

张彩霞, 王星剑, 徐磊, 等. 外源 Ca^{2+} 对茄穴盘苗贮运质量的影响[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(9): 149–152.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.09.034

外源 Ca^{2+} 对茄穴盘苗贮运质量的影响

张彩霞¹, 王星剑¹, 徐磊¹, 陈祖枝², 王文婷¹, 胡欣¹, 卢婷¹, 黄碧阳¹, 郑诚乐¹

(1. 福建农林大学园艺学院, 福建福州 350002; 2. 福建省福安市农业局, 福建福安 355000)

摘要:以茄为试验材料, 研究贮运前喷施外源 Ca^{2+} 对茄穴盘苗贮运过程中相关生理指标及对定植后幼苗生长恢复能力的影响。结果表明, 外源 Ca^{2+} 对贮运过程中幼苗壮苗指数、可溶性糖含量、可溶性蛋白含量、叶绿素含量有所增加及对定植后的心叶生长有一定的促进作用, 与不喷施 Ca^{2+} (CK) 相比, 喷施外源 Ca^{2+} 可有效降低叶片细胞膜的受损程度, 提高定植苗的比叶重和根冠比, 其中, 以喷施 12 mmol/L Ca^{2+} 的效果相对最佳。

关键词:茄; 穴盘苗; Ca^{2+} ; 贮运; 生理指标; 壮苗指数

中图分类号: S641.104+.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)09-0149-04

穴盘育苗是利用穴盘作育苗容器, 采用草炭、蛭石等轻基质材料作育苗基质, 1 穴 1 粒, 一次性成苗的现代化育苗方式^[1]。目前, 我国有 2/3 的蔬菜采用育苗移栽的方式栽培, 而工厂化育苗主要以穴盘育苗为主^[1-4]。因此, 穴盘苗的运输成为一个不可缺少的环节, 如何避免运输途中低温、弱光及高温等胁迫对穴盘苗造成损伤, 这对穴盘苗的贮藏运输技术提出了更高要求。有研究表明, 在幼苗期适量施用一定浓度的脱落酸(abscisic acid, 简称 ABA)、糖类物质、一氧化氮(NO)等外源物可有效缓解逆境胁迫对植株造成的伤害, 增强植株抗逆境能力, 有利于种苗后期的生长恢复。通过施用外源物质改善作物对逆境的适应性, 促进其产量和品质的形成, 是省力、省时而又高效的途径之一。近年来研究发现, 在低温、弱光、干旱、盐胁迫、重金属毒害等多种逆境条件下, 钙能够有效调节植物的生长、发育、抗逆等生理反应^[5-6]。本研究以茄为试验材料, 研究贮运前叶面喷施 Ca^{2+} 对贮运过程中茄穴盘苗生长、相关代谢物质及定植后生长恢复能力的影响, 以为外源矿物质的科学利用提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

长卵黑茄品种秀娘, 由农友种苗(中国)有限公司提供; 外源 Ca^{2+} 、吐温-20(CAS 号: 9005-64-5), 由国药集团化学试剂有限公司提供。

1.2 试验方法

1.2.1 外源 Ca^{2+} 的喷施 试验于 2016 年 3–5 月在福建农林大学园艺学院设施温室和蔬菜生理生化实验室进行。将茄种进行常规温汤浸种催芽, 待大部分种子露白, 播种到 50 孔的穴盘中, 育苗基质为草炭: 珍珠岩: 蛭石按体积比 3: 1: 1 配制; 将播种好的穴盘置于光照、温度、湿度适宜的

温室中, 随机排列, 待子叶展平, 每 4 d 浇灌 1 次 1/2 日本山崎茄营养液; 穴盘苗长到 4 叶 1 心后的第 1、3 天 09:00 和 21:00, 分别对穴盘苗喷施含 0.01% 吐温-20 Ca^{2+} 浓度分别为 0、2、7、12、17、22 mmol/L 的溶液, 编号依次为 CK、G11、G22、G33、G44、G55, 喷壶平放喷施, 每次每穴盘喷施溶液 80 mL, 以叶面均匀布满液珠但不流下为宜。每个处理 2 个穴盘, 重复 3 次。

