

Влияние микроэлементов на устойчивость *Cissus rhombifolia* Vahl в условиях производственной среды

Введение. К настоящему времени накоплен обширный материал по влиянию микроэлементов на повышение устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды [1, 2]. Ряд работ посвящен изучению специфичности действия на растения и биологической роли отдельных микроэлементов [3–6]. Однако, сведений, касающихся влияния микроэлементов на устойчивость тропических и субтропических растений в условиях производственного интерьера, крайне мало.

Воздействие неблагоприятных факторов среды на почвенный поглощающий комплекс и процессы поглощения ионов корневыми системами растения нарушают процессы его питания микроэлементами. Использование в данных условиях микроэлементов способствует устранению возникшего их дефицита и восстановлению соотношения в потреблении других элементов питания [1].

Ряд авторов изучили влияние меди и железа на процессы детоксикации экзогенных фенолов в проростках гороха. При введении в последние ионов меди и железа отмечалось увеличение скорости детоксикации экзогенных одноядерных фенолов. Авторами было отмечено, что с увеличением содержания в тканях данных микроэлементов интенсивность детоксикации возрастала [7].

Полное минеральное удобрение с микроэлементами оказывает положительное воздействие на продуктивность растений. При этом они отличаются интенсивным ростом, облиственностью, увеличенным размером листовой пластинки, соцветий и цветков, корневой системы, повышенным процентом накопления биомассы надземных и подземных частей, более ранним и продолжительным цветением. Удобрения повышают устойчивость растений к ингредиентам определенного производства [8].

У цветочно-декоративных растений под влиянием микроэлементов было отмечено снижение интенсивности транспирации (от 3,6% до 14,0%), повышение жароустойчивости, в некоторых вариантах опыта – повышение содержания в листьях пигментов и увеличение интенсивности фотосинтеза (до 10,3% по отношению к контролю) [9].

Выявлена высокая эффективность использования наряду с корневой внекорневой подкормки в качестве приема внесения удобрений под декоративные культуры [10].

Необходимость применения микроэлементов в условиях действия неблагоприятных факторов среды определяется не только оптимизацией питания растений, но и тем фактом, что некоторые из них положительно влияют на повышение устойчивости растений к их воздействию [1, 5, 11].

Циссус ромболистный является экологически лабильным видом и может использоваться в озеленении производственного интерьера (участок лакировки). Однако, перспективными и актуальными можно считать исследования, направленные на повышение устойчивости определенного вида к условиям производственной среды. Одним из таких направлений является разработка вопроса об использовании микроэлементов как способа повышения устойчивости вида к неблагоприятным факторам производственной среды [12].

Цель: изучить влияние комплекса микроэлементов (цинк, бор, молибден, йод, марганец, кобальт, медь) на устойчивость Циссуса ромболистного в условиях производственной среды.

Объекты и методы исследования. Объект исследования – Циссус ромболистный (*Cissus rhombifolia Vahl*). Контрольные и опытные растения были размещены на участке лакировки РУПП «Витязь». В воздушной среде участка содержатся следующие вещества: бутилацетат, ацетон, у-спирит, бензин, ксилол, толуол.

В качестве источника микроэлементов использовался препарат «Микраса» (ТУ 2387-002-42933533-00), изготовленный на ЗАО «Сельхозкосервис» (Россия). Форма выпуска – таблетки по 0,2 г. Содержание микроэлементов в одной таблетке: цинк – 8,70 мг, бор – 7,37 мг, молибден – 10,46 мг, йод – 21,24 мг, марганец – 10,39 мг, кобальт – 12,22 мг, медь – 11,00 мг.

Таблетка (0,2 г препарата) растворялась в 500 см³ дистиллированной воды. Осуществлялась внекорневая подкормка путем опрыскивания растений с периодичностью 1 раз в неделю (из расчета 0,5 см³ приготовленного раствора на 1 дм² листовой поверхности).

