

藏东南暗针叶林粗木质残体的数量特征

任毅华,李江荣*,罗大庆

(西藏大学 农牧学院 高原生态研究所,西藏 林芝 860000)

摘要: 通过对藏东南暗针叶林粗木质残体进行调查研究,分析了林内粗木质残体的数量特征。研究表明:倒木是粗木质残体的主要输入形式;在粗木质残体平均数量上,阴坡为 258.67 株/hm²,多于阳坡(237.22 株/hm²),但受生境影响,阴坡的 1 级腐烂、2 级腐烂粗木质残体数量较阳坡少,而 3 级腐烂较阳坡多;在与海拔的关系上,阴坡粗木质残体数量随海拔高度变化呈双峰曲线,峰值分别在 4 000 m 和 4 200 m 处,其数量分别为 511.11 株/hm²、366.67 株/hm²,阳坡粗木质残体随海拔高度的升高呈逐渐减少趋势,但规律不明显,且阳坡、阴坡粗木质残体均在海拔 4 100 m 处存在一个相对低值,均为 133.33 株/hm²;在径级分布上,所有粗木质残体主要分布于小径级上,尤其是大凋落枝几乎只存在小径级粗木质残体。

关键词: 藏东南;暗针叶林;粗木质残体;数量特征

中图分类号: S718.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2014)09-0137-05

Quantitative Characters of Coarse Woody Debris of Dark Coniferous Forest in Southeast Tibet, China

REN Yi-hua, LI Jiang-rong*, LUO Da-qing

(Institute of Plateau Ecology, Agriculture and Animal Husbandry College, Tibet University, Linzhi 860000, China)

Abstract: Based on investigation of coarse woody debris(CWD) of dark coniferous forest in Southeast Tibet, quantitative characters of CWD under the forest were analyzed. The results showed that fallen wood was the main source of CWD; mean value of CWD of the forest on shady slope was 258.67 plants/ha, higher than that on the sunny slope(237.22 plants/ha), which also depended on habitats, decay class I & II of CWD of the forest on shady slope were less than that on sunny slope, but decay class III of the former was more than that of the latter; the relationship between CWD on shady slope and elevation showed a double-peak curve, with the peak values of 511.11 plants/ha at an altitude of 4 000 m and 366.67 plants/ha at an altitude of 4 200 m, by contrast, the CWD on sunny slope showed an inconspicuously descending trend, and the lowest value(133.33 plants/ha) appeared at an altitude of 4 100 m for both CWD on shady slope and that on sunny slope; all the CWD were in small diameter classes, especially the big branch litter.

Key words: Southeast Tibet; dark coniferous forest; coarse woody debris; quantitative characters

粗木质残体(coarse woody debris,简称 CWD)是指森林中的林木因各种自然干扰或人为干扰等因素影响所形成的粗头直径和长度均大于一定值的倒木、

枯立木、大凋落枝以及地下粗根残体等^[1-3]。CWD 是森林生态系统的重要组成部分,在整个生态系统中发挥着重要作用,具体表现在:是能量流动和物质循环

收稿日期:2014-03-05

基金项目:国家自然科学基金地区科学基金项目(31060113);西藏大学农牧学院青年基金项目

作者简介:任毅华(1980-),男,陕西西安人,讲师,硕士,主要从事森林生态教学和科研工作。E-mail: xz_ryh@163.com

* 通讯作者:李江荣(1984-),男,四川遂宁人,讲师,硕士,主要从事生态监测教学与研究。E-mail: ljrong06@gmail.com

的重要环节;改变小生境,影响森林生态系统的演替以及森林地貌的形成;具有水土保育功能^[4-7]。鉴于此,CWD 研究受到国内外学者的高度重视,研究内容主要集中在 CWD 的生物量、碳储量、养分库、数量特征、分布格局、水土保育、分解速率等方面^[6,8-13]。针对藏东南暗针叶原始林,2004 年已有学者对其倒木特征做过研究^[14],但在之后的近 10 a 中再未见 CWD 相关报道。鉴于此,以藏东南色季拉山急尖长苞冷杉(*Abies georgei* var. *smithii*)原始林为研究对象,对其 CWD 数量特征进行了调查研究,以期为今后相关工作的开展提供基础数据。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

