

# Effects of Planting Associated Wrinkled-Leaf *Jatropha* on the Growth and Fruiting of Inca Peanut

Chengyuan Yang<sup>1\*</sup>, Weihua Lu<sup>2</sup>, Qiongwen Wen<sup>3</sup>, Yunfeng Long<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Key Laboratory of Tropical Plant Resources and Sustainable Use, Xishuangbanna Tropical Botanical Garden (XTBG), Chinese Academy of Sciences (CAS), Xishuangbanna Yunnan

<sup>2</sup>Research Institute of Resource Insects (RIRI), CAF, Kunming Yunnan

<sup>3</sup>Yuanjiang Forestry Sciences and Technology Service Station (YFSTSS), Yuanjiang Yunnan

<sup>4</sup>Yunnan Provincial Science and Technology Department, Kunming Yunnan

Email: \*ycy@xtbg.org.cn

Received: May. 10<sup>th</sup>, 2016; accepted: May. 25<sup>th</sup>, 2016; published: May. 31<sup>st</sup>, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

During 2012-2015 years, new *Jatropha* varieties and Inca peanut planting collocation experiment had been conducted on the south subtropical high-grade oil planting test bases of Xishuangbanna and Yuanjiang. This study aimed at using volatile components released by the living roots of *Jatropha curcas* to prevent or/and control nematode, termites and other soil pests, to guarantee healthy growth, flowering and fruiting of Inca peanut plants, and to realize high yield and good quality of Inca peanut production. Experimental results show that after Inca peanut accompanied planting with wrinkled-leaf *Jatropha*, in the planting test area the nematode and termite's dangers had been greatly lower than those of Inca peanut monoplanting. At the same time, the indicators such as plant growth rate, number of branches, phenology of flowering and fruiting, the proportion of female flowers, fruit setting rate, have also been significantly improved.

## Keywords

Wrinkled-Leaf *Jatropha* (*Jatropha nigroviensrugosus* CY Yang), Inca Peanut (*Plukenetia volubilis* L.), Collocated Planting, Biological Control, South Subtropics

---

\*通讯作者。

# 伴生种植皱叶黑膏桐对美藤果植株生长和结实的影响

杨成源<sup>1\*</sup>, 路卫华<sup>2</sup>, 温琼文<sup>3</sup>, 龙云峰<sup>4</sup>

<sup>1</sup>热带植物资源可持续利用重点实验室, 中国科学院西双版纳热带植物园, 云南 西双版纳

<sup>2</sup>中国林业科学研究院资源昆虫研究所, 云南 昆明

<sup>3</sup>云南省元江县林业科技推广工作站, 云南 元江

<sup>4</sup>云南省科学技术厅, 云南 昆明

Email: ycy@xtbg.org.cn

收稿日期: 2016年5月10日; 录用日期: 2016年5月25日; 发布日期: 2016年5月31日

## 摘 要

2012~2015期间, 在云南西双版纳和元江那唐山南亚热带高档油料植物试验基地, 我们开展了皱叶黑膏桐与美藤果(*Inca Peanut*)伴生种植的试验。本项试验的目的在利用膏桐活体根系释放的挥发性化感物质对实验区土壤有害生物进行实时生物防控, 以保证美藤果植株健康地生长、开花和结果, 实现美藤果引种开发的优质高产。试验结果表明, 采用皱叶黑膏桐伴生种植以后, 在美藤果种植试验区内线虫、白蚁和病原微生物的危害已明显低于美藤果单一种植区。与此同时在伴生种植区内, 美藤果植株生长速率、分枝数量、开花结果物候, 雌花比例、坐果率等指标, 也得到了明显提高。

## 关键词

皱叶黑膏桐, 美藤果, 伴生种植, 生物控制, 南亚热带

## 1. 引言

美藤果是我国近期从南美洲引进的、具有高档油料开发价值的重要经济植物, 目前在云南及其邻近国家(老挝、泰国、缅甸)已推广种植近 10 万亩[1]-[3]。美藤果在我国西南干热河谷引种和推广, 可发挥其对生态修复和生物产业开发双重功能。利用西部热区充足的山地资源, 开发颇具特色美藤果油料, 对满足我国食用植物油的需求具有十分重要的意义[4]。

