

文章编号: 1000-5692(2003)01-0017-06

林药间作系统光照效应及其对药用植物高生长的影响

王继永¹, 王文全², 武惠肖³

(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; 3. 河北省廊坊市农林科学院, 河北 廊坊 065000)

摘要: 为了给林药间作模式在我国林区和西部退耕还林还草工程区的科学推广提供必要的理论依据, 通过设置不同毛白杨行距梯度, 对林药间作系统光照效应及其对药用植物生长规律的影响进行了较为深入的研究。研究表明: 林药间作系统中, 毛白杨树行中间测点的光照强度日变化规律与对照一致, 都是单峰曲线, 但是峰值低于对照。树行的其他测点(冠下点和冠外点)的日变化规律东西是对称的, 前者上午出现峰值, 后者下午出现峰值。日平均光照强度在行间的空间分布规律为树行中间测点高于冠下和冠外测点, 而且东林冠下高于西林冠下。另外, 行间平均光强随着毛白杨行距的减小而减低。随着毛白杨行距的变小, 甘草的速生期最快生长速度由对照点的 $1.11 \text{ cm} \cdot \text{d}^{-1}$ 下降到行距 3 m 的 $0.45 \text{ cm} \cdot \text{d}^{-1}$, 桔梗的速生期最快生长速度变化不大, 天南星速生期最快生长速度有所增长, 对照点仅为 $0.20 \text{ cm} \cdot \text{d}^{-1}$, 行距 3 m 下达到 $0.37 \text{ cm} \cdot \text{d}^{-1}$ 。这说明桔梗和天南星比甘草更能适应间作的环境, 可以初步确定为适宜间作的药用植物种类。图 5 表 2 参 5

关键词: 林药间作; 光照; 药用植物; 高生长; 毛白杨; 桔梗; 甘草; 天南星

中图分类号: S759.3 **文献标识码:** A

林药间作是混农林业的重要组成部分^[1], 是针对林业的自身特点和药用植物资源的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引种到林下进行半野生栽培。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^[2-3]。但是, 关于林药间作系统中光照条件的时空变化规律及其对药用植物生长的影响方面的深入研究, 至今尚未见报道, 故笔者主要针对此问题进行了较为详实观测和分析。

1 试验地概况

试验地位于河北省中部的保定市南郊, 河北农业大学林学院毛白杨 *Populus tomentosa* 密度试验林内, 地处 $38^{\circ}38'N$, $115^{\circ}00'E$, 属暖温带大陆性季风气候。年平均气温 $12.1^{\circ}C$, 极端最高、最低气温分别为

收稿日期: 2002-09-16; 修回日期: 2002-12-07

基金项目: 教育部高等学校博士学科点专项科研基金资助项目(20010022001); 河北省林业厅资助项目(9603106)

作者简介: 王继永(1975—), 男, 河北承德人, 从事药用植物研究。

43.3 °C和-23.7 °C, ≥ 10 °C积温4 100.5 °C。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⁻²。平均年降水量538.0 mm, 6月至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。每年平均大风日数(≥ 17 m·s⁻¹)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⁻¹, 碱解氮37.73 mg·kg⁻¹, 速效磷6.0 mg·kg⁻¹, 速效钾64.67 mg·kg⁻¹, pH值为7.73, 碳酸钙含量69.1 mg·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 hm², 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1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*、桔梗 *Platycodon grandiflorum* 和天南星 *Pinellia pedatisecta* 等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生长具有差别, 所以必须在行间设置不同测点。其中树木行距 $D \leq 10$ m时, 垂直于树行自东向西设3个测点, $10 \text{ m} < D < 15$ m时, 垂直于树行自东向西设5个测点(图1)。第2测点和第4测点距离按下式计算: $L = [(D/2) - 2] \times (4/13) + 2$ 。其中: D 为树木的行距, L 为测点距树行的距离。由此算得当树木行距 $D = 15$ m时, 测点1, 测点2和测点3距树行的距离分别为1.0 m, 3.7 m和7.5 m。测点1代表西林冠下, 测点2代表西林冠外, 测点3代表树行中间, 测点4代表东林冠外, 测点5代表东林冠下。

