

文章编号:1000-8551(2020)03-0453-07

$^{60}\text{Co}-\gamma$ 辐射对矾根幼苗生理特性的影响

胡瑶 张跃龙 李宏告 雷星宇 张勇 李丽辉*

(湖南省核农学与航天育种研究所,湖南长沙 410125)

摘要:为探索辐射剂量对矾根幼苗生理特性的影响,本试验采用不同剂量(0~30 Gy)的 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线辐射处理矾根组培幼苗,观测辐射对矾根生长的影响,测定其生长量及幼苗叶片的游离脯氨酸、丙二醛、可溶性糖和可溶性蛋白含量。结果表明,矾根在30 Gy以内辐照剂量是耐受的,但随着辐射剂量的增加,其生长量呈下降趋势,说明辐射对矾根幼苗的生长有一定的抑制作用。此外,随着辐射剂量的增加,幼苗叶片中丙二醛含量逐渐增加,可溶性蛋白含量逐渐减小,可溶性糖和游离脯氨酸含量都在辐射剂量为20 Gy时达到最大值。综上所述,矾根幼苗对较低剂量的 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线具有一定的耐受能力。本研究结果为矾根辐射育种提供了一定的技术参考。

关键词:矾根; $^{60}\text{Co}-\gamma$;生理指标;形态指标

DOI:10.11869/j.issn.100-8551.2020.03.0453

矾根(*Heuchera micrantha*),虎耳草科矾根属,多年生常绿草本花卉,浅根性、叶基生,品种繁多,各品种叶色不同,喜温凉,厌炎热,复总状花序,花小巧,钟状,以红色和白色为主,花期为4~6月份,是少有的彩叶阴生地被植物^[1-2]。目前国内对矾根的研究主要集中在适应性栽培^[3-4]、组织培养技术^[5-6]及光合特性^[7]等方面,而关于育种方面的研究较少。目前,辐射诱变技术已广泛应用于观赏植物新品种的选育,如桂花、菊花、兰花、牡丹等。植物经 γ 射线辐射后,其细胞或器官会发生生物化学、细胞学、生理学或形态学变化,进而影响植株生长和发育^[8-9],以得到预期的效果。李凤童等^[10]研究不同辐射剂量 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线对德国鸢尾杂交种子影响,发现20~40 Gy辐射剂量可以改善德国鸢尾种子的萌发率,60~80 Gy可以作为德国鸢尾杂交种子的诱变剂量;周雅倩等^[11]探讨了 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 辐射处理对树兰的生物学效应,发现辐射对植物生长的影响较大;李玲^[12]探讨了 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 辐射对牡丹种子萌发特性、染色体结构及幼苗生长的影响,表明辐射对牡丹种子的较适宜剂量范围为26.28~43.8 Gy,此范围可引起牡丹染色体结构发生变化,增加出现新品种的机会,且不会造成伤害,可应用于牡丹辐射育种实践。但目前鲜见关

于辐射技术在矾根育种方面的研究报道。为此,本试验参照其他植物辐射诱变经验^[13-16],对矾根进行不同剂量的 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线辐射处理,探究辐射前后矾根幼苗的生理特性,以期找到矾根的适宜辐射剂量,为矾根辐射育种技术改良提供一定的理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

矾根硒富浪芭品种组培幼苗,购自珠海诺德生物科技有限公司,植株生长健壮,无病虫害。辐射处理于2017年11月20日在湖南省核农学与航天育种研究所辐照中心进行,采用 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线,设置0(CK)、10、20、30 Gy 4个辐射剂量,剂量率均为 $1\text{ Gy}\cdot\text{min}^{-1}$ 。每处理20株,设3次重复。处理后幼苗立即种植,整个栽培过程按常规方法管理。

1.2 试验方法

1.2.1 形态指标的测定 经辐射处理的组培幼苗栽种1个月后,生长基本达到稳定状态。此时开始对其进行形态指标的测量,包括株高、单株叶片数、最大叶长、最大叶宽等。每月定期测定上述指标,连续测量6

