

珍稀濒危植物张氏红山茶花的花发育形态及生理特性研究

朱高浦¹, 李纪元^{1*}, 李辛雷¹, 范正琪¹, 倪穗^{1,2}

(1. 中国林业科学研究院 亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400; 2. 宁波大学 生命科学与工程学院, 浙江 宁波 315211)

摘要: 以珍稀濒危植物张氏红山茶为材料, 对其花发育形态及分化过程中生理指标动态变化进行了研究。采用定株调查的方法, 通过观察、统计、解剖等确定张氏红山茶盛花期花芽着生位置并划分5个发育阶段, 以分光光度法测定了5个发育阶段可溶性糖、可溶性蛋白和核酸含量等的动态变化。结果表明: 盛花期花芽着生位置主要在枝条顶端, 占70.0%; 花芽和叶芽的着生位置存在竞争现象; 花芽不同发育阶段可溶性糖、可溶性蛋白、核酸含量变化趋势各不相同; 在5个发育阶段, 可溶性糖含量始终最高; 在中期(Stage 3)可溶性蛋白含量最高。可溶性糖、核酸、可溶性蛋白三种物质含量在花芽发育末期(Stage 5)存在大致10:2:1的比例。

关键词: 张氏红山茶; 花发育; 形态; 生理特性

中图分类号: S685.14 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2011)04-0507-06

Morphology and physiological characteristics of flower development in *Camellia changii* Ye, an endangered and rare plant

ZHU Gao-Pu¹, LI Ji-Yuan^{1*}, LI Xin-Lei¹,
FAN Zheng-Qi¹, NI Sui^{1,2}

(1. *Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Fuyang 311400, China;*

2. Faculty of Life Science and Biotechnology, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

Abstract: The flower development morphology and physiological characteristics of *Camellia changii* Ye, one of the endangered and rare species, were investigated. The formation sites and five developmental stages of flower buds were identified by observation, statistics and freehand section. Meanwhile, the dynamic changes among soluble sugar, soluble protein and nucleic acid contents were mensurated by ultraviolet absorption method. The results showed that flower buds sites were mainly located on the top of shoots, accounting for about 70.0%; formation sites of flower and leaf buds competed with each other. Flower buds at different stages had different trend among soluble sugar, soluble protein and nucleic acid contents. The soluble sugar content was the highest in all stages; soluble protein had the highest content at middle stage(Stage 3); the rate of contents among soluble sugar, nucleic acid and soluble protein

收稿日期: 2010-08-10 修回日期: 2010-11-15

基金项目: 浙江省国际合作重大项目(2008C14065); 国家林业局“948”项目(2007-4-04); 林业公益性行业科研专项(200704028); 浙江省院合作林业科技项目(2008SY08); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(CAFYBB2007020); 国家科技部国际合作项目(2011DFA30490); 宁波市国际合作项目(2010D10013)[Supported by Major Program of International Cooperation of Zhejiang Province(2008C14066); “948”Projects of the National Forestry Administration of China(2007-4-04); the Scientific Research Fund for Forestry Public-interest Vocation(200704028); Cooperation Program of Forestry Science and Technology Between Zhejiang Province and CAF(2008SY08); Central Public-interest Scientific Institution Basal Research Fund of China(CAFYBB2007020); International Cooperation Program of Ministry of Science and Technology(2011DFA30490); International Cooperation Program of Ningbo City(2010D10013)]

作者简介: 朱高浦(1981-), 男, 河南襄城人, 在读研究生, 从事园林植物与观赏园艺研究, (E-mail) Zhugaopu@163.com.

通讯作者: 李纪元, 博士, 研究员, 博士生导师, (E-mail) Jiyuan_li@126.com.

were about 10 : 2 : 1 in Stage 5.

