

田头菇菌丝体对镉、铅及其复合胁迫的生长与富集响应*

安鑫龙^{1,2}, 周启星^{1,3}, 李 婷¹, 张 宁¹

(1. 南开大学环境科学与工程学院, 环境污染过程与基准教育部重点实验室, 天津 300071;

2. 河北农业大学海洋学院, 河北 秦皇岛 066003;

3. 中国科学院沈阳应用生态研究所, 中国科学院陆地生态过程重点实验室, 辽宁 沈阳 110016)

摘 要: 在 PDA 平板培养条件下, 研究了镉、铅及其复合污染对田头菇菌丝体生长的影响以及田头菇菌丝体对生长基质中镉、铅的生物富集作用。结果表明, 在试验设置质量浓度范围内, 菌丝生长势、菌落直径和菌丝体干质量等均随着重金属质量浓度的增大而减弱(小)或降低。田头菇菌丝体对 Cd、Pb 均具有生物富集作用, 并且随着重金属质量浓度的增大菌丝体中重金属质量分数逐渐增大, 初步认为 Cd、Pb 复合污染促进了菌丝体对 Pb 的吸收而抑制了对 Cd 的吸收。

关键词: 田头菇; 镉; 铅; 复合胁迫; 生物富集

中图分类号: S646; X131. 2 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2008) 05-0093-05

重金属是土壤环境中来源广泛、危害性很大的一类积累性污染物。随着工农业生产的发展和人民生活水平的提高, 特别是矿山开采、冶炼、电镀和制革等行业的不断膨胀, 含镉等重金属磷肥的农业应用, 居民生活产生的各种生活污水及废弃物的排放, 土壤环境中重金属污染日益严重。尽管相应的修复技术, 如物理修复、化学修复以及生物修复技术本身日趋成熟并取得较大进展^[1-2], 但在实践中由于种种因素难以推广。近年来, 污染土壤生态修复方法和技术的提出^[3-4], 从生态学原理的高度为土壤重金属污染的修复问题指出了新方向。

大型真菌对镉和铅等重金属元素具有一定的富集或生物转化作用, 能够在吸收必需的矿质元素的同时, 在一定程度上吸收并富集覆土和基质中的重金属元素^[5]。已经证实, 利用大型真菌进行污染土壤生态修复是污染环境修复研究中一项新颖的生物技术革新方法^[6], 由于大型真菌独特的环境生物学特征、人工驯化栽培技术相对成熟、子实体具有较高的相对年生物量以及重金属生态修复后子实体后处理容易, 因此利用大型真菌进行重金属生态修复具有很大的优势^[5]。大型真菌中重金属元素质量分数依赖于其从基质中提取重金属元素的能力、对重金属元素的选择吸收以及重金属元素在真菌组织中的沉积作用^[7]。大型真菌菌丝体在基质

中的领域是广大的, 每个菌落能延伸出细胞长链组成的能够占领广阔地域的菌丝网络。不论污染物在真菌体内或其周围环境的归宿如何, 修复总是开始于菌丝体的吸收或释放活性分子^[6]。因此, 研究大型真菌菌丝体对重金属污染的响应, 是探索大型真菌对重金属生态修复功能的前提条件。

田头菇 [*Agrocybe praecox* (Pers.: Fr.) Fayod.], 隶属于担子菌亚门, 层菌纲, 伞菌目, 粪锈伞科, 田头菇属。菌盖直径 2~8 cm, 春、夏、秋季于稀疏的林中地上或田野、路边草地上散生、群生至近丛生^[8]。资料检索表明, 有关重金属污染对田头菇菌丝体生长的影响以及这种大型真菌菌丝体对重金属的富集响应研究, 国内外还未见报道。因此, 采用田头菇为研究材料, 探讨、考察重金属镉、铅及其复合污染对平板培养的田头菇菌丝体生长的影响以及田头菇菌丝体对重金属的生物富集作用, 旨在为将来利用田头菇进行重金属污染土壤的生态修复提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 菌种

田头菇 [*Agrocybe praecox* (Pers.: Fr.) Fayod.] 菌种, 为自行分离纯化所得。

* 收稿日期: 2007-12-14

基金项目: 高等学校科技创新工程重大项目培育资金资助项目(707011); 海外青年学者合作研究基金资助项目(20428707); 中俄合作研究资助项目(20611120015)

