

马孟莉, 卢丙越, 苏一兰, 等. 铜、铅、镉对不同水稻品种种子萌发的影响[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(4): 79–81.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.04.027

# 铜、铅、镉对不同水稻品种种子萌发的影响

马孟莉, 卢丙越, 苏一兰, 孟衡玲, 李春燕

(红河学院生命科学与技术学院/云南省高校农作物优质高效栽培与安全控制重点实验室, 云南蒙自 661100)

**摘要:**以 17 份水稻品种为研究材料, 分别用不同浓度的硫酸铜、醋酸铅和氯化镉进行胁迫处理, 测量处理后不同品种种子发芽率, 以研究铜(Cu)、铅(Pb)、镉(Cd)对水稻种子萌发的影响。结果表明, 随着  $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Pb}^{2+}$  浓度升高, 水稻种子发芽率逐渐降低, 且不同品种对  $\text{Cu}^{2+}$  的耐受性差异显著, 其中  $\text{Cu}^{2+}$  对水稻种子萌发的抑制作用更加明显;  $\text{Cd}^{2+}$  对水稻发芽率的影响相对较小, 在 200 mg/L 高浓度处理下发芽率依然维持在 70% 以上; 各品种重金属的耐受性比较结果表明, 粳稻对铜和铅的耐性较籼稻强, 而镉胁迫下粳稻和籼稻种子萌发未表现出明显的差异。

**关键词:**水稻; 铜; 铅; 镉; 种子萌发

**中图分类号:** S511.01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)04-0079-03

水稻是我国的主要粮食作物, 全国一半以上的人口以稻米为主食。近年来, 由于工农业的迅猛发展, 重金属污染问题日趋严重, 铜、铅、镉是土壤中最普遍和危害较强的重金属。其中铜既是植物生长发育所必需的微量营养元素, 也是重要的环境污染物之一<sup>[1]</sup>, 适合植物生长的土壤铜含量范围很窄, 土壤中稍微过量的铜就会对植物产生毒害作用<sup>[2]</sup>; 铅和镉在自然界中广泛存在, 虽然不是植物体必需元素, 但能通过植物体的吸收、浓缩, 最终通过食物链影响人类的健康<sup>[3]</sup>。有研究表明, 铅、镉含量超过一定值就会影响水稻种子萌发、幼苗生长, 最终影响稻米产量和品质<sup>[4-6]</sup>。本研究以 17 份水稻品种为研究对象, 用不同浓度的铜、铅和镉进行胁迫处理,

研究不同重金属对水稻种子萌发的影响, 旨在明确铜、铅和镉对水稻种子萌发的影响及各品种耐性差异, 筛选重金属耐性较强的水稻品种, 为进一步遗传研究及品种选育奠定基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

17 份水稻品种由南京农业大学水稻研究所及云南省农业科学院提供, 其中 9311、IR24、滇屯 502、凡 4、丰优 2 号、红优 7 号、南京 11、培矮 64、文稻 14、云恢 290 为籼稻; Asomino-ri、楚梗 28、粗根 26、金南风、南梗 35、日本晴、越光为粳稻。试验所用的  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Pb}(\text{COOH})_2$ 、 $\text{CdCl}_2 \cdot 2.5\text{H}_2\text{O}$  均为分析纯试剂。

### 1.2 试验方法

将收获的成熟种子置于 50 ℃ 烘箱中 48 h 破除种子休眠, 用 0.5%  $\text{NaClO}$  溶液消毒 20 min, 蒸馏水反复清洗后整齐地排列在铺有 2 层滤纸的 9 cm 培养皿中, 每皿 100 粒, 分别加入不同浓度的铜、铅、镉溶液 15 mL。  $\text{Cu}^{2+}$  溶液用  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  配制, 浓度分别为 50、100、200 mg/L (以  $\text{Cu}^{2+}$  计);  $\text{Pb}^{2+}$

1–12。

收稿日期: 2014–05–03

基金项目: 云南省应用基础研究计划 (编号: 2013FZ124); 云南省教育厅科学研究基金一般项目 (编号: 2013Y066)。

作者简介: 马孟莉 (1985—), 女, 云南曲靖人, 硕士, 助教, 从事作物栽培、精确农业研究。Tel: (0873) 3698575; E-mail: mamlsky@126.com。

