

热带亚热带森林叶凋落物交互分解的研究^{*}

刘 强¹, 彭少麟², 毕 华³, 张洪溢¹, 马文辉¹, 李妮亚¹

(1. 海南师范学院生物系, 海南 海口 571158;

2. 中山大学生命科学学院, 广东 广州 510275;

3. 海南师范学院地理系, 海南 海口 571158)

摘 要: 为了检验全球变暖对森林凋落物分解的影响, 在跨气候带的大尺度下进行森林凋落物的交互分解实验。在热带的尖峰岭和亚热带的鼎湖山各选样地 1 个, 它们有相似的海拔高度、土壤类型、年均降雨量及干湿季节律, 气温为主要差异, 年均气温相差 3.7 °C。各样地分别收集了 10 种当地的优势树种的凋落叶, 其中 2 个样地各自的优势种青皮和锥栗, 2 个样地均有的共同种荷木作为单种样。10 种凋落叶的等重量混合为混合样, 共计 6 类凋落叶, 分别交互置于 2 个样地分解。结果表明: 6 类凋落叶在尖峰岭的分解速率显著地大于在鼎湖山的分解速率; 凋落叶分解的表现 Q_{10} 在 3.7~7.5 范围内。证实在这个温差范围内, 凋落物分解加快的程度可达 1.36~3.06 倍。

关键词: 全球变暖; 热带; 亚热带; 叶凋落物; 交互分解

中图分类号: Q948; S718.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2004) 04-0086-04

Jenney 等^[1], Mikola^[2], Shankshe 和 Olson^[3], Meentemeyer 和 Beg^[4], Heaney 和 Proctor^[5], Vitousek 等^[6]的研究观察到随温度的升高凋落物的分解速率增加。中国东部南北样带 NSTEC (第 15 条国际标准样带) 是典型的受热量驱动的纬度地带系列, 包括夏季东南季风气候控制下的地带性生态系统类型^[7], 为研究凋落物分解对全球变暖的响应提供了大尺度的实验场所。作者利用时空互代法在不同气候带的森林生态系统间进行凋落物的交互分解实验, 这种方法虽然给出的是模拟的时间序列的图景, 但却可以提供极有价值的直接信息, 是十分有效的预测研究方法, 可克服小尺度或实验室的实验结果外推至大尺度自然状态时尺度转换的困难^[8]。

本项研究要探讨的问题是在跨气候带的不同气温条件下, 同质的森林凋落物的分解速率的们变化。通过交互分解实验, 检验如下的假设: ①亚热带森林凋落物在热带气温下分解速率会加快。②叶凋落物种类的不同分解速率也会不同。

1 材料和方法

采取以空间代时间的方法, 利用中国东部南北样带 (NSTEC) 的南部热带和亚热带的尖峰岭定位站和鼎湖山定位站, 进行凋落物的交互分解实验。

1.1 样地概况

尖峰岭位于海南岛西南部乐东和东方两县之间, 北纬 18°23′—18°50′, 东经 108°36′—109°05′。尖峰岭样地 (Site J) 设在热带常绿季雨林中, 其位于海拔 340~360 m, 年平均气温 22.9 °C, 年平均降雨量为 1749 mm, 干湿季明显, 80%~90%雨量集中在 5—10 月, 11 月至翌年 3 月为旱季^[9]。鼎湖山位于广东省肇庆市, 北纬 23°09′—23°11′, 东经 112°30′—112°34′。鼎湖山样地 (Site D) 设在南亚热带季风阔叶林中, 海拔 290~310 m, 年平均气温 21 °C, 年平均降雨量为 1927 mm, 4—9 月为雨季, 11 月至翌年 1 月为旱季^[10]。两样地除年均气温相差 3.7 °C 外, 降雨量、干湿节律、土壤类型、海拔、坡向等因素相似。

