

УДК [634.322:631.445.7](470)

ББК 42.8

А-15

Абильфазова Юлия Сулевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биотехнологии, физиологии и биохимии растений Федерального государственного бюджетного научного учреждения Всероссийского научно-исследовательского института цветоводства и субтропических культур; Россия, 354002 г. Сочи, ул. Яна Фабрициуса 2/28; e-mail: Citrus_Sochi@mail.ru; тел.: 8(906)4364302.

**РЕАКЦИЯ МАНДАРИНА
(CITRUS RETICULATA BLANCO VAR. UNSHIU TAN.) НА ПРИМЕНЕНИЕ
МИКРОЭЛЕМЕНТОВ ВО ВЛАЖНЫХ СУБТРОПИКАХ РОССИИ
(рецензирована)**

Представлены результаты многолетних исследований по некорневой обработке микроэлементами марганцем, цинком, медью и бором растений карликового мандарина сорта Миагава-Васе в субтропической зоне России. Полученные результаты статистически достоверны. Установлено положительное влияние микроудобрений на водный режим, ферментативную активность каталазы, пигментный состав и структурную организацию растительных тканей мандарина, что способствовало повышению урожайности мандарина при применении цинка на 14,9 %, бора – 80,9 %.

***Ключевые слова:** некорневая подкормка, водный дефицит, толщина листа, тургесцентность, устойчивость, фотосинтетическая деятельность, стресс, адаптивные реакции.*

Abilfazova Julia Sulevna, Candidate of Biology, a senior researcher of the Laboratory of Biotechnology, Plant Physiology and Biochemistry of the Federal state budgetary scientific institution All-Russian Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops. Russia, 354002 Sochi, 2/28 Jan Fabricius's Str., e-mail: Citrus_Sochi@mail.ru; tel.: 8 (906) 4364302.

**REACTION OF MANDARIN (CITRUS RETICULATA BLANCO
VAR. UNSHIU TAN.) TO THE USE OF MICROELEMENTS
IN THE RUSSIAN HUMID SUBTROPICS
(Reviewed)**

The results of a long-term research on the non- root treatment of Miagava-Vase dwarf varieties of mandarin with manganese, zinc, copper and boron in the subtropical zone of Russia are presented. The results are statistically significant. The positive effect of micronutrients on the water regime, the enzymatic activity of catalase, pigment composition and structural organization of mandarin plant tissues is stated to improve productivity when using zinc for 14.9%, boron - 80.9%.

***Keywords:** foliar fertilizing, water scarcity, leave thickness, turgidity, stability, photosynthetic activity, stress, adaptive response.*

Мандарин (*Citrus reticulata Blanco var. unshiu Tan.*) – вечнозеленое растение, семейства Рутовые (*Rutaceae*). Родом из южного Китая. В Европу завезен в начале XIX века. Это культура самая распространенная во всем мире. Выращивают в Закавказье, в основном на Черноморском побережье, в Абхазии и в районе Сочи, которые считаются самыми северными в мире районами их культивирования [1, 2]. По последним данным самым крупным производителем мандарина является Китай – более 18 тыс. т плодов в год.

Мандарин на Черноморском побережье Кавказа ведущая культура. Побережье относится к северной зоне культуры цитрусовых на стыке Европы и Азии (43-44° с. ш.) [3].

Считают, что популярность мандарина объясняется не только вкусовыми и полезными качествами, но и тем, что этот фрукт долго хранится. В условиях г. Сочи температура воздуха зимой периодически опускается до минусовых отметок, но это бывает редко – раз в 10 лет. Исследования, проведенные в условиях субтропиков России, показали, что период формирования завязей происходит в конце апреля-начале мая, а созревание плодов начинается с конца октября и продолжается 15-20 дней. Лучшим для выращивания мандарина являются низкорослые растения сорта Миагава-Васе [4, 5].

Цветение у мандарина в субтропиках начинается в мае. Цветки мелкие, белые, душистые с восхитительным ароматом в период цветения.

Плоды шаровидные, слегка вдавленные, ярко-оранжевые, с тонкой, легко отделяемой кожурой. Мякоть плода сочная, сладкая, слегка кисловатая, светло-оранжевая, состоит из 8-11 легко отделяющихся долек, без семян.

