

⑥ 能源植物小桐子的开发利用和栽培研究 *

31-38

施宗明 李 云 罗玉兴

S56

(中国科学院昆明植物研究所)

杨 林 董兴惠 段永明

(云南省东川市林业局)

(云南省林业厅)

摘 要 广泛分布于云南热区的小桐子是一种具有很大开发潜力的能源植物和工业用木本油料, 同时也是云南干热谷地区一种很好的水土保持树种。小桐子油可用作农用柴油机的燃料油, 尚可供制油漆和肥皂。小桐子极耐高温干旱, 适宜于年平均气温 17℃ 以上的地区种植, 尤适于干热河谷发展。硬枝插条法是小桐子栽培的主要方法, 冬春初插条造林的成活率可达 90% 以上, 在当年即可开花结实。采用直播造林的成苗率低, 生长慢, 结果迟。

关键词 小桐子 燃料油 硬枝插条 直播造林 能源植物, 栽培

自八十年代以来, 有关研究部门对我国南部地区广泛分布的小桐子的种子油作农用柴油机的燃料油进行了一系列的试验研究, 随之在 1987 年 10 月国家计委节能局农能处下达了“植物油燃料种植、加工、应用的试验研究”项目, 其试验研究内容分别由中科院昆明植物研究所、云南省双柏县供销社、云南省农业机械研究所承担, 依项目所需, 由国家计委扶持, 在双柏建立了日榨量为 3.5—5 吨的小桐子榨油加工厂, 在全县河谷地区大力发展小桐子种植, 为了结合东川市泥石流防治的生物工程建设作一些探索, 征得云南省计委国土办和省林业厅的支持, 又在东市小江河谷进行工程造林试验。现将试验研究情况简介如下。

1 小桐子的生物学特性

1.1 植物学性状

小桐子 (*Jatropha curcas* L.) 又名麻疯树、膏桐、黑皂树等, 为大戟科麻疯树属落叶灌木或小乔木, 高 2—5 (—7) 米, 分枝多; 皮层灰绿色, 厚而具乳汁。单叶互生, 掌状形, 长 10—18cm, 宽 8—14cm, 全缘有角或分 3—5 裂, 基部心脏形, 柄长, 具乳汁。聚伞花序腋生或顶生, 由若干黄绿白的小花组成, 花单性同株, 雄花多, 雌花少 (约占 5% 左右)。肉质蒴果卵圆形, 纵径 2.5—3.0cm, 横径 2.0—2.5cm, 成熟时黄色, 每果一般具种子 3 枚, 少数 2 枚; 种子长椭圆形, 黑色, 单粒重 0.5—0.7 克, 一般每公斤干子有

1800 粒。

种子宜在果黑开裂时采收, 黑熟果单果重 3.6—4.0 克, 种子重量占果重的一半稍多。种子含油率 35—40%, 机榨出油率 25% (双柏)。种子的经济性状依产地不同而有差异 (表 1)。

表 1 不同产地小桐子的种子经济性状 (1988)

项 目	打洛	六库	宾川	永胜	渡口 (四川)	芒市	元谋	宁南 (四川)	永仁	双柏
种子百粒重 (克)	72.3	71.0	67.8	48.2	50.8	59.3	52.5	57.3	50.9	68.9
种仁百粒重 (克)	47.2	44.2	46.0	33.2	32.6	39.3	33.5	38.0	31.3	45.3
出仁率 (%)	65.3	62.3	67.9	68.9	64.2	66.3	63.8	66.3	61.5	65.8
种仁含油率 (%)	51.3	51.7	52.6	50.0	49.2	56.7	55.5	56.5	55.7	61.2

1.2 生态习性

小桐子原产热带美洲, 现广布于世界热带地区, 在我国分布于云南、四川、广西、广东、海南等地, 以云南最多, 四川次之。在云南广泛分布于全省热区, 以干热河谷地区最为常见, 常集中于河岸、宅旁、路边; 因茎叶有毒, 牲畜不吃, 常作绿篱栽培, 用作菜地、农耕地的“生物围栏”。种子收购量以南涧、云县、双柏、元谋、永仁、华坪等县为多。双柏一县 1989 年收购 46 吨, 1990 年收购 66 吨。

