

На правах рукописи

Абильфазова Юлия Сулевна

**ВЛИЯНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА
ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ
РАСТЕНИЙ МАНДАРИНА (*Citrus unshiu* Marc.)**

Специальность
06.01.07 - плодоводство, виноградарство

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Краснодар – 2006

Диссертационная работа выполнена в государственном научном учреждении - Всероссийском научно-исследовательском институте цветоводства и субтропических культур Российской академии сельскохозяйственных наук (г. Сочи).

Научный руководитель—кандидат сельскохозяйственных наук,
старший научный сотрудник
Притула Зоя Васильевна

Официальные оппоненты – доктор биологических наук,
профессор **Трошин Леонид Петрович**

кандидат биологических наук
Пархоменко Ольга Валерьевна

Ведущая организация – Северо-Кавказский зональный
научно-исследовательский институт
садоводства и виноградарства

Защита состоится 5 апреля 2006 г. в 10.00 ч. на заседании диссертационного совета Д.220.038.04 при Кубанском государственном аграрном университете по адресу: 354044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13, главный учебный корпус, факс 20-29-35

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Кубанского государственного аграрного университета

Автореферат разослан « 3 » марта 2006 г

Ученый секретарь
диссертационного совета,
профессор

В.В.Кобляков

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В условиях субтропической зоны Черноморского побережья Краснодарского края особое место принадлежит субтропическим культурам, которые по своему географическому расположению (43-44⁰с.ш.) являются самыми северными в ныне существующем промышленном субтропическом земледелии (Селянинов Г.Т.,1930,1937гг.). Среди многочисленных плодовых растений цитрусовые культуры пользуются особой популярностью. По данным ФАО (Ларина Т., 2002г.) их производство на земном шаре занимает второе место. Исследования по повышению урожайности и качества плодов проведены (Смитт П.Ф., Ройтер В., 1954.). В Краснодарском крае и Грузии проведено большое количество работ (Галактионов И.И.,1947, Ониани О.Г.,1969, Маршания И.И., 1970), посвященных возделыванию мандарин, в частности внесению макроудобрений в почву, где обнаруживается их избыток, который впоследствии вызывает дефицит микроэлементов. В связи с этим, не вызывает сомнения целесообразность широкого применения микроэлементов в отрасли цитрусоводства. Кроме того, Zn и Cu относятся к группе тяжелых металлов и выявление их особенностей накопления в листьях и плодах мандарина, является актуальным. На основании этого возникла необходимость изучения микроэлементов на рост и развитие растений для разработки путей повышения урожайности цитрусовых культур.

Цель и задачи исследований. Целью исследований являлось установление влияния внекорневых подкормок микроэлементами на физиолого-биохимические процессы растений мандарина при обработке их В, Mn, Zn, Si для усиления адаптивной приспособленности растений к стрессовым воздействиям, а также, повышения урожайности и улучшения качества продукции.

В соответствии с целью исследований были поставлены следующие задачи: изучить влияние микроэлементов на химический состав листьев, мякоти и кожуры мандарина; ростовые процессы; структурированность тканей и пигментный состав листа; активность фермента каталазы; водный режим (водный дефицит); динамику опадения завязей; изменение диаметра штамба; толщину листовой пластинки; биохимические и механические показатели плодов; провести органолептическую оценку плодов и продуктивность. На основании этого разработать рекомендаций по внекорневой подкормке микроэлементами (B, Mn, Zn, Cu).

Научная новизна исследований. Впервые в лимитирующих климатических условиях субтропической зоны Черноморского побережья России выявлено действие внекорневых подкормок микроэлементами на накопление Cu, Mn, Zn, B в листьях и плодах мандарина сорта Миягава-Васэ; установлено влияние микроэлементов на адаптивную способность мандарина к стрессовым воздействиям; изучено состояние водного дефицита и отмечена тесная коррелятивная связь между микроэлементами и водообеспеченностью, толщиной листа и его структурированностью, активностью ферментативных реакций каталазы; пигментного состава; изменением биоморфологических показателей листа; снижением опадения завязи. Впервые показано действие биогенных микроэлементов на особенности ростовых и генеративных процессов (роста побегов и плодоношение) карликового мандарина, что позволило увеличить продуктивность растений и улучшить качество плодов.

Практическая значимость работы. На основе проведенных исследований разработаны рекомендации по внекорневой обработке карликового мандарина бором, марганцем, цинком и медью для усиления адаптивной

приспособленности растений к стресс-факторам, а также повышения урожайности и улучшения качества продукции.

Апробация работы. Основные результаты исследований по теме диссертации доложены на ежегодных отчетных заседаниях Ученых Советов ГНУ ВНИИЦиСК (1998-2002гг), Всероссийских и Международных НПК, совещаниях по субтропическому хозяйству и плодоводству (Москва-Пушино, Пенза, Мичуринск, Краснодар, Ульяновск, Сочи), КубГАУ (Краснодар).

Публикации. По результатам исследований опубликовано 18 работ, 2 – в печати и получен патент на изобретение №2225691 от 05.04.2002г.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 148 страницах машинописного текста, состоит из введения, экспериментальной части, выводов, рекомендации производству, списка литературы, включающего 187 источников, в том числе 20 на иностранных языках, содержит 18 таблиц, 41 рисунок, 8 приложений.

2. ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования по изучению действия микроэлементов на физиологические процессы проводились в полевом опыте, заложенном в 1997г. на плантации карликового мандарина сорта Миягава-Васэ, привитых на *Poncirus trifoliata* (посадки 1986 г.) на базе Опытного поля ГНУ ВНИИЦиСК (г. Сочи).

Схема опыта: контроль (опрыскивание водой без микроэлементов); борная кислота–0,06%; марганец сернокислый – 0,4%; цинк сернокислый – 0,3%; медь сернокислая – 0,06%. Опыт заложен рендомизированным методом в 4-х кратной повторности, по 5 деревьев в каждой. Почвы бурые лесные слабонасыщенные, тяжелосуглинистые на карбонатных аргиллитах и песчаниках. Площадь опытного участка занимает

0,25га, площадь питания 4х1м. Агротехника общепринятая для культуры мандарина (Воронцов В.В. и др.,1979г.). В качестве основного внесения перед началом вегетации использовали нитроаммофоску (НАФК) в дозе $N_{160}P_{200}K_{60}$; в виде летней подкормки применяли аммиачную селитру(40%годовой нормы). В течение вегетационного периода проводили две внекорневые подкормки: первую в фазу окончания массового цветения и вторую – в фазу начала налива плодов.

Объектами изучения были физиологически однородные вызревшие листья, прекратившие свой рост. Отбор образцов листьев мандарина проводили через 3–4 недели после очередного опрыскивания на всех вариантах опыта. Листья для анализов отбирали со среднего яруса кроны средней части ростовых побегов текущего года.

После снятия укрытий проводилась оценка перезимовки растений и сравнительная оценка ростовых процессов по методике ВАСХНИИЛ ВИР (1989 г).

Проводился учет осыпания завязей (на 4-х выделенных модельных деревьях каждого варианта опыта) по методике Бедриковской Н.П. (1956 г).

Определение бора проводилось методом колориметрии с хинализарином по Починку Х.Н (1976 г); микроэлементов в листьях - с использованием прибора С-115 М1, в плодах - согласно ГОСТ 30178 – 96 - атомно – абсорбционным методом определения токсичных элементов. Азот в почвенных образцах - объемным методом, разработанным Цап М.Л, фосфор – по Дениже в модификации Труога, калий – на атомно-абсорбционном спектрофотометре ААС –1.

В почвенных образцах определяли: гумус – по Тюрину в модификации Орлова и Гриндель; pH_{KCl} – потенциометрическим методом; обменная кислотность по Дайкухара; азот легкогидролизуемый – по Тюрину и Кононовой; подвижный фосфор и калий – по Ониани; подвижный алюминий – по методу

Соколова; обменный кальций – трилонометрическим методом; обменный магний – фотоколориметрическим методом.

Состояние водного режима растений оценивали по показателям: водный дефицит листьев по Починку Х.Н.; водоудерживающую способность - методом завядания по Арланду; засухоустойчивость – путем измерения толщины листовой пластинки, с последующим расчетом коэффициента стабильности признака засухоустойчивости (T_2/T_1) по Кушниренко М.Д.; структурную организацию листовых тканей по измерению степени когерентности с использованием лазерного измерительного комплекса. Активность фермента каталазы определяли газометрическим методом. Пигментный состав зеленых листьев - методом Шлыка А.А. (1971 г).

Биологический учет урожая проводили по вариантам отдельно по каждой повторности, путем подсчета всех плодов. Биохимическую оценку плодов мандарина осуществляли по «Методике Госсортоиспытания сельскохозяйственных культур», М., вып.5, 1970. Дегустационная оценка плодов проводилась в соответствии с методическими указаниями «Изучение коллекции субтропических плодовых культур», Л., 1989.

При обработке материала и оценке результатов исследований применяли компьютерную программу, разработанную в ВИУА РАСХН (1991г) и математический пакет программ MS Excel 7.0.

3. ВЛИЯНИЕ ВНЕСЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА СОДЕРЖАНИЕ ИХ В РАСТЕНИЯХ МАНДАРИНА

3.1.Химический состав листьев. Полученные результаты показали (табл.1), что проявилось положительное влияние марганца на увеличение количества этого элемента в 2,4 раза и накопление бора листьями, где превысило на 15,08 мг/кг

контроль. Обработка растений цинком и медью оказывало стимулирующее действие на накопление бора и железа.

Таблица 1
Содержание микроэлементов в листьях мандарина, среднее за 1998 – 2001 гг., (в мг/кг)

Варианты	Cu	Zn	Mn	B	Fe
	Opt. 5-10	Opt. 25-100	Opt. 25-100	Opt. 50-170	Opt. 60-120
Контроль	12,12±1,6	33,86±14,4	27,76±3,8	38,70±3,04	43,30±10,2
Бор	11,92±1,5	35,12±14,6	28,61±4,4	51,90±9,0	47,04±9,6
Марганец	11,86±1,6	35,20±14,6	65,42±12,6	53,78±14,2	46,78±10,7
Цинк	11,34±2,1	57,50±13,1	29,04±3,7	44,92±6,5	47,12±11,9
Медь	18,02±4,1	36,46±11,7	27,70±2,7	44,57±7,5	47,68±10,8
НСР ₀₅	1,94	3,71	4,97	3,78	2,91

Дальнейшие исследования подтвердили тенденцию увеличения в 1,3-2,0 раза содержания в листьях бора, цинка, марганца и меди при внекорневом их внесении.

