

УДК 581.192: 631.461.5

ФІТОЛЕКТИНИ ТА ДІАЗОТРОФИ – ПОЛІФУНКЦІОНАЛЬНІ КОМПОНЕНТИ КОМПЛЕКСНИХ БІОЛОГІЧНИХ КОМПОЗИЦІЙ

О. В. КИРИЧЕНКО

Інститут фізіології рослин і генетики НАН України, Київ

E-mail: leki07@mail.ru

Отримано 23.05.2013

На основі даних літератури і результатів власних досліджень проаналізовано роль фітолектинів та діазотрофних мікроорганізмів як поліфункціональних компонентів під час створення нових лектинбактеріальних композицій з метою практичного використання в агробіотехнології. Фітолектинам притаманна різноманітна біологічна активність (біоефекторна, адаптогенна, рістрегуляторна, фунгіцидна, комунікативна) щодо компонентів системи «рослина–ґрунт–мікроорганізми», яка виявляється на різних рівнях організації (молекулярному, клітинному, організменому й системному) та функціонування агрофітоценозів. Ризобактерії справляють комплексну позитивну дію на рослини і ґрунт. Визначальними серед цих ефектів є здатність до фіксації молекулярного азоту атмосфери, синтез речовин гормональної й антибіотичної природи, мобілізація важкорозчинних сполук фосфору та розкладання шкідливих хімічних речовин. Показано перспективність нових біологічних композицій комплексної дії на основі специфічних лектинів і діазотрофних мікроорганізмів для підвищення реалізації продуктивного потенціалу симбіозів і асоціацій, адаптаційної пластичності й захисту рослин та поліпшення екології ґрунтів.

Ключові слова: фітолектини, діазотрофи, лектинбактеріальні композиції, агрофітоценози.

Актуальним завданням сучасної агробіотехнології є створення ефективних високоінтегрованих мікробно-рослинних систем зі стабільним рівнем реалізації продуктивного потенціалу та розроблення високоефективних ресурсозберігальних агротехнологій, які зможуть забезпечити не тільки одержання високих сталих урожаїв сільськогосподарських культур, а й розширене відтворення родючості ґрунтів. Створення таких технологій має передбачати вирішення проблем трансформації в ґрунті гумусу, азоту, фосфору та інших поживних елементів. У процесах трансформації азоту в ґрунті важливу роль відіграють мікроорганізми, які відповідають за такі процеси, як амоніфікація, нітрифікація, азотфіксація, денітрифікація. Одним із ресурсів підвищення та стабілізації продуктивності сільськогосподарських культур і відтворення, збереження й поліпшення родючості ґрунтів є застосування мікробних біотехнологій [1–7] та природних регуляторів росту рослин [8–10] (рис. 1).

Бактеріальні добрива на основі ґрунтових мікроорганізмів з агрономічно корисними властивостями, зокрема ризобактерій, — екологічно чистий продукт комплексної дії. Розрізняють декілька складових механізму

позитивного впливу ризобактерій на рослини і ґрунт:

- підвищення рівня надходження атмосферного азоту в рослини і ґрунт за рахунок функціонування бактеріальних нітрогеназ, що компенсує втрати ґрунтового азоту, який поглинається рослиною в процесі вегетації [2, 4, 5];

- трансформація важкорозчинних сполук, насамперед фосфорних, у легко засвоювані рослиною завдяки функціонуванню бактеріальних фосфатаз [11, 12];

- підвищення асиміляції нітратів [2, 13]. Нітрит, що виділяється бактеріальними клітинами в процесі їхнього нітратного дихання, взаємодіє з рослинним метаболітом (можливо, з аскорбатом), що, у свою чергу, може індукувати синтез ауксинів у рослині;

- стимуляція синтезу мікроорганізмами фізіологічно активних сполук (гормонів, вітамінів, амінокислот тощо), які здійснюють гормональну регуляцію росту й розвитку рослин [14–19]. Посилення розгалуження коріння та збільшення їхньої активної абсорбувальної поверхні за рахунок мікробних метаболітів, зокрема фітогормонів ауксинової природи, сприяє повнішому засвоєнню рослиною поживних речовин із ґрунту. Про-

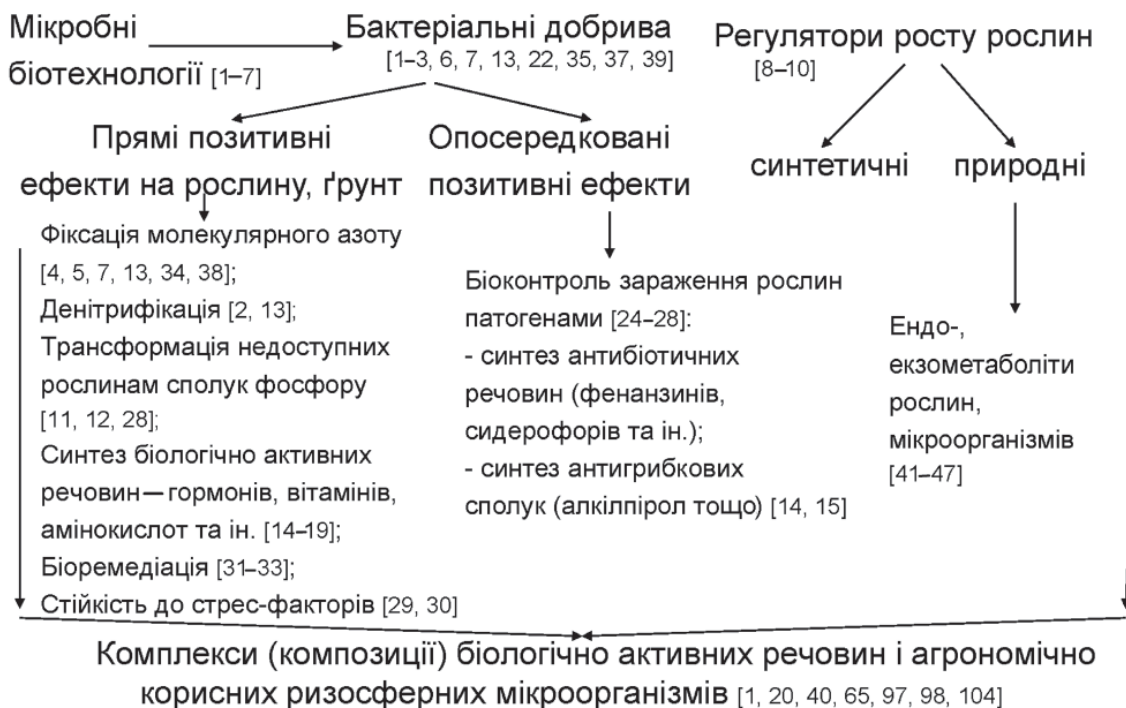


Рис. 1. Шляхи підвищення продуктивності агрофітоценозів

никнення коренів на більшу глибину (особливо за дефіциту вологи) та добре розгалужена коренева система, що є більш пристосованою до використання ґрунтової вологи, у тому числі й у верхніх горизонтах ґрунтового профілю. Окрім того, гормони, що продукуються бактеріями, індують синтез пермеази і нітратредуктази в рослинах;

- здатність мікроорганізмів до синтезу екзополісахаридів — сполук, які поряд із високою біологічною активністю [20, 21] мають високу ступінь в'язкості у розчинах, що забезпечує бактеріям тісний контакт із рослинними тканинами й часточками ґрунту [22, 23];

- колонізація ризосфери та біоконтроль зараження рослин патогенами завдяки здатності бактерій до синтезу речовин антибіотичної і фунгіцидної дії [24–28];

- стійкість рослин до абіотичних факторів середовища [29, 30];

- зміна проникності мембран клітин кореневих тканин та підвищення рівня поглинальної здатності коренів [2, 13];

- здатність до розкладання хімічних речовин — забруднювачів ґрунтів — тетраціанонікелату, азобензолу, толуату, бензоату тощо [31–33] завдяки наявності в бактеріальній клітині плазмід біодеградації ксенобіотиків, наприклад RP4:TOL, з метою біоре mediaції ґрунтів.

Отже, ризобактерії справляють комплексний вплив на рослини і ґрунт із домінуванням певної дії в тих чи інших умовах росту рослин.

