

疑似锰中毒植烟土壤中总锰、有效锰、烟叶锰与 pH 值的相互关系研究

向准¹ 王毅² 蒋少阳² 龙曾语² 王莹¹ 李巧进¹ 涂成龙³

(¹ 贵州省生物研究所, 贵阳 550009; ² 黔南州烟草公司龙里分公司, 龙里 551200; ³ 中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室, 贵阳 550001)

摘要: 针对近年来贵州省龙里地区植烟土壤中频繁出现的疑似烟草锰中毒现象, 本项目在发病区植烟土壤中采集了 60 个土壤和烟草样品, 通过检测采集样品中总锰、有效锰、烟草中锰和 pH 等指标, 揭示土壤中总锰、有效锰、pH 值与烟草中锰的相互关系。试验结果显示: 龙里县烟区土壤中总锰、有效锰和烟草中锰含量普遍高于全国平均水平, 属于容易发生烟草锰中毒的区域。对龙里县烟区土壤中总锰、有效锰、pH 值与烟草中锰含量的相互关系研究发现: 土壤中总锰与有效锰呈正相关, 烟草中有效锰含量与土壤 pH 值呈负相关, 土壤总锰与烟叶中锰含量相关性不显著, 土壤有效锰含量与烟叶中锰含量的相关性亦未达到显著水平。

关键词: 锰中毒, 有效锰, 总锰, 烟叶锰

中图分类号 S 153.61 Q 581 文献标识码 A 文章编号 1003-6563(2015)06-0048-05

Study on the Relation between Different Categories of Manganese and PH in Tobacco – growing Soils Where was Suspected Manganese Poisoning

XIANG Zhun WANG Yi JIANG Shao-yang LONG Zeng-yu Wang Ying LI Qiao-jin TU Cheng-long
(¹ Guizhou Institute of Biology, Guiyang, Guizhou 550009, China; ² Qiannan Tobacco Companies Longli Branch, Longli, Guizhou 551200, China; ³ Institute of geochemistry Chinese Academy of Science, Guiyang, Guizhou 550001, China)

Abstract: According to investigating the suspected phenomenon of manganese toxicity in tobacco-growing soils, Longli county, Guizhou province, the 60 representative samples from tobacco-growing soils were collected and tested. The results show that the average content of total manganese, available manganese in soils and the manganese in tobacco leaves are higher than the average level in China. It demonstrated that Longli county could belong to sensitive areas prone to manganese poisoning. The study also found that the content of total manganese is positively correlated with available manganese concentration in soil and available manganese concentration is negative correlated with pH. Meanwhile available manganese and the tobacco leaves manganese have no significant correlation.

Key words: manganese poisoning, available manganese, total manganese, tobacco leaves manganeses

烟草是一种喜锰植物,能够主动吸收土壤中的有效锰合成自身生长发育所需要酶、叶绿素等物质,进而促进氮素的代谢,调节植物生长。锰能增强种子中淀粉和蛋白质的水解作用,能有效

收稿日期: 2015-02-15; 修回日期: 2015-06-12

基金项目: 贵州省烟草公司黔南州公司技术开发项目“龙里县疑似烟草锰中毒病因综合诊断与防范技术研究”资助。

作者简介: 向准(1976-),男,副研究员。研究方向: 食用菌、植物资源学、植物化学。E-mail: 564375391@qq.com

通讯作者: 涂成龙(1978-),男,副研究员。研究方向: 地球化学。E-mail: 29029363@qq.com

促进种子的萌发和幼苗的生长。锰元素进入植物体后,通过参与 EMP(糖酵解)途径和 TCA(三羧酸循环)中各种酶的组成,在烟草生长发育和代谢过程中发挥其独特的作用,是植物生长必须的微量元素之一(Mc Hargue, 1922)。

