

DOI:10.11937/bfyy.201609007

水分胁迫对幼龄仁用杏叶片光合特性的影响

蔡倩^{1,2}, 孙占祥¹, 郑家明¹, 白伟^{1,2}, 冯良山¹, 冯晨¹

(1. 辽宁省农业科学院 耕作栽培研究所, 辽宁省旱作节水工程中心, 辽宁 沈阳 110161;

2. 沈阳农业大学 土地与环境学院, 辽宁 沈阳 110161)

摘要:以2年生仁用杏为试材,采用盆栽方法,以正常供水(土壤含水量为田间最大持水量的75%)为对照,设置了轻度水分胁迫(55%)、中度水分胁迫(45%)和重度水分胁迫(30%)3个处理,开展了水分胁迫条件下仁用杏叶片光合色素、光合指标及叶绿素荧光参数等光合特性研究。结果表明:水分胁迫不同程度降低了类胡萝卜素含量、叶绿素a、b含量、净光合速率(Pn)、蒸腾速率(Tr)、水分利用效率(WUE)、最大荧光产量(Fm)、最大光化学效率(Fv/Fm)和PSII潜在活性,且下降幅度随着胁迫时间延长而增大;轻度水分胁迫下降幅度很小,中度和重度水分胁迫下降幅度较大。

关键词:仁用杏;水分胁迫;叶片;光合特性

中图分类号:Q 945.11 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2016)09-0028-05

辽宁西部地区位于科尔沁沙地南部,随着科尔沁沙地土地荒漠化的迅速发展,加剧了该地区生态环境的恶化,因此做好防风固沙工作意义重大^[1]。仁用杏是以杏仁为主要产品的经济林树种,其经济效益高,抗逆性强,在该区域具有广阔的发展前景^[2]。但是,该地区严重的水资源短缺限制了仁用杏的发展。研究仁用杏的抗旱机制对扩大仁用杏的栽植范围,提高优质杏仁的产量和品质具有重要意义。

光合作用是植物生理的决定性因素,是影响果树产量和品质形成的最直接因素,光合作用也是对水分最敏感的生理过程之一。有学者已在苹果、葡萄、桃、草莓等许多果树上研究了水分胁迫对光合作用的影响^[3]。结果表明,果树发生了一系列生理生化变化,水分胁迫下气孔导度、光合速率等指标缓慢下降;胁迫程度加重且时间延长,叶绿素含量也显著下降。还有学者通过分析逆境条件下荧光诱导动力学参数的变化,表明逆境对植物光合机构尤其是PSII功能有显著影响^[4]。但关于科尔沁沙地南缘水分胁迫对仁用杏叶片光合特性的影响研

究还鲜有报道。因此,该研究以仁用杏为对象,采用盆栽的方法,研究了水分胁迫条件下叶片的光合特性和叶绿素荧光特性,以期仁用杏的栽培管理提供理论依据和技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以2年生盆栽‘超仁’仁用杏为试材,生长发育正常,管理水平基本一致。

1.2 试验方法

试验于2011年5—10月在阜新市章古台试验站进行,以正常供水为对照(CK),土壤含水量为最大持水量的75%。试验共设3个处理:处理I,轻度水分胁迫,土壤含水量为最大持水量的55%;处理II,中度水分胁迫,土壤含水量为最大持水量的45%;处理III,重度水分胁迫,土壤含水量为最大持水量的30%。用称重法控制土壤含水量,其土壤含水量按最大持水量的百分率计算,处理后分别于1、3、5、10、15 d取样测定。

1.3 项目测定

1.3.1 叶片光合色素含量 采用分光光度计法,分别计算叶绿素a(Chl a)、叶绿素b(Chl b)和类胡萝卜素(Car.)的含量。以mg/g FW表示^[5]。

1.3.2 光合特征 采用LI-6400便携式光合仪,在10:00测定净光合速率(Pn)、气孔导度(Gs)、胞间CO₂浓度(Ci)、蒸腾速率(Tr)等光合指标。

1.3.3 叶绿素荧光动力 选择长势一致的仁用杏新梢中部功能叶片,在10:00采用连续激发式植物效率仪

第一作者简介:蔡倩(1982-),女,辽宁铁岭人,博士研究生,助理研究员,现主要从事旱作农业等研究工作。E-mail:caiqian2005@163.com.

