

钙肥对日光温室网纹甜瓜生长发育的影响

宁祎琳, 孙玉晨, 董玉昕, 郑植, 陈晓峰

(中国农业大学烟台研究院 山东烟台 264670)

摘要: 以鲁厚甜 1 号为试验材料, 研究了钙肥对日光温室网纹甜瓜的生长发育、果实品质和土壤理化性状的影响。结果表明, 与 CK(只施用底肥)相比, T₁(底肥+固体钙肥)、T₂(底肥+液体钙肥)、T₃(底肥+固体钙肥+液体钙肥)处理可使网纹甜瓜授粉日期和采收日期分别提前 1~2 d, 3~5 d; 3 种钙肥处理均可显著增加株高、单瓜质量、果实硬度、Ca 含量、商品瓜率、总产量和网纹数, 分别比对照提高了 4.02%~10.27%、4.82%~12.65%、5.55%~23.58%、38.13%~73.46%、3.81%~11.53%、5.90%~15.13%、5.95%~15.48%, 但对茎粗、节长、果实的维生素 C 含量影响不大, 均与对照差异不显著; 3 种处理下试验后土壤 pH 值比试验前提高 1%~8%, 交换性钙含量增加 19%~44%。综上所述, 底肥、固体钙肥和液体钙肥(T₃ 处理)配合施用网纹甜瓜产量最高。

关键词: 网纹甜瓜; 钙肥; 生长发育; 理化性状

中图分类号: S652.4

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2022)07-046-04

Ca fertilizer affects muskmelon growth in solar greenhouse

NING Yilin, SUN Yuchen, DONG Yuxin, ZHENG Zhi, CHEN Xiaofeng

(Yantai Institute of China Agricultural University, Yantai 264670, Shandong, China)

Abstract: Taking Luhoutian No. 1 as the experimental material, the effect of calcium fertilizer on the growth and development, fruit quality and soil physiochemical properties in the solar greenhouse were studied. The results showed that compared with the CK (Organic fertilizer), T₁ (Organic fertilizer and solid calcium fertilizer), T₂ (Organic fertilizer and liquid calcium fertilizer) and T₃ (Organic fertilizer, solid calcium fertilizer and liquid calcium fertilizer) treatments could advance the pollination and harvesting date by 1-2 d and 3-5 d, respectively; The three treatments could significantly increase plant height, single melon weight, fruit hardness, Ca content, commercial melon percentage, total yield and reticulate number, it increased by 4.02%-10.27%, 4.82%-12.65%, 5.55%-23.58%, 38.13%-73.46%, 3.81%-11.53%, 5.90%-15.13%, 5.95%-15.48%, respectively, but had no significant effects on stem diameter, node length and vitamin C content, with no significant differences. The pH value and exchangeable calcium content increased by 1%-8% and 19%-44% after treatment, respectively. The results showed that the combined application of base fertilizer, solid calcium fertilizer and liquid calcium fertilizer (T₃ treatment) could increase the yield of muskmelon to the maximum extent.

Key words: Muskmelon; Calcium fertilizer; Growth and development; Physiochemical properties

网纹甜瓜是山东烟台海阳市重要瓜果品种, 在全国具有较高的知名度, 由于其优良的品质、良好的生产效益, 最近几年种植规模逐渐扩大, 是海阳市日光温室栽培的主要瓜类作物之一^[1]。在作物设施生产过程中, 连年种植会导致土壤肥力下降, 作物产量降低, 产生连作障碍, 施肥是改善土壤肥力、提升作物产量、破除连作障碍的有效手段之一^[2-3]。

在瓜类作物栽培过程中经常施用肥料方式包括底肥、叶面肥, 均能显著提高作物产量, 提升果实可溶性固形物、可溶性蛋白质和维生素 C 含量^[4-6], 同时施用叶面肥能够显著提高肥料利用率, 缩减生产种植成本。目前, 市面上最常见的叶面肥品种有氨基酸叶面肥、腐殖酸叶面肥、海藻酸叶面肥等^[7], 其特点是易溶解吸收, 富含多种元素, 在黄瓜等作物的

收稿日期: 2021-05-31; 修回日期: 2022-03-18

基金项目: 中国农业大学烟台研究院课题(YT201905); 山东省农业重大应用技术创新项目(SD2019NJ001); 中国农业大学本科生 URP 项目(U20202001)

