

# 柑橘叶脉开裂症与矿质营养的关系

李 健<sup>1,\*</sup>, 谢钟琛<sup>1</sup>, 谢文龙<sup>1</sup>, 吴兴明<sup>2</sup>, 施 清<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>福建省农业厅果树站, 福州 350003; <sup>2</sup>永安市农业局, 福建永安 366000)

**摘 要:** 柑橘叶脉开裂症属于多病因的病症, 缺 Mg 或缺 B 均可导致发病。对‘纽荷尔’脐橙 [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck ‘Newhall’] 的缺 Mg 叶脉开裂症病株, 在生长季 4 月采用 1.0% 硝酸镁叶面喷施矫治 2~3 次, 可有效降低病叶发生。通过福建柑橘产区普查, 由缺 Mg 引起叶脉开裂症占 86.2%, 其次为 B 与 Mg 共同缺乏, 缺 B 仅占 2.3%。不同品种缺 Mg 叶脉开裂的感病顺序为: 纽荷尔脐橙 > 琯溪蜜柚, 其它发病品种还有金柑、早熟温州蜜柑、瓯柑。采用易感品种纽荷尔脐橙与抗性品种椪柑互为中间砧高接比对发现, 纽荷尔脐橙对 Mg 和 B 的吸收能力低于椪柑, 对 K 的吸收高于椪柑, 这可能是纽荷尔脐橙易患叶脉开裂症的原因。缺 Mg 和缺 B 病症的最显著的区别为, 缺 Mg 叶脉开裂多位于叶片顶部“^”形黄化部位; 缺 B 叶脉开裂症病叶呈绿色不黄化; Mg、B 缺乏症的病叶主脉和侧脉明显开裂与全叶黄化, 或叶脉开裂达基部“^”形绿色区域。

**关键词:** 柑橘; 叶脉开裂症; 镁; 硼

**中图分类号:** S 666

**文献标识码:** A

**文章编号:** 0513-353X (2011) 03-0425-09

## Relationship Between Leaf Vein Splitting and Mineral Nutrition of Citrus

LI Jian<sup>1,\*</sup>, XIE Zhong-chen<sup>1</sup>, XIE Wen-long<sup>1</sup>, WU Xing-ming<sup>2</sup>, and SHI Qing<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Experimental Station of Fruit, Agricultural Department of Fujian Province, Fuzhou 350003, China; <sup>2</sup>Agricultural Bureau of Yong'an County, Yong'an, Fujian 366000, China)

**Abstract:** This study confirmed that leaf vein splitting of citrus was multi-pathogeny caused by both Mg-deficiency and B-deficiency. Spraying 1.0% Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O had significant effect on remedying leaf vein splitting of ‘Newhall’ [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] caused by Mg-deficiency in April. According to the investigation in Fujian citrus orchards, 86.2% of leaf vein splitting was suffered from Mg-deficiency, 11.5% from Mg-deficiency and B-deficiency, only 2.3% from B-deficiency. Infection rates of leaf vein splitting caused by Mg-deficiency ranked in descending order was as follow: Newhall navel orange, ‘Guanxi-miyou’ [*C. grandis* (L.) Osbeck]. Other infected varieties included ‘Kumquat’ (*Fortunella crassifolia* Swingle), Satsuma mandarin (*C. unshiu* Marc. ‘Early variety’) and ‘Ougan’ (*C. suavisissima* Hort. ex Tanaka). Leaf vein splitting susceptible variety Newhall [*C. sinensis* (L.) Osbeck] and resistant varieties Ponkan (*C. reticulata* Blanco) were used as intermediate stocks in graft of Ponkan or Newhall. Comparing with Ponkan, Newhall absorbed less Magnesium and Born, but more potassium, which may explain Newhall sensitive to leaf vein splitting. There was significant difference symptom between

**收稿日期:** 2010-11-03; **修回日期:** 2011-03-05

**基金项目:** 农业部公益性行业(农业)科研专项(nyhyzx07-23)

**通信作者** Author for correspondence (E-mail: fruit-li@fjagri.gov.cn)

**致谢:** 福建 30 个柑橘主产区(市、区)的 50 余位技术人员参与本研究调查工作, 在此一并致谢。

Mg-deficiency and B-deficiency. Infected leaf caused by Mg-deficiency had  $\wedge$ -shaped etiolate in leaf top and vein splitting normally appeared in this part. Leaf caused by B-deficiency kept green. Infected leaf caused by Mg-deficiency and B-deficiency had symptom of full leaf etiolate, main and lateral veins splitting obviously or veins splitting to the leaf base with  $\wedge$ -shaped green.

