

李小鹏,徐 刚,郭世荣,等. 外源生长调节剂控制番茄和辣椒徒长及对产量和品质的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(5):126-131.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.05.027

外源生长调节剂控制番茄和辣椒徒长 及对产量和品质的影响

李小鹏^{1,2}, 徐 刚², 郭世荣¹, 樊小雪², 高文瑞², 李德翠², 孙艳军², 史琬燕²

(1. 南京农业大学园艺学院, 江苏南京 210095; 2. 江苏省农业科学院蔬菜研究所, 江苏南京 210014)

摘要:为了探究不同质量浓度生长调节剂对番茄和辣椒夏季幼苗徒长的调节作用,以苏粉 11 号番茄、苏椒 16 号辣椒为试验材料,研究壮苗一号对番茄、辣椒幼苗生长情况及产量的影响,设 4 000、2 000、1 333、1 000、800、600 mg/L 壮苗一号调节剂 6 个处理,以喷施清水为对照(CK)。结果表明,与对照相比,番茄和辣椒各处理株高显著降低,番茄和辣椒的根系活力与产量呈显著正相关,其中番茄最佳喷施质量浓度为 1 333 mg/L,幼苗的根系活力提高 15.10%,最大单株产量达 2.25 kg,提高 81.45%;辣椒最佳喷施质量浓度为 800 mg/L,幼苗根系活力提高 13.69%,最大单株产量达 1.90 kg,比对照提高 71.17%;在江淮地区夏季使用穴盘育苗时喷施 2 次壮苗一号,能够有效控制夏季幼苗徒长,显著提高幼苗茎粗和根系活力,提高单株产量。

关键词:外源生长调节剂;番茄;辣椒;徒长控制;产量

中图分类号:S641.204;S641.304

文献标志码:A

文章编号:1002-1302(2020)05-0126-06

番茄属于茄科番茄属,是我国重要的蔬菜之一,也是我国设施蔬菜的主要品种^[1]。番茄果实中富含维生素 C、胡萝卜素和番茄红素,能够捕捉人体

内的自由基,具备预防多种癌症,降低动脉硬化的发生等诸多保健功效^[2]。辣椒属于茄科辣椒属,维生素 C 和辣椒素含量丰富,是一种营养价值非常高的蔬菜,有很高的开发和加工潜力^[3]。

番茄和辣椒是我国茄果类设施栽培主要的蔬菜品种,由于落后的农业设施条件不能满足作物对生长环境的要求^[4],夏季昼夜高温,蔬菜幼苗呼吸作用消耗养分过多,且光合作用受强光抑制,极易出现徒长现象造成幼苗素质下降、营养生长和生殖

收稿日期:2019-03-11

基金项目:国家重点研发计划(编号:2016YFD0201007)。

作者简介:李小鹏(1993—),男,河南灵宝人,硕士研究生,主要从事蔬菜设施栽培方向研究。E-mail:18305178883@163.com。

通信作者:徐 刚,博士,研究员,主要从事蔬菜设施栽培技术及相关栽培生理等研究。E-mail:xugang90@163.com。

提高番茄的单果质量、固形物含量、总糖含量和维生素 C 含量,可明显促进催熟番茄番茄红素含量的回升,有效保证营养品质。正确施用乙烯利既能有利于番茄提早上市,又可以有效保证番茄的营养品质。

参考文献:

- [1] 苏 杭,张 鹏,李 慧,等. 我国常用植物生长调节剂对水果品质影响研究[J]. 农产品质量与安全,2017(2):44-48.
- [2] 郭世智,陈锦永,顾 红,等. 乙烯利在果蔬生产中的安全应用[J]. 湖北农业科学,2018,57(8):5-8.
- [3] 秦 旭,徐应明,孙 扬,等. 催熟剂乙烯利在番茄及土壤中的残留动态研究[J]. 食品工业,2016(4):173-177.
- [4] 孟司奇,杨桂玲,汪 雯,等. 浙江省葡萄乙烯利使用现状和安全性评价[J]. 浙江农业科学,2018,59(9):1581-1583,1591.
- [5] 谢汉忠,李 君,吴丰魁,等. 乙烯利对番茄品质影响及安全性分析[J]. 农业科技通讯,2012(11):88-90.

