

$\text{Cu}(\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2)_2\text{Cl}_2$ 对小麦的生态毒理效应

陈怡平^{1, 2}, 刘永军³

(1. 中国科学院地球环境研究所, 陕西 西安 710075; 2. 西安工程科技学院生物工程系, 陕西 西安 710048;
3. 西安建筑科技大学环境科学学院, 陕西 西安 710054)

摘要: 以冬小麦为实验材料, 比较研究了 (1) 不同浓度配合物对小麦生长的影响; (2) 相同浓度的 CuCl_2 、配体 $\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2$ 和配合物 $\text{Cu}(\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2)_2\text{Cl}_2$ 对冬小麦种子萌发、苗期生长及其保护酶活性的影响。结果表明: 与对照相比, (1) 不同浓度新配合物对小麦生长具有不同程度的抑制作用, 随着浓度的增高抑制作用逐渐增大; (2) CuCl_2 、配合物 $\text{Cu}(\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2)_2\text{Cl}_2$ 对小麦种子总淀粉酶活性、蛋白酶活性、萌发率、生长势、根长、株高、总生物量均具有显著的抑制作用, 配合物 $\text{Cu}(\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2)_2\text{Cl}_2$ 的抑制作用小于 CuCl_2 , 而配体 $\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2$ 对上述生物学参数具有促进作用; (3) CuCl_2 、配合物 $\text{Cu}(\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2)_2\text{Cl}_2$ 处理引起膜脂过氧化, 显著的提高了幼苗的 MDA 浓度, 导致 SOD、POD、CAT 活性降低, CuCl_2 的抑制作用大于配合物 $\text{Cu}(\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2)_2\text{Cl}_2$, 而配体 $\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2$ 处理对 SOD、POD、CAT 活性的提高有促进作用。上述结果说明 $\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2$ 对 CuCl_2 生理胁迫具有保护作用, 结合态的 Cu^{2+} (配合物 $\text{Cu}(\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2)_2\text{Cl}_2$) 的毒性显著的降低。在此基础上探讨了配合物抑制小麦生长发育的生物学机制。

关键词: 小麦; $\text{Cu}(\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2)_2\text{Cl}_2$; 抗氧化酶; 生态毒理效应

文章编号: 1000-0933(2005)11-3107-05 **中图分类号:** Q 945.12 **文献标识码:** A

Elementary study on eco-toxicological effects of $\text{Cu}(\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2)_2\text{Cl}_2$ treatment in wheat

CHEN Yi-Ping^{1, 2}, LU Yong-Jun³ (1. Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Science, Xi'an, 710075, China; 2. Department of Bioengineering, Xi'an University of Engineering Science and Technology, Xi'an, 710048, China; 3. College of Environment Science, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an, 710054, China). Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(11): 3107~ 3111

Abstract The aim of our investigation was to measure the effects of $\text{Cu}(\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2)_2\text{Cl}_2$ in wheat system. The wheat seeds were subjected to different concentration of $\text{Cu}(\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2)_2\text{Cl}_2$ ($0\mu\text{mol/L}$, $50\mu\text{mol/L}$, $100\mu\text{mol/L}$ and $150\mu\text{mol/L}$) & the same concentration of CuCl_2 , $\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2$ and $\text{Cu}(\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2)_2\text{Cl}_2$. Then changes in a number of chosen physiological and biochemical characters and in the growth were measured in this experimental system. Our results revealed that in seedlings have been exposed to different concentration of $\text{Cu}(\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2)_2\text{Cl}_2$ ($0\mu\text{mol/L}$, $50\mu\text{mol/L}$, $100\mu\text{mol/L}$ and $150\mu\text{mol/L}$) & the same concentration of CuCl_2 , $\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2$ and $\text{Cu}(\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2)_2\text{Cl}_2$ (1) the growth development was decreased differently with different concentration of $\text{Cu}(\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2)_2\text{Cl}_2$; moreover, the inhibition role of different concentration of $\text{Cu}(\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2)_2\text{Cl}_2$ was increased little by little; (2) the germination parameters (e.g. the activities of amylase and proteinase, germination capacity), seedlings growth parameters (e.g. growth potential, root length, biomass) were decreased significantly by CuCl_2 and $\text{Cu}(\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2)_2\text{Cl}_2$ treatments. The decrease degree of CuCl_2 was bigger than that of $\text{Cu}(\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2)_2$, however, $\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2$ could improve above-mentioned parameters (e.g. the activities of amylase and proteinase, germination capacity, growth potential, root length, biomass); (3) Compared with the control, the activities of SOD, CAT and POD were significantly decreased by CuCl_2 and $\text{Cu}(\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2)_2\text{Cl}_2$ treatments, while MDA concentration was enhanced notably. Furthermore, the SOD, CAT and POD activities of $\text{Cu}(\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2)_2\text{Cl}_2$ were higher than that of CuCl_2 . The activities of SOD, CAT and POD, However, were significantly enhanced by $\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2$, and resulted in decrease in MDA concentration. These results suggest that $\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2$

