

文章编号: 1674 - 7054(2020)02 - 0210 - 07

$^{60}\text{Co}-\gamma$ 和电子束辐照对紫薇种子 萌发及幼苗生长的影响

夏 溪

(上海植物园 上海城市植物资源开发应用工程技术研究中心, 上海 200231)

摘要: 使用不同剂量的 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 和电子束辐照紫薇(*Lagerstroemia indica*)干种子, 观察种子萌发和幼苗的生长情况, 以确定适合紫薇的辐照类型和剂量。结果表明: 在辐照剂量范围内 2 种辐照的种子发芽率均出现先促进后抑制的现象, 成苗率随辐照剂量增加显著降低; $^{60}\text{Co}-\gamma$ 辐照对幼苗株高有先抑制后促进的现象, 电子束辐照对幼苗株高有抑制现象; 2 种辐照对幼苗分枝长和分枝数均有明显抑制作用, 随辐照剂量增加显著降低; $^{60}\text{Co}-\gamma$ 辐照对幼苗地径有一定程度的抑制作用, 电子束辐照产生的变异较大; 2 种辐照对幼苗生长的综合分析显示在相同剂量条件下(250 Gy), 电子束辐照处理下的紫薇幼苗分枝更长, 地径更高; 电子束辐照对紫薇幼苗分枝长和地径产生的变异更大。根据成苗率估算, 紫薇干种子 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 适宜辐照剂量为 113.06 ~ 299.63 Gy, 电子束适宜辐照剂量为 245.5 ~ 372.24 Gy, 紫薇对 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 辐照的敏感度更大。本研究结果可为紫薇辐照育种提供依据, 促进紫薇育种进程。

关键词: 紫薇; $^{60}\text{Co}-\gamma$; 电子束; 种子活力; 幼苗生长

中图分类号: S 335.2⁺1; S 685. 99

文献标志码: A

DOI: 10.15886/j.cnki.rdswwb.2020.02.011

紫薇(*Lagerstroemia indica*)别名痒痒树、百日红、无皮树, 是千屈菜科紫薇属落叶灌木或小乔木, 产于我国中部及南方各省。紫薇树姿优美、树干光滑、花色艳丽、花期长, 是重要的夏季观花冬季观干的景观植物, 也是优良的园林观赏树种。我国紫薇属植物的育种起步较晚, 目前的研究主要集中在种质资源收集^[1-3]、杂交育种^[4-5]、倍性育种^[6-8]和栽培繁殖^[9-11]等方面。辐射诱变是植物育种的重要方法, 诱变育种可诱发较高的突变率, 获得全新的变异类型, 是观赏植物育种中一种有效的方法。 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线是观赏植物育种中最常用的辐射诱变源, 具有成本低、突变率高, 穿透力强等优点^[12-15]。电子束辐射具有电子流聚束效果好、能量利用率高、操作简单等优点^[16], 目前在作物和观赏植物中的应用较少^[17-22], 也尚未见到紫薇属植物电子束诱变育种方面的报道。由于不同植物对辐照的敏感度不同, 选择适宜的辐照剂量可提高突变频率和育种效率, 笔者利用不同剂量的 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 和电子束辐射对紫薇种子进行处理, 研究不同剂量的辐射对紫薇种子萌发和幼苗生长的影响, 确定紫薇合适的辐照剂量, 旨在获得有价值的突变体, 为紫薇优良品种的选育提供新型的育种材料。

1 材料与amp;方法

1.1 试验材料 植物材料为紫薇(*Lagerstroemia indica*)种内自然杂交的当年成熟干种子。 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 照射处理采用上海市农业科学院作物栽培研究所辐照中心钴源, 照射剂量率 100 Gy·h⁻¹, 照射剂量为 50 ~ 250 Gy。电子束照射采用上海农业科学院的直线电子加速器产生的能量为 10MeV 的电子束, 辐照剂量范围为 200 ~ 500 Gy。

收稿日期: 2019 - 11 - 18

修回日期: 2020 - 01 - 15

基金项目: 上海市科学技术委员会种质创新项目(15391900400); 上海市科学技术委员会项目(18DZ2283500)

