

· 资源与鉴定 ·

# 地膜覆盖垄式栽培对白花丹参产量及活性成分含量的影响

刘伟<sup>1</sup>, 张琳<sup>1</sup>, 周洁<sup>1</sup>, 刘建华<sup>1</sup>, 耿岩玲<sup>1</sup>, 王晓<sup>1\*</sup>, 李奉胜<sup>2</sup>

(1. 山东省科学院 中药过程控制研究中心, 济南 250014;

2. 莱芜紫光生态园有限公司, 山东 莱芜 271100)

**[摘要]** **目的:**研究地膜覆盖垄式栽培技术对山东白花丹参生长及其活性成分含量的影响,为丹参规范化栽培及质量提高提供理论依据。**方法:**对白花丹参的生物学特性进行田间统计,采用HPLC测定不同栽培模式条件下白花丹参中脂溶性成分(二氢丹参酮、隐丹参酮、丹参酮I、丹参酮II<sub>A</sub>)及水溶性成分(丹酚酸B、迷迭香酸)含量。**结果:**地膜覆盖垄式栽培技术可以明显提高丹参地下部鲜重及干重,分别比传统栽培模式提高18.20%,48.62%;地膜覆盖垄式栽培下的丹参地下部折干率比传统模式提高23.08%,地上部折干率降低6.13%;地膜覆盖垄式栽培下丹参脂溶性总成分含量为5.11 mg·g<sup>-1</sup>,比传统栽培模式下的丹参脂溶性成分含量(3.23 mg·g<sup>-1</sup>)高58.20%。地膜覆盖垄式栽培明显提高丹参中丹酚酸B的含量,与传统栽培模式相比提高16.06%。**结论:**地膜覆盖垄式栽培技术能有效促进白花丹参生长,显著提高白花丹参产量和活性成分含量,对丹参传统种植区域的生产具有重要指导意义。

**[关键词]** 白花丹参; 地膜覆盖垄式栽培; 产量; 活性成分

**[中图分类号]** R284.1; R282.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2015)03-0075-05

**[doi]** 10.13422/j.cnki.syfjx.2015030075

**[网络出版地址]** <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.3495.R.20141211.1527.013.html>

**[网络出版时间]** 2014-12-11 15:27

**Influence of Covering Plastic Mulch on Yield and Characteristics for *Salvia miltiorrhiza*** LIU Wei<sup>1</sup>, ZHANG Lin<sup>1</sup>, ZHOU Jie<sup>1</sup>, LIU Jian-hua<sup>1</sup>, GENG Yan-ling<sup>1</sup>, WANG Xiao<sup>1\*</sup>, LI Feng-sheng<sup>2</sup> (1. *Process Control Research Center of Traditional Chinese Medicine, Shandong Analysis and Test Center, Ji'nan 250014, China*; 2. *Laiwu Ziguang Ecological Co. Ltd., Laiwu 271100, China*)

**[Abstract]** **Objective:** This paper is to research the influence of covering plastic mulch on the yield and characteristics for *Salvia miltiorrhiza*, and the results will give a method to improve the cultivation and quality of the medicine plant. **Method:** The biological characteristic was investigated in the field. HPLC method was used to determine the liposoluble constituents (dihydrotanshinone, cryptotanshinone, tanshinone I, tanshinone II<sub>A</sub>) and water-soluble constituents (salvianolic acid B, rosmarinic acid) of the difference cultivation mode. **Result:** The fresh and dry weight was increased by 18.20% and 48.62% under the cultivated condition by covering plastic mulch compared to the traditional cultivation. Meanwhile, the drying rate of the root cultivated by covering plastic mulch was increased by 23.08% compared to the condition without covering plastic mulch, while the dry rate of the up ground was decreased by 6.13%. The contents of liposoluble constituents and salvianolic acid B in the root cultivated by covering plastic mulch were increased 58.20% and 16.06%, respectively. **Conclusion:** The growth of *S. miltiorrhiza* could be improved by covering plastic mulch, meanwhile, the yield and the contents of constituents were increased significantly.

