

光强对番茄氮素代谢及相关酶活性的影响

刘晓明¹, 杨延杰², 李天来³

(1. 上海交通大学 上海 200240; 2. 莱阳农学院, 山东 青岛 266109; 3. 沈阳农业大学 园艺学院 辽宁 沈阳 110161)

摘要:在日光温室内,以普通番茄为试材,进行开花期、坐果期、绿熟期的透光率 100%、75%、50%、25%的不同光照强度处理,研究了 NO₃⁻的吸收、运输和还原、无机氮含量变化以及有机氮含量变化和 一些相关酶的活性。结果表明:番茄根系活力受光强的影响较小;伤流液量及伤流液、茎、叶中 NO₃⁻的吸收和运输随光强的减弱而降低。谷氨酰胺合成酶活性与光强降低呈正相关。随光强减弱番茄叶和茎上部全氮含量先升高后降低,茎下部全氮含量先降低后升高。光照强度影响有机氮化物的含量,适度遮荫时番茄氨基酸和可溶性蛋白质升高,而光强继续降低则含量也降低。短期弱光促进叶部氨基酸和蛋白质合成积累,处理时间延长有机氮化物合成与积累受到抑制。

关键词:番茄;弱光;氮素代谢

中图分类号: Q 946 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2008)05-0005-05

番茄(*Lycopersicon esculentum* Mill.)生长对光强要求高,光强降低会限制其生产能力。设施条件下栽培,由于薄膜老化,温室结构遮荫,温室内光强普遍较低,光照不足影响番茄正常生长发育,影响生产。因此对弱光条件下影响番茄产量构成并与耐弱光关系密切性状研究,有利于提高番茄品质。氮素被称作“生命元素”,对植物生命生长发育各阶段不同代谢途径均有显著影响^[1-3],通过影响植株内部生理生化特性^[4-9],包括植物光合作用^[3,7-9]、代谢酶^[10-11](硝酸还原酶、谷氨酰胺合成酶)水分代谢等,进而影响叶片数、叶色、叶面积、株高、茎粗等形态变化,并且通过果实、种子等形成发育而直接、间接影响果菜产量。前人对不同形态氮素对番茄生育、产量及品质的影响^[12],不同生育期遮荫对番茄氮素分配的影响^[13]、氮素形态和光照强度对番茄生长及酶活性的影响做出了研究^[14],但对弱光下氮素代谢的深入研究报道甚少。因此通过对供试番茄在弱光条件下氮代谢及其相关酶活性变化规律的研究,探讨番茄弱光下适应机制,为弱光条件设施栽培作物的管理和调控提供依据。

1 材料与方法

试验于 2005 在沈阳农业大学园艺科研基地辽沈 I 型日光温室内进行,以栽培番茄品系为试材。随机区组

试验设计,定植缓苗 1 周后,用不同透光率遮光材料对温室内栽培的番茄进行弱光处理,使处理内环境的光照强度分别为自然光强的 75%(轻度弱光)、50%(中度弱光)和 25%(重度弱光),以温室内自然光强(100%)为对照,3 次重复,每处理 18 株。处理 3 周后取样,样品取自第 1 果穗红熟时生长点以下第 5 片真叶及相应茎节。

氨基酸含量采用茚三酮法测定(邹琦,1998);蛋白质含量采用考马斯亮蓝 G-250 染色法测定(邹琦,1998);全氮含量采用萘氏试剂法测定(鲍士旦,1986);硝酸还原酶活性采用 α-萘氨法测定(张宪政,1994 年);植株硝态氮含量采用偶氮红显色法测定(张宪政,1994);谷氨酰胺合成酶活性采用邹琦的方法测定(邹琦,1998);根系活力采用 α-萘氨法测定(张宪政,1994);伤流液中硝态氮含量采用偶氮红显色法测定(张宪政,1994)。

