

施生石灰对天目山柳杉瘿瘤病防治效果的研究

黄皓南¹, 温国胜¹, 潘春霞²

(1. 浙江农林大学林业与生物技术学院, 浙江 杭州 311300)

(2. 浙江安吉县自然资源和规划局, 浙江 湖州 313300)

[摘要] 瘿瘤病是浙江天目山国家级自然保护区柳杉(*Cryptomeria Fortunei*)上一种非常严重的病害。为了探究天目山柳杉瘿瘤病的有效防治方法,本研究运用施生石灰处理柳杉生长土壤的方法,通过测定 2017 年 3 月和 2017 年 10 月(间隔期 8 个月)柳杉样本瘿瘤的大小与密度、土壤 pH 值、土壤营养元素含量、新梢生长量、相对叶绿素含量、新叶的叶绿素荧光参数等指标,探讨施生石灰法对柳杉瘿瘤病的防治效果。结果表明,每 m² 施加 20 g 生石灰组比每 m² 施加 50 g 生石灰组处理对于控制柳杉瘿瘤病更为有效。其中每 m² 施加 20 g 生石灰组处理能够显著提高土壤 pH 值,且能够使瘿瘤直径和瘿瘤密度分别下降 19.3%、35.6%,同时显著提高土壤营养元素中亚硝酸还原酶的含量($P < 0.05$)。但对柳杉新梢生长的促进、柳杉相对叶绿素含量以及柳杉的 PSII 最大的或潜在的量子效率作用并不显著($P > 0.05$)。因此,施生石灰处理柳杉生长土壤的方法对防治天目山柳杉瘿瘤病有一定的防治效果。

[关键词] 天目山, 施生石灰, 柳杉, 瘿瘤病防治, 酸雨, 叶绿素荧光

[中图分类号] S794.4 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1001-4616(2020)02-0114-06

Effect of Applying Quicklime on the Control of Tumor Disease of *Cryptomeria fortunei* in Tianmu Mountain

Huang Haonan¹, Wen Guosheng¹, Pan Chunxia²

(1. School of Forestry and Bio-technology, Zhejiang A & F University, Hangzhou 311300, China)

(2. Zhejiang Anji County Bureau of Natural Resources and Planning, Huzhou 330523, China)

Abstract: Gall disease is a very serious disease on *Cryptomeria fortunei* in Zhejiang Tianmu Mountain national nature reserve. In order to explore the effective prevention and control of Japanese cedar gall disease method, this study using the method of quicklime processing fortunei soil by measuring in March 2017 and October 2017 (interval 8 months) Japanese cedar sample size and the density of gallae, soil pH, soil nutrient content, new shoots, relative indices such as chlorophyll content, the chlorophyll fluorescence parameters of leaves grow, discussion of quicklime method of Japanese cedar gall disease prevention and cure effect. The results showed that the treatment of 20 g of quicklime per m² was more effective than that of 50 g of quicklime per m². Among them, 20 g of quicklime group treatment for every m² can significantly improve the soil pH value. The gall diameter and the gall density were decreased by 19.3% and 35.6% respectively. At the same time, the content of soil nutrient element nitrite reductase was significantly increased ($P < 0.05$). However, the effects on the growth promotion of new shoots, the relative chlorophyll content of *cryptomeria fortunei* and the maximum or potential quantum efficiency of the PSII of *cryptomeria fortunei* were not significant ($P > 0.05$). Therefore, the method of treating the growth soil of *cryptomeria fortunei* with quicklime has a certain effect on the prevention and treatment of *cryptomeria fortunei* Cecilia in tianmu mountain.

Key words: Tianmu Mountain, quicklime application, *Cryptomeria fortunei*, tumor disease control, acid rain, chlorophyll fluorescence

天目山国家级自然保护区是著名的旅游风景区,素有“大树华盖闻九州”的美誉,森林景观以“古、大、高、稀、多、美”称绝于世。柳杉(*Cryptomeria fortunei*)作为保护区内的珍贵树种,是“大树王国”的主要建群

收稿日期: 2020-01-17.

