

加勒比松林地土壤对凋落物的响应

郑卫国¹, 薛立¹, 许鹏波¹, 梁丽丽^{1,2}, 冯慧芳¹

(1 华南农业大学 林学院, 广东 广州 510642; 2 广州市科美都市景观规划有限公司, 广东 广州 510635)

摘要:研究了保留凋落物和去除凋落物的加勒比松林的土壤特性,以了解凋落物对加勒比松林土壤的影响.与去除凋落物的加勒比松林相比,保留凋落物的加勒比松林林木平均胸径和平均树高分别增加了27%和12%,土壤的容重、土壤毛管孔隙度、非毛管孔隙度和总孔隙度无显著变化.保留凋落物土壤的有机质、全N、全K、水解N含量比去除凋落物的加勒比松林分别高66%、48%、12%和160%,全P、速效P和速效K含量变化不明显.保留凋落物林分土壤的细菌、真菌和放线菌数量比去除凋落物林分土壤分别高18%、29%和41%,土壤脲酶、土壤磷酸酶和过氧化氢酶活性分别高1.2、1.1和5.1倍.

关键词:加勒比松;凋落物;土壤物理性质;养分;微生物;酶活性

中图分类号:Q143;Q958.1

文献标识码:A

文章编号:1001-411X(2011)01-0120-04

Soil Response to Litter in A *Pinus caribaea* Woodland

ZHENG Wei-guo¹, XUE Li¹, XU Peng-bo¹, LIANG Li-li^{1,2}, FENG Hui-fang¹

(1 College of Forestry, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;

2 Keymaster Consultant, Guangzhou 510635, China)

Abstract: The response of soil to litter in a *Pinus caribaea* woodland in Foshan City was studied in an experiment comparing a *P. caribaea* stand with and without litter. Results showed that compared with the *P. caribaea* stand without litter, the mean diameter at breast height (DBH) and mean tree height in the *P. caribaea* stand with litter significantly increased by 27% and 12%, respectively, whereas its soil bulk density, capillary porosity, non-capillary porosity, total porosity and capillary water did not change significantly. Contents of soil organic matter, total N, total K and alkalinized N in the *P. caribaea* stand with litter were 66%, 48%, 12% and 160% greater than those in the *P. caribaea* stand without litter, respectively, whereas contents of total P, available P and available K were close to the latter. Number of bacteria, fungi and actinomyces in the *P. caribaea* stand with litter were 18%, 29% and 41% greater than those in the *P. caribaea* stand without litter, respectively, and activities of its urease, acid phosphatase and catalase were 1.2, 1.1 and 5.1 times greater than the latter, respectively.

Key words: *Pinus caribaea*; litter; soil physical property; nutrient; microorganism; enzyme activity

森林土壤是树木赖以生存的载体,与林木生长密切相关.土壤养分、微生物和酶是森林生态系统的重要组成部分.土壤物理性质和养分含量直接影响林木生长,土壤微生物分解凋落物和释放养分^[1],而土壤酶是最活跃的生物活性物质,参与土壤的许多重要生物化学过程和物质循环,许多研究将土壤养

分、土壤微生物和酶一起作为评价土壤质量的指标^[2-4].长期以来,有关研究^[5-9]受到广泛重视.加勒比松 *Pinus caribaea* 原产于中美洲及加勒比海诸岛,由于生长快、耐瘠薄土壤,成为世界热带地区栽植面积最广的针叶树种^[10].我国自1961年引种以来,在热带与亚热带地区的种植面积已超过10万

收稿日期:2009-03-31

作者简介:郑卫国(1983—),男,硕士研究生;通信作者:薛立(1958—),男,教授,博士,E-mail:forxue@scau.edu.cn

基金项目:广东省林业局资助项目(4400-F07041);佛山市科技项目(2005020061)

hm²^[11],成为当地的优良速生用材林树种之一^[11-12]. 本文通过对比分析保留凋落物的加勒比松林和去除凋落物的加勒比松林的土壤理化性质、微生物和酶的状况,了解凋落物对土壤特性的影响,为森林的可持续发展提供参考.

