

银杏种壳主要矿质元素成分的能谱分析

凌裕平, 高远, 王昌龙, 周福才

(1. 扬州大学园艺与植物保护学院, 江苏扬州 225009; 2. 扬州大学机械工程学院, 江苏扬州 225009)

摘要 应用能谱分析(EMA)技术发现: 银杏3个品种种子外壳主要矿质营养成分以S的含量最高(19.22%~26.93%), 其次是P(12.69%~19.75%), 含量比较高的元素还有Na(9.36%~13.3%)和Si(9.77%~14.11%); 数据显示银杏是一种耐盐植物; 3个银杏品种种壳的内外壁营养成分有差异, 外壁高于内壁的元素有S、P、Si, 低于内壁的元素有K、Ca、Cl。

关键词 银杏; 种壳; 能谱分析

中图分类号 S664.3 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2007)30-09528-02

Energy Spectrum Analysis of Main Element Component in Seed Shell of *Ginkgo biloba* L.

LING Yu ping et al (Horticulture and Plant Protection College of Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225009)

Abstract Through EMA(Energy spectrum analysis technology) we found: In the main mineral nutrient elements in the seed outer shell of three species of *Ginkgo biloba* L., the content of S was the highest (19.22%~26.93%); The next was P (12.69%~19.75%); Na (9.36%~13.3%) and Si (9.77%~14.11%) were relatively higher. The data showed that *Ginkgo biloba* L. was a plant of salt endurance. In the seed shell of the three species of *Ginkgo biloba* L., there were differences in nutrient element content inside and outside the wall. The contents of S, P and Si were higher while K, Ca and Cl were lower than those inside.

Key words *Ginkgo biloba* L.; Seed shell; Energy spectrum analysis

银杏(*Ginkgo biloba* L.)是一种重要的经济树种,其种子的营养价值和药理成分对人类疾病的防治效应引起了人们广泛的重视^[1]。但是,银杏在贮藏过程中很容易发生病变和霉烂等症状,大大缩短了贮藏期限,降低了贮藏后的商品品质和食用价值,从而严重影响了银杏生产。影响银杏种子贮藏性的原因主要有两个方面:生理衰退和病理危害。凌裕平等^[2]对银杏种壳的超微结构研究发现,银杏种壳均由管胞组成,没有蜡质保护,在管胞的表面布满了穿孔,直径在1.19~4.06 μm,是真菌侵入银杏种子的通道。黄小丹等^[3]对银杏采后真菌病害的研究表明,银杏采后的真菌病害主要有两类:青霉(*Pericillium* spp.)、*Aspergillus*)和穗霉(*Spicæis* sp.)。这些研究均有助于了解银杏种子采后的贮藏保鲜机理并发展相关的技术。目前,对银杏种子元素含量的研究较多,但受分析方法的局限,许多报道对于同一品种中同一种元素含量的测定结果出入很大^[4-6],而且对银杏种壳的营养成分及其采后真菌对种壳营养元素的适应性研究未见报道。

能谱分析(EMA)技术能分析元素周期表中除H和He(这两种元素没有内层级能谱)之外的所有元素能谱谱线,利用EMA技术分析植物元素含量,能精确地得到各种元素的能谱,即使在植物体内具有的痕量元素也能精确地定性甚至定量测定(与标准样品对比)。周劲松^[6]曾对核桃种皮与子叶营养成分进行分析。笔者运用环境扫描电子显微镜、X能谱仪测定分析银杏种子种壳一些主要矿质营养元素的含量,旨在找出银杏种子发育与真菌病理学依据,从而为银杏贮藏保鲜技术的发展提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料 银杏种子采自江苏姜堰果树试验场的成年大树,品种为“佛指”、“龙眼”、“马铃薯”,正常结果,成熟期采收,去除外种皮,晾干保存。

