

# 不同遮荫棚下农田人参叶片开花期 气体交换特性的研究

李晨曦<sup>1</sup>, 何章<sup>1</sup>, 夏冬冬<sup>1</sup>, 许永华<sup>2</sup>, 李大勇<sup>1</sup>, 张治安<sup>1</sup>

(1. 吉林农业大学 农学院, 吉林 长春 130118; 2. 吉林农业大学 中药材学院, 吉林 长春 130118)

**摘要:**以3年生人参为试材,设置4种遮荫棚处理(P1M1:拱形棚覆盖蓝色棚膜;P1M2:拱形棚覆盖黄色棚膜;P2M1:梯形棚覆盖蓝色棚膜;P2M2:梯形棚覆盖黄色棚膜),采用Li-6400便携式光合测定系统测定不同遮荫棚处理下人参叶片的相关光合参数,研究了开花期不同遮荫棚处理对人参叶片气体交换特性的影响,以期确定农田人参的最佳遮阴栽培方式。结果表明:农田人参叶片在开花期净光合速率处于高稳时期,不同遮荫棚下农田人参叶片净光合速率具有显著差异,表现为P1M1处理叶片净光合速率最高,P2M1处理次之,P2M2处理最低。蒸腾速率、水分利用效率和表观叶肉导度变化趋势与净光合速率相同。说明在拱形棚覆盖蓝色棚膜下,农田人参叶片光合代谢较强,有利于其生长,为农田人参最佳遮阴方式。

**关键词:**农田人参;净光合速率;遮荫棚

**中图分类号:**S 567.5<sup>+</sup>1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)16-0145-04

人参(*Panax ginseng* C. A. Meyer.)属五加科(Araliaceae)多年生宿根性草本植物,是我国传统珍贵中药材,其产量居世界第一<sup>[1]</sup>。目前人参以林下种植为主,而毁林栽参会造成森林破坏、水土流失、生态环境恶化等严重后果<sup>[2]</sup>。刘琪憬等<sup>[3]</sup>研究发现,林内光照、水分、温度等因子与林下人参生长的关系极为密切。一般林内光照在中等条件下,即相对光照在10%~35%、土壤含水量在35%~40%时人参生长最好。陈宏伟等<sup>[4]</sup>提出林分郁闭度为0.7~0.8时,人参株高、单根质量较高,郁闭度过高或过低都会影响人参生长发育。关于光质对人参叶片光合作用特性影响,有研究表明,红光对碳水化合物合成有利,而蓝光则有益于植株中合成大分子蛋白质物质。光量子通量密度较低时,生长在蓝色膜和紫色膜下人参叶片净光合速率较高,这与叶绿素对不同颜色光的吸收峰相同<sup>[5]</sup>。而冯春生等<sup>[6]</sup>通过对盆栽人参测定结果表明,蓝膜下人参叶片光合速率最高,红膜下最低。PARMENTER等<sup>[7]</sup>认为高光照(36%)可以提高根

质量。农田栽参是当前可行的替代方案<sup>[8]</sup>,该模式不仅不破坏森林资源,而且还可以进行参粮轮作,实现土地资源的永续利用<sup>[9-10]</sup>,但有关农田栽培人参光合生理特性研究报道较少。该试验以3年生人参为试验材料,设置4种遮阴方式,研究农田人参叶片在开花期的光合参数变化,确定农田人参最佳遮阴方式,以为农田人参科学栽培提供理论参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试材料为3年生农田人参,由吉林农业大学中药材学院提供。

### 1.2 试验方法

试验于2014年6月下旬至7月上旬在吉林省长春市(北纬43°31'48",东经125°6'35")吉林农业大学人参试验田中进行,作物生长期(5—10月)的年平均降雨量为567 mm,≥10℃有效积温2880℃,无霜期140 d。试验设4个处理,分别为P1M1:覆盖蓝色棚膜,P1M2:覆盖黄色棚膜,二者均为拱形棚,棚高0.76 m、拱高0.56 m;P2M1:覆盖蓝色棚膜,P2M2:覆盖黄色棚膜,二者均为梯形棚,南高北低斜面,夹角16.65°,棚高(棚斜面中间位置到地面高度)1.25 m;所有参棚均为东西走向,棚宽1.25 m、棚长为16 m。棚上统一覆盖一层黑色遮阳网,网距离棚顶0.50 m。田间管理与常规农田人参管理相同。