作者简介: 夏溪(1984-), 女, 助理研究员, 硕士. 研究方向: 植物表观遗传学. E-mail: xiaksi@shbg.org

1.2 试验设计 每个辐照剂量处理 500 粒种子, 5 次重复, 并设置相应的空白对照。 $^{60}\text{Co-}\gamma$ 辐照共设置了 5 组不同辐照量的处理和 1 组对照, 每组处理 2 500 颗种子; 电子束辐照共设置了 7 组不同剂量的处理和 1 组对照组, 每组处理 2 500 颗种子。草炭和珍珠岩(1 : 1)作为基质混匀后充分浇水, 4 月份将处理后的种子播种在育苗穴盘中, 随后放置在塑料大棚中, 定期调查种子发芽量和幼苗生长情况。播种后每天观察萌发情况, 记录发芽日期和数量, 计算发芽率。发芽完成后, 观察幼苗叶片生长情况, 幼苗生长稳定后统计每个处理的成苗数量, 计算成苗率。当年 11 ~ 12 月份测量幼苗生长指标。株高为植物自地上基部到顶端生长点的高度, 用卷尺测量; 地径为离开地面 1 cm 处的茎干直径, 用游标卡尺测量; 分枝长用直尺测量, 为主干分枝处至枝条顶端生长点的长度。

$$\text{发芽率}/\%=(\text{种子发芽量}/\text{供试种子量})\times 100\%;$$

$$\text{成苗率}/\%=(\text{成苗数量}/\text{供试种子量})\times 100\%。$$

1.3 辐照半致死率的确定 半致死剂量(LD50)指以成苗率为指标, 找出成苗率为对照一半的剂量, 此时的诱变效果为理论上最佳^[23]。以辐射量 x 为自变量, 不同剂量下的成苗率为因变量 y , 利用 Excel 得出直线回归方程 $y=a+bx$, 计算半致死剂量^[24]。

1.4 数据分析 采用 SPSS19.0 和 Excel 对数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 辐照对种子发芽和成苗率的影响

2.1.1 $^{60}\text{Co-}\gamma$ 辐照对紫薇种子发芽和成苗率的影响 紫薇种子受 $^{60}\text{Co-}\gamma$ 辐照后发芽率均有影响, 除 100 Gy 辐照组发芽率比对照组高 2.15%, 其余 4 组辐射组发芽率均低于对照组(表 1)。始发芽天数影响较小, 除 50, 250 Gy 2 组辐照组比对照组始发芽天数均多 1 d, 其余 3 组辐照组与对照组无差异。发芽完成天数影响较大, 5 组辐射组比对照组发芽完成天数均有明显延迟, 100, 200 Gy 2 组延迟天数最多, 比对照组均延迟 5 d。150, 250 Gy 辐照组也比对照组延迟 4 d。5 组辐射组的成苗率比对照组均有明显下降, 其中 250 Gy 的成苗率最低, 比对照组低 58.9%。

表 1 $^{60}\text{Co-}\gamma$ 辐照对紫薇种子发芽及成苗率的影响

Tab. 1 The effects of $^{60}\text{Co-}\gamma$ on seed germination and seedling survival rate of *Lagerstroemia indica*

项目 Item	辐照剂量 Irradiation dose/Gy					CK
	50	100	150	200	250	
发芽率/% Germination rate	54.6	66.4	59.2	63.6	58.2	65
始发芽天数/d Days for initial germination	12	11	11	11	12	11
发芽完成天数/d Days for germination of all seeds	22	25	24	25	24	20
成苗率/% Seedling survival rate	34.4	36.6	35	28.8	23.2	56.4

2.1.2 电子束辐照对紫薇种子发芽和成苗率的影响 电子束辐照对紫薇种子的发芽率有较明显的影响, 200 ~ 500 Gy 范围内发芽率低于对照组, 其中 250 Gy 组发芽率最高(表 2)。7 组处理组始发芽天数均有延迟, 400, 500 Gy 比对照组延迟 3 d, 其余 5 组均延迟 2 d。发芽完成天数也有较明显的影响, 350, 450 Gy 2 组处理比对照组延迟 4 d, 其余 5 组均有 3 d 的延迟。电子束辐照对成苗率有明显影响, 7 组处理的成苗率均有较大幅度的下降, 低于对照组 30.5% ~ 76.95%, 其中 500 Gy 组最低, 比对照组低 76.95%。

