

湘西建群树种营养元素特征分析

黄瑞春¹, 曾 琴², 朱宁华²

(1. 湖南省湘西州森林生态研究试验站, 湖南 湘西 416000; 2. 中南林业科技大学 林学院, 湖南 长沙 410004)

摘 要:以湘西同密度的 8 树种人工林及其生境土壤为研究对象, 对其营养元素含量、元素之间交互作用以及元素含量特征分类进行了研究, 并根据林木中 9 种营养元素含量对 8 种林木进行了聚类分析。结果表明: 植物营养元素含量以 N 最高, 主要建群树种营养元素含量特点是 $\text{Ca} > \text{K} > \text{Mg}$ 型; 不同树种营养元素含量变异较大, Mn、Cu 变异系数较大, N、P、K、Ca、Mg、Fe、Zn 变异系数小于 50%, 其中 N 的变异系数最小; 叶片营养元素含量比值表明, 8 树种均属于 N 制约型植物; 元素间相关分析表明, P 和 K、Ca 和 Mg 元素之间存在明显正相关关系; 聚类分析结果表明, 8 树种分为 4 类, 第 1 类为华榛、南酸枣和蓝果树, 第 2 类为闽楠、黑壳楠和银木, 第 3 类为深山含笑, 第 4 类为银鹊。

关键词:建群树种; 营养元素含量; 相关性

中图分类号:S 718.55 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)11-0065-04

森林生态系统中的营养元素主要积累在土壤和林分系统中^[1], 土壤营养元素是影响林分生产力及其生态系统功能的因素^[2-6]。其分布、背景值的揭示以及空间分布规律是众多学者调查研究的重点。林分中乔木层是营养元素的主要汇集者。德国学者在 1876 年就测定了德国巴伐利亚地区人工林的养分含量^[7]。国内对林木营养元素含量的研究较多是针对各种不同植被类型进行的^[8-10], 且大部分针对 N、P 和 K 3 种元素^[11-12]。国外学者对其空间格局^[13]及化学计量特征^[14]也有相关方面的研究, 而对 Ca、Mg 及微量元素的测定研究相对较少。

另一方面, 湘西地处喀斯特地貌, 对该山区植物营养元素含量状况进行研究, 可以为该区植被的施肥策略的制定提供依据。目前对喀斯特山区植被的研究主要集中于宏观方面的调查^[15-16], 对植物营养元素的研究仅有零星报道^[17-18]。

现以湘西青坪同密度的 8 树种人工林及其生境土壤为研究对象, 对其营养元素含量、元素之间交互作用以及元素含量特征分类进行了研究, 以期为该区人工林养分管理, 改善林分生产力, 维持生产力的稳定提供一定的理论依据。

第一作者简介:黄瑞春(1963-), 男, 工程师, 现主要从事森林培育等研究工作。E-mail: huang0666@163.com.

责任作者:朱宁华(1964-), 男, 副教授, 现主要从事森林培育等研究工作。E-mail: 225429@qq.com.

基金项目:湖南省科技厅重大课题专项资助项目(2012FJ100)。

收稿日期:2014-01-16

1 材料与方法

1.1 研究地概况

研究地位于湖南省湘西自治州北部的永顺县(东经 $109^{\circ}10' \sim 110^{\circ}22.5'$, 北纬 $27^{\circ}44.5' \sim 29^{\circ}38'$), 其境内雨量充沛, 光热条件优越, 太阳总辐射量为 $89.9 \sim 97.4 \text{ kcal/cm}^2$, 年平均日照时数为 $1\,240 \sim 1\,440 \text{ h}$, 年平均气温 $15.8 \sim 16.9^{\circ}\text{C}$, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的年活动积温 $4\,835 \sim 5\,200^{\circ}\text{C}$, 无霜期 $269 \sim 292 \text{ d}$, 年平均降雨量 $1\,300 \sim 1\,500 \text{ mm}$ 。主要土壤类型有山地黄壤、山地黄棕壤及红壤, 土层厚度在 80 cm 以上。调查所选人工林由湘西自治州森林生态站于 20 世纪 70~80 年代建立, 树龄在 29~35 a 间。

