

УДК 582.998.16:581.132.1

ВПЛИВ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СТРЕСУ НА ПІГМЕНТНИЙ КОМПЛЕКС ВИДІВ РОДУ *SOLIDAGO* L. В РЕПРОДУКТИВНИЙ ПЕРІОД

Станецька Д. М.¹, Коваль І. В.², Джуренко Н. І.², Паламарчук О. П.², Косик О. І.¹

Вплив високотемпературного стресу на пігментний комплекс видів роду Solidago L. в репродуктивний період. — Д. М. Станецька¹, І. В. Коваль², Н. І. Джуренко², О. П. Паламарчук², О. І. Косик¹ — Досліджено зміну вмісту фотосинтетичних пігментів видів роду *Solidago* L. за умов високотемпературного стресу. З'ясовано що, вид *S. canadensis* є більш адаптованим у порівнянні з *S. virgaurea*, за рахунок збільшення вмісту хлорофілу *b* та зменшення співвідношення хлорофілу *a* до хлорофілу *b*.

Ключові слова: хлорофіл *a*, хлорофіл *b*, стрес, золотарник.

Адреса: ¹ – ННЦ «Інститут біології», кафедра фізіології та екології рослин, вул. Володимирська, 64, Київ, 03033, Україна, e-mail: stanetska@mail.ru; ² – Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка, вул. Тімірязєвська, 1, Київ, 01014, Україна, e-mail: medbotanica@ukr.net.ua

Effect of high stress on the pigment complex of species of the genus Solidago L. in the reproductive period. — D. Stanetska¹, I. Koval², N. Dzhenenko², O. Palamarchuk², O. Kosyk¹. — The changing content of photosynthetic pigments of the genus *Solidago* L. by conditions of high stress is investigated. It is shown that type *S. canadensis* is more adapted compared with *S. virgaurea* by increasing of chlorophyll *b* content and reduction the ratio of chlorophyll *a* to chlorophyll *b*.

Key words: chlorophyll *a*, chlorophyll *b*, stress, goldenrod.

Address: ¹ – Educational Research Center «Institute of Biology» 64, Volodymyrs'ka St., Kyiv, 03033, Ukraine, e-mail: stanetska@mail.ru; ² – M.M. Grishko National Botanical Garden of National Academy of Sciences of Ukraine, 1, Timiryazevska St., Kyiv, 01014, Ukraine, e-mail: medbotanica@ukr.net.ua

Вступ

В умовах глобального потепління клімату досить актуальними є дослідження, присвячені вивченню дії високих температур на життєдіяльність рослинних організмів. Адаптаційні процеси у рослин до стресових факторів значною мірою залежать від оптимального функціонування асиміляційного апарату, одним з показників стану якого є рівень фотосинтетичних пігментів та їх співвідношення [27]. Вивчення особливостей функціонування пігментного апарату досліджуваних рослин має велике значення для з'ясування фізіолого-біохімічних механізмів адаптації до змін умов навколишнього середовища.

В роботах ряду авторів [4, 8, 9, 11, 14, 15] зазначається, що пігментний комплекс рослин виявляє значну чутливість до несприятливих факторів навколишнього середовища. Проведені дослідження вмісту фотосинтетичних пігментів використані для оцінки екологічного стану місцезростань рослин, взаємодії рослини з умовами довкілля, аналізу реакції рослин на зміну умов вирощування. Особливо актуальні ці дослідження можуть бути використані для з'ясування оптимальних умов культивування інтродукованих лікарських рослин.

Види роду *Solidago* Linnaeus, 1753 ще з давніх часів використовуються як лікарська сировина [6, 18] так у декоративному садівництві [1, 7, 17, 24]. За наявності

значного вмісту вторинних метаболітів золотарник застосовують для лікування хронічних запалень нирок і сечового міхура, подагри й поліартриту, жовчнокам'яної хвороби, жовтяниці, діареї, гематурії, бронхіальної астми та туберкульозу легень тощо [2, 23, 25].

Вміст зелених пігментів, як найважливіший компонент фотосинтетичного апарату, є показником потенційної стійкості до високотемпературного стресу інтродукованих видів.

Метою роботи було дослідження вмісту фотосинтетичних пігментів (хлорофілів *a* та *b*) та їх співвідношення в листових пластинках видів роду *Solidago* в репродуктивний період для з'ясування специфіки адаптації їх до дії високих температур.

