УДК 581.543:582.912.42

Т.М. Каліта

СЕЗОННА ДИНАМІКА НАКОПИЧЕННЯ ФЛАВОНОЇДІВ У РІЗНИХ ВИДІВ РОДУ *RHODODENDRON* L. ЯК МАРКЕРІВ АКЛІМАТИЗАЦІЙНИХ РЕАКЦІЙ

Rhododendron L., флавоноїди, стрес, акліматизація

Вступ

Стійкість рослин до несприятливих умов залежить від комплексу факторів зовнішнього середовища. Зміна або комбінація цих факторів може відповідно підвищувати чи зменшувати стійкість рослин до несприятливих умов. У випадку, коли рослина активно долає стрес за рахунок біохімічного апарату, відбувається перебудова метаболічних та фізіологічних процесів, синтезується ряд біологічно активних речовин, які й допомагають долати стресовий вплив та призводять до акліматизації рослин. Так, флавоноїди накопичуються при стресових умовах, підвищуючи стійкість рослин і можуть бути використані як індикатори їхнього фізіологічного стану [2, 8, 11].

Мета та завдання досліджень

Метою досліджень було встановити особливості сезонної динаміки вмісту флавоноїдів у листках різних видів роду *Rhododendron* L. протягом вегетації, як показника стійкості рослин при інтродукції.

Об'єкти та методи дослідження

Досліджено види роду *Rhododendron*: вічнозелені (*R. fortunei* Lindl., *R. ponticum* L., *R. amesiae* Rehd. et Wils.), напіввічнозелені (*R. obtusum* (Lindl.) Planch., *R. micranthum* Turcz., *R. ledebourii* Pojark.) та листопадні (*R. occidentale* (Torr. et A. Gray) A. Gray, *R. arborescens* (Pursh) Torr., *R. reticulatum* D. Don), інтродуковані в умовах лісостепу України.

Дослідження проведено на базі ботанічного саду імені акад. О.В. Фоміна Київського національного університету імені Тараса Шевченка, ННЦ «Інститут біології» у період 2009–2012 рр. (використовували середні дані протягом трьох років).

Кількісне визначення вмісту флавоноїдів у листках рослин проводили спектрофотометричним методом за методикою М.Н. Комарової [5]. Оптичну щільність досліджуваного розчину визначали на спектрофотометрі СФ-26 при довжині хвилі 415 нм. Вміст флавоноїдів у сировині розраховували на суху масу. Для побудови калібрувальної кривої використовували рутин. Отримані дані оброблено статистично з використанням пакету електронних таблиць Microsoft Exel. Для всіх отриманих результатів наведено стандартні відхилення. Для побудови гістограм використовували середні арифметичні значення з трьох біологічних і трьох аналітичних повторностей. Оцінку достовірності відмінностей проводили методом порівняння середніх показників з використанням критерію Стьюдента. Відмінності вважали істотними при значенні $p \leq 0,05$ [17].

Результати досліджень та їх обговорення

Аналіз кількісного вмісту загальної фракції флавоноїдів у фотосинтетичних тканинах видів роду *Rhododendron* виявив видову і часову специфіку їх накопичення (рис. 1–3). Виявлено, що утворення та накопичення в рослинах флавоноїдів є динамічним процесом, що змінюється в онтогенезі та залежить від численних чинників навколишнього середовища [3, 6].

