

文章编号: 1008-2786(2001)05-0460-05

福建山地龙眼园土壤镁素状况与龙眼缺镁调控措施

李 延, 刘星辉, 庄 卫民
(福建农业大学, 福建 福州 350002)

摘 要: 福建山地龙眼园土壤镁素状况因成土母质不同而异, 玄武岩发育的土壤供镁充足, 第四纪红壤尤其是花岗岩、凝灰岩发育的土壤供镁水平低或极低, 这类土壤是福建山地龙眼园的主要土壤类型, 应重视施用镁肥。土壤活性铝含量高, 部分龙眼园土壤 K/Mg 比值过高, 抑制了龙眼镁素吸收, 也是造成山地龙眼缺镁的重要原因。龙眼缺镁的调控措施是: 施用镁肥(硝酸镁喷施结合土施钙镁磷肥); 合理配施钾肥和镁肥; 消除铝毒。

关键词: 山地龙眼园土壤; 镁素状况; 缺镁调控措施; 福建省

中图分类号: S158.5 文献标识码: A

龙眼是我国著名的亚热带名优特产果树, 福建省是龙眼的主要产区, 目前种植面积已达 10 万 hm^2 , 龙眼的生产和开发对福建区域经济发展和创汇具有重要的作用, 但也必须看到, 当前龙眼生产仍普遍存在低产、不稳产甚至持续数年低产的问题, 其原因除气候因素外, 粗放果园土壤管理引起的土壤肥力低下以及树体营养失调亦是龙眼低产的重要原因之一。缺镁是龙眼生产中出现的新问题, 据调查, 福建龙眼主产区均有程度不同的缺镁症发生^[1], 其中山地龙眼园土壤缺镁问题尤为突出。本研究采集山地几种主要母质发育的龙眼园土壤, 通过土壤测定, 分析龙眼缺镁原因, 并通过田间试验提出龙眼缺镁的矫治措施。

1 材料与方法

1.1 样品采样

在福建龙眼主产区选择由花岗岩、凝灰岩、第四纪红壤和玄武岩等 4 种主要母质发育的山地果园土壤进行调查和采样。取样地点包括莆田、仙游、晋江、南靖、漳浦、福清和宁德 8 个县(市)的 34 片果

园。取样方法是选代表性龙眼树 4~5 株, 于树冠滴水线附近选取两个方向相对的取土点, 采集 0 cm~30 cm 土层的土样, 混合、风干、过筛后用作测试。

1.2 田间实验

龙眼缺镁矫治措施试验在福清市音西镇龙溪村丘陵山地红壤龙眼园进行, 供试土壤的基本性状见表 1, 设 4 个处理(1)对照, 喷清水; (2)叶面喷施 1% $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; (3)叶面喷施 1% $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; (4)叶面喷施 1% $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 每株土施 1.15 kg 钙镁磷肥。单株小区, 4 次重复, 供试树种为已出现较明显缺镁症的 5~6 年生福眼。叶面喷施次数 3 次, 时间为每年的 2、4、6 月, 每株每次喷施量为 5 kg, 钙镁磷肥用作基肥 1 次施用。试验期间的管理按当地习惯, 除处理 4 外, 其他处理均施用与处理 4 等磷(P_2O_5)量的过磷酸钙($1.3 \text{ kg} \cdot \text{株}^{-1}$)。试验处理 2 年后采夏梢营养枝顶端第 3 片复叶的第 2~3 对小叶, 每个处理(4 株)取 120 张叶片, 计算缺镁叶的数量, 以缺镁叶片数占总叶片数的百分数代表缺镁发病率, 样品同时用于叶绿素和镁含量的测定。

表 1 大田试验供试土壤的基本性状

Table 1 Some properties of the soil used for field experiment

土层 Soil horizon	有机质 ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	pH (H_2O)	CEC ($\text{cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$)	全镁 ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	交换性镁 ($\text{cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$)	交换性钙 ($\text{cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$)	交换性钾 ($\text{cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$)	碱解氮 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	速效磷 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)
0cm~30cm	5.2	4.32	8.03	1.885	0.133	0.348	0.170	113.94	2.47
30cm~60cm	3.2	4.23	6.42	1.307	0.096	0.313	0.147	33.58	1.59

