

文章编号: 1001-1498(2008)05-0625-05

影响市区樟树黄化病的主要因素研究

陈超燕^{1,2}, 刘洪剑³, 束庆龙^{1*}, 刘晓莉¹, 张鑫^{1,4}

(1. 安徽农业大学林学与园林学院, 安徽 合肥 230036; 2. 山东省东营市垦利县林业局, 山东 东营 257000;
3. 安徽省林业科学研究所, 安徽 合肥 230031; 4. 安徽省合肥市林校, 安徽 合肥 230000)

摘要:对合肥市市区樟树黄化病与立地条件关系进行了调查研究,并对不同程度的病株叶片营养成分进行了分析,结果表明:樟树黄化原因复杂多样,主要原因是 pH 值过高导致土壤中的有效铁不能被根系吸收;其他原因如地表水泥覆盖过度、土壤密度过大、污染严重、土壤营养条件不良等因素构成。在土壤矿质元素中,黄化程度与速效 K、B、Cu、Zn 的含量呈正相关;与有机质、有效 Fe、速效 N、速效 P、Mn 等元素含量呈负相关。在樟树叶片营养元素中,速效 N、Zn、Fe 和 Mn 含量随着黄化程度的增加而下降;S、Ca、B 和 Cu 的含量随着病害的加重而增加。

关键词:樟树;黄化病;土壤肥力;市区环境

中图分类号: S792.23 文献标识码: A

Studies on the Main Causal Factors Affect *Cinnamomum camphor* Yellowing in Urban Condition

CHEN Chao-yan^{1,2}, LIU Hong-jian³, SHU Qing-long¹, LIU Xiao-li¹, ZHANG Xin^{1,4}

(1. Anhui Agricultural University, Hefei 230036, Anhui, China; 2. Forestry Department of Kenli County, Dongying City, Shandong Province, Dongying 257000, Shandong, China; 3. Forestry Academy of Anhui Province, Hefei 230031, Anhui, China;
4. Junior College of Hefei, Anhui Province, Hefei 230000, Anhui, China)

Abstract: The main factors affected *Cinnamomum camphor* yellowing in urban area were investigated, and some nutrient elements in soil and leaves were determined. The results showed that there were many factors as the causes of camphor-tree yellowing and the key factors were the root covered tightly with the cement; the soil polluted by the building garbage or waste or the sewage; soil PH value too high; the soil texture too clay and harden which caused by human activity, and in-balance of nutrient elements, etc. In soil mineral elements, the severity of yellowing was positively correlated with the contents of the available potassium, boron, copper, zinc; and negatively correlated with that of the organic matter, available ferric, nitrogen, phosphorus, and manganese. In leaves the contents of available nitrogen, zinc, ferric, and manganese increased with the decrease of disease index and that of sulphur, calcium, boron and copper decrease with the increase of disease index.

Key words: *Cinnamomum camphora*; yellowing disease; soil fertility; urban environment

樟树 (*Cinnamomum camphora* (L.) Presl) 树型美观、四季常青、花具有香味、抗病驱虫、并能短期耐水淹、对二氧化硫和臭氧有较强的抗性等多种优点,深受广大市民欢迎,在南方城市被广泛栽植。但樟

树喜欢湿润肥沃的微酸性土壤、不耐干旱和瘠薄,这些特性又使樟树在市区难以获得适宜的生存条件,致使樟树黄化现象普遍而严重,是城市园林生产急需解决的问题之一。

收稿日期: 2006-12-30

基金项目: 安徽省教育厅基金项目 (2005KJ166)

作者简介: 陈超燕 (1980—), 女, 山东东营人, 硕士研究生。

* 通讯作者: 束庆龙 (1952—), 男, 安徽舒城人, 教授, 硕士, 博士生导师。

有关土壤营养和污染对植物生长的影响^[1]和病害的关系^[2]研究较多,但对于樟树黄化病的研究尚不多。邓建英、张凤芝等^[3]对城市环境与樟树黄化现象观察认为:城市土壤中由于碳酸钙含量过高,从而降低了土壤中铁的活性,导致叶片失绿。马白茵、谢宝多等^[4]对成土母岩 pH 值与樟树黄化的相关性进行了研究,也认为樟树黄化与土壤 pH 值关系密切;其他作者也做了相关研究^[5-6]。但针对市区土壤环境与樟树黄化病的关系尚缺乏系统实验研究;本文对樟树黄化病与市区立地条件之间关系进行了系统的调查分析,以期防治提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 病情调查