研究区域位于藏东南色季拉山的林芝高山森林生态系统定位站附近(29°48'N、94°49'E);海拔 3 800~4 300 m),属亚高山寒温带湿润气候区。年平均气温-0.73℃,最暖月(7 月份)平均气温 9.8℃,最冷月(1 月份)平均气温-13.8℃,年降水量 1 134.1 mm,蒸发量 544.0 mm,年平均相对湿度 78%;森林为以急尖长苞冷杉为优势树种的过成熟

原始林,在阳坡 4 000 m 海拔以上,有少量方枝柏(*Sabina saltuaria*);林木平均胸径为 50.0 cm,平均树高为 31.6 m,郁闭度为 0.6~0.8;林下土壤为酸性棕壤,土层平均厚度 60 cm,土壤发育程度低,腐殖质化过程不明显。

1.2 研究方法

1.2.1 CWD 的标准 鉴于目前对 CWD 还没有一个统一的定义,本研究从实际情况出发,对 CWD 作以下限定:(1)森林中受任何因素影响所形成的倒木、枯立木、大凋落枝、地下粗根残体以及树桩等,但由于粗根残体基本处于地下,不便于调查,因此不作为本研究内容;(2)倒木、枯立木、大凋落枝大头直径 ≥ 10 cm,长度 ≥ 100 cm,树桩基径 ≥ 10 cm。

1.2.2 CWD 腐烂等级的确定 采用 3 级腐烂系统对研究对象进行腐烂等级的划分^[15],但由于该研究区急尖长苞冷杉林为过成熟林,部分林木在未死亡前已经出现心腐现象,因此在确定腐烂等级时,对传统腐烂等级标准略作改动,其中倒木、枯立木主要依据外观判断,树桩依据间接手段判断。大凋落枝则依据倒木、枯立木及树桩的判断标准进行综合判断。具体标准见表 1、表 2。

表 1 枯立木及倒木腐烂等级判定标准

腐烂等级	树叶	树皮	树枝和树冠	树身	结构完整性
1 级腐烂	有	完整、紧密	完整	干死、坚固	完好
2 级腐烂	无	部分存在,疏松	仅大枝存在	较坚固,有部分腐烂	边材部分腐烂
3 级腐烂	无	无	无	严重腐烂、松散	边材完全腐烂,整个树身开始变软

表 2 树桩腐烂等级判定标准

腐烂等级	特征
1 级腐烂	死亡不到 1 a,木质体新鲜
2 级腐烂	部分腐烂,刀片可刺进数毫米至 5 cm 左右
3 级腐烂	严重腐烂,刀片可刺进 5 cm 以上

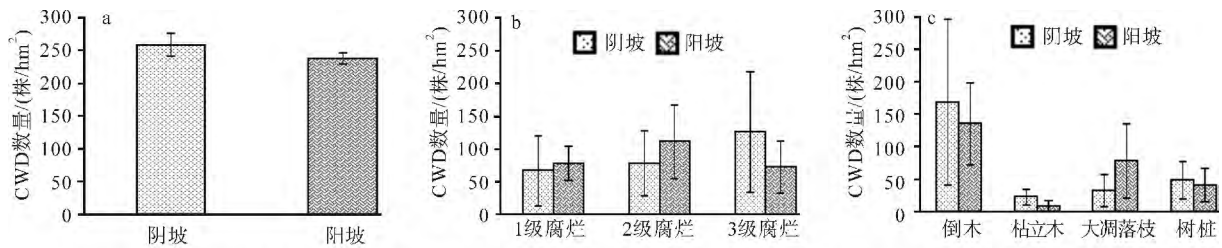
1.2.3 调查方法 在色季拉山阴坡和阳坡从海拔 3 800 m 起,按 100 m 海拔梯度各设 6 个 30 m \times 30 m 的固定标准地,逐一调查其内所有 CWD 的类型、腐烂等级、大小头直径、长度、倒向等。CWD 类型分为枯立木、倒木、大凋落枝、树桩 4 种类型,腐烂等级依据表 1、表 2 所列特征和方法判断。

