

Родінкова В. В. - доцент кафедри фармації Вінницького національного медичного університету, кандидат біологічних наук, e-mail: vikarodi@gmail.com

Кременська Л. В. - асистент кафедри фармації ВНМУ ім. Пирогова, e-mail: skripchenko.l@mail.ru

Гащенко А. О. - студентка III курсу фармацевтичного факультету ВНМУ ім. Пирогова.

Рецензент: кандидат біологічних наук, доцент кафедри біології та екології Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника Миленька М. М.

УДК 582.475-15:631.4

МОРФО-ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН В УМОВАХ АЕРОТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ

Т. В. Морозова, Л. І. Курнична

*Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
кафедра екології та біомоніторингу, e-mail: tetmoroz@rambler.ru*

Виявлено специфічність щодо вмісту окремих пігментів та сполук нітрогену у листках деревних порід в умовах аеротехногенного забруднення, показано зменшення морфометричних параметрів листків, збільшення відсотку їх некротизації та зниження інтенсивності фотосинтезу в умовах хронічного впливу промислових поллютантів.

Ключові слова: аеротехногенне забруднення, біоіндикація.

Morozova T. V., Kurnychna L. I. Morphological and physiological characteristics of tree species under aerotechnogenic pollution. Discovered specificity the content of some pigments and nitrogen compounds in the leaves of trees in aerotechnogenic pollution reduction shown morphometric parameters leaves an increasing percentage of nekrosis and reduce the intensity of photosynthesis in conditions of chronic effects of industrial pollutants.

Key words: aerotechnogenic pollution bioindication.

Вступ

Промислове забруднення атмосферного повітря сягає в локальних масштабах рівня екологічно значимого фактору. Відомо, що абіотичні фактори урбоєкосистеми формують певні адаптаційні ознаки біоти. Найчастіше пристосування рослин проявляються у фізіологічних та морфологічних змінах, насамперед, зміні інтенсивності фотосинтезу, пігментного комплексу та вмісту нітрогену в листках деревних порід. Характеристика фізіологічних та морфологічних параметрів тканин листка дає об'єктивну оцінку стану асиміляційного апарату рослин у досліджуваних умовах, враховуючи це, можна оцінити стан навколишнього середовища [2, 4, 8]. Окремі види рослин дають змогу виявити специфічні особливості середовища, як правило, це стенобіонтні види, які називають індикаторами. Однак у ролі індикатора забрудненого середовища можуть виступати і еврибіонтні види [9]. Наприклад, такі деревні породи як *Acer platanoides* L. та *Tilia platyphollis* Scop. є досить чутливими до впливу промислових поллютантів. Крім того, ці види часто використовують для озеленення міста, для насаджень вздовж доріг, для створення алей, використовують і для посадки санітарно-захисних зон, тому доцільним є використання даних деревних порід для дослідження екологічного стану урбоєкосистем.

Матеріали і методи

Дослідження проводили у моніторингових точках, що знаходилися у міських культурбіогеоценозах. Моніторингові площадки визначали з урахуванням ступеня антропогенного навантаження. Пости спостереження розміщали згідно ситуаційної карти-схеми зон впливу підприємства. Пробні площадки знаходилися на різній віддалі від джерела забруднення і відрізнялися рівнем аеротехногенного забруднення. Для вивчення впливу викидів конкретного підприємства на урбоєкосистему проводили оцінку екологічних параметрів у двох зонах: санітарно-захисна зона (СЗЗ) та житлова зона (ЖЗ). Для дослідження виділяли тест-групи дерев з максимально близькими морфометричними характеристиками. Визначення площі листка проводили ваговим методом. Вміст пігментів визначали спектрофотометрично. Інтенсивність фотосинтезу визначали за кількістю утвореної органічної речовини в рослинах, зокрема за вмістом карбону.

