

# 栽培密度及耕作制度對丹參產量與有效成分含量之影響<sup>1</sup>

張同吳<sup>2</sup>

## 摘要

本試驗目的為探討丹參在不同栽培密度及耕作制度對產量與有效成分含量之影響。不同栽培密度對農藝性狀比較試驗，結果顯示丹參的株高、根重以行株距 100 × 60 cm 表現較佳；有效成分丹參酚酸 B 及丹參酮 IIA 含量以行株距 100 × 60 cm 之處理最高；連作會影響丹參產量與有效成分含量，枸杞－丹參輪作與當歸－丹參輪作的根部單株平均鮮重為 324 g 及 307 g，連作二年及三年的丹參根部單株平均鮮重分別為 278 g 及 189 g。枸杞－丹參輪作與當歸－丹參輪作的有效成分丹參酚酸 B 分別為 63.2 mg g<sup>-1</sup> 及 58.4 mg g<sup>-1</sup>，連作二年及三年的丹參酚酸 B 分別為 42.63 mg g<sup>-1</sup> 及 41.5 mg g<sup>-1</sup>；枸杞－丹參輪作與當歸－丹參輪作的有效成分丹參酮 IIA 含量為 2.8 mg g<sup>-1</sup> 及 2.3 mg g<sup>-1</sup>，連作二年及三年的丹參酮 IIA 之含量分別為 1.46 mg g<sup>-1</sup> 及 0.54 mg g<sup>-1</sup>。丹參輪作可提高根部有效成分含量及產量。

關鍵詞：丹參、產量、密度、耕作制度、有效成分

---

1. 行政院農業委員會花蓮區農業改良場研究報告第 263 號。

2. 行政院農業委員會花蓮區農業改良場蘭陽分場副研究員兼分場長。

## 前 言

丹參 (*Salvia miltiorrhiza* Bge.) 為唇形科 (Lamiaceae) 鼠尾草屬 (*Salvia*) 多年生草本植物，使用部位為根部，為一傳統之中藥材，『神農本草經』列為上品生藥，廣泛用於婦女月經失調、失眠、關節炎及心血管、血液類等疾病，『本草綱目』有「一味丹參功同四物湯」之記載 (陸及黎 1993)。現代研究顯示其對於抗腫瘤、抗菌、抗氧化、保護肝臟、治療心腦血管疾病等有良好的治療功效 (Gu *et al.*, 2007; Wang, 2010)，此外在抗皮膚老化問題 (Lee *et al.*, 2016)、改善學習記憶力及治療老年癡呆症 (Liu *et al.*, 2014) 上亦具成效。丹參的有效活性成分主要分為水溶性及脂溶性化合物等二大類，水溶性化合物主要為酚類化合物，如丹參酚酸 B (salvianolic acid B) 等，脂溶性化合物主要為丹參酮 (tanshinones) 類，包括隱丹參酮 (Cryptotanshinone)、丹參酮 I、II 及 II A 等 (Liu *et al.*, 2007)。國外對丹參的研究與臨床應用非常多，許多藥廠爭相投入龐大研究經費，開發藥物與保健產品，而臺灣的氣候環境很適合丹參種植，可作為發展保健用食材與保健美容產品的中藥草之一。

中草藥的栽培管理與耕作制度影響其有效成分含量，進而影響其藥用價值，因此品質優良與安全性是發展中草藥產業之重要目標。臺灣近幾年來積極推動中草藥的種植，花蓮區農業改良場已建立丹參優良農業操作栽培體系，期能建立合理的耕作制度、充分利用地力、控制病蟲害發生，進而提高中草藥產量與品質。在栽培中草藥上，為求高產量來增加收益，作物密植與連作栽培方式常在生產過程中過度使用，本研究針對丹參的栽培密度與耕作制度對產量與品質之影響進行探討，提供給農民從事丹參栽培之參考。

## 材料與方法

### 一、栽培密度對丹參產量與品質之影響

- (一) 供試作物：丹參 (*S. miltiorrhiza*)
- (二) 試驗處理：行距為 1.0 m，株距分為 30、45、60 cm 等 3 個處理。RCBD，三重複。小區面積 15 m<sup>2</sup>。
- (三) 調查項目：於 10 月份種植，隔年 9 月調查，每重複取樣 10 株進行調查，調查株高、全株鮮重、鮮根重、根徑及丹參酮 IIA 及丹參酚酸 B 含量分析等。
- (四) 試驗地點：花蓮縣吉安鄉本場