1.2.2 贮运模拟 喷施 Ca^{2+} 处理结束第 2 天 07:00, 将穴盘苗移到冷库内模拟贮运过程, 贮运环境温度为 15 ± 1 °C, 湿度为 70%~90%, 无光照; 每天 07:00、19:00 随机调换各重复在冷库中的位置, 并进行轻微上下晃动以达到模拟贮运的目的; 分别于模拟贮运后 0、2、4、6 d 的 07:00 测定相关形态及生理生化指标, 每个处理随机取样, 重复 3 次。

1.2.3 定植后的恢复 分别把贮运 0、2、4、6 d 的茄穴盘苗移栽到 10 cm × 10 cm 的营养钵中, 基质为体积比为 3: 1: 1 配制的草炭、珍珠岩、蛭石; 缓苗 1 d 后, 置于人工气候室中培养, 光照度为 120 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 光照时间为 12 h, 白天温度为 28 °C, 夜间为 20 °C, 湿度为 $(65 \pm 5)\%$, 每 2 d 浇灌 50 mL 1/2 日本山崎茄营养液; 每天 15:30 测定植株的心叶长度, 8 d 后测定相关形态指标。每个处理 15 株, 重复 3 次。

1.3 测定内容及方法

同一处理中随机选取长势一致的幼苗 5 株, 测定茎粗、株高、地下部与地上部干质量, 重复 3 次。计算壮苗指数^[7-8], 其公式为

壮苗指数 = (茎粗/株高 + 地下部干质量/地上部干质量) × 全株干质量。

分别采用考马斯亮兰法、萘酚比色法、酸性茆三酮比色法、硫代巴比妥酸法、浸提法测定可溶性蛋白、可溶性糖、脯氨酸、丙二醛(malondialdehyde, 简称 MDA)、叶绿素的含量^[8-10]; 采用电导法鉴定其抗逆性^[10]。测定心叶长度, 计算心叶绝对生长速度(mm/d)^[11], 其公式为:

心叶绝对生长速度 = (定植后 8 d 的平均心叶长度 - 定植时平均心叶长度) / 定植天数。

1.4 数据统计分析

采用 Excel 2003 软件对数据进行统计、作图; 采用 DPS

收稿日期: 2017-09-07

基金项目: 福建省科技厅重大专项(编号: 2014NZ0002-2)。

作者简介: 张彩霞(1992—), 女, 湖北秭归人, 硕士研究生, 从事景观园艺规划设计研究。E-mail: 859192210@qq.com。

通信作者: 郑诚乐, 博士, 教授, 从事果树、花卉等园艺设施研究。E-mail: 471811732@qq.com。

软件对数据进行 Duncan's 新复极差法差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 外源 Ca^{2+} 对茄穴盘苗贮运过程中壮苗指数的影响

由图 1 可知,贮运 0 d 时,处理 G22 的壮苗指显著高于 CK,较 CK 高 51.02%,其他浓度处理与 CK 差异不显著;贮运 2 d 时,外源 Ca^{2+} 处理的茄穴盘苗壮苗指数均显著大于 CK,其中处理 G33、G22 相对较高;贮运 4、6 d 时,处理 G33 的壮苗指数达到最大值,与 CK 相比差异显著;CK 处理的壮苗指数随贮运时间的增加整体呈减少趋势,贮运 2、4、6 d 时 CK 的壮苗指数比贮运 0 d 时分别减小 0.040、0.025、0.046;贮运 2、4、6 d 时,处理 G33 的壮苗指数比贮运 0 d 时分别增加 0.029、-0.013、0.032,说明外源 Ca^{2+} 12 mmol/L 处理对贮运过程中的茄穴盘苗有一定的壮苗效果,而其他 Ca^{2+} 处理随贮运时间的延长均导致茄壮苗指数下降。