3.2. Содержание микроэлементов в мякоти и кожуре.

Результаты исследований показали, что микроэлементы влияли на содержание и накопление испытуемых элементов, как в мякоти, так и в кожуре (табл.2).

Таблица 2
Содержание микроэлементов в мякоти и кожуре, в мг/кг сухого вещества (среднее за 1999 – 2001 гг.)

Вариант	Мякоть					Кожура				
	B	Mn	Zn	Cu	Fe	B	Mn	Zn	Cu	Fe
Контроль	14,6	7,2	2,13	1,27	25,3	33,4	6,5	16,1	12,3	17,5
Бор	15,2	6,6	2,32	1,29	30,0	35,1	6,1	16,5	9,9	17,3
Марганец	16,3	10,2	1,93	1,05	23,2	37,8	13,8	16,8	11,2	14,4
Цинк	16,2	7,8	2,56	1,24	23,4	38,3	7,0	35,0	9,5	14,8
Медь	15,5	6,4	2,51	1,36	18,0	35,0	6,0	19,4	13,8	11,8
НСР ₀₅	0,7	0,7	0,4	0,2	3,8	1,1	0,5	1,3	1,0	1,4

ПДК* предельно – допустимые концентрации для Cu – 5,00 мг/кг;
Zn – 10,00мг/кг.

Данные по мякоти, свидетельствуют о том, что внесение борной кислоты не повлияло на накопление бора, марганца, меди в мякоти плодов. Вместе с тем, отмечено его положительное влияние на накопление железа плодами.

Внекорневая подкормка сернокислым марганцем приводила к достоверному увеличению количества бора и марганца на 1,7мг/кг и 3мг/кг, соответственно, и снижению цинка и меди. Отмечено значительное влияние цинка на увеличение количества бора и цинка, а угнетающее - на медь и железо. Накоплению цинка в плодах способствовали бор, медь и сам элемент цинка. Угнетающее влияние на накопление железа оказала подкормка медью, снижая его в 1,4 раза.

Внесение цинка достоверно повлияло на количество меди в кожуре плодов: $Cu = 13,04 - 3,08Zn$; $R = 0,54$; $R^2 = 0,29$; на накопление цинка - марганец, цинк и медь: $Zn = 6,16 + 1,35Mn + 5,54Zn + 5,40Cu$; $R = 0,98$; $R^2 = 0,97$; марганца – внесение самого марганца: $Mn = 1,23 + 1,14Mn$; $R = 0,96$; $R^2 = 0,92$; а содержание железа в кожуре зависело от количества меди, цинка и марганца: $Fe = 0,32 - 0,52Cu - 0,89Zn - 0,92Mn$; $R = 0,56$; $R^2 = 0,31$. Результаты данных по мякоти и кожуре свидетельствуют о том, что микроэлементы способствовали регулированию поглощения и накопления их плодами мандарина.

4. МИКРОЭЛЕМЕНТЫ И ФИЗИОЛОГО- БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ИЗУЧАЕМЫХ РАСТЕНИЙ

4.1. Водный режим и относительная тургесцентность.

Исследования, проведенные по водоудерживающей способности листьев, показали, что микроэлементы коррелировали с водным режимом растений. На вариантах с обработками Mn и Zn, как видно из таблицы 6, наблюдалось существенное снижение воды на транспирацию, вследствие чего повышалась

водоудерживающая способность листьев мандарина за 2 часа в 1,3 – 1,5 раза, а по истечении 24 часов в среднем в 1,3 раза по отношению к контролю. Внесение меди способствовало повышению воды на транспирацию, что значительно снижало водоудерживающую способность листьев мандарина. Наблюдалось увеличение толщины листовой пластинки на вариантах с бором и цинком, где была отмечена наименьшая потеря тургора. Варианты с марганцем и медью за годы наблюдений были либо на уровне контроля, либо снижали тургор, что очень тесно сопряжено с погодными условиями и

Таблица 3

Оводненность и водный дефицит листьев мандарина

Вариант	Оводненность, %	Водный дефицит, %	T_2/T_1
Контроль	70	25	0,89
Бор	73	21	0,91
Марганец	67	20	0,86
Цинк	71	14	0,94
Медь	74	19	0,89
НСР ₀₅	3,19	2,60	-

отрицательно коррелировало с устойчивостью растений мандарина. Вместе с тем, внесение бора и меди способствовало некоторому повышению оводненности листьев, а с марганцем, наоборот, снижению в сравнении с контролем (табл.3). Обработка цинком приводила к понижению водного дефицита почти в 1,6 раза (при 25 % на контроле), а на остальных вариантах его снижение было в меньшей мере. Это является подтверждением тому, что растение способно удерживать влагу и при необходимости расходовать ее экономично под воздействием биогенных микроэлементов, вносимых внекорневым путем. Установлено, что наиболее засухоустойчивыми являются растения на вариантах с медью, бором и цинком, где оводненность в пределах 71% - 74%;

высокий относительный тургор (с бором и цинком); низкий водный дефицит - от 14 до 21% в период засухи, обусловленный перестройкой обмена веществ: $Y = 23,5 + 11,3Cu - 10,5Mn - 10,5Zn$, $R^2 = 0,78$. Коэффициент детерминации (R^2) показывает, что изменение водного дефицита на 78% зависит от внекорневых обработок сернокислыми солями марганца и цинка.

