

Н.Ю. ТАРАН, Л.М. БАЦМАНОВА,
О.А. ОКАНЕНКО

Київський національний університет імені Тараса Шевченка
вул. Володимирська, 64, Київ, 01033, Україна

**АДАПТАЦІЙНІ РЕАКЦІЇ
DESCHAMPSIA ANTARCTICA DESV.
ЗА УМОВ АНТАРКТИКИ
НА ДІЮ ОКСИДНОГО СТРЕСУ**

Ключові слова: *Deschampsia antarctica*, пероксид водню, адаптаційні реакції, галактоліпіди, сульфохіновоксилід-ацилгліцерол, фотосинтетичні тканини

Адаптаційний потенціал рослин відіграє важливу роль у пристосуванні організму до несприятливих умов. Основою адаптації вищих рослин є їх реакція на будь-який стресовий вплив і збереження при цьому гомеостазу [4]. Для нормалізації свого стану рослини використовують компенсаторні механізми, зумовлені мультиваріантністю кореляцій у численних захисних реакціях. Стійкість різних видів рослин до стресів різна і фізіологічно виявляється неоднозначно. Допмагаючи рослині витримати дію будь-якого несприятливого фактора і тим самим підвищити стійкість до нього, необхідно розуміти реакції-відповіді рослини — як вона може пережити природні негаразди і які механізми використовує у боротьбі з ними. Погодно-кліматичні фактори відзначаються деякою варіабельністю, доволі монотонною та передбачуваною. Рослина — це живий об'єкт з достатньо складною регуляцією фізіолого-біохімічних процесів, тому і виявляє за дії зовнішнього фактора значно більшу варіабельність порівняно з погодно-кліматичними факторами. У зв'язку з цим необхідно досліджувати ендогенні захисні системи клітин та організму в цілому, які підвищують їх неспецифічну резистентність, а також вести пошук заходів її активації. У світлі цих проблем надзвичайно актуальним є дослідження адаптаційного потенціалу *Deschampsia antarctica*.

Deschampsia antarctica — трав'яна рослина, яка зростає у складних кліматичних умовах острівної та прибережної частин Антарктики. Основним стресовим чинником даної екосистеми є низька температура, її суттєві коливання під час короткої вегетації рослин та ультрафіолетове опромінення (λ 280—320 нм). Підвищений рівень ультрафіолетової радіації як результат виснаження стратосферного озонного прошарку (100—137 Добсонів) спричинює пошкодження рослин, хоча еволюційно сформовані у них механізми захисту від ультрафіолету можуть пом'якшувати або невілювати цей ефект. Так, відомо, наприклад, що УФ-В призводить до деструкції ДНК, зокрема появи тимін-тимінових послідовностей, але фермент ДНК-фотоліаза корегує цей процес за нормальних фізіологічних температур існування рослин

© Н.Ю. ТАРАН, Л.М. БАЦМАНОВА, О.А. ОКАНЕНКО, 2007

[15]. Однак активність цього ферменту лімітується температурою, тому, здавалося б, антарктичні рослини мають бути чутливими до УФ-В опромінення. Проте об'єктивні факти свідчать, що рослини *D. antarctica* непогано переносять ультрафіолетове опромінення. Вочевидь вони мають інші захисні механізми від впливу ультрафіолету — це, наприклад, морфогенетичні зміни, чи розвивають УФ-В абсорбуючі екрани. Польські вчені [17] довели, що в листках *D. antarctica*, окрім атипової структури клітин мезофілу, накопичуються численні везикули різного розміру, які концентрично оточують мембрани. На думку авторів, вони виконують функцію специфічних екранів УФ. Ультрафіолетова радіація також індукує синтез деяких фенольних сполук, що накопичуються у кутикулі та епідермальних клітинах, забезпечуючи поглинання шкідливого для рослин ультрафіолетового опромінення. Високі концентрації цих сполук та екрануючий ефект везикул, як вважають Кокел зі співавторами [16], зменшують епідермальний коефіцієнт проникнення і забезпечують кращий захист мезофілу листка. Так, у листках сої (*Glycine* (L.) Max.), що мають вищі концентрації екрануючих сполук і знижений епідермальний коефіцієнт проникнення, виявлено менше ушкодження ДНК, коли рослини нетривало опромінювали УФ-В [21].

