

ДІАГНОСТИКА ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ФОТОСИНТЕТИЧНОГО АПАРАТУ ПЕРСПЕКТИВНИХ СОРТІВ ТА ЕЛІТНИХ ФОРМ СЛИВИ (*PRUNUS DOMESTICA*)

О.І. КИТАЄВ, В.А. КРИВОШАПКА,

ORCID: 0000-0003-4713-8149

О.А. КИЩАК,

ORCID: 0000-0001-8935-7652, 050 443 89 87

Інститут садівництва НААН України, Київ, Україна

В.В. ФІЛЬОВ,

Дослідна станція помології ім. Л.П. Симиренка Інституту садівництва
(ІС) НААН України, с. Мліїв, Україна

Анотація. Наведено результати досліджень функціонування листкового апарату перспективних сортів та елітних форм сливи селекції Дослідної станції помології ім. Л.П. Симиренка, які проводилися для визначення потенціалу їхньої адаптивності і продуктивності. Функціональний стан рослин вивчали за допомогою портативного флуориметру «Флоратест», визначаючи індукційні зміни флуоресценції хлорофілу листків. Аналіз зелених пігментів у них проводили в спиртових екстрактах, застосовуючи спектрофотометричний метод. Визначено значну негативну кореляцію ($r = -0,71$) між співвідношенням хлорофілів a/b і сумарним вмістом пігментів (в мг/г сирової речовини) та кількістю хлорофілу b і співвідношенням хлорофілів a/b ($r = -0,85$), що є свідченням високої адаптивної здатності й регуляторних можливостей (на рівні синтезу певних форм хлорофілів) пігментних систем хлоропластів листя всіх перспективних сортів і елітних форм сливи до змін світлового режиму в кроні дерев.

За параметрами, що характеризують потенційну фотосинтетичну ефективність і продуктивність дерев визнано найбільш продуктивними серед ранньостиглих сортів Одну, серед середньостиглих – Чачакську найболя, Заманчиву та Янтарну Мліївську, серед пізньостиглих – Стенлей і Блюфрі та елітні форми 8124 (Престиж) та 8143. Найнижча ефективність фотосинтетичних процесів

за всіма параметрами визначена у форми 9996. Виявлено досить високу адаптивність листового апарату дерев усіх сортів і форм до змін умов освітленості за показниками індукції флуоресценції хлорофілу Fr1 і Fr2 і вмістом зелених пігментів у листі. За коефіцієнтом плато KpL вірусної інфекції не виявлено.

Ключові слова: адаптивність, вміст пігментів, листовий апарат, продуктивність, сорти та елітні форми сливи, флуоресценція хлорофілу, фотосинтетична активність.

Вступ.

Дослідження параметрів флуоресценції хлорофілу є потужним інструментом аналізу процесів фотосинтезу та впливу різноманітних фізіологічних, агробіологічних, екологічних та інших чинників на функціональний стан рослин.

Фотосинтезуюча діяльність рослин займає провідну роль у формуванні потенційної продуктивності сільськогосподарських культур. Основним пігментом рослинної клітини є хлорофіл, який має здатність флуоресцювати [1, 2]. Стан фотосинтетичного апарату можна визначати за індукційними змінами флуоресценції хлорофілу в листку, що зумовлено тісним зв'язком між її інтенсивністю і фотосинтетичними реакціями [3, 4]. Стабільність фотосинтетичної активності сортів та гібридів різних рослин значною мірою зумовлена генетично детермінованою специфічністю структурно-функціональної організації їхнього асиміляційного апарату [5, 6].

Для аналізу фотосинтетичних процесів у листках використовують метод індукції флуоресценції хлорофілу, що дає змогу, не завдаючи шкоди рослинам, визначити їхній загальний стан, потенційну продуктивність в умовах дії як абіотичних, так і біотичних чинників, а також встановити

їхній вплив на певні фази перебігу фотосинтезу [7, 8]. На думку більшості вчених саме фоновий рівень флуоресценції (F_0) дає можливість оцінювати функціональний стан рослин. Він пропорційний кількості молекул хлорофілу, які не беруть участь у фотосинтезі. Чим вищий цей показник, тим нижча фотосинтетична активність [9, 10]. Використання зазначеного методу дає можливість виявити на ранніх стадіях прояви несумісності сорто-підщепних комбінувань, а також і потенційні вірусні хвороби в плодових рослин [11, 12].

Метою досліджень було виділення найбільш продуктивних сортів і елітних форм сливи через визначення ефективності функціонування їхнього листового апарату.