В листьях определяли содержание суммы хлорофиллов *a* и *b*, суммы фенольных соединений, водорастворимого белка и растворимых сахаров общепринятыми методами [13]. Интенсивность фотосинтеза и интенсивность дыхания определялись с помощью газоанализатора «TESTO» (точность определения 10 ppm). Учет нарастания побегов и увеличения числа листьев осуществлялся по [14]. Исследование анатомических характеристик листа проводилось по [14] с помощью микроскопа «Биолам Р-15».

Полученные данные обработаны статистически с использованием рекомендаций Г.Ф. Лакина [15] с помощью табличного процессора Microsoft Excel 2000. Вариационная статистика включала определение среднего арифметического (*M*) и средней ошибки среднего арифметического ($\pm m$) вариационного ряда. Достоверность различий показателей опыта в сравнении с контролем оценена по *t*-критерию Стьюдента при 95%-ном уровне доверительной вероятности.

Результаты и их обсуждение. Полученные данные по некоторым физиолого-биохимическим показателям листьев Циссуса ромболистного представлены в табл. 1, исходя из которой можно отметить, что у контрольных растений во II и III кварталах отмечается наибольшее содержание суммы хлорофиллов *a* и *b* (II квартал: 32,53±0,94 мг % АБС; III квартал: 32,14±0,91 мг % АБС). В опыте по сравнению с контролем отмечается достоверное увеличение содержания суммы хлорофиллов (максимально оно во II квартале (+ 8,88%). Более низкое увеличение содержания хлорофиллов наблюдается в I и IV кварталах.

В осенне-зимний период у контрольных растений наблюдается несколько повышенное содержание фенолов относительно весенне-летнего периода (I квартал: 3,62±0,09% АБС; IV квартал: 3,59±0,09% АБС). Содержание суммы фенольных соединений в опыте по сравнению с контролем достоверно снижено. Максимальное снижение этого показателя отмечается в IV квартале (–8,36%).

У контрольных растений Циссуса ромболистного наиболее низкое содержание водорастворимого белка отмечено в I квартале (4,12±0,14% АБС), а максимальное – в III квартале (4,71±0,12% АБС). В листьях растений опыта по сравнению с контролем отмечается достоверное уменьшение содержания водорастворимых белков.

На протяжении всего года у опытных растений в содержании растворимых редуцирующих сахаров достоверных изменений по сравнению с контролем не отмечено.

**Изменение некоторых физиолого-биохимических показателей
листьев *Cissus rhombifolia* Vahl в производственных условиях
под воздействием микроэлементов**

Показатель	Вариант	Значения показателей по кварталам			
		I–III	IV–VI	VII–IX	X–XII
Хл. а + хл. b, мг % АБС	Контроль	31,25±0,79	32,53±0,94	32,14±0,91	32,07±0,93
	Опыт	33,89±0,93*	35,42±1,04*	34,95±0,98*	34,76±0,96*
Сумма фенольных соединений, % АБС	Контроль	3,62±0,09	3,42±0,08	3,39±0,09	3,59±0,09
	Опыт	3,34±0,06*	3,16±0,05*	3,14±0,07*	3,29±0,08*
Белок водорастворимый, % АБС	Контроль	4,12±0,14	4,62±0,11	4,71±0,12	4,36±0,11
	Опыт	3,71±0,12*	4,25±0,09*	4,32±0,12*	4,09±0,06*
Сахара растворимые (редуцирующие), % АБС	Контроль	4,28±0,15	4,95±0,17	5,11±0,18	4,62±0,15
	Опыт	4,21±0,13	4,69±0,15	4,82±0,13	4,27±0,12
Тф-за, мг CO ₂ / дм ² *час	Контроль	16,02±0,48	18,15±0,55	17,24±0,52	16,13±0,46
	Опыт	18,26±0,51*	21,14±0,59*	19,54±0,49*	17,83±0,49*
Тдых., мг CO ₂ / дм ² *час	Контроль	6,09±0,15	6,51±0,16	6,59±0,16	6,54±0,15
	Опыт	5,69±0,12*	6,06±0,11*	5,99±0,12*	5,89±0,12*

Примечание: * – статистически достоверные различия в сравнении с контролем (p<0,05).

