

本文引用:张珍贤,赵毅,张鹏,张洁,李泓池,彭开锋,冷其霖,龚云,蔡传涛. 密花豆扦插苗与种子苗的生长及光合特性研究[J]. 湖南中医药大学学报,2022,42(2):195-199.

密花豆扦插苗与种子苗的生长及光合特性研究

张珍贤¹,赵毅²,张鹏²,张洁¹,李泓池¹,彭开锋²,冷其霖²,龚云^{2*},蔡传涛^{1,3*}

(1.中国科学院西双版纳热带植物园,热带植物资源可持续利用重点实验室,云南昆明 650223;

2.株洲千金药业股份有限公司,湖南株洲 412007;3.中国科学院核心植物园,云南勐腊 666303)

[摘要] 目的 探究密花豆(*Spatholobus suberectus* Dunn)扦插苗与种子苗的生长动态和光合特性差异。方法 通过盆栽及大田栽培试验,对同龄密花豆扦插苗与种子苗的株高、基径、成活率及光合特性进行对比分析。结果 在盆栽及大田试验中,密花豆扦插苗与种子苗的株高和基径均呈直线增大趋势,且种子苗的长势优于扦插苗。盆栽及大田条件下,密花豆种子苗的成活率分别为80%和86%,高于扦插苗的70%和62%。密花豆种子苗的最大净光合速率在盆栽及大田试验中比扦插苗高44.71%和54.65%,且种子苗的表观量子效率及光饱和点均高于扦插苗,表明密花豆种子苗较之扦插苗具有较高的光合潜能和较强的光适应性。结论 密花豆种子苗的株高和基径的生长量及光合潜力均优于扦插苗,其移栽成活率也高于扦插苗。

[关键词] 密花豆;扦插苗;种子苗;生长;光响应曲线;光合特性

[中图分类号] R282.2

[文献标志码] A

[文章编号] doi:10.3969/j.issn.1674-070X.2022.02.005

Study on the growth and photosynthetic characteristics of cutting seedlings and seed seedlings of *Spatholobus suberectus*

ZHANG Zhenxian¹, ZHAO Yi², ZHANG Peng², ZHANG Jie¹, LI Hongchi¹, PENG Kaifeng², LENG Qilin²,
GONG Yun^{2*}, CAI Chuantao^{1,3*}

(1. CAS Key Laboratory of Tropical Plant Resources and Sustainable Use, Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Kunming, Yunnan 650223, China; 2. Zhuzhou Qianjin Pharmaceutical Co., Ltd., Zhuzhou, Hunan 412007, China; 3. Core Botanical Garden of Chinese Academy of Sciences, Mengla, Yunnan 666303, China)

[Abstract] **Objective** To explore the differences in growth dynamics and photosynthetic characteristics between cutting seedlings and seed seedlings of *Spatholobus suberectus*. **Methods** The plant height, stem diameter, survival rate and photosynthetic characteristics of cutting seedlings and seed seedlings of *Spatholobus suberectus* of the same age were compared and analyzed in pot and field cultivation experiments. **Results** In the pot and field experiments, the plant height and stem diameter of both cutting seedlings and seed seedlings of *Spatholobus suberectus* showed a linear increasing trend, and the growth of seed seedlings was better than that of cuttings. Under the the pot and field experimental conditions, the survival rate of the seed seedlings was 80% and 86%, respectively, which was higher than that of the cutting seedlings (70% and 62%). In the pot experiment and field experiment, the maximum net photosynthetic rate of the seed seedlings of *Spatholobus suberectus* was 44.71% and 54.65% higher than that of the cutting seedlings. Meanwhile, the apparent quantum yield and light saturation point of the seed seedlings were both greater than those of the cutting seedlings. These results indicated that the seed seedlings had higher photosynthetic potential and stronger light adaptability than the cutting seedlings. **Conclusion** The plant height, stem diameter and photosynthetic potential of *Spatholobus*

[收稿日期] 2021-10-25

[基金项目] 院-企合作项目(2020-KQY-0534);中国科学院“一三五”项目(2017XTBG-F05)。

[第一作者] 张珍贤,女,博士,工程师,研究方向:药用植物栽培与生理生态。

[通信作者]* 龚云,男,高级工程师,E-mail: gongyun2002@126.com;蔡传涛,男,研究员,E-mail: caict@xtbg.ac.cn。

suberectus are greater in seed seedlings than in cutting seedlings, and the transplanting survival rate of the former is larger.