收稿日期: 2001-02-14; 改回日期: 2001-06-19.
基金项目: 国家自然科学基金(49771053)和福建省自然科学基金(F99020)项目“福建红壤退化原因与复原研究”的部分内容。
作者简介: 李延(1964-), 男(汉族), 福建南安人, 博士, 副教授。1990 年和 1999 年分获浙江农业大学(现浙江大学)和福建农业大学硕士和博士学位, 从事土地退化与复原研究, 主持和参加国家自然科学基金、省自然科学基金和世行红壤科研项目, 已发表论文 30 篇。
©1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1.3 测试方法

土壤 pH 值用电位法, 以水浸提, 土水比例为 1 5; 有机质用油浴加热, K₂Cr₂O₇ 容量法; 土壤全镁用 HF~HClO₄ 消煮, 交换性 K、Ca、Mg 用 1 mol·l⁻¹ 醋酸铵浸提, 原子吸收分光光度法测定; 活性铝用 1 mol·l⁻¹ KCl 浸提, 铝试剂比色法测定; 植株 Mg 采用 1mol·l⁻¹ HCl 浸提, 原子吸收分光光度法测定, Al 用三酸消煮, 铝试剂比色法测定; 叶绿素含量用混合液提取^[3], 722 分光光度计测定。

2 结果与分析

2.1 龙眼缺镁症状

调查发现, 福建山地龙眼产区均有程度不同的缺镁症发生, 龙眼缺镁症状始见于中下位复叶, 同一复叶则是基部小叶症状较上部小叶重, 先是叶尖端和叶缘出现脉间失绿(叶脉绿色, 叶肉失绿黄化), 继而症状由叶缘沿侧脉向内扩散, 形成清晰的网状脉纹, 中脉附近的叶色不褪绿, 形成一条狭长的绿色。随症状发展, 出现叶尖坏死, 失绿部分由淡绿变黄, 并出现坏死的斑点或斑块, 严重时叶片大量脱落, 树势衰竭。

2.2 不同成土母质龙眼园的土壤镁素状况

测试土壤包括福建山地龙眼果园的主要土壤母质类型, 各类土壤的镁素状况见表 2。从土壤全镁看, 除玄武岩发育的果园含量较高(> 2.0g·kg⁻¹) 外, 均< 2.0 g·kg⁻¹, 部分花岗岩、凝灰岩和第四纪红

壤发育的土壤其全镁含量甚至< 1.0g·kg⁻¹。土壤交换性镁含量平均值(cmol(+) kg⁻¹)的高低顺序是玄武岩(1.981)> 第四纪红土(0.376)> 花岗岩(0.178)和凝灰岩(0.116)。镁饱和度情况相同。

土壤交换性镁含量和交换性镁的饱和度是衡量土壤镁素状况的重要指标。已有研究认为^[3,4], 交换性镁含量及交换性镁饱和度分别低于 0.205 cmol(+)kg⁻¹和 3 %者为供镁能力极低; 分别在 0.205 cmol(+)kg⁻¹~0.410 cmol(+)kg⁻¹和 3 %~6 %之间为低; 在 0.410 cmol(+)kg⁻¹~0.820 cmol(+)kg⁻¹和 6 %~8 %范围内为中等; 高于 0.820 cmol(+)kg⁻¹和 8 %为高。根据以上指标, 可以认为, 我省玄武岩发育的山地龙眼园土壤供镁充足, 第四纪红土, 尤其是花岗岩和凝灰岩发育的山地龙眼园土壤供镁水平低或极低, 这类土壤是我省山地龙眼园土壤的主要类型, 应重视施用镁肥。

测试土壤的有机质、pH、CEC、交换性 Ca、K 和活性铝含量见表 3, 相关分析结果表明, 土壤交换性镁含量(x)与 CEC 呈极显著正相关(r=0.906 **, y=6.692+10.783x); 与土壤 pH 呈显著正相关(r=0.371 *, y=4.235-0.955x); 与土壤活性铝含量和K Mg 比值呈极显著负相关(r=-0.447 **, y=2.561-0.873x; r=-0.450 **, y=3.004-2.182x); 与土壤有机质含量无明显相关。说明土壤 CEC、pH(或活性铝含量)和K Mg 比值是影响土壤交换性镁含量和土壤镁有效性的重要因素。