Key words: *Camellia changii* Ye; flower development; morphology; physiological characteristics

张氏红山茶(*Camellia changii* Ye)又名杜鹃红山茶,山茶科山茶属。在一年当中不断有新花芽形成,可实现四季开花,盛花期在6~10月(卫兆芬,1986;张宏达等,1998;朱高浦等,2009)。仅在中国阳春市有自然种群分布,现存野生原种数量极其稀少,于2004年被《中国物种红色名录》列为极危种(汪松等,2004)。山茶花花期一般较短,且开放在秋、冬、春季节,也有少数晚花类型,比如我国传统茶花名种‘十八学士’,花期从头年12月持续到次年4月中下旬结束。因此,一年之中,从5月到9月份,难以看到茶花的身影。而张氏红山茶的发现弥补了山茶属物种夏季无花开的空白,是发现的山茶属中最有潜力的培育四季或夏季开花的最佳亲本(高继银等,2005;朱高浦等,2009)。

植物花芽形态发育和内部生理变化是紧密联系的,通常以可溶性糖、核酸含量等生理指标的动态变化作为衡量花芽微观特征的常用指标(Schmid,1970;王磊,2004;张艳红等,2007;张姝媛等,2008;梁芳等,2008)。由于张氏红山茶一年四季不断分化叶芽和花芽,因此凡是涉及两类芽的生物学实验,必须准确加以分辨,才能进行采样等后续实验。本实验研究了张氏红山茶花芽着生部位和花发育的形态特征,并将处于不同发育时期的花芽划分为5个发育阶段,通过测定5个不同花发育阶段可溶性糖、可溶性蛋白、核酸含量等三个生理指标的动态变化情况,探索张氏红山茶开花的生理机制。

1 材料与方 法

1.1 原产区与引种区生态环境条件

张氏红山茶自然种群地理分布于中国广东省阳春市西南部的鹅凰嶂自然保护区(111°21'29"~111°36'03" E,21°50'36"~21°58'40" N),属热带北缘雨林气候,海拔50~175 m之间,分布范围小于100 km²。该地年均气温22.1℃,最高温38.4℃出现在7月,平均气温28.2℃;最低温-1.8℃出现在1月,平均14.3℃。年均降雨量为3428.9 mm,最高可达4752.2 mm。引种区浙江富阳市(119°56'~120°02' E,30°03'~30°06' N),属中亚热带季风气候,季风显著,四季分明,降水充沛,温暖湿润。夏季

炎热,冬少严寒;年均气温16.1℃,极端最高气温40.2℃,极端最低-14.1℃;年降水量1441.9 mm。

1.2 材 料

张氏红山茶嫁接植株生长于中国林业科学研究院亚热带林业研究所的温室大棚中,嫁接砧木为‘红露珍’。花芽被采集后,用冰盒带回实验室,做徒手切片或研钵研磨后提取可溶性糖、可溶性蛋白和核酸。

1.3 方 法

(1)2009年6月15日起从嫁接扩繁的张氏红山茶植株上,统计芽的发育状态及叶芽、花芽的着生部位,共99株,每7 d统计1次,至2009年10月1日止。(2)2009年8月20日采用定株的方法从嫁接扩繁的张氏红山茶植株(枝条)顶部,采集处于不同发育时期的新鲜花芽,每次6株,重复3次。用游标卡尺测量花芽长度和宽度(包含花芽最宽和最窄处宽度),称重后,按照长、宽、重量分组,共划分5个发育阶段测定生理指标。(3)生理指标可溶性糖和可溶性蛋白按照郝建军等(2006)分别用蒽酮比色法和考马斯亮蓝比色法测定含量,核酸含量测定按照朱广廉等(1990)紫外吸收光度法。分光光度计为岛津UV2501,工作温度25℃,相对湿度70%。

2 结果与分析

2.1 花芽在植株上着生部位

张氏红山茶四季不断分化叶芽和花芽,因此在一株上可同时看到不同分化时期的叶芽和花芽,到盛花期芽分化数量达到高峰。从外观上通常花芽比叶芽显得胖大、饱满,但在芽的发育初期,叶芽和花芽很难从外观上准确分辨,这就为实验中花芽的确认带来困难,为了保证实验获得的芽均为花芽,统计了99株张氏红山茶花芽、叶芽的数量和着生部位(表1)。从表1看出,在着生部位上,花芽和叶芽均主要分布在枝条的顶部,其比率分别为70.0%和84.2%,并通常呈簇生状(图1);其它部位着生较少,花芽为30%,叶芽为15.8%。但花芽和叶芽存在着生部位的竞争现象,即在着生花芽的部位不着生叶芽(顶芽除外)或在着生叶芽的部位不着生花芽。但这种现象不是绝对的,也存在很小比例花、叶芽同生现象。

