

酸性低钾土硫酸钾镁肥对花生生长及养分吸收的影响*

王 飞 李清华 何春梅 林 诚 李 昱 林新坚**

(福建省农业科学院土壤肥料研究所 福州 350013)

摘要 在供钾水平较低的酸性赤砂土上,采用盆栽试验方法研究硫酸钾镁对花生生长发育及养分吸收的影响,结果表明:随硫酸钾镁用量的增加,花生经济产量与生物总量呈先增加后降低的趋势。施硫酸钾镁 513 mg · kg⁻¹(土)处理(相当于每千克土施 K₂O 0.12 g、Mg 0.028 g、S 0.09 g),花生产量最高,经济产量与生物总量分别较对照增加 20.2% 和 32.2%。随硫酸钾镁用量的增加,植株对钾、镁、硫各吸收量均有不同程度增加,其中对钾、硫吸收量呈逐渐升高的趋势,而对镁吸收量呈先升高后降低的趋势,植株对钾、镁吸收表现正相关。随硫酸钾镁用量的增加,花生果仁粗蛋白与粗脂肪均较对照有所提高,粗蛋白含量呈逐渐增加,而粗脂肪含量却呈逐渐下降趋势。在酸性低钾、中镁、潜在性缺硫的赤砂土上,花生施用硫酸钾镁肥,钾镁养分吸收呈显著正相关,但钾硫相关性不明显。

关键词 硫酸钾镁 花生 生长 养分吸收 果仁品质

中图分类号: S143; S158; S565 文献标识码: A 文章编号: 1671-3990(2009)06-1090-04

Effect of sulphate-potassium magnesium on growth and nutrient absorption of peanut in poor-K acid soil

WANG Fei, LI Qing-Hua, HE Chun-Mei, LIN Cheng, LI Yu, LIN Xin-Jian

(Institute of Soils and Fertilizers, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou 350013, China)

Abstract A pot experiment was carried out to determine the effects of sulphate-potassium magnesium fertilization level on the growth and nutrient absorption of peanut in poor-K acid sandy soil. The results show an improvement in economic and total biological yields of peanuts, which subsequently drop with increasing sulphate-potassium magnesium application levels in the soil. Peanut yield is highest at 513 mg sulphate-potassium magnesium per kg of soil (corresponding to 0.12 g K₂O, 0.028 g Mg and 0.09 g S per kg soil), with economic and total biological yields improve by 20.2% and 32.2% respectively over CK. With increasing sulphate-potassium magnesium application level, the respective absorptions of K, Mg and S variously improve. The absorptions of K and S steadily improve, while the absorption of Mg initially increases and subsequently drops. Correlative interactive effects of absorption of K and Mg are positive. Peanut quality increases with increasing sulphate-potassium magnesium application level, and coarse protein and fat contents of nutlet variously improve over CK. The content of coarse protein steadily increases, whereas that of coarse fat steadily drops. This suggests that in the acid sandy soil with low level of K, middle level of Mg, and potential S stress, fertilizing peanuts with sulphate-potassium magnesium leads to a significant positive correlation between K and Mg absorption. However, the correlation between K and S absorption is not so obvious.

Key words Sulphate-potassium magnesium, Peanut, Plant growth, Nutrient absorption, Nutlet quality

(Received Nov. 20, 2008; accepted March 5, 2009)