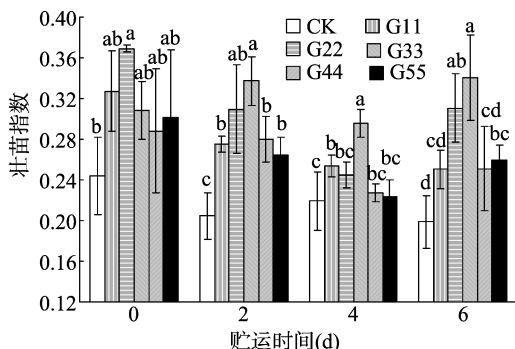


图 1 外源 Ca^{2+} 对茄穴盘苗贮运过程中壮苗指数的影响
柱上不同小写字母表示同一贮运期不同处理间差异显著 ($P < 0.05$)。下同

2.2 外源 Ca^{2+} 对茄穴盘苗贮运过程中相关代谢物质的影响

2.2.1 可溶性糖含量 由图 2 可知,随着贮运时间的延长, Ca^{2+} 处理的茄穴盘苗可溶性糖含量明显下降;贮运 0 d 时,处理 G11 的可溶性糖含量显著高于 CK,较 CK 增加 42.56%;在不同贮运期,处理 G55 的可溶性糖含量与 CK 差异不显著;贮运 2、4 d 时,处理 G22、G33 的可溶性糖含量相对高,与 CK 相比差异显著;贮运 6 d 时,处理 G33 的可溶性糖含量相对最高,其次为处理 G44、G22,均显著高于 CK;贮运 6 d 时,CK 处理的可溶性糖含量较贮运 0 d 时下降 45.75%,而处理 G33 的可溶性糖含量较贮运 0 d 时下降 8.55%,CK 处理的可溶性糖含量下降幅度是处理 G33 的 5.35 倍,有明显下降。这说明贮运可抑制植物体内能量物质的合成,导致可溶性糖含量的积累降低,而喷施外源 Ca^{2+} 可起到促进叶片可溶性糖合成的

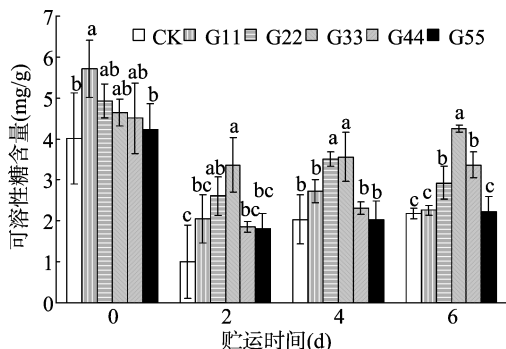


图 2 外源 Ca^{2+} 对茄穴盘苗贮运过程中可溶性糖含量的影响

效果,其中,以处理 G33 相对较好,G22 次之。

2.2.2 可溶性蛋白含量 由图 3 可知,贮运 0、2 d 时,处理 G44、G55 (高浓度 Ca^{2+} 处理) 的茄穴盘苗其可溶性蛋白含量明显低于 CK,贮运 4、6 d 时可溶性蛋白含量明显上升,与 CK 差异不显著,说明高浓度 Ca^{2+} 处理早期可抑制可溶性蛋白的积累,但这种抑制是可逆的,4 d 后可恢复;处理 G33 茄穴盘苗的可溶性蛋白含量在贮运 4、6 d 时显著高于 CK,分别较 CK 高 44.21%、40.06%。

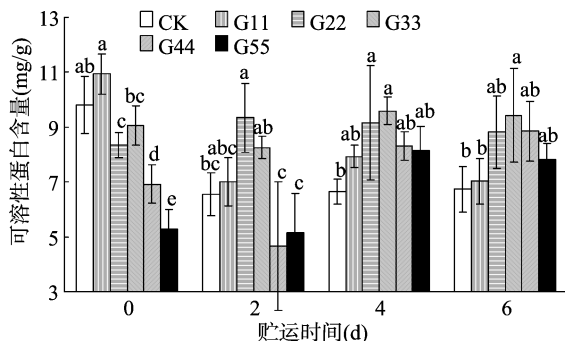


图 3 外源 Ca^{2+} 对茄穴盘苗贮运过程中可溶性蛋白含量的影响

2.2.3 叶绿素含量 由图 4 可知,在贮运过程中 CK 的叶绿素含量呈下降趋势,贮运 2、4、6 d 时的叶绿素含量分别比贮运 0 d 时下降 0.21、0.26、0.31 mg/g;贮运 2、4 d 时,处理 G33 的叶绿素含量达到最大值,较 CK 分别高 12.42%、11.66%,显著高于 CK;贮运 6 d 时,处理 G11、G22、G33 的叶绿素含量显著高于 CK,其中,处理 G33 的叶绿素含量最高,为 3.473 9 mg/g,显著高于其他处理。

