

УДК 634.11:631.86:581.132.1:537.85:628.9.03

## ВЛИЯНИЕ АНТИТРАНСПИРАНТА ВАПОР ГАРД НА СОДЕРЖАНИЕ ПИГМЕНТОВ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ЛИСТОВОГО АППАРАТА ЯБЛОНИ (*MALUS DOMESTICA* BORKH.)

Юлия ВИНЦКОВСКАЯ, Олег КИТАЕВ

*Институт садоводства Национальной академии аграрных наук Украины*

**Abstract.** The effect of foliar treatment of apple trees (variety Shafran krasnokutsky) with the antitranspirant Vapor Gard on the development of leaf surface area, content of plastid pigments and induction changes of leaf chlorophyll fluorescence was studied. It was established that in conditions of lack of precipitation the preparation Vapor Gard causes a decrease of the leaf area and plants can cope with a reduced water supply. Meanwhile, a number of qualitative changes take place in the pigment complex of chloroplasts, accompanied by the decrease of the green pigments content, especially the chlorophyll *b*. The positive effect of the researched preparation on the potential photosynthetic activity of leaf chloroplasts was proved using *Kpl*, *Ki* and *Rfd* parameters of chlorophyll fluorescence induction.

**Key words:** Apple; Antitranspirant; Leaf area; Chlorophyll; Leaf apparatus; Chlorophyll fluorescence.

**Реферат.** Представлены результаты исследований по влиянию внекорневой обработки деревьев яблони сорта Шафран краснокутский антитранспирантом Вапор Гард на развитие листовой поверхности, содержание пластидных пигментов и индукционные изменения флуоресценции хлорофилла листьев. Установлено, что в условиях недостатка осадков, под действием препарата Вапор Гард уменьшается площадь листьев, что способствует снижению расхода воды растениями. При этом происходят качественные изменения в пигментном комплексе хлоропластов, сопровождающиеся уменьшением содержания зеленых пигментов и особенно хлорофилла *б*. С использованием параметров индукции флуоресценции хлорофилла *Kpl*, *Ki* и *Rfd* доказано положительное действие препарата на потенциальную фотосинтетическую активность хлоропластов листьев.

**Ключевые слова:** Яблоня; Антитранспирант; Площадь листа; Хлорофилл; Листовой аппарат; Флуоресценция хлорофилла.

### ВВЕДЕНИЕ

Современные методы диагностики функционального состояния плодовых растений основаны на изучении прохождения фотосинтетических процессов в хлоропластах листьев с использованием анализа содержания хлорофиллов, а также параметров индукции их флуоресценции (Брайон, О.В. и др. 2000; Кирик, М.М. и др. 2011). При этом содержание зеленых пигментов в листьях и соотношение хлорофиллов *а* и *б* позволяет дополнительно охарактеризовать структурную организацию хлоропластов, а в совокупности с анализом индукционных изменений флуоресценции хлорофилла оценить влияние как факторов окружающей среды, так и технологических приёмов при выращивании деревьев.

В связи с этим целью проведенных нами исследований явилось изучение влияния антитранспиранта Вапор Гард на функциональное состояние растений с помощью анализа индукционных изменений флуоресценции хлорофилла, а также его содержание в листьях растений сорта яблони Шафран краснокутский.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в 2013-2015 годах в неорошаемых насаждениях яблони, в отделе селекции и сортоизучения Института садоводства НААН Украины, высаженных в 2002 году по схеме 4ЧЗ м на подвое 54-118. Форма кроны округлая, разреженно-ярусная. Междуядья содержали под природным задернением.

Внекорневую обработку деревьев проводили препаратом Вапор Гард (натуральный пленкообразующий антитранспирант), который существенно снижает те потери влаги, которые растения не могут контролировать сами. Таким образом, он поддерживает в них физиологический уровень влаги, повышает эффективность их роста и защищает в стрессовый период вегетации (Потапова, А.Ю., Медютова, Е.Н. 2012; Причко, Т.Г., Смелик, Т.Л. 2013).