**第一作者简介:**李晨曦(1989-),女,硕士研究生,研究方向为作物光合生理。E-mail:lichenxi601@yeah.net.

**责任作者:**张治安(1964-),男,博士,教授,博士生导师,研究方向为作物高产生理理论。E-mail:zhangzhian6412@163.com.

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(31171459);国家公益性行业(农业)科研专项经费资助项目(201303111)。

**收稿日期:**2016-04-20

### 1.3 项目测定

每个类型遮荫棚下选取生长良好且长势一致的植株 30 株挂牌,每 10 株为 1 组,且保证生长位置是在每个遮荫棚下中间位置,植株叶片之间无遮挡。在每组中选取 3 株,在开花期测定掌状复叶中间小叶的相关参数。

在阳光充足的 09:00—11:00 用 Li-6400 便携式光合测定系统,配以开放式气路测定人参开花期叶片净光合速率( $P_n$ )、气孔导度( $G_s$ )、胞间  $\text{CO}_2$  浓度( $C_i$ )、蒸腾速率( $T_r$ )等参数。

水分利用效率( $WUE$ )= $P_n/T_r$ ,式中  $P_n$  和  $T_r$  分别为同一叶片净光合速率和蒸腾速率。

表观叶肉导度= $P_n/C_i$ ,式中  $P_n$  和  $C_i$  分别为同一叶片净光合速率和胞间  $\text{CO}_2$  浓度。

### 1.4 数据分析

利用 Microsoft Excel 2003 软件进行数据处理,采用 SPSS ver. 16.0 软件(SPSS Inc., USA, IL; Chicago)进行差异显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同遮荫棚下农田人参叶片净光合速率和光量子通量密度的变化

从图 1(a)可以看出,不同遮荫棚条件下农田人参在开花期叶片的净光合速率有明显差异,总体上表现为 P1M1 处理叶片净光合速率最高, P2M1 处理次之, P2M2 处理最低。P1M1 处理叶片净光合速率分别比 P2M1、P1M2 和 P2M2 处理高 14.36%、28.90% 和 66.42%; P2M1 处理叶片净光合速率分别比 P1M2 和 P2M2 处理

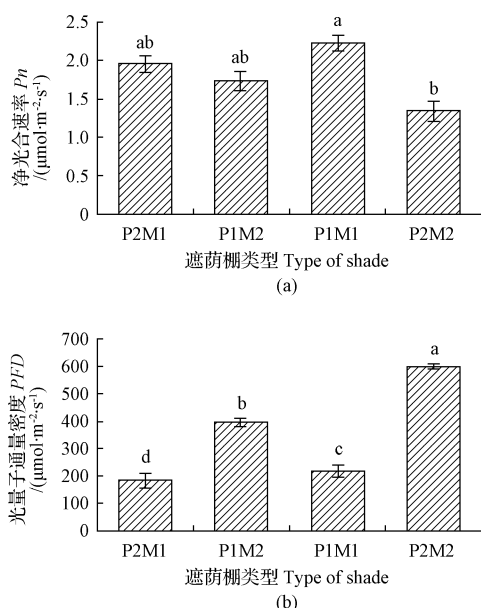


图 1 不同遮荫棚下农田人参叶片净光合速率及光量子通量密度

Fig. 1 Net photosynthetic rate( $P_n$ )and PFD in the leaves of *Panax ginseng* under different shades

高 12.72%和 45.52%。差异显著性分析表明, P1M1 处理下人参叶片净光合速率显著高于 P2M2,其余 2 种处理叶片净光合速率差异不显著。

从图 1(b)可以看出, P2M2 处理光量子通量密度最高,为  $599.52 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , P1M2 次之,最低的是 P2M1 处理。显著性分析表明 4 种类型遮荫棚下光合量子通量密度差异均显著。

### 2.2 不同遮荫棚下农田人参叶片气孔导度的变化

从图 2 可以看出,不同遮荫棚条件下农田人参在开花期叶片的气孔导度有明显差异,表现为 P2M1 处理叶片气孔导度最高, P1M1 处理次之, P2M2 处理最低。P2M1 处理叶片气孔导度分别比 P1M2、P1M1 和 P2M2 处理高 147.72%、20.65%和 133.98%; P1M1 处理叶片气孔导度分别比 P1M2 和 P2M2 处理高 105.33%和 93.94%。差异显著性分析表明,蓝色膜 2 种棚型下人参叶片的气孔导度均显著高于黄色膜,且二者之间也有显著差异。可见蓝色膜更有利于人参叶片的气体交换。

