

马孟莉, 卢丙越, 刘艳红, 等. 镉对云南省主栽水稻品种幼苗生长的影响[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(3): 50–52.

镉对云南省主栽水稻品种幼苗生长的影响

马孟莉, 卢丙越, 刘艳红, 王金才

(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:以云南省主栽的 12 个水稻品种为研究对象, 用不同浓度的 CdCl_2 进行处理, 测量培养 5、10、15 d 时的苗高和根系长度, 以及培养 15 d 的根、茎、叶鲜重和干重, 研究重金属镉对云南省主栽水稻品种幼苗生长的影响。结果表明: 镉对根系的抑制程度大于对苗的抑制程度; 镉胁迫对水稻幼苗生长的影响存在浓度效应和时间效应, 随着镉浓度的升高和培养时间的延续, 抑制效应逐渐增强; 幼苗根、茎干质量百分率随着镉浓度的升高而逐渐增大, 而叶干质量百分率则随镉浓度的增大而逐渐减小; 不同品种对重金属镉的耐受性表现出一定的差异。

关键词:云南省; 水稻; 镉胁迫; 幼苗生长

中图分类号:S511.01 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2014)03-0050-03

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。镉(Cd)是对人体危害性极大的一种重金属元素, 在自然界中的含量很低, 但生物迁移性强, 当环境受到镉污染后, 镉可在植物体内富集^[1], 例如近年来镉污染、镉大米事件时有发生, 严重威胁着人类健康^[2]。镉对植物的危害在形态上表现为植物生长缓慢、叶片失绿, 在生理上表现为植物的光合作用和蒸腾作用受抑制、引起氧化胁迫以及养分的吸收和同化受阻等^[3]。镉对水稻的毒害主要表现在阻碍根系生长、影响种子萌发及植株生长上, 最终导致生物量和产量的下降^[4], 因此开展水稻耐镉性的研究对提高稻谷产量及改善稻米品质具有重要意义。云南省是我国水稻的主产区之一, 同时也是有色金属大省, 重金属污染现象时有发生。水稻在幼苗初期生长旺盛, 运输转运能力较强, 对各种矿质元素吸收较多, 是水稻吸收重金属的主要时期, 尤其是对镉的吸收较多。本研究以 12 份云南省主栽水稻品种为研究对象, 用不同浓度的 CdCl_2 进行处理, 研究镉对水稻幼苗生长的影响, 旨在明确

目前云南省主栽水稻品种的苗期耐镉性, 为进一步选育耐镉优良水稻品种提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

12 份水稻品种由云南省农业科学院提供, 其中粗根 27、楚梗 28、滇梗优 1 号为粳稻, 红优 1 号、红优 8 号、凡 8、文稻 13、文稻 14、云恢 290、滇屯 502、丁屯 502、紫米 B168 为籼稻。

1.2 试验方法

1.2.1 水培试验 水培试验在红河学院智能化温室内进行。先将收获的种子放入 50 ℃烘箱中 48 h 以破除种子的休眠性。选取各品种健康饱满的种子, 用 5% NaClO 消毒 10 min 后分别置于铺有双层滤纸的培养皿内, 每皿 100 粒, 于 30 ℃恒温培养箱中催芽 48 h。将芽长、根长均匀一致的种子放入 96 孔 PCR 板(剪掉管底)中, 每板放置 8 个品种, 每个品种 12 粒, 于周转箱内进行水培处理。本研究共设置 5 个浓度梯度, 镉浓度由低到高依次设为 0、1、5、10、20 mg/L, 每个浓度设置 3 次重复。水培液的营养配方参照国际水稻研究所的标准, 另加 350 mg/L Na_2SiO_3 , 调节 pH 值为 5.0~5.1^[5]。试验过程中每隔 5 d 换 1 次培养液。

1.2.2 数据测量 用精度为 0.1 cm 的直尺分别测量培养 5、10、15 d 时各水稻品种在不同处理下的根系长度和苗高, 并将培养 15 d 的幼苗分割为根部、茎部、叶片 3 个部分, 用吸水纸吸干表面的液体后用电子天平分别称量其鲜质量, 再转移至

收稿日期: 2013-08-06

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, 主要从事精确定农业研究。Tel: (0873)3698575; E-mail: mamlsky@126.com。

通信作者: 卢丙越, 男, 吉林白城人, 博士, 讲师, 主要从事水稻遗传育种研究。Tel: (0873)3698575; E-mail: lby202@126.com。

[12] Yamaguchi J A. Quantitative observation on the root system of various crops growing in the field[J]. Soil Science and Plant Nutrition, 1990, 36(3): 483–493.

[13] 王政权, 郭大立. 根系生态学[J]. 植物生态学报, 2008, 32(6): 1213–1216.

