

повітряного середовища і одночасно поліпшувати адаптаційні можливості людського організму. Багаторічний досвід роботи показує, що можна використовувати пеларгонії для озеленення інтер'єрів різного функціонального призначення. Крім естетичної ролі рослини даного роду виконують санітарну функцію в інтер'єрі: іонізують повітря, підвищують вологість, зменшують рівень патогенних мікроорганізмів

Висновки. Таким чином, в результаті багаторічних спостережень встановлено, що серед досліджених пеларгоній більшість видів перспективні (секції *Ciconium*, *Otidia*, *Gibbosum*, *Reniformia*, *Peristera*, *Poluactium*) та дуже перспективними (секції *Pelargonium*, *Hoarea*, *Glaucophyllum*) тобто переважна більшість видів роду *Pelargonium*, що є в колекції ботанічного саду може бути рекомендована до широкого використання.

1. Карписонова Р. А. Оценка интродукции многолетников по данным визуальных наблюдений // Тезисы докладов М.: 1978. – С. 175–176.
2. Albers F., Gibby M. and Austmann M. A reappraisal of *Pelargonium* section *Ligularia* (*Geraniaceae*). Plant System. Evolution, 1992. – P. 255–259.
3. Albers F. van der Walt, Gibby J. J. A., Marschewski M., Price D. E., R.A. and du Preez G. A biosystematic study of *Pelargonium* section: 2. Reappraisal of section *Chorisma*. S. Afr. J. Bot., 1995. – P. 339–346.
4. Allemant S. Etude comparative des huiles essentielles de *geranium* selon leur origine géographique. Report, Ets. MANE et Fils, Grasse (France), 1998. – P. 321–335.
5. Bakker, F. T., Culham, Daugherty, L. C. and Gibby, M. A trnL-F based phylogeny for species *Pelargonium* (*Geraniaceae*). With small chromosomes. Plant System, 1999. – P. 309–324.
6. *Geranium and pelargonium*. Edited by Maria Lis-Balchin. – London, 2002.
7. Kayser O. and Kolodziej H. Antibacterial activity of extract and constituents of *Pelargonium sidoides* and *Pelargonium reniforme*. Plant Med., 1997. – P. 508–510.

Надійшла до редколегії 14.10.11

ФІЗІОЛОГІЯ, БІОХІМІЯ ТА АНАТОМІЯ РОСЛИН

УДК 631.847+581.133

В. Белави, канд. біол. наук, Є. Конотоп, інж. II кат.,
О. Панюта, канд. біол. наук, Н. Таран, д-р біол. наук

ВПЛИВ РИЗОГУМІНУ НА ВМІСТ БІЛКА ТА ЛЕКТИНОВУ АКТИВНІСТЬ СОЇ ЗА РІЗНИХ УМОВ АЗОТНОГО ЖИВЛЕННЯ

Досліджували вплив різних умов азотного живлення за наявності чи відсутності передпосівної обробки насіння мікробіологічним препаратом "Ризогумін" на вміст білка та гемаглютинувальну активність лектинів рослин сої у фазі цвітіння та наливу бобів. Встановили, що відмінні за швидкістю сорти сої по різному реагують на зміни умов азотного живлення.

Different conditions of nitrogen nutrition and presowing treatment of soybean with "Rhizogumin" was investigated. Protein content and hemagglutinin activity of plant lectins during flowering and beans ripening were studied. It was found, that soybean cultivars varied on ripening time, respond differently on conditions of nitrogen supply.

