

滴施外源钙对香蕉生长 及矿质营养吸收的影响

邓兰生 涂攀峰 龚林 叶倩倩 陈康 李中华

(华南农业大学 资源环境学院 广东 广州 510642)

摘要: 通过盆栽试验研究在滴灌施肥条件下,施用不同水平 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 对香蕉生长、生物量积累及不同部位矿质营养吸收的影响。试验设 5 个处理,每处理 4 次重复。结果表明:在试验条件下,滴施不同水平 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 对香蕉叶片长度、假茎高度影响显著,但对叶片数、叶片宽度、假茎围长度等农艺性状指标影响不显著。滴施不同水平 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 对香蕉叶片、根系及整株生物量的影响显著,其中,施钙处理整株香蕉生物量的增量为 5.78% ~ 10.59%。滴施不同水平 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 显著增加香蕉根系的总根长和根表面积,其增幅分别为 8.61% ~ 47.35% 和 11.77% ~ 28.17%。不同施钙处理对香蕉叶片、假茎、根系等各部分矿质营养吸收产生一定影响,但规律性不明显。

关键词: 滴灌施肥;香蕉;钙;农艺性状;养分吸收

中图分类号: S668.1; S143.7 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2012)01-0034-06

Effect of Calcium Treatment by Means of Drip Fertigation on Growth and Absorption of Mineral Nutrients in Banana

DENG Lan-sheng, TU Pan-feng, GONG Lin,
YE Qian-qian, CHEN Kang, LI Zhong-hua

(College of Natural Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: A pot experiment was carried out to evaluate the effects of supplying different rates of $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ by means of under fertigation on the growth, changes of agronomic characteristics, root system parameters and absorption of mineral nutrients of banana. Five treatments were set up. The results obtained were as follows: under the conditions of this experiment, it was verified that there were no effects of $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ application on leaf numbers, leaf width and pseudostem girth of banana, but there were significant effects on leaf length and pseudostem height. Calcium drip fertigation could significantly promote the biomass of banana (the leaf, root and total biomass), the total biomass increase rate was from 5.78% to 10.59%. At the same time, the root length and root surface area increased significantly under drip fertigation, the increased data were 8.61% ~ 47.35% and 11.77% ~ 28.17%. The treatment of calcium drip fertigation had some effects on the mineral nutrients concentration with different parts—leaf, pseudostem and root of banana.

Key words: drip fertigation; banana; calcium; agronomic trait; nutrient absorption

收稿日期: 2011-09-29 修回日期: 2011-11-25

基金项目: 农业部公益性行业(农业)科研专项(201103003)和广东省自然科学基金项目(9151065003000010)

作者简介: 邓兰生(1971—)男,讲师,硕士,主要从事作物营养与灌溉施肥方向研究, E-mail: lshdeng@scau.edu.cn。

香蕉 (*Musa paradisiaca* spp.) 是世界重要热带亚热带水果之一, 主要分布在 $18^{\circ} \sim 30^{\circ}\text{N}$, 广东省是我国种植面积和产量最大的香蕉产区^[1]。在香蕉营养中, 钙对香蕉的生长发育、产量及品质影响明显, 是需求量最大的 4 种营养元素之一^[2-7]。张英鹏等^[8]在菠菜上的研究表明, 菠菜可食部位的硝酸盐含量随着 N 和 Ca^{2+} 浓度的升高而上升明显。娄春荣等^[9]以草甸土为栽培基质研究氮和钙交互作用对番茄氮素吸收的影响, 得出适量施用钙肥有利于控制番茄果实中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量。陈锋等^[10]在苹果上的研究表明, 长期、适量的连续补充钙肥有利于改善果实的钙素营养。辛建华等^[11]研究了外源钙对马铃薯块茎质量和数量的影响, 发现马铃薯单株块茎数量随外源钙浓度的升高而减少, 但商品薯率和块茎内钙含量则随外源钙浓度的升高而升高。李中勇等^[12]在油桃上的研究表明, 在一定施钙水平范围内, 随着施钙量的增加, 设施油桃果实单果质量、产量、钙含量、果实硬度、Vc 含量均显著增加, 其中土施 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 和 CaSO_4 量分别为 120 g/株和 160 g/株时施肥效果最佳。梁洁等^[13]用不同浓度 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 对处在 2 种 NaCl 浓度胁迫下的木麻黄扦插苗的研究表明, 适量的钙盐有利于木麻黄幼苗抵抗盐胁迫能力的提高, 而高浓度钙盐则可能加重盐胁迫。王跃华等^[14]在茶树上的研究得出钙过量处理的新梢生长受到抑制, 其节间距、新梢长度、展叶数、叶面积均明显低于对照。资料显示, 有关钙在香蕉生长前期的研究较少见。本研究旨在滴灌施肥条件下, 通过盆栽试验研究 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 不同施用量对香蕉生长及香蕉植株各部分矿质营养吸收的影响, 为香蕉生产中钙肥的合理应用提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2011 年 3—6 月在华南农业大学资源环境学院植物营养系进行。

