维普资讯 http://www.cqvip.com

93—96 镉；锌；复合污染；小麦；生理； 1810(15)

第12卷 第1期 生 态 学 报 Vol.12, No.1
1992年3月 ACTA ECOLOGICA SINICA Mar., 1992

不同化合形态镉、锌及其复合污染对小麦生理的影响

EFFECTS OF THE DIFFENTIAL CADMIUM COMPOUNDS AND THEIR INTERACTION ON THE WHEAT (*Triticum aestivun* L.)

余国莹，吴玉树 X171

自从发现镉能导致骨痛病和水俣事件发生以来，重金属污染问题一直被予以高度的重视。迄今单元素镉、锌对植物生长发育的影响及其毒害机理已从各个方面进行了探讨。但在自然界中，由于镉、锌具有相近的核外电子构型、发生同晶代替，镉共生于铅、锌矿中，在土壤中呈现的形态亦多种多样，而不同化合形态镉、锌及其复合污染对植物影响的研究尚未见报道。本文即以842-849品种冬小麦 (*Triticum aestivum* L.)为材料探讨了土壤中不同化合物形态镉、锌及其复合作用对植物的影响及其与植物吸收富集镉、锌的关系，进而分析镉、锌相互作用的规律。

一、实验方法

1. 实验设计和条件 （1）设计：大田实验和室内盆栽模拟相结合。（2）条件：供试土壤为红棕壤，含N 1.64%、P 0.119%、有机质2.764%、pH6.85、Cd 0.84ppm、Zn 40.74ppm。（3）处理方式：均采用直播式，至小麦幼苗三叶期时采用一次性污灌，不同镉化合物($CdCl_2$、$C_4H_4O_6Cd$、$CdCO_3$)的处理浓度为50ppm，然后分别加入梯度为对照。100、500、1000、2000ppm的Zn($ZnSO_4$)，包括单锌处理共4组20个组合，污染20天后，开始生理指标的测试，以及成熟时植株中重金属的含量。

2. 测试指标及分析方法 土壤N(凯氏定氮法)、P(钼蓝比色法)、有机质(重铬酸钾容量法)，叶绿素含量(分光光度法)、光合强度（*FQW-CO_2*红外分析仪测试)、并用*Iditachi* 180-50*AAS*分析了小麦各部位的重金属含量。

二、结果及分析

1. Cd、Zn及其复合作用对小麦生理指标的影响

（1）对幼苗叶片叶绿素含量的影响 100ppm 单Zn处理的叶绿素a含量增加了18%，而500，1000，2000 ppm Zn 加入后，叶绿素a含量均低于对照，表明高浓度的Zn对叶绿素的代谢有毒害作用，对叶绿素b和叶绿素a + b的影响与叶绿素a的变化类似(见表1)。叶绿素含量对土壤Cd反应敏感，从表2可以看出，不同化合形态Cd加入后，$C_4H_4O_6Cd$对叶绿素a影响最大，$CdCO_3$对叶绿素b的影响最大，而$CdCl_2$对叶绿素a + b的影响最大，这些均是它们在土壤-植物系统中迁移、积累、代谢的差异而引起的。

在Zn和Cd复合处理中，100 ppm Zn均使Cd化合物的毒性减弱，叶绿素含量上升，而高浓度Zn加入后，$CdCl_2$对其影响较稳定，而$C_4H_4O_6Cd$和$CdCO_3$处理组的毒性增强，并且$C_4H_4O_6Cd + Zn$的毒性大于$CdCO_3 + Zn$的毒性，其机理有待于进一步研究。

（2）对小麦光合作用的影响 Zn的加入使小麦幼苗叶片光合强度增大，其值均大于对照，但2000 ppm Zn处理已表明高浓度Zn对光合作用有抑制作用。50 ppm Cd处理均使小麦的光合强度有所降低，

本文于1990年12月3日收到。

维普资讯 http://www.cqvip.com

表 1 对幼苗叶片叶绿素含量的影响*(mg chl/g F.W.)

