

# 外源激素处理对甜椒生长发育及后期植株衰老的影响

曲亚英, 常 涛, 陶兴林, 王 萍, 朱建美

(甘肃省农业科学院 蔬菜研究所, 甘肃 兰州 730070)

**摘 要:**以甜椒为试材,用不同外源激素进行浸种和幼苗叶片喷洒,测定其长势和生理指标。结果表明: $S_{3307}$ 和 IBA+NAA 浸种处理、6-BA 和  $GA_3$  叶面喷洒处理叶片数和叶面积不断增大。 $S_{3307}$ 、 $GA_3$  和 6-BA 处理的单株产量显著增加,以  $S_{3307}$ 、 $GA_3$  增产效果最好。 $S_{3307}$  处理的全株干物质重最高,较对照增加了 33.97%,其次为  $GA_3$ 、6-BA 和 IBA+NAA 处理。 $S_{3307}$ 、6-BA 和 IBA+NAA 处理也可减缓甜椒生长后期叶片叶绿素和可溶性蛋白含量的下降,以  $S_{3307}$  处理效果最明显。同时 4 种处理均可提高 SOD、POD 活性,降低 MDA 含量,并延缓 SOD、POD 活性下降和 MDA 含量的增加,延缓效果为  $S_{3307} > 6-BA > IBA+NAA > GA_3$ 。

**关键词:** 外源激素; 处理; 甜椒; 衰老

中图分类号: S 641.304<sup>+</sup>.1 文献标识码: A 文章编号: 1001-0009(2008)07-0004-04

外源激素延缓植物衰老的研究,在水稻、小麦、油菜等作物上报道较多<sup>1-3</sup>,但在蔬菜作物上报道甚少,延缓衰老的机理则更少见报道。目前冬季日光温室蔬菜生产中、后期早衰现象比较普遍,能否用外源激素解决生长后期的早衰现象,是目前探讨的问题。因此,试验通过用不同外源激素配合不同处理方法对甜椒种子、幼苗进行处理,测定其长势和生理生化指标,探索外源激素防止甜椒早衰的可能性和机理。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

第一作者简介: 曲亚英(1969),女,甘肃定西人,硕士,现主要从事蔬菜品种资源研究和育种工作。E-mail: gsqyy828@sina.com。  
基金项目: 甘肃省自然科学基金资助项目(ZS021-A25-038-N)。  
收稿日期: 2008-02-28

供试甜椒品种为‘中椒 4 号’,由甘肃省农业科学院蔬菜研究所资源课题组提供。外源激素为烯效唑( $S_{3307}$ )、吲哚丁酸(IBA)+萘乙酸(NAA)、6-苄基腺嘌呤(6-BA)、赤霉素( $GA_3$ )。

### 1.2 试验方法

**种子处理:** 将种子分别用 5 mg/L  $S_{3307}$ 、10 mg/L IBA+10 mg/L NAA 浸种,清水处理为对照,浸种时间 12 h, 28℃恒温催芽。种子露白后,选发芽一致的种子播于营养钵中,与植株处理同时移栽。

**植株处理:** 清水浸种的部分幼苗于 6 叶 1 心时,分别用 50 mg/L 6-BA 和 50 mg/L  $GA_3$  进行喷洒,以叶片上下表面湿透为准,于 10 d 后再喷洒 1 次。将处理的幼苗移栽到花盆中,置日光温室中,在开花坐果期分别用 50 mg/L 6-BA 和 50 mg/L  $GA_3$  进行第 3 次喷洒,清水处理为对照。

## The Research on the Composition of Storage Proteins of *Capsicum* Seeds

HU Zhi-hui, CHEN Chan-you

(School of Life Sciences, Jiangnan University, Wuhan, Hubei 430056, China)

**Abstract:** Seed storage proteins of 12 *capsicum* cultivars were respectively extracted using distilled  $H_2O$ , 5% NaCl and 0.2% NaOH. Systemic analysis of the composition of storage proteins of *capsicum* seeds was done by the application of SDS-PAGE electrophoresis techniques. The results showed that amount of protein strips were 19 (water-soluble proteins), 24 (salt-soluble proteins), and 24 (alkali-soluble proteins). The most of percentage distributing were salt-soluble proteins (44.4%), water-soluble proteins (37.5%), and alkali-soluble proteins (18.1%). The main area of protein components were 38.8~55.6 KD (water-soluble proteins), 17.5~35.6 KD (salt-soluble proteins), and 8.3~39.9 KD (alkali-soluble proteins).