1 材料与方法

1.1 样地概况

试验地位于东经 113°00′、北纬 23°06′的广东省佛山市林科所,地处珠三角的腹地南海市的西北部,东距广州 23 km,南距佛山 12 km,属亚热带海洋性季风气候,光热充足,气候温和,雨量充沛.年平均气温 21.8℃,年平均降雨量 1 638 mm,4—9 月为汛期,降雨量占全年 81%.地貌属低丘陵,坡度为 5°,土壤为赤红壤,土层深厚,呈强酸性.

研究对象是立地条件相似的 18 年生加勒比松人工林,林木的株行距为 7 m × 7 m.林分结构简单,林下层植物稀少,以海金沙 *Lygodium japonicum*、扇叶铁线蕨 *Adiantum flabellulatum* Linn、金银花 *Lonicera japonica* 为主.

1.2 研究方法

2001 年 4 月在加勒比松人工林内设置 2 块面积为 30 m × 30 m 的样地(各 3 个重复),一块定期收获凋落物,另一块样地保留凋落物.2006 年 4 月在松树林的株间和行间套种黎蒴 *Castanopsis fissa* 苗木,使套种后的松树林株行距为 3.5 m × 3.5 m.2008 年 4 月调查各样地加勒比松的胸径、树高,并用容积为 100 cm³ 的环刀在 20 cm 的土层取样,3 个重复,进行土壤容重和其他土壤物理性质的分析.在样地四角

和中部 0~40 cm 的土层 5 点取样,带回实验室进行生化分析.

土壤物理性质、化学性质、微生物和酶活性分别按文献[13-16]的方法分析,每个样品做 3 次重复测定,取平均值.用 *t* 检验法进行差异显著性检验.

2 结果与分析

2.1 林分生长

保留和去除凋落物的加勒比松林木平均胸径分别为 36.3 和 25.8 cm,平均树高分别为 16.1 和 14.4 m,保留凋落物的林分比去除凋落物的林分平均胸径增加了 27.4%,平均树高极显著增加了 11.8% ($P < 0.01$),说明凋落物的存在促进了林木的生长(表 1).

表 1 凋落物对加勒比松林林分生长的影响($\bar{x} \pm SD$)¹⁾

Tab.1 Effect of litter on growth of the *Pinus caribaea* stand

林分	胸径/cm	树高/m
去除凋落物的林分	28.5 ± 5.1b	14.4 ± 1.2b
保留凋落物的林分	36.3 ± 5.7a	16.1 ± 1.4a

1) 同列数据后凡具有一个字母相同,表示差异不显著(*t* 检验法, $P > 0.05$).

2.2 土壤物理性质

土壤容重与土壤的孔隙度密切相关,容重小的土壤孔隙多,通气性好.从表 2 可以看出,保留凋落物的林分土壤容重与去除凋落物的林分相近,说明加勒比的凋落物没有明显改善土壤的疏松状况.去除凋落物会引起有机质含量下降,进而导致土壤孔隙度减少和土壤容重增加.另一方面,套种在松林中的黎蒴是速生树种,其快速生长的根系有一定的松土作用,减弱了去除凋落物引起的土壤容重变化.

表 2 凋落物对加勒比松林土壤物理性质的影响($\bar{x} \pm SD$)¹⁾

Tab.2 Effect of litter on soil physical property of the *Pinus caribaea* stand

土壤	土壤容重/(g·cm ⁻³)	毛管孔隙度/%	非毛管孔隙度/%	总孔隙度/%	毛管持水量/%	w(<0.01 mm 粘粒)/%
去除凋落物土壤	1.60 ± 0.02a	18.93 ± 1.40a	19.41 ± 0.85a	38.34 ± 3.35a	11.89 ± 2.29a	30.18 ± 1.43b
保留凋落物土壤	1.59 ± 0.05a	20.76 ± 1.00a	18.09 ± 0.94a	38.85 ± 0.81a	13.06 ± 1.21a	35.80 ± 1.36a

1) 同列数据后凡具有一个字母相同,表示差异不显著(*t* 检验法, $P > 0.05$).

