

短葶飞蓬总咖啡酸酯和灯盏乙素含量的空间变化

苏文华*, 张光飞, 周 鸿, 闫海忠, 周 睿

(云南大学生态学与地植物学研究所, 云南 昆明 650091)

摘要:依据嵌套分层设计原理制定野外调查取样方案,以药用资源植物短葶飞蓬不同产地 93 个自然种群 310 份植株样品的灯盏乙素和咖啡酸酯含量的嵌套方差分析,探讨次生代谢有效成分含量在产区间的空间变化。结果表明:短葶飞蓬有效成分含量存在空间差异,最低含量产区的总咖啡酸酯和灯盏乙素含量分别只是最高含量产区的 52.1% 和 41.8%,但不与产地间的空间距离远近完全一致;同一产地短葶飞蓬总咖啡酸酯和灯盏乙素含量有一定的年际差异,但高含量产地与低含量产地是相对稳定的;作为优质药材的基本产地单元,自然地理区划单元比行政区划单元更科学;短葶飞蓬总咖啡酸酯和灯盏乙素含量与植株含 N 量呈极显著负相关,符合“碳/氮营养平衡假说”的预测,但植株含 N 量的变化只能解释短葶飞蓬总咖啡酸酯和灯盏乙素含量不同产区间约 30% 的变异。植物药材有效成分含量的空间变化是药用植物地区间遗传变异和生长地环境生态因子变化共同作用的结果,用自然地理区划单元为产地单元更客观。确定药材的“优质产地”可作为保障药材有效性的科学管理途径之一。

关键词:短葶飞蓬;有效成分;含量;空间变化;碳/氮营养平衡假说

Spatial variability in the content of caffeate and scutellarin of *Erigeron breviscapus*

SU Wenhua*, ZHANG Guangfei, ZHOU Hong, YAN Haizhong, ZHOU Rui

Institute of Ecology and Geobotany, Yunnan University, Kunming 650091, China

Abstract: Spatial variability in contents of active constituents, scutellarin and caffeates, from 310 samples in 94 natural populations of *Erigeron breviscapus*, a medicine herb, was analyzed in nested ANOVA within the producing areas of this medicine herb, based on the sampling regime designed following the nested design principle. Results indicated that there were variations in caffeates and scutellarin content of *E. breviscapus* growing in different producing areas, average contents of caffeates and scutellarin in the lowest content producing areas were 52.1% and 41.8% of that in the highest content producing area respectively. The difference of contents was not related to the spatial distance between producing areas. The content of caffeates or scutellarin varied annually in the same producing area, but the location of the highest or lowest content producing area did not change. The natural division was better to delimit the units of high content producing area than administrativ division. The content of caffeates or scutellarin was negatively correlated with the content of nitrogen in plants growing in different areas, as predicted as carbon/nutrient balance hypothesis. The variation in nitrogen content explained about 30% of the variation in the content of caffeates or scutellarin of plant from different areas. The spatial variability in active constituent content of medicine herbs was resulted from their genetic and environmental variation. Delimiting the producing area of medicine herbs is a scientific management way to keep efficiency of medicine herb.

Key Words: *Erigeron breviscapus*; active constituent; content; spatial variability; carbon-nutrient balance hypothesis

古代中医药发展过程中,在对药用植物疗效与环境关系的认知和评价基础上,总结形成了以产地“道地性”控制药材品质的传统中药理论,其核心是优质药材是有地域性的^[1-2]。这一理论至今仍对药用资源植物

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30360009)

收稿日期:2008-12-07; 修订日期:2009-03-20

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: whsu@ynu.edu.cn

的开发利用产生重要影响,利用控制或限制药材的出产地来保障和控制药材的质量,或在药材生产管理中通过适宜地区划来生产优质药材。然而,由于大多数道地产区发生过一定变化,加之时代变迁地名变更,道地产区的形成和变化有许多人为和主观的因素,具有优质含义道地药材十非有限^[1]。近年来,国内对于药材质量的地理变异已开展了一些研究^[3-4]。但是,这些比较都是点对点的比较,没有按区域间进行比较,其产地没有空间尺度的概念,只能说明不同产地的药材间存在差异。因此,利用控制或限制药材的出产地来保障和控制药材的质量的科学性以及优质产地的空间尺度大小模糊。

现代药学研究表明,许多植物药的活性成分是其所含的次生代谢物质,药材的质量与其次生代谢有效成分含量密切相关。药用植物次生代谢产物的空间变化是其质量变化的重要基础。因此,了解药用植物活性成分的空间变化及其机制有利于揭示“道地性”的科学内涵,也可为优质药材种植产区规划提供科学指导。

