

中国协和医科大学

硕士学位论文

丹参有效成分的积累及其与生态因子的关系

姓名：贺玉林

申请学位级别：硕士

专业：生药学

指导教师：李先恩

20070601

摘要

丹参为常用大宗药材，种植面积大，产地多，范围广，药材质量参差不齐。本文通过多点多品种（系）的田间试验，研究丹参有效成分的积累及其与土壤和气象因子之间的关系，得出结果如下：

1、同一产地不同丹参品种（系）之间其有效成分迷迭香酸、丹酚酸 B、丹参酮 I、隐丹参酮、丹参酮 II_A 等的含量存在显著性差异，表明丹参有效成分的积累与遗传基因密切相关。各品种的有效成份含量变异都较大，且脂溶性成分的变异程度大于水溶性成分。其中水溶性成分迷迭香酸的含量变异程度大于丹酚酸 B。

2、同一丹参品种（系）在不同产地种植其有效成分迷迭香酸、丹酚酸 B、丹参酮 I、隐丹参酮、丹参酮 II_A 等的含量存在显著性差异，表明丹参有效成分的积累与产地密切相关。同一丹参品种（系）在不同产地的变异程度不同，其中品种（系）99-2、99-4 和 shh 的变异程度大于其它品种（系）。不同产地水溶性成分迷迭香酸的含量变异程度大于丹酚酸 B，脂溶性成分隐丹参酮含量变异程度大于丹参酮 I 和丹参酮 II_A。水溶性成份中丹酚酸 B 的含量变异程度小于脂溶性成分，迷迭香酸的变异成分程度和脂溶性成分差异不大。

3、丹参有效成分的含量与土壤因子的相关性分析结果表明，丹参有效成分的积累与土壤因子之间的关系存在基因型差异，脂溶性成分与水溶性成分积累与土壤因子的关系有明显的不同。Fe、Mo、Co、Tl、As 和 U 等矿质元素的含量与 99-2、99-4、99-5、Ds-2000、shh 等丹参品种（系）的脂溶性成分含量存在显著正相关。而与品种（系）99-3 和 05-chx 相关不显著。99-2、99-3、99-5、Ds-2000、05-chx、shh 等丹参品种（系）水溶性成份含量与大多数矿质元素含量不相关，而品种（系）99-4 与 Cu、As、Mo、Tl、Pb、Th、U 等矿质元素显著正相关。

4、丹参有效成分含量与气象因子的相关分析结果表明，丹参有效成分的积累与气象因子之间的关系存在品种间的差异，品种（系）不同，相关的气象因子亦有所不同。9 月份高温不利于丹参有效成分的积累，而 9 月的降雨量、空气湿度和土壤湿度有利于丹参有效成分的积累。

关键词：丹参，土壤因子，气象因子，生态因子，基因型

Abstract

Medicinal materials in common used, *Radix Salviae Miltiorrhizae*, grows in large amount at many areas. But the quality is not instability. This paper was conducted to investigate the performance of seven medicinal varieties at five ecological sites. We study the relations of the main contents of *Radix Salviae Miltiorrhizae* and soil condition, and between the meteorological factors. The results showed that:

1. The content of *Radix Salviae Miltiorrhizae* at the same habitats were markedly various from different genotype, this indicates the correlation between the content and the genotype of *Radix Salviae Miltiorrhizae*. The variation of fat-soluble ingredients was markedly different from each other. The variation of water-soluble ingredients was less than that of fat-soluble ingredients, The variation of rosmarinic acid ingredients was less more that of Salvianolic acid B.

2. The content of same genotype *Radix Salviae Miltiorrhizae* the same were markedly various in different region. This indicates the correlation between the content and the habitats of *Radix Salviae Miltiorrhizae*. The variation of fat-soluble ingredients was markedly different from each other. The variation of "99-2", "99-4" and "shh" was less than others genotype, The variation of rosmarinic acid ingredients at different habitats was less more that of Salvianolic acid B, and the variation of cryptotanshinone ingredients was more than that of tanshinone I and tanshinone II_A. The variation of rosmarinic acid was less than that of fat-soluble ingredients, The variation of Salvianolic acid B ingredients was indistinctive from that of Salvianolic acid B.

3. Investigated the relationship laws between the main content of medicine plant and soil condition. The relationship were markedly various from different genotype. The correlation between fat-soluble and soil condition is different from that of water-soluble. The correlation between mineral elements (Fe, Mo, Co, Tl, As, U) and the main content of "99-2", "99-4", "99-5", "Ds-2000", "shh" is markedly in the positive, but "99-3", "05-chx" are opposite. The water-soluble ingredients in different genotype of *Radix Salviae Miltiorrhizae* except "99-4", don't have significant with the mineral elements.

4. Investigated the relationship laws between the main content of medicine plant and meteorological factors. The relationship were markedly various from different genotype. Rainfall and soil humidity in september were propitious to the accumulating of the main content in *Radix Salviae Miltiorrhizae*.

Abstract

Key Word: Radix *Salviae Miltiorrhizae*, soil condition, meteorological factors,
Environment Factors, genotype

前言 (Introduct)

丹参是我国常用大宗药材，在我国分布甚广，由于不同地区的光照、温度、水分、肥力、土壤类型、种植制度、生产水平等因素的不同，即使是同一品种在不同生态条件下种植，其品质性状也会发生较大变化。品质生态学主要研究品质差异与生态环境因子以及与人工控制因子之间关系。品质生态学研究已在玉米、水稻、小麦等农作物中广泛开展，并为不断提高农产品的品质提供了新的技术途径，而品质生态学在药用植物方面的研究较少，且不够深入。生态因素与农作物的产量和品质形成之间的关系作了较多的研究，但大多数工作针对是作物的产量和初生代谢产物（蛋白质、糖和脂肪等）。药用植物的药效物质基础是次生代谢产物，有关生态因素与药材有效成分（次生代谢产物）之间的关系研究报道较少。

药材的有效成分由遗传和生态环境（包括栽培技术）两大因素决定。生态因子是药材品质形成的基本条件和重要因素。产地生态环境主要包括气象因素和土壤因素，其中气象因素有年总、年平均及月均气温、积温、日较差、日照时数和降雨量等，土壤因素包括土壤质地、土壤 PH 值、土壤有机质和土壤养分含量等。在丹参的整个生长过程中各生态因子并不是孤立地发挥作用，而是彼此之间相互联系、相互促进、相互制约。每个生态因子在丹参的有效成分积累方面决不是起同等重要的作用，而是在不同的时段内表现为不同的作用强度（大小）。在如此众多的因素中，影响丹参有效成分积累最主要的生态因子是什么？它们之间存在怎样的量化关系？这些问题的研究有助于揭示丹参有效成分积累的规律，为调节和控制丹参的质量及安全利用奠定基础。

本研究将利用选育的遗传稳定且性状相对一致的丹参优良品系为品种（系）（不同产地栽培繁殖用种源），在保证种源遗传背景相对一致（同一基因型）的条件下研究生态因子对丹参药材有效成分积累的影响。拟采用多点（不同的生态条件）田间试验设计，在统一的栽培管理下，根据不同试验点（产地）的气候和土壤条件的不同及所形成的丹参有效成分含量的差异，通过多角度、多层次的分析，揭示生态因素与丹参有效成分积累之间的规律性，为丹参实施生产质量管理规范（GAP）和药材的质量控制提供理论依据。

文献综述

第一节 丹参概况

丹参 (*Salvia Miltiorrhiza* Bge.) 为唇形科鼠尾草属植物, 根及根茎入药。又名: 紫丹参、红根、血参、大红袍等。味苦, 性微寒。具有祛瘀止痛, 活血调经, 清心除烦。用于治疗月经不调, 经闭痛经, 产后瘀阻腹痛, 痈肿肿痛, 关节酸痛, 心烦不眠; 肝脾肿大, 心绞痛。近代医学临床证明, 丹参有扩张血管与增进冠状动脉血流量的作用, 治疗冠心病、心绞痛、心肌梗塞、心动过速等症有显著的疗效; 还用来治疗慢性肝炎、早期肝硬化等症, 亦有良好的效果。丹参为医药工业的重要原料, 需求量大, 目前全国各地都有人工栽培。丹参广泛分布于华北、华东、中南、西北, 西南部分省区也有分布。野生资源减少的同时, 全国许多地区开展丹参的引种栽培, 主产于四川、河北、山东、山西、安徽、陕西、江苏等省。

1 本草考证

丹参始载于我国最早的药书《神农本草经》, “主心腹邪气, 肠鸣幽幽如走水, 寒热积聚; 止烦渴, 益气。”被列为上品。北魏《吴普本草》载: “治心腹痛”。表明丹参自古即用于治疗热症与肠鸣, 泻除肠内积聚物与腹中湿热之邪气。列为上品表明它无毒并作清补之用。以后随着中医实践的发展, 人们逐渐转向丹参可养血, 调经, 安神, 并可治风邪热症。明代《本草纲目》载: “活血, 通心包络, 治疝痛。”按《妇人明理论》云: “四物汤治妇人病, 不问产前产后经水多少, 皆可多用, 惟一味丹参散, 主治与之相同, 盖丹参能破宿血, 补新血, 安生胎, 落死胎, 止崩中带下, 调经脉, 其功大类当归、地黄、芍药故也。”清代《本草逢原》记有: “丹参本经治心腹邪气, 肠鸣幽幽如走水等疾, 皆积血内滞而化为水之候。止烦漫益气者, 淤积去而烦漫愈, 正气复也。”即在《神农本草经》对丹参描述的基础上进一步强调了丹参在活血化瘀、养血、安神、调妇人经血、止崩带下及治疗肿瘤的功效, 并记述一味丹参散即可用于治疗妇科疾病。

2 丹参生态环境和生长特性

丹参性喜湿润, 适宜种植在土层较厚、土质肥沃、疏松、通气良好的砂质土中。对土壤气候适应性强、喜气候温和、阳光充足、空气湿润的环境。如光照不足, 气温偏低, 幼苗生长缓慢, 植株发育不良。丹参耐旱, 怕涝。适宜在年平均气温 17.1℃, 平均相对湿度 77% 的条件下生长发育良好, 在气温 -5℃ 时, 茎叶受冻害; 地下根部能

耐寒，可露天越冬，幼苗期遇到高温干旱天气，生长停滞或死亡。丹参为深根植物，在土壤深厚肥沃，排水良好，中等肥力的砂质壤土中生长发育良好。土壤过于肥沃，根部生长不壮实；在水涝、排水不良的低洼地会引起烂根。土壤酸碱度近中性为好。过沙或过粘的土壤丹参生长不良。

野生种多见于山坡、草丛、沟边、林缘、路边等阳光充足较湿润的地方，春季地温 10℃ 时开始返青，在气温低的地区，植株生长发育不良，幼苗出土亦慢，温度 20℃ -26℃，相对湿度 80% 时生长旺盛，丹参植株返青后，3-4 月茎叶生长较快，果实成熟后植株枯死，倒苗后重新长出新芽和叶片，进入第二次生长，母株一般生 3-5 个分株，从 4 月上旬开始分枝，并陆续抽出花序，秋季花序少，只有春季的三分之一，7-8 月日照时间长有利根部生长。秋季气温降至 10℃ 以下时，地上部分开始枯萎，丹参耐寒，在北方能露地越冬，根在 -15℃ 的情况下可安全越冬，但怕旱又怕涝，低洼积水易引起烂根。种子在 18-22℃ 时，15 天左右可出苗，陈种发芽率极低，根段在地温 15℃-17℃ 时开始萌生不定芽，根段上部发芽发根均较下部早。

3 丹参主要化学成分

丹参的化学成分主要有两大类：脂溶性的丹参酮类化合物和水溶性的酚酸类化合物。

3.1 脂溶性成分

属醌、酮型结构的有：丹参酮 (tanshinone) I、II_A、II_B、V、VI，隐丹参酮 (cryptotanshinone)，异丹参酮 (isotanshinone) I、II、II_B、异隐丹参酮 (isocryptotanshinone)，羟基丹参酮 II_A (hydroxytanshinone II_A)，丹参酸甲脂 (methyltanshinonate)，亚甲基丹参醌 (methylenetanshinone) [1]，二氢丹参酮 I (dihydrotanshinone I)，丹参新醌 (danshexinkum) A、B、C、D [2]，二氢异丹参酮 I (dihydroisotanshinone I) [3]，去羟新隐丹参酮 (deoxyneocrptotanshinone)，代号为 Ro-090680 的 2-异丙基-8-甲基菲-3, 4-二酮 (2-isopropyl-8-methylphenanthrene-3, 4-dione) [4]，去甲丹参酮 (nortanshinone)，丹参二醇 (tanshindiol) A、B、C，丹参新酮 (miltirone) 等。

3.2 水溶性成分

酚性酸化合物有：丹参素 (Danshensu)，丹参酚酸 (salvianolic acid) A、B、C、D、E、G；迷迭香酸 (rosmarinic acid)，迷迭香酸为丹参素与一分子咖啡酸 (caffeic

acid) 结合而成, 丹酚酸 A 为丹参素与两分子咖啡酸缩合而成, 丹酚酸 B 为三分子丹参素与一分子咖啡酸缩合而成, 丹参酸 C 是 2 分子丹参素的缩合物。此外, 还有迷迭香酸甲酯(methyl rosmarinate), 紫草酸单甲脂 (methyl lithospermate), 紫草酸二甲酯 (dimethyl lithospermate), 紫草酸乙酯 (ethyl lithospermate), 紫草酸 B (lithospermic acid B), 原儿茶醛 (protocatechuic aldehyde), 咖啡酸, 异阿魏酸 (isoferulic acid) 等。

4 丹参的药理作用

丹参有祛瘀止痛, 活血通经, 清心除烦等功效。现代药理学的研究表明, 它有多方面的药理作用。(1) 抗氧化作用: 张力等报道, 丹参素为超氧阴离子($O_2^{\cdot-}$)清除剂, 其清除的作用优于超氧化物歧化酶(SOD)^[6]; (2) 抗凝及抗血栓作用: 丹参具有改善微循环障碍及降低血浆乳酸含量, 提高机体抗凝和抗纤维化作用, 抑制体外血栓形成的作用^[7]; (3) 抗心脑血管缺血作用: 丹参水提物对丙肾上腺素, 氯化钡及冠状动脉结扎所致大鼠心肌缺血和心律失常均有明显防治作用^[8]; (4) 调血脂抗动脉粥样硬化的作用: 丹参素具有抑制细胞内源性胆固醇合成和抗脂蛋白氧化作用, 从而防止氧化脂蛋白对细胞的损伤^[9]; (5) 抗炎及增加免疫功能的作用^[10]: 丹参素可显著延长小鼠耐缺氧时间, 显著抑制大鼠腹巨噬细胞产生 PGE2 及 XB2 具有免疫增强作用^[11]; (6) 抗肝纤维化, 对肝、肺、肾损伤的保护作用: 肝纤维化是各种病因导致肝硬化的基础, 故对慢性肝病除强调病因治疗外, 还应加强对纤维化的治疗, 以减缓或逆转其病理过程。丹参能提高血液携氧能力有效地减轻低氧所致的心脑肾等重要脏器的损伤, 为高原病的防治提供了依据^[12]; (7) 镇静作用: 丹参素是中枢镇静的有效成分之一, 对抗苯丙胺精神运动兴奋作用较显著^[13]; (8) 其它作用: 丹参酮对于菌苗致热的家兔有解热的作用, 小鼠实验表明, 丹参酮有较温和的通过卵巢作用的雌激素活性。丹参还有促进创伤愈合及抗胃溃疡的作用^[14]。

5 丹参的资源应用与利用现状

近年来对丹参的应用有较大发展, 如用本品治疗脑栓塞、宫外孕、冠心病、风湿病、心脏病、心绞痛、慢性肝病、肝硬化、脉管炎、破皮病等均取得了良好的效果, 且在剂型制备方面, 近年又发展了几种新剂型, 如复方丹参滴丸、丹参注射液、复方丹参片、复方丹参胶、丹参多相脂质体、复方丹参膏、复方丹参雾剂、滴剂、复方丹参酊等。此外, 由于丹参含有维生素及微量元素锌、铜等, 因此能促进毛发黑色素的

生成，也能改善因微量元素缺乏而造成的白发、黄发、头发干燥等症。另外，丹参还具有美容作用，可将其添加于化妆品中或与其它天然药物配合应用，有止痒、去屑、防治脱发、乌发、润发、增强皮肤弹性等多种功能，可用于研制生产各种养发、乌发、护发的系列保健产品。此外丹参酮为红色色素，且清除氧自由基优于SOD，在化妆品生产方面也有一定开发潜力。

第二节 药用植物品质与生态因子关系的研究进展

药用植物的药效活性成分，大多是植物的次生代谢化合物。植物的次生代谢物是植物在长期进化中与环境（生物的和非生物的）相互作用的结果。次生代谢产物在植物提高自身保护和生存竞争能力、协调与环境关系方面充当重要的角色，其产生和变化比初生代谢产物与环境有着更强的相关性和对应性^[15, 16]。要提高中药材的产量和品质，一方面要选育优质、高产、抗病虫害的优良品种，另一方面还要研究主要生态因子对中药材产量、品质的影响，确定药材适宜生长的区域，建立优质生产基地。

我国历代医家十分重视药材的品质与产地的关系，古人云“离其本土，则质同而效异”^[17]，“本土”显然是指产地的土壤和气候等生态环境，说明药材的品质形成与生态环境密切相关。药用植物品质与生态因子关系研究可以为中药材优质栽培、育种提供理论依据，为中药材实施生产质量管理规范（GAP）和药材的质量控制，建立中药材优质生产基地提供理论依据。

1 药用植物品质与生态因子关系研究

药用植物品质是植物在一定生态条件和栽培技术下的综合表现，不同的生态环境下，具有不同的品质表现，除受本身的遗传因素决定外，还受生态条件（诸如光照、水分、温度等）影响，这是内因（基因型、生理生化过程）和外因（生态环境、农艺措施）综合作用的结果。

1.1 药用植物品质与地理因子关系研究

地形、地貌对中药资源虽不发生直接影响，但能制约光照、温度、水分等自然因子，所以对药用植物的生存仍起着决定性作用。地形的变化可引起气候及其他因子的变化，从而影响药用植物资源的种类与分布。原产地的生态条件影响着品种的进化。制约着品种选育目标、方法；地理纬度、海拔高度及栽培年份及生态条件是从外界环境条件方面影响品种（基因型）的表现。地理因子恰是通过内因和外因这两方面而影

响着药用植物品质的表现。

1.2 药用植物品质与气象因子关系研究

1.2.1 光照

日照时数、光照的质量和强度是影响植物生长的最重要因素之一。

朱仁斌^[18]等在对皖西西洋参人参皂甙含量的研究中发现海拔 530-850 米的范围内,年日照时数随海拔高度逐渐增加,总皂苷含量呈线性增加,由 6.75%上升到最大值 8.72%。在海拔 850-1000 米的范围内,由于形成了强云雾带,年日照数大为减少,西洋参总皂甙含量下降较快,平均每 100 米下降约 1.38%。

植物对于光谱中波长范围约在 400-700 nm 之间的区域非常敏感,该波长范围内的光被称促进光合作用的辐射,简称 PAR。园艺学家认为 450nm 的蓝光对于植物叶片和根系的生长具有极其重要的作用,600-700nm 的红光却有利茎的生长,并促进植物的开花和叶绿素的形成。

光强对不同的药用植物有效成分的积累影响是不同的,有的是促进作用,有的起抑制作用。张治安^[19]等研究发现在 20% 的荫棚透光率时人参皂苷含量最高,为干重的 4.5%。颠茄在露天栽培时的阿托品含量为 0.703%,而在荫蔽条件下则为 0.38%。

1.2.2 温度

温度对植物生长发育的影响,不仅在于温度本身,还在于它会引起其它生态因子的变化,如湿度、蒸发、土壤水分等,从而使生态因子的综合作用发生变化,进而影响植物的生长发育和产量。

在通常情况下,适温有利于无氮物质如糖、淀粉等的合成,高温却有利于生物碱、蛋白质等含氮物质的合成。如颠茄、金鸡纳等植物体内生物碱的含量与年平均温度的高低呈正相关性。欧乌头 (*Aconitum napellus*) 在高温条件下含乌头碱,在寒冷低温时则变为无毒^[20]。可以看出,药用植物的生长及有效成分的积累与温度关系很大,只有一定的温度范围才是最适合,过高或过低都不利于植物的生长和有效成分的形成。

1.2.3 水分

水分在植物生命活动中是必需的,不同水分状况下,植物体内的生理生化过程会受到不同程度的影响,从而会影响植物体内的次生代谢过程,进而影响有效成分的积累。在干旱胁迫下,植物组织中次生代谢物的浓度常常上升。对某些耐旱植物的研究,

发现其脱落酸和脯氨酸含量较高^[21、22]。

土壤水分可影响营养物质的有效性，土壤的强度、通气性、细胞膨压以及地上光合能力和有机物向根系的分配，因此土壤水分状况经常直接或间接地显著影响着根系的生长发育，是影响根系生长和分布的最重要因素之一^[23]。

杜茜^[24]等研究表明土壤水分在 12%时甘草中甘草酸含量最低，质量最差，低于此值，含量升高，而土壤水分高过 14%时反而下降。孟繁莹等^[25]指出西洋参全生育期土壤相对含水量为 80%时，对参根增重最为有利。

1.3 药用植物品质与土壤因子关系研究

土壤条件影响植物的矿质营养、水分以及空气的供给与植物的生长密切相关，不同土壤的物理，化学性质以及所含的各种元素和 pH 值对药材的生长发育及有效成分都有很大影响^[26]。

郭兰萍等^[27]等对不同产地，相同立地环境下栽培与野生，及不同生长年限栽培苍术根际区土壤全氮、碱解氮、有效磷、有效钾、有机质及 pH 进行分析发现存在有显著差异。

1.3.1 土壤质地

不同类型的土壤具有不同的保水能力和通透性，而不同的药用植物对土壤保水性能和通透性的要求有所不同。因而根据具体的生理需要选择土壤。土壤的物理结构影响植物根系的生长发育，所以在不同土壤中根类药用植物根系的生长状况不同。一般土壤砂性越强，其根系越发达，这对药用植物的产量有一定影响。沙土通透性较好，但保水保肥能力不强，根类药用植物中北沙参适宜在沙土中生长；粘土保水保肥能力高，但通透性差，不适于根类药用植物生长；壤土既改进了沙土的保水保肥差的特点又去除粘土的通透性差的弊端，对根及根茎类的药用植物栽培是较为理想的土壤类型^[28]。

1.3.2 大量元素

中药材生长所需的营养元素有氮、磷、钾等 10 多种，缺乏或不足都会影响植物的生长发育和内外在品质。

曹庸等^[29]对影响虎杖白藜芦醇含量变化的矿质营养 8 个元素进行主成分分析，得出了“钙因子”、“钠因子”为影响虎杖白藜芦醇含量动态变化的主成分。王文杰^[30]等研究发现氮肥、磷肥能不同程度地提高伊贝母生物碱的含量，而钾肥则减少其含量。

韩建萍等^[31]研究表明施氮有利于丹参产量的增加,施磷有利于丹参素和丹参酮II_A的积累。

另外,施肥对药用植物的有效成分含量以及体内酶活方面的影响也有报道。如付开聪等^[32]研究发现氮、磷、钾缺乏时,嘉兰植株叶片硝酸还原酶以及秋水仙碱含量都很低,影响顺序为:氮、钾、磷。

不同的药材对氮、磷、钾的需求量不一致。陈震等^[33]在研究浙贝需肥量时发现,浙贝对氮肥需要量最大,对钾肥需要量次之,对磷肥需要量最少;同时也发现丹参对氮素营养最敏感,其次是磷,最后是钾。

施肥不当常常导致产量以及有效成分的下降,有关这方面的报道非常多。

1.3.3 微量元素

土壤中的微量元素不仅影响植物的根系营养及生理代谢活动,而且还是药用植物有效成分的构成因子。人工栽培时施用微量元素肥料即可促进中草药生长和提高药物中某种元素的含量,进而催化增多某种有机物的合成量^[34]。

几乎所有中药都含有不同种类和不同比例的微量元素。罗炳铨等^[35]的研究表明,每一种地道药材都有几种特征性微量元素图谱。周长征^[36]等也证明细辛的药理活性与道地药材的微量元素含量有一定的相关性。杨本明^[37]认为,中药的疗效不仅与其有机成分有关,而且与它们所含微量元素的种类及含量密切相关。陈和利等^[38]对176味中药的铜、锌、铁、锰等4种元素进行统计分析后发现,不同功效中药微量元素含量的比例存在显著差异,含量比例大小与功效分布之间显示出有规律的变化。

不同微量元素对不同药用植物根中有效成分影响不一样。在党参栽培中,施用锰、锌、钼等微肥不仅能有效地提高党参产量和品级,而且不改变药材的有效成分^[39]。陈士林^[40],肖小河^[41]研究发现,附子品质与土壤中的磷、铜、铁、锌含量具有极密切的关系。王亚琴^[42]研究表明,土壤中的微量元素对杜仲叶中有效成分的影响远大于气象因素的影响。

目前,土壤因子对药用植物品质影响的研究多集中在道地产区与非道地产区土壤条件的对比上,未能揭示土壤因子对中药材产量和质量的影响规律及土壤因子与中药材生长发育、产量、有效成分含量的相互关系。

有关大量元素肥料对药材有效成分含量影响机理的研究还未见报道。但微肥对药用植物的作用机理则有一些报道,如徐建中等^[43]对这方面进行了一些研究,并对“微

肥促进益母草内总生物碱的积累,阻碍其分解”的机理通过推测得到解释,但并没有试验进行佐证。

2 药用植物品质与生态因子关系研究的发展趋势

生态环境对药用植物的质量有重要影响,近年来许多学者进行了生态环境与道地性的研究。如陈兴福^[44~47]通过对味连、白芷、麦冬、款冬花等川产道地药材道地产区生态环境(地理分布、地形地貌、气候、土壤)和药材生长状况的调查,揭示了它们道地产区生态环境的特点。林寿全^[48]通过对甘草产地土壤生态因子和气象因素调查研究,认为气候因素是甘草生存的先决条件,而土壤因素则影响甘草药材的质量优劣。

但这些研究还处于定性描述阶段,大多数试验是短期的、零星的工作。研究与研究之间没有联系和系统性。很多结果因材料、年份、地理环境不同,甚至研究者的主观因素不同,对同一问题的研究结果有的相同,有的相距甚远,难以进行全面的分析。而生态因子与药材质量之间的关系是错综复杂的,定性描述并不能从根本上阐述它们之间的规律,关于生态因子与药用植物品质关系的研究还不够系统和深入。

伴随着现代生物技术,现代仪器分析技术,遥感技术,计算机技术和数理统计学方法的发展,对药用植物品质与生态因子之间相关性的研究,正处于由定性描述向定量模型分析发展的阶段^[49]。

3 讨论

国外关于植物次生代谢与环境关系已开展了大量的研究,但绝大多数研究都是基于探讨次生代谢产物抵御动物捕食和微生物侵袭,减弱不利生境条件危害提高生存竞争能力为目的。所研究植物的次生代谢完全是在自然条件下进化产生。其合成积累与胁迫生境形成了密切的关系。

而我国的有些传统中药材已有很悠久的人工栽培历史,有些种类在优良的栽培条件下经历了人工驯化和选育。而我国几千年来药材的“道地性”局限于药材的功效与产地的关系,对药材所表现的与环境的认识还是模糊的、表面的,未能揭示其本质和内在的规律。

目前关于生态因子对药材品质的影响主要集中在对最终产品上,而对品质形成过程中关键酶及相关生化过程的影响研究还相当薄弱。今后值得系统深入地研究的方向是:

加强生态因子对药用植物品质影响研究的系统性。药用植物品质受多项生态因子

影响各因子间存在不同程度的相关性。仅靠简单的分析或单因素研究不能全面反映问题的真实可靠性，必须应用多元统计分析方法，不仅分析单因素对品质的作用，同时分析不同因子相互作用对品质的影响，加强多因素、定量化和综合分析的研究。

深入研究生态因子对药材品质形成过程中关键酶及相关生化过程的影响研究，为进一步探讨品质形成机理奠定基础。

第一章 不同产地、不同品种（系）间丹参有效成分含量变化的研究

研究表明，不同产地的丹参质量差异较大，究其原因，与丹参种源不一致或与不同产地的土壤理化性质、营养状况及气候条件有关，此外，与栽培方法，特别是施肥种类和施肥量有很大关系。本实验在保持栽培方法相对一致的条件下，研究不同品种（系）、不同产地丹参有效成分的变化规律。

1 材料与方法

1.1 田间试验设计

1.1.1 试验点设置

试验点分别设在丹参主产区：

陕西商州市陈桓街道办事处（北纬 34°、东经 110°）；

山东莒县库山乡（北纬 36° 30′、东经 118° 30′）；

安徽亳州十九里乡（北纬 34°、东经 116°）；

四川中江县合兴镇（北纬 31°、东经 105°）；

北京药用植物研究所（北纬 42°、东经 116°）。

1.1.2 试验材料

为本课题组多年选育的遗传稳定、性状一致的丹参新品种（系）：“99-2”、“99-4”、“99-3”、“99-5”、“DS-2000”、“05-chx”、“shh”等。其中“shh”从陕西引种，05-chx 引自四川，其它品种（系）为河北、山东和安徽等地引种，然后经多年选育纯化而获得。

