

Л.М. БАЦМАНОВА¹, Л.І. БУЮН²,
Л.А. КОВАЛЬСЬКА², Н.Ю. ТАРАН¹

¹ Київський національний університет ім. Тараса Шевченка
вул. Володимирська, 64, м. Київ, 01033, Україна

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

ПРО-АНТИОКСИДАНТИ ЛИСТКІВ ДЕЯКИХ ВИДІВ ТРОПІЧНИХ ОРХІДНИХ ЗА НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ АДАПТАЦІЇ

Ключові слова: *Calanthe cardioglossa, Cattleya bowringiana, Paphiopedilum appletonianum, Orchidaceae, пероксидне окиснення ліпідів, супероксиддисмутаза, адаптація*

Розв'язання проблем збереження біорізноманітності тропічних орхідних поза межами їх природного існування передбачає з'ясування загальних закономірностей життєдіяльності рослин в умовах оранжерейної культури. Важливим показником, котрий відображає взаємодію рослини із середовищем, є адаптація, зумовлена структурно-функціональними змінами, які забезпечують життєздатність, виживання рослин у мінливих умовах навколишнього середовища. Складність адаптації різних видів рослин, зокрема орхідних, пов'язана насамперед з тим, що у багатьох з них стійкість має широку норму реакції і значною мірою залежить від умов вирощування. Виокремлення частки модифікованої мінливості та виявлення генотипових розбіжностей між видами можливі при аналізі взаємодії генотип—середовище за різних умов вирощування, зокрема температурного режиму. Витримування теплолюбних рослин за знижених температур підсилює пероксидне окиснення ліпідів (ПОЛ), яке корелює зі ступенем холодового пошкодження рослин [5]. Припускається, що неконтрольоване утворення активних форм кисню (АФК) за цих умов перевищує антиоксидантний потенціал клітини і саме здатність рослин активувати систему захисту від окиснювальної деструкції пояснює їхню стійкість до несприятливих умов. На думку більшості авторів, ключова роль в антиоксидантному захисті належить супероксиддисмутазі (СОД), яка здатна знижувати концентрацію супероксидного аніона в 10^4 разів [8], але дані про зміни активності СОД у тканинах охолоджених рослин дещо неоднозначні. Також слід зазначити, що початкові механізми холодового пошкодження більшості видів орхідних невідомі, і це ускладнює з'ясування стратегії адаптації та розробку практичних заходів підвищення резистентності рослин. Збереження рідкісних і зникаючих видів тропічних орхідей за умов оранжерейної культури потребує вивчення їх адаптаційного потенціалу до дії зовнішніх факторів та розуміння механізмів при-

© Л.М. БАЦМАНОВА, Л.І. БУЮН, Л.А. КОВАЛЬСЬКА, Н.Ю. ТАРАН, 2008

стосувань, які сприяють підвищенню стійкості рослин. Нашою метою було дослідження реакції про-антиоксидантів за дії знижених температур акліматизації на прикладі трьох видів тропічних орхідних: *Calanthe cardioglossa* Schltr., *Cattleya bowringiana* O'Brien, *Paphiopedilum appletonianum* (Gower) Rolfe.

Матеріали та методи досліджень

У дослідженнях використано листки *Calanthe cardioglossa*, *Cattleya bowringiana*, *Paphiopedilum appletonianum*, отриманих шляхом насінневого розмноження в культурі *in vitro*, які переносили з асептичних умов в оранжерейну культуру. Одну частину рослин вирощували за температури +25 °С, другу — +15 °С.

Для оцінки ступеня розвитку стресу вивчали процеси пероксидації ліпідів за вмістом тіобарбітурової кислоти активних продуктів (ТБКАП). Їх концентрацію визначали за величиною екстинції продукту його конденсації з тіобарбітуровою кислотою [1], а ступінь адаптації рослин до заподіяного стресу — за активністю СОД та кількістю основних фотосинтезуючих пігментів. Активність СОД (КФ 1.15.1.1) встановили за [9]. Інкубаційне середовище містило 1,3 мМ рибофлавіну, 13 мМ метіоніну, 63 мкМ нітросинього тетразолію (НСТ) та ферментний екстракт. Оптичну щільність вимірювали при $\lambda = 560$ нм. Метод базується на здатності СОД інгібувати відновлення нітросинього тетразолію радикалами супероксиду на світлі у присутності рибофлавіну та метіоніну. За одиницю активності ферменту брали таку його кількість, яка гальмує відновлення НСТ на 50 %.