[14] Kujira Y. The effect of cultivation conditions on the root system of Koshihidari[J]. Agriculture and Horti Culture, 1990, 65(10): 1193–1195.

[15] 王伯伦. 水稻优化栽培[M]. 北京: 农业出版社, 1993: 12–19.

[16] 于立河, 李佐同, 郑桂萍. 作物栽培学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2010: 151–152.

[17] 石庆华, 李木英, 徐益群, 等. 水稻根系特征与地上部关系的研究初报[J]. 江西农业大学学报, 1995, 17(2): 110–115.

[18] Naomichi T, Kinichi N, Kenji A. Relation between characteristics and rooting activity of rice seedlings (*Oryza sativa* L.) with special reference to amylase activity[J]. Japanese Journal of Crop Science, 1990, 59(2): 334–339.

[19] Hittalmani S, Shashidhar H E, Bagali P G, et al. Molecular mapping of quantitative trait loci for plant growth, yield and yield related traits across three diverse locations in a doubled haploid rice population [J]. Euphytica, 2002, 125(2): 207–214.

85 ℃ 烘箱中烘 72 h 至恒重后称量各部分的干质量。

1.3 数据处理和分析方法

用 SPSS 软件分别对不同浓度镉胁迫下各水稻幼苗的根系长度和苗高做方差分析,统计不同浓度及不同品种间的差异显著性。用干质量百分率的变化情况来评价镉对水稻幼苗生长的影响,计算方法如下:根部干质量百分率=根部平均干质量/根部平均鲜质量×100%;茎部干质量百分率=茎部平均干质量/茎部平均鲜质量×100%;叶片干质量百分率=叶片平均干质量/叶片平均鲜质量×100%。

2 结果与分析

2.1 镉对水稻幼苗根系长度的影响

表 1 不同浓度的镉胁迫对水稻幼苗根系长度的影响

镉浓度 (mg/L)	根长(cm)					
	红优 1 号	文稻 13	凡 8	粗根 27	红优 8 号	文稻 14
0	11.44 ±0.71a	10.44 ±0.81a	9.44 ±0.82a	9.03 ±0.76a	9.54 ±0.68a	12.03 ±0.95a
1	11.04 ±0.67a	10.09 ±0.58a	9.03 ±0.65a	8.28 ±0.84b	8.68 ±0.74b	10.47 ±0.77b
5	9.71 ±0.72b	9.52 ±0.72b	8.09 ±0.59b	7.74 ±0.66c	7.77 ±0.70c	9.58 ±0.67c
10	8.09 ±0.62c	8.51 ±0.55c	6.54 ±0.55c	6.73 ±0.68d	6.36 ±0.38d	7.81 ±0.45d
20	7.05 ±0.77d	6.18 ±0.43d	6.21 ±0.45c	5.31 ±0.52e	4.89 ±0.54e	6.12 ±0.86e

镉浓度 (mg/L)	根长(cm)					
	云恢 290	楚粳 28	滇屯 502	丁屯 502	滇粳优 1 号	紫米 B105
0	8.49 ±0.90a	10.79 ±0.90a	12.41 ±0.70a	10.86 ±0.91a	9.34 ±0.65a	8.45 ±0.57a
1	7.53 ±0.76b	10.57 ±1.03a	11.89 ±0.80b	10.61 ±0.96a	9.07 ±0.67a	7.77 ±0.57b
5	6.59 ±0.54c	8.96 ±0.63b	9.91 ±0.68c	9.27 ±0.59b	7.93 ±0.56b	6.14 ±0.56c
10	5.75 ±0.54d	7.63 ±0.41c	9.48 ±0.79c	7.29 ±0.59c	6.44 ±0.41c	5.75 ±0.44c
20	5.39 ±0.60d	6.93 ±0.64d	8.43 ±0.56d	6.68 ±0.60d	5.06 ±0.39d	5.09 ±0.52d

注:同列数据后不同小写字母者表示差异显著($P<0.05$)。表 2 同。

2.2 镉胁迫对水稻幼苗株高的影响

从表 2 可以看出,红优 8 号和滇屯 502 的幼苗高度在各处理间均达到显著性差异;滇粳优 1 号幼苗在各镉浓度处理下的株高均较对照显著降低,在 1.5 mg/L 镉胁迫处理下的差异则不显著;其他品种中除楚粳 28 幼苗在 1 mg/L 镉胁迫处

理下与对照的差异不显著,文稻 13、凡 8、文稻 14、紫米 B105 在 10、20 mg/L 镉胁迫处理间差异不显著但较对照显著降低外,均表现为在 1 mg/L 镉胁迫下与对照间的差异不显著,其他浓度间达到显著差异水平且与对照相比显著降低,其中文稻 13 幼苗在 1.5 mg/L 和 10、20 mg/L 镉胁迫间均不显著。

