

УДК 582.632.1:581.45:58.032:581.57

**Н.В. РОСЦЬКА, Н.В. ЗАІМЕНКО**

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

---

### **ДОБОВА ДИНАМІКА ВОДНОГО РЕЖИМУ ЛИСТКІВ *BETULA PENDULA* ROTH ТА ЇХНЯ АДАПТИВНА РЕАКЦІЯ**

---

*Наведено результати експериментів з вивчення впливу водного режиму листків *Betula pendula* Roth на динаміку накопичення продуктів пероксидного окиснення ліпідів та проліну. Встановлено пряму залежність між вмістом продуктів пероксидного окиснення ліпідів та ступенем оводненості листків берези повислої, істотне підвищення концентрації продуктів пероксидного окиснення ліпідів та проліну у листках, що свідчить про зростання адаптивного потенціалу рослин до водного дефіциту протягом доби.*

Дефіцит вологи для рослин є сильним стресовим фактором, який призводить до порушення нормального функціонування рослинного організму. Нетривалість стаціонарного водного балансу рослин обумовлена флуктуацією чинників навколишнього середовища, динамічністю метаболічних процесів у клітинах і тканинах. Втрата води рослинами ініціює регуляторні процеси та спричиняє формування адаптивного потенціалу в несприятливих умовах. Вирішальну роль в адаптації рослин до дії несприятливих факторів довіклля відіграють біохімічні системи захисту [11].

Однією з швидких і неспецифічних реакцій рослинних клітин на будь-який стрес, зокрема, водний дефіцит, є накопичення продуктів пероксидного окиснення ліпідів (ПОЛ). За звичайних умов функціонування організмів активність ПОЛ незначна, проте за дії несприятливих факторів відбувається його активація. Інтенсифікація ПОЛ супроводжується змінами у жирнокислотному складі ліпідів мембран та їх проникності, а також змінами активності мембранозв'язаних ферментів. Характер змін значною мірою залежить від напруженості дії несприятливого фактора, чутливості організму, стадії його розвитку тощо [1].

Посилення вільнорадикальних процесів і зміщення рівноваги у бік активзації ПОЛ є однією з перших неспецифічних ланок загальної стрес-реакції. З огляду на це продукти ПОЛ розглядають як «індикатор» і «первинний медіатор» стресу [14]. Показником інтенсифікації пероксидного окиснення може бути не лише збільшення кількості продуктів ПОЛ, а й швидкість залучення антиоксидантних ресурсів, що здатні підтримувати ПОЛ у фізіологічно безпечних межах [5]. Тому збалансованість між пероксидним окисненням і антиоксидантною активністю є необхідною умовою для підтримання нормальної життєдіяльності рослинного організму.

Завдяки своїм антиоксидантним властивостям пролін здатний послаблювати процеси пероксидного окиснення [15]. У зв'язку з цим заслуговують на увагу дослідження, присвячені визначенню ролі проліну у підвищенні адаптивного потенціалу рослин до абіотичних факторів. Відомо, що його вміст зростає в умовах посухи, засолення, дії низьких та високих температур, важких металів [5, 6]. Збільшення концентрації проліну в тканинах рослин сприяє підвищенню стійкості організму до дії несприятливих факторів, проте спричиняє зниження осмотичного і водного потенціалів та збільшення водоутримуючої здат-

ності клітин [8], унаслідок цього вміст внутрішньоклітинного проліну зменшується.

Оскільки останніми роками майже по всій території України спостерігається пригнічення розвитку або навіть усихання дерев берези, метою нашої роботи було дослідження добового накопичення ПОЛ та вільного проліну у листках берези повислої.