Отже, за кліматичних умов Антарктики рослини *D. antarctica* протягом вегетаційного періоду та періоду спокою зазнають тривалого впливу низьких температур і надмірного ультрафіолетового опромінення. Адаптаційні механізми, які забезпечують можливість виживання *D. antarctica* за цих умов, мають специфічний характер і ще недостатньо вивчені. Роботами у галузі стресової фізіології останніх років продемонстровано, що загальною реакцією рослинного організму на дію різноманітних несприятливих факторів довкілля є посилене утворення та нагромадження активних форм кисню (АФК) [23], які визначають поняттям «вторинний оксидний стрес». АФК задіяні у регуляції таких біологічних процесів, як програмована смерть клітин, сигнальних ланцюгів, окиснення біомакромолекул, що призводить до структурних та функціональних перебудов. Утворення і нагромадження АФК відіграє подвійну роль: з одного боку, вони є високотоксичними інтермедіатами, з іншого — регуляторами метаболічних і фізіологічних процесів.

Матеріали та методи досліджень

Досліджували фотосинтетичні тканини *D. antarctica*, зразки яких відібрано з різних точок прибережної Антарктики (9-та Українська антарктична експедиція 2004 р.): 1 — острів Расмуссен № 5а; 2 — острів Галіндез; 3 — острів Расмуссен № 5; 4 — острів Ялур № 4; 5 — острів Петерман; 6 — острів Ялур № 6; 7 — Бертелот. *D. antarctica* здебільшого трапляється на узвишші схилів (20—40°) і формують від 10 до 20 % проективного покриття ценозу. У цій кліматичній зоні впродовж більшої частини року переважають негативні температури. У період короткого антарктичного літа температура повітря інколи піднімається вище нуля, дуже рідко — до +10—(+15) °C [20]. Зага-

лом середньолітня температура Антарктики на 5—10° градусів нижча, ніж в Арктиці та на висоті 2 тис. м Високих Альп. Для порівняння спрямованості адаптаційних реакцій у дослідженнях використано також рослини *D. karpatica*.

Оксидний стрес створювали шляхом обприскування надземної частини рослин *D. antarctica* та *D. karpatica* H_2O_2 (500 мкМ, експозиція 4 год). Концентрацію і тривалість впливу H_2O_2 ми підбирали у попередніх дослідженнях на злакових рослинах [2].

Активність супероксиддисмутази (СОД) визначали згідно з [14]. Інкубаційне середовище містило 1,3 мМ рибофлавіну, 13 мМ метіоніну, 63 мкМ нітросинього тетразолію (НСТ) та ферментний екстракт. Оптичну густину вимірювали за $\lambda = 560$ 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 фотосинтетичних тканинах визначали у 80 %-му ацетоні [13].

Ліпіди екстрагували за методом [11]. Вміст сульфохіновозилдіацилгліцеролу (СХДГ) визначали методом [18], галактоліпіди — шляхом денситометрії тонкошарових хроматограм [27]. Досліди повторювали тричі, вірогідність різниці між середніми арифметичними значеннями показників встановлювали за критерієм Стьюдента. Відмінності вважали вірогідними при значенні $p=0,05$ [6].

Результати досліджень та їх обговорення

Дослідження фотосинтетичних тканин зразків *D. antarctica*, відібраних в Антарктиці, засвідчують, що, відповідаючи на зміни навколишнього середовища, клітина модифікує функціональну активність усіх своїх елементів, прилаштовуючи їх до умов існування.

Оскільки основну роль в елімінації АФК відіграють антиоксидантні ферменти, насамперед СОД, що знижує концентрацію супероксид аніону у 10^4 разів [7], ми дослідили, як змінюється активність СОД залежно від умов зростання. Найбільшою вона була у зразках з точок № 6 (36,2 у.о.), № 3 (33,9 у.о.), № 5 (32,4 у.о.), а в інших досліджуваних варіантах виявилася майже однаковою — 25—27 у.о. (рис. 1).

Пристосування рослин в основному визначається адаптаційними можливостями фототрофного живлення на всіх рівнях організації, що і забезпечує опанування 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 [4]. Надлишкове УФ-В опромінення спричинює у неакліматизованих рослин пошкодження всіх компонентів фотосинтетичного апарату, зокрема ФС II [12]. Вивчення процесів гальмування фотосинтезу УФ-В опроміненням в акліматизованих рослин в умовах польових досліджень свідчить про неоднорідність даних різних

