

不同锌肥对朝天椒产量和品质的影响

李美玲¹, 皇飞¹, 郭振升², 田伟², 张慎举²

(1. 柘城县农业局, 河南 柘城 476200; 2. 商丘职业技术学院, 河南 商丘 476000)

摘要: 采用田间小区试验, 在潜在缺锌的石灰性土壤上, 研究了喷施硫酸锌、EDTA 螯合锌、柠檬酸螯合锌、糖醇锌对簇生朝天椒产量和品质的影响。结果表明: 朝天椒叶面喷施锌肥增产效果显著, 增产率为 6.02%~12.42%。增产幅度糖醇锌最高, 柠檬酸螯合锌次之。喷施锌肥可显著提高朝天椒果实品质: 锌含量提高 46.96%~68.28%, Vc 含量提高 10.36%~16.34%, 辣椒素含量提高 12.83%~25.18%, 干物质含量 4.23%~7.33%。果实品质提高的幅度, 糖醇锌最高, 柠檬酸螯合锌次之。综上所述, 朝天椒叶面喷施锌肥应选用糖醇锌和柠檬酸螯合锌。

关键词: 朝天椒; 锌肥; 产量; 朝天椒品质; 椒果锌含量

锌是动植物生长发育所必须的重要微量元素, 通过参与蛋白质和核酸的合成, 影响细胞分裂和生长。人体缺锌免疫功能下降, 会导致各种病变, 如生长发育迟缓、身材矮小(侏儒症)、性腺机能减退(不育)、认知能力下降等^[1~2]。植物缺锌生长发育延迟, 叶片失绿变小簇生、节间缩短植株丛生, 分蘖力抗逆性下降, 导致产量及品质下降^[3~4]。人体中的锌主要来源于植物, 人体中锌的来源植物锌约占 76%, 动物锌占 18.5%, 其他锌占 4.5%^[5], 作物中锌含量的提高对提高作物的品质及人体健康具有重要作用。我国土壤缺锌状况较为严重, 锌缺乏主要发生在石灰性土壤上, 石灰性土壤高 pH 和碳酸钙含量、低有机质含量等导致有效锌含量低^[6], 石灰性土壤中 DTPA-Zn 含量低于 1.0 mg·kg⁻¹ 的耕地大约占全国总耕地的 50%^[7]。近二三十年来, 土壤有效锌含量有不同程度的提高, 但仍有大部分地区土壤有效锌含量处于缺锌或潜在缺锌水平^[8~9], 一些地区缺锌仍是作物产量和品质提高的重要限制因素。

施肥对作物的两大作用为增产和提高品质^[5], 施用锌肥是改善作物缺锌症, 提高作物产量和品质的重要措施^[10~11]。施肥不仅关系到植物营养, 而且最终影响到人类健康, 施用微量元素肥料是从源头调控食物链微量元素流动和平衡以维护人类健康的重要而迫切的手段^[12]。防治作物缺锌症, 促进作物对锌的吸收利用, 增加作物可食用部位的锌含量, 提高作物的产量和品质, 对于

改善生物体缺锌现状具有十分重要的意义^[13]。叶面喷施锌肥是迅速缓解作物缺锌症状的有效手段^[14], 锌肥叶面喷施的利用率是土壤施用的 2~3 倍^[15]。笔者试验研究不同锌肥对朝天椒产量和品质的影响, 以期为提高朝天椒产量和品质选择适宜喷施的锌肥品种。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选用 5 种锌肥在朝天椒上进行喷洒试验。朝天椒选用商丘市近几年新引进的韩国朝天红, 属于干鲜两用簇生型朝天椒品种, 可以一次性收获, 种子在市场购买。5 种锌肥为: 七水硫酸锌(Zn-SO₄·7H₂O, Zn 含量 21%, 邹平县润梓化工有限公司)、EDTA 螯合锌(乙二胺四乙酸锌钠, Zn 含量 15%, 郑州瑞普新材料工程有限公司)、柠檬酸螯合锌(Zn 含量 16%, 郑州瑞普新材料工程有限公司)、糖醇锌(Zn 含量 ≥16%, 山东川纳化工股份有限公司)。