2 结果与分析

2.1 弱光对番茄 NO₃⁻的吸收、运输的影响

2.1.1 弱光对番茄根系活力的影响 由图 1 可知,番茄品系的根系活力随着相对光强的减弱而升高,而随着光强继续减弱的中度弱光和重度弱光条件下,根系活力又有所降低。即轻度弱光条件下番茄品系的根系活力有所升高,而在中度和重度弱光条件下这种升高趋势被抑制。

2.1.2 弱光对番茄伤流液量的影响 由图 2 可知,随着相对光强的减弱,供试的番茄品系的伤流液量的总体趋势均为逐渐降低。

2.1.3 弱光对番茄伤流液中 NO₃⁻的含量影响 由图 3 可知,番茄品系的伤流液中 NO₃⁻的含量随着相对光强的减弱而减少,这种趋势在中度弱光条件下被抑制,表现

第一作者简介:刘晓明(1982-),女,硕士,从事生物医学工程(作物遗传育种)研究。E-mail: happy12liu@hotmail.com。

通讯作者:李天来。

基金项目:国家 863 计划资助项目(2001AA247011);国家“十五”科技攻关资助项目(2001BA5031306)。

收稿日期:2007-12-31

出含量有所增高。但这种增高趋势并不明显高,即升高趋势小于下降趋势,升高后的含量仍小于对照,可见弱

光抑制硝态氮的吸收。总体上看,中度以上弱光使番茄伤流液中 NO_3^- 的含量降低。

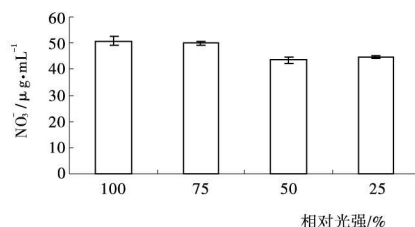
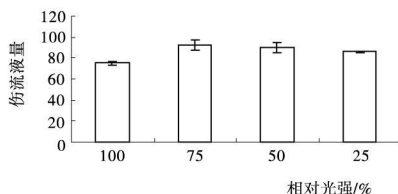
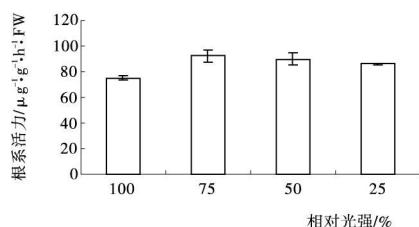


图1 不同光强对番茄根系活力的影响 图2 不同光强对番茄伤流量的影响 图3 不同光强对番茄伤流液中 NO_3^- 含量的影响

2.2 弱光对番茄 NO_3^- 还原的影响

2.2.1 弱光对番茄硝酸还原酶活性的影响 由图4可知,番茄品系的硝酸还原酶的活性,随着相对光强的减弱而升高,但从中度弱光条件开始这种升高趋势被抑制,开始降低。

2.2.2 弱光对番茄 GS 活性的影响 由图5可知,番茄品系的 GS 活性随着相对光强的减弱而逐渐降低,且从对照到轻度弱光及从中度弱光到重度弱光,含量的降低幅度都较大。导致重度弱光与对照含量变化差异十分显著。

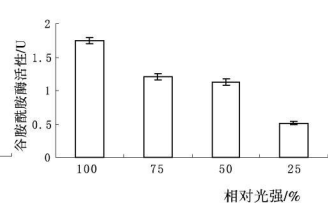
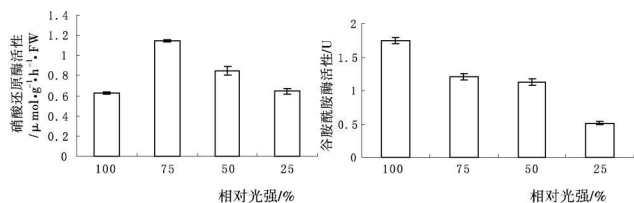


