

赣南纽荷尔脐橙叶片微量元素含量状况

凌丽俐^{1,2}, 彭良志^{1,2,3,*}, 淳长品^{1,2}, 曹立^{1,2}, 江才伦^{1,2}

(¹西南大学柑桔研究所, 重庆 400712; ²中国农业科学院柑桔研究所, 重庆 400712; ³国家柑桔工程技术研究中心, 重庆 400712)

摘要: 为了解赣南产区纽荷尔脐橙叶片黄化原因, 2008 年对赣南 9 个县 (市、区) 121 个脐橙园脐橙叶片微量元素进行了分析。结果表明, 叶片 Fe、Mn、Zn、Cu、B 和 Mo 的含量分别为(127.90 ± 21.15) (115.79 ± 136.72) (16.50 ± 4.05) (8.42 ± 9.32) (81.88 ± 33.72) 和 (0.36 ± 0.14) mg · kg⁻¹; 在各脐橙园中, 叶片 Mo、Fe、Mn、B、Cu 和 Zn 含量处于适量及以上水平的分别占 100%、99.17%、90.91%、92.56%、62.81% 和 4.96%, 叶片 Fe、Mn、B、Cu 和 Zn 含量处于低量水平的分别占 0.83%、7.44%、7.44%、29.75% 和 23.97%, 处于缺乏水平的仅有 Mn、Cu 和 Zn, 分别占 1.65%、7.44% 和 71.07%。表明赣南产区脐橙叶片普遍无 Mo、Fe、Mn 和 B 缺乏问题, 部分产区脐橙叶片 Cu 含量偏低, 大多数脐橙叶片的 Zn 含量处于缺乏水平, 生产上需要重视补充 Zn 肥, 适量补充 Cu 肥。

关键词: 脐橙; 赣南产区; 微量元素; 分布特征

中图分类号: S 666.6

文献标识码: A

文章编号: 0513-353X (2010) 09-1388-07

Characteristics Analysis of Microelement Contents in Newhall Navel Orange Leaves in Southern Jiangxi Province

LING Li-li^{1,2}, PENG Liang-zhi^{1,2,3,*}, CHUN Chang-pin^{1,2}, CAO Li^{1,2}, and JIANG Cai-lun^{1,2}

(¹Citrus Research Institute of Southwest University, Chongqing 400712, China; ²Citrus Research Institute of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Chongqing 400712, China; ³National Citrus Engineering Research Center, Chongqing 400712, China)

Abstract: To probe the causes of leaf yellowing of Newhall navel orange in southern Jiangxi Province, leaf microelements of Newhall navel orange (*Citrus sinensis* Osbeck) trees on trifoliate orange [*Poncirus trifoliata* (L.)] rootstocks in 121 orchards in southern Jiangxi Province were analyzed. The results showed that the contents of Fe, Mn, Zn, Cu, B and Mo were (127.90 ± 21.15) (115.79 ± 136.72), (16.50 ± 4.05), (8.42 ± 9.32), (81.88 ± 33.72) and (0.36 ± 0.14) mg · kg⁻¹, respectively. The orchards having leaf Mo, Fe, Mn, B, Cu and Zn with moderate content and above accounted for 100%, 99.17%, 90.91%, 92.56%, 62.81% and 4.96%, respectively, and those with low content for 0.83%, 7.44%, 7.44%, 29.75% and 23.97%, respectively. Deficiency of leaf Mn, Cu and Zn were found in some orchards, 1.65%, 7.44% and 71.07%, respectively. The results indicated that generally there were no leaf Mo, Fe, Mn and B deficiencies in Newhall navel orange in this area. But leaf Cu content in some orchards was low, and

收稿日期: 2010-04-15; **修回日期:** 2010-08-02

基金项目: 国家科技支撑计划项目 (2007BAD61B03, 2007BAD47B04); 公益性行业 (农业) 科研专项 (nyhyzx07-023-02); 柑桔学重庆市市级重点实验室开放基金项目 (CKLC200802); 现代农业 (柑橘) 产业技术体系建设专项

* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: penglz809@163.com, Tel: 023-68247009)

most orchards had leaf Zn deficiency problems. It is recommended that attention should be paid to Zn fertilizer application in navel orange orchards and Cu fertilizer is needed for the orchards with low leaf Cu content.

