

黄连木雌、雄株内源植物激素和 POD 同工酶的比较

马丽媛, 齐国辉*, 李保国, 郭素萍, 张雪梅, 施丽丽, 董丽欣, 刘喜星

(河北农业大学林学院, 河北保定 071000)

摘 要: 为揭示黄连木 (*Pistacia chinensis* Bunge) 不同性别植株的生理差异, 以雌株和雄株叶片为试材, 对叶片赤霉素 (GA_3)、脱落酸 (ABA)、吲哚-3-乙酸 (IAA)、亚精胺 (Spd)、精胺 (Spm) 和腐胺 (Put) 含量变化及过氧化物酶同工酶进行了测定。结果表明, 黄连木雌、雄株叶片 GA_3 含量在 6 至 9 月均达到极显著差异, 含量均在 10 月 8 日达到最大值, 分别为 100.9 $\mu\text{g/g}$ FW 和 92.9 $\mu\text{g/g}$ FW; 雄株叶片 ABA 含量均高于雌株, 雌、雄株叶片 ABA 含量在 5 月 21 日和 7 月 8 日达到极显著差异, 5 月 21 日均为最小值, 含量分别为 222.0 ng/g FW 和 340.1 ng/g FW; 雄株叶片 IAA 含量均高于雌株, 雌、雄植株叶片中 IAA 含量在 8 月 8 日达到极显著差异, 9 月 8 日达到最大值, 分别为 984.8 ng/g FW 和 1000.6 ng/g FW; 雌株 GA_3 /ABA 的比值在 7 月至 9 月极显著高于雄株, 9 月 8 日差异值最大, 为 42.8; 雌、雄株叶片 IAA/ABA 在 5 月 21 日差异值最大, 为 0.54; 雌、雄株叶片 Spd 含量存在显著或极显著差异, 均在 7 月 8 日达到最大值, 分别为 47.9 $\mu\text{g/g}$ FW 和 42.8 $\mu\text{g/g}$ FW; 雄株叶片 Spm 含量均大于雌株, 雌、雄株叶片 Spm 含量在 10 月 8 日达到极显著差异, 均在 7 月 8 日出现最大值, 分别为 24.3 $\mu\text{g/g}$ FW 和 34.5 $\mu\text{g/g}$ FW; 雄株叶片 Put 含量在各个时期均低于雌株, 雌、雄株叶片 Put 含量除 5 月 21 日外, 存在显著或极显著差异, 在 9 月 8 日均达到最大值, 分别为 156.0 $\mu\text{g/g}$ FW 和 135.1 $\mu\text{g/g}$ FW。雌、雄株叶片、叶柄过氧化物酶同工酶有显著差异, 雌株叶片过氧化物酶同工酶有 5 条带, 分别为 POD-1、POD-2、POD-3、POD-4、POD-5; 雄株叶片只有 4 条带, 分别为 POD-2、POD-3、POD-4、POD-5; 雌株叶柄内的过氧化物酶同工酶有 4 条带, 分别为 POD-1'、POD-3'、POD-4'、POD-5', 雄株叶柄内的过氧化物酶同工酶有 3 条带, 分别为 POD-2'、POD-4'、POD-5'。POD-1 为雌株叶片特有条带, POD-1'、POD-3' 为雌株叶柄特有条带, POD-2' 为雄株叶柄特有条带。通过试验得出, 黄连木叶片中 ABA、IAA、Spd、Spm 和 Put 含量与性别有关, 叶片和叶柄的 POD 同工酶条带也是鉴别黄连木性别的有效指标。

关键词: 黄连木; 雌雄株; 内源激素; POD 同工酶

中图分类号: Q945.6⁺¹; S727.4

文献标识码: A

文章编号: 2095-0837(2013)03-0297-07

Content of Endogenous Phytohormones and Isoenzymes of Peroxidase in Male and Female *Pistacia chinensis* Plants Bunge Leaves

MA Li-Yuan, QI Guo-Hui*, LI Bao-Guo, GUO Su-Ping, ZHANG Xue-Mei,
SHI Li-Li, DONG Li-Xin, LIU Xi-Xing

(College of Forestry, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071000, China)