1.1.3 田间试验设计

将 7 个丹参品种（系），同时种植在 5 个丹参产地。田间试验布置如下：

每试验小区长 4.5m，宽 2.0m，小区面积 9.0m²。每小区种植四行，株距 40cm，行距 40cm，各小区之间开 20cm 的排水沟。重复 3 次。

1.2 样品的采收与处理

在丹参适宜的采收期 11 月份同时采收，每个小区多点随机混合采样。采收后在 60℃ 下恒温烘干，用倾斜式高速万能粉碎机粉碎，过 3 号筛。

1.3 丹参有效成分含量测定

丹参有效成分含量测定方法参考中华人民共和国药典（2005 年版，一部）。

试剂和药品: 丹参酮Ⅱ_A、丹参酮Ⅰ、隐丹参酮、丹酚酸 B 和迷迭香酸对照品均购自中国药品生物制品检定所, 乙腈和甲醇均为色谱纯, 水为重蒸水, 浓磷酸为分析纯。

色谱系统: Waters 600 高压液相色谱仪, Waters 2487 紫外检测器, Empower 色谱工作站; Venusil ASB-C18 柱(5 μm, 250mm×4.6mm); 流速: 1 mL/min; 进样量为 10 μl。

对照品溶液的制备: 精密称取丹参酮Ⅰ、隐丹参酮和丹参酮Ⅱ_A对照品各 2.00mg 分别置于 25ml、10ml、10ml 棕色容量瓶中, 用甲醇精确定容至刻度线, 摇匀, 制成对照品原液, 备用。分别精密称取迷迭香酸和丹酚酸 B 对照品 2.00mg、3.00mg 置于 10ml 棕色容量瓶中, 用甲醇精确定容至刻度线, 摇匀, 制成对照品原液, 备用。

丹参脂溶性成分样品供试液的制备: 取丹参样品粉末 0.3g, 精密称定, 置于具塞锥形瓶中, 精确加入甲醇 50mL, 密塞, 称定重量, 加热回流 1 小时, 放冷, 密塞, 再称定重量, 用甲醇补足减失的重量, 摇匀, 过 0.45 μm 滤膜, 取滤液, 作为各样品供试液。

丹参水溶性样品供试液的制备: 取丹参样品粉末约 0.2 g, 精密称定, 置于具塞锥形瓶中, 精确加入 75%甲醇 50mL, 密塞, 称定重量, 加热回流 0.5 小时, 放冷, 密塞, 再称定重量, 用 75%甲醇补足减失的重量, 摇匀, 过 0.45 μm 滤膜, 取滤液, 作为各样品供试液。

脂溶性成分: 检测波长为 270nm; 流动相为甲醇-水 (75: 25);

水溶性成分: 检测波长为 286nm; 流动相采用乙腈-磷酸水溶液, 梯度洗脱, 梯度表如下 (表 1-1):

表1-1 丹参水溶性成分含量测定流动相梯度表

时间 (min)	流量 (ml/min)	磷酸水溶液%	乙腈%
0	1.00	85	15
7	1.00	65	35
12	1.00	80	20
17	1.00	80	20
20	1.00	85	15
25	1.00	85	15

标准曲线的制作:

分别精密量取丹参酮Ⅱ_A、丹参酮Ⅰ和隐丹参酮标准品原液 5mL、1mL 和 1.5mL, 置于 10mL 棕色容量瓶中, 用甲醇定容, 摇匀, 分别进样 2、4、8、10、15、20 μl,

测定峰面积。以峰面积及对照品量(μg)绘制标准曲线。计算回归方程,见表1-2。

分别精密量取迷迭香酸和丹酚酸B标准品原液0.8mL和3mL,置于5mL棕色容量瓶中,用甲醇定容,摇匀,分别进样2、5、8、10、15、20 μl ,测定峰面积。以峰面积及对照品量(μg)绘制标准曲线。计算回归方程,见表1-2。

表1-2 对照品标准曲线回归方程

标准品	回归方程	r	浓度范围/ $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$
丹参酮 I	$Y=3.43\times 10^6X-3.51\times 10^3$	0.9994	5.05~50.51
隐丹参酮	$Y=4.62\times 10^6X-9.37\times 10^3$	0.9994	4.28~42.80
丹参酮 II _A	$Y=6.07\times 10^6X-2.47\times 10^4$	0.9993	4.16~41.60
迷迭香酸	$Y=1.68\times 10^6X+11.10\times 10^4$	0.9991	3.26~32.64
丹酚酸 B	$Y=1.05\times 10^6X+5.99\times 10^4$	0.9999	75.12~751.20

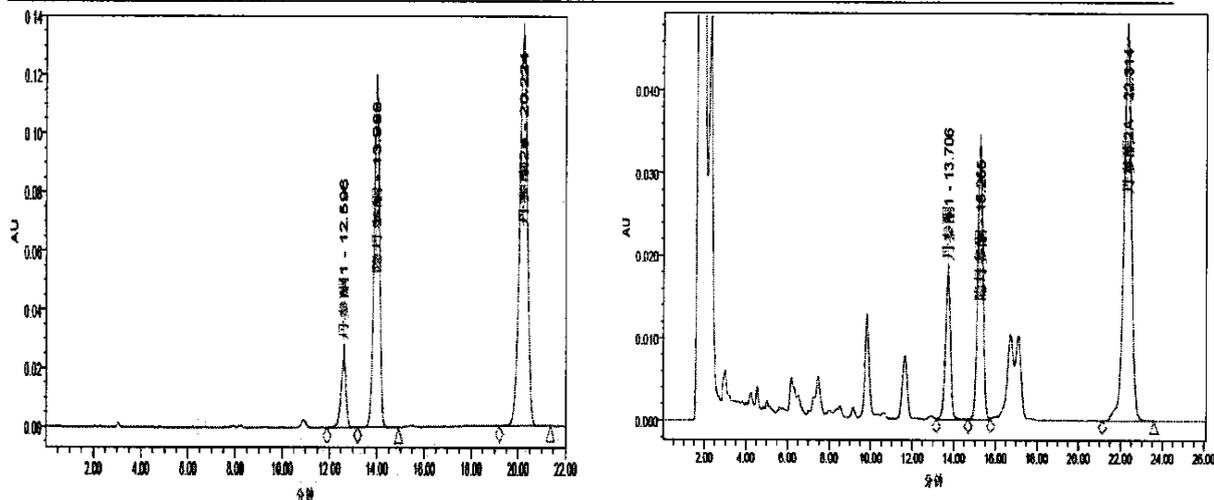


图1-1 丹参脂溶性成分标准品(左)和样品北京99-3(右)的色谱图

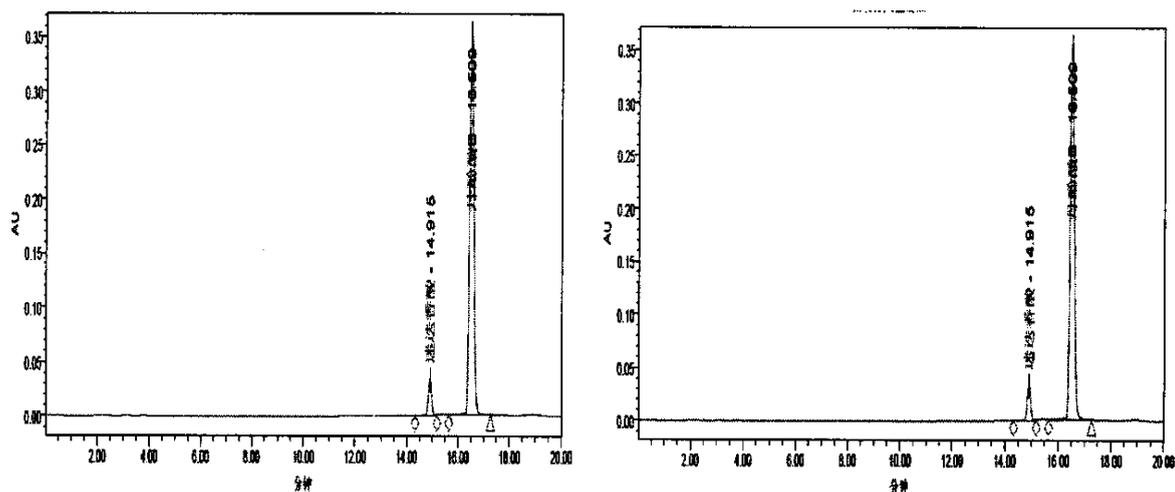


图1-2 丹参水溶性成分标准品(左)和样品北京shh(右)的色谱图

2 结果与分析

对不同品种(系)、不同产地的丹参有效成分进行分析,结果见表1-3:

表1-3 不同产地、不同品种(系)丹参有效成分含量测定结果

产地	品种(系)	丹参酮I%	隐丹参酮%	丹参酮II%	迷迭香酸%	丹酚酸B%
北京 药植所	Ds-2000	0.055	0.134	0.174	0.200	6.277
	99-2	0.034	0.086	0.115	0.324	7.099
	99-3	0.102	0.233	0.321	0.241	6.538
	99-4	0.037	0.113	0.147	0.336	6.256
	99-5	0.055	0.161	0.190	0.278	5.703
	05-Chx	0.029	0.101	0.423	0.516	9.299
	shh	0.000	0.304	0.022	0.252	6.754
安徽 亳州	Ds-2000	0.070	0.159	0.255	0.175	8.586
	99-2	0.053	0.082	0.165	0.285	7.809
	99-3	0.129	0.255	0.339	0.113	5.816
	99-4	0.075	0.179	0.220	0.355	6.775
	99-5	0.048	0.086	0.210	0.221	5.630
	05-Chx	0.061	0.151	0.558	0.210	10.387
	shh	0.008	0.586	0.029	0.36	8.311
山东 莒县	Ds-2000	0.056	0.106	0.192	0.355	8.502
	99-2	0.045	0.083	0.144	0.179	6.148
	99-3	0.073	0.143	0.189	0.322	7.575
	99-4	0.047	0.088	0.157	0.352	7.550
	99-5	0.055	0.112	0.161	0.393	8.569
	Shh	0.000	0.083	0.016	0.412	9.242
陕西 商洛	Ds-2000	0.077	0.232	0.244	0.330	9.447
	99-2	0.196	0.359	0.260	0.347	7.393
	99-3	0.113	0.303	0.352	0.361	8.372
	99-4	0.089	0.458	0.335	0.643	7.597
	99-5	0.081	0.317	0.309	0.410	6.792
	05-Chx	0.060	0.158	0.592	0.655	11.228
	shh	0.017	0.990	0.055	0.319	7.848
四川 中江	Ds-2000	0.057	0.110	0.157	0.230	6.741
	99-2	0.058	0.092	0.169	0.174	5.705
	99-3	0.108	0.229	0.256	0.088	5.324
	99-4	0.057	0.146	0.219	0.211	4.801
	99-5	0.056	0.111	0.206	0.296	6.093
	05-Chx	0.079	0.238	0.724	0.210	9.447
	shh	0.000	0.453	0.023	0.118	5.066

2.1 同一产地丹参不同品种(系)间有效成分含量比较

2.1.1 北京产地丹参不同品种(系)间有效成分含量比较

2.1.1.1 北京产地丹参不同品种(系)水溶性成分含量比较

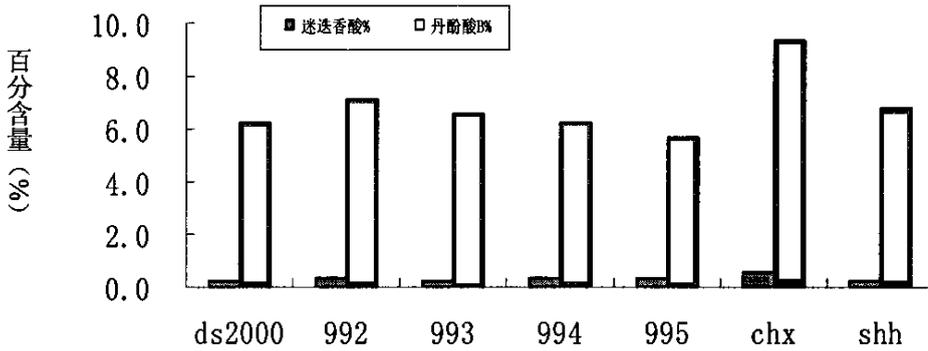


图 1-3 北京产地丹参不同品种(系)水溶性成分含量比较

北京产地丹参不同品种(系)其水溶性成分的含量分析结果(见图 1-3)表明,迷迭香酸含量最高的品种(系)05-chx 为 0.516%,最低的品种(系)Ds-2000 为 0.200%,平均值为 0.307%,变异系数为 31.275%;丹酚酸 B 含量最高的品种(系)05-chx 为 9.299%,最低的品种(系)99-5 为 5.703%,平均为 6.847%,变异系数为 15.773%。不同品种(系)丹参迷迭香酸含量的变异程度大于丹酚酸 B。

表 1-4 北京产地丹参不同品种(系)水溶性成分含量的方差分析

成分	变异来源	SS	df	S ²	F	Sig.
迷迭香酸	组间变异	0.209	6	0.035	14.736**	0.000
	组内变异	0.083	35	0.002		
	总变异	0.292	41			
丹酚酸 B	组间变异	36.165	6	6.028	15.985**	0.000
	组内变异	13.198	35	0.377		
	总变异	49.363	41			

* P<0.05 ** P<0.01

经方差分析表明,北京产地丹参不同品种(系)间迷迭香酸和丹酚酸 B 的含量均存在极显著性差异。结果见表 1-4。

表 1-5 北京产地丹参不同品种(系)水溶性成分含量的多重比较

品种(系)	迷迭香酸		品种(系)	丹酚酸 B	
	a=0.05	a=0.01		a=0.05	a=0.01
05-chx	a	A	05-chx	a	A
99-4	b	B	99-2	b	B
99-2	b	B	shh	bc	BC
99-5	c	C	99-3	c	BC
shh	cd	C	Ds-2000	c	CD
99-3	d	C	99-4	c	CD
Ds-2000	e	D	99-5	d	D

注: 标记字母相同的为差异不显著,小写字母不同的为差异显著,大写字母不同的为差异极显著。

由多重比较表 1-5 可知:

品种(系)99-2 和 99-4, 99-3 和 shh, 99-5 和 shh 间迷迭香酸的含量差异均不

显著；品种（系）99-3 与 99-5 中成分含量差异显著，其它品种（系）间差异极显著。

品种（系）99-2 和 shh 中丹酚酸 B 的含量无显著差异，品种（系）shh、99-3、Ds-2000 和 99-4 中丹酚酸 B 的含量无显著差异，品种（系）99-3 与 99-2 中丹酚酸 B 的含量差异显著，品种（系）99-5 与 99-4、Ds-2000 中的丹酚酸 B 的含量差异显著，其它品种（系）间差异极显著。

2.1.1.2 北京产地丹参不同品种（系）间脂溶性成分含量比较

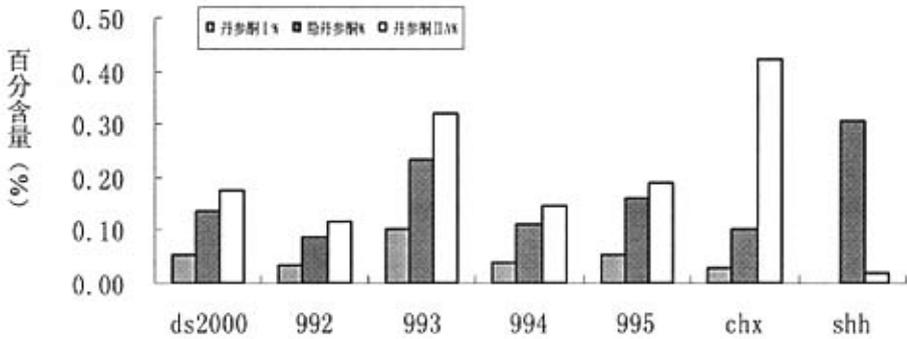


图 1-4 北京产地丹参不同品种（系）脂溶性成分含量比较

北京产地丹参不同品种（系）其脂溶性成分的含量分析结果见图 1-4。丹参酮 I 含量最高的品种（系）99-3 为 0.102%，最低的品种（系）shh 为 0.000%，平均为 0.044%，变异系数为 65.064%；隐丹参酮含量最高的品种（系）shh 为 0.304%，最低的是品种（系）99-2 为 0.086%，平均为 0.162%，变异系数为 45.467%；丹参酮 II_A 含量最高的品种（系）05-chx 为 0.423%，最低的品种（系）shh 为 0.022%，平均为 0.199%，变异系数为 62.216%。不同品种（系）丹参丹参酮 I 和丹参酮 II_A 含量的变异程度大于隐丹参酮，三种成分品种（系）间变异都很大。

表 1-6 北京产地丹参不同品种（系）脂溶性成分含量的方差分析

成分	变异来源	SS	df	S ²	F	Sig.
丹参酮 I	组间变异	0.035	6	0.006	115.996**	0.000
	组内变异	0.002	35	0.000		
	总变异	0.037	41			
隐丹参酮	组间变异	0.227	6	0.038	104.362**	0.000
	组内变异	0.013	35	0.000		
	总变异	0.24	41			
丹参酮 II _A	组间变异	0.642	6	0.107	91.845**	0.000
	组内变异	0.041	35	0.001		
	总变异	0.683	41			

* P<0.05

** P<0.01

经方差分析可知，北京产地丹参不同品种（系）间丹参酮 I、隐丹参酮和丹参酮 II_A 的含量均存在极显著性差异，结果见表 1-6。

表 1-7 北京产地丹参不同品种（系）脂溶性成分含量的多重比较

品种（系）	丹参酮 I		品种（系）	隐丹参酮		品种（系）	丹参酮 II _A	
	a=0.05	a=0.01		a=0.05	a=0.01		a=0.05	a=0.01
99-3	a	A	shh	a	A	05-chx	a	A
Ds-2000	b	B	99-3	b	B	99-3	b	B
99-5	b	B	99-5	c	C	99-5	c	C
99-4	c	C	Ds-2000	d	CD	Ds-2000	c	CD
99-2	c	C	99-4	e	DE	99-4	d	CD
05-chx	c	C	05-chx	ef	DE	99-2	d	D
shh	d	D	99-2	f	E	shh	e	E

注：标记字母相同的为差异不显著，小写字母不同的为差异显著，大写字母不同的为差异极显著。

由多重比较结果表 1-7 可知：

品种（系）Ds-2000 和 99-5 中丹参酮 I 的含量无显著差异，品种（系）99-2、99-4、05-chx 之间没有显著差异，其它品种（系）间差异极显著。

品种（系）99-5 和 Ds-2000, Ds-2000 和 99-4 中隐丹参酮的含量差异均达显著水平，99-4 和 05-chx, 99-2 和 05-chx 中隐丹参酮的含量无显著差异，其它品种（系）间差异极显著。

品种（系）99-5 和 Ds-2000, 99-2 和 99-4 中丹参酮 II_A 的含量差异均不显著，其它品种（系）间差异极显著。

2.1.2 安徽产地丹参不同品种（系）间有效成分含量比较

2.1.2.1 安徽产地丹参不同品种（系）间水溶性成分含量比较

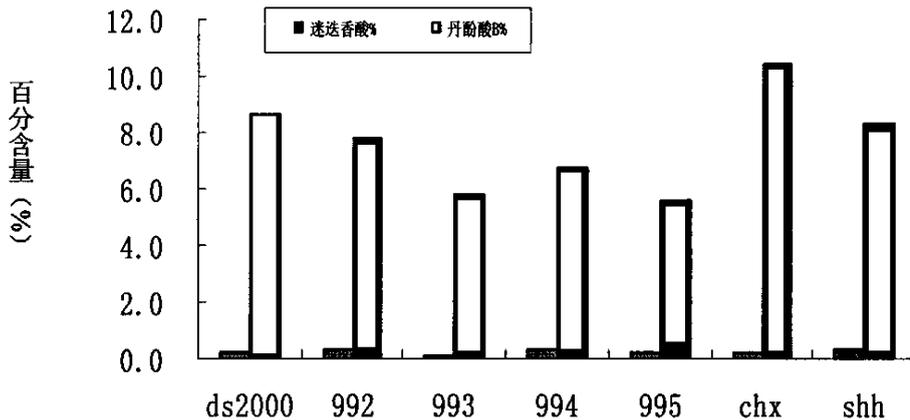


图 1-5 安徽丹参不同品种（系）间水溶性成分含量比较

安徽产地丹参不同品种(系)其水溶性成分的含量分析结果如图 1-5。迷迭香酸含量最高的品种(系)shh 为 0.360%,最低的品种(系)99-3 为 0.113%,平均为 0.246%,变异系数为 34.808%;丹酚酸 B 含量最高的品种(系)05-chx 为 10.387%,最低的品种(系)99-5 为 5.630%,平均为 7.616%,变异系数为 20.479%。不同品种(系)间迷迭香酸含量的变异程度大于丹酚酸 B。

表 1-8 安徽丹参不同品种(系)水溶性成分含量的方差分析

成分	变异来源	SS	df	S ²	F	Sig.
迷迭香酸	组间变异	0.307	6	0.051	13.334**	0.000
	组内变异	0.134	35	0.004		
	总变异	0.441	41			
丹酚酸 B	组间变异	87.807	6	14.634	17.375**	0.000
	组内变异	29.48	35	0.842		
	总变异	117.287	41			

* P<0.05 ** P<0.01

经方差分析表明,安徽产地丹参不同品种(系)间迷迭香酸和丹酚酸 B 的含量均存在极显著性差异。结果见表 1-8。

表 1-9 安徽产地丹参不同品种(系)水溶性成分含量的多重比较

品种(系)	迷迭香酸		品种(系)	丹酚酸 B	
	a=0.05	a=0.01		a=0.05	a=0.01
shh	a	A	05-chx	a	A
99-4	a	A	Ds-2000	b	B
99-2	ab	AB	shh	b	BC
99-5	bc	BC	99-2	c	BC
05-chx	bc	BC	99-4	cd	CD
Ds-2000	cd	BC	99-3	cd	CD
99-3	d	C	99-5	d	D

由多重比较表 1-9 可知:

品种(系)Shh、99-4 和 99-2 中迷迭香酸的含量无显著差异,品种(系)99-2、99-5 和 05-chx 之间差异不显著,Ds-2000 与 99-2 有显著差异,Ds-2000 与品种(系)99-5 和 05-chx 差异不显著;99-3 与 Ds-2000 中迷迭香酸的含量差异不显著,其它品种(系)丹参间差异极显著。

品种(系)Ds-2000 和 shh 中丹酚酸 B 的含量无显著差异,品种(系)99-2、99-3 和 99-4 中丹酚酸 B 的含量无显著差异,99-2 与 Ds-2000 差异显著,品种(系)99-5 与 99-3、99-4 中丹酚酸 B 的含量差异不显著,其它丹参品种(系)间差异极显著。

2.1.1.2 安徽产地丹参不同品种(系)间脂溶性成分含量比较

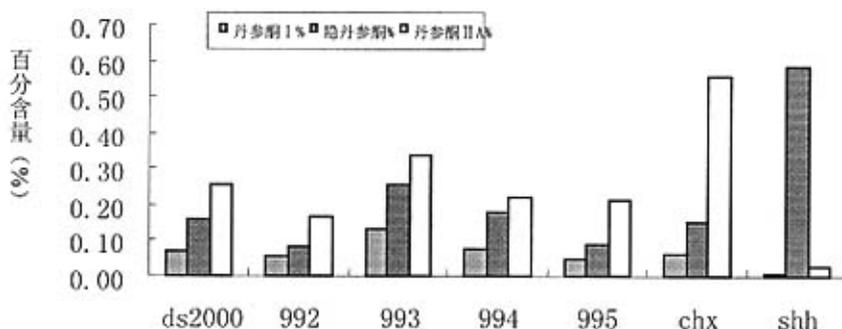


图 1-6 安徽丹参不同品种(系)脂溶性成分含量比较

安徽产地丹参不同品种(系)其脂溶性成分的含量测定结果如图 1-6, 丹参酮 I 含量最高的品种(系)99-3 为 0.129%, 最低品种(系)shh 为 0.008%, 平均为 0.063%, 变异系数为 53.052%; 隐丹参酮含量最高的品种(系)shh 为 0.586%, 最低品种(系)99-2 为 0.082%, 平均为 0.214%, 变异系数为 75.369%; 丹参酮 II_A 含量最高的品种(系)05-chx 为 0.558%, 最低品种(系)shh 为 0.029%, 平均为 0.254%, 变异系数为 59.940%。三种脂溶性成分品种(系)间变异程度均较大。

表 1-10 安徽产地丹参不同品种(系)脂溶性成分含量的方差分析

成分	变异来源	SS	df	S ²	F	Sig.
丹参酮 I	组间变异	0.047	5	0.009	473.581**	0.000
	组内变异	0.001	30	0.000		
	总变异	0.048	35			
隐丹参酮	组间变异	1.065	5	0.213	10225.523**	0.000
	组内变异	0.001	30	0.000		
	总变异	1.066	35			
丹参酮 II _A	组间变异	0.321	5	0.064	39.700**	0.000
	组内变异	0.048	30	0.002		
	总变异	0.369	35			

* P<0.05 ** P<0.01

经方差分析表明, 安徽产地丹参不同品种(系)间丹参酮 I、隐丹参酮和丹参酮 II_A 的含量均存在极显著性差异。结果见表 1-10。

由多重比较结果表 1-11 可知:

Ds-2000 和 99-4 中丹参酮 I 的含量无显著差异, 99-2 与 99-5 之间亦没有显著差异, 05-chx 和 99-2 之间有显著差异, 其它品种(系)丹参间差异极显著。

品种(系)05-chx 和 Ds-2000 中隐丹参酮的含量差异显著, 99-5 和 99-2 无显著差异, 其它丹参品种(系)间差异均达极显著水平。

品种(系)Ds-2000、99-5和99-4之间丹参酮II_A的含量差异不显著,99-2和99-5、99-4之间差异不显著,其它丹参品种(系)间差异极显著。

表 1-11 安徽产地丹参不同品种(系)脂溶性成分含量的多重比较

品种(系)	丹参酮 I		品种(系)	隐丹参酮		品种(系)	丹参酮 II _A	
	a=0.05	a=0.01		a=0.05	a=0.01		a=0.05	a=0.01
99-3	a	A	shh	a	A	05-chx	a	A
99-4	b	B	99-3	b	B	99-3	b	B
Ds-2000	b	B	99-4	c	C	Ds-2000	c	C
05-chx	c	C	Ds-2000	d	D	99-4	cd	CD
99-2	d	C	05-chx	e	D	99-5	cd	CD
99-5	d	C	99-5	f	E	99-2	d	D
shh	e	D	99-2	f	E	shh	e	E

2.1.3 山东产地丹参不同品种(系)间有效成分含量比较

2.1.3.1 山东产地丹参不同品种(系)间水溶性成分含量比较

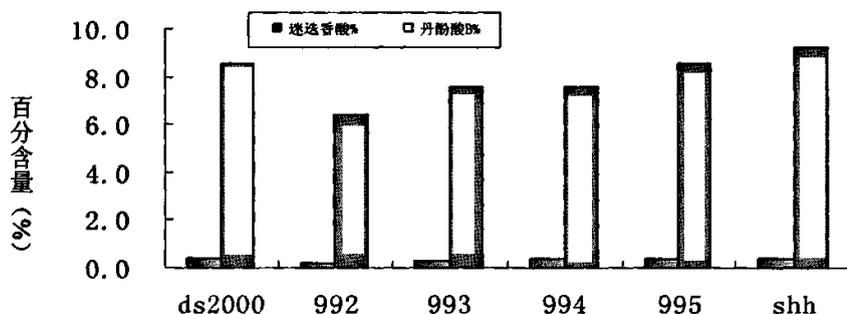


图 1-7 山东产地丹参不同品种(系)水溶性成分含量比较

山东产地丹参不同品种(系)其水溶性成分的含量测定结果如图 1-7,迷迭香酸含量最高的品种(系)shh 为 0.412%,最低的品种(系)99-2 为 0.179%,平均为 0.335%,变异系数为 22.601%;丹酚酸 B 含量最高的品种 shh(系)为 9.242%,最低的品种(系)99-2 为 6.148%,平均为 7.931%,变异系数为 12.507%。不同品种(系)间迷迭香酸含量的变异程度大于丹酚酸 B。

表 1-12 山东产地丹参不同品种(系)水溶性成分含量的方差分析

成分	变异来源	SS	df	S ²	F	Sig.
迷迭香酸	组间变异	0.206	5.000	0.041	70.374**	0.000
	组内变异	0.018	30.000	0.001		
	总变异	0.224	35.000			
丹酚酸 B	组间变异	35.425	5.000	7.085	26.858**	0.000
	组内变异	7.914	30.000	0.264		
	总变异	43.339	35.000			

