

^{60}Co - γ 射线辐射对垂穗鹅观草生物学特性的影响

申忠宝,潘多锋,王建丽,张瑞博,李道明,高 超,邸桂俐
(黑龙江省农业科学院 草业研究所,黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要:为了探讨 ^{60}Co - γ 射线照射对垂穗鹅观草主要生物学性状的影响,采用不同剂量 ^{60}Co - γ 射线照射垂穗鹅观草干种子,研究辐射处理后种子萌发特征及植株主要农艺学性状变化。结果表明:辐射剂量低于或等于 50 Gy 可促进垂穗鹅观草种子的萌发,大于 50 Gy 种子萌发能力下降。辐射半致死剂量为 148 Gy,适宜剂量范围是 0~148 Gy。辐射处理对株高、分蘖、叶宽、穗长和产量等主要农艺学性状有一定的影响。30 Gy 处理后株高、分蘖、叶宽、穗长和产量都高于对照,分别比对照高 16.6%、43.0%、16.2%、9.65%和 25.5%。

关键词: ^{60}Co - γ 射线;垂穗鹅观草;种子萌发;农艺学性状

中图分类号:S812

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2012)05-0117-04

植物诱发突变育种技术已经成为提升我国农业综合生产力和保障国家粮食安全的重要途径。我国诱变育种研究始于 20 世纪 60 年代初,40 年来取得了举世瞩目的成就。据不完全统计,到 2009 年 9 月我国利用辐射诱变已累计在 45 种植物上培育植物突变品种 802 个,最大年种植面积达到 900 万 hm^2 ,每年为国家增产粮、棉、油 10 亿~15 亿 kg,年创社会效益 20 多亿元^[1-2]。目前,辐射诱变技术已广泛应用草业研究中^[3-6]。

垂穗鹅观草 [*Roegneria nutans* (Keng) Keng]($2n=6x=42$)是小麦族鹅观草属的一种六倍体多年生禾本科草,蕴藏着丰富的遗传多样性,具有多花多粒、耐湿和高抗赤霉病等特性,是牧草育种和作物改良的天然基因库^[7]。该试验用 ^{60}Co - γ 射线照射垂穗鹅观草干种子,对适宜诱变剂量、种子萌发特性和植株农艺学性状变异等进行了研究,旨在为垂穗鹅观草辐射诱变育种的应用提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验材料为黑龙江省农业科学院草业研究所保存的农菁 3 号垂穗鹅观草,由本地野生种驯化

选育而成。

1.2 方法

1.2.1 辐射处理 将供试种子在黑龙江省农业科学院玉米研究所钴源中心利用 ^{60}Co - γ 射线进行照射,剂量分别为 10、20、30、40、50、100、200、300、400、500 Gy,记作 A_1, A_2, \dots, A_{10} 。钴源活度 14.8×10^{10} 贝可,吸收剂量率为 $25.46 \text{ rad} \cdot \text{min}^{-1}$ 。同一批次未辐射种子作为对照(CK)。

1.2.2 发芽试验 发芽试验参照中华人民共和国国家标准(GB/T 2930.4-2001),牧草种子检验规程。将处理和对照种子放在铺有单层滤纸的玻璃培养皿中(直径为 9 cm),每处理 3 次重复,每个重复 50 粒种子。发芽采用滤纸培养皿法,发芽温度为 $16^\circ\text{C}/28^\circ\text{C}$,12 h 黑暗和 12 h 光照,试验时间为 14 d。统计每天种子的发芽数,计算发芽率和种子活力指数。

发芽率/% = 发芽种子/种子总数 $\times 100$

活力指数 = 发芽势 \times 胚根长度^[8]

1.2.3 田间观测 每处理随机取种子育苗,每个处理培育约 50 个单株。待幼苗茁壮后(第三片叶长达到 5 cm)移栽大田,株距 0.5 m、行距 0.7 m。田间的耕作、管理方法、调查标准和调查时间相同。调查项目有株高、分蘖数、叶宽、穗长和鲜重等。

1.2.4 数据处理与统计 采用 Excel 软件制图,差异显著性利用 DPS 统计软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 辐射处理对垂穗鹅观草种子萌发的影响

从表 1 可以看出,辐射剂量在 10~50 Gy 时,

收稿日期:2012-02-17

基金项目:“十一五”国家科技支撑计划资助项目(2008BADB3B04-3);黑龙江省科技厅科技成果推广重点资助项目(TC10 B0703);国家国际科技合作资助项目(2011DFR30840-11)

