

植物阻滞剂对水稻中镉的吸收和运转的影响

吕书记, 蒋奇晋, 齐绍武* (湖南农业大学, 湖南长沙 410128)

摘要 采用盆栽试验, 研究了不同浓度植物阻滞剂处理下水稻全生育期内镉在不同部位的分配累积规律。结果表明: 随喷施浓度的增加, 各处理镉含量降低, 各部位镉含量为根 > 茎 > 叶 > 子粒; 根部镉含量随时间的变化规律为分蘖期 > 拔节期 > 成熟期 > 孕穗期 > 秧苗, 而茎中镉含量变化规律为分蘖期 > 孕穗期 > 成熟期 > 拔节期 > 秧苗, 叶中的镉含量为成熟期 > 分蘖期 > 孕穗期 > 拔节期 > 秧苗; 植物阻滞剂对镉的吸收和运转有明显的阻滞作用, 且作用部位主要在叶部。

关键词 水稻; 镉; 植物阻滞剂

中图分类号 S482.8*92 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)29-143-02

Effect of the Plant Retarder on Cd Uptaken and Running by Rice

LV Shu-ji, JIANG Qi-jin, QI Shao-wu* (Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128)

Abstract Using pot experiment, the distribution and accumulation of cadmium in different parts of rice under different concentrations of plant inhibitor were studied. The results showed that with the increase of spraying concentration, the cadmium content in each treatment was decreased, and the cadmium content in every part of the root > stem > leaf > kernel; changes of root Cd content with time is tillering stage > jointing stage > mature stage > booting stage > seedling, changes of stem Cd content is tillering stage > booting stage > mature stage > jointing stage > seedling, changes of leave Cd content is mature stage > tillering stage > booting stage > jointing stage > seedling; plant retarder has obvious effects on the Cd uptaken and running, and are mainly in the leaves.

Key words Rice; Cadmium; Plant retarder

近几十年来, 土壤重金属污染作为一种新的污染现象受到了大量关注, 而镉更是其中的重点。镉(Cd)是一种生物毒性较大的元素, 在食物链中迁移性强^[1]。土壤中的镉主要来自于土壤本体和人为带入, 包括农药化肥、灌溉、大气沉降、生产生活废弃物等^[2-4]。因其隐蔽性大、毒害性强, 故被世界卫生组织和欧盟美国等列为高危害有毒物质和致癌物, 20世纪60年代日本因镉中毒曾出现“痛痛病”, 是首次大规模发现镉污染中毒事件, 之后类似的情况开始不断出现, 而湖南省作为水稻主产区和有色金属之乡, 镉大米事件近年来更是屡见不鲜。

镁、锌是植物必需矿质元素, 对植物的生长和发育有重大作用^[5]。镁对于植物细胞内叶绿体的构成有重要作用, 有学者研究发现镉与锌在植物体内的吸收、分配呈显著负相关性^[6]。而硒通过参与水稻体内的蛋白质代谢、能量代谢、抗氧化作用以及与其他元素的相互作用来影响其生长发育^[7]。笔者用含镁、锌和硒的溶液为材料, 研究了其对水稻中镉积累和分布的影响, 旨在为水稻安全化生产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试作物。供试的水稻品种为“五丰优 T025”, 播种时间为2014年7月3日, 移栽时间为7月30日, 收割时间为10月25日。

1.1.2 供试土壤。土壤 pH 为 5.1, 土壤全氮 2.36 g/kg, 全磷 1.15 g/kg, 全钾 41.00 g/kg, 有机质 38.00 g/kg, 碱解氮 148.000 mg/kg, 有效磷 16.200 mg/kg, 速效钾 67.000 mg/kg。全镉含量为 0.337 mg/kg, 用硝酸镉将土壤中镉含量调整到

1.000 mg/kg。

1.1.3 供试植物阻滞剂。植物阻滞剂成分为 EDTA(含量为 25%)、KNO₃(含量为 20%)、NaNO₃(含量为 7%)、Zn(NO₃)₂(含量为 12%)、Mg(NO₃)₂(含量为 23%)、Na₂SeO₃(含量为 3%)、CMC(含量为 10%)。