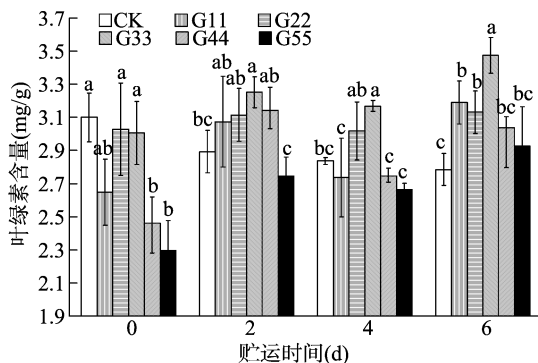
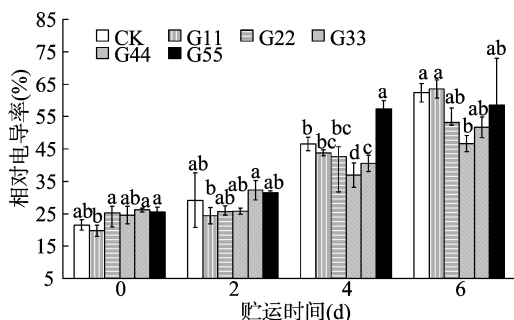


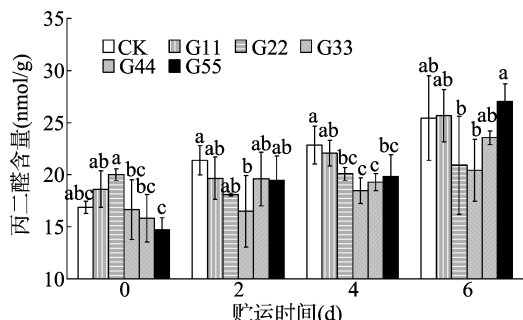
图 4 外源 Ca^{2+} 对茄穴盘苗贮运过程中叶绿素含量的影响

2.3 外源 Ca^{2+} 对茄穴盘苗贮运过程中质膜透性的影响

2.3.1 相对电导率 相对电导率是衡量生物膜受破坏程度高低的一个比较直观且重要的指标。由图 5 可知,在贮运逆境胁迫影响下,穴盘苗叶片的细胞膜透性受到破坏,导致叶片的相对电导率随贮运时间的延长而逐渐增加,CK 处理贮运至 6 d 时,穴盘苗叶片相对电导率较贮运 0 d 时增加 190.44%;贮运 0、2 d 时,外源 Ca^{2+} 处理的相对电导率与 CK 相比差异不显著;贮运 4 d 时,处理 G33 的相对电导率相对最低,其次为处理 G44,分别较 CK 降低 20.70%、13.00%,均显著低于 CK 处理;贮运 6 d 时,处理 G33 的相对电导率显著低于 CK,其他 Ca^{2+} 浓度处理与 CK 差异不显著。这说明一定浓度外源 Ca^{2+} 处理能明显减缓贮运过程中叶片细胞膜透性的增大,对保持细胞膜渗透性有积极作用。

图5 外源 Ca^{2+} 对茄穴盘苗贮运过程中相对电导率的影响

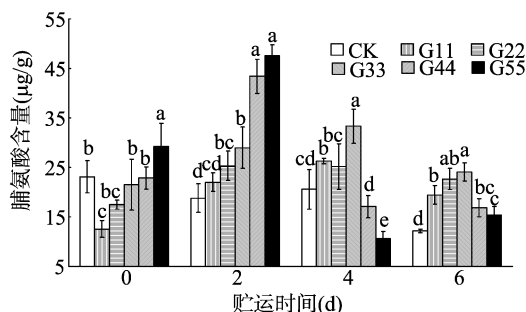
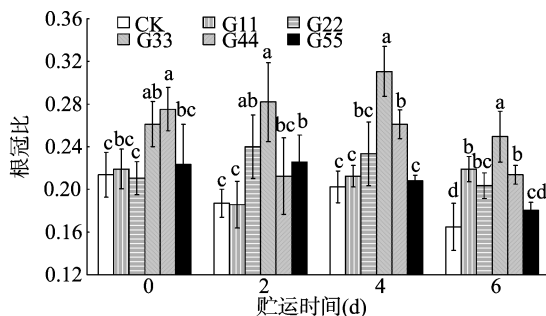
2.3.2 丙二醛含量 MDA 是植物生物膜系统氧化的产物,其含量高低可以反映膜系统受破坏的程度。由图 6 可知,各处理 MDA 含量的动态变化与叶片相对电导率基本一致;贮运 2、4、6 d 时 CK 的 MDA 含量分别比贮运 0 d 增加 4.50、5.97、8.57 nmol/g,MDA 含量增幅明显;贮运 0 d 时,外源 Ca^{2+} 处理的 MDA 含量与 CK 相比差异不显著;贮运 2 d 时,处理 G33 的 MDA 含量显著低于 CK,较 CK 低 22.85%;贮运 4 d 时,除处理 G11 外,其他外源 Ca^{2+} 处理的 MDA 含量均显著低于 CK,而相互之间差异不显著;贮运 6 d 时,处理 G33、G22 的 MDA 含量明显低于 CK,分别较 CK 下降 19.68%、17.77%。这说明一定浓度的外源 Ca^{2+} 处理,可明显降低贮运过程中叶片 MDA 的积累,其中,G33 处理效果相对最好,其次为处理 G22。

