

# 6-BA 对厚皮甜瓜坐果节位叶片衰老及果实品质的影响

朱立保<sup>1</sup>, 刘海河<sup>1,2</sup>, 张彦萍<sup>2</sup>, 张利云<sup>1</sup>, 王正<sup>2</sup>

(1. 河北农业大学 园艺学院, 河北 保定 071001; 2. 河北工程大学 农学院, 河北 邯郸 056038)

**摘 要:**以厚皮甜瓜品种‘迎春(F<sub>1</sub>)’为试材,研究了喷施不同浓度 6-BA 对坐果节位叶片的衰老、抗氧化酶活性及果实品质的影响。结果表明:适宜浓度的 6-BA 处理可显著提高坐果节位叶片抗氧化酶活性,降低超氧阴离子(O<sub>2</sub><sup>-</sup>)产生速率和丙二醛(MDA)含量,延缓叶绿素和可溶性蛋白质含量的下降;同时提高了甜瓜果实单果重、可溶性固形物、可溶性糖和维生素 C 含量;说明 6-BA 可能通过抑制氧自由基对植物的侵害及膜脂过氧化程度的加深,使叶片保持较高的抗氧化酶活性,从而延缓叶片衰老,并对果实品质的提高起到改善作用。

**关键词:**6-BA;厚皮甜瓜;叶片衰老;抗氧化酶;果实品质

**中图分类号:**S 652 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)19-0020-04

甜瓜(*Cucumis melo* L.)属葫芦科黄瓜属 1 年生蔓性草本植物,以其品质优良,风味甜美,富含大量人体所需的糖、维生素、有机酸和矿物质等而受到消费者的青睐。生产实践表明,厚皮甜瓜果实膨瓜期植株叶片极易发生早衰现象,尤其侧蔓坐果节位叶片衰老更甚。叶片衰老是限制作物生长发育和产量的重要因素之一,早衰会对厚皮甜瓜的产量和品质带来不利影响<sup>[1]</sup>。因此,延缓叶片衰老,延长叶片光合功能期是厚皮甜瓜栽培生产中一个急需解决的问题。

6-苄基腺嘌呤(6-BA)是一种人工合成的细胞分裂素类生长调节物质,具有促进植物生长,抑制细胞衰老,调节养分运输和分配,提高植物抗逆性等作用<sup>[2]</sup>。研究发现,6-BA 能够提高棉花<sup>[3]</sup>、冬小麦<sup>[4]</sup>的叶绿素和可溶性蛋白质含量,增强黄瓜<sup>[5]</sup>、番茄<sup>[6]</sup>的抗氧化酶活性,减缓氧自由基的积累速率等,并能提高青花菜<sup>[7]</sup>花球重量,增加葡萄<sup>[8]</sup>单果重和内在品质等。但有关 6-BA 对厚皮甜瓜坐果节位叶片衰老的影响目前尚鲜见报道。

该试验通过测定厚皮甜瓜外源喷施 6-BA 溶液后,坐果节位叶片中的叶绿素、可溶性蛋白质含量、抗氧化酶活性以及 O<sub>2</sub><sup>-</sup> 产生速率、MDA 含量以及果实单果重和内在品质指标的动态变化情况,探讨 6-BA 对厚皮甜瓜坐果节位叶片衰老及果实品质的影响,以期利用 6-BA 调控厚皮甜瓜叶片衰老提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试材料为厚皮甜瓜品种‘迎春(F<sub>1</sub>)’,由河北农业大学甜瓜栽培和育种研究室提供,大棚秋季栽培,果实发育期 35 d。供试药剂 6-BA 购自 Sigma 公司,药品纯度≥99%。

### 1.2 试验方法

试验于 2013 年 7—10 月在保定市清苑县张登屯甜瓜生产基地塑料大棚内进行。7 月 10 日在遮阴塑料棚内采用 50 孔的穴盘进行育苗,待幼苗三叶一心时定植,株行距为 35 cm×90 cm,田间管理同常规生产。

