

**ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЙ АППАРАТ
КАРЛИКОВОГО МАНДАРИНА СОРТА ‘МИАГАВА-ВАСЕ’
ПРИ ОБРАБОТКАХ РЕГУЛЯТОРАМИ РОСТА**

Белоус О. Г., Платонова Н. Б.

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства и субтропических культур»,
г. Сочи, Россия, e-mail: oksana191962@mail.ru*

Исследованиями показано, что площадь листа растений при обработках регуляторами роста существенно ($НСР_{05} = 2,82$) превышала контрольный вариант. Накопление сухого вещества превышало контрольные растения. Присчитана продуктивность работы листьев карликового мандарина и выявлено, что наиболее высокие значения отмечены на варианте с обработкой обстактином. Регуляторы роста способствуют существенному увеличению количества зелёных фотосинтетических пигментов, а при обработке обстактином усиливается синтез каротиноидов, что активизирует защитные механизмы растений. Одновременно усиливается их жизнеспособность, что и объясняет активные ассимиляционные процессы. Таким образом, можно говорить о положительном влиянии регуляторов роста на работу фотосинтетического аппарата растений карликового мандарина.

Ключевые слова: карликовый мандарин, регуляторы роста, пигменты, площадь листа, продуктивность работы листьев.

Современное сельское хозяйство невозможно без использования в практике регуляторов роста растений. Многие регуляторы растений относятся к физиологически активным веществам, их применение направлено на повышение урожайности и качества выращиваемой продукции. Изучением влияния некоторых регуляторов на жизнедеятельность сельскохозяйственных (в частности, плодовых) растений занимались многие отечественные и зарубежные учёные. Значительный вклад в изучение этой проблемы внесли Чайлахян М. Х. (1982), Шевелуха В. С. (1990), Гудковский В. А. (1999), Ненько Н. И. (2008), Чумаков С. С. (2013), Дорошенко Т. Н. (2014), Tacken E. (2014) и др. [7, 8, 9, 13, 16, 17, 18, 22]. Кроме того, эти вещества оказывают влияние на засухо- и морозоустойчивость растений, а также, способствуют повышению неспецифического иммунитета [8, 14].

В условиях Краснодарского края (на базе ВНИИЦиСК) велось изучение использования препарата ТУР, которое показало эффективность его применения для повышения урожайности мандарина карликовой формы (сорт

‘Ковано-Васе’) [6]. Проводилось исследование адаптивной способности карликового мандарина под влиянием биогенных микроэлементов [1].

Однако в последнее время появляется большое количество препаратов нового поколения, исследование влияния которых на растения находится в стадии экспериментального изучения. В ряду таких препаратов стоит обстактин (обстормон 24), являющийся водным раствором калиевой соли 2-(1-нафтил) уксусной кислоты. Данный препарат обладает антистрессовым действием, к тому же, относится к малоопасным веществам (IV класс опасности), что немаловажно в условиях рекреационной зоны.

Таким образом, к основным задачам данных исследований можно отнести изучение возможности повышения адаптивного потенциала мандарина на фоне использования биологически активных веществ нового поколения. Новизна проводимых исследований связана с тем, что в настоящее время некоторые, используемые ранее, регуляторы роста либо запрещены к применению, либо имеют ряд существенных ограничений. Характер влияния препаратов нового поколения на устойчивость к абиотическим факторам недостаточно изучено, что затрудняет их применение в практике садоводства.

В этой связи, цель нашего исследования заключается в изучении эффективности применения регуляторов роста нового поколения (обстактин) на растениях мандарина для повышения продуктивности, качества продукции и устойчивости культуры к действию факторов внешней среды, с последующей разработкой обоснованных рекомендаций по эффективному их использованию.

Исследования проводили в 2017–2018 гг. в Опытно-технологическом отделе сектора плодовых культур ФГБНУ ВНИИЦиСК на плантации карликового мандарина (*Citrus reticulata* var. *unshiu* Tan.) сорта ‘Миагава-Васе’ (1986 г. посадки), привитого на *Poncirus trifoliata*. В качестве регулятора роста растений использован препарат обстактин (концентрация 0,05 %); контроль – обработка растений водопроводной водой; эталон – гетероауксин (концентрация 0,02 %). Повторность опыта – 5-кратная. За однократную повторность принято «дерево-делянка». Повторность лабораторных анализов – 3-кратная.

