

小分子有机物质螯合钙肥的应用效果

沈欣, 袁亮, 李燕婷*, 赵秉强, 林治安, 李娟, 杨相东, 张建君

(中国农业科学院农业资源与农业区划研究所/农业部植物营养与肥料重点实验室, 北京 100081)

摘要: 采用盆栽试验, 将两种小分子有机物(氨基酸、糖醇)为主剂的螯合钙肥与单质硝酸钙和市场钙肥产品糖醇钙(糖醇螯合钙)比较, 研究叶面喷施和根施两种施肥方式对小白菜生长、品质和养分吸收的影响。结果表明: 与硝酸钙和糖醇钙相比, 无论是喷施还是根施, 两种小分子有机物质螯合钙肥都能在不同程度上提高小白菜的钙吸收量, 提高其生物量, 改善品质; 喷施和根施小分子有机物质螯合钙肥 I 与分别施用硝酸钙相比, 小白菜生物量分别提高了 33.63% 和 31.55%; 喷施和根施小分子有机物质螯合钙肥 II 与施用硝酸钙相比, 小白菜的生物量分别提高了 18.95% 和 49.95%。与硝酸钙相比, 两种小分子有机物质螯合钙肥喷施可使植株钙累积量分别平均提高 5.31% 和 6.84%; 根施则使植株钙累积量分别提高 13.51% 和 45.31%。另外, 喷施、根施两种小分子有机物质螯合钙肥与施用硝酸钙与糖醇钙相比, 均不同程度地提高了小白菜的 Vc 和可溶性蛋白含量, 降低了硝态氮含量。因此, 以氨基酸和糖醇为主剂的螯合钙肥无论采用喷施还是根施, 都能对小白菜起到良好的增产提质效果。

关键词: 有机螯合钙肥; 施肥方式; 生物量; 品质; 养分吸收

中图分类号: S143.7⁺2

文献标识码: A

文章编号: 1673-6257(2016)03-0087-06

钙是植物生长所必需的营养元素之一, 处于植物生长发育和应对环境胁迫的中心调控地位^[1]。钙在植物体内的长距离运输主要以蒸腾拉力作为动力, 在植物体内再分配的能力差, 易导致植株的幼嫩部位及果实出现缺钙现象^[2], 缺钙严重影响了植物的外观及品质^[3]。及时补充钙肥是缓解作物缺钙症状的主要方式。补充植物钙素营养的传统钙源主要有氯化钙、硝酸钙、氢氧化钙等。目前, 新型螯合钙肥以其显著的优越性受到人们的重视^[4]。常见补充钙肥的方法有叶面喷施和土壤施用^[5], 而叶面喷施具有不受土壤条件制约, 可直接喷施于缺钙器官等优势, 避免了由于韧皮部再分配转运困难引起的利用率低的问题, 但由于叶面喷施钙肥与土壤施用相比费工、费时^[6], 其主要应用于果树、蔬菜等经济作物。研究发现, 叶面喷施螯合钙肥显著降低荔枝的裂果率, 提高葡萄、苹果的产量及品质^[7-8]。对于大面积种植的作物, 将水溶性钙肥配合灌溉节水技术根部施用将大幅度降低田间作业成本。钙肥

的根部施用效果受土壤理化性质特别是土壤 pH 值的制约, 研究表明, 只有土壤 pH 值在 6.0~6.5 时, 钙为有效态, 才能被植物吸收^[9]。

据研究, 一些天然小分子有机物质由于具有螯合中微量元素, 促进植物生长、改善作物品质的作用, 常被作为主剂或助剂用于研制中微量元素肥料, 并应用到农业生产中^[10-11]。有机物质螯合钙水溶性和稳定性良好, 对作物危害小, 与普通化学螯合钙相比环境风险小。本文以小白菜为目标作物, 采用叶面喷施与随水根施两种不同的施肥方式, 研究利用氨基酸、糖醇两种小分子有机物质制成的新型螯合钙肥对小白菜生长发育、品质及养分吸收的影响, 以明确此类有机螯合钙肥的有效施用方式, 为其在农业生产中的推广应用提供科学依据。

