

# 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

陈宏伟<sup>1,2,3</sup>, 殷鸣放<sup>2</sup>, 刘娜<sup>4</sup>, 胡远满<sup>1</sup>

(1. 中国科学院 沈阳应用生态研究所, 辽宁 沈阳 110016; 2. 沈阳农业大学, 辽宁 沈阳 110161;

3. 中国科学院 研究生院, 北京 100039; 4. 沈阳棋盘山风景开发区, 辽宁 沈阳 110163)

**摘要:**应用 Li-6400 光合仪测定不郁闭内人参净光合速率和蒸腾速率;应用温度表测定林内与林外的温度。结果表明,在生长季节内,林内温度低于林外温度,林下人参生长发育较差,产量较低;林分郁闭度为 0.7~0.8 时,人参的净光合速率、株高、单根重、叶绿素含量等指标较高;而郁闭度过高或过低都会影响人参生长发育;随着人参年龄的增加,净光合速率有逐渐升高的趋势。通过人为调节林分郁闭度的方式来满足人参对温度和光照因子的需求,为林下人参生长发育提供最适宜的生态环境。

**关键词:**林下人参; 生长状况; 温度; 光照强度; 净光合速率

中图分类号: S567.51 文献标识码: A 文章编号: 1001-7461(2007)02-0020-04

## A Preliminary Study on the Relationship between Growth of Ginseng and Temperature and Illumination in Forest

CHEN Hong-wei<sup>1,2,3</sup> YIN Ming-fang<sup>2</sup>, LIU Na<sup>4</sup>, HU Yuan-man<sup>1</sup>

(1. Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Science, Shenyang, Liaoning 11001, China; 2. Shenyang Agricultural University,

Shenyang, Liaoning 110161, China; 3. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China;

4. Development District of Qipanshan, Shenyang, Liaoning 110163, China)

**Abstract:** The net photosynthesis and transpiration rate of ginseng in different canopy densities, the temperatures of interior and exterior stand were measured. The results indicated that the temperature in forest was lower and the growth of ginseng was slower than out of forest, the yields were also lower; with the increase of ginseng age, the rate of net photosynthesis became higher; when the canopy density of forest reached to about 0.7~0.8, the net photosynthesis, height, root weight, transpiration, chlorophyll content of ginseng were higher than others, indicating that both lower and higher canopy density would reduce the rate of net photosynthesis of ginseng, and that the canopy density of stand could be adjusted to satisfy the temperature and lighting for ginseng, and to provide the optimum ecology environment for the growth of ginseng.

**Key words:** ginseng in forest; growth status; temperature; intensity of illumination; net photosynthesis efficiency

人参(*Panax ginseng*)是我国东北的名贵中药材之一,辽宁省东部山区属于长白山植物区系,这里绝大多数的气候条件和立地条件都很适宜于林下人参的种植,是野生人参的适生地<sup>[1]</sup>。辽东山区有次生林约 200 万  $\text{hm}^2$ ,不仅有较高的经济价值,同时具有涵养水源、保持水土、调节气候等重要的生态价值,素有“辽东生态屏障”之称<sup>[2]</sup>,但以往当地所采取的毁林栽参方式不仅造成大面积的森林被破坏,而

且导致了水土流失、生态环境恶化等严重后果。因而对“林下参”种植模式进行研究对森林可持续经营具有重要意义。林内的温度和光照条件对人参的生长发育和光合作用有很大的影响<sup>[3]</sup>,因此本研究对人参种植地的温度与光照条件和人参的光合速率进行研究,旨在为林下人参种植与森林可持续经营提供科学的依据。

收稿日期: 2006-05-08 修回日期: 2006-06-27

基金项目: 辽宁省自然科学基金项目(20042080)

作者简介: 陈宏伟(1980-)男,辽宁辽阳人,在读博士,从事森林景观与森林可持续经营理论技术研究。

### 1 研究区概况

试验地选在辽宁东部山区新宾县国有陡岭林场和清源县国有大苏河林场。该地区属于中温带长白山植物区系,是野生人参自然分布地区。海拔 350~600 m,坡度 5~15°,年平均气温 4.7~6.1℃,无霜期 108~120 d,平均年日照 2 433~2 466 h,年平均降水量 810~1 000 mm,土壤为棕色森林土或暗棕色森林土。试验区物种繁多,木本代表植物有红松(*Pinus koraiensis*)、冷杉(*Abies fabri*)、云杉(*Picea asperata*)、椴树(*Tilia tuan*)、桦树(*Betula platyphylla*)、色木槭(*Acer mono*)、胡桃楸(*Juglans mandshurica*)等;主要草本植物有猴腿蹄盖蕨(*Athyrium multidentatum*)、野芝麻(*Lamium barbatum*)、野艾蒿(*Artemisia lavandulaefolia*)等;下木多为胡枝子(*Lespedeza bicolor*)、忍冬(*Lonicra aponica*)等;主要藤本植物以五味子(*Schisandra chinensis*)、软枣猕猴桃(*Actinidia arguta*)居多。人参种植的方式是在阔叶杂木林、针阔混交林和落叶松人工林 3 种林分类型,将粗大枯枝落叶进行大致清理后,于秋季进行种子条播。栽培过程中除了防鼠、防盗、禁止放牧之外基本上不进行其他人工管理,尽量保持其在自然状态下生长。

