

镧-甘氨酸配合物对镉伤害小白菜的影响*

周青 黄晓华** 彭方晴 曹玉华** 张剑华

(苏州铁道师范学院生物学系, 苏州 215009)

摘要 以盆栽法研究Cd对小白菜的伤害与La-Gly对Cd伤害小白菜的生态生理效应。结果表明, 200mg/L CdCl₂严重抑制小白菜代谢与生长, 叶面施用100mg/L La-Gly 1次, 能减轻Cd造成的伤害。实验证明, 此与La-Gly能提高小白菜光合速率, 希尔反应活力和硝酸还原酶活性, 增加叶绿素及核酸含量, 减少MDA与Cd含量, 降低细胞膜透性等多重作用相关。

关键词 La-Gly, Cd污染, 小白菜, 生态生理效应。

Effect of La-Gly on *Brassica chinensis* under Cd Stress

Zhou Qing Huang Xiaohua Peng Fangqing Cao Yuhua Zhang Jianhua

(Suzhou Railway Teachers College, Suzhou 215009)

Abstract Ecophysiological effect of La-Gly on *Brassica chinensis* under Cd stress was studied through pot culture experiment. The results showed that the growth and metabolism of *Brassica chinensis* are inhibited by 200mg/L CdCl₂, while 100mg/L La-Gly is used to spray *Brassica chinensis* simultaneously, the injured effect of *Brassica chinensis* by Cd is reduced. The experiment proved this effect is related to that La-Gly raises photosynthetic rate, activities of Hill reaction and nitrate reductase, increases the contents of chlorophyll and nucleic acid, decreases the contents of Cd and malondialdehyde, reduces cell membrane permeability of *Brassica chinensis*.

Keywords La-Gly, Cd contamination, *Brassica chinensis*, ecophysiological effect.

土壤镉Cd污染对植物的表现伤害及内部生理功能、生化代谢的影响, 已有大量报道^[1-9], 减轻Cd污染伤害植物的防护研究也屡见报道^[10-14]。唯从生态防护原理出发, 立足提高植物自身抗污染能力的工作尚不多见。有研究表明, 镧(La)-甘氨酸(Gly)稀土配合物是一种具有生物活性的功能物质, 对动物、微生物及植物的生命活动均有明显影响^[15-18]。鉴此, 本文以小白菜为试材, 采用模拟Cd污染的静态实验设计方法, 探讨了Cd对小白菜生长与代谢的影响及La-Gly对Cd损伤小白菜的生态生理效应。目的在于了解稀土配合物在污染植物生态学中的作用, 亦为重金属污染植物的生态防御研究提供参考。

1 材料与方

1.1 试材培养

小白菜(*Brassica chinensis*)品种“苏州青”, 种子经0.1% HgCl₂消毒, 于无菌水中催芽。萌动后播于经蒸馏水漂洗、高温灭菌的蛭石中(塑体, $\Phi=8\text{cm}$, 260g 蛭石/钵), 每钵3株。幼苗置人工光照培养箱中培养, 每日照光12h, 光强度2.5klx, 温度25℃。待第3枚真叶长出后, 进行La-Gly和Cd污染处理实验。

1.2 试材处理

配制5、10、15mg/L La-Gly梯度溶液, 用喷雾器均匀喷布小白菜全株, 以滴液为限, 以喷等量蒸馏水作为对照。24h后, 以200mg/L CdCl₂处理经最适浓度La-Gly处理和未处理的小白菜植株, 每钵一次性浇入200ml, 对照植株

* 国家计委与铁道部二项基金资助项目

** 苏州铁道师范学院化学系

周青: 男, 41岁, 副教授

收稿日期: 1998-03-19

浇等量蒸馏水. 各处理与对照均 15 钵, 3 次重复.

1.3 生理与生长指标测定

静态生理指标测定于施 Cd 后第 4d 进行. 光合速率、叶绿素含量、希尔反应活力、过氧化氢酶、过氧化物酶与硝酸还原酶活性按文献 [19] 方法测定; 电导法测质膜透性^[20]; 抗坏血酸含量采用 2,6-二氯酚靛酚滴定法^[21]; 丙二醛含量与核酸含量分别采用陈贵(1991)^[22]与朱治平(1985)方法^[23]. Cd 处理后第 18d 采收全株, 测定幼苗生长指标与植株 Cd 含量. 其中地上、地下部鲜重与叶面积用称重法^[24], 根体积用排水法测定^[19], 原子吸收分光光度法测定 Cd 含量. 以上测定皆重复 3 次, 以平均值表示.

