

六种彩叶植物营养成分及有害元素含量分析

张莹, 李辛雷, 李纪元, 范正琪, 田敏, 陈胜

(中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江富阳 311400)

摘要: 以六种彩叶植物紫叶李、红花檵木、红叶石楠、红枫、鸡爪槭和金叶女贞的叶片为材料, 对其营养成分及有害元素含量进行了测定及分析。结果表明: 蛋白质和可溶性糖含量以红花檵木为最高, 维生素C含量以红枫为最高, β -胡萝卜素含量差异最大, 紫叶李最高达 $15.99 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。六种彩叶植物矿质营养元素种类齐全, 其中红花檵木的营养元素总量最高。六种彩叶植物均含有18种氨基酸成分, 必需氨基酸和总氨基酸含量各不相同, 但必需氨基酸占总氨基酸的比例却较为一致, 且都高于40%。六种彩叶植物叶片内均含有一定量的铅、镉、砷、汞等有害元素, 但有害元素尤其是砷和汞的含量均低于允许量。

关键词: 彩叶植物; 营养成分; 有害元素

中图分类号: Q945.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2010)05-0678-04

Analysis on nutritional components and poisonous elements in the leaf of six color-leaved plants

ZHANG Ying, LI Xin-Lei, LI Ji-Yuan, FAN Zheng-Qi,
TIAN Min, CHEN Sheng

(Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Fuyang 311400, China)

Abstract: In this study, nutritional components and poisonous elements were determined in six color-leaved plants, namely *P. cerai fera* "Pissardii", *L. chinense* var. *rubrum*, *P. serrulata*, *A. palmatum* "Atropurpureum", *A. palmatum* and *L. vicaryi*. The results indicated that the maximum protein and soluble sugar content were found in *L. chinense* var. *rubrum*, and the maximum vitamin C content was detected in *A. palmatum* "Atropurpureum". The contents of β -carotene in the six plants were different obviously, and the highest content was $15.99 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, which found in *P. cerai fera* "Pissardii". The content of total nutrient elements in *L. chinense* var. *rubrum* was highest. There were eighteen amino acids in the six color-leaved plants, and the contents of essential amino acid and total amino acid were all different, but the proportion of essential amino acid in total amino acid had no obvious difference, all were more than 40%. There were certain amount Pb, Cd, As and Hg in the six plants, and the contents of these poisonous elements were all lower than permissible amount, especially As and Hg.

Key words: color-leaved plants; nutritional components; poisonous elements

彩叶植物因其独特的叶色能更好地表现园林绿地树种的景观多样性, 而被广泛地应用于园林景观设计(王艳等, 2008)。相比之下, 有关彩叶植物生理生态特性等方面的理论研究还不多, 特别是有关彩叶植物营养成分的研究目前还未见到相关报道。

彩叶植物是天然色素的主要来源之一, 近年来, 天然色素逐渐取代人工合成色素, 被广泛地应用于食品、纺织及医疗保健等领域(马庆一等, 2002); 此外, 很多彩叶植物都有一定的药用价值, 如红枫、鸡爪槭和黄栌的枝叶均可入药, 有止痛、解毒等功效(陈有民,

收稿日期: 2009-03-16 修回日期: 2010-01-09

基金项目: 浙江省科技计划项目(2007C32035)[Supported by the Science and Technology Plans of Zhejiang Province(2007C32035)]

作者简介: 张莹(1982-), 女, 山东菏泽人, 助理研究员, 从事园林植物应用研究, (E-mail)lingchenzy@163.com.

1990; 崔贤等, 2007)。有鉴于此, 本试验选取六种具有代表性的彩叶植物, 对其叶片中的营养成分及有害元素含量进行了分析, 以期对彩叶植物的开发和有效利用提供一定的科学依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

试验材料为紫叶李 (*Prunus cerai fera* “Pissardii”)、红花檵木 (*Loropetalum chinense* var. *rubrum*)、红叶石楠 (*Photinia serrulata*)、红枫 (*Acer palmatum* “Atropurpureum”)、鸡爪槭 (*Acer palmatum*) 和金叶女贞 (*Ligustrum vicaryi*) 的功能性叶片, 所有材料均在中国林科院亚热带林业研究所试验基地自然生长, 无人工施肥管理, 基地周围无污染情况。

