

文章编号:1001-7380(2017)01-0016-06

# 不同剂量<sup>60</sup>Co-γ射线对凤丹种子 生根、出苗及幼苗生长的影响

言燕华<sup>1</sup>, 祝有为<sup>2\*</sup>, 韦武青<sup>3</sup>, 徐迎春<sup>1\*\*</sup>

(1. 镇江市润州区林业果茶指导站, 江苏 镇江 212000; 2. 南京农业大学园艺学院, 江苏 南京 210095;  
3. 镇江市福农园艺有限公司, 江苏 镇江 212021)

**摘要:**以凤丹(油用牡丹)的干种子、湿沙层积的湿种子为辐射诱变材料,通过不同剂量<sup>60</sup>Co-γ射线照射处理,研究对种子生根、幼苗生长及幼苗变异情况的影响。结果表明:凤丹干、湿种子的生根率、主根长度≥4 cm种子的百分率、须根的比率均表现为低剂量促进、高剂量抑制的趋势。低剂量辐射处理干、湿种子,均表现为初萌期提前,出苗指数和出苗率提高;随着剂量增加,初萌期延迟,出苗指数和出苗率降低。根据出苗率计算出凤丹干、湿种子的半致死辐射剂量分别为18.94 Gy和9.51 Gy。干种子中低辐射剂量(10 Gy)处理的苗高与对照无显著差异;当辐射剂量超过20 Gy时,苗高随辐射剂量的增大而降低。各处理幼苗的茎粗与对照均无显著差异。辐射对湿种子幼苗高度的影响与干种子相似,但湿种子耐辐射能力稍差,辐射超过6 Gy,苗高即显著低于对照;而较高辐射处理(10—20 Gy)的湿种子幼苗茎粗显著低于对照。干、湿种子的幼苗变异率均表现为随辐射剂量加大逐渐增大的趋势。<sup>60</sup>Co-γ射线对凤丹幼苗的诱变效应主要表现为小叶退化和叶色变化,且随辐射剂量增大,幼苗也会出现叶片畸形、叶尖枯萎、茎徒长等畸变。

**关键词:**油用牡丹;凤丹;种子;<sup>60</sup>Co-γ射线;生根;出苗

**中图分类号:**S685.11 **文献标志码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1001-7380.2017.01.004

近年来,随着油用牡丹产业的兴起,种籽高产的油用牡丹选育成为一个重要的课题。凤丹(*Paeonia ostii*)作为主栽的油用牡丹物种,常作为育种的亲本<sup>[1-2]</sup>。

应用辐射诱变育种手段可获得大量的突变,可从中选出有益的变异,进而获得优良新品种。之前,人们在牡丹的育种上也尝试应用了辐射诱变育种手段<sup>[3-4]</sup>,但上述报道的育种目标多为获得更有观赏价值的牡丹新品种,而针对获得种籽高产的油用牡丹新品种为目的的辐射诱变育种研究仍较少。

目前牡丹辐射诱变的材料多为干种子。但牡丹种子具有典型的上胚轴休眠特性,干种子从播种到获得实生苗要历时半年之久,且出苗率也不高<sup>[5]</sup>。用湿沙层积的湿种子通过人工方法打破其上胚轴休眠,可提早4个月出苗<sup>[6]</sup>,具有缩短育种

年限的优势。但该类种子辐射诱变的适宜剂量及诱变的效果尚无报道。

本研究分别用干、湿(湿沙层积)凤丹种子作为辐射材料,使用不同剂量的<sup>60</sup>Co-γ射线进行照射,通过分析其对凤丹干、湿种子的生根率、主根长度、须根率以及出苗率、植株的变异情况等影响,以确定凤丹种子的半致死辐射剂量,并获得有益的育种材料,为后续选育凤丹高产新品种奠定基础。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 试验材料

1.1.1 植物材料 本试验的凤丹种子采自安徽铜陵凤凰山凤丹种植基地5年生植株。2014年8月初,待种皮呈蟹黄色且微裂后,将蓇葖果采收,采摘后将蓇葖果带回实验室,堆放在阴凉通风处,待其

