

**ЕКОЛОГІЧНА ТОЛЕРАНТНІСТЬ ВИДІВ ЛИПИ (TILIA L.)  
ЗА ФОТО- ТА ТЕРМОІНДУКОВАНИМИ ЗМІНАМИ  
ФЛУОРЕСЦЕНЦІЇ ХЛОРОФІЛУ ЛИСТКІВ**

*М. О. Совакова, кандидат біологічних наук  
О. В. Соваков, кандидат сільськогосподарських наук  
Національний університет біоресурсів  
і природокористування України  
О. І. Китаєв, кандидат біологічних наук  
Інститут садівництва НААН України*

За допомогою фото- та термоіндукованих змін флуоресценції хлорофілу та спектральних показників флуоресценції оцінено вплив урбофакторів на стан фотосинтетичного апарату видів липи (*Tilia L.*). Високочутливим методом спектрального аналізу визначено ймовірні причини пригнічення фотосинтетичної активності листків липи у насадженнях м. Києва.

**Індукція флуоресценції хлорофілу, фото- і термоіндукція хлорофілу, спектральний аналіз, види роду *Tilia*, міські насадження.**

Під час дослідження рослин значного поширення набули спектральні методи, які базуються на наявності у рослинних тканинах великої кількості оптичних сполук – пігментів, вітамінів, білків, регуляторів росту та ін. [1].

Листок вищих рослин, у тому числі й липи, являє собою складну оптичну систему, яка має здатність з високою ефективністю оптимально використовувати сонячну енергію. Поглинання квантів світла у видимій частині спектра (400–700 нм), тобто у червоних і синіх променях, здійснюється високоспеціалізованими оптичними поєднаннями – хлорофілом *a* і *b*. Більшість із них включена у склад світлозбиральних комплексів, які за-

безпечують поглинання і передачу світлової енергії на реакційні центри (РЦ). Хлорофіл є фотосенсибілізатором, який поглинає сонячну енергію і направляє її на здійснення фотохімічних реакцій, що відбуваються під час фотосинтезу. Окрім того, для хлорофілу характерна ще одна оптична властивість – *флуоресценція*. Це явище полягає у перевипромінюванні зі зміненою довжиною хвилі частини світлових променів, які поглинаються хлорофілами, у результаті чого у світлі флуоресценції хлорофіл здається червоним на колір [2, 4, 6, 7].

В останні роки у насадженнях м. Києва стан більшості деревних рослин, зокрема видів роду *Tilia*, істотно погіршився. У вуличних посадках липи, які характеризуються найбільшим антропогенним навантаженням, спостерігається масова дехромація (некроз і хлороз) листків. Цей процес

розпочинається відразу після формування листових пластинок. При цьому найгіршим функціональним станом характеризуються липа серцелиста (*T. cordata* Mill.) і липа європейська (*T. xeuropaea* L.) – як найпоширеніші у насадженнях види. Рівень дехромації становить до 90 % від площі листка. Цілком очевидно, що вищезазначені пошкодження впливають на перебіг процесів фотосинтезу у рослин. Візуальний стан фотосинтетичного апарату лип може вказувати на низький рівень екологічної пластичності, яка детермінується на генетичному рівні як чітка видова ознака.

Методи спектрального флуоресцентного аналізу досить часто використовуються під час вивчення дії на рослини стрес-факторів, що забезпечує як швидке тестування стійкості рослин до цих впливів, так і виявлення найчутливішої ділянки фотосинтетичного ланцюга перенесення електрона [2].

**Мета досліджень** – оцінка стану фотосинтетичного апарату видів липи, які зростають у насадженнях м. Києва та характеризуються значним рівнем дехромації листків. Види, які характеризуються високою стабільністю фотосинтетичного апарату до негативних факторів антропогенного походження, доцільно ширше використовувати у міських насадженнях.

**Матеріали та методика досліджень.** Об'єктами досліджень були листки різних видів липи, які зростають у складних екологічних (вулиця) та контрольних умовах (ліс, парк, заміські насадження). Листки відбирали з південно-західного боку крони після закінчення росту листової пластинки і цвітіння з дерев у віковій категорії 20–40 років.