收稿日期:2018-08-22 接受日期:2018-10-04

基金项目:湖南省农业科学院科技创新项目(2017JC55)

作者简介:胡瑶,女,助理研究员,主要从事观赏植物辐射育种研究。E-mail:819044720@qq.com

* 通讯作者:李丽辉,女,副研究员,主要从事植物新资源创制研究。E-mail:115219219@qq.com

个月。

1.2.2 生理指标的测定 辐射后将栽种好的砒根放置大棚中,正常管理。5个月后取各处理植株顶生第4位完全叶进行相关生理指标的测定,包括可溶性糖、可溶性蛋白、丙二醛(malonaldehyde, MDA)、游离脯氨酸含量等,测定方法参考《植物生理生化实验原理和技术》^[17]。

1.2.3 数据统计 数据采用 SPSS 17.0 软件进行方差分析,使用最小显著差数法,所有测定指标均重复3次。采用 Origin 8.0 软件绘制图表。

2 结果与分析

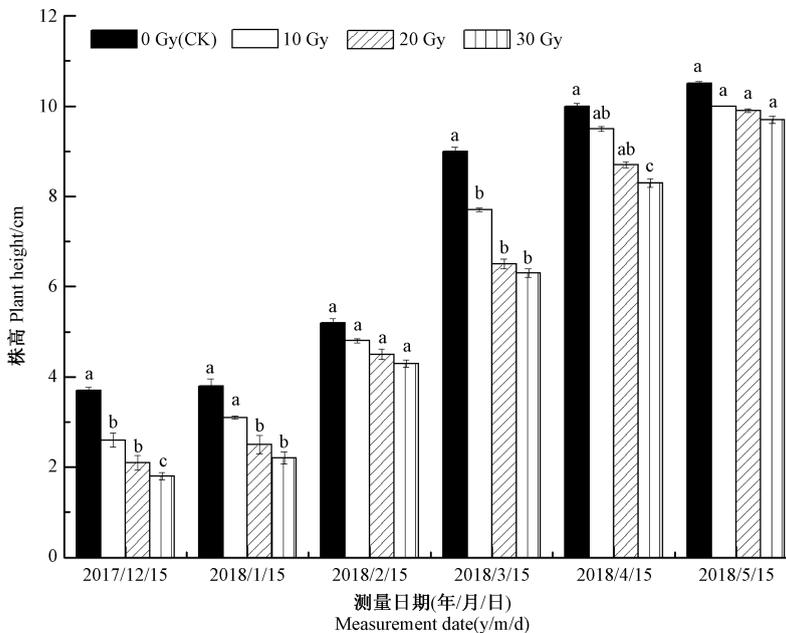
2.1 不同剂量⁶⁰Co- γ 辐射处理对砒根幼苗形态指标的影响

2.1.1 辐射处理对砒根幼苗株高的影响 研究表明,一定剂量的⁶⁰Co- γ 射线辐射对种子发芽率及幼苗生长有明显的抑制作用^[18-20]。由图1可知,砒根幼苗经辐射处理后,其株高总体低于CK,且随着辐射剂量的增加,植株相对矮小,证实了辐射对砒根幼苗植株的生长具有一定的抑制作用。到生长旺季(4-5月)时,10 Gy辐射处理的砒根生长量与CK的差距明显缩小,说明辐射在一定程度上刺激了幼苗的

生长速度。由此可见,低剂量辐射处理对植物生长影响较小,随着辐射剂量的增大,其对植物生长的影响也逐渐增大。

2.1.2 辐射处理对砒根幼苗单株叶片数的影响 由图2可知,与CK相比,辐射处理后砒根幼苗的单株叶片数减少,说明辐射对幼苗叶片数产生了不同程度的影响。生长初期,各处理间差异不显著;从3月开始,辐射处理后砒根幼苗的单株叶片数显著低于CK;到5月份时,30 Gy辐射处理砒根幼苗的单株叶片数较CK显著减少55.6%,说明辐射剂量越大,砒根叶片数越少。春季为植物新芽萌生时期,此时经辐射处理的砒根幼苗未表现出旺盛生长的趋势,说明辐射处理对砒根幼苗叶片数影响较大。