1.2 研究方法

在研究区内, 采集当地栽培的珍贵树种闽楠(*Phoebe bournei*)、银鹊(*Tapiscia sinensis*) 和华榛(*Corylus chinensis* Franch), 当地乡土树种南酸枣(*Choerospondias axillaris*)、黑壳楠(*Lindera megaphylla*)、银木(*Cinnamomum bodinieri* Levl)、深山含笑(*Magnolia moudiae*)、蓝果树(*Nyssa sinensis*), 随机采集树冠不同部位树叶, 混合采集样本 500 g, 每个树种样本重复采集 3 次, 将采集的样品带回实验室置于恒温箱中 80°C 下烘干至恒重后用粉碎机粉碎并过 60 目筛后用于氮、磷、钾、钙、镁、铁、锰、锌、铜 9 种营养元素的测定。

1.3 项目测定

采用凯氏定氮法测定全氮含量; 采用钼锑抗比色法测定磷含量; 采用火焰光度法测定全钾含量; 采用乙炔火焰原子吸收法测定钙、镁、铁、锰、锌和铜含量。3 份重复样品每份样品测定 3 次, 最后取其平均值。各样品化

学分析结果为 3 次重复的平均值。

2 结果与分析

2.1 植物营养元素含量特征比较

由表 1 可以看出,平均含量大于 10 g/kg 的元素有 N、Ca;平均含量大于 1 g/kg 小于 10 g/kg 的元素有 P、K、Mg;平均含量小于 1 g/kg 的元素有 Fe、Mn、Zn、Cu,含量从大到小依次为 $N > Ca > K > Mg > P > Mn > Fe > Cu > Zn$ 。从整体看,该地区主要建群树种营养元素含量特点是 $Ca > K > Mg$ 型,结果还显示 Ca 含量均超过了 10.000 g/kg,远远高于陆地植物叶片 Ca 含量 2.300~5.000 g/kg 的常见范围。

离散程度越大则变异系数也越大,离散程度从大到小依次为 $Mn > Cu > Fe > K > Mg > Ca > Zn > P > N$,并且 Mn 的变异系数大于 100%,Cu 也高达 86%,其余 7 种营养元素的变异系数均小于 50%。从最大值与最小值之比来看,Mn 和 Cu 的比值分别为 48.00 和 12.90,可见这 2 种微量元素的变异程度很大,因此不同树种对 Mn 和 Cu 这 2 种元素的吸收具有较强的选择性。N 的离散程度以及最大值与最小值之比都是各元素中最小的,可见 N 含量的相对稳定性。

表 1 湘西自治州代表性建群树种的
营养元素含量

Table 1 Summary statistics of the nutrient contents of
elements in dominant species collected from Xiangxi g/kg DW

元素 Element	最大值/最小值 Max/Min	最大值 Max	最小值 Min	中值 Median	平均值 Mean	标准偏差 S.D.	变异系数 C.V./%
N	2.41	37.83	15.67	29.18	27.307	7.148	26.18
P	3.76	4.02	1.07	2.25	2.397	0.652	27.18
K	4.40	19.69	4.48	6.65	7.901	3.868	48.95
Ca	2.94	33.00	11.22	21.84	22.873	6.499	28.41
Mg	5.76	15.15	2.63	6.91	7.299	3.374	46.22
Fe	5.20	0.51	0.10	0.19	0.214	0.105	49.40
Mn	48.00	1.06	0.02	0.15	0.410	0.416	102.57
Zn	2.65	0.05	0.02	0.03	0.031	0.009	27.52
Cu	12.90	0.13	0.01	0.03	0.034	0.029	86.05

