

CZU 635.656 : 631.81 (477.7)

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОДУКЦИОННОГО ПРОЦЕССА ГОРОХА (*PISUM SATIVUM* L.) В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ СТЕПИ УКРАИНЫ

*В.В. КАЛИТКА, М.В. КАПИНОС*

*Таврический государственный агротехнологический университет*

**Abstract.** In the course of the study (2012-2014) there was revealed the effect of the microbial preparation (Rizobofit) and plant growth regulators (Gumaksid and AKM) on the symbiotic nitrogen fixation, photosynthetic activity and grain productivity in garden pea. Experiments were conducted six times in accordance with the methodology and techniques provided for laboratory and field studies. We used common methodologies to determine leaf area, photosynthetic potential, dry mass, net photosynthetic productivity, the number of active tubers, yield indices and nitrogen content. The results show that the use of the biological product in combination with plant growth regulators to treat seeds and vegetative pea plants stimulates the photosynthetic activity, increases net photosynthetic productivity, provides grain yield increase of 0.87 - 1.79 t/ha with the biological yield in the control group of 2.45 t/ha, increases protein yield from 1 hectare by 1.6 - 2.2 times compared to the control group through the enhanced symbiotic nitrogen fixation and biological nitrogen assimilation.

**Key words:** *Pisum sativum*; Biopreparations; Growth regulators; Symbiotic nitrogen fixation; Photosynthetic activity; Crop yield.

**Реферат.** В ходе проведенных исследований (2012-2014 гг.) было изучено влияние микробного препарата (Ризобифит) и регуляторов роста растений (Гумаксид и АКМ) на симбиотическую азотфиксацию, фотосинтетическую деятельность и зерновую продуктивность гороха посевного. Опыты закладывали в шестикратной повторности в соответствии с методикой и техникой постановки лабораторно - полевых опытов. Площадь листовой поверхности, фотосинтетический потенциал, массу сухого вещества растений, чистую продуктивность фотосинтеза, количество активных клубеньков, показатели урожайности, содержание азота определяли по общепринятым методикам. Полученные результаты свидетельствуют о том, что использование биопрепарата в комплексе с регуляторами роста растений для обработки семян и вегетирующих растений гороха стимулирует фотосинтетическую деятельность, увеличивает чистую продуктивность фотосинтеза, обеспечивает прирост зерновой продуктивности на 0,87 – 1,79 т/га при биологической урожайности в контроле 2,45 т/га, увеличивает выход белка с 1 га в 1,6 – 2,2 раза по сравнению с контролем за счет активизации симбиотической азотфиксации и усвоения биологического азота.

**Ключевые слова:** *Pisum sativum*; Биопрепараты; Регуляторы роста; Симбиотическая азотфиксация; Фотосинтетическая деятельность; Урожайность.

### ВВЕДЕНИЕ

Бобовые культуры характеризуются большим биологическим выносом азота, и при недостатке этого элемента питания снижается и урожайность, и белковая продуктивность (Дозоров, А.В., Костин, О.В. 2003). В связи с высокой энергоемкостью, дороговизной и экологической опасностью применения больших доз азотных удобрений возрастает значение биологической фиксации азота воздуха. Поэтому важнейшим технологическим приёмом при выращивании бобовых культур является инокуляция семян активными штаммами ризобий и создание оптимальных условий для эффективного симбиоза (Дозоров, А.В., Костин, О.В. 2003; Гриник, I.В., Патика, В.П., Шкатула, Ю.М. 2011).

Создание благоприятных условий для симбиотической азотфиксации возможно путем регуляции метаболизма клубеньковых бактерий и воздействия на бобоворизобияльный симбиоз регуляторами роста и развития растений (PPP) (Дидович, С.В., Каменева, И.А. и др. 2004; Грицаенко, З.М., Пономаренко, С.П. и др. 2008).