[**Keywords**] *Spatholobus suberectus*; cutting seedling; seed seedling; growth; light response curve; photosynthetic characteristic

密花豆(*Spatholobus suberectus* Dunn)为豆科密花豆属多年生木质攀援藤本^[1],是1977年版至2020年版《中华人民共和国药典》中收载的鸡血藤药材的唯一基原植物^[2-3]。鸡血藤是中国、韩国和日本传统医学中广泛应用的用于治疗血瘀证相关疾病的活血祛瘀药^[4],其药用价值高,市场需求量大。在国内以鸡血藤为原料生产的中成药达178种,其中不少为常用的中成药,如妇科千金片(胶囊)、花红片、金鸡胶囊、活血通脉片及正天丸等^[5-6]。多年来由于利益驱动,密花豆资源遭到无节制地掠夺式采伐,致使其野生资源趋于枯竭。当前医药企业使用的鸡血藤药材基本依靠缅甸、老挝、越南等国进口,其价格和供给易受到国际关系的影响^[7]。此外,人类活动(毁林开荒、经济林种植等),导致密花豆的生境也遭到严重破坏,且其种群恢复与更新速度较慢^[8]。《中国生物多样性红色名录-高等植物卷》已将密花豆列为易危物种^[9]。因而,开展密花豆人工栽培势在必行,这既能满足临床用药需求,促进鸡血藤药材产业的可持续发展,又有利于密花豆野生资源的天然保护,是解决植物保护与社会经济发展需求关系最直接、最有效的方法。

密花豆在国内主要分布于云南、广西及广东3个省区^[1]。野外调查发现,广西和广东地区密花豆原生境地中少见密花豆花果,且尚存的野生居群中也鲜少甚至未发现实生幼苗,因而,两广的密花豆人工栽培研究中均采用扦插苗^[8,10]。根据以密花豆扦插苗为种苗的种植基地统计发现,林下或坡地种植时,密花豆成活率只有20%~30%,主要因为扦插苗根系不甚发达,起苗时易断根,伤根严重,且大面积野外种植通常无灌溉能力,严重影响种植效率和基地效益^[11]。此外,扦插过程复杂,且需要大量的插穗,如进行规模化大量产苗,操作性比较差。同时,还面临着插穗来源单一,从而导致种群遗传多样性下降,进而导致苗木适应环境变化的能力减弱、易发病虫害,并会引起品种退化而影响药材质量。因此,种子繁殖在生境扩展性、繁殖速度与繁殖潜力上比无性繁殖更具优势。

云南野外调查发现密花豆能正常开花结果,且种源充足。但当前密花豆人工栽培研究尚处于起步阶段,无相关研究探索密花豆种子苗和扦插苗定植后其农艺性状的差异。因而,本研究组开展了盆栽控

制试验和大田栽培试验,探究密花豆种子苗与扦插苗定植后幼树的生长及光合特性的差异,以期为密花豆人工种植基地构建选择合适的种苗材料及其产业化生产示范提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于中国科学院西双版纳热带植物园(21°54'15'' N, 101°16'32'' E,海拔580 m)内进行。西双版纳地区受西南季风的影响,一年中有3个明显的季节划分:干热季(3~4月)、雨季(5~10月)和雾凉季(11月~次年2月)。年平均降雨量为1500~1600 mm,其中雨季降雨量占全年降雨量的80%以上;雾凉季降雨量开始减少,但早晚浓雾弥漫,空气湿度较大,气温较低;干热季气温高、降雨量少,易发生旱情。年均温度为21.5℃,最热月为6月,最冷月为1月,年相对湿度为86%。盆栽试验在植物园的荫棚中开展,大田试验样地设在植物园内的柚子林中。柚子林是于2002年人工种植的纯果林,样地内除柚子树(*Pterocarpus macrocarpus*)外还有少量鸡蛋果树(*Cassia siamea*)、野芭蕉(*Musa wilsonii*)、滇南狗脊(*Woodwardia magnifica*)和马唐(*Digitaria sanguinalis*)等物种。

1.2 试验材料

密花豆扦插苗为课题组扦插的6~7月龄(2019年10月扦插)营养袋装苗,穗条采自植物园内定植3年的密花豆植株的木质化硬枝。种子苗为课题组培育的5~6月龄(2019年12月移袋芽苗)营养袋装苗,种子采自云南省景东县海拔1500 m左右的无量山。

