

# The Study of Compound Planting Model and Benefit Analysis of *Phyllanthus emblica* and *Pelargonium grauelens* L.

Yuetang Duan, Wenlin Qu, Wenying Huang, Kaihua Ma, Qiongling Zhao,  
Xiao Lei, Yucang Sha\*

Research Institute of Tropical Eco-Agriculture Sciences, Yunnan Academy of Agricultural Sciences,  
Yuanmou Yunnan  
Email: rqsdyt@163.com, \*rjssyc@126.com

Received: Dec. 2<sup>nd</sup>, 2016; accepted: Dec. 17<sup>th</sup>, 2016; published: Dec. 20<sup>th</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

**Objective:** This study aimed at investigating into the compound planting effects between *Phyllanthus emblica* and *Pelargonium grauelens* L., so as to improve the land utilization rate. **Methods:** Some comparative analysis and benefit assessment of the vegetative growth of *Phyllanthus emblica* and the biomass and essential oil yields of *Pelargonium grauelens* L. intercropped with the *Phyllanthus emblica* have been carried out from 2010 through to 2013. **Results:** The results showed that the *Phyllanthus emblica* reached its vigorous growth between 3rd and 4th years, and in the 4th growth year, the canopy density could be up to 80.09%, achieving the crop line closure and beginning to produce economic benefits. However, the biomass of *Pelargonium grauelens* L. growth under the *Phyllanthus emblica* began to be reduced year by year, and the annual average reducing rate was 37.6%, with being from 9324 kg/666.7m<sup>2</sup> in the 1st year to 2257 kg/666.7m<sup>2</sup> in the 4th year; the essential oil yields declined from 0.157% in the 1st year to 0.062% in the 4th year; the economic output was from about 16,000 yuan RMB/666.7m<sup>2</sup> in the first year to about 1700 yuan RMB/666.7m<sup>2</sup> in the 4th year. Significant negative correlation was shown between the vegetative growth and canopy density of *Phyllanthus emblica* and the biomass and essential oil yields of *Pelargonium grauelens* L. **Conclusions:** Both complementary and restricting effect coexisted between the two intercropping crops under consideration. During the previous three intercropping years, there was a strong complementary effect, but from the beginning of the 4th year, *Phyllanthus emblica* began to be restricted the growth of *Pelargonium grauelens* L., so it is necessary to screen some crops that would tolerate the side effects of shading under the *Phyllanthus emblica*.

\*通讯作者。

## Keywords

*Phyllanthus emblica*, *Pelargonium grauelens* L., Compound Planting, Economic Benefit

# 余甘子 - 香叶天竺葵复合种植模式研究及效益探讨

段曰汤, 瞿文林, 黄文英, 马开华, 赵琼玲, 雷 斌, 沙毓沧\*

云南省农业科学院热区生态农业研究所, 云南 元谋

Email: rqsdyt@163.com, rjssyc@126.com

收稿日期: 2016年12月2日; 录用日期: 2016年12月17日; 发布日期: 2016年12月20日

## 摘 要

目的: 本研究旨在探讨余甘子与香叶天竺葵之间复种的效应, 以提高余甘子林地综合利用率。方法: 于2010~2013年间就不同树龄余甘子营养生长及林下间作的香叶天竺葵生物量、精油出油率变化做了对比分析及经济效益评估。结果: 余甘子可以在3~4年间形成旺盛生长势, 至第4年郁闭度可达80.09%, 基本封行, 开始产生经济效益。林下间作的香叶天竺葵生物量以年均37.60%的降幅从第1年9324 kg/亩逐年下降至第4年2257 kg/亩; 精油出油率从第1年0.157%逐年递减至第4年的0.062%; 其经济产值从第1年约1.60万元/亩逐年下降至第4年约0.17万元/亩; 香叶天竺葵生物量与精油出油率和余甘子的营养生长及郁闭度均表现出显著负相关。结论: 复合种植的两种作物存在互补—制约效应, 前3年互补效应显著, 从第4年开始, 余甘子的生长已经对香叶天竺葵起到很强的制约作用, 应在林下选用其它耐阴性作物复种。