1.2 方 法

供分析用的叶片按随机取样法取样, 每种植物的同一营养指标重复测定 3 次。维生素 C、 β -胡萝卜素及氨基酸含量的测定 (色氨酸采用 methanesulfonic acid 法) 采用高效液相色谱法, 仪器为 Waters Alliance 2695 液相色谱仪 (HPLC); 蛋白质及氮 (N) 含量的测定采用凯氏定氮法, 仪器为 FOSS2300 全自动定氮仪; 可溶性糖含量采用蒽酮比色法, 仪器为岛津 2401 UVPC 紫外光谱仪; 钙 (Ca)、镁 (Mg)、铁 (Fe)、锌 (Zn)、铜 (Cu) 和锰 (Mn) 等矿质元素的测

定采用原子吸收光谱法, 仪器为 986 型原子吸收分光光度计; 硒 (Se) 含量测定采用原子荧光光谱法, 仪器为 AFS9130 原子荧光光谱仪; 铅 (Pb)、镉 (Cd) 采用石墨炉原子吸收法进行测定, 砷 (As) 采用氢化物-原子吸收法测定, 汞 (Hg) 采用冷原子吸收法测定, 仪器为 M-6 原子吸收分光光度仪和 MARS-5 型微波消解仪 (美国 CEM 公司)。

2 结 果 与 分 析

2.1 六种彩叶植物中主要有机营养成分

由表 1 可知, 从六种彩叶植物叶片中主要测到 4 种有机营养成分, 其中维生素 C 含量以红枫最高, 达到 $14.47 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 红叶石楠最低为 $6.36 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 红枫是红叶石楠的 2.28 倍。 β -胡萝卜素的含量影响植物的颜色, 在六种彩叶植物叶片中 β -胡萝卜素含量差异最大, 含量次序依次为紫叶李 > 红枫 > 鸡爪槭 > 红花檵木 > 红叶石楠 > 金叶女贞, 与植物叶片颜色由深到浅的顺序基本一致。六种彩叶植物叶片中红花檵木的蛋白质含量最高达 16.44%, 其次为金叶女贞和红叶石楠, 鸡爪槭的含量最低, 为 7.28%。可溶性糖在六种植物中的含量差异较小, 最高含量仅比最低含量高 $1.89 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。可见, 维生素 C 和 β -胡萝卜素在紫叶李和红枫中的含量较高, 在红叶石楠和金叶女贞中的含量较低; 蛋白质和可溶性糖在红花檵木中的含量均为最高, 在鸡爪槭

表 1 六种彩叶植物叶片中主要有机营养成分

Table 1 Contents of main organic nutritional components in six color-leaved plants

有机营养成分 Nutritional components	紫叶李 <i>P. cerai fera</i> “Pissardii”	红花檵木 <i>L. chinense</i> var. <i>rubrum</i>	红叶石楠 <i>P. serrulata</i>	红枫 <i>A. palmatum</i> “Atropurpureum”	鸡爪槭 <i>A. palmatum</i>	金叶女贞 <i>L. vicaryi</i>
维生素 C Vitamin C ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	12.31	8.23	6.36	14.47	9.15	6.87
β -胡萝卜素 β -carotene ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	15.99	3.01	1.80	6.04	4.41	1.38
蛋白质 Protein (%)	8.66	16.44	13.15	10.65	7.28	13.47
可溶性糖 Soluble sugar (%)	1.49	3.25	2.37	2.14	1.36	2.49

中均为最低。

2.2 六种彩叶植物中氨基酸成分与含量

从表 2 中发现, 六种彩叶植物叶片中含有 18 种水解氨基酸, 包括 10 种必需氨基酸 (包括半必需氨基酸组氨酸和精氨酸), 8 种非必需氨基酸。在必需氨基酸中, 六种彩叶植物均以亮氨酸含量最高, 蛋氨酸含量最低; 紫叶李中的必需氨基酸含量最高, 达 $70.82 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 红花檵木、红枫、鸡爪槭的含量较为接近, 红叶石楠的含量最低为 $33.59 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 高者

是低者的 2.11 倍。在 8 种非必需氨基酸中, 六种彩叶植物均以谷氨酸含量最高, 半胱氨酸含量最低; 紫叶李中的非必需氨基酸含量最高, 达 $77.45 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 红花檵木、红枫、鸡爪槭的含量相差不大, 红叶石楠中的含量最低为 $35.6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 高者是低者的 2.18 倍, 所以总氨基酸含量紫叶李是红叶石楠的 2.14 倍。研究还发现, 六种彩叶植物叶片中必需氨基酸含量和总氨基酸含量次序均为紫叶李 > 红花檵木 > 红枫 > 鸡爪槭 > 金叶女贞 > 红叶石楠, 但必需