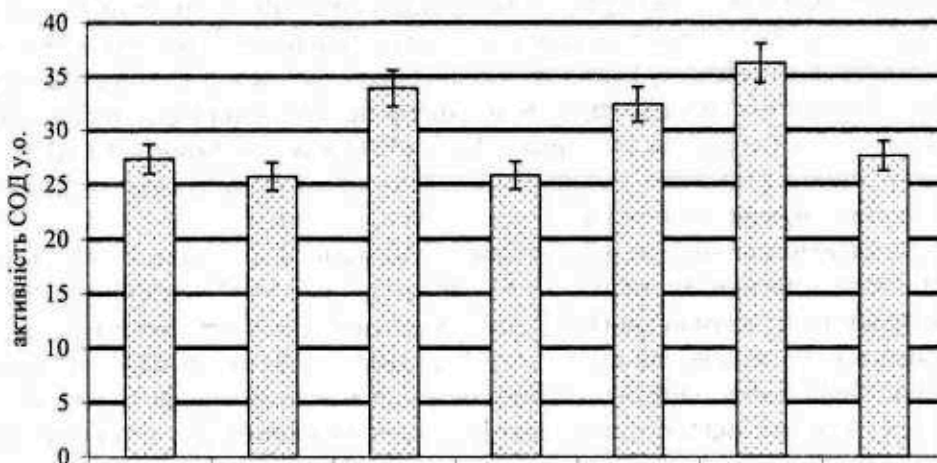


Рис. 1. Активність СОД у зразках *Deschampsia antarctica* Desv., відібраних у різних точках прибережної Антарктики: 1 — острів Рамуссен № 5а; 2 — острів Галіндез; 3 — острів Рамуссен № 5; 4 — острів Ялур № 4; 5 — острів Петерман; 6 — острів Ялур № 6; 7 — Бертелот

Fig.1. SOD activity in *Deschampsia antarctica* Desv. samples selected from various points of coastal Antarctica: 1 — Ramussen island N 5a; 2 — Galindes island; 3 — Ramussen island N 5; 4 — Yalur island N 4; 5 — Pereman island; 6 — Yalur island N 6; 7 — Bertelot

дослідників. Однак Ксіонг та Дей [26] встановили, що газообмін з одиниці листка в антарктичних судинних рослин не змінювався за дії сонячного опромінення УФ-В протягом періодів виснаження озонового шару. Хоча фотосинтетичні функції у верхньому мезофілі у цьому випадку були розпаровані (порушений транспорт електронів), недоліки фотосинтетичної функції компенсувалися товстішими листками та вищою концентрацією пігменту. У наших дослідженнях вміст основних фотосинтетичних пігментів у особин *D. antarctica*, що росли в умовах Антарктиди, нижчий, ніж у листках рослин середніх широт (рис. 2). За вмістом хлорофілів *a* та *b* вирізняються рослини, відібрані з точки № 2. Проте після інтродукції *D. antarctica* в середні широти кількість фотосинтетичних пігментів збільшувалась до їхнього рівня у *D. karpatica*, що є аборигенним видом (рис. 3), причому вміст хлорофілу *b* у рослин *D. antarctica* був на 25 % більшим, ніж у рослин десшампсії карпатської, що може свідчити про пластичність першого виду.

У попередніх роботах з вивчення адаптаційних можливостей рослин за дії несприятливих факторів докільля ми показали, що сульфохіновозилдіацилгліцерол може виступати одним із структурно-функціональних маркерів стресового стану рослин у класі ліпідів [10]. СХДГ є структурним компонентом мембран тилакоїдів і відіграє специфічну роль у формуванні адаптаційних реакцій фотосинтетичного апарату рослин до дії стресових факторів. Структурні та функціональні особливості молекул СХДГ забезпечують їхню

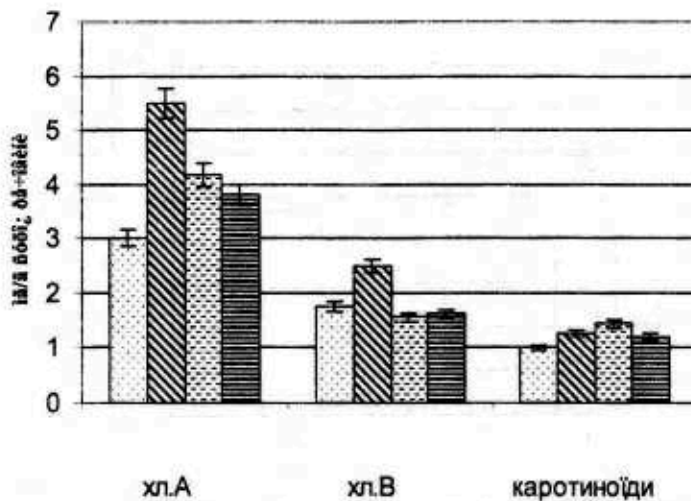


Рис. 2. Вміст пігментів у зразках *D. antarctica*, зафіксованих в Антарктиці: 1 — острів Ялур № 1; 2 — острів Ялур № 2; 3 — острів Петерман; 4 — острів Ялур через 7 діб