1.1.1 病害分级 樟树黄化程度差异很大,本文将黄化病分为 5 个等级(表 1)。

表 1 樟树黄化病分级标准

病级	代表值	分级标准
0		树木生长健壮,叶深绿色,有光泽。
1		树木生长较正常,叶淡绿色,仅梢头叶片黄化。
2		树木生长较差,几乎整株叶片黄化。
3		树木生长较差,叶片黄化,20%以下梢头枯死。
4		树木生长衰退,叶片全部黄色,21%以上枝条枯死甚至整株枯萎。

采用下列公式计算感病指数:

感病指数 = (每一级株数 × 相应代表值) ÷ 调查总株数 × 最高一级代表值 × 100

1.1.2 病害调查与样株选择 2003 年 4 月至 2005 年 5 月,在合肥、安庆、六安、宿州等城市,对樟树黄化程度与立地条件关系进行了全面调查;并选择不同黄化程度的植株作为样株并标号,对土壤物理化学性质、叶片营养元素等分析。重复 3 次。

1.2 立地条件调查测定

1.2.1 地表状态 树木根际被水泥覆盖程度大体分为冠幅内无覆盖、半覆盖(指一边是水泥路,另一边冠幅内无覆盖)、带状覆盖(无覆盖宽度在 1.2 m 以上)、环状覆盖(无覆盖直径达 1 m 以上)、全覆盖(无覆盖直径在 0.2 m 以下)5 种类型;

1.2.2 土壤密度 在每种类型的样地内选择 5 个点,分别用环刀法取耕作层 10~20 cm 处的土壤,用塑料袋装好扎紧,带回室内测定其密度。

1.2.3 土壤养分 取样:在样地的东、南、西、北 4

个方向分别设置取土点,用铁锹取 10~30 cm 深土层的土壤作为土样,充分混合后用“四分法”取土样约 1 kg 带回室内待测。测定方法: pH 值:土比水 1:2.5 电位测定;有机质($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$):重铬酸钾容量法外加热法;速效 N($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$):碱解扩散法;全 N($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$):浓硫酸 催化剂加热消毒煮,然后加碱蒸馏,用硼酸吸收 NH_3 ,用标准酸滴定;速效 P($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$): $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ NaHCO}_3$ 溶液提取土壤速效 P,用钼锑抗比色法测定;速效 K($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$): $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 中性 NH_4OAc 溶液提取土壤速效 K,火焰光度法测定;有效 B($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$):沸水浸提,钾亚胺比色法;有效 Cu, Zn, Fe, Mn($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$):DTPA-AB 浸提,用原子吸收分光光度法测定。

1.3 樟树叶片营养元素含量测定

N, P, K:前处理用 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 消化;N 用蒸馏滴定法测定;P 用钒钼黄比色法测定, K 用火焰光度法测定;S:前处理用双酸消化(硝酸+高氯酸),比浊法测定;B:干灰化前处理,酸溶,原子吸收分光光度法测定;Ca, Mg:干灰化前处理,酸溶,原子吸收分光光度法测定;Cu, Zn, Fe, Mn:干灰化酸溶,原子吸收分光光度法测定。

2 结果与分析

2.1 立地条件与病害的关系

2.1.1 地表水泥覆盖对病害的影响 在调查的市区发现,樟树根际周围或多或少均被水泥或砖头覆盖,在多数情况下,黄化程度随着覆盖面积的增大而加重。甚至有的道路两旁或庭院内樟树被水泥覆盖到根茎部,处于这种状况下的樟树无例外长势很差,黄化极为严重。表 2 是合肥市和六安市樟树黄化与水泥覆盖程度的调查结果。

