

重金属铊对水稻种子及植株生长的作用

姚焱¹, 张平², 陈翔云¹, 陈劲¹, 吴婷¹, 陈永亨²

(1. 广州大学 生命科学院, 广东 广州 510006; 2. 广州大学 环境科学与工程学院, 广东 广州 510006)

摘要: 研究重金属铊对水稻种子萌发、根系生长、植株叶绿素及可溶性糖含量的影响。结果表明: 铊在 0.1~10.0 mg/L 浓度范围内, 水稻种子均可萌发, 但幼苗的胚根和胚轴生长受到显著抑制, 5.0 mg/L 为苗期抑制的有效临界浓度。植株叶绿素在营养生长和生殖生长期均受到铊的抑制, 铊对叶绿素 b 含量的抑制能力大于叶绿素 a。可溶性糖含量在叶和根中表现不同程度的下降。

关键词: 铊; 水稻; 种子萌发; 生长; 生理

中图分类号: S511.2; X53 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2008)01-0138-03

Effects of Thallium on Seed Germination and Plant Growth of *Oryza sativa* L.

YAO Yan¹, ZHANG Ping², CHEN Xiang-yun¹, CHEN Jin¹, WU Ting¹, CHEN Yong-heng²

(1. College of Life Science, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China;

2. College of Environmental Science and Engineering, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China)

Abstract: The effects of Thallium on the seed germination, root growth, content changes of chlorophyll and soluble sugar of rice (*Oryza sativa* L.) were studied. The results showed that the concentration of Thallium at 0.10~10.0 mg/L had no remarkable influence on seed germination of rice, but the length of radicle and embryonal axis were significantly depressed at 5.0 mg/L which was the effect threshold concentration of thallium. The content of chlorophyll in leaves was restrained during the different growth period, meanwhile the decrease of chlorophyll b was more than that of chlorophyll a. At the same time, the content of soluble sugar in roots and leaves declined at different degree.

Key words: Thallium; Rice (*Oryza sativa* L.); Seed germination; Growth; Physiology

铊(Tl)是剧毒的重金属元素。含铊矿产在开发过程中由于铊的释放而污染土壤和水体,进而被植物吸收。植物吸收铊能力大小依次为乔木>灌木>野生草本植物,芸苔属植物甘蓝和油菜、蕨类植物、屈曲花属植物、小麦对铊富集程度较高^[1,2]。铊进入植物后主要分布在根和叶,其次为茎、果实和块茎中^[3]。Kirk G等^[4]报道铊超富集植物屈曲花属珍珠球(*Iberis intermedia*)子叶和真叶的叶脉富集了丰富的铊。铊会影响植物生长和发育。Kaplan等^[5]研究认为铊主要影响大豆根系发育,改变了根对营养成分的吸收而导致减产。

国内有关铊与植物关系的研究较少,仅有铊对白菜等叶菜类蔬菜生长影响的报道^[6]。我国是水稻种植大国,但铊对这一重要粮食作物影响的研究还未开展。因此,本研究在水稻种子萌发至生长成熟阶段,研究铊对水稻生长及生理影响,为深入铊对植

物作用机理提供理论基础,同时对预防和保障“米袋子”安全方面具有积极意义。

1 材料和方法

1.1 供试材料

水稻品种为广陆矮4号(Guangluai 4),华南农业大学植物分子育种中心供种。

1.2 方法与试验

1.2.1 水培试验 去离子水配制TlNO₃溶液,使Tl⁺浓度分别为0.10, 0.50, 1.00, 2.00, 5.00, 10.00 mg/L 6个处理浓度, pH 7.0。水稻种子30粒, 10%的双氧水浸泡10 min。蒸馏水洗净后放置在垫有滤纸的培养皿中,每浓度重复3次。每皿分别加入5 mL TlNO₃溶液,以去离子水作空白对照。处理种子置于恒温光照培养箱(温度为(25±1)℃,每天光照15 h)中培养。定期测定发芽率,胚根与胚轴长度。

收稿日期: 2007-11-25

基金项目: 国家自然科学基金委-广东省人民政府联合基金(U0633001); 国家自然科学基金(20477007); 广州市属高校科技项目(62066); 广州市科技计划项目(2004J1-C0331)