Суттєвим азотфіксувальним потенціалом характеризуються бульбочкові бактерії, які утворюють симбіотичні системи з бобовими рослинами у вигляді корневих бульбочок, а також ґрунтові ризосферні мікроорганізми (*Azotobacter*, *Enterobacter*, *Agrobacterium* та ін.), які здатні до синтезу рістрегуляторних (гормони, вітаміни, амінокислоти тощо) і антибіотичних (сидерофори, фенанзини та ін.) речовин, фіксації молекулярного азоту, мобілізації недоступних рослинам сполук фосфору, біоре mediaції тощо [14, 15, 34]. Найпоширенішим у ґрунтах, особливо багатих на органічну речовину, є *Azotobacter chroococcum* [35]. Активні культури азотобактера зв'язують 15–20 мг молекулярного азоту в розрахунку на 1 г використаної органічної речовини. Інтродукція азотобактера в кореневу зону озимого жита сприяла формуванню активної азотфіксувальної асоціації — азотобактер-озиме жито, що підтверджується збільшенням (в 2,4–3,6 раза) нітрогеназної активності в кореневій зоні цієї культури [36]. Окрім того, ці бактерії здатні продукувати низку сполук, які стимулюють ріст рослин, — вітаміни, гетероауксин, гіберелін,

а також речовину, що належить до групи анісоміцину і пригнічує розвиток фітопатогенних грибів [14, 15].

Результати наших досліджень показують можливість одержання з природних джерел (ґрунт, ризосфера рослин) методом аналітичної селекції природних екологічно безпечних форм ефективних діазотрофних мікроорганізмів, які характеризуються суттєвим азотфіксувальним потенціалом як в умовах *in vitro*, так й *in situ* [37, 38]. За передпосівної інокуляції насіння зернових культур (пшениця яра й озима) цими діазотрофами підвищувалася зернова продуктивність рослин і поліпшувалися мікробіологічні показники ґрунту (збільшувалася чисельність та фізіологічна активність агрономічно корисної групи азотфіксувальних мікроорганізмів), що дало змогу запропонувати один зі способів вирощування ярої пшениці, який передбачає бактеризацію насіння перед посівом новим штамом активних і ефективних діазотрофних бактерій [39]. Штам *Azotobacter chroococcum* T79 (рис. 2) було одержано методом аналітичної селекції з чорноземного ґрунту Полтавської області у відділі симбіотичної азотфіксації Інституту фізіології рослин і генетики НАН України [37]. У разі бактеризації насіння пшениці ярої сорту «Рання 93» цим штамом (польові дослідження) азотфіксувальна активність ризосферних мікроорганізмів підвищувалася в 1,2 раза, урожай зерна пше-

ниці — до 10% [38–40]. У комбінації штаму *A. chroococcum* T79 з іншими діазотрофами (*Agrobacterium*) приріст урожаю зерна становив близько 19% [40]. Також показано, що обприскування рослин протягом вегетації суспензією *A. chroococcum* T79 суттєво знижувало ступінь розвитку захворювань томатів (фітофторозу, альтернаріозу) [41].

Культури бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium japonicum* 6346 і *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* 2406 (рис. 2) — високоактивні й ефективні у симбіозі з рослинами сої та гороху мікосимбіонти, які застосовують для виготовлення бактеріальних добрив для передпосівної інокуляції насіння цих рослин [20, 42].

Одним зі шляхів оптимізації азотного живлення рослин та підвищення їхньої продуктивності є використання речовин рістрегулювальної дії, передусім природного походження, — метаболітів рослин і мікроорганізмів [8–10, 41–47] (рис. 1).

Фітолектини — продукти рослинного метаболізму, які виявляють багатогранну дію на компоненти системи «рослина–ґрунт–мікроорганізми» (рис. 3). Універсальність лектинів охоплює широке розповсюдження їх у природі та значний спектр біологічної активності. Їм притаманна токсична, гормоноподібна і мітогенна активність. Унікальну здатність лектинів як регуляторів метаболічних процесів широко використовують у медицині, однак роботи з практичного

Бактеріальні компоненти

Azotobacter chroococcum T79

- високоактивний, ефективний [37–40];
- 33,7–45,0% зв'язування з АЗП [100, 101];
- за моноінокуляції приріст зерна до 10%, за біінокуляції — до 19% [38–40];
- синтез біологічно активних речовин [14, 15, 18];
- синтез антибіотичних речовин, зниження ступеня ураження рослин хворобами під час обприскування [41]

Bradyrhizobium japonicum 6346

Rhizobium leguminosarum bv. *viciae* 2406:

- високоактивні, конкурентоспроможні, ефективні [20, 42, 43];
- 70–80% спорідненості до лектину рослин [99];
- за моноінокуляції приріст урожаю насіння бобових рослин — 12–15% [20, 42, 43];
- синтез біологічно активних речовин та антибіотичних сполук [14, 15]

Алгоритм створення лектинбактеріальних композицій

1. Максимальна комплементарність лектину та бактерій є основою створення лектинбактеріальних композицій [99–101].
2. Лектинбактеріальна композиція складається з комплексу «бактерії+лектин» та вільного лектину [101].
3. Гаптен лектину може корегувати ефективність дії композиції за рахунок зв'язування як з лектиновим, так і з бактеріальним компонентами [101–103].

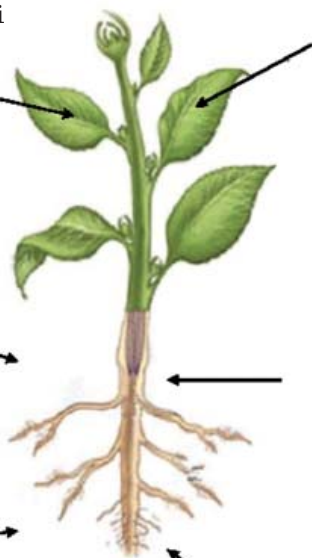
Рис. 2. Характеристика бактеріальних компонентів і алгоритм створення лектин-бактеріальних композицій

Обприскування під час вегетації:
зниження ступеня ураженості
фітопатогенами [41, 71, 72]
(біотичний фактор)

Зростання ендогенної лектинової
активності та вмісту флавоноїдів у проростках [58]
(УФ-опромінення, абіотичний
фактор)

Контактна взаємодія з:
– азотфіксувальними мікроорганізмами (агрегація бактерій у ризосфері рослин) [99–101];

– фітопатогенними грибами (пригнічення проростання спор і росту фітопатогена) [70]



- збільшення вмісту сумарної РНК [57];
- ендогенної лектинової, каталазної і пероксидазної активності [57, 59, 61, 64];
- підвищені рівня ендогенних цитокинінів і ауксинів [62];
- активація компонентів ІОК-оксидазної системи контролю (пероксидази, флавоноїдів) [59];
- підвищення вмісту хлорофілу [61, 65];
- підвищення продуктивності рослин [60, 65, 66]

Передпосівна обробка насіння:

- регуляція проростання насіння [56];
- активація росту, формування вегетативної маси, ризогенез [60, 65, 66];
- вплив на чисельність і фізіологічну активність азотфіксувальних бактерій [42, 43, 60, 65, 67, 68, 69];

– рістактивуюча активність ризосферного ґрунту [65, 69]

Рис. 3. Ефекти впливу екзогенного лектину на компоненти системи «рослина – ґрунт – мікроорганізми»

застосування протеїнів цього класу, які б обґрунтували застосування їх в агробіотехнології, тільки розпочато. Роль лектинів для рослинництва полягає у використанні чистих речовин або лектиновмісних екстрактів для регулювання фізіологічних процесів у рослинах і мікроорганізмах з метою вирішення актуальних питань, зокрема підвищення продуктивності агрофітоценозів, адаптаційної пластичності та захисту рослин, поліпшення екології ґрунтів. Результати, одержані нами та іншими дослідниками, свідчать про залучення лектинів до різних рівнів регуляції утворення і функціонування фітобактеріальних симбіозів та асоціацій (рис. 4) [48–55]. За екзогенної дії (передпосівна обробка насіння, обприскування рослин упродовж вегетації) фітолектини змінюють ріст, розвиток і метаболізм вищих рослин [56–66], азотфіксувальних мікроорганізмів [60, 61, 65, 67–69], фітопатогенних грибів [70], що розкриває перспективність практичного застосування цих біологічно активних речовин у агробіотехнології як природних регуляторів росту рослин і мікроорганізмів [66, 68], а також як біологічно активних агентів під час розроблення екологічних методів захисту рослин [41, 71, 72].

Рослинні лектини є поліфункціональними біополімерами [49, 53, 55]. Залежно від

природи лектину, його структури, клітинної та субклітинної локалізації ці протеїни беруть участь у різних процесах рослинного організму. Біологічні реакції, які відбуваються за участю лектинів, умовно поділяють на два типи. Перший — це безпосередній контакт із відповідними вуглеводними рецепторами на поверхні чутливої клітини, одним із виявів чого є аглютинація й адгезія клітин лектинами. Такий тип реакцій зумовлює міжклітинні взаємодії. Другий тип — сигнальний, опосередкований рецепторами мембрани, в основі якого лежить здатність лектину індукувати складний ланцюг внутрішньоклітинних перетворень у клітині та її відповідь [55]. З огляду на це вважають, що лектинвуглеводне розпізнавання забезпечує комунікаційні взаємоз'язки між мікро- і макроорганізмами, а лектини в рослині є ендогенними регуляторами, які контролюють процеси диференціації тканин, росту і розвитку організмів загалом.