植物次生代谢产物积累的理论认为,次生代谢产物在植物体内的合成和积累是在植物具有相关基因的基础上,一定的环境条件诱导共同作用的结果^[5]。目前,环境条件对植株体内次生代谢产物形成和积累诱导作用的机制存在不同的认识,提出了不同的诱导机制假说来解释不同环境条件下植物次生代谢的变化^[6-11]。其中,碳/氮平衡假说较有代表。该假说认为以碳为基础的次生代谢产物的含量与含N量呈负相关。目前,药用植物有效成分的空间变化规律是否遵循碳/氮平衡理论的预测未进行过讨论。

短葶飞蓬(*Erigeron breviscapus*(Vants.) Hand-Mazz),俗称灯盏花,为菊科飞蓬属草本植物,产于云南、贵州、四川西南部、广西西北部等地,主要药用成分为黄酮类和咖啡酸酯类次生代谢产物^[12]。不同产地的短葶飞蓬有效成分含量有较大变化^[13]。本研究通过对不同产地短葶飞蓬中灯盏乙素和咖啡酸酯2种有效成分含量的分析比较,揭示其有效成分空间变化规律及机制。

1 研究方法

1.1 野外调查及样品采集处理

以嵌套分层设计原理制定野外调查取样方案^[14],按行政区划的市或地区将分布区分为不同的基本调查单元区域。于2003年、2004年和2005年,分别在云南、贵州、四川和广西开展了野外调查。在云南每个单元区域都开展野外调查,四川以分布区北界为重点,贵州和广西以分布区东部为重点开展调查。以所遇到的种群为调查单位,记录生境地段的经纬度、海拔、群落类型,挖取土壤样。随机选取50株开花植株,每5株为1组带回室内,随即在60℃烘至恒重称量地上部分和地下部分的干重,磨碎以备化学分析。共采集到94个野生种群,其中云南83个种群,贵州9个种群,四川2个种群,共计500余份样品。调查种群的分布见图1所示。短葶飞蓬有效成分含量空间变化分析样品全部采于2004年3—6月份野生植株开花季节。

1.2 灯盏乙素和总咖啡酸酯提取与测定

精密称取0.04—0.05g制备好的植物样品,置于25ml容量瓶中,加入20ml 50%的甲醇,振荡5min后,超声处理25min;取出后定容、过滤待测。

按2005年版药典中灯盏细辛注射液总咖啡酸酯的测定方法^[12],以1,5-氧-二咖啡酸酰奎宁酸($C_{25}H_{24}O_{12}$)为标准品。用50%甲醇分别配出含量为0—1.25mg/ml的标准液。在305nm波长下测定吸光度,以吸光度为横坐标,浓度为纵坐标绘制标准曲线,得标准方程

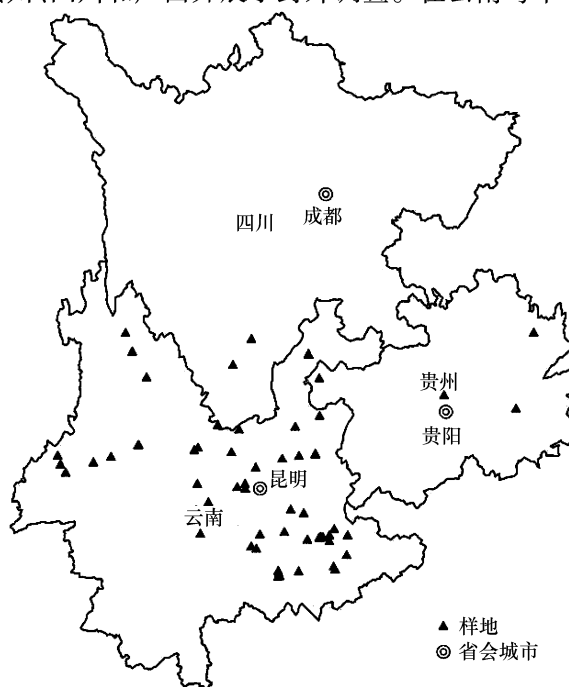


图1 短葶飞蓬调查种群地段位置示意图

Fig. 1 The location of study sites and geographic range of *Erigeron breviscapus*

$C = 0.176A + 0.0001 (R = 0.999, P < 0.001)$ 。

精密取出 1ml 待测液放入容量瓶中,再放入 10ml 50% 的甲醇进行稀释供分光光度仪在 335nm 测定吸收值^[12],以吸收系数($E_{1\text{cm}}^{1\%}$)为 570 计算出灯盏乙素($C_{21}H_{18}O_{12}$)的含量^[15];另在 305 波长下测定其吸光值,利用标准方程计算测试液总咖啡酸酯的浓度。

1.3 植物含 N 量分析

植物含 N 量测定采用半微量凯氏定氮法^[16],每份样品 3 个重复。

1.4 数据分析

只有同一地区或自然区多于 2 个种群地段并于 2004 年 3—6 月调查采样的数据,才用于产地间有效成分含量比较。行政区划统计中,云南丽江只调查到一个种群不能独立统计,归并到生境相似的香格里拉地区。

