

泽泻有效成分与生态因子的关系

褚必海, 毛善国, 亦余, 李雪霞, 丁 鸽

(南京师范大学生命科学学院, 江苏 南京 210097)

[摘要] 通过相关性和灰色关联分析方法系统研究了泽泻有效成分与生态因子之间的关系。相关性分析表明泽泻药材有效成分与其生长期内的平均温度呈负相关 ( $r = -0.7245$ ), 与空气平均相对湿度呈正相关 ( $r = 0.7400$ ); 灰色关联分析表明泽泻生长期平均相对湿度是影响泽泻中 2-3-乙酰泽泻醇 B 含量的主导气候因子, 并且土壤中的钾元素对泽泻中 2-3-乙酰泽泻醇 B 的含量影响最大。结合分析江苏地区的气候及土壤因子以及引种后的泽泻药材质量, 证明江苏地区适宜泽泻的生长, 泽泻引种江苏是切实可行的。

[关键词] 泽泻, 有效成分, 生态因子, 灰色关联

[中图分类号] R282.6 [文献标识码] A [文章编号] 1001-4616(2007)02-0098-06

Relationship Between Effective Component of *Alisma orientalis* (Sam) Juzep and Ecological Factors

Chu B hai, Mao Shanguo, Ding Xiaoyu, Li Xuexia, Ding Ge

(School of Life Sciences, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China)

**Abstract** The relationship between effective component of *Alisma orientalis* (Sam) Juzep and ecological factors were analyzed by using correlation and grey correlation analysis. Correlation analysis indicated that the effective component of *Alisma orientalis* showed negative correlation with average temperature ( $r = -0.7245$ ), and positive correlation with average relative humidity ( $r = 0.7400$ ). Grey correlation analysis showed that average relative humidity was the dominant climatic factor and the content of kalium in soil affected most on the content of 2-3-acetylalisol B. The study of climatic factors and soil factors in Jiangsu area and the quality of the introduced medicinal material found Jiangsu suitable for the growth of *Alisma orientalis*, which demonstrated that it is feasible to introduce *Alisma orientalis* into Jiangsu.

**Key words** *Alisma orientalis* (Sam) Juzep, effective component, ecology factor, grey correlation

0 引言

泽泻 [*Alisma orientalis* (Sam) Juzep] 为泽泻科多年生水生药用植物, 主要分布于福建、四川、江西三省, 以块茎入药, 早在《神农本草经》中就被列为上品, 是我国当今中药保护品种“仲景六味地黄丸”的重要组成部分。泽泻主要的药理作用是降血脂、降血压和降低血清胆固醇等功能以及抗脂肪肝、抗过敏和利尿作用等功效<sup>[1-2]</sup>, 备受“三高症患者”、肥胖症患者等亚健康人群的青睐。

关于泽泻的化学成分, 前人研究表明: 泽泻块茎中主要成分是泽泻醇类, 还含有多种四环三萜、倍半萜等酮醇衍生物<sup>[3-4]</sup>。王立新<sup>[5]</sup>等通过系统的化学成分和药理作用研究, 将 2-3-乙酰泽泻醇 B 的含量确定为泽泻质量的控制指标。然而, 由于不同地区的气候生态因子和土壤因子存在明显的差别, 使得同一药材的有效成分含量随着产地的变化而变化。目前已有有人研究泽泻道地药材与土壤、水质中微量元素之间的关

收稿日期: 2006-09-30 修回日期: 2006-12-01  
基金项目: 江苏省自然科学基金 (BK2003101) 资助项目。  
作者简介: 褚必海 (1982-), 硕士研究生, 主要从事中药材 GAP 生态环境的学习与研究。E-mail: chujia@126.com  
通讯联系人: 丁小余 (1965-), 教授, 博士生导师, 主要从事药用植物的教学、开发与研究。E-mail: dingxyn@263.net

系<sup>[6-7]</sup>,但未涉及各产地泽泻的有效成分与土壤、药材中元素之间的关系,并且对泽泻有效成分与各产地多个气候生态因子的分析尚未见报道.本文拟利用泽泻各主产地有效成分含量与各产地的土壤、气候因子资料,并结合江苏地区的气候、土壤因子,以探讨泽泻生长发育对土壤、气候等生态条件的要求,为道地药材泽泻引种江苏的 GAP(Good Agriculture Practice)基地建设提供科学依据.