1.2 试验设计 试验在湖南农业大学中南烟草试验站进行, 设如下 5 个处理: T₁——浓度为 1:200 的植物阻滞剂; T₂——浓度为 1:400 的植物阻滞剂; T₃——浓度为 1:600 的植物阻滞剂; T₄——浓度为 1:800 的植物阻滞剂; CK——空白对照。每个处理 5 次重复。每盆装土 10 kg, 每个处理 10 盆。植物阻滞剂自移栽 7 d 后, 每 14 d 喷施一次, 按照 300 ml/hm² 稀释后喷施。其他栽培措施按正常习惯管理。

1.3 样品采集与检测

1.3.1 样品采集。在喷施植物阻滞剂 5 d 后, 于水稻移栽期、分蘖期、拔节期、抽穗期和成熟期进行取样, 将所取水稻样品先用自来水冲洗干净, 再用去离子水冲洗, 105℃杀青 30 min, 70℃烘干至恒重。

1.3.2 土壤镉全量测定。称样 0.25 g 左右于消煮管中, 采用 HNO₃-H₂O₂-HF 微波消解, 定容至 100 ml 后过滤, 用 ICP-MS 测定溶液镉浓度。

1.3.3 水稻植株镉含量测定。称样 0.30 g 左右于消煮管中, 采用 HNO₃-H₂O₂ 微波消解, 定容后过滤, 用 ICP-MS 测定镉含量。

1.3.4 土壤基本理化性质测定。按《土壤农业化学分析方法》进行。

1.4 数据处理 采用 DPS 软件及 Microsoft Excel 2003 软件进行数据的统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同部位中镉含量的变化 由表 1 可知, 所有处理的镉含量均为根 > 茎 > 叶 > 子粒, 施用阻滞剂后, 各处理随着

作者简介 吕书记(1988-), 男, 河南禹州人, 硕士研究生, 研究方向: 烟草栽培与作物安全生产。* 通讯作者, 教授, 博士, 从事作物栽培学与耕作学研究。

收稿日期 2015-08-26

阻滯剂浓度的升高,镉含量均呈下降趋势,说明阻滯剂对镉含量有显著的阻滯作用。在根部,随着浓度的增加,根部镉含量逐渐下降,T₄ 与 CK 无显著性差异,T₁、T₂、T₃ 与 CK 差异显著。茎部镉含量表现为处理与对照差异显著,且 T₁ 与 T₂、T₃、T₄ 也呈显著性差异。叶处理与对照呈显著性差异。稻谷中,各处理与对照呈显著性差异,且 T₁、T₂ 与 T₃、T₄ 也呈显著性差异,说明阻滯效果与阻滯剂浓度有明显的关联性,随浓度的增加,阻滯效果增强。

表 1 不同浓度植物阻滯剂处理下水稻各部位镉含量 mg/kg

处理	根	茎	叶	子粒
T ₁	1.21 b	0.72 c	0.21 b	0.09 c
T ₂	1.26 b	0.81 b	0.24 b	0.10 c
T ₃	1.38 b	0.87 b	0.27 b	0.18 b
T ₄	1.47 ab	0.96 b	0.27 b	0.26 b
CK	1.62 a	1.20 a	0.53 a	0.37 a

注:同列数据后不同小写字母表示不同处理间在 0.05 水平差异显著。

2.2 不同时期水稻各器官镉含量的变化

2.2.1 水稻根部镉含量变化规律。由表 2 可知,水稻根部镉含量呈现出先上升后降低最后再上升的趋势,最大吸收期在分蘖期和成熟期。从各时期来看,各处理在秧苗期含量无差别,说明在该时期各个处理对水稻根部的影响不大;在分蘖期,各处理根部镉含量均低于对照,但无显著差异,且在该时期,各处理根部镉含量均达到最大值,表明分蘖期是水稻大量吸收镉的一个时期;在拔节期,镉含量按照从高到低的顺序为 CK>T₄>T₃>T₂>T₁,且各处理与对照的差异显著,降低的幅度分别为 19.9%、27.3%、32.1%、46.2%;孕穗期,其镉含量仍为 CK>T₄>T₃>T₂>T₁,且处理与对照相比差异显著,而各处理之间无明显差异;成熟期,镉含量为 CK>T₄>T₃>T₁>T₂,其中 T₄ 与对照无显著性差异,T₁、T₂、T₃ 与对照差异显著。