供试土壤为砂壤土, 取自广东省博罗县园洲镇。土壤理化性质为: pH 5.28、EC 364.52 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、有机质 16.63 g/kg、碱解氮 72.95 mg/kg、有效磷 17.06 mg/kg、速效钾 143.61 mg/kg、交换性钙 495.31 mg/kg。

供试作物: 香蕉(品种: B6, 由广东省农业科学院果树研究所提供)。

供试肥料: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 、 NaNO_3 、 KNO_3 、 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 等均为分析纯试剂。

装土容器: 塑料盆(规格为: 上沿直径 30.0 cm, 下沿直径 25.0 cm, 高 30.0 cm), 每盆装土 18.0 kg。

1.2 试验设计

试验按施钙水平的不同设 5 个处理, 每处理 4 次重复。各处理依次为: 处理 1, 对照处理 [不施 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 简称 T_1]; 处理 2, 滴施 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 3.0 g/盆(简称 T_2); 处理 3, 滴施 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 6.0 g/盆(简称 T_3); 处理 4, 滴施 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 9.0 g/盆(简称 T_4); 处理 5, 滴施 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 12.0 g/盆(简称 T_5)。各处理氮、磷、钾、镁肥的施用量相同, 分别为 N 4.8 g/盆, P_2O_5 1.5 g/盆, K_2O 6.0 g/盆, MgO 1.8 g/盆。其中 N、P、K、Ca、Mg 的用量均参考香蕉苗砂培营养液配方和霍格兰配方的用量^[15]。每盆种 1 株香蕉, 所有 N、P、K、Ca、Mg 肥于种植后的第 10 天开始, 每 7 d 施肥 1 次, 通过滴灌施肥系统分 10 次施入。

1.3 测定项目与方法

试验前测定供试土壤的基本理化性质, 采用常规方法进行。在香蕉收获时, 先测定其农艺性状指标, 包括: 总叶片数、假茎高度、假茎围长度、第 3 完全叶的叶片长度和宽度; 之后将植株按叶片、假茎、根系分别收获。对于根系先计算一级根条数, 并洗净, 用于测定根系参数指标, 包括: 根长、根表面积; 最后将各处理叶片、假茎、根系样品烘干、粉碎, 用于 N、P、K、Ca、B 等矿质养分含量的测定。其中, 根系指标的测定方法为: 在实物扫描仪上, 用 WinRHZO 根系图像分析软件进行。植株 N、P、K 养分含量的测定: 将植株样品经 $\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{O}_2$ 消煮后, 用自动定氮仪(2300 Kjeltac Analyzer Unit 型)测定含氮量, 用钼蓝比色法测定含磷量, 用火焰光度计法测定含钾量^[16-17]。植株 Ca、B 养分含量的测定: 将植株样品干灰法灰化后, 经 HCl 溶解, 用原子吸收光度法测定含钙量, 用姜黄素比色法测定含硼量^[16-17]。