Результати та обговорення

Відомо, що абіотичні фактори урбоекосистеми формують певні адаптаційні ознаки біоти. Насамперед це проявляється у морфо-фізіологічних змінах рослин. У дослідженнях деяких авторів [5-7, 9] показано, що збільшення вмісту промислових поллютантів у атмосферному повітрі може спричинити зміни морфологічних параметрів листків деревних порід, які зростають в умовах промислового забруднення. Як показали наші дослідження, у всіх реперних точках морфометричні параметри *T. platyphollis* зменшувались порівняно з контролем. Так, мінімальне значення довжини листка *T. platyphollis* 6,9 см виявлено у рослин, які зростають у СЗЗ навколо хлібокомбінату. даний показник у 1,7 рази був меншим за контрольне значення, у цій же точці дослідження відмічено мінімальне значення ширини листка – 7,1 см при значенні 10,7 см у контролі. В цілому достовірно зменшення довжини і ширини листової пластинки у даного виду виявлено у рослин, які ростуть у СЗЗ навколо всіх досліджених промислових підприємств. Довжина листків *T. platyphollis* достовірно зменшується як у СЗЗ так і у ЖЗ. На відміну від довжини листка його ширина достовірно меншою була у СЗЗ навколо цегельного, машинобудівного заводів, гумовзуттєвої фабрики, хлібокомбінату та у ЖЗ навколо цегельного, машинобудівного заводів та гумовзуттєвої фабрики. Наші дані узгоджуються з наявними в літературі, в яких вказується на зменшення морфометричних показників листків *T. platyphollis* в умовах забруднення атмосферного повітря поллютантами [3, 8].

Подібна тенденція відмічена і для *A. platanoides*, однак достовірно зменшення довжини листків даного виду виявлено у СЗЗ навколо цегельного та хімічного заводів, а ширини – у СЗЗ навколо хлібозаводу, хімічного заводу. Найменша довжина і ширина листків спостерігається у рослин, які ростуть у СЗЗ навколо хімзаводу і становлять 9,3 (довжина) і 10,3 см (ширина). Крім того достовірно зменшення довжини листка відмічено у рослин, які росли у СЗЗ навколо цегельного заводу, в той час як ширина залишалася на рівні контрольних значень. Цікавим виявився той факт, що у *A. platanoides*, які зростали у ЖЗ навколо хлібокомбінату відмічено достовірно зменшення як довжини так і ширини листової пластинки. На нашу думку, це може бути пов'язано не лише з речовинами, що містяться у викидах даного підприємства, а й можливим синергізмом речовин, що знаходяться у викидах хлібозаводу та викидах автотранспорту. В інших точках дослідження морфометричні показники листків даного виду залишалися на рівні контрольних значень.

Отже, проведені нами дослідження дозволяють зробити припущення про те, що промислові поллютанти, наявні у викидах джерел забруднення машинобудівного заводу та хлібокомбінату можуть спричинити зміни морфометричних параметрів *T. platyphollis*. Зменшення довжини і ширини лиска *A. platanoides* – викликається речовинами, які містяться у викидах хлібокомбінату та хімічного заводу.

Зменшення морфометричних параметрів листків призводить до зменшення площі асиміляційної поверхні листків. Визначення площі листової поверхні є одним із ефективних методів оцінки екологічного стану територій [2]. Саме тому подалі нами визначено площу листка деревних порід у досліджуваних умовах. Цікавим виявився той факт, що практично в усіх точках дослідження за виключенням ЖЗ навколо машинобудівного заводу відмічено достовірно зменшення даного показника. Зменшення площі листової пластинки *T. platyphollis* спостерігалось на тлі достовірного зменшення морфометричних параметрів листків. Найменше значення площі листової пластинки поверхні відмічено у рослин в СЗЗ навколо хлібокомбінату, даний показник був меншим контрольного у три рази. Крім того, нами виявлена деяка особливість досліджуваного показника, а саме у моніторингових точках СЗЗ та ЖЗ навколо цегельного заводу та гумовзуттєвої фабрики площа листової поверхні *T. platyphollis* практично не відрізнялася, хоча відмічено достовірно її зменшення по відношенню до контрольних значень. Водночас у моніторингових точках житлової зони навколо хлібокомбінату та машинобудівного заводу спостерігалася достовірна відмінність по відношенню до досліджуваних показників у СЗЗ.

