

石山稀有濒危植物在迁地保护后的性状变异

黄仕训 李瑞棠 骆文华 周太久 唐文秀 王 燕

(中国科学院广西植物研究所, 桂林 541006)

摘要: 本文对比研究了 7 种石山稀有濒危植物在石灰岩土壤以及迁移到酸性土壤后的外形特征、生长发育习性 & 化学元素含量。结果表明 7 种石山稀有濒危植物迁移到酸性土壤后发生了以下变化: 1) 外形变化主要表现为叶片变大变薄, 有的植物种子或叶形有变化; 2) 迁移后开花、结实、落叶期晚 1 周以上, 在气候条件相同的地区, 营养生长期没有变化; 3) 植物体内的化学元素 N、Zn、B、Al 的含量增加 20% 以上, 而 Ca 含量减少 10%; 4) Al 的含量虽增加很多, 但仍远低于酸性土壤中的植物; Ca 的含量虽然减少, 但仍高于酸性土壤植物; 5) 元素 K、B 的生物吸收系数在石灰岩土壤高于酸性土壤, 其他元素 N、P、Ca、Mg、Fe、Al、Mn、Zn 的生物吸收系数则是酸性土壤高于石灰岩土壤。
关键词: 稀有濒危植物, 石灰岩土, 酸性土, 变化

中图分类号: Q948.13

文献标识码: A

文章编号: 1005-0094(2001)04-0359-07

Variation in characteristics of rare and threatened plants after *ex-situ* conservation

HUANG Shi-Xun, LI Rui-Tang, LUO Wen-Hua, ZHOU Tai-Jiu, TANG Wen-Xiu, WANG Yan
Guangxi Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Guilin, Guangxi 541006

Abstract: We compared morphological characters, phenology and chemical elemental contents of seven threatened plant species in limestone soil with those in acid red soil. The results show that the following variations occurred after the plants had been introduced to acid soil: 1) the leaves became larger and thinner, and the seeds and leaf shape of some species changed; 2) the flowering, fruit bearing and leaf falling was delayed one week; 3) the chemical content of N, Zn, B and Al increased as much as 20%, but Ca decreased by 10%, though much higher than those in acid soil; 4) the K, B absorbencies of the plants in limestone soil were about 10%; 5) the content of Ca decreased, but was still much higher than the plants in acid soil. The content of Al higher than those in acid soil, but the absorbencies of other elements (N, P, Ca, Mg, Fe, Al, Mn and Zn) were lower than those in acid soil.

Key words: threatened plant, limestone soil, acid red soil, characteristic variation

我国石灰岩(碳酸岩)分布十分广泛, 纯石灰岩出露面积有 $28.3 \times 10^4 \text{ km}^2$, 主要分布在广西、贵州和云南。其中广西石灰岩出露面积就占全区面积的 41% (李树刚, 梁畴芬, 1990)。石灰岩土壤上分布的植被与地带性的酸性土壤植被有明显不同。我国南部石灰岩地区分布着许多石灰岩特有属, 如椴树科的蚬木属 (*Burretiodendron*)、无患子科的掌叶木属 (*Handeliidendron*)、菊科的异裂菊属 (*Heteroplex*) 等。这些植物只分布在石灰岩山上, 邻近的酸性土壤上则没有分布 (许兆然, 1993), 因而被称为石山植物

或喜钙(耐钙)植物。它们在长期适应石灰岩生态环境的过程中, 生理生态习性和生长发育都形成了自己的特征, 对富含钙质的生境有较强的适应能力, 甚至有一定的依赖性。大量的分析表明, 石山植物以富含钙为特征, 其含钙量是酸性土壤植物的几十倍甚至上百倍 (侯学煜, 1982)。我们在石山稀有濒危植物迁地保护的工作中发现, 石山植物尤其是石山特有植物迁移到酸性土的少钙环境后, 有的能正常生长发育, 有的则不能; 有的虽营养生长正常, 但不能开花结果。为了探讨石山植物迁移到酸性土壤

后的变化,我们选择了7种石山稀有濒危植物,对其形态特征、生长发育和化学元素含量进行对比研究,以了解其外部形态和内部特征的变化,为石山植物的保护和开发利用尤其是石山稀有濒危植物的迁地保护提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料及来源