2.1.3 辐射处理对砒根幼苗叶长的影响 由图3可知,辐射处理后砒根幼苗叶长均低于CK,生长高峰期集中在3-5月。随着辐射剂量的增加,砒根叶长呈逐渐下降的趋势;生长初期各处理间叶长差异不显著,生长到3月时,辐射处理与CK间存在差异显著,辐射剂量越大,叶长越短。由此可见,辐射处理对砒根幼苗叶长的影响较大。此外,在10 Gy辐射处理下,砒根整体叶长低于CK,但在3-4月的生长速度高于CK,说明低剂量辐射对砒根幼苗生长期的生长速度有一定的刺激作用。



注:不同小写字母表示不同剂量处理在0.05水平上差异显著。下同。

Note: Different lowercase letters indicate significant difference at 0.05 level between different dosage treatments. The same as following.

图1 不同辐射剂量对砒根幼苗株高的影响

Fig.1 Effects of different radiation dosages on the plant height of *Heuchera micrantha* seedlings

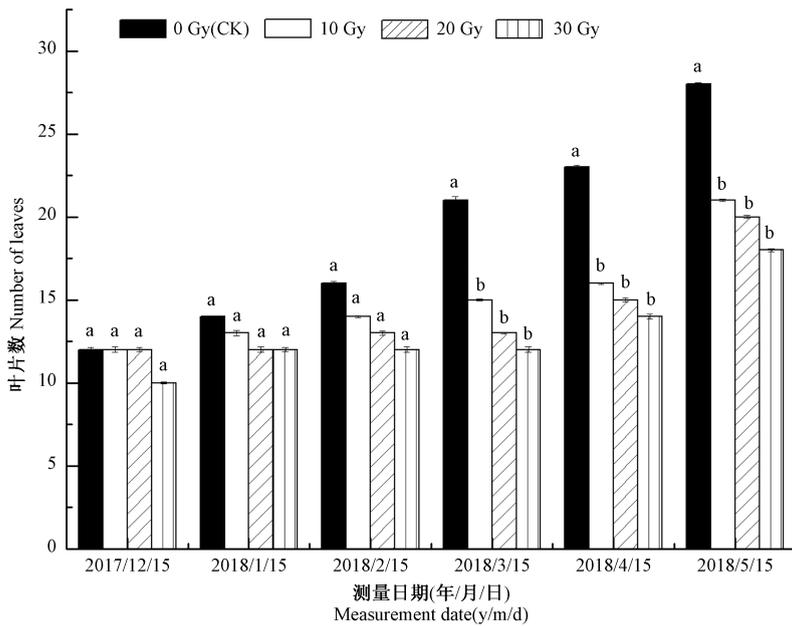


图 2 不同辐射剂量对砷根幼苗单株叶片数的影响

Fig.2 Effects of different radiation dosages on the number of leaves per plant of *Heuchera micrantha* seedlings

