

РЕГУЛЯЦІЯ ПРОДУКЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ *GLYCINE MAX* L. ЗА ДІЇ РЕТАРДАНТІВ

Голунова Л.А. к.б.н., старший викладач

E-mail: golunova.@ukr.net

Вивчено вплив ретардантів на функціонування симбіотичних систем *Bradyrhizobium japonicum* – соя. Виявлено, що інокуляція насіння штамми 634б, 71т, М8 з наступною обробкою рослин сої ретардантами у фазу бутонізації призводить до змін функціонування донорно-акцепторної системи, покращення азотного живлення, перерозподілу асимілятів у бік формування генеративних органів – бобів. Під впливом ретардантів у інокульованих штамми рослин сої посилювалася активність формування корневих бульбочок та зміщувався пік їх ацетиленвідновлювальної активності. Застосування 0,05%-го паклобутразолу на рослинах сої призводило до зменшення активності вільної форми гіберелінів у листках та підвищення вмісту вільних і зв'язаних форм абсцизової кислоти. Комплексне застосування інокуляції штамми та ретардантів призводило до зростання урожайності культури за рахунок збільшення кількості бобів і маси насіння на рослині. Використання ретардантів на інокульованих штамми *Bradyrhizobium japonicum* 634б, 71т, М8 рослинах сої призводить до суттєвих змін якості продукції.

Ключові слова: *Glycine max* (L.) Merr., *Bradyrhizobium japonicum*, ретарданти, азотфіксувальна активність, продуктивність.

Стрімке зростання чисельності населення вимагає пошуку способів збільшення врожайності провідних сільськогосподарських культур [8, 11, 46]. Одним із центральних напрямків вирішення завдання одержання високих та стабільних врожаїв у світовому рослинництві стає застосування інтенсивних технологій з використанням синтетичних регуляторів росту рослин [13, 19, 29]. Вивчення цих препаратів в останні десятиріччя показало їх високу фізіологічну активність, яка проявляється в інгібуванні росту паростків [19, 28, 31, 62], осьових органів [14, 18, 30, 33, 49, 53, 65, 53], підвищенні продуктивності [25, 29, 32, 42, 43, 44, 45, 49, 50, 52, 55, 65, 66, 68, 71]. При цьому широке застосування даних препаратів в рослинництві вимагає глибокого і всебічного вивчення їх дії на процеси метаболізму, росту і розвитку рослин [28, 29, 63, 72].

Сучасний етап розвитку сільськогосподарського виробництва потребує істотного збільшення і стабілізації виробництва зернобобових культур, зокрема сої, яка є основним джерелом збалансованого за амінокислотним складом і вмістом білка [5, 6, 57]. Її унікальний хімічний склад, в якому поєднано 38 – 42% білка, 18 – 23% жиру, 25 – 30% вуглеводів, ферменти, вітаміни, мінеральні речовини, доповнюється ще й найважливішою біологічною особливістю – фіксацією атмосферного азоту [6, 10, 11, 21, 57].

Світовий ринок виробництва насіння сої є одним з найбільш динамічних в аграрному секторі. За останні десятиріччя в Україні спостерігається тенденція до збільшення площ її посівів. Так, якщо у 2000 році посівні площі під соєю становили 50,7 тис. га, то в 2011 році вони зросли більше ніж у 10 разів, а станом на 2016 рік ця

цифра складає 1 млн 853 тис. га [57, 58]. Незважаючи на падіння світових цін на сою та зниження її урожайності питання щодо пошуку способів оптимізації продукційного процесу залишається актуальним.

Відомо, що кількість азоту в ґрунті є одним із чинників, що визначає врожайність сільськогосподарських культур. В ґрунтах багатьох регіонів України недостатньо доступних для рослин азотних сполук. Акумуляований в процесі симбіозу бобових рослин з бульбочковими бактеріями біологічний азот є ефективним шляхом поповнення його запасів [2, 4, 11, 21]. Засобом підвищення рівня біологічної фіксації азоту повітря є інокуляція насіння високоефективними штамми бульбочкових бактерій [3, 8, 9, 11, 34, 40, 50].

На формування бобово-ризобіального симбіозу суттєво впливають фітогормони, яким відводиться особливе місце в регуляції взаємовідносин рослин та бульбочкових бактерій [12, 60, 67, 73, 74]. Встановлено позитивний вплив ауксинів і цитокінінів на цей процес [67].

Разом з тим маловивчений вплив гіберелінів на формування симбіотичного апарату. Окремі роботи в цьому напрямку свідчать, що вони або не діяли на утворення комплексу з бульбочковими бактеріями, або мали негативний вплив [69, 77, 78], що визначає необхідність глибшого вивчення цього питання.

Сучасна фізіологія рослин має в своєму арсеналі регулятори росту з антигібереліновим механізмом дії – ретарданти. Вони блокують або синтез цих фітогормонів, або утворення гормон-рецепторного комплексу [29, 66]. Аналіз тенденцій хімізації світового рослинництва свідчить, що застосування регуляторів росту рослин є ефективним засобом, а регуляція фізіологічних процесів препаратами цієї групи високоспецифічна і не може бути досягнута іншими засобами впливу [28].

У зв'язку з цим, метою роботи було з'ясувати вплив ретардантів з різним механізмом дії на функціонування симбіотичної системи соя – *Bradyrhizobium japonicum* та продуктивність культури.

Об'єкт і методи досліджень. Для досліджень використовували районовані для Лісостепової зони сорти сої Подільська 1 та Агат [47, 48] та штамми повільнорослих бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium japonicum* 634б, 71т, М8, одержані з Південної дослідної станції Інституту сільськогосподарської мікробіології НААН України (сmt. Гвардійське, Сімферопольського району, АР Крим) [36].

Вегетаційні досліді проводили у вегетаційному будиночку кафедри біології ВДПУ ім. М. Коцюбинського. Рослини сої вирощували в 15-кілограмових посудинах в ґрунтовій культурі на поживному середовищі ВНІС. Перед сівбою насіння інокулювали різними штамми *Bradyrhizobium japonicum* [16]; у контрольному варіанті насіння не обробляли, лише промивали водою. В посудинах вирощували по 5 рослин. Протягом дослідження підтримувалася 60% - а вологість ґрунту; освітлення – природне. Польові досліді закладали на полях дослідного господарства „Бохоницьке” Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН України (м. Вінниця). Ґрунти на дослідній ділянці – сірі лісові середньосуглинкові на лесі. Вміст гумусу в

орному шарі – 2,1 – 2,3%. Ширина міжрядь – 45 см. Площа облікових ділянок – 10 м², повторність – п'ятикратна.

Рослини в період бутонізації обробляли ретардантами в ранкові години до повного змочування листків 0,025 і 0,05%-ми розчинами паклобутразолу, 0,3%-м розчином декстрелу, 0,5 і 1%-ми розчинами хлормекватхлориду у фазу бутонізації. Контрольні рослини – водопровідною водою.

За фазами розвитку сої (цвітіння–початок утворення бобів, масове формування бобів, фаза зеленого бобу) визначали морфометричні показники: висоту рослин, кількість листків, кількість бульбочок на коренях, сиру і суху масу цілої рослини та її органів, сумарну площу листової поверхні [17, 39].

Мезоструктурну організацію листків сої вивчали загальноприйнятим методом на фіксованому матеріалі за допомогою мікроскопа „Микмед-1” і окулярного мікрометра МОВ-1-15х. Склад фіксуєчої суміші – рівні частини етилового спирту, гліцерину, 1%-го водного розчину формаліну. Розміри клітин епідермісу визначали на препаратах, отриманих методом часткової мацерації тканин листка. В якості мацеруючого агенту використовували 5 % - й розчин оцтової кислоти в 2 N соляній кислоті [27]. Товщину і лінійні розміри тканин стебла визначали на поперечних зрізах середньої частини органу після попередньої обробки 1 %-им флороглуцином та 20%-ою соляною кислотою.

Азотфіксуючу (нітрогеназну) активність визначали за рівнем ацетиленвідновлювальної активності (АВА) корневих бульбочок ацетиленовим методом [23, 73].

Кількісне визначення абсцизової кислоти проводили методом вискоєфективної рідинної хроматографії, активність зв'язаних і вільних форм гіберелінів – методом біотесту, який базується на стимуляції гіберелінами росту гіпокотилів салату сорту Кучерявець одеський за рекомендацією Інституту ботаніки імені М.Г. Холодного НАН України [37].

