

土施 Fe、Mn、Cu 肥对扁桃叶片矿质 营养元素含量的影响

杨 波¹, 车玉红², 徐叶挺¹, 龚 鹏¹, 卢春生¹

(1. 新疆农业科学院 园艺作物研究所, 新疆 乌鲁木齐 830091; 2. 新疆农业职业技术学院, 新疆 昌吉 831100)

摘要:为探明 Fe、Mn、Cu 对扁桃叶片中各矿质营养元素含量的影响, 2009~2010 年连续 2 a 在结果期扁桃园内萌芽前土施不同浓度梯度的 Fe、Mn、Cu 肥, 在扁桃果实膨大期采集叶片, 对其中 N、P、K、Ca、Mg、B、Zn、Fe、Mn、Cu 10 种矿质营养元素含量进行测定分析。结果表明: 在萌芽前土施不同浓度 Fe、Mn、Cu 元素, 能显著或极显著提高扁桃叶片中 Fe、Mn、Cu 含量, 且均为施用最高浓度提高最显著; 同时 Fe、Mn、Cu 元素在吸收过程中与其它 9 种矿质元素形成促进和拮抗双重关系, Fe 促进 K、B 的吸收, 但与 N、P、Mn、Ca、Cu、Zn 发生拮抗; Mn 促进 K 和 Cu 的吸收, 但与 Ca、Fe、Mg 发生拮抗; Cu 促进 K、Zn、Mn 的吸收, 但与 Fe 发生拮抗。

关键词:扁桃; 叶片; 微量元素

中图分类号: S664.9

文献标识码: A

文章编号: 1002-2767(2013)12-0039-05

扁桃 (*Amygdalus communis* L.), 又名巴旦姆, 蔷薇科李亚科桃属扁桃亚属植物, 是世界著名干果和珍贵的经济林树种, 具有重要的营养和经济价值^[1-2]。新疆喀什地区是我国扁桃的唯一主产区, 栽培面积已达 6.7 万 hm^2 ^[3]。Fe、Mn、Cu 是扁桃生长发育不可或缺的重要微量元素, 研究 Fe、Mn、Cu 元素对扁桃叶片矿质营养元素含量变化的影响对探明扁桃叶片中营养元素间拮抗和促进的关系, 指导扁桃的营养诊断平衡施肥技术有重要意义。目前, 关于 N、P、K 3 种大量元素肥料在扁桃上的应用已有研究报道^[3-6], 但微量元素在扁桃上的应用研究还鲜见报道。该文拟在结果期扁桃园内萌芽前土施不同浓度梯度的 Fe、Mn、Cu 元素, 在扁桃果实膨大期采集叶片, 并分析叶片中的 N、P、K、Ca、Mg、B、Zn、Fe、Mn、Cu 10 种矿质营养元素含量, 以期探明 Fe、Mn、Cu 元素对扁桃叶片中各矿质营养元素含量的影响, 为新疆扁桃营养诊断平衡施肥技术的研发提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验区域及其土壤和气候条件

1.1.1 试验区域及其土壤条件 试验于 2009~2010 年连续 2 a 在莎车县的阿热勒乡 14 村和托木斯塘乡 9 村 2 个区域进行。

2009 年试验设在莎车县阿热勒乡 14 村扁桃园内, 土壤质地为沙壤土, 供试扁桃为 2001 年定植, 株行距 3 m×7 m, 中等树势, 给予较好的管理。2010 年试验设在莎车县托木斯塘乡 9 村扁桃园内, 土壤质地为沙壤土, 供试扁桃为 2001 年定植, 株行距 6 m×7 m, 中等树势, 给予较好的管理, 供试品种为当地主栽品种纸皮。扁桃行间间作小麦。