Успішне вирощування сої (*Glycine max* (L.) Merr.) у ґрунтово-кліматичних умовах України може бути досягнуте завдяки впровадженню сучасних адаптованих сортів та застосуванню екологічно безпечних технологій її вирощування. Важливе значення у цьому напрямі належить створенню технологій, що базуються на збалансованому використанні мінеральних азотних добрив та біопрепаратів на основі симбіотичних мікроорганізмів, які оптимізують отримання поживних речовин і підвищують адаптивний потенціал рослин. Завдяки симбіотичній азотфіксації бобові культури не лише економічно використовують азот ґрунту, а й поповнюють його кількість за рахунок накопичення азоту в рослинних рештках. Передпосівна бактеризація насіння бобових культур особливо ефективна на ґрунтах, де впродовж декількох років не вирощувалися такі культури, або при вирощуванні бобових культур, що походять з інших регіонів, наприклад сої, бульбочкові бактерії якої до недавнього часу не зустрічалися у ґрунтах України. У цьому випадку відсутність азотфіксуючих бактерій переводить цю бобову культуру із рівня азотонакопичувальної до рівня азотовитратної [9]. Застосування препаратів на основі бульбочкових бактерій сприяє підвищенню активності азотфіксації у кореневих бульбочках протягом усієї вегетації рослин [14], зростанню інтенсивності фотосинтезу [12] і збільшенню врожаю бобових у середньому на 20–35% та вмісту білка в зерні на 5–6% [8]. Слід зазначити, що використання бактеріальних препаратів не виключає застосування помірних доз мінеральних добрив, оскільки низька концентрація мінеральних елементів живлення на початку росту рослини може спричинити зниження інтенсивності фотосинтезу, що, в свою чергу, знижує активність ризосферної мікрофлори внаслідок зменшення надходження продуктів фотосинтезу до кореневої системи. Відомо, що такі

бобові культури, як соя, люцерна, горох, квасоля, більш сприйнятливі до внесення азотних добрив, ніж до інокюляції ризобіями [11], тому при створенні екологічно збалансованих технологій необхідно досягати фізіологічного оптимуму мінерального азоту для підтримки азотфіксуючої активності мікрофлори ґрунту даного агроценозу [7]. Соя найбільш чутлива до азоту у період бутонізації-цвітіння та формування бобів. Недостача азоту в цей період призводить до помітного зниження урожайності сої, низького вмісту білка і не може бути компенсована внесенням мінеральних азотних добрив на більш пізніх фазах росту і розвитку рослин. За іншими даними [2], незважаючи на значні потреби сої в елементах живлення та наявність критичних періодів їх споживання, вона слабо реагує на мінеральні добрива. Важливе значення у рослинно-мікробних симбіозах і взаємодії партнерів у міжорганізменних угрупованнях належить лектинам – білкам, які здатні вибірково зв'язувати вуглеводи, не викликаючи їхнього хімічного перетворення. На сьогодні відомо, що лектини мають ключове значення в процесах упізнавання і захисту від чужинних організмів та стресовій відповіді рослин за дії несприятливих абіотичних факторів, проте фізіологічне значення цих білків для рослин повністю не з'ясоване [1; 13]. У зв'язку з цим метою нашої роботи було дослідити вплив різних умов азотного живлення за наявності чи відсутності передпосівної бактеризації азотфіксаторами на вміст білка та гемаглютинувальну активність лектинів (ЛА) рослин сої у фазі цвітіння та наливу бобів.

Матеріали та методи. Досліди проводили в польових умовах на чорноземах типових середньосуглинкових з вмістом гумусу в орному шарі ґрунту 4,38–4,53%, рН сольової витяжки 6,9–7,3, вміст азоту – 0,27–0,31%, фосфору – 0,15–0,25%, калію – 2,3–2,5%. Об'єкт досліджень – рослини сої (*G. max* (L.) Merr.) сортів вітчизня-