Рівень ендогенних лектинів у рослині перебуває під комплексним гормональним контролем: під впливом абсцизової (АБК) і гіберелової кислот та 24-епібрасиноліду відбувається стимуляція експресії гена аглютиніну зародків пшениці (АЗП) [50, 73, 74], причому гіберелова кислота і епібрасинолід сприяють накопиченню лектину незалежно від АБК, тимчасом як ауксин



Рис. 4. Можливі рівні регуляції, до яких залучені фітолектини при формуванні й функціонуванні агрофітоценозів.

Жирний шрифт — властивості фітолектинів; звичайний шрифт — дані літератури; кольоровий шрифт — ефекти, встановлені в наших дослідженнях; ЦК — цитокініни, ІОК — індоліл-3-оцтова кислота.

і цитокінін індують цей процес опосередковано — через збільшення рівня АБК [75]. Виходячи з цього можна припустити можливість участі рослинного лектину в регуляції реалізації фізіологічних програм, що контролюються фітогормонами.

Складовими механізми дії фітолектину на рослину, що зумовлює встановлені нами біоефекти, можуть бути:

- зміни у балансі фітогормонів у бік накопичення індоліл-3-оцтової кислоти (ІОК) і цитокінінів у рослині, що, як вважають, лежить в основі рістстимулювальної дії фітолектинів [52, 62]. Методом імуноаналізу показано, що наслідком екзогенної дії АЗП було накопичення ауксинів і цитокінінів у коренях пшениці, що свідчило про участь АЗП у регуляції зміни митотичної активності, яка визначається митотичним індексом (МІ) меристематичних клітин коренів проростків [52]. Нами встановлено, що за дії АЗП в листках пшениці підвищувався рівень цитокінінів (зеатину і зеатинрибозиду) в 3,1 раза та ауксинів (ІОК) в 2,1 раза [62];

- залучення лектинів до сигнальної системи регуляції росту і розвитку рослин за безпосередньої взаємодії з фітогормонами. Відомо, що лектин лімської квасолі здатен зв'язувати цитокініни через гідрофобні центри зв'язування, не використовуючи при цьому його вуглеводзв'язувальні ліганди [54]. Лектини можуть вибірково взаємодіяти з гідрофобними молекулами ІОК, яка не містить вуглеводних компонентів, зокрема конканавалін А (КонА) зв'язується з ІОК [76]. Дослідження здатності АЗП взаємодіяти з природним цитокініном зеатином у системі *in vitro* показало, що він виявляв спорідненість до цієї речовини [51]. Заміна АЗП на гліадин або бичачий сироватковий альбумін не призвела до кількісних змін зеатину, що вказувало на нездатність цих протеїнів зв'язувати цитокінін, а також на специфічність АЗП-зеатинової взаємодії. Додавання в середовище інкубування зеатину з АЗП специфічного гаптену N-ацетил-D-глюкозаміну не спричинило збільшення кількості зеатину, що свідчить про взаємодію АЗП із

зеатином за гідрофобними центрами зв'язування АЗП, які не залежать від його сайтів зв'язування з вуглеводами;

- участь у регуляції поділу клітин [77, 78] завдяки мітогенній активності фітолектинів [49, 53]. Доказом цього припущення є той факт, що переважним місцем синтезу й локалізації АЗП є меристематичні тканини. Дослідження впливу АЗП на поділ та розтяг клітин коренів пшениці сорту «Саратовская 29» показало [50], що інкубація триденних проростків із АЗП (1 мг/мл) протягом 24 год збільшила мітотичну активність клітин. Так, МІ меристематичних клітин апікальної меристеми корінців контрольних проростків становив 4%, у дослідному (АЗП) варіанті — 6,5%. При цьому збільшувалась і площа клітин у зоні розтягнення: 40 і 52 мкм² відповідно. Отже, екзогенний АЗП виявляв властивість стимулятора росту клітин коренів пшениці. Встановлено [50, 52], що стимулювальний ефект АЗП на МІ та площу клітин у зоні розтягнення коренів був специфічним для цього лектину, оскільки гліадин і бичачий сироватковий альбумін, що їх було взято як контрольні протеїни, не призводили до змін у показниках росту клітин, а лектини інших рослин, а саме фітогемаглютинін (ФГА) і КонА, які подібно до АЗП мають властивості мітогенів, не справляли суттєвого впливу на ріст клітин пшениці.

Отже, наведені результати свідчать про можливість залучення ендogenousого рослинного лектину до гормональної регуляції ростових процесів рослини, а екзогенний лектин може брати участь у корекції фітогормоніндукованого поділу клітин, що відкриває перспективи для дослідження та практичного використання лектинів і фітогормонів як факторів контролю та координації росту і розвитку рослин.

Твердження про те, що лектини є одним із факторів стійкості рослин до бактеріальної та грибною інфекції, базуються на:

- їхній здатності специфічно взаємодіяти *in vitro* з поверхнею клітин бактерій, спор і гіфів грибів, що призводить до пригнічення росту деяких грибів і лізису їхніх зооспор [79–81];

- індукуванні системної стійкості рослин до патогенів і високому рівні лектинів у високостійких до патогену сортів порівняно з чутливими [82];

- комплексному лектинфітогормональному контролю інфікування рослин патогенами [83].

Антигрибковий захист виявляють хітинспецифічні лектини (гевейнподібні) та хітинази [84]. Зв'язуючись із мембранними рецепторами мікроорганізмів, вони аглютинують

їх і перешкоджають розвиткові інфікування рослин. Вважають, що лектин, маючи два центри зв'язування, вибірково взаємодіє одним із них з кислими ізоформами пероксидази, а другим — із хітином. У відповідь на інфікування патогенами в рослинах активуються кислі пероксидази: у захисті рослин припускають кооперативну участь хітинспецифічних ензимів — аніонної пероксидази та оксалатоксидази [85]. Отже, патоген, який містить хітин, є мішенню для кислих ізоензимів пероксидази, які в комплексі з лектинами виконують захисну функцію. Деяким лектинам притаманна хітиназна активність, що не виключає можливості їхньої участі в утворенні сигнальних молекул за індукування системної стійкості рослин.

Лектин, виділений із плодів авокадо, здатен пригнічувати ріст гіфів фітопатогенних грибів *Fusarium solani*, *F. moniliforme*, *F. culmorum* [79]. Роботи останніх років свідчать про існування у рослинних лектинів фунгіцидної та антибактеріальної активності [80, 81]. Показано, що лектин насіння гороху пригнічує ріст бактерій і актиноміцетів — *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Streptomyces albogriseolus*. Ефект дії лектину на бактерії спостерігався вже через 24 год, на актиноміцети — через 168 год [81]. КонА пригнічує пухлиногенну дію агробактерій на бульби картоплі, а лектин цитрусових — збудника раку в цих рослинах [86].

Існують відомості про інсектицидний вплив фітолектинів [87, 88]. Встановлено, що лектин насіння сої (IC₅₀ = 54 мкг/мл) затримував розвиток личинок *Bactrocera cucurbitae*, вихід лялечок і кількість дорослих комах [87]. Використання лектину будри плющеподібної як кормової добавки для личинок колорадського жука показало інсектицидну дію цього протеїну, яка пов'язана з його специфічністю до антигену Tn (N-ацетилгалактозамін-O-серин або O-треонін протеїну) [88].

У разі інфікування рослин пшениці *Septoria tritici* відзначено різке зниження вмісту цитокінінів на перших етапах розвитку гриба за суттєвого підвищення (у 2–2,5 раза) на подальших етапах інфекції, яку автор пояснює активним надходженням цих гормонів із коренів (місця основного синтезу), а також активацією їх синтезу в листках, що є одним із механізмів, який зумовлює зниження інфекційності патогену [83]. Показано також, що цитокініни змінюють морфоструктуру грибів *Septoria tritici* та інгібують їх ріст [83]. Поряд із цим за інфікування рослин патогенами було вста-

новлено і суттєве підвищення активності лектинів у рослинах, що свідчить про роль цих протеїнів у формуванні захисних реакцій [89, 90]. Можна припустити, що лектини, безпосередньо зв'язуючись із цитокінінами [51, 54] за гідрофобними центрами зв'язування, утворюють комплекси з фунгіцидною активністю, оскільки як самі лектини [70, 79–81], так і цитокініни [83] інгібують ріст патогенів і, таким чином, можуть залучатися до захисних реакцій рослин.