**Key words:** *Capsicum*; Seed; Storage protein; SDS-PAGE

两种处理分别于盛果期后,每隔 15 d 分别取 3 株测定有关衰老指标,重复 3 次,共测定 4 次,结果分析以 0、15、30、45 d 表示。用称重法测定叶面积、根系和地上部的鲜重;用丙酮法<sup>[4]</sup>测定光合色素、超氧化物歧化酶(SOD)活性按 Giannolitis 和 Ries 的方法测定;过氧化物酶(POD)活性用愈创木酚法<sup>[14]</sup>测定;丙二醛(MDA)含量用硫代巴比妥酸(TBA)法<sup>[14]</sup>测定;可溶性蛋白(Pr)含量用考马斯亮蓝 G-250 染色法测定<sup>[15]</sup>;每处理取 5 株测单株产量,3 次重复。每 7 d 采收 1 次,测取果实鲜重后,烘干测干重。数据统计分析采用 DPS 软件进行分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 对甜椒生长后期生长势和单株产量的影响

2.1.1 对植株叶片数和叶面积的影响 随着植株的生长,叶片数不断增多,叶面积不断扩大。试验结束时,植株平均单株叶数 S<sub>3307</sub> 处理 147 片,6-BA 处理 133 片,GA<sub>3</sub> 处理 116 片,IBA+NAA 处理 108 片,均明显高于对照(图 1, A)。单株总叶面积测量结果为 S<sub>3307</sub> 处理 1.94 m<sup>2</sup>,6-BA 处理 1.58 m<sup>2</sup>,GA<sub>3</sub> 处理 1.42 m<sup>2</sup>,IBA+

NAA 处理 1.33 m<sup>2</sup>,也均明显高于对照(图 1, B)。从生长后期植株叶片数和叶面积的增长量来看,S<sub>3307</sub> 和 6-BA 处理的增长量较大,而 IBA+NAA 和 GA<sub>3</sub> 处理的增长量较小(图 1, C, D),说明 S<sub>3307</sub> 和 6-BA 处理后能够保持甜椒生长后期较旺盛的生长势,衰老减缓。

2.1.2 对单株结果数、平均单果重和单株产量的影响 由表 1 可见,4 种外源激素处理后,单株结果数均增加,经差异显著性分析,S<sub>3307</sub>、IBA+NAA、6-BA 处理均与对照差异显著,GA<sub>3</sub> 处理与对照及各处理间差异都不显著。各处理的平均单果重也不同,其中 GA<sub>3</sub> 处理的单果重最大,为 63.8 g,其次为 S<sub>3307</sub> 和 6-BA 处理与对照间差异显著;IBA+NAA 处理与对照差异不显著;从各处理的单株产量来看,4 种外源激素处理均增加了单株产量,以 S<sub>3307</sub>、GA<sub>3</sub> 和 6-BA 处理增产效果显著,IBA+NAA 处理的效果不显著。由此可以得出,S<sub>3307</sub> 处理产量增加是结果数和单果重同时增加的结果,GA<sub>3</sub> 处理产量增加主要是单果重增加的结果,6-BA 主要是增加了结果数。