**[Key words]** *Salvia miltiorrhiza*; covering plastic mulch cultivation; yield; active ingredient

**[收稿日期]** 20140926(001)

**[基金项目]** 国家自然科学基金项目(81102749,81303161);山东省科技发展计划项目(2012GSF119081);山东省自然科学基金项目(ZR2013HQ037);山东省科学院科技发展计划项目[科基合字(2011)第3号,(2012)第16号]

**[第一作者]** 刘伟,博士,副研究员,从事中药资源及栽培研究,Tel:0531-68606191,E-mail:liuweii0074@163.com

**[通讯作者]** \*王晓,博士,研究员,从事中药资源与中药化学研究,Tel:0531-82605304,E-mail:wangx@sdas.org

野生种白花丹参主要分布在山东泰沂山脉,为山东道地药材<sup>[1]</sup>。研究表明,白花丹参丹参酮Ⅱ<sub>A</sub>、丹酚酸含量较高<sup>[2]</sup>,其药理作用对血栓闭塞性脉管炎有独特疗效<sup>[3]</sup>。近几年,山东白花丹参的种植面积逐渐扩大,人工栽培主要分布在莱芜苗山、济南章丘及附近山区。丹参的人工栽培已开展多年,但人工栽培后的丹参药材质量有所降低<sup>[4-5]</sup>,产量也远远不能满足目前市场的需求。研究表明,栽培方式对丹参产量和品质的形成均有重要的影响作用<sup>[6-8]</sup>,目前白花丹参的产区主要为山地丘陵地区,土壤为沙壤土,有机质含量低,保水保肥性能差,昼夜温差大,尤其是在丹参苗期,夜晚温度为零度左右,易对丹参幼苗造成冻害,另外北方春季大风干燥的气候特点也使丹参幼苗的成活率降低,因此,亟需一种栽培技术改善环境条件以便提高该区域丹参幼苗的成活率以及后期的正常生长。地膜覆盖是我国农业生产中广泛应用的一项技术,目前在中药栽培中也有一定的应用,例如覆盖地膜能显著提高何首乌块根鲜重<sup>[9]</sup>等。近几年该技术在丹参栽培中也有所应用<sup>[10]</sup>。本研究以山东道地药材白花丹参为研究对象,采用地膜覆盖垄式栽培进行白花丹参规范化种植,研究新的栽培条件对白花丹参产量和品质的影响,为地膜覆盖垄式栽培技术在中药栽培中的应用提供理论依据,为丹参规范化种植提供参考。

## 1 材料

**1.1 仪器** 1200系列高效液相色谱仪(包括DAD检测器,Chemstation工作站(美国Agilent))。

**1.2 对照品** 二氢丹参酮、隐丹参酮、丹参酮Ⅰ和丹参酮Ⅱ<sub>A</sub>,丹酚酸B对照品(自制,纯度≥98%),迷迭香酸对照品(批号MUST-12020702,纯度≥98%,购自成都曼思特生物科技有限公司)。色谱纯甲醇,其余试剂均为分析纯。

**1.3 丹参样品** 白花丹参采集于山东莱芜苗山镇莱芜紫光生态园白花丹参种植基地,试验土地均为沙壤土,土壤基本理化性质为有机质0.75%,全氮0.06%,有效磷34.9 mg·kg<sup>-1</sup>,速效钾283 mg·kg<sup>-1</sup>,钙14 890 mg·kg<sup>-1</sup>,镁11 030 mg·kg<sup>-1</sup>,铁49 860 mg·kg<sup>-1</sup>,锰512 mg·kg<sup>-1</sup>,铜53 mg·kg<sup>-1</sup>,锌135 mg·kg<sup>-1</sup>。丹参生长周期为2011年7月份采集种子育苗,2012年4月移栽至大田中,2012年11月份采收样品。

试验设置3个处理:处理①为地膜覆盖垄式栽培,垄宽80 cm,高30 cm,垄间沟宽20 cm。种植时每个垄上种植丹参2行,行间距25~30 cm,株距15~20 cm,定植后浇水,覆土1~2 cm,用黑色聚乙