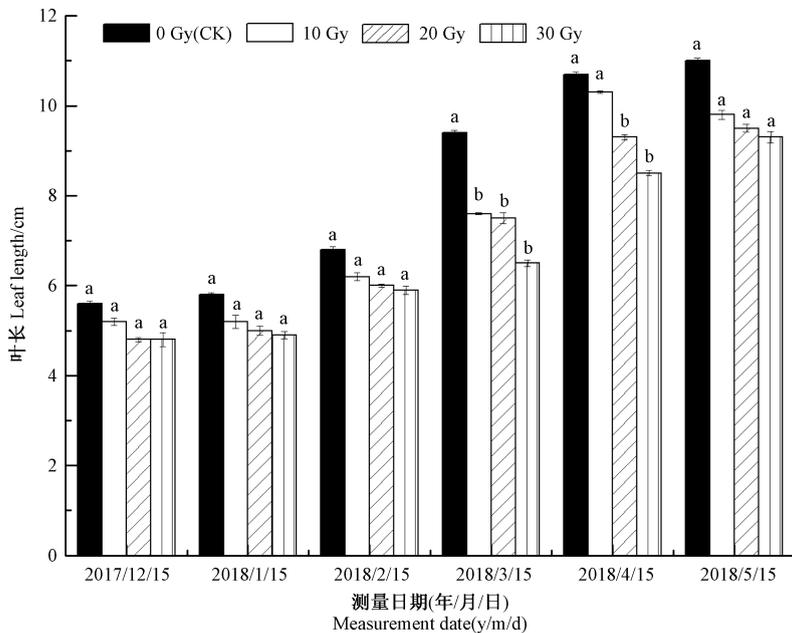


图 3 不同辐射剂量对砷根幼苗叶长的影响

Fig.3 Effects of different radiation dosages on the leaf length of *Heuchera micrantha* seedlings

2.1.4 辐射处理对砷根幼苗叶宽的影响 由图 4 可知,整个生长季经辐射处理的砷根幼苗叶宽均较 CK 小,随着辐射剂量的增加,砷根叶片宽度减小。其中,30 Gy 剂量处理的砷根幼苗叶宽在整个生长季始终与 CK 间差异显著($P<0.05$)。此外,CK 在 4 月生长速度加快,而经辐射处理的幼苗在 3 月其生长速度加快,生长旺盛期(4 月)辐射处理幼苗的叶宽与 CK 存在显著

性差异。表明辐射处理在一定程度上刺激了砷根幼苗提前进入快速生长期,但总体上对幼苗叶宽存在抑制作用。

2.2 不同剂量 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 辐射处理对砷根幼苗生理指标的影响

2.2.1 辐射处理对砷根幼苗可溶性糖含量的影响 由图 5 可知,随着辐射剂量的增加,砷根幼苗叶片可溶

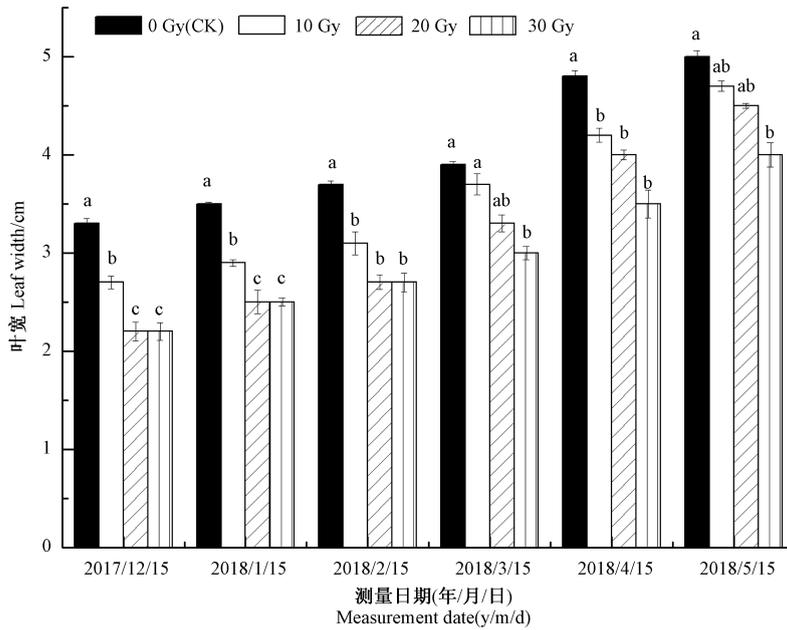
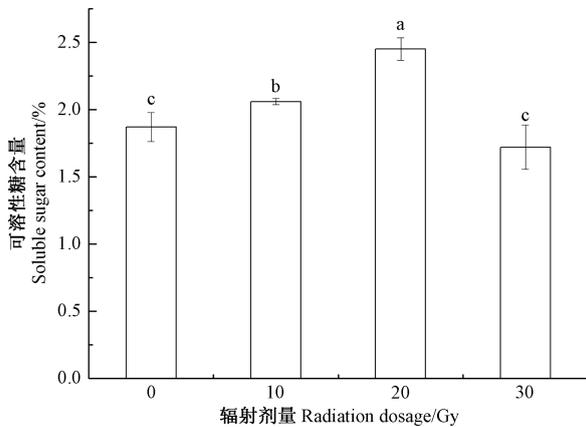