Матеріал та методи досліджень

Об'єктами наших досліджень були види роду *Solidago*: золотарник канадський (*Solidago canadensis* L.) та золотарник звичайний (*Solidago virgaurea* L.) Рослини вирощували за умов постійного зволоження на колекційній ділянці «Лікарські рослини» Національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка НАН України.

Відбір зразків рослинного матеріалу проводили у такі фази розвитку: бутонізація, цвітіння, плодоношення. Фенологічні спостереження проводили за загальноприйнятою методикою [19].

Для досліджень, пігменти (хлорофіл *a*, *b*) екстрагували етанолом (за Вінтерманс де Мотс). Вміст

фотосинтезуючих пігментів визначали спектрофотометричним методом [20] на спектрофотометрі SPEKOL 1500 з фотометричною правильністю – 0,004, при довжинах хвиль 665 та 649 нм. Зразки фітоматеріалу відбирали з трьох ярусів – нижнього, середнього і верхнього, з середньої частини листкової пластинки. Біохімічні дослідження проводили в 3-кратній повторності в кожному варіанті досліду. Наведені дані представлені в перерахунку на сиру речовину. Результати обробляли статистично [16] за допомогою комп'ютерної програми «Microsoft Excel 98», стандартні відхилення не перевищували 5%.

Результати досліджень та їх обговорення

В результаті проведених досліджень встановлено, що вміст хлорофілів у значній мірі залежить від видової специфіки, фази розвитку рослин та суттєво змінюється за впливу високотемпературного стресу.

За фенологічними спостереженнями видів роду *Solidago* виділено вегетативний та репродуктивний періоди. Дослідження проводили у репродуктивному періоді, оскільки саме у цей час рослини найбільш чутливі до різнобічних стресових факторів. Репродуктивний період включає в себе наступні фази: бутонізації, цвітіння і плодоношення. Початок фази бутонізації у рослин *Solidago canadensis* L. відмічався з другої декади червня (17.06), у рослин *Solidago virgaurea* L. – з кінця червня (26.06) (рис. 1).

Фаза цвітіння досліджених рослин припадає на період з середини другої декади липня до третьої декади серпня, що у 2010 р., за даними Українського гідрометеорологічного центру, співпала з літньою спекою. В цей період зафіксовано високі температури, які в окремі дні перевищували 32 °С (рис. 2).

Під час бутонізації середньодобова температура коливалась в межах від 17 °С до 28 °С.

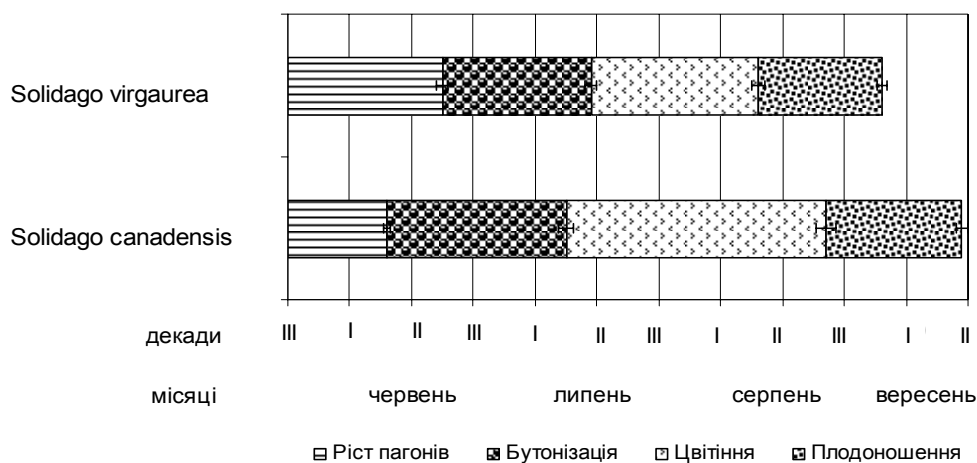


Рис. 1. Фенологічні спектри видів *Solidago canadensis* L. і *Solidago virgaurea* L.



Рис. 2. Графік середньодекадних добових температур у період досліджень.

Температурні піки припадали на фазу цвітіння досліджуваних рослин. Середньодобова температура у

фазі цвітіння *S. canadensis* фіксувалась на рівні понад 30 °С. Цвітіння рослин даного виду тривало в серед-

ньому 42 доби. Помітно коротша фаза цвітіння у *S. virgaurea* (27 діб) співпала з дією максимальних середньодобових температур, з піками до 29–31,9°C.