作者简介: 安鑫龙(1976年生), 男, 博士, 讲师; 通讯联系人: 周启星; E-mail: Zhouqx@nankai.edu.cn

1.2 仪器与试剂

仪器:微波消解仪(WX-4000,上海屹尧),原子吸收分光光度计(美国瓦里安公司)。

试剂:Pb(CH₃COO)₂·3H₂O、浓硝酸为优级纯试剂,CdCl₂·2.5H₂O为分析纯。

1.3 重金属对田头菇菌丝体生长影响实验

参照文献[9]设定质量浓度的方法并在预实验基础上设定重金属质量浓度,其中Pb母液配制时加入少量醋酸助溶(醋酸质量分数不超过0.01%),并设置了最大质量分数的醋酸溶剂对照(CKZ)。重金属质量浓度设定如下:Cd单一处理的质量浓度(t_c)分别为1(t_{c1})、2(t_{c2})、4(t_{c3})、8(t_{c4})、16(t_{c5}) mg·L⁻¹,Pb单一处理的质量浓度(t_p)分别为35(t_{p1})、70(t_{p2})、140(t_{p3})、280(t_{p4})、560(t_{p5}) mg·L⁻¹,Cd与Pb复合处理质量浓度(T)分别为Cd、Pb不同水平的搭配,即1+35(T_1)、2+70(T_2)、4+140(T_3)、8+280(T_4)、16+560(T_5) mg·L⁻¹,以不加氯化镉和醋酸铅为空白对照(CK)。所有质量浓度处理均加入醋酸使其质量分数与Pb处理中最大的醋酸质量分数相同,然后用0.1 mol·L⁻¹HCl或0.1 mol·L⁻¹NaOH调节pH值至6.2。选取经(PDA培养基)活化的平板,在菌落边缘区域用打孔器(Ø5 mm)打取供试菌种菌饼,菌丝面朝下无菌操作接种于平板中央,以未加测试物的基本平板培养基作为对照,每个质量浓度设5次重复,完毕后倒置于25℃恒温培养箱中黑暗培养。当任一处理菌落将近长满培养皿时培养结束,在菌落任一位置测量其直径,然后逆时针旋转60°第2次测量其直径,接着再逆时针旋转60°进行第3次测量,3个角度测量的平均值为菌落直径,并按如下公式求出菌落的净生长量和抑制生长率:

净生长量(mm)=菌落直径(mm)-菌饼直径(mm);

抑制生长率(%)=[对照净生长量(mm)-处理净生长量(mm)]/对照净生长量(mm)×100%

观察气生菌丝生长势:以对照为参考(菌丝浓密,生长强),将各处理的气生菌丝生长情况与对照比较,用菌丝较稀疏、稀疏、较浓密、浓密、生长较弱、弱、很弱、较强、很强等描述。最后将培养皿置于微波炉中加热,待琼脂彻底融化后,取出菌丝体,立即用80℃的去离子水冲洗5次收集菌丝,收集的菌丝在烘箱内105℃烘至恒质量,并按如下公式求出干质量抑制率:

抑制率(%)=[对照干质量(mg)-处理干质量(mg)]/对照干质量(mg)×100%

1.4 田头菇菌丝体重金属质量分数测定

质量浓度设定同1.3。先在平板上铺一层灭菌玻璃纸,然后在中央接种,培养结束后取下玻璃纸上的菌丝体。然后参考文献[10]并加改进如下:用去离子水冲洗5次后置于烘箱内105℃烘至恒质量。然后加入浓硝酸进行微波消解,最后用原子吸收分光光度计测定其Cd和Pb质量分数。

1.5 数据处理

采用SPSS13.0数据处理软件分析实验数据,结果用平均值±标准误差(Mean±SD)表示,数据用单尾检验法进行比较, $P<0.05$ 为差异显著, $P<0.01$ 为差异极显著。

2 结果

2.1 田头菇气生菌丝生长势

单一镉、铅及其复合污染胁迫下田头菇气生菌丝生长状况见图1。由图1可知,溶剂对照和空白对照菌丝生长极为相似。从总体来看,随着重金属质量浓度的增大,气生菌丝密度逐渐变稀、菌丝长势减弱以及菌丝生长量降低;如与对照相比,Cd质量浓度为16 mg·L⁻¹时菌丝密度很稀、菌丝长势很弱以及气生菌丝量很少,Pb质量浓度为560 mg·L⁻¹时菌丝密度较稀、菌丝长势较弱以及气生菌丝量较少,而Cd+Pb质量浓度为(16+560) mg·L⁻¹时菌饼完全受到抑制没有生长。另一方面,从图1可以看出,在单一重金属污染条件下,随着Pb质量浓度的增大,气生菌丝生长势减弱的程度要比Cd污染的处理缓和得多。