В каждом варианте опыта было по 6 учетных деревьев. В контрольном варианте деревья опрыскивали водой трехкратно (при первой и второй волнах опадения завязей и за 3-4 недели до уборки урожая). Обработку листовой поверхности деревьев 1%-м раствором препарата Вапор Гард проводили в двух вариантах:

1. Вапор Гард I – при первой волне опадения завязей и за 3-4 недели до сбора плодов;
2. Вапор Гард II – при второй волне опадения завязей и за 3-4 недели до уборки урожая.

Площадь листьев определяли в период завершения их роста (последняя декада июня), весовым методом (Фулга, И.Г. 1975). Функциональное состояние растений определяли при помощи прибора «Флоратест», который позволяет диагностировать изменения в работе хлоропластов по комплексу параметров индукции флуоресценции хлорофилла (Брайон, О.В. и др. 2000; Китаев, О. и др. 2005; Корнеев, Д.Ю. 2002).

$F_o$  – начальное значение флуоресценции хлорофилла после включения облучения, пропорционально количеству хлорофилла, не передающего энергию на фотосинтез;

$F_{pl}$  – уровень её при достижении временного уменьшения возрастания её сигнала, так называемое “плато”;

$F_{pl}^m$  – значение эмиссии флуоресценции в максимуме индукции флуоресценции хлорофилла;

$F_t$  – стационарный её уровень через 1,5-3 минуты после начала освещения.

Все показатели фотоиндукции флуоресценции представлены в относительных единицах эталона флуоресценции (стекло ОС-14) с эмиссией в том же спектральном диапазоне, что и флуоресценция хлорофилла. При этом рассчитывали коэффициенты:

$K_{pl} = dF_{pl}/F_v$ , где  $dF_{pl} = F_{pl} - F_o$ ,  $F_v = F_{pl} - F_o$ , так называемый “коэффициент плато” – при насыщающей фотосинтез интенсивности света, который характеризует долю первичных акцепторов электронов фотосистемы II (ФС II) -  $Q_a$ , которые не восстанавливают реакционные центры.

$K_i = F_v/F_{pl}$  - коэффициент эффективности световой фазы фотосинтеза и электронного транспорта вблизи реакционных центров ФС II;

$Rfd = (F_{p2} - F_t)/F_t$  - индекс эффективности темновых фотохимических процессов.

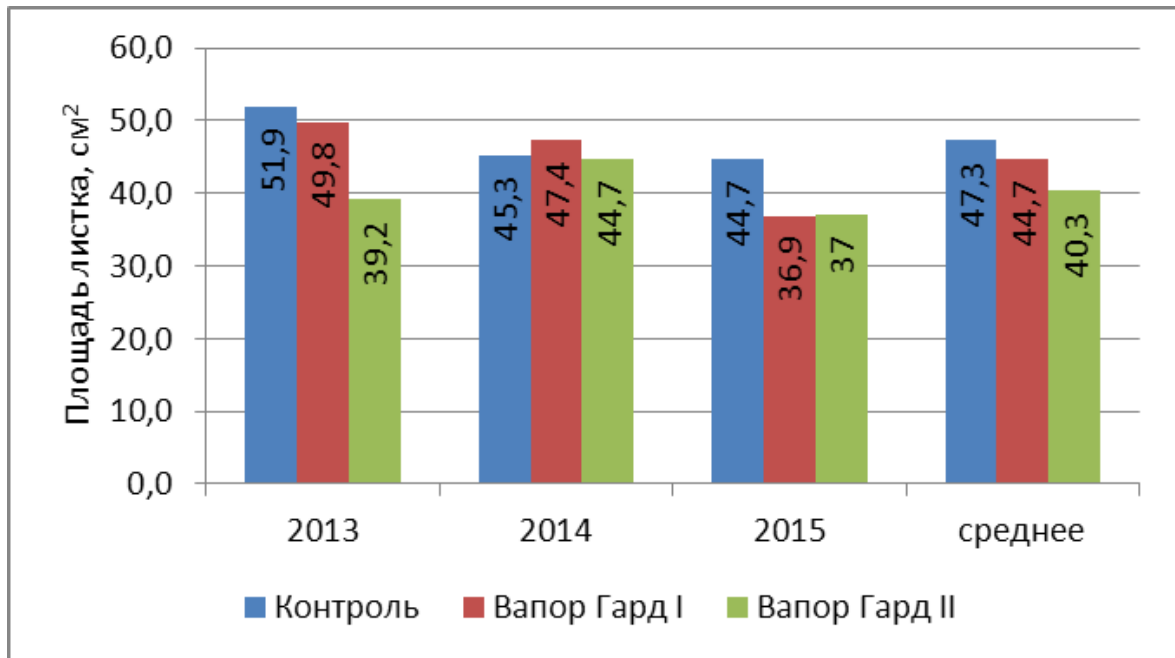
Статистическая обработка результатов исследований была проведена по Доспехову Б. А., 1985, с применением персонального компьютера, программ AGROSTAT и MS Office Excel.

