

# 叶面喷施多效唑对网纹甜瓜幼苗农艺性状、内源激素的影响及其相互关系

梁任繁, 苏义成, 仇惠君, 符志新

(广西农业科学院 南宁 530007)

**摘要:**为解决我国南繁区甜瓜设施栽培苗期容易发生徒长、热害等问题,以耀珑甜瓜品种为材料,用不同质量浓度多效唑( $PP_{333}$ )对甜瓜幼苗进行叶面喷施,探讨多效唑对幼苗生长及内源激素含量的影响及其相互关系。结果表明,与清水对照比较,50  $mg \cdot L^{-1}$   $PP_{333}$ 可提高壮苗指数 155%,100  $mg \cdot L^{-1}$   $PP_{333}$ 使茎秆增粗 14%,150  $mg \cdot L^{-1}$   $PP_{333}$ 提高乙烯(ETH)含量 35.5%;250  $mg \cdot L^{-1}$   $PP_{333}$ 可导致株高变矮 73%,提高脱落酸(ABA)含量 83.4%,但  $PP_{333}$ 超过 200  $mg \cdot L^{-1}$ 时幼苗会出现药害症状;株高与吲哚乙酸(IAA)含量呈显著正相关( $R=0.78$ ),壮苗指数与 IAA 含量( $R=-0.77$ )、ETH 含量( $R=1.00$ )、ABA 含量( $R=-0.88$ )呈显著相关。说明多效唑可以调节甜瓜幼苗生长及其与激素的关系,以 50~150  $mg \cdot L^{-1}$   $PP_{333}$ 处理对防止甜瓜幼苗徒长和提高耐热性综合效果最佳。

**关键词:**甜瓜;多效唑;徒长;生长;内源激素

中图分类号:S652

文献标志码:A

文章编号:1673-2871(2023)06-050-08

## Effects of spraying paclobutrazol ( $PP_{333}$ ) on agronomic characters of muskmelon seedlings and endogenous hormones, and their relationship

LIANG Renfan, SU Yicheng, QIU Huijun, FU Zhixin

(Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530007, Guangxi, China)

**Abstract:** In order to solve the problem that muskmelon seedlings is prone to overgrowth and heat damage in Protected Cultivation in Hainan province, the effects of different concentrations paclobutrazol on the growth and endogenous hormone content of Yaolong melon seedlings, and their relationship were studied. The results showed that  $PP_{333}$  had effects on the growth and endogenous hormones of muskmelon seedlings. Their comparison with the control showed that 50  $mg \cdot L^{-1}$   $PP_{333}$  increased the seedling index by 155%, 100  $mg \cdot L^{-1}$   $PP_{333}$  increased the stem diameter by 14%, 150  $mg \cdot L^{-1}$   $PP_{333}$  increased ethylene (ETH) content by 35.5%; At the concentration of 250  $mg \cdot L^{-1}$ , the plant height was inhibited, the melon seedlings were shortened by 73%, and the contents of abscisic acid (ABA) were increased by 83.4%. When the concentration of more than 200  $mg \cdot L^{-1}$ , the melon seedlings would appear the symptoms of drug damage; Correlation analysis showed that plant height was significantly positively correlated with IAA ( $R=0.78$ ), and strong seedling index was significantly correlated with IAA ( $R=-0.77$ ), ETH ( $R=1.00$ ), ABA ( $R=-0.88$ ). The results showed that  $PP_{333}$  could regulate the growth of muskmelon seedlings and its relationship with hormones, Based on the comprehensive consideration, the treatment with 50-150  $mg \cdot L^{-1}$  concentration has the best comprehensive effect on preventing overgrowth and improving heat resistance.

**Key words:** Melon; Paclobutrazol; Excessive growth; Growth; Endogenous hormone

海南省乐东县地处我国南繁区,是我国厚皮甜瓜(*Cucumis melo* L.)重要冬季反季节栽培区,每年栽培面积约 2 万  $hm^2$ ,耀珑甜瓜是南繁区主栽甜瓜品种之一,每年种植约 0.4 万  $hm^2$ 。网纹甜瓜多数

在海南进行设施栽培,由于海南常年处于高温、多雨、高湿、昼夜温差小和设施光照不足等环境下,甜瓜幼苗生长极易发生徒长和热害等问题。前人研究表明,徒长、热害等都对甜瓜苗期生长极其不利,

收稿日期:2022-06-20;修回日期:2022-12-03

基金项目:广西科技基地和人才专项(桂科 AD1828195);院基本科研业务专项(桂农科 2021YT169);院基本科研业务专项(桂农科 2018YT35);院基本科研业务专项(桂科农 2016YM10);院科技发展基金(桂农科 2017JZ35)

作者简介:梁任繁,男,副研究员,从事南繁科技成果就地转化研究。E-mail:348006717@qq.com

通信作者:仇惠君,女,助理研究员,从事作物栽培与耕作研究。E-mail:924719263@qq.com

常常出现始花期推迟、坐果率降低、果实品质下降、产量降低等问题,严重影响设施栽培甜瓜产业可持续发展<sup>[1]</sup>。

目前,人们尝试通过栽培措施、控制温度、水分调节等传统方法来抑制瓜类幼苗徒长和缓解热害的影响,但效果不理想。相反,与传统农业技术相比,植物生长调节剂具有成本低、见效快、效益高、节省劳动力等优点,已成为现代化农业重要措施之一<sup>[2]</sup>。因此,人们期望采用烯效唑、多效唑、矮壮素、水杨酸等植物生长调节剂来抑制幼苗徒长和缓解热害的影响,提高育苗质量。