Table 1 The effects of Cd, Zn and their interaction on the chorophyll

a

Cd \ (Zn^{2+})ppm	对照 Controst	100	500	1000	2000
对照 Contrast	0.992	1.202	0.764	0.765	0.742
$CdCl_2$	0.693	0.750	0.714	0.750	0.717
$CdCO_3$	0.724	0.769	0.608	0.629	0.615
$C_4H_4O_6Cd$	0.654	0.708	0.627	0.567	0.510

b

Cd \ (Zn^{2+})ppm	对照 Contrast	100	500	1000	2000
对照 Contrast	0.565	0.762	0.529	0.483	0.452
$CdCl_2$	0.253	0.387	0.306	0.320	0.307
$CdCO_3$	0.226	0.253	0.261	0.274	0.260
$C_4H_4O_6Cd$	0.306	0.343	0.264	0.248	0.331

c

Cd \ (Zn^{2+})ppm	对照 Contrast	100	500	1000	2000
对照 Contrast	1.564	1.964	1.293	1.247	1.193
$CdCl_2$	0.946	1.137	1.027	1.067	1.024
$CdCO_3$	0.957	1.203	0.876	0.903	0.874
$C_4H_4O_6Cd$	0.961	1.052	0.888	0.817	0.841

* a-对叶绿素a的影响(chl a)，b-对叶绿素b的影响(chl b)，c-对叶绿素a+b的影响(chl a+b)。

$CdCl_2$ 和 $C_4H_4O_6Cd$ 的影响较大，$CdCO_3$ 处理与对照相比没有显著差别。在 Cd、Zn 复合处理中，100ppmZn的施用均使 50 ppm Cd 对小麦的影响有所减少，但高浓度的 Zn 加到不同化合形态中，结果随Cd 形态的不同而不同，$CdCl_2$ + Zn 所产生的影响较稳定，而高浓度的Zn与$CdCO_3$和 $C_4H_4O_6Cd$ 共同处理时，其光合强度显著降低，Zn 的加入加剧了$CdCO_3$和$C_4H_4O_6Cd$的毒害，并以 $C_4H_4O_6Cd$ 表现尤为突出(表 3)。

从方差分析的结果来看，不同化合形态 Cd 之间 $F = 7.7 > F_9^8(0.01) = 7$，Zn处理间 $F = 6.1 > F_{12}^6(0.01) = 5.4$，Zn、Cd连应 $F = 3.0 > F_{30}^{12}(0.01) = 2.8$，说明小麦叶片的光合强度不仅因 Cd的化合形态和Zn的处理浓度不同而异，而且Cd和Zn之间存在着强烈的相互作用。

表 2 不同镉化合物对叶绿素的影响

Table 2 The effects of the differential cadmium compounds on the content of the chlorophyll

镉形态 (50 ppm) (Cd Form)	叶绿素 a (Chl a, %)	叶绿素 b (Chl b, %)	叶绿素总量 (Chla+b, %)
对照 (Contrast)	100	100	100
$CdCl_2$	79	44.8	62
$CdCO_3$	83	40	62.6
$C_4H_4O_6Cd$	66	54	53

2. Cd、Zn及其相互作用与植物吸收富集Cd、Zn的关系

不同化合形态Cd 处理中，植株不同部位含Cd量均为根＞茎叶＞籽粒，转移到地上部分的Cd量以$CdCl_2$

表 3　镉、锌及其相互作用对光合强度的影响(mg CO_2/h·g·F.W.)

Table 3　The effects of Cd, Zn and Cd-Zn interaction on the photosynthesis intensity

Cd \ (Zn^{2+})ppm	对照 (Contrast)	100	500	1000	2000
对照 (Contrast)	22.2	30.6	27.6	24.4	19.6
$CdCl_2$	20.8	27.6	19.4	22.4	20.6
$CdCO_3$	22.4	24.8	22.6	22.4	17.5
$C_4H_4O_6Cd$	21.4	22.6	20.4	18.7	17.6

处理转移的最多，其次为$C_4H_4O_6Cd$，$CdCO_3$转移得最少。在土壤Zn处理中，植物体内含Zn量与土壤Zn处理浓度成正相关，且根>茎叶>籽粒，其回归方程和相关系数分别为：