Abstract: To reveal the physiology differences in male and female plants of *Pistacia chinensis* Bunge, the contents of gibberellin (GA_3), abscisic acid (ABA), indole-3-acetic acid (IAA), spermidine (Spd), spermine (Spm), putrescine (Put) and peroxidase isoenzyme in the leaves and petioles of male and female plants were determined. The contents of GA_3 in female and male plants reached maximum values of 100.9 $\mu\text{g/g}$ FW and 92.9 $\mu\text{g/g}$ FW, respectively, on October 8, and showed very significant differences from June to September. The leaf ABA contents in male plants were higher than that in female plants, and showed very significant differences from June to September. The contents of IAA in male plants were higher than that in female plants, and showed very significant differences from June to September. The contents of Spd and Spm in male plants were higher than that in female plants, and showed very significant differences from June to September. The contents of Put in male plants were lower than that in female plants, and showed very significant differences from June to September. The peroxidase isoenzymes in male and female plants showed significant differences. Female leaves had 5 bands, POD-1, POD-2, POD-3, POD-4, and POD-5; male leaves had 4 bands, POD-2, POD-3, POD-4, and POD-5; female petioles had 4 bands, POD-1', POD-3', POD-4', and POD-5'; male petioles had 3 bands, POD-2', POD-4', and POD-5'. POD-1 was a specific band of female leaves, POD-1' and POD-3' were specific bands of female petioles, and POD-2' was a specific band of male petioles. Through the experiment, it was concluded that the contents of ABA, IAA, Spd, Spm, and Put in *Pistacia chinensis* leaves were related to gender, and the POD isoenzyme bands in leaves and petioles were also effective indicators for identifying the gender of *Pistacia chinensis*.

收稿日期: 2012-09-25, 修回日期: 2012-11-30。

基金项目: 国家林业局林业公益性行业专项(201004024)。

作者简介: 马丽媛(1986-), 女, 河北晋州市人, 硕士, 研究方向为经济林栽培生理学(E-mail: carolmly@126.com)。

* 通讯作者(Author for correspondence. E-mail: bdqgh@sina.com)。

cant differences on May 21 and July 8, and reached minimum values of 222.0 ng/g FW and 340.1 ng/g FW, respectively, on May 21. The leaf IAA contents in male plants were higher than that in female plants, with the contents in female and male maximum values of 984.8 ng/g FW and 1000.6 ng/g FW, respectively, reached on September 8, and very significant differences exhibited on August 8. The ratios of leaf GA_3 /ABA in female plants were very significantly higher than that in male plants from July to September, and reached a maximum difference value of 42.8 on September 8. The maximum difference value of leaf IAA/ABA in male and female plants was 0.54 on May 21. The contents of Spd in female and male plants reached maximum values of 47.9 μ g/g FW and 42.8 μ g/g FW, respectively, in July, and there existed significant or very significant differences. The leaf Spm contents in male plants were higher than that in female plants, showing very significant differences on October 8 and reaching maximum values of 24.3 μ g/g FW and 34.5 μ g/g FW, respectively. The leaf Put contents in male plants were lower than that in female plants, with significant or very significant differences observed (except on May 21), and maximum values of 156.0 μ g/g FW and 135.1 μ g/g FW, respectively, on September 8. Significant differences were observed in peroxidase isoenzymes among male and female leaves and petioles. The peroxidase isoenzyme bands in female plant leaves were POD-1, POD-2, POD-3, POD-4, and POD-5, but the male plants bands were POD-2, POD-3, POD-4, and POD-5. The peroxidase isoenzyme bands in female plant petioles were POD-1', POD-3', POD-4', and POD-5', but the male plant bands were POD-2', POD-4', and POD-5'. The POD-1 was the endemic band in female plants leaves; POD-1' and POD-3' were the endemic bands in female plant petioles, and POD-2' was the endemic band in male plant petioles. From the above trial, we obtained the conclusions that the leaf ABA, IAA, Spd, Spm and Put contents were related to *P. chinensis* Bunge sex, and the peroxidase isoenzyme bands in leaves and petioles were the efficiency index to identify sex of *P. chinensis* Bunge.

Key words: *Pistacia chinensis* Bunge; Male and female plants; Endogenous hormones; Peroxidase isoenzyme

内源激素与植物的性别分化有关, 它们对植物性别表达的调控作用已经在很多植物上得到证明。植物激素对植物的生长发育有重要的调节控制作用^[1], 不同植物雌、雄株(花)内源激素含量有很大差异。赤霉素(GA_3)有利于雄性性别的表达, 而细胞分裂素和吲哚-3-乙酸(IAA)更有利于雌性性别的表达, 但这种激素对性别表达的作用并不是对所有的雌雄异株植物都适用^[2]。有研究表明, 脱落酸(ABA)完全或部分抵消 GA_3 的促雄作用, 就是说 ABA 具有促雌作用^[3]。刘芸等^[4]对栝楼关键时期的内源激素含量变化进行了分析, 确定了植物调节物质和植物性别分化的关系。多胺在植物激素平衡、遗传物质表达和营养物质分配等方面均有重要作用^[5], 汪俏梅和曾广

