

## 遮荫对红毛五加生长、光合及 指标成分积累的影响

陈玉锋<sup>1</sup>, 黄旭峰<sup>1</sup>, 古锐<sup>2</sup>, 赵灿<sup>1</sup>, 钟世红<sup>3</sup>, 魏晓东<sup>2</sup>

(1. 成都中医药大学 药学院, 四川 成都 611137; 2. 成都中医药大学 民族医药学院, 四川 成都 611137;  
3. 成都医学院 药学院, 四川 成都 610083)

**摘要:**以栽培红毛五加为试材,在全光照(CK)、中度遮荫(A<sub>1</sub>)、重度遮荫(A<sub>2</sub>)3种光照环境下测定了红毛五加的生长、光合及指标成分积累等指标,以探讨红毛五加栽培适宜的光环境。结果表明:同对照组相比,遮荫导致红毛五加叶片变薄,变大,比叶面积增加,特别是中度遮荫下的叶片明显大于其它2组;重度遮荫减弱了红毛五加的分枝能力,抑制了新枝条的生长,而中度遮荫对红毛五加分枝能力及新枝条生长的抑制作用不明显,且在一定程度上能促进红毛五加枝条向上生长。遮荫导致红毛五加叶中光合色素含量明显上升,光合速率下降,特别是重度遮荫下的光合速率下降最为明显;遮荫导致 Fv/Fm 明显上升;ΦPSII、ETR、qN 明显下降( $P<0.05$ );qP 有所上升,特别是中度遮荫下的 qP 上升最为明显( $P<0.05$ )。重度遮荫明显抑制了红毛五加茎皮中绿原酸、刺五加苷 E 2 种指标成分的积累,但中度遮荫下绿原酸含量同全光照下无明显差异( $P>0.05$ )。综合分析认为,重度遮荫明显不利于红毛五加生长、光合及指标成分积累,但中度遮荫下的红毛五加表现出较强的弱光适应性。因此,在实践中可在夏季光照较强时搭建一层透光率在 50% 的遮阳网,在新枝集中萌发或光照减弱季节及时拆除遮阳网,以确保红毛五加正常生长。

**关键词:**红毛五加;遮荫;生长;光合;指标成分积累

**中图分类号:**R 931.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)18-0145-07

红毛五加(*Acanthopanax giraldii* Harms)属五加科多年生灌木,其药用部位为密生刺毛的茎皮,称为红毛五加皮。该品为川西高原道地药材,是特色羌药材,收载于《四川省中药材标准》,

具有祛风湿、通关节、强筋骨之功效,该品大量出口日韩<sup>[1]</sup>。除茎皮入药外,该品嫩叶是羌族传统食物,被开发为茶品推向市场,产业化发展前景良好。近年来,对野生红毛五加的掠夺式开采已严重影响其资源的可持续发展,鉴于此,课题组开展了红毛五加人工驯化与栽培研究。野生种群光照环境多样,在不同郁闭环境下呈现出不同的种群构件特征<sup>[2]</sup>;而大田栽培种群为全光照生境,植株叶片增厚、叶面积增大、皮刺变粗,且幼苗叶片狭小、卷曲,部分叶片有日灼现象<sup>[3]</sup>,影响了红毛五加皮和叶的生长质量与外观质量。因此,探索大田栽培条件下光照管理问题成为提高药材产量与质量的关键技术问题。目前,国内已有学者<sup>[4-6]</sup>开展了关于生境、遮荫对刺五加生长、光合、药用成

**第一作者简介:**陈玉锋(1991-),男,硕士研究生,研究方向为民族药品品质评价及资源开发利用。E-mail:1154107366@qq.com.

**责任作者:**古锐(1979-),男,博士,教授,研究方向为民族药品品质评价及资源开发与利用。E-mail:raingu\_80413@sina.com.

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(81173476);四川省科技厅成果转化资助项目(13CGZHZX0303);四川省教育厅一般资助项目(12ZA228)。

