

文章编号:1672-9250(2007)01-0033-05

贵州喀斯特山区植物叶片碳同位素组成研究

杨成^{1,2}, 刘丛强¹, 宋照亮³, 刘占民^{1,2}, 郑厚义^{1,2}

(1. 中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室, 贵州 贵阳 550002;

2. 中国科学院研究生院, 北京 100039; 3. 浙江林学院, 浙江 临安 311300)

摘要:通过测定贵州喀斯特山区灌丛12种主要植物叶片的 $\delta^{13}\text{C}$ 值,研究了该区植物叶片碳同位素组成特征,以及种间、生境差异和时空变化特征。研究结果表明:该区植物叶片的碳同位素组成的变化范围为 $-26.98\text{‰} \sim -29.15\text{‰}$,平均值为 -28.14‰ 。研究区 $\delta^{13}\text{C}$ 值的分布相对均匀,除高于我国热带雨林区植物外,低于其它地区。研究结果还表明,种间碳同位素组成存在较大的差异。生境的变化对蕨的碳同位素组成影响较大,而对渐尖毛蕨、盐肤木、火棘、马桑影响较小。盐肤木、渐尖毛蕨、云南鼠刺、火棘叶片的 $\delta^{13}\text{C}$ 值从生长初期到末期有降低的趋势,但降低的幅度存在差异。植物的 $\delta^{13}\text{C}$ 值随小尺度海拔的变化规律与随大尺度海拔变化的规律一致,都是随着海拔的增加 $\delta^{13}\text{C}$ 值增大,但不同植物种间变化的幅度是不一样的。

关键词:喀斯特山区;植物叶片; $\delta^{13}\text{C}$ **中图分类号:**X142**文献标识码:**A

碳是地球上生命赖以生存的基础,是生物圈中最重要的元素^[1]。自然界中存在两种稳定性碳同位素,其中 ^{12}C 约占大气碳总量的98.9%, ^{13}C 约占1.1%。由于自然界植物中碳同位素值存在着很大差异,并且碳同位素技术具有准确、灵敏等特点,因而被广泛应用于植物生态学研究的许多领域,如对植物光合途径的区别、生态系统中碳素的来源识别、植物水分利用效率和生物量的变化等研究^[2-9]。目前对其它地区植物碳同位素的研究开展了不少的工作,但对喀斯特山区植物碳同位素的研究相对薄弱,仅见朴河春^[10]对贵州喀斯特区植物(小果蔷薇)叶片营养元素含量和 $\delta^{13}\text{C}$ 随海拔的变化及其在不同器官中的分布规律,以及营养元素和碳同位素组成的相互关系等进行了研究。因此,进一步对喀斯特山区植物碳同位素进行研究,探讨喀斯特区植物碳同位素分馏的特点及其与环境因子的关系,对了解

喀斯特区植被的生理生态特性及影响因素等都有着重要的意义。

1 材料与方法

1.1 研究地点概况

研究地点位于贵州省贵阳市郊花溪杨中小流域,海拔1100~1300 m,属于亚热带湿润季风气候,年降水量为900~1400 mm(平均为1100 mm),年均气温9~17℃,土壤为石灰土。本区属于典型的喀斯特灌丛,灌木植物主要有檵木(*Loropetalum chinense*)、毛黄栌(*Cotinus coggygria* var. *pubescens*)、金佛山荚蒾(*Viburnum jinfoshanensis*)、铁仔(*Myrsine africana*)、火棘(*Pyracantha fortuneana*)、白木通(*Akebia trifoliata* var. *australis*)、毛叶木姜子(*Litsea mollifolia*)、云南鼠刺(*Itea yunnanensis*)、竹叶椒(*Zanthoxylum planispinum*)、直角荚蒾(*Viburnum foetidum* var. *rectangulatum*)、圆果化香(*Platycarya longipes*)、盐肤木(*Rhus chinensis*)、合欢(*Albizia julibrissin*)、响叶杨(*Populus adenopoda*)、铜叶胡颓子(*Elaeagnus cuprea*)、马桑(*Coriaria sinica*)等,分布较少的种有野李(*Prunus salicina*)、构树(*Brou-*

