

基质添加菌剂对黄瓜幼苗低温贮藏特性的影响

买买提吐逊·肉孜 段奇珍 曲梅 高丽红*

(中国农业大学农学与生物技术学院, 北京 100193)

摘要: 利用分别添加 FZB-42、GM 及 Bio 菌剂的基质培育黄瓜幼苗, 研究其在 12 ℃低温下贮藏 3、6、9、12 d 后黄瓜幼苗叶绿素含量、净光合速率、生物量以及贮藏后光合速率恢复情况等。结果表明: FZB-42 和 Bio 能增加黄瓜幼苗叶绿素含量, 保持较高的光合速率, 黄瓜幼苗低温贮藏后其光合速率能较快地恢复到正常生长植株的水平。同时, FZB-42 处理黄瓜幼苗 MDA 含量相对较低, 表明细胞膜结构受破坏程度低。FZB-42 和 GM 处理在低温贮藏期间能使黄瓜幼苗保持较稳定的鲜质量, 幼苗长势整齐。

关键词: 菌剂; 黄瓜幼苗; 耐贮性; 恢复特性

中图分类号: S642.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-6346 (2011) 16-0039-05

Effect of Microbe Fertilizers+Seedling Substrate on Cold Tolerance and Storage Quality of Cucumber Seedling

Maimaitituxun.Rouzi, DUAN Qi-zhen, QU Mei, GAO Li-hong*

(College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract: Seedling substrates were mixed with various amounts of *Bacillus amyloliquefaciens*, *Glomus mosseae* and a commercial bio-fertilizer prior to sowing, in order to evaluate the low temperature (12 ℃) storage effect and photosynthesis speed recovery process of *Cucumis sativus* seedlings after varied storage time (3 d, 6 d, 9 d, 12 d). The results showed that *Bacillus amyloliquefaciens* and Bio can improve chlorophyll content and photosynthesis speed during storage. *Bacillus amyloliquefaciens* treatment could speed photosynthesis recovery process of seedlings after low temperature storage, so that the seedlings were able to grow like normal plant. At the same time, MDA content was relatively low when the seedlings were treated by FZB-42. This indicated that the damage of cell structure was also low. *Glomus mosseae* and FZB-42 treatments would enable cucumber seedlings to keep stable freshness during low temperature storage and to grow in trimness.

Key words: Microbe fertilizer; Cucumber seedling; Storage endurance; Recovery

随着蔬菜产业化的发展, 专业化育苗技术的重要性逐渐显现, 工厂化穴盘育苗技术近几年在我国得到了较快的发展。然而, 产业化的商品苗在运输、销售和贮藏过程中因低温弱光、机械震荡、滞销等种种原因导致销售前的黄瓜 (*Cucumis sativus* L.) 幼苗质量下降, 不能达到消费

收稿日期: 2011-03-11; 接受日期: 2011-05-06

基金项目: 北京果类蔬菜创新团队建设资助和现代农业产业技术体系建设专项资金资助 (Nycytx-35-gw22)

作者简介: 买买提吐逊·肉孜, 男, 硕士研究生, 专业方向: 设施园艺与无土栽培, E-mail: tomorrow0219@163.com

* 通讯作者(Corresponding author): 高丽红, 女, 教授, 博士生导师, 专业方向: 设施园艺与无土栽培, E-mail: gaolh@cau.edu.cn

者的要求或定植后生长缓慢甚至死亡，造成巨大经济损失。因此，如何保持幼苗从生产到定植之前的健康壮苗水平，提高运输或长期贮藏效果，延长供应和销售时间成为亟待解决的问题（魏智龙 等，2000）。

贮藏温度是影响幼苗质量的重要因素之一。Heins 等（1996）、Nishine 等（1996）对番茄、大白菜穴盘苗贮藏特性影响因素的研究表明，穴盘苗的贮藏质量主要受贮藏温度和贮藏时期长短的影响。国内对不同温度下黄瓜穴盘苗的贮藏效果的相关研究表明，12 ℃是黄瓜幼苗贮藏的适宜温度（许蕊和李高燕，2009）。

枯草芽孢杆菌（*Bacillus subtilis*）对植株的生长具有促进作用，能提高植株 SOD、POD 和 CAT 等保护酶的活性，降低 MDA 含量（尹汉文 等，2006）。丛枝菌根菌（Arbuscular Mycorrhiza, AM）能促进作物对养分的吸收，提高作物对低温、干旱、盐碱等逆境的抗性并减少土传疾病和线虫等的侵染。西球囊霉（*Glomus mosseae*, GM）菌根接种黄瓜幼苗根后，黄瓜叶片中的叶绿素 a、b 含量均有所增加，提高了幼苗的抗逆性（耿广东 等，2008）。但通过向基质中添加菌剂，能否提高穴盘苗的耐贮运特性鲜有报道。