* P<0.05

** P<0.01

经方差分析结果表明，山东产地丹参不同品种（系）间迷迭香酸和丹酚酸 B 的含量均存在极显著性差异。结果见表 1-12。

表 1-13 山东产地丹参不同品种（系）水溶性成分含量的多重比较

品种（系）	迷迭香酸		品种（系）	丹酚酸 B	
	a=0.05	a=0.01		a=0.05	a=0.01
Shh	a	A	shh	a	A
99-5	a	AB	99-5	b	A
Ds-2000	b	BC	Ds-2000	b	A
99-4	b	BC	99-3	c	B
99-3	b	C	99-4	c	B
99-2	c	D	99-2	d	C

由多重比较表 1-13 可知：

品种（系）Shh 和 99-5，Ds-2000、99-4 和 99-3 之间迷迭香酸的含量差异均不显著，99-5 与 Ds-2000、99-4 差异显著，其它丹参品种（系）间差异极显著。

品种（系）99-5 与 Ds-2000 中丹酚酸 B 的含量差异不显著含量，但与 shh 差异显著，99-3 和 99-4 中丹酚酸 B 的含量无显著差异，其它丹参品种（系）间差异极显著。

2.1.3.2 山东产地丹参不同品种（系）间脂溶性成分含量比较

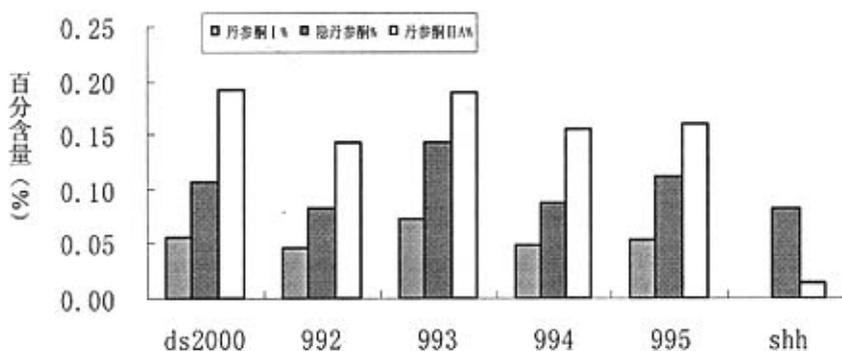


图 1-8 山东产地丹参不同品种（系）脂溶性成分含量比较

山东产地丹参不同品种（系）脂溶性成分的含量测定结果如图 1-8，丹参酮 I 含量最高的品种（系）99-3 为 0.073%，最低品种（系）shh 为 0.000%，平均为 0.046%，变异系数为 48.708%；隐丹参酮含量最高的品种（系）99-3 为 0.143%，最低品种（系）99-2 为 0.083%，平均为 0.103%，变异系数为 20.870%；丹参酮 II_a 含量最高的品种（系）Ds-2000 为 0.192%，最低品种（系）shh 为 0.016%，平均为 0.143%，

变异系数为 41.630%。不同品种(系)间隐丹参酮含量的变异程度小于丹参酮 I 和丹参酮 II_A。

表 1-14 山东产地丹参不同品种(系)脂溶性成分含量方差分析

成分	变异来源	SS	df	S ²	F	Sig.
丹参酮 I	组间变异	0.026	6	0.004	232.221**	0.000
	组内变异	0.001	35	0.000		
	总变异	0.026	41			
隐丹参酮	组间变异	1.219	6	0.203	337.164**	0.000
	组内变异	0.021	35	0.001		
	总变异	1.24	41			
丹参酮 II _A	组间变异	0.195	6	0.032	199.311**	0.000
	组内变异	0.006	35	0.000		
	总变异	0.2	41			

* P<0.05 ** P<0.01

经方差分析表明,山东产地丹参不同品种(系)间丹参酮 I、隐丹参酮和丹参酮 II_A的含量均存在极显著性差异。结果见表 1-14。

表 1-15 山东丹参不同品种(系)脂溶性成分含量的多重比较

品种(系)	丹参酮 I		品种(系)	隐丹参酮		品种(系)	丹参酮 II _A	
	a=0.05	a=0.01		a=0.05	a=0.01		a=0.05	a=0.01
99-3	a	A	99-3	a	A	Ds-2000	a	A
Ds-2000	b	B	99-5	ab	AB	99-3	a	A
99-5	b	B	Ds-2000	b	AB	99-5	b	B
99-4	c	C	99-4	b	B	99-4	b	B
99-2	c	C	shh	b	B	99-2	b	B
shh	d	D	99-2	b	B	shh	c	C

由多重比较结果表 1-14 可知:

品种(系)Ds-2000 和 99-5 中丹参酮 I 的含量无显著差异,99-4 和 99-2 之间差异不显著,其它丹参品种(系)间差异极显著。

品种(系)99-3 和 99-5 中隐丹参酮的含量无显著差异,品种(系)99-3 与 Ds-2000 差异显著,99-5、Ds-2000、99-4、shh 和 99-2 间的差异均不显著,其它丹参品种(系)间差异极显著。

品种(系)Ds-2000 和 99-3 中丹参酮 II_A的含量差异不显著,99-2、99-4 和 99-5 差异均不显著,其他品种(系)间差异极显著。

2.1.4 陕西产地丹参不同品种(系)间有效成分含量比较

2.1.4.1 陕西产地丹参不同品种(系)间水溶性成分含量比较

陕西产地丹参不同品种(系)其水溶性成分的含量测定结果如图 1-9,迷迭香酸含量最高的品种(系)05-chx 为 0.655%,最低品种(系)Ds-2000 为 0.319%,平

均为 0.438%, 变异系数为 31.129%; 丹酚酸 B 含量最高的品种(系)05-chx 为 11.228%, 最低的品种(系)99-5 为 6.792%, 平均为 8.382%, 变异系数为 16.652%。不同品种(系)间迷迭香酸含量的变异程度大于丹酚酸 B。

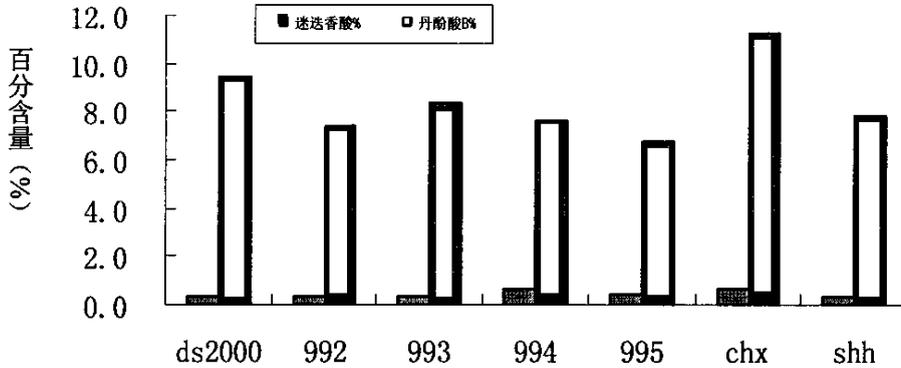


图 1-9 陕西产地不同品种(系)丹参水溶性成分含量比较

表 1-16 陕西产地丹参不同品种(系)水溶性成分含量的方差分析

成分	变异来源	SS	df	S ²	F	Sig.
迷迭香酸	组间变异	0.780	6	0.13	153.929**	0.000
	组内变异	0.030	35	0.001		
	总变异	0.810	41			
丹酚酸 B	组间变异	81.834	6	13.639	39.688**	0.000
	组内变异	12.028	35	0.344		
	总变异	93.862	41			

* P<0.05 ** P<0.01

经方差分析表明, 陕西产地丹参不同品种(系)间迷迭香酸和丹酚酸 B 的含量均存在极显著性差异。结果见表 1-16。

表 1-17 陕西产地丹参不同品种(系)水溶性成分含量的多重比较

品种(系)	迷迭香酸		品种(系)	丹酚酸 B	
	a=0.05	a=0.01		a=0.05	a=0.01
05-chx	a	A	05-chx	a	A
99-4	a	A	Ds-2000	b	B
99-5	b	B	99-3	c	C
99-3	c	C	shh	cd	CD
99-2	c	C	99-4	cde	CD
Ds-2000	c	C	99-2	de	CD
shh	c	C	99-5	e	D

由多重比较结果表可知:

品种(系)99-2、99-3、Ds-2000 和 shh 之间迷迭香酸的含量差异均不显著, 品种(系)99-4 和 05-chx 间差异不显著, 其它品种(系)丹参间差异极显著。

品种(系)99-3、shh和99-4中丹酚酸B的含量无显著差异;99-2与99-3差异显著,但与shh、99-4差异不显著;99-5与shh差异显著,99-2、99-4和99-5之间差异不显著,其它丹参品种(系)间差异极显著。

2.1.4.2 陕西产地丹参不同品种(系)间脂溶性成分含量比较

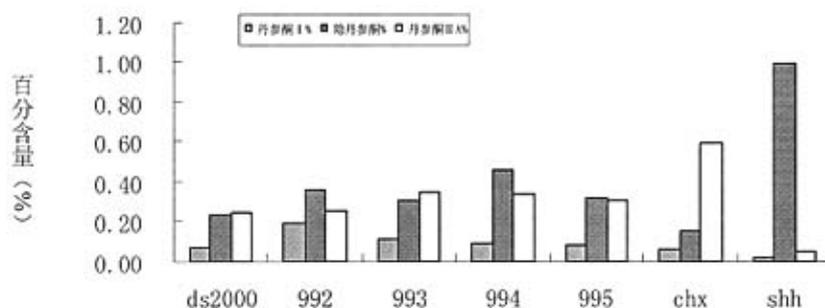


图 1-10 陕西产地丹参不同品种(系)脂溶性成分含量比较

陕西产地丹参不同品种(系)脂溶性成分的含量测定结果如图 1-10, 丹参酮 I 含量为最高的品种(系)99-2为0.196%, 最低品种(系)shh为0.017%, 平均为0.090%, 变异系数为56.625%; 隐丹参酮含量最高的品种(系)shh为0.990%, 最低品种(系)05-chx为0.158%, 平均为0.403%, 变异系数为63.476%; 丹参酮 II_A 含量最高的品种(系)05-chx为0.592%, 最低品种(系)shh为0.055%, 平均为0.307%, 变异系数为48.322%。不同品种(系)间三种脂溶性成分含量的变异程度均较大。

表 1-18 陕西产地丹参不同品种(系)脂溶性成分含量的方差分析

成分	变异来源	SS	df	S ²	F	Sig.
丹参酮 I	组间变异	0.110	6	0.018	1.741	0.141
	组内变异	0.367	35	0.010		
	总变异	0.477	41			
隐丹参酮	组间变异	2.742	6	0.457	449.951**	0.000
	组内变异	0.036	35	0.001		
	总变异	2.777	41			
丹参酮 II _A	组间变异	0.923	6	0.154	420.990**	0.000
	组内变异	0.013	35	0.000		
	总变异	0.936	41			

* P<0.05

** P<0.01

经方差分析结果表明, 陕西产地丹参不同品种(系)间丹参酮 I 的含量差异不显著, 而隐丹参酮和丹参酮 II_A 的含量存在极显著性差异。

由多重比较结果可知：

品种（系）99-3 和 99-5 中隐丹参酮的含量无显著差异，但均与 99-2 间存在差异显著，其它品种（系）间差异均达极显著水平。

品种（系）99-3 和 99-4，品种（系）Ds-2000 和 99-2 间丹参酮 II_A 的含量差异均不显著，99-4 和 99-5 间差异显著，其它丹参品种（系）间差异极显著。

表 1-19 陕西产地丹参不同品种（系）脂溶性成分含量的多重比较

品种（系）	隐丹参酮		品种（系）	丹参酮 II _A	
	a=0.05	a=0.01		a=0.05	a=0.01
shh	a	A	05-chx	a	A
99-4	b	B	99-3	b	B
99-2	c	C	99-4	b	BC
99-5	d	C	99-5	c	C
99-3	d	C	99-2	d	D
Ds-2000	e	D	Ds-2000	d	D
05-chx	f	E	shh	e	E

2.1.5 四川产地丹参不同品种（系）间有效成分含量比较

2.1.5.1 四川产地丹参不同品种（系）间水溶性成分含量比较

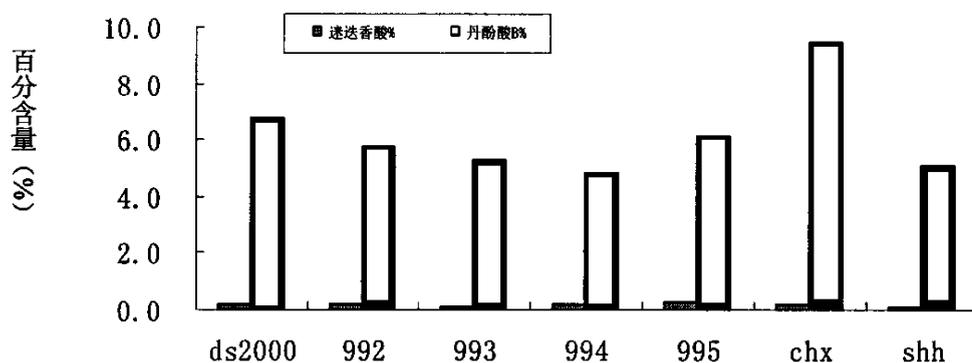


图 1-11 四川产地丹参不同品种（系）水溶性成分含量比较

四川地区丹参不同品种（系）其水溶性成分的含量测定结果如图 1-11，迷迭香酸含量最高的品种（系）99-5 为 0.296%，最低的品种（系）99-3 为 0.088%，平均为 0.190%，变异系数为 34.211%；丹酚酸 B 含量最高的品种（系）05-chx 为 9.447%，最低的品种（系）99-4 为 4.801%，平均为 6.168%，变异系数为 23.808%。不同品种（系）间迷迭香酸含量的变异程度大于丹酚酸 B。

表 1-20 四川产地丹参不同品种(系)水溶性成分含量的方差分析

成分	变异来源	SS	df	S ²	F	Sig.
迷迭香酸	组间变异	0.307	6	0.051	13.334**	0.000
	组内变异	0.134	35	0.004		
	总变异	0.441	41			
丹酚酸 B	组间变异	87.807	6	14.634	17.375**	0.000
	组内变异	29.48	35	0.842		
	总变异	117.287	41			

* P<0.05 ** P<0.01

经方差分析表明,四川产地丹参不同品种(系)间迷迭香酸和丹酚酸 B 的含量存在极显著性差异。结果见表 1-20。

表 1-21 四川产地丹参不同品种(系)水溶性成分含量的多重比较

品种(系)	迷迭香酸		品种(系)	丹酚酸 B	
	a=0.05	a=0.01		a=0.05	a=0.01
9-95	a	A	05-chx	a	A
Ds-2000	b	B	2000	b	B
99-4	bc	BC	99-5	c	C
05-chx	bc	BC	99-2	cd	CD
99-2	c	C	99-3	de	DE
shh	d	D	shh	ef	DE
99-3	d	D	99-4	f	E

由多重比较结果表 1-21 可知:

品种(系)Ds-2000、99-4 和 05-chx 中迷迭香酸的含量差异不显著,99-4、05-chx 与 99-2 差异不显著,shh 和 99-3 之间有显著差异,其它品种(系)丹参间差异极显著。

品种(系)99-2 和 99-5,99-2 和 99-3,99-4 和 shh 中丹酚酸 B 的含量均无显著差异;99-2 与 shh 的含量差异显著,其它丹参品种(系)间差异极显著。

2.1.5.2 四川产地丹参不同品种(系)间脂溶性成分含量比较

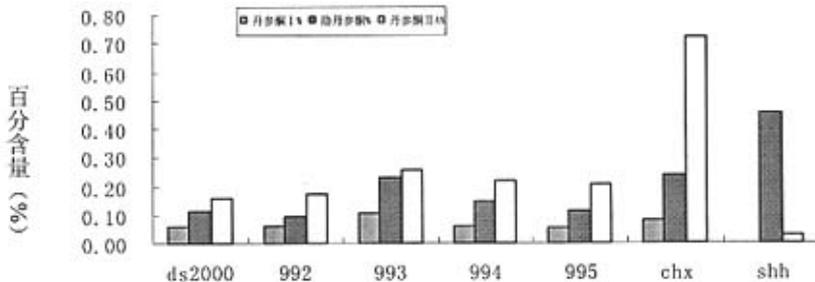


图 1-12 四川产地丹参不同品种(系)脂溶性成分含量比较

四川产地丹参不同品种(系)脂溶性成分的含量测定结果如图 1-12,丹参酮 I

含量最高的品种(系)99-3为0.108%,最低品种(系)shh为0.000%,平均为0.059%,变异系数为50.694%;隐丹参酮含量最高的品种(系)shh为0.453%,最低品种(系)为99-2为0.092%,平均为0.197%,变异系数为59.687%;丹参酮II_A含量最高的品种(系)05-chx为0.724%,最低品种(系)shh为0.023%,平均为0.250%,变异系数为81.891%。不同品种(系)间丹参酮II_A含量的变异程度大于丹参酮I和丹参酮II_A。

表 1-22 四川产地丹参不同品种(系)脂溶性成分含量的方差分析

成分	变异来源	SS	df	S ²	F	Sig.
丹参酮 I	组间变异	0.038	6	0.006	351.988 **	0.000
	组内变异	0.001	35	0.000		
	总变异	0.038	41			
隐丹参酮	组间变异	0.582	6	0.097	118.843 **	0.000
	组内变异	0.029	35	0.001		
	总变异	0.61	41			
丹参酮 II _A	组间变异	1.766	6	0.294	2003.510 **	0.000
	组内变异	0.005	35	0.000		
	总变异	1.771	41			

* P<0.05 ** P<0.01

经方差分析表明,四川产地丹参不同品种(系)间丹参酮I、隐丹参酮和丹参酮II_A的含量均存在极显著性差异。结果见表1-22。

表 1-23 四川产地丹参不同品种(系)脂溶性成分含量的多重比较

品种(系)	丹参酮 I		品种(系)	隐丹参酮		品种(系)	丹参酮 II _A	
	a=0.05	a=0.01		a=0.05	a=0.01		a=0.05	a=0.01
99-3	a	A	shh	a	A	05-chx	a	A
05-chx	b	B	05-chx	b	B	99-3	b	B
99-2	c	C	99-3	b	B	99-4	c	C
99-4	c	C	99-4	c	C	99-5	c	C
Ds-2000	c	C	99-5	cd	C	99-2	d	D
99-5	c	C	Ds-2000	cd	C	Ds-2000	d	D
shh	d	D	99-2	d	C	shh	e	E

由多重比较结果表1-23可知:

品种(系)99-2、99-4、99-5和Ds-2000间丹参酮的含量无显著差异,其它丹参品种(系)间差异极显著。

品种(系)99-4、99-5和Ds-2000中隐丹参酮的含量差异不显著,99-3和05-chx之间无显著差异,99-2与99-4差异显著,99-2与Ds-2000、99-5间无显著差异,其它丹参品种(系)间差异极显著。

品种(系)99-5和99-4、99-2和Ds-2000中丹参酮II_A的含量差异均不显著;品种(系)05-chx中丹参酮II_A的含量最高,99-3次之,shh最低。

2.2 同一丹参品种(系)不同产地间有效成分含量比较

2.2.1 品种(系)99-2 不同产地间有效成分含量的比较

2.2.1.1 品种(系)99-2 不同产地间中水溶性成分含量的比较

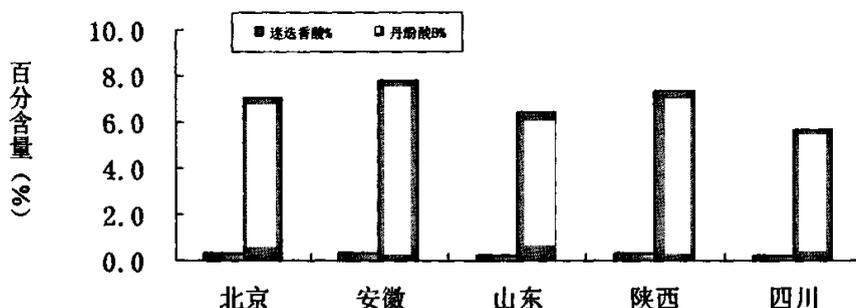


图 1-13 品种(系)99-2 不同产地间水溶性成分含量比较

品种(系)99-2 不同产地水溶性成分的含量测定结果如图 1-13, 迷迭香酸含量最高的产地陕西为 0.347%, 最低的产地四川为 0.174%, 平均为 0.271%, 变异系数为 23.409%; 丹酚酸 B 含量最高的产地安徽为 7.809%, 最低的产地四川为 5.705%, 平均为 6.883%, 变异系数为 10.828%。不同产地间迷迭香酸含量的变异程度大于丹酚酸 B。

表 1-24 品种(系)99-2 不同产地水溶性成分含量的方差分析

成分	变异来源	SS	df	S ²	F	Sig.
迷迭香酸	组间变异	0.105	3	0.035	30.138**	0.000
	组内变异	0.023	20	0.001		
	总变异	0.128	23			
丹酚酸 B	组间变异	14.985	3	4.995	14.955**	0.000
	组内变异	6.680	20	0.334		
	总变异	21.666	23			

* P<0.05 ** P<0.01

经方差分析表明, 不同产地间品种(系)99-2 中迷迭香酸和丹酚酸 B 的含量存在极显著性差异。结果见表 1-24。

表 1-25 品种(系)99-2 不同产地水溶性成分含量的多重比较

产地	迷迭香酸		产地	丹酚酸 B	
	a=0.05	a=0.01		a=0.05	a=0.01
陕西	a	A	安徽	a	A
北京	a	AB	陕西	a	A
安徽	b	B	北京	a	A
山东	c	C	山东	b	B
四川	c	C	四川	b	B

经多重比较表 1-25 可知:

北京和陕西产地, 山东和四川产地间品种(系)99-2 中迷迭香酸的含量无显著

差异，北京和安徽产地间差异显著，其它产地间差异极显著。

安徽、陕西和北京产地间品种（系）99-2 中丹酚酸 B 的含量差异不显著，山东和四川产地丹酚酸 B 的含量差异不显著，但是与其它三个产地差异极显著。

2.2.1.2 品种（系）99-2 不同产地间脂溶性成分含量的比较

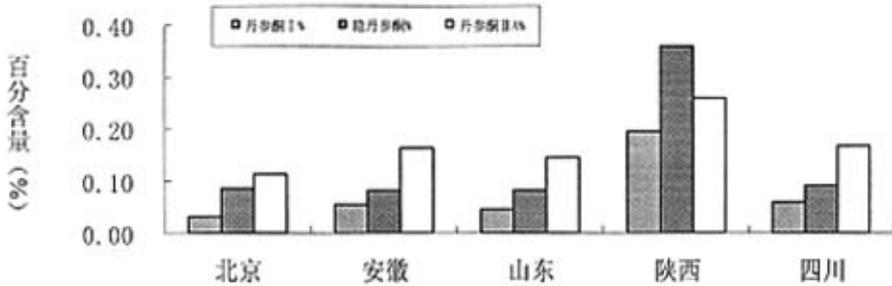


图 1-14 品种（系）99-2 不同产地间脂溶性成分含量比较

品种（系）99-2 不同产地脂溶性成分的含量测定结果如图 1-14，丹参酮 I 含量最高的产地陕西为 0.196%，最低的产地北京为 0.034%，平均为 0.077%，变异系数为 77.769%；隐丹参酮含量最高的产地为陕西 0.359%，最低的产地安徽为 0.082%，平均为 0.141%，变异系数为 77.873%；丹参酮 II_A 含量最高的产地陕西为 0.260%，最低的产地为北京 0.115%，平均为 0.170%，变异系数为 28.607%。不同产地间丹参酮 I 和隐丹参酮含量的变异程度大于丹参酮 II_A。

表 1-26 品种（系）99-2 不同产地间脂溶性成分含量的方差分析

成分	变异来源	SS	Df	S ²	F	Sig.
丹参酮 I	组间变异	0.108	4	0.027	1.838	0.153
	组内变异	0.367	25	0.015		
	总变异	0.475	29			
隐丹参酮	组间变异	0.359	4	0.090	104.920**	0.000
	组内变异	0.021	25	0.001		
	总变异	0.381	29			
丹参酮 II _A	组间变异	0.071	4	0.018	60.145**	0.000
	组内变异	0.007	25	0.000		
	总变异	0.079	29			

* P<0.05 ** P<0.01

经方差分析表明，不同产地间中丹参酮 I 含量差异不显著，F 值为 1.838，而隐丹参酮和丹参酮 II_A 的含量均存在极显著性差异。结果见表 1-26。

由多重比较结果表 1-27 可知：

四川、北京、山东和安徽产地品种（系）99-2 中含量隐丹参酮的含量差异不显著，均与陕西产地存在极显著差异。

四川和安徽产地品种(系)99-2中丹参酮II_A含量无显著差异,山东和川、徽两地差异显著,其它产地间差异极显著。

表 1-27 品种(系)99-2 中不同产地间脂溶性成分含量的多重比较

产地	隐丹参酮		产地	丹参酮II _A	
	a=0.05	a=0.01		a=0.05	a=0.01
陕西	a	A	陕西	a	A
四川	b	B	四川	b	B
北京	b	B	安徽	b	B
山东	b	B	山东	c	B
安徽	b	B	北京	d	C

2.2.2 品种(系)99-3 不同产地间有效性成分含量的比较

2.2.2.1 品种(系)99-3 不同产地间水溶性成分含量的比较

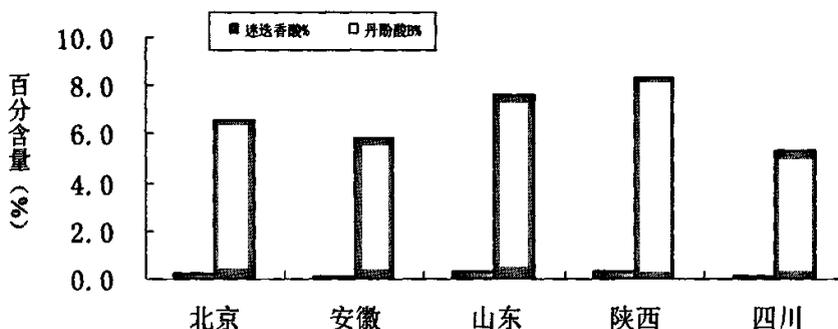


图 1-15 品种(系)99-3 不同产地间水溶性成分含量比较

品种(系)99-3 不同产地水溶性成分的含量测定结果如图 1-15, 迷迭香酸含量最高的产地陕西为 0.361%, 最低的产地四川为 0.088%, 平均为 0.225%, 变异系数为 48.502%; 丹酚酸 B 含量最高的产地陕西为 8.372%, 最低的产地四川为 5.324%, 平均为 6.725%, 变异系数为 16.639%。不同产地间迷迭香酸含量的变异程度大于丹酚酸 B。

表 1-28 品种(系)99-3 不同产地间水溶性成分含量的方差分析

成分	变异来源	SS	df	S ²	F	Sig.
迷迭香酸	组间变异	0.357	4	0.089	414.976*	0.000
	组内变异	0.005	25	0.011		
	总变异	0.363	29			
丹酚酸 B	组间变异	31.817	4	7.954	57.941*	0.000
	组内变异	3.432	25	0.137		
	总变异	35.249	29			

* P<0.05 ** P<0.01

经方差分析表明,不同产地间品种(系)99-3 中迷迭香酸和丹酚酸 B 的含量存在极显著性差异。结果见表 1-28。

由多重比较结果表 1-29 可知:

各产地品种(系) 99-3 中迷迭香酸含量的差异均达极显著水平。

北京和安徽产地品种(系) 99-3 中丹酚酸 B 的含量差异不显著, 其它各产地间差异均达极显著水平。

表 1-29 品种(系) 99-3 不同产地间水溶性成分含量的多重比较

产地	迷迭香酸		产地	丹酚酸 B	
	a=0.05	a=0.01		a=0.05	a=0.01
陕西	a	A	陕西	a	A
山东	b	B	山东	b	B
北京	c	C	安徽	c	C
安徽	d	D	北京	c	C
四川	e	E	四川	d	D

2.2.2.2 品种(系) 99-3 不同产地间脂溶性成分含量的比较

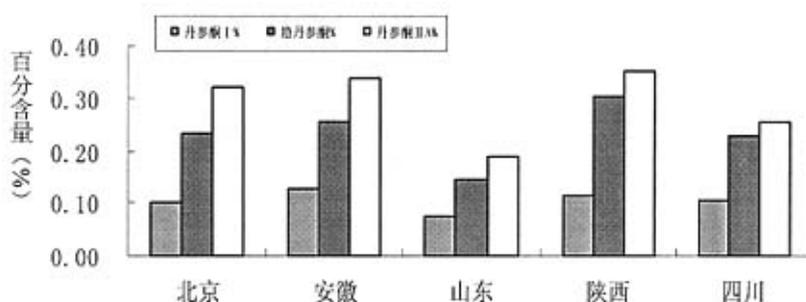


图 1-16 品种(系) 99-3 不同产地间脂溶性成分含量比较

品种(系) 99-3 不同产地脂溶性成分的含量测定结果如图 1-16。丹参酮 I 含量最高的产地安徽为 0.129%, 最低的产地山东为 0.073%, 平均为 0.105%, 变异系数为 17.491%; 隐丹参酮含量最高的产地陕西为 0.303%, 最低的产地山东为 0.143%, 平均为 0.233%, 变异系数为 22.299%; 丹参酮 II_a 含量最高的产地陕西为 0.352%, 最低的产地山东为 0.189%, 平均为 0.291%, 变异系数为 20.890%。不同产地间三种有效成份含量的变异程度相差不大。

