

贡嘎山峨眉冷杉成熟林凋落物量动态研究

羊留冬^{1,2}, 王根绪¹, 杨燕^{1*}, 曹洋¹, 李伟¹, 郭剑英^{1,3}

(1. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所山地环境演变与调控重点实验室, 四川成都 610041; 2. 中国科学院北京研究生院, 北京 100049; 3. 乐山师范学院旅游与经济管理学院, 四川乐山 614004)

摘要: 研究了贡嘎山高山生态系统定位研究站 8 年 (2001—2008 年) 来对峨眉冷杉成熟林凋落物量监测所积累的资料, 分析了该群落凋落物量动态变化及组成特征。结果表明, 贡嘎山峨眉冷杉成熟林在 8 年间的年凋落物量波动范围为 125.84~377.17 g/m², 平均凋落量为 285.77 g/m², 年际波动较大, 凋落量总体呈逐年上升趋势; 叶凋落量占凋落总量的 77.99%, 枯枝和花果杂物凋落量占凋落总量的分别 19.55% 和 2.46%, 叶凋落量高于枯枝和花果杂物凋落量所占比例; 与多数森林凋落物一样, 峨眉冷杉成熟林凋落物各组分比例由高到低依次为叶、枯枝、花果杂物。

关键词: 峨眉冷杉; 成熟林; 凋落物量; 动态; 贡嘎山

中图分类号: S718.55⁺4 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2010)06-1163-05

Dynamics of Litter Fall in *Abies fabric* Mature Forest at Gongga Mountain

YANG Liu-dong^{1,2}, WANG Gen-xu¹, YANG Yan^{1*}, CAO Yang¹, LI Wei¹, GUO Jian-ying^{1,3}

(1. The Key Laboratory of Mountain Environment Evolution and Regulation, Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610014, China; 2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. School of Tourism and Economic Management, Leshan Normal University, Leshan 614004, China)

Abstract The observations and measurements of the litter production at the Gongga alpine ecosystem research station for 8 years (2001—2008) were studied, and the litter production dynamics and composition characteristics were analyzed. The results showed that the variation in the annual litter production was significant while the annual litter production ranged from 125.84 g/m² to 377.17 g/m² with an average of 285.77 g/m². Overall, the litter production increased year by year over the 8 years. The mean annual leaf litter production was higher than that of the branches and flowers and other mixed-materials, which accounted for 77.99% of the total litter production. The litter components exhibited a consistent sequence with the most forest types in the following order: leaves, branches, flower, fruits and other mixed-materials.

Key words *Abies fabric*; mature forest; litter production; dynamics; Gongga Mountain

收稿日期: 2010-04-19 修回日期: 2010-07-08

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目 (KZCX2-YW-331-2) 和中国科学院“西部之光”人才培养计划“西部博士资助项目”

作者简介: 羊留冬 (1987-), 男, 硕士生, 主要从事森林生态、水文水循环研究, E-mail yld42@126.com; * 通讯作者: 杨燕, 博士, 主要从事森林生态学研究, E-mail yyang@imde.ac.cn

森林凋落物是森林生态系统的重要组成部分,是森林生态系统物质循环的重要环节;其作为养分的基本载体,在养分循环中是连接植物与土壤的“纽带”,因而在养分循环和维持土壤肥力方面,凋落物有着举足轻重的作用。凋落物也是碎屑食物网的能量来源,而后者是森林生态系统中生产者营养级和以后各级生产者最主要的能流途径^[1]。

森林凋落物的重要作用使其成为诸如森林生态学、森林土壤学、森林水文学、生物地球化学和环境化学等学科的重要研究内容之一。1876年德国学者 Ebemayer^[2]在其经典著作“森林凋落物产量及其化学组成”中阐述了凋落物在养分循环中的重要作用,这可能是对森林凋落物研究的最早报道。随后,众多学者先后对世界范围内的森林凋落物进行了大量研究、报道和总结^[3-7]。我国自 20 世纪 60 年代开始凋落物的研究^[8],20 世纪 80 年代开始有较长足的发展,涉及到不同气候带的不同森林群落,并逐步开展了凋落物化学成分、分解速率以及凋落物化感作用的研究,以探寻森林生态系统的物质循环节律、森林与土壤的关系、森林的自肥机制和群落结构调整机制等^[9-13]。可见,目前凋落物的研究主要集中在凋落量的变化机制,凋落物分解的影响因子,凋落物的保水、保土及肥土功能,凋落物在群落更新中的作用,以及定量分析凋落物在生态系统内物质循环和能量流动过程中的重要性及其调控措施。但是很少有长期监测研究凋落物量年际动态以及与环境气温变化方面的研究^[14-15]。

