

锐齿栎林非同化器官营养元素含量的分布

刘广全^{1,2}, 赵士洞³, 王 浩¹, 土小宁⁴

(1. 中国水利水电科学研究院, 北京 100044; 2. 西北农林科技大学, 杨凌, 712100; 3. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 4. 水利部沙棘开发管理中心, 北京, 100038)

摘要:锐齿栎林非同化器官营养元素含量的大小为, N: 皮>枝>根>边材>心材, P: 根>枝>皮>边材>心材, K: 枝>皮>根>边材>心材, Ca: 皮>枝>根>心材>边材, Mg: 根>皮>枝>边材>心材。不同枝径和冠层枝营养元素含量存在一定差异; 干皮及干木质部营养元素含量与园盘高度呈显著的正相关或正相关, 随圆盘由基部到梢部高度的增加均呈增加的趋势; 干营养元素含量为干皮>边材>心材, 三者呈极显著的正相关或显著的正相关。随林木根径和根系在土层中的增加, 根系营养元素含量均呈降低的趋势。69 年生个体生物量和营养元素积累量分别为 1235.782 和 14.4977kg, 其中 N、P、K、Ca、Mg 的积累量分别占营养元素积累量的 20.2%、8.5%、20.4%、53.0% 和 2.9%; 根、干、皮、枝和叶的生物量分别占生物总量的 17.05%、49.59%、9.18%、24.30% 和 0.86%, 营养元素积累量分别占总量的 14.93%、22.65%、21.19%、36.97%、4.25%。

关键词:锐齿栎林; 非同化器官; 营养元素; 分布

Nutrient distribution for non-photosynthetic organs in the sharp-tooth oak stands

LIU Guang-Quan^{1,2}, ZHAO Shi-Dong³, WANG Hao¹, TU Xiao-Ning⁴ (1. *China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100044, China*; 2. *Northwest Science and Technology University of Agriculture and Forestry, Yangling, 712100, China*; 3. *Institute of Geographical Sciences and Natural Resources, CAS, Beijing 100101, China*; 4. *China National Administration Center for Seabuckthorn Development, Beijing, 100038, China*)

Abstract: The nutrient percentage contents for non-photosynthetic organs in the sharptooth oak stands are in the following order. N is: barks>branches>roots>sapwood>heartwood, P is: roots>branches>barks>sapwood>heartwood, K is: branches>barks>roots>sapwood>heartwood, Ca is: barks>branches>roots>heartwood>sapwood, Mg is: roots>barks>branches>sapwood>heartwood. The nutrient percentage contents of branches and roots decrease with increase in branch and root diameter, and have difference in different crown layers and soil layers. The nutrient percentage contents of bole xylem and barks raise from base to tip of bole. The nutrient percentage and accumulation contents in different organs are leaves>barks>branches>roots>boles and branches>boles>barks>roots>leaves respectively. The paper gives a suggestion for sampling number for determined nutrient contents of different organs in sharptooth oak stands.

Key words: *Q. aliena* var. *acuteserrata*; non-photosynthetic organs; nutrient content; distribution

文章编号: 1000-0933(2001)03-0422-08 中图分类号: S718.554.2 文献标识码: A

锐齿栎(*Quercus aliena* var. *acuteserrata*) 分布于我国暖温带以及北亚热带的山区^[1], 秦岭是锐齿栎的集中分布区^[2]。其木材坚硬耐磨, 可供建筑、装璜、家具制造等用, 也是培养天麻、木耳、香菇等多种珍贵药

基金项目: 国家重点基础研究发展规划资助项目 (G1999043602)

本研究得到了 张仰渠 教授和杨茂生教授的指导, 特此致谢。

收稿日期: 1999-07-20 修稿日期: 2000-11-20

作者简介: 刘广全 (1964~), 男, 陕西商南人, 博士, 高工。主要从事陆地生态系统与水资源关系研究。

材和食用菌的优质原料;它的种子、树皮、壳斗可提供栲胶,同时锐齿栎林又具有很好的水源涵养功能^[3~8]和改良土壤作用^[9]。秦岭林区现有锐齿栎林 $86.36 \times 10^4 \text{ hm}^2$,蓄积 $6281 \times 10^4 \text{ m}^3$,分别占秦岭林区有林地面积的 39.36%,蓄积的 36.70%,是秦岭林区的主要森林类型和木材资源^[10]。全面研究锐齿栎林不同器官营养元素的变化规律,不仅为森林生态系统研究积累了基本数据,而且对于林分的营养诊断,合理经营都有重要的意义。