1 材料与方法

1.1 资料来源

全国 8 个主产地泽泻有效成分含量引自王立新等测定的资料<sup>[5]</sup>,引种地江苏靖江泽泻有效成分含量为实测数据(有关内容将另文发表),详见表 1 泽泻栽培基地的地理位置及分布如图 1 全国 5 个主产地泽泻和土壤中元素含量引自吴水生等<sup>[6]</sup>测定的资料,引种泽泻和土壤中元素含量为实测数据(有关内容将另文发表),详见表 2 全国各产地相应的气候资料来自《中国气象科学数据库》(1971~2000 年)和《中国自然资源数据库—气候资源数据库》(1951~1980 年),并参考了文献[8]和各产地气象局所报道的实测资料,详见表 3

表 1 不同产地泽泻药材中 2,3-乙酰泽泻醇 B 的含量  
Table 1 The content of 2,3 acetylalisol B in *A. orientalis* from different area

产地	四川 彭县	四川 灌县	四川 彭山	四川 乐山	江西 广昌	福建 建瓯	福建 同安	福建 龙海	江苏 靖江
质量分数 %	0.107	0.157	0.124	0.074	0.045	0.048	0.080	0.067	0.177

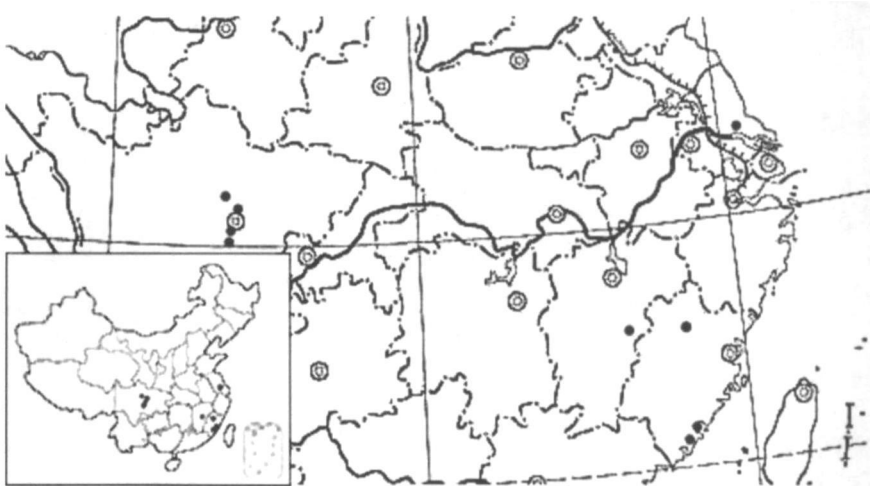


图 1 泽泻栽培基地的地理位置及分布

Fig.1 Geography location and distribution for culture base

表 2 不同产地泽泻药材及土壤中元素含量

Table 2 Elements content in *A. orientalis* and in soil from different area

项目		Ca	Mg	K	Na	P	Fe	Cu	Zn	Mn	Co	Ni	Cr
四川	土壤	0.56	1.07	1.64	6800	0.06	34000	33	54	220	14	28	72
灌县	药材	0.15	0.11	0.81	181	0.36	49	25	82	159	0.25	0.7	0.25
四川	土壤	2.55	1.58	2.06	9000	0.09	45600	41	65	453	15	35	97
彭山	药材	0.16	0.13	0.99	641	0.53	59	23	75	223	0.25	0.25	0.25
江西	土壤	0.34	0.63	3.36	4900	0.07	23000	25	273	288	8	13	35
广昌	药材	0.17	0.15	1.12	104	0.66	74	8	99	531	0.25	0.25	0.25
福建	土壤	0.48	0.73	2.05	4800	0.06	42200	30	61	243	11	18	47
龙海	药材	0.14	0.15	0.12	296	0.58	43	19	103	539	0.25	1.3	0.25
福建	土壤	0.38	0.68	2.48	4200	0.07	30000	35	51	396	12	30	64
建瓯	药材	0.16	0.16	0.91	216	0.77	107	18	121	395	0.25	3.3	0.25
江苏	土壤	1.74	1.12	1.96	7680	0.15	37300	36	538	816	30.9	41.5	95.2
靖江	药材	0.28	0.18	1.15	320	0.85	225	15	129	347	0.25	0.7	1.05