2.2.2 光照强度测定 在5种毛白杨行距的不同测点, 用棒状照度计和自动气象测定系统对光照强度进行实测, 各仪器感应部位安置高为1.5 m。测试在7月中旬晴天进行, 连续进行3 d。采用往返式测定方法, 3次重复, 白天7:00~19:00, 每小时测定1次。各个测点的日平均光照强度为全天各个时间点测得光照强度的总平均值。毛白杨行间平均光照强度为各个测点日平均光照强度的加权平均值。

2.2.3 药用植物生长测定 在测定光照强度的各个测点上, 选定样方, 每测点设3个重复样方, 每样方选定6株药用植物标准株。从4月中旬药用植物开始萌芽生长时开始, 每周测定1次药用植物标准株的生长指标(自然株高、实际株高、地径和侧枝数等)。通过分析生长指标, 研究药用植物在不同光照条件下的生长差异。

3 结果与分析

3.1 林药间作系统光照效应

光照条件对药用植物的光合作用及其生长发育具有重要意义。在间作地中, 杨树位于上层, 高出药用植物10倍以上, 形成遮荫, 改变了系统内部的光照环境, 使间作地中光强减弱, 光照时间缩短, 从而在一定程度上影响药用植物的生长。间作地中的光照条件除受太阳高度角和方位角等不可控因子影响外, 主要受树木株行距影响。以下着重分析在药用植物生长期不同毛白杨株行距配置的间作地中的光

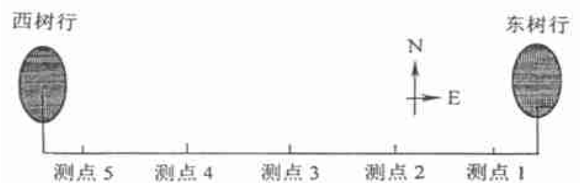


图1 林药间作系统行间测点设置示意图
Figure 1 The measure spot setting between the rows of poplar

照强度日变化特征以及行间光照强度的水平分布特征。

3.1.1 林药间作系统光照强度日变化特征

试验区中的毛白杨均为南北行向,林木日照投影的日变化明显。早晨的投影带在树行西侧。随着太阳升高投影逐渐东移,中午时与树行重合,下午移到行东。投影带的宽度随着太阳高度角的增加而减少,清晨和傍晚最宽,中午最窄。由于遮荫带及其宽度随太阳高度角而变化,因而使树行间各测点处的光强日变化规律与对照大不相同。图2和图3分别显示了同一间作模式下不同测点以及不同毛白杨行距的中间测点7月份光照强度日变化特征。分析

结果表明:①同一行距内不同测点的光照强度日变化特征是不同的。以行距15 m为例(图2):行间各测点的光强日变化曲线此起彼伏,变化各异,树行以东的2个测点(测点5和测点4)和以西的测点(测点2和测点1)光强的日变化规律是基本对称的。前者上午的光强日变化曲线呈波峰型,最大值出现在正午以前,且越靠近树行的地方(如测点5),最大值出现的时间越早,此后光强迅速下降。后者正午后光强迅速上升,光强日变化在下午呈波峰型,最大值出现在正午以后,且越靠近树行的地方(测点1)最大值出现得越迟。这是由于树冠遮荫带随太阳的东升西落而自西向东移动造成的。使树行东西2侧各有半天遮荫时间。树行西侧的弱光时间出现在上午,而东侧则在下午。2树行中间测点的光强日变化峰值最大,依次高于冠外测点和冠下测定的峰值。②各种毛白杨行距的间作地中间测点光照强度的日变化与对照一致(图3),呈单峰型,日变化峰值出现在正午。随着毛白杨行距的减小,光强日变化峰值也越来越小。从光照强度变化趋势来看,中午前后间作地的光强与对照之间差异较小,只是在上午或下午被光照或被遮荫时,光强有一个明显的突升或骤降的过程。

3.1.2 林药间作系统光照强度空间分布特征

在间作地中,不同毛白杨行距和行间不同位置,由于树冠遮荫时间和遮荫强度不同,因此,光强的空间分布不同。这种变化受林木株行距的影响。观测结果表明:

①在各种间作模式中,光强日平均值的行间水平分布都是弧状的波峰形(图4)。即在树行的中部光强最大,由此向2侧递减,而向2侧递减的幅度却不同,由行中向西递减的幅度小于向东的幅度。所以测点5和测点4的日平均光强分别大于测点1和测点2的光强。以7月份为例,测点1光强比对照光强减小91.53%,测点2比对照减少43.87%,行中点比对照降低24.51%,测点4比对照降低33.61%,测点5比对照降低63.40%。②不同毛白杨行距的间作地中,日平均光强的差异较大。其中行距越大,树冠投影造成的遮荫带在间作地中所占比例就越小,所接受的日平均光能辐射量越大,所以日平均光强也越大(图5)。以7月份为例,行距15 m的行间平均光强为对照的48.62%,行距9 m为对照的27.13%,行距3 m为对照的10.81%。

3.2 间作对药用植物高生长的影响

不同间作模式下,毛白杨的行距不同,间作地的微生态环境也不同。通过上文的分析发现,随着毛白杨行距的减小,林地的日平均光强减小,树冠遮荫时间增长,遮荫率加大,也就是光胁迫的作用加

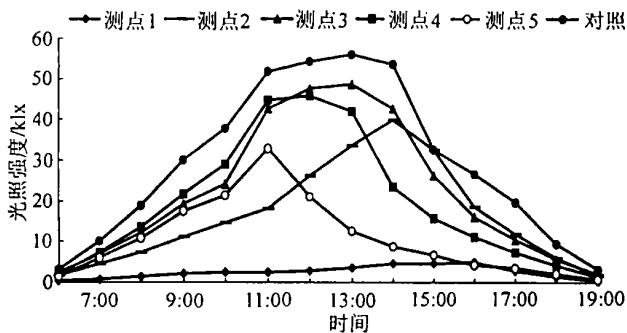


图2 行距15 m毛白杨行间各测点光照强度日变化

Figure 2 The light intensity daily change on every measure spot between the rows of poplar with row spacing 15 meters

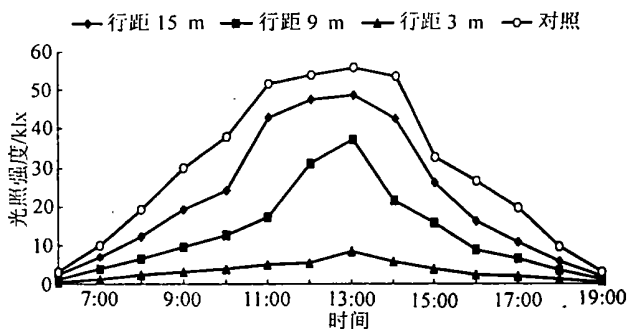


图3 不同毛白杨行距中间测点光照强度日变化

Figure 3 The light intensity daily change on the middle measure spot in different poplar row spacing

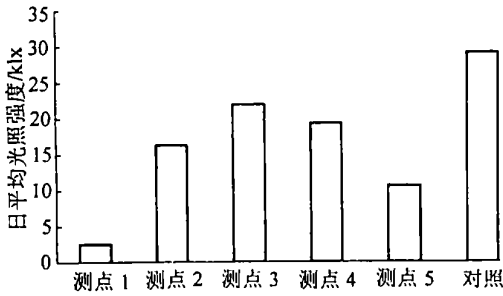


图4 行距15 m毛白杨行间各测点日平均光照强度

Figure 4 The daily average light intensity on every measure spot between the rows of popular with row spacing 15 meters

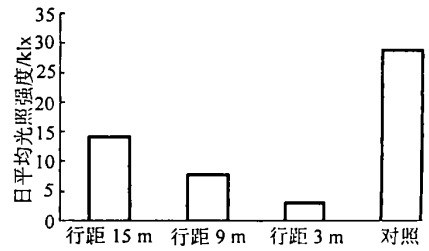


图5 不同毛白杨行距日平均光强

Figure 5 The daily average light intensity in different popular row spacing

强, 这种作用对于农作物生长是不利的。但是对于药用植物来讲, 这种作用反而可能会促进其生长。这是由于部分药用植物天然生长在林下, 具有一定的耐荫性, 甚至有些药用植物必须要在遮荫的条件下才能完成生长周期。这就使研究间作条件下药用植物生长规律显得尤为重要。

