

土壤中铅锰复合污染对烟草生长及其吸收铅和锰的影响^①

王学锋， 师东阳， 刘淑萍， 冯颖俊， 崔 英

(河南省环境污染控制重点实验室， 河南师范大学化学与环境科学学院， 河南新乡 453007)

摘 要：采用盆栽试验方法研究 Pb 与 Mn 复合污染对烟草生长及其吸收积累 Pb、Mn 的影响，以便弄清在 Pb 与 Mn 复合污染条件下烟草的生长情况。试验结果表明：Pb 与 Mn 复合污染可影响烟草的生长发育，在土壤中 Pb 浓度（500 mg/kg）不变的情况下，随着土壤中 Mn 浓度的提高，烟草株高、根长、根系和茎叶的干重不断减少，当土壤中 Mn 浓度达到 2500 mg/kg 时，烟草的株高、根长和烟草的产量减少分别达到极显著水平（ $p < 0.01$ ）。Pb 与 Mn 复合污染也影响烟草对 Pb 和 Mn 的吸收与积累，当土壤中 Pb 浓度不变时，随着土壤中 Mn 浓度的增加，烟草各部分中 Pb 含量和 Mn 含量都在不断的提高。此外，Mn 可促进烟草对 Pb 的吸收与积累。

关键词：铅；锰；重金属复合污染；烟草

中图分类号：X503.23

烟草是我国重要的经济作物，在我国广大农村地区，种植烟草对增加农民收入起到了积极作用。近年来，由于矿产资源的大量开发利用，工业生产的迅猛发展和各种化学产品、农药、化肥以及污水灌溉的广泛使用，致使重金属等对土壤污染越来越严重^[1]。土壤一旦被重金属污染，不仅对植物生长和发育产生直接影响，而且重金属在植物根、茎、叶及籽粒中的大量积累会通过食物链进入人体，危及人类健康^[2]。香烟中的重金属 Pb、Mn 等有害物质通过吸烟过程中产生的烟雾进入人体，可引起肺癌、口腔癌、食道癌、鼻咽癌、喉癌等，且长期大量吸烟对男性生育有不良影响^[3-5]。国内外科学家在 Pb、Cd、Cu、Mn、Zn 等重金属元素对植物—土壤系统的生态效应影响方面已

做了一些研究^[6-9]。但是关于重金属 Pb、Mn 复合污染对植物生长影响的研究还很少。本文采用盆栽试验的方法，研究 Pb、Mn 复合污染对烟草生长及其吸收积累 Pb、Mn 的影响，为环境 Pb、Mn 污染防治提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试土壤：供试土壤采自邻近工业区的黄棕壤土。采用土壤农化常规分析法^[10]分析其理化性质（表1）。

供试烟草：供试烟草品种为 NC-89，种子购自河南豫中烟草良种繁育基地。

表 1 供试土壤的理化性质

Table 1 Some physical and chemical properties of the experimental soil

土壤类型	pH	有机质(g/kg)	速效 N (mg/kg)	速效 P (mg/kg)	速效 K (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Mn (mg/kg)
轻型	6.4	26.8	80.0	15.0	80.0	18.5	451.0

1.2 试验设计

试验设计 6 个处理^[11]，参照匡少平等^[12]研究水稻对重金属 Pb 的吸收效应时所投加的 Pb 处理浓度，本试验土壤中 Mn 的处理浓度分别为 0、500、1000、1500、2000、2500 mg/kg，每个处理均加 Pb 500 mg/kg，每个处理重复 4 次。土壤晾干后，过 2 mm 筛，装入直径

20 cm，高 20 cm 的塑料桶内，每桶 2.5 kg，共 24 桶。MnCl₂·4H₂O、Pb(NO₃)₂ 以固体粉末形式与土壤混合均匀，每桶加适量的 NaCl 以平衡每桶 Cl⁻ 浓度的不同，同时每桶以底肥的形式施 10 g 烟草专用有机肥。土壤加 Pb 和 Mn 后，混合均匀，平衡熟化 2 个星期。