## 关键词

余甘子, 香叶天竺葵, 复合种植, 经济效益

## 1. 引言

本研究的重要意义: 如何提高有限土地资源的利用率是现代农业发展的潜力所在, 也是当前农业可持续发展的关键问题之一, 有效利用和协调作物之间的互补、竞争关系[1] [2] [3] [4], 可以使不同作物的生物学特性得到最大限度的发挥。前人研究进展: 已有研究表明, 农林复合间套作可以通过品种选用、农业措施调控组分间的竞争作用[5], 有效提高资源利用率和作物产量[6]。余甘子(*Phyllanthus emblica* L.)俗名橄榄、滇橄榄, 为大戟科叶下珠属落叶小乔木[7], 果实可做传统植物源药材及保健食品产品[8] [9], 该植物喜光喜温, 适宜在年均温 20℃左右的环境生长[10], 一般定植 3 年后开始结果[11], 在定植第 1 年至第 3 年期间, 株型小, 行间裸露土地面积较大, 林下土地基本没有得到有效利用, 难以很好发挥经济作用, 土地产出值几乎为零。此期间若能采取合理间作模式, 可以很好的优化田间水、肥、气、热等资源配置, 并提高土地利用效率, 降低中耕成本, 从而有效弥补余甘子单作栽培带来的缺点。香叶天竺

葵(*Pelargonium grauelens* L.)是牻牛儿苗科牻牛儿苗属常绿草本芳香植物,原产南非,耐旱,在光照良好气候温暖的地区生长良好[12]。已有报道香叶天竺葵和烤烟套种能够整体提高土地综合利用水平[13],特别是与柑橘套种,可以在很大程度上缓解果树幼龄期土地产出率低的问题[14],且由于香料植物特有的挥发性物质的作用,抑制了部分虫害的发生[15]。本研究切入点:有鉴于余甘子和香叶天竺葵皆对热带亚热带环境有很好的适应性,二者共存有很好的生境基础。以生长空间而言,小乔木(余甘子)和草本植物(香叶天竺葵)在有很好的空间互补性[16]。故有必要研究草本香料作物香叶天竺葵与幼龄期余甘子探索合理的复合种植模式,使余甘子果园的光、热、水、土资源得到有效利用,弥补余甘子幼龄树空间利用不足的缺点,提高土地利用效率,从而进一步丰富余甘子幼龄果园的生产模式。拟解决的关键问题:间作互补效应是由密植效应和补偿效应构成的[17],本研究通过比较不同树龄余甘子果园林下间作香叶天竺葵产生的复合种植效应,探讨二者相互促进与制约因素,并评价其对综合经济效益的影响。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 试验地概况

试验地位于金沙江干热河谷区元谋县元马镇,属典型的干热季风气候,海拔 1120 m,干燥炎热少雨,年均温 21.9℃,极端高温 42℃,极端低温-0.1℃;年日照时数 2670.4 h;年均降雨量 616.7 mm,年蒸发量为降雨量的 6.4 倍,年平均相对湿度 53.0%;试验地为平整后的缓坡台地,主要土壤类型为燥红土,土壤肥力中等, pH 值 6.7,试验面积 1.2 hm<sup>2</sup>。

### 2.2. 供试材料

#### 2.2.1. 供试材料

本试验选用的余甘子为云南省农科院热区生态农业研究所收集保存的云南野生种质资源;选用的香叶天竺葵为 1962 年中科院昆明植物研究所从法国引入的波旁香叶天竺葵,是目前云南香叶天竺葵的主栽品种,云南省农业科学院热区生态农业研究所 2002 年从云南省宾川县引入保存并试种。