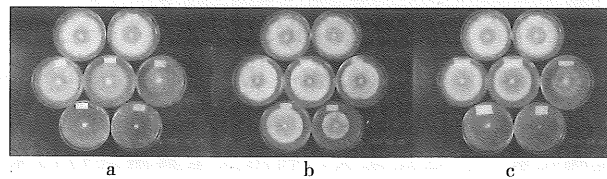


图1 镉、铅及其复合污染胁迫下田头菇菌丝生长势

Fig. 1 Effects of Cd, Pb, and Cd + Pb on the growth tendency of *Agrocybe praecox* hyphae

a: 第1排从左至右为CK、CKZ;第2排从左至右为 t_{c1} 、 t_{c2} 、 t_{c3} ;第3排从左至右为 t_{c4} 、 t_{c5} 。

b: 第1排从左至右为CK、CKZ;第2排从左至右为 t_{p1} 、 t_{p2} 、 t_{p3} ;第3排从左至右为 t_{p4} 、 t_{p5} 。

c: 第1排从左至右为CK、CKZ;第2排从左至右为 T_1 、 T_2 、 T_3 ;第3排从左至右为 T_4 、 T_5 。

2.2 田头菇菌落直径变化

镉、铅及其复合污染胁迫下,田头菇菌落直径测定结果如图2所示。测定结果表明,CK和CKZ菌落直径之间无显著差异($P<0.05$)。与对照相

比, 各个处理的菌落直径都有不同程度的减小。单一 Cd 处理、单一 Pb 处理以及 Cd 和 Pb 的复合污染处理所得到的菌落直径均随着重金属质量浓度的增大而减小。与对照相比, Cd 质量浓度为 $8 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $16 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时菌落直径的抑制率分别为 68.84% 和 82.21%, 菌落直径差异均极显著 ($P < 0.01$); Pb 质量浓度为 $280 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $560 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时菌落直径的抑制率分别为 18.15% 和 38.50%, 菌落直径差异均极显著 ($P < 0.01$); 当 Cd + Pb 为 $(8 + 280) \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $(16 + 560) \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 菌落直径的抑制率分别为 78.78% 和 100%, 菌落直径差异均极显著 ($P < 0.01$)。

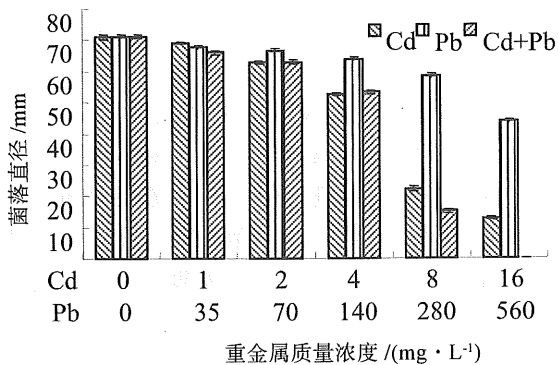


图2 镉、铅及复合污染对田头菇菌落直径的影响

Fig. 2 Effects of Cd, Pb, and Cd + Pb on the colony diameter of *Agrocybe praecox* hyphae

2.3 田头菇菌丝干质量变化

镉、铅及其复合污染胁迫下, 田头菇菌丝体干质量测定结果如图3所示。测定结果表明, CK 和 CKZ 菌丝体干质量之间无显著差异 ($P < 0.05$)。与对照相比, 各个处理的菌丝体干质量都有不同程度的降低。单一 Cd 处理、单一 Pb 处理以及 Cd 和 Pb 的复合污染处理所得到的菌丝体干质量均随着重金属质量浓度的增大而降低。与对照相比, Cd 质量浓度为 $8 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $16 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 菌丝干质量抑制率分别为 98.39 和 99.92%, 菌丝干质量差异均极显著 ($P < 0.01$); Pb 质量浓度为 $280 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $560 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 菌丝干质量抑制率分别为 33.21 和 56.03%, 菌丝干质量差异均极显著 ($P < 0.01$); Cd + Pb 为 $(8 + 280) \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $(16 + 560) \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 菌丝干质量抑制率分别为 97.18 和 100%, 菌丝干质量差异均极显著 ($P < 0.01$)。

