

· 药材与资源 ·

丹参不同栽培类型的生物量与水溶性、脂溶性成分积累的相关性研究

唐晓清^{1,2}, 王康才², 陈 暄², 吴 健², 余伯阳^{1*}

(1. 中国药科大学 中药复方研究室, 江苏 南京 210009; 2. 南京农业大学园艺学院, 江苏 南京 210095)

摘要:目的 为了选育出适合于江苏省栽培的优质丹参品种, 也为丹参品种的系统选育提供一定的研究依据。方法 采用 HPLC 法对不同类型丹参根内的脂溶性成分丹参酮Ⅰ_A、隐丹参酮及水溶性成分丹参素、丹酚酸 B 进行了分析; 采用紫外分光光度法分别对其总丹参酮和总丹酚酸的量进行分析, 同时对 4 种类型丹参后期生物量进行了分析; 并采用 Excel 和 SPSS 软件对其生物量与脂溶性、水溶性成分间的相关性进行分析。结果 4 种类型的丹参的后期生物量积累不完全一致, 并且总丹参酮、丹参酮Ⅰ_A、隐丹参酮、丹酚酸 B、丹参素和总丹酚酸量均存在一定的差异, 生物量与有效成分间的相关性分析显示生物量与成分间呈负相关, 脂溶性成分间存在较好的相关性, 各类型的丹参酮Ⅰ_A与隐丹参酮间的相关系数分别为 0.943 (ZY)、0.942 (DY)、0.715 (XY)、0.960 (ZC); 水溶性成分间也存在一定的相关性, 各类型丹参的丹参素与丹酚酸 B 间的相关系数分别为 0.766 (ZY)、0.416 (DY)、0.841 (XY)、0.618 (ZC)。但是两大类成分间不存在明显的相关性。各类型的水溶性成分与脂溶性成分的积累也存在一定差异。结论 不同类型丹参中以小叶型为最佳, 其脂溶性成分和水溶性成分量均高于其他 3 种类型, 但其他类型的质量也远高于《中国药典》标准。

关键词: 丹参; 栽培类型; 生物量; 脂溶性成分; 水溶性成分

中图分类号: R282.6

文献标识码: A

文章编号: 0253-2670(2006)05-0753-06

Correlative analysis between biomass and accumulation of hydrosoluble and liposoluble components in different cultivars of *Salvia miltiorrhiza*

TANG Xiao-qing^{1,2}, WANG Kang-cai², CHEN Xuan², WU Jian², YU Bo-yang¹

(1. Department of Chinese Complex Recipe Research, China Pharmaceutical University, Nanjing 210009, China;

2. College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: **Objective** To obtain excellent cultivars of *Salvia miltiorrhiza* cultivated in Jiangsu Province by selective breeding and provide some basic reference for systemic breeding. **Methods** Tanshinones (tanshinone I_A and cryptotanshinone) and salvianolic acids (salvianolic acid A and B) in the roots of the four cultivars of *S. miltiorrhiza* were determined by HPLC. The total tanshinones and salvianolic acids were determined by spectrophotometry. Biomasses of four cultivars and correlative analysis between biomasses and effective components were analyzed with Excel and SPSS software. **Results** Accumulating of biomasses of the four cultivars was coincident incompletely. Contents of total tanshinone, tanshinone I_A, cryptotanshinone, salvianolic acid B, danshensu, and total salviandic acids were different. Correlative analysis showed that the relativity between biomasses and contents of effective components of four cultivars were negative correlative. Relativity among liposoluble components was distinct. Correlation coefficients between tanshinone I_A and cryptotanshinone of four cultivars were 0.943 (ZY), 0.942 (DY), 0.715 (XY), and 0.960 (ZC), respectively. Correlation coefficients between salvialic acid A and B of four cultivars were 0.766 (ZY), 0.416 (DY), 0.841 (XY), and 0.618 (ZC), respectively. But the relativity between hydrosoluble and liposoluble components was not obvious. Accumulating trends of liposoluble and hydrosoluble components were different. **Conclusion** Contents of total diterpenoids and tanshinon I_A in little leaf cultivars are more than the contents of other three cultivars. The qualities of other three cultivars are better than the qualities of *S. miltiorrhiza* recorded in *Chinese Pharmacopoeia*.

