

# 贵州苏铁植株体内矿质养分含量特征分析

罗在柒<sup>1</sup>, 刘 兰<sup>1</sup>, 李文刚<sup>1</sup>, 潘德权<sup>1</sup>, 邓朝义<sup>2</sup>, 朱 军<sup>1</sup>

(1. 贵州省林业科学研究院, 贵州 贵阳 550005; 2. 黔西南州林业科研所, 贵州 兴义 562400)

**摘 要:**测定珍稀濒危植物贵州苏铁植株, 构建不同组织和器官矿质营养元素的含量, 分析矿质营养在体内分布特征及其相关特性, 以及结合生长环境土壤特性分析贵州苏铁生长发育对营养需求以及土壤环境供给之间的关系, 研究珍稀濒危植物贵州苏铁植株矿质营养含量及与土壤环境的相互作用, 为贵州苏铁栽培和物种保护提供参考。结果表明: 植株体内 N、P 元素含量变化较大, 4 a 生植株体内比 1 a 生积累更多 Fe、Mn、Zn、Ga、Mg 元素, 小孢子叶 Zn 含量最高, 大孢子叶 Mn 含量最高, 雄性叶元素含量高于雌性叶。表明贵州苏铁生长发育过程中生殖生长需要大量种类和数量的矿质营养物质, 同时也证明了营养生长物质服务于生殖生长。在栽培生产中除了选择栽培基质与原生地大致相同满足植株的营养生长外, 还更应注重在生殖时期对矿质营养的补给, 满足植物生殖生长对矿质营养的需求。

**关键词:**矿质营养元素; 生长发育; 土壤养分供给; 贵州苏铁

**中图分类号:**S 687.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2011)15-0107-04

有关植物与环境之间进行物质和能量的传递长期以来一直是植物学领域研究的热点问题之一<sup>[1-3]</sup>, 尤其在植物矿质营养与生长发育方面更为具体<sup>[4-6]</sup>。贵州苏铁(*Cycas guizhouensis*)属国家一级保护物种<sup>[7]</sup>, 主要黔、桂、滇三省交界处的南盘江流域, 分布区十分狭窄, 主要为高原山地及沟谷地貌, 是世界上喀斯特发育最为典型的分布中心, 随海拔高度的递增, 植被依次呈现出沟谷落叶阔叶林、沟谷常绿阔叶林、常绿落叶阔叶混交林和落叶阔叶林、山地苔藓矮林和山地常绿阔叶林等 4 个分布带, 属典型的亚热带常绿落叶阔叶混交林植被, 密闭度高, 贵州苏铁野生居群生境因远离附近村落且地势陡峭而幸存, 目前仅在贵州兴义、安龙等县有小面积分布, 其生境为喀斯特地区的常绿阔叶林和沟谷、陡坡的岩隙中, 当前贵州苏铁野生资源现存数量不足 300 株, 过去连片分布的居群因为人为的大肆采挖, 以及对周围环境的破坏, 至今仅偶见零星分布, 现存植株都是年龄老、弱病等不利于自然繁殖的个体, 数量减少加之环境的破坏更是致使贵州苏铁自然繁衍生

殖过程受阻碍, 导致贵州苏铁出现濒临灭绝的重要原因<sup>[8]</sup>。对贵州苏铁的研究主要集中在其形态特征<sup>[9]</sup>、生殖生物学特性<sup>[10]</sup>、细胞学和分子生物学<sup>[11-12]</sup>、种子特性及育苗<sup>[13-14]</sup>和种子钙形态特性<sup>[15]</sup>等几个方面。贵州苏铁主要是以有性繁殖为主, 成熟种子越冬后在翌年 4 月水热条件适宜时萌发生长, 一般植株生长 7~8 a 后方可开花结实, 5 月出现孢子叶球, 20 d 后孢子发育成熟, 且雄球花先于雌球花早熟 2 周左右, 在昆虫作用下传粉受精, 大孢子逐渐发育成种子, 约 10~11 月种子成熟。

当前, 贵州苏铁天然野生居群种质资源几乎残绝, 现存资源仅为分布居群周边农户种植栽培, 且种植技术方式极为不合理。为保护物种多样性以及拯救珍稀濒危贵州苏铁物种种质资源, 现通过测定贵州苏铁植株不同生长发育时期体内矿质矿质营养的含量, 总结贵州苏铁生长发与对矿质矿质营养的需求, 为贵州苏铁的栽培抚育及物种保护提供基础资料。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