多效唑(multi-effect triazole, MET),又称为氯丁唑,是英国帝国化学公司于20世纪70年代末推出的一种高效低毒植物生长延缓剂和广谱性杀菌剂,属于含氮杂环化合物中三唑类化合物,其通用名为 Paclobutrazol(代号:PP<sub>333</sub>或PBZ)<sup>[3]</sup>。一般认为多效唑调节植物生长作用机制为经由根、茎、叶和种子吸收到植株体内,通过抑制植株体内赤霉素(GA)的生物合成,降低GA和吲哚乙酸(IAA)的含量,增加植株体内叶绿素、蛋白质和核酸等物质的含量,使植株节间缩短、茎秆粗壮、根系发达、叶色加深、促进生殖生长、提高产量等,以及提高作物抗旱、抗寒、耐高温、耐盐碱及抗病能力等一系列生理生化过程<sup>[4]</sup>,目前国内外在蔬菜上已有较多的研究和应用。

前人研究表明,用5、20 mg·L<sup>-1</sup>多效唑分别喷施番茄、黄瓜能有效地控制幼苗地上部徒长,促进幼苗干物质积累<sup>[5]</sup>;用50~100 mg·L<sup>-1</sup>多效唑喷施幼苗或200~500 mg·L<sup>-1</sup>多效唑喷施成株,均可防止西瓜徒长,培育壮苗<sup>[6]</sup>;用625~2500 mg·L<sup>-1</sup>喷施野西瓜苗,可以有效抑制GA、IAA合成,显著提高ABA含量及增强SOD酶活性,从而有利于提高植株抗性<sup>[7]</sup>。尽管多效唑可以有效控制黄瓜幼苗徒长,但如果多效唑浓度过高则会表现出明显控制过度 and 僵苗现象<sup>[8]</sup>。且作物对多效唑比较敏感,会因处理方法、处理浓度、发育时期、作物种类、管理措施和环境因子等影响因素的不同而导致不同效果<sup>[2]</sup>。

海南省南繁区是我国甜瓜冬季反季节种植重要栽培区,目前人们对多效唑调控热区甜瓜生长作用及生理生化变化的研究报道较少,生产上迫切需要总结一套适宜本地区的调控方案,以及对多效唑处理条件下农艺性状与内源激素的关系给予更全面的解析。因此,在参考前人研究成果基础上,笔者以当地主栽网纹甜瓜品种耀珑为材料,研究叶面

喷施多效唑对甜瓜幼苗生长及内源激素变化的影响及其二者的关系,进一步揭示多效唑对甜瓜幼苗形态建成与激素调节之间的深层关系,旨在为应用多效唑调控南繁区甜瓜幼苗徒长和缓解热害影响等问题提供理论参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

以耀珑甜瓜品种为材料,由海南富友种苗股份有限公司提供,该品种属中晚熟品种,果型较大、果皮墨绿色、网纹整齐,具有良好的耐裂性和耐热性,是目前海南省冬季甜瓜主栽品种之一。多效唑可湿性粉剂(有效成分15%)购自四川润尔科技有限公司。

### 1.2 方法

试验于2021年12月6日在广西南繁基地(海南省乐东县九所镇)开始点播于50孔穴苗盘上,2022年1月3日采样测定指标。选取饱满、整齐一致的种子用3%中生霉素1000倍液进行种子表面消毒1.5 h,再用蒸馏水冲洗3遍后,放在蒸馏水浸种3 h,然后用纱布包好放在30~32℃催芽箱催芽。试验设计6个处理,每个处理3次重复,每个重复20株,各处理采用完全随机区组排列。根据前人研究结果<sup>[6,9-10]</sup>,多效唑药液喷施处理质量浓度梯度为0(CK)、50、100、150、200、250 mg·L<sup>-1</sup>,统一在甜瓜子叶平展期用1000 mL药液进行1次性喷施。大棚日常管理按常规管理,晴天上午浇水,根据天气变化,连续阴雨天少浇水或不浇,白天保持充足光照的同时,其他管理措施均匀一致。

### 1.3 测定项目及方法

2022年1月3日,在甜瓜幼苗3叶1心期(点播后27 d)采样,每处理随机选3株,测量幼苗的下胚轴长、一级节长、二级节长、叶长、叶宽、叶面积、茎粗、株高、全株鲜质量、全株干质量、地上干质量、地下干质量、根冠比、壮苗指数、内源激素含量等性状指标。下胚轴长用游标卡尺测量子叶到地面(茎基部)的长度,一级节长用游标卡尺测量子叶到第一真叶的长度,二级节长用游标卡尺测量第一真叶到第二片真叶的长度,叶长和叶宽用直尺测量最大叶的最长处和最宽处,叶面积=0.743×叶长×叶宽<sup>[11]</sup>,茎粗用游标卡尺统一测量茎基部与基质接触部位,株高用直尺测量茎基部与基质接触部到生长点的距离。全株鲜质量将瓜苗用清水冲洗根部基质后用纸巾吸干再用电子天平称量,随后将各器官统

一放在 80 °C 烘箱中烘干至恒质量,再称其干质量,壮苗指数=(茎粗/株高+地下干质量/地上干质量)×全株干质量<sup>[9]</sup>,根冠比=地下干质量/地上干质量<sup>[9]</sup>。采用酶联免疫吸附法(Infinite F50, ELISA 检测试剂盒)测定乙烯(ETH)、吲哚乙酸(IAA)、脱落酸(ABA)、玉米素(ZT)等激素含量(鲜样)。

