

# 新银合欢在不同土壤水分条件下的适生性研究

李铭怡<sup>1</sup>, 刘刚<sup>1,2,3</sup>, 许文年<sup>1</sup>, 祝顺波<sup>1</sup>, 赵自超<sup>1</sup>, 吴彬<sup>1</sup>

(1. 三峡大学 三峡库区地质灾害教育部重点实验室, 湖北 宜昌 443002; 2. 中国科学院 水利部 水土保持研究所 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西 杨凌 712100; 3. 华中农业大学 资源与环境学院, 武汉 430070)

**摘 要:** 针对三峡库区消落带淹水变化引起的土壤水分梯度性特征, 利用盆栽法模拟各种土壤水分条件, 从形态学和生理生化的角度研究了当年实生新银合欢幼苗的不定根数、叶绿素含量及光合生理特性的变化特点。结果表明: 新银合欢幼苗受水分变化的影响显著, 在水淹条件下, 幼苗的株高和不定根数等生长指标均受到明显抑制, 净光合速率、蒸腾速率、气孔导度及胞间  $\text{CO}_2$  浓度等光合指标也均显著下降, 表现出不利的负向生理生态学响应。而在水分饱和及轻度干旱的水分条件下, 幼苗各项指标综合表现最佳, 表现出增益的正向响应。因此, 新银合欢具有一定耐淹性但相对较弱, 耐旱性较强, 适宜于土壤水分饱和或偏干旱的环境生长, 可考虑列为三峡库区消落带植被恢复建设树种。

**关键词:** 三峡库区; 消落带; 水分梯度; 新银合欢; 光合生理特性

中图分类号: Q945.11

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2013)02-0259-04

## Research on Adaptability of *Leucaena leucocephala* under Different Soil Moisture Conditions

LI Ming-yi<sup>1</sup>, LIU Gang<sup>1,2,3</sup>, XU Wen-nian<sup>1</sup>, ZHU Shun-bo<sup>1</sup>, ZHAO Zi-chao<sup>1</sup>, WU Bin<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Geological Hazards on Three Gorges Reservoir Area, Ministry of Education, China Three Gorges University, Yichang, Hubei 443002, China; 2. State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on the Loess Plateau, Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. College of Resources and Environment, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

**Abstract:** The regular pattern of soil moisture condition of the hydro-fluctuation belt in Three Gorges Reservoir Area was imitated, and changes in the number of adventitious root, chlorophyll content and photosynthetic physiological characteristics of *L. leucocephala* seedlings were investigated. Results showed that different water treatments could significantly influence the photosynthetic physiological characteristics of *L. leucocephala* seedlings. The growth indices of seedlings, such as plant height and the number of adventitious root, were significantly inhibited and the net photosynthetic rate (Pn), transpiration rate (Tr), stomatal conductance (Gs) and intercellular  $\text{CO}_2$  concentration (Ci) also decreased significantly, showing a negative photosynthetic response to the flooding stress. But it was in contrast with a positive photosynthetic response to the water saturation and mild drought conditions, and the indices of seedlings comprehensively performed best. Therefore, *L. leucocephala* has relatively weak submergence-tolerant instinct but a strong draught tolerance, and is suitable for growing in the conditions of mild drought and water-saturated habitats, and *L. leucocephala* should be considered as the key plant in terms of vegetation restoration in the hydro-fluctuation belt of the Three Gorges Reservoir Area.

**Key words:** Three Gorges Reservoir Area; the hydro-fluctuation belt; water gradient; *L. leucocephala*; photosynthetic physiological characteristics

收稿日期: 2012-10-01

修回日期: 2012-11-01

资助项目: 国家自然科学基金(41201270); 湖北省教育厅自然科学研究项目(Q20111207, XD20100595); 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室基金(10501-1211)

作者简介: 李铭怡(1988—), 女, 河北邯郸人, 硕士研究生, 主要从事边坡防护和生态修复技术研究。

通信作者: 刘刚(1982—), 男, 陕西西安人, 博士, 副教授, 主要从事水土保持与生态环境研究。E-mail: gliu@foxmail.com

三峡库区消落带因水位周期性常年变化,使得土壤含水量呈现出从干旱状态到全水淹状态的一系列梯度性变化<sup>[1-2]</sup>。而消落带土壤含水量的这种梯度性变化势必会影响到植物的生长发育及其生理生态学特性,尤其是光合特性,从而对消落带适生植物种类提出了更高的要求。同时,库区消落带的生态恢复关系到水利工程的长期利用和库区生态环境的改善与社会经济的可持续发展。因此,筛选出适于在三峡库区消落带这种水分环境复杂多变条件下生长的最佳适生树种尤为重要。