Key words : navel orange ; southern Jiangxi Province ; microelements ; distribution characteristics

赣南是我国柑橘优势产区，也是我国最大的脐橙产区，脐橙种植面积达 10 万 hm²。近几年，脐橙叶片缺素黄化现象在赣南产区普遍存在（肖家欣 等，2006，2008），各种类型土壤上的脐橙树都有表现，且以有机肥施用少的丘陵山地沙质红壤果园更为突出（彭良志 等，2008）。目前对于赣南脐橙叶片缺素黄化现象的起因尚无定论，仍在探索之中（彭良志 等，2008；姜存仓 等，2009）。

植物必需营养元素中的微量元素对脐橙生长发育至关重要（何天富，1999），其含量丰缺是影响脐橙生长结果的重要因素之一（秦鱼生 等，2004）。微量元素的缺乏易导致作物叶片黄化（魏良民和田晓东，2004）、生长势衰退（胡霭堂，2003）并影响产量和品质（庄伊美，1994）。虽然赣南产区脐橙叶片黄化现象比较普遍，但对其微量元素丰缺状况尚缺乏系统研究，作者以赣南产区 9 个县（市、区）121 个果园的脐橙叶片为研究对象，探讨赣南脐橙树体微量元素含量状况和分布特征，为赣南产区脐橙的叶片黄化矫治提供理论依据。

1 材料与amp;方法

试材为 5 ~ 18 年生枳[*Poncirus trifoliata*(L.)]砧纽荷尔脐橙(*Citrus sinensis* Osbeck ‘ Newhall ’) 叶片，于 2008 年 8—10 月采集于赣南产区 9 个县（市、区）121 个脐橙园。其中安远县 28 个、信丰县 23 个、赣县 18 个、章贡区 16 个、南康市 14 个、兴国县 10 个、大余县 7 个、于都县 3 个、会昌县 2 个。红壤果园 78 个，黄壤果园 33 个，紫色土果园 10 个。

每个果园采用“Z”型随机选取 30 株树，在每株树的四个方位、高 1.5 ~ 2.0 m 处，采当年生营养春梢顶部向下第 3 叶，每株 4 片叶，每个果园采集 120 片叶。叶样经过标准的清洗、杀酶、75 烘干、粉碎、干燥、装瓶密封后保存备用。

Fe、Mn、Zn、Cu 含量按 LY/T 1270-1999 方法（国家林业局，2000），经硝酸—高氯酸消解后，采用 AA-800 原子吸收分光光度计(PerkinElmer 公司) 进行测定。B 含量按 LY/T 1273-1999 方法(国家林业局，2000)，经干灰化法，用 TU-1901 紫外可见分光光度计（北京普析通用仪器有限责任公司）在 430 nm 波长下测定。Mo 含量按庄伊美（1994）的方法，经干灰化法，用 JP-2D 型极谱仪（成都仪器厂）测定。

叶片 Fe、Mn、Zn、Cu、B 和 Mo 营养诊断评价指标参照美国佛罗里达州甜橙叶分级标准(Thomas et al.，2008)，见表 1。

表 1 美国佛罗里达州甜橙叶微量元素分级标准
Table 1 Standards for classification of leaf minorelement of orange in Florida , USA /(mg · kg⁻¹)

分级 Class	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Mo
缺乏 Deficiency	< 35	< 18	< 18	< 3	< 20	< 0.05
低量 Low range	35 ~ 59	18 ~ 24	18 ~ 24	3 ~ 4	20 ~ 35	0.06 ~ 0.09
适量 Optimum range	60 ~ 120	25 ~ 100	25 ~ 100	5 ~ 16	36 ~ 100	0.10 ~ 2.00
高量 High range	121 ~ 200	101 ~ 300	101 ~ 300	17 ~ 20	101 ~ 200	2.00 ~ 5.00
过量 Excess range	> 200	> 300	> 300	> 20	> 200	> 5.00

