

低剂量电子辐射对水稻苗期耐冷性的影响

斯琴图雅^{1,2}, 张晓东¹, 王强¹, 高德玉^{3*} (1. 黑龙江省科学院技术物理研究所, 黑龙江哈尔滨 150086; 2. 黑龙江省科学院高技术研究院, 黑龙江哈尔滨 150010; 3. 黑龙江省科学院, 黑龙江哈尔滨 150001)

摘要 [目的]为提高水稻耐冷性。[方法]利用低剂量电子射线播前辐射处理水稻种子,在三叶期进行日温 13℃、夜温 10℃持续 10 d 的人工低温胁迫,然后在生长适宜温度缓冲 5 d 进行耐冷等级评价;同时,测试分析可溶性蛋白质、可溶性糖、SOD、POD、MDA 含量等生化指标。[结果]低剂量电子辐射提高水稻 1 级耐冷植株所占比例,其中 15 Gy 辐射处理组 1 级耐冷植株所占比例比对照提高 10% 以上;由可溶性糖、可溶性蛋白、SOD、POD、MDA 等生化指标分析,辐射处理组的逆境适应能力更佳。[结论]适宜剂量的辐射可以提高水稻耐冷性。该项技术具有很好的应用前景。

关键词 电子辐射;低剂量;水稻;耐冷性

中图分类号 S124+.1 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)28-067-03

Effects of Low-dose Electron Radiation on Rice Seedling Cold Endurance

SI Qin-tu-ya^{1,2}, ZHANG Xiao-dong¹, WANG Qiang¹, GAO De-yu^{3*} (1. Technical Physics Institute of Heilongjiang Academy of Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086; 2. Institute of Advanced Technology, Heilongjiang Academy of Sciences, Harbin, Heilongjiang 150010; 3. Heilongjiang Academy of Sciences, Harbin, Heilongjiang 150001)

Abstract [Objective] To promote the cold resistance of rice. [Method] Using low doses of electron beam radiation treat rice seed before planting, in the 3 leaves stage, a ten days artificial low temperature stress of 13℃ in day and 10℃ in night was applied. The cold endurance level was evaluated after five days buffering at optimal temperature. At the same time, the biochemical factors of soluble protein, soluble sugar, SOD, POD and MDA were analyzed. [Result] The low doses of electron beam radiation increases the ratio of level I cold endurance plants over 10%. The results of biochemical factor analysis suggesting the radiated group has better adapting ability of severe environment. [Conclusion] The optimal doses of radiation can promote the cold endurance level of rice and the technique has great prospect of application.

Key words Electron radiation; Low doses; Rice; Cold endurance

中国的水稻产量居世界第一^[1]。随着全球气候变暖,过去 30 多年中国水稻种植格局发生着相应的变化,水稻种植重心和产量重心均在向东北迁移^[2-3]。但是,东北是寒地稻作区,水稻生长季内温度变幅大,在水稻营养生长的苗期内常发生低温冷害^[4]。苗期冷害是指从第一完全叶开始的整个营养生长期受到低温侵袭,导致秧苗失绿、发僵、分蘖减少、秧苗枯萎甚至死苗等,最终影响产量的一种冷害^[5-6]。这种冷害也是国际性的问题。其冷害机理与控制技术研究也是国内外研究的一个重要课题。目前研究最多的是水稻苗期抗寒种质的筛选与鉴定^[7-8]以及水稻耐冷性基因定位等^[9-10]。通过耐冷稻种资源的筛选与育种途径,把生产上应用的水稻种耐冷性不断进行改良和更新,培育出强耐冷性品种等。但是,水稻耐冷性机理复杂,育种技术还未很好地解决水稻冷害难题,因此应同步发展其他能够提高水稻耐冷性的技术。

利用电离辐射可以诱变育种,同时 α 、 γ 射线和电子束等传能线密度低的辐射也具有低剂量刺激效应^[11],即用低剂量射线辐射处理植株,能增强植株生理机能、加快新陈代谢和生长发育,最终提高作物产量、改善作物品质和增强作物抗逆性^[12]。笔者利用低剂量电子射线播前辐射处理水稻种子,培育至三叶期,对其进行人工低温胁迫,并评价其耐冷等级,测试分析可溶性糖、可溶性蛋白、SOD、POD、MDA 等生化指标,解析低剂量电子射线对水稻苗期耐冷生理的影响,为

