

- pulmonary artery smooth muscle cells [J]. *Chin Pharmacol Bull* (中国药理学通报), 2000, 16(2): 199-201.
- [2] Wu S N, Li H F, Lo Y C. Characterization of tetrandrine-induced inhibition of large-conductance calcium-activated potassium channels in a human endothelial cell line (HUV-EC-C) [J]. *J Pharmacol Exp Ther*, 2000, 292(1): 188-195.
- [3] Cao F, Huang C X, Jiang H, et al. Effects of diacetyl-linsinine on sodium ion channel and L-type calcium ion channel in isolated ventricular myocytes [J]. *J Wuhan Univ Med Sci* (武汉大学学报:医学版), 2004, 25(4): 364-367.
- [4] Yang Y, Shui Q L, Zeng X R, et al. Effects of neferine on potassium channels in guinea pig ventricular cells and porcine coronary artery smooth muscle cells [J]. *Chin J Pharmacol Toxicol* (中国药理学与毒理学杂志), 2000, 14(6): 405-410.
- [5] Xia J S, Guo D L, Zhang Y, et al. Blockage of potassium current in ventricular myocytes of guinea pig by dauricine [J]. *Acta Pharmacol Sin* (中国药理学报), 2000, 21(1): 60-64.
- [6] DAI D Z, HU H J, ZHAO J, et al. Blockage of L-type calcium channel in myocardium and calcium-induced contractions of vascular smooth muscle by CPU86017 [J]. *Acta Pharmacol Sin* (中国药理学报), 2004, 25(4): 416-423.
- [7] Zhao X R, Zhang K J, Hao X M, et al. Effect of bromibenzyltetrahydraberberine on potassium channels of isolated guinea pig ventricular myocytes [J]. *Mol Cardiol China* (中国分子心脏病学杂志), 2006, 6(3): 166-169.
- [8] Bie B H, Zhang Z X, Xu Y J, et al. The effect of ligustrazine on potassium current of the right ventricle myocytes from chronic hypoxic guinea pigs [J]. *Chin J Pathophysiol* (中国病理生理杂志), 1999, 15(11): 986-989.
- [9] Yang Y Y, Yang Y, Zeng X R, et al. Effects of tetramethylpyrazine on large-conductance Ca^{2+} -activated potassium channels in porcine coronary artery smooth muscle cells [J]. *Acta Physiol Sin* (生理学报), 2006, 58(1): 83-89.
- [10] Kai L, Wang Z F. Effect of rhynchophylline on calcium-activated potassium channels in isolated rat pulmonary smooth muscle cells [J]. *Chin J Pharmacol Toxicol* (中国药理学与毒理学杂志), 1999, 13(1): 33-36.
- [11] Zhang A D, Li Z C, Zhuang N N. Effect of oxymatrine on sodium channel in isolated ventricular myocytes in guinea pig [J]. *Chin J Pathophysiol* (中国病理生理杂志), 2005, 21(10): 1946-1949.
- [12] Zhuang N N, Li Z C, Zhang A D, et al. The effect of oxymatrine on L-type calcium channel in isolated ventricular myocytes of guinea pig [J]. *Chin J Cardiac Pacing Electrophysiol* (中国心脏起搏与心电生理杂志), 2004, 18(3): 209-211.
- [13] Pei D A. Blocking effects of guanfu base A on sodium channel and L-type calcium channel in single ventricular myocytes [J]. *Chin J Cardiac Func* (心功能杂志), 1998, 10(4): 225-226, 229.
- [14] Li Y, Yang Y M, Pu J L, et al. Blocking effects of guanfu base A on potassium current in isolated rat and guinea pig ventricular myocytes [J]. *Chin J Cardiac Pacing Electrophysiol* (中国心脏起搏与心电生理杂志), 2006, 20(3): 255-258.
- [15] Zhang G Q, Hao X M, Dai D Z, et al. Puerarin blocks Na^{+} current in rat ventricular myocytes [J]. *Acta Pharmacol Sin* (中国药理学报), 2003, 24(12): 1212-1216.
- [16] Zhang H, Ma L X, Yang X C, et al. Puerarin inhibits ionic channel current I_{K1} in rat cardiac myocytes [J]. *J Fourth Mil Med Univ* (第四军医大学学报), 2006, 27(3): 249-251.
- [17] Dong K, Tao Q M, Xia Q, et al. Endothelium-independent vasorelaxant effect of puerarin on rat thoracic aorta [J]. *China J Chin Mater Med* (中国中药杂志), 2004, 29(10): 981-984.
- [18] Li X Q, Luo X L, Zeng X R, et al. Activation of breviscapine to calcium-activated potassium channels in rat aortic smooth muscle [J]. *J Clin Cardiol* (临床心血管病杂志), 2006, 22(6): 351-353.
- [19] Mo S W, Chen H L, Liu N, et al. Study on effects of safflower on calcium influx of thoracic aorta in rat by the usage of 45 Ca [J]. *Chin Tradit Herb Drugs* (中草药), 1995, 26(10): 532-534.
- [20] Jiang Y, Chen L, Sun C W, et al. Influence of 11 ginsenoside monomers on action potentials of myocardiocytes [J]. *Acta Pharmacol Sin* (中国药理学报), 1993, 14(Suppl): S8-S12.
- [21] Guan Y Y, Kwan C Y, He H, et al. Effects of *Panax notoginseng* saponins on receptor-operated Ca^{2+} channels in vascular smooth muscle [J]. *Acta Pharmacol Sin* (中国药理学报), 1994, 15(5): 392-398.
- [22] Wang Z H, Liang Q S, Zheng Z. The Effect of tanshinone on L-type calcium current in hypertrophic myocardium [J]. *Chin J Hypert* (高血压杂志), 2006, 14(6): 450-454.
- [23] Zhang J, Zeng X R, Yang Y, et al. Effect of sodium tanshinone $1A$ sulfonate on ATP-sensitive potassium channels and calcium-activated potassium channels of cultured smooth muscle cells of porcine coronary artery [J]. *J Luzhou Med Coll* (泸州医学院学报), 2000, 23(3): 177-179.
- [24] Wang L J, Li J M, Chang T H, et al. The preliminary research of dl -preruptorin A in mechanism of action on delayed outward potassium current [J]. *Chin Pharmacol Bull* (中国药理学通报), 1997, 13(5): 450-452.
- [25] Yang J, Rao M R. Calcium-antagonistic effects of preruptorin C on tail artery in two models of hypertensive rats [J]. *Chin Pharmacol Bull* (中国药理学通报), 1997, 13(3): 216-219.