1.3 试验方法

1.3.1 试验设计 2020年4月将长势一致株高为30 cm左右的密花豆种子苗及新芽高度约20 cm的扦插苗各90株移栽至上口直径31 cm、下底直径17 cm、高24 cm的花盆中,每盆定植1株苗。盆栽苗置于低光下进行适应生长,并观察成活率,及时补苗。盆中插一根细竹竿,以便使藤本幼苗攀缘。适应生长1个月后,移入一层遮阳网下,并随机挂牌30株开始后续的定株观测。每15天轻微移动花盆1次,防止扎根地下。同年5月,将长势一致的密花豆种子苗和扦插苗各300株定植于上述相似立地条件

的柚子林。在植株适应生长1个月后,随机挂牌50株开始后续的定株观测。

1.3.2 指标测定

(1)形态生长指标:每月定期用钢卷尺(精确到0.1 cm)及数显游标卡尺(精确到0.01 mm)测定各试验中密花豆的株高和基径,株高于表土之上测量,基径的测量位置为主干离表土2 cm处。2021年7月对各试验中扦插苗和种子苗的成活率进行调查统计。

(2)光响应曲线:在2021年8月份天气晴朗时进行测定。不同试验处理的密花豆选择生长良好的5株,每株选取植株顶端第3~5叶位成熟健康的向阳叶片1片,用Li-6400XT (Li-COR, Lincoln, USA)便携式光合仪于上午8:30~11:30测定其光响应曲线。测量时采用红蓝光源Li-64002B (Li-COR, Lincoln, USA),样本室内空气速率为 $500 \mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}$,叶室内 CO_2 浓度用缓冲瓶调控,叶室温度控制在 $(28.1\pm 1.2)^\circ\text{C}$,光响应曲线设置了2000、1500、1200、1000、800、600、400、200、150、100、80、60、40、20、10、0 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 共16个光强梯度,尽量保持叶片在植株上原位测量,测定前先将叶片在光强 $2000 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 下进行10 min光诱导,待净光合速率(P_n , $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)趋于稳定后启动自动测量程序。

以光照强度为横坐标,净光合速率为纵坐标,绘

制光响应曲线。同时,参照尚三娟等^[12]的研究方法,利用非直角双曲线模型对光响应曲线进行拟合,计算光响应参数:表观量子效率(AQY, $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$)、最大净光合速率(P_{max} , $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)、暗呼吸(R_d , $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)、光补偿点(LCP, $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)和光饱和点(LSP, $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)。