花生是喜钾作物,增施钾肥可促进干物质累积和生殖器官的发育,提高荚果产量与经济效益^[1-3],

此外镁肥或硫肥在花生上也表现良好效应^[4,5]。福建省地处南方红壤区,气候高温多雨,风化淋溶和脱

* 福建省农科教结合项目(闽财指[2007]573 号)与福建省农业科学院院管课题资助

** 通讯作者:林新坚(1955~),男,研究员,主要研究方向为农业应用微生物与生态环境。E-mail: xinjianlin@163.net

王飞(1976~),男,硕士,助理研究员,主要研究方向为土壤资源评价与持续利用。E-mail: sfikf@vip.163.com

收稿日期: 2008-11-20 接受日期: 2009-03-05

硅富铝化作用强烈, 土壤中钾镁硫营养元素相对缺乏, 并成为花生产量的限制因子^[6~8]。一般认为, 镁肥与适量钾肥配合施用才能充分发挥二者肥料的增产作用^[9]。对闽东南 116 个土壤样品的分析表明, 低于 $16 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的缺硫土壤占样品总数的 57.8%, 连同潜在性缺硫($16.1\sim30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)样品占 75.9%, 因而认为硫也是闽东南耕作土壤的限制因子^[10]。目前有关南方花生施肥的研究多集中于上述单一营养元素或两种元素^[1~4,9], 而在钾、镁、硫共存情况下针对南方花生的生物学效应报道尚属少见。国产硫酸钾镁肥是一种天然复合性肥料, 在蔬菜、茶叶上表现出较好效应^[11]。本文以国产硫酸钾镁为主要材料, 采用盆栽试验方法探讨了不同用量硫酸钾镁对花生生长及养分吸收的影响, 为寻求闽东南沿海花生高效生产施肥模式提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试土壤采自福建省花生主产区莆田市秀屿区笏石镇东华村赤砂土, 质地为砂壤, 全氮 $0.43 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 全磷 $0.23 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 全钾 $32.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 碱解氮 $90.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 速效磷 $52.8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 速效钾 $13.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 有机质 $12.7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 交换性镁 $1.65 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$, 有效硫 $29.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, pH 5.4; 供试花生品种为“抗黄 1 号”; 主要供试肥料为国产硫酸钾镁, 由青海中信国安科技发展有限公司提供(含 $\text{K}_2\text{O}23.4\%$ 、 $\text{Mg}5.4\%$ 、 $\text{S}17.4\%$)。

1.2 试验设计

盆栽试验在福建省农业科学院土壤肥料研究所玻璃网室内进行。试验设 NP(CK)、NP+低量硫酸钾镁(LD)、NP+中量硫酸钾镁(MD)、NP+高量硫酸钾镁(HD)4 个处理, 每试验设 4 个重复, 完全随机排列。供试塑料盆上口径 30 cm, 下口径 22 cm, 高 20 cm, 每盆装土 6 kg。盆栽氮磷肥用量按花生田间施 N $75 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、施 $\text{P}_2\text{O}_5 60 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 的 3 倍量换算, 即氮肥用量为 N $0.10 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (土)、磷肥用量为 $\text{P}_2\text{O}_5 0.08 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (土)。硫酸钾镁低、中、高肥用量以田间施 $\text{K}_2\text{O} 90 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 的 1.5 倍、3.0 倍、4.5 倍计, 分别为 $256 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (土)、 $513 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (土)、

$769 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (土), 相应的钾肥低、中、高用量分别为 $\text{K}_2\text{O} 0.06 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (土)、 $0.12 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (土)、 $0.18 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (土), 相应的镁肥低、中、高用量分别为 $\text{Mg} 0.014 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (土)、 $0.028 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (土)、 $0.042 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (土), 相应的硫肥低、中、高用量分别为 $\text{S} 0.045 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (土)、 $0.090 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (土)、 $0.135 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (土)。氮磷肥用尿素与磷酸二铵, 一次性将各处理肥料与供试土壤充分混合均匀后备用。

1.3 测定方法及数据分析

收获期测产及各部分生物量, 并取各处理植株根、茎、叶、果样品分别测定全钾、全硫、全镁, 测定方法均采用常规分析法^[12], 试验数据采用 Excel 和 DPS 软件统计分析^[13]。

