

文章编号: 1000-8551(2015)11-2158-07

9 种牡丹花粉的蛋白质和矿物元素含量分析

贺春玲^{1 2} 徐珊珊¹ 张淑霞³ 侯小改⁴ 朱朝东²¹河南科技大学林学院,河南 洛阳 471003; ²中国科学院动物研究所/动物进化和系统学院重点实验室,北京 100101; ³河南省出入境检验检疫局,河南 郑州 451003;⁴河南科技大学农学院,河南 洛阳 471003)

摘要:为探讨不同牡丹品种花粉的营养成分有无差异,以9种牡丹花粉为研究对象,采用凯氏定氮法和电感耦合等离子体原子发射光谱法,分别测定了不同牡丹品种花粉的蛋白质含量和8种矿物元素含量,并分析了它们之间的差异。结果表明,牡丹花粉中含有丰富的蛋白质和矿物元素,且不同牡丹品种花粉中的蛋白质含量和矿物元素含量均有差异。测定的9种牡丹花粉蛋白质含量为32.75%~40.64%,其中岛锦牡丹花粉中的蛋白质含量最高,为40.58%±0.08%。9种不同牡丹花粉中的4种常量元素的测定结果为K>Ca>Mg>Na,其中映红牡丹花粉中K、Ca和Mg含量均最高,鲁荷红牡丹花粉中Na含量最高。9种牡丹花粉中4种微量元素含量测定结果为Zn>Fe>Mn>Cu,其中凤丹白牡丹花粉中Fe和Mn含量最高,曹州红牡丹花粉中的Cu和Zn含量最高。本文对进一步开发牡丹花粉产品具有重要意义。

关键词:牡丹;花粉;蛋白质;矿物元素

DOI: 10.11869/j.issn.100-8551.2015.11.2158

牡丹(*Paeonia suffruticosa*)属芍药科芍药属的多年生落叶灌木,是原产于我国的名贵花卉,具有非常悠久的栽培历史,现主产于河南洛阳和山东菏泽等地,其中洛阳主要栽植的牡丹品种资源共有10个花型,503个品种^[1]。牡丹作为我国特有的传统名贵花卉,集观赏、药用及食用价值于一身,集经济、生态和社会效益于一体;牡丹种植业的快速发展带动了牡丹深加工产业的不断深化,其开发价值和前景不可估量^[2-3]。牡丹皮味辛、苦,性凉,有清热、凉血、和血、消瘀、降压、抗炎、抑制中枢神经系统等功能^[4-7]。油用牡丹籽油富含人体需要的氨基酸、维生素、不饱和脂肪酸等多种成分;且不饱和脂肪酸含量高达92%以上,其中 α -亚麻酸占42%左右;现油用牡丹已被我国列为重点开发的木本油料作物之一^[8-13]。以牡丹花瓣为原料开发的牡丹花茶、牡丹花饼、牡丹花枕等产品也逐渐得到人们的青睐^[14]。相比牡丹种植面积的迅速扩大,牡丹产品的深加工开发仍然是制约其产业发展的重要因素。

花粉是植物生命的精华,具有很高的营养价值和药用价值,是一种天然保健佳品。牡丹花大,花粉量大,根据目前的牡丹栽植面积,年产花粉量可达上千吨^[15];牡丹花粉中富含氨基酸、蛋白质、多种维生素、 β -胡萝卜素、磷脂、黄酮和矿物元素等营养成分,其中,牡丹花粉中蛋白质的含量高达39.3%^[15-16],牡丹花粉黄酮含量在7.89%以上^[17]。目前,以牡丹花粉为原料的特色食品已有初步研究,如赵贵红^[18-20]进行了牡丹花粉蔬菜汁啤酒、牡丹花粉保健面条和牡丹花粉酸奶的营养价值分析。杨秋生等^[21]通过牡丹花粉形态的Q型聚类分析比较了部分牡丹栽培品种群的亲缘关系。但在前期的研究中,未对不同栽培品种的营养成分差异性进行研究和评价,也未通过营养成分的差异对栽培品种的亲缘关系进行分析。本文选取访花蜂偏爱采访的9个牡丹栽培品种的花粉为材料,对蛋白质、常量元素和微量元素的含量进行测定,并通过相关性分析和聚类分析其亲缘关系,为进一步研究和开发

收稿日期:2015-04-22 收稿日期:2015-08-18

基金项目:国家自然科学基金项目(U1304308),河南科技攻关项目(122102110110,122102310562),河南科技大学博士基金项目(09001446)