表 2 不同浓度的镉胁迫下各水稻幼苗株高的差异性比较

镉浓度 (mg/L)	株高(cm)					
	红优 1 号	文稻 13	凡 8	粗根 27	红优 8 号	文稻 14
0	14.67 ±1.10a	12.01 ±0.91a	15.59 ±1.40a	11.72 ±0.90a	10.78 ±1.08a	9.18 ±1.15a
1	14.23 ±0.62a	11.68 ±1.05ab	15.28 ±1.36a	11.22 ±0.78a	10.15 ±0.77b	8.64 ±1.23a
5	12.91 ±1.06b	11.11 ±1.20b	13.91 ±1.08b	10.04 ±0.72b	9.21 ±0.68c	7.16 ±0.86b
10	12.03 ±0.68c	10.36 ±1.00c	13.02 ±0.78c	9.24 ±0.76c	8.36 ±0.70d	6.61 ±0.79bc
20	10.37 ±0.90d	10.04 ±0.73c	12.26 ±0.69c	8.30 ±0.49d	7.69 ±0.55e	6.08 ±0.70c

镉浓度 (mg/L)	株高(cm)					
	云恢 290	楚粳 28	滇屯 502	丁屯 502	滇粳优 1 号	紫米 B105
0	8.98 ±1.23a	9.75 ±0.78a	15.18 ±0.68a	13.91 ±1.19a	11.59 ±0.72a	10.55 ±0.99a
1	8.81 ±1.25a	9.30 ±0.86a	14.46 ±0.71b	13.30 ±0.98a	10.73 ±0.94b	10.08 ±0.98a
5	7.68 ±1.04b	9.18 ±0.83a	13.77 ±0.87c	12.13 ±0.94b	10.33 ±1.16b	9.23 ±0.92b
10	6.89 ±1.02c	8.33 ±0.75b	13.02 ±0.95d	10.96 ±1.05c	9.31 ±0.76c	7.98 ±0.70c
20	6.01 ±0.86d	6.84 ±0.68c	12.36 ±0.75e	10.13 ±0.95d	8.58 ±0.60d	7.34 ±0.75c

2.3 镉对水稻幼苗根、茎、叶干质量百分率的影响

由图 1 可以看出,各品种水稻幼苗的根部干质量百分率随镉浓度的升高逐渐增加,与对照相比,20 mg/L 镉处理时的干质量百分率增加值在 4.75~6.05 百分点之间,其中文稻 13 增加得最少,楚粳 28 增加得最多,两者相差 1.81 百分点;

大部分品种的茎部干质量百分率随镉浓度的升高呈上升趋势,其中红优 8 号、文稻 14、云恢 290、丁屯 502 在镉浓度为 1 mg/L 时出现降低现象,当镉浓度为 5 mg/L 时开始回升,并且随着镉浓度的升高逐渐增大,当镉浓度达 20 mg/L 时,增幅为 4.81~6.29 百分点;与根部和茎部的干质量百分率变化情

况截然不同,各品种水稻幼苗的叶片干质量百分率随镉浓度的升高呈下降趋势,当镉处理浓度为 20 mg/L 时,叶片干质量百分率减少了 8.76 ~ 12.14 百分点,减少的量明显大于根部或茎部干质量百分率的增加量,其中楚梗 28 幼苗叶片干质量百分率受镉影响最大,丁屯 502 受到的影响最小。总体看来,镉对不同品种水稻幼苗根、茎、叶的干质量百分率影响趋势一致,但不同品种间存在一定的差异。