美藤果(*Plukenetia volubilis* L.), 又称星油藤、南美油藤、印加花生(*Inca Peanut*)或印奇果(*Sacha Inchi*), 隶属于大戟科(*Euphorbiaceae*)。从秘鲁和巴西引入的美藤果, 在云南的西双版纳和红河上游干热河谷地区的引种试验已获得成功。美藤果原产南美洲亚马逊河流域雨林, 当地原住民食用该植物油已有上千年的历史。美藤果油富含  $\omega$ -3、 $\omega$ -6、 $\omega$ -9 等多不饱和脂肪酸, 不饱和脂肪酸的含量达 92% 以上, 对人体具有良好的营养价值, 可用于食品、保健品、药品、化妆品等, 且具有预防心血管疾病、保养皮肤等功效。

目前, 对美藤果引种和开发最具挑战性的问题是病虫害, 尤其是线虫、白蚁的危害[5]。对此, 尽管已引起美藤果开发地区和相关研究机构的注意, 但是采用传统防治措施所取得的效果尚不尽如人意。本项目研究, 从生物物种之间相生相克的原理出发[6]-[9], 利用先前膏桐新品种化感效应的研究成果[10]-[19], 采用建立膏桐新品种皱叶黑膏桐与美藤果伴生种植模式, 以美藤果单一种植作为参照。其目的是利

用膏桐活体根系生长中不断释放的挥发性化感物质对实验区土壤可能出现的线虫、白蚁和病原微生物进行实时防控,促进美藤果植株健康地生长、开花和结果,在美藤果引种开发中实现优质高产。

## 2. 材料和方法

### 2.1. 试验区概况

皱叶黑膏桐与美藤果种植伴生种植试验在中国科学院西双版纳热带植物园内进行。该植物园,距离云南西双版纳傣族自治州府所在地景洪市有 96 km,距勐腊县城有 100 km,东经 101°25',北纬 21°41',占地面积为 11.25 km<sup>2</sup>。试验地地处北回归线以南,海拔 500~700 m,属于澜沧江(湄公河上游)水系,属北热带季风气候。1992~2003 年间多年平均年均温 21.4℃,降雨量为 1555.1 mm。其中干季(11~4 月)、雨季(5~10 月)分别占全年降雨量的 15.8%和 84.2% [20]。其特点是热量丰富,夏无酷热,冬无严寒,降水充沛,旱雨两季分明。土壤类型属于砖红壤性红壤。

### 2.2. 皱叶黑膏桐伴生美藤果种植模式的建立

**供试植物苗木培育:**在 6、7 月份皱叶黑膏桐和美藤果的果实集中成熟时期,分别采集成熟果实、剥离种子晾干;8、9 月份培育营养袋苗,塑料袋大小为 10 × 12 cm;10 月末或 11 月初,幼苗株高 15~20 cm 时,即可出圃定植。

**皱叶黑膏桐的特性:**皱叶黑膏桐是作者利用在云南境内红河沿岸发现的膏桐突变体定向培育而成的膏桐新品种,已在云南省园艺植物新品种注册登记办公室注册,且获得了云南省林木品种审定部门颁发的良种证[21] [22]。在形态特征和遗传性状上,皱叶黑膏桐与地方品种鲜明的对照,有演化为新变种或独立物种的趋势。其特点是树冠稀疏、枝柔软,叶上表面黑绿色、叶脉凹陷、叶肉凸起,叶下表面翠绿色、叶肉凹陷、叶脉隆起。