新银合欢(*Leucaena leucocephala* cv. *alvador*)又名萨尔瓦多银合欢,是一种重要的热带木本豆科植物,其根系较发达,有根瘤菌,固氮能力很强,枯枝落叶含肥分高且易分解,是理想的水土保持作物和木本绿肥植物,近年来在西南地区许多生态恢复工程中被用作先锋物种。关于新银合欢的性能、应用研究等已有初步报道<sup>[3]</sup>,然而从生理生态学特性上揭示该物种耐淹耐旱机制及适生环境的研究则鲜有报道。鉴于此,本实验通过模拟三峡库区消落带不同土壤水分特征,从生理生化的角度来认识新银合欢在库区消落带生长的光合特性,探索这一树种的适应机理,并结合植株形态学变化特征对其适生性进行综合评价,以期三峡库区消落带的植被恢复建设提供技术和理论支撑。

## 1 实验材料与方法

### 1.1 实验设计

实验地点位于三峡大学生态学试验中心(30°43'N, 111°18'E,海拔134 m)。实验用种子购买于云南昆明苗木基地。将种子置于25℃恒温箱内培养,待种子萌芽后转至装有等量土壤的花盆中,供试土壤为三峡库区消落带中典型黄棕壤,每盆3株,待幼苗长至30 cm时,选取长势相近的24盆用于控制实验,实验设置4个处理:对照组CK(常规生长组,土壤含水量约为田间持水量的75%,每天浇水,新银合欢幼苗在晴天无萎蔫现象);轻度干旱组T1(轻度水分胁迫,土壤含水量为田间持水量的47%~50%,植株嫩叶在晴天13:00左右出现萎蔫,17:00左右恢复正常);水分饱和组T2(土壤表面一直处于潮湿状态的水饱和土壤);水淹组T3(苗木根部土壤全部淹没,淹水超过土壤表面1 cm)。水淹处理时,将苗盆放入大塑料盆内,然后向盆内注水,直到盆内水面超过土壤表面1 cm为止,并每天换水<sup>[4]</sup>。每一处理重复6盆。实验

期间所有植株均不施肥。土壤含水量采用称重法测定。整个实验均在恒温透明的塑料温棚内进行。

### 1.2 测定方法

采用Li-6400便携式光合作用测定系统(美国Li-COR公司)测定净光合速率 $[P_n, \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})]$ 、蒸腾速率 $[Tr, \text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})]$ 、胞间 $\text{CO}_2$ 浓度(Ci)和气孔导度 $[Gs, \text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})]$ 等生理指标。取植株顶部的第3片或第4片健康叶在饱和光强下 $[1\ 000 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})]$ 进行测定(采用标准红蓝光叶室控制光强),每个处理重复测定6株植物。所有测定均于上午9:00—11:00在室外25℃的环境(控制叶温)下完成。

同时采用比色法测定叶绿素和类胡萝卜素含量(mg/g)重复测定3次;选取与光合作用测定相近位置和成熟度的新鲜叶片,擦净组织表面污物,去掉中脉后剪碎混匀;称取剪碎的新鲜样品3份,每份0.2 g分别放入研钵中,加少量石英砂和碳酸钙粉及2~3 ml无水乙醇,研磨提取光合色素,静置、过滤,冲洗,直至滤纸和残渣中无绿色为止,最后一起倒入25 ml棕色容量瓶中,后用无水乙醇定容、摇匀,避光静置待测;把光合色素提取液倒入光径1 cm的比色杯内,以无水乙醇作为参比溶液,分别在470,645,663 nm 3个不同的波段下测定叶绿素提取液(浓度大时需稀释)的光吸收值。计算公式为:

叶绿素a含量:

$$Ca = 12.7 \times A_{663} - 2.59 \times A_{645};$$

叶绿素b含量:

$$Cb = 22.9 \times A_{645} - 4.67 \times A_{663};$$

类胡萝卜素含量:

$$Ck = 4.7 \times A_{440} - 0.27 \times Ca + b;$$

叶绿素总量  $Ct = Ca + Cb$ ;