1 研究区的概况

研究区位于 $33^\circ 18' \sim 34^\circ 26' \text{ N}$, $106^\circ 04' \sim 110^\circ 40' \text{ E}$,海拔 800~2300m 的秦岭山地;分布区的年均气温 $6.1 \sim 8.5^\circ \text{C}$,最高气温 $30.0 \sim 40.0^\circ \text{C}$,最低气温 $-12.0 \sim -25.0^\circ \text{C}$, $\geq 10^\circ \text{C}$ 积温 2100~2900 $^\circ \text{C}$,年降雨量 800~1000mm,年蒸发量 700~950mm,相对湿度 65.0%~78.0%,无霜期 160~196 d,为温湿气候区。土壤多为山地弱灰化棕色森林土和山地棕色森林土,成土母质以花岗岩、片麻岩为主,土层较厚,多在 40cm 以上,pH 值为 6.5 左右,沙壤和壤土质地,土壤结构良好,肥力较高。

秦岭锐齿栎林层次分化明显,乔木、灌木、草本和活地被层发育完整,有丰富的层间植物。乔木层被分为两个亚层,第一亚层的高度可达 12~18m,主要树种有锐齿栎、华山松(*Pinus armandi*)、油松(*P. tabulaeformis*)、山杨(*Populus davidiana*)、栓皮栎(*Q. variabilis*)、青冈(*Cyclobanopsis glauca*)、青杨(*P. cathayensis*)、椴(*Tilia* sp.)、漆树(*Toxicodendron vernicifluum*)、槲栎(*Q. detata*)、枫杨(*Pterocarya stenoptera*)、水冬瓜(*P. purdumii*)、桦木(*Betula* sp.)等大乔木组成;第二亚层树高为 5~11m,主要种有鹅耳枥(*Carpinus* sp.)、木姜子(*Litsea* sp.)、三桠乌药(*Lindera obtusiloba*)、千金榆(*Carpinus cordata*)、花楸(*Sorbus* sp.)、槭(*Acer* sp.)和稠李(*Prunus* sp.)等小乔木树种构成,乔木树种共计 20 余种。灌木层主要种有:箭竹(*Sinarundinaria nitida*)、毛樱桃(*Prunus tomentosa*)、甘肃山楂(*Crataegus kansuensis*)、榛子(*Corylus heterophylla*)、华北绣线菊(*Spiraea fritschiana*)、美丽胡枝子(*Leaspedeza formosa*)、中华绣线梅(*Neillia sinensis*)、栓翅卫茅(*Euonymus phellomana*)、青英叶(*Helwingia japonica*)及薇属(*Rosa*)等 30 多种构成。草本层发育较弱,高度一般在 50cm 以下,覆盖度不大于 25%,主要种有针苔草(*C. onoei*)、崖棕(*C. siderosticta*)、唐松草(*Thalictrum* spp.)、三脉紫菀(*Aster ageratoides*)、鹿蹄草(*Pyrola rotundifolia*)、糙苏(*Phlomis umbrosa*)、菝葜(*Smilax tiparia*)、铃兰(*Convallaria keiskei*)、玉竹(*Polygonatum odoratum*)、茜草(*Rubia cordifolia*)等。锐齿栎林内层间植物十分丰富,多达 60 余种,主要有猕猴桃科、蔷薇科、百合科、毛茛科、葡萄科等,常见种有南蛇藤(*Celastrus* sp.)、猕猴桃(*Actinidia* sp.)、五味子(*Schisandra chinensis*)、鸡矢藤(*Paederia scandens*)、三叶木通(*Akebia trifoliata*)、藤山柳(*Clematoclethra lasioclada*)、串果藤(*Sinofranchetia chinensis*)、大叶葡萄(*Ampelopsis megalophylla*)、毛葡萄(*Vitis quinquangularis*)、盘叶忍冬(*Lonicera tragophylla*)和小叶菝葜(*Smilax microphylla*)等。