1.1.2 试验区域气候条件 试验所在地属暖温带大陆性干旱气候, 四季分明, 气候干燥, 日照长, 蒸发量大, 昼夜温差大。年平均气温 11.4℃, 日较差平均 12~15℃。≥0℃积温 4 606℃, ≥5℃积温 4 519℃, ≥10℃积温 4 219℃。年日照时数为 2 965 h, 占全年可照时数的 67%, 是我国日照较长的地区之一。大地封冻期一般从 11 月中上旬到第 2 年 3 月中上旬结束。

1.2 材料

供试品种为当地主栽品种晚丰, 扁桃行间间作小麦。

供试 Fe 肥为硫酸亚铁(分析纯)、Mn 肥为硫酸锰(分析纯)以及 Cu 肥为硫酸铜(分析纯)。

收稿日期: 2013-06-17

基金项目: 新疆维吾尔自治区高技术(2006~2008)资助项目(2011111121); 新疆农业科学院青年人才基金(2011~2014)资助项目(xjny-2012-035); 新疆维吾尔自治区重大专项课题(2012~2015)资助项目(201130102-2)

第一作者简介: 杨波(1982-), 男, 新疆维吾尔自治区昌吉回族自治州人, 硕士, 助理研究员, 从事果树栽培与生理研究。E-mail: yangboyys@163.com。

通讯作者: 龚鹏(1963-), 男, 新疆维吾尔自治区喀什市人, 学士, 研究员, 从事果树栽培与生理研究。E-mail: gongpeng0923@sina.cn。

1.3 方法

1.3.1 肥料梯度设计 Fe 肥梯度设为 50、100、150 g(以硫酸亚铁计,化学式 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), Mn 肥为 10、30、50 g(以硫酸锰计,化学式 $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), Cu 肥 10、30、50 g(以硫酸铜计,化学式 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)。

试验采用单因素试验,随机区组排列,区组内树势、土壤和地形等条件相对一致,每个区组 3 株树,3 次重复,以不施肥为对照;施肥时间分别在 2009 年 3 月 6 日和 2010 年 3 月 9 日;施肥采用穴施,穴施部位在垂直树冠株间两端,各处理所需的肥料分别在扁桃萌芽前一次性施入,肥料施入后第 2 天浇水。

1.3.2 扁桃叶片的采集时间及处理 扁桃叶片的采集时间为扁桃果实膨大期,2009 年为 5 月 1 日,2010 年为 5 月 9 日;采集方法:每个处理每株采样树的东、西、南、北 4 个方向各取发育枝中部成熟健康的叶片(含叶柄)40 片。采下的叶片迅速带回实验室,分别进行自来水冲洗、0.1%中性洗涤剂液冲洗、2 次自来水冲洗、3 次蒸馏水冲洗、2 次去离子漂洗后,于 105℃ 恒温杀青 20 min,再在 80℃ 条件下烘干至恒重,用不锈钢粉碎机粉碎,放阴凉干燥处保存待测。

1.3.3 叶片矿质元素的分析方法 所有指标在新疆农业职业技术学院检测中心进行测试。测定

方法参照段云峰^[7]等人的方法进行,略有改动,具体测定方法:N 采用凯氏定氮法(待测液采用浓 H_2SO_4 并添加 K_2SO_4 和 CuSO_4 消化);P 用钒钼黄比色法,B 采用姜黄素-草酸比色法,K、Ca、Fe、Mg、Zn、Mn、Cu 采用原子吸收分光光度法(岛津 AA-6800 型原子吸收光谱仪)测定,这 10 种元素的待测母液采用干灰化法一次制备(样品→碳化→灰化→HCl 溶解定容)。具体试验结果统计分析采用 DPS9.50 和 Excel 统计分析软件完成。