- [6] 张 忠,马朝玲,丁若珺,等. 采后乙烯利处理对软儿梨果实后期生理及品质的影响[J]. 食品科学,2017,38(21):252-258.
- [7] Zhu T, Tan W R, Deng X G, et al. Effects of brassinosteroids on quality attributes and ethylene synthesis in postharvest tomato fruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2015, 100:196-204.
- [8] Wang Y Y, Li B Q, Qin G Z, et al. Defense response of tomato fruit at different maturity stages to salicylic acid and ethephon[J]. Scientia Horticulturae, 2011, 129(2):183-188.
- [9] 李艳娇,朱 璇,敬媛媛,等. NO 与乙烯利处理对番茄果实采后软化相关酶活的影响[J]. 食品科技,2016,41(7):32-37.
- [10] 徐爱东. 乙烯利催熟对番茄果实营养品质影响的研究进展[J]. 北方园艺,2011(10):181-184.
- [11] 马 冲,周欣欣,张 佳,等. 乙烯利催熟番茄应用现状及对品质的影响[J]. 农药科学与管理,2014,35(2):64-70.
- [12] 徐爱东. 蔬菜中乙烯利使用现状调查、残留量测定及安全性评价[J]. 北方园艺,2011(2):36-39.

生长失衡及产量下降等问题^[5-6]。其中茄果类蔬菜的越夏生产受到严重制约,因此夏季穴盘育苗技术成为越夏栽培的关键^[7]。

植物生长调节剂能够调节作物的生长发育,喷施适宜的浓度可以降低植物株高,提高抗倒伏能力^[8],提高叶绿素含量,增加产量等^[9],在玉米和小麦等作物上已被广泛应用^[10]。单一调节剂在对作物生长和产量调控中会出现不均衡现象,尤其生长调节剂在保护地蔬菜栽培过程中的使用仍需要深入研究^[11]。本试验通过喷施复合型外源生长调节剂,探究不同喷施质量浓度对夏季大棚番茄和辣椒苗期的生长情况以及产量品质的影响,以期为推动使用外源生长调节剂提高蔬菜产量提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试番茄品种为苏粉 11 号,辣椒品种为苏椒 16 号。喷施用液态外源调节剂为壮苗一号,由中国农业科学院蔬菜花卉研究所研制,含有生物活性物质、功能性矿质元素及表面活性成分。育苗采用 50 孔标准育苗盘,基质为木薯渣、草炭、珍珠岩体积比为 2 : 2 : 1 的复合型基质。

1.2 试验处理

试验于 2017 年 7 月至 2018 年 1 月在江苏省农业科学院六合科研基地塑料大棚内进行。对番茄和辣椒分别设置 7 个处理,CK:叶面喷施清水;喷施壮苗一号设定 6 个质量浓度水平,喷施质量浓度分别为 4 000、2 000、1 333、1 000、800、600 mg/L(表 1)。每次处理重复 3 次,每个重复为 1 盘 50 孔穴盘,穴盘间距 50 cm,试验共种 4 200 株,各小区完全随机排列。

表 1 喷施生长调节剂试验处理

处理	壮苗一号稀释倍数 (倍)	壮苗一号喷施质量 浓度(mg/L)
T1	250	4 000
T2	500	2 000
T3	750	1 333
T4	1 000	1 000
T5	1 250	800
T6	1 500	600
CK	清水	0

2017 年 7 月 19 日,番茄和辣椒各育苗 21 盘,待幼苗 2 两叶 1 心时期第 1 次喷施壮苗一号,每次

喷施间隔 10 d,苗期共喷施 2 次。定植日期为 2017 年 8 月 25 日,番茄和辣椒各处理选取 20 株生长状态相同的幼苗。选择肥力相同的土壤,施入等量的基肥后进行定植。植株生长过程中,各处理农艺措施均相同。

