

根际土壤化学性质对防风色原酮、香豆素含量的影响

孙晶波^{1,2}, 杨鹤¹, 李鑫², 张连学^{1*}

(1. 吉林农业大学中药材学院, 长春 130118; 2. 北华大学药学院, 吉林 吉林 132013)

[摘要] 目的: 研究不同时间、不同地点采集的防风根际土壤化学性质对防风色原酮及香豆素含量的影响。方法: 甲醇回流提取, HPLC 测定防风中 8 种有效成分的含量; 根据国家标准规定方法测定根际土壤 pH, 速效 N, P, K, 全 N 及有机质含量。用 SPSS 13.0 软件进行相关分析。结果: 总体上, 1 批防风样品中 4 种色原酮含量高于 2 批样品, 且受其根际土壤影响不显著。2 批防风有效成分含量受其根际土壤影响显著, 土壤 pH 与药材中补骨脂素和花椒毒素呈显著负相关 ($P < 0.05$), 与欧前胡素呈显著正相关 ($P < 0.01$); 土壤速效 P 的含量与除升麻素苷之外的 7 种有效成分均呈显著正相关 ($P < 0.01$)。结论: 防风色原酮和香豆素类化合物的含量在不同采收期受其根际土壤的影响不同, 采集于 10 月中旬的防风有效成分含量受其根际土壤的各种化学性质影响显著。

[关键词] 防风; 根际土壤; 色原酮; 香豆素; 高效液相色谱

[中图分类号] R284.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2013)04-0088-05

Effects of Rhizosphere Soil Chemical Properties on Content of Chromones and Coumarins in Radix Saposhnikovia Divaricata

SUN Jing-bo^{1,2}, YANG He¹, LI Xin², ZHANG Lian-xue^{1*}

(1. College of Chinese Medicinal Materials Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China;
2. Pharmaceutical College of Beihua University, Jilin 132013, China)

[Abstract] **Objective:** To study the effects of rhizosphere soil chemical properties on content of chromones and coumarins in radix Saposhnikovia divaricata collected from different regions in different harvest times. **Method:** The HPLC method was adopted for determination content of eight effective components in

[收稿日期] 20120518(003)

[基金项目] 国家科技支撑计划项目(2011BAI03B01)

[第一作者] 孙晶波, 在读博士, 讲师, 从事中草药活性成分及质量评价研究, Tel: 18604498617, E-mail: sjb781219@163.com

[通讯作者] * 张连学, 教授, 博士生导师, 从事中药材 GAP 规范化种植及中药活性成分的研究, Tel: 0431-84532952, E-mail: zlx863@163.com

- [12] 葛尔宁. 玫瑰花和月季花中槲皮苷含量的 HPLC 法测定[J]. 浙江中医药大学学报, 2001, 31(27): 207.
- [13] 王月伶, 吕元琦, 袁倬斌. 毛细管区带电泳法测定玫瑰花中的槲皮苷、绿原酸和咖啡酸[J]. 生命科学仪器, 2004, 2(6): 47.
- [14] 徐怡, 李先恩, 秦民坚, 等. 不同品种玫瑰花药材的 HPLC 指纹图谱研究[J]. 中国野生植物资源, 2010, 29(4): 31.
- [15] 刘红燕. 不同产地玫瑰花总黄酮含量的比较研究[J]. 中医药导报, 2010, 16(5): 101.
- [16] 王本晓, 彭艳丽. HPLC 法测定玫瑰花药材中黄酮类成分的含量[J]. 辽宁中医药大学学报, 2010, 12(9): 57.
- [17] 李玉兰, 李军, 王乃利, 等. RP-HPLC 法测定小花鬼针草中原儿茶酸、芦丁、金丝桃苷和槲皮苷的含量[J]. 沈阳药科大学学报, 2009, 26(8): 640.
- [18] 阿合买提江·吐尔逊, 赵文惠, 孙莲, 等. RP-HPLC 法测定新疆不同产地药桑叶中芦丁、异槲皮苷的含量[J]. 新疆医科大学学报, 2010, 33(10): 1194.
- [19] 肖飞, 向阳, 杨友玲, 等. HPLC 测定玫瑰花中槲皮素、没食子酸的含量[J]. 中国药师, 2010, 23(8): 1145.