文^[6]认为多胺可能是通过影响诱导信号而发挥调节作用的, 即以其含量或比值的变化来调节内源激素水平影响特异蛋白的合成, 从而参与调控性别分化程序的表达; 柑橘^[7]开花时, 腐胺(Put)和亚精胺(Spd)大部分集中在子房, Spd 含量可能与雌花生长发育有关, Put 含量可能与雄花分化有关。同工酶是指生物体内催化相同反应而分子结构不同的酶, 在植物雌、雄性别的鉴定和分化机理的研究中, 同工酶标记是常用的一种研究手段, 可用于鉴别许多在开花前从外部形态上难以鉴别雌雄的植物^[8,9]。

黄连木(*Pistacia chinensis* Bunge), 别名药木、药树、楷树、黄楝树、药瘤木, 属漆树科黄连木属, 雌雄异株, 落叶树种^[10], 在我国分布广泛,

是一种优良的绿化、用材、观赏、药用和油料树种，也是一种可以带动多种产业发展的高效树种^[11]。黄连木是重要的生物质能源植物，其油是不干性油，可用做工业原料或食用。在能源短缺和环境污染不断加剧的今天，以生物质燃料油替代石油燃料已成重要趋势。黄连木雌株果实的含油量可达35%以上，种子含油率达40%左右，具有较高的栽培价值^[12]，而雄株只能作为授粉树，栽培的经济效益较低，因此，对黄连木苗木的性别鉴定尤其是早期鉴定显得尤为重要。关于黄连木雌、雄株叶片保护酶活性及部分内含物差异已有报道^[13]，但还未见对雌、雄株内源激素及同工酶差异的研究。我们通过研究黄连木雌株和雄株叶片 GA₃、ABA、IAA、Spd、精胺(Spm)、Put 含量变化及过氧化物酶同工酶的差异，以期从生理水平上揭示黄连木雌、雄株的差异，以便为雌、雄株鉴定提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于河北省顺平县神南乡新华村，该地区属太行山区，地理位置为北纬 39°1'38"，东经 114°54'49"，海拔高度为 50~276 m，属暖温带大陆性季风气候，四季分明，春季多风沙，夏季炎热多雨，冬季寒冷有雪；年平均气温在 12.3℃左右，1月平均气温 -3.9℃，7月平均气温 25.8℃，无霜期 180 d；年均降水量 529 mm，降水多集中在 6~8 月份。试验树呈自然散生状分布，其他植被主要有荆条和营草。土壤主要为石灰岩风化物，较贫瘠。

1.2 试验材料

试验材料为生长正常、立地条件及树体生长情况基本一致的 70 年黄连木雌株、雄株各 5 株，分别于 2010 年 5 月 21 日、6 月 8 日、7 月 8 日、8 月 8 日、9 月 8 日和 10 月 8 日，采集健壮发育枝新梢中部发育健全无病虫害的叶片，每株树东、南、西、北四个方向各选取两个发育枝，每个发育枝采集 5~10 枚复叶，带叶柄，冰盒冷藏保存带回实验室，-70℃保存，用于测定黄连木叶片中的激素、多胺含量及过氧化物酶同工酶。

1.3 试验方法

(1)内源激素的提取和纯化参照于玉梅等^[14]的方法。色谱条件为：流动相(甲醇：0.075%冰醋酸水溶液 = 45：55)，柱温 30℃，流速 0.8 mL/min，检测波长 254 nm，进样量 10 μL。

多胺含量的测定采用高效液相色谱法^[15]。色谱条件为：流动相(甲醇：乙腈：水 = 65：5：31)，柱温 25℃，流速 0.5 mL/min，检测波长 254 nm，进样量 10 μL。

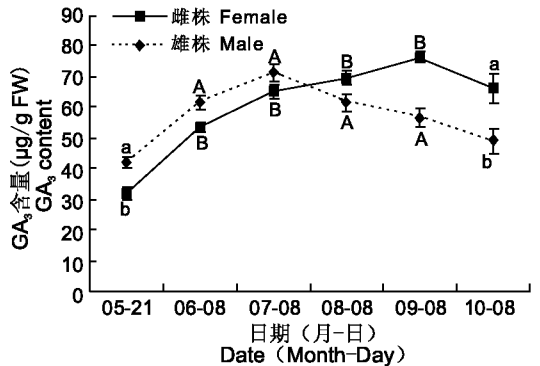
(2)过氧化物酶同工酶的研究采用聚丙烯酰胺凝胶电泳法^[8]。

2 结果与分析

2.1 雌、雄株叶片主要内源激素含量及比值

2.1.1 叶片 GA₃ 含量

生长季节内黄连木雌、雄株叶片 GA₃ 含量存在差异(图 1)。雄株叶片 GA₃ 含量 5 月 21 日至 7 月 8 日均高于雌株，8 月 8 日至 10 月 8 日低于雌株。雌、雄株的 GA₃ 含量均在 5 月 21 日出现最小值，分别为 31.7 μg/g FW 和 41.9 μg/g FW。黄连木雌、雄株间的 GA₃ 含量在 5 月 21 日和 10 月 8 日有显著差异，在 6 至 9 月均达到极显著差异，其中 9 月 8 日差异最大，为 19.9 μg/g FW。



大写字母代表 1% 水平上存在差异；小写字母代表 5% 水平上存在差异。下同。
Capital letters mean significant at the 1% level; small letters mean significant at the 5% level. Same below.

