

# 开发利用小桐子油代替柴油 的可行性研究

武素功

陈平

(中国科学院昆明植物研究所) (云南省农业机械研究所)

## 一、小桐子的一般情况

### 1. 小桐子的一般生物学特性和地理分布

小桐子(*Jatropha curcas*)又名膏桐、黑皂树,为大戟科麻疯树属植物,灌木或小乔木,高可达3—4m,一般高1.5—2m,枝条粗壮,有白色乳汁,叶互生,聚伞花序腋生或顶生,花单性,蒴果长椭圆形或近球形,直径3—5cm,内有种子2—3粒,种子黑色如蓖麻,一般5月开花,9月果实成熟。在湿润的热带地区如西双版纳、德宏等地,一年可两次开花,即第一次果后,10月份又开花,翌年2月果实成熟。

据野外观察,小桐子适生幅度很宽,从年降水量超过2000mm的湿润地区到年降水量只有400—500mm的干热河谷,只要冬季无重霜、短时极端最低温度不低于-4℃的地区均生长良好。对生长地的土壤肥力也要求不高,pH值一般在5—6之间,排水良好即可。因此,在云南省生长于海拔2000m以下的季节性河谷两岸的河漫滩及支沟口。由于其根系发达,一些干旱的荒山坡地也可生长。种子繁殖或雨季中扦插均易成活。播种前不需对种子作任何处理。新鲜种子直接播种,出苗率可达85%以上。扦插的枝干也不需作任何处理,短至15cm(具三个芽眼),长至20cm,同样能插活成株。

### 2. 小桐子油的理化性质

小桐子的种子含油,各地一直作为野生油料利用。对其基本的化学成分一些单位曾作过分析,唯因分析时取样的地点和样品质量的好坏(如种子是否饱满、有否霉坏)不同,分析结果有所差别,但主要项目基本是一致的(表1)。

据上海食品工业研究所分析,种仁含油量为55.66%,昆明植物所分析种仁含油量为61.43%。用土法加工出油率各地基本相同,一般是25—30%,即每50kg种子出油12.5—15kg左右。

小桐子油为淡黄色,属不干性油。其脂肪酸组成大体为油酸37—63%,亚油酸19—34%,

表1 小桐子种子主要成分含量(%)\*

成分	含油量	粗蛋白	粗纤维	总糖
种子	35.51	15.49	21.59	11.12
种仁	59.31	19.05	3.10	16.77

\* 表1—5数据由商业部野生植物研究所分析,1984。

饱和脂肪酸17—24% (表2)。

表2 小桐子油的理化性质\*

理化性质	种子油	种仁油
比重( $d_{20}^{20}$ )	0.9149(0.9152)	0.9152
折光率( $N_D^{20}$ )	1.4629(1.4708)	1.4636
酸值(mg KOH·g <sup>-1</sup> )	16.82(11.65)	4.295
皂化值(mg KOH·g <sup>-1</sup> )	192.20(192.32)	195.49
碘值(%)	93.79(93.60)	92.03
不皂化物(%)	0.737	—

\* 括号内数字为上海食品工业研究所分析。

## 二、小桐子综合开发利用的途径

### 1. 小桐子油代柴油的必要性和可能性

从我国实际情况来看,动力燃料的供需矛盾将日趋突出,特别是农村的动力燃料,目前供需矛盾已十分尖锐。以云南省为例,1984年全省柴油缺口为31.7万t,供应的柴油仅为需要量的20.5%。有关部门预测,国家可能分配给云南省的汽柴油等石油制品,1990年约为70万t,2000年可达100万t,而2000年需汽油110万t,柴油60余万t,至时每年汽柴油的缺口将达35—70万t,因此,寻找新的能源,特别是可再生的能源,不仅有长远的战略意义,也具有迫切的现实意义。

小桐子作为一种分布很广且易于培植的野生植物,资源丰富,油的价格较其他植物油低。因此,从1983年开始,中国科学院昆明植物研究所、云南省农业机械研究所、云南省德宏州农业机械研究所、云南金马柴油机厂,以及商业部野生植物研究所等均对小桐子油代用燃料方面的主要理化指标进行了分析研究,并做了长期的实验,认为小桐子油至少可代替部分柴油。现将小桐子油代用燃料方面的主要理化指标列于表3—5。

表3 小桐子油与柴油的燃料性能指标比较

指标	十六烷值	粘度(20℃)	馏程(馏出50%温度)	发热值
小桐子油	30%	0.0077m·s <sup>-1</sup>	398℃	37576J·g <sup>-1</sup>
轻柴油	>50%	0.0003-0.0008m·s <sup>-1</sup>	<300℃	42496J·g <sup>-1</sup>
测定方法	GB386-64	GB265-75	GB255-71	氧弹法

表4 小桐子油与柴油的机械性能指标比较(%)

指标	残炭	机械杂质	灰分	硫分	水分
小桐子油	0.49	合格	0.0168	0.65	痕迹
轻柴油	<0.4	无	<0.025	<0.2	痕迹
测定方法	GB263-77	GB511-77	GB508-65	GB-380-77	GB260-77

表5 小桐子油与柴油的使用、运输等指标的比较(℃)

指 标	凝 点	闪点(闭口)	燃 点
小桐子油	-4	124	326.5
轻 柴 油	<0	60	-
测定方法	GB510-77	GB261-77	GB267-74

从表 3、4、5 可见,小桐子油和柴油相比,十六烷值低、粘度大、馏程过重,发热值较柴油低11%。

云南省农业机械研究所将小桐子油作了台架性能试验,试验的主要数据如表 6。

表6 小桐子油台架试验性能\*

测 试 项 目	小桐子油	0*柴油	60%柴油与40%小桐子油混合
柴油机转速(r.min <sup>-1</sup> )	2000	2000	2000
实测功率(kW)	6.53	6.53	5.88
校后功率(kW)	8.83	8.83	8.83
燃油消耗率[g(kWh) <sup>-1</sup> ]	285.9	245.9	264.6
燃油消耗量(kg·h <sup>-1</sup> )	2.016	1.735	1.849
机油压力(kg·cm <sup>-2</sup> )	3	3	3
排气温度(℃)	405	385	405
机油温度(℃)	86	83	85
烟度(波许)	0.8	1.2	1.2

\* 云南省农业机械研究所发动机试验室测定,1986。

表 6 所列试验数据是在确定了试验机用小桐子油的最佳喷油压力和喷油提前角后(喷油压力120kg·cm<sup>-2</sup>,喷油提前角20°)进行试验获取的数据。

从试验数据可作如下分析:

(1) X195柴油机在内部结构不作任何改动的情况下,燃用小桐子油时,发动机的主要性能指标仍可在设计的额定工况下正常运转;

(2) 用小桐子油时,燃油消耗率高于用 0\*柴油的16.3%,主要原因是小桐子油的发热值低。用混合油时,在额定工况下燃油消耗率高于 0\*柴油7.6%(分析混合油发热值可比小桐子油有所增加,尚待进一步测定)。而对试验机燃烧系统作改进后,在额定工况下,混合油的油耗率仅高于柴油3.4%,每千瓦小时耗油率均在254.2g左右;

(3) 用小桐子油时;排气温度略高于 0\*柴油,排出的废气带走部分热能,使发动机热损失增加,也是燃耗率增加的一个因素;

(4) 小桐子油的烟度值都低于柴油,说明燃烧是比较完全的,可减少污染。

为了进一步摸清燃用植物油对发动机启动性能的影响程度,我们已进行了小桐子油、柴油和混合油三种油料的启动试验(表 7)。

从试验结果看:小桐子油的启动性能较差,启动时间长,启动转速要很高;而且第一、

表7 小桐子油、柴油、混合油三种油料启动试验比较\*

试验油料	启动时间(s)	启动转速( $r \cdot \min^{-1}$ )	手摇启动手柄的转速( $r \cdot s^{-1}$ )	启动成功次数
小桐子油	14	320	2.67	第一、二次未成功 第三次启动成功
0#柴油	1—3	120—150	1—1.25	一次启动成功
60%柴油与40%小桐子油混合	6.6	205	1.71	一次启动成功

\* 云南省金马柴油机总厂试验室测定, 1986。

二次还未能成功, 在冬天室外气温较低时启动就更为困难, 而混合油与小桐子油相比较, 启动性能有明显的改善。

小桐子油启动性能较差, 主要受它的理化性质影响, 油料的馏程、粘度、闪点指标都是直接影响启动性能的主要因素。其中粘度的影响最大, 小桐子油的运动粘度是0#柴油的9—25倍。油料的粘度直接影响雾化性能(粘度是液体分子的内聚力, 它表现为液体抵抗运动的阻力)。粘度低, 自喷油器中喷出的燃料容易化成细微的油滴, 便于和空气混合, 形成均匀的混合气; 粘度较大时, 燃料的雾化性能则较差。

我们还在云南省德宏州进行了道路试验和田间作业试验。

根据试验(相同里程)测定的每小时燃油消耗量, 在发动机台架试验的调速特性曲线上可查得该工况下(载重0.95t, 20—21 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ 的速度), 发动机的功率为5148.49—5883.99W, 平均负荷系数58—66%, 负荷程度是符合农业拖拉机试验规则要求的。旋耙作业时发动机的负荷程度为83%, 也符合试验规范不低于80%的要求。

从试验结果对比分析可以看出:

运输作业时, X195柴油机燃用小桐子油的吨百公里耗油量比燃用柴油时高出11.2%。

田间作业时, 在耕深10cm左右, 生产条件基本一致(每小时1.5—2亩)的情况下, 与燃用柴油进行比较, 实际工作时每小时油耗比燃用柴油高16%, 纯工作小时油耗比燃用柴油高18.12%, 试验用小桐子油油耗升高率基本上和台架性能试验的数据相吻合。

通过试验, 我们认为小桐子油的化学结构与柴油不同, 在不改变机械结构时, 全部代替柴油仍有一定困难。因此, 在不改变机械结构的前提下, 目前最佳利用方式是以60%的柴油与40%的小桐子油混合使用(表6、7)。1987年12月8日由云南省机械工业厅组织专家对该项混合试验进行鉴定, 得到较好评价。据1987年4月科技报载, 我国与澳大利亚已开始合作研制以植物油为燃料的汽车, 那么, 小桐子油全部代替柴油的时日也指日可待了。

## 2. 小桐子的其他用途

小桐子油是传统的野生油料, 用于制皂、油漆或代蓖麻油, 榨油后的油枯可作肥料, 其干粉可杀死日本血吸虫, 有效率达90%。

上述经济用途已为人所共知, 不必多述, 这里要强调指出的是, 小桐子是一种非常好的绿化先锋植物。西南(滇、川、黔)地区的干热河谷, 由于气温高、降水少, 再加上人为的破坏, 目前这一地区如金沙江及其一些支流的河谷中, 生态环境已日益恶化, 水土流失十分严重, 一些地区营林植树十分困难, 有大片的荒山荒坡和季节干沟无法利用。而小桐子由于其适生幅度宽, 对环境条件要求不高, 在这一地区生长良好。因此, 在干热河谷中, 大面积推广种植小桐子, 对于改善本地区日益恶化的环境, 也将起很大的作用。

### 三、开发利用小桐子的具体意见

小桐子有多种用途,可以综合利用,尤其是它可作为干热河谷中绿化的先锋植物,更应特别重视。小桐子是既有经济效益又有防护功能的一种理想树种。以下仅就开发利用小桐子的一些问题,提一些具体意见。

#### 1. 小桐子油代柴油的价格问题

小桐子油代柴油或部分代柴油,目前最大的制约因素是价格问题。小桐子油现售价每公斤2.4元,而平价柴油每公斤仅0.60元,议价每公斤也只有1—1.60元。小桐子油价较柴油高出2—4倍。

小桐子油代柴油主要是解决农村农用动力机械和农用运输机械的燃料问题。这方面的实际情况是:1984年底为止,云南省农机总动力为407万KW,其中柴油机动力为184万KW,每天以工作6h计,耗油 $244.73\text{g}(\text{km}\cdot\text{h})^{-1}$ ,全年工作150d计,1984年农村柴油机动力所需柴油为40.5万t。1984年全省由国家计划供应的总指标为13.09万t,实际供应给农机系统的柴油仅为8.3万t,平均每千瓦全年供应柴油仅为44.14kg。以德宏州为例,每台东风—12型手扶拖拉机每季度供应柴油25kg,因此该地区议价油每公斤达1.60—1.80元。随着农村生产建设的发展,动力机械和运输机械将会大幅度增长(截止1986年底,云南省农机总动力为474.40万KW,柴油机动力为226.53万KW),油料的供需矛盾将会更为突出。从实际需要出发,即使小桐子油的价格目前来看有些偏高,但作为农村能源之不足的一种代用燃料也会有一定销路,而且采取一定的措施小桐子油的价格是可以降低的。以往小桐子的收购价为每公斤0.24元,收购困难,最低以4kg种子出1kg油算,实际公斤成本也不会超过2元,现小桐子油价为2.4元,是运输、流通过程的增值。如果就地生产、就地加工、就地销售,减少中间环节,价格不会很高。另外,目前小桐子处于野生零星分散状态,产量不高采收不易,收购价格自然要高。如果较集中成片的发展,并进行适当的人工管理,既可提高产量也便于采收,收购价也可降低。现在以土法加工,出油率不高,出油率仅为含油率的50%,也是价格偏高的一个因素。通过改进加工设备、改变加工方法,如采用溶剂浸出法,出油率在现基础上可能提高30%以上。

#### 2. 建立小桐子集中的栽培基地和经济效益分析

云南省的小桐子现已有一定产量,年最高收购量可达30万kg。1985年来由于收购价格低,只收购了14万kg。但无论如何只利用分散的野生资源,是不可能满足需要的。因此在提倡和鼓励各地大力发展的同时,必须建立相对集中、可进行粗放管理的生产基地,既可提高产量,保证原料的正常供应,也便于建立相应的加工工厂。基地的选择应符合以下3个条件:①自然条件符合小桐子生长的要求,②有大面积的荒山荒坡可以利用,发展小桐子不会与发展其他经济作物争地,③能与改造环境相结合,发展小桐子可以收到明显的生态效益。

小桐子的适生范围虽然很广,但在湿润的热带地区,开花季节雨水过多,影响出果率,并且虫害严重,难以丰产。我们认为金沙江及其一些支流的干热河谷中最符合上述3个条件,是发展小桐子的最适宜地区,具体地点是宾川、永胜、永仁、元谋、双柏等地。特别是宾川和永胜之间的金沙江河谷,目前尚有大量的荒山荒坡可以利用。

对于小桐子的产量,目前尚未作深入的调查研究。据泰国资料,每亩可收干果650kg,以每亩栽290株计,则平均株产2.24kg。墨西哥10a以上的植株单产2.5kg,二者相似。在粗

放的抚育管理下,我们以株产2 kg计,则亩产可达580kg,收购价仍以0.24—0.40元计,每亩收入在200元左右。我们设想近期发展3万亩,收干子750万kg,可得油3500—4500t。2000年发展到200—300万亩,即可得油25—90万t,可补上国家计划供应云南省柴油的缺口。

### 3. 继续深入研究的一些课题

对小桐子油代柴油基本情况的研究已告一阶段,今后开发利用和推广则需作深入的工作。我们建议有关部门就以下一些课题进行投资,并积极组织人员进行研究。

(1) 机械试验研究方面:①小桐子油对机件的磨损和腐蚀;②道路试验;③多缸机燃用小桐子油的试验。

(2) 栽培发展方面:①小桐子宜林地调查;②建立1000亩试验基地,进行丰产和品种研究;③小桐子化学处理(脱脂)的研究。

(3) 加工和推广方面:①加工工具的改良;②制定合理的收购和销售政策(包括价格和奖励政策)。

---

(上接第57页)

多熟的需要。这对发展林牧业和土特名优等经济作物有着较为有利条件。为此,要特别重视资源的潜在优势,并通过各种开发导向商品优势。

5. 要把区域治理和流域治理结合起来。贵州省委最近设想,要在生态破坏严重,而且人口众多极其贫困的毕节地区的几个县先搞一块生态试验区,这些想法是好的。但是,目前也不能放松流域治理。虽然受财力所限,但应放手发动群众,充分搞好规划设计可行性情况研究,吸引外地或国外资金。并成立专门的治理小组,把地区和流域结合治理,以达到相互补充,相互促进的作用。