#### 2.2.2. 林下复合种植及管理方式

余甘子:余甘子采用开挖种植穴种植,每个植穴内施 50 kg 农家肥(牛羊粪)、5 kg 钙镁磷肥作为基肥,植入的苗木为营养钵内直播生长 6 个月的袋装苗,2009 年 4~5 月(雨季前)选择大小基本一致的苗木进行定植,株行距为 4 m × 4 m,栽培密度为 42 株/666.7m<sup>2</sup>。余甘子幼树期(1~2 年生)每年春、夏、秋季各追肥 1 次,每株氮肥(尿素) 50 g、磷肥(钙镁磷肥) 150 g,农家肥(牛羊粪) 3 kg;结果树(3 年生以上)分别于每年 6~7 月和 11 月分别追肥一次,每株 N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O = 15:15:15 复合肥 500 g,农家肥(牛羊粪)10 kg。余甘子幼树无明显主干,参照常规果园管理,每年对余甘子进行修剪,每株选留 1~2 条直立性强、生长健壮的枝条培养主干,逐步修剪后在树高 60cm 左右处分枝,培养成开心形或扇形树形。

林下复合种植香叶天竺葵:待余甘子植株全部成活后,在行间用小型旋耕机翻耕两次,第一次翻耕后每 666.7 m<sup>2</sup> 撒施钙镁磷肥 100 kg,复合肥(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O = 12:12:12) 60 kg 做底肥,随着第二次翻犁将肥料深翻混入土壤。土地平整后在距余甘子植株主干 50 cm 处,起高 8~10 cm,宽 30 cm 的长墒用于扦插香叶天竺葵。香叶天竺葵扦插季节为当年冬季(11~12 月),扦插时剪取长 15~20 cm 嫩枝,株距 25 cm,以双行扦插在墒面两侧,栽培密度约为 8000 株/666.7m<sup>2</sup>。香叶天竺葵扦插成活后在每年春季(2 月中旬)施复合肥(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O = 12:12:12)一次,每次采收前 25 天左右喷施磷酸二氢钾叶面肥一次,每次采收完及时轻施复合肥(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O = 12:12:12)一次。香叶天竺葵种植后次年即可开始采收,每年采收 3 次,每次采收时采收高度 50 cm 以上壮枝后用水蒸汽蒸馏法提取精油。

露地种植香叶天竺葵(对照): 同时期内在空旷露地种植香叶天竺葵, 种植密度和管理方法同林下复合种植。

### 2.3. 余甘子生长生物量及郁闭度测定

于 2010 年在两种作物成活半年后在田间以 5 点取样法选定样方观测, 样方面积为 55 m<sup>2</sup>, 每个样方内有余甘子植株 3~4 株, 主要测定指标为余甘子植株的地径、株高、树冠投影面积、郁闭度。郁闭度采用树冠投影法, 即选择好样株后, 从几个方位测量各株树的树冠边缘到树干的水平距离, 计算树冠投影总面积与林地面积的比值得到郁闭度。

#### 2.3.1. 香叶天竺葵生长生物量及出油率测定

林下复合种植每次采收香叶天竺葵均在余甘子样方进行, 重复 3 次, 用台秤称量每次采收获得的生物量, 并估算当次香叶天竺葵田间生物产量, 采收后的香叶天竺葵用水蒸汽蒸馏法提取精油, 并计算出油率。露地种植的香叶天竺葵在相同时期采收并以相同方式测定并计算生物量和出油率。

