

УДК 581.1:581.557:579.6

ОСОБЛИВОСТІ СИМБІОТИЧНОЇ СИСТЕМИ І ПРОДУКЦІЇ ЕТИЛЕНУ У СОРТІВ *Glycine max* (L.) MERR., ЩО ВІДРІЗНЯЮТЬСЯ ЗА СТІЙКІСТЮ ДО АБІОТИЧНИХ СТРЕСОРІВ

© 2014 р. К. М. Дрок¹, П. М. Маменко²,
С. В. Омельчук², І. В. Косаківська¹

¹ *Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного
Національної Академії наук України
(Київ, Україна)*

² *Інститут фізіології рослин і генетики
Національної Академії наук України
(Київ, Україна)*

Досліджено вплив агрокліматичних умов (польові досліді) та теплового стресу (вегетаційні досліді) на морфометричні і фізіолого-біохімічні характеристики різних за стійкістю сортів сої на різних фазах росту і розвитку. У польовому досліді показано, що рослини холодостійкого сорту Подільська 416, інокульованого активним штамом азотфіксуючих бактерій *Bradyrhizobium japonicum* 6346, відзначалися найбільшою масою, величиною нітрогеназної активності, кількістю бульбочок і урожайністю. У вегетаційному досліді на 35-у добу після проростання маса надземної частини інокульованих рослин перевищувала контроль на 23-50%. Найбільш виразні зміни зафіксовані у сорту Подільська 416. Найвищі показники симбіотичної активності були у посухостійкого сорту КиВін. Встановлено, що у 14-добових проростків жаростійкого сорту Хуторяночка продукція етилену в контрольних умовах значно зростала після теплового стресу, тоді як в інокульованих рослинах, навпаки, дещо знижувалась. У проростків холодостійкого сорту Подільська 416 зафіксовано відсутність етиленової активності у контрольних рослинах до стресу та її поява після стресу. У 21- і 35-добових рослин усіх досліджених сортів за всіх умов активність етилену не було виявлено, що вказує на взаємозв'язок між появою бульбочок і етиленовою активністю.

Ключові слова: *Glycine max*, симбіоз, азотфіксуюча активність, етилен, тепловий стрес, стійкість

Серед бобових культур соя (*Glycine max* (L.) Merr.) завдяки різноманітному використанню посідає виняткове місце. За прогнозами, до 2015 року споживання рослинного білка у світі збільшиться до 440 млн. тонн і перевищуватиме рівень 2010 року в 1,7 рази (Мартинюк, 2007). Актуальним є виробництво сої в Україні. Однак недостатня адаптивна пластичність генетичного матеріалу, що використовується на практиці, негативно позначається на зерновій продуктивності культури при нестабільних погодних умовах, якими характеризується більшість регіонів України.

Адреса для кореспонденції: Косаківська Ірина Василівна, Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, вул. Терещенківська, 2, Київ, 01601, Україна;
e-mail: science@botany.kiev.ua

Соя утворює симбіотичні системи з азотфіксуючими ризобіальними мікроорганізмами. Специфічність мікробно-рослинної взаємодії, складна структура корневих бульбочок потребують високого ступеня регуляції біохімічних процесів, в якій значну роль відіграють фітогормони (Андреева и др., 1992; Pawlowski, Bisseling, 1996). Здатність синтезувати ці сполуки – одна з головних характеристик ризосферних, епіфітних та симбіотичних бактерій (Цавкелова и др., 2006). Рівень ефективності бобово-ризобіального симбіозу визначається генотипом двох партнерів – бульбочкових бактерій і рослини-хазяїна (Биологическая ..., 2014). У зв'язку з цим паралельно з пошуком та відбором нових високоактивних штамів бульбочкових мікроорганізмів актуальним є вивчення

клітинних механізмів стійкості сої до умов вирощування, зокрема, дослідження впливу абіотичних факторів на симбіотичну активність і продукцію фітогормонів у контрастних за ознакою стійкості сортів.