收稿日期:2016-10-26;修回日期:2016-11-04

基金项目:镇江市科技局农业科技支撑项目“油用牡丹——凤丹高产新品种选育”(NY2014017)

第一作者简介:言燕华(1962-),女,江苏无锡人,高级农艺师。主要从事林业应用技术研究。

\* 并列第一作者简介:祝有为(1990-),男,山东济宁人,硕士研究生。主要从事观赏植物生产技术与育种研究。

\*\* 通信作者:徐迎春(1972-),女,山东巨野人,副教授,博士。主要从事观赏植物栽培生理与育种研究。E-mail: xyc@njau.edu.cn。

自然开裂时,取出种子。2014 年 8 月 16 日,选出饱满优质的种子,用 5% 高锰酸钾溶液浸泡消毒 2 h,再用清水冲洗干净。将一部分种子用湿沙层积,另一部分种子风干保存备用。

1.1.2 辐射源 本试验采用<sup>60</sup>Co-γ 射线照射,所用钴源来自江苏省农业科学院南京辐照中心。

## 1.2 试验方法

1.2.1 辐射处理 于 2014 年 10 月 16 日,湿种子层积时间为 2 个月,用<sup>60</sup>Co-γ 射线辐照种子。根据干、湿种子对辐射敏感程度的不同,将湿种子分为 6 组处理,辐射剂量分别设为 0(CK), 2, 6, 10, 20, 30 Gy (戈瑞)。将干种子分为 7 组处理,辐射剂量分别为 0(CK), 10, 20, 30, 40, 50, 60 Gy。每个剂量处理 300 粒种子,每 100 粒种子为 1 组,重复 3 次。

干、湿种子辐射剂量率均为 1 Gy/min。

1.2.2 观测内容 由于凤丹的种子有上胚轴休眠特性,层积后只生根,并不发芽,需要经过低温处理或激素处理,打破其上胚轴休眠后才会发芽<sup>[6]</sup>。因此,本试验将辐射处理后的干种子用湿沙进行层积,将湿种子(已在湿沙中层积 2 个月)继续层积,调查各组处理种子的生根情况;当种子的主根长度  $\geq 4$  cm 时,将其用 200 mg/L 的赤霉素处理,提前打破上胚轴休眠,使其发芽,然后调查出苗情况。

种子的生根情况:将辐射后的干种子立即用湿沙进行层积,将辐射后的湿种子继续在湿沙中层积。层积时塑封袋口需敞开,并在袋上均匀扎满小孔,有利于透气,否则容易滋生病菌,致使种子根系腐烂。将塑封袋置于室温下进行层积,定期喷水保持沙子含水量在 50%。

从 2014 年 11 月 15 日(层积第 30 d)开始记录各处理组种子的生根率、主根长度和侧根数,每 10 d 记录 1 次,至层积第 80 d 结束记录,统计各处理组最终生根率、主根长  $\geq 4$  cm 的种子和有须根的种子在生根种子中的百分率(须根率)。

于 2015 年 1 月 9 日(层积 85 d 后),结束层积。此时各处理组种子的主根长度均  $\geq 4$  cm,用 200 mg/L 赤霉素浸泡 2 h 后晾干(目的是提前打破凤丹种子的上胚轴休眠),栽种于 50 孔的深穴孔穴盘内,穴孔上口径 4.8 cm,下口径 2.0 cm,深度 8.5 cm。栽培基质为泥炭:珍珠岩体积比为 3:1 的混合基质。

种子的出苗情况:将播种后的穴盘放置于塑料大棚内培养成苗。以种子萌动视为萌发,子叶破土

视为出苗。观察记录首次出苗的时间,并在播种 120 d 后统计出苗率和出苗指数。

出苗率( $G_r$ ) =  $\sum (G_t/NT) \times 100\%$ ; 出苗指数( $GI$ ) =  $\sum (G_t/D_t)$ 。其中, $G_t$  表示在  $t$  日时的出苗数, $D_t$  表示相应的出苗天数, $NT$  表示种子总数。

