

不同施钾量对设施栽培番茄生长及钙、镁养分吸收的影响

马建梅¹, 李惠霞^{1*}, 张学科²

(1. 宁夏大学农学院, 宁夏 银川 750021; 2. 宁夏大学土木与水利工程学院, 宁夏 银川 750021)

摘要: 在日光温室条件下以番茄为供试作物, 以不施钾肥为对照 (CK), 设置 5 个钾肥施用量 T1 (150 kg/hm²)、T2 (300 kg/hm²)、T3 (450 kg/hm²)、T4 (600 kg/hm²)、T5 (750 kg/hm²), 研究钾肥用量对番茄生长及钙、镁养分吸收特性的影响, 此研究将为设施条件下蔬菜平衡施肥提供理论依据与技术支持。结果表明: 1) 随着施钾量的增加, 番茄健康根尖数量显著增加, 根系总面积、不同级别分枝数有增加趋势; 2) 施用钾肥后番茄在苗期株高较 CK 增加 15.8%, 根、茎、叶生物量显著增加, 其中 T5 处理根、茎、叶生物量分别较 CK 增加 56.8%、27.1% 和 33.2%; 3) 随着施钾量的增加产量逐渐增加, T5 较 CK 提高了 15.11%; 4) 随着施钾量的增加, 根、茎、叶各器官中钾、镁浓度显著增加, 但果实中钾、镁浓度显著降低; 随着施钾量的增加, 根、茎、叶、果实各器官中钙浓度均显著降低。由此可见, 施钾能够显著提高番茄生物量及产量, 能够增加番茄营养器官对钾、镁的吸收, 但施钾显著抑制了番茄对钙的吸收及钾、钙、镁向果实的转运。

关键词: 番茄; 生物量; 产量; 养分浓度

钾是植物必需的大量营养元素之一, 在促进养分运输、增强抗逆性、调节酶活性等方面起着非常重要的作用。钾在作物增产方面效果也非常显著, 施钾能够显著提高油菜^[1]、水稻^[2]等作物产量。在设施栽培中, 由于作物复种指数高, 且多数园艺作物属喜钾作物, 因此生产中钾肥的施用量也日渐提高。据调查陕西杨陵新建日光温室钾肥年投入量达 1799 kg/hm²^[3], 山东寿光钾肥的年投入量达 3438 kg/hm²^[4], 那么, 是否钾肥的投入越多越好呢?

研究表明, 近年来设施栽培中蔬菜频繁发生的生理病害可能与蔬菜养分失衡有关, 大量施钾可能引起钙、镁营养失衡^[5]。植物体内缺钙会导致其顶芽和根系顶端发育不良, 严重时生长点坏死并出现多种生理病害^[6-7], 阻碍作物正常生长发育、降低产量和品质, 尤其是对钙敏感的茄果类作物, 危害更大。镁作为叶绿素的主要组分, 是多种酶的活化剂, 参与作物的光合作用, 糖类、蛋白质、脂肪等有机物的合成与代谢, 缺镁导致有机物同化受阻, 生理生化过程明显受到阻碍^[8]。

作物在养分吸收与运输过程中, 离子间可能存在协同作用, 也可能存在拮抗作用, 近年来的研究表明, 在石灰性土壤中钾诱导缺镁的现象较为普遍。当土壤交换性 K/Mg 大于 0.5, 作物会有缺镁的可能^[9-10]。普遍认为施钾越多则植物对镁的吸收越少, 国外研究资料表明, 钾肥抑制了作物对镁的吸收^[11-12]。此外, 钾与镁的吸收拮抗作用不仅表现在抑制根系对镁的吸收, 而且还阻碍镁由根系向地上部分的运输。也有研究表明, 当土壤中的钾含量较低时, 钾能够促进作物对镁的吸收, 钾与镁之间存在协同作用^[13]。钾与钙间存在显著的拮抗作用, 钾肥施用或者钾镁肥配施会减少水稻对钙的吸收^[14]。