本研究选择7种主要分布或仅分布在石灰岩土壤上的稀有濒危植物(表1),其中海南椴(*Hainania trichosperma*)和桂林紫薇(*Lagerstroemia guilinensis*)是第二批国家保护的稀有濒危植物,其他5种属于第一批国家保护植物。这7种植物在桂林植物园迁地保存后均生长良好,其中有的已开花结果。桂林植物园地处中亚热带,属热带季风气候区,年平均气温19.2℃,土壤为第四纪红土发育而成的酸性红壤,pH值4.0~6.0,土层厚度40~60 cm。

1.2 研究方法

1.2.1 形态特征观察 对比观察以上7种濒危植物在原产地(石山、石灰岩土)和迁移地(濒危园的土山、酸性红壤)的形态特征。野外调查中,对所研究的植物进行植株性状、树干形态、颜色等观察。采集枝、叶(部分植物的花、果),结合查阅标本及有关资料的描述,与定植在濒危园内的植株进行对比。

1.2.2 生长发育观测 分别在石灰岩山上和濒危植物园内对这7种植物定株观测其生长、开花、结实、落叶等过程,连续观测2年。石山观测地点见表1。

1.2.3 化学元素分析 对所研究的7种植物,分别在其原产地(石山)和迁移地(濒危园)采集土壤样品和植物样品,石山采样地点见表1。每一种植物

样品的采集在秋季同一时间进行。植物样品采集树叶,从多个植株的不同部位采样,石山上采样植株的年龄与濒危园内同种植物的年龄相当,均为成年植株。石山土壤样品是在采样的植株下采集,一般在离树干基部约2 m处,因石山土层薄,多采集20 cm以上的表层混合土。土山土样是在濒危植物园内多个点采集30 cm以上的混合土样。采后的土壤和植物样品经干燥处理后,测定对植物生长发育影响较大的元素N、P、K、Ca、Mg、Fe、Al、Mn、Zn、B的含量、土壤的pH值及有机质含量。测量分析方法如下:

有机质:重铬酸钾法。N:半微量凯氏法。P:钼锑抗比色法。K:火焰光度法。Ca:EDTA容量法。Mg:EDTA容量法。Fe:邻啡罗啉比色法。Al:铝试剂比色法。Mn:高碘酸钾比色法。Zn:原子吸收分光光度法。B:姜黄素比色法。pH:电位法。

2 结果与分析

2.1 石山稀有濒危植物迁移到酸性土壤后形态特征变化

据初步观察,本次研究的7种石山稀有濒危植物引种到酸性土壤后,其形态特征虽有变化但不明显,产生变化的原因除与土壤的性质有关外,与其他生态因子如土壤水分、气候条件等也有关系。石灰岩地区干湿季明显、土层薄、易干旱,因此生长在石山上的植株常表现为叶片较厚、面积小、多有毛。而土山尤其是濒危园内,土层深厚、湿度大,因此叶片一般比较大且较薄。将7种植物在石山和土山上形态特征的不同之处对比如下:

1)东京桐(*Deutzianthus tonkienensis*)。在石灰岩山上,植物叶片多为椭圆形或菱形,叶柄长5~10 cm。植物的种子和果实比土山上稍大,种子千粒重

表1 材料来源
Table 1 Source of materials in limestone soil in Guangxi

物种 Species	石山采样地点 The site of collect sample in limestone	年均温(℃) Mean annual temperature	石山物候观察地点 The site of phenological observation in limestone	生活型 Life form
东京桐 <i>Deutzianthus tonkienensis</i>	凭祥 Pingxiang	21.3	凭祥 Pingxiang	乔木 Tree
海南椴 <i>Hainania trichosperma</i>	凭祥 Pingxiang	21.3	凭祥 Pingxiang	小乔木或灌木 Tree or shrub
任木 <i>Zenia insignis</i>	乐业 Leye	16.4	西山 Xishan	乔木 Tree
掌叶木 <i>Handeliodendron bodinieri</i>	乐业 Leye	16.4	乐业 Leye	小乔木或灌木 Tree or shrub
桂林紫薇 <i>Lagerstroemia guilinensis</i>	西山 Xishan	19.2	西山 Xishan	灌木 Shrub
小花异裂菊 <i>Heteroplexis microcephala</i>	阳朔 Yangshuo	19.2	阳朔 Yangshuo	多年生草本 Herb
青檀 <i>Pteroceltis tatarinowii</i>	雁山 Yanshan	19.2	雁山 Yanshan	乔木 Tree