云南省综合自然区统计分析,按杨一光^[17]云南省综合自然区划分系统中的自然区为基本单位。贵州雷公山和梵净山的 6 个种群地段年平均气温和降水量基本相同^[18],归并为一个自然区。四川的 2 个种群都属于凉山彝族自治州,也归并为一个自然区统计。

产地间短葶飞蓬有效成分含量的比较按嵌套模型进行双因素嵌套方差分析分层比较差异显著性,地区为主要因素,每个地区的种群作为嵌套因素,每个种群的重复样品作为残差,两两比较采用 S-N-K 法分析进行。

进行回归分析的数据,先作是否正态分布检验,符合正态分布的数据直接进行回归分析。只有通过 F 检验否认回归系数为零的假设,具有显著或极显著性意义的方程才被列出。所有统计假说的检验均用双尾检验。统计分析利用 SPSS13.0 软件进行。

2 研究结果

2.1 不同地区总咖啡酸酯和灯盏乙素含量

云南、贵州和四川不同地区生长短葶飞蓬植株咖啡酸酯和灯盏乙素的含量有较大的差异(表 1 和表 2),平均变异系数分别为 22.4% 和 25.7%。在调查区域内,云南文山州生长的两种成分的含量都最高,但与红河州没有显著差异。云南香格里拉和丽江的最低,只是文山的 52.1% 和 41.8%。地区间短葶飞蓬有效成分含量的差异并不与它们的空间距离远近完全一致。文山与红河和曲靖地域都是相邻接,但文山与曲靖两种有效成分的含量有显著差异,而与红河却无差异。文山洲采到的短葶飞蓬有效成分含量最高,但只分布在文山洲的北部,其南部地区没有短葶飞蓬自然分布。

表 1 不同地区短葶飞蓬咖啡酸酯和灯盏乙素含量

Table 1 The content of the caffeate and the scutellarin in *Ergieron breviscapus* from different areas in administrativ division

地区 Area	居群数 Population	样本数 Sample	咖啡酸酯 Total caffeate /(mg/g)	灯盏乙素 Scutellarin /(mg/g)	咖啡酸酯/灯盏乙素 Caffeate/Scutellarin
云南文山	12	66	71.8 ± 9.6g	95.8 ± 12.6g	0.7502 ± 0.0275a
云南红河	10	53	69.8 ± 10.4g	92.5 ± 18.2g	0.7641 ± 0.0598a
云南昆明	5	25	64.3 ± 6.1f	87.2 ± 8.4f	0.7443 ± 0.0177a
云南楚雄	9	43	61.3 ± 11.2e	80.5 ± 16.0e	0.7639 ± 0.0257a
贵州黔东南	4	17	59.2 ± 11.0e	78.8 ± 13.8e	0.7523 ± 0.0536a
云南曲靖	5	26	55.8 ± 9.4d	74.1 ± 12.6d	0.7538 ± 0.0329a
贵州铜仁	2	8	54.1 ± 7.2cd	71.7 ± 8.5d	0.7541 ± 0.0206a
云南昭通	3	17	51.3 ± 10.0bc	69.2 ± 14.3cd	0.7436 ± 0.0182a
四川凉山	2	12	55.1 ± 9.2cd	66.1 ± 12.7bc	0.837 ± 0.0303c
云南大理	5	20	49.7 ± 8.5b	63.7 ± 13.1b	0.7871 ± 0.0417b
云南香格里拉、丽江	4	23	37.4 ± 7.3a	40.0 ± 8.9a	0.9428 ± 0.0430d
平均 Mean			61.2 ± 13.7	80.2 ± 20.6	0.7742 ± 0.0257

不相同字母表示地区间有效成分含量有显著性差异($P < 0.05$)

表 2 不同地区间短葶飞蓬咖啡酸酯和灯盏乙素含量差异性的方差分析

Table 2 The variance analysis in the content of the caffeate and the scutellarin of *Ergieron breviscapus* from different areas

来源 Source	总方差 Sum of square	df	平均方差 Mean square	F	Sig.
咖啡酸酯 Caffeate	模型 Model	61	19881.56	751.8009	0.000
	地区 Area	11	105350.7	3983.729	0.000
	种群(地区) Population(Area)	50	416.9088	15.76498	0.000
	残差 Error	249	26.44525		
	总计 Total	310			
灯盏乙素 Scutellarin	模型 Model	61	34662.14	693.2646	0.000
	地区 Area	11	182858.5	3657.285	0.000
	种群(地区) Population(Area)	50	901.7982	18.03653	0.000
	残差 Error	249	49.99842		
	总计 Total	310			

不同地区间不仅有效成分的含量会不同,两种有效成分的比例也会发生变化。红河、文山、昆明和昭通及贵州等 8 个地区植株咖啡酸酯与灯盏乙素的比例没有差异,咖啡酸酯的含量低于灯盏乙素,而香格里拉和丽江两种成分的含量接近(表 1)。