试验设 3 个 6-BA 浓度处理,即 30 mg/L(T<sub>1</sub>)、40 mg/L(T<sub>2</sub>)、50 mg/L(T<sub>3</sub>),以清水处理作对照(CK)。随机区组试验设计,每个处理 15 株,3 次重复。选取植株主蔓第 12 节位侧枝第一雌花授粉留瓜,在雌花开放当天,用不同浓度 6-BA 及清水均匀喷施植株叶片,以水珠落于叶片而不滴下效果为宜。其后每隔 7 d 喷施 1 次,共喷施 3 次。于第 1 次喷施处理后的 0、7、14、21、28、35 d 9:00 左右采集坐果节位叶片,用湿纱布包裹置于冰盒内带回实验室,蒸馏水冲洗后拭干,锡箔纸包裹,液氮

**第一作者简介:**朱立保(1988-),男,河北望都人,硕士研究生,研究方向为甜瓜栽培及生理研究。E-mail:626702738@qq.com。

**责任作者:**刘海河(1965-),男,河北邯郸人,教授,现主要从事甜瓜育种与栽培等研究工作。E-mail:yylhh@hebau.edu.cn。

**基金项目:**国家西甜瓜产业技术体系建设专项资金资助项目(CARS-26-13);河北省科技支撑计划重点资助项目(11220801D, 13226914D);邯郸市科学技术研究与发展计划资助项目(1222101059, 1322101066-4)。

**收稿日期:**2014-04-07

速冻, -20℃冰箱低温保存。果实于第1次处理后35 d采收, 带回实验室, 立即测定相关指标。判定果实成熟的标准是自雌花坐果当天开始挂牌计时, 长至预定成熟天数为止, 同时果皮呈黄色, 散发出特有的芳香气味。

### 1.3 项目测定

1.3.1 叶片生理指标测定 叶绿素含量测定采用4.5:4.5:1的丙酮、无水乙醇和水的混合液在黑暗条件下浸提, 至叶片完全变白后, 分别在663、646 nm波长下比色<sup>[9]</sup>。O<sub>2</sub><sup>-</sup>产生速率的测定参照王爱国等<sup>[10]</sup>的方法。称取0.3 g叶片于研钵中, 加入5 mL 50 mmol/L pH 7.8的磷酸缓冲液(含1%的PVP, 0.2 mmol/L EDTA), 冰浴条件下研磨成匀浆, 转移至10 mL离心管中, 于10 000×g下4℃离心20 min。取上清液用于各指标测定。过氧化物酶(POD)活性采用愈创木酚法测定。超氧化物歧化酶(SOD)活性用氮蓝四唑(NBT)光还原法测定。可溶性蛋白质含量采用考马斯亮蓝法测定。丙二醛含量采用硫代巴比妥酸法测定。上述方法参照高俊凤<sup>[11]</sup>的试验方法。

1.3.2 果实品质测定 采用电子称测量果实单果重。采集果肉中心部位样品用于果实内在品质测定。手持糖度计测定可溶性固形物含量。蒽酮比色法测定可溶性糖含量<sup>[12]</sup>。2,6-二氯酚靛酚钠滴定法测定维生素C含量<sup>[13]</sup>。

### 1.4 数据分析

采用Excel 2003软件对数据进行处理及绘图, 采用DPS 7.05软件对试验数据进行多重比较分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 6-BA对厚皮甜瓜坐果节位叶片叶绿素和可溶性蛋白质含量的影响

由图1-A可知, 不同浓度6-BA处理的坐果节位叶片叶绿素总量与对照变化趋势基本相同。处理后0~14 d, 叶绿素含量快速升高, 除T1处理的叶绿素含量稍低于对照外, 其它处理均显著高于对照( $P < 0.05$ )。处理后21~35 d内, 各处理均呈急剧下降趋势, 该时期不同处理间的叶绿素含量依次为T2>T3>T1>CK。以上结果表明, 6-BA处理可以提高坐果节位叶片叶绿素含量。