基金项目: 国家自然科学基金项目(31270497)、浙江省林业发展和资源保护专项资金项目。

通讯作者: 潘春霞, 高级工程师, 研究方向: 森林生态及培育学. E-mail: 807931553@qq.com

种,它在调节景区空气负氧离子含量中也扮演着重要角色.然而,在过去工业经济和城镇化的快速发展进程中,酸性气体的不断排放与累积,使得森林酸性迷雾和酸性降雨频发,造成土壤酸化,引致柳杉瘿瘤病蔓延,部分柳杉大树死亡,柳杉种群严重退化,引起了政府有关部门和社会的广泛关注^[1-2].

树木对酸雨最敏感的器官是叶片,模拟酸雨可以引起树木叶片失绿、坏死斑、失水萎蔫和过早脱落等症状.显微观察表明,酸雨造成的叶损伤先在近轴叶表面,后影响内部组织.宏观实验表明,改变叶片细胞透性;降低细胞 pH 值,减弱细胞缓冲能力;破坏气孔结构,影响气体交换;减少叶绿素含量,影响光合效率^[3-4].对于森林生态系统来说,酸雨加速系统养份损失,导致森林土壤酸化,抑制森林土壤微生物活性.因此发展抗酸性树种,营造混交林;立木密度大,间伐强度小,轮伐期短;改良土壤,使用无机肥料等措施被广泛采用应对酸雨对森林系统危害^[3].

关于柳杉瘿瘤病致病病原是真菌还是细菌,尚未形成统一意见.张昕等人通过形态学、致病性实验以及核糖体 ITS(Internal Transcribed Spacer)基因序列分析,分别提出柳杉瘿瘤病病原可能是拟盘多毛孢属真菌(*Pestalotiopsis adusta*)、葡萄座腔菌属(*Botryospheria*)、拟隐孢壳属真菌(*Cryptosporiopsis* sp.)^[5-7].但也有研究学者提出细菌可引起柳杉瘿瘤的形成,例如肖凤虎分离鉴定出假单胞杆菌(*Pseudomonas* sp.)可能是柳杉瘿瘤病的病原之一^[8].

在天目山柳杉瘿瘤病防治方面,有关学者探讨了柳杉瘿瘤病蔓延的原因,并开展了喷洒农药、输营养液、物理去瘤等防治试验,取得了大量研究成果^[9-14],但有关改良土壤酸性的防治试验鲜见报道.本研究参考国内外防治酸雨危害森林的研究成果^[15-19],探讨施生石灰改良土壤的方法用于控制柳杉瘿瘤病,为天目山柳杉瘿瘤病的防治提供参考.

1 材料与方法

1.1 试验设计

在保护区内禅源寺附近实验样地内,选择长势情况较为一致的 9 株柳杉树,样株的形态生长指标数据如表 1 所示,将 9 株柳杉树分为 A、B、C 组,对照组 A 组的 3 株柳杉(编号 A1、A2、A3)树下土壤不做任何处理,B 组处理 3 株柳杉(编号 B1、B2、B3)按每 m² 施加 20 g 生石灰,C 组处理 3 株柳杉(编号 C1、C2、C3)按每 m² 施加 50 g 生石灰.施生石灰处理是以柳杉树干为圆心,以 5 m 为半径的面积范围内.在 2017 年 3 月施生石灰处理以前,于日照充足的情况下对处理组 and 对照组的柳杉进行瘿瘤密度和大小、土壤 pH、土壤营养元素、新梢生长量、叶片相对叶绿素含量、叶绿素荧光参数进行测定,同时对每个处理组内对柳杉所测定过的枝条、叶片进行标记和编号,于 2017 年 5 月和 8 月分别进行施石灰处理,在 2017 年 10 月进行以上指标的测定.