### 二、耕作制度對丹參有效成分含量之影響

- (一) 供試作物：丹參 (*S. miltiorrhiza*)
- (二) 試驗處理：丹參以連作與輪作二種栽培處理，連作處理者在同一試驗田連續種植丹參二年、三年，輪作處理者分別於試驗田進行枸杞—丹參輪作與當歸—丹參輪作試驗，田間採作畦栽培之方式，每畦 1 行，行株距為 1.0 m × 0.5 m，六行植。
- (三) 調查項目：10 月份種植，隔年 9 月收穫，取樣調查丹參植株 30 株，調查株高、全株鮮重、根鮮重、根徑等農藝性狀及丹參酮 IIA、丹參酚酸 B 等有效成分含量分析。
- (四) 試驗地點：花蓮縣吉安鄉本場

### 三、丹參之指標性成分分析

#### (一) 樣品處理：

丹參樣品以烘箱 40℃ 緩慢乾燥，待完全乾燥後，以粉碎機磨成粉狀備用。

#### (二) 樣品溶液製備：

秤取丹參樣品粉末 1 g，加 methanol 10 ml，以 37℃ 萃取 24 hr，再以 0.2 μm 濾膜過濾備用。

#### (三) 樣品分析：

分析丹參之有效成分丹參酮 IIA、丹參酚酸 B 之分析儀器為高效液相層析儀 (High Performance Liquid Chromatography; HPLC)，HPLC 型號為 Waters 2695，光電二極體偵測器 (Photodiode Array Detector) 型號為：Waters 2998。分析管柱採 HypURITY C18 (250×4.6 mm)，檢測波長為 254 nm，樣品注射量為 10 μl。分析方式採用梯度模式，沖提溶液分為：A：Acetonitrile；B：1% Acetic acid 水溶液；C：Methanol，起始時間 A 25%，B 75%；15min 時 A 25%，B 75%；20 min 時 B 100%；25 min 時 B 100%，分別對不同溶液梯度濃度轉換；26 min 時 C 100%維持至 30 min，流洗管柱中殘餘的化合物；31 min 時換回起始條件 A 25%，B 75%。丹參標準品丹參酚酸 B、丹參酮 IIA 購自臺灣默克股份有限公司 (Merck Ltd., Taiwan)。

## 結 果

### 一、栽培密度對丹參產量與有效成分含量之影響

#### (一) 不同栽培密度的產量比較

以四種栽培密度進行種植試驗，調查結果顯示：株高以行株距 100 × 60 cm 之 81 cm 為最高，行株距 100 × 50 cm 之 80 cm 次之，行株距 100 × 40 cm 為 74 cm，行株距 100 × 30 cm 之 75 cm 為最低。全株重以行株距 100 × 60 cm 之 1144 g 最高，行株距 100 × 50 cm 之 1003 g 次之，行株距 100 × 40 cm 為 989 g，行株距 100 × 30 cm 之 912 g 最低。根長以行株距 100 × 60 cm 之 35 cm 最長，行株距 100 × 50 cm 之 34 cm 次之，行株距 100 × 40 cm 為 32 cm，行株距 100 × 30 cm 之 32 cm。根重以行株距 100 × 60 cm 之 517.5 g 最高，行株距 100 × 50 cm 之 512.8 g 次之，行株距 100 × 40 cm 為 445.5 g，行株距 100 × 30 cm 之 436.3 g 最低，但行株距 100 × 60 cm 與 100 × 50 cm，則無顯著性差異。根直徑以行株距 100 × 60 cm 之 22.3 mm 最大，行株距 100 × 50 cm 之 19.5 mm 次之，行株距 100 × 40 cm 為 19 mm，行株距 100 × 30 cm 之 17.8 mm 最小，行株距 100 × 60 cm 的處理與其他三處理間有顯著性差異 (表一)。

表一、丹參不同栽培密度的農藝性狀比較

Table 1. The comparison on the agronomic traits of different planting densities in *S. miltiorrhiza*.