本试验以生产中栽培面积大，穴盘育苗技术应用广的黄瓜为材料，研究基质中添加促进植物生长的微生物菌剂对黄瓜幼苗低温贮藏特性的影响，为黄瓜育苗的专业化生产和销售提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试黄瓜品种为津育 5 号，采用 72 孔穴盘进行育苗。供试菌剂为：淀粉降解枯草芽孢杆菌 *Bacillus amyloliquefaciens*（以下简称 FZB-42），有效活菌数约 5×10^{10} 个·mL⁻¹，由中国农业大学资源与环境学院提供；丛枝菌根真菌 *Glomus mosseae*（以下简称 GM），由中国农业科学院蔬菜花卉研究所提供；Bio 爸爱我牌生物肥（以下简称 Bio），由南京农业大学植物营养与肥料系研制，直接从农贸市场购买。

1.2 试验方法

1.2.1 育苗 试验于 2010 年 1 月 22 日~3 月 8 日在中国农业大学科学园日光温室内进行，所用草炭和蛭石基质从市场购买（吉林省永吉县双河镇绿洲草炭加工厂生产）。草炭和蛭石按 2 V:1 V 均匀搅拌形成复合基质后再进行菌剂处理。各种菌剂在播种之前按照预备试验获得的较适宜的添加量添加于基质中。处理 1：0.01% FZB-42 菌液以每孔 3 mL 均匀喷入装满复合基质的穴孔内；处理 2：GM 按 1 V:20 V 与复合基质均匀搅拌；处理 3：Bio 按 1 V:30 V 与复合基质均匀搅拌；处理 4：不加任何菌剂（CK₁）。

每处理播种 3 盘（每盘 72 孔），作为 3 次重复。播种后的穴盘随机排列于温室中温光环境一致的地方进行常规管理，当穴盘苗长到两叶一心（苗龄为 45 d）时对幼苗进行低温贮藏处理。

1.2.2 低温贮藏 在贮藏前一天对黄瓜幼苗各项生理指标进行测定，然后将穴盘以每 6 株苗为一块剪成若干块，每个处理随机选出 18 块，置于 RXZ 智能型人工气候室里进行贮藏试验。气候室内空气昼夜温度均设置为 12 ℃，相对湿度为 90%，光照强度为 50 μmol·m⁻²·s⁻¹，昼夜光照周期为 8 h/16 h。低温贮藏处理之前浇透水，贮藏期间根据苗情进行适当喷水。贮藏时间分别为 3、6、9、12 d。每个贮藏时期分别从每个处理中随机抽取 24 株叶片完整无损、无特别严重冷害症状的幼苗测其叶绿素含量、光合速率、MDA 含量、鲜质量等指标。同时，每个贮藏时期从每个处理中随机抽选 10 株黄瓜幼苗置于适宜的光温环境（智能日光温室，室内昼夜温度 28 ℃/15 ℃，相对湿度 70% 以上）中进行生长，并于第 3 天测定不同处理黄瓜幼苗的净光合速率，将其与未低

温贮藏处理的同龄黄瓜幼苗(CK_2)进行比较, 评价其光合速率恢复情况。

1.3 项目测定

黄瓜幼苗叶绿素总含量采用丙酮法测定; 丙二醛(MDA)含量采用硫代巴比妥酸法测定; 光合速率采用LI-6400光合仪测定(人工气候室内用标准光源测光合速率, 光照强度为 $50\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 恢复时测光合速率则在自然光下测定); 幼苗鲜质量用天平(0.01 g)进行称量。

试验数据用Excel 2003软件进行整理, 用SPSS13.0数据分析软件进行LSD-Duncan多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同菌剂处理对低温贮藏黄瓜幼苗叶片叶绿素总含量的影响

由图1可知, 贮藏之前不同菌剂处理的幼苗叶绿素含量均明显高于对照, 不同菌剂之间也存在差异。随着低温贮藏天数的增加, 所有处理叶片叶绿素总含量整体呈下降趋势。在相同的贮藏期间, 育苗基质菌剂处理下降平缓, 幼苗叶绿素含量相对保持较高的水平。其中, FZB-42和Bio处理幼苗叶绿素总含量明显高于GM和 CK_1 。叶绿素是植物光合反应中不可或缺的重要物质, 其含量高低与光合作用强弱呈正相关关系。因此, FZB-42和Bio处理在低温贮藏条件下能使黄瓜幼苗叶片保持较高的叶绿素含量, 有利于促进光合产物的积累和保持黄瓜幼苗健康的生长状态。