Некорневые обработки проводили 3-кратно: первая в фазу «смыкание чашелистиков» (3 декада мая), вторая – при достижении размера плода «грецкий орех» (3 декада июня), третья – за 30 дней до уборки плодов.

Лабораторные анализы выполняли в лаборатории физиологии и биохимии растений, с использованием классических методов физиологии и биохимии растений: пигментный состав – по методу Шлыка на

96 %-ном этаноле с использованием расчётных формул Смита и Бенитеза [19]; площадь листа – расчётным методом по линейным размерам с определением расчётного коэффициента; содержание сухих веществ в листе взвешиванием при температуре 105 °С до постоянного веса); флуоресценция хлорофилла с использованием стационарного флуориметра LPT-3CF [4, 5]; продуктивность работы листьев (Q) определяли по формуле А. А. Ничипоровича:

$$Q = m/S,$$

где: m – масса сухого вещества во время учёта в граммах,
 S – площадь листьев во время учёта, дм^2 [15].

Обработку результатов исследований проводили ANOVA анализом с использованием программ STATGRAPHICS Centurion XV и Microsoft Office.

Лист является основным ассимилирующим органом большинства растений, в котором образуются необходимые для роста и развития органические вещества. Площадь отдельного листа и общая листовая поверхность растения позволяют оценить фотосинтетический потенциал и интенсивность его работы [21]. Так как листовой аппарат очень лабилен и быстро реагирует на внешние воздействия, изменяя структуру своих тканей, нами было проведено изучение влияния регуляторов роста на площадь листовой пластинки (рис. 1). Первоначально, была поставлена задача рассчитать пересчётный (поправочный) коэффициент для стандартной формулы вычисления площади листа. В основе расчёта лежит соответствие между формой исследуемого листа и простейшей геометрической фигурой, описывающей лист [15, 20]. Определив вид фигуры, в которую вписывается лист, рассчитывается коэффициент пропорциональности между фактической площадью листа и площадью данной фигуры. Большой объём выборки позволил нам это сделать, в итоге, формула расчёта площади листа карликового мандарина имеет следующий вид:

$$S = 1,28 (D \times Ш),$$

где: D – длина листа
 $Ш$ – ширина.

Биометрические измерения показали, что площадь листа растений при обработках регуляторами роста существенно ($\text{НСР} (P \leq 0,05) = 2,82$) превышала контрольный вариант. Важным показателем является масса сухого вещества – функция процесса ассимиляции, определяющая продуктивность растений. Нами показано, что влияние обстактина выразилось

в более активной ассимиляционной деятельности листового аппарата (рис. 1). Накопление сухого вещества на вариантах с обработками регуляторами роста несколько превышало контрольные растения.

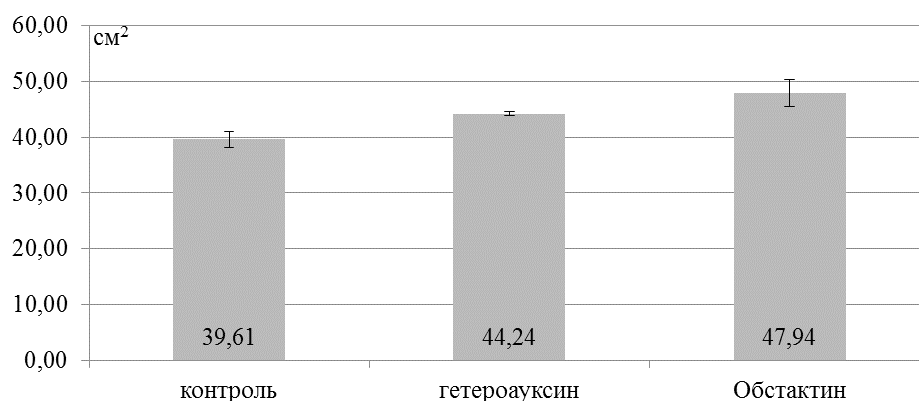


Рис. 1. Площадь листовой пластинки листьев карликового мандарина при обработках регуляторами роста, среднее за 2017–2018 гг.