2.1.3 两种辐照不同致死率估计剂量的确定 对实验数据进行线性拟合, 得到 2 种辐照不同剂量处理下紫薇种子的出苗率剂量效应曲线和不同致死率估计量, 如图 1 和表 3 所示。

2.2 辐照对幼苗生长指标的影响

2.2.1 $^{60}\text{Co-}\gamma$ 辐照对紫薇幼苗生长的影响 根据生长指标统计, 不同剂量 $^{60}\text{Co-}\gamma$ 辐照显著影响了紫薇幼苗的生长(表 4)。幼苗株高在 100 Gy 辐照组显著低于对照组, 比对照组低 14.3%, 而 200, 250 Gy 高辐照

表2 电子束辐照对紫薇种子发芽及成苗率的影响

Tab. 2 The effects of electron beam irradiation on seed germination and seedling survival rate of *Lagerstroemia indica*

项目 Item	辐照剂量 Irradiation dose/Gy							CK
	200	250	300	350	400	450	500	
发芽率/% Germination rate	46.8	57.4	50.2	46.4	56.6	48.4	41.6	65
始发芽天数/d Days for initial germination	13	13	13	13	14	13	14	11
发芽完成天数/d Days for germination of all seeds	23	23	23	24	23	24	23	20
成苗率/% Seedling survival rate	39.2	33.6	30	21	18.8	16.2	13	56.4

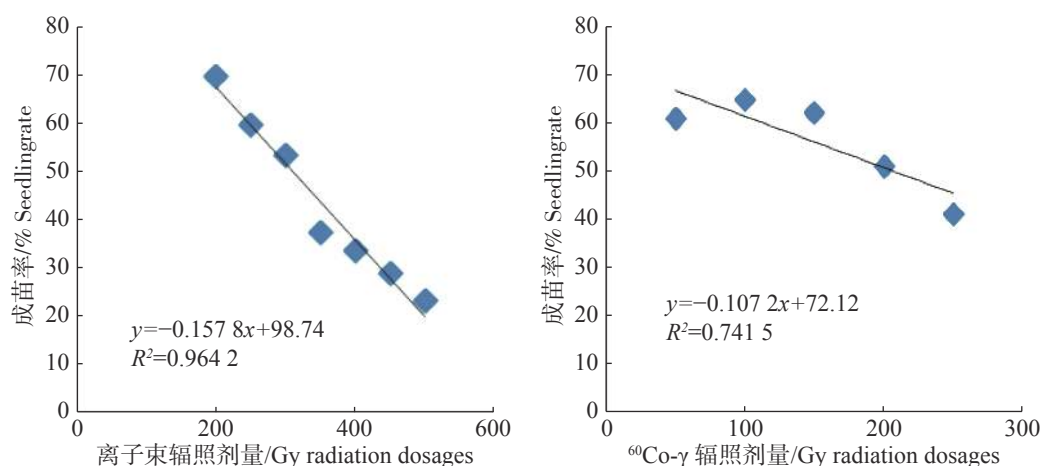


图1 2种辐照与紫薇成苗率的相关性标准曲线

Fig. 1 Regression curves for correlation of 2 types of irradiation with the seedling rate of *Lagerstroemia indica*

表3 紫薇成苗率回归方程和不同致死率估计量

Tab. 3 Regression equations and different mortality rates of *Lagerstroemia indica*

辐照类别 Irradiation	回归模型 Regression equation	复相关系数 Multiple correlation coefficient	不同致死率估计剂量/Gy Estimated dose of different mortality rates/Gy		
			40%	50%	60%
⁶⁰ Co-γ	$y=72.12-0.1072x$	0.7415	299.63	206.34	113.06
离子束 EB	$y=98.74-0.1578x$	0.9642	372.24	308.87	245.5