1.4 数据处理

试验数据用 Excel 2003 和 SAS 8.1 软件进行分析处理。

2 结果与分析

2.1 滴施不同钙量对香蕉植株农艺性状的影响

香蕉植株农艺性状可直接表现香蕉生长状况的好坏。表 1 数据表明,滴施不同钙处理对香蕉叶片数、叶片宽度及假茎围长度影响差异不显著。4 个施钙处理的叶片长度差异不显著,但显著大于不施钙的 T₁ 处理。在香蕉假茎高度指标中 4 个不同施钙处理间的假茎高度表现为差异不显著,其中 T₂ 处理的假茎高度显著大于 T₁ 处理,而 T₃、T₄、T₅ 处理与 T₁ 处理间的假茎高度表现为差异不显著。

表 1 不同钙水平下香蕉植株农艺性状分析

Tab.1 Agronomic characteristics of banana under different calcium element levels

处理 Treatment	叶片数 Leaf numbers	叶长/cm Leaf length	叶宽/cm Leaf width	假茎高/cm Pseudostem height	假茎围/cm Pseudostem girth
T ₁	18.75 ± 0.25a	51.50 ± 1.19b	24.63 ± 1.82a	48.13 ± 0.43b	12.50 ± 0.20a
T ₂	18.25 ± 0.25a	57.00 ± 1.23a	27.50 ± 0.65a	52.63 ± 0.94a	12.63 ± 0.24a
T ₃	18.25 ± 0.25a	55.65 ± 0.47a	27.38 ± 0.72a	51.00 ± 1.47ab	12.88 ± 0.13a
T ₄	18.25 ± 0.25a	58.37 ± 1.03a	27.20 ± 0.52a	50.25 ± 0.48ab	13.25 ± 0.25a
T ₅	18.25 ± 0.25a	57.00 ± 0.41a	27.63 ± 0.63a	51.25 ± 1.44ab	13.13 ± 0.43a

同列数据末尾具有相同字母表示差异不显著 (P < 0.05)。

Same letters in same column mean no significant differences at 0.05 levels.

2.2 滴施不同钙量对香蕉各部分生物量的影响

生物量指标反映的是作物生长状况。在滴灌施肥条件下,施用不同钙处理在香蕉生物量指标上的表现差异显著(表 2)。表中数据表明 4 个施钙处理间叶片干物重差异不显著,其中 T₄、T₅ 处理的叶片干物重显著大于不施钙的 T₁ 处理,而 T₂、T₃ 处理与 T₁ 处理间的叶片干物重差异不显著。在香蕉假茎干物重方面 5 个不同处理间的假茎干物重均表现为差异不显著。根系的干物重则以不施钙的 T₁ 处理最小,显著小于其余 4 个施钙处理,且 4 个施钙处理间的根系干物重表现为差异不显著。就香蕉总的生物量而言,以施钙的 T₂、T₃、T₄、T₅ 处理间表现为差异不显著,但显著大于不施钙的 T₁ 处理。

表 2 不同钙水平下香蕉各部分生物量组成

Tab.2 Biomass distributions of banana under different calcium element levels

g/株

处理 Treatment	叶片 Leaf	假茎 Pseudostem	根系 Root	总生物量 Total biomass
T ₁	47.75 ± 0.96b	24.60 ± 0.17a	9.26 ± 0.45b	81.61 ± 0.91b
T ₂	50.14 ± 1.00ab	24.96 ± 0.98a	12.05 ± 1.07a	87.16 ± 1.09a
T ₃	50.21 ± 0.91ab	24.26 ± 0.56a	11.85 ± 0.15a	86.33 ± 1.02a
T ₄	52.57 ± 0.43a	25.56 ± 0.68a	12.13 ± 1.02a	90.25 ± 1.92a
T ₅	50.65 ± 0.99a	23.94 ± 0.60a	12.62 ± 0.91a	87.21 ± 0.84a

同列数据末尾具有相同字母表示差异不显著 (P < 0.05)。

The same letters in same column mean no significant differences at 0.05 levels.