З другої декади серпня у досліджуваних видів починається фаза плодоношення, яка у *S. canadensis* триває 22 доби, а у *S. virgaurea* 20 доби і саме в цей період відмічено середньодобове зниження температури повітря до 14,3°C.

Проведені дослідження вмісту зелених пігментів показали, що у листках *S. virgaurea* сума хлорофілів була максимальною у фазу бутонізації, і

складала 2,6 мг/г (рис. 3). У фазу цвітіння даного виду цей показник знизився майже в 5 разів і становив 0,48 мг/г. У листках рослин *S. canadensis* у цій фазі, навпаки, сума хлорофілів сягала максимального рівня (3,9 мг/г).

При зниженні середньодобових температур, що співпало з фазою плодоношення, сума зелених пігментів у листках *S. virgaurea* зросла у 5 разів порівняно з фазою цвітіння. Однак сума хлорофілів у листках *S. canadensis* у фазі плодоношення зменшилась до 2,48 мг/г.

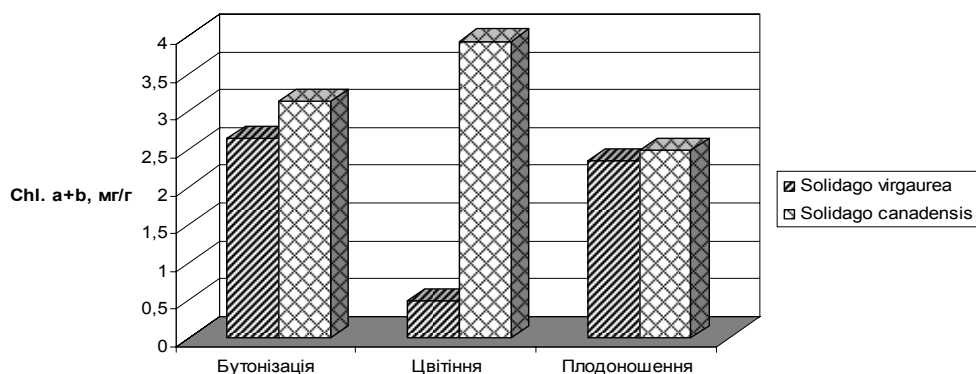


Рис. 3. Вміст хлорофілів a і b в листках *Solidago canadensis* L. і *Solidago virgaurea* L. в різні фази вегетації.

Слід відмітити, що в репродуктивному періоді рослин *S. canadensis* вміст хлорофілів a і b вищий порівняно з *S. virgaurea*, що вірогідно є видовою ознакою.

Дослідження компонентного складу зелених пігментів показали, що достатньо високий вміст хлорофілу a види золотарників містять у фазі бутонізації (*S. canadensis* – 2,18 мг/г, *S. virgaurea* – 1,97 мг/г). В умовах високотемпературного стресу, для обох досліджених видів спостерігалась чітка тенденція до зменшення вмісту хлорофілу a у фазі цвітіння, особ-

ливо це помітно у рослин *S. virgaurea* (рис. 4). Відомо, що хлорофіл a є менш стійкою сполукою у порівнянні з хлорофілом b, оскільки він не лише поглинає світлову енергію, але й приймає її від інших фотосинтетичних пігментів світло збиральних комплексів фотосистем [13, 21, 22].

У фазі плодоношення кількість хлорофілу a, зі зниженням середньодобових температур, підвищувалась у 13,7 разів у листках *Solidago virgaurea* та у 1,3 рази у *Solidago canadensis* в порівнянні з попередньою фазою.

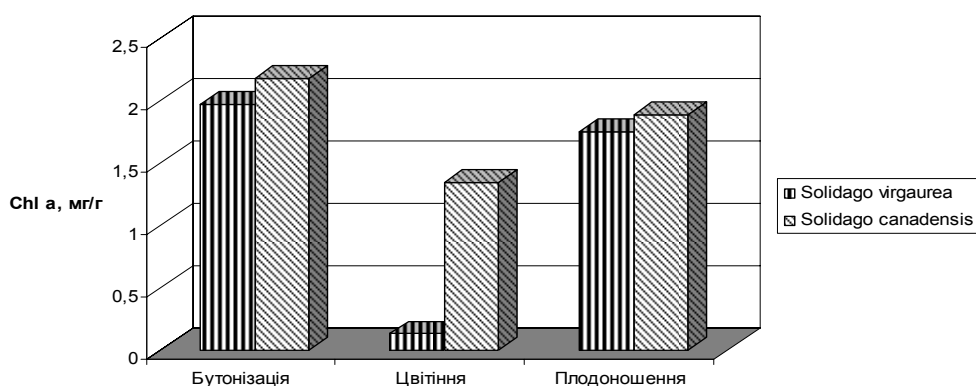


Рис. 4. Вміст хлорофілу a в листках *Solidago canadensis* L. і *Solidago virgaurea* L. в різні фази вегетації.