表 2 7 种植物的物候期

Table 2 The phenological period of seven threatened plant species

植物名称 Species	观测地点 Observation site	萌动期 Sprouting	展叶期 Leaf expanding	新梢生长期 Shoot vegetating		开花期 Flowering			果熟期 Fruit bearing	落叶期 Leaf falling	
				一次梢开始生长期 First	二次梢开始生长期 Second	开花始期 Beginning	开花盛期 Flourish	开花末期 Last phase		落叶始期 Beginning	落叶末期 Late
东京桐 <i>Deutzianthus tonkienensis</i>	凭祥 Pingxiang		3月上旬 Early March	3月中旬 Middle of March		4月下旬 Late April	5月上旬 Early May	5月中旬 Middle of May	8月下旬 Late August		
	雁山 Yanshan		3月下旬 Late March	3月下旬 Late March		5月上旬 Early May	5月中旬 Middle of May	6月上旬 Early June	9月初 Early September		
海南椴 <i>Hainania trichosperma</i>	凭祥 Pingxiang	3月中旬 Middle of March		3月下旬 Late March		9月上旬 Early September	9月中旬 Middle of September	10月上旬 Early October	11月上旬 Early November		2月上旬 Early February
	雁山 Yanshan	4月初 Early April		4月中旬 Middle of April		9月上旬 Early September	9月下旬 Late September	10月中旬 Middle of October	11月中旬 Middle of November	1月下旬 Late January	2月中旬 Middle of February
任木 <i>Zenia insignis</i>	西山 Xishan	3月中旬 Middle of March	4月上旬 Early April	3月下旬 Late March	6月中旬 Middle of June		4月中旬 Middle of April		9月初 Early September	10月下旬 Late October	
	雁山 Yanshan	3月中旬 Middle of March	4月上旬 Early April	3月下旬 Late March	6月中旬 Middle of June		4月下旬 Late April		9月上旬 Early September	11月上旬 Early November	
掌叶木 <i>Handeliobodinierei</i>	乐业 Leye	3月上旬 Early March		3月中旬 Middle of March					9月上旬 Early September		1月上旬 Early January
	雁山 Yanshan	3月上旬 Early March		3月中旬 Middle of March		4月下旬 Late April	5月上旬 Early May	5月下旬 Late May		12月上旬 Early December	1月下旬 Late January
桂林紫薇 <i>Lagerstroemia guilinensis</i>	西山 Xishan	3月中旬 Middle of March	3月下旬 Late March	3月下旬 Late March	6月下旬 Late June	6月上旬 Early June	6月上旬 Early June	6月中旬 Middle of June	9月下旬 Late September	8月下旬 Late August	11月上旬 Early November
	雁山 Yanshan	3月中旬 Middle of March	3月下旬 Late March	3月下旬 Late March	6月中旬 Middle of June					9月下旬 Late September	11月下旬 Late November
小花异裂菊 <i>Heteroplexis microcephala</i>	阳朔 Yangshuo	3月上旬 Early March	3月中旬 Middle of March	3月下旬 Late March		6月下旬 Late June			9月上旬 Early September		
	雁山 Yanshan	3月上旬 Early March	3月中旬 Middle of March	3月下旬 Late March		7月初 Early July			9月下旬 Late September		
青檀 <i>Pteroceltis tatarinowii</i>	雁山 Yanshan	3月初 Early March	3月上旬 Early March	3月中旬 Middle of March		3月初 Early March	3月中旬 Middle of March		9月初 Early September	11月下旬 Late November	12月下旬 Late December
	雁山 Yanshan	3月初 Early March	3月上旬 Early March	3月中旬 Middle of March		3月上旬 Early March	3月中旬 Middle of March		9月上旬 Early September	12月上旬 Early December	1月上旬 Early January

比土山上重 200 g 左右。

土山上植物叶片除椭圆形或菱形外,有相当一部分是近圆形,叶柄长一般都在 10 cm 以上,最长的可达 30 cm。

2) 海南椴(*Hainania trichosperma*)。石山上植物为小乔木或灌木,树皮粗糙,叶背毛多而密,叶长 7~12 cm,宽 5~9 cm,叶柄长 2.5~5.5 cm。土山上

为小乔木,树干挺直,树皮比石山上光滑,叶背毛少,叶长 10~24 cm,宽 8~18 cm,叶柄长 5~12 cm。据研究,在广西弄岗自然保护区(石山)生长的海南椴比海南省和广西十万大山(土山)生长的个体叶片厚,叶背毛多而密(梁畴芬等,1988)。