Вміст пігментів у листках визначали у 80 %-му ацетоні спектрофотометричним методом [14]. Повторність дослідів була трикратною, вірогідність різниці між середніми арифметичними значеннями показників встановлювали за критерієм Стьюдента. Відмінності вважали вірогідними в разі $p \leq 0,05$ [6].

Результати досліджень та їх обговорення

Перенесення рослин, розмножених у культурі *in vitro*, в умови оранжерейної культури — *ex vitro* — є певним стресом для них. На зміну середовища рослини, насамперед, реагують шляхом трансформації фізіолого-біохімічних процесів, пристосовуючи їх до нових умов. Як вважають деякі автори [7], активація ПОЛ є універсальним результатом впливу на живу систему різноманітних стресорів, результатом підсилення окиснювального катаболізму складних органічних сполук. Продукти цієї реакції виступають у ролі первинного медіатора стресу [2], оскільки первинна активація ПОЛ спостерігається вже на першій стадії розвитку стресу (стадії тривоги), і це є типовим як для рослинних, так і тваринних організмів, тому оцінка інтенсивності ПОЛ за накопиченням вторинних продуктів, а саме ТБКАП, може бути одним із критеріїв ранньої діагностики стресу.

У разі вирощування рослин у контрольованих умовах *in vitro* рівень ПОЛ мав видоспецифічну залежність. Найбільший вміст ТБКАП характерний для *Calanthe cardioglossa* (рис. 1). При перенесенні рослин в умови оранжерейної

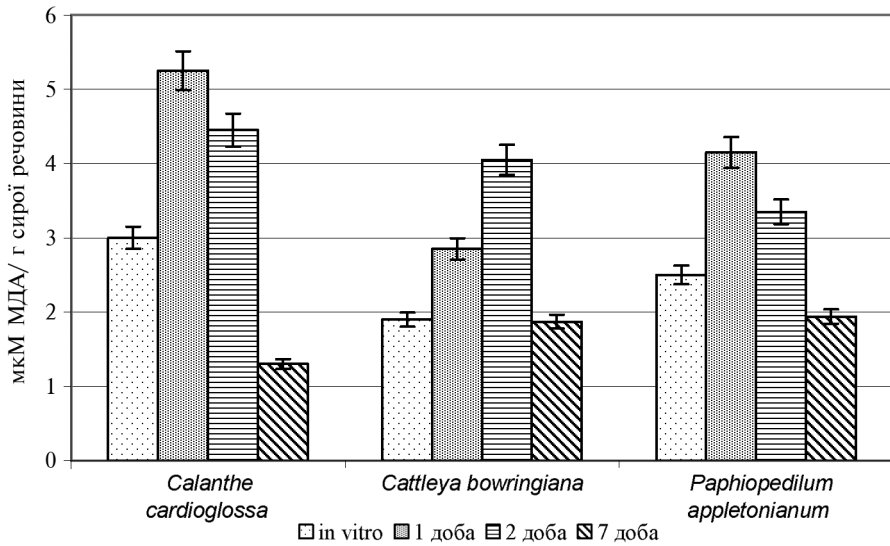


Рис. 1. Вміст МДА у листках різних видів орхідних після перенесення з культури *in vitro* в оранжерейні умови

Fig. 1. MDA content in the leaves of various orchid species after transferring from *in vitro* culture to glasshouse conditions