1.2 试验地基本情况

试验于 2017 年在商丘职业技术学院生物工程系试验基点进行。试验地土壤属于石灰性潮土, 质地为沙壤, 地势平坦, 土壤肥力均匀, 排灌条件良好。前茬为玉米。耕层土壤有机质 16.73 g·kg⁻¹, 全氮 1.07 g·kg⁻¹, 碱解氮 75.37 mg·kg⁻¹, 有效磷 18.93 mg·kg⁻¹, 速效钾 119.63 mg·kg⁻¹, 有效锌(DTPA-Zn)0.77 mg·kg⁻¹,

收稿日期: 2017-10-20 修回日期: 2017-12-10

基金项目: 农业部测土配方施肥补贴项目。

第一作者简介: 李美玲(1974-), 女, 河南柘城人, 农艺师, 主要从事农业技术推广工作。

通信作者: 郭振升(1963-), 男, 硕士, 教授, 主要从事植物生理及作物栽培教学与科研工作。

pH 值 8.1。

1.3 试验方法

共设 5 个处理:①不施锌肥(喷清水,CK);②喷施七水硫酸锌;③喷施 EDTA 螯合锌;④喷施柠檬酸螯合锌;⑤喷施糖醇锌。每个处理重复三次,共计 15 个试验小区,随机区组排列。小区面积 20 m^2 ($10\text{ m}\times 2\text{ m}$)。全生育期施锌处理均喷施锌肥 4 次,分别在移栽前 5 d 苗床喷施,定植后 25 d、40 d、55 d 喷施。4 种锌肥等锌($0.07\%\text{Zn}$)喷施。采用背负式农用气压喷雾器,每次药液用量 $750\text{ L}\cdot\text{hm}^{-2}$,锌(Zn)用量 $525\text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$,折合成七水硫酸锌($\text{ZnSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$, Zn 含量 21%) $2\ 500\text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。对照喷施等量清水。

氮磷钾施肥指标为纯氮(N) $250\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,磷(P_2O_5) $130\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,钾(K_2O) $210\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,氮肥为尿素($\text{N}\geq 46\%$),磷肥为过磷酸钙($\text{P}_2\text{O}_5\geq 16\%$),钾肥为硫酸钾($\text{K}_2\text{O}\geq 60\%$)。氮肥 50%、磷肥全部、钾肥 60% 作为基肥,氮肥 30%、钾肥 25% 于 2017 年 6 月 17 日追施,氮肥 30%、钾肥 25% 于 2017 年 7 月 17 日追施。采取小拱棚双膜覆盖营养土育苗,3 月 6 日播种。5 月 6 日定植。采取地膜覆盖栽培,每小区做成一个平畦,畦面宽 1.7 m,畦埂宽 0.3 m,畦埂高 0.2 m。每小区 5 行,行距 0.40 m,株距 0.25 m,每小区定植 200 株。5 月 1 日、5 月 26 日、6 月 15 日、6 月 30 日 17:00 开始叶面喷施。其它栽培管理同大田。

1.4 测定项目及方法

2017 年 9 月 16 日一次性采收,记录小区产

量。选取外观品质完整的椒果进行品质分析。锌含量测定采用原子吸收分光光度法;干物质含量测定采用直接干燥法;VC(抗坏血酸)含量测定采用 2,6-二氯酚酚滴定法;辣椒素含量测定采取高效液相色谱法。