半致死辐射剂量的计算:根据凤丹种子在不同剂量下的出苗率(即种子的成活率),拟合直线回归方程,并根据该方程推算出成活率为 50% 时所对应的辐射剂量,即为半致死剂量( $LD_{50}$ ),以此确定凤丹干、湿种子辐照的最佳剂量范围。

幼苗的生长及形态变异情况:待种子播下 90 d 后,对各处理组幼苗进行形态学观测:株高(以地面根颈部位至幼苗叶片的最大长度计算,用直尺直接测量)、茎粗(以幼苗紧贴地面部位向上 1 cm 处计算,用游标卡尺测量),观察对照与不同辐射剂量对凤丹幼苗生长和发育的影响,特别是幼苗叶片的变化情况(如叶色改变、小叶退化或皱缩、叶柄异常等),并对各组的变化情况进行记录。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同辐射剂量处理对凤丹种子生根的影响

2.1.1 生根率 分别将干、湿种子层积共 80 d,从第 40 d 起,每隔 10 d,对各处理组试验材料的生根情况进行观察统计(见表 1)。湿种子整体生根率均高于干种子。湿种子的生根时间早于干种子,具体表现为,湿种子在层积 30 d 时,CK 组、2 Gy 和 6 Gy 处理组的生根率均超过 50%,而此时干种子中生根率没有超过 20%。从统计结果来看,湿种子中在层积 50 d 前生根活动最为活跃,到层积 60 d 后发芽率变化不明显,而干种子直到层积 70 d 以后,发芽率才开始放缓。此外,湿种子最终生根率也略高于干种子。

从不同辐射处理对干、湿种子的影响来看,无论是干种子还是湿种子,在生根活动旺盛的前几次观察中,均呈现出随辐射剂量增加,生根率先增加后减少的趋势。具体表现为,层积 30 d,辐射剂量较低的 10—30 Gy 处理组干种子生根率明显高于 CK,辐射剂量较高的 40—50 Gy 处理组生根率明显低于 CK,60 Gy 的处理组生根率为 0;湿种子中 2, 6 Gy 处理明显高于 CK, 10—30 Gy 处理均显著低于 CK,且随辐射剂量增大,生根率明显减小。第 40 d 时,10, 20 Gy 处理组干种子的生根率显著提高,明显高于 CK,30—50 Gy 处理的生根率与 CK 没有显著差异,

此时,60 Gy 处理组开始生根,但生根率很低,显著低于 CK 和其他处理;湿种子中各组生根率均增长显著,增长趋势与第 40 d 时相同。第 50 d 和第 60 d,干、湿种子的生根率均有增长,增长趋势没有发生变化,干种子生根率的增长高于湿种子,但总体生根率还是低于湿种子。第 70 d 到第 80 d,干、湿种子生根率已经基本稳定,不再增长。最终,10 Gy 处理干种子的生根率最高,10—30 Gy 处理的生根率明显高于 CK,40—60 Gy 处理的生根率明显低于 CK;湿种子中 6 Gy 处理的生根率最高,但与 2 Gy 和 10 Gy 处理间没有明显差异,都显著高于 CK,20—30 Gy 处理的生根率明显低于 CK。

表 1 不同剂量辐射对凤丹种子生根进程的影响

剂量/Gy	生根率/%						
	30 d	40 d	50 d	60 d	70 d	80 d	
干种子	0	14.42	21.16	42.32	54.83	68.84	69.33
	10	19.83	36.35	57.92	72.73	81.73	83.13
	20	20.00	39.43	51.43	61.26	76.25	77.00
	30	16.40	26.45	48.50	58.35	68.06	74.53
	40	14.33	24.26	44.26	54.16	62.35	65.53
	50	14.28	22.33	40.02	48.43	58.43	62.40
湿种子	0	52.35	73.43	80.83	84.43	86.43	82.43
	2	59.33	76.90	82.30	86.83	87.82	87.83
	6	57.50	78.50	85.35	90.00	90.00	90.00
	10	35.80	57.40	69.93	80.91	84.43	88.40
	20	20.00	42.50	54.49	64.52	79.35	80.47
	30	11.00	36.20	46.35	57.79	62.31	63.67