2 结果与分析

2.1 硫酸钾镁肥对花生产量及经济性状的影响

由表 1 可知, 不同用量硫酸钾镁肥处理花生主根长增加 1.6~6.2 cm, 每株根瘤数增加 27.9~156.5 个, 主茎高增加 1.4~6.1 cm, 其中又以施用中量钾镁硫肥表现最佳, 均与对照差异显著。从产量构成因素看, 与对照相比, 不同用量钾镁硫肥处理花生百果重及单粒果数无显著差异, 但中量用肥的双粒果数较对照差异显著。从出仁率看, 对照出仁率相对较高, 这可能与其结荚果数较低, 花生果仁相对浓缩有关。由表 2 可知, 不同用量硫酸钾镁肥处理的花生经济产量与生物产量与对照相比均有不同程度提高, 其中荚果产量(经济产量)较对照增加 3.1%~20.2%, 总生物产量增加 12.0%~32.2%, 其中又以施用中量硫酸钾镁的花生经济产量与生物产量最高, 均显著高于对照。而不同用量水平间, 随硫酸钾镁用肥量的增加, 经济产量与总生物产量均表现出先增加后降低的趋势。在本供肥条件下, 中量用肥最适于花生产量的提高。

2.2 硫酸钾镁肥对花生植株吸收钾镁硫养分的影响

由图 1 可知, 随着硫酸钾镁用量的增加, 花生植株对钾的吸收量呈逐渐增加趋势, 其低量、中量、高量用肥分别较对照提高 60.7%、74.6% 与 88.1%。从植株各部位对钾营养吸收看, 叶片、茎秆是植株钾素分配的主要器官, 其中叶片分配比率占 37.7%~

表 1 不同施肥量处理对花生经济性状的影响

Tab. 1 Effect of different fertilizer amount treatments on economical characters of peanut

处理 Treatment	主根长 Main root length (cm)	根瘤数 Sum of root nodule (个 · plant ⁻¹)	主茎高 Main stalk height (cm)	百果重 100-pod weight (g)	双粒果数 Sum of double pod (个 · pot ⁻¹)	单粒果数 Sum of single pod (个 · pot ⁻¹)	出仁率 (%)
CK	16.8b	211.6b	48.2b	87.6a	20.2bc	5.8a	74.4
LD	18.4ab	239.5ab	49.6b	78.4a	22.5ab	8.0a	72.4
MD	23.0a	368.1a	54.3a	83.5a	23.2a	7.5a	70.5
HD	21.5a	341.9ab	51.2ab	79.8a	19.0c	6.2a	66.3

表 2 不同施肥量处理对花生经济产量与生物产量的影响
Tab. 2 The economical yield and total biological yield of peanut under different fertilizer amount treatments g · pot⁻¹

处理 Treatment	荚果产量 Yield of pod	叶片产量 Yield of leaves	茎秆产量 Yield of stalk	根系产量 Yield of root	总生物量 Total biological yield
CK	21.83±2.50bA	15.15±0.90bB	15.74±0.98bA	2.27±0.07bA	54.99±2.61cC
LD	24.04 ±2.15abA	17.71±1.70abAB	16.58±1.82bA	3.28±0.90aA	61.61±3.71bBC
MD	26.25±1.22aA	22.34±4.41aA	20.88±1.21aA	3.23±0.36aA	72.69±4.59aA
HD	22.51±3.76abA	20.77±4.36aAB	20.94±4.45aA	3.44 ±0.60aA	65.46±4.47bAB