### 1.4 数据统计与分析

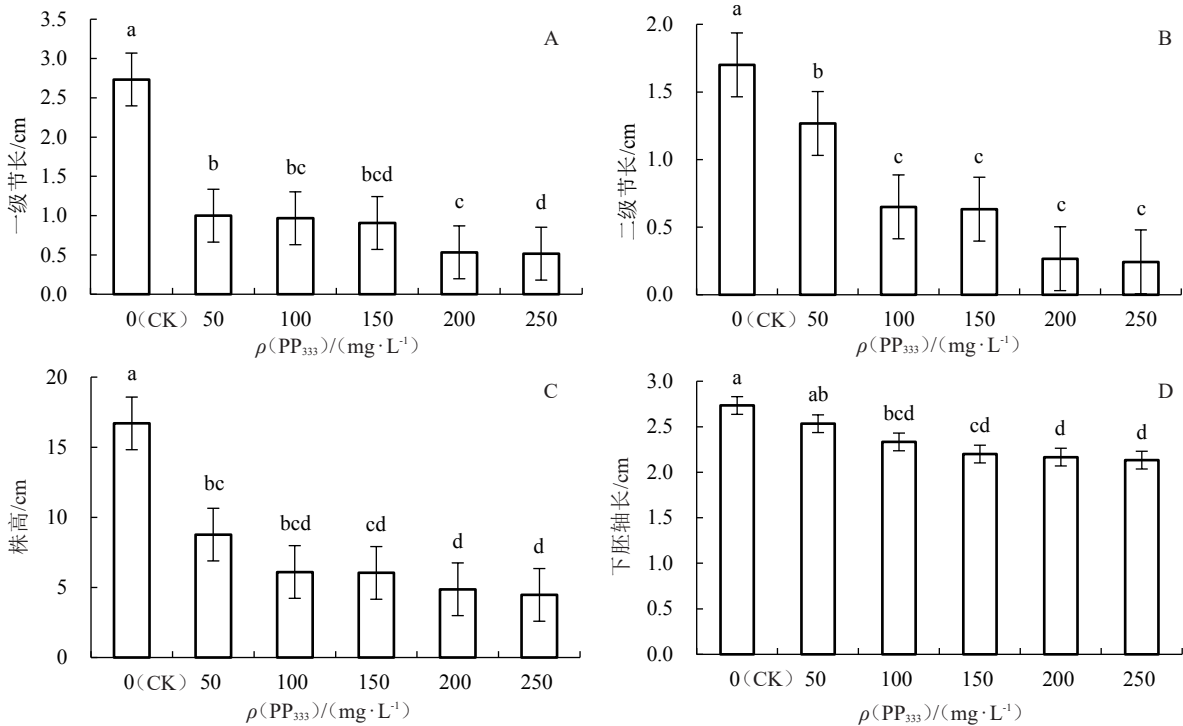
采用 WPS 2019、Excel 2007 及 SPSS 13.0 进行作图、方差分析和相关分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同多效唑处理对幼苗纵向生长的影响

在本试验中,表示甜瓜纵向生长性状的有下胚轴长、一级节长、二级节长、株高等 4 个指标。方差

分析表明,纵向生长性状处理间差异显著, $F$  值大小顺序为:一级节长( $F$  值=33.67)、株高( $F$  值=29.33)、二级节长( $F$  值=18.05)、下胚轴长( $F$  值=7.26),以一级节长  $F$  值最大,说明一级节长对多效唑效应最敏感,可作为矮化效应中的主效应。与对照比较(图 1),各多效唑处理甜瓜幼苗一级节长、二级节长、株高均显著低于对照,下胚轴长只有 50  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  处理与对照差异不显著,其他处理均显著低于对照。在幼苗一级节长、二级节长、株高、下胚轴长 4 个指标中,部分处理间存在显著差异,4 个指标最大抑制效应对应处理质量浓度均为 250  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,说明纵向生长各性状指标随着多效唑质量浓度增加而变短,生长抑制效应不断增强,矮化效应越来越明显。



注:图中不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。下同。

图 1 不同 PP<sub>333</sub> 处理对幼苗纵向生长的影响

### 2.2 不同多效唑处理对幼苗横向生长和质量性状的影响

在本试验中,表示横向生长性状的有茎粗、叶长、叶宽、叶面积等,表示质量性状的有全株鲜质量、全株干质量、地上干质量、地下干质量、根冠比、壮苗指数等。处理间达到显著差异的有茎粗( $F$  值=7.26)、叶长( $F$  值=4.53)、全株鲜质量( $F$  值=4.24)、全株干质量( $F$  值=6.17)、地上干质量( $F$  值=3.85)、地下干质量( $F$  值=4.93)、壮苗指数( $F$  值=6.85)等 7

个性状。所有横向生长性状的  $F$  值均比纵向生长性状小,说明多效唑抑制甜瓜幼苗生长以抑制纵向生长为核心效应。

由图 2~3 可知,与对照相比,50、100、150  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  多效唑处理的壮苗指数与对照差异显著,50  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  多效唑处理的全株干质量、地下干质量与对照差异显著,其他处理与对照差异不显著。

由图 2~3 可知,所有横向生长及质量性状指标变化一致,呈“升-峰-降”变化,质量浓度超过 200  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,

