

文章编号: 1001-1498(2007)06-0807-07

西藏色季拉山冷杉树冠营养元素的分布特征

孔庆云¹, 辛学兵¹, 黄 界²

(1. 中国林业科学研究院华北林业实验中心, 北京 102300; 2. 西藏农牧学院高原生态研究所, 西藏 林芝 860000)

摘要: 2001年10月15日至25日在色季拉山生态系统定位站原始冷杉林, 采用标准地调查取样与实验室分析, 测定了其优势树种急尖长苞冷杉林冠的营养, 结果表明: 1年生叶片养分总含量是多年生叶片的1.12倍; 叶片在树冠阳面养分总含量高于阴面; 林冠的不同高度叶片的养分含量不同; 同一枝条不同部位的叶片在养分含量上也有一些差异。枝条与叶片有着相似的养分含量分布规律, 这种一致性说明在养分的分配、积累过程中, 枝条和叶片对养分的利用是同步的。

关键词: 西藏; 急尖长苞冷杉; 林冠; 营养元素

中图分类号: S791.14

文献标识码: A

The Characteristics of Nutrient Distribution in the Tree Crown of *Abies georgei* var. *smithii* Forest in Mount Sejila of Tibet

KONG Qing-yun¹, XIN Xue-bing¹, HUANG Jie²

(1. Experimental Centre of Forestry in North China, CAF, Beijing 102300, China;

2. Institute of Plateau Ecology, College of Tibetan Agriculture and Husbandry, Linzhi 860000, Tibet, China)

Abstract: The forest in the Southeast Tibet is the key forest region and the ecology reserve in China. In virgin forest located on positioning station for research on ecosystem in Mount Sejila of Tibet, nutrients in the tree crown of fir (*Abies georgei* var. *smithii*) forest were measured six times by sample-plot survey method and laboratorial analysis from May 13 to August 19, 2001. The objective was to research on nutrient contents in the leaves and branches according to different positions, directions or ages, and on amount of nutrient stored in tree crown of fir forest in Mount Sejila, in order to provide with the scientific foundation for forest management in this region. It was showed that the total nutrient contents in annual leaves were 1.12 times that in perennial leaves, and that in the leaves exposed to the sun were more than that in the sunless ones. The height of tree crown had influence on nutrient contents in leaves and there was some difference in nutrient contents among positions in the same branch. The characteristics of nutrient distribution in the branches were the same as in the leaves, therefore it was showed that the branches and the leaves use nutrient simultaneously in the process of its distribution or accumulation.

Key words: Tibet; fir (*Abies georgei* var. *smithii*); tree crown; nutritive element

林木树冠主要由枝条和叶片组成, 这两种器官是树木有机养分合成、输送、贮藏的重要场所, 也是附生物和许多动植物种类生存的场所^[1], 其养分分布特征是研究生态系统养分循环的重要内容。自

1876年德国学者 E Ebermayer^[2]测定德国巴伐利亚地区阔叶和针叶人工林养分含量以来, 树冠一直是乔木层养分研究所关注的重点, 多数研究认为地上部分养分贮量主要集中在树叶^[3-5], 树叶在凋落前

收稿日期: 2006-05-23

基金项目: 国家西藏林芝森林生态系统定位站资助项目

作者简介: 孔庆云 (1961—), 男, 内蒙古乌兰察布人, 博士, 高级工程师。

将部分养分迁移回树木的其他器官,以备下一个生长季到来之时利用^[6]。树枝与树叶所处的部位、方向、高度、年龄等的不同,其生理活动和生态功能亦不同,因而其养分含量及单株养分贮量也不同,不同部位养分含量及贮量也存在着较大的差异^[7~9]。目前有关西藏森林生态系统养分循环的研究还处于空白阶段,本文选择急尖长苞冷杉 (*Abies georgei* var. *smithii* (Viguie et Gausson) Cheng) 作为研究对象,为进一步研究系统的物质循环和能量流动提供必要的基础数据。