基金项目: 国家 973 重点基础研究发展规划资助项目 (2004CB720203); 中国博士后科学基金资助项目 (2005037245)

收稿日期: 2004-11-18; **修订日期:** 2005-07-28

作者简介: 陈怡平 (1968~), 男, 陕西人, 博士, 主要从事环境毒理学与环境生物学研究. E-mail: nwuchyp618@eyou.com

Foundation item: National 973 Project (No. 2004CB720203); Project of CPSF (No. 2005037245)

Received date: 2004-11-18; **Accepted date:** 2005-07-28

Biography: CHEN Yi-Ping, Ph.D., mainly engaged in ecology toxicology & environment biology. E-mail: lifesci@ieecas.cn

protect wheat from CuCl_2 damage

Key words: wheat; $\text{Cu}(\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2)_2\text{Cl}_2$; antioxidative enzymes; toxicological ecology

嘧啶类化合物有很高的生理活性,它具有抗菌、杀虫除草及调节植物生长发育等作用^[1~3]。因此,嘧啶类化合物一直受到化学、农药和医药界的广泛关注。有研究表明,将嘧啶及其衍生物作为有机配体与金属离子形成配合物后,不仅可以延长原药物的活性、持效性,而且能够降低对哺乳动物的毒性^[4]。另外,有文献报道 2-氨基嘧啶与过渡金属形成的配合物具有良好的抗癌效果^[5]。最近,有人首次以 2-氨基-4,6-二甲氧基嘧啶($\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2$)为配体与 $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 合成出新配合物 $\text{Cu}(\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2)_2\text{Cl}_2$,旨在作为一种新型生长调节剂和农药应用于农业生产。但是这种配合物是否可以作为生长调节剂或农药在农业生产中推广应用,这些问题尚无定论。为了探讨这个问题,本文以冬小麦为实验材料,以自然水体中 Cu^{2+} 浓度(0~1090 $\mu\text{mol/L}$)为依据^[6],研究了 3 种不同浓度配合物处理对小麦生长的影响。为了进一步探讨其对生物的作用机制,本文主要比较研究了浓度为 100 $\mu\text{mol/L}$ CuCl_2 、配体 $\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2$ 和其配合物对小麦种子萌发、幼苗生长以及幼苗抗氧化酶活性的影响,为这种新配合物在农业上利用提供生物学基础。

1 材料与方法

1.1 材料

以冬小麦(*Triticum aestivum* L.)93-4736 为实验材料,山西农业科学研究院小麦研究所提供。 $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 与 2-氨基嘧啶均为分析纯,新配合物 $\text{Cu}(\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2)_2\text{Cl}_2$ 由西北大学李丽合成提供。

1.2 方法

1.2.1 种子萌发 不同浓度配合物对小麦生长发育影响的实验设 0 $\mu\text{mol/L}$ 配合物处理组(对照组,在图 1 中以 0 $\mu\text{mol/L}$ 表示),50 $\mu\text{mol/L}$ 配合物处理组(在图 1 中以 50 $\mu\text{mol/L}$ 表示),100 $\mu\text{mol/L}$ 配合物处理组(在图 1 中以 100 $\mu\text{mol/L}$ 表示)和 150 $\mu\text{mol/L}$ 配合物处理组(在图 1 中以 150 $\mu\text{mol/L}$ 表示)。