辐射刺激提高水稻耐冷性相关研究提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料 供试水稻品种为绥粳 4 号,由哈尔滨秀实种业有限公司提供。

1.2 辐射处理 每组选取均匀一致的水稻种子 30 粒(每个处理设 3 次重复),使用 DD1.2 高频高压电子加速器产生的电子射线辐射,辐射剂量分别为 0、5、10、15、20、25 Gy,剂量率为 0.125 Gy/s,能量为 0.9 MeV。

1.3 幼苗培养 将催芽的水稻种子移入装有培养土的播秧盘内,横 6 行、纵 10 列播种,每穴 3 粒种子。每个处理 3 次重复。

1.4 苗期低温胁迫及耐冷性评价指标 在育苗至三叶期,进行苗期低温胁迫。在低温胁迫期间,日温 13℃,相对湿度 40%,夜温 10℃,相对湿度 60%。胁迫 10 d 后,将秧苗置于生长适宜环境中缓冲 5 d。

苗期耐冷性的评价指标参考傅泰露^[13]方法,具体为:1 级,仅叶尖调萎;2 级,第 2、3 叶的叶片调萎面积达 1/3;3 级,叶片调萎面积达 1/2;4 级,叶片 2/3 面积调萎;5 级,第 2、3 叶的叶片全部调萎,但叶尖仍绿色;6 级,叶片和叶尖全部调萎。

1.5 生化指标测定 可溶性糖含量的测定采用蒽酮比色法;可溶性蛋白含量的测定采用紫外吸收法;丙二醛(MDA)含量的测定采用硫代巴比妥酸(TBA)法;过氧化物酶(POD)活性的测定采用愈创木酚氧化比色法;超氧化物歧化酶(SOD)活性的测定采用氮蓝四唑(NBT)法^[14]。

2 结果与分析

2.1 低剂量电子辐射对水稻苗期耐冷级别的影响 在水稻

基金项目 黑龙江省科学院春苗专项课题(CM12C01)。

作者简介 斯琴图雅(1980-),女,蒙古族,内蒙通辽人,副研究员,从事辐射技术农业应用研究。* 通讯作者,研究员,博士,从事辐射化学方面的研究。

收稿日期 2015-08-13

三叶期进行日温 13 ℃、夜温 10 ℃低温胁迫 10 d,缓冲 5 d 再依照傅泰露方法进行 6 级耐低温评价。由图 1 可知,随着辐射剂量的增加,各辐射处理一级耐冷株所占比例呈先上升,15 Gy 时上升最多,后呈下降趋势;对照一级耐冷株所占比例为 50%,15 Gy 辐射处理一级耐冷株所占比例为 60.89%。经 LSD 方差分析,各处理与对照之间差异极显著。15 Gy 辐射处理不仅提高 1 级耐冷植株所占比例,而且所有植株耐冷等级均在 3 级以上。

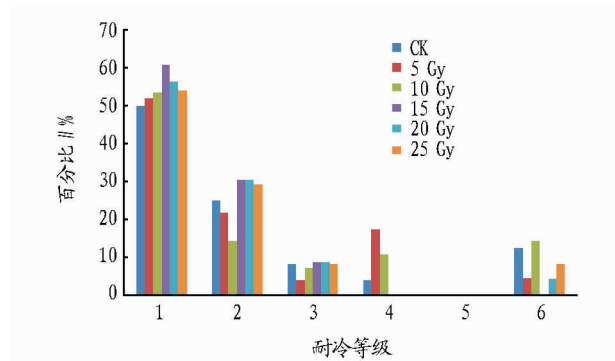


图 1 低剂量电子辐射对水稻苗期耐冷级别的影响

2.2 低剂量电子辐射对水稻幼苗可溶性蛋白含量的影响 在三叶期低温胁迫前,低温胁迫 10 d 和缓冲 5 d 后各测定水稻叶片中可溶性蛋白含量。由图 2 可知,在低温胁迫前,各处理可溶性蛋白含量较接近;当低温胁迫 10 d 时,各处理可溶性蛋白含量均有所上升,其中 10 Gy 和 15 Gy 辐射处理可溶性蛋白质含量上升最多,比对照提高了 71% 以上;除 5 Gy 辐射处理之外,其他辐射处理与对照比差异均在 0.01 水平显著;缓冲 5 d 后,各辐射处理的可溶性蛋白含量有所下降,但高于低温胁迫前含量。