暗针叶林是青藏高原东南缘山地森林植被的主体,也是长江上游水源涵养林中起重要作用的植被类型。峨眉冷杉 (*Abies fabric Mast*) 林是我国西南亚高山暗针叶林的主要类型之一。目前国内的研究对于高山森林生态系统凋落物的长期研究较少,大多为 1 年或 3 年^[16-17],而这方面的研究工作有助于全面认识森林生态系统的结构和功能,了解森林群落动态演替方向和过程,为森林管理以及恢复保育提供科学依据和理论指导。本文基于中国科学院贡嘎山森林生态定位研究站 8 年来对峨眉冷杉成熟林凋落物资料以及气象资料,研究了凋落物量动态变化趋势,旨在揭示贡嘎山峨眉冷杉成熟林这一群落的结构特征、功能,探讨全球气候变暖对这一地带性植被群落造成的影响,为我国西南亚高山暗针叶林应对气候变化的森林管理和退化森林系统恢复保育提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 研究地概况

研究地点位于四川省甘孜州海螺沟自然保护区,东经 101°59′51″,北纬 29°34′27″,气候湿冷,属山地寒温带气候类型。该区域年均温 4.1℃,年降水量 1 903 mm^[17],年均蒸发量 418.4 mm, > 10℃有效积温: 992.3℃~1 304.8℃,年平均相对湿度在 90%,5—10 月是雨季,11 月—翌年 4 月为干季,每年 10 月底或 11 月初开始大雪封山^[17]。研究区保存有原始峨眉冷杉林,土壤类型属于山地棕色暗针叶林土,峨眉冷杉成熟林林分密度为 205 株 /hm²,林龄约 150 年^[18]。样地位于保护区内贡嘎山东坡,海拔 3 000~3 100 m,坡度 28°。

贡嘎山峨眉冷杉成熟林属于亚高山暗针叶林,成层现象明显,上层主要是峨眉冷杉;灌木层较发达,密度较大的有杜鹃、荚蒾;草本层盖度较低,地被层(苔藓层)厚度达到 15 cm,其中盖度较大的有石松、野草莓,附生苔藓较多。

贡嘎山海拔 3 000 m 区域全年风力很弱,季节变化很小,除每年降雪量不同对凋落物有一定影响外,其他外界因素影响很小,多种森林类型在同一区域分布,峨眉冷杉林组成种类简单,这些因素为研究凋落物及其季节动态提供了有力条件。

1.2 研究方法

1.2.1 凋落物收集 在面积 5 000 m² 的峨眉冷杉成熟林群落样地随机放置 5 个规格为 1 m × 1 m 的凋落物收集框,收集框为孔径 1 mm 的尼龙网制成的方框式收集器,每月收集 1 次,观测期为 2001 年 6 月—2008 年 10 月。由于研究区当年 10 月底或 11 月初—翌年 4 月底或 5 月初大雪封山,凋落物为冰雪覆盖,能够按月收集的大部分年份只有 5—10 月,因此 11 月—翌年 4 月的凋落量在翌年 4 月底 1 次收集。

1.2.2 凋落物处理 将收集回来的凋落物首先风干,然后分出枯枝、落叶,难以区分的花果碎屑统归为花果杂物。分选好的各部分在 60℃ 下烘至恒重,然后分别称重并计算凋落物总量。

1.2.3 数据分析 观测数据利用 Microsoft Excel 2007 和 SPSS 16.0 统计软件分析。

2 结果与分析

2.1 凋落物总量动态

由图 1 可以看出, 2001—2008 年贡嘎山峨眉冷杉成熟林年凋落物量为 125.84~377.17 g/m² (图 1), 平均年凋落量为 285.77 g/m²。总体来看, 峨眉冷杉成熟林群落 8 年间凋落物总量呈逐渐上升的趋势。其中 2001 年的凋落量最少, 仅为 125.84 g/m², 比最高年份 2006 年 377.17 g/m² 低 66.64%。

2.2 凋落物组成结构及其年内月动态

峨眉冷杉成熟林 2001—2008 年凋落物量月变化如图 2 所示。总体来看, 11—翌年 6 月份的凋落量积累高; 除此而外, 凋落物在 10 月份的凋落量最大, 7 & 9 这 3 个月份的凋落物量最小。这表明, 在温度升高、降雨量增加的 5、6 月份和温度开始骤降的 10 月份, 凋落物降落多, 积累大; 处于生长旺盛期的 7 & 9 这 3 个月份凋落量低。