Поэтому целью наших исследований было изучение влияния микробного препарата (Ризобифит) и регуляторов роста растений (Гумаксид и АКМ) на симбиотическую азотфиксацию, фотосинтетическую деятельность и зерновую продуктивность гороха.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводились на опытном поле НИИ агротехнологий и экологии Таврического государственного агротехнологического университета в течение 2012 – 2014 г.г. В опытах

использовали семена гороха посевного (*Pisum sativum L.*) сорта Глянс. Почва опытного участка представлена черноземом южным среднесуглинистым с содержанием гумуса (по Тюрину) – 2,8%, легкогидролизуемого азота (по Корнфилду) – 72 мг/кг, подвижного фосфора (по Чирикову) – 138 мг/кг и обменного калия (по Чирикову) – 180 мг/кг. Обеспеченность почвы основными элементами питания, кроме азота, соответствует агробиологическим требованиям гороха.

Метеорологические условия вегетационных периодов характеризовались недостаточным количеством осадков (2012 г. – 110 мм, 2013 г. – 99 мм, 2014 г. – 216,2 мм) и неравномерным их распределением по фазам развития растений.

В исследованиях были использованы микробный препарат Ризобифит (*Rhizobium*, штамм 261-Б, титр 5-6 млрд./мл) и регуляторы роста растений Гумаксид и АКМ (Патент Украины № 83091; Патент Украины № 8501). Опыты закладывали в шестикратной повторности с учетной площадью 10 м<sup>2</sup> в соответствии с методикой и техникой постановки лабораторно- полевых опытов (Єщенко, В.О., Копитко, П.Г. и др. 2005).

Семена обрабатывали рабочими растворами препаратов согласно схеме, представленной в таблице 1, из расчета 20 л рабочего раствора на 1 т семян. Семена высевали в третьей декаде марта. Норма посева 116 всхожих семян на м<sup>2</sup>. В фазу 2-3 прилистников нормировали густоту стояния растений (95 шт/м<sup>2</sup>).

Опрыскивание растений проводили дважды, в фазу формирования 2-3 прилистников и 5-6 прилистников из расчета 300 л/га.

Таблица 1. Схема опыта

Вариант	Препарат, норма расхода	
	Обработка семян, л/т	Обработка растений, л/га
1 (к)	Вода	Вода
2	Ризобифит, 0,5	Вода
3	Гумаксид, 0,3 +Ризобифит, 0,5	Гумаксид, 0,6
4	АКМ, 0,3+Ризобифит, 0,5	АКМ, 0,5

Площадь листовой поверхности, фотосинтетический потенциал (ФСП), массу сухого вещества растений, чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ), количество активных клубеньков, показатели урожайности, содержание азота определяли по общепринятым методикам (Єщенко, В.О., Копитко, П.Г. и др. 2005; ДСТУ 4138-2002; Грицаєнко, З.М., Грицаєнко, А.О., Карпенко, В.П. 2003).

