

# $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 射线辐射对大白杜鹃的矮化效应

赵 云 龙<sup>1</sup>, 李 朝 婵<sup>1</sup>, 陈 训<sup>2</sup>

(1. 贵州大学 林学院, 贵州 贵阳 550025; 2. 贵州科学院, 贵州 贵阳 550001)

**摘 要:**研究了不同剂量的 $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$  射线辐射对大白杜鹃生长特性、叶片气孔特征及内源激素含量变化的影响,利用酶联免疫吸附测定法(ELISA)测定幼苗内源激素含量。结果表明: $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$  射线辐射对大白杜鹃幼苗的生长有不同程度的抑制作用,在 20~60 Gy 范围内,辐射处理的苗高低于对照;辐射后叶片的气孔密度、大小与对照有显著差异,气孔开放面积减小;辐射处理后吲哚乙酸(IAA)、赤霉素( $\text{GA}_3$ )、玉米素核苷(ZR)含量降低,脱落酸(ABA)含量增加,较高水平的 ABA 含量有利于植株的矮化。

**关键词:**大白杜鹃; $^{60}\text{Co}$  射线;内源激素

**中图分类号:**S 685.21 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)19-0048-03

大白杜鹃(*Rhododendron decorum*)是一种观赏价值极高的高山杜鹃,常绿乔灌木,生于海拔 1 600~2 100 m 的坡地灌丛中、针阔叶混交林中、阳坡于干燥林下、松栎中、高山松林下、冷杉和杜鹃林中,以及干热河谷、小溪旁、林边等。野生大白杜鹃是中国贵州省百里杜鹃国家级森林公园的优势种,并且在日常绿化中有很大的观赏价值和潜力<sup>[1]</sup>。我国从 20 世纪 80 年代开始对野生高山杜鹃进行引种驯化,但由于大白杜鹃植株高大、枝条粗等原因,对大白杜鹃的开发利用长期处于落后状态<sup>[2]</sup>。如何控制大白杜鹃的苗高和株型,提高其观赏特性是大白杜鹃矮化培育的一个方向。目前, $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$  射线辐射主要应用于农业和畜牧业的改良生物性状,在林业应用中仅有少量研究报道。

对高山杜鹃矮化方面的研究,大多采用化学方法进行矮化,采用多效唑处理大花杜鹃等<sup>[3]</sup>。现探索适宜矮化的 $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$  射线辐射剂量和方法及辐照对大白杜鹃生长发育、叶片解剖结构及内源激素的影响,探讨 $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$  射线辐射矮化大白杜鹃的机理,以期今后进一步筛选矮化的大树杜鹃提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

以大白杜鹃 3 a 生实生苗为试材,采用贵州省农业科学院金农辐照公司的 $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$  辐射源,辐射剂量为 20、40、60 Gy,剂量率为 1.0 Gy/min。每个处理 20 株。

### 1.2 试验方法

辐照后各处理的立地、管理方法相同,温度为  $(25\pm 1)^\circ\text{C}$ ,湿度为 80%。2 周后开始定期观测,每隔 2 周测定 1 次苗高和地径;叶片气孔特征采用日本电子 JSM-6490LV 扫描电镜、英国牛津 INCA-350X 射线能谱;气孔密度: $D=N/S$  (1),式(1)中  $D$  为单个视野气孔密度(个/ $\text{mm}^2$ ), $N$  为单个视野内气孔个数, $S$  为单个视野面积( $\text{mm}^2$ );气孔指数: $I=S/(E+S)\times 100$  (2),式(2)中  $S$  代表单位面积上的气孔数, $E$  代表相同面积上的细胞数。内源激素的测定在中国农业大学作物化学控制实验室进行,运用酶联免疫吸附测定法(ELISA)测定 IAA、 $\text{GA}_3$ 、ABA 及 ZR 共 4 种植物内源激素的含量,3 次重复,每次重复测量 3 次,取平均值。利用 SPSS 软件对有关数据进行方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同辐射剂量对苗高的影响

不同辐照处理方式对苗高的影响见表 1。经方差分析,3 个辐照处理的苗高净增量与对照有极显著差异,由表 1 可知, $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$  射线辐射对大白杜鹃幼苗的矮化具有显著作用,较佳的矮化剂量为 20 Gy。随着剂量的增加,达到 60 Gy 时,苗高略有增长,这与前人研究抑制程度随着剂量的加大而增加的研究结论不一致<sup>[3]</sup>。当达到 60 Gy 时,对苗高的矮化作用无显著差异。由此可以得出 $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$  射线辐射的剂量以 20 Gy 和 40 Gy 为宜,对幼

**第一作者简介:**赵云龙(1971-),男,在读博士,研究方向为森林培育及种苗繁育推广。E-mail:zhaoyunlonggy@163.com.

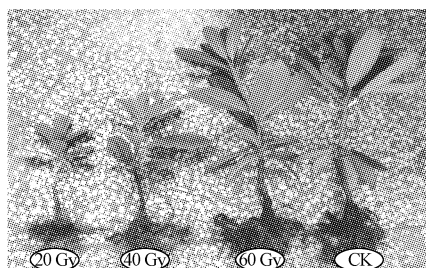
**责任作者:**陈训(1956-),男,博士,研究员,博士生导师,现主要从事资源植物开发与利用研究工作。E-mail:chenxunkel956@163.com.