番茄 (*Solanum lycopersicum*), 又名西红柿, 是世界上消费量最大的蔬菜之一, 因其富含 Va、Vb、Vc、可溶性糖、有机酸、钙磷铁等矿物质, 深受人们喜爱, 番茄也是设施栽培主要的蔬菜品种之一^[15]。番茄属典型的喜钾作物, 在设施条件下大量施用钾肥对番茄产量及其养分如钙、镁会产生哪些影响, 目前生产实践中番茄所发生的诸多病害是否与大量施钾有关, 目前这些问题尚不明确。本研究在设施条件下, 以设施栽培番茄为研究对象, 旨在探讨施钾对番茄生长和钙、镁养分吸收的影响, 研究结果将为设施条件下养分综合调控和利用提供参考依据。

收稿日期: 2020-03-12; 录用日期: 2020-05-17

基金项目: 宁夏重点研发计划项目 (引才专项) (2019BEB04007); 国家自然科学基金 (31960628); 2019 年宁夏大学博士科研启动金。

作者简介: 马建梅 (1999-), 女, 宁夏海原人, 在读硕士, 研究方向为农业资源利用与植物保护。E-mail: 352341487@qq.com。

通讯作者: 李惠霞, E-mail: lihuixia_76@163.com。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2019年9月至2020年1月在宁夏贺兰县设施农业示范区日光温室内进行,温室东西延长,一面坡式,东西长70 m、跨度7 m,北墙高1.8 m、脊高2.15 m,温室用0.065 mm聚乙烯无滴膜覆盖。温室土壤属砂壤土,基础理化性质如下:pH 8.97,全盐1.43 g/kg,碱解氮56.7 mg/kg,有效磷174.6 mg/kg,速效钾126.8 mg/kg。

1.2 供试材料

供试蔬菜为番茄,品种名粉得力,为杂交种,鲜食,中熟大粉红果,无限生长型。植株蔓生,生长势较强,果实成熟前绿色程度深,果顶圆平,果面光滑,果实耐贮性强。

1.3 试验设计

试验为单因素钾肥试验,以不施钾肥为对照(CK),设5个钾水平150、300、450、600、750 kg/hm²,即对应为5个处理T1、T2、T3、T4、T5,每个处理重复5次,每盆1株,共30盆。将土壤过筛,每盆称重12 kg干土装盆(盆口径35 cm),按处理挂标签,完全随机摆放。

番茄种子经温汤浸种,恒温箱28℃催芽,种子露白后播种,在日光温室中采用穴盘育苗,正常管理。待番茄长出5片真叶时定植于试验盆内,每盆1株,所用处理采用相同的农艺措施进行管理。采用单干整枝方式栽培,每株留3穗果。

每盆肥料用量依据土重计算,土重按表层30 cm,容重1.35 g/cm³计算。钾肥按试验设计用量的处理施入,钾肥采用硫酸钾(K₂O 52%);所有处理氮、磷肥用量相同,氮为尿素675 kg/hm²(N 46%),磷为重钙225 kg/hm²(P₂O₅ 50%)。所用肥料在番茄生长期共追施4次,每次均为肥料总量

的1/4,分别在番茄苗期、花期、初果期、盛果期施入^[16]。

1.4 样品采集与测定

土壤样品:装盆前取混和好的土样,风干,磨细,测定土壤基础理化性质。

植物样品:营养生长期用标尺测株高、游标卡尺测茎粗、叶绿素仪测叶绿素,用根系扫描仪测定根系参数(根长、根体积、根表面积等指标)。收获期记录番茄不同器官(根系、茎、叶)生物量及果实产量。

养分指标(钾、钙、镁)测定:去离子水冲洗后剪下根部,用滤纸吸干根系表面附着的水分并立即称鲜重,然后将根系置于105℃烘箱杀青30 min后,70℃烘干至恒重,记录干重。样品粉碎并过0.18 mm筛装瓶备用。样品经碳化、550℃下于马弗炉灰化6 h后,用20 mL 1:1(体积比)硝酸消解、冲洗,并用水定容、稀释并加入掩蔽剂(LaCl₃)待测。火焰光度法测钾,原子吸收法测钙、镁。