作者简介: 姚焱(1972-),女,河南开封人,副教授,博士,主要从事遗传育种及环境毒理研究。

1.2.2 土壤试验 土壤采自广州市番禺区小谷围 0~20 cm 的菜园壤土, 土壤含全量镉 0.3 mg/kg, 有机质含量 30.6 g/kg, pH 5.91。将土壤风干、磨细、过筛、混匀、称重。用去离子水配置的 $TiNO_3$ 浇灌土样, 使土壤中外源镉浓度分别为 0, 5.0, 10.0 mg/kg, 土壤平衡 14 d。水稻种子均匀放入湿润的珍珠岩中发芽。挑选大小一致的三叶期幼苗转移至土壤中, 每个浓度种植水稻 30 株。各处理定期定量浇水、施肥。在水稻植株的分蘖期(营养生长期阶段)及结实期(生殖生长期阶段)对各处理采样, 测定叶片叶绿素含量、地上茎叶与地下根的可溶性糖含量。

1.3 测定方法

1.3.1 发芽率测定 发芽率(%) = (5 d 内正常发芽的种子数/供试种子数) × 100%

1.3.2 胚根与胚轴长度测定 从每个处理中随机取样 30 株, 测定其胚根和胚轴长度(cm)。

胚根长抑制率 = (CK 平均胚根长 - 各浓度平均胚根长) / CK 平均胚根长 × 100%

胚轴长抑制率 = (CK 平均胚轴长 - 各浓度平均胚轴长) / CK 平均胚轴长 × 100%

1.3.3 叶绿素和可溶性糖含量测定^[7] 无水丙酮提取叶绿素后, 利用 721 型分光光度计在 663 nm 和 645 nm 波长下测定和计算叶绿素 a 和叶绿素 b 的含量。可溶性糖含量采用蒽酮法测定。

1.4 数据分析

试验结果用“平均值 ± 标准误”表示, 各处理间差异性用新复极差检验法(SSR 检验法)检验。

表 1 镉浓度对水稻胚根和胚轴长度的影响

Tab.1 Effects of Ti on the length of radicle and embryonal axis

Ti 浓度(mg/L) Ti concentration	胚根长/cm Radicle length	胚轴长/cm Embryonal axis length
0(CK)	3.67 ± 0.26 aA	3.69 ± 0.21 aA
0.1	2.85 ± 0.17 aA	2.56 ± 0.12 aA
1.0	2.21 ± 0.24 bA	2.21 ± 0.18 bA
2.0	1.72 ± 0.32 cB	2.28 ± 0.11 bA
5.0	1.96 ± 0.18 bcB	1.79 ± 0.24 cB
10.0	0 dD	0.56 ± 0.27 dB

注: 小写字母表示 SSR 检验 0.05 水平, 大写字母表示 SSR 检验 0.01 水平。

Note: Different small and captical letters indicate significant different for SSR at 0.05 and 0.01 levels.

2 结果与分析

2.1 镉对水稻种子萌发及胚根和胚轴生长影响

镉浓度在 0.1~10.0 mg/L 范围内, 水稻种子发芽率均可达 90% 以上, 与正常对照相比差异不显著。但 10.0 mg/L 处理下幼芽色泽异常、黄化。水

稻种子萌发过程中, 重金属镉未影响种子发芽。

随镉浓度升高, 胚根和胚轴长度逐渐缩短(表 1)。在镉 1.0 mg/L 浓度以上时, 胚根、胚轴长度受到明显抑制, 并且镉对胚根的抑制大于对胚轴的抑制。各浓度对胚根和胚轴抑制率见表 2。

图 1, 2 显示镉浓度与胚根、胚轴长度抑制率存在一定的线性相关, 其中 5.0 mg/L 镉浓度对胚轴、胚根长度抑制均至 50% 左右, 可作为镉对水稻苗期抑制的临界浓度。

表 2 镉浓度对水稻胚根和胚轴长的抑制率

Tab.2 Rejection rates of Ti on the length of radicle and embryonal axis

Ti 浓度/(mg/L) Ti concentration	胚根长抑制率/% Rejection rate of radicle length	胚轴长抑制率/% Rejection rate of embryonal axis length
CK	0	0
0.1	22.1	32.2
1.0	39.8	40.1
2.0	53.1	38.2
5.0	46.6	51.5
10.0	100	84.8

