

УДК 581.[132.1+52]:582.772.2(712.41)

## ОСОБЛИВОСТІ ІНДУКЦІЇ ФЛУОРЕСЦЕНЦІЇ ХЛОРОФІЛУ В ЛИСТКАХ РОСЛИН КУЛЬТИВАРІВ *ACER PLATANOIDES* L. В УМОВАХ МІСТА КИЄВА

М.В. Манько<sup>1</sup>, Н.О. Олексійченко<sup>2</sup>, О.І. Китаєв<sup>3</sup>

Наведено порівняльну оцінку функціонального стану пігментного комплексу листового апарату поширених в озелененні міста Києва рослин культиварів *Acer platanoides* L. За аналізом змін індукції флуоресценції хлорофілу листків визначено вплив умов місця зростання з різним ступенем антропогенного навантаження та генотипової специфічності рослин досліджуваних культиварів на окремі показники та коефіцієнти, що характеризують перебіг світлових фаз фотосинтезу та ефективність фотохімічних процесів для темнових фаз упродовж літніх місяців. За результатами аналізу отриманих даних виявлено залежність показників індукції флуоресценції хлорофілу від рівня антропогенного навантаження на рослини виду *A. platanoides* та всіх досліджених культиварів, за винятком *A. p. 'Schwedleri'*, що свідчить про їхню толерантність до міських умов та дає підстави стверджувати про доцільність ширшого використання цих рослин у складних умовах міського середовища.

**Ключові слова:** клен гостролистий, культивар, індукція флуоресценції хлорофілу, листки, фотосинтез, міські насадження.

Реакція організму на сильний стресор, незалежно від його характеру та природи, проявляється низкою неспецифічних морфологічних та фізіолого-біохімічних змін, що є проявом загального адаптаційного синдрому живого організму [1]. Але на основі таких змін констатують тільки кінцевий результат впливу – результат того, що вже відбулося. Тому дуже важливо отримувати інформацію про фізіологічний стан рослин ще задовго до прояву неспецифічних змін в умовах дії стресора. Таку інформацію можна отримати, якщо на практиці застосовувати сучасні біофізичні методи [2].

Відомо, що несприятливі фактори довкілля негативно, насамперед, впливають на фотосинтетичний апарат рослин [2, 3]. Тому вимірювання індукції флуоресценції хлорофілу (ІФХ) "а" в асимілюючих тканинах дає змогу оцінити активність роботи фотосистеми II, яка є найчутливішою до факторів зовнішнього середовища. Дослідження кінетики флуоресценції можуть дати важливу інформацію, що стосується характеру активності певного фактора зовнішнього середовища щодо впливу на параметри фотосинтезу. Отриману інформацію можна використовувати для екологічного моніторингу, а також для оцінювання стійкості рослин [4].

Упродовж останніх років у насадженнях Києва стан більшості деревних рослин істотно погіршився. У вуличних посадках, які характеризуються найбільшим антропогенним навантаженням, спостерігається масова дехромація (некроз і хлороз) листків. При цьому найгірший функціональний стан притаманний рослинам *Tilia cordata* Mill. та *Tilia x europea* L. [5], рівень дехромації у яких становить до 90 % від площі листка. Функціональний стан синтезуючої поверхні листків рослин *Acer platanoides* у насадженнях парків та скверів оці-

нюють найвищим балом, тоді як у вуличних посадках вже у середині літа втрачається від 30 до 70 % активної синтезуючої поверхні внаслідок некрозу листків. Також вважається, що рослини культиварів навіть у насадженнях вздовж проїжджої частини візуально характеризуються кращим станом активної фотосинтезуючої поверхні, ніж рослини певного виду [6].

**Мета дослідження** – здійснити порівняльну оцінку функціонального стану пігментного комплексу листового апарату рослин виду *A. platanoides* та його культиварів у трьох еколого-фітоценотичних поясах (ЕФП) комплексної зони Києва.