Матеріали і методи досліджень.

Дослідні насадження закладено у 2002 році на Дослідній станції помології ім. Л. П. Симиренка (с. Мліїв, Черкаська обл.) за методикою первинного сортовивчення. Деревя сортів, що вивчаються, щеплені на сіянцях аличі і висаджені за схемою 6 x 4 м. Форма крони – розріджено-ярусна, зрошення відсутнє. Кожний сорт представлено 30 рослинами (повторення триразове по 10 дерев, які роз-

міщено рендомізовано). Об'єктами досліджень були 13 сортів і 10 елітних форм сливи, що вивчалися в лабораторії фізіології рослин і мікробіології Інституту садівництва НААН у 2018–2019 рр. Функціональний стан рослин визначали за допомогою приладу «Флоратест» внаслідок спостережень за індукційними змінами флуоресценції хлорофілу листків [13, 14], а зелені пігменти - в екстрактах етилового спирту із застосуванням спектрофотометричного методу за допомогою спектроколориметра КФК-3 [15]. Зразки відбирались у фазу найбільшого розвитку асиміляційного апарату (початок другої декади червня), триразова повторність по 5 листків у зразку. Для оцінювання функціонального стану фотосинтетичного апарату за індукційними змінами флуоресценції хлорофілу використано комплекс параметрів, що дало змогу проаналізувати зміни фотосинтетичних процесів у листках, а саме: F_o – початкове значення, або фоновий рівень флуоресценції (після ввімкнення освітлення), пропорційне кількості молекул хлорофілу, F_{pL} – рівень її флуоресценції на час тимчасового уповільнення зростання її сигналу («плато»), F_p (F_{p1}) – максимальне значення флуоресценції, F_M (F_{p2}) – другий її максимум, F_{st} – стаціонарний її рівень через 1,5–3,0 хвилини після початку освітлення.

Інші показники, що характеризують перебіг фотосинтетичних процесів у листках визначали за формулами:

K_{pL} – так званий «коефіцієнт плато», який характеризує частку первинних акцепторів електронів за насичуючої фотосинтез інтенсивності світла (понад 400 Вт/м²) фотосистеми 2 (ФС 2) – Q_a , що не відновлюють реакційні центри: $K_{pL} = \Delta F_{pL} / F_v$,

$\Delta F_{pL} = F_{pL} - F_o$, $F_v = F_{p1} - F_o$. За умов нашого експерименту за інтенсивності збуджувального світла 80...100 Вт/м² розраховуємо «діагностичне» $K_{pL}^* = \Delta F_{pL} / F_v$.

K_i – коефіцієнт ефективності світлової фази фотосинтезу та електронного транспорту поблизу реакційних центрів фотосистеми 2 (ФС 2): $K_i = F_v / F_{p1}$;

RFD – коефіцієнт ефективності темнових фотохімічних процесів, або коефіцієнт спаду флуоресценції, який характеризує квантову ефективність фотосинтезу (індекс життєздатності): $RFD = (F_M - F_{st}) / F_{st}$. Усі показники індукційної кривої представлено у відносних одиницях (в.о.) еталона флуоресценції (світлофільтр ОС-14) з емісією в тому ж спектральному діапазоні, що і флуоресценція хлорофілу листка.

Статистичне опрацювання результатів вимірювань проводили методами дисперсійного та кореляційного аналізу за Б.О. Доспеховим із застосуванням комп'ютерної програми обробки даних „AGROSTAT” і засобів Excel.

Результати дослідження та їх обговорення.

Ефективність фотосинтезу залежить як від кількості зелених пігментів у листку, так і від співвідношення форм хлорофілів a/b , що характеризує структурну організацію на рівні супрамолекулярних комплексів, а саме співвідношення комплексів ФС 1 і ФС 2, і ступінь потенціалу адаптації до змін довкілля. Уміст хлорофілів значно змінюється під впливом чинників довкілля, а саме: освітлення листків, кількість азоту в ґрунті тощо, тому його можна розглядати як функціональний тест на адаптивність рос-

лин до цих чинників. Аналіз вмісту пігментів у листі дерев сортів різних строків досягання свідчить про досить значну кількість у них хлорофілів (табл. 1). Водночас їхній сумарний уміст, у перерахунку як на сиру речовину, так і на площу листової поверхні в ранньостиглих сортів дещо вищий - у середньому відповідно 1,62 мг/г та 1,91 мг/дм², у середньостиглих – відповідно 1,18 і 1,65 і пізньостиглих - 1,2 мг/г та 1,64 мг/дм².