**收稿日期:**2017-04-06

分积累等方面的影响研究,确立了刺五加的最佳自然生境和光照环境,对同属红毛五加有一定参考意义。因此,该课题拟研究不同遮荫强度对红毛五加生长、光合及指标成分积累的影响,以期确立栽培红毛五加生长和更新的最佳自然生境,指导红毛五加的人工驯化与栽培研究。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

研究地设在四川省阿坝州茂县三龙乡勒依村若窝组,该地区山体相对高度 1 600~3 500 m,由于河谷深切,焚风效应显著,干湿季分明,河谷地区年平均气温 11.2℃,≥10℃年积温为 3 293.3℃;年降水量 494.8 mm,其中 5—10 月降水占年总降水的 80%以上;年蒸发量为 1 332.4 mm,年干燥度(K)值为 1.74,为半干旱地区;试验地坡向偏南(阳坡),由耕地改造,中性壤土,土壤速效养分为中氮、低磷、高钾。

### 1.2 试验材料

供试的红毛五加栽培种群(北纬 31°47′00.19″,东经 103°30′13.66″,海拔 2 600 m,坡向南)为从该地野生种群(北纬 31°47′53.20″,东经 103°30′50.38″,海拔 3 156 m,坡向东南)获取的扦插苗驯化而来,已栽培 6 年,生长态势良好。

### 1.3 试验方法

于 2015 年 4 月将样地红毛五加作采伐处理(伐去所有上一年所产生的枝条,对老枝留强去弱),选取大小、基径接近的植株共 15 株,同年 4 月采用市售不同规格的遮阳网进行遮荫试验,遮阳网下端距地面 0.5 m,以保证空气流通,并借助照光计测定其透光率,具体分组为:透光率 100%(CK,全光照);透光率 53%(A<sub>1</sub>,中度遮荫);透光率 17%(A<sub>2</sub>,重度遮荫)。每组 5 株,鉴于红毛五加叶生长期为 4—8 月,因此设计遮荫持续到同年 8 月中旬,在原光照环境下每株选取 3 片不同枝条的自顶芽向下倒数第 3 片健康的、完全展开的、成熟复叶的中叶进行有关参数测定。

### 1.4 项目测定

#### 1.4.1 光合及荧光参数的测定

选择典型的晴朗天气,于 09:30—11:30 利用

配有人工光源的 LI-6400 便携式光合仪在原光照环境下测定其各光合参数。仪器设定气孔流速为 0.5 L·min<sup>-1</sup>,CO<sub>2</sub> 流量为 500 mol·s<sup>-1</sup>,光合有效辐射强度为 1 000 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>。测定参数包括净光合速率(Pn)、蒸腾速率(Tr)、气孔导度(Gs)和胞间 CO<sub>2</sub> 浓度(Ci)等。然后,将待测样品取下保存于冰盒后送回实验室,用 CF-Imager 叶绿素荧光成像系统进行测定,由仪器自动计算出暗适应下的 PSII 原初光能转化效率(Fv/Fm),PSII 实际光化学量子效率(ΦPSII)、光化学淬灭系数(qP)、非光化学淬灭系数(qN),并按  $ETR = PPFD \times (\Phi PSII) \times 0.84 \times 0.5$  公式计算各自的光合电子传递效率(ETR)。

#### 1.4.2 叶绿素含量的测定

叶片叶绿素含量测定参照 HOLM<sup>[7]</sup> 的方法进行。

#### 1.4.3 生长指标的测定

用千分尺测量叶片厚度(LT)并称取叶片鲜质量,打孔称重法测定叶面积(LA),然后置于 60℃烘箱内烘干至恒重,称量干质量,并计算比叶面积(SLA)。采用卷尺测定每株红毛五加的株高,并测定和记录所有新生枝条长度及条数。