2.3 综合自然区划地区间短葶飞蓬有效成分含量的差异

以杨一光^[17]云南省综合自然区划分系统中的自然区为单位,对各自然区生长短葶飞蓬的总咖啡酸酯和灯盏乙素含量统计分析。云南短葶飞蓬的分布区属于 3 个自然地带,亚热带南部地带、亚热带北部地带和寒温高原地带。绝大多数的产地属于亚热带北部地带,分属于滇西横断山脉地区和滇东高原地区。云南境内共可划归 13 个自然区,贵州、四川分别按 1 个自然区处理。云南的 13 个自然区中,有 5 个自然区的短葶飞蓬样本数不够统计要求,或样本不是采于同一年份,没有纳入比较。这 5 个自然区中,除保山、凤庆中山盆地宽谷区和腾冲中山盆谷区 2 个自然区分布较多外,另外 3 个自然区分布很少。

自然区间短葶飞蓬的总咖啡酸酯和灯盏乙素含量有显著地差异(表 4)。其中,丘北、广南岩溶山原区生长短葶飞蓬的总咖啡酸酯和灯盏乙素平均含量显著地高于其它自然区,寒温高原地带滇西北高山高原地区中甸、德钦高山高原区最低(表 3)。丘北、广南岩溶山原区生长短葶飞蓬的总咖啡酸酯和灯盏乙素平均含量比全区平均高出 19.0% 和 21.7%,比排列第二的高出约 12.3% 和 12.0%,比最低的高了约 76.3% 和 120%。

2.3 有效成分含量的年变化

有些地点短葶飞蓬灯盏乙素和总咖啡酸酯含量不同年份会有所变化,如大理苍山($t = -3.92, P < 0.000$ 和 $t = -3.684, P < 0.001$)及昭通靖安($t = -3.581, P < 0.01$ 和 $t = -3.479, P < 0.01$)。有些地点 2004 年与 2005 年间没有显著差异,如小中甸($t = 0.182, P > 0.05$ 和 $t = -0.156, P > 0.05$)和贵州西江($t = 0.086, P > 0.05$ 和 $t = 0.252, P > 0.05$)等。3a 中昆明花红洞的 2005 和 2007 间没有显著差异($t = 0.1, P > 0.05$ 和 $t = 0.313, P > 0.05$),2004 年显著地低于另外 2a($t > 4.12, P < 0.01$ 和 $t > 4.71, P < 0.01$)。3 次采样分析中年,丘北腻脚生长的短葶飞蓬总咖啡酸酯和灯盏乙素含量都是当年各地区样品中最高的。而香格里拉小中甸植株的 2 种有效成分含量在调查采样分析的 2a 中都是含量最低的(图 2)。样品分析的 3a 中,高含量产地与低含量产地相对稳定。

2.4 自然生长短葶飞蓬总咖啡酸酯和灯盏乙素含量与植株 N 含量的关系

云南、贵州及四川短葶飞蓬分布区内 53 个种群野生植株的 194 份样品总咖啡酸酯和灯盏乙素含量与 N 含量分析,通过回归分析建立了各自的线性回归方程(图 3),方差检验显示方程有极显著的意义($F = 79.8, F = 88.6, P < 0.001$)。2 个方程自变量的回归系数分别为 -29.067 和 -45.552 ,显示植株 N 含量与 2 种有效成分含量有显著的负相关关系。但 2 个方程的决定系数为 0.3381 和 0.3586,方程的预测精度不高。

3 讨论

谭钦刚等^[19]采用完全随机设计对 15 个县级行政区划产地的 25 份短葶飞蓬药材样品及 5 份不明产地共

表 3 综合自然区划各自然区短葶飞蓬咖啡酸酯和灯盏乙素含量

Table 3 The content of the caffeate and the scutellarin in *Ergieron breviscapus* from different natural districts (ND) in the general natural division

自然区 ND	居群数 Population	样本数 Sample	总咖啡酸酯含量 Total caffeate (mg/g)	灯盏乙素含量 Scutellarin (mg/g)	比值 Caffeate/Scutellarin
ⅢB5	17	94	72.8 ± 8.7f	97.6 ± 11.7j	0.7467 ± 0.0270ab
ⅢB1	5	25	64.8 ± 6.1e	87.2 ± 8.4i	0.7443 ± 0.0177a
ⅡB1	5	25	64.1 ± 11.7de	82.4 ± 21.0h	0.7923 ± 0.0741c
ⅢB2	9	43	61.5 ± 11.2d	80.5 ± 16.0gh	0.7639 ± 0.0257b
贵州	6	25	57.6 ± 10.1c	76.5 ± 12.7fg	0.7529 ± 0.0452ab
ⅢB4	4	22	54.3 ± 10.6c	73.0 ± 14.6ef	0.7451 ± 0.0162a
ⅢB3	4	21	53.7 ± 9.2c	71.2 ± 12.2d	0.7547 ± 0.0367ab
四川	2	12	55.1 ± 9.2c	66.1 ± 12.7c	0.8370 ± 0.0303d
ⅢB6	6	26	44.4 ± 12.5b	55.3 ± 19.5b	0.8309 ± 0.0900d
VA1	3	17	41.3 ± 3.4a	44.5 ± 4.8a	0.9308 ± 0.0416e
平均 Mean			61.2 ± 13.7	80.2 ± 20.6	0.7742 ± 0.0636

