

皖南亚热带常绿阔叶林林下灌木层 主要树种叶片养分特征

崔 珺, 柯 立, 张 驰, 周佳佳, 徐小牛^①

(安徽农业大学林学与园林学院, 安徽 合肥 230036)

摘要: 对皖南亚热带常绿阔叶林林下灌木层主要树种草珊瑚 [*Sarcandra glabra* (Thunb.) Nakai]、乌药 [*Lindera aggregata* (Sims) Kosterm.]、香桂 (*Cinnamomum subavenium* Miq.)、红楠 (*Machilus thunbergii* Sieb. et Zucc.)、连蕊茶 [*Camellia cuspidata* (Kochs) H. J. Veitch]、甜槠 [*Castanopsis eyrei* (Champ. ex Benth.) Tutch.]、矩叶鼠刺 (*Itea oblonga* Hand. -Mazz.)、红淡比 (*Cleyera japonica* Thunb.) 和小叶蚊母树 [*Distylium buxifolium* (Hance) Merr.] 叶片养分 (包括 C、N、P、K、Ca 和 Mg) 含量、单位叶面积养分含量和比叶面积进行了测定, 并分析了比叶面积与养分含量和单位叶面积养分含量的相关性。结果表明: 9 种树种叶片的 C、N、P、K、Ca 和 Mg 含量分别为 438.09~492.31、9.79~15.60、0.33~2.06、11.39~32.52、3.84~13.34 和 2.85~14.05 g·kg⁻¹, 单位叶面积 C、N、P、K、Ca 和 Mg 含量分别为 24.48~47.38、0.66~1.03、0.02~0.21、0.73~1.82、0.22~1.35 和 0.20~1.05 g·m⁻², C/N 比、C/P 比和 N/P 比分别为 31.40~47.88、227.76~1 495.66 和 5.26~32.90。9 种树种叶片的比叶面积平均值为 14.5 m²·kg⁻¹, 其中草珊瑚的比叶面积最大 (17.90 m²·kg⁻¹)、小叶蚊母树的比叶面积最小 (9.89 m²·kg⁻¹)。相关性分析结果表明: 供试树种叶片的 C/P 比与 N/P 比间呈极显著正相关; 比叶面积与叶片 N 含量呈显著正相关, 与单位叶面积 C、N 和 Ca 含量分别呈极显著和显著负相关, 与其他指标的相关性均不显著。综合分析结果表明: 皖南亚热带常绿阔叶林下灌木层主要树种叶片的养分含量及比叶面积差异明显, 其中, 乌药、草珊瑚、矩叶鼠刺和香桂叶片的养分含量较高, 而小叶蚊母树、红淡比和红楠的单位叶面积养分含量较高。

关键词: 亚热带常绿阔叶林; 灌木层; 叶片; 养分特征; 比叶面积; 相关性

中图分类号: Q946.91; Q948 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2014)02-0034-07

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2014.02.05

Foliar nutrient characteristics of main tree species in shrub layer under subtropical evergreen broad-leaved forest in Southern Anhui CUI Jun, KE Li, ZHANG Chi, ZHOU Jiajia, XU Xiaoniu^①
(School of Forestry and Landscape Architecture, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China),
J. Plant Resour. & Environ. 2014, 23(2): 34-40

Abstract: Nutrient (including C, N, P, K, Ca and Mg) content in leaf, nutrient content per unit leaf area and specific leaf area (SLA) of main tree species *Sarcandra glabra* (Thunb.) Nakai, *Lindera aggregata* (Sims) Kosterm., *Cinnamomum subavenium* Miq., *Machilus thunbergii* Sieb. et Zucc., *Camellia cuspidata* (Kochs) H. J. Veitch, *Castanopsis eyrei* (Champ. ex Benth.) Tutch., *Itea oblonga* Hand. -Mazz., *Cleyera japonica* Thunb. and *Distylium buxifolium* (Hance) Merr. in shrub layer under subtropical evergreen broad-leaved forest in Southern Anhui were determined, and correlations of SLA with nutrient content and nutrient content per unit leaf area were analyzed. The results show that contents of C, N, P, K, Ca and Mg in leaf of nine tree species are 438.09-492.31, 9.79-15.60, 0.33-2.06, 11.39-32.52, 3.84-13.34 and 2.85-14.05 g·kg⁻¹, respectively; contents of C, N, P, K, Ca and Mg per unit leaf area are 24.48-47.38, 0.66-1.03, 0.02-0.21, 0.73-1.82, 0.22-1.35 and 0.20-1.05 g·m⁻², respectively; and ratios of C/N, C/P and N/P are 31.40-47.88, 227.76-1 495.66 and

收稿日期: 2013-09-26

基金项目: 国家“973”计划项目(2010CB950602); 中国科学院战略先导性科技专项(2011XDA05050204)