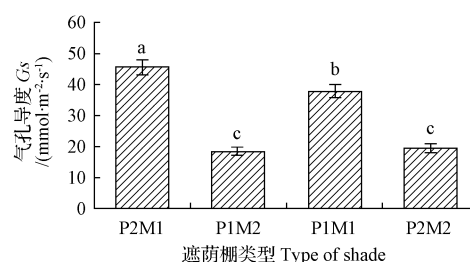


图 2 不同遮荫棚下农田人参叶片的气孔导度

Fig. 2 Stomata conductance( $G_s$ )in the leaves of *Panax ginseng* under different shades

### 2.3 不同遮荫棚下农田人参叶片胞间 $\text{CO}_2$ 浓度的变化

图 3 表明,不同遮荫棚下农田人参叶片在开花期间  $\text{CO}_2$  浓度具有显著差异,总体上表现为 P1M1 处理叶片胞间  $\text{CO}_2$  浓度最高, P2M1 处理次之, P2M2 处理最低。P1M1 处理叶片胞间  $\text{CO}_2$  浓度分别比 P2M1、P1M2 和 P2M2 处理高 27.40%、31.58%和 34.61%; P2M1 处理叶片胞间  $\text{CO}_2$  浓度分别比 P1M2 和 P2M2 处理高 3.28%和 5.66%。差异分析表明, P1M1 处理即拱棚覆

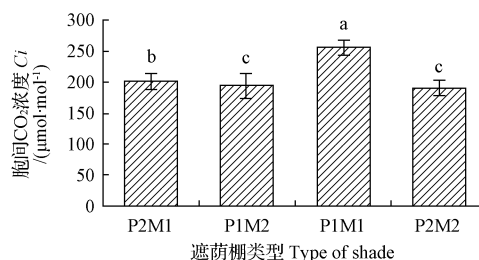


图 3 不同遮荫棚下农田人参叶片的胞间  $\text{CO}_2$  浓度

Fig. 3 Intercellular  $\text{CO}_2$  concentration( $C_i$ )in the leaves of *Panax ginseng* under different shades

盖蓝色膜下农田人参叶片胞间  $\text{CO}_2$  浓度要显著高于其它 3 种类型。

#### 2.4 不同遮荫棚下农田人参叶片蒸腾速率的变化

从图 4 可以看出,不同遮荫棚下农田人参叶片在开花期蒸腾速率具有显著差异,总体上表现为 P1M1 处理叶片蒸腾速率最高,P2M1 处理次之,P2M2 处理最低。P1M1 处理叶片蒸腾速率分别比 P2M1、P1M2 和 P2M2 处理高 15.07%、52.73%和 104.88%;P2M1 处理叶片蒸腾速率分别比 P1M2 和 P2M2 处理高 32.73%和 78.05%。差异显著性分析表明,蓝色膜下 2 种棚型人参叶片蒸腾速率显著高于黄色膜,但是蓝色膜 2 种棚型之间差异不显著。

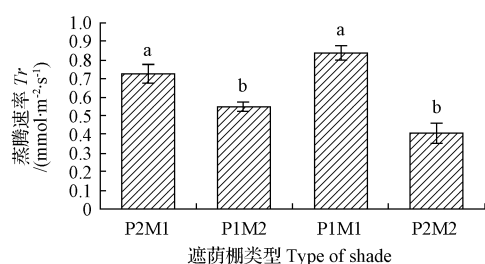


图 4 不同遮荫棚下农田人参叶片的蒸腾速率

Fig. 4 Transpiration rate( $Tr$ ) in the leaves of *Panax ginseng* under different shades

#### 2.5 不同遮荫棚下农田人参叶片水分利用效率的变化

从图 5 可以看出,不同遮荫棚下农田人参叶片开花期水分利用效率具有显著差异,表现为蓝色膜 2 种棚型显著高于黄色膜,但是相同颜色棚膜下 2 种棚型之间人参叶片水分利用效率差异不显著。即 P2M1 处理叶片水分利用效率最高,P1M1 处理次之,P1M2 处理最低。P2M1 处理叶片水分利用效率分别比 P1M1、P1M2 和 P2M2 处理高 8.59%、61.65%和 37.82%;P1M1 处理叶片水分利用效率分别比 P1M2 和 P2M2 处理高 48.87%和 26.92%。可见蓝色膜下人参叶片对水分的利用效果更好。