图4 不同光强对番茄硝酸还原酶活性的影响 图5 不同光强对番茄 GS 酶活性的影响

2.3 弱光对番茄无机氮含量的影响

2.3.1 弱光对番茄叶片全氮量的影响 由图6可知,弱光处理后上叶和下叶片全氮含量均表现为先升高后降低。其中上叶片全氮含量的最高值出现在较重度弱光即透光率在50%的时候,下叶片全氮含量的最高值出现在轻度弱光即透光率在75%的时候。这样的变化趋势导致随着相对光强的减弱,上、下叶全氮含量呈从开始的下叶高于上叶到后来的上叶高于下叶的变化趋势。从具体的数值上看随着相对光强的减弱,最终上叶的值要高于对照、下叶的值要低于对照。

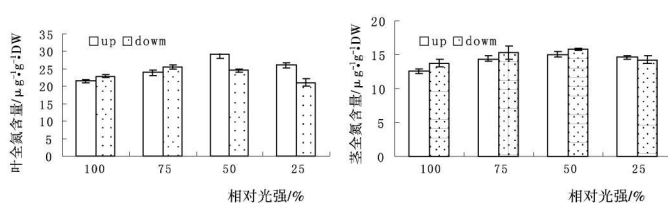


图6 不同光强对番茄叶片全氮含量的影响 图7 不同光强对番茄茎全氮含量的影响

2.3.2 弱光对番茄茎全氮含量的影响 由图7可知,上下茎中全氮含量均表现为随着相对光强的减弱先增高后降低,而且最高值出现的位置均一致,均在中度弱光时达最高含量,对照的含量最低,在重度弱光时这种升高趋势被抑制。

2.3.3 弱光对番茄叶片 NO_3^- 含量的影响 由图8可知,番茄品系叶片中 NO_3^- 含量随着相对光强的减弱而降低,中度和重度弱光条件下, NO_3^- 含量又有所升高;即在轻度弱光条件下, NO_3^- 含量有减少趋势,而在中度和重度弱光条件下其降低趋势被抑制。

2.3.4 弱光对番茄茎中 NO_3^- 含量的影响 由图9可知,供试品系随着相对光强的减弱而表现为,茎含 NO_3^- 量先降低后增高。具体表现为,番茄品系在轻度弱光时达最低值,这种降低趋势在中度弱光和重度弱光下被抑制。与叶片中相反,番茄品系随着相对光强减弱先升高

的趋势大于后来的降低趋势,导致最终重度弱光时的含量大于对照。

2.4 弱光对番茄有机氮含量的影响

2.4.1 弱光对番茄叶片氨基酸含量的影响 由图10可知,番茄品系在处理4周的调查中随着相对光强的减弱叶片中氨基酸含量总体变化趋势是逐渐升高,具体表现是先在中度弱光的条件下升高,随后的中度弱光的处理略有降低,但仍然高于对照的含量,而在重度弱光处理下其含量又逐渐的升高。总体的趋势是逐渐升高的,而且弱光处理的含量都高于对照,这种升高仅在中度弱光时稍微的被抑制了一下。

