УДК 634.11:631.86:537.85:628.9.03:581.132.1

ВПЛИВ БІОСТИМУЛЯТОРА АТОНІК ПЛЮС НА ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СТАН ЛИСТКОВОГО АПАРАТУ ЯБЛУНІ *(MALUS DOMESTICA BORKH.)*

Ю.Ю.ВІНЦКОВСЬКА, молодший науковий співробітник
В.В. ГРУША, О.І. КИТАЄВ, кандидати біологічних наук
Інститут садівництва (ІС) НААН України, Київ-27, вул. Садова, 23, e-mail: yuliyavintskovskaya@gmail.com

Наведено результати дослідження функціонування листкового апарату дерев яблуні. Визначення їх функціонального стану проводили за допомогою приладу «Флоратест» шляхом визначення індукційних змін флуоресценції хлорофілу листків. Доведено позитивну дію препарату Атонік Плюс за параметрами, що характеризують потенційну фотосинтетичну ефективність і продуктивність дерев. Встановлено досить високу адаптивність їх листового апарату до змін умов освітлення за показниками індукції флуоресценції хлорофілу (ІФХ) F_{p1} і F_{p2} в листі. За показником плато K_{pL} в сорту Шафран краснокутський вірусної інфекції не виявлено.

Ключові слова: яблуня, біопрепарат Атонік Плюс, флуоресценція хлорофілу, фотосинтетична активність, адаптивність, листковий апарат.

Одним із сучасних методів діагностування фізіологічного стану рослин, у тому числі плодових, що детально характеризує проходження фотосинтезу в них, є визначення індукційних змін флуоресценції хлорофілу [1, 4]. Сюди належить хлорофіл листків, локалізований у фотосинтетичних мембранах. Він є складовою супрамолекулярних комплексів, які визначають структурно функціональні характеристики фотосинтетичного апарату кожного сорту окремо. Спектральні властивості і передусім здатність до флуоресценції, зміни якої опосередковані перебігом світлових і темнових фотосинтетичних процесів, дозволяють детектувати і реєструвати їх в режимі реального часу та отримувати інформацію для експрес-діагностики стану клітин [3, 7, 8].

У первинних процесах фотосинтезу енергія випромінювання поглинається та безрадіаційно передається на реакційні центри, де перетворюється в енергію хімічних зв’язків. Незасвоєна хлорофілом енергія сонячного світла надалі флуоресціює. Тісний зв’язок індукційних процесів флуоресценції хлорофілу листя з функціонуванням фотосинтетичного апарату і змінами фізіологічного стану рослини служить основою для оцінки впливу на ці зміни з боку абіотичних і біотичних чинників [1, 9, 11].

Визначення потенціалу адаптивності до умов існування та особливостей функціонування листкового апарату при формуванні врожаю з використанням методу індукційних переходів

 © Вінцковська Ю.Ю., Груша В.В., Китаєв О.І., 2016

флуоресценції хлорофілу має такі переваги: інформативність, продуктивність і високу чутливість [10,12].

Метою нашої роботи було виявлення за допомогою експрес-методу ІФХ впливу позакореневої обробки дерев яблуні зимового сорту Шафран краснокутський біопрепаратом Атонік Плюс на зміни у функціонуванні фотосинтетичного апарату.

Методика та умови проведення. Дослідження виконували протягом 2013-2015 рр. в незрошуваному насадженні яблуні ДП «ДГ Новосілки» Інституту садівництва НААН України 2002 року садіння за схемою 4х3 м, на підщепі 54-118. Форма крони округла, міжряддя грунту утримували під природним задернінням.

Позакореневу обробку дерев проводили Атоніком Плюс - біостимулятором і регулятором росту і плодоношення на природній основі з яскраво вираженою регенеративною та антистресовою дією на основі трьох фенольних сполук, які присутні в живих клітинах. Даний препарат характеризується високими показниками безпеки для людини і довкілля.

Обприскували робочим розчином листову поверхню рослин. У кожному варіанті по 6 облікових дерев. Період і варіанти обробки та норми витрати препаратів представлені на схемі досліду (табл. 1).

В усіх варіантах досліду контролем було обприскування дерев водою та біологічно активною речовиною в рекомендовані виробником строки, зокрема, Атоніком Плюс – у період цвітіння, під час інтенсивного росту і розвитку плодів та перед збором урожаю (варіант Атонік І).