Аналіз отриманих даних свідчить, що вміст хлорофілу a у листках *S. virgaurea* на відміну від *S. canadensis* зазнає більш помітного деструкційного впливу високотемпературного стресу, що відобразилось на його

зменшенні вмісту у 15 разів. Вміст хлорофілу a у листках *S. canadensis* в даних умовах залишається достатньо високим, що забезпечує і розширює можливості фізіологічної адаптації цього виду в цілому.

Дослідження вмісту хлорофілу *b* у листках *S. virgaurea* виявило, що протягом репродуктивного періоду його рівень був у межах від 0,35 мг/г до 0,67 мг/г, знижуючись за впливу дії високих температур у фазу цвітіння. (рис. 5).

Відмічено, що кількість хлорофілу *b* у листках *S. canadensis* за умов стресу значно підвищується – у 2,7 рази, що, імовірно, є специфічною пристосувальною видовою особливістю, яка компенсує зниження рівня хлорофілу *a* і забезпечує високу інтенсивність фотосинтезу.

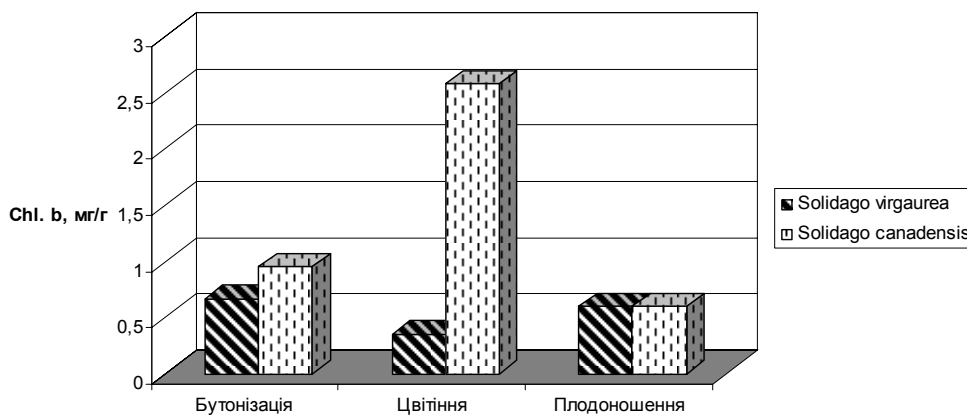


Рис. 5. Динаміка вмісту хлорофілу *b* в листках *Solidago canadensis* L. і *Solidago virgaurea* L.

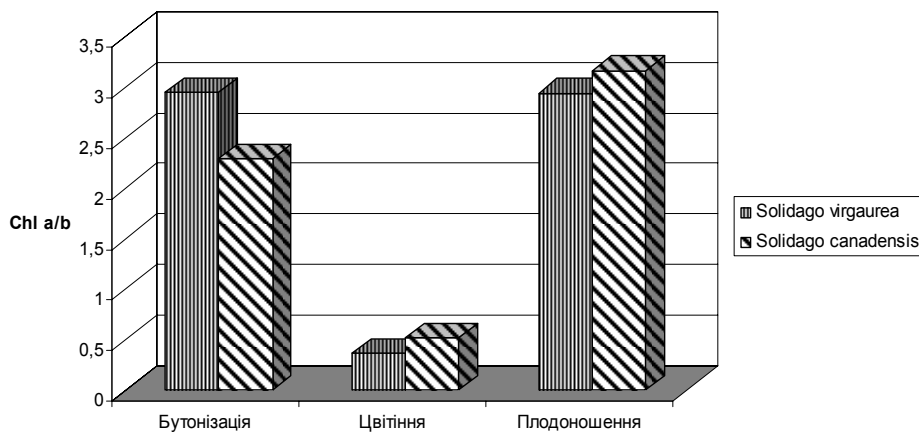


Рис. 6. Співвідношення хлорофілів *a* і *b* в листках *Solidago canadensis* L. і *Solidago virgaurea* L. у репродуктивний період.