经方差分析表明, 不同产地间品种(系) 99-3 中丹参酮 I、隐丹参酮和丹参酮 II_a 的含量均存在极显著性差异。结果见表 1-30。

表 1-30 品种(系) 99-3 不同产地间脂溶性成分含量的方差分析

成分	变异来源	SS	Df	S ²	F	Sig.
丹参酮 I	组间变异	0.01	4	0.003	93.815**	0.000
	组内变异	0.001	25	0.000		
	总变异	0.011	29			
隐丹参酮	组间变异	0.081	4	0.020	428.326**	0.000
	组内变异	0.001	25	0.000		
	总变异	0.082	29			
丹参酮 II _A	组间变异	0.111	4	0.028	176.149**	0.000
	组内变异	0.004	25	0.000		
	总变异	0.115	29			

* P<0.05 ** P<0.01

由多重比较结果表 1-31 可知:

陕西和四川, 四川和北京产地间品种(系) 99-3 中丹参酮 I 的含量均无显著差异, 其它产地差异均极显著。

四川和北京产地品种(系) 99-3 中隐丹参酮的含量无显著差异, 其它各产地差异极显著。

陕西和安徽产地品种(系) 99-3 中丹参酮 II_A 的含量差异不显著, 北京和安徽产地有显著差异, 其它产地间差异极显著。

表 1-31 品种(系) 99-3 不同产地间丹参脂溶性成分含量的多重比较

产地	丹参酮 I		产地	隐丹参酮		产地	丹参酮 II _A	
	a=0.05	a=0.01		a=0.05	a=0.01		a=0.05	a=0.01
安徽	a	A	陕西	a	A	陕西	a	A
陕西	b	B	安徽	b	B	安徽	a	AB
四川	bc	BC	北京	c	C	北京	b	B
北京	c	C	四川	c	C	四川	c	C
山东	d	D	山东	d	D	山东	d	C

2.2.3 品种(系) 99-4 不同产地间有效成分含量的比较

2.2.3.1 品种(系) 99-4 不同产地间水溶性成分含量的比较

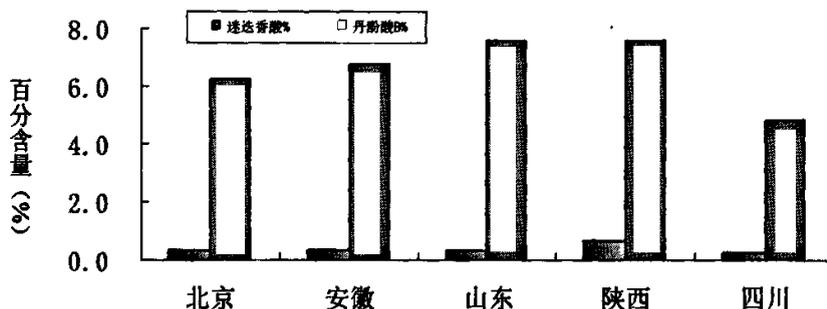


图 1-17 品种(系) 99-4 不同产地间水溶性成分含量比较

品种（系）99-4 不同产地水溶性成分的含量测定结果如图 1-17，迷迭香酸含量最高的产地陕西为 0.643%，最低的产地四川为 0.211%，平均为 0.380%，变异系数为 37.442%；丹酚酸 B 含量最高的产地陕西为 7.597%，最低的产地四川为 4.801%，平均为 6.596%，变异系数为 15.583%。不同产地间迷迭香酸含量的变异程度大于丹酚酸 B。

表 1-32 品种（系）99-4 不同产地间水溶性成分含量的方差分析

成分	变异来源	SS	df	S ²	F	Sig.
迷迭香酸	组间变异	0.606	4	0.151	46.64**	0.000
	组内变异	0.081	25	0.003		
	总变异	0.687	29			
丹酚酸 B	组间变异	31.695	4	7.924	102.768**	0.000
	组内变异	1.928	25	0.077		
	总变异	33.623	29			

* P<0.05 ** P<0.01

经方差分析表明，不同产地品种（系）99-4 中迷迭香酸和丹酚酸 B 的含量存在极显著性差异。结果见表 1-32。

表 1-33 品种（系）99-4 不同产地间水溶性成分含量的多重比较

产地	迷迭香酸		产地	丹酚酸 B	
	a=0.05	a=0.01		a=0.05	a=0.01
陕西	a	A	陕西	a	A
安徽	b	B	山东	a	A
山东	b	B	安徽	b	B
北京	b	B	北京	c	C
四川	c	C	四川	d	D

由多重比较结果表 1-33 可知：

山东、北京和安徽产地间品种（系）99-4 中迷迭香酸的含量无显著差异，其它产地间差异极显著。

陕西和山东产地品种（系）99-4 中丹酚酸 B 的含量无显著差异，其它产地间差异极显著。

2.2.3.2 品种（系）99-4 不同产地间脂溶性成分含量的比较

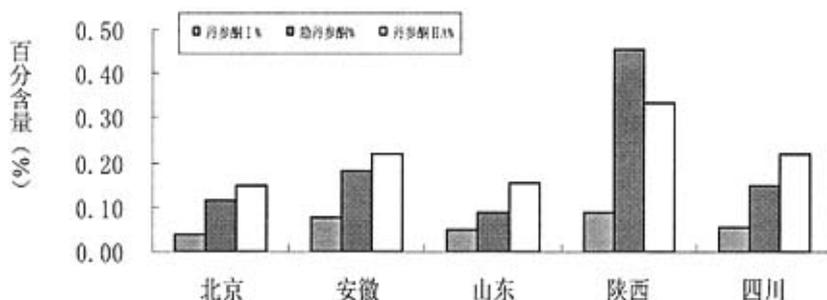


图 1-18 品种（系）99-4 不同产地间脂溶性成分含量比较

品种(系)99-4 不同产地脂溶性成分的含量测定结果如图 1-18, 丹参酮 I 含量最高的产地陕西为 0.089%, 最低的产地北京为 0.037%, 平均为 0.061%, 变异系数为 30.786%; 隐丹参酮含量最高的产地陕西为 0.458%, 最低的产地山东为 0.088%, 平均为 0.197%, 变异系数为 68.155%; 丹参酮 II_A 含量最高的产地陕西为 0.335%, 最低的产地北京为 0.147%, 平均为 0.215%, 变异系数为 31.147%。不同产地间隐丹参酮含量的变异程度大于丹参酮 I 和丹参酮 II_A。

经方差分析表明, 不同产地品种(系)99-4 中丹参酮 I、隐丹参酮和丹参酮 II_A 的含量均存在极显著性差异。结果见表 1-34。

表 1-34 品种(系)99-4 不同产地间脂溶性成分含量的方差分析

成分	变异来源	SS	Df	S ²	F	Sig.
丹参酮 I	组间变异	0.011	4	0.003	289.525**	0.000
	组内变异	0.000	25	0.000		
	总变异	0.011	29			
隐丹参酮	组间变异	0.540	4	0.135	247.171**	0.000
	组内变异	0.014	25	0.001		
	总变异	0.554	29			
丹参酮 II _A	组间变异	0.135	4	0.034	16.748**	0.000
	组内变异	0.050	25	0.002		
	总变异	0.185	29			

* P<0.05 ** P<0.01

经多重比较结果表 1-35 可知:

各产地品种(系)99-4 中丹参酮 I 的含量差异均达极显著水平。

山东和北京产地品种(系)99-4 中隐丹参酮的含量无显著差异, 四川和北京, 安徽和四川产地间存在显著差异, 其它各产地间差异极显著。

安徽、四川和山东产地间品种(系)99-4 中丹参酮 II_A 的含量差异不显著, 山东和北京产地间无显著差异, 四川和北京产地间差异显著, 其它产地间差异极显著。

表 1-35 品种(系)99-4 不同产地间脂溶性成分含量的多重比较

产地	丹参酮 I		产地	隐丹参酮		产地	丹参酮 II _A	
	a=0.05	a=0.01		a=0.05	a=0.01		a=0.05	a=0.01
陕西	a	A	陕西	a	A	陕西	a	A
安徽	b	B	安徽	b	B	安徽	b	B
四川	c	C	四川	c	BC	四川	b	B
山东	d	D	北京	d	CD	山东	bc	B
北京	e	E	山东	d	D	北京	c	B

2.2.4. 品种(系) 99-5 不同产地间有效性成分含量的比较

2.2.4.1 品种(系) 99-5 不同产地间水溶性成分含量的比较

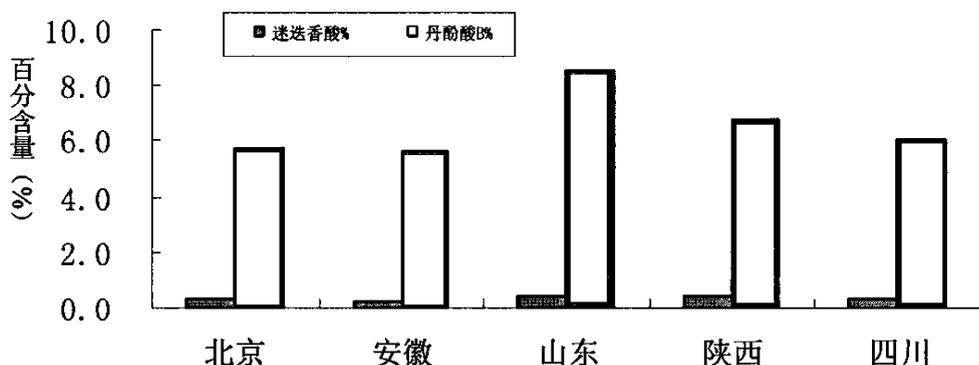


图 1-19 品种(系) 99-5 不同产地间水溶性成分含量比较

品种(系) 99-5 不同产地水溶性成分的含量测定结果如图 1-19, 迷迭香酸含量最高的产地陕西为 0.410%, 最低的产地安徽为 0.221%, 平均为 0.320%, 变异系数为 22.343%; 丹酚酸 B 含量最高的产地陕西为 8.569%, 最低的产地安徽为 5.630%, 平均为 6.558%, 变异系数为 16.577%。不同产地间迷迭香酸含量的变异程度大于丹酚酸 B 含量的变异。

表 1-36 品种(系) 99-5 不同产地间水溶性成分含量的方差分析

成分	变异来源	SS	df	S ²	F	Sig.
迷迭香酸	组间变异	0.153	4	0.038	85.977**	0.000
	组内变异	0.011	25	0		
	总变异	0.164	29			
丹酚酸 B	组间变异	35.452	4	8.863	8.475**	0.000
	组内变异	26.143	25	1.046		
	总变异	61.595	29			

* P<0.05 ** P<0.01

经方差分析表明, 不同产地品种(系) 99-5 中迷迭香酸和丹酚酸 B 的含量存在极显著性差异。结果见表 1-36。

表 1-37 品种(系) 99-5 不同产地间水溶性成分含量的多重比较

产地	迷迭香酸		产地	丹酚酸 B	
	a=0.05	a=0.01		a=0.05	a=0.01
陕西	a	A	山东	a	A
山东	a	A	陕西	b	B
四川	b	B	四川	b	B
北京	b	B	北京	b	B
安徽	c	C	安徽	b	B

经多重比较表 1-37 可知:

陕西和山东产地品种(系) 99-5 中迷迭香酸的含量差异不显著, 北京和四川产

地无显著差异,其它产地间差异极显著。

陕西、四川、北京和安徽产地品种(系)99-5中丹酚酸B差异均不显著,但与山东产地差异均达极显著水平。

2.2.4.2 品种(系)99-5不同产地间脂溶性成分含量的比较

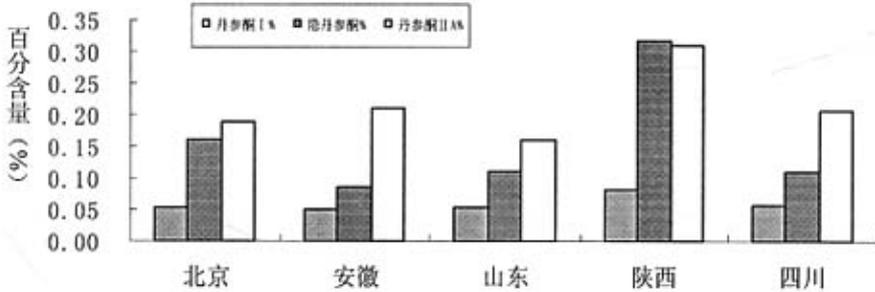


图 1-20 品种(系)99-5 不同产地间脂溶性成分含量比较

品种(系)99-5不同产地脂溶性成分的含量测定结果如图 1-20,丹参酮 I 含量最高的产地陕西为 0.081%,最低的产地安徽为 0.048%,平均为 0.059%,变异系数为 19.080%;隐丹参酮含量最高的产地陕西为 0.317%,最低的产地安徽为 0.086%,平均为 0.158%,变异系数为 52.949%;丹参酮 II_A含量为最高的产地陕西为 0.309%,最低的产地山东为 0.161%,平均为 0.215%,变异系数为 23.240%。不同产地间隐丹参酮含量的变异程度大于丹参酮 I 和丹参酮 II_A。

表 1-38 品种(系)99-5 不同产地间脂溶性成分含量的方差分析

成分	变异来源	SS	Df	S ²	F	Sig.
丹参酮 I	组间变异	0.004	4	0.001	13.976**	0.000
	组内变异	0.002	25	0.000		
	总变异	0.005	29			
隐丹参酮	组间变异	0.209	4	0.052	160.989**	0.000
	组内变异	0.008	25	0.000		
	总变异	0.217	29			
丹参酮 II _A	组间变异	0.075	4	0.019	43.309**	0.000
	组内变异	0.011	25	0.000		
	总变异	0.086	29			

* P<0.05 ** P<0.01

经方差分析表明,不同产地品种(系)99-5中丹参酮 I、隐丹参酮和丹参酮 II_A的含量均存在极显著性差异。结果见表 1-38。

由多重比较表 1-39 可知:

四川和山东产地品种(系)99-5中隐丹参酮的含量无显著差异,安徽和四川产地差异显著,其它各产地差异极显著。

安徽、四川和北京产地品种(系)99-5中丹参酮 II_A的含量差异不显著,北京和

山东产地有显著差异，其它产地间差异极显著。

陕西产地品种（系）99-5 中丹参酮 I 的含量与其它产地差异极显著，其它产地间差异均不显著。

表 1-39 品种（系）99-5 不同产地间脂溶性成分含量的多重比较

产地	丹参酮 I		产地	隐丹参酮		产地	丹参酮 II _A	
	a=0.05	a=0.01		a=0.05	a=0.01		a=0.05	a=0.01
陕西	a	A	陕西	a	A	陕西	a	A
四川	b	B	北京	b	B	安徽	b	B
北京	b	B	山东	c	C	四川	b	B
山东	b	B	四川	c	C	北京	b	BC
安徽	b	B	安徽	d	C	山东	c	C

2.2.5 品种（系）Ds-2000 不同产地间有效性成分含量的比较

2.2.5.1 品种（系）Ds-2000 不同产地间水溶性成分含量的比较

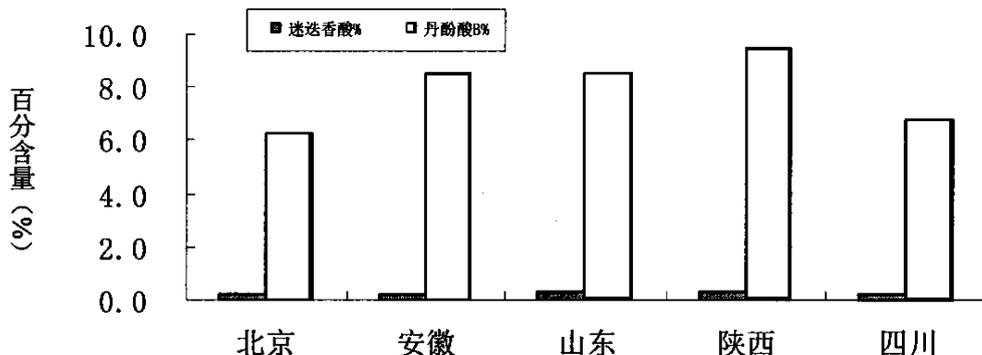


图 1-21 品种（系）Ds-2000 不同产地间水溶性成分含量比较

品种（系）DS-2000 不同产地水溶性成分的含量测定结果如图 1-21，迷迭香酸含量最高的产地山东为 0.355%，最低的产地安徽为 0.175%，平均为 0.258%，变异系数为 27.798%；丹酚酸 B 含量最高的产地陕西为 9.447%，最低的产地北京为 6.277%，平均为 7.911%，变异系数为 15.172%。不同产地间迷迭香酸含量的变异程度大于丹酚酸 B 含量的变异。

表 1-40 品种（系）Ds-2000 不同产地间水溶性成分含量的方差分析

成分	变异来源	SS	df	S ²	F	Sig.
迷迭香酸	组间变异	0.154	4	0.039	65.786**	0.000
	组内变异	0.015	25	0.001		
	总变异	0.169	29			
丹酚酸 B	组间变异	43.214	4	10.804	30.327**	0.000
	组内变异	8.906	25	0.356		
	总变异	52.12	29			

* P<0.05

** P<0.01

经方差分析表明,不同产地品种(系)DS-2000中迷迭香酸和丹酚酸B的含量存在极显著性差异。结果见表1-40。

表 1-41 品种(系)Ds-2000 不同产地间水溶性成分含量的多重比较

产地	迷迭香酸		产地	丹酚酸 B	
	a=0.05	a=0.01		a=0.05	a=0.01
山东	a	A	陕西	a	A
陕西	a	A	安徽	b	A
四川	b	B	山东	b	A
北京	c	BC	四川	c	B
安徽	c	C	北京	c	B

由多重比较表 1-41 可知:

陕西和山东产地品种(系)Ds-2000中迷迭香酸的含量差异不显著,四川和北京产地含量差异显著,北京和安徽产地迷迭香酸的含量无显著差异,其它产地间差异极显著。

安徽和山东产地品种(系)Ds-2000中丹酚酸B的含量差异不显著,含量最高,且均与陕西产地有显著差异,其它产地间差异极显著。

2.2.5.2 品种(系)Ds-2000 不同产地间脂溶性成分含量的比较

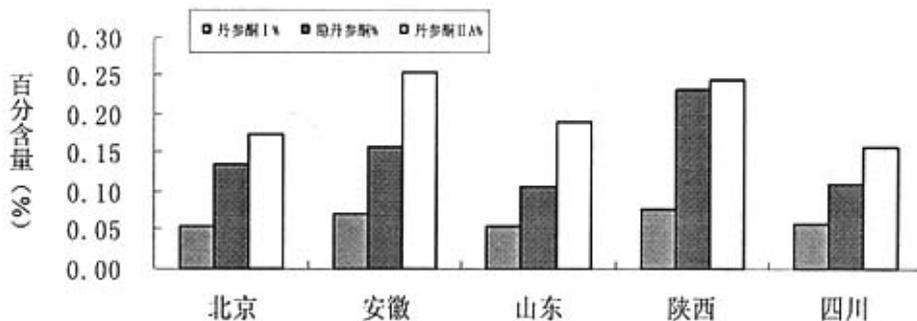


图 1-22 品种(系)DS-2000 不同产地间脂溶性成分含量比较

品种(系)DS-2000不同产地脂溶性成分的含量测定结果如图1-22,丹参酮I含量最高的产地陕西为0.077%,最低的产地北京为0.055%,平均为0.063%,变异系数为14.089%;隐丹参酮含量最高的产地陕西为0.232%,最低的产地山东为0.106%,平均为0.148%,变异系数为31.009%;丹参酮II_a含量最高的产地安徽为0.255%,最低的产地四川为0.157%,平均为0.204%,变异系数为18.895%。不同产地间隐丹参酮含量的变异程度大于丹参酮I和丹参酮II_a。

经方差分析表明,不同产地间品种(系)DS-2000中丹参酮I、隐丹参酮和丹参

酮 II_A 的含量均存在极显著性差异。结果见表 1-42。

表 1-42 品种(系) DS-2000 不同产地间脂溶性成分含量的方差分析

成分	变异来源	SS	Df	S ²	F	Sig.
丹参酮 I	组间变异	0.002	4	0.001	17.264**	0.000
	组内变异	0.001	25	0.000		
	总变异	0.003	29			
隐丹参酮	组间变异	0.063	4	0.016	41.162**	0.000
	组内变异	0.010	25	0.000		
	总变异	0.073	29			
丹参酮 II _A	组间变异	0.045	4	0.011	31.529**	0.000
	组内变异	0.009	25	0.000		
	总变异	0.053	29			

* P<0.05 ** P<0.01

由多重比较表 1-43 可知:

陕西和安徽产地品种(系) DS-2000 中丹参酮 I 的含量差异显著, 四川、山东和北京三个产地间丹参酮 I 的含量差异均不显著, 其它产地间差异极显著。

北京、四川和山东三个产地间品种(系) DS-2000 中隐丹参酮的含量差异显著, 安徽和北京产地差异显著, 其它产地间差异极显著。

陕西和安徽产地品种(系) DS-2000 中丹参酮 II_A 的含量差异不显著, 山东和四川产地间差异极显著, 北京和山东、北京和四川产地无显著差异, 其它产地间差异极显著。

表 1-43 品种(系) Ds-2000 不同产地间脂溶性成分含量的多重比较

产地	丹参酮 I		产地	隐丹参酮		产地	丹参酮 II _A	
	a=0.05	a=0.01		a=0.05	a=0.01		a=0.05	a=0.01
陕西	a	A	陕西	a	A	安徽	a	A
安徽	b	A	安徽	b	B	陕西	a	A
四川	c	B	北京	c	BC	山东	b	B
山东	c	B	四川	d	C	北京	bc	BC
北京	c	B	山东	e	C	四川	c	C

2.2.6 品种(系) 05-chx 不同产地间有效性成分含量的比较

2.2.6.1 不同产地品种(系) 05-chx 间水溶性成分含量的比较

品种(系) 05-chx 不同产地水溶性成分的含量测定结果如图 1-23, 迷迭香酸含量最高的产地陕西为 0.655%, 最低的产地四川为 0.210%, 平均为 0.398%, 变异系数为 48.769%; 丹酚酸 B 含量最高的产地北京为 11.228%, 最低的产地四川为 9.299%, 平均为 10.090%, 变异系数为 7.712%。不同产地间迷迭香酸含量的变异程度大于丹酚酸 B 含量的变异。

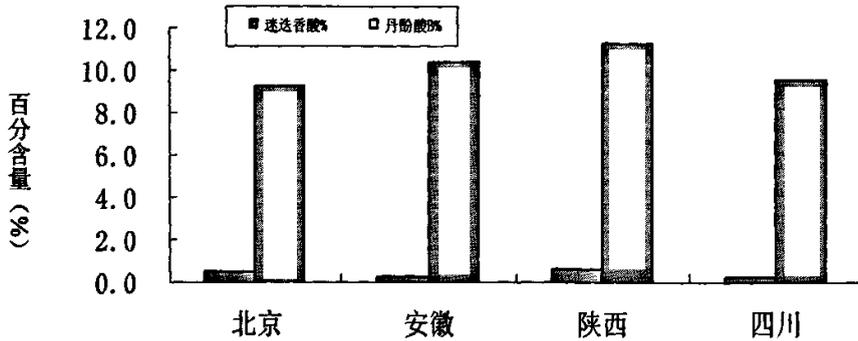


图 1-23 品种（系）05-chx 不同产地间水溶性成分含量比较

经方差分析表明，不同产地间品种（系）05-chx 中迷迭香酸和丹酚酸 B 的含量存在极显著性差异。结果见表 1-44。

表 1-44 品种（系）05-chx 不同产地间水溶性成分含量的方差分析

成分	变异来源	SS	df	S ²	F	Sig.
迷迭香酸	组间变异	0.903	3	0.301	478.111*	0.000
	组内变异	0.013	20	0.001		
	总变异	0.916	23			
丹酚酸 B	组间变异	14.532	3	4.844	23.94**	0.000
	组内变异	4.047	20	0.202		
	总变异	18.579	23			

* P<0.05 ** P<0.01

由多重比较表 1-45 可知，

安徽和四川产地品种（系）05-chx 中迷迭香酸的含量无显著差异，其它产地间差异极显著。

北京和四川产地品种（系）05-chx 中丹酚酸 B 的含量差异不显著，其它产地差异极显著。

表 1-45 不同产地品种（系）05-chx 中水溶性成分含量的多重比较

产地	迷迭香酸		产地	丹酚酸 B	
	a=0.05	a=0.01		a=0.05	a=0.01
陕西	a	A	陕西	a	A
北京	b	B	安徽	b	B
安徽	c	C	四川	c	C
四川	c	C	北京	c	C

2.2.6.2 品种（系）05-chx 不同产地间脂溶性成分含量的比较

品种（系）05-chx 不同产地脂溶性成分的含量测定结果如图 1-24，丹参酮 I 含量最高的产地陕西为 0.079%，最低的产地北京为 0.029%，平均为 0.057%，变异系数为 31.037%；隐丹参酮含量最高的产地四川为 0.238%，最低的产地北京为 0.101%，

平均为 0.162%，变异系数为 30.478%；丹参酮 II_A 含量最高的产地四川为 0.724%，最低的产地北京为 0.423%，平均为 0.574%，变异系数为 18.630%。不同产地间丹参酮 I 和隐丹参酮含量的变异程度大于丹参酮 II_A。

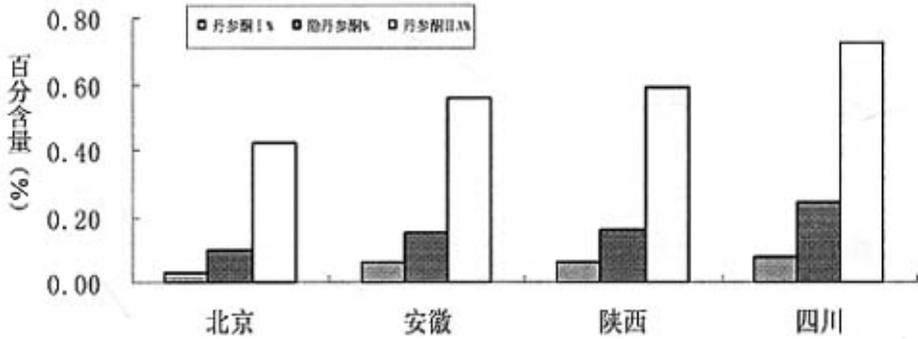


图 1-24 品种（系）05-Chx 不同产地间脂溶性成分含量比较

经方差分析结果表明，不同产地间品种（系）05-chx 中丹参酮 I、隐丹参酮和丹参酮 II_A 的含量均存在极显著性差异。结果见表 1-46。

表 1-46 品种（系）05-Chx 不同产地间脂溶性成分含量的方差分析

成分	变异来源	SS	Df	S ²	F	Sig.
丹参酮 I	组间变异	0.008	3	0.004	173.891**	0.000
	组内变异	0.000	20	0.000		
	总变异	0.008	23			
隐丹参酮	组间变异	0.057	3	0.029	369.035**	0.000
	组内变异	0.001	20	0.000		
	总变异	0.059	23			
丹参酮 II _A	组间变异	0.273	3	0.136	65.540**	0.000
	组内变异	0.031	20	0.002		
	总变异	0.304	23			

* P<0.05 ** P<0.01

表 1-47 品种（系）05-chx 不同产地间脂溶性成分含量的多重比较

产地	丹参酮 I		产地	隐丹参酮		产地	丹参酮 II _A	
	a=0.05	a=0.01		a=0.05	a=0.01		a=0.05	a=0.01
四川	a	A	四川	a	A	四川	a	A
安徽	b	B	陕西	b	B	陕西	b	B
陕西	b	B	安徽	c	B	安徽	c	C
北京	c	C	北京	d	C	北京	d	D

由多重比较表 1-47 可知：

安徽和陕西产地品种（系）05-chx 中丹参酮 I 的含量差异不显著，其它产地差异极显著。

安徽和陕西产地品种(系) 05-chx 中隐丹参酮的含量差异显著, 其它各产地差异极显著。

各产地间品种(系) 05-chx 中丹参酮 II_A 的含量差异极显著。

2.2.7 品种(系) shh 不同产地间有效性成分含量的比较

2.2.7.1 品种(系) shh 不同产地间水溶性成分含量的比较

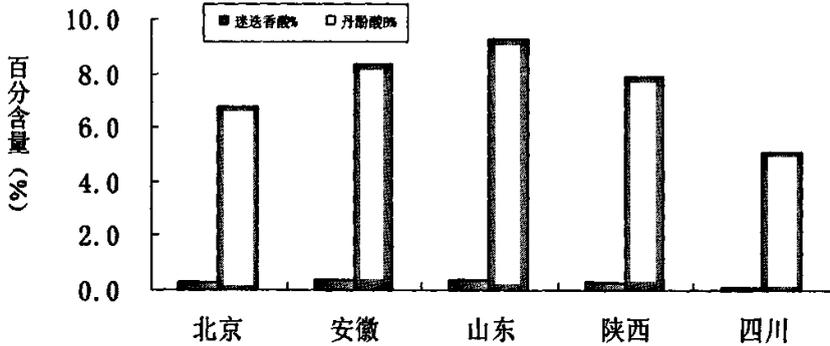


图 1-25 品种(系) shh 不同产地间水溶性成分含量比较

品种(系) shh 不同产地水溶性成分的含量测定结果如图 1-25, 迷迭香酸含量最高的产地北京为 0.412%, 最低的产地四川为 0.118%, 平均为 0.292%, 变异系数为 34.765%; 丹酚酸的含量最高的产地北京为 9.242%, 最低的产地四川为 5.066%, 平均为 7.444%, 变异系数为 19.260%。不同产地间迷迭香酸含量的变异程度大于丹酚酸 B。