图6 外源 Ca^{2+} 对茄穴盘苗贮运过程中丙二醛含量的影响

2.3.3 脯氨酸含量 脯氨酸是生物体内比较常见的渗透调节物质,其积累可以提高细胞液浓度并增强细胞液的流动性,维持逆境胁迫下细胞膜结构和功能的完整性。由图 7 可知,在贮运过程中,CK 的脯氨酸含量有明显的下降,贮运 2、4、6 d 时脯氨酸含量分别比贮运 0 d 下降 18.60%、10.97%、47.33%;随着贮运时间的延长,外源 Ca^{2+} 处理的脯氨酸含量呈先升后降趋势,且多显著高于 CK;贮运 2 d 时,处理 G44、G55 的脯氨酸含量相对较高,分别是 CK 的 2.31 倍、2.53 倍,其次为处理 G22、处理 G33,均显著高于 CK;贮运 4、6 d 时,处理 G33 的脯氨酸含量相对最高,分别是 CK 的 1.62、1.98 倍,均显著高于 CK。

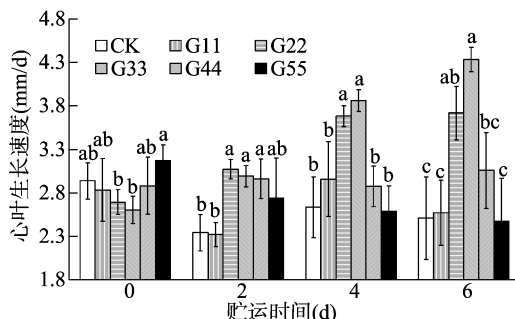
2.4 外源 Ca^{2+} 对茄穴盘苗定植后生长的影响

2.4.1 根冠比 由图 8 可知,外源 Ca^{2+} 处理的茄穴盘苗,贮运 0 d 后定植其根冠比以处理 G44 的相对最大,其次为处理 G33,分别较 CK 增加 28.67%、22.17%,均显著高于 CK,而其他处理与 CK 相比差异不显著。随着贮运时间的延长,各处理的根冠比呈先升后降趋势;同一贮运时间,随着外源 Ca^{2+} 处理浓度的增加,根冠比整体呈先增加后减小趋势;贮运 2、4、6 d 时,处理 G33 的根冠比显著大于 CK,分别是 CK 的

图7 外源 Ca^{2+} 对茄穴盘苗贮运过程中脯氨酸含量的影响图8 外源 Ca^{2+} 对定植后茄穴盘苗根冠比的影响

1.51、1.54、1.51 倍,其次为处理 G44、处理 G22,说明外源 Ca^{2+} 处理的穴盘苗在定植后对地下部生长有一定的促进作用。

2.4.2 心叶生长速度 定植后幼苗的心叶生长状态,可以在某种程度上反映植株的生长恢复能力。由图 9 可知,贮运 0 d 时,外源 Ca^{2+} 处理的茄穴盘苗其心叶生长速度与 CK 相比差异不显著;随着贮运时间的延长,CK 处理的茄苗心叶生长速度明显下降,贮运 2、4、6 后的茄苗其心叶生长速度较贮运 0 d 时分别下降 20.35%、10.38%、14.63%,说明贮运会影响茄穴盘苗定植后的心叶生长,且随着贮运时间的延长,这种影响程度逐渐加深;贮运 2 d 时,处理 G22、G33、G44 的心叶生长速度相对较快,显著快于 CK,而相互间差异不显著;贮运 4、6 d 后定植的茄穴盘苗,处理 G22、G33 的心叶生长速度均显著快于 CK,而相互间差异不显著,其中,处理 G33 的心叶生长速度相对最快,贮运 4、6 d 后定植的茄穴盘苗其心叶生长速度分别是 CK 的 1.47、1.73 倍。这说明贮运前一定浓度的外源 Ca^{2+} 处理对穴盘苗定植后心叶生长有不同程度的促进作用。