对于药用植物的生长可描述的指标很多, 最直观, 在生产实践中应用最广泛的就是株高和地径2项指标。通过这2项指标就可以基本评价药用植物的长势。由于试验选试的药用植物茎的木质化程度较低, 地径指标在测量中误差较大, 故笔者主要选择药用植物的株高生长来研究其在不同间作模式下的生长规律(表2)。

表2 不同间作模式下药用植物株高生长差异(1999年)

Table 2 The height growth of medicinal plants in different intercropping mode

测定日期	甘草						桔梗						天南星						
	行距15 m	行距12 m	行距9 m	行距6 m	行距3 m	对照	行距15 m	行距12 m	行距9 m	行距6 m	行距3 m	对照	行距15 m	行距12 m	行距9 m	行距6 m	行距3 m	对照	
05-13	25	25	21.37	22.33	12.78	8.00	30.89	25.70	27.47	28.08	23.50	24.92	27.85	13.47	12.90	9.06	12.42	9.08	14.75
05-20	30.75	28.50	27.17	15.81	10.10	36.90	32.26	34.17	36.68	33.06	30.89	39.00	33.29	13.67	9.81	12.90	9.61	17.50	
05-27	38.65	36.80	33.08	21.67	15.00	49.95	40.60	42.43	44.72	40.39	37.83	48.00	15.16	16.20	13.71	15.11	13.30	20.00	
06-03	46.20	40.90	35.08	23.56	17.50	55.00	47.18	47.77	49.14	45.39	43.89	55.70	16.55	16.33	14.89	16.39	15.06	21.80	
06-10	53.50	45.40	39.50	27.33	18.50	62.50	55.94	54.70	58.00	51.61	48.33	64.20	18.73	17.77	16.50	16.89	17.67	23.30	
06-17	59.20	49.50	44.30	31.33	22.33	70.57	64.28	61.42	65.58	57.07	52.98	72.57	20.06	19.62	19.83	19.67	22.00	25.03	
06-24	66.50	52.70	49.09	35.33	26.17	78.63	73.05	68.14	73.17	62.54	57.63	80.93	21.39	21.48	23.17	22.44	24.50	26.00	
07-01	72.00	58.40	53.89	39.33	30.00	86.70	80.99	74.87	80.75	68.00	62.28	89.30	21.20	23.33	26.50	25.22	27.11	27.00	
07-08	75.40	60.00	55.76	40.81	32.00	91.33	85.00	79.42	83.78	72.00	63.33	93.33	21.70	23.56	27.15	26.00	28.37	27.60	
07-15	77.00	66.50	57.63	42.30	34.00	95.98	88.47	83.98	86.81	73.60	64.39	97.37	22.57	23.78	27.80	26.78	30.50	27.60	
07-22	80.00	68.00	59.50	43.78	36.00	100.60	92.34	88.53	89.83	76.90	65.44	101.40	22.50	24.00	28.44	27.56	30.89	27.60	
07-29	80.00	67.30	60.61	45.39	37.80	103.70	92.01	89.20	90.17	78.90	68.35	101.50	23.00	24.83	28.38	27.69	31.03	27.10	
08-05	83.50	72.00	61.72	47.00	37.80	106.90	93.80	89.87	90.50	78.20	71.25	101.60	23.60	25.65	28.31	27.83	31.17	27.10	
08-12	86.80	73.00	62.83	48.61	37.80	110.00	93.99	90.53	90.83	80.00	74.15	101.60	23.60	26.48	28.24	27.97	31.31	27.40	
08-19	89.20	75.40	63.94	50.22	37.80	113.20	94.87	91.20	91.17	82.20	77.06	101.70	23.30	27.30	28.17	28.11	31.44	27.40	
08-26	92.00	78.30	64.14	50.42	37.80	113.40	95.59	92.11	92.08	82.20	77.83	102.70	23.30	27.57	28.45	28.39	31.76	28.30	