1. Схема досліду

Варіанти	Періоди обробки			
Обробка H_2O (контроль)	Цвітіння	Перед першою хвилею опадання зав’язі	Перед другою хвилею опадання зав’язі	За 3-4 тижні до збору врожаю
Атонік Плюс І (Атонік І) (0,2 л/га) (Контроль 1)	Цвітіння	Перед другою хвилею опадання зав'язі		За 3-4 тижні до збирання плодів
Атонік Плюс ІІ (Атонік ІІ) (0,2 л/га) (B_1)	Перед другою хвилею опадання зав'язі			За 3-4 тижні до збору врожаю

У 2013 році сума активних температур (+10^{0}С та вище) від початку цвітіння до збору врожаю становила 2960,6°С, та перевищила середнє багаторічне значення на 270°С. Кількість опадів склала 360,8 мм, а ГТК – 1,22**.** У згаданий період 2014 р. перший із цих показників був вищим на 39 мм, ніж у попередньому році (399,8 мм), а сума активних температур – 2759,3°С, при цьому коефіцієнт зволоження становив 1,45 (середнє багаторічне значення 1,2). Періоди

цвітіння та росту плодів у 2015 р. характеризувалися меншою сумою активних температур, ніж у 2013 і 2014 роках (на 288,8 та 87,5°С відповідно), а кількість опадів 92,4 мм зумовила ГТК 0,35.

Результати досліджень. Функціональний стан рослин визначали за допомогою приладу «Флоратест», який дозволяє діагностувати зміни в роботі хлоропластів листків за комплексом параметрів індукції флуоресценції хлорофілу [2, 5, 6, 13]. Основними показниками були: F_o – початкове значення флуоресценції після ввімкнення освітлення, F_{pL} – рівень її на час тимчасового сповільнення зростання її сигналу (плато), F_{max1} – максимальне значення флуоресценції, F_{max2} – другий її максимум, F_t – стаціонарний рівень флуоресценції через 1,5-3 хвилини після початку освітлення. Всі показники індукційної кривої представлено у відносних одиницях еталону флуоресценції (світлофільтр ОС - 14) з емісією в тому ж спектральному діапазоні, що й флуоресценція хлорофілу листка. Інтенсивність збуджувального світла для приладу «Флоратест» була в межах 50…60 Вт/м^2.

При визначенні ефективності роботи фотосинтетичного апарату листя використовували коефіцієнти $К_{pL}$, $К_1$ та $К_2$, які обчислювали за формулами:

$К_{pL}= (F_{pL}– F_o)/ (F_{p1} – F_o)$ – частка центрів, що не відновлюють первинний акцептор електронів Qa; коефіцієнт плато відображає частку неактивних центрів лише за насичувальної інтенсивності збуджувального світла (близько 400…600 Вт/м^2);

$К_1 = (F_{p1} – F_o)/ F_{p1}$ – коефіцієнт ефективності електронного транспорту поблизу реакційних центрів фотосистеми 2 (ФС II);

$К_2 = (F_{p2} – F_t)/ F_t$ – коефіцієнт ефективності темнових фотохімічних процесів.

Початковий рівень флуоресценції (F_0) пропорційний кількості молекул хлорофілу, що не беруть участі у фотосинтезі. За даними багатьох авторів, високий рівень F_0 свідчить про низьку фотосинтетичну спроможність рослини і навпаки. За показником F_o, передусім його середнім значенням, варіанти мало різнилися між собою, але відмічено значну варіацію по роках. Закономірно, що у 2013 році, коли сума активних температур становила 2960,6°С, значення F_o були мінімальні по всіх варіантах (11,1- 12,5) (табл. 2).

Для діагностики присутності вірусної інфекції використовували параметр K_{pL} ($K_{pL} = \Delta F_{pL}/F_{v1}$) [4, 8]. В даній формулі $\Delta F_{pL} = F_{pL} – F_o$, що відображає приріст інтенсивності флуоресценції до рівня F_{pL}, зумовленого насиченням енергією реакційних центрів, які не передають електрон в ЕТЛ (електрон-транспортний ланцюг). Співвідношення $\Delta F_{pL}/F_{v1}$ відображає відносну кількість неактивних реакційних центрів (за умов наявності насичувального збуджувального випромінювання близько 400-600 Вт/м^2).

В нашому експерименті інтенсивність збуджувального світла становила 50-60 Вт/м^2. Це дозволяє оцінювати пропорційність між неактивними реакційними центрами та активними в

межах досліду. За даними діагностики, наявності вірусної інфекції в рослин не виявлено, оскільки в усіх варіантах параметр K_{pL} був меншим за 0,4 одиниці та не перевищував 0,32. Найвищий показник відмічено у варіанті з обробкою водою.