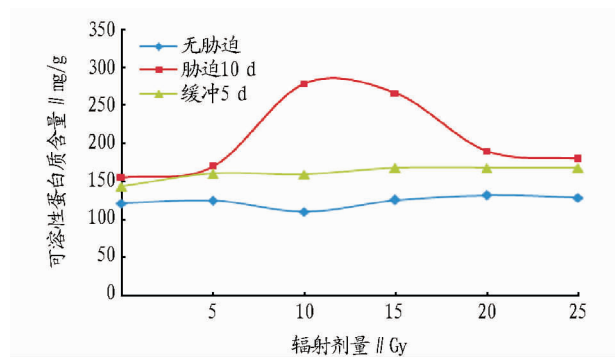


图 2 低剂量电子辐射对水稻幼苗可溶性蛋白质含量的影响

2.3 低剂量电子辐射对水稻幼苗可溶性糖含量的影响 由图 3 可知,在低温胁迫前,水稻幼苗叶片中可溶性糖含量随辐射剂量的增加缓慢上升,到最高点后缓慢下降,但变化幅度较小;当低温胁迫 10 d 时,随辐射剂量的增加,可溶性糖含量明显上升,到达顶峰后又开始迅速下降,15 Gy 辐射处理可溶性糖含量比对照提高 88%,10 ~ 20 Gy 辐射处理与对照间差异在 0.01 水平显著;在缓冲 5 d 后,各处理可溶性糖含量有所下降,变化趋势与未胁迫前趋势较一致,但整体含量比胁迫前要高。

2.4 低剂量电子辐射对水稻幼苗 SOD 活性的影响 由图 4

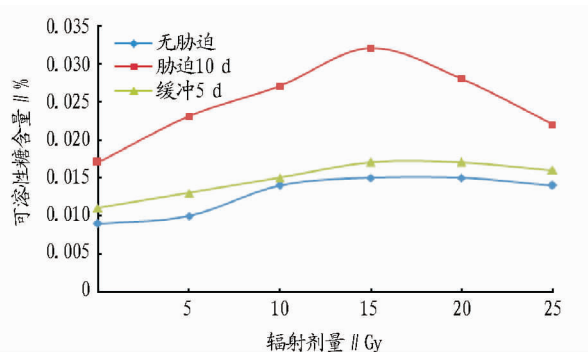


图 3 低剂量电子辐射对水稻幼苗可溶性糖含量的影响

可知,低温胁迫前各处理 SOD 活性彼此相近;在缓冲 5 d 后各处理 SOD 活性较相近,但整体高于低温胁迫前的 SOD 活性;当低温胁迫 10 d 时,各处理 SOD 活性随着辐射剂量的增加明显上升,15 Gy 时达到最高值,然后随辐射剂量的增加快速下降,除 25 Gy 辐射处理外,其他处理与对照间的差异在 0.01 水平显著。

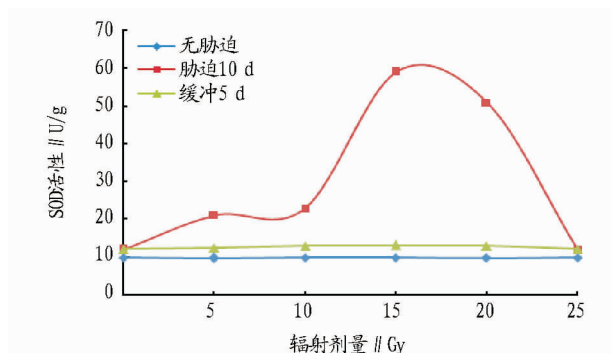


图 4 低剂量电子辐射对水稻幼苗 SOD 活性的影响

2.5 低剂量电子辐射对水稻幼苗 POD 活性的影响 由图 5 可知,低温胁迫前水稻幼苗的 POD 活性随辐射剂量的增加缓慢上升,但上升幅度较小;当低温胁迫 10 d 时,各处理 POD 活性与低温胁迫前相比均明显上升,但各处理间的差异较小,与对照相比 10 Gy 辐射处理差异显著,15 Gy 辐射处理差异在 0.01 水平显著;缓冲 5 d 后各处理的 POD 活性又下降明显,但均高于低温胁迫前活性。