从图1-B可以看出, T2和T3处理后的坐果节位叶片可溶性蛋白质含量变化趋势与对照相同, 均在28 d前呈上升趋势, 其后呈下降趋势。但相同时期T2和T3处理后的可溶性蛋白质含量均显著高于对照。T1处理在21 d前, 坐果节位叶片可溶性蛋白质含量显著高于对照, 其后与对照差异不显著。表明T2和T3处理均能够提高坐果节位可溶性蛋白质含量, 从而维持叶片较高的生理机能。

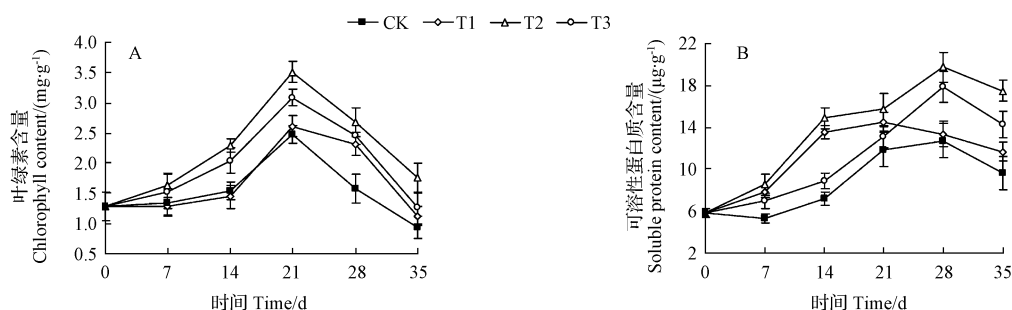


图1 6-BA对厚皮甜瓜坐果节位叶片叶绿素和可溶性蛋白质含量的影响

Fig. 1 Effect of 6-BA treatments on chlorophyll and soluble protein contents of the muskmelon leaf on fruiting-node

### 2.2 6-BA对厚皮甜瓜坐果节位叶片抗氧化酶(POD和SOD)活性的影响

从图2-A可以看出, 不同浓度6-BA处理和对照坐果节位叶片的POD活性均呈先上升后下降趋势, 第14天为其峰值。其中, T2处理的效果显著高于对照( $P < 0.05$ ), 处理后不同天数较对照分别提高18.52%、18.66%、37.83%、27.83%、58.78%。

从图2-B可以看出, 6-BA处理后的坐果节位叶片SOD活性变化趋势与POD活性相同, 也是T2处理效果显著高于对照, 不同天数内分别高出对照13.16%、20.23%、9.20%、21.19%、36.39%。因此, 适宜浓度6-

BA处理可显著提高厚皮甜瓜坐果节位叶片中POD和SOD等抗氧化酶活性。

### 2.3 6-BA对厚皮甜瓜坐果节位叶片超氧阴离子产生速率和丙二醛含量的影响

从图3可以看出, 不同浓度6-BA处理的厚皮甜瓜坐果节位叶片超氧阴离子产生速率、丙二醛含量均呈上升趋势。但T1、T2、T3处理的坐果节位叶片中超氧阴离子产生速率和丙二醛含量均低于对照, 其中T2处理厚皮甜瓜坐果节位叶片中超氧阴离子产生速率和丙二醛含量显著低于对照和其它处理。以上结果表明, T2处理能够减少厚皮甜瓜坐果节位叶片中

