

徐州市樟树黄化病与土壤理化性质的关系

张俊叶^{1,2,3}, 司志国³, 俞元春^{1,2}, 李旭冉⁴, 郭伟红⁴

(1. 南京林业大学 南方现代林业协同创新中心, 江苏 南京 210037; 2. 南京林业大学 生物与环境学院, 江苏 南京 210037; 3. 河南职业技术学院 环境艺术工程系, 河南 郑州 450046; 4. 徐州市城市园林化管理站, 江苏 徐州 221018)

摘要: 通过对江苏省徐州市樟树 *Cinnamomum camphora* 土壤理化性质的调查评价, 分析引起樟树叶片黄化的主要因素。结果表明: 0~30 cm 土层黄化样地土壤容重比非黄化样地高 20.61%, 差异显著($P < 0.05$), 30~60 cm 土层土壤容重差异不显著; 黄化样地土壤 pH 值变幅为 pH 8.28~8.64, 呈碱性, 非黄化样地土壤 pH 值变幅为 pH 6.57~7.45, 呈中性; 黄化样地和非黄化样地土壤有机质、全氮、有效磷、铁、锰质量分数差异显著($P < 0.05$), 0~30 cm 土层非黄化样地分别比黄化样地高 62.84%, 67.44%, 74.55%, 137.47%, 71.25%; 30~60 cm 土层非黄化样地分别比黄化样地高 30.89%, 57.57%, 134.06%, 86.93%, 71.38%。速效钾、锌及铜质量分数差异不显著。黄化样地土壤 pH 值偏高, 土壤容重偏大, 土壤有机质、全氮、速效磷、铁和锰质量分数偏低。推测土壤呈碱性及有效铁质量分数较低是引起樟树黄化的主要因素。表 6 参 16

关键词: 土壤学; 土壤评价; 樟树; 黄化; 土壤理化性质; 徐州市

中图分类号: S718.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-0756(2017)02-0233-06

Cinnamomum camphora chlorosis and soil physicochemical properties

ZHANG Junye^{1,2,3}, SI Zhiguo³, YU Yuanchun^{1,2}, LI Xuran⁴, GUO Weihong⁴

(1. Co-Innovation Center for the Sustainable Forestry in South China, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China; 2. College of Biology and the Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China; 3. Henan Vocational and Technical College, Zhengzhou 450046, Henan, China; 4. Landscaping Management Station of Xuzhou City, Xuzhou 221018, Jiangsu, China)

Abstract: To determine the cause of leaf chlorosis of *Cinnamomum camphora*, soil physicochemical properties were analyzed and evaluated. Results showed that in the 0–30 cm layer, soil bulk density in yellowing plots was significantly greater ($P < 0.05$) than that in non-yellowing plots; whereas, in the 30–60 cm layer there were no significant differences. Soil pH in yellowing plots was 8.28–8.64 and in non-yellowing plots was 6.57–7.45. For both 0–30 cm and 30–60 cm layers, yellowing plots were significantly greater than non-yellowing plots ($P < 0.05$) for soil organic matter (SOM), total nitrogen (N), available phosphorus (P), available iron (Fe), and manganese (Mn). The yellowing plots were greater than non-yellowing plots in the 0–30 cm layer for SOM (62.84%), total N (67.44%), available P (74.55%), available Fe (137.47%), and Mn (71.25%), and in the 30–60 cm plots for SOM (30.89%), total N (57.57%), available P (134.06%), available Fe (86.93%), and Mn (71.38%). No significant differences were found for available potassium, Zn, and Cu. Thus, soil alkalinity and low available Fe were the main factors causing *C. camphora* yellowing. [Ch, 6 tab. 16 ref.]

