

УДК 581.1 631.811.98 633.34 (477.84)

ВПЛИВ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН РЕГОПЛАНТ І СТИМПО НА ФІЗИОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ І ПРОДУКТИВНІСТЬ СОЇ КУЛЬТУРНОЇ

О.Б. КОНОНЧУК, С.В. ПИДА

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
46027 Тернопіль, вул. М. Кривоноса, 2
e-mail: konon67@ukr.net; spyda@ukr.net

У результаті виконаної роботи встановлено, що регулятори росту рослин із біо-захисними властивостями регоплант і стимуло посилюють ростові процеси рослин сої, активують утворення і функціонування соєво-ризобіального симбіозу на основі аборигенних популяцій *Bradyrhizobium japonicum*, підвищують насінневу продуктивність сої культурної (*Glycine max* (L.) Merr.) на 1,4–2,1 ц/га у ґрунтово-кліматичних умовах Тернопільської області.

Ключові слова: *Glycine max* (L.) Merr., регулятори росту рослин, регоплант, стимуло, морфогенез, симбіоз, урожай.

Серед сільськогосподарських рослин головною олійною та білковою культурою, виробництво якої у світі постійно зростає, є соя. В Україні також ця культура з року в рік стає дедалі важливішою і вагомішою, на що вказують високі темпи зростання посівних площ і валових зборів. Якщо 1990 р. соєю було засіяно площу 93 тис. га і зібрано близько 100 тис. т зерна, то 2012 р. — 1,41 млн га і 2,41 млн т, 2014 р. — 1,79 млн га і 3,88 млн т. У 2015–2016 маркетинговому році було зібрано понад 3,93 млн т зерна сої внаслідок розширення посівних площ у всіх категоріях господарств до 2,2 млн га [1, 14, 22].

Соя — універсальна культура з позитивним ефектом для всього сільського господарства, оскільки є одним із найліпших попередників для зернових культур, має високу економічну рентабельність, сприяє підвищенню родючості ґрунтів, за вегетаційний період фіксує до 150 кг/га азоту, що особливо важливо за високої вартості добрив і недостатнього їх внесення [7, 13, 15, 23].

Сої належить важлива роль в усуненні дефіциту білка у продуктах харчування людини. За вмістом у насінні та якісним складом білки сої перевершують усі продовольчі й кормові культури. Вони містять усі незамінні амінокислоти, велику кількість мінеральних речовин. Соеві продукти багаті на антиканцерогенні сполуки: фітати, ізофлавіони, фітостероли, лецитин, ненасичені жирні кислоти, феноли тощо [13].

Зростання виробництва зерна сої пов'язують не тільки з розширенням до 20 % посівних площ у структурі сівозмін, що оптимально, а й із підвищенням її продуктивності. Так, середня врожайність зерна сої 2012 р. становила 17,0 ц/га, 2014 р. — 21,6 ц/га, а за дотримання рекомендованих технологій може сягати 25 ц/га і більше [14, 22].

Продуктивність сої та її азотфіксувальний потенціал можна підвищити не тільки зростанням агротехнічної дисципліни й проведенням передпосівної інокуляції ризобіями, а й значною мірою застосовуванням біологічно активних речовин [3, 4, 6—11, 21].

Великі перспективи має використання композиційних регуляторів росту рослин (РРР), таких як регоплант і стимпо, які виробляє Міжвідомчий науково-технологічний центр «Агробіотех» (м. Київ). Передпосівна обробка насіння сої та обприскування її посівів мають стати важливими елементами технологій вирощування цієї зернобобової культури з урахуванням специфіки сорту рослин, способу застосування, місцевих ґрунтово-кліматичних умов тощо [3, 7, 9].

Метою нашого дослідження було вивчення впливу передпосівної обробки насіння сої РРР регоплант і стимпо на ростові процеси, азотфіксувальну активність бульбочкових бактерій, урожай зерна сої в ґрунтово-кліматичних умовах Тернопільської області.

Методика

Польові досліді протягом 3 років закладали на малогумусному важко-суглинковому чорноземі типовому агробіолабораторії Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка з такими агрохімічними показниками: вміст N (за Корнфілдом) — 13,5 мг/100 г ґрунту (низький), P і K (за Чириковим) — відповідно 14,8 і 11,4 мг/100 г ґрунту (підвищений), Mn — 68,5 мг/кг ґрунту (середній), B — 1,2, Cu — 3,64 мг/кг ґрунту (високий), обмінна кислотність рН 6,7 (нейтральна).