烟草中的锰主要来源于土壤,土壤的供锰能力由土壤中总锰和活性锰的含量决定,适量的锰固然可以促进烟草生长发育,有利于提高烟草的品质,但是当土壤中的锰过量时,也会造成严重的锰中毒症状,进而影响烟草的品质,降低烟草产生的经济价值(查录云, 1994)。针对近年来龙里县烟草种植地区频繁出现的烟尖叶缘失绿并出现皱叶,随后出现坏死斑,最后叶面大面积坏死的症状(张西科, 1994; 刘芷宇, 1982)进行采样调研,通过对植烟土壤 pH 值、总锰、有效锰和烟叶中锰含量测定,分析其造成烟草锰中毒的原因,为改善高锰含量地区的烟草种植技术提供可靠的试验数据。

1 材料与方法

1.1 样品采集

试验采取随机取样的方法于 2013 年在贵州省龙里县果里村、谷孟村、新合村、巴江乡上斗府、母猪窝、打鼓冲锰中毒症状土壤中一共采取土壤样品和相应土壤上烟草鲜烟叶样品 60 个单元。一个土壤样和对应的土壤上的烟叶样品构成一个取样单元。取样土壤为耕层土 20 cm 深度,同一个土壤样品取 5 个点的土壤构成 2 kg 左右的混合土样,同时在取样土壤上摘取烟叶作为相应的烟叶样品。从田间采集的土样、烟叶经过登记编号、风干、研磨、过筛、装瓶后备用。

1.2 样品的检测

土壤和烟叶总锰含量测定按 GB/T 5009.12-1996 方法处理,土壤有效锰的测定用联合浸提液(DTPA-CaCl₂-TEA)浸提后,ICP-OES 法测定(中国土壤学会, 1999)。

2 结果与分析

2.1 植烟土壤中总锰、烟叶中锰、有效锰和 pH 状况分析

如表 1 所示,龙里县植烟土壤中总锰平均含量为 1 874.29 mg/kg,总锰含量最大值为 4 926.92 mg/kg,最小值 568.51 mg/kg,变异系数 50.28%。我国土壤

总锰含量的平均值为 710 mg/kg,全世界锰平均含量为 850 mg/kg,龙里烟区土壤的全锰含量分别为全国平均水平和世界平均水平的 2.63 和 2.21 倍,在供试的 60 个土壤样品中,只有 6 个土壤样品的锰含量落在 710~850 mg/kg 区间内,也就是说有在采样土壤中,有 90% 的样品总锰浓度大于世界和我国的平均水平。

土壤的烟叶锰元素平均含量为 987.1 mg/kg,最大值 4 138.28 mg/kg,最小值 165.07 mg/kg,变异系数 56.91%。根据文献可知,我国优质烤烟烟叶锰含量的分布范围一般为 22.96~550.03 mg/kg,在供试的 60 个烟叶样品中,有 20 个样品的烟叶锰浓度在此区间内,其余的样品均超过优质烟叶的锰含量范围(胡国松, 2000; 陈江华, 2004)。

采样土壤中有效态锰平均含量为 484.45 mg/kg,最大值 718.44 mg/kg,最小值 98.54 mg/kg,变异系数 30.01%;根据土壤养分含量丰缺临界指标(全国土壤普查办公室, 1998),当有效锰含量 >50.0 mg/kg 时,烟草容易发生锰中毒现象(王小兵, 2013; 李卫, 2010)。供试的 60 个土壤样品有效锰全部远大于 50.0 mg/kg,极易诱发锰中毒症状。

采样土壤的平均 pH 值为 4.91,最大值 6.43,最小值 4.06 mg/kg,变异系数 9.31%。土壤的 pH 值与植物的生长关系密切,世界推荐优质烤烟生长的 pH 范围为 5.5~6.5,供试的 60 个土壤样品中,仅有 6 个样品 pH 落在这个区间内,其余样品 pH 值均低于 5.5,当土壤的 pH 值低于 5 时,容易诱发锰中毒现象的发生。

在总结其他研究人员(臧小平, 1999; 刘芷宇, 1982)和本试验结果的基础上,在土壤普遍呈酸性,土壤中总锰、有效锰含量较高的情况下,容易诱发锰中毒现象(图 1)。

