівняно до контролю.

Використання природних гуматів і синтетичних фенольних речовин для передпосівної обробки насіння та вегетуючих рослин гороху забезпечує достовірну прибавку врожаю та отримання високобілкового зерна.

Список літератури.

1. Алиев Д. А. Фотосинтез и урожай сои / Д. А. Алиев, З. И. Акперов. – М.: Урожай, 1995. – 126 с.
2. Біологічно активні речовини в рослинництві: навч. посіб. / [З. М. Грицаєнко, С. П. Пономаренко, В. П. Карпенко, І. Б. Леонтюк]; Акад. наук вищ. освіти України, Уман. держ. аграр. ун-т. – К., 2008. – 352 с.
3. Бутвина О. Ю. Высококонкурентные штаммы клубеньковых бактерий – основа эффективности биопрепаратов / О. Ю. Бутвина, Н. З. Толкачев, А. В. Князев // Мікробіол. журн. – 1997. – Т. 59. – № 4. – С. 123–131.
4. Грицаєнко З. М. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів / З. М. Грицаєнко, А. О. Грицаєнко, В. П. Карпенко. – К.: Нічлава, 2003. – 320 с.
5. Дидович С. В. Интродукция клубеньковых бактерий в микробные ценозы почвы при выращивании новых видов бобовых растений на юге Украины / С. В. Дидович, И. А. Каменева, О. Ю. Бутвина, Н. З. Толкачев // Бюл. Держ. Нікітського бот. саду. – 2004. – № 89. – С. 38-41.
6. ДСТУ 4138-2002. Національний стандарт України. Насіння сільськогосподарських культур. – К.: Держстандарт України, 2003. – 173.
7. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
8. Макарова Л. Е. Физиологическое значение фенольных соединений при формировании бобово-ризобияльного симбиоза на этапе преинфекции / Л. Е. Макарова // Вісник Харківського НАУ, серія Біологія. – 2012. Вип. 2 (26). – С. 25-40.
9. Основи наукових досліджень в агрономії / [В. О. Єщенко, П. Г. Копитко, В. П. Опришко, П. В. Костогриз]. – К.: Дія, 2005. – 288 с.
10. ПАТ. Україна, МПК А 01 С1/00, А 01 N31/00, А 01 N61/00 Композиція для передпосівної обробки насіння сільськогосподарських культур ("Гумаксид") / В. В. Калитка, М. В. Капінос (Україна). – №201302873; заявл. 07.03.2013.
11. Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. – К.: Юнівест Медіа, 2010. – 544 с.
12. Толкачев Н. З. Биотехнологические аспекты координированной селекции клубеньковых бактерий и бобовых растений / Н. З. Толкачев // Междунар. конф. "Микробиология и биотехнология XXI столетия" (Минск, 22-24.05.2002 г.). – Минск, 2002. – С. 152-153.
13. Catroux G. Trends in rhizobial inoculants production and use / G. Catroux, A. Hartmann, C. Revellin // Plant and Soil. – 2001. – Vol. 230. – № 1. – P. 21–30.
14. Volkogon M. V. Microbiological processes in rhizosphere of winter wheat at plants treatment with the growth regulating preparation Biowheatrex / M. V. Volkogon, I. V. Dragovoz., V. K. Yavorska // International scientific conference "S.P. Kostychev and contemporary agricultural microbiology", Yalta, Ukraine, 2007. – Abstracts. – P. 119.

Исследовано влияние регуляторов роста растений (АКМ, Гумаксид) и биопрепарата (Ризобофит) на рост, развитие и симбиотическую азотфиксацию гороха посевного. Установлено, что использование указанных препаратов для предпосевной обработки семян и вегетирующих растений индуцирует симбиотическую азотфиксацию, стимулирует фотосинтетическую деятельность, увеличивает чистую продуктивность фотосинтеза и повышает урожайность гороха в условиях недостаточного увлажнения степной зоны Украины.

Горох посевной, регуляторы роста, биопрепараты, симбиотическая азотфиксация, фотосинтетический потенциал, чистая продуктивность фотосинтеза, урожайность.

The effect of plant growth regulators (AKM, Humaksyd) and biological product (Ryzobofit) on the growth, development and symbiotic nitrogen fixation pea. Found that the use of these drugs for pre-treatment of seeds and growing plants induce symbiotic nitrogen fixation, stimulates photosynthetic activity, increased net photosynthetic performance and increases the yield of peas in low hydration Steppe zone of Ukraine.

Pea seeds, growth regulators, biological products, symbiotic nitrogen fixation, photosynthetic potential, net photosynthesis productivity, yield.