遗传和环境因子对药用植物品质的影响

曹海禄^{1,2}, 曹国番¹, 魏建和^{2*}, 杨成民², 李梅君²

(1. 贵州大学林学院, 贵州 贵阳 550025; 2. 中国医学科学院 中国协和医科大学药用植物研究所, 北京 100094)

摘要:药用植物品质变异受遗传因子(内因)和环境因子(外因)的影响程度与药材种类有关,可以归结为“遗传型”和“环境型”两类。就遗传及环境因子对药用植物品质影响研究的最新进展进行综述,在此基础上对其一些研究方法的改进进行了探讨,以期为一领域的深入研究提供借鉴。

关键词:药用植物;品质;遗传因子;环境因子

中图分类号:R282.2

文献标识码:A

文章编号:0253-2670(2007)05-0785-04

Effects of genetical and environmental factors on medicinal plant quality

CAO Hai-lu^{1,2}, CAO Guo-fan¹, WEI Jian-he², YANG Cheng-min², LI Mei-jun²

(1. College of Forestry, Guizhou University, Guiyang 550025, China; 2. Institute of Medicinal Plant, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Beijing 100094, China)

Key words: medicinal plants; quality; genetical factor; environmental factor

药用植物品质是中医药的基础,中药材规范化生产建立在对药材品质影响因素深入了解的基础之上。影响药用植物品质的环节主要为遗传因子(内因)和环境因子(外因),后者又包括自然环境因子和人工施加影响两方面。药用植物品质变异受遗传因子和环境因子影响程度与药材种类有关,可以归结为“遗传型”和“环境型”两类。本文简述这方面的研究概况,并提出对一些研究方法改进的意见。