土壤孔隙度是评价土壤结构特征的重要指标之一,土壤孔隙状况直接影响着土壤的通气透水和持水性能,关系到林地土壤对降水的贮存能力.保留凋落物的林分土壤毛管孔隙度略大于去除凋落物的林分,所以其土壤非毛管孔隙度略小于后者,二者的总孔隙度相近.说明保留凋落物的林分增加了土壤水分持水能力,但是没有改善土壤的通气状况.由于保留凋落物的林分土壤毛管孔隙度略大,所以其土壤毛管持水量大于去除凋落物的林分.保留凋落物

林分的土壤中, <0.01 mm 的粘粒比去除凋落物林分显著增加 ($P < 0.05$),增幅达 19%.

2.3 土壤化学性质

由于凋落物是森林土壤有机质的主要来源,因而保留凋落物的土壤有机质显著增加 ($P < 0.01$),增幅达 66%(表 3).土壤有机质在分解过程中能够逐渐释放出养分供植物吸收利用,因而有林下调落物的加勒比松林地土壤全 N 和全 K 含量比无林下调落物林分分别增加了 48% 和 12%,且差异均达到极显

著水平($P < 0.01$),而二者的全P相等。

林下调落物每年都有大量的枯落物归还给土壤,经过腐殖化作用形成土壤有机质,矿化分解出有效养分,保留凋落物的林地土壤水解N含量显著高于无林下调落物林分($P < 0.01$),增加幅度达到160%,说明林下调落物提高了土壤的供氮水平,但速效P和速效K含量跟无林下调落物林分相比变化

却不显著。

林下调落物是森林土壤有机质和养分的主要补给者,对于提高土壤肥力有重要的作用。所以,保留凋落物的土壤有机质和氮显著增加,而速效P和K没有明显改善可能与保留凋落物林分的林木生长迅速,吸收和积累较多的磷和钾有关。

表3 凋落物对加勒比松林土壤化学性质的影响($\bar{x} \pm SD$)¹⁾

Tab.3 Effect of litter on soil nutrient of the *Pinus caribaea* stand

土壤	pH	w/(g·kg ⁻¹)			w/(mg·kg ⁻¹)			
		有机质	全N	全P	全K	碱解N	速效P	速效K
去除凋落物土壤	4.0±0.1a	3.44±0.17b	0.22±0.01b	0.11±0.01b	3.23±0.02b	20.85±2.17b	13.25±0.72a	35.21±0.51a
保留凋落物土壤	4.1±0.1a	5.71±0.02a	0.32±0.01a	0.11±0.00a	5.63±0.03a	54.31±0.50a	13.09±0.32a	34.76±0.61a

1) 同列数据后凡具有一个字母相同,表示差异不显著(t 检验法, $P > 0.05$)。

2.4 土壤微生物和酶活性

土壤微生物在生态系统中起着非常重要的作用,它能分解有机质,释放养分供植物利用,还能产生大量生物活性物质,直接影响土壤的生化活性及土壤养分的组成和转化,是土壤肥力的重要指标之一。土壤有机质含有各种动植物残体和各种有机产物,能促进微生物的生理活性。由于保留凋落物土壤

的有机质含量高,细菌、真菌和放线菌数量比无林下调落物林分分别显著增加了18.19% ($P < 0.01$)、28.57% ($P < 0.05$)和41.09% ($P < 0.01$) (表4)。细菌是土壤微生物总量的主要组成者,有林下调落物土壤的细菌、真菌和放线菌数量分别占其微生物总量的95.53%、0.26%和4.21%,而无林下调落物土壤分别占96.21%、0.24%和3.55%。

表4 凋落物对加勒比松林土壤微生物和酶活性的影响($\bar{x} \pm SD$)¹⁾

Tab.4 Effects of litter on soil microorganism and enzyme activity of the *Pinus caribaea* stand