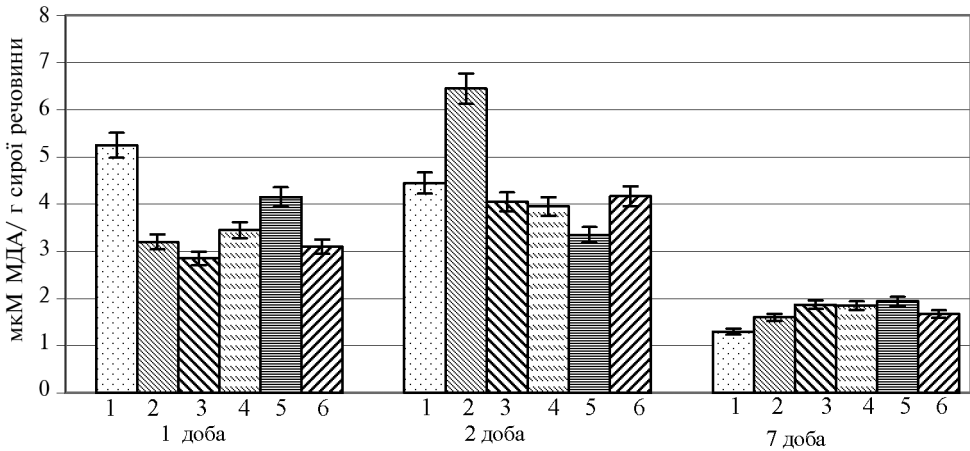


Рис. 2. Залежність вмісту МДА у листках різних видів орхідних від температури і тривалості експозиції: 1 — *Calanthe cardioglossa* (+25 °C), 2 — *C. cardioglossa* (+15 °C), 3 — *Cattleya bowringiana* (+25 °C), 4 — *C. bowringiana* (+15 °C), 5 — *Paphiopedilum appletonianum* (+25 °C), 6 — *P. appletonianum* (+15 °C)

Fig. 2. Effects of temperature and exposure time on MDA content in the leaves of various orchid species: 1 — *Calanthe cardioglossa* (+25 °C), 2 — *C. cardioglossa* (+15 °C), 3 — *Cattleya bowringiana* (+25 °C), 4 — *C. bowringiana* (+15 °C), 5 — *Paphiopedilum appletonianum* (+25 °C), 6 — *P. appletonianum* (+15 °C)

культури концентрація ТБКАП у листках усіх дослідних видів на першу добу експозиції збільшувалася в 1,5—1,7 разу, на другу добу зменшувалася у *Calanthe cardioglossa* та *Paphiopedilum appletonianum* (на 15 % і 19 % відповідно), хоча у *Cattleya bowringiana* процеси ПОЛ розвивалися, що виявилось у накопиченні ТБКАП. На сьому добу експозиції концентрація ТБКАП знизилась у рослин усіх дослідних видів, що може свідчити про їх адаптацію до умов вирощування.

За даними літератури [12], після перенесення з культури *in vitro* в умови оранжереї рослин-регенерантів *Calanthe cardioglossa*, *Cattleya bowringiana*, *Paphiopedilum appletonianum*, оптимальною для них є температура +25 °С. Для з'ясування адаптаційних можливостей дослідних видів рослин ми піддавали їх впливу температури +15 °С. Аналіз отриманих результатів показав, що вона не є руйнівною для всіх дослідних видів. Так, для *Calanthe cardioglossa* та *Paphiopedilum appletonianum* вона виявилася сприятливішою, ніж +25 °С на першу добу експозиції, вміст ТБКАП знизився на 40 та 25 % відповідно (рис. 2), проте вже на другу добу у рослин цих видів концентрація ТБКАП збільшилась, а у *Cattleya bowringiana* на другу добу вона була на тому самому рівні, що і за температури +25 °С. Таке співвідношення у цього виду збереглося і на сьому добу експозиції. Слід зазначити, що на сьому добу у рослин *Calanthe cardioglossa* за температури +15 °С вміст ТБКАП зростав на 23 % порівняно з рослинами, які зазнавали температури +25 °С, а у *Paphiopedilum appletonianum* — зменшувався на 28,7 %.

Отже, перебування рослин за температури +15 °С достовірно диференціювало види за їхньою холодостійкістю. Більш холодовитривалими є *Cattleya bowringiana* та *Paphiopedilum appletonianum*, у яких значно менше посилювалася інтенсивність ПОЛ, ніж у *Calanthe cardioglossa*.

Реакція рослин на дію стресора і збереження при цьому гомеостазу є основою адаптивності [4]. Як відомо, гомеостаз залежить від функціонування регуляторних систем на різних рівнях організації. Для нормалізації свого стану рослина використовує компенсаторні механізми, зумовлені різного роду кореляціями, що віддзеркалюється у різноманітних захисних реакціях, зокрема ферментативних.

Так, у разі зміни середовища росту — перенесення рослин-сіянців з умов *in vitro* в оранжерейну культуру — у стійких видів збільшувалася активність СОД: у рослин *Cattleya bowringiana* вже на першу добу (в 1,7 раза), другу (двічі) та сьому (у 2,2 раза). Для *Paphiopedilum appletonianum* характерне деяке зменшення активності СОД (у 1,2 раза) на перших етапах стресу, з наступним зростанням за тривалішого впливу: на другу добу (у 2,1 раза) та сьому (у 2,6 раза). Рослини *Calanthe cardioglossa* виявилися найбільш чутливими до зміни середовища. Динаміка активності СОД у цього виду мала хаотичний характер (рис. 3), на першу добу вона зростала (у 1,4 раза), на другу — знижувалася до рівня її активності, як і за умов *in vitro*, а на сьому — знову зростала (у 1,9 раза).