图9 外源 Ca^{2+} 对定植后茄穴盘苗心叶生长的影响

2.4.3 比叶重 由图 10 可知,在不同贮运期内,处理 G22、G33 定植后幼苗的比叶重基本保持稳定,其他处理的比叶重随着贮运时间的延长多呈减小趋势;贮运 0 d 时,处理 G33 的比叶重显著高于 CK,较 CK 增加 22.35%,其他浓度处理与 CK 相比差异不显著;贮运 2 d 时,处理 G22、G33 的比叶重相

对较大,分别比CK增加19.25%、22.96%,且显著高于CK;贮运6 d时,处理G33的比叶重相对最大,是CK的1.38倍,其次为处理G22,均与CK有显著性差异。

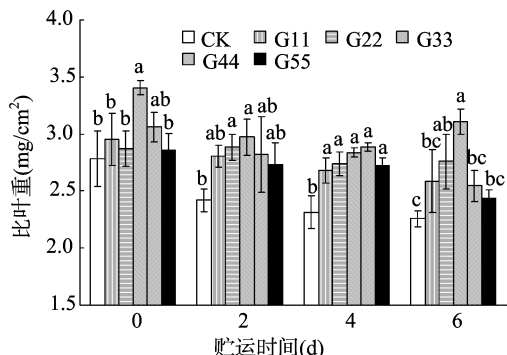


图10 外源Ca²⁺对定植后茄穴盘苗比叶重的影响

3 结论与讨论

Ca²⁺是生物体内传递逆境胁迫信号的第二信使,逆境引起的胁迫可诱发细胞中Ca²⁺浓度增加,从而激活细胞内与逆境胁迫相关基因的表达,进而引起植株的抗逆反应^[12]。胡文海等研究表明,低温弱光胁迫可抑制番茄和西瓜幼苗的正常生长,幼苗有明显的徒长现象,比叶重下降、色素含量降低,且随着胁迫时间的延长,幼苗劣变程度加重^[13-14]。本试验研究表明,贮运6 d时,不喷施Ca²⁺(CK)处理的壮苗指数、可溶性糖含量、可溶性蛋白含量、叶绿素含量分别比贮运0 d时下降18.67%、45.75%、31.33%、10.15%,而喷施外源Ca²⁺能使贮运过程中苗的代谢物质维持在一个相对稳定的水平,且拥有较高的壮苗指数,其中,以喷施外源Ca²⁺12 mmol/L(处理G33)为佳。

邢燕等研究发现,低温、弱光逆境下西瓜和黄瓜幼苗的细胞膜系统会受到破坏,与逆境呈负相关的膜透性、丙二醛含量会明显上升,渗透调节物质出现降低现象^[15-16]。本试验研究表明,贮运6 d时,CK处理的叶片相对电导率、MDA含量分别较贮运0 d时增加190.44%、50.76%;脯氨酸的相对积累量随贮运时间的延长有明显的下降,这与邢燕等的研究结果^[15-16]一致,说明贮运的极端环境会影响幼苗细胞膜系统的正常结构和功能,降低了植株抵抗逆境的能力。张琳等在对番茄幼苗耐低温、杏扁雌蕊抗寒性的研究时发现,外源Ca²⁺处理可显著降低胁迫下MDA含量和膜脂过氧化程度,其幼苗可溶性蛋白、可溶性糖含量增加,抗寒性增强^[17-18]。本试验结果表明,一定浓度的外源Ca²⁺处理对维持贮运过程中细胞膜透性有积极的作用,12 mmol/L Ca²⁺(G33处理)的茄穴盘苗在贮运6 d时,其相对电导率、MDA含量分别比CK低25.18%、19.68%,脯氨酸含量是CK的1.98倍,这与张琳等的研究结果^[17-18]基本一致,说明一定浓度的外源Ca²⁺处理可维持贮运过程中细胞膜系统结构和功能的完整性,提高了植物的抗氧化酶活性,对维持正常的植物生长代谢有积极的促进作用。