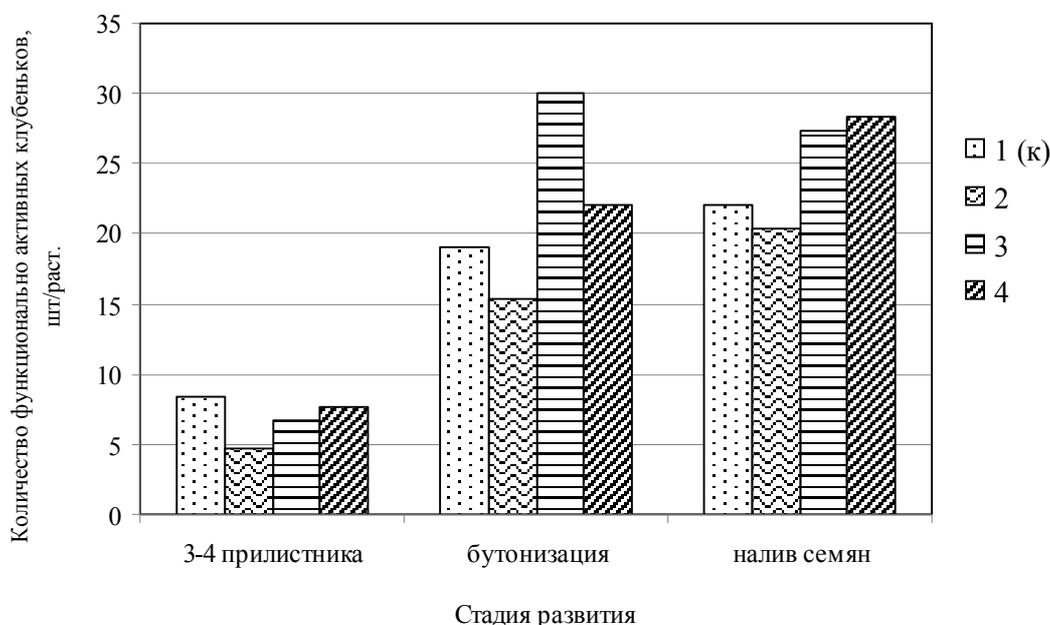
Дисперсионный и корреляционный анализы проводили по методике Б.А. Доспехова и программе «Statistika-6» (Доспехов, Б.А. 1985).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Инокуляция семян гороха Ризобифитом отдельно или в комплексе с регуляторами роста (Гумаксид и АКМ) перед посевом неоднозначно влияет на формирование бобово-ризобияльного симбиоза. На начальных стадиях вегетации наибольшее количество клубеньков образуется у растений контрольного варианта, а наименьшее – при инокуляции семян бактериальной суспензией штамма 261 – Б (Рис. 1). По-видимому, эффективность спонтанных штаммов ризобий почвы оказалась выше по сравнению с заводским штаммом или их численность была больше. В литературе встречаются данные, что инокуляция семян гороха эффективным штаммом ризобий в 50% случаев не оказывает влияния на активность симбиоза (Доросинский, Л.М. 1970).

Существенного влияния на формирование бобово- ризобияльного симбиоза не установлено и при обработке семян Ризобифитом совместно с Гумаксидом и АКМ (Рис.1).

Двукратное опрыскивание растений гороха растворами регуляторов роста в вегетативный период оказывает существенное влияние на эффективность бобово-ризобияльного симбиоза. Максимальное количество клубеньков образуется в фазу бутонизации при использовании Ризобифита с Гумаксидом и в фазу налива семян – при использовании Ризобифита с АКМ (Рис. 1.). При этом в репродуктивный период развития гороха количество клубеньков на обработанном растении на 16-59% больше по сравнению с контролем. Стимулирующий эффект регуляторов роста объясняется тем, что они оказывают сильное антистрессовое действие и повышают устойчивость растений к недостатку влаги.



**Рисунок 1.** Влияние микробных и ростостимулирующих препаратов на количество функционально активных клубеньков, шт./раст.,  $n=10$

Кроме этого, фенольные соединения указанных регуляторов роста могут участвовать в активизации геномной системы ризобий и в контроле количества инокулированных бактерий, что отмечено в работах Л.Е. Макаровой (2012).

В целом доля влияния фактора обработки семян и растений указанными препаратами на количество функционально активных клубеньков в вегетативный период составляет 73%. В репродуктивный период при обработке растений РРР доля влияния этого фактора на бобово-ризобиальный симбиоз снижается до 54-70%.

Эффективность симбиоза ризобий с растениями гороха влияет на биохимический состав урожая. Чем более мощным был симбиотический аппарат, тем выше содержание азота в органах растений. Между содержанием азота в вегетативных органах и количеством клубеньков установлена тесная корреляционная связь ( $r = 0,926$ ). В вегетативной массе гороха под влиянием регуляторов роста содержание азота в фазу полной спелости было на 57,9% больше по сравнению с необработанными растениями (Табл. 2). В семенах гороха содержание азота было выше на 14,5-28,9%. Существенные различия между изучаемыми регуляторами роста проявлялись только в отношении семян. При этом накоплению азота в семенах наиболее способствовал регулятор роста АКМ.