Дещо інша тенденція виявлена для *A. platanoides*: достовірно зменшення площі листової пластинки виявлено у ЖЗ навколо машинобудівного заводу, а також у зоні впливу хлібокомбінату та хімічного заводу. Найменше значення досліджуваного показника відмічено у рослин в межах СЗЗ навколо хімічного заводу, це відбувається за рахунок достовірного зменшення як довжини, так і ширини листка. Нами виявлено достовірно зменшення площі листової поверхні *T. platyphollis* у межах СЗЗ навколо машинобудівного заводу та хлібокомбінату у порівнянні з досліджуваним показником у рослин в ЖЗ. Водночас для *A. platanoides* подібна тенденція відмічена в зоні впливу цегельного заводу, гумовзуттєвої фабрики та хімічного заводу. Отже, проведені нами дослідження засвідчили зменшення розмірів асиміляційного апарату *A. platanoides* у зоні впливу хімічного заводу та хлібокомбінату, а *T. platyphollis* у зоні впливу машинобудівного заводу. Це підтверджується результатами аналізу площі листової поверхні.

Дослідженнями деяких вчених [1-3, 5-7] показано, що промислові поллютанти можуть спричинити появу некрозів на листках деревних рослин, які зростають в умовах промислового забруднення. Саме тому наступним етапом наших досліджень було визначення відсотку некротизації листків *A. platanoides* і *T. platyphollis*, які ростуть в зоні впливу промислових підприємств міста Чернівці. У всіх досліджених точках спостерігалася наявність некротичних плям на листках дослідних рослин. Однак, найбільший відсоток пошкодження листових пластинок некрозами спостерігається у СЗЗ навколо машинобудівного заводу, він складає 76,1 %, що в 5 разів перевищує контрольне значення. В цілому відсоток пошкодженої

тканини листків у *T. platyphollis*, які ростуть у СЗЗ навколо досліджених підприємств становить: цегельного заводу – 58,6 %, машинобудівного заводу – 76,1%, хлібокомбінату – 43,83 %, хімічного заводу – 41,9 %. У рослин, які ростуть в ЖЗ, що прилягають до промислових підприємств також спостерігалось високе значення пошкодження некрозами листків даного виду. Найвищий відсоток пошкодження наявний у ЖЗ поблизу гумововзуттєвої фабрики – 52,7 %, найменший – у ЖЗ поблизу хімічного заводу – 41,9 %. Отже, проведені нами дослідження показали достовірне збільшення відсотку некрозів по мірі наближення до цегельного та машинобудівного заводів.

У *A. platanoides* також спостерігався значний відсоток пошкодження листків некрозами. Максимальне значення досліджуваного показника у даного виду спостерігалось у СЗЗ поблизу машинобудівного заводу і складало 73,7 %. Досить високий відсоток пошкодження виявлено і в СЗЗ неподалік гумовзуттєвої фабрики – 73,4 %, що перевищувало контрольне значення у 2,5 рази. Результати наших досліджень показали, що навіть у ЖЗ навколо досліджених підприємств виявлено достовірне збільшення відсотку некрозів на листках *A. platanoides*. Так найбільший відсоток пошкодження спостерігався у рослин, які ростуть на території житлової зони поблизу гумовзуттєвої фабрики і складав 53,3 % при значенні 29,0 % у контролі. В цілому достовірне збільшення відсотка пошкоджених тканин листків виявлено у деревних рослин даного виду, які зростають у житловій зоні поблизу всіх досліджуваних об'єктів.