第一作者简介:申忠宝(1973-),男,黑龙江省讷河市人,硕士,副研究员,从事牧草育种和栽培方面的研究。E-mail:shzhbao2@126.com。

种子的发芽势、发芽率和活力指数均高于对照。其中,40 Gy 处理的各项指标最大,且与对照差异显著($P<0.05$);而辐射剂量大于 50 Gy 时,种子的发芽势、发芽率和活力指数急速下降,明显低于对照。其中,辐射剂量为 300、400、500 Gy 时种子的发芽势为 0,即在前 7 d 没有一粒种子正常萌发(胚根长度达到种子长的一半)。20 和 40 Gy 处理后胚根长度大于对照,分别比对照多

0.23 cm 和 0.87 cm,但差异不显著($P>0.05$)。从试验中还可看出,辐射剂量为 400 和 500 Gy(A9、A10)处理的少数种子能长出极短的胚芽,但不能长出正常的胚根。试验结果表明:辐射处理对垂穗鹅观草种子萌发产生影响主要表现为,低剂量(辐射剂量小于或等于 50 Gy)促进种子的萌发,高剂量抑制萌发。

表 1 ^{60}Co - γ 射线辐射对垂穗鹅观草种子萌发的影响

Table 1 Effect of ^{60}Co - γ ray on seed germination of *Roegneria nutans* (Keng) Keng

辐射处理 Treatment	发芽势/% Germination vigor	发芽率/% Germination rate	胚根长度/cm Radicle length	种子活力指数 Vigor index
CK	52.0b	69.3b	4.57ab	237.64b
A ₁	58.4ab	71.0ab	4.49ab	262.22b
A ₂	59.5ab	73.0ab	4.80ab	285.60ab
A ₃	62.3ab	76.0ab	4.35b	271.01ab
A ₄	67.7a	83.3a	5.44a	368.29a
A ₅	59.0ab	73.3ab	4.36b	257.24b
A ₆	25.5c	37.2c	2.85c	72.68c
A ₇	16.7d	20.4d	0.97d	16.20d
A ₈	0e	8.8e	0e	0e
A ₉	0e	7.8e	0e	0e
A ₁₀	0e	4.3e	0e	0e

注:同一列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。

Note: The different lowercase letters within rows mean significant difference at 0.05 level.

2.2 垂穗鹅观草 ^{60}Co - γ 射线辐射适宜剂量筛选

牧草辐射后的出苗率是确定牧草辐射损伤效应的重要指标,也是计算牧草各品种半致死剂量的依据,而半致死剂量又是确定辐射敏感性的主要指标,同时也是表示牧草辐射育种适宜诱变剂量的标准。由图 1 可知,垂穗鹅观草出苗率随辐射剂量的增加而降低,辐射剂量与相对出苗率的线性回归方程为 $y = -0.1789x + 76.408$, $r = 0.8611$,相对出苗率为 50% 时的辐射剂量(半致死剂量)是 148 Gy,说明垂穗鹅观草 ^{60}Co - γ 射线辐射适宜剂量范围在 0~148 Gy。

2.3 辐射处理对垂穗鹅观草主要农艺学性状的影响

根据发芽试验结果,辐射剂量大于 50 Gy 种

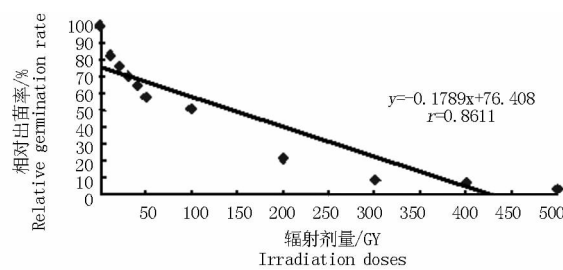


图 1 辐射剂量与出苗率的线性关系

Fig. 1 Liner relationship between irradiation doses and germination rate

子发芽能力大大降低,萌发种子长出极短的胚芽,但不能长出正常的胚根。因此在生物学效应研究时,只对辐射剂量 10~50 Gy 进行了研究。辐射处理对垂穗鹅观草主要农艺学性状的影响见表 2。

表 2 ⁶⁰Co-γ 射线辐射处理垂穗鹅观草植株农艺性状分析

Table 2 Effect of ⁶⁰Co-γ ray on the main agronomic characteristics of *Roegneria nutans* (Keng) Keng