2.3 滴施不同钙量对香蕉根系生长的影响

根系是植物最活跃的养分吸收器官,良好的根系发育对地上部分的生长具有重要意义。在很多的研究中,常把根系的根长、根干重、根表面积等作为作物吸收养分效率的重要衡量参数指标。从表 3 数据可以看出,滴施不同钙量对香蕉根系的一级根数量、根长、根表面积参数影响显著。其中 4 个施钙处理间的一级根数量表现为差异不显著,施钙量较多的 T₄、T₅ 处理一级根的数量要明显多于不施钙的 T₁ 处理,其增幅为 10.80% ~ 12.50%。不同处理间的根系总长度差异显著,其由大到小顺序依次为 T₃、T₄、T₂、T₅、T₁。不同处理间的根系总表面积表现为 T₂、T₃、T₄ 处理间差异不显著,但显著大于 T₁、T₅ 处理,其中以不施钙的 T₁ 处理最小。

表 3 不同钙水平下香蕉根系参数分析

Tab. 3 Root system parameters of banana under different calcium element levels

处理 Treatment	根系数量/条 First root number	总根长/cm Total root length	总根表面积/cm ² Total root surface area
T ₁	44.00 ± 1.08b	4088.59 ± 125.34e	2939.53 ± 90.34c
T ₂	48.25 ± 1.03ab	5066.49 ± 117.25c	3767.63 ± 117.25a
T ₃	48.00 ± 2.16ab	6024.59 ± 21.61a	3723.32 ± 76.12a
T ₄	49.50 ± 1.44a	5542.40 ± 134.03b	3683.95 ± 59.15a
T ₅	48.75 ± 0.85a	4440.59 ± 19.38d	3285.61 ± 130.14b

同列数据末尾具有相同字母表示差异不显著 ($P < 0.05$)。

The same letters in same column mean no significant differences at 0.05 levels.

2.4 滴施不同钙量对香蕉各部分养分含量的影响

表 4、表 5、表 6 的结果表明,滴施施钙处理对香蕉叶片、假茎、根系等各部分对矿质养分吸收影响存在一定的差异性。在植株的钙吸收方面,滴施不同钙水平对香蕉叶片钙含量影响显著,施钙的 T₂、T₄、T₅ 处理的叶片钙含量显著高于不施钙的 T₁ 处理;4 个施钙处理间假茎的钙含量差异不显著,但显著高于不施钙的 T₁ 处理;而施钙与否对香蕉根系中钙含量影响不明显。在植株含氮量方面, T₂、T₃ 处理叶片和根系的含氮量显著高于 T₄ 处理;而 T₂ 和 T₄ 处理间假茎的含氮量差异不显著,但显著高于 T₃ 处理。不同处理对香蕉叶片磷含量影响显著,其中以 T₃ 处理与 T₁ 差异不显著,但显著高于 T₂、T₄、T₅ 处理;不同处理间香蕉假茎和根系的含磷量均表现为差异不显著。在植株含钾量方面,同一处理香蕉叶片、假茎、根系的含钾量差异明显,以叶片含钾量最低;在香蕉叶片中,以施钙的 T₂ 处理的含钾量显著高于其余 4 个处理;在假茎中则以 T₄ 处理的含钾量最低,显著低于其他 4 个处理;在根系中则以施钙量最多的 T₅ 处理含钾量最低,显著低于其他 4 个处理。在本试验条件下,不同处理对香蕉叶片含硼量差异

表 4 不同钙水平下香蕉叶片养分含量

Tab. 4 The leaf nutrient contents of banana under different calcium element levels