Матеріалом дослідження були рослини сої культурної (*Glycine max* (L.) Merr.) сорту Аннушка, створеного у ПП НСНФ «Соевий вік» (м. Кропивницький). Сорт за тривалістю вегетації належить до скоростиглих — вегетація 75—85 діб, зернового напрямку використання, з високим потенціалом продуктивності — до 42 ц/га і більше [19].

Технологія вирощування сої сорту Аннушка загальноприйнята для Лісостепу України: попередник — кукурудза, строк сівби — перша декада травня, норма висіву — 0,7 млн насінин/га, спосіб — широкорядний із міжряддям 45 см, глибина загортання насіння — 3 см.

Передпосівну обробку насіння проводили поверхневим зволоженням водою з розрахунку 2 % його маси (контроль) та розчинами РРР регоплант (ТУ У 20.2-31168762-006:2012) — 25 мл/л і стимпо (ТУ У 20.2-31168762-005:2012) — 2,5 мл/л [16]. Оброблене насіння відразу висівали у чотириразовій повторності з обліковою площею 9 м² і послідовним розміщенням варіантів.

Досліджувані препарати є полікомпонентними стимуляторами з біозахисним ефектом, оскільки складаються із взаємопідсилювальної суміші регуляторів радостим (у регопланті) і біолан (у стимпо), які отримують із культури мікроміцет кореневої системи женьшеню та аверсектину — аналога авермектину (продукту життєдіяльності бактерій *Streptomyces avermitilis*). Загалом це збалансована композиція аналогів фітогормонів (цитокінінів, ауксинів), амінокислот, жирних кислот, вуглеводів (глюкоза, рибоза, галактоза, олігосахариди), хітозану і мікроелементів, а також біозахисних сполук [16].

Під час вегетації сої культурної досліджували такі показники, як висота рослин, маси сирої і сухої речовини їхніх органів, польова

схожість, площа листків методом висічок за загальноприйнятими методиками [5]. Вміст пластидних пігментів визначали спектрофотометрично [17]. Кореневі бульбочки обліковували методом рамкового виймання ґрунту, їх нітрогеназну активність установлювали ацетиленвідновлювальним методом [5, 20]. Газову суміш аналізували в Інституті сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН (м. Чернігів). Величину і структуру врожаю культури визначали у фазу повної стиглості методом пробних майданчиків [5].

Повторність досліджень — від 4 до 100 і більше разів. Отримані дані оброблено статистично за програмою Microsoft Excel.

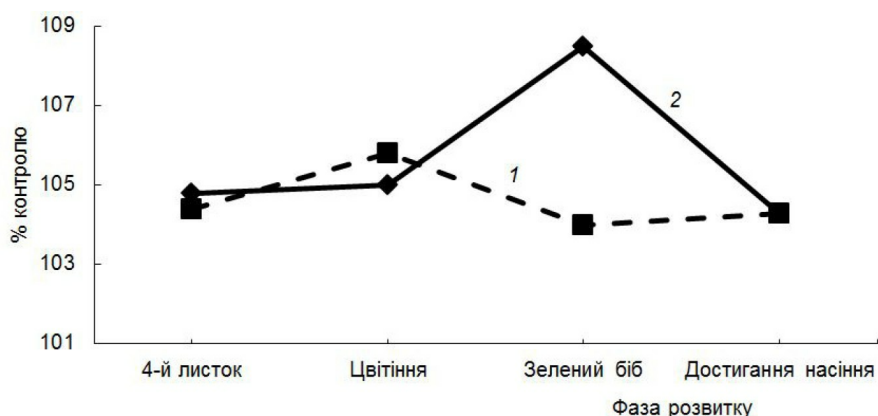
Результати та обговорення

За місцевих ґрунтово-кліматичних умов встановлено, що РРР стимулювали проростання насіння сої культурної сорту Аннушка, підвищували її польову схожість у середньому за роки досліджень на 0,9–1,2 % порівняно з контролем (93,4±3,2 %). Вищу схожість насіння в дослідних варіантах можна пояснити вмістом у біопрепаратах речовин не тільки з регуляторними властивостями, а й із біозахисним ефектом — аверсектину, що внаслідок синергічної взаємодії між ними у 3–5 разів підвищує інсектицидну, нематоцидну, акарицидну дію препаратів [16].