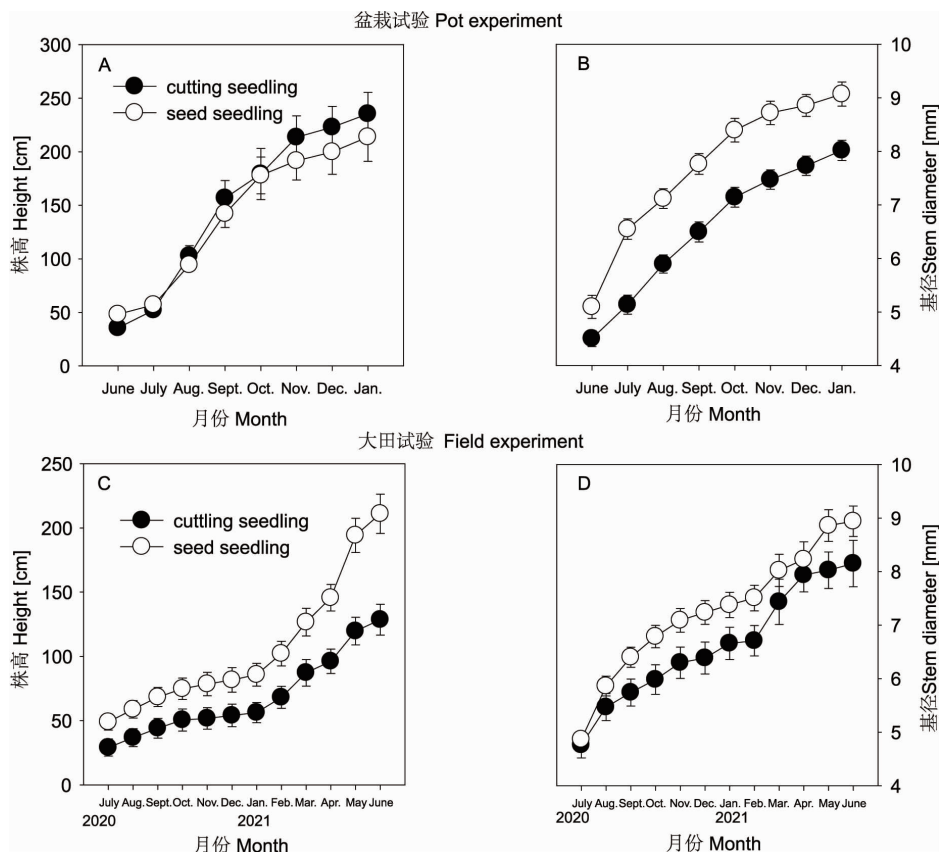
1.4 数据统计与分析

采用SPSS 17.0软件对数据进行统计分析,用独立样本 t 检验进行显著性分析,当 $P<0.05$ 表示处理间差异有统计学意义,用Sigma Plot 12.5绘图。

2 结果与分析

2.1 密花豆扦插苗和种子苗株高与基径的生长动态

由图1可知,在观测周期中,随着时间的推移,盆栽和大田试验中密花豆扦插苗和种子苗的株高和基径均呈直线增大趋势。盆栽试验中,扦插苗的株高从35.5 cm增长到235.4 cm,基径从4.50 mm增长到8.02 mm;种子苗的株高从48.2 cm增长到213.8 cm,基径从5.10 mm增长到9.07 mm。扦插苗与种子苗的株高分别增长了199.8 cm和165.6 cm,基径分别增长了3.51 mm和3.97 mm。扦插苗株高的增长量大于种子苗,而基径的增长量则小于种子苗(图1A-1B)。大田试验中,扦插苗的株高从29.1 cm增



注:盆栽试验($n=30, \bar{x}\pm s$);大田试验($n=50, \bar{x}\pm s$)

图1 密花豆扦插苗和种子苗株高与基径的月变化

长到 128.6 cm, 基径从 4.76 mm 增长到 8.15 mm; 种子苗的株高从 49.0 cm 增长到 211.1 cm, 基径从 4.86 mm 增长到 8.94 mm。扦插苗与种子苗的株高分别增长了 99.5 cm 和 162.1 cm, 基径分别增长了 3.39 mm 和 4.08 mm, 扦插苗株高及基径的增长量均小于种子苗(图 1C-1D)。

截至观测时间 2021 年 7 月, 在 4.0 mm 至 14.0 mm 的基径范围内, 盆栽扦插苗的基径呈“双峰”分布, 波动大; 而种子苗的基径呈“单峰”分布, 观测植株的基径大多分布在 8.0~9.9 mm 范围(图 2A)。大田试验中, 扦插苗和种子苗的基径均呈“单峰”分布, 但峰值不同, 扦插苗的峰值范围为 6.0~7.9 mm, 而种子苗的峰值范围为 8.0~9.9 mm(图 2B)。

2.2 密花豆扦插苗和种子苗叶片光响应曲线

在相同的试验条件下, 密花豆扦插苗和种子苗光响应曲线的变化趋势相同, 但不同试验中, 密花豆叶片的净光合速率(P_n)随着光合有效辐射(PAR)的响应不同(图 3)。当 PAR 为 0~200 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 时, 两个试验中密花豆扦插苗和种子苗的 P_n 均快速上升, 且增幅相似。然而, 随着 PAR 的增大, 密花豆种子苗的 P_n 增幅在两种试验条件下均显著高于扦插苗。同时, 在盆栽试验中, 两种密花豆种苗的 P_n 在 PAR 为 400~800 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 的范围内逐渐稳

定, 而当 PAR 为 $>800 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 以后, 两种密花豆种苗的 P_n 呈下降趋势(图 3A)。但是, 在大田试验中, 当 PAR 为 $>400 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 时 P_n 趋于稳定(图 3B)。

在盆栽和大田试验中, 种子苗的最大净光合速率(P_{max})均显著高于扦插苗, 分别高出 44.71% 和 54.65%。同时, 密花豆种子苗的表观量子效率(AQY)和光饱和点(LSP)均大于扦插苗, 且在大田试验中种苗的 AQY 值差异显著。然而, 在两个试验中, 密花豆扦插苗和种子苗的暗呼吸(R_d)和光补偿点(LCP)均无显著差异, 但种子苗的 R_d 在盆栽试验中略小于扦插苗, 而在大田试验中大于扦插苗(表 1)。