**皱叶黑膏桐与美藤果伴生种植:**实验设计为种植穴(塘)株行距 3 × 3 m,即每亩约 75 穴(塘);种植穴(塘)设计为长方形(长 × 宽 × 深 = 50 × 30 × 30 cm);俩测试植物被纵向安排在种植穴的两端,使二者在幼龄生长期既都有扩展的空间,同时又要使伴生植物皱叶黑膏桐根系释放挥发性化感物质能够辐射被保护植物美藤果根系生长的土壤范围;植株定植的时间宜选在大雨过后 2~3 天之内;定植以后种植行(带)间,可考虑用黑色不透光除草膜覆盖,兼顾除草和保水两种功能。与此同时,应以同样的技术标准,采用美藤果(*Plukenetia volubilis* cv. *peruvian*, PVP)实生苗建立了一个单一种种植试验区,以供对照。

### 2.3. 皱叶黑膏桐与美藤果伴生种植生物防控效果检测

本实验检测主要放在两个方面。即,一是与美藤果单一种植相比较,伴生种植区美藤果植株病死率的变化;二是伴生种植中,美藤果植株生长速率、开花结果物候期、雌花比例和坐果率等生物学特性的变化。

**美藤果植株病死率的观察,**首先划定观察样区,每个样区面积为 20 × 20 m (400 m<sup>2</sup>),共计 3 个重复;美藤果单一种植设 1 个样区,作为对照。划定样区后,每隔 3 个月调查 1 次,每年调查 4 次。调查内容包括各个样区定植美藤果植株的数量,不同时期因病虫等有害生物侵害而凋萎和枯死的植株数量及其它们各自所占的比率。

**伴生种植美藤果生物学特性变化的观察,**内容包括美藤果藤条分枝数量及各分枝伸长的长度,不同分枝层次上单位藤条长度(50 cm)上叶片、花序、雌花和坐果的数量。植株、花器和果实表型特征的观测方法以目测法为主,辅以直尺、游标卡尺和卷尺等工具测量。

## 2.4. 数据分析

以上美藤果观测数据分别进行汇总后, 采用 IBM SPSS Statistic 19.0 和 EXCEL 软件进行以下处理:

- 1) 用方差分析检验各性状的差异显著性, 以进行 Tukey HSD 多重比较;
- 2) 做性状间的相关分析, 明确各性状间的相互关系。

## 3. 结果与讨论

### 3.1. 伴生种植提高美藤果植株存活率

皱叶黑膏桐伴生种植与美藤果单一种植, 美藤果植株存活率的调查见表 1。调查结果(表 1)表明, 皱叶黑膏桐与美藤果伴生种植后, 美藤果植株存活率被显著提高, 平均存活率在 88.3%~93.3%之间, 而单一种植区美藤果植株存活率仅为 33.3%。

另据观察(见图 1), 皱叶黑膏桐与美藤果伴生种植, 美藤果植株保持了旺盛的生长态势(图 1)和(图 2), 而单一种植区美藤果植株易被病、虫侵害, 常常在生长期枯萎和死亡(图 2)。

### 3.2. 伴生种植促进美藤果植株生长、开花和坐果

皱叶黑膏桐与美藤果伴生种植中, 美藤果植株生长、开花和坐果的观察见图 2 和表 2。由图 2 可见, 同期(2015 年 11 月 10 日)定植的, 采用不同方式配置的美藤果植株, 在其生长和发育态势上大相径庭差异十分明显。

统计结果(表 2)表明, 皱叶黑膏桐与美藤果伴生种植, 对美藤果植株生长、开花坐果有明显的促进作用。与美藤果单一种植比较, 植株分枝数达 16~20, 是单一种植植株(分枝数 6)的 2.5 倍; 单位藤条长度(50 cm)叶片数平均为 13.0, 是单一种植(8.3)的 1.5 倍。

此外, 花序数和坐果率(幼年期)也有明显改善, 投产期干果数和籽实产量亦有明显提高。调查(表 2)表明, 在皱叶黑膏桐与美藤果伴生种植, 美藤果植株的结果量(126~226 个/株)明显高于单一种植的(35 个/株); 籽实产量在 517.1~927.5 克/株(平均 723.7 克/株), 是单一种植(143.6 克/株)的 5.0 倍。