2.2 植物中营养元素的相互关系

植物各营养元素之间的相互关系可分为协同作用和拮抗作用。由于元素在被根系吸收时会受到其它元素的影响,因此与单一的营养元素含量相比,植物组织营养元素含量比值更能真实指示其对植物体生长的影响^[19]。

2.2.1 营养元素含量比值 植物体内 $N/P > 16$ 时,暗示植物生长受 P 限制,当 N/P 小于 14 时,植物生长受 N 限制,当 N/P 介于 14~16 时,表明 N 与 P 单独或者共同影响植物的生长^[20]。由表 2 可以看出,所有树种均属于 N 制约型植物。另外树种间 Ca/K、K/Mg 和 Ca/Mg 比值存在差异,但变异系数都还是比较小的,说明这些元素对树种的生长基本上起着协同作用。

表 2 8 个树种的叶片营养元素含量比值

Table 2 Ratios of element content in the leaves of 8 species

树种 Species	N/P	Ca/K	Ca/Mg	K/Mg
华榛 <i>C. chinensis</i> Franch	12.57±0.18 ab	5.33±0.11 b	7.28±0.15 a	1.37±0.06 c
南酸枣 <i>C. axillaries</i>	13.79±0.69 a	6.38±0.69 a	2.78±0.02 d	0.44±0.05 f
闽楠 <i>P. bournei</i>	11.62±0.74 b	2.20±0.03 d	5.86±0.19 b	2.66±0.05 a
蓝果树 <i>N. sinensis</i>	11.61±0.69 b	4.00±0.17 c	2.36±0.05 e	0.59±0.01 e
银鹊 <i>T. sinensis</i>	7.14±0.22 d	4.08±0.11 c	2.37±0.01 e	0.58±0.02 e
黑壳楠 <i>L. megaphylla</i>	12.24±0.05 b	3.39±0.05 cd	7.22±0.15 a	2.13±0.01 b
银木 <i>C. bodinieri</i> Levl	8.56±0.43 c	2.04±0.07 d	4.49±0.04 c	2.20±0.07 b
深山含笑 <i>M. moudiae</i>	7.92±0.22 cd	2.61±0.09 d	2.41±0.01 e	0.92±0.03 d
平均值 Mean	10.76±0.50	3.81±0.31	4.38±0.43	1.37±0.17
变异系数 C.V./%	22.77	40.42	47.95	61.31

注:不同小写字母表示 0.05 水平下差异显著。

Note: Different lowercase letters indicate the significant differences among the species at level of $P < 0.05$.

2.2.2 营养元素相关性分析 对所选取的 8 种不同树种各营养元素进行相关性分析,以揭示林木不同营养元素之间的相互关系,其检验结果和相关系数见表 3。从表 3 可知,大量元素 P 和 K、Ca 和 Mg 之间在显著性 0.05 水平上均存在正相关关系,相关系数分别为 0.775 和 0.787。

表 3 林木营养元素之间的相关系数

Table 3 The correlation coefficient between
nutrient content of trees

元素 Element	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
P	-0.330							
K	-0.241	0.775 *						
Ca	-0.017	0.298	0.468					
Mg	-0.358	0.397	0.382	0.787 *				
Fe	-0.320	0.706	0.384	-0.156	0.056			
Mn	0.533	-0.027	-0.247	-0.341	-0.361	-0.061		
Zn	0.527	0.527	0.006	-0.270	-0.353	0.199	0.248	
Cu	0.349	0.331	-0.183	-0.184	-0.256	0.323	0.405	-0.204

注: * 为在 0.01 水平(双侧)上显著相关, * 为在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

Note: * * mean significant correlation at 0.01 level(double side), * mean significant correlation at 0.05 level(double side).