1 试验地概况

研究试验观测地属于西藏高山森林生态系统定位站,位于色季拉山东南坡,地理位置 94°25'~94°45' E, 29°35'~29°57' N,属较典型的亚高山温带半湿润气候区,年平均气温 -0.73℃,年均日照时数 1 150.6 h,年均相对湿度 78.83%。年均降水量 1 134.1 mm,蒸发量 544.0 mm,6—9月为雨季,占全年降水的 75%~82%。土壤以酸性棕壤为主,土层较厚,腐殖质化过程明显。试验林面积 1 hm²,海拔 3 850~3 950 m,坡度 25°,坡位中,林分组成为急尖长苞冷杉原始纯林,平均胸径 76 cm,平均树高 38 m,郁闭度 0.7,平均年龄 200 a,为成过熟原始林。林下植被主要有西南花楸 (*Sorbus rehderiana* Koehne)、柳叶忍冬 (*Lonicera lanceolata* Wall.)、冷蕨 (*Cystopteris* sp.)、草莓 (*Fragaria* sp.) 等。

2 研究材料与方法

2.1 外业调查取样

在试验林内设置 1 hm² 样地,在每木检尺的基础上选取一株标准木,标准木胸径 76 cm,树高 38 m,冠幅 6.9 m × 7.1 m。把冷杉林冠分为 3 层,即林冠下部、中部和上部,在不同林冠部位分别 8 个方向(东、南、西、北、东南、西南、西北、东北)确定枝条的方向和位置,在所有枝条上分别选取枝条梢、中、基部位置的侧枝,再区分 1 年生叶和枝条以及多年生叶和枝条取样。按树冠的不同层次和方向测定叶和枝条生物量。采样时间为 2001 年 10 月 15 日至 25 日。

2.2 植物样品的养分含量测定

有机质(重铬酸钾法); N(开氏半微量法); P(钼锑抗分光光度法); K、Na(火焰分光光度法);

Ca、Mg、Fe、Cu、Mn、Zn(原子吸收分光光度法)。

3 结果与分析

3.1 冷杉叶片营养元素的分析

1 年生叶片比多年生叶片有较高的养分含量(表 1), 1 年生叶片养分总含量是多年生叶片的 1.12 倍,不同元素含量各异, 1 年生叶片中 N 元素含量为 2.41%, 多年生叶片中 N 元素含量为 1.91%, 1 年生叶片比多年生叶片高 0.26 倍; 而 Mn 和 Ca 元素则相反, 多年生叶片中含量要高一些, 其它元素含量没有大的差异。说明新生的叶片比老叶片有更高的 N 含量, 光合作用也更强一些, 老叶片主要富含 Mn 和 Ca 元素, 主要用于植物组织的构建。

在林冠不同方向生长的叶片, 由于光照、温度及湿度等环境因子的差异, 导致了叶片养分含量的差异。无论是 1 年生叶片还是多年生叶片均表现为在环境因子相对较好的阳面(南、东南、西南)方向总养分含量高一些, 而阴面(北)总养分含量只有阳面叶片的 87%~88%, 其中 N、Zn、Fe 等元素在阳面的叶片中含量明显要高出阴面, N 元素在阴面的含量是阳面的 69%~79%, Zn 元素在阴面的含量是阳面的 14.3%~50%, Fe 元素在阴面的含量是阳面的 72.7%~81.8%, 主要原因是这些元素参与了光合作用的进行, 如 Zn 形成碳酸脱水酶、醇脱氢酶, Fe 形成过氧化物酶、过氧化氢酶等, 它们都是生物化学作用的催化剂, 这些金属具有改变原子价的能力, 因此它们便成为电子的载体, 并参与调节诸如呼吸作用、光合作用等过程。其它元素含量没有显著的差异。

林冠不同部位(林冠下部、中部、上部)的叶片, 由于环境的不同, 使得不同养分的含量变化较复杂。林冠自下而上叶片中含量逐渐降低的元素有 N、Na、Zn 等, 叶片在冠幅上位置每上升 1 m, N 元素含量降低 0.5%~1.7%, Na 元素含量降低 1%~1.2%, Zn 元素含量降低 1.2%~1.6%; 林冠自下而上叶片中含量逐渐增加的元素有 K、Mg、Fe、Mn、Ca、Cu 等, 叶片在冠幅上位置每上升 1 m, K 元素含量平均增加 1.2%, Mg 元素含量平均增加 1.1%, Fe 元素含量平均增加 1.5%, Mn 元素含量平均增加 1.3%, Ca 元素含量平均增加 1.2%, Cu 元素含量平均增加 16.7%, 其中 Cu 元素含量增加特别明显, 而且林

