

ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ НА ПРОЦЕС ПРОХОДЖЕННЯ ІНДУКЦІЇ ФЛУОРЕСЦЕНЦІЇ ХЛОРОФІЛУ У ЛИСТКАХ ДЕРЕВ ЛИПИ ШИРОКОЛИСТОЇ

Н.Я. КІЯШКО¹,

студентка кафедри екології та безпеки життєдіяльності,

kiyashko_na@gsuite.duit.edu.ua

О.Л. СОРОЧИНСЬКА¹,

кандидат історичних наук,

доцент кафедри екології та безпеки життєдіяльності,

sorochynska_ol@gsuite.duit.edu.ua

М.В. САВЧУК¹,

кандидат сільськогосподарських наук,

старший викладач кафедри екології та безпеки життєдіяльності,

savchuk_mv@gsuite.duit.edu.ua

О.П. ТАРАН²,

кандидат біологічних наук, старший викладач кафедри

екобіотехнології та біорізнноманіття, okstar@ukr.net.

<https://orcid.org/0000-0003-0690-1347>

¹Державний університет інфраструктури та технологій, м. Київ,

Україна

²Національний університет біоресурсів і природокористування України,

м. Київ, Україна

Анотація. У роботі представлено результати дослідження впливу залізничного транспорту на проходження індукції флуоресценції хлорофілу в листках липи широколистої (*Tilia platyphyllos*). Актуальність досліджень зумовлена збільшенням інтенсивності негативного впливу транспорту на довкілля, безпосередньо на фітоценози, що спричиняє порушення фізіологічних процесів і призводить до збою проходження фотосинтезу, що є дуже важливим для життєдіяльності рослин. Отже, метою роботи було вивчення впливу залізничного транспорту на проходження індукції флуоресценції хлорофілу у листках дерев липи широколистої, як однієї ланки з загального моніторингу впливу залізничного транспорту на довкілля. Оцінку проходження ІФХ у листках дерев здійснювали за допомогою портативного приладу «Флоратест». За контроль використовували дерева вирощені на території Голосіївського парку,

дослідними зразками слугували дерева, які росли на території локомотивного депо АТ «Укрзалізниці». Вимірювання індукції флуоресценції хлорофілу здійснювали на листках, що зростали на нижніх ярусах дерев.. Оцінювання фізіологічного стану листків липи за впливу залізничного транспорту проводили за основними параметрами індукційної кривої Каутського. Встановлено, що показники ІФХ, такі як F_0 , F_{pl} , F_{st} , F_v , F_{max} у дерев, які росли на території локомотивного депо перевищували показники ІФХ дерев із Голосіївського парку, що пояснюється збоєм динамічною рівновагою між процесами ІФХ та порушенням фотосинтетичних процесів у дерев. Згідно з проведеним порівняльним аналізом параметрів ІФХ у контрольних і дослідних зразках листків дерев липи можна зробити висновок, що дерева, які зростають на території локомотивного депо АТ «Укрзалізняця» зазнали незначного стресового впливу спричиненого можливими шумовими, вібраційними та хімічними забруднення внаслідок роботи залізниці.

Ключові слова: індукція флуоресценції хлорофілу, липа, залізняця, фотосинтетична система.

Актуальність.

На функціональний стан листків деревних рослин у природному середовищі впливає велика кількість різноманітних урбанізованих чинників, серед яких значний вплив має залізничний транспорт. Залізничний транспорт є активним і постійним джерелом комплексного впливу шкідливих речовин на довкілля (Пилипчук, 2020; Лоза, 2008). Серед різноманіття забруднюючих речовин, що впливають на стан рослин під час експлуатації залізничного транспорту відмічено найбільш масштабні, що систематично надходять у довкілля: нафта і нафтопродукти, іони важких металів, а також оксиди азоту, сірки, вуглецю і газоподібних вуглеводнів (Лоза, 2008; Плахотник, 2001; Чайка, 2016). Унаслідок цього в рослин відбуваються адаптивні зміни, які супроводжуються певними морфологічними перебудовами асиміляційного апарату, фотосинтетичних процесів, а також зміщенням сезонних ритмів розвитку (Шепелюк, 2017). У роботах Лук'янчук Н.Г., показано висо-

кий вміст важких металів (свинцю, міді, цинку) у фітомасі рослин, які зростають біля автомагістралей, що порушує перебіг фізіологічних процесів у рослинах (Лук'янчук, 2007). За даними світових вчених за впливу залізничного транспорту у рослин, які зростають на станціях спостерігається зменшення хлорофілів та каротиноїдів, порушуються фотосинтетичні процеси (Saltan, 2021; Borda-de-Agua, 2017), спостерігаються значні зміни в анатомічній структурі рослин, такі як збільшення кольоровості шарів камбію, збільшення товщини оболонки пучка склеренхіми в тканинах ксилеми (Kolahi, 2018). На основі таких змін констатують кінцевий результат впливу стресових чинників, тому дуже важливо отримувати інформацію про фізіологічний стан рослин ще задовго до прояву неспецифічних змін в умовах дії антропогенного чинника.