Отже, лектинувуглеводне розпізнавання, яке відбувається за участю фітолектинів і вуглеводних рецепторів патогену, індукує реалізацію генетичних механізмів стійкості рослин і є одним із ключових ланцюгів системи їх захисту. Крім активації захисних факторів і реакцій-відповідей рослин, у них є «пасивні» фактори захисту, до яких належать вільні, розчинні форми лектинів клітини. Проблема міжклітинного розпізнавання рослинами патогенних мікроорганізмів на рівні рецепторлігандної взаємодії та включення генетичних механізмів стійкості рослин до інфекційних хвороб є важливою проблемою фітоімунітету [91].

У відповідь на абіотичні стрес-фактори (посуха, осмотичний шок, засолення, гіперта гіпотермія, важкі метали, механічні ушкодження) у вегетуючих рослинах спостерігається суттєве зростання рівня ендогенних лектинів [86, 92–96], якому передують різке транзитне накопичення АБК, що є неспецифічними реакціями рослин у відповідь на стрес. Досліджуючи вплив екзогенного АЗП (20 нМ) на відносну швидкість росту проростків пшениці, МІ та площу клітин у зоні розтягнення коренів проростків в умовах дії солі (2% NaCl), встановили, що захисний ефект АЗП полягав у тому, що попередня обробка проростків пшениці АЗП протягом доби запобігала ушкоджувальним ефектам засолення на ростові процеси рослин і сприяла посиленню відносної швидкості росту біомаси 3-денних проростків пшениці за рахунок активації лектином поділу меристематичних клітин коренів [93]. Швидкі зміни вмісту АЗП у рослинах пшениці в умовах засолення середовища може контролюватись АБК на посттранскрипційному і посттрансляційному рівнях, що свідчить про залучення лектину в АБК-контрольовані антистресові реакції [93]. Якщо оброблення АЗП проводили після дії солі, відзначали прискорення відновлення росту клітин. Вважають, що в основі захисної дії лектину лежить зрушення балансу фітогормонів у бік накопичення стимулятора росту рослин ІОК та зниження рівня АБК.

Нами встановлено, що в нормальних

умовах росту рослин пшениці та сої за дії екзогенного лектину на насіння у листках вегетуючих рослин зростали ендогенна лектинова активність [57, 64], рівень цитокінінів і ауксинів [62] вміст флавоноїдних сполук і активність антиоксидантних ензимів [59], а внаслідок дії абіогенного стресора (УФ-опромінення) підвищувався рівень як ендогенної лектинової активності, так і флавоноїдних сполук — фітофільтрів УФ-опромінення [58], що вказує на можливу участь лектину за екзогенної обробки у підвищенні імунного статусу рослин та індукуванні у них стійкості до дії біогенних і абіогенних факторів навколишнього середовища [58, 72].

На особливу увагу заслуговує розроблення шляхів інтенсифікації біологічної азотфіксації, спрямованих на повнішу реалізацію потенційних, генетично детермінованих можливостей азотфіксувальних мікроорганізмів. У зв'язку з цим виникає потреба застосування таких технологічних прийомів, які б сприяли підвищенню продуктивності агрофітоценозів, насамперед унаслідок реалізації біологічного потенціалу азотфіксації. Контактна взаємодія рослин і мікроорганізмів у разі утворення азотфіксувальних фітобактеріальних систем здійснюється вуглевод-протеїновим та протеїн-протеїновим розпізнаванням, що забезпечує зв'язок між симбіонтами. Такі контакти можливі лише за комплементарності поверхонь, що взаємодіють, зокрема фітолектинів і клітин азотфіксувальних бактерій [99, 100]. Отже, лектини беруть безпосередню участь у встановленні вуглевод-протеїнового та протеїн-протеїнового зв'язку між бактеріями і рослиною через специфічну взаємодію з вуглеводами або протеїнами симбіонта. Визначення біологічної ролі лектинів у процесі кооперування бактерій і рослин [63] розкриває багатогранність зв'язків між організмами в азотфіксувальних угрупованнях і дає змогу зрозуміти механізми встановлення молекулярних основ взаємодіючих мікро- і макросимбіонтів.

У процесі формування й функціонування фітобактеріальних систем до ризосферного ґрунту надходять кореневі метаболіти рослин і екзометаболіти бактерій, які містять широкий спектр біологічно активних речовин, у тому числі рослинні лектини й бактеріальні екзополісахариди, що забезпечують взаємодію симбіонтів на молекулярному рівні (рис. 4). За рахунок цих метаболітів створюється певний аллопатичний фон, який впливає на розвиток і функціонування як мікробних клітин у ризосферній зоні рослин, так і азотфіксувальної системи загалом.

Нами показано, що за екзогенного вико-

ристання рослинних лектинів або бактеріальних полісахаридів [20, 63] як природних біологічно активних речовин можна зміщувати баланс молекулярних взаємодій рослин і мікроорганізмів у агрофітоценозах у бік поліпшення умов для реалізації продуктивного потенціалу фітобактеріальних систем. Отже, перспективним шляхом підсилення азотфіксації симбіотичними і асоціативними симбіозами є використання різноманітних біологічно активних речовин (гормонів, лектинів, полісахаридів, флавоноїдів, сапонінів, амінокислот тощо) і їх комплексів із препаратами азотфіксувальних мікроорганізмів. Виходячи з цього концептуальним напрямом розвитку агробіотехнології є створення оригінальних композицій комплексної дії (рис. 1), які б поєднували властивості регуляторів росту рослин, елементів живлення, агентів стійкості до стресів та хвороб і при цьому були б екологічно безпечними. Враховуючи встановлений нами спектр біологічної активності фітолектинів: біоефекторної (здатність спричинювати певні біологічні ефекти — як позитивні, так і негативні — у відповідь на дію певного агента), комунікативної (здатність

забезпечувати взаємодію мікро- і макроорганізмів, а також мікробних клітин між собою), рістрегулювальної, адаптогенної, фунгіцидної (рис. 5) щодо вищих рослин, азотфіксувальних бактерій, фітопатогенних грибів — компонентів системи «рослина–грунт–мікроорганізми» [48, 63], який зумовлює регуляторну функцію лектинів на різних рівнях організації агрофітоценозів (рис. 4, 5), ми пропонуємо застосовувати лектин як один із компонентів комплексних біокомпозицій для рослинництва. Іншим компонентом є азотфіксувальні мікроорганізми (ризосферні діазотрофи або бульбочкові бактерії), що справляють комплексну позитивну дію на рослини, ґрунт і ґрунтову мікрофлору (рис. 1, 2).

Під час створення композицій брали до уваги таке (рис. 2).

1. Фітолектини з різним ступенем специфічності взаємодіють із азотфіксувальними мікроорганізмами [99, 100]. Максимальна комплементарність лектинового і бактеріального компонентів є основою створення лектинбактеріальної композиції.

2. Композиція складається з комплексу «лектин–бактерії» та не зв'язаного з бакте-