贵州苏铁(*Cycas guizhouensis* Lan et R. F. Zou)试材分别采集自兴义马岭河峡谷景区、仓更太平寨、广西金钟山保护区末谷以及贵州省林业科学研究院培育植株, 植株个体主要包括 1 a 生幼苗、4 a 生植株、小孢子叶球、外种皮、胚、花期雌株羽叶、大孢子叶、花期雄株羽叶、植株球茎、根系等贵州苏铁生长发育过程中各个阶段植物组织及营养器官。

### 1.2 试验方法

测定指标有大量元素: 全氮、全磷、全钾、全钙、全镁, 微量元素: 全锰、全锌、全铁、全氯以及全钠等指标,

第一作者简介: 罗在柒(1978-), 男, 布依族, 贵州都匀人, 在读博士, 助理研究员, 现主要从事林木种质资源保育研究工作。E-mail: luozaiqi@163.com。

责任作者: 朱军(1962-), 男, 本科, 研究员, 研究方向为森林土壤。E-mail: zhujun8821@vip.163.com。

基金项目: 国家林业局重点科学技术研究计划林业新技术开发与储备专项资助项目(2006-33); 贵州省自然科学基金资助项目(20072041)。

收稿日期: 2011-05-03

标准参照 LY/T 1271-1999《森林植物与森林枯枝落叶层全氮、磷、钾、钠、钙、镁的测定》、LY/T 1253-1999《森林土壤矿质全量元素(硅、铁、铝、钛、锰、钙、镁、磷)烧失量的测定》、LY/T 1261-1999《森林土壤有效锌的测定》和 LY/T 1272-1999《森林植物与森林枯枝落叶层全氯的测定》等标准进行。数据采用 Spss 软件进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同组织器官矿质营养含量

由表 1 可知,小孢子叶 Zn 含量最高,比大孢子叶的高出 5.84 倍;大孢子叶 Mn 含量比小孢子叶高 1.85 倍。说明小孢子发育需要大量的 Zn,而大孢子发育需要更多的 Mn;4 a 生植株体内比 1 a 生更多积累 Fe、Mn、Zn、Ca、Mg 元素,其中有效 Zn、Mn 分别为 6.79 倍、1.48 倍;雄性叶元素含量高于雌性叶;雄性根含量高于球茎;交换性钠离子在根和球茎中最强,其中 4 a 生植株体内开始增强。

N 含量变化较大。从小到大顺序:大孢子叶、外种

皮、雌叶、雄叶、1 a 生试验土栽培苗、胚、根、4 a 生栽培苗、球茎、小孢子叶球;P 含量变化较大,从小到大顺序:大孢子叶、外种皮、雌叶、雄叶、1 a 生试验土栽培苗、胚、根、4 a 生栽培苗、球茎、小孢子叶球;P、K 小孢子叶球含量均高。其中,小孢子叶球在氮、磷、钾和锌含量等元素含量都高于其它组织器官的含量,大孢子叶在钙和镁元素含量上高于其它组织器官含量,4 a 生植株的钠和氯元素含量都高于其它组织器官,根系在锰和铁元素含量都高于其它组织器官。以上结果表明,贵州苏铁生殖器官的生长发育过程需要大量矿质营养,如氮、磷、钾、锌、钠和铁等元素尤为显著;4 a 生植株处于生长旺盛期,元素的离子交互性强,体现在钠和氯元素含量都高于其它组织器官;根系对矿质营养的吸收和转运功能上,植株生长发育所需矿质营养均通过根系的吸收和运转,除锰和铁等微量元素外,其它矿质营养均及时运转到植株地上的组织和器官,同时也说明了贵州苏铁对锰和铁等微量元素需求量相对较小。

表 1 贵州苏铁不同组织器官矿质营养含量及特性统计

Table 1 The mineral nutrition elements content and it's dynamic features of different organs during development in *Cycas guizhouensis*