Fig. 2. Pigment content in *D. antarctica* samples selected from various points of coastal Antarctica: 1 — Yalur island N 1; 2 — Yalur island N 2; 3 — Peterman island; 4 — Yalur island in 7 days

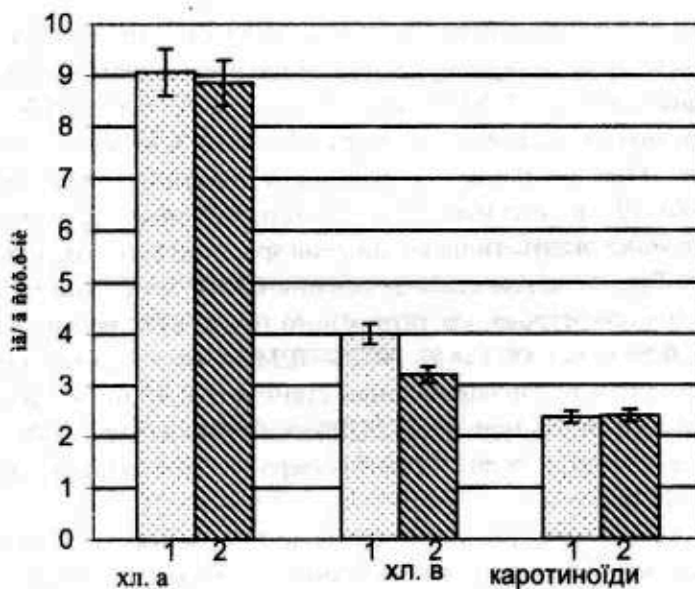


Рис. 3. Вміст пігментів у зразках *D. antarctica* (1) та *D. karpatica* (2) за умов лабораторного експерименту

Fig. 3. Pigment content in *D. antarctica* (1) and *D. karpatica* (2) grown in laboratory

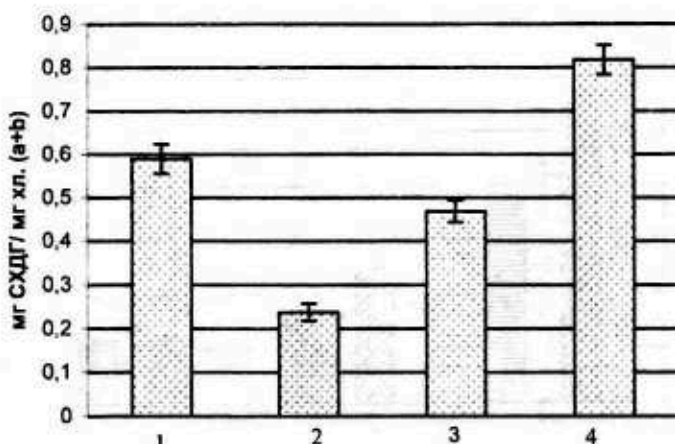


Рис. 4. Вміст СХДГ у зразках *D. antarctica* залежно від умов зростання: 1 — острів Ялур № 1; 2 — острів Ялур № 2; 3 — острів Петерман; 4 — острів Ялур № 1 через 7 діб

Fig. 4. SQDG content changes in *D. antarctica* samples depending on growth conditions: 1 — Yalur island N 1; 2 — Yalur island N 2; 3 — Peterman island; 4 — Yalur island N 1 in 7 days

участь в адаптаційних реакціях як протекторів для CF_1 , F_1 , АТФ-ази та стабілізуючих агентів для димерів D1/D2 і світлозбирального комплексу ФС II [19].

Ми дослідили коливання вмісту СХДГ у фотосинтетичних тканинах дес-шампсії з островів Ялур та Петерман, на острові Ялур зразки відбирали з двох точок: № 1 (західна експозиція), № 2 (східна експозиція) та через 7 діб з точки № 1, оскільки раптово знизилася температура ($5^{\circ} \rightarrow -10^{\circ}C$) і випав сніг, який тримався тиждень. Ми виявили велику різницю у значеннях співвідношення СХДГ/мг хл. (a+b) у фотосинтетичних тканинах *D. antarctica* у зразках з точок № 1–3, що може вказувати на вплив умов зростання на кількість сульфоліпиду (рис. 4). Так, значення співвідношення СХДГ/мг хл. (a+b) у зразках, відібраних з одного острова, але різних його точок, суттєво відрізняється (точка № 1 — 0,59 мг/мг хл. (a+b); № 2 — 0,24 мг/мг хл. (a+b)). Проте у зразках з о-ва Петерман це співвідношення становить 0,47 мг/мг хл. (a+b). Більше того, показник співвідношення СХДГ/хл. (a+b) виявився лабільним, у разі зниження температури та дії снігового покриву він збільшився на 39 % у зразках з точки № 1.

