

# 从枝菌根真菌对弱光条件下黄瓜幼苗生长发育及其光合特性的影响

韩浩章<sup>1</sup>, 王晓立<sup>1</sup>, 田福发<sup>2</sup>, 张颖<sup>1</sup>, 刘宇<sup>1</sup>, 张丽华<sup>1</sup>

(1. 宿迁学院 二系, 江苏 宿迁 223800; 2. 宿迁市农业科学院, 江苏 宿迁 223800)

**摘要:**以“津优 1 号”黄瓜幼苗为试材,研究了丛枝菌根真菌(AMF)菌根对弱光条件下黄瓜幼苗生长发育及其光合特性的影响。结果表明:弱光逆境影响黄瓜幼苗的生长发育,使黄瓜幼苗的根系活力降低;根冠比和丙二醛(MDA)含量提高,光合能力受到影响;接种摩西球囊霉菌(GM)能促进弱光条件下黄瓜幼苗的生长发育,提高其根系活力和光合能力;降低光合色素含量、根冠比和 MDA 含量,但叶绿素 a/叶绿素 b 值变化不明显。表明丛枝菌根真菌能促进黄瓜幼苗在弱光逆境条件下的生长发育和光合特性,提高了其弱光耐受性。

**关键词:**丛枝菌根真菌;弱光逆境;黄瓜;生长发育;光合特性

**中图分类号:**S 642.2 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2013)24-0028-04

黄瓜(*Cucumis sativus* L.)是我国保护地主要栽培蔬菜种类之一,北方夏秋季光照充足,但进入冬春季后,阴天雪天较多,日照较短,加之栽培设施遮荫,设施内普遍易形成弱光逆境<sup>[1-2]</sup>。弱光常导致黄瓜植株生长缓慢、茎蔓纤细、雌花减少、落花、多畸形瓜、化瓜多、花打顶、产量低<sup>[3-4]</sup>、净光合速率下降<sup>[5-6]</sup>等现象。因此,在我国北方地区秋冬茬和冬春茬黄瓜设施生产中,弱光是影响其产量和品质的主要限制因素。

丛枝菌根真菌(Arbuscular Mycorrhizal Fungi, AMF)可与多种不同植物共生而形成菌根,从而影响植物的代谢过程,扩大宿主植物在土壤中的有效吸收范围,促进植物对矿质养分和水分的吸收,进而促进植株生长发育、提高作物产量、品质及抗逆性等<sup>[7]</sup>。目前在番茄<sup>[8]</sup>和黄瓜<sup>[9]</sup>等植物上发现了 AMF 具备促进养分和水分吸收,提高光合能力的作用<sup>[10]</sup>。摩西球囊霉菌(*Glomus mosseae*, GM)是球囊霉属丛枝菌根真菌,具有对环境适应力强、应用范围广的特点。关于丛枝菌根真菌提高黄瓜幼苗耐弱光能力的研究尚鲜见报道,该试验通过研究丛枝菌根真菌对弱光条件下黄瓜幼苗生长发育和光合特性的影响,以期为解决苏北地区黄瓜设施栽培过程中的弱光逆境问题提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试黄瓜品种为“津优 1 号”。育苗基质为菜园土:有机肥=3:1,于烘箱中 121℃高温灭菌 2 h,自然冷却后继续于 80℃烘 2 h 后放置室温备用。

丛枝菌根真菌:摩西球囊霉菌(*Glomus mosseae*),简称 GM,由宿迁市农业科学院提供,菌剂以白三叶草为宿主扩繁获得,收获时的菌根侵染率≥85%,是含有孢子、菌丝、侵染根段等繁殖体及砂子的混合基质,每 10 g 菌剂约含 300 个孢子。