2. Показники фотоіндукції листків яблуні сорту Шафран краснокутський

Показник	Рік досліджень	Варіант обробки		
		Контроль	Атонік I	Атонік II
F_0	2013	12,5	11,1	12,5
	2014	18,7	17,8	16,1
	2015	17,8	20,2	18,7
	Середнє	**16,3**	**16,4**	**15,8**
	Коеф. варіації	**21%**	**29%**	**20%**
F_{max1}	2013	43,4	48,4	38,7
	2014	62,4	64,3	51,8
	2015	50,0	49,7	47,6
	Середнє	**51,9**	**54,1**	**46,0**
	Коеф. варіації	**19%**	**16%**	**15%**
F_{max2}	2013	39,3	45,0	33,7
	2014	58,6	55,5	46,3
	2015	44,7	40,7	36,0
	Середнє	**47,5**	**47,1**	**38,6**
	Коеф. варіації	**21 %**	**16 %**	**17 %**
F_t	2013	19,0	17,6	15,6
	2014	25,1	22,1	18,7
	2015	21,4	18,0	19,6
	Середнє	**21,8**	**19,2**	**18,0**
K_{pl}	2013	0,31	0,24	0,24
	2014	0,34	0,30	0,25
	2015	0,33	0,38	0,35
	Середнє	**0,33**	**0,31**	**0,28**
K_{i1}	2013	0,71	0,77	0,68
	2014	0,70	0,72	0,69
	2015	0,64	0,59	0,61
	Середнє	**0,69**	**0,70**	**0,66**
K_{i2}	2013	1,07	1,55	1,16
	2014	1,34	1,51	1,48
	2015	1,09	1,26	0,84
	Середнє	**1,17**	**1,44**	**1,16**

За отриманими даними, рівень F_{max1} і F_{max2} значно варіював залежно від року. Високе значення за цими показниками було відмічено у вологому 2014 р., що, можливо, зумовлено притіненням листків у дощові періоди. Підвищувалась інтенсивність флуоресценції у 2013 і

2015 рр. на 50 і 25% відповідно. Такі зміни викликані адаптивністю фотосинтетичного апарату до умов освітлення.

Спад флуоресценції хлорофілів від максимумів F_{max1} і F_{max2} до псевдостаціонарного рівня Ft, спричинений активацією темнових фотохімічних реакцій (цикл Кальвіна) і поступовим окисленням переносників електрон-транспортного ланцюга. На рівні Ft фотосинтез був максимальний. Тому чим нижчий цей показник, тим вище ефективність темнових фотосинтетичних процесів. При повільному спаді флуоресценції часом спостерігається поява ще однієї її хвилі (S-M-T), зумовленої гальмуванням відтоку електронів до циклу Кальвіна. Особливу інтенсивність цієї хвилі відмічено за стресових умов у посушливому 2015 році (рис. 1).

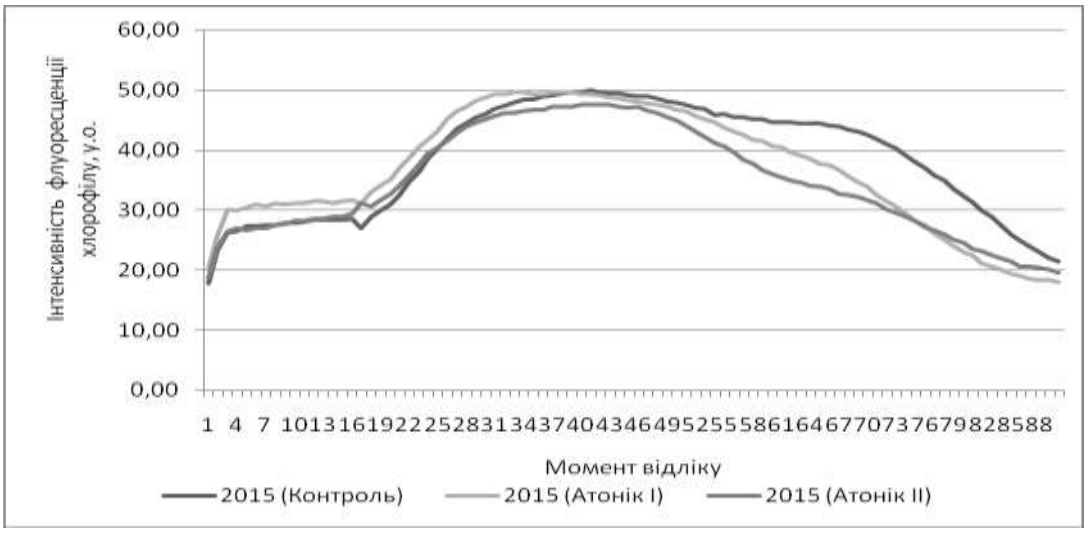

Рис. 1. Індукційні зміни флуоресценції хлорофілу листків у сорту яблуні Шафран краснокутський за різних варіантів обробки Атоніком Плюс у 2015 р.