烯农用薄膜覆盖,待出苗后将苗上部薄膜剪口,方便幼苗生长。处理②为无地膜垄式栽培,处理方式如处理①,但定植后不覆盖薄膜。处理③为传统栽培,单垄种植,垄高20 cm,垄顶部宽25~30 cm,种植丹参1行,株距为15~20 cm。每个处理3个重复,每个重复种植3垄,面积为30 m<sup>2</sup>,处理之间设保护行,随机分布。采集样品时采用框图法,即制作1 m<sup>2</sup>的绳框,在每个地块中按对角线分别3点取样,计算每点的丹参株数,并对每株丹参进行调查。调查后的样品阴干,磨碎,装入封口袋中密封冷藏。原植物经山东中医药大学周凤琴教授鉴定为白花丹参 *Salvia miltiorrhiza*。

## 2 方法与结果

**2.1 色谱条件**<sup>[11]</sup> Inertsil-1 C<sub>18</sub>色谱柱(4.6 mm×250 mm, 5 μm),脂溶性成分测定条件:流动相0.2%乙酸(A)-乙腈(B)梯度洗脱(0~30 min, 55% B; 31~35 min, 100% B),检测波长270 nm,流速1.0 mL·min<sup>-1</sup>,柱温20℃,进样体积20 μL;水溶性成分测定条件:流动相0.1%乙酸(A)-乙腈(B)梯度洗脱(0~25 min, 5%~35% B; 26~30 min, 100% B),检测波长280 nm,流速1.0 mL·min<sup>-1</sup>,柱温20℃,进样体积20 μL,见图1,2。

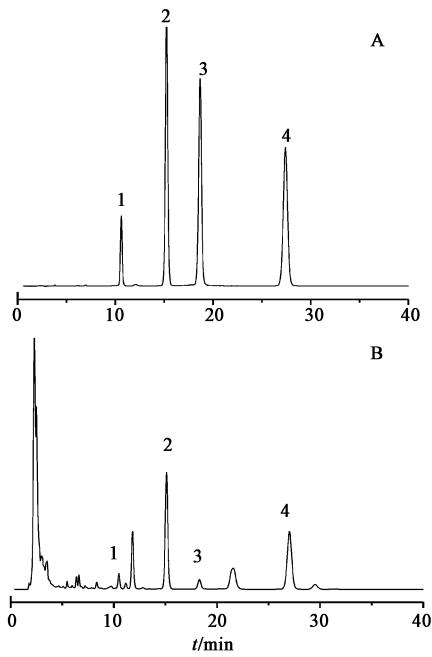
**2.2 对照品溶液的制备** 分别精密称取经减压干燥24 h后的二氢丹参酮0.8 mg,隐丹参酮3.7 mg,丹参酮Ⅰ3.8 mg,丹参酮Ⅱ<sub>A</sub>3.2 mg,溶于甲醇后配成混合溶液,定容至50 mL。另外配制浓度分别为3.0 g·L<sup>-1</sup>的丹酚酸B和迷迭香酸。

**2.3 供试品溶液的制备** 丹参脂溶性成分提取:取丹参粉末1.000 g,置磨口锥形瓶中,加入甲醇50 mL,精密称定质量,加热回流1 h,放冷后称重,用甲醇补足减损的质量,摇匀后过滤,过0.45 μm滤膜,即得。

丹参水溶性成分提取:取丹参粉末1.000 g,置磨口锥形瓶中,加入60%甲醇50 mL,超声30 min,过0.45 μm滤膜,即得。

**2.4 线性关系考察** 取上述混合对照品溶液,分别进样1, 3, 5, 8, 10, 15, 20 μL(脂溶性成分)和1, 2, 3, 4, 5 μL(水溶性成分),按2.1项下方法测定峰面积。以对照品进样量为横坐标(X),千分之一峰面积为纵坐标(Y),绘制标准曲线。见表1。

