



闫锋.⁶⁰Co- γ 射线辐射对豫谷 18 种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2022(11):1-4.

⁶⁰Co- γ 射线辐射对豫谷 18 种子萌发及幼苗生长的影响

闫 锋

(黑龙江省农业科学院 齐齐哈尔分院, 黑龙江 齐齐哈尔 161006)

摘要:为了研究不同剂量⁶⁰Co- γ 射线对谷子种子的辐射诱变效应,以豫谷 18 为材料,采用 0,150,200,250,300 和 350 Gy 的⁶⁰Co- γ 射线辐射谷子种子,探究辐射对谷子种子萌发、幼苗生长及生理生化指标的影响。结果表明,豫谷 18 在低辐射剂量(150~200 Gy)下对种子发芽、出苗有促进作用,随着辐射剂量升高种子萌发及幼苗生长逐渐受到抑制,350 Gy 剂量下对谷子种子损伤较大,严重影响其出苗及幼苗生长,幼苗成苗率急剧降低;随着辐射剂量增加,谷子叶片中 SOD 活性、POD 活性整体呈逐渐上升趋势,SPAD 值呈先升高后下降的变化趋势。根据半致死剂量回归方程计算出豫谷 18 的半致死剂量为 331.7 Gy。

关键词:谷子;诱变效应;⁶⁰Co- γ 射线

谷子(*Setaria italica* Beauv.)起源于中国,古时又称粟,据考古发现在我国已经有 7 000 多年的栽培历史,是一种营养价值丰富且具有耐旱、耐瘠薄等优良特性的粮饲兼用作物^[1-2]。建国初期我国谷子种植面积为 1 000 万 hm²左右,是北方三大主粮作物之一,但是由于在政策、环境及技术的影响下,谷子种植面积锐减,近几年稳定在 80 万 hm²左右^[3]。近年来随着人民群众健康饮食意识逐步提高,营养丰富、保健作用强的谷子越来越受到关注,市场急需品质优、适口性好、产量高的谷子新品种。由于长期人工育种选择,育种家们对谷子育种选择标准日益趋同化,导致大量具有某些特异性的谷子资源遗失,谷子种质资源遗传基础愈发狭窄,遗传多样性降低。目前,谷子进行种质资源创新的手段主要为有性杂交,但由于谷子是典型的自花授粉作物,导致杂交率低,且后代变异类型少,育种周期长。

辐射诱变育种是利用各种放射性射线使植物产生基因突变,在短时间内获得突变体的育种方法,是获得新种质资源的有效途径之一,利用辐射诱变手段已成功在多种作物中获得了各种类型(矮化、不育、早熟、优质)的突变体^[4]。钴⁶⁰(⁶⁰Co- γ)是目前最常用的辐射源,具有突变率高、

突变谱宽、后代性状稳定快等优点^[5],已经在甘薯^[6]、花生^[7]、柱花草^[8]、糜子^[9]等作物上得到广泛应用。我国谷子辐射诱变育种始于 20 世纪 60 年代,取得了显著的成绩,到 2002 年利用辐射诱变技术共选育出了谷子新品种(系)41 个,如郑矮 2 号、豫谷 6 号、嫩选 18、龙谷 33 等^[10]。本研究选用豫谷 18 为材料,开展不同⁶⁰Co- γ 射线辐射剂量对谷子种子萌发、幼苗生长、幼苗生理等指标研究,以期确定适宜谷子辐射诱变的剂量范围,为进一步开展谷子辐射诱变育种提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料

选用豫谷 18 作为试验材料。⁶⁰Co- γ 辐射源由黑龙江省农业科学院玉米研究所提供。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 ⁶⁰Co- γ 射线处理共设置 150, 200, 250, 300 和 350 Gy 共 5 个水平,剂量率为 1.1 Gy·min⁻¹,每个处理辐射 100 g 干种子,以未辐射干种子为对照(CK)。

1.2.2 测定项目及方法 种子发芽指标:将不同辐射剂量处理的谷种用 75%乙醇消毒 3 min,后用清水连续冲洗 5 min,取出置于滤纸上晾干水分。每个处理选取饱满的种子 100 粒置于铺有 3 层滤纸直径 10 cm 的培养皿内,3 次重复。将培养皿置于 28℃人工气候箱中培养,并计算发芽率,计算公式如下:

$$\text{发芽率}(\%) = n/N \times 100$$

式中, n 为第 7 天时的种子发芽数, N 为供试

收稿日期:2022-07-28

基金项目:国家谷子高粱产业技术体系建设项目(CARS-07-06B);黑龙江省农业科学院“农业科技创新跨越工程”-杂粮杂豆科技创新专项(HNK2019CX05-06)。