冠上部叶片的 Cu 元素含量是林冠下部叶片的 5 倍,说明 Cu 元素主要富集于林冠的上部。

着生于同一枝条不同部位的叶片在养分含量上也有一些差异,养分含量的大小顺序是枝条基部 > 枝条梢部 > 枝条中部,分别为 4.12%、3.81%和

3.07%;在枝条梢部叶片中含量较多的元素有 P、Zn、Cu,在枝条中部叶片中含量较多的元素有 K、Mg、Ca、Cu,在枝条基部叶片中含量较多的元素有 N、Na、Zn、Fe、Mn。

表 1 冷杉不同部位的叶片养分含量(干物质)

项目		N	P	K	Na	Mg	Zn	Fe	Mn	Ca	Cu	合计
1年生叶	东	2.05	0.08	0.30	0.06	0.24	0.007	0.011	0.22	0.15	0.04	3.15
	西	2.43	0.06	0.36	0.05	0.25	0.006	0.011	0.21	0.12	0.05	3.54
	北	2.15	0.06	0.25	0.06	0.22	0.001	0.008	0.21	0.17	0.03	3.16
	南	2.43	0.06	0.27	0.05	0.22	0.004	0.011	0.23	0.17	0.04	3.49
	东南	2.73	0.07	0.28	0.07	0.18	0.007	0.009	0.12	0.15	0.03	3.64
	西南	2.27	0.06	0.27	0.05	0.23	0.005	0.011	0.21	0.16	0.03	3.30
多年生叶	东	2.02	0.06	0.25	0.06	0.24	0.006	0.011	0.33	0.25	0.03	3.25
	西	1.53	0.06	0.29	0.07	0.23	0.006	0.012	0.26	0.22	0.05	2.73
	北	1.49	0.05	0.27	0.05	0.24	0.003	0.009	0.35	0.31	0.03	2.80
	南	1.51	0.06	0.27	0.05	0.25	0.005	0.012	0.30	0.28	0.04	2.77
	东南	2.16	0.07	0.23	0.07	0.22	0.006	0.011	0.19	0.23	0.03	3.23
	西南	2.05	0.06	0.26	0.06	0.24	0.006	0.009	0.26	0.24	0.03	3.23
1年生叶	林冠下部	2.67	0.06	0.24	0.07	0.19	0.007	0.009	0.14	0.11	0.01	3.51
	林冠中部	2.40	0.07	0.28	0.06	0.21	0.006	0.010	0.17	0.15	0.03	3.39
	林冠上部	2.33	0.06	0.34	0.05	0.25	0.005	0.011	0.23	0.16	0.05	3.49
多年生叶	林冠下部	2.44	0.07	0.24	0.08	0.20	0.008	0.008	0.29	0.22	0.01	3.57
	林冠中部	2.01	0.07	0.25	0.06	0.23	0.006	0.010	0.24	0.24	0.04	3.15
	林冠上部	1.47	0.06	0.28	0.06	0.24	0.005	0.012	0.29	0.25	0.05	2.71
1年生叶	枝条梢部	3.35	0.13	0.27	0.08	0.14	0.009	0.003	0.08	0.16	0.04	4.26
多年生叶	枝条梢部	2.07	0.07	0.24	0.07	0.24	0.008	0.006	0.29	0.33	0.02	3.35
	枝条梢部叶平均	2.71	0.10	0.26	0.08	0.19	0.009	0.005	0.19	0.25	0.03	3.81
1年生叶	枝条中部	1.93	0.09	0.33	0.07	0.23	0.007	0.004	0.15	0.21	0.03	3.05
多年生叶	枝条中部	1.99	0.08	0.27	0.05	0.31	0.008	0.013	0.02	0.30	0.03	3.08
	枝条中部叶平均	1.96	0.09	0.30	0.06	0.27	0.008	0.009	0.09	0.26	0.03	3.07
1年生叶	枝条基部	2.85	0.06	0.33	0.07	0.13	0.008	0.011	0.15	0.12	0.02	3.76
多年生叶	枝条基部	3.25	0.09	0.23	0.11	0.22	0.009	0.017	0.35	0.17	0.02	4.47
	枝条基部叶平均	3.05	0.08	0.28	0.09	0.18	0.009	0.014	0.25	0.15	0.02	4.12
	1年生叶平均含量	2.41	0.07	0.29	0.06	0.22	0.006	0.010	0.18	0.15	0.04	3.43
	多年生叶平均含量	1.91	0.06	0.26	0.06	0.23	0.006	0.011	0.26	0.24	0.04	3.08