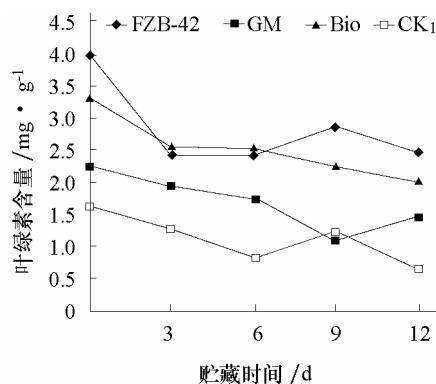


图1 不同菌剂处理对低温贮藏黄瓜幼苗叶片叶绿素总含量的影响

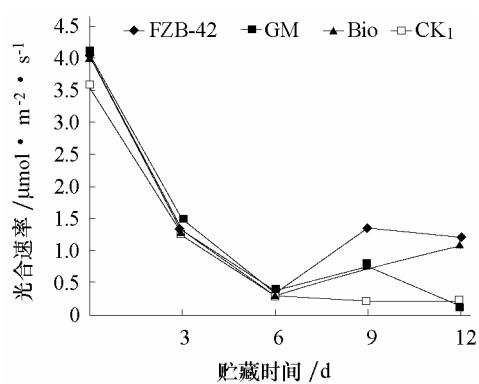


图2 不同菌剂处理对低温贮藏黄瓜幼苗叶片光合速率的影响

2.2 不同菌剂处理对低温贮藏黄瓜幼苗叶片光合速率的影响

不同菌剂处理对低温贮藏黄瓜幼苗叶片光合速率的影响结果如图2所示, 贮藏之前各处理叶片的光合速率几乎一致, 但随着低温贮藏时间的延长, 各处理的光合速率急速下降。FZB-42、GM、Bio处理的光合速率贮藏6 d后开始回升; 其中GM处理在贮藏9 d后又下降至 CK_1 的水平; CK_1 光合速率一直持续下降。试验结果显示, 菌剂处理在低温贮藏条件下能使黄瓜幼苗光合速率维持较高的水平, 尤以FZB-42和Bio处理的效果明显。

幼苗低温贮藏结束后能否尽快地适应外界环境, 恢复正常生长是评价贮藏效果的关键。本试验中, 同时对贮藏结束后置于适宜生长环境里的菌剂处理和未低温贮藏处理的植株光合速率进行了测定, 结果见表1。贮藏3 d的黄瓜幼苗, FZB-42和Bio处理的光合速率恢复得最快, 其光合速率已经超过未低温贮藏 CK_2 的水平, 且远高于低温贮藏的 CK_1 ; 贮藏6 d的黄瓜幼苗, FZB-42、GM以及Bio处理的光合速率比低温贮藏 CK_1 恢复得快, 光合速率高于未低温贮藏 CK_2 以及低温贮藏 CK_1 , 且FZB-42和Bio与两个对照差异显著; 贮藏9 d后, 所有贮藏处理的光合

速率均低于未低温贮藏 CK₂, 但显著高于低温贮藏 CK₁, 其中 FZB-42 的光合速率高于其他菌剂处理; 贮藏 12 d, GM 和 Bio 处理的光合速率恢复第 3 天就超过未经低温贮藏 CK₂ 水平, 而低温贮藏 CK₁ 幼苗枯死。上述试验结果表明, 基质菌剂处理能加快贮藏幼苗光合速率的恢复速度, 其中 FZB-42 处理能明显地加快黄瓜幼苗贮藏后的光合速率, 有利于贮藏苗尽快恢复正常生长状态。GM 和 Bio 处理的光合速率恢复则相对缓慢。

2.3 不同菌剂处理对低温贮藏黄瓜幼苗叶片 MDA 含量的影响

MDA 是细胞膜脂过氧化作用的最终产物, 能直接反映细胞膜系统的受损程度。由图 3 可知, 随着贮藏时间的延长, FZB-42 处理的 MDA 含量变化幅度较小, 基本上保持相对稳定的水平; GM 和 Bio 处理的 MDA 含量在不同贮藏时间段其变化幅度较大, 但随着贮藏时间的延长, 其总体含量低于 CK₁。说明基质中添加菌剂处理能使黄瓜幼苗在低温贮藏条件下保持较稳定或相对较低的 MDA 含量, 对膜系统受损有一定的缓冲作用, 其中 FZB-42 的作用较明显。