Серед ранньостиглих найвищим сумарним вмістом пігментів відзначався сорт Герман - відповідно 1,97 мг/г і 2,38 мг/дм², середньостиглих - Чачакська краща - 1,70 і 2,26 відповідно та пізньостиглих – елітна форма 7794 - 1,76 мг/г та 1,89 мг/дм². Найменшу кількість хлорофілів відмічено в елітній форми 9605 (середньостигла) - 0,80 мг/г та 1,02 мг/дм² та пізньостиглої 8124 – відповідно 0,79 мг/г і 1,11 мг/дм². Визначений уміст пігментів є достатнім для забезпечення фотосинтетичних процесів, хоча вважається, що кількість хлорофілів не є лімітуючим чинником. Сонячна радіація, яка надходить до поверхні листя, є більш обмежуючим чинником для фотосинтезу й зумовлює зміни в кількості хлорофілів для пристосування пігментного апарату до світлового режиму в кроні. Більш затінене листя містить більше хлорофілу, ніж освітлене. Крім того, у листках із периферії крони за достатнього їхнього освітлення співвідношення хлорофілів a/b зростає [16].

У наших дослідях в усіх сортів та елітних форм співвідношення a/b становило в середньому більше 3,0, а саме: у ранньостиглих – 3,1, середньостиглих – 3,95 і пізньостиглих – 3,8. Водночас взаємозв'язок між мінливістю кількості пігментів і

співвідношенням хлорофілів a/b був досить високий. Кореляція між останнім показником і сумарним вмістом пігментів, визначена в мг/г сирої речовини, виявилася негативною ($r = -0,71$). Крім того, встановлено ще більш значущу негативну кореляцію ($r = -0,85$) між співвідношенням хлорофілів a/b і кількістю другого з них, що свідчить про адаптивні зміни в синтезі окремих форм хлорофілів у листках сливи за умов варіювання світлового режиму в кроні.

Формування потенційної продуктивності рослин тісно пов'язане із їхньою фотосинтезуючою діяльністю, особливе місце в якій займає активність роботи хлоропластів. Одним із найбільш інформативних методів, що дає змогу швидко визначити ефективність функціонування хлоропластів і загалом листка є визначення індукції флуоресценції хлорофілу (ІФХ). Зміна інтенсивності флуоресценції сортів та перспективних форм сливи показано на графіках (рис. 1).

Показник F_o (рівень флуоресценції хлорофілу, котра випромінюється комплексами ФС 2 з «відкритими» реакційними центрами) залежить від втрат енергії збудження під час її міграції пігментною матрицею світлозбиральних комплексів, крім того, певний вклад вносять знов синтезовані пігменти та пігменти функціонально не пов'язані з реакційними центрами [17]. Листки рослин сливи мали доволі низький рівень F_o у межах 220-460 в.о., що складає 25–30 % від максимального рівня F_p . Останнє вказує на незначну частку хлорофілу, який не приймає участі у фотосинтезі.

Збільшення флуоресценції від F_o до рівня F_{pL} опосередковане швидким відновленням Q_a в комплексах реакційних центрів ФС 2, які не

1. Уміст зелених пігментів у листках різних сортів і елітних форм сливи, середнє за 2018 – 2019 рр.*

Сорт, елітна форма	Уміст хлорофілів						a/b
	мг/г			мг/дм²			
	a	b	a+b	a	b	a+b	
Ранньостиглі							
Ненька (к.)	1,07	0,31	1,38	1,49	0,43	1,92	3,43
Ода	1,14	0,37	1,51	1,08	0,35	1,43	3,07
Герман	1,45	0,52	1,97	1,75	0,62	2,38	2,81
Середньостиглі							
Ренклюд Карбишева(к.)	1,18	0,36	1,54	1,65	0,50	2,15	3,30
12516	1,05	0,32	1,37	1,54	0,47	2,01	3,31
7756	1,08	0,31	1,40	1,58	0,46	2,04	3,47
8087	1,00	0,25	1,25	1,21	0,30	1,51	4,02
9605	0,65	0,14	0,80	0,83	0,18	1,02	4,58
9996	0,88	0,26	1,14	1,23	0,37	1,60	3,34
12456 (Добра)	0,88	0,19	1,07	1,23	0,26	1,49	4,66
Заманчива	1,01	0,29	1,30	1,41	0,41	1,81	3,46
Чачакська краща	1,30	0,40	1,70	1,73	0,53	2,26	3,25
Янтарна мліївська	0,65	0,13	0,78	0,98	0,20	1,18	4,82
Пізнньостиглі							
Стенлей (к.)	0,80	0,19	0,99	1,33	0,32	1,65	4,17
7794	1,40	0,36	1,76	1,50	0,39	1,89	3,85
8110	0,99	0,26	1,25	1,32	0,35	1,67	3,82
8124	0,64	0,15	0,79	0,90	0,21	1,11	4,25
8143	1,07	0,28	1,35	1,63	0,42	2,05	3,84
Рекорд	0,92	0,34	1,26	0,93	0,35	1,28	2,70
Топхіт	0,99	0,25	1,24	1,39	0,34	1,74	4,04
Блюфрі	0,90	0,25	1,15	1,20	0,33	1,53	3,62
Президент	0,76	0,19	0,95	1,20	0,30	1,51	3,94
Штутгарт	0,98	0,31	1,29	1,70	0,53	2,22	3,22
НІР05	0,15	0,04	0,19	0,20	0,06	0,26	-

