



ФІЗИОЛОГО-БІОХІМІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ У БОТАНІЧНИХ САДАХ І ДЕНДРОПАРКАХ

УДК 582.521.41:577.17

Н.П. ВЕДЕНІЧЕВА ¹, В.А. ВАСЮК ¹, В.М. ГЕНЕРАЛОВА ¹,
Л.І. МУСАТЕНКО ¹, Т.М. ЧЕРЕВЧЕНКО ²

¹ Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України
Україна, 01601 м. Київ, вул. Терещенківська, 2

² Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка НАН України
Україна, 01014 м. Київ, вул. Тімірязєвська, 1

ФІТОГОРМОНАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС РОСЛИН SYNGONIUM В УМОВАХ ГЕРМЕТИЧНОЇ КАМЕРИ

Досліджено ендогенний вміст фітогормонів (ІОК, АБК, цитокінінів та гібереліноподібних речовин) у коренях і надземній частині рослин Syngonium, які протягом дев'яти місяців перебували у герметичній камері. Встановлено зменшення порівняно з контролем вмісту гормонів стимулювальної та інгібувальної дії. Отримані результати розглянуті з позиції існування зв'язку між лабільністю гормональної системи та адаптивними властивостями сингоніума.

У природних умовах обмежене постачання кисню для рослини трапляється рідко, за виключенням високогір'я. Проте в умовах замкненого простору при штучному вирощуванні ця проблема стає чи не найголовнішою. Особливо актуально це для рослин, які ростуть на борту орбітальних станцій та космічних кораблів. При цьому гіпоксія, спричинена нестачею газообміну, може бути таким самим лімітуючим фактором росту, як і невагомість. Умови космічного польоту майже завжди негативно впливають на розвиток рослин [3]. Наприклад, маса сирі речовини проростків пшениці зменшувалась на 25% після 10-добового польоту на борту космічного корабля "Dis-

covery" [10]. Зниження вмісту кисню в оточуючому середовищі до 2,5% призводить до значного зменшення розмірів рослин *Arabidopsis thaliana* і до підвищення щільності продихів [8]. Гальмування розвитку рослин у замкненому просторі може відбуватися також за рахунок накопичення етилену. Експериментально це було показано на рослинах пшениці, які росли на борту станції "Мир" [7]. Крім того, встановлено, що гіпоксія негативно впливає на синтез брассінолідів [8], що, безперечно, може призвести до загального порушення балансу гормонів, і, як наслідок, до морфологічних змін [6].

Одним із засобів моделювання умов обмеженого простору є вирощування рослин у герметично замкнених камерах упродовж тривалого часу. Цей спосіб утримання рослин відомий ще з ХІХ ст.

© Н.П. ВЕДЕНІЧЕВА, В.А. ВАСЮК, В.М. ГЕНЕРАЛОВА,
Л.І. МУСАТЕНКО, Т.М. ЧЕРЕВЧЕНКО, 2003

Останнім часом він викликає особливий інтерес, оскільки дає змогу, з одного боку, виявити рослини з підвищеною стійкістю до умов обмеженого простору, а з другого – встановити реакцію різних рослин на ці умови на фізіологічному та біохімічному рівнях. При дослідженні різних видів орхідних було показано, що тривале перебування в герметичній камері спричиняло збільшення вмісту фотосинтетичних пігментів, підвищення активності окисно-відновних ферментів та зменшення кількості лабільних цукрів [1]. Оскільки всі ростові та адаптаційні процеси контролюються гормональною системою, дослідження якісного та кількісного складу гормонів допомагає виявити відмінності у регуляторних механізмах між рослинами в нормі і рослинами, що перебувають у герметичній камері.

Об'єктом дослідження були обрані рослини сингоніума (*Syngonium 'Patent'*, родина *Agaceae* Juss.), які вирощували протягом дев'яти місяців в оранжереї (контроль) та в герметичній камері на зволоженому ґрунті і при природному освітленні (дослід). У камері встановлювався кругообіг речовин, і рослини сингоніума росли, не виявляючи видимих морфологічних відхилень від контролю. Фітогормони визначали в коренях та

надземній частині рослин за методом, який було описано раніше [4]. Спиртовий екстракт фракціонували з ефіром при рН 3 (індоліл-3-оцтова та абсцизова кислоти (ІОК та АБК)), етилацетатом при рН 2,5 (вільні гібереліноподібні речовини (ГПР)), бутанолом при рН 2,8 та рН 8 (зв'язані ГПР та цитокініни). Додаткове очищення фракцій ІОК та АБК проводили методом кислотнo-лужної переекстракції, цитокінінів – іонообмінної хроматографії. Тонкошарову хроматографію фітогормонів проводили на пластинах *Silufol UV-254* (Чехія), кількісне визначення – на хроматографі *Pye Unicam 4000* методом високоефективної рідинної хроматографії. Активність ГПР визначали методом біотестів за приростом гіпокотилів салату. Результати експериментів статистично оброблені, в роботі наведено середні арифметичні та стандартні похибки з трьох біологічних дослідів.