Вміст крохмалю та цукрів у насінні сої проводили за Х.М. Починком (1976). Вміст загального азоту визначали за К'ельдалем [38].

На кінець вегетації в насінні визначали вміст олії методом екстракції в апараті Сокслета. Розчинником слугував петролейний ефір з температурою кипіння 40-65°C, кількісний вміст і якісний склад жирних кислот визначали методом газорідинної хроматографії на хроматографі “Хром-1”. Умови хроматографування: сталеві колонки розміром 200 мм, заповнені сорбентом целітом-545. Швидкість проходження газу 50 мл/хв, газ–носій – азот. Температура колонки – 200⁰С, випаровувача – 210⁰С, полум'яно-іонізаційного детектора – 220⁰С [41].

Облік урожайності рослин здійснювали на кінець вегетації.

Матеріали досліджень оброблені статистично [15], з використанням комп'ютерної програми “Statistica”.

Результати досліджень та їх обговорення. Вивчення впливу регуляторів росту на рослини сої свідчить, що обробка препаратами призводить до суттєвих

морфологічних змін, модифікації інтенсивності росту окремих органів в різні фази розвитку сої. Зокрема, інокуляція насіння штамми *Bradyrhizobium japonicum* 6346, 71т, М8 мала стимулюючий ефект, збільшувала масу та висоту рослин (рис. 1).

Застосовані ретарданти на фоні інокуляції насіння штамми *Bradyrhizobium japonicum* спричиняли уповільнення росту рослин. Більш ефективною була дія паклобутразолу, що проявлялося у суттєвому гальмуванні росту стебла вже у фазу масового формування бобів, тоді як вплив хлормекватхлориду та декстрелу на ростові процеси більш чітко проявлялася в кінці вегетації (рис. 1).

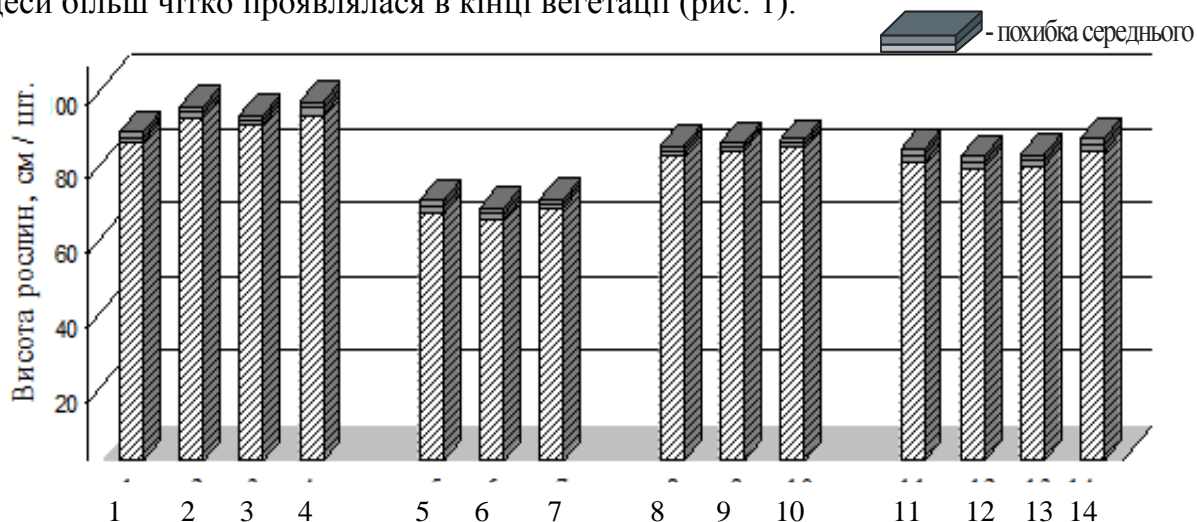


Рис. 1. Вплив інокуляції штамів *Bradyrhizobium japonicum* та ретардантів на висоту рослин сої сорту Подільська 1 (на кінець вегетації): 1 – контроль; 2 – 6346; 3 – 71т; 4 – М8; 5 – 6346+0,025% паклобутразол (ПБ); 6 – 71т+0,025% ПБ; 7 – М8+0,025% ПБ; 8 – 6346+0,5% хлормекватхлорид (ХМХ); 9 – 71т+0,5% ХМХ; 10 – М8+0,5% ХМХ; 11 – 6346+1% ХМХ; 12 – 71т+1% ХМХ; 13 – М8+1% ХМХ; 14 – М8+0,3% декстрел (Д).

Вкорочення стебла дослідних рослин сої під впливом ретардантів відбувалося за рахунок зменшення довжини їх міжвузлів. При цьому застосування штамів *Bradyrhizobium japonicum* сприяло збільшенню кількості листків сої та їх сумарної площі проти контрольних рослин на фоні спонтанної інокуляції (рис. 2. А, Б).

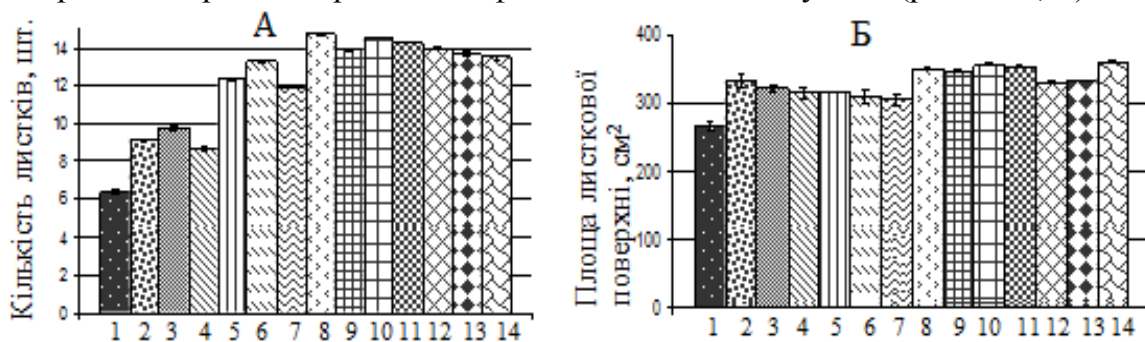


Рис. 2. Дія бактеризації штамми *Bradyrhizobium japonicum* та інгібіторів росту на кількість і площу листків рослин сої сорту Подільська 1 (фаза зеленого бобу): 1 – контроль; 2 – 6346; 3 – 71т; 4 – М8; 5 – 6346+0,025% ПБ; 6 – 71т+0,025% ПБ; 7 – М8+0,025% ПБ; 8 – 6346+0,5% ХМХ; 9 – 71т+0,5% ХМХ; 10 – М8+0,5% ХМХ; 11 – 6346+1% ХМХ; 12 – 71т+1% ХМХ; 13 – М8+1% ХМХ; 14 – М8+0,3% Д. А – кількість листків, Б – площа листової поверхні.

Найбільшу площу листової поверхні вони мали при інокулюванні штамом-

стандартом 634б (рис. 2. Б). Застосування ретардантів різних типів на рослинах сої, інокульованих *Bradyrhizobium japonicum*, сприяло збільшенню кількості листків та сумарної площі листової поверхні (рис. 2. А, Б).

Про посилення фотосинтетичної активності листків сої під впливом бактеризації і комплексного застосування інокуляції та ретардантів свідчать і одержані нами результати вивчення чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ) (рис. 3).

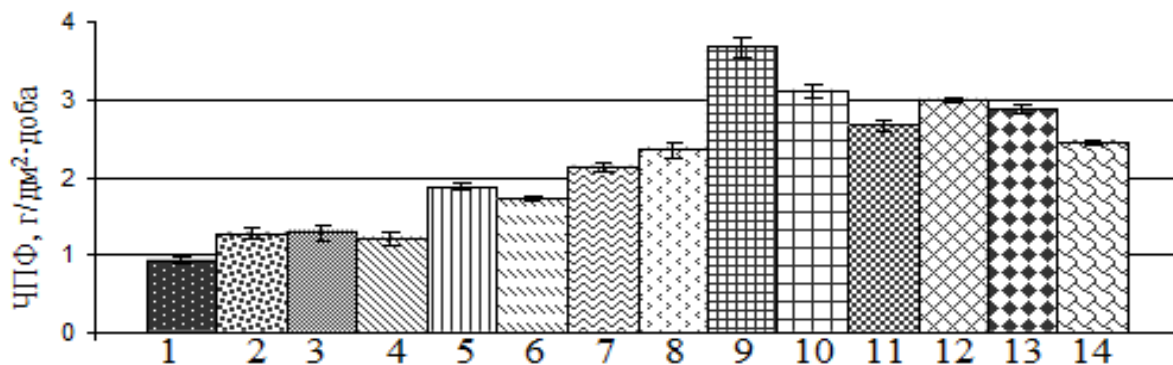


Рис. 3. Дія бактеризації та інгібіторів росту на чисту продуктивність фотосинтезу сої сорту Подільська 1: 1 – контроль; 2 – штам 634б; 3 – штам 71т; 4 – штам М8; 5 – 634б+0,025% ПБ; 6 – 71т+0,025% ПБ; 7 – М8+0,025% ПБ; 8 – 634б+0,5% ХМХ; 9 – 71т+0,5% ХМХ; 10 – М8+0,5% ХМХ; 11 – 634б+ 1% ХМХ; 12 – 71т+1% ХМХ; 13 – М8+1% ХМХ; 14 – М8+ 0,3% Д. Фаза зеленого бобу.