4.2. Активность каталазы. Отмечено наличие зависимости между изменением активности фермента каталазы и внесением микроэлементов (рис.1). Установлено усиление окислительной деятельности в листьях мандарина на варианте с подкормкой марганцем и бором. Коррелятивный анализ подтвердил

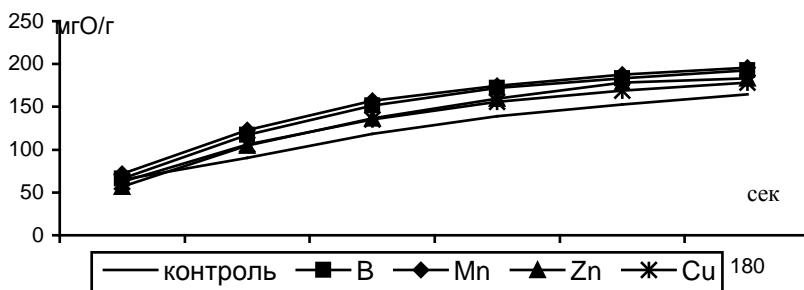


Рис. 1. Активность фермента каталаза.

зависимость каталитической активности мандарина от внесения марганца и бора, где коэффициенты корреляции $r = +0,8$ и $r = +0,6$. В последующие годы повторилась тенденция увеличения каталитической активности в листьях мандарина на вариантах с подкормкой бором, а также и цинком, где установлены низкий водный дефицит и наименьшее снижение тургора (табл. 3).

4.3. Содержание пигментов. Результаты по содержанию зеленых пигментов и каротиноидов, свидетельствуют о существенном влиянии микроэлементов на синтез хлорофилла в

листьях мандарина (табл.4). На варианте с внесением сернокислой меди, проявилась тенденция увеличения хлорофилла а и b, а с марганцем и бором отмечено не только повышение хлорофиллов а, b, но и каротиноидов, что повышает устойчивость растений к стресс-факторам (засуха). Установлена отрицательная корреляция между внесением цинка ($r = - 0,5$) и накоплением суммы каротиноидов. Таким образом, полученные данные свидетельствуют о положительном влиянии всех микроэлементов на содержание общего хлорофилла в листьях

Таблица 4

Пигментный состав листьев мандарина (в мг/г сырой массы)

Варианты	Ca	Cb	Ca+ b	C _{кар.}	Ca/C b	Ca+ b /C _{кр.}
Контроль	1,55±0,2	0,91±0,1	2,46±0,3	0,55±0,04	1,70±0,1	4,47±0,1
Бор	1,85±0,04	0,96±0,05	2,81±0,1	0,61±0,1	1,93±0,1	4,61±0,5
Марганец	1,82±0,1	0,94±0,1	2,76±0,1	0,61±0,1	1,94±0,05	4,52±0,4
Цинк	1,78±0,1	0,91±0,03	2,69±0,1	0,54±0,02	1,95±0,01	4,98±0,1
Медь	1,92±0,1	0,98±0,1	2,90±0,1	0,57±0,01	1,95±0,05	5,09±0,1
НСР ₀₅	0,06	0,05	0,10	0,03	0,05	0,24

мандарина, которые усиливали его ассимиляционную деятельность, и тем самым способствовали повышению урожайности и улучшению качества продукции.

4.4. Толщина листовой пластинки. Установлено, что внекорневая обработка растений мандарина микроэлементами повлияла на изменение массы листа: внесение сернокислого марганца существенно в 2,8 раза снижало массу листа (табл.5). В дальнейшем, обработки цинком и марганцем, приводили к значительному накоплению сухого вещества в листовых пластинках мандарина по сравнению с контролем, что свидетельствует об их активной синтетической работе.

Таблица 5

Биометрическая характеристика листовой пластинки

Вариант	Масса листа, г	Сухое вещество, г		Толщина листовой пластинки, мм		
		1999г.	2002г.	1999г.	2001г.	2002г.
Контроль	0,46	37,7	30,1	0,328	0,354	0,308
Бор	0,45	37,4	27,4	0,323	0,396	0,321
Марганец	0,36	37,3	33,3	0,316	0,354	0,306
Цинк	0,45	38,0	29,0	0,308	0,353	0,300
Медь	0,42	37,9	29,0	0,300	0,349	0,305
НСР ₀₅	0,05	0,4	2,8	0,017	0,004	0,021

Существенное увеличение толщины листа наблюдалось на варианте с борной кислотой, а с медью, наоборот, снижалась тургесцентность ассимиляционной поверхности листа.

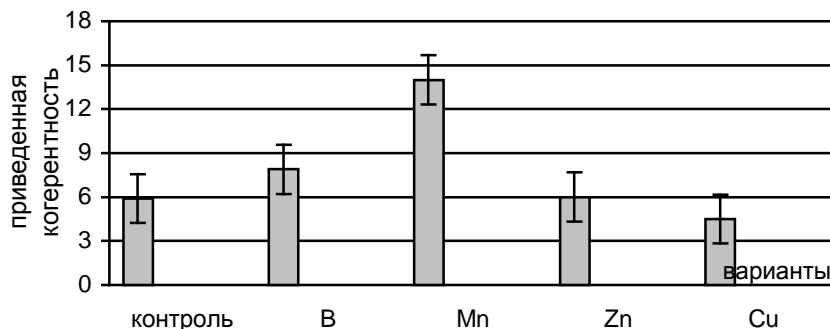


Рис. 2. Структурная организация листовых тканей растений мандарина

Исследования показали, что структурная организация листьев непосредственно зависит от внекорневых подкормок биогенными элементами. В напряженный по водообеспеченности период (рис.2) внесение бора и марганца несколько повышало упорядоченность паренхимных тканей, а,

следовательно, и степень когерентности листа, что проявилось в увеличении приведенной когерентности (отношение когерентности к интенсивности излучения), о чем свидетельствуют показания светорассеяния в режиме пропускания. Изучаемые элементы способствовали стабилизации структурной организации и фотосинтетической активности листьев мандарина, наблюдалась высокая физиологическая и ферментативная активность, что позволило им повысить жизнеспособность и противостоять стресс-факторам.