Treatment	Plant height (cm)	Plant weight (g FW)	Plant root length (cm)	Plant root weight (g FW)	Plant root width (mm)
A <sup>z</sup>	75 <sup>by</sup>	912 <sup>b</sup>	32 <sup>ab</sup>	436 <sup>b</sup>	18 <sup>b</sup>
B	74 <sup>b</sup>	989 <sup>b</sup>	32 <sup>b</sup>	446 <sup>b</sup>	19 <sup>b</sup>
C	80 <sup>a</sup>	1003 <sup>b</sup>	34 <sup>ab</sup>	513 <sup>a</sup>	20 <sup>b</sup>
D	81 <sup>a</sup>	1144 <sup>a</sup>	35 <sup>a</sup>	518 <sup>a</sup>	22 <sup>a</sup>
LSD <sub>0.05</sub>	3.9	129.2	2.9	19.4	1.7

<sup>z</sup>A: 100 × 30 cm, B: 100 × 40 cm, C: 100 × 50 cm, D: 100 × 60 cm

<sup>y</sup>Means within each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test.

## (二) 不同栽培密度的有效成分含量比較

不同栽培密度試驗的分析結果：丹參酚酸 B 含量以行株距 100 × 60 cm 之 34.4 mg g<sup>-1</sup> 最高，100 × 50 公分之 33.9 mg g<sup>-1</sup> 次之，100 × 30 cm 為 31.9 mg g<sup>-1</sup>，100 × 40 cm 之 30.9 mg g<sup>-1</sup> 最低，四個處理間無顯著性差異。丹參酮 IIA 含量亦以 100 × 60 cm 之 3.9 mg g<sup>-1</sup> 最高，100 × 50 cm 及 100 × 40 cm 處理皆為 3.8 mg g<sup>-1</sup>，100 × 30 cm 之 3.3 mg g<sup>-1</sup> 最低，100 × 30 cm 與其它 3 處理間有顯著性差異（表二）。

表二、丹參不同栽培密度的有效成分含量比較

Table 2. The comparison on the active ingredient content of different planting densities in *S. miltiorrhiza*.

Treatment	salvianolic acid B (mg g <sup>-1</sup> DW)	tanshinone IIA (mg g <sup>-1</sup> DW)
A <sup>z</sup>	31.9 <sup>ay</sup>	3.3 <sup>b</sup>
B	30.9 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>
C	33.9 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>
D	34.4 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>
LSD <sub>0.05</sub>	5.2	0.4

<sup>z</sup>A: 100 × 30cm; B: 100 × 40cm; C: 100 × 50 cm; D: 100 × 60 cm.

<sup>y</sup>Means within each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test.

## 二、耕作制度對丹參有效成分含量之影響

## (一) 不同耕作制度的產量比較

丹參以連作與輪作二種栽培處理，試驗結果顯示，丹參連作二年、三年的根部產量分別為 278 g 與 189 g，枸杞－丹參輪作後的丹參根部產量為 324 g，當歸－丹參輪作後的丹參根部產量為 307 g（表三）。

表三、不同耕作方式對丹參農藝性狀之比較

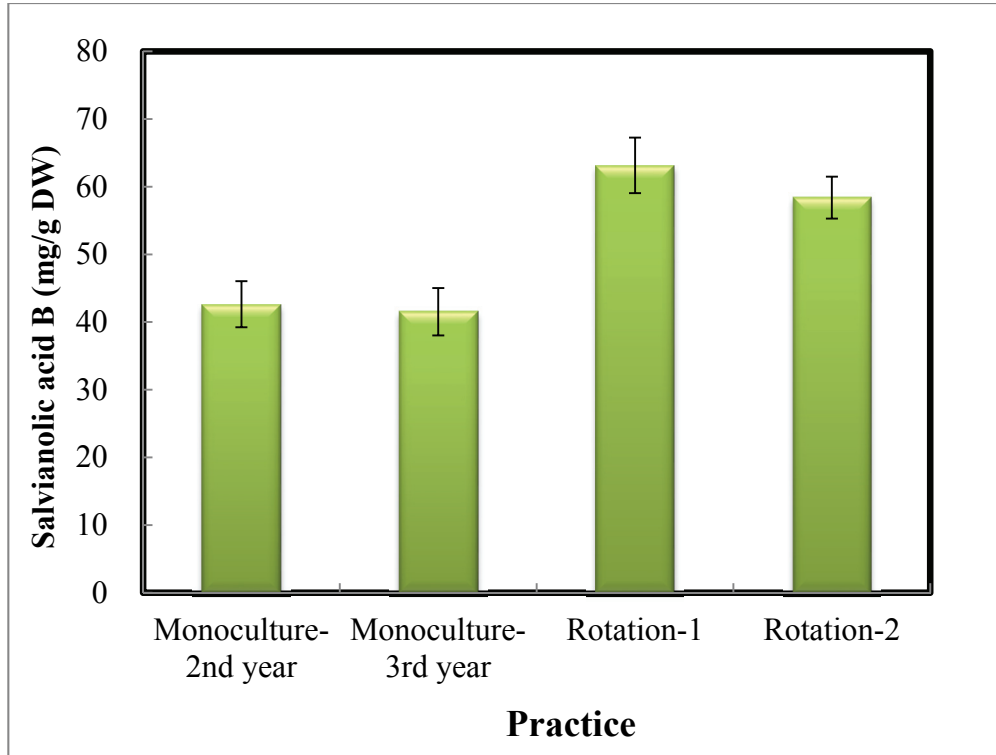
Table 3. The comparison on the agronomic traits of different cropping practice in *S. miltiorrhiza*.

