

福建酸性红壤施用钙镁型土壤调理剂的效果研究

张明来

(福建省上杭县土壤肥料技术站, 福建 上杭 364200)

摘 要: 针对福建红壤酸化、土壤钙镁限制影响蔬菜栽培等问题。在大田条件下, 研究了施用钙镁型土壤调理剂对土壤理化性状和花椰菜产量与商品品质的影响。结果表明: 施用供试土壤调理剂为 750 ~ 1500 kg/hm², 一个花椰菜生长季后土壤 pH 值为 6.0 ~ 6.5, 提高了 0.4 ~ 0.7 个单位, 达到花椰菜生长发育的最适土壤酸碱度; 土壤和花椰菜花球中钙、镁、磷等养分有效含量均显著提高, 花椰菜集中成熟采收时间提早 5 d, 花球单重增加 0.21 ~ 0.35 kg, 一级花球占比提高 6.5 ~ 13.2 个百分点, 产量提高 2880 ~ 5985 kg/hm², 增收 6000 ~ 12863 元/hm²。在福建酸性红壤地区, 合理施用钙镁型土壤调理剂有良好效果, 综合土壤理化性质, 花椰菜生育期、产量和经济效益, 上述土壤调理剂的施用量为 1125 ~ 1500 kg/hm² 较为合理, 以 1500 kg/hm² 效果最佳。

关键词: 土壤调理剂; 花椰菜; 土壤理化性状; 产量; 品质

土壤酸化是土壤肥力退化和土壤环境质量下降的重要影响因素, 土壤酸化加剧了养分离子的淋溶, 使土壤肥力降低^[1]。福建红壤分布广泛, 多为酸性土壤, 地带性分布明显, 丘陵山地区域红壤特性显露, 受成土母质和成土因素的影响, 具有“酸、瘠、毒、板、漏”的特性^[2-4]。有研究显示, 南方旱地酸性土壤栽培作物时, 会破坏某些植物体内原生质膜的透性, 导致减少农作物对钙、镁、钾等元素的吸收, 农业产出率较低^[5]。不同地区土壤中钙和镁丰缺状况不一, 梁伟^[6]采用 GIS 技术研究表明福建耕地土壤镁素限制占全省耕地面积的 85%; 林锋^[7]研究表明土壤酸化也会导致钙的淋失, 山地红壤缺镁更为严重; 唐莉娜等^[8]研究表明福建全省水田有 27.6% 的土壤缺钙。不当农业生产措施易导致土壤酸化, 如长期施用化肥导致土壤酸化, 氮肥尤为严重^[9]。王海斌等^[10]研究表明随着茶树树龄的增加, 茶树根际土壤酸度加剧, 茶叶产量降低, 茶叶品质呈现下降趋势; 钱晓雍^[11]和文方芳^[12]研究表明随着设施菜地种植年限的增加, 土壤 pH 值逐步降低。

改良土壤性状、提高耕地生产潜力的技术方法有很多, 如客土培肥、绿肥还田、精细耕作或者使

用土壤调理剂等。其中, 土壤调理剂能够调节土壤 pH 值, 补充土壤钙、镁等营养元素, 防止土壤酸化、板结, 保持水份, 提高土壤肥力, 增强作物抗逆性, 遏制土传病害, 缓解作物缺素症状, 提高作物对养分的吸收和化肥利用率, 增加作物产量, 改善农产品品质^[13-15]。针对福建酸性红壤钙镁限制较大的现状, 本试验采用钙镁型土壤调理剂, 研究了其对花椰菜生产的影响, 旨在为今后南方酸性土壤理化性状改善, 改良酸性土壤障碍, 农业增产增效提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况和供试材料

试验地位于上杭县白砂镇梧田村西洋段, 东经 116° 36' 8.13" ~ 116° 36' 9.61" 之间, 北纬 25° 6' 48.54" ~ 25° 6' 49.59" 之间, 地势平坦、形状整齐规则, 面积 1.2 m × 667 m。土壤类型为灰黄泥田。试验前基础土样理化性状: 有机质 26.2 g/kg、碱解氮 225.4 mg/kg、有效磷 86.3 mg/kg、速效钾 186.8 mg/kg、pH 值 5.2、土壤容重 1.27 g/cm³, 前季作物为甜玉米。