51.8%，茎秆占 16.5%~39.6%，同时增施硫酸钾镁肥对茎秆吸钾量提高也最为明显，其低、中、高量用肥的茎秆吸钾量分别较对照提高 184.7%、319.8%、332.2%，表现出与植株总吸钾量一致的规律。随着硫酸钾镁肥用量的增加，花生植株总吸镁量呈先增加后降低的趋势，低量、中量、高量用肥分别较对照提高 38.3%、65.6%、57.3%，表明中量用肥时，继续增加施肥量植株增加镁吸收的空间已有限。从植株各部位对镁营养吸收看，叶片是植株镁素分配的主要器官，占 41.7%~51.2%，但增施硫酸钾镁对根系吸收镁的影响最为明显，其低、中、高量用肥分别较对照提高 137.1%、115.0% 与 116.6%。不同用量硫酸钾镁的果仁与叶片吸镁规律与植株总吸镁量表现一致，但茎秆表现出逐渐增加的趋势。花生植株总吸硫量与吸钾量规律相似，随着硫酸钾镁用量增加，吸硫量呈逐渐增加的趋势，其低量、中量、高量用肥的植株吸硫量分别比对照提高 2.4%、26.8% 与 30.5%。从植株各部位对硫素吸收看，果仁、茎秆、叶片均是植株硫素分配的主要器官，分别占 19.3%~33.8%、29.1%~38.2%、30.2%~36.6%，但增施硫酸钾镁对根系吸收硫的影响最为明显，其低、中、高量用肥分别较对照提高 66.9%、40.0% 和 111.9%。此外，茎秆、叶片与植株吸硫量表现一致，但果仁吸硫量表现出先升高后降低的趋势。

植株养分吸收量及产量之间的相关分析表明(表 3)，植株吸镁量与生物产量呈显著相关，说明本试验条件下，某些营养元素的吸收累积与产量关系密切，这与赵营等研究结果一致^[14]。由表 3 还可看出植株吸钾量与吸镁量呈显著相关，表明某些营养元素的吸收存在着相互联系，如植株在增加钾吸收的同时也增加了对镁营养的吸收。

2.3 硫酸钾镁肥对花生品质的影响

由表 4 可知，施用硫酸钾镁肥可不同程度提高果仁粗蛋白与粗脂肪含量，其中粗蛋白含量提高 0.06~0.88 个百分点，粗脂肪提高 2.31~3.95 个百分点，表明施用硫酸钾镁促进了果仁碳、氮代谢。其中粗蛋白含量随硫酸钾镁用量的增加呈逐渐增加的趋势，而粗脂肪含量则呈逐渐下降趋势。由于果仁中粗脂肪与粗蛋白主要由叶片光合产物淀粉代谢转化而来，试验表明过量施用硫酸钾镁并不利于粗脂

