

文章编号: 1008-2786(2000)03-0248-05

山地龙眼园土壤镁素淋失特点模拟

李 延, 刘星辉, 庄卫民
(福建农业大学, 福建 福州 350002)

摘 要: 土柱淋溶模拟实验结果表明, 山地龙眼园土壤 Mg^{2+} 易遭受淋失而导致龙眼缺镁。不同施肥措施对 Mg^{2+} 淋失的影响是: 施 KCl 促进 Mg^{2+} 的淋失; 施尿素抑制土柱中的 Mg^{2+} 向下迁移, 从而减少 Mg^{2+} 的淋失; 施石灰对 Mg^{2+} 淋失无明显影响。三种镁肥品种的 Mg^{2+} 淋失量是 $MgCl_2 \cdot 6H_2O > MgSO_4 \cdot 7H_2O >$ 钙镁磷肥。

关键词: 山地龙眼园土壤; 镁淋失; 模拟实验

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, 缺镁是龙眼生产中普遍存在的问题^[1,2], 其中尤以山地龙眼园土壤缺镁问题最为突出。以福建省为例, 红壤丘陵山地 80% 的红壤镁素含量不足^[3]。由花岗岩、凝灰岩和第四纪红壤发育的龙眼园土壤供镁水平低或极低, 这类土壤也是福建山地龙眼园土壤的主要类型^[4]。据研究^[5], 淋溶和排水是土壤镁损失的主要途径, 其损失量达 $3.0\text{ kg/km}^2 \sim 39.0\text{ kg/hm}^2$, 多雨地区和砂质土壤, 镁的淋溶损失更严重, 淋失量高达 90 kg/hm^2 。迄今为止, 有关土壤镁素淋溶的定量研究很少, 从土壤镁素迁移特点来探讨龙眼缺镁症发生机制及调控措施的研究则未见报道。本文通过室内土柱模拟试验, 研究镁在红壤中的迁移及其影响因素, 以期在理论上进一步探明红壤缺镁的发生机制, 实践上为矫治龙眼缺镁措施提供依据。

1 材料与方法

1.1 实验方法

供试土壤采自晋江市紫帽镇由花岗岩发育的丘陵红壤龙眼园, 土壤基本性状见表 1, 土样按表层和心土层分别采集, 风干后过 2 mm 土筛, 土柱装置参考沈仁芳等^[6]的方法。土柱为 PVC (polyvinyl chloride) 材料的园柱体 (高 65 cm, 内径 10 cm), 分 2 层装土, 即 20 cm ~ 60 cm 为一层 (容量 1.3 g/cm^3 , 装土 4 084 g), 0 cm ~ 20 cm 为一层 (容量 1.2 g/cm^3 , 装土 1 885 g)。各处理土柱肥料加入方法是将肥料与 0 cm ~ 5 cm

表 1 土柱淋洗试验供试土壤的基本性状

Table 1 Some properties of the soil used for the leaching experiment

项 目 Items	土 层 Soil horizon	
	0 cm ~ 20 cm	20 cm ~ 60 cm
有机质 O. M (g/Kg)	11.6	7.25
pH(H ₂ O)	4.70	4.51
CEC (cmol(+) Kg)	7.80	3.94
全镁 Total Mg (g/Kg)	1.288	0.947
交换性镁 Exch. Mg (cmol(+) Kg ⁻¹)	0.251	0.260
交换性钙 Exch. Ca (cmol(+) Kg ⁻¹)	0.822	0.827
交换性钾 Exch. K (cmol(+) Kg ⁻¹)	0.189	0.186
活性铝 Active Al (cmol(+) Kg ⁻¹)	2.448	2.575
粘粒 Clay (<0.002mm (g/Kg) ⁻¹)	401.8	431.1

收稿日期: 1999-11-11; 改回日期: 2000-04-12
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。

土层的土壤(470 g)混合均匀后, 填装在土柱表面。

试验设 7 个处理:

- 1. CK(NPK): 每土柱(下同)加 1.258 g 尿素, 1.899 g 过磷酸钙, 0.8599 g 氯化钾;
- 2. T₁: NPK+3.098 g 钙镁磷肥;
- 3. T₂: NPK+3.056 g MgSO₄·7H₂O;
- 4. T₃: NPK+2.508 g MgCl₂·6H₂O;
- 5. T₄: NP+MgSO₄·7H₂O;
- 6. T₅: PK+MgSO₄·7H₂O;
- 7. T₆: NPK+MgSO₄·7H₂O+2.360g CaCO₃。

以上处理中, 设置 T₁、T₂、T₃ 处理的目的是为了比较红壤土柱中不同品种钾肥的镁素迁移特点, T₄、T₅、T₆ 处理与 T₂ 处理相比较, 可以看出施用氮肥(尿素)、钾肥(KCl)和石灰(CaCO₃)对镁素迁移的影响。氮、磷、钾肥用量为龙眼推荐施肥量的 2 倍(以 225 株/hm² 计算)^[6], 石灰用量为常规量。T₁、T₂、T₃ 处理的纯镁(Mg)量均为 0.2980 g。

处理后的土柱, 每天从顶端由蠕动泵加入去离子水 120 ml(约 1.53 cm), 持续 92 d, 共加水 1 400 mm, 相当于我省龙眼主产区的年均降水量。每 7 d 收集 1 次渗漏液, 量取其体积, 样品用作 pH、Mg、K 的测定, 根据渗漏液体积和渗漏液元素浓度计算土柱元素的淋失量。试验结束后, 按 0 cm~5 cm, 5 cm~10 cm, 10 cm~20 cm, 20 cm~40 cm 和 40 cm~60 cm 土层采样, 测定土壤交换性镁含量。

1.2 测试方法

渗漏液元素浓度用原子吸收分光光度法测定; 渗漏液及土壤 pH 值用电位法, 土壤 pH 值测定以水浸提, 土水比例为 1:5; 有机质用油浴加热, K₂Cr₂O₇ 容量法; 土壤交换性 K、Ca、Mg 用 1 mol/l 醋酸铵浸提, 原子吸收分光光度法测定; 活性铝用 1 mol/l KCl 浸提, 铝试剂比色法测定。

2 结果与分析

2.1 镁的淋失历程

图 1 和图 2 分别是不同时间土柱渗漏液中 Mg²⁺ 的浓度和 Mg²⁺ 累计淋失量, 可以看出, CK 处理在整个淋溶试验期间都存在 Mg²⁺ 的淋失, 渗漏液 Mg²⁺ 的浓度在第 14 d 就达到高峰(18.4 mg/l⁻¹ Mg²⁺), 说明 Mg²⁺ 在土体中很容易淋失。相同施镁量情况下, 不同镁肥处理其渗漏液 Mg²⁺ 浓度和 Mg²⁺ 的淋失量均为 MgCl₂·6H₂O>MgSO₄·7H₂O> 钙镁磷肥, 钙镁磷肥处理 Mg²⁺ 的淋失与 CK 几无差异, 表明钙镁磷肥中的镁不易淋失。

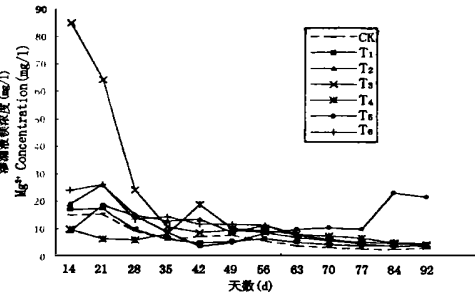


图 1 各处理渗漏液的 Mg²⁺ 浓度曲线
Fig. 1 Mg²⁺ concentration of the leachates from repacked soil columns with different treatments

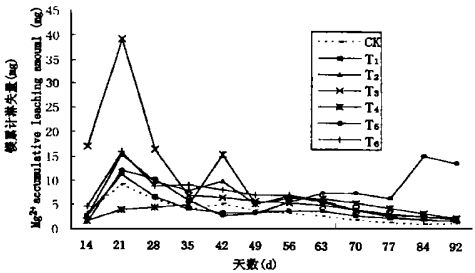


图 2 各处理的 Mg²⁺ 累计渗漏量曲线
Fig. 2 Cumulative leaching curves of Mg²⁺ from the repacked soil columns with different treatments