树木根际周围水泥覆盖对黄化病的作用可能表现在两个方面:一是土壤通透性差,根系呼吸困难,须根或吸收根易腐烂甚至窒息死亡;二是土壤硬化导致雨水顺路流失,促使土壤呈碱性反应。

2.1.2 土壤密度对病害的影响 市区樟树周围由于长期受到人为践踏或车辆重压,土壤极其板结,透气性差,调查表明:琥珀山庄及安农大林业楼院内土壤较少被踩踏,黄化程度较轻;濉溪路两边的绿化带表土被移走或破坏,有机质含量低,土壤密度很大,叶片黄化非常严重;而合作化路上的土壤密度介于

表 2 树木根际周围水泥覆盖程度与感病指数的关系

水泥覆盖程度	感病指数						差异显著性	
	1	2	3	4	5	均值	5%	1%
无覆盖 (非市区)	0	0	0	0	0	0.0	a	A
无覆盖 (市公园)	9	18	12	11	14	12.8	b	B
半覆盖 (道路边)	27	16	28	21	27	23.8	c	C
带状覆盖 (1.9 m)	41	32	37	48	45	40.6	d	D
带状覆盖 (1.2 m)	48	41	46	43	32	42.0	d	D
环状覆盖 (1.0 m)	54	61	57	65	58	59.0	e	E
严密覆盖 (0.2 m)	76	63	75	71	77	72.7	f	F

注: F 值 (区组间) = 0.715, 显著水平 = 0.6173; F 值 (处理间) = 195.286, 显著水平 = 0.0000;

表 3 土壤密度与感病指数

地点	感病指数	土壤类型 ^[8]	土壤密度					差异显著性	
			1	2	3	4	均值	5%	1%
对照 (非市区)	0.00	壤土 (无践踏)	1.05	1.18	1.06	1.19	1.12	a	A
琥珀山庄	3.55	黄棕壤 (轻微践踏)	1.21	1.23	1.31	1.29	1.26	ab	A
安农大	20.32	黄棕壤 (轻微践踏)	1.34	1.37	1.42	1.36	1.37	b	A
公园	40.67	黄棕壤 (较多践踏)	1.51	1.45	1.46	1.48	1.48	c	B
合作化路	43.95	粘土 (心土 + 践踏)	1.53	1.48	1.52	1.41	1.49	d	C
濉溪路	60.78	粘土 (心土 + 践踏)	1.49	1.59	1.52	1.58	1.55	e	D

注: F 值 (区组间) = 0.441, 显著水平 = 0.7775; F 值 (处理间) = 62.543, 显著水平 = 0.0000;

两者之间,黄化程度中等 (表 3)。

土壤密度过大或根际周围水泥覆盖可能直接或间接引起植株的黄化 (非缺铁性黄化)。例如: (1) 土壤板结影响根系呼吸和养分的吸收利用,促进植株叶片的黄化。在板结的土壤内,中等强度的二氧化碳分压会促使石灰质土壤或施石灰过度的土壤钙敏感植物发生石灰诱生性失绿症^[7]。(2) 密度大表明表土被移走或破坏,营养贫乏,不仅是有效 P 缺乏,其他元素不足 (如缺氮等)或不平衡。(3) 水泥覆盖处夏季热辐射导致地面温度过高。

2.1.3 土壤 pH 值对病害的影响 土壤 pH 值过高和有效铁含量过低是樟树黄化病发生的主要原因之一。测定表明,市区土壤 pH 值均在 7.5 以上,绝大多数高达 8.0~8.9 之间。而非市区土壤如苗圃容器土和适宜于樟树生长的山地土 pH 值分别为 5.84 和 4.98。樟树黄化病与土壤 pH 值具有非常密切的相关性 (图 1),凡是呈碱性反应的土壤,叶片均明显黄化,尤其是栽植穴遗留大量石灰、水泥等建筑垃圾时,黄化病发生得更早、更严重。土壤 pH 值与感病指数之间的回归方程为:

$$Y = -31.2133X + 195.8384, \text{ 相关系数: } R = 0.95$$

导致市区土壤 pH 值过高的主要原因是栽植前的建筑污染和栽植后的垃圾、污水等污染。据调查,合肥市区内土壤污染有三种类型: (1) 建筑垃圾污染,如石灰、水泥、粉煤灰等; (2) 饭店和工地周围的

