

白瑞霞,徐苏男,陈忠林,等. 氮肥对镉(Cd)胁迫下结缕草生长和生理特性的影响[J]. 江苏农业科学,2016,44(7):245-248.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.07.069

氮肥对镉(Cd)胁迫下结缕草生长和生理特性的影响

白瑞霞¹, 徐苏男¹, 陈忠林¹, 于 宁², 张利红¹

(1. 辽宁大学环境学院, 辽宁沈阳 110036; 2. 辽宁省环境监测实验中心, 辽宁沈阳 110161)

摘要:采用盆栽试验,研究了不同氮肥用量[0、200、300、400 mg/kg CO(NH₂)₂]对镉(Cd)胁迫(50 mg/kg)下结缕草生长和生理特性的影响。结果表明:Cd胁迫下结缕草的生长指标(叶长、株高、根长和生物量)和保护酶(SOD、POD和CAT)活性均显著下降,而丙二醛(MDA)、脯氨酸(Pro)和可溶性蛋白的含量均大幅度上升。施加不同浓度的氮肥后,Cd胁迫下结缕草的生长和保护酶活性均有所提高;可溶性蛋白、MDA和Pro的含量均有所降低。施用氮肥对Cd胁迫下结缕草具有一定的缓解作用,当氮肥浓度为300 mg/kg时缓解效果最为显著。

关键词:结缕草;氮肥;Cd胁迫;生长指标;生理特性

中图分类号: S688.401 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)07-0245-03

随着工农业迅速发展,土壤中镉(Cd)污染程度日趋严重。Cd很难被降解,只能在各种形态之间进行相互转化、分散和富集,易被植物吸收,并且能通过食物链在动物和人体内富集^[1]。随着Cd浓度的增大,游离脯氨酸(Pro)和可溶性糖含量先升高后降低,细胞膜透性逐渐升高^[2]。在黄松田水稻土中,受Cd污染后水稻生理指标的变异系数依次为过氧化物酶活性>叶绿素含量>脯氨酸含量^[3]。

氮素是植物生长所必需的营养元素,也是主要的养分限制因素^[4]。研究表明,氮肥不同比例分期追施使玉米叶片生育后期保护酶(SOD、CAT、POD)活性增强^[5]。也有研究指出在小麦四分体形成期施氮,提高了旗叶衰老初期可溶性蛋白含量和衰老后期的光合速率,显著提高了粒质量和籽粒产量^[6]。施高量尿素都显著提高了水稻籽粒中Cd含量^[7],说明氮肥对Cd污染具有修复作用。

结缕草(*Zoysia japonica*)是重要的多年生暖季型草坪草,具有耐热、耐旱、耐盐碱、耐瘠薄^[8]等优良特性。结缕草应用于Cd污染土壤的修复已有报道^[9-10],而有关氮肥对Cd胁迫下如何具体影响植物生理特性的报道较少。本研究以结缕草为对象,探讨了氮肥对Cd胁迫下株高、叶长、生物量、保护酶、可溶性蛋白、丙二醛(MDA)和Pro的变化,为揭示氮肥对Cd胁迫下结缕草的生理代谢响应机制提供参考,也为重金属污染土壤修复实践提供指导。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

供试土壤类型为沙壤土,采自辽宁大学环境学院生态园(123°24'E,41°31'N)^[10],土壤的基本理化性质见表1。

表1 供试土壤的基本理化性质

pH值	有机质 (g/kg)	阳离子交换量 (cmol/kg)	全氮 (g/kg)	全磷 (g/kg)	全钾 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	有效磷 (mg/kg)	有效钾 (mg/kg)
6.75	19.98	17.24	1.03	0.4	13.3	60.2	3.1	68.34

1.2 试验材料及设计

试验用土过2 mm筛后装入直径13 cm、高度10 cm塑料花盆中,每个花盆装土1 kg。2013年6月从结缕草草坪中选1块盖度及密度均匀一致的草皮,截面积为5 cm×5 cm的草皮块移植到每个花盆中,将花盆放置于生态试验园内。2014年6月20日开始对结缕草施加Cd²⁺(以CdCl₂·2.5H₂O形态加入),浓度为50 mg/kg;并施不同浓度的氮肥0、200、300、400 mg/kg CO(NH₂)₂。在处理第8天进行样品测定。试验共分5个处理,每个处理3次重复。具体试验设计见表2。