2 研究方法

2.1 标准地的选择及样品采集

测定林分生物量的现存量 and 生产力,用标准地-标准木-分层切割法。在秦岭锐齿栎林分布带不同地段,按照林分因子、立地因子及人为干扰程度等,设置 $0.04 \sim 0.15 \text{ hm}^2$ 标准地 33 块。对每块标准地进行每木检尺,确定平均标准木和径阶标准木,伐倒标准木,采用分层切割法测定林木生物量的现存量。地上部分树高大于 11.0m 的,树干采用 2.0m 一个区分段,树高不大于 11.0m 者采用 1.0m 一个区分段,叶和树皮按区分段分别取样;枝按粗度 $\leq 0.7 \text{ cm}$ 、 $\leq 1.5 \text{ cm}$ 、 $\leq 2.5 \text{ cm}$ 、 $> 2.5 \text{ cm}$ 划分为四个等级分别测定;地下部分,将土壤层次划分为 0~20cm、20~40cm、40~60cm 及 60cm 以下 4 个层次,每层根根据根径 $\leq 0.5 \text{ cm}$ 、 $\leq 2.0 \text{ cm}$ 、 $\leq 4.0 \text{ cm}$ 、 $> 4.0 \text{ cm}$ 划分 4 级和根桩分别测定。选取的样品现场密封,带回室内称量鲜重,并测定干、皮、枝、根样品的体积和叶长、宽及面积,然后置于 105°C 烘至恒重,称量各样品的干重,求出各样含水率和容重。

在锐齿栎林标准地内,按“W”形布设 5 个 $1 \times 1 \text{ m}^2$ 样方,林下植被灌木层分树叶、枝干取样,草本层取混合样,根系取样数据

机械分层取土样,测定其物理性质、含水率和有机质含量等指标。

2.2 营养元素的测定方法

将外业采集的植物样品在 85℃烘干,然后粉碎、装瓶、贴签待用;测定营养元素含量时,在 105℃烘 3h,精确称重,用 H₂SO₄-H₂O₂(以 Li₂SO₄:CuSO₄:Se=100:10:1 作为催化剂)凯氏消煮法溶样,备用测定。样品营养元素含量的化学分析,N 采用碱解扩散吸收法;P 采用钼蓝比色 721 型分光光度计法;K 采用火焰光度计法;Ca、Mg 采用 WFD-Y2 型原子吸收光谱法。

3 结果与分析

3.1 枝条中营养元素含量

枝条是连接树干和叶的纽带,也是叶的载体,枝条中营养元素含量的大小,在某种意义上可以显示出叶与树干的营养状况,研究枝营养元素的分布,可以作为树干和叶营养状况分析的补充,还可以为科学研究采集枝样,采伐基地枝条的合理利用提供依据。

在锐齿栎林标准地样木树冠中部采集枝样的化学分析结果如表 1,不同粗度枝营养元素含量明显不同,随锐齿栎枝径的增加枝内 N、P、K 的含量明显下降,但是 Ca、Mg 的含量在枝径不大于 0.7cm 时最大,枝径在 0.7~1.5cm 之间其含量有下降趋势,之后随枝径的增加而增大。

表 1 锐齿栎林不同枝径枝条中营养元素的含量

Table 1 Nutrient percentage contents in the different twigs of the sharptooth oak stands					
枝径 Twig classes(cm)	N	P	K	Ca	Mg
$D_T \leq 0.7$	0.6788±0.1248	0.1193±0.0273	0.5407±0.1459	1.2538±0.3067	0.0979±0.0305
$0.7 \leq D_T < 1.5$	0.4652±0.0902	0.0893±0.0325	0.4051±0.1090	1.0450±0.1830	0.0658±0.0190
$1.5 \leq D_T < 2.5$	0.3777±0.0602	0.0592±0.0124	0.3617±0.0961	1.0671±0.2475	0.0676±0.0186
$D_T > 2.5$	0.3111±0.0686	0.0480±0.0125	0.3361±0.0849	1.1353±0.2378	0.0719±0.0286

注:样本数 n=12

林木枝各营养元素含量的大小顺序随枝级的变化而不同,枝径 $D_T \leq 2.5$ cm 时,营养元素含量以 Ca 最高,其次为 N>K>Mg,P 的含量最低,与叶生长早中期营养元素含量的大小顺序一致;而枝径 $D_T > 2.5$ cm 时,其含量大小排序为 Ca>K>N>Mg>P,与树干、树皮和叶生长后期营养元素含量的大小顺序一致。

树冠不同层次枝条(枝径为 $0.7 \leq D_T \leq 1.5$ cm)营养元素的含量存在一定的差异,其变化趋势为 N、P、K、Mg 的含量随着枝条在冠层高度位置的增加而增加,变化趋势与叶营养元素含量的冠层变化规律相似;而 Ca 的含量随着枝在树冠中高度的增加而逐渐下降,达到某一高度后随着枝在冠层的位置的升高 Ca 的含量逐渐增加,Ca 在树冠不同层次枝含量的变化趋势与树干部同高度的含量变化相似(表 2)。