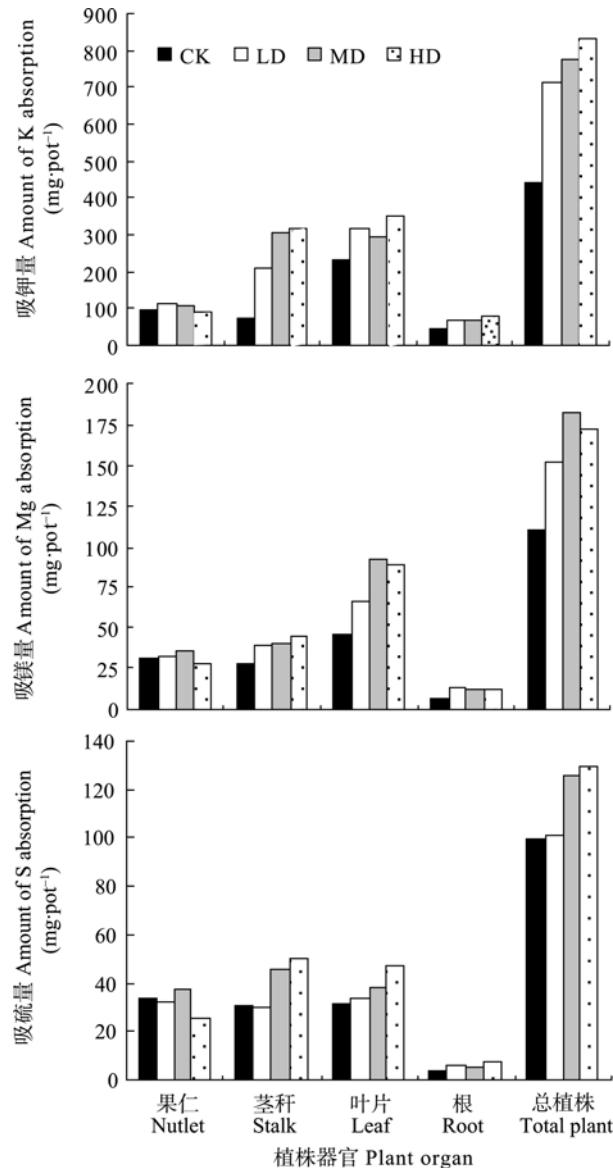


图 1 不同施肥量处理对植株钾、镁、硫吸收的影响
Fig. 1 Effect of different fertilizer amount treatments on plant absorption of K, Mg, and S

肪累积，而粗蛋白含量逐渐增加可能与硫素用量的增加一定程度上促进了含硫蛋白质的合成有关。

3 结论与讨论

在供钾水平较低的闽东南沿海酸性赤砂土上进行盆栽试验，随着硫酸钾镁用量的增加，花生经济产量与生物产量均有不同程度增加，但呈先增加后降低的趋势。本供试条件下，每千克土施 513 mg 硫酸钾镁(相当于每千克土施 K₂O 0.12 g、Mg 0.028 g、

表3 植株养分吸收量与产量间的相关系数
Tab. 3 Correlation coefficients among plant absorption of nutrient and yield

项目 Item	吸钾量 K absorption	吸镁量 Mg absorption	吸硫量 S absorption	经济产量 Economical yield	生物产量 Total biological yield
吸钾量 K absorption	1.00				
吸镁量 Mg absorption	0.96*	1.00			
吸硫量 S absorption	0.80	0.85	1.00		
经济产量 Economical yield	0.50	0.69	0.38	1.00	
生物产量 Total biological yield	0.81	0.95*	0.82	0.84	1.00

*, **分别表示显著和极显著相关。* and ** indicate significant correlation at 0.05 and 0.01 level.

表4 不同施肥量处理对果仁粗蛋白与粗脂肪的影响

Tab. 4 Effect of different fertilizer amount treatments on coarse protein and coarse fat content of nutlet

处理 Treatment	粗蛋白 Coarse protein (%)	粗脂肪 Coarse fat (%)
CK	31.06	40.42
LD	31.12	44.37
MD	31.44	42.84
HD	31.94	42.73

S 0.09 g), 其经济产量与生物总产量最高。

随硫酸钾镁施用量的增加, 花生果仁粗蛋白与粗脂肪均有所提高, 粗蛋白含量逐渐升高, 而粗脂肪含量则逐渐下降, 因而生产上应根据栽培目的选择硫酸钾镁用量。当以油用花生为主时, 应选用低量用肥, 既可保证较高的粗脂肪含量, 又可节省成本; 而以食用花生为主时, 则应适当增加硫酸钾镁肥用量。对养分吸收而言, 随硫酸钾镁用量的增加, 植株对钾、镁、硫各养分的吸收量较对照均呈不同程度增加, 其中植株对钾、硫的吸收量则以高量用肥最高, 吸收量呈逐渐升高的趋势, 而对镁的吸收量以中量用肥最高, 吸收量呈先升高后降低的变化趋势。此外, 植株各部位吸收规律与植株总吸收量表现并不总一致。这种变化原因, 除与植株各部位对各养分的需求及自身代谢特性差异有关外, 还可能与钾镁硫营养元素吸收的交互作用有关。以往试验表明, 在低钾、低硫的土壤上, 钾硫在油菜上表现出明显的正交互效应^[15]; 在贵州黄壤地区研究发现, 低钾土壤上施用钾肥会抑制植物对镁的吸收, 长期施钾会导致植物缺镁^[16]; 而对香蕉而言, 只要土壤镁素丰富, 不论土壤镁/钾比高低, 种植香蕉即使大量施钾肥也不必配施镁肥^[17]。因而对钾镁、钾硫养分间的交互作用而言, 土壤肥力因素与作物种类影响交互效果。本试验在低钾、中镁、潜在性缺硫条件下进行^[10, 18], 试验表明, 植株吸钾量与吸镁量存在显著正相关, 但植株吸钾量与吸硫量相关性不明显, 对于钾镁硫配施, 其三者元素在花生上交互效应及是否处于最佳比例还有待于深入研究。