小桐子适生范围广, 在云南海拔 1600 以下, 年平均温 17℃ 以上的地区均能正常生长, 有一定的耐寒性, 能忍耐 -5℃ 的短暂低温。性喜高温和花期干旱的地方, 在雨量较多的湿热地区结实较少。小桐子不择土壤, 能在十分贫瘠的荒地生长, 在印度被称为“坚强的植物”。在双柏、东川 pH5.8—9.2 的燥红土, 河漫及泥石流堆积土中均能生长, 开花结实, 以肥沃疏松的土壤生长好, 结实多。

1.3 物候

一般 4—5 月抽梢展叶, 12—1 月落叶, 小桐子在气温较高的地区一般开花结实二次, 第一次花期在 4—5 月, 8—9 月果熟; 第二次花期在 7—8 月, 12—1 月果熟, 产量以第一次的为主, 约占全年的 3/4。小桐子开花结实的物候不甚整齐。有少量植株 2—3 月开花, 6—7 月果熟。

2 小桐子油代柴油的研究及其它经济用途

2.1 小桐子油代柴油的研究

小桐子种子油是一种半干性油, 色泽淡黄。油的理化性质是: 比重 D_{40}^{40} 0.914, 折光 D_{40}^{40} 1.4629, 酸值 16.82, 碘值 93.79, 皂化值 192.2, 不皂化物 0.787%, 其脂肪组成主要为油酸和亚油酸, 油酸含量为 47.5%, 亚油酸含量为 30.3%⁽¹⁾。

最早进行小桐子油代用农用柴油机燃料油试验研究的是泰国工业财团(1979), 试验结果认为小桐子是热带地区一种极为适宜的生物能源⁽¹⁾。根据商业部野生植物研究所(南京)和云南省农机研究所的试验研究结果, 对不同机型的柴油机使用小桐子油作燃料油均无异常现象, 但与轻柴油比较, 小桐子油的十六烷值低(30), 粘度大(77.35 厘池, 20℃)馏程偏重(馏出 50% 的测定值为 398℃), 闪点高(124℃), 因而蒸发性差, 当环境温度较低时,

冷机启动性能差;另外,小桐子油发热值较低(低于轻柴油 11%),工作耗油率高(比轻柴油高 16.3%)⁽³⁾⁽³⁾。云南省农机研究所对 X195 柴油机采用 60% 的轻柴油与 40% 的小桐子油的混合油,其启动性能有明显的改善,油耗率有所降低,所进行的道路试验和田间作业试验结果表明,目前在不改变机械任何结构的情况下采用混合油是基本可行的。有关小桐子油对机械的腐蚀性尚待进一步观测研究。

小桐子油作燃料在目前最大的制约因素是价格问题。小桐子油售价现已上涨达 3—3.2 元/公斤,而平价柴油仅 0.58 元/公斤,议价柴油 1.70 元/公斤,小桐子油较议价柴油也贵得多,因而现无运用的可能,但作为一种农村能源的开发研究,从长远来说是有其科学价值和实用价值的。

2.2 其它经济用途

小桐子油是目前供制肥皂的重要原料之一。也可代替食用豆油制备各色氨基醇酸烘漆,经试验证明,其漆膜性能完全达到豆油制备的漆膜性能,具有色泽鲜艳,光泽性高,能较好的机械性能,硬度,附着力和耐水性以及施工方便等特点⁽⁴⁾。

小桐子油在农村通常作照明用。尽管小桐子油有毒(含小桐子碱,但在牟定、东川部份地区也有少量食用的)。种子榨油后的油饼是富含养分的有机肥料,据昆明植物所土壤分析,油饼酸碱度 7.01,有机质 91.67%,全氮 3.046%,全磷 2.5%,全钾 12.45%,水解氮 44.78mg/100g,速效磷 81.30mg/100g,速效钾 547.50mg/100g。含钾特别丰富。

