

苹果粗皮病发生与锰的关系

高艳敏¹, 赵立会², 王佳军¹, 张恩饶³, 王宝申¹

(1. 辽宁省农业科学院果树科学研究所, 辽宁 熊岳 115214; 2. 连山区果树管理局 辽宁 连山 121500; 3. 盖州市农业技术推广中心, 辽宁 盖州 115213)

摘要: 经2002~2003年盆栽试验观察, 粗皮病的发生与土壤高锰含量有直接关系。施锰300 mg/kg以下树体生长发育正常, 施锰350 mg/kg前期上部枝少部分幼叶出现失绿现象, 施锰400 mg/kg以上树体发生粗皮病。施锰400 mg/kg叶片锰最高值为890 mg/kg, 是施锰350 mg/kg的3.1倍, 土壤有效锰、易还原锰、交换锰含量最高值分别是施锰350 mg/kg的1.1、2.3、22.0倍。说明土壤高量的易还原锰、代换锰是粗皮病发生的重要因素。施锰发病后土壤铁、硅的含量降低, 磷、钾的含量提高。

关键词: 苹果; 粗皮病; 锰

中图分类号: S 436.611.1⁺9 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-0009(2007)10-0194-03

通过盆栽及田间试验, 对富士苹果枝干病瘤发生原因进行了研究^[1], 明确了引起粗皮病的原因有两个, 一是锰过剩, 二是感染轮纹病菌; 并鉴别了两种粗皮病发病初、中、晚期不同的外部形态和内部超微组织结构; 提出了试验条件下对富士幼树的安全锰浓度、临界浓度、毒害浓度、致死浓度(果树学报 2003年6期)。在此基础上, 进一步研究了施锰对粗皮病发生和土壤养分的影响。

1 材料与方法

2002~2003年连续2a于4月初进行相同处理的施锰试验, 观察植株的变化趋势是否一致, 并对2003年处理取样分析。供试土壤为辽宁省果树所试验区内的平地棕壤, 有机质含量为1.496%、全氮0.093%、有效磷34.2 mg/kg、速效钾172.5 mg/kg、有效铁58.4 mg/kg、有效锌17.2 mg/kg、有效锰38.2 mg/kg、易还原锰119.1 mg/kg、交换锰4.3 mg/kg、pH 6.2。每盆装风干土15 kg, 以MnSO₄形态施入, 施入Mn²⁺量设0、100、200、300、350、400、600、800 mg/kg 8个剂量。每盆栽1a生富士苗1株, 每处理5盆。栽后用羊皮纸包裹树干, 以免轮纹病菌侵染。植株成活后, 每隔5d调查1次生长变化情况, 并于6、7、8三个月的10日取土样和植株样进行分析。磷用钼兰比色法, 钾、铁、锌、锰用原子吸收光谱法, 硅用硅钼兰比色法, pH用酸度计(水土比1:1)。

2 结果与分析

第一作者简介: 高艳敏(1955-), 女, 研究员, 主要从事果树生理和果树病理研究。

基金项目: 农业部跨越计划资助项目(2003070101); 国家外专局国际合作资助项目(200220503); 辽宁省自然科学基金资助项目(2040563)。

收稿日期: 2007-06-26

2.1 施锰对富士幼树粗皮病发生情况的影响

施锰量100~300 mg/kg的富士植株, 无异常变化。施锰350 mg/kg前期上部枝少部分幼叶出现失绿现象。施锰400 mg/kg的40d树体上部枝幼叶表现失绿, 叶片内卷并伴有放射状红晕产生; 50d前后主干中下部出现块状或痘斑状病瘤, 似水泡状, 光滑部位与皮孔处均发生, 70d前后病瘤清晰可见; 约85d, 主干上部及分枝出现主干中下部初期的发病症状。130d后, 病瘤开始整个凸起, 150d时病瘤直径约1~6 mm, 160d前后凸起连片发生, 病瘤除顶部一点褐色, 均为原皮色。

施锰600 mg/kg的32d幼叶出现失绿症状, 10d后, 部分老叶内卷, 并呈现暗绿斑点; 施锰800 mg/kg的25d幼叶及部分成熟叶呈现暗绿症状, 10d后大部分老叶内卷并呈现暗绿色斑点, 个别叶片干枯; 再过10d, 施锰800 mg/kg的大部分老叶由边缘开始向内焦枯, 施锰600 mg/kg的只有个别叶片由边缘开始向内焦枯, 全树枝干由内表皮向外膨胀呈块状或痘斑状病瘤; 此后约一周施锰600 mg/kg、800 mg/kg的病瘤整个凸起, 直径约1~6 mm, 80d后病瘤出现凹陷, 病皮破裂, 外围一圈发生褐变, 施锰800 mg/kg的全树叶片呈现暗绿色, 少部分叶干枯; 130d后病瘤表面全部变褐, 多数病瘤连为一体, 连片处从上向下发生纵裂, 施锰800 mg/kg的大部分树从上部枝干开始向下抽干死亡, 叶片全部干枯, 施锰600 mg/kg的少部分树死亡。