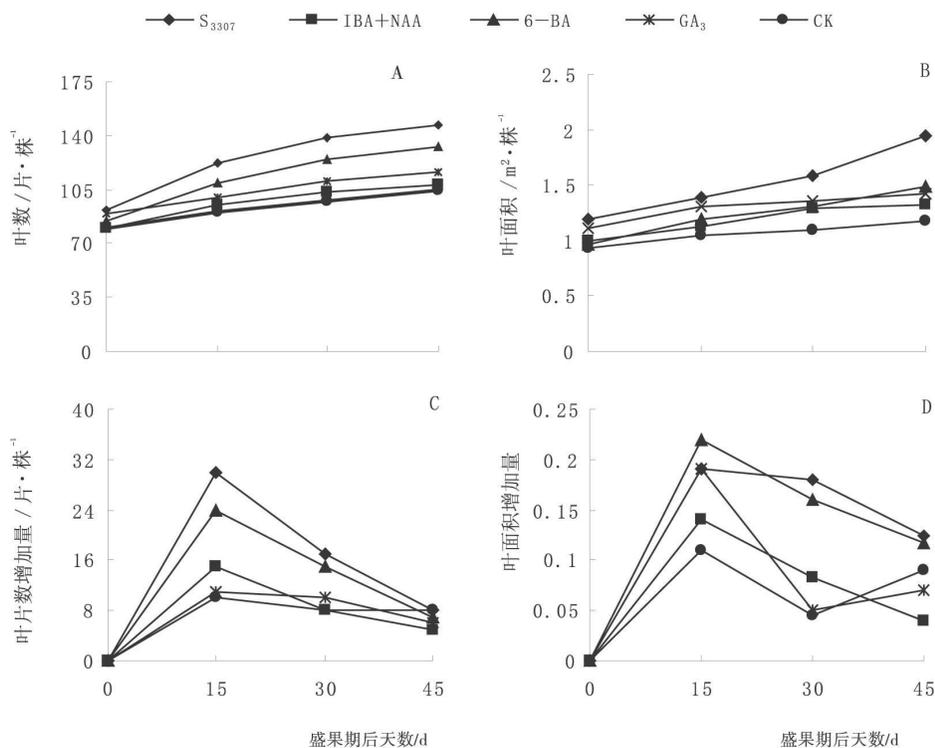


图 1 不同外源激素处理对甜椒叶片和叶面积的影响

注: A: 叶数; B: 叶面积; C: 叶数的增加; D: 叶面积的增加

表 1 不同外源激素处理对甜椒单株产量的影响

处理	单株结果数/个	平均单果重/g	单株产量/g
S <sub>3307</sub> 浸种	17.8a	54.8b	975.44a
IBA+NAA 浸种	16.3a	46.55bc	758.88c
6-BA 叶面喷洒	17.5a	50.8ab	889.1b
GA <sub>3</sub> 叶面喷洒	15.2ab	63.8a	969.76a
CK	14.3b	49.54c	708.42c

注: Duncan's 新复极差法检验, 同列不同字母表示处理间差异达 5% 显著水平。

2.1.3 对植株干物质质量及分配的影响 由表 2 可见, S<sub>3307</sub>、IBA+NAA、6-BA、GA<sub>3</sub> 处理后, 全株干重均高于对照, 其中 S<sub>3307</sub> 处理的最高, 较对照增加了 33.97%, 其次为 GA<sub>3</sub>、6-BA 和 IBA+NAA。从果干重占全株干重比例来看, GA<sub>3</sub> 处理果干重占全株干重的 76.24%, 比对照高 10.94%, 说明 GA<sub>3</sub> 不仅能够促进植株生长, 而且影响光合产物的分配, 使光合产物向果实中分配的比例更

大。综合分析认为  $S_{3307}$ 、6-BA 在一定程度上具有延缓植株衰老, 增加产量的作用。  $GA_3$  处理则提高了单株产量, 但后期植株衰老加速, IBA+NAA 混合处理对甜椒后期的衰老影响不明显。

表 2 外源激素对甜椒植株干物质含量及分配影响

处理	根干重/g	茎干重/g	叶干重/g	果干重/g	全株干重/g
$S_{3307}$ 浸种	23.59	50.82	56.38	269.01	399.84a
IBA+NAA 浸种	17.98	38.21	52.11	222.13	342.53b
6-BA 叶面喷洒	15.06	43.5	45.07	250.98	367.31ab
$GA_3$ 叶面喷洒	15.24	38.92	44.95	295.25	388.49a
CK	11.64	44.47	47.45	194.89	298.46c