2.4 田头菇菌丝体对镉、铅的生物富集

镉、铅及其复合污染胁迫下, 田头菇菌丝体重金属质量分数如图4所示。结果表明, 田头菇菌丝

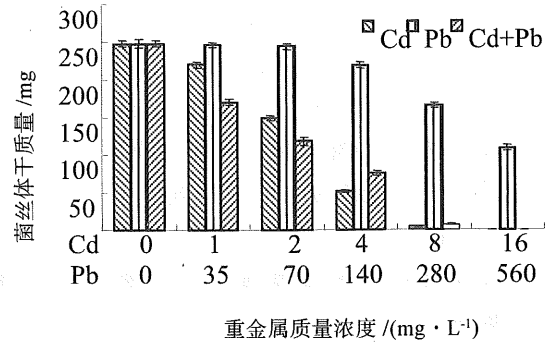


图3 镉、铅及复合污染对田头菇菌丝体干质量的影响

Fig. 3 Effects of Cd, Pb, and Cd + Pb on the dry weight of *Agrocybe praecox* hyphae

体中重金属质量分数随着基质中重金属质量浓度的增大而增大。此外, 单一 Cd 处理平板培养的菌丝体中 Cd 质量分数比 Cd、Pb 复合处理平板培养的菌丝体中 Cd 质量分数高, 并且二者相对应的处理之间菌丝体 Cd 质量分数的差异极显著 ($P < 0.01$); 相反, 单一 Pb 处理平板培养的菌丝体中 Pb 质量分数比 Cd、Pb 复合处理平板培养的菌丝体中 Pb 质量分数低, 并且二者相对应的处理之间菌丝体 Pb 质量分数的差异极显著 ($P < 0.01$)。

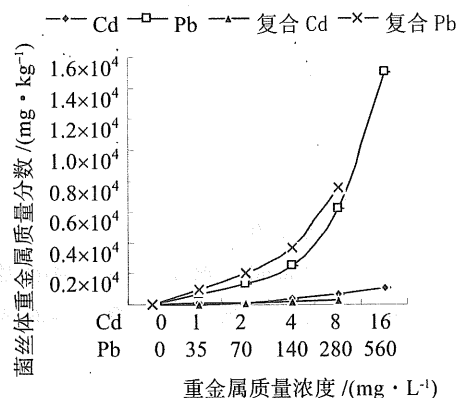


图4 田头菇菌丝体对镉、铅的生物富集

Fig. 4 Cd and Pb accumulation in *Agrocybe praecox* hyphae

3 讨论

3.1 重金属对田头菇气生菌丝生长势的影响

目前, 一般多采用定性描述的方法来表示外源物质(或条件)对真菌菌丝生长势的影响, 而且, 讨论的菌丝生长势是指气生菌丝生长势^[11]。关于基内菌丝在重金属污染胁迫下的生长势状况还未见报道, 在此也未对基内菌丝进行探讨, 我们将进一步进行这方面的研究。本实验田头菇菌丝体暴露于

Cd + Pb 质量浓度为 $(16 + 560) \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时菌饼完全受到抑制没有生长, 这说明相对于 Cd 质量浓度为 $16 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、Pb 质量浓度为 $560 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 而言, 在 Cd + Pb 质量浓度为 $(16 + 560) \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时 Cd 和 Pb 复合胁迫对菌丝的生长抑制效应比单一 Cd 胁迫或单一 Pb 胁迫的生长抑制效应均增强而表现为协同作用。

3.2 重金属对田头菇菌落直径和菌丝干质量的影响

采用测定平板培养真菌直径的方法来评价外源物质(或条件)对真菌菌丝体生长的影响, 是目前常用的方法^[11], 但是它的缺点是没有考虑菌丝体的厚薄和疏密以及菌丝体内物质积累量的多少^[12]。因此, 除了上述菌丝生长势以及菌落直径两项指标外, 还进行了菌丝干质量的测定。

结合 2.2 和 2.3 可知, Cd 质量浓度为 $16 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时菌丝干质量抑制率为菌落直径抑制率的 1.22 倍, Pb 质量浓度为 $560 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时菌丝干质量抑制率为菌落直径抑制率的 1.46 倍。因此可以认为, 产生上述结果与菌落生长势密切相关, 即在对菌落直径抑制率较低的情况下, 田头菇菌丝生长势减弱是造成菌丝体干质量抑制率增大的原因。此外, 随着重金属质量浓度的增大, 基内菌丝的生长受到抑制也可能是原因之一, 但还须进一步验证。