**Об'єкти і методи дослідження.** Дослідження ІФХ у листовому апараті рослин клена гостролистого та його культиварів проводили упродовж вегетаційного періоду 2015 р. з трьохкратною повторюваністю (у червні, липні та серпні). Об'єктами досліджень були листки виду *A. platanoides* та поширених в озелененні Києва культиварів *A. p. 'Globosum'*, *A. p. 'Schwedleri'*, *A. p. 'Crimson King'* та *A. p. 'Reitenbachii'*. Зразки листків відбирали в різних районах Києва у трьох ЕФП: парках (ЕФП "П") – мінімальний вплив техногенного забруднення; скверах (ЕФП "С") – задовільний рівень техногенного забруднення; насадженнях міських площ і вулиць щільної міської забудови (ЕФП "В") – високий рівень техногенного забруднення [7].

Дослідження проводили в лабораторії фізіології Інституту садівництва НААН України за допомогою хронофлуорометра "Флоратест", розробленого Інститутом кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України. Для інтегральної оцінки стану фотосинтетичного апарату методом ІФХ листок клена розташовували між пластинами виносного оптичного сенсора приладу "Флоратест" і впродовж 4 хв реєстрували зміни флуоресценції хлорофілу. Прилад фіксує дані 90 разів за законом  $\sqrt[3]{t}$ . Через 4 хв на рідкокристалічному моніторі приладу будується графік отриманих даних.

Для оцінювання стану фотосинтетичного апарату використовують цілий комплекс параметрів, серед яких проаналізували основні показники фотоіндукції флуоресценції, за якими оцінювали зміни у функціонуванні фотосинтетичних процесів в листках, а саме:

- $F_0$  – "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 (РЦ);
- $F_{pl}$  – рівень флуоресценції на час досягнення тимчасового сповільнення зростання її сигналу, т. зв. "плато";
- $F_{max}$  – максимальне значення флуоресценції, яке пропорційне загальній кількості хлорофілів у межах фотосистеми та обернено пропорційне кількості РЦ;
- $F_{st}$  – її стаціонарний рівень через 3-4 хв після початку освітлювання (показник кількості хлорофілів, які не беруть участь у передачі енергії на РЦ).

Решту показників та коефіцієнтів, що характеризують процес ІФХ в листках рослин досліджуваних видів, визначають аналітичним шляхом за формулами:

$$\Delta F_{pl} = F_{pl} - F_0; \quad (1)$$

$$F_v = F_{max} - F_0 \quad (2)$$

- варіабельна флуоресценція, рівень якої слугує індикатором фотохімічних окислювально-відновлюваних процесів;

<sup>1</sup> аспір. М.В. Манько – НУБІП України;

<sup>2</sup> проф. Н.О. Олексійченко, д-р с.-г. наук – НУБІП України;

<sup>3</sup> ст. наук. співроб. О.І. Китаєв, канд. біол. наук – Інститут садівництва НААН України

$$K_{pl} = \frac{\Delta F_{pl}}{F_v} \quad (3)$$

- співвідношення частки РЦ, що не відновлюють первинний акцептор РЦ системи Q<sub>A</sub>, з часткою активних хлорофілів;

$$K_1 = \frac{F_v}{F_{max}} \quad (4)$$

- частка хлорофілів, що беруть участь у фотосинтезі, від їхньої загальної кількості (ефективність світлової фази фотосинтезу);

$$R_{fd} = \frac{F_v}{F_{st}} \quad (5)$$

- коефіцієнт спаду флуоресценції, який характеризує квантову ефективність фотосинтезу або індекс життєздатності.

Усі показники індукційної кривої подано у відносних одиницях еталона флуоресценції (світлофільтр ОС-14) з емісією в тому ж спектральному діапазоні, що й флуоресценція хлорофілу листка. Статистичне оброблення даних здійснено з використанням пакетів Microsoft Excell і Statistica.

**Результати дослідження.** Вплив різних за інтенсивністю несприятливих антропогенних факторів спричинив у рослин виду *A. platanoides* та його культурварів досить різні за інтенсивністю і спрямованістю зміни ІФХ (рис.).