1.5 统计分析

应用 Microsoft Office Excel 2010 进行方差分析和多重比较,多重比较采用邓肯氏(Duncan)新复极差法。

2 结果与分析

2.1 不同锌肥对朝天椒产量性状的影响

不同锌肥对朝天椒产量性状的影响见表 1。由表 1 可知,朝天椒叶面喷施锌肥增产效果显著,增产幅度为 $6.02\%\sim 12.42\%$ 。增产幅度处理 5(糖醇锌)最高,增产量为 $2\ 570.13\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,增产率为 12.42% 。处理 4(柠檬酸螯合锌)次之,增产量为 $2\ 005.1\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,增产率为 9.69% 。处理 2(七水硫酸锌)最低,增产量为 $1\ 245.07\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,增产率为 6.02% 。处理 5(糖醇锌)比处理 2(七水硫酸锌)增产 $1\ 325.06\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,增产率为 6.04% 。多重比较表明,处理 5、4、3、2 与处理 1(喷清水)差异极显著。在 $P<0.05$ 的水平下,处理 5、4 之间差异不显著,处理 3、2 之间差异不显著;在 $P<0.01$ 的水平下,处理 5、4、3 之间差异不显著,处理 4、3、2 之间差异不显著;处理 5 与处理 1、2 差异极显著。

表 1 不同锌肥对朝天椒产量性状的影响

处理	小区株数 /株	单株果数 /个	单果鲜重 /g	单株果重 /g	小区产量 /kg	1 公顷产量 /($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)	产量 位次	增产率 /%
1(CK 喷清水)	200	54.29bB	3.81cB	201.85	41.37	20 686.03dC	5	—
2 七水硫酸锌	200	55.95aA	3.92bcAB	219.32	43.86	21 931.10cB	4	6.02
3 EDTA 螯合锌	200	56.13aA	3.99bAB	223.96	44.79	22 396.12bcAB	3	8.27
4 柠檬酸螯合锌	200	56.16aA	4.04abAB	226.89	45.38	22 691.13abAB	2	9.69
5 糖醇锌	200	56.31aA	4.13aA	232.56	46.51	23 256.16aA	1	12.42

注:同一列中大、小写字母分别表示在 0.01、0.05 水平下的差异显著性,字母相同差异不显著,下同。

由表 1 可知,在本试验单位面积朝天椒定植株数一定的条件下,不同锌肥的增产效果,主要表现在增加了单果重量。与处理 1(喷清水)相比,喷施锌肥单果鲜重增加 $0.11\sim 0.32\text{ g}$,增加了 $2.89\%\sim 8.40\%$ 。多重比较表明,单果鲜重处理 5(糖醇锌)与处理 1(喷清水)差异极显著,处理 4(柠檬酸螯合锌)、处理 3(EDTA 螯合锌)与处理 1(喷清水)差异显著,处理 2(七水硫酸锌)差异不

显著。单株结果数略有增加,喷施锌肥单株结果数增加 $1.66\sim 2.02$ 个,增加了 $3.06\%\sim 3.72\%$ 。多重比较表明,处理 5、4、3、2 与处理 1 差异极显著,处理 5、4、3、2 之间差异不显著。

2.2 不同锌肥对朝天椒果实锌含量的影响

不同锌肥对朝天椒果实主要营养成分含量的影响见表 2。由表 2 可知,喷施锌肥可显著提高朝天椒果实锌含量,提高幅度为 $46.96\%\sim$

68.28%。提高幅度处理 5(糖醇锌)最高,锌含量增加 14.25 mg · kg⁻¹,提高 68.28%。处理 4(柠檬酸螯合锌)次之,锌含量增加 12.78 mg · kg⁻¹,提高 61.24%。处理 2(七水硫酸锌)最低,锌含量增加 9.8 mg · kg⁻¹,提高 46.96%。处理 5(糖醇锌)比处理 2(七水硫酸锌)增加 4.5 mg · kg⁻¹,

提高 14.51%。多重比较表明,处理 5、4、3、2 与处理 1(喷清水)差异极显著。在 P<0.05 的水平下,处理 5、4 之间差异不显著,处理 4、3 之间差异不显著;在 P<0.01 的水平下,处理 5、4、3 之间差异不显著,处理 3、2 之间差异不显著。

