

土壤施镁对芒果产量与品质的影响

臧小平, 王甲水, 周兆禧, 戴敏洁, 林兴娥, 葛宇, 丁哲利, 马蔚红*

(中国热带农业科学院海口实验站, 海南 海口 570102)

摘要: 田间试验研究了常规施肥基础上花前增施镁肥对芒果果实产量、品质及经济效益的影响。试验设3个处理, 空白对照、常规施肥和增施 Mg 肥。结果表明: 与常规施肥相比, 增施 Mg 肥处理芒果单株产量可达 24.12 kg/株, 折合产量 12.06 t/hm², 增产 9.7%; 果实营养品质得到提升, 可溶性固形物含量提高 9.6%, 可滴定酸降低 14.6%, 固酸比提高 28.1%; 净收入较常规施肥处理高 5 429 元/hm², 提高 21.2%。土壤增施镁肥是提升芒果产量与品质的有效措施。

关键词: 镁肥; 芒果; 产量; 品质

中图分类号: S143.7⁺2; S667.7

文献标识码: A

文章编号: 1673-6257 (2017) 03-0089-04

芒果 (*Mangifera indica* L.) 是漆科芒果属热带果树, 因果实外观美、肉质细嫩和风味独特而享有“热带果王”之美誉^[1]。海南是我国芒果主要产区之一, 芒果种植面积常年保持在 45 000 hm² 左右, 西南部干热地区 (三亚、乐东、东方、昌江) 为产业发展优势区域, 芒果产业已成为热区农业支柱性产业。近年来, 国内对南方红黄壤镁素营养丰缺的研究较多。白由路等^[2]的研究表明, 我国土壤有效镁处于严重缺乏或缺乏状态的土壤面积占 21%, 有效镁含量较低的区域主要包括江西、福建、广东、海南、广西和贵州等省份, 土壤有效镁含量低于 100 mg/kg。近年来, 由于劳动力成本昂贵和农资产品价格持续提高, 部分果园水肥管理粗放, 生产上一般不重视添加中微量元素进行平衡施肥, 导致果园生长势差, 芒果生理落果严重, 果实产量和品质达不到其最佳的生理指标。

镁是影响植物产量和品质的重要中量元素, 缺镁导致植株叶绿素含量减少, 碳水化合物的合成及运输受阻, 光合产物的积累降低, 严重时老叶或稍老叶片黄化, 从而引起产量及品质下降, 造成经济损失^[2-3]。目前, 国内外关于施肥对芒果叶片营养规律和芒果营养特性等方面的研究较多^[4-8], 但是对芒果中微量元素营养研究较少, 尤其是镁素营

养。本研究以海南省大面积栽种的红金龙芒果为研究对象, 在缺镁的酸性土壤上进行施镁试验, 分析镁对芒果叶片镁素含量、果实产量及品质的影响。旨在探索镁肥在集约化芒果种植模式下的应用效果, 为芒果科学合理施肥提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试芒果品种为高接换冠后 7 年树龄的红金龙芒, 株行距 4 m × 5 m, 树体生长良好。供试镁肥为七水硫酸镁 (MgO 16%)。

1.2 试验方法

试验于 2014 年 5 月至 2015 年 5 月在中国热带农业科学院东方市岛西林场芒果试验示范基地 (N19°11'10.36", E108°43'13.46") 进行, 该地区年平均气温 25.1 °C, 年平均降水量 2 180 mm, 年平均风速 2.3 m/s。芒果地土壤为砖红壤, 试验地基本理化性质见表 1。

试验设 3 个处理, 即空白对照 (CK), 常规施肥 (FP) 和增施 Mg 肥 (Mg)。常规施肥处理参考当地芒果正常种植的施肥水平。FP、Mg 两处理均施有机肥 5 kg/株 + 国产尿素 (N 46%) 100 g/株 (收果后); 挪威产复合肥 (N 15%, P₂O₅ 15%, K₂O 15%) 0.75 kg/株 (花芽分化期); 德国产复合肥 (N 13%, P₂O₅ 10%, K₂O 21%) 0.75 kg/株 + 比利时产硫酸钾 (K₂O 50%) 0.3 kg/株 (小果期)。不同的是施 Mg 处理施国产硫酸镁 (MgSO₄ · 7H₂O) 500 g/株 (花芽分化期)。各处理分别选取 9 株生长