Key words: soil science; soil evaluation; *Cinnamomum camphora*; chlorosis; soil properties; Xuzhou

收稿日期: 2016-01-04; 修回日期: 2016-06-02

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(31670615, 31270664, 31511130024); 高等学校博士学科点专项科研基金项目(20123204110004); 江苏高校优势学科建设工程资助项目(PAPD)

作者简介: 张俊叶, 讲师, 从事生态学研究。E-mail: 2432732461@qq.com。通信作者: 俞元春, 教授, 博士生导师, 从事土壤污染及修复研究。E-mail: ycyu@njfu.edu.cn

樟树 *Cinnamomum camphora* 是重要的园林绿化树种^[1], 具有生长快、枝叶繁茂、冠形美观、抗虫蛀等特点, 在江苏省徐州市广泛栽植, 深受市民喜爱。近年来徐州樟树出现叶片黄化、生长不良等情况, 严重影响园林绿化效果。据徐州市园林局调查, 截至2014年底, 全市栽植的4.6万株樟树中, 黄化病株率达到13.4%, 其中, 道路、广场黄化病株率为15.5%, 公园、街头绿地黄化病株率9.2%, 单位、居住区黄化病株率13.7%。樟树黄化导致生长势衰弱, 抗性降低, 容易导致其他病害的发生, 严重时整株死亡^[2-3]。笔者通过对徐州市区樟树土壤的调查和评价, 试图找出樟树叶片黄化的主要土壤限制因子, 为徐州市樟树栽植提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 调查区土壤概况

徐州市地处江苏省西北部, 33°43'~34°58'N, 116°22'~118°40'E, 年平均气温为14.0℃, 年平均日照时数为2 284.0 h, 年平均无霜期为200.0~220.0 d, 年平均降水量为930.0 mm^[4], 属暖温带季风气候区。主要土壤类型有棕壤土、褐土、紫色土、潮土、砂姜黑土、水稻土等6类, 其中棕壤土、褐土为暖温带湿润、半湿润气候和落叶植被环境下的地带性土壤, 潮土类为该区冲积平原主要土类, 此外在一些湖荡洼地中还有少量沼泽土类。

1.2 样地设置与土壤样品采集

根据樟树是否黄化^[5]设置黄化样地4个, 分别为徐丰路广场(P₁), 新城区政府(P₂), 和平大道行道树(P₃), 军旅小区(P₄); 非黄化样地5个, 分别为彭祖园(P₅), 云龙山南坡(P₆), 徐州医学院韩山分院(P₇), 马陵山(P₈), 邳州瑞兴路龙海大道(P₉)。选取典型樟树3株·样地⁻¹作为采样株, 在树冠投影中部向外挖掘3条放射状土壤剖面(需要时掀开地面硬铺装), 于0~30 cm, 30~60 cm分别采集土壤混合样品, 带回实验室处理并测定理化性质; 环刀采集原状土壤, 测定土壤容重。样地概况见表1。

表1 样地概况

Table 1 General situation of sampling plots

样地及代号	树木胸径/cm	土壤状况	樟树生长情况
黄化样地	P ₁ 16.7~17.5	样地位于广场种植池内, 树池规格小, 种植密集, 铺装下方为水泥压实, 下垫垃圾土。土壤属于客土, 侵入体约占20%。	生长势较差, 生长空间小, 叶片黄化, 只有当年生嫩叶, 叶片中黄色。
	P ₂ 17.0~27.0	样地位于新城区政府路旁绿地内, 土壤属于客土, 侵入体约占20%。	生长势较差, 叶片黄化, 叶片黄化从叶缘开始。
	P ₃ 17.0~18.7	样地为路旁行道树种植池, 透气性较差, 铺装下方铺垫建筑、生活垃圾。土壤属于客土, 侵入体约占5%。	生长势较差, 叶片黄化, 叶片黄绿色或中黄色。
	P ₄ 13.1~23.0	样地位于小区绿地内, 土壤属于客土, 侵入体约占4%。	生长势一般, 成片黄化, 叶片呈柠檬黄色或中黄色。
非黄化样地	P ₅ 15.6~20.0	样地位于彭祖园内, 土壤属于客土, 侵入体约占15%。	生长势一般, 叶片无黄化, 叶片呈柠檬黄色, 树冠完整。
	P ₆ 21.0~23.2	样地位于云龙山南坡, 含有石砾、石灰, 侵入体约占15%。	生长势一般, 叶片无黄化, 树冠完整。
	P ₇ 51.3~62.5	样地属于校园绿地, 侵入体约占2%。	生长势良好, 叶片无黄化, 叶片深绿色, 树冠完整。
	P ₈ 42.0~71.0	样地位于马陵山, 含有石砾、石灰, 均为原土, 侵入体约占10%。	生长势良好, 叶片无黄化, 叶片为深绿色或墨绿色、有光泽, 树冠完整。
	P ₉ 16.5~20.0	样地位于道路旁绿化带, 土壤属于客土, 侵入体约占2%。	生长势良好, 叶片无黄化, 叶片深绿色, 树冠完整。