Key words: *Salvia miltiorrhiza* Bunge.; cultivars; biomass; hydrosoluble components; liposoluble components

收稿日期: 2005-09-26

基金项目: 无锡市自然科学基金项目 (CK20020001)

作者简介: 唐晓清 (1970—), 女, 博士生, 主要研究方向为药用植物栽培与质量控制。

Tel.: (025) 84396125 E-mail: tangxiao801@sohu.com

* 通讯作者 余伯阳 E-mail: boyangyu@yahoo.com.cn

丹参 *Salvia miltiorrhiza* Bunge 的生态适应性强,在全国各地多有丹参的栽培,目前主要集中于四川的中江^[1],江苏、陕西、河南、河北、山东、湖北、安徽等地。现代对丹参的研究主要集中在丹参的化学成分、药理作用等方面,而对其遗传方面的研究相对较少。丹参为异花授粉植物^[2],其种内的遗传多样性极为丰富。采用种子进行繁殖的丹参,在其生长过程中,由于异花授粉,必将出现多种变异。迄今报道^[3]的丹参种内有两个变种一个变型,即原变种 *S. miltiorrhiza* Bunge var. *miltiorrhiza*、单叶丹参 *S. miltiorrhiza* Bunge var. *charbommellii* (Lévl.) C. Y. Wu 和白花丹参 *S. miltiorrhiza* Bunge f. *alba* C. Y. Wu et H. W. Li。不同地方在栽培过程中有一些不同的农家类型的报道,如河北安国的丹参有高茎丹参、矮茎丹参、圆叶丹参和狭叶丹参等几种。笔者在以江苏的种子(小坚果)进行丹参繁殖栽培过程中也发现了有皱叶型丹参、小叶型丹参。本实验即对丹参原型、皱叶型丹参、单叶型丹参和小叶型丹参的后期生长趋势和质量进行分析,采用 HPLC 法测定了 4 种类型丹参的隐丹参酮、丹参酮Ⅱ_A、丹参素、丹酚酸 B,同时采用分光光度法测定其总丹参酮和总丹酚酸的量,并对各类型丹参的生物量与有效成分间、水溶性成分与脂溶性成分间的相关性进行分析,以寻找出比较适合于江苏栽培的优良丹参类型。

1 材料、仪器与方法

1.1 材料:将前期得到的丹参 4 种类型(由南京农业大学王康才副教授鉴定为丹参 *S. miltiorrhiza*,为《中国药典》2005 年版收载的丹参^[4];丹参原型 ZC、皱叶型丹参 ZY、单叶型丹参 DY 和小叶型丹参 XY 见图 1 和表 1)材料于 2004 年 3 月中旬种植于江苏省句容抱朴园中药材基地,2004 年 8 月 25 日开始采样,每间隔 20 d 采 1 次样,每次随机采挖各类型 10 株,分别测定根部的鲜重,再置于 50℃ 烘干至恒重,称其干重,计算其折干率。同时将干燥后的丹参根粉碎过 3 号筛,备用。

丹参酮Ⅱ_A、隐丹参酮、丹参素对照品均购自中国药品生物制品检定所,丹酚酸 B 为江苏省中医药研究院钱士辉研究员惠赠。

1.2 仪器与试剂:Agilent 1100 高效液相色谱仪(美国 Agilent 公司),ALLTECH 色谱柱(250 mm×4.6 mm,5 μm)。UV—754 分光光度计(上海精密仪器有限公司)。甲醇为色谱纯,水为双蒸水,醋酸为分析纯。提取样品用甲醇为分析纯,水为蒸馏水。