* - зразки відбирались у фазу найбільшого розвитку асиміляційного апарату (початок другої декади червня).

здійснюють відновлення вторинного акцептора Q_{ϕ} , що характеризує їх як неактивні. Такі реакційні центри так і називають ті, що не відновлюють Q_{ϕ} [5]. Наростання флуоресценції від F_o

до F_{PL} визначається показником ΔF_{PL} , і в нашому експерименті він був на рівні 70-260 в.о.

За насичуючого фотосинтезу рівня освітленості (400-600 Вт/м²), співвід-

ношення $\Delta F_{pL}/F_v$, визначає частку реакційних центрів, які не відновлюють Q_b . Водночас воно досить незначне, оскільки F_p а з ним і F_v насичується за значно вищої інтенсивності збуджуючого світла ніж F_{pL} . У нашому експерименті рівень інтенсивності

збуджуючого світла був нижчим у межах 80-100 Вт/м², і тому флуоресценція на рівні F_{pL} співставна з F_p . Отже, співвідношення $\Delta F_{pL}/F_v$ буде набагато більше, ніж за насичуючого світла. Проте за таких умов проведення експерименту показник K_{pL}^* , який ми

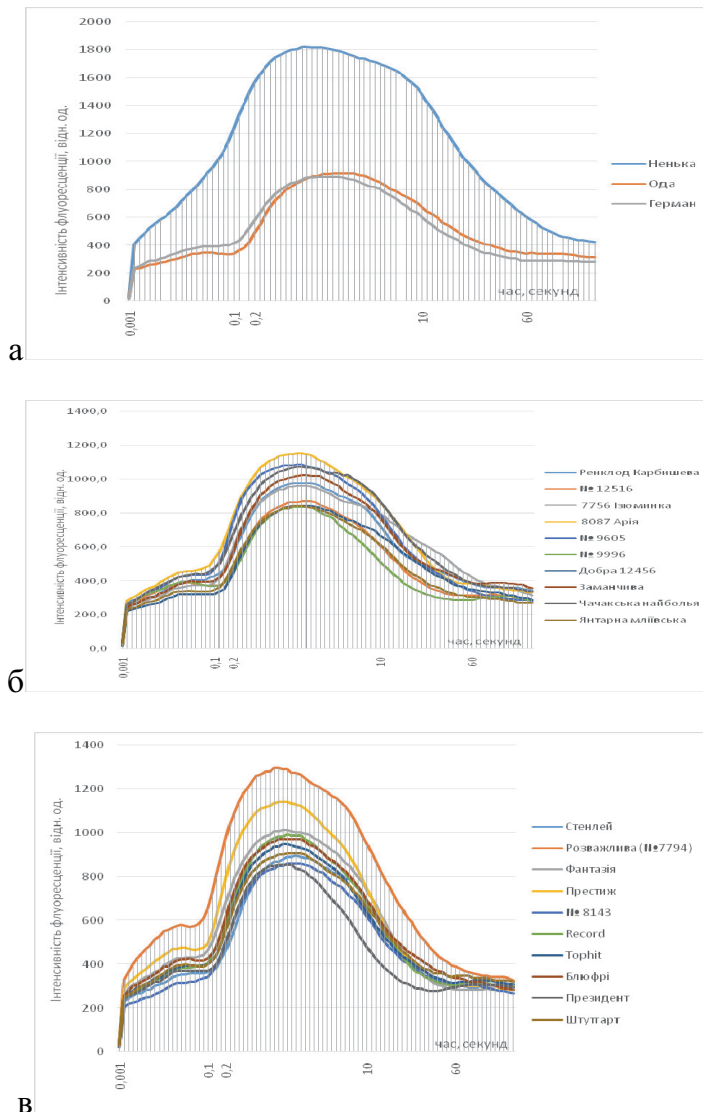


Рис. 1. Індукційні зміни флуоресценції хлорофілу в листках різних сортів та елітних форм сливи: а – ранньостиглі; б – середньостиглі; в – пізньостиглі.