5. ВЕГЕТАТИВНЫЕ И ГЕНЕРАТИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ

5.1. Ростовые и генеративные процессы. Результаты биометрических измерений свидетельствуют о наличии коррелятивной зависимости между внесенными микроэлементами и приростом однолетних побегов растений мандарина. Отмечен интенсивный прирост побегов на вариантах

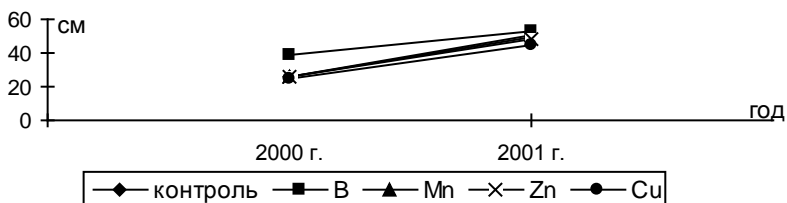


Рис.3. Прирост однолетних побегов

с внесением бора и цинка, где он превысил в 1,5 - 1,8 раза, контрольный вариант (рис.3). Повторялась тенденция положительного доминирующего влияния борной кислоты на интенсивность ростовых процессов однолетних побегов из года в год. Экспериментальные исследования подтверждаются следующими уравнениями регрессии: $Y = 50,1 + 31,1B - 25,4Cu$;

$R^2 = 0,83$. Коэффициент детерминации показывает, что прирост однолетних побегов на 83% зависел от влияния бора и меди.

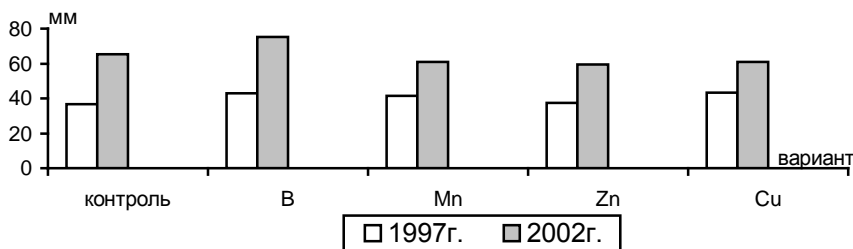


Рис 4. Микроэлементы и диаметр штамба

Проявилась отзывчивость растений мандарин на внесение микроэлементов. Данные, отраженные в рисунке 4, свидетельствует о положительном влиянии биогенных микроэлементов на толщину диаметра ствола, что обуславливает стимулирование ростовых процессов и, в свою очередь, уменьшение осыпания завязей и хорошее удержание плодов на дереве. Наибольшее увеличение прироста штамба в 1997г. было установлено на вариантах с внесением бора и меди, что достоверно превышали контроль на 17,2% и 18,3%. Влияние цинка на прирост диаметра штамба было незначительным. В год завершения исследований у растений, получавших подкормку борной кислотой, диаметр штамба в 1,8 раза превышал средние величины 1997 года. Обобщенные 5-летние полевые наблюдения показали, что бор незначительно превышал остальные варианты по приросту диаметра штамба; на вариантах с медью и марганцем проявилось ингибирующее действие на рост диаметра штамба.

В течение нескольких лет на выделенных модельных деревьях проводилось исследование по учету осыпавшейся завязи (рис.5). По итогам наблюдений за осыпанием завязей в

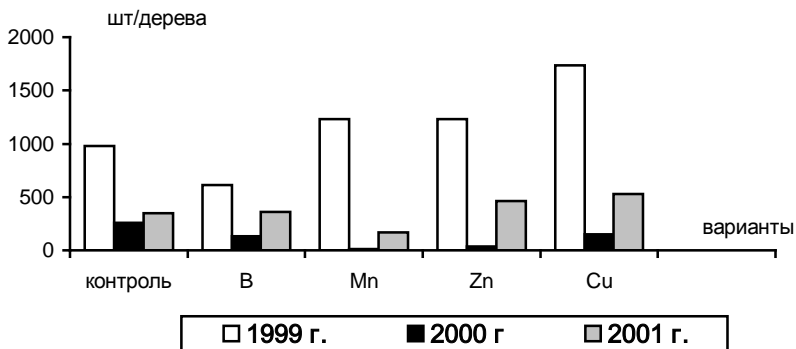


Рис. 5. Микроэлементы и опадение завязи

период засухи, отмечено, что на вариантах с обработкой бором, опадение завязей снизилось в 1,6 - 2,3 раза, а с медью повышалось до 77% - 59%, соответственно, по сравнению с контролем. В 2001г. проявилось неадекватное влияние со стороны микроэлементов, так как каждый элемент специфичен по-своему и индивидуален. Регрессионный анализ свидетельствует о существенной зависимости между марганцем ($r = - 0,7$) и снижением опадения завязи в 2,1 раза. Внекорневое внесение цинка и меди, в свою очередь, способствовали значительному в 1,3 – 1,5 раза усилению опадения завязи на этих вариантах: $Y = 376 - 221Mn + 74Zn + 140Cu$, коэффициент детерминации (R^2) равный 0,99 показывает, что доля участия данных элементов в процессах, связанных с опадением завязи, составляет 99%.