1 材料与方法

试验于 2014 年 10 月至 2015 年 1 月在中国农业科学院农业资源与农业区划研究所日光温室内进行。

1.1 供试材料

(1) 硝酸钙 [Ca(NO₃)₂·4H₂O, 分析纯]; (2) 市场钙肥产品—糖醇钙(含 Ca²⁺ 152 g/L, 美国专利技术); (3) 两种小分子有机物质螯合钙

收稿日期: 2015-10-29; 最后修订日期: 2016-01-04

基金项目: 国家科技支撑计划课题(2011BAD11B05); 公益性行业(农业)科研专项经费(201103003)。

作者简介: 沈欣(1992-), 女, 山东莱芜人, 硕士研究生, 研究方向为新型肥料研制与应用, E-mail: 1164848821@qq.com。

通讯作者: 李燕婷, E-mail: liyanting@caas.cn。

肥—钙肥 I、钙肥 II (均含 Ca^{2+} 190 g/L), 其中, 小分子有机物质为氨基酸、糖醇。

1.2 供试作物及供试土壤

供试作物: 青梗小白菜, 品种为北京新一号。

供试土壤: 取自中国农业科学院廊坊试验基地, 土壤类型为潮土, 其基本理化性质见表 1。

表 1 供试土壤基本理化性质

pH 值	全氮 (g/kg)	有效磷 (P, mg/kg)	速效钾 (K, mg/kg)	有机质 (g/kg)	有效钙 (mg/kg)
7.92	0.21	3.77	85.85	1.90	605.11

1.3 试验设计

钙肥施用方式采用叶面喷施 (P) 和随水根施 (G) 两种方式, 每种方式均设置 5 个处理, 共计 10 个处理, 具体处理见表 2。每个处理重复 5 次, 随机区组排列。

试验采用盆栽种植, 每盆装入 4 kg 风干土, 每盆基施尿素 (N 46.2%) 0.87 g、磷酸二铵 (18-46-0) 1.05 g、硫酸钾 (K_2O 50%) 1.11 g。幼苗三叶时定苗, 每盆 3 株。幼苗四叶时, 分别进行喷施和根施处理, 每隔 7 d 处理一次, 共进行 5 次处理。

表 2 试验处理 (mg/L)

处理编号	施肥方式	供试材料	Ca^{2+} 浓度
CK1	叶面喷施	清水	130
PCa		$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	130
PCa I		钙肥 I	130
PCa II		钙肥 II	130
PHF		糖醇钙	130
CK2	随水根施	清水	260
GCa		$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	260
GCa I		钙肥 I	260
GCa II		钙肥 II	260
GHF		糖醇钙	260

1.4 测定分析方法

收获时测植株鲜重, 每株取 2 片鲜叶测定 Vc、可溶性蛋白、硝态氮含量等品质指标, 剩余部分 105℃ 杀青 0.5 h 后烘干、称重, 计干重, 然后测生物量; 粉碎, 测定植株中氮、磷、钾与全钙含量。

分别用 2, 6-二氯靛酚滴定法测定 Vc 含量^[12], 考马斯亮蓝法测定可溶性蛋白含量^[12], 水

杨酸法测定硝态氮含量^[12], 浓 $\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{O}_2$ 消煮法测定全氮、磷、钾含量^[13], 浓硝酸-高氯酸消煮-原子吸收分光光度法 (GBT 23375-2009) 测定全钙含量。

1.5 数据处理

试验数据采用 Microsoft Excel 2003 和 SAS 8.0 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同施肥方式下小分子有机物质螯合钙肥对小白菜生物量的影响

表 3 表明, 叶面喷施小分子有机物质螯合钙肥 I 和 II 与喷施单质钙相比, 小白菜植株生物量分别提高 33.63% 和 18.95%, 其中钙肥 I 处理与喷施单质钙处理间差异达到了显著性水平; 与喷施糖醇钙相比, 喷施钙肥 I 与钙肥 II 处理的小白菜生物量分别提高了 53.6% 与 36.73%, 其中, 钙肥 I 与糖醇钙相比差异达到显著性水平。应用于根施时, 与硝酸钙相比, 施用小分子有机物质螯合钙肥 I 和 II 的小白菜生物量分别提高 31.55% 与 49.95%, 差异显著; 与根施糖醇钙相比, 根施钙肥 I 处理的小白菜生物量提高了 51.46%, 根施钙肥 II 处理的小白菜生物量提高了 72.65%, 差异均达到显著性水平。综合表 2 中的数据分析, 与单质钙和糖醇钙相比, 喷施和根施钙肥 I、钙肥 II 都能明显促进小白菜的生长, 提高小白菜产量。