供试作物: 花椰菜, 品种为台宝青梗, 一般大田生育期 65 d。

供试土壤调理剂: 钙镁型土壤调理剂, 主要以净化磷酸副产物萃余酸与碳酸钙、碳酸镁置反应槽化学反应合成后经破碎筛分制成, 由福建瓮福紫金化工股份有限公司提供。质量符合 NY/T 3034—2016《土壤调理剂通用要求》, 技术指标: 含 CaO

收稿日期: 2020-01-03; 录用日期: 2020-02-29

基金项目: 福建省耕地土壤酸化治理项目 (2017-120)。

作者简介: 张明来 (1966-), 男, 福建龙岩上杭县人, 高级农艺师, 本科, 主要研究土壤肥料与植物营养技术。E-mail: shf3841023@163.com。

20.3%、MgO 12.7%、P₂O₅ 10.2%，pH 值 10.5，粉剂，适用于酸性土壤。

1.2 试验设计

试验参照 NY/T 2271—2016《土壤调理剂效果试验和评价要求》^[16] 进行。设 4 个用量处理：0、750、1125、1500 kg/hm²，以施用量 0 为对照（CK）。每个处理重复 3 次，随机区组排列，共 12 个小区，每小区 2 畦，小区面积 22 m²（长 10 m × 宽 2.2 m）。

1.3 试验过程与田间管理

田间管理遵循“最适”和“一致”原则，除土壤调理剂的施用量外，施肥、防治病虫、浇水等一切其他农艺措施均严格一致。土壤调理剂结合整地随基肥一并施于土壤表面，各处理旋耕机旋耕起畦，基肥为商品有机肥 3750 kg/hm²、硫酸钾复合肥 750 kg/hm²（15-15-15）、硼砂 15 kg/hm²。8 月 26 日播种育苗，9 月 26 日移栽定植，栽植密度 22498 株/hm²，11 月 10 日现蕾前施硫酸钾复合肥 750 kg/hm²。11 月 16 日开始采摘测产，12 月 3 日采收结束，分 6 批次采收。

1.4 调查取样与分析测试

2018 年 8 月 13 日采集基础土样，试验结束后 12 月 3 日采集各小区土样。采样深度为 0 ~ 20 cm，梅花形多点混合，用竹片每个点取 1 kg，剔除草根等杂物，多点混合后四分法缩分，保留混合样 1 kg 风干。风干后的土样按照不同的分析项目要求分别研磨过筛，其中碱解氮、有效磷、速效钾过 2.0 mm 筛，有机质过 0.25 mm 筛，交换性钙和镁过 0.15 mm 筛，充分混匀后，装入样品瓶中备用^[17]。

每次收获时各小区单收单计产量。试验过程中详细记载关键生育时段、生育指标和长相长势等。对不同处理每一次采收批次的花椰菜单独计产并考查花球商品性，计算出各处理小区每批次采收的重量。每批次采收时各处理考查花球商品性，包括花

球纵径、花球横径、花球重、花球外观、一级花球占比率。

干物质养分含量的测定：收获时取花球样品，鲜样 1 kg 在 105 ℃ 下杀青 30 min，在 75 ℃ 下 48 h 烘至恒重，备用^[18]。收获期因多次计产，取第 2 ~ 5 批收获时采集并制备储存的花球样品，用不锈钢粉碎机粉碎过 0.15 mm 筛，每批次 50 g 充分混合共 200 g，按四分法缩分为 2 份，每份 100 g 备用。

采用电位法测定基础土样悬液的 pH，重铬酸钾容量法—外加热法测定土壤有机质，碱解氮的测定采用碱解扩散法，全磷采用氢氧化钠熔融—钼锑抗比色法，有效磷采用碳酸氢钠浸提—钼锑抗比色法，速效钾采用乙酸氢钠浸提—火焰光度法，交换性钙、交换性镁采用原子吸收分光光度法^[17]。