5.2.Биохимические показатели качества плодов.

Биохимические исследования, проведенные в период с 1998г. по 2002г. показали, что проявилась тенденция по увеличению и накоплению аскорбиновой кислоты (рис. 6) на вариантах с подкормкой цинком, бором, медью и марганцем, где прибавка

составила в среднем 2,0; 2,3; 2,8; 4,6мг% по сравнению с контрольным вариантом (41,9мг%)

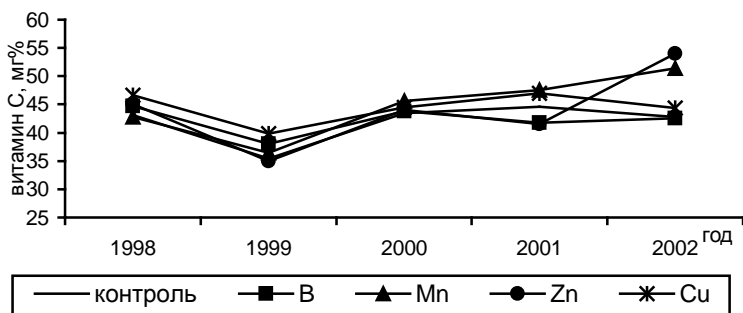


Рис. 6. Содержание аскорбиновой кислоты в плодах мандарина

В оценке вкусовых качеств цитрусовых культур большое значение имеет общая кислотность (рис.7). На основе многолетних исследований, отмечены существенные колебания по годам. Испытуемые микроэлементы способствовали необычно высокому накоплению в плодах мандарина

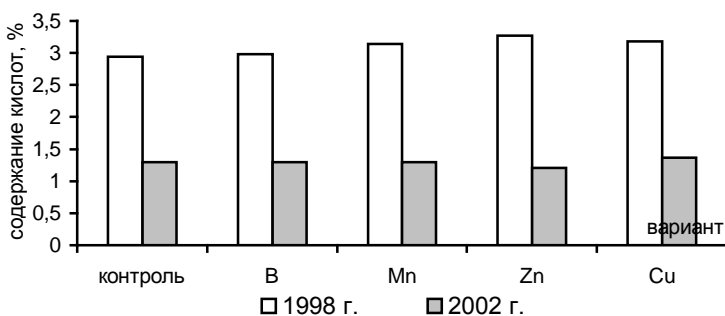


Рис.7. Изменение кислотности в плодах мандарина

органических кислот на всех вариантах опыта от 2,94% до 3,27%, особенно с обработкой марганцем, медью и цинком, а вариант с бором находился на уровне контроля.

В дальнейшем внекорневое внесение марганца и меди приводило к существенному снижению кислотности более чем в 2 раза, а на варианте с подкормкой цинком до 1,21% по сравнению с контрольным вариантом.

Максимальное содержание общего сахара до 12% отмечено в 1998 году на варианте с марганцем. В последующие годы содержание сахара колебалось в пределах 7,6 - 8,7 %% на вариантах с бором, цинком и медью. Установлено, что плоды мандарина имели сравнительно невысокий сахарокислотный индекс. Это обусловлено низким содержанием сахара и повышенной кислотностью, которая значительно занизила сахарокислотный показатель, как в контроле, так и в вариантах с обработкой растений мандарина микроэлементами, в особенности бором, где плоды имели более низкие вкусовые качества.

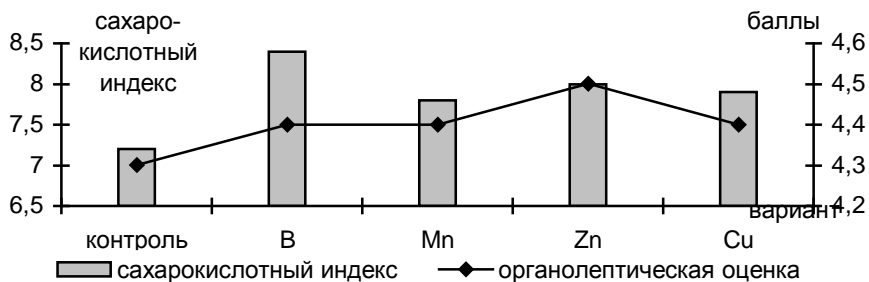


Рис. 8. Сахарокислотный индекс и органолептическая оценка плодов мандарина

Отмечено наиболее благоприятное соотношение сахар/кислота на вариантах с бором и цинком, где сахарокислотный индекс составил 4,9 - 8,4; 5,5 - 8,0, соответственно (рис. 8). По итогам дегустации наилучшими вкусовыми качествами обладали плоды на варианте с обработкой цинком.