1 遗传因子对药用植物品质的影响

遗传因子对药用植物品质的影响主要体现在种内变异和种上(主要是属间)水平的影响两个方面。

1.1 种内变异

1.1.1 品种和栽培类型间差异:药材在长期的栽培和人工选育过程中形成了不同的品种或农家类型,其内在品质往往差异较大。人参 *Panax ginseng* C. A. Mey. 农家品种或变异类型中,以集安长脖参总皂苷量最高;而人参二醇、人参三醇和齐墩果酸皂苷量则均以左家黄果参最高^[1]。北沙参 *Glehnia littoralis* Fr. Schmidt ex Miq. 中白条参的可溶性糖、粗多糖、总糖的量较大红袍、红条参两个品种高,而欧前胡素以大红袍为高^[2],这可以解释为什么白条参、大红袍具有不同的药效(抑制体液免疫和细胞免疫以及抑制 T、B 细胞的增生作用,白条参效果较好;镇静、解痉、平喘等作用,以大红袍入药为好)。罂粟 *Papaver somniferum* L. 中吗啡的平均质量分数为 21%,而 Nyman 和 Hall 从栽培罂粟变种中发现一个自然突变体,含吗啡仅为 0.5%,蒂巴因却高达 24%^[3]。

1.1.2 个体间差异:生长于同一生境条件下的短葶苈蓬 *Erigeron breviscapus* (Vant.) Hand.-Mazz. 不同个体间总黄酮量最多相差 58.4%^[4]。同一东北红豆杉 *Taxus cuspidata* Sieb. et Zucc. 群体内,不同个体之间紫杉醇量存在较大变异,单株最高量为 47.9 μg/g,最低量为 11.1 μg/g^[5]。

1.2 属内不同种间变异:苦茴香果实中精油的主要成分为反式茴香脑(60%~70%)和小茴香酮(10%以上),而甜茴香精油则以较多的反式茴香脑(80%~90%)和相对较少的小茴香酮(5%左右)为主^[6,7]。金银花中绿原酸量以山金银花 *Lonicera confusa* DC. 最高,达 13.28%;总黄酮量以忍冬 *L. japonica* Thunb. 最高;而环烯醚萜量以红腺忍冬 *L. hypoglauca* Mig. 较高,为 1.5%^[8]。Yamazaki 等^[9,10] 研究发现,富含甘草酸的光果甘草 *Glycyrrhiza glabra* Linn. 和甘草 *G. uralensis* Fisch. 之间遗传关系相近,二者与甘草酸量极低的刺果甘草 *G. pallidiflora* Maxim. 的遗传关系则较远,与植物分类学上的基原鉴定相吻合。

2 环境因子对药用植物品质的影响

2.1 产地效应:是指药材产区气候、土壤、生物等因子的综合效应,其对药材有效成分类型、质量分数的影响很大。广藿香 *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth. 按产地不同可分为石牌藿香和海南藿香,产于广州和肇庆地区高要的为石牌藿香,产于吴川、遂溪、雷州与海南万宁等地的为海南藿香。两者的挥发油主要成分不同,据此可分为 2 个化学型,前者为广藿香酮型,后者为广藿香醇型^[11]。河南武陟、温县等古怀庆府所辖地区所产怀牛膝 *Achyranthes bidentata* Blume. 中蜕皮甾酮的量达 0.101%~0.196%,山东泰安(0.0912%)次之,而山东菏泽的只有 0.04%,与传统认为以河南省古怀庆府所产牛膝为“道地药材”的评价相一致^[12]。Gil 等^[13] 比较研究了来自西班牙 Granada 省 Cazulas 山脉、Balcon 运河及 Quentar 水坝地区柴胡果实中香精油的量,发现 3 个地区柴胡果实中香精油的化学组成极其相似,但经药理实验检验后,药效却存在很大差异。三岛柴胡 *Bupleurum falcatum* L. 栽培群体间总皂苷量的变幅为 0.72%~3.16%^[14,15]。此外,日本学者应用 RAPD 或 RFLP 技术定性刻画了三岛柴胡分类标准及其不同地理居群的 DNA 多态性^[16]。