За численними дослідженнями підвищення вмісту хлорофілу *b*, молекули якого більш гідратовані і мають міцні зв'язки з водою, є проявом адаптації фотосинтетичної системи до дії несприятливих умов навколишнього середовища [21, 22]. Більшу стабільність вмісту хлорофілу *b* можна також пояснити і функціонуванням регуляторних механізмів, які впливають на міцність зв'язку з білково-ліпоїдним комплексом в умовах підвищення температури [26].

Показовим проявом дії несприятливих чинників, у тому числі і високих температур, є варіабельність співвідношення хлорофілів *a* і *b* в репродуктивний період. Співвідношення хлорофілів *a/b* може характеризувати фотосинтетичну діяльність рослин, а, за умов посухи, слугувати маркером скринінгу стійкості [5, 12]. Так, у листках обох видів золотарників у фазі цвітіння показник співвідношення хлорофілів *a* і *b* зафіксовано на мінімальному рівні, що пов'язано з впливом високих температур у цей період. У інші

фази вегетації цих видів показник співвідношення хлорофілів *a* і *b* у листках *S. canadensis* у фазі бутонізації становив 2,29, у фазі плодоношення – 3,17, а у листках *S. virgaurea* 2,95 і 2,94 – у відповідні фази.

Слід зазначити, що одержані нами результати узгоджуються з даними інших авторів, згідно яким під дією теплового стресу у листках рослин помітно зменшується показник співвідношення хлорофілів *a/b*, що свідчить про перевагу вмісту хлорофілу *b*, тобто вони мають велику пігментну антену [3, 10, 27, 28].

Висновки

1. В умовах Полісся та Лісостепу України фенологічні спостереження показали, що репродуктивний період рослин виду *Solidago virgaurea* триває 71 добу, *Solidago canadensis* – 93 доби. Співставлення феноспектру та температурного графіку виявило, що дія максимальних літніх температур припадає на фазу цвітіння обох досліджених видів золотарників.

2. Вміст суми хлорофілів у листках виду *S. canadensis* в репродуктивний період, дещо вищий порівняно з *S. virgaurea*. За дії температурного фактору сума хлорофілів у листках виду *S. canadensis* значно підвищується, а у *S. virgaurea*, дещо знижується.

3. Вміст хлорофілу *a* у листках *S. virgaurea* на відміну від *S. canadensis* зазнає більш помітного негативного впливу високотемпературного стресу (фаза цвітіння).

4. В стресових умовах кількість хлорофілу *b* значно підвищується у листках *S. canadensis*, що

компенсує зниження рівня хлорофілу *a* і забезпечує високу інтенсивність фотосинтезу цього виду.

5. Виявлено, що при дії високих температур показник співвідношення хлорофілів *a* і *b*, обох видів золотарників, був мінімальним (фаза цвітіння).

6. Аналіз вмісту зелених пігментів показав, що за умов високотемпературного стресу, вид *S. canadensis* є більш адаптованим у порівнянні з видом *S. virgaurea*.