表 1 张氏红山茶花芽和叶芽着生位置统计

Table 1 Positions statistics of flower buds and leaf buds of *C. changii* Ye

项目 Item	芽在枝条着生位置 Positions of buds on shoots(%)				数量(个) Amount	比例 Rate (%)
	枝条顶部 Branches top	第 1 节间腋芽 The first axillary buds	第 2 节间腋芽 The second axillary buds	第 2 节间下腋芽 The second axillary below		
花芽 Flower buds	70.0	18.2	9.1	2.7	110	36.7
叶芽 Leaf buds	84.2	7.9	6.3	1.6	190	63.3



图 1 张氏红山茶自然状态下花芽和叶芽的着生部位与形态

Fig. 1 Positions and morphology of flower and leaf buds of *C. changii* Ye in nature

表 2 张氏红山茶不同发育形态阶段划分

Table 2 Stage division of flower buds of *C. changii* Ye at different development stages

	长度 Length (mm)	宽度 Width (mm)		均重量 The average weight(g)
		最宽 The widest	最窄 The narrowest	
Stage 1	12.39±0.49cD	5.02±0.28cC	4.57±0.40dC	0.11±0.01eD
Stage 2	13.61±0.31cCD	5.58±0.56bcC	5.14±0.26dBC	0.18±0.02dD
Stage 3	16.21±0.47bBC	6.35±0.76cBC	6.12±0.51cB	0.26±0.02cC
Stage 4	18.15±0.64bB	7.76±0.25aAB	7.48±0.56bA	0.44±0.03bB
Stage 5	21.64±2.61aA	8.48±0.72aA	8.41±0.73aA	0.62±0.05aA

注: 表中数据为 3 次试验 9 组平均值; 不同字母表示差异水平(小写字母差异显著性为 0.05, 大写字母为 0.01 水平)。

Notes: Data in the table are the average of two independent measurements in 9 groups; different letters are significant levels (lowercase < 0.05, capital letter < 0.01).

2.2 花发育形态阶段确定

从表 2 可以看出, 按照长度、宽度和均重, 可以将花芽分为 5 个发育时期, 分别为 Stage 1、Stage 2、Stage 3、Stage 4、Stage 5, 所对应 5 个时期的外部形态见图 2。从外观上看, Stage 1 为花芽发育的初期, 与叶芽极其相似, 无法准确分辨出花芽与叶芽。从解剖特征(图 3)可以看出, 出于 Stage 1 阶段的雌雄蕊尚未凸起, 是雌雄蕊发育的初级阶段; Stage 2 为花芽形态发育的前期, 此时开始花芽逐渐发育饱满(图 2), 内部可见青色的雌雄蕊(图 3); Stage 3 为发育的中期(图 2), 花芽(图 1:A)明显比叶芽(图 1:B)饱满、胖大, 可明显将两者区分开, 并且此时雌雄

蕊颜色开始变化, 由青逐渐变黄(图 3); Stage 4 为花芽发育的后期, 此时花芽持续发育饱满, 雌雄蕊已经发育完全; Stage 5(图 2)为发育的末期, 花的各部发育完全, 雌、雄蕊逐渐发育成熟, 此时面临着即将到来的开花, 雌雄蕊颜色已和开花时的颜色十分接近, 呈现出金黄色。通过花芽着生部位、芽的外观和解剖可以肯定: 枝条顶端(顶芽除外)如果有一个芽已经发育成花苞, 那么这些簇生的芽均为花芽。按此原则, 可以准确分辨叶、花芽。