Таку інформацію можна отримати, якщо на практиці застосовувати сучасні біофізичні методи (Корнеєв, 2002). Відомо, що несприятливі чинники довкілля негативно, насамперед, впливають на фотосинтетичний апа-

рат рослин, тому вимірювання індукції флуоресценції хлорофілу (ІФХ) в асимілюючих тканинах дає змогу оцінити активність роботи фотосистеми II, яка є чутливою до чинників зовнішнього середовища (Лисенко, 2013), отриману інформацію можна використовувати для екологічного моніторингу стану рослин за впливу на них залізничного транспорту – що є дуже актуальним завданням в сучасних умовах урбанізації.

Таким чином **метою роботи** було вивчення впливу залізничного транспорту на проходження індукції флуоресценції хлорофілу у листках дерев липи широколистої (*Tilia platyphyllos*), як однієї ланки з загального моніторингу впливу залізничного транспорту на довкілля.

Об'єктом вивчення були зразки листків дерев липи, які зростали на території локомотивного депо ТЧ-1 АТ «Укрзалізниця», для порівняння, за контрольне значення здійснювали заміри на деревах, які ростуть на території Голосіївського парку ім. М. Рильського, місто Київ і не мають значного забруднення різними видами транспорту.

Наукова новизна роботи полягає у застосуванні експрес методу діагностики, біосенсору «Флоратест», для детальної оцінки фотосинтетичного апарату листків дерев липи за дії на них залізничного транспорту, як елементу загального моніторингу стану довкілля на прилеглій до залізниці ділянці.

Матеріали і методи дослідження.

Оцінку проходження індукції флуоресценції хлорофілу у листках дерев здійснювали за допомогою портативного приладу «Флоратест»,

розробленого державним науково-інженерним центром мікроелектроніки Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова. За контроль використовували рослини вирощені на території Голосіївського парку, дослідними зразками слугували рослини які росли на території локомотивного депо АТ «Укрзалізниця». Вимірювання індукції флуоресценції хлорофілу здійснювали на листках, що зростали на нижніх ярусах дерев. Для цього листок досліджуваного дерева розміщували в оптичному блоці пристрою та проводили темнову адаптацію впродовж 5 хвилин. Зміну флуоресценції хлорофілу реєстрували впродовж 3 хвилин. Оцінювання фізіологічного стану листків липи за впливу залізничного транспорту проводили за основними параметрами індукційної кривої Каутського (Корнєєв, 2002; Лисенко, 2013; Брайон, 2000; Шерер, 2007). Параметри контрольної і дослідної груп рослин порівнювали на основі побудованих кривих ІФХ з використанням програмного засобу Microsoft Office Excel 2007.

Результати дослідження та їх обговорення.

Процес функціонування фотосинтетичного апарату є одним з найуразливіших до стресових чинників, тому вагому інформацію про стан фотосинтетичного апарату рослин за дії на неї різних чинників можна дослідити методом флуоресценційного аналізу. Під час аналізу кривих Каутського було визначено ряд показників ІФХ (табл.1).

Фонову флуоресценцію хлорофілу (F0) – характеризує кількість неактивного хлорофілу, які не мають функціонального зв'язку з реакційни-

1. Вплив залізничного транспорту на показники індукції флуоресценції хлорофілу в листках дерев липи

Показники ІФХ	Зразки листків дерев, що зростають на території Голосіївського парку	Зразки листків дерев, що зростають на території локомотивного депо
F ₀	184	190
F _{pl}	1136	1173
dF _{pl} =F _{pl} -F ₀	952	983
F _{max}	1259	1419
F _{st}	539	603
F _v =F _{max} -F ₀	1075	1229
F _v /F _{max}	0,85	0,87
(F _{max} -F _{st})/F _{st}	1,34	1,35

ми центрами, показник залежить від втрат енергії збудження під час міграції по пігментній матриці. Показник F₀ у листках дерев, які зростали на території депо становив 190 у.о. і був вищим від показника у контрольних рослинах, які зростали в парку на 6 у.о. (табл.1). Це свідчить про більшу кількість антенних хлорофілів у контрольних зразках рослин порівняно з дослідними, що можна пояснити структурною зміною пігментного комплексу у листках дерев липи за впливу залізничного транспорту.