#### 1.4.4 指标成分的测定

参考钟世红等<sup>[8]</sup>的色谱条件,采用高效液相色谱法测定各组茎皮中的指标成分含量。

### 1.5 数据分析

采用 SPSS 17.0 软件进行统计分析,计数数据均以平均数±标准差(±s)形式表示,且当 P<0.05 时,各组间差异显著。

## 2 结果与分析

### 2.1 遮荫对红毛五加光合特性的影响

#### 2.1.1 光合气体交换参数

由表 1 可知,在同一光强下测得的遮荫组 Pn 均比对照组(CK)有不同程度下降,但重度遮荫(A<sub>2</sub>)处理达到显著水平(P<0.05)。同时,不同程度遮荫均导致红毛五加叶片 Gs、Ci、Tr 及 RH 发生了不同程度的变化。其中,与全光照相比,中度遮荫下的 Gs、Ci、RH 都出现显著下降,Tr 也呈下降趋势,但未达到显著水平;重度遮荫下 Gs、RH 显著下降,Ci、Tr 显著上升。除 Gs 外,其它

光合气体交换参数在中度遮荫和重度遮荫间的差异达到显著水平( $P<0.05$ )。

2.1.2 叶绿素荧光参数

叶绿素荧光特征是对植株叶片光合效率及潜在能力的反映。由表 2 可知,遮荫导致暗适应下的 PSII 原初光能转化效率( $F_v/F_m$ )显著上升

( $P<0.05$ );PSII 实际光量子效率  $\Phi$ PSII 和电子传递速率 ETR、非光化学淬灭系数 qN 显著下降( $P<0.05$ )。同时,光化学淬灭系数 qP 有所上升,特别是中度遮荫下的 qP 较全光照下上升最为显著( $P<0.05$ )。

表 1 不同遮荫下红毛五加的光合气体交换参数比较

Table 1 Comparison of photosynthetic gas exchange parameters of *Acanthopanax giraldii* Harms under different shading conditions

处理 Treatments	光合速率 $P_n/(\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1})$	气孔导度 $G_s/(\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1})$	胞间 $\text{CO}_2$ 浓度 $C_i/(\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1})$	蒸腾速率 $T_r/(\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1})$	相对湿度 RH/%
CK	15.18±1.41a	0.206±0.063a	188.55±26.77b	2.02±0.62b	71.997±2.471a
A <sub>1</sub>	15.00±1.03a	0.165±0.058b	155.84±43.21c	1.88±0.44b	65.416±3.559b
A <sub>2</sub>	7.04±1.27b	0.158±0.064b	264.09±20.12a	2.51±0.91a	59.632±3.767c

注:同列数据后标不同小写字母表示处理间差异显著( $P<0.05$ )。下同。  
Note:Different lowercaes letters after data in the same column mean significant difference among treatments at 0.05 level. The same as below.

表 2 不同遮荫下红毛五加的叶绿素荧光参数比较

Table 2 Comparison of chlorophyll fluorescence characteristics of *Acanthopanax giraldii* Harms under different shading conditions

处理 Treatments	PSII 最大光化学效率 $F_v/F_m$	PSII 实际光化学效率 $\Phi$ PSII	光合电子传递效率 ETR	非光化学淬灭 qN	光化学淬灭 qP
CK	0.762±0.005c	0.178±0.012a	74.760±5.040a	4.672±0.217a	0.230±0.052b
A <sub>1</sub>	0.776±0.007b	0.139±0.012b	58.380±5.040b	3.881±0.284b	0.282±0.031a
A <sub>2</sub>	0.784±0.004a	0.116±0.007c	48.720±2.940c	3.394±0.074c	0.244±0.015b

2.1.3 叶绿素含量

由表 3 可知,同全光照相比,遮荫后红毛五加叶片中的叶绿素 a(Chl a)、叶绿素 b(Chl b)及类胡萝卜素(Car)含量均显著增高,叶绿素 a/b(Chl a/b)显著下降,且叶绿素 a(Chl a)和叶绿素 b