2 实验结果

2.1 La-Gly 最适浓度筛选

为了解不同浓度 La-Gly 对小白菜生理功能的影响, 实验中以叶片光合速率与质膜透性为指标, 进行 La-Gly 最适浓度筛选. 结果表明,

3 个浓度的 La-Gly 皆有提高小白菜光合速率、降低其质膜透性作用, 其幅度分别为 8.9%—25.2% 和 0.33%—6.77%. 其中以 100mg/L 效果最佳, 其效应序列是 10mg/L > 5mg/L > 15mg/L (表 1).

表 1 La-Gly 对小白菜光合速率与质膜透性的影响

浓度 /mg · L ⁻¹ / μmol · (g · min) ⁻¹	光合速率(O ₂ /FW) /μmol · (g · min) ⁻¹	相对值	质膜透性 / %	差值
0	1.35	100.0	14.22	
5	1.56	115.6	11.07	- 3.15
10	1.69	125.2	7.45	- 6.77
15	1.47	108.9	13.89	- 0.33

2.2 La-Gly 对 Cd 胁迫下小白菜生长的影响

Cd 污染胁迫对小白菜生长的影响示于表 2. 被 Cd 污染的小白菜, 株高、叶面积、叶鲜重、根系长度、根体积、根鲜重分别比对照植株下降 32.8%、53.4%、39.9%、30.6%、57.1% 和 59.3%. 相比之下, 喷施 La-Gly 的小白菜, Cd 伤害程度减轻, 反映出 La-Gly 对 Cd 污染损伤小白菜具有一定的防护作用.

表 2 La-Gly 对 Cd 胁迫下小白菜生长的影响^{b)}

处理	株高/cm	叶面积/cm ² · 株 ⁻¹	叶鲜重/g · 株 ⁻¹	根长/cm	根体积/cm ³ · 株 ⁻¹	根鲜重/g · 株 ⁻¹
对照	6.4(100.0)	50.0(100.0)	2.93(100.0)	10.13(100.0)	0.21(100.0)	1.45(100.0)
Cd	4.3(67.2)	23.2(46.6)	1.76(60.1)	7.03(69.4)	0.09(42.9)	0.59(40.7)
La-Gly+ Cd	5.7(89.1)	38.4(76.8)	2.51(85.7)	7.53(74.3)	0.18(85.7)	1.18(81.4)

1) 括号内为相对值

2.3 La-Gly 对 Cd 胁迫下小白菜光合作用的影响

实验表明, Cd 胁迫下的小白菜, 光合速率、希尔反应活力、叶绿素含量比对照植株下降 29.6%、53.2% 和 19.0%, 与秦天才等(1994)在小白菜实验上的结果近同^[25]. 经 La-Gly 处

理的小白菜, 3 项生理指标分别比对照植株下降 16.3%、37.5% 和 8.3% (表 3). 说明 La-Gly 对 Cd 抑制小白菜光合作用起缓解作用. 而小白菜光合速率与希尔反应活力降幅大于叶绿素降幅, 说明其光合作用对 Cd 污染的敏感性高于叶绿素降解对 Cd 胁迫的反应.

表 3 La-Gly 对 Cd 胁迫下小白菜光合作用的影响

处理	光合速率(O ₂ /FW) /μmol · (g · min) ⁻¹	相对值	希尔反应活力(ΔOD ₆₈₀ /FW) /min	相对值	叶绿素含量 /mg · dm ⁻²	相对值
对照	1.35	100.0	0.024	100.0	1.81	100.0
Cd	0.95	70.4	0.010	45.8	1.45	80.1
La-Gly+ Cd	1.13	83.7	0.015	62.5	1.66	91.7

2.4 La-Gly 对 Cd 胁迫下小白菜防御系统的影响

过氧化氢酶(CAT)、过氧化物酶(POD)与抗坏血酸(ASA)是植物防御系统的重要组成部分,在逆境胁迫下产生应激反应,以清除植物体内过量的活性氧.丙二醛(MDA)含量与质膜透性可作为衡量植物逆境伤害程度的指标.表 4 中数据显示,在高剂量 Cd 污染胁迫下,小白菜 CAT、POD 活性上升,ASA 含量下降,MDA

含量与质膜透性明显增加,说明此时小白菜体内虽已产生应激反应,但仍不足以抵抗活性氧触发的膜脂过氧化和质膜透性增大. La-Gly 处理的小白菜,其 CAT、POD 活性,MDA 含量、质膜透性均明显低于(ASA 含量高于)未加 La-Gly 的 Cd 污染植株,表明 Cd 胁迫减弱,膜损伤减轻,乃 La-Gly 降低 Cd 伤害小白菜的又一佐证.