表 1 9 株柳杉树样株的形态生长指标

Table 1 Morphological growth index of 9 species of cryptomeria fortunei

编号	群落类型	海拔/m	土壤类型	取样土层厚度/cm	胸径/cm	树龄/year	活枝高/m
A1	单优势种群落	350	红壤	15~20	98	90	10
A2	单优势种群落	350	红壤	15~20	110	95	15
A3	单优势种群落	350	红壤	15~20	95	86	13
B1	单优势种群落	350	红壤	15~20	100	92	16
B2	单优势种群落	350	红壤	15~20	90	102	10
B3	单优势种群落	350	红壤	15~20	105	97	14
C1	单优势种群落	350	红壤	15~20	110	93	14
C2	单优势种群落	350	红壤	15~20	120	100	13
C3	单优势种群落	350	红壤	15~20	102	105	15

1.2 试验方法

1.2.1 土壤 pH 与营养元素的取样与测定

在柳杉树样树周围选取相对湿润松软的土壤,打开 IQ-150 原位酸度计,对电极进行缓冲溶液校正并用蒸馏水清洗,然后插入土壤中记录所测定土壤的 pH 值,重复以上测定步骤 3 次取平均值.此外,每株样本取 15 cm~20 cm 厚度的土壤样本 50 g 带回实验室测定分析,全氮用无水碳酸钠标定法、全磷用钼锑抗比色法、全钾用火焰光度计法、有机质用有机质光度法测定、亚硝酸还原酶(S-NiR)用比色法测定^[14].

1.2.2 瘿瘤密度和直径的测定

瘿瘤密度测定是用钢卷尺测量选定枝条的长度,并调查每个枝条上瘿瘤的数量,采用下式计算瘿瘤密度:

瘿瘤密度=瘿瘤的个数/相应枝条的长度

瘿瘤直径大小的测定方法:选定枝条上的柳杉瘿瘤测定其最大长度和最小长度,取两者平均值作为该瘤的直径. 本次研究中,每株柳杉样本上选取测定生长状况类似的枝条均为 3 根,且采集枝条所在树高尽量保持一致,枝条生长方向均为东南生长方向.

1.2.3 新梢生长量的测定

在每株样树分别选择具有新梢生长的且树冠下方 3 条朝向东南的大小相近的枝条,用钢卷尺测量并记录新梢生长部位至末端的长度.

1.2.4 相对叶绿素含量的测定

选取每株测定柳杉样树东南方向的枝条,取 3 片代表性叶片,利用 SPAD-502 相对叶绿素含量测定计测定每片叶片的相对叶绿素含量,每片叶片重复测定 6 次,取其均值作为该柳杉样树的相对叶绿素含量.

1.2.5 叶绿素荧光参数的测定

用 PAM-2100 便携式叶绿素荧光仪(WALZ 公司,德国)测定每组样树的叶绿素荧光参数(F_o , F_m , F_v/F_m , ETR, qN, qP, Yield). 叶绿素荧光参数的测定分为光处理与暗处理,光处理时,选取测定株新梢上 5 片叶片,在光照充足的情况下采用德国产的 PAM-2100 便携式荧光仪对样本叶绿素荧光参数进行测定,在光适应下分别测 3 个 Yield 值;暗处理时,分别在测定样株的新梢上取 5 片功能叶,经暗适应 20 min 后测定 F_v/F_m 的值.