作者简介: 崔珺(1986—), 女, 安徽桐城人, 硕士研究生, 从事植物生理生态方面的研究工作。

^①通信作者 E-mail: xnxu6162@163.com

5.26–32.90, respectively. Average SLA of nine tree species is $14.5 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$, in which, SLA of *Sarcandra glabra* is the largest ($17.90 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$), that of *Distylium buxifolium* is the smallest ($9.89 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$). Correlation analysis result shows that there is extremely significantly positive correlation between C/P ratio and N/P ratio of leaf of tree species tested, significantly positive correlation between SLA and N content in leaf, and extremely significantly or significantly negative correlations of SLA with C, N and Ca contents per unit leaf area, respectively, while, correlations between SLA and other indexes are not significant. Comprehensive analysis result indicates that there are obvious differences in foliar nutrient content and SLA of main tree species in shrub layer under subtropical evergreen broad-leaved forest in Southern Anhui, in which, nutrient content in leaf of *Lindera aggregate*, *Sarcandra glabra*, *Itea oblonga* and *Cinnamomum subavenium* are higher, while nutrient content per unit leaf area in leaf of *Distylium buxifolium*, *Cleyera japonica* and *Machilus thunbergii* are higher.

Key words: subtropical evergreen broad-leaved forest; shrub layer; leaf; nutrient characteristics; specific leaf area; correlation

叶片作为植物的同化器官在植物体中不仅数量多而且对环境的适应性表现最为突出和多样性^[1]。植物体内的养分元素含量是植物的一个相对稳定的结构参数和功能参数^[2]。对植物养分状况特别是栽培植物养分状况的研究受到研究者的关注,且已有大量研究表明植物叶片的养分状况受立地环境尤其是土壤养分有效性的影响^[3-5],叶片的养分状况还与植物的生长及其健康状况有关^[6]。比叶面积(SLA, specific leaf area)是植物叶片的主要功能特征,SLA与植物幼苗的相对生长速率呈正相关、而与植物叶片的寿命呈负相关;此外,SLA还可以反映植物获取环境资源的能力,低SLA的植物对资源贫瘠和干旱的环境更适应,而高SLA的植物保持体内养分水平的能力较强^[7-10]。叶片养分状况还可应用于树木缺素诊断和施肥方案设计^[11]。对不同生境相关植被的叶片养分、比叶质量和比叶面积等指标进行分析,可解释不同生境条件下植物的分布特征、环境适应机制以及预测植物对生态系统和环境变化的响应特征^[12-19];叶片生理代谢活动旺盛、养分含量高、对环境的响应敏感,均可以反映出林分和土壤养分状况,是森林养分研究的重要依据。

亚热带常绿阔叶林是中国东部最重要的森林植被类型,分布广泛且生物多样性高,但由于该植被的分布区域也是人口较为密集的区域,人为经营干扰频繁、原始天然林消失殆尽^[20]。因此,开展常绿阔叶林生态学研究,对其可持续经营极为重要。作者选择位于皖南的亚热带北部常绿阔叶林,对林下灌木层常见的9种树种的叶片养分组成和比叶面积进行分析,以期亚热带地区生物多样性保育及森林植被恢复提供理论依据。

1 研究区概况和研究方法

1.1 研究区概况

研究区域位于安徽省石台县仙寓山景区,地理坐标为北纬 $30^{\circ}01'47''$ 、东经 $117^{\circ}21'23''$,海拔375 m;属中亚热带湿润气候,光照充足,四季分明,且冬夏长、春秋短。年平均气温 16°C ,年均最高气温 38.8°C ,年均最低气温 -8.9°C 。年均降水量 $1\,626.4 \text{ mm}$,降水量年际变化显著,最多年与最少年相差 $1\,226 \text{ mm}$;降水量月际变化更大,全年降水量主要分布在4月至9月,约占全年总降水量的71%^[21]。

调查区域内植被丰富,森林覆盖率达85%;海拔600 m以下的地带性森林植被类型多为亚热带常绿阔叶林,并且分布有大面积的杉木[*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.]人工林;海拔600 m以上分布有常绿落叶阔叶混交林、落叶阔叶林及黄山松(*Pinus taiwanensis* Hayata)林等。土壤为棕壤,质地轻粘,呈酸性反应;土壤相对含水率(35.53 ± 4.20)%、有机C含量(60.7 ± 6.5) $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、全N含量(3.23 ± 0.37) $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、全P含量(0.32 ± 0.02) $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 NH_4^+ -N含量(12.23 ± 1.08) $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 NO_3^- -N含量(2.17 ± 0.56) $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,土壤pH 4.58。

1.2 研究方法

1.2.1 样地设置及树种选择 2011年4月在研究区域内选择甜槠[*Castanopsis eyrei* (Champ. ex Benth.) Tutch.]老龄林,分别设置面积 $20 \text{ m} \times 20 \text{ m}$ 的固定样地12块,进行林分本底与立地特征调查。调查林分林龄约为200 a,以甜槠为优势种,优势度为75%~85%,林分密度 $680 \sim 900 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ (胸径 $\text{DBH} \geq 5.0 \text{ cm}$),