3) 任木(*Zenia insignis*)。石山和土山上采集的种子有差别,将两者放在一起可以明显看出,石山

上采的种子稍小而厚,颜色较深偏绿;土山上的种子稍大而扁,颜色稍浅偏黄。

4) 掌叶木(*Handeliidendron bodinieri*)。石山上的掌叶木叶片小而厚,多为近椭圆形,枝条细小,但阳光充足处,由砍伐的树桩上萌发的枝条也很粗壮,叶片大而且厚;土山上叶片大而薄,倒卵形,枝条粗壮。

5) 桂林紫薇(*Lagerstroemia guilinensis*)。石山上植物枝条深褐色,叶片较小而厚,一般长 2.8~5.0 cm,宽 1.3~1.7 cm;土山上枝条浅褐色,叶片稍大而薄,长 3.5~6.0 cm,宽 2.0 cm 左右。

6) 小花异裂菊(*Heteroplexis microcephala*)。石山上植株茎秆上部灰黄色,向下逐渐变成黄褐色,茎顶几乎看不到黄绿色;土山上的植株新萌发的梢为黄绿色,老化后逐渐变成灰黄色,最后为黄褐色。

7) 青檀(*Pteroceltis tatarinowii*)。石山上植物叶片多为卵形,基部圆形或截形,稍歪斜;土山上植物叶片多为卵状椭圆形,基部明显歪斜。同为萌生枝上的叶片,土山上植物的叶片比石山的叶片大。

2.2 生长发育的变化 植物的生长发育过程与其所处的环境条件如气候、土壤等有密切关系。根据

观察,所研究的 7 种植物中,其迁移地和原产地气候条件相差较大的树种在迁移后物候期变化较大(表 2)。如海南椴和东京桐的石山观察点在广西凭祥。凭祥地处北热带,年平均气温 21.3℃,比桂林(年均气温 19.2℃)高 2℃,植物在其原产地凭祥的萌动、展叶、抽梢等营养生长期比迁移地一般早半个月左右,开花、果熟及落叶期则早 10 天左右。

任木、小花异裂菊、桂林紫薇和青檀的石山观察点都在桂林附近,气候条件与迁移地基本没有差别,在石山上植物的萌动、展叶、抽梢等营养生长期与土山上基本一致,但落叶期和果熟期在石山上比土山上早。如任木在石山上比土山上早 1 周开始落果,早期的落果中,石山上的果比土山上饱满。

2.3 植物体内化学元素含量的变化

2.3.1 原产地与迁移地土壤元素比较 迁移地濒危植物园用地原为苗圃,由于栽培管理过程中受耕作、施肥等人为因素的影响较多,因此其土壤(园土)的理化性质与桂林的地带性红壤不同。植物园内种植的稀有濒危植物大多数是阔叶树,还有数十种是石山植物,每年大量的枯枝落叶经分解后各种元素回到土壤中,这大大影响了园土的化学元素组

表 3 7 种石山濒危植物原产地与迁移地土壤元素比较

Table 3 The comparison of element content between the soil in the original area and that of the introduced area

	原产地 The soil of original area							平均 Average	园土 The soil of introduced area	桂林红壤* Acid red soil in Guilin
	a	b	c	d	e	f	g			
PH	7.4	8.0	7.0	7.0	6.9	7.0	7.6		6.3	
有机质 Organic matter (g/kg)	49.306	4.582	39.169	359.782	61.464	28.546	66.902		18.021	
有机碳(g/kg)	28.600	20.059	22.720	208.690	35.452	16.558	38.806		10.453	
N(g/kg)	3.429	2.860	3.349	10.701	6.874	2.556	3.364	4.733	1.032	1.265
P(g/kg)	1.303	1.407	1.787	2.351	2.084	0.587	1.514	1.576	0.629	0.390
K(g/kg)	5.055	2.138	2.908	9.252	13.766	1.762	6.355	5.981	9.786	15.631
Ca(g/kg)	13.033	41.796	6.456	30.521	30.836	2.269	38.927	23.405	6.299	0.179
Mg(g/kg)	7.905	25.978	12.772	18.966	10.962	16.860	22.938	16.626	5.732	2.111
Fe(g/kg)	28.461	27.010	37.140	14.864	27.865	89.192	31.228	36.537	13.101	65.744
Al(g/kg)	3.668	3.798	4.064	5.526	3.715	6.368	3.747	4.412	3.406	86.260
Mn(g/kg)	1.473	1.541	2.404	2.928	1.059	1.894	0.775	1.725	0.418	0.357
Zn(ppm)	334.80	351.50	33.40	314.9	203.40	148.80	381.60	304.73	71.2	<50
B(ppm)	77.40	49.20	68.60	68.90	59.60	44.73	112.60	75.46	108.10	-
C/N	8.34	7.01	6.78	19.50	5.19	6.48	11.54		10.13	