ної селекції "Аннушка" (ультраскоростиглий) та "Устя" (скоростиглий). Попередник – озима пшениця, строк сівби – перша декада травня, норма висіву – 600 тис. рослин/га, спосіб – широкорядний з міжряддям 45 см. Проведено два досходових боронування. Боротьба з бур'янами, крім проведення агротехнічних заходів, включала застосування суміші гербіцидів "Арамо" – 1,0 л/га та "База гран" – 2,0 л/га. Для з'ясування екофізіологічного ефекту доз азотних добрив на рослини сої схема досліду передбачала дослідження впливу критичних концентрації азоту – мінімальної (30 кг/га, ймовірний еустресорний ефект) та максимальної (150 кг/га, ймовірний дистресорний ефект), із застосуванням у сучасних технологіях агропромисловості. Схема розрахунку та закладання польових дослідів була здійснена за Доспеховим [5], і включала наступні варіанти: варіант 1 – контроль (без добрив), варіант 2 – N₃₀P₆₀K₆₀ (30 кг/га), варіант 3 – N₁₈₀P₆₀K₆₀ (150 кг/га) із передпосівною обробкою насіння мікробіологічним препаратом "Ризогумін" та без неї. "Ризогумін" – препарат комплексної дії на основі азотфіксуючих бульбочкових бактерій сої та біологічно активних речовин, який розроблено в Інституті сільськогосподарської мікробіології УААН та призначено для передпосівної обробки насіння зернобобових культур [6]. Екстракцію розчинних білків (з 3-го від апекса листка) та визначення ЛА (за мінімальною концентрацією білка, що спричинювала аглютинацію еритроцитів щура) проводили методом ратусеритроаглютинації [10]. Активність лектинів розраховували за формулою, як величину, обернену до мінімальної концентрації білка, що викликала реакцію аглютинації еритроцитів і пред-

ставляли в (мкг/мл)⁻¹. Вміст загального білка у виділених екстрактах визначали за методом Бредфорд [15].

Результати оброблені статистично [5]. Відмінності між варіантами дослідів вважали вірогідними при рівні значимості ≤ 5% за критерієм Стьюдента.

Результати та їх обговорення. Однією з ланок механізму забезпечення рослин елементами живлення (азотом, фосфором та ін.) для підтримання життєздатності та задовільної продуктивності є симбіотичні відносини з мікроорганізмами, які сприяють отриманню поживних речовин. Механізми дії цих процесів різні, проте вони викликають ефект підвищення адаптивного потенціалу рослин, який включає в себе перш за все індукцію активності захисних сполук. У процесі селекції та створення людиною нових сортів і акумуляції більш цінних якостей рослин відбувається втрата симбіотичного потенціалу культури та захисних властивостей [1]. Як наслідок, рослини компенсують ослаблені функції отримуючи добрива, інокулянти, засоби захисту рослин, регулятори росту та інші препарати. Тобто, можна зробити припущення, що за дії різних доз азотних добрив та/або передпосівної обробки насіння симбіотичним препаратом "Ризогумін" в рослинних тканинах відбудуться зміни вмісту білка взагалі (як азотовмісних речовин) та активності лектинів, як сполук, що з одного боку відповідають за симбіотичну взаємодію, а з другого – є захисною сполукою проти фітопатогенів.

Наші дослідження вмісту білка в листках контрольних та дослідних рослин сої різних за скоростиглістю сортів показали, що максимальне значення цього показника зафіксоване для рослин сорту "Устя" у фазу цвітіння за дії "Ризогуміну" (рис. 1).