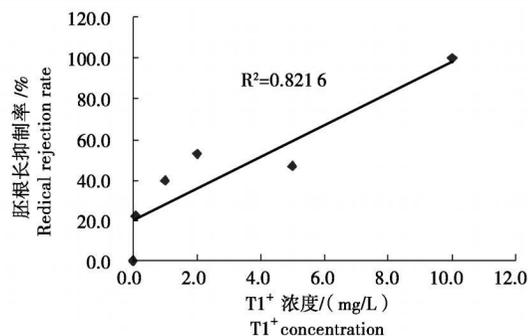


图 1 镉浓度与幼苗胚根长度抑制率的相关性

Fig.1 Correlation between Ti concentrations and rejection rate of radical length

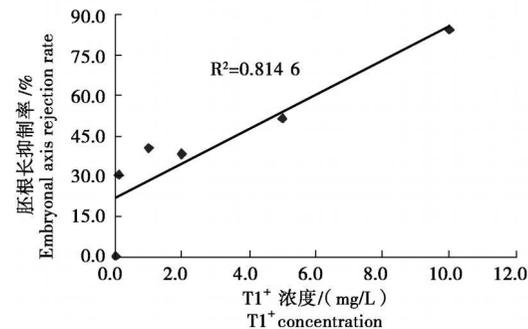


图 2 镉浓度与幼苗胚轴长度抑制率的相关性

Fig.2 Correlation between Ti concentrations and rejection rate of embryonal axis length

2.2 镉对水稻不同生长期叶绿素及可溶性糖含量影响

水稻在含镉土壤生长, 5.0 mg/kg 镉处理与空白土壤相比, 水稻生长无明显差异; 但当镉浓度为 10.0 mg/kg 时, 水稻植株生长迟缓, 长势相对弱小, 营养生长期延长, 开花推延。分别在营养生长期(分蘖期)及

生殖生长期(结实期)对各铊浓度处理植株进行叶绿素含量和可溶性糖含量测定,结果见表3,4。

表3 铊浓度对水稻营养生长期与生殖生长期叶片叶绿素含量的影响

Tab.3 Effects of Tl on the chlorophyll concentrations of rice (*Oryza sativa* L.) during the different growth period

Tl 浓度 /(mg/kg) Tl concentration	营养生长期 Alimentation period				生殖生长期 Generative stage period			
	叶绿素 a /(mg/g) Chlorophyll a	叶绿素 b /(mg/g) Chlorophyll b	总含量 /(mg/g) Total content	a/b 比率 a/b ratio	叶绿素 a /(mg/g) Chlorophyll a	叶绿素 b /(mg/g) Chlorophyll b	总含量 /(mg/g) Total content	a/b 比率 a/b ratio
0(CK)	4.182±0.297	1.691±0.322	5.873±0.585	2.47	3.136±1.587	2.087±0.971	5.223±1.234	1.50
5.0	4.047±0.706	1.105±0.421	5.152±0.675	3.66	3.412±0.563	1.312±0.234	4.724±0.796	2.60
10.0	-	-	-	-	1.565±0.312	0.672±0.179	2.238±0.487	2.33

水稻叶片的叶绿素含量受到生长期及铊浓度的影响:营养生长期叶绿素含量均高于生殖生长期;土壤施铊后植株叶绿素含量均受到抑制,但对叶绿素 a, b 抑制效果不同。土壤铊浓度为 5.0 mg/kg 时,叶绿素 a/b 值升高,说明铊对叶绿素 b 的抑制力大于叶绿素 a。

表4 铊浓度对水稻营养生长期与生殖生长期叶片和根可溶性糖含量影响

Tab.4 Effects of Tl on the soluble sugar concentration of rice (*Oryza sativa* L.) during the different growth period %

Tl 浓度 /(mg/kg) Tl concentration	营养生长期 可溶性糖含量		生殖生长期 可溶性糖含量	
	叶片 Leaf	根 Root	叶片 Leaf	根 Root
0(CK)	1.83	0.40	5.40	3.30
5.0	1.31	0.40	4.38	0.59
10.0	0.94	0.42	1.75	0.89