a: 东京桐、黄色石灰土(*Deutzianthus tonkienensis*, Yellow limestone soil) b: 海南椴、黄色石灰土(*Hainania trichosperma*, Yellow limestone soil) c: 任木、棕色石灰土(*Zenia insignis*, Brown limestone soil) d: 掌叶木、黑色石灰土(*Handeliidendron bodinieri*, Black limestone soil) e: 桂林紫薇、黄色石灰土(*Lagerstroemia guilinensis*, Yellow limestone soil) f: 小花异裂菊、棕色石灰土(*Heteroplexis microcephala*, Brown limestone soil) g: 青檀、黑色石灰土(*Pteroceltis tatarinowii*, Black limestone soil)

* 资料来源:广西农业区划委员会. 广西红壤地区土壤利用改良区划. 1982

表 4 原产地与迁移地植物元素含量比较

Table 4 The comparison of element content of the seven threatened plants in the original area and the introduced area

植物 Species	地点 Area	N (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)	Ca (g/kg)	Mg (g/kg)	Fe (g/kg)	Al (g/kg)	Mn (g/kg)	Zn (ppm)	B (ppm)
东京桐 <i>Deutzianthus tonkienensis</i>	原产地 Original area	13.440	1.847	3.678	41.259	1.794	0.357	0.098	0.0328	19.00	50.25
	迁移地 Introduced area	16.641	1.228	4.077	37.354	0.985	0.368	0.068	0.0327	22.27	33.20
海南椴 <i>Hainania trichosperma</i>	原产地 Original area	18.202	2.434	3.779	50.931	0.763	0.365	0.079	0.0811	30.59	78.21
	迁移地 Introduced area	20.747	1.784	3.259	43.306	1.572	0.357	0.114	0.1427	38.50	74.41
任木 <i>Zenia insignis</i>	原产地 Original area	22.525	1.788	3.859	27.529	0.533	0.334	0.095	0.0476	32.75	23.81
	迁移地 Introduced area	27.937	2.560	2.550	30.380	0.149	0.512	0.113	0.0853	44.34	31.54
掌叶木 <i>Handeliodendron bodinieri</i>	原产地 Original area	11.902	1.207	1.403	33.681	1.267	0.338	0.048	0.0483	18.58	43.66
	迁移地 Introduced area	17.432	1.949	1.780	29.168	1.149	0.389	0.259	0.0692	20.98	34.89
	* 木论(石灰土) Mulun (limestone soil)	16.217	2.640	1.287	33.991	1.177	0.194	0.020	0.0292	18.15	-
桂林紫薇 <i>Lagerstroemia guilinensis</i>	原产地 Original area	12.658	1.890	3.871	30.314	1.494	0.504	0.073	0.1008	20.76	26.04
	迁移地 Introduced area	27.398	1.792	4.462	25.477	2.322	0.573	0.382	0.1114	34.51	24.66
小花异裂菊 <i>Heteroplexis microcephala</i>	原产地 Original area	6.480	1.041	16.017	27.181	5.434	0.470	0.104	0.0782	37.99	31.00
	迁移地 Introduced area	28.786	1.856	38.878	16.989	5.403	0.390	0.195	0.0836	35.83	60.16
青檀 <i>Pteroceltis tatarinowii</i>	原产地 Original area	24.496	1.308	3.474	49.918	2.441	0.628	0.241	0.1046	29.22	45.43
	迁移地 Introduced area	25.675	1.239	3.495	51.646	2.299	0.496	0.287	0.0990	30.54	60.35
	* 木论(石灰土) Mulun (limestone soil)	22.060	0.745	1.815	62.154	0.483	0.348	0.187	0.1240	96.46	-
7 种植物石山平均 Average of 7 species in limestone soil		18.527	3.693	3.728	37.256	3.252	0.611	0.199	0.0910	26.98	42.63
7 种植物土山平均 Average of 7 species in acid soil		23.488	4.062	4.046	33.474	3.288	0.630	0.383	0.1151	32.43	45.60
** 亚热带 10 种石山植物 Average of 10 limestone plants in subtropical		-	0.875	6.938	33.610	-	0.095	0.294	0.062	-	-
** 亚热带 10 种土山植物 Average of 10 acid soil plants in subtropical		-	0.836	6.459	8.717	-	0.049	1.515	1.414	-	-