Результати проведених досліджень показали, що після дев'яти місяців вирощування в умовах герметичної камери рослини сингоніума не мали істотних морфологічних відмінностей відносно контролю. Водночас спостерігалися досить помітні зміни в балансі фітогормонів. Надземна частина контрольних рослин відрізнялася більш високим вмістом ІОК, ніж корені (табл. 1). В умовах герметичної

Таблиця 1

**Вміст ІОК та АБК у надземній частині та коренях рослин *Syngonium*,
нг/г маси сирої речовини**

Рослинний матеріал	АБК		ІОК	
	вільна	зв'язана	вільна	зв'язана
Контроль				
Корені	36,0 ± 4,1	сліди	28,8 ± 2,3	19,2 ± 1,3
Надземна частина	36,0 ± 3,8	12,0 ± 1,1	41,6 ± 3,7	35,2 ± 2,8
Дослід				
Корені	0	0	12,8 ± 1,5	0
Надземна частина	20,0 ± 2,2	0	19,2 ± 1,8	20,8 ± 2,2

Таблиця 2

Вміст цитокінінів у надземній частині та коренях рослин *Synponium*, нг/г маси сирової речовини

Рослинний матеріал	Зеатин рибозид	Зеатин	Зеатин глюкозид
Контроль			
Корені	480,0 ± 11,1	680,0 ± 9,3	358,3 ± 7,1
Надземна частина	сліди	270,0 ± 5,9	175,1 ± 4,4
Дослід			
Корені	204,0 ± 3,7	126,2 ± 5,1	203,4 ± 7,4
Надземна частина	сліди	30,4 ± 2,2	45,3 ± 3,1

камери рівень вільної ІОК був удвічі менше — як в надземній частині, так і в коренях. Вміст зв'язаної форми в надземній частині був у півтора раза менший порівняно з контролем, а в коренях — не визначався взагалі. АБК у вільній формі була присутня в рівних кількостях у надземній частині і в коренях рослин, тоді як зв'язаної форми було утричі менше в надземній частині, в коренях вона була відсутня. В умовах герметичної камери АБК була визначена лише у вільній формі в надземній частині.

Домінуючою формою цитокінінів у контрольних рослин був зеатин (табл. 2). Його вміст у коренях був в 2,5 раза вищим, ніж у надземній частині. У рослин, які росли в герметичній камері, рівень усіх цитокінінів був значно менше. В коренях рівень зеатину був меншим у п'ять разів, зеатин рибозиду — удвічі, а зеатин глюкозиду — в 1,5 раза. В надземній частині вміст зеатину був меншим у дев'ять разів, а зеатин глюкозиду — майже в чотири рази.

Сумарна активність ГПР у надземній частині рослин, розрахована в грамеквівалентах до ГК₃, у контрольних умовах була значно вищою, ніж у герметичній камері: для вільних ГПР (етил-

ацетатна фракція) — в 1,5 раза, для зв'язаних (бутанольна фракція) — у 2,5 раза (табл. 3).

Узагальнюючи дані, отримані при дослідженні фітогормонів, можна констатувати, що рослини сингоніума, вирощені в умовах герметичної камери характеризуються зниженим гормональним фоном. Це стосується гормонів як стимулювальної, так і інгібувальної дії, а також їх кон'югованих форм. Раніше було показано, що зниження рівня цитокінінів у різних видів рослин спостерігається при дії несприятливих факторів [2]. Тому можна було б припустити, що зменшений вміст зеатину, зеатин рибозиду та зеатин глюкозиду у сингоніума в герметичній камері є результатом відсутності оптимальної кількості кисню або поживних речовин у середовищі. Проте, як відомо, найтипівішою реакцією рослин на вплив негативних чинників є накопичення АБК, а наші експерименти показали істотне зменшення вмісту цього гормону. Слід зазначити, що більшість експериментів з дослідження реакції гормонального комплексу рослин на різні екологічні фактори проводилася в умовах нетривалої її дії. В нашому ж експерименті сингоніум зростав у герметичній камері досить тривалий час (дев'ять місяців), упродовж якого, без сумніву, відбулась адаптація рослин до цих умов. Про це

Таблиця 3

Вміст гіберелінів у надземній частині рослин *Synponium*, мкг/г маси сирової речовини (в еквівалентах до гіберелової кислоти)

Рослинний матеріал	Етилацетатна фракція	Бутанольна фракція
Контроль	10,2 ± 1,9	4,0 ± 0,3
Дослід	6,6 ± 0,7	1,6 ± 0,4



свідчить насамперед нормальний габітус рослин. У сингоніума відбувалося збільшення товщини листкової пластинки за рахунок кутикули верхньої епідерми та порушення структурно-функціональної організації фотосинтетичного апарату. Знижений рівень гормонів свідчить також про порушення регуляторних механізмів росту. Слід підкреслити, що зменшення кількості гормонів не було пропорційним, свідченням чого є знижений показник гормонального балансу (коефіцієнт B_p), який розраховується як відношення сумарної кількості ІОК, зеатину та зеатинрибозиду до кількості АБК [9]. Для надземної частини рослин у контрольних умовах коефіцієнт гормонального балансу B_p становив 8,6, а в умовах герметичної камери – 2,4. Як було показано раніше, зниження цього коефіцієнта характерно для рослин, які зростають у несприятливих умовах [5].