1.3 测定方法

苗期 2 叶 1 心时,及第 1 次喷施后 10 d 测定幼苗株高(从茎基部到生长点的高度)、茎粗(平行于子叶展平方向距离地面 1 cm 茎基部),取幼苗根系洗干净基质后采用氯化三苯基四氮唑(TTC)法测定根系活力^[12],取幼苗地上部用干净的纱布擦干净,用电子天平称得地上(下)部鲜质量;称完鲜质量后在烘箱内 105 ℃杀青 15 min,75 ℃烘干至质量不变后称得全株干质量、地上部和地下部干质量,计算根冠比和壮苗指数。叶绿素含量的测定采用乙醇浸提法。

果实成熟后测定品质指标^[13]:维生素 C 含量、可溶性蛋白质含量、可溶性糖含量、总酚含量、碳水化合物含量、硝酸盐含量等。

果实产量:采收期随机选取 10 株测定单果质量、单株产量及增产量。

1.4 数据分析

采用 Microsoft Excel 和 SPSS 20.0 软件处理数据,采用 LSD 和 Duncan's 新复极差法进行差异显著性分析($P < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 外源生长调节剂对幼苗生长的影响

2.1.1 不同喷施质量浓度对番茄幼苗生长的影响

由表 2 可知,随着喷施质量浓度的降低番茄幼苗株高和单株鲜质量均明显增大,CK 组番茄株高达到最大值,为 30.50 cm,显著高于其他处理,CK 组茎粗为 3.32 cm,呈明显的徒长现象,T1 处理幼苗株高为 9.35 cm,显著低于其他各处理。番茄幼苗的茎粗随着喷施质量浓度的降低呈先增大后减小的趋势,除了 T1 和 T2 处理的茎粗低于 CK 组外,其他各处理的茎粗均有所提高,其中 T4 处理的茎粗最大,较 CK 提高 24.40%,差异达到了显著性水平,T3、T5 和 T6 较 CK 处理分别提高 12.05%、13.55%、12.65%,但并无显著性差异。番茄幼苗的叶绿素含量随着喷施质量浓度降低呈递减趋势,除 T6 处理外其他各处理均显著高于 CK。

2.1.2 不同喷施质量浓度对辣椒幼苗生长的影响

由表 3 可知,随喷施质量浓度的提高,辣椒幼苗的

表 2 不同处理对番茄幼苗生长的影响

处理	株高 (cm)	茎粗 (mm)	单株鲜质量 (g)	单株干质量 (g)	叶绿素含量 ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)
T1	9.35 ± 0.32e	3.02 ± 0.13c	7.20 ± 0.59c	0.86 ± 1.43c	52.19 ± 1.02a
T2	11.78 ± 0.36d	3.32 ± 0.19bc	11.52 ± 1.76c	1.22 ± 0.08c	47.38 ± 0.82ab
T3	17.95 ± 0.36c	3.72 ± 0.12ab	15.31 ± 1.89b	2.22 ± 0.13b	44.59 ± 1.36bc
T4	19.74 ± 0.59bc	4.13 ± 0.27a	18.96 ± 0.43b	1.99 ± 0.23b	42.43 ± 1.31bc
T5	18.42 ± 1.29bc	3.77 ± 0.39ab	16.56 ± 1.35b	1.72 ± 0.06b	42.25 ± 0.83bc
T6	20.56 ± 0.61b	3.74 ± 0.07ab	20.74 ± 2.20b	2.23 ± 0.15b	38.84 ± 1.42cd
CK	30.50 ± 1.21a	3.32 ± 0.11bc	26.97 ± 1.68a	3.12 ± 0.25a	35.87 ± 1.48d