Етилен – газоподібний фітогормон, який відіграє важливу роль у регуляції процесу росту і стійкості рослин до стресорів (Wang et al., 2002). Нині активно вивчається сприйняття і трансдукція етиленового сигналу (Hall et al., 2001; Li, Guo, 2007). Однак, відомості про вплив етилену на процеси росту рослин досить суперечливі. Переважає думка, що етилен виконує роль інгібітору росту рослин (Achari et al., 2003). Водночас встановлено, що, залежно від концентрації, виду рослини і умов вирощування, етилен здатний стимулювати процеси росту (Pierik et al., 2006). Різну спрямованість дії етилену на рослини пов'язують із його взаємодією з іншими фітогормонами (Vandenbussche, van der Straeten, 2007), зокрема, абсцизовою кислотою (АБК) (Wilkinson, Davies, 2009).

У зв'язку з викладеним за умов польового і вегетаційного дослідів було проаналізовано особливості росту і розвитку, симбіотичної активності та продукції етилену у різних за стійкістю до стресових температур сортів, інокульованих штамом азотфіксуючих бактерій *Bradyrhizobium japonicum* 634б.

МЕТОДИКА

Дослідження проводили з рослинами *Glycine max* (L.) Merr. холодостійкого сорту Подільська 416 (оригінатор Інститут агроecології та біотехнології НААН України); посухостійкого сорту КиВін і жаро- і посухостійкого сорту Хуторяночка (оригінатор обох сортів Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН України).

До посіву насіння сої було проведено агрохімічне обстеження ґрунту. Встановлено, що кислотність ґрунту (рН) становила 6,28, а вологість – 24%. Ґрунт відрізнявся низьким вмістом загального азоту (68,7 мг/кг), обмінного калію (20,9 мг/кг), а також кальцію, марганцю і сірки та високим вмістом магнію.

Для інокуляції насіння був використаний активний штам повільнорослих бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium japonicum* 634б із музейної колекції азотфіксуючих мікроорганізмів відділу симбіотичної азотфіксації Інституту фізіології рослин і генетики НАН України. Перед посівом насіння сої знезаражували протягом 15 хв 70% розчином етанолу, промивали проточ-

ною водою та впродовж 1 год інкубували в суспензії бактерій *B. japonicum* 634б. Бактеріальний титр суспензії становив 10^7 клітин/мл. Рослини вирощували в умовах вегетаційного досліду по 6–7 проростків (у трьох повтореннях) у посудинах, що містили 1 кг піску, попередньо знезаражених 20% розчином H_2O_2 при вологості субстрату 60 % повної вологоємності і природному освітленні. Джерелом компонентів мінерального живлення була суміш Гельрігеля, яка містила 0,25 норми азоту з додаванням мікроелементів молібдену, бору, марганцю і міді. Відбір рослин для аналізу проводили на початку формування симбіотичного апарату (14-а доба після появи сходів) та під час його активного функціонування (21-а та 35-а доба).

Рослини піддавали тепловому стресу при температурі $+40^\circ\text{C}$ впродовж 2 год. Запас продуктивної вологи в 10-ти сантиметровому шарі ґрунту, визначений термостатно-ваговим методом, складав 22 мм, що досягалось в результаті відсутності поливу рослин впродовж п'яти діб. Азотфіксуючу активність (АФА) визначали ацетиленовим методом (Hardy, 1968). Для цього корені з бульбочками поміщали в герметично закриті гумовими мембранами скляні флакони ємністю 75 см³, у які вводили ацетилен до кінцевої концентрації 10%. Тривалість інкубації складала 1 год. Після інкубації газову суміш, яка містила етилен, утворений в результаті редукції ацетилену нітрогеназою, аналізували на газовому хроматографі «Agilent GC system 6850» (США) з полуменево-іонізаційним детектором. Розділення газів проводили на колонці (Supelco Porapak N) за температури термостата $+55^\circ\text{C}$ і детектора $+150^\circ\text{C}$. Газом-носієм був азот (50 мл за 1 хв). Об'єм аналізованої проби газової суміші становив 1 мл. Як стандарт використовували чистий етилен (Sigma-Aldrich, США). Кількість етилену, що утворилася із ацетилену за 1 год під дією нітрогенази інкубованого зразка, тобто азотфіксацію, виражали у молярних одиницях утвореного етилену у розрахунку на одну рослину за 1 год (нмоль або мкмоль C_2H_4 / рослину/год). Визначення проводили в 5-8 разовому повторенні.