2.2 气候因子:主要包括光照、温度、湿度、降水以及自然灾害等。研究表明,全年日照充足,温度适宜且变化平稳,降雨适中且分布合理等适宜的气象条件有利于三七 *Panax notoginseng* (Burk.) F. H. Chen 的生长,以及有效成分和干物质的积累^[17]。在海拔高度相差不大的情况下,日照时数则是造成安县、北川县两地乌头 *Aconitum carmichaeli* Debx. 多糖量差异的主要原因^[18]。在应用地理信息系统 (geographical information system, GIS) 对苍术 *Atractylodes lancea* (Thunb.) DC. 道地药材气候生态特征进行研究时发现,降雨量和高温分别是影响苍术挥发油量的主要生态主导因子和生态限制之一,在对其生长特征进行定量研究后,得出苍术挥发油积累具有逆境效应^[19]。林寿全等^[20] 研究了甘草分布区气候变化的特点:内蒙古经甘肃至新疆,日照时数不断增加,年积温 ≥ 10℃ 亦逐渐增加,而年平均降水量逐步下降,干燥度则逐渐上升,大陆性气候越发强烈。由此推断,正是这种独特的气候变化趋势导致新疆产甘草中甘草酸与甘草次酸的量较甘肃及内蒙古产甘草高。

2.3 土壤因子

2.3.1 土壤地质背景系统:地质背景 (geologic background, GB) 是指同药用植物密切相关的地质体与地质营力作用的特殊综合,是包括岩石体或第 4 纪堆积层及其矿物特征、地壳运动、地质构造、地球化学、地形地貌及水文地质条件等在内的多因子组合。应用现代系统理论,以自然非均衡性开放系统的统一性规律,把 GB 的纵横向整体 (包括 GB、气候、生

物等)定义为地质背景系统(GBS)。GBS通过其外延的“岩石→土壤→药用植物”向量系统,完成了地质大循环与生物小循环的统一。在药用植物的系统进化过程中,逐渐在某些GBS制约区域形成了某种道地药材的优势小生境系统,使其呈现地域性优势现象,如有效成分含量高、综合质量优等^[21]。云南道地药材三七的分布受GBS的制约,即便在云南文山三七道地产区,三七的最适宜区域也主要是碳酸盐岩和碎屑岩混合型黄红壤区^[22]。在比较不同GBS产区味连 *Coptis chinensis* Franch. 中黄连碱、小檗碱量时发现,由侏罗系岩层制约的石柱味连黄连碱、小檗碱的量高于由白垩系岩层制约的江津、震旦系岩层制约的洪雅等其他GBS区所产的味连^[21]。

2.3.2 土壤理化性质:包括土壤物理性质(土层厚度、颗粒组成、质地等)、化学性质(pH值、有机质、微量元素等)及含微生物量等。研究表明,在种植三七的不同类型土壤中,以火山岩红壤所产三七皂苷的量最高^[23]。采用野外调查与室内分析相结合的方法,对款冬花 *Tussilago farfara* L. 的生长土壤、成土母质等进行研究,也发现灰包土是种植款冬花适宜的土壤,其次为黄灰包土^[24]。影响连翘 *Forsythia suspensa* (Thunb.) Vahl 种子中连翘酯苷与连翘苷量的主要因子分别为土壤有效磷和有效钾;影响老翘中连翘酯苷量的主导因子为全磷和有效钾,土壤pH值则是影响连翘苷量的最大因子^[25]。影响益母草 *Leonurus japonicus* Houtt. 药材中生物碱量的土壤因子有有机质、有效磷、速效钾的量和土壤的pH值等,其中土壤的pH值是呈正相关的重要因素。这是北方的碱性土壤较南方的酸性土壤更有利于生物碱积累的根本原因^[26]。