表 2 不同母质龙眼园土壤镁素状况
Table 2 Soil magnesium status of longan orchards developed from different parent materials

成土母质 Parent materials	全镁 (%) Total Mg	交换性镁(cmol(+)kg ⁻¹) Exchangeable Mg	镁饱和度 (%) Mg saturation	土样数(个) Sampling Number
花岗岩	0.462~1.798	0.074~0.376	1.05~4.08	12
	0.906	0.178	2.22	
凝灰岩	0.604~1.821	0.044~0.240	0.85~4.05	12
	1.131	0.117	1.91	
第四纪红壤	0.942~1.883	0.130~0.560	2.35~4.10	7
	1.510	0.376	2.71	
玄武岩	2.144~3.387	1.319~2.184	6.27~12.87	3
	3.035	1.981	9.68	

注: 表中数据为变幅/ 平均值, 下同。

表 3 不同母质发育的龙眼园土壤 pH、有机质、CEC 和交换性 Ca、K 及活性铝含量

Table 3 Soil pH, OM, CEC and exchangeable Ca, K, active Al content in longan orchard soils developed from different parent materials

母质 Parent materials	pH	有机质 (g·kg ⁻¹) Organic matter	CEC (cmol(+)kg ⁻¹)	交换性钙 (cmol(+)kg ⁻¹) Exchangeable Ca	交换性钾 (cmol(+)kg ⁻¹) Exchangeable K	活性铝 (cmol(+)kg ⁻¹) Active Al	土样数 Sampling Number
花岗岩	3.91~5.40	5.20~2.30	7.10~11.38	0.424~1.512	0.087~0.283	0.829~4.568	12
	4.78	8.08	8.62	1.156	0.196	2.790	
凝灰岩	4.12~4.96	4.50~20.1	7.38~9.51	0.681~1.509	0.085~0.269	0.929~3.527	12
	4.49	11.39	7.88	0.939	0.148	2.222	
第四纪红土	4.24~5.80	7.90~14.50	6.93~13.11	1.434~2.226	0.095~0.442	0.909~1.609	7
	5.24	11.40	9.67	1.724	0.305	1.175	
玄武岩	4.78~5.14	10.12~32.3	16.81~5.92	2.893~3.372	0.141~0.313	1.061~1.722	3
	4.89	18.12	23.11	3.121	0.215	1.529	

2.3 龙眼缺镁的矫治

二年定位试验结果表明(表 4),施用镁肥可显著提高龙眼叶片镁含量和叶绿素含量,与对照相比较,处理树叶片的发病率明显下降。不同施肥措施对矫治龙眼缺镁症的效果以硝酸镁喷施结合土施钙镁磷肥效果最好,其次是喷施硝酸镁,硫酸镁效果不及硝酸镁。由于两种肥料的含镁(Mg)量相差不大(分别为 10.43 %和 9.38 %),因此,造成这种差异的原因应该是镁素吸收效率的不同。与喷施硫酸镁

相比较,喷施硝酸镁在提高叶片镁含量、叶绿素含量以及降低发病率方面的效果更明显,叶面喷施硝酸镁结合土施钙镁磷肥还可明显提高土壤 pH 和交换性镁的含量,两者分别由试验前(0 cm~30 cm 土层)的 4.32 和 0.133 cmol(+)kg⁻¹ 上升至试验后的 5.86 和 0.519 cmol(+)kg⁻¹,这对改善土壤性质,保证龙眼后期生长所需的镁素营养是重要的。今后,山地龙眼园在磷肥品种选择上应采用钙镁磷肥,对已出现缺镁症的龙眼可采取硝酸镁喷布。

表 4 不同施镁肥处理对龙眼叶片镁、叶绿素含量和发病率的影响

Table 4 Effect of Mg fertilizations on Mg, chlorophyll content and morbidity of Mg deficiency in leaves of longan