注:同列数据后不同小写字母表示差异达到显著水平($P < 0.05$)。下表同。

表 3 不同喷施质量浓度对辣椒幼苗生长的影响

处理	株高 (cm)	茎粗 (mm)	单株鲜质量 (g)	单株干质量 (g)	叶绿素含量 ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)
T1	13.84 ± 1.01c	2.53 ± 0.09b	11.50 ± 0.85b	1.69 ± 0.11b	54.20 ± 0.41a
T2	14.20 ± 0.70c	2.57 ± 0.05ab	11.40 ± 0.63b	1.63 ± 0.08b	53.42 ± 1.32a
T3	19.72 ± 2.63bc	3.02 ± 0.09a	14.30 ± 2.46ab	2.02 ± 0.34ab	52.54 ± 0.16a
T4	18.44 ± 3.19bc	2.69 ± 0.03ab	15.84 ± 1.20a	1.98 ± 0.24ab	48.35 ± 0.60ab
T5	24.50 ± 2.84ab	2.73 ± 0.25ab	16.75 ± 1.48a	1.91 ± 0.16ab	45.67 ± 0.30ab
T6	25.28 ± 2.61ab	2.91 ± 0.22ab	17.34 ± 0.57a	2.01 ± 0.03ab	47.09 ± 1.55ab
CK	29.44 ± 1.10a	2.47 ± 0.09b	17.44 ± 1.00a	2.32 ± 0.15a	43.56 ± 1.37b

株高、单株鲜质量和干质量都呈递减趋势,处理组 T1、T2、T3、T4 的株高显著低于 CK 处理,T1 ~ T6 处理的株高比 CK 组分别降低 53.00%、51.77%、33.00%、37.35%、16.78%、14.14%。喷施壮苗一号后植株的茎粗均大于 CK 组,喷施 1 333 mg/L 壮苗一号时幼苗茎粗最大,较 CK 提高 22.27%,其他各处理间差异性不显著。辣椒幼苗叶片的叶绿素含量随喷施质量浓度的提高而增加,T1、T2、T3 处理的叶绿素含量显著高于 CK 处理。

2.2 外源生长调节剂对幼苗根系活力的影响

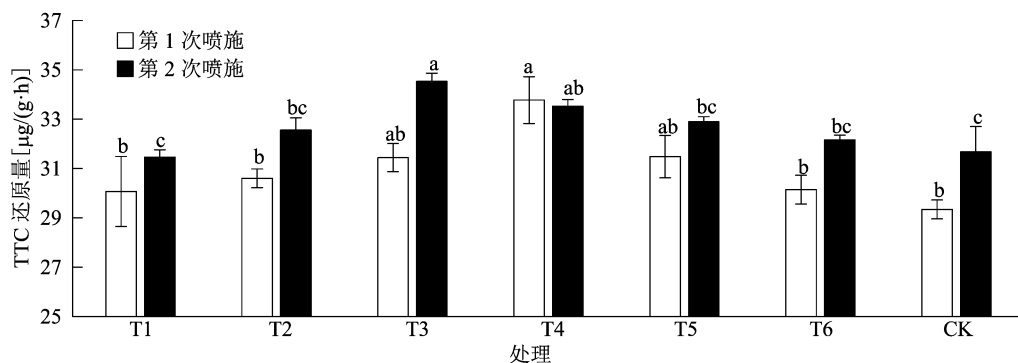
2.2.1 不同喷施质量浓度对番茄幼苗根系活力的影响 根系活力是代表根系吸收与合成养分能力重要的生理指标之一,是直接影响植物正常生命活动的关键因素^[12]。图 1 中红四氮唑(TTC)还原量代表了植株的根系活力,由图可知第 1 次喷施后,与对照组相比,喷施调节剂后的根系活力均有所提高。随着喷施质量浓度的提高,根系活力呈先升高再降低的趋势,其中 T4 处理最优,为 33.77 $\mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{h})$,与 T1、T2、T6 和 CK 组相比均达到显著水平,分别提高 12.32%、10.36%、12.04%、15.1%。第 2 次喷施后,T3 处理达到最大值,为 34.53 $\mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{h})$,T4 处理次之,两处理差异不显著,但 T3 处理显著高于其