根：　$y = 4.34e^{2.4*10^{-4}x}$　　$r = 0.8265$

茎叶：　$y = 3.4e^{4.6*10^{-4}x}$　　$r = 0.8799$

籽粒：　$y = 24.3385 + 0.0071x$　　$r = 0.967$

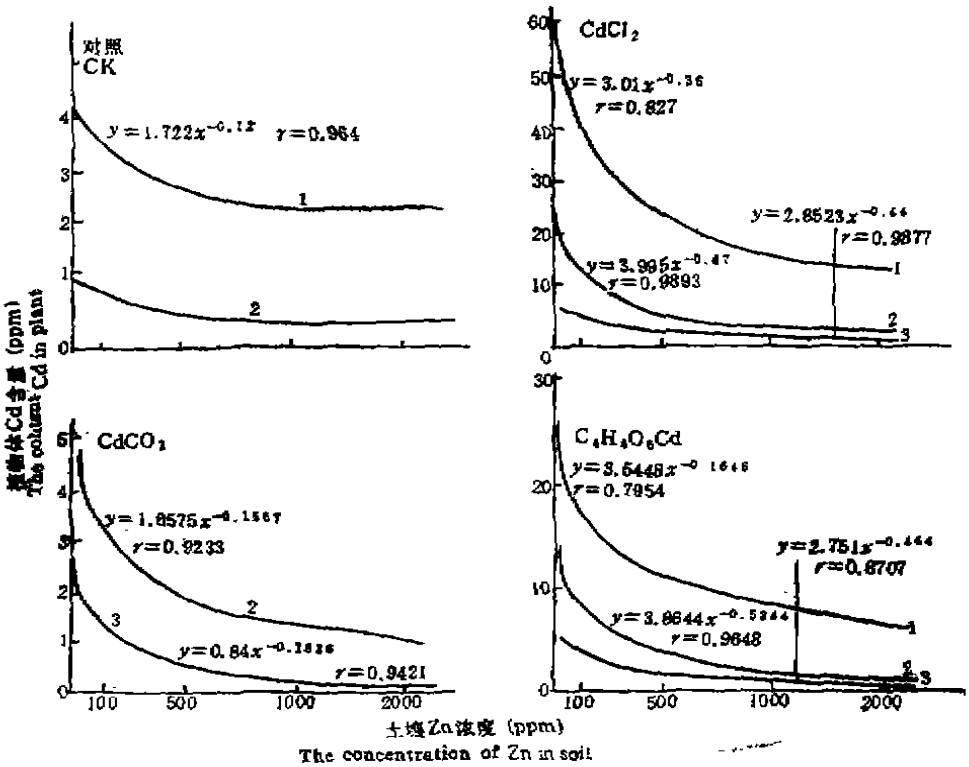

图 1　植物镉富集量与土壤Zn浓度的关系

1. 根，2. 茎叶，3. 籽粒

Fig. 1　The relationship of the accumulation of Cd in the plant to the concentration of Zn in the soil

1. roots, 2. shoots, 3. seeds.

维普资讯 http://www.cqvip.com

在Cd、Zn复合处理中，不同化合形态Cd处理加入Zn以后，植物体Cd含量下降(图1)，说明Zn对植物吸收Cd有拮抗作用，植物体内Cd含量与Zn处理浓度呈负相关；在对照处理(Zn浓度为40ppm)中，不同Cd化合物的加入，增加了植物吸收Zn的能力，而加入Zn以后则相反，说明Cd对低浓度Zn向植物体内转移具有协同作用，而对高浓度Zn则具有拮抗作用。

余国莹
Yu Guo-Ying
(河南师范大学生物系，新乡)
(*Department of Biology, Henan Normal University, Xinxiang*)

吴玉树 王焕校
Wu Yu-Shu Wang Huan-Xiao
(云南大学生物系，昆明)
(*Department of Biology, Yunnan University, Kunming*)

欢 迎 订 阅

英文版《环境科学学报》
Journal of Environmental Sciences (China)

英文版《环境科学学报》—Journal of Environmental Sciences (China)是中国科学院环境科学委员会生态环境研究中心主办的我国第一份英文版环境科学综合性学术刊物，由科学出版社(纽约公司)出版发行。本刊主要反映中国环境科学的研究成果、部分刊登国外学者的来稿，内容包括研究论文、研究简报和技术简报、综述或专论、国际会议消息及环境信息，读者对象主要是国内外从事环境科学研究的科研、技术工作者、管理者及高等院校的师生。所刊内容已由国内外主要文摘刊物收录。本刊编辑部热忱欢迎来稿及订阅本刊。

编辑部地址：北京2871信箱，邮政编码：100085

《生态学报》

《生态学报》是中国生态学会主办的国家一级学术刊物，创刊于1981年。《生态学报》旨在反映我国生态学的研究成果，促进国内外学术交流，为我国生态学发展服务。

《生态学报》刊载有关生态学的创造性研究成果、研究简报、专题论述和问题讨论；生态学新理论、新方法、新技术介绍；生态学出版物评介和学术动态。特别优先刊登对实现四个现代化有重要意义的著作和能反映现代生态学发展方向的综合性文章。读者对象为从事生态学研究的科研技术工作者、广大干部及高等院校师生。

本刊为季刊，16开本，96页

全国各地邮局发行，邮发代号8—136

国外代号：Q583

编辑部地址：北京2871信箱，

邮政编码：100085