根据定植一年后, 2021 年 7 月密花豆扦插苗和种子苗的成活率调查可知, 盆栽及大田试验中扦插苗的成活率分别为 70% 及 62%, 而种子苗的成活率为 80% 和 86%, 显著大于扦插苗的成活率(表 1)。

3 讨论

通过盆栽及大田试验发现, 密花豆种子苗较之扦插苗有更大的生长优势。这与臧传富等^[13]及蒋玲等^[14]对云南红豆杉的研究结果一致。在盆栽试验中, 虽然扦插苗的株高增长量大于种子苗, 但其基径增长量小于种子苗, 植株细弱, 抵抗外界不利环境能力

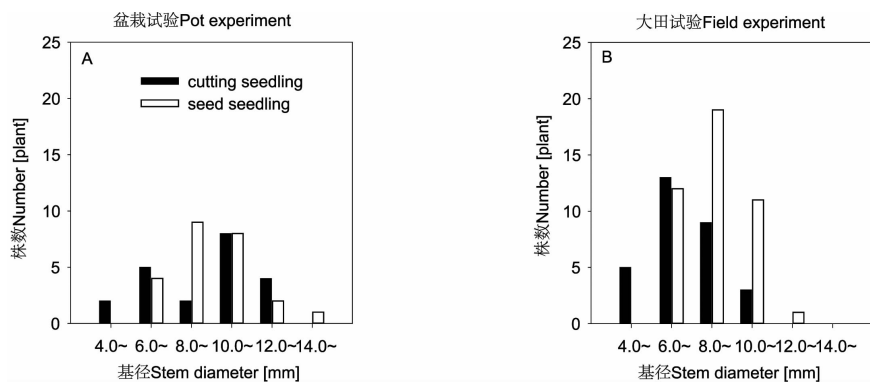


图 2 密花豆扦插苗和种子苗的基径分布

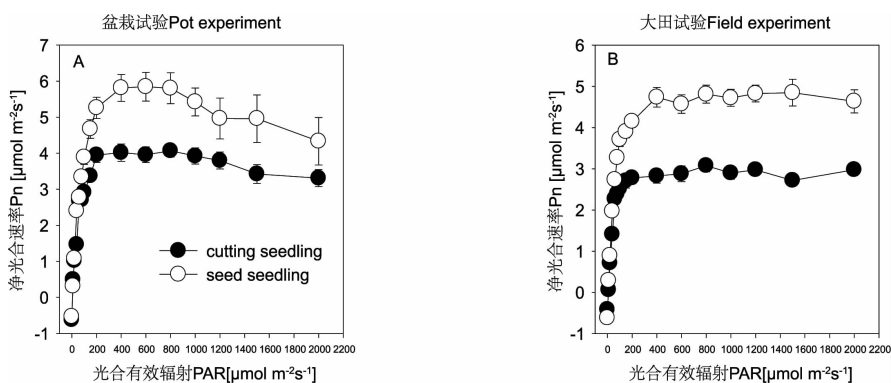


图 3 密花豆扦插苗和种子苗的光响应曲线($\bar{x}\pm s, n=5$)

表1 密花豆扦插苗和种子苗的光响应参数及成活率($n=5, \bar{x} \pm s$)

指标	盆栽试验		大田试验	
	扦插苗	种子苗	扦插苗	种子苗
AQY/ $(\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1})$	0.069±0.006	0.074±0.007	0.061±0.004	0.080±0.003*
Pmax/ $(\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$	4.54±0.46	6.57±1.25*	3.55±0.23	5.49±0.64*
Rd / $(\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$	-0.62±0.06	-0.53±0.13	-0.42±0.24	-0.62±0.18
LCP/ $(\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$	9.0±1.0	7.0±1.0	7.0±3.4	7.0±1.9
LSP/ $(\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$	209.0±13.9	304.0±44.2	180.0±25.7	249.0±30.3
成活率/%	70%	80%*	62%	86%*

注:同一试验处理下与扦插苗比较,* $P<0.05$ 。AQY:表观量子效率,P_{max}:最大净光合速率,R_d:暗呼吸,LCP:光补偿点,LSP:光饱和点

差,而种子苗基径增粗有利于承受更重的地上部分生物量以及提高抗风雨吹打的能力。在大田条件下,密花豆种子苗表现出明显的生长优势,其株高、基径的生长量均大于扦插苗。此外,定植一年后,盆栽和大田试验中,种子苗的成活率均大于扦插苗。这可能与扦插苗根系幼嫩,水肥吸收能力差,苗木生长相对弱,抗逆能力差,进而导致扦插苗移栽成活率低于种子苗。