2.2.3 营养元素含量的聚类分析 以试验分析所得的 8 种林木的大量及微量元素的平均含量为主要特征,对其进行聚类分析,使用组间联接(类间平均距离)的树形

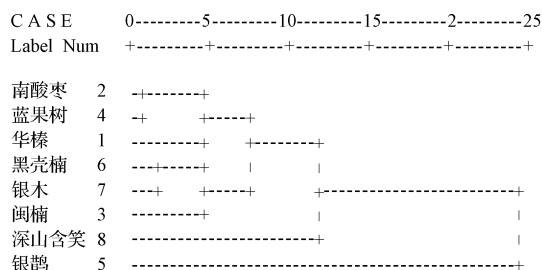


图 1 林木营养元素聚类分析

Fig. 1 The clustering analysis diagram of tree nutrients

聚类分析如图 1 所示。依据 8 林木的树体平均营养元素含量特点,将其分成 4 类,第 1 类为华榛、南酸枣和蓝果树,第 2 类为闽楠、黑壳楠和银木,第 3 类为深山含笑,第 4 类为银鹊。

3 结论

该研究结果表明,大量元素中 N 含量最高,Ca 其次,其含量均超过 10 g/kg,远远高于陆地植物叶片 Ca 含量 2.300~5.000 g/kg 的常见范围,在周运超^[18]研究的 30 种喀斯特区植被中,有 86% 以上的植物 Ca 含量也高于 10.000 g/kg。P 元素含量最低,微量元素平均含量均小于 1 g/kg,该区的主要建群树种营养元素含量特点是 Ca>K>Mg 型,与贺金生等^[21]、杨成等^[17]的研究结果相同。同时有关研究表明,我国 660 种陆生植物叶片营养元素总体上属于 K>Ca 型,但在一些喀斯特山区则表现为 Ca>K 型^[22],该研究地区地处湘西自治州为喀斯特地貌,研究结果与其相符。营养元素总体顺序为 N>Ca>K>Mg>P>Mn>Fe>Cu>Zn。Mn 元素的变异系数最大,高达 102%,Cu 其次,其余营养元素变异系数均小于 50%,各营养元素离散程度为离散程度为 Mn>Cu>Fe=K>Mg>Ca=Zn>P>N,结合各项指标得知,N 含量在各树种中表现出一定的稳定性,不同树种对 Mn 和 Cu 元素的吸收具有较强的选择性。各树种营养元素的相关性分析显示,树种间 P 和 K、Ca 和 Mg 之间在 0.05 水平上存在显著性正相关关系。根据各树种营养元素平均含量为特征的聚类分析结果表明,8 树种分为 4 类,第 1 类为华榛、南酸枣和蓝果树,第 2 类为闽楠、黑壳楠和银木,第 3 类为深山含笑,第 4 类为银鹊。

参考文献

- [1] 夏尚光,梁淑英.森林生态系统养分循环的研究进展[J].安徽林业科技,2009(3):1-6.
- [2] Pierre L, Anderson M J. Distance-based redundancy analysis: testing multispecies responses in multifactorial ecological experiments[J]. Ecological Monographs, 1999, 69(1): 1-24.
- [3] Morra J M, Hall M H, Freeborn L L. Carbon and nitrogen analysis of soil fractions using near infrared reflectance spectroscopy[J]. Soil Science Society of America Journal, 1991, 55: 288-291.