1.2 实验方法

(1) 气温增高的过程采用时空互代法, 即: 海南岛尖峰岭与广东鼎湖山的年均温度差 (约 3~4 °C) 代替鼎湖山未来气温增高 3~4 °C 的情形。

(2) 凋落物交互分解采用凋落物袋法, 于 2001 年旱季 8~9 月在海南岛尖峰岭和广东鼎湖山两样地及周围收集凋落物, 主要通过采集将落的衰老叶片和地面收集刚落的叶片收集。收集的凋落叶, 风干后装入凋落物袋中, 每袋 15 g (单种凋落

* 收稿日期: 2003—07—18

基金项目: 国家自然科学基金重大资助项目 (39899370); 广东省自然科学基金重大资助项目 (980952) 资助

作者简介: 刘强 (1965 年生), 男, 研究员; 通讯联系人: 彭少麟; E-mail: lsspsl@zsu.edu.cn

叶) 或 20 g (混合凋落叶)。样袋为尼龙网袋, 大小为 15 cm×15 cm, 孔径为 1 mm。

在 2001 年 9 月将凋落物袋分别置于尖峰岭的热带雨林和鼎湖山南亚热带季风常绿阔叶林下, 轻轻除去地表的凋落物层, 置于土壤表层。让凋落物自然分解。定期收获凋落物样袋, 测定凋落物的重量损失, 计算凋落物分解速率。凋落叶孵育时间即样袋收回时间间距为 3 月一次, 每类 7 个重复。

从尖峰岭样地 (Site J) 收集的凋落叶分为 3 组: J₁: 青皮 *Vatica mangachapoi*; J₂: 荷木 *Schima superba*; J₃: 混合凋落叶, 包含青皮 *V. mangachapoi*、荷木 *S. superba*、油丹 *Alseodaphne hainanensis*、油楠 *Sindora glabra*、野荔枝 *Litchi chinensis* var. *euspontanea*、红 木 *Lithocarpus ferzelianus*、白榄 *Canarium album*、子京 *Madhuca hainanensis*、白锥 *Castanopsis carlesti* var. *hainanica*、白颜树 *Gironniera subaequali* 共 10 种热带常绿季雨林乔木层主要树种的凋落叶等量混合。

从鼎湖山样地 (Site D) 收集的凋落叶也分为 3 组: D₄: 锥栗 *Castanopsis chinensis*; D₅: 荷木 *S. superba*; D₆: 混合凋落叶, 包含锥栗 *C. chinensis*、荷木 *S. superba*、厚壳桂 *Cryptocarya chinensis*、黄果厚壳桂 *Cryptocarya concinna* Hance、云南银柴 *Aporosa yunnanensis*、红车 *Syzygium rehderianum*、角木 *Amena acuminatissima*、白颜树 *G. subaequali*、凸脉榕 *Ficus nervosa*、陈氏钓樟 *Lindera dhunii* 共 10 种亚热带常绿季风阔叶林乔木层主要树种的凋落叶等量混合。

1.3 统计分析方法

样地之间的比较用非参数分析 Mann-Whitney Test, 样地内的比较用参数分析 Univariate, 分析软件为 SPSS10.0。

2 结 果

2.1 样地特征的效应

研究中测定了解残留率。分解残留率模式综合在图 1 中。用指数方程:

ln(M_t/M₀) = x - kt

或

y = aexp(-kt)

进行拟合, M₀ = 初始质量, M₀t = 在 t 时间的质量, x 为截距, k 为分解常数。6 种叶凋落物在 2 个样地的分解常数见表 1。6 种凋落叶在 2 个样地间的分解速率都有显著差异 (用 Mann-Whitney U 检验, 表 2), 在尖峰岭样地分解快于在鼎湖山样地。2 个样地间分解速率的显著差异可主要归因为 2 个

样地间气温差异对分解速率的直接效应, 因为两样地之间降雨量接近, 气温对叶凋落物分解起控制作用。计算出的叶凋落物分解的表观 Q₁₀ 在 3.7 ~ 7.5 范围内。