作者简介:闫锋(1982—),男,硕士,助理研究员,从事杂粮作物遗传育种及栽培研究。E-mail:yanfeng6338817@126.com。

种子总数。

幼苗形态指标测定:将辐射处理及对照的种子于 2021 年 5 月 11 日播种于大田,每个处理单行播种,行长 5 m,每行播种 200 粒,3 次重复,于出苗 5 d 后计算出苗率。于出苗 25 d 后计算成苗率,并在每个处理随机选取 10 株幼苗,测定叶长、苗高、苗鲜重。

出苗率(%)=出苗数/种子数×100

成苗率(%)=成苗数/种子数×100

生理指标测定:出苗 10 d 后选取谷子植株上部第一片叶进行各项生理生化指标的测定。超氧化物歧化酶(SOD)活性采用氮蓝四唑法进行测定^[11],过氧化物酶(POD)活性采用愈创木酚法进行测定^[12];出苗后 10 d 在每个处理随机选取 10 株,采用日本柯尼卡美能达公司生产的 SPAD-502 型测定仪测定谷子第一片叶的叶绿素相对含量(SPAD)。

半致死剂量(LD₅₀)的确定:参照王兆玉等^[13]的回归分析方法,对谷子成苗率与辐射剂量间进行相关回归分析。

1.2.3 数据分析 试验数据处理采用 Excel 2017 统计,采用 DPS 7.05 软件分析处理。

2 结果与分析

2.1 辐射剂量对豫谷 18 发芽特性的影响

2.1.1 发芽率 由表 1 可知,豫谷 18 的发芽率随着辐射剂量的增加整体呈先升高后降低的趋势,发芽率在 150 Gy 辐射剂量时与对照略有降低,但差异不显著,在 200 Gy 辐射剂量时,发芽率达到最高(99.1%),显著高于对照,而后随着辐射剂量的加大,发芽率逐渐下降,并显著低于对照。

2.1.2 出苗率 由表 1 可知,经过不同剂量的辐射处理后,出苗率的变化规律与发芽率基本相同,发芽率随着辐射剂量的增加整体呈先升高后降低的趋势,在 200 Gy 剂量时出苗率达到最大(97.7%),显著高于对照,随着辐射剂量继续升高,出苗率逐渐显著降低。由此可知,较低的辐射剂量对豫谷 18 的出苗有一定的促进作用,随着其辐射剂量的加大对出苗率的抑制作用逐渐增强。

2.1.3 成苗率 豫谷 18 经过 5 种剂量⁶⁰Co-γ射线辐射后,成苗率总体呈下降趋势,在 150 Gy 辐射剂量时,豫谷 18 的成苗率与对照无显著差异,随着辐射剂量逐渐增加,豫谷 18 的成苗率逐渐下降,在辐射剂量为 300 Gy 时成苗率已低于 70%,当剂量为 350 Gy 时,成苗率只有 37.2%。

表 1 辐射剂量对豫谷 18 种子萌发特性的影响

辐射剂量/Gy	发芽率/%	出苗率/%	成苗率/%
0(CK)	97.0 b	96.2 b	96.0 a
150	96.5 b	96.8 a	95.3 a
200	99.1 a	97.7 a	89.2 b
250	91.4 c	86.3 c	73.5 c
300	88.1 d	76.6 d	63.3 d
350	81.9 e	60.9 e	37.2 e

注:不同小写字母表示辐射处理间在 0.05 水平差异显著。下同。

2.1.4 半致死剂量 以成苗率为因变量(Y),辐射剂量为自变量(X),通过回归分析,统计出豫谷 18 辐射剂量与成苗率的线性回归方程为 $Y = -0.0008X^2 + 0.1276X + 95.762$,计算出⁶⁰Co-γ辐射处理的半致死剂量为 331.7 Gy(图 1)。