### 3.3. 皱叶黑伴生种植的生物防控效应

之所以选择皱叶黑膏桐与美藤果种植, 来防控目前正在推广种植的美藤果病虫害, 一个重要的依据就是皱叶黑膏桐植株根系生长中可持续地释放挥发性的化感物质。关于膏桐化感物质, 在膏桐属内膏桐(*Jatropha curcas*) [12] [14]、藤蔓膏桐(*Jatropha ribifolia*) [13]和厚叶膏桐(*Jatropha elliptica*) [15]物种中已有报道。在它们的根生长中释放的挥发性成分主要是麻疯树酮(Curcasenone A~E)和 $\beta$ -蒎烯( $\beta$ -pinene 9.16%),  $\beta$ -vatiene (8.34%),  $\alpha$ -古芸烯( $\alpha$ -gurjunene, 6.98%),  $\alpha$ -蒎烯( $\alpha$ -pinene, 6.35%), 樟脑(camphene, 4.34%), 三环烯(tricyclene, 3.79%)等萜烯类。

2012 年 10 月, 对我们培育的膏桐新品种——皱叶黑膏桐根系挥发性成分, 通过实地采样送昆明植物研究所进行了分析, 发现皱叶黑膏桐根系挥发性化合物种类与文献报道的其他麻疯树物种有很大的相似性。其中文献中那些具有化感活性的成分, 如麻疯树酮、 $\alpha$ -蒎烯、樟脑、三环烯等萜烯类, 在皱叶黑膏桐根系挥发性成分中也有分布, 而且在所分离鉴定的 31 个成分中还出现了 10 个新的成分[11]。

根据皱叶黑膏桐根挥发性成分的分析结果, 我们推测皱叶黑膏桐与美藤果伴生种植, 之所以能促进美藤果植株生长、开花坐果, 其原因在于伴生植物皱叶黑膏桐根系生长中可不断释放挥发性的化感物质, 消除或驱避美藤果根际土壤中可能出现的病虫害, 改善了美藤果植株的生存环境, 因而可促其健康迅速地生长, 多开花坐果, 进而实现优质高产。

**Table 1.** Comparison in survival rate or/and death rate of Inca peanut plants between collocated planting and monoplanting  
**表 1.** 伴生种植与单一种植美藤果植株保存率的比较

No	定植数 Planting plants (n)	存活数 living plants (n)	保存率 Survival rate (%)	死亡数 Death plants (n)	死亡率 Mortality (%)
A	60	53	88.3	7	11.7
B	60	56	93.3	4	6.7
C	60	56	93.3	4	6.7
CK	60	20	33.3	40	66.7



**Figure 1.** The observation on growth appearances of Inca peanut plants under wrinkled-leaf jatropha planting together. (A) showing characteristics of associated crop, wrinkled-leaf jatropha; (B) showing the growth status of Inca Peanut plants in the monoplanting

**图 1.** 对皱叶黑膏桐与美藤果伴生种植中不同植株生长的观察。(A) 显示伴生植物皱叶黑膏桐特点；(B) 显示美藤果单一种植植株生长态势



**Figure 2.** Comparison in growing and development of Inca peanut plants between planting together and monoplanting. (A) showing the growth appearance of Inca peanut plants under wrinkled-leaf jatropha collocated planting; (B) showing the death status of Inca peanut in the monoplanting

**图 2.** 伴生种植与单一种植美藤果植株生长发育比较。(A) 显示皱叶黑膏桐伴生种植情况；(B) 显示美藤果单一种植植株枯死的情况

**Table 2.** Effects of associated wrinkled-leaf jatropha (*Jatropha nigroviensrugosus* CY Yang) on growth, flowering and fruiting of Inca peanut (*Plukenetia volubilis* L.)