药用:种子和种子油可作为泻药和催吐剂,也用于治疗皮肤病,经溶剂稀释的小桐子油可作慢性风湿病的涂抹剂;树浆用于治疗疥疮、湿疹和金钱癣很有效;根皮煎剂用治风湿病及麻疯,外用治无名疮毒⁽⁵⁾。据资料,叶含黄酮类化合物牡荆素(Vitexin)异牡荆素(isovitexin),芹素(apigenin),有散瘀消肿,止血止痒的作用,外用于跌打损伤、肿痛、创伤出血、皮肤瘙痒、麻疯、慢性溃疡、关节挫伤、阴道滴虫、湿疹脚癣等症。

此外,因小桐子插条容易成活。在马尔加什及西非常用小桐子树作香荚兰种植园的支持木⁽⁶⁾。

3 小桐子栽培的研究

3.1 栽培试验点及造林地的自然概况

主要试验点位于双柏绿汁江边。海拔 650—750 米,年平均气温 21—22℃,年降雨量 580—788mm,土壤多为砂岩、页岩发育的燥红土类。造林范围为双柏绿汁江,马龙河谷地区(海拔 700—1300 米)和东川市小江河谷地区(海拔 1100—1450 米)。这些地区属典型的燥热河谷,树木少,满目荒山,土壤侵蚀重,破沟烂箐随处可见,景观十分荒凉。造林地土壤质地多种(表 2),土壤速效分含量均低或极低(表 3)

3.2 直播造林

3.2.1 出苗率与成苗率

小桐子种子在适宜的温度条件易发芽出苗。据室内盆播试验,在 30℃ 的恒温条件下,以 3 天即有 28% 的种子出苗,7 天则达 74%,12 天出苗即达 90%,最终出苗率达 92%。露地直播造林均在雨季进行,造林密度在双柏为每亩 148—222 塘(3×1.5—2×1m),在东川为每亩 222—333 塘(3×1.5—2×1m)每塘播种 5 粒。露地直播的出苗率因受不同播期雨量多少和土壤湿度的影响,其出苗时间长短不一(一般为 10—40 天),出苗率也各

不相同, 大面积播种的出苗率最高达 50.08%(东川)-64.33%(双柏), 一般每塘出苗 2-3 株。对造林缺塘可采用育苗移栽的办法进行补植, 在 7-8 月阴雨天移栽 1-2 年生裸根苗(移时剪除大部份叶片)的成活率可达 85% 以上; 冬季亦可移栽, 但需适量浇灌定根水(每株半公斤)以地膜保湿。

表 2 小桐子造林地土壤机械分析

土样号	取样地点	当地土种名称	各粒级百分量(%)				质地名称	砾(%) (>2mm)
			2-0.2 (mm)	0.2-0.02 (mm)	0.02-0.002 (mm)	<0.002 (mm)		
双柏 1	立新山地	黄泥土	14.57	31.61	16.96	36.86	壤质粘土	0.00
双柏 2	立新山地	红泥土	22.14	38.84	20.25	18.77	砂质粘壤土	4.35
双柏 3	普龙公路边	紫红土	32.09	18.01	33.63	16.27	粘壤土	90.91
双柏 4	4 号沙坝	河砂土	45.93	48.58	3.21	2.28	壤质砂土	0.00
东川 1	桃树沟山地	红土	7.50	34.39	25.29	32.82	壤质粘土	5.65
东川 2	桃树沟泥石流滩	石砾土	47.95	33.17	11.01	7.87	砂壤土	73.25
东川 3	河里弯滑坡堆积土	石砾土	65.37	17.40	14.00	3.23	砂壤土	62.50
东川 4	炭窑子滑坡体	灰砂土	32.05	49.15	16.44	2.36	砂壤土	67.57