2.2 植烟土壤中总锰与有效锰的化学计量关系

对样本土壤中总锰与有效锰的检测结果进行相关性分析可知,土壤中的总锰与有效锰呈正相关(图 2)。在试验数据的基础上建立土壤有效锰(y)土壤中总锰(x)的线性回归方程: $y = 0.0548x + 381.67$, $R_2 = 0.1257$ 。分析结果显示,土壤中的有效锰随着随这土壤总锰含量的增加呈上升趋势,直接证实了土壤总锰是影响土壤有效锰的重要因素,进而说明土壤总锰的含量对烟草锰中毒现象的产生具有重要影响。



图1 龙里烟叶锰中毒症状

Fig. 1 The symptoms of manganism of tobacco leaf in Longli

表1 龙里县植烟土壤中总锰、有效锰、烟叶中锰和 pH 状况

Tab. 1 Situation of different categories of manganese and pH in tobacco-growing soils ,Longli County ,Guizhou Province

项目	果里村	打鼓冲	谷孟村	新合村	巴江乡 上斗府	母猪窝	总供 试样品
供试土壤总 锰含量状况 (mg/kg)	平均值	1 704. 2	2 220. 3	1 938. 64	2 061. 52	1 574. 84	1 874. 29
	标准差	808. 66	1 139. 64	1 034. 89	1 233. 63	694. 94	683. 03
	最大值	3 903. 17	3 722. 22	4 535. 06	4 926. 92	2 375. 77	3 146. 8
	最小值	828. 05	950. 43	568. 52	739. 55	1 131. 64	787. 58
	C. V. (%)	47. 45	51. 33	53. 38	59. 84	44. 13	39. 35
	样本数	12	4	18	11	3	12
供试烟叶锰 含量状况 (mg/kg)	平均值	659. 84	764. 89	1 118. 09	579. 48	2 019. 23	1 307. 61
	标准差	215. 9	158. 57	720. 65	271. 26	521. 94	638. 17
	最大值	1 162. 08	931. 96	2 270. 59	1 460. 37	2 793. 82	4 138. 28
	最小值	198. 4	530. 49	165. 07	223. 15	1 236. 33	585. 77
	C. V. (%)	32. 72	20. 73	64. 45	46. 81	25. 85	48. 8
	样本数	12	4	18	11	3	12
供试土壤有 效锰含量 状况 (mg/kg)	平均值	413. 84	562. 29	540. 16	485. 89	365. 62	581. 12
	标准差	115. 66	95	88. 99	102. 7	173. 11	128
	最大值	591. 94	694. 94	654. 44	612. 44	471. 29	718. 44
	最小值	147. 49	477. 49	348. 89	323. 59	165. 84	270. 49
	C. V. (%)	27. 95	16. 9	16. 47	21. 14	47. 35	22. 03
	样本数	12	4	18	11	3	12
供试土壤 pH	平均值	4. 87	4. 65	5. 11	5. 02	4. 22	4. 96
	标准差	0. 18	0. 14	0. 7	0. 24	0. 19	0. 27
	最大值	5. 25	4. 85	6. 43	5. 36	4. 44	5. 5
	最小值	4. 64	4. 56	4. 06	4. 62	4. 08	4. 55
	C. V. (%)	3. 7	3. 01	13. 7	4. 78	4. 5	5. 44
	样本数	12	4	18	11	3	12

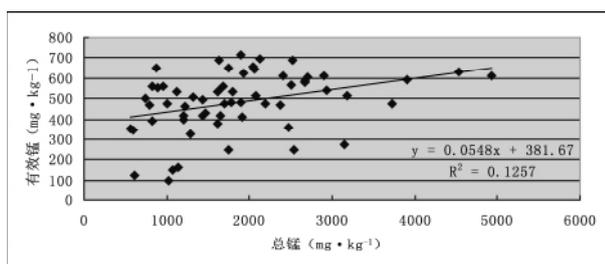


图2 植烟土壤中总锰与有效锰的相关关系

Fig. 2 Relation between total manganese and available manganese in tobacco-growing soil