图4 不同辐射剂量对矾根幼苗叶宽的影响

Fig.4 Effects of different radiation dosages on the leaf width of *Heuchera micrantha* seedlings

性糖含量呈先增加后减少的趋势。10 Gy 辐射处理时可溶性糖含量显著增加;20 Gy 辐射处理时可溶性糖含量达到最高值,较 CK 显著增加 42.4%;30 Gy 辐射处理时可溶性糖含量最低,较 CK 降低 8.7%,但差异不显著。



注:不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。下同。

Note: Different lowercase letters mean significant difference at 0.05 level. The same as following.

图5 不同辐射剂量对矾根幼苗可溶性糖含量的影响

Fig.5 Effects of different radiation dosages on the soluble sugar content of *Heuchera micrantha* seedlings

2.2.2 辐射处理对矾根幼苗可溶性蛋白质含量的影响 由图6可知,随着辐射剂量的增加,矾根幼苗叶片可溶性蛋白含量呈先增加后减少的趋势,10 Gy 辐射

处理时可溶性蛋白质含量较 CK 小幅增加,差异不显著;30 Gy 辐射处理时可溶性蛋白质含量显著低于 CK;20 Gy 辐射处理时可溶性蛋白质含量显著高于其他处理,较 CK 增加 40.6%。

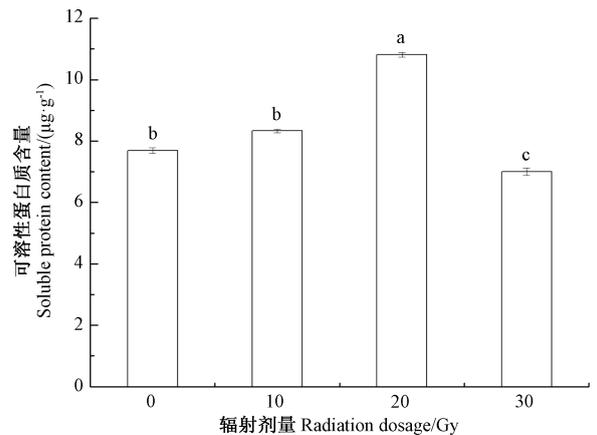


图6 不同辐射剂量对矾根幼苗可溶性蛋白质含量的影响

Fig.6 Effects of different radiation dosages on the soluble protein content of *Heuchera micrantha* seedlings

2.2.3 辐射处理对矾根幼苗游离脯氨酸含量的影响 植物在正常生长条件下,游离脯氨酸含量很低,当其遭遇逆境胁迫时,游离脯氨酸会大量积累,这也是植物在逆境条件下的自卫反应之一^[21]。由图7可知,随着辐射剂量的增加,矾根幼苗叶片游离脯氨酸含量呈先增加后减少的趋势;当辐射剂量达到 20 Gy 时,游离脯氨酸含量达到峰值,与 CK、10 Gy 剂量处理间差异显

著,但与 30 Gy 剂量处理间差异不显著。说明辐射给砷根幼苗造成了一定的损伤,辐射剂量为 20 Gy 时,砷根幼苗能通过自身积累来修复损伤,但随着辐射剂量的增加,自我修复能力减弱。

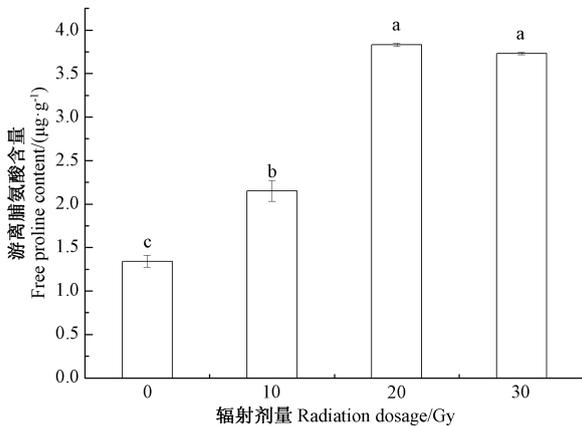


图 7 不同辐射剂量对砷根幼苗游离脯氨酸含量的影响
Fig.7 Effects of different radiation dosages on the free proline content of *Heuchera micrantha* seedlings