处理 Treatment	N/ (g · kg ⁻¹)	P/ (g · kg ⁻¹)	K/ (g · kg ⁻¹)	Ca/ (g · kg ⁻¹)	B/ (mg · kg ⁻¹)
T ₁	28.19 ± 0.21ab	1.81 ± 0.04ab	28.21 ± 0.29b	17.80 ± 0.66c	22.38 ± 0.17a
T ₂	28.76 ± 0.45a	1.73 ± 0.06b	36.88 ± 1.21a	20.66 ± 0.60ab	22.22 ± 1.20a
T ₃	29.80 ± 0.95a	1.88 ± 0.04a	29.95 ± 0.48b	19.14 ± 0.73bc	21.65 ± 1.14a
T ₄	26.98 ± 0.36b	1.53 ± 0.07c	27.85 ± 0.83b	20.75 ± 0.22ab	21.44 ± 0.92a
T ₅	28.16 ± 0.38ab	1.67 ± 0.01b	29.75 ± 1.39b	22.21 ± 1.06a	21.05 ± 0.18a

同列数据末尾具有相同字母表示差异不显著 ($P < 0.05$)。

The same letters in same column mean no significant differences at 0.05 levels.

表 5 不同钙水平下香蕉假茎养分含量

Tab. 5 The pseudostem nutrient contents of banana under different calcium element levels

处理 Treatment	N/ (g · kg ⁻¹)	P/ (g · kg ⁻¹)	K/ (g · kg ⁻¹)	Ca/ (g · kg ⁻¹)	B/ (mg · kg ⁻¹)
T ₁	19.53 ± 0.41a	2.11 ± 0.09a	50.24 ± 0.43b	17.06 ± 0.16b	15.88 ± 0.27a
T ₂	19.33 ± 0.30a	1.97 ± 0.06a	50.32 ± 1.75b	19.11 ± 0.52a	13.58 ± 0.74b
T ₃	18.20 ± 0.29b	2.05 ± 0.03a	52.67 ± 0.74ab	19.49 ± 1.06a	12.41 ± 0.32b
T ₄	18.81 ± 0.44ab	1.86 ± 0.10a	41.67 ± 0.77c	20.76 ± 0.60a	16.27 ± 0.51a
T ₅	19.78 ± 0.29a	2.05 ± 0.08a	54.73 ± 1.70a	20.80 ± 0.54a	12.79 ± 0.32b

同列数据末尾具有相同字母表示差异不显著 ($P < 0.05$)。

The same letters in same column mean no significant differences at 0.05 levels.

不显著,但在根系、假茎中的含硼量则存在一定的差异性;同时,叶片的含硼量要明显高于假茎和根系的含硼量。

表 6 不同钙水平下香蕉根系养分含量

Tab. 6 The root nutrient contents of banana under different calcium element levels

处理 Treatment	N/ (g · kg ⁻¹)	P/ (g · kg ⁻¹)	K/ (g · kg ⁻¹)	Ca/ (g · kg ⁻¹)	B/ (mg · kg ⁻¹)
T ₁	16.92 ± 0.30b	2.16 ± 0.07a	65.27 ± 2.63a	10.23 ± 0.07a	16.16 ± 0.52a
T ₂	19.19 ± 0.50a	2.08 ± 0.12a	60.38 ± 1.10b	10.27 ± 0.66a	14.45 ± 0.66a
T ₃	19.86 ± 0.18a	2.19 ± 0.02a	62.79 ± 1.41ab	10.78 ± 0.57a	11.60 ± 0.38bc
T ₄	16.79 ± 0.64b	2.12 ± 0.05a	61.67 ± 0.78ab	10.20 ± 0.66a	10.25 ± 0.55c
T ₅	17.97 ± 0.15b	2.02 ± 0.04a	52.92 ± 0.40c	10.66 ± 0.69a	12.28 ± 0.81b

同列数据末尾具有相同字母表示差异不显著 ($P < 0.05$)。

The same letters in same column mean no significant differences at 0.05 levels.