说明: 生长势良好是指全株叶片深绿或者墨绿色, 树冠完整无缺; 生长势一般是指叶片50%左右黄化, 树冠顶部有少量苦稍; 生长势较差是指全株叶片均黄化, 植株濒于死亡。

1.3 土壤样品处理分析

土壤样品摊在室内干净白纸上, 阴凉处风干, 期间经常翻动土样并将大土块捏碎以加速干燥, 同时

清除植物细根、石块等杂质。风干后，用木棒磨碎，分别通过 2.00, 0.25, 0.15 mm 土壤筛，装密封袋备用。样品袋外写明编号、采样地点、采样深度、样品粒径等。

环刀法测量土壤容重；电位法测量土壤 pH；半微量凯氏法测量全氮；0.5 mol·L⁻¹ 碳酸氢钠浸提-钼蓝比色法测量有效磷；1.0 mol·L⁻¹ 乙酸铵浸提-火焰光度法测量速效钾；重铬酸钾氧化-外加热法测量有机质；DTPA 浸提-原子吸收分光光度法^[6]测量土壤有效态微量元素(铁、锰、锌、铜)。

2 结果与分析

2.1 黄化与非黄化样地土壤物理性质分析

从表 2 可知：在 0~30 cm 土层中，和平大道路旁绿地土壤容重最大，为 1.80 g·cm⁻³；彭祖园土壤容重最小，为 1.23 g·cm⁻³。黄化样地土壤容重变幅为 1.49~1.80 g·cm⁻³，非黄化样地土壤容重变幅为 1.23~1.35 g·cm⁻³。多重比较结果表明：黄化样地土壤容重显著高于非黄化样地($P<0.05$)。根据住房和城乡建设部颁布的 CJ/T 340-2011《绿化种植土壤》标准，绿化种植土壤容重 ≤ 1.35 g·cm⁻³，发现黄化样地土壤容重偏大，非黄化样地土壤容重基本符合要求。在 30~60 cm 土层中，黄化样地和非黄化样地土壤容重均高于 1.35 g·cm⁻³，超过相关规定的标准。

2.2 黄化与非黄化样地土壤化学性质分析

2.2.1 土壤 pH 值及有机质 从表 3 可以看出：黄化样地土壤 pH 值变幅为 pH 8.28~8.64，呈碱性，非黄化样地土壤 pH 值变幅为 pH 6.57~7.45，呈中性。0~30 cm 土层中，黄化样地土壤有机质普遍低于非黄化样地，且黄化样地土壤有机质低于 CJ/T 340-2011《绿化种植土壤》规定绿化种植土壤有机质 ≥ 12.0 g·kg⁻¹的要求；30~60 cm 土层中，除彭祖园外，其他样地有机质质量分数均小于 12.0 g·kg⁻¹，低于相关标准。

表 2 黄化样地和非黄化样地土壤容重比较

Table 2 Comparison of soil bulk density with leaf chlorosis and without leaf chlorosis

样地及代号	土壤容重/(g·cm ⁻³)		
	0~30 cm	30~60 cm	
黄化样地	P ₁	1.55 ± 0.24 b	1.59 ± 1.23 a
	P ₂	1.46 ± 1.26 c	1.55 ± 1.24 a
	P ₃	1.80 ± 1.78 a	1.57 ± 1.24 a
	P ₄	1.49 ± 1.36 c	1.45 ± 0.98 b
	P ₅	1.23 ± 0.35 e	1.58 ± 1.36 a
	P ₆	1.35 ± 0.45 d	1.48 ± 1.46 b
非黄化样地	P ₇	1.32 ± 0.23 d	1.36 ± 1.25 c
	P ₈	1.26 ± 0.68 e	1.46 ± 1.23 b
	P ₉	1.33 ± 0.45 d	1.47 ± 1.06 b

说明：同列不同字母表示差异显著($P<0.05$)。

表 3 黄化样地和非黄化样地土壤 pH 值及有机质比较

Table 3 Comparison of pH and organic matter contents with leaf chlorosis and without leaf chlorosis