Отже, за дії даних стресорів у фотосинтетичних тканинах *D. antarctica* відбулося накопичення, порівняно зі зразками, відібраними з точки № 1 до зниження температури, як СХДГ, так і основних фотосинтетичних пігментів, що і забезпечило оптимальні умови для фототрофного живлення, а загалом — виживання рослин за екстремальних умов. Зважаючи на відому функцію СХДГ у процесі фотосинтезу — підтримка функціонального стану реакційного центру ФС II та регулювання інтенсивності електронного транспорту (шляхом створення ліпофільного оточення кишені Q_B) [22], — встановлене

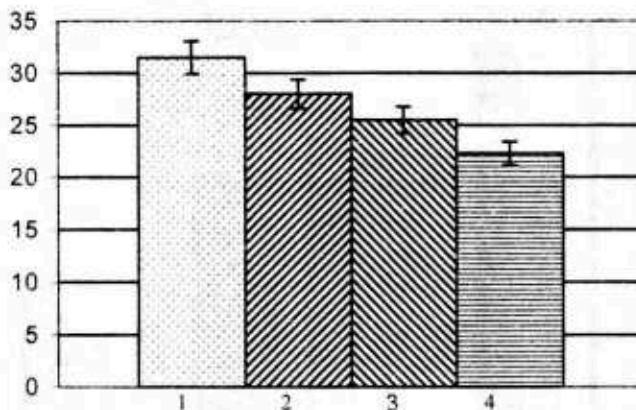


Рис. 5. Активність СОД за дії оксидного стресу: 1 — контроль *D. antarctica*; 2 — дослід *D. antarctica*; 3 — контроль *D. karpatica*; 4 — дослід *D. karpatica*

Fig. 5. Oxidation stress impact upon SOD activity: 1 — *D. antarctica* control; 2 — *D. antarctica* experiment; 3 — *D. karpatica* control; 4 — *D. karpatica* experiment

нами підвищення вмісту хлорофілу *b* та СХДГ може свідчити про їх суттєву роль у репаративній активності за рахунок стабілізації компонентів ліпід-пігментного комплексу фотосинтетичних мембран хлоропластів, що сприяє формуванню загальної адаптаційної реакції *D. antarctica* на дані кліматичні чинники.

З метою вивчення адаптаційних можливостей *D. antarctica* ми інтродукували їх у кліматичні умови середньої Європи і дослідили реакцію рослин на вплив оксидного стресу, порівнюючи з представниками *D. karpatica*.

Слід зазначити, що активність СОД за дії оксидного стресу зменшувалась однаково в обох варіантах: у рослин виду *D. antarctica* — на 11 %, *D. karpatica* — на 12 % (рис. 5). Зниження активності СОД може зумовлюватися тим, що вона пов'язана з інтенсивністю пероксидного окиснення ліпідів (ПОЛ) і залежить від кількості інтермедіатів ПОЛ. Активне накопичення токсичних пероксидних продуктів, за дії оксидного стресу, пригнічує активність СОД [8].

Стабільність або збільшення ліпід-пігментного співвідношення забезпечує стійкість рослин до дії стресових факторів [25]. За результатами наших досліджень рослини десшампсії відреагували на оксидний стрес по-різному. У фотосинтетичних тканинах *D. antarctica* кількість галактоліпідів не змінювалась (рис. 6), тимчасом як у *D. karpatica* збільшився вміст і моногалактозилдіацилгліцеролу (МГДГ) — на 29 %, і дигалактозилдіацилгліцеролу (ДГДГ) — на 30 %, при цьому співвідношення МГДГ/ДГДГ було стабільним в обох видів (рис. 6).

Заслуговує на увагу збільшення кількості сульфоліпиду у фотосинтетичних тканинах рослин досліджуваних видів. Так, у *D. antarctica* вміст СХДГ підвищився на 28 %, у *D. karpatica* — на 20 % (рис. 6). Отже, за дії оксидного