2 结果与分析

2.1 Fe、Mn、Cu 对扁桃叶片中 N、P、K 元素含量的影响

由表 1 可知,高施用量的 Fe 拮抗扁桃叶片中 N 和 P 的吸收,2009 年表现为:当土施 50 和 100 g 时,叶片中 N 和 P 含量与对照相比无差异,而土施 150 g 时,叶片中 N 和 P 含量分别较对照降低了 6.52% 和 14.38%,2010 年的变化与 2009 年的变化略有不同,土施 50 g 的叶片中 N 和 P 含量与对照相比无差异,而土施 100 和 150 g 时,拮抗了叶片中 N 和 P 的吸收;Fe 可以促进叶片中 K 元素的吸收,随着 Fe 肥施用量的增加叶片中 K 含量,2009 年分别比对照增加了 12.63%、18.33% 和 0.96%,2010 年分别比对照增加了 19.99%、16.55% 和 17.55%,且除了 2009 年土施 150 g 外均与对照相比差异达极显著水平。

表 1 Fe、Mn、Cu 对扁桃叶片中 N、P、K 元素含量的影响

Table 1 The effects of Fe, Mn and Cu fertilizer on the elements content of N, P and K of almond leaves

肥料种类 Fertilizers	浓度/g Concentration	2009 年			2010 年		
		N/g·kg ⁻¹	P/g·kg ⁻¹	K/g·kg ⁻¹	N/g·kg ⁻¹	P/g·kg ⁻¹	K/g·kg ⁻¹
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	50	27.30 aA	1.43 aA	22.30 bB	29.78 aA	1.72 aA	25.09 aA
	100	27.06 aA	1.41 aA	23.43 aA	25.16 bB	1.60 bB	24.37 bA
	150	25.96 bB	1.25 bB	19.99 cC	24.55 cC	1.24 cC	24.58 abA
	0(CK)	27.77 aA	1.46 aA	19.80 cC	29.29 aA	1.88 aA	20.91 cB
$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	10	27.28 abA	1.46 aA	20.90 bB	28.63 abA	1.73 abA	21.55 bB
	30	28.41 aA	1.49 aA	21.07 aA	28.95 aA	1.77 abA	23.31 aA
	50	27.09 abA	1.41 abA	21.23 aA	28.51 abA	1.87 aA	23.83 aA
	0(CK)	27.77 aA	1.46 aA	19.80 bB	29.29 bB	1.88 aA	20.91 bB
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	10	27.05 bB	1.42 abA	22.53 aA	29.65 bB	1.82 aA	25.26 aA
	30	27.95 bB	1.48 aA	20.03 bB	29.97 bB	1.74 abA	23.95 bB
	50	29.37 aA	1.46 aA	19.38 cC	30.17 aA	1.81 aA	23.58 cC
	0(CK)	27.77 bB	1.46 aA	19.80 bBC	29.29 bB	1.88 aA	20.91 dD

注:经邓肯式新复极差法显著性测定,大写字母为差异达 0.01 极显著水平,小写字母为差异达 0.05 显著水平。下同。

Note: Different capital letters indicate extremely significant difference at 0.01 level, cowercases indicate significant difference at 0.01 level by Duncan's multiple range test. The same below.

土施不同量的 Mn 对叶片中 N 和 P 含量变化无显著影响,2009 年,N 和 P 的含量分别维持在 27.64 和 1.46 g·kg⁻¹,2010 年分别维持在 28.85 和 1.81 g·kg⁻¹;Mn 可以促进叶片中 K 元素的吸收,随着 Mn 施用量的增加,2009 年叶片中 K 含量分别比对照增加了 5.56%、6.41%和 7.22%,2010 年分别比对照增加了 3.06%、11.48%和 13.96%。

高施用量的 Cu 可以促进扁桃叶片对 N 的吸收,2 a 都表现为土施 10 和 30 g 时,叶片中的 N 的含量与对照相比无差异,而土施 50 g 时,叶片中的 N 的含量分别较对照增加了 5.76% 和 3.00%;Cu 对叶片中 P 的含量变化无显著影响,2009 年维持在 1.46 g·kg⁻¹,2010 年维持在 1.81 g·kg⁻¹;Cu 总体上可以促进叶片中 K 元素的吸收,且 2009 和 2010 年 2 a 试验都表现为施用量为 10 g 时,叶片中的 K 含量最大(分别较对照增加了 13.79%和 20.80%),但随着施用量的增加叶片中 K 的含量都有降低的趋势。