Встановлено, що як інокуляція, так і комбіноване застосування штамів та інгібіторів росту позитивно впливало на показники чистої продуктивності фотосинтезу у період активного формування репродуктивних органів. Найбільше значення показника було у варіанті з використанням 0,5%-го хлормекватхлориду на фоні штамів 71т.

Аналіз накопичення маси сухої речовини сої у фазу зеленого бобу вказує на збільшення маси цілої рослини при застосуванні всіх бактеріальних препаратів та зростання частки бобів у загальній масі рослин проти контролю (табл. 1).

Таблиця 1

Дія інокуляції штамів *Bradyrhizobium japonicum* та ретардантів на нагромадження сухої речовини органами рослин сої сорту Подільська 1 (фаза зеленого бобу)

Варіант/показник	Маса рослини, г	Маса бобів, г	Частка бобів у масі всієї рослини, %
Контроль (без обробки)	14,4±0,21	4,3±0,10	29,9
штам 634 б	16,7±0,26*	5,1±0,10*	30,5
штам 71 т	16,9±0,30*	5,4±0,15*	32,0
штам М 8	16,8±0,41*	5,4±0,19*	32,1
штам 71 т +0,025% ПБ	17,6±0,27**	6,7±0,14**	38,1
штам 71 т +0,5% ХМХ	21,7±0,62**	9,5±0,15**	43,8
штам М 8+0,3% Д	17,4±0,22	6,6±0,14**	37,9

Примітки: 1.* - різниця достовірна при $P \leq 0,05$ до контролю; 2.** до штамів 634б.

Застосування ретардантів на посівах сої на фоні бактеризації насіння штамів *Bradyrhizobium japonicum* призводило до закладання більшої кількості бобів.

Таким чином, обробка рослин сої ретардантами на фоні інокуляції штамми *Bradyrhizobium japonicum* призводить до змін у функціонуванні донорно–акцепторної системи та перерозподілу асимілятів у бік формування бобів. В усіх варіантах досліду із застосуванням ретардантів загальна кількість бобів та їх частка в масі цілої рослини була вищою, ніж при використанні лише бактеризації та у контролі без інокуляції.

Встановлено є дія хлорхолінхлориду на збільшення міцності нижніх міжвузлів стебел рослин озимої та ярої пшениці. Зменшення довжини та збільшення діаметру окремих міжвузлів стебел визначається особливостями диференціації клітин і тканин за дії ретардантів [14]. Вплив ССС проявлявся у збільшенні ширини склеренхімного кільця, розростанні основної паренхіми, збільшенні числа судинно-волокнутих пучків і оточуючих їх елементів механічної тканини [13, 19].

Аналогічно до злаків, у рослин ріпаку, картоплі, соняшнику, гарбуза, льону, після обробки ретардантами затримувався ріст стебла при його одночасному потовщенні [52, 53, 55, 65, 66].

Антигіберелінові препарати на фоні інокуляції штамми *Bradyrhizobium japonicum* збільшували товщину листкових пластинок від $245,7 \pm 2,6$ мк за дії штаму-стандарту 6346 до $326,0 \pm 4,0$ мк у варіанті з паклобутразолом на фоні штаму 71т. Загалом, дія паклобутразолу серед всіх антигіберелінових препаратів на анатомічну будову листка була найсильнішою. Збільшення товщини листової пластинки відбувалося за рахунок змін у мезофілі, тоді як товщина епідермісу листка достовірно не змінювалася. Ретарданти на фоні інокуляції викликали збільшення об'єму клітин стовпчастої паренхіми. Встановлено, що максимальний ефект проявлявся при комплексному застосуванні штаму 71т та 0,025%-го паклобутразолу, де об'єм клітин стовпчастої паренхіми становив 5682 ± 88 мк³ проти 4147 ± 96 мк³ при використанні лише штаму 71т.

Таким чином, препарати ретардантної дії на фоні інокуляції штамми *Bradyrhizobium japonicum* впливали на анатоμο-морфологічні параметри фотосинтетичного апарату рослин сої, зокрема обробка ретардантами призводила до формування більш потужної стовпчастої асиміляційної тканини листка, яка відіграє основну роль у фотосинтетичних процесах. Застосовані в роботі антигіберелінові препарати на фоні передпосівної інокуляції насіння штамми *Bradyrhizobium japonicum* збільшували діаметр стебла сої. Зміни розмірів стебла дослідних рослин відбувалися за рахунок потовщення кори. Під впливом ретардантів на фоні інокуляції штамми відбувався кращий розвиток механічних тканин, що сприяло посиленню міцності стебла та підвищувало стійкість рослин до вилягання, а також створювало технологічні переваги при збиранні врожаю.

В літературі представлені лише поодинокі роботи, в яких розглядається накопичення і перерозподіл кон'югованих форм гіберелінів у вегетативних органах рослин під впливом ретардантів [26, 29, 52, 64]. Так, при дії хлорхолінхлориду спостерігалось зменшення активності вільних гіберелінів у проростках квасолі [76] і пагонах картоплі [79], тоді як за дії паклобутразолу, у листках рослин цукрового буряка, зменшувалася лише активність вільних форм гіберелінів [71].

Нами виявлено зменшення вмісту вільних форм гіберелінів у листках сої та зростання вмісту їх зв'язаних форм (рис. 4) за дії паклобутразолу.

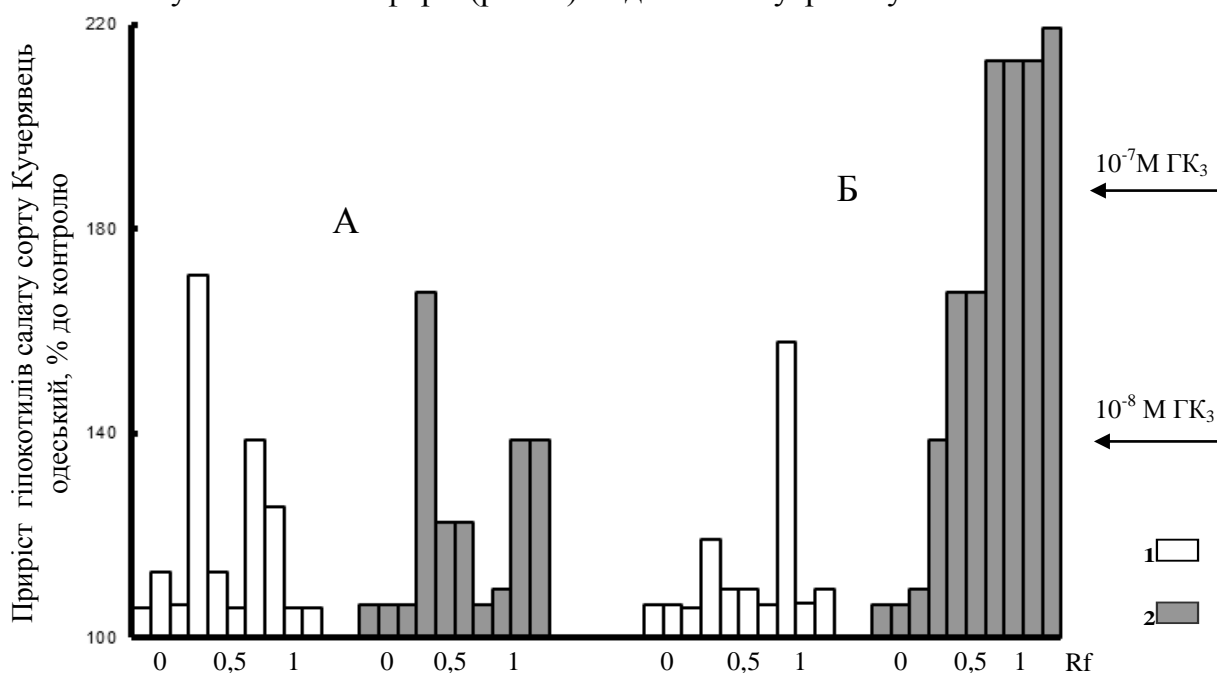


Рис. 4. Вплив паклобутразолу на активність вільних (1) і зв'язаних (2) форм гіберелінів у листках сої: А – контроль; Б – паклобутразол. Стрілками на рисунку позначено еквівалентні концентрації гіберелінової кислоти (ГК₃).