植株养分含量测定：全氮采用蒸馏滴定法测定，全磷采用钼锑抗比色法测定，全钾采用火焰光度法测定，全钙和全镁采用原子吸收分光光度法测定^[19]。

1.5 数据分析

采用 Excel 2007 和 DPS 7.5 软件进行数据处理与分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对土壤 pH 及养分性状的影响

各处理耕层（0 ~ 20 cm）土壤 pH 值及养分性状测定结果见表 1。可以看出，土壤调理剂施用量为 750 ~ 1500 kg/hm² 时，随施用量增加，土壤 pH 值呈上升趋势，750、1125 和 1500 kg/hm² 处理的土壤 pH 值分别为 5.7、5.9 和 6.0，较 CK 分别提高了 0.4、0.6 和 0.7 个单位，均达到显著差异水平，增幅分别为 7.5%、11.3% 和 13.2%，说明施用土壤调理剂对改良土壤酸度、提高供试土壤 pH 值具有较为显著的效果。有研究表明，花椰菜生长过程中最适宜 pH 值为 5.5 ~ 6.5^[20]。本研究中，施

表 1 不同处理对土壤养分含量的影响

施用量 (kg/hm ²)	土壤 pH	有机质 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	有效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	交换性钙 (g/kg)	交换性镁 (g/kg)
0	5.3cB	26.2 aA	222.4 aA	85.8 aA	185.4 aA	0.36 cB	0.21 dD
750	5.7bA	26.5 aA	223.3 aA	88.1 aA	184.4 aA	0.39 bcB	0.32 cC
1125	5.9abA	27.2 aA	226.5 aA	89.5 aA	184.7 aA	0.46 bB	0.40 bB
1500	6.0aA	26.8 aA	223.4 aA	91.3 aA	187.3 aA	0.80 aA	0.56 aA

注：同列数值后附不同大、小写字母分别表示差异达 0.01、0.05 显著水平。

用土壤调理剂后, 土壤 pH 值符合花椰菜生长最适的 pH 区间, 为花椰菜生长提供了一个好的土壤环境。

结果还显示, 该土壤调理剂对提高土壤有机质、碱解氮、有效磷含量略有效果, 但与 CK 相比差异不明显。土壤调理剂的施用, 明显提高了土壤交换性钙、交换性镁含量, 且随着施用量的增加, 土壤交换性钙、交换性镁相应增加。其中, 土壤交换性钙的增加效果以 1500 kg/hm² 处理最佳, 显著高于其他处理; 1125 kg/hm² 处理相比 CK 也显著提高。在土壤交换性镁含量上, 3 个土壤调理剂施用处理均极显著高于 CK, 且 3 个处理间差异也极显著。施用供试土壤调理剂后, 土壤中交换性钙、交换性镁、有效磷含量的提高, 为花椰菜生长提供了充足的养分, 可以很大程度上缓解作物缺钙、镁

症状。

2.2 不同处理对花椰菜花球氮、磷、钾、钙、镁含量的影响

第 2 ~ 5 批混合样测定结果见表 2。结果显示, 该土壤调理剂对花球全氮和全钾含量无影响。花球全磷含量, 3 个土壤调理剂处理表现为施用量 1500 kg/hm² > 1125 kg/hm² > 750 kg/hm², 1500 kg/hm² 处理显著高于 CK, 其他两个处理与 CK 间无差异, 3 个土壤调理剂处理间无差异。花球全钙含量, 表现为 1500 kg/hm² > 1125 kg/hm² > 750 kg/hm², 处理 1500 kg/hm² 显著高于 CK 和 750 kg/hm²。花球全镁含量与 CK 比均有一定提高, 但差异不显著。可见, 随土壤调理剂施用量增加花球全磷、全钙、全镁含量也有相同提高的趋势, 这为花椰菜生长发育中有机化合物的合成和新陈代谢奠定了较好的营养物质基础。