**Таблица 2.** Содержание азота в органах гороха в зависимости от инокуляции активным штаммом ризобий и действия регуляторов роста,  $n=10$

Вариант	Содержание азота, мг/г	
	в вегетативных органах	в семенах
1 (к)	12,1±0,2	33,9±0,2
2	13,4±0,1	33,2±0,2
3	19,1±0,2*	38,8±0,3*
4	19,1±0,3*	43,7±0,3*

\* достоверность различия по сравнению с контролем  $Pd \leq 0,05$

Эффективный симбиоз клубеньковых бактерий с растением устанавливается в том случае, когда клубеньки получают достаточное количество продуктов фотосинтеза. Поэтому в наших опытах было изучено влияние активных штаммов ризобий и регуляторов роста на показатели фотосинтетической деятельности растений гороха: площадь листьев, фотосинтетический потенциал (ФСП), чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ).

Инокуляция семян Ризобифитом отдельно или в комплексе с регуляторами роста положительно влияет на формирование листовой поверхности, увеличивая её у бактеризованных растений (стадия 2-3 прилистников) на 22-25% по сравнению с необработанными (Табл. 3). Более существенное влияние на площадь прилистников оказывает опрыскивание растений растворами регуляторов роста. Однократное опрыскивание раствором Гумаксидом и АКМ способствует увеличению листовой поверхности (стадия 3-4 прилистников) на 39 и 30% соответственно. Эффективность второго опрыскивания снижается до 18 и 14%, по-видимому, вследствие значительного недостатка влаги в этот период. Доля влияния фактора обработки семян и растений гороха Ризобифитом и регуляторами роста на формирование площади прилистников не превышает 65%.

**Таблица 3.** Динамика площади прилистников и фотосинтетический потенциал гороха в онтогенезе в зависимости от действия микробных и ростостимулирующих препаратов,  $n=10$

Показатель	Стадия развития	Вариант			
		1 (к)	2	3	3
Площадь прилистников, см <sup>2</sup> /раст.	2-3 прилистника	25,8 ±0,3	32,3±3,2*	32,1±1,4*	31,5±1,7*
	3-4 прилистника	55,5±3,7	50,1±1,0	77,4±11,9	72,4±1,7*
	Бугонизация	152,6±12,4	157,4±22,4	180,6±9,2*	173,7±16,3
	Налив семян	136,5±19,5	180,7±4,6*	192,1±14,1*	125,3±12,3
ФСП, тис.м <sup>2</sup> .сут./га	Бугонизация	463,8	487,3	549,0	528,0
	Налив семян	584,4	721,0	766,5	499,9

\* достоверность различия по сравнению с контролем  $P_d \leq 0,05$

Проведённые исследования показали наличие у Гумаксидом наиболее пролонгированного ростостимулирующего действия. Поэтому растения, обработанные Гумаксидом, сформировали наибольший ФСП, который превышал ФСП необработанных растений в 1,3 раза.

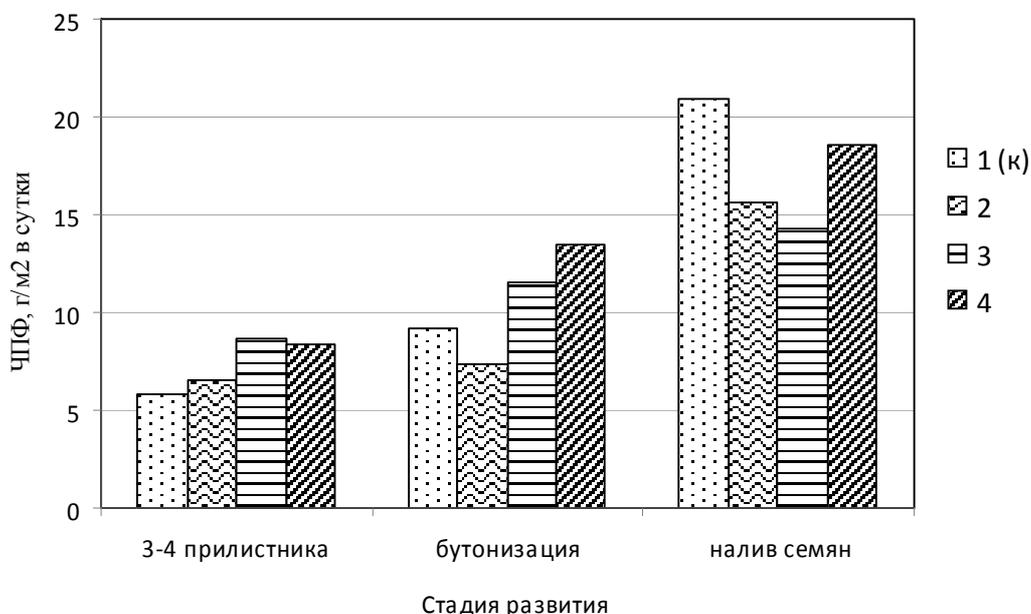
Интенсивность проявления фотосинтетического потенциала посева характеризует показатель чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ). Данный показатель изменяется в течение вегетационного периода, и эти изменения определяются характером обработки семян и растений. Если рассматривать динамику показателя по периодам органогенеза, то можно отметить, что максимального значения он достигал в фазу налива семян во всех вариантах опыта (Рис. 2).