### 1.2 试验方法

2012 年 2 月开始在宿迁学院校内试验地育苗中心育苗,种子种植前用高锰酸钾消毒,盆钵直径 15 cm,用 70%酒精擦后晾干。试验设 2 个处理,每处理 15 盆,每盆含 3 粒种子。处理 1:为弱光逆境(RG):育苗土 850 g+10 g 灭菌菌剂和未灭菌菌剂水滤液(400 目筛过滤)10 mL,当生长至 2 叶 1 心时保留 1 株,置于弱光条件下(采取中棚内遮阳网单一处理,白天中午最高光强为 150  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,最高温度为 30℃;夜间最低温度为 18℃,无光照);处理 2:为接种 GM 并置于弱光逆境下(RG+GM):育苗土 850 g+10 g 未灭菌菌剂,当生长至 2 叶 1 心时保留 1 株,置于弱光条件下(弱光条件同处理 1);以正常光照为对照(CK):育苗土 850 g+10 g 灭菌菌剂和未灭菌菌剂水滤液(400 目筛过滤)10 mL,当生长至 2 叶 1 心时保留 1 株,置于正常光照条件下。20 d 后,当黄瓜植物生长至 3~4 片真叶时,在每处理内随机选取 3 个样品,进行黄瓜幼苗生长指标、叶绿素含量、丙

**第一作者简介:**韩浩章(1978-),男,硕士,副教授,研究方向为园林和园艺植物栽培生理及应用。E-mail:hhz\_007@163.com.

**基金项目:**宿迁市科技计划资助项目(Z202206);国家星火计划资助项目(2012GA690407)。

**收稿日期:**2013-09-06

二醛(MDA)含量、根系活力及净光合速率测定,取平均值进行数据处理。

1.3 项目测定

植物生长指标测定参考李伟等<sup>[11]</sup>的方法加以改进;叶绿素含量测定采用乙醇-丙酮法<sup>[12]</sup>;丙二醛(MDA)含量测定采用硫代巴比妥酸(TBA)法<sup>[12]</sup>;根系活力测定采用 TTC 法<sup>[13]</sup>;净光合速率测定采用美国 Li-COR 公司生产的 Li-6400 便携式光合仪测定,选用红蓝光源叶室,设置叶室光密度通量(PPFD)为 100  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。测定时样室本 CO<sub>2</sub> 浓度为(380±5) $\mu\text{mol}/\text{mol}$ ,测定温度为(28±2)℃。

表 1 GM 对弱光条件下黄瓜幼苗植株生长指标的影响

Table 1 Effects of GM on growth of cucumber seedlings under low light conditions

处理	茎粗/cm	茎高/cm	根长/cm	根粗/cm	地下部		地上部		根冠比
					鲜重/g	干重/g	鲜重/g	干重/g	
CK	0.457a	9.17a	7.53b	0.069a	2.253a	0.148a	18.513b	1.956a	0.62c
处理 1(RG)	0.387b	9.74a	8.20b	0.047b	0.521c	0.038c	10.44c	0.894c	0.85a
处理 2(RG+GM)	0.448a	11.00a	10.57a	0.073a	1.994b	0.094b	22.958a	1.533b	0.71b

注:小写字母代表均值差的显著性水平为 0.05 以下同。

2.2 GM 对弱光条件下黄瓜幼苗光合色素含量、MDA 含量及根系活力的影响

由表 2 可以看出,弱光逆境使黄瓜幼苗的根系活力和叶绿素 a/叶绿素 b 值降低;叶绿素 a 含量、叶绿素 b

1.4 数据分析

采用 SPSS 19.0 数据统计软件进行单因素方差分析(one-way ANOVA),并用最小显著差数法(LSD)检验数据之间的差异性,采用 Excel 软件制表。

2 结果与分析

2.1 GM 对弱光条件下黄瓜幼苗植株生长指标的影响

由表 1 可以看出,弱光逆境条件下,黄瓜幼苗的茎粗、根粗、地下部鲜重、地下部干重、地上部鲜重、地上部干重降低;茎高、根长、根冠比提高;接种 GM 提高了弱光逆境条件下黄瓜幼苗茎粗、茎高、根长、根粗、地下部鲜重、地下部干重、地上部鲜重、地上部干重,降低了根冠比。