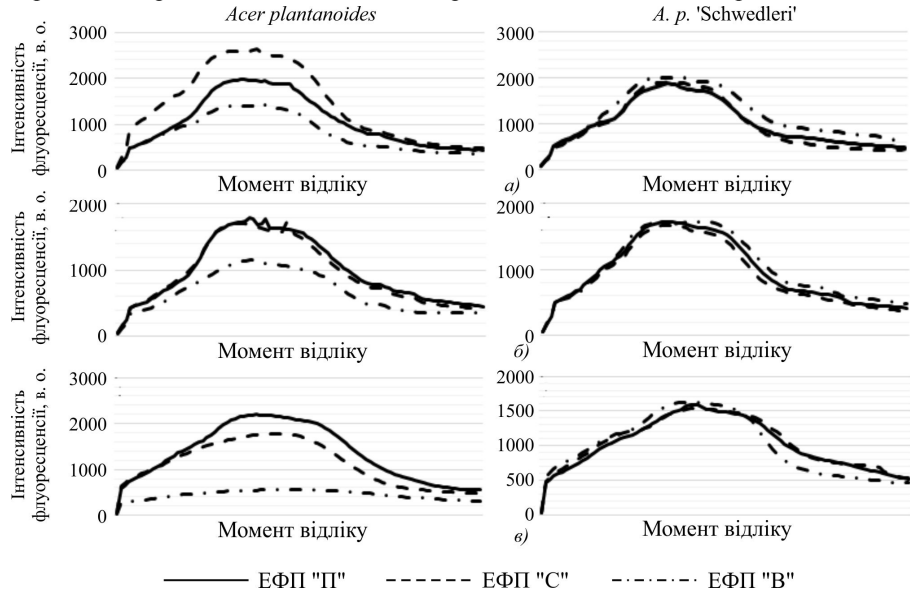


Рис. Індукційні криві флуоресценції хлорофілу листків *Acer platanoides* та *A. p. 'Schwedleri'* залежно від ЕФП: а) червень; б) липень; в) серпень 2015 р.

Показник  $F_0$  залежить від втрат енергії збудження при її міграції по пігментній матриці світлозбиральних комплексів. Для рослин *A. p. 'Schwedleri'* та *A. p. 'Crimson King'* характерними є незначні коливання  $F_0$  у межах 464-507 відн. од. і

368-448 відн. од. відповідно (табл. 1-3). У рослин *A. p. 'Globosum'* у ЕФП "В" цей показник зменшується на 27,7 %, порівняно з ЕФП "С", та на 12,3 %, порівняно з ЕФП "П", що свідчить про зменшення втрати енергії під час її міграції до РЦ.

У листків рослин виду у червні значення показника  $F_0$  в ЕФП "С" підвищується на 43,8 % порівняно зі значенням у ЕФП "П" та ЕФП "В", що свідчить про збільшення кількості хлорофілів, які не беруть участі у фотосинтетичному переносі енергії на РЦ. У липні значення параметра  $F_0$  в середньому зменшується на 16,0 %, а у серпні – на 2,3 % порівняно з червнем. Незначні відмінності цього показника у різних ЕФП у липні та серпні характерні для рослин культивуру *A. p. 'Schwedleri'*. Порівняння отриманих даних дає змогу говорити про ефективніше використання поглинутого світла листками рослин у червні, а також про значне зменшення цієї ефективності у листків рослин виду та *A. p. 'Globosum'* у ЕФП "В" упродовж вегетаційного сезону порівняно з ЕФП "П" та ЕФП "С".

Табл. 1. Параметри ІФХ *Acer platanoides* та його культурварів у різних ЕФП Києва, відн. од. (червень 2015 р.)