Для получения хорошего и качественного урожая необходимо стремиться не только к тому, чтобы увеличивать листовую поверхность, но и добиваться того, чтобы листовая поверхность была максимально работоспособной, то есть могла осуществлять фотосинтез высокой интенсивности [12]. В этой связи нами просчитана продуктивность работы листьев карликового мандарина под влиянием регуляторов роста (табл. 1). Показано, что наиболее высокие значения отмечены на варианте с обработкой обстактином. В этой связи можно говорить о том, что активные процессы развития плодов на опытных вариантах стимулируются активным нарастанием листовых параметров (большая площадь листа) и их интенсивной продуктивностью, что вызывает больший отток ассимилятов на репродуктивные органы при обработке растений регуляторами роста.

Одним из важнейших показателей адаптивного потенциала растений в лимитирующих условиях является эффективность работы фотосинтетического аппарата, обусловленная, в том числе, и особенностями пигментного аппарата. Только изучив пигментную систему растений можно полностью выявить биологические и адаптивные возможности культуры [2, 3, 10, 11, 23]. Одним из показателей реакции растений на изменение гидротермических условий выращивания является количественное содержание хлорофилла и каротиноидов (табл. 1).

Таблица 1

**Содержание пигментов
и продуктивность работы листьев мандарина
при обработках регуляторами роста,
среднее за 2017–2018 гг.**

Вариант опыта	Хлорофилл, мг/г сырого веса			Каротиноиды, мг/г сырого веса	Продуктивность работы листьев, г/дм ²
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a + b</i>		
Контроль	10,62 ±1,68	3,97 ±0,54	14,59 ±2,22	3,13 ±0,49	8,62 ±1,05
Гетероауксин	13,21 ±2,67	5,19 ±1,30	18,40 ±3,92	3,77 ±0,60	9,04 ±0,98
Обстактин	14,72 ±0,96	5,69 ±0,98	20,41 ±1,94	4,12 ±0,44	10,12 ±1,43
НСР (P ≤ 0,05)	1,14	1,02	3,98	0,98	1,01

Анализ экспериментальных данных по содержанию пигментов в листьях мандарина (табл. 1), показывает, что обработка растений регуляторами роста способствует существенному увеличению количества зелёных фотосинтетических пигментов. Участие пигментного аппарата в адаптации растений напрямую связано с защитным действием каротиноидов, например, гашение избыточной энергии триплетных состояний хлорофилла и синглетного кислорода. Наши анализы показали, что при обработке растений обстактином существенно усиливается синтез каротиноидов, следовательно, можно говорить об активации защитных механизмов под действием данного регулятора роста.

Так как регуляторы роста влияют на адаптивные процессы, нами с использованием метода хлорофилл-флуоресценции проведена оценка жизнеспособности растений при внесении препаратов. Было показано, что индекс жизнеспособности растений при использовании гетероауксина находился практически на уровне контроля, что объясняет более ослабленное состояние растений вследствие активных ростовых процессов, что также отмечалось нами в исследованиях (рис. 2). Обработка обстактином, улучшая функциональное состояние мандарина путём включения механизмов защиты, незначительно, но усиливала жизнеспособность растений, что и объясняет активные ассимиляционные процессы на этом варианте (рис. 2).

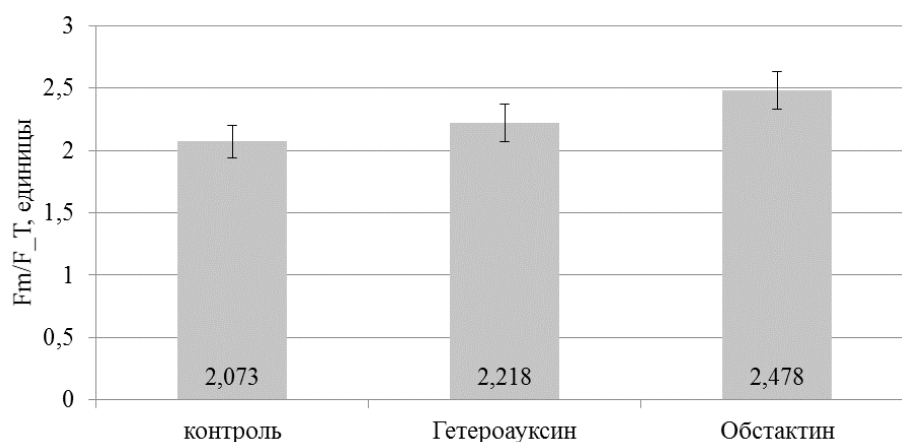


Рис. 2. Жизнеспособность растений мандарина при обработках регуляторами роста, среднее за 2017–2018 гг.