收稿日期: 2016-03-29; 最后修订日期: 2016-06-18

基金项目: 农业部热作试验示范项目 (No. 15RZJN-17)。

作者简介: 臧小平 (1969-), 男, 湖南益阳人, 副研究员, 从事热带作物营养与施肥研究。E-mail: xpzang@163.com。

通讯作者: 马蔚红, E-mail: zjwhma@163.com。

表1 试验地土壤理化性状

土壤质地	pH 值	有机质 (%)	全氮 (mg/kg)	有效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	交换性钙 (mg/kg)	交换性镁 (mg/kg)
砂粘土	5.45	0.71	414.93	52.81	73.87	156.28	38.68

一致、历年产量相当的芒果树作为试验树，每个小区3株树，重复3次，随机区组设计。施肥方式采用沿每株树冠滴水线挖2条对称施肥沟将肥料均匀施入，混匀后覆土。试验树的其他管理按常规进行。果园上一季芒果树施肥均按当地常规管理方法进行，肥料种类包括有机肥、复合肥与钾肥，试验前各处理土壤肥力状况一致。

1.3 测定项目及测试方法

果实成熟时小区按全株进行测产（鲜重）。芒果叶片样品于收获期在树冠中层、顶蓬成熟梢中部采摘，每株树分东、西、南、北4个方向，按多点采样的方法采集混合样；果实采样按每株树的4个方向随机共采集24个果实测定品质。上一季芒果收获后取混合土壤样本进行基本理化性状分析。

叶片样品测定其N、P、K、Ca、Mg含量，果

实品质测定：可溶性固形物采用爱宕 MASTER-53T型电子折光仪测定，Vc用2,6-二氯酚酚滴定法（GB6195-86）测定，可滴定酸采用标准酸碱滴定法（GB12293-1990）测定。各项测试指标参考土壤农化分析和植物生理生化指导相关方法^[9]。

采用Microsoft excel 2003和SAS 9.0软件进行数据统计分析，平均数用最小显著差法（LSD）检验。

2 结果与分析

2.1 施Mg对芒果叶片养分含量的影响

由表2可知，施Mg处理植株的N、Ca、Mg、P含量均高于FP处理，其中以Mg的提升幅度最大，达13.2%，其次为Ca、N。叶片P含量变化最小，可能与试验前土壤中P的本底值含量较高有关。叶片K含量略有下降，可能与K、Mg之间的拮抗作用有关。

表2 施Mg对芒果叶片养分含量的影响

(g/kg, DW)

处理	N	P	K	Ca	Mg
CK	12.26 ± 0.22 a	0.45 ± 0.02 a	7.23 ± 0.12 a	11.06 ± 0.22 a	1.11 ± 0.00 a
FP	15.11 ± 0.15 b	0.54 ± 0.01 b	9.96 ± 0.14 b	12.34 ± 0.12 b	1.52 ± 0.02 b
Mg	15.80 ± 0.13 b	0.55 ± 0.01 b	9.61 ± 0.15 b	12.96 ± 0.09 b	1.72 ± 0.03 c

注：表中数据为3次重复的平均值，“±”后数据为3次重复的标准误差，每一列数据后不同字母表示差异达5%显著水平，下同。

2.2 施Mg对芒果产量的影响

受开花期恶劣天气影响，本生产季芒果产量与历年比较处于偏低水平。试验中施Mg处理芒果单株产量达24.12 kg，折合12.06 t/hm²，较FP处理增产9.7%，与CK、FP处理比较均表现为显著性差异（表3）。

