
BIOGEOCENOLOGY, PHYTOCENOLOGY AND GEOBOTANY



N. I. Glibovytska 

V. I. Parpan

Dr. Sci. (Biol.), Professor

UDK 504.054:581.52

*Vasyl Stefanyk Precarpathian National University,
Shevchenko str., 57, 76018, Ivano-Frankivsk, Ukraine*

THE METABOLIC CHARACTERISTICS OF SMALL-LEAVED LINDEN (*TILIA CORDATA* MILL.) ADAPTATION UNDER URBANIZED ENVIRONMENT CONDITIONS


Abstract. The increase of anthropogenic pollution in urboecosystem leads to degradation of woody vegetation that adversely affects the functioning of the protective green space. The impact of anthropogenic loading is shown by change of a series of physiological and biochemical processes and the formation of adaptive mechanisms in plants. The ability of plants to respond appropriately to external stimuli is a necessary condition of their existence and adaptation to environmental conditions. Metabolic reorganization in plant cells that occur in response to exogenous pollutants plays a major role in determining their resistance to adverse factors. As the body adapts within genetically inherited norms reactions, its ability to withstand fluctuations in environmental factors is determined by individual ecological potency.

One of the most sensitive species to anthropogenic pollution is small-leaved linden (*Tilia cordata* Mill.), which is widely presented in dendroflora of Ukraine cities. Analysis of the species metabolic characteristics in terms of urbanized environment and the assessment of the prospects of identified changes using in practice bioindication research is the goal of this work.

One of the central components of plant metabolism is protein metabolism. In terms of all local ecotypes of the studied urboecosystem a statistically significant change in the content of total nitrogen and protein in small-leaved linden leaf plates to control was observed. Reducing the concentration of total nitrogen and protein in species leaves is in accordance with the degree of urbotechnogenic pressure enhancement in the next different-functional landscape city zones: the area of the integrated landscaping → the area of the house-building complex → the area of transport routes → the area of industrial complexes.

Carbohydrate metabolism in plants under stressful conditions changes towards accumulation of soluble sugars, which takes place in local ecotypes of Ivano-Frankivsk urboecosystem. The content of the above-mentioned substances in lime leaves increases from 4.6 % in the area of integrated landscaping to 23.8 % in the area of industrial complexes, compared to the background territory. The content of mineral elements in *Tilia cordata* leaves within the city ranges from 119 mg/g in the area of the integrated landscaping up to 159 mg/g in the area of industrial complexes, respectively, 1.5–2 times higher than the figure on the background area.

Fall of starch concentration in the small-leaved leaves is in accordance with the level of anthropogenic impact intensification in the local city ecotypes, ranging from 1.2 times in the area of integrated landscaping to 1.6 times in the area of industrial complexes. Reducing the polysaccharide

 Corresponding author. Tel.: +38097-985-94-88. E-mail: nataly.glibovytska@gmail.com

DOI: 10.15421/031402

ISSN 1726-1112. *Ecology and noospherology*. 2014. Vol. 25, no. 1–2

19

amount in plant's assimilation organs is caused by inhibition of photosynthesis and the activity of enzymes that control its metabolism.

In terms of urboecosystem the close correlation relationships were set between the vast majority of the analyzed organic and mineral components of small-leaved linden leaves. The presence of water-soluble carbohydrates in leaves significantly correlated directly proportional with the content of mineral elements and inversely proportional to the number of nitrogenous compounds and polysaccharides. Accumulation of ash by lime leaves adversely affects the synthesis of proteins, starch and cellulose accumulation and stimulates the formation of lipids, which clearly reflects environmental urbotecnogenic pressure and formation of defensive reactions in plants. Nitrogenous compounds are formed in close direct connection with polysaccharides and at the same time have an inverse correlation with the parameters of the fat-like substances content in the species leaf plates. Positive dependence was found between the cellulose and starch content in assimilative organs, accurate feedback was established between the synthesis of starch and lipids. Fat-like compounds metabolism is associated by weak positive relationship with the content of water soluble carbohydrates in leaves, but is not correlated with cellulose tissues content.

Given the informative content of the main parameters of mineral and organic components of *Tilia cordata* leaves and species sensitivity to anthropogenic pollution, it is rational to use it as bioindicator in assessing the ecological condition of urbanized territories.

Keywords: *Tilia cordata* Mill., metabolic characteristics, adaptation, urbanized environment, bioindication.