© Т.М. Каліта

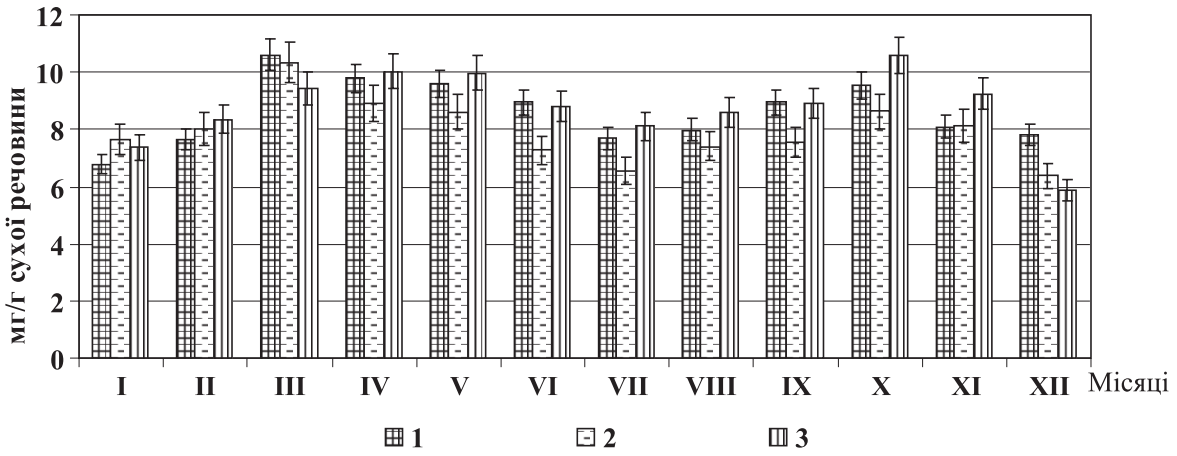

Рис. 1. Сезонна динаміка загального вмісту флавоноїдів у листках вічнозелених представників роду *Rhododendron* L.:
1 – *R. amesiae* Rehd. et Wils.; 2 – *R. fortunei* Lindl.; 3 – *R. ponticum* L.

При дослідженні загального вмісту флавоноїдів виявлено високий пул цих речовин у період активного вегетативного росту рослин та під час осінньої вегетації. Захисна роль флавоноїдів, як правило, проявляється у підвищенні їхнього біосинтезу в рослинних тканинах, як відповідь на дію несприятливих факторів [11].

Накопичення вмісту флавоноїдів у листках на початку вегетації спостерігається у всіх досліджених видів рододендронів. Для вічнозелених видів сезонну активацію накопичення флавоноїдів відмічено в більш ранні фази вегетації, які припадають на березень – квітень, порівнянно з напіввічнозеленими та листопадними видами, в яких цей процес відбувається у травні – червні (рис. 2).

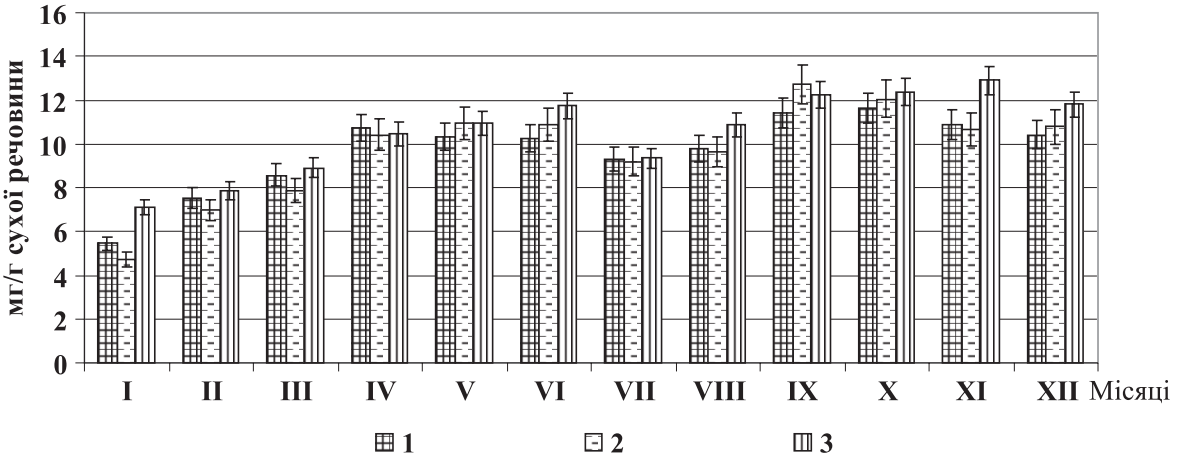

Рис. 2. Сезонна динаміка загального вмісту флавоноїдів у листках напіввічнозелених представників роду *Rhododendron* L.:
1 – *R. ledebourii* Pojark.; 2 – *R. micranthum* Turez.; 3 – *R. obtusum* (Lindl.) Planch.

Описані вище періоди вегетації характеризуються високою інсоляцією – 172 кВт.ч./кв.м та активними ростовими й метаболічними процесами в листках [9].

Виявлена нами тенденція збільшення пулу флавоноїдів у період високої інсоляції (надлишку сонячного проміння) може бути зумовлена, на наш погляд, геліопротекторними властивостями цього класу сполук, для яких доведено участь в окисно-відновних реакціях [4].