注: x 为辐照量(Gy), y 为成苗率。Note: x is irradiation dosage; y is seedling survival rate; EB means electron beam.表4 ⁶⁰Co-γ辐照对紫薇幼苗生长指标的影响Tab. 4 The effects of ⁶⁰Co-γ on the seedling growth indexes of *Lagerstroemia indica*

指标 Index	辐照剂量 Irradiation dose/Gy					CK
	50	100	150	200	250	
株高/cm Height	26.22±4.84ab	24.33±5.93b	26.95±8.28ab	27.65±7.02a	28.10±6.21a	28.39±3.50a
分枝长/cm Branch length	37.83±9.02bc	34.08±11.31c	41.06±15.92bc	41.77±17.45b	41.65±15.19b	52.27±13.62a
分枝数/个 Branches	2.50±1.07b	2.27±1.26b	2.57±1.43b	2.73±1.91b	2.87±1.74b	3.70±1.42a
地径/mm Ground diameter	4.12±0.73b	4.41±0.62ab	4.37±0.70b	4.48±0.91ab	4.24±0.77b	4.76±0.66a

注: 同一行数字后标注不同小写字母代表不同处理间差异显著($P<0.05$), 以下同。

Note: Different lowercase letters in a row indicate significant differences at 0.05 level under different irradiation dosages.

组与对照组却无显著差异。5 组辐照组的幼苗分枝长都显著短于对照组, 其中 100 Gy 组分枝长最短, 比对照组短 34.8%。幼苗分枝数 5 组辐照组均显著少于对照组, 其中在 100 ~ 250 Gy 的辐照区间内, 随着辐照剂量的增大, 分枝数有逐渐增多的趋势, 50 Gy 组的分枝数略高于 100 Gy 组, 但无显著性差异。50, 150, 250 Gy 3 组辐照组的幼苗地径显著低于对照组, 而 100, 200 Gy 组的幼苗地径和对照组无显著性差异。

2.2.2 电子束辐照对紫薇幼苗生长的影响 根据生长指标统计, 不同剂量电子束辐照影响了紫薇幼苗的生长情况(见 表 5)。200, 300, 450 Gy 3 组辐照组的株高显著低于对照组, 其中 450 Gy 组比对照组低 16.87%。幼苗分枝长在电子束辐照处理下有明显影响, 除 250 Gy 组, 其余 6 组均显著短于对照组, 300 Gy 组的幼苗分枝长最短, 比对照组短 45.19%。电子束辐照处理对幼苗分枝个数有较明显影响, 300, 450, 500 Gy 3 组处理的分枝数显著少于对照组, 且 450, 500 Gy 2 组高辐照组分枝数显著减少, 450 Gy 处理下幼苗分枝个数最少, 比对照少 43.24%。电子束辐照对幼苗地径的影响较小, 仅 450 Gy 辐照组显著低于对照组, 比对照组低 15.34%, 其余辐照组未有显著差异。

2.2.3 2 种辐照对紫薇幼苗生长的综合影响 不同剂量的 2 种辐照对紫薇株高、分枝长、分枝数和地径的生物统计分析结果(表 6)表明, 幼苗的株高和分枝数, 2 种辐照的不同辐照组之间并未有明显差异。

表 5 电子束辐照对紫薇幼苗生长指标的影响

Tab. 5 The effects of electron beam irradiation on seedling growth indexes of *Lagerstroemia indica*

指标 Index	辐照剂量 Irradiation dose/Gy							CK
	200	250	300	350	400	450	500	
株高/cm Height	24.71±4.92cd	28.42±5.19a	25.49±5.06bcd	26.89±6.56abc	27.80±5.68ab	23.60±5.45d	26.51±7.35abc	28.39±3.50a
分枝长/cm Branch length	44.50±14.37b	57.07±7.70a	28.65±5.45c	30.22±6.58c	29.90±5.81c	32.31±14.63c	39.13±17.96b	52.27±13.62a
分枝数/个 Branches	3.20±1.75abc	2.97±1.81abc	2.73±1.87bcd	3.17±1.74abc	3.33±1.35ab	2.1±1.56d	2.37±1.59cd	3.70±1.42a
地径/mm Ground diameter	4.68±0.88ab	5.00±0.93a	4.91±0.81ab	4.63±0.86ab	4.52±0.71b	4.03±0.87c	4.84±0.73ab	4.76±0.66ab