作者简介:贺春玲,女,副教授,主要从事植物与访花蜂的关系研究。E-mail: hechunling68@126.com

通讯作者:侯小改,女,教授,主要从事牡丹栽培技术和产业发展研究。E-mail: hkdhxg@126.com

牡丹花粉产业和牡丹蜂花粉产品奠定基础。

1 材料与方 法

1.1 材 料

花粉采集地点为洛阳牡丹研究院。在牡丹盛花期,主要采集访花蜂偏爱采访的 9 种牡丹品种(雪映桃花、洛阳红、肉芙蓉、紫艳争辉、岛锦、鲁荷红、映红、凤丹白和曹州红)。花粉采集方法:双手带上一一次性医用手套(不同牡丹品种更换新的手套),采集盛开的牡丹花药,放入硫酸纸袋(16cm×10cm)内。将装有牡丹花粉的硫酸纸袋放入低温箱中带回实验室。样品制备:将采集的花药同时置于 50~60℃ DZF6050 型真空干燥箱(上海齐欣科学仪器有限公司)中干燥 120 h,取出自然通风晾干后,将花粉用研钵研碎过 60 目筛,装入自封袋放入 4℃ 冰箱中备用。

1.2 方 法

1.2.1 蛋白质含量的测定 采用 GB 5009.5-2010 凯氏定氮法^[22]对牡丹花粉蛋白质含量进行测定。称取 1.0000g 不同牡丹品种花粉样品(±0.0001 g)放入加有 0.5 g CuSO₄ 和 4.5g K₂SO₄ 的消化管中,向消化管中缓慢加入 10 mL 浓硫酸并摇动混匀。将消化管放入 Tecator Digesror Auto 高温消化炉(德国福斯公司)中,连接好装置,将消化管置于 240℃ 预消化 30 min,再调至 430℃ 高温消化 1.5 h,直至消化液呈蓝绿色透明后继续加热 20 min。待消化液冷却后,将消化管放入 Kjeltac 8200 全自动凯氏定氮仪(德国福斯公司)完成蒸馏、滴定。同时做 2 个空白对照。

1.2.2 常量元素和微量元素含量测定 微量元素含量测定:采用电感耦合等离子体原子发射光谱法(美国利曼 Prodigy 全谱直读 ICP 发射光谱仪)^[23]。

湿法消解:准确称取各品种花粉 1.0000g(±0.0001 g),置于 100 mL 锥形瓶中,放数粒玻璃珠,加入 15 mL 混合酸(硝酸:高氯酸=9:1v:v),浸泡过夜,加一小漏斗于电热板上消解,若变棕黑色,再补加硝酸,直至冒白烟,消解液呈无色透明或略带黄色,放冷,用滴管将试样消解液洗入 25 mL 容量瓶中,用水少量多次洗涤锥形瓶,洗液合并于容量瓶中并定容至刻度。混匀备用;同时作试剂空白。

测定条件:功率 1.0 kW、氩气压力 0.6 mPa,冷却气流量 15 L·min⁻¹,辅助气流量 0.2 L·min⁻¹,雾化器压力 374.06 Pa,提升量 1.5 mL·min⁻¹,观察位置自动优化。

混合标准溶液:将标准储备液用 1% 硝酸逐级稀释。

不同元素测定的光谱分析线为:Na(589.592 nm)、Ca(317.933 nm)、Mn(257.610 nm)、Fe(259.940 nm)、Cu(324.754 nm)、Zn(206.200 nm)、K(766.491nm)、Mg(279.553 nm)。

计算公式: $X = \frac{A - K}{M} \times 25$ 。式中 X:测定的不同元

素的含量(mg·kg⁻¹);A:仪器测得的样品溶液中该元素的浓度(mg·L⁻¹);K:仪器测得的试剂空白溶液中该元素的浓度(mg·L⁻¹);M:样品质量(g)。

1.3 数 据 统 计 与 分 析

采用 Microsoft Excel 表格处理软件和 SPSS Base Ver. 16.0 统计软件进行数据分析。

2 结 果 与 分 析

2.1 牡 丹 花 粉 的 蛋 白 质 含 量

9 种不同品种牡丹花粉的蛋白质含量测定结果表明,牡丹花粉中的蛋白质含量较高,且不同的牡丹花粉蛋白质含量有差异。测定的 9 种牡丹花粉蛋白质含量为 32.75%~40.64%,其中岛锦牡丹花粉中的蛋白质含量最高,为 40.58%±0.08%;肉芙蓉牡丹花粉的蛋白质含量次之,为 39.49%±0.21%;映红牡丹花粉的蛋白质含量最低,为 32.78%±0.04%(表 1)。