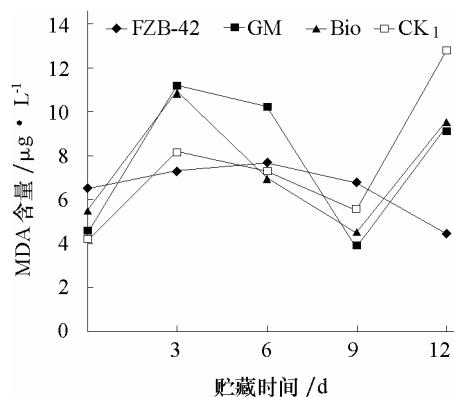


图 3 不同菌剂处理对低温贮藏黄瓜幼苗叶片 MDA 含量的影响

表 1 不同菌剂处理对低温贮藏黄瓜幼苗贮藏后恢复过程中光合速率的影响

处理	光合速率/ $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$			
	贮藏 3 d	贮藏 6 d	贮藏 9 d	贮藏 12 d
FZB-42	1.596 a	4.152 a	6.828 a	2.710 c
GM	1.067 b	5.326 a	4.412 bc	7.228 a
Bio	1.658 a	3.496 b	5.372 b	5.994 ab
CK ₁	0.479 c	3.150 b	1.608 d	—
CK ₂	1.308 ab	3.270 b	7.276 a	5.960 ab

注: CK₁ (低温贮藏) 贮藏 12 d 后恢复过程中大批枯死; CK₂ (未低温贮藏) 为同龄的未进行低温贮藏的对照, 始终处于进行恢复状况观察的温室环境中; 表中同列数据后不同小写字母表示差异显著 ($\alpha=0.05$)。

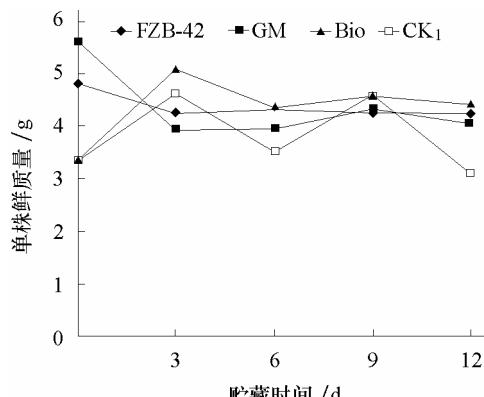


图 4 不同菌剂处理对低温贮藏黄瓜幼苗单株鲜质量的影响

2.4 不同菌剂处理对低温贮藏黄瓜幼苗单株鲜质量的影响

低温使黄瓜幼苗新陈代谢紊乱, 新合成的光合产物转移受阻, 导致植株异常生长。图 4 表明, 在贮藏之前, 不同处理幼苗单株鲜质量的差异较大, 进入贮藏期以后这种差异仍然持续。FZB-42 和 GM 处理幼苗贮藏 3 d 单株鲜质量明显下降, 但在随后的贮藏期间, 其单株鲜质量保持较稳定的水平, 变化幅度较小。Bio 和 CK 的单株鲜质量在贮藏期间变化比较复杂, 变化幅度较大, 尤其 CK₁ 的变化幅度最明显。试验结果证明, 基质菌剂处理能消除因低温贮藏而出现的大小苗或生长不齐的现象, 其中 FZB-42 的作用最明显。

3 结论与讨论

育苗基质中添加促进植物生长的微生物菌剂能提高黄瓜幼苗的低温贮藏效果, 加快贮藏后光合能力恢复速度。本试验结果表明, 低温贮藏条件下, FZB-42 和 Bio 能增加黄瓜幼苗的叶绿

素含量, 保持较高的光合速率, 贮藏结束后能较快地恢复到正常的生长状态。同时, FZB-42 处理能使黄瓜幼苗保持较低的 MDA 含量, 减少细胞膜结构受破坏程度, 有利于黄瓜幼苗保持比较正常的新陈代谢活动。FZB-42 和 GM 处理在低温贮藏期间能保持较稳定的单株鲜质量, 幼苗长势整齐。