收稿日期:2006-08-09; **修回日期:**2006-09-16**基金项目:**“973”国家重点基础研究发展计划项目(2006CB403200);中国科学院重要方向项目(KZCX3-SW-140);中国科学院知识创新工程项目(KZCX2-105)**第一作者简介:**杨成(1979—),男,苗族,博士研究生,研究方向为环境地球化学。

sonetia pyrifera)、小果蔷薇(*R. cymosa*)、蒿核木(*Prinsepia utilis*)、白筋(*Acanthopanax trifoliatum*)、勾儿茶(*Berchemia sinica*)、红麸杨(*R. punjabensis var. sinica*)、老虎刺(*Pterolobium punctatum*)、美丽胡枝子(*Lespedeza formosa*)、粉枝梅(*Rubus biflorus*)、南天竹(*Nandina domestica*)、软条蔷薇(*Rosa henryi*)、糯米团(*Memoralis hirta*)、吴茱萸(*Euodia rutaecarpa*)等。藤本植物主要有金银花(*Lonicera japonica*)、香花崖豆藤(*Millettia dielsiana*)、藤黄檀(*Dalbergia hancei*)、飞龙掌血(*Toddalia asiatica*)、防己(青藤)(*Sinomenium acutum* (Thunb) Rehd. etwils)、薯蓣(*Dioscorea kamoensis*)、三叶木通(*Akebia quinata*)等。草本层的常见种有渐尖毛蕨(*Cyclosorus acuminatus*)、凤尾蕨(*Pteris nervosa*)、苔草(*Carex sp.*)、芒(*Micranthus sinensis*)、多花黄精(*Polygonatum cyrtoneuma*)、箭叶淫羊藿(*Epimedium sagittatum*)、蕨(*Pteridium aquilinum var. latiusculum*)等,分布较少的种有狗脊(*Woodwardia japonica*)、乌韭(*Stenoloma chusanum*)、鸢尾(*Iris tectorum*)、井栏边草(*Pteris multifida*)、茜草(*Rubia cordifolia*)、瓦韦(*Lepisorus thunbergianus*)、鸭儿芹(*Cryptotaenia japonica*)、唐松草(*Thalictrum aguileifolium var. sibiricum*)等,同时分布有苔藓(Moss)。对照点为距贵阳市约 20 km 的贵州龙里县郊把关小流域,土壤为酸性黄壤,土层深厚、质地粘重。该区乔木层植物以马尾松(*Pinus massoniana*)、光皮桦(*Betula luminiifera*)、椴木(*Aralia chinensis*)和响叶杨占优势。灌木层主要有大叶胡枝子(*Lespedeza davidii*)、盐肤木、马桑、粉枝梅、山合欢(*Albizia kalkora*)、直角荚蒾、火棘等。草本层主要有芒、渐尖毛蕨、蕨等,分布较少的有野坝子(*Elsholtzia rugulosa*)、朝天罐(*Osbeckia crinita*)、多花黄精、紫萁(*Osmunda japonica*)等,此外还有较少的鸡屎藤(*Paederia scandens*)和薯蓣等藤本植物。

1.2 研究方法

植物样品:2004年7月在花溪杨中采集了该区的灌木、藤本、草本、苔藓的主要代表性植物:盐肤木、火棘、马桑、毛黄栌、圆果化香、云南鼠刺、直角荚蒾、蕨、渐尖毛蕨、香花崖豆藤、防己(青藤)、苔藓的叶片。其中盐肤木、火棘、云南鼠刺、渐尖毛蕨按生长期采集了5、7、9月份的样品,其它植物只采集7