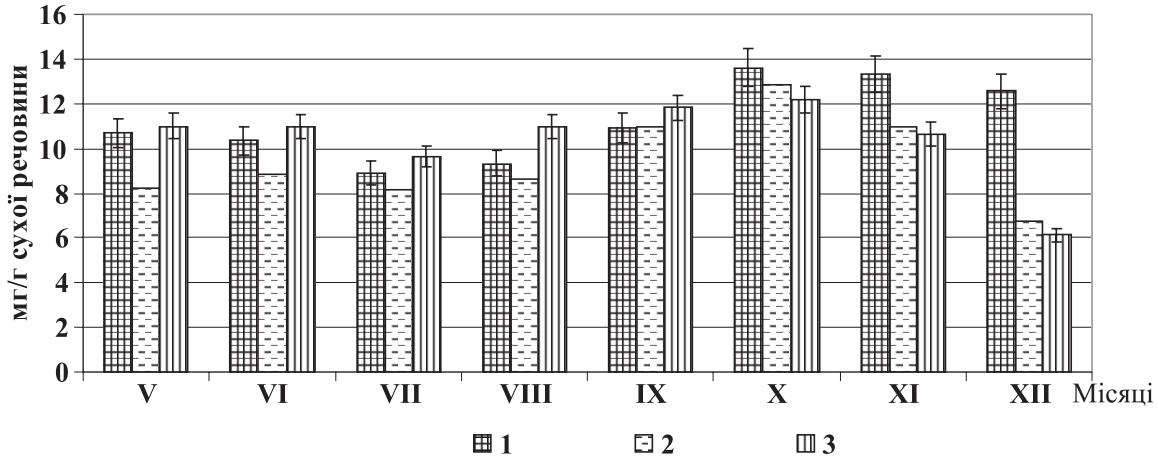

Рис. 3. Сезонна динаміка загального вмісту флавоноїдів у листках листопадних представників роду *Rhododendron* L.:
1 – *R. occidentale* (Torr. et A. Gray) A. Gray; 2 – *R. arborescens (Pursh) Torr.*; 3 – *R. retiulatum* D. Don

Так, наприклад, у дослідженнях C.E. Lovelock [16] та S.J.E. Wand [18] показано, що характерною відповіддю окремих видів рослин на дію високих потоків сонячного опромінення на різних етапах онтогенезу є індукція синтезу сполук фенольної природи, які мають здатність до поглинання його в ультрафіолетовій (УФ) та зеленій частинах видимого спектру. УФ активує синтез фенілаланіну (ФАЛ), що сприяє утворенню сонцезахисного щита з флавоноїдів. Основний механізм фотопротекторної функції флавоноїдів, як окисно-відновних сполук**,** може бути пояснений присутністю подвійних зв'язків, обмежених π-електроном, що знаходиться в бензольному кільці. Така локалізація електрона забезпечує спектральну поглинальну здатність в області видимого світла й в УФ-спектрі та легку електронну і енергетичну передачу [9, 10].

Деяке зниження вмісту флавоноїдів у липні пов'язано, на нашу думку, зі зниженням синтетичних процесів в умовах посухи. Очевидно, в цей період низька вологість ґрунту обмежує ріст рослини та її фотосинтез, і більш імовірним стає залучення ФАЛ не в реакції синтезу фенольних сполук, а у формування поліпептидних ланцюгів і накопичення аскорбінової кислоти. За умов різко вираженого дефіциту вологи рівень вмісту розчинних фенольних сполук падає. Це цілком відповідає пригніченню синтетичних процесів в умовах посухи [2, 14].

З початку серпня починається активне накопичення флавоноїдів у листках рослин. У відповідь на зниження температури в осінній період у всіх досліджених видів спостерігається посилення синтезу флавоноїдів, яке триває до листопада, з подальшим зменшенням їх кількості, особливо у листопадних видів, на завершальних етапах старіння листків, які характеризуються низьким вмістом хлорофілу [1]. Ймовірно, потреба у напіввічнозелених і листопадних видів рододендронів у додаткових кількостях флавоноїдів забезпечує більш надійний захист їхнього фотосинтетичного апарату, вразливого для фотоокислювального пошкодження старіючих асиміляційних тканин. У таких умовах флавоноїди забезпечують фотозахист клітин листків, необхідний для завершення ретранслокації фотоасимілятів і цінних метаболітів у запасаючі органи та успішної підготовки до періоду спокою [7].

