

云南黑籽南瓜砧木对低温下 嫁接黄瓜生理特性的影响

季俊杰¹, 朱月林^{2,①}, 胡春梅², 杨立飞², 皇娟²

(1. 南京农业大学图书馆, 江苏 南京 210095; 2. 南京农业大学园艺学院, 江苏 南京 210095)

摘要:以‘津研4号’黄瓜(*Cucumis sativus* ‘Jinyan No. 4’)为接穗,云南黑籽南瓜(*Cucurbita ficifolia* Bouché)和黄瓜为砧木,研究了低温条件下黄瓜/云南黑籽南瓜嫁接株(黄瓜/南瓜)、黄瓜/黄瓜嫁接株和自根黄瓜株叶片的蔗糖(Suc)、葡萄糖(Glc)和可溶性蛋白质(Pr)含量的变化以及叶片羧化效率(CE)及不同叶位叶片、不同节位茎段中异戊烯基腺嘌呤核苷(iPA)含量的差异。结果表明,黄瓜/南瓜嫁接株叶片的Suc、Glc及Pr含量和CE值均显著高于自根黄瓜株和黄瓜/黄瓜嫁接株,自根黄瓜株与黄瓜/黄瓜嫁接株间差异不显著。iPA在嫁接植株和自根植株茎中均呈梯度分布,其含量在生长锥中最高,其次为上部茎段,下部茎段中的含量最低;自根黄瓜株和黄瓜/黄瓜嫁接株茎中的iPA含量显著低于黄瓜/南瓜嫁接株,而叶片中iPA含量显著高于黄瓜/南瓜嫁接株。研究结果表明,以黑籽南瓜为砧木可提高嫁接黄瓜对低温的耐受性。

关键词:嫁接黄瓜;黑籽南瓜;嫁接;低温;iPA

中图分类号: S339.4⁺5; S642.2 文献标识码: A 文章编号: 1004-0978(2007)02-0048-05

Effect of figleaf gourd as stock on physiological characteristics of grafted cucumber under low temperature Ji Jun-jie¹, ZHU Yue-lin^{2,①}, HU Chun-mei², YANG Li-fei², HUANG Juan² (1.

Library, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 2. College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2007, 16(2): 48-52

Abstract: Using cucumber (*Cucumis sativus* ‘Jinyan No. 4’) as ingraftment and cucumber and figleaf gourd (*Cucurbita ficifolia* Bouché) as stocks, the tolerance of own-rooted and grafted cucumbers to low temperature was evaluated. Contents of sucrose (Suc), glucose (Glc) and soluble protein (Pr) in leaf and content of isopentenyl adenosin (iPA) in stem and leaf were determined respectively, and carboxylation efficiency (CE) was calculated. The results showed that Suc, Glc, Pr and CE in cucumber/figleaf gourd grafted plant were higher than those in own-rooted and cucumber/cucumber grafted plants. The iPA distributed with a gradient in stem of both grafted and own-rooted plants, iPA content was the highest in stem apex, followed by upper stem segments, and then lower stem segments. The iPA content in stem of both own-rooted and cucumber/cucumber grafted plants was less than that of cucumber/figleaf gourd grafted plant, while iPA content in leaves of both own-rooted and cucumber/cucumber grafted plants was higher than that of cucumber/figleaf gourd grafted plant. It is suggested that the tolerance of grafted cucumber to low temperature is enhanced while figleaf gourd as stock is used.

Key words: grafted cucumber; figleaf gourd (*Cucurbita ficifolia* Bouché); grafting; low temperature; iPA

低温冷害是黄瓜早春育苗和设施栽培的主要障碍因子,在秋冬及冬春季节栽培中,设施黄瓜长期处在较低温度条件下,呈亚适应状态,严重影响黄瓜的产量和品质。有研究表明,嫁接能显著增强黄瓜的抗冷性,主要表现在降低嫁接苗的冷害指数、半致死温度、提高保护酶活性及减轻膜脂过氧化程度和引起内源激素变化等方面^[1-3]。有关根部低温对黄瓜

生长发育的影响也有报道^[4-6],但对长期低温条件下黄瓜异戊烯基腺嘌呤核苷(iPA)的分布特性与叶

收稿日期: 2006-09-26

基金项目: 教育部高校博士点基金资助项目(20030307020)