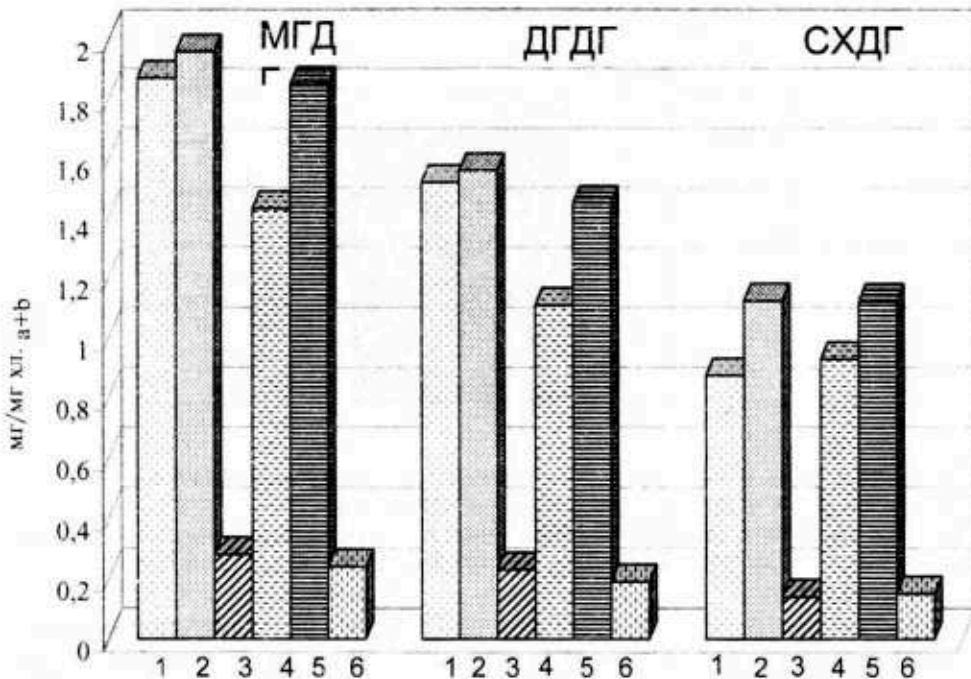


Рис. 6. Зміна вмісту гліколіпідів за дії оксидного стресу: 1 — контроль *D. antarctica*; 2 — дослід *D. antarctica*; 3 — НСР \leq 0,05; 4 — контроль *D. karpatica*; 5 — дослід *D. karpatica*; 6 — НСР \leq 0,05

Fig.6. Oxidation stress impact upon glycolipid content: 1 — *D. antarctica* control; 2 — *D. antarctica* experiment; 3 — НСР \leq 0,05; 4 — *D. karpatica* control; 5 — *D. karpatica* experiment; 6 — НСР \leq 0,05

стресу для *D. antarctica* є характерним збереження вмісту галактоліпідів та збільшення — сульфоліпідів і пігментів. Як ми відзначали раніше, за зниженої температури також спостерігалось накопичення СХДГ та пігментів у листках *D. antarctica* (рис. 4). Накопичення пігментів за дії оксидного стресу може бути пов'язане з тим, що на пригнічення фотосинтезу, спричинене недостатнім функціонуванням електрондонорного ланцюга ФСII [9], рослина відповідає збільшенням пулу фотосинтетичних пігментів, оскільки за рахунок оптимально збалансованих регуляторних механізмів досягається максимальна продуктивність фотосинтезу.

Дія пероксиду водню на *D. karpatica* призвела до розвитку фізіологічного стресу (за Аршавським) [1], який обумовлює реалізацію резерву адаптації, тобто фізіолого-біохімічні перетворення в організмі, у результаті яких збільшується його структурно-енергетичний потенціал, а також неспецифічна резистентність. Пероксид водню у даній концентрації спричинює адаптаційне напруження, яке за рахунок індукції надлишкового метаболізму підвищує адаптаційні можливості.

Таким чином, отримані результати дають нам змогу припустити, що у *D. antarctica* спрацювала системна стійкість, закріплена на генному рівні,

оскільки ці рослини протягом життя зазнають постійного впливу природного оксидного стресу, спричиненого кліматичними умовами Антарктиди. У *D. karpatica* пероксид водню у концентрації 500 мкМ стимулював накопичення гліколіпідів та пігментів для адаптації рослин до дії оксидного стресу, тобто виявився індуктором формування захисних реакцій. Про стимулюючий вплив пероксиду водню у мікромольних концентраціях на розвиток рослин уже повідомлялося раніше [2, 5]. Як відомо, пероксид водню спричинює експресію багатьох захисних генів [24], внаслідок чого формується індукована стійкість, яка є тимчасовою, тобто неспецифічною, фенотипічною стійкістю.

Аналіз отриманих результатів вказує на достатньо високі адаптаційні можливості *D. antarctica*, яка успішно адаптувалася до погодно-кліматичних умов регіонів середньої Європи і виявила пластичність за дії оксидного стресу.

Висновки

1. За дії оксидного стресу у *D. antarctica* зберігається вміст галактоліпідів та збільшується — сульфоліпиду і пігментів.