由表2可知: 不同毛白杨行距下甘草的株高生长差异明显。甘草在对照点的株高速生期从5月20日开始到7月8日结束, 在速生期内株高最快生长速度达到 $1.11 \text{ cm} \cdot \text{d}^{-1}$ 。在间作地中, 随着毛白杨行距的减小, 其速生期开始时间滞后, 速生期内最快高生长速度依次下降, 行距15 m的最快生长速度为 $0.91 \text{ cm} \cdot \text{d}^{-1}$, 行距12 m为 $0.64 \text{ cm} \cdot \text{d}^{-1}$, 行距9 m为 $0.58 \text{ cm} \cdot \text{d}^{-1}$, 行距6 m为 $0.51 \text{ cm} \cdot \text{d}^{-1}$, 行距3 m生长速度最小为 $0.45 \text{ cm} \cdot \text{d}^{-1}$ 。由此可见随着毛白杨行距的减小, 间作地的遮荫时间越长, 遮荫程度越大, 会明显抑制甘草的高生长。

由表2同样可知, 桔梗的株高生长随毛白杨行距的变化不太显著。桔梗在对照点的株高速生期持续

时间较长, 从 5 月 6 日开始到 7 月 22 日结束。速生期内株高最快生长速度为 $1.04 \text{ cm} \cdot \text{d}^{-1}$ 。到 8 月下旬, 地上部分基本停止生长。在间作地中, 随着毛白杨行距的减小桔梗高生长速度的减小幅度不大。行距 15 m 的最快高生长速度为 $0.97 \text{ cm} \cdot \text{d}^{-1}$, 行距 12 m 和行距 9 m 的差异不明显。最快高生长速度为 $0.90 \text{ cm} \cdot \text{d}^{-1}$, 而行距 6 m 和行距 3 m 的分别为 $0.78 \text{ cm} \cdot \text{d}^{-1}$ 和 $0.66 \text{ cm} \cdot \text{d}^{-1}$ 。

根据表 2 中的数据可以分析天南星的高生长随毛白杨行距的变化。天南星的高生长速生期是从 4 月 29 日开始的, 7 月 8 日结束, 在生长初期对照点的株高绝对值较大, 但是其生长速度缓慢, 速生期最快高生长速度仅为 $0.18 \text{ cm} \cdot \text{d}^{-1}$, 行距 3 m 的天南星速生期最快高生长速度达到 $0.37 \text{ cm} \cdot \text{d}^{-1}$, 行距 6 m 的为 $0.24 \text{ cm} \cdot \text{d}^{-1}$, 行距 9 m 的为 $0.32 \text{ cm} \cdot \text{d}^{-1}$, 行距 12 m 的为 $0.18 \text{ cm} \cdot \text{d}^{-1}$, 都比对照点高, 所以生长到 6 月 10 日时, 行距 3 m 的天南星株高已经超过其他大行距下的值, 到 7 月 8 日超过了对照。

综合分析甘草、桔梗和天南星 3 种药用植物在林下高生长的反应发现, 甘草的高生长对光要求比较严格, 主要表现为甘草对间作地毛白杨行距的变化比较敏感。随着毛白杨行距的减小, 甘草在速生期的株高最快生长速度迅速下降, 而桔梗变化较缓和, 天南星却随着毛白杨行距的减小, 高生长速度加快。这初步说明天南星和桔梗比甘草更能适应间作的环境, 从而可以初步确定天南星和桔梗 2 种药用植物作为间作的适宜种类。

4 结论与讨论

对林药间作系统的光照强度研究表明, 间作地树行的中间测点的光照强度日变化规律和对照一致, 是单峰曲线, 但是峰值低于对照。树行的其他测点(冠下点和冠外点)的日变化规律, 树行东西是对称的, 前者上午出现峰值, 后者下午出现峰值。日平均光照强度在行间的空间分布规律为树行中间测点高于冠下测点和冠外测点, 而且东林冠下高于西林冠下。另外, 行间平均光照强度随着毛白杨行距的减小而减低。