表 6 2 种辐照对紫薇幼苗生长指标的影响

Tab. 6 The effects of two types of irradiation on seedling growth indexes of *Lagerstroemia indica*

处理 Treatment	株高 Plant height/cm	分枝长 Branching length/cm	分枝数 Number of branches/个	地径 Ground diameter /cm
$^{60}\text{Co}-\gamma(50\text{ Gy})$	26.22±4.84a	37.83 ±9.02bc	2.50±1.07a	4.12±0.73cd
$^{60}\text{Co}-\gamma(100\text{ Gy})$	24.33±5.93a	34.08±11.31c	2.27±1.26a	4.41±0.62 abcd
$^{60}\text{Co}-\gamma(150\text{ Gy})$	26.95±8.28a	41.06±15.92bc	2.57±1.43a	4.37±0.70abcd
$^{60}\text{Co}-\gamma(200\text{ Gy})$	27.65±7.02a	41.77±17.45bc	2.73±1.91a	4.48±0.91 abcd
$^{60}\text{Co}-\gamma(250\text{ Gy})$	28.10±6.21a	41.65±15.19bc	2.87±1.74a	4.24±0.77bcd
电子束(200 Gy)EB	24.71±4.92a	44.50±14.37abc	3.20±1.75a	4.68±0.88abcd
电子束(250 Gy)EB	28.42±5.19a	57.07±7.70a	2.97±1.81a	5.00±0.93a
电子束(300 Gy)EB	25.49±5.06a	28.65±5.45c	2.73±1.87a	4.91±0.81ab
电子束(350 Gy)EB	26.89±6.56a	30.22±6.58c	3.17±1.74a	4.63±0.86abcd
电子束(400 Gy)EB	27.80±5.68a	29.90±5.81c	3.33±1.35a	4.52±0.71abcd
电子束(450 Gy)EB	23.60±5.45a	32.31±14.63c	2.10±1.56a	4.03±0.87d
电子束(500 Gy)EB	26.51±7.35a	39.13±17.96bc	2.37±1.59a	4.84±0.73abc
CK	28.39±3.50a	52.27±13.62ab	3.70±1.42a	4.76±0.66abcd

$^{60}\text{Co-}\gamma$ 的 100 Gy 辐照组和电子束 300, 350, 400, 450 Gy 这 5 组辐照组的分枝长均显著短于对照组, 其中电子束 300 Gy 辐照组最短。电子束 250 Gy 辐照组地径显著高于 $^{60}\text{Co-}\gamma$ 5 组辐照组, 与对照相比, 电子束 450 Gy 辐照组地径最短, 电子束 250 Gy 辐照组地径最高。

3 讨论

3.1 2 种辐照对紫薇种子和幼苗表现性状的影响 $^{60}\text{Co-}\gamma$ 射线和电子束的产生原理和作用机制不尽相同, 其对紫薇辐照效果的差异研究尚鲜见报道。种子的发芽率和成苗率是育种成功的基础, 本试验显示 $^{60}\text{Co-}\gamma$ 和电子束均会对紫薇种子的发芽率产生影响, 其中 $^{60}\text{Co-}\gamma$ 辐照对紫薇种子的发芽率影响较小。相比发芽率, 2 种辐照处理下紫薇的成苗率和发芽天数均有较明显的影响, 但紫薇幼苗生长的株高和分枝数未有明显差异。试验结果表明, 在相同剂量条件下(250 Gy), 电子束辐照处理下的紫薇幼苗分枝长更长, 地径更大, 电子束辐照对紫薇幼苗分枝长和地径表现性状发生的变异更大。近年来有研究人员认为通过成苗率计算半致死剂量, 且在 20% 上下选择 2 个剂量可以产生更多的突变率^[25]。笔者通过试验, 计算出紫薇干种子在 $^{60}\text{Co-}\gamma$ 辐照的范围为 113.06 ~ 299.63 Gy, 在电子束辐照的范围为 245.5 ~ 372.24 Gy。这些结果可以为紫薇的诱变育种提供数据基础, 也可以为其他花卉植物的辐射诱变提供参考。