УДК 504.054:581.52

Н. И. Глибовицкая

В. И. Парпан

д-р биол. наук, проф.

*Прикарпатский национальный университет им. В. Стефаника,
ул. Шевченка, 57, 76018, г. Ивано-Франковск, Украина,
тел.: +38097-985-94-88, e-mail: nataly.glibovytska@gmail.com*

МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АДАПТАЦИИ ЛИПЫ СЕРДЦЕЛИСТНОЙ (*TILIA CORDATA* MILL.) В УСЛОВИЯХ УРБОСРЕДЫ

Исследованы метаболические особенности адаптации липы сердцелистной к условиям урбанизированной среды. Установлено влияние антропогенного загрязнения на содержание основных органических и минеральных компонентов ассимиляционного аппарата растения. Выявлены связи между исследуемыми параметрами обмена веществ вида. Обоснована перспективность использования *Tilia cordata* как биоиндикатора в мониторинговых исследованиях для оценки состояния окружающей среды в условиях урботехногенной нагрузки.

Ключевые слова: *Tilia cordata* Mill., метаболические особенности, адаптация, урбосреда, биоиндикация.

УДК 504.054:581.52

Н. І. Глібовицька

В. І. Парпан

д-р біол. наук, проф.

*Прикарпатський національний університет ім. В. Стефаніка,
вул. Шевченка, 57, 76018, м. Івано-Франківськ, Україна,
тел.: +38097-985-94-88, e-mail: nataly.glibovytska@gmail.com*

МЕТАБОЛІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ АДАПТАЦІЇ ЛИПИ СЕРДЦЕЛИСТОЇ (*TILIA CORDATA* MILL.) В УМОВАХ УРБОСЕРЕДОВИЩА

Досліджено метаболічні особливості адаптації липи серцелистої до умов урбанізованого середовища. Встановлено вплив антропогенного забруднення на вміст основних органічних та мінеральних компонентів асиміляційного апарату рослини. Виявлено зв'язки між досліджуваними параметрами обміну речовин виду. Обґрунтовано перспективність використання *Tilia cordata* як біоіндикатора в моніторингових дослідженнях для оцінки стану довкілля в умовах урботехногенного навантаження.

Ключові слова: *Tilia cordata* Mill., метаболічні особливості, адаптація, урбосередовище, біоіндикація.

ВСТУП

Зростання антропогенного забруднення довкілля в урбоекосистемах призводить до погіршення стану деревної рослинності, що негативно відображається на функціонуванні захисних зелених насаджень (Bessonova and Yusyryva, 2001; Yusyryva and Koval, 2012). Вплив техногенного навантаження проявляється зміною низки фізіолого-біохімічних процесів та формуванням пристосувально-захисних механізмів у рослин (Parpan and Mylen'ka, 2009; Piskova and Grishko, 2010). Здатність рослин реагувати відповідним чином на зовнішні впливи є необхідною умовою їхнього існування та адаптації до умов довкілля (Zaitseva and Dolgova, 2012).

Метаболічні перебудови в рослинних клітинах, які виникають у відповідь на дію екзогенних полютантів, відіграють головну роль у визначенні їх стійкості до несприятливих чинників (Ivanchenko, 2006; Sakalo and Marchenko, 2009). Оскільки організм адаптується в межах генетично успадкованих норм реакцій, його здатність витримувати коливання факторів зовнішнього середовища визначена індивідуальною екологічною потенцією (Gnativ, 2003).

Одним із найбільш чутливих до антропогенного забруднення видів є липа серцелиста (*Tilia cordata* Mill.), яка широко представлена у дендрофлорі міст України (Sovakova, 2013). Аналіз метаболічних особливостей виду в умовах урбанізованого середовища та оцінка перспективи використання виявлених змін у практиці біоіндикаційних досліджень є метою даної роботи.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводились в Івано-Франківській урбоекосистемі, яка розташована у межиріччі Бистриці Солотвинської та Бистриці Надвірнянської на межі Західного Лісостепу і Прикарпаття.

За принципом ландшафтно-функціонального зонування території (Parpan and Mylen'ka, 2010), для досліджуваної урбоекосистеми розроблено моніторингову мережу, згідно з якою виділено дослідні ділянки, що належать до зони транспортних шляхів, зони промислових комплексів, зони житлової забудови та зони комплексного озеленення. Як фонову обрано умовно екологічно чисту територію – урочище Дем'янів Лаз, розташовану за межами міста.