**Key words:** citrus; leaf vein splitting; magnesium; boron

柑橘叶脉开裂症在相关专著中均被认定为典型缺 B 症 (庄伊美, 1994; 何天富, 1999), 教科书中“柑橘类果树缺素症外观诊断检索表”(李绍华等, 1999)亦如此诊断。然而, 作者经过对福建省永安市 30 个有代表性‘纽荷尔’脐橙 [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck ‘Newhall’] 果园的叶脉开裂症 (或木栓化症) 的研究中发现, 病株率和病株发病程度与叶片 Mg 均呈显著负相关 ( $P < 0.05$ ), 正常叶与病叶 Mg 平均差值 0.12% ( $P < 0.0001$ ); 病叶平均含 Mg 0.042% (0.022% ~ 0.107%), 平均含 B 88 mg · kg<sup>-1</sup>, 病叶呈严重缺 Mg 与 B 适量状态, 由此认为缺 B 并非柑橘叶脉开裂症的唯一病因, 缺 Mg 也可导致叶脉开裂 (吴兴明等, 2009), 但未能提供矫治证据, 以及缺 Mg 与缺 B 叶脉开裂症的症状鉴别。

本研究中拟应用柑橘矿质营养诊断技术, 通过对福建省柑橘主产区的发病橘园普查, 了解柑橘大田生产中柑橘叶脉开裂症的主要病因与品种抗性, 以及易感品种与抗性品种矿质营养吸收的差异, 研究柑橘叶片 Mg、B 分布差异及其叶脉开裂症的区别, 以期为该病症的田间诊断与矫治提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 柑橘缺 Mg 叶脉开裂症矫治处理

2009 年在福建省顺昌县选 8 ~ 10 年生患叶脉开裂症的‘枳’ [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.] 砧‘纽荷尔’脐橙园, 用硝酸镁 [Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O] 矫治。

生长季矫治处理: 于 4 月春季对缺 Mg 病树 (叶脉开裂病叶含 B 56.7 mg · kg<sup>-1</sup>, 含 Mg 0.040%) 叶面喷施 1% 硝酸镁 2 次 (处理 6 单株, 间隔 10 ~ 15 d), 同年 11 月中旬果实采收期观察叶片症状, 采集营养性春梢叶片分析 Mg 和 N 含量。

非生长季矫治处理: 于冬季 12 月对病树 (病叶含 B 40.5 mg · kg<sup>-1</sup>, 含 Mg 0.027%) 叶面喷施两次 2% 硝酸镁 (处理株数、时间间隔同上), 至 2 月上旬萌芽前观察, 采集上一年春梢和秋梢叶片分析 Mg 含量。

### 1.2 柑橘叶脉开裂症病因普查

2009 年 8—10 月在福建柑橘主产区, 以县域为单位开展柑橘叶脉开裂症的橘园与品种普查, 采集病叶分析 Mg 和 B 含量, 拍照典型病症, 记录橘园品种、树龄、土壤。

### 1.3 不同抗性品种矿质营养吸收的差异分析

在福建省尤溪县, 于 2009 和 2010 年 2 月上旬柑橘萌芽前, 选择枳砧的柑橘叶脉开裂症的易感品种‘纽荷尔’脐橙与抗性品种‘椪柑’ (*C. reticulata* Blanco ‘Ponkan’) 正常生产果园各 1 个, 树龄 6 ~ 8 年, 每园选择 12 株 ( $n = 12$ ) 于每株选直径  $\geq 2.5$  cm 枝条数枝, 同位分别高接‘纽荷尔’脐橙与‘椪柑’。

同年 8 月底按中间砧的不同, 分别成对采集两品种叶片分析矿质营养, 比较在互为中间砧条件

下两品种矿质营养差异。

#### 1.4 矿质营养与数据分析

测定叶片 N (凯氏定氮法)、P、K、Ca、Mg、Cu、Zn、Fe、Mn、B、Mo (等离子体发射光谱法, ICP) 含量。

试验数据分析采用 SAS 8.1 系统。

## 2 结果与分析

### 2.1 柑橘缺 Mg 叶脉开裂症矫治

采用硝酸镁矫治效果表明, 不论在生长季或非生长季矫治, ‘纽荷尔’ 脐橙病树的叶色均较对照显著转绿。

生长季矫治处理: 于 4 月生长季矫治, 病株至 11 月采果期基本再未发生新的病叶, 当年生春梢叶片 Mg 含量为 0.29%, 而对照为 0.14%, 二者差异显著; 叶片 N 含量为 2.70%, 对照为 2.62%, 二者差异不显著。矫治效果与文献报道的椪柑、温州蜜柑缺 Mg 症矫治效果 (戴良昭 等, 1985, 1987; 邵少蕙 等, 1989) 基本一致。然而, 要使矫治效果达到叶片 Mg 含量适宜值下限 0.3% (庄伊美, 1994), 采用同等浓度硝酸镁的矫治次数应提高为 3 次。