Таким образом, можно говорить о положительном влиянии регуляторов роста на работу фотосинтетического аппарата растений карликового мандарина. Обработки препаратами, в частности, обстактином, стимулировали существенное нарастание площади листа. Отмечается интенсивная продуктивность работы листьев. Обработка растений регуляторами роста способствует существенному увеличению количества всех групп фотосинтетических пигментов. Это способствовало активной ассимиляционной деятельности, что выражается в большем накоплении сухого вещества. В то же время, при наступлении стрессовых гидротермических условий усиливается жизнеспособность растений.

Библиографический список

1. Абильфазова Ю.С. Влияние микроэлементов на физиолого-биохимические процессы растений мандарина (*Citrus unshiu* Marc.): дис. ... канд. биол. наук. – Краснодар, 2006. – 148 с.
2. Белоус О.Г. Устойчивость пигментов листьев чая к дефициту влаги и повышенным температурам // Вестник РАСХН. – № 5. – 2008. – С. 44-45. – ISSN 0869-3730.
3. Белоус О.Г., Притула З.В. Характеристика пигментного аппарата растений чая в условиях влажных субтропиков России // Субтропическое и южное садоводство России: материалы и докл. Всерос. науч.-практ. конф. «Субтропическое растениеводство и южное садоводство», посвященные 115-й годовщине основания Сочинской сельскохозяйственной и садовой опытной станции и 75-летнему юбилею создания опытно-коллекционного сада-музея «Дерево Дружбы», Сочи, 28-30 сентября, 2009 г. – Сочи: ВНИИЦиСК, 2009. – Вып. 42. – Т. II. – С. 103-111.
4. Будаговская О.Н. Новые оптические методы и приборы количественной оценки адаптивного потенциала садовых растений // Плодоводство и ягодоводство России. – 2011. – Т. 28. – Часть 1. – С. 74-79. – ISSN 2073-4948.
5. Будаговская О.Н., Будаговский А.В., Будаговский И.А., Гончаров С.А. Комплексная диагностика функционального состояния растений // Научные основы эффективного