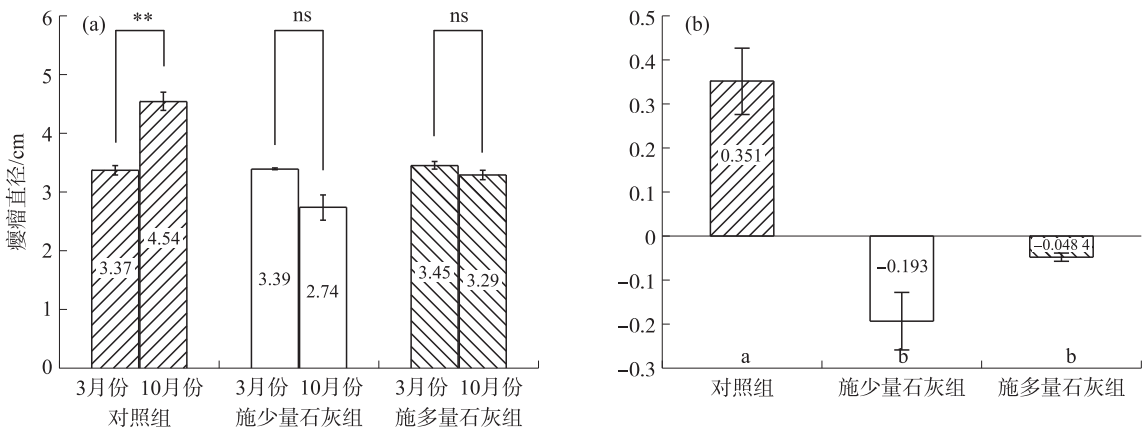
1.3 数据分析

运用 R 统计软件单因素方差分析(One-way ANOVA)方法对各数据指标进行显著性分析.

2 结果与讨论

2.1 施生石灰对柳杉瘿瘤直径的影响

施生石灰对柳杉瘿瘤直径的影响如图 1 所示,对照组 A,B 和 C 组 3 月测定的 3 株柳杉瘿瘤直径平均值分别为 3.37 cm,3.39 cm,3.45 cm;10 月份柳杉瘿瘤直径平均值分别为 4.54 cm,2.74 cm,3.29 cm;可以看出从 3 月至 10 月,A 组柳杉瘿瘤直径大小呈现极显著增长,增长率为 35.1%;B 和 C 组柳杉瘿瘤直径大小分别降低了 19.3%和 4.5%;说明施生石灰改善柳杉生长土壤环境,可以在一定程度上抑制瘿瘤的生长,但是,对于施加生石灰的量可能需加以控制.



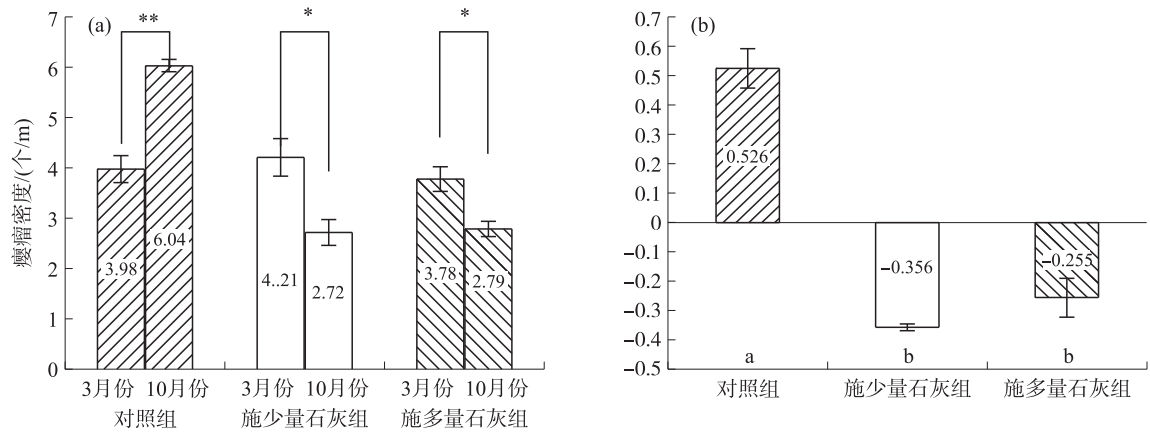
NS 代表在 $\alpha=0.05$ 水平下无显著性差异,不同字母代表差异性显著.