非生长季矫治处理: 于 12 月非生长季矫治, 病树至 2 月上旬萌芽前植株的黄化叶片显著转绿, 上一年春梢叶片 Mg 含量由对照 0.10% 提高 0.18%, 秋梢由对照 0.15% 提高至 0.24%。显然, 在冬季非生长季矫治的硝酸镁浓度倍增至 2%, 但矫治效果仍不及在生长季用 1% 浓度的矫治效果。

### 2.2 福建省柑橘产区病因普查

经对福建省柑橘产区普查 (表 1), 在 217 例发病果园中, 脐橙园为 180 例, 占 83% (种植 ‘纽荷尔’ 为主, 其它 ‘Cara Cara’ 4 例、‘朋娜’ 1 例), 其次为柚类 [*C. grandis* (L.) Osbeck], 在柚

表 1 柑橘叶脉开裂症发病果园的病叶普查  
Table 1 Investigation of leaf vein splitting symptom in citrus orchards

品种 Variety	样本数 Sample number		“缺 Mg 病叶” 的 Mg 和 B 含量 Mg and B content in Mg-deficiency leaves					
	总数 Total	缺 B B-deficiency	缺 Mg 与 B B and Mg deficiency	缺 Mg Mg-deficiency	Mg/ %		B/(mg · kg <sup>-1</sup> )	
					平均 Mean	变幅 Range	平均 Mean	变幅 Range
脐橙 Navel	180	0	15	165	0.060	0.022 ~ 0.195	78.5	20.1 ~ 367
柚 Pomelo	17	1	2	14	0.078	0.033 ~ 0.181	61.5	21.2 ~ 186
金柑 Kumquat	14	4	8	2	0.080	0.036 ~ 0.124	51.8	38.4 ~ 65.1
早熟温蜜 Satsuma	4	0	0	4	0.083	0.035 ~ 0.124	99.7	43.3 ~ 202
瓯柑 Ougan mandarin	2	0	0	2	0.043	0.035 ~ 0.050	75.2	47.2 ~ 103
总计 Total	217	5	25	187	0.069	0.022 ~ 0.195	73.3	20.1 ~ 367

注: 缺 Mg: Mg < 0.2% 与 B ≥ 20 mg · kg<sup>-1</sup>; 缺 Mg、缺 B: Mg < 0.2% 与 B < 20 mg · kg<sup>-1</sup>; 缺 B: Mg ≥ 0.2% 与 B < 20 mg · kg<sup>-1</sup> (庄伊美, 1994)。

Note: Mg deficiency: Mg < 0.2%, and B ≥ 20 mg · kg<sup>-1</sup>; Mg and B deficiency: Mg < 0.2% and B < 20 mg · kg<sup>-1</sup>; B deficiency: Mg ≥ 0.2% and B < 20 mg · kg<sup>-1</sup> (Zhuang Yi-mei, 1994) .

类中以‘琯溪蜜柚’为主,其余‘沙田柚’与‘强德勒红心柚’各1例,金柑 (*Fortunella crassifolia* Swingle)、‘早熟温州蜜柑’ (*C. unshiu* Marc. ‘Early Variety’)和‘瓯柑’ (*C. suavisissima* Hort. ex Tanaka)也有个例。

病因分析:缺 Mg (叶片 Mg 含量  $< 0.2\%$ ) 占绝对比例,为 86.2%,其次为同时缺 Mg (叶片 Mg  $< 0.2\%$ ) 与缺 B (叶片 B  $< 20 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ),占 11.5%,而缺 B (叶片 B  $< 20 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) 仅占 2.3%。再则,由缺 Mg 病叶分析,其 Mg 含量的 80% 置信范围在 0.026% ~ 0.132%,平均值为 0.069%  $< 0.1\%$ ,属于极度缺乏,而其病叶 B 含量的 80% 置信范围为 24.36 ~ 152.8  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,平均值为 73.3  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,处于适宜范围,且有 10 例 (占 5.3%) 样品 B  $> 200 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,为过量,极大值为 367  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,达中毒程度。这与文献 (庄伊美, 1994; 李健 等, 1998; 施清 等, 1998) 报道“福建柑橘园缺 Mg 症较为普遍,尤其是柚类与甜橙”,“B 过量现象较普遍,甚至有中毒症”相符。依据普查结果,目前福建柑橘生产中叶脉开裂症的主要病因为缺 Mg,其次为缺 B。