Для визначення інтенсивності виділення етилену зразки рослинного матеріалу відомої маси поміщали в скляні флакони об'ємом 75 мл, які одразу герметично закривали і залишали в темряві впродовж 24 год. Після інкубації газову суміш, яка містила етилен, аналізували на газовому хроматографі «Agilent GC system 6850» (США). Аналізи проводили у 5-8 разовому повторенні.

ОСОБЛИВОСТІ СИМБІОТИЧНОЇ СИСТЕМИ

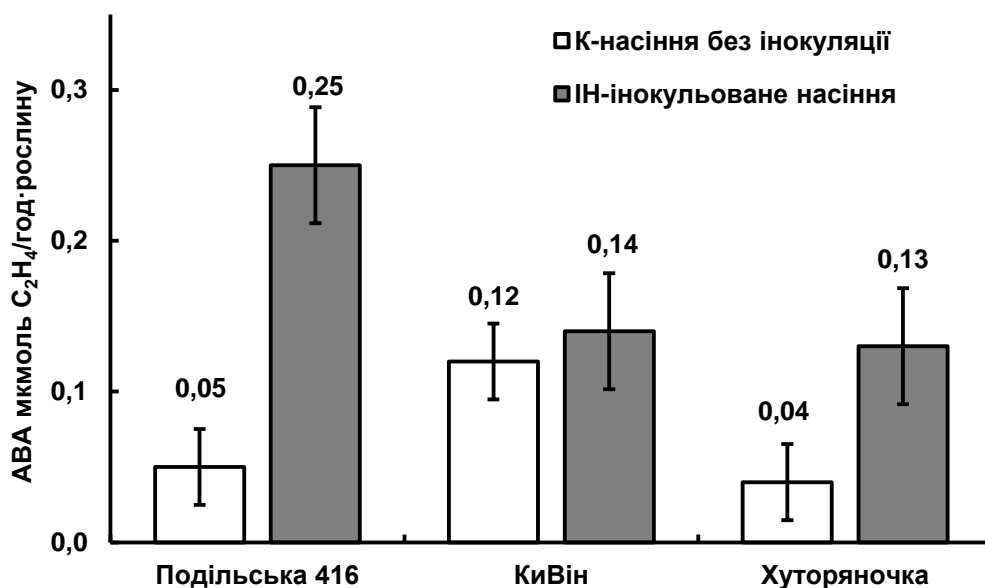


Рис. 1. Нітрогеназна (ацетиленвідновна –АВА) активність бульбочок різних сортів сої, інокульованих штамом бактерій *V. jaronicum* 634б. Фаза бутонізації.

Дослідження хімічного складу ґрунту проведено на сертифікованому в Україні лабораторному обладнанні LASAAGRO 2800 (ФРН, св. №37/2248, ДП «Укрметртестстандарт»). Статистичну обробку результатів проводили відповідно методу Ст'юдента. Статистично достовірною вважали різницю при $p \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Польові дослід. Встановлено, що у фазі бутонізації найвищу нодуляційну активність мав інокульований штамом бактерій *V. jaronicum* 634б холодостійкий сорт Подільська 416. Найбільша різниця між показниками ацетиленвідновної активності між інокульованими та неінокульованими рослинами спостерігалася у сортів Подільська 416 і Хуторяночка (рис. 1).

