

中国百种杰出学术期刊  
中国精品科技期刊  
中国科协优秀期刊  
中国科学院优秀科技期刊  
新中国 60 年有影响力的期刊  
国家期刊奖

ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

# 生态学报

## Acta Ecologica Sinica

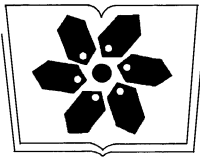
(Shengtai Xuebao)

第 30 卷 第 24 期  
Vol.30 No.24  
**2010**



中国生态学学会  
中国科学院生态环境研究中心  
科学出版社

主办  
出版



# 生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

中国科学院科学出版基金资助出版

第 30 卷 第 24 期 2010 年 12 月 (半月刊)

## 目 次

三江平原残存湿地斑块特征及其对物种多样性的影响 .....	施建敏, 马克明, 赵景柱, 等 (6683)
叶片碳同位素对城市大气污染的指示作用 .....	赵德华, 安树青 (6691)
土地利用对崇明岛围垦区土壤有机碳库和土壤呼吸的影响 .....	张容娟, 布乃顺, 崔 军, 等 (6698)
缓/控释复合肥料对土壤氮素库的调控作用 .....	董 燕, 王正银 (6707)
北京海淀公园绿地二氧化碳通量 .....	李 霞, 孙 睿, 李 远, 等 (6715)
三峡库区消落带生态环境脆弱性评价 .....	周永娟, 仇江啸, 王 姣, 等 (6726)
应用碳、氮稳定同位素研究稻田多个物种共存的食物网结构和营养级关系 .....	张 丹, 闵庆文, 成升魁, 等 (6734)
基于弹性系数的江苏省能源生态足迹影响因素分析 .....	杨足膺, 赵 媛, 付伍明 (6741)
中国土地利用多功能性动态的区域分析 .....	甄 霖, 魏云洁, 谢高地, 等 (6749)
遮荫处理对东北铁线莲生长发育和光合特性的影响 .....	王云贺, 韩忠明, 韩 梅, 等 (6762)
臭氧胁迫对冬小麦光响应能力及 PS II 光能吸收与利用的影响 .....	郑有飞, 赵 泽, 吴荣军, 等 (6771)
地表覆草和覆膜对西北旱地土壤有机碳氮和生物活性的影响 .....	谢驾阳, 王朝辉, 李生秀 (6781)
喀斯特峰丛洼地旱季土壤水分的空间变化及主要影响因子 .....	彭晚霞, 宋同清, 曾馥平, 等 (6787)
极干旱区深埋潜水蒸发量的测定 .....	李红寿, 汪万福, 张国彬, 等 (6798)
灌木林土壤古菌群落结构对地表野火的快速响应 .....	徐赢华, 张 涛, 李 智, 等 (6804)
稻田免耕和稻草还田对土壤腐殖质和微生物活性的影响 .....	区惠平, 何明菊, 黄 景, 等 (6812)
造纸废水灌溉对黄河三角洲盐碱地土壤酶活性的影响 .....	董丽洁, 陆兆华, 贾 琼, 等 (6821)
神农宫扁角菌蚊幼虫种群分布及其与环境因子的相关性 .....	顾永征, 李学珍, 牛长缨 (6828)
三亚珊瑚礁水域纤毛虫种类组成和数量分布及与环境因子的关系 .....	谭焯辉, 黄良民, 黄小平, 等 (6835)
淞江鲈在中国地理分布的历史变迁及其原因 .....	王金秋, 成 功 (6845)
黄海中南部小黄鱼生物学特征的变化 .....	张国政, 李显森, 金显仕, 等 (6854)
甲基溴消毒对番茄温室土壤食物网的抑制 .....	陈云峰, 曹志平 (6862)
离子树脂法测定森林穿透雨氮素湿沉降通量——以千烟洲人工针叶林为例 .....	盛文萍, 于贵瑞, 方华军, 等 (6872)
乡土植物芦苇对外来入侵植物加拿大一枝黄花的抑制作用 .....	李愈哲, 尹 昕, 魏 维, 等 (6881)
遂渝铁路边坡草本植物多样性季节动态和空间分布特征 .....	王 倩, 艾应伟, 裴 娟, 等 (6892)
古尔班通古特沙漠原生梭梭树干液流及耗水量 .....	孙鹏飞, 周宏飞, 李 彦, 等 (6901)
碟果虫实种子萌发对策及生态适应性 .....	刘有军, 刘世增, 纪永福, 等 (6910)
原始兴安落叶松林生长季净生态系统 CO <sub>2</sub> 交换及其光响应特征 .....	周丽艳, 贾丙瑞, 曾 伟, 等 (6919)
五种红树植物通气组织对人工非潮汐生境的响应 .....	伍卡兰, 彭逸生, 郑康振, 等 (6927)
亚高寒草甸不同生境植物群落物种多度分布格局的拟合 .....	刘梦雪, 刘佳佳, 杜晓光, 等 (6935)
内蒙古荒漠草原地表反照率变化特征 .....	张 果, 周广胜, 阳伏林 (6943)
中国沙棘克隆生长对灌水强度的响应 .....	李甜江, 李根前, 徐德兵, 等 (6952)
增温与放牧对矮嵩草草甸 4 种植物气孔密度和气孔长度的影响 .....	张立荣, 牛海山, 汪诗平, 等 (6961)
基于 ORYZA2000 模型的北京地区早稻适宜播种期分析 .....	薛昌颖, 杨晓光, 陈怀亮, 等 (6970)
<b>专论与综述</b>	
区域生态安全格局研究进展 .....	刘 洋, 蒙古军, 朱利凯 (6980)
植物功能性状与湿地生态系统土壤碳汇功能 .....	王 平, 盛连喜, 燕 红, 等 (6990)
农田水氮关系及其协同管理 .....	王小彬, 代 快, 赵全胜, 等 (7001)
虫害诱导挥发物的生态调控功能 .....	王国昌, 孙晓玲, 董文霞, 等 (7016)
土壤微生物资源管理、应用技术与学科展望 .....	林先贵, 陈瑞蕊, 胡君利 (7029)
<b>问题讨论</b>	
从演化的角度评价北京市经济系统可持续发展趋势 .....	黄莉茹, 徐中民 (7038)
基于植物多样性特征的武汉市城市湖泊湿地植被分类保护和恢复 .....	郑忠明, 宋广莹, 周志翔, 等 (7045)
濒危兰科植物再引入技术及其应用 .....	陈宝玲, 宋希强, 余文刚, 等 (7055)
<b>研究简报</b>	
实验条件下华北落叶松和白杆苗期生长策略的差异比较 .....	张芸香, 李海波, 郭晋平 (7064)
基于源-库互反馈的温室青椒坐果时空动态模拟 .....	马韞韬, 朱晋宇, 胡包钢, 等 (7072)
西双版纳小磨公路及其周边道路对蛇类活动的影响 .....	孙 戈, 张 立 (7079)
温度变化对藻类光合电子传递与光合放氧关系的影响 .....	张 曼, 曾 波, 张 怡, 等 (7087)
黄土区六种植物凋落物与不同形态氮素对土壤微生物量碳氮含量的影响 .....	王春阳, 周建斌, 董燕婕, 等 (7092)
食细菌线虫 <i>Caenorhabditis elegans</i> 的取食偏好性 .....	肖海峰, 焦加国, 胡 锋, 等 (7101)