最大胸径 79.2 cm,冠层高度 15 ~ 18 m。林下植被丰富,灌木层常见树种为草珊瑚 [*Sarcandra glabra* (Thunb.) Nakai]、乌药 [*Lindera aggregata* (Sims) Kosterm.]、香桂 (*Cinnamomum subavenium* Miq.)、红楠 (*Machilus thunbergii* Sieb. et Zucc.)、连蕊茶 [*Camellia*

cuspidata (Kochs) H. J. Veitch]、甜槠、矩叶鼠刺 (*Itea oblonga* Hand. -Mazz.)、红淡比 (*Cleyera japonica* Thunb.) 和小叶蚊母树 [*Distylium buxifolium* (Hance) Merr.] ,因而,选择这 9 种树种为供试树种,各树种的平均地径、平均树高和平均冠幅见表 1。

表 1 皖南亚热带常绿阔叶林林下灌木层 9 种树种的基本性状 ($\bar{X} \pm SD$)

Table 1 Basic status of nine tree species in shrub layer under subtropical evergreen broad-leaved forest in Southern Anhui ($\bar{X} \pm SD$)

树种 Tree species	平均地径/cm Average of base diameter	平均树高/cm Average of tree height	平均冠幅/cm Average of crown width
草珊瑚 <i>Sarcandra glabra</i>	0.43±0.18	37.76±22.33	27.40±8.30
甜槠 <i>Castanopsis eyrei</i>	0.78±0.65	63.75±54.45	67.00±23.49
连蕊茶 <i>Camellia cuspidata</i>	0.84±0.61	66.67±55.10	62.60±34.00
乌药 <i>Lindera aggregata</i>	0.25±0.14	20.98±17.35	21.20±9.50
香桂 <i>Cinnamomum subavenium</i>	0.51±0.38	44.50±47.57	25.38±14.53
红楠 <i>Machilus thunbergii</i>	0.60±0.54	58.57±58.45	51.37±24.94
矩叶鼠刺 <i>Itea oblonga</i>	0.55±0.33	57.27±39.22	35.50±21.60
红淡比 <i>Cleyera japonica</i>	0.89±0.62	71.84±54.75	68.79±29.20
小叶蚊母树 <i>Distylium buxifolium</i>	1.24±1.08	73.00±47.29	69.13±45.33

1.2.2 叶片养分分析 2012 年 9 月在样地外 10 m 范围内采集上述树种叶片,多株采集并混合,混合样品烘干后用粉碎机磨成粉末供元素分析^[22]。用 EA 3000 型元素分析仪 (EuroVector, Italy) 测定叶片中的 C 和 N 含量;样品经硝酸-高氯酸消煮^[23]后用 FIAStar 5000 型流动注射仪 (FOSS Analytical, Denmark) 测定叶片中 P 含量;用 TAS-990 AFG 型原子吸收分光光度计 (北京普析通用仪器有限公司) 测定叶片中的 K、Ca 和 Mg 含量。

1.2.3 比叶面积测定 每种树种选择 10 株样株,收集各样株的叶片,分别按树种将叶片混合;挑选叶质厚薄一致的完好成熟叶片,一般每树种挑选出 30 枚,分成 6 组,每组 5 枚;也可根据实际情况酌量减少,最少每树种 20 枚叶片,分成 4 组,每组 5 枚。将叶片擦干净,使用 YMJ-C 型叶面积仪 (浙江托普仪器有限公司) 测量叶片的叶面积并记录;将其中 2 组叶片 (共 10 枚) 分别装入纸袋并编号,先置于烘箱中于 105 °C 杀青,然后于 65 °C 烘干至恒质量,分别称量叶片的干质量。

参照文献 [24] 按照公式“ $SLA = (A \times N) / G$ ”计算比叶面积 (SLA)。式中, A 为平均单叶面积; N 为叶片数; G 为 N 枚叶片的干质量。

1.3 数据处理

采用 SPSS 15.0 统计分析软件进行相关性分析,采用 EXCEL 2003 数据处理软件绘制图表。

2 结果和分析

2.1 叶片养分含量及养分的比较

2.1.1 养分含量比较 皖南亚热带常绿阔叶林林下灌木层 9 种树种叶片养分 (包括 C、N、P、K、Ca 和 Mg) 含量的测定结果见表 2。9 种树种叶片的 C 含量均在 $430 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 以上,为 $438.09 \sim 492.31 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,平均 C 含量为 $469.60 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$;按照叶片 C 含量从高至低 9 种树种依次排序为香桂、乌药、红淡比、甜槠、小叶蚊母树、红楠、连蕊茶、矩叶鼠刺、草珊瑚。

9 种树种叶片 N 含量为 $9.79 \sim 15.60 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,较为接近,平均 N 含量为 $12.04 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。按照叶片 N 含量从高至低 9 种树种依次排序为乌药、矩叶鼠刺、香桂、连蕊茶、草珊瑚、甜槠、红淡比、红楠、小叶蚊母树;其中,乌药叶片的 N 含量是小叶蚊母树的 1.6 倍。