处理 Treatment	株高/cm		分蘖数/个		叶宽/mm		穗长/cm		鲜重/g·m ⁻²	
	Plant height		Trillers		Leaf width		Spike length		Fresh weight	
	X	增量/± % Increment	X	增量/± % Increment	X	增量/± % Increment	X	增量/± % Increment	X	增量/± % Increment
CK	57.8	0	10.73	0	6.43a	0	6.63a	0	126.5a	0
A ₁	50.1	-14.1	13.09	+22.0	6.85b	+6.5	6.85ab	+3.32	95.5b	-24.5
A ₂	51.5	-10.9	14.08	+31.2	6.32ab	-1.7	7.32b	+10.41	103.4b	-18.3
A ₃	67.4	+16.6	15.34	+43.0	7.47c	+16.2	7.27b	+9.65	158.7a	+25.5
A ₄	49.6	-14.2	12.95	+20.7	7.06bc	+10.0	7.56b	+14.03	146.0a	+15.4
A ₅	53.2	-7.9	10.64	-9.3	6.45ab	+0.3	7.85b	+18.40	120.6ab	-4.7

注:X 为平均值。

Note:X means average value.

2.3.1 对株高和分蘖的影响 30 Gy 处理后株高高于对照,比对照增加 16.6%。其它剂量处理的株高都低于对照,其中 40 Gy 的株高为 49.6 cm,仅为对照的 85.8%;10、20、30、40 Gy 处理后,分蘖数均高于对照,分蘖数随辐射剂量的增加呈现先增加后降低的趋势。30 Gy 处理分蘖数最高,为 15.34 个,比对照增加 43.0%。50 Gy 处理分蘖数低于对照,表明高剂量辐射处理降低垂穗鹅观草的分蘖能力,抑制了垂穗鹅观草分蘖。这与李秀贞等利用⁶⁰Co-γ 射线辐射啤用二棱大麦后出现分蘖数增加的结果基本一致^[9]。

2.3.2 对叶宽和穗长的影响 20 Gy 处理后叶宽小于对照,与对照差异不显著,其它剂量处理均大于对照,30 Gy 处理叶最宽,与 40 Gy 处理差异不显著,与对照及其它剂量间在 0.05 水平上差异显著,50 Gy 处理只比对照多 0.02 cm。辐射处理对垂穗鹅观草穗长有一定的影响,除 A₁ 与对照差异不显著外,其它处理都与对照在 0.05 水平上差异显著,但各剂量间的差异不明显(见表 2)。

2.3.3 对产量的影响 ⁶⁰Co-γ 射线辐射处理对垂穗鹅观草鲜草产量的影响见表 2。辐射处理对垂穗鹅观草产量存在一定的影响,其中 30 和 40 Gy 剂量辐射后产量都高于对照,分别比对照高 25.5%和 15.4%,其它 3 个剂量辐射后产量低于对照,10 和 20 Gy 与对照差异显著($P<0.05$),50 Gy 变化不明显。产量随辐射剂量增加的变化

趋势是先降低后增加然后又降低。

3 结论与讨论

该研究表明,不同剂量辐射处理对垂穗鹅观草种子萌发的影响表现为小于或等于 50 Gy 促进萌发,大于 50 Gy 抑制萌发。牧草品种的辐射敏感性不同,它们的半致死剂量也不同。研究表明半致死剂量最低的是对辐射最敏感的禾本科牧草高羊茅,为 47 Gy,最高的是对辐射最迟钝的豆科牧草瑞典小冠花,为 2 380 Gy,两者相差 50.6 倍^[10]。关于辐射育种适宜照射量的确定,国内外一般采用临界剂量和半致死剂量,近年来多采用植株存活率的 50%左右为适宜育种剂量。由于部分牧草播种当年不开花结实,无法统计存活率,因此在牧草研究中以出苗率为依据作为半致死剂量为牧草育种的适宜照射剂量。马建中等研究表明禾本科牧草育种的适宜剂量为 47~300 Gy,一般豆科及十字花科为 195~1 152 Gy,豆科小冠花为 1 150~2 380 Gy^[6,11]。该试验结果为垂穗鹅观草的半致死剂量是 148 Gy,因此⁶⁰Co-γ 射线辐射适宜剂量范围在 0~148 Gy。