注: 泽泻及土壤样品检测中 Ca、Mg、K、P 的单位是%, 其余为  $\mu\text{g/g}$

表 3 研究样地气候因子的 30 年均值  
Table 3 Average value of climate factors of 30 years for different area

产地	6~ 12月 平均气温 /℃	6~ 12月 平均相对湿度 /%	6~ 12月 降水量 /0.1 mm	6~ 12月 日照时数 /h
四川彭州彭县	18.8	82	7 695	754.0
四川灌县	17.9	83	10 015	639.0
四川彭山	18.0	81	8 016	682.0
四川乐山蔡金镇	19.6	82	10 826	723.0
江西广昌	21.3	77	8 120	1 316
福建南平建瓯	22.3	77	8 840	1 268
福建厦门同安	23.9	78	8 430	1 525
福建漳州龙海	23.5	78	9 980	1 406
江苏靖江	18.7	81	7 588	1 358

1.2 统计分析方法

作为统计方法,常有相关性分析和灰关联分析.本文采用灰关联分析.灰关联分析方法是灰色理论的一种数据处理和分析方法,其基本思想是根据离散数列之间的几何相似程度来判断数列之间的关联度大小.它要求的样本数据相对较少,用它可在多个因素中简捷地分析母因素与子因素之间的相互关系<sup>[9-10]</sup>.本研究把泽泻有效成分视为母因素,将各地气候生态因子及元素富集系数(泽泻中元素含量与土壤中的比值)作为子因素.

灰色关联度的计算:

(1)对单位不同或初值不同的序列作关联度分析时,一般要做均值化或初值化预处理,使之无量纲化、规一化.

数据初值化处理:

令 
$$y_i = \frac{x_i(1)}{x_i(k)}, \quad i = 0, 1, \dots, N; \quad k = 1, 2, \dots, n \tag{1}$$

$y_i (i = 1, 2, \dots, N)$  分别是母因素和各子因素的初值化序列.

(2) 设母因素序列  $x_0, x_0 = \{x_0(k) \mid k = 1, 2, \dots, n\}$

子因素序列  $x_i (i = 1, 2, \dots, N), x_i = \{x_i(k) \mid k = 1, 2, \dots, n; i = 1, 2, \dots, N\}$

则序列  $x_i$  与  $x_0$  在第  $k$  点的灰关联度定义为:

$$\xi_i(k) = \frac{|\min_k |x_0(k) - x_i(k)| + \rho \max_k |x_0(k) - x_i(k)|}{|x_0(k) - x_i(k)| + \rho \max_k |x_0(k) - x_i(k)|} \tag{2}$$

其中  $\rho$  为分辨系数 ( $0 \leq \rho \leq 1$ ). 其作用在于提高灰关联度之间的差异显著性. 一般取  $\rho = 0.5$ ,  $\rho$  越小, 分辨能力越强.

(3) 对各点的关联度  $\xi_i(k) (k = 1, 2, \dots, n)$  求平均值:

$$r_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \xi_i(k) \tag{3}$$

则  $r_i$  称为子因素序列  $x_i$  与母因素序列  $x_0$  的灰关联度. 它描述了子因素  $x_i$  对母因素  $x_0$  的影响程度,  $r_i$  越大影响就越大.