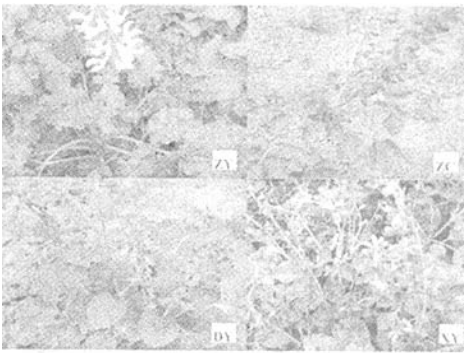


图 1 丹参的 4 种栽培类型

Fig. 1 Four cultivars of *S. miltiorrhiza*

表 1 丹参的 4 种类型的主要特征

Table 1 Main characteristics of four cultivars of *S. miltiorrhiza*

编号	材料	植物学名	主要植物学特征
ZC	丹参原型	<i>Salvia miltiorrhiza</i>	植株较松散,近地部分茎节间较长,叶片为具 5~7 小叶的复叶,花冠为深蓝紫色,花期 5~9 月,10 月下旬地上部分开始枯萎
DY	单叶型丹参	<i>S. miltiorrhiza</i> var. <i>charbommellii</i>	植株较高,近地部分茎节间较长,叶片为单叶,花冠紫色较浅,花期 5~9 月,10 月地上部分枯萎
XY	小叶型丹参	<i>S. miltiorrhiza</i> cv. <i>silvestris</i>	植株分枝较多,叶片小,为 3~5 (7) 小叶,花冠紫色较淡,花期 5~9 月,10 月下旬地上部分开始枯萎
ZY	皱叶型丹参	未定名	植株矮化,近地部分茎节紧缩,叶片边缘皱缩,叶为 3~5 小叶,花冠颜色浅紫色,花期 5~9 月,10 月地上部分枯萎

1.3 方法

1.3.1 色谱条件:丹参酮Ⅱ_A、隐丹参酮与丹酚酸 B 的色谱条件参考《中国药典》2005 年版一部丹参项下略加改进。丹参素的色谱条件:甲醇-0.5% 醋酸(15:85),体积流量为 1.0 mL/min,检测波长为 281 nm。4 种成分的对照品 HPLC 图谱见图 2。

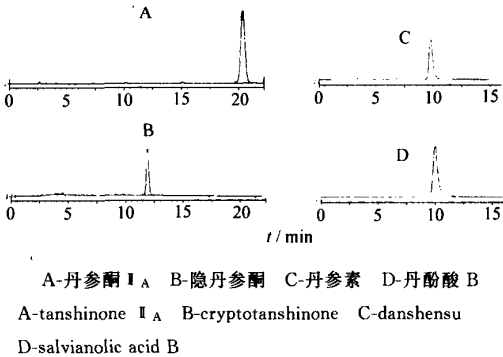


图 2 丹参成分对照品的 HPLC 图

Fig. 2 HPLC Chromatogram of component reference substances in *S. miltiorrhiza*

1.3.2 丹参酮 I_A 与隐丹参酮的 HPLC 标准曲线: 精密称取丹参酮 I_A 对照品 5.10 mg 置于 25 mL 量瓶中, 配制成质量浓度为 16.32 μg/mL 的溶液; 称取隐丹参酮 5.30 mg 配制成质量浓度为 42.4 μg/mL 的溶液。分别吸取丹参酮 I_A 溶液 5、8、10、12、15、20 μL 进样, 以进样体积为横坐标, 峰面积为纵坐标得标准曲线为 $Y_1 = 69.156 X_1 - 4.7743$, $r = 0.9999$ ($n = 3$), 线性范围为 0.08~0.33 μg; 取隐丹参酮溶液 1、2、5、8、10 μL 进样, 以进样体积为横坐标, 峰面积为纵坐标得标准曲线为 $Y_2 = 222.16 X_2 - 0.7966$, $r = 0.9999$ ($n = 3$), 线性范围为 1.02~4.08 μg。

1.3.3 丹参素的 HPLC 标准曲线: 精密称取丹参素对照品 2.64 mg 置于 10 mL 量瓶中, 加入甲醇溶解并定容, 吸取 2、5、8、10、12、15 μL 进样, 以进样体积为横坐标, 峰面积为纵坐标得标准曲线为 $Y_3 = 95.667 X_3 + 125.87$, $r = 0.9997$ ($n = 3$), 线性范围为 0.53~3.97 μg。

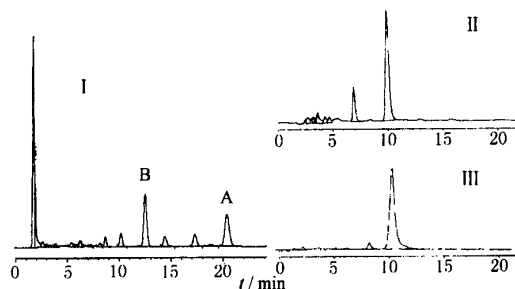
1.3.4 丹酚酸 B 的 HPLC 标准曲线: 精密称取 1.00 mg 丹酚酸 B 对照品置于 5 mL 量瓶中, 加入 75% 甲醇溶解, 并定容至刻度, 分别吸取 2、5、10、15、20、30 μL 进样, 以进样的丹酚酸 (mg) 为横坐标, 峰面积为纵坐标得标准曲线 $Y_4 = 710.723 X_4 + 14.36$, $r = 0.9999$ ($n = 3$), 线性范围为 0.4~60 μg。