综上所述,Fe、Mn、Cu 可以促进 K 的吸收,Fe 与 N、P 间相互拮抗。Mn 对 N、P 及 Cu 对 P 无显著影响,高施用量的 Cu 可促进 N 的吸收。

2.2 Fe、Mn、Cu 对扁桃叶片中 Ca、Mg、B 元素含量的影响

由表 2 可知,Fe 拮抗扁桃叶片中 Ca 的吸收,随着 Fe 施用量的增加,2009 年叶片中 Ca 的含量分别比对照减少了 1.71%、8.30%和 14.91%,

2010 年分别比对照减少了 1.45%、0.88% 及 4.96%,且与对照相比差异达极显著水平;Fe 对叶片中 Mg 的含量变化无显著影响,2009 年维持在 8.09 g·kg⁻¹,2010 年维持在 8.15 g·kg⁻¹;Fe 促进叶片中 B 元素的吸收,且 2009 和 2010 年的试验都表现为施用量为 50 g 时,叶片中的 B 含量最大(分别较对照增加了 10.21%和 31.90%),但随着施用量的增加叶片中 B 含量都有降低的趋势,施用量为 150 g 时与对照差异不显著。

Mn 拮抗扁桃叶片中 Ca 和 Mg 的吸收,随着 Mn 施用量的增加,2009 年叶片中 Ca 的含量分别比对照减少了 0.93%、2.79%、11.16%,2010 年分别比对照减少了 6.88%、16.03%、12.62%;Mn 对叶片中 Mg 含量变化无显著影响,2009 年维持在 7.57 g·kg⁻¹,2010 年维持在 8.21 g·kg⁻¹;另外 Mn 对叶片中 B 元素的含量 2009 年与 2010 年的试验结果相反,2009 年呈明显的促进关系,而 2010 年呈明显的拮抗关系。

不同施用量 Cu 对扁桃叶片中 Ca、Mg、B 的含量变化无明显影响,2009 年试验过程中叶片 Ca、Mg、B 的含量分别维持在 25.86 g·kg⁻¹、7.93 g·kg⁻¹和 55.77 mg·kg⁻¹的水平,2010 年则分别维持在 19.54 g·kg⁻¹、8.15 g·kg⁻¹ 和 57.30 mg·kg⁻¹的水平。

综上所述,Fe 能促进 B 的吸收,Fe、Mn 对 Ca 有拮抗作用。

表 2 Fe、Mn、Cu 对扁桃叶片中 Ca、Mg、B 元素含量的影响

Table 2 The effects of Fe,Mn and Cu fertilizers on the elements content of Ca,Mg and B of almond leaves

肥料种类 Fertilizers	浓度/g Concentration	2009 年			2010 年		
		Ca/g·kg ⁻¹	Mg/g·kg ⁻¹	B/mg·kg ⁻¹	Ca/g·kg ⁻¹	Mg/g·kg ⁻¹	B/mg·kg ⁻¹
FeSO ₄ ·7H ₂ O	50	24.65 bB	7.84 abB	59.68 aA	19.06 bB	8.26 aA	75.75 aA
	100	23.00 cC	8.09 aA	57.78 bB	19.17 bB	8.20 aA	70.79 bB
	150	21.34 dD	7.87 abB	54.09 cC	18.38 cC	8.11 abA	56.7 cC
	0(CK)	25.08 aA	7.91 abB	54.15 cC	19.34 aA	8.38 aA	57.43 cC
MnSO ₄ ·H ₂ O	10	24.85 bB	7.90 aA	54.91 cC	18.01 bB	8.27 bB	56.31 bB
	30	24.38 bcB	7.30 bB	56.00 bB	16.24 cC	8.17 cC	55.30 cC
	50	22.28 cC	7.17 bB	64.53 aA	16.90 cC	8.03 cC	51.61 dD
	9(CK)	25.08 aA	7.91 aA	54.15 dD	19.34 aA	8.38 aA	57.43 aA
CuSO ₄ ·5H ₂ O	10	24.88 bB	7.86 bB	55.64 bB	20.84 aA	8.03 aA	58.09 aA
	30	26.99 aA	7.92 bAB	55.63 bB	18.67 bA	8.00 aA	56.50 abA
	50	26.49 aA	8.02 aA	57.65 aA	19.29 abA	8.17 aA	57.17 aA
	0(CK)	25.08 bB	7.91 bAB	54.15 bB	19.34 abA	8.38 aA	57.43 aA