На зазначених моніторингових ділянках здійснено оцінку впливу урботехногенних чинників на вміст основних органічних та мінеральних компонентів у листках липи серцелистої.

Зразки рослинного матеріалу відбирали з підвітряного боку дерева в ярусах за одного порядку галуження у період завершення повного розвитку (серпень-вересень) асиміляційної системи (Parpan and Mylen'ka, 2009).

Концентрацію загального нітрогену та білків в листових пластинках визначали прискореним мікрометодом К'ельдаля (State Standard 13496.4-93, 1996). Кількісне визначення вмісту водорозчинних вуглеводів здійснювали методом Дюбуа (Turkyna and Sokolova, 1971). Зольність сухої речовини листків визначали за методом Х. М. Починок (Pochupok, 1976). Дослідження вмісту целюлози в листках виконували методом Геннеберг і Штомана (State Standard 13496.2-91, 1996), крохмалю – колориметричним методом (Panova and Schogolev, 2010). Вміст ліпідів визначали відповідно до апробованих методик (State Standard 13496.15-97, 1996).

На одну дослідну ділянку проводили визначення кожного параметра у трикратній повторності, при цьому аналізували 3–5 дерев виду.

Математичну обробку результатів проводили варіаційно-статистичним методом. Достовірність відмінності одержаних експериментальних даних із контрольними оцінювали за допомогою t-критерію Стьюдента. Нульову гіпотезу відкидали при $P \leq 0,05$. Всі розрахунки проводили за допомогою редактора MS Excel 2007 та програмного пакета Statistica 6,0.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Однією з центральних ланок метаболізму рослин є білковий обмін (Tyshchenko, 2012). Різноманітні несприятливі фактори довкілля призводять до пригнічення синтезу білків, які є в нормі, та утворення специфічних стресових білків, характерних для відповіді на дію конкретного чинника (Kosakivska and Holov'yanko, 2007).

В умовах досліджених локальних екотопів Івано-Франківської урбоєкосистеми спостерігається статистично достовірна зміна вмісту загального нітрогену та білків у листових пластинках липи серцелистої щодо контролю (табл. 1). Зменшення концентрації загального нітрогену та білків у листках виду відбувається відповідно до посилення ступеня урботехногенного пресингу в наступному ряді ландшафтно-функціональних зон міста: зона комплексного озеленення → зона житлової забудови → зона транспортних шляхів → зона промислових комплексів.

Таблиця 1

Вміст основних органічних і мінеральних компонентів у листках *Tilia cordata* Mill. в умовах різнофункціональних зон Івано-Франківської урбоєкосистеми (мг/г сухої маси)

Досліджувані параметри	Зона дослідження				
	Фонова територія	Зона промислових комплексів	Зона житлової забудови	Зона транспортних шляхів	Зона комплексного озеленення
Зола	79±0,6	159±13,3*	139±13,7*	138±14,8*	119±8,1*
Загальний нітроген	30,8±0,8	22,8±1,5*	25,6±1,7*	23,5±2,1*	27,3±1,3*
Білки	192,7±1,1	142,2±9,1*	159,7±10,4*	147,1±12,9*	170,5±7,8*
Водорозчинні вуглеводи	1,358±0,02	1,681±0,03*	1,669±0,01*	1,676±0,02*	1,420±0,14
Крохмаль	19,7±0,12	12,69±1,93*	15,38±1,15*	15,03±0,79*	16,03±1,99
Целюлоза	135,0±2,0	116,7±6,1*	98,0±3,3*	115,4±5,7*	131,2±4,1
Ліпіди	79,0±2,0	119±4,2*	85,1±4,0	93,2±1,8*	104,8±5,7*

Примітка: * – відмінності з контролем достовірні при $P \leq 0,05$.