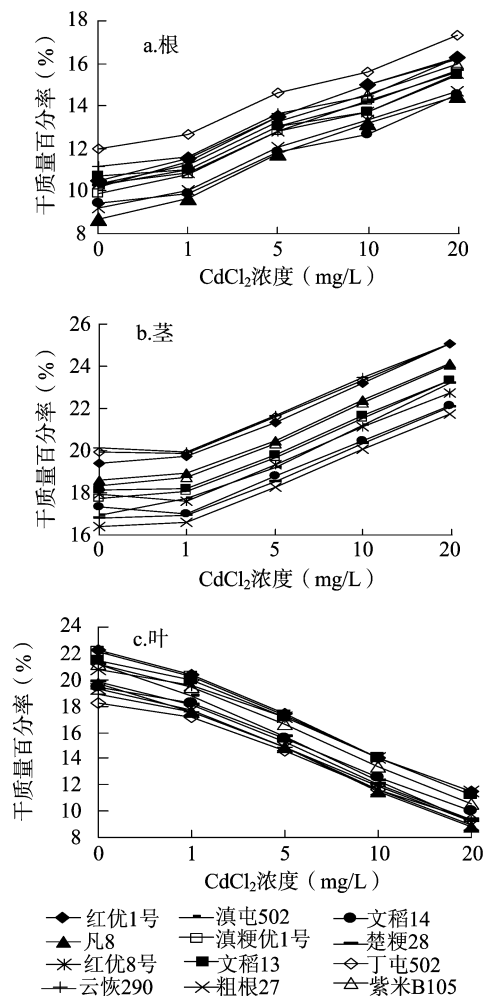


图1 不同浓度镉对幼苗不同部位干质量百分率的影响

3 讨论与结论

本研究表明,镉胁迫对水稻幼苗生长具有明显的抑制作用,存在浓度效应和时间效应,并且对根的抑制作用大于对茎和叶的抑制作用,这与前人的研究基本一致^[6-9]。随着镉浓度的增加,各品种水稻幼苗受到的毒害逐渐增大,可能是由于镉使水稻细胞中的 RNA、DNA 活性降低,核酸含量下降,有丝分裂过程受阻的原因^[10]。同时镉能有效抑制种子中淀粉酶的活性,使得水稻生长过程中的物质和能量供应不足,从而抑制其幼苗生长^[11]。另一方面,镉能与水稻内的结构蛋白以及酶的活性中心结合,从而影响水稻正常生长所必需的矿物质的运输及对其他营养物质、水分的吸收,这是镉阻碍水稻幼苗

生长的重要原因^[12]。当培养至 15d 时,水稻幼苗受到的抑制作用最严重,说明水稻幼苗在起始阶段对镉的吸收能力相对较弱,其本身具有一定的抗镉能力;随着新陈代谢的加强,镉开始在水稻体内大量积累,抑制作用随之显现。根、茎干质量百分率随镉浓度升高而逐渐增大,说明根系及茎秆中已经富集一定量的重金属镉,且根部富集得更多,这也可能是根部受抑制最明显的原因;叶干质量百分率则随处理浓度的增加而逐渐减小,一方面说明叶片中富集的镉较少,另一方面可能由于根、茎生长受镉影响而阻碍了营养物质向叶片运输,造成叶片生理活性下降,叶绿素合成受抑制,干物质积累量减少的缘故^[13]。

镉对 12 份水稻品种幼苗的生长存在明显差异,主要体现在不同品种在根系长度、株高、根茎叶干质量百分率及同一品种在不同浓度上的差异。其中凡 8 的根长和苗高在高镉浓度下受抑制程度最小,表现出较强的耐镉性,而红优 8 号被抑制得较严重,因此筛选耐镉资源及选育耐镉品种将成为今后研究的重点。本研究中粳稻和籼稻对镉的耐性没有表现出明显的差异,与前人研究的结果不一致^[6],可能是由于选用的品种较少的原因。本研究初步明确了云南省目前主栽水稻品种幼苗对镉的耐受性,为进一步的遗传改良和新品种选育提供了一定的理论依据。

参考文献:

- [1] 刘莉,钱琼秋. 影响作物对镉吸收的因素分析及土壤镉污染的防治对策[J]. 浙江农业学报, 2005, 17(2): 111-116.
- [2] 陈虎,郭笃发,郭峰,等. 作物吸收富集镉研究进展[J]. 中国农学通报, 2013, 29(3): 6-11.
- [3] Sanità di Toppi L, Gabbriellini R. Response to cadmium in higher plants[J]. Environmental and Experimental Botany, 1999, 41(2): 105-130.
- [4] 邓湘雄,王慧中,徐祥彬,等. 水稻耐镉性研究进展[J]. 杭州师范大学学报:自然科学版, 2009, 8(6): 457-462.
- [5] 刁维萍. 水稻不同基因型吸收积累镉的差异及其机理研究[D]. 杭州:浙江大学, 2004: 1-59.
- [6] 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.
- [7] 何俊瑜,任艳芳,严玉萍,等. 镉胁迫对水稻幼苗生长和根尖细胞分裂的影响[J]. 土壤学报, 2010, 47(1): 138-144.
- [8] 王凯荣,龚惠群. 不同生育期镉胁迫对两种水稻的生长、镉吸收及糙米镉含量的影响[J]. 生态环境, 2006, 15(6): 1197-1203.
- [9] 陈中敏. 镉胁迫条件下水稻对镉的吸收分配规律及其生理生化特性研究[D]. 杭州:浙江大学, 2007: 1-61.
- [10] 何俊瑜,任艳芳,任明见,等. 不同品种水稻种子萌发和幼苗生长的耐镉性评价[J]. 中国农学通报, 2010, 26(9): 184-189.
- [11] 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.
- [12] 肖清铁. 水稻耐镉胁迫的生理响应[D]. 福州:福建农林大学, 2011.
- [13] 刘莉. 镉对不同作物幼苗生长和生理特性的影响[D]. 杭州:浙江大学, 2005.