此外用米尺对植株高度、冠幅等指标进行测量,并观察记录植株叶片、分枝及不定根等形态生长特征。从实验处理之日算起(即处理的第一天均记作各图中横轴的起始零点),每间隔5 d为一个处理期,对植株形态变化特征及各项生理生化指标均连续测定5次,每个处理每次测定5个重复。(注:实验后期水淹条件下的植株叶片数几乎为零,鉴于平行分析测定,均不再进行光合指标的测定,所以出现图中所示的各指标持续时间不同)。

### 1.3 数据处理

数据经Excel 2003整理后,采用SPSS 17.0统计分析软件进行差异显著性分析;结果经由Oringin 6.0软件绘图表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同土壤水分条件对植株生长状况的影响

由图1可知,在不同的土壤水分条件下,各组新银合欢植株出现了不同的生长趋势,T2组植株长势最好,叶片凋落少,分枝较多,株高最高;T1组和T3组则长势较差,株高均低于CK组,且T1组>T3组,T3组长势最差,植株多矮小、顶芽多萎蔫死亡、叶片多失绿凋落,生长明显受到影响。

从实验初期开始T3组植株就形成了大量不定根,而其他几组并无此现象产生。这是耐淹植物对淹水的标志性形态反应<sup>[5]</sup>,肥大皮孔、通气组织和不定根,可以提高露于空气中吸收O<sub>2</sub>组织的总面积,用来抵抗水淹胁迫所造成的低氧环境<sup>[6-7]</sup>;同时不定根的数量也可作为植株对淹水环境适应能力的反映,也是陆生植物中耐渍基因型的重要标志<sup>[8]</sup>。本实验中,随着水淹时间的延长,新银合欢植株不定根的数量也逐渐增多,约至50d时达到最高。实验结果也显示,随着水淹时间的一再增加,不定根数量开始减少,并且死亡、凋落率明显增加。由此可说明,新银合欢具有一定的耐淹性,但相对较弱。

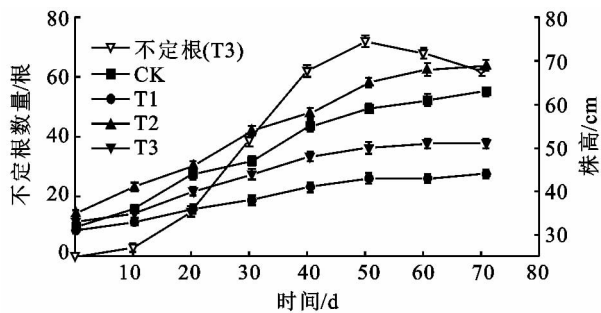


图1 不同土壤水分条件下植株株高和不定根数量

### 2.2 不同土壤水分条件对植株根系活性的影响

由图2可见,在不同的土壤水分条件下,T2组植株根系活力的变化与CK组基本一致,均随时间延长呈先升高后降低的变化趋势,且活性值均高于其他两组;T3组植株的根系活力明显低于其他三组,处于最低水平,且随时间的延长呈下降趋势,最终趋于平缓。这是由于水淹一般会造成土壤缺氧<sup>[7]</sup>,进而会影响植株根系的有氧呼吸及其他一些生理活动,进而导致根系活力的降低。而后期的平缓下降趋势则是由于不定根迅速取代了因缺氧而窒息甚至死亡的初生根,提高了露于空气中吸收O<sub>2</sub>组织的总面积,在一定程度上保持了根系的活力和功能<sup>[9]</sup>。

### 2.3 不同土壤水分条件对光合色素含量的影响

图3表明,T2组植株的总叶绿素含量和类胡萝卜素含量变化与CK组基本一致,随时间延长呈较为

平缓的变化趋势,且含量值均高于其他两组。T1组植株的总叶绿素含量和类胡萝卜素含量则整体呈现出先上升后下降的变化趋势,这可能与叶片含水量的减小有关<sup>[10]</sup>。而T3组植株的总叶绿素含量和类胡萝卜素含量随时间延长而持续下降,含量值较其他三组处于最低水平,究其原因可能是由于水淹所造成的低氧环境限制了植株根系的有氧呼吸,进而影响到两种色素酶促合成过程,并且水分过多也会加速叶绿素的分解过程,结果造成两种色素含量的减少,这与利容千和王建波<sup>[11]</sup>的研究结果一致。由此表明,新银合欢光合色素的合成受土壤水分含量变化的影响,水分过多或过少均不利于光合色素的合成。