2.3 可溶性糖、可溶性蛋白、核酸含量的变化

从图 4 可以看出, 张氏红山茶花芽可溶性糖含量在 Stage 1 最低, 在 Stage 2 和 Stage 5 最高。说

明从 Stage 1~2 可能正处于准备阶段,这时植株合成或从其它“库”器官运来大量糖分为下一步发育做准备;从 Stage 3~4 含量处于持续下降的趋势,此时可溶性糖可能用来进行花部不同器官的形成,处

于消耗时期;至 Stage 5,由于花器官各部分在 Stage 4 已发育完全,对糖分的消耗逐渐减少,因此至 Stage 5 糖分含量逐渐升高。而 Stage 5 积累的糖分就为开花准备了充足的能量。从总体上在 5 个阶段

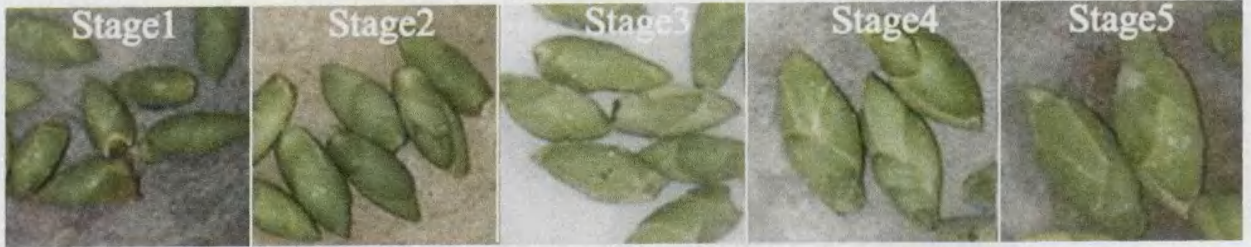


图 2 张氏红山茶 5 个不同发育阶段花芽外观
Fig. 2 Appearance of flower buds of *C. changii* Ye at five stages



图 3 张氏红山茶 5 个不同发育阶段花芽徒手切片
Fig. 3 Freehand section of flower buds of *C. changii* Ye at five development stages

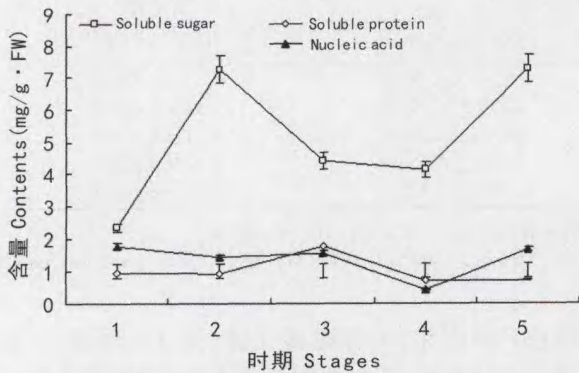


图 4 张氏红山茶花芽可溶性糖、可溶性蛋白、核酸含量变化趋势

Fig. 4 Contents variation trend of flower buds of *C. changii* Ye among soluble sugar, soluble protein and nucleic acid

可溶性糖含量呈现出低—高一低—高的变化趋势。

张氏红山茶可溶性蛋白在 Stage 3 含量最高,呈现出一个明显的“峰”,可能是发育至 Stage 3 花芽内部发生激烈的酶促反应,为 Stage 4 花器官各部持续发育奠定基础。从总体上在 5 个阶段可溶性蛋白呈现出低—高一低的变化趋势(图 4)。从图 4 可以

看出,核酸含量在 Stage 1、3 和 5 含量高,Stage 5 含量最高。可能在 Stage 1 时顶端分生组织分裂活动旺盛,形成很多新的细胞,决定了顶端细胞向花芽分化的方向;在 Stage 5 则由于花粉等富含核酸的物质逐渐形成或发育成熟引起核酸含量升高。总体上在 5 个阶段核酸含量呈现出低—高一低—高的变化趋势。