不同部位叶片的养分贮量主要受生物量的制约,在冷杉林冠中,叶片绝大部分的生物量集中于林冠的中部和上部,养分含量也是如此(表 2),林冠下部的叶片养分总含量仅占总叶片养分的 5.5%,林冠中部和上部分别占了 47.6%和 46.9%。

冷杉林冠本身的生物量在不同的方向是不均匀的,这种差异导致了叶片的养分贮量的分布呈不均匀性,从养分总量来看,由大到小的顺序是:东南 >

西南 > 南 > 西 > 东 > 北 > 西北 > 东北,向阳面(东南、西南、南)叶片平均养分贮量为 $0.637 \text{ kg} \cdot \text{株}^{-1}$,背阴面(北、西北、东北)叶片平均养分贮量为 $0.174 \text{ kg} \cdot \text{株}^{-1}$,中间类型(西、东)叶片平均养分贮量为 $0.44 \text{ kg} \cdot \text{株}^{-1}$,可以明显看出向阳面的叶片养分贮量要明显高于其它方向的叶片,说明冷杉林木有明显的趋光性,同时也说明适度的强光有利于生物量和养分的积累。

表 2 单株冷杉林木不同部位叶片的养分贮量

kg·株⁻¹

项目	有机质	养分贮量										合计
		N	P	K	Na	Mg	Zn	Fe	Mn	Ca	Cu	
林冠下部	4.388	0.133	0.003	0.012	0.004	0.010	0.0004	0.0004	0.012	0.009	0.001	0.185
林冠中部	41.784	1.037	0.032	0.137	0.028	0.115	0.0028	0.0052	0.114	0.101	0.018	1.591
林冠上部	41.307	0.997	0.028	0.135	0.025	0.117	0.0025	0.0057	0.133	0.101	0.024	1.57
南	12.538	0.327	0.009	0.041	0.007	0.036	0.0007	0.0018	0.04	0.032	0.007	0.502
东南	19.070	0.520	0.015	0.058	0.014	0.047	0.0014	0.0023	0.041	0.043	0.007	0.75
西南	17.044	0.423	0.012	0.056	0.011	0.05	0.0011	0.0021	0.055	0.043	0.008	0.659
阳面总计	48.652	1.270	0.036	0.155	0.032	0.133	0.003	0.006	0.136	0.118	0.022	1.911
阳面平均	16.217	0.423	0.012	0.052	0.011	0.044	0.001	0.002	0.045	0.039	0.007	0.637
东	11.007	0.257	0.008	0.035	0.007	0.031	0.0008	0.0015	0.036	0.026	0.005	0.408
西	12.887	0.296	0.009	0.046	0.010	0.036	0.0009	0.0019	0.037	0.028	0.008	0.472
中间总计	23.894	0.553	0.017	0.081	0.017	0.067	0.002	0.003	0.073	0.054	0.013	0.88
中间平均	11.947	0.277	0.009	0.041	0.009	0.034	0.001	0.002	0.037	0.027	0.007	0.44
东北	3.293	0.071	0.002	0.012	0.002	0.010	0.0002	0.0005	0.010	0.008	0.002	0.118
西北	3.965	0.089	0.003	0.014	0.003	0.011	0.0002	0.0005	0.012	0.009	0.003	0.144
北	6.913	0.162	0.004	0.021	0.004	0.02	0.0003	0.0008	0.025	0.02	0.003	0.259
阴面总计	14.171	0.322	0.009	0.047	0.009	0.041	0.001	0.002	0.047	0.037	0.008	0.521
阴面平均	4.724	0.107	0.003	0.016	0.003	0.014	0	0.001	0.016	0.012	0.003	0.174

3.2 冷杉枝条营养元素的分析

表 3 表明:在不同年龄的枝条中,1 年生枝条的养分含量最高,为 2.73%,多年生枝条次之,为 1.69%,主干枝的养分含量最低,为 1.22%,1 年生枝条养分总含量是主干枝的 2.24 倍。主要表现为 N、P、K、Mg 元素的含量在 1 年生枝条中比较高,其它 Na、Zn、Fe、Mn、Ca 和 Cu 元素的含量没有大的差异。这种随着枝条年龄的增加大量元素 N、P、K、Mg 等养分含量逐渐递减的规律说明新生组织或器官比老的组织或器官要消耗或需求更多的养分,也说明 1 年生枝条有着更旺盛的生命力。