1.3 盆栽试验

①基金项目：河南省创新人才工程项目（教育[2002]513）和河南省环境污染控制重点实验室项目资助。

作者简介：王学锋（1963—），男，河南孟津人，硕士，副教授，主要从事重金属污染行为和水污染控制研究。E-mail:sdym790811@yahoo.com.cn

本试验烟草种子为包衣种子，采用包衣种子不仅有利于种子精量播种，而且还利于减少土壤生态环境污染^[13]。烟草播种期与常规育苗期相同，播前将种子晾晒 1 次，直播苗床，播种前苗床要浇透底墒水并保持 2 mm 左右，明水时播种，每盆 5~6 粒，待种子全部裂解后，覆盖 2 mm 的细土，15 天后间苗，每盆选长势良好的一棵幼苗留下。生长期用去离子水浇灌，土壤含水量保持田间持水量的 60%。2005 年 3 月 27 日播种，烟草生长期内的温度控制为 (25±3)℃，2005 年 6 月 27 日收获。收获时沿土面剪去地上部分，测量株高、鲜重，同时洗出根系，在 105℃下杀青 30 min，然后在 70℃下烘干至恒重，称地上部和根的干重。

1.4 测试分析和统计方法

植物样品用 HCl-HClO₄-HNO₃ 法消解，用原子吸收光谱法测定 Pb 和 Mn 的浓度。本文的结果为 4 次重复的平均值，应用 LSD 法检验处理间的差异程度。

2 结果与讨论

2.1 Pb 与 Mn 复合污染对烟草株高和根长的影响

Pb 与 Mn 复合污染对烟草生长的影响见表 2。试验中每个处理加 Pb 均为 500 mg/kg，随着 Mn 浓度的不断增加，烟草的生长逐渐受抑制，例如当 Mn 的浓度为 1500 mg/kg 时，株高和根长比不加 Mn 的 CK 分别减少了 36.7% 和 16.8%，且分别达到显著水平 (p<0.05)。烟草表现出较明显的中毒现象，即老叶叶脉间区域出现皱缩和褐斑，植物根部变褐，叶缘白化或变成紫色，幼叶卷曲等症状。当土壤中 Mn 浓度继续提高至 2500 mg/kg 时，株高和根长由不加 Mn 时的 43.9 cm、14.3 cm 减少到 19.5 cm 和 6.5 cm，分别减少了 55.6% 和 54.5%。且均达到极显著水平 (p<0.01)。

2.2 Pb 与 Mn 复合污染对烟草产量的影响

烟草叶部干重的多少决定着烟草的产量。表 2 显示，在 Pb 浓度 (500 mg/kg) 不变的情况下，随着土壤中 Mn 浓度的不断提高，烟草叶部的干重逐渐下降，当土壤中 Mn 浓度>500 mg/kg 时，烟草的产量明显下降，与 CK 相比均达到显著水平 (p<0.05)。当土壤中 Mn 浓度提高到 2500 mg/kg 时，烟草的产量 (叶部干重) 减少达到极显著水平 (p<0.01)，比不加 Mn 的 CK 减少了 76.3%。

表 2 Pb 与 Mn 复合污染对烟草生长及生物量的影响
Table 2 Effect of combined Mn and Pb contamination on growth and biomass of tobacco

Mn 浓度 (mg/kg)	株高 (cm)	根长 (cm)	叶干重 (g)	茎干重 (g)	根干重 (g)
0	43.9Aa	14.3Aa	24.10Aa	7.55Aa	6.25Aa
500	40.1Aa	13.1Aa	26.95Aa	2.75Bb	6.55Aa
1000	28.8Ab	14.0Aa	14.90Ab	3.40Bb	3.15Bb
1500	27.8Ab	11.9Ab	13.45Bb	3.70Bb	3.40Bb
2000	29.8Ab	13.3Aa	13.44Bb	3.95Bb	3.30Bb
2500	19.5Bc	6.5Bb	5.70Cc	2.45Bb	1.80Cc