2.2.4 辐射处理对砷根幼苗丙二醛含量的影响

MDA 是膜脂过氧化的主要产物之一,反映膜受损伤的程度。由图 8 可知,砷根幼苗 MDA 含量随着辐射剂量的增加而逐渐升高,但均未表现出差异显著性;30 Gy 剂量处理的 MDA 含量较 CK 增加 11%。表明辐射对砷根幼苗的损伤会随着剂量的增加逐渐增大。

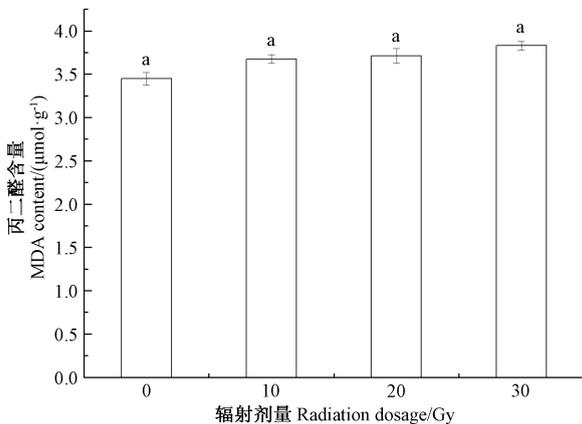


图 8 不同辐射剂量对砷根幼苗 MDA 含量的影响
Fig.8 Effects of different radiation dosages on the MDA content of *Heuchera micrantha* seedlings

3 讨论

辐射剂量的选择对植物辐射育种有着极其重要的

影响,选择适宜的辐射剂量,是获得理想突变体的技术前提。 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 辐射敏感性试验是开展砷根幼苗辐射育种的基础。本试验中,0~30 Gy 辐射剂量范围内,所有处理均未出现全部致死现象,说明砷根幼苗辐射处理的致死剂量应高于 30 Gy。要获得理想的变异,必须选择合适的辐射剂量。辐射处理对植物的生长大多存在抑制作用,但抑制效应因不同植物而异,抑制表现时间和抑制部位也存在差异^[22-23],但过高的辐射剂量会使生物体正常的代谢受到干扰^[24-25]。本研究结果表明,低剂量辐射处理对砷根幼苗株高、叶片数、最大叶长、最大叶宽有一定的影响,随着辐射剂量的增加,对砷根幼苗的生长存在一定的抑制作用,且呈增强趋势。这与林兵等^[26]和徐佳琦等^[27]研究 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 辐射对荷兰鸢尾生长表现出抑制效应的结果相符。

MDA 是膜脂过氧化的产物之一,代表植物膜脂过氧化程度,其含量与膜脂过氧化程度呈正相关,通过测定 MDA 的积累量可衡量膜系统受损程度以及植物受伤害的程度^[28]。本试验结果表明,砷根幼苗叶片的 MDA 含量随着辐射剂量的增加而升高,这与滕娟等^[29]测定三七幼苗 MDA 的结果相似,说明辐射剂量与植物膜脂过氧化的作用呈正相关关系,细胞内有害物质增多,使得植物体内通过不断积累 MDA 来修复因辐射处理带来的损伤。

植物体内可溶性糖、可溶性蛋白和游离脯氨酸的含量与植物的抗逆性有关,在逆境条件下植物会主动积累这些物质,来适应外界环境的变化,从而起到有效的保护作用^[26]。本试验中,可溶性糖、游离脯氨酸和可溶性蛋白含量随着辐射剂量的增加都出现先增加后减小的趋势,且均在 20 Gy 剂量处理时达到最大值。说明辐射对砷根幼苗有一定的损伤,可通过积累上述物质来修复损伤,其中 20 Gy 剂量处理时的修复能力最强,超过该剂量后植物本身的修复能力逐渐减弱,说明砷根幼苗对于 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 辐射耐受最佳剂量为 20 Gy。