表 3 不同处理对小白菜生物量的影响 (g/盆)

处理	喷施	根施
清水	7.38 ± 0.43 b	8.28 ± 0.99 b
硝酸钙	8.92 ± 0.56 b	10.27 ± 0.76 b
钙肥 I	11.92 ± 0.35 a	13.51 ± 0.98 a
钙肥 II	10.61 ± 0.62 ab	15.40 ± 1.31 a
糖醇钙	7.76 ± 0.48 b	8.92 ± 1.23 b

注: 同列数据后不同字母代表处理间 5% 水平显著差异。下同。

2.2 不同施肥方式下小分子有机物质螯合钙肥对小白菜品质的影响

根据试验结果, 采用叶面喷施, 4 种钙肥均能降低小白菜硝酸盐含量。其中, 钙肥 I 和钙肥 II 作用最显著, 小白菜硝酸盐含量最低, 见表 4。与喷施单质钙相比, 喷施钙肥 I 和钙肥 II 小白菜硝酸盐含量分别降低了 33.60% 与 31.77%, 差异达到显著性水平。与喷施糖醇钙相比, 小白菜硝酸盐含量

分别降低了 11.15% 与 8.69%。当采用根施处理时,施用两种钙肥的小白菜硝酸盐含量均显著低于其他处理。与硝酸钙相比,根施钙肥 I 和钙肥 II 硝酸盐的含量分别降低了 4.94% 与 4.88%;与糖醇钙相比,硝酸盐含量分别降低了 44.58% 和 44.55%,差异达到了显著性水平。

与其他处理相比,喷施钙肥 I 和钙肥 II 可以提高小白菜可溶性蛋白的含量,其中钙肥 II 与其他处理相比,差异均达到显著性水平。与喷施单质钙相比,钙肥 I 和钙肥 II 可溶性蛋白的含量分别提高了 10.60% 与 31.21%。与喷施糖醇钙相比,钙肥 I 和钙肥 II 可溶性蛋白的含量分别提高了 2.45% 与 21.54%。根施钙肥 I 和钙肥 II 小白菜可溶性蛋白

含量与其他处理相比显著提高。与根施硝酸钙相比,分别提高了 12.90% 与 23.93%;与根施糖醇钙相比,分别提高了 1.88% 与 11.84%。

与喷施清水处理相比,喷施钙肥 I 和钙肥 II 处理的小白菜 Vc 含量分别提高了 7.33% 与 11.33%;喷施钙肥 I 和钙肥 II 处理的小白菜 Vc 含量显著高于喷施糖醇钙处理,分别提高了 20.98% 与 25.48%。但与喷施单质钙的处理相比,差异均未达到显著性水平。与根施硝酸钙相比,根施钙肥 I 处理小白菜的 Vc 含量提高了 10.07%;而根施钙肥 II 与硝酸钙相比 Vc 含量没有显著性差异。与根施糖醇钙相比,根施钙肥 I 和钙肥 II 处理,小白菜 Vc 含量分别提高了 16.67% 与 5.30%

表 4 不同处理对小白菜品质的影响

处理	喷施			根施		
	硝酸盐 (mg/kg)	可溶性蛋白 (mg/g)	Vc (mg/100 g)	硝酸盐 (mg/kg)	可溶性蛋白 (mg/g)	Vc (mg/100 g)
清水	337.57 ± 38.82a	96.40 ± 4.10b	61.08 ± 0.73b	395.26 ± 38.76b	86.32 ± 9.89c	53.71 ± 1.57c
硝酸钙	215.85 ± 42.54b	91.81 ± 8.79b	66.93 ± 0.94a	309.95 ± 73.7bc	98.86 ± 11.98bc	60.78 ± 5.36ab
钙肥 I	143.31 ± 41.54c	101.54 ± 12.07b	65.56 ± 3.09a	294.64 ± 32.64c	111.61 ± 5.54ab	66.90 ± 4.21a
钙肥 II	147.27 ± 44.00c	120.46 ± 7.76a	68.00 ± 1.70a	294.83 ± 73.75c	122.52 ± 7.24a	60.38 ± 4.92b
糖醇钙	161.29 ± 33.16bc	99.11 ± 2.50b	54.19 ± 2.22c	531.68 ± 89.15a	109.55 ± 5.82b	57.34 ± 5.88bc