相同浓度的 CuCl_2 、配体 $\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2$ 和配合物 $\text{Cu}(\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2)_2\text{Cl}_2$ 对冬小麦种子萌发、苗期生长及其保护酶活性的影响的实验设:对照组(CK), CuCl_2 处理组,2-氨基-4,6-二甲氧基嘧啶($\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2$)处理组和配合物 $\text{Cu}(\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2)_2\text{Cl}_2$ 处理组。选取籽粒饱满、大小均匀的小麦种子,用清水浸种 30 min,然后培养在垫有两层滤纸的培养皿内,30 粒/皿,每组 3 个平行皿(实验重复 5 次)。对照组浇 10 mL 蒸馏水,处理组每皿分别

浇 100 $\mu\text{mol/L}$ CuCl_2 、2-氨基-4,6-二甲氧基嘧啶和配合物溶液 10 mL,以后每天补充 2 mL 水,培养于人工气候室内(515HD, USA),温度为 25 $^{\circ}\text{C}$,光照时间为 10 h $\cdot$ d⁻¹,光照强度为 220 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,相对湿度为 75%。

1.2.2 萌发统计及生物量的测定 把萌发 6 d 的小麦幼苗在烘箱(KW-1)中烘干(80 $^{\circ}\text{C}$),然后在电子天平上称量对照组及各处理组的干重。每组 30 株幼苗干重称为生物量。发芽结束时统计各组的发芽数,以其百分比表示发芽率,测定胚芽鞘长,以其平均值表示生长势^[7];测定各组根的发育状况(长度)。

1.2.3 生化指标的测定 淀粉酶活性的测定参照文献^[8],蛋白酶活性的测定参照文献^[9],实验材料均为萌发 1 d 的种胚。MDA 浓度的测定参照文献^[10],SOD 酶活力的测定参考文献^[11],CAT 酶活力的测定参考文献^[12],POD 酶活力的测定参考文献^[13],实验材料均为萌发 6 d 的幼苗的叶片。

1.2.4 统计分析 文中数据均为 5 次实验的平均值。显著性差异在 $p < 0.05$ 水平,分析采用 ANOVA 进行检验。

2 结果与分析

2.1 不同浓度配合物对幼苗生长的影响

从图 1 可以看出,不同摩尔浓度的配合物对小麦种子生长势、根长和株高的影响完全不同。随着配合物质浓度的增加,其抑制作用越来越大。与对照相比(0 $\mu\text{mol/L}$ 处理),50 $\mu\text{mol/L}$ 处理生长势降低 4.5% ($p < 0.05$),根长发育降低 30% ($p < 0.05$),株高降低 8.0% ($p < 0.05$)。100 $\mu\text{mol/L}$ 处理生长势降低 7.8% ($p < 0.05$),根长发育降低 80.8% ($p < 0.05$),株高降低 30.6%

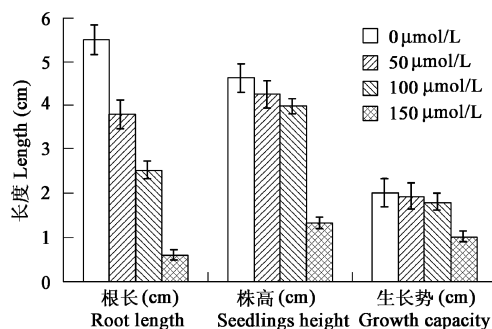


图 1 不同浓度配合物对小麦生长发育的影响

Fig. 1 Influence of different concentration of $\text{Cu}(\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2)_2\text{Cl}_2$ on the growth development of wheat

($p < 0.05$)。150 $\mu\text{mol/L}$ 处理生长势降低 49.8% ($p < 0.05$), 根长发育降低 89% ($p < 0.05$), 株高降低 71% ($p < 0.05$)。