1.5 数据分析

采用Excel 2010进行数据计算;采用SPSS 15.0统计软件进行方差分析,采用LSD法对处理间差异的显著性进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同施钾量对番茄根系生长的影响

由表1可知,不同钾水平下番茄根总长、总投影面积、总表面积、根一级分枝数、根二级分枝数以及病根数间差异未达到显著水平($P>0.05$);而根三级分枝数T5处理显著高于CK,升高幅度为42.42%;健康根尖T5>T4>T3>T2>T1>CK,其中T5处理与CK、T1、T2、T3处理相比达到显著水平($P<0.05$),增幅分别为92.81%、50.56%、40.81%和30.10%。由此可见,提高钾浓度使得番茄植株根系生长更旺盛,从而促进番茄植株更好生长。

表1 不同钾水平对番茄根系生长的影响

处理	总长 (cm)	总投影面积 (cm ²)	总表面积 (cm ²)	一级分枝数 (个)	二级分枝数 (个)	三级分枝数 (个)	健康根尖 (个)	病根数 (个)
CK	845 ± 83a	34.0 ± 2.17a	21.2 ± 2.73a	461.0 ± 63.2a	145.0 ± 22.1a	396.0 ± 59.6b	417.0 ± 58.9d	40.1 ± 7.06a
T1	717 ± 193a	31.0 ± 4.69a	22.9 ± 3.46a	483.0 ± 146a	148.0 ± 32.3a	404.0 ± 78.0ab	534.0 ± 37.5cd	32.0 ± 9.18a
T2	714 ± 161a	30.3 ± 4.34a	23.4 ± 1.99a	531.0 ± 298a	154.0 ± 20.0a	421.0 ± 89.1ab	571.0 ± 85.7c	34.0 ± 9.77a
T3	716 ± 186a	29.5 ± 6.09a	24.0 ± 2.20a	575.0 ± 133a	153.0 ± 23.8a	457.0 ± 65.0ab	618.0 ± 181.0bc	30.8 ± 5.59a
T4	717 ± 228a	30.1 ± 5.63a	23.4 ± 3.49a	592.0 ± 204a	178.0 ± 43.0a	473.0 ± 134.0ab	729.0 ± 84.7ab	33.3 ± 5.83a
T5	714 ± 108a	32.7 ± 4.48a	24.8 ± 2.64a	631.0 ± 520a	180.0 ± 59.0a	564.0 ± 185.0a	804.0 ± 94.8a	30.2 ± 6.38a

注:表中数据是均值 ± 标准差,同列数据后不同小写字母表示处理间在 $P<0.05$ 水平具有显著差异。

2.2 不同施钾量对番茄地上部生长的影响

图 1a 表明, 施钾后各处理株高显著高于 CK, 5 个处理平均较 CK 高 15.8%; 5 个处理间也有显著差异, T3、T4、T5 平均值较 T1、T2 高 11.35%。

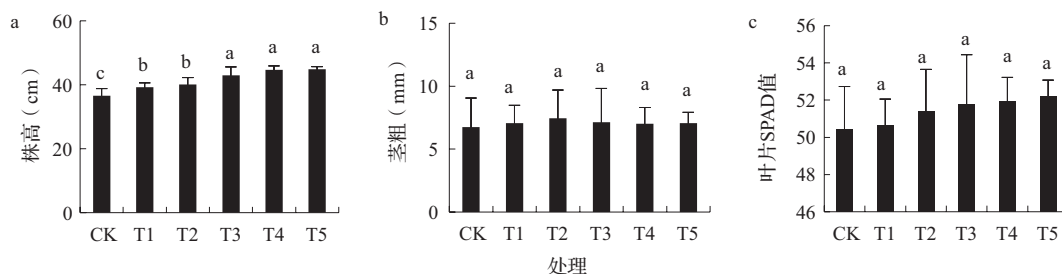


图 1 不同钾水平对番茄生长的影响

注: 不同小写字母表示处理间在 $P<0.05$ 水平具有显著差异。下同。

2.3 不同施钾量对番茄生物量的影响

图 2a 表明, 施钾后番茄根生物量 T5 处理显著高于其他 5 个处理, 升高幅度分别为 58.61%、56.39%、48.51%、45.42%、39.83%。图 2b 表明, 施钾后番茄茎生物量 T5 处理显著高于其它处理, 且 T4、T5 处理均显著高于 CK。如图 2c 所示, 施钾后 T4、T5 处理平均叶生物量较 T1、T2、T3 及 CK 分别增加 21.3%、14.8%、12.4%、24.7%。由此可见, 施用钾肥均能显