2.3 不同施肥方式下小分子有机物质螯合钙肥对小白菜养分吸收的影响

植株氮、磷、钾的吸收量能够反映小白菜的营养水平,也是小白菜产量和品质构建的关键因素之一。在叶面喷施(图 1A、B、C)时,钙肥 I 与单质钙相比,植株对氮、磷、钾的吸收量分别提高了 12.9%、18.46%、13.10%;与喷施糖醇钙相比,分别提高了 11.5%、17.5%、26.99%,差异均达到显著性水平。钙肥 II 与单质钙相比,植株氮、磷、钾含量分别提高了 3.41%、2.69%、3.79%;与糖醇钙相比,分别提高了 2.15%、1.83%、16.5%。可见,采用叶面喷施时,钙肥 I 对小白菜氮、磷、钾的吸收促进作用较钙肥 II 好。当随水根施(图 1D、E、F)时,钙肥 I 与单质钙相比,植株氮、磷吸收量分别提高了 22.12% 与 6.79%,但钾吸收量降低了 5.72%;与糖醇钙相比,氮、磷的吸收量分别提高了 9.26% 和 17.07%,钾的吸收量差异不显著。钙肥 II 与单质钙相比,植株氮、磷、钾含量分别提高了 21.56%、4.79%、7.26%;与糖

醇钙相比,分别提高了 8.75%、14.89%、13.41%;根施时,钙肥 I 和钙肥 II 效果差不多。

2.4 不同施肥方式下小分子有机物质螯合钙肥对小白菜钙吸收的影响

图 2A 表明,叶面喷施时,4 种钙肥均能提高小白菜的钙吸收量,其中钙肥 I 和钙肥 II 与单质钙和喷施清水相比差异显著。在施钙量相同的条件下,叶面喷施钙肥 I、钙肥 II 与喷施单质钙、糖醇钙相比均能提高小白菜的钙吸收量,喷施钙肥 I、钙肥 II 与喷施单质钙相比,小白菜钙吸收量分别提高了 5.31% 和 6.84%;与喷施糖醇钙相比,小白菜钙吸收量分别提高了 14.87% 和 16.55%。因此,与喷施单质钙与糖醇钙相比,喷施小分子有机物质螯合钙肥对植物的补钙效果更好。

由图 2B 可以看出,根施钙肥 I、钙肥 II 同样能够显著提高小白菜钙吸收量。与根施清水相比,根施两种小分子有机螯合钙肥可使小白菜钙吸收量分别提高 30.38% 和 67.44%,差异显著;与根施单质钙相比,两种小分子有机物质螯合钙肥使小