处理 Treatments	含镁量(g·kg ⁻¹) Mg content			叶绿素含量(ug·cm ⁻²) Chlorophyll content			发病率(%) Morbidity	
	处理前	处理后	增加(%)	处理前	处理后	增加(%)	处理前	处理后
CK	1.62	1.50	7.41	13.18	11.73	-11.00	12.50	15.00
1% MgSO ₄ ·7H ₂ O	1.58	2.66	+68.35	15.22	28.65	+88.24	13.33	9.16
1%Mg(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O	1.53	3.25	+112.42	14.67	36.70	+15.017	13.33	5.83
1%Mg(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O ⁺ 钙镁磷肥	1.62	4.79	+195.68	15.81	40.23	+154.46	11.67	3.33

3 讨论与结论

福建龙眼园土壤缺镁普遍,尤其是花岗岩、凝灰岩和第四纪红壤发育的山地果园更感镁素不足。造成龙眼缺镁的原因除与母岩风化强烈,镁淋失严重^[3],以及红壤粘土矿物以不含镁的高岭石为主外^[6],活性铝含量高,部分龙眼园土壤 K/Mg 比值过高,抑制了龙眼镁素吸收,也是重要原因。本研究发现,土壤交换性镁含量与土壤活性铝含量呈极显著负相关($r=-0.447^{**}$),说明龙眼缺镁症的发生与

土壤活性铝之间存在着密切关系。铝的毒害一直被认为是酸性土壤上植物生长最重要的限制因子^[7,8]。研究表明,铝明显抑制龙眼植株的生长,降低龙眼对镁以及钾、钙的吸收,这种抑制作用在镁浓度低时尤为显著,而提高供镁浓度可减轻铝的毒害作用^[7,9]。
K⁺、Ca²⁺与 Mg²⁺之间有拮抗作用,大量施用钾肥或钙肥会抑制植物对 Mg²⁺的吸收,使植物发生缺镁症^[8]。一般要求果园土壤交换性 K/Mg 比值小于 0.6(以 cmol(+)kg⁻¹为单位进行比较,下同),交换性 Ca/Mg 比值不超过 12^[10],否则易引起植物缺镁。从采样分析的龙眼园土壤看,交换性 K/Mg 比值的

变幅是 0.169~2.096, 平均 1.354; 交换性 Ca/Mg 比值变幅为 1.559~9.710, 平均 4.906。由此看来, 我省部分龙眼园的确存在 K-Mg 不平衡问题, 相关分析结果亦表明, 土壤交换性镁含量与交换性 K/Mg 比值存在极显著负相关 ($r = -0.450^{**}$), 但从所采土样的交换性钾含量看, 高于 $0.256\text{cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$ 临界值的土样只占 29.33%, 说明我省大部分山地龙眼园土壤钾素状况亦属缺乏, 在这种情况下, 不宜过份强调钾—镁拮抗或钾诱发缺镁, 而应在继续提倡合理施用钾肥的同时, 重视龙眼园土壤镁素营养的补给。从土壤交换性 Ca/Mg 比值看, 我省龙眼园土壤不致于因 Ca/Mg 比值过高而引起缺镁, 相关分析结果表明, 土壤交换性镁与交换性钙含量之间存在极显著的正相关 ($r = 0.761^{**}$, $y = 0.582 + 2.068x$), 这与 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 在土壤中具有相似的化学行为, 且它们的含量都受到母质和风化淋溶的影响有关。今后, 酸性红壤施用石灰仍将作为调节土壤 pH, 降低活性铝含量的重要措施, 在这种情况下, 调节龙眼钾—镁平衡的问题也应引起足够的重视。

综上, 龙眼缺镁症的调控措施可归纳为

1. 合理施用镁肥, 施用镁肥可显著提高龙眼叶片镁含量, 降低龙眼缺镁症的发病率(表 4)。生产上选择镁肥品种时, 除考虑 Mg^{2+} 的淋失外, 还应考虑肥料价格和肥料其他成份的作用。钙镁磷肥中的镁不易淋失, 且价格低廉, 除含镁(MgO 10%~15%)外, 还含有磷(P_2O_5 12%~20%)、钙(CaO 25%~40%)、硅(SiO_2 20%~35%), 是具有中和土壤酸度的多成分肥料, 在红壤中, 其磷、镁、钙等成分的有效性高。福建省山地龙眼园土壤酸性较强, 矫治龙眼缺镁症宜首选钙镁磷肥, 由于钙镁磷肥在土体中不易迁移, 因此应强调适当深施 对已出现缺镁症的龙