对不同牡丹品种的花粉蛋白质含量进行单因素方差分析,结果显示不同牡丹品种花粉的蛋白质含量有显著差异。对 9 种牡丹花粉的蛋白质含量进行两两比较,结果表明映红牡丹花粉的蛋白质含量与其它 8 种牡丹花粉的蛋白质含量均存在显著差异;曹州红牡丹花粉的蛋白质含量与其它 8 种牡丹花粉的蛋白质含量也存在显著差异;岛锦牡丹花粉和肉芙蓉牡丹花粉的蛋白质含量之间无显著差异(表 1)。

2.2 牡 丹 花 粉 的 矿 物 元 素 分 析

2.2.1 常量元素的测定 9 种不同牡丹花粉中的 K、Ca、Mg 和 Na 4 种常量元素的测定结果表明,在 9 种牡丹花粉中 4 种常量元素的含量是 K>Ca>Mg>Na。K 元素的含量在 14 828.91~19 672.68 mg·kg⁻¹,平均为 17 952.59±1 456.63mg·kg⁻¹;Ca 元素的含量在 1 591.79~5 708.89 mg·kg⁻¹,平均为 3 760.13±1 251.85 mg·kg⁻¹;Mg 元素的含量在 2 418.75~3 668.23 mg·kg⁻¹,平均为 2 937.01±309.25 mg·kg⁻¹;Na 元素的含量在 51.83~186.40 mg·kg⁻¹,平均为 84.54±33.86mg·kg⁻¹。其中映红牡丹花粉中的 K、Ca 和 Mg 的含量均最高;鲁荷红花粉的 Na 元素含量最高(表 2)。

表 1 牡丹花粉的蛋白质含量
Table 1 The protein content in pollen of nine *Paeonia suffrutisosa* cultivars

品种 Cultivar	蛋白质含量 The protein content	品种 Cultivar	蛋白质含量 The protein content
雪迎桃花 Xue ying tao hua	37.26 ± 1.61c	鲁荷红 Lu he hong	38.19 ± 0.01bc
洛阳红 Luo yang hong	36.41 ± 0.25c	映红 Ying hong	32.78 ± 0.04e
肉芙蓉 Rou fu rong	39.49 ± 0.21ab	凤丹白 Feng dan bai	37.21 ± 0.79c
紫艳争辉 Zi yan zheng hui	38.29 ± 0.14bc	曹州红 Cao zhou hong	34.21 ± 0.03d
岛锦 Dao jin	40.58 ± 0.08a		

注: 不同字母表示不同品种在 $P < 0.05$ 水平上差异显著。下同。

Note: Different lowercases letters indicate significant difference among the different cultivars at 0.05 level. The same as following.

表 2 牡丹花粉的常量元素含量
Table 2 The constant elements content in pollen of nine *Paeonia suffrutisosa* cultivars

品种 Cultivar	常量元素 Constant elements			
	K	Ca	Mg	Na
雪迎桃花 Xue ying tao hua	18 840.12 ± 248.01b	4 634.82 ± 383.58bc	2 821.34 ± 114.37c	70.67 ± 9.42c
洛阳红 Luo yang hong	18 794.40 ± 886.50b	4 099.31 ± 30.71c	3 163.72 ± 33.06b	85.54 ± 3.78bc
肉芙蓉 Rou fu rong	18 172.26 ± 101.83bc	2 607.95 ± 306.83e	2 833.04 ± 37.94c	90.43 ± 4.28bc
紫艳争辉 Zi yan zheng hui	19 320.05 ± 49.07ab	4 243.62 ± 64.72c	3 026.15 ± 57.75bc	57.39 ± 3.49c
岛锦 Dao jin	14 918.43 ± 125.90d	1 616.91 ± 35.52f	2 435.41 ± 23.58d	61.79 ± 1.26c
鲁荷红 Lu he hong	17 096.28 ± 112.51c	3 519.83 ± 95.23d	2 836.90 ± 28.82c	142.21 ± 4.86a
映红 Ying hong	19 640.29 ± 45.80a	5 514.56 ± 27.49a	3 533.13 ± 191.11a	74.64 ± 5.37bc
凤丹白 Feng dan bai	17 120.19 ± 628.35c	2 715.14 ± 125.78e	2 717.84 ± 63.53c	66.38 ± 2.92c
曹州红 Cao zhou hong	17 671.27 ± 124.26c	4 889.08 ± 83.32b	3 065.56 ± 120.16b	105.20 ± 25.69b