月份样。同时在龙里把关黄壤上采集了与花溪杨中树龄接近的5种植物:蕨、渐尖毛蕨、马桑、盐肤木、火棘做对比研究。以上所有植物,均采集5个独立样代表该植物的样品。为了研究植物碳同位素组成随小尺度海拔的变化情况,我们选择了相对高度约140 m的山体,从山脚到山顶,每间隔约10 m,采集了火棘和毛黄栌叶片(注:火棘未采集到1200 m和1220 m处样)。

土壤样品:各采集了杨中和把关4个典型表层土壤样。

土壤样品经处理后测定pH值和元素含量,测定仪器为pH计和ICP-OES;植物样品采集回来后用清水洗净、晾干,置于烘箱中在70℃下烘干,用微型粉碎机粉碎,样品封存于密封袋内以备分析用。样品碳同位素组成用MAT-252质谱仪分析。样品碳同位素组成的表达式为:

$$\delta^{13}\text{C} = [({}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C})_{\text{样品}} / ({}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C})_{\text{标准}} - 1] \times 1000$$

样品分析在中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室进行,碳同位素结果采用PDB标准,其分析误差小于±0.1%。

2 结果与讨论

2.1 贵州喀斯特山区植物叶片碳同位素组成的特点

表1为贵州喀斯特山区植物叶片碳同位素组成。从表中可看出,该区植物叶片的碳同位素组成主要分布在-26.98‰~-29.15‰之间,平均值为-28.14‰,其中马桑的 $\delta^{13}\text{C}$ 值最高(-26.98‰±0.17‰),蕨的 $\delta^{13}\text{C}$ 值最低(-29.15‰±0.12‰)。和我国其它地区^[11-16](荒漠植物的 $\delta^{13}\text{C}$ 值范围在-23‰~-29‰,平均值为-27‰;高山嵩草草甸和针叶林植物在-22.4‰~-31.5‰,平均值为-27.1‰;暖温带落叶阔叶林植物在-22.23‰~-31.38‰,平均值为-26.24‰;青藏高原北部植物在-29.52‰~-23.85‰之间,平均值为-26.89‰;河西走廊中部沙漠植物在-25‰~-30‰;云南西双版纳热带雨林植物在-38.65‰~-27.60‰,平均值为-33.11‰)相比较,喀斯特区植物的 $\delta^{13}\text{C}$ 平均值除了比我国热带雨林区植物的偏高外,比其它地区的低, $\delta^{13}\text{C}$ 值变化范围也较其它地区小。用单因素方差(ANOVA)分析表明这些植物的 $\delta^{13}\text{C}$ 值之间存在显著性差异($P < 0.01$),多重比较得出,蕨与火棘、香花崖豆藤、渐尖毛蕨,渐尖

毛蕨与火棘、直角茛苕、香花崖豆藤, 盐肤木与毛黄栌、云南鼠刺、直角茛苕、防己(青藤), 火棘与香花崖豆藤, 马桑与圆果化香、防己(青藤)、苔藓, 毛黄栌与云南鼠刺、直角茛苕、防己(青藤), 圆果化香与云南鼠刺、防己(青藤)、苔藓, 云南鼠刺与直角茛苕、防己

(青藤)、苔藓, 防己(青藤)与苔藓之间 $\delta^{13}\text{C}$ 值不存在显著差异($P>0.05$)。造成这种差异的主要原因是由植物本身的遗传特性所决定, 但与植物生长的环境也有一定的关系。

表 1 贵州喀斯特山区 12 种主要植物叶片的平均 $\delta^{13}\text{C}$ 值

Table 1. The mean values of foliar $\delta^{13}\text{C}$ of 12 main species from Guizhou karst mountain area