#### 2.3.2. 综合经济效益评估

通过样方获得的香叶天竺葵的田间生物量, 鲜叶蒸馏提取精油后以近 5 年内的平均市场价折算为当年精油产值, 并逐年评估二者复种后产生的经济效益。

### 2.4. 数据统计与分析

数据与统计分析采用 SPSS 17.0 及 Excel 2003 完成。

## 3. 结果与分析

### 3.1. 余甘子营养生长及郁闭情况

通过余甘子不同生长阶段的地径、株高、树冠投影面积、郁闭度比较分析, 可看出随着种植时间的增加, 余甘子营养生长量明显增大。方差分析结果显示, 以上四个性状不同年限间对比均差异显著, 采用种子繁育的余甘子实生苗第 1 年生长速度较慢, 林内郁闭度仅为 13.60% 左右, 种植第 2 年以后营养生长量明显增大, 至第 3 年林内郁闭度超过 50%, 至第 4 年地径、株高、树冠投影面积约为生长第 1 年的 4 倍, 郁闭度约为第 1 年的 7 倍, 达到了 80.09%; 至此余甘子果园基本封行, 林下基本为荫蔽区域, 光照强度降低至接近最弱水平, 说明余甘子作为一种热带小乔木, 在适宜生长条件下能够迅速积累生物量, 3~4 年间即可形成旺盛生长势(表 1)。

### 3.2. 香叶天竺葵生物量逐年变化情况

余甘子林下种植的香叶天竺葵随着生长年限的增加, 生物产量逐年下降, 方差分析结果表明, 连续

Table 1. The vegetative growth canopy density of *Phyllanthus emblica* in different growth year

表 1. 不同树龄余甘子生长量及郁闭度

余甘子生长年限	地径/mm	株高/m	树冠投影面积/m <sup>2</sup> 株	郁闭度/%
1 年生(2010)	22.30a	1.30a	2.07a	13.60a
2 年生(2011)	53.00b	2.46b	5.52b	36.12b
3 年生(2012)	73.40c	3.45c	9.69c	61.81c
4 年生(2013)	97.20d	4.25d	13.57d	80.09d

说明: 邓肯氏新复极差法显著性测验, 不同字母表示两个处理之间存在显著差异( $p < 0.05$ ), 下同

两年间香叶天竺葵产量差异达到显著水平(表 2),从 2010 年开始,香叶天竺葵鲜叶产量从第 1 年的 9324.00 kg/666.67m<sup>2</sup>,下降至第 4 年 2257 kg/666.67 m<sup>2</sup>,第 1 年到第 2 年的下降幅度为 32.50%,第 2 年到第 3 年的下降幅度为 38.40%,第 3 年到第 4 年的下降幅度为 41.80%,年平均下降幅度为 37.60%,从香叶天竺葵生物产量的角度分析,定植 4 年后的余甘子行间已失去间种意义。

与余甘子林下种植相比,露地栽培的香叶天竺葵随着生长年限的不断增加,种植第 2 年生物量积累达到高峰期,为 9830.00 kg/666.67m<sup>2</sup>,从第 3 年开始生物量有一定程度的减弱,但下降幅度没有林下种植大(表 2)。方差分析结果表明,露地种植香叶天竺葵的生物量在生长第 1 年和第 2 年之间差异不显著,从第 3 年开始生物量逐渐下降,并与上一年相比差异显著;结果表明第 3 年的下降幅为 9.88%;第 4 年生物量最低为 7257 kg/666.67m<sup>2</sup>,与上一年相比下降了 18.08%;年平均下降幅度为 13.98%,远远低于林下复合种植的下速度。

相同年份之间对比结果显示,林下与露地种植的香叶天竺葵,在第 1 年种植时香叶天竺葵生物量在不同处理之间没有显著差异,但是从第 2 年开始,每年二者之间均差异显著,说明除了第一年之外,林下种植与露地种植之间当年对比生物量下降显著,受余甘子生长制约现象明显。

### 3.3. 香叶天竺葵出油率逐年变化情况

香叶天竺葵鲜叶内蕴含的精油更是关系其产业经济价值的决定因素,结果表明,余甘子林下定植 1 年生的香叶天竺葵出油率为 0.16%,之后逐年呈现下降趋势,且与上一年相比差异达显著水平(表 3),到了种植第 4 年香叶天竺葵精油出油率仅为 0.06%,仅为第 1 年的 1/2 不到。