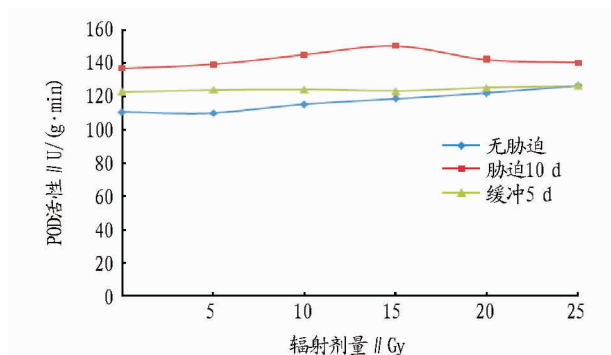


图 5 低剂量电子辐射对水稻幼苗 POD 活性的影响

2.6 低剂量电子辐射对水稻幼苗 MDA 含量的影响 由图 6 可知,在低温胁迫前水稻幼苗的 MDA 含量随辐射剂量的增加缓慢上升;当低温胁迫 10 d 时,各处理 MDA 含量发生非常明显的变化,对照和 5 Gy 辐射处理 MDA 含量高于低温胁迫前。

迫前水平,10、20 和 25 Gy 辐射处理 MDA 含量与低温胁迫前相近,15 Gy 辐射处理 MDA 含量明显低于低温胁迫前,并且低于对照的 80%;与其他各处理相比,差异在 0.05 水平显著;缓冲 5 d 后各处理 MDA 含量间彼此较相近,但比低温胁迫前高。

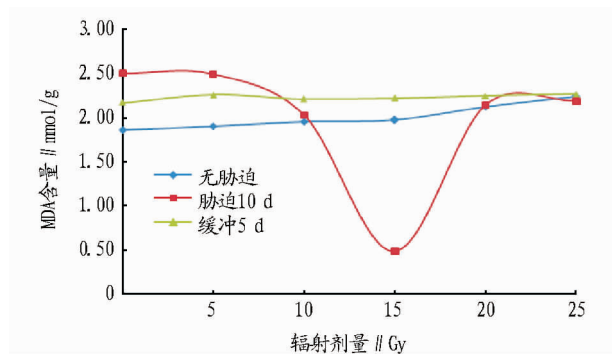


图6 低剂量电子辐射对水稻幼苗MDA含量的影响

3 结论与讨论

逆境胁迫会对植物造成一定程度的伤害,而植物可通过代谢反应阻止、降低或修复由逆境所造成的损伤,使其在逆境下仍保持正常的生理活动。若遇低温,植物细胞内的渗透物质则会增加,以提高细胞抗性^[15]。可溶性蛋白是重要的渗透调节物,其含量的高低影响细胞渗透势。高浓度的可溶性蛋白能维持较低的渗透势,有助于提高植物抗逆能力。禾本科植物中可溶性糖在渗透调节中占主导地位。在逆境胁迫下,可溶性糖能稳定细胞膜和原生胶体,在细胞内当无机离子含量高时还可以保护物质免受胁迫^[16]。MDA是因脂过氧化所产生的,表示膜脂过氧化的伤害程度^[17]。研究中,低温胁迫时辐射处理可溶性糖和可溶性蛋白含量均随辐射剂量的增加而明显增加,可溶性蛋白含量在10~15 Gy处理中增加最多,可溶性糖含量在5~20 Gy处理中增加最明显;MDA含量随辐射剂量的增加呈下降趋势,在15 Gy处下降最明显。综上所述,低剂量辐射可以通过提高水稻植株可溶性糖和可溶性蛋白含量来保护膜结构的完整性。

在通常情况下,植物体内产生的活性氧(O_2^- 、 H_2O_2 、 O^2 等)不足以使植物受到伤害。这是因为植物体内有一套行之有效的清除系统,即细胞膜的保护酶类如SOD、POD、CAT等。但是,一旦植物遭受低温等环境胁迫,活性氧的产生和清除平衡体系即被破坏,自由基的增加便会导致植物细胞的伤

