

文章编号:1000-8551(2007)04-353-04

不同地理种源小桐子种子对⁶⁰Co γ射线照射的敏感性研究

杨清^{1,2} 许丛恒³ 彭代平¹ 段柱标¹ 韩蕾⁴ 孙启祥⁴ 彭镇华⁴

(1. 中国科学院西双版纳热带植物园,云南 勐腊 666303;2. 国际竹藤网络中心/中国林业科学研究院研究生院,北京 100091;
3. 云南省景洪市林业局,云南 景洪 666100;4. 中国林业科学研究院林研所/国家林业局林木培育重点实验室,北京 100091)

摘要:研究了10个不同地理种源的小桐子种子对⁶⁰Co γ射线照射的敏感性。结果表明,辐射剂量与出苗率呈负相关,且不同剂量处理间的相对出苗率差异达显著或极显著水平,线性回归方程的相关系数为-0.89~-0.96,其半致死剂量为127~184 Gy。根据半致死剂量可将10个不同地理种源的小桐子划分为辐射敏感型、辐射中间型和辐射迟钝型,其中贵州贞丰鲁容种源(141 Gy)和海南乐东莺歌海种源(127 Gy)为辐射迟钝型;云南元江种源(184 Gy)为辐射敏感型;其余7个种源为辐射中间型。本研究可为创制小桐子新种质提供重要试验基础。

关键词:小桐子种子;辐射敏感性;半致死剂量

IRRADIATION SENSIBILITY OF DIFFERENT PROVENANCES OF *Jatropha curcas* L. Seeds

YANG Qing^{1,2} XU Cong-heng³ PENG Dai-ping¹ DUAN Zhu-biao¹ HAN Lei⁴ SUN Qi-xiang⁴ PENG Zhen-hua⁴

(1. Xishuangbanna Tropical Botanic Gardens, CAS, Mengla, Yunnan 666303;

2. Graduate School of International Centre for Bamboo and Rattan/Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091;

3. Forestry Department of Jinghong City in Xishuangbanna, Jinghong, Yunnan 666100;

4. Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry/Key Laboratory of Forest Cultivation, State Forestry Administration, Beijing 100091)

Abstract: The irradiation sensibility of 10 provenances of *Jatropha curcas* L. seeds to ⁶⁰Co γ-rays was studied. The results showed that the relationship between relative germination rate of the seeds and the doses of irradiation was negative correlation, and the difference of relative germination rate among different doses treatment was significant at 5 % probability level or highly significant at 1 % probability level. For seeds of different provenances, the correlation coefficient of linear regression was from -0.89~-0.96, and the medial lethal doses (LD 50) of 10 provinces was from 127 Gy to 184 Gy. According to the LD 50, we could divided 10 provinces of *J. curcas* L. into sensitive provenance, transitional provenances and obtuse provenances. The provenances of Yuanjiang, Yunnan (184 Gy) belonged to sensitive provenance; the provenances of Zhenfeng, Guizhou (127 Gy) and the provenances of Yuedong, Hainan (141 Gy) belonged to obtuse provenance; other 7 provenances belonged to transitional provenances. The results provided important experiment basis for germ plasm resources innovation of *J. curcas* L.

Key words: *Jatropha curcas* L. seed; irradiation sensibility; medial lethal dose

在自然条件下,植物自发突变频率极低并因植物种类和基因的不同而存在差异,一般来说,个体植株发生突变的频率介于 10^{-3} ~ 10^{-4} 之间,单个基因则介于 10^{-5} ~ 10^{-6} 之间^[1]。利用辐射诱发植物的基因突变或

染色体结构变异、倍性变异,可使突变频率提高千倍以上,从而使人们定向地创造和筛选变异成为可能。

小桐子(*Jatropha curcas* L.)属大戟科麻风树属,落叶灌木或小乔木,其种仁含油率可达61.5%,是热带

收稿日期:2006-12-08

基金项目:中科院“西部之光”人才培养项目;中科院方向性项目(KSCX2-YW-G-027)

作者简介:杨清(1969-),男,重庆市人,副研究员,博士研究生,主要从事植物引种的生态适应性及林木育种等方面的研究。E-mail: yq@xtbg.org.cn