著提高番茄根、茎、叶不同器官生物量。

2.4 不同施钾量对番茄产量的影响

由图 3a 可知, 番茄在整个生育期共摘果 5 次, 从前 3 次产量结果看, CK、T1、T2 产量较高, 但到后期 T3、T4、T5 产量较高, 可见, 施钾量越少, 果实成熟速度越快, 而施钾量越大, 产量越高。总产量结果表明, T5 处理产量最高, T5 相比 CK 提高了 15.11%, 由此可见, 施钾能够显著提高番茄产量 (图 3b)。

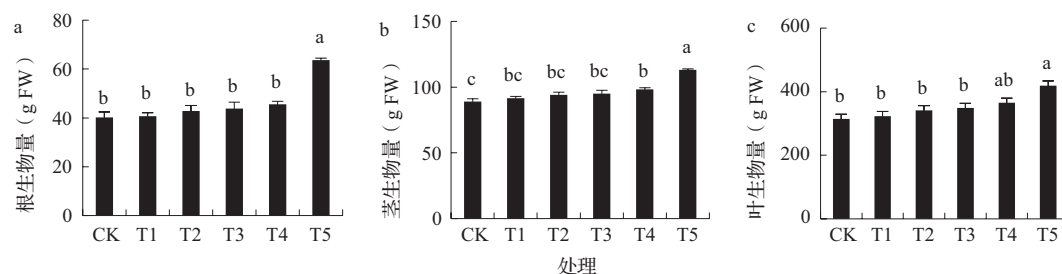


图 2 不同施钾量对番茄不同器官生物量的影响

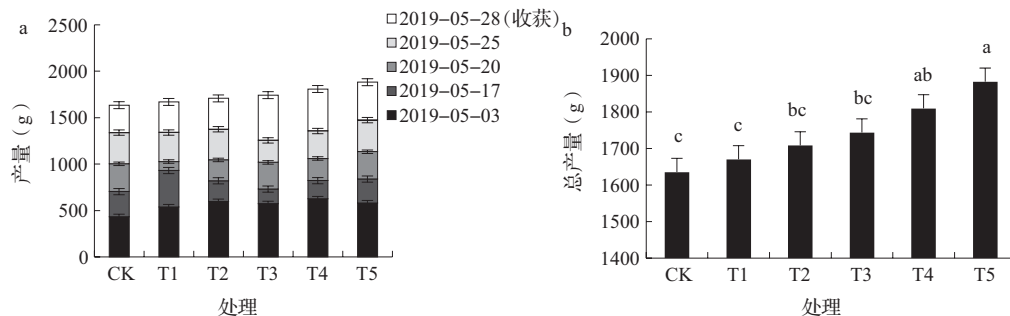


图 3 不同施钾量对果实成熟速率及总产量的影响

2.5 不同施钾量对番茄不同器官养分浓度的影响

2.5.1 不同施钾量对根系养分浓度的影响

图 4a 可知, 随着施钾量的增加根部钾浓度逐

渐增加, 各处理平均较 CK 高 10.3%; 番茄根部钙浓度结果表明, 随着施钾量的增加钙浓度逐渐降低, T4、T5 较 CK 降低 34.5% (图 4b); 图 4c

表明,随着施钾量的增加,番茄根部镁含量先增后减。

2.5.2 不同施钾量对茎部养分浓度的影响

由图 5a 可知,施钾后番茄茎部钾浓度 T5 处理显著高于其他处理 ($P<0.05$),其中 T5 处理与 CK 相比提高了 12.54%;番茄茎部钙浓度随着施钾量的增加有降低趋势,T5 处理显著低于 CK,降幅为 24.52% (图 5b);番茄茎部镁浓度施钾各处理显著高于 CK,5 个处理平均较 CK 高 21.6% (图 5c)。