- [4] 刘吉平,杨青,吕宪国.三江平原典型环型湿地土壤营养元素的空间分异规律[J].水土保持学报,2005(2):76-79.
- [5] Hooper D U, Vitousek P M. Effects of plant composition and diversity on nutrient cycling[J]. Ecological Monographs, 1998, 68(1): 121-149.
- [6] 张晓霞,李占斌,李鹏.陕北黄土高原坡耕地土壤养分特征研究[J].沈阳农业大学学报,2010, 41(3): 342-345.
- [7] Narteh L T, Sahrawat K L. Potentially mineralizable nitrogen in West African lowland rice soils [J]. Geoderma, 1997, 76(1): 145-154.
- [8] 何蓉,张学星,施莹,等. 16 种城市绿化树种叶片中铁锰铜锌元素的含量特征[J]. 西部林业科学, 2006(1): 23-35.
- [9] 旷远文,温达志,闫俊华,等. 贵州普定喀斯特森林 3 种优势树种叶片元素含量特征[J]. 应用与环境生物学报, 2010(2): 503-508.
- [10] 王陆军,张赞齐,丁正亮,等. 安徽肖坑亚热带常绿阔叶林 4 优势树种叶养分动态及其利用效率[J]. 东北林业大学学报, 2010(7): 10-12.
- [11] 任书杰,于贵瑞,陶波,等. 中国东部南北样带 654 种植物叶片氮和磷的化学计量学特征研究[J]. 环境科学, 2007, 28(12): 2665-2673.
- [12] 高三平,李俊祥,徐明策,等. 天童常绿阔叶林不同演替阶段常见种叶片 N、P 化学计量学特征[J]. 生态学报, 2007, 27(3): 947-952.
- [13] He J S, Fang J Y, Wang Z H, et al. Stoichiometry and large-scale patterns of leaf carbon and nitrogen in the grasslands of China [J]. Oecologia, 2006, 149(1): 115-122.
- [14] He J S, Wang L, Flynn D F B, et al. Leaf nitrogen:phosphorus stoichiometry across Chinese grassland Biomes [J]. Oecologia, 2008, 155 (2): 301-310.
- [15] 杨瑞,喻理飞. 黔中退化喀斯特森林恢复过程中早期群落结构分析[J]. 贵州科学, 2004, 22(3): 44-47.
- [16] 侯满福,蒋忠诚. 茂兰喀斯特原生林不同地球化学环境的植物物种多样性[J]. 生态环境, 2006, 15(3): 572-576.
- [17] 杨成,刘丛强,宋照亮,等. 贵州喀斯特山区植物营养元素含量特征[J]. 生态环境, 2007, 16(2): 503-508.
- [18] 周运超. 贵州喀斯特植被主要营养元素含量分析[J]. 贵州农学院学报, 1997, 16(1): 11-16.
- [19] Berger T W, Kollensperger G, Wimmer R. Plant-soil feedback in spruce (*Picea abies*) and mixed spruce-beech (*Fagus sylvatica*) stands as indicated by dendrochemistry[J]. Plant Soil, 2004, 264: 69-83.
- [20] Koerselman W, Meuleman A F M. The vegetation N:P ratio: A new tool to detect the nature of nutrient limitation[J]. J Appl Ecol, 1996, 33: 1441-1450.
- [21] 贺金生,陈伟烈,王其兵. 长江三峡地区优势植物的化学含量特征[J]. 植物学报, 1998, 40(5): 453-460.
- [22] 秦海,李俊祥,高三平,等. 中国 660 种陆生植物叶片 8 种元素含量特征[J]. 生态学报, 2010, 30(5): 1247-1257.

Characteristics Analysis of Nutrient Elements of Domination Species in Xiangxi of Hunan Province

HUANG Rui-chun¹, ZENG Qin², ZHU Ning-hua²

(1. Xiangxi Forest Ecological Research Station of Hunan Province, Xiangxi, Hunan 416000; 2. School of Forestry, Central South University of Forestry and Technology, Changsha, Hunan 410004)

Abstract: The characteristics of the contents of 9 nutrient elements (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu) in 8 plants species collected from Xiangxi were investigated. Nutrient element content, interaction between elements and element content feature classification were analyzed, cluster analysis were done for 8 plants species according to 9 elements content in

沟叶结缕草对践踏胁迫的生理响应

张巧玲¹, 余金良¹, 王思¹, 楼建华¹, 于炜¹, 马进²

(1. 杭州植物园, 浙江 杭州 310013; 2. 浙江农林大学 园林学院, 浙江 临安 311300)