不相同字母表示地区间有效成分含量有显著性差异 ($P < 0.05$); ⅡB1 亚热带南部地带滇东南岩溶高原山原地区蒙自、元江高原盆地峡谷区; ⅢB1 亚热带北部地带滇东高原地区昆明、玉溪湖盆高原区; ⅢB2 亚热带北部地带滇东高原地区楚雄红岩高原区; ⅢB3 亚热带北部地带滇东高原地区曲靖岩溶高原区; ⅢB4 亚热带北部地带滇东高原地区昭通、宣威山地高原区; ⅢB5 亚热带北部地带滇东高原地区丘北、广南岩溶山原区; ⅢB6 亚热带北部地带滇东高原地区大理、丽江盆地中高山区; VA1 寒温高原地带滇西北高山高原地区中甸、德钦高山高原区; 贵州; 四川

表 4 综合自然区划各自然区间短葶飞蓬有效成分含量差异性的方差检验结果

Table 4 Variance test results of the active ingredients in *Ergieron breviscapus* from different natural districts(ND) in the general regionalization

来源 Source	总方差 Sum of square	df	平均方差 Mean square	F	Sig.	
咖啡酸酯 Caffeate	模型 Model	1212775	61	19881.56	751.8009	0.000
地区 ND	1162391	10	116239.1	4395.462	0.000	
种群(地区) Population(ND)	21316.03	51	417.9615	15.80478	0.000	
残差 Error	6584.868	249	26.44525			
总计 Total	1219360	310				
灯盏乙素 Scutellarin	模型 Model	2114390	61	34662.14	693.2646	0.000
地区 ND	2019306	10	201930.6	4038.739	0.000	
种群(地区) Population(ND)	46160.72	51	905.1122	18.10282	0.000	
残差 Error	12449.61	249	49.99842			
总计 Total	2126840	310				

30 份样品分析,弥勒和丘北的灯盏乙素的含量数值上高于其它地区,但差异不显著,认为各地出产的短葶飞蓬药材中灯盏乙素的含量没有显著差异。该研究每个地区只有 2—3 份样品,并有 5 份不名产地样品,且采用完全随机设计多样本比较统计分析。所进行的只是不同产地的短葶飞蓬药材的比较,不是产地的比较。

本研究以嵌套设计为原理进行抽样设计,地区为主要因素,每个地区的种群作为嵌套因素,按嵌套模型进行双因素嵌套方差分析分层比较差异显著性,地区间的比较更加合理科学。结果显示:无论是按行政区划还是综合自然区划进行比较,云南、贵州和四川短葶飞蓬分布区内不同地区和自然区划区域生长植株总咖啡酸酯和灯盏乙素 2 类有效成分含量都有显著地差异,有的地区含量高,有的地区含量低。产地间有效成分含量差异大小并不与产地间的空间距离远近完全一致^[20]。

同一产地短葶飞蓬总咖啡酸酯和灯盏乙素含量年际间会有所变化。2004 年、2005 年和 2007 年 3 次采样分析中,文山丘北和红河弥勒短葶飞蓬总咖啡酸酯和灯盏乙素含量都是当年各地区样品中最高的。其结果与 2000 年 4 月和 5 月在对文山邱北、大理和昆明等 8 个地区采集的开花短葶飞蓬全草体内总黄酮含量分析比较的结果一致^[13]。丘北腻脚等地生长短葶飞蓬多年都保持高的有效成分含量,短葶飞蓬有效成分高含量产地是短葶飞蓬有效成分含量空间变化的基本特征之一。而香格里拉的 2 种有效成分含量在调查采样分析的 2