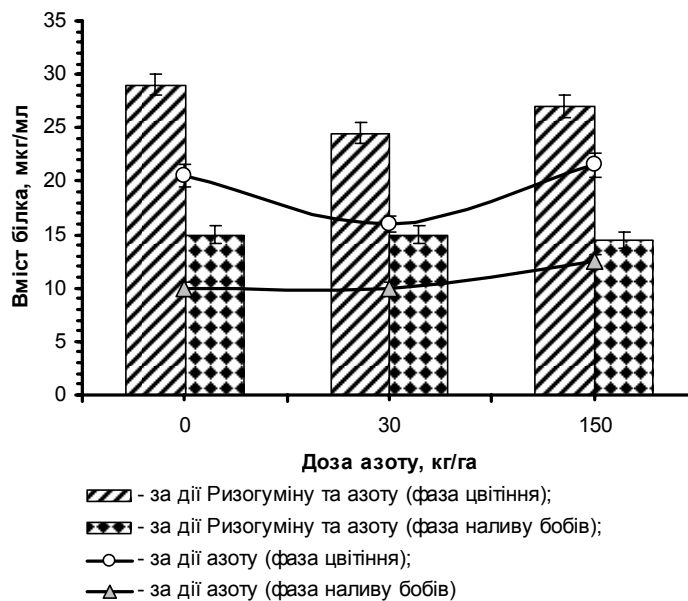


Рис. 1. Вміст білка в листках сої сорту "Устя" за дії "Ризогуміну" та різних доз азоту

За сумісної дії доз азотних добрив та мікробного препарату відмічено зменшення вмісту білка (в межах 7–15%) відносно контролю. Подібний характер змін зареєстрований і для варіанту з внесенням добрив без передпосівної обробки "Ризогуміном". Це може пояснюватися тим, що внесення неорганічного азоту в ґрунт негативно впливає на флору агроценозів і частково інгібує розвиток симбіотичних відносин на початкових етапах онтогенезу рослин (затримується формування бульбочок, в подальшому бульбочки мають недостатню вагу [2]), а випадання опадів або поливи призводять до "вимивання" екзогенного мінерального азоту в нижні шари ґрунту. Тобто, на на-

ступних етапах онтогенезу зменшується засвоєння азоту рослиною, крім того, зростає роль генеративних органів, як акцепторів азоту. Симбіотичний азот, отриманий в результаті симбіозу рослини і інокулянт, поставляється рослині рівномірно протягом усієї вегетації і максимально - в період цвітіння і наливу бобів [17]. У фазу наливу бобів в листках сої сорту Устя вміст білка залишається майже постійним (в межах похибки) за дії "Ризогуміну" та сумісної дії з різними дозами азоту. В усіх варіантах дослідів (для сорту Устя) вміст білка в листках рослин передоброблених мікробним препаратом перебільшував такий у контролі та за дії азотних добрив. Так у фазу цві-

тіння перебільшення становило: 20–42% – по відношенню до контролю; 26–53% - по відношенню до відповідних доз азоту (за сумісної дії). У фазу наливу бобів перебільшення становило: 45–50% – по відношенню до контролю; 16–50% - по відношенню до відповідних доз азоту (за сумісної дії). Тобто, для сорту Устя, що характеризується скоростиглістю, передпосівна обробка насіння мікробіологічним препаратом комплексної дії на основі азотфіксуючих бульбочкових бактерій сої та біологічно активних речовин "Ризогуміном" стимулює стійке збільшення вмісту білка у вегетативних органах у фазу цвітіння та фазу наливу бобів.

Для ультраскоростиглого сорту сої "Аннушка" (рис. 2) вміст білка у фазу цвітіння складає: за дії "Ризогуміну" – 85% від контролю, за сумарної дії мікропрепарату та добрива – 82–94% від контролю; у фазу наливу бобів: за дії "Ризогуміну" – в межах похибки, за сумар-

ної дії мікропрепарату та добрива – на 16–29% вище від контролю. Відмінності у кількості загального білка у різні фази розвитку для варіантів з передобробкою препаратом та у комплексі з азотними добривами для відповідних доз зареєстровані у межах похибки. Загалом, на досліджуваних етапах онтогенезу характер зміни вмісту білка в вегетативних органах ультраскоростиглого сорту сої залежно від дози азотних добрив зберігався. Таким чином, як і в роботі Гадімова А. Г. [2], незважаючи на значні потреби сої в елементах живлення, особливо у найвідповідальніші фази онтогенезу (цвітіння та наливу бобів), ультраскоростиглий сорт незначною мірою реагував на індуктивні агрозаходи.

Дослідження активності захисних білків лектинів показали суттєвіші відмінності для сортів сої з різним строками дозрівання (рис. 3; 4).