Найявні літературні дані щодо впливу ретардантів на вміст різних форм абсцизової кислоти небагаточисельні, а висновки, що випливають з цих робіт досить суперечливі. Відомо, що дія ретардантів на молоді листки малини призводила до збільшення вмісту всіх форм АБК у дослідних рослин [29]. Таку ж тенденцію виявлено іншими дослідниками, а саме, обробка рослин ячменю триазолпохідними препаратами призводила до зростання вмісту АБК протягом всього періоду онтогенезу [56] за дії хлорхолінхлориду в рослин картоплі та в жита озимого при обробці етефоном [13]. На збільшення вмісту АБК в люцерни, ріпаку, викликане обробкою паклобутразолом, вказується в роботі [26].

Нами встановлено збільшення вмісту абсцизової кислоти у листках сої за дії паклобутразолу, при цьому збільшення вмісту гормону відбувалося за рахунок зростання вмісту обох його форм – вільної і зв'язаної (рис. 5).

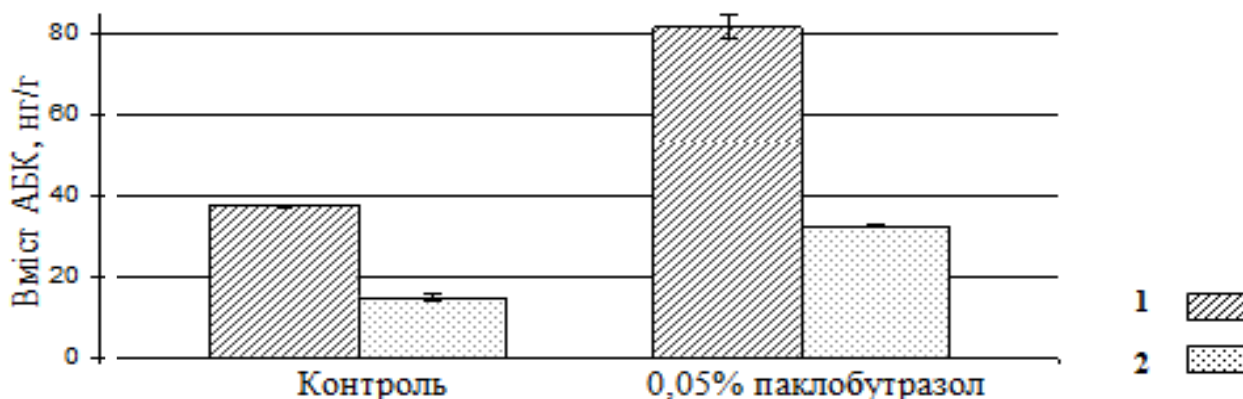


Рис. 5. Дія паклобутразолу на вміст АБК в листках сої сорту Агат. 1 – АБК вільна, 2 – АБК зв'язана.

Таким чином, обробка рослин сої паклобутразолом на ранніх етапах онтогенезу призводила до змін у співвідношенні фітогормонів терпенової природи. Застосування ретарданту призводило до збільшення вмісту зв'язаних форм гіберелінів та вільної і зв'язаної форм абсцизової кислоти.

При вирощуванні бобових культур велику увагу приділяють біологічній фіксації молекулярного азоту, оскільки завдяки цьому процесу рослини забезпечуються зв'язаним азотом, що позитивно позначається на їх урожайності, а також підтримується азотний баланс ґрунту [1, 4, 7, 9, 10, 11, 16, 21, 22, 40, 57, 59, 61]. Одним із критеріїв оцінки ефективності комплементарної взаємодії макро- і мікросимбіонтів є вірулентність бульбочкових бактерій, яку визначають за кількістю бульбочок, що утворилися [10, 21].

В ході дослідження встановлено збільшення кількості бульбочок при застосуванні всіх штамів *Bradyrhizobium japonicum* проти спонтанної інокуляції.

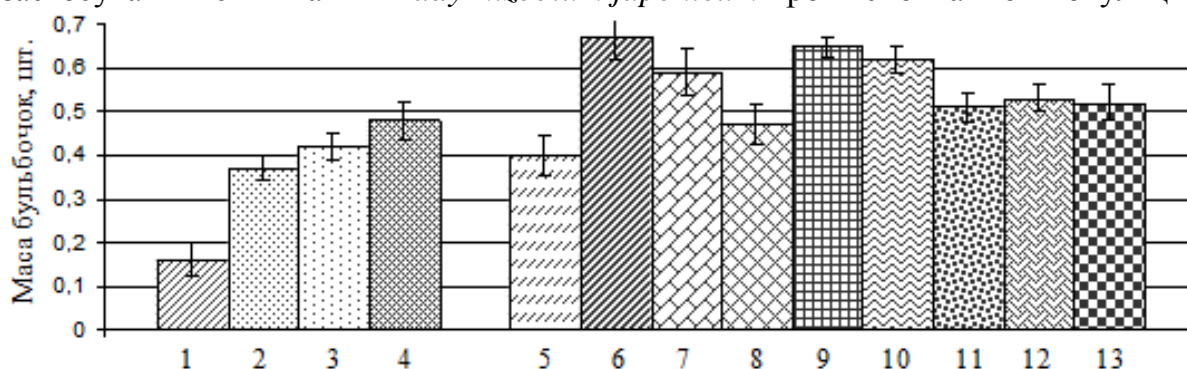


Рис. 6. Вплив інокуляції штамми бульбочкових бактерій та обробки ретардантами на суху речовину бульбочок (фаза зеленого бобу). 1– контроль; 2 – 634б; 3 – 71т; 4 – М8; 5 – 634б+0,025% ПБ; 6 – 71т+0,025% ПБ; 7 – М8+0,025% ПБ; 8 – 634б+0,5% ХМХ; 9 – 71т+0,5% ХМХ; 10 – М8+0,5% ХМХ; 11 – 634б+1% ХМХ; 12 – 71т+1% ХМХ; 13 – М8+1% ХМХ.

Одночасно за інокуляції насіння штамми 71 т та М 8 формувалася більша кількість бульбочок, порівняно зі штамом 634 б, тоді як за дії штаму-стандарту 634б маса окремої бульбочки була вищою. При застосуванні ретардантів на фоні інокуляції *Bradyrhizobium japonicum* 71 т і М 8 спостерігалася тенденція до збільшення маси бульбочок на рослині (рис. 6).

Відомо, що вірулентність бульбочкових бактерій має важливе значення при утворенні ефективного симбіозу, однак вирішальне значення в даному процесі належить азотфіксувальній активності утворених бульбочок [10, 11, 35].

Нами встановлено, що за обробки штамми *Bradyrhizobium japonicum* 634б, 71т, М8 нітрогеназна активність істотно збільшувалася в усі досліджувані фази розвитку проти спонтанної інокуляції. Максимальну її активність відмічали у фазу формування бобів. Поєднане застосування бактеризації та обробки ретардантами призводить до зміщення піку активності нітрогенази на більш пізній етап онтогенезу. Зокрема, найвища активність азотфіксації спостерігалась у варіанті штам 634б+0,5% ХМХ у фазу зеленого бобу (3,25 мкмоль C_2H_4 /(рослину·год).

Із збільшенням обсягів використання *Glycine max* набуває важливого значення

підвищення її продуктивності. Зернова продуктивність сої лише на 20 % зумовлюється генотипом сорту [5]. Набагато більше значення мають фактори зовнішнього середовища та технологія вирощування культури [1, 3, 8, 16, 20, 48, 59].

Велику роль у формуванні врожайності відіграють процеси перерозподілу асимілятів між органами і частинами рослини, включно з тимчасовим їх депонуванням та реутилізацією [22, 46]. Питання впливу сумісного застосування інокуляції та сучасних вискоелективних ретардантів на донорно-акцепторні відносини у рослин сої практично не вивчалось.