* 梁其彪等(1998)。** 侯学煜(1982)

成及元素含量水平。桂林地带性红壤上的植物主要是含 Ca 少的酸性土壤植物,以马尾松(*Pinus massoniana*)为主,其凋落物对土壤的影响显然与濒危园内不同,因此,园土中 Ca 的含量明显比桂林红壤高(表 3),pH 值 6.3,比桂林红壤稍高,Fe 和 Al 的含量则远低于桂林红壤,其他元素也有差别。

石山样品采集地植物生长比较好,枯落物多,生物累积作用明显,有机质含量高,土壤肥沃,pH 值基本上都在 7 或 7 以上,呈中性或微碱性。虽然 7 个土样均为石灰岩土,但因采样地点的气候条件和植被不同,土壤元素含量也各不相同,对多数元素来说,黑色石灰岩土壤元素含量比其他土壤高。

根据测试结果分析,7 个石山土样的元素含量水平平均高于迁移地土壤(园土)。在测定的 10 种元素中,石山土样中的 8 种元素(即 N、P、Ca、Mg、Fe、Al、Mn、Zn)的平均值都比园土高,比桂林红壤更高(除 Fe、Al 外),一般是其 2~4 倍;而 K、B 的含量比园土低。石山土壤最显著的特点是 Ca 的含量高,

本次采集的 7 个点的土壤平均含 Ca 量是 23.405 g/kg,是园土的近 4 倍,桂林红壤的 100 多倍。7 个点中,有 6 个点的含 Ca 量超过园土,最高达 41.796 g/kg,只有小花异裂菊的土样含 Ca 比园土少。

2.3.2 石山濒危植物迁移到酸性土壤后化学元素的变化 植物体内化学元素的组成及其含量水平受到其生长环境的制约,如气候条件、植被状况、土壤的理化特性等。植物主要是从土壤中吸收各种化学元素以满足自身需要,因此,土壤中化学元素的组成和含量水平在很大程度上决定了植物体内化学元素的组成及含量。根据分析测定结果(表 4),可看出以下特点:1)从 7 种植物的平均值来看,除 Ca 以外,其他 9 种元素的含量都是园土比石山土高,高出 2%~90% 不等。其中 N、Al、Mn、Zn 高出 20% 以上,而 Mg、Fe 仅高 2%~3%;2)Al 在园土中的含量比桂林红壤低得多,甚至比石山土也低一些,但在园土中植物吸收的 Al 比石山土高近 1 倍,这可能与园土的 pH 值低于石灰土或元素间的协同作用有关;

3)从单种植物来看,基本上在园土上每一种植物中的 N、Al、Mn、Zn 含量都比石山上高,而 Ca 含量则基本上是石山上比园土高;P、K、Fe、Mg、B 含量在不同植物中互有高低,有的植物中是石山上高,有的是园土上高;以 Fe 的含量变化最小,每一种植物在两种土壤上的含量都相差不大。

石山濒危植物在对石灰岩土长期的生存适应中,已形成了自身固有的特点,具有其特有的元素含量水平。迁移到酸性土后,某些特性仍然保留。在园土上的植物中 Ca 的含量比石山土低,7 种植物的平均含 Ca 量为 33.474 g/kg,但比某些研究指出的原生长在酸性土上的 10 种亚热带植物的平均值(8.717 g/kg)高许多,与生长在石山上的 10 种亚热带植物的平均值(33.610 g/kg)相当。这可能与园土的 Ca 含量较高有一定关系,但仍可表明它们对 Ca 的依赖是没有改变的。另一方面,这些植物迁移到酸性土上后,Al 含量虽增加最多,园土中 7 种植物的平均含 Al 量(0.383 g/kg)比石山土中(0.199 g/kg)高出近 1 倍,但比原生长在酸性土的植物含 Al 量(1.515g/kg)还是低很多,说明石山濒危植物对 Al 还是有一定的排斥作用。

影响植物体化学元素组成和含量的因素很复杂,同一植物在相同土壤上的不同采样地点,其元素含量是不同的。如掌叶木和青檀在不同地点的石山土壤上,其化学元素含量有明显差别。另外,采样植株的年龄、采样的部位、采样时间等都会影响植物元素的含量。因此,上述分析数据在不同的研究中可能不同。