(Chl b)含量在中度和重度遮荫处理间的差异均达到显著差异水平( $P<0.05$ )。由此可见,红毛五加通过增加叶绿素特别是叶绿素 b 含量来适应弱光环境。

表 3 不同遮荫下红毛五加的光合色素比较

Table 3 Comparison of contents of chlorophyll of *Acanthopanax giraldii* Harms under different shading conditions

处理 Treatments	叶绿素 a 含量 $\text{Chl a content}/(\text{mg}\cdot\text{g}^{-1})$	叶绿素 b 含量 $\text{Chl b content}/(\text{mg}\cdot\text{g}^{-1})$	类胡萝卜素含量 $\text{Car content}/(\text{mg}\cdot\text{g}^{-1})$	叶绿素 a/b $\text{Chl a/b}$
CK	0.917±0.037c	0.341±0.039c	0.353±0.553b	2.712±0.196a
A <sub>1</sub>	1.159±0.962b	0.468±0.011b	0.394±0.100a	2.481±0.241b
A <sub>2</sub>	1.375±0.147a	0.560±0.068a	0.480±0.055a	2.462±0.834b

2.2 遮荫对红毛五加生长指标的影响

2.2.1 叶片形态

由表 4 可知,同全光照相比,遮荫均导致红毛五加叶面积(LA)、比叶面积(SLA)明显增加,叶片厚度(LT)明显减小( $P<0.05$ ),且以中度遮荫

下的叶面积(LA)、比叶面积(SLA)最大。由此可见,红毛五加遮荫后叶变薄变大弥补光量子密度的降低,以维持较高的光合速率,特别是中度遮荫下的红毛五加表现出较强的耐阴性<sup>[9]</sup>。

表 4 不同遮荫下红毛五加形态结构比较

Table 4 Comparison of morphological structure of *Acanthopanax giraldii* Harms under different shading conditions

处理 Treatments	叶面积 Leaf area/cm <sup>2</sup>	叶片厚度 Leaf thickness/cm	比叶面积 Specific leaf area/(cm <sup>2</sup> ·g <sup>-1</sup> )
CK	18.407±6.998c	0.025±0.002a	19.672±1.958b
A <sub>1</sub>	41.536±12.685a	0.017±0.003b	73.092±6.695a
A <sub>2</sub>	30.622±9.747b	0.016±0.001b	43.152±12.749b

2.2.2 种群构件

由表 5 可知,中度遮荫处理下,红毛五加在 5 月 15—30 日间生长速度较全光照快,然后进入缓慢生长期;而重度遮荫下该时期的生长速度同全光照比无显著差异( $P>0.05$ ),但在 6 月 15 日后生长速度较全光照慢,而后生长逐渐趋于停止。在生长末期,中度和重度遮荫下的新枝数、新枝总长度及新枝直径都较对照组有所下降,中度遮荫

下红毛五加株高较全光照下有所增加,重度遮荫下红毛五加株高较全光照有所下降,且新枝直径显著偏小( $P<0.05$ )。以上结果表明,不同程度遮荫在一定程度上抑制了红毛五加新枝条的萌发和生长,尤其是重度遮荫下对红毛五加生长的抑制作用更大,而中度遮荫似乎有利于红毛五加的向上生长。

表 5 不同遮荫下红毛五加种群构件比较

Table 5 Comparison of morphology population module of *Acanthopanax giraldii* Harms under different shading conditions