根据表 1 锐齿栎林不同枝径枝营养元素含量的变异系数,确定测定枝营养元素含量的最少采样株数。

表 2 锐齿栎林树冠不同层次枝条内营养元素的含量
Table 2 Nutrient percentage contents in the twigs of different crown layers of the sharptooth oak stands

枝高(m) Twig heights	N	P	K	Ca	Mg
7.5	0.4196	0.0674	0.2868	1.0599	0.0461
8.5	0.4167	0.0705	0.3200	0.9594	0.0512
9.5	0.4145	0.0678	0.3402	0.8769	0.0471
10.5	0.4642	0.0741	0.4166	1.0772	0.0763
11.5	0.4849	0.0780	0.4286	1.1479	0.0765
12.5	0.5099	0.0819	0.5080	1.1696	0.0819
13.5	0.5111	0.0955	0.4768	1.2827	0.0826

结果表明,分析锐齿栎林枝条中 N、P、K、Ca 和 Mg 含量所需要样木的最少株数分别为 6、2、8、21 和 2 株^[12]。

3.2 树干中营养元素含量

锐齿栎林树干不同高度圆盘的化学分析发现,树干皮及木质部营养元素的积累和分布存在一定的规律性。树干木质部圆盘高度由低到高,N、P、K、Ca 和 Mg 含量与圆盘高度呈显著的正相关或正相关,其变化规律都遵从 $y=a+bx$ 曲线(式中 y 为树干木质部营养元素含量,x 为木质部所在圆盘圆高度)(表 3),只是因为样木的年龄以及地点的不同,锐齿

栎林个体树干营养元素含量的垂直变化梯度、相关性大小有所不同。

N、P、K 在林木体内不仅是重要的营养元素,而且是比较活泼的营养元素,它们主要是通过树木根系吸收,经过木质部运输,一部分在运输的过程中被转化或利用,另一部分以离子的状态在物质“内需力”的作用及叶片蒸腾牵引力的作用下,使其达到最需要的幼嫩叶片、分生组织和生长点,所以树干木质部 N、P、K 的含量随着树干高度的增加呈现上升趋势,在树干梢部达到峰值。Ca 在树干木质部的含量,树干基部(0~1.3m)处含量较高,中部含量较低,树干上部的含量明显增加;为了支持强大的树体,树干基部机械性能强,细胞木质化程度高,细胞壁厚;树梢的细胞分裂强烈,需要 Ca 量大,而且叶片光合产物草酸钙部分通过枝条向树干转移和积累。树干木质部 Mg 的含量随着树干圆盘高度的增加呈现增加趋势,可能与 Mg 的可移动性及叶片的同化速率有关。

锐齿栎林树干木质部营养元素含量的平均值大小顺序为,Ca 的含量最高,P 的含量最低,其他依次为 K>N>Mg,与叶生长末期营养元素含量的大小次序一致^[11,12]。

表 3 锐齿栎林树干不同高度木质部营养元素含量
Table 3 Nutrient percentage contents in the bole xylem of different height discs of the sharptooth oak stands

圆盘高度(m) Disc heights	N	P	K	Ca	Mg
0.3	0.0688	0.0115	0.1819	0.1290	0.0043
1.3	0.0684	0.0109	0.1524	0.0900	0.0067
2.5	0.0671	0.0144	0.1586	0.0944	0.0091
3.5	0.0691	0.0152	0.2511	0.0828	0.0101
4.5	0.0690	0.0156	0.2753	0.0988	0.0106
5.5	0.0749	0.0147	0.2792	0.1000	0.0134
6.5	0.1296	0.0205	0.2458	0.1525	0.0121
7.5	0.1059	0.0197	0.2380	0.1648	0.0116
8.5	0.1198	0.0197	0.2796	0.1848	0.0149
9.5	0.1218	0.0201	0.2675	0.4483	0.0360
10.5	0.1396	0.0232	0.2516	0.3617	0.0364
11.5	0.1324	0.0224	0.3787	0.2932	0.0422
12.5	0.1837	0.0478	0.3472	0.4668	0.0490
13.5	0.2666	0.0510	0.3186	0.4571	0.1223
14.0	0.5184	0.0849	0.5202	0.5181	0.1023

表 4 锐齿栎林树干不同高度树皮营养元素含量
Table 4 Nutrient percentage contents in the bole barks of different height discs of the sharptooth oak stands