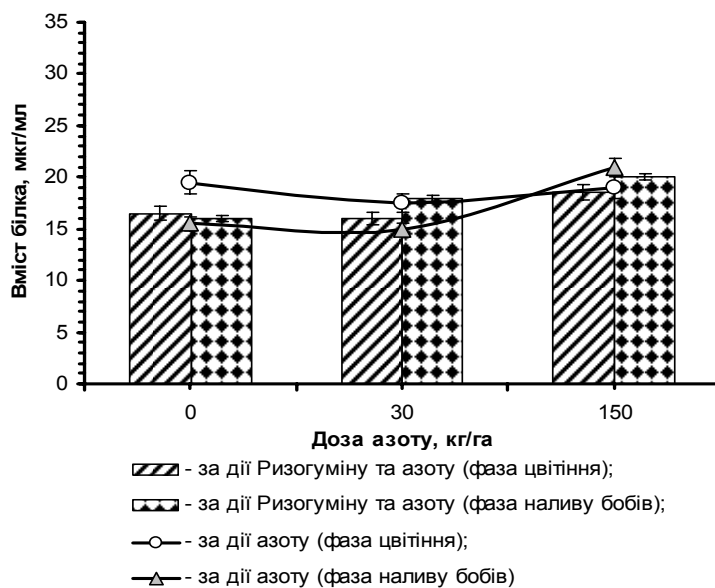


Рис. 2. Вміст білка в листках сої сорту "Аннушка" за дії "Ризогуміну" та різних доз азоту

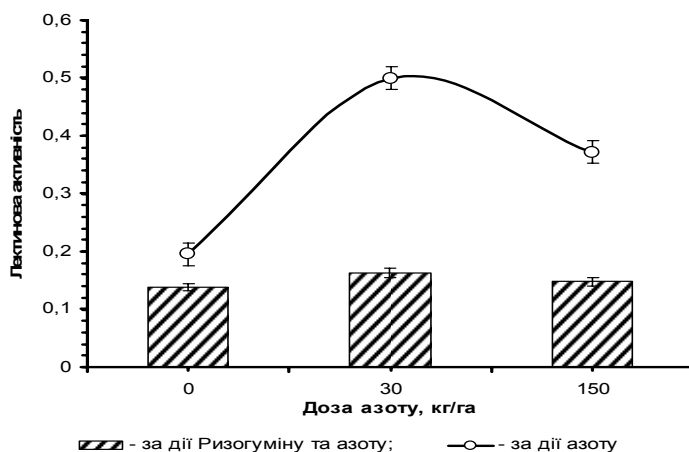


Рис. 3. Лектинова активність в листках сої сорту "Устя" на стадії цвітіння за дії "Ризогуміну" та різних доз азоту; (мкг/мл)⁻¹

Так, абсолютне значення ЛА для контрольних рослин ультраскоростиглого сорту більш ніж у два рази перевищувало цей показник для скоростиглого. І, хоча, за дії азотних добрив у кількості 30 кг/га ЛА сортів майже зрівнювалася (ЛА рослин сорту 'Аннушка' складала 92% від ЛА сорту 'Устя'), за зростання дози внесенного азоту зафіксовано зменшення ЛА відносно попереднього максимуму: для сорту Устя – на 26%, а

для сорту "Аннушка" – більш ніж у двічі, на 54%. Таким чином, внесення високої дози азотних добрив по різному впливало на ЛА листків досліджуваних сортів: викликало зростання ЛА на 85% відносно контролю для сорту "Устя" та зменшення ЛА на 54% відносно контролю для сорту "Аннушка".