Найбільша маса кореня і надземної частини зафіксована у інокульованих рослин сорту

КиВін. Водночас маса бульбочок інокульованих рослин сорту Подільська 416 перевершувала відповідний показник інших сортів, як інокульованих, так і без інокуляції. Слід зазначити, що маса коренів інокульованих рослин посухостійких сортів КиВін і Хуторяночка була вищою, ніж маса коренів контрольних рослин (табл. 1).

У фазі цвітіння інокульовані високоактивним штамом бактерій *V. jaronicum* 634б сорти Подільська 416 і Хуторяночка характеризувалися найвищою нітрогеназною активністю (рис. 2). Інокульовані рослини сорту Подільська 416 характеризувалися найбільшою кількістю і масою бульбочок. Сорт КиВін також відзначався високими показниками кількості і маси бульбочок у інокульованих рослин. Проте, інокульовані рослини сорту КиВін фіксували найменшу кількість атмосферного азоту. Приріст маси надземної частини у інокульованих сортів був більшим порівняно з неінокульованими (табл. 2).

Таблиця 1. Морфометричні показники рослин сої у фазі бутонізації

Варіант	Кількість бульбочок, шт./рослину	Маса бульбочок, мг/рослину	Маса надземної частини, г	Маса кореня, г
Подільська 416 (К)	22,00±6,00	0,11±0,04	10,05±0,85	1,53±0,21
Подільська 416 (ІН)	24,50±3,25	0,24±0,05	9,70±0,24	1,39±0,22
КиВін (К)	17,75±1,75	0,16±0,04	10,19±0,72	1,31±0,17
КиВін (ІН)	22,75±4,25	0,22±0,04	10,83±0,84	2,03±0,31
Хуторяночка (К)	19,50±7,25	0,07±0,02	10,27±0,55	0,94±0,17
Хуторяночка (ІН)	15,25±4,13	0,12±0,03	11,24±1,69	1,44±0,18

Примітка. Тут і в табл. 2, 4, 6: К– насіння без інокуляції; ІН– інокульоване насіння.

ДРОК та ін.

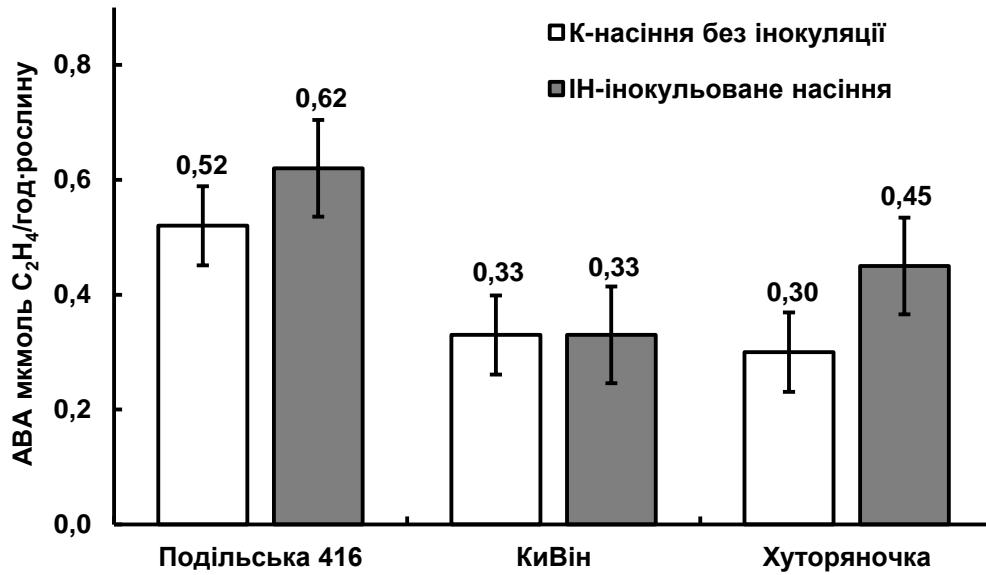


Рис. 2. Нітрогеназна (ацетиленвідновна –АВА) активність бульбочок у різних сортів сої, інокульованих штамом бактерій *B. japonicum* 6346. Фаза цвітіння.