**基金项目:**贵州省科技重大专项资助项目;贵州省特色作物科特派“万元田”科技示范工程资助项目(黔科合重大专项字[2011]6001号);贵州省农业科技攻关资助项目(黔科合 NY 字[2011]3076号)。

**收稿日期:**2012-05-29

表 1 不同辐射处理对苗高的影响

处理	苗高/cm					苗高净增量/cm
	04-27	05-11	05-27	06-13	06-28	
20 Gy	7.73	9.58	9.94	10.53	10.89	3.16 Dd
40 Gy	7.25	9.97	11.66	12.34	14.21	6.97 Cc
60 Gy	8.18	12.21	18.57	20.84	25.06	16.89 Bb
CK	8.36	12.42	17.91	19.18	23.47	15.11 Aa

图 1 大白杜鹃<sup>60</sup>Co-γ 辐照的生长效果

苗生长可达到较佳的抑制效果(图 1)。

## 2.2 不同辐射剂量下叶片气孔特征研究

植物叶片气孔是植物体与外界环境进行 CO<sub>2</sub> 气体交换和吸水等的主要通道,对植物的光合、呼吸、蒸腾等生理活动起着重要的调节作用<sup>[4]</sup>。前人研究表明,植物叶片气孔特征和叶片的性状如叶片厚度、叶绿素含量等有着紧密的联系,影响植物呼吸作用<sup>[5]</sup>。

通过电镜扫描,对叶片气孔特性进行观察研究,不同剂量<sup>60</sup>Co-γ 射线辐射处理大白杜鹃叶片的气孔密度、大小与对照有显著差异。由表 2 可知,大白杜鹃不同处理叶片气孔密度从大到小排序为:CK>40 Gy>60 Gy>20 Gy,20 Gy 与对照表现出极显著差异,而使用植物生长延缓剂矮化可以提高光合特性的影响<sup>[6]</sup>。所有叶片气孔均是随机分布,长宽比在 3.4~7.0,均为椭圆形(图 2)。从气孔长、宽度的变化趋势来看,3 种辐照处理对大白杜鹃的气孔长、宽度均有显著抑制作用,这与叶片气孔对于辐照的耐受性有关,气孔长、宽度对辐照胁迫的响应程度远大于气孔密度(图 2)。40 Gy 处理的叶片气孔开放面积最小为 12.37 μm<sup>2</sup>,与对照处理存在极显著差异。

表 2 不同辐射处理的叶片的气孔特征

处理	长度/μm	宽度/μm	密度/个·mm <sup>-2</sup>	开放面积/μm <sup>2</sup>	气孔指数
20 Gy	10.1	2.1	188.94Dd	16.66Cc	11
40 Gy	10.5	1.5	263.00Bb	12.37Dd	13
60 Gy	11.5	3.0	236.19Cc	27.10Bb	14
CK	21.0	6.1	295.24Aa	100.61Aa	15

注:表中数据后的大小写字母分别表示 5% 和 1% 水平上显著性差异。

## 2.3 不同辐射剂量下内源激素的含量变化

2.3.1 不同辐射剂量下 IAA 含量的变化 大量试验认为 IAA 是促进植株生长的主要激素,影响细胞的伸长、分裂和分化,IAA 与杜鹃生长潜力密切相关。不同辐射剂量处理,大白杜鹃 IAA 含量均显著低于对照,其中 40 Gy 的辐射剂量的 IAA 含量最低。由图 3 可知,大白杜鹃幼苗内源 IAA 含量与生长关系密切,<sup>60</sup>Co-γ 射线辐

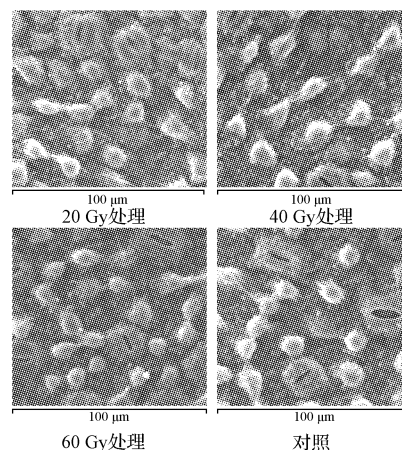


图 2 不同辐射处理的叶片气孔特征

射有效抑制了内源 IAA 合成。试验证明,<sup>60</sup>Co-γ 射线辐射对 IAA 的合成有抑制作用,内源激素 IAA 的含量的降低是导致其矮化的内部原因。