2.1.2 根的生长情况 种子层积第 80 d 时测定生根凤丹种子的主根长度,并分别统计干、湿种子中主根长  $\geq 4$  cm 的种子粒数,以及有须根的种子粒数,分别计算百分率,并与第 80 d 时种子的生根率进行比较,结果见表 2。

主根长  $\geq 4$  cm 干种子的百分率随着辐射剂量的增加呈先升高后降低趋势。10 Gy 处理组显著高于对照;20 Gy 处理组与对照差异不显著。辐射剂量超过 30 Gy 以后,该指标显著降低,均显著低于对照,且随辐射剂量增大逐渐减小。有须根的比率变化趋势与上一指标类似,10, 20 Gy 时须根比率最大,且显著高于对照,30—40 Gy 时,须根比率显著低于对照,辐射剂量高于 50 Gy 时,须根比率为 0。

主根长  $\geq 4$  cm 的湿种子百分率随辐射剂量的增加呈先增加后降低的趋势。2 Gy 时最高,显著高于对照,辐射剂量高于 6 Gy 后,该指标逐渐减小,辐射剂量高于 10 Gy 以后显著低于对照。有须根的比率变化趋势随辐射剂量的增大逐渐减小。

表 2 不同辐射对凤丹种子生根的影响

剂量/Gy	种子生根率/%	根长 $\geq 4$ cm 种子比率/%	须根种子比率/%	
干种子	0	69.33 $\pm$ 2.50 bcd	34.57 $\pm$ 7.78 b	21.73 $\pm$ 2.94 b
	10	83.13 $\pm$ 1.40 a	44.13 $\pm$ 4.31 a	31.27 $\pm$ 4.88 a
	20	77.00 $\pm$ 2.95 ab	37.00 $\pm$ 3.84 b	33.00 $\pm$ 6.35 a
	30	74.53 $\pm$ 7.13 abc	14.50 $\pm$ 2.26 c	12.50 $\pm$ 3.12 c
	40	65.53 $\pm$ 7.68 cd	11.77 $\pm$ 2.25 c	2.00 $\pm$ 2.65 d
	50	62.40 $\pm$ 8.70 de	4.67 $\pm$ 1.53 d	-
湿种子	0	82.43 $\pm$ 0.72 b	51.70 $\pm$ 1.39 b	63.27 $\pm$ 2.48 a
	2	87.83 $\pm$ 1.40 a	67.87 $\pm$ 2.40 a	54.17 $\pm$ 1.91 b
	6	90.00 $\pm$ 0.87 a	56.50 $\pm$ 2.71 b	33.03 $\pm$ 2.51 c
	10	88.40 $\pm$ 0.87 a	30.20 $\pm$ 7.18 c	28.20 $\pm$ 8.45 c
	20	80.47 $\pm$ 1.07 b	16.53 $\pm$ 2.35 d	13.50 $\pm$ 0.87 d
	30	63.67 $\pm$ 5.95 c	2.17 $\pm$ 2.93 e	3.00 $\pm$ 5.20 e

结果数据为平均值 $\pm$ 标准差;-表示为种子无须根;同列数据后不同小写字母表示在  $P < 0.05$  水平上差异显著

## 2.2 不同辐射剂量对凤丹种子出苗率及幼苗生长的影响

2.2.1 对出苗率的影响 将各处理生根的种子经 200 mg/L 的赤霉素浸泡处理提前打破其上胚轴休眠后,全部种下,从种下之日算起到第 1 粒种子破土而出,其间所间隔的天数即为该处理的首次出苗期。如表 3 所示,对照组干种子首次出苗所用天数为 52 d,辐射剂量为 10 Gy 时只提前 2 d,当辐射剂量为 40 Gy 时延迟到 65 d,与对照相差 13 d。辐射剂量超过 10 Gy 后,随着剂量的增加,其首次出苗期延迟,直至 50 Gy 以上时,虽然种子生根,但没有出苗。出苗指数和出苗率也随剂量的增加呈先升后降的趋势,10 Gy 时出苗指数和出苗率最高,但与对照相比,差异不显著。