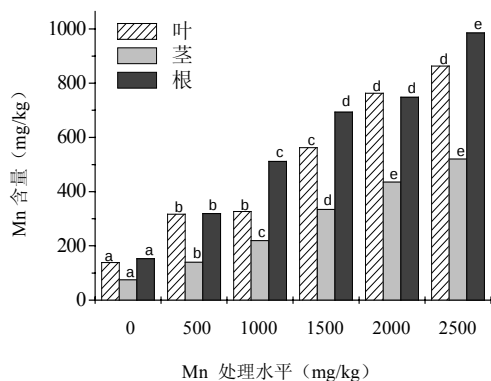
注：p<0.05 显著水平用小写字母表示，p<0.01 显著水平用大写字母表示。

2.3 Pb 与 Mn 复合污染对烟草吸收积累 Mn、Pb 的影响

Pb、Mn 复合污染影响烟草对 Mn 的吸收与积累如图 1 所示，在 Pb 浓度为 500 mg/kg 的土壤中，随着土壤中 Mn 浓度的增加，烟草茎叶及根系中 Mn 含量不断增加，当土壤中 Mn 的浓度接近 2500 mg/kg 时，烟草根系和茎叶中 Mn 含量都达到了最大值水平，分别达到 985.6 mg/kg 和 863.7 mg/kg；从图 1 中可以看出，烟草中各部分的 Mn 含量表现为：根>叶>茎。

土壤中 Mn 也会影响烟草对 Pb 的吸收。烟草根系

和茎叶中的 Pb 浓度随着土壤中的 Mn 浓度的不断增加而整体呈现了增大的趋势 (图 2)，这说明土壤中 Mn 元素能够促进烟草对重金属 Pb 的吸收。同时随着土壤中 Mn 含量的提高，植物也逐渐出现严重的 Mn 中毒现象，减缓了植物的光合作用，抑制了植物的生长^[14]，从而又抑制了植物对 Pb 的吸收。当土壤中的 Mn 浓度为 2000 mg/kg 时，烟草根系和茎叶中的 Pb 浓度达到了最大值，分别为 512.43、314.89 和 260.21 mg/kg，由图 2 还可以看出，当土壤中 Mn 浓度从 500 mg/kg 增加到 2500 mg/kg 时，烟草中各部分的 Pb 含量表现为：根>茎>叶。



图中字母表示不同处理差异显著性 ($p < 0.05$, 下同)

图 1 Pb、Mn 复合污染对烟草体内 Mn 浓度的影响

Fig.1 Effect of combined Mn and Pb contamination on Mn content in tobacco plants

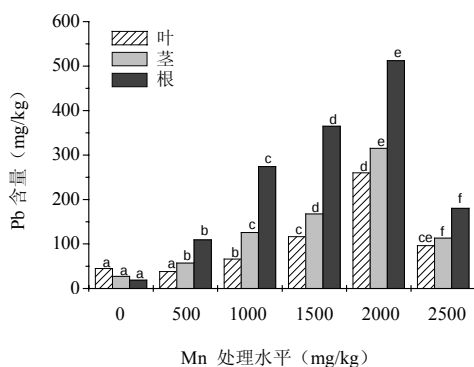


图 2 Pb、Mn 复合污染对烟草体内 Pb 浓度的影响

Fig. 2 Effect of combined Mn and Pb contamination on Pb content in tobacco plants

本试验中发现,烟草各营养部分对 Pb、Mn 的吸收有差异。烟草对 Mn 的吸收主要在烟草的根部和叶部,而对 Pb 的吸收主要集中在烟草的根部,而且烟草各部分 Mn 的吸收量要比 Pb 的吸收量大许多。这主要是因为重金属元素 Pb 进入土壤后, Pb 在土壤中可形成溶解度较小的 PbCO_3 、 $\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2$ 和 PbSO_4 等沉淀物,因此它在土壤中不容易移动。Pb 进入土壤后主要以化学吸附占优势,生成稳定的络合物,使其不易吸收和向植物上部迁移^[15]。