综合以上讨论我们认为, 气生菌丝生长势和基内菌丝生长状况是决定菌落直径和菌丝体干质量的关键因素, 鉴于目前还没有深入对基内菌丝进行研究, 且基内菌丝生长状况对气生菌丝生长势有何影响还不清楚, 故在重金属污染胁迫下对各个指标进行量化并进行相关性分析还很困难。而且, 上述各个单项指标也不能全面地反映重金属污染胁迫对菌丝生长的影响。因此, 在测定污染物对真菌菌丝生长的影响时对菌丝生长势、菌落直径和菌丝体干质量等多个指标进行综合考察是必要的。

3.3 田头菇菌丝体对镉、铅的生物富集作用

本实验结果表明, 田头菇菌丝体中重金属质量分数随着基质中重金属质量浓度的增加而增大, 这与大型真菌子实体中 Cd、Pb 质量分数随着土壤基质中 Cd、Pb 质量浓度的增加而增大相一致^[7,13]。谢宝贵等^[14]研究了灵芝(*Ganoderma* sp.)、姬松茸(*Agaricus blazei*)和金福菇(*Tricholoma lobynsis*) 3 种食用菌菌丝体对 Cd、Pb、Hg 和 As 的富集作用。结果表明, 3 种食用菌菌丝体对上述 4 种重金属都有很强的吸收富集能力, 并且随着培养基中重金属元素质量浓度增加, 其在菌丝体内的质量分数都有不同程度的增加。刘安玲等^[15]从 Cd^{2+} 诱

导的柱状田头菇(茶薪菇)(*Agrocybe cylindracea*)菌丝体中分离得到了镉金属硫蛋白(Cd-MT), 并且在低于 $0.5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 条件下, Cd-MT 质量分数随 Cd^{2+} 质量浓度增加而增加。金属硫蛋白(MT)是一类广泛存在于动物、植物和微生物中的低分子量富含巯基的金属结合蛋白, 具有调节微量元素储存、运输和代谢以及使有毒重金属无毒化等作用。田头菇和柱状田头菇同属, 其菌丝体在 Cd^{2+} 、 Pb^{2+} 诱导下是否能够产生金属硫蛋白还未见报道, 我们将进一步研究。

本实验初步认为 Cd、Pb 复合污染促进了田头菇菌丝体对 Pb 的吸收而抑制了对 Cd 的吸收, 其原因有待于进一步研究。

4 结 论

(1) 在测定重金属等污染物对大型真菌菌丝体生长的影响时, 对菌丝生长势、菌落直径和菌丝体干质量等多个指标进行综合考察是必要的。在本试验设置质量浓度范围内, 随着重金属质量浓度的增大, 菌丝生长势、菌落直径和菌丝体干质量等均减弱或降低。

(2) 田头菇菌丝体对 Cd、Pb 均具有生物富集作用, 并且随着重金属质量浓度的增大, 菌丝体中重金属质量分数逐渐增大。初步认为在 Cd、Pb 复合处理条件下, 促进了田头菇菌丝体对 Pb 的吸收而抑制了对 Cd 的吸收。

参考文献:

- [1] 周启星, 宋玉芳. 污染土壤修复原理与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
ZHOU Qixing, SONG Yufang. Principles and methods of contaminated soil remediation [M]. Beijing: Science Press, 2004.
- [2] 魏树和, 周启星, 王新. 超积累植物龙葵及其对镉的富集特征[J]. 环境科学, 2005, 26(3): 167 - 171.
WEI Shuhe, ZHOU Qixing, WANG Xin. Cadmium - hyperaccumulator *Solanum nigrum* L. and its accumulating characteristics [J]. Environmental Science, 2005, 26(3): 167 - 171.
- [3] 周启星, 魏树和, 刁春燕. 污染土壤生态修复基本原理及研究进展[J]. 农业环境科学学报, 2007, 26(2): 419 - 424.
ZHOU Qixing, WEI Shuhe, DIAO Chunyan. Basic principles and researching progresses in ecological remediation of contaminated soils [J]. Journal of Agro - Environment Science, 2007, 26(2): 419 - 424.
- [4] 周启星, 魏树和, 张倩茹, 等. 生态修复[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2006.
ZHOU Qixing, WEI Shuhe, ZHANG Qianru, et al. Eco-