2 结果与分析

2.1 叶片 Fe 含量范围及分布

赣南产区脐橙叶片 Fe 含量在 $45.04 \sim 196.29 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 之间, 平均为 $(127.90 \pm 21.15) \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 主要分布在适量和高量范围, 未发现 Fe 缺乏和过量样本 (图 1)。其中, Fe 含量在 $35 \sim 59 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (低量水平)、 $60 \sim 120 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (适量水平) 和 $121 \sim 200 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (高量水平) 的样本数占总样本数的百分数分别为 0.83%、36.36% 和 62.81%。

由图 1 可知, 仅信丰县有少量脐橙园叶片 Fe 含量处于低量水平, 占 4.35%, 为微碱性紫色土果园。信丰县、大余县和会昌县主要处于适量水平, 所占比例分别为 60.87%、85.71% 和 100%; 南康市、章贡区、安远县、兴国县和于都县主要处于高量水平, 所占比例分别为 85.71%、87.50%、78.57%、70.00% 和 100%。

2.2 叶片 Mn 含量范围及分布

赣南产区脐橙叶片 Mn 含量主要处于适量范围, 分布范围在 $13.44 \sim 655.35 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 之间, 平均为 $(115.79 \pm 136.72) \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (图 1)。其中, Mn 含量 $< 18 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (缺乏水平)、 $18 \sim 24 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (低量水平)、 $25 \sim 100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (适量水平)、 $101 \sim 300 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (高量水平) 和 $> 300 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (过量水平) 的样本数分别占总样本数的 1.65%、7.44%、62.81%、14.88% 和 13.22%。

Mn 含量主要处于适量水平的县 (市、区) 为南康市、章贡区、信丰县、赣县、兴国县和于都县, 分别占 85.71%、93.75%、60.87%、83.33%、90.00% 和 66.67%。仅信丰县有少量脐橙园处于缺乏水平, 占 8.70%, 均为微碱性紫色土果园。Mn 含量处于低量水平的县 (市、区) 有南康市、章贡区、信丰县、大余县和会昌县, 分别占 7.14%、6.25%、17.39%、28.57% 和 50.00%。安远县和大余县脐橙叶片 Mn 含量过量现象突出, 均达 42.86%。

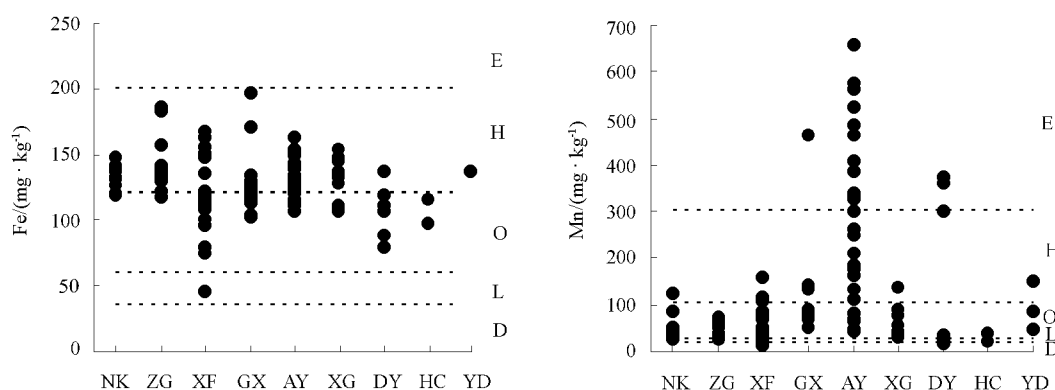


图 1 赣南产区脐橙叶片的 Fe、Mn 含量

NK 为南康市; ZG 为章贡区; XF 为信丰县; GX 为赣县; AY 为安远县;

XG 为兴国县; DY 为大余县; HC 为会昌县; YD 为于都县。

E 为过量; H 为高量; O 为适量; L 为低量;

D 为缺乏。下同。

Fig.1 Fe content and Mn content in southern Jiangxi Province

NK: Nankang City; ZG: Zhanggong District; XF: Xinfen County; GX: Gan County; AY: Anyuan County;

XG: Xingguo County; DY: Dayu County; HC: Huichang County; YD: Yudu County.