圆盘高度(m) Disc heights	N	P	K	Ca	Mg
0.3	0.1893	0.0222	0.3868	1.9600	0.0594
1.3	0.3104	0.0291	0.4147	2.0886	0.0625
2.5	0.4085	0.0332	0.4530	2.0009	0.1179
3.5	0.3749	0.0302	0.4844	2.0090	0.0508
4.5	0.3972	0.0303	0.4926	2.0902	0.0852
5.5	0.3730	0.0314	0.4978	2.0102	0.0632
6.5	0.4695	0.0708	0.5103	2.1187	0.1164
7.5	0.4978	0.0667	0.5471	2.3787	0.0886
8.5	0.5115	0.0648	0.5480	2.3552	0.0925
9.5	0.6442	0.0655	0.6028	2.4743	0.0979
10.5	0.6325	0.0691	0.7831	2.5934	0.0977
11.5	0.6457	0.0697	0.8416	2.5664	0.0967
12.5	0.6865	0.0675	1.2271	2.6550	0.1037
13.5	0.7075	0.0695	1.2230	2.8129	0.1322

树皮的生长也表现出年轮的形式,是形成层逐渐分化的结果,而且外皮层随着树木年龄的增长而逐渐脱落,它是营养元素变化比较活跃的部位。化学分析发现,锐齿栎林树干皮营养元素含量随树干圆盘高度增加的变化规律为: $y=a+bx$ 曲线(式中 y 为树干皮中营养元素的含量, x 为树皮所在的圆盘高度)(表 4),随树干由基部到梢部高度的增加,树皮内 N、P、K、Ca 和 Mg 的含量均呈现增加的趋势。锐齿栎林树皮内营养元素含量排序为:Ca>K>N>Mg>P(平均值),与叶生长末期及树干木质部营养元素含量的大小次序一致。

锐齿栎是心材树种,研究树干皮、边材、心材营养元素之间的相互关系,对于认识营养元素在树干中的横向运输规律及树干各组织在森林生态系统营养元素循环中的作用都有一定的意义。锐齿栎林树干皮、边材、心材营养元素之间的相互关系(表 5),可见树干皮与边材之间、边材与心材之间各营养元素间呈极显著的正相关或显著的正相关。

表 5 锐齿栎树皮、边材、心材营养元素之间关系的相关分析(r 值)

Table 5 Relative analysis of the nutrient percentage contents between in bole barks and sapwood, sapwood and heartwood of the sharptooth oak stands					
元素 Elements	N	P	K	Ca	Mg
干皮与边材 Bark and sapwood	0.8567 ³⁾	0.7668 ²⁾	0.7785 ²⁾	0.7402 ²⁾	0.7572 ²⁾
边材与心材 Sapwood and heartwood	0.7343 ²⁾	0.8509 ³⁾	0.6062 ¹⁾	0.6933 ¹⁾	0.7459 ²⁾

注:在 1)、2)和 3)分别为 $\alpha \leq 0.05$ 、 $\alpha \leq 0.01$ 和 $\alpha \leq 0.001$ 水平上显著相关

锐齿栎树干营养元素含量树皮/边材的 N、P、K、Ca 和 Mg 分别为:2.72~3.32、1.06~1.79、1.06~1.87、4.80~6.49 和 2.95~4.57;边材/心材的 N、P、K、Ca 和 Mg 分别为:1.01~1.51、1.14~2.53、1.14~2.07、1.31~1.90 和 1.60~2.38。可见锐齿栎树干中营养元素的含量树皮内最高,边材的居中,心材的最低,由于边材是具有生理功能的次生木质部,起着输导和机械双重功能,心材是树干的中央部分,形成较早,是较年老的木质部,主要起机械作用,所以其营养元素含量边材大于心材,也说明营养元素的横向运输是由心材向边材。

3.3 根系中营养元素含量

根系是连接植物和土壤的中枢,既是植物营养物质和水分主要吸收器官,又是营养物质和能量储存库。探讨锐齿栎林根系营养元素分布状况是分析其营养元素生物循环不可缺少的环节。

不同根径(D_R)锐齿栎林根系营养元素含量的化学分析结果见表 6,随着根径的增加,根系 N、P、K、Ca、Mg 的含量均呈显著降低的趋势。不同根径内锐齿栎林根系营养元素含量平均值 Ca 最大,P 的最小,其他大小顺序为 $K > N > Mg$ 。

表 6 锐齿栎林不同根径根系中营养元素的含量

Table 6 Nutrient percentage contents in the different class roots of the sharptooth oak stands