1.2.4 数据处理 所有数据均采用 Excel 软件做统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同腐烂等级及死亡类型 CWD 的数量

阴坡 CWD 平均数量为 258.67 株/hm²,阳坡为 237.22 株/hm²(图 1a)。在不同腐烂等级上,阴坡 3 级腐烂>2 级腐烂>1 级腐烂,阳坡则是 2 级腐烂数量最多,1 级腐烂和 3 级腐烂偏少。阴坡与阳坡比较,阴坡的 1 级腐烂、2 级腐烂 CWD 数量均较阳坡少,但 3 级腐烂较阳坡多(图 1b)。从不同类型 CWD 的数量来看,倒木是阴坡 CWD 的主要输入形式,在数量上占绝对优势,阳坡则是以倒木和大凋落枝为 CWD 的主要输入形式;阴坡倒木、枯立木、树桩数量较阳坡多,而大凋落枝较阳坡少(图 1c)。本研究的调查样地是按海拔梯度进行设置,图 1 中所有 CWD 的标准差都偏大,说明海拔对 CWD 数量影响较大。



a.不同坡向CWD平均数量比较; b.不同坡向不同腐烂等级CWD数量比较; c.不同坡向不同类型CWD数量比较

图1 不同坡向 CWD 数量比较

2.2 CWD 数量与海拔的关系

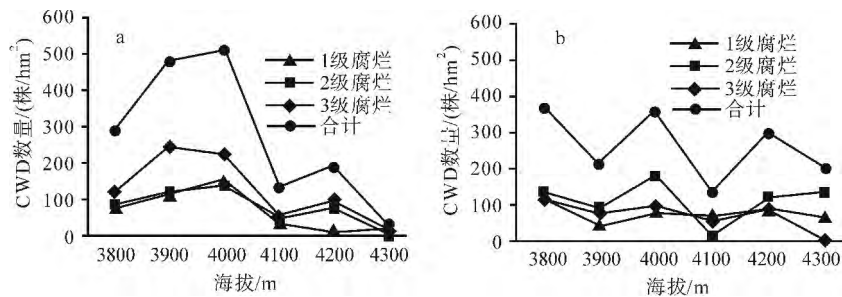
2.2.1 不同腐烂等级 CWD 数量与海拔的关系

不同坡向的 CWD 数量均随海拔高度变化发生一定的变化(图 2、图 3)。阴坡的 CWD 数量在海拔 4 000 m 处达到最高值,为 511.11 株/hm²;而阳坡在海拔 3 800 m 处数量最多,为 366.67 株/hm²。阴坡 2 级腐烂、3 级腐烂 CWD 数量随海拔梯度变化呈双峰曲线;1 级腐烂则呈单峰曲线,峰值在海拔 4 000 m 处(图 2a)。阳坡不同腐烂等级 CWD 数量随海拔高度的升高总体呈现下降的趋势,但变化不明显