责任作者:孙占祥(1967-),男,辽宁抚顺人,博士,研究员,现主要从事旱作农业等研究工作。E-mail:sunzhanxiang@sohu.com.

基金项目:农业部公益性行业科研专项资金资助项目(201103001);国家自然科学基金面上资助项目(31170407);“十二五”国家科技支撑计划资助项目(2011BAD09B02);辽宁省科技攻关资助项目(2015103018)。

收稿日期:2015-12-16

Handy-PEA(Hansatech Instruments,英国)测定叶绿素 a 荧光参数,包括初始荧光(F_0)、暗适应下最大荧光(F_m)、暗适应下 PSII 最大光化学效率(F_v/F_m)、暗适应下 PSII 潜在活性(F_v/F_0)。测定前叶片充分暗反应 25 min,重复 10 次。

2 结果与分析

2.1 水分胁迫对仁用杏叶片光合色素的影响

水分胁迫导致植物叶绿素含量减少,叶片失水影响叶绿素的生物合成,并促进已形成的叶绿素加速分解,而在一定范围内叶绿素含量的高低则直接影响叶片的光合能力。由图 1 可以看出,在整个处理期内,叶绿素 a 含量和类胡萝卜素含量变化趋势相似,均先升高后降

低;叶绿素 b 含量随着胁迫时间的延长,呈下降趋势;Chl a/b 随着胁迫时间的延长,呈上升趋势。胁迫第 3 天后,3 个胁迫处理叶绿素 a 含量和类胡萝卜素含量均呈下降趋势,下降幅度表现为重度胁迫>中度胁迫>轻度胁迫,第 15 天,轻度、中度和重度胁迫叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量和类胡萝卜素含量均达到最低,第 15 天,轻度、中度和重度胁迫 Chl a/b 达到最大。由此表明,水分胁迫对光合色素有显著影响,造成叶绿素(Chl a、Chl b)分解和类胡萝卜素(Car.)含量的减少,引起 Chl a/b 比值变化。Chl a/b 随水分胁迫程度加剧比值增大,说明 Chl b 比 Chl a 更易受破坏。