图 1 施石灰处理前后柳杉瘿瘤直径变化

Fig. 1 The diameter of gall tumor changed after lime treatment

2.2 施生石灰对柳杉瘿瘤密度的影响

施生石灰对柳杉瘿瘤密度的影响如图 2 所示. A、B 和 C 组 3 月测定的柳杉瘿瘤密度的平均值分别为 (3.98、4.21、3.78) 个/m, 10 月测定的柳杉瘿瘤密度的平均值分别为 (6.04、2.72、2.79) 个/m. 结果表明, 从 3 月至 10 月, A 组柳杉瘿瘤密度极显著增加 ($P<0.01$), 增加了 52.6%; B 和 C 组柳杉瘿瘤密度分别降低了 35.6% 和 25.5%.



** 代表在 $\alpha=0.01$ 水平下显著性差异, * 及不同字母代表差异性显著.

图 2 施生石灰处理前后柳杉瘿瘤密度变化

Fig. 2 The changes of gall density before and after lime treatment

2.3 施石灰对土壤 pH 的影响

对照组和两组处理组 3 月份和 10 月份的土壤 pH 测定结果如表 1 所示, 未施生石灰处理前 3 月份对照组 A 组和 B、C 两个处理组的土壤 pH 值无明显差异 ($P>0.05$); 施生石灰处理后 B 组 ($F=8.17, p=0.05$) 和 C 组 ($F=6.11, p=0.06$) 的土壤 10 月的 pH 值与处理前都有显著的提高, 可以看出施生石灰改善了土壤酸碱性.

2.4 施生石灰对土壤营养元素的影响

2017 年 3 月未做施生石灰处理前和施石灰处理后的 10 月, 测定各处理组和对照组柳杉冠下土壤氮、磷、钾、有机质和亚硝酸还原酶含量, 每组 3 株柳杉冠下土壤各项数据的平均值如表 2 所示, 对照区 A 组, 3 株柳杉在 3 月与 10 月氮、有机质、亚硝酸还原酶(S-NiR), 磷含量和钾含量差异不显著. 施生石灰处理组 B 组, 仅有机质含量差异显著, 施生石灰区 C 组, 仅亚硝酸还原酶(S-NiR) 含量差异显著.

表 3 施生石灰对土壤营养元素的影响

Table 3 Effect of lime application on soil nutrient elements

分组	时间	含氮量/%	全磷含量(g/kg)	全钾含量(干重)/(g/kg)	有机质含量/%	S-NiR/($\mu\text{mol}/(\text{d}\cdot\text{g})$)
A 组	3 月	0.37	0.45 \pm 0.05	10.44 \pm 0.86	5.25	6.46 \pm 0.62
B 组	10 月	0.36	0.47 \pm 0.06	10.05 \pm 0.98	5.29	6.42 \pm 0.69
C 组	3 月	0.43	0.46 \pm 0.03	12.69 \pm 0.93	5.82 ^b	8.57 \pm 0.85
	10 月	0.45	0.45 \pm 0.07	12.59 \pm 1.21	6.24 ^a	9.42 \pm 0.74
	3 月	0.43	0.47 \pm 0.05	12.69 \pm 1.11	5.82	8.41 \pm 0.72 ^b
	10 月	0.42	0.46 \pm 0.04	13.10 \pm 1.13	5.75	9.79 \pm 0.95 ^a

2.5 施生石灰对柳杉新梢生长的影响

施生石灰处理前后各处理组柳杉样树 3 月和 10 月的新梢生长测定值如图 3 所示, A、B、C 3 组柳杉样树 3 月的平均新梢长分别为 18.2 cm、17.9 cm 和 17.3 cm, 10 月柳杉样树的平均新梢长分别为 22.1 cm、22.5 cm、22.1 cm, 从 3 月至 10 月, 柳杉平均新梢长分别增加了 22%、26.1% 和 28%. 结果表明, 施生石灰处理组柳杉的枝条相对生长量与对照组的柳杉枝条生长量有明显差异 ($P<0.05$), 说明施石灰对柳杉新梢的生长起到了促进作用.