За умови антропогенного забруднення довкілля велике значення у формуванні адаптивного потенціалу рослин належить водорозчинним вуглеводам, функції яких пов'язані з нейтралізацією вільних радикалів, метаболічною детоксикацією, захистом білково-ліпідних комплексів клітин у разі зневоднення (Molotkovskyy and Zhestova, 1964; Kulagin, 1974; Pharr, 1995; Sakalo and Marchenko, 2009; Chernikova, 2009). Вуглеводний обмін рослин у стресових умовах змінюється в бік накопичення водорозчинних цукрів (Brown, 1972; Bessonova and Pryumak, 2006), що має місце в умовах різнофункціональних зон урбоєкосистеми Івано-Франківська. Вміст вище зазначених речовин у листках липи зростає від 4,6 % у зоні комплексного озеленення до 23,8 % у зоні промислових комплексів, порівняно з фоновою територією. Результати свідчать про чутливість вуглеводного обміну до мінерального живлення виду, оскільки спостерігається тенденція до нагромадження цукрів у листовому апараті відповідно до підвищення частки золи у ньому. Вміст зольних елементів у листках *Tilia cordata* в межах міста коливається від 119 мг/г у зоні комплексного озеленення до 159 мг/г у зоні промислових комплексів, що, відповідно, у 1,5–2 рази перевищує даний показник на фоновій території.

Згідно з літературними даними (Kucheryavui, 2001), липа належить до дерев жирового типу, в яких восени крохмаль у вегетативних органах перетворюється переважно на жирові масла. В умовах усіх ландшафтно-функціональних зон Івано-Франківської урбоєкосистеми на фоні зниження вмісту крохмалю у листових пластинках липи серцелистої спостерігається зростання вмісту ліпідів. Падіння

концентрації полісахариду в листках виду відбувається відповідно до посилення рівня антропогенного навантаження в локальних екотопах міста і становить від 1,2 разів у зоні комплексного озеленення до 1,6 разів у зоні промислових комплексів. Зниження кількості крохмалю в асиміляційних органах рослин викликане інгібуванням процесів фотосинтезу та активності ферментів, що контролюють його метаболізм (Bessonova, 2011).

Формування менш целюлозомістких листків *Tilia cordata* і зростання вмісту в них ліпідів свідчить про вплив ксерофітних умов середовища міста і адаптацію виду шляхом додаткової кутизації покривних тканин листків (Gnativ, 2003).

В умовах урбоєкосистеми встановлено наявність тісних кореляційних взаємозв'язків між переважною більшістю проаналізованих органічних та мінеральних компонентів листків *Tilia cordata* (табл. 2).

Таблиця 2

Кореляційні залежності між окремими метаболічними показниками *Tilia cordata* Mill. в умовах урбоєкосистеми Івано-Франківська

Параметри	Коефіцієнт кореляції, r					
	Зола	Загальний нітроген	Білки	Крохмаль	Целюлоза	Ліпіди
Загальний нітроген	-0,97	–	X	X	X	X
Білки	-0,97	1,00	–	X	X	X
Водорозчинні вуглеводи	0,90	-0,92	-0,92	-0,83	-0,85	0,34
Крохмаль	-0,99	0,95	0,96	–	X	X
Целюлоза	-0,69	0,62	0,62	0,56	–	X
Ліпіди	0,68	-0,64	-0,65	-0,80	0,02	–

Присутність у листках виду водорозчинних вуглеводів достовірно прямо пропорційно корелює з вмістом зольних елементів та обернено пропорційно з кількістю азотистих сполук і полісахаридів. Нагромадження золи листками липи негативно впливає на синтез білків, акумуляцію крохмалю і целюлози та стимулює утворення ліпідів, що яскраво відображає урботехногенний тиск довкілля та формування пристосувально-захисних реакцій у рослин. Азотисті сполуки утворюються у тісному прямому зв'язку із полісахаридами і водночас мають обернену кореляцію з параметрами вмісту жироподібних речовин у листкових пластинках липи. Позитивна залежність виявлена між вмістом у асиміляційних органах виду целюлози і крохмалю, достовірний зворотний зв'язок встановлено між синтезом крохмалю та ліпідів. Метаболізм жироподібних сполук пов'язаний слабким позитивним зв'язком з вмістом у листках водорозчинних вуглеводів, проте не корелює із целюлозомісткістю тканин.

ВИСНОВКИ

1. В умовах урбанізованого середовища в листковому апараті *Tilia cordata* спостерігається посилення процесів гідролізу азотистих сполук та полісахаридів, що відбувається прямо пропорційно до зростання градієнту антропогенного навантаження на екотопи.

2. Компенсаторні метаболічні перебудови в організмі липи серцелистої, зокрема активація процесу синтезу водорозчинних вуглеводів та ліпідів у листкових пластинках рослин, є адаптивною відповіддю досліджуваного виду на трансформовані умови середовища існування. Урботехногенне забруднення довкілля мобілізує можливості рослин, підвищуючи їх стійкість та пристосування до навколишнього середовища.