1.3.5 丹参酮 I_A 与丹参素的紫外吸收标准曲线: 吸取质量浓度为 16.32 μg/mL 的丹参酮 I_A 对照品溶液分别配制成质量浓度为 1.632、3.264、6.528、9.762、13.056 μg/mL 的溶液, 在 754 紫外可见分光光度计 270 nm 处测定其吸光度值, 以质量浓度为横坐标, 吸光度值为纵坐标做曲线: $Y_5 = 0.01354 X_5 + 2.4461 \times 10^{-4}$ ($r = 0.9999$)。

吸取质量浓度为 264 μg/mL 的丹参素对照溶液分别配制成质量浓度为 6.6、13.2、19.8、26.4、33、52.8 μg/mL 的溶液, 在 754 紫外可见分光光度计上 281 nm 处测定其紫外吸光度值, 以质量浓度为横坐标, 吸光度值为纵坐标做曲线: $Y_6 = 0.07198 X_6 - 3.9456 \times 10^{-4}$ ($r = 0.9999$)。以此测定总丹酚酸类成分的量。

1.3.6 样品制备: 丹参酮 I_A、隐丹参酮、总丹参酮和丹酚酸 B 的提取按照《中国药典》2005 年版(一部)丹参项下操作。每份样品吸取 10 μL 进样, 样品图谱见图 3。丹参素的提取按照文献的方法^[5]进行提取。

1.3.7 相关性分析: 采用 Excel 和 SPSS 软件进行



I-脂溶性成分 I-丹参素 II-丹酚酸 B A、B、C、D 同图 2
I-liposoluble components I-danshensu II-salvianolic acid
B A, B, C and D are same to Fig. 2

图 3 丹参样品的 HPLC 图

Fig. 3 HPLC Chromatogram of *S. miltiorrhiza* samples 分析。

2 结果与讨论

2.1 丹参不同类型根的干重与折干率的变化: 丹参的 4 种类型在花后期干重基本呈增长趋势(图 4、5), 11 月 21 日后干重增加不明显, 4 种类型的增重趋势基本一致, 但 ZC 在 9 月中旬后有一个增重较为迅速的时期, 4 种类型在从 10 月 30 日到 11 月 20 日这段时间增重较快。图 5 的折干率显示, 4 种类型的折干率基本一致, 折干率的变化与天气变化有着一定的关系。气象资料显示, 2004 年 9 月中旬下了一场雨后旬容地区一直干旱, 所以丹参的生长较为缓慢, 根的折干率较高, 从图 4 也可以看出从 9 月中

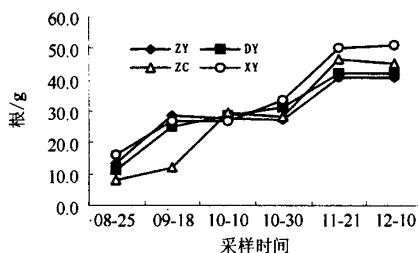


图 4 丹参不同类型根的干重的变化

Fig. 4 Changing of dried roots weight of four cultivars of *S. miltiorrhiza*

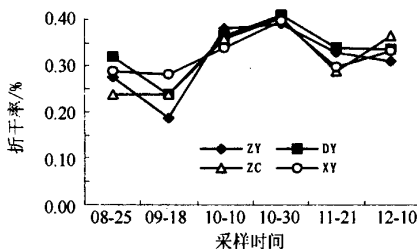


图 5 丹参不同类型根的折干率的变化

Fig. 5 Changing of drying ratio in various roots of four cultivars of *S. miltiorrhiza*

旬到 10 月下旬各类型的丹参根的干重变化很小,增重较少,直到 11 月上旬的一场雨下过之后,丹参根又开始迅速地生长,11 月 21 日采样的根的折干率即出现了下降(图 5)。

2.2 丹参不同类型的丹参酮类成分分析:从表 2 可以看出 4 种类型的丹参酮Ⅰ_A、隐丹参酮和总丹参酮的质量分数随时间的变化是不一样的,其中丹参原型与小叶型丹参的丹参酮类成分量最高值均出现在 8 月 25 日前后,单叶型丹参与皱叶型丹参的量最大值则出现在 10 月 10 日前后,这与 4 种类型的丹参的生长发育过程基本一致,即皱叶型丹参与单叶型丹参的生长发育时间相对较短,在 10 月下旬后植株地上部分即出现枯萎现象,而丹参原型与小叶型丹参生长时期相对较长。对各类型丹参中丹参酮Ⅰ_A、