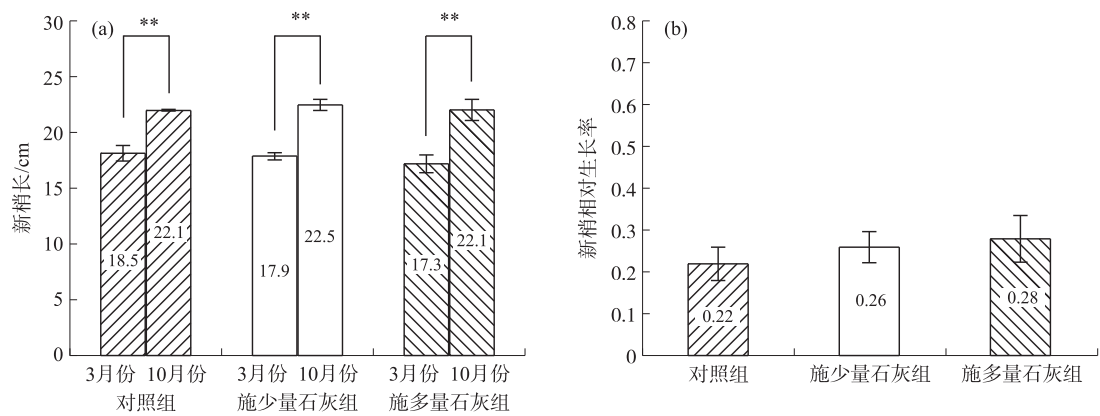


图 3 施石灰处理前后柳杉新梢生长变化

Fig. 3 The new growth of *Cryptomeria fortunei* changed slightly before and after liming treatment

2.6 施生石灰对相对叶绿素含量的影响

施生石灰处理前后各处理组柳杉样本叶绿素含量结果见图 4,无论是施生石灰处理组还是对照组的柳杉,相对叶绿素含量由 3 月至 10 月都有了不同程度的增加,从 SPAD 相对变化率来看,对照组的 SPAD 变化较为显著,相对变化率为 23.2%,处理 B 组与 C 组柳杉相对变化率分别为 15.5%和 13.4%,说明在 3 月至 10 月期间,施生石灰对柳杉相对叶绿素的含量并没有起到比对照组更好的促进作用。

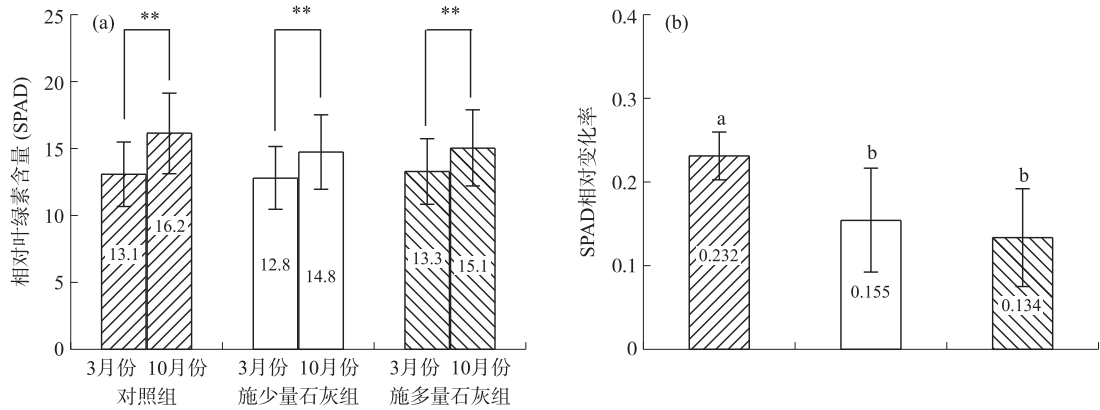


图 4 施石灰处理前后柳杉相对叶绿素含量变化

Fig. 4 The changes of relative chlorophyll content of *Cryptomeria fortunei* lime application