他处理,T3 处理较 CK 处理根系活力提高 9.03%,T1 处理根系活力最低,比 CK 组降低 0.68%,差异未达到显著水平。

2.2.2 不同喷施质量浓度对辣椒幼苗根系活力的影响 由图 2 可知,2 次喷施壮苗一号辣椒幼苗的根系活力变化趋势一致,即随着喷施质量浓度的提高呈先升高后降低的趋势。第 1 次喷施壮苗一号后辣椒的根系活力都高于对照组,T3 为最优处理[26.60 $\mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{h})$],显著高于 T1、T6 和 CK 处理,分别提高 13.06%、13.13%、16.22%,其余各处理间的差异均未达到显著水平。第 2 次喷施后,T4 处理达到最大值[35.63 $\mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{h})$],T3 处理次之,2 个处理间差异不显著,两者较 CK 处理根系活力分别提高 13.69%、10.30%,且 T4 处理显著高于其他处理。2 次喷施,T1 处理较 CK 处理根系活力分别降低 2.79%、4.07%。

2.3 外源生长调节剂对番茄和辣椒单株产量的影响

由图 3 可知,番茄的单株产量随喷施质量浓度的提高呈先增加后减少的趋势。番茄 T4 处理达到最大单株产量,为 2.25 kg,较 T3、T5 处理下单株产量分别提高 1.35%、6.13%,差异不显著,但显著高