隐丹参酮与干重的相关性分析(表 3)结果表明,丹参中的丹参酮Ⅰ_A与隐丹参酮与干重的相关性各类型是不相同的,丹参酮与干重的相关系数最大的是 ZC,而隐丹参酮与干重相关系数最大的则是 XY。干重与丹参酮Ⅰ_A、隐丹参酮的乘积和干重之间的相关系数则有所不同,丹参酮Ⅰ_A与干重乘积和干重的相关系数以 ZC 最大,而隐丹参酮也是以丹参原型最大。

丹参中主要的有效成分分为两大类,其中一类为脂溶性的丹参酮类成分,丹参酮Ⅰ_A为其主要的有效成分之一,也是《中国药典》丹参项下的质量控制指标之一。隐丹参酮作为丹参中另一个主要有效成分,体外试验证明,对金葡菌及其耐药菌株、链球菌、分枝杆菌等病原菌有较强的抑杀作用;在体外可以

表 2 4 种不同类型丹参有效成分的量的变化 (n=2)

Table 2 Content changes of active components in four cultivars *S. miltiorrhiza* (n=2)

栽培类型	采样时间	质量分数/%					
		丹参酮Ⅰ _A	隐丹参酮	总丹参酮	丹参素	丹酚酸 B	总丹酚酸
ZC	08-25	0.548 3	0.379 6	4.608 3	1.011 3	12.459 9	21.112 0
	09-19	0.373 0	0.210 2	4.159 1	1.327 4	14.410 9	21.502 4
	10-10	0.353 4	0.181 4	3.260 7	0.879 0	10.028 9	16.022 8
	10-30	0.334 6	0.139 8	2.887 3	0.826 4	9.096 1	15.330 6
	11-21	0.321 7	0.137 3	3.033 4	1.084 8	10.731 5	16.098 7
	12-10	0.224 6	0.117 8	2.636 1	0.772 7	10.103 4	15.008 1
DY	08-25	0.389 5	0.135 2	3.778 6	1.084 8	12.874 8	20.758 8
	09-18	0.372 2	0.122 9	3.589 3	0.699 8	12.807 7	20.871 2
	10-10	0.510 6	0.209 0	5.608 1	0.737 0	7.446 4	15.246 4
	10-30	0.351 2	0.142 7	3.155 1	0.962 9	11.127 8	17.661 2
	11-21	0.250 0	0.072 4	2.869 0	0.894 2	11.162 9	17.547 4
	12-10	0.231 0	0.097 0	2.758 7	0.802 3	10.065 4	16.382 5
ZY	08-25	0.305 7	0.117 9	3.261 7	1.387 2	12.699 1	19.000 8
	09-18	0.282 8	0.090 4	3.272 6	0.937 9	11.415 2	17.514 4
	10-10	0.398 4	0.197 5	3.603 1	0.856 4	8.029 8	17.255 9
	10-30	0.223 3	0.073 0	2.659 6	0.663 5	9.083 4	14.874 4
	11-21	0.170 1	0.048 9	2.430 6	0.724 2	8.511 9	15.245 0
	12-10	0.180 9	0.078 9	2.394 9	0.746 6	10.711 9	15.487 2
XY	08-25	0.812 2	0.606 3	4.641 4	1.039 0	12.475 8	22.691 2
	09-18	0.686 3	0.593 7	4.969 7	1.352 6	13.878 2	25.272 1
	10-10	0.419 6	0.410 2	3.809 4	1.123 0	11.761 8	24.702 8
	10-30	0.336 7	0.385 6	3.579 0	0.821 9	10.629 7	19.323 6
	11-21	0.588 0	0.290 4	3.593 1	0.988 9	11.458 4	20.798 5
	12-10	0.546 5	0.281 1	3.692 5	0.919 9	12.653 8	20.463 2

表 3 丹参酮Ⅰ_A、隐丹参酮与生物量间量的相关系数

Table 3 Correlative coefficient between biomass and tanshinoneⅠ_A and cryptotanshinone as well