根径 (cm) Root classes	营养元素百分含量 ($\bar{X} \pm S_X$) Nutrient percentage contents									
	N		P		K		Ca		Mg	
$D_R \leq 0.5$	0.4236	± 0.0915	0.1133	± 0.0506	0.5133	± 0.0656	1.4971	± 0.3402	0.1475	± 0.0538
$0.5 \leq D_R < 2.0$	0.3279	± 0.0915	0.0849	± 0.0335	0.3938	± 0.0648	1.1688	± 0.2507	0.0989	± 0.0275
$2.0 \leq D_R < 4.0$	0.2742	± 0.0618	0.0711	± 0.0242	0.3414	± 0.0848	1.0938	± 0.3414	0.0939	± 0.0383
$D_R > 4.0$	0.2289	± 0.0471	0.0550	± 0.0107	0.3071	± 0.1168	0.9661	± 0.3035	0.0689	± 0.0296

研究不同土壤层次锐齿栎林根系营养元素含量的结果表明,锐齿栎林不同层次根营养元素的含量是不相同的,根径为 0.5~2.0cm 之间的根系,随着根系位于土壤深度的增加,根系中 N、P、K、Ca、Mg 的含量均呈降低的趋势(表 7),根系各层次营养元素含量的平均值接近于 20~40cm 层次的测定值,所以建议分析该种林分根系营养元素含量时,在 20~40cm 土层采样。

根据锐齿栎林样木根系不同根径营养元素含量的变异系数,确定了测定锐齿栎林根系营养元素含量需要样本的最少株数,计算结果为分析锐齿栎林根系中 N、P、K、Ca、Mg 的含量所需要的最少样本株数分别为 4、2、6、21、2^[12]。

分析锐齿栎林营养状况时,不同器官、不同元素所需要样本的最少株数不完全相同(表 8)。如测定叶、枝、根 N 的含量时,所需最少样本数分别为 3、6、4 株。

3.4 锐齿栎林个体营养元素的空间分布

以上论述了锐齿栎林个体枝条、树皮、树干、根系等器官的营养元素含量和分布,在此可以分析其个体的营养元素含量、积累及其分布更有意义。69 年生树高 26.3m、胸径 34.7cm 的锐齿栎林个体非同化器官营养元素含量的空间分布如表 9,不同器官营养元素含量的大小排序为:N,皮>枝>根>边材>心材,P,根>枝>皮>边材>心材;K,枝>皮>根>边材>心材;Ca,皮>枝>根>心材>边材;Mg,根>皮>枝>边材>心材。可见林分营养元素生物循环中树皮的重要作用。

表 7 锐齿栎林不同土壤层次根系中营养元素含量

Table 7 Nutrient percentage contents of the roots in the different soil layers of the sharptooth oak stands										
土壤层次(cm)		营养元素百分含量 ($X\pm S_X$) Nutrient percentage contents								
Soil layers		N			P			K		
								Ca		
								Mg		
0~20		0.3675±	0.0665	0.0843±	0.0173	0.4182±	0.0625	1.1984±	0.3152	0.1148±
20~40		0.3109±	0.0817	0.0772±	0.0191	0.3870±	0.0509	1.2340±	0.1657	0.0876±
40~60		0.2815±	0.0247	0.0744±	0.0607	0.3972±	0.0569	1.1528±	0.2436	0.0990±
60 以下		0.2947±	0.0101	0.0756±	0.0310	0.3655±	0.0499	1.1666±	0.1325	0.0755±
平均值 Average		0.3137±	0.0379	0.0780±	0.0040	0.3910±	0.0188	1.1880±	0.0313	0.0942±

表 8 测定锐齿栎林不同器官营养元素含量所需最少样本数

Table 8 Minimal sampling for determined nutrient contents in the different organs of the sharptooth oak stands

器官 Organs	N	P	K	Ca	Mg
叶片 Leaves	3	4	9	10	4
枝条 Twigs	6	2	8	21	2
根系 Roots	4	2	6	21	2

占生物总量的 17.05%、49.59%、9.18%、24.30%和 0.86%;而营养元素积累量分别为:2158.137、3273.082、3062.610、5343.361 和 614.523g,分别占营养元素积累总量的 14.93%、22.65%、21.19%、36.97%、4.25%;各器官生物量排序为:干>枝>根>皮>叶,而不同器官营养元素积累量的排序为:枝>干>皮>根>叶,二者所占的比例不同,由于营养元素积累量不仅取决于各器官生物量,而且取决于各器官的营养元素含量。

表 9 锐齿栎林个体非同化器官中营养元素的平均含量

Table 9 Average nutrient percentage contents in non-photosynthetic organs of the sharptooth oak stands