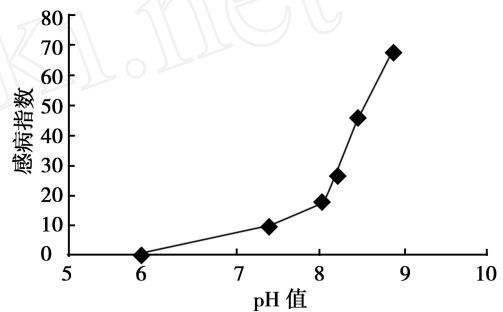


图 1 感病指数与 pH 值关系

生活脏水、废物污染,如洗衣粉、肥皂水、洗发水等; (3) 机油等矿物油污染,如机动车维修部门前冲洗下的机油等。这些污染物不仅使土壤 pH 值提高,同时也直接对植物的根系造成毒害。

调查发现合肥市区土壤中铁含量富足,但随着市区地面硬化程度的不断提高,地表水流失严重,不能渗入地下,在地面蒸发和植被蒸腾作用下,地下深层矿物质盐通过土壤毛细现象被带到表层,使土壤中 pH 值升高。地表土壤游离铁元素在碱性环境下被固定下来,不能被樟树吸收利用,而铁元素又是绿色植物叶绿素合成的最重要辅酶的成分之一,所以土壤中有效铁含量降低,是诱发樟树黄化病的另一主要原因。

2.1.4 土壤有机质含量 土壤有机质含量是评价土壤条件的重要指标,有机质含量高可使土壤呈微酸性反应,促进植株根系对铁元素的吸收利用^[8]。

合肥琥珀山庄和安农大校园内的土壤表土层遭受破坏较小,土壤中有有机质含量相对较高,樟树生长基本正常,黄化程度较轻。而长江路、合作化路以及濉溪路上的绿化带表土层多被移走,有机质含量较低,病害发生严重。不同样地感病指数与有机质含量的关系见图 2。

2.1.5 土壤矿质元素含量 樟树黄化程度尽管随着土壤 N 元素含量的减少而加重,但不同病级之间差异不显著;P 元素含量在黄化程度 1 和 5 级之间存在显著差异,但在病级为 2~4 级之间差异不明显。在微量元素中,总的趋势是 B、Cu、Zn 等元素

含量与病情呈正相关,Fe、Mn 等元素含量与病情呈负相关(见表 4、5)。

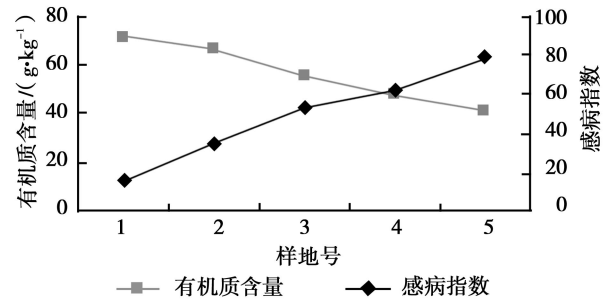


图 2 有机质含量与感病指数的关系

表 4 病害等级与土壤矿质元素含量的关系

(mg·kg⁻¹)

病害等级	土壤速效(或有效)矿质元素含量							
	N	P	K	B	Cu	Zn	Fe	Mn
	34.42	19.30	233.80	0.26	2.18	3.85	6.23	7.82
	32.67	16.10	217.10	0.49	5.21	4.35	6.06	6.92
	34.83	17.15	242.00	0.37	2.48	5.05	5.89	5.54
	28.58	16.13	156.11	0.39	3.85	4.76	5.57	4.35
	29.16	14.93	200.07	0.48	2.79	4.65	5.32	5.76
CK*	45.5	60.0	108.30	0.28	0.25	2.81	46.46	1.51