назвали «діагностичним» із більшою ефективністю може характеризувати рівень зараження рослин патогенами вірусної природи.

За даними вірусологів М. М. Кирика і Ю. М. Таранухо [12] перевищення рівня $\Delta F_{pl}/F_v$ 0,45 (за низької інтенсивності збуджуючого світла) вказує на високу ймовірність ураження рослин вірусною інфекцією. У нашому досліді $\Delta F_{pl}/F_v$ було в межах 0,11–0,23, що є настільки малим, що може бути функціональною ознакою відсутності вірусної інфекції в дослідних зразках сортів та гібридів сливи. Однак, збільшення частки неактивних реакційних центрів може відбуватися та під впливом абіотичних чинників.

Водночас відмітимо, що найвищі значення K_{pl}^* було зафіксовано в ранньостиглого сорту Герман – 0,22, середньостиглої елітної форми 9996 – 0,21 та пізньостиглої елітної форми 7794 – 0,23. Найменші значення в ранньостиглого сорту Ненька – 0,15, середньостиглої елітної форми Добра (12456) та пізньостиглого сорту Стенлей по 0,11. За групами стиглості середні значення коефіцієнту плато діагностичного K_{pl}^* були такими: ранньостиглі – 0,19, середньо- та пізньостиглі – 0,17. Отже, показник K_{pl}^* дає змогу оцінити рівень пошкодження реакційних центрів хлоропластів листків сортів та елітних гібридних форм сливи. Водночас його низькі значення вказують на відсутність впливу вірусної інфекції та абіотичних чинників на функціональний стан рослин. Однак значні відмінності значення K_{pl}^* вказують на різну кількість неактивних реакційних центрів, що не відновлюють вторинний акцептор електронів ФС 2 передусім унаслідок порушення внутрішньої конверсії енергії та розподілу електронів у самих реакційних центрах за дефіциту Cu.

Сігмоїдальне збільшення інтенсивності флуоресценції від F_{pl} до F_p викликано поступовим відновленням компонентів електрон-транспортного ланцюга (ЕТЛ). Водночас за відсутністю відтоку електронів до пулу переносників ЕТЛ відбувається відновлення Q_a в комплексах ФС 2, що відновлюють Q_e , що супроводжується збільшенням квантового виходу флуоресценції цих комплексів.

Параметр F_p характеризує найбільший рівень флуоресценції хлорофілу a , що фіксується на індукційній кривій. За умов насичуючої інтенсивності світла максимальне значення флуоресценції зумовлено динамічною рівновагою між процесами флуоресценції, фотохімії і теплової дисипації. Вважається що у точці F_p за максимального рівня флуоресценції фотосинтез перебуває на мінімальному рівні. Для рослин сливи він перебуває в межах від 837 до 1819 в.о. Цей параметр найбільш варіабельний, що зумовлено адаптивними змінами у структурі пігментного комплексу відповідно до інтенсивності сонячного випромінювання, що надходить до листка. За недостатньої інсоляції, що зумовлено затіненням листків у кроні дерев відбувається збільшення як світлозбираючих, так і антенних хлорофілів, останнє супроводжується зростанням рівня F_p особливо в раннього сорту Ода – 1819 в.о. та пізньостиглої елітної форми 7794 – 1296 відносних одиниць. Найменша амплітуда F_p зареєстрована в елітної форми 9996 – 837 та сортів Янтарна Мліївська та Добра – 843 відносних одиниць. Останнє зв'язано з архітектонікою та габітусом крони дерев. Водночас коефіцієнт індукції $K_i = F_v/F_p$, що характеризує ефективність світлової фази фотосинтезу та електронного тран-

спорту поблизу реакційних центрів ФС 2, змінюється (залежно від сорту) від 0,67 до 0,75, що вказує на високий рівень структурно-функціональної організації супрамолекулярних комплексів реакційних центрів ФС 2, тому що в більшості сортів сливи він перевищує 0,70. Коефіцієнт ефективності світлової фази фотосинтезу та електронного транспорту поблизу реакційних центрів фотосистеми 2 K_i за групами стиглості змінювався так (середні значення): ранньостиглі – 0,73, середньо – та пізньостиглі – 0,72.