В 2013 году, в период от начала цветения до сбора урожая, сумма активных температур (выше 10 °С) составила 2899,4 °С, и превысила средне-многолетние значения на 238,9 °С. Количество осадков - 360,8 мм, гидро-термический коэффициент (ГТК) -1,24. За этот же период в 2014 г. осадков выпало на 39 мм больше (399,8 мм). Сумма активных температур составила 2759,3 °С, а ГТК-1,45 (при средне-многолетних значениях - 1,2). В 2015 г. периоды цветения и роста плодов характеризовались меньшей суммой активных температур, чем в 2013 и 2014 годах на 227,6 и 87,5°С, соответственно. При малом количестве осадков (92,4 мм) ГТК составил 0,35.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Применение антитранспиранта Вапор Гард направлено на регуляцию водного режима растений, которое обусловлено поверхностно-активными веществами, образующими устойчивую пленку, препятствующую испарению воды в плодах и ягодах (Потапова, А.Ю., Медютова, Е.Н. 2012; Причко, Т.Г., Смелик, Т.Л. 2013). Но при этом мало внимания уделялось регуляторным свойствам препарата, способствующим коррекции физиологических процессов в листьях растений, в том числе регуляции площади их листовых пластинок. Анализ которых, в зависимости от суммы осадков в период проведения исследований, показал, что в контрольном варианте практически отсутствует зависимость между площадью листовых пластинок и суммой осадков ( $r=0,07$ ). Обработка насаждений препаратом Вапор Гард существенно изменяет площадь листовой пластинки (рис. 1).

Отмечена устойчивая тенденция к уменьшению площади листьев под действием препарата. При этом оказалось, что в условиях недостаточного увлажнения в 2013 и, особенно, в 2015 годах такие изменения были довольно существенными. В 2014 г. при обильных осадках (выше средне-многолетнего показателя на 105,5 мм) антитранспирант практически не влиял на площадь листьев. В результате коэффициенты корреляции между площадью листьев и суммой осадков



**Рисунок 1.** Влияние препарата Вапор Гард на площадь листьев у деревьев яблони сорта Шафран краснокутский

составили: Вапор Гард I – 0,76, Вапор Гард II – 0,97. Таким образом, установлена регуляторная особенность препарата Вапор Гард, связанная с уменьшением площади листьев в условиях недостатка влаги, что также способствует уменьшению расхода воды растениями и, как следствие, повышает их устойчивость к засухе.

Действие изучаемого препарата вызвало неожиданные, на первый взгляд, изменения в содержании хлорофиллов и их соотношении. Оказалось, что сумма хлорофиллов в контрольном варианте, как в среднем, так и по отдельным годам, значительно выше, чем в вариантах с применением препарата Вапор Гард (табл. 1), при этом она была наибольшей в 2014 году. В то же время, соотношение хлорофиллов (а/б) имеет обратную тенденцию: в контрольном варианте оно значительно ниже, чем при обработке антитранспирантом. Как и по сумме хлорофиллов, выделяется 2014 г., когда их соотношение было наименьшим во всех вариантах.