T₂与T₄处理的Mg²⁺淋失高峰分别出现在第14 d和第35 d,前28 d Mg²⁺的淋失是T₂明显大于T₄,28 d~42 d为T₄略大于T₂,之后则差异不大,说明施KCl会加快Mg²⁺的淋失。比较T₂和T₅处理,可以发现,施尿素导致Mg²⁺淋失的峰值提前,以42 d为界,前期T₂>T₅,后期T₅>T₂,且T₅处理在接近淋溶实验结束的第84 d~92 d有一个非常明显的峰值。与T₂处理相比较,施用石灰(T₆)对Mg²⁺的淋失无明显的影响。

相关分析结果表明,各处理的Mg²⁺淋失量(Y,mg)均与降水量(X,mm)呈极显著正相关(表2),说明降水量是影响土壤镁素淋失的重要因素之一。

2.2 交换性镁在土柱中的分布

表3是淋洗试验结束后,不同处理交换性镁在土柱中的分布,可以看出,施镁明显提高了各土层交换性镁的含量。CK处理,20 cm~60 cm土层的交换性镁含量明显>0 cm~20 cm土层,而淋洗前0 cm~20 cm和20 cm~60 cm土层交换性镁含量相差不大,分别为0.251cmol(+)Kg⁻¹和0.260cmol(+)Kg⁻¹,说明Mg²⁺在土壤中易迁移而遭受淋失。三种镁肥品种相比较,0 cm~5 cm土层交换性镁含量为钙镁磷肥明显大于MgSO₄·7H₂O和MgCl₂·6H₂O,5 cm~10 cm

表2 不同处理的Mg²⁺淋失量与降水量间的回归方程
Table 2 Regression equations expressing relationship between the amount of leached Mg²⁺ and the amount of rainfall

处理 Treat ments	回归方程 Regression equations	相关系数 ¹⁾ Correlation coefficients
CK	$Y = 6.904 + 0.0304X$	0.967 **
T ₁	$Y = 6.369 + 0.0331X$	0.977 **
T ₂	$Y = 7.229 + 0.0549X$	0.973 **
T ₃	$Y = 4.0385 + 0.0613X$	0.913 **
T ₄	$Y = -5.489 + 0.0539X$	0.989 **
T ₅	$Y = -3.812 + 0.0612X$	0.982 **
T ₆	$Y = 9.392 + 0.0557X$	0.971 **

1) **代表相关极显著。

表3 施肥处理对交换性镁在土柱中分布的影响

Table 3 Effects of fertilization practices on the distribution of exchangeable Mg in soil columns

土 层 soil depth(cm)	交换性镁 Exchangeable Mg (cmolK ⁺)Kg ⁻¹)						
	CK	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
0~5	0.193	2.531	1.203	1.006	1.303	0.914	1.150
5~10	0.203	1.096	1.293	1.168	1.518	0.814	1.127
10~20	0.243	0.486	1.008	1.035	1.266	0.639	1.061
20~40	0.263	0.296	0.750	0.712	0.758	0.842	0.711
40~60	0.287	0.338	0.536	0.555	0.195	0.789	0.540

土层各处理相差不大,10 cm~60 cm土层则为MgCl₂·6H₂O、MgSO₄·7H₂O明显大于钙镁磷肥,这与MgCl₂·6H₂O和MgSO₄·7H₂O中的Mg²⁺易淋失有关。T₂和T₄处理土层交换性镁含量相比较,0 cm~20 cm土层T₄>T₂,20 cm~40 cm土层两者相差不大,40 cm~60 cm土层为T₂>T₄,说明施KCl会促使Mg²⁺向下迁移。施尿素的作用与KCl相反,T₅与T₂处理比较,0 cm~20 cm土层交换性镁含量T₂>T₅,20 cm~60 cm土层特别是40 cm~60 cm土层的交换性镁含量,T₅处理明显大于T₂,可以预测,随着淋失过程的继续进行,两个处理间Mg²⁺淋失量的差异还将加大,说明施尿素减少Mg²⁺的淋失与尿素抑制Mg²⁺的向下迁移有关。施石灰对Mg²⁺在土柱中的分布无明显影响(T₂与T₆处理比较)。