У літературі наведені дані [5], що дія промислових забруднень на листки ряду деревних рослин призводить до їх пожовтіння і побуріння. Залежно від відстані до промислових підприємств відсоток пошкодження тканин листової пластинки може становити від 50% до 90%. У наших дослідженнях отримано подібні дані, а саме по мірі наближення до підприємств відмічено достовірне збільшення відсотку некротизованої тканини листка. Отже, проведені нами дослідження дозволяють зробити припущення про пречетність промислового забруднення атмосфери до збільшення відсотка пошкодженої тканини листової поверхні. Крім того, нами показано, що чим ближче деревні рослини знаходяться до промислових об'єктів, тим вищий відсоток пошкодження листків некрозами. Цей факт підтверджує доцільність використання деревних порід *Tilia platyphollis* Scop і *Acer platanoides* L., для проведення біоіндикаційних досліджень промислового забруднення.

Внаслідок впливу промислових поллютантів у рослин часто спостерігається зниження інтенсивності фотосинтезу, порушення пігментного комплексу, особливо вмісту фотосинтезуючих пігментів [8, 9]. Нами відмічено достовірне зменшення інтенсивності фотосинтезу практично у всіх точках дослідження. Найнижчі значення досліджуваного показника виявлено у рослин СЗЗ хімічного заводу, що складала – 8,2 мг вуглецю на дм^2 за год. Натомість у рослин ЖЗ інтенсивність фотосинтезу залишалась на рівні контрольних значень – 28,3, при значенні у контролі – 33,4. Цікавим виявився той факт, що інтенсивність фотосинтезу у листках *A. platanoides*, які ростуть у СЗЗ та ЖЗ поблизу хлібокомбінату є майже однаковими і складають 9,3 та 10,0 мг вуглецю на дм^2 за год відповідно. Подібна тенденція виявлена і для території поблизу машинобудівного заводу, де відмічено достовірне зниження інтенсивності фотосинтезу у листках *A. platanoides* як у межах СЗЗ так і у межах ЖЗ. В цілому спостерігалось достовірне зменшення досліджуваного показника у всіх моніторингових точках дослідження у межах СЗЗ. Інтенсивність фотосинтезу *T. platyphollis* виявилася дещо нижчою ніж у *A. Platanoides* – 22,8 і 33,4 мг вуглецю на дм^2 за год відповідно. Однак, як і для *A. platanoides* виявлено достовірне зменшення досліджуваного показника як у СЗЗ так і у ЖЗ поблизу машинобудівного заводу.

У літературі наявні дані [1, 6, 8], що сполуки сульфуру, карбону, хлору, фтору можуть інгібувати інтенсивність фотосинтезу листків рослин. Однак, у наших дослідженнях відмічено різну реакцію інтенсивності фотосинтезу у листках *Acer platanoides* L. та *Tilia platyphollis* Scop. на поллютанти наявні у викидах цегельного заводу та хлібокомбінату. Так для *T. platyphollis* як у СЗЗ так і у ЖЗ поблизу цегельного заводу показано достовірне зменшення інтенсивності фотосинтезу, в той час як для *A. platanoides* даний показник відрізнявся від контролю лише в СЗЗ. В ореолі впливу джерел забруднення хлібокомбінату спостерігалась інша тенденція, а саме інтенсивність фотосинтезу *A. platanoides* достовірно зменшувалась як у СЗЗ так і в ЖЗ, в той час як у *T. platyphollis* лише в СЗЗ. Отже, можна припустити, що інтенсивність фотосинтезу в листках *T. platyphollis* є чутливим показником до поллютантів, наявних у викидах джерел забруднення хлібокомбінату, а *A. platanoides* – цегельного заводу.