2.4 地形:地形因子包括海拔高度、坡向和坡度等。研究表明,随着海拔高度的升高,山茱萸 *Anisodus tanguticus* (Maxim.) Pasch.^[27] 和西洋参 *Panax quinquefolium* L.^[28] 药材中有效成分的量均呈现不同程度的增加。另外,崔秀明等^[29]也发现低纬度高海拔的特殊环境是形成云南文山道地三七的重要生态因子。

2.5 群落环境:同种药用植物生存的群落环境不同,其体内药效成分的类型、量也不尽相同。落叶松林下刺五加 *Acanthopanax senticosus* (Rupr. et Maxim.) Harms 根和茎中的紫丁香苷量较低;红松林和针阔叶混交林下刺五加整体的紫丁香苷量相差不多,但均显著高于落叶松林下的刺五加^[30]。红松林下和针阔混交林下更适宜种植以获得紫丁香苷为目的的刺五加种群。根据蛇床 *Cnidium monnifidum* (L.) Cuss. 果实中香豆素成分与生境类型的相关性,可将蛇床分为3个类型:分布于福建、浙江、江苏等亚热带常绿阔叶林区域的以蛇床子素和线型呋喃香豆素为主要成分的化学型;分布于辽宁、黑龙江、内蒙古等温带针阔叶混交林区域的以角型呋喃香豆素为主要成分的化学型;分布于河南、河北、山西等暖温带落叶阔叶林区域的蛇床子素、线型和角型呋喃香豆素共存的过渡类型^[31]。

3 遗传及环境因子对药用植物品质影响研究方法改进探讨

3.1 试验设计:目前,在研究气候、土壤等对药用植物品质影响的文献中,常采用多产地取样分析的试验设计。但这种设计一方面很难保证多点取样样品的生长年限、生长状态、取样季节及样品干燥、保存方法的一致性;另一方面很难解析土壤、气候、遗传因子的影响,从而大大降低了研究结果的可信度。建议采用同地播种,管理措施相同,考察种质对药材品质的影响;采取客土运回,箱栽、池栽或盆栽同种药材,研究土壤因子对药材品质的影响;采用人工气候箱严格控制气候因子,考察气候因子对药用植物品质的影响。

3.2 品质评价指标:以往研究多采用1~2个有效成分指标,尚不能全面评价遗传、环境、人为干预措施等对药用植物品质的影响。建议采用多指标评价体系,如化学成分指纹图谱,同时辅以其他品质评价手段,如药材外观、显微特征等。

3.3 数据分析方法:已往研究分析环境因子对药材品质影响多采用简单相关分析或方差分析,得出的结果往往缺乏说服力。建议多采用更能解析因子间相互关系的试验设计与数理统计方法,如单因素随机区组^[32]、多因素正交等试验设计方法及回归分析^[25]、灰色相关分析^[33]等。

3.4 其他:很多研究采用的环境因子数据多为年值数据(年均温、年降水等),忽略了气候因子在年内的分配和动态变化。同时,垂直落差、下垫面差异、小生境对药材品质的影响也常受到忽视,应予重视。

4 展望

4.1 重视应用交叉学科探讨药用植物品质:中药材讲究道地性。“道地药材”在生物学上是指某一物种的特定居群,具有数量特征、空间特征、遗传特征等3个居群特征及一个药材学范畴的药效特征^[34]。因此,应利用居群生态学、居群遗传学及药材学的原理及方法来研究影响药用植物道地品质形成的环境因素,以使研究从药材来源于生物这一本质入手,达到揭示道地药材本质及掌握其形成原因的目的。同时,数学模型、计算机模拟等新技术的应用也将成为药用植物品质研究的发展趋势。

4.2 加强现代生物学技术的应用:目前,现代生物技术如基因工程、酶工程等对药用植物品质研究中的应用主要集中于遗传基因层次上。在基因工程方面主要采用DNA分子标记诊断技术,其辅以等位酶技术,可以从分子水平上探究其遗传背景的形成规律,如RFLP是亲缘关系研究的重要工具,能区分纯和基因型与杂和基因型、居群内变异与居群间变异。酶工程主要应用于次生代谢的调控研究。因此,随着现代生物技术的快速引入,药用植物品质的研究必将成为一个科技亮点。