Отже, рослини дослідних видів, пристосовуючись до нових умов, пройшли дві послідовні фази стрес-реакції, що відповідають класичним. За час першої —

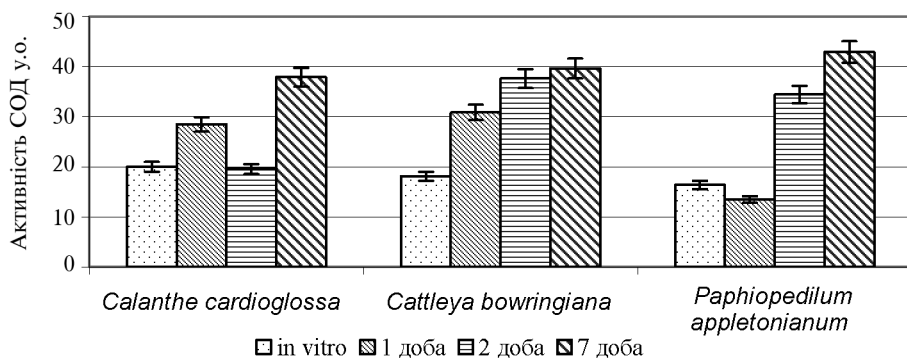


Рис. 3. Активність СОД у листках різних видів орхідних після перенесення з культури *in vitro* в оранжерейні умови

Fig. 3. SOD activity in the leaves of various orchid species after transferring from *in vitro* culture to glasshouse conditions

«фази тривоги» — відбувалася активація ліпопероксидації, друга фаза характеризувалася стабілізацією про- та антиоксидантної рівноваги, в нашому випадку — на сьому добу експозиції. Її можна визначити як фазу резистентності, за якої знижується інтенсивність ПОЛ за рахунок збільшення антиоксидантних ресурсів.

Активність СОД за дії температури +15 °С на першу добу експозиції знизилась у фотосинтетичних тканинах *Calanthe cardioglossa* (30 %) та *Cattleya bowringiana* (26 %), проте збільшилась на 47 % у *Paphiopedilum appletonianum* порівняно з особинами цих видів, що зростали за температури +25 °С (рис. 4). Активність СОД знижувалась і на другу добу у *Calanthe cardioglossa*, *Paphiopedilum appletonianum*, а у *Cattleya bowringiana* вона відновилася до рівня особин, які росли за температури +25 °С. На сьому добу спостерігалася підвищена активність СОД у стійких видів *Cattleya bowringiana* та *Paphiopedilum appletonianum*, тимчасом як у *Calanthe cardioglossa* вона й надалі спадала.

Отримані нами дані узгоджуються з відомостями літератури. Так, Li et al. [11] повідомляють про підвищення активності СОД у листках та коренях *Cattleya hybrid* та *Cymbidium hybrid* за знижених температур +15,5 °С акліматизації, і активність СОД пропонують використовувати як індикатор ефективності акліматизації. Підвищення активності СОД у рослин за низької температури свідчить про те, що СОД діє як перша захисна реакція рослин, спрямована на утилізацію супероксидного аніона, що утворюється внаслідок неповного електронного транспорту [13].

Зниження активності СОД може спричинюватися тим, що у клітинах теплолюбних рослин за умов охолодження виникає окиснювальний стрес, який призводить до різноманітних проявів холодового пошкодження. У зв'язку з цим передбачають, що за дії знижених температур антиоксидантні системи теплолюбних рослин не здатні подолати зростаючі рівні активних форм кисню та пероксидів, що і є основою початкових пошкоджень [16].