2.3 Fe、Mn、Cu 对扁桃叶片中 Zn、Fe、Mn、Cu 元素的含量的影响

由表 3 可知,2009 年和 2010 年连续 2 a 的试验都表明,随着施 Fe 量的增加,叶片中 Fe 含量呈升高趋势,且不同浓度梯度与对照间及不同浓度间均差异极显著;随着施 Fe 量的增加,2 a 的数据均表明,叶片中 Zn、Mn 和 Cu 元素的含量均呈降低的趋势,说明 Fe 均拮抗 Zn、Mn 和 Cu 的吸收。

此外,连续 2 a 的试验表明,随着施 Mn 的增加,叶片中 Mn 含量呈升高趋势,且不同浓度梯度与对照间差异极显著,但高施用量的 Mn 肥对扁桃叶片中 Fe 的吸收具有拮抗作用,2 a 均表现为施用量为 10 和 30 g 时,扁桃叶片中 Fe 元素的含量与对照相比无差异,但施肥量为 50 g 时与对照相比差异达极显著水平,分别比对照减少了 17.91%和 12.85%;Mn 促进扁桃叶片中 Cu 的吸收,随着 Mn 施用量的增加,叶片中 Cu 含量 2009 年分别比对照增加了 0.51%、3.14%和

3.14%,2010 年分别比对照增加了 1.88%、9.66%和 17.20%;Mn 对叶片中 Zn 含量变化无显著影响,2009 年维持在 23.87 mg·kg⁻¹,2010 年维持在 37.72 mg·kg⁻¹。

2009 年和 2010 年连续 2 a 的试验都表明,随着施 Cu 量的增加,叶片中 Cu 含量呈升高趋势,且不同浓度梯度与对照间及不同浓度间均差异极显著;Cu 拮抗扁桃叶片中 Fe 的吸收,随着 Cu 施用量的增加,叶片中 Fe 含量 2009 年分别比对照减少了 5.38%、2.86%和 19.47%,2010 年分别比对照减少了 1.88%、2.32%和 12.15%;Cu 肥促进扁桃叶片中 Zn 和 Mn 的吸收,随着 Cu 施用量的增加,叶片中 Zn 和 Mn 含量 2009 年分别比对照增加了 23.50%、29.52%、22.99%和 14.66%、1.92%、20.19%,2010 年为 10.54%、8.50%、7.41%和 1.57%、7.80%、24.13%。

综上所述,Mn 与 Cu、Cu 与 Zn 间相互促进,Fe 与 Zn、Mn、Cu 间相互拮抗。

表 3 Fe、Mn、Cu 对扁桃叶片中 Zn、Fe、Mn、Cu 元素含量的影响

Table 3 The effects of Fe, Mn and Cu fertilizers on the elements content of Zn, Fe, Mn and Cu of almond leaves