成分	丹参酮Ⅰ _A	丹参酮Ⅰ _A ×干重	隐丹参酮	隐丹参酮×干重
ZY	-0.540	0.339	-0.445	0.073
DY	-0.625	0.594	-0.501	0.393
ZC	-0.704	0.939**	-0.753	0.933**
XY	-0.461	0.779	-0.866	0.724

** 0.01 水平上相关性显著(双尾检测)

** Correlation is significant at 0.01 level (2-tailed)

诱导成人骨髓间质干细胞分化为神经原样细胞。最新的研究^[6]还表明隐丹参酮可以将体外培养猴骨髓间质干细胞(MSCs)诱导为神经元样细胞。因此分析丹参不同栽培类型中的丹参酮Ⅰ_A与隐丹参酮的积累变化将有助于丹参优质新品种的选择。从二者量的高低看,小叶型丹参的丹参酮Ⅰ_A与隐丹参酮量是较高的,尤其是丹参酮Ⅰ_A的量明显高于其他 3 种类型,这与小叶型丹参的根条相对较细有一定的关系,其根条细长,皮层部分所占根的比重较大,而

脂溶性成分主要集中于根的皮层部分^[7],故其脂溶性成分量较高。

2.3 丹参不同类型的丹酚酸类成分分析:丹酚酸类成分与丹参酮类成分的变化趋势是不相同的,4 种类型丹参的丹参素、丹酚酸 B 与总丹酚酸的量随时间出现的最大值不一致。其中 ZC 与 XY 的最大值均出现在 9 月 18 日前后,而 ZY 与 DY 的最大值则出现在 8 月 25 日前后。干重与成分的相关性分析(表 4)结果表明干重和丹参素相关系数最大的是 ZY,为 -0.820,而干重与丹参素和干重乘积的相关系数最大的则是 ZC 和 DY,分别为 0.954、0.955。

表 4 丹参素、丹酚酸 B 与生物量的相关系数

Table 4 Correlative coefficient between biomass and danshensu and salvianolic acid B as well

成分	丹参素	丹参素×干重	丹酚酸 B	丹酚酸 B×干重
ZY	-0.820	0.766	-0.685	0.852*
DY	-0.335	0.954**	-0.365	0.925**
ZC	-0.306	0.955**	-0.452	0.993**
XY	-0.479	0.899**	-0.453	0.929**

*0.05 水平上相关性显著,**0.01 水平上相关性显著(双尾检测),下表同

* Correlation is significant at 0.05 level,** Correlation is significant at 0.01 level (2-tailed), following table is same

丹参素为最早发现的丹酚酸类成分,其化学名称为 β -3,4-二羟基苯乳酸(β -3,4-dihydroxybenyllactic acid),是各种丹酚酸的基本化学结构。丹酚酸 B 为三分子丹参素与一分子咖啡酸缩合形成。

在对丹参的水溶性成分的质量指标的选择上首先选择了丹参素作为比较不同类型丹参的水溶性成分积累的指标之一。通过研究发现 4 种类型丹参的丹参素的积累确实存在一定的差异。因此在进行丹参新品种选育研究的过程中应当将丹参素作为一个质量指标进行分析以为丹参优质新品种选育提供更全面的研究依据。丹酚酸 B 则是《中国药典》(一部)2005 年版丹参项下新增加的一个水溶性成分指标。从不同类型丹参的丹酚酸 B 的积累趋势看,各类型间是有所不同的。同时通过对不同类型丹参的地上部分的丹酚酸 B 的分析,不难看出丹参的水溶性成分在其地上的茎叶内即可以合成,这与其脂溶性成分的研究有所不同。

2.4 丹参不同类型的总丹参酮与总丹酚酸类成分的变化:将丹酚酸 B 和总丹酚酸的量各乘以 0.1 进行校正作图(图 6),从图中可以看出,丹参的 4 种类型的总丹参酮成分变化趋势是不一致的,DY 在 10 月上旬有一个较高的量,ZY 在 10 月上旬也有一个较高的量,而 XY 与 ZC 的量则出现了一个逐步下降的趋势,这与 4 种类型的丹参的生长状况有一定的关系,DY 和 ZY 的生长期较 XY 与 ZC 提前,二者的花期均早于 ZC,且二者在 10 月中旬地上部分就已经出现明显的枯萎状态,到 11 月中下旬地上部分几乎完全倒苗;而 ZC 和 XY 生长相对滞后。