В связи с изменениями погодных условий, которым подвержены субтропики Черноморского побережья (высокая влажность более 80 %, засуха, перегрев листьев мандарина и т.д.) необходимостью стало изучение удобрений, содержащих микроэлементы (B, Mn, Zn и Si). Эти микроэлементы играют большую роль в жизни цитрусовых культур, несмотря на их присутствие в растениях в очень малых количествах, но, тем не менее, они принимают активное участие в физиолого-биохимических процессах [4]. Кроме того, цитрусовых культур в районе Сочи осталось очень незначительное количество, поэтому необходимо сохранить имеющийся генофонд в этом регионе. Как показывает практика мандарины удобряются минеральными удобрениями, содержащими только макроэлементы, которые впоследствии приводят к их избытку в почве, вызывая тем самым дефицит микроэлементов [6]. Поэтому целесообразнее вносить сернокислые соли – $MnSO_4 \cdot H_2O$, $ZnSO_4 \cdot H_2O$, $CuSO_4 \cdot H_2O$ и борную кислоту (H_3BO_3) некорневым способом. При этом важно учесть, что среди вносимых микроудобрений имеются такие элементы-загрязнители экологической среды, как тяжелые металлы – Zn, Cu и выявление особенностей их накопления в листьях и плодах мандарина является актуальным. В связи с этим проводилось изучение по влиянию микроэлементов на физиолого-биохимические процессы для усиления адаптивной приспособленности к стрессовым воздействиям, повышения урожайности и улучшения качества плодов [7].

Полевые и лабораторные исследования по изучению действия микроэлементов на физиологические процессы проводились на базе института ФГБНУ ВНИИЦиСК. Опыт был заложен в 1997 г. – рендомизированным методом в 4-х кратной повторности на плантации карликового мандарина сорта Миагава-Васэ, привитых на *Poncirus trifoliata*. Схема опыта: контроль (опрыскивание водой без микроудобрений); борная кислота (H_3BO_3) – 0,06%; сульфат марганца ($MnSO_4 \cdot H_2O$) – 0,4%; сульфат цинка ($ZnSO_4 \cdot H_2O$) – 0,3%; сульфат меди ($CuSO_4 \cdot H_2O$) – 0,06%. Почвы бурые лесные слабонасыщенные. Площадь опытного участка – 0,25 га, площадь питания 4x1 м.

Исследования проводились с применением классических методов: оценка засухоустойчивости по Кушнеренко [8]; водный дефицит по Починку Х.Н. [9]; определение хлорофиллов а, b и каротиноидов по Шлыку А.А. [10]; газометрическим методом – ферментативную активность каталазы [11]; микроструктурный анализ растительных тканей с применением лазерного измерительного комплекса (ЛИК-02 МА) [12]. Агротехника общепринятая для культуры мандарина. Опрыскивание растений проводили дважды за период вегетации: первую в фазу окончания массового цветения и

вторую – в фазу начала налива плодов. Индикаторными органами для диагностики засухоустойчивости являлись физиологически вызревшие листья мандарина.

Через 3-4 недели после очередного опрыскивания проводили отбор образцов листьев мандарина. Листья для анализов отбирали со среднего яруса кроны ростовых побегов текущего года.

При обработке материала и оценке результатов исследований применяли математический пакет программ Excel XP.

Обсуждение результатов исследований

Результатами проведенных исследований выявлено, что активный процесс образования и накопления хлорофилла в листьях мандарина проходил под влиянием биогенных микроэлементов, внесенных некорневым способом в условиях оптимальной водообеспеченности, что приводило к высокой биологической продуктивности растений. Было установлено высокое содержание каротиноидов до 0,5 ед. в листьях мандарина в вариантах с обработками марганцем, бором и медью, что диагностирует засухоустойчивость в неблагоприятный период, а между микроэлементом Zn и накоплением каротиноидов выявлена отрицательная корреляция ($r = -0,5$).

Наблюдения за состоянием внутреннего напряжения клетки листьев, свидетельствовали о влиянии микроудобрений на изменение толщины листа мандарина, которое является важным показателем морфофизиологического и анатомического состояния растений. В ходе исследований выявлено, что в вариантах с внесением марганца и цинка прослеживалось значительное накопление сухого вещества в листовых пластинках мандарина, которое свидетельствует об их активной синтетической работе. Установлено, что некорневая обработка борной кислотой способствовала лучшему сохранению тургесцентности и интенсивному нарастанию толщины листовой пластинки, а также усилению фотосинтетического аппарата. Вместе с тем, сернокислая медь, внесенная через лист, способствовала снижению тургесцентности ассимиляционной поверхности листа.