3.2 种子和幼苗表现性状变异的原因分析 2 种辐照显示随着辐照剂量的增加, 发芽率均先升高后降低, 推测可能是低剂量处理破坏了种皮的结构从而促进种子萌发, 但有文献推测其原因是低剂量的辐照会打破种子休眠, 在种子萌发的早期活化相关蛋白和 RNA, 从而提高种子萌发率^[26]; 而高剂量辐照会破坏部分种胚导致种子活力降低。2 种辐照处理下紫薇的成苗率均显著降低, 这可能是由于辐照导致植物细胞分裂受抑制, 这种抑制随芽苗生长不断显现, 最终导致幼苗生长困难甚至不能成苗^[27], 这与鸢尾、万寿菊和高羊茅中的研究结果一致^[28-30]。辐照可以导致细胞多水平的变化, 从而引起植物形态的变化, 幼苗的生长状况是衡量辐照生物学效应的重要指标。本试验结果表明 $^{60}\text{Co-}\gamma$ 3 组高剂量组分枝长和分枝数逐渐增加, 推测可能是高剂量辐照处理抑制了植株的顶端优势, 从而在一定范围内促进了侧芽的发育。电子束辐照低剂量处理组分枝长比对照显著增长, 推测可能是低辐照处理所致损伤程度较低, 刺激植物激素的合成, 引起一系列修复反应, 从而减轻辐照的损伤以更好抵御外界的干扰, 而高剂量辐照表现出对幼苗生长的抑制作用, 可能与细胞分裂 G2/M 期受阻有关。

辐射育种可以打破基因连锁, 提高重组率, 改变品种单一性状和缩短育种周期, 因此被广泛应用于观赏植物和农作物中。亲本的选择是辐射育种成功的基础, 要尽可能选择易发生突变的基因型和杂合材料, 杂合材料经辐射处理后发生隐性突变的性状比纯合体易于显现, 有利于提高后代的突变频率和选择几率。在育种操作中, 辐照技术可以和组织培养、现代分子生物学技术相结合, 提高突变体的选择效率和增殖速度, 加快观赏植物新品种选育的进程。

参考文献:

- [1] 靳晓翠, 范义荣. 紫薇种质资源概况及应用现状分析[J]. 河北农业科学, 2009, 13(1): 16 - 17.
- [2] 王业社, 侯伯鑫, 杨强发, 等. 湖南省紫薇种质资源调查及应用前景分析[J]. 草业学报, 2014, 23(5): 77 - 91.
- [3] 范辉华, 李乾振, 汤行昊, 等. 福建省紫薇种质资源调查与优良单株选择[J]. 林业资源管理, 2015, 5: 162 - 165.
- [4] 蔡明, 王晓玉, 张启翔, 等. 紫薇品种与尾叶紫薇种间杂交亲和性研究[J]. 西北植物学报, 2010, 30(4): 697 - 701.
- [5] 张军围. 紫薇杂交亲和性及杂交后代性状变异性初步研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2012.
- [6] 聂硕, 张林, 王峰, 等. 紫薇杂种 F1 代的性状表现与倍性研究[J]. 山东农业科学, 2017, 49(1): 17 - 22.
- [7] 王滑, 陈放, 段丽君, 等. 紫薇异倍体的杂交亲和性分析及子代倍性鉴定[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2016, 42(3): 291 - 295.
- [8] 宋新红, 丰震, 谷衍川, 等. 紫薇多倍体的诱导、鉴定及内多倍性研究[J]. 山东林业科技, 2012(2): 1 - 7.
- [9] 黄瑞芳, 施士争, 王红玲, 等. 9 个紫薇品种在沭阳的引种栽培试验[J]. 江苏林业科技, 2017, 44(6): 23 - 26.