表 2 不同浓度植物阻滯剂处理下根部镉含量 mg/kg

处理	秧苗	分蘖期	拔节期	孕穗期	成熟期
T ₁	0.16 a	4.18 a	1.69 b	1.03 b	1.21 b
T ₂	0.15 a	4.03 a	1.87 b	1.14 b	1.26 b
T ₃	0.18 a	4.21 a	1.94 b	1.21 b	1.38 b
T ₄	0.16 a	4.42 a	2.06 b	1.29 b	1.47 ab
CK	0.18 a	4.36 a	2.47 a	1.58 a	1.62 a

注:同列数据后不同小写字母表示不同处理间在 0.05 水平差异显著。

2.2.2 水稻茎部镉含量变化。由表 3 可知,水稻茎中镉含量的变化规律为先分蘖期迅速上升,拔节期稍下降后又上升的趋势,从具体含量上来看,茎为镉积累的主要器官之一。而各处理与对照相比,在秧苗期、分蘖期、拔节期和孕穗期无显著差异,秧苗期对照与各处理镉含量基本一致,而在分蘖期、拔节期、孕穗期和成熟期均表现为 CK>T₄>T₃>T₂>T₁;在成熟期,对照与各处理之间有显著差异,且 T₁ 与各处理之间也呈现显著差异。

2.2.3 水稻叶片镉含量变化。由表 4 可知,水稻叶片镉含量变化幅度较大,呈“M”型变化趋势,在分蘖期迅速增加,拔节期后又降低,孕穗期后又上升,成熟期稍降低,说明在分蘖

期叶片大量累积镉,而在拔节期由于镉的积累速度远远小于其他物质的积累而迅速下降,各处理与对照仅在成熟期有显著性差异。各处理镉含量在分蘖期、拔节期、孕穗期和成熟期均是 CK>T₄>T₃>T₂>T₁,但各处理之间并无显著性差异,而在秧苗期,各处理与对照镉含量基本一致。

表 3 不同浓度处理下茎部镉含量 mg/kg

处理	秧苗	分蘖期	拔节期	孕穗期	成熟期
T ₁	0.08 a	0.63 a	0.51 a	0.61 a	0.72 c
T ₂	0.11 a	0.66 a	0.54 a	0.63 a	0.81 b
T ₃	0.12 a	0.70 a	0.56 a	0.66 a	0.87 b
T ₄	0.10 a	0.71 a	0.57 a	0.71 a	0.96 b
CK	0.10 a	0.72 a	0.61 a	0.74 a	1.20 a

注:同列数据后不同小写字母表示不同处理间在 0.05 水平差异显著。

表 4 不同浓度处理下叶片镉含量 mg/kg

处理	秧苗	分蘖期	拔节期	孕穗期	成熟期
T ₁	0.10 a	0.93 a	0.10 a	0.26 a	0.21 b
T ₂	0.12 a	0.98 a	0.12 a	0.28 a	0.24 b
T ₃	0.11 a	1.14 a	0.12 a	0.33 a	0.27 b
T ₄	0.09 a	1.18 a	0.13 a	0.34 a	0.27 b
CK	0.12 a	1.30 a	0.14 a	0.66 a	0.53 a

注:同列数据后不同小写字母表示不同处理间在 0.05 水平差异显著。

3 讨论与结论

镉对植物的毒害作用直接表现为对光合作用的影响,较高浓度下表现为叶缘变褐色,叶片卷曲失绿,叶柄叶脉变红,光合作用受抑制,最终影响植物生长,降低产量和品质^[8]。有研究表明,镉通过破坏光合器官和色素,抑制叶绿素 Hill 反应,降低叶绿素含量,抑制 RuBP 羧化酶活性,影响二氧化碳固定,降低 PSI 和 PSII 活性等方式来降低植物光合速率^[9]。McKenna 等^[10]报道了锌可阻止镉由根部转运至莲叶,从而降低莴笋和菠菜中的镉含量。彭克勤等^[11]研究表明,从早稻分蘖期以灌溉水形式施硒,灌浆期净光合速率明显提高,促进气孔开放、降低气孔阻力,且提高了实粒数,减少了空粒。He 等^[12]用盆栽试验观察施锌、硒对蔬菜中钡、镉含量的影响,结果表明,施锌、硒均能明显降低白菜、莴苣中钡、镉含量。在该试验中,通过补充镁元素来提高光合作用,消除镉的毒害作用;用锌和硒来拮抗水稻对镉的吸收和向水稻子粒中的转移,从试验结果上看是成功的。