3 结论与讨论

钙是土壤中含量最丰富的元素之一,通常情况下,因供应不足而出现作物缺 Ca 的现象较少见,因此,容易被人们所忽视;同时,钙的作用效果又受到多方面因素的影响和制约。刘晶晶等^[18]对钙在土壤中的淋溶迁移特征研究指出,随着钙施用量的增加,土壤有效态钙含量增加 2.2% ~ 22.4%,钙的淋溶率高达 48.6% ~ 80.4%。适宜的钙磷施用比例有利于提高有效态钙的含量,降低钙的淋溶率,进而影响作物对钙的吸收。吴忠红等^[19]在西芹上的研究表明,氮、钙、硼配施有利于改善西芹的生物学性状,其中钙对西芹的叶柄数和茎粗影响最大。邓兰生等^[20]研究指出,滴灌施肥有利于增加香蕉植株生物量和蕉指产量。朱洪霞等^[21]研究了施钙对酸性土壤 5 个不同品种茼蒿产量和品种的影响,指出增施钙肥使茼蒿产量显著提高。而在滴灌条件下不同施钙方式对盐碱土盐分运移影响明显,随着湿润锋水平、垂直方向运移距离的增加,土壤钠离子含量降低,土壤结构得以改善,其中施钙-滴水-施钙方式更有利于作物根系生长^[22-23]。黄化刚等^[24]对东南景天生长及锌积累的研究表明,适当增加外源钙可促进超积累生态型东南景天生长,地上部干物质质量、根长、根表面积增加。在辣椒上的研究表明,外源 Ca²⁺ 可通过调节辣椒幼苗根系内呼吸代谢来缓解淹水胁迫对植株的伤害,改善根系的生长状况,根系的根长、根表面积、体积、根尖数和平均直径都显著高于单纯淹水胁迫^[25]。张玉焯等^[26]对水稻的研究发现,不同钙肥水平对水稻吸收积累钙具有显著影响,并且以施用 Ca(OH)₂ 450 kg/hm² 和 600 kg/hm² 效果最好。Rodrigues 等^[27]研究结果表明,不同灌溉方式也将影响香蕉对不同养分的吸收。本研究结果表明:

(1) 在本试验条件下,滴施不同水平 Ca(NO₃)₂ 对香蕉叶片长度、假茎高度影响显著,但对叶片数、叶片宽度、假茎围长度等农艺性状指标影响不显著。

(2) 在香蕉生物量方面,滴施不同水平 Ca(NO₃)₂ 对香蕉叶片、根系及整株生物量的影响显著,但对香蕉假茎干物重的影响不明显,施钙处理整株香蕉生物量的增量为 5.78% ~ 10.59%。

(3) 滴施不同水平 Ca(NO₃)₂ 对香蕉根系的一级根数量、总根长、根表面积的影响均表现为差异显著,其中 T₃ 处理的总根长数量显著高于其余 4 个处理,而 T₂、T₃、T₄ 处理间的根表面积差异不显著,但显著大于其余 2 个处理。表明在本试验条件下, Ca(NO₃)₂ 施用量为 6.0 g/盆可能是一个理想用量,有待进一步验证。

(4) 滴施不同水平 Ca(NO₃)₂ 对香蕉叶片、假茎、根系等各部分矿质营养吸收产生一定的影响。

参考文献:

- [1] 吴雪珍,周灿芳,万忠,等. 2010 年广东香蕉产业发展现状分析[J]. 广东农业科学, 2011, 38(5): 18-20.
- [2] 杨苞梅,李进权,姚丽贤,等. 钾钙镁营养对香蕉产量、品质及贮藏性的影响[J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(2): 290-294.
- [3] 杨苞梅,李进权,姚丽贤,等. 钾钙镁营养对香蕉生长和叶片生理特性的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2010(1): 29-32, 36.
- [4] 杨苞梅,林电,李家均,等. 香蕉营养规律的研究[J]. 云南农业大学学报, 2007, 22(1): 117-121.