2 结果与分析

2.1 气候因子对泽泻中 2,3-乙酰泽泻醇 B 含量的影响

2.1.1 2,3-乙酰泽泻醇 B 含量与气候因子的相关性分析

为寻找泽泻中 2,3-乙酰泽泻醇 B 含量与气候因子的关系, 将各主产地泽泻生长期内的气候因子包括生长期内的平均温度 ( $X_1$ )、平均相对湿度 ( $X_2$ )、降水量 ( $X_3$ ) 和日照时数 ( $X_4$ ) 分别统计, 对这些因子与 2,3-乙酰泽泻醇 B 含量进行相关性分析和检验, 结果列于表 4. 由表 4 可知: 2,3-乙酰泽泻醇 B 含量与平均温度呈负相关 ( $r = -0.7245, P = 0.027 < 0.05$ ), 与空气平均相对湿度呈正相关 ( $r = 0.7400, P = 0.023 < 0.05$ ), 降水量 ( $r = 0.2256, P = 0.560 > 0.05$ ) 与日照时数 ( $r = 0.3571, P = 0.350 > 0.05$ ) 则相关不显著, 表明泽泻生育期

内的平均相对湿度升高有利于其有效成分的积累, 而对平均温度的要求则与平均相对湿度相反。

表 4 2, 3-乙酰泽泻醇 B 含量与泽泻生长期气候因子之相关性

Table 4 Correlation between content of 2, 3-acetylalisol B and climate factors

气候因子 (X)	2, 3-乙酰泽泻醇 B (Y)	a	b	R <sup>2</sup>	r	P	F	n
平均温度 (X <sub>1</sub> )	Y = a + bX	0.393 1	- 1.45 × 10 <sup>-2</sup>	0.524 9	- 0.724 5	0.027	7.735	9
平均相对湿度 (X <sub>2</sub> )	Y = a + bX	- 1.075	1.47 × 10 <sup>-2</sup>	0.547 6	0.740 0	0.023	8.474	9
降水量 (X <sub>3</sub> )	Y = a + bX	0.178 0	9.10 × 10 <sup>-6</sup>	0.050 9	0.225 6	0.560	0.375 3	9
日照时数 (X <sub>4</sub> )	Y = a + bX	0.147 2	- 4.60 × 10 <sup>-5</sup>	0.127 5	0.357 1	0.350	1.023	9

2.1.2 气候因子对 2, 3-乙酰泽泻醇 B 含量影响

由以上分析可知, 泽泻中 2, 3-乙酰泽泻醇 B 含量与平均温度和平均相对湿度存在相关性, 为筛选影响泽泻药材有效成分积累的主导生态因子, 本文进一步采用灰色关联分析方法, 分别以全国 7 个主产地及一个引种地实测的 2, 3-乙酰泽泻醇 B 含量数据作为母因素  $x_0(k)$  ( $k=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$ ), 以泽泻生长期内的 4 个气候因子作为子因素  $X_i(k)$  ( $i=1, 2, 3, 4$ ), 首先根据公式 (1) 对原始数据做初值化处理, 再根据公式 (2)、(3) 求出气候因子与 2, 3-乙酰泽泻醇 B 含量的灰关联度 ( $r_i$ ) (如表 5)。

表 5 气候因子与 2, 3-乙酰泽泻醇 B 含量的灰关联度

Table 5 The grey relative degree between climate factors and content of 2, 3-acetylalisol B

气候因子 Climate factor	平均温度 (X <sub>1</sub> )	平均相对湿度 (X <sub>2</sub> )	降水量 (X <sub>3</sub> )	日照时数 (X <sub>4</sub> )
2, 3-乙酰泽泻醇 B	0.612 5	0.682 2	0.641 9	0.571 5

经过对  $r$  值的排序和分析, 说明气候生态因子中直接影响 2, 3-乙酰泽泻醇 B 含量的主要气候因子的顺序依次是平均相对湿度 ( $r=0.682 2$ )、降水量 ( $r=0.641 9$ )、平均温度 ( $r=0.612 5$ ) 和日照时数 ( $r=0.571 5$ ), 与相关性分析结果一致, 表明泽泻生长期内的平均相对湿度是影响泽泻中 2, 3-乙酰泽泻醇 B 含量的主导气候因子, 与 2, 3-乙酰泽泻醇 B 含量呈正相关 ( $r=0.740 0, P=0.023<0.05$ )。