2. У *D. karpatica* пероксид водню (500 мкМ) стимулював накопичення гліколіпідів і пігментів, що сприяло адаптації рослин до впливу оксидного стресу.

Автори висловлюють щирю вдячність проф. В.П. Поліщуку за допомогу у відборі та доставці зразків рослин *Deschampsia antarctica* з Антарктиди.

1. Аршавский И.А. Физиологические механизмы и закономерности индивидуального развития. — М.: Наука, 1982. — 269 с.
2. Бацманова Л.М., Таран Н.Ю., Оканенко О.А., Мусяченко М.М. Зміни гліколіпідів у тканинах листків пшениці, індуковані екзогенним пероксидом водню // Укр. біохім. журн. — 2005. — 77, № 3. — С. 142—145.
3. Гуляєв Б.І. Екофізіологія фотосинтезу: досягнення, стан та перспективи досліджень // Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть. Т. 1. — К.: Фітосоціоцентр, 2001. — С. 60—74.
4. Жученко А.А. Адаптивный потенциал культурных растений (эколого-генетические аспекты). — Кишинев: Штиинца, 1988. — 767 с.
5. Зауралов О.А. Влияние перекиси водорода на холодоустойчивость теплолюбивых растений // Тр. междунар. конф. «Физиол. раст. — основа фитобиотехнол.» (V съезд О-ва физиол. раст. России). — Пенза, 2003. — С. 277—278.
6. Маслов Ю.И. Установление степени достоверности (значимости) различий между сериями измерений // Методы биохим. анализа раст. — Л.: Изд-во Ленингр. у-та, 1978. — С. 415—424.
7. Мерзляк М.Н. Активированный кислород и окислительные процессы в мембранах растительной клетки // Итоги науки и техники. — М.: ВИНТИ. Сер. Физиол. растений. — 1989. — Т. 6. — 167 с.
8. Поберезкина Н.Б., Осинская Л.Ф. Биологическая роль супероксиддисмутазы // Укр. биохим. журн. — 1989. — 61, № 2. — С. 14—27.
9. Самуилов В.Д., Безряднов Д.В., Гусев М.В. и др. H₂O₂ ингибирует фотосинтетический транспорт электронов в клетках цианобактерий // Биохимия. — 2001. — 66, вып. 6. — С. 790—795.

10. Таран Н.Ю. Адаптаційні зміни ліпідних компонентів мембран хлоропластів за дії на рослини факторів довкілля // Укр. біохім. журн. — 2000. — 72, № 1. — С. 21—31.
11. Яковенко Г.М., Михню А.И. Методы выделения и разделения по классам липидов хлоропластов растений // Физиол. и биохим. культ. растений. — 1971. — 3, № 6. — С. 651—656.
12. Allen D.J., Nogues S., Baker N.R. Ozone depletion and increased UV-B radiation // J. Exp. Bot. — 1998. — 49. — P. 1775—1788.
13. Arnon D. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenol oxidase in Beta Vulgaris // Plant Physiol. — 1949. — 24. — P. 1—15.
14. Beachamp C.O., Fridovich I. Izozyme of superoxide dismutase from wheat germ // Biochem. Biophys. Acta. — 1973. — 317. — P. 50—64.
15. Bjorn L.O., Callaghan T.V., Gehrke C. et al. The problem of ozone depletion in northern Europe // Ambio. — 1998. — 27. — P. 275—279.
16. Cockell C.S., Knowland J. Ultraviolet radiation screening compounds // Biol. Rev. — 1999. — 74. — P. 311—345.
17. Gielwanowska I., Szczuka E., Bednara J., Gorecki R. Anatomical Features and Ultrastructure of *Deschampsia Antarctica* Leaves from Different Growing Habitats // Ann. of Botany. Oxford Journals. — 2006. — 96, N 6. — P. 1109—1119.
18. Kean E. A rapid sensitive spectrophotometric method for quantitative determination of sulfatides // J. Lipid Research. — 1968. — 8, N 3. — P. 319—329.
19. Kettunen R., Tyystjarvi E., Aro E.M. Degradation pattern of photosystem II reaction center protein D1 in intact leaves. The major photoinhibition-induced cleavage site in D1 polypeptide is located amino terminally of the DE loop // Plant Physiology. — 1996. — 111. — P. 1183—1190.
20. Lewis Smith R.I. The enigma of *Colobantus quitensis* and *Deschampsia antarctica* in Antarctica // Antarctic Biology in a Global Context. — 2003. — P. 234—239.
21. Mazza C.A., Boccalandro H.E., Giordano C.V. et al. Functional significance and induction by solar radiation of ultraviolet-absorbing sunscreens in field-grown soybean crops // Plant Physiol. — 2000. — 122. — P. 117—125.
22. Minoda A, Sato N., Nozaki H. et al. Role of sulfoquinovosyl diacylglycerol for the maintenance of photosystem II in *Chlamydomonas reinhardtii* // Eur. J. Biochem. — 2002. — 269, N 9. — P. 2353—2358.
23. Noctor G., Foyer C.H. Ascorbate and glutathione: Keeping Active Oxygen Under Control // Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. — 1998. — 49. — P. 249—279.
24. Orozco-Cardenas M., Narvaez-Vasquez J., Ryan C.A. Hydrogen peroxide acts as a second messenger for the induction of defence genes in tomato plants in response to wounding, systemin and methyl jasmonate // Plant Cell. — 2001. — 13. — P. 179—191.
25. Sugimoto M., Sakamoto W. Putative phospholipid hydroperoxide glutathione peroxidase gene from *Arabidopsis thaliana* induced by oxidative stress // Genes Genet. Syst. — 1997. — 72, N 5. — P. 311—316.
26. Xiong F.S., Day T.A. Effect of solar ultraviolet-B radiation during springtime ozone depletion on photosynthesis and biomass production of Antarctic vascular plants // Plant Physiol. — 2001. — 125. — P. 738—751.
27. Yamamoto H. High speed quantitative assay on TLC (HPTLC) plates // Instrumental HPTLC / Ed. W. Bertch & R. Raser. — New York, 1980. — 6. — P. 367—384.