作者简介: 季俊杰(1974-),男,湖北孝感人,本科,助理馆员,主要从事作物栽培技术研究。

① 通讯作者 E-mail: ylzhu@njau.edu.cn

片羧化特性及有机物代谢方面的研究尚未见报道。

作者以‘津研4号’黄瓜 (*Cucumis sativus* ‘Jinyan No. 4’) 为接穗, 云南黑籽南瓜 (*Cucurbita ficifolia* Bouche) 和黄瓜为砧木, 对低温条件下嫁接黄瓜和自根黄瓜 iPA 的分布及其与地上部有机物质积累的关系进行了研究, 以期为设施黄瓜栽培技术水平的提高提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料

‘津研4号’黄瓜购自山东宁阳蔬菜良种有限公司; 云南黑籽南瓜购自云南昆明市京丰种苗公司。

1.2 方法

1.2.1 培育和嫁接方法 实验于2003年10月至2004年1月在南京农业大学玻璃温室内进行。育苗期间, 采用电热温床对苗床进行加温, 外设小拱棚, 控制日温为 (25 ± 2) °C, 夜温为 (18 ± 2) °C。10月1日和10月5日分别播种云南黑籽南瓜和黄瓜于营养钵(直径为8 cm)中; 10月15日, 以黄瓜为接穗, 云南黑籽南瓜和黄瓜分别为砧木, 采用劈接法进行嫁接。于10月23日分别选取嫁接成活且形态、长势一致的嫁接苗和自根苗定植于直径30 cm的Wagner钵中, 每盆定植1株, 株行距为40 cm × 60 cm。以蛭石为栽培基质, 每3天浇1次Hoagland完全营养液, 每次每盆1 L。

1.2.2 处理方法 实验设3个处理组, 即自根黄瓜株、黄瓜/黄瓜嫁接株和黄瓜/黑籽南瓜嫁接株。10月25日后, 温室最低气温低于5 °C, 在温室内设电热温床和小拱棚控制夜间气温为 (6 ± 2) °C, 日温为 (15 ± 2) °C。3个处理组随机排列, 各3次重复, 每处理用苗30株。

1.2.3 提取与测定方法 于11月15日开始取样(株龄20 d), 以后每10天取样1次, 测定叶片中蔗糖(Suc)、葡萄糖(Glc)和可溶性蛋白质(Pr)的含量, 取样叶位为顶部数第4~5片叶; 于12月25日取样测定第4片叶的羧化效率(CE); 同时, 分别取由顶部起第1、2、4、6、8、9、10片真叶及其对应叶柄下的茎段测定iPA含量。

蔗糖和葡萄糖含量测定采用蒽酮比色法^[5]。可溶性蛋白质含量测定采用考马斯亮蓝法^[6]。CE测定: 于上午9:00、气温 (25.0 ± 0.5) °C条件下, 以

内置CO₂钢瓶为气源控制叶室内CO₂浓度, 设0、50、80、100、150、180、200和250 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 8个CO₂浓度梯度, 且光量子密度(PFD)均设为1 000 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 用LI-6400型便携式光合仪进行测定。iPA含量测定采用酶联免疫法^[7]。

1.3 数据处理

用SAS软件分析数据, 并用Excel软件作图。

2 结果和分析

2.1 黄瓜叶片中蔗糖和葡萄糖含量的变化

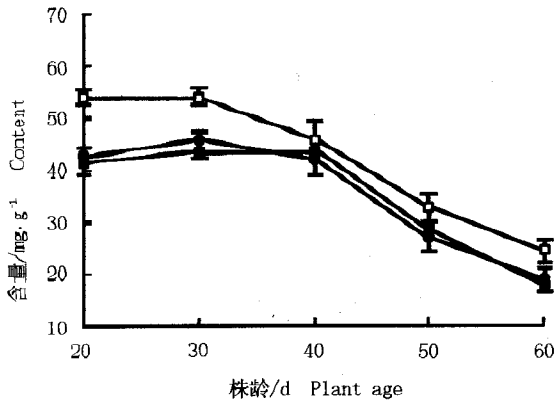
低温条件下, 株龄为20~40 d时, 黄瓜叶片中蔗糖含量较高(图1)。株龄大于40 d时, 叶片中蔗糖含量迅速下降。株龄为40 d时, 黄瓜/南瓜嫁接株、黄瓜/黄瓜嫁接株和自根黄瓜株叶片中的蔗糖含量分别为46.0、42.5和43.7 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$, 至60 d时分别下降至24.6、19.2和18.1 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。不同时段, 以云南黑籽南瓜为砧木的黄瓜/南瓜嫁接株叶片中蔗糖含量均显著高于自根黄瓜株和黄瓜/黄瓜嫁接株, 后两者之间差异不显著($\alpha = 0.05$)。