- [10] 王昊, 蔡卫佳, 阮倩倩, 等. 紫薇内轮花药繁殖策略[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(4): 115 – 116.
- [11] 宋倩, 黎榕, 林盛文, 等. 美国紫薇扦插繁殖试验[J]. 南方林业科学, 2016, 44(5): 32 – 34.
- [12] 林兵, 钟准钦, 黄敏玲, 等. $^{60}\text{Co-}\gamma$ 射线辐射对荷兰鸢尾花色诱变效应的研究[J]. 核农学报, 2019, 33(4): 0633 – 0639.
- [13] 赵艺璇, 孙桂芳, 杨建伟, 等. $^{60}\text{Co-}\gamma$ 射线对 2 种园林植物种子萌发和幼苗生理特性的影响[J]. 西部林业科学, 2019, 48(1): 119 – 124.
- [14] 赵艺璇, 孙桂芳, 刘秋萍, 等. $^{60}\text{Co-}\gamma$ 辐射对红秋葵和黄秋葵形态及生理特性的影响[J]. 河南农业大学学报, 2018, 52(5): 710 – 715.
- [15] 龚束芳, 刘恩慧, 姜童童, 等. 尖叶石竹种子的 EMS 和 $^{60}\text{Co-}\gamma$ 诱变[J]. 草业科学, 2017, 34(11): 2226 – 2234.
- [16] 靳芳, 李云爽, 杨喜霞, 等. 电子束辐射对玉米及陆地棉花粉萌发率的影响[J]. 中国农学通报, 2011, 27(24): 164 – 168.
- [17] 黄强, 苏鹏, 吴茂力, 等. 电子束辐照玉米自交系 M3 的变异分析[J]. 中国农学通报, 2017, 33(30): 12 – 16.
- [18] 王阳, 李邱华, 李松林, 等. 电子束辐照百合鳞茎后对生长发育的影响及 RAPD 分析[J]. 西北农业学报, 2013, 22(3): 140 – 147.
- [19] 黎熠睿, 王丹, 湛晓蝶, 等. 唐菖蒲响应电子束转靶 X 射线辐照的生物学效应和辐射敏感性评价[J]. 核农学报, 2019, 33(6): 1049 – 1058.
- [20] 刘玲, 王丹, 闵可怜, 等. 电子束转靶 X 射线对红花石蒜、韭兰的诱变效应[J]. 西南农业学报, 2019, 32(3): 620 – 626.
- [21] 张志伟, 王丹. 电子束处理对唐菖蒲 M1 代植株生长发育的影响[J]. 东北林业大学学报, 2008, 36(1): 26 – 27.
- [22] 张志伟, 王丹, 张冬雪. 电子束辐射唐菖蒲球茎对 M1 叶片的影响初探[J]. 植物研究, 2008, 28(1): 54 – 58.
- [23] 王路. 花卉辐射育种浅谈[J]. 中国花卉盆景, 1997(1): 16 – 18.
- [24] 刘艳芝, 徐祥文, 王淑霞. $^{60}\text{Co-}\gamma$ 射线对山药零余子的辐射效应[J]. 山东农业科学, 2016, 48(4): 54 – 56, 60.
- [25] 岳华峰, 唐丽丹, 马顺兴, 等. 培养时间、蔗糖质量浓度及 $^{60}\text{Co-}\gamma$ 射线对木瓜花粉萌发的影响[J]. 河南农业大学学报, 2013, 47(5): 538 – 542.
- [26] MAHERCHANDANI N. Effects of gamma radiation on the dormant seeds of *Avena fatua* L [J]. Radiation Botany, 1975, 25(4): 439 – 443.
- [27] 朱宗文, 查丁石, 朱为民, 等. $^{60}\text{Co-}\gamma$ 射线辐射对番茄种子萌发及早期幼苗生长的影响[J]. 种子, 2010, 29(8): 15 – 18.
- [28] 李风童, 包建忠, 孙叶, 等. $^{60}\text{Co-}\gamma$ 射线辐照德国鸢尾杂交种子的生物效应[J]. 核农学报, 2017, 31(8): 1469 – 1474.
- [29] 王慧娟, 孟月娥, 赵秀山, 等. $^{60}\text{Co-}\gamma$ 射线辐射万寿菊对发芽率及生长的影响[J]. 中国农学通报, 2009, 25(19): 161 – 163.
- [30] 王月华, 韩烈保, 尹淑霞, 等. γ 射线辐射对高羊茅种子发芽及酶活性的影响[J]. 核农学报, 2006, 20(3): 199 – 201.

