

文章编号:1001-1498(2003)02-0129-06

# 林药间作系统中药用植物 光合生理适应性规律研究

王继永<sup>1</sup>, 王文全<sup>2</sup>, 刘勇<sup>1</sup>

(1. 北京林业大学资源与环境学院, 北京 100083; 2. 北京中医药大学中药学院, 北京 100102)

**摘要:** 通过设置不同毛白杨行距梯度, 观测了不同毛白杨行距以及同一行距下的不同林地位置间作的甘草、桔梗、天南星 3 种耐荫性不同的药用植物的叶绿素荧光参数的差异, 分析了 3 种药用植物的光合日进程和日平均净光合速率的变化规律, 从而得出了不同药用植物对间作环境适应的生理生态学机制, 为林区开展多种经营以及我国西部退耕还林还草工程区发展林药间作模式提供必要的理论依据。

**关键词:** 林药间作; 药用植物; 光合作用; 毛白杨

**中图分类号:** S759.3+5      **文献标识码:** A

林药间作是混农林业的重要组成部分<sup>[1]</sup>。它是针对林业的自身特点和药用植物的资源保护而提出的一种合理种植模式, 其目的是将适宜在林下生长、具有一定耐荫性的药用植物重新引种到林下进行半野生化栽培。这样不仅可以充分利用林地资源节约大量农田, 使药用植物野生资源得到恢复, 还可增加林业生产的短期收入, 以短养长, 为林区开展多种经营和林农致富奔小康开辟一条新途径, 也为我国西部地区退耕还林还草工程的实施提供了新的思路。关于农林间作和林药间作的模式及其生态和经济效益问题已经有人进行过初步探讨<sup>[2~8]</sup>。但是, 关于林药间作系统中药用植物光合生理适应性方面的深入研究, 至今尚未见报道, 本文主要针对此问题进行了较为详实的观测和分析。

## 1 试验地概况

试验地位于河北省中部保定市南郊, 河北农业大学林学院毛白杨 (*Populus tomentosa* Carr.) 密度实验林内, 115°E, 38°38'N, 属暖温带大陆性季风气候。年平均气温 12.1℃, 极端最高、最低温分别为 43.3℃ 和 -23.7℃, 10℃ 积温 4 100.5℃·h; 全年无霜期 191 d; 年日照时数 2 678.1 h, 日照率 63%; 年辐射量 128.38 J·m<sup>-2</sup>; 平均年降水量 538.0 mm, 6—8 月降水量占 60.7%, 其中 8 月占 34.9%, 年蒸发量 1 930.8 mm, 为降水的 3.6 倍。每年大风日数 (>17 m·s<sup>-1</sup>) 平均 17 d。土壤类型以褐土和潮土为主。试验区土壤为开挖护城河时翻至大堤上的中壤质生土, 养分含量较低。有机质含量 4.24 g·kg<sup>-1</sup>, 碱解 N 37.73 mg·kg<sup>-1</sup>, 速效 P 6.0 mg·

收稿日期: 2002-09-18

基金项目: 河北省林业厅“林药产业化栽培技术体系研究(9603106)”项目; 高等学校博士学科点专项科研基金资助

作者简介: 王继永(1975—), 男, 河北围场人, 北京林业大学在读博士生。

$\text{kg}^{-1}$ ,速效 K  $64.67 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,pH 值为 7.73,碳酸钙含量  $69.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

试验地内栽有 1992 年定植的毛白杨密度试验林,南北行向,株距为 1.5 m,行距分别为 3.0、6.0、9.0、12.0、15.0 m,面积约为  $0.5 \text{ hm}^2$ ,毛白杨生长状况见表 1。

表 1 试验地毛白杨生长状况

测定年份	平均胸径/cm	平均树高/m	东西冠幅/m	南北冠幅/m	平均枝下高/m	侧枝数
1998	6.8	12.8	3.2	2.4	2.5	18.1
1999	8.4	15.6	3.4	2.6	2.4	24.1

## 2 试验设计与研究方法

### 2.1 试验设计

以 5 种毛白杨行距为试验因素,以无林地作对照,采用随机区组方法进行田间设计,设 3 次重复。即先将每一个毛白杨行间的试验地按垂直树行方向分为 3 个区域,每个区域布置一次重复。1998 年 4 月,在每一个重复内垂直树行同时播种甘草 (*Glycyrrhiza uralensis* Fisch.)、桔梗 (*Platycodon grandiflorum* (Jacq.) DC.)、天南星 (*Pinellia pedatisecta* Schott) 3 种药用植物。