低温条件下, 黄瓜叶片中葡萄糖含量呈单峰曲线变化(图2)。株龄为20~40 d时, 叶片中葡萄糖含量呈增长趋势; 株龄超过40 d后, 叶片中葡萄糖含量迅速下降。株龄为40 d时, 黄瓜/南瓜嫁接株、黄瓜/黄瓜嫁接株和自根黄瓜株叶片中葡萄糖含量分别为53.2、48.9和49.4 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$, 至60 d时分别下降至35.3、26.1和24.4 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。在生长的各个阶段, 黄瓜/南瓜嫁接株叶片中葡萄糖含量始终显著高于自根黄瓜株和黄瓜/黄瓜嫁接株($\alpha = 0.05$)。

根据图1和图2的数据对比分析可知, 株龄40 d是黄瓜同化物质运贮的转折时期。葡萄糖是蔗糖合成的底物, 叶片中较高浓度的葡萄糖有利于蔗糖的合成。株龄小于40 d, 黄瓜植株处在营养生长阶段, 主要是营养体自身物质的合成和储备; 随着生殖生长的开始, 库的中心发生转移, 叶片中糖类物质迅速以蔗糖形式转运至生殖生长中心, 作为蔗糖合成底物的葡萄糖也迅速进行下一步合成代谢, 因此, 40 d后, 随着株龄的增加, 黄瓜植株叶片中蔗糖和葡萄糖含量均呈下降趋势。

2.2 黄瓜叶片中可溶性蛋白质含量的变化

低温条件下, 黄瓜叶片中可溶性蛋白质含量随株龄的增加呈降低趋势(图3)。株龄20 d时, 叶片



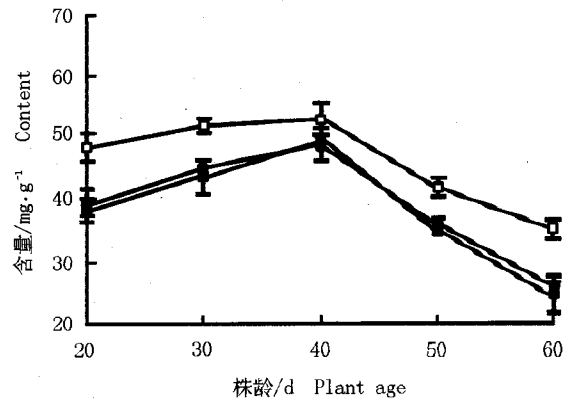
—□— 黄瓜/云南黑籽南瓜嫁接株 Cucumber/figleaf gourd grafted plant
—●— 黄瓜/黄瓜嫁接株 Cucumber/cucumber grafted plant
—■— 自根黄瓜株 Own-rooted cucumber plant

图1 低温下云南黑籽南瓜砧木对嫁接黄瓜叶片蔗糖含量的影响
Fig. 1 Effect of figleaf gourd (*Cucurbita ficifolia* Bouché) as stock on sucrose content in leaf of grafted cucumber