Проведений кореляційний аналіз параметрів K_{pl}^* та K_i виявив від'ємну кореляцію на рівні -0,58 для ранньостиглих сортів, а для середньостиглих сортів -0,35 та пізньостиглих -0,30. Взагалі факт від'ємної кореляції вказує на достатньо сильний вплив порушення внутрішньої конверсії енергії та розподілу електронів у реакційних центрах на ефективність фотосинтетичних процесів ФС 2 [18].

Поява другого максимуму на індукційній кривій (який часто зветься М-піком) пов'язана зі збільшенням споживання АТФ та частковою затримкою індукції циклу Кальвіна, що призводить до тимчасової релаксації градієнта протонів у тилакоїдній мембрані хлоропластів (ΔpH), а також до зниження нефотохімічного гасіння флуоресценції [19, 20]. Низка авторів вважає, що індукція циклу Кальвіна, як і амплітуда піка М, залежить від концентрації поновленого НАДФ⁺, який визначається доступністю та рівнем фотосинтетичної фіксації CO₂ [21].

У наших дослідках інтенсивність флуоресценції в другому максимумі змінюється від 700 до 1696 відн. од. Вважається, що в умовах недостатньої освітленості інтенсивність параметру F_M (M-пік) може бути вищою за F_P . У

наших дослідженнях для всіх сортів та гібридних форм зареєстровано перевищення F_P над параметром F_M на 7–12 % (див. рис. 1). Крім того, відмічені високі значення співвідношення хлорофілів a/b , що вказує на достатнє освітлення листків у кроні дерев сливи.

Інтенсивність спаду флуоресценції до рівня F_{st} характеризується коефіцієнтом RFD , який дістав назву індексу життєздатності, а також коефіцієнту адаптивності, і є інтегральним показником ефективності функціонування темнових фотохімічних процесів, перед усім циклу Кальвіна [22]. Визначена кореляція показника RFD з інтенсивністю фіксації вуглекислого газу [5]. Нами встановлено, що цей коефіцієнт змінюється від 1,55 у пізньостиглого сорту Штутгарт до 2,97 у ранньостиглого сорту Ода. Проведений кореляційний аналіз параметрів K_i та RFD визначив кореляцію на рівні 0,64 для ранньостиглих, 0,34 – для середньостиглих та 0,12 – для пізньостиглих. Індекс життєздатності (адаптивності) RFD мав такі середні значення: ранньостиглі – 2,19, середньо – 1,86, пізньостиглі – 2,02. Тобто відмічена тенденція до більш інтенсивного перебігу фотосинтетичних процесів у ранньостиглих сортів порівняно із середньо- та пізньостиглими.

Висновки і перспективи.

Визначена висока адаптивність листового апарату всіх перспективних сортів та елітних форм сливи до змін світлового режиму в кроні дерев, що підтверджується негативною кореляцією ($r = -0,71$) між співвідношенням хлорофілів a/b і сумарним умістом пігментів (в мг/г сирової речовини) та кількістю хлорофілу a і співвідношенням хлорофілів a/b ($r = -0,85$).

Ознак вірусної інфекції, яку контролювали за коефіцієнтом плато K_{pl} у досліджуваних сортів та елітних форм сливи не виявлено, оскільки значення цього показника були мінімальними (0,11–0,23) і не досягли порогового значення 0,45.

За комплексом показників K_{pl} , K_i та RFD , що вказують на високу ефективність фотосинтетичних процесів та потенційну продуктивність рослин, серед ранньостиглих сортів виділяється Ода, серед середньостиглих – Чачакська краща, Заманчива та Янтарна мліївська, серед пізньостиглих – сорти Стенлей і Блюфрі та форми 8124 і 8143. Найнижчу ефективність фотосинтетичних процесів, за всіма параметрами встановлено у форми 9996.