湿种子与干种子类似,对照组凤丹种子首次出苗所用天数为 48 d,比未经辐射的干种子提前 4 d 出苗。辐射剂量为 2 Gy 时,比对照提前 3 d;辐射剂量为 20 Gy 时,首次出苗需要 64 d,与对照相差 16 d;辐射剂量超过 30 Gy 时,种子出苗率为 0。出苗

指数和出苗率在辐射剂量低(2—6 Gy)时,没有明显变化,在辐射剂量超过 10 Gy 后,出苗指数和出苗率随辐射剂量增大而减小。说明较高剂量的辐照对凤丹种子的萌发具有明显的抑制作用。

表 3 不同辐射剂量处理对凤丹种子出苗的影响

种子类型	剂量/Gy	首次出苗期/d	出苗指数	出苗率/%
干种子	0	52	0.39	67.79
	10	50	0.48	69.88
	20	55	0.33	51.95
	30	61	0.25	40.18
	40	65	0.13	15.15
	50	-	0	0
	60	-	0	0
湿种子	0	48	0.5	72.29
	2	45	0.52	71.48
	6	50	0.51	67.41
	10	55	0.3	40.38
	20	64	0.14	20.33
	30	-	0	0
	-	-	-	-

-表示没出苗

2.2.2 凤丹种子的半致死辐射剂量 根据凤丹干、湿种子在不同剂量下的出苗率(见表 3),拟合干、湿种子辐射剂量和出苗率之间的直线回归方程分别为  $Y = -1.3569X + 75.7$ ,  $Y = -2.5751X + 74.499$ 。式中  $Y$  为出苗率,  $X$  为辐射剂量。根据该方程,可推算出当出苗率(视为种子的成活率)为 50%时,所对应的辐射剂量分别为 18.94 Gy 和 9.51 Gy,即为半致死剂量( $LD_{50}$ )。

2.2.3 对幼苗生长的影响 通过对所有出苗的幼苗进行形态指标(苗高、茎粗)调查发现,辐射对幼苗的高生长影响显著(见表 4)。干种子中低辐射剂量(10 Gy)处理的苗高与对照无显著差异,当辐射剂量超过 20 Gy 后,苗高随辐射剂量的增大而降低,辐射剂量较大(30—40 Gy)时,苗高显著低于对照。干种子各处理中茎粗与对照均没有显著差异。

辐射对湿种子幼苗高度的影响与干种子相似,但湿种子耐辐射能力稍差,辐射超过 6 Gy 后,苗高即随辐射剂量的增大而降低,辐射高于 10 Gy 后,苗高显著低于对照。而较高辐射处理(10—20 Gy)的湿种子幼苗茎粗显著低于对照。

此外,相同的生长时间,未经辐射的湿种子,其苗高和茎粗均大于干种子。

表 4 不同辐射处理对幼苗生长的影响

种子类型	剂量/Gy	苗高/cm	茎粗/mm
干种子	0	5.82±1.95 a	1.44±0.25 a
	10	6.58±0.60 a	1.53±0.21 a
	20	4.88±0.29 ab	1.35±0.14 a
	30	3.56±0.99 b	1.14±0.46 a
	40	3.26±0.32 b	1.13±0.15 a
	50	-	-
	60	-	-
湿种子	0	8.17±0.86 a	1.75±0.05 a
	2	8.36±0.94 a	1.75±0.09 a
	6	7.12±0.54 ab	1.80±0.14 a
	10	6.30±0.75 b	1.59±0.11 b
	20	4.77±0.77 c	1.53±0.13 b
	30	-	-

结果数据为平均值±标准差;-表示没出苗;同列数据后不同小写字母表示在  $P < 0.05$  水平上差异显著

2.2.4 对变异率的影响 辐射处理后,凤丹幼苗表型出现了一些变异,同一时期出苗的幼苗出现了叶色、叶形等的差异。对照组凤丹幼苗生长正常,叶色呈绿色鲜亮,经过辐射处理的幼苗多数生长正常,但各组中也有一些变异出现,如幼苗的叶色出现黄绿相间色或失绿,叶片的边缘泛红或叶背面泛红,小叶退化等。