高温多雨的气候条件形成南方矿质营养相对缺乏区, 近年高浓度复混肥的大量推广应用, 又进一步加剧了一些土壤中微量元素的亏缺, 天然的

硫酸钾镁肥复合了大量元素钾与中量元素镁、硫, 其应用有助于施肥的平衡, 因而可进一步探索作为测土配方施肥技术的有效载体。硫酸钾镁的三者养分元素比例已相对固定, 而每种作物对钾、镁、硫需求差异较大, 因而针对不同大田作物、不同土壤肥力的硫酸钾镁效应及其应用技术值得进一步研究。

参考文献

- [1] 梁东丽, 吴庆强. 施钾对花生养分吸收及生长的影响[J]. 中国油料作物学报, 1999, 21(2): 49–51
- [2] 周可金, 马成泽, 许承保, 等. 施钾对花生养分吸收、产量与效益的影响[J]. 应用生态学报, 2003, 14(11): 1917–1920
- [3] 李伟锋, 张保亮, 何延成, 等. 钾肥对花生生育影响及适宜钾用量研究[J]. 花生学报, 2004, 33(2): 30–32
- [4] 汪仁, 安景文, 张士义, 等. 施硫对花生产量品质及植株体内硫积累的影响[J]. 土壤通报, 1998, 29(4): 177–178
- [5] 汪洪, 褚天铎. 植物镁素营养诊断及镁肥施用[J]. 土壤肥料, 2000 (4): 4–8
- [6] 彭嘉桂, 章明清, 林琼, 等. 福建耕地土壤硫库、形态及吸附特性研究[J]. 福建农业学报, 2005, 20(3): 163–167
- [7] 王飞. 福建省花生用地结构优化及可持续利用对策[J]. 花生学报, 2006, 35(4): 15–19
- [8] 章明清, 彭嘉桂, 林琼, 等. 花生种植地土壤养分吸附特性与施肥效应研究[J]. 福建农业学报, 1999, 14(2): 45–49
- [9] 章明清, 林琼, 彭嘉桂, 等. 闽东南旱地土壤镁肥效与钾镁平衡施肥技术研究[J]. 土壤肥料, 1999 (1): 27–41
- [10] 彭嘉桂, 章明清, 林琼, 等. 闽东南耕地土壤有效硫含量及主要粮油作物硫肥效应[J]. 福建农业学报, 2002, 17(1): 49–52
- [11] 林新坚, 李昱, 李清华, 等. 硫酸钾镁肥对小白菜、茶叶、西瓜产量和品质的影响[J]. 土壤肥料, 2005 (5): 21–28
- [12] 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, 1999: 306–315, 318–322
- [13] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统 [M]. 北京: 科学出版社, 2002: 304–310
- [14] 赵营, 同延安, 赵护兵. 不同供氮水平对夏玉米养分累积、转运及产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(5): 622–627
- [15] 鲁剑巍, 陈防, 陈行春, 等. 钾硫肥配施对作物产量与品质的影响[J]. 土壤通报, 1994, 25(5): 213–218
- [16] 李士敏, 朱富强, 刘方, 等. 贵州黄壤旱地有效镁的含量与镁肥盆栽效果分析[J]. 贵州农业科学, 1999, 27(2): 31–33
- [17] 姚丽贤, 周修冲, 彭志平, 等. 巴西蕉的营养特性及钾镁肥配施技术研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(1): 116–121
- [18] 白由路, 金继运, 杨俐萍. 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): 3–5