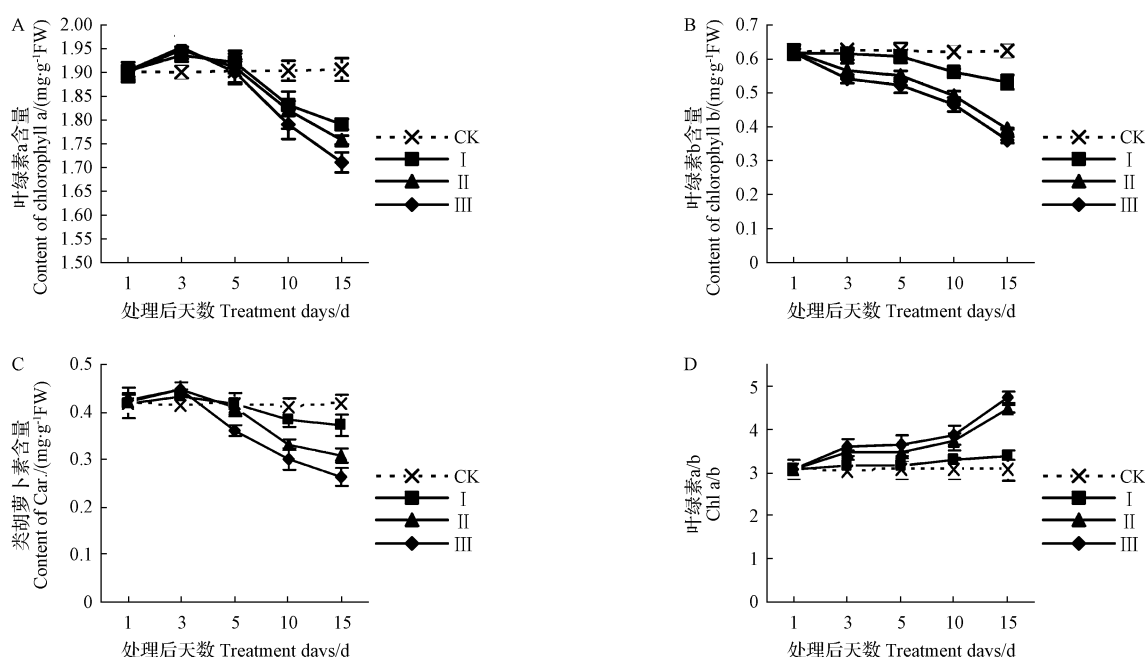


图 1 水分胁迫对仁用杏叶片光合色素的影响

Fig. 1 Influence of water stress on photosynthetic pigment in the leaves of almond-apricot

2.2 水分胁迫对仁用杏光合指标的影响

水分胁迫不同程度的抑制果树的光合作用。由图 2 可知,随着胁迫时间的延长,3 个胁迫处理 P_n 、 T_r 和 WUE 均呈下降趋势,且下降幅度为重度胁迫>中度胁迫>轻度胁迫。处理后第 3 天, P_n 、 T_r 和 WUE 均开始下降,轻度胁迫下降缓慢,中度和重度胁迫下降迅速,处理后第 15 天,3 个胁迫处理 P_n 、 T_r 和 WUE 均降至最低,轻度、中度、重度胁迫的 P_n 分别比对照降低 19.38%、59.12%、81.45%, T_r 分别比对照降低 17.78%、48.69%、70.85%,WUE 分别比对照降低 2.08%、20.26%、36.10%。轻度胁迫与对照之间差异不显著,中度和重度胁迫与对照之间差异显著。在整个处理期内,随着胁迫时间的延长,轻度胁迫 C_i 呈下降趋势,中度和重度胁迫呈下降-上

升趋势,处理后第 3 天,重度胁迫 C_i 开始迅速上升,第 15 天达到高峰,且高于对照。由此表明,在水分胁迫前期 P_n 的降低主要与气孔因素有关,但随着胁迫时间的延长和胁迫程度的加剧,已影响了叶肉细胞光合活性, P_n 的降低除与气孔因素有关外,非气孔因素逐渐起主导作用。

2.3 水分胁迫对仁用杏叶绿素荧光参数的影响

2.3.1 水分胁迫对 F_m 和 F_v 的影响 由图 3 可以看出,在整个处理期内,3 个水分胁迫处理 F_m 呈下降趋势,且随着胁迫程度的增加变化幅度增大。说明 PSII 受到损伤或部分失活,通过 PSII 的电子传递受到抑制。水分胁迫第 15 天,轻度、中度和重度胁迫 F_m 达到最低分别比对照减低了 8.66%、14.79%、18.43%。在整个处理

期内, F_v 呈下降趋势, 轻度胁迫时 F_v 与对照相比下降较少, 随胁迫程度增加, F_v 的下降幅度和速率明显增加, 水分胁迫第 15 天, 轻度、中度和重度胁迫 F_v 达到低谷, 分

别比对照降低了 10.71%、18.57%、23.42%。水分胁迫下叶片 F_v 下降, 反映了 PSII 反应中心 QA 氧化态数量减少, 使 $QA \rightarrow QB$ 传递电子的能力下降。