9 种树种叶片的 P 含量为 $0.33 \sim 2.06 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,平均 P 含量为 $0.72 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。其中,小叶蚊母树叶片 P 含量最高,为 $2.06 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$;红淡比叶片的最低,为 $0.33 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,前者为后者的 6.2 倍。按叶片 P 含量从高至低 9 种树种依次排序为小叶蚊母树、乌药、矩叶鼠刺、甜槠、香桂、连蕊茶、红楠、草珊瑚、红淡比。

9 种树种叶片 K 含量为 $11.39 \sim 32.52 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,平均 K 含量为 $15.89 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。其中,草珊瑚叶片 K 含量最高,为 $32.52 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,是小叶蚊母树的 2.9 倍;

表2 皖南亚热带常绿阔叶林林下灌木层9种树种叶片的养分含量及养分比

Table 2 Nutrient content and nutrient ratio in leaf of nine tree species in shrub layer under subtropical evergreen broad-leaved forest in Southern Anhui

树种 Tree species	养分含量/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ Nutrient content						养分比 Nutrient ratio		
	C	N	P	K	Ca	Mg	C/N	C/P	N/P
草珊瑚 <i>Sarcandra glabra</i>	438.09	11.73	0.42	32.52	10.94	14.05	37.35	1 033.23	27.67
甜槠 <i>Castanopsis eyrei</i>	486.74	11.65	0.54	12.89	5.01	4.45	41.78	900.37	21.55
连蕊茶 <i>Camellia cuspidata</i>	455.41	12.40	0.46	14.89	6.84	10.61	36.73	984.88	26.82
乌药 <i>Lindera aggregata</i>	489.87	15.60	1.04	18.28	3.84	4.25	31.40	470.67	14.99
香桂 <i>Cinnamomum subavenium</i>	492.31	12.77	0.50	14.09	4.05	2.85	38.55	982.26	25.48
红楠 <i>Machilus thunbergii</i>	459.88	10.02	0.44	14.09	7.47	6.15	45.90	1 036.23	22.58
矩叶鼠刺 <i>Itea oblonga</i>	445.68	13.65	0.71	12.29	11.81	7.37	32.65	623.68	19.10
红淡比 <i>Cleyera japonica</i>	489.68	10.77	0.33	12.59	9.88	11.04	45.47	1 495.66	32.90
小叶蚊母树 <i>Distylium buxifolium</i>	468.74	9.79	2.06	11.39	13.34	9.35	47.88	227.76	4.76
平均 Average	469.60	12.04	0.72	15.89	8.13	7.79	39.74	861.64	21.76

其他各树种叶片的 K 含量较为接近,其中香桂和红楠叶片的 K 含量相同,均为 $14.09 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

9 种树种叶片 Ca 含量差异较大,为 $3.84 \sim 13.34 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,平均 Ca 含量为 $8.13 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$;其中,小叶蚊母树的 Ca 含量是乌药的 2.9 倍。按照叶片 Ca 含量从高至低 9 种树种依次排序为小叶蚊母树、矩叶鼠刺、草珊瑚、红淡比、红楠、连蕊茶、甜槠、香桂、乌药。

9 种树种叶片 Mg 含量差异较大,为 $2.85 \sim 14.05 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,平均 Mg 含量为 $7.79 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$;其中,草珊瑚叶片的 Mg 含量最高、香桂叶片 Mg 含量最低,前者 Mg 含量为后者的近 5 倍。按照叶片 Mg 含量从高至低 9 种树种依次排序为草珊瑚、红淡比、连蕊茶、小叶蚊母树、矩叶鼠刺、红楠、甜槠、乌药、香桂。

2.1.2 养分比的比较 皖南亚热带常绿阔叶林林下灌木层 9 种树种叶片的 C/N 比、C/P 比和 N/P 比见表 2。结果表明:9 种树种叶片的 C/N 比、C/P 比和 N/P 比差异均较大,其中,C/N 比为 $31.40 \sim 47.88$,C/P 比为 $227.76 \sim 1 495.66$,N/P 比为 $5.26 \sim 32.90$;小叶蚊母树叶片的 C/N 比最高,红淡比叶片的 C/P 比和 N/P 比最高。此外,供试树种的 C/P 比与 N/P 比间呈极显著正相关($R=0.9547, P<0.01$) (图 1)。

2.2 单位叶面积养分含量比较

皖南亚热带常绿阔叶林林下灌木层 9 种树种叶片单位叶面积 C、N、P、K、Ca 和 Mg 含量见表 3。由表 3 可见:9 种树种叶片单位叶面积养分含量差异较大,单位叶面积 C、N、P、K、Ca 和 Mg 含量的平均值分别为 $34.16, 0.86, 0.06, 1.12, 0.62$ 和 $0.58 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 。其中,香桂和甜槠叶片的单位叶面积 C 含量最接近平均值,乌药叶片的单位叶面积 N 和 P 含量最接近平均值,小