Аналіз динаміки вмісту азоту за дії штамів *Bradyrhizobium japonicum* та спільного застосування інокуляції і ретардантів свідчить про збільшення вмісту елементу у вегетативних органах сої в перші дві досліджувані фази у порівнянні з контролем. Більш ефективним був комплексний вплив інокуляції та ретардантів. Різке зменшення показників вмісту азоту, як у листках, так і стеблі, відмічали у фазу зеленого бобу, що, очевидно, пов'язано з відтоком азотовмісних сполук до нових акцепторних центрів – бобів.

Отже, сумісне застосування штамів *Bradyrhizobium japonicum* і ретардантів суттєво впливало на функціонування донорно-акцепторної системи рослин, сприяло відтоку азотовмісних сполук з вегетативних органів до бобів на потреби карпогенезу. Широке застосування сої вимагає пошуку підвищення її продуктивності. Встановлені у ході дослідження зміни у морфогенезі, функціонуванні донорно-акцепторної системи за інокуляції штамами *Bradyrhizobium japonicum* та дії ретардантів призводили до суттєвого підвищення продуктивності рослин сої (рис. 7).

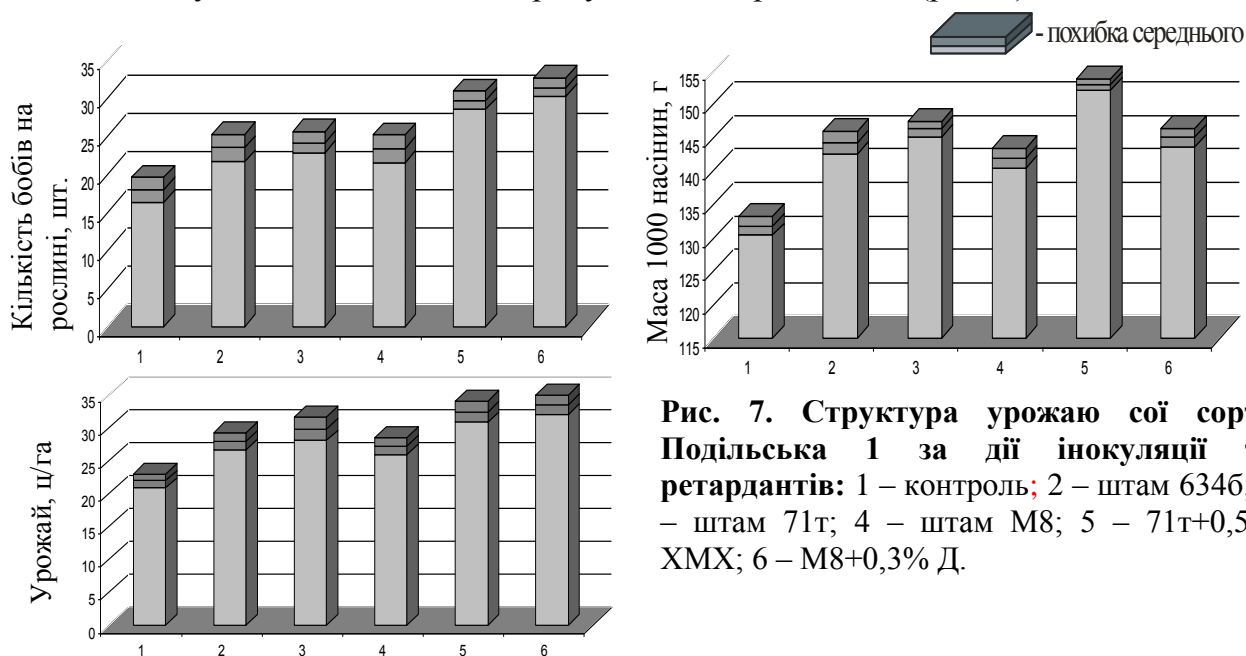


Рис. 7. Структура урожаю сої сорту Подільська 1 за дії інокуляції та ретардантів: 1 – контроль; 2 – штам 6346; 3 – штам 71т; 4 – штам М8; 5 – 71т+0,5% ХМХ; 6 – М8+0,3% Д.

Збільшення врожайності культури сої у варіантах досліджування відбувалося за рахунок збільшення кількості бобів на рослині і зростання маси насіння. Максимально ефективною була дія 0,3%-го Д на фоні штаму М8 та 0,5%-го хлормекватхлориду на фоні штаму 71т.

Встановлено, що передпосівна інокуляція насіння штамами *Bradyrhizobium*

japonicum 6346, 71т та М8 викликала зміни в його якості. Так, бактеризація позитивно впливала на накопичення азоту в насінні сої проти спонтанної інокуляції насіння місцевими расами бульбочкових бактерій. Зокрема, найбільш активним серед застосованих виявився штам 71т, що, очевидно, обумовлено інтенсифікацією нітрогеназної активності. Сумісне застосування штамів та хлормекватхлориду і декстрелу достовірно не змінювали вміст азоту в насінні сої (табл. 2).

Таблиця 2

Дія бактеризації насіння та ретардантів на вміст азоту в насінні сої сорту Подільська 1 (у % на суху речовину)

Варіант / показник	N
Контроль (без обробки)	4,93±0,09
штам <i>Bradyrhizobium japonicum</i> 6346	5,66±0,07*
штам <i>Bradyrhizobium japonicum</i> 71т	6,02±0,08*
штам <i>Bradyrhizobium japonicum</i> М8	5,93±0,08*
штам <i>Bradyrhizobium japonicum</i> 6346+0,5%ХМХ	5,50±0,09
штам <i>Bradyrhizobium japonicum</i> 71т+0,5%ХМХ	5,81±0,07
штам <i>Bradyrhizobium japonicum</i> М8+0,3%Д	5,58±0,06

Примітки: 1.* – різниця достовірна при $P \leq 0,05$ до контролю;
2.** – до штаму 6346.

Аналіз вмісту вуглеводів (крохмалю та суми цукрів) за дії ретардантів на певних сільськогосподарських культурах мало різнонаправлений характер [13, 51, 65, 70]. У нашому дослідженні виявлено, що по всіх варіантах досліду відбувалося його зменшення в насінні як за дії інокуляції, так і при сумісному застосуванні штамів та ретардантів (рис. 8).

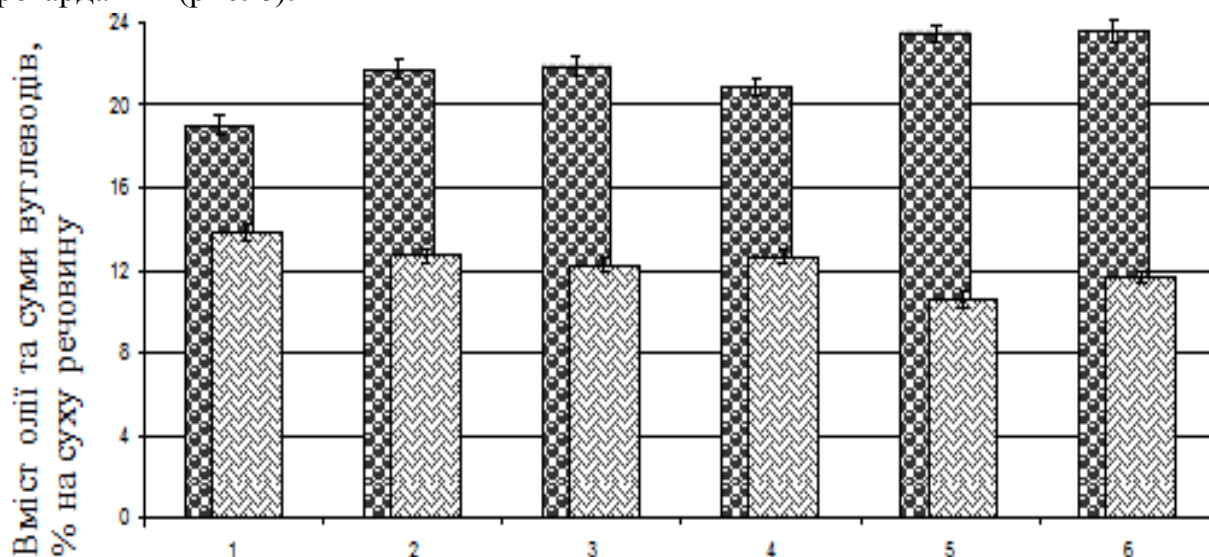


Рис. 8. Вплив інокуляції та ретардантів на якісний склад насіння сої сорту Подільська 1: 1 – контроль; 2 – штам 6346; 3 – штам 71т; 4 – штам М8; 5 – 71т+0,5% ХМХ; 6 – М8+0,3% Д. Верхній ряд – вміст олії, нижній ряд – вміст суми вуглеводів.