表2 试验设计

处理	Cd(mg/kg)	氮肥量(mg/kg)
CK	0	0
Cd+N0	50	0
Cd+N1	50	200
Cd+N2	50	300
Cd+N3	50	400

1.3 测定方法

1.3.1 生长指标 株高、叶长、根长用直尺直接测量;地上生物量是紧贴地表剪下结缕草的地上部分;地下生物量是除去地上部分之外的部分,将洗干净的地上、地下部分均放在105℃的烘箱内杀青30 min,在80℃下烘24 h至恒质量,取出称质量。

1.3.2 保护酶活性 剪取不同处理植株相同部位的叶片带回实验室测定各项指标。SOD活性采用NBT光化还原法^[7]测定;CAT活性采用氧化还原法^[7]测定;POD活性采用愈创

收稿日期:2015-06-02

基金项目:国家自然科学基金(编号:31470398,31270369)。

作者简介:白瑞霞(1989—),女,山东临沂人,硕士研究生,研究方向为植物生理生态。E-mail:Missbai2012@163.com。

通信作者:张利红,博士,教授,研究方向为植物生理生态。E-mail:lihongzhang132@163.com。

木酚法^[8]测定。

1.3.3 MDA 含量 采用硫代巴比妥酸显色法^[9]测定。

1.3.4 脯氨酸含量 采用酸性茚三酮法^[10]测定。

1.3.5 可溶性蛋白含量 采用考马斯亮蓝 G250 染色法^[8]测定。

1.4 数据分析

用 Excel 录入数据,采用 SPSS 17.0 数据分析软件,对所有试验数据进行方差分析。

2 结果与分析

表 3 氮肥对 Cd 胁迫下结缕草生长指标的影响

处理	叶长 (cm)	株高 (cm)	根长 (cm)	生物量(g)	
				地上部	地下部
CK	14.32±0.03a	12.73±0.21a	10.11±0.08a	1.69±0.02a	4.05±0.10a
Cd+N0	8.55±0.39e	9.44±0.18c	6.93±0.04e	1.23±0.04e	2.75±0.08c
Cd+N1	10.56±0.48d	11.10±0.15b	8.23±0.04c	1.42±0.03c	3.72±0.13b
Cd+N2	13.07±0.15b	12.34±0.08a	9.20±0.05b	1.58±0.06b	3.96±0.06a
Cd+N3	11.47±0.06c	11.51±0.20b	8.45±0.05c	1.47±0.02c	3.81±0.05b

注:CK、Cd+N0、Cd+N1、Cd+N2、Cd+N3 分别表示只施加蒸馏水的空白对照、只施加 Cd 的对照组、加入 Cd 和 200、300、400 mg/kg 氮肥浓度处理的试验组;表中数据为平均值±标准差,同列中不同小写字母间差异显著($P<0.05$)。表 4 同。

2.2 不同用量氮肥对 Cd 胁迫下结缕草保护酶系统的影响

在 Cd 胁迫下,结缕草叶片中的保护酶活性 POD、SOD、CAT 明显降低,比 CK 组分别下降 32.17%、43.24%、64.41% (表 4),且差异显著($P<0.05$),这是由于 Cd 胁迫干扰了保护酶的合成。不同浓度的氮肥对 Cd 胁迫下的结缕草的 POD、SOD、CAT 活性均有一定程度的提高,以氮肥浓度 300 mg/kg 缓解作用最大,分别为 Cd 组的 1.40、1.50、2.10 倍;400 mg/kg 次之,分别为 Cd 组的 1.34、1.44、1.95 倍;200 mg/kg 最弱,分别为 Cd 组的 1.33、1.30、1.90 倍,但各施肥处理组之间差异并不显著($P>0.05$)。

表 4 氮肥对 Cd 胁迫下结缕草保护酶活性的影响

处理	SOD (U/mg)	POD (U/mg)	CAT (U/mg)
CK	117.870±4.092a	1.753±0.021a	0.059±0.019a
Cd+N0	79.948±5.961d	0.995±0.197d	0.021±0.002c
Cd+N1	105.953±2.292c	1.297±0.358c	0.040±0.008b
Cd+N2	112.218±5.813b	1.495±0.077b	0.044±0.020b
Cd+N3	107.289±11.908c	1.437±0.032b	0.041±0.015b