Инокуляция семян Ризобифитом (вариант 2) повышала ЧПФ на 12,7% по сравнению с небактериновыми растениями контрольного варианта. Совместное применение Ризобифита с регуляторами роста (варианты 3 и 4) оказалось более эффективным, и ЧПФ увеличивалась на 44-48%. Это объясняется дополнительным положительным эффектом первого опрыскивания растений названных вариантов растворами Гумаксидом и АКМ. Доля влияния исследуемого фактора на ЧПФ в вегетативный период составляла 71%.

В репродуктивный период развития инокуляция семян активным штаммом не стимулирует фотосинтетическую деятельность растений, и ЧПФ имела тенденцию к снижению, что негативно повлияло на зерновую продуктивность гороха. Применение совместно с Ризобифитом регуляторов роста обеспечивает увеличение ЧПФ на 25-47% в фазу бутонизации, тогда как в фазу налива семян эффект обработки нивелируется, и ЧПФ в этот период ниже, чем в контроле. Доля влияния исследуемого фактора в эти периоды не превышала 51%.

В целом в течение всего периода вегетации существенное влияние на фотосинтетическую деятельность посевов гороха имеет только регулятор роста АКМ.

Интегральным показателем эффективности обработки семян и вегетирующих растений активными штаммами ризобий и регуляторами роста является зерновая продуктивность гороха. Инокуляция семян активным штаммом ризобий не влияет на биологическую урожайность гороха и его белковую продуктивность. При обработке семян и вегетирующих растений Ризобифитом совместно с регуляторами роста получена достоверная прибавка урожая, которая составила 0,87 т/га в случае применения Ризобифита с Гумаксидом и 1,79 т/га – в случае применения Ризобифита с АКМ (Табл. 4). Представленные в таблице 4 результаты свидетельствуют, что



**Рисунок 2.** Влияние Ризобифита и РРР на чистую продуктивность фотосинтеза растений гороха,  $n=10$

прибавка урожая зерна при применении Ризобифита с Гумаксидом получена благодаря достоверному увеличению количества семян в бобе (на 27%) и массы 1000 семян (на 5%), тогда как совместное применение Ризобифита и АКМ наиболее существенно увеличивает количество бобов на растении (на 29%) и количество семян в бобе (на 23%) при достоверном увеличении массы 1000 семян (на 9%).

Интенсификация процессов усвоения азота растениями гороха при применении Ризобифита совместно с регуляторами роста способствует накоплению белковых веществ в семенах, о чем свидетельствует увеличение содержания белка на 3,2-6,3% (абс.) по сравнению с контролем (Табл. 4). Поэтому выход белка при выращивании гороха с применением Ризобифита совместно с Гумаксидом и АКМ увеличивался относительно контроля в 1,6-2,2 раза.

**Таблица 4.** Урожайность и качество зерна гороха при использовании в технологии выращивания микробных и ростостимулирующих препаратов,  $n=180$

Показатель	Вариант			
	1 (κ)	2	3	4
Количество бобов на одном растении, шт.	3,42±0,09	2,95±0,15	3,48±0,17	4,22±0,24
Количество семян в бобе, шт	3,25±0,02	3,56±0,04	4,12±0,06	4,18±0,07
Маса 1000 семян, г	232,2±2,60	229,5±5,60	244,0±3,6	253,1±2,3
Биологическая урожайность, т/га	2,45±0,20	2,29±0,32	3,32±0,20	4,24±0,11
Содержание белка в семенах, %	21,1	20,8	24,3	27,4
Выход белка, т/га	0,52	0,50	0,81	1,16

## ВЫВОДЫ

Проведенные исследования показали высокую эффективность применения микробного препарата Ризобифит совместно с регуляторами роста Гумаксид и АКМ при выращивании гороха.