4 结论

本研究结果表明,砷根幼苗在 0~30 Gy $^{60}\text{Co}-\gamma$ 辐射下,部分形态指标与 CK 存在一定差异,未出现直接死亡现象。随着辐射剂量的增加, $^{60}\text{Co}-\gamma$ 对砷根幼苗株高、叶片数、叶长、叶宽存在一定的抑制作用。此外,随着辐射剂量的增加,MDA 含量逐渐增加,可溶性蛋白含量逐渐减小,可溶性糖和游离脯氨酸含量先升高后降低,均在 20 Gy 时达到最大值。说明砷根幼苗对 0~30 Gy $^{60}\text{Co}-\gamma$ 低剂量具有一定的耐受力,且未出现明

显的变异,下一步需要扩大剂量范围进行深入研究。

参考文献:

- [1] 王晶, 刘立功, 左丽娟. 柔毛矾根组培快繁技术研究[J]. 北方园艺, 2012(23):116-118
- [2] 秦登, 唐吕君, 陈尧. 夏季高温环境下 3 个矾根品种的光合特性比较[J]. 西北林学院学报, 2014, 29(3):32-36
- [3] 许红娟, 陈之林, 杨澜, 石乐娟, 王爱华, 张朝君. 五种彩叶矾根苗期在贵州冬季生长适应性比较[J]. 北方园艺, 2016(24):61-65
- [4] 黄少玲, 汪华清, 周意峰, 冷江明, 刘崑. 矾根在东莞地区引种驯化过程中的夏季适应性研究[J]. 热带林业, 2016, 44(4):4-7
- [5] 孙国峰, 张金政, 吴东启. 矾根杂种‘银王子’的组织培养和快速繁殖[J]. 植物生理学通讯, 2007(3):500
- [6] 陈宏, 唐莹, 施月欢. 矾根的组织培养与快速繁殖[J]. 上海农业学报, 2011, 27(4):80-82
- [7] 秦登. 矾根品种的光合生理特性及耐旱性研究[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2014
- [8] Kim J H, Chung B Y, Kim J S, Wi S G. Effects of in plantagamma-irradiation on growth, photosynthesis, and antioxidative capacity of red pepper (*Capsicum annuum* L.) plants [J]. Journal of Plant Biology, 2005, 48(1):47-56
- [9] 刘春贵, 李风童, 孙叶, 袁媛, 包建忠, 陈秀兰. $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线对路易斯安那鸢尾种子的辐射效应研究[J]. 核农学报, 2018, 32(1):1-7
- [10] 李风童, 包建忠, 孙叶, 刘春贵, 马辉, 张甜, 陈秀兰. $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线辐照对德国鸢尾杂交种子的生物学效应[J]. 核农学报, 2017, 31(8):1469-1474
- [11] 周雅倩, 姚娜, 魏莉, 李潞滨, 刘蕾. $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线对树兰蒴果辐照效应研究[J]. 核农学报, 2017, 31(9):1693-1699
- [12] 李玲. $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线对牡丹种子萌发特性、染色体结构及幼苗生长的影响[D]. 泰安: 山东农业大学, 2014
- [13] 王丹, 任少雄, 苏军, 李卫锋, 王熙. 核技术在观赏植物诱变育种上的应用[J]. 核农学报, 2004, 18(6):443-447
- [14] 李志能, 刘国锋, 包满珠. 悬铃木种子 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 辐射及其苗期生物学性状长调查[J]. 核农学报, 2006, 20(4):299-302
- [15] 郭会君, 赵林姝, 古佳玉, 赵世荣. 我国作物航天育种 20 年的基本成就与展望[J]. 核农学报, 2007, 21(6):589-592
- [16] Anna Ling P K, Lai A G, Hussein S, Abdul Rahim H. Physiological responses of orthosiphon stamineus plantlets to Gamma irradiation [J]. American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture, 2008, 2(2):135-149
- [17] 李合生, 孙群, 赵世杰, 章文华. 植物生理生化实验原理和技术 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 165-261
- [18] 马爽, 李文建, 周利斌. 观赏植物诱变育种的研究现状和展望 [J]. 核农学报, 2007, 21(4):378-382
- [19] 刘庆华, 王玮, 王奎玲. $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线对美丽胡枝子种子萌发及早期幼苗生长的影响[J]. 核农学报, 2008, 22(5):573-574
- [20] 袁蒲英, 宋兴荣, 何相达. $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线辐射对腊梅种子发芽及幼苗生长的影响[J]. 北京林业大学学报, 2012, 34(增刊1):118-121
- [21] 曹兵, 宋丽华, 谢应吉. 土壤干旱胁迫对臭椿苗木生理指标的影响[J]. 东北林业大学学报, 2008(9):11-13
- [22] 田杰, 赵宪忠, 董泽锋. 观赏植物辐射诱变育种的研究进展[J]. 河北林业科技, 2012(1):55-56, 67
- [23] 曹英. $^{60}\text{Co}-\gamma$ 辐照两种豆科牧草种子的诱变效应分析[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2011
- [24] Wu J L, Wu C, Lei C. Chemical-and irradiation-induced mutants of indica rice IR64 for forward and reverse genetics [J]. Plant Molecular Biology, 2005, 59(1):85-97
- [25] Melki M, Marouani A. Effects of gamma rays irradiation on seed germination and growth of hard wheat [J]. Environmental Chemistry Letters, 2010, 8(4):307-310
- [26] 林兵, 钟淮钦, 黄敏玲, 吴建设, 叶秀仙. $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线对荷兰鸢尾的辐照效应[J]. 核农学报, 2010, 24(1):50-54
- [27] 徐佳琦, 戚嘉敏, 朱雯, 许逸林, 奚如春. $^{60}\text{Co}-\gamma$ 辐照对洋紫荆种子发芽及幼苗生长的影响[J]. 林业环境与科学, 2016, 32(5):58-62
- [28] 张玉, 白史且, 李达旭. $^{60}\text{Co}-\gamma$ 辐射对菊苣种子发芽及幼苗生理的影响[J]. 草地学报, 2013, 21(1):147-151
- [29] 滕娟, 熊俊芬, 何忠俊, 陈中坚, 魏富刚, 梁社往. $^{60}\text{Co}-\gamma$ 辐射对三七幼苗生理特性的影响[J]. 云南农业大学学报, 2015, 30(3):445-449