2.3 凋落物组成结构及其年际动态

从图 3 可以看出, 在 2001—2008 年, 峨眉冷杉群落凋落物各组份的比例由高到低依次是: 叶、枝、花果杂物。8 年数据平均来看, 总体上仍然是叶凋落量最高, 8 年平均占到凋落物总量的 77.99%, 大于枯枝和花果杂物凋落物所占的比例 (分别为 19.55% 和 2.46%)。研究结果也显示, 凋落物各组分量呈逐年动态上升趋势, 以叶凋落量上升的趋势最明显。

2.4 凋落物各组份月动态变化

2001—2008 年, 峨眉冷杉群落同一组份相同月份凋落量的月变化如表 1 所示。枝、叶和杂物生物量在 10 月、11 月—翌年 6 月明显大于其他月份。树枝和花果杂物的凋落量主要集中在 11 月—翌年 6 月, 分别占全年树枝和花果杂物总凋落量的 57.81% 和 64.01%; 叶的凋落量主要集中在 10 月和 11 月—翌年 6 月, 分别占全年叶凋落量的 48.58% 和 32.88%。总体来看, 凋落物各组份与总量动态变化趋势基本相似, 全年均 11 月—翌年 6 月和 10 月显著高于 7 & 9 月。

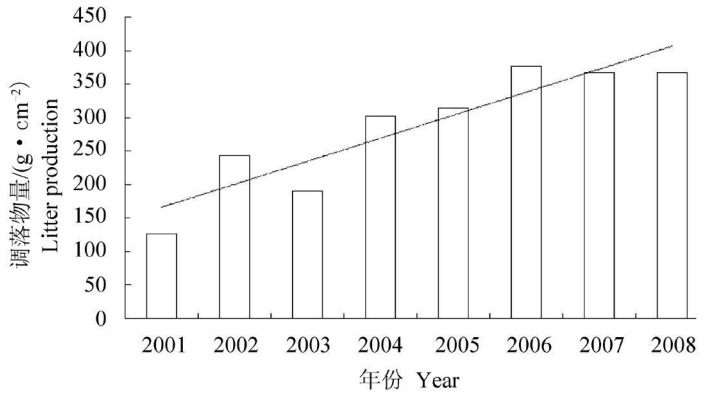


图 1 凋落物量动态变化 (2001—2008 年)

Fig 1 Annual change of litter production on *Abies fabric* mature forest from 2001 to 2008

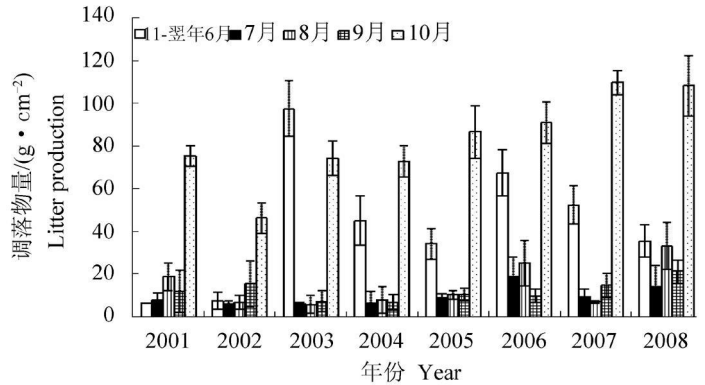


图 2 峨眉冷杉群落凋落量月变化 (2001—2008 年)

Fig 2 Monthly changes of the litter production on *Abies fabric* mature forest from 2001 to 2008

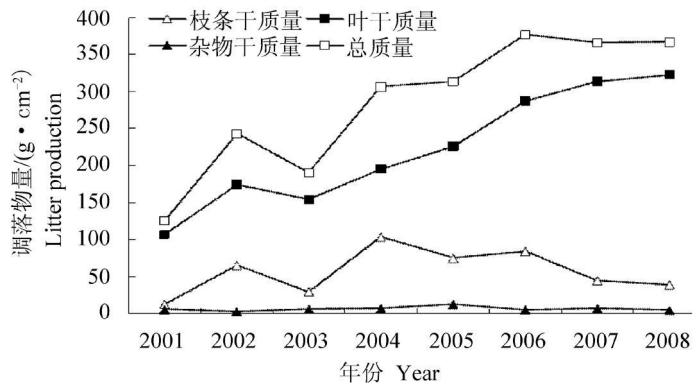


图 3 凋落物各组份年际动态变化 (2001—2008 年)

