

# 植物激素处理下向日葵和红苋菜富集 $^{133}\text{Cs}$ 、 $^{88}\text{Sr}$ 的比较

郭梦露, 宋 磊

(菏泽学院 生命科学系, 山东 菏泽 274015)

**摘要:**为提高植物激素对污染土壤的植物修复效率,在植物激素处理下对比红苋菜与向日葵对 $^{133}\text{Cs}$ 、 $^{88}\text{Sr}$ 的富集状况。结果表明:3种激素处理对向日葵、红苋菜的生物量和 $^{133}\text{Cs}$ 和 $^{88}\text{Sr}$ 总含量作用一致表现为 $\text{GA} > \text{SA} > \text{IAA}$ ,对向日葵、红苋菜 $^{133}\text{Cs}$ 和 $^{88}\text{Sr}$ 转运、富集系数影响一致表现为 $\text{SA} > \text{GA} > \text{IAA}$ 。红苋菜对 $^{133}\text{Cs}$ 和 $^{88}\text{Sr}$ 的转运系数高于向日葵,而向日葵单株对 $^{133}\text{Cs}$ 和 $^{88}\text{Sr}$ 的积累量、富集系数显著高于红苋菜。

**关键词:**植物激素;植物修复; $^{133}\text{Cs}$ ;  $^{88}\text{Sr}$

**中图分类号:**Q948.116;X591 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2016)12-0059-04 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2016.12.0059

重金属进入土壤会对生态环境造成污染,并会通过土壤和植物进入食物链威胁人类的健康,已成为一个亟待解决的问题,常见的重金属有钴、镍、锰、铅、锌、铁、铜、镉等,其中尤以 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 污染最为常见。为应对重金属污染,Chaney 和 Baker 等提出了植物提取修复技术,指利用超积累植物从土壤中吸取一种或几种重金属元素,并将其转运、富集植物体内,将收获的富集部位集中处理完成<sup>[1]</sup>。提取修复技术是植物修复技术中被广泛应用的技术方法,为了提高修复效率,合理地使用生长调节剂可以减少污染物对植物生理的不利影响,缓和胁迫的同时维持植物正常的生长发育,更有利于植物对污染元素的吸收、累积和转运<sup>[2]</sup>。例如,Fazal Hadi 等向玉米喷洒植物激素和螯合剂—IAA、GA、EDTA,为研究玉米在铅富集土壤里的生长状况,结果显示,联合施用 IAA 与 EDTA 或 GA3 与 EDTA 能显著提高玉米植株的铅含量;单独喷洒 0.1 M 的 GA3、0.1 M 的 IAA 均能增加植株的株高和根长,与对照相比显著提高了玉米生物量和铅的吸收量<sup>[3]</sup>。向言词等研究植物激素 GA、IAA、和 6-BA 单独或两两联合作用对两种油菜富集镉能力的影响,表明 IAA 与 GA 或 6-BA 联合作用可显著增加芥菜型油菜株高和生物量,同时增强油菜对镉的富集量及转运系数<sup>[4]</sup>。红苋菜 (*Amaranthus mangostanus*

L.),又称野刺苋、米苋、人旱菜等。为苋科苋属一年生草本植物,分布中国和印度,其根系发达,分布深广,适应力强,适合全国各地栽培,红苋菜是富钾植物之一。向日葵 (*Helianthus annuus* L.),原产北美洲,一年生草本,性喜温暖,俗称葵花籽,菊目菊科向日葵属;耐旱,茎直立;四季皆可生长,主要以夏、冬两季为主;花期可达两周以上;种子含油量极高,为重要的油料作物。本试验在前人的研究基础上选用生物量较大的向日葵和红苋菜为试验材料,以生长素(IAA)、赤霉素(GA)、水杨酸(SA)3种植物激素为主要试验试剂,选取前人试验结论中最佳浓度为试验处理,旨在为提高其对污染土壤的植物修复效率,研究植物激素与螯合剂的效应提供一定的理论与实践依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

试验参试植物为向日葵和红苋菜。

### 1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验在菏泽学院采用盆栽方式进行。该地区气候属于暖温带季风大陆性气候,平均气温 14.6℃,年平均降水量 680 cm。2015 年 3 月 16 日播种, $^{133}\text{Cs}$ 、 $^{88}\text{Sr}$ 、Cd 以水溶液形式均匀混合于土壤中,将苗定植于 $^{133}\text{Cs}$ 、 $^{88}\text{Sr}$ 、Cd 处理的土壤中,按不同的处理配制成不同浓度的水溶液,4 月 21 日待长出 4~6 片子叶后移苗,每盆 3 株, $^{133}\text{Cs}$  以水溶液形式均匀混合于土壤中,将植株苗定植于 $^{133}\text{Cs}$  处理的土壤中,按不同的处理配制成不同浓度的水溶液,继续培育 1 个月,5 月 25 日喷施激素处理叶表面,3 种激