### 2.2 研究方法

2.2.1 测点设置 由于林药间作条件下,在同一行距内不同位置(林冠下、林冠外和行距中间)的微生态环境因子不同,从而使间作的药用植物的光合以及其他生理指标具有差别,所以必须在行间设置不同测点:其中树木行距  $D = 10 \text{ m}$  时,垂直树行自东向西设 3 个测点, $10 \text{ m} < D < 15 \text{ m}$  时,垂直树行自东向西设 5 个测点(见图 1)。第 2、4 测点距离按下式计算:

$$L = (D/2 - 2) \times 4/13 + 2$$

$D$ ——树木的行距; $L$ ——测点距树行的距离;其中  $L_1 = 1 \text{ m}$   $L_2 = 3.7 \text{ m}$   $L_3 = 7.5 \text{ m}$

$D = 15 \text{ m}$ ;测点 1 代表东树行的西林冠下,测点 2 代表东树行的西林冠外,测点 3 代表树行

图 1 林药间作系统行间测点设置示意图

中间,测点 4 代表西树行的东林冠外,测点 5 代表西树林的东林冠下。

2.2.2 药用植物叶绿素荧光的测定 叶绿素 a 荧光是指叶绿素分子(PS 天线系统)吸收光量子(主要指蓝光和红光)由受激态 1 通过再发射而产生的一种主要光信号。它的强度正比于叶绿素 a 激发分子的浓度。本文主要通过分析不同条件下药用植物叶绿素荧光参数的变化来探讨药用植物在不同条件下的光合潜在能力。1999 年 7 月 12 日,天气晴,用 OS5-FL 便携式荧光仪测定不同测点 3 种药用植物的叶绿素荧光参数,测定指标包括:

$F_0$ ——固定荧光,初始荧光(minimal fluorescence)。是指当给予的激发光弱到不足引起 PS 反应中心的激发,而产生的稳定荧光信号,也是光系统 (PS) 反应中心处于完全开放时的荧光产量。

$F_m$ ——最大荧光产量(maximal fluorescence)。是指在  $F_0$  之后用强饱和光( $\text{PED} > 3\ 000 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )激发样品,使所有  $Q_A$  被还原,这时所产生的荧光值是 PS 反应中心处于完全关闭时的荧光产量,可反映通过 PS 的电子传递情况。

$F_V = F_m - F_0$  为可变荧光(variable fluorescence)反映了  $Q_A$  被还原的情况。

$F_V/F_m$  是 PS 最大光化学量子产量,反映 PS 反应中心内禀光能转化效率,同时也反映

开放的 PS 反应中心捕获激发能的效率。它是个稳定的研究植物胁迫反应常用的参数。

测定前选择从顶部数第 6 片完全展开叶,并使叶片预暗 5 min,再开始测定,设 3 次重复。

2.2.3 药用植物光合速率研究方法 在药用植物旺盛生长后期(1999 年 7 月 12 日),在林下不同测点用 CI-301 便携式光合测定系统,对药用植物净光合速率( $P_n$ )进行测定。从上午 6:00 开始到下午 18:00 结束,每隔 2 h 测定 1 次,全天共测定 7 次,每次测定设 3 次重复,然后根据净光合速率值( $P_n$ )做出光合日进程曲线,同时比较各种药用植物在不同处理的日平均净光合速率差异。

### 3 结果与分析

#### 3.1 间作条件下药用植物叶绿素荧光的变化

在林药间作系统中,由于上层植物毛白杨的存在,使间作地微生态环境因子发生了很大变化,其中变化最大的是光因子。间作系统下层药用植物随着毛白杨行距和行间位置的变化,承受着不同程度的光胁迫,而不同种药用植物对这种光胁迫的适应性又有很大差别。叶绿素荧光参数  $F_v/F_m$  值是个稳定的研究植物胁迫反应常用的参数,它主要反映 PS 反应中心内禀光能转化效率和开放的 PS 反应中心捕获激发能的效率。本文主要采用这个参数对药用植物的生理生态适应性进行分析。通过分析在毛白杨行间不同位置(西林冠下、行中和东林冠下)药用植物的叶绿素荧光  $F_v/F_m$  的变化表明(见表 2),甘草、桔梗、天南星 3 种药用植物的  $F_v/F_m$  的值在行间变化不太显著,只是在行中略低于冠下,说明在毛白杨行间不同位置的光强梯度变化还不足以造成 3 种药用植物剧烈的适应性反应。