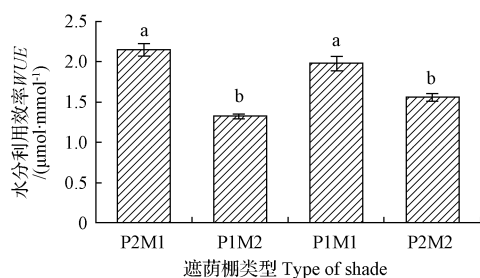


图 5 不同遮荫棚下农田人参叶片的水分利用效率

Fig. 5 Water use efficiency( $WUE$ ) in the leaves of *Panax ginseng* under different shades

#### 2.6 不同遮荫棚下农田人参叶片表观叶肉导度的变化

从图 6 可以看出,不同遮荫棚下农田人参叶片在开花期表观叶肉导度具有显著差异,表现为蓝色膜下人参叶片表观叶肉导度显著高于黄色膜,但相同颜色膜 2 种棚型对人参叶片的表观叶肉导度差异不显著。总体上表现为 P1M1 处理叶片表观叶肉导度最高,P2M1 处理次之,P2M2 处理最低。P1M1 处理叶片表观叶肉导度分别比 P2M1、P1M2 和 P2M2 处理高 12.99%、128.95%和 155.88%;P2M1 处理叶片表观叶肉导度分别比 P1M2 和 P2M2 处理高 102.63%和 126.47%。

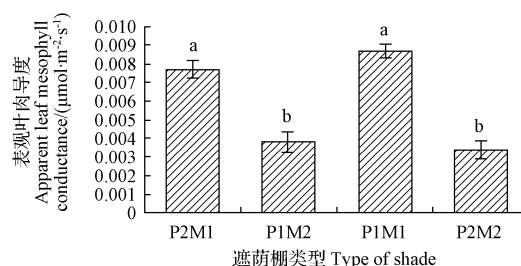


图 6 不同遮荫棚下农田人参叶片的表观叶肉导度

Fig. 6 Apparent leaf mesophyll conductance in the leaves of *Panax ginseng* under different shades

### 3 讨论与结论

严平等<sup>[11]</sup>通过不同荫棚及不同遮阴材料试验发现,一面坡棚的降温效果较好,而遮阴材料以白色网膜覆盖松枝为最佳降温材料;通过对相同材料(白色网膜覆盖松枝)、相同透光率(20%)在不同棚式下的光强的调控,该试验结果表明一面坡棚虽然通风降温效果好,但受光面积太小且十分不均匀。李万莲等<sup>[12]</sup>研究认为,参棚透光率对参床上的光照、温度、湿度的变化有影响,随着参棚透光率的增加,光量子通量密度不断增加,日平均气温的差异很小,但日平均土壤温度差异显著,地表温差 1.9℃,10 cm 土温差 1.8℃,空气相对湿度与土壤含水量趋于减少。

开花期是农田人参叶片从逐渐展开到果实开始成熟的过渡时期,该试验研究表明,不同遮荫棚下人参叶片在开花期净光合速率差异显著,其中以拱棚覆盖蓝色膜下人参叶片净光合速率最高,梯形棚覆盖蓝膜次之,最低的是梯形棚覆盖黄色膜;叶片胞间  $\text{CO}_2$  浓度、蒸腾速率和表观叶肉导度变化规律与净光合速率相同,说明拱棚覆盖蓝色膜处理最有利于人参叶片的气体交换。MOTT<sup>[13]</sup>认为胞间  $\text{CO}_2$  浓度是评价气孔限制作用的重要指标。从 4 种类型遮荫棚处理下叶片胞间  $\text{CO}_2$  浓度变化来看,在开花期随着叶片的逐渐成熟,植株从营养生长向生殖生长过渡,物质运输也逐渐转向果实,拱棚覆盖蓝色膜处理下人参叶片胞间  $\text{CO}_2$  浓度最高,说明拱棚蓝膜处理对人参叶片的气孔限制作用最小。综上,拱

形棚覆盖蓝色膜处理下人参叶片光合速率、胞间  $\text{CO}_2$  浓度最高,说明气孔限制作用最弱,气体交换最强;水分利用效率也较高,蒸腾速率和表观叶肉导度均显著高于其它类型遮荫棚。说明拱形棚覆盖蓝色膜是农田人参生长的最佳遮荫方式,建议将此方法广泛的应用到农田栽培种植。