表 2 六种彩叶植物叶片中氨基酸成分及含量 ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)
Table 2 Compositions and contents of amino acids in six color-leaved plants

氨基酸成分 Amino acids	紫叶李 <i>P. ceraiifera</i> "Pissardii"	红花榉木 <i>L. chinense</i> var. <i>rubrum</i>	红叶石楠 <i>P. serrulata</i>	红枫 <i>A. palmatum</i> "Atropurpureum"	鸡爪槭 <i>A. palmatum</i>	金叶女贞 <i>L. vicaryi</i>
异亮氨酸 Ile	7.62	6.92	3.73	6.02	5.87	4.71
亮氨酸 Leu	13.18	11.44	5.98	10.68	10.12	7.78
赖氨酸 Lys	9.36	3.59	4.99	7.17	7.44	2.13
蛋氨酸 Met	1.56	1.56	0.27	0.47	0.99	1.09
苯丙氨酸 Phe	8.56	7.63	3.52	7.51	5.93	5.21
苏氨酸 Thr	6.64	5.66	3.12	5.53	5.49	3.90
缬氨酸 Val	8.75	7.59	4.48	7.31	6.66	5.20
组氨酸 His	4.60	2.69	1.96	3.67	3.18	1.76
精氨酸 Arg	8.46	7.75	4.18	6.77	6.70	5.38
色氨酸 Trp	2.09	2.23	1.36	1.78	1.93	2.15
必需、半必需氨基酸合计	70.82	57.06	33.59	56.91	54.31	39.31
天门冬氨酸 Asp	15.72	12.90	6.61	12.24	11.83	8.94
谷氨酸 Glu	16.01	14.73	7.94	14.59	13.59	10.17
丙氨酸 Ala	9.51	7.79	4.17	7.26	7.12	5.31
丝氨酸 Ser	7.29	6.31	3.60	5.78	6.09	4.38
甘氨酸 Gly	7.94	6.94	3.50	6.60	6.19	4.80
酪氨酸 Tyr	5.92	5.69	2.96	4.89	4.13	3.91
脯氨酸 Pro	9.78	7.37	4.12	6.77	6.53	4.98
半胱氨酸 Cys2	5.28	0.54	2.70	0.66	2.52	0.12
非必需氨基酸合计	77.45	62.27	35.6	58.79	58	42.61
总氨基酸	148.27	119.33	69.19	115.7	112.91	81.92
必需氨基酸占总氨基酸比例 (%)	47.76	47.82	48.55	49.19	48.10	47.99

表 3 六种彩叶植物叶片中矿质营养元素含量
Table 3 Contents of mineral elements in six color-leaved plants

矿质营养元素 Mineral elements	紫叶李 <i>P. ceraiifera</i> "Pissardii"	红花榉木 <i>L. chinense</i> var. <i>rubrum</i>	红叶石楠 <i>P. serrulata</i>	红枫 <i>A. palmatum</i> "Atropurpureum"	鸡爪槭 <i>A. palmatum</i>	金叶女贞 <i>L. vicaryi</i>
N ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	13.856	26.304	21.040	17.041	11.648	21.552
P ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	1.97	4.26	2.87	2.68	1.79	2.56
K ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	4.98	8.29	1.24	8.07	1.34	1.37
Ca ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	4.96	2.79	2.17	2.49	1.78	3.15
Mg ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	1.11	2.01	1.58	1.15	1.35	1.86
Fe ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	158.09	316.14	133.62	111.45	75.09	233.63
Zn ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	14.78	18.59	46.32	42.89	20.78	27.37
Cu ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	16.02	17.34	19.79	20.87	10.29	23.14
Mn ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	23.31	41.52	33.42	109.07	11.08	23.06
Se ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	0.04	0.06	0.05	0.08	0.04	0.07