2.3 镁的淋失量

淋洗试验结束后,不同施肥处理Mg²⁺的总淋失量见图3,三种镁肥相比较,MgCl₂·6H₂O处理Mg²⁺的淋失量分别是钙镁磷肥和MgSO₄·7H₂O的2.32倍和1.50倍。施KCl处理的Mg²⁺淋失量提高17.24%(T₂与T₄处理比较),施尿素可抑制Mg²⁺的淋失,而石灰对Mg²⁺的淋失无明显影响。

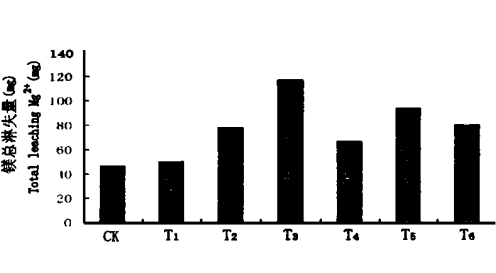


图 3 不同施肥处理对土柱 Mg^{2+} 淋失量的影响
Fig. 3 Effects of fertilization practices on accumulative amount of leached Mg^{2+} in soil columns

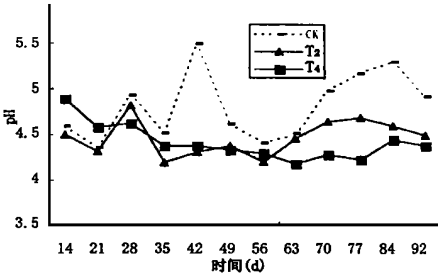


图 4 土柱渗漏液 pH 的变化曲线
Fig. 4 pH curves of the leachates from soil columns with different treatments

3 讨 论

红壤作为福建省面积最大的土壤资源, 具有酸性强、阳离子交换量(CEC)低以及持水保肥性能差等特点^[8], 由于地处亚热带, 降雨量大且分布不均, 易造成营养元素的淋失。土柱淋溶模拟实验结果表明, 红壤中的 Mg^{2+} 易遭受淋失。以 CK 处理为例, Mg^{2+} 淋失率(Mg^{2+} 淋失量占淋洗前土柱交换性镁总量的比例)为 24.63%, 与 K^{+} 相当(26.84%, CK 处理计算值), 因此, 红壤镁素淋失问题应引起重视。

根据本研究结果, 可将影响红壤 Mg^{2+} 淋失的因素归纳为: 1. 降雨量, Mg^{2+} 的淋失量随降雨量的提高而增加(表 3), 这是造成红壤镁素贫乏的重要原因之一, 也预示缺镁将成为热带、亚热带土壤普遍存在的问题; 2. 镁肥品种, 氯化镁的 Mg^{2+} 淋失量明显大于硫酸镁和钙镁磷肥(图 3), 其原因是: 钙镁磷肥中的镁以不溶态的 $Mg_3(PO_4)_2$ 形式存在因而溶解度低, 淋溶损失少; $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 中的 SO_4^{2-} 可被土壤专性吸附, 这些 SO_4^{2-} 可吸附 Mg^{2+} , 而 Cl^{-} 不被土壤吸附, 因而硫酸盐的淋失量少于氯化物^[9]; 3. 其他肥料: 施 KCl 促进 Mg^{2+} 的淋失, 其原因一是 K^{+} 与 Mg^{2+} 置换, 减少 Mg^{2+} 被土壤的吸附; 二是施 KCl 降低了土壤 pH(图 4), 减少土壤胶体所带负电荷的数量, 进而减少 Mg^{2+} 的吸附。施尿素抑制 Mg^{2+} 淋失的机制尚不清楚, 其原因除与尿素抑制 Mg^{2+} 的向下迁移(表 3)有关外, 还可能与尿素水解后 NH_4^{+} 浓度提高, NH_4^{+} 、 K^{+} 置换作用相对提高了土壤胶体对 Mg^{2+} 的吸附有关。施石灰对 Mg^{2+} 的淋失无明显影响。