通信作者: 卢丙越, 博士, 讲师。E-mail: lby202@126.com。

崩解值影响较大, 其他性状变异幅度较小; 正向突变表现在盐梗 188 诱变后代千粒质量显著提高, 各品种崩解值提高有利于改善稻米适口性; 垩白性状及透明度则负向发展。后期将继续选取不同类型多个水稻品种, 对航天诱变变化规律进行系统研究。变异的产生是育种工作的基础, 航天诱变处理可以产生丰富变异, 且有正向变异产生, 航天诱变作为常规育种辅助手段效果较好。

## 参考文献:

- [1] 庞伯良, 彭选明, 朱校奇, 等. 航天诱变与辐射诱变相结合选育水稻新品种[J]. 核农学报, 2004, 18(4): 284–285.
- [2] 赵一洲, 李正茂, 刘福才, 等. 粳稻盐梗 188 航天诱变 SP2 代的性状变异与选择[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(6): 58–61.
- [3] Maluszynski M K, Nichterlein L. Officially released mutant varieties [J]. The FAOPIAEA Database Mutation Breeding Review, 2000, 12:

- [4] 陈子元. 从辐射育种的发展来展望航天育种的前景[J]. 核农学报, 2002, 16(5): 261–263.
- [5] 刘永柱, 许立超, 郭涛, 等. 2 个三系杂交稻保持系航天诱变效应的研究[J]. 华南农业大学学报, 2013, 34(3): 292–299.
- [6] 王晓玲, 余传元, 雷建国, 等. 航天诱变改良水稻不育系研究新进展[C]//2011 年航天工程育种论坛论文集. 北京: 中国空间技术研究院, 2011: 82–86.
- [7] 李源祥, 李金国, 杨新喜, 等. 赣早粳 47 号亲本空间诱变的性状变异研究[J]. 航天医学与医学工程, 2002, 15(2): 127–131.
- [8] 布哈丽且木, 魏玉波, 王奉斌, 等. 粳稻材料空间诱变的研究[J]. 新疆农业科学, 2010, 47(2): 316–319.
- [9] 张巧凤, 吉健安, 张亚东, 等. 粳稻食味仪测定值与食味品尝综合值的相关性分析[J]. 江苏农业学报, 2007, 23(3): 161–165.
- [10] American Association of Cereal Chemistry (AACC). Methods 61–02 for RVA[R]. 9th ed. St. Paul, MN: AACC, 1995.

溶液用  $\text{Pb}(\text{COOH})_2$  配制,浓度分别为 100、300、600 mg/L(以  $\text{Pb}^{2+}$  计); $\text{Cd}^{2+}$  溶液用  $\text{CdCl}_2 \cdot 2.5\text{H}_2\text{O}$  配制,浓度分别为 10、20、100、200 mg/L(以  $\text{Cd}^{2+}$  计);双蒸水培养为对照(CK)处理。每个处理设 3 次重复,于 30 ℃ 和 100% 相对湿度条件下发芽,以胚根或胚芽超过半粒种子长作为发芽标准,统计第 7 天的发芽率。

1.3 数据处理

用 Excel 2007 进行数据处理及图表绘制,用 SPSS 13.0 软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 铜对不同水稻品种种子萌发的影响

从表 1 可以看出,随着铜胁迫浓度升高,各水稻品种发芽率均呈逐渐下降趋势,且不同品种对铜的敏感性差异明显。Asominori、IR24、粗根 26、金南风、南梗 35、日本晴、越光对铜

的耐受性较强,而 9311、滇屯 502、凡 4、丰优 2 号、南京 11、文稻 14、云恢 290 在 200 mg/L 处理浓度下发芽率为 0,表现对铜极强的敏感性。由此可见,粳稻较籼稻对铜胁迫具有更强的耐受性。

2.2 铅对不同水稻品种种子萌发的影响

由表 2 可知, $\text{Pb}^{2+}$  浓度为 100 mg/L 时,各品种仍具有较高的发芽率,其中部分品种发芽率与 CK 相比差异不显著;当胁迫浓度升高到 300 mg/L 时,各品种发芽率与对照相比差异均达到显著水平,其中凡 4、丰优 2 号和文稻 14 的发芽率下降到 10% 以内,而南京 11 和越光的发芽率依然维持在 90% 左右;当胁迫浓度升高到 600 mg/L 时,IR24、红优 7 号和云恢 290 的发芽率也降到 10% 以内,而日本晴和越光的发芽率依然在 80% 以上。由此可见,粳稻较籼稻对铅胁迫具有更强的耐受性,与铜胁迫处理表现相似。