E: Excess range; H: High range; O: Optimum range; L: Low range;

D: Deficiency. The same below.

2.3 叶片 Zn 含量范围及分布

由图 2 可知,赣南产区脐橙叶片 Zn 含量主要处于缺乏和低量范围,含量在 $9.53 \sim 30.04 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 之间,平均为 $(16.50 \pm 4.05) \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。脐橙叶片 Zn 含量 $< 18 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $18 \sim 24 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $25 \sim 100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (适量水平) 的样本数分别占总样本数的 71.07%、23.97%和 4.96%。

9 个采样县(市、区)脐橙叶片 Zn 含量大多处于缺乏水平。南康市、章贡区、信丰县、赣县、安远县、兴国县、大余县、会昌县和于都县分别有 64.29%、50.00%、78.26%、50.00%、82.14%、100.00%、57.14%、100.00%和 100.00%的脐橙园叶片缺 Zn,仅南康市、章贡区、信丰县和赣县有少量脐橙园的 Zn 含量处于适量水平,分别占 14.29%、6.25%、8.70%和 5.56% (图 2)。

2.4 叶片 Cu 含量范围及分布

由图 2 可知,赣南产区脐橙叶片 Cu 含量主要处于适量和低量范围,分布范围在 $0.68 \sim 61.06 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 之间,平均为 $(8.42 \pm 9.32) \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。Cu 含量 $< 3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (缺乏水平)、 $3 \sim 4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (低量水平)、 $5 \sim 16 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (适量水平)、 $17 \sim 20 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (高量水平) 和 $> 20 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (过量水平) 的样本数分别占总数的 7.44%、29.75%、55.37%、1.65%和 5.79%。

赣县和会昌县脐橙园叶片 Cu 主要处于低量水平,分别占 55.56%和 100.00%;其余各县(市、区)脐橙园主要处于适量水平。南康市、信丰县和赣县的部分果园存在叶片 Cu 缺乏现象,分别占 28.57%、4.35%和 22.22%;章贡区、信丰县、赣县和安远县部分脐橙园存在叶片 Cu 过量现象,分别占 12.50%、8.70%、5.56%和 7.14% (图 2)。叶片 Cu 低量或缺乏果园大多是无溃疡病果园或不用铜制剂防治溃疡病的果园,而叶片 Cu 适量或过量的果园均为采用 Cu 制剂防治溃疡病的果园。