2.5.3 不同施钾量对叶片养分浓度的影响

由图 6a 可知,施钾后番茄叶部钾浓度 T5 处理

显著高于其他处理,其中 T5 处理与 CK 相比提高了 51.93%;番茄叶部钙浓度随着施钾量的增加逐渐降低,T5 处理显著低于 CK,降低幅度为 14.19% (图 6b);随着施钾量的增加叶片镁浓度逐渐增加,5 个处理平均较 CK 高 21.90% (图 6c)。

2.5.4 不同施钾量对果实养分浓度的影响

图 7a 结果表明,随着施钾量的增加果实中钾浓度逐渐降低,T5 处理钾浓度较 CK 显著低 4.80%。随着施钾量的增加果实中钙、镁浓度也逐渐降低,T5 处理钙、镁浓度分别较 CK 显著低 21.8% 和 17.2% (图 7b、c)。

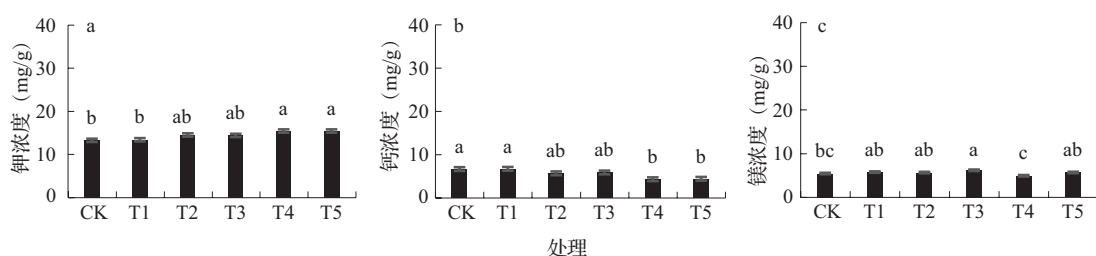


图 4 不同施钾量对番茄根部钾、钙、镁浓度的影响

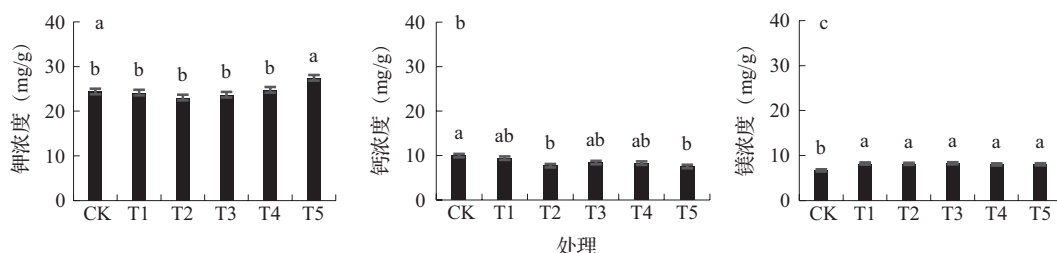


图 5 不同施钾量对番茄茎部钾、钙、镁浓度的影响

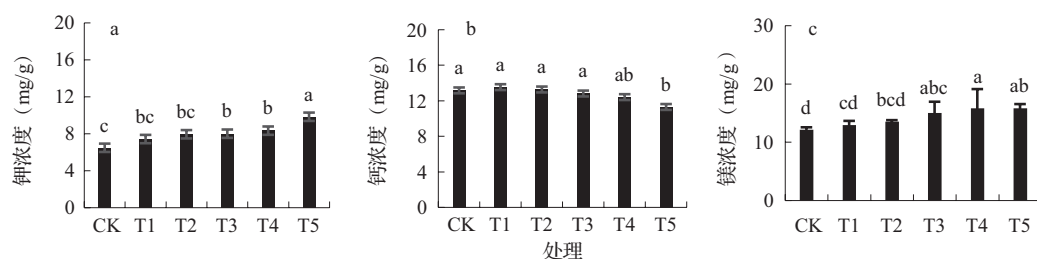


图 6 不同施钾量对番茄叶片钾、钙、镁浓度的影响

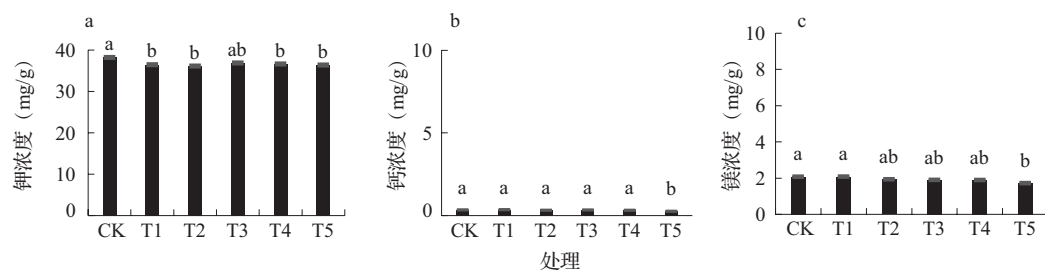


图 7 不同施钾量对番茄果实中钾、钙、镁浓度的影响

3 讨论

3.1 钾素与作物生长、产量的关系

本研究中,当施钾量较大时,番茄在营养生长期生长速度较快,根系生长也更旺盛,生物量增加,产量显著提高。钾是植物体内含量最多的阳离子,它能够促进植物对光能的利用、提高能量代谢,因此充足的钾供应对作物生长及产量有显著的促进作用,不仅如此,钾在植物体内还起到协同运输、促进有机物合成的作用^[17]。