2.4.2 弱光对番茄叶片可溶性蛋白质含量的影响 由图11可知,在处理4周的调查中弱光的条件下升高,随后的中度和重度弱光处理下含量都呈降低趋势。

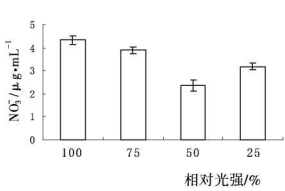


图8 不同光强对番茄叶片中NO₃⁻含量的影响

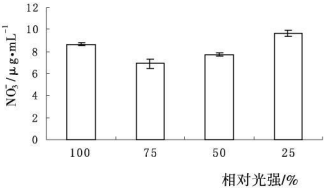


图9 不同光强对番茄茎NO₃⁻含量的影响

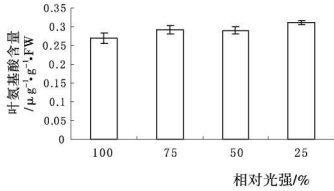


图10 不同光强对番茄叶片氨基酸含量的影响

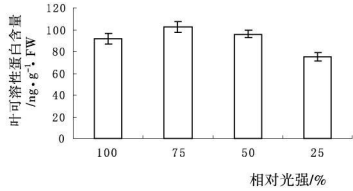


图11 不同光强对番茄叶片可溶性蛋白含量的影响

3 讨论

光照是植物硝酸同化的必要条件,光照的作用首先在于可调控硝酸还原酶活性,硝酸还原酶是一个诱导酶,光照可以通过诱导硝酸还原酶的合成而影响硝酸代谢^[18]。强光下植株的硝酸还原酶、谷氨酸脱氢酶活性以及可溶性蛋白质的含量较高,有较高的氮素同化能力。该试验表明,番茄品系硝酸还原酶的活性,随着相对光强的减弱而先升高后降低。导致这种结果的原因可能是,轻度弱光刺激了硝酸还原酶,使它的活性反而增加,但这种增加是在一定范围内的,并不是一直进行下去,因为对番茄来说弱光毕竟是一种逆境。GS 活性在氮代谢中起着十分重要的作用,GS 在植物体内游离 NH₄⁺ 的平衡中起着十分关键的作用,并在氨基酸、蛋白质的合成和分解及呼吸作用之间起着一种纽带的作用^[19]。在强光的情况下,一般光合酶的活性比较高^[20]。弱光下番茄 GS 活性调查中表明,对照的 GS 活性都高于弱光。可能因为弱光条件下番茄光合作用减弱,呼吸底物减少,呼吸作用减弱,导致 GS 活性降低。这种原因还只是推测,在这方面还需要进一步的深入研究。

根系活力是指根系吸收阴、阳离子能力,它是反映农作物生长发育的指标之一^[15]。但该试验结果表明,弱光并不对供试番茄品系根系活力产生非常显著影响。

伤流液数量和成分可作为根系活动能力强弱指标^[16],黄瓜、番茄伤流液中不同营养元素存在昼夜差异^[17],因此试验收集伤流液的时间为上午 10 时左右到次日上午 8 时。主要调查了硝态氮含量,结果表明,对照伤流液量和其中 NO₃⁻ 含量都大于几种弱光处理。可能原因是弱光抑制了硝态氮吸收。

研究指出,玉米在强光下适宜的氮素水平较弱光下高,弱光下植株在较低的供氮水平下具有较高的物质生产能力和氮素同化能力^[21]。光照越强,作物对氮肥的需求也越多。研究指出,好多作物都是这样在光照严重不足的情况下,多数作物所表现出的生长变化,在很大程度上是无法通过施肥来弥补的,施肥(氮)所起的作用只能调节在既定的土壤与光照条件下作物的状况,如葛笋^[22]、水稻^[23]、金钗石斛^[24]、黄瓜^[25]。

供试的番茄品系的叶与茎中的 NO₃⁻ 的含量的总体表现基本相同,这主要与试验中硝酸还原酶的活性变化有关,供试的番茄品系的硝酸还原酶的活性总体表现相同,都表现为先升高后降低,因此可以解释试验所测定的 NO₃⁻ 含量的变化趋势。光照强度的减弱(如人工遮荫)可以促进植株的生长,增加植物器官中氮的含量,这种影响在水分不足和氮素有效性较低的情况下表现更加明显^[26-29]。很显然,对于营养元素需要较多且光合作用较强的作物来说(如水稻),适当遮荫可能增加氮素的含量,进而提高作物产量^[30-31]。