中可溶性蛋白质含量最高;株龄为50 d时,黄瓜/南瓜嫁接株叶片中可溶性蛋白质含量降至最低值 $37.13 \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$ (FW),此后基本保持稳定;株龄50 d后,自根黄瓜株和黄瓜/黄瓜嫁接株叶片中可溶性蛋白质含量呈降低趋势;至株龄60 d时,可溶性蛋白质含量分别为 27.43 和 $27.03 \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$ (FW)。株龄小于30 d时,黄瓜/南瓜嫁接株、自根黄瓜株和黄瓜/黄瓜嫁接株叶片中可溶性蛋白质含量差异不显著;株龄达40 d后,黄瓜/南瓜嫁接株叶片中可溶性蛋白质含量显著高于自根黄瓜株和黄瓜/黄瓜嫁接株 ($\alpha=0.05$);当株龄达50 d后,黄瓜/南瓜嫁接株叶片的可溶性蛋白质含量极显著高于自根黄瓜株 ($\alpha=0.01$);株龄60 d时,黄瓜/南瓜嫁接株叶片的可溶性蛋白质含量分别比自根黄瓜株和黄瓜/黄瓜嫁接株高41.9%和44.0%。黄瓜/南瓜嫁接株叶片中较高的可溶性蛋白含量可能与其具有较高的物质代谢水平有关。

2.3 黄瓜叶片羧化效率(CE)的变化

当光量子密度(PFD)为 $1000 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 时,随叶室中 CO_2 浓度的增加,黄瓜叶片的净光合速率(P_n)呈线性递增(图4)。黄瓜/南瓜嫁接株、黄瓜/黄瓜嫁接株和自根黄瓜株对应的 CO_2 浓度与 P_n 的回归方程分别为 $y=0.0137x-0.8864$ ($R^2=0.9756$)、 $y=0.0043x-0.2127$ ($R^2=0.9457$) 和 $y=0.0046x-0.2165$ ($R^2=0.9298$)。由以上方程可知,在低温条件下,黄瓜/南瓜嫁接株、自根黄



—□— 黄瓜/云南黑籽南瓜嫁接株 Cucumber/figleaf gourd grafted plant
—●— 黄瓜/黄瓜嫁接株 Cucumber/cucumber grafted plant
—■— 自根黄瓜株 Own-rooted cucumber plant

图2 低温下云南黑籽南瓜砧木对嫁接黄瓜叶片葡萄糖含量的影响
Fig. 2 Effect of figleaf gourd (*Cucurbita ficifolia* Bouché) as stock on glucose content in leaf of grafted cucumber

瓜株和黄瓜/黄瓜嫁接株的羧化效率分别为 0.0137 、 0.0046 和 $0.0043 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,自根黄瓜株和黄瓜/黄瓜嫁接株的羧化效率分别为黄瓜/南瓜嫁接株的33.10%和31.39%。低温条件下,较高的羧化效率不仅能利用较多光能,减少过剩激发能的产生,同时还为黄瓜/南瓜嫁接株在逆境条件下的生活力奠定了物质基础。

2.4 黄瓜叶片和茎中异戊烯基腺嘌呤核苷(iPA)含量的变化

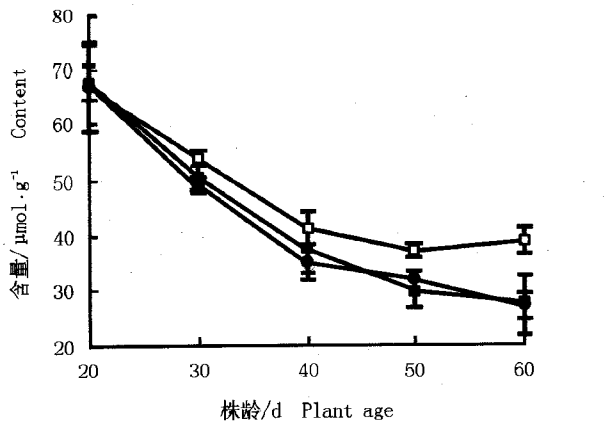
低温下,黄瓜第10片真叶中的iPA含量高于第1~4片真叶,第6~9片真叶中的iPA含量最低(图5-A)。其中,黄瓜/南瓜嫁接株第10片和第1片真叶中的iPA含量分别为 15.68 和 $7.99 \text{ pmol} \cdot \text{g}^{-1}$ (FW);自根黄瓜株和黄瓜/黄瓜嫁接株的顶叶中iPA含量较高,分别为 29.17 和 $28.30 \text{ pmol} \cdot \text{g}^{-1}$ (FW),二者各叶位叶片中的iPA含量高于黄瓜/南瓜嫁接株。