Cultivated practice	Plant height (cm)	Plant weight (g FW)	Plant root length (cm)	Plant root weight (g FW)	Plant root width (mm)
Monoculture-2nd year	67 ± 11	528 ± 88	29 ± 6	278 ± 52	15 ± 5
Monoculture-3rd year	64 ± 14	438 ± 85	33 ± 5	189 ± 58	14 ± 5
Rotation-1 <sup>z</sup>	68 ± 12	517 ± 95	29 ± 5	324 ± 61	18 ± 4
Rotation-2	74 ± 16	528 ± 124	30 ± 5	307 ± 68	17 ± 5

<sup>z</sup>Rotation-1: *L. chinense*-*S. miltiorrhiza* rotation, Rotation-2: *A. acutiloba*-*S. miltiorrhiza* rotation

## (二) 不同耕作制度的有效成分含量比較

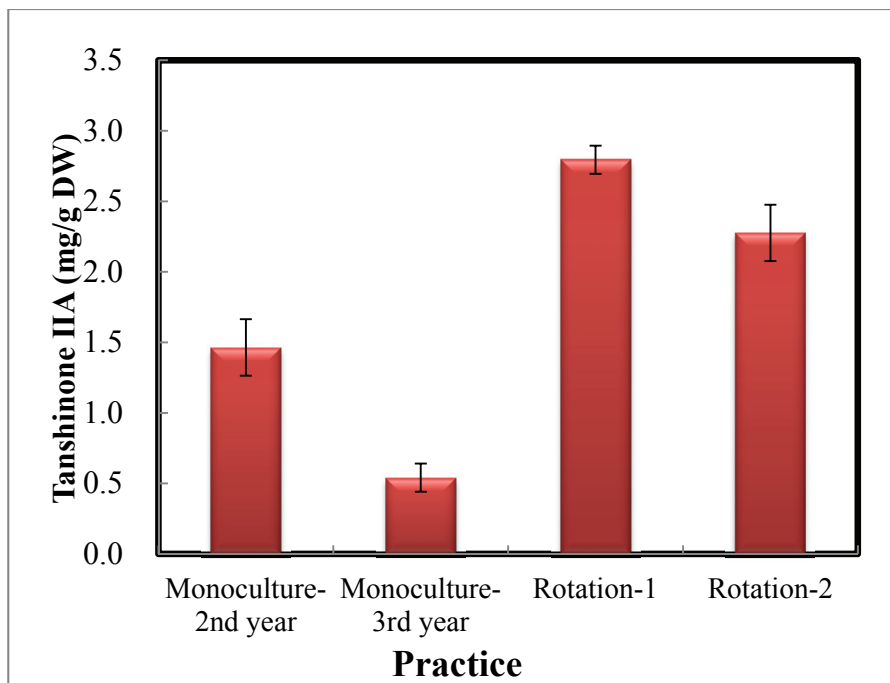
丹參連作二年、三年的丹參酚酸 B 含量分別為 42.63 mg g<sup>-1</sup> 與 41.5 mg g<sup>-1</sup>，枸杞－丹參輪作後的丹參酚酸 B 含量為 63.2 mg g<sup>-1</sup>，當歸－丹參輪作後的丹參酚酸 B 含量為 58.4 mg g<sup>-1</sup>（圖一）。



圖一、丹參不同耕作制度的丹參酚酸 B 含量比較

Fig. 1. The comparison on the salviaolic acid B of different cropping practice in *S. miltiorrhiza*. Rotation-1: *L. chinense*-*S. miltiorrhiza* rotation, Rotation-2: *A. acutiloba*-*S. miltiorrhiza* rotation.