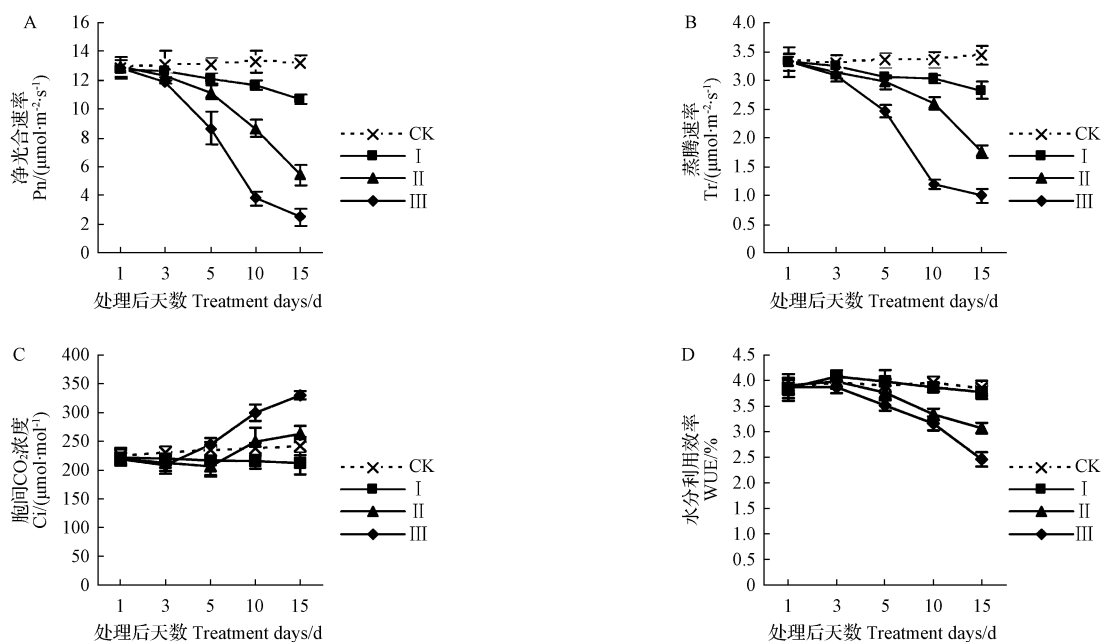


图 2 水分胁迫对仁用杏 P_n (A)、 Tr (B)、 C_i (C)和 WUE (D)的影响

Fig. 2 Influence of water stress on P_n (A), Tr (B), C_i (C) and WUE (D) in the leaves of almond-apricot

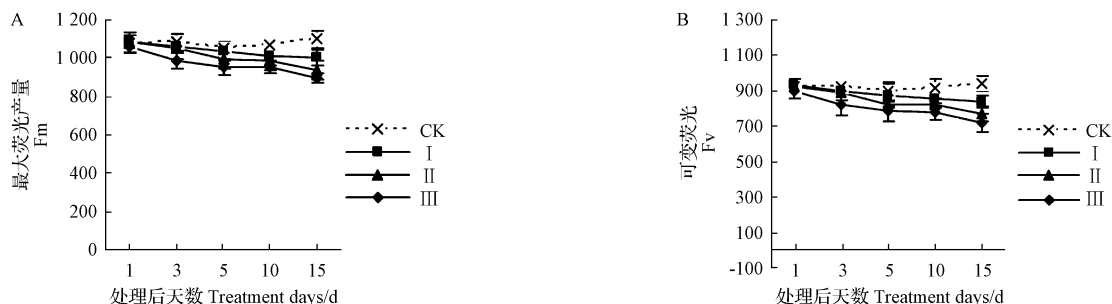


图 3 水分胁迫对仁用杏叶片 F_m (A)和 F_v (B)的影响

Fig. 3 Influence of water stress on F_m (A) and F_v (B) in the leaves of almond-apricot