测试元素 Mineral nutrition elements/g · kg <sup>-1</sup>	植物样品名称 Sample organs									
	1 a 生幼苗 1 years plant	4 a 生植株 4 years plant	小孢子叶球 Microstrobilus	外种皮 Exopleura	胚 Embryos	雌株羽叶 The male leafs	大孢子叶 Megasporophyll	雄株羽叶 The female leafs	球茎 Corm	根系 Roots
全氮含量 Total N	31.5748	16.9881	37.8018	8.5635	23.215	19.6834	11.889	20.2646	19.7176	15.6436
全磷含量 Total P	1.2045	2.9303	5.8822	0.8275	2.8011	1.0182	0.5517	1.1385	4.0068	2.8523
全钾含量 Total K	2.6135	2.2954	2.7402	1.8031	1.5076	1.5907	2.619	1.4492	2.3044	1.75
全钙含量 Total Ca	2.2197	3.2581	0.065	0.9248	0.0253	4.8734	2.8874	13.5361	6.704	9.8965
全镁含量 Total Mg	3.2745	5.55	3.889	2.637	0.3436	7.1191	4.8748	8.2867	4.356	4.5933
全锰含量 Total Mn	33.8699	50.125	26.265	12.4975	4.6234	49.5025	48.4976	56.8693	20.874	57.4943
全锌含量 Total Zn	4.9993	34.875	56.2097	3.1244	9.3717	3.5002	9.6245	6.3744	4.1248	29.4971
全钠含量 Total Na	0.0037	0.0261	0.0016	0.0037	0.002	0.0024	0.0024	0.003	0.0077	0.0211
全铁含量 Total Fe	1.6757	2.4498	0.1746	0.6454	0.0843	0.3268	1.2252	0.2701	1.2327	3.2162
全氯含量 Total Cl	6.7931	15.2528	13.3169	12.0226	13.6811	6.3907	6.7378	6.1837	4.3464	5.6093
Σ	88.2273	133.7506	146.346	43.0495	55.6298	88.9094	94.0074	114.3756	67.6744	130.5737

通过通量加权得到贵州苏铁不同器官和组织矿质营养含量大小顺序依次为:小孢子叶球、4 a 生植株、根系、雄性羽叶、雌性羽叶、大孢子叶、1 a 生苗、球茎、胚、外种皮。表明贵州苏铁生长发育过程中生殖生长在相对较短的时间内生长迅速,且需要大量种类和数量的矿质营养物质,同时也证明了贵州苏铁种子蕴含大量的矿质营养物质,供种子萌发和幼苗时期自身的需求。

### 2.2 不同组织器官矿质营养特征分析

雌雄对比结果表明,N、P、Zn、Cl 雄性>雌性;Mn、Fe、Ca、Mg 雌性>雄性;K、Fe 相当。羽叶对比结果表明,Mn、Zn、Ca、Mg 雄株>雌株;Cl 雌株>雄株;N、P、Na、K、Fe 相当,雄株由于在小孢子发育过程中需要大量的 Mn、Zn、Ca、Mg 等矿质营养。根系和球茎结果表明,Mn、Zn、Fe、Ca、Mg 根系>球茎;N、P、Na、K 球茎>根系;根系储藏或积累 Mn、Zn、Fe、Ca、Mg 供植株生长所需;大量元素主要集中在球茎,Na 元素多说明元素代谢强度较大;抚育措施应及时补充足量的 N、P、K。

1、4 a 生对比结果表明,N 1 a 生>4 a 生;P、Mn、Zn、Fe、Ca、Mg、Cl 4 a 生>1 a 生;在栽培抚育过程中除了对幼苗施加复合肥外,还需要多施加 N 肥和有机肥。

### 2.3 不同组织器官矿质营养含量的相关性和聚类分析

通过相关性分析,1 a 生幼苗 10 种矿质营养含量与外种皮、雌性羽叶、大孢子叶、雄性羽叶、球茎和根系等组织器官相关性显著,4 a 生植株体内 10 种矿质营养与外种皮、雌性羽叶、大孢子叶、雄性羽叶、球茎和根系等组织器官相关性显著,小孢子叶球矿质营养与胚矿质营养含量相关性显著,外种皮与胚、雌性羽叶、大孢子叶、雄性羽叶和球茎矿质营养含量相关性显著,雌性羽叶与大孢子叶、雄性羽叶、球茎矿质营养含量相关性显著,大孢子叶与雄性羽叶、球茎和根系矿质营养含量相关性显著,球茎和根系矿质营养含量相关性显著;结果表明,贵州苏铁体内不同生长时期不同器官组织之间矿质营养元素存在较链耦合,并有可能与环境土壤元素之间实现系统平衡现象(表 2)。

表 2 贵州苏铁不同组织器官矿质营养含量相关分析

Table 2 Correlation analysis of the mineral nutrition elements content on different organs during development in *Cycas guizhouensis*