2.4 可溶性糖、可溶性蛋白、核酸三种含量的比例关系

从图 5 看出,在 5 个发育阶段,可溶性糖含量所占比例均最大,占 46.0%~78.3%。Stage 1 可溶性糖含量在 5 个发育阶段最低;Stage 3 时,可溶性蛋白和核酸含量大致相等,整体上三者比例约 3 : 1 : 1 (56.9 : 22.9 : 20.2);发育至 Stage 5 可溶性糖、核酸、可溶性蛋白三种物质含量呈现出大致 10 : 2 : 1 (75.4 : 17.2 : 7.4)的比例,说明至末期 Stage 5 花芽分化末期三种物质处于一定的平衡状态。

3 讨论

糖是植物体能量来源和结构物质。本实验中可溶性糖在 5 个阶段中含量均最高,验证了可溶性糖

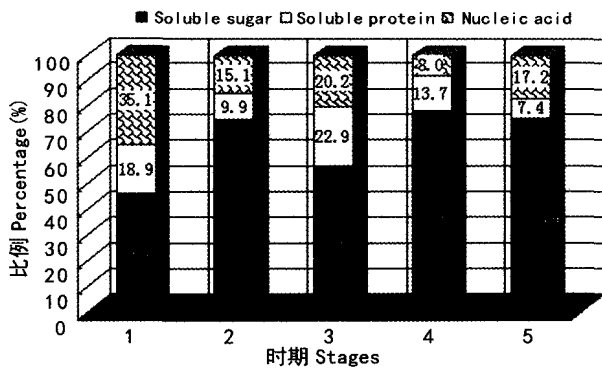


图 5 张氏红山茶花芽可溶性糖、可溶性蛋白、核酸含量所占比例

Fig. 5 Contents rate of flower buds of *C. changii* Ye among soluble sugar, soluble protein and nucleic acid

在花芽发育中的基础地位。张氏红山茶花芽分化过程表现出与杜鹃花(张艳红等, 2007)、华北紫丁香(张姝媛等, 2008)、菊花(梁芳等, 2008)等大致相似, 即低—高一低—高的变化趋势。糖除了提供能量等功能外, 在信号转导中还具有类似激素的初级信使作用, 参与细胞内信号调节或转录过程。如 Koch 等(2000)认为植物体内的糖能够以类似植物激素的方式作为一种信号分子调控植物生长、发育等过程, 由此可见糖在花芽发育中的重要作用。

植物体内的可溶性蛋白质大多数是参与各种代谢的酶类, 它是研究酶活的一个重要项目, 也是了解植物体内总代谢的一个重要指标(郝建军等, 2006)。2007 年的研究表明诱导植物花芽分化并最终导致开花的成花素-FT(Flowering Locus T)蛋白通过韧皮部运送到茎尖的顶端, 最终引起一系列生殖反应(Corbesier 等, 2007)。本实验中期 Stage 3 可溶性蛋白含量最高, 可能在此阶段可溶性蛋白起到花芽阶段发育的特殊作用。

核酸是构成生物体最主要的组成成分之一, 是遗传信息的载体, 和蛋白质的生物合成密切相关, 因此核酸在生物遗传变异、生长繁殖和分化发育方面都起着决定性的作用。核酸含量的高低是成花的重要标志, 因此核酸含量的变化一直是研究花芽分化机理中非常重要的一个方面(郝建军等, 2006; 朱广廉等, 1990)。本实验中张氏红山茶核酸含量表现出与华北紫丁香(张姝媛等, 2008)、石蒜鳞茎尖(王磊, 2004)大致相同趋势。在 Stage 5 花芽分化末期核酸含量达到一个较高水平, 可见开花前高浓度核酸含量对开花起到促进作用。

植物花芽分化是植物从营养生长转向生殖生长的重要标志, 这一转变有着十分复杂的机制, 发生许多复杂的变化, 是植物体各种组分协同作用的结果。例如糖经常与蛋白结合为糖蛋白的形式存在发生作用, 核酸则影响到蛋白质的生物合成等。本实验中花芽发育中期(Stage 3)可溶性蛋白和核酸含量达到一个“峰”值, 同时此阶段三种物质含量配比也较为均衡(约 3 : 1 : 1), 据此推断 Stage 3 可能在 5 个花芽阶段发育中处于一个特殊时期。Stage 5 是张氏红山茶雌、雄蕊发育逐渐成熟期, 也是花芽发育末期, 本实验研究表明此时可溶性糖、核酸、可溶性蛋白达到 10 : 2 : 1 这样一个平衡来满足以后发育或开花之需要。