Передпосівне зволоження насіння розчинами регопланту і стимуло стабільно інтенсифікувало ріст рослин у висоту в різні фази вегетації (рисунок). Так, у середньому від фази четвертого справжнього листка і до повної стиглості насіння рослини за дії регопланту були вищими від контрольних на 4,3–8,5, за дії стимуло — на 4,0–5,8 %.

Накопичення сухої речовини рослинами сої — важливий показник діагностики рівня їх продуктивності та встановлення найдоцільніших прийомів вирощування [2].

РРР регоплант і стимуло значно посилювали процеси накопичення маси різними органами сої, стимулювали формування листкової поверхні (табл. 1). Так, у фазу цвітіння під впливом регопланту маса сирової надземної частини рослин сої зростала на 17,7, під впливом стимуло — на 21,7 % відносно контролю. РРР підвищували облиствіння рослин — кількість і маса сирих листків за обробки регоплантом збільшувались



Динаміка росту рослин сої за дії регуляторів росту регоплант (1) і стимуло (2) (усереднено за 3 роки)

ТАБЛИЦЯ 1. Морфометричні показники рослин сої культурної сорту Аннушка за дії регуляторів росту рослин регоплант і стимпо у фазу цвітіння (2012–2014)

| Показник | Контроль | Регоплант | Стимпо |
|-----------------------------------|------------|-------------|-------------|
| Маса сирієї надземної частини, г | 22,6±0,8 | 26,6±1,0* | 27,5±1,1* |
| Кількість листків на рослині, шт. | 9,3±0,4 | 10,3±0,4 | 10,8±0,6 |
| Маса сирих листків, г | 8,8±0,4 | 10,7±0,4* | 10,5±0,4* |
| Площа листків, см ² | 494,2±21,9 | 619,4±23,7* | 617,3±22,7* |
| Маса сухого стебла без листків, г | 2,4±0,1 | 2,8±0,1* | 2,8±0,1* |
| Маса сухого кореня, мг | 572,2±21,6 | 710,4±29,8* | 701,5±26,5* |

П р и м і т к а. Тут і в табл. 2, 3: * — вірогідна різниця з контролем за $P \leq 0,05$.

відповідно на 10,8 і 21,6 %, за обробки стимпо — на 16,1 і 19,3 %. Збільшення кількості листків на рослинах та їх розміру під впливом РРР регоплант зумовило зростання їх загальної площі на 25,3 %, під впливом стимпо — на 24,9 % відносно контролю. Препарат регоплант стимулював накопичення сухої речовини у стеблах і коренях рослин сої відповідно на 16,7 і 24,2 %, препарат стимпо — на 16,7 і 22,6 %.

За обробки насіння сої препаратом регоплант вміст хлорофілу *a* в листках рослин збільшувався на 8,4 % (201,6±7,7 мг/100 г сирієї речовини), за обробки стимпо — на 5,6 % (196,4±5,1) порівняно з контролем (186,0±6,0). Вміст хлорофілу *b* за дії РРР практично не змінювався, спостерігалась тенденція до зменшення на 0,4–5,7 % вмісту основних каротиноїдів. Отже, отримані дані загалом підтвердили стимулювання біопрепаратами фотосинтетичного апарату сої внаслідок збільшення вмісту чутливішого до різних впливів хлорофілу *a* [11].

РРР із біозахисними функціями регоплант і стимпо позитивно впливали на утворення й функціонування симбіозу між рослинами сої та місцевими ґрунтовими популяціями ризобій (табл. 2). Так, за передпосівної обробки насіння сої препаратами регоплант і стимпо на коренях рослин утворювалось на 13,9 і 19,2 % більше бульбочок, маса їх сирієї речовини зростала відповідно на 15,1 і 16,7 %, маса сухої речовини — на 12,8 і 18,0 %. Маса симбіотичних утворень підвищувалась унаслідок збільшення не тільки їх кількості, а й розміру. Маса однієї сухої бульбочки за впливу регопланту зростала на 8,5 %, за впливу стимпо — на