表3 施Mg对芒果产量的影响

处理	株产 (kg/株)	产量 (t/hm ²)	增幅 (%)
CK	11.78 ± 0.92 a	5.89 ± 1.02 a	—
FP	21.98 ± 1.02 b	10.99 ± 1.15 b	86.6
Mg	24.12 ± 1.00 c	12.06 ± 1.10 c	104.8

2.3 施Mg对芒果营养品质的影响

芒果品质是影响施肥决策的主要因素，果实可溶性固形物、可溶性糖、可滴定酸度、固酸比和Vc含量等是评价果实营养品质的重要指标，其中固酸比是衡量可溶性固形物、酸含量的综合指标，直接影响果实的口感风味。从表4可以看出，FP处理可溶性固形物、可滴定酸和固酸比显著优于FP及CK处理，其中可溶性固形物、固酸比较FP分别提高9.6%、28.1%，可滴定酸降低14.6%。Vc含量上，3个处理差异不显著。可以看出，施Mg对果实品质提升起到积极作用。

表4 施Mg对果实品质的影响

处理	可溶性固形物 (%)	Vc (mg/100 g)	可滴定酸 (%)	固酸比
CK	11.41 ± 0.58 a	30.03 ± 0.60 a	0.338 ± 0.02 a	32.79 ± 1.25 a
FP	12.87 ± 0.76 b	28.86 ± 0.37 a	0.309 ± 0.01 b	41.65 ± 1.98 b
Mg	14.10 ± 0.68 c	29.27 ± 0.52 a	0.264 ± 0.02 c	53.41 ± 1.80 c

2.4 芒果生产经济效益分析

从表 5 可知, 施 Mg 处理由于产量的提高导致产值与纯收益提升, 其中产值比 CK 提高 9.7%; 从投肥成本来看, 2 个处理化肥成本处于 10.0 ~ 11.0 元/株之间, 肥料投入在当地属中等水平。扣除基础设施投资当年全部折旧等成本, 施 Mg 处理纯收入较 CK 增加 5 429 元/hm², 提高 21.2%。联合国粮农组织认为 VCR (vario - cost ratio, 指施肥后增加农产品所得价值与施肥开支的比值) > 2 就具有经济合理性^[10]。施 Mg 处理 VCR 为 16, 从产投比而言也是合算的。

表 5 施 Mg 处理对芒果经济效益的影响

处理	化肥成本		总成本 (元/hm ²)	产值 (元/hm ²)	纯收益 (元/hm ²)	VCR
	(元/株)	(元/hm ²)				
FP	10.03	5 015	35 000	59 345	24 345	—
Mg	10.73	5 365	35 350	65 124	29 774	16

注: 表内数据以 2014 ~ 2015 年当时的市场价计, NPK 复合肥 5.60 元/kg; 硫酸钾 5.80 元/kg; 尿素 1.90 元/kg; 硫酸镁 1.40 元/kg; 红金龙芒果 5.40 元/kg; 总成本包括道路、房屋、灌溉设备等基础设施成本一次性折旧处理和当年地租、肥料、农药、人工和套袋等当季可变成本; VCR = 纯收益增加值/投肥成本增加值。

3 结论与讨论

镁是植物所必需的重要营养元素, 近年来被列为仅次于 N、P、K 的植物第四大必需元素, 参与叶绿素的组成, 是植物体内多种酶的激活剂, 并对核糖体的稳定与磷脂的形成都起着重要的作用, 还与氮代谢有密切的关系, 对植物生长发育产生重要影响^[11-12]。镁含量的提高有益于植物的光合作用和糖、蛋白质及淀粉的合成, 提高果实品质^[13-14]。海南芒果主栽区主要分布于土壤高度风化和淋溶的热带地区, 土壤中镁随原生矿物的分解而淋失, 且绝大部分果园位于丘陵坡地, 整体保水保肥能力较弱, 导致土壤镁的含量较低^[15-17]。本研究中果园土壤交换性镁含量仅为临界指标 (121 mg/kg) 的 30%, 处于五级的极低水平^[16]; 而芒果对镁的需求量大, 每生产 1 000 kg 红金龙芒果果实树体 Mg 总消耗量为 0.48 kg^[5], 土壤镁的供需矛盾较为突出。