生长参数 Growth parameter	处理 Treatments	日期 Date/(月-日)						
		05-15	05-30	06-15	06-30	07-15	08-15	08-30
株高 Plant height/cm	CK	90.3±3.5a	99.7±6.7a	105.3±10.6b	115.0±21.8a	125.7±29.7a	123.0±25.5a	124.3±30.6a
	A <sub>1</sub>	103.3±25.2a	121.0±26.9a	126.0±22.1a	131.0±21.3a	132.5±20.0a	133.5±19.7a	137.8±23.3a
	A <sub>2</sub>	86.3±18.9a	101.3±22.7a	107.3±16.4b	110.0±16.1a	111.5±15.9a	113.5±14.8a	113.0±10.4a
新枝数 New shoot number	CK	8.7±6.7a	14.0±8.0a	19.0±10.4a	17.0±9.1a	18.7±10.2a	17.3±10.0a	18.3±9.9a
	A <sub>1</sub>	9.0±7.0a	13.7±5.9a	12.0±8.2a	13.3±8.8a	13.5±9.4a	15.5±10.0a	14.8±9.7a
	A <sub>2</sub>	9.0±2.8a	10.8±1.9a	13.3±4.7a	11.0±3.8a	13.0±3.9a	12.5±3.0a	13.0±2.9a
新枝总长度 Total length of new shoot/cm	CK	115.3±94.1a	400.0±132.7a	642.0±266.3a	633.7±300.3a	762.0±347.4a	724.0±340.1a	754.7±348.2a
	A <sub>1</sub>	252.3±248.3a	557.3±362.3a	559.3±385.1a	618.0±482.9a	624.0±466.6a	660.3±336.6a	622.5±463.9a
	A <sub>2</sub>	236.5±87.3a	374.5±38.0a	515.3±141.9a	481.5±161.9a	465.5±138.3a	503.8±173.4a	527.8±206.7a
新枝直径 Diameter of new shoot/mm	CK							7.765±0.657a
	A <sub>1</sub>							7.692±0.643a
	A <sub>2</sub>							5.860±1.233b

2.3 遮荫对红毛五加指标成分的影响

刺五加苷 E 是《四川省中药材标准》中红毛五加含量测定项下主要药用成分之一,绿原酸是

红毛五加中代表性的咖啡酰类成分,上述成分与药材品质密切相关。由表 6 可知,不同程度遮荫都导致红毛五加茎皮中的绿原酸和刺五加苷 E 含

表 6 不同遮荫下红毛五加指标成分含量比较

Table 6 Comparison of index components of *Acanthopanax giraldii* Harms under different shading conditions mg·g<sup>-1</sup>

处理 Treatments	绿原酸含量 Content of chlorogenic acid	刺五加苷 E 含量 Content of medofenoxate glycoside E
CK	4.139±0.290a	1.422±0.013a
A <sub>1</sub>	4.125±0.011a	1.219±0.021b
A <sub>2</sub>	1.521±0.093b	0.256±0.002c

量有所下降,其中重度遮荫下上述 2 种成分的含量最低,同全光照比差异达到显著水平( $P < 0.05$ ),而中度遮荫下仅刺五加苷 E 含量同全光照比差异达到显著水平( $P < 0.05$ )。由此可见,制定合理的光照管理措施对于保障药材品质具有重要意义。

### 3 讨论

#### 3.1 遮荫对红毛五加光合特性的影响

光合作用是植物生长发育过程中最为重要的生理反应之一,光合作用能力除与光照直接有关外,其它环境因子也会间接影响植物的光合作用<sup>[10]</sup>。已有研究表明,气孔导度直接影响着植物的光合速率,光能诱导气孔张开,促进植物的蒸腾作用<sup>[11]</sup>,胞间  $\text{CO}_2$  浓度受气孔导度、外界  $\text{CO}_2$  浓度以及植物对  $\text{CO}_2$  同化吸收的影响,其与植物的光合速率间可能呈负相关、正相关或不相关<sup>[12]</sup>,相对湿度降低可能会造成植物光合速率下降<sup>[13]</sup>。在该研究中,遮荫改变了与红毛五加光合作用相关的光合气体交换参数,尤其是重度遮荫下的红毛五加叶光合速率下降明显,中度遮荫下红毛五加叶光合速率并未明显下降,但光合速率与环境因子的相关性分析有待进一步研究。

不同植物的需光特性有所不同,同种植物在不同光照环境下也常表现出不同的生理适应性反应。在该研究中,遮荫后红毛五加叶中叶绿素特别是叶绿素 b 含量明显增加,使其能更好地利用散射光中的蓝紫光和橙色光,以更好地适应弱光环境<sup>[14]</sup>。此外,遮荫导致红毛五加类胡萝卜素含量有所上升,分析认为,这可能是长期遮荫导致红毛五加对光敏感性增强,类胡萝卜素含量增加是一种自我保护机制,这与周黎君等<sup>[15]</sup>关于夏枯草光合特性研究结果一致。