# 遮荫处理对东北铁线莲生长发育和光合特性的影响

王云贺<sup>1,2</sup>, 韩忠明<sup>1</sup>, 韩梅<sup>1</sup>, 杨利民<sup>1,\*</sup>

(1. 吉林农业大学中药材学院, 长春 130118; 2. 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 长春 130012)

**摘要:**以东北铁线莲 *Clematis manshurica* 为材料,研究了不同遮荫处理(全光照 CK、遮荫 30%、50%、70% 和 90%)对东北铁线莲生长发育和光合特性的影响,为吉林省东北铁线莲规范化种植提供理论依据。结果表明,不同光照条件下叶片总叶绿素、叶绿素 a、叶绿素 b 含量均显著高于全光照的,且随遮荫程度的提高叶绿素含量呈上升趋势,90% 遮荫下东北铁线莲叶片叶绿素含量最高,相反叶绿素 a/b 的值却最低;东北铁线莲比叶面积随着光照强度的减弱而增加,说明东北铁线莲在较弱的光照下通过总体光合面积的增加来保证一定的光合积累。全光照条件下东北铁线莲净光合速率呈明显的“午休”现象,30% 遮荫处理条件下东北铁线莲净光合速率较呈不明显“午休”现象,遮荫对蒸腾作用和气孔导度均有显著的影响,随着光照强度的减弱,蒸腾速率和气孔导度均显著下降;30% 遮荫处理净光合速率、各部分生物量均较高,与其他处理差异显著。但随着遮荫梯度的增加,东北铁线莲的净光合速率降低,光合作用合成产物总量减少,导致 70% 和 90% 遮荫条件下主茎长度变短,各构件生物量下降,不利于植株拓展,而 50%、70% 和 90% 遮荫条件下东北铁线莲的净光合速率变化趋势为单峰曲线,没有表现出午休现象,但由于光照强度较低造成光合效率低,不利于东北铁线莲的生长。因此,在生产实践上,适当调控光照强度,有利于东北铁线莲净光合速率的提高,这是提高东北铁线莲产量的重要措施。

**关键词:**遮荫;净光合速率;日变化;叶绿素;生物量

## Effects of shading on the growth and photosynthetic characteristics of *Clematis manshurica* Rupr.

WANG Yunhe<sup>1,2</sup>, HAN Zhongming<sup>1</sup>, HAN Mei<sup>1</sup>, YANG Limin<sup>1,\*</sup>

1 College of Chinese Medicinal Materials, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China

2 Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130012, China

**Abstract:** The experiments took *Clematis manshurica* Rupr. a medicinal plant, as material, studied the effects of five different shading levels (Shading of 0, 30%, 50%, 70% and 90%) on its growth and photosynthetic characteristics, and it is essential for its normalized cultivation in Jilin Province, Northeast China. The photosynthetic parameters, dry matter accumulation as well as chlorophyll contents in the leaves of *C. manshurica* were measured. The results indicated that the contents of total chlorophyll, chlorophyll a and chlorophyll b in leaves under the shading conditions were significant higher than under the full daylight; the chlorophyll contents increased with the increasing of shading levels, and it reached the top point under the shading of 90%. However, the variation trend of chlorophyll a/b was contrary. The specific leaf area of *C. manshurica* increased with the weakening of light intensity, so the accumulation of photosynthetic products was produced by increasing the total photosynthetic area under lower light intensity. The diurnal changes in the net photosynthetic rate of *C. manshurica* in full light could be expressed as two-hump curves, reflecting a significant midday depression at noon, but the midday depression was not obvious in the shading of 30%; the effects of shading treatments on transpiration rate and stomatal conductance were different significantly, and the values of transpiration rate and stomatal conductance of *C. manshurica* decreased with the increasing of shading levels; the diurnal average of net photosynthetic rate and module biomass of *C. manshurica* were increased firstly, and then decreased along the shading gradient. There were significant effects of shading

基金项目:吉林省科技发展计划重大项目(20075022)

收稿日期:2009-10-19; 修订日期:2010-01-20

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: ylmh777@126.com

on the net photosynthetic rate, the biomass of the root and rhizomes, stems and leaves of *C. manshurica*. A sharp increase dry matter accumulation of *C. manshurica* was observed in the shading of 30% compared with the other levels. The light intensity and the canopy temperature were markedly reduced in the shading of 30%, but the relative humidity was increased. Consequently, the temperatures of leaf surface were decreased, which can improved canopy microclimate conditions and eliminated the phenomenon of “midday depression” effectively. At the same time it increased the net photosynthetic rate and the module biomass of *C. manshurica*, in other words, appropriate shading was conducive to its matter production. But the net photosynthetic rate and the total accumulation of photosynthetic products of *C. manshurica* were decreased with the increasing of shading levels. The stems were short, the biomass of the root, rhizomes, stems and leaves were decreased. The diurnal changes in the net photosynthetic rate in the shading of 50%, 70% and 90% could be expressed as the single peak curve, and the overhead shading could effectively overcome the harm caused by high temperature and strong light, but the photosynthetic efficiency of *C. manshurica* was decreased because of lower light. The excess shading significantly decreased the photosynthesis and module biomass, and it could bring unfavorable effects to the growth of *C. manshurica*. In conclusion, the above experiment showed that appropriate shading was propitious to increase the net photosynthetic rate of *C. manshurica* in the practical production, which is the important measure to increase the output of *C. manshurica*.

**Key Words:** shading; net photosynthetic rate; diurnal changes; chlorophyll; biomass

光照是植物进行光合作用的基础<sup>[1]</sup>。植物 90% 以上的干物质来自光合作用,光合作用是植物干物质积累和产量的基础<sup>[2]</sup>。光不仅能够影响植物的光合作用,同时它还以环境信号的形式作用于植物,通过光敏色素等作用途径调节植物生长、发育和形态建成,使植物更好地适应外界环境<sup>[3-4]</sup>。研究表明,光照条件的改变可明显地改变植物的生长环境,影响植物的组织结构<sup>[5]</sup>,进而影响光合作用、营养物质的吸收及其在植物体内的重新分配等一系列生理过程<sup>[6-8]</sup>,并且使植物生长发育受到不同程度的影响,最终影响作物产量<sup>[9-11]</sup>。遮荫对植物生长发育及产量的影响,因植物的需光特性、遮荫程度、遮荫时期和持续时间不同而存在较大差异<sup>[12-13]</sup>。在生长发育方面,适度遮荫可以减小叶片厚度、改变叶片形状、降低叶面积指数、增加株高等<sup>[14]</sup>。在光合特性方面,遮荫通常可以降低单叶的光合速率<sup>[15]</sup>、增加光能利用效率、调节作物的碳、氮代谢<sup>[16]</sup>。