表 2 毛白杨行间不同测点药用植物叶绿素荧光参数变化(1999-07-12)

种名	行间位置	$F_0$	$F_v$	$F_v$	$F_v/F_m$
甘草	西林冠下	62.333	602.667	540.333	0.896
	行中	55.667	549.333	493.667	0.898
	东林冠下	53.667	569.000	515.333	0.905
	对照	52.667	557.000	504.333	0.905
桔梗	西林冠下	72.333	571.333	499.000	0.873
	行中	64.667	545.333	480.667	0.881
	东林冠下	74.667	599.000	524.333	0.875
	对照	65.667	471.333	405.667	0.861
天南星	西林冠下	99.667	632.667	533.000	0.842
	行中	94.000	610.333	516.333	0.845
	东林冠下	86.000	607.667	521.667	0.858
	对照	86.667	542.000	455.333	0.839

比较不同毛白杨行距下药用植物叶绿素荧光的变化表明(表 3),  $F_v/F_m$  值随着毛白杨的行距变化比较明显。甘草的  $F_v/F_m$  值随着毛白杨行距的减小而降低,而且间作条件下普遍低于对照,其中行距 15 m 的甘草叶绿素荧光是对照的 99.4%,行距 9 m 的是对照的 99%,行距 3 m 的是对照的 98%,说明甘草的叶绿素分子捕获激发能的效率并没有随着遮荫强度的增加而增加,同时说明甘草在弱光的环境下适应能力较差;桔梗的  $F_v/F_m$  值是随着毛白杨行距的减小而增大的,而且间作地的该参数数值都高于对照,从行距 15 m、9 m 到 3 m 分别为对照的

101.7%、102.6%、102.9%；天南星的  $F_v/F_m$  值也是随着毛白杨行距的变化而变化的，其变化趋势和桔梗相似。行距 15 m、9 m、3 m 间作模式下天南星的  $F_v/F_m$  值分别是对照的 101.1%、

表3 不同毛白杨行距下药用植物叶绿素荧光参数(1999-07-12)

种名	行间位置	$F_0$	$F_v$	$F_v$	$F_v/F_m$
甘草	15	57.222	573.667	516.444	0.900
	9	59.222	573.889	514.667	0.896
	3	67.000	604.667	537.667	0.889
	对照	52.667	557.000	504.333	0.905
桔梗	15	70.556	571.889	501.333	0.876
	9	66.333	570.667	504.333	0.883
	3	68.333	600.667	532.333	0.886
	对照	65.667	471.333	405.667	0.861
天南星	15	93.222	616.889	523.667	0.848
	9	91.889	611.444	519.556	0.849
	3	92.333	632.333	540.000	0.854
	对照	86.667	542.000	455.333	0.839

101.2%、101.7%，说明桔梗和天南星两种药用植物随着毛白杨行距的减小，其叶绿素分子的捕获激发能的效率却有所升高，体现了两种药用植物对逐渐加大树冠遮荫程度具有一定的适应和反馈能力。

### 3.2 间作条件下药用植物的光合作用

植物净光合速率的大小反应了植物固定太阳能并转化为化学能的能力，对植物的光合日进程进行测定，可以深入分析植物光合速率的日变化，从而解释药用植物的产量构成因素<sup>[9,10]</sup>。

从图2可知：对照点的甘草净光合速率在全天都是最高的，其日进程曲线是双峰形状，上午10时达到了第1个波峰，随后开始下降，到14时降到波谷，到16时又重新升到第2个波峰；与对照相比各不同间作行距下的甘草光合日进程曲线没有形成明显的双峰形状，行距15 m和行距9 m的都为明显的单峰曲线，波峰出现在中午12时；行距3 m的曲线全天都比较平缓，而且光合速率很低。