Зростання кількості флавоноїдів у листках рослин в осінні місяці супроводжується підвищенням стійкості клітин до низьких температур, оскільки вуглеводні залишки флавоноїдів, аналогічно крохмалю, затримують кристалізацію води, а їхні гідроксильні групи можуть формувати водневі зв'язки з молекулами води [13, 15]. Окрім того, при адаптаційних процесах рослин до низькотемпературного стресу відбувається посилена експресія генів, відповідальних за синтез ферментів флаванового метаболізму [19].

Висновки

На основі отриманих даних щодо динаміки вмісту флавоноїдів у листках досліджених видів роду *Rhododendron* встановлено видову та сезонну специфіку їх накопичення. Виявлено взаємозв'язок між вмістом флавоноїдів та негативним впливом факторів на рослину. У відповідь на високу інсоляцію весною та зниження температури в осінній період (особливо у старіючих листках листопадних видів) спостерігалось накопичення флавоноїдів, спрямоване на адаптацію рослин, що підтверджує участь цих речовин у акліматизаційних процесах при їх інтродукції.

1. **Антонюк Т.Н.** Компоненты липидного и пигментного комплекса растений при оценке холодостойкости представителей семейства *Rhododendron* L. // Т.Н. Антонюк, Н.Ю. Таран // XV Междун. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов»: матер. докл., (г. Москва, 8–11 апр. 2008 г.) – М., 2008. – 351 с.
   Antoniuk, T.N., and Taran, N.Y., Components of Plant Lipid and Pigment Complex the Course of Cold Hardiness Assessment of *Rhododendron* L. Family Representatives, in *XV Mezhdun. konf. studentov, aspirantov i molodykh uchenykh "Lomonosov" (Moscow, 8–11 apr., 2008)* (XV Intern. "Lomonosov" Conf. for Undergraduate, Graduate Students and Young Scientists. Proc. (Moscow, April 8–11, 2008)), Moscow, 2008.
2. **Запрометов М.Н.** Фенольные соединения: распространение, метаболизм и функции в растениях / М.Н. Запрометов. – М.: Наука, 1993. – 271 с.
   Zaprometov, M.N., *Fenolnye soedineniya: rasprostranie, metabolism i funktsii v rasteniyakh* (Phenolic Compounds: Distribution, Metabolism and Function in Plants), Moscow: Nauka, 1993.
3. **Запрометов М.Н.** Основы биохимии фенольных соединений / М.Н. Запрометов. – М.: Высш. шк., 1974. – 214 с.
   Zaprometov, M.N., *Osnovy biochimii fenolnykh soedinii* (Fundamentals of Phenolic Compounds Biochemistry), Moscow: Vysshaya Shkola, 1974.
4. **Запрометов М.Н.** Специализированные функции фенольных соединений в растениях / М.Н. Запрометов // Физиология растений. – 1993. – Т. 40, № 6. – С. 921–931.
   Zaprometov, M.N., Specialized Functions of Phenolic Compounds in Plants, *Fiziologiya rastenii* (Plant Physiology), 1993, vol. 40, no. 6, pp. 921–931.
5. **Комарова М.Н.** Фитохимический анализ лекарственного растительного сырья: метод. указания к лабораторным работам / М.Н. Комарова, Л.А. Николаева, В.Г. Регир // СПб.: СПХФА, 1998. – 60 с.
   Komarova, M.N., Nikolaeva, L.A., and Regir, V.G., *Fitokhimicheskii analiz rastitelnogo syriya: method. ukazaniya k laboratornym rabotam* (Phytochemical Analysis of Medicinal Plants. A Laboratory Work Handbook), St. Petersburg: SPKhPhA, 1998.
6. **Минаева В.Г.** Флавоноиды в онтогенезе растений и их практическое использование / В.Г. Минаева. – Новосибирск: Наука, 1978. – 254 с.
   Minayeva, V.G., *Flavonoidy v ontogeneze rastenii i ikh prakticheskoe ispolzovanie* (Flavonoids in the Plants Ontogeny and Their Practical Use), Novosibirsk: Nauka, 1978.
7. **Anisko, T.**, and Lindstrom, O.M., Seasonal Changes are in Cold Boldness of *Rhododendron* L. 'Catawbiense Boursault', Reared under Continuous and Periodic Water Pressure, *J. Amer. Soc. of Hort. Science*, 1996, vol. 121, pp. 301–306.
8. **Chalker-Scott, L.**, Environmental Significance of Anthocyanins in Plant Stress Responses, *Photochemistry and Photobiology*, 1999, vol. 70, pp. 1–9.
9. **Cockell, C.S.**, Ultraviolet Radiation, Evolution and the π-electron System, *Biol. J. Linnean Soc.*, 1998, vol. 63, pp. 449–457.
10. **Dixon, R.A.**, and Paiva, N.L., Stress-Induced Phenylpropanoid Metabolism, *Plant Cell*, 1995, vol. 7, pp. 1085–1097.
11. **Harborne, J.B.**, Leaf Survey of Flavonoids and Simple Phenols in the Genus *Rhododendron*, *Phytochemistry*, 1971, vol. 10, pp. 2727–2744.
12. **Harborne, J.B.**, and Williams, C.A., Advances in Flavonoid Research Since 1992, *Phytochemistry*, 2000, vol. 55, pp. 481–504.
13. **Kaku, S.**, Iwaya, M., and Jeon, K.B., Effects of Temperature of Cold Acclimatization and Deacclimation are in the Flower Buds of Evergreen Azalii, *Physiology of Cage of Factory*, 1983, vol. 24, pp. 557–564.
14. **Leyva, A.**, Jarillo, J.A., Salinas, J., and Martinez-Zapater, J.M., Low Temperature Induces the Accumulation of Phenylalanine Ammonia-lyase and Chalcone Synthase mRNAs of *Arabidopsis thaliana* in a Light-Dependent Manner, *Plant Physiol*, 1995, vol. 108, pp. 39–46.
15. **Lim, C.**, Arora, R., and Townsend, E.C., Comparison of Gompertz and Richards Functions, to Estimate Freezing Damage of *Rhododendron,* the Use of Loss of Electrolyte, *J. Amer. Soc. of Hort. Science*, 1998, vol. 123, pp. 246–252.