Изменение интенсивности фотосинтеза Циссуса ромболистного имеет такую же динамику, как и изменение содержания суммы хлорофиллов а и b [12]. У растений опыта по сравнению с контрольными растениями наблюдается в течение всего года достоверное увеличение интенсивности фотосинтеза и достоверное уменьшение интенсивности дыхания. Так, при увеличении в листьях содержания хлорофиллов в опыте на 8,88% интенсивность фотосинтеза увеличивается на 16,47%, а интенсивность дыхания при этом уменьшается на 6,91%.

Результаты исследования особенностей роста Циссуса ромболистного представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Особенности роста *Cissus rhombifolia* Vahl
в производственных условиях под воздействием микроэлементов**

Показатель	Вариант	Значения показателей по кварталам			
		I–III	IV–VI	VII–IX	X–XII
Нарастание побега, см	Контроль	2,98±0,10	17,82±0,54	17,16±0,58	3,46±0,14
	Опыт	3,65±0,14*	19,56±0,57*	21,15±0,93*	4,18±0,12*
Число листьев, шт.	Контроль	1,7±0,42	3,5±0,45	3,7±0,46	2,3±0,35
	Опыт	2,9±0,36*	4,7±0,38*	5,1±0,46*	3,5±0,37*

Примечание: * – статистически достоверные различия в сравнении с контролем (p<0,05).

Интенсивность роста побегов и увеличение числа листьев Циссуса ромболистного непосредственно зависят от соотношения интенсивности фотосинтеза и интенсивности дыхания, а также от продолжительности светового дня [12]. Максимальное нарастание побегов отмечается как у контрольных, так и у опытных растений во II и III кварталах. В опыте по сравнению с контролем на протяжении всего года наблюдается достоверное увеличение нарастания побегов. Наиболее отчетливо оно проявляется в III квартале (+23,25%).

Образование новых листьев в контроле и опыте максимально во II и III кварталах. У растений опыта отмечается достоверное увеличение образования новых листьев по сравнению с контролем.

Особенности некоторых анатомических показателей листьев Циссуса ромболистного отражены в табл. 3.

Таблица 3

**Изменение некоторых анатомических показателей листьев
Cissus rhombifolia Vahl в производственных условиях
под воздействием микроэлементов**

Показатель	Вариант	Значения показателей по кварталам (мкм)				
		I-III	IV-VI	VII-IX	X-XII	
Толщина листа	Контроль	139,78±3,02	142,14±3,11	145,21±3,18	141,06±3,29	
	Опыт	129,17±2,83*	132,17±3,01*	135,19±3,14*	131,16±3,04*	
Эпидермис верхний	Контроль	5,86±0,12	5,97±0,15	5,93±0,19	5,96±0,16	
	Опыт	5,22±0,11*	5,26±0,14*	5,29±0,16*	5,38±0,15*	
Эпидермис нижний	Контроль	8,86±0,14	9,02±0,16	9,16±0,18	9,08±0,16	
	Опыт	8,01±0,13*	8,14±0,15*	8,37±0,17*	8,35±0,15*	
Мезофилл	столбчатый	Контроль	55,11±0,76	56,11±0,89	58,72±0,72	54,41±0,89
		Опыт	49,82±0,69*	51,21±0,79*	55,26±0,68*	51,65±0,87*
	губчатый	Контроль	67,05±0,93	69,54±1,05	69,97±1,09	68,95±0,97
		Опыт	63,58±0,86*	64,75±0,97*	64,96±0,99*	63,98±0,94*
Кутикула верхняя	Контроль	1,84±0,04	1,89±0,04	1,98±0,04	1,98±0,04	
	Опыт	1,71±0,03*	1,76±0,03*	1,77±0,03*	1,74±0,03*	
Кутикула нижняя	Контроль	1,18±0,03	1,21±0,03	1,19±0,03	1,16±0,03	
	Опыт	1,06±0,02*	1,12±0,02*	1,09±0,02*	1,07±0,02*	
Клетки мезофилла	столбчатого	Контроль	13,49±0,14	13,29±0,13	13,37±0,13	13,43±0,19
			23,62±0,31	23,02±0,28	22,81±0,31	23,15±0,29
		Опыт	14,04±0,18*	13,95±0,14*	13,94±0,17*	13,98±0,18*
			24,83±0,36*	24,83±0,38*	24,61±0,35*	24,75±0,36*
	губчатого	Контроль	15,34±0,28	14,98±0,25	14,43±0,29	15,11±0,38
			15,35±0,27	15,01±0,34	14,96±0,27	15,28±0,39
		Опыт	15,66±0,28	15,21±0,28	14,69±0,34	15,17±0,31
			15,78±0,29	15,71±0,33	15,12±0,38	15,49±0,29