东北铁线莲(*Clematis manshurica* Rupr.)为毛茛科铁线莲属多年生草本植物,俗名辣蓼铁线莲、山辣椒秧子。其根及根茎可作为中药威灵仙入药,具有祛风湿,通络止痛之功效。主要用于治疗风湿痹痛,肢体麻木,筋脉挛急,屈伸不利等症<sup>[17]</sup>。野生东北铁线莲主要分布于我国东北,华北地区,吉林主要分布在中部和东部地区<sup>[18-19]</sup>。目前,东北铁线莲的研究主要集中在化学成分、药理和药效等方面<sup>[18,20-27]</sup>,而有关遮荫处理对东北铁线莲生长发育和光合特性的影响未见报道。为此,本文以吉林省长春市栽培东北铁线莲为研究对象,通过对不同遮荫处理东北铁线莲生长发育和光合特性的研究,探讨了东北铁线莲的光合生理规律,为规范种植东北铁线莲和提高药材产量提供重要的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验在吉林农业大学中药材学院药用植物园进行。地理位置位于 N43°47'、E125°24',海拔 251 m,年均气温 4.8℃,最高 39.5℃,最低 -39.8℃,年均降水量 522—615 mm,降水主要集中在 6—8 月份,这 3 个月的降水量占全年降水 70%,日照时数 2688 h,最热月(7 月份)平均气温 23℃。

### 1.2 试验设计

2008 年 5 月 9 号,从中国农业科学院左家特产研究所移栽 5 000 株生长一致的东北铁线莲秧苗,栽培间距 10 cm,移栽后浇水保湿。缓苗结束后于 6 月 2 日进行遮光处理,采用遮阳网进行遮荫度的设置,遮阳网设于离地面 1.5 m 处,设 5 个遮荫梯度:分别为对照 CK(全光照,透光 100%),30%(遮荫 30%,透光 70%),

50% (遮荫 50%, 透光 50%), 70% (遮荫 70%, 透光 30%), 90% (遮荫 90%, 透光 10%)。遮荫度用 YF-172 数字式照度计测定并计算。

### 1.3 测定方法

#### 1.3.1 光合作用参数的测定

在 8 月中旬选择晴天测定五种处理东北铁线莲叶片光合作用日变化。自 8:00—16:00 每隔 2 h 测 1 次, 每个处理测 5 片叶, 重复测 3 d。用 CI-203 (CID, Inc, USA) 手持式激光叶面积仪测定叶面积。测定净光合速率 ( $P_n$ ,  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )、气孔导度 ( $G_s$ ,  $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )、蒸腾速率 ( $E$ ,  $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )、胞间  $\text{CO}_2$  浓度 ( $C_i$ ,  $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ )、光合有效辐射 ( $PAR$ ,  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )、大气  $\text{CO}_2$  浓度 ( $C_a$ ,  $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ )、空气相对湿度 ( $RH$ , %) 等; 水分利用效率 ( $WUE = P_n/E$ ,  $\mu\text{mol CO}_2/\text{mmol H}_2\text{O}$ )<sup>[28]</sup>, 气孔限制值 ( $L_s = 1 - C_i/C_a$ ) 计算方法参见文献<sup>[29]</sup>。

#### 1.3.2 叶绿素含量的测定

精确称取 0.300 g 东北铁线莲鲜叶片, 加入 80% 丙酮和无水乙醇为 1:1 的提取液 10 mL, 30 °C 黑暗浸提光合色素, 直到叶片全部变白<sup>[30]</sup>。UV-1700 型分光光度计在 645、663 nm 比色, 每个样品重复 3 次。

#### 1.3.3 生物量及形态指标的测定

试验结束后, 于 2008 年 9 月 30 日每个处理随机取 15 株, 测株高、茎粗、叶面积。用水快速冲净根部泥土, 用烘干法测根及根茎、茎和叶干生物量, 计算总生物量。

### 1.4 数据处理

采用 SPSS 13.0 (SPSS for windows, version 13.0, Chicago, Illinois) 对数据进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 遮荫处理对东北铁线莲生长特性的影响

#### 2.1.1 遮荫处理对东北铁线莲形态特征的影响

由表 1 可知, 不同遮荫处理对东北铁线莲株高、茎粗和比叶面积均具有显著的影响。适度的遮荫有利于东北铁线莲株高的生长, 50% 与 CK、30%、70% 和 90% 处理间差异极显著 ( $P < 0.01$ ); 茎粗 CK、30% 与 90% 遮荫处理间差异极显著 ( $P < 0.01$ ); 比叶面积是表示叶厚的指标, 比叶面积越小, 说明单位叶面积越小, 叶片越厚, 方差分析结果表明: CK 与 50%、70%、90% 处理间差异极显著 ( $P < 0.01$ ), 即全光照下东北铁线莲的比叶面积显著小于遮荫的植株, 说明在全光照下, 光能供应充足, 只要较小的单位生物量叶面积就能满足光合作用的需要, 然而在遮荫的情况下, 东北铁线莲通过增加单位生物量的叶面积来捕获光能, 提供光合作用所需的光能, 以适应较弱的光环境。

表 1 遮荫对东北铁线莲形态特征的影响

Table 1 Effect of shading on morphological characteristics of *C. manshurica*

处理 Treatments	株高 Stem height/cm	茎粗 Stem diameter/cm	比叶面积 Specific leaf area/( $\text{cm}^2/\text{g}$ )
CK	48.75 ± 1.71 <sup>bcB</sup>	0.29 ± 0.04 <sup>abA</sup>	136.64 ± 12.63 <sup>cB</sup>
30%	50.40 ± 3.78 <sup>bB</sup>	0.29 ± 0.02 <sup>aA</sup>	153.97 ± 15.05 <sup>cB</sup>
50%	61.50 ± 4.36 <sup>aA</sup>	0.27 ± 0.04 <sup>aAB</sup>	170.01 ± 32.92 <sup>bcAB</sup>
70%	48.75 ± 4.16 <sup>bcB</sup>	0.25 ± 0.02 <sup>abAB</sup>	201.86 ± 21.95 <sup>abA</sup>
90%	44.75 ± 5.68 <sup>cB</sup>	0.22 ± 0.03 <sup>bB</sup>	210.36 ± 5.98 <sup>aA</sup>

数值为平均值 ± 标准差 ( $n=15$ ), 不同字母示差异显著, 小写字母表示  $P < 0.05$ , 大写字母表示  $P < 0.01$

#### 2.1.2 遮荫处理对东北铁线莲生物量的影响

不同遮荫处理对东北铁线莲各构件生物量均具有极显著的影响 (表 2)。根及根茎、茎、叶和总生物量均是 30% > 50% > CK > 70% > 90%, 其中 30%、50% 与其他处理间差异极显著 ( $P < 0.01$ ); 说明适度的遮荫有利于东北铁线莲的生长发育。全光照条件下东北铁线莲单位叶面积生物量最高, CK、30% 与 70%、90% 之间存在着显著差异 ( $P < 0.05$ ), CK 与 70%、90% 处理差异极显著 ( $P < 0.01$ )。