不同小写字母表示各处理差异显著($P<0.05$)。下图同
图1 不同喷施质量浓度对番茄幼苗根系活力的影响

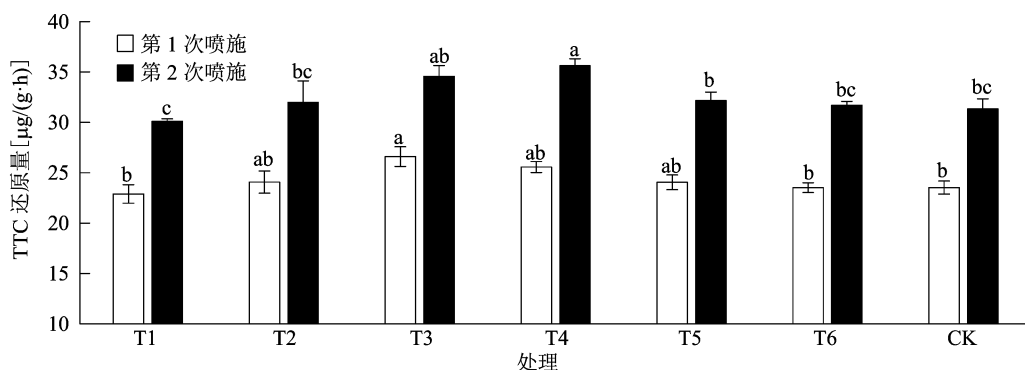


图2 不同喷施质量浓度对辣椒幼苗根系活力的影响

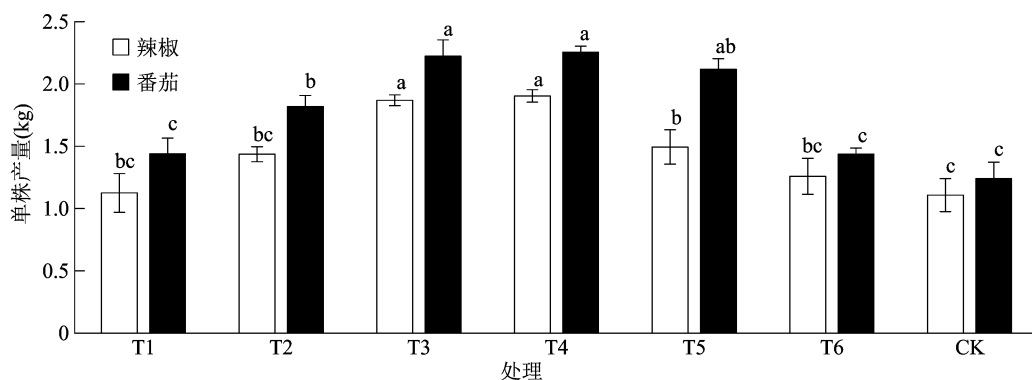


图3 不同喷施质量浓度对番茄和辣椒单株产量的影响

于其他处理,较 CK 处理(1.24 kg)提高 81.45%,T1、T6 处理与 CK 处理单株产量差异不显著。辣椒单株产量随番茄喷施壮苗一号的变化趋势一致,T4 处理的辣椒单株产量达到最高值,为 1.90 kg,与 T3 处理相比提高 1.60%,差异性未达到显著水平,但显著高于其他处理,较 CK 处理提高 68.47%,T1、T2、T6 和 CK 处理之间差异不显著。

2.4 外源生长调节剂对番茄和辣椒果实品质的影响

2.4.1 不同喷施质量浓度对番茄果实品质的影响

由表 4 可知,与 CK 处理比,各处理番茄果实维生素 C 和可溶性蛋白质含量的差异性均未达到显著水平,T1 处理下番茄果实的可溶性糖含量和总酚含量与 CK 组差异性均达到显著性水平,其他各处理间可溶性糖含量和总酚含量差异性均不显著。

2.4.2 不同喷施质量浓度对辣椒果实品质的影响

由表 5 可知,辣椒的硝酸盐含量随喷施质量浓度的提高呈先减少后增加再减少的趋势,各处理间无显著性差异;与 T1、T2 和 CK 处理相比,T3、T4、T5、

表 4 不同喷施质量浓度处理对番茄果实品质的影响

处理	维生素 C 含量 (mg/g)	可溶性糖含量 (mg/g)	可溶性蛋白质含量 (mg/g)	总酚含量 (mg/g)
T1	1.80 ± 0.09a	0.136 ± 0.01a	3.78 ± 0.19a	0.34 ± 0.05a
T2	1.68 ± 0.14a	0.132 ± 0.01ab	3.75 ± 0.15a	0.28 ± 0.06ab
T3	1.77 ± 0.12a	0.120 ± 0.01abc	3.96 ± 0.13a	0.26 ± 0.03ab
T4	1.65 ± 0.14a	0.123 ± 0.01abc	3.97 ± 0.14a	0.27 ± 0.05ab
T5	1.82 ± 0.09a	0.119 ± 0.01bc	3.85 ± 0.15a	0.29 ± 0.06ab
T6	1.83 ± 0.16a	0.123 ± 0.01abc	3.83 ± 0.11a	0.24 ± 0.02ab
CK	1.53 ± 0.09a	0.115 ± 0.01c	3.71 ± 0.11a	0.17 ± 0.01c

表 5 不同喷施质量浓度处理对辣椒果实品质的影响

处理	维生素 C 含量 (mg/g)	碳水化合物含量 (mg/g)	硝酸盐含量 (mg/100 g)	总酚含量 (mg/g)
T1	8.15 ± 0.21a	3.21 ± 0.10ab	7.76 ± 0.23a	0.30 ± 0.04b
T2	7.67 ± 0.58a	2.98 ± 0.21abc	8.25 ± 0.76a	0.26 ± 0.06b
T3	6.24 ± 0.28b	3.09 ± 0.24ab	8.07 ± 0.82a	0.26 ± 0.11b
T4	6.39 ± 0.37b	2.53 ± 0.15c	7.78 ± 0.22a	0.27 ± 0.05b
T5	6.26 ± 0.15b	2.94 ± 0.22bc	7.44 ± 0.16a	0.18 ± 0.03b
T6	6.15 ± 0.14b	3.47 ± 0.07a	8.74 ± 0.73a	0.38 ± 0.05ab
CK	7.50 ± 0.47a	3.50 ± 0.05a	8.93 ± 0.78a	0.55 ± 0.07a