叶蚊母树叶片的单位叶面积 K 含量接近平均值,红楠叶片的单位叶面积 Ca 和 Mg 含量接近平均值。

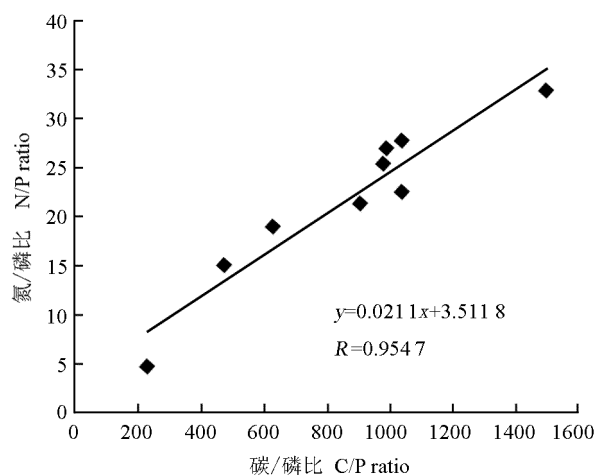


图1 皖南亚热带常绿阔叶林林下灌木层树种叶片 C/P 比和 N/P 比间的相关直线

Fig. 1 Correlative linear between C/P ratio and N/P ratio of leaf of tree species in shrub layer under subtropical evergreen broad-leaved forest in Southern Anhui

9 种树种叶片的单位叶面积 C 含量为 $24.48 \sim 47.38 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$,其中,单位叶面积 C 含量最高的树种为小叶蚊母树、最低的为草珊瑚,前者是后者的 1.94 倍。各树种叶片的单位叶面积 N 含量为 $0.66 \sim 1.03 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$;红淡比叶片的单位叶面积 N 含量最高、草珊瑚的最低,前者是后者的 1.56 倍。各树种叶片的单位叶面积 P 含量为 $0.02 \sim 0.21 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$;其中,甜槠、香桂、红楠和矩叶鼠刺的单位叶面积 P 含量相同,均为 $0.04 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$;小叶蚊母树的单位叶面积 P 含量最高、草珊瑚的最低,前者为后者的 10.50 倍。各树种

叶片的单位叶面积 K 含量为 $0.73 \sim 1.82 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, 草珊瑚的单位叶面积 K 含量最高、矩叶鼠刺的最低, 前者为后者的 2.49 倍。各树种叶片的单位叶面积 Ca 含量为 $0.22 \sim 1.35 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$; 除小叶蚊母树外, 其他树种叶片的单位叶面积 Ca 含量均低于 $1.00 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, 而

小叶蚊母树的单位叶面积 Ca 含量是乌药的 6.14 倍。各树种叶片的单位叶面积 Mg 含量为 $0.20 \sim 1.05 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$; 除红淡比外, 其他树种叶片的单位叶面积 Mg 含量均低于 $1.00 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$; 红淡比的单位叶面积 Mg 含量最高、香桂的最低, 前者是后者的 5.25 倍。

表3 皖南亚热带常绿阔叶林林下灌木层9种树种的单位叶面积养分含量

Table 3 Nutrient content per unit leaf area of nine tree species in shrub layer under subtropical evergreen broad-leaved forest in Southern Anhui

树种 Tree Species	单位叶面积养分含量/ $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ Nutrient content per unit leaf area					
	C	N	P	K	Ca	Mg
草珊瑚 <i>Sarcandra glabra</i>	24.48	0.66	0.02	1.82	0.61	0.79
甜槠 <i>Castanopsis eyrei</i>	33.95	0.81	0.04	0.90	0.35	0.31
连蕊茶 <i>Camellia cuspidata</i>	26.05	0.80	0.03	0.96	0.44	0.68
乌药 <i>Lindera aggregata</i>	27.70	0.88	0.06	1.03	0.22	0.24
香桂 <i>Cinnamomum subavenium</i>	33.15	0.90	0.04	0.99	0.28	0.20
红楠 <i>Machilus thunbergii</i>	41.49	0.90	0.04	1.27	0.67	0.55
矩叶鼠刺 <i>Itea oblonga</i>	26.49	0.81	0.04	0.73	0.70	0.44
红淡比 <i>Cleyera japonica</i>	46.75	1.03	0.03	1.20	0.94	1.05
小叶蚊母树 <i>Distylium buxifolium</i>	47.38	0.99	0.21	1.15	1.35	0.95
平均 Average	34.16	0.86	0.06	1.12	0.62	0.58

2.3 比叶面积的比较

皖南亚热带常绿阔叶林林下灌木层9种树种叶片的比叶面积见表4。由表4可以看出:9种树种叶片的比叶面积存在明显差异, 平均比叶面积为 $14.5 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$ 。其中, 草珊瑚叶片的比叶面积最大, 达 $17.90 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$; 连蕊茶和乌药叶片的比叶面积也较大, 分别为 17.48 和 $17.68 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$; 小叶蚊母树叶片的比叶面积最小, 仅为 $9.89 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$ 。按照比叶面积从大至小进行排序, 9种树种依次排序为草珊瑚、乌药、连蕊茶、矩叶鼠刺、红楠、甜槠、香桂、红淡比、小叶蚊母树。