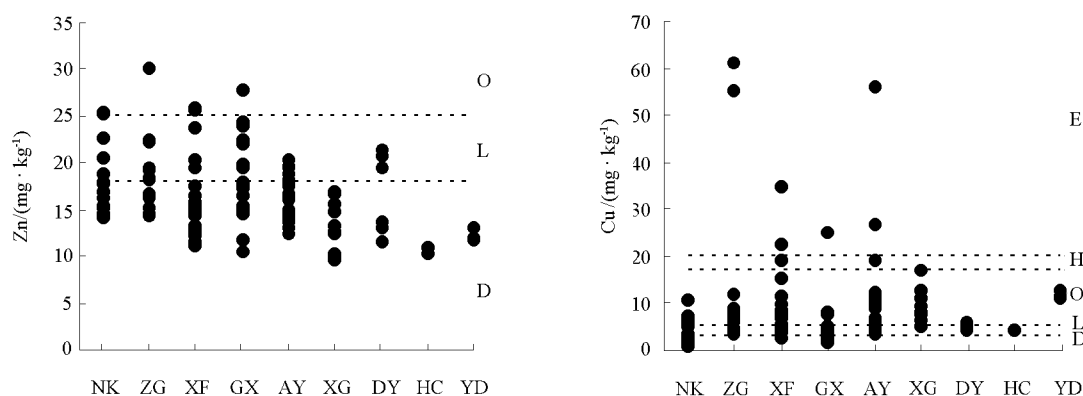


图 2 赣南产区脐橙叶片 Zn、Cu 含量

Fig. 2 Zn content and Cu content in South area of Jiangxi Province

2.5 叶片 B 含量范围及分布

赣南产区脐橙叶片 B 含量主要处于适量和高量范围,分布范围 $25.62 \sim 173.13 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,平均为 $(81.88 \pm 33.72) \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。B 含量在 $20 \sim 35 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (低量水平)、 $36 \sim 100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (适量水平) 和 $101 \sim 200 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (高量水平) 的样本数分别占总样本数的 7.44%、71.90%和 20.66% (图 3)。

9 个采样县(市、区)中仅南康市、赣县、安远县、兴国县和于都县有部分果园脐橙叶片 B 含量处于低量水平,分别占 7.14%、22.22%、3.57%、10.00%和 66.67%。南康市、章贡区、信丰县、赣县、安远县、兴国县、大余县、会昌县和于都县分别有 78.57%、62.50%、73.91%、66.67%、85.71%、50.00%、71.43%、100.00%和 33.33%的果园脐橙叶片 B 含量处于适宜水平,主要原因可能是近年赣

南脐橙产区大规模推广使用硼肥所致(图3)。

2.6 叶片 Mo 含量的范围及分布

9 个采样县(市、区)脐橙叶片 Mo 含量均处于适量范围,在 $0.14 \sim 1.31 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 之间,平均为 $(0.36 \pm 0.14) \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (图3)。

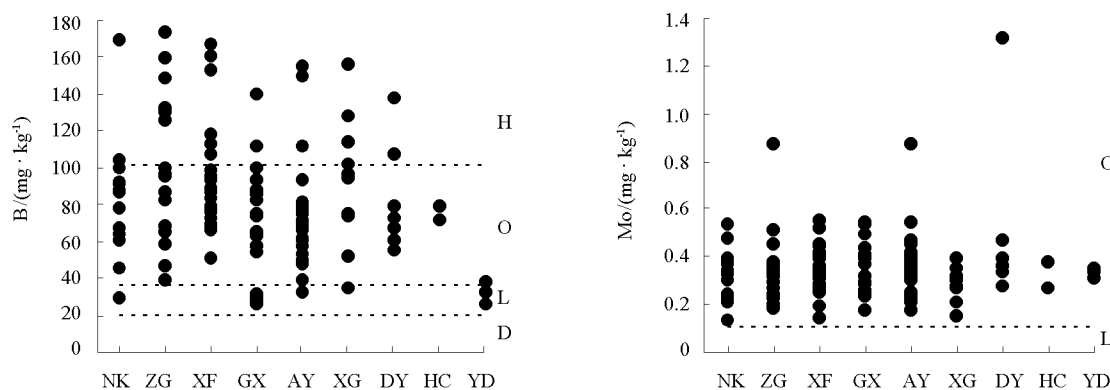


图3 赣南产区脐橙叶片 B、Mo 含量

Fig.3 B content and Mo content in South area of Jiangxi Province

3 讨论

一直以来,赣南脐橙叶片黄化主要被认为是缺 B 所致(盛鸥等,2007;Xiao et al.,2007),生产上普遍采用施 B 矫治(梁梅青,2007),但除少部分果园外,大多数果园收效并不明显(彭良志等,2008)。本研究表明,赣南产区 9 个采样县(市、区)脐橙叶片 B、Fe 和 Mo 含量均未处于缺乏或过量水平;B 和 Fe 含量主要处于适量和高量水平,仅在少量果园中处于低量水平;而 Mo 含量均处于适量水平。因此,赣南产区脐橙基本不存在缺 B 问题,脐橙叶片黄化的原因不是缺 B,这可能与近年来赣南大力推广施用硼肥有关(梁梅青,2007)。叶片黄化也非缺 Mn 和缺 Cu 所致。一是仅信丰县的微碱性紫色土脐橙园叶片缺 Mn,南康市、信丰县和赣县部分脐橙园缺 Cu;二是脐橙叶片黄化广泛存在赣南各种土壤类型的脐橙园中,绝大部分为老叶或较老叶片,而缺 Mn 和缺 Cu 黄化主要在新梢叶片上表现症状(庄伊美,1994)。