2.3 氮肥对 Cd 胁迫下结缕草丙二醛(MDA)含量的影响

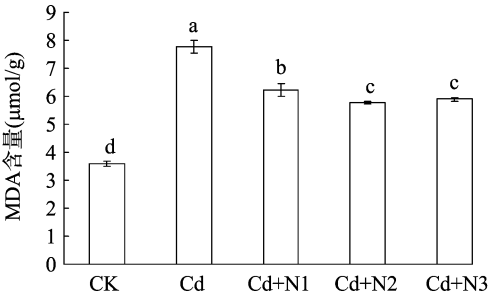
在 Cd 胁迫下结缕草叶片中的丙二醛含量剧增(图 1),比 CK 组增加 116.89%,差异显著($P<0.05$),说明 Cd 胁迫引起了结缕草叶片的膜脂过氧化作用。施加不同浓度的氮肥后,结缕草叶片的 MDA 含量均有不同程度的降低,以氮肥浓度 300 mg/kg 缓解作用最大,比 Cd 组降低 25.56%;其次为 400 mg/kg 的氮肥浓度,比 Cd 组降低 24.14%;最后是 200 mg/kg 的氮肥浓度,比 Cd 组降低 19.61%,各施肥处理组与 Cd 组差异显著($P<0.05$)。

2.4 不同用量氮肥对 Cd 胁迫下结缕草叶片脯氨酸(Pro)含量的影响

在 Cd 胁迫下结缕草叶片中的 Pro 含量增加(图 2),比 CK 组增加 78.82%,说明 Cd 对结缕草已经造成了伤害。不

2.1 不同用量氮肥对镉胁迫下结缕草生长指标的影响

由表 3 可知,Cd 胁迫下的结缕草的叶长、株高、根长、地上和地下生物量与 CK 相比均大幅度下降,分别下降 40.29%、25.84%、31.45%、27.22%、32.10%,且差异性达显著水平($P<0.05$),说明 Cd 对结缕草具有一定的毒害性。施加氮肥后,各指标均有所提升,且 300 mg/kg 的氮肥浓度处理比 Cd 组分别增加 52.87%、30.72%、32.76%、28.46%、44.00%,呈显著差异($P<0.05$)。300 mg/kg 的氮肥浓度处理要优于 400 mg/kg 和 200 mg/kg 处理,说明适量氮肥对 Cd 胁迫下的结缕草具有一定的缓解作用。



不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。图 2、图 3 同。

图 1 氮肥对 Cd 胁迫下结缕草 MDA 含量的影响

同浓度的氮肥对 Cd 胁迫下的结缕草叶片的 Pro 含量均有一定程度的降低,氮肥浓度为 300 mg/kg 的处理较 Cd 组显著下降,降低了 42.15%,差异达显著水平($P<0.05$);氮肥浓度为 200、400 mg/kg 时分别比 Cd 组降低 34.60%、23.14%,差异显著($P<0.05$),且二者之间差异显著($P<0.05$)。

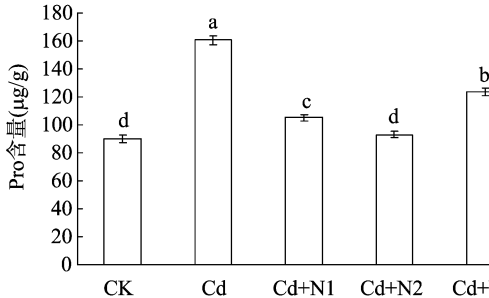


图 2 氮肥对 Cd 胁迫下结缕草叶片 Pro 含量的影响

2.5 不同用量氮肥对 Cd 胁迫下结缕草可溶性蛋白含量的影响

从图 3 可以看出,Cd 胁迫下结缕草可溶性蛋白含量提升,比 CK 组增加 19.21%,说明结缕草植株通过增加渗透性物质的量来调整渗透压,减轻 Cd 对植株的毒害。200、300、

400 mg/kg 处理组分别比 Cd 组降低 9.70%、12.07%、2.60%, 且 200、300 mg/kg 处理组与 Cd 组相比差异显著 ($P < 0.05$), 说明氮肥对 Cd 胁迫下结缕草可溶性蛋白含量降低起一定作用。