对不同牡丹品种花粉中常量元素进行单因素方差分析,结果显示不同牡丹品种花粉的常量元素 K、Ca 和 Mg 含量均有显著差异,Na 元素含量无显著差异(表 2)。

2.2.2 不同牡丹品种花粉微量元素含量测定 9 种不同牡丹花粉中的 Fe、Cu、Zn 和 Mn 4 种微量元素的测定结果表明,在 9 种牡丹花粉中 4 种微量元素的含量为 Zn > Fe > Mn > Cu。Zn 元素的含量在 99.58 ~ 165.29 mg·kg⁻¹,平均为 120.51 ± 17.91mg·kg⁻¹; Fe 元素的含量在 53.67 ~ 257.13 mg·kg⁻¹,平均为 95.17 ± 36.68mg·kg⁻¹; Cu 元素的含量在 13.38 ~ 30.60 mg·kg⁻¹,平均为 22.03 ± 5.27mg·kg⁻¹; Mn 元素的含量在 32.96 ~ 59.71mg·kg⁻¹,平均为 44.47 ± 7.40mg·kg⁻¹; 其中曹州红牡丹花粉中的 Cu 和 Zn 元素含量最高;凤丹白牡丹花粉的 Fe 和 Mn 元素含量最高(表 3)。

对不同牡丹品种花粉中 4 种微量元素的含量进行单因素方差分析,结果显示不同牡丹品种的花粉中 Fe、Cu、Zn 和 Mn 的含量均有显著差异(表 3)。

2.2.3 矿物元素的相关性分析 8 种矿物元素的相关性分析见表 4。在牡丹花粉中不同矿物元之间的相关性不同,其中 Zn 和 Cu 呈极显著相关,相关系数为 0.919; Ca 和 K、Mg 均呈显著相关,相关系数为 0.725、0.653; Zn 和 Mn 呈显著相关,相关系数为 0.667。

2.3 不同牡丹花粉的聚类分析

根据牡丹花粉中蛋白质含量和 8 种矿物元素的含量对 9 个牡丹品种进行了 Q 型聚类分析,结果见图 1。9 个品种可分为 3 类,其中雪映桃花、紫艳争辉、洛阳红、肉芙蓉和映红聚为一类;鲁荷红和曹州红聚为一类;岛锦和凤丹白聚为一类。

表 3 牡丹花粉的微量元素含量

Table 3 The microelement content in pollen of nine *Paeonia suffrutisosa* cultivars/(mg·kg⁻¹)

品种 Cultivar	微量元素 Microelement			
	Fe	Cu	Zn	Mn
雪迎桃花 Xue ying tao hua	81.47 ± 1.30bc	25.04 ± 0.40c	119.63 ± 3.42cd	34.11 ± 0.90f
洛阳红 Luo yang hong	55.10 ± 1.53c	17.35 ± 0.11e	101.49 ± 2.01e	40.03 ± 0.26e
肉芙蓉 Rou fu rong	63.74 ± 9.86c	24.69 ± 0.35c	115.36 ± 5.07d	48.02 ± 1.26c
紫艳争辉 Zi yan zheng hui	67.74 ± 4.21bc	27.37 ± 0.58b	116.97 ± 1.28cd	38.82 ± 0.12e
岛锦 Dao jin	91.41 ± 10.01bc	19.97 ± 0.41d	105.68 ± 4.03e	53.76 ± 0.72b
鲁荷红 Lu he hong	99.51 ± 1.74bc	13.41 ± 0.03f	137.15 ± 13.02b	47.72 ± 0.48c
映红 Ying hong	117.83 ± 4.32b	20.38 ± 0.57d	108.21 ± 4.62de	37.97 ± 1.04e
凤丹白 Feng dan bai	176.54 ± 92.20a	19.72 ± 0.41d	120.68 ± 4.66c	55.74 ± 0.26a
曹州红 Cao zhou hong	103.19 ± 2.47bc	30.35 ± 0.27a	159.45 ± 4.52a	44.05 ± 0.42d

表 4 牡丹花粉中矿物元素含量的相关性矩阵

Table 4 Correlation matrix for the mineral elements content in *Paeonia suffrutisosa* pollens