植物名称	$\delta^{13}\text{C}(\text{‰})$	
盐肤木	<i>Rhus chinensis</i>	-28.17±0.20
火棘	<i>Pyracantha fortuneana</i>	-29.09±0.45
马桑	<i>Coriaria sinica</i>	-26.98±0.17
毛黄栌	<i>Cotinus coggygria var. pubescens</i>	-27.99±0.37
圆果化香	<i>Platycarya longipes</i>	-27.29±0.88
云南鼠刺	<i>Itea yunnanensis</i>	-27.81±1.02
直角茛苕	<i>Viburnum foetidum var. rectangulatum</i>	-28.34±0.49
蕨	<i>Pteridium aquilinum var. latiusculum</i>	-29.15±0.12
渐尖毛蕨	<i>Cyclosorus acuminatus</i>	-29.00±0.09
香花崖豆藤	<i>Millettia dielsiana</i>	-29.00±0.22
防己(青藤)	<i>Sinomenium acutum (Thunb) Rehd. etwils</i>	-27.57±0.55
苔藓	<i>Moss</i>	-27.29±0.28
平均值		-28.14

2.2 植物在不同生境下碳同位素组成的差异

植物的生长与其存在的环境是密切相关的, 生境的变化影响着植物的生长、发育、分布, 同样也影响着植物的碳同位素组成。陈拓^[14]、陈世莘^[17]、Sanchez-Diaz^[18] 研究发现土壤含水量越高, 植物叶片的 $\delta^{13}\text{C}$ 值越小。陈拓^[14] 研究表明土壤温度越低, 植物叶片的 $\delta^{13}\text{C}$ 值越小。Chen^[19]、Akhter^[20] 研究表明生长于土壤湿度大的植物其 $\delta^{13}\text{C}$ 值要比湿度小的低, 严昌荣^[21] 也研究得出生长在土层浅薄、土壤湿度低的植物的 $\delta^{13}\text{C}$ 值要比生长在土层深厚、土壤湿度高的高。赵良菊^[22] 研究表明在土壤养分充足环境下生长的植物其 $\delta^{13}\text{C}$ 值比土壤养分缺乏的高。生境中不同的光照条件对植物的 $\delta^{13}\text{C}$ 值

也有很大的影响, 植物的 $\delta^{13}\text{C}$ 值随着光照强度的减弱而降低^[25], 生长于阳面的植物的 $\delta^{13}\text{C}$ 值要高于阴面植物^[23], 冠层顶部叶片的 $\delta^{13}\text{C}$ 值要高于底部叶片^[24]。本研究中样地 1: 基岩为硅质岩, 土壤为酸性黄壤, 林分平均高度 5~6m, 基本郁闭; 样地 2: 基岩为石灰岩, 土壤为石灰土, 林分平均高度 1~2 m, 林分郁闭程度很低。表 2 为两种不同生境土壤的基本性质。由表 2 和图 1 可看出, 跟其他研究结果一样, 生长在土壤养分含量高且林分郁闭度低的盐肤木、火棘的 $\delta^{13}\text{C}$ 值也要高一些, 而蕨、渐尖毛蕨、马桑却相反。说明植物在不同的生长环境下碳同位素组成是存在差异的, 这可能与土壤养分、水分、林分的郁闭程度有关, 但不同的植物种对环境的影响也存在不同的响应策略。

表 2 采集区域土壤基本情况

Table 2. The basic conditions of soil sampling at sites

地点	基岩类型	土壤类型	pH	土壤基本养分含量											
				%										$\mu\text{g/g}$	
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	Cu	Zn	Mo
1	硅质岩	黄壤	4.4	0.22	0.34	0.33	0.27	0.04	0.20	5.73	4.42	0.09	18.07	189.05	2.18
2	石灰岩	石灰土	6.5	0.55	0.49	0.37	3.45	0.11	0.91	15.97	4.70	0.15	15.21	139.07	0.86

2.3 贵州喀斯特山区植物碳同位素组成时空变化

图 2 为盐肤木、渐尖毛蕨、云南鼠刺、火棘生长

期(5月至9月)中 $\delta^{13}\text{C}$ 值的变化图。从图中可看出, 这四种植物从生长初期到生长末期其叶片的 $\delta^{13}\text{C}$ 值是降低的, 但不同植物种的 $\delta^{13}\text{C}$ 值变化程度