	1 a 生幼苗	4 a 生植株	小孢子叶球	外种皮	胚	雌株羽叶	大孢子叶	雄株羽叶	球茎	根系
	1 years plant	4 years plant	Microstrobilus	Exopleura	Embryos	The male leafs	Megasporophyll	The female leafs	Corm	Roots
1 a 生幼苗	1 years plant	1.000	0.714 *	0.536	0.772 * *	0.618	0.898 * *	0.819 * *	0.857 * *	0.975 * *
4 a 生植株	4 years plant		1.000	0.758 *	0.705 *	0.371	0.803 * *	0.886 * *	0.801 * *	0.677 *
小孢子叶球	Microstrobilus			1.000	0.448	0.684 *	0.373	0.430	0.357	0.499
外种皮	Exopleura				1.000	0.645 *	0.751 *	0.727 *	0.699 *	0.715 *
胚 E	Mbryo					1.000	0.275	0.194	0.209	0.571
雌株羽叶	The male leaves						1.000	0.974 * *	0.987 * *	0.890 * *
大孢子叶	Megasporophyll							1.000	0.968 * *	0.797 * *
雄株羽叶	The female leaves								1.000	0.876 * *
球茎	Corm									1.000
根系	Roots									

注: \* 表示 0.05 水平上差异显著; \* \* 表示 0.01 水平上差异显著。  
Note: \* express Correlation is significant at the 0.05 level(2-tailed); \* \* express Correlation is significant at the 0.01 level(2-tailed)。

进一步通过聚类分析见图 1,将植物样品划分为 4 类,一类为小孢子叶球,二类为 4 a 生植株和根系,三类为 1 a 生幼苗、雌性羽叶、雄性羽叶和大孢子叶,四类为外种皮、胚和球茎。结果表明,贵州苏铁在生长发育过程中小孢子叶球生长发育迅速,短期内需要大量的营养,同时在栽培抚育过程中在小孢子发育前提需施加

充足的营养物质,4 a 生植株处于营养体生长的旺盛时期,所需营养物质经过根系吸收和转运到茎和叶,其植物本身生长相对缓慢,故出现了根系所吸收和储藏的物质处于平衡状态;1 a 生幼苗、雌性羽叶、雄性羽叶和大孢子叶之间吸收和储藏的物质处于平衡状态。

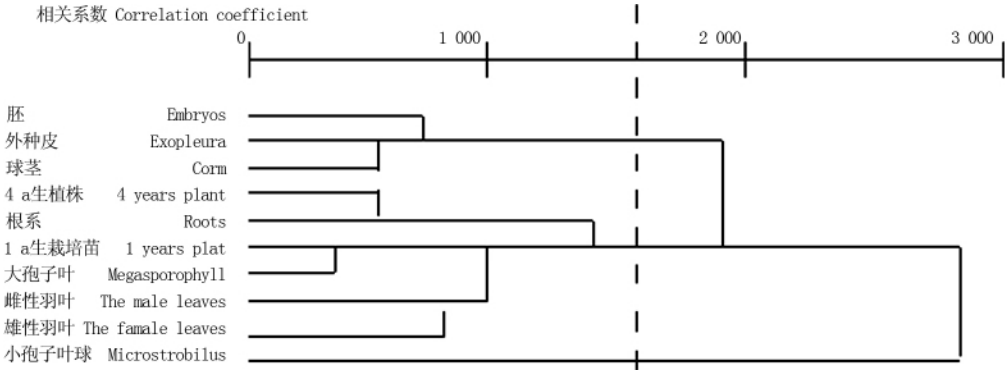


图 1 贵州苏铁植株不同组织器官矿质营养含量聚类分析

Fig. 1 Cluster analysis of the mineral nutrition elements content on different organs during development in *Cycas guizhouensis*