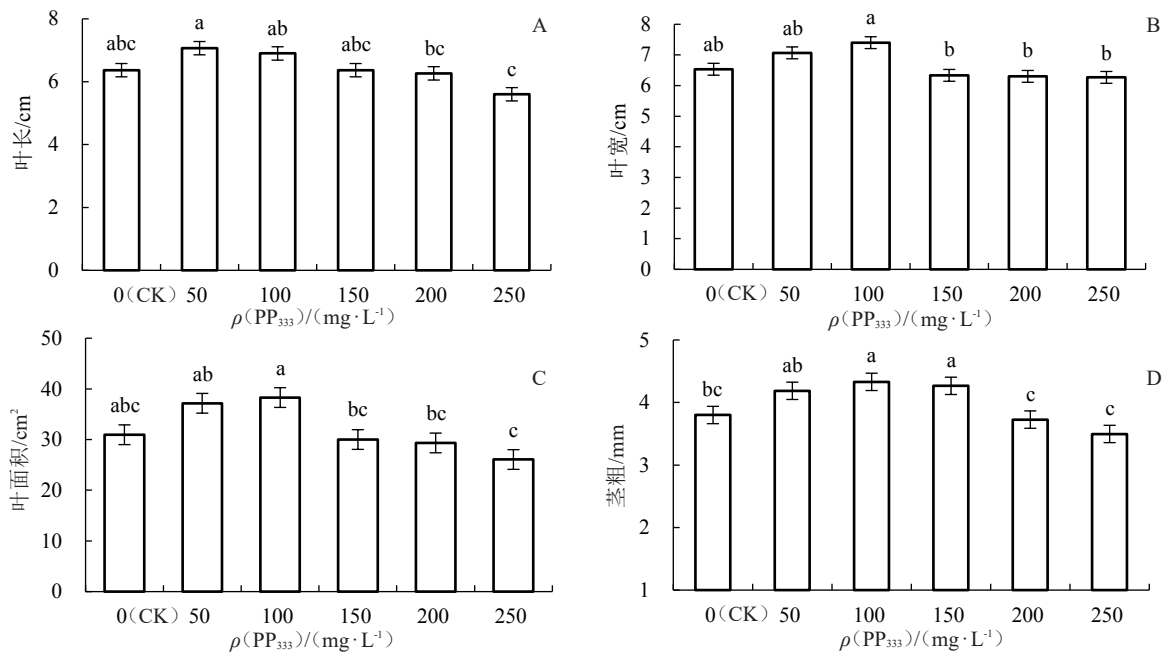


图2 不同 PP<sub>333</sub> 处理对幼苗横向生长的影响

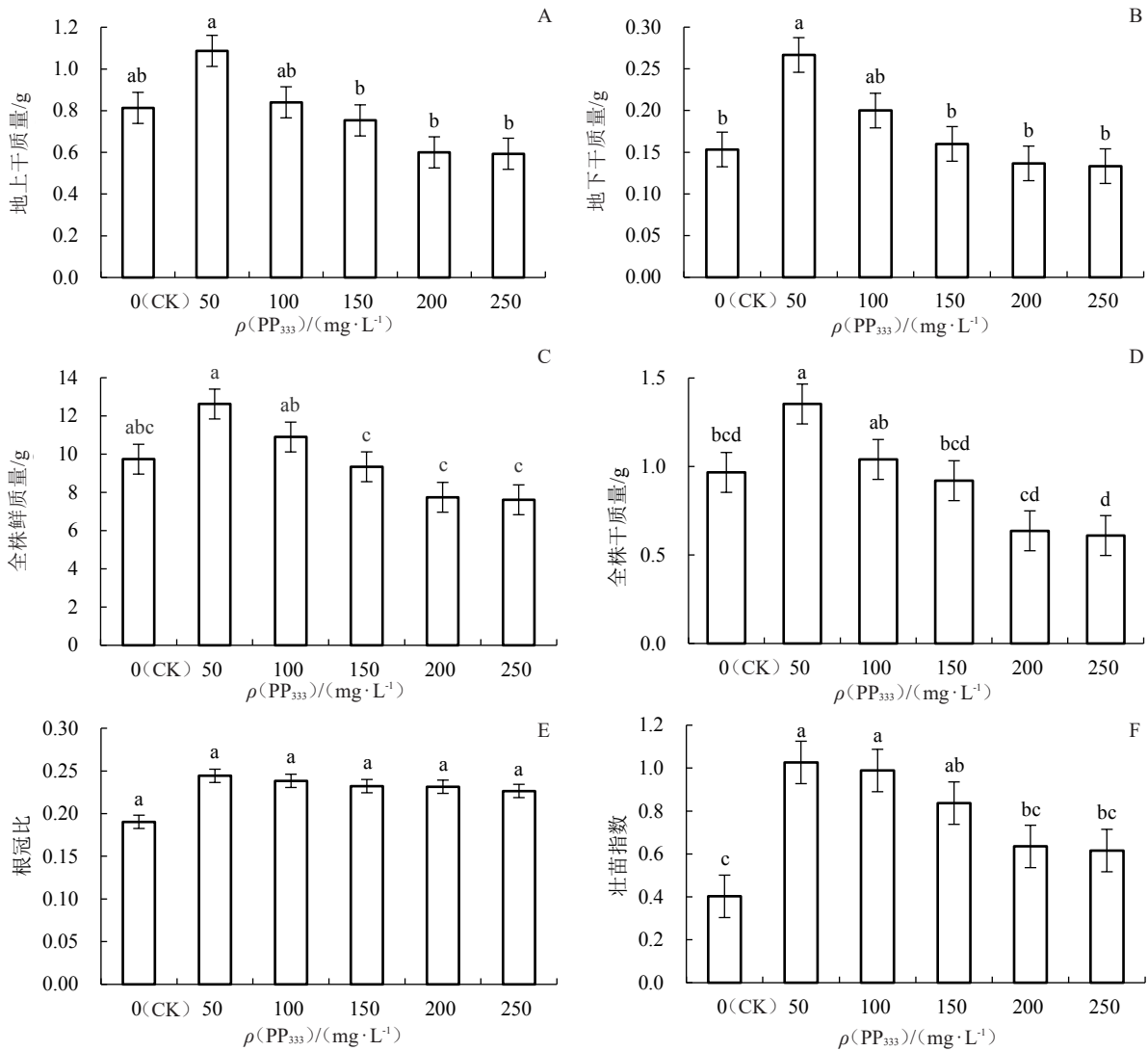


图3 不同 PP<sub>333</sub> 处理对幼苗质量性状的影响

叶片形态就会表现出药害症状(图4)。说明多效唑具有“双重性”,浓度适宜,促进幼苗横向生长及质量提高,浓度过大,可能起抑制效应。以各指标最高峰值所处质量浓度为最佳质量浓度,茎粗、叶长、叶宽、叶面积最高峰值质量浓度分别为100、50、

100、100  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  多效唑,比对照分别增大13.95%、10.99%、13.32%、23.72%;全株鲜质量、全株干质量、地上干质量、地下干质量、壮苗指数等质量性状最佳质量浓度均为50  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,比对照分别增加29.57%、39.18%、34.57%、80.00%、157.50%,说明多