氨基酸占总氨基酸的比例在六种彩叶植物中极为接近,均在 40% 以上,其中红枫最高达 49.19%。

2.3 六种彩叶植物中矿质营养元素含量

由表 3 可知,六种彩叶植物中矿质营养元素种类比较齐全,均含有不同浓度的大量元素和微量元素。与其他彩叶植物相比,红花榉木中 N、P、K 的含量最高,鸡爪槭中 N 和 P 的含量最低,K 在红叶石楠中含量最低,前者分别是后者的 2.26 倍、2.38 倍及 6.69 倍;紫叶李中 Ca 的含量最高达 $4.96 \text{ g} \cdot$

kg^{-1} ,鸡爪槭的含量最低为 $1.78 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,前者是后者的 2.79 倍;Mg 和 Se 在六种植物叶片中的含量均较低,且物种间的差异均不明显;Fe 的含量远高于其他几种元素的含量,在红花榉木中最高,达 $316.14 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$;Zn 在红叶石楠和红枫中的含量较高,在紫叶李中的含量最低;Cu 在金叶女贞中的含量最高,在鸡爪槭中的含量最低,前者是后者的 2.25 倍;Mn 在六种植物中的含量差异明显,最高含量为最低含量的 9.84 倍。

在大量元素中,紫叶李、红花檵木和红枫叶片矿物质营养元素含量次序均为 $N > K > P$; 红叶石楠、鸡爪槭和金叶女贞含量次序为 $N > P > K$ 。中量元素

Ca 在六种植物的含量均高于 Mg。在微量元素中,Fe 的含量最高,除个别植物外,Zn、Cu 和 Mn 的含量相差不是太大,Se 的含量最低,不足 $0.10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

表 4 六种彩叶植物叶片中 Pb、Cd、As 及 Hg 的含量 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)

Table 4 Contents of Pb, Cd, As and Hg in six color-leaved plants

有害元素 Poisonous elements	紫叶李 <i>P. ceratife- ra</i> "Pissardii"	红花檵木 <i>L. chinense</i> var. <i>rubrum</i>	红叶石楠 <i>P. serrulata</i>	红枫 <i>A. palmatum</i> "Atropurpureum"	鸡爪槭 <i>A. palmatum</i>	金叶女贞 <i>L. vicaryi</i>
铅(Pb)	2.391	1.839	1.742	1.806	1.316	2.033
镉(Cd)	0.214	0.183	0.292	0.194	0.210	0.237
砷(As)	0.194	0.178	0.158	0.131	0.186	0.187
汞(Hg)	0.0208	0.0104	0.0089	0.0132	0.0408	0.0208

2.4 六种彩叶植物叶片中有害元素含量

本研究利用原子吸收光谱法测定了六种彩叶植物叶片干物质中铅、镉、砷和汞的含量(表 4)。在四种有害元素中,铅的含量最高,其次是镉含量,汞含量最低,低于 $0.05 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。在六种彩叶植物中,紫叶李的铅含量最高,达到 $2.391 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,其次是红花檵木和金叶女贞,鸡爪槭的铅含量最低为 $1.316 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; 红叶石楠的镉含量最高达 $0.292 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,红花檵木和红枫的镉含量较低,分别为 $0.183 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $0.194 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,前者是后两者的 1.60 倍和 1.51 倍;紫叶李、鸡爪槭和金叶女贞的砷含量都较高,红枫最低为 $0.131 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$;鸡爪槭的汞含量最高达 $0.0408 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,红叶石楠最低为 $0.0089 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,前者是后者的 5.39 倍。

根据含量高低,将六种彩叶植物的有害元素含量依次分为最高、较高、较低和最低四个等级,其中紫叶李的铅和砷含量最高,镉和汞含量较高;红花檵木的铅和砷含量较高,汞含量较低,镉含量最低;红叶石楠的镉含量最高,铅和砷含量较低,汞含量最低;红枫的铅、镉和汞含量较低,砷含量最低;鸡爪槭的汞含量最高,砷含量较高,镉含量较低,铅含量最低;金叶女贞的铅、镉、砷和汞含量都较高。

3 结论与讨论

六种彩叶植物叶片中的蛋白质含量丰富,均高于洋槐(*Robinia pseudoacacia*) (范文秀等,2004) 和金花茶(*Camellia nitidissima*) 叶片中蛋白质的含量(韦记青等,2008),其中红花檵木、红叶石楠与金叶女贞也比刺梨(*Rosa roxburghii*) 成熟叶中的蛋白质含量要高(樊卫国等,1998)。与金花茶相比,六种植物叶片中 Fe 和 Cu 的含量较高,如红花檵木中

Fe 的含量是金花茶的 7.37 倍,金叶女贞中 Fe 的含量是金花茶的 5.45 倍。

氨基酸组成是评价营养价值的主要指标,除了 Pro、Met 和 Lys,六种植物均比金花茶与显脉金花茶叶片中氨基酸的含量要高,如紫叶李中组氨酸的含量是金花茶的 4.16 倍,精氨酸的含量是显脉金花茶的 5.29 倍。另外,六种植物中必需氨基酸与总氨基酸(EAA/TAA)的比值均高于 40%,必需氨基酸与非必需氨基酸(EAA/NEAA)的比值也在 60% 以上,达到了 WHO/FAO 提出的理想蛋白质要求。