## 2.2 对甜椒生长后期叶片衰老指标的影响

2.2.1 对叶绿素含量的影响 由图 2 中 A 可知, 甜椒在盛果期叶绿素含量处于较高的水平, 而盛果期后, 随着生育期的推进, 叶绿素含量逐渐下降。其中  $S_{3307}$  处理后, 叶绿素含量始终维持较高水平, 叶片功能期显著延长;  $GA_3$  处理在盛果期叶绿素含量和对照无差异, 但盛果期后叶绿素下降比较缓慢 直到采收末期, 才迅速下降。6-BA、IBA+NAA 处理在一定程度上也可以延缓叶绿素

含量的下降速度。

2.2.2 对可溶性蛋白质含量的影响 外源激素处理对可溶性蛋白质( $P_r$ )含量及下降速率有一定影响。如图 2 中 B 所示, 盛果期后随着植株的衰老, 植株生长速率下降, 甜椒功能叶片的  $P_r$  含量逐渐减少。4 种处理均不同程度提高了  $P_r$  含量, 并延缓  $P_r$  含量的下降, 其中以  $S_{3307}$  延缓作用最好, 仅下降 35.42%, 其次为 6-BA 和 IBA+NAA 处理,  $GA_3$  处理下降最多, 为 74.96%。

2.2.3 对保护酶活性的影响 在植物对膜脂过氧化酶的酶促防御系统中, 超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)等都是重要的保护酶。由图 2 中的 C 和 D 可以看出, 盛果期后各处理功能叶片的 SOD 和 POD 活性均呈逐渐下降的趋势, 而外源激素处理的 SOD、POD 活性均高于对照。说明  $S_{3307}$ 、IBA+NAA、6-BA 和  $GA_3$  处理后, 均有延缓 SOD 和 POD 活性下降的作用, 但延缓效果存在差异。从总的趋势来看, 延缓效果  $S_{3307} > 6-BA > IBA+NAA > GA_3$ 。

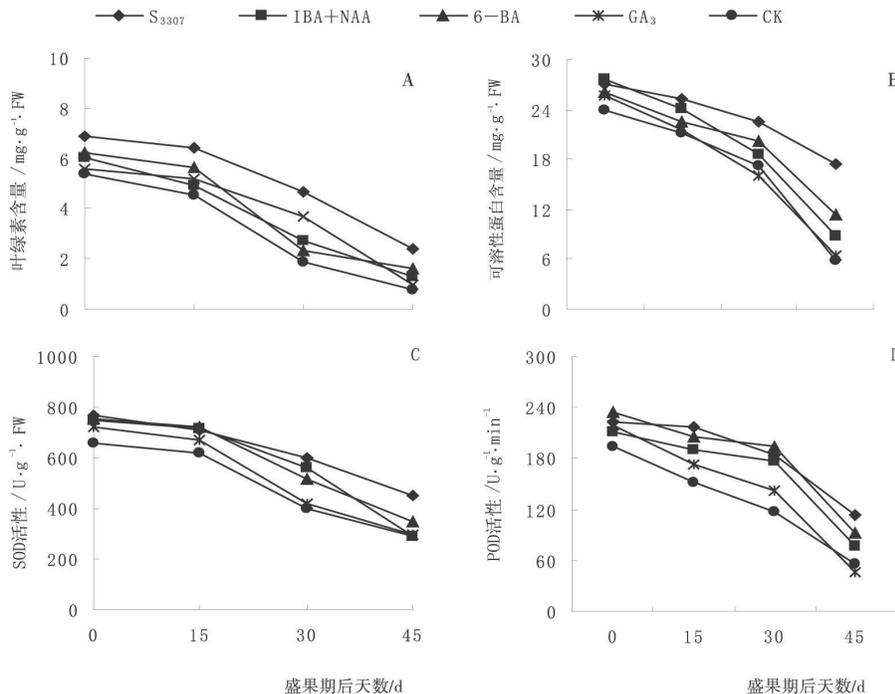


图 2 不同外源激素处理对甜椒叶片衰老指标的影响

注: A: 叶绿素; B: 可溶性蛋白质; C: SOD; D: POD。

2.2.4 对细胞膜脂过氧化的影响 丙二醛(MDA)是脂质过氧化作用的主要产物之一。试验结果表明(图 3), 盛果期后随着生育期的推进, 甜椒功能叶片中 MDA 含量先缓慢增加, 到生育末期迅速增加, 说明随着植株的衰老, 体内产生的活性氧增加, 膜脂过氧化程度加强, 进而衰老加速。生育后期,  $S_{3307}$ 、IBA+NAA 和 6-BA 处理的 MDA 含量低于对照;  $GA_3$  处理后, 到生育期的最后阶段 MDA 含量高于对照。