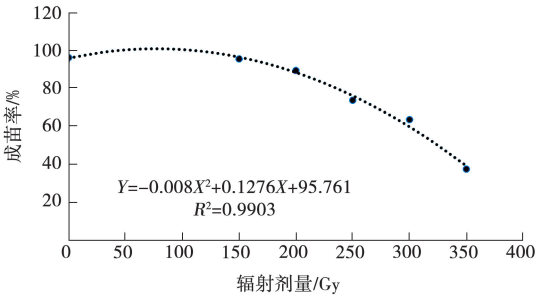


图 1 辐射剂量对豫谷 18 成苗率的影响

2.2 辐射剂量对豫谷 18 幼苗生长的影响

由表 2 可知,随着辐射剂量的增大,豫谷 18 的苗高、叶长、苗鲜重均呈现出不同程度的下降趋势,不同辐射剂量对谷子幼苗的生长产生的影响不同。豫谷 18 在辐射剂量 150~200 Gy 时苗高、叶长与对照差异不显著,当辐射剂量升高到 350 Gy 时,苗高、叶长、苗鲜重均达到最低,分别比对照降低 21.5%、14.2%和 20.9%。

表 2 辐射剂量对豫谷 18 幼苗生长的影响

辐射剂量/Gy	苗高/cm	叶长/cm	苗鲜重/g
0(CK)	23.3 a	18.3 a	13.9 b
150	23.1 a	18.3 a	14.3 b
200	22.7 a	18.0 a	15.9 a
250	20.2 b	17.1 b	14.3 b
300	20.6 b	16.8 b	13.6 c
350	18.3 c	15.7 c	11.0 d

2.3 辐射剂量对豫谷 18 幼苗抗氧化酶活性的影响

超氧化物歧化酶具有保护植物免受活性氧损伤的作用,与植物的抗逆和衰老有着密切关系。不同剂量的辐射处理对豫谷 18 叶片的 SOD 活性影响各不相同。由图 2A 可知,随着辐射剂量的

增加,豫谷 18 的 SOD 活性随辐射剂量升高呈逐渐上升的趋势,在 150 Gy 计量时 SOD 活性略有升高但与对照差异不显著,在 350 Gy 剂量时达到最大,高于对照 192.1%,且差异显著。

POD 活性也随辐射剂量的增大呈逐渐上升的趋势,150 Gy 剂量时 POD 活性与对照差异不显著,在 350 Gy 剂量达到最高,高于对照 116.6%,且差异显著(图 2B)。

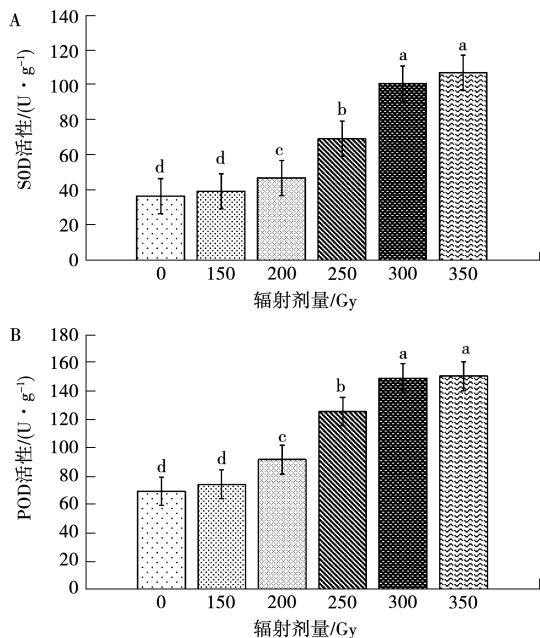


图 2 辐射剂量对豫谷 18 抗氧化酶活性的影响

2.4 辐射剂量对豫谷 18 幼苗 SPAD 值的影响

叶绿素含量的消长规律是反映叶片生理活性变化的重要指标之一,与叶片光合能力有密切关系。由图 3 可知,豫谷 18 的 SPAD 值随着辐射剂量的增大而呈先升高后逐渐降低的变化趋势。豫谷 18 的 SPAD 值在 150 和 200 Gy 时逐渐升高,并在 200 Gy 剂量达到最高(18.1),但与对照无显著性差异,其余辐射剂量下的 SPAD 值均显著低于对照。