表 1 不同浓度的铜胁迫对水稻种子萌发的影响

品种	水稻种子发芽率(%)			
	CK	50 mg/L	100 mg/L	200 mg/L
9311	98.67 ± 0.58a	91.67 ± 0.58b	29.33 ± 1.15c	0.00 ± 0.00d
Asominori	98.00 ± 0.00a	63.33 ± 0.58b	45.67 ± 1.53c	7.67 ± 0.58d
IR24	94.33 ± 6.35a	78.00 ± 2.00b	52.00 ± 1.00c	11.67 ± 1.15d
楚梗 28	100.00 ± 0.00a	81.00 ± 1.00b	35.33 ± 2.08c	0.33 ± 0.58d
粗根 26	99.67 ± 0.58a	93.33 ± 1.15b	46.33 ± 1.15c	35.33 ± 0.58d
滇屯 502	99.33 ± 0.58a	89.67 ± 0.58b	13.33 ± 0.58c	0.00 ± 0.00d
凡 4	100.00 ± 0.00a	10.33 ± 0.58b	0.33 ± 0.58c	0.00 ± 0.00c
丰优 2 号	99.00 ± 1.00a	28.67 ± 1.53b	0.00 ± 0.00c	0.00 ± 0.00c
红优 7 号	100.00 ± 0.00a	45.00 ± 1.00b	8.33 ± 1.53c	4.33 ± 0.58d
金南风	98.67 ± 0.58a	83.67 ± 1.15b	16.33 ± 1.53c	13.33 ± 0.58d
南京 11	97.67 ± 0.58a	76.00 ± 1.00b	41.00 ± 1.00c	0.00 ± 0.00d
南梗 35	98.67 ± 0.58a	75.67 ± 1.15b	47.67 ± 2.08c	22.00 ± 1.00d
培矮 64	97.33 ± 0.58a	60.33 ± 2.52b	3.33 ± 0.58c	1.33 ± 0.58c
日本晴	98.00 ± 1.00a	94.33 ± 0.58b	45.67 ± 0.58c	25.00 ± 1.00d
文稻 14	99.00 ± 1.00a	20.67 ± 0.58b	10.67 ± 0.58c	0.00 ± 0.00d
越光	100.00 ± 0.00a	85.33 ± 0.58b	51.00 ± 1.00c	16.00 ± 1.00d
云恢 290	99.67 ± 0.58a	58.00 ± 1.73b	1.67 ± 0.58c	0.00 ± 0.00c

注:同行不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。下表同。

表 2 不同浓度的铅胁迫对水稻种子萌发的影响

品种	水稻种子发芽率(%)			
	CK	100 mg/L	300 mg/L	600 mg/L
9311	98.67 ± 0.58a	98.67 ± 0.58a	81.67 ± 2.52b	21.67 ± 1.15c
Asominori	98.00 ± 0.00a	71.33 ± 1.53b	46.67 ± 1.53c	39.67 ± 1.53d
IR24	94.33 ± 6.35a	92.67 ± 2.08a	72.00 ± 1.00b	7.67 ± 1.53c
楚梗 28	100.00 ± 0.00a	95.33 ± 0.58b	87.00 ± 1.00c	73.67 ± 0.58d
粗根 26	99.67 ± 0.58a	96.67 ± 0.58b	88.67 ± 0.58c	72.67 ± 2.08d
滇屯 502	99.33 ± 0.58a	97.33 ± 0.58a	31.00 ± 2.00b	19.33 ± 0.58c
凡 4	100.00 ± 0.00a	96.67 ± 1.15b	6.67 ± 0.58c	0.00 ± 0.00d
丰优 2 号	99.00 ± 1.00a	83.67 ± 1.15b	0.00 ± 0.00c	0.00 ± 0.00c
红优 7 号	100.00 ± 0.00a	90.33 ± 1.53b	23.67 ± 3.06c	1.67 ± 1.15d
金南风	98.67 ± 0.58a	97.00 ± 1.00a	89.00 ± 1.73b	78.33 ± 1.53c
南京 11	97.67 ± 0.58a	90.67 ± 0.58b	91.33 ± 5.77b	69.67 ± 0.58c
南梗 35	98.67 ± 0.58a	88.33 ± 1.53b	83.00 ± 2.65c	47.67 ± 0.58d
培矮 64	97.33 ± 0.58a	91.67 ± 0.58b	45.00 ± 2.00c	35.67 ± 1.15d
日本晴	98.00 ± 1.00a	90.67 ± 0.58b	84.67 ± 1.53c	84.00 ± 1.00c
文稻 14	99.00 ± 1.00a	70.67 ± 1.53b	8.67 ± 1.15c	5.00 ± 1.00d
越光	100.00 ± 0.00a	94.33 ± 1.15b	90.00 ± 2.00c	85.67 ± 0.58d
云恢 290	99.67 ± 0.58a	87.00 ± 1.73b	32.67 ± 2.52c	7.00 ± 0.00d