Зі збільшенням використання соєвої олії набуває важливого значення підвищення її якості. Разом з тим, в літературі не зустрічається інформація про вплив

регуляторів росту на вміст олії в насінні білково-олійних культур, її хімічний склад та якісні характеристики. В небагаточисельних джерелах розглядається вплив регуляторів росту на олійні культури. Відомо, що дія хлормекватхлориду і суміші трептолему та хлормекватхлориду виявилася позитивною на вміст олії у соняшника [54, 55], льону олійного, [32, 68], маку олійного [42, 43, 44], ріпаку [52].

Нами встановлено, що вміст олії в насінні сої за дії інокуляції насіння штамми 6346, 71т та М8 призводила до збільшення її кількості. Комплексне застосування штамів М8 з наступною обробкою декстрелом та штаму 71т з наступною обробкою 0,5%-ним хлормекватхлоридом позитивно впливало на накопичення олії в насінні (рис. 8).

В ряді робіт показано, що застосування ретардантів призводить до змін вмісту жирних кислот та співвідношення ненасичених і насичених жирних кислот в рослинній олії [25, 42, 44, 55].

Проведені нами дослідження також виявили зміни вмісту і співвідношення вищих жирних кислот в соєвій олії як за дії інокуляції, так і при сумісному їх використанні з ретардантами (табл. 3). Встановлено збільшення співвідношення ненасичені / насичені жирні кислоти. Найбільш якісну олію отримано у варіанті зі штамом М8 з наступною обробкою 0,3%-ним декстрелом.

Таблиця 3

Вміст ВЖК в олії сої сорту Подільська 1 за дії інокуляції штамми та обробки ретардантами, % на суху речовину

Варіант/ показник	16:0	18:0	18:1	18:2	18:3	20:0	Ненасичені/насичені
Контроль	9,75 ±0,03	4,25 ±0,02	19,37 ±0,03	56,16 ±0,04	10,24 ±0,03	0,22 ±0,01	6,03
6346	9,55 ±0,02*	4,12 ±0,04*	19,07 ±0,04	56,85 ±0,04*	10,25 ±0,05	0,23 ±0,02	6,19
71т	9,41 ±0,02*	4,05 ±0,03*	19,26 ±0,04	57,05 ±0,02*	10,04 ±0,02*	0,19 ±0,02	6,33
М8	9,51 ±0,04*	4,18 ±0,03	18,49 ±0,04*	57,36 ±0,02*	10,27 ±0,03	0,18 ±0,02	6,20
6346+0,5% ХМХ	9,36 ±0,03**	3,94 ±0,02	19,27 ±0,02	57,36 ±0,04**	9,90 ±0,02**	0,18 ±0,02	6,43
71т+0,5% ХМХ	9,28 ±0,04**	4,06 ±0,03	18,91 ±0,02	58,14 ±0,03**	9,44 ±0,03**	0,17 ±0,02	6,40
М8+0,5% ХМХ	9,28 ±0,03**	4,16 ±0,04	18,86 ±0,03	57,93 ±0,03**	9,73 ±0,02**	0,13 ±0,01	6,37
М8+ 0,3% Д	8,80 ±0,02**	3,57 ±0,02**	19,47 ±0,04	58,16 ±0,03**	9,86 ±0,04**	0,15 ±0,02	7,00

Примітки: 1. * – різниця достовірна при $P \leq 0,05$; ** – до штаму 6346.

Таким чином, інокуляція насіння штамми *Bradyrhizobium japonicum* 6346, 71т, М8 з наступною обробкою рослин ретардантами призводила до підвищення урожайності і покращення якості продукції. Зростала маса насіння на рослині, відбувалися суттєві зміни якості олії в бік підвищення вмісту ненасичених вищих жирних кислот.

Висновки. Таким чином, встановлено, що інокуляція насіння штамми *Bradyrhizobium japonicum* 634б, 71т, М8 з наступною обробкою рослин сої ретардантами у фазу бутонізації призводить до змін функціонування донорно-акцепторної системи, покращення азотного живлення, перерозподілу асимілятів у бік формування генеративних органів – бобів. Застосування 0,05%-го паклобутразолу на рослинах сої призводило до зменшення активності вільної форми гіберелінів у листках та підвищення вмісту вільних і зв'язаних форм абсцизової кислоти.

Виявлено позитивний вплив сумісної дії інокуляції та застосування ретардантів на анатомічну будову стебла сої. Препарати ретардантної дії на фоні інокуляції штамми *Bradyrhizobium japonicum* 634б, 71т, М8 впливали на формування фотосинтетичного апарату рослин. Закладалася більша кількість листків, що супроводжувалося збільшенням площі листової поверхні та потовщенням листових пластинок внаслідок збільшення розмірів стовпчастої асиміляційної тканини. Результатом цих морфологічних змін було зростання чистої продуктивності фотосинтезу, оброблених антигібереліновими препаратами рослин.

Комплексне застосування інокуляції штамми та ретардантів призводило до зростання урожайності культури за рахунок збільшення кількості бобів і маси насіння на рослині. Використання ретардантів на інокуюваних штамми *Bradyrhizobium japonicum* рослинах сої призводить до суттєвих змін якості продукції. Покращувалася якість олії за рахунок позитивних змін в бік накопичення співвідношення ненасичені / насичені ВЖК.

Література:

1. Адамень Ф.Ф. Разработка элементов технологии возделывания сои для увеличения производства растительного белка / Ф.Ф. Адамень, Н.Н. Нестерчук, Н.П. Саенко // В зб. Перша всеукраїнська конференція по проблемі "Корми і кормовий білок" під ред. акад. А.О. Бабича. – Вінниця, – 1994. – С. 185–186.
2. Антипчук А.Ф. Экологические аспекты селекции ризобий и повышение эффективности симбиоза / А.Ф. Антипчук // Физиология и биохимия культ. растений. – 1994. – 26, № 4. – С. 315–333.
3. Бабич А.А. Фотосинтетическая продуктивность посевов и урожайность зерна сои в зависимости от способа посева и густоты растений / А.А. Бабич, В.Ф. Петриченко // СНТ "Корма и кормопроизводство". – К.: Урожай, 1991. – Вып. 31. – С. 7 – 9.
4. Бабич А.О. Проблема фотосинтезу і біологічної фіксації азоту бобовими рослинами / А.О. Бабич, В.Ф. Петриченко, Ф.Ф. Адамень // Вісник аграрної науки. – 1996.– № 2.– С. 34 – 39.
5. Бабич А.О. Селекція, виробництво, торгівля і використання сої у світі / А.О. Бабич, А.А. Бабич-Побережна // К.: Аграрна наука, – 2011.– 548 с.
6. Бабич А.О. Соя для здоров'я і життя на планеті Земля. – К.: Аграрна наука, 1998.– 272 с.
7. Бабич А.О., Петриченко В.Ф., Мережко М.М. Урожайність та якість зерна сої залежно від ефективності нових штамів бульбочкових бактерій в умовах центрального Лісостепу України / А.О. Бабич, В.Ф. Петриченко, М.М. Мережко // Корми і кормо виробництво. – 1991.– № 2.– С. 16–18.
8. Бахмат О.М. Моделирование адаптативной технологии выращивания сои: монографія / О.М. Бахмат. – Кам'янець-Подільський: Видавець Зволейко Д.Г. – 2012.– 436 с.
9. Береговенко С.К. Вплив інокуляції насіння сої різними штамми *Bradyrhizobium japonicum* на якість її врожаю / С.К. Береговенко // Физиология и биохимия культ. растений. – 2001. – 33, № 5. – С. 432–435.
10. Биологическая фиксация азота: бобово-ризобиальный симбиоз: монографія: в 4 –х т. / С.Я. Коць, В.В. Моргун, В.Ф. Патица и др.– К.: Логос, 2010. – Т. 2. – 2011. – 523 с.
11. Біологічний азот: Монографія / В.П. Патица, С.Я. Коць, В.В. Волкогон [та ін.] / За ред.