样地及代号	pH 值		有机质/(g·kg ⁻¹)		
	0~30 cm	30~60 cm	0~30 cm	30~60 cm	
黄化样地	P ₁	8.39 ± 0.23 a	8.32 ± 0.36 a	7.17 ± 3.65 f	3.61 ± 3.24 f
	P ₂	8.48 ± 0.11 a	8.64 ± 0.58 a	10.00 ± 3.21 e	7.55 ± 1.89 d
	P ₃	8.28 ± 0.12 a	8.36 ± 0.36 a	11.54 ± 4.25 d	7.71 ± 0.67 d
	P ₄	8.36 ± 0.34 a	8.30 ± 0.11 a	11.44 ± 3.65 d	8.43 ± 0.11 c
	P ₅	7.45 ± 0.45 b	7.42 ± 0.03 a	16.30 ± 4.25 b	10.19 ± 2.78 b
	P ₆	7.22 ± 0.78 b	7.34 ± 0.21 b	13.25 ± 1.23 d	8.23 ± 0.09 c
非黄化样地	P ₇	7.24 ± 0.32 b	7.25 ± 0.08 b	23.80 ± 4.58 a	12.20 ± 1.45 a
	P ₈	6.95 ± 0.45 c	7.00 ± 0.23 b	14.31 ± 7.56 c	7.29 ± 0.65 d
	P ₉	6.57 ± 0.66 c	6.66 ± 0.24 b	14.99 ± 5.68 c	6.81 ± 2.35 e

说明：同列不同字母表示差异显著($P<0.05$)。

2.2.2 土壤全氮、有效磷及速效钾 从表 4 可知：不同样地全氮质量分数差异显著($P<0.05$)，其中徐州医学院最高，为 1.04 g·kg⁻¹，徐丰路广场最低，为 0.37 g·kg⁻¹，徐州医学院全氮是徐丰路广场的 2.81 倍。不同样地有效磷质量分数差异显著，其中彭祖园最高，为 10.02 mg·kg⁻¹，和平大道路旁绿地最低，为 2.39 mg·kg⁻¹。除彭祖园外，其他样地有效磷质量分数均低于 CJ/T 340-2011《绿化种植土壤》规定的有效磷标准。各样地土壤速效钾质量分数均在 100 mg·kg⁻¹ 以上，高于 CJ/T 340-2011《绿化种植土壤》规定的速效钾 ≥ 60 mg·kg⁻¹ 的标准，表明速效钾丰富。30~60 cm 土层的情况和 0~30 cm 土层基本相同；黄化样地全氮、有效磷、速效钾质量分数显著低于非黄化样地。

2.2.3 土壤微量元素 从表 5 可知：在 0~30 cm 土层中，邳州瑞兴龙海大道铁和锰质量分数最高，分别为 14.83 mg·kg⁻¹ 和 13.63 mg·kg⁻¹，和平大道路旁绿地铁和锰质量分数最低，分别为 3.83 mg·kg⁻¹ 和 6.17 mg·kg⁻¹，最高值分别是最低值的 3.87 倍和 2.21 倍；多重比较结果表明：黄化样地铁、锰质量分数显著

表4 黄化样地和非黄化样地土壤全氮、有效磷及速效钾比较

Table 4 Comparison of total nitrogen, available phosphorus, and available potassium with leaf chlorosis and without leaf chlorosis