ТАБЛИЦЯ 2. Бобово-ризобіальний симбіоз рослин сої культурної сорту Аннушка за дії регуляторів росту рослин регоплант і стимпо у фазу цвітіння (2012–2014)

| Показник | Контроль | Регоплант | Стимпо |
|---|------------|-------------|-------------|
| Кількість бульбочок, шт./рослину | 28,7±2,0 | 32,7±2,3 | 34,2±2,5 |
| Маса сирих бульбочок, мг/рослину | 578,9±17,9 | 666,2±14,9* | 675,3±19,5* |
| Маса сухих бульбочок, мг/рослину | 170,1±5,5 | 191,9±4,0* | 200,7±5,7* |
| Маса 1 сухої бульбочки, мг | 5,9±0,3 | 6,4±0,2 | 6,7±0,2* |
| ЗНА бульбочок, мкг N ₂ /рослину за 1 год | 77,2±4,8 | 95,8±5,7* | 87,4±5,1 |
| ПНА бульбочок, мкг N ₂ /г маси сухої речовини за 1 год | 516,2±45,8 | 587,6±49,8 | 542,0±50,4 |

П р и м і т к а: ЗНА — загальна нітрогеназна активність; ПНА — питома нітрогеназна активність.

13,6 % порівняно з контролем. Зазначені зміни симбіотичної системи сої за дії регопланту і стимупо аналогічні дії регулятора емістиму С, який є попередником біолану, що входить до складу PPP стимупо і також збільшує кількість і масу бульбочок у сої за сумісного застосування з інокуляцією [12].

Стимулювальна дія рістрегуляторів виявлялась не тільки за зростанням кількості й маси бульбочок, а й за їх азотфіксувальною активністю, що не завжди спостерігається за сумісного застосування з інтродукованими ризобіями [12]. Так, загальна нітрогеназна активність бульбочок сої за дії регопланту зростала на 24,1, за дії стимупо — на 13,2 % порівняно з контролем, їх питома нітрогеназна активність — відповідно на 13,8 і 5,0 %. Отримані дані підтвердили високу азотфіксувальну активність спонтанного симбіозу, який інтенсифікується за дії досліджених регуляторів. Зазначені зміни у формуванні та функціонуванні симбіотичного апарату бобових культур під впливом регопланту і стимупо можна пов'язати з генотипом макросимбіонта, ступенем його комплементарності до ризобій та природою регуляторів росту [11].

Головна перевага сучасних PPP, які містять збалансований комплекс біологічно активних речовин, полягає в тому, що вони дають змогу цілеспрямовано керувати найважливішими процесами росту і розвитку рослин, ефективно реалізувати потенційні можливості сорту чи гібриду [7].

Визначення елементів продуктивності сої сорту Аннушка показало зростання врожаю зерна у дослідних варіантах у середньому за 3 роки експериментів під впливом PPP регопланту на 2,1 ц/га (8,0 %), під впливом стимупо — на 1,4 ц/га (5,5 %) (табл. 3).

Аналізом елементів структури врожаю виявлено, що насіннева продуктивність під впливом препарату регоплант зростала переважно внаслідок підвищення біологічного врожаю надземної маси на 8,8 %, кількості бобів — на 5,0 %, кількості й маси насінин на рослині — відповідно на 6,1 і 7,6 %, густоти рослин під час збирання врожаю — на 3,2 % порівняно з контролем. Виявлено також тенденцію до зростання довжини бобів на 1,7 %.

PPP стимупо аналогічно стимулював формування більшої на 3,4 % густоти стеблостою рослин сої, а також на 4,7 % вищого біологічного

ТАБЛИЦЯ 3. Основні елементи продуктивності сої культурної сорту Аннушка за дії регуляторів росту рослин регоплант і стимупо (2012–2014)

| Показник | Контроль | Регоплант | Стимупо |
|--|------------|-----------|-----------|
| Густота рослин, тис. шт/га | 545,7±11,4 | 563,4±6,6 | 564,1±8,0 |
| Біологічний урожай надземної маси рослин без листків, ц/га | 43,6±1,6 | 47,4±1,3* | 45,6±1,3 |
| Кількість бобів на 1 рослині, шт. | 18,8±0,5 | 19,7±0,5 | 19,2±0,4 |
| Довжина боба, см | 3,9±0,02 | 4,0±0,02 | 4,1±0,02 |
| Кількість насінин на 1 рослині, шт. | 34,4±1,0 | 36,5±0,9 | 35,0±0,9 |
| Маса насіння на 1 рослині, г | 5,7±0,2 | 6,1±0,2 | 6,0±0,2 |
| Кількість насінин в 1 бобі, шт. | 1,9±0,03 | 1,9±0,04 | 1,8±0,03 |
| Маса 1000 насінин, г | 136,7±1,5 | 139,3±1,5 | 139,1±1,5 |
| Біологічний урожай зерна, ц/га | 25,3±1,0 | 27,4±0,8 | 26,7±0,5 |