微生物是土壤基质中最活跃的生物体, 能降解各种有害物质。育苗基质添加微生物菌剂后与植物形成的微生物-植物互作体系, 刺激植物体内各类酶的活性, 从而改善黄瓜幼苗的各种生理特性。有报道称, FZB-42 与植物根系形成互作系统, 能提高植株 SOD、POD 和 CAT 保护酶活性, 降低 MDA 含量 (Abdullah et al., 2008; 葛慈斌 等, 2009)。在低温条件下, FZB-42 可通过其互作体系影响幼苗根系酶系统活性, 从而保持较低的 MDA 水平。GM 能提高蔬菜幼苗根系中 SOD、PAL 等酶的活性, 增加根系干质量, 改善地上部生长, 但显著地减少根系周围的真菌数量, 从而控制黄瓜苗期各种病害 (范燕山, 2008; 王倡宪 等, 2008)。良好的根系生长环境能提高幼苗的耐低温能力, 通过其根系周围的微生物直接或间接作用达到较好的贮藏效果。Bio 生物肥能通过各种拮抗菌与有机堆肥混合, 对根系环境产生影响, 有利于促进根系的生长, 进而影响幼苗的质量。

微生物不仅亲自参与降解土壤基质里的各种物质, 其分泌物或次代谢产物也影响植物生长。有关基因组研究表明, 包含 ACC 脱氨酶的假单胞菌 FZB-42 能提高植株 SOD、POD 和 CAT 等多种保护酶的活性, 可用于抵抗干旱等各种环境胁迫 (Chen et al., 2009)。FZB-42 和 Bio 可能是通过根系-微生物分泌物或其次代谢分泌物互作来调节作物根际环境, 从而提高叶绿素含量和光合速率。微生物虽然对温度比较敏感, 但其代谢分泌物则少受或不受温度的影响, 因此, 这些促生菌可以通过其代谢分泌物间接地提高幼苗在低温条件下耐低温抗胁迫能力, 但其生理机理还不清楚, 因此本试验没有对育苗基质的化学成分进行研究和分析, 需要进一步用土壤酶活性方面的研究来解释。

本试验结果显示, 微生物菌剂能增强黄瓜幼苗耐低温胁迫能力, 从而提高低温贮藏效果。这可能是由于微生物-植物根系互作体系通过调控一系列抗胁迫基因来影响幼苗根际环境或其二次代谢物直接参与一系列低温胁迫生理反应造成的, 具体机理需要进一步研究来验证。

参考文献

- 范燕山. 2008. 丛枝菌根真菌对有机基质栽培番茄生长的影响 [硕士论文]. 长沙: 湖南农业大学.
- 耿广东, 谢兵, 李莉, 张素勤. 2008. VA 菌根对黄瓜幼苗生长及生理特性的影响. 长江蔬菜, (11): 29-31.
- 葛慈斌, 刘波, 蓝江林, 黄素芳, 朱育菁. 2009. 生防菌 JK-2 对尖孢镰刀菌抑制特性的研究. 福建农业学报, 24 (1): 29-34.
- 魏智龙, 邹志荣, 吴正景. 2000. 蔬菜与花卉的工厂化育苗技术. 北京农业科学, 18 (6): 17-19.
- 王倡宪, 郝志鹏. 2008. 丛枝菌根真菌对黄瓜枯萎病的影响. 菌物学报, 27 (3): 395-404.
- 许蕊, 李高燕. 2009. 不同贮藏温度对黄瓜秧苗质量的影响. 安徽农学通报, 15 (1): 54-57.
- 尹汉文, 郭世荣, 刘伟, 陈海丽. 2006. 枯草芽孢杆菌对黄瓜耐盐性的影响. 南京农业大学学报, 29 (3): 18-22.
- Abdullah M T, Ali N Y, Suleman P. 2008. Biological control of *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary with *Trichoderma harzianum* and *Bacillus amyloliquefaciens*. Crop Protection, 27 (10): 1354-1359.
- Chen X H, Koumoutsi A, Scholz R, Schneider K, Vater J, Süßmuth R, Piel J, Borrius R. 2009. Genome analysis of *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42 reveals its potential for biocontrol of plant pathogens. Journal of Biotechnology, 140: 27-37.
- Heins R D, Thomas F, Wallace J. 1996. Systems for storage of bedding-plants plugs. Bedding Plants Foundation INC, 71: 383-388.
- Nishine H, Yoshida K, Masui N, Hashimoto Y. 1996. Storage of tomato seedling plant plugs under faint irradiation and low temperature. Acta Hort, 44: 268-273.