Параметер F_{max} вказує на найвищий рівень флуоресценції, який реєструється на індукційній кривій у вигляді максимуму. Найвище значення F_{max} (рис.1) було у листках дерев, які зростали на території локомотивного депо і становило 1419 у.о., що перевищувало значення у контрольної групи на 160 у.о.

Стаціонарний рівень флуоресценції характеризується динамічною рівновагою між процесами, які обумовлюють збільшення флуоресценції та процесами, які призводять до її зменшення (Брайон, 2000). У рослин, які вирощувалися за впливу залізничного транспорту показник F_{st}

в середньому був вищий порівняно з контролем на 64 у.о., що говорить про порушення проходження, а саме, рівноваги, фотосинтетичних процесів зумовлених транспортним впливом.

Варіабельність флуоресценції (F_v) розраховується як різниця показників F_{max} та F₀ і є фізіологічним показником, який віддзеркалює дію екологічних та експериментальних чинників на рослину. Даний показник у рослин, які вирощувалися на території локомотивного депо становив 1229 у.о. тоді як у контролі він мав значення 1075 у.о. Такі дані демонструють стресовий вплив залізниці на фізіологічний стан рослин.

Показник F_v/F_{max} залежать від ефективності фотохімічних реакцій ФС2 (Брайон, 2000). Він у темно-адаптованих рослин відображує потенційну квантову ефективність ФС II. Цей показник використовують як індикатор продуктивності фотосинтезу. Його оптимальне значення яке для більшості видів рослин, за умов насичуючої інтенсивності збуджуючого світла, не перевищує значення 0,83-0,85 (Лисенко, 2013; Брайон, 2000). За даними досліджень показник F_v/F_{max} у рослин, що ростуть на тери-

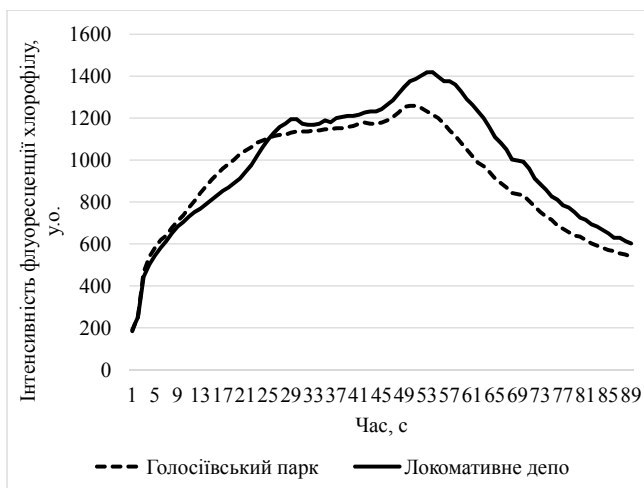


Рис.1. Індукційні криві флуорисценції хлорофілу листків дерев липи за впливу залізничного транспорту

торії депо 0,87 у.о. відповідно, що говорить про порушення проходження фотосинтезу дослідних рослин, тоді як на території парку даний показник становив 0,85 у.о.

Ефективність фотохімічного перетворення енергії в ФС II розраховували за формулою $(F_{max} - F_{st})/F_{st}$, яка характеризує швидкість лінійного транспорту електронів і є інтегрованим показником процесу фотосинтезу (Брайон, 2000; Genty, 1989). Цей показник у досліджуваних рослин становив 1,35 у.о..

Висновки.

Отже згідно з проведенням порівняльним аналізом параметрів ІФХ у контрольних і дослідних зразках листків дерев липи можна зробити висновок, що дерева, які зростали на території локомотивного депо АТ «Укрзалізниця» зазнали незначного стресового впливу спричиненого можливими шумовими, вібраційними

та хімічними забруднення внаслідок роботи залізниці.

References

1. Pylypchuk, O.Ya., Vysotska, T.I. & Pichkur, T.V. (2020). Modern ways to reduce the impact of rail transport on the environment: the problem of cleaning the soil from petroleum products. *Theoretical ecology*, 3(30), 113-118. doi: 10.32846/2306-9716/2020.eco.3-30-19
2. Loza, V.H., Kukhlyivskyi, S.V., Kosenko, B.Ya. & Pidskrebaiev, O.M. (2008). Ways to protect the environment on the railway transport of Ukraine. *Visn. Dnipropetrovsk. nat. University of Iron. transp them. acad. V. Lazaryan. Dnipropetrovsk*, 25, 92–96. doi: 10.15802/stp2008/14393.
3. Plakhotnik, V.N., Yaryshkina, L.A. & Sirakov, V.I. (2001). Environmental activities on the railway transport of Ukraine: problems and solutions. *Transport of Ukraine*, 156-235.
4. Chaika, O.H., & and all. (2016). Study of the impact of railway transport on soils in the city of Lviv, *A young scientist*, (12), 66-69.