收稿日期:2016-11-08

基金项目:菏泽学院植物生物学重点实验室资助项目

第一作者简介:郭梦露(1987-),女,内蒙古自治区通辽市人,硕士,助教,从事植物修复研究。E-mail: 549802453@qq.com。

素(IAA、GA<sub>3</sub>、SA)分别配成不同浓度的水溶液,试验添加 3 种激素,每种激素均为 3 个处理浓度(见表 1),设 9 个处理,1 个为施用清水的对照,共设 10 个处理,每个处理 3 次重复,每个处理 9 株。

表 1 激素处理水平

Table 1 The hormone concentrations

处理 Treatments	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	CK	生长素 IAA			赤霉素 GA			水杨酸 SA		
		IAA1	IAA2	IAA3	GA1	GA2	GA3	SA1	SA2	SA3
浓度/(mg·L <sup>-1</sup> ) Concentrations	0	10	100	1000	500	1000	2000	100	500	1000

1.2.2 测定项目及方法 (1)红苋菜、向日葵各生长指标的测定:2015 年 6 月 11 日收获植株,用去离子水洗净,沥干水分,将根、茎、叶分开,在 105 ℃ 杀青 30 min,70 ℃ 下烘至恒重(烘约 48 h),分别称其干重。红苋菜的根、茎、叶部生物量利用天平直接称取,株高和主根长、根茎粗利用卷尺和游标卡尺直接量出。(2)<sup>133</sup>Cs、<sup>88</sup>Sr 含量的测定:将烘干的植物样品研磨后,准确称取 0.2 g 处理样品置于三角瓶中,加入 10 mL 混合酸(硝酸:高氯酸体积比 3:1),加盖过夜。样品液倒入凯氏烧瓶中,在电炉上消解,直至冒白烟,消化液呈无色透明。用 0.5 mol·L<sup>-1</sup> 硝酸定容至 100 mL。采用火焰原子吸收光谱法对植物样品进行<sup>88</sup>Sr 和<sup>133</sup>Cs 含量的测定,测试仪器为美国 PE 公司 AA700 火焰原子吸收光谱仪。

1.2.3 数据处理与分析 采用 Microsoft Excel 2003 软件进行数据处理,采用 DPSv7.05 软件进行单因素方差分析(One-way ANOVA)及在 5% 水平下进行 Duncan 多重比较。

2 结果与分析

2.1 植物激素处理下向日葵、红苋菜生物量的比较

由图 1 可知,植物激素处理下比较两种植物的总生物量:向日葵>红苋菜,三种植物激素的使用显著增加了红苋菜、向日葵的生物量,与对照相比具有显著性差异( $P<0.05$ ),三种激素处理对向日葵、红苋菜生物量增加作用一致,其对生物量影响作用由大到小依次为 GA>SA>IAA。在 500 mg·L<sup>-1</sup> 赤霉素处理下,红苋菜、向日葵单株生物量达到最大值,为对照的 3.56 倍、1.89 倍,向日葵的生物量明显高于红苋菜,为红苋菜的 2.06

倍。试验期间依盆中缺水情况不定期浇水,使土壤中的持水量保持在 70%~80%。6 月 3 日收获植株。

试验结果与闻方平<sup>[5]</sup>的研究结果一致,其研究西南地区四种植物对土壤<sup>133</sup>Cs、<sup>88</sup>Sr 胁迫响应时证明四种植物的总生物量:向日葵>萝卜>芥菜>苏丹草。可见,向日葵作为富集植物的优势在于其生物量较大。

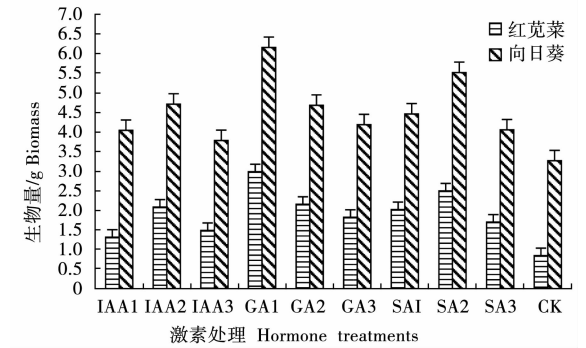


图 1 植物激素处理下向日葵和红苋菜总生物量的比较  
Fig. 1 The comparison of the total biomass of sunflower and amaranth under hormone treatments