2.3 植烟土壤中总锰与烟叶中锰的化学计量关系

检测样地中 土壤中总锰的含量要远远高于烟叶中锰的含量,总锰的平均含量为 1 874. 29 mg/kg,烟草中锰元素的平均含量为 987. 1 mg/kg,土壤总锰含量约为烟草中锰元素含量的 1. 9 倍,是土壤有效锰 484. 45 mg/kg 的 3. 87 倍。从以上数据可以看出,烟草具有一定对锰元素的富集作用。

对烟叶中锰与土壤中总锰进行相关性分析,建立

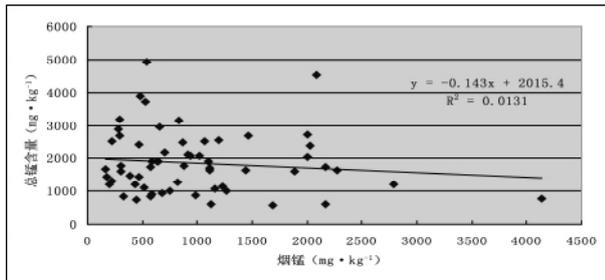


图3 烟叶中的锰与土壤总锰的相关关系

Fig. 3 Relation between tobacco leaf manganese and total manganese in tobacco-growing soils

土壤中总锰(y)与烟叶锰(x)的线性回归方程 $y = -0.143x + 2015.4$, $R^2 = 0.0131$ 。结果显示(图3)烟叶锰的含量与土壤总锰相关性不显著。而在其他的一些研究中,往往表现出土壤总锰含量与烟叶锰含量具正相关性,即烟叶中锰含量随土壤的总锰含量的增加而增加,龙里烟区的试验样品检测分析结果与其他研究结果并不符合。对此进行分析,烟草对于土壤中锰元素的吸收并不是没有选择性的,只有有效态的锰(水溶态、交换态和易还原态锰)才能被植物吸收(司友斌 2000),所以土壤中锰元素含量的并不是烟叶中锰含量的决定因素,这与土壤的 pH 值、锰元素的存在形态息息相关,当土壤中的锰主要以有效锰形态存在时,表现出正相关;当土壤中的锰存在的形态不能被植物吸收时,表现为相关性不显著。

2.4 植烟土壤中有效锰与烟叶中锰的化学计量关系

相对于土壤中的有效锰来说,烟草中的锰元素要远高于土壤有效锰,在检测的 60 组样品中,土壤有效锰的平均含量为 484.45 mg/kg,而烟草中的锰元素高达 987.1 mg/kg,是土壤有效锰含量的 2 倍还要多,表现出烟草对锰元素具有一定的富集吸附作用。

对烟叶锰与土壤有效锰进行相关性分析,建立土壤中总锰(y)与烟叶锰(x)的线性回归方程:

$y = -0.4539x + 1209.6$, $R^2 = 0.0079$ 。结果显示,烟叶锰的含量与土壤有效锰相关性不显著(图4)。而在其他的一些研究中,往往表现出土壤有效锰含量与烟叶锰含量呈正相关性,即烟叶中锰含量随土壤有效锰含量的增加而增加,但是在龙里县烟区土壤中,却没有呈现这一现象(邹加明 2002; 许自成 2007)。这充分表明了土壤元素成分的多样性和复杂性,或许因为样品数量、土壤的 pH、Eh、有机质、

湿度、土壤质地、水旱轮作及元素间的协同和拮抗作用使得这种关系不明显。

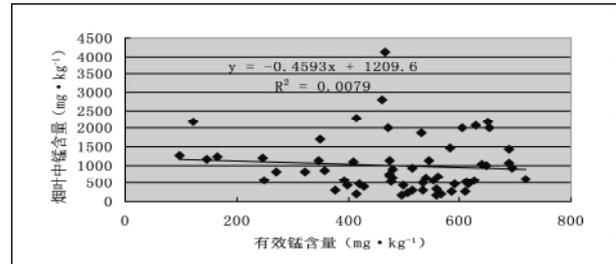


图4 烟叶中的锰与土壤有效锰的相互关系

Fig. 4 Relation between tobacco leaf manganese and available manganese in tobacco-growing soils