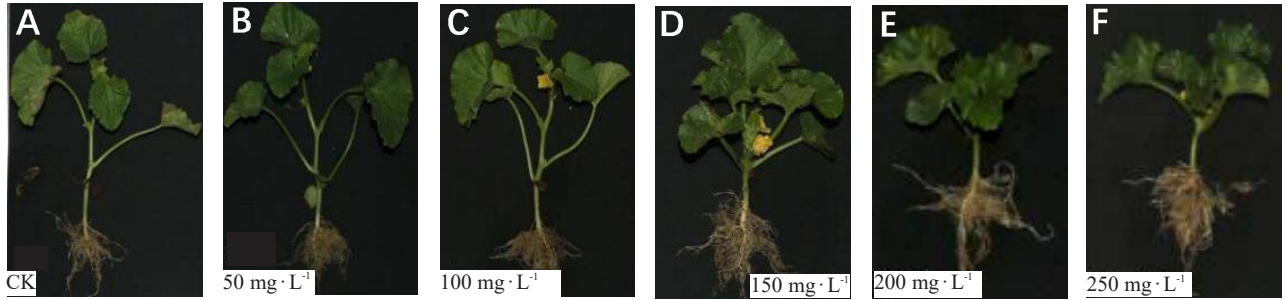


图4 不同  $\text{PP}_{333}$  处理幼苗的直观表现

效唑对幼苗生长的质量综合效应以低质量浓度为宜。

### 2.3 不同多效唑处理对内源激素含量的影响

多效唑对幼苗内源激素起到协调平衡调控作用,  $F$  值大小顺序为 IAA ( $F$  值=51.47)、ZT ( $F$  值=38.17)、ETH ( $F$  值=17.44)、ZT/IAA ( $F$  值=16.75)、ABA/IAA ( $F$  值=15.40)、ETH/IAA ( $F$  值=15.18)、ABA ( $F$  值=9.77)。综上可知, IAA 的  $F$  值最大, 说明 IAA 对多效唑最敏感, 起主效作用, 与上述多效唑对植株纵向生长发挥主效应相吻合。由图5可

以看出,除了部分处理的 ETH 与对照差异显著外,处理的其他指标均与对照差异显著,最大变幅分别比对照低 61.63% (IAA)、高 142.05% (ZT)、高 35.46% (ETH)、高 83.44% (ABA), 所对应多效唑处理质量浓度为 250、250、150、250  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

由图5可知,激素变化分三类:第一类为 IAA, 含量随着多效唑质量浓度增大而减少,与纵向生长一致,说明纵向生长可能由 IAA 参与调控;第二类为 ZT、ZT/IAA、ABA、ETH/IAA、ABA/IAA 等指标,