2.2 向日葵、红苋菜对<sup>133</sup>Cs 和<sup>88</sup>Sr 积累量的比较

由图 2 可知,植物激素处理下比较两种植物的<sup>133</sup>Cs 和<sup>88</sup>Sr 总含量:向日葵>红苋菜,三种植物激素的使用明显增加了红苋菜、向日葵的<sup>133</sup>Cs 和<sup>88</sup>Sr 总含量,与对照相比具有显著性差异( $P<0.05$ ),3 种激素处理对向日葵、红苋菜<sup>133</sup>Cs 和<sup>88</sup>Sr 总含量作用一致表现为 GA>SA>IAA。500 mg·L<sup>-1</sup> 赤霉素处理下,红苋菜、向日葵对<sup>133</sup>Cs 和<sup>88</sup>Sr 积累量达到最大值,为对照的 5.35 倍和 3.37 倍,向日葵对<sup>133</sup>Cs 和<sup>88</sup>Sr 的积累量明显高于红苋菜,为红苋菜的 4.88 倍。由此可知,由于向日葵的生物量高,所以体内吸收的<sup>133</sup>Cs、<sup>88</sup>Sr 总含量明显高于红苋菜。

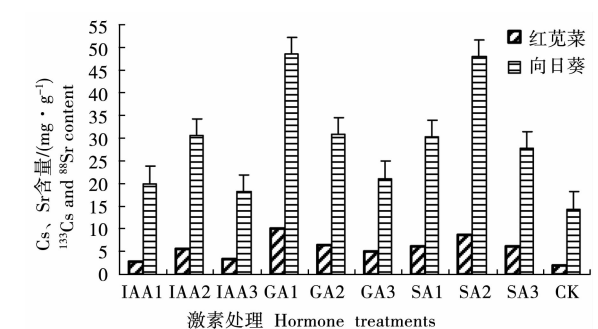


图 2 植物激素处理下向日葵和红苋菜<sup>133</sup>Cs、<sup>88</sup>Sr 含量的比较

Fig. 2 The comparison of the <sup>133</sup>Cs and <sup>88</sup>Sr content of sunflower and amaranth under hormone treatments

### 2.3 向日葵、红苋菜对<sup>133</sup>Cs 和<sup>88</sup>Sr 富集系数的比较

由图 3 可知,植物激素处理下,红苋菜、向日葵对<sup>133</sup>Cs 和<sup>88</sup>Sr 的富集系数均大于 1,向日葵对<sup>133</sup>Cs 和<sup>88</sup>Sr 的富集系数明显高于红苋菜,3 种激素处理对向日葵、红苋菜<sup>133</sup>Cs 和<sup>88</sup>Sr 富集系数影响一致表现为 SA>GA>IAA。100 mg·L<sup>-1</sup>水杨酸处理下,红苋菜、向日葵对<sup>133</sup>Cs 和<sup>88</sup>Sr 富集系数均达到最大值,分别为对照的 1.58 倍和 1.98 倍,此时向日葵对<sup>133</sup>Cs 和<sup>88</sup>Sr 富集系数高于红苋菜的 143.79%。

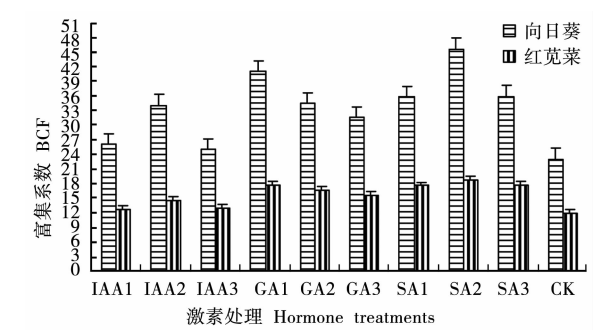


图 3 植物激素处理下向日葵和红苋菜对<sup>133</sup>Cs、<sup>88</sup>Sr 富集系数的比较

Fig. 3 The comparison of the <sup>133</sup>Cs and <sup>88</sup>Sr bioaccumulation factor of sunflower and amaranth under hormone treatments