1.2 方法 选取大小均匀,发育良好的种子,于种子中部选取2 mm×2 mm的种壳作为样品。正反面样品分别用双面胶粘贴于样品台,IB-3离子溅射仪喷金20 min,进入XL30-ESEM环境扫描电子显微镜扫描,能谱仪检测Na、Mg、Si、P、S、Cl、K、Ca、Cu、Zn、Pb元素相对含量(原子重量百分比),工作电压20 kV。试验重复3次,计算平均值。

2 结果与分析

2.1 银杏种壳主要矿质元素含量 能谱分析银杏种壳内外壁矿质营养成分含量,结果表明:在所分析的元素中,S含量最高,“马铃薯”种子种壳外壁含量达26.93%(原子重量比,以下相同),最低的佛指内壁达19.22%;其次为P,以佛指外壁最高,为19.75%,最低也是佛指内壁,为12.69%(表1)。植物体内的S大多以半胱氨酸的形式存在,而半胱氨酸又是植物体内其他含S化合物的S源;另外二硫键(—S—S—)又是蛋白质合成中必不可少的,它能稳定蛋白质的结构和功能,很多的辅酶和辅基都有S的参与,如硫辛酸、生物素、铁氧还蛋白、乙酰COA等都包含S。而P进入植物体内后主要以3种形式存在:与糖或醇上的羟基酯化而成的酯类(C—O—P键)、磷脂和高能磷酸键结合的化合物。有研究表明,在银杏种子的发育过程中P对N的吸收具有促进作用^[5]。这两种元素含量高,笔者认为,在银杏种壳中蛋白质含量可能较高,另外银杏种壳可能是一个生理生化反应活跃的区域,种壳中需要大量酶蛋白参与某些化学反应。银杏种壳在种子成熟前担负着向外种皮和核仁运输养分的功能,后两者发育所需要的营养物质,完全由管胞组成的种壳运输,营养物质进入管胞后,通过管胞内部的通道到达种壳的各个部位,然后由管胞通过穿孔向外种皮和核仁输送,从而完成种子发育对养分的需求。在离子通过管胞向银杏种子内外种皮运输时,部分会被管胞所含有的P蛋白所阻截,停留在管胞中,不同的离子受阻截的程度不同^[8]。根据试验结果,笔者认为银杏种壳中S、P的丰富积累可能受到两个方面原因的影响:一是这两种元素直接参与植物体内的生理生化反应环节(酶蛋白),例如质膜ATP酶等;二是这两种元素及其衍生物是管胞的重

基金项目 江苏省教育厅基金项目。

作者简介 凌裕平(1962-),男,江苏常熟人,副教授,从事果树栽培生理研究。

收稿日期 2007-07-06

要成分,种子中所含P大多以磷酸盐和植素形式为主,而S的大量存在很显然是蛋白质积累的结果^[5]。

表1 银杏种壳主要元素成分能谱分析(原子重量百分比) %

项目	Na	Mg	S	P	S	Cl	K	Ca	Cu	Zn	Pb
佛指外壁	9.36	8.55	14.11	19.75	21.25	6.34	3.20	2.68	2.43	6.88	5.45
佛指内壁	11.45	9.62	10.36	12.69	19.22	7.59	7.01	7.69	3.01	3.06	8.30
龙眼外壁	13.30	12.94	10.48	14.24	23.54	7.60	4.60	1.57	1.63	3.30	6.80
龙眼内壁	9.64	8.86	9.77	14.07	22.99	8.26	10.05	3.19	1.98	3.11	8.08
马铃薯外壁	10.50	10.99	13.08	14.79	26.93	4.27	1.62	2.73	2.56	5.56	6.97
马铃薯内壁	9.36	8.55	12.11	14.75	22.25	6.34	5.20	4.68	2.43	6.88	7.45