(图 2b)。阴坡和阳坡 CWD 数量在 4 100 m 处均呈现一个相对低值(图 2),且均为 133.33 株/hm²。

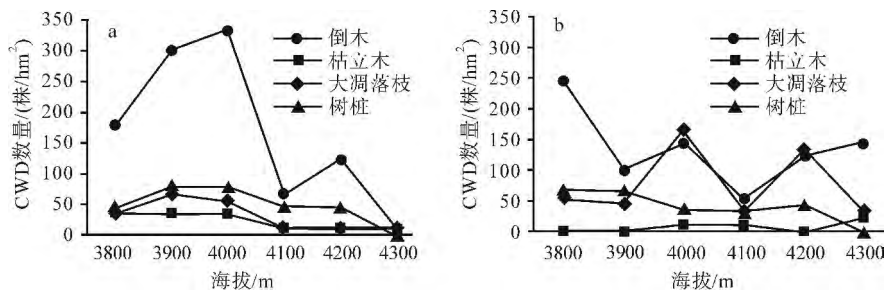
2.2.2 不同死亡类型 CWD 数量与海拔的关系

阴坡倒木数量随海拔的变化具有 2 个峰值,分别出现在海拔 4 000 m 和 4 200 m 处;大凋落枝和树桩则随海拔变化呈单峰曲线,其峰值均出现在海拔 3 900 m 处;在海拔 4 000 m 以下,枯立木数量维持在 33.33 株/hm² 左右,海拔 4 100 m 以上,则维持在 11.11 株/hm² 左右,其数量随海拔改变变化不大。阳坡所有类型 CWD 数量随海拔变化无明显变化规律(图 3)。



a. 阴坡; b. 阳坡

图2 不同腐烂等级 CWD 数量与海拔的关系



a. 阴坡; b. 阳坡

图3 不同死亡类型 CWD 数量与海拔的关系

2.3 CWD 的径级结构

2.3.1 不同腐烂等级 CWD 的径级结构

根据活立木平均胸径(50 cm)将表 3 所列的 CWD 所有径级分为大、中、小 3 个等级,大径级为 60 cm 以上,中径级为 40~60 cm,小径级为 10~40 cm。表 3 所

示,不同坡向不同腐烂等级 CWD 数量在径级结构上分布虽略有不同,但总体趋势相同,均表现为小径级>中径级>大径级,且小径级数量占绝对优势,阳坡 1 级腐烂、2 级腐烂、3 级腐烂小径级 CWD 数量所占比例依次为 73%、78%、83%;阴坡 1 级腐烂、

2 级腐烂、3 级腐烂小径级 CWD 数量所占比例依次为 87%、86%、57%。而且在大径级处,阳坡与阴坡

的 1 级腐烂 CWD 数量较 2 级腐烂、3 级腐烂都偏少,所占大径级比例分别为 0、14.27%。

表 3 不同腐烂等级 CWD 的径级结构

株/hm²

生境	腐烂等级	径级/cm							合计
		10~19	20~29	30~39	40~49	50~59	60~69	70 以上	
阳坡	1 级腐烂	14.81	14.81	14.81	5.56	11.11	0.00	0.00	61.11
	2 级腐烂	33.33	20.37	11.11	5.56	5.56	1.85	5.56	83.33
	3 级腐烂	11.11	9.26	7.41	1.85	0.00	1.85	1.85	33.33
阴坡	1 级腐烂	22.22	11.11	16.67	1.85	1.85	3.70	0.00	57.41
	2 级腐烂	18.52	27.78	35.19	3.70	5.56	3.70	0.00	94.44
	3 级腐烂	16.67	20.37	18.52	16.67	7.41	9.26	9.26	98.15

2.3.2 不同死亡类型 CWD 的径级结构 由于树桩通常不完整,且体型变化较大,在径级统计上存在一定难度,因此本研究只针对倒木、枯木和大凋落枝 3 种类型进行了分析。由表 4 可知,阳坡和阴坡倒木在径级 20~29 cm 数量最多,分别为 24.07 株/hm² 和 48.15 株/hm²,随着径级的增大或减小,其数量都有减少的趋势;阳坡枯立木在 30 cm 径级以上则

无分布,但由于其总体数量不大,所以有可能是一种随机现象,阴坡枯立木则随径级变化无明显规律;阴坡和阳坡的大凋落枝分布都主要集中在小径级上,这是因为大凋落枝均是由各种原因脱离母树而形成的 CWD,其本身只是母树的一个大枝,因此在径级上要远小于树干,基本不存在大径级的大凋落枝。

表 4 不同死亡类型 CWD 的径级结构

株/hm²

生境	死亡类型	径级/cm							合计
		10~19	20~29	30~39	40~49	50~59	60~69	70 以上	
阳坡	倒木	12.96	24.07	16.67	12.96	16.67	3.70	5.56	92.59
	枯立木	1.85	5.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.41
	大凋落枝	44.44	12.96	9.26	1.85	0.00	0.00	0.00	68.52
阴坡	倒木	37.04	48.15	42.59	20.37	9.26	12.96	9.26	179.63
	枯立木	5.56	3.70	3.70	0.00	3.70	3.70	0.00	20.37
	大凋落枝	14.81	7.41	5.56	1.85	1.85	0.00	0.00	31.48