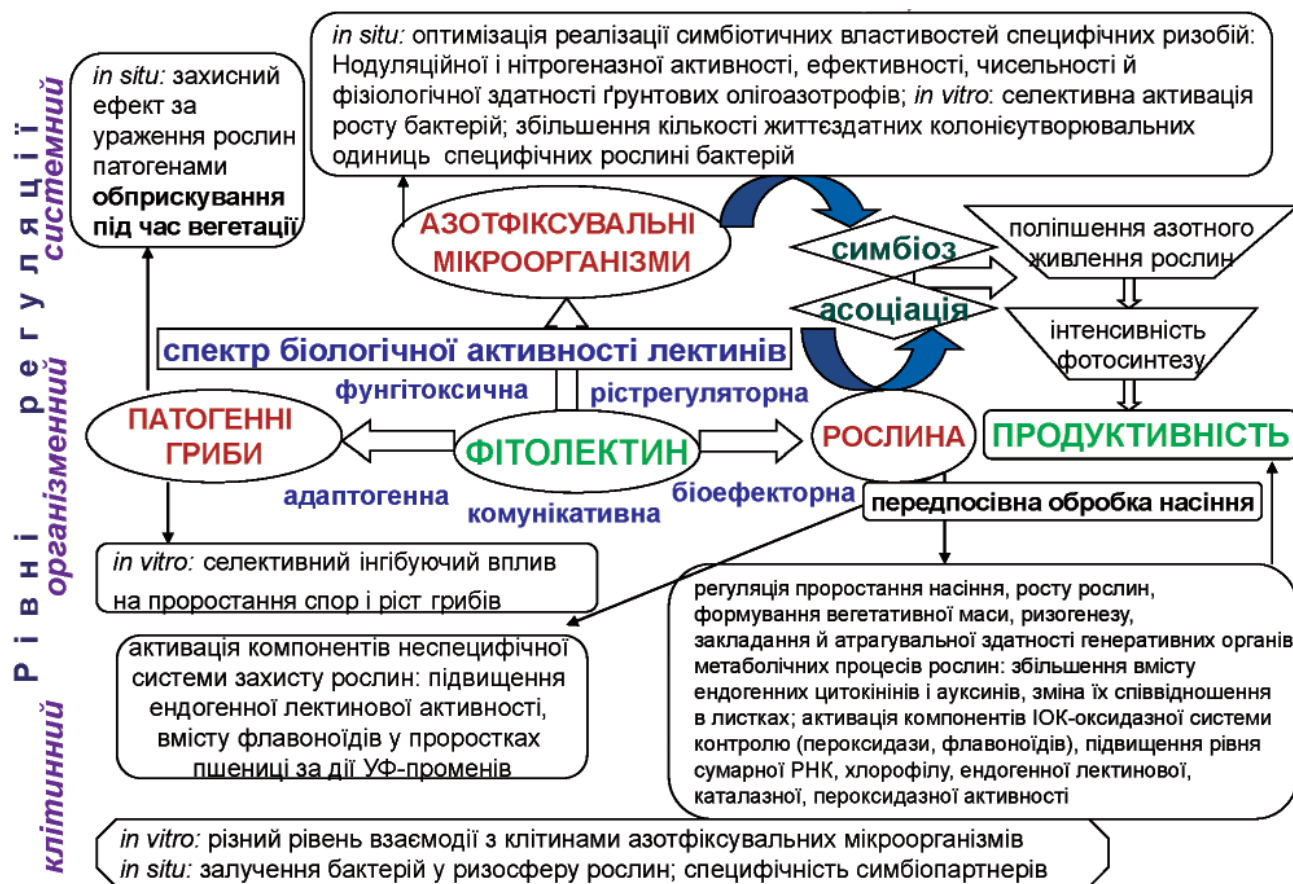


Рис. 5. Участь лектинів у регуляції утворення та функціонування фітобактеріальних азотфіксувальних систем

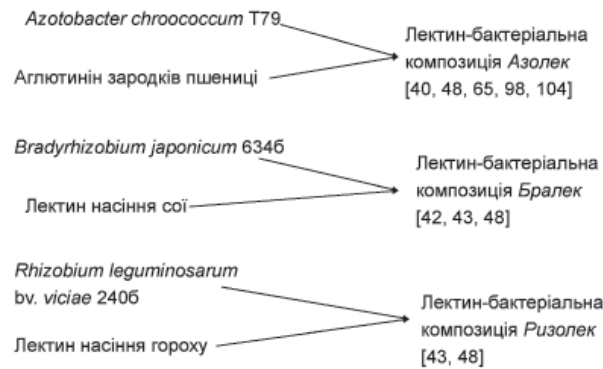


Рис. 6. Лектин-бактеріальні композиції для передпосівної обробки насіння зернових (пшениця яра, озима) і бобових (соя, горох) культур

ріями лектину [99–101], що й визначає дію композиції за практичного застосування.

3. Гаптен лектину може корегувати ефективність дії композиції за рахунок зв'язування як з лектиновим, так і з бактеріальним компонентами [102, 103].

У результаті проведеної роботи нами створено (рис. 6) лектинбактеріальні композиції: Bralек (бралеk) (*B. japonicum* 6346 + лектин насіння сої) [42, 43, 48]; Rizolec (ризолек) (*R. leguminosarum* bv. *viciae* 2406 + лектин насіння гороху) [43, 48] і Azolec (азолек) (*A. chroococcum* T79 + аглютинін зародків пшениці) [40, 48, 65, 98, 104]. У лабораторних, мікровегетаційних, вегетаційних і польових дослідженнях доведено ефективність їх застосування для передпосівної обробки насіння бобової (соя, горох) і зернової (пшениця) груп із метою підвищення продуктивності рослин, поліпшення якості зерна та посівного насіння, а також поліпшення екологічного стану ґрунту завдяки розвитку агрономічно корисних олігоазототрофів [48]. На сьогодні композицію «Азолек» зареєстровано за № 7138 від 01 лютого 2013 р. та внесено до «Переліку пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні» терміном до 31 грудня 2022 р. як бактеріальне добриво «Азолек», що призначено для

передпосівної обробки насіння пшениці ярої та озимої з метою поліпшення азотного живлення рослин і мікробіологічної характеристики ґрунту за рахунок збільшення чисельності агрономічно корисних азотфіксуювальних мікроорганізмів [40, 48, 65, 98, 104].

Отже, поєднання двох екологічно безпечних природних компонентів — фітолектину і діазототрофних бактерій за принципом максимальної комплементарності, кожен з яких характеризується комплексом позитивних біоефектів на систему «рослина–ґрунт–мікроорганізми», дало змогу розробити лектинбактеріальні композиції, в яких синергізм дії складових [40, 42, 43, 65, 104] забезпечує полівекторність їх впливу на компоненти агрофітоценозу. Отримано Свідоцтво про державну реєстрацію «Азолек» — Серія А № 03582.

На основі одержаних результатів можна запропонувати спосіб оптимізації біологічної фіксації азоту, забезпечення рослин і ґрунту цим елементом та підвищення й стабілізації продуктивного потенціалу агрофітоценозів завдяки використанню комплексних композицій лектинової природи, що є основою розвитку перспективного напрямку практичних досліджень у рослинництві.

REFERENCES

1. Volkogon V. V., Nadkernychna O. V., Kovalevska T. M., Tokmakova L. M., Kopylov E. P., Kozar S. F., Tolkachov M. Z., Melnychuk T. M., Chaykovska L. O., Sherstoboev M. K., Moskalenko A. M., Khalep Yu. M. Microbial preparations in agriculture: theory and practice. *Kyiv: Agrarna nauka*. 2006, 312 p. (In Ukrainian).
2. Volkogon V. V. Microbiological aspects of optimization of nitric fertilizer of agricultural cultures. *Kyiv: Agrarna nauka*. 2007, 144 p. (In Ukrainian).
3. Tikhonovich I. A., Kruglov Yu. V. Biological preparations are in agriculture (methodology and practice of the use of microorganisms in a plant-grower and forage). *Moskva: Rosselkhozakademiya*. 2005, 154 p. (In Russian).
4. Cheremisov B. M. About the rapid passing of world agriculture to the biological fixing of nitrogen of atmosphere (conception BARS). *Vestnik Ros. Acad. S.-kh. Nauk*. 2006(2), 39–41. (In Russian).
5. Umarov M. M. Nitrogen-fixation in a biosphere and diazotrophes biotechnological potential.