2.2 对小麦种子萌发生长的影响

从表 1 可以看出, 相同摩尔浓度的 CuCl_2 配体及其配合物对小麦种子萌发过程的影响程度完全不同。与对照相比, CuCl_2 处理对小麦种子萌发具有显著的抑制效果, 其淀粉酶活性降低 18.3% ($p < 0.05$), 蛋白酶活性降低 37% ($p < 0.05$), 萌发率降低 24% ($p < 0.05$), 生长势降低 7.8% ($p < 0.05$), 根的发育速率(以根的长度衡量)降低 80.8% ($p < 0.05$), 株高降低 30.6% ($p < 0.05$), 总生物量降低 20% ($p < 0.05$)。而配体 $\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2$ 处理对小麦种子萌发和幼苗生长具有促进作用。其淀粉酶活性提高 8.3% ($p < 0.05$), 蛋白酶活性提高 3.2% ($p < 0.05$), 萌发率提高 5% ($p < 0.05$), 生长势提高 13.9% ($p < 0.05$), 根发育速率提高 5.1% ($p < 0.05$), 株高升高 29.8% ($p < 0.05$), 总生物量提高 5.72% ($p < 0.05$)。但 CuCl_2 与配体合成的配合物对小麦种子萌发的抑制作用明显小于 CuCl_2 处理组。与对照相比, 配合物淀粉酶活性降低 8.3% ($p < 0.05$), 蛋白酶活性降低 29% ($p < 0.05$), 萌发率降低 17% ($p < 0.05$), 生长势降低 4.66% ($p < 0.05$), 根发育速率降低 52% ($p < 0.05$), 株高降低 10% ($p < 0.05$), 总生物量降低 5.71% ($p < 0.05$)。

表 1 CuCl_2 配体及其配合物对小麦种子萌发生长的影响

Table 1 Effects of CuCl_2 , $\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2$ and $\text{Cu}(\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2)_2\text{Cl}_2$ on seeds germination and growth of wheat				
项目 Item	对照组 CK	氯化铜处理组 CuCl_2	甲氧基嘧啶处理组 $\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2$	配合物处理组 $\text{Cu}(\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2)_2\text{Cl}_2$
淀粉酶活性 Amylase activity (mg/g F.W)	0.60 ± 0.015b	0.49 ± 0.012d	0.65 ± 0.01a	0.55 ± 0.011c
蛋白酶活性 Proteinase activity (U/g F.W)	5.00 ± 0.80b	3.15 ± 0.56d	5.16 ± 0.60a	3.55 ± 0.51c
种子萌发率 Germination percentage (%)	84.00 ± 5.10b	60.00 ± 5.50d	89.00 ± 6.80a	67.00 ± 5.00c
生长势 Growth capacity (cm)	1.93 ± 0.10b	1.78 ± 0.09d	2.20 ± 0.16a	1.84 ± 0.12c
根长 Length of root (cm)	5.25 ± 0.36b	1.01 ± 0.22d	5.52 ± 0.45a	2.52 ± 0.11c
幼苗高度 Height of seedlings (cm)	4.62 ± 0.15b	3.21 ± 0.23d	6.00 ± 0.43a	3.98 ± 0.16c
总生物量 Total biomass (g)	1.75 ± 0.18b	1.40 ± 0.15d	1.85 ± 0.10a	1.60 ± 0.07c

表中数据为 5 次实验的平均值, 每一排带有不同字母表示在 $p < 0.05$ 水平具有显著差异 Data are means and S.E. of five replicates; Means with different letters were significantly differently at the 0.05 level ($n = 5$)

表 2 CuCl_2 配体及其配合物对小麦幼苗抗氧化酶活性的影响

Table 2 Effects of CuCl_2 , $\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2$ and $\text{Cu}(\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2)_2\text{Cl}_2$ on the activity of defense enzymes in wheat seedlings				
项目 Item	对照组 CK	氯化铜处理组 CuCl_2	甲氧基嘧啶处理组 $\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2$	配合物处理组 $\text{Cu}(\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2)_2\text{Cl}_2$
超氧化物歧化酶活性 SOD activity (U/g protein)	8.40 ± 0.51b	6.60 ± 0.55d	8.8 ± 0.68a	7.60 ± 0.50c
过氧化氢酶活性 CAT activity (U/g protein)	9.65 ± 0.10b	7.20 ± 0.09d	10.3 ± 0.16a	8.90 ± 0.12c
过氧化物酶活性 POD activity (U/g protein)	5.25 ± 0.36b	1.01 ± 0.22d	5.90 ± 0.45a	3.20 ± 0.11c
丙二醛浓度 MDA concentration (nmol/mg protein)	5.46 ± 0.90d	10.33 ± 1.20a	5.60 ± 1.30c	6.98 ± 1.10b