Effect of ^{60}Co - γ Irradiation on Physiological Properties of *Heuchera micrantha*

HU Yao ZHANG Yuelong LI Honggao LEI Xingyu ZHANG Yong LI Lihui*
(Hunan Institute of Nuclear Agriculture Science and Space Breeding, Changsha, Hunan 410125)

Abstract: To explore the effects of radiation on physiological characteristics for *Heuchera micrantha* seedlings. The *Heuchera micrantha* was irradiated with ^{60}Co - γ ray of different doses from 0 Gy to 30 Gy. The seedling growth, the growth size, free proline content, MDA content, soluble sugar content and soluble proteins content were investigated. The results showed that the tolerated dose of the seedling of *Heuchera micrantha* is less than 30 Gy. However, as the radiation dose increases, its growth rate shows a downward trend. It indicates that the inhibitory effect of radiation on the growth of seedlings. In addition, with the irradiation dose increased, soluble proteins content gradually decreased, the MDA content increased, soluble sugar and free proline content increased and reached the maximum at 20 Gy. It shows that there is a tolerant mechanism in *Heuchera micrantha* seedlings to ^{60}Co - γ ray irradiation at a dose less than 30Gy. The results provide certain technical reference for *Heuchera micrantha* radiation breeding.

Keywords: *Heuchera micrantha*, ^{60}Co - γ , physiological index, morphological index