Функціональний стан фотосинтетичного апарату діагностували за допомогою люмінесцентних методів аналізу, зокрема фото- та термоіндукції флуоресценції хлорофілу за модифікованою методикою лабораторії фізіології рослин Інституту садівництва НААН України, розробленою О. І. Китаєвим [3, 5]. Вимірювання здійснювали на лабораторному спектральному мікрофлуориметрі (люмінесцентному мікроскопі, сполученому із монохроматором) СМФ-2 у двократній повторності. Прилад дозволяв збуджувати і реєструвати спектри флуоресценції у певній ділянці поверхні листка, індивідуальні зміни флуоресценції, які є результатом дії світла або нагрівання. Емісію флуоресценції реєстрували в ділянці спектра 500–800 нм. Світлову індукцію флуоресценції хлорофілу вимірювали за довжин хвилі 680 і 740 нм у часовому інтервалі від 0,5–1,0 с до 300 с. Індуковані температурою зміни флуоресценції реєстрували для стаціонарного рівня світлової індукції флуоресценції за нагрівання листків від 20 до 80 °С зі швидкістю від 8–10 до 20–30 °С за хвилину.

Світлову індукцію і термоіндукцію флуоресценції хлорофілу листової пластинки збуджували у безперервному режимі синьо-фіолетовим світлом ( $\lambda_{\text{max}}=435,8$  нм). У дослідах використовували збуджуюче світло різної інтенсивності (від 5 до 300–600 Вт/м<sup>2</sup>). Це дозволяло досягнути насичення світлових стадій фотосинтетичного процесу, які відповідають за формування світло- і термоіндукційних змін

флуоресценції хлорофілу. Перед аналізом листки витримували в темноті (темнова адаптація) упродовж 30 хв.

Безпосередньо на графіку визначали інтенсивність флуоресценції хлорофілу у таких точках:  $F_{max}^{680}$ ,  $F_{st}^{680}$ ,  $F_{st}^{740}$ ,  $F_{st}^{530}$ ,  $F_{\alpha}^{680}$ ,  $F_{t\beta}^{680}$ ,  $F_{t\gamma}^{680}$ ,  $F_{t\beta\gamma}^{680}$ ,  $F_t^{680}$ ,  $F_t^{740}$  і  $F_t^{530}$ . Інтегральний коефіцієнт фотохімічних процесів (коефіцієнт Рубіско)  $K_i$  обраховували за формулою:

$$K_i = \frac{F_{max}^{680} - F_{st}^{680}}{F_{max}^{680}}, \quad (1)$$

де  $F_{max}^{680}$  – максимальна флуоресценція, що пропорційна загальній кількості хлорофілів у межах фотосистеми (ФС) та обернено пропорційна кількості РЦ;  $F_{st}^{680}$  – показник кількості хлорофілів, які не беруть участь у передачі енергії на РЦ.

Спектральний коефіцієнт  $K_s$ , який відображає ступінь відновлення переносників електрон-транспортного ланцюга (ЕТЛ), визначали за формулою:

$$K_s = \frac{F_{st}^{680}}{F_{st}^{740}}, \quad (2)$$

Де  $F_{st}^{740}$  – один з максимумів ІФХ.

Коефіцієнт ефективності структурної організації хлоропластів розраховували як співвідношення інтенсивності температурних хвиль:

$$\frac{F_{t\gamma}^{680}}{F_{t\beta}^{680}}, \quad (3)$$

де  $F_{t\gamma}^{680}$  – амплітуда  $\gamma$ -хвилі температурної індукції хлорофілу;

$F_{t\beta}^{680}$  – амплітуда  $\beta$ -хвилі температурної індукції хлорофілу.

Показник стабільності пігментного комплексу ( $\tau^{\beta-\gamma}$ ), який визначали в секундах, обраховували як відстань між  $F_{t\beta}^{680}$  і  $F_{t\gamma}^{680}$ , яку перемножували на 5:

$$\tau^{\beta-\gamma} = \beta - \gamma \times 5, \quad (4)$$

де  $\tau^{\beta-\gamma}$  – різниця в часі появи температурних хвиль.

Коефіцієнт фотоенергетичної ефективності визначали як відношення:

$$\frac{I_{max}^{680}}{F_{t\beta}^{680}}, \quad (5)$$

де  $F_{max}^{680}$  – максимальний вихід флуоресценції;  $F_{t\beta}^{680}$  – амплітуда  $\beta$ -хвилі температурної індукції хлорофілу.

**Результати досліджень.** Стан пігментної системи різних видів липи у вуличних умовах оцінювали у другій половині літа, коли листкові пластинки повністю сформувались і у вуличних насадженнях було зафіксовано значний рівень пошкодження листків некрозом і хлорозом. Аналізувалися такі параметри емісії флуоресценції листків –  $F_{max}^{680}$ ,  $F_{st}^{680}$  (1),  $F_{st}^{680}$  (2),  $F_{st}^{530}$ , які дозволили проконтролювати показники фотосинтетичних процесів:  $K_i$  і  $K_s$  (табл. 1).

У всіх дослідних видів спостерігається дисбаланс параметрів фотоіндукованих змін флуоресценції хлорофілу. Так, кількісні порушення відзначено у співвідношенні світлозбиральних та антенних хлорофілів до

**1. Параметри фотоіндукованих змін флуоресценції хлорофілу  
видів роду *Tilia* в умовах із різним рівнем антропогенного  
навантаження**

Умови зростання	Параметри емісії флуоресценції хлорофілу, відн. од.				K <sub>i</sub>	K <sub>s</sub>
	F <sub>max</sub> <sup>680</sup>	F <sub>st</sub> <sup>680</sup> (1)	F <sub>st</sub> <sup>680</sup> (2)	F <sub>st</sub> <sup>530</sup>		
<i>T. begoniifolia</i> Steven						
Вул. Костянтина Заслонова	283,3	60,0	56,7	3,3	0,79	1,38
Пр. Голосіївський	164,9	61,2	53,1	4,1	0,64	1,50
Вул. Саксаганського	389,5	100,0	97,4	7,9	0,74	1,36
Контроль	271,1	91,1	84,4	4,4	0,86	1,00
<i>T. cordata</i>						
Вул. Ковпака	428,6	228,6	150,0	14,3	0,47	2,67
Вул. Костянтина Заслонова	148,7	43,6	38,5	7,7	0,71	1,55
Вул. Хрещатик*	128,9	66,7	64,4	6,7	0,48	1,88
Контроль	273,7	87,4	82,1	4,1	0,83	1,29
<i>T. xeuropaea</i>						
Вул. Велика Васильківська	115,8	26,3	23,7	5,3	0,77	1,67
Вул. Костянтина Заслонова	276,3	52,6	42,1	5,3	0,81	1,33
Пр. Голосіївський	336,8	73,7	68,4	7,9	0,78	1,40
Контроль	226,3	60,5	52,6	2,6	0,73	1,44
<i>T. platyphyllos</i> Scop.						
Пр. Голосіївський (супермаркет)	69,4	38,8	30,6	4,1	0,44	1,73
Вул. Саксаганського**	60,6	22,7	21,2	15,2	0,63	1,50
Вул. Велика Васильківська	120,8	30,3	28,5	6,0	0,74	1,70
Контроль	240,8	64,7	53,0	4,0	0,75	1,49
<i>T. tomentosa</i> Moench						
Вул. Архітектора Вербицького	200,0	52,6	44,7	5,3	0,74	1,43
Вул. Костянтина Заслонова	202,6	50,0	44,7	5,3	0,75	1,46
Вул. Саксаганського	150,0	45,8	41,7	8,3	0,69	1,22
Контроль	263,2	68,4	52,6	5,3	0,74	1,44

\* *T. cordata* 'Lorbergii'.

\*\* Листки з прижилковим хлорозом

кількості РЦ – F<sub>max</sub><sup>680</sup>, що проявилось у зменшенні або збільшенні цього показника від контрольних значень понад 100 відн. од. Найвищий вихід максимальної флуоресценції виявлено у листках *T. begoniifolia* (вул. Саксаганського), *T. cordata* (вул. Ковпака) і *T. xeuropaea* (пр. Голосіївський), рівень дехромації яких знаходився в межах 50–90 % від площі листка. Оскільки кількість пластидних пігментів у вуличних

насадженнях менша, високий вихід флуоресценції хлорофілу  $F_{\max}^{680}$  можна пояснити тільки блокуванням РЦ. Також надзвичайно високі показники  $F_{\max}^{680}$  можуть залежати від кількості неактивних в умовах антропогенного забруднення РЦ, у яких відсутній вихід енергії на ФС 1. Зниження  $F_{\max}^{680}$ , що найсильніше проявилось у рослин *T. platyphyllos*, уже вказує на процес деструкції (руйнації) існуючих хлорофілів у листках.

Найвищу кількість неактивних хлорофілів, які не задіяні у процес передачі енергії на РЦ –  $F_{st}^{680}$  (1) і (2), спостерігали у *T. cordata* з найвищим рівнем некрозу (вул. Ковпака). Підвищення цих показників прямо пропорційне збільшенню максимального виходу флуоресценції  $F_{\max}^{680}$ . Встановлених норм для  $F_{st}^{680}$  немає, тому порівнювали з контрольними значеннями. Цілком очевидно, що перевищення останніх більше ніж удвічі свідчить про найвищу кількість незадіяних у фотосинтезі молекул хлорофілу, а отже порушеннях переносу енергії на його світловому етапі.

Максимум окислених форм ліпідів –  $F_{st}^{530}$ , що контролюється за інтенсивністю жовто-зеленої флуоресценції, у різних видів коливається в діапазоні 1,1–15,2 відн. од. Цей параметр залежить від діяльності хлоропластів – за умов їхньої інтенсивнішої активності  $F_{st}^{530}$  збільшується. У досліджуваному випадку перевищення контрольних значень більше ніж удвічі (*T. cordata* і *T. platyphyllos*) вказує на накопичення окислених форм ліпідів мембран хлоропластів внаслідок надмірного навантаження на пігментний комплекс.

Показник ефективності фотохімічних реакцій, або коефіцієнт Рубіско –  $K_i$ , який є одним із головних критеріїв фотосинтетичної активності листків рослин, у межах норми повинен становити 0,80–0,83. Отримані значення (нижче 0,80) вказують на зменшення ефективності фотохімічних процесів у стресових умовах. Так, на всіх досліджуваних вулицях було встановлено спадання  $K_i$ , а найнижчий рівень ефективності фотохімічних реакцій, який виявився майже вдвічі меншим за норму, спостерігали у *T. Cordata* на вул. Хрещатик і вул. Ковпака (що, вірогідно, пов'язано із засоленням ґрунту), а також у дерева *T. platyphyllos*, яке зростає на пр. Голосіївський (поблизу супермаркета) (рисунок "а"). В останньому випадку дерево відзначається незадовільним станом (суховершинністю і великою кількістю сухих гілок у кроні), оскільки росте поблизу зупинки і ґрунт навколо нього значно ущільнений.

Отже, зниження показника  $K_i$  майже вдвічі, порівняно з контрольними насадженнями, свідчить про порушення процесів окислення і відновлення рибульозабіфосфаткарбоксилази (Рубіско), за рахунок чого у рослин відбувається порушення процесу світлового дихання. Надзвичайно низьке значення показника  $K_i$  (0,63) зафіксовано у листках рослин *T. platyphyllos* із прижилковим хлорозом (рисунок "б").

Спектральний коефіцієнт  $K_s$ , який відображає ступінь окислення переносників ЕТЛ між РЦ ФС 2 і ФС 1, повинен становити 0,9–1,3. Значення більше 1,3 вказують на незадовільне функціонування ЕТЛ, а 1,5 – на прояв стресового впливу. Як свідчать дані табл. 1, на всіх вулицях встановлено

завищені показники  $K_s$ , зокрема у листках *T. cordata*на (вул. Ковпака) і у листках *T. platyphyllos* з прижилковим хлорозом. Значне підвищення  $K_s$  вказує на високу відновленість (індекс) і, як наслідок, блокування РЦ.



а



б

**Дерево *T. platyphyllos* на просп. Голосіївський (поблизу супермаркета), 26.08.11 р. (а) та прижилковий хлороз *T. platyphyllos* на вул. Саксаганського, 04.09.11 р. (б)**

Параметри індукованої температурної емісії флуоресценції дозволили проконтролювати такі показники фотосинтетичних процесів –  $F_{ta}^{680}$ ,  $F_{t\beta}^{680}$ ,  $F_t^{530}$ ,  $F_t^y/F_t^\beta$ ,  $t^{\beta-\gamma}$ ,  $F_{max}^{680}/F_{t\beta}^{680}$  (табл. 2).

Температурна ІФХ, або температурне зондування мембран клітин хлоропластів, дозволяє виявити особливості роботи ЕТЛ. Інтенсивність  $\alpha$ -хвилі  $F_{ta}^{680}$  пов'язана з гальмуванням електронного транспорту в діапазоні фізіологічно активних температур. Її збільшення вказує на проблеми із водозабезпеченням рослин. У водонасичених листків показник  $F_{ta}^{680}$  від'ємний. За результатами досліджень найвищий вододифіцит відчувають рослини *T. cordata* на центральних вулицях міста.

Показник  $F_{t\beta}^{680}$  аналогічно пов'язаний з  $F_{max}^{680}$  і зумовлений інтенсивним фотофосфорилуванням супрамолекулярних комплексів поблизу РЦ ФС 2. Чим вищий цей параметр, тим більше втрачається енергії на їхнє відновлення. На підвищення  $F_{t\beta}^{680}$  може впливати режим освітлення. Це встановлено у контрольних насадженнях, де дерева мають масивні щільні крони і нижні яруси крони, з яких відбирали листки, більш затінені, ніж у дерев у міських насадженнях. Показник  $F_{t\beta}^{680}$  у 100 відн. од. свідчить про високий рівень притінення, що підсилюється стресовим навантаженням.

Найцікавішим тут є показник  $F_t^{530}$ . Після нагрівання у деяких випадках відбулось його збільшення майже у кілька разів (*T. tomentosa* з вул. Саксаганського). Нагріванням листка стимулювався прояв накопичених перекисних сполук, які в цьому разі пероксидазною системою вже не

відновлюються. Тобто спостерігалася післядія стресового фактора, яким цілком може виступати засолення.

## 2. Параметри термоіндукованих змін флуоресценції хлорофілу видів роду *Tilia* в умовах із різним рівнем антропогенного навантаження

Умови зростання	Параметри індукованої температурної емісії флуоресценції хлорофілу, відн. од.			$F_t^{\gamma}/F_t^{\beta}$	$T^{\beta-\gamma}$ , секунди	$F_{\max}^{680}/F_{t\beta}^{680}$
	$F_{t\alpha}^{680}$	$F_{t\beta}^{680}$	$F_t^{530}$			
<i>T. begoniifolia</i>						
Вул. Костянтина Заслонова	3,3	86,7	6,7	0,4	20	3,27
Пр. Голосіївський	10,2	34,7	8,2	0,7	35	4,88
Вул. Саксаганського	21,1	100,0	10,5	1,2	45	3,89
Контроль	6,7	57,8	6,7	0,5	45	4,69
<i>T. cordata</i>						
Вул. Ковпака	28,6	42,9	14,3	2,3	35	10,00
Вул. Костянтина Заслонова	10,3	56,4	12,8	2,9	35	2,64
Вул. Хрещатик*	33,3	37,8	8,9	1,0	55	3,41
Контроль	5,3	84,2	5,3	0,6	40	3,25
<i>T. xeuropaea</i>						
Вул. Велика Васильківська	7,9	47,4	10,5	1,8	35	2,44
Вул. Костянтина Заслонова	7,9	78,9	10,5	1,2	45	3,50
Пр. Голосіївський	5,3	63,2	5,3	1,3	28	5,33
Контроль	5,9	78,0	6,0	0,6	30	3,80
<i>T. platyphyllos</i>						
Пр. Голосіївський (супермаркет)	8,2	14,3	10,2	3,9	100	4,86
Вул. Саксаганського**	3,0	24,2	15,2	14,9	45	2,50
Вул. Велика Васильківська	7,0	49,2	12,5	2,8	35	2,46
Контроль	6,7	78,0	5,9	0,6	35	3,50
<i>T. tomentosa</i>						
Вул. Архітектора Вербицького	5,3	52,6	15,8	1,0	43	3,80
Вул. Костянтина Заслонова	6,6	55,3	15,8	1,6	55	3,67
Вул. Саксаганського	4,2	54,2	20,8	2,6	55	2,77
Контроль	2,6	52,6	5,3	0,5	65	5,00

\* *T. cordata* 'Lorbergii'.

\*\* Листки з прижилковим хлорозом.

Співвідношення  $F_t^{\gamma}/F_t^{\beta}$  дозволило оцінити значне порушення ефективності структурної організації хлоропластів у *T. platyphyllos* із прижилковим хлорозом. Цей показник, який у нормі для рослин липи не встановлений, для плодкових становить 2,0.

Норма для різниці у часі появи температурних хвиль  $t^{\beta-\gamma}$  для видів роду *Tilia* встановлена теж; для видів роду *Malus* L. цей показник у нормі становить 40–70 с. Відомо, що у випадку, коли  $t^{\beta-\gamma}$  більше 80 с, донорна система відзначається слабкою продуктивністю, в результаті чого голодує фотосинтетичний апарат. Виявлено, що у дерева *T. platyphyllos*, яке зростає біля супермаркета і знаходиться в незадовільному стані внаслідок ущільнення ґрунту в пристовбуровій зоні,  $t^{\beta-\gamma}$  становило 100 с. Ущільнення ґрунту викликає розрідження крони (через суховершинність і відпад гілок) та зумовлює малу кількість листків (мала кількість донорів, які продукують вуглеводи).

Параметр температурної ІФХ  $F_{\max}^{680}/F_{t\beta}^{680}$  вказує на фотоенергетичну ефективність процесів. Збільшення  $F_{\max}^{680}/F_{t\beta}^{680}$  до 10,00 у рослин *T. Cordata* на вул. Ковпака свідчить про припинення реакцій фотофосфорилування. Очевидно, стресове навантаження блокує фотосинтетичні реакції фосфорилування на етапі відновлення супрамолекулярних комплексів, що зумовлено деградацією хлоропластів.

### Висновки

1. Фактори урбанізованого середовища мають безпосередній негативний вплив на функціональний стан видів *Tilia*, що встановлено за допомогою параметрів світлової і температурної ІФХ.

2. Встановлено істотне пригнічення перебігу фотосинтетичних процесів на всіх етапах світлової й темної фази фотосинтезу від міграції енергії квантів до транспорту електронів на різних ділянках ЕТЛ, а також зниження ефективності темнових фотосинтетичних процесів.

3. Водний і сольовий стрес проявляється у кардинальній зміні фотосинтетичних процесів, гальмуванні відтоку електронів. Це призводить до більшого відновлення електрон-транспортного ланцюга та вказує на початок катаболічних процесів. Найчутливішою за цими показниками виявилася *T. cordata*.

### Список літератури

1. Брайон А. В. Флуоресцентно-микроскопическое исследование некоторых физиологических свойств тканей и клеток многолетних растений : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. биол. наук : спец. № 101 «Физиология растений» / А. В. Брайон. – К., 1968. – 19 с.

2. Карапетян Н. В. Переменная флуоресценция хлорофилла как показатель физиологического состояния растений / Н. В. Карапетян, Н. Г. Бухов // Физиология растений. – 1986. – Т. 33, вып. 5. – С. 1013–1026.

3. Макарова Д. Потенційна продуктивність та сумісність сортів яблуні на клонових підщепах селекції УААН / Д. Макарова, О. Китаєв // Вісник Львів. нац. агр. ун-ту. Серія «Агрономія». – 2008. – № 12(2). – С. 97–101.

4. Мерзляк М.Н. Пигменты, оптика листа и состояние растений / М. Н. Мерзляк // Соросовский образов. журн. – 1998. – № 4. – С. 19–24.

5. Оценка совместимости сорто-подвойных комбинаций груши : материалы междунар. симпозиума [«Современное сельское хозяйство – достижения и перспективы»], (Кишинев, 21–23 октября 2008 г.) / О. И. Китаев, В. А. Скрыга, Н. В. Матвиенко [и др.]. – Кишинев: ГАУ Молдовы, 2008. – С. 27–29.



6. Проценко Д. П. Фізіологія рослин / Проценко Д. П. – К. : Рад. шк., 1958. – 478 с.

7. Рубан О. В. Перенос енергії в найближчому оточенні реакційного центру фотосистеми 1 / О. В. Рубан // Укр. ботан. журн. – 1988. – Т. 45, № 3. – С. 24–27.

*С помощью фото- и термоиндуцированных изменений флуоресценции хлорофилла и спектральных показателей флуоресценции оценено влияние урбофакторов на состояние фотосинтетического аппарата видов липы (Tilia L.). Высокочувствительным методом спектрального анализа определены возможные причины подавления фотосинтетической активности листьев липы в насаждениях г. Киева.*

**Индукция флуоресценции хлорофилла, фото- и термоиндукция хлорофилла, спектральный анализ, виды рода Tilia, городские насаждения.**

*By means of the photo- and thermo-inductive changes of the chlorophyll fluorescence the urban factors influence on the state of the photosynthetic leaf area of the genus Tilia L. species is estimated. By using the high sensitive method of the spectral analysis the possible reasons of the linden tree leaves photosynthetic activity depression in Kyiv urban plantings are determined.*

**Chlorophyll fluorescence induction, chlorophyll photo- and thermo-induction, spectral analysis, genus Tilia L. species, urban plantings.**