表 2 不同处理对花椰菜花球氮、磷、钾、钙、镁含量的影响

施用量 (kg/hm ²)	全氮 (g/kg)	全磷 (g/kg)	全钾 (g/kg)	全钙 (g/kg)	全镁 (g/kg)
0	35.33 aA	14.75 bA	55.9 aA	4.00bB	2.60aA
750	35.21 aA	15.14 abA	58.7 aA	4.15bAB	2.74aA
1125	35.72 aA	15.63 abA	55.2 aA	4.23abAB	2.83aA
1500	35.83 aA	15.88 aA	54.3 aA	4.47aA	2.91aA

2.3 不同处理对花椰菜成熟采收期及商品性的影响

表 3 表明, 施用土壤调理剂后, 缩短了花椰菜的生育时期, 花椰菜大量成熟采收的时间将提前 5 d。各处理花椰菜的采收主要是集中在第二、第三采收批次, 其中用量 750 kg/hm² 采收比重最

大, 其次分别为 1500 kg/hm²、1125 kg/hm²、CK。可见, 总体采收时间上, CK 处理较施用土壤调理剂处理有所推迟, 供试土壤调理剂可以不同程度地缩短花椰菜的生育时期, 促进花椰菜提前成熟, 为花椰菜提早集中上市, 提高经济效益奠定了基础。

表 3 不同处理对花椰菜成熟采收期的影响

施用量 (kg/hm ²)	每批次采收重量占总采收重量的比重 (%)					
	11-16	11-19	11-23	11-26	11-29	12-03
0	3.2	25.4	22.0	18.3	21.1	3.2
750	8.5	43.0	20.6	6.0	15.1	8.5
1125	1.2	27.9	21.7	20.7	13.3	1.2
1500	3.4	31.7	23.0	12.5	22.5	3.4

注: 采收日期以月 - 日记录。

花球商品性综合平均值如表 4。结果表明, 花球纵径, 3 个土壤调理剂处理表现为施用量 1500 kg/hm² > 750 kg/hm² > 1125 kg/hm², 1500 kg/hm² 处理极显著高于其他 3 个处理, 750 kg/hm² 处理极显著高于 CK, 1125 kg/hm² 处理显著高于 CK。花球横径、花球重, 3 个土壤调理剂处理表现为施用量 1500 kg/hm² >

1125 kg/hm² > 750 kg/hm², 3 个土壤调理剂处理间差异极显著, 且均极显著高于 CK。花球外观, 施用量 1500 和 1125 kg/hm² 表现为紧实洁白, 750 kg/hm² 尚紧实洁白, CK 尚紧实略带黄。一级花球占比率施用量 1500、1125 和 750 kg/hm² 比 CK 分别提高 13.2、11.4 和 6.5 个百分点。

表 4 不同处理对花球商品性的影响

施用量 (kg/hm ²)	花球纵径 (cm)	花球横径 (cm)	花球重 (kg)	花球外观	一级花球占比 (%)
0	8.1dC	14.7dD	0.51dD	尚紧实略带黄	73.2
750	8.3bB	16.2cC	0.72cC	尚紧实洁白	79.7
1125	8.2cBC	17.3bB	0.76bB	紧实洁白	84.6
1500	9.3aA	17.8aA	0.86aA	紧实洁白	86.4

注：花球等级规格判定根据 NY/T 941-2006 中华人民共和国农业行业标准（花菜等级规格）进行判定^[21]。

2.4 不同处理对花椰菜产量及效益的影响

各处理产量和效益数据见表 5。结果表明，在相同耕作条件下，施用土壤调理剂增产效果明显。与 CK 相比，施用量 1500、1125 和 750 kg/hm² 的增产幅度分别为 44.8%、28.7% 和 21.5%，其中处

理 1500、1125 kg/hm² 与 CK 之间差异分别达到极显著和显著水平。由此可见，适量增施土壤调理剂不仅有利于提早花椰菜成熟期也可促进产量的形成，尤其施用量达到 1125 ~ 1500 kg/hm² 效果更明显。