T6 处理的辣椒果实中维生素 C 的含量差异性达到显著水平;辣椒中碳水化合物含量和总酚含量随喷施质量浓度提高均无明显的变化趋势,T4、T5 处理与 T6 和 CK 处理辣椒果实碳水化合物含量差异达显著水平,其他各组间差异不显著。

2.5 单株产量与幼苗生长指标的相关性

由表 6 可知,番茄单株产量与幼苗根系活力和茎粗呈极显著、显著正相关,与单株鲜质量、单株干质量、叶绿素含量之间的相关性不显著,与株高呈负相关;辣椒单株产量与幼苗根系活力和茎粗呈极显著、显著正相关,与单株鲜质量和叶绿素含量相关性不显著,与单株干质量和株高呈负相关。

表 6 番茄和辣椒单株产量与生长指标之间的相关性

项目	相关系数					
	株高	茎粗	单株鲜质量	单株干质量	叶绿素含量	根系活力
番茄单株单量	-0.82	0.545 *	0.107	0.025	0.052	0.672 **
辣椒单株单量	-0.24	0.564 *	0.008	-0.023	0.12	0.610 **

注: * 和 ** 分别表示在 0.05 和 0.01 水平上显著相关,样本数(n) = 21。

3 讨论

有研究表明,植物生长调节剂能够调节夏季育苗徒长的生理基础,矮壮素(CCC)和烯效唑(S₃₃₀₇)能够抑制植物体内合成赤霉素,减缓细胞伸长速度^[14]从而起到降低株高、抑制徒长的作用,多效唑(PP₃₃₃)使植株细胞体积变小并紧密排列,达到增加茎粗的效果^[15-16],壮苗一号是一种复合型生长调节剂,并且含有生物活性物质、功能性矿质元素,达到的效果与上述研究基本一致。

不同质量浓度生长调节剂对作物生长具有显著影响,试验中番茄、辣椒幼苗的根系活力和单株产量随喷施质量浓度的提高呈先增加后减少的趋势,表现出高质量浓度抑制生长,与杨秀坚等对菊花的研究^[17]和张瑛等对茭白的研究^[18]中得到的结果一致。张瑛的研究还表明,多效唑对幼苗的抑制作用具有一定的滞后性,定植后出现缓苗过度,影响作物产量^[18]。本研究结果显示壮苗一号作为一种复合型生长调节剂,显著提高了番茄和辣椒的产量,无缓苗过度现象,番茄各处理间果实品质指标

和叶片叶绿素含量差异性不显著,但是也都高于 CK 处理,原因可能是喷施壮苗一号的持续性在作物生长后期出现减弱,有待进一步研究。

研究生长调节剂对作物的影响时不能仅选取单一指标衡量,作物的产量与生长指标是密切关联的,研究表明小麦穗下节间长度与产量呈显著正相关^[19-20],而生长调节剂的效果还和栽植密度有密切关系^[21],本试验也研究了喷施壮苗一号后产量与生长指标的相关性关系,发现根系活力、茎粗与单株产量呈极显著、显著正相关,株高与单株产量呈负相关,表明幼苗的株高、茎粗和根系活力是影响作物产量的重要指标,根系发达的幼苗在定植后能够较快度过缓苗期,同时保证作物对养分的需求,从而达到增产的效果。