含量、总叶绿素含量和 MDA 含量提高;接种 GM 降低了弱光逆境条件下黄瓜幼苗叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量、总叶绿素含量和 MDA 含量,提高了根系活力,各指标接近对照水平,而叶绿素 a/叶绿素 b 值变化不显著。

表 2 GM 对弱光条件下黄瓜幼苗光合色素含量、MDA 含量及根系活力的影响

Table 2 Effects of GM on root activity and the content of photosynthetic pigment and MDA of cucumber seedlings under low light conditions

处理	叶绿素 a 含量	叶绿素 b 含量	总叶绿素含量	叶绿素 a	根系活力	丙二醛含量
	/mg · g <sup>-1</sup>	/mg · g <sup>-1</sup>	/mg · g <sup>-1</sup>	/叶绿素 b	/μg · g <sup>-1</sup> · h <sup>-1</sup>	/mmol · g <sup>-1</sup>
CK	1.39b	0.31c	1.70c	4.41a	287.32b	3.78b
处理 1(RG)	2.02a	0.53a	2.55a	3.85a	194.66c	7.07a
处理 2(RG+GM)	1.47b	0.38b	1.85b	3.86a	300.48a	2.69b

2.3 GM 对弱光条件下黄瓜幼苗光合参数的影响

由表 3 可以看出,对照黄瓜幼苗在同一弱光条件下的净光合速率、气孔导度、胞间 CO<sub>2</sub> 浓度和蒸腾速率明

显低于经过 RG 处理和 RG+GM 处理的黄瓜幼苗;接种 GM 提高了弱光逆境条件下黄瓜幼苗净光合速率、气孔导度、胞间 CO<sub>2</sub> 浓度和蒸腾速率。

表 3 GM 对弱光条件下黄瓜幼苗光合参数的影响

Table 3 Effects of GM on photosynthetic characteristics of cucumber seedlings under low light conditions

处理	净光合速率/ $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	气孔导度/ $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	胞间 CO <sub>2</sub> 浓度/ $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$	蒸腾速率/ $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$
CK	3.64b	0.165c	343.78a	2.75c
处理 1(RG)	4.10b	0.203b	347.66a	3.20b
处理 2(RG+GM)	4.27a	0.266a	350.17a	3.58a

3 结论与讨论

弱光逆境对植物的营养生长、生殖生长、光合特性、叶绿体结构、酶系统和激素水平等方面都有影响<sup>[14]</sup>。遮光处理后黄瓜株高升高,茎蔓变细,根冠比增大,整株干样质量减少<sup>[11]</sup>。周晓丽等<sup>[15]</sup>的试验结果表明,随着光照强度降低,西葫芦幼苗根系活力也随之降低。种培芳<sup>[16]</sup>研究表明,甜瓜叶片经遮荫处理后,MDA 含量明显增加。大量的研究发现<sup>[17-19]</sup>,随着遮荫程度的增加,植

物叶绿素含量呈现上升趋势或是明显高于全光对照,在足够低的光强时含量最终下降。Lakshmi 等<sup>[20]</sup>、Singh 等<sup>[21]</sup>等指出弱光胁迫下植物功能叶绿素 a(Chl a)含量和叶绿素 b(Chl b)含量都有所增加,且 Chl b 含量增加幅度较 Chl a 含量的大,因此 Chl a/Chl b 的值有所减小。该研究也得出相同的结果,因而可以推测这是黄瓜植株对弱光逆境胁迫的一系列积极的生长适应性变化。植物经过其内光环境中的光敏色素(phytochrome,Phy)将信号从地上部传到根系,从而对根