云南省土肥测试中心侯荣先分析。

表 3 小桐子造林地土壤养分含量

土样号	取样地点	PH	有机质 %	全氮 %	全磷 %	全钾 %	水解氮 mg/100g	速效磷 mg/100g	速效钾 mg/100g	全钙 %	可溶性钙 %
双柏 1	立新山地	5.89	0.86	0.057	0.04	1.71	1.35	0.11	5.79	.8	0.002
双柏 2	立新山地	7.60	0.64	0.053	0.05	1.65	1.49	0.14	5.88	0.08	0.006
双柏 3	普龙公路	9.20	0.56	0.023	0.16	4.34	1.12	0.19	7.61	5.96	0.008
双柏 4	4 号沙坝	9.09	0.36	0.023	0.10	1.67	1.07	0.10	5.48	4.87	0.006
东川 1	桃树沟山地	8.30	3.46	0.122	0.12	5.43	1.91	0.38	5.48	0.58	0.009
东川 2	桃树沟泥石流滩	8.80	0.34	0.012	0.25	5.67	1.02	0.51	6.09	2.56	0.007
东川 3	河里弯滑坡堆积土	9.00	0.38	0.016	0.09	0.16	1.35	痕迹	5.27	19.48	0.012
东川 4	炭窑子滑坡体	8.60	5.04	0.252	0.34	0.52	1.30	痕迹	5.40	30.89	0.014

1-2 年生的实生苗易受病虫害的危害和地面灼伤而成苗率不高, 尤其是一年生幼苗成苗率均低于 70%。苗木茎腐病(*Macrophomina phaseoli*) 是幼苗死亡的主要原因, 在患病严重的地带存苗率不足 30%。该病系一种真菌性病害, 幼嫩的茎部感染病菌后逐渐萎缩软腐而死亡。此病多在高温季节发生, 与地面灼伤有关。苗期采用 800-1000 倍的百菌清或多菌灵涂干(每年至少 2 次)具有一定防治效果。地面灼伤严重的往往由根颈处倒伏(东川 2-3 个月的小苗发生较多)。经小面积试验, 采用塘面复草的办法可显著减轻地面灼伤的危害。虫害主要是蛀梢蛾和蟋蟀, 前去危害茎干上部, 发现及时, 经剪除后苗株仍可成活, 后者去咬断根颈部造成苗株死亡, 仅在东川局部发生。

3.2.2 生长情况

在不施肥的荒地直播造林的实生苗生长缓慢, 据在双柏立新 100 株幼苗定期观测的结

果, 1、2、3年生幼苗的平均生长高度分别为 15.4、35.5、51.2cm, 平均茎粗分别为 2.02、2.89、3.86cm 实生苗有明显的主根 4 条, 一年生苗主根长 10-40cm。

在不同肥力的土壤上幼苗的生长速度有明显的差异据对 1989 年 6 月 3 日在双柏立新同期播种的实生苗观测(12 月 28 日)结果如下(表 4)

表 4 不同肥力条件下小桐子一年生幼苗生长情况 (cm)

A.蔬菜地		B.荒地施基肥*		C.荒地不施肥**	
株高	茎粗	株高	茎粗	株高	茎粗
74.4±9.7	2.28±0.29	25.8±8.8	2.25±0.58	17.4±5.6	1.76±0.51

* 每平米撒施复合肥(N.P.K 含量各为 15%)25 克。

** 经 t-测验,与 A 地和 B 地的株高、茎粗相比,均黑、高度显著。

东川 1990 年小桐子造林,在坡度 15-20° 的小坪子荒坡直播 120 亩,树塘深各仅 20cm,一年生幼苗高仅 10-12cm,茎粗 1cm 左右,成苗率仅达 63.5%;另有 4 亩树塘深宽各达 30cm 每塘施复合肥 10 克作基肥,一年生幼苗平均株高 20.5cm,平均茎粗达 1.86cm,存苗率高达 94.5%。这说明较好的整地和必要的基肥对荒地造林的效果是显而易见的

土壤的物理性状和土层的深度对小桐子的生长发育也有明显的影响。在公路边,冲积滩,滑坡体上的小桐子往往比紧实而瘠薄的山地上小桐子生长快得多。在东川河里弯村由滑坡形成的一堆由砂、石、土混合组成的堆积物上,苗龄仅有 12 个月的几百株二年生苗生长速度十分惊人,一般株高达 60-100cm,茎粗 3-4cm,最大一株高 127cm,茎粗 5.21cm,并有结实。

除立地条件的影响外,小桐子(实生苗)本身所固有的个体差异也很明显,例如在双柏同地同期播种的幼苗,最大植株与最小植株在不同苗龄的高生长相差达 5.6-13.5 倍(表 5)

表 5 小桐子实生苗的个体生长差异 cm

项目	一年生苗		二年生苗		三年生苗	
	株高	茎粗	株高	茎粗	株高	茎粗
平均 X	13.0	2.06	30.5	3.13	48.3	3.95
标准差 S	7.61	0.72	17.42	1.03	24.87	1.17
最大 max	28.1	3.19	62.8	4.77	80.9	5.20
最小 min	5.0	0.87	5.8	1.10	6.2	1.40
变异系数 (C.V.%)	58.5	35.0	57.1	32.9	51.5	29.6

3.2.3 开花结实情况

小桐子实生苗开花结实晚,在不施肥的荒地一般三年很少开花结实,四年生植株也仅有少量开花结实,不构成经济产量。

综上所述,小桐子直播造林成苗率低,苗木生长慢,结果迟。

3.3 插条造林

硬枝插条是小桐子栽培的主要方式,小桐子插条造林无需事先育苗,可直接插入林地树塘中,深度以埋入土内 20cm 为宜。扦插后 15-30 天后形成马蹄形愈合组织,由此生出

不定根。扦插苗没有明显的主根，插后三月至一年形成根系。一级骨干根道常为 15-25 条，多达 40 条，长达 51cm。经试验，长 15-200cm，粗 1-20cm 的支干均可插活，一般以长约 100cm，粗 2-4cm 的老熟枝条为好，过细过嫩的枝条成活率不高。

3.3.1 扦插时间

在分布地区农民通常砍枝插条的时间为 7-8 月分，因此时下雨较多，土壤湿润疏松易于整地挖坑。据在双柏不同月分扦插的试验结果(表 6)表明，小桐子终年均可扦插，其成活率以 2-3 月分为高，6-7 月分为低。在雨量过多，土壤过潮的时期扦插因插条基部容易腐烂而影响成活率。东川桃树沟大白河泥石流滩 1990 年 3 月插条造林 8 亩，成活率达 91.5%。

3.3.2 生长情况

小桐子扦插苗的高生长靠发枝来延伸，在相同的立地条件下，抽发新枝的长度和粗度主要取决于插条的粗度，1990 年 1 月在双柏马龙河边宅旁空地对苗龄 17 个月的二年生扦插苗随机抽样的观测结果如下(表 7)

表 6 小桐子不同月分扦插的成活率%

月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
成活率	88.9	91.7	90.7	95.6	61.9	50.8	55.3	83.3	81.7	76.7	75.0	85.0

表 7 不同茎粗的二年生扦插苗枝梢生长量 (cm)

株高	一级分枝					二级分枝	
	茎粗	发枝数	枝 长	枝 粗	总长度	枝数	总长度
74.2	2.90	3	16.1-46.7	1.31-1.68	87.2	0	0.0
54.1	3.62	5	45.3-84.5	1.72-2.21	320.6	1	13.8
66.5	4.57	6	66.5-97.8	2.00-2.51	480.7	2	12.1
62.3	5.02	3	98.2-146.4	2.85-3.46	379.1	3	47.6
78.5	6.18	6	46.3-171.6	1.50-3.64	745.6	2	18.5

相同粗度的扦插苗其枝量的多少和枝条的生长量依不同的立地条件而有差异，当年扦插的小桐子一般不发生二级分枝。

3.3.3 结实与产量

1-3 月扦插的小桐子大部份能于当年开花结实，一般每株持果 3-4 个最多达 22 个；4-8 月扦插的约有 50% 的植株当年开花结实，一般每株挂果 1-2 个，多达 10 个；9 月以后扦插的一般当年不开花结实。

小桐子的产量依土壤的肥力，质地和水湿状况的不同而有很大差异，经在双柏进行的肥料试验证明，在各种养分都十分缺乏的贫瘠山地(参看表 3 中双柏 1)对小桐子适量施肥的效果是十分明显的(表 8)。

与此密度相同(每亩 222 株)的三年生扦插苗在冲积滩的砂壤土上不经施肥亩产可达 21.5 公斤。在公路边土面较宽的地段四年生扦插树按树冠占地面积计算亩产可达 29.43 公斤，其优株高约 3.5m，冠径 6m，茎粗 15cm，一级干枝 27 个，结果 1123 个，按 600 个果产 1 公斤干子计，优株株产干子 1.87 公斤。据在东川调查，小江边炭密子村尚存百年桐子林，其中最大的一株高 6m，茎粗约近 30cm，冠幅投影面积 44.4m²，1990 年结果

3069 个折算产子量 5.12 公斤。

表 8 不同肥料对三年生小桐子扦插苗生长和产量的影响 *

项目	N+P+K ^a	N+P ^b	N ^c	P ^d	CK
株高(cm)	143.0	136.1	116.8	109.2	98.6
茎粗(cm)	5.56	5.53	5.24	4.42	4.50
冠径(cm)	100.0	102.7	68.7	53.5	53.2
结实(个/株)	30.6	22.0	8.5	8.4	4.5
亩产干子 (公斤)	11.22	8.07	3.12	3.08	1.65

* 1988 年扦插, 1989-1990 年各施肥 2 次, 每处理各 0.9 亩, 共 100 塘 (200 株), 年亩施肥量分别为: a. 丹麦产复合肥 (含量为 15%) 11.1 公斤, b. 尿素 5.55 公斤+普钙 11.1 公斤, c. 尿素 5.55 公斤, d. 普钙 1.1 公斤。

综上所述, 小桐子是木本植物中最容易扦插成活的树种之一, 硬枝插条法是造林的主要方法, 在表 2 中所列各种土质均能成活生长, 开花结实, 扦插苗分枝多, 生长快, 容易形成树冠, 结实易早(同一片地的三年扦插苗比三年实生苗结果要多 10 倍)扦插苗皮层组织充实, 很少灼伤, 除个别地方偶有发生枝干溃疡病外, 一般很少病虫害。

参 考 文 献

- 1 朱丹妮等, 野生植物研究 1986;(3)9-10
- 2 王慕勤等, 野生植物研究 1986;(3)13-20
- 3 武素功, 陈平, 自然资源 1988;(4)59-61
- 4 何光范等, 野生植物研究 1986;(4)13
- 5 K.R.Kirtikar etc. Indian Medicinal Plants: 1153- 1154 Published by Sudhindara Nath Basu M.B.1918
- 6 袁杰, 云南林业科技 1987;(4)37

THE EXPLOITATION AND CULTIVATION STUDY ON JATROPHA CURCAS AS ENERGE SOURCE PLANT

Shi Zongming, Li Yun, Luo Yuying

(Kunming Instute of Botany, Academia Sinica)

Yang Lin, Dong Xinghui, Duan Yongming

(Dongchuan Forest Bureau of Yunnan) (Forest Bureau of Yunnan)

ABSTRACT *Jatropha curcas* of wide-distribution in hot area of Yunnan is a kind of energy source plant and industrial oil-bearing tree with inexhaustible developing potential, and also a good species of water and soil conservation for dry-hot river-valley regions. Its oil can be used as fuel oil for agriculture diesel engines or raw material for oil paint and soap. The species can extremely endure high temperature and drought, and so suitable for planting in regions of annual mean temperature beyond 17℃. The main afforestation method is cuttage with mature branches, the survival rate reaching 90% in early spring, some can blossom and bear in same year. But the survival rate of direct seeding for afforestation is lower and the seeding is slowness in growth and bearing.

KEY WORDS *Jatropha curcas* L. Fuel oil Cutting with mature branch Direct seeding for afforestation