个体、器官水平上的诱变效应表现于植物外部形态变异。不同辐照剂量处理诱变材料时,后代材料外部形态的变异可能表现为植株死亡、生长抑制、代谢失调、形态异常、生殖力降低以及突变性状产生。生长抑制是活体植株受到辐照后最明显的外部表现特征。这是由于植物顶端和根端

的分生组织对辐射最为敏感,导致有丝分裂延迟或停止,甚至死亡^[12-13]。该研究用⁶⁰Co- γ 射线辐射后垂穗鹅观草的株高、分蘖、叶宽、穗长等都发生变化,变化因剂量不同而易。从鲜草产量数据分析,辐射剂量对垂穗鹅观草诱变效果有一定的差异,产量随辐射剂量的增加先降低后增加然后又降低。当辐射剂量为 30 Gy 时,株高、分蘖、叶宽、穗长和产量分别比对照高 16.6%、43.0%、16.2%、9.65%和 25.5%。

参考文献:

- [1] 刘录祥. 植物诱变育种研究新动向[C]//中国农学会. 全国第二届青年农学学术年会论文集. 北京:中国农业科技出版社,1995.
- [2] 刘录祥,郭会君,赵林妹,等. 植物诱发突变技术育种研究现状与展望[J]. 核农学报,2009,23(6):1001-1007.
- [3] 尚晨,张月学,李集临,等. γ 射线和高能混合粒子场辐照紫花苜蓿品质变异的比较分析[J]. 核农学报,2008,22(2):175-178.
- [4] 马鹤林,海棠,申庆红,等. 89 个豆科牧草种和品种适宜辐射剂量及敏感性分析[J]. 中国草地,1995(2):6-11.
- [5] 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.
- [6] 马建中,鱼红斌,伊虎英. 中国北方主要牧草品种的辐射敏感性与辐射育种适宜剂量探讨[J]. 核农学通报,1997(3):101-105.
- [7] 肖海峻,徐柱,李临杭,等. 鹅观草表型性状变异与生境间的相关性[J]. 中国草地学报,2007,29(5):22-30.
- [8] 张志良. 植物生理学实验指导[M]. 2 版. 北京:高等教育出版社,1999.
- [9] 李秀贞,吕善勇. 不同射线对大麦小麦籽粒蛋白质含量的诱变效应[J]. 莱阳农学院学报,1994,11(3):196-197.
- [10] 张彦芹,贾玮珑,杨丽莉,等. ⁶⁰Co 辐射高羊茅性状变异研究[J]. 草业学报,2005,14(4):65-71.
- [11] 伊虎英. ⁶⁰Co γ 射线照射小冠花干种子的细胞遗传学和辐射损伤效应研究[J]. 草业科学,1992(3):45-48.
- [12] Vogel J M. Application of genetic diagnostics to plant genome analysis and plant breeding[J]. Hort. Science,1996,31(7):1107-1111.
- [13] Xu Jianlong, Lin Yizi, Xi Yong'an, et al. Mutation of rice after exposure to high altitude environment [J]. Space Medicine and Medical Engineering,1995,8(3):206-211.

Effect of *Roegneria nutans* (Keng) Keng Irradiated by ⁶⁰Co- γ Ray on Biological Characteristics

SHEN Zhong-bao, PAN Duo-feng, WANG Jian-li, ZHANG Rui-bo, LI Dao-ming, GAO Chao, DI Gui-li
(Pratacultural Sciences Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086)

Abstract: In order to discuss mutagenic effects of ⁶⁰Co- γ ray radiation on the main biological characteristics of *Roegneria nutans* (Keng) Keng, and provide basic data for the applying of radicalization technology in *Roegneria nutans* (Keng) Keng breeding, dry seeds of *Roegneria nutans* (Keng) Keng were irradiated with different dose. Seed germination characters and the main morphologic status were studied. The results showed that: Doses that below 50 Gy could promote seed germination and descent when doses beyond 50 Gy. Determination of half lethal dose was 148 Gy, so the appropriate induced dose was found to be from 0 to 148 Gy. ⁶⁰Co- γ ray radiation had an obvious effect on main morphologic characteristics, the plant height, trillers, leaf width and yield were 16.6%, 43.0%, 16.2% and 25.5% higher than those of the control.

Key words: ⁶⁰Co- γ ray; *Roegneria nutans* (Keng) Keng; seed germination; morphologic status

(该文作者还有钟鹏,单位为黑龙江省农业科学院大豆研究所)

欢迎订阅 刊登广告