大量研究表明,钾能够促进植物对氮、磷、镁等其他养分的吸收,钾、氮配施较单施氮对水稻、玉米、番茄生长及产量均有显著影响^[2, 18-19]。与设施栽培相比,我国大田作物钾的投入量相对较低,在设施条件下,由于作物复种指数高、单位面积播种量大,又加之蔬菜较其他作物对养分的需求量大,农户一般认为大量施钾能够获得较高的收益,因此生产中钾的施用量越来越大。近年来大量设施条件下施肥与土壤质量调查结果表明,设施栽培中钾的投入量有的高达 3438 kg/hm²,土壤速效钾含量达 800 ~ 1000 mg/kg,已远超出设施栽培钾的推荐用量及土壤钾的适宜标准^[4]。本研究土壤采自宁夏新建日光温室中,基础土壤速效钾含量为 127 mg/kg,最大施钾量 750 kg/hm²,最大施肥量较推荐量高 10% 左右。在目前土壤钾水平及施肥条件下,研究结果发现,施钾对番茄生长及产量有显著的提高作用,然而对种植多年且每年钾投入量较高的设施土壤,继续施钾对蔬菜的影响如何,需进一步研究。

3.2 钾与钙、镁营养间的相互作用

作物对钾、钙和镁的吸收受很多因素的影响,而元素之间的相互作用也对作物养分吸收有较大的影响。本研究中随着施钾量的提高,番茄对钾的吸收也增加,但对钙的吸收表现出递减的趋势,说明当施钾量达到一定程度后可能会抑制作物对钙的吸收。缺钙致使细胞壁形成减缓,细胞分裂受限,严重者可导致生长点死亡^[20]。北方大多土壤的含钙量较高,表土层平均含钙量可达 1.37%,不易造成作物缺钙^[21]。但是,在设施栽培条件下棚内湿度大、作物蒸腾量小、土壤“忽干忽湿”,这些环境均有可能导致作物缺钙^[22]。近年来研究认为肥料投入量大,土壤次生盐渍化严重,可能也是缺钙的原因之一,那么,在土壤中多种离子共存时,引起缺钙的机制是什么呢?本研究发现,钾离子是导致