Варіант	Параметри світлової індукції, $\lambda = 680$ нм								
	$F_0$	$F_{pl}$	$F_{max}$	$F_{st}$	$\Delta F_{pl}$	$F_v$	$K_{pl}$	$K_1$	$R_{fd}$
<i>A. platanoides</i>									
ЕФП "П"	480	859	1973	448	379	1493	0,25	0,76	3,33
ЕФП "С"	859	1509	2640	496	650	1781	0,36	0,67	3,59
ЕФП "В"	485	715	1419	363	230	934	0,25	0,66	2,57
<i>A. p. 'Crimson King'</i>									
ЕФП "П"	448	731	1429	635	283	981	0,29	0,69	1,54
ЕФП "С"	379	645	1403	368	266	1024	0,26	0,73	2,78
ЕФП "В"	368	576	1184	464	208	816	0,25	0,69	1,76
<i>A. p. 'Globosum'</i>									
ЕФП "П"	608	1093	2283	571	485	1675	0,29	0,73	2,93
ЕФП "С"	693	1195	2811	976	502	2118	0,24	0,75	2,17
ЕФП "В"	501	1083	2037	432	582	1536	0,38	0,75	3,56
<i>A. p. 'Reitenbachii'</i>									
ЕФП "П"	624	1061	2549	629	437	1925	0,23	0,76	3,06
ЕФП "С"	501	1045	2037	576	544	1536	0,35	0,75	2,67
ЕФП "В"	496	1024	1920	544	528	1424	0,37	0,74	2,62
<i>A. p. 'Schwedleri'</i>									
ЕФП "П"	507	1008	1797	469	501	1290	0,39	0,72	2,75
ЕФП "С"	464	880	1904	432	416	1440	0,29	0,76	3,33
ЕФП "В"	496	1029	1989	587	533	1493	0,36	0,75	2,54

Вважається, що за умов насичення за інтенсивністю збуджуючого світла співвідношення  $\Delta F_{pl}/F_v$  характеризує частку  $Q_A$  невідновлених РЦ. У нашому експерименті значення показника  $K_{pl}$  змінюється у межах 0,23-0,39 у червні, 0,22-0,35 у липні та 0,22-0,50 у серпні (див. табл. 1-3). Високі значення параметра характерні для рослин виду у серпні в умовах ЕФП "С" та "В", що свідчать про зростання під кінець вегетаційного періоду частки РЦ, які не відновлюють первинний акцептор електрона  $Q_A$ .

Табл. 2. Параметри ІФХ *Acer platanoides* та його культиварів у різних ЕФП Києва, відн. од. (липень 2015 р.)

Варіант	Параметри світлової індукції, $\lambda=680$ нм								
	$F_0$	$F_{pl}$	$F_{max}$	$F_{st}$	$\Delta F_{pl}$	$F_v$	$K_{pl}$	$K_l$	$R_{fd}$
<i>A. platanoides</i>									
ЕФП "П"	437	795	1803	448	358	1366	0,26	0,76	3,05
ЕФП "С"	437	837	1712	427	400	1275	0,31	0,74	2,99
ЕФП "В"	336	597	1163	341	261	827	0,32	0,71	2,43
<i>A. p. 'Crimson King'</i>									
ЕФП "П"	400	603	1088	379	203	688	0,30	0,63	1,82
ЕФП "С"	336	640	1333	469	304	997	0,30	0,75	2,13
ЕФП "В"	304	448	960	320	144	656	0,22	0,68	2,05
<i>A. p. 'Globosum'</i>									
ЕФП "П"	571	1013	2011	720	442	1440	0,31	0,72	2,00
ЕФП "С"	656	1136	2112	960	480	1456	0,33	0,69	1,52
ЕФП "В"	440	752	1456	688	312	1016	0,31	0,70	1,48
<i>A. p. 'Reitenbachii'</i>									
ЕФП "П"	416	736	1381	629	320	965	0,33	0,70	1,53
ЕФП "С"	448	768	1712	539	320	1264	0,25	0,74	2,35
ЕФП "В"	368	608	1232	352	240	864	0,28	0,70	2,45
<i>A. p. 'Schwedleri'</i>									
ЕФП "П"	504	928	1728	416	424	1224	0,35	0,71	2,94
ЕФП "С"	496	816	1733	475	320	1237	0,26	0,71	2,60
ЕФП "В"	496	896	1664	384	400	1168	0,34	0,70	3,04

Табл. 3. Параметри ІФХ *Acer platanoides* та його культиварів у різних ЕФП Києва, відн. од. (серпень 2015 р.)