弱光有利氨基酸的积累,而使氨基酸的相对含量提高。弱光下,由于碳水化合物的形成减少,导致粒重减轻,光照愈弱,粒重愈轻,但单位重量中氨基酸的含量却随光照减弱而增加,说明弱光有利于稻米形成过程中氨基酸的积累,至于原因尚不清楚^[32]。这与该试验中供试的番茄品系总体的表现一致。试验中的氨基酸的含量总体的趋势为,随着相对光强的减弱而升高。在通常状况下,氨基酸是植物从土壤中最终吸收的硝酸根转化而来,因此,一般情况下,氨基酸的含量与硝酸根的含量应该呈正相关^[33]。但该试验中的结果与正常情况相反,即硝酸根的总体趋势是先降低后增高,而氨基酸在处理时间较长,且番茄反应较稳定的 4 周的调查中表明,总体趋势是先升高后降低。这种结果可能是由于在弱光条件下,限制了硝酸根向氨基酸的合成,反而在番茄植株体内积累。在通常状况下蛋白质合成的底物是氨基酸,因此植株体内的游离氨基酸与蛋白合成呈显著或极显著正相关^[34]。试验表明,番茄品系的蛋白质的含量的变化趋势与氨基酸的变化趋势相同,即先升高后降低。番茄品系本身的合成能力较强,它的生长势较强,有剩余的可溶性蛋白用来合成植株体内的结构蛋白体内的可溶性蛋白含量的变化受这种合成的影响不大,因此番茄品系的蛋白质变化趋势与氨基酸的变化趋势相同。

4 结论

弱光并不对供试番茄品系根系活力产生非常显著的影响,根系活力只是略有降低。弱光改变了硝酸还原酶和谷氨酰胺合成酶的活性,两种酶的活性在重度弱光

处理下都是降低的。适当的弱光有利于氨基酸的积累及蛋白质的合成, 重度弱光则会降低蛋白质的含量。光照强度的适当减弱可以促进植株的生长, 增加植物叶和茎中全氮的含量, 因此适当的弱光可以改善植株的营养状况, 而重度弱光会抑制这种增加趋势。因此, 在设施中, 夏季、晴天或中午的时候, 光照很强, 要对作物实施合理的遮荫; 而冬季或阴天时光照不足, 要通过定期的修剪或人工补光来调节光照强度, 这对改善作物的营养状况和获得较高的经济产量有重要意义。

参考文献

- [1] H·马斯纳. 高等植物的矿质营养[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1989: 321-323.
- [2] 王绍辉, 郝翠玲, 张振贤. 植物遮荫效应的研究与进展[J]. 山东农业大学学报, 1998, 29(1): 130-134.
- [3] 陆景陵. 植物营养学(上册)[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1990: 32-34.
- [4] 鲁福成, 张静芳, 张仲国. 等. 弱光对番茄幼苗生长的影响[J]. 华北农学报, 2002, 12(4): 44-88.
- [5] 解淑贞. 蔬菜营养及其诊断[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1992: 56-57.
- [6] 王德清, 韩晓日. 肥料学[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1999: 101-102.
- [7] 荆家海. 植物生理学[M]. 西安: 陕西科技出版社, 1994: 78-79.
- [8] 陈锦强, 李明启. 不同氮素营养对黄麻叶片的光合作用、光呼吸的影响及光呼吸与硝酸还原的关系[J]. 植物生理学报, 1983(3): 251-259.
- [9] 薛青武, 陈培元. 灌浆期土壤干旱条件下氮素营养对小麦旗叶光合作用的影响[J]. 干旱地区农业研究, 1989(3): 86-93.
- [10] 李春喜, 张根发, 石惠恩. 等. 氮肥对小麦硝酸还原酶活性和籽粒蛋白含量变化动态的影响[J]. 西北植物学报, 1995, 15(4): 276-281.
- [11] 赵微平. 作物生理[M]. 北京: 农业出版社, 72-78.
- [12] 杨月英, 张福堪, 乔晓军. 不同形态氮素对基质培番茄生育、产量及品质的影响[J]. 华北农学报, 2003, 18(1): 86-89.
- [13] 刘贤赵, 宿庆, 康绍忠. 等. 不同生育期遮荫对番茄氮素分配的影响[J]. 应用与环境生物学报, 2003, 5(8): 493-496.
- [14] 寿森炎, 杨信廷, 朱祝军. 等. 氮素形态和光照强度对番茄生长及抗氧化酶活性的影响[J]. 浙江大学学报, 2000, 26(5): 500-504.
- [15] 杨占平, 孙克刚, 龚瑞霞. 等. 潮土施用硅钾对冬小麦根系活力及产量的影响[J]. 土壤肥料, 2003(2): 44-45.
- [16] 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析方法