16. **Lovelock, C.E.**, Clough, B.F., and Woodrow, I.E., Distribution and Accumulation of Ultraviolet-radiation-absorbing Compounds in Leaves of Tropical Mangroves, *Planta*, 1992, vol. 188, no. 2, pp. 143–154.
17. **Taylor, J.R.**, An Introduction to Error Analysis, California: Univ. Sci., 1982.
18. **Wand, S.J.E.**, Concentration of Ultraviolet-B Radiation Absorbing Compounds in Leaves of a Range of Fynbos Species, *Vegetatio*, 1995, vol. 116, pp. 51–61.
19. **Winkel-Shirley, B.**, Flavonoid Biosynthesis. A Colourful Model for Genetics, Biochemistry, Cell Biology, and Biotechnology, *Plant Physiol*, 2001, vol. 126, pp. 485–93.

Ботанічний сад ім. акад. О. В. Фоміна
Київського національного університету імені Тараса Шевченка,
ННЦ «Інститут біології»

Надійшла 13.06.2013

УДК 581.543:582.912.42

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА НАКОПЛЕНИЯ ФЛАВОНОИДОВ У РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ РОДА *RHODODENDRON* L. КАК МАРКЕРОВ АККЛИМАТИЗАЦИОННЫХ РЕАКЦИЙ

Т.Н. Калита

Ботанический сад им. акад. О.В. Фомина Киевского национального университета имени Тараса Шевченка, ННЦ «Институт биологии»

Проведено определение количественного содержания флавоноидов у видов рода *Rhododendron* L. в течение вегетационного периода. Установлена количественная зависимость содержания флавоноидов в зависимости от фазы онтогенеза. Динамика содержания флавоноидов рассматривается как один из показателей оценки акклиматизационной способности рододенронов при интродукции.

UDC 581.543:582.912.42

SEASONAL DYNAMICS OF FLAVONOID ACCUMULATION IN THE DIFFERENT SPECIES OF *RHODODENDRON* L. AS MARKERS OF ACCLIMATION RESPONSES

T.N. Kalita

O.V. Fomin Botanical Garden of the Kiev National Taras Shevchenko University, Educational and Scientific Centre “Institute of Biology”

Quantitative flavonoids in *Rhododendron* L. species content during vegetative period is analyzed. There was found a quantitative dependence of flavonoids content upon the plant ontogenesis phase. The dynamics of flavonoids content is considered to be an indicator of acclimation ability of rhododendron species during their introduction.