### 2.4 向日葵、红苋菜对<sup>133</sup>Cs 和<sup>88</sup>Sr 转运系数的比较

由图 4 可知,3 种植物激素的使用显著增加了红苋菜、向日葵的<sup>133</sup>Cs 和<sup>88</sup>Sr 转运系数,与对照相比具有明显性差异( $P<0.05$ ),红苋菜对<sup>133</sup>Cs 和<sup>88</sup>Sr 的转运系数显著高于向日葵,3 种激素处理对向日葵、红苋菜<sup>133</sup>Cs 和<sup>88</sup>Sr 转运系数影响一致表现为 SA>GA>IAA。100 mg·L<sup>-1</sup>水杨酸处

理下,红苋菜、向日葵对<sup>133</sup>Cs 和<sup>88</sup>Sr 转运系数均达到最大值,分别高于对照的 41.77%、29.41% 倍,原因可能是核素铯的化学性质与钾相近,红苋菜是苋科植物,富集钾的能力较强,近而富集铯的能力也较强,说明红苋菜体内有良好的转运机制<sup>[6]</sup>。

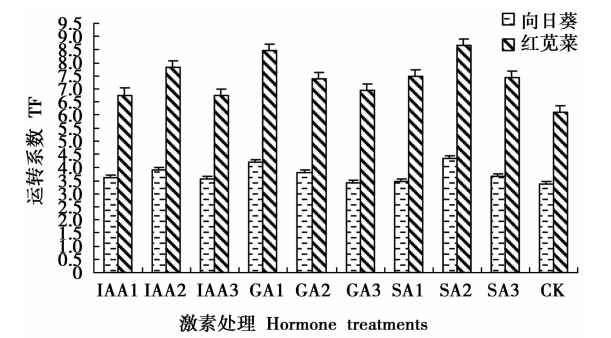


图 4 植物激素处理下向日葵和红苋菜对<sup>133</sup>Cs、<sup>88</sup>Sr 转运系数的比较

Fig. 4 The comparison of the <sup>133</sup>Cs and <sup>88</sup>Sr translocation factor of sunflower and amaranth under hormone treatments

## 3 讨论与结论

研究结果表明,植物激素处理下比较两种植物的总生物量和两种植物的<sup>133</sup>Cs 和<sup>88</sup>Sr 总含量为:向日葵>红苋菜,3 种激素处理对向日葵、红苋菜的生物量和<sup>133</sup>Cs 和<sup>88</sup>Sr 总含量作用一致表现为 GA>SA>IAA,在 500 mg·L<sup>-1</sup>GA 处理下,红苋菜、向日葵单株生物量与<sup>133</sup>Cs 和<sup>88</sup>Sr 总含量达到最大值。可能由于向日葵的生物量显著高于红苋菜,所以向日葵体内吸收的<sup>133</sup>Cs、<sup>88</sup>Sr 总量高于红苋菜。富集系数表示元素在土壤-植株系统中迁移的难易程度<sup>[7]</sup>,显示植株地上部分对<sup>133</sup>Cs、<sup>88</sup>Sr 的吸收能力越强;转运系数表示元素在植株体内转移情况,表明元素从植物根系向地上部分转运的能力的强弱<sup>[8]</sup>。植物激素处理下,红苋菜、向日葵对<sup>133</sup>Cs 和<sup>88</sup>Sr 的转运、富集系数均大于 1,红苋菜对<sup>133</sup>Cs 和<sup>88</sup>Sr 的转运系数显著高于向日葵,而向日葵对<sup>133</sup>Cs 和<sup>88</sup>Sr 的富集系数显著高于红苋菜,三种激素处理对向日葵、红苋菜<sup>133</sup>Cs 和<sup>88</sup>Sr 转运、富集系数影响一致表现为 SA>GA>IAA。100 mg·L<sup>-1</sup>SA 处理下,红苋菜、向日葵对<sup>133</sup>Cs 和<sup>88</sup>Sr 转运、富集系数均达到最大值。可见红苋菜体内有良好的转运机制,对<sup>133</sup>Cs 和<sup>88</sup>Sr 由根部转运至地上部的能力较向日葵强,但其修复效率有待进一步提高。

参考文献：

[1] 巫丹,黄瑞婧. 浅谈污染土壤生物修复技术[J]. 江西化工, 2009,23 (4):48-51.

[2] 吕剑,喻景权. 植物植物激素的作用机制[J]. 植物生理学通讯,2004,40(5):624-628.