[责任编辑 顾雪竹]

methanol extracts from radix *S. divaricata*. According to the National Standard of the People's Republic of China, the pH value, total nitrogen, hydrolysable nitrogen, available phosphorus, potassium and organic matter in rhizosphere soils of *S. divaricata* were determined. The obtained data were statistical analyzed with SPSS 13.0 software. **Result:** In general, content of 4 chromones was higher in the first samples than in the second samples and less affected by rhizosphere soils. To the second samples, the soil pH value was significantly negatively correlated to psoralen and xanthotoxin content, but significantly positively correlated to imperatorin content. Whereas, there was a significant positive correlation between soil available phosphorus content and cimicifugin, sec-*O*-glucosylhamaudol, psoralen, 4'-*O*- β -*D*-glucosyl-5-*O*-methylvisamminol, xanthotoxin, bergaptol methyl ether and imperatorin content. **Conclusion:** Rhizosphere soils had different influence on chromones and coumarins content in radix *S. divaricata* collected in different harvest times, especially the samples collected in October.

[**Key words**] *Saposhnikovia divaricata*; rhizosphere soil; chromones; coumarins; HPLC

防风为伞形科植物防风的干燥根,具有祛风解表、胜湿止痛、止痒等功效,用于治疗感冒头痛、风湿痹痛、风疹瘙痒等多种病症^[1]。防风以色原酮类成分升麻素苷和 5-*O*-甲基维斯阿米醇苷的总含量做为含量测定标准^[2]。目前有关防风生物活性的研究基本都集中在色原酮类成分上^[3]。相关研究结果表明,除色原酮类成分外,香豆素类化合物也广泛分布在具有解热、镇痛、抗菌、消炎作用的中草药中^[4-5]。这与防风抗炎、镇痛作用相同,表明香豆素类化合物也是防风发挥生物活性的有效成分。植物有效成分的含量与生长环境关系密切^[7],受当地温度、光照、降水及土壤状况等因素影响很大^[8]。为了探讨土壤环境对防风有效成分含量的影响,作者对 12 个产地 2 个批次的防风及根际土壤样品进行了相关性研究。

1 材料

1.1 仪器 岛津 LC-20A 型高效液相色谱仪(DGU-20A₃ 脱气机,LC-20AT 高效泵,SPD-M 20A 检测器,SIL-20A 自动进样器,CTO-20A 柱温箱,LCsolution 工作站),FP640 型火焰光度计(上海欣益仪器仪表有限公司),酸度计(江苏江分电分析仪器有限公司),K9860 型全自动凯氏定氮仪(山东海能仪器有限公司),JH722S 型分光光度计(上海菁华科技仪器有限公司)。

1.2 试药 升麻素、补骨脂素、欧前胡素、升麻素苷、5-*O*-甲基维斯阿米醇苷对照品购自中国药品生物制品检定所(批号分别为 111710, 110739, 110826, 1522, 1523);佛手苷内酯、亥茅酚苷、花椒毒素对照品购自鼎国试剂公司(批号分别为 10061502, 10061503, 100516)。浓盐酸、重铬酸钾、乙醇、氢氧化钠等试剂为化学纯,甲醇、乙腈为色谱纯,水为超纯水。

1.3 供试材料 120 份防风样品和 120 份土壤样品(共 2 批)分别于 2010 年 8 月下旬(1 批)和 10 月中旬(2 批)采集于吉林长春、白城、四平、左家,黑龙江大庆、大兴安岭,辽宁大连,内蒙古通辽,安徽亳州,甘肃陇西,河北安国,山西侯马,经吉林农业大学张连学教授鉴定为伞形科植物防风 *Saposhnikovia divaricata* (Turcz.) Schischk。每个产地每个批次采集 5 份防风和 5 份相应的根际土壤样品。防风根用水洗净,回到实验室后再用去离子水冲洗,风干,粉碎,备用;土壤样品剔除土壤以外的杂质后,风干、过筛备用。