2.5 pH 值与有效锰的化学计量关系

土壤 pH 值对养分有效性有着重要的影响,在贵州省龙里县的植烟土壤中,有效锰的含量随着 pH 值升高而降低(图5),pH 值与有效锰呈负相关性,分析结果与其他文献报道相一致(邹加明 2002)。建立了土壤 pH(y)与土壤有效锰含量(x)的线性回归方程: $y = -0.0016x + 5.7049$, $R^2 = 0.2486$ 。

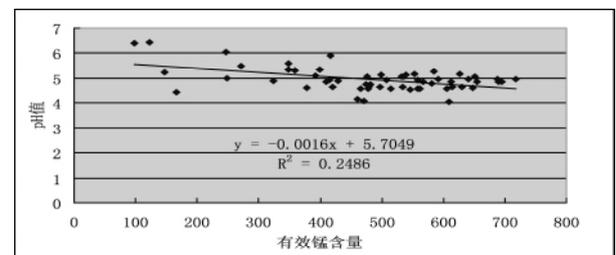


图5 pH 值与有效锰的相关关系

Fig. 5 Relation between pH and available manganese in tobacco-growing soils

分析其原因可能是随着 pH 值的升高,土壤中的 OH^{-1} 离子浓度增加,容易形成难溶于水的 $\text{Mn}(\text{OH})_2$ 沉淀,这直接导致有效锰含量降低。所以在实际生产过程中,在高锰含量的土壤中加入适当的碱性材料,助于缓解锰中毒现象。

3 讨论与结论

1) 在总结臧小平、刘芷宇等科研人员的成果及贵州龙里锰中毒观察的实践基础上,对烟草锰中毒的典型症状进行总结,主要有 3 个特征:①在老叶的叶缘、叶尖上出现失绿暗褐色斑点,继而引起失绿,最后叶片干枯;②在幼叶发生“皱叶病”;③容易发生幼叶失绿症(臧小平,1996;刘芷宇,1982)。以上 3 个症状可以在烟草上同时出现,但是究竟那些症

状占主导地位,则主要取决于植物本身的基因型以及影响植物组织耐锰的生长条件;

2) 贵州省龙里县烟草锰中毒调查采集的植烟土壤中,土壤的 pH 值、总锰、有效锰和烟叶锰平均值分别为 4.91、1 874.29 mg/kg、484.45 mg/kg 和 987.1 mg/kg 效,大大超出了全国或者世界的平均水平,因此县植烟土壤属于易发生锰中毒症状的区域;

3) 在对贵州省龙里县烟草锰中毒植烟土壤中总锰、有效锰、pH 值与烟草中锰的化学计量关系研究中发现:①土壤中总锰与有效锰呈正相关,有效锰含量随总锰含量的增长而增长;②烟草中有效锰含量与土壤 pH 值呈负相关,随着 pH 值的增大,烟草中的有效锰含量逐渐减少;③土壤总锰与烟叶中锰含量相关性不显著。

[REFERENCES]