图 1 黄连木雌雄株叶片 GA₃ 含量
Fig. 1 Leaf GA₃ content in male and female plants of *Pistacia chinensis* Bunge

2.1.2 叶片 ABA 含量

生长季节内黄连木雌、雄株叶片 ABA 含量在

不同生长期呈现出不同的变化趋势(图 2)。生长季节内雄株叶片 ABA 含量均高于雌株,雌、雄株叶片 ABA 含量均呈现先上升后降低,然后再上升的变化趋势。5 月 21 日,黄连木雌、雄株的 ABA 含量均为最小值,分别为 221.9 ng/g FW 和 340.1 ng/g FW,可能是由于此时新梢、叶片处于旺盛生长期,故抑制生长的内源激素 ABA 含量较低。10 月 8 日叶片 ABA 含量最高,雌、雄株的 ABA 含量分别为 772.6 ng/g FW 和 812.9 ng/g FW,这可能是此时树体逐渐进入休眠期,叶片进入脱落状态的原因(9 月中下旬黄连木的树叶开始变红,逐渐进入脱落期)。黄连木雌、雄株间的 ABA 含量在 5 月 21 日和 7 月 8 日达到极显著差异,在 8 月 8 日、9 月 8 日和 10 月 8 日有显著差异,其中 5 月 21 日差异值最大,为 113.4 ng/g FW。

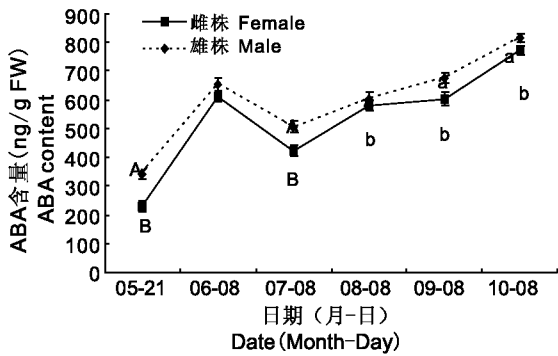


图 2 黄连木雌雄株叶片 ABA 含量
Fig. 2 Leaf ABA content in male and female plants of *Pistacia chinensis* Bunge

2. 1. 3 叶片 IAA 含量

生长季节内黄连木雌、雄株叶片 IAA 含量变化趋势基本相同(图 3)。生长季内雄株叶片 IAA 含量均高于雌株。雌、雄株叶片的 IAA 含量 5 月 21 日至 7 月 8 日变化不明显,7 月 8 日至 9 月 8 日 IAA 含量大幅度上升,在 9 月 8 日达到最大值,分别为 984.8 ng/g FW 和 1000.6 ng/g FW。9 月 8 日至 10 月 8 日雌、雄株的 IAA 含量急剧下降,10 月 8 日达到最小值,分别为 102.9 ng/g FW 和 152.1 ng/g FW。黄连木雌、雄株间的 IAA 含量在 6 月 8 日、7 月 8 日、9 月 8 日和 10 月 8 日均有显著差异,在 8 月 8 日达到极显著差异,差异值为 106.5 ng/g FW。

2. 1. 4 叶片 GA₃/ABA 和 IAA/ABA 的比值

生长季节内黄连木雌、雄株叶片 GA₃/ABA 和

IAA/ABA 的比值均存在差异(图 4)。雌、雄株的 GA₃/ABA 均为先下降再上升再下降的变化趋势,5 月 21 日和 7 月 8 日后,雄株 GA₃/ABA 的比值小于雌株,5 月 21 日和 10 月 8 日雌、雄株叶片的 GA₃/ABA 的比值有显著差异,7 月至 9 月雌株 GA₃/ABA 的比值极显著高于雄株;雌、雄株的 IAA/ABA 均呈现先下降再上升再下降的变化趋势,8 月 8 日雌、雄株叶片的 IAA/ABA 比值有显著差异,5 月 21 日、7 月 8 日和 10 月 8 日达到极显著差异。雌、雄株的 GA₃/ABA 在 9 月 8 日差异最大,为 42.8, IAA/ABA 在 5 月 21 日差异最大,为 0.54。