表 2 遮荫对东北铁线莲生物量的影响  
Table 2 Effects of shading on biomass of *C. manshurica*

处理 Treatments	根及根茎生物量 Biomass of root and rhizome /g	茎生物量 Biomass of stem /g	叶生物量 Biomass of leaf /g	单位叶面积生物量 Biomass of unit leaf area / (mg/cm <sup>2</sup> )	总生物量 Total biomass /g
CK	3.30 ± 0.18 <sup>cB</sup>	1.30 ± 0.11 <sup>bB</sup>	2.93 ± 0.12 <sup>cB</sup>	7.43 ± 0.98 <sup>aA</sup>	7.53 ± 0.15 <sup>cC</sup>
30%	4.23 ± 0.27 <sup>aA</sup>	1.65 ± 0.05 <sup>aA</sup>	4.04 ± 0.20 <sup>aA</sup>	6.67 ± 1.15 <sup>aAB</sup>	9.92 ± 0.26 <sup>aA</sup>
50%	3.83 ± 0.51 <sup>bA</sup>	1.55 ± 0.08 <sup>aA</sup>	3.85 ± 0.11 <sup>bA</sup>	6.11 ± 1.38 <sup>abABC</sup>	9.23 ± 0.61 <sup>bB</sup>
70%	2.86 ± 0.09 <sup>dB</sup>	1.31 ± 0.10 <sup>bB</sup>	3.05 ± 0.08 <sup>cB</sup>	5.02 ± 0.58 <sup>bBC</sup>	7.22 ± 0.13 <sup>cC</sup>
90%	1.79 ± 0.11 <sup>cC</sup>	0.84 ± 0.08 <sup>cC</sup>	2.20 ± 0.08 <sup>dC</sup>	4.78 ± 0.39 <sup>bC</sup>	4.83 ± 0.19 <sup>dD</sup>

数值为平均值 ± 标准差 (n=15), 不同字母示差异显著, 小写字母表示  $P < 0.05$ , 大写字母表示  $P < 0.01$

## 2.2 遮荫处理对东北铁线莲光合特性的影响

### 2.2.1 东北铁线莲叶片净光合速率日变化

光照强度是影响光合作用主要环境条件之一。图 1 表明, 全光照处理下东北铁线莲净光合速率日变化呈明显的双峰曲线, 具有明显的“午休”现象,  $P_n$  高峰出现在 10:00 和 14:00; 30% 遮荫处理下净光合速率呈不明显“午休”现象; 而 50%、70%、90% 处理则呈单峰曲线,  $P_n$  高峰均出现在 10:00。CK、30%、50%、70% 和 90% 处理日平均  $P_n$  分别为 7.9、8.47、8.13、6.64、5.22  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , 各处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )。

### 2.2.2 东北铁线莲气孔导度日变化

气孔行为直接影响到大气与表皮层之间的  $\text{CO}_2$  和水汽的交换。气孔阻力占叶片与大气之间  $\text{CO}_2$  和水汽交换总阻力相当大的部分<sup>[31]</sup>。气孔导度对环境因子的变化十分敏感, 凡是影响植物光合作用和叶片水分状况的各种因素都有可能对气孔导度造成影响<sup>[32]</sup>。由图 2 可知, 不同遮荫处理  $G_s$  日变化具有一定的相似性, CK 和 30% 在 12:00 出现最低值, 14:00 点略有回升, 光合速率也回升; 50%、70% 和 90% 处理则呈单峰下降型曲线。各处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )。

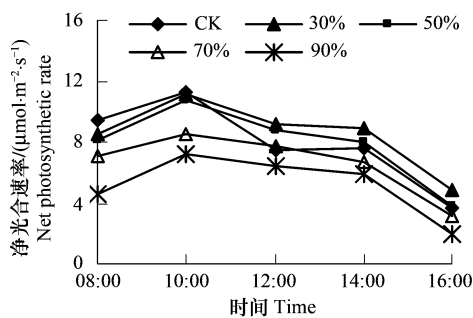


图 1 遮荫处理东北铁线莲净光合速率日变化

Fig. 1 Diurnal changes of net photosynthetic rate of *C. manshurica* under different shading treatment

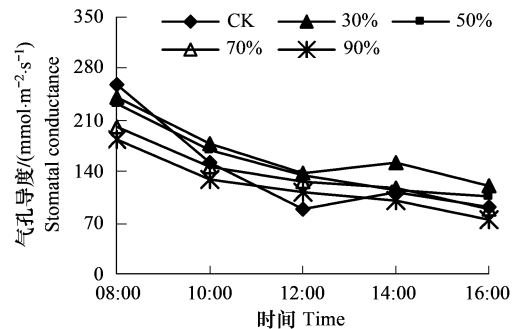


图 2 遮荫处理东北铁线莲气孔导度日变化

Fig. 2 Diurnal changes of stomatal conductance of *C. manshurica* under different shading treatment

### 2.2.3 东北铁线莲胞间 $\text{CO}_2$ 浓度日变化

不同遮荫处理对东北铁线莲  $C_i$  日变化趋势的影响大体一致 (图 3),  $C_i$  均是早晚较高, 中间呈平缓趋势。由于早晨净光合速率低, 胞间  $\text{CO}_2$  通过气孔进行扩散, 导致了早上细胞间隙  $\text{CO}_2$  浓度较高; 8:00 以后随着光照强度的增加, 光合速率增加, 细胞间隙  $\text{CO}_2$  浓度随之下降; 12:00 以后光合速率减弱,  $\text{CO}_2$  同化利用率下降, 同时细胞呼吸作用释放  $\text{CO}_2$  积聚在细胞间隙中, 使得胞间  $\text{CO}_2$  浓度增加。不同遮荫处理东北铁线莲  $C_i$  差异显著 ( $P < 0.05$ )。

### 2.2.4 东北铁线莲蒸腾速率日变化

蒸腾作用是光合作用不可避免的结果, 对植物具有重要作用。蒸腾流从根到蒸腾器官的流动, 使土壤中

的营养物质和溶液输送到根表<sup>[33]</sup>。不同遮荫处理东北铁线莲蒸腾速率日变化均呈单峰曲线,CK、30%、50%在10:00达到峰值,70%和90%则在12:00达到峰值(图4)。东北铁线莲 $E$ 日均值30% > 50% > CK > 70% > 90%,不同处理间差异显著( $P < 0.05$ )。

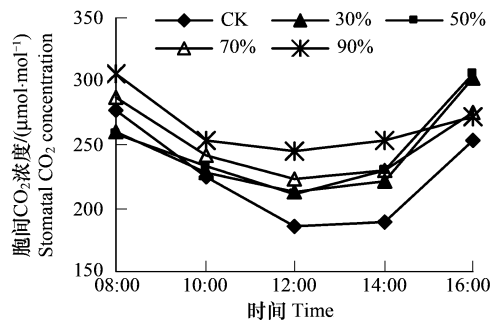


图3 遮荫处理东北铁线莲胞间CO<sub>2</sub>浓度日变化

Fig. 3 Diurnal changes of stomatal CO<sub>2</sub> concentration of *C. manshurica* under different shading treatment

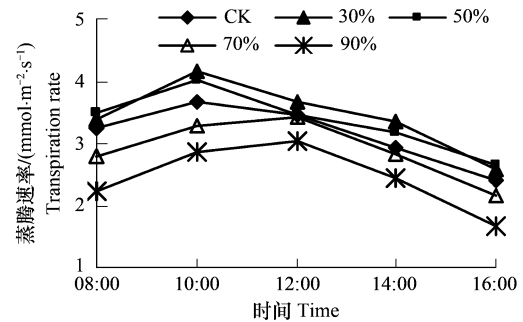


图4 遮荫处理东北铁线莲蒸腾速率日变化

Fig. 4 Diurnal changes of transpiration rate of *C. manshurica* under different shading treatment