丹參連作二年、三年的丹參酮 IIA 含量分別為  $1.46 \text{ mg g}^{-1}$  與  $0.54 \text{ mg g}^{-1}$ ，枸杞－丹參輪作後的丹參酮 IIA 含量為  $2.8 \text{ mg g}^{-1}$ ，當歸－丹參輪作後的丹參酮 IIA 含量為  $2.3 \text{ mg g}^{-1}$ （圖二）。



圖二、丹參不同耕作制度的丹參酮 IIA 含量比較

Fig. 2. The comparison on the tanshinone IIA of different cropping practice in *S. miltiorrhiza*. Rotation-1: *L. chinense*-*S. miltiorrhiza* rotation, Rotation-2: *A. acutiloba*-*S. miltiorrhiza* rotation.

## 討 論

中草藥栽培的最終目標是用來保健與疾病治療，若只追求高產量，但有效成分含量低，便會降低或失去其藥用價值，然而產量過低，卻又會影響農民收益，故建立適合該作物的栽培技術與耕作方式，讓栽培者有所依據，掌握生產技術要點，可生產出高產與優質的中草藥。在栽培中草藥上，生產者為求高產量來增加收益，因而作物密植與連作栽培方式常在生產過程中過度使用。栽培密度影響丹參的根系在土壤中的分佈，而根部的分枝數與根徑則決定根部表皮面積，進而影響丹參酚酸 B 及丹參酮 IIA 的含量。丹參植株分枝多，若栽培密度大，在植株生長至中、後期時，其地上部生長茂盛會相互遮蔭，影響下位葉片之光合作用，特別是在夏季高溫高濕環境下，易導致枯萎或病蟲害發生。因此合宜的栽培密度對於植株的土壤養分吸收、生長空間、日照、通風、病蟲害防治等，甚至最後的收穫操作活動等皆有影響，是提高丹參根部產量與品質的有效措施。

針對不同中藥材的使用部位，其對環境需求與栽培年限亦不同，一些根部類藥材如地黃、太子參、丹參等都不宜連作 (Lin *et al.*, 2011; Lin *et al.*, 2015; Liu *et al.*, 2016; Wu *et al.*, 2016)。據統計，在中國約有 70% 的塊根類藥用植物有不同程度的連作障礙問題，進而影響作物產量與品質，通常在同一區塊土地收穫後，需要間隔數年才可再度種植同種作物，此嚴重影響中藥材資源的可持續利用性，並限制中藥產業的進一步發展 (Zhang and Lin, 2009)。過去研究顯示，連作栽培所引發的問題主要有三個，如土壤肥力下降、由土壤引起的病蟲害以及植物根系所分泌的自毒性物質 (Lin *et al.*, 2011)。近年來有研究認為，連作障礙是由植物根系所釋放物質進入土壤中，改變土壤物理與化學性質，促成根圍

(rhizosphere) 土壤微生物群落多樣化發展, 影響營養循環和能量流動, 最後影響植物生育與產量 (Lin *et al.*, 2015; Wu *et al.*, 2011; Wu *et al.*, 2013)。此種根圈生態結構失衡問題, 在地黃連作中亦有發現, 連作栽培導致葉綠素含量減少, 光合作用能力和根系活力下降, 其相關的蛋白質合成下降, 導致塊根無法正常膨大使產量減少、主要藥用成分梓醇 (catalpol) 含量變少以及土壤病害嚴重等, 讓作物生長陷入惡性循環之困境, 對外界環境如乾旱、高溫、病蟲害等防禦能力下降, 直接或間接影響其產量與品質 (Lin *et al.*, 2011; Zhang and Lin, 2009)。另外, 太子參連作栽培, 根部分泌酚類物質導致根圈土壤微生物群落改變及結構失衡, 增加對土壤病原菌的易感性, 使太子參再度種植的發病率增加 (Wu *et al.*, 2016); 而太子參與水稻或大豆輪作, 能促進土壤中重要酶的活性, 以及使有益微生物群落增加, 提高其產量及多醣類 (polysaccharide) 與皂苷 (saponin) 等主要藥用成分含量 (Lin *et al.*, 2015)。