- садоводства: труды ВНИИС им. И.В. Мичурина. – Воронеж: Кварта, 2006. – С. 101-110.
6. Горшков В.М. Рост и плодоношение растений мандарина при применении препарата Тур в субтропиках Краснодарского края: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – М., 1976. – 26 с.
7. Гудковский В.А. Научные основы устойчивого садоводства России // Слаборослое садоводство: материалы межд. науч.-практич. конф. – Мичуринск, 1999. – Ч. 1. – С. 12-15.
8. Дорошенко Т.Н., Рязанова Л.Г., Аль-Хуссейни А.А., Максимцов Д.В., Ненько Н.И., Белоус О.Г. Перспективы использования физиологически активных веществ для формирования урожая плодов цитрусовых культур // Труды КубГАУ. – 2017. – № 1(64). – С. 71-76. – doi: 10.21515/1999-1703-64-71-76.
9. Дорошенко Т.Н., Чумаков С.С., Маджар Д.А., Чукуриди С.С., Копнина Т.А., Омаров М.Д. Перспективы использования физиологически активных веществ для оптимизации генеративной деятельности плодовых растений в начале вегетации // Труды КубГАУ. – 2014. – № 1(46). – С. 56-61. – ISSN 1999-1703.
10. Клемешова К.В., Белоус О.Г. Пигментный аппарат растений актинидии сладкой в условиях субтропиков России // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: матер. IX междунар. симпозиума. – Т. II. – Пушино, 2011. – С. 71-73.
11. Маляровская В.И., Белоус О.Г. Фотосинтетическая активность листьев *Hydrangea macrophylla* Ser. в условиях влажных субтропиков России // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2017. – Вып. 61. – С. 167-174. – ISSN 2225-3068.
12. Мокронос А.Т. Мезоструктура и функциональная активность фотосинтетического аппарата. – Свердловск: Уральск. ун-т, 1978. – С. 30.
13. Ненько Н.И., Макарова Э.В., Кузнецова А.Н., Драбудько Н.Н. Особенности воздействия препарата фуrolан на вегетативные и генеративные процессы у косточковых и семечковых культур // Садоводство и виноградарство. – 2008. – № 5. – С. 17-19. – ISSN 0235-2591.
14. Рындин А.В., Белоус О.Г., Горшков В.М., Дорошенко Т.Н., Рязанова Л.Г., Аль-Хуссейни Акил Моххамед Абдула-Мир. Влияние регуляторов роста на физиологические показатели растений мандарина (*Citrus reticulata* var. *unshiu* Tan.) в условиях влажных субтропиков России // Плодоводство и ягодоводство России. – 2017. – Т. 51. – С. 92-99. – ISSN 2073-4948.
15. Фулга И.Г. Изучение фотосинтетической поверхности растений. – Кишинев: Картия Молдовеняскэ, 1961. – 179 с.
16. Чайлахян М.Х. Регуляторы роста в жизни растений и в практике сельского хозяйства // Вестник АН СССР. – 1982. – № 1. – С. 11-26.
17. Чумаков С.С. Продукционный процесс плодовых растений и пути его регуляции в условиях Западного Предкавказья: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. – Краснодар, 2013. – 41 с.
18. Шевелуха В.С., Блиновский И.К. Состояние и перспективы исследований и применения фиторегуляторов в растениеводстве – Регуляторы роста. – М: Агропромиздат, 1990. – С. 6-35.
19. Шлык А.А. Определение хлорофилла и каротиноидов в экстрактах зелёных листьев // Биохимические методы в физиологии растений. – М.: Наука, 1971. – С. 154-170.
20. Blanco F., Folegatti M. A new method for estimating the leaf area index of cucumber and tomato plants // Horticulture. Bras. – 2003. – Vol. 21. – № 4. – P. 666-669. – doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362003000400019>.
21. Nobel P.S., Walker D.B. Structure of photosynthetic leaf tissue // Photosynthetic mechanisms and the environment. – Amsterdam, 1985. – P. 501-536.
22. Tacke E. Ethylene regulates apple (*Malus × domestica*) fruit softening through a dose × time-dependent mechanism and through differential sensitivities and dependencies of cell wall-modifying genes // Plant Cell Physiology. – 2014. – Vol. 55(5). – P. 1005-1016. – doi: <http://dx.doi.org/10.1093/pcp/pcu034>.
23. Tutberidze T.S.V., Belous O.G. Structural-functional organization of a leaf of kinds of kiwi in the conditions of humid subtropics of Russia // European Journal of Natural History. – 2014. – № 1. – P. 17-20.

**PHOTOSYNTHETIC APPARATUS
OF 'MIAGAVA-WASE' DWARF MANDARIN CULTIVARS, APPLYING
THE TREATMENTS WITH GROWTH REGULATORS**

Belous O. G., Platonova N. B.

*Federal State Budgetary Scientific Institution
"Russian Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops",
c. Sochi. Russia, e-mail: oksana191962@mail.ru*

Studies have shown that leaf area of the plants treated with growth regulators significantly ($LSD_{05} = 2.82$) exceeded the control variant. Accumulation of dry matter exceeded the control plants. We calculated leaf productivity in dwarf mandarin and found that the highest values were noted in the variant treated with obstuctin. Growth regulators contribute to a significant increase in the number of green photosynthetic pigments, and when treating with obstuctin the synthesis of carotenoids increases, which activates protective mechanisms in plants. At the same time, their viability increases, this explains the active assimilation processes. Thus, we can say that growth regulators have a positive effect on the work of the photosynthetic apparatus of dwarf mandarin plants.

Key words: dwarf mandarin, growth regulators, pigments, leaf area, leaf productivity.