4 种类型丹参的总丹酚酸类成分的变化也是不

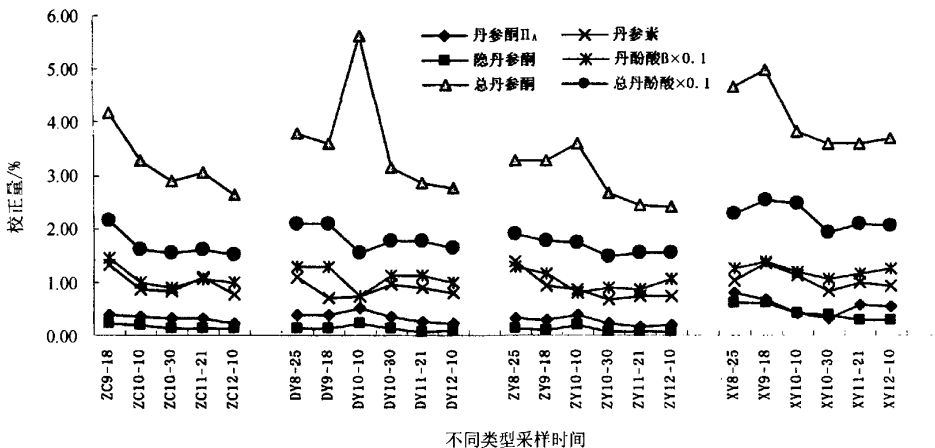


图 6 4 种不同类型丹参的有效成分的校正值分析 (n=2)

Fig. 6 Revised contents of active components in four various cultivars of *S. miltiorrhiza* (n=2)

一致的,其中 XY 的总丹酚酸类成分的变化基本呈上升→最高值→下降的一种趋势,而其他 3 种类型丹参的总丹酚酸类成分的变化较小,丹参素在 11 月中下旬皆有一个相对较高的量。

2.5 丹参中两大类成分间量的相关性分析:对各成分间相关性进行分析(表 5),并结合图 6 分析,每个类型的 4 种成分间的相关性出现较为一致的结果,即脂溶性的丹参酮类成分间的相关性较好,各类型

表 5 丹参各成分之间量的相关性

Table 5 Correlative coefficient among components in four cultivars of *S. miltiorrhiza*

成分	丹参酮 I _A	隐丹参酮	丹参素	丹酚酸 B
ZY 丹参酮 I _A	—	0.943**	0.468	0.002
隐丹参酮	0.943**	—	0.326	-0.140
丹参素	0.468	0.326	—	0.766
丹酚酸 B	0.002	-0.140	0.766	—
DY 丹参酮 I _A	—	0.942**	-0.124	-0.346
隐丹参酮	0.942**	—	-0.169	-0.552
丹参素	-0.124	-0.169	—	0.416
丹酚酸 B	-0.346	-0.552	0.416	—
ZC 丹参酮 I _A	—	0.960**	0.333	0.101
隐丹参酮	0.960**	—	—	0.291
丹参素	0.333	0.296	—	0.618
丹酚酸 B	0.101	0.291	0.618	—
XY 丹参酮 I _A	—	0.715	0.548	0.829*
隐丹参酮	0.715	—	0.662	0.804
丹参素	0.548	0.662	—	0.841*
丹酚酸 B	0.829*	0.804	0.841*	—

的丹参酮 I_A 与隐丹参酮间的相关系数分别为 0.943 (ZY)、0.942 (DY)、0.715 (XY)、0.960 (ZC), 而各类型的水溶性丹酚酸类成分间的相关系数分别为 0.766 (ZY)、0.416 (DY)、0.841 (XY)、0.618 (ZC), 而两大类成分间的相关性则较差, 说明丹参中的两类成分间存在较大的差异。但不同类型的水溶性与脂溶性成分的最大值呈现一定的规律, 即 ZC 和 XY 的脂溶性成分均出现在 8 月 25 日前后, 而其水溶性成分则出现在 9 月 18 日, DY 与 ZY 的脂溶性成分均出现在 10 月 10 日, 而水溶性成分则出现在前期的 8 月 25 日。