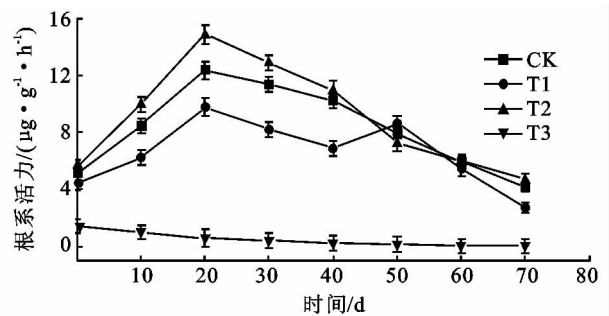


图2 不同土壤水分条件下植株根系活性

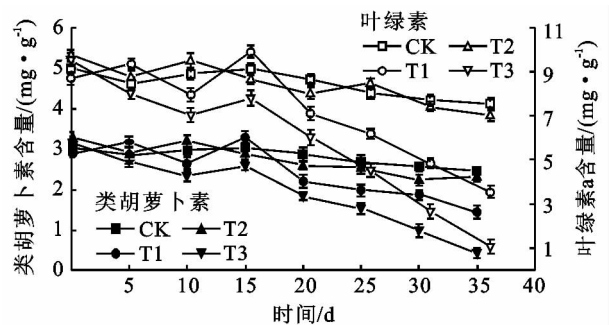


图3 不同土壤水分条件下植株光合色素含量

### 2.4 不同土壤水分条件对净光合速率(Pn)的影响

据图4,在整个处理期,新银合欢的净光合速率(Pn)在不同水分处理条件下,呈现出不同的变化趋势:T2组新银合欢Pn的变化趋势与CK组基本一致,均呈现出较为稳定的走势。这与T1和T3组呈现出持续下降的变化趋势形成鲜明对比,且CK和T2组的Pn值明显高于其他两组,同时T1组的Pn值大于T3组。由此可以说明,土壤的水分含量会影响新银合欢的光合能力,饱和的水分条件有助于新银合欢的生长发育,是其最适的生长条件;水分不足或过多则不利于新银合欢净光合产物的累积。

### 2.5 不同土壤水分条件对气孔导度(Gs)和蒸腾速率(Tr)的影响

由图5可见,新银合欢植株的Gs和Tr的变化趋势与Pn基本一致:T2组与对照中Gs和Tr的变

化趋势均较为平稳;T1 组与 T3 组则随时间延长呈现出不同程度的降低,且整体上 T1 组的  $G_s$  和  $T_r$  值大于 T3 组。由此可知,在水淹条件时,新银合欢植株的生理代谢活动因氧气减少而降低,因此造成  $G_s$  和  $T_r$  均明显下降;而在轻度干旱条件下,新银合欢植株为阻止水分过度散失,降低了气孔导度水平,减小了蒸腾速率。可见,水分过多或过少均会对新银合欢的气孔导度和蒸腾速率造成影响,同时也可看出新银合欢具有一定的耐旱性。