2.2 土壤元素对 2, 3-乙酰泽泻醇 B 含量的影响

分别以 5 个主产地及一个引种地实测的 2, 3-乙酰泽泻醇 B 含量数据作为母因素  $X_0(k)$  ( $k=1, 2, 3, 4, 5$ ), 以 5 个主产地及一个引种地实测的泽泻及其栽培土壤中各元素的比值即元素富集系数作为子因素  $X_i(k)$  ( $i=1, 2, \dots, 12$ ), 首先根据公式 (1) 对原始数据作初值化处理, 再根据公式 (2)、(3) 求出元素富集系数与 2, 3-乙酰泽泻醇 B 含量的灰关联度 ( $r_i$ ) (如表 6)。

经过对  $r$  值的排序和分析, 表明土壤元素中直接影响 2, 3-乙酰泽泻醇 B 含量的主要元素顺序依次是  $K>Cu>Ca>Zn>Co>P>Mg>Cr>Mn>Fe>Na>Ni$ ; 可见在众多土壤元素中, K 元素对泽泻有效成分 2, 3-乙酰泽泻醇 B 的含量影响最大, 表明 K 是泽泻有效成分积累过程中的关键元素。

表 6 元素富集系数与 2, 3-乙酰泽泻醇 B 含量的灰关联度

Table 6 The grey relative degree between element cumulated coefficient and content of 2, 3-acetylalisol B

元素富集系数	2, 3-乙酰泽泻醇 B
Ca (X <sub>1</sub> )	0.851 0
Mg (X <sub>2</sub> )	0.734 5
K (X <sub>3</sub> )	0.903 8
Na (X <sub>4</sub> )	0.703 6
P (X <sub>5</sub> )	0.775 5
Fe (X <sub>6</sub> )	0.704 8
Cu (X <sub>7</sub> )	0.895 6
Zn (X <sub>8</sub> )	0.835 0
Mn (X <sub>9</sub> )	0.718 1
Co (X <sub>10</sub> )	0.780 2
Ni (X <sub>11</sub> )	0.703 0
Cr (X <sub>12</sub> )	0.729 5

3 讨论

3.1 灰关联分析在生物学、生药学研究中的意义

灰色关联是指事物的不确定关联, 是根据因素之间发展趋势的相似或相异程度, 亦即“灰色关联度”, 作为衡量因素间关联程度的一种方法<sup>[9, 10]</sup>。灰色关联分析的基本任务是基于因子间的影响程度或因子序列的微观或宏观几何接近来分析和确定因子间的影响程度或因子对主行为的贡献程度。该方法简单易行, 准确有效, 可以克服相关性、回归分析法的不足和局限性, 因而被广泛应用于生态环境<sup>[11]</sup>、中药质量<sup>[12]</sup>、临床诊断及药物疗效指标<sup>[13]</sup>的优劣评价。由于中药质量与各生态因子间的关系属不确定关联, 本文采用

了灰色关联分析方法,把泽泻药材的有效成分含量视为母因素,将气候生态因子和元素富集系数作为子因素,从中筛选对泽泻有效成分含量影响最大的生态因子,以期探明泽泻生长发育对土壤、气候等生态条件的要求,并结合分析江苏地区的气候和土壤因子,为道地药材泽泻引种江苏的 GAP 基地建设提供科学依据。