摘要:以沟叶结缕草(*Zoysia matrella*)为试材,研究了践踏胁迫下抗氧化酶活性、渗透调节物质含量和光合参数的变化,以期从生理学角度认识沟叶结缕草耐践踏特性。结果表明:践踏胁迫使沟叶结缕草光合速率(Pn)、蒸腾速率(Tr)、胞间 CO₂ 浓度(Ci)呈降低趋势,在中度和重度践踏下,沟叶结缕草气孔导度(Gs)比对照显著增加($P < 0.05$)。践踏胁迫对沟叶结缕草叶片抗氧化酶活性的影响不尽相同。践踏胁迫下,沟叶结缕草叶片超氧化物歧化酶(SOD)活性呈先下降后升高趋势,而过氧化物酶(POD)活性和过氧化氢酶(CAT)活性呈先升高后降低趋势。沟叶结缕草可以通过增加体内游离脯氨酸和可溶性糖的含量,有效改变细胞的渗透势,从而改变自身的渗透调节能力以抵抗践踏导致的渗透胁迫。

关键词:沟叶结缕草;践踏;响应;生理

中图分类号:Q 945.78 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)11-0068-03

沟叶结缕草(*Zoysia matrella*)属暖季型草坪草,是我国南方城市绿化的主要草种。在开放型生态园林中,草坪的耐践踏性是一项重要指标。由于践踏胁迫对草坪的影响较为复杂,在判断和评价耐践踏性时,任何一个指标都不能作为其评价标准,这就给草坪的耐践踏性评价带来了一定困难^[1-3]。目前我国对草坪草耐践踏性的研究多集中在形态变化及少数特定生理指标上,如不同践踏强度下草坪草叶片形态的变化^[4-5],叶绿素含量的变化^[6-7],脯氨酸和丙二醛含量及叶片细胞膜透性的变化^[8],渗透调节物质含量的变化^[4-5],以及草坪分蘖生长因子的变化^[9]等。因此研究内容多较为零散,鲜有通过分析草坪的耐践踏机制。该研究通过测定不同践踏强

度下沟叶结缕草体内的抗氧化酶活性、渗透调节物质含量和光合参数的变化,从生理学角度认识沟叶结缕草耐践踏的生理响应,旨在为建植开放式草坪提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验材料为浙江农林大学校园内建植 3 a 的沟叶结缕草草坪。

践踏器为自行设计^[1],外形圆柱形,柱体表面固定宽 6 cm 的橡胶带,两橡胶带间隔 3 cm,践踏器长 75 cm,直径 40 cm,外壳铸铁,内装河沙,重量 60 kg。

1.2 试验方法

试验采用完全随机区组设计,每个小区面积 5 m×5 m。试验草坪设 3 个践踏处理水平:轻度践踏(LT)、中度践踏(MT)以及重度践踏(HT)。轻度践踏即每隔 3 d 用践踏器连续镇压 3 次;中度践踏每隔 3 d 连续镇压 6 次;重度践踏每隔 3 d 连续镇压 9 次,以不进行践踏为

第一作者简介:张巧玲(1982-),女,浙江东阳人,硕士,工程师,现主要从事园林植物应用研究工作。E-mail:3905397@qq.com。

基金项目:杭州市科技发展计划资助项目(20081433B07)。

收稿日期:2014-01-27

trees. The results showed that the average contents of N was the highest in the all kinds of 9. The main character of the nutrient element contents was of the Ca>K>Mg type. On analyzing the coefficient of variation(C. V. ,%),Mn and Cu had higher C. V. ,while the C. V. of N,P,K,Ca,Mg,Fe,Zn was less than 50%,and the N had the lowest C. V. . 8 plants species were defined as the N limited plants based on the ratio of the elements in the leaves. There existed a significant positive correlation in the nutrient element of trees of P and K,Ca and Mg. The classification of 8 plant species were grouped into ① *Corylus chinensis* Franch, *Choerospondias axillaris* and *Nyssa sinensis*; ② *Phoebe bournei*, *Lindera megaphylla* and *Cinnamomum bodinieri* Levl; ③ *Michelia maudiae* Dunn; ④ *Staphyleaceae* by cluster analysis.

Key words: native tree species; nutrient elements content; correlation