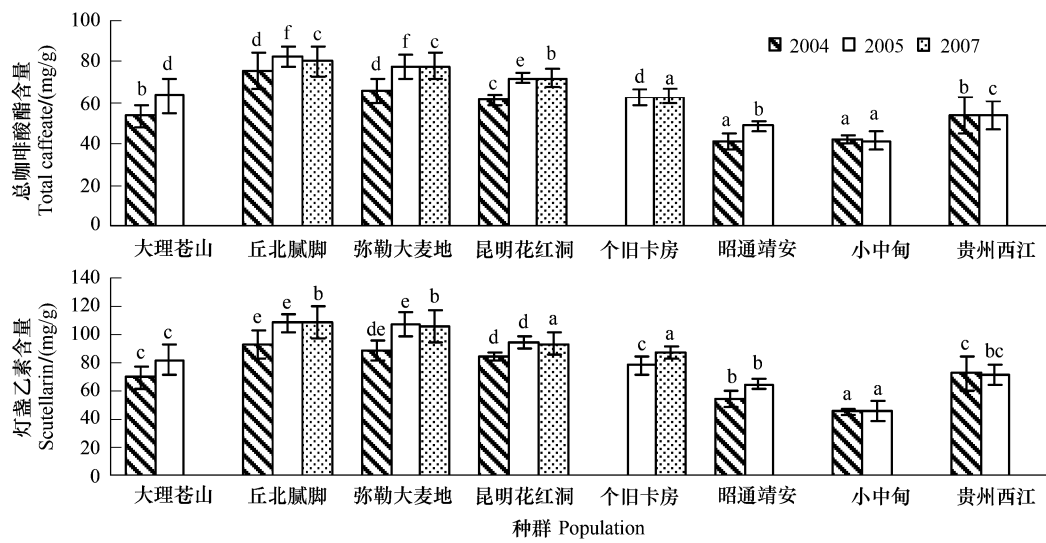


图2 2004、2005 和 2007 年部分地点短葶飞蓬咖啡酸酯和灯盏乙素含量

Fig. 2 The content of the caffeate and the scutellarin of *Ergieron breviscapus* from some study sites in 2004, 2005 and 2007

不相同字母表示地区间有效成分含量有显著性差异 ($P < 0.05$)

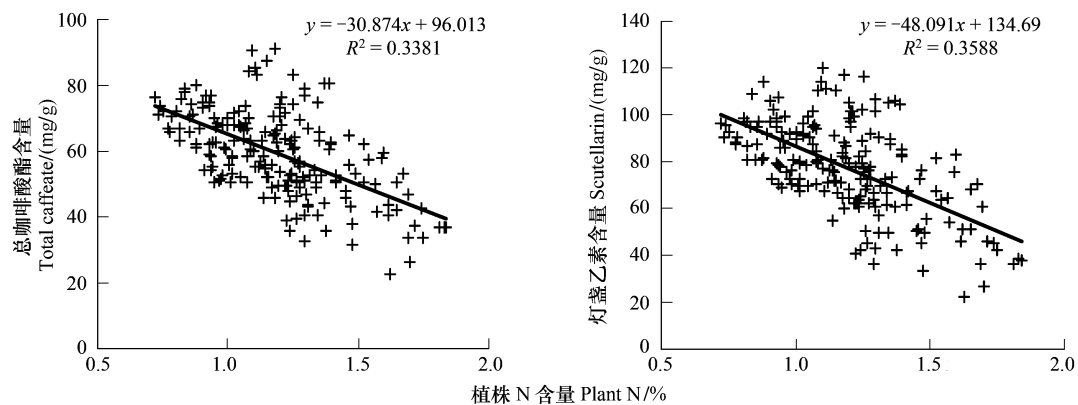


图3 短葶飞蓬野生植株总咖啡酸酯和灯盏乙素含量与 N 含量的回归分析

Fig. 3 Linear Regression of the total caffeates and the scutellarin against the nitrogen content in wild plants of *Ergieron breviscapus*

年中都是含量最低的。短葶飞蓬分布区内高含量产地与低含量产地是相对稳定的,有效成分高含量产地是有效成分空间变化的一稳定的基本特征。

按行政地区统计比较短葶飞蓬有效成分含量时,云南文山州和红河州是 2 种有效成分含量最高的地区。但这 2 地区的南部没有短葶飞蓬自然分布,如果把它们作为灯盏花优质药材的优质产地显然是不合适的。按综合自然区划的自然区进行统计比较时,丘北、广南岩溶山原区生长短葶飞蓬的总咖啡酸酯和灯盏乙素平均含量显著地高于其它自然区。且整个区内都有短葶飞蓬自然分布,区内的变异相对较小。本研究的结果表明,作为优质药材的基本产地单元,自然地理区划单元比行政区划单元更可靠、更科学。

整个分布区自然生长短葶飞蓬总咖啡酸酯和灯盏乙素含量,与植株含 N 量都表现出极显著地负相关关系,符合“碳/氮营养平衡假说”的预测。但植株含 N 量的变化只能解释短葶飞蓬总咖啡酸酯和灯盏乙素含量不同产区间约 30% 的变异。行政区划中灯盏乙素和总咖啡酸酯含量最高的文山州和红河州和综合自然区划中的丘北、广南岩溶山原区植株含 N 量并不是最低的,灯盏乙素和总咖啡酸酯含量最低的地区和自然区却与植株含 N 量最高地区和自然区一致。此外,地区和自然区间植株含 N 量的差异与总咖啡酸酯和灯盏乙素含