2 方法

2.1 防风供试品的制备 精密称取各防风粉末 0.5 g(精确到 0.000 1 g),精密加入 20 mL 色谱甲醇,称定质量,水浴回流提取 2 h,室温冷却后称重,用色谱甲醇补足减失的质量,摇匀,过滤。取适量过 0.45 μ m 微孔滤膜,即得。

2.2 色原酮及香豆素的含量测定条件 色谱柱 Inertsil ODS-SP(4.6 mm \times 150 mm, 5 μ m),流动相乙腈-水梯度洗脱,(0 ~ 10 min, 20% ~ 30% 乙腈; 11 ~ 25 min, 30% ~ 55% 乙腈; 26 ~ 40 min, 55% ~ 65% 乙腈; 41 ~ 45 min, 65% ~ 80% 乙腈; 46 ~ 50 min, 80% ~ 20% 乙腈; 51 ~ 60 min, 20% 乙腈,流速 1.0 mL \cdot min⁻¹,检测波长 254 nm,柱温 30 $^{\circ}$ C。

2.3 防风供试品测定 分别对采于 12 个产地、2 个采收期的防风药材样品中 8 种有效成分按 2.1 的条件要求进行含量测定,每份样品重复测定 3 次,取测定平均值。

2.4 土壤样品 pH、有机质、水解 N、速效 P、速效 K 及全 N 的测定 均严格按照文献[8-9]规定方法进行测定。

2.5 数据分析 采用 SPSS 13.0 软件进行统计学分析。

3 结果

3.1 防风供试品含量 按照 2.2 方法测定防风样

品中 8 种成分的含量,结果见表 1。不同产地 2 批样品中 8 种成分总含量比较结果见图 1。

表 1 两批防风样品中色原酮及香豆素含量 (n=5)