- Bul. Mosk. Obsch. Ispyt. Prirody. Otd. Biol.* 2007, 112(1), 150–155. (In Russian).
6. *Lupwayi N. Z., Clayton G. W., Rice W. A.* Rhizobial inoculants for legume crops. *J. Crop. Improv.* 2005, 15(2), 289–321.
 7. *Salantur A., Ozturk A., Akten S.* Growth and yield response of spring wheat to inoculation with rhizobacteria. *Plant Soil Environ.* 2006, 52(3), 111–118.
 8. *Volkogon V. V., Salnik V. P.* Plant growth regulators significance in formation of active nitrogen fixation symbiosis and associations. *Physiol. Biochem. Cult. Rasten.* 2005, 37(3), 187–197. (In Ukrainian).
 9. *Prusakova L. D., Mlevannaya N. N., Belopukhov S. L., Vakulenko V. V.* Regulators of plants growth with antistress and immunoprotection properties. *Agrokhimiya.* 2005, N 11, 76–86. (In Russian).
 10. *Yavorska V. K., Dragovoz I. V., Kryuchkova L. O., Kurchiy B. O., Musiyaka V. K., Makoveychuk T. I., Gladun G. P., Bogdanovych A. V., Volkogon M. V.* Growth regulators based on the natural raw material and their application in the plant-grower. *Kyiv: Logos.* 2006, 176 p. (In Ukrainian).
 11. *Chatli A. S., Beri V., Sidhu B. S.* Dissolution of Indian rock phosphates by phosphate solubilising microorganisms obtained from stress environment. *Punjab Agr. Univ. J. Res.* 2007, 44(3), 193–198.
 12. *Kang S. H., Cho K. K., Bok J. D., Kim S. C., Cho J. S., Lee P. C., Kang S. K., Lee H. G., Woo J. H., Lee H. J., Lee S. C., Choi Y. J.* Cloning, sequencing and characterization of a novel phosphatase gene, *phoI*, from soil bacterium *Enterobacter* sp. 4. *Curr. Microbiol.* 2006, 52(4), 243–248.
 13. *Patyka V. P., Kots S. Ya., Volkogon V. V., Sherstoboeva O. V., Melnychuk T. M., Kalinichenko A. V., Grynyk I. V.* Biological nitrogen. *Kyiv: Svit.* 2003, 424 p. (In Ukrainian).
 14. *Tsavkelova E. A., Klimova S. Yu., Cherdyntseva T. A., Netrusov A. I.* Microbial producers of plant growth stimulators and their practical use. *Prikl. Biochem. Microbiol.* 2006, 42(2), 117–126. (In Russian).
 15. *Tsavkelova E. A., Klimova S. Yu., Cherdyntseva T. A., Netrusov A. I.* Hormones and hormone-like substances of microorganisms. *Prikl. Biochem. Microbiol.* 2006, 42(3), 229–235. (In Russian).
 16. *Arkhipova T. N., Veselov S. Yu., Melentev A. I., Martynenko E. V., Kudoyarova G. R.* Comparison of effects of bacterial strains differing in their ability to synthesize cytokinins on growth and cytokinin content in wheat plants. *Physiol. Rast.* 2006, 53(4), 507–513. (In Russian).
 17. *Volobueva O. G., Skorobogatova I. V., Shilnikova V. K.* Co-operation of rhizobium and rhizobacterium bioactive substances with the endogenous plant hormones of peas. *Agrokhimiya.* 2008, N 8, 42–45. (In Russian).
 18. *Dragovoz I. V., Leonova N. O., Biliavska L. O., Yavorska V. K., Iutynska G. O.* Phytohormone production by some free-living and symbiotic soil microorganisms. *Dop. NAN Ukr.* 2010, N 12, 154–159. (In Ukrainian).
 19. *Narula N., Deubel A., Gans W., Behl R. K., Merbach W.* Paranodules and colonization of wheat roots by phytohormone producing bacteria in soil. *Plant Soil Environ.* 2006, 52(3), 119–129.
 20. *Kirichenko E. V., Titova L. V., Kots S. Ya.* The significance of exometabolites in the formation and functional of the soybean-rhizobium symbiosis. *Prikl. Biochem. Microbiol.* 2004, 40(5), 567–570. (In Russian).
 21. *Kosenko L. V.* Functional role of polysaccharides of *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* in legume-rhizobium symbiosis. Ph.D. dissertation, 03.00.07, *Mikrobiologiya. Kyiv.* 1995, 49 p. (In Ukrainian).
 22. *Trivedi P., Pandey A., Palni L. M. S.* Carrier-based preparations of plant growth-promoting bacterial inoculants suitable for use in cooler regions. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 2005, 21(6–7), 941–945.
 23. *Vargas-Garcia M. C., Lopez M. J., Elorrieta M. A., Suarez F., Moreno J.* Properties of polysaccharide produced by *Azotobacter vinelandii* cultured on 4-hydroxybenzoic acid. *J. Appl. Microbiol.* 2003, 94(3), 388–395.
 24. *Patyka V. P., Kopilov E. P., Nadkernichny S. P.* The influence of nitrogen fixing bacteria on summer barley plants immunity rising to root rot fungi. *Physiol. Biochem. Cult. Rast.* 2001, 33(4), 279–284. (In Ukrainian).
 25. *Chebotar V. K., Makarova N. M., Shaposhnikov A. I., Kravchenko L. V.* Antifungal and phytostimulating characteristics of *Bacillus subtilis* Ch-13 rhizospheric strain, producer of biopreparations. *Prikl. Biochem. Microbiol.* 2009, 45(4), 465–469. (In Russian).
 26. *Cozzolino L., Rufolo A., Zeina A.* Biocontrol activity of *Bacillus* spp. strains isolated from the rhizosphere of vegetable crops: Abstr. 12 Nation. Meeting of the Italian Society for Plant Pathology, Reggio Calabria, 29 Sept. – 1 Oct., 2005. *J. Plant Pathol.* 2005, 87(4 Spec. Issue), 292.
 27. *Romeiro R. S., Filho L., Vieira J. R., Silva H. S. A., Baracat-Pereira M. C., Carvalho M. G.* Macromolecules released by a plant growth-promoting rhizobacterium as elicitors of systemic resistance in tomato to bacterial and fungal pathogens. *J. Phytopathol.* 2005, 153(2), 120–123.
 28. *Vassilev N., Vassileva M., Nikolaeva I.* Simultaneous P-solubilizing and biocontrol activity of microorganisms: Potentials and

- future trends. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2006, 71(2), 137–144.
29. Belimov A. A., Dodd I. C., Hontzeas N., Theobald J. C., Safronova V. I. Rhizosphere bacteria containing 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase increase yield of plant grown in drying soil via both local and systemic hormone signaling. *New Phytol.* 2009, 181(2), 413–423.
 30. Egamberdieva D., Kamilova F., Validov Sh., Gafurova L., Kucharova Z. High incidence of plant growth-stimulating bacteria associated with the rhizosphere of wheat grown on salinated soil in Uzbekistan. *Environ. Microbiol.* 2008, 10(1), 1–9.
 31. Wackerow-Kouzova N. D. *Ochrobactrum intermedium* ANKI, a nitrogen-fixing bacterium able to decolorize azobenzene. *Prikl. Biochem Microbiol.* 2007, 43(4), 403–406. (In Russian).
 32. Krugova O. D., Mandrovska N. M., Kyrychenko O. V. Formation of symbiosis by the plants of clover and *Rhizobium of leguminosarum* bv. *trifolii* 22 with xenobiotics biodegradation plasmid of RP4 : TOL. *Agroekol. Zh.* 2010, (4), 52–57. (In Ukrainian).
 33. Kao C. M., Li S. H., Chen Y. L., Chen S. S. Utilization of the metano-cyan- complex tetracyanonickelate by *Azotobacter vinelandii*. *Lett. Appl. Microbiol.* 2005, 41(2), 216–220.
 34. Burgmann H., Meier S., Bunge M., Widmer F., Zeyer J. Effects of model root exudates on structure and activity of a soil diazotroph community. *Environ. Microbiol.* 2005, 7(11), 1711–1724.
 35. Kurdysh I. K. Granular microbial preparations for a plant-grower: science and practice. *Kyiv: KVITs.* 2001. 142 p. (In Russian).
 36. Nadkernychna O. V. Diazotrophes ability to the forming of the associative systems with the plants of winter_rye. *Agroekol. Zh.* 2003, N 3, 17–20. (In Ukrainian).
 37. Kots S. Ya., Tymova L. V., Kyrychenko O. V., Omelchuk S. V., Zhemoyda A. V. Strain bacteria of *Azotobacter chroococcum* T79 is for the receipt of bacterial fertilizer under soybean plants. Pat. Ukr. № 62820 A, MIIK⁷ C05F11/08, C12N1/20, *Institut fiziologii roslyn i genetyky NAS Ukrainy.* № 2003065695; Applied. 19.06.2003; Published. 15.12.2003, Byul. N 12. (In Ukrainian).
 38. Kirichenko E. V., Titova L. V., Kots S. Ya. Efficiency of the spring wheat seed bacterization of the new strain of *Azotobacter chroococcum* T79. *Stiinta Agricola.* 2010, N1, P. 21–24. (In Russian).
 39. Morgun V. V., Kots S. Ya., Kyrychenko O. V. A method of spring wheat growing at the use of the strain *Azotobacter chroococcum* T79. Pat. Ukr. na korysnu model № 59561, MIIK C05F11/08 (2006.01), C12N1/20 (2006.01); *Institut fiziologii roslyn i genetyky NAS Ukrainy.* № u 2010 11344; Applied. 23.09.2010; Published. 25.05.2014, Byul. № 10. (In Ukrainian).
 40. Kyrychenko E. V., Kots S. Ya. Use of *Azotobacter chroococcum* T79 for development of complex biological preparations. *Biotechnology Acta.* 2011, 4(3), 74–81. (In Russian).
 41. Sergienko V. G., Perkovskaya G. Yu., Titova L. V., Kirichenko E. V. Biocontrol of tomato diseases by biological active preparations. *Plant protection. Strategy and tactics of plant protection: Manual of Proceedings: 28 Feb. – 2 March, 2006.* Minsk, 2006, 30(1), 506–509. (In Russian).
 42. Kirichenko E. V., Titova L. V. Soybean lectin as a component of a composite biopreparation involving *Bradyrhizobium japonicum* 634b. *Prikl. Biochem. Microbiol.* 2006, 42(2), 219–223. (In Russian).
 43. Kyrychenko O. V. Legume lectins activate symbiotic properties of specific rhizobia under symbiosis formation and functioning. *Silskhogospodarska mikrobiologiya, Chernigiv: TsNTEI.* 2009, 9, 43–58. (In Ukrainian).
 44. Etzler M. E., Kalsi G., Ewing N. N., Roberts N. J., Day R. B., Murphy J. B. A nod factor binding lectin with apyrase activity from legume roots. *Plant Biol.* 1999, V. 96, 5856–5861.
 45. Barazani O., Friedman J. Effect of exogenously applied L-tryptophan on allelochemical activity of plant-growth-promoting rhizobacteria. *J. Chem. Ecol.* 2000, 26(2), 343–349.
 46. Belkhuir A. M., Zhou X., Smith D. L. Response of soybean (*Glycine max* L. Merr.) cultivars to genistein-preincubated *Bradyrhizobium japonicum*: Nodulation and dry matter accumulation under Canadian shot-season condition. *J. Agron. Crop. Sci.* 2000, 185(3), 167–175.
 47. Fons F., Amellal N., Leyval C., Saint-Martin N., Henry M. Effects of gypsophila saponins on bacterial growth kinetics and on selection of subterranean clover rhizosphere bacteria. *Can. J. Microbiol.* 2003, 49(6), 367–373.
 48. Kyrychenko O. V. The role of lectins in the regulation of the formation and functioning of phytobacterial symbiosis and associations. *Manuscript.* Ph.D. dissertation in biology, specialty 03.00.12. *Plant Physiology.* Kyiv. 2011, 47 p. (In Ukrainian).
 49. Lutsyk M. D., Panasyuk E. N., Lutsyk A. D. Lectins. *Lviv: Vyscha Shkola.* 1984, 155 p. (In Russian).
 50. Bezrukova M. V., Avalbaev A. M., Kildibekova A. R., Fatkhutdinova R. A., Shakirova F. M. Interaction of wheat lectin with 24-epibrassinolide in the regulation of cell division in wheat roots. *Dokl. Biol. Nauk.* 2002, 387(6), 533–535. (In Russian).
 51. Kildibekova A. R., Avalbaev A. M., Bezrukova M. V., Shakirova F. M. Study of the