李益清等研究表明,外源Ca²⁺处理可显著降低低温、弱光胁迫对番茄、青菜幼苗造成的伤害,促进幼苗的生长,提高逆境胁迫后幼苗的生长恢复能力^[19-20]。本试验结果表明,在后期茄苗生长恢复中喷施外源Ca²⁺的茄苗其根冠比、心叶

生长速度、比叶重明显大于CK,且随着贮运时间的延长,其差异越明显,说明Ca²⁺处理能够有效提高茄苗定植后生长恢复能力,使贮运过程中逆境胁迫对穴盘苗造成的不利影响降到最低,保持了较高的商品性,其中,以喷施外源Ca²⁺12 mmol/L相对最好。

综上所述,外源Ca²⁺处理能有效缓解贮运过程中低温、弱光胁迫对穴盘苗的伤害,提高了穴盘苗耐贮运能力及定植后的生长恢复能力,其中,以喷施外源12 mmol/L Ca²⁺的效果相对为佳,茄穴盘苗的贮运质量相对最好,适合推广应用。

参考文献:

- [1] 胡文娟,曲英华. 我国蔬菜穴盘育苗的研究现状分析[J]. 农业工程技术(温室园艺),2006(1):30-31.
- [2] 别之龙,黄丹枫. 工厂化育苗原理与技术[M]. 北京:中国农业出版社,2008:80-82.
- [3] 袁华玲,张金云,张学义,等. 蔬菜穴盘工厂化育苗技术及发展策略[J]. 安徽农业科学,2003,31(6):977-979.
- [4] 张俊杰,张西群,彭发智,等. 蔬菜工厂化播种育苗技术及应用前景[J]. 河北农业科学,2013,17(4):20-23.
- [5] Evans N H, Mcainsh M R, Hetherington A M, et al. ROS perception in *Arabidopsis thaliana*: the ozone-induced calcium response[J]. The Plant Journal,2005,41(4):615-626.
- [6] 闫童. 根区临界低温下钙与抑制剂对黄瓜幼苗生理生化特性的影响[D]. 泰安:山东农业大学,2006.
- [7] 黄淑华,徐福利,王渭玲,等. 丹参壮苗指数及其模拟模型[J]. 应用生态学报,2012,23(10):2779-2785.
- [8] 韩素芹,王秀峰,魏珉,等. 甜椒穴盘苗壮苗指数及其与苗期性状的相关性研究[J]. 山东农业大学学报(自然科学版),2004,35(2):187-190,195.
- [9] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2006.
- [10] 高俊峰. 植物生理实验指导[M]. 北京:高等教育出版社,2006.
- [11] 潘小兵,田永强,李娟起,等. 不同贮藏温度对青花菜穴盘苗质量的影响[J]. 中国蔬菜,2015(5):23-27.
- [12] Hepler P K, Wayne R O. Calcium and plant development[J]. Annual Review of Plant Physiology,1985,36:397-439.
- [13] 胡文海,喻景权. 低温弱光对番茄植株生长发育及生理功能的影响[J]. 中国生态农业学报,2003,11(3):55-57.
- [14] 李爱民,张永泰,熊飞,等. 低温弱光对西瓜幼苗生理特性的影响[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版),2012,33(2):78-82,94.
- [15] 邢燕,徐志红,徐永阳,等. 西瓜苗期耐低温弱光性鉴定指标初探[J]. 中国瓜菜,2012,25(6):31-33.
- [16] 郅丽娟,齐铁权,苏俊坡,等. 低温弱光对不同砧木嫁接黄瓜幼苗生理特性的影响[J]. 西南大学学报(自然科学版),2008,30(10):68-72.
- [17] 张琳,王甲辰,左强,等. 外源钙对低温胁迫下番茄幼苗生化指标及膜伤害的研究[J]. 北方园艺,2011(12):24-26.
- [18] 刘铁铮,王献革,索相敏,等. 外源钙及钙离子抑制剂对杏扁雌蕊抗寒性的影响[J]. 吉林农业科学,2015,40(5):90-92,101.
- [19] 李益清,李天来. 外源钙及钙抑制剂对番茄耐弱光特性的调控作用[J]. 西北农业学报,2011,20(8):121-126.
- [20] 唐征,荆赞革,张小玲,等. 外源Ca²⁺对青花菜幼苗低温弱光胁迫的缓解作用[J]. 贵州农业科学,2012,40(3):35-37.