Експериментальну роботу виконано у відділі алелопатії Національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка НАН України у 2008–2009 рр. Об'єктами досліджень були одновікові рослини *Betula pendula* Roth у задовільному стані, які ростуть на колекційній ділянці (контроль), та у пригніченому стані, які зростають на ботаніко-географічній ділянці «Ліси рівнинної частини України» (дослід). Протягом доби через кожні дві години відбирали листки дерев для дослідження процесів пероксидації ліпідів за вмістом тіобарбітурової кислоти активних продуктів (ТБКАП). Концентрацію ТБКАП визначали за вмістом малонового діальдегіду (МДА) [7], а ступінь адаптації рослин до стрес-фактора, зокрема, посухи — за вмістом проліну [13]. Водний режим листків вивчали за Григорюк та ін. [3], вміст біогенних елементів у рослинах — за методикою Рінькіса [12]. Повторність дослідів 10-разова.

Виявлено суттєві відмінності у забезпеченні рослин берези вологою протягом доби (рис. 1).

Експериментально доведено, що в ранкові години водний дефіцит (ВД) листків є незначним і становить 14–22 % для рослин з контрольної ділянки та 25–35 % — з дослідної. Надалі спостерігається поступове збіль-

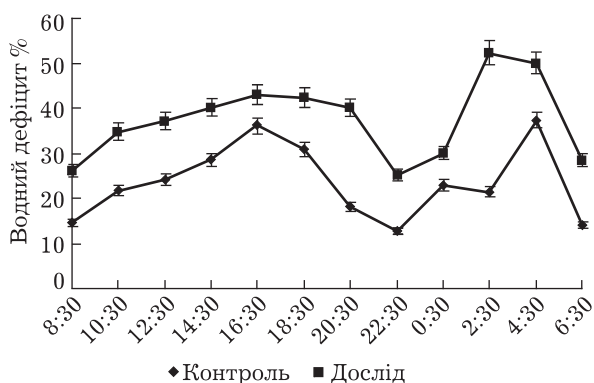


Рис. 1. Добова динаміка водного дефіциту *Betula pendula*

шення ВД о 16.00 (відповідно 36 та 43 %) та зменшення ВД в 2–3 рази о 22.00, у дослідних листків — у 2 рази більше, ніж у контрольних. Повторне зростання ВД спостерігається о 2.00 (дослід) та о 4.00 (контроль). У рослин з колекційної ділянки ВД о 4.00 досягає показників о 16.00, а у дослідних рослин значення ВД о 2.00 на 10 % перевищує показник о 16.00. Отже, у рослин берези, які зростають на ботаніко-географічній ділянці «Ліси рівнинної частини України», показники ВД листків протягом доби у 1,2–2,4 рази вищі порівняно з аналогічними показниками рослин з колекційної ділянки.

Суттєву різницю виявлено в концентрації біогенних елементів у листках берези повислої залежно від місця зростання (таблиця).

Найбільші відмінності спостерігались у концентрації калію і кальцію, які відповідають за водний статус рослин. Відомо, що рослини з високим вмістом калію краще утримують воду і більш раціонально вико-

#### Вміст біогенних елементів (%) у листках берези повислої

Місце зростання	Елемент				
	N	P	K	Ca	Mg
Колекційна ділянка	0,09 ± 0,0036	0,28 ± 0,0112	5,57 ± 0,1671	0,90 ± 0,0315	0,41 ± 0,0148
Ділянка «Ліси рівнинної частини України»	0,11 ± 0,0044	0,39 ± 0,0117	2,85 ± 0,1140	1,67 ± 0,0752	0,68 ± 0,0340

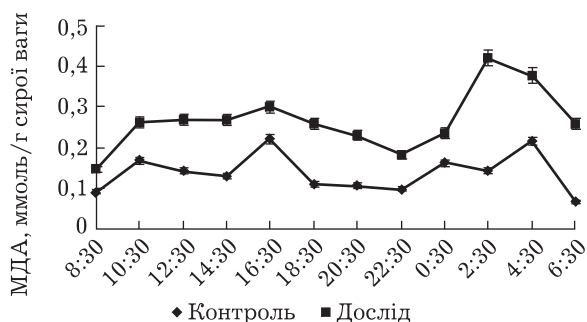


Рис. 2. Динаміка концентрації МДА у листках *Betula pendula* протягом доби

ристовують її, що є наслідком поліпшеного контролю за механізмом відкриття та закриття продихів [9]. Дефіцит калію пригнічує синтез складних полісахаридів, білків і жирів, інтенсивність фотосинтезу, перебіг процесів, пов'язаних із синтезом АТФ, а також призводить до передчасного старіння і відмирання листків [14]. Дефіцит вологи спричиняє значне підвищення рівня кальцію в клітинах листків, що, ймовірно, відіграє певну роль у збільшенні стійкості та адаптації рослин до недостатнього водозабезпечення, а також призводить до дисбалансу іонного обміну [8].