Рекомендує до друку
І.В. Косаківська

Надійшла 05.10.2006

АДАПТИВНЫЕ РЕАКЦИИ *DESCHAMPSIA ANTARCTICA* DESV.
В УСЛОВИЯХ АНТАРКТИКИ НА ДЕЙСТВИЕ ОКСИДНОГО СТРЕССА

Исследованы физиолого-биохимические характеристики образцов растений *Deschampsia antarctica*, которые были отобраны на разных островах прибрежной Антарктики во время работы 9 Украинской антарктической экспедиции 2004 г. Показано, что активность основных метаболических процессов у этих растений зависит от условий роста. Действие низких температур и снегового покрова приводит к накоплению в фотосинтетических тканях растений *Deschampsia antarctica* сульфохиновозилдиацилглицерола и основных фотосинтезирующих пигментов, что и обеспечивает оптимальные условия для фототрофного питания, а в общем, выживание растений в экстремальных условиях.

С целью изучения адаптивных реакций растений *Deschampsia antarctica* их интродуцировали в климатические условия европейской средней полосы и исследовали реакцию растений на действие оксидного стресса сравнительно с растениями вида *Deschampsia karpatica*. Полученные результаты указывают на достаточно высокие адаптивные возможности растений вида *Deschampsia antarctica*, которые успешно адаптировались к погодно-климатическим условиям европейской средней полосы и оказались достаточно пластичными при действии оксидного стресса.

Ключевые слова: *Deschampsia antarctica*, пероксид водорода, адаптивные реакции, галактолипиды, сульфохиновозилдиацилглицерол, фотосинтетические ткани

N.Y. Taran, L.M. Batsmanova, A.A. Okanenko

Taras Shevchenko Kiev National University

ADAPTIVE REACTIONS OF *DESCHAMPSIA ANTARCTICA* DESV. WHICH
GREW IN ANTARCTIC CONDITIONS UNDER OXIDATION STRESS ACTION

Physiological and biochemical characteristics of samples of *Deschampsia antarctica* plants selected from different Antarctic coastal islands during work 9 Ukrainian Antarctic expeditions of 2004 are investigated. It is shown, that activity of the basic metabolic processes at these plants depends on conditions of growth. Action of low temperatures and snow cover leads to accumulation sulphoquinovosyl diacylglycerol and the basic photosynthesizing pigments in *Deschampsia antarctica* plant photosynthetic tissues, that provides optimal conditions for phototrophic nutrition, and in general, survival of plants in extreme conditions.

With the purpose of studying of adaptive reactions of *Deschampsia antarctica* plants they were introduced in climatic conditions of the European temperate region and their reaction to oxidative stress action comparing with *Deschampsia karpatica* plants was investigated. The received results specify high enough adaptive opportunities of *Deschampsia antarctica* plants which adapted successfully to climatic conditions of European temperate region and appeared plastic enough to oxidative stress action.

Key words: *Deschampsia antarctica*, hydrogen peroxide, adaptation, glycolipids, sulphoquinovosyl diacylglycerol, photosynthesizing tissues