系生长发育进行调节<sup>[22]</sup>。植物根系既是水分和养分吸收的主要器官,也是多种激素、有机酸和氨基酸合成的重要场所<sup>[23-25]</sup>,根系生长可能通过某种信号物质的变化调控着地上部分的生长。郭凤鸣<sup>[26]</sup>的试验也证明,黄瓜在弱光条件下株高增加,平均节间增长,说明茎的伸长是植株在弱光条件下的一种适应性反应,这有利于其捕获更多的光能。Chl b 能有效吸收短波光为主的漫射光,所以在轻度弱光或短时间弱光条件下 Chl b 含量的增加有助于利用漫射光中占优势的较短波长的蓝紫光,在提高捕光能力的同时,还增强了叶绿体对 2,6-二氯酚靛酚的还原能力,提高光合磷酸化活性及其捕光色素复合体(LHCP)的含量<sup>[27]</sup>。由表 3 还可以看出,植物在弱光条件下的适应性变化使得植物仍然保持较高的光合能力,因而在同一弱光条件下(100  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )经过弱光胁迫处理的黄瓜幼苗光合速率高于正常光照条件下的黄瓜幼苗。

范继红等<sup>[28]</sup>研究表明,植物感染丛枝菌根菌后,其抗旱性、抗盐碱、抗极端温度等的能力以及宿主植物在不利环境条件下的生存能力均得到提高。接种 AMF 延缓了低温胁迫下黄瓜幼苗光合速率、根系活力、羧化效率和叶绿素、可溶性蛋白质含量的下降,并且使 MDA 的含量保持相对较低的水平,诱导了抗氧化酶基因的表达及活性提高<sup>[29]</sup>。韩冰等<sup>[30]</sup>的研究表明,盐胁迫下接种 AFM 可显著促进黄瓜植株的生长,显著降低 MDA 含量。从该研究结果来看,接种 GM 能提高弱光条件下黄瓜幼苗植株茎粗、茎高、根长、根粗、地下部鲜重、地下部干重、地上部鲜重、地上部干重、根系活力和净光合速率;降低叶绿素 a、叶绿素 b、总叶绿素含量、根冠比和 MDA 含量。一方面可能是通过促进 P、N、B、Mn、Zn 等元素和水分的吸收,以维持植物正常生长代谢所需要的物质和能量,如硝酸还原酶和谷氨酸酶活性的提高、光合速率的提高等<sup>[28]</sup>;另一方面则可能是通过调控一些激素如 SA、ABA 等水平变化<sup>[31-32]</sup>,以影响植物对弱光的耐受性。