$F_v/F_m$  为暗适应下的 PSII 原初光能转化效率,反映了 PSII 反应中心完全开放下的最大光能转化效率,植物在适应遮光环境过程中通常会表现出  $F_v/F_m$  随遮荫程度的增加而上升的明显特征。此外,植物在光抑制情况下通常伴随着  $F_v/F_m$  降低和  $q_N$  的上升<sup>[16]</sup>。该研究中, $F_v/F_m$  随遮荫程度的增加而明显上升,表明遮荫使得红毛

五加在暗适应下的 PSII 最大光能转化效率增加,确保其更好地适应环境光照的减弱。此外,相对遮荫下的红毛五加而言,全光照下的红毛五加的  $F_v/F_m$  明显下降,表明其可能面临着更为严重的光胁迫作用。 $q_P$  为光化学淬灭系数,反映了 PSII 反应中心的开放程度和 PSII 所捕获的光量子转化为化学能的效率; $q_N$  为非光化学淬灭系数,反映了 PSII 天线色素吸收、以热能形式耗散的那部分光能。遮荫导致  $q_N$  均出现明显下降, $q_P$  有所上升,以中度遮荫下的  $q_P$  上升最为明显( $P < 0.05$ ),表明红毛五加在遮荫特别是中度遮荫下通过减少热能耗散比例和增强自身光化学淬灭能力来充分利用吸收的有限光能,表现出较强的弱光适应性。而全光照下的红毛五加通过增加热能的耗散比例来保护光合机构,是一种自我保护机制。 $\Phi_{PSII}$  为 PSII 实际光化学效率,反映了在光照条件下 PSII 反应中心部分关闭下的实际光化学效率,与碳同化密切相关。ETR 为循环光合电子传递速率,反映了实际光强下的表观电子传递速率。该研究中,遮荫组叶片的  $\Phi_{PSII}$  和 ETR 都较全光照有明显下降,这可能是因为全光照下生长的叶片相较于遮荫下生长的叶片能更好地依赖叶黄素循环来耗散过剩光能。在测量过程中,遮荫叶片经光适应处理后,由于叶片光合能力较低,依赖于叶黄素循环耗散的能量相对较少,使得其过剩光能远大于全光照下生长的叶片,造成 PSII 中心的关闭,影响了其测定的实际光化学效率和表观电子传递效率<sup>[17]</sup>。

综上所述,重度遮荫明显降低了红毛五加的光合速率,但中度遮荫下的红毛五加通过增加叶绿素,特别是叶绿素 b 的含量来保证吸收足够的光照用于光合作用;通过调整内部光合机构活性,如增加 PSII 反应中心的开放程度和最大光化学效率,增强叶绿素分子捕获激发能的效率和光化学淬灭能力,减少所吸收的光能以热能形式耗散的比例等来提高光能利用率,以弥补外界光量子的减弱,维持较高的光合速率,表现出更强的弱光适应性。

#### 3.2 遮荫对红毛五加生长的影响

植物的生长发育过程很大程度上受光照的调

控,其自身也会产生不同生理反应以响应光照环境的改变。大多数研究认为,遮荫后植物叶片变薄、变大,比叶面积增大<sup>[18]</sup>,该研究中红毛五加遮荫后也表现出上述规律,是红毛五加对光照减弱的适应性反应,因而适当遮阴能减轻移栽后叶片性状的增厚,以使其生理特征更似野生。此外,遮荫有效延长了叶片秋季脱离时间,研究结果与李昌禹等<sup>[19]</sup>的结论一致。