器官 Organs	N	P	K	Ca	Mg
枝条 Twigs	0.508	0.066	0.365	0.950	0.052
干皮 Bole barks	0.819	0.061	0.361	1.906	0.076
边材 Sapwood	0.140	0.041	0.287	0.341	0.019
心材 Heartwood	0.123	0.025	0.212	0.367	0.014
根系 Roots	0.279	0.115	0.238	0.898	0.084

4 结 论

锐齿栎林不同粗度枝条营养元素的含量明显不同,随着枝径的增加枝内 N、P、K 的含量明显下降,但 Ca、Mg 含量在枝径不大于 0.7cm 时最大,枝径 0.7~1.5cm 之间含量有下降趋势,之后随枝径的增加而增加。枝各营养元素含量的大小顺序随枝级的变化而不同,枝径 $D_T\leq 2.5$ cm 时,Ca 的含量最高,其次为 N、K、Mg、P 的最低,与叶生长早中期营养元素含量的大小顺序一致;而枝径 $D_T>2.5$ cm 时,其含量排序为 $Ca>K>N>Mg>P$,与干、皮和叶生长后期营养元素含量顺序一致。不同冠层次枝中营养元素含量存在一定的差异,其变化趋势为:N、P、K、Mg 含量随枝在冠层高度位置的增加而增加;Ca 含量随枝在树冠中高度的增加而逐渐下降,达到某一高度后随枝在冠层的位置的升高而增加。测定锐齿栎林枝 N、P、K、Ca 和 Mg 含量所需样木的最少样本数分别为 6、2、8、21 和 2 株。

69 年生锐齿栎的生物量为 1235.782kg,营养元素积累量为 14.4977kg,占生物量的 1.646%,其中 N、P、K、Ca、Mg 的积累量分别为 2.9318、0.5100、2.9621、7.6789 和 0.4195kg,分别占营养元素积累量的 20.2%、8.5%、20.4%、53.0%和 2.9%,个体各营养元素积累量大小排序为:Ca>K>N>P>Mg。

69 年生锐齿栎个体根、干、皮、枝的生物量分别为:210.644、612.847、101.272 和 300.335kg,分别占生物总量的 17.05%、49.59%、9.18%、24.30%和 0.86%;而营养元素积累量分别为:2158.137、3273.082、3062.610、5343.361 和 614.523g,分别占营养元素积累总量的 14.93%、22.65%、21.19%、36.97%、4.25%;各器官生物量排序为:干>枝>根>皮>叶,而不同器官营养元素积累量的排序为:枝>干>皮>根>叶,二者所占的比例不同,由于营养元素积累量不仅取决于各器官生物量,而且取决于各器官的营养元素含量。

各器官营养元素积累量的相对分配差别较大(表 10)。叶是一个非常活跃的器官,生长周期为 1a,生物量占总量的 0.86%,而营养元素积累量占总量的 4.23%。树皮是一个比较特殊的器官,虽然它的生物量仅为总量的 9.18%,但营养元素积累量却占总量的 21.19%,特别是 N、Ca、Mg 的积累量。枝的生物量占总量的 24.30%,因为营养元素含量较高,因此营养元素积累量也较高(占总量的 36.97%)。虽然干材生物量很高,但是由于营养元素含量较低,故营养元素积累量也较低。

表 10 69 龄锐齿栎个体各器官营养元素积累和分配

Table 10 Nutrient accumulation and distribution in the individual organs at age 69 of the sharptooth oak stands

器官 Organs	根系 Roots	树干 Bole	树皮 Bark	枝条 Twigs	叶片 Leaves	合计 Total
生物量 Biomass(kg)	210.644	612.347	101.272	300.335	10.685	1235.783
(%)	17.0	49.6	8.22	4.3	0.9	100.0
N(g)	343.176	658.314	453.353	1082.028	344.786	2881.657
(%)	11.9	22.3	15.7	37.6	12.0	19.9
P(g)	172.179	135.664	49.780	130.732	20.640	508.995
(%)	33.3	26.7	9.8	25.7	4.1	3.5
K(g)	348.157	1176.138	407.672	891.446	138.666	2962.079
(%)	11.8	39.7	13.8	30.1	4.7	20.5
Ca(g)	1187.694	1239.679	2067.089	3103.963	85.636	7684.061
(%)	15.5	16.1	26.9	40.4	1.1	53.2
Mg(g)	106.931	63.237	84.716	135.192	24.507	414.633
(%)	25.3	15.3	20.4	32.6	5.9	2.9
合计 Total	2158.137	3273.082	3062.610	5343.361	614.235	14451.425
(%)	14.9	21.2	21.2	37.0	4.3	100.0