- logical remediation [M]. Beijing: China Environmental Science Press, 2006.
- [5] 安鑫龙, 周启星. 大型真菌对重金属的生物富集作用及生态修复[J]. 应用生态学报, 2007, 18(8): 1897 - 1902.
- AN Xinlong, ZHOU Qixing. Bioaccumulation of heavy metals in macrofungi and its application in ecological remediation [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2007, 18(8): 1897 - 1902.
- [6] PLETSCH M, SANOTOS DE ARAUJO B, CHARLWOOD B V. Novel biotechnological approaches in environmental remediation research [J]. Biotechnology advances, 1999, 17(8): 679 - 687.
- [7] DEMIRBAS A. Heavy metal bioaccumulation by mushrooms from artificially fortified soils [J]. Food Chemistry, 2001, 74(3): 293 - 301.
- [8] 卯晓岚. 中国大型真菌[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 2000.
- MAO Xiaolan. The macrofungi in China [M]. Zhengzhou: Henan Science and Technology Press, 2000.
- [9] 王林, 史衍玺. 镉、铅及其复合污染对辣椒生理生化特性的影响[J]. 山东农业大学学报: 自然科学版, 2005, 36(1): 107 - 112.
- WANG Lin, SHI Yanxi. Effects of cadmium, lead and their combined pollution on the physiological and biochemical characteristics of *Capsicum annuum* [J]. Journal of Shandong Agricultural University: Natural Science, 2005, 36(1): 107 - 112.
- [10] 梁振春, 黄艺, 敖晓兰. 不同磷水平下外生菌根真菌对铅的耐受性反应[J]. 应用生态学报, 2006, 17(6): 1081 - 1085.
- LIANG Zhenchun, HUANG Yi, AO Xiaolan. Pb - tolerance of ectomycorrhizal fungi from polluted and unpolluted sites under different P levels [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2006, 17(6): 1081 - 1085.
- [11] 侯集瑞, 李玉, 图力古尔, 等. 赤霉素和萘乙酸对羊肚菌菌丝生长的影响[J]. 吉林农业大学学报, 2001, 23(4): 41 - 43, 50.
- HOU Jirui, LI Yu, Tolgor, et al. Effects of GA and NAA on the growth of hyphae of *Morchella esculenta* [J]. Journal of Jilin Agricultural University, 2001, 23(4): 41 - 43, 50.
- [12] 方中达. 植病研究方法[M]. 3版. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- FANG Zhongda. Research methods on plant pathology [M]. 3th ed. Beijing: China Agricultural Press, 1998.
- [13] DEMIRBAS A. Metal ion uptake by mushrooms from natural and artificially enriched soils [J]. Food Chemistry, 2002, 78(1): 89 - 93.
- [14] 谢宝贵, 刘洁玉. 重金属在三种食用菌中的累积及其生长的影响[J]. 中国食用菌, 2005, 24(2): 35 - 38.
- XIE Baogui, LIU Jieyu. Effects of heavy metals of Pb, Cd, Hg and As on the growth of three edible fungi [J]. Edible Fungi of China, 2005, 24(2): 35 - 38.
- [15] 刘安玲, 朱必凤, 刘主, 等. 柱状田头菇(茶薪菇)金属硫蛋白的分离纯化与特性研究[J]. 菌物系统, 2002, 22(1): 112 - 117.
- LIU Anling, ZHU Bifeng, LIU Zhu, et al. Isolation, purification and characterization of metallothionein from *Agrocybe cylindracea* [J]. Mycosystema, 2002, 22(1): 112 - 117.

Growth and Enrichment Responses of *Agrocybe praecox* Hyphae to Single and Combined Stress of Cd and Pb

AN Xin-long^{1,2}, ZHOU Qi-xing^{1,3}, LI Ting¹, ZHANG Ning¹

(1. Key Laboratory of Pollution Processes and Environmental Criteria at Ministry of Education, College of Environmental Science and Engineering, Nankai University, Tianjin 300071, China;

2. Ocean College of Hebei Agricultural University, Qinhuangdao 066003, China;

3. Key Laboratory of Terrestrial Ecological Process, Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China)

Abstract: Under the condition of plate culture, the effects of Cd, Pb and their combined stress on the growth of hyphae of *Agrocybe praecox* as well as the Cd and Pb bioaccumulation in the solid potato dextrose agar medium was studied. The mycelial growth vigor, colony diameter and dry mycelial weight were reduced as responding to the increasing Cd and Pb stress in the culture media. The results also showed that bioaccumulation of Cd and Pb in hyphae of *Agrocybe praecox* increased accompanying with the increments of the Cd and Pb concentrations in the media, and bioaccumulation of Pb in hyphae was promoted while that of Cd was inhibited under the combined stress of Cd and Pb.

Key words: *Agrocybe praecox*; cadmium; lead; combined stress; bioaccumulation