矿物元素 Mineral elements	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Zn	Cu
K	1.000							
Ca	0.725*	1.000						
Mg	0.594	0.653*	1.000					
Na	-0.165	0.054	0.058	1.000				
Fe	0.209	0.053	0.130	0.073	1.000			
Mn	-0.588	-0.444	-0.048	0.219	-0.169	1.000		
Zn	-0.212	0.015	-0.176	0.248	-0.059	0.667*	1.000	
Cu	-0.199	-0.104	-0.338	-0.048	-0.176	0.597	0.919**	1.000

注: * 表示显著相关; **表示极显著相关。

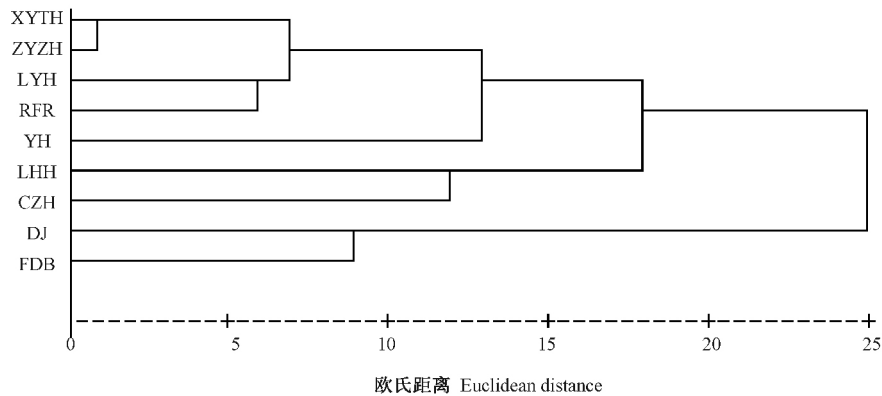
Note: * showed significant correlation, **showed highly significant correlation.

3 讨论

3.1 牡丹花粉中的蛋白质含量

蛋白质是提高人体综合免疫功能的物质基础,是人体体质的增强剂,正常人体内约含 16%~19% 的蛋白质,这些蛋白质始终处于不断分解合成的动态平衡中,以达到组织蛋白不断更新和修复的目的^[24],所以国际上把人均蛋白质供给情况作为衡量社会食物结构和人群营养状况的指标。在植物体中蛋白质含量最高的部位是花粉,其含量一般在 7%~40%,不同属种的花粉,其蛋白质含量不同^[25]。牡丹花粉中蛋白质含量为 39.3%^[16],比牡丹花瓣中的蛋白质含量(6.125%~10.238%)高 3 倍以上^[26-27];其蛋白质含量比其它

所有花粉中蛋白质的平均含量(花粉中蛋白质的平均含量为 24%)高出 5% 以上^[16],比鸡蛋(蛋白质含量约 13%)高 3 倍以上^[28],比牛奶(蛋白质含量约 3%)高 10 倍以上^[29]。但人体对牡丹花粉中蛋白质的吸收性还有待进一步研究。本文对不同牡丹品种蛋白质含量的测定结果与王宪曾等^[16]研究结果基本一致,进一步证明了牡丹花粉中的蛋白质含量较高,且不同的牡丹花粉蛋白质含量有差异。此外,本文主要采集访花蜂喜爱的 9 个牡丹品种作为研究对象,蜜蜂可能对高质量花粉蛋白质有选择性,但蜜源植物花粉的蛋白质含量是否高于非蜜源植物的蛋白质含量尚未定论^[30-31];但不少研究证明访花蜂采集花粉蜜的蛋白质含量对其自身或子代有影响,如熊蜂(*Bombus* spp.)取食高质量的蛋白质花粉后,个体变小但胸部温度明显升高^[32];



注: XYTH: 雪映桃花, LYH: 洛阳红, RFR: 肉芙蓉, ZYZH: 紫艳争辉, DJ: 岛锦, LHH: 鲁荷红, YH: 映红, FDB: 凤丹白, CZH: 曹州红。

Note: XYTH: Xue ying tao hua, LYH: Luo yang hong, RFR: Rou fu rong, ZYZH: Zi yan zheng hui, DJ: Dao jin, LHH: Lu he hong, YH: Ying hong, FDB: Feng dan bai, CZH: Cao zhou hong.