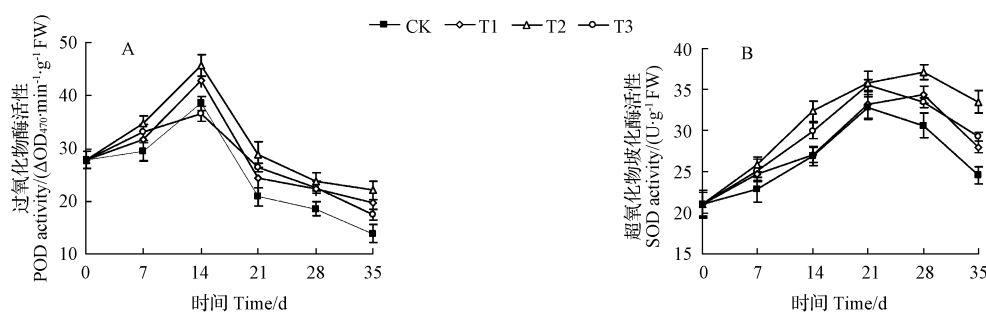
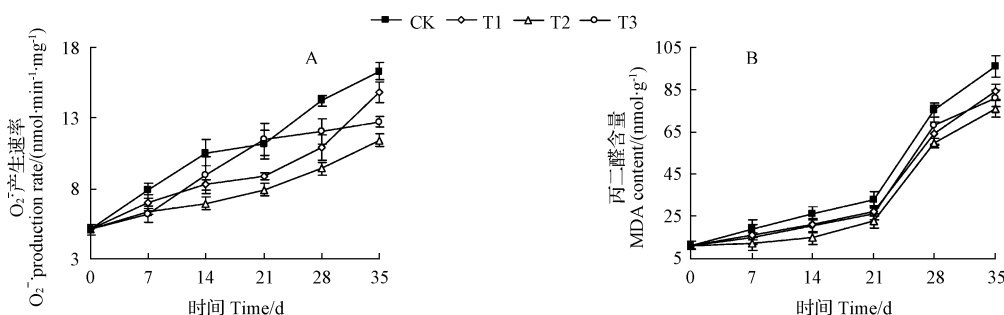


图2 6-BA对厚皮甜瓜坐果节位叶片POD和SOD活性的影响

Fig. 2 Effect of 6-BA treatments on the activities of POD and SOD of the muskmelon leaf on fruiting-node

图3 6-BA对厚皮甜瓜坐果节位叶片O<sub>2</sub><sup>-</sup>产生速率和MDA含量的影响Fig. 3 Effect of 6-BA treatments on O<sub>2</sub><sup>-</sup> production rate and MDA content of the muskmelon leaf on fruiting-node

O<sub>2</sub><sup>-</sup>和MDA的累积,减轻氧自由基对膜脂的伤害程度。

#### 2.4 6-BA对厚皮甜瓜果实单果重及内在品质的影响

由表1可知,T2和T3处理的厚皮甜瓜果实单果重和可溶性糖含量均显著高于对照,T2分别增加18.18%、19.98%,T3分别提高17.17%、9.47%。同时,T2处理后的果实可溶性固形物含量和维生素C含量分别高于对照12.31%和11.31%。因此表明,适宜浓度的6-BA处理,可以提高果实的单果重及相关内在品质。

表1 6-BA对厚皮甜瓜果实单果重及品质的影响

Table 1 Effect of 6-BA on single fruit weight and fruit quality of muskmelon

处理 Treatment	单果重 Single fruit weight/kg	可溶性固形物含量 Soluble solid content/%	可溶性糖含量 Soluble sugar content/(mg·g <sup>-1</sup> )	维生素C含量 Vitamin C content/(μg·g <sup>-1</sup> )
T1	1.10±0.07 ab	13.97±0.67 ab	73.99±0.74 bc	22.76±0.74 ab
T2	1.17±0.05 a	14.41±0.49 a	85.64±0.40 a	25.50±0.71 a
T3	1.16±0.04 a	14.05±0.74 ab	78.14±0.12 ab	18.13±3.30 b
CK	0.99±0.04 b	12.83±0.34 b	71.38±0.01 c	22.91±1.65 ab

注:表中不同小写字母表示在P<0.05水平上差异显著。

Note: The different lowercase letters show significant differences at 0.05 level.