表中数据为 5 次实验的平均值, 每一排带有相同字母表示在 $p < 0.05$ 水平没有显著差异 Data are means and S.E. of five replicates. Means with different letters were significantly differently at the 0.05 level ($n = 5$)

2.3 对小麦幼苗抗氧化酶系的影响

从表 2 可以看出, 相同摩尔浓度的 CuCl_2 配体及其配合物对小麦幼苗抗氧化酶活性的影响程度也有明显的差异。与对照相比, CuCl_2 处理组 SOD 活性、CAT 活性与 POD 活性分别降低 21.42% ($p < 0.05$)、25.39% ($p < 0.05$)、80.76% ($p < 0.05$), MDA 浓度升高了 89.19% ($p < 0.05$)。配体 $\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2$ 处理组 SOD 活性提高 4.76% ($p < 0.05$), CAT 活性升高 6.73% ($p < 0.05$), POD 活性升高 12.38% ($p < 0.05$), MDA 浓度无明显的变化。 CuCl_2 与配体形成的配合物 ($\text{Cu}(\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2)_2\text{Cl}_2$) 处理组 SOD 活性、CAT 活性与 POD 活性分别降低 9.52% ($p < 0.05$)、7.77% ($p < 0.05$) 和 39.05% ($p < 0.05$), MDA 浓度提高了 27.83% ($p < 0.05$)。

3 讨论

3.1 关于种子萌发及幼苗生长

种子萌发所需的物质和能量来自种子贮藏物质的氧化分解。贮存物质的分解需要酶的参与, 因此, 种子发芽时酶活性的变化是最为显著的现象^[14]。小麦种子萌发和幼苗生长依赖小麦胚乳贮存的淀粉、蛋白质分解提供的能量, 而淀粉、蛋白质的分解的程度取决于淀粉酶、蛋白酶活性。淀粉酶分解淀粉为小麦幼胚发育提供能量和碳源, 而蛋白酶分解蛋白质为新组织合成提供原料。从本实验的结果看来, 与对照相比, CuCl_2 和配合物处理在不同程度上抑制了淀粉酶、蛋白酶活性, 必然降低了低熵生物大分子淀粉和蛋白质的降解速度, 从而减弱机体的代谢活性, 降低种子萌发速度以及幼苗生长发育, 相比而言, 配合物的毒性效

应小于 CuCl_2 , 而 $\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2$ 处理提高了淀粉酶、蛋白酶活性, 促进了低熵生物大分子淀粉和蛋白质的降解, 种子萌发速度增大, 机体的代谢增强。究其原因可能是 CuCl_2 与配体 ($\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2$) 结合后, Cu^{2+} 的毒性降低, 这样, 配合物处理组幼苗的生长发育状况介于 CuCl_2 与配体 ($\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2$) 之间, 表现萌发率(%)、生长势、根长、株高与总生物量等参数大于 CuCl_2 处理组, 小于配体 ($\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2$) 处理组。

3.2 关于幼苗保护酶的活性

抗性植物生理研究表明: 逆境胁迫(干旱、盐碱、重金属、低温和紫外线等)能导致植物体内活性氧代谢失调和大量自由基积累, 自由基对细胞膜具有伤害作用, 其产物丙二醛(MDA)。植物体内存在复杂的非酶抗氧化系统和酶类抗氧化系统, 它们在一定范围内能清除自由基, 保持细胞内自由基的代谢平衡, 保护膜系统不受伤害^[15]。但是, 逆境胁迫时间过长, 植物体内产生过多的活性氧自由基, 抗氧化系统参与清除功能, 植物细胞内超氧化物歧化酶(SOD), 过氧化物酶(POD)和过氧化氢酶(CAT)消耗过多, 导致抗氧化酶活性下降, MDA 含量明显升高, 导致膜脂过氧化^[10, 16, 17]。而 Cu^{2+} 作为蛋白质和酶结构的辅助因子, 是植物正常生长发育和生理生化代谢过程必须的微量元素, 但是过量 Cu^{2+} 会对植物造成生理胁迫, 导致自由基和丙二醛的产生, 引起新陈代谢紊乱^[6, 18]。从本实验结果来看, 与对照相比, CuCl_2 处理导致 SOD、POD、CAT 活性下降, MDA 含量明显升高, 这充分说明 CuCl_2 对萌发小麦产生了明显伤害作用, 因为 MDA 是植物细胞膜脂过氧化的产物, 其产生越多指示细胞受到伤害越严重。另外, SOD、POD 和 CAT 是自由基清除的主要工具酶, 其活性降低越多也说明细胞伤害越大。而 $\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2$ 处理组小麦的 SOD、POD、CAT 活性高于对照, MDA 含量与对照相比并没有显著性的变化。相反, CuCl_2 与 $\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2$ 合成的配合物处理依然导致 SOD、POD、CAT 活性下降, MDA 含量的升高, 但是其毒性小于 CuCl_2 , 这可能是 CuCl_2 与配体 ($\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2$) 结合后, Cu^{2+} 的毒性降低。本实验表明 $\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2$ 对过度重金属铜离子的毒性具有保护作用。