3. Враховуючи інформативність параметрів вмісту основних мінеральних та органічних компонентів листків *Tilia cordata* і чутливість виду до антропогенного забруднення, доцільним є його використання в якості біоіндикатора при здійсненні оцінки екологічного стану урбанізованих територій.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Bessonova, V. P., 2011.** Rosliny ta urbani-zatsiia [Plant and urbanization]. 'Materialy II Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferencii'. Dnipropetrovsk, 48–52 (in Ukrainian).
- Bessonova, V. P., Pryymak, O. P., 2006.** Vplyv vykydiv avtotransportu na vuhlevodnyi obmin u lystkah dekoratyvnykh kvitnykovykh roslyn [The impact of motor vehicles emissions on carbohydrate metabolism in leaves of ornamental flower plants]. Visn. Dnipropetr. Univ. Ser. Biol. Ekol. 14(1), 12–21 (in Ukrainian).
- Bessonova, V. P., Yusyypiva, T. I., 2001.** Semenne vozobnovlenie drevesnykh rastenij i promyshlennye polliutanty (SO₂ и NO₂) [Woody plants seed regeneration and industrial pollutants (SO₂ and NO₂)]. ZSU, Zaporozh'e (in Russian).
- Brown, A., Simpson, J., 1972.** Water relations of sugar tolerant yeasts: the role of intracellular pools. J. Gen. Microbiol. 589–591.
- Chernikova, O. V., 2009.** Ekoloho-biologichni pokaznyky stiiikosti roslyn rodu Spiraea L. v tekhnohennykh umovah Stepovoho Prydniprovia (v mezhah mista Dnipropetrovska) [Ecological and biological indicators of the genus Spiraea L. sustainability in man-made conditions of Steppe Dnieper (within the Dnipropetrovsk city)]. Thesis for obtaining candidate degree of biol. sciences, speciality 03.00.16 Ecology. Dnipropetrovsk (in Ukrainian).
- Gnativ, P. S., 2003.** Metabolichni pokaznyky adaptatsii buka lisovoho v urbotekhnogenomu seredovyschchi [Metabolic adaptation of European beech in urbotechnogenic environment]. Bulletin of Lviv University. Biology Series. 32, 92–99 (in Ukrainian).
- Ivanchenko, O. E., 2006.** Ekoloho-fiziologichni osoblyvosti azotnoho obminu dekoratyvnykh odnorichnykh roslyn yak indykatora zabrudnennia promyslovykh terytorii zalizom ta khromom [Ecological and physiological characteristics of decorative annual plants nitrogen metabolism as indicator of industrial areas pollution by iron and chromium]. Thesis for obtaining candidate degree of biol. sciences, speciality 03.00.16 Ecology. Dnipropetrovsk (in Ukrainian).
- Kosakivska, I. V., Holov'yanko, I. V., 2007.** Rol bilkiv teplovoho shoku v adaptatsii roslyn do stresiv [The role of heat shock proteins in plant adaptation to stress]. Physiology and biochemistry of crops. 39(3), 187–192 (in Ukrainian).
- Kucheryavyi, V. P., 2001.** Ekolohiia [Ecology]. Svit, Lviv (in Ukrainian).
- Kulagin, Yu. Z., 1974.** Drevsnye rasteniia i promyshlennaia sreda [Woody plants and industrial environment]. Nauka, Moscow (in Russian).
- Molotkovskyy, G. O., Zhestova, I. M., 1964.** O mekhanizme zashchitnoho dejstva sakharov k vysokoi temperature [On the mechanism of the protective action of sugars to high temperature]. Physiology of plants. 2(2), 301–307 (in Russian).
- Panova, T. M., Schogolev, A. A., 2010.** Tekhnolohiia i obrodovanie dlia pererobotki rastitelnoho syria [Technology and equipment for processing of vegetable raw materials]. Guidelines for the implementation of laboratory training for full-time students and part-time modes of study 240100 Chemical Technology and Biotechnology. Yekaterinburg (in Russian).
- Parpan, V. I., Mylen'ka, M. M., 2009.** Morfofiziologichni osoblyvosti Populus pyramidalis Roz. v umovah urbotekhnogenoho zabrudnennia seredovyschcha [Morphological features of Populus pyramidalis Roz. in terms of urbotechnogenic environmental pollution]. Ecology and Noospherology. 20(3–4), 84–90 (in Ukrainian).
- Parpan, V. I., Mylen'ka, M. M., 2010.** Metodologichni aspekty otsinky ekolohichnoho stanu urbanizovanykh i tekhnohenno-zminenykh terytorii [Methodological aspects of assessing the ecological status of urban and man-modified areas]. Visn. Dnipropetr. Univ. Ser. Biol. Ekol. 2(18), 61–68 (in Ukrainian).
- Pharr, D. M., Stoop, J. M. H., 1995.** The dual role of mannitol as osmoprotectant and protoassimilate in celery. Hortscience. 30, 1182–1188.
- Piskova, O. M., Grishko V. M., 2010.** Osoblyvosti akumulatsii vazhkykh metaliv ta intensyvniat peroksydnoho okyslennia lipidiv u lystkah derevnykh roslyn pid vplyvom promyslovykh vykydiv [Features of the accumulation of heavy metals and intensity of lipid peroxidation in leaves of woody plants under the influence of industrial emissions]. Journal of Kharkov National Agrarian University. Series Biology. 3(21), 54–62 (in Ukrainian).
- Pochynok, H. N., 1976.** Metody biokhimicheskoho analiza rastenij [Methods of biochemical analysis of plants]. Naukova Dumka, Kyiv (in Russian).
- Sakalo, V. D., Marchenko, K. A., 2009.** Syntez i metabolism sakharozy v lystkhab