赣南脐橙 Zn 营养元素的状况很少受到关注,生产上极少施 Zn 肥。彭良志等(2008)对产区黄化叶片症状的研究发现,叶片黄化主要表现为缺 Mg 黄化症状,部分果园合并有缺 Mg 缺 B 黄化,也有少量叶片为缺 Zn 斑驳失绿。本研究则发现缺 Zn 或 Zn 偏低在赣南脐橙产区极其普遍,田间之所以不呈现大范围叶片斑驳失绿,主要是柑橘低 Zn 或轻度缺 Zn 时一般只有部分新梢表现明显症状。根据 Von Liebig 养分最小定律,缺 Zn 显然对脐橙生长结果会产生明显不利的影响,需要引起重视。

造成赣南产区脐橙叶片缺 Zn 可能有以下几方面的原因。一是赣南脐橙园主要为红壤和黄壤,少量为紫色土,红壤和黄壤中 Zn 含量低(魏向文等,1983),紫色土中的 Zn 含量虽较高但不能有效利用。二是赣南脐橙园的磷肥施用量较大,磷酸盐能加强 Fe 和 Al 的氧化物与氢氧化物对 Zn 的吸附,降低 Zn 的有效性(Bingham & Garber,1960),显著减少植物含 Zn 量(Fortini & Morani,1960),Zn、P 间存在显著的拮抗关系(Shang & Bates,1987;Bogdanovic et al.,1999)。三是土壤酸度影响营养元素有效性(Shaw & Dean,1952;李惠英和朱永官,2002),赣南土壤多呈酸性,加之大量施

用化肥致土壤进一步酸化,呈较强酸性(彭良志等,2008),导致植株缺 Zn。四是与其他元素的相互作用有关,Mg 与 Zn 之间具有协同作用(杨金泽,1988;张礼忠和毛知耘,1992),柑橘植株缺 Mg 时会加重 Zn 的缺乏(庄伊美,1994)。由于赣南脐橙园叶片黄化主要表现为缺 Mg 黄化症状,增施镁肥可有效减轻黄化(彭良志等,2008)。因此,赣南脐橙叶片 Zn 的缺乏可能也与叶片 Mg 的缺乏有关。此外,赣南红壤和黄壤脐橙园普遍施用石灰,由于石灰中的 Ca^{2+} 对植物吸收 Zn 具有抑制作用(刘铮,1964),这也可能在一定程度上加剧了 Zn 的缺乏。

综上所述,除 Zn 和 Cu 外,其它微量营养元素在赣南的绝大多数脐橙园均处于适量或高量水平。赣南脐橙 Zn 的缺失十分普遍,生产上需引起足够重视,在目前柑橘生产上有机肥难于大量推广应用的情况下,需要探索化学 Zn 肥的快速高效施用技术,以尽快矫治普遍存在的缺 Zn 的现象。赣南属于柑橘溃疡病分布区,通常认为生产上因防治溃疡病喷布含 Cu 杀菌剂,柑橘不可能缺 Cu。但从本研究结果看,脐橙叶片 Cu 低量的果园还占有一定比例,少量脐橙园还处于缺乏水平,这主要出现在无溃疡病果园或采用抗生素制剂防止溃疡病的果园。因此,对这类果园有必要适当喷施铜制剂,以防止缺 Cu。