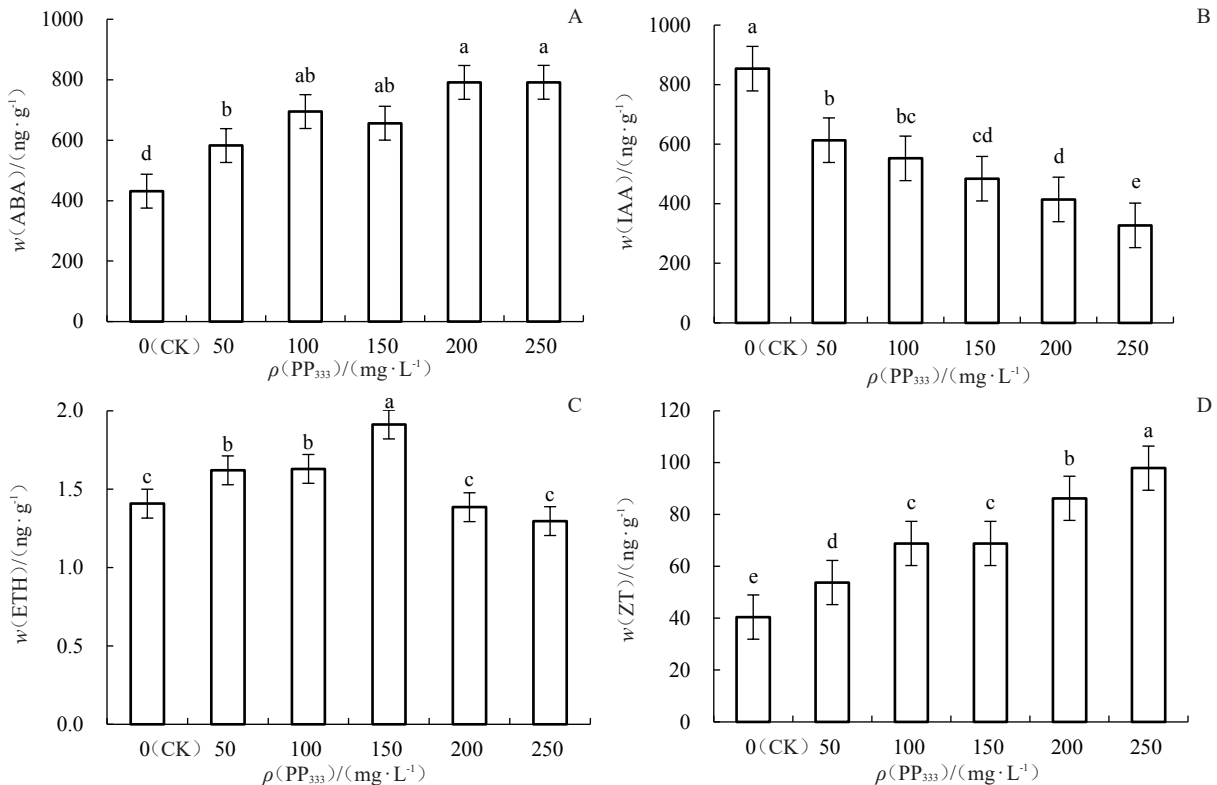


图5 不同  $\text{PP}_{333}$  处理对幼苗内源激素含量的影响

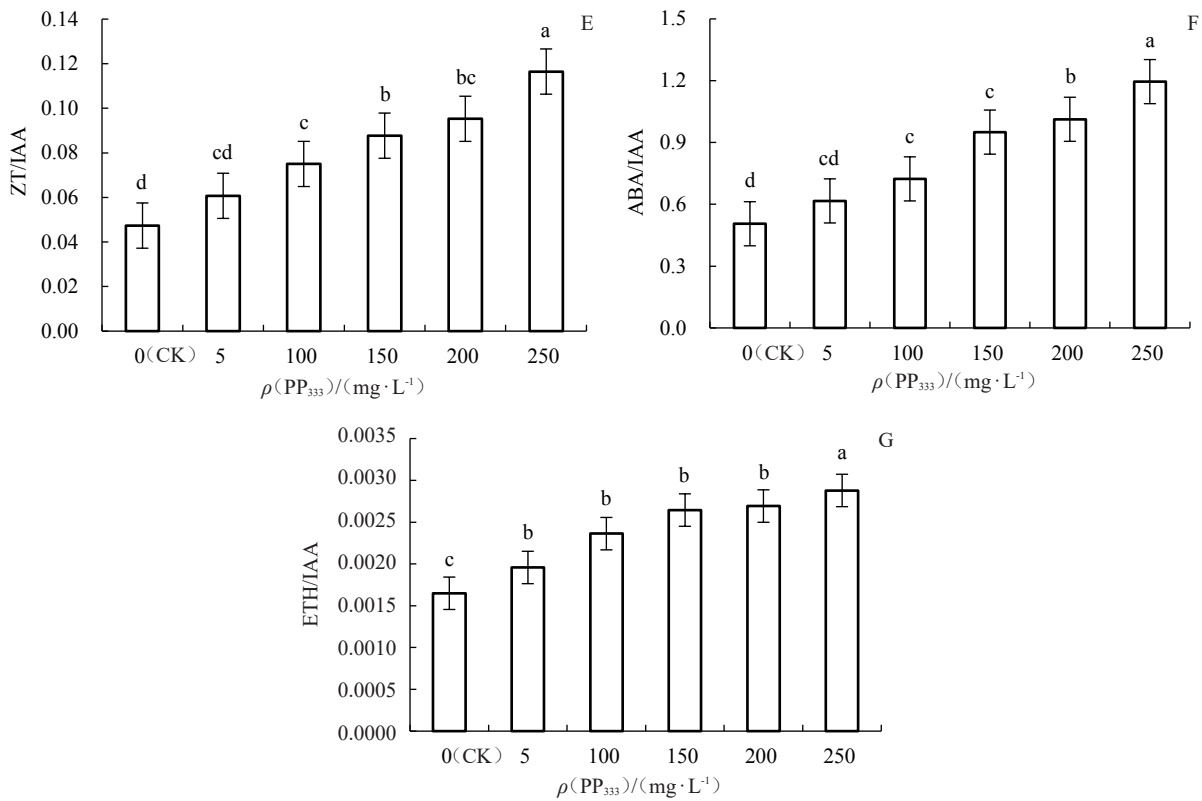


图 5 续

随着多效唑质量浓度增加而增加;第三类为 ETH, 含量呈“升-峰-降”变化,与幼苗横向生长变化趋势一致,且它们峰值处理质量浓度也高度一致,说明 ETH 可能参与横向生长调控作用。

**2.4 叶面喷施多效唑条件下农艺性状与内源激素的关系**

由表 1 可知,下胚轴长、一级节长、二级节长、株高等纵向生长性状指标与激素含量及其比值密

切相关。其中,株高与 IAA 含量呈显著正相关( $R=0.78$ ),也与 ABA/IAA 呈显著负相关( $R=-0.77$ ),说明多效唑对植株高矮调控效应可能是由 IAA 和其他内源激素协同作用的结果。横向生长及质量性状指标中叶面积、全株干质量、地上干质量、地下干质量、根冠比、壮苗指数与内源激素水平显著相关,其中 ETH 含量、ETH/IAA 与它们密切相关,相关系数接近于 1,说明横向生长及质量性状可能是多效

表 1 农艺性状与内源激素相关性分析

指标	IAA 含量	ZT 含量	ETH 含量	ABA 含量	ZT/IAA	ETH/IAA	ABA/IAA
下胚轴长	0.95*	0.42	-0.92*	0.64	-0.97*	-0.92*	-0.24
一级节长	0.24	-0.82*	0.41	-0.75	0.24	0.41	-0.78*
二级节长	-0.32	-0.97*	0.85*	-0.99*	0.71	0.84*	-0.59
茎粗	0.14	-0.35	0.07	-0.16	-0.10	0.04	-0.53
株高	0.78*	-0.40	-0.25	-0.20	-0.41	-0.25	-0.77*
叶长	0.55	-0.18	-0.31	0.10	-0.48	-0.32	-0.61
叶宽	-0.02	-0.48	0.30	-0.36	0.17	0.29	-0.47
叶面积	0.81*	0.50	-0.90*	0.74	-0.94*	-0.90*	-0.15
全株鲜质量	0.45	-0.37	-0.13	-0.13	-0.31	-0.14	-0.68
全株干质量	-0.74	-0.76*	1.00*	-0.91*	0.96*	1.00*	-0.18
地上干质量	-0.75	-0.75	1.00*	-0.90*	0.96*	1.00*	-0.15
地下干质量	-0.76*	-0.73	1.00*	-0.89*	0.97*	1.00*	-0.13
根冠比	-0.77*	-0.73	1.00*	-0.89*	0.97*	1.00*	-0.12
壮苗指数	-0.77*	-0.73	1.00*	-0.88*	0.97*	1.00*	-0.12