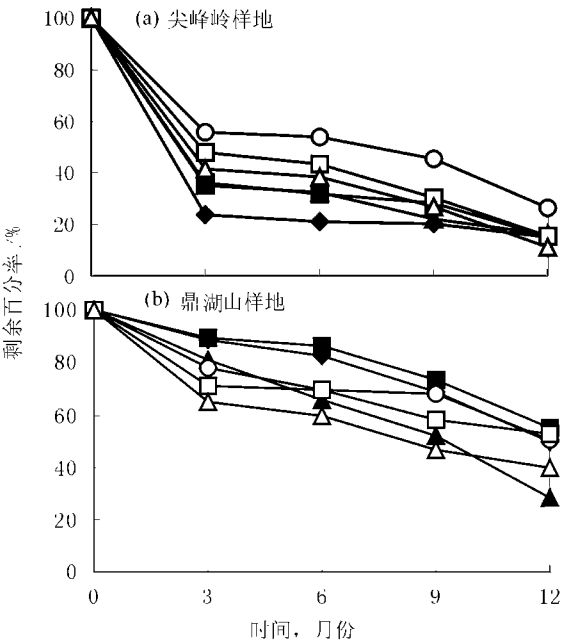


图 1 6 类凋落叶在尖峰岭和鼎湖山样地的失重
Fig 1 Mass loss of 6 types of foliar litter in site J and site D
◆: J₁ 青皮, ■: J₂ 荷木;
▲: J₃ 10 种热带常绿季雨林乔木层主要树种的凋落叶混合凋落叶;
○: D₄ 锥栗, □: D₅ 荷木;
△: D₆ 10 种亚热带常绿季风阔叶林乔木层主要树种的混合凋落叶

2.2 凋落叶种类的效应

从 2 个样地收集来的 6 种凋落叶, 在同一样地分解的凋落叶进行比较, 其失重速率也有差异 (见表 3)。结合表 1 的分解速率常数, 可以发现在尖峰岭样地的分解中锥栗凋落叶 (D₄) 分解速率显著小于其他所有类型的凋落叶, 青皮 (J₁) 显著大于荷木 (D₅), 有显著差异的比较对为 6 对, 其余的比较对无显著差异。在鼎湖山样地分解中, 混合凋落叶 (J₃ 和 D₆) 的分解速率显著大于单种凋落叶 (除 J₃ 与 D₅ 差异不显著外)。混合凋落叶 J₃ 和 D₆ 之间差异不显著, 同种但来源不同的荷木凋落叶有显著差异, J₂ 显著小于 D₅。有显著差异的比较对为 10 对, 其余的比较对无显著差异。

3 讨 论

研究结果表明, 在尖峰岭样地的凋落叶分解速率 (k = 1.169 ~ 1.935) 处于世界热带森林的中等

表 1 分解回归方程和分解速率常数

Tah 1 Regression equations and decomposition rate constants for 6 types of foliar litter

凋落叶类型	分解地点	分解方程	分解常数	决定系数
青皮	尖峰岭 (in site J)	$y = 60.359\exp(-1.606t)$	1.606	0.709
J ₁	鼎湖山 (in site D)	$y = 105.782\exp(-0.657t)$	0.657	0.919
荷木	尖峰岭 (in site J)	$y = 76.249\exp(-1.679t)$	1.679	0.897
J ₂	鼎湖山 (in site D)	$y = 105.069\exp(-0.548t)$	0.548	0.902
混合样	尖峰岭 (in site J)	$y = 75.395\exp(-1.643t)$	1.643	0.887
J ₃	鼎湖山 (in site D)	$y = 109.079\exp(-1.205t)$	1.205	0.930
锥栗	尖峰岭 (in site J)	$y = 91.743\exp(-1.168t)$	1.168	0.908
D ₄	鼎湖山 (in site D)	$y = 96.437\exp(-0.548t)$	0.548	0.929
荷木	尖峰岭 (in site J)	$y = 91.975\exp(-1.716t)$	1.716	0.947
D ₅	鼎湖山 (in site D)	$y = 92.502\exp(-0.621t)$	0.621	0.917
混合样	尖峰岭 (in site J)	$y = 89.637\exp(-1.935t)$	1.935	0.921
D ₆	鼎湖山 (in site D)	$y = 91.231\exp(-0.876t)$	0.876	0.948