表 2 不同锌肥处理朝天椒果实主要营养成分含量

处理	锌	较 CK±	鲜椒 Vc	较 CK±	辣椒素	较 CK±	干物质	较 CK±
	/(mg · kg ⁻¹)	/%	/(mg · 100g ⁻¹)	/%	/(mg · g ⁻¹)	/%	/%	/%
1(喷清水,CK)	20.87dC		143.73dC		4.13cB		26.73cB	
2 七水硫酸锌	30.67cB	46.96	158.62cB	10.36	4.66bAB	12.83	27.86bA	4.23
3 EDTA 螯合锌	32.51bcAB	55.77	162.88bAB	13.32	4.83bA	16.95	28.27abA	5.76
4 柠檬酸螯合锌	33.65abA	61.24	164.08abAB	14.12	4.97abA	20.34	28.48abA	6.55
5 糖醇锌	35.12aA	68.28	167.21aA	16.34	5.17aA	25.18	28.69aA	7.33

2.3 不同锌肥对朝天椒果实维生素 C(Vc)含量的影响

由表 2 可知,叶面喷施锌肥能显著提高朝天椒果实 Vc 含量,提高幅度为 10.36%~16.34%。处理 5(糖醇锌)提高最多,处理 4(柠檬酸螯合锌)次之,处理 2(七水硫酸锌)最少。处理 5(糖醇锌)比处理 2(七水硫酸锌)Vc 含量提高 8.59 mg · 100g⁻¹,提高了 5.42%。多重比较结果表明,处理 5、4、3、2 与处理 1(喷清水)差异极显著。在 P<0.05 的水平下,处理 5、4 之间差异不显著,处理 4、3 之间差异不显著,处理 3、2 之间差异显著;在 P<0.01 的水平下,处理 5、4、3 之间差异不显著,处理 4、3、2 之间差异不显著。

2.4 不同锌肥对朝天椒果实辣椒素含量的影响

由表 2 可知,叶面喷施锌肥能明显提高朝天椒果实辣椒素含量,提高幅度为 12.83%~25.18%。处理 5(糖醇锌)提高最多,处理 4(柠檬酸螯合锌)次之,处理 2(七水硫酸锌)最少。处理 5(糖醇锌)比处理 2(七水硫酸锌)辣椒素含量提高 0.51 mg · g⁻¹,提高了 10.94%。多重比较结果表明,处理 5、4、3 与处理 1(喷清水)差异极显著,处理 2 与处理 1 差异显著。在 P<0.05 的水平下,处理 5、4 之间差异不显著,处理 4、3、2 之间差异不显著;在 P<0.01 的水平下,处理 5、4、3、2 之间差异不显著,处理 2、1 之间差异不显著。

2.5 不同锌肥对朝天椒果实干物质含量的影响

由表 2 可知,叶面喷施锌肥能显著提高朝天椒果实干物质含量,提高幅度为 4.23%~7.33%。处理 5(糖醇锌)提高最多,处理 4(柠檬酸螯合锌)次之,处理 2(七水硫酸锌)最少。处理 5(糖醇锌)比处理 2(七水硫酸锌)干物质含量提高 0.83 个百分点。多重比较结果表明,处理 5、

4、3、2 与处理 1(喷清水)差异极显著。在 P<0.05 的水平下,处理 5、4、3 之间差异不显著,处理 4、3、2 之间差异不显著;在 P<0.01 的水平下,处理 5、4、3、2 之间差异不显著。