### 参考文献

- [1] 陈萍,权宜淑,梁俊. 人参西洋参研究进展[J]. 基层中药杂志, 2000,14(1):58-60.
- [2] MCGRAW J B, LUBBERS A E, van DER VOORT M, et al. Ecology and conservation of ginseng (*Panax quinquefolium*) in a changing world[J]. Annals of the New York Academy of Sciences, 2013, 1286(1): 62-91.
- [3] 刘琪憬,戴洪才,王贺新. 林下人参生理特性和生长与林内生态因子的关系[J]. 应用生态学报, 1997(4): 353-359.
- [4] 陈宏伟,殷鸣放,刘娜,等. 辽东山区林下人参生长与林内温度和光照因子关系初步研究[J]. 西北林学院学报, 2007, 22(2): 20-23.
- [5] 徐克章,武志海,张美善,等. 人参、西洋参叶片光合作用的温度特性[J]. 吉林农业大学学报, 2002, 24(3): 7-10.
- [6] 冯春生,高金方,王化民,等. 应用 $^{14}\text{C}$ 示踪法测定人参的光合速率[J]. 核农学报, 1988, 2(4): 226-230.
- [7] PARMENTER G, LITTLEJOHN R. Effect of shade on growth and photosynthesis of *Panax ginseng*[J]. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 2000, 28(4): 255-269.
- [8] OH D J, LEE C Y, KIM S M. Effects of chlorophyll fluorescence and photosynthesis characteristics by planting positions and growth stage in *Panax ginseng* CA Meyer[J]. Korean Journal of Medicinal Crop Science, 2010, 18(2): 65-69.
- [9] 沈亮,徐江,董林林,等. 人参栽培种植体系及研究策略[J]. 中国中药杂志, 2015, 40(17): 3367-3373.
- [10] CHOI Y E, KIM Y S, YI M J, et al. Physiological and chemical characteristics of field-and mountain-cultivated ginseng roots[J]. Journal of Plant Biology, 2007, 50(2): 198-205.
- [11] 严平,宛志沪,束庆龙,等. 参棚内温度变化规律及遮荫方式选择[J]. 安徽农业大学学报, 1996, 23(2): 218-223.
- [12] 李万莲,宛志沪. 参棚透光率对西洋参生长发育、产量品质的影响[J]. 人参研究, 2002, 12(3): 11-14.
- [13] MOTT K A. Do stomata respond to  $\text{CO}_2$  concentration other than intercellular? [J]. Plant Physiol, 1988, 86: 200-203.

## Study on Gas Exchange Characteristics of Farmland Ginseng Leaf at Flowering Under Different Shade Shelters

LI Chenxi<sup>1</sup>, HE Zhang<sup>1</sup>, XIA Dongdong<sup>1</sup>, XU Yonghua<sup>2</sup>, LI Dayong<sup>1</sup>, ZHANG Zhi'an<sup>1</sup>

(1. College of Agronomy, Jilin Agricultural University, Changchun, Jilin 130118; 2. College of Chinese Medicine Materials, Jilin Agricultural University, Changchun, Jilin 130118)

**Abstract:** With 3-year-old ginseng as test material, shade shed set up four kinds of treatments (P1M1, arch shed covered with blue films; P1M2, arch shed covered with yellow films; P2M1, trapezoidal shed covered with blue films; P2M2, trapezoidal shed covered with yellow films), using Li-6400 portable photosynthesis system measured photosynthetic parameters of ginseng leaves at different shade shelters, effect of different shade shelters on gas exchange characteristics of farmland ginseng leaf at flowering was studied, in order to determine the best way to shaded for farmland ginseng. The results showed that farmland ginseng leaf net photosynthetic rate at flowering was the period of high stability, net photosynthetic rate of farmland ginseng was significantly different under different shade shelters, showing P1M1 processing net photosynthetic rate was the highest, followed by P2M1, the lowest was P2M2. Transpiration rate, water use efficiency and apparent leaf mesophyll conductance were the same with net photosynthetic rate. The conclusion showed the best method for farmland ginseng growth was arched awning covered under blue films, which had strong photosynthesis and metabolism, was the best way for cultivation.

**Keywords:** farmland ginseng; net photosynthetic rate; shade shelters