树干皮及木质部中营养元素的积累和分布规律为,圆盘高度由低到高,树干木质部中 N、P、K、Ca 和 Mg 含量与圆盘高度呈显著的正相关或正相关。木质部营养元素含量平均值排序为,Ca 最高,P 最低,其他依次为 K>N>Mg。树干皮营养元素含量随着圆盘由基部到梢部高度的增加,干皮内 N、P、K、Ca 和 Mg 的含量均呈现增加的趋势。干皮内营养元素含量排序为 Ca>K>N>Mg>P(平均值)。树干营养元素含量以树皮最高,边材居中,而心材最低;且干皮与边材之间、边材与心材之间各营养元素间呈极显著的正相关或显著的正相关。

不同根径根系营养元素含量随根径的增加,N、P、K、Ca、Mg 的含量均呈显著降低的趋势;不同根径锐齿栎林根系营养元素含量平均值 Ca 最大,P 最小,其他排序为 K>N>Mg。不同土层锐齿栎林根系中营养元素含量不同,随根系位于土层深度的增加,根系中 N、P、K、Ca、Mg 含量均呈降低的趋势,根系各层次营养元素含量的平均值接近于 20~40cm 层次的测定值。测定锐齿栎林根 N、P、K、Ca、Mg 含量所需最少样本株数分别为 4、2、6、21、2。

69 年生锐齿栎林个体非同化器官营养元素含量排序为:N,皮>枝>根>边材>心材;P,根>枝>皮>边材>心材;K,枝>皮>根>边材>心材;Ca,皮>枝>根>心材>边材;Mg,根>皮>枝>边材>心材,皮在林分营养元素生物循环中具有重要作用。该个体的生物量为 1235.782kg,营养元素积累量为 14.4977kg,其中 N、P、K、Ca、Mg 积累量分别为 2.9318、0.5100、2.9621、7.6789 和 0.4195kg,个体各营养元素积累量排序为:Ca>K>N>P>Mg。

林木营养元素的积累量不仅取决于各个器官生物量,而且取决于各器官的营养元素含量。69 年生锐齿栎个体根、干、皮、枝和叶的生物量分别占总量的 17.05%、49.59%、9.18%、24.30%和 0.86%;而营养元素积累量分别占总量的 14.93%、22.65%、21.19%、36.97%和 4.25%;各器官生物量排序为:干>枝>根>皮>叶,营养元素积累量排序为:枝>干>皮>根>叶,林木各器官营养元素积累量的相对分配差别较大。叶和皮的生物量分别占总量的 0.86%和 9.18%,而营养元素积累量占总量的 4.23%和 21.19%,可见二者在营养循环中的重要作用,特别是 N、Ca、Mg 的循环。

参考文献

- [1] 中国植被编委会. 北京:中国植被. 科学出版社,1983.
- [2] 朱志诚. 秦岭尖齿栎林的初步研究. 西北植物研究,1983,3(2):122~132.
- [3] 雷瑞德,王建让,谢应忠. 秦岭南坡林地涵养水分功能的初步研究. 陕西林业科技,1985,(5):20~32.
- [4] 杨茂生,唐臻. 秦岭辛家山林区锐齿栎林水源涵养功能的若干特点. 西北林学院学报,1991,7(1):1~7.
- [5] 唐臻. 锐齿栎林林冠截留与大气降水量的关系. 西北林学院学报,1992,8(4):8~13.
- [6] 雷瑞德,党坤良,尚廉兵. 秦岭林区森林水文效应的研究. 中国森林生态系统定位研究. 哈尔滨:东北林业大学出版社,1994. 223~234.
- [7] 雷瑞德,唐臻. 人为活动对锐齿栎水文功能的影响. 中国森林生态系统定位研究. 哈尔滨:东北林业大学出版社,1994. 235~244.
- [8] 党坤良. 秦岭火地塘林区不同林地土壤径流特征的研究. 中国森林生态系统定位研究. 哈尔滨:东北林业大学出版社,1994. 252~260.
- [9] 王建让. 秦岭火地塘林区不同林分的枯枝落叶层的测定及其在水源涵养中的意义. 西北林学院学报,1984,(1):35~42.
- [10] 杨茂生,李广潮,陈东升,等. 秦岭森林分类与主伐更新. 西安:陕西科学技术出版社,1994. 46~73.
- [11] 张硕新. 华山松针叶营养元素含量的季节变化. 西北林学院学报,1990,5(1):8~14.
- [12] 高甲荣. 营养元素在油松非同化器官中分布的研究. 西北林学院学报,1988,3(2):1~8.