植物通过光合作用进行有机物合成、能量储存和转化,光合作用是决定植物生长、发育和繁殖的关键。植物光合特性受遗传特性和环境因素的双重影响^[15]。光响应曲线能有效地评价植物叶片利用光能的潜力和植物对生长环境的适应性。表观量子效率(AQY)反应了植物叶片在弱光下的光合能力,其值越大,说明叶片光能转化效率越高^[15-16]。在本研究中,在盆栽和大田两种试验条件下,密花豆种子苗的AQY均大于扦插苗,说明密花豆种子苗在弱光条件下捕获光量子的能力高于扦插苗。同时,密花豆种子苗的最大净光合速率(Pmax)在盆栽和大田两种条件下均显著大于扦插苗,表明密花豆种子苗在有效光照条件下其叶片的光合潜能显著高于扦插苗。光补偿点(LCP)和光饱和点(LSP)分别反映植物叶片对弱光和强光的利用能力^[12]。在盆栽和大田两种试验条件下,密花豆种子苗和扦插苗的LCP和LSP均无显著差异,但种子苗的LSP均大于扦插苗,说明密花豆种子苗较之扦插苗具有较强的光适应性。

总之,在试验周期中,盆栽控制及大田条件下,密花豆种子苗的生长能力、成活率及光合潜力均强于扦插苗。此外,种子苗培育简单、成本低,可能是未来密花豆规模化人工种植中最具潜力的壮苗来源。但密花豆为多年生藤本植物,生长周期长,本研究中取得的数据(8个月及12个月的生长指标)只是其全部生命周期中的一个小片段,此研究结果只

能作为密花豆(种子苗和扦插苗)后期研究的基础,今后应根据多年的生长观测指标,来完善密花豆人工栽培技术体系。

参考文献

- [1] 中国科学院昆明植物研究所.云南植物志(第十卷-种子植物)[M].北京:科学出版社,2006:599.
- [2] 中华人民共和国卫生部药典委员会.中华人民共和国药典[S].一部.北京:人民卫生出版社,1977:312.
- [3] 国家药典委员会.中华人民共和国药典[S].一部.北京:中国医药科技出版社,2020:202.
- [4] LEE B J, JO I Y, BU Y, et al. Antiplatelet effects of *Spatholobus suberectus* via inhibition of the glycoprotein IIb/IIIa receptor[J]. *Journal of Ethnopharmacology*, 2011, 134(2): 460-467.
- [5] 刘静,王晓静,戴忠,等.鸡血藤研究进展[J].中国药事,2019,33(2):188-194.
- [6] 郑立雄,丁艳芬,杨崇仁.鸡血藤的品种与考证[J].中国现代中药,2012,14(2):22-30.
- [7] 彭开锋,张鹏,凌勇根,等.鸡血藤野生变家种技术研究进展[J].现代农业科技,2016,(19):76-78.
- [8] 李苗苗.鸡血藤野生资源调查及其品质与自然生态因子相关性研究[D].广州:广州中医药大学,2017.
- [9] 环境保护部和中国科学院.中国生物多样性红色名录高等植物卷[M].内部资料,2013:313.
- [10] 芦进财.鸡血藤GAP认证技术体系的建立[D].广州:广州中医药大学,2015.
- [11] 叶茂金,黄日斌,陈春云,等.鸡血藤袋苗直育技术规程[J].热带农业科学,2021,41(4):32-35.
- [12] 尚三娟,王义婧,王楠,等.光照强度对紫斑牡丹生理及生长特性的影响[J].生态学杂志,2020,39(9):2963-2973.
- [13] 臧传富,苏建荣,张志钧.云南红豆杉扦插苗和实生苗的生长及光合特性[J].林业科学研究,2010,23(3):411-416.
- [14] 蒋玲,徐玉梅,胥佳,等.云南红豆杉实生苗和扦插苗幼树生长量的对比[J].四川林业科技,2014,35(6):95-96,16.
- [15] 韩刚,赵忠.不同土壤水分下4种沙生灌木的光合光响应特性[J].生态学报,2010,30(15):4019-4026.
- [16] 曹恭祥,刘新前,季蒙,等.干旱胁迫下9种沙区适生灌木的光响应特性研究[J].西北林学院学报,2021,36(4):18-25.