前期野外调查研究发现<sup>[1]</sup>,野生红毛五加种群在光照较好的采伐迹地和林窗下趋向于“集团型”,根茎粗短,无性分株集中,新枝集中萌发,药材产量大,与同属植物刺五加最佳生长发育环境为林窗生境的报道一致<sup>[20]</sup>;随着林地郁闭度增加,种群虽能保持生存,但其结构趋向于“游击型”,无性分株少,新枝条短少,植株根状茎大量生长,导致大部分能量被用于寻找合适生境<sup>[21]</sup>。在栽培红毛五加遮荫试验中发现,红毛五加在不同程度遮荫下的新枝条生长及萌发都受到一定影响,特别是重度遮荫下的红毛五加新枝较为细小,萌发数大大减少,栽培试验结果与野外调查结果一致;也与同属刺五加<sup>[22-23]</sup>光照强度与其新梢长度和直径呈正相关、裸地(全光照)种群分枝能力强于林下的结论一致。鉴于红毛五加在7月前新枝数目、长度均较遮荫高,可以考虑在7月后开始搭设遮阳网,保障种群构件的生长。

### 3.3 遮荫对红毛五加指标成分的影响

曹建国<sup>[20]</sup>研究不同生境下刺五加叶中总黄酮和金丝桃苷含量变化后发现,二者含量总体表现为林缘生境>林窗生境>林内生境,即有效成分含量随着光照强度的增强而增加。该研究得到了类似的结论,中度遮荫对刺五加苷E的积累产生了一定的抑制作用,对绿原酸含量无显著抑制作用;但重度遮荫明显抑制了刺五加苷E和绿原酸的积累,影响了红毛五加药材品质。因此,在实际栽培过程中,给予红毛五加适当光照是确保药材品质的必要措施之一。

### 参考文献

[1] 王祝伟,孙毓庆.红毛五加药理作用研究进展[J].沈阳药科大学学报,2003,20(1):65-69.

- [2] 古锐,钟世红,何彪,等.川西高原红毛五加种群年龄结构及生物量积累研究[J].中国中药杂志,2010,35(13):1666-1669.
- [3] 钟世红,古锐,李贵鸿,等.川西高原红毛五加群落生态学研究[J].中国中药杂志,2010,35(17):2227-2232.
- [4] 韩忠明,王云贺,张永刚,等.不同生境刺五加生长发育及光合特性研究[J].西北植物学报,2011,31(9):1852-1859.
- [5] 刘顺,郭爽,段进朝,等.遮荫对刺五加生长和光合特性日变化影响的研究[J].人参研究,2011,23(1):13-15.
- [6] 刘顺.不同栽培条件影响刺五加光合特性及生长生理的研究[D].长春:吉林农业大学,2011.
- [7] HOLM G. Chlorophyll mutations in barley[J]. Acta Agri. Scand B-SP,1954(4):457.
- [8] 钟世红,卫莹芳,古锐,等.红毛五加皮的 HPLC 指纹图谱研究[J].中成药,2011(5):737-741.
- [9] 王雁,苏雪痕,彭镇华.植物耐荫性研究进展[J].林业科学研究,2002,15(3):349-355.
- [10] 陶曙红,吴凤镔.生态环境对药用植物有效成分的影响[J].天然产物研究与开发,2003(2):174-177.
- [11] 崔兴国.植物蒸腾作用与光合作用的关系[J].衡水师专学报,2002,4(3):55-56.
- [12] 刘玉华,史纪安,贾志宽,等.旱作条件下紫花苜蓿光合蒸腾日变化与环境因子的关系[J].应用生态学报,2006,17(10):1811-1814.
- [13] BOARDMAN N K. Comparative photosynthesis of sun and shade plant[J]. Annual Review of Plant Physiology,1977(28):355-357.
- [14] 薛伟,李向义,朱军涛,等.遮荫对疏叶骆驼刺叶形态和光合参数的影响[J].植物生态学报,2011,35(1):82-90.
- [15] 周黎君,史红专,郭巧生,等.光照强度对夏枯草幼苗生长及光合特性的影响[J].中国中药杂志,2011,36(13):1693-1696.
- [16] 高燕,黎云祥,赵婷婷,等.不同光环境下地果叶形态及叶绿素荧光参数的变化[J].绵阳师范学院学报,2013(2):65-68.
- [17] 杨兴洪,邹琦,赵世杰.遮荫和全光下生长的棉花光合作用和叶绿素荧光特征[J].植物生态学报,2005,29(1):8-15.
- [18] 郑斌,陈洪国,颜志强,等.遮荫对白花败酱叶片形态解剖结构及生理的影响[J].湖北农业科学,2014,53(13):3111-3115.
- [19] 李昌禹,王振兴,艾军,等.大田栽培条件下刺五加光合日变化研究[J].北方园艺,2011(15):222-224.
- [20] 曹建国.刺五加生活史型特征及其形成机制的研究[D].哈尔滨:东北林业大学,2004.
- [21] 潘瑞炽.植物生理学[M].4版.北京:高等教育出版社,2001.
- [22] 赵淑兰,沈育杰,杨义明,等.光照强度对不同栽培环境下刺五加生长发育的影响[J].特产研究,2004,26(3):18-19.
- [23] 张顺捷,颜冰,郭宇兰,等.刺五加裸地生长发育特性的观察[J].中国林副特产,2009(5):18-20.