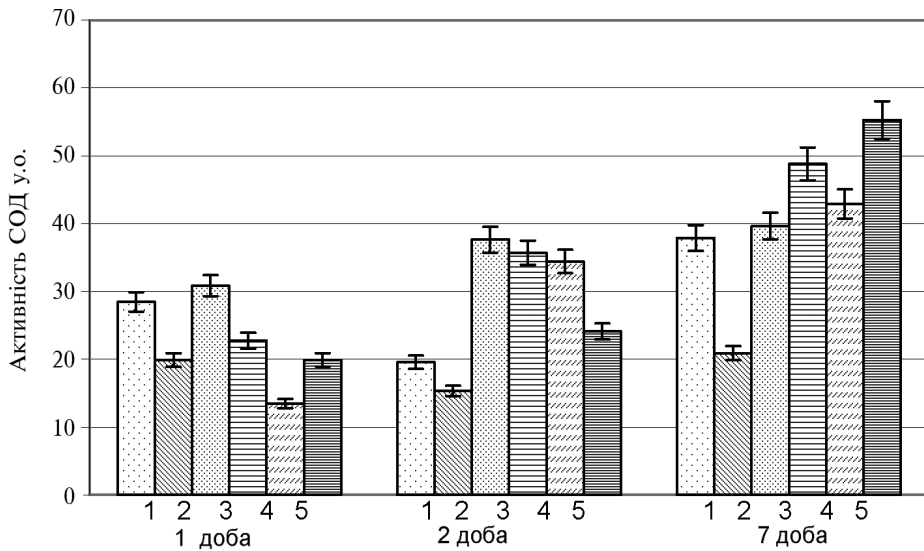


Рис. 4. Залежність активності СОД у листках різних видів орхідних від температури і тривалості експозиції: 1 — *Calanthe cardioglossa* (+25 °C), 2 — *C. cardioglossa* (+15 °C), 3 — *Cattleya bowringiana* (+25 °C), 4 — *C. bowringiana* (+15 °C), 5 — *Paphiopedilum appletonianum* (+25 °C), 6 — *P. appletonianum* (+15 °C)

Fig. 4. Effects of glasshouse conditions and time exposure on the SOD activity in the leaves of various orchid species: 1 — *Calanthe cardioglossa* (+25 °C), 2 — *C. cardioglossa* (+15 °C), 3 — *Cattleya bowringiana* (+25 °C), 4 — *C. bowringiana* (+15 °C), 5 — *Paphiopedilum appletonianum* (+25 °C), 6 — *P. appletonianum* (+15 °C)

Неузгодженість прояву одного і того самого явища можна пояснити різною швидкістю у рослин різних видів формування та функціонування внутрішнь-оклітинних механізмів, спрямованих на елімінацію порушень, спричинених дією стресора, на рівні клітини.

Приспосовання рослин переважно визначається адаптаційними можливостями фототрофного живлення на всіх рівнях організації, що і забезпечує освоєння видом певної ніші у фітоценозі на основі конкуренції [3]. Важливою функціональною та надійною діагностичною ознакою адаптаційного процесу у рослин є вміст і якісний склад пігментів. Оскільки фотосинтетична система — найчутливіший індикатор умов існування рослин, і від її стану залежить пластичність виду, ми дослідили зміну вмісту основних фотосинтезуючих пігментів. Також слід враховувати, що умови *in vitro*, сприятливі для проростання насіння та швидкої проліферації тканин, зумовлюють формування сіянців і рослин-регенерантів, котрі мають низьку фотосинтетичну активність, істотні порушення у розвитку продихового апарату та інші відхилення в анатомічній будові листка [10, 15, 17].

На першу добу після перенесення рослин-сіянців в оранжерею в особин *Cattleya bowringiana*, що вирощувалися за температури +25 °C, вміст хлорофілу *a* збільшився на 21 %, хлорофілу *b* — на 20 %, каротиноїдів — на 12 %, порівняно з тими, що росли в умовах *in vitro*; у рослин інших дослідних видів вміст хло-

Вміст фотосинтезуючих пігментів у листках деяких видів орхідних залежно від умов вирощування