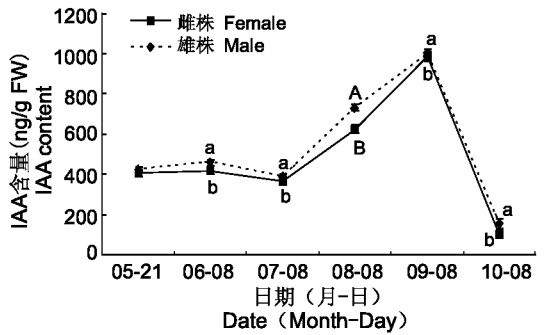


图 3 黄连木雌雄株叶片 IAA 含量
Fig. 3 Leaf IAA content in male and female plants of *Pistacia chinensis* Bunge

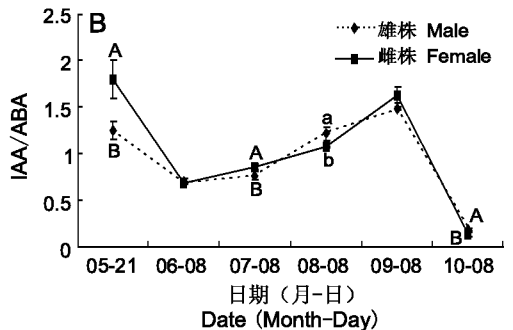
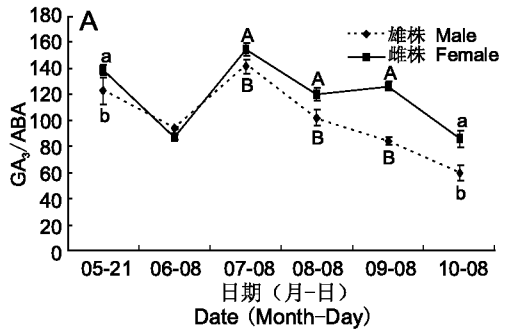


图 4 黄连木雌、雄株叶片 GA₃/ABA (A) 和 IAA/ABA (B) 的比值
Fig. 4 Leaf GA₃/ABA (A) and IAA/ABA (B) ratios in male and female plants of *Pistacia chinensis* Bunge

2.1.5 叶片 Spd 含量

生长季节内黄连木雌、雄株叶片 Spd 含量差异较大,但变化趋势基本一致(图5)。雄株叶片 Spd 含量在5-6月大于雌株,而6月之后,雄株叶片 Spd 含量小于雌株。雌、雄株叶片 Spd 含量均呈现先上升后下降的趋势,并且均在7月8日达到最大值,分别为47.9 μg/g FW 和42.8 μg/g FW。黄连木雌、雄株间叶片的 Spd 含量存在显著或极显著差异,在5月21日、7月8日和10月8日达到显著差异,在6月8日、8月8日、9月8日均达到极显著差异,8月8日差异值最大,为10.6 μg/g FW。

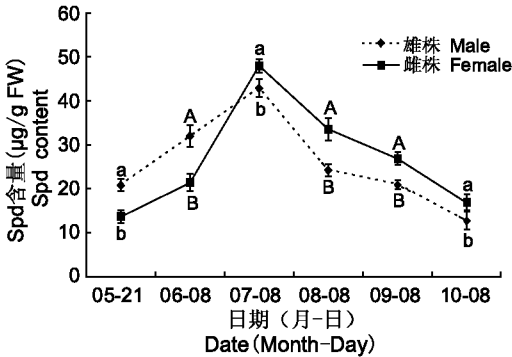


图5 黄连木雌雄株叶片 Spd 含量

Fig. 5 Leaf Spd content in male and female plants of *Pistacia chinensis* Bunge

2.1.6 叶片 Spm 含量

生长季节内黄连木雄株叶片 Spm 含量均大于雌株(图6)。叶片 Spm 含量均呈“M”型变化趋势。雌、雄株的 Spm 含量均在7月8日出现最大值,分别为24.3 μg/g FW 和34.5 μg/g FW,在10月8日出现最小值,分别为4.4 μg/g FW 和8.0 μg/g FW。黄连木雌、雄株间叶片的 Spm 含量在7月