表 1-48 品种(系) shh 不同产地间水溶性成分含量的方差分析

成分	变异来源	SS	df	S ²	F	Sig.
迷迭香酸	组间变异	0.31	4	0.077	23.358**	0.000
	组内变异	0.083	25	0.003		
	总变异	0.392	29			
丹酚酸 B	组间变异	61.673	4	15.418	51.111**	0.000
	组内变异	7.542	25	0.302		
	总变异	69.214	29			

* P<0.05 ** P<0.01

经方差分析表明, 品种(系) shh 不同产地间迷迭香酸和丹酚酸 B 的含量存在极显著性差异。结果见表 1-48。

由多重比较表 1-49 可知:

北京和山东产地间品种(系) shh 中迷迭香酸的含量差异不显著, 陕西和山东, 陕西和安徽产地间差异不显著, 其它产地间差异极显著。

山东和陕西产地间品种(系) shh 丹酚酸 B 的含量中差异不显著, 其它产地间差异极显著。

表 1-49 品种(系)shh 不同产地间水溶性成分含量的多重比较

产地	迷迭香酸		产地	丹酚酸 B	
	a=0.05	a=0.01		a=0.05	a=0.01
北京	a	A	北京	a	A
山东	ab	A	山东	b	B
陕西	bc	AB	陕西	b	B
安徽	c	B	安徽	c	C
四川	d	C	四川	d	D

2.2.7.2 品种(系)shh 不同产地间脂溶性成分含量的比较

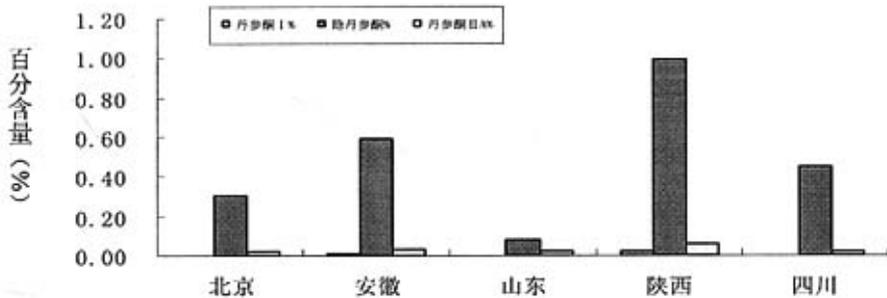


图 1-26 品种(系)shh 不同产地间脂溶性成分含量比较

品种(系)shh 不同产地脂溶性成分的含量测定结果如图 1-26, 丹参酮 I 含量最高的产地陕西为 0.017%, 最低的产地北京为 0.000%, 平均为 0.005%, 变异系数为 135.327%; 隐丹参酮含量最高陕西为 0.990%, 最低的产地北京为 0.083%, 平均为 0.483%, 变异系数为 62.792%; 丹参酮 II_a 含量最高的产地陕西为 0.055%, 最低的产地北京为 0.016%, 平均为 0.029%, 变异系数为 48.104%。不同产地间丹参酮 I 含量的变异程度大于隐丹参酮, 而隐丹参酮含量的变异程度大于丹参酮 II_a。

表 1-50 品种(系)shh 不同产地脂溶性成分含量的方差分析

成分	变异来源	SS	df	S ²	F	Sig.
丹参酮 I	组间变异	0.001	4	0.000	36.411**	0.000
	组内变异	0.000	25	0.000		
	总变异	0.002	29			
隐丹参酮	组间变异	2.765	4	0.691	400.417**	0.000
	组内变异	0.043	25	0.002		
	总变异	2.808	29			
丹参酮 II _a	组间变异	0.006	4	0.001	147.250**	0.000
	组内变异	0.000	25	0.000		
	总变异	0.006	29			

* P<0.05 ** P<0.01

由方差分析表明, 品种(系)shh 不同产地间丹参酮 I、隐丹参酮和丹参酮 II_a 的含量均存在极显著性差异。结果见表 1-50。

由多重比较表 1-51 可知:

四川、北京和安徽产地间品种(系)shh中丹参酮I的含量差异不显著,其它产地间差异极显著。

各产地间品种(系)shh中隐丹参酮的含量差异均达极显著水平。

四川和安徽产地间品种(系)shh中丹参酮II_A的含量差异不显著,其它各产差异极显著。

表 1-51 品种(系)shh不同产地脂溶性成分含量的多重比较

产地	丹参酮 I		产地	隐丹参酮		产地	丹参酮 II _A	
	a=0.05	a=0.01		a=0.05	a=0.01		a=0.05	a=0.01
陕西	a	A	陕西	a	A	陕西	a	A
山东	b	B	山东	b	B	山东	b	B
四川	c	C	四川	c	C	四川	c	C
安徽	c	C	安徽	d	D	安徽	c	C
北京	c	C	北京	e	E	北京	d	D

3 讨论

1. 经方差分析得知,不同产地及同一产地不同丹参品种(系)间有效成分存在显著性的差异。药材的品种(系)对丹参质量的影响很大,而中药栽培和质量控制科研力量较弱,人力和物力投入较少,对药材的品种选育周期又长,因此远远落后于农业上农作物的品种选育工作,需要加大政府和各级科研单位在用植物栽培和品种选育方面的投入,以便选育出适合当地生态环境的品种,改善药材质量参差不齐的现状,从源头抓起,控制药材的质量,保证药材质量稳定、安全、有效。

2. 从分析结果来看陕西产地各品种(系)丹参的质量明显好于其他产地。分析其原因,可能是选用的实验地位于半山腰,土壤土质较差,肥力偏弱,不利于根系得生长,丹参到采收时,根系较细。丹参脂溶性成分多为二萜醌类化合物,呈红色或黄色,是丹参根的色素成分,多分布在皮部。根据文献^[50, 51]报道,丹参根中丹参酮II_A主要存在于丹参木栓层,木质部含量甚微。丹酚酸B在全根中均有分布,木栓层中含量稍高。两种成分在丹参主根中的含量均较低,在须根中的含量均较高,这些因素使造成陕西产地各品种(系)丹参的质量明显好于其他产地。而北京产地的丹参生长较好,根系较粗,丹参有效成分含量较低。此外,土壤条件和气候条件均可以影响根系的生长和丹参有效成分的积累。

3. 各产地不同品种(系)丹参有效成分含量分析表明,05-chx中脂溶性成分含量均

高出其它品种(系)丹参。可能是因为 05-chx 是在四川采集的种根用于田间试验,经本实验研究表明四川产地种植的各品种(系)丹参脂溶性成分较高,而品种(系)05-chx 是当地长期大面积种植的丹参种质类型,已经适应了四川的生长环境,质量和产量均较好。

4. 以脂溶性成分为指标,陕西、四川和安徽三个产地各品种(系)丹参有效成分的含量基本都能达到药典标准,种植的丹参质量较好,这与普遍认为四川中江和陕西商洛是丹参的道地产区基本吻合。经调查,山东莒县一带丹参种植上万亩,山东省丹参产量较大,安徽亳州市市场上山东产丹参居多;而四川当地药农种植的丹参因质量较好,有厂商到当地收购,价格较高。05-chx 和 99-3 两个品种(系)的丹参脂溶性成分含量较高,高于药典规定的 0.2%含量。

以水溶性成份为指标,则陕西和山东,还有北京丹参中水溶性成份较高,质量较好。四川产地的各品种(系)的丹参水溶性成分含量普遍低于其他产地。分析原因,可能与光照、温度和水分等因素有关,四川盆地昼夜温差较小,2006年7、8月份四川大旱,尤其是中江等地旱情更为严重,5-10月降雨量在五个产地中较少,光照亦较强烈,温度较高,土壤和空气中的湿度较小,而北京、陕西和山东等地的温度适宜,温差较大且降雨量较多。

第二章 丹参有效成分含量与土壤因子的关系

土壤是生态系统中物质和能量交换的重要场所,植物生命活动所需的水分和营养物质,绝大部分是通过根系从土壤中吸收的,土壤中营养物质的丰度和土壤理化性质将直接影响或决定丹参吸收营养物质的种类及数量,进而影响丹参生育过程、生物量、经济产量与品质。因此,丹参生长与土壤因子关系密切,有必要深入研究哪些土壤因子影响丹参有效成分的积累,以便有效的选择土壤条件来调控丹参的质量。

1 材料与方法

1.1 样品来源及有效成分含量分析

不同产地不同品种(系)丹参样品收集与有效成分含量分析方法同第一章。

1.2 丹参产地土壤样品的采集与分析

1.2.1 土壤样品的采集

采用混合土样采集法^[52]。以“随机”多点混合的原则,采集丹参试验地耕作层30cm土壤,每份样品重约1kg,以备各项测定之用。

1.2.2 土壤样品分析

a. 土壤样品理化性质分析参考鲍士旦主编的《土壤农化分析》^[52](第三版)。

土壤物理结构用土壤筛进行分析。

土壤有机质含量测定采用重铬酸钾容量法-稀释热法。

土壤全氮的测定采用半微量开氏法,土壤碱解氮的测定采用碱解氮扩散法。

土壤全磷的测定采用NaOH熔融-钼锑抗比色法,速效磷的测定采用 $0.5\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NH}_4\text{HCO}_3$ 法。

土壤全钾的测定采用NaOH熔融-火焰光度法,有效钾的测定采用 $1.0\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NH}_4\text{Ac}$ 浸提-火焰光度法。

土壤pH值采用pH计法。

b. 土壤中矿质元素分析:

使用ICP-MS定量分析土壤中的22种矿质元素。麦尔斯通微波消化实验室系统(MLS1200,意大利Milestone公司),最大消化功率为1200w;电感耦合等离子体光谱仪(POEMS,美国TJA公司),仪器工作条件见文献。HCl、HF、HNO₃、EDTA等试剂均为高纯,其余试剂均为分析纯;实验用水为二次石英亚沸蒸馏水。

1.3 数据分析方法

使用 Spss11.0 统计分析^[53]软件对不同产地的丹参有效成分含量与土壤物理结构、理化性质和矿质元素之间进行相关性分析。

2 结果与分析

2.1 各产地土壤物理结构、理化性质、矿质元素分析

各产地土壤的物理结构、理化性质、矿质元素分析结果见表 2-1、2-2、2-3。

表 2-1 丹参各产地土壤物理结构

产地	中粗沙粒% (1-0.25mm)	细沙粒% (0.25-0.05mm)	粗粉粒% (0.05-0.01mm)	中粉粒% (0.01-0.005mm)	细粉粒% (0.005-0.001mm)	黏粒 % (<0.001mm)	土壤质地
安徽	10.62	34.79	20.40	11.89	12.89	9.41	壤土
四川	5.33	24.60	36.12	1.80	10.65	21.51	粉沙质黏壤土
北京	5.79	35.40	29.77	5.77	8.88	14.40	粉沙质壤土
山东	4.98	15.71	42.70	5.85	8.29	22.46	粉沙质黏壤土
陕西	9.82	7.25	23.85	14.32	29.93	14.82	粉沙质壤土

由表 2-1 可知,四川和山东,北京和陕西的土壤质地相同。安徽产地土壤沙粒所占比例最大,陕西产地为粉沙质土壤中、细粉粒比例最高,细沙粒比例最低。

表 2-2 土壤基本理化性质分析

产地	PH	碱解氮 (mg/kg)	速效 P (mg/kg)	速效 K (mg/kg)	全 P (g/kg)	全 K (g/kg)	全 N (g/kg)	有机质 (g/kg)
安徽	8.35	40.72	3.70	75.00	0.92	17.50	0.88	8.79
四川	7.80	31.41	2.79	40.00	0.55	15.00	0.85	7.49
山东	8.26	59.92	20.61	80.00	0.83	19.00	1.00	11.77
北京	7.70	53.23	5.53	70.00	0.50	18.00	1.02	10.08
陕西	8.38	24.43	0.57	90.00	0.91	20.00	1.80	11.94

注:碱解氮、速效 P 和速效 K 单位为 mg/k, 全 P、全 K、全 N 和有机质单位为 g/kg。

由表 2-2 可知,所有产地 PH 值均偏碱性。山东产地土壤理化性质各指标均较高,速效 P 的含量极明显高出其它产地,土壤肥力较好。而四川产地各指标均较低。

表 2-3 土壤样品矿质元素的分析

产地	Be	Na	Mg	Ca	V	52 Cr	53 Cr	Mn	Fe	Co
四川	64.25	4858	3433	1631	82620	66750	63940	440200	27520	12510
山东	61.07	9333	3611	1618	67020	60440	65050	373900	25340	12200
陕西	50.22	2455	5376	14570	101300	71150	73280	711100	38420	15840
安徽	77.88	9743	4998	10720	65410	51790	56370	533300	27980	11680
北京	94.51	8706	2335	6119	57580	45400	48010	322500	24250	11420

注:Fe k Ca Na Mg 单位为 mg/kg, 其余单位为 μ g/kg。

表 2-3 土壤样品矿质元素的分析(续)

产地	Ni	Cu	Zn	As	Mo	Cd	Sb	Ba	Tl	Pb	Th	U
四川	36210	26230	83860	18300	592	330.9	2877	184000	542.6	30520	1410	2921
山东	35350	22460	54080	19150	528.9	167.4	2388	271600	566.1	31600	1514	2679
陕西	46550	50710	112600	23450	1482	419.6	2342	235000	1129	40990	5340	6068
安徽	33520	25280	71120	19400	577.8	176.3	1838	269000	542.6	34580	3124	2671
北京	29400	28080	79470	18220	572.6	151.3	2537	200100	443	34530	2575	2374

注: Fe k Ca Na Mg 单位为 mg/kg, 其余单位为 μ g/kg。

由表 2-3 可知, 陕西产地土壤中矿质元素的含量普遍高于其它产地, 而北京产地普遍低于其它产地。

2.2 丹参脂溶性成分含量与土壤因子的关系

2.2.1 丹参脂溶性成分含量与土壤物理结构的相关分析

运用 SPSS11.0 统计软件对丹参脂溶性成分含量和土壤中各级土粒所占比例进行相关性分析, 结果见表。

表 2-4 丹参脂溶性成分含量与土壤物理结构的相关系数表

成分	品种(系)	中粗沙粒	细沙粒	粗粉粒	中粉粒	细粉粒	黏粒
丹参酮 I	99-2	0.548	-0.762	-0.416	0.691	0.988(**)	-0.153
	99-3	0.785	0.36	-0.900(*)	0.484	0.388	-0.794
	99-4	0.853	-0.477	-0.652	0.797	0.853	-0.427
	99-5	0.319	-0.803	-0.236	0.533	0.919(*)	0.016
	05-chx	0.024	-0.511	0.247	-0.252	0.391	0.423
	Ds-2000	0.934(*)	-0.385	-0.78	0.929(*)	0.869	-0.61
	shh	0.852	-0.509	-0.716	0.916(*)	0.951(*)	-0.522
隐丹参酮	99-2	0.509	-0.747	-0.408	0.685	0.979(**)	-0.161
	99-3	0.747	-0.068	-0.861	0.632	0.772	-0.657
	99-4	0.669	-0.634	-0.574	0.762	0.999(**)	-0.321
	99-5	0.353	-0.674	-0.34	0.583	0.897(*)	-0.131
	05-chx	-0.188	-0.462	0.33	-0.522	0.264	0.536
	Ds-2000	0.798	-0.446	-0.745	0.890(*)	0.952(*)	-0.564
	shh	0.788	-0.37	-0.76	0.733	0.921(*)	-0.507
丹参酮 II _A	99-2	0.608	-0.744	-0.423	0.666	0.956(*)	-0.136
	99-3	0.784	0.2	-0.956(*)	0.681	0.596	-0.871
	99-4	0.683	-0.613	-0.55	0.678	0.952(*)	-0.261
	99-5	0.667	-0.542	-0.625	0.709	0.979(**)	-0.359
	05-chx	-0.164	-0.564	0.378	-0.447	0.247	0.562
	Ds-2000	0.939(*)	-0.183	-0.751	0.954(*)	0.617	-0.72
	shh	0.713	-0.557	-0.646	0.783	0.991(**)	-0.402

注: **P<0.01, 相关极显著。 *P<0.05, 相关显著。

由相关系数表(2-5)可知:

品种(系)DS-2000中丹参酮I的含量与土壤中中粗沙粒和中粉粒的比例呈显著性正相关,品种(系)shh中丹参酮I的含量与土壤中中粉粒和细粉粒的比例呈显著性正相关,品种(系)99-2中丹参酮I的含量与土壤细粉粒的比例呈极显著性正相关,品种(系)99-5中丹参酮I的含量与土壤细粉粒的比例呈显著性正相关。

品种(系)DS-2000中隐丹参酮的含量与土壤中中粉粒和细粉粒的比例呈显著性正相关,品种(系)shh和99-5中隐丹参酮的含量与土壤细粉粒的比例均呈显著性正相关,品种(系)99-2和99-4中隐丹参酮的含量与土壤细粉粒的比例均呈极显著性正相关。

品种(系)Ds-2000中丹参酮II_A的含量与土壤中中粗沙粒和中粉粒所占比例呈极显著性正相关,品种(系)99-2和99-4中丹参酮II_A的含量与土壤中的细粉粒的比例呈显著性正相关,品种(系)99-5和shh中丹参酮II_A的含量与土壤中的细粉粒的比例呈极显著性正相关。

品种(系)05-chx中脂溶性成分与土壤物理结构的相关性不显著。

2.2.2 丹参脂溶性成分含量与土壤基本理化性质的相关分析

运用SPSS11.0统计软件对丹参脂溶性成分含量和土壤基本理化性质进行相关性分析。

由表2-5可知:品种(系)99-2中丹参酮I的含量与土壤中全N的含量呈显著性正相关,品种(系)99-5丹参酮I的含量与全N的含量呈极显著性正相关,品种(系)05-chx丹参酮I的含量与土壤中碱解氮的含量呈显著负相关。

品种(系)99-2和99-5中隐丹参酮的含量与土壤中全N的含量呈极显著性正相关,品种(系)99-4和Ds-2000中隐丹参酮的含量与全N的含量呈显著性正相关,品种(系)99-3中隐丹参酮的含量与速效磷的含量呈显著负相关,品种(系)shh中隐丹参酮的含量与碱解氮的含量呈显著负相关,品种(系)05-chx中隐丹参酮的含量与碱解氮的含量呈极显著负相关。

品种(系)shh中丹参酮II_A含量与土壤中全N的含量呈显著性正相关,品种(系)Ds-2000中丹参酮II_A含量与土壤中全P的含量呈极显著性正相关,品种(系)99-3和05-chx中丹参酮II_A含量与土壤中碱解氮的含量呈显著负相关。

表2-5 丹参脂溶性成分含量与土壤基本理化性质相关系数表

成分	品种(系)	全 N	全 P	全 K	有机质	碱解氮	速效 P	速效 K	PH
丹参酮 I	99-2	0.949(*)	0.498	0.545	0.482	-0.737	-0.455	0.497	0.521
	99-3	0.093	0.178	-0.239	-0.496	-0.67	-0.874	-0.084	0.129
	99-4	0.631	0.739	0.297	0.129	-0.797	-0.541	0.385	0.733
	99-5	0.966(**)	0.285	0.569	0.577	-0.61	-0.346	0.454	0.321
	Ds-2000	0.712	0.757	0.475	0.273	-0.695	-0.539	0.568	0.746
	05-chx	0.808	0.642	0.534	0.198	-0.984(*)	-0.696	0.777	0.638
	shh	0.834	0.702	0.571	0.397	-0.69	-0.524	0.624	0.699
	隐丹参酮	99-2	0.979(**)	0.443	0.601	0.545	-0.679	-0.437	0.538
99-3		0.594	0.182	0.116	-0.09	-0.826	-0.930(*)	0.167	0.159
99-4		0.921(*)	0.505	0.509	0.397	-0.782	-0.575	0.493	0.517
99-5		0.978(**)	0.241	0.638	0.605	-0.544	-0.408	0.537	0.266
Ds-2000		0.881(*)	0.555	0.605	0.43	-0.658	-0.587	0.633	0.551
05-chx		0.777	0.475	0.417	0.066	-0.998(**)	-0.841	0.637	0.462
shh		0.739	0.428	0.255	0.082	-0.894(*)	-0.796	0.295	0.421
丹参酮 II.		99-2	0.835	0.579	0.39	0.319	-0.826	-0.476	0.376
	99-3	0.455	0.169	0.197	-0.058	-0.561	-0.841	0.29	0.128
	99-4	0.792	0.523	0.297	0.189	-0.897(*)	-0.622	0.305	0.534
	99-5	0.872	0.397	0.389	0.265	-0.849	-0.697	0.376	0.404
	Ds-2000	0.474	0.890(*)	0.565	0.333	-0.323	-0.25	0.72	0.864
	05-chx	0.903	0.455	0.617	0.299	-0.974(*)	-0.735	0.767	0.46
	shh	0.900(*)	0.493	0.496	0.359	-0.784	-0.632	0.496	0.498

注：碱解氮、速效 P 和速效 K 单位为 mg/k, 全 P、全 K、全 N 和有机质单位为 g/kg。

注：** P<0.01, 相关极显著。* P<0.05, 相关显著。

2.2.3 丹参脂溶性成分含量与土壤中矿质元素的相关分析

运用 SPSS11.0 统计软件对丹参脂溶性成分含量和土壤中矿质元素的含量进行相关分析。

表 2-6 丹参脂溶性成分含量与土壤中矿质元素的相关系数表

成分	品种(系)	Be	Na	Mg	Ca	V	Cr52	Cr53
丹参酮 I	99-2	-0.699	-0.83	0.706	0.735	0.905(*)	0.709	0.759
	99-3	0.163	-0.21	0.501	0.661	0.213	-0.071	-0.123
	99-4	-0.626	-0.568	0.966(**)	0.794	0.755	0.585	0.659
	99-5	-0.653	-0.857	0.484	0.596	0.867	0.69	0.716
	Ds-2000	-0.458	-0.456	0.933(*)	0.926(*)	0.63	0.388	0.503
	05-chx	-0.723	-0.472	0.482	-0.16	0.584	0.747	0.676
	shh	-0.51	-0.577	0.873	0.931(*)	0.716	0.459	0.567
隐丹参酮	99-2	-0.636	-0.814	0.633	0.739	0.864	0.649	0.702
	99-3	-0.098	-0.616	0.541	0.844	0.574	0.217	0.172
	99-4	-0.594	-0.792	0.744	0.833	0.86	0.612	0.659
	99-5	-0.467	-0.772	0.404	0.672	0.746	0.505	0.542
	Ds-2000	-0.376	-0.596	0.737	0.955(*)	0.67	0.358	0.447
	05-chx	-0.603	-0.484	0.175	-0.446	0.497	0.7	0.556
	shh	-0.426	-0.735	0.757	0.866	0.781	0.492	0.491
丹参酮 IIA	99-2	-0.788	-0.825	0.821	0.693	0.945(*)	0.796	0.833
	99-3	0.218	-0.295	0.421	0.871	0.248	-0.149	-0.145
	99-4	-0.684	-0.823	0.821	0.751	0.918(*)	0.723	0.735
	99-5	-0.52	-0.823	0.696	0.829	0.855	0.581	0.59
	Ds-2000	-0.25	-0.036	0.875	0.852	0.272	0.076	0.274
	05-chx	-0.719	-0.56	0.336	-0.285	0.611	0.787	0.676
	shh	-0.519	-0.764	0.737	0.873	0.821	0.545	0.588

注: Fe k Ca Na Mg 单位为 mg/kg, 其余单位为 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。 ** $P < 0.01$, 相关极显著。 * $P < 0.05$, 相关显著。

表 2-6 丹参脂溶性成分含量与土壤中矿质元素的相关系数表 (续)

成分	品种 (系)	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Mo
丹参酮 I	99-2	0.903(*)	0.987(**)	0.985(**)	0.949(*)	0.969(**)	0.849	0.971(**)	0.993(**)
	99-3	0.546	0.381	0.132	0.124	0.303	0.502	0.228	0.26
	99-4	0.981(**)	0.886(*)	0.748	0.805	0.705	0.631	0.829	0.757
	99-5	0.745	0.905(*)	0.971(**)	0.896(*)	0.963(**)	0.843	0.905(*)	0.971(**)
	Ds-2000	0.954(*)	0.865	0.707	0.721	0.746	0.634	0.859	0.779
	05-chx	0.439	0.334	0.302	0.473	0.027	0.151	0.143	0.116
	shh	0.962(**)	0.935(*)	0.823	0.805	0.869	0.74	0.941(*)	0.894(*)
隐丹参酮	99-2	0.854	0.963(**)	0.974(**)	0.913(*)	0.987(**)	0.859	0.964(**)	0.999(**)
	99-3	0.76	0.741	0.584	0.503	0.766	0.886(*)	0.62	0.714
	99-4	0.938(*)	0.989(**)	0.939(*)	0.895(*)	0.971(**)	0.884(*)	0.958(*)	0.982(**)
	99-5	0.686	0.852	0.901(*)	0.785	0.972(**)	0.856	0.876	0.955(*)
	Ds-2000	0.894(*)	0.910(*)	0.811	0.743	0.924(*)	0.818	0.921(*)	0.919(*)
	05-chx	0.182	0.144	0.18	0.325	-0.097	0.095	-0.066	-0.029
	shh	0.936(*)	0.918(*)	0.791	0.758	0.868	0.895(*)	0.819	0.861
丹参酮 II _A	99-2	0.961(**)	0.987(**)	0.954(*)	0.971(**)	0.881(*)	0.792	0.931(*)	0.926(*)
	99-3	0.58	0.526	0.332	0.223	0.602	0.696	0.468	0.53
	99-4	0.975(**)	0.979(**)	0.907(*)	0.914(*)	0.878	0.846	0.890(*)	0.906(*)
	99-5	0.920(*)	0.968(**)	0.904(*)	0.849	0.962(**)	0.938(*)	0.901(*)	0.957(*)
	Ds-2000	0.749	0.596	0.409	0.446	0.462	0.271	0.675	0.508
	05-chx	0.348	0.3	0.315	0.465	0.039	0.207	0.095	0.115
	shh	0.934(*)	0.973(**)	0.903(*)	0.85	0.965(**)	0.898(*)	0.937(*)	0.966(**)

注: Fe k Ca Na Mg 单位为 mg/kg, 其余单位为 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。 ** $P < 0.01$, 相关极显著。 * $P < 0.05$, 相关显著。

表 2-6 丹参脂溶性成分含量与土壤中矿质元素的相关系数表(续)

成分	品种(系)	Cd	Sb	Ba	Tl	Pb	Th	U
丹参酮 I	99-2	0.85	-0.078	0.046	0.994(**)	0.859	0.868	0.999(**)
	99-3	0.277	-0.413	-0.118	0.185	0.401	0.501	0.223
	99-4	0.685	-0.462	0.314	0.803	0.695	0.777	0.785
	99-5	0.828	0.134	-0.102	0.952(*)	0.811	0.785	0.969(**)
	Ds-2000	0.552	-0.603	0.383	0.794	0.83	0.893(*)	0.775
	05-chx	0.606	0.163	-0.003	0.237	-0.249	-0.145	0.227
	shh	0.641	-0.474	0.291	0.894(*)	0.914(*)	0.953(*)	0.883(*)
隐丹参酮	99-2	0.813	-0.053	0.014	0.984(**)	0.890(*)	0.884(*)	0.993(**)
	99-3	0.624	-0.198	-0.255	0.612	0.774	0.825	0.665
	99-4	0.818	-0.176	0.039	0.963(**)	0.905(*)	0.927(*)	0.975(**)
	99-5	0.718	0.072	-0.125	0.899(*)	0.885(*)	0.845	0.924(*)
	Ds-2000	0.619	-0.393	0.152	0.876	0.977(**)	0.995(**)	0.883(*)
	05-chx	0.566	0.465	-0.329	0.07	-0.45	-0.377	0.08
	shh	0.78	-0.237	-0.062	0.819	0.827	0.885(*)	0.846
丹参酮 II _A	99-2	0.889(*)	-0.123	0.099	0.960(**)	0.749	0.791	0.958(*)
	99-3	0.29	-0.41	-0.125	0.403	0.752	0.79	0.448
	99-4	0.886(*)	-0.149	0.02	0.916(*)	0.762	0.818	0.926(*)
	99-5	0.841	-0.117	-0.089	0.917(*)	0.882(*)	0.911(*)	0.944(*)
	Ds-2000	0.152	-0.884(*)	0.693	0.546	0.691	0.747	0.496
	05-chx	0.66	0.364	-0.206	0.22	-0.302	-0.218	0.225
	shh	0.788	-0.213	0.02	0.934(*)	0.922(*)	0.948(*)	0.950(*)