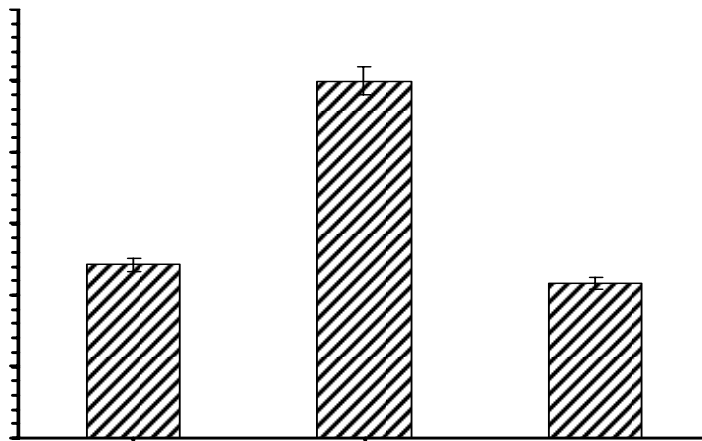


Рис. 4. Лектинова активність в листках сої сорту "Анушка" на стадії цвітіння за дії "Ризогуміну" та різних доз азоту; (мкг/мл)⁻¹

Передпосівна обробка мікробним препаратом також по різному впливала на активність лектинів різних сортів. Так, для скоростиглого сорту зареєстровано майже постійно понижений рівень ЛА за дії "Ризогуміну" та сумісної дії "Ризогуміну" та добрива (ЛА за дії "Ризогуміну" складала 70% від контролю і 75 та 80% при внесенні відповідно 30 та 150 кг/га азоту). Для ультраскоростиглого сорту максимальне значення ЛА зафіксоване саме для варіанту сумісної дії препарату азотфіксуючих бактерій та неорганічного азоту (доза – 30 кг/га) – перебільшення контролю становило 22%, а зростання відносно варіанту сумісної дії (доза добрива – 150 кг/га) зареєстровано у 2,4 рази. Можна припустити, що зростання ЛА різних сортів за дії меншої дози екогенного азоту пояснюється індукційним впливом фізіологічного еустресорного підвищення азоту на транскрипцію, трансляцію та конформаційні процеси в рослинному організмі для обмеженої групи білків, можливо тільки лектинів, адже, як було показано вище, загального зростання вмісту білка не зареєстровано для обох сортів. Також, представляється вірогідним, що низьке значення ЛА для досліджуваних сортів в варіантах без додавання добрив пояснюється тим, що за умов дефіциту азоту зростає потреба і "прагнення" рослинного організму до активізації симбіотичних відносин, а отже і зростає залучення наявних лектинів, як сполук, відповідальних за розпізнавання та зв'язування симбіонтів. За внесення максимальної дистресорної дози азотного добрива ефект зменшення ЛА пов'язаний з тими руйнівними та інгібуючими процесами, що протікають у рослинній клітині за ксенобіотичної стресорної дії, наприклад, з активацією перекисного окиснення ліпідів, накопиченням його продуктів [4], нагромадженням в тканинах оксиду азоту який виявляє токсичну дію на ризобії та саму рослину [3], збільшенням у співвідношенні хлорофілів a/b, що вказує на розвиток стрес-стану і зниження стійкості рослинного організму[16].

Висновки. Отримані результати дозволяють зробити висновок, що відмінні за скоростиглістю сорти сої по різному реагують на зміни умов азотного живлення. Для скоростиглого сорту характерні суттєвіші коливання вмісту білка у фазі цвітіння та наливу бобів, ніж для ультраскоростиглого сорту. Проте активність захисних білків лектинів більш варіабельна у ультраскоростиглого сорту, особливо за комплексного впливу мікробіологічного препарату "Ризогуміну" та полярних доз азотних добрив. Врахування вищевказаних якостей сої може

стати визначальним фактором при виборі джерела азоту (неорганічні мінеральні добрива або азотфіксуючий інокулянт) для певних груп сортів. З екофізіологічної точки зору, раціонально збалансоване використання біопрепаратів окремо та в комплексі з іншими агротехнічними заходами сприятиме активізації захисних механізмів рослин, зможе дозволити істотно знизити хімічне навантаження на екосистеми та значно поліпшити якість сільськогосподарської продукції.