Fig 3 Annual changes of litter components on *Abies fabric* mature forest from 2001 to 2008

表 1 峨眉冷杉群落凋落物各组分月变化 (8 年平均)

Tab 1 Monthly changes of the litter production on *Abies fabri* mature from 2001 to 2008

凋落物类型 Litter type	月份 Month	凋落物量平均值 / (g·m ⁻²) The mean value of mature forest	占全年各组分凋落物重量百分比 / % Account for the percent of litter components
枝条 (Branches)	11—翌年 6	17.21 A	57.81
	7	1.69 B	5.68
	8	3.08 B	10.34
	9	1.82 B	6.11
	10	5.97 B	20.05
落叶 (Leaves)	11—翌年 6	51.36 A	32.88
	7	7.95 B	4.86
	8	11.20 B	7.17
	9	9.82 BC	6.29
	10	75.89 C	48.58
花果杂物 (Flower, fruits and other mixed-materials)	11—翌年 6	6.26 A	64.01
	7	0.60 B	6.13
	8	1.54 B	15.75
	9	0.41 B	4.19
	10	0.97 B	9.92
总量 (All litter)	11—翌年 6	74.83 A	38.22
	7	10.24 B	5.23
	8	15.82 B	8.08
	9	12.05 B	6.16
	10	82.83 C	42.31

不同大写字母标注的数字表示在 1% 和 5% 的水平差异显著。

Figures marked with different capital alphabets means that the 1% and 5% level significantly.

3 讨论

凋落物产量反映了森林生态系统的生产力^[19],其动态变化在一定程度上反映了森林生态系统生物量的变化。本研究发现,贡嘎山峨眉冷杉成熟林 8 年凋落量总体呈上升趋势,这与鼎湖山南亚热带常绿阔叶林凋落物 20 年动态变化^[14]研究结果相悖。这可能是由于峨眉冷杉成熟林在其顺势演替过程中,森林生物量阶段性增加,不断积累增大。此外,森林凋落量也决定于树木本身的生物学特性和外界环境(特别是凋落物)影响。群落、区域不同,环境气候因子不同,差异很大。西双版纳勐仑的热带季雨林^[20]和河港海莲红树林^[11]年凋落物量居于首位,约为 12.5 t/hm²,鼎湖山南亚热带常绿阔叶林年凋落物量为 8.45 t/hm²。图 1 显示,贡嘎山峨眉冷杉成熟林 8 年间凋落物量总体呈动态上升趋势,其中,尤以 2006 年凋落量最大,为 377.17 g/m² (3.77 t/hm²); 2001 年凋落量最低,略低于我国主要生态系统森林凋落物中长白山岳桦云冷杉群落 1.67 t/hm²^[21],更低于同为针叶林类型的西藏林芝云杉林年凋落量 3.84 t/hm²^[22]。可见,贡嘎山峨眉冷杉林凋落物与其他地区针叶林存在着一定差异,这可能与贡嘎山特殊的地理位置和气候特征有关。

凋落物是森林第一性生产力的重要组成部分,其受生物与非生物因素的综合作用^[23]。我们的研究表明(图 2),峨眉冷杉成熟林主要的凋落高峰期在 11—翌年 6 月份和 10 月份,这与川西亚高山针叶林凋落物动态一致^[24]。这种现象也与贡嘎山当地的环境气候有关,因为每年的 5、6 月份,贡嘎山地区的温度升高、降雨量增加,林木进入生长季节,老叶因贮存的养分大量转入新生枝叶而老化脱落,此时凋落量增加; 10—11 月份该地区温度骤降,低温刺激植物合成脱落酸,促进大量老化枝叶脱落以减少林木体

内蒸腾,为休眠过冬做准备。这一结果与杨清伟^[17]对贡嘎山峨眉冷杉成熟林进行的 3 年研究一致,峨眉冷杉群落的这一生物学特性是森林群落对当地气候变化的长期适应的结果。