眼可采用叶面喷施 $1\% \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$;

2. 钾、镁肥合理配施, 试验结果表明^[7], 钾肥与镁肥均显著影响龙眼生长, 且钾、镁之间存在明显的交互作用, 山地龙眼园土壤钾肥(KCl)与镁肥($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)的适宜配施比例是 2:1。

3. 消除铝毒, 施用石灰和有机肥是消除铝毒的有效措施, 今后应加强龙眼铝毒害及耐性生理生化机制方面的研究。

参考文献:

- [1] 李延, 陈秋林, 刘星辉. 缺镁对龙眼碳、氮代谢若干生理指标的影响[J]. 福建农业学报. 1998, 13(增刊): 48~52.
- [2] 沈伟其. 测定叶绿素含量的混合液提取法[J]. 植物生理学通讯. 1988, (3): 62~64.
- [3] 孙光明, 黄健安, 陆发熹. 粤西砖红壤的镁素状况及其有效性[J]. 华南农业大学学报. 1988, 11(3): 39~46.
- [4] Walsh L M, Beaton J D 著. 周鸣铮译. 土壤测定与植物分析[M]. 北京: 农业出版社. 1982. 88~99.
- [5] 李延, 刘星辉, 庄卫民. 山地龙眼园土壤镁素淋失特点模拟[J]. 山地学报, 2000, 18(3): 248.
- [6] 赵其国, 石华. 我国热带、亚热带地区土壤的发生、分类及特点[A]. 见: 李庆远主编, 中国红壤[M]. 北京: 科学出版社, 1983. 1~23.
- [7] 王家玉. 土壤营养元素交互作用研究[J]. 土壤学进展. 1992, 20(2): 1~10.
- [8] 潘开文. 四川大河流域土壤活性铝含量及其对连香树群落的影响[J]. 山地学报. 1999, 17(2): 147~151.
- [9] 李延. 龙眼(*Dimocarpus Longana* Lour.)缺镁胁迫生理基调控技术研究[J]. 福建农业大学博士论文, 1999: 44~60.
- [10] Kochian L V. ? Cellular mechanisms of Aluminum ? toxicity and resistance in plants. Ann. Rev. Plant Physiol. Mol. Biol. 1995, 46: 237~260.
- [11] 袁可能. 植物营养元素的土壤化学[M]. 北京: 科学出版社, 1983. 261~295.

Studies on Magnesium Status in Mountain Soils of Longan Orchards and on the Control Methods for Longan Magnesium Deficiency in Fujian

LI Yan, LIU Xing-hui and ZHUANG Wei-ming

(*Fujian Agricultural University, Fuzhou 350002 China*)

Abstract: Soils analysis data showed that magnesium status in mountain soils of longan depended to a large extent on soil parent materials. The soils derived from basalt were rich in exchangeable magnesium and had high magnesium saturation. The soils derived from quaternary period red earth, especially from granite and tuf, the main mountain soil types in Fujian province, were poor in exchangeable magnesium and had low magnesium saturation. Besides soil magnesium status, high active aluminum content and high ratio of exchangeable potassium to exchangeable magnesium were also the causes for longan magnesium deficiency. Results of two years location field experiment showed that application of magnesium fertilizers markedly increased magnesium content in the leaves and decreased the morbidity of magnesium deficiency of longan. Combined soil application of calcium magnesium phosphate with foliar spraying of magnesium nitrate was the best choice for the correction of magnesium deficiency in longan. Rational application of potassium and magnesium fertilizers, detoxification of aluminum were also effective control methods for longan's magnesium deficiency.

Key words: soils of mountain longan orchard; Magnesium status; control methods of magnesium deficiency; Fujian province