本研究在施用基肥 + NPK 化肥的基础上, 通过增施 Mg 肥, 植株 N、Ca、Mg 含量明显升高, 表明施 Mg 促进芒果叶片叶绿素和光合产物的合成, 利于地上部生物量的累积, 并最终提高了芒果产量。

试验中施 Mg 处理芒果产量为 12.06 t/hm², 较对照增产 9.7%, 表现出较好的增产效果。这与前人的研究结果一致^[18-21]。镁素不足会降低植物光合色素含量, 不利于捕获更多的光能供光合作用所利用, 从而导致光合作用速率降低, CO₂ 合成受阻; 不利于光合同化产物的积累和枝梢、果实的生长与充实; 阻碍光合同化产物的运转^[22]。本研究中因花期遭遇低温阴雨天气影响导致常规处理芒果产量较往年偏低, 但通过增施镁肥, 促进了植株的氮素代谢, 提高光合效能, 从而提升产量。

已有研究表明, 施镁对提高果实品质有积极影响。苹果叶片 Mg 含量是与果实可溶性固形物和可滴定酸含量相关联的首要养分因子^[23]; 施 Mg 可提高葡萄果实糖酸比、可溶性固形物和总糖含量, 降低可滴定酸含量^[13]; 在适量 K 水平下香蕉施 Mg 可提高可溶性固形物、总糖含量和 Vc 含量^[19]; 在萌芽期基施硫酸镁有利于提高常山胡柚果实固酸比^[24]。本研究结果表明, 芒果土壤增施镁肥有利于提高果实品质, 这与前人的研究结果一致。通过增施 Mg 肥, 减少因 N、P、K 化肥用量的增加、高产耐肥品种大面积种植、复种指数不断提高及高含镁的品种不断将镁携出果园而带来的不利影响, 不仅可促进影响果树的生长发育, 同时也利于提升果实品质^[4,20]。根据芒果膨大期的田间观察, 施镁处理的果实表皮较不施镁处理的光滑、鲜亮。从果实成熟期芒果叶片养分状况来看, 增施镁肥处理显著提高了芒果叶片镁素营养, 表明芒果对 Mg 养分的响应是较为敏感的。

从经济效益分析来看, 增施镁肥处理因产量提高而导致纯收益增加。增施 Mg 肥处理纯收入较常规施肥处理增加 5 429 元/hm², 提高 21.2%。这些效益虽然在当前的小农户经营条件下不算多, 但是随着果园集约化生产经营的规模越来越大, 通过增施镁肥优化施肥管理带来的规模效益将非常可观。本研究时间仅为一年、一个品种, 有待多年试验进行验证。关于增施镁肥与芒果活性氧代谢、有关保护酶活性以及镁对芒果产量构成因素、养分协调平衡影响, 还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 王才发. 中国南方优稀果树栽培 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000. 3 - 4.
- [2] 自由路, 金继运, 杨俐苹. 我国土壤有效镁含量及分布状况与含镁肥料的应用前景研究 [J]. 土壤肥料, 2004,