2.7 施生石灰对叶绿素荧光参数 F_v/F_m 的影响

施生石灰对柳杉 F_v/F_m 值的影响如图 5 所示. 在 2017 年 3 月份,对照组、施少量石灰处理组和施多量石灰处理组柳杉的 F_v/F_m 均值分别为 0.726、0.703 与 0.692,施少量石灰处理与多量石灰处理的柳杉样本的 F_v/F_m 值分别为 1.03、0.986,接近于 1,说明处理组与对照组的柳杉长势情况基本一致. 在 10 月份,施

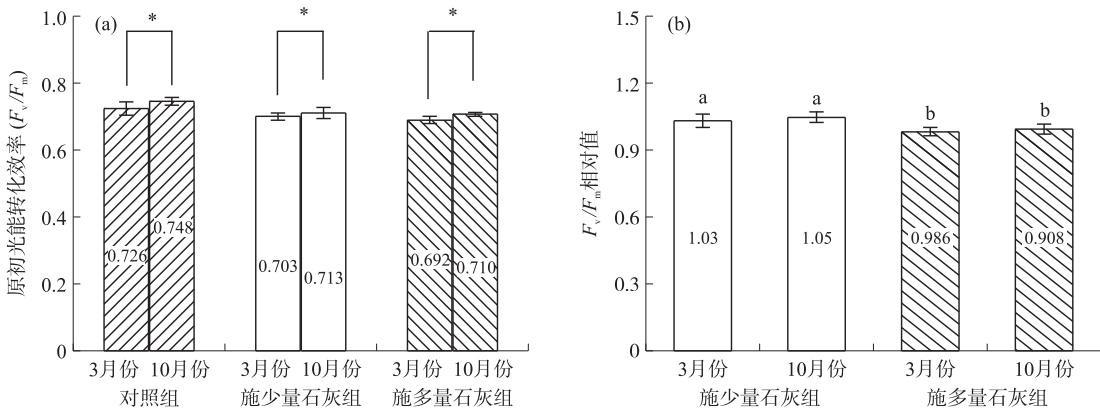


图 5 施石灰处理前后柳杉 F_v/F_m 变化

Fig. 5 The changes of relative F_v/F_m of *Cryptomeria fortunei* before and after before and after lime application

少量生石灰处理组、施多量生石灰处理组柳杉的 F_v/F_m 相对值分别为 1.05 与 0.998,可以看出施石灰法对提高柳杉的 PSII 最大的或潜在的量子效率并未起到很好效果,因而没有改善柳杉的健康状况。

3 结论

通过分析柳杉冠下的土壤理化性状,认为施生石灰法能够提高土壤的 pH 值,降低柳杉根部周围土壤的酸性,增强土壤亚硝酸还原酶的活性,改善了柳杉生长的土壤质量。但是,不同 pH 的土壤施加多少生石灰最适宜柳杉的生长,还有待于进一步研究。分析施撒生石灰对柳杉样树的新梢生长量、瘿瘤的直径、密度等方面的影响,发现施生石灰处理柳杉冠下土壤,对柳杉新梢的生长促进作用都不显著,施石灰对瘿瘤的大小和密度增长都能起到很好的控制作用,能够有效降低瘿瘤的密度,抑制瘿瘤数量的进一步增加,其中每 1 m^2 施加 20 g 石灰比每 1 m^2 施加 50 g 石灰对柳杉瘿瘤的密度和大小控制效果更好,能够提升柳杉的自身抵抗力。施石灰对柳杉相对叶绿素的含量并没有明显促进作用,说明施石灰对提高土壤固氮菌的活性和固氮能力效果并不显著,造成叶绿素含量增加并不明显。同时,比较施石灰前后 Yield 与 F_v/F_m 的相对值变化,可以看出施生石灰法对提高柳杉的 PSII 最大的或潜在的量子效率并未发挥作用。

致谢:在野外测定工作中,得到天目山国家级自然保护区管理局的俞志飞、杨淑贞、赵明水等领导 and 同志们的大力支持和帮助,表示感谢!