4 结论

本试验结果表明,夏季保护地番茄和辣椒育苗时喷施合适质量浓度的壮苗一号能够有效控制徒长、增加茎粗,显著提高根系活力从而提高单株产量。当喷施质量浓度大于 2 000 mg/L 时会抑制幼苗生长,不利于作物生长,番茄和辣椒的最佳喷施质量浓度分别为 1 333、1 000 mg/L,建议夏季使用基质穴盘育苗时喷施 2 次,喷施方法简单又经济,适宜在江淮地区推广使用。壮苗一号对夏季育苗的广泛应用还需要在其他作物和地区进行试验,关于生长调节剂的调节机制还有待进一步研究,为壮苗一号的推广应用提供理论依据。

参考文献:

- [1] 杨顺江. 中国蔬菜产业发展研究[D]. 武汉:华中农业大学,2004.
- [2] 张海英. 番茄的保健作用及产品开发[J]. 山西食品工业,2003(3):17-19.
- [3] 刘易伟,胡文忠,姜爱丽,等. 辣椒的营养价值及其加工品的研发进展[J]. 食品工业科技,2014,35(15):377-381.
- [4] 喻景权. “十一五”我国设施蔬菜生产和科技进展及其展望[J].

- 中国蔬菜,2011(2):11-23.
- [5] 张娟,周惠,周黎明,等. 辣椒夏季高温期壮苗培育技术[J]. 西北园艺,2009(3):16-17.
- [6] Ma C X, Liu K, Zhang Y M, et al. Effect of different combined treatments on tomato seedling growth in high-temperature season[J]. Agricultural Biotechnology,2018,7(3):32-35,40.
- [7] 郭世荣,孙锦,束胜,等. 我国设施园艺概况及发展趋势[J]. 中国蔬菜,2012(18):1-14.
- [8] 史磊,尤丹,肖万欣,等. 化控剂对玉米光合作用、农艺性状和产量的影响[J]. 玉米科学,2014,22(5):59-63,70.
- [9] 李军虎,张翠绵,杜义英,等. 化控条件下密度对夏玉米产量及产量性状的影响[J]. 玉米科学,2014,22(3):72-76.
- [10] 张志刚,董春娟,尚庆茂. 蔬菜幼苗化学调控技术研究进展[J]. 中国蔬菜,2017(9):22-25.
- [11] 赵敏,周淑新,崔彦宏. 我国玉米生产中植物生长调节剂的应用研究[J]. 玉米科学,2006,14(1):127-131.
- [12] 白宝璋,金锦子,白崧,等. 玉米根系活力 TTC 测定法的改良[J]. 玉米科学,1994,2(4):44-47.
- [13] 李合生. 植物生理学实验原理与技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000.
- [14] Passam H C, Koutri A C, Karapanos I C. The effect of chlormequat chloride (CCC) application at the bolting stage on the flowering and seed production of lettuce plants previously treated with water or gibberellic acid (GA_3) [J]. Scientia Horticulturae,2007,116(2):117-121.
- [15] Zhang M, Duan L, Tian X, et al. Uniconazole-induced tolerance of soybean to water deficit stress in relation to changes in photosynthesis, hormones and antioxidant system [J]. Journal of Plant Physiology,2007,164(6):709-717.
- [16] 王昊文. 三种植物生长调节剂对黑豆生长发育的调控效应研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2018.
- [17] 杨秀坚,罗富英,窦萍珍. 植物调节剂对菊花观赏性状及相关特性的影响[J]. 北方园艺,2006(1):45-46.
- [18] 张瑛,李爱民,惠飞虎,等. 多效唑、烯效唑在茭白生产中的应用效果[J]. 江苏农业科学,2016,44(12):189-191.
- [19] Pheloung P C, Siddique K. Contribution of stem dry matter to grain yield in wheat cultivars[J]. Australian Journal of Plant Physiology,1991,18(1):53-64.
- [20] 任永峰,黄琴,王志敏,等. 不同化控剂对藜麦农艺性状及产量的影响[J]. 中国农业大学学报,2018,23(8):8-16.
- [21] 杨振芳,孟瑶,顾万荣,等. 化控和密度措施对东北春玉米叶片衰老及产量的影响[J]. 华北农学报,2015,30(4):117-125.