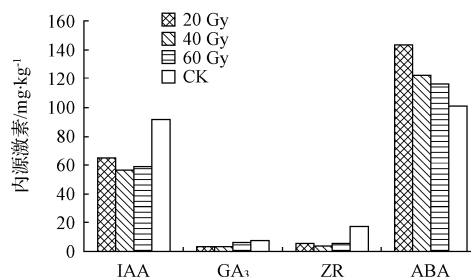


图 3 不同处理大白杜鹃内源激素含量的变化

2.3.2 不同辐射剂量下 GA<sub>3</sub> 含量的变化 赤霉素在调控株高发育方面具有重要的作用,主要在植物顶端幼嫩部分形成,促进植物的伸长生长。前人研究认为赤霉素合成受阻是导致植物矮化的主要原因和机理<sup>[7-9]</sup>。GA<sub>3</sub> 对细胞分裂和伸长有促进作用,<sup>60</sup>Co-γ 射线辐射处理后显著降低了幼苗的 GA<sub>3</sub> 含量。由图 3 可知,与对照相比,20、40 Gy 的辐射剂量处理后 GA<sub>3</sub> 含量显著降低,而 60 Gy 辐射剂量处理后幼苗 GA<sub>3</sub> 含量较 20、40 Gy 处理又略有增长。20、40 Gy 的辐射剂量处理后的幼苗苗高受到了明显的抑制,而 60 Gy 的辐射剂量处理后的幼苗生长较为正常(图 1),主要原因对内源激素 GA<sub>3</sub> 合成未起到显著抑制作用。可见 GA<sub>3</sub> 含量与幼苗生长呈现为正相关性,<sup>60</sup>Co-γ 射线 20、40 Gy 的辐射剂量处理是对内源 GA<sub>3</sub> 的合成有效抑制剂量。

2.3.3 不同辐射剂量下 ZR 含量的变化 ZR 是一种重要的细胞分裂素,苗期处理有促进生长作用。由图 4 可知,在<sup>60</sup>Co-γ 射线辐射处理大白杜鹃矮化,处理的幼苗内源激素 ZR 的含量显著低于对照,其中 40 Gy 处理的内源激素含量仅为 4.3517 mg/kg,仅为对照含量的 1/4,说明辐射处理抑制了 ZR 的合成。

2.3.4 不同辐射剂量下 ABA 含量的变化 脱落酸的

生理作用与吲哚乙酸、赤霉素相反,能引起器官休眠、叶子脱落,并抑制生长,促进气孔关闭等。当植物受到环境胁迫后,ABA能够快速积累并调控胁迫反应,ABA是一种胁迫激素<sup>[10]</sup>。也有研究认为随着 IAA 的增加会诱导乙烯合成,乙烯的合成反过来加速 ABA 合成<sup>[11]</sup>。大白杜鹃受到<sup>60</sup>Co- $\gamma$ 射线辐射胁迫后,内源 ABA 含量增加,ABA 与 GA<sub>3</sub>在大白杜鹃矮化过程中起拮抗作用(图3)。20 Gy 的辐射剂量处理后 ABA 含量显著增加,ABA 的抑制作用导致 20 Gy 的辐射剂量处理的苗高最低,气孔密度和气孔指数及内源 GA<sub>3</sub>降低。

### 3 结论与讨论

植株矮化的形成是一个复杂的过程,有多种植物激素参与。矮化过程的机理研究是复杂的,影响大白杜鹃矮化的生理生化因素也是多方面的,其它的生理生化指标有待进一步研究。前人的研究表明,GA<sub>3</sub>合成途径关键酶的表达变化对植物的矮化起到关键作用<sup>[12]</sup>,在使用植物生长延缓剂矮化产生的原因主要是抑制了 GA<sub>3</sub>的生物合成<sup>[13]</sup>。Hsieh 等<sup>[14]</sup>发现转基因的番茄植株出现矮化现象后用 GA<sub>3</sub>处理其矮化表型得到了缓解,番茄矮化可能是由赤霉素缺失造成的。

该研究认为,<sup>60</sup>Co- $\gamma$ 射线辐射处理后 IAA、GA<sub>3</sub>、ZR 含量的降低,ABA 含量增加,较高水平的 ABA 含量是大白杜鹃植株的矮化的主要内部原因。大白杜鹃对<sup>60</sup>Co- $\gamma$ 射线辐射剂量适应范围较广,在该试验中 20 Gy 和 40 Gy 为适宜剂量。同时<sup>60</sup>Co- $\gamma$ 射线辐射处理导致叶片气孔结构的变化,气孔密度、开放面积及气孔指数的降低,叶片的呼吸和光合速率降低也有效抑制大白杜鹃苗高的生长。

