

文章编号: 1001-1498(2007)05-0717-05

西藏色季拉山冷杉林木根系营养元素的特征分析

辛学兵¹, 孔庆云¹, 方江平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: 西藏色季拉山急尖长苞冷杉根系的养分总含量在不同方向的大小顺序为: 南 > 西 > 东 > 北, 其中 N、K、Fe、Mn 等元素的含量差异显著; 不同粗度级的根系, 养分含量差异较大, 养分总含量大小顺序为细根 > 中根 > 粗根, 细根的总养分含量是粗根的 1.46 倍, 其中 N、Mg、Fe、Mn 元素的规律性较强; 随根系长度的增加, 养分总含量也在增加, 特别是在细根中, 这种趋势尤为明显; 单株林木根系养分贮量受生物量的大小和养分含量的高低影响, 养分贮量的分布顺序是中根 > 粗根 > 细根, 各元素在根系中的贮量大小依次为: N > K > Mg > Ca > Mn > P > Cu > Na > Fe > Zn, 贮量范围在 1.13 ~ 165.21 g 之间。单位面积冷杉林木根系中大量元素贮量与华山松、锐齿栎和油松相比, 只有 N 元素贮量高于华山松, Mg 元素贮量高于华山松和油松, 其它元素均低于这些树种。

关键词: 西藏; 长苞冷杉; 根系; 营养元素

中图分类号: S791.14

文献标识码: A

Analysis on Nutrient Characteristics in the Root System of *Abies georgei* var. *smithii* in Mount Sejila of Tibet

XIN Xue-bing¹, KONG Qing-yun¹, FANG Jiang-ping²

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

2. Research Institute of Plateau Ecosystem, Agricultural and Stockbreeding College of Tibet, Linzhi 860000, Tibet, China)

Abstract: The distribution of total nutrient content in the root system direction of *Abies georgei* var. *smithii* was in the order of south > west > east > north, of which the contents of N, K, Fe, Mn were obvious difference among directions, and that of nutrients was of great difference among various width class of roots, the sequence of the total nutrient content in the roots was in the order of slender roots > middle ones > thick ones. The total nutrient content in the slender roots was 1.46 times that in thick ones, in particular, the contents of N, Mg, Fe, and Mn had an evident rule that in the roots of tree the total nutrient content increased with their length, and there was the obvious tendency especially in slender roots. The amount of nutrient stored in the root system of tree was influenced by biomass and nutrient content in the roots. The amount of nutrient stored in the roots was serially middle roots > thick ones > slender ones, and the amount of element stored in the roots was N > K > Mg > Ca > Mn > P > Cu > Na > Fe > Zn with the range of 1.13 ~ 165.21 g. The amount of abundant nutrient in the root system of fir tree per unit showed that the N storage was more than that of amand pine (*Pinus amandi*), while that the storage of Mg more than that of amand pine or Chinese pine (*Pinus tabulaeformis*), and of the other elements was less with the contrast to that of amand pine, shaptooth oak (*Quercus aliena* var. *acutesenata*) and Chinese pine.

Key words: Tibet; *Abies georgei* var. *smithii*; root system; nutritive element

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: 辛学兵 (1967—), 男, 山西临汾人, 副研究员, 博士。

根系作为森林生态系统中生物能存在的一种形式,积累和贮存了大量的矿物元素和有机物质,其死亡腐烂分解后,把大量的矿质元素归还给土壤,直接参与森林生态系统生物小循环过程。根系作为初级生产者的一部分,其进入土壤的有机物质是土壤生物群体的重要能量来源。据国内外的最新研究结果,林木根系的生物量占林分总生物量的10%~20%^[1]。马钦彦^[2]在油松(*Pinus tabulaeformis* Carr.)分布区内根据244株标准木的根量实测资料的研究分析,认为根量约为地上部分生物量的23%,各调查区有明显差异,其中以鲁中南最低为19.76%,陕北最高28.65%,反映出油松是通过增加吸收器官的量来适应干旱气候的。由此可见林木根系的生物量是森林生态系统总生物量的重要组成部分。根系的养分积累同样也表明其在养分循环中具有重要作用,国内外对林木根系的养分含量及贮量研究多有报道^[3~16],但很少涉及根系的分布方向和由主根中心轴线向外辐射的距离对养分含量的影响。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* Orr var. *smithii* (Viguie et Gausen) Cheng)作为研究对象,对根系不同粗度级、不同分布方向和由主根中心轴线向外辐射的距离对养分含量的影响做了较为详细的研究,供生态系统物质循环和能量流研究参考。