与林下种植相比,露地栽培(CK)的香叶天竺葵精油出油率下降幅度不大,第 2 年还有显著提升,第 3 年和第 1 年差异不显著,但是和第 2 年相比差异显著,到了第 4 年精油出油率大幅度降低,和上一年相比差异极其显著(表 3)。说明香叶天竺葵在单作情况下精油出油率也会随栽培时间逐渐下降,但是在没有遮阴作物存在的情况下,逐年下降幅度较小。

相同年份相比,林下与露地种植香叶天竺葵精油出油率在 1 年生时差异不大,但随着种植年限的增加,二者差异逐年增大。1 年生的香叶天竺葵比对照的精油出油率 0.17%低 0.01%,随着郁闭度的加大,出油率下降极其显著,林下 2 年生香叶天竺葵精油出油率比对照的出油率 0.18%降低 0.07%,之后出油率逐年递减(表 3),差异逐渐加大,林下栽培第 3 年差值为 0.09%,第 4 年与对照相比精油出油率降低了 0.10%。

**Table 2.** The biomass annual change of *Pelargonium grauegens* L. in different growth year

**表 2.** 不同生长年限香叶天竺葵生物量逐年变化

香叶天竺葵生长年限	林下种植/kg 亩	露地种植(CK)/kg 亩
1 年生(2010)	9324.00a	9698.00a
2 年生(2011)	6295.00b	9830.00a
3 年生(2012)	3876.00c	8859.00b
4 年生(2013)	2257.00d	7257.00c

**Table 3.** The essential oil yields annual change of *Pelargonium grauegens* L. in different growth year

**表 3.** 香叶天竺葵精油出油率逐年变化

香叶天竺葵生长年限	林下种植/%	露地种植(CK)/%
1 年生(2010)	0.16a	0.17a
2 年生(2011)	0.11b	0.18b
3 年生(2012)	0.08c	0.17a
4 年生(2013)	0.06d	0.16c

### 3.4. 香叶天竺葵生物量及精油出油率与余甘子营养生长因子的相关分析

通过香叶天竺葵与余甘子不同营养生长性状之间的相关分析结果可以看出, 香叶天竺葵生物量与精油产出率与余甘子的地径、株高、树冠投影面积、郁闭度均表现出显著负相关; 其中余甘子的地径、株高、郁闭度与香叶天竺葵生物量产出之间表现为极显著负相关(表 4)。说明两种作物存在很大的相互制约作用, 二者之间需要合理搭配种植才能实现复合种植的最大化收益。

### 3.5. 综合效益分析

余甘子为多年生植物, 前 3 年无经济产量, 第 4 年试花试果, 有部分产量, 平均亩产 212.00 kg, 按近年市场价 6.00 元/kg 计, 4 年生余甘子亩产值 1672.00 元; 随着余甘子生长年限的增加, 香叶天竺葵产量和出油率逐年降低, 产值也逐年下降, 第 1 年的生物量为 9324.00 kg/亩, 第 4 年生物量为 2257.00 kg/亩, 精油出油率由第 1 年的 0.16% 下降到第 4 年的 0.06%, 产值逐年下降, 由第 1 年的亩产值 14,497.00 元下降到第 4 年的 1399.00 元, 综合产值由第一年 16,041.00 元下降到第四年的 3432.00 元; 但从第五年开始, 香叶天竺葵基本没有产量, 而余甘子进入投产期, 亩产达 1860.00kg, 亩产值 11,160.00 元, 以后逐年随树龄的增加产量逐年增加, 产值也在逐年提升(表 5)。