样地及代号	全氮/(g·kg ⁻¹)		有效磷/(mg·kg ⁻¹)		速效钾/(mg·kg ⁻¹)		
	0~30 cm	30~60 cm	0~30 cm	30~60 cm	0~30 cm	30~60 cm	
黄化样地	P ₁	0.37 ± 0.33 f	0.34 ± 0.23 d	4.62 ± 0.98 d	2.94 ± 1.52 e	127.10 ± 3.64 d	125.16 ± 8.36 d
	P ₂	0.45 ± 0.12 e	0.28 ± 0.04 e	2.98 ± 1.04 e	2.81 ± 0.75 e	101.92 ± 1.24 e	97.19 ± 4.56 e
	P ₃	0.52 ± 0.32 d	0.41 ± 0.23 c	2.39 ± 0.45 e	2.56 ± 9.36 e	125.53 ± 2.35 d	124.64 ± 8.65 d
	P ₄	0.39 ± 0.33 f	0.29 ± 0.18 e	5.91 ± 0.97 c	4.39 ± 3.37 c	163.35 ± 2.34 b	123.46 ± 11.11 d
	P ₅	0.71 ± 0.45 b	0.63 ± 0.35 a	10.02 ± 1.36 a	3.99 ± 1.38 d	147.86 ± 1.89 c	166.72 ± 5.67 a
非黄化样地	P ₆	0.54 ± 0.52 d	0.38 ± 0.24 d	4.26 ± 0.78 d	8.77 ± 3.24 b	134.08 ± 7.56 c	132.12 ± 7.46 c
	P ₇	1.04 ± 0.42 a	0.58 ± 0.47 b	5.47 ± 1.35 c	4.29 ± 1.68 c	158.02 ± 2.56 b	140.54 ± 9.56 b
	P ₈	0.68 ± 0.65 c	0.56 ± 0.36 b	7.92 ± 2.35 b	11.04 ± 8.25 a	132.12 ± 4.57 c	137.11 ± 5.35 c
	P ₉	0.65 ± 0.56 c	0.45 ± 0.29 c	7.00 ± 1.75 b	9.01 ± 6.23 a	172.73 ± 2.35 a	177.09 ± 2.36 a

说明：同列不同字母表示差异显著($P < 0.05$)。

表5 黄化样地和非黄化样地土壤微量元素含量的比较

Table 5 Comparison of available microelement contents with leaf chlorosis and without leaf chlorosis

样地 代号	铁/(mg·kg ⁻¹)		锰/(mg·kg ⁻¹)		锌/(mg·kg ⁻¹)		铜/(mg·kg ⁻¹)		
	0~30 cm	30~60 cm	0~30 cm	30~60 cm	0~30 cm	30~60 cm	0~30 cm	30~60 cm	
黄化 样地	P ₁	4.08 ± 1.23 e	3.64 ± 7.36 e	7.96 ± 2.36 c	8.86 ± 4.15 b	1.99 ± 2.35 b	1.28 ± 10.23 c	2.07 ± 0.32 a	4.34 ± 0.45 a
	P ₂	4.46 ± 0.98 d	4.53 ± 7.56 d	7.93 ± 4.56 c	7.28 ± 6.27 c	1.50 ± 3.65 c	1.92 ± 11.02 b	1.22 ± 0.46 b	1.71 ± 0.64 d
	P ₃	3.83 ± 2.35 e	3.86 ± 15.78 e	6.17 ± 5.36 d	5.17 ± 1.48 d	1.52 ± 1.78 c	2.01 ± 12.32 b	2.22 ± 0.68 a	3.60 ± 1.23 b
	P ₄	4.42 ± 2.35 d	4.81 ± 16.35 d	6.18 ± 7.86 d	4.15 ± 3.25 e	1.76 ± 5.36 c	3.21 ± 5.36 a	1.07 ± 0.57 b	4.93 ± 2.65 a
	P ₅	6.86 ± 2.36 c	7.73 ± 14.35 b	10.61 ± 3.68 b	7.89 ± 1.68 c	1.29 ± 4.56 d	1.37 ± 8.54 c	2.13 ± 0.63 a	1.74 ± 0.97 d
非黄 化样 地	P ₆	7.21 ± 1.98 c	8.62 ± 2.78 a	12.380 ± 5.26 a	12.02 ± 6.54 a	1.28 ± 3.65 d	2.09 ± 9.78 b	1.84 ± 0.76 b	2.21 ± 1.22 c
	P ₇	9.90 ± 1.77 b	6.59 ± 6.35 c	12.57 ± 4.78 a	12.73 ± 7.85 a	1.21 ± 5.25 d	3.73 ± 5.36 a	1.21 ± 0.68 b	1.64 ± 0.23 d
	P ₈	10.98 ± 1.65 b	9.27 ± 4.56 a	11.29 ± 6.35 b	9.67 ± 4.35 b	1.40 ± 2.56 d	3.79 ± 2.36 a	1.62 ± 0.46 b	1.55 ± 0.65 d
	P ₉	14.83 ± 8.37 a	7.14 ± 5.38 b	13.63 ± 7.23 a	12.22 ± 6.58 a	2.70 ± 3.56 a	2.15 ± 8.56 b	2.50 ± 5.38 a	2.70 ± 0.83 c