丹參為多年生草本植物, 但在臺灣氣候環境溫暖潮濕, 丹參栽培宜秋作種植一年即可收穫, 其產量與品質皆高於二年生 (張 2013)。本研究結果, 在同區塊土地進行丹參連作栽培, 其根部產量與有效成分皆比枸杞—丹參輪作栽培方式者為低, 連作二年、三年的根部產量各減少 14.2%及 41.7%; 丹參酚酸 B 含量各減少 32.6%及 34.3%; 丹參酮 IIA 各減少 46.4%及 80.7%, 顯示隨著連作時間延長, 其產量與品質更為降低。同樣將丹參連作二年、三年與當歸—丹參輪作比較, 丹參連作的產量與有效成分皆降低, 連作二年、三年的根部產量各減少 9.4%及 38.4%; 丹參酚酸 B 含量各減少 27.1%及 28.9%; 丹參酮 IIA 各減少 34.8%及 76.5%。本研究結果顯示, 合適的栽培密度與輪作方式其根徑也較大, 商品價值相對較高。研究指出, 丹參連作導致生長期的枯苗率增加, 地上部與地下部生長降低, 根系數目、直徑及長度減小, 產量降低, 有效成分含量減少, 甚至根系外觀畸形, 根韌皮部發生萎縮、腐爛, 嚴重影響商品價值, 此連作障礙原因, 可能與丹參根系所釋放物質改變土壤微生態結構有關, 最後影響產量與品質 (張 2014; Zhang *et al.*, 2005)。作物輪作為常見且有效的農業生產方式, 可用來克服連作所產生的相關問題, 本試驗以枸杞 (*Lycium chinense*) 與當歸 (*Angelica acutiloba*) 分別與丹參進行藥用植物輪作栽培, 試驗結果二種輪作栽培方式的產量與有效成分皆優於連作方式, 但以枸杞與丹參輪作為佳, 依作物收穫部位特性, 枸杞利用部位為葉片及果實, 而當歸則為根部, 此與丹參相同, 當前作物的收穫部位與丹參不同時, 較不易影響丹參之生長發育, 因此和枸杞輪作的丹參根部產量與有效成分含量均較高。

## 結 論

古代藥典《神農本草經》中開始記載中藥的產地, 是「道地藥材」的最早概念, 後來中醫歷代本草也循此原則記載, 因此過去的「道地藥材」與產地密切相關, 其形成首先依賴於其得天獨厚的自然地理環境。到了現代, 中藥材已然成為具有高經濟價值作物, 因此適地適作再加上以優良農業操作栽培, 生產出有效成分含量高的優質安全中藥材, 讓「道地藥材」在本質上更具有藥用價值的實質意義。臺灣目前種植的丹參為 *S. miltiorrhiza*, 為正品丹參, 很適合推廣種植, 而花蓮地區所生產丹參之有效成分丹參酚酸 B 與丹參酮 IIA 含量, 均高於市售進口丹參, 此顯示臺灣在地可生產出品質優良的丹參藥材, 提供給消費者、中草藥相關業者等使用。丹參之適應性較廣, 在一般平地大都可以種植, 種植環境選擇以平坦、通風良好之地點為佳, 土壤以排水良好、富含有機質之砂質壤土為宜, 栽培行株距以 100 × 60 cm 或 100 × 50 cm 為宜, 並與作物輪作, 避免因連作引起之病蟲害與土壤養分等問題, 進而影響丹參的生育與產量。丹參連作會造成根部產量與有效成分降低, 而有關丹參連作在根圈土壤微生態結構與分子層面上的生理機制等問題, 都有待未來更多研究釐清, 而建立中草藥作物的輪作制度, 合理利用耕地以維持土地生產力, 並提高生產效率, 將可改善中草藥資源的可持續利用性, 並促進中草藥產業之發展。丹參輪作可提高根部有效成分含量及產量。因此未來應建構丹參的輪作體系, 以增進土地利用的親和性, 降低病蟲害防治的生產成本, 並可提高丹參的產量與品質, 此可作為農民從事中草藥栽培之參考。