花芽发育过程中可溶性糖、核酸含量等呈现出动态变化的特征, 而可溶性蛋白在花芽分化过程中也具有重要作用, 因此可溶性蛋白也是衡量植物花芽分化的指标之一。植物机体内发生的各个反应过程即相互联系又相互制约, 通过比较可溶性糖、核酸、可溶性蛋白三者或其它多种物质含量的动态变化, 可以掌握其在花芽分化过程中的相互关系, 对于研究其在花芽分化过程中相互作用具有一定意义。本研究表明, 张氏红山茶花芽发育过程中可溶性糖、可溶性蛋白和核酸含量与其它植物具有相似的规律, 并没有表现出明显不同之处, 但它是如何保持一年四季这三大物质的均衡、可持续供应以保证开花之需要还是未解之谜。张氏红山茶独特的四季开花特性与开黄花的珍稀植物金花茶(*C. nitidissima*)一起, 成为培育四季开花、开黄花茶花品种的首选亲本, 而金花茶经过几十年的研究, 积累了丰富的资料(张宗享等, 1981; 韦霄等, 2010), 且随着金花茶药用价值的开发利用, 使得珍贵的金花茶资源得到有效保护, 这些值得张氏红山茶研究借鉴, 从而走出濒危困境。

参考文献:

- 王磊. 2004. 石蒜属植物花期调控技术及开花生理研究[D]. 南京: 南京林业大学博士论文: 06, 01
- 朱广廉, 钟海文, 张爱琴. 1990. 植物生理学实验[M]. 北京: 北京大学出版社, 5: 134-137
- 高继银, Clifford R Parks, 杜跃强. 2005. 山茶属植物主要原种彩色图集[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 3: 34-35
- 郝建军, 康宗利, 于洋. 2006. 植物生理学实验技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 12
- 汪松, 解炎. 2004. 中国物种红色名录[M]. 北京: 高等教育出版社: 362

- 张宏达,任善湘. 1998. 中国植物志(山茶科)[M]. 北京:科学出版社:7
- Corbesier L, Coral Vincent C, Jang S, et al. 2007. FT protein movement contributes to long-distance signaling in floral induction of *Arabidopsis*[J]. *Science*, **316**:1 030-1 033
- Koch KE, Ying Z, Wu Y, et al. 2000. Multiple paths of sugar-sensing and a sugar/oxygen overlap for genes of sucrose and ethanol metabolism[J]. *J Exp Bot*, (51):417-427
- Liang F(梁芳), Zheng CS(郑成淑), Sui CH(孙翠华), et al. 2008. Change of carbohydrate content in buds and leaves of chrysanthemum during floral differentiation(菊花花芽分化过程中芽和叶片碳水化合物含量的变化)[J]. *Shandong Agric Sci* (山东农业科学), **1**:40-42
- Schmid S. 1970. Nuclei acid metabolism and flower bud development in apple(mauls domestic)[J]. *Hort Abst*, **53**(2):80
- Wei ZF(卫兆芬). 1986. A new species of *Camellia* from China(中国山茶属一新种)[J]. *Bull Bot Res*(植物研究), **6**(4):141-143
- Wei X(韦霄), Chai SF(柴胜丰), Jiang YS(蒋运生), et al. 2010. Seed reproduction and biological characteristics of *Camellia nitidissima*(珍稀濒危植物金花茶种子繁殖和生物学特性研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), **30**(2):215-219
- Zhang SY(张姝媛), Guo JL(郭金丽), Qin YS(秦永生), et al. 2008. Study on the changes of nutrient and nucleic acid at the floral bud differentiation stage of *Syringa oblata*(华北紫丁香花芽分化期营养物质与核酸含量的变化)[J]. *Acta Agric Boreal-Sin*(华北农学报), **23**(4):179-183
- Zhang YH(张艳红), Yang DX(杨东霞), Sun XD(孙学东). 2007. Changes of chlorophyll and soluble sugar content of *Rhododendron's* floral bud during its differentiation(杜鹃花花芽分化期可溶性糖和叶绿素含量的变化)[J]. *J Liaodong Univ; Nat Sci Edi*(辽东学院学报·自然科学版), **14**(2):64-66
- Zhang ZX(张宗享), Huang QB(黄启斌). 1981. Propagation of *Camellia chrsantha*[J]. *Guihaia*(广西植物), **1**(2):34-39
- Zhu GP(朱高浦), Li JY(李纪元). 2009. Research progress of *Camellia changii*, a rare and endangered plant(珍稀濒危植物张氏红山茶研究进展)[J]. *Subtrop Plant Sci*(亚热带植物科学), **1**(78):21-22