不同森林类型因物种组成不同,凋落物各组分比例差异较大。从图 3 可以看出,峨眉冷杉成熟林凋落物各组分比例顺序与大多数森林凋落物各组分比例顺序一致,由高到低依次为:叶、枯枝、花果杂物^[25],且叶凋落量显著高于枝和花果杂物凋落量。2001 年凋落物中枯枝量显著低于其他统计年份凋落量,比树枝凋落量最高年份 2004 年低 87.33%,此结果与 2001 年凋落物总量显著低于其他统计年份保持一致,表明峨眉冷杉成熟林中枯枝凋落量在某些年份主导着凋落物总量变化。另一方面,树枝凋落物在 2001 年的急剧变化也有可能是由于长时间冰雪覆盖未能及时取样,造成树枝凋落量减少。从整体看,峨眉冷杉成熟林的叶凋落量呈逐年递增的上升趋势,这可能与近年来全球平均气温逐渐升高有关^[26]。而枯枝和花果杂物呈波动上升,导致了凋落物总量在呈现动态上升的趋势。

如表 1 的研究数据显示,凋落物各个组分的凋落量在各月变化规律差异明显,树枝和叶的凋落量大多集中在 10 月和 11 月—翌年 6 月的冰冻休眠期,其中叶凋落量的变化规律与总量基本相似,全年均为 7 月最低;而叶凋落量 11 月—翌年 6 月最大,10 月份凋落量占全年凋落量的 48.58%,比例较大。同时,枯枝和花果杂物凋落物的变化规律在时间上除 10 月外与总量基本相似。此结果反映了叶凋落量在一定程度上主导了贡嘎山峨眉冷杉成熟林的凋落总量。这与叶是森林生态系统物质循环中最活跃的部分有关,其更新生长较快。

总之,贡嘎山峨眉冷杉成熟林凋落物量随环境温度升高而增加,其凋落量总体呈现上升趋势,且凋落物季节性明显,温度回暖和骤降的月份凋落量大增,生长季节各组分凋落量显著降低。然而由于贡嘎山地区特殊的地形和冰川,短时间的凋落物变化还不能完整地呈现出当地主要森林类型峨眉冷杉林的演替动态变化。因此,未来仍然需要继续进行长期更细致的观测,才能对贡嘎山峨眉冷杉林群落演替过程凋落物动态规律得出确切的结论。

致谢:衷心感谢贡嘎山高山森林生态观测站多年来参与这项工作的各位老师,以及给予文章帮助的中国科学院研究生院吴婧、时鹏同学。

参考文献:

- [1] Kimmins J.P. Forest Ecology[M]. translated by Wen J.P. Beijing: China Forestry Publishing House, 1992: 69–80.
- [2] Ebermayer Die gesamte Lehre der waldeten um itRucksicht auf die chem ische static woldbaues[M]. Berlin: Julius Springer, 1876: 116.
- [3] W aksan S.A., Gerjetsen F.C. Influence of temperature and moisture upon the nature and extent of decomposition of plant residues by microorganisms[J]. Ecology, 1931, 12(5): 33–60.
- [4] Williams B.L. Nitrogen mineralization and organic matter decomposition in Scots pine humus[J]. Forestry, 1972, 45(2): 177–188.
- [5] Staaf H. Influence of chemical composition, addition of raspberry leaves and nitrogen supply on decomposition rate and dynamics of nitrogen and phosphorus in beech leaf litter[J]. Oikos, 1980, 35(1): 55–62.
- [6] Taylor B.R., Parsons W.F.J., Parkinson D. Decomposition of *Populus trinuloides* leaf litter accelerated by addition of *A. lus crispa* litter[J]. Canadian Journal of Forest Research, 1989, 19(6): 674–679.
- [7] Koopmans C.J., Tietem A., Verstraten J.M. Effects of reduced N deposition on litter decomposition and N cycling in two N saturated forests in the Netherlands[J]. Soil Biology and Biochemistry, 1998, 30(2): 141–151.
- [8] 刘醒华. 川西林区森林采伐迹地土壤肥力的初步研究[J]. 土壤学报, 1979, 16(3): 234–244.
- [9] 蒋有绪. 川西亚高山冷杉林枯枝落叶层的群落学作用[J]. 植物生态学与地植物丛刊, 1981, 5(2): 89–98.
- [10] 刘文耀, 荆桂芬, 和爱军, 等. 滇中常绿阔叶林及云南松林凋落物和死地被物中的养分动态[J]. 植物学报, 1990, 32(8): 637–646.
- [11] 林鹏, 卢昌义, 王恭礼, 等. 海南岛河港海莲红树林凋落物动态的研究[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1990, 14(1): 69–73.
- [12] 张庆费, 宋永昌, 吴化前, 等. 浙江天童常绿阔叶林演替过程凋落物数量及分解动态[J]. 植物生态学报, 1999, 23(3): 250–255.