在林冠不同方向生长的枝条,没有如叶片一样强烈的趋光性,特别是在老枝和主干枝中,各个方向的枝条养分含量没有差异性。但在新生的 1 年生枝条中,在阳面(南、东南、西南)方向总养分含量要高一些,而阴面(北)总养分含量最低,中间类型(东、西)的养分含量居中。养分含量最高的东南方向是最低的北方向的 1.35 倍,主要是 N 和 Fe 元素在阳面的 1 年生枝条中含量明显要高出阴面,其它元素含量也没有显著的差异。这种新生枝条在向阳面的高养分含量可能与叶片在阳面养分积累有很大关系。老的枝条特别是主干枝由于年龄过大,或者由于生长的时间很长,其养分含量已趋于平衡,不再存在方向性的差异。

林冠不同部位(林冠下部、中部、上部)枝条的

养分含量,有着如下的规律:1 年生枝和多年生枝养分含量在不同林冠的位置有差异,而主干枝在所有位置均表现为相似性或一致性。在林冠不同部位的 1 年生枝和多年生枝中,养分总含量随林冠上着生位置的下降而上升,林冠下部的枝条养分总含量是林冠上部的 1.19~1.23 倍,主要原因是 N 元素自下而上的大幅度减少造成的。与养分总含量和 N 元素含量正好相反,随着在林冠上着生位置的上升,在两种枝条中 Fe、Mn 和 Cu 元素含量都有明显的增加,特别是 Cu 元素在林冠上部的枝条中的含量是林冠下部枝条的 5 倍,这与叶片中 Cu 元素的积累规律是一致的,进一步说明 Cu 元素主要富集于林冠的上部。在 1 年生枝条中 P、K、Na、Mg、Zn、Ca 等元素的含量不随林冠位置的不同而变化,但在多年生枝条中,随着在林冠上着生位置的上升,K、Mg、Ca 和 Fe、Mn、Cu 元素都有增大的趋势,说明这些营养物质在多年生枝条中是向林冠上层位移动的。

测定了冷杉林冠中部的一个标准侧枝,按侧枝的长度区分为梢、中、基 3 个部分,研究表明同一主干枝上不同部位养分含量有一些差异。养分总含量的大小顺序是侧枝基部 > 侧枝梢部 > 侧枝中部,分别为 2.11%、1.91% 和 1.63%;在侧枝梢部含量较多的元素有 Fe、Mn、Ca、Cu,在侧枝中部含量较多的元素有 Mg、Ca,在侧枝基部各枝条中含量较多的元素有 N、P、K、Na、Zn、Cu 等。

表 3 冷杉不同部位的枝条养分含量(干物质)