врожаю надземної маси без листків, які обпали на момент збирання, порівняно з контролем. Стимпо також інтенсифікував ріст бобів у довжину на 4,3 %, збільшував загальну масу зерна на рослині на 5,3 % відносно контролю. Менш вираженим було збільшення кількості бобів і насінин на рослині — відповідно на 2,1 і 1,5 % порівняно з контролем.

Збільшення густоти рослин дослідних варіантів пов'язане зі зростанням польової схожості, активуванням інших елементів продуктивності внаслідок вищої інтенсивності ростових процесів, що зумовлено не тільки стимулювальним впливом біологічно активних речовин РРР, а й відомим їх біозахисним ефектом [16].

Спільним для обох регуляторів було незначне зростання на 1,7—1,9 % маси 1000 насінин, яке вважають досить чутливим і варіабельним елементом урожаю бобових у відповідь на екзогенні впливи [18]. За дії регопланту озернення бобів, що є генетично детермінованою і дуже стабільною ознакою бобових рослин [18], не змінювалось, за дії стиму — зменшувалось на 5,3 % відносно контролю. Встановлені особливості формування елементів урожаю сої під впливом досліджених регуляторів росту з урахуванням ґрунтових, кліматичних та агротехнічних чинників однозначно вказують на їх позитивний вплив і досить високу ефективність.

Отже, результати польових дослідів підтвердили, що передпосівна обробка насіння регуляторами регоплант і стиму оптимізує схожість і ріст рослин сої, стимулює накопичення маси надземними й підземними її органами, активує формування асиміляційної поверхні листків у фазу цвітіння. РРР підвищують інтенсивність утворення та функціонування спонтанного соєво-ризобіального симбіозу, позитивно впливають на формування зернової продуктивності культури в ґрунтово-кліматичних умовах Тернопільської області. Отримані дані підтвердили доцільність і перспективність застосування РРР із біозахисними функціями регоплант і стиму для оптимізації ростових процесів, симбіотичної азотфіксації й продуктивності сої як додаткових елементів технології вирощування культури.

1. *Аграрний бюлетень* [Електронний ресурс] <http://ab.org.ua/u-2015-ukrayina-skorotila-posivni-ploshhi>, 2017.
2. *Бахмат О.М.* Накопичення сухої речовини та урожайність сої у західному Ліссестепу // Вісн. аграрної науки. — 2009. — № 8. — С. 29—31.
3. *Векірчик К.М., Конончук О.Б.* Стан і перспективи досліджень впливу обробки насіння БАР та інокуляції ризобіями на азотфіксацію, ріст, розвиток і продуктивність квасолі звичайної і сої культурної в умовах Тернопільської області // *Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть*. — К., 2001. — Т. 1. — С. 231—236.
4. *Волгогон В.В., Сальник В.П.* Значення регуляторів росту рослин у формуванні активних азотфіксувальних симбіозів та асоціацій // *Фізіологія і біохімія культ. рослин*. — 2005. — 37, № 3. — С. 187—197.
5. *Грицаєнко З.М., Грицаєнко А.О., Карпенко В.П.* Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунту. — К.: ЗАТ «Нічлава», 2003. — 320 с.
6. *Грицаєнко З.М., Пономаренко С.П., Карпенко В.П., Леонтюк І.Б.* Біологічно активні речовини в рослинництві. — К.: ЗАТ «Нічлава», 2008. — 352 с.
7. *Иутинская Г.А., Пономаренко С.П., Андреюк Е.И. и др.* Биорегуляция микробно-растительных систем. — К.: Нічлава, 2010. — 464 с.
8. *Калинин Ф.Л.* Биологически активные вещества в растениеводстве: теория и практика применения. — К.: Наук. думка, 1984. — 320 с.
9. *Конончук О.Б., Пыда С.В., Пономаренко С.П.* Ростові процеси та бобово-ризобіальний симбіоз сої культурної за передпосівної обробки насіння рістрегуляторами Регоплант і Стиму // *Агробіологія*. — 2012. — Вип. 9 (96). — С. 103—107.
10. *Коць С.Я., Грищук О.О.* Фітогормони у формуванні та функціонуванні симбіотичних взаємовідносин бобових рослин і бульбочкових бактерій // *Фізіологія рослин і генетика*. — 2015. — 47, № 3. — С. 187—206.