## 4. 讨论和结论

### 4.1. 讨论

#### 4.1.1. 余甘子 - 香叶天竺葵复合种植模式的构建

余甘子和香叶天竺葵都是喜光植物, 对光照和温度的变化极为敏感。作为一种热带小乔木, 余甘子冠幅生长及挂果有一定要求, 所以采用了 4 m × 4 m 的株行距种植, 但种植第 4 年方可进入结果期。从本次研究结果来看, 当树龄为 1~3 年时, 林间均有面积不等的闲置空地可供利用, 直到第 4 年封行后果园经济效益才以余甘子种植效益为主。前 3 年通过与香叶天竺葵复合种植, 有效利用田间空地, 可以使果园土地利用率低的问题得到有效缓解。使得一元作物(余甘子)的单一管理, 转变为二元作物(余甘子 -

**Table 4.** Correlation coefficient between yields of *Pelargonium grauelens* L. and growth factor of *Phyllanthus emblica*

**表 4.** 香叶天竺葵产率与余甘子生长因子的相关分析

	地径	株高	树冠投影面积	郁闭度
香叶天竺葵生物量	-0.996**	-0.999**	-0.987*	-0.995**
香叶天竺葵精油出油率	-0.989*	-0.988*	-0.966*	-0.977*

说明: \*表示极显著相关( $p < 0.05$ ); \*\*表示显著相关( $p < 0.01$ )

**Table 5.** Comprehensive benefit of compound planting between *Pelargonium grauelens* L. and *Phyllanthus emblica* in 4 years

**表 5.** 余甘子与香叶天竺葵复合种植 1~5 年综合效益

复合种植年限	余甘子产值/yuan.mu	天竺葵产值/yuan.mu	有机肥产值/yuan.mu	综合产值/yuan.mu
1 年生(2010)	0.00	14,497.00	1544.00	16,041.00
2 年生(2011)	0.00	7344.00	1176.00	8520.00
3 年生(2012)	0.00	3255.00	620.00	3875.00
4 年生(2013)	1672.00	1399.00	361.00	3432.00
5 年生(2013)	11,160.00	-	-	11,160.00

注: 香叶天竺葵精油价格接近 5 年来精油平均价格 1000 元/kg 计, 有机肥按每千克 0.6 元计

香叶天竺葵)复合管理,管理过程中可产生直接经济效益(香叶天竺葵第1年种植即可投产),从而降低余甘子果园管理成本。由此可知林下种植的香叶天竺葵是余甘子经济林投产前一种很好的经济补偿作物。二者复合种植时构成了一个结构紧密的林下复合生长系统,生长过程中余甘子林下光照、温度等微气象环境,以及土壤水分和养分利用方式都将受到影响,从而下形成了有别于单独种植余甘子的综合资源利用系统。

#### 4.1.2. 余甘子 - 香叶天竺葵复合模式适宜时期

香叶天竺葵植株体内合成的精油量直接决定了其产值和经济价值,过度荫蔽和高温均不利于精油的形成[18]-[24]。通过4年来两种作物复合种植的效果来看,余甘子的郁闭度达65%之前(前3年),香叶天竺葵精油能确保一定产出,但是到第4年以后与裸地种植相比,林下种植的香叶天竺葵植株精油含量衰减更加迅速,说明余甘子林分郁闭度提高以及林下微气候环境的改变会对香叶天竺葵生长及精油合成逐渐产生了抑制作用,不适合继续在余甘子林下进行香叶天竺葵复种。通过对余甘子-香叶天竺葵复合种植带来的经济效益进行分析,可发现两种作物的复合种植有一定的周期限制,即此模式适用于热区光热资源充足的幼龄期乔木果园管理,当乔木植株生长成型后由于园内微生境的变化,复合模式的经济补偿机制相应发生改变,这时就应以其他果园生产方式进行替代。但是在复合种植的过程当中,无论余甘子林下香叶天竺葵的经济产能表现如何,余甘子林下的裸露地块由于长期有香叶天竺葵的覆盖,有效降低了地表温度,成功抑制了裸地水分蒸发和林间杂草生长,这对余甘子地上河地下部分的生长也都是极为有利的,在目前人力资源和水资源成本居高不下的热带亚热带果园管理中有着非常重要的现实意义。