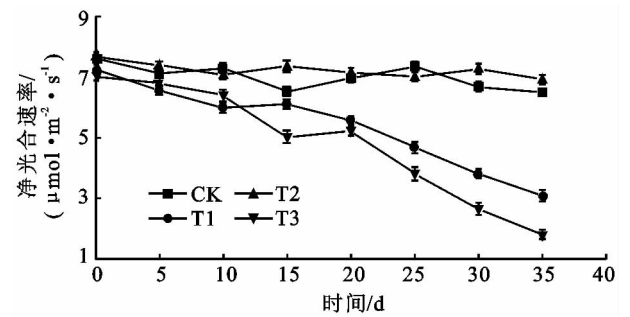


图 4 不同土壤水分条件下植株叶片净光合速变化

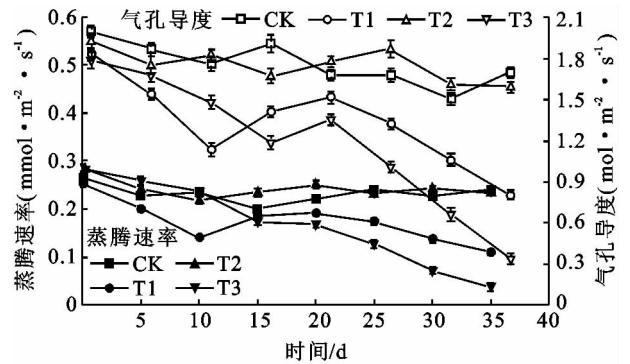


图 5 不同水分条件下植株叶片气孔导度和蒸腾速率变化

2.6 不同土壤水分条件对植株叶片胞间 CO<sub>2</sub> 浓度(Ci)的影响

由图 6 可知, T2 组与 CK 组新银合欢的胞间 CO<sub>2</sub> 浓度(Ci)随时间的变化趋势基本相似,均较为稳定;而 T1 与 T3 组 Ci 的变化基本与  $G_s$  和  $P_n$  相似,实验前期 Ci 随着  $G_s$  和  $P_n$  的降低而降低,三者基本同步同向变动;但随胁迫时间的延长, Ci 随着  $G_s$  和  $P_n$  的降低反而升高,三者变动不再一致。有研究表明,在外界条件相同的情况下,气孔导度和叶肉细胞的光合活性变化是导致新银合欢 Ci 变化的主要原因<sup>[12]</sup>。因此,实验前期新银合欢由于  $G_s$  减小致使环境中 CO<sub>2</sub> 浓度进入叶肉细胞减少,从而使 Ci 降低进而影响到  $P_n$  的降低;而后期可能是水分胁迫造成叶肉细胞的光合活性的降低,从而导致光合作用利用的 CO<sub>2</sub> 量减少,而呼吸作用产生的 CO<sub>2</sub> 不变,所以使 Ci 值增高,  $P_n$  值下降<sup>[13]</sup>。

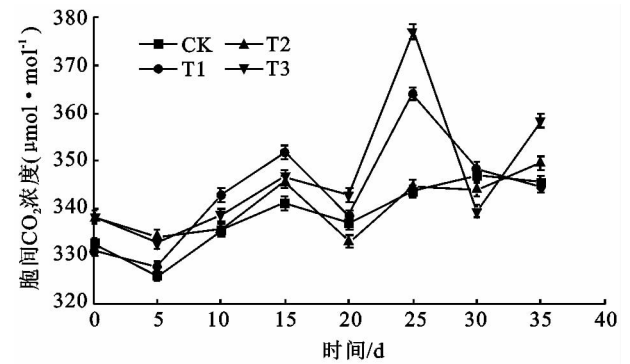


图 6 不同水分条件下植株胞间 CO<sub>2</sub> 浓度变化

3 结论

在不同的土壤水分条件下,新银合欢的光合色素含量、净光合速率、蒸腾速率、气孔导度等光合指标值均呈现出不同的变化趋势。在水分饱和和条件时,新银合欢幼苗的各项指标变化与对照基本一致,较为稳定,且净光合速率均值最高;而在水淹和轻度干旱条件下,幼苗的各项指标值较对照均出现了大幅度的降低。同时,从生态学指标也可看出,水分饱和是新银合欢最适生长条件,其各项生理指标均达到最优。

尽管新银合欢受干旱和水淹胁迫的影响,各项生理生态指标均明显下降,但所表现出来的响应程度并不相同。水淹条件下新银合欢的生理生态指标随时间延长下降趋势极显著,虽然在生长过程中有大量不定根的生成,在一定程度上保持了根系活力,但随水淹时间的延长,其不定根数量开始减少,叶片死亡、凋落率显著增加。而在干旱条件下,幼苗的各项生态指标虽也随时间延长而降低,但降低幅度较水淹条件低。此外,幼苗在实验最初的一段时间内都还能维持一定的水平,保持较高的光合速率。

综上所述,新银合欢受土壤水分变化影响显著,具有一定的耐淹性,但相对较弱,耐旱性较强,适宜栽植于水分饱和或轻度干旱的土壤环境中,尤其在水分饱和条件下的综合表现最佳。因此在三峡库区消落带的植被恢复建设中,可以考虑将新银合欢列为构建三峡库区消落带植被的物种之一,但其能否耐受三峡水库成库后水分环境的反复变化将有待于进一步深入研究。

参考文献:

[1] 陈国阶. 三峡库区发展态势与问题[J]. 长江流域资源与环境. 2003,12(2):107-112.  
[2] 刁承泰,黄京鸿. 三峡水库水位涨落带土地资源的初步研究[J]. 长江流域资源与环境,1999,8(1):75-80.