### 3 结论与讨论

叶绿素和可溶性蛋白质是叶片最重要的组分之一。许多研究结果表明,植物叶片的衰老首先表现为叶绿素及可溶性蛋白质的降解<sup>[14-15]</sup>。叶绿素是高等植物进行

光合作用的主要色素,作为主要的吸收光能物质,其直接影响植物光合作用的光能利用率<sup>[16]</sup>;叶片可溶性蛋白质中RuBp羧化酶含量约占50%,可溶性蛋白质含量的变化直接关系到光合作用关键酶RuBp羧化酶含量的变化。该试验中,外源6-BA处理明显提高了厚皮甜瓜坐果节位叶片中叶绿素和可溶性蛋白质含量,该结果与小麦<sup>[17]</sup>上的研究结论相似。表明一定浓度的6-BA可以通过维持坐果节位叶片较高的光合色素含量和光合关键酶活性,使叶片保持较高的光合生理机能,从而延长光合功能期,延迟衰老进程。

一般认为,植物叶片衰老与活性氧代谢显著相关<sup>[18]</sup>。植物体内活性氧清除与产生之间的平衡关系一旦被打破,就会表现出自由基积累,膜透性增加,代谢紊乱。SOD和POD等是抗氧化酶系统重要的保护酶,能够清除植物体内的活性氧,降低膜质过氧化产物的形成<sup>[19-20]</sup>。该研究中,一定浓度的外源6-BA处理能够提高坐果节位叶片中POD和SOD活性变化,减低O<sub>2</sub><sup>-</sup>产生速率和MDA含量,该研究结果与小麦<sup>[21]</sup>、水稻<sup>[22]</sup>等作物上的研究结果一致。即一定浓度的外源6-BA可能通过提高坐果节位叶片中POD和SOD等抗氧化酶的活性,降低O<sub>2</sub><sup>-</sup>产生速率和MDA的含量,从而延缓了坐果节位叶片的衰老,使其保持较高的生理活性。

该试验中,T2处理均较对照显著提高了坐果节位果实的单果重以及果实中可溶性固形物、可溶性糖和维

生素 C 的含量,该结果与前人在葡萄<sup>[8]</sup>上的研究结果相一致。该试验也表明,一定浓度的 6-BA 处理能够通过延缓坐果节位叶片衰老,使之保持较高的光合特性和生理活性,从而提高了坐果节位果实的单果重,改善了果实营养品质。

综上所述,喷施一定浓度的 6-BA 能够提高厚皮甜瓜坐果节位叶片中抗氧化酶活性,降低  $O_2^-$  产生速率和 MDA 含量,延缓了坐果节位叶片中叶绿素和蛋白质的降解,使坐果节位叶片保持较高的光合和生理活性,从而提高坐果节位果实的单果重和品质指标。