表 5 不同处理对花椰菜产量和效益的影响

施用量 (kg/hm ²)	产量 (kg/hm ²)	产值 (元/hm ²)	比 CK 增效 (元/hm ²)	比 CK 成本增加 (元/hm ²)	比 CK 增收 (元/hm ²)	产投比
0	13364 bB	33411	—	—	—	1.10:1
750	16244 abAB	40611	7200	1200	6000	1.30:1
1125	17204 aAB	43040	9630	1650	7980	1.36:1
1500	19349 aA	48373	14963	2100	12863	1.51:1

注：根据市场行情，第一批至第六批的价格分别为 6、3.6、3.0、2.0、1.6、1.2 元/kg，平均按 2.5 元/kg 计算，土壤调理剂 1200 元/t，增加施用人工费 300 元/hm²。

从效益分析看，施用土壤调理剂各处理虽然较 CK 生产成本有所增加，但其产量、产值、净收益均有不同程度提高。与 CK 相比，处理 1500、1125 和 750 kg/hm² 分别净增收 12863、7980 和 6000 元/hm²。CK 处理所有生产成本 30000 元/hm²，产投比 1.10:1，土壤调理剂用量 750、1125 和 1500 kg/hm² 产投比分别达到 1.30、1.36 和 1.51，比 CK 分别提高 0.20、0.26 和 0.41。

3 讨论

土壤酸碱度是影响土壤养分平衡和作物生长的重要因素，pH 的变化是酸性土壤自身性质和外源碱性物质共同作用的表现。一方面，针对土壤酸性障碍的改良，不同土壤类型以及造成土壤酸化的障碍所采取的方法也是不同的，如文方芳^[12]研究表明种植年限与土壤 pH 值呈负相关，认为可以通过减少水肥投入抑制土壤酸化。另一方面，不同的土壤改良剂和使用量作用也差别甚大，如解开治等^[2]研究结果表明酸性土壤施用腐植酸、石

灰、有机肥和脱硫灰均能提高土壤 pH 值和促进高粱生长。魏岚等^[22]研究向酸性土壤中施加碱渣、菇渣、污泥、泥炭等土壤调理剂，既可将碱渣、菇渣等废弃物农用，变废为宝，又可改良酸性土壤，降低酸性土壤的铝毒害，从而提高辣椒的产量和品质。

针对南方红壤酸化障碍和钙镁素缺乏障碍问题，本试验选取钙镁型土壤调理剂为研究对象，研究了该土壤调理剂对土壤理化性状和花椰菜生长发育及产量产值的影响。从土壤理化性状看，一方面本研究的土壤调理剂具有补充土壤钙、镁、磷等营养元素的特点，能引起土壤交换性钙、镁的增加，为作物生长提供有效营养。通过增加钙、镁后，钙、镁容易与土壤结合形成土壤胶体，可增大土壤比表面积，增大土壤对致酸离子的吸附，降低交换性铝的含量，进而降低土壤的酸性^[23]。酸性红壤中增加钙元素也可以减轻或者消除铁、铝过量存在对磷元素的抑制作用，在一定范围内具有活化磷的作用^[24]，为花椰菜生长提供稳定、持

续的磷素环境。另一方面施用供试土壤调理剂 750 ~ 1500 kg/hm², 在克服土壤自身潜在的酸性释放和缓冲性能后, 均能有效改善土壤偏酸的环境, 提高土壤 pH 值 0.4 ~ 0.7 个单位, 土壤环境酸度达到花椰菜的最适 pH 值 6.0 ~ 6.5^[20]。土壤 pH 值对土壤养分的有效性具有一定的影响, 本研究中不同 pH 下的土壤有机质、碱解氮、有效磷、交换性钙、交换性镁含量结果表明, 土壤中的盐基随着土壤 pH 值正比例增加, 至弱酸性 (pH 6.0) 时, 土壤中的盐基饱和度显著提高, 所提供的有效养分更丰富, 土壤更肥沃, 为保障花椰菜稳定和持续性吸肥、缓解花椰菜缺素症状奠定基础。