### 2 研究方法

温度是林下人参生长发育必不可少的环境条

表 1 林下参区与林外园参区生长月平均气温

Table 1 Monthly average air temperature of inner and outer forest in growing season

类型	2003					2004				
	May	June	July	Aug.	Sept.	May	June	July	Aug.	Sept.
林内	11.2	15.9	20.7	18.5	15.3	12.0	14.9	16.4	14.9	5.6
林外	12.7	17.1	24.4	22.2	15.0	15.0	15.9	19.3	17.4	9.1

对于郁闭度过大的地方(超过 0.9 以上),可采取适当的间伐来调整林内的光照条件,提高林内的温度。郁闭度在 0.7~0.8 的林分,由于林冠的生长使得郁闭度逐渐增大,林内光照的减少使林内温度降低,可以在冬季休眠期间通过修枝和间伐等措施来适度的调整林内温度;同时在林内作高床进行栽培人参也能够提高土壤的温度<sup>[3]</sup>,进而能在一定程度上满足人参生长发育所需的热量条件,从而促进人参的生长发育。

### 3.2 林下人参光合速率日变化与光强因子的关系

植物叶片光合作用的日变化是研究一日内叶片光合生产能力的重要生理基础<sup>[4]</sup>,在栽培条件下,人参的生长环境与原始野生生态环境发生了很大的变

化,用温度表在人参生长发育季节 5~9 月测量林内和林外的温度;林内光照强度受林分郁闭度的影响较大,根据林分的郁闭情况和林内光照的强弱,结合人参的光合生理特性,划分出弱光区(郁闭度 0.8 以上)、中光区(郁闭度 0.7~0.8)、强光区(郁闭度 0.4~0.6)。研究对象为国有大苏河林场 1~5 年生的林下人参,在不同光照强度区,用 Li-6400 光合仪测定人参的光合日变化、蒸腾速率等指标;叶绿素含量采用分光光度法;株高和根重采用常规测量方法。由于阔叶杂木林内的人参长势好于针阔混交林和落叶松人工林,因此对阔叶杂木林内的人参进行了研究。研究资料来源于辽东山区的新宾县国有陡岭林场和清源县国有大苏河林场。

### 3 结果与分析

#### 3.1 林下人参的生长发育与温度的关系

由于林内接受的太阳辐射相对较少,使得林内温度明显低于林外,因此林下人参在生长过程中很容易受到温度因子的限制。一般来说园参的年净增重是林下人参的 2 倍以上,林下人参的产量要比园参的产量低很多,其中低温是一个重要的限制因子<sup>[1]</sup>。从表 1 可看出,林内生长季节各月平均气温一般比林外低 1℃左右,最大相差 3.7℃,由于林内温度较低,从而形成了林内特有的冷凉的温度条件,进而导致土壤温度也比林外低。

化,研究林内栽培条件下的人参光合作用的日变化,对估测一日中人参的光合生产能力,指导高产栽培实践有重要的理论和实践意义<sup>[5]</sup>。以往对人参光合作用的研究,大部分是对荫棚下种植的人参进行研究,在人为控制光照强度的条件下,对比人参的净光合速率、呼吸速率以及其他各项生理指标。本研究是对林下人参在林内自然光照的条件下,不加人为的控制措施,研究在不同林分郁闭度条件下的林下人参光合速率对光强因子的响应特性。

3.2.1 不同光照区的平均光照日变化 从一日内光照条件的变化来看(图 1),4 个光照区的光强趋势变化比较一致,各区的光照强度日变化呈单峰抛物线型,随着林分郁闭度的增加林下光照减弱,其峰度

也逐渐趋于平缓。早晨光照强度比较弱,随着时间的推移,光照强度也逐渐地增加,一般在 13:00 左右达到最大值,以后又逐渐的下降<sup>[6]</sup>,这与前人的结论一致。不同光照区的光照强弱有很明显的差异,全光区的光照强度最大,在最高时超过  $200 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  左右,弱光区的光照强度最低,最高时也不过  $20 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,郁闭度对林内的光强有直接的影响,进而对人参的光合作用产生影响。