## 3 讨论

### 3.1 不同外源激素对甜椒生长发育的影响

$S_{3307}$  为三唑类植物生长延缓剂, 它对植物的主要效应是延缓植物生长、抑制节间伸长。这一点在许多植物上得到了证实, 如  $S_{3307}$  浸种可有效控制黄瓜<sup>[5]</sup>、番茄<sup>[6,7]</sup> 幼苗徒长, 降低幼苗高度, 提高根冠比等。试验中  $S_{3307}$  处理后甜椒在生长后期能够保持较旺盛的生长势, 植株衰老减慢, 其原因可能是: 一是发达的根系保证有充足的 CTK 类激素运往地上部, 延缓了地上部的衰老, 二是  $S_{3307}$  可能影响了内源 ABA 的水平。IAA 和 NAA 具有

诱导植物生根和促进根系生长的作用。但该试验进一步观察到,在生长的后期,该处理表现出与 GA<sub>3</sub> 相同的效应,具有促进茎的伸长和叶片的扩大的作用。GA<sub>3</sub> 具有促进整株生长的作用,尤其促进茎的伸长<sup>[8]</sup>,试验也得到同样的结果。

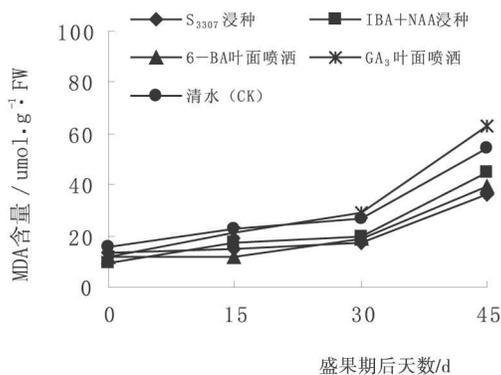


图3 不同外源激素处理对甜椒生长后期叶片MDA含量的影响

### 3.2 外源激素对保护酶活性和膜脂过氧化作用的影响

大量研究表明,外源激素能够通过影响活性氧代谢来影响植物的衰老。王仁杯等<sup>[9]</sup>报道,认为 S<sub>3307</sub> 延缓衰老的效应与生育后期保持较高的 SOD 和 POD 活性有关。6-BA 延缓植物叶片衰老的机理是延缓了叶绿素含量的下降,抑制了蛋白质水解,提高了保护酶 SOD、POD 和 CAT 活性,增强细胞膜抗氧化能力,维持细胞结构及功能稳定性<sup>[10]</sup>。试验中,甜椒经 S<sub>3307</sub>、6-BA 处理后,明显提高生长后期甜椒叶片保护酶活性,降低 MDA 含量,延缓植株的衰老。这与前人的研究结果一致。

### 3.3 外源激素对可溶性蛋白含量、叶绿素含量的影响

植物叶片衰老过程中首先看到的是细胞质内蛋白质水解,同时伴随有氨基酸的增加,而后才是叶绿素的破坏。Fletcher 等<sup>[11]</sup>指出,赤霉素延缓蒲公英叶片衰老,主要是促进了蛋白质和核糖核酸的合成。用 10 mol/L 赤霉素处理衰老中的水稻叶片,能明显降低氨肽酶活性,延缓叶绿素和蛋白质降解及叶片衰老<sup>[12]</sup>。试验中,外源激素 S<sub>3307</sub>、6-BA、GA<sub>3</sub>、IBA+NAA 处理后,都可提