土壤	细菌/	真菌/	放线菌/	脲酶(NH ₃ -N)活性/	磷酸酶活性/	过氧化氢酶活性/
	(10 ⁶ 个·g ⁻¹)	(10 ⁴ 个·g ⁻¹)	(10 ⁴ 个·g ⁻¹)	(mg·kg ⁻¹ ·d ⁻¹)	(mg·kg ⁻¹ ·h ⁻¹)	(mL·g ⁻¹ ·h ⁻¹)
去除凋落物土壤	8.18±0.53b	2.03±0.17b	30.23±326b	27.02±1.41b	63.55±1.21b	0.08±0.00b
保留凋落物土壤	9.67±0.46a	2.61±0.22a	42.65±2.30a	59.65±0.82a	132.57±1.46a	0.49±0.03a

1) 同列数据后凡具有一个字母相同,表示差异不显著(t 检验法, $P > 0.05$)。

土壤酶催化土壤中的一切生物化学反应和参与物质循环,与土壤微生物一起推动土壤的代谢过程,共同影响着土壤肥力,在土壤有机质积累和养分循环中起重要作用。试验结果(表4)显示,保留凋落物林分的土壤脲酶、磷酸酶和过氧化氢酶活性分别比无林下调落物林分增加了1.2、1.1和5.1倍,达到极显著水平($P < 0.01$)。森林土壤酶是森林土壤中生物生命活动的产物,其活性与森林土壤有机质含量和微生物数量密切相关。保留凋落物土壤的有机质含量高,因而脲酶活性高,有利于有机质中氮素的无机化,结果使土壤中的有效N较多。有林下调落物林地磷酸酶活性的增加有利于磷的活化,从而也可以促进土壤有效P的增加。过氧化氢酶的强度表征土壤腐殖化强度大小和有机质积累程度^[17],其活性与土壤有机质有关,并且与土壤肥力成正比。有林下调落物的林地过氧化氢酶的活性高,反映其土壤有机质

转化快,有利于土壤肥力的提高。

3 结论

保留凋落物的加勒比松林木的平均胸径和平均树高显著大于去除凋落物林分,说明凋落物的存在促进了林木的生长。

保留凋落物的林分土壤容重与去除凋落物的林分相近,土壤毛管孔隙度和土壤毛管持水量略大于去除凋落物的林分,其土壤非毛管孔隙度略小于后者,二者的总孔隙度相近。说明保留凋落物的林分增加了土壤持水能力,但是改善土壤通气状况的作用不明显。保留凋落物林分的土壤中,<0.01 mm的土壤粘粒、土壤有机质、全N、全K含量和水解N含量显著大于无凋落物林分,而二者的全P、速效P和速效K含量相近。保留凋落物林分的土壤细菌、真菌和放线菌数量,脲酶、土壤磷酸酶和过氧化氢酶活性显著大于无凋落物林分。

林分凋落物显著增加了土壤有机质和氮,促进了微生物的活动,增强了酶的活性,对土壤肥力改善具有积极的作用,有利于林木的健康生长。

参考文献:

- [1] DICK R P. Soil enzyme activities as integrative indicators of soil health [M] // PANKHURST C E, DOUBE B M, GUPTA V V S R. Biological Indicators of Soil Health. Wallingford: CAB International, 1997: 21-156.
- [2] DENG Shi-ping, TABATAI M A. Effect of tillage and residue management on enzyme activities in soils. III. Phosphatases and arylsulphatases [J]. Biol Fertil Soils, 1997, 24: 141-146.
- [3] BANDICK A K, DICK R P. Field management effects on soil enzyme activities [J]. Soil Biol Biochem, 1999, 31: 1471-1479.
- [4] CHAPMAN S J, CAMPBELL C D, PURI G. Native woodland expansion; Soil chemical and microbiological indicators of change [J]. Soil Biol Biochem, 2003, 35: 753-764.
- [5] 陈金林, 罗汝英, 俞元春. 杉木、马尾松、甜槠等林分下土壤养分状况研究 [J]. 林业科学研究, 1998, 11(6): 586-591.
- [6] 刘春华, 吴奇镇. 马尾松木荷混交林林分结构和土壤肥力研究 [J]. 防护林科技, 2002(4): 19-21.
- [7] 薛立, 陈红跃, 徐英宝, 等. 混交林地土壤物理性质与微生物数量及酶活性的研究 [J]. 土壤通报, 2004, 35(2): 154-158.
- [8] 薛立, 赖日石, 陈红跃, 等. 深圳宝安区生态风景林典型造林地土壤养分、微生物和酶活性的研究 [J]. 林业科学研究, 2002, 15(2): 242-246.
- [9] 郑诗樟, 肖青亮, 吴蔚东, 等. 丘陵红壤不同人工林型土壤微生物类群、酶活性与土壤理化性状关系的研究 [J]. 中国生态农业学报, 2008, 16(1): 57-61.
- [10] NIKES D G. Genetic improvement of low land tropical conifers [M]. Rome: FAO, 1979.
- [11] ZHENG Yong-qi, WANG Huo-ran. Genetic resources and breeding of *Pinus caribaea* in China [C] // International Union of Forest Research Organizations. Forests and Society: the Role of Research, Abstracts of group discussions vol. 2, XXI IUFRO World Congress 2000. Kuala Lumpur, Malaysia: IUFRO, 2000: 46.
- [12] 朱志淞, 丁衍畴, 王观南, 等. 加勒比松 [M]. 广州: 广东科技出版社, 1986: 122-158.
- [13] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析 [J]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978.
- [14] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2000.
- [15] 中国科学院南京土壤研究所微生物室. 土壤微生物研究法 [M]. 北京: 科学出版社, 1985.
- [16] 关松荫. 土壤酶及其研究法 [M]. 北京: 农业出版社, 1986.
- [17] 郑郁善, 黄宝龙. 福建含笑杉木混交林生物量和土壤肥力的研究 [J]. 南京林业大学学报, 1998, 22(2): 49-52.

【责任编辑 李晓卉】

(上接第 119)

参考文献:

- [1] 林永成. 海洋微生物及其代谢产物 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- [2] 李春远, 杨瑞云, 林永成, 等. 海洋真菌 K38 号代谢产物的研究 [J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2007, 46(1): 67-70.
- [3] LI Chun-yuan, YANG Rui-yun, LIN Yong-cheng, et al. A new nonadride derivative from mangrove fungus (strain No. K38) [J]. J Asian Nat Prod Res, 2007, 9(3): 285-291.
- [4] 李春远, 余志刚, 林永成, 等. 红树林真菌 E33 代谢产物的分离及衍生物的制备 [J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2007, 46(6): 52-54.
- [5] LI Chun-yuan, DING Wei-jia, SHE Zhi-gang, et al. A new biphenyl derivative from an unidentified marine fungus E33 [J]. Chem Nat Compd, 2008, 44(2): 163-165.
- [6] 李春远, 丁唯嘉, 陈敏, 等. 来自红树林内生真菌 #E33 中的一个新的水杨酸衍生物 [J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2008, 47(1): 121-122.
- [7] KIMURA Y, YOSHINARI T, KOSHINO H, et al. Rubralactone, rubralides A, B and C, and rubramin produced by *Penicillium rubrum* [J]. Biosci Biotechnol Biochem, 2007, 71(8): 1896-1901.
- [8] KIM S, FAN G, LEE J, et al. Synthesis of 4-acetyliscoumarin: First total syntheses of AGI-7 and sescandelin [J]. J Org Chem, 2002, 67: 3127-3130.
- [9] MACIAS M, ULLOA M, GAMBOA A, et al. Phytotoxic compounds from the new coprophilous fungus *Guanomyces polythrix* [J]. J Nat Prod, 2000, 63(6): 757-761.
- [10] 杨瑞云, 李春远, 林永成, 等. 南海马尾藻 (*Sargassum* sp.) 内生真菌 No. ZZF36 中甾醇化合物的研究 [J]. 中药材, 2006, 29(9): 908-909.
- [11] KAWAGISHI H, KATSUMI R, SAZAWA T, et al. Cytotoxic steroids from the mushroom *Agaricus blazei* [J]. Phytochemistry, 1988, 27(9): 2777-2779.
- [12] 张祎, 王涛, 裴月湖, 等. 土壤真菌 07-11 号菌株中的酚酸性成分 [J]. 沈阳药科大学学报, 2001, 18(5): 353-355.

【责任编辑 李晓卉】