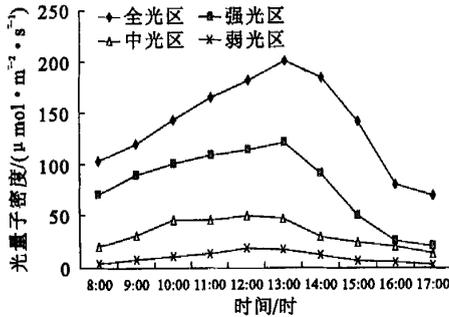


图 1 不同光照区光照一日内光照变化情况

Fig. 1 The change of illumination in a day under different circumscriptions

3.2.2 平方数据 年生人参在强、中、弱光照区的合光日变化 从图 2~图 6 中可以看出,中光区人参的净光合速率随时间变化最为明显,在 10:00 时左右达到最高峰( $3.5 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ );以后逐渐下降,在 14:00、15:00 左右又有 1 次增加。强光区人参的光合速率开始时较高,在 9:00 时左右即达到最高峰,而后逐渐下降;弱光区的人参光合速率上升比较平缓,在 14:00 左右达到最大值。2 年生的林下参合光日进程和 1 年生的人参相似,中光区的人参的净光合速率高于强光区和弱光区,并且 2 年生的人参净光合速率的最高峰值达到了  $3.8 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  左右,明显高于 1 年生的人参;弱光区的人参净光合速率呈单峰曲线<sup>[1]</sup>,在 14:00 时达到最大值,这与前人的结论一致。3 年生人参的合光日进程和 2 年生人参基本相似,4 年生人参净光合最大值为  $3.8 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,5 年生人参净光合速率最大值达到  $4.2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ;在 3 种不同光照条件下,1~5 年生人参的净光合速率最大值均出现在中光区。由于弱光区的光照强度太低,不能满足人参的光合需要;而强光区的光照过强,徐克章等认为产生了光抑制现象,导致净光合速率较低<sup>[7]</sup>。

3.2.3 人参光合速率特点 从测定的光合速率结果可看出,人参光合作用的日变化受外界光照强度因子的影响明显,不同光照条件下人参合光日变化的差异,是人参对生态因子的适应表现<sup>[8]</sup>,其合光日