Варіант досліджу	Хлорофіл а, мг/г сирі речовини	Хлорофіл в, мг/г сирі речовини	Каротиноїди, мг/г сирі речовини	Сума хл. а+в, мг/г сирі речовини	хл.а/хл. в, мг/г сирі речовини	хл. а+в/каротин, мг/г сирі речовини
<i>in vitro</i>						
<i>Calanthe cardioglossa</i>	0,58±0,02	0,19±0,01	0,20±0,01	0,77±0,03	3,05±0,15	3,64±0,11
<i>Cattleya bowringiana</i>	0,47±0,01	0,15±0,01	0,14±0,01	0,61±0,06	3,16±0,09	4,35±0,21
<i>Paphiopedilum appletonianum</i>	0,98±0,04	0,36±0,02	0,33±0,02	1,34±0,05	2,68±0,13	4,08±0,16
1 доба						
<i>C. cardioglossa</i> (+25 °C)	0,61±0,02	0,19±0,01	0,21±0,01	0,80±0,05	3,35±0,14	3,55±0,14
<i>C. cardioglossa</i> (+15 °C)	0,54±0,03	0,21±0,01	0,21±0,02	0,75±0,04	2,62±0,20	3,47±0,17
<i>C. bowringiana</i> (+25 °C)	0,57±0,02	0,18±0,01	0,16±0,01	0,77±0,03	3,10±0,15	4,06±0,12
<i>C. bowringiana</i> (+15 °C)	0,46±0,01	0,13±0,01	0,14±0,01	0,59±0,03	3,41±0,10	4,43±0,13
<i>P. appletonianum</i> (+25 °C)	0,99±0,04	0,28±0,02	0,31±0,02	1,27±0,05	3,60±0,18	4,06±0,16
<i>P. appletonianum</i> (+15 °C)	1,01±0,04	0,28±0,02	0,32±0,02	1,29±0,05	3,64±0,14	4,07±0,21
2 доби						
<i>C. cardioglossa</i> (+25 °C)	0,65±0,03	0,22±0,01	0,25±0,01	0,87±0,03	2,90±0,09	4,25±0,12
<i>C. cardioglossa</i> (+15 °C)	0,69±0,02	0,28±0,01	0,23±0,01	0,97±0,04	2,46±0,09	4,11±0,20
<i>C. bowringiana</i> (+25 °C)	0,54±0,02	0,14±0,01	0,16±0,01	0,68±0,03	3,78±0,12	4,50±0,18
<i>C. bowringiana</i> (+15 °C)	0,45±0,01	0,12±0,01	0,13±0,01	0,57±0,02	3,86±0,15	4,28±0,17
<i>P. appletonianum</i> (+25 °C)	0,84±0,04	0,26±0,01	0,27±0,02	1,10±0,04	3,19±0,15	4,05±0,20
<i>P. appletonianum</i> (+15 °C)	0,87±0,04	0,25±0,01	0,26±0,01	1,12±0,06	3,53±0,21	4,28±0,17
7 діб						
<i>C. cardioglossa</i> (+25 °C)	0,65±0,01	0,28±0,01	0,27±0,01	0,94±0,03	2,29±0,09	3,53±0,17
<i>C. cardioglossa</i> (+15 °C)	0,69±0,02	0,29±0,01	0,29±0,01	0,97±0,04	2,4±0,12	3,34±0,13
<i>C. bowringiana</i> (+25 °C)	0,37±0,01	0,14±0,01	0,13±0,01	0,51±0,02	2,7±0,13	3,8±0,19
<i>C. bowringiana</i> (+15 °C)	0,53±0,01	0,23±0,01	0,18±0,01	0,76±0,03	2,31±0,06	4,18±0,16
<i>P. appletonianum</i> (+25 °C)	0,8±0,02	0,34±0,02	0,29±0,01	1,14±0,04	2,33±0,09	3,9±0,19
<i>P. appletonianum</i> (+15 °C)	0,78±0,03	0,35±0,01	0,3±0,01	1,14±0,05	2,22±0,11	3,74±0,14

рофілу *a* та каротиноїдів суттєво не змінювався, а вміст хлорофілу *b* виявився нестабільним (таблиця). На другу добу експозиції окреслилась тенденція до збільшення вмісту пігментів у *Calanthe cardioglossa* та *Cattleya bowringiana*.

Якщо порівнювати варіанти дослідних видів, які росли за температури +25 °С та +15 °С, то слід зазначити, що вирощування за різних температур не вплинуло на вміст пігментів у *Paphiopedilum appletonianum*. Їхня кількість стабілізувалася вже на першу добу експозиції і утримувалася надалі — на другу і сьому добу. Для рослин *Calanthe cardioglossa* за температури +15 °С на першу добу характерне зниження вмісту хлорофілу *a* (11 %), збільшення хлорофілу *b* (10 %), а вміст каротиноїдів не змінювався. На другу добу спостерігалось подальше підвищення концентрації хлорофілу *b* (27 %), вміст хлорофілу *a* та каротиноїдів зрівнявся, а вже на сьому добу не було різниці за вмістом пігментів між рослинами, що перебували як за температури +25 °С, так і +15 °С.