采集地点	升麻素苷	升麻素	5-O-甲基维斯阿 米醇苷	亥茅酚苷	补骨脂素	花椒毒素	佛手苷 内酯	欧前胡素	总色原酮	总香豆素
长春 1	0.412 3	0.022 0	0.319 8	0.039 9	-	-	0.005 2	0.008 3	0.794 0	0.013 5
长春 2	0.593 5	0.011 4	0.472 0	0.066 1	-	0.002 8	0.008 2	0.014 4	1.143 0	0.025 4
左家 1	1.173 0	0.042 4	0.730 1	0.085 0	0.000 8	0.004 8	0.011 6	0.021 6	2.030 5	0.038 8
左家 2	1.302 7	0.032 0	1.004 4	0.128 3	0.049 1	0.043 9	0.034 0	0.058 4	2.467 4	0.185 4
* 四平 1	0.921 2	0.086 4	0.147 9	0.035 2	-	-	0.009 6	0.021 6	1.190 7	0.031 2
* 四平 2	0.217 3	0.039 5	0.394 1	0.044 9	0.000 8	0.004 8	0.012 3	0.009 2	0.965 8	0.027 1
* 白城 1	0.627 7	0.027 2	0.336 4	0.038 7	0.000 4	0.004 4	0.008 0	0.008 0	1.030 0	0.020 8
* 白城 2	0.457 5	0.009 2	0.218 0	0.021 2	-	0.003 2	0.006 0	0.006 0	0.705 9	0.015 2
* 大庆 1	0.402 6	0.021 2	0.309 3	0.037 2	-	0.005 6	0.006 4	0.011 6	0.770 3	0.023 6
* 大庆 2	0.399 8	0.005 2	0.303 4	0.037 4	-	0.006 4	0.010 4	0.006 8	0.745 8	0.023 6
* 大兴安岭 1	0.471 9	0.011 4	0.222 3	0.044 0	-	0.004 0	0.005 6	0.006 4	0.749 6	0.016 0
* 大兴安岭 2	0.446 0	0.008 6	0.217 8	0.039 2	-	0.005 4	0.006 8	0.005 6	0.711 6	0.017 8
大连 1	0.790 4	0.034 0	0.343 7	0.035 9	-	0.002 8	0.006 0	0.003 6	1.204	0.012 4
大连 2	0.519 1	0.010 4	0.366 0	0.046 0	0.000 4	0.004 8	0.022 0	0.007 6	0.941 5	0.034 8
* 通辽 1	0.209 5	0.010 8	0.030 7	0.021 9	-	-	0.005 6	0.010 0	0.272 9	0.015 6
* 通辽 2	0.562 7	0.016 4	0.138 6	0.045 9	0.000 8	0.003 2	0.008 4	0.018 8	0.763 6	0.031 2
亳州 1	0.861 7	0.062 4	0.199 1	0.042 9	0.012 0	0.014 7	0.016 0	0.032 0	1.166 1	0.074 7
亳州 2	0.714 8	0.011 2	0.140 2	0.059 9	0.005 2	0.004 4	0.011 2	0.005 6	0.926 1	0.026 4
安国 1	0.166 8	0.022 7	0.068 2	0.017 6	0.005 2	0.004 8	0.007 2	0.010 4	0.275 3	0.027 6
安国 2	0.119 7	0.009 6	0.052 7	0.018 0	0.016 8	0.003 2	0.006 8	0.005 2	0.200 0	0.032 0
陇西 1	0.440 8	0.256 8	0.370 0	0.096 5	0.000 4	0.003 2	0.007 7	0.013 8	1.164 1	0.025 1
陇西 2	0.552 9	0.021 1	0.306 8	0.043 1	-	0.002 4	0.010 0	0.010 8	0.923 9	0.023 2
* 候马 1	0.253 3	0.025 2	0.054 7	0.004 8	0.000 4	0.002 4	0.010 4	0.005 2	0.338	0.018 4
* 候马 2	0.203 7	0.027 2	0.048 4	0.004 0	0.000 4	0.002 8	0.008 0	0.008 0	0.283 3	0.019 2

注: * 为野生防风, 1 为 1 批样品, 2 为 2 批样品 (表 2 同)。

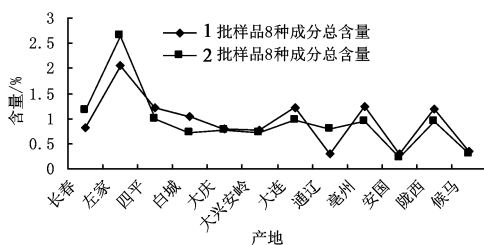


图 1 防风样品 8 种成分总含量

含量测定结果表明,防风的采集地点不同,有效成分含量差异显著,其中以吉林左家产防风有效成分含量最高,而河北安国防风含量最低。防风有效成分含量随采集时间不同亦有所不同,除长春、左家、通辽外,其他 9 个产地的防风 8 月下旬 (1 批) 其有效成分含量相对较高。总体上,防风中 8 种成分

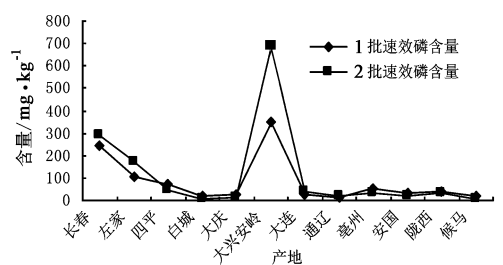


图 2 土壤样品速效磷含量

总含量高低顺序为:左家 > 四平 > 大连 > 亳州 > 陇西 > 长春 > 白城 > 大庆 > 大兴安岭 > 通辽 > 候马 > 安国。其中,补骨脂素在野生防风中含量非常低,多数样品中均无法检测到。