## Effect of Shading on Growth, Photosynthetic and Accumulation of Index Components of *Acanthopanax giraldii* Harms

CHEN Yufeng<sup>1</sup>, HUANG Xufeng<sup>1</sup>, GU Rui<sup>2</sup>, ZHAO Can<sup>1</sup>, ZHONG Shihong<sup>3</sup>, WEI Xiaodong<sup>2</sup>

(1. Traditional Chinese Medicine, Pharmaceutical University of Chengdu University, Chengdu, Sichuang 611137; 2. National Medicine and Pharmacy College, Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, Chengdu, Sichuang 611137; 3. Chengdu Medical College, Pharmaceutical University, Chengdu, Sichuang 610083)

**Abstract:** The cultivated *Acanthopanax giraldii* Harms was used as material, growth, photosynthetic and accumulation of index components under different light environments respectively full illumination (CK), moderate shading ( $A_1$ ) and heavy shading ( $A_2$ ) were analyzed, in order to select the suitable light environment for cultivation. The results showed that compared with control group, shading could reduce the leaf thickness, increase leaf area and specific leaf area, especially the leaf area of  $A_1$  was obviously bigger than that of CK and  $A_2$  ( $P < 0.05$ ); heavy shading could decrease the branching ability of *Acanthopanax giraldii* Harms, inhibit the growth of new branch. However, the inhibitory effect of moderate shading was not obvious, but also, to some extent moderate shading could be beneficial to the upward growth of *Acanthopanax giraldii* Harms.  $F_v/F_m$  was significantly increased,  $\Phi PSII$ , ETR and  $qN$  significantly decreased under shading ( $P < 0.05$ ).  $qP$  increased greatly, especially the  $qP$  under the moderate shading significantly increased ( $P < 0.05$ ). The accumulation of chlorogenic acid and medofenoxate glycoside E in the stem bark of the *Acanthopanax giraldii* Harms was significantly inhibited by the shading, especially the heavy shading, but there was no significant difference on the content of chlorogenic acid between the  $A_1$  and CK ( $P > 0.05$ ). After comprehensive analysis, heavy shading went against the growth, photosynthetic and accumulation of index components of *Acanthopanax giraldii* Harms; however, *Acanthopanax giraldii* Harms under the moderate shading exhibited a strong adaptability of weak light tolerance strain. Therefore, in practice, it was necessary to build a layer of shade nets whose photopermeability rate was 50%, when the light was stronger in summer, dismantle shading network, demolite shading network when the light was weak or in the germination season of new branches, so as to ensure the normal growth of *Acanthopanax giraldii* Harms.

**Keywords:** *Acanthopanax giraldii* Harms; shading; growth; photosynthetic; accumulation of index components