1. Применение биопрепарата Ризобифит в комплексе с РРР для обработки семян и вегетирующих растений активизирует симбиотическую азотфиксацию и повышает усвоение биологического азота.

2. При использовании Ризобифита совместно с РРР увеличивается ассимилирующая поверхность листьев и фотосинтетический потенциал посева, повышается чистая продуктивность фотосинтеза.

3. Инокуляция семян Ризобифитом в комплексе с регуляторами роста и двукратное опрыскивание растений растворами регуляторов роста наиболее существенно влияет на

формирование таких элементов структуры урожая гороха, как количество бобов на растении и количество семян в бобе, что обеспечивает прирост зерновой продуктивности на 0,87 – 1,79 т/га при биологической урожайности в контроле 2,45 т/га.

4. Активизация симбиотической азотификации под воздействием биопрепарата и регуляторов роста способствует повышению содержания азота в вегетативных органах и зерне, обеспечивает увеличение выхода белка с 1 га в 1,6 – 2,2 раза по сравнению с контролем.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГРИНИК, І.В., ПАТИКА, В.П., ШКАГУЛА, Ю.М. (2011). Мікробіологічні основи підвищення врожайності та якості зернових культур. В: Вісник Полтавського ДАА, № 4, с. 7-11.
2. ГРИЦАСНКО, З.М., ГРИЦАСНКО, А.О., КАРПЕНКО, В.П. (2003). Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ: Нічлава. 320 с.
3. ГРИЦАСНКО, З.М., ПОНОМАРЕНКО, С.П. и др. (2008). Біологічно активні речовини в рослинництві: навч. посіб. Київ. 352 с.
4. ДИДОВИЧ, С.В., КАМЕНЕВА, И.А. и др. (2004). Интродукция клубеньковых бактерий в микробные ценозы почвы при выращивании новых видов бобовых растений на юге Украины. В: Бюл. Держ. Нікітського бот. саду, № 89, с. 38–41.
5. ДОЗОРОВ, А.В., КОСТИН, О.В. (2003). Оптимізація продукційного процесу гороха і сої в Лесостепи Поволж'я. Ульяновск: ГСХА. 166 с.
6. ДОРОСИНСКИЙ, Л.М. (1970). Клубеньковые бактерии и нитрагин. Ленинград: Колос. 192 с.
7. ДОСПЕХОВ, Б.А. (1985). Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования). 5 изд., перераб. и доп. Москва: Агропромиздат. 351 с.
8. ДСТУ 4138-2002. Національний стандарт України. Насіння сільськогосподарських культур. Київ: Держстандарт України, 2003. 173 с.
9. ЄЩЕНКО, В.О., КОПИТКО, П.Г. и др. (2005). Основи наукових досліджень в агрономії. Київ: Дія. 288 с.
10. ЗАСЛАВСЬКИЙ, О.М., КАЛИТКА, В.В., МАЛАХОВА, Т.О. (). Антиоксидантна композиція «АОК-М» для передпосівної обробки насіння сільськогосподарських культур: патент 8501 Україна. № 20041210460; заявл. 20.12.2014; опубл. 15.08.2015. Бюл. № 8. 3 с.
11. КАЛИТКА, В.В., КАПІНОС, М.В. (2013). Композиція для передпосівної обробки насіння сільськогосподарських культур («Тумаксид»): патент 83091 Україна. № 201302873; заявл. 07.03.2013.
12. МАКАРОВА, Л.Е. (2012). Физиологическое значение фенольных соединений при формировании бобово-ризобияльного симбиоза на этапе преинфекции. В: Вісник Харківського НАУ. Серія Біологія, вип 2 (26), с. 25-40.

Data prezentării articolului: 08.12.2014

Data acceptării articolului: 12.05.2015