利用植物资源时,对其植株体内的有害元素及其含量进行测定是十分必要的。本研究结果显示,六种彩叶植物叶片中的有害元素含量均低于我国药用植物及制剂出口绿色行业标准(铅 $\leq 5.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、镉 $\leq 0.3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、砷 $\leq 2.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、汞 $\leq 0.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) (方成武等,2005),其中砷和汞的含量远远低于允许量。

综合六种彩叶植物的营养成分及有害元素含量分析,紫叶李、红花檵木、红叶石楠、红枫、鸡爪槭和金叶女贞六种彩叶植物均含有丰富的蛋白质、微量元素和必需氨基酸,有一定的营养价值,且有害元素含量低,应进一步合理开发利用。

参考文献:

- 曹治权. 1993. 微量元素与中医药[M]. 北京:中国中医药出版社:154—156
- 陈有民. 1990. 园林树木学[M]. 北京:中国林业出版社:540—542
- Cui EX(崔恩贤), Long LH(龙丽辉), Liu J(刘静), et al. 2007. The effects of anti-coagulation of *Cotinus coggygria* (黄栌的抗凝血作用)[J]. *J Chin Med Mat* (中药材), 30(2): 202—205
- Fan WX(范文秀), Zhang YQ(张玉泉), Wang ZY(王泽云). 2004. Study on nutrition in the pagoda leaf and flower (洋槐叶和槐花中营养成分分析的研究)[J]. *Trace Elem Sci* (广东微(下转第 612 页 Continue on page 612))

异,由此推断在我国不同地域内可能存在着新的亚种或株系,这可能与这些地方苗木调运、木虱迁飞造成的黄龙病传播相关,其存在株系的相关情况以及是否还存在其它株系还有待进一步研究。

参考文献:

- Chen J, Pu X, Deng X, et al. 2008. A phytoplasma related to 'Candidatus Phytoplasma asteri' detected in *Citrus* showing Huanglongbing (Yellow Shoot Disease) symptoms in Guangdong P R China[J]. *Phytopathology*, **99**(3):236-242
- Coletta-filho HD, Takita ML, Targon PN, et al. 2005. Analysis of 16S rDNA sequences from Citrus Huanglongbing bacteria reveal a different "Candidatus Liberibacter" strain associated with citrus disease in Sao Paulo[J]. *Plant Disease*, **89**(8):848-852
- Duan Y, Zhou L, Hall D G, et al. 2009. 542 Complete genome sequence of citrus huanglongbing bacterium, 'Candidatus Liberibacter 543 asiaticus' obtained through metagenomics[J]. *Mol Plant Microbe Interact*, **22**:1 011-10 20
- Ereik L, Carle P, Bove JM, et al. 1995. Characterization of the mycoplasma-like organism association with witches broom disease of line and proposition of a candidatus taxon for the organism "Candidatus phytoplasma aurantifolia"[J]. *International J Systematic Bacteriol*, **45**(2):449-453
- Feng Z(冯震), Shan ZJ(单振菊), Zhou G(周根). 2006. Cloning and sequencing of Shatian pomelo Huanglongbing pathogen 16S rDNA(沙田柚黄龙病病原 16S rDNA 片段的克隆与序列分析)[J]. *J Guangxi Agric Biol Sci*(广西农业生物科学), **25**(1):61-65
- Garnier M, Jagoueix-Eveillard S, Cronje PR, et al. 2000. Genomic characterization of a liberibacter present in an ornamental rutaceous tree, *Calodendrum capense*, in the Western Cape province of South Africa. Proposal of 'Candidatus Liberibacter africanus subsp. capensis'[J]. *Int J Sys Evol Microbiol*, **50**:2 119-2 125
- Hansen AK, Trumble JT, Stouthamer R, et al. 2008. A New Huanglongbing Species, "Candidatus Liberibacter psyllauros," Found To Infect Tomato and Potato, Is Vected by the Psyllid *Bactericera cockerelli*(Sulc)[J]. *Enviro Microbiol*, **74**(18):5 862-5 865
- Jagoueix SM, Bove JM, Garnier M. 1994. The phloem limited bacterium of greening disease of citrus is a member of the subdivision of the proteobacteria[J]. *Int J Sys Bact*, **44**:397-386
- Jagoueix SM, Bove JM, Garnier M. 1996. PCR detection of two 'Candidatus Liberibacter' species associated with greening disease of citrus[J]. *Molecular and Cellular Probes*, **10**:43-50
- Liao X(廖晓兰), Zhu YF(朱永芳), Zhao WJ(赵文军), et al. 2004. Cloning and sequencing of Citrus HLB Pathogen 16S rDNA and its detection by real-time PCR(柑桔黄龙病病原 16S rDNA 克隆、测序及实时荧光 PCR 检测方法的建立)[J]. *J Agric Biology*(农业生物学报), **12**(1):80-85
- Lin H, Doddapaneni H, Bai X, et al. 2008. Acquisition of uncharacterized sequences from 'Candidatus Liberibacter', an unculturable bacterium, using an improved genomic walking method[J]. *Mol Cell Probes*, **22**:30-37
- Lin H, Chen CW, Doddapaneni H, et al. 2010. A new diagnostic system for ultra sensitive and specific detection and quantification of *Candidatus Liberibacter asiaticus*, the bacterium associated with citrus Huanglongbing[J]. *J Microbiol Methods*, **81**(1):17-25
- Shan ZJ(单振菊), Feng Z(冯震), Zhou G(周根), et al. 2008. Cloning and sequence analysis of 16S rDNA of Citrus Huanglongbing agents collected from five Provinces in South China (南方 5 省区柑桔黄龙病病原 16S rDNA 片段的克隆与序列分析)[J]. *J South China Agric Univ*(华南农业大学学报), **29**(2):25-29
- Teixeira DC, Danet JL, Eveillard S, et al. 2005. Citrus Huanglongbing in Sao Paulo state, Brazil; PCR detection of the *Candidatus Liberibacter* species associated with the disease[J]. *Molecular Cellular Probes*, **19**:173-179
- Teixeira DC, Wulff NA, Martins EC, et al. 2008. A phytoplasma closely related to the pigeon pea Witches-Broom phytoplasma (16Sr IX) Is Associated with Citrus Huanglongbing Symptoms in the State of São Paulo, Brazil[J]. *Phytopathology*, **98**(9):977-984
-
- (上接第 681 页 Continue from page 681)
- 量元素科学), **11**(11):51-53
- Fan WG(樊卫国), Liu JP(刘进平), Xiang L(向灵). 1998. Studies on the nutritional components of the pollens and the leaves of *Rosa roxburghii* Trattt(刺梨花粉和叶的营养成分分析)[J]. *Acta Nut Sin*(营养学报), **20**(1):107-110
- Fang CW(方成武), Liu XL(刘晓龙), Zhou A(周安). 2005. Determination contents of heavy metal and pesticide residue of *Paeonia ossii* and plantation soil from different habitat in Anhui Province(安徽不同产地牡丹皮及其生长土壤农残与重金属含量检测)[J]. *Res Practice Chin Med*(现代中药研究与实践), **19**(6):17-20
- Ma QY(马庆一), Wei J(卫军). 2002. Studies on the selection and application of natural pigmentsto be used as preservative (天然色素作为防腐剂的筛选及应用研究)[J]. *Food Sci*(食品科学), **23**(6):78-80
- Tian YJ(田义杰). 2003. Analysis the heavy metal ements in *Potentilla anserina* of a Tibetan medicine(藏药蕨麻中重金属元素的含量分析)[J]. *Stud Trace Elements Health*(微量元素与健康研究), **20**(2):42
- Wang MX(王明轩), Zhao SL(赵淑琳). 1995. The application of capsanthin in the fields of food and medicals(辣椒红色素在医药和食品业中的应用)[J]. *Northwest Univ Sin*(西北大学学报), **25**(6):645-647
- Wang Y(王艳), Fang JY(方建勇). 2008. The colored-leaf plants and landscape of Hangzhou(彩叶植物在杭州园林中的配置应用)[J]. *Chinese Land Arch*(中国园林), **7**:73-80
- Wei JQ(韦记青), Qi XX(漆小雪), Jiang YS(蒋运生). 2008. Analysis on nutritional components of sympatric *Camellia nitidissima* and *Camellia euphlebica* leaves(同群落金花茶与显脉金花茶叶片营养成分分析)[J]. *Acta Nut Sin*(营养学报), **30**(4):420-424