注: *采集于适宜樟树生长的山上林地土壤。用于同市区土壤进行比较。

表 5 不同病害等级样株的土壤矿质元素含量的多重比较

病害等级	土壤矿质元素含量							
	速效 N	速效 P	速效 K	B	Cu	Zn	Fe	Mn
CK	a	a	c	c	c	b	a	a
	b	B	a	bc	bc	a	b	b
	b	Bc	ab	a	a	a	b	bc
	b	Bc	a	ab	bc	a	b	bc
	b	bc	bc	ab	ab	a	b	c
	b	c	ab	a	bc	a	b	bc
(F 值)	8.08	9.63	5.80	4.96	4.33	4.04	25.81	53.61
(5%显著水平)	0.0007	0.0003	0.0035	0.0071	0.0123	0.0160	0.0000	0.0000

从图 1、2 和表 4、5 中看出:市区土壤与非市区土壤(苗圃和适于樟树生长的山地土壤)相比,在 pH 值、有机质、速效 N、速效 P、速效 K、B、Zn、Fe、Mn 等方面存在着显著或较显著的差异,如城市土壤中的 pH 值,速效 K、B、Cu、Zn 等元素含量高于非市区土壤;而市区土壤中的速效 N、速效 P、有效 Fe、Mn 等元素含量低于非市区的土壤;有机质也具有同样的规律。但市区土壤由于受到多方面因素的影响或破坏,土壤理化性质发生了不规则的变化,难以按正常的土壤属性进行分析判断,所以樟树黄化的原因是复杂多样的,或是多种因素综合造成的,不能简单将黄化原因归结为某种单一因素。

2.2 植株叶片营养元素含量与病害的关系

2.2.1 不同黄化植株中的营养元素 樟树叶片随着黄化程度的增加,叶片中速效 N、Zn、Fe 和 Mn 等元素的含量呈下降趋势;叶片中的 S、Ca、B 和 Cu 的含量呈增长的趋势;速效 P、速效 K 和 Mg 的含量变化趋势不明显,无一定的规律性。N、Zn、Fe 和 Mn 等或参与光合作用,或影响叶绿素的合成,所以,这些元素的缺乏必然阻碍植物叶片的正常生长发育,加重黄化。

2.2.2 叶片中 Fe 元素与其他矿质元素比例 植物体内的各种营养元素之间存在着相互作用,这种关系表现为拮抗和增效两种作用。通过对樟树体内矿

表 6 不同黄化程度的樟树叶片矿质元素含量

黄化等级	樟树叶片营养元素										
	N	P	K	S	Ca	Mg	B	Cu	Zn	Fe	Mn
	(g · kg ⁻¹)						(mg · kg ⁻¹)				
	12.18	1.37	9.07	0.97	4.60	0.65	128	20.2	65.5	302.7	184.10
	11.04	1.60	10.09	1.02	4.45	6.59	180	19.4	58.7	238.2	148.45
	9.16	1.31	9.87	1.03	4.87	0.66	204	19.9	49.6	212.5	129.20
	7.06	1.08	1.03	1.32	7.72	0.61	199	26.7	28.6	156.5	103.05
	7.03	2.30	8.98	1.85	7.84	0.75	278	29.0	45.9	162.1	105.55

质元素之间的相关性分析发现: P, K, B, Cu 与 Fe 之间呈负相关, 说明以上 4 种元素与 Fe 元素之间表现为拮抗作用。其中以 B 最为显著, K 次之, P, Cu 最小。N, Mn, Zn 等元素与 Fe 元素之间为正相关, 表现为增效作用, 其中 Mn 作用最为显著, N 次之, Zn 最小。说明这 3 种元素对调节 Fe 的平衡, 改善缺 Fe 症状有重要的生理作用。

表 7 Fe 与其他矿质元素的关系

项目	回归方程	相关系数
速效 N 与 Fe	$Y = 81.3664X + 142.1127$	$R = 0.3938$
速效 P 与 Fe	$Y = -380.5737X + 272.7839$	$R = -0.2964$
速效 K 与 Fe	$Y = -0.6703X + 348.9987$	$R = -0.6406$
有效 B 与 Fe	$Y = -0.9600X + 403.2235$	$R = -0.8641$
有效 Cu 与 Fe	$Y = -3.5510X + 296.1532$	$R = -0.2684$
有效 Mn 与 Fe	$Y = 1.3762X + 32.7191$	$R = 0.8234$
有效 Zn 与 Fe	$Y = 1.3933X + 145.2905$	$R = 0.3263$