Таблиця 2. Морфометричні показники рослин сої у фазі цвітіння

Варіант	Кількість бульбочок, шт./рослину	Маса бульбочок, мг/рослину	Маса надземної частини, г	Маса кореня, г
Подільська 416(К)	48,25±3,36	0,62±0,07	27,13±1,94	3,98±0,54
Подільська 416 (ІН)	54,00±4,50	0,93±0,11	46,35±2,19	5,54±0,32
КиВін (К)	47,50±2,00	0,60±0,09	26,20±2,96	3,46±0,18
КиВін (ІН)	32,50±5,50	0,86±0,07	35,68±1,86	5,18±0,27
Хуторяночка (К)	29,75±4,63	0,36±0,10	23,64±1,4	2,64±0,20
Хуторяночка (ІН)	50,75±4,25	0,62±0,15	45,02±2,64	3,56±0,27

Таблиця 3. Урожайність насіння сої (ц/га, 2013 р.)

Варіант	Інокульовані рослини	Рослини без інокуляції
Подільська 416	26,72±0,27	24,76±0,17
КиВін	25,82±0,51	26,61±0,84
Хуторяночка	18,84±1,68	14,95±2,38

Таблиця 4. Морфометричні показники рослин сої (вегетаційний дослід)

Варіант	Доба після появи сходів					
	14-а доба		21-а доба		35-а доба	
	Маса надземної частини, г	Маса кореня, г	Маса надземної частини, г	Маса кореня, г	Маса надземної частини, г	Маса кореня, г
Подільська 416 (К)	0,81±0,12	0,32±0,05	1,30±0,14	0,56±0,13	2,93±0,18	1,96±0,24
Подільська 416 (ІН)	0,77±0,07	0,25±0,09	1,50±0,19	0,60±0,08	4,31±0,20	2,34±0,13
КиВін (К)	0,69±0,01	0,27±0,10	1,32±0,01	0,48±0,02	2,36±0,17	1,60±0,20
КиВін (ІН)	0,70±0,07	0,29±0,09	1,27±0,13	0,46±0,06	2,90±0,22	1,99±0,18
Хуторяночка (К)	0,76±0,08	0,30±0,04	1,55±0,10	0,41±0,01	3,11±0,09	2,13±0,21
Хуторяночка (ІН)	0,80±0,14	0,28±0,05	1,57±0,06	0,45±0,05	4,50±0,18	2,41±0,16

ОСОБЛИВОСТІ СИМБІОТИЧНОЇ СИСТЕМИ

Таблиця 5. Кількість бульбочок і величина нітрогеназної активності 35-добових рослин сої, інокульованих штамом *B. japonicum* 6346

Варіант	Кількість бульбочок, шт./рослину	Нітрогеназна активність, нмоль C ₂ H ₄ /рослину/год.
Подільська 416	8,00±2,00	2,0±0,2
КиВін	5,33±0,44	7,0±0,3
Хуторяночка	4,00±1,33	4,0±0,2

Таблиця 6. Вплив температурного (+40°C, 2 год) і водного стресів (вологість субстрату – 20%) на площу етиленового піку (S) 14-добових рослин сої

Варіант	Інтенсивність виділення етилену до стресу, нмоль C ₂ H ₄ /рослину/год.	Інтенсивність виділення етилену після стресу, нмоль C ₂ H ₄ /рослину/год.
Подільська 416 (К)	0	0,100±0,030
Подільська 416 (ІН)	0,300±0,020	0
КиВін (К)	0,070±0,009	0
КиВін (ІН)	0,120±0,009	0
Хуторяночка (К)	0,100±0,040	0,350±0,030
Хуторяночка (ІН)	0,100±0,030	0,070±0,020

Інокуляція штамом *B. japonicum* 6346 рослин сортів Подільська 416 і Хуторяночка забезпечувала приріст урожаю насіння на 7,91%, і 26,02% відповідно (табл. 3). Варто також зазначити, що внаслідок спонтанної інокуляції симбіотичними бактеріями у польових умовах у рослин сорту КиВін урожайність була на 3,05% вища, ніж у інокульованих штамом *B. japonicum* 6346 рослин.