<sup>60</sup>Co- $\gamma$ 射线辐射大白杜鹃幼苗,能使植株矮化,叶色翠绿,且生长正常,从而增强了观赏效果,具有省时、省工、方便、量大等优点,适合大白杜鹃的商品化处理。该研究首次利用大白杜鹃幼苗试材,进行<sup>60</sup>Co- $\gamma$ 射线辐射矮化,

获得较好的矮化方法与剂量,同时探讨了辐射对大白杜鹃叶片结构的影响及植株体内内源激素的变化,为提高高山杜鹃的观光特性及商业化奠定了技术基础。

### 参考文献

- [1] 陈训,巫华美. 中国贵州杜鹃花[M]. 贵阳:贵州科技出版社,2003:45-54.
- [2] Chen X J, Zhang Q X, Li W J, et al. Natural regeneration of *Rhododendron decorum* Franch[J]. Hort Science, 2008, 43(4): 1177.
- [3] Mertens M. Growth regulation of large flowered *Rhododendrons* (*Rhododendron catawbiense* Michx) [J]. Acta Horticulturae, 1994, 364: 127-130.
- [4] Hetherington A M, Woodward F I. The role of stomata in sensing and driving environmental change[J]. Nature, 2003, 424: 901-908.
- [5] Loranger J, Shipley B. Interspecific covariation between stomatal density and other functional leaf traits in a local flora[J]. Botany, 2010, 88: 30-38.
- [6] 罗栋,王雁,刘秀贤,等. 植物生长延缓剂浸种对地涌金莲的矮化效应[J]. 林业科学研究, 2008, 21(6): 847-851.
- [7] Zhu S F, Gao F, Cao X S, et al. The rice dwarf virus P2 protein interacts with ent-kaurene oxidase in vivo, leading to reduced biosynthesis of gibberellins and rice dwarf symptoms[J]. Plant Physiol, 2005, 139: 1935-1945.
- [8] Huang J, Tang D, Shen Y, et al. Activation of gibberellin 2-oxidase 6 decreases active gibberellin levels and creates a dominant semi-dwarf phenotype in rice (*Oryza sativa* L.) [J]. J Genet Genomics, 2010, 37: 23-36.
- [9] 包永霞,满达,肖波,等. CBF/DREB 转录因子与植物矮化的相关性研究进展[J]. 生物技术通报, 2011(3): 7-11.
- [10] 温小杰,张学勇,郝晨阳,等. 植物激素信号传导途径研究进展[J]. 中国农业科技导报, 2010(6): 10-17.
- [11] Grossmann K. Auxin herbicide action: lifting the veil step by step[J]. Plant Signal Behav, 2007(2): 420-422.
- [12] Tong Z, Hong B, Yang Y J. Overexpression of two chrysanthemum DgDREB1 group genes causing delayed flowering or dwarfism in Arabidopsis [J]. Plant Mol Biol, 2009, 71(1-2): 115-29.
- [13] 潘瑞炽. 植物生长延缓剂的生化效应[J]. 植物生理学通讯, 1996, 32(3): 161-168.
- [14] Hsieh T S, Lee J T, Yang P T, et al. Heterology expression of the Arabidopsis C-repeat/dehydration response element binding factor1 gene confers elevated tolerance to chilling and oxidative stresses in transgenic tomato[J]. Plant Physiol, 2002, 129: 1086-1094.

## Effect of <sup>60</sup>Co- $\gamma$ Radiation on the Dwarfing Mechanism of *Rhododendron decorum*

ZHAO Yun-long<sup>1</sup>, LI Chao-chan<sup>1</sup>, CHEN Xun<sup>2</sup>

(1. Department of Forestry, Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025; 2. Guizhou Academy of Sciences, Guiyang, Guizhou 550001)

**Abstract:** The effects of different levels of <sup>60</sup>Co- $\gamma$ -ray radiation on the growth, stomata characteristics and endogenous hormones of *Rhododendron decorum* were studied, the changes of endogenous hormones in seedlings were determined by ELISA. The results showed that <sup>60</sup>Co- $\gamma$ -ray radiation had different degrees of inhibition on the seedling growth of *Rhododendron decorum*, seedlings height radiated was lower than control in the rang of 40~60 Gy; the stomatal density, size of radiated leaves were significant differences with the control, and the stomatal opening area was reduced. The contents of IAA, GA<sub>3</sub> and ZR were promoted while ABA was inhibited under the treatments of <sup>60</sup>Co- $\gamma$ -ray radiation, the higher content of ABA were good for the plants dwarfing.

**Key words:** *Rhododendron decorum*; <sup>60</sup>Co- $\gamma$ -ray; endogenous hormones