### 2.2.5 东北铁线莲水分利用效率日变化

水分利用效率由蒸腾速率和光合速率决定,不同遮荫处理东北铁线莲水分利用效率10:00时达到峰值后迅速下降,12:00下降到低谷后回升,呈双峰曲线(图5),CK、30%、50%、70%、90%处理 $E$ 日均值分别为:2.47、2.46、2.32、2.25、2.09  $\mu\text{mol CO}_2/\text{mmol H}_2\text{O}$ 。90%处理与其他处理间差异显著( $P < 0.05$ )。

### 2.2.6 东北铁线莲气孔限制值日变化

由图6可知,不同遮荫处理东北铁线莲气孔限制值日变化具有一定的相似性。CK和30%处理在12:00达到峰值,50%、70%和90%处理则是在14:00达到最高峰。Farquhar和Sharkey<sup>[34]</sup>认为,午间光合速率的下降受到非气孔因素和气孔因素两种影响。在午间高光照和高温的情况下,叶肉细胞中酶活性降低导致羧化能力下降,会引起光合速率的降低。同时,由于气孔关闭,叶肉细胞间隙内的CO<sub>2</sub>浓度下降造成光合作用的碳源

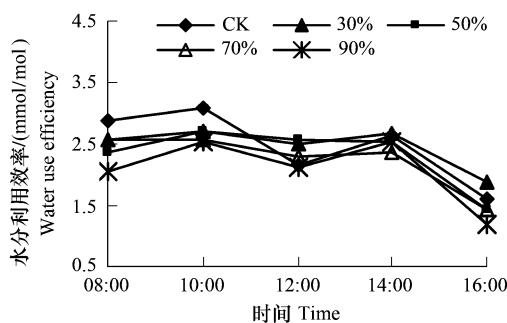


图5 遮荫处理东北铁线莲水分利用效率日变化

Fig. 5 Diurnal changes of water use efficiency of *C. manshurica* under different shading treatment

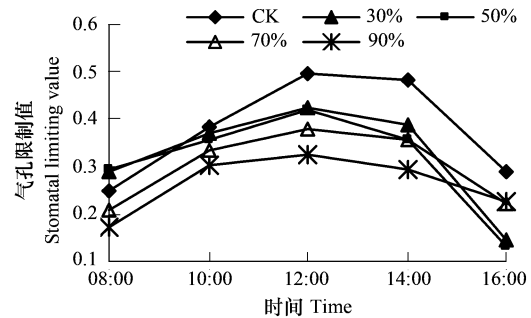


图6 遮荫处理东北铁线莲气孔限制值日变化

Fig. 6 Diurnal changes of stomatal limiting value of *C. manshurica* under different shading treatment

减少,也能引起叶片光合速率降低<sup>[35-36]</sup>。通过胞间CO<sub>2</sub>浓度和气孔限制值 $L_s$ 的变化趋势可判定光合“午休”现象的原因是气孔因素占主导地位还是非气孔因素占主导地位。当午间光合速率开始下降,午休现象产生时,如果胞间CO<sub>2</sub>浓度 $C_i$ 降低,气孔限制值 $L_s$ 升高,光合速率的下降主要是由气孔限制因素引起;而当午休出现时, $C_i$ 上升, $L_s$ 下降,此时光合速率的下降以非气孔限制因素影响为主<sup>[34]</sup>。由图1、图2、图3和图6可知,东北铁线莲光合“午休”主要由气孔限制因素造成的。

### 3.2 遮荫处理对东北铁线莲叶绿素含量的影响

从表 3 看出,随着遮光梯度的增加,叶绿素 a 和叶绿素总量有不同程度地增加,90% 遮荫下叶绿素 b 含量显著高于其它 4 个处理( $P < 0.01$ );90% 遮荫下叶绿素 a/b 含量最低,说明在弱光环境下,东北铁线莲可吸收较多漫射光中的蓝紫光 and 橙光。随着遮光度的增加,叶片中叶绿素总量增加,尤其是叶绿素 b 的升高使东北铁线莲充分吸收散射光,保持较强的光合能力。

表 3 遮荫处理对东北铁线莲叶绿素含量的影响

Table 3 Effects of shading on Chlorophyll contents of *C. manshurica*

处理 Treatments	叶绿素 a Chl a /(mg/g)	叶绿素 b Chl b /(mg/g)	叶绿素总量 Total chl content/(mg/g)	叶绿素 a/b Chl a/Chl b
CK	1.45 ± 0.035 <sup>cC</sup>	0.29 ± 0.008 <sup>bcC</sup>	2.17 ± 0.065 <sup>cC</sup>	4.99 ± 0.044 <sup>bB</sup>
30%	1.55 ± 0.013 <sup>bBC</sup>	0.32 ± 0.002 <sup>bcBC</sup>	2.34 ± 0.021 <sup>bBC</sup>	4.84 ± 0.025 <sup>cC</sup>
50%	1.56 ± 0.040 <sup>bBC</sup>	0.26 ± 0.068 <sup>cC</sup>	2.33 ± 0.083 <sup>bcBC</sup>	5.32 ± 0.068 <sup>aA</sup>
70%	1.63 ± 0.109 <sup>bB</sup>	0.36 ± 0.025 <sup>bb</sup>	2.45 ± 0.160 <sup>bb</sup>	4.54 ± 0.035 <sup>dD</sup>
90%	1.95 ± 0.044 <sup>aA</sup>	0.46 ± 0.013 <sup>aA</sup>	2.95 ± 0.068 <sup>aA</sup>	4.28 ± 0.032 <sup>eE</sup>

数值为平均值 ± 标准差 ( $n = 15$ ),不同字母示差异显著,小写字母表示  $P < 0.05$ ,大写字母表示  $P < 0.01$

## 4 讨论

植物的生长情况与光照强度有密切的关系,植物对光的适应通常表现在光合和生物化学适应性的改变,进而改变了植株的生长和结构<sup>[37]</sup>。对于喜光植物来说,荫蔽一般会影响到其生长发育。如玉簪的生物量随着光照强度的减弱而减少<sup>[38]</sup>;在较弱的光照强度下,烤烟的茎秆变细,叶片数减少,叶片长宽比增大,生物量减少<sup>[3]</sup>。而对耐阴植物,适度的荫蔽有利于其生长和发育。本实验结果表明,东北铁线莲对光的适应和受到胁迫时表现出的反应并不是完全一致的,30% 遮荫处理,东北铁线莲各部分生物量均较高,与其他处理差异显著,说明 30% 遮荫处理能够有效地缓解高温对东北铁线莲的危害,显著提高各构件生物量,即适度的荫蔽有利于东北铁线莲的生长发育,这与谭卫峰<sup>[39]</sup>等人对水鬼蕉的研究结果一致;叶是植物重要的光合器官,对光照的变化也比较敏感<sup>[40]</sup>,研究表明,东北铁线莲比叶面积随着光照强度的减弱而增加,说明东北铁线莲在较弱的光照下通过总体光合面积的增加来保证一定的光合积累,但随着遮荫梯度的增加,光合作用合成产物总量减少,导致 70% 和 90% 遮荫处理东北铁线莲主茎长度变短,各构件生物量下降,不利于植株拓展,说明过度遮荫并不利于东北铁线莲的生长。但在弱光环境下东北铁线莲茎节变的细长,从而在茎量同样多的条件下向未被占据的领域拓展的能力更大,这样就能有效地避免植株拥挤在一个狭小的区域内以至于茎叶相互遮光,使得植株总体受光状况得到了改善。说明同一植物在不同的光照条件下,有不同的适应环境的应对措施,这是对环境的一种适应<sup>[3]</sup>。