2.5 La-Gly 对 Cd 胁迫下小白菜 NR 及核酸

表 4 La-Gly 对 Cd 胁迫下小白菜防御系统及质膜透性影响

处理	CAT 活性(O ₂ /FW)	POD 活性(ΔOD ₄₇₀ /FW)	ASA 含量(1/100FW)	MDA 含量(1/FW)	质膜透性
	/μmol · (g · min) ⁻¹	/g · min ⁻¹	/mg · g ⁻¹	/μmol · g ⁻¹	%
对照	4.49(100.0)	2.66(100.0)	47.69(100.0)	0.019(100.0)	14.22(-) ¹⁾
Cd	7.39(164.6)	3.28(123.3)	32.31(67.8)	0.025(131.6)	33.79(+19.57) ¹⁾
La-Gly+ Cd	5.28(117.6)	2.77(104.1)	41.54(87.1)	0.020(105.3)	23.14(+8.92) ¹⁾

1) 括号内为差值

含量影响

硝酸还原酶(NR)是植物氮代谢的关键酶,核酸与蛋白质合成密切相关,两者对植物细胞分裂、生长至为重要.实验表明,小白菜受 Cd 污染后,NR 活性与核酸含量分别较对照植株下降 64.8%和 29.1%,但经 La-Gly 处理的小白菜,2 项指标的降幅均低于前者(表 5).表明 La-Gly 对 Cd 伤害小白菜有一定的防护作用.

表 5 La-Gly 对 Cd 胁迫下小白菜 NR 与核酸含量的影响

处理	NR 活性	核酸含量	
	(NO ₂ /FW) /μmol · (g · h) ⁻¹	相对值	相对值
		(1/FW)	(1/FW)
		/mg · g ⁻¹	/mg · g ⁻¹
对照	2.39	100.0	0.134
Cd	0.84	35.2	0.095
La-Gly+ Cd	1.75	73.2	0.109

2.6 La-Gly 对 Cd 胁迫下小白菜植株 Cd 含量的影响

La-Gly 减轻 Cd 污染伤害小白菜的生态生理效应是否影响到 Cd 在小白菜体内积累,测定结果列于表 6.表 6 中数据说明,受 Cd 污染的小白菜,茎叶与根系中的 Cd 含量高于对照植株 3427.9%和 6695.1%.而经 La-Gly 处理的小白菜,同一部位的 Cd 含量虽也高于对照

植株,但却明显低于未加 La-Gly 防护的 Cd 污染植株,表明 La-Gly 生态防护作用的生理基础之一是限制植物对 Cd 吸收.

表 6 La-Gly 对 Cd 胁迫下小白菜植株 Cd 含量的影响

处理	茎叶 Cd 含量		根系 Cd 含量	
	(1/DW) /μg · g ⁻¹	相对值	(1/DW) /μg · g ⁻¹	相对值
对照	6.8	100.0	26.3	100.0
Cd	233.1	3427.9	1760.8	6695.1
La-Gly+ Cd	80.0	1176.5	898.7	3417.1

3 讨论

本研究结果表明,在高剂量 Cd 污染胁迫下,小白菜生长受到严重抑制,主要表现为株高下降,同化面积锐减,根系生长受抑.其深层原因在于 Cd 对小白菜光合碳代谢、光合氮代谢与蛋白质合成的干扰;膜系统损伤造成的代谢紊乱等.

La-Gly 处理的小白菜虽未完全避免高浓度 Cd 污染引起的伤害,但危害程度已明显减轻.反映出施用适宜浓度的 La-Gly 具有减轻重金属伤害植物的生态防御作用.其防护机理在于:抑制植物对 Cd 吸收,减少其在体内的蓄积量;提高植物光合速率、希尔反应活力、叶绿素含量^[15,18,26,27],减轻 Cd 污染对光合碳代谢的伤

害;增加 NR 活性与核酸含量^[26,28],消弱 Cd 污染对光合氮代谢及蛋白质合成的干扰,为细胞生长、分化提供充足的碳、氮化合物;促进根系生长^[28];调节植物防御系统的应激反应,稳定膜结构^[29,30],降低 Cd 污染对膜系统的伤害。最终表现为提高植物的抗逆性,拓展植物对 Cd 胁迫的耐受幅度。