说明：同列不同字母表示差异显著($P < 0.05$)。

低于非黄化样地。锌质量分数最高的是邳州瑞兴龙海大道，为 2.70 mg·kg⁻¹，最低的是云龙山南坡，为 1.28 mg·kg⁻¹。铜质量分数最高的是邳州瑞兴龙海大道，为 2.50 mg·kg⁻¹，最低的是军旅小区，为 1.07 mg·kg⁻¹，各样地有效铜质量分数差异较小。在 30~60 cm 土层中，马陵山铁和锌质量分数最高，分别为 9.27 mg·kg⁻¹ 和 3.79 mg·kg⁻¹，徐丰路广场铁和锌质量分数最低，分别为 3.64 mg·kg⁻¹ 和 1.28 mg·kg⁻¹。铜质量分数最高的是军旅小区，为 4.93 mg·kg⁻¹，最低的是马陵山，为 1.55 mg·kg⁻¹。锰质量分数最高的是徐州医学院，达到 12.73 mg·kg⁻¹，最低的是军旅小区，为 4.15 mg·kg⁻¹。整体上看，非黄化样地有效铁和有效锰质量分数较高。

2.3 黄化样地与非黄化样地理化性质综合分析

对样地理化性质综合分析可知(表6)：0~30 cm 土层黄化样地和非黄化样地土壤容重差异显著；黄

表6 黄化样地和非黄化样地土壤理化性质的比较

Table 6 Comparison of physical and chemical properties of the plot soils planted *Cinnamomum camphora* with leaf chlorosis and without leaf chlorosis

土层/cm	样地 类型	土壤容重/ (g·cm ⁻³)	pH 值	有机质/ (g·kg ⁻¹)	全氮/ (g·kg ⁻¹)	有效磷/ (mg·kg ⁻¹)	速效钾/ (mg·kg ⁻¹)	微量元素/(mg·kg ⁻¹)			
								铁	锰	锌	铜
0~30	黄化	1.58 a	8.38 a	10.04 b	0.43 b	3.97 b	129.47 a	4.19 b	7.06 b	1.69 a	1.65 a
	非黄化	1.31 b	7.09 b	16.53 a	0.72 a	6.93 a	119.39 a	9.95 a	12.09 a	2.57 a	1.86 a
30~60	黄化	1.54 a	8.41 a	6.83 b	0.33 b	3.17 b	117.61 a	4.21 b	6.36 b	2.11 a	3.65 a
	非黄化	1.47 a	7.30 b	8.94 a	0.52 a	7.42 a	150.71 a	7.87 a	10.91 a	2.62 a	1.97 b

说明：黄化样地和非黄化样地的数据分别为 4 个样地和 5 个样地的平均值。同列不同字母表示差异显著($P < 0.05$)。

化样地土壤呈碱性，非黄化样地土壤呈中性；黄化样地土壤有机质、全氮、有效磷显著低于非黄化样地，铁和锰质量分数显著低于非黄化样地，速效钾、锌及铜质量分数差异不显著。

在 30~60 cm 土层中，黄化样地和非黄化样地土壤容重差异不显著；黄化样地土壤呈碱性，非黄化样地土壤呈中性；黄化样地土壤有机质、全氮、有效磷质量分数显著低于非黄化样地，铁和锰质量分数显著低于非黄化样地，速效钾、锌及铜质量分数差异不显著。