1. *Белава В. Н., Панюта О. О., Таран Н. Ю.* Роль лектинів у захисних реакціях рослин до фітопатогенів // *Фізіологія і біохімія культур. рослин.* – 2009. – Т. 41, №3. – С. 221–234.
2. *Гадимов А. Г.* Стартовые дозы азота и симбиоз сои с клубеньковыми бактериями // *Вестник МГОУ. Серия Естественные науки.* – 2010. – № 4. – С. 44–47.
3. *Глянько А. К., Митанова Н. Б., Васильева Г. Г.* Влияние оксида азота и других азотных соединений на адгезию и проникновение клубеньковых бактерий в ткани корней и рост этиолированных проростков гороха. // *Прикладная биохимия и микробиология.* – 2008. – Т. 44, №4. – С. 438–441.
4. *Головатюк Є., Ситар О., Таран Н.* Вплив різних доз азотних добрив на вміст фотосинтетичних пігментів і сульфоліпідів у листках рослин сої. // *Вісник КНУ.* – 2007. – №12. – С. 34–36.
5. *Доспехов Б. А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) – М., 1985.
6. *Жиров В. К., Хаитбаев А. Х., Говорова А. Ф., Гонтьарь О. Б.* Взаимодействия структур различных уровней организации и адаптационные стратегии растений. // *Вестник МГТУ.* – 2006. – Т. 9, №5. – С. 725–728.
7. *Коць С. Я., Маліченко С. М., Кругова О. Д. та ін.* Фізіолого-біохімічні особливості живлення рослин біологічним азотом. – К., 2001.
8. *Панжеева А. П., Добролюв В. Л.* Нитрагенизация сои и продуктивность растений. // *Технические культуры.* – 1992. – №1. – С. 22–23.
9. *Патика В. П., Крутило Д. В., Ковалевська Т. М.* Вплив аборигенних популяцій бульбочкових бактерій сої на симбіотичну активність інтродукованого штаму *Bradyrhizobium japonicum*. // *Мікробіологічний журнал.* – 2004. – Т. 66, №3. – С. 14–21.
10. *Погоріла Н. Ф., Панасюк Е. Н., Погоріла З. О.* Новий спосіб тестування лектинів рослин. // *Український ботанічний журнал.* – 2002. – Т.59, №2. – С. 217–220.
11. *Проворов Н. А., Тихонович И. А.* Эколого-генетические принципы селекции растений на повышение эффективности взаимодействия с микроорганизмами. // *Сельскохозяйственная биология.* – 2003. – №3. – С.11–25.
12. *Слесаревичус А. К., Пранайтис П. И., Станайтене Я. И.* Эффективность инокуляции и интенсивность фотосинтеза растений сои, инокулированных различными видами и штаммами клубеньковых бактерий. // *Физиология и биохимия культурных растений.* – 2001. – Т. 33, №4. – С. 298–301.
13. *Шакирова Ф. М., Безрукова М. В.* Современные представления о предполагаемых функциях лектинов растений. // *Журнал общей биологии.* – 2007. – Т.68, № 2. – С. 98–114.
14. *Шерстобоева Е. В., Дудинова И. А., Шерстобоев Н. К.* Биопрепараты азотфиксирующих бактерий: проблемы и перспективы применения. // *Микробиол. журн.* – 1997. – Т. 59, №4. – С. 109–117.
15. *Bradford M. M.* A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding // *Analytical Biochemistry.* – 1976. – V.72. – P. 248–254.
16. *Bresanu A. G., Davis D. G., Shimabacuro R. H.* Ultrastructural effects and translocation of methyl-2(2,4-dichlorophenoxy)-phenoxypropanoate in wheat and wild oat. // *Can.J.Bot.* – 1981. – V.54. – P. 2038–2048.
17. *De Hoff L. P., Brill M. L., Hirsch M. A.* Plant lectins: the ties that bind in root symbiosis and plant defense // *Molecular Genetics and Genomics.* – 2009. – V. 282, № 1. – P. 1–15.