**2.5 不同栽培模式对丹参生长及产量的影响** 不同栽培模式对丹参生长及产量的影响见表2。可以看出,地膜覆盖垄式栽培可以明显提高丹参地下部鲜重及干重,分别比传统栽培提高18.20%和



A. 对照品; B. 样品; 1. 二氢丹参酮; 2. 隐丹参酮; 3. 丹参酮 I; 4. 丹参酮 II<sub>A</sub>

图 1 丹参脂溶性成分 HPLC

Fig. 1 HPLC figure of liposoluble constituents in *Salvia miltiorrhiza*

表 1 丹参活性成分标准曲线

Table 1 Standard curve of active ingredients in *Salvia miltiorrhiza*

名称	标准曲线	R <sup>2</sup>	线性范围/μg
二氢丹参酮	$Y = 910.76X - 3.359$	1.000 0	0.016 ~ 0.32
隐丹参酮	$Y = 5705.3X - 2.475$	1.000 0	0.074 ~ 1.48
丹参酮 I	$Y = 4636X - 0.572$	0.999 8	0.076 ~ 1.52
丹参酮 II <sub>A</sub>	$Y = 21135X - 8.875$	1.000 0	0.06 ~ 1.20
丹酚酸 B	$Y = 462.2X + 0.703$	0.999 9	1.5 ~ 30
迷迭香酸	$Y = 962.83X - 3.150$	0.999 3	0.075 ~ 1.5

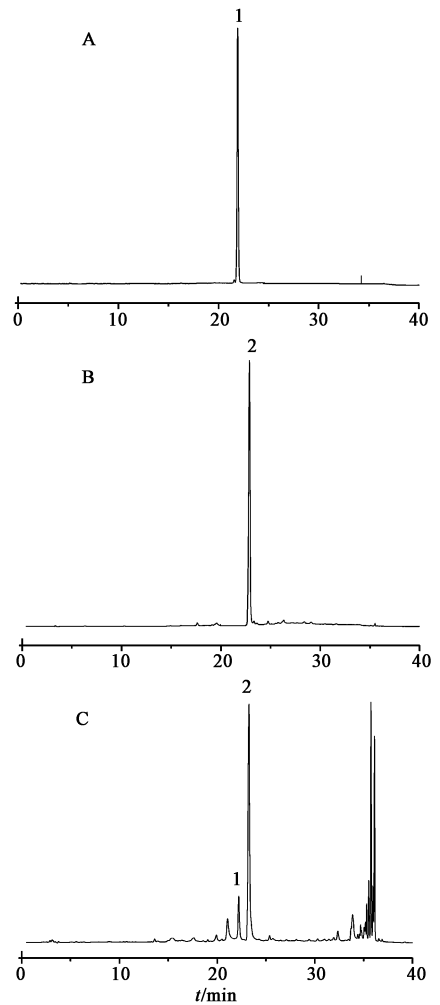
表 2 不同栽培模式对丹参生长及地下部产量的影响( $\bar{x} \pm s$ )

Table 2 Effect of cultivation on the growth and yield of *Salvia miltiorrhiza* ( $\bar{x} \pm s$ )

栽培模式	n	根长 /cm	根粗 /cm	分根数 /条	地下部鲜重 /g/株	地下部干重 /g/株	折干率 /%
地膜垄式	32	28.07 ± 8.50	0.65 ± 0.18	19.05 ± 6.10	297.72 ± 31.49	95.25 ± 11.50	0.32 ± 0.03
无地膜垄式	7	20.57 ± 0.96	0.57 ± 0.13	15.03 ± 3.48	255.30 ± 57.68	83.06 ± 18.02	0.33 ± 0.03
传统栽培	21	29.17 ± 2.97	0.67 ± 0.02	17.33 ± 2.83	251.87 ± 53.33	64.09 ± 12.19	0.26 ± 0.01

部鲜重和干重虽然有明显的降低,但是其根长、最大根粗和分根数却没有明显的下降。垄式栽培可以明显提高丹参的折干率,其中地膜覆盖垄式栽培下的丹参折干率比传统模式提高 23.08%。

表 3 为不同栽培模式对每株丹参地上部产量的影响。地膜覆盖垄式栽培可以明显提高丹参地上部



A, B. 对照品; C. 丹参样品; 1. 迷迭香酸; 2. 丹酚酸 B

图 2 丹参水溶性成分 HPLC

Fig. 2 HPLC figure of water-soluble constituents in *Salvia miltiorrhiza*

48.62%; 无地膜垄式栽培条件下,丹参根长、根粗和分根数明显降低,但在传统栽培模式下,丹参的地下

产量,地上部鲜重分别比无地膜垄式栽培处理和传统栽培处理的地上部鲜重高 24.30% 和 18.97%,但地膜覆盖垄式栽培条件下的丹参地上部干重比无地膜垄式栽培和传统栽培处理的干重降低 5.63% 和 6.13%; 地膜覆盖垄式栽培可以明显提高丹参地上部的含水量,使其干物质积累量下降。