表4表明,铊对水稻体内可溶性糖含量也受到生长期、生长部位及铊浓度高低的影响:水稻可溶性糖含量在营养生长期低于生殖生长期;叶和根中可溶性糖含量随铊浓度升高而下降,呈现出生长期与铊浓度的叠加效应:土壤铊含量 5 mg/kg 和 10 mg/kg 时,营养生长期叶可溶性糖含量均下降了 28%,根可溶性糖含量基本无明显变化;在生殖生长期,叶可溶性糖含量分别下降了 19% 和 60%,根可溶性糖含量下降了 82% 和略有上升。

3 讨论

重金属对植物种子萌发及幼苗生长过程,对根生长的影响大于芽^[8]。铊对水稻发芽率无显著影响,但对出芽后胚轴和胚根的生长有显著抑制。这与铊处理叶菜类蔬菜种子萌发时的表现相似^[6]。不同的是,铊对水稻胚根与胚轴的抑制浓度为 2.0~5.0 mg/L,而叶菜类蔬菜如白菜胚根受抑制时铊浓度较低,一般在 0.5 mg/L 左右,胚轴在 2.0 mg/L 以上^[6]。这些现象说明了水稻对铊的耐受性高于某些叶菜类蔬菜;但不管植物种类如何,均表现出苗期胚根比胚轴更易受到重金属铊的抑制。这可能由于重

金属被根系吸收后,首先对根部细胞和组织产生毒害作用,因此根是最早表现出中毒症状的部位。Kaplan^[5]观察到大豆在受到铊土壤毒害时根系变为棕黑色,根毛明显减少。

相关研究表明,镉、铜、锌、汞胁迫下植物叶绿素合成均会受到一定抑制。本研究也呈现随铊浓度升高水稻叶绿素总含量下降的趋势。这与叶菜类蔬菜的表现基本一致^[6]。但铊对不同植物中叶绿素 a, b 的作用效果存在差异:水稻随铊浓度升高,叶中叶绿素 a/b 值升高,说明铊对叶绿素 b 的抑制作用大于叶绿素 a;而白菜等叶菜表现为低铊浓度(0~0.1 mg/L) a/b 值升高,即对叶绿素 b 的抑制作用较强;较高铊浓度(0.5~2.0 mg/L) a/b 值下降,即对叶绿素 a 的抑制作用加强。由于叶绿素 a, b 分别吸收红光和兰紫光,其总含量与比例的变化反映了植物光合能力的改变。

水稻叶片和根中的可溶性糖的含量随着铊浓度的升高而下降,在白菜、生菜和芥菜生长过程中也有类似表现。在这些植物中可溶性糖的下降可能与铊胁迫导致植物机体的损伤和代谢异常,导致积累减少有关。

参考文献:

- [1] 张忠,张宝贵.中国铊矿床开发过程中铊环境污染研究[J].中国科学(D辑),1997,27(4):331-336.
- [2] Husam Al-Najar, Rudolf Schulz, Volker Rühheld. Plant availability of thallium in the rhizosphere of hyperaccumulator plants: a key factor for assessment of phytoextraction[J]. Plant Soil, 2003, 249: 97-105.
- [3] 张忠,陈国丽.溢水厂铊矿床及其环境地球化学研究[J].中国科学(D辑),1999,29(5):433-440.
- [4] Kirk G Scheckel, Rebecca Hamon. Synchrotron X-ray absorption-edge computed microtomography imaging of thallium compartmentalization in *Iberis intermedia* [J]. Plant Soil, 2007, 290: 51-60.
- [5] Kaplan D, Adriano D C, Sajwan K S. Thallium toxicity in bean [J]. Journal of Environmental Quality, 1990, 19: 359-365.
- [6] 姚焱,汪珍春,刘卫海,等.重金属铊对白菜生长及生理影响[J].种子,2007,23(2):25-28.
- [7] 邹琦.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [8] 张春荣,李红,夏立江,等.镉、锌对紫花苜蓿种子萌发及幼苗的影响[J].华北农学报,2005,20(1):96-99.