高幼苗期叶片中可溶性蛋白含量、叶绿素含量, S<sub>3307</sub>、6-BA 处理可减缓生长后期衰老叶片中可溶性蛋白含量、叶绿素含量的下降,而 GA<sub>3</sub> 处理的可溶性蛋白含量、叶绿素含量在生长后期下降较快,说明外源激素对甜椒衰老的影响比较复杂,受很多因素的共同影响,外源生长激素与衰老的关系至今尚存争议。何启伟等人对日光温室蔬菜后期早衰机理进行了初步研究,认为 100 mg/L 多效唑可减慢整个植株衰老速率。试验选用 5 mg/L 烯效唑浸种处理,也取得了一定的延缓效果。

### 参考文献

- [1] 杨文钰. 烯效唑(S<sub>3307</sub>)对秧苗抗寒性的影响及其作用机理研究[J]. 杂交水稻, 2003, 18(2): 53-57.
- [2] 刘华山, 彭文博, 孟凡庭, 等. S<sub>3307</sub>对小麦幼苗形态及某些生理特性的影响[J]. 植物生理学通讯, 1993, 29(5): 354-355.
- [3] 周伟军, 楼健, 宋荣军. 烯效唑对油菜的壮秧效应及增产作用探讨[J]. 浙江农业大学学报, 1996, 22(6): 603-609.
- [4] 赵世杰, 刘华山, 董新纯. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 1998.
- [5] 汪惠芳, 刘慧琴, 李朝森. 烯效唑对黄瓜幼苗生长的影响[J]. 长江蔬菜, 2002(1): 37.
- [6] 杨安平. 烯效唑浸种对蔬菜生长及产量的影响[J]. 陕西农业科学, 2003(5): 15-16.
- [7] 尹敬芳, 陈凤玉, 李健强, 等. 烯效唑浸种处理对番茄幼苗生长及其生理性状的影响[J]. 中国农业大学学报, 2004, 9(2): 8-11.
- [8] 韩德元. 植物生长调节剂原理与应用[M]. 北京: 北京科学技术出版社, 1997.
- [9] 王仁杯, 沈志民, 徐绍英. 烯效唑(S<sub>3307</sub>)对大麦产量及延缓衰老的影响[J]. 浙江农业大学学报, 1998, 24(2): 189-193.
- [10] 伍泽堂, 杨大旗. 西南农业大学学报, 1990, 12(4): 43-46.
- [11] Fletcher R A, Arnold V. Stimulation of cotykinin and chlorophyll synthesis in cucumber cotyledons by triadimefon[J]. Physiol plant, 1986, 66: 197-201.
- [12] 梅传生, 张远海, 吴光南. 水稻叶片老化过程中氨肽酶活性的变化[J]. 植物生理学报, 1987, 13(1): 58-63.
- [13] 何启伟, 陈运起, 焦自高, 等. 山东新型日光温室蔬菜系统技术研究[M]. 北京: 北京出版社, 2000.
- [14] 李合生. 植物生理生化实验技术原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000, 164-174.
- [15] 王振龙, 陈凤玉. S<sub>3307</sub>浸种对番茄幼苗生长和一些生理指标的影响[J]. 植物生理学通讯, 2003, 39(1): 17-20.

## Effect of Different Exogenous Hormones on Plantlet Growth and Senescence in Sweet Pepper

QU Ya-ying, CHANG Tao, TAO Xing-lin, WANG Ping, ZHU Jian-mei

(Vegetable Research Institute of Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou, Gansu 730070, China)

**Abstract:** The experiment was conducted with seeds and seedlings of sweet pepper, treated by different exogenous hormones, to probe into effect to growth and senescence in sweet pepper. The results showed, treated by S<sub>3307</sub>, IBA+NAA, 6-BA and GA<sub>3</sub>, they significantly increased leaves number and leaf area Index. Meaniw hile, they increased plantlet yield and staved drop speed of chlorophyll and soluble protein content except GA<sub>3</sub>. In addition, they also increased dry matter weight and MDA content and improved activity of SOD and POD treated by 4 exogenous hormones.

**Key words:** Exogenous hormones; Treatment; Sweet pepper; Senescence index