- В.П. Патики – К.: Світ, 2003. – 424 с.
12. Влияние гибберелина и гетероауксина на рост бобовых растений и образование клубеньков / М.Х. Чайлахян, Р.А. Меграбян, Н.А. Карапетян [и др.] // Изв. Арм. ССР. – 1961. – 14, № 12. – С. 25–28.
 13. Деева В.П. Избирательное действие химических регуляторов роста на растения. Физиологические основы / В.П. Деева, З.И. Шелег, Н.В. Санько. – Мн.: Наука и техника, 1988. – 255 с.
 14. Деева В.П. Ретарданты – регуляторы роста растений / В.П. Деева/ Ред. Ю.В. Ракитин. – Мн.: Наука и техника, 1980. – 176 с.
 15. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: (с основами стат. обраб. результатов исслед.) / Б.А. Доспехов. – [5-е изд., доп. и перераб.]. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
 16. Дубовицкая Л.К. Предпосевная обработка семян сои / Л.К. Дубовицкая // Технические культуры. – 1991. – №3. – С.24–26.
 17. Казаков Є.О. Методологічні основи постановки експерименту з фізіології рослин.– К.: Фітосоціоцентр, 2000. – 272 с.
 18. Калинин Ф.Л., Курчий Б.А. Управление делением и растяжением растительной клетки ретардантами и борьба с полеганием озимой пшеницы и ржи / Ф.Л. Калинин, Б.А. Курчий // Биохимия регуляции онтогенеза растительной клетки. – Киев: Наук. думка, 1983. – С. 167–200.
 19. Калінін Ф.Л. Застосування регуляторів росту в сільському господарстві / Ф.Л. Калінін. – К.: Урожай, 1989. – 168 с.
 20. Карягин Ю.Г. Эффективность бактеризации растений сои активными расами клубеньковых бактерий / Ю.Г. Карягин // Микробиология. – 1980.– 49, № 1.– С. 141 – 147.
 21. Коць С.Я. Біологічна фіксація азоту та її значення в азотному живленні рослин. Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку: у 2 т., Т. 1 / С.Я. Коць, В.П. Патики // НАН України, Ін-т фізіології рослин та генетики, Укр. т-во фізіологів рослин; голов. ред. В.В. Моргун. – К.: Логос, 2009.– С. 344 – 386.
 22. Кретович В.Л. Усвоение и метаболизм азота растениями / В.Л. Кретович. – М.: Наука, 1987.– 490 с.
 23. Крикунець В.М. Ацетиленвідновлюючий метод у дослідженнях з фізіології бобово-ризобіального симбіозу / В.М. Крикунець // Физиология и биохимия культ. растений. – 1993. – 25, № 5. – С. 419 – 429.
 24. Кулаева О.Н. Гормональная регуляция физиологических процессов у растений. 41–е Тимирязевское чтение.– М.: Наука, 1982.– 52 С.
 25. Кур'ята В.Г. Вплив хлормекватхлориду на урожайність та якісні характеристики олії льону / В.Г. Кур'ята, О.О. Ходаніцька // Основи біологічного рослинництва в сучасному землеробстві / Умань.– Уманське комунальне видавничо-поліграфічне підприємство. – 2011.– С. 203–208.
 26. Кур'ята В.Г. Дія паклобутразолу на активність гіберелінів і вміст абсцизової кислоти в листках деяких сільськогосподарських рослин / В.Г. Кур'ята, В.А. Негрецький, В.В. Рогач, Л.А. Голунова, С.В. Мазніченко, Б.І. Гуляев // Физиология и биохимия культ. растений. – 2005. – Т. 37, № 5. – С. 452 – 458.
 27. Кур'ята В.Г. Одержання препаратів епідермісу методом часткової мацерації тканин листка / В.Г. Кур'ята // Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка.–1999.– Т. 31, № 2. – С. 93–102.
 28. Кур'ята В.Г. Ретарданты – модифікатори гормонального статусу рослин. – Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку: у 2 т., Т. 2 / В.Г. Кур'ята // НАН України, Ін-т фізіології рослин та генетики, Укр. т-во фізіологів рослин; голов. ред. В.В. Моргун. – К.: Логос, 2009. – С. 565 – 589.
 29. Кур'ята В.Г. Фізіолого-біохімічні механізми дії ретардантів і етиленпродуцентів на рослини ягідних культур: дис. ... доктора біол. наук: 03.00.12 / Кур'ята Володимир

- Григорович. – К., 1999. – 318 с.
30. Кур'ята В.Г., Гуляев Б.И. Воздействие ретардантов на ассимиляционный аппарат, морфогенез и рост растений // Физиология и биохимия культ. растений. – 1999. – 31, № 1. – С. 3 – 129.
 31. Кур'ята І.В. Регуляція донорно-акцепторних відносин у системі депо асимілятів – ріст у проростків гарбуза під впливом гібереліну і хлормекватхлориду за умов ското- і фотоморфогенезу / І.В. Кур'ята, Д.А. Кірізій // Физиология и биохимия культ. растений. – 2008. – Т. 40, № 5. – С. 448 – 456.
 32. Кур'ята В.Г. Влияние хлормекватхлориду на формирование фотосинтетического аппарата и продуктивность льна масличного в условиях Правобережной Лесостепи Украины / В.Г. Кур'ята, О.О. Ходаницкая // Научно-производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры». – 2013. – № 4 (8). – С. 88–93.
 33. Курчий Б.А. Влияние этифона на анатомо-морфологическое строение стебля озимой ржи / Б.А. Курчий, Ф.Л. Калинин // Физиология и биохимия культ. растений. – 1989. – Т. 21, № 5. – С. 459 – 463.
 34. Лагута (Береговенко) С.К., Даценко В.К. Урожай сої і його якості в залежності від інокуляції насіння різними штамми *Bradyrhizobium japonicum* / С.К. Лагута (Береговенко), В.К. Даценко // Зб. наук. праць Ін-ту землеробства УААН.– К.: Нора-прінт, 1997. – С. 33 – 38.
 35. Львов Н.П. Нитрогенеза: структура и условия функционирования / Н.П. Львов // Молекулярные механизмы усвоения азота растениями. – М.: Наука, 1983. – С. 34–52.
 36. Мельничук Т.Н. Формы микробных препаратов для сельского хозяйства / Т.Н. Мельничук, И.А. Каменева, Л.Ю. Гритчина [и др.] // Информационный листок КГАУКЦ, – № 4. – 2007. – 8 с.
 37. Методические рекомендации по определению фитогормонов. – Киев: Наук. думка, 1988. – 78 с.
 38. Методы биохимического исследования растений / А.И. Ермаков, В.В. Арасимович, Н.П. Ярош и др.; под ред. А.И. Ермакова. – [3-е изд., перераб., доп.]. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 430 с.
 39. Мокроносов А.Т. Методика количественной оценки структуры и функциональной активности фотосинтезирующих тканей и органов / А.Т. Мокроносов, Р.А. Борзенкова // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 1978. – Вып. 61, № 3. – С. 119–131.
 40. Моргун В.В., Коць С.Я. Симбіотична азотфіксація та її значення в азотному живленні рослин: стан і перспективи досліджень / В.В. Моргун, С.Я. Коць // Физиология и биохимия культ. растений. – 2008. – Т. 40, № 3. – С. 187 – 205.
 41. Обертюх Ю.В. Методика визначення вищих жирних кислот. В кн. Корми: оцінка, використання, продукція тваринництва, екологія. – Вінниця. - Генеза. – 2008. – 317 с.
 42. Поливаний С.В. Вплив хлормекватхлориду на урожайність, вміст олії та білку в насінні маку олійного / С.В. Поливаний, В.Г. Кур'ята // Корми і кормовиробництво: Міжвідомчий тематичний науковий збірник. – Вінниця: ТОВ «Видавництво-друкарня Діло», 2013. – Вип 75. – 252 с. – С. 150 – 154.
 43. Поливаний С.В. Дія антигіберелінового препарату хлормекватхлориду на структуру урожаю і якісні характеристики олії маку олійного/ С.В. Поливаний // Сільськогосподарські науки: Збірник наукових праць Вінницького нац. аграр. ун-ту. – Вінниця, 2012. – Вип. 1 (57). – 192 с. – С. 90 – 95.
 44. Поливаний С.В., Кур'ята В.Г. Фізіологічні основи застосування модифікаторів гормонального комплексу для регуляції продукційного процесу маку олійного: монографія / С.В. Поливаний, В.Г. Кур'ята / – Вінниця, ТОВ «Нілан-ЛТД», 2016.– 140 с.
 45. Прусакова Л.Д., Чижова С.И. Применение производных триазола в растениеводстве // Агрехимия.-1998.- № 10.- С. 37-44.
 46. Регуляція фотосинтезу і продуктивність рослин: фізіологічні та екологічні аспекти / Т.М. Шадчина, Б.І. Гуляєв, Д.А. Кірізій [та ін.] К.:– Київ: Фітосоціоцентр, 2006. – 384 с.