References:

- [1] Dong W C, Sun X, Liu C H, et al. Comparative studies on saponines from germplasm resource of ginseng (*Panax ginseng*) [J]. *Prim J Chin Mater Med* (基层中药杂志), 2001, 15(2): 3-6.
- [2] Shi J Y, Zhang Y Q, Li B G, et al. Study on the relativity between cultivated varieties and quality of *Radix Giehnia* [J]. *J Chin Med Mater* (中药材), 2002, 25(11): 776-777.
- [3] Liu M Y. *Plant Biology of Root Medicinal Materials* (根茎药

- 材的植物生物学) [M]. Beijing: Chinese Agriculture Press, 1995.
- [4] Su W H, Lu J, Zhang G F, et al. Ecological and biological analysis of total flavonoids in *Erigeron breviscapus* [J]. *Chin Tradit Herb Drugs* (中草药), 2001, 32(12): 1119-1121.
 - [5] Cheng G Y, Gao F, Ge C H, et al. Variation regularity of taxol content in natural populations of *Taxus cuspidata* Sieb. et Zucc. in China [J]. *J Beijing Forest Univ* (北京林业大学学报), 2005, 27(4): 7-11.
 - [6] Marotti M, Piccaglia R. The influence of distillation condition on the essential oil composition of three varieties of *Foeniculum vulgare* Mill [J]. *J Essential Oil Res*, 1992, 4: 569-576.
 - [7] Arslan N, Bayrak A, Akgill A. The yield and components of essential oil infennels of different origin (*Foeniculum vulgare* Mill.) grown in Ankara conditions [J]. *Herb Hungar*, 1989, 28: 27-31.
 - [8] Zhang C Y, Li P. Integration research of *Flos Lonicerae* [J]. *Res Inf Tradit Chin Med* (中药研究与信息), 2003, 17(3): 58-62.
 - [9] Yamazaki M, Sato A, Saito K, et al. Molecular phylogeny based on RFLP and its relation with alkaloid patterns in *Lupinus* plants [J]. *Biolpharm Bull*, 1993, 16: 1182-1184.
 - [10] Yamazaki M, Sato A, Shimomura K, et al. Genetic relationships among *Glycyrrhiza* plants determined by RAPD and RFLP analyses [J]. *Biolpharm Bull*, 1994, 17: 1529-1531.
 - [11] Luo J P, Liu Y P, Feng Y F, et al. Two chemotypes of *Pogostemon cablin* and influence of region of cultivation and harvesting time on volatile oil composition [J]. *Acta Pharm Sin* (药科学报), 2003, 38(4): 307-310.
 - [12] Zhang C Y, Liang S W, Zhang G Q. Determination of ecdysterone in *Achyranthes bidentata* from different locations [J]. *Chin Pharm J* (中国药科学杂志), 2001, 36(10): 669-670.
 - [13] Gil M L, Jimenez J, Ocete M A, et al. Comparative study of different essential oils of *Bupleurum gibraltaricum* Lamarck [J]. *Pharmazie*, 1989, 44: 284-287.
 - [14] Hejime M, Kazunari M, Hiromu O, et al. Variation in saikosaponin content of *Bupleurum falcatum* L. of different geographical origins [J]. *Shoyakugaku Zasshi*, 1991, 45: 342-344.
 - [15] Tae-Kwon S, Totok A, Dwi H, et al. Variation and distribution of saikosaponin in *Bupleurum falcatum* L. [J]. *J Fac Agric Kyushu Univ*, 1997, 42: 17-22.
 - [16] Mizukami H, Ohbayashi K, Ohashi H. *Bupleurum falcatum* L. in northern Kyushu and yamaguchi prefecture are genetically distinguished from other populations, based on DNA fingerprints [J]. *Biol Pharm Bull*, 1993, 16: 729.
 - [17] Jin H, Cui X M, Zhu Y, et al. Effects of meteorological conditions on the quality of *Radix Notoginseng* [J]. *Southwest China J Agric Sci* (西南农业学报), 2005, 18(6): 825-828.