На думку І.І. Коршикова та співавторів [5, 6] зміна вмісту пластидних пігментів може слугувати критерієм стійкості виду до забруднення повітря. Однак численні дослідження виявляють суттєву розбіжність даних. Так, дослідження П.Л. Горчаковського, показують зниження вмісту хлорофілу *a*. А дослідження І.І. Коршикова показують зниження вмісту хлорофілу *b*. Відомо, що зниження інтенсивності фотосинтезу може бути наслідком пошкодження пігментного комплексу листків. Тому наступним етапом дослідження було визначення вмісту фотосинтетичних пігментів (хлорофілів *a*, *b* та каротиноїдів). Нами виявлено, що викиди промислових підприємств суттєво впливають на зниження вмісту фотосинтетичних пігментів у листках *A. platanoides*, які ростуть у межах СЗЗ навколо досліджуваних підприємств. Так мало місце достовірне зменшення вмісту хлорофілу *a* поблизу практично всіх досліджуваних підприємств, за виключенням території машинобудівного заводу. Мінімальні значення вмісту хлорофілу *a* відмічено у листках рослин, що знаходяться у зоні впливу хлібокомбінату і становили 54 % від контролю. Подібна тенденція відмічена і для вмісту хлорофілу *b*.

Однак на відміну від хлорофілу *a* вміст хлорофілу *b* достовірно зменшувався від контролю у всіх без виключення точках дослідження. Що стосується вмісту каротиноїдів, то відмічено достовірне зменшення їх вмісту у всіх без виключення точках дослідження. Більш виражені зміни виявлені у вмісті хлорофілу *b* у порівнянні з каротиноїдами.

У наших дослідженнях встановлено, більш виражені зміни у вмісті фотосинтетичних пігментів у листках клена гостролистого у житловій зоні неподалік промислових підприємств. Так, у всіх досліджуваних точках спостерігалось зниження вмісту пігментів як хлорофілів *a*, *b* так і каротиноїдів у порівнянні з такими показниками у санітарно-захисній зоні. Найменший вміст хлорофілу *b*. Спостерігався у рослин, що зростають у зоні впливу машинобудівного заводу та гумовзуттєвої фабрики, і складала 44 % від контролю. Вміст хлорофілу *a* коливався від 0,61 мг на 100 г сухої маси (у житловій зоні поблизу хлібокомбінату) до 1,06 мг на 100 г сухої маси у контролі. Встановлено більш виражені зміни у вмісті хлорофілу *a* та каротиноїдів у листках *A. platanoides*, ніж у вмісті хлорофілу *b*. А саме вміст хлорофілу *a* коливався від 53 % до 87 % від контролю, вміст хлорофілу *b* від 44 % до 64 %, в той час як вміст каротиноїдів – від 47 % до 54 %.

Наші дані узгоджуються з даними літератури, в яких вказується, що промислові емісії, які містять сірчаний ангідрид та хлор більшою мірою руйнують хлорофіл *a* [6]. Водночас [4] відзначають вищу лабільність хлорофілу *b*. Як свідчать дані літератури, збільшення вмісту хлорофілу в листках деревних порід, які зростають у СЗЗ, або безпосередньо на території промислового об'єкту проявляється як адаптивна специфічна реакція на стрес [9]. Аналіз вмісту фотосинтетичних пігментів у листках рослин *T. platyphollis*, що зростають у зоні досліджуваних точок міста Чернівці, також показав достовірне зменшення їх вмісту. Мінімум накопичення пігментів спостерігався поблизу гумовзуттєвої фабрики: хлорофілу *a* – 0,35 (у контролі – 0,91); хлорофілу *b* – 0,27 (у контролі – 0,37); каротиноїдів – 0,28 (у контролі – 0,52) мг на 100 г сухої маси. Найменший вміст пігментів у тканинах рослин було виявлено в селітебельній зоні неподалік хлібокомбінату (0,43 мг на 100 г сухої маси – вміст хлорофілу *a*; 0,25 – вміст хлорофілу *b*; 0,33 – вміст каротиноїдів). Крім того, мало місце порушення співвідношення вмісту хлорофілів *a* та *b* у всіх СЗЗ досліджуваних підприємств ($a:b < 1$). Аналіз даних по визначенню вмісту хлорофілів у листках *A. platanoides* та *T. platyphollis* показав, що у *A. platanoides* більш чутливим виявився хлорофіл *b*, в той час як для *T. platyphollis* – хлорофіл *a*.