Варіант	Параметри світлової індукції, $\lambda=680$ нм								
	$F_0$	$F_{pl}$	$F_{max}$	$F_{st}$	$\Delta F_{pl}$	$F_v$	$K_{pl}$	$K_l$	$R_{fd}$
<i>A. platanoides</i>									
ЕФП "П"	587	1189	2192	555	602	1605	0,38	0,73	2,89
ЕФП "С"	636	1096	1784	476	460	1148	0,40	0,64	2,41
ЕФП "В"	276	420	564	320	144	288	0,50	0,51	0,90
<i>A. p. 'Crimson King'</i>									
ЕФП "П"	341	565	1040	400	224	699	0,32	0,67	1,75
ЕФП "С"	464	860	1676	520	396	1212	0,33	0,72	2,33
ЕФП "В"	368	560	1232	368	192	864	0,22	0,70	2,35
<i>A. p. 'Globosum'</i>									
ЕФП "П"	508	880	1968	544	372	1460	0,25	0,74	2,68
ЕФП "С"	1092	1772	2856	800	680	1764	0,39	0,62	2,21
ЕФП "В"	432	672	1456	352	240	1024	0,23	0,70	2,91
<i>A. p. 'Reitenbachii'</i>									
ЕФП "П"	428	800	1408	364	372	980	0,38	0,70	2,69
ЕФП "С"	699	1077	2304	608	378	1605	0,24	0,70	2,64
ЕФП "В"	368	560	1184	304	192	816	0,24	0,69	2,68
<i>A. p. 'Schwedleri'</i>									
ЕФП "П"	480	876	1532	524	396	1052	0,38	0,69	2,01
ЕФП "С"	496	816	1536	544	320	1040	0,31	0,68	1,91
ЕФП "В"	555	987	1632	480	432	1077	0,40	0,66	2,24

За даними вірусолога М.М. Кирик зі співавторами, перевищення рівня  $\Delta F_{pl}/F_v$  більше 0,40 свідчить про високий рівень вірогідності ураження рослин вірусною інфекцією [8]. У нашому експерименті у червні та липні не зафіксовано перевищення допустимого значення  $K_{pl}$ , тоді як у серпні зафіксовано перевищення цього показника у рослин виду (ЕФП "В"  $K_{pl} = 0,50$ ). Це свідчить про те, що досліджені рослини культиварів клена гостролистого не схильні до ураження вірусними інфекціями в умовах високого антропогенного навантаження.

Параметр  $F_{max}$  характеризує найвищий рівень флуоресценції хлорофілу "а", що реєструється у вигляді максимуму на індукційній кривій. Для досліджуваних рослин параметр змінюється у межах 564-2856 відн. од. Цей показник найбільш варіабельний з усіх інших, що зумовлено адаптивними змінами у структурі пігментного комплексу. Значення  $F_{max}$  упродовж літа в умовах ЕФП "В" у більшості варіантів для виду та культиварів є меншим, ніж в умовах ЕФП "П", за винятком культивару *A. p. 'Schwedleri'*, у листків якого значення параметра  $F_{max}$  не зазнає значних змін залежно від ЕФП. Значне зменшення цього параметра впродовж літа в умовах ЕФП "В", порівняно з умовами ЕФП "П", зафіксовано для виду і становить 28,1 %, 35,5 % та 74,3 % у червні, липні та серпні відповідно. Це може бути пов'язано з блокуванням ресинтезу хлорофілу, деградацією, руйнуванням структури хлоропластів та зменшенням їхньої кількості під впливом зовнішнього середовища.

Коефіцієнт спаду флуоресценції або індекс життєздатності, який характеризує нормальну квантову ефективність фотосинтезу за  $R_{fd} \geq 1,50-2,50$ , у всіх досліджених варіантах входить у цей інтервал, за винятком рослин виду у серпні в умовах ЕФП "В" ( $R_{fd} = 0,90$ ). Як зазначено вище,  $K_l$  вказує на частку хлорофілів, що беруть участь у фотосинтезі, від загальної їхньої кількості, тобто характеризує ефективність світлової фази фотосинтезу. Майже у всіх варіантах  $K_l$  перебуває в межах 0,66-0,76, що свідчить про високу частку активних хлорофілів, незалежно від умов зростання дослідних рослин.

Аналіз отриманих даних свідчить про залежність показників ІФХ від рівня антропогенного навантаження на рослини виду та всіх культиварів, окрім *A. p. 'Schwedleri'*. Як помітно з рис., форми кривих Каутського для *A. p. 'Schwedleri'* в умовах ЕФП "П", "С" та "В" майже ідентичні для кожного місяця. Рівень антропогенного навантаження має найбільш виражений вплив на ІФХ листків рослин виду.