经方差分析,各品种缺 Mg 病叶平均 Mg 含量差异不显著 ( $F = 1.07, P = 0.371$ ),因而仅凭上述调查,尚不能断定柑橘品种对缺 Mg 叶脉开裂症的敏感性顺序。然而,由大田实际发病情况推断缺 Mg 感病顺序:纽荷尔脐橙  $>$  琯溪蜜柚,其它品种因样本有限不具有代表性。

此次调查在大田中未采集到福建柑橘主栽品种椪柑病叶,仅在永春柑橘无病母本园的盆栽椪柑上采集到一例叶脉开裂症,其营养背景值为 B 4.2  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , Mg 0.19%,表明椪柑对缺 Mg 叶脉开裂症具有较强的抗性。

### 2.3 品种抗性差异与其营养吸收能力关系

柑橘叶脉开裂症易感品种‘纽荷尔’脐橙与抗性品种‘椪柑’互为中间砧进行高接比对 (表 2),

表 2 纽荷尔脐橙与椪柑互共中间砧高接时叶片矿质营养的差异  
Table 2 Difference in leaves' mineral nutrition of 'Newhall' and 'Ponkan' which grafted on same interstock

元素 Element	中间砧 Intermediate scions	年份 Year	平均值 Mean		配对差值 D 比较 Paired comparison of difference value				
			纽荷尔 Newhall	椪柑 Ponkan	平均差值 D mean	标准差 Std	变异系数/ % CV	t	P
K/ %	椪柑 Ponkan	2009	1.89	1.46	0.432	0.367	85.0	4.08	0.0018
	椪柑 Ponkan	2010	2.94	2.58	0.357	0.255	71.6	4.84	0.0005
	纽荷尔 Newhall	2010	3.10	2.67	0.434	0.199	45.9	7.54	<0.0001
Mg/ %	椪柑 Ponkan	2009	0.17	0.20	- 0.027	0.031	116.8	- 2.97	0.0128
	椪柑 Ponkan	2010	0.25	0.29	- 0.044	0.042	95.9	- 3.61	0.0041
	纽荷尔 Newhall	2010	0.25	0.26	- 0.011	0.030	273.8	- 1.26	0.2320
Fe/ ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	椪柑 Ponkan	2009	145.40	101.40	44.028	31.633	71.8	4.82	0.0005
	椪柑 Ponkan	2010	81.31	74.29	7.015	8.754	124.8	2.78	0.0180
	纽荷尔 Newhall	2010	92.50	92.30	0.201	8.811	4387.2	0.08	0.9385
B/ ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	椪柑 Ponkan	2009	83.04	81.98	1.146	21.648	1889.3	0.18	0.8579
	椪柑 Ponkan	2010	15.28	17.63	- 2.346	3.007	128.2	- 2.70	0.0206
	纽荷尔 Newhall	2010	49.73	63.50	- 13.768	5.306	38.5	- 8.99	<0.0001
Mo/ ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	椪柑 Ponkan	2009	0.18	0.13	0.051	0.029	57.8	5.99	<0.0001
	椪柑 Ponkan	2010	0.31	0.19	0.122	0.042	34.6	10.00	<0.0001
	纽荷尔 Newhall	2010	0.41	0.31	0.099	0.090	91.0	3.81	0.0029

注: N、P、Ca、Cu、Zn、Mn 差异未达显著水平。

Note: N, P, Ca, Cu, Zn and Mn show no significant difference.

结果表明, 两品种叶片矿质营养 K、Mg、Fe、B、Mo 差异显著, N、P、Ca、Cu、Zn、Mn 差异不显著。

纽荷尔脐橙叶片 K、Mo 均显著高于椪柑, 且不受砧木影响。在 2 年 3 组试验中 K 均处于适宜至高量水平, Mo 则处于适量水平 (庄伊美, 1994), 表明纽荷尔脐橙对 K、Mo 的吸收能力明显高于椪柑。两品种 K 差异的 80% 置信上限  $1.28\text{Std} + \text{Mean} = 0.76\%$ , Mo 为  $0.16 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 可作为两品种营养元素含量适宜值差异的参考依据 (李健 等, 2010)。