47. Реєстр сортів рослин України на 1997р. Олійні, технічні, прядильні та кормові культури. Частина 2, 1996 р. Офіц. Вид. – К.: Компанія “Юнівест маркетинг”, 1996.– 66 с.
48. Рекомендації щодо розробки технологічного процесу виробництва сої на богарних землях. – Вінниця: Інститут кормів УААН. – 2007. – 16 с.
49. Рогач В.В. Вплив хлормекватхлориду на морфогенез та продуктивність озимого ріпаку/ В.В. Рогач // Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету. Серія : Біологія. – 2011. – № 4 (49). – С. 70-76.
50. Рогач В.В. Дія гібереліну і ретардантів на морфогенез, фотосинтетичний апарат та продуктивність картоплі / В.В. Рогач, І.В. Попроцька, В.Г. Кур’ята // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, екологія. – 2016.– Т.24 (2).– С. 416–420.
51. Рогач В.В. Накопичення і перерозподіл вуглеводів і азотовмісних сполук між органами рослин ріпаку в онтогенезі за дії хлормекватхлориду / В.В. Рогач // Агробіологія – 2010. – Випуск 4 (80). – С.45-50.
52. Рогач В.В., Кур’ята В.Г., Поливаний С.В. Дія ретардантів на морфогенез, продуктивність, і склад вищих жирних кислот олії ріпаку: монографія / В.В. Рогач, С.В. Поливаний, В.Г. Кур’ята / – Вінниця, ТОВ «Нілан-ЛТД», 2016.– 152 с.
53. Рогач Т.І. Вплив хлормекватхлориду на анатомічну будову і продуктивність рослин соняшнику (*Helianthus annuus* L.) / Т.І. Рогач, В.Г. Кур’ята // Основи формування продуктивності сільськогосподарських культур за інтенсивних технологій вирощування: зб. наук. праць УДАУ. – Умань, 2008. – С. 71–77.
54. Рогач Т.І. Продуктивність та якісні характеристики олії соняшнику за дії хлормекватхлориду / Т.І. Рогач, В.Г. Кур’ята // Агробіологія: зб. наук. праць – Біла Церква – 2010. – Вип. 4 (80).– С. 37– 41.
55. Рогач Т.І. Фізіологічні основи регуляції морфогенезу та продуктивності соняшника за допомогою хлормекватхлориду і трептолему: дис. ... кандидата с.-г. наук: 03.00.12. / Тетяна Іванівна Рогач. – Вінниця, 2011. – 183 с.
56. Скоробогатова И. В. Изменение активности эндогенных фитогормонов в онтогенезе растений ячменя // Гормональная регуляция ростовых процессов.- М.: МОПИ, 1985.- С.16-21.
57. Соя: монографія / В.Ф. Петриченко, В.В. Лихочвор, С.В. Іванюк та ін. – Л 65 Вінниця: «Діло», 2016. – 400с.
58. Статистичний щорічник // Державний комітет статистики України. – 2010, 2015 р. – 680 с.
59. Степанова В.М. Климат и сорт (Соя.) / В.М. Степанова / – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 184 с.
60. Таркашвили Д.В. Гормоны роста ауксиновой природы и образование клубеньков у бобовых растений / Д.В. Таркашвили, Н.В. Дурмишидзе // Проблемы онкологии и тератологии растений. – Ленинград: Наука, 1945.– С. 231 – 233.
61. Терентьева И.Н. Физиологические основы сортовой агротехники сои // Приёмы регулирования продуктивности сои: Сб. науч. тр. / ВАСХНИЛ. Сиб. отд. – Новосибирск: ВАСХНИЛ, 1987. – С. 133 – 139.
62. Ткачук О.О. Вплив ретардантів на інтенсивність проростання та гістогенез паростків бульб картоплі при виході їх зі стану спокою / О. О. Ткачук // Збірник наукових праць ВНАУ : Сільськогосподарські науки. – 2012. – № 1 (57). – С. 132-136.
63. Ткачук О.О. Екологічна безпека та перспективи застосування регуляторів росту рослин / О.О. Ткачук // Вісник Вінницького державного політехнічного інституту. – 2014, №3.– С.41 – 44.
64. Ткачук О.О., Кур’ята В.Г., Негрецький В.А. Вплив ретардантів на вміст абсцизової кислоти та гіберелоподібних речовин у листках картоплі // Наукові записки Тернопіл. держ. пед. ун-ту. Сер. біологія. – 2005. – № 3-4. – С. 34-37.
65. Ткачук О.О., Кур’ята В.Г. Дія ретардантів на морфогенез, період спокою і продуктивність картоплі : монографія / О.О. Ткачук, В.Г. Кур’ята. – Вінниця, ТОВ

«Нілан-ЛТД», 2016.– 152 с.

66. Трейкале О. Влияние тебуконазола на рост и развитие озимого рапса / О. Трейкале, О. Руде, М. Вилцанс // Регуляция роста, развития и продуктивности растений. – Минск: ИВЦ Минфина. – 2009. – С. 152–271.
67. Федорова Е.Э. Фитогормоны в азотфиксирующих клубеньках бобовых растений / Е.Э. Федорова, Г.Я. Жизневская, Ж.К. Альжаппарова [и др.] // Физиология и биохим. культ. растений. – 1991. – 23, № 5. – С. 426–438.
68. Ходаніцька О.О. Аналіз дії хлормекватхлориду на продукційний процес льону олійного сорту Орфей / О.О. Ходаніцька, В.Г. Кур'ята, // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2014. – 1 (112). – С. 30 – 33.
69. Чайлахян М.Х. Гибберелины растений / М.Х. Чайлахян / М.: 1961, – 45 с.
70. Шевчук О.А. Дія ретардантів на морфогенез, газообмін і продуктивність цукрових буряків: монографія / О.А. Шевчук, В.Г. Кур'ята – Вінниця:– ТОВ «Нілан-ЛТД», 2016. – 140 с.
71. Шевчук О.А. Дія ретардантів на морфогенез, газообмін і продуктивність цукрових буряків: автореферат / О.А. Шевчук,– Вінниця:– ТОВ «Нілан-ЛТД», 2005. – 20 с.
72. Шевчук О.А. Екологічна безпека та перспективи застосування синтетичних регуляторів росту рослин / О.А. Шевчук, О.О. Кришталь, В.В. Шевчук // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2014. – 1 (112). – С. 34–39.
73. Hardy R.W.F. The acetylene-ethylene assay for N₂-fixation: laboratoty and field evaluation / R.W.F. Hardy, R.D. Holsten, E.K. Jackson, R.C. Burns // Plant Physiol. – 1968. – 43, № 8. – P. 1185 – 1207.
74. Swaraj K., Garg O.P. The effect of gibberelic acid when applied to the rooting medium on nodulation and nitrogen fixation in gram (*Cicer arietinum*) / K. Swaraj, O.P. Garg // Physiol. Plant. – 1970. – 23. – P. 747 – 754.
75. Thurber G.A. Inhibitory effect of gibberellins on nodulation in dwarf beans *Phaseolus vulgaris* / G.A. Thurber, J.R. Douglas, A.N. Galson / Nature. – 1958. – 181. – P. 1082 – 1083.
76. Tisio R., Goleniowski M. Neuvelles preuves de la nature gibberellinigue du “factor racinaire” qui retarde la Tubérisation de germets de Pomme de terre cultives in Vitro // C.r. Asad. Sci. – 1985. – Vol. 3, № 13. – P. 499-502.
77. Williams P.M. Abscisic acid and gibberellinal-like substances in roots and root nodules of *Glycine max* / P.M. Williams, M.S. De Mallorca // Plant Soil. – 1982. – 65, – № 1. – P. 19 – 26.
78. Williams P.M. Effect of gibberellins and the growth retardant CCC on the nodulation of soya. / P.M. Williams, M.M. Sicardi // Plant and Soil. – 1984.- 77. – № 1.– P. 53 – 60.
79. Zeevartfon A., Creelman R. Metabolism and physiology of abscisic acid //Annu. Red. Plant Physiol and Plant Mol. Biol. Palo Alto. – 1988. – Vol. 39. – P. 439-473.