酚酸类成分与二萜类成分在生物体内的合成途径是各不相同的, 酚酸类化合物由苯丙烷类化合物代谢途径产生^[8]。萜类化合物的生物合成存在两条途径: 一条是长期以来为大家所接受的甲羟戊酸途径, 另一条则是 1993 年 Rohmer 等^[9]通过大量研究证明的丙酮酸/磷酸甘油醛途径, 二萜类成分则是在植物体内的质体内通过丙酮酸/磷酸甘油醛途径合成。丹参中的水溶性的酚酸类成分与脂溶性二萜类成分在各类型间存在差异, 且各成分间的相关性也存在不同, 两大类成分间的最大值出现的时间也有较大差异, 即生长发育时间相对较短的 ZY 与 DY 的水溶性成分的量最大值出现在其生长最为旺盛的时期, 而 XY 与 ZC 的水溶性成分最大值则出现在相对晚一些的后期。在对丹参根的有效成分进行分析的同时还对 4 种类型的地上部分的有效成分进行了分析, 发现地上部分基本不含有丹参酮类成分, 但含有一定量的丹酚酸类成分, 且 4 种类型丹参地上

部分的丹酚酸量也存在一定的差异。丹参酮属于二萜醌类成分, 在地上部分不合成, 说明主要是在根部通过其次生代谢合成的; 而丹酚酸类成分为酚酸类成分, 在地上部分可以合成。由此也证明了丹参中两大类成分在其体内合成是由不同的合成途径完成的。为了更好地利用丹参中的有效成分, 应根据不同的要求以其高质量分数的水溶性成分与脂溶性成分为选择目标进行新品种选育研究。

2.6 丹参的 4 种类型的物候期不相同, 因此在对不同类型的质量进行分析时应严格按照其各自不同的生长期加以采样分析, 这对指导丹参栽培过程中质量控制具有一定的意义。通过研究发现, 4 种类型丹参的脂溶性成分(丹参酮 I_A)与水溶性成分(丹酚酸 B)均能达到《中国药典》2005 年版一部的要求。这与江苏省其他丹参产地的成分的量不一致, 是否与丹参栽培的具体环境的差异存在一定关系尚需要进一步的研究。此外, 目前栽培的丹参不仅加工成饮片供临床配方用, 同时更是许多制剂的原料, 其中有的制剂是以脂溶性成分为主, 如丹参注射液、注射用丹参粉针剂等, 有的制剂则以水溶性成分为主, 如复方丹参片、复方丹参注射液等, 对于栽培的丹参而言, 其品种选育过程中也应根据药用的目的来进行选择, 这也是育种工作者应当首先考虑的问题。

References:

- [1] Zhang X G, Wang Y M, Luo G A, et al. Studies on resource characteristics of *Salvia miltiorrhiza* varieties [J]. *Chin Tradit Herb Drugs* (中草药), 2002, 33(8): 742-747.
- [2] Li J. Pollination factors in *Salvia miltiorrhiza* Bge. [J]. *Capital Normal Univ: Nat Sci* (首都师范大学学报: 自然科学版), 2001, 22(2): 58-61.
- [3] Guo B L, Liu S, Feng Y X, et al. Primary research on genetic relationship among main populations of *Salvia miltiorrhiza* and genuineness of herb [J]. *China J Chin Mater Med* (中国中药杂志), 2002, 33: 1113-1116.
- [4] Ch P (中国药典) [S]. Vol I. 2005.
- [5] Zheng X K, Dong S L, Feng W S. Determination of danshensu Dhpl, tanshinone I_A, dihydrotanshinone I and cryptotanshinone in *Salvia miltiorrhiza* Bge. by HPLC [J]. *Chine J Exp Tradit Med Form* (中国实验方剂学杂志), 2003, 9(6): 12-15.
- [6] Yuan Q T, Deng Y B, Liu X G, et al. Macaca irus bone mesenchymal stem cells differentiate into neuron-like cells induced by cryptotanshinone *in vitro*. [J]. *Chin J Pathophysiol* (中国病理生理杂志), 2005, 21(5): 993-996.
- [7] Li L, Hu G L, Frank S C L, et al. Content and distribution characteristics of anti-oxidant components from *Salvia miltiorrhiza* Bge. [J]. *Acta Agric Univ Jiangxi* (江西农业大学学报), 2001, 23(4): 487-491.
- [8] Zhao S J, Zhang G Y, Liu D, et al. Advances in research of pharmacological activities and biosynthesis pathway of water-soluble phenolic compounds of *Salvia miltiorrhiza*. [J]. *Chin Tradit Herb Drugs* (中草药), 2004, 35(3): 143-146.
- [9] Rohmer M. The discovery of a mevalonate-independent pathway for isoprenoid biosynthesis in bacteria, algae and higher plants [J]. *Nat Prod Rep*, 1999, 16: 565.