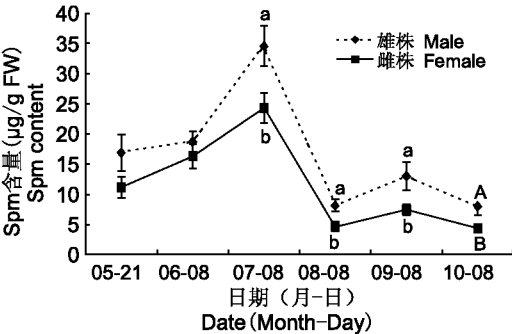


图6 黄连木雌雄株叶片 Spm 含量

Fig. 6 Leaf Spm content in male and female plants of *Pistacia chinensis* Bunge

8日、8月8日、9月8日呈现显著差异,在10月8日达到极显著差异。

2.1.7 叶片 Put 含量

生长季节内黄连木雄株叶片 Put 含量在各个时期均低于雌株(图7)。叶片 Put 含量在生长季节内均呈现“M”型变化趋势。雌、雄株的 Put 含量在9月8日均达到最大值,分别为156.0 μg/g FW 和135.1 μg/g FW,在10月8日达到最小值,分别为24.8 μg/g FW 和16.1 μg/g FW。黄连木雌、雄株间的 Put 含量除5月21日外,存在显著或极显著差异,6月8日、9月8日、10月8日有显著差异,在7月8日和8月8日达到极显著差异,其中7月8日差异值较大,为18.9 μg/g FW。

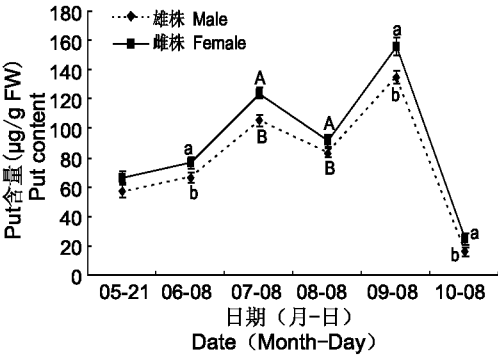


图7 黄连木雌雄株叶片 Put 含量

Fig. 7 Leaf Put content in male and female plants of *Pistacia chinensis* Bunge

2.2 雌、雄株过氧化物酶同工酶差异

2.2.1 雌、雄株叶片内过氧化物酶同工酶差异

黄连木雌、雄株叶片内的过氧化物酶同工酶图谱存在明显差异(图8)。雄株的只有POD-2、POD-3、POD-4、POD-5条酶带,而雌株的过氧化物酶同工酶条带有POD-1、POD-2、POD-3、POD-4、POD-5,雌、雄株叶片的过氧化物酶同工酶带数目有明显差异,在相同性别中,酶带强弱也表现出个体差异。

2.2.2 雌、雄株叶柄内过氧化物酶同工酶的研究

黄连木雌、雄株叶柄内的过氧化物同工酶图谱差异较大(图9)。雄株的有POD-2'、POD-4'、POD-5'条酶带,而雌株的过氧化物酶同工酶条带有POD-1'、POD-3'、POD-4'、POD-5',POD-2'为雄株的特有条带,POD-4'、POD-5'为雌、雄株叶柄的共有条带,雌、雄株叶柄的过氧化物酶同工

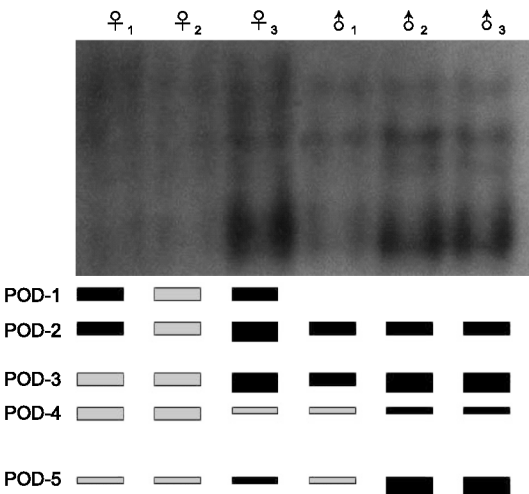


图 8 黄连木雌、雄株叶片内的 POD 同工酶图谱(下图示模式图)

Fig. 8 Peroxidase isoenzyme patterns of *Pistacia chinensis* Bunge leaves in PAGE (figure below indicate pattern map)

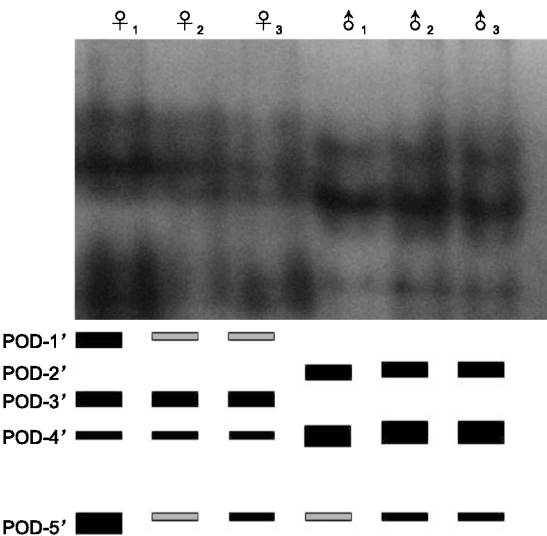


图 9 黄连木雌、雄株叶柄内的 POD 同工酶图谱(下图示模式图)