### Висновки

1. Виявлено високу інформативність індукційних змін флуоресценції хлорофілу у структурній організації хлоропластів листків виду *Acer platanoides* та його культиварів *A. p. 'Globosum'*, *A. p. 'Schwedleri'*, *A. p. 'Crimson King'* та *A. p. 'Reitenbachii'*, що визначаються параметрами  $F_0$ ,  $F_{max}$ ,  $K_l$ ,  $K_{pl}$  та  $R_{fd}$ .

2. Визначено сезонні зміни параметрів індукції флуоресценції хлорофілу листків, які свідчать про поступове зменшення ефективності використання поглинутого світла рослинами упродовж вегетаційного сезону. Виявлено внутрішньовидові відмінності ефективності фотосинтезу листків виду *Acer platanoides* у різних еколого-фітоценотичних поясах Києва.

3. Визначено кризовий стан рослин виду *Acer platanoides* у серпні в еколого-фітоценотичному поясі "вулиця". Для культиварів, незалежно від умов зростання, ефективність фотосинтезу перебуває в оптимальних межах.

4. Аналіз отриманих даних свідчить про залежність показників індукції флуоресценції хлорофілу від рівня антропогенного навантаження для рослин виду та всіх культурварів, окрім *A. p. 'Schwedleri'*. Це свідчить про його толерантність до умов міського середовища та дає підстави стверджувати про доцільність ширшого використання рослин цього культурвару у вуличних насадженнях, тобто в умовах з високим рівнем трансформації екотопу.

### Література

1. Гаевский Н.А. Использование переменной и замедленной флуоресценции хлорофилла для изучения фотосинтеза растений / Н.А. Гаевский, В.Н. Моргун // Физиология растений : науч.-биол. журнал. – 1993. – Т. 40, № 1. – С. 136-144.
2. Корнеев Д.Ю. Изучение QВ-восстанавливающих комплексов фотосистемы II с помощью индукции флуоресценции хлорофилла / Д.Ю. Корнеев, С.М. Кочубей // Физиология и биохимия культурных растений : науч.-техн. журнал. – 2000. – Т. 32, № 1. – С. 20-24.
3. Карапетян Н.В. Переменная флуоресценция хлорофилла как показатель физиологического состояния растений / Н.В. Карапетян, Н.Г. Бухов // Физиология растений : науч.-биол. журнал. – 1986. – Т. 33, вып. 5. – С. 1013-1026.
4. Лысенко В.С. Флуоресценция хлорофилла растений как показатель экологического стресса: теоретические основы применения метода / В.С. Лысенко, Т.В. Вардуни, В.Г. Сойер, В.П. Краснов // Фундаментальные исследования : теорет. и науч.-практ. журнал. – 2013. – № 4. – С. 112-120.
5. Олексійченко Н.О. Індукція флуоресценції хлорофілу листя липи серцелистої у вуличних насадженнях Києва / Н.О. Олексійченко, О.І. Китаєв, А.М. Лєсюк // Наукові праці Лісівничої академії наук України : зб. наук. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2009. – Вип. 7. – С. 95-97.
6. Манько М.В. Внутрішньовидове різноманіття *Acer platanoides* L. в озелененні Києва та ботанічних установах України / М.В. Манько // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2015. – Вип. 25.8. – С. 118-123.
7. Кучерявий В.П. Урбоекологія : підручник / В.П. Кучерявий. – Львів : Вид-во "Світ", 1999. – 360 с.
8. Кирик М.М. Діагностика вірусної інфекції смородини чорної та малини методом індукції флуоресценції хлорофілу листків / М.М. Кирик, Ю.М. Тарануха, М.П. Тарануха та ін. // Вісник аграрної науки : наук.-теорет. журнал НААН України. – 2011. – № 10. – С. 26-28.

Надійшла до редакції 13.09.2016 р.