**表 2.** 皱叶膏桐伴生种植对美藤果生长、开花和结果的影响

No	植株数 PN (n)	分枝数 BN (n)	叶片数 LN (n)	花序数 IN (n)	坐果数 FN (n)	干果数 DF (n plant <sup>-1</sup> )	籽实重 SW (g plant <sup>-1</sup> )
A	16	20	18.19 ± 6.61	10.00 ± 2.78	2.88 ± 1.36	177	726.4
B	16	18	8.56 ± 1.09	7.00 ± 1.75	2.63 ± 1.41	226	927.5
C	16	16	12.31 ± 4.03	8.81 ± 2.79	1.63 ± 1.20	126	517.1
CK	16	6	8.31 ± 2.21	2.50 ± 1.79	0.00	35	143.6

Note: PN—plant number; BN—branching number; LN—leaf number; IN—inflorescence number; FN—fruiting number; DF—dried-fruit number; SW—seeds weight

## 4. 结论

采用皱叶黑膏桐伴生种植, 在显著降低美藤果植株凋萎枯死的比率的同时, 改善了美藤果植株生长环境, 并使其获得较高的生长速率、较多的分枝和雌花数量, 多结果产籽。这对于处于方兴未艾的美藤果引种和产业发展具有重要意义。

作为一项有害生物防控措施, 皱叶膏桐半生种植优点就在于其根系生长中可不断释放挥发性化感物质, 对与之伴生的美藤果根系扩展生长土壤中有害昆虫和微生物实时进行触杀和驱避, 因而可以健康地生长、开花和坐果, 实现优质高产。而时下常用的病虫害措施则只能有限时间或次数的防控, 即便如此防控, 其效果也不尽如人意。近期的研究表明, 皱叶黑膏桐根系挥发性成分[11]与先期报道的膏桐根系的[12][13]十分相似。它的根在生长中释放的挥发性成分主要是麻疯树酮(Curcasenone A~E) [11]-[13]和 $\beta$ -蒎烯( $\beta$ -pinene 9.16%),  $\beta$ -vativene (8.34%),  $\alpha$ -古芸烯( $\alpha$ -gurjunene, 6.98%),  $\alpha$ -蒎烯( $\alpha$ -pinene, 6.35%), 樟脑(camphene, 4.34%), 三环烯(tricyclene, 3.79%)等萜烯类[13]。这些成分大多已被证实具有较强的生物活性, 麻疯树酮类主要展现杀虫活性[15][16], 萜烯类主要展现抗菌活性[17]-[19]。