References

1. Nichiporovich A.A. (1973). Osnovy fotosintichieskoj produktivnosti rastenij. Sovremennyye problemy fotosinteza [Basis of the plants photosynthetic productivity. Photosynthesis modern problems]. M. 17-43 (in Russian).
2. Maxwell, K. & Johnson, G. (2000). Chlorophyll fluorescences practice guide. J. Exp. Bot. Vol. 345. 659-668.
3. Lysienko, V.S., Varduni. T.V. & Soyer, V.G. (2013). Fluorescenciia chlofilla rastenij kak pokazatel ekologichieskogo striessa: tie or ietichie skiie osnovy primienieniia mietoda [Plants chlorophyll fluorescence as the index of the ecological stress: the theoretical grounds of the method application]. Fundamentalnyie issliedovaniia. Biologichieskiie nauki [Fundamental researches. Biological sciences]. 4. 112-120 (in Russian).
4. Lazar, D. (1999). Chlorophyll a fluorescence induction. Biochim et Biophys. Acta. 1412. 1.1-28.
5. Kornyejev, D. Yu. (2002). Informacionnyie vozmozhnosti mietoda indukcii fluoiescencii chlorofilla [Informational possibilities of the chlorophyll fluorescence introduction method]. Alterpress.188 (in Russian).
6. Vasylenko, V.I. & Kitayev, O.I. (2014). Osoblyvosti funkcionuvannia lystkovogo aparatu derev vyshni [Peculiarities of the cherry trees leaf apparatus functioning]. Visnyk agrarnoi nauky. 3. 41-44 (in Ukrainian).
7. Kitayev, O.I. & Kryvoshapka, V.A. (2016). Diagnostyka vplyvy stresovyh factoriv na plodovi roslyny metodom indukcii fluoiescencii chlorofilu [Diagnosis of the stress factors influence on fruit plants by means of the chlorophyll fluorescence induction]. Actual researches and elaborations of the Institute of Horticulture of NAAS and its network. K. 35-36 (in Ukrainian).
8. Patyka, M.V., Grusha, V.V. & Gordiyenko, T.I. (2014). Monitoryng rostovyh procesiv roslyn v agrofitocenozach ekspres metodom indukcii fluoiescencii chlorofilu [Monitoring of the of the plants growth processes in the agrophytocoenoses by means of the express-method of the chlorophyll fluorescence induction] Collection of the research papers of the National Scientific Center "Institute of Agriculture of NAAS". 3. 49-55 (in Ukrainian).
9. Grusha, V.V., Kitayev, O.I. & Khodakivs'ka, Yu.B. (2017). Diia sorto-pidshchepnyh kombinyvan' i vstavok na funkcionalnyi stan lystkovogo aparatu derev grushi (Pirus communis L.) [Effect of the cultivar-rootstock combinations and inter-calaries on the pear (Pirus communis L.) trees leaf apparatus functional state]. Sadivnytstvo. 72. 58-64 (in Ukrainian).
10. Vasylenko, V.I., Moiseichenko, N.V., Kitayev, O.I. & Grusha, V.V. (2020) Funkcionalnyi stan fotosyntetychnogo aparatu derev lystia novych sortiv chereszni (Cerasusavium Moench.) v Lisostepu Ukrainy [Functional state of the new sweet cherry (Cerasus