表 2 6 类凋落叶在 2 个样地间的分解速率差异的显著性检验

Tah 2 Test of the significant differences of the percent mass remaining of litters between site J and site D

	J ₁	J ₂	J ₃	D ₄	D ₅	D ₆
Mann-Whitney U	7.000	58.000	133.000	139.000	86.500	77.000
Wilcoxon W	413.000	464.000	539.000	545.000	492.500	483.000
Z	-6.309	-5.473	-4.244	-4.146	-5.006	-5.162
Asymp. Sig. (2 tailed)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

分组变量: 样地

水平^[11], 接近 Sarawak, Mulu 的龙脑香林 (1.7), 而尖峰岭样地也是以龙脑香植物青皮为优势种的森林。在鼎湖山样地的凋落叶分解速率 (0.548 ~ 1.205) 与 Puerto Rico 和 Jamaica 热带山地雨林接近 (0.9, 0.5 ~ 0.7)。气温对分解速率的作用, 可用凋落物的表观 Q_{10} (apparent Q_{10} : 温度升高 10 °C 时的分解的成比例增加倍数) 来反映。我们计算的凋落叶的表观 Q_{10} 3.7 ~ 7.5, 几乎与 Vitousek^[9] 在夏威夷测得的凋落叶分解速率增加倍数 4.0 ~ 6.2 范围相吻合。而较 Heaney and Proctor^[5] 的结果高 (Q_{10} 1.78)。本项研究中同样的叶凋落物在热带的尖峰岭分解显著快于在南亚热带的鼎湖山的分解, 因此气温越高分解越快。尽管前人的工作已有类似的报道, 但这是首次在跨气候带的大尺度野外实验中获得这一结果, 能更好的预测森林凋落物的分解对全球变暖的响应, 合理的推论是中国的南亚热带的气温上升将加快南亚热带森林凋落物的分解。

Swift 等^[12] 将凋落物的化学属性称之为“基质质量” (substrate quality), 它被定义为凋落物的相对可分解性。不同植物种类, 其凋落物的基质质量是有差别的。本文的实验材料既有单种凋落叶, 又有多个优势种的混合凋落叶, 更接近自然的状况。

表 3 样地内凋落叶剩余百分率的多重比较

Tah 3 Multiple comparisons of percent mass remaining among litter types within site

	J ₂	J ₃	D ₄	D ₅	D ₆
J ₁	0.211	0.453	0.000 ²⁾	0.001 ²⁾	0.073
J ₂		0.998	0.000 ²⁾	0.442	0.998
J ₃			0.000 ²⁾	0.203	0.949
D ₄				0.017 ¹⁾	0.000 ²⁾
D ₅					0.734
J ₁	0.746	0.000 ²⁾	0.283	0.009 ²⁾	0.000 ²⁾
J ₂		0.000 ²⁾	0.008 ²⁾	0.000 ²⁾	0.000 ²⁾
J ₃			0.008 ²⁾	0.272	0.694
D ₄				0.793	0.000 ²⁾
D ₅					0.005 ²⁾

1) 在 0.05 水平显著, 2) 在 0.01 水平显著

本项研究的两样地中, 几乎都是混合凋落叶分解速率显著大于单种凋落。Blair^[13] 认为混合种类凋落物增加了资源的异质性, 改变了分解者有机体的丰富度, 对凋落物的分解速率产生影响。两样地间 k 值的相差倍数有 1.36 ~ 3.06 倍 (多数在 2.0 以上), 而凋落物种类间相差倍数在 1.02 ~ 2.20 倍 (多数在 1.81 以下)。尖峰岭样地内有显著差异的剩余百分率比较对 (6 对), 少于鼎湖山样地 (10 对), 气

温越高,凋落叶种类(即基质质量)引起分解的差异有减小的趋势。可以理解为,气温对分解速率的影响比凋落物基质质量对分解速率的影响更强,气温对凋落物的分解速率起主导作用。

参考文献:

[1] JENNEY H S, GESSEL P, BINGHAM F T. Comparative study of decomposition rates of organic matter in temperate and tropical regions[J] . Soil Science, 1949, 68: 419—432.