(下转第 1174 页)

- [4]方晰,田大伦,项文化. 速生阶段杉木人工林碳素密度、贮量和分布[J]. 林业科学, 2002, 38(3): 14-20
- [5]方晰,田大伦,胥灿辉. 马尾松人工林生产力与碳素动态[J]. 中南林学院学报, 2003, 23(2): 11-15
- [6]温远光. 桉树生态、社会问题与科学发展[M]. 北京: 中国林业出版社, 2008: 1-135
- [7]朱宏光,温远光,梁宏温,等. 广西桉树林取代马尾松林对植物多样性的影响[J]. 北京林业大学学报, 2009, 31(6): 149-153
- [8]佐藤大七郎,堤利夫. 陆地植物群落的物质生产[M]. 北京: 科学出版社, 1986: 21-47.
- [9]陈婷,温远光,孙永萍,等. 连栽桉树人工林生物量和生产力的初步研究[J]. 广西林业科学, 2005, 34(1): 8-12
- [10]中国农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1983: 272-276
- [11]康冰,刘世荣,张广军,等. 广西大青山南亚热带马尾松、杉木混交林生态系统碳素积累和分配特征[J]. 生态学报, 2006, 26(5): 1320-1329
- [12]雷丕锋,项文化,田大伦,等. 樟树人工林生态系统碳贮量与分布研究[J]. 生态学杂志, 2004, 23(4): 25-30
- [13]Levine JS, Cofer WR, Cahoon DR Jr et al. Biomass burning a driver for global change[J]. Environmental Science Technology, 1995, 29: 120-185.
- [14]Schulp CJE, Nabuurs GJ, Verburg PH, et al. Effect of tree species on carbon stocks in forest floor and mineral soil and implications for soil carbon inventories[J]. Forest Ecology and Management, 2008, 256: 482-490

(上接第 1167 页)

- [13]方华,莫江明. 氮沉降对森林凋落物分解的影响[J]. 生态学报, 2006, 26(9): 3128-3136
- [14]官丽莉,周国逸,张德强,等. 鼎湖山南亚热带常绿阔叶林凋落物量 20 年动态研究[J]. 植物生态学报, 2004, 28(4): 449-456
- [15]郑逢中,卢昌义,郑文教,等. 福建九龙江口秋茄红树林凋落物季节动态及落叶能量季节流[J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 2000, 39(5): 693-698
- [16]杨清伟. 贡嘎山峨眉冷杉原始林及其更新群落凋落物的特征[J]. 植物资源与环境学报, 2001, 10(3): 35-38
- [17]罗辑,程根伟,陈斌如. 贡嘎山垂直带林分凋落物及其理化特征[J]. 山地学报, 2003, 21(3): 287-292
- [18]罗辑,程根伟,宋孟强,等. 贡嘎山峨眉冷杉林凋落物的特征[J]. 植物生态学报, 2003, 27(1): 59-65
- [19]Sinsabaugh RL, Antibus RK, Linkins AE. Wood decomposition: Nitrogen and phosphorus dynamics in relation to extracellular enzyme activity[J]. Ecology, 1993, 74(5): 1586-1593.
- [20]郑征,刘伦辉,和爱军,等. 西双版纳湿性季节雨林凋落物和叶虫食量研究[J]. 植物学报, 1990, 32(7): 551-557.
- [21]吴承祯,洪伟,姜志林,等. 我国森林凋落物研究进展[J]. 江西农业大学学报, 2000, 22(3): 405-410
- [22]王建林,陶澜,吕振武. 西藏林芝云杉林凋落物的特征研究[J]. 植物生态学报, 1998, 22(6): 566-570
- [23]齐泽民,王开运. 密度对缺箭竹凋落物养归还及养分利用效率的影响[J]. 应用生态学报, 2007, 18(9): 2025-2029.
- [24]林波,刘庆,吴彦,等. 亚高山针叶林人工恢复过程中凋落物动态分析[J]. 应用生态学报, 2004, 15(9): 1491-1496
- [25]廖军,王新根. 森林凋落量研究概述[J]. 江西林业科技, 2000(1): 31-34
- [26]Houghton JT, Meira Filho LG, Calander BA. Climate change 1995: The science of climate change contribution of WG I to the second assessment report of the intergovernmental panel on climate change[M]. Cambridge (UK): Cambridge University Press, 1996