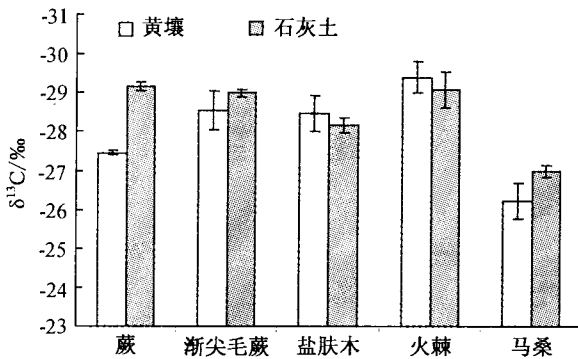
图1 不同生境下植物叶片的 $\delta^{13}\text{C}$ 值

Fig. 1. The $\delta^{13}\text{C}$ values of foliar in various habitats.

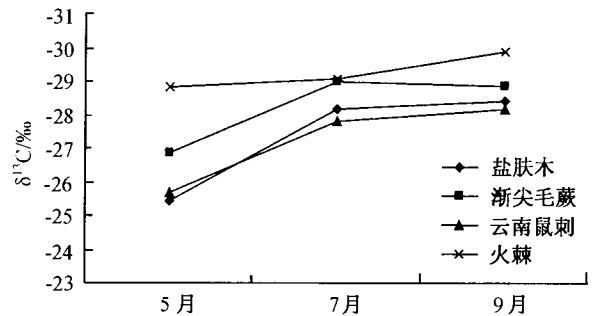
图2 几种植物叶片 $\delta^{13}\text{C}$ 值季节变化图

Fig. 2. The seasonal changes of foliar $\delta^{13}\text{C}$ in some plant species.

不一样,其中变化较大的是盐肤木,从生长初期的 -25.46% 降到生长末期的 -28.44% ,降低了 2.98% ;变化较小的是火棘,只降低了 1.05% 。这和其他研究^[13,26-28]报道的一致。这主要是由于植物在生长初期,细胞生长比较活跃,以便合成大量有机物来满足植物叶片发育和植物建构的需要,相对

而言,细胞内部 CO_2 浓度处于“饥饿”状态,因而导致植物对 $^{13}\text{CO}_2$ 的识别和排斥降低,植物叶片的 $\delta^{13}\text{C}$ 值较高;到了生长后期,叶片外部形态和内部结构发育趋于完全,内部生理代谢功能趋于完备,植物具备了较完善的生理生化反应调控机制,能较有效地识别与排斥 $^{13}\text{CO}_2$,植物叶片的 $\delta^{13}\text{C}$ 值较低^[29]。

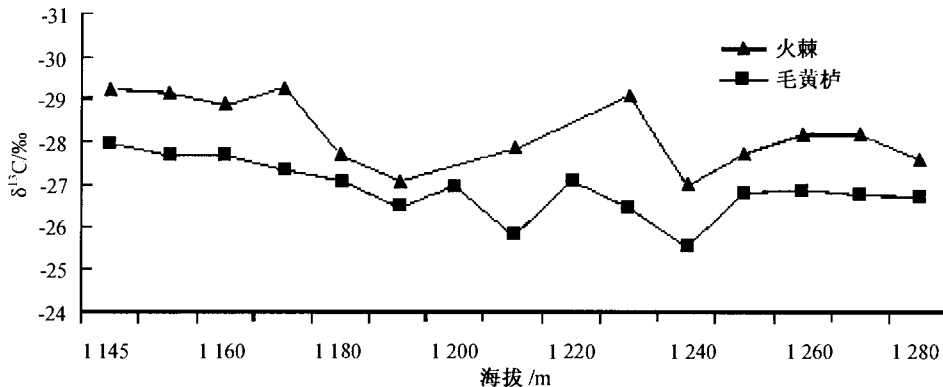
图3 火棘和毛黄栌叶片 $\delta^{13}\text{C}$ 值随海拔的变化图

Fig. 3. The changes of foliar $\delta^{13}\text{C}$ of *Pyracantha fortuneana* and *Cotinus coggygia* var. *pubescens* with altitude.