而两品种的 Mg、Fe 差异仅在以椪柑为中间砧时表现显著: 纽荷尔脐橙叶片 Mg 含量显著低于, Fe 含量显著高于中间砧品种椪柑, 表明纽荷尔脐橙对 Mg 吸收能力弱 (即便表 2 中的中间砧椪柑 Mg 为 0.197%, 为缺乏状态), 对 Fe 吸收力强; 而在纽荷尔脐橙为中间砧时, 它却似乎对高接椪柑 Mg 的吸收起瓶颈作用, 对 Fe 吸收起着营养基的作用, 差异不显著。两品种在椪柑为中间砧时叶片的 Mg 差异 80% 置信上限 0.083%, Fe 为  $63.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

B 营养的品种差异除 2009 年试验因变异系数大 1 889.3%, 疑似根外施肥污染不显著外, 其它两组试验均表现椪柑对 B 的吸收较纽荷尔脐橙强, 两品种 B 差异 80% 置信上限  $17.3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

因此与椪柑比较, 纽荷尔脐橙易感缺叶脉开裂症的原因是由于对 Mg、B 吸收弱, 以及对 Mg 具有强颉颃元素 K 的吸收强。

## 2.4 不同病因柑橘叶脉开裂症状的差异

根据普查数据, 对缺 Mg、缺 B、缺 Mg 并缺 B 的 3 类典型缺素症橘园进行田间实地观察发现, 通过叶色即可初步判断柑橘叶脉开裂症的病因, 病叶若呈暗绿色则为缺 B (图版, E、F), 若明显黄化, 特别叶片黄化呈“^”形则为缺 Mg (图版, A、D)。

为进一步区分两类缺素症, 参照文献 (束怀瑞, 1993) 方法, 取材‘琯溪蜜柚’, 对叶片 8 个部位 (左右对称、对等) 的 B、Mg 含量进行分析 (表 3): 叶片 B 分布均以叶尖和叶缘高而中间低, 且这种差异随叶片 B 含量提高而加剧, 因而缺 B 病叶易表现中脉开裂 (图版, E、I)。

表 3 ‘琯溪蜜柚’ 叶片 Mg、B 元素含量分布  
Table 3 Mg and B distribution in ‘Guanxi Miyou’ Pummelo leaves

元素 Element	叶片部位 Leaf segments	B > 20 mg · kg <sup>-1</sup>				B < 20 mg · kg <sup>-1</sup>			
		Mg > 0.2% (对照 Control)		Mg < 0.2% ( I )		Mg > 0.2% ( II )		Mg < 0.2% ( III )	
		两侧 Two side	中部 Mid	两侧 Two side	中部 Mid	两侧 Two side	中部 Mid	两侧 Two side	中部 Mid
Mg/ %	叶尖 Leaf top		0.38		0.025		0.36		0.17
	中上 Center top	0.42	0.21	0.022	0.021	0.36	0.32	0.15	0.13
	中部 Center	0.37	0.18	0.021	0.022	0.36	0.35	0.15	0.12
	下部 Bottom	0.30	0.21	0.021	0.045	0.36	0.43	0.14	0.13
	翼叶 Wing yip		0.28		0.119		0.56		0.19
B/(mg · kg <sup>-1</sup> )	叶尖 Leaf top		40.29		143.80		12.14		9.16
	中上 Center top	38.41	27.48	103.50	74.27	12.06	11.12	8.58	8.13
	中部 Center	31.94	22.63	79.05	45.49	12.04	10.91	8.88	8.69
	下部 Bottom	30.04	20.47	63.95	62.64	11.69	10.93	10.22	9.03
	翼叶 Wing yip		18.41		69.92		11.37		9.36

注: 每种缺素类型叶片取 100 片, 统一分别裁剪为 8 个部位 (左、右对称) 进行化学分析; 对照为 1 年生, I、II、III 为 2 年生。

Note: 100 leaves for B-deficiency and Mg-deficiency separately, each leaf was divided bilaterally to eight segments and analyzed; Control was annual leaves, I, II, III were biennial leaves.

**图版说明:**

A、D: 纽荷尔脐橙缺 Mg 病叶; B、F、H: 纽荷尔脐橙缺 B 病叶; C、G: 纽荷尔脐橙缺 Mg 与缺 B 病叶; E: 琯溪蜜柚缺 B 病叶; I: 金柑缺 B 病叶。

**Explanation of plates:**

A, D: Infected leaves of Newhall navel orange caused by Mg-deficiency; B, F, H: Infected leaves of Newhall navel orange caused by B-deficiency; C, G: Infected leaves of Newhall navel orange caused by Mg-deficiency and B-deficiency; E: Infected leaves of Guanxi-miyou pummelo caused by B-deficiency; I: Infected leaves of Kumquat caused by B-deficiency.