Рослини *Cattleya bowringiana* продемонстрували зовсім іншу картину адаптації пігментного комплексу до знижених температур. Для цього виду притаманне зниження кількості всіх пігментів на перших етапах стресу (перша та друга доби експозиції), проте це зменшення не було критичним, оскільки на сьому добу ми фіксували суттєве підвищення їхнього вмісту: хлорофілу *a* — на 43 %, хлорофілу *b* — на 64 %, каротиноїдів — на 38 %.

Як відомо [3], хлорофіл входить до складу світлозбиральних комплексів ФС I та ФС II. Зміни співвідношення хлорофілів *a* та *b* є наслідком порушення балансу між активностями ФС I та ФС II, що опосередковано характеризує їхній стан у стресових умовах. Зростання вмісту хлорофілу *a* віддзеркалює зміни кількості реакційних центрів комплексів ФС I. Це — реакція компенсації пригнічення функції ФС II, яка є чутливою мішенню [3].

Отже, отримані результати свідчать про можливість застосування оцінки інтенсивності ПОЛ та активності СОД як критеріїв ранньої діагностики стресу з метою визначення адаптаційного потенціалу рослин різних видів *Orchidaceae*. Це дасть змогу забезпечити їх утримання в умовах оранжерейної культури, що є одним із шляхів збереження біорізноманітності. Оцінка генотипових та біологічних особливостей рослин, їх взаємодії з середовищем існування допоможе оптимізувати умови вирощування і суттєво підвищити стійкість рослин шляхом індукції природних захисних механізмів, що сприятиме формуванню неспецифічної резистентності.

Висновки

1. Рослини *Cattleya bowringiana* та *Paphiopedilum appletonianum* виявилися більш холодостійкими, ніж *Calanthe cardioglossa*.

2. Стійкі види *Cattleya bowringiana* та *Paphiopedilum appletonianum* успішно адаптувалися до температури +15 °С в умовах оранжерейної культури і на сьому добу експозиції в їх фотосинтетичних тканинах спостерігалось зменшення інтенсивності ПОЛ та підвищення активності СОД.

3. Для *Calanthe cardioglossa* температура +15⁰С виявилася критичною.

Автори висловлюють щиру подяку завідувачеві лабораторії насінневого та мікроклонального розмноження рослин відділу тропічних та субтропічних рослин НБС ім. М.М. Гришка НАН України кандидату біологічних наук Р.В. Іваннікову за надані сянці орхідних, які були розмножені в культурі *in vitro*, що дало змогу виконати це дослідження.

1. Андреева Л.И., Кожемякин Л.А., Кишку А.А. Модификация метода определения перекисей липидов в тесте с тиобарбитуровой кислотой // Лаборант. дело. — 1988. — № 11. — С. 41—43.
2. Барабой В.А., Брахман И.И., Голотин В.Г., Кудряшов Ю.Б. Перекисное окисление и стресс. — Л.: Наука, 1991. — 160 с.
3. Гуляев Б.И. Екофізіологія фотосинтезу: досягнення, стан та перспективи досліджень // Фізіол. росл. в Україні на межі тисячоліть. — К.: Фітосоціоцентр, 2001. — Т. 1. — С. 60—74.
4. Жученко А.А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы). В 2-х томах. — М.: РУДН, 2001. — С. 124—135.
5. Лукаткин А.С. Холодовое повреждение теплолюбивых растений и окислительный стресс. — Саранск: Изд-во Мордовского ун-та, 2002. — 208 с.
6. Маслов Ю.И. Установление степени достоверности (значимости) различий между сериями измерений // Методы биохим. анализа раст. — Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1978. — С. 415—424
7. Мерзляк М.Н. Активированный кислород и жизнедеятельность растений // Соросовский образов. журн. — 1999. — № 9. — С. 20—26.
8. Побережкина Н.Б., Осинская Л.Ф. Биологическая роль супероксиддисмутазы // Укр. биохим. журн. — 1989. — **61**, № 2. — С. 14—27.
9. Beachamp C.O., Fridovich I. Isozyme of superoxide dismutase from wheat germ // Biochem. Biophys. Acta. — 1973. — **317**. — P. 50—64
10. Hazarika B.N. Morpho-physiological disorders in *in vitro* culture of plants // Scientia Horticulturae. — 2006. — **108**, № 2. — P. 105—120.
11. Li J., Matsui S., Onwona-Agyeman S. Effects of cultural temperatures on antioxidative levels in leaves of *Cattleya hybrid* and *Cymbidium hybrid* // Environ. Control in Biol. — 2001. — N 39. — P. 1—7.
12. Li J., Imai K., Ohno H., Matsui S. Effects of acclimation temperatures on activities in antioxidative enzymes in mericlone plantlets of a *Cattleya hybrid*. Nagoya, Japan. Proceedings of NIOС. — 2006. — P. 12—16.
13. Li J., Imai K., Onwona-Agyeman S., et al. Effects of intensity during acclimatization on antioxidative enzyme activities and growth in mericlone plantlets of a *Cattleya hybrid* // Journ. of the Japanese Society for Horticultural Science. — 2006. — **75**, N 3. — P. 243—248.
14. Porra R.J., Thompson W.A., Kriedemann P.E. Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equation for assaying chlorophyll *a* and *b* with four different solvents: verification of the concentration of chlorophyll by atomic absorption spectroscopy // Biochim. Biophys. Acta. — 1989. — **975**. — P. 384—394.
15. Pospíšilová J., Ticha I., Kadleček P. et al. Acclimatization of micropropagated plants to *ex vitro* conditions // Biologia Plantarum. — 1999. — **42**, № 4. — P. 481—497.
16. Prasad T.K., Anderson M.D., Martin B.A., Steward C.R. Evidence for chilling-induced oxidative stress in maize seedlings and a regulatory role for hydrogen peroxide // Plant Cell. — 1994. — **6**. — P. 65—74.
17. Torres Jh., Laskowski L., Sanabria M. Environmental effect during growth on anatomical characteristics of leaf epiderm in *Cattleya jenmanii Rolfe* // Bioagro. — 2006. — **18**, № 2. — P. 93—99.