Зменшення вмісту фотосинтетичних пігментів у листках обох досліджуваних видів неподалік хлібокомбінату спостерігаються на тлі зниження інтенсивності фотосинтезу та морфометричних показників листків рослин. Це може свідчити про високе поллютантне навантаження на атмосферу, яке обумовлюється, можливо, синергічними ефектами речовин, що містяться у викидах вище вказаного підприємства, а також викидах автотранспорту. Потрібно враховувати і той факт, що дане підприємство розташоване неподалік центрального автовокзалу міста Чернівці та вулиці, де спостерігається висока інтенсивність руху автотранспорту. Отже, проведені нами дослідження свідчать, що вміст фотосинтетичних пігментів можна віднести до неспецифічних інтегральних ознак забруднення довкілля. Вміст хлорофілів залежить від виду рослин і зменшується залежно від сумарного навантаження. Крім того, викиди промислових підприємств можуть спричинити зменшення вмісту пігментів у листках деревних порід і як наслідок спостерігається зниження інтенсивності фотосинтезу.

Відомо, що поллютантне навантаження на атмосферу може призводити до порушення вмісту у листках рослин загального нітрогену, зокрема, спостерігається збільшення вмісту небілкової форми нітрогену [2, 5]. Тому подальше нами було проведено визначення вмісту нітрогену у листках деревних порід *A. platanoides* та *T. platyphollis*, що зростають в умовах аеротехногенного забруднення. У листках *T. platyphollis*, у моніторинговій точці поблизу гумовзуттєвої фабрики вміст загального азоту залишався на рівні контрольних значень. Достовірно зменшення вмісту загального азоту спостерігалось у СЗЗ та ЖЗ навколо цегельного заводу та хлібокомбінату. Натомість значно змінювався вміст окремих фракцій. Так, вміст небілкового нітрогену у листках даної деревної породи достовірно збільшувався у всіх точках дослідження. Максимальне значення даного показника відмічено у листках *T. platyphollis*, що зростають у СЗЗ поблизу машинобудівного заводу. Як вказано в літературі [4] вміст небілкових форм нітрогену в листках може розглядатися як ознака порушення азотного метаболізму. Крім того, в літературі обговорюється питання про можливість інгібування синтезу білків, яке спричиняється фосфорним голодуванням [9] за рахунок збільшення вмісту небілкової форми нітрогену. Як показано дослідженнями О.А. Маракаєва [7] інтенсивність асиміляції нітрогену може бути прямопропорційною насиченості повітря активними азотистими поллютантами.

У листках *A. platanoides*, що зростають в умовах аеротехногенного забруднення спостерігалось достовірне зниження вмісту загального нітрогену практично у всіх точках дослідження, за виключенням моніторингових точок поблизу цегельного заводу. Мінімальне значення даного показника виявлено у СЗЗ неподалік хлібокомбінату і становило 0,7 %, при значенні показника у контролі – 3,4 %. У СЗЗ та ЖЗ неподалік цегельного заводу виявлено, що у листках *Acer platanoides* L. вміст загального нітрогену перевищував контрольні значення. Дане явище, також було зафіксоване і у дослідженнях деяких вчених [2,6]. Вони пояснюють це, як зміну напрямку азотного обміну, і вказують на те, що у рослин, які піддаються впливу промислових поллютантів збільшення загального нітрогену пов'язано із збільшенням притоку нітрогенних сполук до пошкоджених органів для усунення викликаних поллютантами порушень.

У всіх точках дослідження спостерігалось достовірне збільшення вмісту у листках досліджуваної породи небілкового азоту і відповідно зменшення вмісту білкового азоту. Окрім, листків у санітарно-захисній та житловій зонах неподалік цегельного заводу, де вміст білкового азоту залишався на рівні контрольних значень.