土壤酸化在一定程度上限制农业生产的发展。陈平平^[25]研究表明, 酸化土壤将引起氮素利用效率降低, 水稻生理进程减缓发育, 使水稻分蘖期推迟, 降低水稻的有效穗数和结实率, 造成产量下降。王海斌等^[10]研究发现, 土壤 pH 值与影响茶叶性质指标茶多酚、茶氨酸、咖啡碱显著正相关, 相关系数高达 0.95 以上, 随着茶树根际土壤酸度加剧, 茶叶品质呈下降趋势。可见, 土壤酸化影响作物的发育、产量和品质。针对土壤酸化引起的一系列问题, 通过合理施用土壤调理剂改良土壤, 在很大程度上能缓解该矛盾。如陈平等^[26]研究结果表明施用土壤调理剂可以改善土壤理化性状, 减轻土壤有害物质的毒害, 提高柑橘的产量, 改善柑橘品质, 增加经济效益; 魏岚等^[22]采用土壤盆栽试验, 结果表明土壤调理剂能提高辣椒品质, 使辣椒根系鲜重、地上部鲜重和辣椒产量增加, 辣椒 Vc、可溶性糖含量显著提高。本研究中, 施用供试土壤调理剂 750 ~ 1500 kg/hm², 花椰菜花球内全氮、全磷、全钾、钙、镁养分的吸收率显著提高, 为花椰菜有机化合物的合成和新陈代谢奠定了较好的营养物质基础, 有利于花椰菜生物学产量的形成。施用土壤调理剂处理花椰菜的集中采收期提前 5 d, 花球的商品外观质量、产量显著提高, 获得较高的经济效益。本试验还发现, 施用土壤调理剂处理的花椰菜根肿病发病率明显低于 CK。总体而言, 试验结果与前人研究结果一致, 合理施用土壤调理剂改良土壤, 在一定程度上提高作物产量并改善品质, 可缓解土壤酸化限制农业生产发展的矛盾。

4 结论

施用供试钙镁型土壤调理剂明显改善了福建地区酸性红壤性状, pH 值以及土壤有效磷及交换性钙、镁含量提高, 花椰菜产量增加, 上市期提前, 品质得到较好改善。综合来看, 施用量 1125 ~ 1500 kg/hm² 时较为合理, 以 1500 kg/hm² 效果最佳, 可以实现土壤酸化高效治理和大幅增收双重目标。

参考文献:

- [1] 何园球, 孙波. 红壤质量演变与调控 [M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [2] 解开治, 徐培智, 严超, 等. 不同土壤改良剂对南方酸性土壤的改良效果研究 [J]. 中国农学通报, 2009, 25 (20): 160-165.
- [3] 张秀, 张黎明, 龙军, 等. 亚热带耕地土壤酸化程度差异及影响因素 [J]. 中国生态农业学报, 2017, 25 (3): 441-450.
- [4] 福建省土壤普查办公室. 福建土壤 [M]. 福州: 福建科技出版社, 1991. 217-252.
- [5] 吴增芳. 土壤结构改良剂 [M]. 北京: 科学出版社, 1976. 24-34.
- [6] 梁伟. 基于 GIS 技术的福建省耕地粮食生产主要限制因素评价 [D]. 福州: 福建农林大学, 2015. 51-64.
- [7] 林锋. 琯溪蜜柚果园钙、镁、硫营养状况及缺镁矫治措施研究 [D]. 福州: 福建农林大学, 2013. 4.
- [8] 唐莉娜, 陈顺辉, 林祖斌, 等. 福建烟田土壤中、微量元素丰缺状况及施肥对策 [J]. 中国农学通报, 2008, 24 (10): 334-337.
- [9] 王瑞雪, 汤利, 徐智. 影响晋云设施蔬菜产量的主要土壤因子分析 [J]. 云南农业大学学报 (自然科学版), 2017, 32 (1): 140-145.
- [10] 王海斌, 陈晓婷, 丁力, 等. 福建省安溪茶园土壤酸化对茶树产量及品质的影响 [J]. 应用与环境生物学报, 2018, 24 (6): 1398-1403.
- [11] 钱晓雍. 塑料大棚设施菜地土壤次生盐渍化特征 [J]. 中国土壤与肥料, 2017 (5): 73-79.
- [12] 文方芳. 种植年限对设施大棚土壤次生盐化与酸化的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2016 (4): 49-53.
- [13] 徐仁扣, 李九玉, 周世伟, 等. 我国农田土壤酸化调控的科学问题与技术措施 [J]. 中国科学院院刊, 2018, 33 (2): 161-167.
- [14] 骆园, 熊德中. 土壤调理剂应用效应研究进展 [J]. 安徽农业科学, 2015, 43 (13): 77-79, 86.
- [15] 陈建军, 王威. 不同土壤调理剂产品对酸性土壤改良效果试验初报 [J]. 广西农学报, 2013, 28 (1): 8-11.
- [16] NY/T 2271—2016, 土壤调理剂效果试验和评价要求 [S].
- [17] 全国农业技术推广服务中心. 土壤分析技术规范 [M]. 北