iPA含量在黄瓜及其嫁接植株的茎中均呈梯度分布(图5-B),其含量从高至低依次为茎尖、上位茎段、中位茎段、茎基部。其中,黄瓜/南瓜嫁接株第10和第1茎段中的iPA含量分别为 5.15 和 $0.68 \text{ pmol} \cdot \text{g}^{-1}$ (FW);自根黄瓜株和黄瓜/黄瓜嫁接株的第10茎段中的iPA含量分别为 3.16 和 $2.86 \text{ pmol} \cdot \text{g}^{-1}$ (FW),第1茎段中的iPA含量分别为 0.15 和 $0.09 \text{ pmol} \cdot \text{g}^{-1}$ (FW)。总体来看,自根黄瓜株及黄瓜/黄瓜嫁接株茎段中的iPA含量低于黄瓜/

南瓜嫁接株。

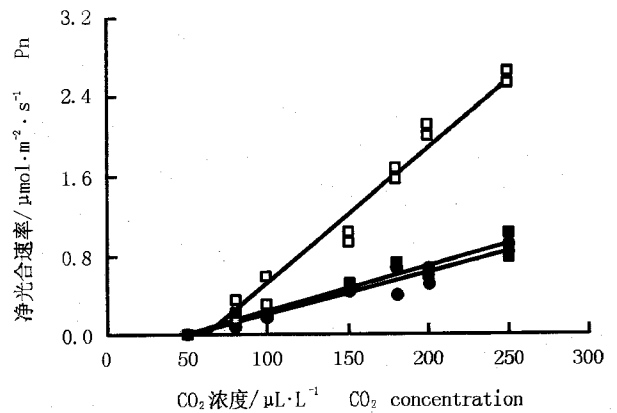
研究发现,自根黄瓜株及黄瓜/黄瓜嫁接株叶片中的 iPA 含量较茎中高,即植株中的 iPA 大部分分布在叶片中,且在不同叶位叶片中的分布不均衡,可能与叶片 iPA 的分泌与根系 iPA 分泌及 iPA 在两者之间的动态运转有关。茎为植株内 iPA 长距离运输的通道,iPA 浓度在嫁接株及自根株的茎中均呈现由

茎尖向下递减的趋势,这种梯度变化基本不受叶片中 iPA 含量的影响,但以云南黑籽南瓜为砧木嫁接后茎中的 iPA 含量显著高于自根植株和以黄瓜为砧木的嫁接株,可能原因是 iPA 在黄瓜茎中的分布受根系信号物质的调节,这种以云南黑籽南瓜为砧木换根嫁接引起的黄瓜茎中 iPA 含量的增加与嫁接后黄瓜的低温适应性相关。



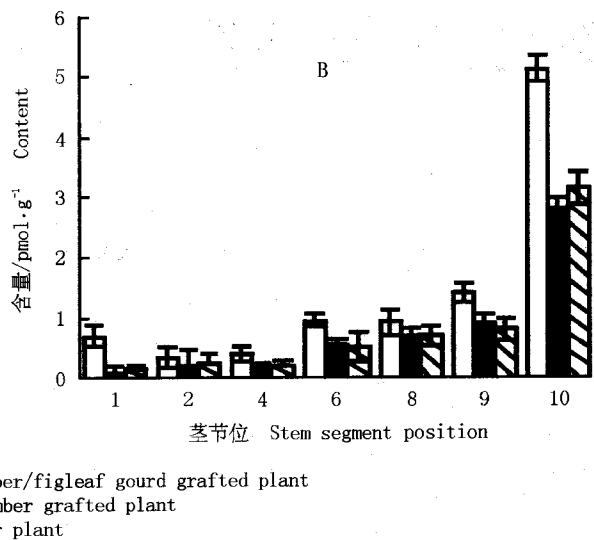
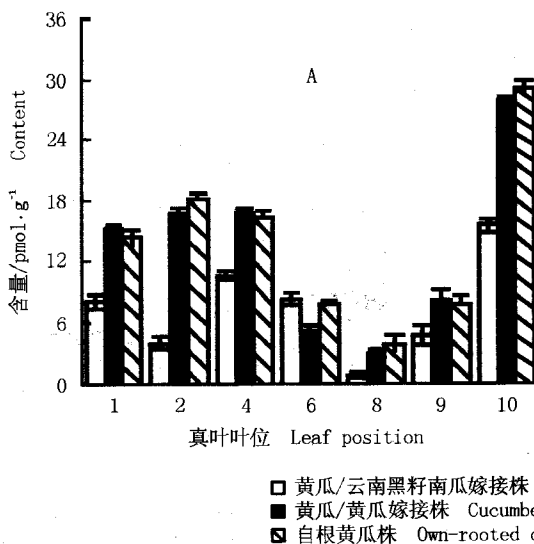
—□— 黄瓜/云南黑籽南瓜嫁接株 Cucumber/figleaf gourd grafted plant
—●— 黄瓜/黄瓜嫁接株 Cucumber/cucumber grafted plant
—■— 自根黄瓜株 Own-rooted cucumber plant