最大,说明在小定额灌溉条件下盐分淋洗较浅,不利于香梨根系对水分和养分的吸收利用。

### 3 结 论

株行距为 3 m×5 m 幼龄香梨在不同滴灌灌溉定额条件下,表现为灌溉定额大的土壤含水率高,灌溉定额小的土壤含水率较低。同时灌溉量越少其对应的土壤含盐量却越大,这说明灌溉量影响洗盐效果,低灌溉定额出现了土壤低含水率和高含盐量现象,结合土壤含水率变化和土壤盐分变化关系,认为幼龄香梨的灌溉定额大于 300 mm 时可满足香梨水分的需求并具有一定的淋洗盐分效果。

本试验结果只针对未挂果的幼龄香梨,随着树龄的增大和产量的提高,香梨需水量和需水规律也会发生变化,目前的单行毛管布置难以满足灌水要求,需要进一步探索不同滴灌毛管布置方式(2 行或 3 行)和灌溉定额。

#### 参考文献:

[1] 李银芳,阿迪力·吾彼尔,阿依古力,等. 香梨幼林园在



(上接第 262 页)

[3] 徐飞,郭卫华,王玉芳,等. 济南市校园 6 个绿化树种光合荧光特征比较初探[J]. 山东大学学报,2007,42(5): 86-94.

[4] 李昌晓,钟章成. 三峡库区消落带土壤水分变化条件下池杉幼苗光合生理响应的模拟研究[J]. 水生生物学报, 2005,29(6):712-716.

[5] 靖元孝,程惠青,彭建宗,等. 水翁幼苗对淹水的反应初报[J]. 生态学报,2001,21(5):810-813.

[6] Kozłowski T T. Responses of woody plants to flooding and salinity[J]. Tree Physiology Monograph,1997(1): 1-29.

[7] Drew M C. Sensing soil oxygen[J]. Plant, Cell and Environment,1990,13(3):681-693.

[8] 陈婷,曾波,叶小齐,等. 水淹对野古草和秋华柳不定根

不同灌溉条件下生长的动态变化相关分析[J]. 灌溉排水学报,2006,25(2):65-68.

[2] 梁智,周勃. 新疆库尔勒香梨 NPK 肥料效应研究[J]. 中国土壤与肥料,2008(3):48-52.

[3] 买合木提·艾孜木. 香梨新梢、果实生长动态研究初报[J]. 新疆农业科学,2008,45(S1):166-168.

[4] 徐胜利,陈小青. 膜下调亏灌溉对香梨产量和品质的影响[J]. 新疆农业科学,2003,40(1):6-9.

[5] 胡安焱,董新光,魏光辉,等. 滴灌条件下水肥耦合对干旱区红枣产量的影响[J]. 灌溉排水学报,2010,2(6):60-64.

[6] 姚宝林,叶含春,孙三民,等. 红枣滴灌条件下灌区水质对土壤盐分分布的影响研究[J]. 水土保持研究,2011, 18(2):218-222.

[7] 魏光辉,董新光,胡安焱,等. 干旱区幼龄枣树滴灌耗水规律研究[J]. 人名黄河,2011,33(6):95-100.

[8] 晏清洪,王伟,任德新,等. 滴灌湿润比对成龄库尔勒香梨生长及耗水规律的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2011,29(1):7-13.

[9] 武阳,王伟,雷廷武,等. 调亏灌溉对滴灌成龄香梨果树生长及果实产量的影响[J]. 农业工程学报,2012,28 (11):118-124.

形成的影响[J]. 安徽农业科学,2007,35(19):5703-5704.

[9] Kawase M, Whitmoger R E. Aerenchyma development in waterlogged plants[J]. American Journal of Botany, 1980,67(1):18-22.

[10] 李芳兰,包维凯,吴宁. 白刺花幼苗对不同程度干旱胁迫的形态[J]. 生态学报,2009,29(10):5406-5416.

[11] 利容千,王建波. 植物逆境细胞及生理学[M]. 武汉:武汉大学出版社,2002.

[12] 许大全. 光合作用气孔限制分析中的一些问题[J]. 植物生理学通讯,1997,33(4):241-244.

[13] Farquhar G D, Sharkey T D. Stomatal conductance and photosynthesis[J]. Ann. Rev. Plant Physiol,1982,3: 317-345.