如表 3 所示, 缺 Mg 类型 I ( $Mg < 0.2\%$ ,  $B > 20 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) 叶片 Mg 以翼叶、叶基较高, 这与缺 Mg 叶片基部绿色呈“八”形一致, 因而缺 Mg 病叶表现多为侧脉开裂, 尤其是叶缘侧脉 (图版, A、D)。

Mg、B 同缺的类型 III ( $Mg < 0.2\%$ ,  $B < 20 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) 病叶, 除翼叶 Mg 含量较高外, 叶片的 Mg、B 含量均以中部较低, 因而叶脉开裂由主脉向侧脉展开 (图版, C)。

为了解纽荷尔脐橙缺 Mg 病叶的色差与 Mg 分布关系, 将具有典型缺 Mg 症病叶 (叶片基部呈“八”形绿色, 其余部分黄化, 100 片叶) 分解为 3 部分测试 Mg 和 B 含量, 结果 Mg 在叶基“八”形绿色部分为 0.086%, 叶片黄绿色过渡部位为 0.025%, 黄化部分为 0.019%, 即叶色由绿转黄, Mg 呈有规律的梯度下降; 而相同排序 B 分别为 15.8、16.4 和 18.0  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 其梯度与 Mg 相反。Mg 和 B 元素分布与表 3 中结果相符。这为由“叶色”判别缺 Mg、缺 B 症提供依据。

需要说明的是, 表 3 中对照 ( $Mg > 0.2\%$  与  $B > 20 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) 采集的为 1 年生叶片, 而其它缺素类型叶片均为 2 年生老叶。因而表 3 中对照的 Mg 分布与 I、II、III 缺素类型相反, 而 B 分布相同, 恰好表明 Mg 较 B 的可移动性与再利用能力强 (庄伊美, 1994; 何天富, 1999)。

### 3 讨论

#### 3.1 柑橘叶脉开裂病因与品种抗性差异

根据文献 (Reuther, 1968; 张广越 等, 2009) 与作者已有研究 (吴兴明 等, 2009), 结合本研究中柑橘缺 Mg 叶脉开裂症矫治试验, 证实柑橘叶脉开裂症属于多病因的病症, 缺 Mg 或缺 B 均可导致发病。为此建议对“柑橘缺素症外观诊断检索” (李绍华 等, 1999; 施木田和陈少华, 2002) 修正如下 (下划线部分):

##### II. 症状最初表现在老叶

##### 1. 叶片开始从局部退绿, 渐扩展及全面

1.1 侧脉间叶肉开始退绿, 后扩展至全面, 但叶基部呈“八”形绿色, 严重时有些品种叶片缺绿部位的叶脉呈木栓化开裂 (缺镁)。

柑橘叶脉开裂症易感品种与抗性品种的叶片 Mg、K 含量差异的 80% 置信上限分别为 0.083% 和 0.76%, 分别为 Mg 适宜值下限 0.30% 的 27.7%, K 适宜值上限 1.8% 的 42.2%。因而两品种在生产施肥中应注意区别对待, 纽荷尔脐橙较椪柑相应适当增施 Mg 肥与控制 K 肥。目前, 生产中应用枳砧椪柑高接纽荷尔脐橙的果园较为普遍, 通常能正常结果。但若以纽荷尔脐橙为中间砧高接椪柑时, 根据两品种对矿质营养吸收差异, 推测椪柑患叶脉开裂症的可能性将增加。

#### 3.2 柑橘缺 Mg 和缺 B 叶脉开裂症的症状区别

本研究中 1 年生新叶与 2 年生老叶的 B 分布均以叶尖最高, 其次为两侧叶缘, 且分布差异随含 B 升高而加剧, 这与 B 中毒症状首先表现为叶尖灼伤, 尔后为延展至叶缘的症状完全相符 (庄伊美, 1994)。与 B 中毒症相反, 缺 B 症则易表现在主脉 (图版, E、I)。Mg 的分布则不同, 1 年生新叶 Mg 分布与 B 相同, 似储存堆积, Mg 通过叶脉导管由外向内蓄积; 而 2 年生老叶 Mg 分布似库源释放, 延叶脉筛管由内向外释出, 因而叶片缺 Mg 症状表现在叶片两侧黄化与叶脉开裂 (图版, A、D)。Mg 和 B 同时缺乏情况比较复杂, 但两元素均以叶片中部含量略低, 因而在主脉与侧脉均表现有明显症状 (图版, C)。根据作者提出的“叶色与 Mg 浓度相关”原理, 也可区别缺 Mg 或缺 B, 若叶脉开裂表现在叶片两侧的黄化部位则为缺 Mg (图版, A、D); 若在绿色与黄化部位表现同等叶脉