Таким чином, можна зробити висновок про те, що умови герметичної камери є неадекватними для розвитку рослин. Не всі рослини добре переносять подібні умови вирощування. Так, у орхідних тривале перебування у герметичній камері негативно впливало на ростові процеси і фізіолого-біохімічні показники [1]. У папоротеподібних (поліподіум і нефролепіс) спостерігалися досить значні зміни в анатомії та мембранному апараті. Сингоніум виявився стійкою до умов герметичної камери рослиною, що вказує на його перспективність для використання в замкненому середовищі, наприклад, на орбітальних станціях. Можна припустити, що адаптивні властивості сингоніума пов'язані з лабільністю його гормональної системи, яка модифікується в напрямі пристосування до специфічних умов вирощування.

1. Заїменко Н.В., Червеченко Т.М. Біохімічні зміни у листках тропічних видів орхідних в умовах герметичної камери // Інтродукція рослин. – 1999. – № 2. – С. 88 – 92.

2. Кудоярова Г.Р., Веселов С.Ю., Усманов І.Ю. Гормональная регуляция соотношения биомассы побегов/корень при стрессе // Журн. общ. биол. – 1999. – 60, № 6. – С. 633–641.

3. Меркис А.И. Гравитация в процессах роста растений. – М.: Наука, 1990. – 185 с.

4. Методические рекомендации по определению фитогормонов. – К.: Ин-т ботаники АН УССР, 1988. – 78 с.

5. Савинский С.В., Григорюк И.А., Ткачев В.И. и др. Содержание фитогормонов в листьях проростков различных по засухоустойчивости сортов озимой пшеницы в оптимальных и стрессовых условиях // Доп. НАН України. – 1993. – № 10. – С. 157–161.

6. Червеченко Т.М., Майко Т.М., Богатырь В.Б., Косаковская И.В. Перспективы использования тропических орхидей для космических исследований // Космическая биология и биотехнология. – К.: Наук. думка, 1981. – С. 41–45.

7. Campbell W.F., Strickland D.T., Naegle E. et al. Microscopic confirmation of ethylene involvement of reproductive failure of wheat grown on MIR // ASGBS Annual Meeting Abstracts. – 1998. – P. 147.

8. Ramonell R.M., Musgrave M.E. Low oxygen alterations in Arabidopsis leaf structure resemble brassinolide-deficient mutants // ASGBS Annual Meeting Abstracts. – 1998. – P. 48.

9. Savinsky S.V., Tkachev V.I., Grigoryuk I.A. Quantitative estimation of phytohormonal balance with coefficient B_p // Physiol. Plant. – 1992. – 85, No 2. – P. 30.

10. Tripathy B.C., Brown C.B., Levine H.G., Krikorian A.D. Growth and photosynthetic responses of wheat plants grown in space // Plant Physiology. – 1996. – 110, No 3. – P. 801–806.

ФИТОГОРМОНАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС РАСТЕНИЙ SYNGONIUM В УСЛОВИЯХ ГЕРМЕТИЧЕСКОЙ КАМЕРЫ

*Н.П. Веденичева*¹, *В.А. Васюк*¹,
*В.Н. Генералова*¹, *Л.И. Мусатенко*¹,
*Т.М. Черевченко*²

¹ Институт ботаники им. Н.Г. Холодного
НАН Украины, Украина, г. Киев

² Национальный ботанический сад
им. Н.Н. Гришко НАН Украины,
Украина, г. Киев

Исследовано эндогенное содержание фитогормонов (ИУК, АБК, цитокининов и гиббереллиноподобных веществ) в корнях и надземной части растений *Syngonium*, которые в течение девяти месяцев находились в герметической камере. Установлено, по сравнению с контролем, уменьшение содержания гормонов стимулирующего и ингибирующего действия. Полученные результаты рассмотрены с позиции связи лабильности гормональной системы и адаптивных свойств сингониума.

PHYTOHORMONAL COMPLEX OF SYNGONIUM UNDER THE CONDITIONS OF HERMETICALLY SEALED CONTAINER

*N.P. Vedenicheva*¹, *V.A. Vasyuk*¹,
*V.N. Generalova*¹, *L.I. Musatenko*¹,
*T.M. Cherevchenko*²

¹ M.G. Kholodny Institute of Botany,
National Academy of Sciences of Ukraine,
Ukraine, Kyiv

² M.M. Grishko National Botanical Gardens,
National Academy of Sciences of Ukraine,
Ukraine, Kyiv

Content of endogenous phytohormones (IAA, ABA, cytokinins and gibberellins) has been studied in roots and shoots of *Syngonium* plants after nine months of staying in hermetically sealed container. It was determined that phytohormones content (stimulators and inhibitors) decreased. The obtained results show the relation of lability of hormonal system and adaptive plants properties.