图 1 不同牡丹品种的聚类分析

Fig. 1 Dendrogram of cluster analysis in pollen of nine *Paeonia suffrutisosa* cultivars

用高蛋白质含量的花粉饲喂蜜蜂工蜂,结果表明蛋白质含量过高对蜜蜂幼虫的发育并非始终有好处^[33]。因此,访花蜂采集的花粉营养成分是否高于其它牡丹花粉以及不同营养成分对访花蜂的影响均有待进一步研究。

3.2 牡丹花粉中的常量和微量元素

花粉不仅含有丰富的有机营养成分,而且含有种类繁多的对机体起重要作用的常量和微量元素,其中微量元素多为酶、辅酶的组成成分或活化剂,在动植物体内的含量虽然很低,但作用有很强的专一性。近年来,随着牡丹深加工产业的不断深入,牡丹籽油中含有的微量元素均有显著的生理功能,对于维持正常的新陈代谢和人体健康至关重要^[25,34]。朱献标等^[34]采用 ICP-MS 方法测定了牡丹籽油中的微量元素,其中以 Ca 和 Na 元素的含量较高,分别为 156.4、145.9 mg·kg⁻¹,Fe、K、Zn 和 Mg 元素的含量为 20~60 mg·kg⁻¹,Cu 元素含量为 0.73 mg·kg⁻¹。成玉梅等^[35]采用原子吸收法测定了洛阳红、胡红、凤丹 3 个品种的牡丹花中矿物元素含量,结果表明 3 个品种的牡丹花中含有丰富的 Ca、Fe、Mn、Zn 和 Cu 等营养元素,其中 Ca 含量丰富,在 858.1 mg·kg⁻¹以上。紫牡丹花中的 Cu、Fe、Zn 和 Mn 的含量分别为 54.53、19.16、29.98、3.71 μg·g⁻¹^[36]。本文对 9 种不同牡丹花粉中的 8 种矿物元素含量的测定结果表明,在牡丹花粉中的 K、Ca、Mg 和 Na 4 种常量元素和 Fe、Cu、Zn 和 Mn 4 种微量元素含量均比牡丹籽和牡丹花瓣中高。

植物金属元素含量和分布的情况与品种、产地、气

候、季节等因素相关,同种植物由于含有相同的生长基因,从土壤中吸取并最终积累在植物内的金属元素在种类分布及含量上有一定规律,这种规律通常作为一些植物药材道地性鉴别的依据^[37]。本研究在同一地点采集不同牡丹栽培品种的花粉,对其蛋白质含量和 8 种矿物元素含量进行 Q 型聚类分析,结果显示 9 个牡丹品种聚为 3 类,在一定程度上反映牡丹不同品种的营养成分可能存在遗传差异。因此,为进一步提高花粉营养价值,可将不同品种的牡丹花粉的品质特点作为育种目标性状加以利用。

此外,植物的营养成分与植物的亲缘关系之间有着一定的联系,亲缘关系相近的种类往往含有相似的营养成分,但牡丹花期不同花瓣中的挥发性物质成分区别较大,以盛花期在花瓣中检测到挥发性成分的种类最多^[38]。本文牡丹花粉样品的采集均选择盛花期,但具体牡丹花粉中营养成分含量的高低与花粉的采集时间有无相关性还有待进一步研究。

4 结论

通过对 9 种不同牡丹品种花粉的蛋白质含量和 8 种矿物元素含量的测定,表明牡丹花粉中含有丰富的蛋白质和矿物元素,且不同牡丹品种之间存在差异。选试牡丹花粉中蛋白质含量均在 32% 以上,远远高于鸡蛋和牛奶中的蛋白质含量;映红牡丹花粉中 K、Ca 和 Mg 含量均最高;凤丹白牡丹花粉中 Fe 和 Mn 含量最高。Q 型聚类分析显示岛锦和凤丹白聚为一类,初

步表明其亲缘关系较近。这些不同品种的牡丹花粉的品质特点可作为育种目标性状和牡丹花粉食物成分数据,为进一步研究和开发牡丹花粉和牡丹蜂花粉产品提供数据支持。

参考文献:

- [1] 蒋细旺,李保印,周秀梅,王婷,史国安,魏传斌. 洛阳牡丹品种考察[J]. 安徽农业科学,2007,35(18): 5400-5401
- [2] 李嘉珏,张西方,赵孝庆. 中国牡丹[M]. 北京: 中国大百科全书出版社,2011
- [3] 李艳梅. 牡丹深加工迎来发展新机遇[J]. 中国花卉园艺,2014,14(5): 18-19
- [4] 丁彩真,于曙光,王艳丽,金玉波,郑国生. 丹皮总黄酮的提取及抗氧化活性研究[J]. 化学与生物工程,2014,31(7): 30-33
- [5] 吴少华,马云保,罗晓东,郝小江,吴大刚. 丹皮的化学成分研究[J]. 中草药,2002,33(8): 679-680
- [6] Ryu G, Park E K, Joo J H, Lee B H, Choi B W, Duk S J, Lee N H. A New antioxidant monoterpene glycoside, α -benzoyloxypaeoniflorin from *Paeonia suffruticosa* [J]. Archives of Pharmacal Research, 2001, 24(2): 105-108
- [7] An R B, Kim H C, Lee S H, Jeong G S, Sohn D H, Park H, Kwon D Y, Lee J H, Kim Y C. A new monoterpene glycoside and antibacterial monoterpene glycosides from *Paeonia suffruticosa* [J]. Archives of Pharmacal Research, 2006, 29(10): 815-820
- [8] 翟文婷,朱献标,李艳丽,许卉. 牡丹籽油成分分析及其抗氧化活性研究[J]. 烟台大学学报: 自然科学与工程版,2013,26(2): 147-150
- [9] 翟文婷,朱献标,李艳丽,杨印军,许卉. 牡丹籽油对小鼠急性肝损伤的保护作用[J]. 中国油脂,2013,38(11): 43-45
- [10] 周海梅,马锦琦,苗春雨,胡吉良,杨志勇,李朴,郑美玲. 牡丹籽油的理化指标和脂肪酸成分分析[J]. 中国油脂,2009,34(7): 72-74
- [11] 史国安,焦封喜,焦元鹏,杨会安,韩孟伟,吴育谦,史秉锐. 中国油用牡丹的发展前景及对策[J]. 中国粮油学报,2014,29(9): 124-128
- [12] 张振中,邵律,高毅. 中国林业经济学会李育才会长理事长: 油用牡丹增收送健康[J]. 上海经济,2014,31(4): 26-28
- [13] 李育才. 中国油用牡丹工程的战略思考[J]. 中国工程科学,2014,16(10): 58-63
- [14] 田给林. 牡丹花茶的研制与开发[J]. 贵州农业科学,2013,41(10): 172-175
- [15] 王宪曾. 中国牡丹花粉产品开发应用研究[C]//第十二届全国花粉资源开发与利用研讨会会议论文集,承德: 中国孢子花粉学会,2012: 147-151
- [16] 王宪曾,石新立,赵孝庆. 中国牡丹花粉营养成分分析及营养保健作用[C]//第十二届全国花粉资源开发与利用研讨会会议论文集,承德: 中国孢子花粉学会,2012: 141-146
- [17] 刘娟,李楠,王昌涛. 牡丹花粉黄酮的提取及抗氧化性研究[J]. 食品研究与开发,2012,33(10): 39-44
- [18] 赵贵红. 牡丹花粉蔬菜汁啤酒的研制[J]. 酿酒,2005,32(5): 86-88
- [19] 赵贵红. 牡丹花粉保健面条的研制[J]. 粮油加工与食品机械,2006,(3): 66-68
- [20] 赵贵红. 牡丹花粉山药酸奶的研究[J]. 中国酿造,2008,27(3): 92-93
- [21] 杨秋生,万卉敏,孙俊娅,龚双军. 牡丹栽培品种群花粉形态的比较[J]. 林业科学,2010,46(6): 133-137
- [22] 中华人民共和国卫生部. GB5009.5-2010 食品安全国家标准食品中蛋白质的测定[S]. 北京: 中国标准出版社,2010
- [23] 万婕,刘成梅,刘伟,涂宗财,李俊,章文琴. 电感耦合等离子体原子发射光谱法分析不同产地大豆中的矿物元素含量[J]. 光谱学与光谱分析,2010,30(2): 543-545
- [24] 李敏,杨晓光. 蛋白质[J]. 营养学报,2013,35(2): 113-116
- [25] 王开发. 花粉的功能和应用[M]. 北京: 化学工业出版社,2004
- [26] 刘建华,董福英,王晓,程传格,林美菊,李赛玉. 牡丹花营养成分分析及其评价[J]. 山东科学,1999,1(4): 60-62
- [27] 史国安,郭香凤,包满珠. 不同类型牡丹花的营养成分及体外抗氧化活性分析[J]. 农业机械学报,2006,37(8): 111-114
- [28] 朱飞. 草鸡蛋和洋鸡蛋蛋白质与脂肪含量的比较[J]. 现代商贸工业,2013,26(2): 192-193
- [29] 魏文平,任丽,王丹慧. 牛奶蛋白质的测定方法优化[J]. 中国乳品工业,2010,38(8): 40-42,45
- [30] Altaye S Z, Pirk C W W, Crewe R M, Nicolson S W. Convergence of carbohydrate biased intake targets in caged worker honey-bees fed different protein sources [J]. Journal of Experimental Biology, 2010, 213(19): 3311-3318
- [31] Mapalad K S, Leu D, Nieh J C. Bumble bees heat up for high quality pollen [J]. Journal of Experimental Biology, 2008, 211(14): 2239-2242
- [32] Pernal S F, Currie R W. The influence of pollen quality on foraging behavior in honeybees (*Apis mellifera* L.) [J]. Behavioral Ecology and Sociobiology, 2001, 51(1): 53-68
- [33] Roulston T H, Cane J H. The effect of pollen protein concentration on body size in the sweat bee *Lasioglossum zephyrum* (Hymenoptera: Apiformes) [J]. Evolutionary Ecology, 2002, 16(1): 49-65
- [34] 朱献标,翟文婷,董秀勋,许卉. 牡丹籽油化学成分及功能研究进展[J]. 中国油脂,2014,39(1): 88-91
- [35] 成玉梅,董苗菊,康业斌. 洛阳牡丹花中营养元素和有害元素含量分析[J]. 广东微量元素科学,2007,14(10): 39-42
- [36] 张修景. 火焰原子吸收光谱法测定牡丹花中6种金属元素[J]. 理化检验: 化学分册,2008,44(3): 242-244
- [37] 申雨娟,丁恩俊,谢德体,陈岗,吴振. 电感耦合等离子体原子发射光谱法测定不同产地山银花金属元素主成分及其聚类分析[J]. 食品科学,2015,35(2): 173-176
- [38] 王娟. 外源一氧化氮对温室牡丹花瓣挥发性成分的影响[J]. 核农学报,2014,28(9): 1728-1735