图3为火棘和毛黄栌的 $\delta^{13}\text{C}$ 值随山脚到山顶小尺度海拔的变化图。从图中可看出,火棘和毛黄栌的 $\delta^{13}\text{C}$ 值随海拔的变化幅度存在差异,火棘的 $\delta^{13}\text{C}$ 值的变幅是在 -29.22% ~ -27.60% ,而毛黄栌的 $\delta^{13}\text{C}$ 值的变幅是在 -27.94% ~ -26.70% 。苏波^[30]对我国东北样带草原区 15 个常见植物种叶片的研究也得出不同的植物种的 $\delta^{13}\text{C}$ 值随海拔高度的增加呈不同程度的增加趋势。产生这种结果的原因可能是与不同的植物具有不同的生理生态特征有关。本研究中火棘和毛黄栌的 $\delta^{13}\text{C}$ 值变化总趋势均为随海拔的增加而增加,尽管出现了一些波动(这可能是受地形的影响而导致的)。这与其他研究者得出的植物的 $\delta^{13}\text{C}$ 值随大尺度海拔的变化相

同^[14,29,31-34]。说明植物的 $\delta^{13}\text{C}$ 值在小尺度海拔变化上也存在着跟大尺度海拔一样变化的规律,随着海拔的增加而增加。这是因为海拔较高的植物的光合速率或 CO_2 利用效率比低海拔植物的高,从而导致植物叶片的 Ci/Ca 比值随海拔高度增加而降低^[35]。因此,植物叶片的 $\delta^{13}\text{C}$ 值随着海拔高度的增加而增加。

3 结论

贵州喀斯特山区植物 $\delta^{13}\text{C}$ 值的分布范围为 -26.98% ~ -29.15% ,平均值为 -28.14% 。和我国其它地区植物相比,除了高于热带雨林区植物外,均低于其它地区,较明显的特点是植物 $\delta^{13}\text{C}$

值的变化范围比其它地区的要窄。不同生境下植物的 $\delta^{13}\text{C}$ 值存在差异,不同的土壤养分、水分、林分郁闭度等对植物的 $\delta^{13}\text{C}$ 值产生影响,但不同的植物种对环境的影响存在不同的响应策略。植物的

$\delta^{13}\text{C}$ 值从生长初期到末期有降低的趋势,且随小尺度海拔的变化规律与大尺度海拔变化一致,也是随着海拔的增加 $\delta^{13}\text{C}$ 值增大,但不同植物种间变幅存在差异。

致谢:在野外采样工作中,得到了贵州师范大学地理与生物科学学院屠玉麟教授、向刚老师、张兴春老师的大力帮助,在此表示感谢!