3 讨论与结论

关于樟树叶片黄化的原因，学者已进行了探讨。陈超燕等^[8]认为某些物理因素也能导致樟树叶片黄化，如由于地面被水泥严密覆盖导致的透气性降低，施工、车辆和人为活动导致的土壤容重增加等。本研究发现：黄化样地土壤容重显著高于非黄化样地，且部分黄化样地被水泥覆盖，说明土壤紧实、透气性差也是导致樟树叶片黄化的因素之一。马白菡等^[9]认为土壤的 pH 值和樟树黄化关系密切，pH 值为 pH 4.2~6.5 时，樟树无黄化，而当 pH 值为 pH 7.2~8.3 时，则发生不同程度的黄化。对猕猴桃 *Actinidia chinensis* 黄化病与土壤养分相关性分析表明^[10]，患黄化病猕猴桃土壤平均 pH 值变化范围为 pH 8.04~8.07，属于偏碱性土壤。陈超燕等^[8]认为，樟树黄化的另一原因在于碱性环境下，土壤中铁的有效性降低，植物难以吸收利用。本研究发现，黄化样地土壤呈碱性，且黄化样地有效铁质量分数显著低于非黄化样地，而非黄化样地土壤呈中性，有效铁质量分数较高，与马白菡等^[9]和王光州等^[11]的研究结果一致。白鹏华等^[12]分析了梨 *Pyrus sorotin* 黄化与土壤养分的关系，发现土壤有机质质量分数过低会抑制土壤的还原过程，从而认为有机质质量分数低也是导致梨树黄化的重要因素。同时，氮素和锰的缺乏会导致叶绿素形成受阻，叶片叶绿素变少而加剧黄化。本研究发现，黄化样地土壤有机质、全氮及有效锰质量分数显著低于非黄化土壤，与前人的观点一致。除铁元素外，有人发现铅/锌复合重金属处理樟树树体后，叶绿体光合结构遭到破坏，叶绿素含量和叶绿素 a/b 比值减小^[13]，说明樟树黄化现象并不是铁元素单一因子的作用。还有学者研究表明^[14]：樟树不同黄化表现个体间超氧化物歧化酶、过氧化物酶等抗氧化酶活性差别明显且与黄化程度密切相关。因此，樟树黄化的原因比较复杂，理论研究还不够深入和系统，需要进一步探讨。

本研究数据指示：土壤呈碱性，有效铁质量分数降低，间接导致叶绿素形成受阻，是引起徐州市樟树黄化的主要因素。黄化样地土壤有机质质量分数低，土壤容重过大，有效养分不足是导致樟树黄化的次要因素。根据结果，本研究认为解决叶片黄化问题的较好途径：第一，在种植樟树之前，添加酸性客土，预防黄化。第二，施用樟树黄化专用肥，可以在 3 月下旬、6 月中旬、8 月下旬、9 月下旬分别施用樟树黄化专用肥，连续施用 1 a 即可取得良好效果^[15]。第三，根外追肥。当樟树黄化病发展到中后期时，根部活力明显下降，吸收矿质营养能力减弱，通过根外追肥，可以及时补充营养，使得樟树黄化病明显好转。外源施铁虽然在短时间内可以起到良好效果，但是治标不治本，改良土壤质量^[16]才能从根本上解决黄化问题。第四，修剪枝条，缓解营养不足。一旦发现黄化樟树根系活力下降，可以剪掉部分枝条，集中营养以供应剩余枝条。夏秋季修剪要保留功能叶片，冬剪时如病症严重，可重修剪，只保留几大主干枝，等来年萌生新芽。第五，增加黄化土壤有机质，加大微生物对有机质的转化量，从而改善根际环境、促进根系生长。

4 参考文献

- [1] 江西省林业厅造林处. 香樟栽培[M]. 北京：中国林业出版社，1991.
- [2] 李勇. 香樟黄化病生长季防治试验[J]. 中国森林病虫，2011(3)：40 - 42.
LI Yong. Test against chlorosis of *Cinamomum camphora* in the growing season [J]. *For Pest Dis*, 2011(3): 40 - 42.
- [3] 袁梦, 陈晓娟, 秦金舟, 等. 生理性黄化香樟叶绿素荧光特性的研究[J]. 江西农业大学学报, 2013, 35(6): 1193 - 1198.
YUAN Meng, CHEN Xiaojuan, QIN Jinzhou, et al. Chlorophyll fluorescence characteristics of physiologically etiolated *Cinamomum camphora* leaves [J]. *Acta Agric Univ Jiangxi*, 2013, 35(6): 1193 - 1198.
- [4] 司志国, 彭志宏, 俞元春, 等. 徐州城市绿地土壤肥力质量评价[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),