Analysis of the Protein and Mineral Elements Content in Pollen of Nine *Paeonia suffrutisosa* Cultivars

HE Chunling^{1 2} XU Shanshan¹ ZHANG Shuxia³ HOU Xiaogai⁴ ZHU Chaodong²

(¹College of Forestry ,Henan University of Science and Technology ,Luoyang Henan 471003; ²Key Laboratory
of Zoological Systematics and Evolution/Institute of Zoology , Chinese Academy of Sciences , Beijing 100101;

³Henan Entry-exit Inspection and Quarantine Bureau of P. R. China , Zhengzhou , Henan 451003;

⁴College of Agriculture , Henan University of Science and Technology , Luoyang Henan 471003)

Abstract: In this study , the protein content and eight kinds of mineral elements content in pollen of nine *Paeonia suffrutisosa* cultivars were respectively measured by using kjeldahl nitrogen method and ICP-AES (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry) to reveal the differences of the nutritional value in different cultivars. The differences of these indexes among these cultivars were also analyzed. The results suggest that there have abundant protein and mineral elements in the pollen of *Paeonia suffrutisosa* , and the obvious differences of these indexes are existed among different cultivars of *Paeonia suffrutisosa*. The contents of protein are 32.75% to 40.64% and the contents of protein in the *Paeonia suffrutisosa* cv. Dao jin pollen 40.58% ± 0.08% is the highest. The measurement results of four major elements of K , Ca , Mg and Na show that the maximum concentration of element is K , the next are Ca and Na , and the minimum is Na. Among these cultivars , the pollens from *Paeonia suffrutisosa* cv. Ying hong have the highest contents of K , Ca and Mg. The pollens from *Paeonia suffrutisosa* cv. Lu he hong have the highest contents of Na. The measurement results of four trace elements of Zn , Fe , Mn and Cu show that the highest concentration of element is Zn , the next are Fe and Mn , the lowest is Cu. Among these cultivars , the pollens from *Paeonia suffrutisosa* cv. Feng dan bai have the highest contents of Fe and Mn. The pollens from *Paeonia suffrutisosa* cv. Cao zhou hong have the highest contents of Cu and Zn. This study have great significance to further research and develop the products of *Paeonia suffrutisosa* pollen.

Keywords: *Paeonia suffrutisosa* , pollen , protein , mineral elements