以各辐射处理组变异株数占该组成活植株总数的百分率为变异率,结果(见表 5)显示,干、湿种子的幼苗变异率均表现为随辐射剂量加大而逐渐增大的趋势。其中,干种子辐射处理后幼苗变异率最高是 40 Gy,30,10 Gy 处理的变异率最小;湿种子幼苗变异率最高是 20 Gy,10,2 Gy 处理的变异率最小。从前面的结果可以看出,剂量过大常导致成活率较低(见表 3)。因此,需找到一个兼顾成活率及变异率的辐射剂量范围,才能满足获得较多变异植株的要求。

凤丹幼苗的诱变效应主要表现在小叶退化和叶色颜色的变化。随着辐射剂量的加大,凤丹幼苗也会出现一定的生理性伤害,比如叶片畸形、叶尖枯萎、茎徒长等。

表5 不同辐射剂量处理对凤丹幼苗的影响

种子类型	剂量/ Gy	变异类型	变异植株	变异率/%
干种子	0	无	0	0
	10	小叶退化,叶缘泛红,叶色黄绿相间	1	0.48
	20	小叶退化,叶色黄绿相间	3	1.92
	30	叶色失绿,叶柄红色	5	4.15
	40	小叶退化,叶缘泛红,叶柄红色	11	24.20
	50	-	-	-
	60	-	-	-
湿种子	0	无	0	0
	2	叶背泛红,小叶退化	2	0.93
	6	小叶退化,叶色黄绿相间	4	1.97
	10	小叶退化,叶缘泛红,叶柄红色	5	4.13
	20	小叶退化,叶缘泛红,叶色黄绿相间	8	13.12
	30	-	-	-

### 3 讨论与结论

#### 3.1 $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 射线对凤丹种子生根的影响

$\gamma$  射线辐射会对牡丹种子的生根产生促进或抑制的影响<sup>[7]</sup>。李奎等利用黄牡丹的种子进行 $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$  射线辐射育种,发现 $\gamma$  射线的辐射对生根率和主根长度均只表现为抑制作用,生根率和根长随剂量的增加呈明显下降趋势<sup>[3]</sup>。而苏美和等以混合授粉的牡丹种子为试验材料,经过不同剂量的 $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$  射线辐射后发现低剂量的辐射对牡丹种子的生根率和主根伸长有一定的促进作用<sup>[4]</sup>。本试验以凤丹的干、湿种子作为试验材料,研究结果发现不同剂量的 $\gamma$  射线辐射对凤丹种子的生根率、主根长度和须根生长均有显著的影响。具体表现为 $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$  射线对干种子的生根率、主根长、须根率在低辐射剂量时表现为促进作用,而在高辐射剂量时表现为抑制作用;对湿种子的生根率和主根长在低辐射剂量时表现为促进作用,而在高辐射剂量时表现为抑制作用,而对须根的生长始终为抑制作用。

#### 3.2 $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 射线对凤丹种子休眠习性的影响

凤丹种子具有典型的上胚轴休眠的习性,为了打破上胚轴休眠通常要在种子生根后使用赤霉素溶液浸泡,但在实际生产中, $\gamma$  射线也常被用来破除种子休眠、提高发芽率。李奎等对黄牡丹辐射后初萌期的天数进行了统计分析,发现辐射会显著抑制黄牡丹种子的萌发<sup>[3]</sup>。本试验结果显示,在低辐射剂量下,干种子(10 Gy)和湿种子(2 Gy)首次出苗

的时间均早于对照,出苗率与对照无明显差异。随着辐射剂量继续增大出苗时间会相应延迟,直到一定剂量时(干种子 50 Gy,湿种子 30 Gy)种子不再出苗。说明低剂量的 $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$  射线辐射对凤丹种子解除上胚轴休眠有一定促进作用,但对出苗率无显著影响。