4 结论

上述结果表明: 与 CuCl_2 相比而言, 由 CuCl_2 与 $\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2$ 形成的配合物对小麦的毒害性减小, 这说明配合物毒性的实质依然是 CuCl_2 胁迫的结果, 只是 CuCl_2 的胁迫被 $\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2$ 缓解, 配合物也可能在溶液中有重新解离。利用过度金属离子与 $\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2$ 形成的配合物作为生长调节剂或农药首先其对农作物正常生长发育应无抑制效应, 另外, 也应该考虑到其生态环境效应, 从本研究的结果来看, 配合物对农作物具有毒理学效应。因此, 配合物 $\text{Cu}(\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2)_2\text{Cl}_2$ 能否作为农药或者生长调节剂在农业生产中推广还需要进一步研究。

References

- [1] Liu C L. Recent progress in antiseptic of a new kind of pyrimidinane. *Journal of Pesticide*, 1995, **34**(8): 25~ 28
- [2] Shang E C, Liu C L, Du Y J. Recent progress in the pesticide of pyrimidine. *Recent progress of chemical engineering*, 1995, (5): 8~ 15
- [3] Zhang Z T, Wang Y. Recent progress in sulfonylurea herbicide. *Journal of Pesticide*, 1988, **34**(8): 25~ 28
- [4] Zhang P Z, Wu J, Gong Y Q. Study on systemization and bioactivity of $\text{Cu}(\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2)_2\text{Cl}_2$ and $\text{Zn}(\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2)_2\text{Cl}_2$. *Chinese Journal of Applied Chemistry*, 2000, **17**(5): 558~ 560
- [5] Lumme P. Antitumor activity and metal complexes of the first Transition series. *Inorganica Chimica Acta*, 1984, **92**(2), 241~ 251
- [6] Zhou C F, Wu G R, Shi G X, et al. The role of antioxidant system in Cu^{2+} stress resistance in *Alternanthera phylloxeroides*. *Acta botanica sinica*, **43**(4): 389~ 394
- [7] Han R, Wang X L, Yue M, et al. The influence of He-Ne laser irradiation on the damage and repair of wheat seedlings by enhanced UV-B radiation. *Acta Photonica Sinica*, **30**(10): 1182~ 1186
- [8] Li H S, Sun Q, Zhao S J, et al. Experimentation Principle and Technique of Plant physiology and Biochemistry. Beijing: Higher Education Press, 2002. 165~ 261.
- [9] Chrispeels M J, Boulter D. Control of storage protein metabolism in the cotyledons of germinating mung beans: role of endopeptidase. *Plant Physiology*, 1975, **55**(X): 1031~ 1037.
- [10] Predieri S, Boman H A, Krizek D T, et al. Influence of UV-B radiation on membrane lipid composition and ethylene evolution in "Doyenbed Hivol". *Environment Experiment Botany*, 1995, **35**(1): 150~ 160
- [11] Giannopolitis C N, Ries S K. Superoxide dismutase. I. Purification and quantitative relationship with soluble protein in seedlings. *Plant Physiology*, 1997, **59**(2): 315~ 318
- [12] Cakmark I, Marschner H. Mayanessiam deficiency and high light intensity on enhance activities of Superoxide dismutase, ascorbate peroxidase and glutathione reductase in bean leaves. *Plant Physiology*, 1992, **98**(11): 12222~ 12227.
- [13] Yuan C X, Ding J. Effect of water stress on IAA concentration, IAA and POD activities in cotton leaves. *Acta Phytophysiological Sinica*, 1990, **16**(2): 179~ 184