## 基金项目

国家自然科学基金(No. 31270704), “十一·五”国家科技支撑项目(No. 2007BAD32B0202)。

## 参考文献 (References)

- [1] 蔡志全. 特种木本油料作物星油藤的研究进展[J]. 中国油脂, 2011, 36(10): 1-6.
- [2] 刘付英. 美藤果及美藤果油的理化性质和油脂的脂肪酸组成分析[J]. 中国油脂, 2014, 39 (7): 95-97.
- [3] 张思佳, 黄璐, 熊周权, 汪小刚, 杨爽. 美藤果油研究进展[J]. 粮食与油脂, 2013, 26(6): 4-6.
- [4] 杨成源, 路卫华, 温琼文, 徐增富, 龙云峰. 巴西油藤的种质特性及其在云南元江干热河谷引种的生产性能[J]. 植物学研究, 2015, 4(5): 85-96.
- [5] 中国科学院西双版纳热带植物园、西双版纳州科技局, 等. 星油藤种植技术手册[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2015.
- [6] 瓮岳太, 薛煜. 化感作用在林业有害生物防治中研究现状与发展前景[J]. 中国森林病害, 2015, 34(3): 38-40.
- [7] 林思祖, 杜玲, 曹光球. 化感作用在林业中的研究进展及应用前景[J]. 福建林学院学报, 2002, 22 (2): 184-188.
- [8] 彭少麟, 南蓬, 钟扬. 高等植物中的萜类化合物及其在生态系统中的作用[J]. 生态学杂志, 2002, 21(3): 33-38.
- [9] 和丽忠, 陈锦玉, 董宝生, 李世萍. 国内植物化感作用研究概况[J]. 云南农业科技, 2001(1): 37-41.
- [10] 何承忠, 李旦, 龙娇 江涛, 李贾林, 胥辉. 膏桐叶浸提液对其种子萌发的影响[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(10): 4659-4660, 4788.
- [11] Liu, J.Q., Yang, Y.F., Xia, J.J., Li, X.Y., Li, Z.R., Zhou, L. and Qiu, M.H. (2015) Cytotoxic Diterpenoids from *Jatropha curcas* cv. *nigroviensrugosus* CY Yang Roots. *Phytochemistry*, **117**, 462-468. <http://dx.doi.org/10.1016/j.phytochem.2015.07.002>
- [12] Yang, Y.F., Liu, J.Q., LIU, E.Q., Li, X.Y., Li, Z.R., Zhou, L. and Qiu, M.H. (2013) New Terpenoids from the Roots of *Jatropha curcas*. *Chinese Science Bulletin*, **58**, 1115-1119.
- [13] da Silva, C.E.de L., da Costa, W.F., Minguzzi, S., da Silva, R.C.de L. and Simionatto, E. (2013) Assessment of Volatile Chemical Composition of the Essential Oil of *Jatropha ribifolia* (Pohl) Baill by HS-SPME-GC-MS Using Different Fibers *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, 2013, Article ID: 352606. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/352606>
- [14] Anwar, S., Zubair, M., Rashid, U., et al. (2013) Antimicrobial Potential of Methanolic Extract and Various Fractions of *Jatropha curcas* Roots. *Asian Journal of Chemistry*, **25**, 7477-7480.
- [15] dos Santos, A.F., Fonseca, S.A., César, F.A., de Azevedo Albuquerque, M.C., Santana, J.V. and Santana, A.E. (2014) A Penta-Substituted Pyridine Alkaloid from the Rhizome of *Jatropha elliptica* (Pohl) Muell. Arg. Is Active against *Schistosoma mansoni* and *Biomphalaria glabrata*. *Parasitol Res*, **113**, 1077-1084.
- [16] Mujumdar, A.M., Upadhye, A.S. and Misar, A.V. (2000) Studies on Antidiarrhoeal Activity of *Jatropha curcas* Root

Extract in Albino Mice. *Journal of Ethnopharmacology*, **70**, 183-187.

[http://dx.doi.org/10.1016/S0378-8741\(99\)00167-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-8741(99)00167-1)

- [17] Mominul Islam, A.K.M. and Kato-Noguchi, H. (1 2013) Allelopathic Prospective of *Ricinus communis* and *Jatropha curcas* for Bio-Control of Weeds. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science*, **63**, 731-739. <http://dx.doi.org/10.1080/09064710.2013.865073>
- [18] Khattak, A., Ullah, F. and Wazir, S.M. (2015) Allelopathic Potential of *Jatropha curcas* L. Leaf Aqueous Extracts on Seedling Growth of Wheat. *Pakistan Journal of Botany*, **47**, 2449-2454.
- [19] Dieng, A., Ndoye, I., Duponnois, R. and Baudoin, E. (2014) Effects of *Jatropha curcas* L. Plantation on Soil Bacterial and Fungal Communities. *Soil Biology & Biochemistry*, **72**, 105-115. <http://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.01.029>
- [20] 王馨, 张一平. 西双版纳勐仑地区降雨特征及变化趋势分析[J]. 热带气象学报, 2005, 21(6): 658-664.
- [21] 杨成源. 小桐子良种选育及其区域性试验研究[J]. 中国科技成果, 2013(19): 30-31.
- [22] 杨成源, 路卫华, 吴学华, 徐增富, 龙云峰. 膏桐新品种籽油脂肪酸组成及其炼制生物柴油的潜力[J]. 植物学研究, 2015(4): 16-24.