Диагностическим показателем функционального состояния растений мандарина является окислительная способность фермента каталазы. Так, результатами проведенных исследований установлена высокая коррелятивная зависимость ($r = +0,8$) между внесенным микроэлементом Mn и усилением ферментативной активности каталазы в листьях карликового мандарина. Средняя степень корреляции ($r = +0,6$) наблюдалась в варианте с обработкой борной кислотой. Но в ходе дальнейших исследований прослеживалась тенденция увеличения ферментативной активности не только в вариантах с Mn, но с B и Zn, где в опытах с ними были ранее установлены низкий водный дефицит и наименьшее снижение тургора [13].

Микроструктурный анализ листьев мандарина показал (рис. 1), что в напряженный по водообеспеченности период микроэлементы Mn и B способствовали упорядоченности паренхимных тканей, которая проявилась в увеличении в 1,3-2,4 раза приведенной когерентности, соответственно, в сравнении с контрольным вариантом, о чем свидетельствуют показания светорассеяния в режиме пропускания. Установлено, что стабилизация структурной организации тканей листа непосредственно зависела от некорневых подкормок микроэлементами Mn и B, которые способствовали высокой ферментативной активности каталазы и фотосинтетической деятельности листьев мандарина, что позволило повысить жизнеспособность растений мандарина, противостоять стресс-факторам, а также увеличить продуктивность на 14,9 % ... 80,9 %, соответственно. Обработка медью, наоборот, вызвала нарушение структурной упорядоченности тканей, которое было следствием снижения приведенной когерентности листа.

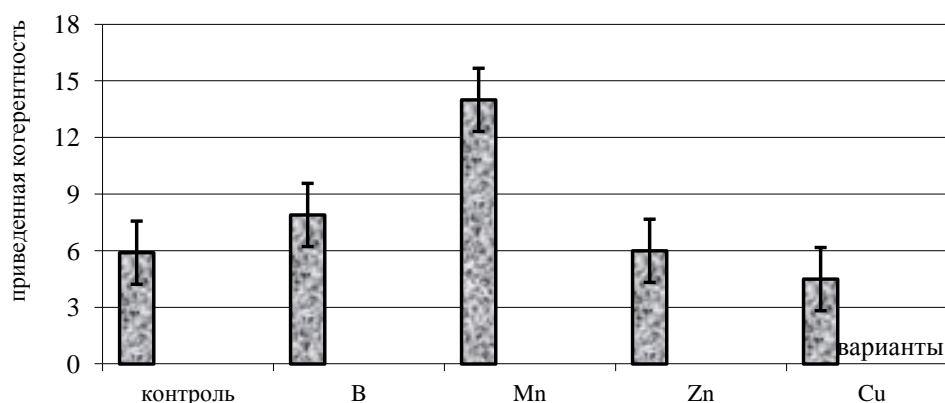


Рисунок 1. Микроструктурная организация листовых тканей растений мандарина

Таким образом, некорневые обработки растений мандарина сорта Миагава-Васе В, Mn, Zn и Cu в условиях влажных субтропиков России способствовали направленному изменению физиолого-биохимических процессов на изучаемые микроэлементы. Это подтверждает установленная коррелятивная связь (от средней до высокой) между внесенными микроэлементами и активностью фермента каталазы; увеличении тургесцентности листьев; повышении количества фотосинтетических пигментов; повышении упорядоченности паренхимных тканей, в результате которого повышалась устойчивость растений мандарина к гидротермическим нарушениям окружающей среды, что приводило к увеличению продуктивности и улучшению вкусовых качеств плодов.