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,定位站位于色季拉山东南坡,具体位置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1150.6 h,年均相对湿度78.83%。年均降水量1134.1 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,在海拔较高的冷杉林下常有明显的灰化层。试验林面积1 hm²,海拔3850~3950 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 材料与方法

2.1 野外观测项目

在试验林内设置1 hm²样地,在每木检尺的基础上选取1株标准木,标准木胸径76 cm,树高38 m,冠幅6.9 m×7.1 m。在根系范围内,分土壤层次(A、B、C三层)采集不同粗度级根系样品,将根系按细根(根径<0.2 cm)、中根(0.2~0.5 cm)、粗根(>0.5 cm)和根头区分。采样时间为2001年10月15日至25日。

2.2 根系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 冷杉根系营养元素含量的分析

不同方向、不同粗度的冷杉林木根养分含量差异明显(表1)。养分总含量在不同方向的顺序为南>西>东>北,分布于南向的根系养分总含量为0.124 g·kg⁻¹,北向为0.091 g·kg⁻¹。N、K、Fe、Mn等元素的含量在南向根系较高,其它元素的含量在四个方向根系差异不大。

不同级别的根系,养分含量差异较大,总养分含量顺序为细根>中根>粗根,细根的养分总含量是粗根的1.46倍,根系中养分元素总含量随其粗度的增加而呈递减趋势,细根中的养分元素含量明显高于中根和粗根,这与根系的阳离子交换能力大小一致。从各元素含量在不同粗度的根系分布来看,N、Mg、Fe、Mn元素含量随粗度的增大而下降,N元素的规律性最强,细根、中根和粗根中N元素的含量分别为0.062、0.046、0.032 g·kg⁻¹,三者之比为1.94:1.44:1;Mg元素在3种根系中的比例为:1.78:1.56:1;Fe元素为:1.25:1.13:1;Mn元素为:1.38:1.1,其它P、K、Na、Zn、Ca、Cu等元素的含量变化不大。

从根基部向外沿四个方向分别挖取根样,间距为1 m。测定的结果表明:随根系长度的增加,养分总含量也在增加,特别是在细根中,这种趋势尤为明显。

N、K、Na、Mg、Zn、Mn等含量随根系长度的增加而增加,P、Fe、Ca、Cu等的含量则无明显的变化。

表 1 冷杉根系养分含量分布

项目	N	P	K	Na	Mg	Zn	Fe	Mn	Ca	Cu	合计
南平均	0.065	0.003	0.014	0.003	0.013	0.0003	0.001	0.012	0.010	0.003	0.124
东平均	0.048	0.003	0.013	0.002	0.013	0.0003	0.0009	0.010	0.009	0.002	0.101
北平均	0.038	0.005	0.013	0.003	0.012	0.0003	0.0008	0.007	0.008	0.004	0.091
西平均	0.043	0.004	0.014	0.004	0.013	0.0003	0.0009	0.008	0.013	0.004	0.104
细根	0.062	0.003	0.013	0.004	0.016	0.0002	0.001	0.011	0.011	0.003	0.124
中根	0.046	0.004	0.014	0.003	0.014	0.0003	0.0009	0.008	0.011	0.003	0.104
粗根	0.032	0.004	0.013	0.003	0.009	0.0003	0.0008	0.008	0.011	0.004	0.085
南 0~1 m	0.053	0.003	0.012	0.002	0.010	0.0003	0.0009	0.009	0.010	0.002	0.102
南 1~2 m	0.065	0.003	0.013	0.002	0.014	0.0003	0.0007	0.012	0.012	0.003	0.125
南 2~3 m	0.053	0.003	0.014	0.003	0.014	0.0003	0.0014	0.012	0.012	0.003	0.116
南 3~4 m	0.100	0.003	0.017	0.003	0.014	0.0004	0.0008	0.017	0.007	0.002	0.164
东 0~1 m	0.045	0.003	0.014	0.001	0.012	0.0003	0.0011	0.014	0.011	0.003	0.104
东 1~2 m	0.038	0.003	0.012	0.002	0.013	0.0002	0.0009	0.008	0.006	0.002	0.085
东 2~3 m	0.043	0.003	0.012	0.003	0.013	0.0002	0.0008	0.011	0.010	0.002	0.098
东 3~4 m	0.052	0.003	0.014	0.003	0.012	0.0003	0.001	0.010	0.012	0.003	0.110
东 4~5 m	0.069	0.003	0.015	0.002	0.013	0.0002	0.001	0.011	0.008	0.002	0.124
北 0~1 m	0.031	0.004	0.013	0.002	0.013	0.0003	0.0009	0.006	0.010	0.004	0.084
北 1~2 m	0.036	0.005	0.012	0.003	0.013	0.0003	0.0006	0.007	0.010	0.003	0.090
北 2~3 m	0.047	0.005	0.013	0.003	0.012	0.0003	0.001	0.009	0.005	0.003	0.098
西 0~1 m	0.049	0.004	0.012	0.003	0.015	0.0002	0.0012	0.011	0.012	0.003	0.110
西 1~2 m	0.044	0.003	0.012	0.003	0.009	0.0002	0.0009	0.010	0.011	0.003	0.096
西 2~3 m	0.045	0.003	0.012	0.003	0.011	0.0003	0.0009	0.010	0.012	0.003	0.100
西 3~4 m	0.061	0.003	0.014	0.007	0.010	0.0003	0.0012	0.010	0.015	0.003	0.125
西 4~5 m	0.064	0.005	0.014	0.006	0.010	0.0003	0.0009	0.007	0.011	0.004	0.122
西 5~6 m	0.026	0.003	0.014	0.003	0.012	0.0004	0.0007	0.006	0.014	0.004	0.083
西 6~7 m	0.035	0.004	0.015	0.003	0.015	0.0002	0.0008	0.008	0.013	0.004	0.098
西 7~8 m	0.026	0.005	0.015	0.004	0.015	0.0003	0.0007	0.009	0.014	0.004	0.093
西 8~9 m	0.032	0.004	0.013	0.005	0.016	0.0003	0.0011	0.006	0.016	0.004	0.097
西 9m以上	0.043	0.004	0.019	0.003	0.019	0.0002	0.0005	0.003	0.011	0.004	0.107