- 2013, **37**(3): 60 – 64.
- SI Zhiguo, PENG Zhihong, YU Yuanchun, *et al.* Fertility quality assessment of urban green space soils in Xuzhou City [J]. *J Nanjing For Univ Nat Sci Ed*, 2013, **37**(3): 60 – 64.
- [5] 韩浩章, 王晓立, 刘宇, 等. 香樟黄化病现状分析及其治理研究[J]. 北方园艺, 2010(13): 232 – 235.
- HAN Haozhang, WANG Xiaoli, LIU Yu, *et al.* Treatment and analysis on the chlorosis of camphor tree [J]. *Northern Hortic*, 2010(13): 232 – 235.
- [6] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [7] 全国土壤普查办公室. 中国土壤[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [8] 陈超燕, 刘洪剑, 束庆龙, 等. 影响市区樟树黄化病的主要因素研究[J]. 林业科学研究, 2008, **21**(5): 625 – 629.
- CHEN Chaoyan, LIU Hongjian, SHU Qinglong, *et al.* Studies on the main causal factors affect *Cinnamomum camphora* yellowing in urban condition [J]. *For Res*, 2008, **21**(5): 625 – 629.
- [9] 马白菡, 谢宝多. 成土母质(土壤)pH值对樟树黄化的影响[J]. 中南林学院学报, 1992, **12**(1): 49 – 56.
- MA Baihan, XIE Baoduo. Effects of soil parent materian pH value on *Cinnamomum camphora* yellowing [J]. *J Cent-South For Coll*, 1992, **12**(1): 49 – 56.
- [10] LINH L T, 马海洋, 同延安, 等. 猕猴桃黄化病营养诊断与土壤养分相关性的研究[J]. 中国土壤与肥料, 2012(6): 41 – 44.
- LINH L T, MA Haiyang, TONG Yan'an, *et al.* Nutrients diagnosis of kiwi fruit chlorosis and study on relativity of soil nutrients [J]. *Soil Fert Sci China*, 2012(6): 41 – 44.
- [11] 王光州, 韩慧韬, 车金鑫, 等. 不同铁制剂对石灰性土壤条件下猕猴桃缺铁黄化的矫治效果[J]. 果树学报, 2011, **28**(1): 61 – 65.
- WANG Guangzhou, HAN Huitao, CHE Jinxin, *et al.* Effects of different iron preparations on iron chlorosis of kiwifruit trees in lime soil conditions [J]. *J Fruit Sci*, 2011, **28**(1): 61 – 65.
- [12] 白鹏华, 刘奇志, 李红旭, 等. 梨树叶片黄化与根际土壤微生物及养分关系[J]. 浙江农业学报, 2013, **25**(6): 1332 – 1336.
- BAI Penghua, LIU Qizhi, LI Hongxu, *et al.* Relationships between leaf yellowing and soil microorganisms/nutrients in pear orchards [J]. *Acta Agric Zhejiang*, 2013, **25**(6): 1332 – 1336.
- [13] 王锦文, 白秀, 陈锦峰, 等. 复合重金属 Pb/Zn 对香樟生理特征的影响[J]. 安徽农业科学, 2009, **37**(21): 10253 – 10254.
- WANG Jinwen, BAI Xiu, CHEN Jinfeng, *et al.* Effects of complex heavy metals Pb/Zn on the physiological characteristics of *Cinnamomum camphora* [J]. *J Anhui Agric Sci*, 2009, **37**(21): 10253 – 10254.
- [14] 刘海星, 张德顺, 商侃侃, 等. 不同黄化程度樟树叶片的生理生化特性[J]. 浙江林学院学报, 2009, **26**(4): 479 – 484.
- LIU Haixing, ZHANG Deshun, SHANG Kankan, *et al.* Chlorophyll differences in chlorotic *Cinnamomum camphora* leaves [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2009, **26**(4): 479 – 484.
- [15] FERNÁNDEZ V, RIO V D, PUMARIÑO L, *et al.* Foliar fertilization of peach (*Prunus persica*(L.) Batsch) with different iron formulations: effects on regreening, iron concentration and mineral composition in treated and untreated leaf surfaces [J]. *Sci Hortic*, 2008, **117**(3): 241 – 248.
- [16] 王晓立, 韩浩章, 江宇飞. 香樟黄化主要生理指标变化规律研究[J]. 湖北农业科学, 2010, **49**(3): 620 – 622.
- WANG Xiaoli, HAN Haozhang, JIANG Yufei. The study of main physiological variation patterns of camphora etiolation [J]. *Hubei Agric Sci*, 2010, **49**(3): 620 – 622.