Литература:

1. Жизнь растений: в 6-ти томах. Т. 5. Ч. 2. Цветковые растения / под. ред. А.Л. Тахтаджяна. М.: Просвещение, 1981. 512 с.
2. Рындин А.В. Водно-термический режим субтропиков России // Садоводство и виноградарство. 2009. №3. С. 14-18.
3. Витковский В.Л. Плодовые растения мира. СПб.: Лань, 2003. 592 с.
4. Абильфазова Ю.С. Влияние микроэлементов на физиолого-биохимические процессы растений мандарина (*Citrus unshiu* Marc.): дис. ... канд. биол. наук. Сочи, 2006. 148 с.
5. Горшков В.М., Фогель В.А., Кулян Р.В. Каталог цитрусовых культур. Вып. 2 / под ред. Рындина А.В. Сочи, 2013. 90 с.
6. Удобрения насаждений плодовых, винограда, орехоплодных, субтропических, цитрусовых и чая на Черноморском побережье Краснодарского края: методические указания / Бушин П.М. [и др.]. Сочи, 1983. 34 с.
7. Abilphazova J., Velous O. Adaptability of cultivars and hybrids of tangerine in a subtropical zone of Russia // Potravinarstvo. 2015. Vol. 9, No. 1. P. 299-303.
8. Экспресс-метод диагностики жароустойчивости и сроков полива растений / М.Д. Кушниренко [и др.]. Кишинев: Штиинца, 1986. 38 с.
9. Починок Х.Н. Методы биохимического анализа растений. Киев: Наукова думка, 1973. 336 с.
10. Шлык А.А. Определение хлорофилла и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев // Биохимические методы в физиологии растений. М.: Наука, 1971. С. 154-170.
11. Гунар И.И. Практикум по физиологии растений. М.: Колос, 1972. 168 с.
12. Оптический метод диагностики потребности растений в микроэлементном питании / О.Н. Будаговская [и др.] // Материалы Всероссийской научной конференции «Повышение эффективности садоводства в современных условиях». Мичуринск-Наукоград, 2003. С. 49-56.

13. Абиляфазова Ю.С. Изменения физиологического состояния растений мандарина под влиянием неблагоприятных факторов среды // Всероссийский симпозиум «Растения и стресс» / Ин-т физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН. М., 2010. С. 25-26.

References:

1. *Life of plants: in 6 volumes. V. 5. Part 2. Flowering plants* / Ed. by A.L. Takhtadzhyan. M.: Education, 1981. 512 p.

2. Ryndin A.V. *Water and thermal conditions of the subtropics in Russia* // *Gardening and viticulture*. 2009. № 3. P. 14-18.

3. Witkowski V.L. *Fruit plants of the world*. SPb.: Lan, 2003. 592 p.

4. Abilfazova Y.S. *Effect of macroelements on the physiological and biochemical processes of mandarin plants (Citrus unshiu Marc.): dis. ... Cand. of Biol. Sciences*. Sochi, 2006. 148 p.

5. Gorshkov V.M., Fogel V.A., Kulyan R.V. *Catalog of citrus crops. Vol. 2* / ed. by Ryndin A.V. Sochi, 2013. 90 p.

6. *Fertilizing plantations of fruit, grapes, nuts, subtropical crops, citrus crops and tea on the Black Sea coast of the Krasnodar territory: guidance* / Bushin P.M. [and etc.]. Sochi, 1983. 34 p.

7. Abilphazova J., Belous O. *Adaptability of cultivars and hybrids of tangerine in a subtropical zone of Russia* // *Potravinarstvo*. 2015. Vol. 9, No. 1. P. 299-303.

8. *Express-method of diagnostics of heat resistance and timing of irrigation* / M.D. Kushnirenko [et al.]. Kishinev: Shtiintsa, 1986. 38 p.

9. Pochinok H.N. *Methods of biochemical analysis of plants*. Kiev: Naukova Dumka, 1973. 336 p.

10. Shlyk A.A. *Determination of chlorophyll and carotenoids in extracts of green leaves* // *Biochemical methods in plant physiology*. M.: Science, 1971. P.154-170.

11. Gunar I.I. *Workshop on Plant Physiology*. M.: Kolos, 1972. 168 p.

12. *Optical method of diagnosing the needs of plants in a microelement nutrition* / O.N. Budagovskaya [et al.] // *Proceedings of the All-Russian scientific conference "Improving the efficiency of gardening in modern conditions"*. Michurinsk-Naukograd, 2003. P. 49-56.

13. Abilfazova Y.S. *Changes in the physiological state of mandarin plants under the influence of adverse environmental factors* // *All-Russian symposium "Plants and stress"* / *Institute of Plant Physiology named after K. A. Timiryazev Academy of Sciences*. M., 2010. P. 25-26.