(上接第 506 页 Continue from page 506)

的启动时间越迟,抗寒性越强。综上所述,马尾松抗寒性的评价是一个多因素之间相互作用、相互影响的复杂的生理过程,仅从某一个层面去研究马尾松的抗寒性或抗寒性的某一个环节,都是远远不够的。外源 ABA 如何调控内源 ABA 以及外源 ABA 是否通过诱导保护酶系统的多态性或其它特异抗性基因的表达,从而提高抗寒性等均有进一步研究的价值。

参考文献:

- 李合生. 1999. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社:32-33
- Choudhui MA. 1988. Free radical and leaf senescence[J]. *Plant Physiology Biochemical India*, **15**(1):18-29
- Gusta LV, Tischuk R, Weiser CJ. 2005. Plant Cold acclimation the role of abscisic acid[J]. *Plant Growth Regul*, **24**:308-318
- Cai SY(蔡世英). 1990. Effects of ABA on regulation of resistance of coffee seedlings to chilling injury (ABA 对咖啡幼苗抗冷性的效应)[J]. *Chin J Trop Crops*(热带作物学报), **11**(2):69-77
- Lan XZ(兰小中), Yang YJ(阳义健), Chen M(陈敏), et al. 2006. Research on changing of endogenous hormones of *Aloe vera* var. *chinensis* under water stress(水份胁迫下中华芦荟内源激素的变化研究)[J]. *Seed*(种子), **25**(8):1-3
- Lin DB(林定波), Liu ZQ(刘祖祺). 1994. Effect of cold acclimation and ABA on membrane stability and synthesis of membrane protein in citrus(冷驯化和 ABA 对桉桔柑橘膜稳定性的影响及膜特异性蛋白质的诱导)[J]. *J Nanjing Agric Univ*(南京农业大学学报), **17**(1):1-5
- Wu SR(吴颂如), Chen WF(陈婉芳), Zhou X(周燮). 1988. Enzyme linked immunosorbent assay for endogenous plant hormones(酶联免疫法(ELISA)测定内源植物激素)[J]. *Plant Physiol Commun*(植物生理学通讯), **25**(5):53-561
- Yan HJ(严寒静), Tan F(谈锋). 2001. The relation between abscisic acid, gibberellic acid and semilethal temperature of *Ardenia jasmminoides* Ellis leaves as temperature fell(自然降温过程中梔子叶片脱落酸,赤霉素与低温半致死温度的关系)[J]. *J Southwest China Normal Univ; Sci Nat Edi*(西南师范大学学报·自然科学版), **26**(2):195-199
- Yang ZQ(杨章旗), Qiu XJ(丘小军). 2003. Promotion application on supporting technology of superior seed and fast-growgh and high-yield of *Pinus massoniana*(马尾松良种及速生丰产配套技术推广应用)[J]. *Guangxi Fore Sci*(广西林业科学), **32**(1):1-6
- Zhao CJ(赵春江), Kang SJ(康书江), Wang JH(王纪华), et al. 2000. Study on relations between plant endogenous hormones and cold resistance in wheat(植物内源激素与不同基因型小麦抗寒性关系的研究)[J]. *Acta Agric Boreal-Sin*(华北农学报), **15**(3):51-54