#### 3.3 $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 射线对凤丹种子的最佳辐射剂量

凤丹的辐射育种目前鲜有报道,根据其他园林植物辐照育种研究结果表明,辐照剂量和材料类别的选择是辐照诱变育种成功的关键<sup>[8]</sup>。因此,要想使诱变效率提高,获得更多的突变植株,首先要研究确定供试材料适宜的辐射剂量。一定辐射剂量范围内,植物的突变率及突变谱将随着辐射剂量的增加而提高,但超过一定的剂量,植物的存活率将显著下降,同时不良突变性状将增多<sup>[9]</sup>。一般用临界剂量和半致死剂量来确定辐射育种适宜的照射剂量。近年来,则多以半致死剂量上、下相差 20% 范围内再选 2 个照射剂量进行处理,可作为产生更多有益突变的适宜辐射剂量;也有人使用更低剂量;或者以 60%—75% 的存活率作为适宜剂量的指标<sup>[10-11]</sup>。由于种子耐辐射能力不仅与品种有关,还与种子的生理状况有关,所以辐射剂量还应按照种子的生理状况等具体情况来确定。

本试验选择凤丹干、湿种子作为辐射材料,分别采用不同剂量的 $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$  射线进行辐射,发现不同剂量的 $\gamma$  射线辐照对凤丹种子的发芽率、主根长、须根率和出苗率均有明显影响,因此可以将上述指

标作为选择凤丹干、湿种子最佳辐射剂量的重要依据。通过拟合辐射剂量和出苗率之间的直线回归方程,得出干、湿种子成活率的半致死剂量(LD<sub>50</sub>)分别为 18.94 Gy 和 9.51Gy,这与前人的研究结果基本一致<sup>[12]</sup>。而干种子在辐射剂量为 10 Gy 时生根率、主根长 $\geq 4$  cm 的百分率和出苗率均为最高,而从幼苗的形态变异率的表现(见表 5)来看,干种子在 30—40 Gy 可获得较理想的变异率。因此,为了兼顾变异率与成活率,建议对凤丹干种子进行辐射的适宜剂量为 10—30 Gy。湿种子在辐射剂量为 2 Gy 时生根率、主根长 $\geq 4$  cm 的百分率和出苗率均为最高,而在 10—20 Gy 处理时变异率较高。所以,建议对凤丹湿种子进行的适宜辐射剂量为 2—10 Gy。

### 3.4 <sup>60</sup>Co- $\gamma$ 射线对凤丹幼苗生长性状的影响

辐射会引起植株的变异,在幼苗期具体表现在叶片、茎干和根系的形态和颜色上。凤丹从播种到开花结实需要 4—5 a 的时间,由于受到育种年限的限制,本试验只在凤丹的幼苗期进行了早期形态的观察和分析。辐射处理造成凤丹幼苗性状发生的变异主要表现在叶型、叶色等方面,这些变异是随机不定向的。若要选择具有观赏价值或者生产使用价值的新品种,还需进一步观察与鉴定。

本试验发现,少数辐射处理植株叶片出现小叶退化的现象,叶片出现黄绿相间的颜色,或叶片边缘红色,茎干也有少数出现泛红的现象。高辐射剂量的植株变异率较高,但也出现部分生理性的损伤,且辐射剂量越高,损伤越严重;低辐射剂量的植