Під впливом на рослину фізіологічно активної речовини Атонік Плюс спостерігалося зниження інтенсивності хвилі S-M-T і Ft на обох дослідних варіантах порівняно з контролем, що вказує на підвищення ефективності темнових фотосинтетичних процесів.

Ряд дослідників [10, 11, 13] запропонував коефіцієнти, що відображають ефективність електронного транспорту поблизу реакційних центрів ФС II $K_{i1} = F_{v1}/F_{max}1$ і темнових фотосинтетичних процесів $K_{i2} = (F_{max}2-F_t)/F_t$. За коефіцієнтом K_{i2}, який характеризує ефективність електронного транспорту близько від реакційних центрів, варіанти майже не різнилися між собою. У варіанті Атонік I коефіцієнт ефективності темнових фотохімічних процесів був вищий, ніж у контролі та за двократного обприскування даним препаратом на 20 і 25% відповідно. Останнє свідчить про стимулювання атрагуючої здатності темнових фотосинтетичних процесів за рахунок трикратної обробки біологічно активними речовинами.

Висновки. За даними функціональної діагностики, у дослідних рослин не виявлено вірусної інфекції, оскільки в усіх варіантах досліду параметр K_{pL} був менше за 0,4 одиниці. Найвищий показник відмічено при обробці дерев водою.

Встановлено високу чутливість параметрів F_0, F_{max1} і F_{max2} для характеристики адаптивності листкового апарату до умов освітлення. Їх варіабельність становила 15-29%, що зумовлено чергуванням дощових та посушливих періодів по роках.

За використання фізіологічно активної речовини Атонік Плюс спостерігається зменшення інтенсивності хвилі флуоресценції S-M-T і Ft в обох дослідних варіантах порівняно з контролем, що свідчить про підвищення ефективності темнових фотосинтетичних процесів.

При застосуванні трикратного обприскування Атоніком Плюс коефіцієнт ефективності темнових фотохімічних процесів був вищий, ніж у контролі та за дворазової обробки даним препаратом на 20 і 25% відповідно. Це означає, що трикратне обприскування рослин біологічно активними речовинами стимулює атрагуючу здатність темнових фотосинтетичних процесів.

Список використаної літератури

1. Брайон О.В. Інструментальне вивчення фотосинтетичного апарату за допомогою індукції флуоресценції хлорофілу / О.В. Брайон, Д.Ю. Корнєєв, С.С. Снєгур, О.І. Китаєв / Методичні вказівки для студентів біологічного факультету. – Київ: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2000. – 25 с.
2. Василенко В.І. Функціональна діагностика елітних гібридних форм вишні звичайної / В.І. Василенко, Н.В. Мойсейченко, О.І. Китаєв, В.В. Груша // Садівництво. – 2015. – Вип. 70. – С. 169-175.
3. Карапетян Н.В. Переменная флуоресценция хлорофилла как показатель физиологического состояния растений / Н.В. Карапетян, Н.Г. Бухов // Физиология растений.– 1986. – Т. 33, № 5. – С. 1013-1026.
4. Кирик М.М. Діагностика вірусної інфекції смородини чорної та малини методом індукції флуоресценції хлорофілу листків / М.М. Кирик, Ю.М. Таранухо, М.П. Таранухо та ін. / Вісник аграрної науки. – К., 2011. – № 10. – С. 26-28.
5. Китаєв О. Портативний хронофлуориметр для експрес-діагностики фотосинтезу «Флоратест» / О. Китаєв, П. Клочан, В. Романов // Зб. доп. конф. - звіту з комплексної програми фундаментальних досліджень НАН України у галузі сенсорних систем та технологій. – Київ, лютий 2005 р. – С. 59.
6. Корнеев Д.Ю. Информационные возможности метода индукции флуоресценции хлорофилла /Ю.Д.Корнеев. – К.: Альтерпресс, 2002. – 188 с.
7. Корсун С.Г. Індукція флуоресценції хлорофілу в листках кукурудзи за умов забруднення важкими металами / С.Г. Корсун, В.В. Груша, Н.І. Довбаш // Агроекологічний журнал. – 2015. – № 2. – С. 36-41.
8. Макарова Д.Г. Потенційна продуктивність та сумісність сортів яблуні на клонових підщепах селекції ІС НААН / Д.Г. Макарова, О.І. Китаєв // Вісник Львівського аграрного університету. – 2008. – № 12, Агрономія. – С. 97-101.
9. Тітаренко Т.Є. Вплив затоплення ґрунту на C_{O2}-газообмін, транспірацію, вміст пластидних пігментів і флуоресценцію хлорофілу у плодових рослин / Т.Є. Тітаренко, Д.А. Кірізій, О.І. Китаєв // Физиология и биохимия культурных растений.– 2001. – Т. 33. № 3. – С. 268-274.