Вміст калію у листках рослин *B. pendula* з ботаніко-географічної ділянки «Ліси рівнинної частини України» в 2,0 рази менший, а кальцію — в 1,9 рази більший порівняно з рослинами з колекційної ділянки.

Оцінка інтенсивності ПОЛ за величиною накопичення вторинних продуктів, а саме ТБКАП, є одним з критеріїв ранньої діагностики стресу [3]. Аналіз отриманих результатів показав, що низька концентрація МДА спостерігається з 6.00 до 8.00 з підвищенням о 10.00 (рис. 2). У рослин з колекційної ділянки у подальшому вміст МДА зменшується, а з ботаніко-географічної ділянки «Ліси рівнинної частини України» — збільшується. О 16.00 відмічено підвищення рівня МДА в тканинах, о 18.00 — зменшення його концентрації. Протягом наступних чотирьох годин у контрольних рослин вміст МДА стабілізується, а у дослідних — по-



Рис. 3. Динаміка вмісту проліну у листках *Betula pendula* протягом доби

ступово зменшується. Максимальну концентрацію МДА у листках зафіксовано о 2.00 у рослин з дослідної ділянки та о 4.00 — з контрольної. Отже, вміст МДА змінюється відповідно до динаміки ВД у листках.

Значні відмінності виявлено також у рівні проліну, який у рослинах, які перебувають у пригніченому стані, був більшим. Аналіз концентрації проліну у листках (рис. 3) засвідчив, що максимальний вміст спостерігається о 12.00 та 4.00 в обох варіантах. Оскільки пролін може використовуватися як джерело енергії та відновних еквівалентів [10], то цим, імовірно, обумовлено зниження його вмісту під впливом ВД у період між 14.00 та 2.00. У дослідних рослин концентрація проліну була більшою в 1,6–4,0 рази, ніж у контрольних.

Таким чином, наведені дані дають підстави стверджувати, що порушення водного забезпечення рослин супроводжується інтенсивним накопиченням МДА та вільного проліну. Виявлено пряму залежність між вмістом МДА та ступенем оводненості листків рослин берези повислої. Відмічено дворазове підвищення ВД протягом доби. Найбільші значення ВД спостерігали о 16.00 і 4.00 (контроль) та о 2.00 (дослід), а найменші — о 22.00. Встановлене істотне підвищення концентрації МДА та проліну в тканинах свідчить про збільшення адаптивного потенціалу рослин до водного стресу протягом доби.

1. Бараненко В. Перебіг пероксидного окиснення ліпідів та стан системи захисту від окиснювальної деструкції в листках веху широколистоного на різних етапах розвитку рослин // Онтогенез рослин у природному та трансформованому середовищі. Фізіолого-біохімічні та екологічні аспекти: Тези доп. II Міжнар. конф. (Львів, 18–21 серпня 2004 р.). — Львів: Сполом, 2004. — С. 213.

2. Бацманова Л.М., Буян Л.І., Ковальська Л.А., Таран Н.Ю. Про-антиоксиданти деяких видів тропічних орхідних за низькотемпературної адаптації // Укр. ботан. журн. — 2008. — 65, № 6. — С. 912–921.

3. Григорюк И.А., Ткачев В.И., Савинский С.В., Мусиенко Н.Н. Современные методы исследований и оценки засухо- и жароустойчивости растений. — К.: Наук. світ, 2003. — 139 с.

4. Григорюк І.П., Нижник Т.П. Фізіологічні основи регуляції посухостійкості картоплі. — Хмельницький; Київ: Вид-во Сергія Пантюка, 2004. — 236 с.