表 4 为不同栽培模式对丹参脂溶性成分含量及产量的影响。地膜垄式栽培下丹参的脂溶性总成分含量为  $5.11 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , 分别比无地膜垄式栽培 ( $4.62 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ) 和传统栽培 ( $3.23 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ) 高 10.61% 和 58.20%。其中影响最大的为二氢丹参酮和隐丹参酮, 新栽培模式下丹参中两种成分的含量分别比传统栽培条件下高 69.61% 和 73.43%。

地膜覆盖垄式栽培下的脂溶性成分以隐丹参酮的产量最高, 平均每株丹参的产量为 236.1 mg, 分

别比无地膜垄式栽培和传统栽培高 39.46% 和 157.47%; 二氢丹参酮在根部的产量在地膜垄式栽培条件下为每株 164.4 mg, 分别比无地膜垄式栽培和传统栽培高 31.00% 和 152.53%; 丹参酮 II<sub>A</sub> 的产量以无地膜覆盖垄式栽培最高, 平均每株为 60.2 mg, 其次为地膜覆盖垄式栽培和传统栽培。地膜垄式栽培条件下的脂溶性成分的总产量为每株 486.1 mg, 分别比无地膜垄式栽培条件 (383.1 mg) 和传统栽培 (204.0 mg) 高 26.89% 和 138.28%。

表 3 不同栽培模式对丹参地上部产量的影响

Table 3 Effect of cultivation on the up-ground biomass of *Salvia miltiorrhiza*

栽培模式	n	地上部鲜重/g	地上部干重/g	折干率/%
地膜垄式	32	138.60 ± 24.06	51.65 ± 14.12	0.37 ± 0.05
无地膜垄式	7	111.50 ± 18.07	54.73 ± 10.09	0.49 ± 0.02
传统栽培	21	116.50 ± 73.32	55.02 ± 24.11	0.51 ± 0.10

表 4 不同栽培模式对丹参脂溶性成分含量的影响 ( $\bar{x} \pm s$ )

Table 4 Effect of cultivation on the content of liposoluble constituents in *Salvia miltiorrhiza* ( $\bar{x} \pm s$ )

栽培模式	n	二氢丹参酮		隐丹参酮		丹参酮 I		丹参酮 II <sub>A</sub>	
		含量/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	总量/mg	含量/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	总量/mg	含量/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	总量/mg	含量/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	总量/mg
地膜垄式	32	1.73 ± 0.29	164.4 ± 27.2	2.48 ± 0.41	236.1 ± 39.2	0.31 ± 0.08	29.1 ± 7.9	0.59 ± 0.14	56.5 ± 13.3
无地膜垄式	7	1.51 ± 0.13	125.5 ± 10.5	2.04 ± 0.10	169.3 ± 8.6	0.34 ± 0.03	28.1 ± 2.5	0.73 ± 0.06	60.2 ± 4.8
传统栽培	21	1.02 ± 0.29	65.1 ± 18.3	1.43 ± 0.36	91.7 ± 22.9	0.24 ± 0.01	13.5 ± 5.1	0.54 ± 0.04	33.7 ± 2.4

丹酚酸 B 主要集中在丹参根部, 地膜覆盖垄式栽培能明显提高丹参中丹酚酸 B 的含量, 与无地膜垄式栽培模式和传统栽培模式相比分别提高 59.24% 和 16.06%, 但地膜覆盖垄式栽培模式条件下地上部丹酚酸 B 的含量与其他两个处理差异不

明显; 迷迭香酸在地上部和地下部的含量差异不明显, 但地膜覆盖垄式栽培技术能明显提高丹参不同部位中的迷迭香酸含量, 其中地下部比其他两个处理分别高 98.45% 和 31.62%, 地下部比其他两个处理分别高 60.00% 和 97.73%。见表 5。