5.3. Механический состав плодов. Установлено, что наиболее благоприятное соотношение процента мякоти и кожуры отмечено в вариантах с внесением цинка и бора, которые оказали высокую отзывчивость растений карликового мандарина, и в первую очередь – бора (табл. 6).

Таблица 6

Механический состав плодов мандарина

Вариант	Средняя масса плода, г	Масса, %		Содержание сока, %	Сухое вещество, %
		мякоти	кожуры		
Контроль	65,1	79,1	20,2	69,5	11,2
Бор	69,9	80,7	19,3	69,5	11,5
Марганец	71,3	80,3	19,7	70,3	11,0
Цинк	72,7	80,4	19,6	67,3	10,6
Медь	69,5	80,2	19,8	66,9	12,0
НСР ₀₅	5,4	1,4	1,4	1,8	0,75

В среднем масса одного плода по вариантам составляла 65,1 - 72,7г.

5.4. Продуктивность мандарина. Результатами исследований установлена зависимость между продуктивностью мандарина

Таблица 7

Влияние биогенных микроэлементов на продуктивность мандарина (кг/дер.)

Вариант	1998 г.	1999 г.	2000 г.	2001 г.	2002 г.	Среднее за 5 лет
Контроль	2,2	7,6	3,6	7,3	18,2	7,8
Бор	4,0	9,3	3,6	13,5	25,4	11,2
Марганец	3,6	8,6	1,7	8,1	19,2	8,2
Цинк	2,0	7,7	1,5	7,7	22,4	8,1
Медь	2,4	7,4	4,5	6,1	19,9	8,1
НСР ₀₅	1,1	1,1	1,4	1,6	1,7	0,6

и внесенными внекорневым путем микроэлементами, что подтверждается высокими коэффициентами корреляции: В ($r = +0,9$), Мп и Zn ($r = +0,7$). Влияние их выражается следующими регрессионными уравнениями: $Y = 11,4 + 10,6B + 8,4Mn + 3,6Zn$; $R^2 = 0,67$, где коэффициент детерминации показывает, что урожай мандарина на 67 % зависит от внесения марганца, цинка и, особенно, бора (табл. 7). Выявлено, что в течение 5-ти лет урожайность на варианте с подкормкой бором превышала в 1,4 раза контрольный вариант.

ВЫВОДЫ

1. Агроклиматическая характеристика условий 1998-2002 гг. отвечала биологической потребности (*Citrus unshiu* Marc.) карликового мандарина Миягава - Васэ. Среднегодовая температура воздуха $+14,3^0 + 15,6^0$, осадков 1467-1917мм, сумма активных температур (1534^0) от 5156^0 до 5652^0 при средней многолетней 5236^0 .
2. Обработка В, Мп, Zn и Сu мандариновых деревьев в условиях субтропиков Черноморского побережья России, способствовала направленному изменению физиолого-биохимических процессов, где выявлена различная реакция растений на изучаемые микроэлементы.
3. Отзывчивость растений мандарина на внесение микроэлементов проявилась в более интенсивной аккумуляции и передвижении их в листьях. Отмечено увеличение количества бора и цинка в 1,4 - 1,9 раза, соответственно и стимулирующее действие на накопление железа. Установлено избыточное содержание меди в листьях мандарина, превышающее оптимум в 1,8раза.
4. Выявлено наличие отзывчивости и избирательной способности к накоплению и поглощению наиболее необходимых элементов питания в мякоти и кожуре мандарина. Содержание бора в мякоти снижалось в 2,3 раза

по отношению к кожуре, внесение марганца снижало количество цинка и повышало марганец в 1,4 - 2,1 раза, как в мякоти, так и в кожуре, соответственно. Обработка бором достоверно увеличивала количество железа в мякоти и снижала в 2,5 раза в кожуре. Накопления меди в плодах не наблюдалось.

5. С внесением марганца и цинка повышалась водоудерживающая способность листьев мандарина в 1,3 - 1,5 раза за 2 часа, а по истечении 24 часов - в 1,3 раза; оводненность листьев с цинком и бором; с применением цинка снижался водный дефицит в 1,6 раза, увеличивая тургесцентность листьев, а, следовательно, повышая адаптивные реакции растений мандарина к стрессовым воздействиям (засуха).
6. Отмечена корреляция между внесенными элементами Mn ($r= +0,8$), B ($r=+0,6$), Zn ($r=+0,5$) и окислительной способностью фермента каталазы, а неадекватное влияние меди проявилось в снижении устойчивости растений мандарина к засухе.
7. Проявилась тенденция увеличения хлорофилла а и б с обработкой медью, а с марганцем и бором - существенное повышение не только хлорофиллов а, б, но и каротиноидов, что повышает устойчивость растений к стресс-факторам. Установлена отрицательная корреляция между внесением Zn ($r = - 0,5$) и накоплением суммы каротиноидов.
8. Внесение бора способствовало значительному накоплению сухого вещества, увеличению толщины листовых пластинок мандарина, а марганца существенно в 2,8 раза снижало массу листа; в напряженный по водообеспеченности период бор и марганец повышали упорядоченность паренхимных тканей, а, следовательно, стабилизировали структурную организацию листа, повышая жизнеспособность и противостояние стресс-факторам (засуха).