白菜钙吸收量分别提高了 13.51% 与 45.31%，其中，钙肥 II 达到显著性差异；与根施糖醇钙相比，

小白菜钙吸收量分别提高了 27.44% 和 63.66%，差异显著。

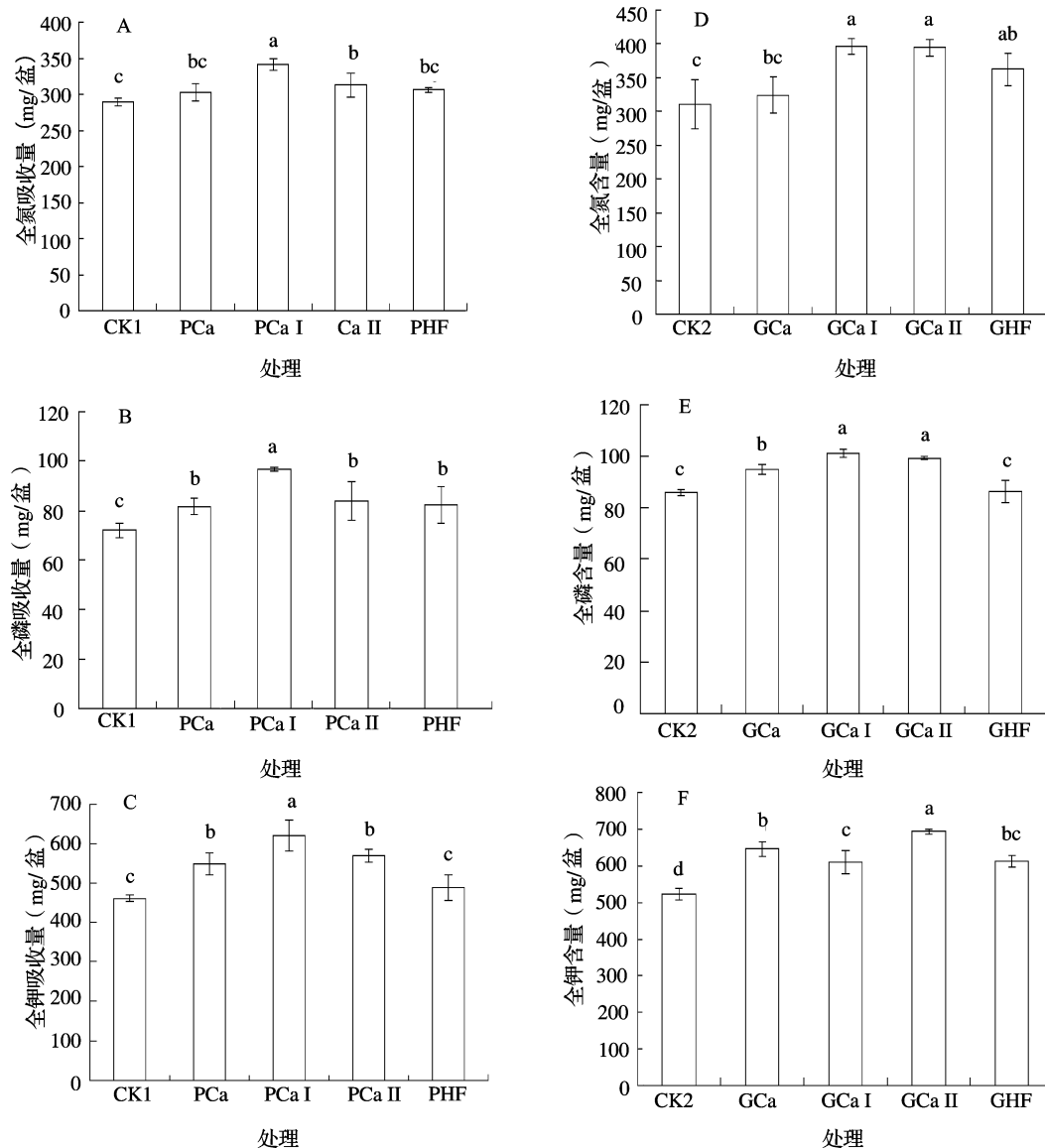


图 1 不同处理对小白菜养分吸收的影响

注：图 A、B、C 为喷施，图 D、E、F 为根施。柱上不同字母代表处理间 5% 水平显著差异。下同。

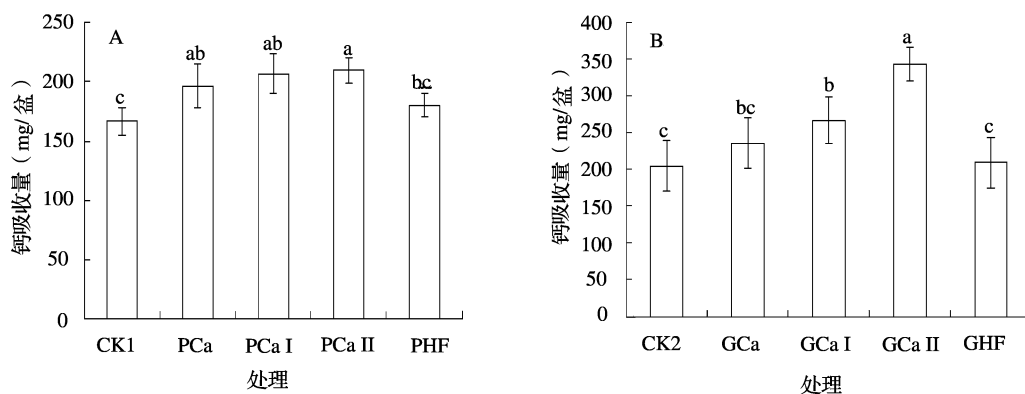


图 2 不同处理对小白菜钙吸收量的影响

注：A 为喷施，B 为根施。

以上数据表明,两种小分子有机物质螯合钙肥无论应用在叶面喷施还是根部施用都能提高小白菜钙吸收量,补钙效果好于单质钙和糖醇钙。

3 讨论与结论

小分子有机物质螯合钙肥中的钙离子以螯合态的形式存在,螯合钙电荷趋于中性,叶面喷施时,穿过叶片角质层的速度比无机离子快,钙吸收快,利用率高^[14];另一方面,螯合钙在土壤中的稳定性高于游离钙离子,不容易被固定,可以给植物根系提供更多可吸收利用的钙;而且在植物体内,小分子有机物质螯合钙不仅溶解度较大,而且具有明显的移动优势,克服了钙离子难以在韧皮部中运输的弊端^[10]。因此,不论是叶面喷施还是根部施用,小分子有机物质螯合钙肥对作物都能起到较好的补钙效果(图2)。

研究证明,钙可以通过活化植物体内各种酶,促进蛋白质合成^[2,15],参与植物的光合作用。因此,充足的钙可以促进植物地上部和根系的生长,进而提高作物产量,改善作物品质,促进作物对养分的吸收利用^[16-17]。本研究试验结果表明,两种小分子有机物质螯合钙肥应用在叶面喷施和随水根施中均可以明显提高小白菜对氮、磷、钾等养分的吸收利用,促进小白菜生长,增加产量,改善品质(表3、表4和图1)。