注:\*表示在 0.05 水平差异显著。

唑以影响 ETH 为核心,配合其他激素进行协同作用的结果。另外,壮苗指数与 IAA 含量、ETH 含量、ABA 含量、ZT/IAA、ETH/IAA 密切相关,说明生产上甜瓜幼苗的壮苗指数是多效唑通过影响众多内源激素协同作用的结果。

### 3 讨论与结论

在形态效应上,多效唑可以抑制作物的纵向伸长,使株高变矮,另一方面,也能够促进植株横向生长,使茎秆和根系增粗等<sup>[12]</sup>。人们研究黄瓜、小麦等作物时发现,多效唑能有效抑制植株纵向生长,显著缩短(降低)幼苗的胚根长、茎秆高、株高等<sup>[5,13]</sup>,这些结果与笔者研究结果一致。本研究结果表明,多效唑显著影响下胚轴长、一级节长、二级节长、株高等纵向生长效应,浓度越大,矮化效应越明显,而且离地最近的一级节长对多效唑效应最敏感,比对照缩短 80.95%,这可能与植株体内 IAA 等激素“极性运输”影响有关,对小麦的研究也得到相类似结果<sup>[4]</sup>。

但是,对多效唑促进植株横向生长存在不同意见。一般认为多效唑可以促进植株横向生长,但也有学者认为适宜浓度多效唑促进植株横向生长,但超过一定极限浓度后,会产生负效应,横向生长受抑制,严重的还会产生药害症状,与激素“双重性”相似。用 200 mg·L<sup>-1</sup> 多效唑喷施黄瓜叶片,植株的干质量、鲜质量、叶面积、茎粗和壮苗指数等横向生长均呈先增后降规律<sup>[10]</sup>,这与本研究结果相似。本研究结果表明,多效唑对茎粗、叶长、叶宽、叶面积、鲜质量、干质量等横向生长的影响效应呈“升-峰-降”变化,各指标峰值所处的极限质量浓度处于 50~100 mg·L<sup>-1</sup>,说明多效唑对甜瓜幼苗横向生长及质量性状的效应,既有积极效应,又可能产生负效应,生产上不宜超过这些极限浓度。同时,综合纵向生长的 *F* 方差值(敏感度)和增减变幅,相应比横向生长的大,甚至叶宽、叶面积和根冠比等性状达不到显著水平,推测多效唑对植物形态的核心效应(基本效应)为抑制纵向生长,促进横向生长为次效应,与多效唑生理分类归为“生长延缓剂”相吻合。前人用多效唑处理黄瓜苗也发现,株高降低、节间缩短等纵向生长性状效果明显,但茎粗、叶面积、鲜质量等横向生长只稍有增加,甚至变小<sup>[10]</sup>,进一步证实这个推测。

人们一直认为多效唑作用机制很简单,但事实并非如此。目前,人们对多效唑调节机制比较统一

的认识是通过抑制 GA 的生物合成,降低了植株体内的 GA 含量,进而影响了相应由 GA 所调节的一系列生理生化过程<sup>[4]</sup>。但也有一些学者认为,多效唑作用机制是以改变植物内源激素的平衡和交互作用来实现的,它不仅影响 GA 的生物合成,也对 IAA、ABA、ZT 和 ETH 等合成代谢产生影响<sup>[4,12]</sup>,它们之间既相对独立又相互联系<sup>[6]</sup>。对小麦、野西瓜等作物的研究表明,多效唑处理可以使植株体内 GA<sub>3</sub>、IAA 等激素含量降低,而 ABA、ZT 和 ETH 等激素含量上升<sup>[7,14-15]</sup>,这些结果与本试验结果相似。IAA 含量降低,普遍认为是由于 IAA 合成前体物质 L-色氨酸和 D-色氨酸受 GA 关键调控作用,因而多效唑抑制 GA 合成,间接造成 IAA 含量降低,从而使植株纵向生长受抑制<sup>[4]</sup>;还有学者认为,IAA 含量下降主要是多效唑浓度过高而抑制 IAA 合成和对植物组织造成伤害所致<sup>[14]</sup>。相对 IAA,人们对多效唑如何影响 ABA、ZT、ETH 等激素含量原因了解甚少。有些研究证实干旱、洪涝、高低温及机械伤害等各种胁迫可以诱导 ABA、ZT、ETH 合成<sup>[15-19]</sup>,ETH 和 ABA 的产生可以提高植物对热胁迫的抵抗能力<sup>[20]</sup>。本研究结果表明,用 150、250 mg·L<sup>-1</sup> 多效唑处理甜瓜幼苗除了抑制植株生长外,还分别上调内源 ETH 和 ABA 达 35.5%、83.4%,有利于提高植株抗性,但超过 200 mg·L<sup>-1</sup> 时就抑制叶片生长,出现药害症状,因而生产上不宜超过 200 mg·L<sup>-1</sup>。因此推测,上述多效唑对形态生长的“抑制效应”,可能对植株正常生长本身也是一种“逆境胁迫生理”效应,这就是本试验中 ABA、ZT、ETH 等激素含量上升和提高幼苗抵御高温、干旱等极端环境能力的原因。

此外,前述分析表明,多效唑确实显著影响了甜瓜 IAA、ABA、ZT 和 ETH 等激素的合成,并产生了一系列复杂效应,仅从 GA 去解释多效唑作用机制不够全面。科学家尝试提出许多解释 GA 刺激作物茎生长机制假说,但都没有确切答案<sup>[16]</sup>。生长素是植物中第一种被研究促进生长的激素,具有促进茎秆生长和抑制根生长,及调节植物顶端优势等作用,在完全缺失 IAA 的组织中也不存在 GA,GA 对茎的伸长作用高度依赖 IAA 诱导的细胞壁酸化和受膨胀素(OsEPX)介导,植物体缺少生长素会造成植物茎的伸长受阻<sup>[16,21]</sup>。外施 GA<sub>3</sub> 和 IAA 可以在一定程度上逆转多效唑的效应<sup>[22]</sup>,ABA 可通过抑制 IAA 代谢促进主根的生长<sup>[23]</sup>。此外,ETH 具有典型的“三重反应”,现已被证实能够抑制幼苗纵向生长,促进横向生长,也有诱导根和根毛的形成等功