2.3.2 水分胁迫对 F_v/F_m 、 F_v/F_o 的影响 由图 4 可以看出, 在整个处理期内, 3 个胁迫处理 F_v/F_m 和 F_v/F_o

均随胁迫时间的延长而降低, 随着胁迫程度的增加而增大, 各处理间表现出明显差异。第 15 天, F_v/F_m 和 F_v/F_o

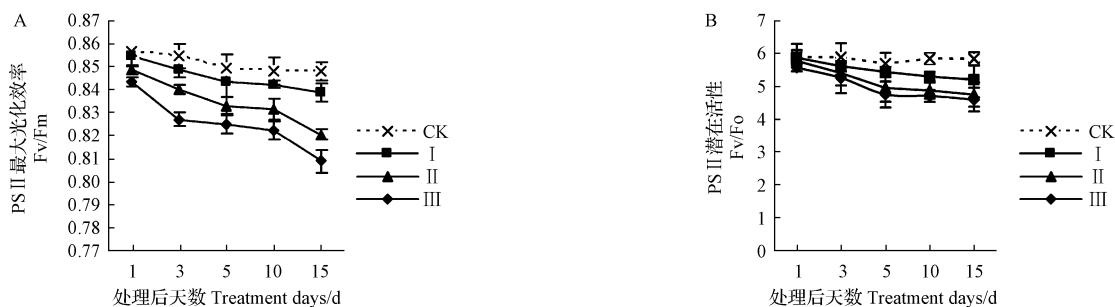


图 4 水分胁迫对仁用杏叶片 F_v/F_m 和 F_v/F_o 的影响

Fig. 4 Influence of water stress on F_v/F_m and F_v/F_o in the leaves of almond-apricot

表现为重度胁迫<中度胁迫<轻度胁迫,均低于对照,分别比对照降低 4.63%、3.18%、1.17%和 21.23%、18.66%、10.79%。可见水分胁迫使仁用杏叶片 PSII 原初光能转换效率下降,潜在活性中心受损,光合作用的原初反应受抑制。

3 讨论与结论

光合色素含量是植物对水分胁迫反应敏感性的生理指标。叶绿素 b 和类胡萝卜素具有吸收和传递光能的作用,而叶绿素 a 则具有吸收和转化光能的作用。前人研究表明,水分胁迫使果梅、刺梨、苹果叶片叶绿素和类胡萝卜素含量降低,叶绿素 a 与 b 比值增加^[6-9]。该研究表明,各胁迫处理在胁迫前期,仁用杏叶片中叶绿素 a 和类胡萝卜素含量均有小幅度升高,可见胁迫前期类胡萝卜素对叶绿素捕获光能进行补充,保证叶绿素 a 对光的吸收和转化,起到了保护叶绿素的作用。胁迫时间超过 3 d 后,随着胁迫时间的延长,各胁迫处理叶绿素及类胡萝卜素含量明显下降,且随着胁迫程度的增加,下降幅度增大。说明长期胁迫类胡萝卜素的保护作用逐渐消失,叶绿素对光能的吸收、传递和转化受阻。而叶绿素的值,随着胁迫程度的增加而增加。说明水分胁迫对仁用杏叶绿素 b 的损害程度大于叶绿素 a。

导致光合速率下降的因素包括气孔限制和非气孔限制。气孔限制因素是由于叶片气孔开度下降导致 C_i 下降;非气孔因素则是 CO_2 溶解度下降并不断积累,引起叶肉光合能力下降。水分胁迫可以通过这 2 种途径对光合作用产生抑制^[10]。该研究表明,仁用杏在轻度或中度水分胁迫时气孔因素起主要作用,严重胁迫时非气孔因素起主要作用,这与阎腾飞等^[11]在“寒富”苹果上的研究结果基本一致。

可变荧光 Fv 的大小及其变化过程与 PSII 的原初反应过程,特别是其电子受体 QA 的氧化还原状态密切相关,代表可参与 PSII 光化学反应的光能辐射部分。水分胁迫下仁用杏叶片 Fv 下降,反映了 PSII 反应中心 QA 氧化态数量减少,使 $QA \rightarrow QB$ 传递电子的能力下降^[12]。PSII 最大光化学量子产量 (F_v/F_m) 和 PSII 潜在活性 (F_v/F_o) 是光化学反应状况评价的 2 个重要参数^[13]。许多研究表明,水分胁迫可使 F_v/F_m 和 F_v/F_o 降低,胁迫程度越严重,受抑程度越强^[14-15]。 F_v/F_m 和 F_v/F_o 降低,PSII 活性减弱,光化学反应减少,无法耗散多余的光能。多余的光能反过来激活了活性氧的累积,导致叶绿体膜脂过氧化加剧,加剧了光合作用的降低。胡学华等^[16]对抗旱性较强的“索瑞斯”李子进行研究表明,轻