表 5 不同栽培模式对丹参水溶性成分含量的影响 ( $\bar{x} \pm s$ )

Table 5 Effect of cultivation on the content of water-soluble constituents in *Salvia miltiorrhiza* ( $\bar{x} \pm s$ )

栽培模式	n	地下部				地上部			
		迷迭香酸		丹酚酸 B		迷迭香酸		丹酚酸 B	
		含量/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	总量/mg	含量/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	总量/mg	含量/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	总量/mg	含量/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	总量/mg
地膜垄式	32	6.41 ± 1.02	611 ± 96.9	122.23 ± 10.44	11 642 ± 994.5	6.96 ± 0.69	663 ± 70.4	5.93 ± 1.72	565 ± 154.4
无地膜垄式	7	3.23 ± 0.43	238 ± 95.4	76.76 ± 12.13	6 376 ± 1007.6	4.35 ± 1.46	362 ± 118.6	5.19 ± 0.35	430.9 ± 78.5
传统栽培	21	4.87 ± 0.40	312 ± 25.7	105.32 ± 9.45	6 750 ± 605.6	3.52 ± 0.54	226 ± 44	5.12 ± 0.52	328 ± 46.1

地膜覆盖垄式栽培条件下丹参地下部迷迭香酸的产量为每株 611 mg, 分别是无地膜垄式栽培条件和传统条件下迷迭香酸产量的 2.57 倍和 1.96 倍; 丹参地上部迷迭香酸的产量与地下部差异不明显, 地膜覆盖垄式栽培条件下丹参地上部的迷迭香酸产量为每株 663 mg, 分别是无地膜垄

式栽培条件和传统条件下迷迭香酸产量的 1.83 倍和 2.93 倍; 丹酚酸 B 的产量以地下部为主, 地膜覆盖垄式栽培条件下丹参地下部的丹酚酸 B 产量为每株 11 642 mg, 分别是无地膜垄式栽培条件和传统条件下迷迭香酸产量的 1.83 倍和 1.72 倍。

### 3 讨论

地膜覆盖技术是一种保护性栽培方式。采用该项技术可以达到保墒、增温、保持土壤疏松,防止肥料流失,促进微生物活动,增强土壤的通透性等作用<sup>[12]</sup>。目前,地膜覆盖技术在中药材生产中也得到一定的应用,例如三七生产上采用地膜覆盖栽培技术可显著提高三七产量和经济效益<sup>[13-16]</sup>。在黑色地膜覆盖条件下生长的桔梗侧根数增多、单根鲜重增大,但是侧根数的增多导致桔梗根的外观质量下降<sup>[17]</sup>;通过地膜覆盖栽培云木香,可使其出苗率达到 90% 以上,2 年生的主根长达 20.36 ~ 42.71 cm,最大根粗达到 3.37 ~ 5.40 cm,产量达到 10 032 kg·hm<sup>2</sup><sup>[18]</sup>。本研究结果表明,地膜垄式栽培模式可以明显提高丹参地下部鲜重及干重,分别比传统栽培模式提高 18.20%, 48.62%, 比无地膜覆盖垄式栽培提高 16.62%, 14.68%; 相对于传统栽培和无地膜垄式栽培,丹参根长、最大根粗和分根数没有明显的下降,表明地膜覆盖垄式栽培条件下丹参根茎较粗的分根占得比例较大,从而提高了丹参的产量。

黄璐琦等<sup>[19]</sup>提出环境胁迫可能会刺激植物次生代谢产物的积累,从而导致道地药材的形成。使用地膜后,丹参根部与地上部环境隔离,降雨和高温蒸发对土壤含水量影响不明显,地膜能保持土壤水分稳定,所以,对丹参影响最大的应该为土壤的温度,覆盖黑色地膜后,由于地膜对阳光的吸收作用,丹参土壤的温度会在白天急剧上升,由于丹参种植区域的土壤类型为沙壤土,保温性能差,在夜晚土壤温度会急剧下降,从而造成丹参土壤昼夜温差变大,对丹参次生代谢物的合成起到一定的促进作用。实验结果表明,采用地膜覆盖后,地膜覆盖垄式栽培模式下丹参的脂溶性总成分含量为 5.11 mg·g<sup>-1</sup>,比传统栽培模式下的丹参脂溶性成分含量(3.23 mg·g<sup>-1</sup>)高 58.20%,比无地膜垄式栽培(4.62 mg·g<sup>-1</sup>)高 10.61%,除此之外,丹酚酸 B 的含量与传统栽培模式相比提高 16.06%,比无地膜覆盖垄式栽培提高 60.82%。