3.2 根际土壤理化性质测定 根际土壤样品的 pH 值,水解氮、速效磷、速效钾及有机质的含量随采集

地点的不同其变化趋势各异。其中大兴安岭的土壤样品除全氮外,各种营养物质含量均最高,而安国土壤中全氮含量最高,但速效钾和有机质含量最低,见表2。不同采集地点2个采收期的土壤样品中速效磷含量与防风根中有效成分总含量的变化规律一致,如图1,2所示,但其他营养物质含量变化无明显的规律性,如图3,4。

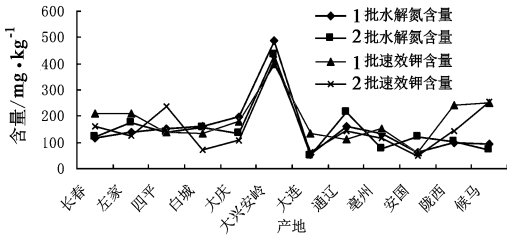


图3 土壤样品水解氮、速效钾含量

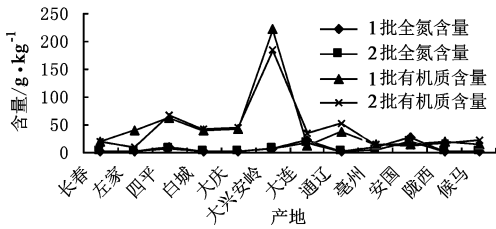


图4 土壤样品全氮、有机质含量

3.3 相关性分析 防风中8种有效成分含量与土壤各特征值相关分析结果如表3所示。二批防风样品中除升麻素苷外,其他7种成分的含量均与土壤速效磷含量呈显著正相关,香豆素类成分受土壤pH影响较大。除土壤成分对防风有效成分的直接影响外,香豆素类与色原酮类成分之间以及土壤各因素之间也有一定的显著相关性。见表3。

4 讨论

本试验研究比较了土壤环境及采收时间对防风有效成分的影响。结果表明防风根中色原酮类和香豆素类化合物的含量随采集时间和地点的不同而差异显著。

从采集时间来看,8月下旬防风样品中总色原酮的含量多高于10月中旬的防风样品,但因各地的生态环境不同,除土壤外,防风的物质积累还会受到多种因素影响,因此有效成分的含量随时间变化会有所区别。

生长地不同,对防风有效成分含量影响很大。安国产防风样品中升麻素苷和5-O-甲基维斯阿米醇苷总含量均不符合2010年版《中国药典》标准(>0.24%),而总香豆素的含量相对较高(1批含量0.0276%,2批含量0.0320%)。8种有效成分总含量最高的产地为吉林左家(>2%)。相比两个产

表2 两批防风根际土壤样品化学性质 ($\bar{x} \pm s, n=5$)