[3] Mohd Israr,Shivendra V,Sahi. Promising role of plant hormones in translocation of lead in Sesbania drummondii shoots[J]. Environmental Pollution,2008,153:29-36.

[4] 向言词,官春云,黄璜,等. 植物生长调节剂 IAA、GA 和 6-BA 对芥菜型油菜和甘蓝型油菜富集镉的强化[J]. 农业现代化研究,2010(4):504-508.

[5] 闻方平,王丹,徐长合,等. 苏丹草对<sup>133</sup>Cs 和<sup>88</sup>Sr 胁迫响应及吸收积累特征研究[J]. 辐射研究与辐射工艺学报,2009,27(4):213-216.

[6] 张晓雪,王丹,张志伟,等. 水培条件下绿肥和花卉 10 种植物对<sup>88</sup>Sr 和<sup>133</sup>Cs 的吸收和富集[J]. 北方园艺,2009(10):65-67.

[7] Suhadolc M,Schroll R,Gattinger A,et al. Effects of modified Pb,Zn and Cd-availability on the microbial communities and on the degradation of isoproturnn in a heavy metal contaminated soil [J]. Soil Biology and Biochemistry,2004,36:1943-1954.

[8] Petr Soudek,Sarka Valenova,Zuzana Vavrkova,et al. <sup>137</sup>Cs and <sup>90</sup>Sr uptake by sunflower cultivated under hydroponic conditions [J]. Journal of Environmental Radioactivity,2006,88:236-250.

Comparison of <sup>133</sup>Cs and <sup>88</sup>Sr-Tolerant Capacity of Amaranth and Sunflower Under Hormone Treatments

GUO Meng-lu,SONG Lei

(Department of Life Sciences,Heze University,Heze,Shandong 274015)

**Abstract:** In order to improve the phytoremediation efficiency of plant hormones to pollution soil,the effect of exogenous phytohormones treatments on the <sup>133</sup>Cs and <sup>88</sup>Sr-tolerant capacity of amaranth and sunflower were compared. The results showed that the accumulation ability of phytohormones,<sup>133</sup>Cs and <sup>88</sup>Sr contents were GA>SA>IAA,while the transfer factor,bioconcentration factor of <sup>133</sup>Cs and <sup>88</sup>Sr were SA>GA>IAA. The transfer factor of <sup>133</sup>Cs and <sup>88</sup>Sr in amaranth were obviously higher than sunflower. However,because of larger biomass of sunflower plant ,the absorption dose and bioconcentration factor of <sup>133</sup>Cs and <sup>88</sup>Sr in seedlings of sunflower was larger.

**Keywords:** phytohormones; phytoremediation; <sup>133</sup>Cs; <sup>88</sup>Sr

《黑龙江农业科学》理事会

理事长单位		代表	内蒙古丰垦种业有限公司	董事长	徐万陶
黑龙江省农业科学院	院长	李文华	理事单位		代表
副理事长单位		代表	黑龙江生物科技职业学院	院长	李承林
黑龙江省农业科学院佳木斯水稻研究所			宁安县农业委员会	主任	曾令鑫
	所长	潘国君	农垦科研育种中心哈尔滨科研所	所长	姚希勤
黑龙江省农业科学院五常水稻研究所	所长	张广柱	黑龙江农业职业技术学院	院长	李东阳
黑龙江省农业科学院克山分院	院长	邵立刚	黑龙江职业学院	院长	赵继会
黑龙江省农业科学院黑河分院	院长	魏新民	鹤岗市农业科学研究所	所长	姜洪伟
黑龙江省农业科学院绥化分院	院长	陈维元	伊春市农业技术推广中心	主任	张含生
黑龙江农业经济职业学院	院长	孙绍年	甘南县向日葵研究所	所长	孙为民
中储粮北方农业开发有限责任公司	总经理	戴传雄	萝北县农业科学研究所	所长	张海军
黑龙江省农垦总局	副局长	徐学阳	齐齐哈尔市自新种业有限公司	总经理	陈自新
常务理事单位		代表	黑龙江省农垦科学院水稻研究所	所长	解保胜
勃利县广视种业有限公司	总经理	邓宗环	黑龙江八一农垦大学农学院	院长	杨克军
黑龙江垦丰种业有限公司	总经理	刘显辉	绥化市北林区农业技术推广中心	主任	张树春
黑龙江农业经济职业技术学院	副院长	张季中	黑龙江省齐齐哈尔农业机械化学学校	校长助理	张北成