目前,丹参生产中存在严重的连作障碍问题,造成丹参产量和品质下滑,在传统种植区域和种植面积不变的情况下如何提高丹参的产量和品质是急需解决的瓶颈问题。本研究结果表明,使用地膜覆盖技术可以明显提高丹参产量和品质,而且便于实际生产中的操作,对丹参传统种植区域的生产具有重要指导意义。

#### [参考文献]

[1] 王峰祥, 闫永亮, 毛淑敏, 等. 白花丹参野生资源濒危

保护和开发利用研究[J]. 中国现代中药, 2009, 11(8):17-18.

[2] 李志田, 杨保津. 白花丹参化学成分的研究[J]. 药理学学报, 1991, 2(3):209.

[3] 闫永亮, 毛淑敏, 王峰祥, 等. 人工种植白花丹参最佳采收期的初步研究[J]. 中国现代中药, 2009, 11(7):12-14.

[4] 王渭玲, 梁宗锁, 孙群, 等. 丹参高产栽培优化配方施肥技术研究[J]. 西北植物学报, 2004, 24(1):130-135.

[5] 胡璟华, 马凤彩, 王瑾. 不同生长条件下丹参的质量比较研究[J]. 解放军药理学学报, 2003, 19(3):219-220.

[6] 陈向东, 兰进, 李先恩, 等. 不同种植模式下丹参质量研究[J]. 中药材, 2011, 34(1):8-11.

[7] 范令刚, 李松涛, 孔青. 地形与土壤状况对丹参种植方式的影响[J]. 齐鲁药事, 2011, 30(1):3-4.

[8] 韩守萍, 倪大鹏, 朱京斌, 等. 种植方式和密度对丹参生长发育及产量的影响[J]. 山东农业科学, 2009, 11(4):556.

[9] 陈刚, 赵致, 王华磊, 等. 地膜覆盖对何首乌生长及其田间杂草防控效果的影响[J]. 山地农业生物学报, 2013, 32(1):92.

[10] 朱小强, 康书平, 周绪朋. 丹参秋季播种覆盖栽培技术研究[J]. 陕西农业科学, 2009(5):27-28.

[11] 刘伟, 刘建华, 周洁, 等. 不同生长年限对丹参活性成分含量的影响[J]. 中国现代中药, 2012, 14(11):37-41.

[12] 韩淑艳, 侯妮霞, 朱丽丽. 北方花生地膜覆盖高产栽培技术[J]. 北方园艺, 2009(3):164.

[13] 崔秀明, 王朝梁, 贺承福. 三七地膜育苗研究[J]. 中国中药杂志, 1992, 17(9):526-527.

[14] 崔秀明, 王朝梁, 贺承福, 等. 三七有色地膜覆盖栽培初步研究[J]. 中药材, 1992, 15(7):6.

[15] 崔秀明, 王朝梁, 贺承福, 等. 三七地膜覆盖栽培研究[J]. 中药材, 1993, 16(11):3-6.

[16] 方艳, 金航, 崔秀明, 等. 文山三七地膜覆盖栽培关键技术[J]. 云南农业科技, 2010(4):43-45.

[17] 严一字, 朴锦, 金山山, 等. 黑色地膜覆盖对桔梗根部主要性状的影响[J]. 江苏农业科学, 2010(4):249-251.

[18] 康平德, 和世平, 陈翠, 等. 云南丽江云木香地膜覆盖规范化栽培技术[J]. 中国现代中药, 2012, 14(3):36-38.

[19] 黄璐琦, 郭兰萍. 环境胁迫下次生代谢产物的积累及道地药材的形成[J]. 中国中药杂志, 2007, 3(4):277-280.