综上, 可以认为土壤镁素淋失是导致山地龙眼园果树缺镁的重要原因。土壤中镁的淋失与许多因素有关, 除本研究所涉及的降雨量、镁肥品种和配施肥料外, 土壤抗蚀能力、CEC、质地等对土壤镁的淋失也有明显的影响。如何建立并优化土壤镁素淋失模型以减少土壤镁素损失是今后需要进一步研究的内容。

参考文献:

[1] 李延, 陈秋峰, 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] 张发宝, 陈建生, 刘国坚. 广东龙眼立地土壤基本养分状况分析[J]. 热带亚热带土壤科学. 1998, 7(1): 31 ~ 35.

[3] 林齐民, 陈举鸣. 福建主要土壤类型的镁素含量[J]. 福建农学院学报. 1986, 15(2): 132 ~ 139.

[4] 李延. 龙眼(Dimocarpus Longana Lour.)缺镁胁迫生理及调控技术研究[D]. 福建农业大学博士论文, 1999. 44 ~ 60.

[5] 谢建昌, 杜承林, 李伏生, 等. 中国南方地区土壤镁素状况与需镁前景[A]. 见: 胡思农. 硫、镁和微量元素在作物营养平衡中的作用国际学术讨论会论文集[C], 成都: 成都科技大学出版社, 1993. 126 ~ 134.

[6] Shen R. F., Zhao Q. G., Leaching of fertilizer ions in red earth from repacked soil columns: I leaching of calcium, mag-

- nesium and potassium [A] . In: Zhao Q. G *et al.* Pedosphere Proceedings of the second workshop on material cycling in pedosphere [C] . Nanjing University Press. 1994: 350 ~ 358.
- [7] 苏明华, 庄伊美, 江由, 等. 不同施肥水平对龙眼秋梢结果母枝和产量的影响 [J] . 亚热带植物通讯, 1990, (1): 17 ~ 22.
- [8] 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. 中国红壤 [C] . 北京: 科学出版社, 1983. 1 ~ 23.
- [9] 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.

THE CHARACTERISTICS OF LEACHING LOSS OF MAGNESIUM IN MOUNTAIN SOIL OF LONGAN ORCHARD

LI Yan, LIU Xing-hui, ZHUANG Wei-min
(*Fujian Agricultural University, Fuzhou 350002 PRC*)

Abstract : An indoor simulating experiment was conducted with repacked soil columns for studying the leaching process of magnesium in soil of mountain longan orchards. The objective was to identify the effects of fertilization practices on leaching pattern and magnitudes of Mg^{2+} . The treatments were CK (NPK, as a control), NPK + calcium magnesium phosphate, NPK + magnesium sulfate, NPK + magnesium chloride, NP + magnesium sulfate, PK + magnesium sulfate, NPK + magnesium sulfate + lime. The columns were leached with 120ml deionized water daily through peristaltic pump over a period of 92 days. Leachates were collected once every 7 days. Mg^{2+} in the leachates were determined by atomic absorption spectrometry. At the end of leaching process, soils were sampled from different depths of the soil columns to determine exchangeable magnesium content. Results showed that magnesium was relatively easily leached from soil, and as a result, caused magnesium deficiency of longan. Application of KCl promoted the leaching of magnesium. Application of urea inhibited the downward movement of exchangeable magnesium, as a result prevented the leaching of magnesium. The application of $CaCO_3$ scarcely had effects on the leaching loss of magnesium. The leaching amount of magnesium in three magnesium fertilizers treatments was in the following order: magnesium chloride > magnesium sulfate > calcium magnesium phosphate.

Key words: soil of mountain longan orchard; leaching of magnesium; simulating experiment