Effects of $^{60}\text{Co-}\gamma$ and Electron Beam Irradiation on the Germination and Seedling Growth of *Lagerstroemia indica*

XIA Xi

(Shanghai Engineering Research Center of Sustainable Plant Innovation, Shanghai Botanical Garden, Shanghai 200231)

Abstract: Radiation mutagenesis is an important method for plant breeding, which can improve the mutation rate and shorten the breeding time. Plants are differently sensitive to irradiation, and adequate irradiation dose could increase mutation frequency and breeding efficiency. Seeds of *Lagerstroemia indica* were treated with $^{60}\text{Co-}\gamma$ and electron beam at different doses to observe their germination and seedling growth to find the best irradiation source and dose. The results showed that the germination rates of the seeds treated with both $^{60}\text{Co-}\gamma$ and the electron beam were first promoted and then inhibited, and that the seedling survival rate decreased significantly with the irradiation dose. The $^{60}\text{Co-}\gamma$ irradiation was found to inhibit and then promote the plant height, while the electron beam irradiation inhibited the plant height. Both $^{60}\text{Co-}\gamma$ and the electron beam had significant inhibition effects on the branch length and branch number of the seedlings. The $^{60}\text{Co-}\gamma$ irradiation had little inhibition effect on the ground diameter of the seedlings, while the electron beam irradiation had

highly different effect on the ground diameter. Comprehensive analysis of the seedling growth under the two sources of irradiation showed that the seedlings of *L. indica* treated with the electron beam at the same dose of irradiation to the $^{60}\text{Co-}\gamma$ irradiation had longer branches and higher ground diameter and varied greatly in branch length and ground diameter. When calculated at the seedling survival rate of *L. indica* treated, the optimum irradiation dosage was 113.06 Gy to 299.63 Gy for $^{60}\text{Co-}\gamma$, and 245.5 Gy to 372.24 Gy for electron beam. *L. indica* was more sensitive to $^{60}\text{Co-}\gamma$ irradiation. These results would provide a theoretical basis for mutation breeding and acceleration of the breeding process of *L. indica*.

Keywords: *Lagerstroemia indica*.; $^{60}\text{Co-}\gamma$; electron beam; seed viability; seedling growth

(责任编辑:钟云芳)

(上接第 209 页)

Knockout and Functional Analysis of Neutral Trehalase *NTH1* Gene in *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* Race 4

LIANG Junwei^{1,2}, ZENG Fanyun², QI Yanxiang², PENG Jun², ZHANG Xin², XIE Peilan², XIE Yixian²
(1. College of Plant Protection, Hainan University, Haikou, Hainan 57022; 2. Environment and Plant Protection Institute,
Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Haikou, Hainan 571101, China)

Abstract: In order to study the role of neutral trehalase in the pathogenicity and intolerance environment of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* race 4 (Foc4-37), a neutral trehalase-encoding gene knockout mutant $\Delta nth1$ was constructed, and its pathogenicity, biological characteristics and resistance to phenamacril were determined. The results showed the neutral trehalase-encoding gene knockout mutant $\Delta nth1$ was lower in colony growth rate and conidia germination rate, and significantly lower in pathogenicity to banana (Cavendish, AAA) than the wild-type strain. However, there was no significant difference in conidia yield and sensitivity to phenamacril ($EC_{50} = 6.07 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) between the mutant and the wild type strain. It was inferred that *NTH1* gene was involved in regulating the growth and conidia germination of *Fusarium oxysporum* f. sp., and responding to the cell wall synthesis and oxidative stress, but not to the osmotic pressure, high sugar stress and temperature stress.

Keywords: *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense*; neutral trehalase; gene knockout; pathogenicity

(责任编辑:钟云芳)