- [M]. 北京: 科学出版社.
- [17] 方肇伦. 仪器分析在土壤学和生物学中的应用[M]. 北京: 科学出版社, 1993.
- [18] Magalhães J R. The Responses of Ammonium assimilation enzymes to nitrogen form in different plant[J]. Journal of Plant Nutrition 1991, 14(2): 175-185.
- [19] 李德红, 邓江明, 刑达. 光质对水稻幼苗超弱发光和谷氨酰胺合成酶活性的影响[J]. 生命科学研究, 1998, 2(2): 109-112.
- [20] 赵微平. 作物生理[M]. 北京: 农业出版社.
- [21] 关义新, 林葆, 凌碧莹. 光、氮及其互作对玉米幼苗叶片光合和碳、氮代谢的影响[J]. 作物学报, 2000, 26(6): 806-812.
- [22] 曾希柏, 青长乐, 谢德体. 作物生长中光照和氮肥施用量的相互关系研究[J]. 土壤学报, 2000, 37(3): 380-386.
- [23] 王强. 光氮及其互作对水稻物质生产好氮效率的影响[D]. 华中农业大学硕士学位论文, 2006: 48-52.
- [24] 张明, 陈仕江, 万兆良, 等. 光照强度对金钗石斛吸收氮素的影响[J]. 西南农业大学学报, 2000, 22(2): 108-111.
- [25] 韩丽平. 弱光处理对黄瓜生长发育的影响[D]. 西南大学硕士学位论文, 34-36.
- [26] Wild D W M, Wilson J R, Stür W W, et al. Shading increase yield of nitrogen - limited tropical grasses[J]. Proc XVII Int. Grassland Cong 1993 (2): 2060-2061.
- [27] Cruz P, Munier - Jokin N M, Tournelize R, et al. Growth and mineral nutrition in a *Dichanthium aristatum* sward shaded by trees[J]. Proc XVII Int Grassland Cong 1993(2): 2056-2057.
- [28] Kazuo Y, Nobutoshi S. Effect of temperature and light intensity on the growth and flowering of *Odontoglossum* intergeneric hybrids[J]. Japan Soc Hort Sci, 1998, 67: 619-625.
- [29] Zhao D, Oosterhuis D M. Influence of shade on mineral nutrient status of field-grown cotton[J]. Plant Nutr, 1998, 21: 1681-1695.
- [30] Marschner H. Mineral Nutrition of Higher Plants[M]. 2nd ed. Cambridge: Academic Press, 1995: 277-285.
- [31] Sumi A, Oka M, Hakoyama S. Analysis of plant characteristics determining ear weight increase during the ripening process in rice (*Oryza sativa* L.): plant characteristics determining the sink capacity of spikelets[J]. Japan J Crop Sci, 1996, 65: 63-70.
- [32] 周广洽, 徐孟亮, 谭周, 等. 温光对稻米蛋白质及氨基酸含量的影响[J]. 生态学报, 1997, 17(5): 537-542.
- [33] 王忠. 植物生理学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999.
- [34] 王月福, 于振文, 李尚露. 等. 土壤肥力对小麦开花后各器官游离氨基酸和籽粒蛋白质含量变化的影响[J]. 麦类作物学报, 2003, 23(1): 41-43.

