

根系分泌物对镉生物有效性的影响

吴 启 堂

(华南农业大学)

摘 要

通过凝胶色谱分析和吸附、解吸、扩散、盆栽试验研究表明:玉米根系水溶性有机分泌物与镉的络合可达128mmole/100g,新鲜根系分泌物减少土壤对镉的吸附,提高其扩散性,但经培养分解后则起相反作用。施用铵态氮显著降低根际土壤pH,增加土壤可解吸性镉和植株吸镉量,施用硝态氮肥则相反。

土壤中有害重金属在土壤—植物系统中的迁移问题,前人已做过许多工作^[1,2],但有关根系分泌物和根际土壤对其迁移特征的影响报道尚少^[3]。Morel等人证实了玉米根系分泌物与重金属络合物的存在^[3,4]。本文将探讨水溶性根系分泌物与镉的络合作用,根系分泌物对根际土壤镉的吸附性、解吸性和扩散性的影响以及植物对镉的吸收。

一、材料和方法

(一)根系分泌物收集和处理

根系分泌物的收集采用两种方法^[3]:一是从无菌栽培玉米植株的营养液中浓缩;二是从第一批大田玉米气根上吸取。对于用第一种方法收集的根系分泌物,在氮气压力下过滤(孔径0.45 μ m)将其分离成可溶性和不可溶性两部分。根系分泌物经冻干后贮存在冷冻箱中。

(二)根系水溶性分泌物与镉络合作用研究

将¹⁰⁸Cd标记的浓度为442 μ mol的Cd(NO₃)₂溶液和水溶性玉米根系分泌物混合,24小时后用凝胶色谱“Sephadex G—50”分离^[5]。测定不同渗出时间内渗出液中的¹⁰⁸Cd放射性强度,并与无根系分泌物的Cd(NO₃)₂溶液对比,则可知络合态镉的数量。

(三)根系分泌物与土壤混合体的吸附扩散试验

1. 根系分泌物与土壤的混合

将相当于每公斤干土400mg C,从玉米气根上采集的根系分泌物与一种中壤质地的淋溶性棕壤混合,加水至田间持水量,在25℃条件下培养2周,而后凉干。不经培养的混合体则在各项测定前即时混合,根系分泌物加入量减至200mgC·kg⁻¹干土。

2. 镉吸附试验

将不同浓度标记的¹⁰⁸Cd(NO₃)₂溶液与上述土壤混合体混合振荡24小时,离心、过滤,测定留在溶液中的镉。

3. 镉扩散试验

镉在上述土壤混合体中的扩散系数用修改的Schofield和Graham—bryce^[1,3]方法测定,即在一个45mm长,24mm内直径的透明扩散管内,将用¹⁰⁸Cd标记的土体和未标记的同样土体在16℃、水汽饱和的恒温箱中紧密接触2周,再测定扩散到未标记土体中的¹⁰⁸Cd,

并计算出扩散系数^[6]。

(四)不同氮素形态影响下的根际土壤的化学分析

在一个镉污染的土壤上,施用不同氮素形态进行黑麦草盆栽试验^[7]。测定黑麦草总根长和计算出根与根之间的平均距离,并取样分析土壤 pH 和在不同水土比条件(1:1,2:1,5:1和10:1)下的土壤溶液镉浓度,再计算出土壤镉的解吸特征常数^[6]。

二、结 果

(一)可溶性根系分泌物与镉的络合作用

水溶性根系分泌物与镉混合液比对照溶液早流出约 100 分钟(平均流速为 1ml min⁻¹)且在 50 分钟时流出的那 5ml 溶液含镉量最高,达总加镉量的 59%左右。对照溶液渗出液含镉量分布较均匀。两种处理相比可知,在该试验条件下,约 70% 的镉与水溶性根系分泌物络合而提早渗出,相当于 128m mole/100g 根系分泌物。

表 1 玉米根系分泌物对土壤
镉吸附扩散特征的影响

土壤处理	对 照	不培养	培 养
Langmuir 方程回归 相关系数 r(n=4)	0.994	0.999	0.997
最大吸附量MBA (mmole 200g ⁻¹)	3.59	3.55	3.37
平均稳定常数	7.34	4.70	7.88
扩散系数 D(10 ⁻⁶ cm ² .s ⁻¹)	0.53b*	1.90c	0.20a

* 带有相同字母的平均值之间无显著差异(c=0.05)

(二)根系分泌物对土壤镉吸附的影响

与未加根系分泌物的土壤相比,根系分泌物的存在减少了土壤对镉的 吸 附(表 1)。但是,经过一个培养过程分解后,根系分泌物反而加强土壤对镉的吸附,稳定常数有所提高。