Примечание: * – статистически достоверные различия в сравнении с контролем (p<0,05).

По толщине листовой пластинки исследуемого растения можно судить о его реакции на воздействие неблагоприятных факторов среды [12]. У Циссуса ромболистного в контроле максимальная толщина листовой пластинки характерна для листьев, формирующихся в III квартале (145,21±3,18 мкм); минимальная величина данного показателя характерна для листьев I квартала

(139,78±3,02 мкм). Для растений опыта характерно по сравнению с растениями контроля значительное достоверное уменьшение толщины листовой пластинки. Оно максимально в I квартале (-7,59%). Уменьшение толщины листовой пластинки обусловлено как уменьшением толщины мезофилла, так и эпидермиса.

Максимальная толщина столбчатого и губчатого мезофилла для растений контроля характерна для листьев, формирующихся во II и III кварталах. Толщина мезофилла в опыте по сравнению с контролем достоверно уменьшена. Так, толщина столбчатого мезофилла уменьшается во II квартале на 8,73%, а губчатого – на 6,89%.

У Циссуса ромболистного в течение всего года прослеживается тенденция к достоверному уменьшению толщины кутикулы. Для верхнего эпидермиса максимальное уменьшение данной величины отмечается в IV квартале (-12,12%). Уменьшение толщины эпидермиса растений опыта по сравнению с контролем обусловлено уменьшением толщины кутикулы, а не основных эпидермальных клеток (толщина указанных клеток практически остается одинаковой).

В опыте наблюдается достоверное увеличение размеров клеток столбчатого мезофилла по сравнению с контролем. В то же время губчатый мезофилл в меньшей степени проявляет данную тенденцию, которая не вкладывается в рамки достоверности. Так, во II квартале у растений опыта отмечается увеличение поперечного размера клеток столбчатого мезофилла на 7,86%, а продольного на 4,97% по сравнению с контролем.

Заключение. Впервые получены данные по влиянию комплекса микроэлементов (цинк, бор, молибден, йод, марганец, кобальт, медь) на физиолого-биохимические показатели, закономерности анатомии листа и особенности роста в течение года *Cissus rhombifolia* Vahl в условиях производственного интерьера (участок лакировки).

Циссус ромболистный в производственных условиях под воздействием микроэлементов проявляет следующие закономерности:

1. Увеличение содержания суммы хлорофиллов *a* и *b*, уменьшение суммы фенольных соединений, уменьшение водорастворимого белка, увеличение интенсивности фотосинтеза, уменьшение интенсивности дыхания.
2. Увеличение нарастания побегов и образования новых листьев.
3. Уменьшение толщины листовой пластинки, верхней и нижней кутикулы, верхнего и нижнего эпидермиса, столбчатого и губчатого мезофилла; увеличение размеров клеток столбчатого мезофилла.
4. У Циссуса ромболистного под воздействием комплекса микроэлементов значительно повышается устойчивость к неблагоприятным факторам производственной среды.

На основании вышеизложенного можно рекомендовать применение комплекса микроэлементов (цинк, бор, молибден, йод, марганец, кобальт, медь) для внекорневой подкормки *Cissus rhombifolia* Vahl с целью повышения его устойчивости при использовании в озеленении производственного интерьера (участок лакировки).