3.2 冷杉单株林木根系营养元素贮量分析

林木根系的生物量是森林生态系统总生物量的重要组成部分,单株林木根系的养分总贮量为 381.39 g(表 2),其中细根、中根和粗根的养分贮量分别占总贮量的 25.8%、38.6%、35.6%。根系养分贮量受生物量的大小和养分含量的高低影响,不同粗度的根系中生物量的顺序是粗根 > 中根 > 细根,养分贮量的分布顺序是中根 > 粗根 > 细根,而养分总含量为细根 > 中根 > 粗根,这种养分贮量与生物量、养分含量的不一致性,说明根系养分贮量受养分含量的影响较大,以生物量较大而养分含量较高的

中根为最大。各元素在根系中的贮量依次为: $N > K > Mg > Ca > Mn > P > Cu > Na > Fe > Zn$,贮量范围在 1.13 ~ 165.21 $g \cdot 株^{-1}$ 之间。

不同方向的根系养分贮量分布是南 > 东 > 西 > 北,分别为 130.42、98.56、78.77、73.55 g,南向的养分贮量是北向的 1.77 倍, N、K、Mg、Zn、Fe、Mn、Ca、Cu 等元素在南向中贮量最大, P 元素在北向中贮量最大, Na 元素在西向中贮量最大。根系不同长度和养分贮量的关系比较复杂,只有北向的根系长度的增加,养分贮量有减少的趋势。