3 结论与讨论

本试验结果表明,在 CWD 平均数量上,阴坡 (258.67 株/hm²) > 阳坡 (237.22 株/hm²),这可能与阴坡林分密度大于阳坡有关,急尖长苞冷杉为耐阴乔木树种,阴坡比阳坡长势好,密度更大。在不同腐烂等级上,阴坡 3 级腐烂数量最多,而阳坡 2 级腐烂最多,可能是因为阴坡湿度大,CWD 含水率高,分解速度较快,因此阴坡 CWD 在形成之后,经过相对较短时间的分解可达到 3 级腐烂,不利于 1、2 级 CWD 的积累,而阳坡较为干燥,CWD 含水率低,腐烂较慢,因此更有利于 2 级腐烂 CWD 的积累。孙秀云等^[6]对东北主要树种倒木分解释放的 CO₂ 通量进行过研究,其结果也说明含水率对其分解具有显著作用。

在 CWD 类型上,倒木是 CWD 的主要输入形式,在数量上相对其他输入形式占绝对优势。与阳坡相比较,阴坡大凋落枝数量较少,这可能也和两者 CWD 腐烂速度不同有关,本研究定义 CWD 最小基

径为 10 cm,而大凋落枝本身就是从母树上脱离的大枝,基径相对较小,所以在稍微分解后便超出本研究 CWD 定义范畴,因此,阴坡大凋落枝数量相对阳坡较少。

在与海拔的关系上,阴坡 CWD 数量随海拔高度变化呈双峰曲线,峰值分别在 4 000 m 和 4 200 m 处,其数量分别为 511.11 株/hm²、366.67 株/hm²;阳坡 CWD 数量随海拔高度的升高总体呈减少趋势,但规律不明显。阴坡和阳坡 CWD 数量均在海拔 4 100 m 处存在一个相对低值,具体原因还有待进一步研究。

在径级分布上,不同坡向的不同腐烂等级和不同输入形式 CWD 均以小径级 CWD 数量占绝对优势,这可能与小径级活立木的种间竞争有关,通过野外调查发现,小径级的冷杉苗木多聚集在一起生长,对空间和阳光的竞争非常强烈,因此形成许多死亡木。在大径级处,阴坡和阳坡的 1 级腐烂 CWD 数量均偏少,这可能与冷杉林的心腐情况有关,色季拉山急尖长苞冷杉林为过成熟原始林,在没死亡前, (下转第 145 页)

参考文献:

- [1] Redenbaugh K, Paasch B. Somatic seeds; Encapsulation of asexual plant embryos [J]. *Nature Biotechnology*, 1986, 4: 797-801.
- [2] 陈晓梅, 郭顺星, 孟志霞. 真菌诱导子对铁皮石斛原球茎生长的影响[J]. *中草药*, 2008, 39(3): 423-426.
- [3] 曾宋君, 程式君, 张京丽. 等. 五种石斛兰的胚培养及其快速繁殖研究[J]. *园艺学报*, 1998, 25(1): 75-80.
- [4] 胡忠, 何静渡. 黑节草种苗的大量培养[J]. *植物杂志*, 1979(3): 6-7.
- [5] 杨小兵, 王增利, 张宗申. 等. 光强对悬浮培养下铁皮石斛原球茎生长的影响[J]. *河南农业科学*, 2014, 43(1): 116-119.
- [6] 王增利, 史昊, 张宗申. 铁皮石斛原球茎悬浮培养及其多糖积累的研究[J]. *河南农业科学*, 2012, 41(2): 129-131.
- [7] 桂耀林. 植物体细胞胚发生和人工种子[M]. 北京: 北京科学出版社, 1990: 10-19.
- [8] 黄绍兴, 黄美娟, 朱激. 木薯淀粉对人工胚乳性能及对人工种子发芽率的影响[J]. *生物工程学报*, 1995, 11(1): 39-44.
- [9] Sorvari S, Toldi O, Ahanen K, *et al.* Using polysaccharides and galactomannans as gelling agents in capsule formation of artificial seeds[J]. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 1997, 122(6): 878-883.
- [10] Jung S J, Yoon E S, Jeong J H, *et al.* Enhanced post-germinative growth of encapsulated somatic embryos of *Siberian ginseng* by carbohydrate addition to the encapsulation matrix[J]. *Plant Cell Reports*, 2004, 23(6): 365-370.
- [11] 孙筱筠, 张宗申. 东北矮紫杉人工种子的制备[J]. *大连工业大学学报*, 2010, 29(5): 321-324.