2.4 原生地及栽培土样物理特性分析

通过测定了马岭河峡谷、太平寨、试验培养土和贵州省林业科学院树木园土样中大量元素全氮、全磷、全钾、全钙、全镁,微量元素全锰、全锌、全铁、全氯以及全

钠等指标,马岭河峡谷土样为典型喀斯特土壤类型代表,太平寨为典型砂页岩土壤类型代表,结果为马岭河峡谷的钙明显高于太平寨,其它元素含量特征基本一致(表 3)。

表 3 不同原生地及栽培土样物理特性结果

Table 3 Physical character of siol from different habitats

	全氮含量 Total N /g · kg <sup>-1</sup>	水解性氮含量 Hydrolyble N /mg · kg <sup>-1</sup>	全磷含量 Total P /g · kg <sup>-1</sup>	有效磷含量 Available P /mg · kg <sup>-1</sup>	全钾含量 Total K /g · kg <sup>-1</sup>	速效钾含量 Available K /mg · kg <sup>-1</sup>	有效锌含量 Available Zn /mg · kg <sup>-1</sup>	交换性钠含量 Exchange sodium Na <sup>+</sup> /cmol(Na <sup>+</sup> ) · kg <sup>-1</sup>	全铁含量 Total Fe /g · kg <sup>-1</sup>	全锰含量 Total Mn /g · kg <sup>-1</sup>	全钙含量 Total Ca /g · kg <sup>-1</sup>	全镁含量 Total Mg /g · kg <sup>-1</sup>
马岭河峡谷	0.3945	275.9329	0.6505	0.8816	16.093	182.2594	0.255	0.0785	38.4457	0.6571	67.6503	19.9867
太平寨	0.445	295.5193	0.9648	2.9995	19.1585	174.4779	3.445	0.228	50.7164	0.8205	6.576	19.9373
林科院树木园	0.4793	984.9803	2.3508	181.7874	16.572	530.262	24.45	0.1219	44.2182	0.1821	10.6202	13.1806
试验栽培土	0.1935	165.2428	0.9073	20.1711	12.4255	151.986	9.505	0.2101	53.1463	0.0993	1.5898	9.5715

试验培养土矿质营养元素特征除了速效 N、P、K 略低于太平寨外,其它元素含量特征基本一致。相反,贵州省林业科学院树木园在速效 N、P、K 略高于太平

寨外,其它元素含量特征基本一致。因此,从物种保护栽培土壤基质分析,马岭河峡谷、太平寨、试验栽培土和贵州省林业科学院树木园均适宜贵州苏铁对矿质营

养的生长需求,实际栽培中贵州苏铁在以上各地均生长茂盛。

### 3 结论与讨论

矿质养分是植物生态系统发挥其功能的物质基础。植物的矿质营养不仅影响生态系统能流、物流的速率和方向,而且在很大程度上也决定着种群分布和群落结构。矿质营养是植物生长发育的主要环境因素,与光、热、水、气等其它环境因素以及植物的遗传和生理生化特性等生物学因子的综合作用造就了各种自然环境中的植物种群,也决定了不同生态条件下的植物生长发育过程中的能量流动与物质循环<sup>[16]</sup>。

通过对贵州苏铁原生地土壤物理特性与植株组织器官矿质营养元素含量相关分析,马岭河土壤矿质营养元素与植株组织器官矿质营养元素含量之间进行相关  $F$  性检验,结果为二者之间  $P$  值均大于 0.05,说明它们之间不存在显著的差异,另外在土样与外种皮、胚和球茎之间的标准差均在 95.0% 可性可性区间范围内。试验结果中外种皮、胚和球茎之间的相关性与贵州苏铁植株不同组织器官矿质营养含量具类分析结果一致,说明了土样与外种皮、胚和球茎之间在矿质营养之间形成“源”和“库”的关系。

不同物种对环境的适应生存策略不尽相同<sup>[17-18]</sup>。贵州苏铁植物体内储存大量的矿质营养供生长发育需要,属于低养分型植物,但其各部分养分分配存在着种间差异,且养分在细胞各室间分配也不同,说明养分吸收和植物生长由细胞质中库的反馈调节和底物供应控制,因而养分吸收与植物生长不同时期器官、组织之间的差异,但植物体内本身是矿质养分运转以及植物与环境之间物质和能量是一个平衡的系统,只是由于植物生长发育的需求发生运转。值得一提的是,贵州苏铁小孢子叶球生长 Zn 的积累,以及大孢子叶球生长 Mn 的积累,对生殖器官的发生机理还需要深入研究。

现实栽培生产中,除了选择栽培基质与原生地大致相同外,栽培中尤其注意在生殖期补给元素,如雌性个体增加 Mn,雄性个体增加 Zn,满足植物生殖生长对矿质营养的需求。有关贵州苏铁生长发育过程中植物