## 參考文獻

1. 張同吳 2013 不同生育期及收穫期對丹參產量與有效成分含量之影響 行政院農業委員會花蓮區農業改良場研究彙報 31:43-51。
2. 張琳 2014 連作丹參生理生態特性研究 山東中醫藥大學碩士論文。
3. 陸欽堯、黎明 1993 丹參 p.131-134 益壽中草藥渡假出版社。
4. Gu M., X. Wang, Z. Su and F. Ouyang. 2007. One-step separation and purification of 3,4-dihydroxyphenyllactic acid, salvianolic acid B and protocatechualdehyde from *Salvia miltiorrhiza* Bunge by high-speed counter-current chromatography. *J. Chromatogr. A.* 1140:107-111.
5. Lee E.K., T. Yokozawa, T. Tanaka, N.D. Kim, B.P. Yu and H.Y. Chung. 2016. Anti-aging effect of magnesium lithospermate  $\beta$  from *Salvia miltiorrhiza* Bunge on skin. *Receptors Clin. Invest.* 3: 1191.
6. Lin S., J.J. Huangpu, T. Chen, L.K. Wu, Z.Y. Zhang and W.X. Lin. 2015. Analysis of soil microbial community structure and enzyme activities associated with negative effects of *Pseudostellaria heterophylla* consecutive monoculture on yield. *Pak. J. Bot.* 47(2):761-769.
7. Lin W., C. Fang, L. Wu, G. Li, Z. Zhang. 2011. Proteomic approach for molecular physiological mechanism on consecutive monoculture problems of *Rehmannia glutinosa*. *J. Integr. Omics.* 1:287-296.
8. Liu A.H., H. Guo, M. Yeh, Y.H. Lin, J.H. Sun, M. Xu, and D.A. Guo. 2007. Detection, characterization and identification of phenolic acids in Danshen using high-performance liquid chromatography with diode array detection and electrospray ionization mass spectrometry. *J. Chromatogr. A.* 1161:170-182.
9. Liu H.Y., P. Wan, M. Niu, Q. Liu, Y.Q. Zhang and Z.Y. Zhang. 2016. Autotoxins screening from aqueous extracts on *Salvia miltiorrhiza* Bge. based on spectrum-effect relationship between HPLC fingerprints and autotoxicity. *Pak. J. Bot.* 48(4): 1467-1471.
10. Liu P., M. Kong, S. Yuan, J. Liu, and P. Wang. 2014. History and experience: a survey of traditional chinese medicine treatment for Alzheimer's disease. *Evid. Based Complement. Alternat. Med.* 3:642128.
11. Wang B.Q. 2010. *Salvia miltiorrhiza*: chemical and pharmacological review of a medicinal plant. *J. Med. Plants Res.* 4(25):2813-2820.
12. Wu L.K., H.B. Wang, Z.X. Zhang, R. Lin, Z.Y. Zhang and W.X. Lin. 2011. Comparative metaproteomic analysis on consecutively *Rehmannia glutinosa*-monocultured rhizosphere soil. *PLoS One.* 6(5): e20611.
13. Wu L.K., Z.F. Li, J. Li, A.K. Muhammad, W.M. Huang, Z.Z. Zhang and W.X. Lin. 2013. Assessment of shifts in microbial community structure and catabolic diversity in response to *Rehmannia glutinosa* monoculture. *Appl. Soil Ecol.* 67: 1-9.
14. Wu H., L. Wu, J. Wang, Q. Zhu, S. Lin, J. Xu, C. Zheng, J. Chen, X. Qin, C. Fang, Z. Zhang, S. Azeem and W. Lin. *Front Microbiol.* 2016. Mixed phenolic acids mediated proliferation of pathogens *Talaromyces helicus* and *Kosakonia sacchari* in continuously monocultured *Radix pseudostellariae* rhizosphere soil. *Front. Microbiol.* 7: 335.
15. Zhang C. L., Q. Sun and Q. Ye. 2005. Obstacle effect of continuous cropping on *Salvia miltiorrhiza* growth. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica.* 25(5):1029-1034.
16. Zhang Z.Y. and W.X. Lin. 2009. Continuous cropping obstacle and allelopathic autotoxicity of medicinal plants. *Chin. J. Eco. Agric.* 17: 189-196.