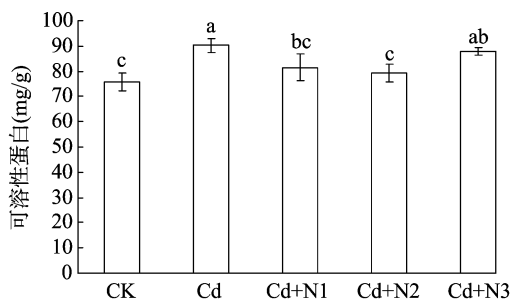


图3 氮肥对 Cd 胁迫下结缕草可溶性蛋白含量的影响

3 结论与讨论

3.1 施氮肥对 Cd 胁迫下结缕草生长指标的影响

重金属污染影响植物生长,甚至导致死亡^[11]。合理的土壤施肥可显著促进植物的生长发育,提高产量及产品品质^[12]。镉胁迫对幼苗根长影响最为显著,因此根长的变化是指示植物受重金属毒性影响的一个重要指标^[13]。大量研究表明,氮元素在施肥过程中对植物的生长影响较大^[14]。本研究中,结缕草的叶长、株高、根长和生物量在 Cd 胁迫下明显降低,适当浓度氮肥处理可以促进 Cd 胁迫下结缕草的生长,使上述各指标升高,从植物表型生长指标的角度体现出施氮肥处理对 Cd 胁迫下结缕草生长的影响,各指标在 300 mg/kg 氮肥浓度处理组达到最大值,说明只有合适的供氮量才能更好地缓解 Cd 对植物造成的伤害。这与贾瑞丰等的研究结果^[15]类似。

3.2 施氮肥对 Cd 胁迫下结缕草抗氧化酶活性和 MDA 含量的影响

不良环境能诱发生物代谢过程中产生的自由基而对植物膜有伤害作用,POD、SOD 和 CAT 共同组成植物体内的活性氧清除系统,可有效清除植物体内的自由基和过氧化物,减轻植物受害程度^[16]。MDA 是植物细胞膜质中不饱和脂肪酸发生过氧化作用的最终产物之一,其含量的多少在一定程度上代表了细胞膜的损伤程度和植物对逆境反应的强弱^[17]。

在 Cd 胁迫下,结缕草叶片 3 种酶活性均有不同程度的降低,说明其活性受到不同程度的抑制,可能是 Cd 干扰其分子结构或产生的活性氧自由基超过它们的清除能力,加剧了膜脂过氧化。同时 MDA 的含量增加,说明 Cd 对结缕草膜脂氧化强度增大,并可能对膜系统结构造成伤害。这与周爽等的研究结果^[18]一致。施加不同浓度的氮肥后,POD、SOD 和 CAT 的活性增强,MDA 含量下降,说明氮肥可以有效缓解 Cd 胁迫对结缕草的伤害,通过生理生化调节提高结缕草抗性,从而增强结缕草体内多余活性氧物质,以及由活性氧歧化产生的 H_2O_2 等物质的清除能力,有效降低细胞膜脂过氧化程度,从而减轻 Cd 对植物细胞的损伤,这与张晓萍等的研究结果^[19]类似。从以上指标可以看出,在本研究中 300 mg/kg 的氮肥浓度对 Cd 胁迫的缓解效果最为明显。

3.3 施氮肥对 Cd 胁迫下结缕草渗透性调节物质含量的影响

影响

逆境条件下植物体内积累 Pro 具有一定的普遍性,它可作为渗透调节物质等对植物起保护作用^[20]。可溶性蛋白是植物体内重要的渗透性调节物^[21],植物在逆境条件下通过积累有机物来调节细胞的渗透压,以增强适应环境的能力^[22]。本研究中,Cd 胁迫下结缕草叶片中 Pro 和可溶性蛋白含量大幅度上升,说明结缕草可能主要通过积累 Pro 和可溶性蛋白来提高其渗透性调节能力,与刘俊祥等的研究结果^[23]类似。施氮肥后,二者含量均有所下降,可能是由于植株体内的保护酶和 MDA 活性得到提升,致使细胞内活性氧产生和清除之间的平衡得以维持,细胞膜脂过氧化程度降低,细胞的渗透压得到调整,说明氮肥在一定程度上可缓解 Cd 对结缕草的毒害。同生长指标和抗氧化酶活性的变化一致,300 mg/kg 的氮肥浓度要优于 200 mg/kg 和 400 mg/kg 的浓度处理。

综上所述,施氮肥可以有效缓解 Cd 胁迫对结缕草生长及生理特性的影响,3 种浓度的氮肥处理均表现出了对 Cd 胁迫的缓解作用。Cd 胁迫下结缕草对土壤氮营养水平需求有一定的限量,适量的氮肥能够在一定程度上改善 Cd 对结缕草植株生长和生理特性的影响。因此,在结缕草生长的土壤受到镉污染的情况下,建议可以施加 300 mg/kg 左右浓度的氮肥来进行改善。