施锰400 mg/kg的树, 直到翌年6月下旬才出现施锰600 mg/kg、800 mg/kg 80d后出现的症状, 但未有树体死亡。病枝离体后病瘤不扩展, 充分说明粗皮为高锰所致(轮纹菌致病后, 病枝离体后病瘤迅速扩展^[1])。

树体锰含量分析结果(表1)是上述表现的充分说明。施锰350 mg/kg的叶片锰含量仅在8月份达到最高

量为 280.3 mg/kg; 而施锰 400 mg/kg 的, 6 月份就比施锰 350 mg/kg 8 月份才达到的高量高 100.1 mg/kg, 到 8 月份达到 890.7 mg/kg, 是施锰 350 mg/kg 最高量的 3 倍多。施锰 600 和 800 mg/kg 的 6 月份就达最高量, 后 2 个月份维持在施锰 400 mg/kg 的最高量以上, 经平准检验, 施锰 400 mg/kg 以上均极显著于施锰 350 mg/kg 以下的。韧皮部锰含量的变化趋势与叶片一致。试验

镜检观察发现, 粗皮病 (Internal bark necrosis) 是韧皮部中部分木质化组织在内部发生增生而引起的外表隆起病瘤的发生部位不定 (而轮纹病病瘤皮下形成索状菌丝体结构, 多数在皮孔部位发生^[1])。这是 400 mg/kg 用量以上使树体叶片和枝条致伤、致残、致死的直接原因。

2.2 施锰对土壤锰含量的影响

表 1 施锰对树体各部位锰含量的影响 mg * kg⁻¹

锰用量	叶片				韧皮部			木质部			根系		
	6月	7月	8月	平均比较	6月	7月	8月	6月	7月	8月	6月	7月	8月
0	60.2	50.3	80.1	63.3cC	50.1	20.4	10.4	40.3	10.0	10.4	60.2	30.3	40.2
100	70.5	80.1	90.8	80.0cC	50.4	40.5	60.0	60.6	20.4	10.2	40.2	50.4	50.6
200	70.0	90.5	90.0	83.3cC	60.5	70.1	40.6	50.5	50.8	40.5	80.4	100.6	100.1
300	110.6	150.0	140.6	133.3cC	50.8	70.0	50.1	60.2	50.7	30.1	70.0	80.7	80.2
350	150.1	40.5	280.3	223.3cC	140.0	140.4	120.0	70.3	50.0	40.0	80.1	100.1	140.4
400	380.4	780.3	890.7	683.3bB	230.3	360.1	340.5	60.7	60.6	30.4	260.2	560.7	370.1
600	1010.7	970.2	910.4	963.3aA	560.6	490.6	380.8	50.9	100.1	170.7	480.5	1040.1	1410.6
800	1130.0	990.7	920.1	1013.3aA	750.3	800.3	700.1	90.1	160.3	190.3	540.6	550.0	620.3

供试土壤有效锰 38.2 mg/kg、易还原锰含量 119.1 mg/kg、交换锰 4.3 mg/kg。随施锰量增加土壤锰含量提高 (表 2), 施锰 100~350 mg/kg 的土壤有效锰和易还原锰、交换锰增加幅度较小。施锰 400 mg/kg 以上土壤有效锰含量虽然随施锰量增加在提高, 但增值较小, 6、7、8 月分别比施锰 350 mg/kg 的增加 3.9%~5.5%、1.0%~11.3%、5.5%~12.2%, 只是施锰 600 mg/kg 和

800 mg/kg 的 7、8 月增幅较大; 而土壤易还原锰、交换锰, 施锰 400 mg/kg 以上的却是成倍或数十倍的增加 6、7、8 月易还原锰含量分别是施锰 350 mg/kg 的 1.7~2.2 倍、2.0~2.6 倍、2.3~2.4 倍; 交换锰含量分别是 4.7~5.9 倍、18.1~9.3 倍、22.0~71.7 倍。因此, 导致苹果根系的大量吸收和树体内的大量积累, 使树体受害。其中交换锰的增加, 成为加重粗皮病发生的潜在因素。