这与周卫等^[18]、王学奎等^[19]在番茄、小麦上的研究结果一致。分析其原因,主要是由于小分子有机物质螯合钙肥中的氨基酸、糖醇等物质可直接为作物生长提供碳源,促进作物生长和根系发育,进而促进了作物对土壤中氮、磷、钾的吸收^[20];另外,肥料中的氨基酸作为一种氮源,被植物吸收后,提高了小白菜体内氮的含量^[20]。

氨基酸和糖醇本身对生物体的构建具有促进作用^[21-22]。中国现行标准规定,叶菜类作物中硝酸盐的含量应低于3 100 mg/kg,硝酸盐含量超标会造成食品安全问题^[23]。植物叶片和根系可以直接吸收多种氨基酸和糖醇,为氮代谢提供能量,提高硝酸还原酶活力,促进硝酸盐同化,降低硝酸盐含量^[24-26];而根部施用氨基态氮可以减少根系对硝态氮的吸收^[27-29],从而减少了植株体内硝酸盐的积累^[30]。另外,氨基酸是蛋白质形成的前体,施用小分子有机物质螯合钙肥增加了植物体内游离氨基酸的含量,使蛋白质含量显著提高^[31]。有研究表明,小油菜和小白菜叶面喷施一定浓度的甘氨酸、谷氨酸能有效提高小油菜和小白菜的Vc含

量^[32-33];而外源糖醇可以通过参与碳代谢,促进植物光合作用调节植物的代谢,进一步提高Vc含量、改善作物品质^[34-35]。本试验结果表明,与其它处理相比,喷施与根施应用氨基酸和糖醇所研制的小分子有机物质螯合钙肥I、钙肥II都能够降低小白菜硝酸盐含量,提高可溶性蛋白和Vc含量(表4),这与前人研究结果一致。

综上所述,两种小分子有机物质螯合钙肥作为水溶性钙肥肥效好,能起到为小白菜补充钙素,提高小白菜产量,改善小白菜品质的作用。无论是在喷施还是根施中,小分子有机物质螯合钙肥均能发挥良好的效果。因此,小分子有机物质螯合钙肥不仅适用于叶面喷施,也可结合灌溉设备直接施于作物根部,不受施用方式的限制,在生产中应用灵活。