度、中度和重度水分胁迫 F_v/F_m 和 F_v/F_o 分别比对照降低了 1.63%、4.38%、5.89%和 18.53%、18.73%、23.79%。该研究结果表明,轻度、中度和重度水分胁迫 F_v/F_m 和 F_v/F_o 分别比对照降低了 1.17%、3.18%、4.63%和 10.79%、18.66%、21.23%。仁用杏受不同水分胁迫后, F_v/F_m 和 F_v/F_o 降低幅度均小于“索瑞斯”李子。说明仁用杏也具有较强的抗旱性。

综上所述,可以认为仁用杏具有较强的耐旱能力,该研究结果为科尔沁沙地南缘仁用杏的栽培管理提供理论依据和技术支持。同时对于仁用杏的抗旱机理还需要进一步研究。

参考文献

- [1] 李建华. 科尔沁沙地土地退化及其防治对策[J]. 防护林科技, 2008(2): 56-68.
- [2] 杨建民, 李艳华, 杨敏生, 等. 几个仁用杏品种抗寒性比较研究[J]. 中国农业科学, 1999, 32(1): 46-50.
- [3] 姜小文, 易干军, 张秋明. 果树光合作用研究进展[J]. 湖南环境生物职业技术学院学报, 2003, 9(4): 302-308.
- [4] BERRY J A, BJORKMAN O. Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher plants[J]. Annual Review of Plant Physiology, 1980, 31: 491-543.
- [5] 郝建军, 刘延吉. 植物生理学实验技术[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2001: 71-75.
- [6] 张明生, 谈锋. 水分胁迫下甘薯叶片渗透调节物质含量与品种抗旱性的关系[J]. 种子, 2001(4): 23-25.
- [7] 陈献勇, 廖镜思. 水分胁迫对果梅光合色素和光合作用的影响[J]. 福建农业大学学报, 2000, 29(1): 35-39.
- [8] 樊卫国, 刘国琴, 何嵩涛, 等. 刺梨对土壤干旱胁迫的生理响应[J]. 中国农业科学, 2002(10): 1243-1248.
- [9] 詹妍妮, 郁松林, 陈培琴. 果树水分胁迫反应研究进展[J]. 中国农学通报, 2006(4): 239-242.
- [10] BERRY J A, WINTON W J S. Environmental regulation of photosynthesis [M]//GOVIND J. Photosynthesis. New York: Academic Press, 1982: 263-345.
- [11] 阎腾飞, 孙耀清, 李文扬, 等. 水分胁迫对富士苹果幼树光合特性及生理生化指标的影响[J]. 信阳农业高等专科学校学报, 2003, 23(4): 78-84.
- [12] 史胜青, 袁玉欣, 杨敏生, 等. 水分胁迫对 4 种苗木叶绿素荧光的光化学淬灭和非光化学淬灭的影响[J]. 林业科学, 2004, 40(1): 168-173.
- [13] 张守仁. 叶绿素荧光动力学参数的意义及讨论[J]. 植物学通报, 1999, 16(4): 444-448.
- [14] 徐建伟, 席万鹏, 方憬军, 等. 水分胁迫对葡萄叶绿素荧光参数的影响[J]. 西北农业学报, 2007, 16(5): 175-179.
- [15] 褚建民, 孟平, 张劲松, 等. 土壤水分胁迫对欧李幼苗光合及叶绿素荧光特性的影响[J]. 林业科学研究, 2008, 21(3): 295-300.
- [16] 胡学华, 蒲光兰, 肖千文, 等. 水分胁迫下李树叶叶绿素荧光动力学特性研究[J]. 中国农业生态学报, 2007, 15(1): 75-77.