Таким чином, результати польових досліджень продемонстрували, що інокульований активним штамом азотфіксуючих бактерій *B. japonicum* 6346 холодостійкий сорт Подільська 416 характеризувався найвищими показниками маси рослин, нітрогеназної активності, кількості бульбочок і урожайності.

Вегетаційні досліді. На 14-у та 21-у добу після появи сходів між біометричними показниками маси надземної частини і коренів у інокульованих і контрольних сортів сої істотної різниці зафіксовано не було, що можна пояснити відсутністю сформованого симбіотичного апарату. Проте на 35-у добу після сходів маса надземної частини рослин, інокульованих штамом *B. japonicum* 6346, перевищувала контроль на 23-50%. Маса коренів інокульованих рослин теж зростала, але менше, ніж маса надземної частини. Найбільш виразні зміни зафіксовані для холодостійкого сорту Подільська 416 (табл. 4).

Оскільки на 14-ту добу після сходів бульбочки на коренях рослин не були ще сформо-

вані, а на 21-у добу процес формування бульбочок тільки розпочинався, для характеристики симбіотичної системи рослин сої, інокульованої штамом бактерій *B. japonicum* 6346, дослідження проводили з 35-добовими рослинами. Найвищі показники симбіотичної активності були зафіксовані у сорту КиВін. Водночас, бульбочок на коренях сорту Подільська 416 було більше, ніж у інших інокульованих сортів (табл. 5).

Проведено вивчення впливу теплового стресу на площу етиленового піку у контрольних й інокульованих штамом *B. japonicum* 6346 сортів сої. Встановлено, що у 14-добових проростків сорту Хуторяночка активність етилену в контрольних рослинах суттєво зростала після стресу, що узгоджується з ознакою жаростійкості. Водночас в інокульованих рослинах спостерігалось певне зниження активності. Для проростків холодостійкого сорту Подільська 416 зафіксована відсутність етиленової активності в контрольних рослинах до стресу і поява етиленового піку після стресу. Проте інокульовані проростки цього сорту мали високий показник етиленової активності до стресу, тоді як після стресу етиленову активність не було виявлено. Проростки посухостійкого сорту КиВін відзначалися відсутністю етиленової активності після стресу як в контролі, так і у варіанті з інокуляцією. Визначення величини етиленової активності до стресу продемонструвало, що цей показник був вищим у інокульованих рослин, що вказує на біотичну стрес-індукцію утворен-

ня цього фітогормону (табл. 6). Однак, у 21- і 35-добових рослин всіх досліджених сортів за всіх умов наявність етилену вже не було виявлено (результати не наводяться). Таким чином, між появою бульбочок і продукцією етилену вірогідно існує певний зв'язок.

Показано, що вплив на макросимбіонт передпосівної бактеризації носить комплексний характер (Цавкелова и др., 2006). Серед складових, що впливають на ріст і розвиток рослин, крім активного зв'язування атмосферного азоту, виділяють здатність бактерій до синтезу речовин гормональної природи. Так, штам *V. japonicum* 6346 синтезує індоліл-3-оцтову і абсцизову кислоти (Коць и др., 2010). Виявлена в наших дослідженнях відсутність продукування етилену після появи бульбочок на коренях сої, зокрема, може бути зумовлена синтезом АБК бульбочковими бактеріями, яка, як відомо, є антагоністом етилену.