图 3 低温下云南黑籽南瓜砧木对嫁接黄瓜叶片可溶性蛋白质含量的影响
Fig. 3 Effect of figleaf gourd (*Cucurbita ficifolia* Bouché) as stock on soluble protein content in leaf of grafted cucumber



□ 黄瓜/云南黑籽南瓜嫁接株 Cucumber/figleaf gourd grafted plant
● 黄瓜/黄瓜嫁接株 Cucumber/cucumber grafted plant
■ 自根黄瓜株 Own-rooted cucumber plant

图 4 低温下云南黑籽南瓜砧木对嫁接黄瓜叶片羧化效率的影响
Fig. 4 Effect of figleaf gourd (*Cucurbita ficifolia* Bouché) as stock on carboxylation efficiency in leaf of grafted cucumber



□ 黄瓜/云南黑籽南瓜嫁接株 Cucumber/figleaf gourd grafted plant
■ 黄瓜/黄瓜嫁接株 Cucumber/cucumber grafted plant
▨ 自根黄瓜株 Own-rooted cucumber plant

图 5 低温下云南黑籽南瓜砧木对嫁接黄瓜叶片(A)和茎(B)中 iPA 含量的影响
Fig. 5 Effect of figleaf gourd (*Cucurbita ficifolia* Bouché) as stock on iPA content in leaf (A) and stem (B) of grafted cucumber

3 讨论和结论

在各植株生长发育阶段, 黄瓜/南瓜嫁接株叶片中蔗糖和葡萄糖含量均显著高于自根黄瓜株和黄瓜/南瓜嫁接株。有研究表明, 在胁迫条件下, 植物各器官中的相容性物质(如可溶性糖、氨基酸及多胺等)发生积累^[8], 它们作为渗透保护剂, 可使敏感的细胞成分相对稳定; Sasaki 等认为, 甘蓝(*Brassica oleracea* 'Banchurisu')耐冷性的消失与糖含量的减少有关^[9]。蔗糖既是叶片的光合产物, 也是有机物暂存和运输的重要形式, 在逆境条件下, 葡萄糖是蔗糖合成的重要前体物质, 两者均可作为相容性物质。实验结果表明, 较高含量的蔗糖和葡萄糖为黄瓜/南瓜嫁接株在低温下的正常代谢奠定了物质基础。

一些可溶性蛋白质的积累使冬小麦(*Triticum aestivum* L.)耐霜冻特性显著优于其他品种^[10]。在叶片的碳代谢中, 各种酶以可溶性蛋白质的形式存在, 其中 RuBP 羧化-加氧酶含量最高, 在成熟的小麦旗叶中, 约 30% 的可溶性蛋白质是 RuBP 羧化-加氧酶, 且其含量与叶片中的可溶性蛋白质含量呈正相关^[11]。研究发现, 低温条件下生长的黄瓜/南瓜嫁接株叶片中的可溶性蛋白质含量显著高于自根黄瓜株, 羧化效率和糖类含量也显著高于自根黄瓜株。因此, 由于以云南黑籽南瓜为砧木嫁接的黄瓜/南瓜嫁接株叶片能保持较高的光合同化速率和羧化效率, 因而可维持相对旺盛的合成活力, 积累较多的同化物, 为低温下生长势的增强提供了保障。