生长发育的关系,以及元素吸收、运输与迁移动态以及营养对养分需求及其相关生理特性还需要深入研究。

### 参考文献

- [1] 张振贤,赵德婉,梁书华. 大白菜矿质营养吸收与分配规律研究[J]. 园艺学报,1993,20(2):150-154.
- [2] 马建军,张立彬. 野生欧李生长期矿质营养元素含量的变化[J]. 园艺学报,2004,31(2):165-168.
- [3] 汤少红,石伟勇,余琼芳,等. 基质栽培仙客来矿质营养吸收规律的研究[J]. 园艺学报,2006,33(4):894.
- [4] 漆小雪,李锋,韦霄. 罗汉果生长动态与叶片矿质营养的研究[J]. 广西植物,2005,5(6):602-605.
- [5] 张磊,王文琪,王进军,等. 紫茎泽兰生殖生长期叶片矿质营养元素动态变化研究[J]. 中国农学通报,2007,23(12):306-310.
- [6] 肖家欣,严翔,彭抒昂,等. 赣南华盛顿脐橙果实发育中几种矿质营养含量动态的研究[J]. 中国生态农业学报,2008,16(1):134-138.
- [7] 兰开敏,邹荣福. 贵州一种新苏铁[J]. 植物分类学报,1983,21(2):209-210.
- [8] 罗在荣,潘德权,邓朝义. 贵州苏铁种质资源现状 & 保护策略[J]. 林业调查规划,2008,33(3):95-97.
- [9] 艾素云,黄玉源,伍映辉. 贵州苏铁根的解剖学研究[J]. 云南植物研究,2006,28(2):149-156.
- [10] 于曙明,罗在荣,邓朝义. 贵州苏铁的生殖生物学特性与其物种保护策略[J]. 西部林业科学,2008,37(1):115-118.
- [11] 陈训,巫华美. 贵州苏铁的核型分析[J]. 植物学通报,1990,7(8):45-48.
- [12] 屈良鹄,余小强,施苏华,等. 苏铁在种子植物进化中的位置—分子生物学的证据[J]. 中山大学学报(自然科学版),1991,3(1):72-75.
- [13] 罗在荣,潘德权,邓朝义. 珍稀濒危物种贵州苏铁种子育苗试验研究[J]. 种子,2009,28(1):69-71.
- [14] 罗在荣,王莲辉,李文刚,等. 贵州苏铁组织培养研究[J]. 安徽农业科学,2011,39(2):859-860.
- [15] 罗在荣,王传明,潘德权,等. 贵州苏铁种子钙形态特性分析[J]. 广西植物,2009,29(5):653-657.
- [16] 申建波,张福锁,毛达如. 植物矿质营养的生态意义—II. 植物对矿质养分的吸收、利用和分配[J]. 中国生态农业学报,1997,5(1):22-26.
- [17] Vacek S, Hejman M, Semelová V, et al. Effect of soil chemical properties on growth, foliation and nutrition of Norway spruce stand affected by yellowing in the Bohemian Forest Mts., Czech Republic[J]. Eur J Forest Res, 2009,128:367-375.
- [18] Ostonen I, Lohmus K. Proportion of fungal mantle, cortex and stele of ectomycorrhizas in *Picea abies* (L.) Karst. in different soils and site conditions[J]. Plant and Soil, 2003,257:435-442.

## The Mineral Nutrition Elements Content and it's Dynamic Features of Different Organs During Development in *Cycas guizhouensis*

LUO Zai-qi<sup>1</sup>, LIU Lan<sup>1</sup>, LI Wen-gang<sup>1</sup>, PAN De-quan<sup>1</sup>, DENG Chao-yi<sup>2</sup>, ZHU Jun<sup>1</sup>

(1. Guizhou Academy of Forestry, Guiyang, Guizhou 550005; 2. Qianxinan Research Institute of Forestry, Xingyi, Guizhou 562400)

**Abstract:** A study of mineral elements contents in different organs of *C. guizhouensis*, and their correlation dynamic features during growth and development was carried out. In order to provide refence to cultivation techque and species protection to *Cycas guizhouensis*. The results showed that N, P element content and the transfer was intense. 4 years old plants of more than 1 year old were accumulated in Fe, Mn, Zn, Ca, Mg, and the male leaf elements were higher than the female leaves, especially the exopleura, and megasporophyll had most content on Zn and Mn. The conclusion that composition and quantity distribution of mineral nutrition on the reproductive growth more than the vegetative growth, and the vegetative growth which serve to the needs of reproductive growth, so we must provided more mineral elements for reproductive growth. In addition to choose the right nutrition medium would been choose in culture.

**Key words:** nutrition elements; dynamic features; soil nutrient supply; *Cycas guizhouensis* Lan et R. F. Zou