项目		N	P	K	Na	Mg	Zn	Fe	Mn	Ca	Cu	合计
1年生枝	东	1.50	0.10	0.33	0.06	0.26	0.007	0.010	0.16	0.17	0.03	2.63
	西	1.66	0.06	0.33	0.05	0.24	0.007	0.011	0.13	0.09	0.05	2.63
	北	1.41	0.06	0.24	0.06	0.19	0.005	0.004	0.12	0.15	0.03	2.26
	南	1.22	0.06	0.25	0.05	0.21	0.005	0.011	0.17	0.16	0.04	2.18
	东南	2.06	0.07	0.29	0.07	0.20	0.007	0.011	0.14	0.15	0.03	3.04
	西南	1.92	0.06	0.31	0.05	0.23	0.005	0.008	0.14	0.15	0.04	2.91
多年生枝	东	0.71	0.06	0.24	0.04	0.15	0.007	0.011	0.23	0.15	0.03	1.63
	西	0.79	0.06	0.25	0.04	0.15	0.007	0.012	0.21	0.14	0.05	1.71
	北	0.77	0.05	0.22	0.05	0.16	0.002	0.008	0.27	0.20	0.04	1.77
	南	0.54	0.06	0.24	0.06	0.20	0.005	0.012	0.27	0.26	0.05	1.69
	东南	0.92	0.06	0.22	0.06	0.13	0.007	0.013	0.10	0.15	0.03	1.70
	西南	0.78	0.05	0.22	0.05	0.16	0.005	0.009	0.19	0.18	0.04	1.68
主干枝	东	0.42	0.04	0.17	0.04	0.13	0.007	0.011	0.15	0.21	0.03	1.22
	西	0.40	0.05	0.21	0.06	0.11	0.006	0.013	0.16	0.15	0.05	1.20
	北	0.13	0.04	0.21	0.04	0.12	0.003	0.009	0.19	0.21	0.04	0.98
	南	0.43	0.06	0.19	0.06	0.14	0.006	0.012	0.15	0.20	0.05	1.30
	东南	0.38	0.05	0.15	0.07	0.11	0.007	0.010	0.15	0.14	0.03	1.09
	西南	0.59	0.05	0.20	0.05	0.14	0.006	0.009	0.16	0.20	0.04	1.44
1年生枝	林冠下部	1.97	0.07	0.30	0.06	0.24	0.007	0.006	0.08	0.15	0.01	2.89
	林冠中部	1.86	0.07	0.31	0.06	0.22	0.006	0.010	0.15	0.15	0.04	2.87
	林冠上部	1.44	0.06	0.30	0.05	0.23	0.006	0.012	0.16	0.13	0.05	2.43
多年生枝	林冠下部	1.26	0.06	0.21	0.05	0.09	0.007	0.007	0.14	0.12	0.01	1.96
	林冠中部	0.82	0.05	0.23	0.06	0.15	0.006	0.011	0.16	0.16	0.04	1.68
	林冠上部	0.55	0.06	0.25	0.05	0.18	0.006	0.012	0.25	0.19	0.05	1.60
主干枝	林冠下部	0.51	0.04	0.14	0.05	0.12	0.007	0.008	0.10	0.18	0.01	1.17
	林冠中部	0.44	0.05	0.17	0.05	0.13	0.006	0.010	0.16	0.18	0.04	1.23
	林冠上部	0.37	0.05	0.20	0.06	0.11	0.006	0.013	0.16	0.17	0.05	1.18
1年生枝	枝条梢部	2.33	0.08	0.29	0.08	0.16	0.008	0.015	0.16	0.16	0.03	3.31
多年生枝	枝条梢部	0.32	0.05	0.21	0.08	0.06	0.007	0.021	0.15	0.18	0.03	1.12
主干枝	枝条梢部	0.63	0.05	0.15	0.07	0.08	0.008	0.020	0.13	0.14	0.02	1.30
	枝条梢部平均	1.10	0.06	0.21	0.08	0.10	0.008	0.019	0.15	0.16	0.03	1.91
1年生枝	枝条中部	1.34	0.07	0.33	0.07	0.19	0.008	0.004	0.11	0.17	0.01	2.30
多年生枝	枝条中部	0.90	0.06	0.22	0.08	0.16	0.008	0.015	0.07	0.15	0.03	1.69
主干枝	枝条中部	0.23	0.05	0.14	0.08	0.10	0.007	0.006	0.10	0.15	0.02	0.90
	枝条中部平均	0.83	0.06	0.23	0.07	0.15	0.008	0.009	0.09	0.16	0.02	1.63
1年生枝	枝条基部	2.56	0.09	0.35	0.09	0.25	0.008	0.010	0.08	0.20	0.03	3.67
多年生枝	枝条基部	0.94	0.05	0.21	0.09	0.09	0.008	0.011	0.12	0.12	0.02	1.66
主干枝	枝条基部	0.22	0.06	0.19	0.10	0.07	0.010	0.012	0.20	0.09	0.05	1.01
	枝条基部平均	1.24	0.07	0.25	0.09	0.14	0.009	0.011	0.13	0.14	0.03	2.11
1年生枝条平均含量		1.74	0.07	0.30	0.06	0.22	0.006	0.010	0.14	0.14	0.04	2.73
多年生枝条平均含量		0.78	0.06	0.23	0.05	0.15	0.006	0.011	0.19	0.17	0.04	1.69
主干枝平均含量		0.42	0.05	0.18	0.06	0.12	0.006	0.011	0.15	0.17	0.04	1.22

与叶片的贮量分布情况相类似,不同部位枝条的养分贮量主要受同部位枝条生物量的影响比较大。在冷杉林冠中,生物量多集中于林冠的中部和上部,养分含量也是如此(表 4),林冠下部的枝条养分总含量仅占总枝条养分的 6.5%,林冠中部和上