开裂症状则表示除缺 Mg 外, 还缺 B (图版, G), 因为叶基“八”形绿色部位的 Mg、B 分别高于、低于叶片的其它部位; 若病叶叶色浓绿则肯定为缺 B。据此, 可判断文献 (吴兴明 等, 2009) 中的图 1、2 均为缺 Mg 症。然而, 也有例外, 如受非 Mg、B 因素影响 (图版, B), 仅凭叶色尚难断定病因, 对此根据叶脉开裂主要表现在叶片基部, 诊断为缺 B。另外, 在诊断病株时还应观察病叶主要类型分析病因, 如图版, H 为当年生叶片。

柑橘叶脉开裂症还可通过果实与产量情况作辅助诊断: 缺 Mg 症一般坐果与产量正常; 缺 B 症坐果率与产量低, 果实内皮层与中部维管束有褐色胶状物 (庄伊美, 1994; 何天富, 1999)。

### 3.3 土壤类型与发病关系

作者等曾通过水稻土、红壤土两类土壤有效 Mg 和 B 比较, 无法解释农户反映“水稻土发病较红壤严重”的现象 (吴兴明 等, 2009)。但据文献 (福建省土壤普查办公室, 1991), 水稻土的有效 Fe、Mn、Zn 均比自然红壤土 (山地) 高 2.6~4.6 倍, 尤其有效 Fe 差异最显著。水稻土在改旱作柑橘园后其差异虽会逐步消失, 但犁底层以下透气性差土层, 其有效 Fe、Mn、Zn 变换远较表土层缓慢。据作者在永安调查, 树龄为 6~15 年的原水稻土柑橘园平均有效 Fe 为  $115 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 显著高于红壤柑橘园有效 Fe ( $52 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ), ( $F = 10.01$ ,  $P = 0.0039$ )。再则, 经对文献 (吴兴明 等, 2009) 数据分析, 叶片 Mg、Fe 相对 K 偏相关呈极显著 ( $r = -0.381$ ,  $P = 0.0075$ ), 病叶 Fe 显著高于对照无病症叶; 本研究也表明, 柑橘叶脉开裂症易感品种纽荷尔脐橙对 Fe 吸收能力较抗性品种椪柑强。有关柑橘 Fe 对于 Mg 影响虽未见报道, 但柑橘叶片中 Fe 增加对 K 有正颞颥关系 (庄伊美, 1994), 其推论仍有待证实。

## 4 结论

柑橘叶脉开裂症属于多病因的病症, 缺 Mg 或缺 B 均可导致发病。两类缺素症的最显著区别为, 缺 Mg 症叶脉开裂多位于叶片顶部“八”形黄化部位; 缺 B 症叶脉开裂的病叶不黄化呈绿色; Mg、B 缺乏症病叶的主、侧脉明显开裂与全叶黄化, 或叶脉开裂达基部八形绿色区域。此前, 在福建柑橘产区柑橘叶脉开裂症一直被作为缺 B 症进行防治, 是一例十分典型的, 被长期误诊的矿质营养缺素症。

## References

- Dai Liang-zhao, Liang Zi-jun, Zhou You-zhi, Liu Jin-kan, Zhang Jin-xi. 1985. Study on citrus diagnosis and fertilization -summary of experiments for Mg-deficiency remedy. *Fujian Fruits*, (2): 5 - 11. (in Chinese)
- 戴良昭, 梁子俊, 周友智, 刘金坎, 张金细. 1985. 柑桔营养诊断施肥技术研究—柑桔缺镁症与矫正试验总结. *福建果树*, (2): 5 - 11.
- Dai Liang-zhao, Liang Zi-jun, Zhou You-zhi, Liu Jin-kan, Zhang Jin-xi. 1987. Study on magnesium diagnosis and remedy of Mg-deficiency of citrus. *Fujian Agricultural Science and Technology*, (2): 27 - 29. (in Chinese)
- 戴良昭, 梁子俊, 周友智, 刘金坎, 张金细. 1987. 柑桔镁素营养诊断与缺镁矫正技术研究. *福建农业科技*, (2): 27 - 29.
- He Tian-fu. 1999. *Citrus*. Beijing: China Agriculture Press: 281 - 318. (in Chinese)
- 何天富. 1999. 柑橘学. 北京: 中国农业出版社: 281 - 318.
- Li Jian, Shi Qing, Zeng Wen-xian. 1998. Study on the rational fertilizing in the citrus orchards in Fujian province by nutritional diagnosis. *Journal of Fruit Science*, 25 (2): 145 - 149. (in Chinese)
- 李 健, 施 清, 曾文献. 1998. 福建柑橘园营养施肥状况及其施肥改进建议. *果树科学*, 15 (2): 145 - 149.
- Li Jian, Shi Qing, Zhang Chang-he. 2010. Study on mineral nutrition optimum parameters of sand pear cultivars by top grafting contrast experiment. *Journal of Fruit Science*, 27 (5): 838 - 842. (in Chinese)