植株体及番茄果实缺钙的原因之一。本研究结果还表明,施入钾肥对营养器官镁吸收具有显著的促进作用,但对镁向果实中的运输有抑制作用。钾镁间的关系较为复杂,已有研究表明,钾镁间既存在协同作用也存在拮抗作用^[13, 23]。在钾、镁浓度较低或钾、镁比例适宜的条件下,镁和钾之间存在正交互效应,施用钾肥促进了水稻对镁的吸收^[24]。Ohno 等^[25]、Sehwantz 等^[26]认为,钾和镁的拮抗首先发生在根吸收镁的过程中,继而发展到向地上部分的运输过程中,钾镁间存在拮抗是由于在共质体运输过程中钾镁共同竞争细胞膜上的吸附点位,在木质部运输过程中钾镁可能相互协同或相互竞争。从本研究结果看,根、茎、叶营养器官中钾、镁表现出同步增大关系,说明二者间是相互协同,而果实中钾、镁均同步减少,钾、镁在植物体内同属移动性较强的元素,它们能够从源器官中再次装载通过韧皮部进入库器官。本研究中库器官果实中的钾、镁同步减少,说明在韧皮部装载过程中,钾镁间存在拮抗作用,究竟土壤中有效钾、钙、镁的含量达到多少或者三者之间的比例如何调控才能平衡作物对养分的需求,这是目前设施条件下需要继续探讨的问题。

4 结论

不施钾肥番茄株高最低,根系生长不良,收获生物量最低,产量也最低。随着施钾量的提高,番茄的生长势、生物量以及产量明显提高,说明低钾土壤中高钾浓度有利于番茄植株生长。

随着施钾量的增加,根、茎、叶各器官中钾、镁浓度显著增加,但果实中钾、镁浓度显著降低;随着施钾量的增加,根、茎、叶、果实各器官中钙浓度均显著降低。由此可见,施钾能够增加番茄营养器官对钾、镁的吸收,但施钾显著抑制了番茄对钙的吸收及钾、钙、镁向果实的转运。

参考文献:

- [1] 李静,闫金鑫,胡文诗,等. 氮钾配施对油菜产量及氮素利用的影响[J]. 作物学报, 2019, 45(6): 941-948.
- [2] 薛欣欣,李小坤. 施钾量对水稻干物质积累及吸钾规律的影响[J]. 江西农业大学学报, 2018, 40(5): 905-913.
- [3] 余海英,李廷轩,张锡洲. 温室栽培系统的养分平衡及土壤养分变化特征[J]. 中国农业科学, 2010, 43(3): 514-522.
- [4] 蔡红明,王士超,刘岩,等. 陕西日光温室养分平衡及土壤