部分别占 57.5%和 36.0%。

不同方向的枝条生物量有着较明显的差异,这种差异导致了枝条养分贮量在不同方向上的不均匀性。从养分总量来看,由大到小的顺序是:东南 > 西南 > 西 > 东 > 南 > 北 > 东北 > 西北,向阳面(东南、

西南、南)枝条平均养分贮量为 $0.477 \text{ kg} \cdot \text{株}^{-1}$,背阴面(北、西北、东北)枝条平均养分贮量为 $0.106 \text{ kg} \cdot \text{株}^{-1}$,中间类型(西、东)枝条平均养分贮量为

$0.31 \text{ kg} \cdot \text{株}^{-1}$,可以明显看出向阳面的枝条养分贮量要明显高于其它方向的枝条,表明冷杉林木在阳面(东南、西南、南)积累营养物质最多。

表 4 单株冷杉林木不同部位枝条的养分贮量

 $\text{kg} \cdot \text{株}^{-1}$

项目	有机质	养分贮量										合计
		N	P	K	Na	Mg	Zn	Fe	Mn	Ca	Cu	
林冠下部	6.63	0.094	0.004	0.017	0.004	0.012	0.0006	0.0005	0.009	0.012	0.001	0.154
林冠中部	59.55	0.724	0.043	0.172	0.039	0.121	0.0042	0.0074	0.116	0.118	0.027	1.371
林冠上部	41.74	0.389	0.029	0.123	0.025	0.084	0.0030	0.0060	0.094	0.080	0.026	0.86
南	14.14	0.129	0.011	0.040	0.009	0.031	0.0009	0.0020	0.034	0.034	0.008	0.299
东南	26.42	0.348	0.018	0.069	0.020	0.046	0.0020	0.0036	0.043	0.046	0.011	0.608
西南	22.18	0.270	0.016	0.068	0.013	0.048	0.0015	0.0025	0.045	0.047	0.011	0.523
阳面总计	62.74	0.747	0.044	0.177	0.042	0.126	0.0045	0.0081	0.122	0.127	0.030	1.430
阳面平均	20.91	0.249	0.015	0.059	0.014	0.042	0.0015	0.0027	0.041	0.042	0.010	0.477
东	14.46	0.145	0.010	0.042	0.008	0.031	0.0011	0.0018	0.031	0.030	0.006	0.306
西	14.62	0.157	0.010	0.045	0.008	0.029	0.0013	0.0021	0.030	0.023	0.009	0.314
中间总计	29.08	0.302	0.021	0.087	0.016	0.059	0.0024	0.0039	0.061	0.052	0.015	0.620
中间平均	14.54	0.151	0.010	0.043	0.008	0.030	0.0012	0.0019	0.031	0.026	0.008	0.310
东北	4.03	0.043	0.003	0.013	0.002	0.008	0.0004	0.0006	0.009	0.007	0.003	0.088
西北	4.20	0.035	0.003	0.013	0.003	0.007	0.0002	0.0005	0.008	0.007	0.003	0.079
北	7.37	0.068	0.005	0.020	0.004	0.014	0.0004	0.0008	0.017	0.016	0.004	0.150
阴面总计	15.60	0.146	0.011	0.046	0.010	0.029	0.0009	0.0019	0.034	0.030	0.009	0.317
阴面平均	5.20	0.049	0.004	0.015	0.003	0.010	0.0003	0.0006	0.011	0.010	0.003	0.106

3.3 冷杉林冠营养元素的分布特征

林冠不同部位枝条和叶片中养分含量分布规律是一致的,这种一致性说明在养分的分配、积累过程中,枝条和叶片对养分的利用是同步的,因此可以把林冠的枝条和叶片作为一个整体来进行考虑,来研究林冠营养元素分布特征。

随树冠高度的变化,K、Mg、Fe、Cu元素的含量变化是逐渐增加的,除Cu元素外变化幅度都不大;Na元素的含量变化逐渐下降,但在树高28m左右又有上升势头,总体来说变幅较小;Zn元素与Na元素类似,只是变幅更小,趋于较稳定状态。有机质、N、P含量变异随机性大,无规律。这些养分含量随树冠高度而变化的规律,可能与不同高度的新老枝叶所占比例不同有关。

4 结论

(1)急尖长苞冷杉1年生叶片总的养分含量是多年生叶片的1.12倍,其中N元素含量在1年生叶片中要高出多年生叶片0.26倍,Mn和Ca元素则相反,其它元素含量没有大的差异。