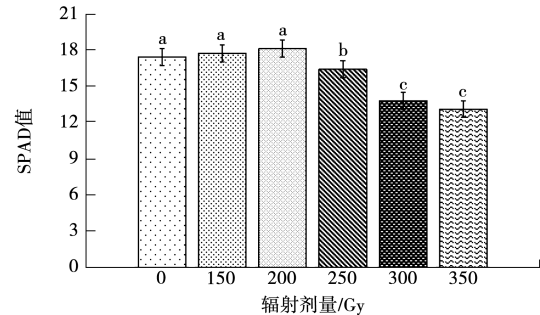


图 3 辐射剂量对豫谷 18 SPAD 值的影响

3 结论

3.1 辐射对谷子种子萌发及幼苗生长发育的影响

前人利用⁶⁰Co-γ 射线辐射植物干种子进行种质资源创新或探究植物对辐射后的生理响应,已做过大量研究。种子辐射处理后最直观的生理损伤发芽率降低、幼苗长势弱,辐射剂量过高还会造成种子不能萌发或幼苗生长受到严重抑制,大量研究也印证了辐射剂量与种子萌发及幼苗生长呈负相关^[14-16],但有些研究表明,较低剂量的辐射有利于种子萌发,较高剂量的辐射对种子萌发有抑制作用,且随着辐射剂量的提高抑制作用加强^[17]。本研究中豫谷 18 在 200 Gy 剂量下的发芽率、出苗率显著高于对照,随着辐射剂量升高,发芽率、出苗率、成苗率逐渐降低,变化趋势与赵丽娟等^[18]利用⁶⁰Co-γ 射线辐射谷子干种子的诱变效应研究结果较一致。辐射剂量对幼苗生长的诱变效应与谷种萌发生长规律大体相同,豫谷 18 在 150~200 Gy 剂量下,苗高与叶片长与对照差异不显著,但是苗鲜重显著高于对照,这可能是在 200 Gy 剂量下豫谷 18 植株变矮、茎粗和叶片宽增加引起的。

3.2 辐射对谷子各项生理指标的影响

SOD 和 POD 是重要的抗氧化酶,可以在植株受到逆境胁迫后做出反应,对自由基产生的伤害起到进行修复。Zhang 等^[19]认为抗氧化酶的活性存在一个阈值,即 SOD、POD 等对细胞膜的保护作用是有一定限度的,当辐射强度增大到一定程度时,抗氧化酶系统会表现出不同程度的紊乱,从而抗氧化酶活性随辐射剂量的增加表现出先增后降的趋势,这与本研究中 SOD 变化规律一致。豫谷 18 经辐射后 SOD 和 POD 均高于对照,这可能是辐射激活了相关保护酶系统,抵御并修复细胞损伤,以维持植株细胞正常的代谢平衡。

3.3 适宜诱变剂量的确定

由于植物自身生物学特性不同,对辐射剂量的敏感度也不尽相同。一般情况下,所受到的辐射剂量越大, M_1 代中出现变异个体的概率会加大,存活率也会下降;相反,辐射剂量过小,出现变异个体的概率也随之降低,从而不能达到辐射处理预期的目标,因此,辐射剂量的确定极为重要^[20]。根据多年的育种实践表明,将 M_1 代的成苗率及半致死剂量作为确定谷子适宜诱变剂量的依据更为合理。

关于辐射诱变适宜剂量的确定,不同的研究,结论也有所差异,赵丽娟等^[18]利用⁶⁰Co- γ 辐射 4 个春谷型谷子品种,对诱变效应进行了研究,结果表明 4 个春谷品种半致死剂量在 250~300 Gy 之间,本研究中豫谷 18 的半致死剂量为 331.7 Gy,与赵丽娟研究结果差异不大。辐射诱变效应不仅与品种自身特性有关,也与辐射处理时温度、湿度等环境条件有关,鉴于本研究中只采用了 1.1 Gy·min⁻¹ 的辐射剂量率,可在后续工作中对不同剂量率在辐射诱变的影响展开研究,以对本试验结果加以验证和完善。

4 结论

豫谷 18 种子在不同低剂量辐射下,发芽率受到促进作用,幼苗生长未受到明显影响。随着辐射剂量升高,种子萌发及幼苗生长受到明显抑制作用,尤其是高剂量(350 Gy)辐射对谷子种子损伤较大,严重影响幼苗存活率及幼苗生长;SOD 活性和 POD 活性随辐射剂量增加而逐渐上升,SPAD 值呈逐渐下降趋势。根据半致死剂量回归方程可以得出豫谷 18 的半致死剂量为 331.7 Gy,可作为⁶⁰Co- γ 辐射诱变进行种质创新的适宜剂量。

参考文献:

- [1] 刁现民. 中国谷子产业与产业技术体系[M]. 北京: 中国农业科学与技术出版社, 2011: 20-30.
- [2] 智慧, 牛振刚, 贾冠清, 等. 谷子干草饲用品质性状变异及相关性分析[J]. 作物学报, 2012, 38(5): 800-807.
- [3] 李顺国, 刘斐, 刘猛, 等. 中国谷子产业和种业发展现状与未来展望[J]. 中国农业科学, 2021, 54(3): 459-470.
- [4] 杨震, 彭选明, 彭伟正. 作物诱变育种研究进展[J]. 激光生物学报, 2016, 25(4): 302.