9. Установлена зависимость между В, Мн, Zn и интенсивностью роста однолетних побегов. Коэффициент детерминации показывал, что ростовые процессы на 83% зависели от участия микроэлементов, а внесение меди способствовало ингибированию. Отмечено увеличение (в 1,1 раза) диаметра штамба с внесением бора; при обработке медью и марганцем проявилось ингибирующее действие на рост диаметра штамба.
10. Отмечена зависимость между внесением бора и увеличением плодообразования и снижением опадения полезной завязи в 1,6 - 2,3 раза, марганца ($r = - 0,7$) и снижением опадения завязи в 2,1 раза, а обработка цинком и медью к усилению этого процесса в 1,5 раза.
11. Выявлена корреляция между микроэлементами и увеличением средней массы плода на 4,4 – 7,6г, накоплением аскорбиновой кислоты на 2,0 - 4,6мг%, снижением кислотности в 2,3 – 2,7 раза, увеличением сахаров и улучшением качества продукции.
12. Установлена корреляция между бором ($r = + 0,9$), цинком ($r = + 0,8$), марганцем ($r = + 0,7$) и продуктивностью растений мандарина. С обработкой цинком и бором урожайность колебалась в пределах 207 – 280 ц/га, что превышало контроль на 7,0% - 43,6%, соответственно.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

Для увеличения продуктивности и улучшения качества плодов мандарина, а также, повышения устойчивости растений к неблагоприятным стресс-факторам, целесообразно проводить внекорневые подкормки растений микроэлементами, которые следует применять в виде водных растворов сернокислых солей марганца (4 кг/га) и цинка (3 кг/га), а также борной кислоты (0,6кг/га).

За вегетационный период рекомендуется проводить две внекорневые обработки: первую – в фазу окончания массового цветения; вторую – в начале налива плодов.

Список работ, опубликованных по теме диссертации:

1. Абиьфазова Ю.С. Влияние бора, цинка, марганца и меди на содержание элементов минерального питания листьях карликового мандарина, урожай и качество плодов//Абиьфазова Ю.С. Притула З.В.//Мат. межд. конф. мол. учен. «Современные проблемы научных исследований и развития садоводства, субтропического растениеводства» - Сочи, 1999. С.71-73.
2. Абиьфазова Ю.С. Влияние микроэлементов (В, Мп, Zn, Cu) на некоторые физиологические процессы растений мандарина.// Абиьфазова Ю.С. Притула З.В., Горшков В.М //Сб. докладов III межд. науч.- произв. конф. «Интродукция нетрадиционных и редких сельскохозяйственных растений» – Пенза, 2000, Т. 1. С. 60-61.
3. Абиьфазова Ю.С. Отзывчивость растений мандарина карликовой формы на биогенные микроэлементы //Абиьфазова Ю.С., В.М.Горшков., З.В.Притула. //Межд. науч.-практ. конф. «Проблемы НИР и развития субтропического и южного садоводства в 2001-2005гг.» Сочи, 2001. С. 47-49.
4. Абиьфазова Ю.С. Влияние микроэлементов на качество плодов мандарина//Абиьфазова Ю.С., Притула З.В. //Мат. IVмежд. симп. «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования» – Москва – Пущино, 2001. Т.2. С. 405-406.
5. Абиьфазова Ю.С. Действие микроэлементов на ростовые и генеративные процессы, водный режим, ферментативную активность//Мат. IVмежд. науч.-практ. конф. «Интродукция

- нетрадиционных и редких сельскохозяйственных растений» – Ульяновск, 2002. С. 127-129.
6. Патент на изобретение №2225691 от 05.04.2002г. Способ диагностики потребности растений в микроэлементном питании. Будаговская О.Н., Будаговский А.В., Притула З.В., Белоус О.Г., Абиьфазова Ю.С.
 7. Абиьфазова Ю.С. Влияние микроэлементов на рост и продуктивность мандарина в субтропиках России//Мат. науч.-практ. конф.«Интеграция науки и производства в развитии субтропического растениеводства» – Сочи, 2003. С. 41-45.
 8. Будаговская О.Н. Оптический метод диагностики потребности растений в микроэлементном питании //Будаговская О.Н., Будаговский А.В., Притула З.В., Белоус О.Г., Абиьфазова Ю.С. //Мат. всерос. науч.-практ. конф.«Повышение эффективности садоводства в современных условиях» – Мичуринск - Научоград, 2003. С. 49-56.
 9. Горшков В.М. Энергосберегающая технология защиты цитрусовых культур от морозов на севере субтропиков //Горшков В.М., Акопян Р.Р., Абиьфазова Ю.С. //Мат. науч.-практ. конф. «Субтропическое садоводство России и основные направления научного обеспечения его развития до 2010 года» – Сочи, 2004, С. 29-34.
 10. Притула З.В. Микроэлементы - важный резерв повышения урожайности мандарина в субтропической зоне России //Притула З.В., Абиьфазова Ю.С. //Мат. науч.-практ. конф. «Субтропическое садоводство России и основные направления научного обеспечения его развития до 2010 года» – Сочи, 2004, С. 41-43.
 11. Притула З.В. Влияние биогенных микроэлементов на химический состав листа, основные физиологические процессы, продуктивность и качество плодов мандарина

//Притула З.В., Абильфазова Ю.С. //Сб. науч. тр. «110 лет в субтропиках России» – Сочи, 2004. С. 427-440.

12. Абильфазова Ю.С. Биохимические качества и механический состав плодов мандарина//Сб. науч. тр. «110 лет в субтропиках России» – Сочи, 2004. С. 454-464.