表4 皖南亚热带常绿阔叶林林下灌木层9种树种的比叶面积 (SLA) ($\bar{X} \pm SD$)

Table 4 Specific leaf area (SLA) of nine tree species in shrub layer under subtropical evergreen broad-leaved forest in Southern Anhui ($\bar{X} \pm SD$)

树种 Tree species	SLA/ $\text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$
草珊瑚 <i>Sarcandra glabra</i>	17.90 ± 0.90
甜槠 <i>Castanopsis eyrei</i>	14.34 ± 0.30
连蕊茶 <i>Camellia cuspidata</i>	17.48 ± 5.85
乌药 <i>Lindera aggregata</i>	17.68 ± 0.65
香桂 <i>Cinnamomum subavenium</i>	14.85 ± 3.08
红楠 <i>Machilus thunbergii</i>	11.08 ± 0.33
矩叶鼠刺 <i>Itea oblonga</i>	16.82 ± 0.23
红淡比 <i>Cleyera japonica</i>	10.47 ± 0.22
小叶蚊母树 <i>Distylium buxifolium</i>	9.89 ± 0.27

2.4 相关性分析

相关性分析结果表明:皖南亚热带常绿阔叶林林下灌木层9种树种叶片的比叶面积 (SLA) 与叶片 N 含量的相关系数为 0.7889 , 呈显著正相关关系 ($P < 0.05$) (图2), 而 SLA 与叶片 C、P、K、Ca 和 Mg 含量的相关性均未达显著水平 ($P > 0.05$)。

9种树种叶片的 SLA 与单位叶面积 C 含量的相关系数为 -0.9889 , 呈极显著 ($P < 0.01$) 负相关; 与单

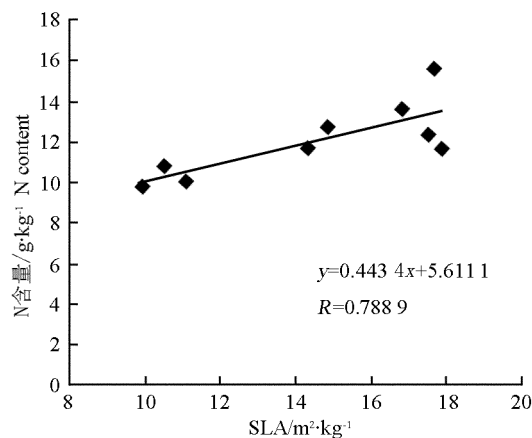


图2 皖南亚热带常绿阔叶林林下灌木层树种比叶面积 (SLA) 与叶片 N 含量间的相关直线

Fig. 2 Correlative linear between specific leaf area (SLA) and N content in leaf of tree species in shrub layer under subtropical evergreen broad-leaved forest in Southern Anhui

位叶面积 N 和 Ca 含量的相关系数分别为 -0.8006 和 -0.7029 , 分别呈极显著和显著负相关关系

(图3), 而 SLA 与单位叶面积 P、K 和 Mg 含量间的相关性均未达显著水平 ($P>0.05$)。

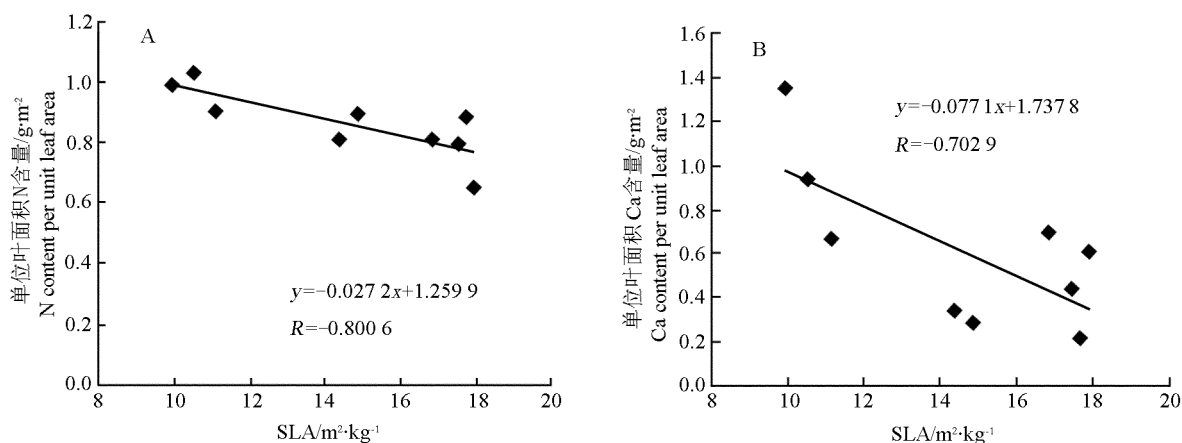


图3 皖南亚热带常绿阔叶林林下灌木层树种比叶面积 (SLA) 与单位叶面积 N (A) 和 Ca (B) 含量间的相关直线
Fig. 3 Correlative linear between specific leaf area (SLA) and N (A) and Ca (B) contents per unit leaf area of tree species in shrub layer under subtropical evergreen broad-leaved forest in Southern Anhui