### 3.2 泽泻与生态因子的关系及引种江苏可行性探讨

#### 3.2.1 与气候生态因子的关系

道地性药材的生长发育、产量和质量与环境条件密切相关,只有适宜的生态环境才能生产出优质高产的中药材。中药材适宜的生态环境是生态与环境多个因子的组合,包括气候因子、土壤因子、地形因子、生物因子等<sup>[14]</sup>,但多数中药材对生态环境的要求都有主次之分。本文通过对影响泽泻生长发育的两个主要生态因子——气候因子和土壤因子的研究,发现泽泻各栽培地的气候均属亚热带湿润季风气候,特点为气候温和湿润、雨量充沛、四季分明,6~12 月的平均温度介于 18~24℃ 之间,平均相对湿度介于 77%~83% 之间。相关性分析表明泽泻中 2,3-乙酰泽泻醇 B 含量与其生育期内的空气平均相对湿度呈正相关 ( $r = 0.740$ ,  $P = 0.023 < 0.05$ ),与平均温度呈负相关 ( $r = -0.724$ ,  $P = 0.027 < 0.05$ ),而与降水量 ( $r = 0.225$ ,  $P = 0.560 > 0.05$ )、日照时数 ( $r = 0.357$ ,  $P = 0.350 > 0.05$ ) 则相关不显著。灰色关联分析表明泽泻生育期内的平均相对湿度是影响泽泻有效成分 2,3-乙酰泽泻醇 B 含量的主导气候因子,其次是降水量,这些结论与泽泻规范化种植过程中要求湿润和温和的气候相一致,提示在泽泻栽培的过程中应优先保证泽泻生长适宜的湿度和温度。

#### 3.2.2 与土壤因子中元素的关系

由于不同地区土壤中元素含量的差异以及不同植物对无机离子的选择性吸收,使得同一药材随着产地的变化,元素含量也随之变化<sup>[15]</sup>。关于道地药材泽泻与土壤、水质中微量元素之间的关系,吴水生<sup>[6]</sup>等研究发现各产地泽泻和土壤中的微量元素含量存在明显的相关性,同时各产地泽泻品种对 P、Zn 元素有特别的富集能力。泽泻有效成分与元素富集系数的灰色关联分析表明土壤元素中钾元素对泽泻有效成分的积累影响最大。前人研究表明<sup>[16,17]</sup>:钾元素是植物体中含量最丰富的阳离子,几乎影响植物体内所有的代谢过程,包括光合作用、同化产物运转和分配、能量代谢、水分代谢和氮素代谢等许多方面;钾参与植物体内的质子泵、钠钾泵的主动运输过程,促进根系吸收土壤中植物所必须的矿质元素,能促进光和作用中糖类等同化产物向贮藏器官(种子、块茎、根等)的输送以及低分子化合物(氨基酸、单糖等)向高分子化合物(如蛋白质、纤维素、淀粉等)的转化;泽泻药理学研究也发现泽泻药材所具的利尿和降压作用与所含的大量钾盐相关<sup>[18]</sup>。泽泻对钾元素的吸收的偏好性提示在泽泻药材种植过程中适当增加钾肥可能会有利于提高泽泻药材的质量,有关泽泻有效成分与钾元素的关系有待进一步深入研究。

#### 3.2.3 江苏引种的可行性探讨

建泽泻和川泽泻 GAP 基地的规范化种植 (Standard Operating Procedure, SOP) 经验表明<sup>[8]</sup>:泽泻适宜生长于气候温和、湿润、降水量丰富的地区。本文通过对几个传统泽泻道地产区的气候环境分析,发现各道地产区的气候均属亚热带湿润季风气候,而江苏沿苏北灌溉总渠(淮河)以南的广大地区(包括泰州、无锡、苏州、南通等)也均属亚热带湿润季风气候,并且泰州、无锡、苏州、南通等地又位于长江下游的冲积平原,地势平坦,土地肥沃,6~12 月的平均温度 (18.7℃) 和空气平均相对湿度 (81%) 正好处于各道地产区的中间水平 (表 3); 本文进一步对引种江苏后的泽泻及其栽培土壤中元素的测定和分析,发现江苏靖江土壤中的各元素含量大多高于各道地产区,对各元素的富集能力以磷元素最大,富集系数为 5.67,其次是钾元素,富集系数为 0.59。上述数据表明江苏沿苏北灌溉总渠(淮河)以南的广大地区的气候、土壤等生态条件完全能满足泽泻生长发育需要。