表 2 施锰对土壤中锰含量的影响 mg * kg⁻¹

锰用量	6月			7月			8月			pH 值		
	有效锰	易还原锰	交换锰	有效锰	易还原锰	交换锰	有效锰	易还原锰	交换锰	6月	7月	8月
0	39.3	150.1	2.1	29.0	158.8	3.2	33.6	111.7	1.7	6.5	6.6	6.1
100	39.6	170.3	4.1	34.1	160.9	3.5	35.0	155.1	3.1	6.5	6.4	6.2
200	33.6	254.9	5.3	36.4	271.6	4.3	35.2	244.9	3.7	6.3	6.2	5.9
300	40.2	265.7	6.9	38.5	270.0	8.3	38.4	293.0	5.5	6.6	6.5	6.2
350	41.0	280.2	4.7	38.8	318.5	17.2	38.5	327.5	7.2	6.4	6.4	5.9
400	42.6	462.3	69.2	39.2	644.9	310.9	40.6	745.8	158.1	6.3	6.2	5.6
600	43.0	576.1	166.7	43.0	723.6	413.7	42.8	757.9	423.2	5.6	5.5	5.4
800	43.2	588.9	233.5	43.2	838.3	503.5	43.2	770.5	516.3	5.5	5.3	5.3

2.3 施锰对土壤酸碱度的影响

施锰 100~350 mg/kg, 土壤 pH 值基本上变化不大, 但施锰 400 mg/kg 以上的则 pH 值逐渐降低。施锰 400 mg/kg 的到 8 月份明显降低, 施锰 600、800 mg/kg

的 6 月份就明显降低, 到 7、8 月还略有降低。说明高量施锰导致土壤酸度增强, 促使土壤潜在锰的活化, 从而导致生理粗皮病的加重。

2.4 施锰对其它营养元素的影响

表 3 施锰对土壤中其它养分含量的影响 mg * kg⁻¹

锰用量	有效磷			速效钾			铁			硅		
	6月	7月	8月	6月	7月	8月	6月	7月	8月	6月	7月	8月
0	20.6	18.9	41.4	215.2	170.4	165.2	40.4	45.4	80.5	437.5	538.5	399.2
100	21.7	19.0	44.2	220.5	174.7	165.0	44.2	50.2	82.8	452.5	532.1	394.8
200	22.4	21.3	44.8	231.1	173.9	180.5	47.0	43.1	82.4	448.2	512.6	386.5
300	22.7	21.6	44.8	225.6	188.2	190.6	43.4	44.6	79.8	447.7	490.2	379.9
350	23.1	22.1	45.8	235.4	193.0	205.0	39.8	46.2	78.1	439.0	480.1	377.9
400	21.5	21.8	46.6	260.0	220.1	210.1	18.7	29.2	50.2	387.3	416.9	324.4
600	23.2	22.6	48.4	305.3	270.1	230.4	20.4	20.4	35.8	373.7	402.9	316.9
800	24.3	23.2	48.0	310.4	295.3	264.7	8.6	8.6	15.8	369.0	355.8	305.8

施锰 100~350 mg/kg, 对土壤铁的含量基本无影响, 但施锰 400 mg/kg 的土壤铁含量明显降低。施锰 400 mg/kg 的 6、7、8 月土壤铁的含量比施锰 350 mg/kg 的降低 53.0%、36.8%、35.7%, 施锰 600 mg/kg 的依次

降低 48.7%、55.8%、54.2%, 施锰 800 mg/kg 的依次降低 78.4%、81.4%、79.8%。看出高量施锰导致土壤还原铁降低。施锰后土壤有效硅的含量呈下降趋势, 施锰 400 mg/kg 以上的降低较明显, 施锰 400 mg/kg 的 6、7、8

月土壤硅的含量比施锰 350 kg/mg 的依次降低 11.8%、13.2%、14.2%，施锰 600、800 mg/kg 的变化与施锰 400 mg/kg 的相类似。施锰后土壤有效磷、速效钾的含量表现提高。

3 结论与讨论

施锰 400 mg/kg 植株发病后，叶片锰含量由 6 月份(发病初期)的 380 mg/kg 增加到 8 月份的 890 mg/kg。这与谢来福等报道的苹果叶锰含量达 100 mg/kg 时出现毒害^[2]有很大差异，但接近香瓜锰毒叶大于 900 mg/kg^[3]、大豆锰毒叶 760 mg/kg^[4]、马铃薯锰毒叶 400 mg/kg^[5]、大麦锰毒叶 770 mg/kg^[6]的报道。张福锁等^[7]指出，植物的耐锰能力随基因型、营养条件和气候条件的变化而变化。说明锰过剩导致树体发病后，树体锰的阈值不可能是定值^[8]。试验条件下，苹果幼树施锰 400 mg/kg 以上枝干发生粗皮病，而施锰 100~300 mg/kg 为安全浓度，施锰 350~400 mg/kg 为临界浓度，施锰 600 mg/kg 为毒害浓度，施锰 800 mg/kg 为致死浓度^[1]。