- [5] Peter K H. Calcium: A central regulator of plant growth and development [J]. *Plant Cell* 2005, 17(8): 2142-2156.
- [6] Kendal D H. The calcium conundrum both versatile nutrient and specific signal [J]. *Plant Physiology* 2004, 136(1): 2438-2442.
- [7] Hardisson A, Rubio C, Baez A, et al. Mineral composition of the banana (*Musa acuminata*) from the island of Tenerife [J]. *Food Chemistry* 2001, 73(2): 153-161.
- [8] 张英鹏, 李彦, 张明文, 等. 不同氮、钙营养对菠菜安全品质与抗氧化酶活性的影响 [J]. *植物营养与肥料学报* 2008, 14(4): 754-760.
- [9] 娄春荣, 韩晓日, 肖千明, 等. 氮和钙交互作用对番茄氮素吸收的影响 [J]. *应用生态学报* 2004, 15(4): 667-672.
- [10] 陈锋, 秦栋, 厉恩茂, 等. 分期施肥对富士苹果钙素吸收的影响 [J]. *果树学报* 2008, 25(5): 630-634.
- [11] 辛建华, 李天来, 陈红波. 外源钙处理对马铃薯块茎重量和数量的影响 [J]. *西北农业学报* 2008, 17(5): 248-251.
- [12] 李中勇, 高东升, 王闯, 等. 土壤施钙对设施栽培油桃果实钙含量及品质的影响 [J]. *植物营养与肥料学报* 2010, 16(1): 191-196.
- [13] 梁洁, 严重玲, 李裕红, 等. $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 对 NaCl 胁迫下木麻黄扦插苗生理特性的调控 [J]. *生态学报* 2004, 24(5): 1073-1077.
- [14] 王跃华, 张丽霞, 孙其远. 钙过量对茶树光合特性及叶绿素超微结构的影响 [J]. *植物营养与肥料学报* 2010, 16(2): 432-438.
- [15] 刘士哲. 现代实用无土栽培技术 [M]. 北京: 中国农业出版社 2001: 87-489.
- [16] 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: 308-322, 325-328.
- [17] 徐静安, 潘振玉. 分析测试方法 [M]. 北京: 化学工业出版社 2000: 446-455.
- [18] 刘晶晶, 刘春生, 李同杰, 等. 钙在土壤中的淋溶迁移特征研究 [J]. *水土保持学报* 2005, 19(4): 53-56, 75.
- [19] 吴忠红, 张乃明, 张玉娟, 等. 氮与钙、硼配施对西芹生物学性状的影响 [J]. *云南农业大学学报* 2006, 21(5): 621-624.
- [20] 邓兰生, 张承林, 黄兰芬. 滴灌施氮肥对香蕉生长的影响 [J]. *华南农业大学学报* 2008, 29(1): 19-22.
- [21] 朱洪霞, 狄彩霞, 王正银, 等. 钙对酸性土壤不同品种莴笋产量和品质的效应 [J]. *西南农业大学学报* 2005, 27(4): 456-458, 463.
- [22] 孙海燕, 王全九, 彭立新, 等. 滴灌施钙时间对盐碱土水盐运移特征研究 [J]. *农业工程学报* 2008, 24(3): 53-58.
- [23] 刘建坤, 王全九, 张江辉, 等. 滴灌施钙土壤水盐运移特征的田间试验研究 [J]. *土壤学报* 2010, 47(3): 568-573.
- [24] 黄化刚, 李廷轩, 张锡洲, 等. 外源钙离子对东南景天生长及锌积累的影响 [J]. *应用生态学报* 2008, 19(4): 831-837.
- [25] 张恩让, 任媛媛, 胡华群, 等. 钙对淹水胁迫下辣椒幼苗根系生长和呼吸代谢的影响 [J]. *园艺学报* 2009, 36(12): 1749-1754.
- [26] 张玉烛, 王学武, 张岳平, 等. 不同钙肥水平对水稻的钙积累及分配影响 [J]. *土壤通报* 2009, 40(3): 640-644.
- [27] Rodrigues D S L, Ledo A A, Toledo P M C, et al. Nutritional status of prata type bananas under different irrigation systems [J]. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 2010, 45(9): 980-988.