Рекомендує до друку
І.В. Косаківська

Надійшла 27.02.2008

Л.М. Бацманова¹, Л.И. Буюн², Л.А. Ковальская², Н.Ю. Таран¹

¹ Киевский национальный университет им. Тараса Шевченко

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

ПРО-АНТИОКСИДАНТЫ В ЛИСТЬЯХ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ТРОПИЧЕСКИХ ОРХИДНЫХ ПРИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ АДАПТАЦИИ

Исследовано влияние температуры акклиматизации +25 °С и +15 °С на содержание продуктов пероксидного окисления липидов, малонового диальдегида, фотосинтетических пигментов и активность супероксиддисмутазы в листьях *Calanthe cardioglossa*, *Cattleya bowringiana*, *Paphiopedilum appletonianum*, полученных в результате семенного размножения в культуре *in vitro*. Показано, что более холодоустойчивыми являются *C. bowringiana* и *P. Appletonianum* — для них характерны значительно меньшее усиление интенсивности пероксидного окисления липидов и большая активность супероксиддисмутазы, нежели для *C. cardioglossa*.

Ключевые слова: *Calanthe cardioglossa*, *Cattleya bowringiana*, *Paphiopedilum appletonianum*, Orchidaceae, пероксидное окисление липидов, супероксиддисмутаза, адаптация.

L.M. Batsmanova¹, L.I. Buyun², L.A. Kovalska², N.Yu. Taran¹

¹ Taras Shevchenko Kyiv National University

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

PRO-ANTIOXIDANTS IN LEAVES OF SOME SPECIES OF TROPICAL ORCHIDS UNDER CONDITIONS OF LOW-TEMPERATURE ADAPTATIONS

The effects of acclimation temperatures +25 °C and +15 °C on the content of lipid peroxidation product, malondialdehyde (MDA), photosynthetic pigments and superoxide dismutase (SOD) activities in the leaves of *Calanthe cardioglossa*, *Cattleya bowringiana* and *Paphiopedilum appletonianum* plants, propagated by seeds through *in vitro* culture, were studied. It has been shown that *Cattleya bowringiana* and *Paphiopedilum appletonianum* are the most cold resistant plant species. In the leaves of these species, MDA content increased to lower levels than that seen in the leaves of warm-loving *Calanthe cardioglossa*. On the contrary, SOD activities were more significant in the leaves of *Cattleya bowringiana* and *Paphiopedilum appletonianum* than it was observed in the leaves of *Calanthe cardioglossa*.

Key words: *Calanthe cardioglossa*, *Cattleya bowringiana*, *Paphiopedilum appletonianum*, Orchidaceae, lipid peroxidation, superoxidedismutas, adaptation.