通讯作者:韩蕾(1972-),女,北京市人,副研究员,博士,主要从事园林植物诱变育种研究。E-mail: hl04192003@yahoo.com.cn

地区的一种生物能源^[2~7],最有可能在未来替代石化能源^[8],但由于小桐子产量较低,因此极大地限制了其被广泛应用^[9,10]。本试验用⁶⁰Co γ 射线照射了 10 个不同地理种源的小桐子种子,研究了其辐射敏感性和辐射诱变适宜剂量,可为进一步诱变育种,筛选种仁含油量更高、种子产量更大的有益突变体提供可靠的试验基础。

1 材料与方法

1.1 材料

10 个不同地理种源的小桐子成熟种子。各种源地基本情况见表 1。

表 1 10 个种源地气候情况
Table 1 Basic climate condition of 10 provenances

编号	种源地 provenances	气候类型 climate type	海拔 altitude (m)	年均温 average temp ()	年降雨量 average annual rainfall (mm)
1	云南元阳南沙 Nansha, Yuanyang, Yunnan	热带干旱气候 tropical arid climate	250	24.4	820
2	云南元江 Yuanjiang, Yunnan	热带干旱气候 tropical arid climate	400	23.8	790
3	云南河口南溪 Nanxi, Hekou, Yunnan	热带半干旱气候 tropical semi-arid climate	200	23.0	1785
4	海南儋州 Danzhou, Hainan	热带季风气候 tropical monsoon climate	600	22.1	1815
5	云南勐腊勐仑 Menglun, Mengla, Yunnan	热带湿润季风气候 tropical humid monsoon climate	570	21.6	1557
6	云南双柏三江口 Sanjiangkou, Shuangbai, Yunnan	亚热带半干旱气候 sub-tropical semi-arid climate	565	20.4	1226
7	四川攀枝花 Panzhihua, Sichuan	亚热带干旱气候 sub-tropical semi-arid climate	937	20.3	900
8	海南乐东莺歌海 Yinggehai, Yuedong, Hainan	亚热带季风气候 sub-tropical monsoon climate	910	19.7	1850
9	贵州贞丰鲁容 Lurong, Zhenfeng, Guizhou	亚热带季风气候 sub-tropical monsoon climate	1300	18.5	1600
10	云南思茅通关 Tongguai, Simao, Yunnan	亚热带季风气候 sub-tropical monsoon climate	1300	17.8	1524

1.2 方法

以中国农业科学院原子能利用研究所辐照中心的⁶⁰Co γ 为辐射源,采用快辐射的方法进行辐射。辐照剂量分别为 0、50、100、150、200、250、300、350 和 400Gy。每个种源各剂量处理种子 100 粒,重复 3 次。处理和未辐射的对照种子播于土床上,连续 3d 没有种子继续发芽时进行发芽率统计,计算各处理的相对出苗率[(实际出苗率/对照出苗率)×100%]。对各种源的相对出苗率与辐照剂量的相关性进行分析,参照马健中等^[11]的方法计算出各种源的半致死剂量及其平均值和标准差,据此划分 10 个种源的辐射敏感类型。

2 结果与分析

2.1 相对出苗率与辐射剂量的相关性

从表 2 可看出,不同地理种源的小桐子种子相对出苗率与辐照剂量呈负相关,其直线回归方程的相关

系数都达到 0.89 以上。多重比较的结果表明,相同的辐照剂量处理对相对出苗率的影响因种源的不同而存在明显的差异。辐照剂量为 50Gy 时,各种源相对出苗率下降了 3.6%~9.2%,下降幅度最大的是云南元阳南沙种源,最小的是云南元江种源;当辐照剂量为 100Gy 时,相对出苗率下降了 9.6%~54.1%,下降幅度最大的是海南乐东莺歌海种源,最小的是贵州贞丰鲁容种源。当辐照剂量增至 150Gy 时,所有种源相对发芽率均急剧下降,最大为贵州贞丰鲁容种源降了 87.2%,最小的是云南元江种源下降了 44%;当剂量为 250Gy 时,云南思茅通关种源的种子全部致死;剂量为 300Gy 时,海南乐东莺歌海种源、贵州贞丰鲁容种源的种子全部致死;剂量为 350Gy 时,云南河口南溪种源、海南儋州种源、云南勐腊勐仑种源的种子全部致死,其余种源的相对出苗率均在 4%以下。由此说明,150Gy 可能是辐射剂量对相对发芽率影响的临界值。

表 2 辐射剂量对小桐子种子相对出苗率的影响及辐射半致死剂量的直线回归方程

Table 2 The linear regression equation of LD50 and correlative index of relative germinated rate of *Jatropha curcas* L.