- wheat germ agglutinin (WGA) binding with the cytokinins at the immunoassay. *Itogi biologicheskikh issledovaniy: Sb. Nauch. Tr. Ufa: Bashk. GU.* 2004, N8, 33–38. (In Russian).
52. Bezrukova M. V., Kildibekova A. R., Avalbaev A. M., Shakirova F. M. Participation of wheat germ agglutinin in regulation of cell division in apical root meristem of wheat seedlings. *Tsitologiya.* 2004, 46(1), 35–38. (In Russian).
 53. Antonyuk V. O. Lectins and their stock sources. *Lviv: Kvart,* 2005. 554 p. (In Ukrainian).
 54. Loris R., Hamelryck T., Bouckaert J., Wyns L. Legume lectin structure. *Biochim. Biophys. Acta.* 1998, 1383, P. 9–36.
 55. Rudiger H., Gabius H.-J. Plant lectins: Occurrence, biochemistry, functions and applications. *Glycoconjug. J.* 2001, 18, 589–613.
 56. Kirichenko E. V., Titova L. V., Zhemoida A. V., Omelchuk S. V. Influence of legume plants lectins with different specificity on the development of crop seedlings. *Physiol. Biochem. Cult. Rast.* 2004, 36(5), 390–397. (In Russian).
 57. Kyrychenko O. V., Tyshchenko O. M. Effect of exogenous specific lectin on lectin activity in the wheat seedlings and leaves. *Ukr. Biokhim. Zh.* 2005, 77(4), 133–137. (In Ukrainian).
 58. Kyrychenko O. V., Perkovskaya G. Yu. Effect of exogenous wheat lectin on flavonoid content and change in lectin activity of wheat seedlings at UV-radiation. *Biopolymers and Cell.* 2005, N5, 413–418. (In Ukrainian).
 59. Krugova O. D., Mandrovskaya N. M., Kyrychenko O. V. Effect of exogenous lectin on the endogenous lectin activity and the activity of antioxidant enzymes and flavonoid content in wheat. *Ukr. Biokhim. Zh.* 2006, 78(2), 106–112. (In Ukrainian).
 60. Kyrychenko O. V., Tytova L. V., Kots S. Ya. The effect of presowing treatment of wheat seeds by lectin on the intensity of plant growth and nitrogen-fixing activity of rhizospheric microorganisms. *Physiol. Biochem. Cult. Plant.* 2006, 38(3), 228–234. (In Ukrainian).
 61. Kyrychenko O. V. Effect of presowing treatment of spring wheat seeds with wheat germ agglutinin on the chlorophyll content, lectin activity in leaves and nitrogen-fixing capacity of rhizospheric microorganisms. *Ukr. Biokhem. Zh.* 2008, 80(1), 107–113. (In Ukrainian).
 62. Kyrychenko O. V., Volkogon M. V. Effect of wheat germ agglutinin at the presowing treatment of seeds on the level of cytokinins and auxins in leaves. *Dop. NAN Ukr.* 2010, N6, 144–151. (In Ukrainian).
 63. Kyrychenko O. V. Biological activity of exogenous lectins at forming and functioning of phytobacterial associations. *Bul. Kharkiv Nat. Agr. Un. Series Biology.* 2011, N2, 46–59. (In Ukrainian).
 64. Kyrychenko O. V. Changes in endogenous lectin activity of soybean plants under seeds treatment with exogenous lectin. *Physiol. Biochem. Cult. Plant.* 2011, 43(6), 520–526. (In Ukrainian).
 65. Kirichenko E. V. Effect of pretreatment of spring wheat seeds by lectin and lectin-bacterial composition on the physiological indexes of plant development and productivity. *S.-kh. Biologiya. Ser. Biol. Rast.* 2012, N1, 98–104. (In Russian).
 66. Kyrychenko O. V. Practice of soybean and wheat lectins use for the plant growing. *Probl. Biogeochem. Geochem. Ecol.* 2008, 1(5), 99–105.
 67. Kyrychenko O. V., Titova L. V. The influence of exogenic soybean lectin on the development and nitrogen-fixing activity of the root nodules and diazotrophic microorganisms in a rhizospheric zone of plants. *Physiol. Biochem. Cult. Plant.* 2005, 37(2), 139–146. (In Russian).
 68. Kirichenko E. V., Titova L. V. Effect of plants lectins on the growth of the cultures of soil microorganisms. *Agroekol. Zh.* 2005, N 4, 52–56. (In Russian).
 69. Kyrychenko O. V., Zhemoyda A. V. Ecological aspects of the use of plant lectins for the pretreatment of the soybean and wheat seeds. *Agroekol. Zh.* 2006, N 3, 42–48. (In Ukrainian).
 70. Kyrychenko O. V., Sergienko V. G. Fungitoxic activity of plant lectins. *Physiol. Biochem. Cult. Plant.* 2006, 38(6), 526–534. (In Ukrainian).
 71. Sergienko V. G., Kyrychenko O. V., Perkovskaya G. Yu. A method of the use of plant lectins for vegetable cultures protecting from diseases *Patent Ukraine.* № 41723, МПК А01N 63/00 А01С 1/06. заявник і патентовласник Інститут захисту рослин УААН. № у 2008 12612; Applied 28.10.2008; Published 10.06.2009, Bul. № 11. (In Ukrainian).
 72. Kirichenko E. V., Sergienko V. G. Efficiency of protective action of biologically active compounds of plant origin against fungal diseases of tomato and cucumber. *Plant Protection News.* 2011, N1, 340–346. (In Russian).
 73. Singh R. S., Bhaglal P., Bhullar J. S. Wheat germ agglutinin (WGA) gene expression and ABA accumulation in the developing embryos of wheat (*Triticum aestivum*) in response to drought. *Plant Growth Regul.* 2000. 30(2), 145–150.
 74. Shakirova F. M., Avalbaev A. M., Bezrukova M. V., Gimalov F. R. Induction of wheat germ agglutinin synthesis by abscisic and gibberellic acids in roots of wheat seedlings. *Plant Growth Regul.* 2001, 33(2), 111–115.
 75. Avalbaev A. M., Bezrukova M. V., Shakirova F. M. Multiple hormonal control of the lectin content in roots of wheat seedlings.