3 讨论和结论

研究表明:皖南亚热带常绿阔叶林林下灌木层常见树种的叶片养分含量及单位叶面积养分含量均有较大差异,叶片中 N、P、K、Ca 和 Mg 平均含量分别为 12.04 、 0.72 、 15.89 、 8.13 和 $7.79 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$;陈灵芝等^[25]的研究结果显示:亚热带栲类林灌木层叶片 N、P、K、Ca 和 Mg 的含量分别为 5.7 、 0.6 、 7.8 、 2.7 和 $1.6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。通过比较可见:皖南亚热带常绿阔叶林林下灌木层叶片 N 含量高于亚热带栲类林灌木层的 N 含量,二者的 P 含量接近,但前者的 K 含量比后者高 1 倍多,而前者的 Ca 和 Mg 含量也远高于后者。一方面说明皖南亚热带常绿阔叶林林下灌木层植物叶片对 N、K、Ca 和 Mg 富集明显,另一方面也说明相同气候条件下由于灌木层树种不同而导致叶片对养分的吸收和富集效果不同。

C、N 和 P 对植物的生长和发育以及代谢均有非常重要的作用, N/P 比不仅是决定植物群落结构和功能的关键性指标,也可以作为对生产力起限制性作用的营养元素的指示剂^[3,26-30]。Elser 等^[30]的分析结果显示全球 492 种陆生植物叶片的平均 C 含量为 $(464 \pm 32.1) \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,而皖南亚热带常绿阔叶林下灌木层 9 种树种叶片的平均 C 含量为 $469.60 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,二者水平基本一致。而本研究涉及的 9 种树种的平

均 N/P 比为 21.76 ,高于 Han 等^[31]测定的中国 753 种植物叶片平均 N/P 比 (14.4)。当 N/P 比大于 16 时,说明植物生长受到 P 元素的限制^[32];也表明研究区域土壤 P 有效性较低,可能成为森林生产力的限制性养分。

本研究涉及的亚热带常绿阔叶林的建群种是甜槠,其叶片中 N、P、K、Ca 和 Mg 的含量分别为 11.65 、 0.54 、 12.89 、 5.01 和 $4.45 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,与陈灵芝等^[25]对广西北部甜槠林叶片养分含量的测定结果 (P、K 和 Ca 含量分别为 0.92 、 6.79 和 $5.77 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$) 相比,2 个林分内甜槠叶片的 Ca 含量水平较为接近,而前者 K 含量显著高于后者、但 P 含量则显著低于后者,这一差异与调查林分的立地条件不同有关。

比叶面积 (SLA) 可反映植物的分布范围及其对生境的适应状况^[15],生长于相同生境中的同种植物其叶片性状也有一定的差异,而其差异大小可以反映植物对生境的敏感程度;N 的可利用性对植物的 SLA 也会产生一定的影响^[15]。本研究结果表明:皖南亚热带常绿阔叶林林下灌木层叶片 SLA 与其 N 含量呈显著正相关,而与单位叶面积 N 含量呈极显著负相关,这一结果与 Hoffmann 等^[33]的研究结果一致。而 Garnier 等^[8]认为,多年生草本植物的 SLA 与叶片 N 含量呈微弱负相关。表明木本植物与多年生草本植物的叶片功能有很大差异,比叶面积较大意味着植物的养分水平较高。

参考文献:

- [1] 宋永昌. 植被生态学[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2001: 91.
- [2] 潘瑞炽. 植物生理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2008: 32.
- [3] AERTS R, CHAPIN F S III. The mineral nutrition of wild plants revisited: a re-evaluation of processes and patterns[J]. *Advances in Ecological Research*, 1999, 30: 1-67.
- [4] RATNAM J, SANKARAN M, HANAN N P, et al. Nutrient resorption patterns of plant functional groups in a tropical savanna: variation and functional significance[J]. *Oecologia*, 2008, 157(1): 141-151.
- [5] TURNER J. Effect of nitrogen availability on nitrogen cycling in a Douglas-fir stand[J]. *Forest Science*, 1977, 23(1): 307-316.
- [6] MCLAUGHLIN J A, HSIANG T, HALICKI HAYDEN G, et al. Abiotic and biotic factors used to assess decline risk in red pine (*Pinus resinosa* Ait.) plantations [J]. *The Forestry Chronicle*, 2011, 87(1): 99-115.
- [7] CORNELISSEN J H C, WERGER M J A, CASTRO-DÍEZ P, et al. Foliar nutrients in relation to growth, allocation and leaf traits in seedlings of a wide range of woody plant species and types [J]. *Oecologia*, 1997, 111(4): 460-469.
- [8] GARNIER E, CORDONNIER P, GUILLERM J L, et al. Specific leaf area and leaf nitrogen concentration in annual and perennial grass species growing in Mediterranean old-fields [J]. *Oecologia*, 1997, 111(4): 490-498.
- [9] ANTEN N P R, MIYAZAWA K, HIKOSAKA K, et al. Leaf nitrogen distribution in relation to leaf age and photon flux density in dominant and subordinate plants in dense stands of a dicotyledonous herb[J]. *Oecologia*, 1998, 113(3): 314-324.
- [10] 李玉霖, 崔建垣, 苏永中. 不同沙丘生境主要植物比叶面积和叶干物质含量的比较[J]. *生态学报*, 2005, 25(2): 304-311.
- [11] PERRY E, HICKMAN G W. A survey to determine the leaf nitrogen concentrations of 25 landscape tree species[J]. *Journal of Arboriculture*, 2001, 27(3): 152-159.
- [12] 薛立, 韦如萍, 谭天泳, 等. 华南阔叶树种幼苗叶片的养分特征[J]. *应用生态学报*, 2003, 14(11): 1820-1824.
- [13] 宋富强, 曹坤芳. 元江干热河谷植物叶片解剖和养分含量特征[J]. *应用生态学报*, 2005, 16(1): 33-38.
- [14] 李轩然, 刘琪璟, 蔡哲, 等. 千烟洲针叶林的比叶面积及叶面积指数[J]. *植物生态学报*, 2007, 31(1): 93-101.
- [15] 韦兰英, 上官周平. 黄土高原不同退耕年限坡地植物比叶面积与养分含量的关系[J]. *生态学报*, 2008, 28(6): 2526-2535.
- [16] 卢晓强, 方升佐. 黔中喀斯特山地8种树种早期生长和叶片养分动态的研究[J]. *南京林业大学学报: 自然科学版*, 2008, 32(1): 38-42.
- [17] 任书杰, 于贵瑞, 陶波, 等. 兴安落叶松 (*Larix gmelinii* Rupr.) 叶片养分的空间分布格局[J]. *生态学报*, 2009, 29(4): 1899-1906.
- [18] 邓蕾, 王鸿喆, 上官周平, 等. 水蚀风蚀交错区柠条锦鸡儿叶片比叶面积和营养元素变化动态[J]. *生态学报*, 2010, 30(18): 4889-4897.
- [19] 刘波, 王力华, 阴黎明, 等. 两种林龄文冠果叶 N、P、K 的季节变化及再吸收特征[J]. *生态学杂志*, 2010, 29(7): 1270-1276.
- [20] 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, 38(7): 10-12.
- [21] 汪小龙, 黄大国. 石台县天然阔叶林资源保护效益分析[J]. *安徽林业*, 2010(2): 22.
- [22] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978: 357.
- [23] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005: 66.
- [24] 吴晓成, 张秋良, 臧润国, 等. 额尔齐斯河天然杨树林叶面积指数及比叶面积的研究[J]. *西北林学院学报*, 2009, 24(4): 10-15.
- [25] 陈灵芝, 黄建辉, 严昌荣. 中国森林生态系统养分循环[M]. 北京: 气象出版社, 1997.
- [26] GÜSEWELL S. N:P ratios in terrestrial plants: variation and functional significance[J]. *New Phytologist*, 2004, 164(2): 243-266.
- [27] GÜSEWELL S, KOERSELMAN W. Variation in nitrogen and phosphorus concentrations of wetland plants[J]. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 2000, 5(1): 37-61.
- [28] GÜSEWELL S, KOERSELMAN W, VERHOEVEN J T A. Biomass N:P ratios as indicators of nutrient limitation for plant populations in wetlands[J]. *Ecological Applications*, 2003, 13(2): 372-384.
- [29] 吴统贵, 陈步峰, 肖以华, 等. 珠江三角洲3种典型森林类型乔木叶片生态化学计量学[J]. *植物生态学报*, 2010, 34(1): 58-63.
- [30] ELSER J J, STERNER R W, GOROKHOVA E, et al. Biological stoichiometry from genes to ecosystems[J]. *Ecology Letters*, 2000, 3(6): 540-550.
- [31] HAN W X, FANG J Y, GUO D L, et al. Leaf nitrogen and phosphorus stoichiometry across 753 terrestrial plant species in China[J]. *New Phytologist*, 2005, 168(2): 377-385.
- [32] KOERSELMAN W, MEULEMAN A F M. The vegetation N:P ratio: a new tool to detect the nature of nutrient limitation [J]. *Journal of Applied Ecology*, 1996, 33(6): 1441-1450.
- [33] HOFFMANN W A, FRANCO A C, MOREIRA M Z, et al. Specific leaf area explains differences in leaf traits between congeneric savanna and forest trees [J]. *Functional Ecology*, 2005, 19(6): 932-940.

(责任编辑: 惠红, 张明霞)