叶绿素是植物的光合色素,具有吸收和传递光量子的功能。遮荫环境下的植物通过增加单位叶面积色素密度来利于吸收更多的光能<sup>[41]</sup>。随着光强的降低单位叶面积叶绿素(a+b)和叶绿素 b 含量的增加有利于提高植株的捕光能力,增强对弱光的利用率<sup>[42]</sup>;但叶绿素 a/b 值却随光量子密度的降低而减小,这是植物对弱光环境的生理适应<sup>[43-45]</sup>;低光下,叶绿素(a+b)和叶绿素 b 含量升高而叶绿素 a/b 比值降低时植物利用弱光能力强的判断指标<sup>[14]</sup>。本研究结果表明,随着光照强度的减弱东北铁线莲叶绿素 a 和叶绿素 b 的含量均增加,90% 遮荫下的东北铁线莲叶片叶绿素含量最高,说明东北铁线莲在弱光环境下的光能捕获能力增强,这与 Dai Yajuan 等人<sup>[46]</sup>对三叶青的研究结果一致;但东北铁线莲叶绿素 a/b 的比值却随着光强减弱而降低,符合东北铁线莲是耐阴植物的特征,这与其他植物<sup>[46]</sup>研究结果一致,是植物对弱光的适应反应<sup>[45,47]</sup>。

植物的光合速率、蒸腾速率、气孔导度、胞间 CO<sub>2</sub> 浓度之间,以及它们和外界环境中光照强度、温度、湿度之间的关系非常复杂。遮光后,不仅光照减弱,而且温度也随遮荫度的增加而降低。若光照过弱,光合作用较弱,光合产物积累较少,影响植株的生长,并且植株还可能出现黄化现象;而光照过强,直接抑制植株的生长,造成植物生长速率下降。研究表明,30% 遮荫处理条件下东北铁线莲净光合速率较其他处理高,呈不



明显“午休”现象,说明 30% 适度遮荫处理可以降低光照强度,并在一定程度上降温增湿,极大地改善了东北铁线莲的微环境,缓解水分胁迫,有效地消除叶片净光合速率的“午休”现象,显著提高了东北铁线莲的净光合速率;而全光照条件下东北铁线莲净光合速率呈明显的“午休”现象;光合速率在一定范围内随光照强度的增强而提高,但过高温度也会引起高饱和差。叶温升高,呼吸作用加强,气孔关闭,即全光照条件下东北铁线莲净光合速率中午降低与气孔关闭有关,即午休现象是气孔关闭导致的;而 50%、70% 和 90% 遮荫条件下东北铁线莲的净光合速率变化趋势为单峰曲线,没有表现出午休现象,说明深度遮荫避免了过高的光照和温度,但由于光照强度较低造成光合效率低,不利于东北铁线莲的生长。因此,在生产实践上,适当调控光照强度,有利于东北铁线莲净光合速率的提高,这是提高东北铁线莲产量的重要措施。

#### References:

- [ 1 ] Li Y H, Wang W, Ma Q Q, Zou Q. The osmotic adjustment and photosynthesis of a wheat cultivar Hanfeng 9703 with high yield, drought resistance under drought stress. *Acta Agronomica Sinica*, 2003, 29(5): 759-764.
- [ 2 ] Zhang Q D, Jiang G M, Zhu X G, Wang Q, Lu C M, Bai K Z, Kuang T Y, Wei Q K, Li Z S. Photosynthetic capability of 12 genotypes of *Triticum aestivum*. *Acta Phytocologica Sinica*, 2001, 25(5): 532-536.
- [ 3 ] Qiao X R, Guo Q Y, Liu G S, Wang F. Effects of light intensity on growth and photosynthetic characteristics of flue-cured tobacco. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 2007, 22(3): 76-79.
- [ 4 ] Pan G, Xiu K, Guo Y P, Lei M. Effect of light quality on the photoinhibition in strawberry leaves. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2006, 34(22): 5817-5819.
- [ 5 ] Xia Z M. The effect of shading on the formation and abscission of flowers and pods in the bean before, during and after the flowering period. *Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica*, 1989, 13(2): 171-179.
- [ 6 ] Cai Y C, Zhou T H. Association of light intensity and some characters of cotton (*G. hirsutum* L.). *Journal of Anhui Agricultural University*, 1987, 14(2): 18-25.
- [ 7 ] Liu X Z, Kang S Z, Shao M A, Wang L. Effects of soil moisture and shading levels on photosynthetic characteristics of cotton leaves. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2000, 11(3): 377-381.
- [ 8 ] Reed A J, Singletary G W, Schussler J R, Williamson D R, Christy A L. Shading effects on dry matter and nitrogen partitioning, kernel number, and yield of maize. *Crop Science*, 1988(28): 819-825.
- [ 9 ] Cai K Z, Luo S M. Effect of shading on growth, development and yield formation of rice. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1999, 10(2): 193-196.
- [ 10 ] Wang S H, Hao C L, Zhang Z X. The study and advance in the shade effect of plant. *Journal of Shandong Agricultural University*, 1998, 29(1): 130-134.
- [ 11 ] Li C H, Luan L M, Yin F, Wang Q, Zhao Y L. Effects of light stress at different stages on the growth and yield of different maize genotypes (*Zea mays* L.). *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(4): 824-830.
- [ 12 ] Senevirathna A M W K, Stirling C M, Rodrigo V H L. Growth, photosynthetic performance and shade adaptation of rubber (*Hevea brasiliensis*) grown in natural shade. *Tree Physiology*, 2003, 23(10): 705-712.
- [ 13 ] Baig M J, Anand A, Mandal P K, Bhatt R K. Irradiance influences contents of photosynthetic pigments and proteins in tropical grasses and legumes. *Photosynthetica*, 2005, 43(1): 47-53.
- [ 14 ] Shi X D, Wen Z Q, Liu Y F, Wang W J. Effects of shading on growth and photosynthetic capabilities of tobacco leaves of cigar-wrapper use. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2006, 26(8): 1718-1721.
- [ 15 ] Shi L R, Liu G M. Diurnal photosynthetic changes of *Trifolium* L. under different light circumstances. *Northern Horticulture*, 2008(03): 138-140.
- [ 16 ] Zhou Z G, Meng Y L, Shi P. Effect of shading during seedling period on the structure of cotton stem and leaf and photosynthetic performance of functional leaf. *Scientia Agricultura Sinica*, 2001, 34(5): 456-458.
- [ 17 ] Editorial Committee of the Pharmacopoeia of People's Republic of China. *Pharmacopoeia of the People's Republic of China (Part I)*. Beijing: China Chemical Industry Press, 2005: 195.
- [ 18 ] Yang M L, Zhong C L, Zhu H J, Cui D B, Li S Z. Chemical Studies of the essential oil on *Clematis manshurica* fruit. *Chinese Traditional and Herbal Drugs*, 1997, 28(4): 204.
- [ 19 ] Jiangsu New Chinese Medicine College. *Traditional Chinese Medicine Voluminous Dictionary*. Shanghai: Shanghai People's Publishing House,