- 养分累积特征研究 [J]. 西北农林科技大学学报 (自然科学版), 2016, 44 (9): 83-91
- [5] 蔡祖聪. 我国设施栽培养分管理中待解的科学和技术问题 [J]. 土壤学报, 2019, 56 (1): 36-43.
- [6] 杨利玲, 张桂兰. 土壤中的钙化学与植物的钙营养 [J]. 甘肃农业, 2006 (10): 272-273.
- [7] 马洪波, 李传哲, 宁运旺, 等. 钙镁缺乏对不同甘薯品种的生长及矿质元素吸收的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2015 (4): 107-113.
- [8] Cakmak I, Yazici A M. Magnesium: a forgotten element in crop production [J]. Better Crops, 2010, 94 (2): 23-25.
- [9] 袁可能. 植物营养元素的土壤化学 [M]. 北京: 科学出版社, 1983. 261-290.
- [10] 邹邦基, 何雪晖. 植物的营养 [M]. 北京: 农业出版社, 1985. 164-206.
- [11] Omar M A, Kobbia E L. Some observations on the interrelationships of potassium and magnesium [J]. Soil Science, 1966, 101 (6): 437-440.
- [12] Rehm G W, Sorensen R C. Effects of potassium and magnesium applied for corn grown on an irrigated sandy soil [J]. Soil Science Society of America Journal, 1985, 49 (6): 1446-1450.
- [13] Narwal B P, Kumar V, Singh J P. Potassium and magnesium relationship in cowpea (*Vigna unguiculata* L.Walp.) [J]. Plant and Soil, 1985. 86 (1): 129-134.
- [14] 鲁如坤. 土壤-植物营养学 (原理和施肥) [M]. 北京: 化学工业出版社, 1998. 281-296.
- [15] 陈双臣, 贺超兴, 邹志荣, 等. 温室有机土栽培番茄营养吸收特性研究 [J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11 (3): 369-374.
- [16] 张守才, 赵征宇, 孙永红, 等. 设施栽培番茄的氮磷钾肥料效应研究 [J]. 中国土壤与肥料, 2016 (2): 65-71.
- [17] Barber S A. Soil nutrient bioavailability: A mechanistic approach [M]. Wiley, UK., 1995. 124-128.
- [18] 陈祥, 同延安, 杨倩. 氮磷钾平衡施肥对夏玉米产量及养分吸收和累积的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2008 (6): 19-22.
- [19] 唐莉莉. 日光温室栽培条件下土壤养分累积特性及钾镁养分关系研究 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2007.
- [20] Suzuki M, Umeda H, Matsuo S, et al. Effects of relative humidity and nutrient supply on growth and nutrient uptake in greenhouse tomato production [J]. Scientia Horticulturae, 2015, 187: 44-49.
- [21] 胡霁堂. 植物营养学 (下) (第2版) [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2005.
- [22] 杨利玲, 刘慧. 北方石灰性土壤番茄缺钙症的发生及防治 [J]. 长江蔬菜, 2011 (11): 39-40.
- [23] Rehm G W, Sorensen R C. Effects of potassium and magnesium applied for corn grown on an irrigated sandy soil [J]. Soil Science Society of America Journal, 1985, 49 (6): 1446-1450.
- [24] 丁玉川, 罗伟, 徐国华. 镁、钾营养及其交互作用对水稻产量、产量构成因素和养分吸收的影响 [J]. 水土保持学报, 2008, 22 (3): 178-182.
- [25] Ohno T, Grunes D L. Potassium-Magnesium interaction affecting nutrient uptake by wheat forage [J]. Soil Science Society of America Journal, 1985, 49 (3): 685-690.
- [26] Schwartz S, Bar-Yosef B. Magnesium uptake by tomato plant as affected by Mg and Ca concentration in solution culture and plant age [J]. Agronomy Journal, 1983, 75: 267-272.

Effects of different potassium application amounts on the growth and uptake of calcium and magnesium in tomato under facility condition

MA Jian-mei¹, LI Hui-xia^{1*}, ZHANG Xue-ke² (1. School of Agronomy, Ningxia University, Yinchuan Ningxia 750021; 2. School of Civil and Hydraulic Engineering, Ningxia University, Yinchuan Ningxia 750021)

Abstract: The effect of potassium (K) fertilizer on tomato growth and calcium (Ca) and magnesium (Mg) uptake was studied to provide theoretical and technical basis for balanced fertilization of vegetables under the facility condition. A pot cultivate experiment was conducted with the treatments of one control (CK) and five K fertilizer levels (150, 300, 450, 600 and 750 kg/hm², which were represented by T1, T2, T3, T4 and T5, respectively) using tomato as testing crop. The result showed that: 1) With the increase of K application, the number of healthy root tips increased significantly, the root total area and the number of branches had an increasing tendency. 2) Comparing with CK, the plant height increased by 15.8% and the biomass of root, stem and leaf increased significantly after applying potassium fertilizer, which increased by 56.8%, 27.1% and 33.2%, respectively, for the T5 treatment. 3) With the increase of K application, the yield was increased, which was increased by 15.11% in T5 compared with CK. 4) With the increase of K application, the concentration of K and Mg in roots, stems and leaves increased significantly, but the concentration of K and Mg in fruits decreased significantly. With the increase of K application, the concentration of Ca in roots and stems and leaves and fruits decreased significantly. In conclusion, applying K fertilizer improved the biomass and yield of tomato significantly, and increased the K and Mg uptake in different organs of tomato, but it would inhibit Ca uptake, and the transport of K and Ca and Mg were inhibited by K fertilizer.

Key words: tomato; biomass; yield; nutrient concentration