镉主要是从水稻根部吸收,并通过茎叶运输到果实,在该运输过程中,镉含量递减,而在喷施植物阻滯剂后,水稻吸收镉的总量降低且吸收的镉主要存在于根部和叶部,说明植物阻滯剂对镉的吸收和运输产生了明显的阻滯效果,这与 Oliver 等^[6,12]的研究结论“硒和锌对镉的拮抗作用”一致。

施用植物阻滯剂后,浓度为 1:200、1:400、1:600 处理的镉浓度均低于国家标准 0.200 mg/kg,但浓度为 1:600 处理的镉浓度处于临界值,所以只有 1:200、1:400 浓度处理具有实际应用价值,且 1:400 浓度处理是最优选择,说明植物阻滯剂需要一定浓度才有效果。

10.12%,处理1为6.87%,处理2为2.06%。湿度较大时,蚜虫容易感染蚜霉病^[6],但在光照较强情况下,蚜霉病发生则较轻,所以处理3蚜霉病发生率最高,处理2最低。高温

高湿会缩短烟蚜茧蜂寿命和降低其生殖能力^[5,8],所以处理2寄生蚜比例最小。通过分析可知,处理1蚜虫繁殖效果最好,其次是处理3,处理2较差。

表 1 不同温湿度下不同历期的蚜虫数量

头/株

处理	1 龄若蚜	2 龄若蚜	3 龄若蚜	4 龄若蚜	若蚜	无翅成蚜
1	58.73	125.86	176.20	218.16	578.95	260.11
2	17.41	25.02	38.08	18.50	99.00	9.80
3	61.69	95.34	117.78	123.39	398.20	162.65

表 2 不同温湿度下烟蚜的繁殖效果

处理	蚜虫数 头/株	蚜霉病 发生率 %	有翅蚜数 头/株	烟蚜茧蜂 寄生率//%
1	839.06	10.91	48.67	6.87
2	108.80	0	71.81	2.06
3	560.85	17.77	3.93	10.12

3 结论与讨论

烟蚜的发育历期、成蚜寿命、生殖能力等各地研究结果差异很大^[6]。该研究表明,温湿度和光照强度对烟蚜的生长发育和繁殖影响较大,在温度较高、相对湿度较大、光照较强的条件下,蚜虫发育历期较短,繁殖速度较快,病害发生较轻,形成有翅蚜较多,适用于烟蚜茧蜂规模化繁育时一级和二级种蚜扩繁;在温度较高、相对湿度较低、光照较足条件下,蚜虫繁殖效果较好,种群年龄结构适宜,最适合烟蚜茧蜂规模化繁育;在相对湿度较大、光照不足条件下,烟蚜繁殖较慢,病害发生严重。

在烟蚜茧蜂规模化繁育过程中发现烟蚜感染蚜霉菌是制约该技术在毕节市推广应用的主要因素。蚜霉菌是一类寄生于蚜虫的病原真菌,蚜虫被感染后传染速度较快,而且

很难防治^[6,9-10],因此在烟蚜繁殖过程中,应注意加强通风透光、降低空气湿度、喷施杀菌剂。同时,从蚜霉菌中分离有效菌株,研制生物农药应用于大田烟蚜防治,是一个值得深入研究的课题。

参考文献

[1] 马丽娜,刘映红,张玲,等. 不同病毒接种烟株对烟蚜生长发育和繁殖的影响[J]. 植物保护学报,2007,34(1):10-14.

[2] 陈宝善,高乔婉,骆学海,等. 广东烟草花叶病病毒病的鉴定[J]. 病毒学报,1986,2(2):166-174.