[参考文献]

- [1] 陈建新,牛晓玲. 天目山古柳杉群保护[J]. 浙江林业,2012(10):25-26.
- [2] 章志攀,俞益武,张明如,等. 天目山空气负离子浓度变化及其与环境因子的关系[J]. 浙江林学院学报,2008,25(4):481-485.
- [3] 赵青儒. 国外酸雨对森林的危害及对策[J]. 世界林业研究,1988(3):54-60.
- [4] 彭方仁,张增耀. 酸雨造成树木及森林生态系统的危害机理[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),1992,16(4):74-79.
- [5] 张昕,张立钦,王记祥,等. 天目山柳杉瘿瘤病病原菌观察[J]. 浙江林业科技,2008,28(2):58-60.
- [6] 贺军. 天目山柳杉瘿瘤病病原、发生规律和防治技术研究[D]. 南京:南京林业大学,2010.
- [7] 龚小峰,朱云峰,刘亮,等. 柳杉瘿瘤病病原菌鉴定[J]. 浙江农林大学学报,2011,28(2):339-342.
- [8] 肖凤虎. 柳杉瘿瘤病组织细菌种群分析及其致病性研究[D]. 杭州:浙江农林大学,2015.
- [9] 马原. 模拟酸雨对天目山柳杉的影响[D]. 上海:华东师范大学,2007.
- [10] 杨淑贞,马原,蒋平,等. 浙江天目山土壤理化性质的海拔梯度格局[J]. 华东师范大学学报(自然科学版),2009,209(6):101-107.
- [11] 张珊珊,俞飞,郭慧媛,等. 酸雨与凋落物复合作用对柳杉叶片色素和反射光谱的影响[J]. 浙江农林大学学报,2014,31(2):254-263.
- [12] 杨淑贞,李国会,杜晴洲,等. 输营养液对天目山柳杉的影响[J]. 浙江林学院学报,2009,26(6):810-814.
- [13] 李国会,温国胜,田海涛,等. 天目山不同海拔高度柳杉瘿瘤病对柳杉健康的影响[J]. 浙江林学院学报,2010,27(4):483-488.
- [14] 黄一名,杨淑贞,赵明水,等. 物理去瘤法对天目山柳杉瘿瘤病的影响[J]. 浙江农林大学学报,2013,30(6):910-913.
- [15] 冯宗炜. 中国酸雨的生态影响和防治对策[J]. 环境科学导刊,2000,1(s1):1-6.
- [16] PRIETZEL J, REHFUESS K E, STETTER U, et al. Changes of soil chemistry, stand nutrition, and stand growth at two Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) sites in Central Europe during 40 years after fertilization, liming, and lupine introduction[J]. European journal of forest research, 2008, 127(1):43-61.
- [17] FGREN S L, CORY N, ZETTERBERG T, et al. The long-term effects of catchment liming and reduced sulphur deposition on forest soils and runoff chemistry in southwest Sweden[J]. Forest ecology & management, 2009, 258(5):567-578.
- [18] 吴飞华,刘廷武,裴真明,等. 酸雨引起森林生态系统钙流失研究进展[J]. 生态学报,2010,30(4):1081-1088.
- [19] 鲍士旦. 土壤农化分析(第三版)[M]. 北京:中国农业出版社,2013.

[责任编辑:黄 敏]