种源地 provenances	相对出苗率 relative germination rate (%) 差异的显著性 variability								直线回归方程 the linear regression equation	相关系数 correlation coefficient	半致死 剂量 LD50/ Gy
	CK	50 Gy	100 Gy	150 Gy	200 Gy	250 Gy	300 Gy	350 Gy			
云南元江 Yuanjiang, Yunnan	100 A	96.4 A	84.4 B	56.0 C	42.9 C	25.4 D	14.2 E	3.3 F	$y = -0.3043x + 106.08$	-0.99	184
四川攀枝花 Panzhihua, Sichuan	100 A	91.9 B	81.3 C	51.4 D	44.9 D	20.4 E	9.1 F	2.1 F	$y = -0.3068x + 103.83$	-0.99	175
云南元阳 Yuanyang, Yunnan	100 A	90.8 B	84.7 B	44.7 C	40.7 CD	24.7 D	11.3 E	3.5 E	$y = -0.2993x + 102.43$	-0.98	175
云南河口 Hekou, Yunnan	100 A	91.0 B	80.4 C	49.8 D	39.4 E	28.1 F	6.8 G	0 G	$y = -0.3067x + 103.12$	-0.99	173
云南双柏 Shuangbai, Yunnan	100 A	95.0 A	80.6 B	47.7 C	25.3 D	18.4 D	7.7 E	2.5 E	$y = -0.3162x + 102.48$	-0.97	166
海南儋州 Danzhou, Hainan	100 A	93.6 A	75.8 B	39.5 C	28.2 D	22.4 D	4.2 E	0 E	$y = -0.3139x + 100.4$	-0.97	161
云南勐腊 Mengla, Yunnan	100 A	92.2 AB	89.1 B	40.4 C	22.6 D	10.7 E	3.8 EF	0 F	$y = -0.3321x + 102.98$	-0.96	159
云南思茅 Simao, Yunnan	100 A	96.3 A	88.1 B	26.4 C	2.2 D	0 D	0 D	0 D	$y = -0.35x + 100.38$	-0.91	144
贵州贞丰 Zhengfeng, Guizhou	100 A	94.9 AB	90.4 B	16.1 C	3.2 D	2.5 D	0 D	0 D	$y = -0.3455x + 98.85$	-0.89	141
海南乐东 Yuedong, Hainan	100 A	92.2 A	45.9 B	30.7 C	11.4 D	5.8 D	0 D	0 D	$y = -0.3097x + 89.942$	-0.94	127

注:数据后不同字母表示差异显著 ($P < 0.01$)。Note: Values followed by different letters in the line are significant at 0.01 level.

2.2 半致死剂量的确定

通过回归方程,计算 10 个不同地理种源的小桐子种子辐射半致死剂量,结果见表 2。可知当剂量为 200 Gy 时,所有种源的小桐子相对出苗率都低于 50%;当剂量为 350 Gy 时,有 6 个种源的小桐子种子全部死亡,其余 4 个种源的小桐子种子相对出苗率也均低于 15%。其半致死剂量最高的是云南元江种源,为 184 Gy;最低的是海南乐东莺歌海种源,为 127 Gy。这为确定 10 个不同地理种源的小桐子辐射育种的适宜剂量、辐射敏感类型的划分提供了依据。

2.3 辐射敏感类型划分

参照马健中等^[11]的方法计算并划分辐射敏感类型,结果为各地理种源半致死剂量的平均值为 160.5 Gy,标准差为 18.1 Gy。半致死剂量大于 178.6 Gy 的种源为迟钝型;小于 142.4 Gy 的种源为敏感型;其余的为中间型。10 个不同地理种源的小桐子辐射敏感类型划分结果见表 3,贵州贞丰鲁容种源和海南乐东莺歌海种源属敏感型种源,云南元江种源属迟钝型种源,中间型种源最多,共有 7 个。

表 3 10 个不同地理种源小桐子的辐射敏感类型

Table 3 The type of radio sensibility of 10 provenances of *Jatropha curcas* L.