kukurudzy za umov vodnoho defitsytu [Synthesis and metabolism of sucrose in leaves of maize seedlings under water deficit conditions]. Physiology and biochemistry of crops. 41(4), 305–313 (in Ukrainian).

Sovakova, M. O., 2013. Vydy rodu Tilia L. u nasadzhenniah riznoho funktsionalnoho pryznachennia mista Kyyeva (taksonomiia, zhyttevyi stan, reaktsii na stress-factory) [Species of the genus Tilia L. of stands of different functions in Kyiv (taxonomy, life status, response to stress factors)]. Thesis for obtaining candidate degree of biol. sciences, speciality 06.03.01 Forest Culture and phytomelioration. Kyiv (in Ukrainian).

State Standard 13496.15-97, 1996. Metody opredeleniia sodержaniia syrogo zhyra [Methods for determination the raw fat content]. Hosstandart of Ukraine, Kyiv (in Russian).

State Standard 13496.2-91, 1996. Metod opredeleniia syroj kletchatki [Method for determination of raw cellular tissue]. Hosstandart of Ukraine, Kyiv (in Russian).

State Standard 13496.4-93, 1996. Metody opredeleniia sodержaniia azota i syroho proteina [Methods of nitrogen and crude protein determination]. Hosstandart of Ukraine, Kyiv (in Russian).

Turkyna, M. V., Sokolova, S. V., 1971. Metody opredeleniia monosakharidov i

oligosakharidov [Methods for determination of monosaccharides and oligosaccharides]. Biochemical methods in the physiology of plants. Kolos, Moscow (in Russian).

Tyshchenko, D. D., 2012. Vplyv avtotransportnoho zabrudnennia na nakopychennia rozchynnykh bilkiv vehetatyvnymy organamy kyzlynykiv [Effect of motor pollution on the accumulation of soluble proteins in cotoneaster vegetative organs]. Problems of bioindication and ecology. ZNU, Zaporozhzhia. 17(1), 131–139 (in Ukrainian).

Yusypiva, T. I., Koval, Yu. P., 2012. Dynamika nestrukturnykh vuhlevodiv v odnorichnykh pahonakh predstavnykiv rodu Tilia L. v umovakh koksokhimichnoho vyrobnytstva [Dynamics of no structural carbohydrates in annual shoots of the genus Tilia L. under conditions of coke production]. Problems of bioindication and ecology. ZNU, Zaporozhzhia. 17(1), 147–159 (in Ukrainian).

Zaitseva, I. O., Dolgova, L. G., 2012. Osmotychno aktyvni rechovyny v lystkakh roslyn-introdutsentiv rodu Chaenomeles Lindl. [Osmotically active substances in the leaves of introduced plant of genus Chaenomeles Lindl.]. Introduction of plants. 2, 91–96 (in Ukrainian).

Стаття надійшла в редакцію: 13.03.2014

Рекомендує до друку: чл.-к. НАНУ, д-р біол. наук, проф. О. З. Глухов