由于间作地毛白杨行距的变化, 日平均光照强度也会发生很大变化, 从而影响了间作药用植物的生长。通过对间作条件下甘草、桔梗和天南星等 3 种药用植物株高生长规律的分析可以得出如下结论: 甘草在对照点的株高速生长期从 5 月 20 日开始到 7 月 8 日结束, 在速生期内株高最快生长速度为 $1.11 \text{ cm} \cdot \text{d}^{-1}$, 间作地的株高速生期开始时间滞后, 而且不同毛白杨行距下甘草的株高差异很大, 行距越小, 甘草的生长速度越慢。对照点的桔梗株高速生期持续时间较长, 从 5 月 6 日开始到 7 月 22 日结束, 到 8 月下旬, 地上部分基本停止生长, 在速生期内株高最快生长速度为 $1.04 \text{ cm} \cdot \text{d}^{-1}$, 在不同毛白杨行距下桔梗的株高生长差异不明显。天南星的株高生长速生期是从 4 月 29 日开始的到 7 月 8 日结束, 其中对照点的天南星速生期最快生长速度为 $0.2 \text{ cm} \cdot \text{d}^{-1}$ 。间作地的天南星的株高生长速度高于对照, 而且随着毛白杨行距的减小, 速度加快, 行距 3 m 时达到 $0.37 \text{ cm} \cdot \text{d}^{-1}$ 。

综合分析甘草、桔梗和天南星 3 种药用植物在间作条件下的高生长响应, 说明甘草对间作的环境不太适应。随着间作地遮荫强度的增加, 甘草的生长受到抑制。适度树冠遮荫对桔梗的生长影响较小。相反, 树冠遮荫对天南星的生长具有促进作用, 在一定范围内, 遮荫度越大株高生长反而越快。从而可以初步确定天南星和桔梗 2 种药用植物作为间作的适宜种类。

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, 1998.
- [2] 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.
- [3] 范刚刚, 闫龙民. 野生林下栽培半夏技术[J]. 特产研究, 1997 (2): 56.
- [4] 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.
- [5] 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.

Illumination domino effect and its influence on height growth of medicinal plant in intercropping system of *Populus tomentosa* and medicinal plants

WANG Ji-yong¹, WANG Wen-quan², WU Hui-xiao³

(1. College of Resources and Environment, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. School of Chinese Pharmacy, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100102, China; 3. Langfang Agriculture and Forestry Academy of Science, Langfang 065000, Hebei, China)

Abstract: To provide the essential theoretic bases for applying the planting pattern of intercropping trees with medicinal plant in the west part of China, This paper carried through a more embedded study on the illumination characters and its effect on the growth of medicinal plants in trees and medicinal plants intercropping system by setting different popular row spacing grads. The results were as follows: the light intensity daily change on the middle measure spot between the popular rows was a curve with one peak, it was same as the contrast, but the value of light intensity on the peak was lower than the contrast. The light intensity daily change on the measure spot east to the popular rows and west to the popular rows were symmetrical, the former appeared peak in the morning, the latter in the afternoon. The daily average light intensity on the middle measure spot was higher than that on the other measure spots. The daily average light intensity between popular rows decreased with the popular row spacing decreasing. The height growth of *Glycyrrhiza uralensis*, *Platycodon grandiflorum* and *Pinellia pedatisecta* were different when they intercropped with *Populus tomentosa*. With the popular row spacing decreasing, the fast height growth rate of *Glycyrrhiza uralensis* decreased from $1.11 \text{ cm} \cdot \text{d}^{-1}$ on the contrast to $0.45 \text{ cm} \cdot \text{d}^{-1}$ on the row spacing 3 m, the growth rate change of *Platycodon grandiflorum* was not serious, on the contrary, the fast height growth rate of *Pinellia pedatisecta* increased from $0.2 \text{ cm} \cdot \text{d}^{-1}$ on the contrast to $0.37 \text{ cm} \cdot \text{d}^{-1}$ on the row spacing 3 m. These results indicated that *Platycodon grandiflorum* and *Pinellia pedatisecta* can adapt to environment of intercropping, these two species can be used to intercrop with trees.

Key words: intercropping trees with medicinal plants; illumination; medicinal plant; height growth; *Populus tomentosa*; *Platycodon grandiflorum*; *Glycyrrhiza uralensis*; *Pinellia pedatisecta*