注: Fe k Ca Na Mg 单位为 mg/kg, 其余单位为 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。 ** $P<0.01$, 相关极显著。 * $P<0.05$, 相关显著。由由相关系数表 2-6 可知:

品种(系) 99-2 中丹参酮 I 的含量与土壤中 Fe、Co、Ni、Cu、As、Mo、Tl、U 的含量呈极显著正关性, 与 V 和 Mn 的含量呈显著相关; 品种(系) 99-4 丹参酮 I 的含量与土壤中 Mg 和 Mn 的含量呈达极显著正相关, 与 Fe 的含量呈显著正相关; 品种(系) 99-5 丹参酮 I 的含量与 Tl 的含量相关性达显著水平, 品种(系) DS-2000 丹参酮 I 的含量与土壤中 Mg、Ca、Mn、Th 的含量呈显著相关性; 品种(系) shh 中丹参酮 I 与土壤中 Ca、Fe、As、Mo、Tl、Pb、Th、U 的含量均显著正相关性, 与 Mn 的含量呈极显著正相关性。

品种(系) 99-2 中隐丹参酮的含量与土壤中 Fe、Co、Cu、As、Mo、Tl 和 U 的含量呈达极显著正相关, 与 Ni、Pb、Th 的含量呈显著相关性; 品种(系) 99-3 中隐丹参酮的含量与土壤中 Zn 的含量呈显著正相关, 品种(系) 99-4 中隐丹参酮的含量与土壤中 Fe、Cu、Mo、Tl、U 的含量呈极显著相关性, 与 Mn、Co、Ni、Zn、As、Pb 和 Th 的含量均为显著正相关; 品种(系) 99-5 中隐丹参酮的含量与土壤中 Cu 的含量呈极显著正相关性, 与 Co、Mo、Tl、Pb、U 的含量呈显著相关性; 品种(系) DS-2000 中隐丹参酮的含量与土壤中 Pb、Th 的含量呈极显著正相关性, 与 Ca、Mn、Fe、Cu、As、Mo 和 U 的含量相关性达显著水平; 品种(系) shh 中隐丹参酮的含量与土壤中 Mn、Fe、Zn 的含量均呈显著正相关。

品种(系) 99-2 中丹参酮 II_A 的含量与土壤中 Co、Cu、As、Mo、V 和 U 的含量呈极显著正相关, 与 Mn、Fe、Ni 和 Tl 的含量呈显著正相关; 品种(系) 99-4 中丹参酮 II_A 的含量与土壤中 Mn、Fe 的含量呈极显著正相关, 与 V、Co、Ni、As、Mo、Cd、Tl 和 U 的含量呈显著正相关性; 品种(系) 99-5 中丹参酮 II_A 的含量与土壤中 Fe、Cu 的含量呈极显著正相关, 与 Mn、Co、Zn、As、Mo、Tl、Pb、Th、U 的含量相关性均达显著水平; 品种(系) DS-2000 中丹参酮 II_A 的含量与土壤中 K 的含量呈显著正相关, 但是与 Sb 的含量呈显著负相关, 相关系数为-0.884。品种(系) shh 中丹参酮 II_A 的含量与土壤中 Mn、Co、Zn、As、Tl、Pb、Th 和 U 的含量相关性均达显著水平, 与土壤中 Fe、Cu、Mo 的含量呈极显著相关性。

品种(系) 99-3 中丹参酮 I 和丹参酮 II_A 的含量与土壤中各因子没有显著的相关性。品种(系) 05-chx 中三种脂溶性成分与土壤各因子显著性均未达到显著水平。

2.3 丹参水溶性成分含量与土壤因子的关系

2.3.1 丹参水溶性成分含量与土壤物理结构的相关性分析

运用 SPSS11.0 统计软件对丹参水溶性成分含量和土壤各级土粒所占比例进行相关性分析。

由相关系数表 2-7 可知:

品种(系) 99-5 和 Ds-2000 中迷迭香酸的含量与土壤中的细沙粒比例呈显著负相关, 相关系数分别为-0.942 和-0.918, 品种(系) 99-4 迷迭香酸的含量中与土壤中的细粉粒比例呈显著正相关, 其它品种(系) 丹参中迷迭香酸的含量与土壤结构没有显著相关性。

品种(系)99-2 丹酚酸 B 的含量与土壤中的黏粒比例呈显著负相关, 相关系数为-0.917, 其它品种(系)与土壤结构没有显著相关性。

表 2-7 丹参水溶性成分含量与土壤物理结构的相关系数表

成分	品种(系)	中粗沙粒	细沙粒	粗粉粒	中粉粒	细粉粒	黏粒
迷迭香酸	99-2	0.595	-0.056	-0.695	0.772	0.588	-0.709
	99-3	-0.006	-0.704	0.142	0.416	0.481	0.16
	99-4	0.611	-0.651	-0.479	0.858	0.902(*)	-0.343
	99-5	-0.187	-0.942(*)	0.411	0.166	0.493	0.549
	05-chx	-0.578	-0.464	0.61	-0.137	-0.89	0.403
	Ds-2000	-0.205	-0.918(*)	0.493	0.139	0.373	0.59
	shh	0.343	-0.23	-0.085	0.583	0.112	-0.243
丹酚酸 B	99-2	0.832	0.175	-0.839	0.867	0.421	-0.917(*)
	99-3	0.164	-0.777	0.019	0.557	0.622	0.078
	99-4	0.401	-0.494	-0.16	0.723	0.436	-0.222
	99-5	-0.379	-0.685	0.691	-0.067	-0.018	0.668
	05-chx	0.113	-0.62	0.306	0.398	-0.111	0.187
	Ds-2000	0.659	-0.652	-0.313	0.806	0.674	-0.215
	shh	0.316	-0.276	-0.041	0.564	0.116	-0.189

注: ** P<0.01, 相关极显著。 * P<0.05, 相关显著。

2.3.2 丹参水溶性成分含量与土壤基本理化性质的相关性分析

运用 SPSS11.0 统计软件对丹参水溶性成分含量和土壤中矿质元素进行相关性分析, 结果见表。

表 2-8 丹参水溶性成分含量与土壤基本理化性质相关系数表

成分	品种(系)	全 N	全 P	全 K	有机质	碱解氮	速效 P	速效 K	PH
迷迭香酸	99-2	0.668	0.296	0.726	0.544	-0.132	-0.364	0.752	0.275
	99-3	0.747	0.344	0.910(*)	0.981(**)	0.156	0.35	0.788	0.383
	99-4	0.954(*)	0.626	0.849	0.749	-0.405	-0.238	0.829	0.639
	99-5	0.692	0.289	0.621	0.785	-0.077	0.353	0.458	0.35
	Ds-2000	0.562	0.391	0.608	0.779	0.048	0.52	0.47	0.45
	05-chx	-0.211	0.711	0.136	0.219	0.218	0.658	0.317	0.728
	shh	0.216	0.766	0.773	0.708	0.445	0.557	0.852	0.764
丹酚酸 B	99-2	0.365	0.569	0.576	0.314	-0.076	-0.305	0.724	0.526
	99-3	0.831	0.499	0.934(*)	0.971(**)	0.003	0.253	0.837	0.536
	99-4	0.577	0.766	0.953(*)	0.897(*)	0.213	0.381	0.973(**)	0.777
	99-5	0.184	0.354	0.474	0.67	0.397	0.825	0.372	0.406
	Ds-2000	0.612	0.969(**)	0.676	0.585	-0.293	0.076	0.743	0.980(**)
	05-chx	-0.161	0.707	0.199	0.286	0.209	0.673	0.362	0.728
	shh	0.223	0.775	0.77	0.719	0.438	0.585	0.842	0.777

注: 碱解氮、速效 P 和速效 K 单位为 mg/k, 全 P、全 K、全 N 和有机质单位为 g/kg。

** P<0.01, 相关极显著。 * P<0.05, 相关显著。

由相关系数表 2-8 可知:

品种(系)99-4 中迷迭香酸的含量与土壤中的全 N 含量呈显著正相关,品种(系)99-3 迷迭香酸的含量与土壤中的全 K 呈显著性正相关,与有机质的含量呈极显著正相关。

品种(系)99-3 中丹酚酸 B 的含量与土壤中有机质含量的相关性达极显著水平,99-3 和 99-4 中丹酚酸 B 的含量与土壤中全 K 的含量均为显著正相关;品种(系)99-4 中丹酚酸 B 的含量与土壤中速效 K 的含量呈极显著正相关,与有机质的含量呈显著正相关;品种(系)DS-2000 中丹酚酸 B 的含量和土壤中全 P 的含量以及 PH 值呈极显著正相关。

品种(系)99-2、99-5、05-chx 和 shh 中迷迭香酸和丹酚酸 B 的含量和土壤中各元素没有显著相关性。

2.3.3 丹参水溶性成分含量与土壤中矿质元素的相关性分析

运用 SPSS11.0 统计软件对丹参水溶性成分含量和土壤中各种矿质元素的含量进行相关性分析,结果见表。

表 2-9 丹参水溶性成分含量与土壤中矿质元素的相关系数

成分	品种(系)	Be	Na	Mg	Ca	V	Cr52	Cr53
迷迭香酸	99-2	0.18	-0.127	0.293	0.831	0.115	-0.238	-0.107
	99-3	-0.391	-0.242	0.147	0.292	0.301	0.256	0.423
	99-4	-0.484	-0.511	0.657	0.827	0.621	0.391	0.544
	99-5	-0.752	-0.517	0.202	0.047	0.59	0.68	0.764
	Ds-2000	-0.769	-0.358	0.23	-0.046	0.487	0.646	0.762
	05-chx	-0.203	-0.474	0.08	0.571	0.388	0.173	0.268
	shh	-0.135	0.445	0.398	0.302	-0.193	-0.165	0.118
	丹酚酸 B	99-2	0.237	0.188	0.514	0.843	-0.077	-0.376
99-3	-0.513	-0.331	0.345	0.428	0.435	0.368	0.548	
99-4	-0.318	0.097	0.487	0.498	0.116	0.061	0.329	
99-5	-0.581	0.04	0.05	-0.334	0.123	0.398	0.539	
Ds-2000	-0.695	-0.234	0.895(*)	0.611	0.523	0.49	0.7	
05-chx	-0.703	-0.474	0.931	0.917	0.686	0.532	0.723	
shh	-0.187	0.421	0.406	0.273	-0.163	-0.115	0.166	

注: Fe k Ca Na Mg 单位为 mg/kg, 其余单位为 ug/kg. ** P<0.01, 相关极显著. * P<0.05, 相关显著。

表 2-9 丹参水溶性成分含量与土壤中矿质元素的相关系数 (续)

成分	品种 (系)	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Mo
迷迭香酸	99-2	0.429	0.473	0.388	0.236	0.649	0.516	0.591	0.594
	99-3	0.242	0.424	0.571	0.489	0.555	0.228	0.626	0.582
	99-4	0.781	0.853	0.838	0.77	0.893(*)	0.654	0.956(*)	0.912(*)
	99-5	0.313	0.507	0.708	0.699	0.533	0.271	0.613	0.596
	Ds-2000	0.248	0.401	0.596	0.629	0.373	0.072	0.531	0.46
	05-chx	0.347	0.564	0.645	0.48	0.82	0.765	0.669	0.757
	shh	0.149	0.075	0.049	0.092	0.013	-0.359	0.324	0.087
丹酚酸 B	99-2	0.451	0.335	0.141	0.081	0.361	0.225	0.449	0.342
	99-3	0.427	0.577	0.69	0.63	0.657	0.322	0.762	0.697
	99-4	0.376	0.386	0.396	0.389	0.382	-0.004	0.625	0.444
	99-5	-0.075	0.02	0.214	0.292	-0.046	-0.362	0.188	0.056
	Ds-2000	0.769	0.697	0.64	0.724	0.516	0.219	0.802	0.615
	05-chx	0.970(*)	0.913	0.801	0.83	0.797	0.667	0.941	0.843
	shh	0.155	0.087	0.071	0.123	0.014	-0.364	0.334	0.094

注: Fe k Ca Na Mg 单位为 mg/kg, 其余单位为 ug/kg. ** P<0.01, 相关极显著. * P<0.05, 相关显著。

表 2-9 丹参水溶性成分含量与土壤中矿质元素的相关系数 (续)

成分	品种 (系)	Cd	Sb	Ba	Tl	Pb	Th	U
迷迭香酸	99-2	0.076	-0.473	0.168	0.488	0.875	0.834	0.498
	99-3	0.182	-0.051	0.32	0.6	0.573	0.477	0.566
	99-4	0.518	-0.366	0.329	0.905(*)	0.949(*)	0.927(*)	0.887(*)
	99-5	0.489	0.269	0.157	0.67	0.352	0.285	0.64
	Ds-2000	0.359	0.166	0.33	0.571	0.222	0.163	0.52
	05-chx	0.356	0.059	-0.037	0.66	0.826	0.746	0.684
	shh	-0.376	-0.759	0.944(*)	0.18	0.283	0.258	0.087
丹酚酸 B	99-2	-0.149	-0.859	0.506	0.291	0.696	0.713	0.268
	99-3	0.303	-0.153	0.395	0.73	0.673	0.599	0.691
	99-4	-0.062	-0.621	0.794	0.509	0.581	0.538	0.434
	99-5	-0.019	0.079	0.497	0.202	-0.129	-0.187	0.127
	Ds-2000	0.356	-0.623	0.759	0.73	0.591	0.625	0.657
	05-chx	0.572	-0.554	0.691	0.883	0.852	0.913	0.849
	shh	-0.349	-0.73	0.948(*)	0.197	0.265	0.24	0.101

注: Fe k Ca Na Mg 单位为 mg/kg, 其余单位为 ug/kg. ** P<0.01, 相关极显著. * P<0.05, 相关显著。

由相关分析结果 2-9 可知:

品种(系) 05-Chx 中迷迭香酸的含量与土壤中 Cu、As、Mo、Tl、Pb、Th 和 U 的含量呈显著正相关, 品种(系) shh 中迷迭香酸的含量和土壤中 Ba 的含量呈显著正相关, 其它品种(系) 丹参中迷迭香酸的含量与土壤中的矿质元素没有显著相关性。

品种(系) 05-chx 中丹酚酸 B 的含量与土壤中 Mn 的含量相关性达显著水平, 品种(系) Ds-2000 丹酚酸 B 的含量与土壤中 Mg、K、Mn 的含量呈显著正相关, 品种(系) shh 丹酚酸 B 的含量与土壤中 Ba 的含量呈显著正相关。

3 讨论

1. 土壤的物理结构是影响丹参根系生长和分布的最重要因素之一。一般土壤砂性越强, 其根系越发达。沙土通透性较好, 但保水保肥能力不强。粘土保水保肥能力高, 但通透性差, 不适于根类药用植物生长。壤土通透性好、保水保肥能力强, 对根及根茎类的药用植物栽培是较为理想的土壤类型。本实验研究结果表明, 细粉粒和中粗沙粒的比例增加有利于丹参脂溶性成分的积累, 而黏粒和细沙粒的比例增加则不利于成分的积累。

从适宜丹参的土壤质地看以粉沙质壤土较佳, 四川、山东和北京产地丹参的根较粗, 分根较多, 产量高。丹参的最适宜土壤质地因品种、地形、气候条件、栽培目的不同而异。因此需要根据不同产地的土壤类型和丹参中所需的成分种类, 选择适宜当地种植的丹参品种(系)。

2. 本实验研究表明, 多数品种(系) 的丹参脂溶性成分与土壤中全 N、全 P、PH 值和速效 K 呈正相关, 而与碱解氮和速效磷的含量呈负相关。N 有利于植物茎和叶的生长, 为根系的生长发育提供光合产物, 产量增加, 但是丹参根部有效成分的含量会下降。P 参与多种代谢过程, 是核酸、核蛋白和磷脂的主要成分, 与蛋白质合成, 细胞分裂、细胞生长有密切关系, 是许多辅酶的成分。Mn 参与光合作用, 是酶的组分, 可调节酶的活性, 调节植物体内的氧化还原过程。Cu 是酶的组分, 参与光合作用和氮的代谢, 影响花器官发育。Zn 作为碳酸酐酶的成分参与光合作用, 作为多种酶的成分参与代谢作用; 参与生长素的合成, 促进生殖器官的发育。Mo 作为硝酸还原酶和固氮酶的成分参与氮代谢, 促进维生素 C 的合成, 与磷代谢有密切关系, 能增强抗病力。

3. 土壤有机质中含有大量的有机态磷，随着有机质的分解可迅速释放出来变成速效磷。此外，有机质中含有几乎包括植物所需的各种营养元素。这些因子通过调节植物生长发育，而与丹参有效成分含量关系密切。
4. 土壤中的矿质元素除了 Na、Be、Sb 和 Ba 的含量增加不利于丹参脂溶性成分的积累，其它元素与丹参脂溶性成分基本呈正相关，相关系数较大。其中 Mg 是叶绿素的成分，对光合作用有重要作用，与碳水化合物的转化和降解有关。Zn 是合成生长素前身色氨酸的必需元素，缺乏时不能合成生长素，是许多脱氢酶、蛋白酶等的必要组成成分。Fe 是叶绿素合成所必需；参与体内氧化还原反应和电子传递；参与核酸和蛋白质代谢还与碳水化合物、有机酸和维生素的合成有关。
5. 品种（系）05-chx 中脂溶性成分与土壤因子相关不显著。但与细沙粒和黏粒的相关系数较大，且前者呈负相关，即黏粒比例大，细沙粒比例小有利于成分积累，这与其它丹参品种（系）相关分析结果不同，可能是因为 05-chx 是四川当地长期种植的优良品种（系），已经适应了四川的生长环境，而四川采集的土样经分析为粉沙质黏壤土。

第三章 丹参有效成分含量与气象因子的关系

丹参有效成分含量除了受土壤条件影响外，还受到温度、湿度、光照、降雨量等气象因素的影响，气象条件可以直接影响植物的光合作用等生理活动，或通过改变土壤的理化性质来间接的影响植物的生长发育和次生代谢物质的积累。因此，研究气象因子对药材有效成分的影响可以为药材质量的控制和合理区划提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 样品来源与有效成分含量分析

不同产地、不同品种（系）丹参样品收集与有效成分含量分析方法同第一章。

1.2 丹参产地气象数据的采集与整理

1.2.1 丹参产地气象数据的采集

5个产地的气象数据采集用自动气象站。具体配置如下：

AR5 数据采集器、AV-10TH 空气湿度传感器及 8 层防辐射罩、AV-10TH 土壤温度传感器、AV-EC5 土壤湿度传感器、3665R 雨量传感器、AV-190 PAR 光量子传感器，安装三角架，一台数据处理器。

每小时记录一次数据。可以获得空气湿度和温度、10cm 土壤温度和湿度、光有效辐射和降雨量等原始数据。

1.2.2 丹参产地气象数据的分析

由自动气象站获得的原始数据整理成月平均空气湿度和温度、月平均土壤温度和湿度、月降雨量、月光有效辐射、气温较差、积温等数据。

1.3 统计分析方法

使用 SPSS11.0 软件进行相关分析。

2 结果分析

2.1 各产地气象数据的分析与整理

对各产地自动气象站记录的原始数据按月计算平均气温、平均空气湿度、平均土壤温度和湿度，最低气温、最高气温、气温较差、月积温、月累计降雨量和光有效辐射。结果见表 3-1。

表 3-1 各产地气象数据

产地	月份	月均气温	月积温	月最高气温	月最低气温	月气温较差	月均土温	月均气湿	月均土湿	月降雨量	月光有效辐射
北京	5月	19.83	29501.73	32.22	6.55	25.67	19.18	59.12	—	59	635782.62
	6月	25.15	36220.81	37.02	12.56	24.46	24.93	63.29	—	132.25	797794.86
	7月	25.28	37611.72	34.35	18.36	15.99	25.16	95.64	—	253.5	784896.87
	8月	25.54	37998.01	34.15	15.5	18.65	25.24	94.45	—	211	816768.58
	9月	20.04	28863.73	33.35	6.49	26.86	20.62	81.56	—	21.25	823947.96
	10月	14.57	21681.37	30.4	0.85	29.55	16.72	83.91	—	1.25	751059.27
安徽	5月	22.67	3312.77	35.85	12.27	23.58	20.31	64.77	4.36	0.75	57176.7
	6月	27.17	19562.92	40.9	16.41	24.49	24.9	63.93	11.67	101	249960.4
	7月	27.73	20632.16	37.94	19.3	18.64	26.95	87.92	15.14	165.75	187065.2
	8月	27.28	20295.86	35.85	18.1	17.75	26.14	87.85	21.28	100.5	153040.2
	9月	20.92	15064.87	32.41	11.37	21.04	20.7	86.69	23.29	79.25	71165.5
	10月	19.17	14260.11	30.78	7.53	23.25	18.48	79.37	21.69	1	75149.5
山东	5月	22.43	2191.04	33.04	11.22	21.82	21	55.07	28.65	0	61966.7
	6月	24.81	17862.03	37.46	14.14	23.32	25.32	66.08	28.04	59.5	348076.6
	7月	25.71	19126.73	34.35	16.55	17.8	26.65	88.77	28.53	172.75	267970.6
	8月	25.54	19001.3	35.31	16.89	18.42	27.72	88.33	18.55	189.75	279492.8
	9月	19.97	14376.53	30.58	7.93	22.65	22.99	82.33	15	16	234189.9
	10月	17.45	11758.18	29.79	4.32	25.47	20.55	80.02	11.83	17	154454.5
四川	5月	22	5038.06	31.31	15.76	15.55	21.41	63.84	5.11	5	78792.5
	6月	24.49	17633.89	36.43	17.57	18.86	23.59	71.99	12.78	81.5	209097.9
	7月	28.17	20961.94	37.89	20.37	17.52	27.23	74.55	15.81	103.5	235603.3
	8月	28.18	20964	37.85	19.35	18.5	26.95	67.32	10.84	56	225792.8
	9月	20.85	15010.22	35.56	15.38	20.18	20.78	82	16.24	74.75	109708.3
	10月	19.05	14172.39	27.86	12	15.86	18.39	84.27	22.24	67.25	106544
陕西	5月	18.64	3690.34	29.62	7.75	21.87	20.43	73.13	25.82	12	—
	6月	22.7	16344.24	39.81	10.36	29.45	23.87	67.18	26.56	67.75	—
	7月	25.26	18796.55	35.44	15.5	19.94	26.48	88.39	27.57	110.25	—
	8月	24	17859.17	34.55	16.38	18.17	24.6	93.73	26.29	80.5	—
	9月	16.6	11953.75	28.41	5.41	23	18.18	100.24	25.59	180.5	—
	10月	14.66	10910.29	29.14	4.16	24.98	15.99	97.51	24.64	50	—

2.2 丹参有效成分含量与气象因子的关系

2.2.1 丹参脂溶性成分含量与气象因子的相关性分析

2.2.1.1 品种（系）99-2 中脂溶性成分含量与气象因子的相关性分析

表 3-2 品种(系) 99-2 中脂溶性成分含量与气象因子的相关系数

有效成分	气象因子	5月	6月	7月	8月	9月	10月
丹参酮 I	月光辐射	-0.848	-0.949	-0.885	-0.894	-0.925	-0.891
	月积温	-0.347	-0.454	-0.425	-0.458	-0.523	-0.559
	月降雨量	-0.186	-0.46	-0.581	-0.498	0.939(*)	0.501
	月均气湿	0.861	0.205	-0.023	0.267	0.971(**)	0.939(*)
	月均土湿	0.443	0.46	0.474	0.695	0.724	0.592
	月均气温	-0.702	-0.738	-0.347	-0.627	-0.931(*)	-0.46
	月均土温	0.087	-0.558	0.12	-0.624	-0.813	-0.599
	月最低温	-0.327	-0.645	-0.644	-0.191	-0.425	-0.084
	月最高温	-0.656	0.454	-0.052	-0.263	-0.71	-0.293
月气温较差	-0.081	0.728	0.813	-0.264	-0.078	0.003	
隐丹参酮	月光辐射	0.069	-0.106	0.061	0.067	-0.004	0.034
	月积温	-0.239	-0.35	-0.321	-0.356	-0.422	-0.476
	月降雨量	-0.072	-0.396	-0.484	-0.397	0.900(*)	0.449
	月均气湿	0.825	0.137	0.075	0.35	0.960(**)	0.961(**)
	月均土湿	0.491	0.508	0.521	0.706	0.701	0.547
	月均气温	-0.78	-0.77	-0.453	-0.706	-0.966(**)	-0.57
	月均土温	-0.012	-0.512	-0.004	-0.679	-0.819	-0.65
	月最低温	-0.436	-0.732	-0.693	-0.306	-0.52	-0.197
	月最高温	-0.695	0.41	-0.161	-0.363	-0.732	-0.248
月气温较差	0.001	0.772	0.745	-0.185	0.049	0.108	
丹参酮 II _A	月光辐射	-0.889	-0.970(*)	-0.927	-0.938	-0.960(*)	-0.93
	月积温	-0.551	-0.646	-0.615	-0.644	-0.702	-0.699
	月降雨量	-0.411	-0.565	-0.756	-0.685	0.970(**)	0.589
	月均气湿	0.895(*)	0.341	-0.233	0.074	0.941(*)	0.844
	月均土湿	0.31	0.329	0.343	0.652	0.769	0.701
	月均气温	-0.503	-0.633	-0.103	-0.425	-0.808	-0.206
	月均土温	0.291	-0.632	0.374	-0.479	-0.761	-0.466
	月最低温	-0.08	-0.425	-0.5	0.064	-0.199	0.162
	月最高温	-0.545	0.517	0.182	-0.033	-0.62	-0.377
月气温较差	-0.255	0.591	0.908(*)	-0.411	-0.339	-0.223	

注: ** $P < 0.01$, 相关极显著。 * $P < 0.05$, 相关显著。

由相关系数表 3-2 可知,

品种(系) 99-2 中丹参酮 I 的含量与 9 月平均空气湿度呈极显著正相关, 与 9 月的平均气温呈显著负相关, 与 9 月降雨量、10 月的平均空气湿度呈显著正相关。

隐丹参酮的含量与 9 月、10 月平均空气湿度呈极显著正相关, 相关系数分别达 0.960 和 0.961; 与 9 月平均气温有极显著性负相关, 相关系数为 -0.966; 和 9 月降雨量呈显著正相关。

丹参酮 II_A 的含量与 5 月、9 月平均空气湿度和 7 月气温较差呈显著相关, 与 6 月、9 月光有效辐射呈显著负相关, 与 9 月的降雨量有极显著性正相关。

2.2.1.2 品种(系)99-3中脂溶性成分含量与气象因子的相关性分析

表 3-3 品种(系)99-3 中脂溶性成分含量与气象因子的相关系数

有效成分	气象因子	5月	6月	7月	8月	9月	10月
丹参酮 I	月光辐射	-0.031	-0.197	-0.144	-0.195	-0.225	-0.13
	月积温	-0.036	-0.04	-0.025	-0.043	-0.081	0.088
	月降雨量	-0.024	0.381	-0.226	-0.617	0.552	0.032
	月均气湿	0.703	-0.059	-0.138	-0.055	0.384	0.209
	月均土湿	-0.691	-0.688	-0.673	0.224	0.739	0.862
	月均气温	-0.123	0.288	0.464	0.278	-0.012	0.175
	月均土温	-0.208	-0.419	0.184	-0.56	-0.666	-0.558
	月最低温	0.083	0.165	0.39	0.295	0.267	0.316
	月最高温	0.198	0.63	0.711	0.151	0.149	0.116
	月气温较差	0.04	0.195	0.351	-0.641	-0.265	-0.239
隐丹参酮	月光辐射	0.246	0.056	0.136	0.086	0.045	0.145
	月积温	0.049	-0.031	0.006	-0.026	-0.097	-0.008
	月降雨量	0.15	0.216	-0.305	-0.576	0.832	0.255
	月均气湿	0.925(*)	0.009	0.005	0.174	0.739	0.707
	月均土湿	-0.253	-0.238	-0.222	0.488	0.887	0.956(*)
	月均气温	-0.63	-0.254	0.014	-0.207	-0.531	-0.313
	月均土温	-0.294	-0.606	-0.043	-0.866	-0.968(**)	-0.877
	月最低温	-0.279	-0.339	-0.055	-0.052	-0.135	0.032
	月最高温	-0.321	0.549	0.343	-0.152	-0.204	-0.061
	月气温较差	0.076	0.541	0.502	-0.401	-0.001	-0.041
丹参酮 II _A	月光辐射	0.429	0.303	0.327	0.277	0.261	0.345
	月积温	0.268	0.239	0.245	0.213	0.16	0.239
	月降雨量	0.344	0.485	0.044	-0.294	0.613	-0.123
	月均气湿	0.739	-0.348	0.308	0.408	0.594	0.498
	月均土湿	-0.291	-0.287	-0.268	0.604	0.959(*)	0.866
	月均气温	-0.577	0.013	-0.081	-0.233	-0.389	-0.372
	月均土温	-0.59	-0.285	-0.279	-0.906(*)	-0.846	-0.853
	月最低温	-0.458	-0.366	-0.027	-0.247	-0.267	-0.202
	月最高温	-0.058	0.627	0.226	-0.366	-0.187	0.3
	月气温较差	0.41	0.602	0.318	-0.449	0.223	0.238