参 考 文 献

- [1] 郑永飞,陈江峰. 稳定同位素地球化学[M]. 北京:科学出版社,2000
- [2] O'Leary M H. Carbon isotope fraction in plants[J]. *Phytochemistry*, 1981, 20: 553-566
- [3] Chen S P, Bai Y F, Han X G. Variations in composition and water use efficiency of plant functional groups based on their water ecological groups in the Xilin River Basin[J]. *Acta botanica Sinica*, 2003, 45 (10): 1251-1260
- [4] Raddad E Y, Luukkanen O. Adaptive genetic variation in water-use efficiency and gum yield in *Acacia senegal* provenances grown on clay soil in the Blue Nile region, Sudan[J]. *Forest Ecology and Management*, 2006, 226: 219-229
- [5] 郑兴波,张岩,顾广虹. 碳同位素技术在森林生态系统碳循环研究中的应用[J]. *生态学杂志*, 2005, 24(11): 1334-1338
- [6] 陈世苹,白永飞,韩兴国. 稳定性碳同位素技术在生态学研究中的应用[J]. *植物生态学报*, 2002, 26(5): 549-560
- [7] 蒋高明. 植物生理生态学研究稳定碳同位素技术及其应用[J]. *生态学杂志*, 1996, 15(2): 49-54
- [8] 李秧秧. 碳同位素技术在 C_3 作物水分利用效率研究中的应用[J]. *核农学报*, 2000, 14(2): 115-121
- [9] 张正斌,山仑. 碳同位素分辨率在小麦水分利用效率研究中的应用进展[J]. *西北农业学报*, 1999, 8(1): 108-111
- [10] 朴河春,朱建明,朱书法,等. 植物营养元素的含量和 $\delta^{13}\text{C}$ 值随海拔而变化的特征及营养元素相互作用对碳同位素分馏作用的影响[J]. *地球科学进展*, 2004, 19(增刊): 412-418
- [11] 陈拓,马健,冯虎元,等. 阜康典型荒漠 C_3 植物稳定碳同位素值的环境分析[J]. *干旱区地理*, 2002, 25(4): 342-345
- [12] 冯虎元,安黎哲,陈拓,等. 马先蒿属植物稳定碳同位素组成与环境因子之间的关系[J]. *冰川冻土*, 2003, 25(1): 88-93
- [13] 严昌荣,韩兴国,陈灵芝,等. 暖温带落叶阔叶林主要植物叶片中 $\delta^{13}\text{C}$ 值的种间差异及时空变化[J]. *植物学报*, 1998, 40(9): 853-859
- [14] 陈拓,杨梅学,冯虎元,等. 青藏高原北部植物叶片碳同位素组成的空间特征[J]. *冰川冻土*, 2003, 25(1): 83-87
- [15] 苏培玺,陈怀顺,李启森,等. 河西走廊中部沙漠植物 $\delta^{13}\text{C}$ 值的特点及其对水分利用效率的指示[J]. *冰川冻土*, 2003, 25(5): 597-602
- [16] 梁春梅,韩兴国,苏波,等. 云南西双版纳片断化热带雨林植物叶片 $\delta^{13}\text{C}$ 值的特点及其对水分利用效率的指示[J]. *植物学报*, 2001, 43(2): 186-192
- [17] 陈世苹,白永飞,韩兴国,等. 沿土壤水分梯度黄囊苔草碳同位素组成及其适应策略的变化[J]. *植物生态学报*, 2004, 28(4): 515-522
- [18] Sanchez-Diaz M, Garcia J L, Antolin M C, et al. Effects of soil drought and atmospheric humidity on yield, gas exchange, and stable carbon isotope composition of barley[J]. *Photosynthetica*, 2002, 40(3): 415-421
- [19] Chen S P, Bai Y F, Lin G H, et al. Variations in life-form composition and foliar carbon isotope discrimination among eight plant communities under different soil moisture conditions in the Xilin River Basin, Inner Mongolia, China[J]. *Ecol Res*, 2005, 20: 167-176
- [20] Akhter J, Mahmood K, Tasneem M A, et al. Comparative water-use efficiency of *Sporobolus arabicus* and *Leptochloa fusca* and its relation with carbon-isotope discrimination under semi-arid conditions[J]. *Plant and Soil*, 2003, 249: 263-269
- [21] 严昌荣,韩兴国,陈灵芝,等. 中国暖温带落叶阔叶林中某些树种的 ^{13}C 自然丰度: ^{13}C 值及其生态学意义[J]. *生态学报*, 2002, 22(12): 2163-2166
- [22] 赵良菊,刘晓宏,肖洪浪,等. 土壤养分对作物茎叶稳定碳同位素组成和生物产量的影响[J]. *地球学报*, 2003, 24(6): 519-524