**Таблица 1.** Сумма и соотношение хлорофиллов а и б в листьях деревьев яблони сорта

Хлорофилл	Год	Контроль	Вапор Гард I	Вапор Гард II
а+б, мг/г	2013	2,84±0,17	2,39±0,16	2,29±0,14
	2014	3,17±0,17	2,65±0,16	2,65±0,15
	2015	2,99±0,17	2,35±0,16	2,00±0,13
	Среднее	3,00	2,46	2,31
а/б	2013	2,75±0,16	2,97±0,16	3,48±0,17
	2014	2,41±0,15	2,68±0,15	2,66±0,15
	2015	3,32±0,16	3,85±0,17	4,20±0,18
	Среднее	2,83	3,17	3,45

Отмеченную закономерность в содержании хлорофиллов и их соотношении можно сопоставить с изменением площади листьев по годам. В 2014 г. при обилии осадков у растений была наибольшая листовая поверхность, что могло способствовать взаимному затенению листьев, которое, как правило, сопровождалось увеличением суммы хлорофиллов. Кроме того, происходили и качественные изменения в пигментном комплексе хлоропластов, приводившие к возрастанию содержания хлорофилла б, и, следовательно, к уменьшению соотношения хлорофиллов.

Анализ индукционных изменений флуоресценции хлорофилла показал, что начальный уровень  $F_0$  незначительно изменяется по годам и вариантам опыта (табл. 2). При этом обработка растений препаратом Вапор Гард, особенно во второй срок, способствует стабилизации

начального уровня  $F_0$  (коэффициент вариации 5%). Изменение параметров  $F_{pl}$  и  $K_{pl}$  при использовании антитранспиранта отражает уменьшение количества неактивных реакционных центров ФС II, что способствует повышению эффективности фотосинтетических процессов.

**Таблица 2.** Показатели фотоиндукции флуоресценции хлорофилла листьев деревьев яблони сорта Шафран краснокутский (среднее 2013-2015 гг.)

Показатели	Контроль	Вапор Гард I	Вапор Гард II	НСР <sub>05</sub>
$F_0$	16,3	15,4	15,3	0,35
$F_{pl}$	28,0	24,5	24,5	0,17
$F_{pl}$	51,9	53,2	51,7	0,64
$F_t$	21,8	19,0	18,5	0,35
$K_{pl}$	0,33	0,24	0,22	0,03
$K_i$	0,69	0,71	0,70	$F_{факт.} / F_{теор.}$
Rfd	1,62	2,00	1,96	0,06

Отметим, что наиболее вариабельным параметром является максимальный уровень флуоресценции хлорофилла  $F_{pl}$ . Его значение в наибольшей степени зависит от уровня освещенности листьев. В 2014 году, в период, характеризовавшийся обильными осадками, отмечены наибольшие его значения. Применение препарата Вапор Гард способствовало стабилизации этого показателя.

Параметр  $K_i$ , который характеризует эффективность электрон-транспортных процессов вблизи реакционных центров ФС II, как по средним значениям, так и по отдельным годам в вариантах с препаратом Вапор Гард был выше, чем в контроле, что также свидетельствует об эффективном действии препарата на фотосинтетические процессы. Однако наибольшие изменения под влиянием антитранспиранта отмечены на медленных фазах индукции флуоресценции. Так, уровень  $F_t$ , характеризующий глубину её спада и, одновременно, определяющий возрастание активности темновых фотосинтетических процессов и, прежде всего, цикла Кальвина, оказался наименьшим в опытных вариантах, что говорит о более эффективной активации фотосинтеза.