3 结论与讨论

影响市区樟树叶片黄化主要因素有: (1) 地面被水泥严密覆盖, 透气性能差; (2) 由于施工、车辆和人为活动, 致使土壤板结、粘重; (3) 栽植前遭受建筑垃圾、酒店、维修部、生活区污水、机油等物体污染; (4) 土壤 pH 值过高, 土壤中的有效 Fe 被固定 (不能被樟树吸收); (5) 土壤表层耕作土破坏或移走, 导致有机质含量较低; 营养不良或不平衡, 如市区土壤速效 K、B、Cu、Zn 等元素含量高于非市区土壤; 而速效 N、速效 P、有效 Fe、Mn 等元素含量低于非市区的土壤。(6) 市区樟树还可能遭遇各种工业污染^[6,9-10]和承受热辐射等不利因素的影响。其中, 土壤碱性、有效 Fe 缺乏是樟树黄化的主要原因; 其他因素也可以直接或间接引起樟树的黄化。

樟树叶片随着黄化程度的增加, 叶片中 N、Zn、Fe 和 Mn 等元素的含量呈下降趋势; 这些元素参与光合作用或影响叶绿素的合成, 诱发黄化病发生。

S、Ca、B 和 Cu 的含量呈增长趋势; 速效 P、速效 K 和 Mg 的含量变化趋势不明显。

据观察, 樟树是对市区环境最为敏感的树木, 极易发生黄化并逐渐焦枯死亡。因此, 在樟树的栽培与养护中, 一定要选择或改良适宜于樟树生长的地段栽植, 如确保栽植点的土壤疏松、肥沃、呈微酸性; 根际周围的地面留有足够的透气空间; 栽植后不可向树木周围倾倒垃圾或有害物质。总之, 对于由土壤因素引起的植物病害, 最根本方法是改良土壤物理、化学性质^[10-11]。

参考文献:

- [1] 庄树宏, 王克明. 城市大气重金属 (Pb, Cd, Cu, Zn) 污染及其在植物中的富积 [J]. 烟台大学学报: 自然与工程版, 2000, 13(1): 31 - 37
- [2] 郭衍银, 徐坤, 王秀峰, 等. 矿质营养与植物病害机理研究进展 [J]. 甘肃农业大学学报, 2003, 38(4): 385 - 393
- [3] 邓建英, 张凤芝. 樟树缺铁的成因及防治方法 [J]. 中国农业科学, 1987, 20(3): 23 - 27
- [4] 马白茵, 谢宝多. 成土母岩对樟树黄化病的影响 [J]. 中南林学院学报, 1992, 12(1): 49 - 56
- [5] 马国瑞, 石伟勇. 土壤条件引起柑橘和樟树缺铁黄化症的研究 [J]. 浙江农业学报, 1991, 3(2): 79 - 85
- [6] 马国瑞, 石伟勇, 李春九, 等. 樟树苗木的缺铁及其矫正 [J]. 浙江农业学报, 1991, 3(2): 79 - 85
- [7] Russell E W. Soil Condition and Plant Growth [M]. Tenth Edition, 1973: 323 - 326
- [8] Hass A R C. Line-induced chlorosis of cutus in relation to soil factors [J]. Plant Physiol, 1942, 17: 25 - 27
- [9] Savidis T, Mamasidis A. A study of air pollution with heavy metals in Thessaloniki City (Greece) using trees as biological indicators [J]. Archives Environ Contam Toxicol, 1995, 28: 118 - 124
- [10] 束庆龙, 徐建敏, 肖斌, 等. 土壤肥力对板栗枝干病害的影响 [J]. 应用生态学报, 2003, 14(10): 1617 - 1621
- [11] 束庆龙, 汪德玉, 吕大鹏, 等. 国槐衰退病原因的研究 [J]. 中国森林病虫, 2004, 23(2): 1 - 4