图 3 为不同浓度的 Mn 对烟草根系和茎叶中 Mn/Pb 含量比的影响。图 3 显示,随着土壤中 Mn 浓度的提高,当土壤中 Mn 浓度从 500 mg/kg 增加到 2000 mg/kg 时,烟草根系和茎叶中的 Mn/Pb 含量比整体呈下降趋势,这主要是因为 Mn 元素促进了烟草对重金属 Pb 的

吸收。当土壤中 Mn 的浓度接近 2500 mg/kg 时,因为此时烟草各部分对 Mn 的吸收急剧增强(图 2),所以烟草根系和茎叶中 Mn/Pb 含量比开始增大。当然随着 Mn 中毒现象的出现, Mn/Pb 含量比不会再增大,或者逐渐减小,直至植物死亡。这与王艳等^[16]研究结果相似。

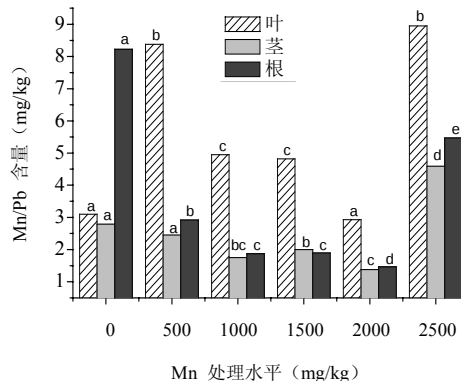


图 3 烟草茎叶与根系中 Mn/Pb 含量比
Fig. 3 Mn/Pb in shoots and roots of tobacco plants

烟草是我国农业的主要经济作物之一,研究烟草对重金属 Pb、Mn 的吸收效应和 Pb、Mn 对烟草生长影响,对烟草种植和监控香烟中 Pb、Mn 的含量具有十分重要的意义。试验结果表明:随着土壤中 Mn 浓度的提高,烟草叶中的 Mn、Pb 含量都在不断的增加,这就会潜在地增加香烟中重金属 Pb、Mn 的含量。目前我国对香烟中的重金属残留量还没有统一规定,因此应该尽快建立我国香烟中重金属残留的环境卫生标准,并做好监控。同时我国土壤—植物体系中对烟草种植区重金属污染调查和防治的工作仍然需要进一步加强和完善。

3 小结

(1) Pb、Mn 复合污染可影响烟草的生长发育。随着土壤中 Mn 浓度的增加,烟草根长、株高、以及茎叶和根系的干重均表现出减小的趋势。当 Mn 浓度为 1500 mg/kg 时,烟草的产量比 CK 减少 44.2%,而 Mn 浓度为 2500 mg/kg 时,烟草产量减少 76.3%。

(2) 烟草各营养部分对 Pb 和 Mn 的吸收累积程度有差异。植株中各部分的 Mn 含量表现为:根>叶>茎,而植株中各部分的 Pb 含量表现为:根>茎>叶。

(3) Pb 与 Mn 复合污染也影响烟草对 Pb 和 Mn 的吸收。Pb、Mn 复合污染比单独施 Pb 处理增加烟草各部分对 Pb 的吸收,且随着 Mn 浓度的增加,烟草各部

分 Pb 吸收越多, 因此土壤中的 Mn 元素能够促进烟草对重金属 Pb 的吸收。

参考文献:

- [1] 薛艳, 沈振国, 周东美. 蔬菜对土壤重金属吸收的差异与机理. 土壤, 2005, 37 (1): 32-36
- [2] Zhou DM, Chen HM, Hao XZ, Wang YJ. Fractionation of heavy metals in soils as affected by soil types and metal load quantity. Pedosphere, 2002, 12 (4): 309-320
- [3] Sharp RM, Skakkebaek NE. Are estrogens involved in falling sperm count and disorders of male reproductive tract? Luncat, 1993, 341: 1392-1395
- [4] Allen Y, Matthiessen P, Scott AP, Haworth S, Feist S, Thain JE. The extent of oestrogenic contaminants in the UK estuarine and marine environments-further surveys of founder. Science of Total Environment, 1999, 233: 5-20
- [5] 陈庆华, 陈玉成. 吸烟过程中的重金属来源解析及预防. 微量元素与健康研究, 2005, 22 (5): 47-49
- [6] 严重玲, 傅舜珍, 杨先科, 钟章成, 陈蓉蓉. 土壤中 Pb、Mn 及其相互作用对烟草叶片抗氧化酶的影响. 环境科学学报, 1997, 17 (14): 469-473
- [7] 高柳青, 田长彦, 胡明芳. 土壤锌、锰胁迫对棉花氮、磷养分吸收的影响. 资源科学, 1999, 21 (3): 72-76
- [8] Varga A, Martinez RMG, Zaray G, Fodor F. Investigation of effects of cadmium, lead, nickel and vanadium contamination on the uptake and transport processes in cucumber plants by TXRF spectrometry. Spectrochimica Acta (Part B), 1999, 54(10): 1455-1462
- [9] 陈怀满, 郑春荣, 周东美, 涂从, 高林. 德兴铜矿尾矿库植被重建后的土壤肥力状况和重金属污染初探. 土壤学报, 2005, 42 (1): 29-36
- [10] 土壤化学会主编. 土壤农化常规分析法. 北京: 科学出版社, 1984
- [11] 胡莹, 朱永官, 黄益宗, 刘云霞, 王凯荣. 钒隔复合污染对水稻吸收积累隔、钒和磷的影响. 环境科学学报, 2005, 25(2): 198-202
- [12] 匡少平, 徐仲, 张书圣. 水稻对土壤中环境激素铅的吸收效应及污染防治. 环境科学与技术, 2002, 25 (2): 32-34
- [13] Taylor AG, Allen PS, Bennett MA, et al. Seed enhancements. Seed Science Research, 1998, 8 (2): 245-246
- [14] 余叔文, 等. 植物生理与分子生物学. 北京: 科学出版社, 1997
- [15] 杨崇洁. 几种金属元素进入土壤后的迁移转化规律及吸附机理的研究. 环境科学, 1989, 10 (3): 2-8
- [16] 王艳, 王金达, 刘汝梅, 李仲根, 杨继松. 土壤铅的浓度与油菜生长相互影响的研究. 农业环境科学学报, 2004, 23(1): 47-50

Effects of Combined Mn and Pb Contamination on Growth and Pb and Mn Uptake of Tobacco

WANG Xue-feng, SHI Dong-yang, LIU Shu-ping, FENG Ying-jun, CUI Ying

(Henan Key Laboratory for Environmental Pollution Control, College of Chemistry and Environmental Science; Henan Normal University, Xinxiang, Henan 453007, China)

Abstract: A pot experiment was carried out to investigate effects of the combined Mn and Pb contamination on growth and Pb and Mn uptake or accumulation of tobacco plants. Results showed that the combined Pb and Mn contamination hindered tobacco growth. When the Pb concentration in the soil was kept at the level of 500 mg/kg, the plant height, root length and root/shoot biomass of tobacco plants decreased, as the Mn concentrations in the soil increased. The biomass of plant height, root length and the output of tobacco decreased with the rise of Mn concentration in the soil and the fall became extremely significant ($p < 0.01$) when soil Mn reached 2500 mg/kg. Combined Mn and Pb contamination also affected Mn and Pb uptake and accumulation by tobacco. When soil Pb concentration was kept at 500 mg/kg, increasing Mn concentration in the soil, brought up the Mn and Pb concentrations in every part of the tobacco plants. Moreover, the addition of Mn promoted Pb uptake and accumulation in tobacco plants.

Key words: Lead, Manganese, Heavy metals combined contaminations, Tobacco