References

- Bingham F T, Garber M J. 1960. Solubility and availability of micronutrients in relation to phosphorus fertilization. *Soil Science Society of America*, 24: 209–213.
- Bogdanovic D, Ubavic M, Cuvardic M. 1999. Effect of phosphorus fertilization on Zn and Cd contents in soil and corn plants. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 54 (1): 49–56.
- Burleson C A, Dacus A D, Gerard C J. 1961. The effect of phosphorus fertilization on the zinc nutrition of several irrigated crops. *Soil Science Society of America*, 25: 365–368.
- Fortini S, Morani V. 1960. Phosphorus-zinc antagonism at excessive rates of phosphate fertilizing and the probable interaction of sodium. *Agrochimica*, 4: 209–215.
- He Tian-fu. 1999. Citrus science. Beijing: China Agriculture Press: 308–313. (in Chinese)
- 何天富. 1999. 柑橘学. 北京: 中国农业出版社: 308–313.
- Hu Ai-tang. 2003. Plant nutrition (second volume). Beijing: Chinese Agricultural University Press: 356–410. (in Chinese)
- 胡霭堂. 2003. 植物营养学(下册). 北京: 中国农业大学出版社: 356–410.
- Jiang Cun-cang, Wang Yun-hua, Liu Gui-dong, Xia Ying, Peng Shu-ang, Zhong Ba-lian, Zeng Qing-sai. 2009. Effect of boron on the leaves etiolation and fruit fallen of newhall navel orange. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 15 (3): 656–661. (in Chinese)
- 姜存仓, 王运华, 刘桂东, 夏颖, 彭抒昂, 钟八莲, 曾庆赛. 2009. 赣南脐橙叶片黄化及施硼效应研究. *植物营养与肥料学报*, 15 (3): 656–661.
- Li Hui-ying, Zhu Yong-guan. 2002. The effects of different levels of phosphorus and zinc fertilizers on production and absorption in two barley species. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 10 (4): 51–53. (in Chinese)
- 李惠英, 朱永官. 2002. 不同磷钾施肥量对大麦产量及其吸收的影响. *中国生态农业学报*, 10 (4): 51–53.
- Liang Mei-qing. 2007. Application of boron fertilizer on navel orange in Gannan. *Modern Gardening*, (10): 5–6. (in Chinese)
- 梁梅青. 2007. 赣南脐橙上硼肥的施用. *现代园艺*, (10): 5–6.
- Liu Zheng. 1964. Zn in soil // Li Qing-kui, Cui Cheng. Meetings journal of minor element research in Chinese Academy of Sciences. Beijing: Science Press: 112. (in Chinese)
- 刘铮. 1964. 土壤中的 Zn // 李庆逵, 崔激. 中国科学院微量元素研究工作会议会刊. 北京: 科学出版社: 112.
- Peng Liang-zhi, Lai Jiu-jiang, Chun Chang-pin, Cao Li, Zhong Li-hua, Jiang Cai-lun, Ling Li-li. 2008. Role of compound magnesium fertilizer in correcting leaf yellowing caused by nutrient element deficiency on navel orange in Gannan. *South China Fruits*, 37 (3): 7–9. (in Chinese)
- 彭良志, 赖九江, 淳长品, 曹立, 钟莉华, 江才伦, 凌丽俐. 2008. 复合镁肥对赣南脐橙缺素黄化的矫治作用. *中国南方果树*, 37 (3): 7–9.