肥料种类 Fertilizers	浓度/g Concentration	2009 年				2010 年			
		Zn/ mg·kg ⁻¹	Fe/ mg·kg ⁻¹	Mn/ mg·kg ⁻¹	Cu/ mg·kg ⁻¹	Zn/ mg·kg ⁻¹	Fe/ mg·kg ⁻¹	Mn/ mg·kg ⁻¹	Cu/ mg·kg
FeSO ₄ ·7H ₂ O	50	22.70 bB	255.37 cC	15.073 bB	6.90 bB	36.19 bB	280.52 cC	24.89 bB	8.44 bB
	100	22.92 bB	298.16 bB	10.32 cC	7.00 bB	36.95 bB	282.76 bB	21.56 cC	8.42 bB
	150	21.14 cC	315.85 aA	8.65 dD	6.12 cC	31.60 cC	293.91 aA	14.30 dD	7.65 cC
	0(CK)	23.10 aA	211.45 dD	17.19 aA	9.87 aA	37.77 aA	265.12 dD	28.06 aA	8.48 aA
MnSO ₄ ·H ₂ O	10	25.96 aA	212.79 aA	17.25 bB	9.92 bB	37.84 aA	252.98 abA	29.84 cC	8.65 cC
	30	23.23 aA	218.33 aA	17.98 bB	10.18 aA	38.62 aA	252.06 abA	30.01 bB	9.31 bB
	50	23.18 aA	173.58 bB	19.17 aA	10.18 aA	36.64 aA	231.05 bcB	34.31 aA	9.95 aA
	0(CK)	23.10 aA	211.45 aA	17.19 cC	9.87 bB	37.77 aA	265.12 aA	28.06 dD	8.49 dD
CuSO ₄ ·5H ₂ O	10	28.53 bB	200.07 bB	19.71 bB	10.54 cC	41.75 aA	260.14 bB	28.50 bB	8.68 cC
	30	29.92 aA	205.41 bB	17.52 bB	10.67 bB	40.98 bB	258.96 bB	30.25 bB	8.63 bB
	50	28.41 bB	170.29 cC	20.66 aA	11.13 aA	40.57 bB	232.91 cC	34.83 aA	9.14 aA
	0(CK)	23.10 cC	211.45 aA	17.19 cC	9.87 dD	37.77 cC	265.12 aA	28.06 bB	8.48 dD

3 结论与讨论

Fe、Mn、Cu 是果树生长发育中必需的微量元素^[8]。在微量元素缺乏时,通常采用叶面喷施补充,然而喷施的浓度和时期不易掌握,且发现表现缺乏症状时,矫正已经过晚,影响果树的产量。该试验采用扁桃萌芽前土施 Fe、Mn、Cu 的方法,能分别提高扁桃叶片中 Fe、Mn、Cu 的含

量,且浓度越高含量越大,与对照相比差异达显著或极显著水平,因此,在扁桃营养诊断缺乏微量元素 Fe、Mn、Cu 时,可用萌芽前土施的方法补充。另外,该试验中从萌芽前施肥到扁桃展叶期的间隔为 30 d 左右。唐晓敏^[9]研究表明,土壤中矿质元素在叶片上的表现有 15~30 d 的滞后期,采用萌芽前土施,肥料正好为扁桃的生长发育所利用。

该研究中,Fe、Mn、Cu 肥对扁桃叶片中其它 9 种矿质元素含量分别形成促进和拮抗的双重关系,Fe 促进了 K 和 B 的吸收,但与 N、P、Mn、Ca、Cu、Zn 发生拮抗,而对 Mg 的作用不明显;Mn 促进了 K 和 Cu 的吸收,但与 Ca、Fe、Mg 发生拮抗,对 P、N、Zn 的作用不明显;Cu 促进了 K、Zn、Mn 的吸收,但与 Fe 发生拮抗,对 P、B、Ca、Mg 的作用不明显,这与董任瑞^[10]和 Shibli R A^[11] 研究结果基本相同。然而,曲桂敏^[12] 的研究就认为 Cu 拮抗 Zn 的吸收,这可能与品种、树种、土壤条件及采样时间等因素有关。在该试验中,Fe、Mn、Cu 肥对扁桃叶片中 Fe、Mn、Cu 元素含量的影响结果相互印证,说明了研究结果的准确性。另外,Mn 肥对叶片中 B 元素的含量 2009 年与 2010 年的试验结果相反:2009 年呈明显的促进关系,而 2010 年呈明显的拮抗关系,具体原因还需要进一步的研究。