(三)根系分泌物对土壤镉扩散性的影响

与根系分泌物对土壤镉吸附性的影响相对应,未分解的根系分泌物显著增加镉的扩散作用(表 1),但是,根系分泌物经培养分解后,反而降低镉的扩散性。

表 2 氮素形态对镉解吸特征和植物吸镉量的影响

氮素形态	pH	镉解吸特征常数*			黑 麦 草	
		溶液浓度 (水:土=1:1)	下降趋势	可解吸性镉含量	产 量 (克/盆)	吸 镉 量 (微克/盆)
NH ₄ ⁺	5.5	41.5	0.79	413	4.17	50.0
NO ₃ ⁻	6.8	8.95	0.46	196	4.17	23.2

* 溶液的浓度单位为: μgCdL⁻¹.
可解吸性镉含量的单位为: μgCdkg⁻¹ 干土.

在试验结束时,黑麦草总根长为 840m,土体体积约为 0.8dm³,即根与根之间的平均距离小于 1mm,因而盆中土壤可视为根际土壤。测定结果表明,施用铵态氮的土壤其 pH 低于施用硝态氮的 1.3 个 pH 单位(表 2)。施用铵态氮的土壤与施用硝态氮的土壤相比,前者土壤溶液镉浓度显著较高,但随溶液的稀释(水:土增大)下降得也快,即缓冲能力较差。土壤可解吸性镉含量和植物吸镉量,前者较后者高出一倍多。

三、讨 论

前人的结果认为^[3],玉米根系不溶性大分子分泌物与镉的亲合力低于铅和铜,本试验结

果表明, 其水溶性小分子分泌物与镉的络合作用较强。镉与根系分泌物的这种络合特征有利于它在根际的移动, 可能是导致它比其它重金属较易向植物体迁移的原因之一。

土壤中镉的吸附性, 扩散性受到根系分泌物的影响, 且与根系分泌物的分解程度有关, 因此, 在不同的根区, 不同的生长时间, 根系分泌物所起的作用是有差异的。

根际环境的理化性状, 如 pH, 受到施肥的影响, 也必然会影响到重金属的生物有效性。因此, 重金属对食物的污染程度或解毒机制与植物因素和农业措施有关, 我们应当加以考虑和利用。

参 考 文 献

- [1] 高拯民主编, 土壤—植物系统污染生态研究, 中国科学技术出版社, 1986。
- [2] Adriano, D. C., Trace Elements in Terrestrial Environments, Springer-Verlag INC., New York, 1986.
- [3] Morel, J. L. et al., Biol. Fert. Soils, 2: 29—34, 1986.
- [4] Morel, J. L. et al., Oecol. Plant, 4: 363—376., 1983.
- [5] Porath, J. and P. Flodin, Nature, 183: 1657—1659, 1959.
- [6] Wu, Q. T., Biodisponibilité du Cadmium dans les Systèmes Solplante, Thèse de Doctorat de l'INPL, p.101, Nancy, France, 1989.
- [7] Wu, Q. T. et al., C. R. Acad. Sci., Serie III, 309: 215—220, 1989.

(上接第 251 页)

参 考 文 献

- [1] Rice, E. J., Allelopathy (second edition), Academic, Orlando, FL., 1984.
- [2] Patterson, D. T., Weed Sci., 29: 53, 1981.
- [3] Tang, C. S. and C. C. Young, Plantphysiol., 69: 155, 1982.
- [4] Scharff, T. G. and A. C. Perry, Proc. Soc. Exp. Biol., 151: 72, 1976.
- [5] Lee, T. T. et al., phytochem., 21: 517, 1982.
- [6] Putnam, A. R. and C. S. Tang, ed. The Science of Allelopathy, John Willey and Sons, New York.
- [7] Jain, A. and H. S. Srivastava, physiol. plant., 51: 339, 1981.
- [8] Danks, M. L. et al., Am. J. Bot., 62: 311, 1975.
- [9] Lorber, P. and W. H. Muller, Compar. physiol. Ecol., 5: 68, 1980.
- [10] Neave, I. A. and J. O. Dawson, J. Chem. Ecol., 15: 1823, 1989.
- [11] Arntzen, C. J. et al. Plant physiol., 52: 569, 1974.
- [12] Lyu, S. W. and U. Blum, J. Chem. Ecol., 16: 2429, 1990.
- [13] Bates, C. W. and M. H. N. Goldsmith, Planta, 159, 231, 1983.
- [14] Balke, N. E. In: A. C. Thompson ed. The Chemistry of Allelopathy. American Chemical Society, Washington, D. C., 9161, 1985.
- [15] Klein, K. and U. Blum, J. chem. Ecol., 16: 455, 1990.
- [16] Lovett, J. V. et al., J. Chem. Ecol., 15: 1193, 1989.