2.3 镉对不同水稻品种种子萌发的影响

由表 3 可以看出,在镉浓度为 5 ~ 100 mg/L 时,随着处理浓度升高,各品种的发芽率既有升高也有降低,无明显的规律。在 200 mg/L 高浓度胁迫下,各品种的发芽率与对照组相比均有所下降,表现出一定抑制作用,其中抑制最严重的是粗

根 26,发芽率降低了 27.76%,抑制最轻的是日本晴,发芽率只降低了 0.34%,而多数品种的发芽率在高浓度处理下依然维持在 90% 左右,说明低浓度的镉溶液对水稻种子的发芽率影响不大,高浓度的镉溶液对水稻种子萌发有一定的抑制作用,但并未表现出明显的籼粳差异。

表 3 不同浓度镉胁迫对水稻种子萌发的影响

品种	水稻种子发芽率(%)				
	CK	10 mg/L	20 mg/L	100 mg/L	200 mg/L
9311	98.67 ± 0.58a	97.67 ± 0.58a	96.33 ± 1.15b	90.67 ± 0.58c	88.67 ± 0.58d
Asominori	98.00 ± 0.00a	95.67 ± 0.58bc	96.33 ± 0.58b	96.00 ± 0.00bc	95.00 ± 1.00c
IR24	94.33 ± 6.35a	90.67 ± 1.53a	88.33 ± 1.53a	82.33 ± 1.53b	80.33 ± 2.08b
楚粳 28	100.00 ± 0.00a	97.33 ± 0.58b	97.33 ± 1.15b	95.00 ± 1.00c	90.67 ± 1.15d
粗根 26	99.67 ± 0.58a	81.67 ± 0.58b	80.00 ± 1.00b	75.67 ± 1.15c	72.00 ± 2.65d
滇屯 502	99.33 ± 0.58a	98.33 ± 0.58a	95.33 ± 1.15b	95.00 ± 2.00b	90.67 ± 1.53c
凡 4	100.00 ± 0.00a	98.00 ± 1.00b	99.33 ± 0.58a	95.67 ± 0.58c	89.00 ± 1.00d
丰优 2 号	99.00 ± 1.00a	98.67 ± 0.58a	97.33 ± 0.58a	97.33 ± 0.58a	95.00 ± 1.73b
红优 7 号	100.00 ± 0.00a	95.67 ± 0.58b	98.67 ± 0.58a	95.33 ± 1.53b	94.67 ± 0.58b
金南风	98.67 ± 0.58a	95.33 ± 1.15b	97.33 ± 0.58a	95.67 ± 0.58b	93.00 ± 1.00c
南京 11	97.67 ± 0.58a	95.67 ± 1.15b	93.67 ± 0.58b	94.33 ± 1.15b	90.33 ± 1.53b
南粳 35	98.67 ± 0.58a	98.67 ± 0.58a	98.33 ± 1.15a	97.67 ± 0.58a	95.67 ± 0.58b
培矮 64	97.33 ± 0.58a	95.67 ± 1.53b	93.33 ± 0.58b	88.67 ± 1.15c	85.67 ± 1.15d
日本晴	98.00 ± 1.00b	99.67 ± 0.58a	98.67 ± 0.58ab	98.33 ± 0.58b	97.67 ± 0.58b
文稻 14	99.00 ± 1.00a	98.67 ± 0.58a	97.67 ± 0.58a	96.00 ± 1.00b	93.33 ± 0.58c
越光	100.00 ± 0.00a	98.33 ± 1.53ab	97.33 ± 0.58b	97.67 ± 1.15b	95.00 ± 1.00c
云恢 290	99.67 ± 0.58a	95.67 ± 1.53b	95.33 ± 0.58b	92.67 ± 1.53c	88.33 ± 0.58d