Наиболее чувствительным показателем, который характеризует медленные фазы фотосинтетических процессов, считается параметр Rfd, который также называют “коэффициентом адаптации” в связи с тем, что он контролирует активность наиболее чувствительного к факторам среды фермента цикла Кальвина рибулезодифосфат-карбоксилазы. Отмечено его возрастание на 21-23 % в вариантах с обработкой препаратом Вапор Гард, что свидетельствует как о повышении интенсивности фотохимических процессов, так и о возрастании адаптивности растений к стрессовым условиям.

Применение препарата повышает урожайность на 15-30 %, а также положительно влияет на товарные показатели качества плодов яблони. Обработка при первой волне опадения завязей обеспечивает получение плодов с более высокими показателями. Товарность плодов улучшается на 5-10%, в них повышается содержание сухих веществ на 6-9 % и сахаров на 7-8 %, в зависимости от погодных условий.

## ВЫВОДЫ

Выявлена регуляторная особенность действия препарата Вапор Гард, которая проявляется в уменьшении площади листьев в условиях недостатка влаги, что способствует снижению расхода воды растениями и обеспечивает непрерывный оптимальный водный баланс.

Уменьшение площади листовой пластинки приводит к повышению уровня освещенности листьев, что сопровождается качественными изменениями в пигментном комплексе хлоропластов, приводящими к уменьшению содержанию зеленых пигментов, особенно хлорофилла *b*, и к возрастанию соотношения хлорофиллов *a/b*.

В вариантах с обработкой, увеличение параметра Rfd на 21-23%, контролирующего эффективность темновых фотохимических процессов, указывает на повышение интенсивности фотосинтеза и адаптивность растений к стрессовым условиям.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. БРАЙОН, О.В., КОРНЕЕВ, Д.Ю., СНЕГУР, С.С., КИТАЕВ, О.І. (2000). Інструментальне вивчення фотосинтетичного апарату за допомогою індукції флуоресценції хлорофілу: методичні вказівки для студентів біологічного факультету. Київ. 25 с.
2. ДОСПЕХОВ, Б.А. (1985). Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва: Агропроиздат. 352 с.
3. КИРИК, М.М., ТАРАНУХО, Ю.М., ТАРАНУХО, М.П. та ін. (2011). Діагностика вірусної інфекції смородини чорної та малини методом індукції флуоресценції хлорофілу листків. В: Вісник аграрної науки, № 10, с. 26-28. ISSN 2308-9377.
4. КИТАЕВ, О., КЛОЧАН, П., РОМАНОВ, В. (2005). Портативний хронофлуориметр для експрес-діагностики фотосинтезу «Флоратест». В: Збірник конференції - звіту з комплексної програми фундаментальних досліджень НАН України у галузі сенсорних систем та технологій, 2005, лютий, с. 59.
5. КОРНЕЕВ, Д.Ю. (2002). Информационные возможности метода индукции флуоресценции хлорофилла. Київ: Альтерпресс. 188 с. Доступ: <http://www.nehudlit.ru/books/detail6183.html>
6. ПОТАПОВА, А.Ю., МЕДЮТОВА, Е.Н. (2012). Разработка элементов технологии возделывания винограда для управления его качеством при хранении. В: Перспективы развития технологий хранения и переработки плодов и ягод в современных экономических условиях: материалы междунар. науч. конф., Самохваловичи, 9-11 окт. 2012 г., с. 70-74.
7. ПРИЧКО, Т. Г., СМЕЛИК, Т. Л. Эффективность действия препаратов нового поколения, снижающих эффект солнечного поражения, на товарные качества и лежкость яблок [Электронный ресурс]. Плодоводство и виноградарство Юга России, 2013. Доступ: <http://journal.kubansad.ru/pdf/13/02/06.pdf>.
8. ФУЛГА, И. Г. (1975). Изучение фотосинтетической поверхности растений. Кишинева: Картия Молдовеняскэ. 179 с.

Data prezentării articolului: 04.12.2016

Data acceptării articolului: 23.01.2017