11. Коць С.Я., Моргун В.В., Патыка В.Ф. и др. Биологическая фиксация азота: бобово-ризобияльный симбиоз. — Киев: Логос, 2011. — Т. 2. — 523 с.
12. Леонова Н.О., Титова Л.В., Танцюренко О.В. та ін. Ефективність застосування нітрагіну і регуляторів росту рослин при вирощуванні сої // С.-г. мікробіологія. — 2007. — Вип. 5. — С. 74–85.
13. Леценко А.К., Бабич А.О. Соя. — К.: Урожай, 1977. — 104 с.
14. Міністерство аграрної політики та продовольства України [Електронний ресурс] <http://minagro.gov.ua/node/3950,2017>.
15. Патица В.П., Коць С.Я., Волкогон В.В. та ін. Біологічний азот. — К.: Світ, 2003. — 424 с.
16. Пономаренко С.П., Грицаєнко З.М., Бабаянц О.В. Біорегулятори рослин. Рекомендації по застосуванню. — К.: МНТЦ «Агробіотех», 2015. — 35 с.
17. Починок Х.Н. Методы биохимического анализа растений. — К.: Наук. думка, 1976. — 334 с.
18. Сайко В.Ф., Лобас М.Г., Яшовський І.В. Наукові основи ведення зернового господарства. — К.: Урожай, 1994. — 336 с.
19. Соевий вік [Електронний ресурс] <http://www.soya-ua.biznes-pro.ua/?page=2&id30420,2017>.
20. Умаров М.М., Кононков Ф.П., Куракова М.Г., Зуева Л.А. Методы изучения азотфиксации и денитрификации в почве // Микроорганизмы как компонент биосферы. — М.: Наука, 1984. — С. 107–119.
21. Appunu C., Sen D., Singh M.K. Variation in symbiotic performance of *Bradyrhizobium japonicum* strains and soybean cultivars under field conditions // J. Central European Agric. — 2008. — 9, N 1. — P. 169–174.
22. FAO [Електронний ресурс] <http://fao.org/faostat/en/#data/QC,2017>.
23. Rhijn P., Vanderleyden J. The *Rhizobium*-plant symbiosis // Microbiol. and Mol. Biol. Rev. — 1995. — 59, N 1. — P. 124–142.

Отримано 02.11.2017

ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ РЕГОПЛАНТ И СТИМПО НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ПРОДУКТИВНОСТЬ СОИ КУЛЬТУРНОЙ

А.Б. Конончук, С.В. Пыда

Тернопольский национальный педагогический университет имени Владимира Гнатюка

В результате выполненной работы установлено, что регуляторы роста растений с био-защитными свойствами регоплант и стимпо усиливают ростовые процессы растений сои, активизируют образование и функционирование соево-ризобияльного симбиоза на основе аборигенных популяций *Bradyrhizobium japonicum*, повышают семенную продуктивность сои культурной (*Glicine max* (L.) Merr.) на 1,4–2,1 ц/га в почвенно-климатических условиях Тернопольской области.

THE INFLUENCE OF PLANT GROWTH REGULATORS REHOPLANT AND STYMPO ON PHYSIOLOGICAL PARAMETERS AND THE PRODUCTIVITY OF SOYBEAN

O.B. Kononchuk, S.V. Pyda

Volodymyr Hnatyuk Ternopil National Pedagogical University
2 M. Kryvonosa St., Ternopil, 46027, Ukraine

It was revealed that plant growth regulators Rehoplant and Stympo with bioprotective properties enhanced the plant growth processes of soybean, stimulated the formation and functional activity of the soybean-rhizobia symbiosis based on indigenous populations of *Bradyrhizobium japonicum*, and increased soybean crop (*Glicine max* (L.) Merr.) productivity by 0,14–0,21 t/ha under the soil and climatic conditions of Ternopil region.

Key words: *Glicine max* (L.) Merr., plant growth regulators, Rehoplant, Stympo, morphogenesis, symbiosis, crop.