作者简介: 宁祎琳, 女, 在读本科生, 主要研究方向为设施农业。E-mail: ningyl_2000@163.com

孙玉晨, 男, 在读本科生, 主要研究方向为设施农业。E-mail: 305033675@qq.com

通信作者: 陈晓峰, 男, 副教授, 主要研究方向为设施农业。E-mail: cauyt2021@126.com

种植生产上,叶面肥已被推广应用,在甜瓜的实际生产中叶面肥虽已投入应用但研究相对较少。

钙是植物必需的营养元素之一^[8],众多研究表明,Ca元素能显著影响园艺作物的生长发育和产品的商品性^[9-11]。对瓜类作物来说,足量钙肥可以提高作物的株高、茎粗、叶片大小以及果实品质^[11],同时也能提高果实的抗裂性^[12]。有研究表明,厚皮甜瓜开花结果期喷施Ca肥,可以促进叶片的物质代谢,提高抗氧化酶系统活性,延缓叶片衰老,进而促进光合作用,提高果实产量和品质^[13]。有研究指出,烟台市土壤交换性钙含量仅为山东省平均值的三分之一^[14],土壤交换性钙含量比较匮乏,成为制约网纹甜瓜生产的重要因素之一。在实际生产中,已有网纹甜瓜种植户在种植过程中施用钙肥来提高产量,效果明显,但由于施用钙肥对网纹甜瓜生长发育的影响目前研究较少,缺乏理论依据,不利于该技术在生产实践中应用和推广。

笔者结合海阳市网纹甜瓜生产实际,对设施栽培过程中所采用的施肥方法及其对网纹甜瓜生长发育和产量的影响进行研究,以期通过量化指标的方式进一步揭示生产原理,为网纹甜瓜的高效生产

栽培提供理论支持。

1 材料与方法

1.1 材料

日光温室栽种的网纹甜瓜品种为鲁厚甜1号,种子购于海阳市郭城镇农业科学研究所,由农户自行育苗。种子需经60℃温水浸种,25~30℃条件下催芽1~2d,然后播种于穴盘中,苗长至3叶1心时定植。试验所选用肥料基本成分见表1。

表1 试验所用肥料基本成分

肥料名称	主要成分	产品来源
诺康移动钙(固体)	移动钙 (CaO)≥25%	山西博祥生物科技有限公司
诺康液体移动钙	水溶性移动钙 (CaO)≥22%	山西博祥生物科技有限公司
N、P、K复合肥	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O(15-15-15)	市售商品

1.2 试验地选择

试验于2020年2—6月在山东省海阳市磐石店镇虎山村日光温室内进行。试验地土壤为棕壤土、土层深厚,浇灌条件良好。前茬作物为叶菜。处理前土壤的理化性状见表2。

表2 处理前土壤理化性质

理化指标	pH值	w(全氮)/ (g·kg ⁻¹)	w(全磷)/ (g·kg ⁻¹)	w(全钾)/ (g·kg ⁻¹)	w(速效氮)/ (mg·kg ⁻¹)	w(速效磷)/ (mg·kg ⁻¹)	w(速效钾)/ (mg·kg ⁻¹)	w(交换性钙)/ (g·kg ⁻¹)
数值	6.23±0.11	0.83±0.13	1.01±0.13	23.12±1.10	169.00±12.00	52.00±4.00	284.00±21.00	2.43±0.16

1.3 方法

1.3.1 试验设计 试验共4个处理,各处理所用肥料类型及用量见表3。每个处理设3次重复,共12个小区,随机区组排列,2边分别为保护行。网纹甜瓜采用双行定植,网纹甜瓜种植株行距为40cm×50cm,每个小区约种植30株,小区面积为11.5m²。在整个网纹甜瓜生长发育时期再通过滴灌追加2次N、P、K复合肥(分别为开花结果期、盛果期),其他操作均同常规生产。具体操作方法参照表3。

1.3.2 土壤理化性状测定 网纹甜瓜采收期结束后测定温室内各小区土壤的基本理化性状,采用环刀法采集定植行下0~60cm土壤样品,五点取样,混样后用于测定。通过盐酸滴定,采用碱扩散法测定土壤速效氮含量,利用分光光度计,采用NaHCO₃法测定土壤速效磷含量,火焰光度法测定土壤速效钾含量^[15]。利用原子吸收光谱仪,采用乙酸铵浸提-原子吸收光谱法测定土壤交换性钙含量^[16]。