### 参考文献

- [1] 王冰林,李成军,何启伟,等.不同节位摘顶对日光温室厚皮甜瓜叶片衰老的影响[J].中国农学通报,2007,23(8):306-310.
- [2] 王忠.植物生理学[M].北京:中国农业出版社,2000:225-240.
- [3] 张海娜,李存东,肖凯.外源 6-BA 对棉花光合和叶片衰老特性的调控效应研究[J].棉花学报,2007,19(16):467-471.
- [4] 吴进东,李金才,魏凤珍,等.氮肥和 6-BA 对花后受渍冬小麦抗渍性的调控效应[J].西北植物学报,2012,32(12):2512-2517.
- [5] 申杰,刘美艳,王景景,等.6-BA 浸种提高黄瓜幼苗耐涝性的研究[J].北方园艺,2012(1):18-20.
- [6] 罗黄颖,高洪波,高志奎,等.CPPU 和 6-BA 对盐胁迫下番茄活性氧代谢及叶绿素荧光的影响[J].西北植物学报,2010,30(9):1852-1858.
- [7] 王廷芹,杨运英,杨暹.6-BA 对青菜叶绿素含量及品质、产量的影响[J].江西农业学报,2009,21(5):65-66.
- [8] 黄卫东,张平,李文清.6-BA 对葡萄果实生长及碳、氮同化物运输的影响[J].园艺学报,2002,29(4):303-305.
- [9] 张宪政.植物叶绿素的丙酮乙醇混合测定方法[J].辽宁农业科学,1986(3):26-28.
- [10] 王爱国,罗广华.植物的超氧自由基与羟胺反应的定量关系[J].植物生理学通讯,1990(6):55-57.
- [11] 高俊凤.植物生理学实验指导[M].西安:世界图书出版社,2000:192-201.
- [12] 赵世杰,刘华山,董新纯.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业科技出版社,1998.
- [13] 王学奎,章文华,郝再彬,等.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2008.
- [14] 王旭军,徐庆国,杨知建.水稻叶片生理的研究进展[J].中国农学通报,2005,21(3):187-190,210.
- [15] Martin C, Thimann K V. The role of protein synthesis in the senescence of leaves I. the formation of protease[J]. Plant Physiology, 1972, 49: 64-71.
- [16] 唐延林,黄敬峰,王人潮.水稻不同发育时期高光谱与叶绿素和类胡萝卜素的规律[J].中国水稻科学,2004,18(1):59-66.
- [17] 孙振元,段留生,韩碧文,等.小麦叶片衰老的超微立体学研究及 6-苄氨基嘌呤的作用[J].作物学报,1998,24(6):818-820.
- [18] 王海涛,杨祥良,徐辉碧.活性氧的信号分子作用[J].生命的化学,2001,21(1):39-41.
- [19] 白团辉,马锋旺,李翠英,等.水杨酸对根际低氧胁迫八棱海棠幼苗活性氧代谢的影响[J].园艺学报,2008,35(2):163-168.
- [20] 王英利,侯喜林,刘琳,等.甘蓝链格孢菌侵染对白菜保护酶活性和  $H_2O_2$  含量的影响[J].园艺学报,2008,35(7):1065-1068.
- [21] 杨淑慎,高俊凤,李学俊.杂交春性小麦叶片衰老与保护酶系统活性的研究[J].中国农业科学,2004,37(3):460-463.
- [22] 杨安中,黄义德.早作水稻喷施 6-苄基腺嘌呤的防早衰及增产效应[J].南京农业大学学报,2001,24(2):12-15.

## Effect of 6-BA on Leaf Senescence on Fruiting-Node and Fruit Quality of Muskmelon

ZHU Li-bao<sup>1</sup>, LIU Hai-he<sup>1,2</sup>, ZHANG Yan-ping<sup>2</sup>, ZHANG Li-yun<sup>1</sup>, WANG Zheng<sup>2</sup>

(1. College of Horticulture, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071001; 2. College of Agronomy, Hebei Engineering University, Handan, Hebei 056038)

**Abstract:** Taking muskmelon 'Yingchun(F<sub>1</sub>)' as materials, the effect of spraying different concentrations of 6-BA on the senescence, antioxidant enzyme activity of fruiting-node leaf and fruit quality of muskmelon were investigated. The results showed that the antioxidant enzymes activities were significantly improved by 6-BA with a certain concentration, whereas a low level of  $O_2^-$  production rates and MDA contents were maintained compared with control, and then it delayed the decline of chlorophyll and soluble protein contents during the aging process in muskmelon plants. Besides, some fruit quality indexes such as single fruit weight, soluble sugar, soluble solids and vitamin C contents were enhanced in different degrees. In conclusion, it suggested that antioxidant enzymes activities could be increased through spraying 6-BA, which depressed the production rates of  $O_2^-$  and decreased the degree of membranous peroxide. Therefore, 6-BA could delay the leaf senescence on fruiting-node and improve the fruit quality.

**Keywords:** 6-BA; muskmelon; leaf senescence; antioxidant enzyme; fruit quality