- 1977; 1632-1634.
- [20] Shi S P, Tu P F, Dong C X, Jiang D. Alkaloids from *Clematis manshurica* Rupr. *Journal of Asian Natural Products Research*, 2006, 8(1/2): 73-78.
- [21] Shi S, Tu P, Jiang D, Dong C. New Phenolic Glycosides from *Clematis mandshurica*. *Helvetica Chimica Acta*, 2006, 89(5): 1023-1029.
- [22] Park E K, Ryu M H, Kim Y H, Lee Y A, Lee S H, Woo D H, Hong S J, Han J S, Yoo M C, Yang H I, Kim K S. Anti-inflammatory effects of an ethanolic extract from *Clematis mandshurica* Rupr. *Journal of Ethnopharmacology*, 2006, 108(1): 142-147.
- [23] Xu S Q, Wang Y P, Shao C, Zhang C Q, Chang C M, Cui Q. Study of the Best Harvest Time of *Clematis mandshurica* Rupr. *Special Wild Economic Animal and Plant Research*, 2007, 29(4): 25-26.
- [24] Shi S P, Jiang D, Dong C X, Tu P F. Chemical constituents of *Clematis manshurica*. *Chinese Traditional and Herbal Drugs*, 2007, 38(3): 335-337.
- [25] Zhang C H, Jin G Z, Zheng Y. Anti-tumor effects of *Clematis manshurica* Rupr. in mice. *Journal of Medical Science Yanbian University*, 2006, 29(2): 95-97.
- [26] Sun F J, Li X J. Study on acute toxicity of *Clematis mandshurica* and its essential oil. *Research and Practice of Chinese Medicines*, 2005, 19(1): 41-42.
- [27] Li S Z, Yang L H. Chemical Studies on stem and leaf of *Clematis mandshurica*. *Chinese Traditional and Herbal Drugs*, 1996, 27(1): 56.
- [28] Galmés J, Medrano H, Flexas J. Photosynthesis and photoinhibition in response to drought in a pubescent (var. *minor*) and a glabrous (var. *palaui*) variety of *Digitalis minor*. *Environmental and Experimental Botany*, 2007, 60: 105-111.
- [29] Zou Q. Studies on Physiological Drought Resistance of Crop. Jinan: Shandong Science and Technology Press, 1994: 155-163
- [30] Zhang Z A, Zhang M S, Wei R H. The experimental guide for phytophysiology. Beijing: China Agricultural Sciencetech Press, 2004: 43-45.
- [31] Zhang S R, Ma K P, Chen L Z. Tempo-spatial variations in stomatal conductance, aperture and density of *Ligustrian sinense* acclimated to different light environments. *Acta Botanica Sinica*, 2002, 44(10): 1225-1232.
- [32] Wang Y H, Zhou G S. Analysis on ecophysiological characteristics of leaf photosynthesis of *Aneurolepidium chinense* in Songnen grassland. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2001, 12(1): 75-79.
- [33] Huang Z Y, Dong X J, Jiang G M, Yuan W P. Primary studies on the daily dynamic changes of photosynthesis and transpiration of *Salix psammophila*. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2002, 22(04): 817-823.
- [34] Farquhar G D, Sharkey T D. Stomatal conductance and photosynthesis. *Annual Review of Plant Physiology*, 1982, 33: 317-345.
- [35] Kramer P J, Kozlowski T T. Physiology of Woody Plants. New York: Academic Press, 1979: 443: 443-444.
- [36] Huang Z Y, Dong X J, Jiang G M, Yuan W P. Primary studies on the daily dynamic changes of photosynthesis and transpiration of *Salix Psammophila*. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2002, 22(4): 817-823.
- [37] Peralta, Pérez-Lloréns J L, Hernández I, Vergara J J. Effects of light availability on growth, architecture and nutrient content of the seagrass *Zostera noltii* Hornem. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2002, 269(1): 9-26.
- [38] Shi A P, Zhang J Z, Zhang Q X, Shi L. Growth characteristic analyze of shading levels on four *Hosta* cultivars. *Bulletin of Botanical Research*, 2004, 24(4): 486-490.
- [39] Tan W F, Chen W Y, Chen Z H. Influence of light intensity on the growth and ecophysiological characteristics of *Hymenocallis littoralis*. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(3): 1320-1329.
- [40] Yang M, Mao K, Ma J X. Study of morphological change and energy distribution of centipede grass under shade condition. *Grassland of China*, 2004, 26(2): 44-48.
- [41] Wittmann C, Aschan G, Pfanz H. Leaf and twig photosynthesis of young beech (*Fagus sylvatica*) and aspen (*Populus tremula*) trees grown under different light regime. *Basic and Applied Ecology*, 2001, 2(2): 145-154.
- [42] Pan Y Z, Jiang M Y. Effects of shade on the photosynthetic characteristics and growth of *poinsettia*. *Acta Horticulturae Sinica*, 2006, 33(1): 95-100.
- [43] Chen R Y, Zeng Q L, Su W, Wu X Y, Li Z F. Effect of shading treatments on growth and some physiological effects in *Rumohra adiantiformis*. *Journal of South China Agricultural University*, 1999, 20(3): 77-80.
- [44] Chi W, Wang R F, Zhang C L. Changes of photosynthetic characteristics of strawberry leaf under shading. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2001, 12(4): 566-568.
- [45] Xu K, Zou Q, Zhao Y. Effects of soil water stress and shading on growth characteristics of ginger. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003, 14(10): 1645-1648.
- [46] Dai Y J, Shen Z G, Liu Y, Wang L L, Hannaway D, Lu H F. Effects of shade treatments on the photosynthetic capacity, chlorophyll fluorescence, and chlorophyll content of *Tetrastigma hemsleyanum* Diels et Gilg. *Environmental and Experimental Botany*, 2009, 65: 177-182.

- [47] Shi Q H, Zhu Z J, Ying Q S, Qian Q Q. Effects of excess Mn on photosynthesis characteristics in cucumber under different light intensity. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2005, 16(6): 1047-1050.
- [48] Sun Z Q, Zhang Q, Zhang H M. Effect of low temperature and poor light on chlorophyll content of tomato. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 2005, 20(1): 82-85.