量的差异也不完全相同。两地区生长短葶飞蓬植株总咖啡酸酯和灯盏乙素含量的差异可能并不完全是由植株含 N 量的差异所致,“碳/氮营养平衡假说”尚不能完全解释植物药材次生代谢有效成分含量的空间变化。

短葶飞蓬种内种群间有显著地遗传多样性和变异^[21-22]。丘北、弥勒及昆明等种源地植株在昆明移栽对比试验显示,丘北种源总黄酮含量与原产地相比有所下降,但仍是最高^[13]。说明地丘北短葶飞蓬的次生代谢产物的高含量存在可遗传的因素。高含量产地植株的高含量有其遗传学基础,也受到生境条件的影响。

植物体内次生代谢产物的空间变化国外有一些研究^[23-26],其变化原因也认为是遗传和环境资源及发育共同作用的结果^[27-29]。

综上所述,自然生长短葶飞蓬有效成分含量存在空间变化,而且有的稳定地和显著地高于其它地区的有效成分高含量生长地(区)。植物药材有效成分含量的空间变化是药用植物地区间种群遗传变异和生长地环境生态因子变化共同作用的结果。确定药材的“优质产地”可作为保障药材有效性和稳定性的科学的管理途径之一。

致谢:感谢曹建新、张磊、李秀华同学及云南省生物谷灯盏花公司李云、顾发祥、石秉亮和刘友贵参与野外调查采样。

References:

- [1] Guo B L. Talking About “Genuine Medicinal Materials”. World Science Technology -Modernization of Traditional Chinese Medicine, 2005, 7 (2): 57-63.
- [2] Huang L Q, Guo L P, Hua G D, Lu D M. Attributes of Chinese geoherbs and its study strategy. Chinese Journal of Information on Traditional Chinese Medicine, 2007, 14(2): 44-45.
- [3] Liu X P, Lee F S C, Li L. Relation between authentication of herbs and their active constituents. Reacher and Practic of Chinese Medicines, 2004, 18:24-29.
- [4] Guo L P, Huang L Q, Hua G D, Chen M, Shao A J, Lin S F, Sun Y Z, Zeng Y. Study on the geographic variation and the geo-herbalism of *Salvia miltiorrhiza*. Reacher and Practic of Chinese Medicines, 2006, 20(5): 3-6.
- [5] Brenda W S. Biosynthesis of flavonoids and effects of stress. Current Opinion in Plant Biology, 2002, 5: 218-223.
- [6] Bryant J P, Chapin F S, Klein D R. Carbon/nutrient balance of boreal plants in relation to vertebrate herbivory. Oikos, 1983, 40: 357-368.
- [7] Coley P D, Brant J P, Chapin F S. Resource availability and plant antiherbivore defense. Science, 1985, 230:895-899.
- [8] Herms D A, Mattson W J. The dilemma of plants: To grow or to defend. Quarterly Review Biology, 1992, 67: 283-335.
- [9] Close D C, McArthur C. Rethinking the role of many plant phenolics-protection from photodamage not herbivores. Oikos, 2002, 99: 166-172.
- [10] Koricheva J. The carbon nutrient balance hypothesis is dead; long live the carbon nutrient balance hypothesis? Oikos, 2002, 98:537-539.
- [11] Su W H, Zhang G F, Li X H, Ou X K. Relationship between accumulation of secondary metabolism in medicinal plant and environmental condition. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2005, 36(9): 1415-1418.
- [12] Chinese Pharmacopoeia Commission. Chinese Pharmacopoeia. 1st ed. Beijing: Chemical Industry Press, 2005: 447-448.
- [13] Su W H, Lu J, Zhang GF, Wang CY Ecological and biological analysis of total flavonoids in *Erigeron breviscapus*. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2001, 32(12): 1119-1121.
- [14] Quinn G P, Keough M K. Experimental design and data analysis for biologists. New York: Cambridge University Press, 2002: 208-221.
- [15] Xu H Q, Xu L Q, Xu J W. A referential handbook for quality standards of natural extractives. Beijing: Chemical Industry Press & The Press Center of Modern Biotechnology and Medicinal Science and Technology, 2003: 124-125.
- [16] Bao S D. Agrochemical analysis of soil, 3rd edn. Beijing: Chinese Agriculture Press, 2005: 187.
- [17] Yang Y G. The genral regionalization of Yunnan Province. Beijing: Higher Education Press, 1990: 112-121.
- [18] Chengdu Map Press & The third surveying and mapping insitute of Guizhou Province. The Guizhou practical atlas. Chengdu: Chengdu Map Press, 2004: 6-7.
- [19] Tan Q G, Yang Y H, Tang L P, Gong Y Q, Rao G X. HPLC Determination of Scutellarin of *Erigeron breviscapus* from Different Regions in Yunnan. Journal of Yunnan College of Traditional Chinese Medicine, 2005, 28(4): 18-20.
- [20] Gui X, Zhou R H. The variation and chemotypes of the essential oil components in wild *Mentha haplocalyx* Briq. in China. Journal of Plant Resources and Environment, 1998, 7(3): 13-18.
- [21] Feng D X, Chen B, Dang C L, Wang L Y. Karyotype and Allozyme Analyses of Three Populations of *Erigeron breviscapus* from Yunnan. Acta

Botanica Yunnanica, 2002, 24(6): 754-758.