#### 4.1.3. 余甘子 - 香叶天竺葵复合模式主要制约及互补因素

总体来说,两种作物复合种植时除了光照、水分、养分的竞争和利用之外,作物空间的搭配也是促成二者形成互补或制约机制的关键因素之一。余甘子种植第1年的株高可生长达到1.3 m左右,之后逐年生长。而香叶天竺葵种植第一年之后即可投产,它所产出的精油需经蒸馏地上部分新鲜植株采集,所以生长过程中需要周年进行采割,将植株高度控制在50 cm以下[21],不会对余甘子树体生长造成太大影响。二者之间重要的制约因子之一就是余甘子的郁闭度逐年发生变化,从本研究的数据可以看出,余甘子在种植前3到4年可以形成旺盛的生长势,郁闭度渐渐增大,到第4年已经接近封行,这样是一个林间光照动态减少的变化过程。受林间光照变化的影响,香叶天竺葵精油的也受到很大影响,导致其产值逐年下降。受这样一个动态生长变化的影响,香叶天竺葵的产值因为余甘子郁闭度的变化,而逐步下降,当余甘子郁闭度达80%以上时,精油产出降到历年最低水平。香叶天竺葵同时也是一种很好的秸秆肥料,余甘子-香叶天竺葵复合种植除了香叶天竺葵精油、余甘子果实等直接产值外,还有产生了大量经过高温熏蒸的香叶天竺葵秸秆,是一种很好的有机肥料。大量有机肥料回归到余甘子果园,可以有效改善余甘子-香叶天竺葵复合种植系统中的土壤有机质含量,提高土壤肥力,同时促进了资源循环高效利用,是余甘子果园经济实现可持续发展的重要因素。

## 4.2. 结论

复合种植的两种作物存在互补-制约效应,前3年互补效应显著,余甘子-香叶天竺葵复合种植可以很好缓解前3年余甘子单一种植所产生的土地利用率低、管理成本投入过高等问题,二者配套种植可以使余甘子园内的光、热、水资源得到充分利用,土地利用率高幅度提升,是人工种植余甘子前期值得推广的一种高效复合种植模式。但是从第4年开始,余甘子林的生长已对香叶天竺葵起到很强的制约作用,建议选用其它耐荫性作物如砂仁、草果在林下复种,或进行林下养殖(鸡、鸭、鹅)提高系统的综合效益。目前就香叶天竺葵和余甘子复合种植模式只是以两种作物生长年限做了大致效应分析,但是关于两