害。冷害对组织的伤害首先是对细胞膜系的伤害,继而发生生理学的、代谢的及生物化学的功能障碍^[18]。研究中,当低温胁迫时,随辐射剂量的增加,SOD活性上升明显,而POD活性的变化只有在10、15 Gy辐射处理较明显。结合MDA含量的变化趋势,发现在低温胁迫时辐射能够诱导SOD、POD等保护性酶活性的增加来很好地抵抗植物体内产生的活性氧伤害。

绥梗4号水稻三叶期进行的6级耐冷等级评价结果表明,辐射处理提高了一级耐冷株所占比例,尤以15 Gy辐射处理表现最好。结合其生化指标的测试结果,发现适宜剂量的辐射可以提高水稻耐冷性。

参考文献

- [1] 郭亚文,夏小东,职桂叶,等.基于文献的国内外水稻研究发展态势分析[J].中国农业科学,2011,44(20):4129-4141.
- [2] 曲辉辉,姜丽霞,王冬冬.气候变化对黑龙江省水稻障碍型冷害的影响[J].生态学报,2015,36(3):1-9.
- [3] 刘珍环,李正国,唐鹏钦,等.近30年中国水稻种植区域与产量时空变化分析[J].地理学报,2013,68(5):680-693.
- [4] 王晓群,张宇.黑龙江省水稻低温冷害风险评估[J].安徽农业科学,2012,40(1):263-266.
- [5] LINCOLN T,EDUARDO Z. Plant physiology [M]. Beijing: Science Press, 2009.
- [6] 汪绍武,马树庆,陈莉,等.低温冷害[M].北京:气象出版社,2009.
- [7] 王兰,龙云铭,田华,等.水稻苗期抗寒种质的筛选与鉴定[J].核农学报,2011,25(2):208-213.
- [8] 李霞,戴传超,程睿,等.不同生育期水稻耐冷性的鉴定及耐冷性差异的生理机制[J].作物学报,2006,32(1):76-83.
- [9] 周勇,王中德,陶亚军,等.水稻苗期耐冷性相关QTL qCTS3-1的鉴定和分子定位[J].江苏农业学报,2013,29(6):1181-1186.
- [10] 马增凤,刘驰,张月雄,等.低温寡照自然条件对不同水稻材料苗期耐寒性的影响[J].西南农业学报,2015,28(2):447-452.
- [11] MOKOBIA C E,ANOMOHANRAN O. The effect of gamma irradiation on the germination and growth of certain Nigerian agricultural crops[J].J Radiol Prot,2005,25(2):181-188.
- [12] 孙志增,周平坤.低剂量电离辐射效应[J].国外医学(放射医学核医学分册),2004,28(2):82-85.
- [13] 傅泰露.水稻不同生育期的耐冷性及鉴定指标的筛选[D].雅安:四川农业大学,2008.
- [14] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000.
- [15] 王忠.植物生理学[M].北京:中国农业出版社,2010.
- [16] 邵红雨,孔广超,齐军仓,等.植物耐盐生理生化特性的研究进展[J].安徽农学通报,2006,12(9):51-53.
- [17] 郝建军,康宗利,于洋.植物生理学实验技术[M].北京:化学工业出版社,2006.
- [18] 刘鹏,刘庆忠,王勇,等.喜温作物的低温损伤及其抗冷性的研究进展[J].山东农业科学,2004(1):74-79.

(上接第38页)

- [22] 刘平,温陟良,彭士琪,等.外源GA₃对枣树¹⁴C-光合产物向果实分配的影响[J].河北农业大学学报,2002,25(4):34-36,40.
- [23] 高晶晶,冯新新,段春慧,等.ALA提高苹果叶片光合性能与果实品质的效应[J].果树学报,2013,30(6):944-951.
- [24] 陶陶.米枣落果生理机理及植物生长调节剂对其果实发育品质的影响[D].雅安:四川农业大学,2012.

- [25] 辛守鹏,刘帅,余阳,等.赤霉素与细胞分裂素对葡萄果实邻近叶光合特性及果实品质的影响[J].应用生态学报,2015(6):1-9.
- [26] 郭珍,徐福利,汪有科.5-氨基乙酰丙酸对枣树生长发育、产量和品质的影响[J].西北林学院学报,2010,25(3):93-96.
- [27] 汪良驹,王中华,李志强,等.5-氨基乙酰丙酸促进苹果果实着色的效应[J].果树学报,2004,21(6):512-515.