Fig. 9 Peroxidase isoenzyme pattern of *Pistacia chinensis* Bunge petiole in PAGE (figure below indicates pattern map)

酶带数目有明显差异,并且在相同性别中,酶带强弱也表现出个体差异。

3 讨论

通过对黄连木植株叶片内源激素含量测定,发现雄株叶片内 GA₃含量在 5 月 21 日至 7 月 8 日高于雌株,7 月后低于雌株,且在 5 月 21 日和 10 月 8 日有显著差异,在 6 月 8 日、7 月 8 日、8 月 8

日和 9 月 8 日均达到极显著差异,其中 9 月 8 日差异值最大,为 19.9 μg/g FW;雄株叶片 ABA 含量均高于雌株,雌、雄株叶片 ABA 含量存在显著或极显著差异;雄株叶片 IAA 含量均高于雌株,雌、雄株叶片 IAA 含量在 6 月至 10 月均有显著差异。因此,这些雌、雄株叶片 GA₃、ABA、IAA 含量存在显著或极显著差异的时期均可作为雌、雄鉴定的参考指标。有研究表明,一些雌雄同株植物 GA₃ 有明显的促雌效果^[2],王白坡等^[16]分析了银杏雌雄株芽尖及叶片中内源激素含量,在整个生长季节雌株芽尖中 GA₃ 的平均含量比雄株高 20% 以上;而 ABA 和 IAA 相反,雄株高于雌株。雌雄异株的石刁柏植物雄株的 IAA 含量高于雌株^[2,17]。本研究中,ABA 和 IAA 含量在雌、雄株的分布规律与前人研究结果一致,表明 ABA 和 IAA 与黄连木性别有关。Sidorskii^[18]认为植物的雌性化是由于全面的生长延迟,黄连木雄株的 GA₃ 含量在前期大于雌株,可能是雌株生长延迟的原因。研究表明,不同种类植物激素的生理效应有着相互促进和相互拮抗的效果,因此植物激素间的平衡关系对植物生长发育的调节作用更为重要^[19,20],陈学好等^[21]认为 GA₃、ABA 和 IAA 之间的比值对雌雄性别的影响较小,本研究中,叶片 GA₃/ABA 和 IAA/ABA 的比值对黄连木性别的影响不明显。

雌、雄株叶片 Spd 含量存在显著或极显著差异,因此,Spd 含量也是鉴别黄连木雌、雄株的参考指标之一。雄株叶片 Spm 含量大于雌株,7 月 8 日、8 月 8 日和 9 月 8 日雌、雄株的 Spm 含量有显著差异,10 月 8 日达到极显著差异,因此可以把这几个月的 Spm 含量作为鉴定黄连木雌、雄株的参考指标之一。雌、雄株叶片 Put 含量除 5 月 21 日外,存在显著或极显著差异。陈学好和曾广文^[22]的研究结果证明高含量的 Spm 有利于雄株的雄花发育,而高含量的 Spd 有利于雌株的雌花发育。郑芝波^[23]研究认为无论龙眼还是荔枝,高含量的 Put、Spd 有利于雌性分化。本研究中,黄连木叶片中的 Spd、Spm 和 Put 含量与前人研究结果一致,表明 Spd、Spm 和 Put 与黄连木性别有关。

POD 同工酶的数量和相对浓度与植物生长发育密切相关,其与性别分化的关系已引起广泛关

注^[8-9,24], 成为研究最多、应用最广的同工酶。由于酶带的表达先于性别表现, 且差异可从酶谱和酶带定量地测出, 因而作为性别早期鉴定指标较其它生化指标更为可靠。雌雄异株植物 POD 同工酶谱带一般雌株多于雄株, 研究表明, 银杏雌株有 5 条谱带, 雄株有 3 条谱带, 可作为银杏性别鉴定的指标^[9]; 李慧敏等^[24]对罗汉果雌雄株进行 POD 同工酶研究, 发现酶带条数有明显差异, 雄株有 P2、P3、P4、P5、P8、P11 共 6 条酶带, 而雌株有 P1、P2、P3、P4、P6、P7、P8、P9、P10 共 9 条酶带。本研究表明, 黄连木雌、雄株叶片和叶柄的 POD 同工酶条带都具有明显差异, 也表现为雄株 POD 同工酶谱带少于雌株, 雄株叶片的 POD 同工酶条带有 4 条, 雌株有 5 条, 雄株比雌株少 1 条带; 雄株叶柄的过氧化物酶同工酶条带有 3 条, 雌株有 4 条。POD-1 为雌株叶片特有条带, POD-1'、POD-3' 为雌株叶柄特有条带, POD-2' 为雄株叶柄特有条带。