5. Shepelyuk, M.O., Kovalevskiy, S.B., & Kytaiev, O. I. (2017). Chlorophyll Fluorescence and Its Induction Changes in the Leaves of Woody Plants in the Conditions of Urban Environment of Lutsk, Scientific Bulletin NLTU of Ukraine, 27(1), 101-105.
6. Lukyanchuk, N. G., & Chmyr, R. M. (2007). The impact of road transport on park phytocenoses of Lviv. Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine, 17(7), 71-76.
7. Saltan, N. V., & Sviatkovskaya, E. A. (2021). Ecophysiological features of *Larix sibirica* in urban ecosystems of the Kola north in the railway influence zone. Czech Polar Reports, 11(2), 305-317.
8. Borda-de-Agua, L., Barrientos, R., Beja, P. and Pereira, H. M. (2017). Railway ecology. Springer, Cham (eBook). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-57496-7>
9. Kolahi, M., Aabbaspour, M., & Farsian Naserzadeh, G. H. (2018). Investigating the effects of sound pollution of the railway transport on the stem's anatomical structures of plants *Centaurea cyanus* (*Centaurea hyalolepis* Boiss.) and Marian thistle (*Silybum marianum* L.). Developmental Biology, 10(1), 1-10.
10. Korneev D. Yu. (2002). Information possibilities of the method of chlorophyll fluorescence induction. Alterpres.
11. Lysenko, V.S., Varduni, T.V., Sawyer, V.G., & Krasnov, V.P. (2013). Chlorophyll fluorescence in plants as an indicator of environmental stress: theoretical basis for the application of the method, Fundamental research: teor. and scientific-pract. Journal, № 4, 112-120.
12. Bryon, O.V., Korneev, D.Yu., Snegur, O.O., & Kytaiev, O.I. (2000). Instrumental study of the photosynthetic apparatus by induction of chlorophyll fluorescence: Guidelines for students of the Faculty of Biology, Publishing and Printing Center "Kyiv University", 15.
13. Scherer, V.O., Sarakhan, E.V. The method of determining the physiological state of plants by the method of induction of chlorophyll fluorescence. Patent of Ukraine for utility model IPC G01N21, № 24908, stated 24.11.2006, publ. 25.07.2007, Bull. № 11.
14. Genty, B., Briantais, J. M., & Baker, N. R. (1989). The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects, 990(1), 87-92.

Kiashko N., Sorochinska O., Savchuk M., Taran O. (2022).

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF RAILWAY TRANSPORT ON THE PROCESS OF INDUCTION OF CHLOROPHYLL FLUORESCENCE IN THE LINDEN TREES LEAVES.

BIOLOGICAL SYSTEMS: THEORY AND INNOVATION, 13(3-4): 17-23.

<http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Biologiya/article/view/16700>

[https://doi.org/10.31548/biologiya13\(3-4\).2022.036](https://doi.org/10.31548/biologiya13(3-4).2022.036)

Abstract. The paper presents the results of the study of the influence of railway transport on the passing the fluorescence induction of chlorophyll in the leaves of broad-leaved linden (*Tilia platyphyllos*). The relevance of research is due to the increase in the intensity of the negative impact of transport on the environment, directly on phytocenoses, which causes a violation of physiological processes and leads to the failure of photosynthesis, which is very important for the vital activity of plants. Thus, the aim of the work was to study the influence of railway transport on the induction of chlorophyll fluorescence in the leaves of broad-leaved linden trees, as one link in the overall monitoring of the impact of railway transport on the environment. The passage

of IFH in tree leaves was evaluated using the portable device "Floratest". Trees grown on the territory of the Holosiiv Park were used as controls, and trees growing on the territory of the locomotive depot "Ukrzaliznytsia" served as experimental samples. Measurements of chlorophyll fluorescence induction were carried out on leaves growing on the lower tiers of trees. Assessment of the physiological state of linden leaves under the influence of railway transport was carried out according to the main parameters of the Kautsky induction curve. It was established that the IFH indicators, such as F_0 , F_{pl} , F_{st} , F_v , F_{max} , in the trees growing on the territory of the locomotive depot exceeded the IFH indicators of the trees from the Holosiiv park, which is explained by the failure of the dynamic balance between the IFH processes and the violation of photosynthetic processes in the trees. According to the comparative analysis of IFH parameters in control and experimental samples of linden tree leaves, it can be concluded that the trees growing on the territory of the locomotive depot "Ukrzaliznytsia" were slightly stressed by possible noise, vibration and chemical pollution caused by the operation of the railway.

Key words: induction of chlorophyll fluorescence, linden, railway, photosynthetic system.