类型 type	半致死剂量 LD50 (Gy)	种源 provenances	频数 frequency
迟钝型 obtuse provenances	≥178.6	云南元江 (184 Gy)	1
中间型 transitional provenances	142.4 ~ 178.6	云南元阳南沙 (175 Gy)、四川攀枝花 (175 Gy)、云南河口南溪 (173 Gy)、 云南双柏三江口 (166 Gy)、海南儋州 (161 Gy)、云南勐腊勐仑 (159 Gy)、 云南思茅通关 (144 Gy)	7
敏感型 sensitive provenance	≤142.4	贵州贞丰鲁容 (141 Gy)、海南乐东莺歌海 (127 Gy)	2

3 讨论

根据上述结果可知,小桐子种子的相对出苗率与

辐射剂量呈负相关;不同剂量处理间的相对出苗率差异达显著、极显著水平。种源地不同,小桐子种子对辐射剂量的反应也存在明显差异,例如海南乐东莺歌海种源和贵州贞丰鲁容种源属辐射敏感型种源,这两个

地区的降雨量都在1500mm以上;云南元江种源为迟钝型种源,该地区的降雨量不足 800mm。可见采自海拔较低、降雨量较大以及太阳辐射较低地区的小桐子种子对辐射比较敏感;而采自海拔较高、降雨量少、太阳辐射较高地区的小桐子种子对辐射比较迟钝。由此推测小桐子种子对辐射剂量的敏感程度与种源地的气候条件有关。

辐射诱变用于植物育种,其目的主要是扩大变异,提高育种效率,因此选择适宜的辐照剂量就显得更为重要^[12]。半致死剂量的确定是选择小桐子辐射诱变育种适宜剂量的依据;辐射敏感类型的划分可为选择适宜种源地的小桐子进行诱变育种提供参考。

致谢:中国科学院西双版纳热带植物园的杨成源副研究员、王正良同志、郭永杰同志、杨运菊同志参与了本研究部分工作,在此深表谢意!

参考文献:

- [1] 马惠平,赵永亮,杨光宇. 诱变技术在作物育种中的应用. 遗传, 1998, 20(4): 48 ~ 50
- [2] Foidl N, Foidl G, Sanchez M, et al. *Jatropha curcas* L. as a source for the production of biofuel in Nicaragua. *Bioresource Technology*, 1996, 58(1): 77 ~ 82
- [3] Keith Openshaw. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. *Biomass and Bioenergy*, 2000, 19(1): 1 ~ 15
- [4] Gubitz G M. Exploitation of the tropical oil seed plant *Jatropha curcas* L.. *Fuel and Energy Abstracts*, 1999, 40(3): 214
- [5] Foidl N G. *Jatropha curcas* L. as a source for the production of biofuel in Nicaragua. *Bioresource Technology*, 1996, 58: 77 ~ 82
- [6] Shah S A. Extraction of oil from *Jatropha curcas* L. seed kernels by combination of ultrasonication and aqueous enzymatic oil extraction. *Bioresource Technology*, 2005, 96: 121 ~ 123
- [7] Grimm C. Evaluation of damage to physic nut (*Jatropha curcas*) by true bugs. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 1999, 92: 127 ~ 136
- [8] Openshaw K. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant unfulfilled promise. *Biomass Bioenergy*, 2000, 19: 1 ~ 15
- [9] 张无敌,宋洪川,韦洪焱,等. 小桐子开发与元谋县生态环境保护. 云南师范大学学报(自然科学版), 2001, 21(5): 37 ~ 42
- [10] 施宗明,李 云,杨 林,等. 能源植物小桐子的开发利用和栽培研究. 云南师范大学学报(自然科学版), 1992, 12(2): 31 ~ 37
- [11] 马建中,余红斌,伊虎英. 中国北方主要牧草品种的辐射敏感性与复审育种适宜剂量的探讨. 核农学报, 1997, 18(3): 101 ~ 105
- [12] 金文林,陈学珍,喻少帆. ⁶⁰Co γ 射线对小豆种子辐射处理效应的研究. 核农学报, 2000, 14(3): 134 ~ 140
- [7] Weng X Y, Xu H X, Jiang D A. Characteristics of gas exchange, chlorophyll fluorescence and expression of key enzymes in photosynthesis during leaf senescence in rice plants. *J Int Plant Biol*, 2005, 47(5): 560 ~ 566
- [8] Huang Z A, Jiang D A, Yang Y, et al. Effects of nitrogen deficiency on gas exchange, chlorophyll fluorescence, and antioxidant enzymes in leaves of rice plants. *Photosynthetica*, 2004, 42(3): 357 ~ 364
- [9] 金松恒,蒋德安,王品美,等. 水稻孕穗期不同叶位的气体交换与叶绿素荧光特性. 中国水稻科学, 2004, 18(5): 443 ~ 448
- [10] Wellburn A R, Lichtenthaler H. Formulae and program to determine total carotenoids and chlorophyll a and b of leaf extracts in different solvent. In: Sybesma C (ed.). *Advances in Photosynthesis Research*. Martinus Nijhoff/Dr W Junk Publ the Hague-Boston-Lancaster, 1984, 9 ~ 12
- [11] 王爱国,罗广华. 植物的超氧化物自由基与羟胺反应的定量关系. 植物生理学通讯, 1990, 6: 55 ~ 57
- [12] Giannopolitis C N, Ries S K. Superoxide dismutases: occurrence in higher plants. *Plant Physiol*, 1977, 59: 309 ~ 314
- [13] Kochba J, Lave E S, Spiegel-Roy P. Difference in peroxidase activity and isozymes in embryogenic and non-embryogenic 'Shamouti' orange ovular callus lines. *Plant Cell Physiol*, 1977, 18: 463 ~ 467
- [14] Tjus S E, Möller B L, et al. Photosystem is an early target of photoinhibition in barley illuminated at chilling temperatures. *Plant Physiol*, 1998, 116: 755 ~ 764
- [15] 郑炳松,程晓建,蒋德安,等. 钾元素对植物光合速率、Rubisco 和 RCA 的影响. 浙江林学院学报, 2002, 19(1): 104 ~ 108
- [16] 郭延平,张良诚,沈允钢. 低温胁迫对温州蜜柑光合作用的影响. 园艺学报, 1998, 25(2): 111 ~ 115
- [17] Huner N P A, Åquist G, Sarhan F. Energy balance and acclimation to light and cold. *Trends Plant Sci*, 1998, 3: 224 ~ 230
- [18] Escoubas J M, Lomas M, LaRoche J, et al. Light intensity regulation of *Cab* gene transcription is signaled by the redox state of the plastoquinone pool. *Proc Natl Acad Sci USA*, 1995, 92: 10237 ~ 10241
- [19] Rodermeier S. Pathways of plastid-to-nucleus signaling. *Trends in Plant Sci*, 2001, 6: 471 ~ 478
- [20] Pfannschmidt T, Nilsson A, Allen J F. Photosynthetic control of chloroplast gene expression. *Nature*, 1999, 397: 625 ~ 628
- [21] Pfannschmidt T. Chloroplast redox signals: how photosynthesis controls its own genes. *Trends in Plant Sci*, 2003, 8: 33 ~ 41
- [22] Robin W G, Horton P. Acclimation of *Arabidopsis thaliana* to the light environment: change in composition of the photosynthetic apparatus. *Planta*, 1994, 195: 248 ~ 256
- [23] 郑炳松,蒋德安,等. 钾营养对水稻剑叶光合作用关键酶活性的影响. 浙江大学(农业与生命科学版), 2001, 27(5): 489 ~ 494
- [24] van Breusegem F, Vranov áE, et al. The role of active oxygen species in plant signal transduction. *Plant Sci*, 2001, 161(3): 405 ~ 414

(上接第 408 页)