- [14] Bao Z S. *Gem ination Physiology*, Ma Y B translated. Beijing: Agriculture Press, 1988. 62
- [15] Sun C P. *Rad ical B iology*. Hefe: Chinese Science and Technology University Press, 1999. 12~ 84
- [16] Olszyk D. UV-B effect on crops: response to the irrigated rice ecosystem. *Plant Physiology*, 1996, **148**(1): 26~ 34
- [17] Sairam R K, Deshmukh P S, Saxena D C. Role of antioxidant systems in wheat genotypes tolerance to water stress. *Plant Biology*, 1998, **41**(3): 387~ 394
- [18] Foyer C H, Lelandais M, Kunert K J. Photooxidative stress in plant. *Physiology Plant*, 1994, **92**(6): 708~ 719

参考文献:

- [1] 刘长令, 新型嘧啶胺类杀菌剂的研究进展. *农药*, 1995, **34**(8): 25~ 28
- [2] 尚尔才, 刘长令, 杜英娟. 嘧啶类农药的研究进展. *化工进展*, 1995(5): 8~ 15
- [3] 张宗涛, 王岩. 磺酰脲类除草剂研究进展. *农药*, 1988, **27**(3): 40~ 45
- [4] 张培志, 吴军, 龚钰秋. 嘧啶类铜(II)、锌(II)配合物的合成和生物活性. *应用化学*, 2000, **17**(5): 558~ 560
- [6] 周长芳, 吴国荣, 施国新, 等. 水花生抗氧化系统在抵御 Cu^{2+} 胁迫中的作用. *植物学报*, **43**(4): 389~ 394
- [7] 韩榕, 王勋陵, 岳明, 等. He-Ne 激光对增强 VU-B 辐射损伤修复的影响. *光子学报*, **30**(10): 1182~ 1186
- [8] 李合生, 孙群, 赵世杰, 等. 植物生理生化实验原理和技术. 北京: 高等教育出版社, 2002. 165~ 261
- [13] 袁朝兴, 丁静. 水分胁迫对棉花叶片中 IAA 含量、IAA 和 POD 酶活性的影响. *植物生理学报*, 1990, **16**(2): 179~ 184
- [14] 包中山. 马之彬译. 发芽生理学. 北京: 农业出版社, 1988. 62
- [15] 孙存普. 自由基生物学. 合肥: 中国科技大学出版社, 1999. 12~ 84

《普通生态学》新书介绍

由中国生态学会副理事长、华南农业大学热带亚热带生态研究所所长骆世明教授主编, 全国六所高校(华南农业大学、山西农业大学、吉林农业大学、华中农业大学、沈阳农业大学、甘肃农业大学)参加编写的高等农林院校十五规划教材《普通生态学》已于 2005 年 8 月由中国农业出版社出版。全书 48 万字, 共分七章。第一章为生态关系的形成和生态学的发展, 从地球发展史和生物进化史的角度描述生态关系的形成是一个新的大胆尝试。然后分别从个体生态学(第二章)、种群生态学(第三章)、群落生态学(第四章)、生态系统生态学(第五章)、景观生态学(第六章)分层次介绍其结构、功能、原理等。近年发展的分子生态学内容在第二章个体生态学中有所反映。第七章关于人与自然关系反映了在面对人口-资源-环境问题的严峻形势下如何保持生态与经济的协调发展, 并从生态学的角度介绍了生态农业、生态工业、生态恢复, 有关生态学与社会经济科学交叉的生态规划和生态旅游也作了介绍。教材的每一章的后面列举了复习思考题。有些属于基础知识的复习, 可以在书本中找到; 另一些则是属于深入一步的思考题, 需要参考其他文献和独立思考才能够得到比较完整的答案, 有助于培养学生查找文献和进行创新性思考的能力。为了配合目前提倡的双语教学, 该教材在每一章都尽量把有关生态学的名词术语用中英文同时标出。另外在书后, 用附录形式列了一个中英和英中检索表, 方便师生查阅、检索有关概念和使用有关术语。该教材可供高等农林院校的有关专业学生作为教材使用, 也可作为教师、科研人员的教学参考书或工具书。

(华南农业大学热带亚热带生态研究所 510642 蔡昆争)