试验条件下，施锰 400 mg/kg 以上，6、7、8 月易还原锰含量分别是施锰 350 mg/kg 的 1.7~2.2 倍、2.0~2.6 倍、2.3~2.4 倍，交换锰含量分别是 4.7~15.9 倍、18.1~29.3 倍、22.0~71.7 倍，成倍或数十倍的增加，从而导致树体对 Mn^{2+} 的大量吸收而致病，即高锰诱发枝干粗皮病。这与国内外有关树体过量吸收锰是造成粗皮病的主要原因^[9-12]的报道相一致。

研究中施高量锰土壤明显酸化，pH 值甚至降到 5.3。Fisher 等^[8]报道发生粗皮病的果园土壤 pH 多小于 5.6；叶优良等^[13]对胶东地区部分果园调查也发现，发生粗皮病果园土壤 pH 值普遍偏低；Hoyt^[14]的研究表明，土壤 0.02 mol/L CaCl₂ 浸提锰含量与土壤 pH 呈极显著正相关；刘德绍^[15]、Foy^[16]等也指出，锰中毒与 pH 值有

密切关系。可见，土壤有效锰，特别是易还原锰和交换锰的含量，可通过调节土壤酸碱度加以控制。

参考文献

- [1] 高艳敏, 沈永波, 李广旭, 等. 苹果粗皮病的两种原因及症状观察研究[J]. 果树学报, 2003, 20(6): 483-486.
- [2] 谢来福. 对苹果粗皮病的初步研究[J]. 山西果树, 1995(4).
- [3] Elamin O M. j. Am. Soc. Hort. Sci., 1986, 111: 582-593.
- [4] Giller K E. Communications in Soil Science and Plant Analysis 1992 23(7/8): 787-792.
- [5] Megregor A J. Plant and Soil. 1966, 25(1): 3, 16.
- [6] 臧小平. 土壤锰毒与植物锰的毒害[J]. 土壤通报, 1999, 3(3): 139-141.
- [7] 张福锁. 植物营养生态生理学和遗传学[M]. 中国: 科学技术出版社, 1993: 231-247.
- [8] Fisher, A G, Raton G W, Porritt S w. Internal bark necrosis of delicious apple in relation to soil pH and leaf manganese[J]. Canadian Journal of Plant Science, 1977, 57(1): 297-299.
- [9] Clark R B. Iron deficiency in plants grown in the plains of the U. S. J. Plant Nutrition, 1982, 5: 25-32.
- [10] Graham R D, Hannam R J, Vren N C. Manganese in soil and plants[J]. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1988: 175-188.
- [11] Horst W J, Fecht M, Maier P. Physiology of manganese toxicity and tolerance in *Vigna unguiculata* (L.) wall[J]. J. Plant Nutr. Soil Sci., 1999, 162: 263-274.
- [12] Blamey, Joyce F P C, Edwards D C, et al. Role of trichomes in sunflower tolerance to manganese toxicity[J]. Plant Soil., 1986, 81: 171-180.
- [13] 叶优良, 张福锁, 于忠范, 等. 苹果粗皮病研究进展[J]. 果树学报, 2002, 19(1): 53-57.
- [14] Hoyt P B. The relationship of internal bark necrosis in delicious apple trees to tree characteristics and soil properties[J]. Commun Soil Sci Plant Annal 1988, 19: 1041-1048.
- [15] 刘德绍. 铁锌锰元素对矫治柠檬缺铁黄叶的研究[J]. 西南农业大学学报, 1996, 18(1).
- [16] Foy C D, Fleming A L. The physiology of metal toxicity in plants Am Rev[J]. Plant Physiol, 1978, 29: 511-566.

(本文作者还有刘秀春、高树清, 单位同第一作者)

The Relationship Between Physical Internal Bark necrosis with Mn and Other Nutrition in Apple

GAO Yan-min¹, ZHAO Li-hui², WANG Jia-jun¹, ZHANG En-rao³, WANG Bao-shen¹, LIU Xiu-chun¹, GAO Shu-qing

(1. Fruit Science Research Center of Liaoning Academy of Agricultural Science Xiongyue Liaoning 115214 China; 2. Administration of Fruit of Lianshan, Liaoning 121500, China; 3. Agrotechnique Extension Center of Caizhou Liaoning 115213, China)

Abstract: The happening of Internal bark necrosis related directly with high content of Mn in soil under pot experiments during 2002 to 2003. Trees grew well with Mn content below 350mg/kg, while Internal bark necrosis appeared with Mn content above 400mg/kg. The highest Mn in leaf is 890mg/kg under the treatment of 400mg/kg, which is as much as 3.1 times than the treatment of 350mg/kg. The highest contents of effective Mn, reductive Mn and exchangeable Mn in soil is 1.05, 2.28, 21.96 times than those in the treatment of Mn 350 mg/kg. This indicated that high amount of reductive Mn, exchangeable Mn is crucial factor for the happening of Internal bark necrosis. Contents of Fe and Si decreased in soil while p and k improved after Mn application.

Key words: Apple; Physical Internal bark necrosis; Mn; Relationship