注: ** P<0.01, 相关极显著。 * P<0.05, 相关显著。

由相关性系数表 3-3 可知:

品种(系)99-3 中丹参酮 I 的含量与气象因子各指标之间没有显著的相关性。

隐丹参酮的含量与 9 月的土壤温度呈极显著负相关, 与 5 月、10 月的温差呈显著性正相关。

丹参酮 II_A 的含量与 8 月平均土壤温度呈显著负相关; 与 9 月平均土壤湿度呈显著正相关。

2.2.1.3 品种(系)99-4中脂溶性成分含量与气象因子的相关性分析

表 3-4 品种(系)99-4中脂溶性成分含量与气象因子的相关系数

有效成分	气象因子	5月	6月	7月	8月	9月	10月
丹参酮 I	月光辐射	-0.707	-0.769	-0.779	-0.811	-0.813	-0.765
	月积温	-0.622	-0.657	-0.654	-0.681	-0.722	-0.662
	月降雨量	-0.521	-0.417	-0.691	-0.741	0.922(*)	0.348
	月均气湿	0.892(*)	0.152	-0.202	0.088	0.874	0.601
	月均土湿	-0.029	-0.022	-0.003	0.744	0.983(*)	0.809
	月均气温	-0.258	-0.245	0.137	-0.213	-0.578	0.046
	月均土温	0.231	-0.48	0.489	-0.443	-0.706	-0.376
	月最低温	0.037	-0.204	-0.297	0.207	-0.052	0.263
	月最高温	-0.154	0.793	0.438	0.033	-0.532	-0.116
月气温较差	-0.13	0.562	0.949(*)	-0.75	-0.48	-0.247	
隐丹参酮	月光辐射	-0.313	-0.466	-0.418	-0.465	-0.493	-0.406
	月积温	-0.295	-0.393	-0.366	-0.402	-0.469	-0.479
	月降雨量	-0.139	-0.332	-0.537	-0.532	0.968(**)	0.427
	月均气湿	0.923(*)	0.125	0.014	0.298	0.985(**)	0.919(*)
	月均土湿	0.303	0.319	0.334	0.724	0.831	0.698
	月均气温	-0.706	-0.631	-0.287	-0.577	-0.890(*)	-0.441
	月均土温	-0.01	-0.558	0.095	-0.715	-0.886(*)	-0.681
	月最低温	-0.346	-0.614	-0.561	-0.181	-0.401	-0.079
	月最高温	-0.569	0.555	0.038	-0.276	-0.665	-0.203
月气温较差	-0.01	0.756	0.813	-0.363	-0.069	0.019	
丹参酮 II _A	月光辐射	-0.652	-0.798	-0.727	-0.756	-0.792	-0.726
	月积温	-0.482	-0.577	-0.541	-0.571	-0.635	-0.6
	月降雨量	-0.348	-0.43	-0.733	-0.746	0.997(**)	0.571
	月均气湿	0.960(**)	0.322	-0.247	0.046	0.931(*)	0.835
	月均土湿	0.118	0.137	0.153	0.6	0.828	0.826
	月均气温	-0.514	-0.555	-0.017	-0.341	-0.752	-0.181
	月均土温	0.218	-0.688	0.356	-0.562	-0.842	-0.562
	月最低温	-0.067	-0.37	-0.377	0.107	-0.133	0.206
	月最高温	-0.501	0.558	0.292	0	-0.521	-0.353
月气温较差	-0.24	0.569	0.877	-0.458	-0.341	-0.254	

注: **P<0.01, 相关极显著。 *P<0.05, 相关显著。

由相关性系数表 3-4 可知:

品种(系)99-4 中丹参酮 I 的含量与 5 月平均空气湿度、9 月平均土壤湿度呈显著正相关; 与 7 月气温较差、9 月降雨量呈显著正相关。

隐丹参酮的含量与 5 月、10 月平均空气湿度呈显著正相关, 与 9 月平均空气湿度和降雨量呈极显著正相关, 与 9 月平均气温和土壤温度有显著性负相关。

丹参酮 II_A 的含量与 9 月平均空气湿度和降雨量有呈显著正相关; 与 5 月平均空

气湿度呈极显著正相关。

2.2.1.4 品种(系)99-5中脂溶性成分含量与气象因子的相关性分析

表 3-5 品种(系)99-5中脂溶性成分含量与气象因子的相关系数

有效成分	气象因子	5月	6月	7月	8月	9月	10月
丹参酮 I	月光辐射	0.294	0.289	0.368	0.407	0.379	0.34
	月积温	-0.164	-0.296	-0.254	-0.286	-0.353	-0.431
	月降雨量	0.004	-0.427	-0.46	-0.316	0.81	0.535
	月均气湿	0.719	0.235	0.041	0.29	0.87	0.976(**)
	月均土湿	0.577	0.598	0.607	0.574	0.523	0.445
	月均气温	-0.82	-0.895(*)	-0.528	-0.731	-0.970(**)	-0.64
	月均土温	0.026	-0.54	-0.069	-0.61	-0.745	-0.619
	月最低温	-0.442	-0.76	-0.713	-0.344	-0.531	-0.224
	月最高温	-0.833	0.191	-0.284	-0.348	-0.68	-0.373
	月气温较差	-0.077	0.682	0.62	0.04	0.122	0.103
隐丹参酮	月光辐射	0.931	0.924	0.960(*)	0.970(*)	0.959(*)	0.951(*)
	月积温	0.029	-0.093	-0.06	-0.096	-0.165	-0.246
	月降雨量	0.199	-0.221	-0.265	-0.186	0.771	0.36
	月均气湿	0.71	0.035	0.239	0.459	0.866	0.971(**)
	月均土湿	0.553	0.571	0.582	0.672	0.63	0.485
	月均气温	-0.919(*)	-0.82	-0.632	-0.805	-0.976(**)	-0.773
	月均土温	-0.213	-0.439	-0.271	-0.763	-0.803	-0.747
	月最低温	-0.623	-0.859	-0.721	-0.51	-0.658	-0.397
	月最高温	-0.778	0.244	-0.365	-0.521	-0.688	-0.192
	月气温较差	0.133	0.785	0.53	0.038	0.313	0.289
丹参酮 II _A	月光辐射	-0.045	-0.252	-0.152	-0.198	-0.248	-0.148
	月积温	-0.223	-0.33	-0.292	-0.327	-0.401	-0.384
	月降雨量	-0.074	-0.227	-0.535	-0.592	0.976(**)	0.465
	月均气湿	0.963(**)	0.169	-0.043	0.222	0.949(*)	0.920(*)
	月均土湿	0.162	0.18	0.196	0.633	0.834	0.798
	月均气温	-0.721	-0.604	-0.205	-0.485	-0.834	-0.421
	月均土温	-0.041	-0.646	0.082	-0.764	-0.944(*)	-0.759
	月最低温	-0.31	-0.552	-0.436	-0.124	-0.315	-0.016
	月最高温	-0.58	0.518	0.126	-0.211	-0.541	-0.248
	月气温较差	-0.052	0.689	0.752	-0.337	-0.073	-0.044

注: ** P<0.01, 相关极显著。 * P<0.05, 相关显著。

由相关性系数表 3-5 可知:

品种(系)99-5中丹参酮 I 的含量与 6 月平均气温呈显著负相关, 与 9 月平均气温呈极显著负相关, 与 10 月平均空气湿度呈极显著正相关。

隐丹参酮的含量与 5 月平均气温呈显著负相关, 与 7 月、8 月、9 月、10 月光有效辐射呈显著正相关, 与 9 月平均气温呈极显著负相关, 与 10 月平均空气湿度呈极显著正相关。

丹参酮 II_A 的含量与 5 月平均空气湿度和 9 月降雨量呈极显著性正相关, 9 月、

10月平均空气湿度呈显著正相关；与9月平均土温呈显著负相关。

2.2.1.5 品种（系）Ds-2000 中脂溶性成分含量与气象因子的相关性分析

表 3-6 品种（系）Ds-2000 中脂溶性成分含量与气象因子的相关系数

有效成分	气象因子	5月	6月	7月	8月	9月	10月
丹参酮 I	月光辐射	-0.444	-0.473	-0.524	-0.563	-0.548	-0.5
	月积温	-0.447	-0.47	-0.483	-0.515	-0.558	-0.523
	月降雨量	-0.333	-0.266	-0.481	-0.558	0.895(*)	0.147
	月均气湿	0.875	-0.093	0.063	0.34	0.921(*)	0.632
	月均土湿	0.082	0.084	0.104	0.849	0.993(**)	0.689
	月均气温	-0.396	-0.218	-0.062	-0.387	-0.658	-0.151
	月均土温	-0.021	-0.328	0.257	-0.606	-0.757	-0.494
	月最低温	-0.213	-0.39	-0.417	-0.039	-0.275	0.011
	月最高温	-0.123	0.871	0.267	-0.223	-0.645	0.099
	月气温较差	0.132	0.745	0.900(*)	-0.752	-0.247	0.013
隐丹参酮	月光辐射	0.164	0.116	0.072	0.024	0.037	0.099
	月积温	-0.15	-0.211	-0.209	-0.248	-0.308	-0.317
	月降雨量	-0.003	-0.123	-0.307	-0.376	0.892(*)	0.146
	月均气湿	0.878	-0.165	0.256	0.512	0.965(**)	0.823
	月均土湿	0.252	0.26	0.279	0.848	0.937	0.667
	月均气温	-0.714	-0.438	-0.358	-0.626	-0.84	-0.506
	月均土温	-0.259	-0.354	-0.073	-0.826	-0.884(*)	-0.734
	月最低温	-0.51	-0.671	-0.563	-0.335	-0.524	-0.257
	月最高温	-0.376	0.705	-0.014	-0.464	-0.7	0.09
	月气温较差	0.268	0.877	0.75	-0.476	0.088	0.237
丹参酮 II _A	月光辐射	-0.347	-0.286	-0.398	-0.428	-0.385	-0.369
	月积温	-0.422	-0.364	-0.425	-0.451	-0.458	-0.441
	月降雨量	-0.353	-0.165	-0.192	-0.265	0.593	-0.272
	月均气湿	0.569	-0.437	0.307	0.524	0.709	0.269
	月均土湿	0.089	0.073	0.093	0.89	0.877	0.336
	月均气温	-0.125	0.147	-0.079	-0.346	-0.422	-0.03
	月均土温	-0.148	0.118	0.19	-0.422	-0.441	-0.217
	月最低温	-0.248	-0.298	-0.404	-0.128	-0.335	-0.141
	月最高温	0.286	0.989(**)	0.183	-0.351	-0.668	0.489
	月气温较差	0.415	0.735	0.778	-0.898(*)	-0.177	0.231

注：** P<0.01, 相关极显著。* P<0.05, 相关显著。

由相关性系数表 3-6 可知：

品种（系）Ds-2000 中丹参酮 I 的含量与 7 月气温较差、9 月平均空气湿度和降雨量呈显著正相关，与 9 月平均土壤湿度呈极显著正相关。

隐丹参酮的含量与 9 月平均空气湿度呈极显著正相关，与 9 月平均土壤温度有显著性负相关，与 9 月降雨量呈显著正相关。

丹参酮II_A的含量与6月最高气温呈极显著差异,与8月气温较差呈显著性负相关。

2.2.1.6 品种(系)05-chx 中脂溶性成分含量与气象因子的相关性分析

表 3-7 品种(系)05-Chx 中脂溶性成分含量与气象因子的相关系数

有效成分	气象因子	5月	6月	7月	8月	9月	10月
丹参酮 I	月光辐射	-0.923	-0.955	-0.906	-0.895	-0.918	-0.919
	月积温	-0.882	-0.902	-0.872	-0.855	-0.848	-0.778
	月降雨量	-0.907	-0.803	-0.923	-0.972(*)	0.439	0.742
	月均气湿	0.447	0.817	-0.927	-0.78	0.148	0.058
	月均土湿	-0.514	-0.482	-0.499	-0.962	-0.982	-0.384
	月均气温	0.467	-0.118	0.742	0.516	0.09	0.711
	月均土温	0.988(*)	-0.745	0.969(*)	0.606	-0.037	0.531
	月最低温	0.852	0.562	0.303	0.893	0.727	0.932
	月最高温	-0.081	0.07	0.834	0.848	0.166	-0.695
	月气温较差	-0.877	-0.401	0.518	-0.32	-0.961(*)	-0.942
隐丹参酮	月光辐射	-0.758	-0.816	-0.731	-0.712	-0.749	-0.752
	月积温	-0.676	-0.729	-0.671	-0.649	-0.648	-0.575
	月降雨量	-0.715	-0.685	-0.836	-0.863	0.247	0.836
	月均气湿	0.243	0.944	-0.996(**)	-0.92	-0.066	0.017
	月均土湿	-0.408	-0.375	-0.392	-0.923	-0.952	-0.271
	月均气温	0.434	-0.199	0.728	0.594	0.189	0.656
	月均土温	0.980(*)	-0.825	0.849	0.701	0.098	0.525
	月最低温	0.877	0.61	0.433	0.888	0.799	0.939
	月最高温	-0.221	-0.269	0.736	0.921	0.39	-0.854
	月气温较差	-0.985(*)	-0.606	0.25	0.006	-0.848	-0.985(*)
丹参酮II _A	月光辐射	-0.816	-0.867	-0.792	-0.776	-0.809	-0.811
	月积温	-0.78	-0.832	-0.782	-0.764	-0.766	-0.707
	月降雨量	-0.798	-0.794	-0.916	-0.934	0.401	0.854
	月均气湿	0.399	0.923	-0.969(*)	-0.843	0.097	0.127
	月均土湿	-0.293	-0.259	-0.277	-0.869	-0.908	-0.152
	月均气温	0.371	-0.256	0.679	0.493	0.061	0.621
	月均土温	0.997(**)	-0.851	0.894	0.603	-0.044	0.454
	月最低温	0.831	0.522	0.303	0.859	0.721	0.916
	月最高温	-0.247	-0.127	0.736	0.863	0.233	-0.832
	月气温较差	-0.957(*)	-0.467	0.412	-0.11	-0.884	-0.961(*)

注: ** P<0.01, 相关极显著。 * P<0.05, 相关显著。

由相关系数表 3-7 可知:

品种(系)05-Chx 中丹参酮 I 的含量与 5 月、7 月平均土壤温度呈显著性正相关,与 8 月降雨量、9 月气温较差呈显著负相关。

隐丹参酮的含量与 5 月的平均土壤温度呈显著正相关,与 5 月、10 月气温较差呈显著负相关,与 7 月平均空气湿度呈极显著性负相关。

丹参酮 II_A 的含量与 5 月平均土壤温度呈极显著正相关, 与 7 月平均空气湿度、5 月和 10 月气温较差呈显著负相关。

2.2.1.7 品种(系) shh 中脂溶性成分含量与气象因子的相关性分析

表 3-8 品种(系) shh 中脂溶性成分含量与气象因子的相关系数

有效成分	气象因子	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月
丹参酮 I	月光辐射	-0.354	-0.373	-0.434	-0.474	-0.455	-0.408
	月积温	-0.368	-0.414	-0.419	-0.455	-0.505	-0.502
	月降雨量	-0.231	-0.285	-0.454	-0.49	0.923(*)	0.194
	月均气湿	0.887(*)	-0.085	0.128	0.413	0.976(**)	0.756
	月均土湿	0.234	0.239	0.259	0.869	0.954(*)	0.654
	月均气温	-0.55	-0.38	-0.223	-0.534	-0.79	-0.321
	月均土温	-0.073	-0.357	0.141	-0.682	-0.811	-0.579
	月最低温	-0.34	-0.545	-0.542	-0.172	-0.407	-0.105
	月最高温	-0.285	0.788	0.113	-0.329	-0.722	0.051
月气温较差	0.157	0.822	0.879(*)	-0.617	-0.12	0.1	
隐丹参酮	月光辐射	-0.16	-0.34	-0.27	-0.318	-0.355	-0.261
	月积温	-0.26	-0.344	-0.312	-0.345	-0.413	-0.351
	月降雨量	-0.135	-0.133	-0.546	-0.689	0.970(**)	0.403
	月均气湿	0.994(**)	0.14	-0.104	0.148	0.900(*)	0.802
	月均土湿	-0.065	-0.05	-0.033	0.595	0.904	0.898
	月均气温	-0.586	-0.405	-0.009	-0.306	-0.684	-0.25
	月均土温	-0.04	-0.646	0.179	-0.747	-0.944(*)	-0.737
	月最低温	-0.19	-0.382	-0.256	0.02	-0.161	0.112
	月最高温	-0.398	0.632	0.332	-0.101	-0.422	-0.178
月气温较差	-0.057	0.616	0.761	-0.5	-0.191	-0.135	
丹参酮 II _A	月光辐射	-0.068	-0.216	-0.179	-0.231	-0.254	-0.163
	月积温	-0.238	-0.329	-0.306	-0.343	-0.41	-0.409
	月降雨量	-0.086	-0.24	-0.482	-0.522	0.963(**)	0.365
	月均气湿	0.939(*)	0.06	0.058	0.332	0.979(**)	0.900(*)
	月均土湿	0.235	0.249	0.266	0.737	0.876	0.736
	月均气温	-0.715	-0.567	-0.273	-0.559	-0.863	-0.449
	月均土温	-0.088	-0.539	0.052	-0.771	-0.917(*)	-0.729
	月最低温	-0.377	-0.609	-0.519	-0.199	-0.404	-0.101
	月最高温	-0.518	0.598	0.064	-0.304	-0.638	-0.136
月气温较差	0.052	0.774	0.788	-0.4	-0.035	0.053	

注: ** P<0.01, 相关极显著。 * P<0.05, 相关显著。

由相关系数表 3-8 可知:

品种(系) shh 中丹参酮 I 的含量与 5 月平均空气湿度呈显著性正相关, 与 7 月气温较差、9 月的土壤湿度和 9 月的降雨量呈显著性正相关, 与 9 月的平均空气湿度呈极显著相关。

隐丹参酮的含量与 5 月、9 月平均空气湿度呈显著正相关; 与 9 月的降雨量呈极显著性相关, 与 9 月的平均土壤温度呈显著负相关。

丹参酮II_A的含量与5月、10月平均空气湿度呈显著性正相关,与9月平均空气湿度和9月的降雨量呈极显著相关,与9月的平均土壤温度呈显著负相关。

2.2.2 丹参水溶性成分含量与气象因子的相关性分析

2.2.2.1 品种(系)99-2中水溶性成分含量与气象因子的相关性分析

表 3-9 品种(系)99-2 水溶性成分含量与气象因子的相关系数

有效成分	气象因子	5月	6月	7月	8月	9月	10月
迷迭香酸	月光辐射	0.705	0.745	0.67	0.644	0.675	0.693
	月积温	0.392	0.382	0.351	0.314	0.278	0.217
	月降雨量	0.503	0.353	0.357	0.232	0.422	-0.401
	月均气湿	0.451	-0.678	0.779	0.878	0.626	0.534
	月均土湿	0.361	0.357	0.376	0.974(*)	0.914	0.425
	月均气温	-0.75	-0.172	-0.666	-0.746	-0.641	-0.769
	月均土温	-0.786	0.146	-0.632	-0.881(*)	-0.636	-0.731
	月最低温	-0.893(*)	-0.813	-0.558	-0.778	-0.813	-0.747
	月最高温	-0.146	0.552	-0.408	-0.867	-0.614	0.56
	月气温较差	0.78	0.907(*)	0.255	-0.239	0.636	0.756
丹酚酸 B	月光辐射	0.225	0.268	0.167	0.131	0.17	0.197
	月积温	0.112	0.182	0.115	0.086	0.08	0.083
	月降雨量	0.165	0.334	0.301	0.104	0.337	-0.607
	月均气湿	0.386	-0.782	0.675	0.771	0.507	0.17
	月均土湿	0.029	0.011	0.031	0.853	0.855	0.32
	月均气温	-0.297	0.293	-0.288	-0.418	-0.314	-0.31
	月均土温	-0.641	0.331	-0.306	-0.639	-0.437	-0.427
	月最低温	-0.583	-0.435	-0.317	-0.466	-0.53	-0.493
	月最高温	0.354	0.856	-0.048	-0.648	-0.517	0.779
	月气温较差	0.784	0.772	0.373	-0.675	0.292	0.592

注: **P<0.01, 相关极显著。 *P<0.05, 相关显著。

由相关系数表 3-9 可知:

品种(系)99-2 中迷迭香酸与8月的平均土壤温度、平均土壤湿度和6月气温较差均有显著性正相关关系;与5月最低温度呈显著负相关。

丹酚酸 B 与各气象因子相关性不显著。

品种(系)99-2 中水溶性成分含量与光合有效辐射和月平均土壤湿度呈正相关,但与月平均气温和月最低温呈负相关。

2.2.2.2 品种(系)99-3 中水溶性成分含量与气象因子的相关性分析

由相关系数表 3-10 可知:

品种(系)99-3 中迷迭香酸的含量与5月、6月、7月的平均土壤湿度均有显著性正相关关系,与6月、7月、9月最低温度和7月、8月的平均气温呈显著负相关。

丹酚酸 B 的含量与6月最低温、9月最高气温和8月平均气温呈显著负相关,与

7月最低气温呈极显著负相关。

品种(系)99-3中水溶性成分含量与光合有效辐射、月气温较差和月平均土壤湿度呈正相关,与月气温、月最低温和月积温呈负相关。

表 3-10 品种(系)99-3 水溶性成分含量与气象因子的相关系数

有效成分	气象因子	5月	6月	7月	8月	9月	10月
迷迭香酸	月光辐射	0.29	0.497	0.385	0.422	0.476	0.386
	月积温	0.022	-0.018	-0.043	-0.065	-0.08	-0.274
	月降雨量	0.149	-0.379	0.104	0.412	0.227	-0.059
	月均气湿	0.07	-0.275	0.561	0.698	0.513	0.54
	月均土湿	0.975(*)	0.976(*)	0.980(*)	0.667	0.193	-0.275
	月均气温	-0.604	-0.644	-0.919(*)	-0.958(*)	-0.79	-0.758
	月均土温	-0.208	0.221	-0.411	-0.296	-0.16	-0.178
	月最低温	-0.716	-0.893(*)	-0.975(**)	-0.768	-0.893(*)	-0.726
	月最高温	-0.494	0.073	-0.837	-0.751	-0.858	0.133
月气温较差	0.396	0.724	0.291	0.197	0.505	0.639	
丹酚酸 B	月光辐射	0.137	0.362	0.23	0.266	0.328	0.234
	月积温	-0.131	-0.172	-0.199	-0.224	-0.244	-0.419
	月降雨量	0.008	-0.471	-0.048	0.246	0.393	0.01
	月均气湿	0.232	-0.231	0.489	0.68	0.66	0.62
	月均土湿	0.937	0.938	0.945	0.752	0.322	-0.163
	月均气温	-0.602	-0.654	-0.844	-0.953(*)	-0.862	-0.694
	月均土温	-0.129	0.131	-0.272	-0.343	-0.27	-0.213
	月最低温	-0.66	-0.882(*)	-0.998(**)	-0.68	-0.857	-0.631
	月最高温	-0.486	0.235	-0.71	-0.701	-0.936(*)	0.107
月气温较差	0.346	0.798	0.479	0.024	0.366	0.554	

注: ** P<0.01, 相关极显著。 * P<0.05, 相关显著。

2.2.2.3 品种(系)99-4 中水溶性成分含量与气象因子的相关性分析

表 3-11 品种(系)99-4 水溶性成分含量与气象因子的相关系数

有效成分	气象因子	5月	6月	7月	8月	9月	10月
迷迭香酸	月光辐射	0.187	0.363	0.201	0.197	0.267	0.227
	月积温	-0.175	-0.228	-0.243	-0.28	-0.325	-0.415
	月降雨量	-0.016	-0.308	-0.212	-0.115	0.753	0.069
	月均气湿	0.665	-0.242	0.413	0.67	0.934(*)	0.803
	月均土湿	0.614	0.618	0.634	0.923	0.764	0.332
	月均气温	-0.723	-0.565	-0.63	-0.856	-0.941(*)	-0.641
	月均土温	-0.23	-0.134	-0.168	-0.683	-0.681	-0.552
	月最低温	-0.641	-0.846	-0.844	-0.541	-0.75	-0.472
	月最高温	-0.439	0.594	-0.345	-0.641	-0.912(*)	0.141
月气温较差	0.357	0.954(*)	0.723	-0.326	0.223	0.428	
丹酚酸 B	月光辐射	-0.08	0.141	-0.032	-0.018	0.057	-0.012
	月积温	-0.237	-0.185	-0.263	-0.284	-0.271	-0.415
	月降雨量	-0.148	-0.362	0.119	0.34	0.226	-0.397
	月均气湿	0.087	-0.564	0.642	0.806	0.538	0.251
	月均土湿	0.769	0.752	0.762	0.862	0.399	-0.311
	月均气温	-0.256	-0.167	-0.673	-0.792	-0.589	-0.421
	月均土温	-0.209	0.497	-0.177	-0.204	-0.058	0.03
	月最低温	-0.582	-0.675	-0.879(*)	-0.612	-0.791	-0.63
	月最高温	0.044	0.56	-0.555	-0.725	-0.938(*)	0.526
月气温较差	0.593	0.805	0.51	-0.366	0.259	0.65	

注: ** $P < 0.01$, 相关极显著。 * $P < 0.05$, 相关显著。

由相关系数表 3-11 可知:

品种(系)99-4 中迷迭香酸的含量与 6 月的气温较差和 9 月平均空气湿度呈显著正相关, 与 9 月的平均气温、最高气温呈显著负相关。

丹酚酸 B 的含量与 7 月最低温和 9 月最高气温呈显著负相关。

品种(系)99-4 中水溶性成分与月均气温、月最低温和光有效辐射均呈负相关。迷迭香酸与月平均土壤温度呈负相关, 与土壤湿度呈正相关。

2.2.2.4 品种(系)99-5 中水溶性成分含量与气象因子的相关性分析

由相关系数表 3-12 可知:

品种(系)99-5 中迷迭香酸和丹酚酸 B 的含量与气象各因子相关性均不显著。

迷迭香酸的含量与月最低气温、月最高气温、月均气温和月积温均呈负相关, 相关系数较大; 丹酚酸 B 与光合有效辐射、月积温和月最高气温呈负相关。

表 3-12 品种(系) 99-5 水溶性成分含量与气象因子的相关系数

有效成分	气象因子	5月	6月	7月	8月	9月	10月
迷迭香酸	月光辐射	-0.173	-0.016	-0.061	-0.008	0.017	-0.076
	月积温	-0.316	-0.401	-0.388	-0.4	-0.421	-0.584
	月降雨量	-0.196	-0.74	-0.346	0.054	0.332	0.421
	月均气湿	0.139	0.261	0.04	0.22	0.485	0.59
	月均土湿	0.932	0.944	0.941	0.341	-0.071	-0.269
	月均气温	-0.435	-0.841	-0.622	-0.711	-0.743	-0.469
	月均土温	0.305	-0.136	0.013	-0.012	-0.107	0.004
	月最低温	-0.28	-0.626	-0.837	-0.344	-0.525	-0.273
	月最高温	-0.693	-0.136	-0.586	-0.288	-0.701	-0.37
	月气温较差	-0.15	0.411	0.413	0.284	0.089	0.144
丹酚酸 B	月光辐射	-0.385	-0.191	-0.281	-0.233	-0.189	-0.287
	月积温	-0.448	-0.434	-0.467	-0.459	-0.425	-0.587
	月降雨量	-0.419	-0.77	-0.153	0.303	-0.161	0.087
	月均气湿	-0.373	0.113	0.038	0.116	0.025	-0.017
	月均土湿	0.864	0.857	0.848	0.091	-0.5	-0.823
	月均气温	0.151	-0.364	-0.402	-0.402	-0.248	-0.048
	月均土温	0.455	0.326	0.177	0.525	0.489	0.595
	月最低温	0.005	-0.229	-0.633	-0.163	-0.304	-0.177
	月最高温	-0.17	-0.19	-0.536	-0.123	-0.521	-0.124
	月气温较差	-0.109	0.079	0.198	0.192	-0.07	0.12

注: ** P<0.01, 相关极显著。 * P<0.05, 相关显著。

2.2.2.5 品种(系) Ds-2000 中水溶性成分含量与气象因子的相关性分析

由相关系数表 3-13 可知:

品种(系) Ds-2000 中迷迭香酸的含量与 5 月、6 月、7 月的平均土壤湿度呈显著正相关。

丹酚酸 B 的含量与 7 月气温较差和 8 月土壤湿度呈显著正相关。

品种(系) Ds-2000 水溶性成份含量与月积温、最高气温、最低气温和光有效辐射均呈负相关, 而与平均土壤湿度呈正相关。

表 3-13 品种（系）Ds-2000 中水溶性成分含量与气象因子的相关系数

有效成分	气象因子	5月	6月	7月	8月	9月	10月
迷迭香酸	月光辐射	-0.334	-0.158	-0.225	-0.175	-0.14	-0.237
	月积温	-0.442	-0.493	-0.498	-0.504	-0.506	-0.671
	月降雨量	-0.347	-0.824	-0.344	0.093	0.219	0.335
	月均气湿	0.007	0.23	0.017	0.187	0.387	0.413
	月均土湿	0.969(*)	0.975(*)	0.971(*)	0.31	-0.191	-0.465
	月均气温	-0.228	-0.7	-0.541	-0.627	-0.616	-0.305
	月均土温	0.408	0.006	0.129	0.178	0.079	0.222
	月最低温	-0.164	-0.5	-0.811	-0.26	-0.455	-0.217
	月最高温	-0.519	-0.1	-0.55	-0.223	-0.699	-0.299
	月气温较差	-0.157	0.334	0.423	0.195	-0.02	0.113
丹酚酸 B	月光辐射	-0.722	-0.576	-0.708	-0.705	-0.65	-0.69
	月积温	-0.718	-0.694	-0.743	-0.764	-0.767	-0.818
	月降雨量	-0.624	-0.665	-0.468	-0.288	0.614	0.043
	月均气湿	0.478	-0.114	0.103	0.38	0.755	0.384
	月均土湿	0.618	0.606	0.622	0.984(*)	0.689	0.034
	月均气温	-0.095	-0.213	-0.199	-0.486	-0.596	-0.024
	月均土温	0.254	0.037	0.396	-0.135	-0.271	0.04
	月最低温	-0.116	-0.366	-0.673	-0.071	-0.362	-0.062
	月最高温	0.001	0.759	-0.004	-0.242	-0.853	0.151
	月气温较差	0.114	0.67	0.913(*)	-0.691	-0.329	0.086

注: ** P<0.01, 相关极显著。 * P<0.05, 相关显著。

2.2.2.6 品种（系）05-chx 中水溶性成分含量与气象因子的相关性分析

由相关系数表 3-14 可知:

品种（系）05-chx 中迷迭香酸的含量与 5 月、6 月、7 月、9 月、10 月的月光辐射均呈显著正相关; 与 5 月、6 月、7 月的月均土壤湿度呈显著正相关; 与 5 月、7 月、8 月、10 月的平均气温呈显著负相关; 与 10 月的平均土壤温度呈极显著负相关, 与 6 月的最低温呈显著负相关。

丹酚酸 B 的含量与 5 月土壤温度呈极显著正相关, 与 7 月平均空气湿度和 5 月、9 月的月气温较差呈显著负相关。

各月的光合有效辐射、土壤湿度和气温较差均和迷迭香酸呈正相关; 而与各月的气温和土壤温度均呈负相。可见, 光有效辐射、土壤湿度和温差适度增大, 平均气温和土壤湿度适度减少, 有利于迷迭香酸的积累。但光有效辐射、积温和土壤湿度增加均不利于丹酚酸 B 的积累, 与月最低气温呈正相关。与迷迭香酸的影响规律差异较大。

第三章 丹参有效成分含量与气象因子的关系

表 3-14 05-chx 中水溶性成分含量与气象因子的相关系数

有效成分	气象因子	5月	6月	7月	8月	9月	10月
迷迭香酸	月光辐射	0.999(*)	0.998(*)	0.997(*)	0.995	0.999(*)	0.999(*)
	月积温	0.334	0.241	0.249	0.216	0.165	0.011
	月降雨量	0.496	-0.064	0.167	0.354	0.448	0.009
	月均气湿	0.423	-0.282	0.6	0.72	0.641	0.815
	月均土湿	0.999(*)	0.998(*)	0.999(*)	0.749	0.69	0.985
	月均气温	-0.989(*)	-0.714	-0.962(*)	-0.976(*)	-0.876	-0.964(*)
	月均土温	-0.504	-0.033	-0.625	-0.947	-0.793	-0.999(**)
	月最低温	-0.875	-0.990(*)	-0.918	-0.849	-0.924	-0.779
	月最高温	-0.667	0.069	-0.875	-0.813	-0.751	0.091
	月气温较差	0.448	0.801	0.205	0.275	0.678	0.674
丹酚酸 B	月光辐射	-0.816	-0.867	-0.792	-0.776	-0.809	-0.811
	月积温	-0.78	-0.832	-0.782	-0.764	-0.766	-0.707
	月降雨量	-0.798	-0.794	-0.916	-0.934	0.401	0.854
	月均气湿	0.399	0.923	-0.969(*)	-0.843	0.097	0.127
	月均土湿	-0.293	-0.259	-0.277	-0.869	-0.908	-0.152
	月均气温	0.371	-0.256	0.679	0.493	0.061	0.621
	月均土温	0.997(**)	-0.851	0.894	0.603	-0.044	0.454
	月最低温	0.831	0.522	0.303	0.859	0.721	0.916
	月最高温	-0.247	-0.127	0.736	0.863	0.233	-0.832
	月气温较差	-0.957(*)	-0.467	0.412	-0.11	-0.884	-0.961(*)

注: ** P<0.01, 相关极显著。 * P<0.05, 相关显著。

2.2.2.7 品种(系) shh 中中水溶性成分含量与气象因子的相关性分析

表 3-15 品种(系) Shh 中水溶性成分含量与气象因子的相关系数

有效成分	气象因子	5月	6月	7月	8月	9月	10月
迷迭香酸	月光辐射	-0.201	0.009	-0.164	-0.156	-0.081	-0.143
	月积温	-0.279	-0.165	-0.267	-0.276	-0.233	-0.349
	月降雨量	-0.254	-0.281	0.243	0.431	-0.058	-0.611
	月均气湿	-0.178	-0.659	0.612	0.702	0.24	-0.142
	月均土湿	0.574	0.546	0.554	0.686	0.213	-0.519
	月均气温	0.116	0.2	-0.448	-0.514	-0.226	-0.118
	月均土温	-0.157	0.734	-0.07	0.075	0.253	0.332
	月最低温	-0.373	-0.365	-0.642	-0.444	-0.581	-0.515
	月最高温	0.413	0.563	-0.418	-0.577	-0.739	0.69
	月气温较差	0.616	0.568	0.356	-0.47	0.138	0.591
丹酚酸 B	月光辐射	-0.243	-0.029	-0.201	-0.19	-0.115	-0.181
	月积温	-0.322	-0.212	-0.312	-0.32	-0.276	-0.395
	月降雨量	-0.296	-0.339	0.2	0.413	-0.052	-0.569
	月均气湿	-0.183	-0.612	0.573	0.671	0.243	-0.134
	月均土湿	0.605	0.578	0.585	0.671	0.18	-0.549
	月均气温	0.131	0.168	-0.441	-0.513	-0.235	-0.1
	月均土温	-0.101	0.716	-0.031	0.113	0.272	0.365
	月最低温	-0.341	-0.356	-0.657	-0.419	-0.566	-0.487
	月最高温	0.388	0.54	-0.42	-0.547	-0.749	0.645
	月气温较差	0.569	0.55	0.376	-0.456	0.104	0.557

注: ** P<0.01, 相关极显著。 * P<0.05, 相关显著。

品种(系) Shh 中水溶性成份与各气象因子相关性均不显著。与积温、月最低温和光有效辐射均呈负相关。

3 讨论

1. 研究表明 9 月的降雨量和 9 月、10 月的土壤湿度与多数丹参品种(系)有效成分积累呈显著相关。丹参根干物质和有效成分的积累迅速增长的阶段就是从 8 月底到 9 月中旬,在此期间降雨量的适度增加,有利于丹参根系生长发育和营养物质的积累。
2. 8、9 月的气温和土壤温度与丹参有效成分含量呈负相关,可见温度高不利于丹参中有效成分的积累。研究表明丹参存在夏休眠现象。丹参的夏休眠是丹参为适应不良环境而产生的一种生理性休眠。这种生理性休眠导致丹参产量和质量下降,所以在生产上应该加强管理,抑制或减少这种现象发生。
3. 生态环境对药材的影响主要通过两个途径来实现,一是药用植物因其适应性特点,经定向筛选而固定的种内遗传变异;二是直接影响药用植物体内的生理生化反应,从而影响到植物化学成分的种类和含量。道地药材得天独厚的自然条件和地理环境,往往适宜于药用植物特别某些活性成分和矿质元素的形成和积累,从而直接影响到药材质量。
4. 气象因子与土壤因子是复杂多样的,而且存在相互关联,各生态因子之间、生态因子与药材品质各组成要素之间常常存在着复杂的关系,因此,定性的描述或简单的回归分析,难以反映出问题的全面性和真实性,应用多元统计方法,分析不同因子间与药材品质的关系,寻求影响药材品质的主要生态因子,定量地揭示优质药材的最适生态条件。
5. 本实验对气象因子对丹参有效成分影响进行了初步的研究,试验地点较少,且只进行了一年实验数据的处理与分析,建议增加试验点,进行多年份间的数据采集与分析,以便更深入、全面、系统、科学的研究丹参的适宜生态条件和各地的适宜栽培品种(系)。

第四章 结论

1. 同一产地不同品种(系)之间丹参有效成分迷迭香酸、丹酚酸B、丹参酮I、隐丹参酮、丹参酮II_A等的含量存在显著性差异,各产地不同品种(系)之间的变异程度亦有所不同(见附表1),表明丹参有效成分的积累与遗传特性密切相关。以脂溶性成分丹参酮II_A为例,品种(系)05-chx含量较高,且高于药典规定的0.2%含量。以水溶性成分丹酚酸B为例,不同丹参产地、不同的丹参品种(系)其丹酚酸B的含量均超过药典规定标准(不低于3%),以品种(系)05-chx含量较高。就同一产地而言,品种(系)间各成分的含量变化均有所不同(见附表2),
2. 同一丹参品种(系)在不同产地种植其有效成分迷迭香酸、丹酚酸B、丹参酮I、隐丹参酮、丹参酮II_A等的含量存在显著性差异,各丹参品种(系)在不同产地的变异程度亦有所不同(见附表3),表明丹参有效成分的积累与产地密切相关。以脂溶性成分丹参酮II_A为例,陕西和四川产地的各丹参品种(系)中脂溶性成分含量较高,基本能达到药典规定标准,而北京和山东较差。以水溶性成分丹酚酸B为例,各产地的丹参品种(系)的有效成分含量均超过药典规定的标准,陕西产地普遍高于其他产地,四川产地含量相对较低。就同一品种(系)而论,各成分含量在不同产地表现有所不同(见附表4)。
3. 丹参有效成分的含量与土壤因子的相关性分析结果表明,丹参有效成分的积累与土壤因子之间的关系存在基因型差异,脂溶性成分与水溶性成分积累与土壤因子的关系有明显的不同。迷迭香酸和脂溶性成分的含量均与土壤中细粉粒的比例显著相关,丹酚酸B的含量与土壤中全K的含量、隐丹参酮的含量与土壤中全N的含量显著相关。除品种(系)99-3和05-chx外,其它丹参品种(系)脂溶性成分含量与多种矿质元素如Fe、Mo、Co、Tl、As和U等的含量存在显著正相关。只有品种(系)99-4中迷迭香酸的含量与多种矿质元素相关性显著,而其它丹参品种(系)水溶性成份含量与大多数矿质元素含量不相关。与丹参各成分含量显著相关的土壤因子见附表5。
4. 丹参有效成分含量与气象因子的相关分析结果表明,丹参有效成分的积累与气象因子之间的关系存在基因型差异。大多数丹参品种有效成分的含量与9月份的土壤湿度和降雨量显著正相关,而与9月的土壤温度和气温显著负相关。由此推论,9月份高温不利于丹参有效成分的积累,而较湿润的环境有利于丹参有效成分的积累。与丹参各成分含量显著相关的气象因子见附表6。

参考文献:

- [1]. 钱名坤等. 化学学报 1976. 34(3):197
- [2]. 中国医学科学院药物研究所等. 中药志(第一册) 人民出版社 1979. 339
- [3]. 罗厚蔚等. 药学学报 1985. 20(7):542
- [4]. 孔德云等. 药学学报 1984. 19(10): 755, 1985. 20(10):747
- [5]. 陈政雄等. 药学学报 1981. 16(9):536
- [6]. 张力. 哈尔滨医科大学学报, 1992, 26(4):255.
- [7]. 杨春欣. 丹参素的药理研究进展, 中国药理学通报, 1997, 13(4):298~301.
- [8]. 郑若玄, 方三曼. 丹参对大白鼠冠状动脉结扎引起心肌缺血的预防作用, 中西医结合杂志, 1992, 12(1): 424.
- [9]. 孙锡铭, 蔡海江. 丹参素的新药理作用, 中草药, 1991, 22(1):20~23.
- [10]. 王文俊. 大黄素、丹参素对单核细胞分泌炎症细胞因子的调节, 中国免疫学杂志, 1995, 11(6): 370.
- [11]. 张罗修. 中药药理与临床, 1990, 6(4):31~34.
- [12]. 张广明, 蒋芝荣. 高原病与丹参的防治作用, 中草药, 1998, 29(30):205.
- [13]. 张白嘉等. 丹参水溶部分药理研究进展, 中草药, 1996, 27(10) 634~635.
- [14]. 李彬等编. 中药有效成分药理与应用, 黑龙江科技出版社, 1995, 12.
- [15] Gershenzon, J. Changes in the levels of plant secondary metabolites under water and nutrient stress. *Recent Advances In Phytochemistry*, 1984. 18:273~320.
- [16] Jesep, P. & L, Joan. Effects of carbon dioxide, water supply, and seasonally on terpene content and emission by *Rosmarinus officinalis*. *Journal of Chemical Ecology*, 1997. 23:979~993.
- [17] 胡世林主编. 中国道地药材[M]. 哈尔滨:黑龙江科学技术出版社, 1989.
- [18] 朱仁斌, 吴庆生, 宛志沪等. 皖西山区海拔高度对西洋参有效成分的影响[J]. 中国农业气象, 2001, 22(1)19-22.
- [19] 张治安, 徐克章等. 不同光强下人参植株中淀粉可溶性糖和参根皂甙的含量变化[J]. 植物生理学通讯, 1994, 30 .
- [20] 张永清, 李岩坤. 影响药用植物体内生物碱含量的因素[J]. 齐鲁中医药情报, 1992, 3:10~12.
- [21] 林洪. 植物次生代谢及其意义[J]. 黑龙江林业, 2002, (8):34~34.
- [22] 杜近义, 胡国赋, 秦际威等. 植物次生代谢的生态学意义[J]. 生物学杂志, 1999, 16(5):9~10.

- [23] 冯广龙, 刘昌明. 土壤水分对作物根系生长及分布的调控作用[J]. 生态农业研究, 1996, 4(3):5~9.
- [24] 杜茜, 沈海亮. 甘草产量和质量与土壤水分的关系[J]. 中药材, 2006, 29(1):5~6.
- [25] 孟繁莹, 王铁生, 王化民等. 西洋参栽培生理研究 1. 西洋参水分生理特性的研究[J]. 中草药, 1993, (24):365~368.
- [26] 李隆云, 卫莹芳, 赵会礼等. 21 世纪初的中药栽培研究[J]. 中国中医药科技, 2000, 7(4):246~248.
- [27] 郭兰萍, 黄璐琦, 邵爱娟等. 苍术根际区土壤养分变化规律[J]. 中国中药杂志, 2005, 30(19):1504~1507.
- [28] 武孔云, 冉懋雄. 中药栽培学[M]. 贵阳:贵州科技出版社, 2001. 48.
- [29] 曹庸, 张敏, 于华忠等. 气象因子和矿质元素对虎杖根茎白藜芦醇含量的影响[J]. 应用生态学报, 2004, 15(7):1143~1147.
- [30] 王文杰, 张京教等. 环境条件对伊贝母生物碱含量的影响[J]. 中药材, 1989, 12(2):3~5.
- [31] 韩建萍, 梁宗锁. 氮、磷对丹参生长及丹参素和丹参酮IIA 积累规律研究[J]. 中草药, 2005, 36(5):756~759.
- [32] 付开聪. N P K 对嘉兰植物生长和秋水仙碱含量的影响[J]. 中国中药杂志, 2000, 25(3):144~145.
- [33] 中国医学科学院药用植物资源开发研究所主编[J]. 中国药用植物栽培学[M]. 北京: 农业出版社, 1991.
- [34] 梅光泉. 中草药中的微量元素[J]. 微量元素与健康研究, 1995, 11(2):25~26.
- [35] 罗炳锵. 中药微量元素的作用[J]. 中药材, 1990, 13(2):41~44.
- [36] 周长征, 杨春澍. 细辛道地药材与微量元素[J]. 中草药, 2000, 31(4):292~295.
- [37] 杨本明. 影响中药材微量元素含量的因素[J]. 中草药, 1993, 24(4):215~216.
- [38] 陈和利, 刘晓瑜. 中药性能与金属元素含量[J]. 中草药, 1988, 19(4):45~47.
- [39] 徐继振, 刘效瑞, 赵荣. 钼锌铁锰在党参栽培中的应用效果[J]. 中药材, 1996, 19(1):1~3.
- [40] 陈士林. 暗紫贝母品质与生态条件的相关性研究[J]. 中药材, 1989, 12(11):5.
- [41] 肖小河. 乌头品质与土壤因子的相关性研究[J]. 中药材, 1990, 13(11):3.
- [42] 王亚琴. 杜仲叶有效成分的地理学研究(一)[J]. 广东药学院学报, 2000, 16(3):173~176.
- [43] 徐建中. 微肥对益母草生长和总生物碱积累的调控效应[J]. 中国中药杂志, 1999, 25(1) 20~22.
- [44] 陈兴福, 丁德蓉, 卢进等. 生态环境对味连生长发育的影响[J]. 中药材, 1996, 27(6):362~365.
- [45] 陈兴福, 丁德蓉, 卢进等. 白芷生态环境和土壤环境特征的研究[J]. 中草

- 药, 1996, 27(8):489~491.
- [46] 丁德蓉, 陈兴福, 卢进等. 麦冬生态环境和土壤环境特征的研究[J]. 中草药, 1996, 27(1):34~36.
- [47] 陈兴福, 刘思勋, 刘岁荣等. 款冬花生长土壤环境特征的研究[J]. 中药研究与信息, 2003, 5(5):20~24.
- [48] 林寿全, 林琳. 生态因子对中药甘草质量影响的初步研究[J]. 生态学杂志, 1992, 11(6):17~20.
- [49] 田雨, 陈建华, 周秀佳. 植物生态学方法在中药材质量研究中的应用与发展[J]. 生态学杂志, 2000, 19(6):51~51.
- [50]. 曲桂武, 解飞霞, 岳喜典等. 丹参酚酸 B 和丹参酮IIA 在丹参根中的分布[J]. 中药研究与信息, 2005, 7(1):11~14.
- [51] 曾令杰, 梁晖, 陈悦等. 丹参酮IIA 与丹参酚酸 B 在丹参药材中的分布研究[J]. 现代中药研究与实践, 2006, 20(2):7~11.
- [52] 鲍士旦主编. 土壤农化分析. 第三版, 北京: 中国农业出版社, 2003: 47
- [53] 张文彤. SPSS11 统计分析教程. 第 1 版. 北京希望电子出版社, 2002:245.

论文发表情况

攻读硕士研究生期间已发表论文 4 篇，分别是

- | | | |
|------------|-------------------|----------------|
| 2006 年 9 月 | 党参质量变异研究 | 《时珍国医国药》 |
| 2007 年 1 月 | 药用植物品质与生态因子关系研究进展 | 《世界科学技术-中药现代化》 |
| 2007 年 1 月 | 远志种子质量分级标准研究 | 《种子》 |
| 2007 年 | 远志种子检验规程的研究 | 《中国中药杂志》 |

致 谢

本文是在导师李先恩研究员的悉心指导下完成的。从论文选题、研究内容的确立，开题论证，从具体研究方法及技术路线的设计，到论文的撰写和修改，都倾注了大量的心血和汗水，令我终生难忘。尤其是导师严谨的治学态度，无私奉献和实干的敬业精神将深深影响我今后的学习和生活，是我终身受益不尽的财富。是我的导师指引我踏上了科研的道路。在此我谨向我的恩师致以最崇高的敬意！

我在读研究生的三年中结识了一批和蔼可亲的老师和志同道合的密友，我要感谢本课题组的祁建军老师、周丽莉、蔡芳、张帆、孙鹏、王艳、闫文蓉在学习和生活上的关系和照顾。感谢田力书记、外教处许燕平老师，资源中心的张昭和张本刚老师在生活、学习上的关心；感谢栽培中心的丁万隆老师，杨春清老师，陈君老师，张丽萍老师，魏建和老师对我学习的一贯关心和指导；感谢保卫处王瑞虎、后勤牛连发老师，财务处庆老师、孙老师；感谢朱殿龙、张兰涛、刘洪科、刘海涛、李永超、王明智、施琦渊、曹初南、孙楠等同学一起度过的美好研究生生活。

最想感谢的是我的父母、亲戚和女朋友周海英，他们是我的精神财富，我的心中永远有他们在为我加油，时时关心我的健康，给予我无私的爱。在姥姥和姥爷 80 大寿，父亲 60 大寿之际，我衷心地希望他们健康快乐，一直能陪伴我，支持我，关心我。

希望在将来学习和工作中能继续得到你们关心、照顾和指导，希望一起生活过的兄弟姐妹们都能健康、平安、快乐的生活！希望我们的音容笑貌成为大家幸福和快乐的记忆！

贺玉林

2007 年 6 月

附录

附表 1 各产地不同品种(系)间的变异系数表

产地	迷迭香酸	丹酚酸 B	丹参酮 I	隐丹参酮	丹参酮 II _A
北京	31.28	15.77	65.06	45.47	62.22
安徽	34.81	20.48	53.05	75.37	59.94
山东	22.60	12.51	48.71	20.87	41.63
陕西	31.13	16.65	56.63	63.48	48.32
四川	34.21	23.81	50.69	59.69	81.89

附表 2 不同产地有效成分含量最高和最低的丹参品种(系)

产地	迷迭香酸		丹酚酸 B		丹参酮 I		隐丹参酮		丹参酮 II _A	
	最高	最低	最高	最低	最高	最低	最高	最低	最高	最低
北京	05-chx	Ds-2000	05-chx	99-5	99-3	shh	shh	99-2	05-chx	shh
安徽	shh	99-3	05-chx	99-5	99-3	shh	shh	99-2	05-chx	shh
山东	shh	99-2	shh	99-2	99-3	shh	99-3	99-2	Ds-2000	shh
陕西	05-chx	shh	05-chx	99-5	99-2	shh	shh	05-chx	05-chx	shh
四川	99-5	99-3	05-chx	99-4	99-3	shh	shh	99-2	05-chx	shh

附表 3 各丹参品种(系)不同产地间的变异系数表

品种(系)	迷迭香酸	丹酚酸 B	丹参酮 I	隐丹参酮	丹参酮 II _A
99-2	23.41	10.83	77.77	77.87	28.61
99-3	48.50	16.64	17.49	22.30	20.89
99-4	37.44	15.58	30.79	68.15	31.15
99-5	22.34	16.58	19.08	52.95	23.24
chx	48.77	7.71	31.04	30.48	18.63
Ds-2000	27.80	15.17	14.09	31.01	18.89
shh	34.76	19.26	135.33	62.79	48.10

附表 4 各丹参品种(系)有效成分含量最高和最低的产地

品种(系)	迷迭香酸		丹酚酸 B		丹参酮 I		隐丹参酮		丹参酮 II _A	
	最高	最低	最高	最低	最高	最低	最高	最低	最高	最低
99-2	陕西	四川	安徽	四川	陕西	北京	陕西	安徽	陕西	北京
99-3	陕西	四川	陕西	四川	安徽	山东	陕西	山东	陕西	山东
99-4	陕西	四川	陕西	四川	陕西	北京	陕西	山东	陕西	北京
99-5	陕西	安徽	陕西	安徽	陕西	安徽	陕西	安徽	陕西	山东
Ds-2000	山东	安徽	陕西	北京	陕西	北京	陕西	山东	安徽	四川
05-chx	陕西	四川	陕西	北京	四川	北京	四川	北京	四川	北京
shh	北京	四川	北京	四川	陕西	北京	陕西	北京	陕西	北京

附表 5 与丹参中有效成分含量相关显著的各土壤因子一览表

品种 (系)	迷迭香酸		丹酚酸 B		丹参酮 I		隐丹参酮		丹参酮 II _A	
	a=0.01	a=0.05	a=0.01	a=0.05	a=0.01	a=0.05	a=0.01	a=0.05	a=0.01	a=0.05
99-2		黏粒 (负)	细粉粒、 Fe、Co、 Cu、As、 Mo、Tl、U	V、Mn、 Ni、全 N	细粉粒、Fe、 Co、Cu、As、 Mo、Tl、U、 全 N	Ni、Pb、Th	Mn Fe、 Ni、Tl		细粉粒、V、 Co、Cu、As、 Mo、U	
99-3	有机质 全 K	有机质 全 K		粗粉粒 (负)		Zn、速效 P (负)				
99-4	全 N 细粉粒、Cu、 As、Mo、Tl、 Pb、Th、U	全 K、 速效 K 有机质	Mg、Mn	Fe	细粉粒、 Fe、Cu、Mo、 Tl、U	Mn、Co、Ni、 Zn、As、Pb、 Th、全 N	Mn、Fe		细粉粒、V、Co、 Ni、As、Mo、 Cd、Tl、U、 碱解 N (负)	
99-5	细沙粒 (负)		Co、Cu、 Mo、U、 全 N	细粉粒、Fe、 Ni、As、Tl	Cu、全 N	细粉粒、Co、 Mo、Tl、Pb、U	细粉粒、 Fe、Cu		Mn、Co、Zn、 As、Mo、Tl、 Pb、Th、U	
Ds-2000	细沙粒 (负)	全 P、PH Mg 值		中粗沙粒、 中粉粒、Mg、 Ca、Mn、Th	Pb、Th	细粉粒、中粉粒、 Ca、Mn、Fe、Cu、 As、Mo、U、全 N	Sb (负)		中粗沙粒、 中粉粒、 全 P	
05-chx		Mn		碱解 N (负)	碱解 N (负)				碱解 N (负)	
shh	Ba	Ba	Mn	细粉粒、中粉粒、 Ca、Fe、As、Mo、 Tl、Pb、Th、U		细粉粒、Mn、 Fe、Zn、Th、 碱解 N (负)	细粉粒、 Fe、Cu、 Mo		Mn、Co、Zn、 As、Tl、Pb、 Th、U、全 N	

附表6 与丹参中有效成分含量相关显著的各气象因子一览表

品种(系)	迷迭香酸		丹酚酸B		丹参酮I		隐丹参酮		丹参酮II _A	
	正相关	负相关	正相关	负相关	正相关	负相关	正相关	负相关	正相关	负相关
99-2		10月均气湿	9月均气湿	9月均气湿	9、10月均气湿	9月均气湿	9月均气湿	5、9月均气湿	6月光辐射	7月光辐射
		9月均气湿**	9月降雨量	9月降雨量	9月降雨量			7月气温较差	9月光辐射	9月光辐射
		9月降雨量						9月降雨量**		
99-3	5、6、7月	6、9月最低温			5月均气湿	9月均土温**		9月均土温**	9月均土温	8月均土温
	均土湿	8月均气湿			10月均土湿					
		7月最低温**								
99-4	6月气温较差	9月均气湿	5月均气湿	5、10月均气湿	9月均气湿	9月均气湿	9月均气湿	5月均气湿	5月均气湿	
	9月均气湿	9月最高温	9月均土湿	9月均气湿**	9月均土湿	9月均土湿	9月均土湿	9月均气湿**	9月均气湿**	
			9月降雨量	9月降雨量**	9月降雨量	9月降雨量	9月降雨量	9月降雨量**	9月降雨量**	
			7月气温较差	7月气温较差						
99-5		10月均气湿**	6月均气湿	6月均气湿	7、8、9、10月光辐射	5月均气湿	9、10月均气湿	9、10月均气湿	9月均土温	
			9月均气湿	9月均气湿	10月均气湿**	9月均气湿**	9月均气湿**	5月均气湿**	5月均气湿**	
			9月降雨量	9月降雨量	9月降雨量	9月降雨量	9月降雨量	9月降雨量**	9月降雨量**	
			7月气温较差	7月气温较差				6月最高温**	8月气温较差	
Ds-2000	5、6、7月均土湿	7月气温较差	7月气温较差	7月气温较差	9月降雨量	9月均土温**	9月均土温**	6月最高温**	8月气温较差	
		8月均土湿	8月均土湿	8月均土湿	9月降雨量	9月均气湿**	9月均气湿**			
05-chx	5、6、7、9、10	5、7、8、10月气温较差	5、7月均土湿	9月气温较差	9月气温较差	5月均土温	5、10月	5月均土温**	5、10月	
	月光辐射	月均气湿	9月均土湿	9月均土湿	8月降雨量	8月降雨量	气温较差	气温较差	气温较差	
	5、6、7月均土湿	6月最低气温	6月最低气温	6月最低气温			7月均气湿**	7月均气湿**	7月均气湿	
		10月均土湿**	10月均土湿**	10月均土湿**						
shh		5月均气湿	5月均气湿	5月均气湿	5月均气湿**	9月均土温	9月均土温	5、10月均气湿	9月均土温	
		9月均土湿	9月均土湿	9月均土湿	9月均土湿	9月均土湿	9月均土湿	9月均气湿**	9月均土湿	
		7月气温较差	7月气温较差	7月气温较差	9月降雨量	9月降雨量	9月降雨量	9月降雨量**	9月降雨量**	
		9月降雨量	9月降雨量	9月降雨量						
		9月均气湿**	9月均气湿**	9月均气湿**						