 - [18] Zhao L, Gao C J, Wang G, et al. Effect of polysaccharide content on *Aconitum carmichaeli* by different climatic environment [J]. *J Mianyang Teachers' Coll* (绵阳师范高等专科学校学报), 2000, 19(5): 49-51.
 - [19] Guo L P, Huang L Q, Yan H, et al. Habitat characteristics for the growth of *Atractylodes lancea* based on GIS [J]. *China J Chin Mater Med* (中国中药杂志), 2005, 30(8): 565-569.
 - [20] Lin S Q, Lin L. Effect of ecological factors on Licorice quality [J]. *Chin J Ecol* (生态学杂志), 1992, 11(6): 17-20.
 - [21] Fan J A, Yi S P, Zhang A J, et al. Effect of geologic background system (GBS) on geo-authentic medicinal herb in Sichuan Province [J]. *China J Chin Mater Med* (中国中药杂志), 1996, 21(1): 12-14.
 - [22] Cui X M, Xu L S, Wang Q, Chen Z J. Analysis on the geologic background and physicochemical properties of soil for the cultivation of *Panax notoginseng* in Yunnan Province [J]. *China J Chin Mater Med* (中国中药杂志), 2005, 30(5): 332-335.
 - [23] Cui X M, Chen Z J, Wang C L, et al. Effect of soil environmental on the saponin content of *Panax notoginseng* (Burk.) F. H. Chen [J]. *Res Ginseng* (人参研究), 2000, 12(3): 18-21.
 - [24] Chen X F, Liu S X, Liu S R, et al. Studies on the soils for *Tussilago farfara* L. [J]. *Res Inf Tradit Chin Med* (中药研究与信息), 2003, 5(5): 20-24.
 - [25] Li W J, Li X E. Study on quantified relationship between contents of active components in *Forsythia suspense* and nutrition of soil [J]. *China J Chin Mater Med* (中国中药杂志), 2005, 30(20): 1577-1580.
 - [26] Chao Z, Wang E Z, Zhou X J. Relationship between alkaloid contents and growth environment of Yimu Cao (*Herba Leonuri*) [J]. *J First Mil Med Univ* (第一军医大学学报), 2000, 20(6): 504-506.
 - [27] Wang H, Shen J W, Zhang X F. Study on relation between habitat altitude and alkaloid content of *Anisodus tanguticus* (Maxim.) Pascher [J]. *China J Chin Mater Med* (中国中药杂志), 2002, 27(2): 151-152.
 - [28] Zhu R B, Wan Z H, Ding Y P. Correlation between content of effective compositions and altitudes of cultivating field for *Panax quinquefolius* from west Anhui Province [J]. *Chin Tradit Herb Drugs* (中草药), 2002, 33(2): 163-166.
 - [29] Cui X M, Chen Z J, Wang C L, et al. Growing environment and the saponin content of *Panax notoginseng* (Burk.) F. H. Chen [J]. *J Chin Med Mater* (中药材), 2001, 24(2): 81-82.
 - [30] Zhang Y H, Sun L F, Shi W L, et al. Syringin content of *Acanthopanax senticosus* samples in Heilongjiang different zones measuring by HPLC method [J]. *Bull Bot Res* (植物研究), 2005, 25(4): 123-126.
 - [31] Cai J N, Zhang L, Wang Z T, et al. Variation and regularity of coumarin constituents in *Fructus cnidii* collected from different regions of China [J]. *Acta Pharm Sin* (药科学报), 1999, 34(10): 767-771.
 - [32] Shen J, Dong S R, Zhu Y G, et al. Study on major ecological characteristics of intercropped tea plant and alfalfa [J]. *J Anhui Agric Univ* (安徽农业大学学报), 2005, 32(4): 493-497.
 - [33] Wu Q S, Zhu R B, Wan Z H, et al. The correlation between effective components of American Ginseng and climatic factors [J]. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 2002, 22(5): 779-782.
 - [34] Huang L Q, Zhang R X. Study on the biology of authentic herbs [J]. *Chin Pharm J* (中国药科学杂志), 1997, 32(9): 563-566.