- Anon. (Edited by Chinese Soil Society), 1999. Agricultural Chemical Analysis Method in Soil [M]. China Science and Technology Press 226-227(in Chinese).
- Anon. (Edited by National Soil Survey Office), 1998. Chinese Soil [M]. China Agriculture Press(in Chinese).
- Chen HJ, Liu JL, Long HY. 2004. The distribution characteristics of nutrition elements and main chemical composition in China's tobacco leaves [J]. *Acta Tabacaria Sinica*, 10(5): 20-27(in Chinese).
- Hu GS, Zheng W, Wang ZD. 2000. Flue-cured tobacco nutrition principle [M]. Science Press 231-240(in Chinese).
- Li W, Zhou JH, Zhang YY *et al.* 2010. Comprehensive evaluation of tobacco soil fertility status in Yunnan's Qujing area [J]. *Chinese Tobacco Science*, 16(2): 61-65(in Chinese).
- Liu ZY. 1982. Illustration of Main Crop Nutrition Disorders [M]. China Agriculture Press(in Chinese).
- Mc Hargue, 1922. The role of manganese in plants [J]. *J. Am. Chem. Soc* (44): 1592-1598.
- Si YB, Wang SQ, Ma YH *et al.* 2000. Fractionation of soil manganese forms to plant availability [J]. *Ecology and Environmental Science* (3): 32-35(in Chinese).
- Wang XB, Zhou YH, Li Q *et al.* 2013. Manganese distribution in soil and tobacco leaf in different soil pH areas in Qujing [J]. *Chinese Journal of Soil Science* 44(4): 969-973(in Chinese).
- Xu ZC, Wang L, Guan BQ. 2007. Distribution and relationship of manganese content in flue-cured tobacco leaf and available manganese content in soil in Hunan tobacco-growing areas [J]. *Acta Tabacaria Sinica*, 13(5): 27-32(in Chinese).
- Zhou JM, Shan PX, Li WB *et al.* 2002. Soil fertility status and its variation trends of dali tobacco production area [J]. *Tobacco Science & Technology* 8(4): 14-20 (in Chinese).
- Zang XQ. 1999. Soil manganese toxicity and manganese poisoning in plant [J]. *Chinese Journal of Soil Science* 30(3): 139-141(in Chinese).
- Za LY, Zheng JM, Zhang RY. 1994. Study on the effects of trace element manganese on quality of flue-cured tobacco [J]. *Tobacco Science & Technology* (6): 29-31(in Chinese).
- Zhang XK, Zhang FS, Mao DR. 1994. Progression on the manganese poisoning of plant [J]. *Progress Soil Science*, 22(5): 13-21(in Chinese).

[附中文参考文献]

- 中国土壤学会, 1999. 土壤农业化学分析方法 [M]. 北京: 中国科学技术出版社 226-227.
- 全国土壤普查办公室, 1998. 中国土壤 [M]. 中国农业出版社.
- 陈江华, 刘建利, 龙怀玉. 2004. 中国烟叶矿质营养及主要化学成分含量特征研究 [J]. *中国烟草学报*, 10(5): 20-27.
- 胡国松, 郑伟, 王震东. 2000. 烤烟营养原理 [M]. 北京: 科学出版社 231-240.
- 李卫, 周翼衡, 张一扬. 2010. 云南曲靖烟区土壤肥力状况综合评价 [J]. *中国烟草科学*, 16(2): 61-65.
- 刘芷宇. 主要作物营养失调症状图谱 [M]. 北京: 农业出版社, 1982.
- 司友斌, 王慎强, 马友华. 2000. 土壤中植物有效锰的形态分级 [J]. *生态环境学报*, (3): 32-35.
- 王小兵, 周翼衡, 李强. 2013. 曲靖不同 pH 烟区土壤有效锰和烟叶锰含量的分布状况分析 [J]. *土壤通报*, 44(4): 969-973.
- 许自成, 王林, 关博谦. 2007. 湖南烟区烤烟锰与土壤有效锰含量的分布特点及关系分析 [J]. *中国烟草学报*, 13(5): 27-32.
- 邹加明, 单沛祥, 李文壁. 2002. 大理州植烟土壤养分质量现状与演变趋势 [J]. *中国烟草学报*, 8(4): 14-20.
- 臧小平. 1999. 土壤锰毒与植物锰的毒害 [J]. *土壤通报*, 30(3): 139-141.
- 查录云, 郑劲民, 张仁义. 1994. 微量元素锰对烤烟质量影响的研究 [J]. *烟草科技*, (6): 29-31.
- 张西科, 张福锁, 毛达如. 1994. 植物锰中毒研究进展 [J]. *土壤学进展*, 22(5): 13-21.