10. Kautsky H. Das Fluoreszenzverhalten gruner Pflanzen / H. Kautsky, A. Hirsch // Biochem Z. Vol. 274. – 1934. — S. 422-434.
11. Lazar D. Chlorophyll and fluorescence induction / D. Lazar // Biochim. et Biophys. Acta. – 1999. – Vol. 1412, № 1. – P. 1-28.
12. Lichtenthaler H.K. The Kautsky effect: 60 years of chlorophyll fluorescence induction kinetics / H.K. Lichtenthaler // Photosynthetica. – 1992. – Vol. 27, № 1-2. – P. 45-55.
13. Strasser R.J. The fluorescence transient as a tool to characterize and screen photosynthetic samples / R.J. Strasser, A. Srivastava, M. Tsimilli-Michael // Probing Photosynthesis Mechanism, Regulation & Adaptation / Mohanty, Yunus and Parthre (eds.). – London: Taylor & Francis, 1998. – P. 1-59.

INFLUENCE OF THE BIOSTIMULATOR ATONIC PLUS ON THE FUNCTIONAL STATE OF THE APPLE *(MALUS DOMESTICA BORKH.)* LEAF APPARATUS

Y.Y. VINTSKOVS'KA, Junior Research Worker

V.V. GRUSHA, **O.I. KYTAYEV**, PhDs

Institute of Horticulture, NAAS of Ukraine, Kyiv-27, 23, Sadova str., e-mail: yuliyavintskovskaya@gmail.com

The authors present the results of the apple trees leaf apparatus functioning. The determination of their functional state was carried out using the instrument "Floratest" by detecting the leaf chlorophyll fluorescence induction changes. The positive effect of the preparation Atonik Plus was proved according to the parameters that characterize the potential photosynthetic effectiveness and productivity of the trees. The rather high adaptability of their leaf apparatus to the changes in lighting conditions was established by the terms of the chlorophyll fluorescence induction Fp1 and Fp2 in the leaves. The viral infection of the cultivar Shafran Krasnokuts'ky was not revealed under the coefficient plateau KpL.

Key words: apple, biologic preparation Atonik Plus, fluorescence of chlorophyll, photosynthetic activity, adaptability, leaf apparatus.

ВЛИЯНИЕ БИОСТИМУЛЯТОРА АТОНИК ПЛЮС НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ЛИСТОВОГО АПАРАТА ЯБЛОНИ *(MALUS DOMESTICA BORKH.)*

Ю.Ю. ВИНЦКОВСКАЯ, младший научный сотрудник

В.В. ГРУША, **О.И. КИТАЕВ,** кандидаты биологических наук

Институт садоводства (ИС) НААН Украины, Киев-27, ул . Садовая, 23, e-mail: yuliyavintskovskaya@gmail.com

Приведены результаты исследования функционирования листового аппарата деревьев яблони. Определение их функционального состояния проводили с помощью прибора «Флоратест» путем определения индукционных изменений флуоресценции хлорофилла листьев. Доказано положительное действие препарата Атоник Плюс по параметрам, которые характеризуют потенциальную фотосинтетическую эффективность и продуктивность деревьев. Установлена довольно высокая адаптивность их листового аппарата к изменениям условий освещенности

по показателям индукции флуоресценции хлорофилла Fp1 и Fp2 в листьях. У сорта Шафран краснокутськый не выявлена вирусная инфекция по коэффициенту плато KpL.

Ключевые слова: яблоня, биопрепарат Атоник Плюс, флуоресценция хлорофилла, фотосинтетическая активность, адаптивность, листовой аппарат.

Одержано редколегією 03.03.16