2.3.3 生物吸收系数比较 生物吸收系数被用来表达植物对化学元素的吸收和积累能力,用植物体内某种元素的含量与其土壤中该元素含量之百分比来表示。公式如下:

$$\text{生物吸收系数} = \frac{\text{植物中某元素含量}}{\text{土壤中该元素含量}} \times 100$$

通过分别计算这 7 种石山植物在石灰岩土上和园土上的生物吸收系数,可看出,在不同土壤中植物对化学元素的吸收和积累能力是不同的(表 5),从每种植物中 10 种元素的平均值可知,园土上的吸收系数都高于石山土上。分别统计石山土和园土的结果可知,除 K 和 B 外,其他 8 种元素的生物吸收系数都是园土高于石山土,表明植物从园土中吸收和积累化学元素的能力比从石山土上强,同时也表明

表 5 7 种石山濒危植物在原产地和迁移地的吸收系数比较

Table 5 The comparison of element absorbencies of seven plants in their original area with the introduced area

植物 Species	地点 Area	N (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)	Ca (g/kg)	Mg (g/kg)	Fe (g/kg)	Al (g/kg)	Mn (g/kg)	Zn (ppm)	B (ppm)	平均 Average
东京桐 <i>Deutzianthus tonkienensis</i>	原产地 Original area	391.95	141.75	72.76	316.57	22.69	1.25	2.67	2.23	5.68	64.92	102.25
	迁移地 Introduced area	1612.50	195.23	41.66	593.01	17.18	2.81	2.00	7.82	31.27	30.71	253.42
海南椴 <i>Hainania trichosperma</i>	原产地 Original area	636.43	172.99	176.75	121.86	2.94	1.35	2.08	5.26	8.70	158.96	128.73
	迁移地 Introduced area	2010.37	283.62	33.30	687.51	27.42	2.72	3.35	34.14	54.07	68.83	320.53
任木 <i>Zenia insignis</i>	原产地 Original area	672.59	100.05	132.70	426.41	4.17	0.90	2.34	1.98	7.56	34.71	138.34
	迁移地 Introduced area	2707.07	406.99	26.06	482.30	2.60	3.91	3.32	20.41	62.28	29.18	374.41
掌叶木 <i>Handeliodendron bodinieri</i>	原产地 Original area	111.22	51.34	15.16	110.35	6.68	2.27	0.87	1.65	5.90	63.37	36.88
	迁移地 Introduced area	1689.15	309.86	18.19	463.06	20.05	2.97	7.60	16.56	29.47	32.28	258.9
桂林紫薇 <i>Lagerstroemia guilinensis</i>	原产地 Original area	1.8414	90.69	28.12	98.31	13.63	1.81	1.97	9.52	10.21	43.69	48.21
	迁移地 Introduced area	2654.84	84.90	45.60	404.46	40.51	4.37	11.2	26.65	48.47	22.81	334.38
小花异裂菊 <i>Heteroplexis microcephala</i>	原产地 Original area	1035.99	177.34	909.02	1197.93	32.23	0.53	1.63	4.13	25.53	69.30	345.36
	迁移地 Introduced area	2789.34	295.07	397.28	269.71	94.26	2.98	5.73	20.00	50.32	55.65	398.03
青檀 <i>Pteroceltis tatarinowii</i>	原产地 Original area	728.18	86.39	54.84	128.23	10.64	2.01	6.43	13.50	7.66	40.35	107.28
	迁移地 Introduced area	2487.89	196.98	5.71	819.91	40.11	3.78	8.43	23.68	42.89	55.83	371.52
平均 Average		1480.50	185.23	141.94	437.12	23.94	2.40	4.26	13.39	27.86	55.04	
石山平均 Average in limestone soil		537.36	117.22	198.48	342.81	13.28	1.45	2.57	5.47	10.18	67.90	
土山平均 Average in acid soil		2278.74	253.24	85.40	531.42	34.59	3.36	5.95	21.32	45.54	42.18	
顺序 Order	平均 Average	N > Ca > P > K > B > Zn > Mg > Mn > Al > Fe										
	石山平均 Limestone soil	N > Ca > K > P > B > Mg > Zn > Mn > Al > Fe										
	园土平均 Acid soil	N > Ca > P > K > Zn > B > Mg > Mn > Al > Fe										