参考文献:

- [1] 赵 鲁,李旭军,刘安辉,等. 大豆和小麦对土壤中镉的吸收与富集研究[J]. 中国土壤与肥料,2013(5):66-70.
- [2] 张呈祥,陈为峰. 德国鸢尾对 Cd 胁迫的生理生态响应及积累特性[J]. 生态学报,2013,33(7):2165-2172.
- [3] 曾路生,廖 敏,黄昌勇,等. 镉污染对水稻土微生物量、酶活性及水稻生理指标的影响[J]. 应用生态学报,2005,16(11):2162-2167.
- [4] 陈少毅,许 超,张文静,等. 生物质炭与氮肥配施降低水稻重金属含量的盆栽试验[J]. 生态学报,2010,30(11):2925-2932.
- [5] 刘亚亮,张治安,赵洪祥,等. 氮肥不同比例分期施用对超高产玉米叶片保护酶活性的影响[J]. 西北农林科技大学学报,2011,39(2):203-208.
- [6] 岳寿松,于振文,余松烈,等. 不同生育时期施氮对冬小麦旗叶衰老和粒重的影响[J]. 中国农业科学,1997,30(2):42-46.
- [7] 甲卡拉铁,喻 华,冯文强,等. 氮肥品种和用量对水稻产量和镉吸收的影响研究[J]. 中国生态农业学报,2010,18(2):281-285.
- [8] 董厚德,宫莉君. 中国结缕草生态学及其资源开发与应用[M]. 北京:中国林业出版社,2001:5.
- [9] 张 绵. 结缕草(*Zoysia japonica*)在镉(Cd)污染农田上开发与利用的研究[J]. 植物研究,2002,22(4):467-472.
- [10] 陈 涛,王 新,梁仁禄,等. 污泥草地利用的初步研究[J]. 应用生态学报,2002,13(4):463-466.
- [11] 韩玉林. Pb-Cu 复合胁迫对马蔺幼苗生长和生理指标的影响[J]. 植物资源与环境学报,2010,19(4):24-30.
- [12] 孙静克,宗良纲,付世景,等. 不同施肥处理对镉污染土壤雪里蕻光合特性的影响[J]. 南京农业大学学报,2007,30(4):82-86.
- [13] 马文丽,金小弟,王转花. 镉处理对乌麦种子萌发幼苗生长及抗氧化酶的影响[J]. 农业环境科学学报,2004,23(1):55-59.
- [14] 杨 平,孙向阳,王海燕,等. 施肥对台湾青枣营养生长的影响[J]. 北京林业大学学报,2007,29(6):211-214.

王 蕾,吴朝波,徐微风,等. 海水胁迫对番杏生长、渗透调节物质和细胞膜透性的影响[J]. 江苏农业科学,2016,44(7):248-251.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.07.070

海水胁迫对番杏生长、渗透调节物质和细胞膜透性的影响

王 蕾^{1,2}, 吴朝波^{1,2}, 徐微风^{1,2}, 郭建春², 符少萍², 刘 娇², 李瑞梅², 段瑞军²

(1. 海南大学,海南海口 571101; 2. 中国热带农业科学院热带生物技术研究所,海南海口 571101)

摘要:通过盆栽试验,以番杏(*Tetragonia tetragonoides*)为研究材料,设置 8 个海水浓度(0、10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%),研究不同浓度海水处理对番杏生长、渗透调节物质、细胞膜的影响。结果表明:番杏能在 0~70% 海水胁迫下完成生活史,且 10%~40% 海水浓度胁迫促进了植物生物量增加;高于 60% 海水浓度处理,番杏株高、鲜质量均较少,生长受到抑制,膜脂过氧化产物(MDA)、细胞膜透性显著增加,此时渗透调节物质的增加有助于减轻海水对植物细胞膜的伤害,增强植物的耐盐性;番杏在低于 50% 海水浓度处理中,可溶性糖含量、脯氨酸含量、MDA 含量均低于对照,表现出极强的盐适应性。由结果可知,番杏对海水胁迫具有较强的适应性和耐受性,可以进一步挖掘其在滨海滩涂地、盐荒地、海水倒灌农田中的利用价值。