变化表现如下特点:光照条件对人参合光日变化的可塑性影响较大,弱光条件下生长的叶片,由于光照

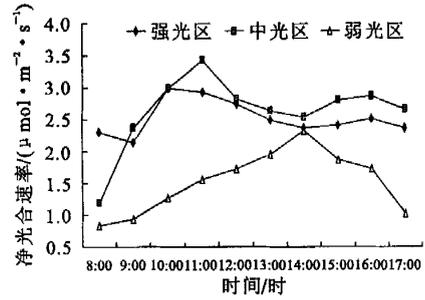


图 2 1 年生人参合光日进程

Fig. 2 Photo intension of one-year-old ginseng in a day

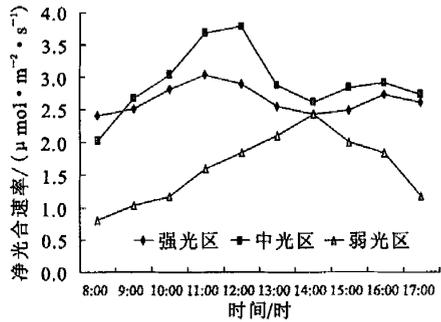


图 3 2 年生人参合光日进程

Fig. 3 Photo intension of two-year-old ginseng in a day

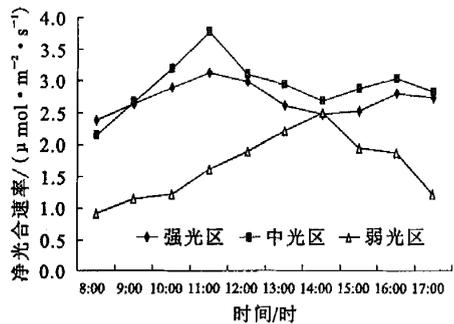


图 4 3 年生人参合光日进程

Fig. 4 Photo intension of three-year-old ginseng in a day

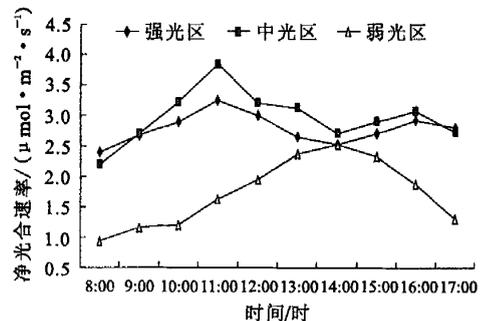


图 5 4 年生人参合光日进程

Fig. 5 Photo intension of four-year-old ginseng in a day

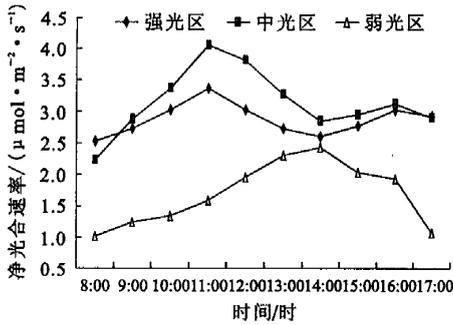


图6 5年生人参光合日进程

Fig.6 Photo intension of five-year-old ginseng in a day

强度是限制因子,一日内光合作用的曲线变化取决于光照条件,故基本上呈单峰曲线型变化;而强光下生长的人参,光合作用不是单峰曲线型变化,在12:00左右有“午休”现象,而在午后净光合速率仍有1次明显的升高,这表明强光下人参的光合作用不仅受强光的抑制,同时可能也受到高温因子的抑制<sup>[9]</sup>;中光区的人参净光合速率的变化受光强影响变化较大,但也存在“午休”现象<sup>[10]</sup>,但总的来说,中

光区的净光合速率高于弱光区。而且,随着人参年龄的增加,净光合速率逐渐升高。从净光合速率的角度来讲,中光区人参净光合速率最高,因而积累的有机物也最多,人参的净光合速率直接影响人参的经济产量,在3种不同的光照类型中,中光区最适合培育林下人参。

3.2.4 人参生长状况和产量与光照强度的关系

从表2可看出,中光区人参的植株较高(36.2 cm),弱光区次之(23.8 cm),强光区最差(21.5 cm);各区的蒸腾速率来看,以中光区为最高(319.8 mg·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup>),表明代谢活动旺盛,弱光区次之(242.8 mg·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup>),强光区最低(143.1 mg·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup>)。各光照区叶绿素含量以中光区最高,这与单株根重相吻合,说明中光区人参生物生产能力较高。单位面积生产量调查也得出同样的结果,即中光区为最高,参根年净增重为弱光区的3倍以上,林下培育人参,中光区条件下人参的各项生理指标为最好,产量最高。

表2 林下不同光照区人参的生长状况及生理指标

Table 2 Indices of growth and physiology of ginseng in different plots in inner forest

光照强度数据	株高 /cm	单根重 /g	蒸腾速率 /(mg·m <sup>-2</sup> ·h <sup>-1</sup> )	叶绿素含量 /(mg·L <sup>-1</sup> )	年净产量 /(g·m <sup>-2</sup> )
强光区	21.5	9.7	143.1	1.287	18.7
中光区	36.2	28.3	319.8	2.368	29.2
弱光区	23.8	17.6	242.8	2.049	9.96

4 结论

林内温度低是导致林下参生长缓慢的原因之一,可以通过调解林分郁闭度的方法来调节林内光照,进而达到调节林内温度的目的,满足人参生长发育所需的温度条件。

中光区人参光合速率相对较高,从人参的生长状况和产量方面比较,中光区人参的各项生理指标明显好于强光区和弱光区,适宜培育林下人参。

对于郁闭度较高的林分可以适当间伐,对于郁闭度较低的林分可以适当补植一些幼树,调整林内的光照在0.7~0.8,满足人参正常生长发育所需的光照条件。

参考文献:

[1] 夏绍忠,谢学勇,马书田.林冠下人参栽培技术[J].辽宁林业科技,1999,(3):62-63.  
 [2] 殷鸣放,王丽英.辽东山区现有林经营管理技术研究[J].沈阳农业大学学报,2003,34(3):191-195.

[3] 刘琪晔,戴洪才,王贺新,等.林下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,1997,8(4):353-359.  
 [4] Proctor J T A. Some aspects of the Canadian culture of ginseng (*Panax quinquefolius* L), proceeding of the 3rd International [J]. Ginseng Symposium (South Korea), 1980, (2): 39-47.  
 [5] 王贺新,宋相禄.我国林下参栽培及其复合经济效益分析[J].辽宁林业科技,2002,(6):32-34.  
 [6] 徐克章,曹正菊,张为群,等.人参光合作用特性的研究[J].中国农业科学,1990,23(6):69-74.  
 [7] 徐克章,张美善.恒定环境条件下西洋参叶片光合作用的日变化[J].吉林农业大学学报,2003,25(2):134-138.  
 [8] 徐克章,唐树延.光质对人参植株生长、叶绿素含量和叶片结构的影响[J].吉林农业大学学报,1987,9(3):54-57.  
 [9] 徐克章,武志海等,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.  
 [10] Park H. Physiological response of *Panax ginseng* to light, proceeding of the 3rd international [J]. Ginseng Symposium. 1980, (3):151-170.  
 [11] 夏绍权,何晓双,石祥臣.人参生理生态的研究[J].植物学报,1992,12(4):417-432.