3 结论与讨论

种子萌发是植物生命进程的起点,也是植物最早接受重金属胁迫的阶段<sup>[6]</sup>。丁园等以先农 10 号、20 号、40 号为研究材料,用 10、20、30、40 mg/L CuSO<sub>4</sub> · 5H<sub>2</sub>O 进行处理,结果表明不同浓度的处理对水稻种子萌发无明显的抑制作用<sup>[7-8]</sup>,这与本研究中铜对水稻种子萌发具有明显的抑制作用不一致,可能是因为丁园等的研究材料较少、处理浓度偏低;而刘登义等研究表明高浓度的铜对大豆和小麦种子萌发具有抑制作用<sup>[9]</sup>。关于 Pb<sup>2+</sup> 对水稻种子萌发影响的相关报道很多,所得结论也不尽相同<sup>[3,4,6,10]</sup>,本研究中 100 mg/L 铅胁迫下对种子萌发已有一定的抑制作用,当浓度升高到 300 mg/L 时部分品种的发芽被严重抑制,而当浓度增大到 600 mg/L 时多数品种的发芽率降至 50% 以下,但也有像日本晴、越光等品种的发芽率依然保持在 80% 以上,表明铅对水稻种子萌发的抑制作用存在种间差异。已有研究表明,低浓度的镉能够促进水稻种子的萌发,高浓度的镉对水稻种子萌发有一定的抑制作用,而在种子萌发指标中受抑制最轻的是发芽率<sup>[11-13]</sup>,本研究中低浓度的镉对种子萌发未表现出明显的促进作用,这与前人研究结果不一致,可能与低浓度的设定值不同有关;高浓度处理下发芽率略有下降,与前人研究的结果一致。粳稻和籼稻重金属胁迫耐受性比较分析表明,粳稻较籼稻对铜、铅有更强的耐性,目前未见类似的报道,这可能与籼粳分化有一定的关系,须进一步研究加以证明;曾翔等对 319 份水稻品种镉胁迫进行分析,结果表明,粳稻较籼稻对镉更敏感,而本研究中粳稻和籼稻对镉胁迫未表现出明显的差异<sup>[14]</sup>。

参考文献:

[1]常红岩,孙百晔,刘春生. 植物铜素毒害研究进展[J]. 山东农业

大学学报:自然科学版,2000,31(2):227-230.  
[2]蒋桂芳. Cu<sup>2+</sup>对豌豆种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 北方园艺,2010(5):49-51.  
[3]秦普丰,铁柏清,周细红,等. 铅与镉对棉花和水稻萌发及生长的影响[J]. 湖南农业大学学报:自然科学版,2000,26(3):205-207.  
[4]陈振华,张 胜,胡 晋,等. 铅污染对 3 个水稻品种种子活力的影响[J]. 中国水稻科学,2005,19(3):269-272.  
[5]何俊瑜,任艳芳,朱 诚,等. 镉胁迫对不同水稻品种种子萌发、幼苗生长和淀粉酶活性的影响[J]. 中国水稻科学,2008,22(4):399-404.  
[6]王锦文,边才苗,陈 珍. 铅、镉胁迫对水稻种子萌发、幼苗生长及生理指标的影响[J]. 江苏农业科学,2009(4):77-79.  
[7]丁 园,田力伟,罗应锦,等. 铜胁迫对水稻种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 南昌航空大学学报:自然科学版,2008,22(2):86-89.  
[8]丁 园,宗良纲,魏立安,等. 镉·铜胁迫对不同品种水稻种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 安徽农业科学,2008,36(19):8052-8054.  
[9]刘登义,王友保. Cu、As 对作物种子萌发和幼苗生长影响的研究[J]. 应用生态学报,2002,13(2):179-182.  
[10]刘 枫. 铅胁迫对水稻种子萌发及生理特性的影响[J]. 现代农业科技,2011(17):58-59.  
[11]何俊瑜,任艳芳,周国强,等. 不同水稻品种种子萌发期耐镉性的研究[J]. 华北农学报,2010,25(3):108-112.  
[12]陈志德,仲维功,王 军,等. 镉胁迫对水稻种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 江苏农业学报,2009,25(1):19-23.  
[13]周 青,黄晓华,张 一. 镉对种子萌发的影响[J]. 农业环境保护,2000,19(3):156-158.  
[14]曾 翔,张玉烛,王凯荣,等. 镉对水稻种子萌发的影响[J]. 应用生态学报,2007,18(7):1665-1668.