### Манько М.В., Алексейченко Н.А., Китаев О.И. Особенности индукции флуоресценции хлорофилла в листьях растений культурваров *Acer platanoides* L. в условиях города Киева

Приведена сравнительная оценка функционального состояния пигментного комплекса листового аппарата распространенных в озеленении города Киева растений культурваров *Acer platanoides* L. По анализу изменений индукции флуоресценции хлорофилла листьев определено влияние условий места произрастания с разной степенью антропогенной нагрузки и генотипов специфичности растений исследуемых культурваров на отдельные показатели и коэффициенты, характеризующие ход световых фаз фотосинтеза и эффективность фотохимических процессов для темновых фаз в течение летних месяцев. По результатам анализа полученных данных выявлена зависимость показателей индукции флуоресценции хлорофилла от уровня антропогенной нагрузки на растения вида *A. platanoides* и всех исследованных культурваров, за исключением *A. p. 'Schwedleri'*, что свидетельствует об их толерантности к городским условиям и дает основания утверждать о целесообразности более широкого использования этих растений в сложных условиях городской среды.

**Ключевые слова:** клен остролистный, культурвар, индукция флуоресценции хлорофилла, листья, фотосинтез, городские насаждения.

### Man'ko M.V., Oleksiychenko N.O., Kitaev O.I. Some Peculiarities of Chlorophyll Fluorescence Induction in Leaves of *Acer Platanoides* L. Cultivars under Conditions of Kyiv City

The comparative assessment of functional state of the pigment complex in leaves of the widespread in greening of Kyiv city *Acer platanoides* L. cultivars was presented. According to the analysis of the changes of the chlorophyll fluorescence induction in leaves the effect of growing conditions with varying degrees of anthropogenic stress and genotype specificity of studied cultivars on individual indicators and coefficients that characterize the course of the light phase of photosynthesis and the efficiency of photochemical processes for dark phases during the summer months was determined. The analysis of the data revealed the dependence of the parameters of chlorophyll fluorescence induction from anthropogenic stress for the species and all studied cultivars except *A. p. 'Schwedleri'*, which indicates its tolerance to urban conditions and gives reason to believe in the expediency of wider use of these plants in the difficult conditions of the urban environment.

**Keywords:** Norway maple, cultivar, induction of chlorophyll fluorescence, leaves, photosynthesis, urban plantings.

УДК 632.111.5:582.635.1(477.46)

### МОРОЗОСТІЙКІСТЬ ВИДІВ ТА ФОРМ РОДУ *ULMUS* L. В УМОВАХ МІСТА УМАНІ

С.А. Масловата<sup>1,2</sup>

Досліджено морозостійкість тканин пагонів і генеративних бруньок представників роду *Ulmus* L. в умовах вимушеного спокою. Подано результати прямого проморожування пагонів лабораторним методом із застосуванням системи коефіцієнтів з удосконаленою оцінкою ступеня uszkodження тканин, що враховує їх фізіологічну нерівноцінність у життєдіяльності та регенераційній спроможності рослин. Встановлено мінімальні критичні температури, що впливають на ріст та розвиток представників роду, які зростають у культурній дендрофлорі міста Умані. Виявлено, що пошкодження пагона мають подібну тенденцію у всіх досліджуваних видів, що може свідчити про подібність їхніх біологічних властивостей. Найстійкішою до низьких температур була середня частина пагона у міжвузлі, менш стійкими виявилися верхня частина пагона та тканини біля бруньки і брунька.

**Ключові слова:** види та форми роду *Ulmus*, морозостійкість, проморожування, температура, пагони, ступінь uszkodження, верхівка пагона, середина пагона, розріз через бруньку.

**Вступ.** На формування та розвиток зелених насаджень, як зазначають А.П. Пасічний, І.Д. Пономарева, Г.В. Цепков [8], значно впливають природні, зокрема кліматичні умови. Так, для культивування рослин в умовах лісостепової зони України найбільш несприятливим фактором є низька температура взимку. Крім цього, в умовах досліджуваного регіону значні низькі температури взимку чергуються з відлигами, що негативно впливають на рослини, особливо впродовж останнього місяця зими, коли закінчується період їх органічного спокою і настає період вимушеного. Під час відлиги у тканинах рослин можуть активізуватися метаболічні процеси, що у разі подальшого зниження температури чи її значних коливаннях може призвести до uszkodження рослин.

<sup>1</sup> аспір. С.А. Масловата – Уманський НУ садівництва;

<sup>2</sup> наук. керівник: проф. В.П. Шлапак, д-р с.-г. наук – Уманський НУ садівництва