能<sup>[15,24]</sup>。本研究结果表明,在所测定激素中,IAA对多效唑最敏感,其含量变化与纵向形态变化规律高度一致,株高与IAA呈显著正相关( $R=0.78$ ),也与ABA/IAA呈显著负相关( $R=-0.77$ ),以及ETH含量变化及峰值对应浓度,都与幼苗横向生长各性状变化相一致,并与ETH和ETH/IAA相关系数接近于1。因此,结合前人研究,推测多效唑对株高的抑制效应,除GA外,IAA和ABA/IAA等均可能参与调节,而多效唑对幼苗横向生长促进效应则可能是以多效唑影响ETH为关键,配合其他激素进行协同作用的结果。但也有研究者施用IAA后,未观察到有逆转多效唑抑制作用的效应<sup>[20]</sup>,所以这个推测还待证实。可见,多效唑可能通过阻抑IAA合成和调节IAA/ABA的比例,抑制幼苗纵向生长,使植株变矮;多效唑通过调节ETH、ETH/IAA协同关系,调控幼苗横向生长,从而提高壮苗指数;多效唑通过逆境生理上调ABA、ETH水平,提高植株耐热性。但是,本研究结果仅是一种推测,还有待今后进一步证实。

综上所述,多效唑对甜瓜幼苗生长及内源激素水平有影响,但不同浓度对不同性状影响效应不一致。多效唑浓度越高,植株矮化效果及增强抗性越明显,壮苗指数、质量性状等指标最佳效应为 $50\sim 100\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ,但处理质量浓度超过 $200\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 会出现药害症状。因此,在保证积极效应的前提下,以 $50\sim 150\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 多效唑处理甜瓜幼苗的综合效果最佳。

### 参考文献

- [1] 周永海.甜瓜种质资源耐热性评价及外源物质对热胁迫的缓解效应[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2021.
- [2] 隋艳晖,张剑.多效唑及其在花卉上的应用[J].北京农业职业学院学报,2006,20(2):22-26.
- [3] 韩德复.多效唑的生理作用及作用机理[J].长春师院学报(自然科学版),1996,15(6):37-39.
- [4] 邵庆勤.叶面喷施多效唑提高小麦抗倒伏能力的生理机理研究[D].南京:南京农业大学,2017.
- [5] 王艳婕,王莅.多效唑对黄瓜及番茄幼苗生长的影响[J].天津农业科学,2014,20(2):71-73.
- [6] 李玲,肖浪涛,谭伟明,等.现代植株生长调节剂技术手册[M].北京:化学工业出版社,2018.
- [7] 石秀霞.多效唑对野西瓜苗生长发育的影响及生理机制研究[D].河北保定:河北农业大学,2005.
- [8] 孙梦瑄.多效唑、比久、烯效唑、矮壮素对甜瓜幼苗的影响[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2015.
- [9] 程艳,张晓明,吴春燕,等.矮壮素对黄瓜穴盘幼苗质量的影响[J].东北农业科学,2016,41(2):88-90.
- [10] 王林闯,仲秀娟,赵建锋,等.多效唑在黄瓜工厂化育苗上的应用研究[J].黑龙江农业科学,2015(11):60-63.
- [11] 魏莹.苦瓜砧木嫁接缓解高温胁迫下幼苗光抑制和氧化胁迫的机理[D].南京:南京农业大学,2019.
- [12] 吴光南,张金渝,汤日圣.多效唑对作物的生理效应和应用[J].作物杂志,1991(1):25-27.
- [13] PENG D L, CHEN X G, YIN Y P, et al. Lodging resistance of winter wheat (*Triticum aestivum* L.): Lignin accumulation and its related enzymes activities due to the application of paclobutrazol or gibberellin acid[J]. Field Crops Research, 2014, 157:1-7.
- [14] ALY A A, LATIF H H. Differential effects of paclobutrazol on water stress alleviation through electrolyte leakage, phytohormones, reduced glutathione and lipid peroxidation in some wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) grown *in-vitro*[J]. Romanian Biotechnological Letters, 2011, 16(6):6710-6721.
- [15] 李建,黄琳丽.乙烯在植物抗性反应中的作用[J].生物化工,2020,6(6):140-142.
- [16] 宋纯鹏,王学路,周云,等.植物生理学(第五版)[M].北京:科学出版社,2021.
- [17] 郭文雅,赵京献,郭伟珍.脱落酸(ABA)生物学作用研究进展[J].中国农学通报,2014,30(21):205-210.
- [18] 刘晓龙,徐晨,邵勤,等.脱落酸提高水稻抗逆性的研究进展[J].东北农业科学,2022,47(6):29-33.
- [19] 李琴,陈娟,潘科.乙烯对植物物质代谢调控作用的研究进展[J].食品科技,2020,45(6):76-80.
- [20] 张远海,汤日圣,高宁,等.多效唑调节水稻植株生长的作用机理[J].植物生理学报,1988,14(4):338-343.
- [21] YIIN C X, GAN L J, NG D, et al. Decreased panicle-derived indole-3-acetic acid reduces gibberellin A1 level in the uppermost internode, causing panicle enclosure in male sterile rice Zhen-shan 97A[J]. Journal of Experimental Botany, 2007, 58(10):2441-2449.
- [22] 郭延平,李嘉瑞.多效唑对猕猴桃离体试管苗生长及内源激素的影响[J].园艺学报,1994,21(1):26-30.
- [23] MCADAM S A M, BRODRIBB T J, ROSS J J. Shoot-derived abscisic acid promotes root growth[J]. Plant and Cell Environment, 2016, 39(3):652-659.
- [24] 李凤玉,梁海曼.乙烯在植物形态发育中的作用(综述)[J].亚热带植物科学,1999,28(1):76-80.