样品	pH	水解 N /mg·kg ⁻¹	速效 P /mg·kg ⁻¹	速效 K /mg·kg ⁻¹	全 N /g·kg ⁻¹	有机质 /g·kg ⁻¹
长春 1	5.47	117.042	241.914	210.584	2.659	19.433
长春 2	5.34	121.109	293.778	163.428	2.320	20.863
左家 1	5.67	138.450	102.627	209.246	3.682	39.155
左家 2	5.59	176.720	175.127	127.461	3.278	11.098
* 四平 1	6.29	150.837	74.520	140.473	10.550	62.884
* 四平 2	5.95	139.882	46.003	236.714	6.861	67.806
* 白城 1	7.97	163.369	18.728	135.439	3.019	38.827
* 白城 2	8.02	154.806	9.863	70.793	2.698	42.200
* 大庆 1	7.78	197.664	24.189	177.673	3.177	41.756
* 大庆 2	8.26	135.084	13.061	107.630	2.964	45.994
* 大兴安岭 1	5.86	488.823	349.221	400.711	7.938	222.344
* 大兴安岭 2	5.99	434.339	684.780	417.408	7.980	185.677
大连 1	7.75	55.934	27.000	136.042	21.712	12.501
大连 2	8.10	49.022	37.341	61.838	17.082	33.966
* 通辽 1	6.81	159.265	10.631	111.380	3.330	38.306
* 通辽 2	6.45	212.755	19.104	143.924	3.313	51.884
亳州 1	7.5	136.093	52.297	151.089	9.123	15.616
亳州 2	7.90	74.089	34.959	116.761	6.215	14.652
安国 1	7.90	63.983	30.103	61.100	26.483	14.033
安国 2	7.49	120.616	21.281	47.920	19.431	12.151
陇西 1	8.04	97.737	38.818	241.370	2.514	20.158
陇西 2	8.16	101.720	33.248	141.443	2.691	18.052
* 候马 1	8.06	94.578	18.514	248.550	2.544	15.992
* 候马 2	7.70	70.545	9.802	255.280	2.336	22.122

地的土壤特征,安国土壤水解氮、速效P,K及有机含量均显著低于左家土壤,而其全氮含量却相反,说明土壤的营养物质是防风物质积累的关键,虽然全氮含量高,但只有转化为可吸收的氮素才能与其他矿物质一起为植物所吸收利用。不同地区,其土壤特征不同,导致防风有效成分含量存在显著性的差异。

相关性研究表明,采集于10月中旬的防风样品有效成分随土壤速效磷含量的增加而显著增加($P < 0.01$),而香豆素类成分与土壤的pH亦呈现出显著的相关性,这可能与香豆素类化合物具有一定的酸性有关。综上所述,采集于10下旬的防风样品,其根际土壤的pH和速效P的含量是影响防风有效成分的关键因素,其酸碱性及速效P的含量适宜可显著增加防风有效成分的积累;同时也说明,该时期防风的敏感性较强,易受周围环境的影响而变化

表 3 防风有效成分及其与根际土壤化学性质间相关分析

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n
a	1	0.112	0.673 ¹⁾	0.502	0.156	0.349	0.550	0.603 ¹⁾	-0.206	-0.017	-0.001	-0.003	-0.090	-0.209
b	0.120	1	0.202	0.692 ²⁾	-0.174	-0.053	0.154	0.276	0.383	-0.227	-0.228	0.106	-0.239	-0.225
c	0.800 ¹⁾	0.509	1	0.787 ²⁾	-0.338	-0.089	0.131	0.201	-0.471	-0.027	0.202	0.209	-0.160	0.006
d	0.945 ²⁾	0.284	0.908 ²⁾	1	-0.214	0.011	0.150	0.364	-0.240	0.051	0.162	0.162	-0.289	0.057
e	0.732	0.243	0.794 ¹⁾	0.784 ¹⁾	1	0.938 ²⁾	0.691	0.744	0.230	0.041	-0.130	-0.130	0.374	-0.449
f	0.853 ¹⁾	0.414	0.929 ²⁾	0.894 ²⁾	0.938 ²⁾	1	0.759 ²⁾	0.860 ²⁾	0.012	0.001	-0.068	-0.068	-0.021	-0.142
g	0.828 ¹⁾	0.284	0.948 ²⁾	0.867 ¹⁾	0.739	0.879 ²⁾	1	0.816 ²⁾	0.190	-0.210	-0.293	-0.293	-0.122	-0.282
h	0.853 ¹⁾	0.429	0.888 ²⁾	0.873 ¹⁾	0.880 ²⁾	0.967 ²⁾	0.815 ¹⁾	1	0.082	-0.088	-0.207	-0.207	-0.221	-0.223
i	-0.724	-0.230	-0.622	-0.693	-0.771 ¹⁾	-0.786 ¹⁾	-0.530	0.900 ²⁾	1	-0.435	-0.751 ²⁾	-0.376	0.228	-0.464
j	0.294	0.393	0.346	0.410	0.364	0.376	0.109	0.550	-0.498	1	0.736 ²⁾	0.733 ²⁾	-0.224	0.969 ²⁾
k	0.900 ²⁾	0.267	0.908 ²⁾	0.913 ²⁾	0.935 ²⁾	0.986 ²⁾	0.902 ²⁾	0.943 ²⁾	-0.587 ¹⁾	0.829 ²⁾	1	0.741 ²⁾	-0.130	0.763 ²⁾
l	0.042	0.270	-0.158	-0.178	-0.089	0.027	-0.152	0.115	-0.473	0.702 ¹⁾	0.749 ²⁾	1	-0.439	0.731 ²⁾
m	-0.303	-0.710	-0.241	-0.278	-0.049	-0.264	-0.066	-0.372	0.186	-0.096	-0.025	-0.259	1	-0.094
n	-0.277	0.154	-0.198	-0.229	-0.605	-0.424	-0.268	-0.237	-0.312	0.888 ²⁾	0.787 ²⁾	0.794 ²⁾	0.024	1