参考文献:

- [1] Helper P K. Calcium: a central regulator of plant growth and development [J]. *The Plant Cell*, 2005, 17 (8): 2142-2155.
- [2] 陆景陵. 植物营养学(上册) [M]. 北京: 北京农业出版社, 2003. 65-66.
- [3] Marschner H. Adaptation of plants to adverse chemical soil conditions [J]. *Mineral Nutrition of Higher Plants*, 1995, 2: 597-680.
- [4] 蔡良. 钙肥综述 [J]. *磷肥与复肥*, 2000, 15 (6): 69-71.
- [5] 董鹏, 范俊娥, 李可意. 根外施用钙肥对苹果树生育期及产量的影响 [J]. *中国农学通报*, 2007, 23 (6): 458-461.
- [6] 李建国, 高飞飞, 黄辉白, 等. 钙与荔枝裂果关系初探 [J]. *华南农业大学学报*, 1999, 20 (3): 45-49.
- [7] 曹慕明, 李智理, 刘金标, 等. 冬巨峰葡萄喷施不同钙质肥料效果分析 [J]. *热带作物学报*, 2010, 31 (1): 14-18.
- [8] 李美宁, 危常州, 朱齐超, 等. 不同施钙措施对加工番茄脐腐病发生率及产量品质的影响 [J]. *石河子大学学报(自然科学版)*, 2013, 31 (2): 133-136.
- [9] 杨利玲, 刘慧. 北方石灰性土壤番茄缺钙症的发生原因及其预防措施 [J]. *现代农业科技*, 2010, (24): 289-291.
- [10] 吴文强, 刘瑜, 李萍, 等. 糖醇螯合钙对茄子生长、产量和品质的影响 [J]. *中国蔬菜*, 2013, (24): 46-48.
- [11] 袁伟, 董元华, 王辉. 植物氨基酸多元肥料生物效应的研究进展 [J]. *土壤*, 2009, 41 (1): 16-20.
- [12] 赵世杰, 史国安, 董新纯, 等. 植物生理学实验指导 [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2002.
- [13] 鲍士旦. 土壤农业化学分析(第三版) [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [14] Sawan Z M, Hafez S A, Basyony A E. Effect of phosphorus fertilization and foliar application of chelated zinc and calcium on seed, protein and oil yields and oil properties of cotton [J]. *The Journal of Agricultural Science*, 2001, 136 (2): 191-198.
- [15] 周录英, 李向东, 王丽丽, 等. 钙肥不同用量对花生生理