从图3可知：对照点桔梗的光合日进程曲线也是双峰形状，其中上午10时和下午14时为两个波峰，中午12时为波谷；间作条件下桔梗的光合日进程曲线基本都是单峰的，其中峰值都出现在中午12时，行距15 m和行距9 m两个处理的

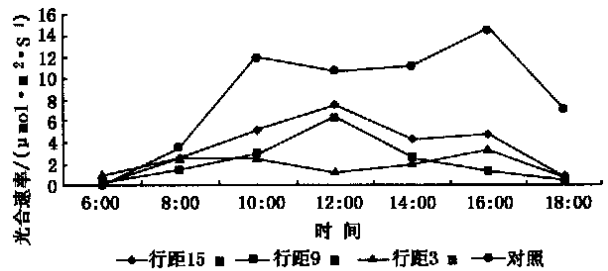


图2 不同毛白杨行距下甘草光合日进程

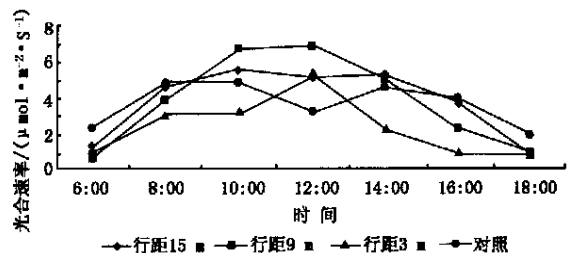


图3 不同毛白杨行距下桔梗光合日进程

桔梗光合速率在 9 时和 14 时之间已超过了对照的相应时段。行距 3 m 下的桔梗光合速率在中午左右也超过了对照。

从图 4 可知:对照点的天南星净光合速率在正午有明显的降低,也呈双峰型,在 10 时到 14 时这一时间段内,对照的天南星光合速率低于间作条件下的。间作条件下天南星光合作用峰值都高于对照,而且,毛白杨行距越小,其值越高。

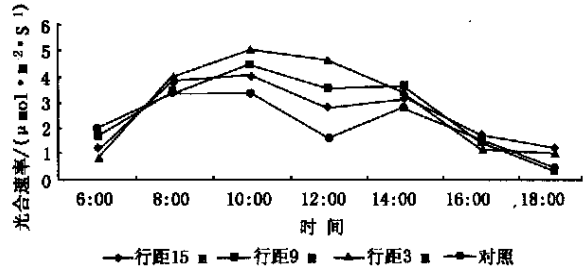


图 4 不同毛白杨行距下天南星光合日进程

不同毛白杨行距下,药用植物的日平均光合速率差异显著。对照点的甘草日平均净光合速率为  $8.27 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,普遍高于间作条件下(见表 4),而且在间作条件下毛白杨行距越小甘草的日平均净光合速率越低,行距 3 m 下仅为  $1.81 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ;而桔梗在毛白杨行

表 4 不同毛白杨行距下药用植物日平均净光合速率(1999-07-12)  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

种名	行距 15 m	行距 9 m	行距 3 m	对照
甘草	3.53	2.08	1.81	8.27
桔梗	3.73	3.70	2.36	3.64
天南星	2.49	2.57	2.82	2.09

距为 15 m 和 9 m 的间作条件下日平均净光合速率均高于对照(见表 4),分别为  $3.73$ 、 $3.70 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ;天南星在间作条件下的日平均净光合速率普遍高于对照(见表 4),而且随着毛白杨行距的减小其光合速率呈上升趋势,在行距 3 m 下出现最大值为  $2.82 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

从 3 种药用植物在间作条件下的光合作用状况来看,甘草不太适应间作的环境,随着毛白杨行距的减小,光合作用下降明显,从而必将影响植物干物质的合成,降低产量;而桔梗和天南星两种植物对间作环境的适应性很强,不但光合速率不下降反而提高,尤其天南星表现的异常明显,二者都比较适合间作环境,是进行林药间作优良药用植物品种。