- Fiziol. Rast.* 2001, 48(5), 718–722. (In Russian).
76. *Edelman G. M., Wang J. L.* Binding and functional properties of Concanavalin A and its derivatives. *J. Biol. Chem.* 1978, 253, P. 3016–3022.
 77. *Shakirova F. M., Bezrukova M. V., Avalbaev A. M., Gimalov F. R.* Stimulation of wheat germ agglutinin gene expression in root seedlings by 24-epibrassinolide. *Fiziol. Rast.* 2002, 49(2), 225–228. (In Russian).
 78. *Peumans W. J.* Biochemistry, Cell-Biology, Physiology, Biosynthesis and Function of Gramineae Lectins. *Proefschrift Leuven: Katholieke Univ., Lab. voor Pflatenbiochemie.* 1984. 214 p.
 79. *Manowski C., Rudiger H.* An erythrocyte agglutinating and antifungal factor from avocado (*Persea Americana*, Lauraceae) seeds. *Abstr. Interlec.* 18, 27–31 July, 1999, *Univ. of Portsmouth Faculty of Science.* 1999, 49.
 80. *Khurtsidze M., Lomtadze Z., Shiukoshvili T.* The impact of plant seed protein fraction with lectin activity on multiplication of bacteria and actinomyces. *Bull. Georg. Acad. Sci.* 2000, 162(3), 552–555.
 81. *Karavaev V. A., Solntsev M. K., Kuznetsov A. M., Polyakova I. B., Frantsev V. V., Yurina E. V., Yurina T. P.* Plant extracts as the source of physiologically active compounds the development of pathogenic fungi. *Plant Prot. Sci.* 2002, 38(1), 200–204.
 82. *Molodchenkova O. O., Adamovskaya V. G., Levitskii Yu. A., Gontarenko O. V., Sokolov V. M.* Maize response to salicylic acid and *Fusarium moniliforme*. *Prikl. Biochem. Microbiol.* 2002, 38(4), 381–385. (In Russian).
 83. *Vasyuk V. A.* Physiology role of plant hormones at the wheat infected by phytopathogenic fungi. *Kyiv: Fitosotsiotsentr.* 2001, N1, 285–287. (In Ukrainian).
 84. *Sotchenkov D. V., Goldenkova I. V.* Antimicrobial proteins and peptides which participates in plants protecting from fungal and bacterial pathogens. *Uspekhi Sov. Biol.* 2003, 123(4), 323–335. (In Russian).
 85. *Maksimov I. V., Cherepanova E. A., Iarullina L. G., Akhmetova I. E.* Isolation of chitin-specific wheat oxidoreductases. *Prikl. Biochem. Microbiol.* 2005, 41(6), 616–620. (In Russian).
 86. *Yamaleeva A. A.* Plant lectins and their biological role. *Ufa: RITs Bashkirskogo un-ta.* 2001. 202 p. (In Russian).
 87. *Singh K., Kaur M., Rup P. J., Singh J.* Exploration for anti-insect properties of lectin from seeds of soybean (*Glycine max*) using *Bactrocera cucurbitae* as a model. *Phytoparasitica.* 2006, 34(5), 463–473.
 88. *Wang W., Hause B., Peumans W. J., Smaghe G., Mackie A., Fraser R., Van Damme E. J. M.* The Tn antigen-specific lectin from ground ivy is an insecticidal protein with an unusual physiology. *Plant Physiol.* 2003, 132(3), 1322–1334.
 89. *Khayrullin R. M., Shakirova F. M., Maksimov I. V.* The study of content of the lectin, ABA and IAA in the wheat plants under *Septoria nodorum* Berk. *Physiol. Biochem. Cult. Rast.* 1993, 25(2), 138–144. (In Russian).
 90. *Adamovskaya V. G., Linchevsky A. A., Molodchenkova O. O., Cyselskaya L. Y.* Plant cell lectins of spring barley at the defeat of *Fusarium culmorum* and under the action of salicylic acid. *Physiol. Biochem. Cult. Rast.* 2005, 37(3), 267–274. (In Russian).
 91. *Ozeretskoykaya, O. L.* The Problems of specific phytoimmunity. *Physiol. Rast.* 2002, 49(1), 1–7. (In Russian).
 92. *Shakirova F. M.* Heterospecific resistance of plants to the stress factors and its regulation. *Ufa: Gilem.* 2001. 160 p. (In Russian).
 93. *Kildibekova A. R., Bezrukova M. V., Avalbaev A. M., Fatkhutdinova R. A., Shakirova F. M.* Mechanisms of protective action of wheat germ agglutinin on cell growth in wheat seedling roots under salinity. *Tsitologiya.* 2004, 46(4), 312–316. (In Russian).
 94. *Chulkova Yu. Yu., Garaeva L. D., Timofeeva O. A., Khokhlova L. P.* Lectin and mitotic activities in root meristems of winter wheat under oryzalin effect. *Tsitologiya.* 2005, 47(2), 163–171. (In Russian)
 95. *Chkartishvili K., Kalina O., Zarkua M.* Influence of same stress factors on growth, development and lectin activity of *Kalanchoe daigremontiana* plantlets. *Bull. Georg. Acad. Sci.* 2002, 166(3), 545–548.
 96. *Bezverkhova N. V., Satronova V. I., Antonyuk L. P., Belimov A. A.* Involvement of the bacterium *Azospirillum brasilense* in wheat tolerance to cadmium. *Metal Ions Biol. Med.* 2002, N7, 268–271
 97. *Kozar S. F., Nadkernychniy S. P., Sherstoboev M. K., Patyka V. P.* Production of complex biological preparations : becoming problems. *Byul. In-tu S-g. Mikrobiol.* 1998, N2, 30–33. (In Ukrainian).
 98. *Kyrychenko O. V.* Bacterial compositions – effective elements of wheat agrobiotechnology growing. *Bul. Kharkiv Nat. Agr. Un. Ser. Biology.* 2013, N2, 83–92. (In Ukrainian).
 99. *Kyrychenko O. V.* Complementary interaction of leguminous plants lectins with suspension of nodule bacteria as one of parameters of specificity of symbionts. *Physiol. Biochem. Cult. Rast.* 2004, 36(4), 301–306. (In Russian).
 100. *Kyrychenko O. V.* The interaction of plant lectins with soil nitrogen fixing bacteria. *Physiol. Biochem. Cult. Rast.* 2005, 37(5), 402–405. (In Russian).

101. *Kyrychenko O. V.* Change of the wheat lectin activity and degree of its interaction with different components of compositions of lectin nature. *Ukr. Biokhem. Zh.* 2006, 78(6), 105–112. (In Ukrainian).
102. *Kyrychenko O. V., Perkovska G. Yu.* Effect of haptен, N-acetyl-D-glucosamine, on biological activity of the wheat lectin. *Gen. Appl. Plant Physiol.* 2007, 33(3–4), 141–154.
103. *Kyrychenko O. V.* Changes of biological activity of wheat germ agglutinin under affecting of its haptен. *ESNA XXXIX Annual Meeting.* 25–29 August. *Brno, Czech Republic.* 2009, 68.
104. *Kirichenko E. V., Zhemoyda A. V., Kots S. Ya.* Effect of a plant-bacterial composition on the yielding capacity of spring wheat. *Agrokhimiya.* 2005, N10, 41–47. (In Russian).

ФИТОЛЕКТИНЫ И ДИАЗОТРОФЫ — ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ КОМПОНЕНТЫ КОМПЛЕКСНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИЙ

E. B. Кириченко

Институт физиологии растений и генетики
НАН Украины, Киев

E-mail: leki07@mail.ru

На основе данных литературы и результатов собственных исследований проанализирована роль лектинов и diazotrophic микроорганизмов как полифункциональных компонентов при создании новых лектин-бактериальных композиций с целью практического применения в агробиотехнологии. Фитолектинам свойственна разнообразная биологическая активность (биоэффекторная, адаптогенная, рострегуляторная, фунгицидная, коммуникативная) относительно компонентов системы «растение–почва–микроорганизмы», которая проявляется на разных уровнях (молекулярном, клеточном, организменном и системном) организации и функционирования агрофитоценозов. Ризобактерии оказывают комплексное положительное действие на растения и почву. Определяющими среди этих эффектов являются способность к фиксации молекулярного азота атмосферы, синтез веществ гормональной и антибиотической природы, мобилизация труднорастворимых соединений фосфора и разложение вредных химических веществ. Показана перспективность новых биологических композиций комплексного действия на основе специфических лектинов и diazotrophic микроорганизмов для повышения реализации продуктивного потенциала симбиозов и ассоциаций, адаптационной пластичности и защиты растений, улучшения экологии почв.

Ключевые слова: фитолектины, diazotrophic микроорганизмы, лектин-бактериальные композиции, агрофитоценозы.

PHYTOLECTINS AND DIAZOTROPHS ARE THE POLYFUNCTIONAL COMPONENTS OF THE COMPLEX BIOLOGICAL COMPOSITIONS

E. V. Kyrychenko

Institute of Plant Physiology and Genetics of
National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv,
Ukraine

E-mail: leki07@mail.ru

The role of lectins and diazotrophic microorganisms as polyfunctional components for creation of new lectin-bacterial biological composition with a view to practical application of agro biotechnology were discussed on the base of literature data and personal author's experimental results. Phytolectins characterized by varied biological activity such as bioeffector, adaptogen, growth-regulatory, fungicide and communication to the components of a system «plant–soil–microorganisms» in molecular, cellular, organism and systemic levels of organization and functioning of agrophytocenosis. Rhizobacteria have many positive effects on plants and soil, the most determinative among the effects are the ability to fix molecular nitrogen of atmosphere, synthesis of hormonal and antibiотical substances, mobilization of sparingly soluble soil phosphates and decomposition of hazardous chemical compounds. It was justified creation of a new class of lectin-bacterial compositions on a base of phytolectins and diazotrophic microorganisms for increasing of productive potential of symbioses and associations, adaptable plasticity and plants protection and soil ecology improvement as well.

Key words: phytolectins, diazotrophic microorganisms, lectin-bacterial compositions, agrophytocenoses.