### 参考文献

- [1] 高丽红,张福漫.日光温室黄瓜生产中存在问题及解决途径[J].沈阳农业大学学报,2000,31(1):113-116.
- [2] Xu P L, Guo Y K, Bai J G, et al. Effects of long-term chilling on ultrastructure and antioxidant activity in leaves of two cucumercultivars under low light[J]. Physiologia Plantarum, 2008(132):467-478.
- [3] 裴孝伯,李世诚,蔡润.连续弱光处理对黄瓜生育及光合速率的影响[J].安徽农业大学学报,2005,32(3):373-376.
- [4] 朱艳蕾,陈梅,艾山江·阿布都拉.成株期弱光对不同品种黄瓜生长发育的影响[J].北方园艺,2008,32(9):4-7.
- [5] 李伟,黄金丽,睦晓蕾,等.黄瓜幼苗光合及荧光特性对弱光的响应[J].园艺学报,2008,35(1):119-122.
- [6] 米国全,刘丽英,金宝燕,等.弱光对不同生态型黄瓜幼苗光合速率及蔗糖代谢相关酶活性的影响[J].华北农学报,2011,26(1):146-150.
- [7] 刘润进,李晓林.丛枝菌根及其应用[M].北京:科学出版社,2000.
- [8] Copeman R H, Martin C A, Stutz J C. Tomato growth in response to salinity and mycorrhizal fungi from saline or non-saline soil[J]. Hort Science, 1996,31:341-344.
- [9] Rosendal C N, Rosendal L S. Influence of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi (Glomus spp.) on onion response of cucumber (*Cucumis sativus*) to salt stress[J]. Environ Exp Bot, 1991,31:313-318.
- [10] 贺忠群,贺超兴,任志雨,等.不同丛枝菌根真菌对番茄酶活性及光合作用的影响[J].北方园艺,2008(6):21-24.
- [11] 李伟,袁学平,杨逸然,等.弱光对两品种黄瓜光合特性和生长发育的影响[J].东北农业大学学报,2012,43(1):97-103.
- [12] 邹琦.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业出版社,2000:68-72,131-135.
- [13] 王英典,刘宁.植物生物学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2001:48-50.
- [14] 何小燕,马锦林,张日清,等.弱光胁迫对植物生长影响的研究进展[J].经济林研究,2011,29(4):131-136.
- [15] 周晓丽,张荣,王泽浩.低温弱光胁迫对西葫芦幼苗生长及生理特性的影响[J].甘肃农业科技,2009(3):14-16.
- [16] 种培芳.弱光胁迫对甜瓜光合特性及生长发育的影响[D].兰州:甘肃农业大学,2003.
- [17] 张琰,卓丽环,赵亚洲.遮荫处理对“血红鸡爪槭”叶片色素及碳水化合物含量的影响[J].上海农业学报,2006,22(3):21-24.
- [18] 林世垚,周文培,邱亦维,等.林下微生境对草坪草叶绿素含量的影响[J].浙江林业科技,2004,24(1):12-15.
- [19] 周兴元,曹福亮,陈志明,等.遮荫对几种暖地型草坪草成坪速度及其景观效果的影响[J].草原与草坪,2003(2):26-29.
- [20] Lakshmi Praba M, Vanangamudi M. Effect of low light on yield and physiological attributes of rice[J]. Crop Management and Physiology, 2004,29(2):71-73.
- [21] Singh V P, Dey S K. Effect of low light stress on growth and yield of rice[J]. Indian Journal of Plant Physiology, 1988,31(1):84-91.
- [22] Sun Q, Yoda K, Suzuki H. Internal axial light conduction in the stems and roots of herbaceous plants[J]. Journal of Experimental Botany, 2005,56:191-203.
- [23] 杨建昌.水稻根系形态生理与产量、品质形成及养分吸收利用的关系[J].中国农业科学,2011,44(1):36-46.
- [24] Inukai Y, Ashikari M, Kitano H. Function of the root system and molecular mechanism of crown root formation in rice[J]. Plant and Cell Physiology, 2004,45(Supplement):17.
- [25] 冯跃华,邹应斌, Buresh R J, 等.不同耕作方式对杂交水稻根系特性及产量的影响[J].中国农业科学,2006,39(4):693-701.
- [26] 郭凤鸣.弱光条件下黄瓜的生长解析[J].吉林农业大学学报,1990,12(1):32-35.
- [27] 何小燕,马锦林,张日清.弱光胁迫对植物生长影响的研究进展[J].经济林研究,2011,29(4):131-136.
- [28] 范继红,韩振芹,陈秀新.丛枝菌根对植物生理代谢的影响[J].安徽农业科学,2012,40(23):11540-11542.
- [29] 刘爱荣,陈双臣,刘燕英,等.丛枝菌根真菌对低温下黄瓜幼苗光合生理和抗氧化酶活性的影响[J].生态学报,2011,31(12):3497-3503.
- [30] 韩冰,贺超兴,郭世荣,等.丛枝菌根真菌对盐胁迫下黄瓜幼苗渗透调节物质含量和抗氧化酶活性的影响[J].西北植物学报,2011,31(12):2492-2497.
- [31] 卢静婵,王明元,姜攀,等.菌根共生体中植物信号物质的产生及其作用机制[J].华侨大学学报(自然科学版),2012,33(3):290-295.
- [32] 贺忠群,李焕秀,汤浩茹,等.丛枝菌根真菌对 NaCl 胁迫下番茄内源激素的影响[J].核农学报,2010,24(5):1099-1104.