- 特性及产量和品质的影响 [J]. 作物学报, 2008, (5): 879-885.
- [16] 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): 76-80.
- [17] 文旭, 王燕凌, 热衣扎, 等. 氨基酸螯合钙对库尔勒香梨果实品质的影响 [J]. 新疆农业大学学报, 2011, 34 (6): 482-485.
- [18] 周卫, 林葆. 植物钙素营养机理研究进展 [J]. 土壤学进展, 1995, 23 (2): 12-17.
- [19] 王学奎, 李合生, 刘武定, 等. 钙螯合剂对小麦幼苗氮代谢和干物重的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2000, 6 (1): 42-47.
- [20] Arshad M, Hussain A, Javer M, et al. Effect of soil applied L-methionine on growth, nodulation and chemical composition of *Albizia lebbek* L [J]. *Plant and Soil*, 1993, 148: 129-135.
- [21] 王莹, 史振声, 王志斌, 等. 植物对氨基酸的吸收利用及氨基酸在农业中的应用 [J]. 中国土壤与肥料, 2008, (1): 6-11.
- [22] 员妍, 黄卫东, 王利军, 等. 植物生长调节剂对弱光下葡萄生理及光合产物分配的影响 [J]. 农业工程学报, 2002, 18 (9): 155-159.
- [23] Zhou Z Y, Wang M J, Wang J S. Nitrate and nitrite contamination in vegetables in China [J]. *Food Reviews International*, 2000, 16: 61-76.
- [24] 张福锁. 植物营养生态生理学和遗传学 [M]. 北京: 中国科学出版社, 1993.
- [25] 陈振德, 彭涛. 甘氨酸对小麦幼苗 NO_3^- 吸收和还原的影响 [J]. 上海农业学报, 1991, 7 (2): 57-61.
- [26] Aslam M, Travis R L, Rains D W. Differential effect of amino acids on nitrate uptake and reduction systems in barley roots [J]. *Plant Science*. 2001, 160 (2): 219-228.
- [27] 陈贵林, 高秀瑞. 氨基酸和尿素替代硝态氮对水培不结球白菜和生菜硝酸盐含量的影响 [J]. 中国农业科学, 2002, 35 (2): 187-191.
- [28] 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.
- [29] Padgett P E, Leonard R T. Regulation of nitrate uptake by amino acids in maize cells suspension culture and intact roots [M]. *Plant Nutrition - from Genetic Engineering to Field Practice*, Springer Netherlands, 1993, (155/156): 159-161.
- [30] Muller B, Touranine B. Inhibition of NO_3^- uptake by various phloem-translocated amino acids in soybean seedlings [J]. *Journal of Experimental Botany*, 1992, 43 (5): 617-623.
- [31] 张夫道, 孙羲. 氨基酸对水稻营养作用的研究 [J]. 中国农业科学, 1984, 7 (5): 61-66.
- [32] 于会丽, 林治安, 李燕婷, 等. 喷施小分子有机物对小油菜生长发育和养分吸收的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2014, (6): 1560-1568.
- [33] 张木, 胡承孝, 孙学成, 等. 叶面喷施微量元素和氨基酸对小白菜产量及品质的影响 [J]. 华中农业大学学报, 2011, 30 (5): 613-617.
- [34] 谭红梅. 温室豆角落花落果的原因及防治措施 [J]. 北方园艺, 2005, (3): 23.
- [35] 王博, 齐红岩. 叶面肥喷施次数对弱光下番茄蔗糖代谢的影响 [J]. 西北农业学报, 2009, 18 (6): 201-204.

Application of small molecular organics chelated calcium fertilizer

SHEN Xin, YUAN Liang, LI Yan-ting*, ZHAO Bing-qiang, LIN Zhi-an, LI Juan, YANG Xiang-dong, ZHANG Jian-jun (Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences/ Key Laboratory of Plant Nutrition and Fertilizer, Ministry of Agriculture, Beijing 100081)

Abstract: Pot experiments were conducted to study the effects of two small molecule organic compounds (amino acids, sugar alcohol) chelated calcium fertilizers and calcium nitrate and Tangchun calcium fertilizer which was a market calcium production on Chinese cabbage growth, quality and nutrients uptake by spraying and fertigation. The results showed that, compared with calcium nitrate and Tangchun calcium fertilizer, the small molecule organic compounds (amino acids, sugar alcohol) chelated calcium fertilizers promoted the calcium uptake, enhanced the growth and improved the quality of Chinese cabbage by spraying and fertigation. Compared with calcium nitrate, the biomass of the *brassica chinensis* calcium treated with fertilizer I was increased by an average of 33.63% and 31.55% respectively under two different fertilization methods. Moreover, when the fertilizers were used in foliar spraying, compared with calcium nitrate, the biomass of the treatment which was spraying calcium fertilizer II was increased by an average of 18.95%; when the fertilizers were used in fertigation, compared with calcium nitrate, the biomass of the treatment which was fertilized by calcium fertilizer II increased by 49.95%. Compared with calcium nitrate, the treatment spraying two kinds of calcium fertilizer increased the accumulation of calcium by 5.31% and 6.84%; with fertigation, the accumulation of calcium increased by 13.51% and 45.31%. Furthermore, compared with the treatment that using calcium nitrate and Tangchun calcium, two kinds of calcium fertilizer increased the Vc content, soluble protein, decrease the nitrate content in different degree no matter under the spraying or fertigation. In conclusion, the application effect of small organic molecules chelated calcium fertilizers was better than other fertilizers no matter under spraying or fertigation.

Key words: organic chelated calcium fertilizer; fertilization methods; yield; quality; nutrients uptake