Effects of Low Light Intensity on Nitrogen Metabolism and Relative Enzymes Activity in Tomato

LIU Xiao-ming¹, YANG Yan-jie², LI Tian-lai³

(1. Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China; 2. Laiyang Agricultural College, Qingdao, Shandong 266109, China; 3. Horticulture Department, Shenyang Agriculture University, Shenyang, Liaoning 110161, China)

Abstract: The paper designed different shading treatments, and select one tomato varieties (*Lycopersicon esculentum* cv. Mill) as material. Shading was carried out in flowering, fruit setting and green-matured period separately with light in a solar greenhouse being control, light penetrate ratio were 75%, 50% and 25% respectively. Treatment was created by

pH 对黄瓜子叶雌花诱导中的生理生化影响

张运刚, 周玲玲, 王平, 陈顺芬, 黄作喜

(内江师范学院 化学与生命科学系, 四川 内江 641112)

摘要: 试验了外源激素 KT、IAA 和不同 pH 值对离体黄瓜子叶雌花诱导中的叶绿素 a、叶绿素 b、可溶性蛋白质、可溶性糖和淀粉的影响。试验中发现 KT 3.0 mg/L、IAA 0.05 mg/L pH 6.2 时, 叶绿素 a、可溶性蛋白质、可溶性糖含量均达到峰值, 淀粉含量此时达到最低, 雌花诱导率为 35%, 达到最高。并发现叶绿素 a、叶绿素总量(a+b)、可溶性蛋白质、可溶性糖含量与雌花诱导率成正相关。

关键词: 黄瓜子叶; pH; 雌花诱导

中图分类号: S 642.203.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2008)05-0005-03

在栽培雌雄同株(如黄瓜、玉米、南瓜等)以果实、种子为收获目的的作物时, 就需要大大增加雌花数目, 以便结更多的果实^[1], 因此雌花诱导在花芽分化过程中就尤为重要。高等植物的雌花分化过程受到自身遗传信

息和环境因素(如光照、水分、温度、pH、矿质元素和外源植物激素等)的影响。为排除不确定因素的干扰, 黄作喜等^[2]建立了离体黄瓜子叶雌花诱导试验体系。在此基础上, 对离体黄瓜子叶花芽分化期的生理生化状况的描述, 进一步揭示了离体黄瓜子叶雌花诱导过程中的生理生化机制, 以期有助于全面揭示高等植物的雌花诱导规律。

1 材料与方法

1.1 无菌育苗和子叶培养

黄瓜“津青春四”种子剥去外种皮, 用 0.1% HgCl₂ 消毒 3~4 min, 然后用无菌蒸馏水冲洗 5~6 次, 接种于 MS+3%蔗糖+0.8%琼脂, pH 值为 5.8 的培养基上, 在白天 24℃, 晚间 20℃, 每天光照 13.5h, 光强为 2 000 lx

第一作者简介: 张运刚(1986-), 男, 四川内江人, 2005 级本科在读学生, 研究方向为植物生理学。E-mail: yu_cun@hotmail.com.

通讯作者: 黄作喜。

基金项目: 内江师范学院大学生科研资助项目 (No. 07NSD-139); 四川省科技厅应用基础重点资助项目 (No. 05JY029-154); 内江师范学院生态学重点学科基金资助项目。

收稿日期: 2008-01-11

different shading ratio. Those characters include the absorption, transportation and deoxidization of NO₃⁻, the concentration of the inorganic nitrogen and the organic nitrogen, and some relative enzyme activities. The results were as follows: Low light intensity has little effect on root vigor of tomato. Under low light condition, the volume of xylem exudation and the absorption and transportation of NO₃⁻ in xylem exudation, stem and leaf reduced gradually. GS activity is co-related with light intensity reduce. The total nitrogen content increases at beginning treatment and reduces follow, But it is opposite in down part of stem. The light intensity affects the organic nitrogen content. Shaded to a proper extent, AA in tomato and soluble protein will increase; however they reduced as the light intensity reduced bitter. Short-term low light intensity will accelerate the synthesis and accumulation of AA and protein in the leaf, but the prolong the treating time restrained them synthesis and accumulation.

Key word: Tomato; Low light intensity; Nitrogen metabolize