表 2 单株冷杉林木根系养分贮量分布

g · 株⁻¹

项目	有机质	N	P	K	Na	Mg	Zn	Fe	Mn	Ca	Cu	总计
细根	6 812	47.42	2.86	11.04	2.81	13.30	0.19	0.83	8.71	8.78	2.31	98.25
中根	11 139	64.81	4.87	19.08	4.25	19.45	0.41	1.26	13.54	15.13	4.42	147.20
粗根	13 311	52.98	5.76	21.22	3.83	13.30	0.53	1.38	13.98	17.31	5.66	135.94
总计	31 262	165.21	13.49	51.34	10.89	46.05	1.13	3.47	36.23	41.22	12.39	381.39
南	9 602	62.35	3.71	15.88	3.06	14.06	0.34	1.16	12.77	13.55	3.54	130.42
东	8 104	43.74	3.14	12.94	2.37	11.38	0.29	0.92	10.94	10.20	2.63	98.56
北	7 252	27.66	3.76	11.50	2.37	10.25	0.30	0.69	5.93	7.73	3.35	73.55
西	6 304	31.45	2.88	11.02	3.08	10.35	0.20	0.69	6.60	9.74	2.87	78.87
南 0~1 m	3 356	20.88	1.23	5.05	0.88	3.60	0.12	0.33	3.37	4.07	1.04	40.57
南 1~2 m	2 204	16.91	0.83	3.51	0.59	3.70	0.07	0.18	3.10	3.06	0.74	32.68
南 2~3 m	3 642	21.16	1.49	6.53	1.44	6.14	0.14	0.61	5.59	5.87	1.60	50.58
南 3~4 m	400	3.40	0.17	0.79	0.15	0.62	0.02	0.05	0.70	0.54	0.15	6.59
东 0~1 m	1 552	8.25	0.65	2.61	0.12	2.13	0.07	0.22	2.67	2.23	0.57	19.52
东 1~2 m	986	3.50	0.43	1.45	0.35	1.36	0.04	0.12	0.98	0.89	0.35	9.46
东 2~3 m	2 756	14.88	0.98	4.13	0.98	4.33	0.08	0.28	3.87	3.25	0.73	33.50
东 3~4 m	1 931	9.45	0.72	3.05	0.66	1.92	0.08	0.18	2.22	3.00	0.68	21.95
东 4~5 m	878	7.66	0.37	1.70	0.27	1.65	0.03	0.12	1.20	0.84	0.28	14.12
北 0~1 m	3 935	13.95	1.73	6.25	1.13	5.50	0.16	0.41	2.97	4.77	1.84	38.72
北 1~2 m	1 771	8.16	1.06	2.63	0.62	2.70	0.06	0.12	1.43	2.13	0.75	19.67
北 2~3 m	1 545	5.55	0.97	2.62	0.62	2.04	0.08	0.16	1.53	0.83	0.76	15.15
西 0~1 m	1 091	4.87	0.55	1.75	0.44	2.21	0.04	0.17	1.30	1.64	0.46	13.43
西 1~2 m	580	2.78	0.20	0.85	0.23	0.56	0.02	0.06	0.72	0.79	0.24	6.45
西 2~3 m	743	3.84	0.27	1.12	0.29	0.95	0.03	0.08	0.84	1.08	0.30	8.80
西 3~4 m	664	4.65	0.24	1.13	0.53	0.69	0.02	0.09	0.82	1.18	0.29	9.65
西 4~5 m	664	5.38	0.35	1.13	0.41	0.80	0.03	0.07	0.63	0.95	0.30	10.05
西 5~6 m	243	0.69	0.09	0.42	0.09	0.30	0.01	0.02	0.14	0.38	0.10	2.25
西 6~7 m	1 355	5.59	0.64	2.74	0.59	2.98	0.03	0.11	1.34	2.17	0.70	16.87
西 7~8 m	449	1.34	0.29	0.80	0.26	0.75	0.01	0.04	0.48	0.77	0.23	4.97
西 8~9 m	283	1.04	0.13	0.51	0.15	0.56	0.01	0.04	0.21	0.48	0.14	3.28
西 9 m 以上	232	1.27	0.11	0.55	0.08	0.56	0.01	0.01	0.10	0.31	0.12	3.11

3.3 冷杉根系营养元素单位面积贮量与其它树种的比较

根据平均木根系养分贮量和单位面积冷杉的株数得出单位面积冷杉林木根系养分贮量分布(表 3)。单位面积冷杉林木根系中大量元素积累分别为 N 32.22、P 2.63、K 10.01、Ca 8.04、Mg 8.98 kg · hm⁻²。张硕新等^[3]对秦岭火地塘林区主要森林类型的营养循环研究表明,华山松(*Pinus amandi* Franch.)根系中积累 N 30.2、P 3.5、K 25.8、Ca 15.3、Mg 6.1 kg · hm⁻²,油松根系中 N 37.7、P 5.9、K 39.0、Ca 35.1、Mg 7.5 kg · hm⁻²,锐齿栎(*Quercus aliena* var. *acuteserrata* Maxim.)根系中 N 43.8、P 10.4、K 90.9、Ca 117.4、Mg 20.3 kg · hm⁻²。这些树种相比较,冷杉根系 N 元素贮量高于华山松而低

于锐齿栎和油松;P、K、Ca 元素贮量均低于华山松、锐齿栎和油松;Mg 元素贮量高于华山松和油松而低于锐齿栎。

表 3 单位面积冷杉林木根系养分贮量分布

kg · hm⁻²

项目	有机质	N	P	K	Ca	Mg
细根	1 328.34	9.25	0.56	2.15	1.71	2.59
中根	2 172.11	12.64	0.95	3.72	2.95	3.79
粗根	2 595.65	10.33	1.12	4.14	3.38	2.59
总计	6 096.09	32.22	2.63	10.01	8.04	8.98