稀土及配合物在农业上的应用基础研究已有大量报道^[15,18,26—28],但将其作为调节因子而用于污染植物生态学领域尚不多见,有必要开展广泛而深入研究。

参 考 文 献

- 1 廖自基编著. 微量元素的环境化学与生物效应. 北京: 中国环境科学出版社, 1992. 294—298
- 2 夏增禄. 土壤重金属作物效应的区域分异. 生态学报, 1994, 14(1): 102—105
- 3 罗厚枚, 王宏康. 土壤重金属复合污染对作物的影响. 环境化学, 1994, 13(5): 427—432
- 4 谢正苗, 黄昌勇. Pb, As, Zn 复合污染对水稻生长的影响. 生态学报, 1994, 14(2): 215—217
- 5 殷昌群, 王焕校, 曲仲湘. 重金属对蚕豆根尖核酸酶活性影响的研究. 环境科学, 1992, 13(5): 31—35
- 6 Vallee BI et al. Biochemical effects of mercury, cadmium and lead. Ann. Rev. Biochem., 1997, 41: 91—128
- 7 彭鸣, 王焕校, 吴玉树. Cd, Pb 诱导的玉米幼苗细胞超微结构的变化. 中国环境科学, 1991, 11(6): 426—431
- 8 黄玉山, 陈键敏, 谭凤仪. 植物重金属结合体的研究现状. 植物学报, 1992, 34: 146—158
- 9 吴家燕, 夏增禄, 巴音等. 紫色土中 Pb、Cd、Cu、As 污染对作物根系酶活性的影响. 农业环境保护, 1991, 10(6): 244—247
- 10 袁宇明. 土壤污染及防治措施. 农业环境保护, 1988, 7(3): 44—45
- 11 夏星辉, 陈静生. 土壤重金属污染治理方法研究进展. 环境科学, 1997, 18(3): 72—76
- 12 细田敏昭, 张向荣(译). 土壤污染现状与今后的课题. 国外农业环境保护, 1992, (1): 19—22
- 13 周启星, 高拯民. 沈阳张士灌区 Cd 循环的分室模型与污染防治对策研究. 环境科学学报, 1995, 15(3): 273—280
- 14 王凯荣. 我国农田 Cd 污染现状及其治理利用对策. 农业环境保护, 1997, 16(6): 274—278
- 15 熊炳昆. 稀土生物功能化化合物的应用研究. 中国稀土学报, 1994, 12(4): 358—365
- 16 Anghiler L. On the Antitumor Activity of Gallium and Lanthanides. J. Areneim Forsch, 1975, (25): 793—795.
- 17 刘宗怀, 张孟民, 宋迪生等. 稀土甘氨酸配合物的合成及杀菌活性实验. 稀土, 1995, 16(3): 5—8
- 18 周青, 黄晓华. AN 对酸雨伤害蜡梅的防护作用. 城市环境与城市生态, 1997, 10(2): 15—17
- 19 张志良主编. 植物生理学实验指导. 北京: 高等教育出版社, 1990. 57, 65, 88, 102, 124, 154, 155
- 20 杨根平, 高爱丽, 荆家海. 钙与渗透胁迫下大豆细胞膜透性的关系. 植物生理学通讯, 1993, 29(3): 179—182
- 21 蔡武城, 袁厚积. 生物物质常用化学分析法. 北京: 科学出版社, 1982. 162
- 22 陈贵, 胡文玉, 谢甫绶等. 提取植物体内 MDA 的溶剂及 MDA 作为衰老指标的探讨. 植物生理学通讯, 1991, 27(1): 44—46
- 23 朱治平. 植物组织中核酸含量的测定. 上海植物生理学会编. 植物生理学实验手册. 上海: 上海科学技术出版社, 1985. 44
- 24 山东农学院, 西北农学院编. 植物生理学实验指导. 济南: 山东科学技术出版社, 1980. 197
- 25 秦天才, 吴玉树, 王焕校. Cd, Pb 及其相互作用对小白菜生理生化特性的影响. 生态学报, 1994, 14(1): 46—49
- 26 吴兆明. 稀土在农业及医药中的应用. 倪嘉赞主编. 稀土生物无机化学. 北京: 科学出版社, 1995
- 27 沈博礼, 闫卫东, 燕文忠, 沈博书. 稀土对植物呼吸代谢、碳代谢和氮代谢的影响. 中国稀土学报, 1997, 15(专辑): 412—417
- 28 汤锡珂, 董哲. 稀土元素对植物根系生长及其活力的影响. 稀有金属, 1988, (5): 20—23
- 29 王宪泽. 稀土农用效果, 影响因素及其作用的生理基础. 稀土, 1994, 15(1): 47—49
- 30 高岩, 张汝, 郭旭宏. 盐胁迫下稀土浸种对苜蓿幼苗膜指过氧化作用影响的研究. 稀土, 1995, 16(6): 35—36