园土的环境条件比石山土好。

植物对每种化学元素的吸收和富集能力不一样。根据吸收系数的大小,这7种植物对10种化学元素的积累能力可以分为3个层次:第一层次是N、P、Ca,植物对这3种元素的积累能力最强,它们的吸收系数最高,均在100以上,其中N最高,平均1480,最高达2789。Ca的平均437,最高为1197。在不同的植物中,吸收系数有所不同,如P的平均值在100以上,但桂林紫薇在2种土壤中P的吸收系数分别只有90.69和84.90。第二层次是K、Mg、Mn、Zn、B5种,其生物吸收系数在10~100之间,其中K的平均值超过100,而且小花异裂菊在2种土壤中K含量分别高达909.02和397.28,但绝大多数植物的K含量都在100以下,因此把它归为第二层次。同样的道理,有的植物中Mn、Mg、Zn的吸收系数在10以下,但它们大多数在10~100之间,为此列为第二层次。最后是Fe和Al,其吸收系数一般在1~10之间,最低的是0.53,最高为11.22。

植物从土壤中吸收各种化学元素,又以枯枝落叶的形式掉到地上,枯落物通过分解,化学元素又归还到土壤中,两者通过这种吸收—归还的方式,循环往复,达成一种动态平衡。尽管如此,由于影响因素复杂,土壤中的化学元素含量水平与植物中的含量水平并不一定成正比。从本次测定结果看,尽管各种植物原产地元素含量大多比园土高,但在植物体中,园土上的植株元素含量明显高于石山土上,石山土壤中N、Mn、Zn的含量是对应园土中的4倍,而在植物体中则比园土上低20%以上。

3 小结

1) 本研究的7种石山稀有濒危植物迁移到酸性土上后,外部形态特征有些变化,通常表现在叶片变薄变大。有的植物种子有变化,有的叶形有变化,还有的树形发生变化,如海南椴在石山上为小乔木或灌木,而在土山上则是小乔木,没有灌木。

2) 迁移到土山上的7种石山植物,其生长发育特征与原产地有所不同。因原产地气温高于迁移地的种类,在原产地的营养生长期比迁移地早半个月,生殖生长期早10天左右。原产地气温与迁移地相

同的种类,其营养生长期基本一致,但果熟期石山上比土山上约早1周。对于落叶植物,石山上普遍比土山上叶落得早,也更容易落叶。

3) 植物体内化学元素含量发生了变化。本次研究的7个石灰岩土壤,有机质含量丰富,土壤肥沃,化学元素含量水平高于园土。但在植物体中,化学元素的含量则是园土植物高于石山土植物。以7种植物的平均值来看,除Ca外,其余9种元素的含量都是园土高于石山土。其中N、Zn、Mn的含量园土上比石山土上高出20%以上,Al更是高90%。

4) 石山植物迁移到土山后,体内Ca的含量减少了,但与酸性土壤植物相比,Ca的含量仍然高很多。同时,Al的含量增加,可仍远低于酸性土壤植物中Al的含量。

5) 植物对不同元素的吸收和富集能力有很大差别,本次测定的10种元素中,生物吸收系数最高的是N、P、Ca,其吸收系数在100以上;其次是K、Mg、Mn、Zn、B5种,其吸收系数大多在10~100之间;生物吸性系数最低的是Fe和Al,一般在1~10之间。石山植物在酸性土上对化学元素的富集能力高于在石山土上,根据7种植物生物吸收系数的均值,除K和B外,其他8种元素的生物吸收系数都是园土高于石山土。

参考文献

- 侯学煜, 1982. 中国植被地理及其优势植物的化学成分. 北京: 科学出版社
- 黄仕训, 王才明, 王燕, 1994. 海南椴生态生物学特性初步研究. 广西植物, 14(4): 376~380
- 梁晴芬, 梁健英, 刘兰芳, 莫新礼, 1988. 弄岗自然保护区植物区系考察报告. 广西植物(增刊一)
- 梁其彪, 李瑞棠, 唐润琴, 宁世江, 赵天林, 莫权辉, 1998. 木论林区稀有濒危植物元素背景值初步分析. 广西植物, 18(3): 229~236
- 李树刚, 梁晴芬(主编), 1990. 广西植物资源. 北京: 北京科学技术出版社
- 王景华, 1987. 海南岛土壤和植物中的化学元素. 北京: 科学出版社
- 许兆然(主编), 1993. 中国石灰岩森林植物研究. 广西植物(增刊四)

(责任编辑:孙大川,时意专)