当然药材引种的适宜区的评价除了生态环境因素外,最重要的还是药材质量的评价,不仅需要对药材有效成分进行定性定量分析,还要对有效成分进行药效学等一系列科学评估。李萍<sup>[19]</sup>等研究已证明药用植物有效成分的形成、积累与遗传上的变异及生态条件密切相关。本文通过对引种后泽泻有效成分含量的测定,发现其有效成分高于各道地产区,表明江苏地区的气候及土壤因子有利于泽泻的生长及其有效成分的积累,在众多生态因子中,气候因子及土壤因子是道地药材泽泻形成的关键。通过对泽泻有效成分与生态因子的关系分析以及江苏地区的气候因子和土壤因子的研究,证明江苏地区的气候因子及土壤因子适

宜泽泻的生长, 泽泻引种后的药材质量分析也表明泽泻引种江苏是切实可行的.

### [参考文献]

- [1] 张桥, 吴启南. 中药泽泻现代研究展望 [J]. 基层中药杂志, 2002, 16(5): 52-53.
- [2] 贾良栋. 中药泽泻研究现状 [J]. 时珍国医国药, 2005, 16(9): 923-924.
- [3] 彭国平, 楼凤昌. 泽泻化学成分的研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2001, 13(3): 1-3.
- [4] 彭国平, 楼凤昌. 四川产泽泻中三萜成分的研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2001, 13(4): 1-4.
- [5] 王立新, 吴启南, 彭国平. 泽泻中 2,3-乙酰泽泻醇 B 的含量测定研究 [J]. 南京中医药大学学报: 自然科学版, 2002, 18(2): 105-107.
- [6] 吴水生, 陈丽, 郭素华, 等. 泽泻及其栽培土壤、水质中微量元素含量的测定与分析 [J]. 广东微量元素科学, 2004, 11(6): 27-30.
- [7] 吴水生, 陈丽, 郭素华, 等. 道地与非道地产区泽泻样品中微量元素的比较 [J]. 福建中医学院学报, 2004, 14(3): 32-33.
- [8] 王书林, 李应军. 川产泽泻规范化种植 (SOP) 研究 [J]. 中草药, 2002, 33(4): 350-353.
- [9] Yeh Y L, Chen T C. Application of grey correlation analysis for evaluating the artificial lake site in Pingtung Plain Taiwan [J]. Can J Civil Eng, 2004, 31: 56-64.
- [10] 吴庆生, 朱仁斌, 宛志沪, 等. 西洋参有效成分与气候生态因子的关系 [J]. 生态学报, 2002, 22(5): 779-782.
- [11] 姚焕玖, 黄仁涛, 蒋文凯. 区域大气环境质量灰关联评价方法探讨 [J]. 武汉大学学报: 信息科学版, 2005, 30(4): 326-328.
- [12] 沈文英, 陈铭华, 胡明辉. 中药黄芪元素谱的灰色关联分析 [J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 2000, 39(6): 813-819.
- [13] Tan X R, Li Y G. Using grey relational analysis to analyze the medical data [J]. Kybernetes, 2004, 9(2): 355.
- [14] 周莹. 中药材 GAP 基地建设生态环境探究 [J]. 中药研究与信息, 2005, 7(6): 28-30.
- [15] 张重义, 李萍, 陈君, 等. 金银花道地与非道地产区土壤微量元素分析 [J]. 中国中药杂志, 2003, 28(3): 207-213.
- [16] 郑炳松, 程晓建, 蒋德安, 等. 钾元素对植物光合速率 Rubisco 和 RCA 的影响 [J]. 浙江林学院学报, 2002, 19(1): 104-108.
- [17] 张恩平, 张淑红, 李天来, 等. 蔬菜钾素营养研究现状与展望 [J]. 中国农学通报, 2005, 21(8): 265-268.
- [18] 徐晖. 泽泻药理作用研究进展 [J]. 湖南中医杂志, 2004, 20(3): 77-78.
- [19] 邢俊波, 李萍, 张重义. 金银花质量与生态系统的相关性研究 [J]. 中医学刊, 2003, 28(3): 207-213.

[责任编辑: 孙德泉]