[2] MIKOLA P. Comparative experiment on decomposition rates of forest litter in southern and northern Finland[J] . Oikos, 1960, 11: 161—166.

[3] SHANKS R E, OLSON J S. First-year breakdown of leaf litter in southern Appalachian forests[J] . Science, 1961, 134: 194—195.

[4] MEENTEMEYER V, BERG B. Regional variation in rate of mass loss of *Pinus sylvestris* needle litter in Swedish pine forests as influenced by climate and litter quality [J] . Scandinavian Journal of Forest Research, 1986, 1: 167—180.

[5] HEANEY A, PROCTOR J. Chemical elements in litter on Volcan Barva, Costa Rica// PROCTOR J. Mineral nutrients in tropical forest and savanna ecosystems[M] . Oxford: Blackwell Scientific, 1989: 225—271.

[6] VITOUSEK P M, TURNER D R, PARTON W J, et al. Litter decomposition on the Mauna Loa environmental matrix, Hawaii I : patterns, mechanisms, and models[J] . Ecology, 1994, 75(2): 418—429.

[7] 彭少麟. 中国东部陆地农业生态系统与全球变化相互作用机理研究取得重大进展[J] . 中国基础科学, 2001 (7): 18—20.

[8] 彭少麟, 刘强. 森林凋落物动态及其对全球变暖的响应[J] . 生态学报, 2002, 22(9): 1534—1544.

[9] 蒋有绪, 卢俊培, 曾庆波, 等. 中国海南岛尖峰岭热带林生态系统[M] . 北京: 科学出版社, 1991.

[10] 彭少麟. 南亚热带森林群落动态学[M] . 北京: 科学出版社, 1996.

[11] ANDERSON J M, SWIFT M J. Decomposition in tropical forests//SUTTON S L, WHITMORE T C, CHADWICK A C. Tropical Rain Forest: Ecology and Management[M] . Oxford: Blackwell Scientific, 1983: 287—309.

[12] SWIFT M J, HEAL O W, ANDERSON J M. Decomposition in terrestrial ecosystems [M] . California: University of California Press, 1979.

[13] BLAIR J M, PARMELEE R W, BEARE M H. Decay rates, nitrogen fluxes, and decomposer communities of single- and mixed-species foliar litter[J] . Ecology, 1990, 71: 1976—1985.

The Reciprocal Decomposition of Foliar Litter in Tropical and Subtropical Forests

LIU Qiang¹, PENG Shao lin², BI Hua³, ZHANG Hong yi¹, MA Wen hui¹, LI Ni ya¹
(1. Department of Biology, Hainan Normal University, Haikou 571158, China;
2. School of Life Sciences, Sun Yat sen University, Guangzhou 510275, China;
3. Department of Geology, Hainan Normal University, Haikou 571158, China)

Abstract: In order to examine the effects of global warming on the decomposition of forest litter, an experiment was designed to decompose reciprocally forest foliar litter in two sites across climatic zones. One site was selected in Mt. Jianfengling in tropics and the other in Mt. Dinghushan in subtropics. The two sites had similar altitudes, soil types, annual mean temperature and seasonality of dry and wet. The main difference between sites was the annual mean temperature with the difference of 3. 7 ℃. Foliar litters of respective 10 native dominant tree species were collected from the two sites and divided into single—species litter and mixed litter. They were decomposed reciprocally in the two sites. The results indicated that litter decomposed in the tropical site more than 1.36 ~ 3.06 times as rapidly as in the subtropical site. Apparent *Q*—10, calculated on the basis of the difference of temperature between sites, ranged from 3.7 to 7.5. The conclusion was that global warming would strengthen the function of matter circulation in the subtropical forest ecosystem in China.

Key words: global warming; tropics; subtropics; foliar litter; reciprocal decomposition