- [5] 原蒙蒙, 李妍, 王献. ⁶⁰Co- γ 辐射对紫薇种子生物学效应的影响[J]. 河南农业科学, 2015, 44(1): 101-104.
- [6] 张聪, 冯俊彦, 李明, 等. ⁶⁰Co- γ 辐射诱变选育菜用甘薯耐旱材料[J]. 分子植物育种, 2021, 19(20): 6827-6833.
- [7] 陈静, 胡晓辉, 苗华荣, 等. ⁶⁰Co- γ 射线辐照花生种子后代的 SSR 分析[J]. 华北农学报, 2010, 25(3): 68-72.
- [8] 罗铭欣, 刘凤民, 陈纪言, 等. ⁶⁰Co- γ 辐射柱花草 M₃ 代的农艺性状及遗传多样性分析[J]. 草地学报, 2021, 29(9): 1992-2000.
- [9] 闫锋, 李清泉, 董扬, 等. ⁶⁰Co- γ 辐射对糜子种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 作物杂志, 2021(4): 202-205.
- [10] 伊虎英, 鱼红斌, 马建中. 中国谷子辐射育种的成就和展望[J]. 核农学报, 2002, 16(2): 125-128.
- [11] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [12] 赵世杰, 刘华山, 董新纯. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1998.
- [13] 王兆玉, 林敬明, 萝莉, 等. 小油桐种子的⁶⁰Co- γ 射线辐射敏感性半致死剂量的研究[J]. 南方医科大学学报, 2009, 29(3): 506-508.
- [14] 李志能, 刘国锋, 包满珠. 悬铃木种子⁶⁰Co- γ 辐照及其苗期生物学性状调查[J]. 核农学报, 2006, 20(4): 299-302.
- [15] 敖妍, 张国盛, 鲁烈强, 等. 扶芳藤种子与枝条的⁶⁰Co- γ 辐射效应[J]. 核农学报, 2006, 20(3): 202-204.
- [16] 王瑞静, 王瑞文, 沈宝仙. ⁶⁰Co- γ 射线对杨树种子的辐射效应[J]. 核农学报, 2009, 23(5): 762-765.
- [17] 王月华, 韩烈保, 尹淑霞, 等. γ 射线辐射对高羊茅种子萌发及酶活性的影响[J]. 核农学报, 2006, 20(3): 199-201.
- [18] 赵丽娟, 马金丰, 李延东, 等. ⁶⁰Co- γ 射线辐照谷子干种子诱变效应的研究[J]. 作物杂志, 2017(1): 38-43.
- [19] ZHANG J B, HUANG W N. Advances on physiological and ecological effects of cadmium on plants[J]. Acta Ecologica Sinica, 2000, 20(5): 515-520.
- [20] 谭美莲, 汪磊, 严明芳, 等. 辐射对蓖麻种子生长及生理指标的影响[J]. 作物研究, 2012, 26(1): 35-42.

Effects of ⁶⁰Co- γ Ray Radiation on Germination and Seedling Growth of Yugu 18

YAN Feng

(Qiqihar Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar 161006, China)

Abstract: In order to study the radiation mutagenic effect of different doses of ⁶⁰Co- γ rays on foxtail millet seeds, Yugu 18 was used as experimental material. Foxtail millet seeds were irradiated with ⁶⁰Co- γ rays of 0, 150, 200, 250, 300 and 350 Gy to explore the effects of radiation on seed germination, seedling growth and physiological and biochemical indexes of foxtail millet. The results showed that Yugu 18 could significantly promote seed germination and seedling emergence at low radiation dose (150-200 Gy). With the increase of radiation dose, seed germination and seedling growth are gradually inhibited, while 350 Gy dose will seriously damage foxtail millet seeds, seriously affect their seedling emergence and seedling growth, and the seedling emergence rate will drop sharply; With the increase of radiation dose, SOD activity and POD activity content in foxtail millet leaves showed a gradual upward trend, and SPAD value increased first and then decreased. According to the half lethal dose regression equation, the half lethal dose of Yugu 18 is 331.7 Gy.

Keywords: foxtail millet; mutagenic effects; ⁶⁰Co- γ ray