种作物互作时的根际效应及林间光照阈值的研究有待进一步深入研究。

## 基金项目

农业部“罗望子种质资源保护项目”项目(12RZZY-37)。

## 参考文献 (References)

- [1] 李潮海, 苏新宏, 孙敦立. 不同基因型玉米间作复合群体生态生理效应[J]. 生态学报, 2002(12): 2096-2103.
- [2] 李向东, 杨铁钢, 李彦鹏, 等. 麦棉多作套种循环农业模式的发展演变与效应分析[J]. 中国农学通报, 2010(19): 294-299.
- [3] 沈君辉, 聂勤, 黄得润, 等. 作物混植和间作控制病虫害研究的新进展[J]. 植物保护学报, 2007(2): 209-216.
- [4] 张凤云, 吴普特, 赵西宁, 等. 间套作提高农田水分利用效率的节水机理[J]. 应用生态学报, 2012(5): 1400-1406.
- [5] 蔡崇法, 王峰, 丁树文, 等. 间作及农林复合系统中植物组分间养分竞争机理分析[J]. 水土保持研究, 2000(3): 219-221+252.
- [6] Agegnehu, G., Ghizaw, A. and Sinebo, W. (2008) Yield Potential and Land-Use Efficiency of Wheat and Faba Bean Mixed Intercropping. *Agronomy for Sustainable Development*, **28**, 257-263. <https://doi.org/10.1051/agro:2008012>
- [7] 王开良, 姚小华, 熊仪俊, 等. 余甘子培育与利用现状分析及发展前景[J]. 江西农业大学学报(自然科学版), 2003, 25(3): 397-401.
- [8] 夏泉, 孔杰. 传统药物余甘子的民族药学研究[J]. 中国中药杂志, 1997, 22(9): 515-518.
- [9] 刘凤书, 侯开卫, 李绍家, 等. 余甘子的保健价值及开发利用前景[J]. 自然资源学报, 1993, 8(4): 299-306.
- [10] 陈智毅, 刘学铭, 吴继军, 等. 余甘子生物学特性及营养成分[J]. 中国南方果树, 2003, 32(6): 71-73.
- [11] 蔡英卿, 张新文. 余甘子的生物学特性及其应用[J]. 三明师专学报, 2000(1): 72-74.
- [12] 刘玉梅. 天竺葵生物学特性及栽培技术研究进展[J]. 安徽农业科学, 2009(17): 7953-7955.
- [13] 彭晟, 陈兴, 杨莹, 等. 间作芳香植物对烤烟农艺和经济性状的影响初探[J]. 云南农业大学学报, 2014, 29(1): 144-148.
- [14] 王文翠, 唐文冲, 李云平, 等. 云南热区柑桔套种香叶天竺葵技术[J]. 云南农业科技, 2010(5): 35-37.
- [15] 杨念婉, 李艾莲. 植物精油应用于害虫防治研究进展[J]. 植物保护, 2007, 33(6): 16-21.
- [16] 张继义, 赵哈林. 植被(植物群落)稳定性研究评述[J]. 生态学杂志, 2003, 22(4): 42-48.
- [17] 刘忠宽, 曹卫东, 秦文利, 等. 玉米-紫花苜蓿间作模式与效应研究[J]. 草业学报, 2009(6): 158-163.
- [18] Rao, B.R.R. and Bhattacharya, A.K. (1997) Yield and Chemical Composition of the Essential Oil of Rose-Scented Geranium (*Pelargonium* Species) Grown in the Presence and Absence of Weeds. *Flavour & Fragrance Journal*, **12**, 201-204. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1026\(199705\)12:3<201::AID-FFJ635>3.0.CO;2-X](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1026(199705)12:3<201::AID-FFJ635>3.0.CO;2-X)
- [19] Motsa, N.M., Soundy, P., Steyn, J.M., et al. (2006) Plant Shoot Age and Temperature Effects on Essential Oil Yield and Oil Composition of Rose-Scented Geranium (*Pelargonium* sp.) Grown in South Africa. *Journal of Essential Oil Research*, **18**, 106-110.
- [20] 王巨媛, 翟胜, 崔庆新, 等. 天竺葵花瓣中精油成分分析[J]. 湖北农业科学, 2010, 49(5): 1196-1197.
- [21] 李大红, 姚雷, 黄健. 两种天竺葵的精油成分和矿物元素的研究[J]. 香料香精化妆品, 2004(1): 8-11.
- [22] Croteau R. (2002) Biosynthesis and Catabolism of Monoterpenoids. *Chemical Reviews*, **87**, 929-954. <https://doi.org/10.1021/cr00081a004>
- [23] 李大红, 姚雷, 梁建生. 两种天竺葵不同生长时期的精油含有率及成分研究[J]. 香料香精化妆品, 2007(6): 19-22.
- [24] 段曰汤, 黄文英, 刘海刚, 等. 不同施肥及采剪措施对香叶天竺葵出油率及生物产量的影响[J]. 热带作物学报, 2013, 34(1): 37-40.



**期刊投稿者将享受如下服务：**

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[hjas@hanspub.org](mailto:hjas@hanspub.org)