参考文献:

- [1] 王丽萍, 李志刚, 谭乐和, 宋应辉, 练飞松, 杨逢春, 闫林, 吴刚. 植物内源激素研究进展[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(4): 1912-1914.
- [2] Khryanin V N. Role of phytohormones in sex differentiation in plants[J]. *Russian J Plant Physiol*, 2002, 49 (4): 545-551.
- [3] 张华峰, 孟庆忠, 杨品玲. 植物生长物质在园艺作物性别分化中的生理效应[J]. 辽宁农业科学, 2000(2): 37-38.
- [4] 刘芸, 钟章成, 王小雪, 谢君, 杨文英. 栎类雌雄植株激素和多胺含量的比较[J]. 园艺学报, 2010, 37(10): 1645-1650.
- [5] 孙文全. 多胺代谢与园艺植物开花的关系——文献述评[J]. 园艺学报, 1989, 16(3): 178-180.
- [6] 汪俏梅, 曾广文. 激素和多胺对苦瓜性别分化的影响[J]. 园艺学报, 1997, 24(1): 48-50.
- [7] Kushad M M, Orvs A R, Yelenowsky G. Relative changes in polyamine during citrus flower development[J]. *Hortscience*, 1990, 25: 946-948.
- [8] 钟海文, 杨中汉, 朱广廉, 曹宗巽. 根据过氧化物酶同工酶图谱鉴定银杏 (*Ginkgo biloba* L.) 植株的性别[J]. 林业科学, 1982, 18(1): 1-4.
- [9] 温银元, 袁铁梅, 王玉国, 秦作霞. 银杏雌雄株间多种同工酶和磷酸腺苷含量的差异[J]. 山西农业

- 科学, 2008, 36(6): 84-85.
- [10] Avi G, Irena P, Yehudith B. Inflorescence bud proteins of *Pistacia vera* [J]. *Trees-Structure and Function*, 1998(12): 415-419.
- [11] 秦飞, 郭同斌, 刘忠刚, 宋明辉. 中国黄连木研究综述[J]. 经济林研究, 2007, 25(4): 90-96.
- [12] 牛正田, 李涛, 菅根柱, 张玉洁. 黄连木资源概况、栽培技术及综合利用前景[J]. 经济林研究, 2005, 23(3): 68-71.
- [13] 马丽媛, 齐国辉, 李保国, 郭素萍, 卢铁兵. 黄连木雌、雄株叶片几种保护酶活性及主要内含物含量的比较[J]. 河北农业大学学报, 2012, 35(2): 48-52.
- [14] 于玉梅, 刘春香, 朱妍妍, 张卫华, 王志峰, 曹齐卫, 孙小镭. 高效液相色谱法在黄瓜果内源激素测定上的应用及改进[J]. 山东农业科学, 2008(7): 97-99.
- [15] Redmond J W. HPLC determination of putrescine cadaverine spermidine and spermine[J]. *J Chromatogr*, 1979, 170: 479-481.
- [16] 王白坡, 程晓建, 戴文圣. 银杏雌雄株内源激素和核酸的变化[J]. 浙江林学院学报, 1999, 16(2): 114-118.
- [17] 张上隆, 陈昆松. 园艺学进展[M]. 北京: 中国农业出版社, 1994: 497-501.
- [18] Sidorski A G. Reorientation of sexual differentiation as affected by physiologically active substances [J]. *Usp Sovrem Biol*, 1978, 85: 111-124.
- [19] 任桂杰, 陈永哲, 董合忠, 陈穗云. 棉花花芽分化及内源激素变化规律的研究[J]. 西北植物学报, 2000, 20(5): 847-850.
- [20] 唐定台, 徐民新, 冯永红. 石竹试管花的诱导及其影响因子的研究[J]. 园艺学报, 1996, 23(3): 277-280.
- [21] 陈学好, 曾广文, 曹磊生. 黄瓜花性别分化与内源激素的关系[J]. 植物生理学通讯, 2002, 38(4): 317-320.
- [22] 陈学好, 曾广文. 黄瓜花性别分化与内源多胺的关系[J]. 植物生理与分子生物学报, 2002, 28(1): 17-22.
- [23] 郑芝波. 龙眼性别分化的生化研究[D]. 福州: 福建农林大学, 1999.
- [24] 李惠敏, 黄夕洋, 高成伟, 秦新民. 罗汉果雌雄株同工酶性别鉴定研究[J]. 广西植物, 2007, 27(5): 792-795.