1.3.3 植物性状及果实营养品质测定 采用卷尺、

表3 甜瓜田间肥效试验具体操作方法

处理	施肥种类及方法
CK	底肥为有机肥(发酵鸡粪)500kg·667m ² 。
T ₁	底肥为有机肥(发酵鸡粪)500kg·667m ² ,移动钙(固体)12.5kg·667m ² (参考产品说明,下同);始花期:随水冲施固体移动钙5kg·667m ² ;果实长至0.5~1.0kg时,随水冲施固体移动钙15kg·667m ² 。
T ₂	底肥为有机肥(发酵鸡粪)500kg·667m ² ;苗期:在株高10cm左右时,每667m ² 选用液体移动钙10mL用水稀释1500倍,均匀喷洒全株(参考产品说明,下同);每间隔7d喷施液体移动钙30mL·667m ² ,直至果实长至1.0kg左右。
T ₃	底肥为有机肥(发酵鸡粪)500kg·667m ² ,移动钙(固体)12.5kg·667m ² ;始花期:随水冲施固体移动钙5kg·667m ² ;果实长至0.5~1.0kg时,随水冲施固体移动钙15kg·667m ² ;苗期:在株高10cm左右时,每667m ² 选用液体移动钙10mL用水稀释1500倍,均匀喷洒全株;每间隔7d喷施液体移动钙30mL·667m ² ,直至长至1.0kg左右。

游标卡尺等在甜瓜果实长到 1 kg 时在每小区前、中、后部各随机选取 4 株进行生长性状的测定^[17],植株生物学性状测定项目包括株高、节间长、茎粗、叶长、叶宽。

果实成熟后每小区随机选取 10 个瓜测定单瓜质量;采用 FT-327 型手持硬度计测定果实硬度,取果实中间部位 4 个点去皮硬度的平均值^[18];参考孙晓法等^[19]的文献并加以改进,以 10 cm²为单位面积观察网眼数量以及网纹突起厚度,并将 10 cm² 内的网眼数量记为网纹密度,笔者结合生产具体情况认为优美的网纹标准是:10 cm²网眼数目 50 个以上,同时网纹凸起厚度在 0.6 mm 以上;采用手持式折光测糖仪(上海仪电物理)测定可溶性固形物含量;采用 2,6-二氯酚靛酚滴定法测定果实维生素 C 含量^[20];采用 EDTA 法测定果实中钙含量^[21]。统计果实商品率,参照李婷等^[22]的中国网纹甜瓜分级标准,统计选取的 120 个瓜中三星级、四星级瓜的数量,根据下列计算方法得到果实商品率:果实商品率/%=合格瓜数量/120×100,同时测定小区产量,折算总产量。

1.4 数据处理与分析

采用 Excel 2016 和 SPSS 18.0 软件对试验数据进行分析,并进行 LSD 差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对土壤理化性状的影响

由表 4 可知,T₁和 T₃处理与对照组相比,均可显著提高土壤的 pH 值,其中以 T₃处理 pH 值最高,pH 值升高 7.96%;与对照相比,T₃处理可显著增加土壤速效氮含量,含量增加 17.84%。与对照相比,T₂处理的土壤速效磷含量显著增加 22.81%,而 T₁

处理则会导致土壤速效磷含量显著减少 14.03%;T₁处理下土壤速效钾含量显著减少 8.52%;3 种钙肥处理均可显著增加土壤交换性钙含量,其中以 T₃处理土壤交换性钙含量最高,比 CK 增加 44.40%。

表 4 网纹甜瓜收获后各处理土壤理化性状

处理	pH 值	w(速效氮)/ (mg·kg ⁻¹)	w(速效磷)/w(速效钾) (mg·kg ⁻¹)/(mg·kg ⁻¹)	w(交换性钙)/ (g·kg ⁻¹)	
T ₁	6.72±0.31 a	184±11 b	49±7 c	279±22 b	3.13±0.15 b
T ₂	6.34±0.18 b	174±13 b	70±8 a	303±8 a	2.99±0.23 c
T ₃	6.78±0.35 a	218±8 a	63±9 b	320±19 a	3.61±0.36 a
CK	6.28±0.27 b	185±13 b	57±11 b	305±17 a	2.50±0.11 d

注:同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。下同。

2.2 不同施肥处理对网纹甜瓜植物学性状及果实营养品质的影响

由表 5 可知,与对照相比,T₂处理可提前网纹甜瓜的授粉日期,比对照提前 3 d,3 种钙肥处理的采收日期均可提前,其中 T₃处理采收最早,与对照相比提前了 5 d。与对照相比,3 种钙肥处理均可显著提高植株的株高,其中 T₃处理株高最高,达到了 247 cm。与对照相比,T₂、T₃均可显著提高植株的叶长、叶宽,其中 T₃处理的叶长、叶宽最大。3 种钙肥处理下植株的茎粗、节间长均与 CK 无显著差异。