# 聚乙二醇对老化甘蓝种子活力的影响

崔路路, 于海霞, 李景富, 许向阳

(东北农业大学 园艺学院, 黑龙江 哈尔滨 150030)

**摘要:**以“晚丰”甘蓝种子为试材,采用不同分子量、浓度、处理时间的 PEG 渗透剂分别对自然老化和人工老化种子进行组合引发处理,比较了不同 PEG 处理组合对老化甘蓝种子可溶性蛋白质含量、丙二醛(MDA)含量及超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)、过氧化物酶(POD)活性的影响。结果表明:PEG 对老化种子有一定修复作用,可以提高种子活力;PEG 分子量因素对自然老化种子的影响最大,浓度次之,处理时间最小;而经 PEG 渗透调节后老化种子萌发代谢过程有所改变,其中 MDA 含量比对照降低,可溶性蛋白质含量有所提高,抗氧化酶系统活性高于对照组;同时因老化条件的不同,自然老化与人工老化在生理生化方面存在差异,对 PEG 引发反应也有所区别,自然老化种子 PEG 引发效果较明显。

**关键词:**甘蓝;PEG;人工老化;自然老化;种子活力

**中图分类号:**S 565.401 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2013)24-0031-04

种子“老化”或“劣变”是伴随种子贮藏时间而发生的一种循序渐进的、自然不可逆的变化,可分为自然条

**第一作者简介:**崔路路(1987-),男,硕士研究生,研究方向为蔬菜遗传育种研究。E-mail:neaucui@163.com.

**责任作者:**许向阳(1969-),男,博士,研究员,博士生导师,研究方向为蔬菜遗传育种及生物技术和蔬菜种质资源。E-mail:xyy709@126.com.

**基金项目:**国家现代农业产业技术体系专项资金资助项目(CARS-25);黑龙江省杰出青年科学基金资助项目(JC201204);哈尔滨市科技创新人才研究专项资金资助项目(2011RFXXN031);东北农业大学创新团队基金资助项目;东北农业大学博士启动基金资助项目(2009RC09)。

**收稿日期:**2013-09-03

件和人工条件 2 种老化方式<sup>[1]</sup>。人工老化一般是在高温、高湿条件下模拟自然老化过程,人为控制加速种子老化的方法。在种子科学研究中常用来预测种子耐贮性和种子相关性能,但自然老化和人工老化在劣变阶段和深度上存在本质差异<sup>[2-3]</sup>。与人工老化作用相反的是人工引发,其可显著提高种子活力。聚乙二醇(PEG)是一种常见的高分子化合物引发渗透剂,具有多种分子量如 4 000、6 000、8 000、10 000 等,其本身不易自由出入细胞壁,从而不易渗入种子活细胞对种子造成伤害,但能逆转老化作用,可有效提高种子活力。20 世纪 70 年代 Heydecker 等<sup>[4]</sup>首次利用 PEG 处理洋葱种子,获得出苗整齐的效果。20 世纪 80 年代 Woodstocker 等<sup>[5]</sup>发现

## Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Growth and Photosynthetic Characteristics of Cucumber Seedlings Under Low Light Conditions

HAN Hao-zhang<sup>1</sup>, WANG Xiao-li<sup>1</sup>, TIAN Fu-fa<sup>2</sup>, ZHANG Ying<sup>1</sup>, LIU Yu<sup>1</sup>, ZHANG Li-hua<sup>1</sup>

(1. Second Department of Suqian College, Suqian, Jiangsu 223800; 2. Suqian Academy of Agricultural Sciences, Suqian, Jiangsu 223800)

**Abstract:** Taking ‘Jinyou No. 1’ cucumber seedling as material, the influence of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) on growth and photosynthetic characteristics of cucumber seedlings under low light conditions were studied. The results showed that: the cucumber seedling growth and root activity were decreased; root/shoot ratio and MDA content and photosynthetic capacity were increased under low light stress; GM could improve cucumber seedling growth, root activity and net photosynthetic rate; reduce the content of photosynthetic pigment, root/shoot ratio and MDA content under the condition of low light, chlorophyll a/chlorophyll b ratio did not change significantly. Arbuscular mycorrhizal fungi improved growth and photosynthesis of cucumber seedlings under low light stress conditions.

**Key words:** Arbuscular Mycorrhizal Fungi; weak light stress; cucumber; growth; photosynthetic characteristics