Отже, наші дослідження показали, що поллютантне навантаження на атмосферу, може призводити до порушення вмісту нітрогену у листках деревних порід. Зокрема, до збільшення вмісту небілкової форми нітрогену та зменшення білкової. Також у листках деревних порід, які піддаються хронічному впливу промислових поллютантів може зростати вміст загального нітрогену.

Висновки

Показано зміни морфобіометричних параметрів листків досліджених деревних порід на промислово забруднених територіях. Встановлено більш високу чутливість морфометричних параметрів листків *T. platyphollis* до промислових поллютантів, що знаходяться у викидах машинобудівного заводу та хлібокомбінату, а *A. platanoides* – хлібокомбінату та хімічного заводу. Виявлено збільшення відсотку некрозів листків в умовах хронічного впливу промислових забруднень на деревні породи. Показано зниження інтенсивності фотосинтезу та зменшення вмісту фотосинтезуючих пігментів у листках *A. platanoides* та *T. platyphollis*, що зростають в умовах аеротехногенного забруднення. Виявлено різну чутливість хлорофілу *a* та *b* до промислових поллютантів залежно від виду рослин. Відмічено збільшення вмісту небілкового нітрогену в листках досліджених деревних порід в умовах промислового забруднення.

Література

1. Безсонова В.П. Вплив надлишку хрому на вміст каротиноїдів у листках рослин / В.П. Безсонова, С.О. Яковлева // Український ботанічний журнал. – 2000. – Т. 57, № 3 – С. 306 - 310.
2. Гнатів П.С. Антропогенне зрушення азотного балансу і реакція деревних рослин / П.С. Гнатів // Промышленная ботаника. - 2003. – Т. 3 – С. 113 – 119.
3. Головинская Г.Я. Особенности экологии липы мелколистной примагистральных зон городской среды / Г.Я. Головинская // Воронежская государственная лесотехническая академия, Воронеж, 2000 – 23 с.
4. Довбиш К.П. Фотосинтетичні характеристики *Acer platanoides* L., *A. campestre* L., *A. tataricum* L. у природних умовах за різних світлових режимів / К.П. Довбиш, С.М. Васильченко, О.О. Сиваш, Н.М. Топчій // Український ботанічний журнал. – 2006. – Т. 63, № 3 – С. 411 - 419.
5. Коршиков И.И. Содержание азота в листьях древесных растений и их повреждаемость – индикационные показатели эмиссионных воздействий химкомбината по производству азотных удобрений / И.И. Коршиков, А.А. Игнатенко, Е.Н. Виноградова // Промышленная ботаника. – 2003. – Т. 3 – С. 120 – 126.
6. Коршиков И.И. Мінливість фізіолого-біохімічних показників листків двох видів клену залежно від індивідуальної стійкості рослин до вихлопних газів автотранспорту / И.И. Коршиков, Е.Н. Виноградова // Промышленная ботаника. - 2000. – Т. 4 – С. 243 – 249.
7. Маракаев О.А. Техногенный стресс и его влияние на листовые древесные растения / О.А. Маракаев, Н.С. Смирнова, Н.В. Загосхина // Экология. – 2006. – № 6 – С. 410-414.
8. Романова А.К. Физиолого-биохимические признаки и молекулярные механизмы адаптации растений к повышенной концентрации CO₂ в атмосфере / А.К. Романова // Физиология растений. – 2005 – Т. 52, № 1 – С. 129 –145.
9. Сергейчик С.А. Физиологические и экологические аспекты адаптогенеза в условиях техногенеза / С.А. Сергейчик // Проблемы физиологии и биологии древесных растений. – 1989. – № 3 – С. 246-298.

Стаття постуила в редакцію 10.11.2012. Стаття прийнята до друку 05.12.2012.

Морозова Т. В. – науковий співробітник кафедри екології та біомоніторингу Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича.

Кирнична Л. І. – науковий співробітник кафедри екології та біомоніторингу Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича.

Рецензент: кандидат біологічних наук, доцент кафедри біології та екології Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника Миленька М. М.