在银杏种壳中除以上两种元素含量偏高外,Na和S含量与其他植物相比也偏高^[6],这两种元素不是植物必需的元素,而只属于有利元素。在银杏种壳中Na含量为9.36%~13.30%,和其他植物相比较^[6]。生理学家认为,Na与K有相似的生理功能^[9],能部分代替K的生理作用,在缺K条件下,增施Na肥能有效地增加作物产量。能谱分析结果表明,银杏种子积累了大量Na,笔者推测银杏可能是喜Na植物。元素S在银杏的种子中也有明显的积累,含量9.77%~14.11%。在高等植物中,S不是必需元素,对某些植物如藻类是必需的,但有试验证明,S对大多数高等植物来说是一种有用营养元素,S的功能和P、B有相似之处,硅酸和磷酸、硼酸一样能和糖、醇聚合形成酯类化合物^[9]。S对Mn有拮抗作用,在植物营养中,S能有效地降低过量Mn的毒害作用。

2.2 银杏种壳内外壁元素含量差异 3个银杏品种种壳营养元素含量分布具有一定的规律性,种壳外壁元素含量高于内壁的有S、P、S、K、Ca、Cl则相反,其余几种元素表现为不规则变化,但在同一品种中具有相似的含量。银杏种壳完全由管胞组成,管胞中空,没有类似豆科植物种皮的厚壁组织,因此,对银杏种子的保护作用不是种壳的主要作用,而是在发育过程中的养分输导,即通过果柄向果实输送营养物质,然后由管胞组成的输导组织向外输送给外种皮,向内输送给种子供其发育。在银杏种壳外壁中的S、P、S的含量高于内壁,而K、Ca、Cl则内壁高于外壁,其原因可能有两个:一是S、P在植物体内主要是结构物质,是组成蛋白质的主要成分,而组成银杏种壳管胞的主要成分是纤维素和植素,这些需要植物蛋白的参与。S的含量在种壳的外壁明显高于内壁,可能是S参与了银杏种壳的构成,在以后的种子发育过程中有保护种子不受外界环境影响的作用。周劲松^[6]对核桃种子采用能谱分析营养元素含量,结果同样表明,种子中的S也明显高于植物的其他组织;凌裕平等^[7]对银杏吸收根矿质营养元素分析,也表明,种壳的S、P含量大大高于根系。二是与外壁相比,K、Ca、Cl在内壁有一定积累是由于K、Cl在植物体内多以离子的形态存在,银杏种子采收后通过自然堆积腐烂、清洗,存在于外壁管胞中的部分离子流失,因此比例较低,内壁中的这两类元素损失相对于外壁要少一些。而Ca是一种以质外体运输为主的营养元素,尽管Ca也是一种结构物质,但以离子形态在质外体运输过程中会在内壁截流部分,在采收时的去除外种皮过程中部分离子随水流失。

3 小结与讨论

世界各国对矿质营养元素的吸收、分配、利用研究很多,

测定的方法也从最早常规分析方法,发展到火焰光度计、质谱仪、高效气相色谱、液相色谱等,但测定的精确性一直是研究的主要障碍。比较研究各类文献资料也能发现,相同的材料、分析方法存在很大差异。曾志将等^[11]、吴文珊等^[12]分别对多种植物的花粉矿质营养元素含量进行分析,结果在大量元素的含量上相差很大。在某些微量元素含量上,原有的含量基数低,测定技术限制使得数据的精确度更低。分析得到的数据差异更大。陈艳秋等^[13]、刘宁^[14]等分别对苹果梨和荔枝果实矿质营养元素含量进行了测定,结果两者差异很大,达到两个数量级水平。通过EMA技术能精确地得到元素原子比例,如果与标准样品相比,可以得到元素的精确含量。通过分析营养元素的分配规律和利用,从而可以了解植物对矿质营养元素的吸收等规律。该研究利用能谱分析技术对银杏种壳主要营养元素的含量进行分析,基本确定了银杏种壳中几种主要元素的含量比例关系。