株表现为植株挺立,叶片舒展,有部分变异情况出现,但生长健壮,生理性损伤较少,可能与低剂量辐射可促进植株生长有关<sup>[9]</sup>。

### 参考文献:

- [1] 韩欣,成仿云,肖佳佳,等.以‘凤丹白’为母本的杂交及其育种潜力分析[J].北京林业大学学报,2014,36(4):121-125.
  - [2] 李嘉珏,何丽霞.江南牡丹发展历史、品种构成与适地适花问题[J].中国花卉园艺,2003,3(12):8-10.
  - [3] 李奎,王雁,郑宝强,等.黄牡丹研究现状与展望[J].林业科学研究,2014,27(2):259-264.
  - [4] 苏美和,赵兰勇,房涛.<sup>60</sup>Co- $\gamma$ 辐射对牡丹种子发芽率及幼苗生长的影响[J].农学学报,2012,2(2):18-20.
  - [5] 高水平,范丙友,刘改秀,等.牡丹、芍药种子上胚轴休眠解除效应初步研究[J].北方园艺,2008(5):116-118.
  - [6] 林松明,徐迎春,蔡志仁,等.打破凤丹种子上胚轴休眠的研究[J].江苏农业科学,2006,34(1):84-86.
  - [7] 王小芳.几种牡丹种子萌发的初步研究[D].北京:北京林业大学,2008.
  - [8] 冯志杰.高等植物的辐射敏感性[J].中国核科技报告,1992(12):1-11.
  - [9] 李玲,孙逢毅,贾锦山,等.<sup>60</sup>Co- $\gamma$ 射线辐照及其与GA3复合处理对牡丹种子的诱变效果[J].农学学报,2014,4(4):38-40.
  - [10] 夏英武,吴殿星,舒庆尧.植物诱变育种技术的研究进展及其新的领域[J].核农学通报,1995(1):39-42,44.
  - [11] 程金水.园林植物遗传育种学[M].北京:中国林业出版社,2000.
  - [12] 施江,董普辉,张淑玲,等.<sup>60</sup>Co- $\gamma$ 射线对牡丹、芍药种子辐射剂量的影响[J].河南科技大学学报(自然科学版),2010,31(4):72-74.
- 
- [1] 姚万军,杨忠歧.利用管氏肿腿蜂防治光肩星天牛技术研究[J].环境昆虫学报,2008,30(2):127-134.
  - [2] 马铁山.利用管氏肿腿蜂防治锈色粒肩天牛的试验[J].中国森林病虫,2008,27(6):37-39.
  - [3] 康文通,汤陈生,梁农,等.应用管氏肿腿蜂林间防治松墨天牛[J].福建农林大学学报,2008,37(6):575-579.
  - [4] 杨希,黄金水,何学友,等.管氏肿腿蜂及其带菌室内防治松墨天牛幼虫试验[J].福建林业科技,2005,32(3):94-96.
  - [5] 谢振东,杨玉新,张绪成,等.用栗山天牛幼虫做寄主人工繁殖管氏肿腿蜂的试验研究[J].吉林林业科技,1999(6):11-12.
  - [6] 杨希,黄金水,洪宜聪,等.应用松墨天牛繁育管氏肿腿蜂技术的研究[J].武夷科学,2007(23):13-19.
  - [7] 程惠珍,卢美娟,等.用玉米螟作寄主繁殖管氏肿腿蜂[J].生物防治通报,1989,5(4):145-148.
  - [8] 陈君,程惠珍.应用大理窃蠹繁殖管氏肿腿蜂[J].昆虫知识,1995,32(3):160-162.
  - [9] 陈倩,梁洪柱,高灵旺,等.黄粉甲蛹低温贮存时间对管氏硬皮肿腿蜂母代和子代寄生与繁育的影响[J].林业科学,2008,44(5):65-69.
  - [10] 代平礼,徐志强,田慎鹏.利用黄粉甲繁育管氏肿腿蜂:不同蜂虫比对繁育效果的影响[J].昆虫知识,2005,42(3):308-311.
  - [11] 薛金龙,徐志强,陈伟.管氏肿腿蜂替代寄主黄粉甲培育条件标准化探讨[J].中国森林病虫,2014,33(2):31-35.

(上接第 15 页)

贮存时间达到 45 d 的黄粉虫蛹作寄主,很多虫体也出现失水干瘪的现象<sup>[9]</sup>,因此,低温冷藏时间不宜超过 4 个月。酒精浸泡时间过长,虫体有时会发黑,一般以浸泡 2—3 h 为宜。每管寄主不宜超过 2 头,寄主太多,容易发霉。另外,黄粉虫蛹的腹面向上,更有利于管氏肿腿蜂的寄生及子代蜂产量的提高。

### 参考文献: