

КУХАРСЬКА М.О., канд. с.-г. наук

Національний університет біоресурсів і природокористування України

e-mail: [mari4ka\\_shevchuk@ukr.net](mailto:mari4ka_shevchuk@ukr.net)

## ІНДУКЦІЯ ФЛУОРЕСЦЕНЦІЇ ХЛОРОФІЛУ В ЛИСТКАХ ПРЕДСТАВНИКІВ РОДУ *CATALPA SCOP.* У ВУЛИЧНИХ НАСАДЖЕННЯХ м. КИЇВ

Методом індукції флуоресценції хлорофілу в листках досліджуваних видів продіагностовано стан катальп в насадженнях міста Київ. Експериментально підтверджено домінування дорослих екземплярів роду *Catalpa Scop.* місцевої репродукції над молодими імпортованими рослинами.

**Ключові слова:** катальпа, інтродукція, індукція флуоресценції хлорофілу, фізіологічний стан, фотосинтез.

**Постановка проблеми.** Розширення асортименту рослин для потреб міського озеленення, а також для підвищення декоративної цінності насаджень у вуличних композиціях потребує ширшого використання інтродукованих видів, до яких належать представники роду Катальпа. Підвищена цікавість до представників даного роду пов'язана з їх стійкістю проти несприятливих міських умов, пізніми строками квітнування, подібністю їх цвіту до гіркокаштана звичайного, відсутністю падаючих плодів та ошатністю зеленого листя до настання морозів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Останнім часом для потреб моніторингу галузі рослинництва інтенсивно розробляються експрес-методи оцінки важливих господарських і декоративних ознак різних видів, зокрема і фізіологічного стану рослини в цілому. Проблеми, пов'язані з оцінкою стійкості рослин до екстремальних чинників з використанням експрес-методів, висвітлені також в роботах О.О. Захаріна [2].

Серед проблем, що безпосередньо стосуються моніторингу стану насаджень і потребують постійного контролю, є діагностика фізіологічного стану деревних рослин на різних етапах морфогенезу відповідно до сезонних змін клімату та виявлення і оцінка адаптивних реакцій рослин після дії різних чинників довкілля, в тому числі і агротехнічних заходів [4].

Метод індукції флуоресценції хлорофілу може бути реалізований як на базі складних одно- або двопробних лабораторних пристроїв [1, 3], так і з використанням портативних приладів. Останні дозволяють проводити оцінку стану рослин у польових умовах. Першим вітчизняним портативним приладом для вимірювань індукції флуоресценції хлорофілу є «Флора-тест», розроблений державним науково-інженерним центром мікроелектроніки Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова.

**Метою досліджень** було визначення фізіологічного стану досліджуваних рослин роду *Catalpa Scop.* шляхом вимірювання індукції флуоресценції хлорофілу у листках.

**Об'єктами досліджень** були рослинні зразки видів *C. speciosa* Ward., *C. bignonioides* Walt. та *C. hybrida* Spaeth, що зустрічаються в насадженнях м. Київ.

**Методика досліджень.** Визначення фізіологічного стану досліджуваних рослин методом вимірювання індукції флуоресценції хлорофілу у їхніх листках здійснювали на базі Інституту садівництва НААН України впродовж вегетаційного періоду 2010 р.

Для визначення функціонального стану листків видів роду Катальпа між пластинами сенсора приладу «Флора-тест» (рис. 1 а) ми розміщували листок досліджуваного виду і опускали затискач. Частина листка, що знаходилася між пластинами, була ізольована від світла і проходила адаптацію до настання темряви протягом 3–5 хв. Для кожного варіанта дослідження ми вибирали 5 листків з різної частини крони досліджуваних рослин. У кожній повторності використовували сектор із середньої частини листкової пластини, який вставляли у сенсор приладу (рис. 1 б).

Під час опромінення листка синім світлом світлодіодів через отвір у верхній пластині в хлорофілі його освітленої плями збуджується червона флуоресценція. Через червоний світлофільтр флуоресцентний сигнал поступає на фотоприймач, який перетворює його на електричний сигнал й одночасно підсилює. Червоний світлофільтр не пропускає на фотоприймач відбитий від листкової пластини сигнал синього випромінювання.

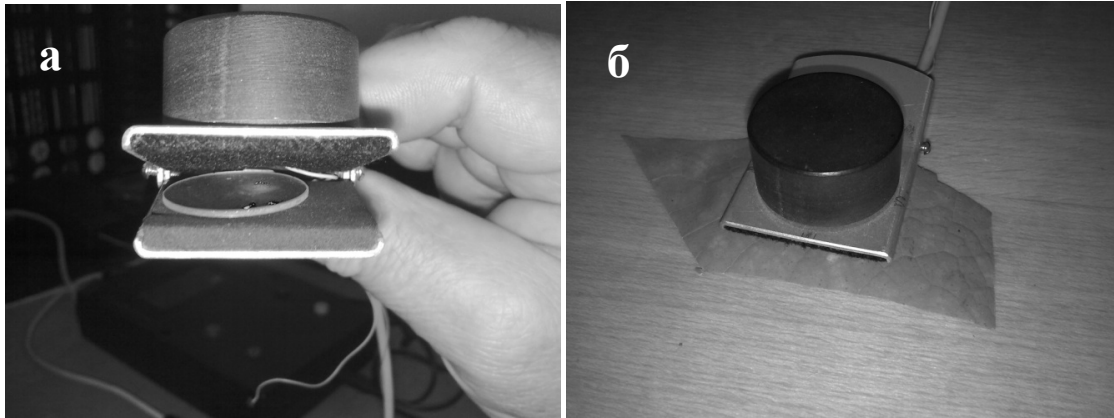


Рис. 1. Оптичний блок приладу “Флора-тест” (виносний сенсор):

а – з еталоном, б – з фрагментом листової пластини досліджуваного виду.

Електричний сигнал фотоприймача, пропорційний флуоресценції хлорофілу, надходить на процесорний модуль приладу для подальшого вимірювання. Прилад фіксує дані 90 разів за секунду, де  $t$  – час. За три хвилини на рідкокристалічному моніторі приладу будується графік отриманих даних.

**Результати досліджень та їх обговорення.** За інтерпретованими результатами вимірів у програмі Microsoft Office Excel будуємо графіки (рис. 2), на яких окомірним шляхом визначаються наступні параметри:

$F_0$  – “фоновий” рівень флуоресценції, залежить від втрат енергії збудження під час міграції по пігментній матриці, а також від вмісту молекул хлорофілу, які не мають функціонального зв’язку з реакційними центрами;

$F_0 - F_{pl}$  – швидке відновлення QA в комплексах ФС2, які не беруть участь у транспорті електронів на пул пластохінонів;

$F_{pl} - F_{max}$  – більш повільне відновлення QA в комплексах ФС2, які беруть участь у транспорті електронів на пул пластохінонів;

$F_{max} - F_{max2}$  – сповільнення відтоку електронів з електрон-транспортного ланцюга до ферредоксин-НАДФ<sup>+</sup>-редуктази, викликане зменшенням пулу НАДФ<sup>+</sup> в умовах затримки фіксації вуглекислого газу, а також зменшення градієнта протонів за рахунок активності АТФ-синтетази;

$F_{max2} - F_{st}$  – початок активної фіксації вуглекислого газу;

$F_{st}$  – стаціонарний рівень, який характеризується динамічною рівновагою між процесами, які обумовлюють збільшення флуоресценції та процесами, які призводять до її зменшення.

На рисунку 2 наведено графіки даних найбільш типових повторностей для кожного об’єкта досліджень. Наведені вище показники знімаються з графіків повторностей у межах одного варіанта і визначається середнє значення того чи іншого параметра у певний момент його настання.

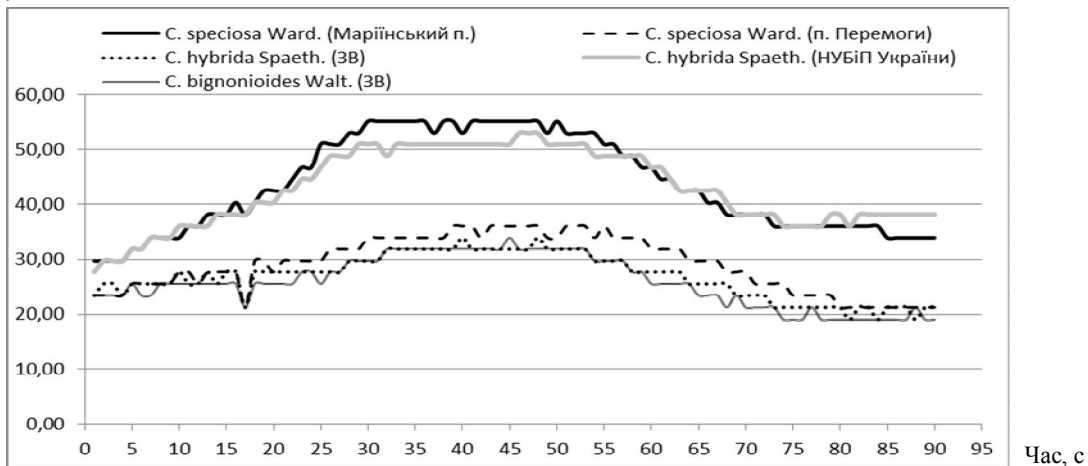


Рис. 2. Криві індукції флуоресценції хлорофілу в листках рослин досліджуваних видів роду *Catalpa* Scop.

Решта показників, що характеризують процес індукції флуоресценції хлорофілу в листках рослин досліджуваних видів, визначаються аналітичним шляхом за формулами:

$$dF_{pl} = F_{pl} - F_0;$$

$$F_v = F_{max} - F_0;$$

де  $\frac{dF_{pl}}{F_v}$  – співвідношення частки реакційних центрів, що не відновлюють первинний акцептор реакційних центрів системи 2 Qb, з часткою активних хлорофілів;

$\frac{F_v}{F_{max}}$  – частка хлорофілів, що беруть участь у фотосинтезі, від загальної їх кількості (ефективність світлової фази фотосинтезу);

$\frac{F_{max2} - F_{st}}{F_{max2}}$  – коефіцієнт індукції флуоресценції хлорофілу або коефіцієнт ефективності темнових фотохімічних процесів (табл. 1).

Ще одним показником, що характеризує функціональний стан листової пластини є  $\frac{F_0}{F_{max}}$ . Це коефіцієнт, який визначає частку хлорофілів, котрі не передають енергію на фотосинтетичні процеси ( $F_v$ ), від загальної їх кількості ( $F_{max}$ ).

Таблиця 1 – Показники функціонального стану листків досліджуваних видів, визначеного методом індукції флуоресценції хлорофілу

| Показники функціонального стану      | Вид, місцезнаходження                       |  |   |   |                                   |
|--------------------------------------|---|--|---|---|-----------------------------------|
|                                      | <i>C. speciosa</i> Ward. (Маріїнський парк) | <i>C. speciosa</i> Ward. (Парк Перемоги) | <i>C. hybrida</i> Spaeth. (залізничний вокзал (ЗВ)) | <i>C. hybrida</i> Spaeth. (НУБіП України) | <i>C. bignonioides</i> Walt. (ЗВ) |
| $F_0$                                | 28,02                                       | 26,75                                    | 24,62   | 26,75                                     | 19,11                             |
|                                      | 41,19                                       | 34,82                                    | 28,03   | 37,36                                     | 23,35                             |
| $dF_{pl}$                            | 13,16                                       | 8,06                                     | 3,40  | 10,61                                     | 4,25                              |
| $F_{max}$                            | 52,23                                       | 43,31                                    | 32,27   | 47,98                                     | 26,75                             |
| $F_v$                                | 24,20                                       | 16,56                                    | 7,65  | 21,23                                     | 7,64                              |
| $\frac{dF_{pl}}{F_v}$                | 0,54  | 0,49                                     | 0,44  | 0,50                                      | 0,56                              |
| $\frac{F_v}{F_{max}}$                | 0,46  | 0,38                                     | 0,24  | 0,44                                      | 0,29                              |
| $F_{max2}$                           | 55,20                                       | 44,58                                    | 31,00   | 48,40                                     | 26,75                             |
| $F_{st}$                             | 36,94                                       | 29,30                                    | 20,80   | 32,70                                     | 18,26                             |
| $\frac{F_{max2} - F_{st}}{F_{max2}}$ | 0,33  | 0,34                                     | 0,33  | 0,32                                      | 0,32                              |

**Висновки.** Аналізуючи результати проведених нами досліджень з визначення функціонального стану листків видів *C. speciosa* Ward. *C. hybrida* Spaeth. та *C. bignonioides* Walt. методом індукції флуоресценції хлорофілу, ми дійшли наступних висновків.

1. Найнижчі показники співвідношення  $\frac{F_0}{F_{max}}$  мають екземпляри *C. speciosa* Ward. у Маріїнському парку та *C. hybrida* Spaeth. з насадження на території Національного університету біоресурсів і природокористування (НУБіП) України (0,54 та 0,56), що свідчить про наявність у листках згаданих вище об'єктів меншої кількості неактивних хлорофілів, ніж у *C. speciosa* Ward. з насадження у Парку Перемоги (0,62), *C. hybrida* Spaeth. (0,76) та *C. bignonioides* Walt. (0,71), що формують насадження по вул. Ползунова. У нормально функціонуючих листках влітку даний коефіцієнт має складати приблизно 0,3; восени – 0,5.

2. Оберненим до попереднього є значення показника  $\frac{F_v}{F_{max}}$ , що характеризує ефективність світлової фази фотосинтезу. Його значення характеризує нормальне функціонування листка влітку при  $\frac{F_v}{F_{max}} = 0,7$ , восени – 0,5. Тому досліджувані види за станом розміщуються аналогічно пункту 1.

3. Ще одним показником, важливим для оцінки функціонального стану листків, є коефіцієнт

індукції флуоресценції хлорофілу  $-\frac{F_{max2}-F_{s2}}{F_{max2}}$ . Проте його значення, зважаючи на осінній період проведення досліджень, є подібним для всіх досліджуваних видів (0,32–0,34), що свідчить про підготовку досліджуваних видів до стану спокою.

Якщо узагальнити результати проведених експериментів та поєднати їх з оцінкою загального стану досліджуваних рослин у вуличних насадженнях м. Київ, можна стверджувати про домінування дорослих екземплярів місцевої репродукції над молодими рослинами, завезеними з європейських розсадників. Це ще раз підтверджує доцільність використання у міському озелененні садивного матеріалу, отриманого шляхом розмноження (краще генеративного) адаптованих рослин місцевого походження.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Брайон О.В. Флуоресцентна мікроскопія рослинних тканин і клітин / О.В. Брайон. – К.: Вища школа, 1973. – 144 с.
2. Захарин А.А. Методы экспресс-тестирования некоторых физиологических свойств растений / А.А. Захарин // Междунар. конф. «Физиология растений – наука третьего тысячелетия», Москва, 4-9 октября 1999 года: тез. докл. – М., 1999. – Том 1. – С. 362–363.
3. Красавцев О.А. Флуоресценция клеток древесных растений в замерзшем состоянии / О.А. Красавцев // Физиология растений. – 1962. – Т. 2. – № 3. – С. 359–367.
4. Определитель высших растений Украины / Д.Н. Доброчаев, М.И. Котов, Ю.Н. Прокудин и др. – К.: Наукова думка, 1987. – 548 с.

#### **Індукція флуоресценції хлорофілла в листях представителів роду *Catalpa Scop.* в уличних насадженнях г. Київ**

**М.А. Кухарская**

Методом індукції флуоресценції хлорофілла в листях досліджуваних видів продіагностовано стан катальп в насадженнях міста Київ. Експериментально підтверджено домінування дорослих екземплярів роду *Catalpa Scop.* місцевої репродукції над молодими імпортованими рослинами.

**Ключевые слова:** катальпа, інтродукція, індукція флуоресценції хлорофілла, фізіологічний стан, фотосинтез.

#### **Chlorophyll fluorescence induction in leaves of representatives *Catalpa Scop.* Genus in the street plantations of Kyiv**

**М. Kukharska**

By the method of chlorophyll fluorescence induction in leaves of investigated species catalpas' state in Kyiv green plantations was diagnosed. The domination of adult specimen of *Catalpa Scop.* genus of local reproduction as compared with young imported plants was experimentally confirmed.

**Key words:** catalpa, introduction, induction of chlorophyll fluorescence, physiological state, photosynthesis.