注: ¹⁾表示在 0.05 水平上具有显著性, ²⁾表示在 0.01 水平上有显著性, a. 升麻素, b. 升麻素苷, c. 5-O-甲基维斯阿米醇苷, d. 亥茅酚苷, e. 补骨脂素, f. 花椒毒素, g. 佛手苷内酯, h. 欧前胡素, i. pH, j. 水解 N, k. 速效 P, l. 速效 K, m. 全 N, n. 有机质, 对角线上方为 1 批样品, 对角线下方为 2 批样品。

显著, 推测一批防风样品中有效成分含量高于二批可能与此有关。

采集于 8 月下旬的一批防风各成分含量与其根际土壤间无显著相关性, 但亥茅酚苷与 5-O-甲基维斯阿米醇苷、花椒毒素与补骨脂素和欧前胡素、欧前胡素与佛手苷内酯含量之间均在 0.01 水平上呈显著相关性; 升麻素与 5-O-甲基维斯阿米醇苷和欧前胡素、升麻素苷与亥茅酚苷、佛手苷内酯和花椒毒素含量之间均在 0.05 水平上显著相关性。这可能是由于 8 月下旬各地区天气变化不同, 植物生长受多种自然环境的综合影响显著, 而土壤的作用相对于其他环境因素不够明显。

土壤是一个极其复杂的系统, 防风根际土壤对防风有效成分含量的影响, 还需直接的实验予以证实, 而本研究结果为这方面的深入研究奠定了一定的基础。

[参考文献]

[1] 张文砚, 冯学功. 基于中医传承辅助系统的治疗中风

经方组方规律分析[J]. 中国实验方剂学杂志, 2012, 18(6):5.

[2] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典. 一部[S]. 北京: 中国医药科技出版社, 2010:140.

[3] 赵娟, 刘春芳, 林娜, 等. 防风色原酮提取物对大鼠胶原诱导性关节炎的影响[J]. 中国实验方剂学杂志, 2009, 15(12):52.

[4] 赵军宁, 邓治文, 戴瑛, 等. 秦皮总香豆素对实验性痛风性关节炎及尿酸代谢的影响[J]. 中国药学杂志, 2009, 44(10):751.

[5] 王梦月, 贾敏如, 马逾英, 等. 白芷总香豆素的药理作用研究[J]. 时珍国医国药, 2005, 16(10):954.

[6] 国家中医药管理局《中华本草》编委会. 《中华本草》[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1999.

[7] 邓朝晖, 田孟良. 生附子中次乌头碱的含量测定及其道地性研究[J]. 中国实验方剂学杂志, 2012, 18(16):61.

[8] 中华人民共和国林业行业标准[S]. 1999.

[9] 中华人民共和国国家标准土壤环境质量标准[S]. 1995.

[责任编辑 顾雪竹]