- Avium L.) cultivars trees leaves photo-synthetic apparatus in the Ukraine's Liso-steppe]. *Sadivnytstvo*. 75. 102-110. DOI: 10.35205/0558-1125-2020-75-102-110 (in Ukrainian).
11. Makarova, D.G. (2008). Potenciina produktyvnist' ta sumisnist' sortiv iabluni na klonovykh pidshchepach selekcii IS NAAN [Potential productivity and compatibility of the apple cultivars on the clonal root-stock bred by IH of NAAS]. *Visnyk of the L'viv Agrarian University*. L'viv. 12. 97-101(in Ukrainian).
 12. Kyryk, M.M., Taranukho, Yu.M., Taranukho, M.P. & et al. (2011). Diagnostyka virusnoi infekcii smorodyny chornoi ta malyny metodom induktsii fluorescencii chlorofiluly lustkiv [Diagnosis of the black currant and raspberry viral infection by means of the induction of the leaves chlorophyll fluorescence]. *Visnyk agrarnoi nauky*. 10. 26-28 (in Ukrainian).
 13. Kitayev, O.I. & Kryvoshapka, V.A. (2012). Diagnostyka funktsionalnogo stanu plodovykh roslyn metodom induktsii fluorescencii chlorofilu [Diagnosis of the fruit plant functional state by means of the chlorophyll fluorescence induction] *Sadivnytstvo*. 66. 215-221(in Ukrainian).
 14. Braion, O.V., Korniyeyev, D.Yu., Shyegur, O.O. & et al. (2000). Instrumentalne vyvchenia fotosyntetichnogo aparatu za dopomogoiu induktsii fluorescencii chlorofilu [Instrumental studies of the photosynthetic apparatus by means of the chlorophyll fluorescence induction]. *Methodical instruction for the students of the biological faculty of the T.G. Shevchenko National University*. Kyiv: Publishing Centre of the Kyiv T.G. Shevchenko National University. 15 (in Ukrainian).
 15. Pochinok, K.M. (1976). *Mietody biohimichieskogo analiza rastenii* [Methods of the plants biochemical analysis]. *Naukova dumka*. 192-218 (in Russian).
 16. Stirbu, A. (2012). Osobiennosti funktsionalnoi aktivnosti listiev u rastenii vinograda (Vitis-viniflora L.) v zavisimosti ot uslovii osvieshchienia [Peculiarities of the grape plants leaves functional activity depending on the enlightenment condition]. *Sadivnytstvo*. 66. 274-285 (in Russian).
 17. Marder, I.B., Caspi, V. & Raskin, V.I. (1995). Free chlorophyll effects on variable fluorescence. *Photosynthesis: from light to Biosphere*. P. Mathis. (ed.) Netherlands: Kluwer Academic Publ. Vol. 3. 305-308.
 18. Ouzounidou, G. (1993). Changes in variable chlorophyll fluorescence as a result of Cu-treatment dose response relations in *Silene* and *Thlaspi*. *Photosynthetica*. Vol. 29. 455-462.
 19. Krause, G.H. & Weis E. (1991). Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* Vol. 42. 313-349.
 20. Kurasova, I., Cajanek, M., Kalina, J. & Spunda, V. (2000). Analysis of quantitative contribution of assimilatory and non-assimilatory de-excitation processes to adaptation of photosynthetic apparatus of barley plants to high irradiance. *Photosynthetica*. Vol. 38. 4. 513-519.
 21. Bukhov, N. G., Boucher, N. & Carpentier, R. (1997). The correlation between the induction kinetics of the photoacoustic signal and chlorophyll fluorescence in barley leaves is governed by changes in the redox state of the photosystem II acceptor side. Study under atmospheric and high CO₂ concentrations. *Can. J. Bot.* Vol. 75. 1399-1406.
 22. Lichtenhaler, H. K., Buschmann, C. & Knapp, M. (2005). How to correctly determine the different chlorophyll fluorescence parameters and the chlorophyll fluorescence decrease ratio R_{Fd} of leaves with the PAM fluorometer. *Photosynthetica*. Vol. 43. 379-393.

O.I. Kitayev, V.A. Kryvoshapka, O.A. Kishchak, (2021). DIAGNOSIS OF THE EFFICIENCY OF THE FUNCTIONING OF THE PLUM (PRUNUS DOMESTICA) PROMISE CULTIVARS AND ELITE FORMS PHOTOSYNTHETIC APPARATUS.

BIOLOGICAL SYSTEMS: THEORY AND INNOVATION, 12(1): 5-15.

<http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Biologiya/editor/submission/15092>

<https://doi.org/10.31548/biologiya2021.01.001>.

Summary. The authors present the results of researching the functioning of the leaf apparatus of the plum promise cultivars and elite forms bred at the L.P. Symyrenko Research Station of Pomology that was carried out for the purpose of determining their potential adaptability and productivity. The plants functional state was studied by means of the portable fluorimeter 'Floratest' establishing the inductive changes of the leaves chlorophyll fluorescence. The analysis of the green pigments in them was conducted in spirit extracts applying the spectrophotometric method. The considerable negative correlation was revealed ($r = -0,71$) between the a/b chlorophylls correlation and pigments summary content (in mg/g of the humid substance), on the one hand, and the chlorophyll b and chlorophylls a/b correlation ($r = -0,85$), on the other hand. That proves the high regulatory capacity and adaptive ability (at the level of the chlorophylls certain forms synthesis) of the leaves chloroplasts pigment systems of all the investigated crop cultivars and elite forms to the changes of the light regime in the tree crown.

Concerning the parameters which characterize the plants potential photosynthetic effectivity and productivity the variety Oda has been recognized the most productive one among early ripening, Cacanska Najbolja, Zamanchivaya and Yantarna Mliivs'ka among middle-ripening, Stanley, Bluefree and forms 8124 and 8143 among late-ripening. The form 9996 had the lowest photosynthetic processes efficiency as for all the parameters. The rather high adaptability has been detected of the leaf apparatus of the trees of all the cultivars and forms to the changes of the enlightenment conditions as regards the indicators of the chlorophylls Fpl 1 and Fpl 2 fluorescence induction and green pigments content in the leaves. According to the plateau Kpl coefficient the viral infection was not revealed.

Keywords: adaptability, pigments content, leaf apparatus, productivity, plum cultivars and elite forms, chlorophyll fluorescence, photosynthetic activity.