由表 6 可知,与对照相比,T₂、T₃处理可显著增加果实可溶性固形物含量,其中以 T₂处理果实可溶性固形物含量最高,比 CK 增加 7.93%。与对照相比,3 种钙肥处理均可显著提升果实的单瓜质量、果实硬度、网纹密度、Ca 含量、商品率以及总产量,其中均以 T₃处理效果最好,与对照相比分别提升了 12.65%、23.58%、15.48%、73.46%、11.53%、15.13%。4 种处理之间果实维生素 C 含量差异不显著。

表 5 不同处理对网纹甜瓜植物学性状的影响

处理	定植日期	授粉日期	采收日期	株高/cm	节间长/cm	茎粗/cm	叶长/cm	叶宽/cm
T ₁	2020-03-11	2020-04-05	2020-05-14	237±17 a	14.83±1.43 a	0.92±0.11 a	20.84±2.23 b	25.84±1.20 b
T ₂	2020-03-11	2020-04-03	2020-05-15	233±12 a	14.66±2.82 a	0.81±0.23 a	22.52±1.36 a	26.96±1.65 a
T ₃	2020-03-11	2020-04-05	2020-05-13	247±8 a	15.24±1.23 a	0.81±0.18 a	23.27±0.95 a	27.21±2.88 a
CK	2020-03-11	2020-04-06	2020-05-18	224±11 b	14.24±1.31 a	0.83±0.17 a	21.43±2.71 b	25.24±1.04 b

表 6 不同处理对网纹甜瓜果实品质及产量的影响

处理	w(可溶性固形物)/%	w(维生素 C)/ mg·kg ⁻¹)	单瓜质量/kg	果实硬度/ (kg·cm ⁻²)	网纹密度/ (网眼·10 cm ²)	商品率/%	总产量/ (kg·667 m ²)	w(Ca)/ (mg·g ⁻¹)
T ₁	16.81±1.2 b	26.00±7.0 a	1.74±0.08 b	8.37±0.3 b	92.14±6.34 b	90.00 a	2870 b	19.31±1.2 b
T ₂	17.75±0.8 a	32.00±5.0 a	1.85±0.07 a	9.71±0.2 a	89.33±6.52 b	93.31 a	2940 a	19.64±1.3 b
T ₃	17.55±1.0 a	27.00±3.0 a	1.87±0.05 a	9.80±0.4 a	97.20±7.12 a	96.70 a	3120 a	24.25±0.9 a
CK	16.43±1.3 b	31.00±5.0 a	1.66±0.07 c	7.93±0.3 c	84.55±5.24 c	86.70 b	2710 c	13.98±0.8 c

3 讨论与结论

已有研究证实,钙肥具有提高果实硬度^[23]、减少因养分亏缺导致的缺素症状产生^[12,24-26],延缓叶片衰老^[13]等作用。本试验结果表明,底肥、固体钙肥和液体钙肥配合施用(T₃处理)可以最大程度提高网纹甜瓜的产量,促进设施网纹甜瓜的生长发育且能显著提高果实的可溶性固形物含量、Ca含量、单瓜质量、果实硬度和网纹密度。在常规施肥的基础上,底肥与叶面肥相结合施钙肥可以影响植株的生物学特性,显著促进温室网纹甜瓜的株高、节间长及叶片大小,这与张利云等^[13]的研究结果一致。研究还表明叶面施用钙肥显著提高果实的可溶性固形物含量、Ca含量、单瓜质量、果实硬度和网纹密度,这与翟江等^[24]、张全智^[2]、吕双双等^[23]研究结果一致,但在不同处理下果实维生素C含量有差异,T1和T3处理下维生素C含量降低,T2处理下维生素C含量升高,但差异不显著,而翟江等^[24]研究表明不同钙肥处理下果实的维生素C含量显著增加,与前人研究结果有差异,具体原因需要进一步探究。李亚文等^[27]的研究表明,叶面喷施0.5 g·L⁻¹钙肥的同时土壤施钙5 kg·667 m⁻²,能够提高甜瓜果实中可溶性固形物含量,能够显著提升甜瓜的单果质量、Ca含量,与本试验研究结果一致。同时底肥和叶面施钙还可以改善网纹甜瓜生理指标,尤其对网纹粗度和密度都有一定影响,切开后瓜皮向内5 mm仍保持绿色,且硬度较高,耐贮运性大幅提高,表明钙肥对改善甜瓜品质和生物学特性有非常重要的作用。