3 讨论与结论

刘铮^[16]根据土壤中有效锌供给情况和作物对缺锌的敏感程度,将我国石灰性土壤有效锌(DTPA-Zn)含量分为很低(<0.5 mg · kg⁻¹)、低(0.5~1.0 mg · kg⁻¹)、中等(1.1~2.0 mg · kg⁻¹)、高(2.1~5.0 mg · kg⁻¹)、很高(>5.0 mg · kg⁻¹)5 个等级。笔者试验的土壤有效锌(DTPA-Zn)含量为 0.77 mg · kg⁻¹,高于土壤缺锌临界含量 0.5 mg · kg⁻¹,属于潜在缺锌,为锌肥有效区。

在潜在缺锌的石灰性土壤上,朝天椒叶面喷施锌肥增产效果显著,增产率为 6.02%~12.42%。增产幅度处理 5(糖醇锌)最高,处理 4(柠檬酸螯合锌)次之,在 P<0.05 的水平下,处理 5、4 之间差异不显著。施用糖醇锌的增产幅度大于硫酸锌,这与王延明^[4]在马铃薯上的研究结果一致。

大多数植物体内的含锌量为 25~125 mg · kg⁻¹(沈欣,2016),笔者试验结果,朝天椒果实锌含量为 20.87~35.12 mg · g⁻¹,含量较低,这可能是由于辣椒的锌富集系数(是指植物中锌含量与土壤中锌含量的比值,它可以大致反映在相同土壤锌含量条件下植物对锌的吸收能力)较低^[17]所致。喷施锌肥可显著提高朝天椒果实锌含量,提高幅度为 46.96%~68.28%。这与张泽彦等^[18]在芹菜上的试验结果一致。提高幅度处理 5(糖醇锌)最高,处理 4(柠檬酸螯合锌)次之,处理 2(七水硫

酸锌)最低,处理 5、4 之间差异不显著。

维生素 C 含量是评价辣椒品质的重要指标,含量高低既受遗传因素的影响,也受生态条件和农艺措施的影响。濮治民等^[19]根据 1018 份辣椒品种的维生素 C 含量($\text{mg} \cdot 100 \text{g}^{-1}$)将辣椒品种分为特高(>300.0)、高($300.0 \sim 200.1$)、较高($200 \sim 150.1$)、中等($150 \sim 100.1$)、较低($100.0 \sim 50.0$)、特低(<50)6 个等级,本试验结果,Vc 含量为 $143.73 \sim 167.21 \text{ mg} \cdot 100 \text{g}^{-1}$,该朝天椒品种属于 Vc 含量较高的类型。叶面喷施锌肥能显著提高朝天椒果实 Vc 含量,提高幅度为 $10.36\% \sim 16.34\%$ 。这与张泽彦等^[18]在芹菜上的试验结果一致。处理 5(糖醇锌)提高最多,处理 4(柠檬酸螯合锌)次之,处理 2(七水硫酸锌)最少。处理 5、4 之间差异不显著。

辣椒素含量是评价干椒品质的关键指标,含量高低主要决定于品种特性,也可通过栽培措施进行调节。濮治民等^[19]根据辣椒素含量(%)将辣椒品种分为特高($>1.00\%$)、高($0.71\% \sim 1.00\%$)、较高($0.41\% \sim 0.70\%$)、中等($0.11\% \sim 0.40\%$)、较低($0.01\% \sim 0.10\%$)、特低($<0.01\%$)6 个等级,本试验结果,辣椒素含量为 $4.13 \sim 5.17 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ (折合 $0.413\% \sim 0.517\%$),该朝天椒品种属于辣椒素含量较高的类型。叶面喷施锌肥能显著提高朝天椒果实辣椒素含量,提高幅度为 $12.83\% \sim 25.18\%$ 。处理 5(糖醇锌)提高最多,处理 4(柠檬酸螯合锌)次之,处理 2(七水硫酸锌)最少。处理 5、4 之间差异不显著。