关键词:番杏;海水胁迫;渗透调节物质;细胞膜;耐盐性

中图分类号: S662.201 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)07-0248-04

土壤盐渍化是我国农业生态环境退化的重要问题之一,我国盐渍化土地面积约占国土面积的 1.03%,达 9.913 万 hm^2 ^[1]。土壤中的盐分过高导致植物营养缺乏、离子毒害和渗透胁迫^[2],盐渍土不仅影响植被正常生长,制约农作物的产量和品质,也极大影响土壤的利用率。研究表明,在盐渍化土壤中种植盐生植物可以增加土壤营养元素、微生物、腐殖质含量,提高土壤酶活性^[3],栽培具有经济价值和生态价值的盐生植物是解决盐渍土壤农业发展的一种策略,也是改良与利用盐渍土的有效方法^[4]。目前,碱蓬、中亚滨藜、盐地碱蓬、北美海蓬子等^[5-7]已有报道被用于盐渍土改良。

番杏[*Tetragonia tetragonoides* (Pall.) Kuntze],别称澳洲

菠菜、新西兰菠菜、夏菠菜、法国菠菜、洋菠菜等,为 1 年生半蔓性草本植物,属番杏科番杏属,肥厚、多汁,嫩茎叶可供食用,原产新西兰、澳大利亚、东南亚和智利、欧美等地,在中国浙江、福建、海南、广西、广东、台湾均有天然分布,海南省滨海滩涂有零星分布^[8]。番杏根系发达,可以速生,不择土壤,耐高温和低温,抗旱涝,并且有一定耐盐性^[9-10]。此外,番杏营养价值极高,富含大量氨基酸、无机盐、类胡萝卜素、还原糖等物质^[11-12],具有较高的经济价值,是一种新型绿色蔬菜,食用性多样,在盐渍土的开发利用中前景广阔。当前对番杏的研究多数集中在栽培技术、营养价值及其盐胁迫下的光合响应等方面,关于盐胁迫下其生长及生理响应的研究还是空白。本试验通过用不同海水浓度长期处理番杏,研究不同海水浓度对番杏生长、渗透调节物质含量、细胞膜透性影响,为进一步利用番杏对滨海滩涂地、盐荒地、海水倒灌农田改良和利用提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

番杏种子采自海南省文昌市东郊椰林;海水取自海口市

收稿日期:2016-01-20

基金项目:中央公益性科研院所基本科研业务专项资金(编号:ITBB2015ZD03、1630052015038);海南省重大科技专项(编号:ZDZX2013023-1)。

作者简介:王 蕾(1990—),女,山东烟台人,硕士研究生,主要从事热带植物抗逆研究。E-mail:289702941@qq.com。

通信作者:段瑞军,副研究员,主要从事热带植物抗逆研究。E-mail:lsbjz@163.com。

[15]贾瑞丰,尹光天,杨锦昌,等. 不同氮素水平对红厚壳幼苗生长及光合特性的影响[J]. 林业科学研究,2012,25(1):23-29.

[16]仇 硕,张 敏,孙延东,等. 植物重金属镉(Cd^{2+})吸收、运输、积累及耐性机理研究进展[J]. 西北植物学报,2006,26(12):2615-2622.

[17]廖晓勇,陈同斌,阎秀兰,等. 不同磷肥对砷超富集植物蜈蚣草修复砷污染土壤的影响[J]. 环境科学学报,2008,29(10):2906-2911.

[18]周 爽,白瑞琴,张海勃. 重金属 Cd 及施肥对马铃薯抗氧化酶系统的影响[J]. 干旱区资源与环境,2012,26(9):88-92.

[19]张晓萍,宗良纲,郑建伟,等. 不同施肥措施对镉污染土壤上菊

花生长及其品质的影响[J]. 农业环境科学学报,2008,27(4):1617-1622.

[20]Bowler C, Montagu M, Inze D. Superoxide dismutase and stress tolerance[J]. Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 1992, 43(1):83-116.

[21]任安芝,高玉葆,刘 爽. 铬、镉、铅胁迫对青菜叶片几种生理生化指标的影响[J]. 应用与环境生物学报,2000,6(2):112-116.

[22]孙小霞. 高羊茅对铅递进胁迫的生理响应[J]. 河南科技大学学报,2006,27(6):75-78.

[23]刘俊祥,孙振元,巨关升,等. 结缕草对重金属镉的生理响应[J]. 生态学报,2011,31(20):6149-6156.