综上所述,底肥、固体钙肥和液体钙肥配合施用(T₃处理)可以提高网纹甜瓜的单瓜质量、果实硬度、Ca含量,分别提高12.65%、23.58%和73.46%,效果最佳,在实际生产中可以将钙肥作为底肥、叶面肥灵活施用以达到提质增产的效果。

参考文献

- [1] 陈晓峰,魏茜,韩冰,等. 秸秆还田对日光温室土壤微环境的影响[J]. 贵州农业科学, 2020, 48(6): 31-34.
- [2] 张全智. 不同叶面肥对黄瓜生长及产量的影响[J]. 农业科技通讯, 2020(5): 139-141.
- [3] 马茜,武守朝,赖德强,等. 微生物菌剂与有机肥配施对设施土壤盐渍化以及甜瓜产量和品质的影响[J]. 河北农业科学, 2020, 24(4): 62-66.
- [4] 王东升,戎茸,吴旭东,等. 不同施肥处理对黄瓜生长及产量的影响[J]. 中国瓜菜, 2019, 32(11): 37-42.
- [5] 张丽娟,曲继松,杨冬艳,等. 微生物肥对温室土壤质量及哈密瓜生长发育的影响[J]. 上海农业学报, 2014, 30(1): 40-44.
- [6] 尚霄丽,张建鹏,李晓慧,等. 不同类型肥料对西瓜叶片生长、膨瓜速度及产量的影响[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(7): 158-159.
- [7] 葛建军,程光明,夏桂平. 叶面肥的种类与发展趋势探析[J]. 现代农业科技, 2008(23): 367-368.
- [8] 自由路. 植物营养与肥料研究的回顾与展望[J]. 中国农业科学, 2015, 48(17): 3477-3492.
- [9] 孙英杰. 钙和赤霉素对寒富苹果果实品质发育和贮藏性影响的研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2019.
- [10] 李玲,殷振华,亚华金,等. N、P、K、Ca 缺素培养对辣木幼苗生长的影响[J]. 中国农学通报, 2015, 31(16): 52-56.
- [11] 韩志平,张海霞,李侠,等. 硝酸钙胁迫对黄瓜幼苗生长和生理特性的影响[J]. 北方园艺, 2019(1): 22-29.
- [12] 吕明轩. 钙、硅、镁和营养液浓度对无土栽培西甜瓜裂果、生长发育和品质的影响[D]. 海口: 海南大学, 2018.
- [13] 张利云,刘海河,张彦萍,等. 硝酸钙对厚皮甜瓜坐果节位叶片衰老及果实产量和品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20(2): 490-495.
- [14] 杨力,刘光栋,宋国菡,等. 山东省土壤交换性钙含量及分布[J]. 山东农业科学, 1998(4): 17-21.
- [15] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3版. 北京: 中国农业出版社, 2000: 263-270.
- [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.
- [17] 刘志刚,任红松,王岩萍,等. 不同施氮处理对设施甜瓜生长发育、产量和品质的影响[J]. 中国瓜菜, 2019, 32(10): 36-41.
- [18] 张鑫,颖敏华,毕淑海,等. GA₃对‘黄冠梨’冷藏期间品质变化及贮藏性能的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2018, 53(6): 213-220.
- [19] 孙晓法,丁长命. 网纹甜瓜的品种类型与栽培特性[J]. 中国西瓜甜瓜, 2000, 13(3): 28-30.
- [20] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 119-248.
- [21] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准食品中钾、钠的测定: GB 5009.91—2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017: 1-4.
- [22] 李婷,朱莉,曾剑波,等. 温室网纹甜瓜网纹形成期适宜通风温度初探[J]. 中国瓜菜, 2020, 33(11): 35-38.
- [23] 吕双双,李天来,吴志刚,等. 采前喷钙和采后浸钙对网纹甜瓜采后果实软化生理的影响[J]. 江苏农业学报, 2009, 25(2): 346-350.
- [24] 翟江,张宁,李福德,等. 日光温室嫁接黄瓜硅钙优化施肥方案[J]. 植物营养与肥料学报, 2020, 26(2): 393-400.
- [25] 刘军丽,包婕,李建设,等. 限根下不同施钙量对番茄品质、产量及养分的影响[J]. 西南农业学报, 2019, 32(10): 2403-2411.
- [26] 刘军丽,包婕,李建设,等. 日光温室土壤限根下不同施钙量对番茄品质产量及植株养分的影响[J]. 北方园艺, 2019(16): 82-89.
- [27] 李亚文,李建军,宋金栋,等. 不同施肥处理对甜瓜钙、锌、硒营养元素含量和品质的影响[J]. 蔬菜, 2021(7): 19-24.