5. Гришко В.М., Демура Т.А. Перебіг процесів пероксидного окиснення ліпідів та роль аскорбінової кислоти у формуванні адаптаційного синдрому рослин за сумісної дії кадмію та нікелю // Доп. НАН України. — 2009. — № 2. — С. 154–162.

6. Долгова Л.Г., Самойлова М.В. Вміст проліну як показник стійкості рослин-інтродуцентів роду *Amelanchier* Medic. // Актуальні питання біології, екології та хімії. — 2009. — 1, № 3. — С. 29–34.

7. Кабачникова Л.Ф., Шибытко Н.Л., Абрамчик Л.М. Методы оценки физиологического состояния растений в условиях засухи. — Минск: Белорус. наука, 2007. — 42 с.

8. Клеточные механизмы адаптации растений к неблагоприятным воздействиям экологических факторов в естественных условиях / Под ред. чл.-кор. НАН Украины Е.Л. Кордюм. — К.: Наук. думка, 2003. — 277 с.

9. Коць С.Я., Петерсон Н.В. Мінеральні елементи і добрав в живленні рослин. — К.: Логос, 2005. — 150 с.

10. Лобачевська О.В. Вміст вільного проліну та активність антиоксидантного захисту у мохоподібних за стресових умов // Чорномор. ботан. журн. — 2008. — 4, № 2. — С. 230–236.

11. Маменко Т.П. Водообмін та активність антиоксидантних ферментів у листках озимої пшениці після тривалої ґрунтової посухи // Наукові, прикладні та освітні аспекти фізіології, генетики, біотехнології рослин і мікроорганізмів: Матеріали XI конф. молодих вчених (Київ, 22–24 червня, 2010 р.). — К., 2010. — С. 111–113.

12. Ринькис Г.Я., Ноллендорф В.Ф. Сбалансированное питание растений макро- и микроэлементами. — Рига: Зинатне, 1982. — 202 с.

13. Стаценко А.П. Биохимический прогноз жаростойкости у зерновых и бобовых культур // Достижения науки и техники. АПК. — 1999. — № 7. — С. 29–30.

14. Ткачук К.С., Жукова Т.В. Фізіологічна роль та ефективність використання калію і кальцію рослинами. — К.: ДІА, 2009. — 112 с.

15. Чижикова О.А., Паладіна Т.О. Активність ключових ферментів синтезу та розкладу проліну в проростках кукурудзи за умов засолення та обробки синтетичними регуляторами росту // Доп. НАН України. — 2007. — № 3. — С. 191–195.

16. Шматько И.Г., Григорюк И.А., Шведова О.Е. Устойчивость растений к водному и температурно-му стрессам. — К.: Наук. думка, 1989. — 224 с.

Рекомендувала до друку Н.І. Джуренко

*Н.В. Росицкая, Н.В. Заименко*

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

#### СУТОЧНАЯ ДИНАМИКА ВОДНОГО РЕЖИМА ЛИСТЬЕВ *BETULA PENDULA* ROTH И ИХ АДАПТИВНАЯ РЕАКЦИЯ

Приведены результаты экспериментов по изучению влияния водного режима листьев *Betula pendula* Roth на динамику накопления продуктов пероксидного окисления липидов и пролина. Установлена прямая зависимость между содержанием продуктов пероксидного окисления липидов и степенью обводненности листьев березы, существенное повышение концентрации продуктов пероксидного окисления липидов и пролина в листьях, что свидетельствует об увеличении адаптивного потенциала растений к водному дефициту в течение суток.

*N.V. Rositska, N.V. Zaimenko*

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

#### THE DYNAMICS OF DAILY WATER REGIME OF *BETULA PENDULA* ROTH LEAVES AND THEIR ADAPTIVE REACTION

The results of investigation water regime influence on accumulation the content of lipid peroxidation product and free proline in *Betula pendula* Roth leaves were shown. The direct relationship between the lipid peroxidation product content and water degree in the *Betula pendula* leaves was established. The significant increasing of lipid peroxidation product content and free proline in leaves during the day has been shown adaptive potential growth in plants.