## 4 结论与讨论

(1)通过对间作条件下药用植物叶绿素荧光的研究发现,甘草、桔梗、天南星 3 种药用植物的叶绿素荧光参数  $F_v/F_m$  的值在行间变化不太显著,只是在行中略低于冠下。叶绿素荧光参数  $F_v/F_m$  值随着毛白杨的行距变化比较明显。甘草的叶绿素荧光参数  $F_v/F_m$  值随着毛白杨行距的减小而降低,而且间作条件下普遍低于对照,说明甘草的叶绿素分子捕获激发能的效率并没有随着遮荫强度的增加而增加,其对弱光环境的适应能力较差;桔梗的叶绿素荧光参数  $F_v/F_m$  值随着毛白杨行距的减小而增大,而且间作地该参数值都高于对照;天南星的叶绿素荧光参数  $F_v/F_m$  值的变化趋势和桔梗相似,说明桔梗和天南星两种药用植物随着毛白杨行距的减小,其叶绿素分子的捕获激发能的效率都有所升高,体现了这两种药用植物对逐渐加大树冠遮荫程度具有一定的适应能力和反馈能力。

(2)通过对间作条件下的药用植物的光合作用进行分析发现,甘草、桔梗和天南星在对照点的光合日进程曲线都是双峰型的,所不同的是出现的峰值和谷值的时间不同和光合速率不同;在间作条件下三者的光合日进程曲线都是单峰的;对照点甘草的日平均净光合速率明显高于间作地,桔梗在部分毛白杨行距下日平均净光合速率高于对照,而天南星在间作条件下日平均净光合速率普遍高于对照,说明天南星具有更强的适应弱光的能力。

(3) 综合比较甘草、桔梗和天南星 3 种药用植物在间作条件下光合生理表现,可以看出甘草对间作的环境不太适应,随着间作地遮荫强度的加大,叶绿素分子捕获激发能的效率并未增加,光合作用明显下降;而后两者无论是叶绿素分子捕获激发能的效率,还是日平均净光合速率都不同程度的有所增加,表现出对间作环境的很好适应性,所以此两种药用植物可以作为林药间作的入选植物。

### 参考文献:

- [1] 袁玉欣. 华北平原农区杨粮间作研究[D]. 北京:北京林业大学图书馆,1998. 4
- [2] 孟平,宋兆民,张劲松,等. 农林复合系统对环境质量调控作用研究[J]. 林业科学研究,2000,13(1):1~8
- [3] 范兴海,黄寿波. 我国农林系统小气候研究概述[J]. 林业科学研究,2000,13(2):197~202
- [4] 韩启定,熊德配. 林草药牧人工生态系统的研究[J]. 林业科技通讯,1989(5):17~21
- [5] 范令刚,闫龙民. 野生林下栽培半夏技术[J]. 特产研究,1997(2):56
- [6] 吴往成. 林下与效应带种植人参环境因子的动态变化[J]. 植物研究,1995,15(1):118~128
- [7] 周再知,郑海水. 橡胶与砂仁间作小气候特点初探[J]. 生态学杂志,1994,13(1):27~31
- [8] 张劲松,宋兆民,孟平,等. 银杏-小麦间作系统水热效应的研究[J]. 林业科学研究,2002,15(4):197~202
- [9] 杜修学. 农桐间作光合和作物产量关系的研究[J]. 山东林业科技,1991(1):39~40
- [10] 宋露露. 农桐间作对秋作物光合同化及 CO<sub>2</sub> 导度的影响[J]. 泡桐与农林业,1990(2):68~74

## Studies on the Photosynthesis and Physiological Adaptability of Medicinal Plants in Tree-Medicinal Plant Intercropping System

WANG Ji-yong<sup>1</sup>, WANG Wen-quan<sup>2</sup>, LIU Yong<sup>1</sup>

(1. Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100102, China)

**Abstract:** The photosynthesis and physiological adaptability of medicinal plants in tree-medicinal plant intercropping system were studied. By setting different poplar row spacing grads, the chlorophyll fluorescence parameters of three species intercropping medicinal plants: *Glycyrrhiza uralensis*, *Platycodon grandiflorum* and *Pinelia pedatisecta* which have different quality of enduring shade were observed, and the diversification rules of daily photosynthesis and daily average net photosynthesis rate were analyzed. Accordingly, the physiology and ecological adaptive mechanism to intercropping environment of different medicinal plants were worked out. The research results offer the essential theoretic bases for developing the planting pattern of intercropping trees with medicinal plant in the forest district and western part of China.

**Key words:** intercropping trees with medicinal plant; medicinal plant; photosynthesis; *Populus tomentosa*