#### 参考文献:

- [1] 李永华, 王玮, 马千全, 邹琦. 干旱胁迫下抗旱高产小麦新品系早丰 9703 的渗透调节与光合特性. *作物学报*, 2003, 29(5): 759-764.
- [2] 张其德, 蒋高明, 朱新广, 王强, 卢从明, 白克智, 匡廷云, 魏其克, 李振声. 12 个不同基因型冬小麦的光合能力. *植物生态学报*, 2001, 25(5): 532-536.
- [3] 乔新荣, 郭桥燕, 刘国顺, 王芳. 光强对烤烟生长发育及光合特性的影响. *华北农学报*, 2007, 22(3): 76-79.
- [4] 潘刚, 徐凯, 郭延平, 雷鸣. 光质对草莓叶片光抑制的影响. *安徽农业科学*, 2006, 34(22): 5817-5819.
- [5] 夏明忠. 遮光对蚕豆花荚形成和脱落的影响. *植物生态学与地植物学学报*, 1989, 13(2): 171-179.
- [6] 蔡以纯, 周桃华. 光照强度与棉株性状间的关联. *安徽农学院学报*, 1987, 14(2): 18-25.
- [7] 刘贤赵, 康绍忠, 邵明安, 王力. 土壤水分与遮荫水平对棉花叶片光合特性的影响研究. *应用生态学报*, 2000, 11(3): 377-381.
- [9] 蔡昆争, 骆世明. 不同生育期遮光对水稻生长发育和产量形成的影响. *应用生态学报*, 1999, 10(2): 193-196.
- [10] 王绍辉, 郝翠玲, 张振贤. 植物遮荫效应的研究与进展. *山东农业大学学报*, 1998, 29(1): 130-134.
- [11] 李潮海, 栾丽敏, 尹飞, 王群, 赵亚丽. 弱光胁迫对不同基因型玉米生长发育和产量的影响. *生态学报*, 2005, 25(4): 824-830.
- [14] 时向东, 文志强, 刘艳芳, 汪文杰. 遮荫对雪茄外包皮烟生长和光合特性的影响. *西北植物学报*, 2006, 26(8): 1718-1721.
- [15] 时丽冉, 刘国民. 不同光照条件下白车轴草光合日变化分析. *北方园艺*, 2008(03): 138-140.
- [16] 周治国, 孟亚利, 施培. 苗期遮荫对棉苗茎叶结构及功能叶光合性能的影响. *中国农业科学*, 2001, 34(5): 456-458.
- [17] 卫生部药典委员会编. *中华人民共和国药典(一部)*. 北京: 化学工业出版社, 2005: 195.
- [18] 杨美林, 仲崇林, 朱惠京, 崔东宾, 李淑子. 东北铁线莲果的挥发油化学成分研究. *中草药*, 1997, 28(4): 204.
- [19] 江苏新医学院. *中药大辞典*. 上海: 上海人民出版社, 1977: 1632-1634.
- [23] 许世泉, 王英平, 邵财, 张春清, 常春媚, 崔琼. 东北铁线莲最佳采收期的研究. *特产研究*, 2007, 29(4): 25-26.
- [24] 史社坡, 蒋丹, 董彩霞, 屠鹏飞. 东北铁线莲化学成分研究. *中草药*, 2007, 38(3): 335-337.
- [25] 张昌浩, 金光洙, 郑艳. 东北铁线莲对小鼠肿瘤的抑制作用. *延边大学医学学报*, 2006, 29(2): 95-97.
- [26] 孙付军, 李晓晶. 东北铁线莲及其挥发油急性毒性试验研究. *现代中药研究与实践*, 2005, 19(1): 41-42.
- [27] 李淑子, 杨立宏. 东北铁线莲茎叶化学成分的研究. *中草药*, 1996, 27(1): 56.
- [29] 邹琦. *作物抗旱生理生态研究*. 济南: 山东科学技术出版社, 1994: 155-163.
- [30] 张治安, 张美善, 蔚荣海. *植物生理学实验指导*. 北京: 中国农业科技出版社, 2004: 43-45.
- [32] 王玉辉, 周广胜. 松嫩草地羊草叶片光合作用生理生态特征分析. *应用生态学报*, 2001, 12(1): 75-79.
- [33] 黄振英, 董学军, 蒋高明, 袁文平. 沙柳光合作用和蒸腾作用日动态变化的初步研究. *西北植物学报*, 2002, 22(04): 817-823.
- [38] 施爱萍, 张金政, 张启翔, 石雷. 不同遮荫水平下 4 个玉簪品种的生长性状分析. *植物研究*, 2004, 24(4): 486-490.
- [39] 谭卫锋, 陈文音, 陈章和. 光照强度对水鬼蕉 (*Hymenocallis littoralis*) 生长及生理生态特性的影响. *生态学报*, 2009, 29(3): 1320-1329.
- [40] 杨渺, 毛凯, 马金星. 遮荫生境下假俭草的形态变化与能量分配研究. *中国草地*, 2004, 26(2): 44-48.
- [42] 潘远智, 江明艳. 遮荫对盆栽一品红光合特性及生长的影响. *园艺学报*, 2006, 33(1): 95-100.
- [43] 陈日远, 曾绮玲, 苏蔚, 吴筱颖, 李志芳. 遮光对丽莎蕨生长与一些生理的影响. *华南农业大学学报*, 1999, 20(3): 77-80.
- [44] 迟伟, 王荣富, 张成林. 遮荫条件下草莓的光合特性变化. *应用生态学报*, 2001, 12(4): 566-568.
- [45] 徐坤, 邹琦, 赵燕. 土壤水分胁迫与遮荫对生姜生长特性的影响. *应用生态学报*, 2003, 14(10): 1645-1648.
- [47] 史庆华, 朱祝军, 应泉盛, 钱琼秋. 不同光强下高锰对黄瓜光合作用特性的影响. *应用生态学报*, 2005, 16(6): 1047-1050.
- [48] 孙治强, 张强, 张惠梅. 低温弱光对番茄叶绿素含量变化的影响. *华北农学报*, 2005, 20(1): 82-85.

# 2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊\*

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1~9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任: 孔红梅

执行编辑: 刘天星 段 靖

生态学报  
(SHENGTAI XUEBAO)  
(半月刊 1981 年 3 月创刊)  
第 30 卷 第 24 期 (2010 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA  
(Semimonthly, Started in 1981)  
Vol. 30 No. 24 2010

**编 辑** 《生态学报》编辑部  
地址:北京海淀区双清路 18 号  
邮政编码:100085  
电话:(010)62941099  
www.ecologica.cn  
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

**主 编** 冯宗炜  
**主 管** 中国科学技术协会  
**主 办** 中国生态学会  
中国科学院生态环境研究中心  
地址:北京海淀区双清路 18 号  
邮政编码:100085

**出 版** 科 学 出 版 社  
地址:北京东黄城根北街 16 号  
邮政编码:100717

**印 刷** 北京北林印刷厂  
**发 行** 科 学 出 版 社  
地址:东黄城根北街 16 号  
邮政编码:100717  
电话:(010)64034563  
E-mail:journal@cspg.net

**订 购** 全国各地邮局  
**国外发行** 中国国际图书贸易总公司  
地址:北京 399 信箱  
邮政编码:100044

**广告经营** 京海工商广字第 8013 号  
**许 可 证**

**Edited** by Editorial board of  
ACTA ECOLOGICA SINICA  
Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China  
Tel:(010)62941099  
www.ecologica.cn  
Shengtaixuebao@rcees.ac.cn

**Editor-in-chief** FENG Zong-Wei  
**Supervised** by China Association for Science and Technology  
**Sponsored** by Ecological Society of China  
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS  
Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

**Published** by Science Press  
Add:16 Donghuangchenggen North Street,  
Beijing 100717, China

**Printed** by Beijing Bei Lin Printing House,  
Beijing 100083, China

**Distributed** by Science Press  
Add:16 Donghuangchenggen North  
Street, Beijing 100717, China  
Tel:(010)64034563  
E-mail:journal@cspg.net

**Domestic** All Local Post Offices in China  
**Foreign** China International Book Trading  
Corporation  
Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China



ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元