银杏种壳中K的含量较低,而P、S的比例较高,应用相同的方法(EMA)与周劲松在核桃种皮上研究成果比较接近,也反映出银杏种壳中含P、S的比例比核桃高。P是DNA和RNA分子的组成部分,它对碳水化合物的形成、转运、相互转化以及对脂肪、蛋白质的形成都起着重要作用。S是生命基础物质蛋白质的主要组成成分,同时S也是代谢活动的积极参加者。此外,S还组成辅酶A的重要官能基——巯基(-SH),成为一种高能贮藏器,参与氨基酸、脂肪和碳水化合物的合成与进一步转化。银杏种壳中P、S比例高,可能的情况是种壳在果实发育过程中在养分的运输分配等环节起着重要作用。试验结果也表明,银杏种壳中Na的含量比其他植物高^[6]。Na在植物体内是一种微量养分。Na离子存在于液泡中,与柠檬酸构成缓冲体系,调节pH,作为一种选择性液泡渗透调节剂,与膨压的产生有关。它对调节细胞的渗透势有着重要的作用,有降低细胞渗透势的作用,从而提高细胞的吸水力和保水力。Na离子与K离子协同,还可刺激ATP酶的活性。很多植物都表现出对Na⁺的生长反应,尤其是当K的供应量适当时,Na⁺浓度的提高,能促进植物生长,银杏种壳中Na⁺含量高也说明种壳在果实发育中维持果实水势平衡、果实膨大方面有重要作用,同时Na⁺在植物中的积累对耐盐机理研究有着重要的意义,一般认为,Na⁺积累多的植物是耐盐性植物。因此,笔者认为银杏可能是一种耐盐的植物,相关的机理还有待进一步研究。

参考文献

- [1] LOU FENGCHANG. Studies on chemical composition seminar on Ginkgo [C]. Committee for '97 International Seminar on Ginkgo. Beijing: [s.n.], 1997.
- [2] 凌裕平,周宏根,周卫东. 银杏种壳超微结构的研究[J]. 扬州大学学报: 农业与生命科学版, 2002, 23(1): 76-78.
- [3] 黄小丹,李素春,于新. 银杏采后真菌病害的初步研究[J]. 仲恺农业技术学院学报, 1998, 12(2): 50-55.
- [4] 王建,魏刚,高成德. 银杏种子矿质元素含量的季节变化与落种的关系[J]. 林业科学研究, 1998, 11(5): 469-473.
- [5] 王建,贾玉彬,张刚民. 银杏种子生长发育过程中营养元素含量的相关性分析[J]. 河北林果研究, 1998, 13(1): 49-53.
- [6] 周劲松. 应用X射线能谱微区分析法测定核桃种皮与子叶的元素含量[J]. 果树学报, 2003, 20(1): 76-77.
- [7] 凌裕平,周卫东,陈鹏,等. 银杏吸收根营养元素吸收及分配规律的能谱分析[J]. 园艺学报, 2004, 31(3): 363-366.

(上接第9529 页)

[8] 霍尔 MA. 植物结构、功能和适应 M. 北京: 农业出版社, 1987: 133 - 197.

[9] 史瑞和. 植物营养原理 M. 北京: 农业出版社, 1989 : 217 - 378.

[11] 曾志将, 颜伟玉. 花粉中矿物质含量 J. 中国养蜂, 2004, 53(4) : 9- 11.

[12] 吴文珊, 刘剑秋, 方玉霖. 薜荔花粉的营养成分研究 J. 福建师范大学

学报: 自然科学版, 1999, 15(3) : 73 - 78.

[13] 陈艳秋, 曲柏宏, 牛广才. 苹果梨果实矿质元素含量及其品质效应的研究 J. 吉林农业科学, 2000, 25(6) : 44- 48.

[14] 刘宁, 李正芬. 贵州矮杨梅果实无机元素含量的分析 J. 微量元素与健康研究, 1998, 15(1) : 50- 63.