4 结论

(1) 急尖长苞冷杉根系养分总含量在不同方向顺序为:南 > 西 > 东 > 北,其中 N、K、Fe、Mn 等元素

的含量有差异,其它元素的含量差异不大。

(2)不同粗度的急尖长苞冷杉根系,养分含量差异较大,养分总含量顺序为:细根 >中根 >粗根,细根的养分总含量是粗根的 1.46 倍。其中 N、Mg、Fe、Mn 元素的规律性较强,其它元素的含量变化不大。

(3)随根系长度的增加,养分总含量也在增加,特别是在细根中,这种趋势尤为明显。各元素中随根系长度的增加,N、K、Na、Mg、Zn、Mn 等养分元素含量也增加,而 P、Fe、Ca、Cu 等元素的含量无大的变化。

(4)单株林木根系养分贮量受生物量的大小和养分含量的高低影响,不同粗度的根系中生物量的顺序依次是粗根 >中根 >细根,养分贮量的分布顺序是中根 >粗根 >细根,而养分总含量为细根 >中根 >粗根,这种养分贮量与生物量、养分含量的不一致性,说明根系养分贮量受养分含量的影响较大,以生物量较大而养分含量较高的中根为最大。各元素在根系中的贮量依次为:N > K > Mg > Ca > Mn > P > Cu > Na > Fe > Zn,贮量范围在 1.13 ~ 165.21 g 之间。

(5)单位面积冷杉林木根系中大量元素贮量与华山松、锐齿栎和油松相比,只有 N 元素贮量高于华山松,Mg 元素贮量高于华山松和油松,其它元素均低于这些树种。

参考文献:

- [1] 马钦彦. 中国油松生物量的研究 [A]. 见:周晓峰. 中国森林生态系统定位研究 [M]. 哈尔滨:东北林业大学出版社, 1994: 500 ~ 508
- [2] 单建平,陶大立,王森,等. 长白山阔叶红松林细根周转的研究 [J]. 应用生态学报, 1993, 4(3): 241 ~ 245
- [3] 张硕新,雷瑞德,刘广全. 秦岭火地塘林区主要森林类型的营养循环 [J]. 西北林学院学报, 1996, 11(增): 115 ~ 120
- [4] 叶功富,黄宝龙. 木麻黄林生态系统营养元素的地球化学循环 [J]. 南京林业大学学报, 1998, 22(1): 5 ~ 8
- [5] 刘茜,项文化,蔡宝玉,等. 湿地松人工林养分循环及密度关系的研究 [J]. 林业科学, 1998, 34(3): 11 ~ 17
- [6] 刘增文,李雅素. 黄土丘陵区柠条林地养分状况及其循环规律 [J]. 生态学杂志, 1997, 16(6): 27 ~ 29
- [7] 刘增文,李玉山,刘秉正,等. 黄土残塬沟壑区刺槐人工林生态系统的养分循环与动态模拟 [J]. 西北林学院学报, 1998, 13(2): 34 ~ 40
- [8] 陈辉. 经济林木生物量与养分循环规律和营养研究概述 [J]. 经济林研究, 1999, 17(3): 47 ~ 49
- [9] 李志辉,李跃林,谢耀坚. 巨尾桉人工林营养元素积累、分布和循环的研究 [J]. 中南林学院学报, 2000, 20(3): 11 ~ 19
- [10] Edward A G, Pamela A M. Net primary productivity and nutrient cycling across a mesic to wet precipitation gradient in Hawaiian montane forest [J]. Oecologia, 2001, 128: 431 ~ 442
- [11] Attiwill PM, Guthrie HB, Leuning R. Nutrient cycling in a *Eucalyptus obliqua* forest I litter production and nutrient return [J]. Australian Journal of Botany, 1978, 26(1): 79 ~ 91
- [12] Sayerl E J, Tannerl E V J, Cheesman A W. Increased litterfall changes fine root distribution in a moist tropical forest [J]. Plant and Soil, 2006, 281(1-2): 5 ~ 13
- [13] 林德喜,刘开汉,罗永发. 尾叶桉营养元素动态和循环分析 [J]. 应用与环境生物学报, 2002, 8(2): 148 ~ 153
- [14] 肖祥希. 马尾松人工林生态系统养分特性的研究 [J]. 福建林业科技, 2000, 27(4): 14 ~ 18
- [15] 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
- [16] 林开敏,洪伟,俞新妥,等. 杉木成熟林林下植物生物量及其取样技术研究 [J]. 福建林学院学报, 2001, 21(1): 28 ~ 31