- [22] Zhou L J, Li N G, Yu H, Zhang S G. RAPD Analysis on the Genetic Variation of *Erigeron breviscapus* from Yunnan. Acta Botanica Yunnanica, 2005, 27(1): 59-65.
- [23] Ronning C M, Kowalski S P, Sanford L L, Stommel J R. Geographical variation of solanidane aglycone glycoalkaloids in the wild potato species *Solanum chacoense* Bitter. Genetic Resources and Crop Evolution, 2000, 47: 359-369.
- [24] Cantonwine E G, Downum K R. Phenylheptatriyne variation in *Bidens alba* var. *radiata* leaves. Journal of Chemical Ecology, 2001, 27: 313-326.
- [25] Graglia E, Julkunen-Tiitto R, Shaver G R, Schmidt I K, Tonasson S, Michelsen A. Environmental control and intersite variations of phenolics in *Betula nana* in tundra ecosystems. New Phytologist, 2001, 151: 227-236.
- [26] Brenes-Arguedas T, Coley P D. Phenotypic variation and spatial structure of secondary chemistry in a natural population of a tropical tree species. Oikos, 2005, 108: 410-420.
- [27] Richard A D. Natural products and plant disease resistance. Nature, 2001, 411: 843-847.
- [28] Bowers M D, Stamp N E. Effects of plant age, genotype, and herbivory on *Plantago* performance and chemistry. Ecology, 1993, 74: 1778-1791.
- [29] Agrell J, McDonald E P, Lindroth R L. Effects of CO₂ and light on tree phytochemistry and insect performance. Oikos, 2000, 88: 259-272.

参考文献:

- [1] 郭宝林. 道地药材的科学概念及评价方法探讨. 世界科学技术——中医药现代化, 2005, 7(2): 57-63.
- [2] 黄璐琦, 郭兰萍, 华国栋, 吕冬梅. 道地药材的属性及研究对策. 中国中医药信息杂志, 2007, 14(2): 44-45.
- [3] 柳先平, 黎先春, 李磊. 道地药材“道地性”与其活性成分的关系. 现代中药研究与实践, 2004, 18: 24-29.
- [4] 郭兰萍, 黄璐琦, 华国栋, 陈敏, 邵爱娟, 林淑芳, 孙宇章, 曾燕. 丹参地理变异及其道地性探讨. 现代中药研究与实践, 2006, 20(5): 3-6.
- [11] 苏文华, 张光飞, 李秀华, 欧晓昆. 植物药材次生代谢产物的积累与环境的关系. 中草药, 2005, 36(9): 1415-1418.
- [12] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典, 第一部. 北京: 化学工业出版社, 2005: 100, 447-448.
- [13] 苏文华, 陆洁, 张光飞, 王崇云. 短葶飞蓬总黄酮含量的生态生物学分析. 中草药, 2001, 32(12): 1119-1121.
- [15] 许海琴, 列琴, 江苇. 常用天然提取物质量标准参考手册. 北京: 化学工业出版社, 现代生物技术与医药科技出版中心, 2003: 124-125.
- [16] 鲍士旦. 土壤农化分析(第三版). 北京: 中国农业出版社, 2005: 187.
- [17] 杨一光. 云南省综合自然区划. 北京: 高等教育出版社, 1990: 112-121.
- [18] 成都地图出版社和贵州省第三测绘院. 贵州省实用地图册. 成都: 成都地图出版社, 2004: 6-7.
- [19] 谭钦刚, 杨允辉, 唐丽萍, 龚云麒, 饶高雄. 云南不同产地灯盏细辛药材中灯盏乙素的 HPLC 测定. 云南中医学院学报, 2005, 28(4): 18-20.
- [20] 桂新, 周荣汉. 国产野生薄荷挥发油化学组分变异及其化学型. 植物资源与环境, 1998, 7(3): 13-18.
- [21] 冯定霞, 陈勃, 党承林, 王崇云. 短葶飞蓬云南三个种群的核型与等位酶分析. 云南植物研究, 2002, 24(6): 754-758.
- [22] 周利杰, 李南高, 虞泓, 张时刚. 云南灯盏花遗传变异的 RAPD 分析. 云南植物研究, 2005, 27(1): 59-65.