(2)在林冠不同方向生长的叶片,在阳面(南、东南、西南)方向养分总含量高一些,而阴面(北)养分总含量只有阳面叶片的87%~88%,其中N、Zn、

Fe等元素在阳面的叶片中含量明显要高出阴面。

林冠自下而上的叶片中含量逐渐降低的元素有N、Na、Zn等;林冠自下而上的叶片中含量逐渐增加的元素有K、Mg、Fe、Mn、Ca、Cu等,其中林冠上部叶片的Cu元素含量是林冠下部叶片的5倍,说明Cu元素主要富集于林冠的上部。

(3)着生于同一枝条不同部位的叶片在养分含量上也有一些差异,养分总含量的大小顺序是枝条基部>枝条梢部>枝条中部,分别为4.12%、3.81%和3.07%;在枝条梢部叶片中含量较多的元素有P、Zn、Cu,在枝条中部叶片中含量较多的元素有K、Mg、Ca、Cu,在枝条基部叶片中含量较多的元素有N、Na、Zn、Fe、Mn。

1年生枝条的养分含量高于多年生枝条和主侧枝。主要表现为N、P、K、Mg元素的含量在1年生枝条中比较高,其它Na、Zn、Fe、Mn、Ca和Cu元素的含量没有大的差异。

在新生的1年生枝条中,在阳面(南、东南、西南)方向养分总含量要高一些,而阴面(北)总养分含量最低,中间类型(东、西)的养分含量居中。

随着在林冠上着生部位自下而上,1年生枝和多年生枝的养分总含量逐渐减少,林冠下部的枝条养分总含量是林冠上部的1.19~1.23倍,主要原因

是 N 元素自下而上的大幅度减少造成的,随着在林冠上着生部位的上升,Fe、Mn 和 Cu 元素都明显地增加了含量。而主侧枝在所有位置均表现为相似性或一致性。

(4)同一主侧枝上不同部位养分含量有一些差异。养分总含量的大小顺序是侧枝基部 >侧枝梢部 >侧枝中部,分别为 2.11%、1.91%和 1.63%;在侧枝梢部含量较多的元素有 Fe、Mn、Ca、Cu,在侧枝中部含量较多的元素有 Mg、Ca,在侧枝基部含量较多的元素有 N、P、K、Na、Zn、Cu 等。

林冠不同部位枝条和叶片中养分含量分布规律是一致的,这种一致性说明在养分的分配、积累过程中,枝条和叶片对养分的利用是同步的。

参考文献:

- [1] 李跃林,李志辉,谢耀坚. 巨尾桉人工林养分循环研究 [J]. 生态学报, 2001, 21 (10): 1 734 ~ 1 740
- [2] Ebemayer E. Die Qesante Lehre der Woldstreu mit Rucksicht auf die Chemische Static des Woldbaues[M]. Berlin: Julius Sprriuger, 1876: 116
- [3] 庞学勇,胡泓,乔永康,等. 川西亚高山云杉人工林与天然林养分分布和生物循环比较 [J]. 应用与环境生物学报, 2002, 8 (1): 1 ~ 7
- [4] 漆良华,庞统,陈晓萍,等. 湖南省马尾松飞播林的养分循环研究 [J]. 中南林学院学报, 2003, 23 (2): 26 ~ 32
- [5] 张希彪,上官周平. 黄土丘陵区主要林分生物量及营养元素生物循环特征 [J]. 生态学报, 2005, 25 (3): 527 ~ 537
- [6] 廖利平,高洪,于小军,等. 人工混交林中杉木、桉木和刺楸细根养分迁移的初步研究 [J]. 应用生态学报, 2000, 11 (2): 161 ~ 164
- [7] Wen-yuan Kao, Chun-sheng Lu, Yih-chi Chang. Foliar nutrient dynamics of five dominant plant species in Yuanyang Lake Nature Preserve, Taiwan (in English) [J]. Taiwan, 2004, 49 (1): 49 ~ 56
- [8] 张金文. 尾叶桉养分循环研究 [J]. 西南林学院学报, 2000, 20 (1): 3 ~ 7
- [9] Daniel Markewitz, Eric Davidson, Paulo Moutinho, et al. Nutrient loss and redistribution after forest clearing on a highly weathered soil in Amazonia [J]. Ecological Applications, 2004, 14 (4) : 177 ~ 199

www.cnki.net