

间作条件下超积累和非超积累植物对重金属镉的积累研究

霍文敏^{1, 2}, 邹 茸¹, 王 丽¹, 范洪黎^{1*}

[1. 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所 / 农业农村部植物营养与肥料重点开放实验室, 北京 100081; 2. 中国地质大学(北京)土地科学技术学院, 北京 100083]

摘 要: 通过温室盆栽试验, 研究了超积累植物龙葵、非超积累植物黑麦草、苋菜分别与玉米间作条件下对重金属 Cd 的积累特性。结果表明, 几种间作作物中地上部生物量最大的是龙葵, 其次是苋菜, 最小的是黑麦草, 其中土壤 Cd 浓度为 1.59 mg/kg 时, 龙葵地上部生物量分别是苋菜、黑麦草的 2.41、10.6 倍; 土壤 Cd 浓度为 1.92 mg/kg 时, 龙葵地上部生物量分别是苋菜、黑麦草的 2.42、9.06 倍, 3 种富集植物地上部生物量的差异达到显著水平。玉米间作条件下超积累植物龙葵各器官中 Cd 含量表现为叶 > 茎 > 籽粒 > 根, 即地上部大于根部; 而苋菜中 Cd 含量表现为根 > 茎 > 叶, 黑麦草中 Cd 含量表现为根部 > 地上部, 即非超积累植物 Cd 含量为根部大于地上部。土壤中 Cd 含量为 1.59 mg/kg 时, 龙葵地上部 Cd 积累量分别为苋菜、黑麦草的 28.0、59.9 倍; 龙葵的富集系数是苋菜、黑麦草的 28.2、59.3 倍, 转运系数分别是苋菜、黑麦草的 8.08、55.9 倍。土壤中 Cd 含量为 1.92 mg/kg 时, 龙葵地上部 Cd 积累量分别为苋菜、黑麦草的 30.8、43.5 倍; 龙葵的富集系数分别是苋菜、黑麦草的 29.4、41.4 倍, 转运系数分别是苋菜、黑麦草的 7.98、53.6 倍。综上可知, 超积累植物龙葵对土壤中 Cd 的吸收与转运能力远远大于非超积累植物苋菜、黑麦草, 龙葵是最理想的与玉米间作的 Cd 污染土壤修复的植物修复材料。

关键词: Cd; 超积累植物; 非超积累植物; 差异性

据报道, 当前我国约有 1/5 的耕地存在重金属污染, 其中 Cd 污染耕地面积为 1.33 万 hm^2 。有关研究表明, 8 种土壤重金属元素中 Cd 污染概率达 25.2%, 远远高于其他重金属元素^[1]。White 等研究表明, Cd 在植物组织中的浓度达到 5 ~ 10 mg/kg 就会对植物体造成毒害^[2]。由于 Cd 化合物的溶解度高于其他金属化合物, 因此 Cd 在水-土壤-植物系统中具有很强的迁移能力^[3], 且能够通过食物链在人体中积累^[4], 美国毒物管理会(ATSDR)将 Cd 列为人体健康的有毒物质的第 6 位^[5]。植物提取修复技术是利用超积累植物来修复污染土壤或水体的一种成本低、有效的土壤 Cd 修复技术^[6-7], 但由于超积累植物大多生长缓慢、生物量小、大范围推广难度大, 因此急需筛选富集能力强、生物量大、适应性好的重金属 Cd 修复植物^[8]。

目前, 国内外发现的 Cd 超积累植物有 17 种, 且多数为草本植物^[9]。魏树和等通过室外盆栽模拟试验及重金属污染区试验, 首次发现并证实杂草龙

葵(*Solanum nigrum* L.) 是一种 Cd 超积累植物^[10]。龙葵具有抗逆性强、生长迅速以及在环境适宜条件下能够急剧提高等特点, 同时, 当 Cd 浓度为 25 mg/kg 时, 龙葵茎、叶中 Cd 含量分别为 103、124 mg/kg, 地上部 Cd 富集系数为 2.68^[11]。黑麦草(*Lolium perenne* L.), 多年生植物, 具有根系发达、适应性强、生长快、地上部分生物量大、可多次收割的特点^[12-13], 因而在用作重金属修复植物资源方面具有非常大的潜力。杨卓等通过温室盆栽试验表明, 种植黑麦草 3 个月后, 地上部、根部 Cd 含量分别为 5.57、114 mg/kg^[14], 监测黑麦草体内重金属含量的变化发现, 地上部分对 Cd 具有超强的富集能力^[15]。

目前, 国内外 Cd 污染土壤的植物修复中, 对于超积累植物的研究取得了一定的进展^[16], 但是对于间作条件下超积累及非超积累植物不同器官的生长及对 Cd 吸收转运特性的研究还比较少^[17]。本文以超积累植物龙葵和非超积累植物苋菜、黑麦草为研究对象, 采用温室盆栽试验, 研究玉米间作条件下对 3 种植物的生长, 对 Cd 的吸收转运机制以及对 Cd 污染土壤的修复效率, 为今后筛选 Cd 污染土壤中最适宜间作的植物以及提高土壤的修复效率提供依据。

收稿日期: 2018-07-16; 录用日期: 2018-08-14

作者简介: 霍文敏(1992-), 女, 山西交城人, 硕士, 研究方向为重金属污染与修复。E-mail: hwm5391@163.com。

通讯作者: 范洪黎, E-mail: fanhongli@caas.cn。