1. Аксёнов Е. С. Декоративное садоводство для любителей и профессионалов. Травянистые растения / Е. С. Аксёнов, Н. А. Аксёнова – М.: АСТ-ПРЕСС, 2001. – 110 с.
2. Батюк В. С. Флавоноиды *Solidago virgaurea* L. и *S. canadensis* L. и их фармакологические свойства / В.С. Батюк, Е.А. Василенко, С.Н. Ковалева // Растительные ресурсы. – К., 1988. – Т.24 (1). – С.92–99.
3. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем: Пер. с нем. / Под ред. Р. Шуберта. – М.: Мир, 1988. – 350 с.
4. Гапоненко В. И. Влияние внешних факторов на метаболизм хлорофилла / В.И. Гапоненко. – Минск: Наука и техника, 1976. – 240 с.
5. Гетко Н. В. Растения в техногенной среде / Н.В. Гетко – Минск: Наука и техника, 1989. – 208 с.
6. Губергриц А. Я. Лекарственные растения Донбасса / А.Я. Губергриц, Н.И. Соломченко – Донецк, 1990. – С.74–76.
7. Декоративные растения СССР / [Головкин Б.Н и др.] – М.: Мысль, 1986. – С. 282–283.
8. Долгова Л. Г. Хлорофилл – показатель устойчивости растений к условиям загрязнения / Л.Г. Долгова, Т.А. Мазунина // Матер. V Міжнар. науково-практ. конф. «Наука і освіта». – Д., 2002. – Т.6. – С. 24.
9. Долгова Л. Г. Содержание зеленых пигментов в листьях чубушников / Л.Г. Долгова // Матер. V Міжнар. науково-практ. конф. «Наука і освіта» – Д., 2004. – Т.6. – С. 61.
10. Дубицький О. Фотохімічна активність хлоропластів листків озимої пшениці за різних умов / О. Дубицький Г. Габріель, К. Ткачук // Вісник Львівського університету. Серія біологічна. – Львів, 2007. Вип. 43. – С. 233–240.
11. Жаростійкість сортів пшениці різного екологічного походження / [Таран Н.Ю та ін.] // Укр. ботан. журнал. – 1996. Т. 53, № 1–2. – С. 42–47.
12. Коваль І. В. Біоекологічні особливості видів роду *Rosa* L. у зв'язку з інтродукцією в Степовому Придніпров'ї: дис. ... кандидата біол. наук: 03.00.05 / Коваль І.В. – Д., 2010. – 240 с.
13. Коршиков И. И. Адаптация растений к условиям техногенного загрязнённой среды / Коршиков И.И. – К.: Наук. думка. 1996. – 239 с.
14. Кривенцов В. И. Кількісні зміни фотосинтетичних пігментів і фенольних речовин в листках аличі в умовах посухи / В.І. Кривенцов, Р.А. Пількевич // Онтогенез рослин у природі та трансформованому середовищі: матеріали міжнар. конф. – Львів, 1998. – 127 с.
15. Кудинов М. А. Внешняя среда и формирование устойчивости у древесных растений. – М.: Наука и техника. 1986. – 167 с.
16. Лакин Г. Ф. Биометрия: Учебное пособие для биологических специальностей вузов. – М.: Высш. школа, 1980. – 293 с.
17. Маланкина Е. Л. Лекарственные растения в ландшафте / Маланкина Е.Л. – М.: Вече, 2006. – С. 67–71.
18. Мамчур Ф. И. Довідник з фітотерапії / Мамчур Ф.І. – К.: Здоров'я, 1984. – С. 119–120.
19. Методика фенологічних спостережень у ботанічних садах. СРСР. 1979.
20. Мусієнко М. М. Спектрофотометричні методи в практиці фізіології біохімії та екології рослин. / М.М. Мусієнко, Т.В. Паршикова, П.С. Славний. – К.: Фотосоціоцентр. 2001. – 200 с.
21. Николаевский В. С. Биологические основы газоустойчивости растений / Николаевский В.С. – Новосибирск: Наука, 1979. – 280 с.
22. Оксенюк У. А. Пігментний комплекс мохів як показник стану антропогенно трансформованого середовища / У.А. Оксенюк // Наукові основи збереження біотичної різноманітності: Матер. Десятої наукової конференції молодих учених. – Львів, 2010. – 164 с.
23. Палов М. Энциклопедия лекарственных растений / Палов М. – М.: Мир, 1998. – 467 с.
24. Полетико О. М. Декоративные растения открытого грунта. Справочник по номенклатуре родов и видов. / О.М. Полетико, А.П. Мищенко // – Л.: Наука. 1967. – 166 с.
25. Сушко Л. П. Використання лікарських рослин Прикарпаття у фітотерапії / Л.П. Сушко, М.М. Матис. // 2008. РОЗДІЛ III. Ботаніка. – С. 250–253.
26. Тарабрін В. П. Динаміка вмісту пігментів пластид в листках деревних рослин залежно від місцезростання / В.П. Тарабрін, А.А. Ігнатенко // Інтродукція та експериментальна екологія рослин. – Донецьк: Дон. ботсад, 1972. – Вип. 1. – С. 142–149.
27. Фомішина Р. М. Роль хлорофілази в адаптації рослин до умов освітлення / Р.М. Фомішина, О.О. Сиваш, Т.О. Захарова, О.К. Золотарьова // Укр. ботан. журнал. – 2009. Т. 66, № 1. – С. 42–47.
28. Чемерис І. А. Характеристика фотосинтетичної функції сосни звичайної (*Pinus sylvestris*) в умовах антропогенного навантаження / І.А. Чемерис // Екологія та ноосферологія. 2007. Т. 18, №1–2. С. 28–35.

Отримано: 8 лютого 2011 р.

Прийнято до друку: 22 лютого 2011 р.