ЛИТЕРАТУРА

1. **Володько, И.К.** Микроэлементы и устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды / *И.К. Володько*. – Мн.: Наука и техника, 1983. – 192 с.
2. **Школьник, М.Я.** Микроэлементы в жизни растений / *М.Я. Школьник*. – Л.: Наука, 1974. – 324 с.
3. **Буркин, И.А.** Физиологическая роль и сельскохозяйственное значение молибдена / *И.А. Буркин*. – М.: Наука, 1968. – 294 с.
4. **Baruah, K.K.** Effect of iron on micronutrient uptake by paddy *Oryza sativa* L. seedlings / *K.K. Baruah, O.S. Singh* // *Indian J. Exp. Biol.* – 1980. – Vol. 18, № 10. – P. 1205–1207.

5. **Brar, M.S.** Effect of manganese on zinc-65 absorption by rice seedlings and its translocation within the plants / **M.S. Brar, G.S. Serhon** // Plant Soil. – 1976. – Vol. 44, № 2. – P. 459–462.
6. **Xiaodong, Y.** Boron plays an important role in the regulation of plant cell growth / **Y. Xiaodong, L. Yiqin** // Tsinghua Sci. and Technol. – 1999. – Vol. 4, № 3. – P. 1583–1586.
7. **Угрехелидзе, Д.Ш.** Влияние меди и железа на скорость детоксикации экзогенных фенолов в проростках гороха / **Д.Ш. Угрехелидзе, Т.И. Пейкришвили, В.А. Пуриашвили** // Метаболизм химических загрязнителей биосферы в растениях: сб. науч. ст. / Ин-т биохимии растений АН Груз. ССР; под ред. **С.В. Дурмишидзе**. – Тбилиси, 1979. – С. 57–63.
8. **Рудницкая, Е.Н.** Влияние удобрений на травянистые декоративные растения в условиях промышленной среды / **Е.Н. Рудницкая, С.Р. Гиндина** // Промышленная ботаника: состояние и перспективы развития: тез. докл. респ. науч. конф., посвящ. 25-летию Донец. бот. сада АН УССР, Киев, сент. 1990 г. / Донец. бот. сад АН УССР; редкол.: **В.П. Тарабрин** [и др.]. – Киев, 1990. – С. 144.
9. **Изменение некоторых физиологических показателей у цветочно-декоративных растений под влиянием микроэлементов** / **Р.А. Калмыш** [и др.] // Актуальные задачи физиологии и биохимии растений в ботанических садах СССР: тез. докл. 1-го Всесоюз. совещ., Звенигород, 14–16 окт. 1984 г. / гл. бот. сад АН СССР; редкол.: **Л.Н. Андреев** [и др.]. – М., 1984. – С. 70–71.
10. **Мантрова, Е.З.** Удобрение декоративных растений / **Е.З. Мантрова**. – М.: МГУ, 1965. – 301 с.
11. **Maas, E.V.** Influence of salinity on Fe, Mn and Zn uptake by plants / **E.V. Maas, G. Ogata, M.J. Garber** // Agron. J. – 1972. – Vol. 64, № 6. – P. 793–795.
12. **Казимиров, И.С.** Использование *Cissus rhombifolia* Vahl в озеленении производственного интерьера / **И.С. Казимиров** // Веснік ВДУ. – 2006. – № 3. – С. 127–132.
13. **Методы биохимического исследования растений** / **А.И. Ермаков** [и др.]; под общ. ред. **А.И. Ермакова**. – 2-е изд. – Л.: Колос, 1972. – 456 с.
14. **Клейн, Р.М.** Методы исследования растений / **Р.М. Клейн, Д.Т. Клейн**. – М.: Колос, 1974. – 528 с.
15. **Лакин, Г.Ф.** Биометрия: учеб. пособие для биол. спец. вузов / **Г.Ф. Лакин**. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.

S U M M A R Y

*The influence of the complex of microelements (zinc, boron, molybdenum, iodine, manganese, cobalt, copper) on the stability of *Cissus rhombifolia* Vahl under the conditions of an industrial interior (lacquering section) is analysed. The author investigates the changes in some physiological-biological indicators as well as peculiarities of the growth of the given species under the conditions of industrial environment. It is recommended to apply the mentioned microelements for the purpose of increasing the stability of *Cissus rhombifolia* Vahl while using it as an interior plant of an industrial enterprise.*

Поступила в редакцию 31.08.2006