(上接第 140 页)

许多大径级林木便出现心腐情况, 依据不同腐烂等级的定义和特征, 这些林木在死亡后, 可能会不经过 1 级腐烂过程而直接进入 2 级腐烂, 甚至是 3 级腐烂, 因此导致大径级 1 级腐烂 CWD 数量相对偏少。

参考文献:

- [1] Moseley K R, Castleberry S B, Ford W M. Coarse woody debris and pine litter manipulation effects on movement and microhabitat use of *Ambystoma talpoideum* in a *Pinus taeda* stand[J]. *Forest Ecology and Management*, 2004, 191(1/3): 387-396.
- [2] Carmona M R, Armesto J J, Aravena J C, *et al.* Coarse woody debris biomass in successional and primary temperate forests in Chiloe Island, Chile[J]. *Forest Ecology and Management*, 2002, 164(1/3): 265-275.
- [3] 袁杰, 侯林, 张硕新. 森林粗木质残体研究进展[J]. *西北林学院学报*, 2011, 26(4): 90-98.
- [4] 侯平, 潘存德. 森林生态系统中的粗死木质残体及其功能[J]. *应用生态学报*, 2001, 12(2): 309-314.
- [5] 刘妍妍, 金光泽. 地形对小兴安岭阔叶红松(*Pinus koraiensis*)林粗木质残体分布的影响[J]. *生态学报*, 2009, 29(3): 1398-1407.
- [6] 孙秀玉, 王传宽. 东北主要树种倒木分解释放的 CO₂ 通量[J]. *生态学报*, 2007, 27(12): 5130-5137.
- [7] 刘惠英, 张思玉, 吉霞. 粗死木质残体的水土保持功能[J]. *世界林业研究*, 2001, 17(3): 25-28.
- [8] 杨玉盛, 郭剑芬, 林鹏, 等. 格氏栲天然林与人工林粗木质残体碳库及养分库[J]. *林业科学*, 2005, 41(3): 7-11.
- [9] 刘蕾, 申国珍, 陈芳清, 等. 神农架海拔梯度上 2 种典型森林凋落物现存量及其养分循环动态[J]. *生态学报*, 2012, 32(7): 2142-2149.
- [10] 何东进, 何小娟, 洪伟, 等. 天宝岩猴头杜鹃林粗死木质残体数量特征[J]. *福建林学院学报*, 2008, 28(4): 293-298.
- [11] 刘妍妍, 金光泽. 小兴安岭阔叶红松林粗木质残体空间分布的点格局分析[J]. *生态学报*, 2010, 30(22): 6072-6081.
- [12] 王应军, 鲜骏仁, 杨理艳. 四川王朗自然保护区原始冷杉林粗木质残体的储水潜力评估[J]. *水土保持学报*, 2010, 24(5): 126-134.
- [13] 吕明和, 周国逸, 张德强. 鼎湖山黄果厚壳桂粗死木质残体的分解[J]. *广西植物*, 2006, 26(5): 523-529.
- [14] 罗大庆, 郭泉水, 黄界, 等. 西藏色季拉原始冷杉林死亡木特征研究[J]. *生态学报*, 2004, 24(3): 635-638.
- [15] 闫恩荣, 王希华, 黄建军. 森林粗死木质残体的概念及其分类[J]. *生态学报*, 2005, 25(1): 158-167.