- (2): 3-4.
- [3] 杨文祥, 王强盛, 王绍华, 等. 镁肥对水稻镁吸收与分配及稻米食味品质的影响 [J]. 西北植物学报, 2006, 26 (12): 2473-2478.
- [4] 温明霞, 吴韶辉, 王鹏, 等. 缺镁温州蜜柑果园的施镁效应研究 [J]. 果树学报, 2015, 32 (1): 63-68.
- [5] 程宁宁. 金煌、红金龙芒果营养特性及肥料效应研究 (硕士学位论文) [D]. 海口: 海南大学, 2010.
- [6] Miao Y X, Stewart B A, Zhang F S. Long-term experiments for sustainable nutrient management in China, a review [J]. *Agronomy for Sustainable Development*, 2011, 31 (2): 397-414.
- [7] 欧锦萌, 黄容, 罗珊珊, 等. 不同品种芒果中锰铁铜锌元素含量测定 [J]. 微量元素与健康研究, 2011, 29 (3): 29-30.
- [8] 李华东, 白亭玉, 郑妍, 等. 土壤施钙对芒果果实钾、钙、镁含量及品质的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2014, (6): 76-79.
- [9] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法 [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000. 302-316.
- [10] 肖焱波, 段宗颜, 苏凡, 等. 玉米不同种植方式氮肥合理施用研究 [J]. 玉米科学, 2002, 10 (1): 78-80.
- [11] 何念祖, 孟赐福. 植物营养原理 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1987. 212-213.
- [12] 关春彦. 中微量元素与作物 [J]. 吉林农业, 2007, 8: 28-29.
- [13] 韩艳婷. 葡萄镁营养生理机制研究 [D]. 长沙: 湖南农业大学, 2011.
- [14] 胡霭堂. 植物营养学 (下册) [M]. 北京: 中国农业出版社, 2003. 141-150.
- [15] 陈菁, 唐树梅, 韦家少. 海南芒果园土壤 pH 值与土壤有效养分的关系 [J]. 热带农业科学, 1999, (5): 25-29.
- [16] 廖香俊, 唐树梅, 吴丹, 等. 海南芒果园土壤环境及其对芒果品质的影响 [J]. 生态环境, 2008, 17 (2): 727-733.
- [17] 程宁宁, 林电, 黄鹤丽, 等. 海南‘金煌’芒果物质及养分年积累量研究 [J]. 中国农学通报, 2011, 22: 243-246.
- [18] 郭义龙. 漳州香蕉园土壤镁素分布状况及施镁效应研究 [J]. 土壤肥料, 2005, (2): 38-41.
- [19] 李国良, 姚丽贤, 付长营, 等. 香蕉钾镁配施效应研究 [J]. 广东农业科学, 2007, (1): 45-47.
- [20] 赵冰, 毛小云, 廖宗文. 几种镁肥对番茄肥效的比较研究 [J]. 土壤通报, 2006, 37 (4): 830-832.
- [21] 杨利华, 郭丽敏, 傅万鑫. 玉米施镁对氮磷钾肥料利用率及产量的影响 [J]. 中国生态农业学报, 2003, 11 (1): 78-80.
- [22] 李延, 刘星辉, 庄卫民. 植物 Mg 素营养生理的研究进展 [J]. 福建农业大学学报, 2000, 29 (10): 74-80.
- [23] 张东, 赵娟, 韩明玉, 等. 黄土高原富士苹果中叶片矿质养分与果实品质相关性分析 [J]. 园艺学报, 2014, 41 (11): 2179-2187.
- [24] 邱超. 钙、镁、硼肥对常山胡柚产量、品质及果实养分累积的影响 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2015.

Effects of soil application of magnesium on the yield and quality of mango in Hainan province

ZANG Xiao-ping, WANG Jia-shui, ZHOU Zhao-xi, DAI Min-jie, LIN Xing-e, GE Yu, DING Zhe-li, MA Weihong* (Haikou Experimental Station, Chinese Academy of Tropical Agriculture Sciences, Haikou 570102)

Abstract: A field experiment was carried out in Hainan to investigate the effects of applying $MgSO_4$ in soil before flower period on the yield of mango and its quality, and the benefits and cost analysis was estimated thereafter. The experiment had three treatments: no fertilizer (CK), farmer's practice (FP) and applying magnesium fertilizer (Mg). The result showed that the yield was higher in the applying magnesium fertilizer treatment ($12.06 t/hm^2$), which increased by 9.7% than that of traditional fertilizers treatment. As compared with FP treatment, applying magnesium fertilizer increased the fruit total soluble solid and tss-acid ratio by 9.6% and 28.1%, and reduced total titration acid by 14.6%, respectively. The net benefit of fruit production was the higher in the applying magnesium fertilizer treatment due to higher yield. In summary, mango applied with magnesium was economical viable which offers a new perspective for mango nutrients management.

Key words: magnesium; mango; yield; quality