干物质含量是评价干椒品种的关键指标,辣椒干物质含量决定于鲜椒含水量,干物质含量越高制干率(鲜椒制成干椒的比率)越高,越适合生产干椒。叶面喷施锌肥能显著提高朝天椒果实干物质含量,提高幅度为 $4.23\% \sim 7.33\%$ 。处理 5(糖醇锌)提高最多,处理 4(柠檬酸螯合锌)次之,处理 2(七水硫酸锌)最少。处理 5、4、3 之间差异不显著。

小分子有机物质氨基酸、糖醇可以直接被作物叶片吸收,参与作物体内的生理反应,增强作物抗逆性,改善作物品质,提高作物产量^[13,20],这在笔者试验得到了验证。综上所述,朝天椒叶面喷施锌肥应选用糖醇锌和柠檬酸螯合锌。

参 考 文 献:

- [1] 孙桂芳,杜明,慕永红,等.水稻锌素营养研究进展[J].现代化农业,2013,(03):20-22.
[2] 钟晓东,吴育平,钟炳南,等.微量元素平衡失调危

害人体健康[J].广东微量元素科学,2013,20(04):67-70.

- [3] 沈欣,李燕婷,袁亮,等.氨基酸与锌配合喷施提高小白菜生物量、品质及锌利用效率[J].植物营养与肥料学报,2017,23(01):181-188.
[4] 王延明.锌肥用量及施用方法对马铃薯产量形成及营养品质[D]的影响[硕士论文].兰州:甘肃农业大学,2014.
[5] 马振勇,杜虎林,刘荣国,等.施锌肥对旱作马铃薯植株锌含量及块茎品质的影响[J].华北农学报,2017,32(01):201-207
[6] 李孟华,于荣,杨月娥,等.低锌旱地土壤水分对小麦产量和锌利用的影响[J].植物营养与肥料学报,2016,22(02):388-394.
[7] 李宏云.不同水氮管理下锌与氮磷肥配合喷施对小麦籽粒富锌的影响[D].杨凌:西北农林科技大学,2014.
[8] 陆欣春.潜在缺锌土壤上土施锌肥对冬小麦锌营养品质及土壤锌形态转化的影响[D].杨凌:西北农林科技大学,2012.
[9] 郭正磊,张少凯,李玲,等.河南省土壤有效锌质量分数时空变异分析[J].中国农学通报,2015,31(32):137-141.
[10] 王孝忠,田娣,邹春琴.锌肥不同施用方式及施用量对我国主要粮食作物增产效果的影响[J].植物营养与肥料学报,2014,20(04):998-1004.
[11] 冯绪猛,郭九信,王玉雯,等.锌肥品种与施用方法对水稻产量和锌含量的影响[J].植物营养与肥料学报,2016,22(05):1329-1338.
[12] 廖宗文.施用微肥,从源头调控食物链微量元素平衡[J].中国农资,2008,(02):55.
[13] 沈欣.氨基酸对锌肥有效性的影响及其在水溶性锌肥研制中的应用[D].北京:中国农业科学院,2016.
[14] 王廷芹,刘剑兰,李钟明.叶面施锌对莴苣生长的影响[J].中国蔬菜,2010,(06):67-69.
[15] 李辛.锌肥施用方式对玉米锌吸收积累的影响[D].长春:吉林农业大学,2013.
[16] 刘铮.我国土壤中锌含量的分布规律[J].中国农业科学,1994,27(01):30-37.
[17] 黄泽春,宋波,陈同斌,等.北京市菜地土壤和蔬菜的锌含量及其健康风险评估[J].地理研究,2006,25(03):439-448
[18] 张泽彦,孙克刚,吕爱英.硫酸锌对芹菜产量和品质的影响[J].中国蔬菜,1998,(06):18-20.
[19] 濮治民,巩振辉,杨玉珍.我国辣椒主要品种营养及风味品质评估[J].作物品种资源,1992,(02):26-27.
[20] 何健,聂兆广,李玲玉,等.整合肥料在农业上的应用效果研究[J].土壤通报,2017,48(02):507-512.