参考文献:

- [1] 杨波,龚鹏,徐叶挺,等. 新疆引进美国扁桃品种种仁的品质特性[J]. 西北农业学报,2011,20(7):132-137.
- [2] 杨波,龚鹏,车玉红,等. 6 个美国扁桃品种在新疆喀什地区的引种适应性表现[J]. 西北农业学报,2012,21(1):115-120.
- [3] 王建友,毛金梅,韩宏伟,等. 新疆巴旦木测土配方施肥效果试验初报[J]. 经济林研究,2011,29(1):120-123.
- [4] 王建友,毛金梅,韩宏伟,等. 巴旦木配方施肥效应研究[J]. 新疆农业大学学报,2011,34(2):136-139.
- [5] 董积忠,帕尔哈提·吾甫尔,王海孝,等. 巴旦姆氮、磷、钾肥效试验研究[J]. 新疆农垦科技,2012(1):45-47.
- [6] 许胜,何健,杜红岩,等. 氮磷钾配方施肥对新疆扁桃产量的影响[J]. 塔里木大学学报,2012,24(2):19-24.
- [7] 段云峰,冷平生,苏淑钗,等. 阿月浑子叶片矿质营养质量分数的季节变化[J]. 果树学报,2009,26(4):502-506.
- [8] 束怀瑞. 果树栽培生理学[M]. 北京:北京农业出版社,1993:83.
- [9] 唐晓敏. 土壤矿质元素对红富士苹果叶片矿质元素影响的研究[D]. 保定:河北农业大学,2005:4-5.
- [10] 董任瑞. 植物矿质营养的现状与发展(五)——植物矿质营养中元素间的相互作用[J]. 湖南农业科学,1985(5):38-42.
- [11] Shibli R A, Mohammad M J, Ajlouni Z I. Growth and micronutrient acquisition of in vitro grown bitter almond and sour orange in response to iron concentration from different iron chelates[J]. Journal of Plant nutrition, 2002, 25(7):1599-1606.
- [12] 曲桂敏. 铁、铜、锰与苹果树锌营养的关系[J]. 落叶果树,1994(S):25-26.

Effects of Soil Fertilization of Fe, Mn and Cu on Mineral Nutrient Elements Content of Almond Leaves

YANG Bo¹, CHE Yu-hong², XU Ye-ting¹, GONG Peng¹, LU Chun-shen¹

(1. Institute of Horticulture, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi, Xinjiang 830091; 2. Xinjiang Agricultural Professional Technology College, Changji, Xinjiang 831100)

Abstract: In order to prove the effects of fertilizer of Fe, Mn and Cu on mineral nutrient elements content of almond leaves, fertilizers with different concentration of Fe, Mn and Cu were fertilized in almond garden which was during the fruit budding period from 2009 to 2010. The leaves were collected in the fruit expanding period for the determination and analysis of ten kinds of mineral nutrient elements content (N, P, K, Ca, Mg, B, Zn, Fe, Mn and Cu). The results showed that it could improve the corresponding element content of almond's leaves significantly or extremely significantly when the soil was fertilized by fertilizers with different concentration of Fe, Mn and Cu during budding period, and higher concentration greater content. At the same time, the fertilizer of Fe, Mn and Cu formed dual relationship for promotion and antagonism with other nine kinds of various mineral elements during the absorption process. Fe could promote the absorption for K and B, but restrict the absorption for N, P, Mn, Ca, Cu and Zn. Mn could promote the absorption for K, Cu and Mg, but restrict the absorption for Ca and Fe. Cu could promote the absorption for K, Zn and Mn, but restrict the absorption for Fe.

Key words: almond; leaves; trace elements