DOI:10.11937/bfyy.201609008

不同浓度赤霉素和双氧水对刺茄种子萌发的影响

莫云容, 张培欣, 邵贵芳, 胡文岩, 朱海山, 赵 凯

(云南农业大学 园林园艺学院, 云南 昆明 650201)

摘 要:刺茄种子在常规条件下很难萌发。为寻找促进刺茄种子萌发的试剂, 试验以不同浓度的赤霉素(0~1 000 mg/L)和双氧水(0%~3.0%)溶液处理刺茄种子, 观察记录每天的发芽数, 并从种子的发芽率、发芽势、发芽指数 3 个指标探讨赤霉素和双氧水对种子萌发的影响。结果表明: 双氧水和低浓度赤霉素(0~400 mg/L)对刺茄种子的萌发没有影响, 而高浓度赤霉素(600~1 000 mg/L)能显著提高种子萌发。

关键词:刺茄; 种子萌发; 赤霉素; 双氧水; 浓度梯度

中图分类号:S 641.104⁺.1 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2016)09-0032-03

刺茄(*Solanum aculeatissimum* Jacquin)属茄科茄属直立草本至亚灌木^[1], 又名喀西茄, 别名添钱果、狗茄子(云南景东)、苦颠茄(云南文山)、谷雀蛋、苦茄子、刺茄子。刺茄为云南常见野生茄科植物, 云南除东北及西北部外均产, 广西偶有发现, 喜生于沟边、路边灌丛、荒地、草坡或疏林中, 其生长旺盛、抗病性强, 常被用作茄科植

物如番茄、茄子嫁接的砧木, 是防治很多土传病害的有效方法^[2-3]。新采收的刺茄种子种皮致密坚硬, 种皮厚、透水性差, 表面有光滑蜡质层并有胶质物包裹, 与茄子种子相似, 吸水吸氧困难, 存在一定的休眠现象。种子发芽过程中, 如果不经处理, 发芽或出苗常常缓慢且不整齐, 从而影响了实际生产^[4]。

赤霉素作为一种常见的植物激素, 在植物的生长发育阶段具有重要的调控作用^[5-6]。在大多数作物种子萌发过程中, 赤霉素能够打破种子休眠并促进种子的萌发^[7-9]。双氧水作为一种氧化剂, 浸种处理可以增加种皮的通透性并提供较多的氧气, 并进一步激活种子内部酶的活性, 有利于种子度过萌发的初始阶段^[10-14]。

第一作者简介:莫云容(1986-), 女, 广西横县人, 硕士研究生, 研究方向为蔬菜栽培及育种。E-mail: moyunrong0408@aliyun.com.

责任作者:赵凯(1981-), 男, 博士, 讲师, 现主要从事番茄栽培及育种等研究工作。E-mail: kailixian1023@aliyun.com.

基金项目:国家地区科学基金资助项目(31460525); 云南省科技计划面上资助项目(2015FB144)。

收稿日期:2015-12-16

Effect of Water on Leaf Photosynthetic Characteristics of Young Kernel-used Apricot Leaf

CAI Qian^{1,2}, SUN Zhanxiang¹, ZHENG Jiaming¹, BAI Wei^{1,2}, FENG Liangshan¹, FENG Chen¹

(1. Tillage and Cultivation Research Institute, Liaoning Academy of Agricultural Sciences/Engineering Research Centre for Dryland and Water-Efficient Farming of Liaoning Province, Shenyang, Liaoning 110161; 2. College of Land and Environment, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110161)

Abstract: Taking 2-year-old 'Chaoren' kernel-used apricot as test materials, using pot experiments, under different conditions of soil moisture that normal supply (soil moisture was 75% field water holding capacity), mild water stress (55%), moderate water stress (45%) and severe water stress (30%), photosynthetic pigment, photosynthesis, chlorophyll fluorescence parameters were research. The results showed that carotenoid content, chlorophyll a and b content, net photosynthetic rate (Pn), transpiration rate (Tr), water use efficiency (WUE), maximum fluorescence yield (Fm), the maximal photochemical efficiency (Fv/Fm) and PSII potential activity were decreased under different soil water treatment. As water stress time increased they fell more faster; mild water stress drop was very small, moderate and severe water stress decreased.

Keywords: kernel-used apricot; water stress; leaf; photosynthetic characteristics