[3] 韩晓东,陈瑞泰,李林森,等. 我国烟草的一个重要病毒:马铃薯 Y 病毒[J]. 上海农业科技,1985(2):20-21.

[4] 郭兴启,李向东,王秀芳,等. 马铃薯 Y 病毒两分离物特性及侵染寄主的超微结构比较研究[J]. 浙江大学学报,2002,28(1):411-416.

[5] 邓小刚,李春明,杨硕媛,等. 烟蚜茧蜂规模繁殖与应用[M]. 北京:中国环境科学出版社,2010:121-133.

[6] 王夸平,高福宏,詹莅园,等. 烟草漂浮育苗繁殖烟蚜茧蜂的影响因素探讨[J]. 浙江农业学报,2013,25(5):1043-1049.

[7] 路虹,张芝利,石宝才. 影响两种蚜茧蜂日产卵量因素的研究[J]. 生物防治通报,1992,8(2):49-53.

[8] 闫玉芳,陈文龙,董代文. 湿度对烟蚜茧蜂和菜蚜茧蜂羽化率及寿命的影响[J]. 山地农业生物学报,2014,33(4):6-9.

[9] 刘波. 湿度对蚜霉菌生长发育的影响[J]. 福建农学院学报,1990,19(1):52-57.

[10] 张效良. 弗雷生蚜霉菌感染发病过程中的观察[J]. 生物防治通报,1987,3(3):121-123.

(上接第 144 页)

目前对土壤镉污染主要采取的方法有客土法、化学淋洗法、土壤调理剂修复法、植物富集吸收法等,这些方法虽然效果较好但存在成本高、操作难等弊端,而喷施植物阻滞剂的方法操作简便、成本低廉,有较好的研究、推广价值。

参考文献

[1] VERKLEIJ JOS A C, GOLAN-GOLDHIRSH A, ANTOSIEWISZ D M, et al. Dualities in plant tolerance to pollutants and their uptake and translocation to the upper plant parts[J]. Environmental and experimental botany, 2009,67(1): 10-22.

[2] DAS P, SAMANTARAY S, ROUT G R. Studies on cadmium toxicity in plants: A review[J]. Environmental pollution, 1997, 98(1): 29-36.

[3] ARDUINI I, ERCOLI L, MARIOTTI M, et al. Response of miscanthus to toxic cadmium applications during the period of maximum growth[J]. Environmental and experimental botany, 2006, 55(1/2): 29-40.

[4] SINGH S, EAPEN S, D SOUZA S F. Cadmium accumulation and its influence on lipid peroxidation and antioxidative system in an aquatic plant, *Bacopa monnieri* L. [J]. Chemosphere, 2006, 62(2): 233-246.

[5] LINCOLN TAIZ, EDUARDO Z EIGER. 植物生理学[M]. 宋纯鹏, 王学

路,等译. 4 版. 北京:科学出版社,2009.

[6] OLIVER D P, HANNAM R, TILLER K Q, et al. The effect of Zinc fertilization on Cd concentration in wheat grain[J]. Journal of environmental quality, 1994,23:705-711.

[7] 吴永饶,卢向阳,彭振坤,等. 硒在水稻中的生理生化作用探讨[J]. 中国农业科学,2000,33(1):100-103.

[8] 曾翔. 水稻镉积累和耐性机理及其品种间差异研究[D]. 长沙:湖南农业大学,2006.

[9] SIEDLECKA A, BASZYŃSKI T. Inhibition of electron flow around photosystem I in chloroplasts of Cd-treated maize plants is due to Cd-induced iron deficiency[J]. Plant physiology, 1993,87:199-202.

[10] MCKENNA I M, CHANEY R L, WILLIAMS F M. The effect of cadmium and zinc interactions on the accumulation and tissue distribution of zinc and cadmium in lettuce and spinach[J]. Environmental pollution, 1993, 79:113-120.

[11] 彭克勤,洪亚辉,夏伟. 硒对早稻光合作用和产量性状的影响[J]. 湖南农业大学学报,1997,23(5):35-37.

[12] HE P P, LV X Z, WANG G Y. Effects of Se and Zn supplementation on the antagonism against Pb and Cd in vegetables[J]. Environment international, 2004,30:167-172.