- 李 健, 施 清, 张长和. 2010. 砂梨多品种矿质营养适宜值的高接比对照研究. 果树学报, 27 (5): 838 - 842.
- Li Shao-hua, Luo Zheng-rong, Liu Guo-jie. 1999. Conspectus of fruit cultivation. Beijing: High Education Press: 48 - 52. (in Chinese)
- 李绍华, 罗正荣, 刘国杰. 1999. 果树栽培概论. 北京: 高等教育出版社: 48 - 52.
- Reuther W. 1968. The citrus industry. University of California Board of Regents, 2: 174 - 177
- Shi Qing, Li Jian, Li Mei-gui. 1998. The nutrition diagnosis of Fujian citrus orchards and improved fertilization. Fujian Fruits, 105 (3): 29 - 31. (in Chinese)
- 施 清, 李 健, 李美桂. 1998. 福建柑橘园营养状况诊断与改善措施. 福建果树, 105 (3): 29 - 31.
- Shu Huai-rui. 1993. Physiology of Fruit Cultivation. Beijing: China Agriculture Press: 93 - 98. (in Chinese)
- 束怀瑞. 1993. 果树栽培生理学. 北京: 中国农业出版社: 93 - 98.
- Shao Shao-hui, Chen Fang-shun, Lin Mu-lai. 1989. Study of B deficiency in citrus. Fujian Journal of Agricultural Science, 4 (1): 55 - 63. (in Chinese)
- 邵少蕙, 陈方顺, 林木来. 1989. 柑橘缺镁问题研究. 福建农业学报, 4 (1): 55 - 63.
- Shi Mu-tian, Chen Shao-hua. 2002. Nutrition and fertilization of horticultural plant. Xiamen: Xiamen University Press: 156 - 157. (in Chinese)
- 施木田, 陈少华. 2002. 园艺植物营养与施肥技术. 厦门: 厦门大学出版社: 156 - 157.
- The Soil Investigation Office of Fujian Province. 1991. Fujian soil. Fuzhou: Fujian Science and Technology Press: 238 - 242. (in Chinese)
- 福建省土壤普查办公室. 1991. 福建土壤. 福州: 福建科技出版社: 238 - 242.
- Wu Xing-ming, Li Jian, Shi Qing, Xie Wen-long, Xie Zhong-chen. 2009. Diagnosis of suberification in leaf venation for Newhall Navel orange. Fujian Fruits, (2): 11 - 14. (in Chinese)
- 吴兴明, 李 健, 施 清, 谢文龙, 谢钟琛. 2009. 纽荷尔脐橙叶脉木栓化症病因诊断. 福建果树, (2): 11 - 14.
- Zhang Guang-yue, Peng Liang-zhi, Zeng Ming. 2009. Development of magnesium and born nutrition in citrus. South China Fruits, 38 (1): 63 - 66. (in Chinese)
- 张广越, 彭良志, 曾 明. 2009. 柑橘镁和硼营养元素研究进展. 中国南方果树, 38 (1): 63 - 66.
- Zhuang Yi-mei. 1994. Citrus nutrition and fertilization. Beijing: China Agriculture Press: 61 - 71. (in Chinese)
- 庄伊美. 1994. 柑橘营养与施肥. 北京: 中国农业出版社: 61 - 71.

---

## 欢迎订阅《园艺学报》2010 年增刊—— 中国园艺学会 2010 年学术年会论文摘要集

本论文摘要集共收录果树、蔬菜、西瓜甜瓜和观赏植物方面论文摘要 137 篇, 其中果树 51 篇, 蔬菜 56 篇, 西瓜甜瓜 10 篇, 观赏植物 12 篇, 其它 8 篇, 内容涉及种质资源、遗传育种、分子生物学、栽培技术、生理生化、贮藏保鲜等。

每册定价 40 元。欲购者请与《园艺学报》编辑部联系。

编辑部地址: 北京市海淀区中关村南大街 12 号 中国农业科学院蔬菜花卉研究所《园艺学报》编辑部;

邮政编码: 100081; 电 话: (010) 82109523;

E-mail: [yuanyixuebao@126.com](mailto:yuanyixuebao@126.com); 网址: <http://www.ahs.ac.cn>。