- [23] Hamerlynck E P, Csintalan Z, Nagy Z, et al. Ecophysiological consequences of contrasting microenvironments on the desiccation tolerant moss *Tortula ruralis*[J]. *Oecologia*, 2002, 131: 498—505
- [24] Duursma R A, Marshall J D. Vertical canopy gradients in $\delta^{13}\text{C}$ correspond with leaf nitrogen content in a mixed-species conifer forest[J]. *Tree*, 2006, 20(4): 496—506
- [25] 林植芳, 林桂珠, 孔国辉, 等. 生长光强对亚热带自然林两种木本植物 $\delta^{13}\text{C}$ 、 C_i 和 WUE 的影响[J]. *热带亚热带植物学报*, 1995, 3(2): 77—82
- [26] 李明财, 易现峰, 李来兴, 等. 青藏高原东部典型高山植物叶片 $\delta^{13}\text{C}$ 的季节变化[J]. *西北植物学报*, 2005, 25(1): 77—81
- [27] Holtum J A M, Winter K. Carbon isotope composition of canopy leaves in a tropical forest in Panama throughout a seasonal cycle[J]. *Trees*, 2005, 19: 545—551
- [28] Rice S K. Variation in carbon isotope discrimination within and among *Sphagnum* species in a temperate wetland[J]. *Oecologia*, 2000, 123: 1—8
- [29] 陈拓, 秦大河, 任贾文, 等. 甘肃马衔山平车前叶片 $\delta^{13}\text{C}$ 的海拔和时间差异[J]. *西北植物学报*, 2000, 20(4): 672—675
- [30] 苏波, 韩兴国, 李凌浩, 等. 中国东北样带草原区植物 $\delta^{13}\text{C}$ 值及水分利用效率对环境梯度的响应[J]. *植物生态学报*, 2000, 24(6): 648—655
- [31] Hultine K R, Marshall J D. Altitude trends in conifer leaf morphology and stable carbon isotope composition[J]. *Oecologia*, 2000, 123: 32—40
- [32] Sparks J P, Ehleringer J R. Leaf carbon isotope discrimination and nitrogen content for riparian trees along elevational transects[J]. *Oecologia*, 1997, 109: 362—367
- [33] 旺罗, 吕厚远, 吴乃琴, 等. 青藏高原原生禾本科植物的 $\delta^{13}\text{C}$ 与海拔高度的关系[J]. *第四纪研究*, 2003, 23(5): 573—580
- [34] 徐世健, 陈拓, 冯虎元, 等. 新疆乌鲁木齐河上游植物叶片 $\delta^{13}\text{C}$ 空间分异的环境分析[J]. *自然科学通报*, 2002, 12(6): 617—620
- [35] Korner C, Diemer M. Evidence that plants from high altitudes retain their greater photosynthetic efficiency under elevated CO_2 [J]. *Functional Ecology*, 1994, 8: 58—68

CARBON ISOTOPE COMPOSITIONS OF PLANT LEAVES FROM KARST MOUNTAINOUS AREA, GUIZHOU, CHINA

YANG Cheng^{1,2}, LIU Cong-qiang¹, SONG Zhao-liang³, LIU Zhan-min^{1,2}, ZHENG Hou-yi^{1,2}

- (1. State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China; 2. The Graduate University, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China; 3. Zhejiang College of Forestry, Lin'an 311300, China)

Abstract

The carbon isotope compositions of 12 plant species leaves collected from the karst Mountainous area in Guizhou were analyzed. The characteristics of foliar carbon isotope compositions, the differences of carbon isotope compositions of interspecies and different habitat conditions, the changes of carbon isotope compositions with time and space were studied. The results showed that the foliar $\delta^{13}\text{C}$ from the study area has an average of -28.14% and range of $-26.98\% \sim -29.15\%$. The mean value of $\delta^{13}\text{C}$ is lower than that from other areas except for tropical rain area in China, and the change extent is narrower than that other areas. There are greater differences between species. The $\delta^{13}\text{C}$ in *Pteridium aquilinum var. latiusculum* affected by habitat conditions is greater than *Cyclosorus acuminatus*, *Rhus chinensis*, *Pyracantha fortuneana* and *Coriaria sinica*. The young leaves have higher $\delta^{13}\text{C}$ values than the mature ones, but the change extents vary among species. The $\delta^{13}\text{C}$ values increased with elevational altitude both in small and large scales. However, the increasing extents of the $\delta^{13}\text{C}$ values are different among species.

Key words: karst mountainous area; plant leaves; $\delta^{13}\text{C}$