- 京: 中国农业出版社, 2006. 36-91.
- [18] 兰忠明, 张辉, 周仕全, 等. 氮磷钾配施对紫云英鲜草产量、养分的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2009 (1): 48-52.
- [19] 徐志平. 测土配方施肥实用技术 [M]. 福州: 福建科学技术出版社, 2009. 11-12.
- [20] 杨先芬, 梅家训, 巩庆凡, 等. 瓜菜施肥技术手册 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2001. 164-171.
- [21] 侯奇奇. 土壤干旱胁迫对花椰菜品质影响及灾害指标的确定 [D]. 南京: 南京信息工程大学, 2017.
- [22] 魏岚, 杨少梅, 邹献中, 等. 不同土壤调理剂对酸性土壤的改良效果 [J]. 湖南农业大学学报 (自然科学版), 2010, 36 (1): 77-81.
- [23] 冀建华, 李絮花, 刘秀梅, 等. 硅钙钾镁肥对南方稻田土壤酸性和盐基离子动态变化的影响 [J]. 应用生态学报, 2019, 30 (2): 227-236.
- [24] 倪志强, 郜斌斌, 石伟琦, 等. 供磷型土壤调理剂在酸性土壤应用效果研究 [J]. 热带作物学报, 2018, 39 (4): 809-815.
- [25] 陈平平. 酸化土壤对水稻产量与氮利用效率的影响途径研究 [D]. 长沙: 湖南农业大学, 2015.
- [26] 陈平, 陈大超, 甘涛, 等. 不同土壤调理剂对柑橘酸性土壤的改良效果初报 [J]. 南方农业, 2017, 11 (31): 21-25.

Effects of applying calcium-magnesium soil conditioner on acidic red soil in Fujian

ZHANG Ming-lai (Soil and Fertilizer Technology Station of Shanghang County, Shanghang Fujian 364200)

Abstract: In order to solve the problems of acidification of red soil and restriction of calcium and magnesium on vegetable cultivation in Fujian, the effects of applying calcium-magnesium soil conditioner on physical and chemical properties of soil and yield and quality of cauliflower were studied under field conditions. The test results showed that the application of the tested soil conditioner was 750 ~ 1500 kg/hm², and the soil pH after a cauliflower growing season was 6.0 ~ 6.5, which increased by 0.4 ~ 0.7 units to reach the optimal soil pH for the growth and development of cauliflower. Meanwhile the effective contents of Ca, Mg, P in the soil and cauliflower were significantly increased. the main harvest time was shortened for 5 days, weight of cauliflower single ball increased by 0.21 to 0.35 kg, proportion of primary cauliflower increased by 6.5 ~ 13.2 percentage point, yield of cauliflower increased by 2880 ~ 5985 kg/hm² which with an income increasing of 6000 ~ 12863 yuan/hm². In the acid red soil area of Fujian province, reasonable application of calcium-magnesium soil conditioner has good effects. Considering the physical and chemical properties of soil, the growth period, yield and economic benefits of cauliflower, the application amount of the above soil conditioner is 1125 ~ 1500 kg/hm², which is more reasonable and 1500 kg/hm² is the best.

Key words: soil conditioner; cauliflower; soil physico-chemical properties; yield; quality