在逆境条件下, 作物体内会产生一系列信号, 包括水信号、电信号和化学信号等, 其中激素类物质具有化学信号的特征。有关黄瓜子叶衰老与油菜素内酯(*epi*-BR)关系的研究结果^[12]表明, *epi*-BR 处理后, 子叶中的可溶性蛋白质含量显著低于对照, 可能是因为 *epi*-BR 加速了子叶中蛋白质的降解和细胞间物质的转移。iPA 是异戊烯基类细胞分裂素之一, 研究表明, 自根黄瓜株叶片中的 iPA 含量显著高于黄瓜/南瓜嫁接株, 而叶片中的可溶性蛋白质含量则低于黄瓜/南瓜嫁接株, 表明 iPA 可能具有与油菜素内酯相似的作用, 能调节蛋白质的合成与分解代谢。在黄瓜/南瓜嫁接株的茎中积累了较多的 iPA, 而叶片中的 iPA 含量则较低, 可有效保存叶片光合机构

中蛋白质结构和功能的完整性。在自根黄瓜株及黄瓜/南瓜嫁接株中, 叶片中的 iPA 不能有效运输至茎中, 较高的 iPA 含量可能启动蛋白质分解信号, 引起与光合作用相关的蛋白质的失活和降解, 使叶片的羧化效率下降, 物质合成减少。以云南黑籽南瓜为砧木进行嫁接, 对低温条件下 iPA 在黄瓜体内的分布产生重要影响, 从而可调节黄瓜对低温的响应过程, 提高了黄瓜/南瓜嫁接株的耐冷性, 使黄瓜/南瓜嫁接株对低温的抗性优于自根黄瓜株和黄瓜/南瓜嫁接株。

参考文献:

- [1] 艾希珍, 于贤昌, 王绍辉, 等. 低温胁迫下黄瓜嫁接苗与自根苗某些物质含量的变化[J]. 植物生理学通讯, 1999, 35(1): 26-28.
- [2] Lee S H, Ahn S J, Im Y J, et al. Differential impact of low temperature on fatty acid unsaturation and lipoxygenase activity in figleaf gourd and cucumber roots[J]. Biochem Bioph Res Comm, 2005, 330(4): 1194-1198.
- [3] Lee S H, Chung G C. Sensitivity of root system to low temperature appears to be associated with the root hydraulic properties through aquaporin activity[J]. Sci Hort, 2005, 105(1): 1-11.
- [4] Ahn S J, Im Y J, Chung G C, et al. Physiological responses of grafted-cucumber leaves and rootstock roots affected by low root temperature[J]. Sci Hort, 1999, 81(4): 397-408.
- [5] 王志敏, 王树安, 苏宝林. 小麦幼穗器官中蔗糖降解酶的活性与分布[J]. 北京农业大学学报, 1995, 21(2): 147-151.
- [6] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000. 110-165.
- [7] 陈以峰. 细胞分裂素免疫分析: iPA_s、ZR_s ELISA 的建立[D]. 南京: 南京农业大学, 1990. 25.
- [8] 朱佳, 梁永超, 丁燕芳, 等. 砧对低温胁迫下冬小麦细菌光合作用及相关生理特性的影响[J]. 中国农业科学, 2006, 39(9): 1780-1788.
- [9] Sasaki H, Ichimura K, Oda M. Changes in sugar content during cold acclimation and deacclimation of cabbage seedlings[J]. Ann Bot, 1996, 78(3): 365-369.
- [10] Vitémvás P, Saalbach G, Prásl I J, et al. WCS120 protein family and proteins soluble upon boiling in cold-acclimated winter wheat [J/OL]. J Plant Physiol, 2006[2006-09-16]. <http://www.sciencedirect.com/science>.
- [11] 王仁雷, 魏锦城. 杂交稻及其三系生育过程中 RuBP 羧化酶及有关光合酶的变化[J]. 作物学报, 1996, 22(1): 6-12.
- [12] 丁文明, 赵毓橘. 表油菜素内酯对黄瓜子叶过氧化物酶活性和可溶性蛋白含量的影响[J]. 植物生理学报, 1995, 21(3): 259-264.