Таким чином, інокульований активним штамом азотфіксуючих бактерій *V. japonicum* 6346 холодостійкий сорт Подільська 416 в польовому досліді виявився найбільш стійким до впливу агрокліматичних умов, що відображалось у морофометричних і фізіолого-біохімічних показниках. У вегетаційному досліді нітрогеназна активність була більш високою у посухостійкого сорту Кивін, однак морофометричні показники, як і в польовому досліді, були вищими у холодостійкого сорту Подільська 416. Показники етиленової активності зростали після інокуляції, що вказує на наявність біотичного стресу, спричиненого обробкою насіння сої високоактивним штамом *V. japonicum* 6346. Відсутність етиленового піку у контрольних рослин холодостійкого сорту Подільська 416 свідчить про стійкість до впливу мікросимбіоту. Із розвитком бульбочок спостерігається припинення продукції етилену.

Автори висловлюють щирі подяки Науковому директору Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН України академіку НААН України В.Ф. Петриченку за наукове обговорення, консультації щодо біологічних особливостей і надання насінневого матеріалу сортів сої для фізіолого-біохімічних досліджень та можливість проведення серії польових дослідів на базі цієї наукової установи.

ЛІТЕРАТУРА

Андреева И.Н., Козлова Г.И., Мандхан К., Измайлов С.Ф. Структурные особенности различающихся

по эффективности азотфиксации клубеньков бобовых // Физиология растений. – 1992. – Т. 39, № 2. – С. 314-324.

Биологическая фиксация азота [монография в 4 т.]. Т. 4. Ассоциативная азотфиксация / С. Я. Коць и др. – Киев: Логос, 2014. – 410 с.

Коць С.Я., Волкогон Н.В., Гришук Е.А. Способность штаммов и *Bradyrhizobium japonicum* к синтезу ИУК и АБК *in vitro* // Физиология и биохимия культ. растений. – 2010. – Т. 42, № 6. – С. 491-496.

Мартинюк О.М. Соя в Західному Ліссестепу // Насінництво. – 2007. – №10. – С. 8-10.

Цавкелова Е.А., Климова С.Ю., Чердынцева Т.А., Нетрусов А.И. Микроорганизмы — продуценты стимуляторов роста растений и их практическое применение // Прикл. биохимия и микробиология – 2006. – Т. 42, № 2. – С. 133-143.

Achard P., Vriezen W., van der Straeten D., Harberd N. Ethylene regulates Arabidopsis development via the modulation of DELLA protein growth repressor function // Plant Cell. – 2003. – V. 15. – P. 2816-2825.

Hall M., Mur L., Smath A., Moshkov I., Novikova G. Ethylene Signal Perception and Transduction Multiple Paradigms? // Biol. Rev. – 2001. – V. 1. – P. 103-128.

Hardy R.W.F., Holsten R.D., Jackson E.K., Burns R.C. The acetylene-ethylene assay for N₂ fixation: Laboratory and Field Evaluation // Plant Physiol. – 1968. – V. 43. – P. 1185-1207.

Li H., Guo H. Molecular Basis of the Ethylene Signaling and Response Pathway in Arabidopsis // J. Plant Growth Regul. – 2007. – V. 26. – P. 106-117.

Pawlowski K., Bisseling T. Rhizobial and actinorhizal symbioses: What are the shared features? // Plant Cell. – 1996. – V. 8, № 3. – P. 1899-1913.

Pierik R., Tholen D., Poorter H., Visser E., Voeseek L. The Janus Face of Ethylene: Growth Inhibition and Stimulation // Trend Plant Sci. – 2006. – V. 11. – P. 178-182.

Vandenbussche F., van der Straeten D. One for all and all for one: cross-talk of multiple signals controlling the plant phenotype // J. Plant Growth Regul. – 2007. – V. 26. – P. 178-187.

Wang K.L.-C., Li H., Ecker J.R. Ethylene biosynthesis and signaling networks // Plant Cell. – 2002. – Suppl. – P. 131-151.

Wilkinson S., Davies W. Ozone suppresses soil drying and abscisic acid (ABA)- induced stomatal closure via an ethylene-dependent mechanism // Plant Cell Environ. – 2009 – V. 32. – P. 949-959.

Надійшла до редакції
16.07.2014 р.