- Qin Yu-sheng , Tu Shi-hua , Feng Wen-qiang , Liao Ming-lan. 2004. Effects of spraying the minor element fertilizer on navel orange. *South China Fruits* , 33 (1) : 9 – 10. (in Chinese)
- 秦鱼生, 涂仕华, 冯文强, 廖鸣兰. 2004. 脐橙喷施微量元素肥料的效应研究. *中国南方果树* , 33 (1) : 9 – 10.
- Shang C , Bates T E. 1987. Comparison of zinc soil tests adjusted for soil and fertilizer phosphorus. *Fertilizer Research* , 11 : 209 – 220.
- Shaw E , Dean L A. 1952. Use of dithizone as an extractant to estimate the zinc nutrient status of soils. *Soil Science* , 73 : 341 – 347.
- Sheng Ou , Yan Xiang , Peng Shu-ang , Deng Xiu-xin , Fang Yi-wen. 2007. Relationship between boron deficiency occurrence and changes in contents of different boron forms in leaves of Newhall Navel orange during fruit development. *Acta Horticulturae Sinica* , 34 (5) : 1103 – 1110. (in Chinese)
- 盛 鸥, 严 翔, 彭抒昂, 邓秀新, 方贻文. 2007. 纽荷尔脐橙果实发育期叶片不同形态硼含量与缺硼的关系. *园艺学报* , 34 (5) : 1103 – 1110.
- State Forestry Administration of P. R. China. 2000. Forestry industry standard in The People's Republic of China LY/T 1210—1275-1999(forest soil analysis methods). Beijing : Standard Press of China : 279 – 294 , 301 – 304. (in Chinese)
- 国家林业局. 2000. 中华人民共和国林业行业标准 LY/T 1210—1275-1999 (森林土壤分析方法). 北京 : 中国标准出版社 : 279 – 294 , 301 – 304.
- Thomas A O , Mongi Z , Edward A H. 2008. Soil and leaf tissue testing // Thomas A O , Kelly T M. *Nutrition of Florida citrus trees*(2nd edition). Florida : Florida Cooperative Extension Service , Institute of Food and Agricultural Sciences , University of Florida : 27.
- Wei Liang-min , Tian Xiao-dong. 2004. Analyses of microelement deficiency results in sugarbeet leaves yellowing. *Chinese Beet & Sugar* , 3 : 48 – 49. (in Chinese)
- 魏良民, 田晓东. 2004. 微量元素缺乏导致甜菜叶片黄化原因分析. *中国甜菜糖业* , 3 : 48 – 49.
- Wei Xiang-wen , Wen Yong-huang , Weng Shan-lan , Wu Yu-mei. 1983. Zinc pigment content of Jiangxi agricultural soil and red soils required to fertilize zinc. *Jiangxi Agricultural Science & Technology* , (5) : 58 – 59 (in Chinese)
- 魏向文, 温永煌, 翁善兰, 吴玉梅. 1983. 江西农业土壤锌素含量与红壤地区需要施用锌肥的土壤. *江西农业科技* , (5) : 58 – 59.
- Xiao Jia-xin , Yan Xiang , Peng Shu-ang , Deng Xiu-xin , Fang Yi-wen. 2006. Relationship between boron deficiency occurrence and annual changes in contents of boron and sugar of newhall navel orange. *Acta Horticulturae Sinica* , 33 (2) : 356 – 359. (in Chinese)
- 肖家欣, 严 翔, 彭抒昂, 邓秀新, 方贻文. 2006. 纽荷尔脐橙缺硼表现与其硼、糖含量年变化的关系. *园艺学报* , 33 (2) : 356 – 359.
- Xiao Jia-xin , Yan Xiang , Peng Shu-ang , Fang Yi-wen. 2007. Seasonal changes of mineral nutrients in fruit and leaves of ' Newhall ' and ' Skagg's Bonanza ' navel oranges. *Journal of Plant Nutrition* , 30 (5) : 671 – 690.
- Xiao Jia-xin , Yan Xiang , Peng Shu-ang , Fang Yi-wen. 2008. Dynamics of several mineral nutrient concentrations during fruit development of Washington navel orange in southern Jiangxi Province. *Chinese Journal of Eco-Agriculture* , 16 (1) : 134 – 138. (in Chinese)
- 肖家欣, 严 翔, 彭抒昂, 方贻文. 2008. 赣南华盛顿脐橙果实发育中几种矿质营养含量动态的研究. *中国生态农业学报* , 16 (1) : 134 – 138.
- Yang Jin-ze. 1988. Sulfur , magnesium and minor elements in plant nutrient. *Soil Science Progress* , 16 (1) : 34 – 39. (in Chinese)
- 杨金泽. 1988. 植物营养中硫、镁和微量元素. *土壤学进展* , 16 (1) : 34 – 39.
- Zhang Li-zhong , Mao Zhi-yun. 1992. *Inorganic nutrition of plants*. Beijing : China Agriculture Press. (in Chinese)
- 张礼忠, 毛知耘. 1992. 植物的无机营养. 北京 : 中国农业出版社.
- Zhuang Yi-mei. 1994. *Citrus nutrition and fertilization*. Beijing : China Agriculture Press. (in Chinese)
- 庄伊美. 1994. 柑桔营养与施肥. 北京 : 中国农业出版社.