**FEATURES OF SYMBIOTIC SYSTEM AND PRODUCTION OF ETHYLENE
IN VARIETIES OF *Glycine max* (L.) MERR.,
DIFFERING ON RESISTANCE TO ABIOTIC STRESSORS**

E. N. Drok¹, P. N. Mamenko², S. V. Omelchuk², I. V. Kosakivska¹

¹*M.G. Kholodny Institute of Botany
National Academy of Sciences of Ukraine
(Kyiv, Ukraine)
e-mail: science@botany.kiev.ua*

²*Institute of Plant Physiology and Genetics
National Academy of Sciences of Ukraine
(Kyiv, Ukraine)*

The morphological, physiological and biochemical characteristics of different soybean varieties in different stages of development have been studied. The results of field experiments demonstrated that plants of cold hardiness varieties Podolsky 416, inoculated with active nitrogen-fixing bacteria *Bradyrhizobium japonicum* 634b, had greatest weight, nitrogenous activity, number of nodules and productivity. The weight of leaves of 35-day-old plants, inoculated by *B. japonicum*, was higher 23-50% compared with control in laboratory experiments. The most pronounced changes were recorded for the variety Podolsky 416. Highest level of symbiotic activity was in seedlings of drought-resistant varieties Kivin. It was shown that after heat stress in 14-day-old seedlings of heat-resistant varieties Hutoryanochka ethylene production significantly increased in control conditions. In varieties Podolsky 416 ethylene activity in control conditions did not appear. In 21- and 35-day-old plants of all varieties tested under all conditions, the activity of ethylene was not detected, which is indicating the relationship between the appearance of nodules and ethylene activity.

Key words: *Glycine max* (L.) Merr., symbiotic nitrogen-fixing activity, ethylene, heat stress, resistance

**ОСОБЕННОСТИ СИМБИОТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
И ПРОДУКЦИИ ЭТИЛЕНА У СОРТОВ *Glycine max* (L.) MERR.,
РАЗЛИЧАЮЩИХСЯ ПО УСТОЙЧИВОСТИ
К АБИОТИЧЕСКИМ СТРЕССОРАМ**

Е. Н. Дрок¹, П. Н. Маменко², С. В. Омельчук², И. В. Косаковская¹

¹*Институт ботаники имени Н.Г. Холодного
Национальной Академии наук Украины
(Киев, Украина)
e-mail: science@botany.kiev.ua*

²*Институт физиологии растений и генетики
Национальной Академии наук Украины
(Киев, Украина)*

Исследовано влияние агроклиматических условий (полевые опыты) и теплового стресса (вегетационные опыты) на морфометрические и физиолого-биохимические характеристики различных по устойчивости сортов сои на разных фазах роста и развития. В полевых опытах показано, что растения, инокулированного активным штаммом азотфиксирующих бактерий *Bradyrhizobium japonicum* 634b холодоустойчивого сорта Подольская 416, характеризовались наибольшей массой, величиной нитрогеназной активности, количеством клубеньков и урожайностью. В вегетационном опыте на 35-й день после прорастания масса надземной части инокулированных растений превышала контроль на 23-50%. Наиболее выраженные измене-

ОСОБЛИВОСТІ СИМБІОТИЧНОЇ СИСТЕМИ

ния зафиксированы для сорта Подольская 416. Наивысшие показатели симбиотической активности установлены у засухоустойчивого сорта КиВин. Показано, что у 14-дневных проростков жароустойчивого сорта Хуторяночка активность этилена в контрольных условиях значительно возростала после теплового стресса. У проростков холодоустойчивого сорта Подольская 416 этиленовая активность в контрольных условиях не проявлялась. У 21- и 35-дневных растений всех исследованных сортов при всех условиях активность этилена не была выявлена, что указывает на связь между появлением клубеньков и этиленовой активностью.

Ключевые слова: *Glucine tax, симбиоз, азотфиксирующая активность, этилен, тепловой стресс, устойчивость*