

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201404032

曾祥艳,陈金艳,廖健明,等. 广西多穗柯叶片性状变异及幼苗生长量研究[J]. 广西植物, 2015, 35(6):885—890

Zeng XY, Chen JY, Liao JM, et al. Variation of leaf traits and seedling growth of *Lithocarpus polystachyus* in Guangxi[J]. Guihaia, 2015, 35(6): 885—890

广西多穗柯叶片性状变异及幼苗生长量研究

曾祥艳, 陈金艳, 廖健明, 李建林, 马锦林*

(广西壮族自治区林业科学研究院 广西特色经济林培育与利用重点实验室, 南宁 530002)

摘 要: 多穗柯是一种珍贵天然野生药用植物,可以开发出保健食品色素和天然医用品,广西的资源较丰富,该研究采集巴马、那坡、德保及田林等4个产地的多穗柯种子进行播种育苗,并跟踪调查测定一年生幼苗的叶片性状及幼苗生长量,并进行相关性分析。结果表明:(1)不同产地间叶片性状及幼苗生长指标均存在不同程度的差异,其中巴马与那坡、德保、田林在叶长、叶宽、叶面积、叶脉间距、叶鲜重、叶片干物质含量、叶片组织密度等叶片性状上的差异均达到显著水平,在株高、地径、单株干重、主根长、单株根干重及单株叶干重等生长指标上亦存在显著差异,且生长量是后3个产地的1~2倍;通过比较各产地的叶片保水力及植株净生长量,巴马的多穗柯植株耐旱性及生长速度优于其他三地。综合各性状表现,认为巴马的多穗柯苗期表现比较好,生长速度快,长势好,抗旱性较强,可作为多穗柯优良种源的初步选择。(2)8月份是多穗柯株高、地径的生长高峰期,建议此时应加强肥水管理,调节适宜的水肥光热条件,尽量延长幼苗的快速生长时间,以获得苗木的最大累积生长量。(3)叶片性状与幼苗生长量的相关性分析结果显示,叶面积与株高、地径、单株干重、单株根干重以及单株叶干重等呈极显著正相关,叶脉间距、叶绿素相对含量(SPAD)与株高、单株干重呈显著或极显著正相关,比叶面积与株高、地径呈显著负相关。因此,在以后的优株表型选择中,要优先考虑叶子大、叶脉间距宽、中老熟叶片叶色浓绿的植株。该研究结果为多穗柯优良种质资源的早期筛选提供了一定的依据。

关键词: 多穗柯; 产地; 叶片性状; 变异; 幼苗生长量; 相关性; 优良种质; 早期筛选

中图分类号: S718.4, Q945.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2015)06-0885-06

Variation of leaf traits and seedling growth of *Lithocarpus polystachyus* in Guangxi

ZENG Xiang-Yan, CHEN Jin-Yan, LIAO Jian-Ming, LI Jian-Lin, MA Jin-Lin*

(Key Lab of Characteristic Non-wood Cultivation and Utilization of Guangxi, Guangxi

Zhuang Autonomous Region Forestry Research Institute, Nanning 530002)

Abstract: *Lithocarpus polystachyus* is a kind of precious natural wild medicinal plants, and can develop health food pigment and natural medicinal drugs. There are rich plant resources in Guangxi. To provide certain reference for early selecting the superior germplasm, seeds from such four origins as Bama, Napo, Debao and Tianlin County were collected and sowed through ascertain difference of leaf morphology index and growth index in seedling plants between different origins of *L. polystachyus* in Guangxi, for nursing seedlings respectively, and tracking to survey and determine the leaf traits and growth of seedlings aged one, and then compared the degree of variation of leaf area, leaf length, leaf width, leaf thickness, vein spacing, leaf fresh weight, leaf dry matter content, specific leaf area, leaf tissue density, the relative contents of chlorophyll, leaf water retention, plant height, ground diameter, dry weight

收稿日期: 2014-06-22 修回日期: 2014-09-30

基金项目: 钗 Symbol@国家林业公益性行业科研专项(201204612)

作者简介: 曾祥艳(1979-),女,广西柳州人,硕士,高级工程师,研究方向为经济林育种与高效栽培研究, (E-mail)xiangyan985@163.com。

*通讯作者: 马锦林,博士,教授级高工,研究方向为经济林育种与高效栽培研究, (E-mail)majinlin2001@yahoo.com.cn。

per plant, taproot length, root dry weight per plant, leaf dry weight per plant between different origins of plants, and further to analyze the correlation between leaf traits and growth of seedling. The results were as follows: (1) There were a lot of differences in leaf traits and seedling growth among different origins, in which the length, width, LAI (leaf-area-index), veins distance, fresh weight, dry weight, tissue density of leaves and mean height, diameter, whole dry weight, root length, root dry weight of individual seedling from Bama were significantly higher than those from Napo, Debao and Tianlin. Mean biomass of individual seedling from Bama was one to two times as much as those from other three origins. Analysis from leaf water holding ability and net growth rate showed that the drought tolerance of seedlings from Bama were higher than those from three other origins. In conclusion, Bama could be considered as a superior provenance on a preliminary basis; (2) The growth peak of *L. polystachyus* was in August in Guangxi, the plant height and the ground diameter grewed significantly at this time. In order to obtain the largest accumulation of seedling growth, some proposal that strengthen the water management, adjust the suitable conditions of field water, and as far as possible to prolong rapid growth of seedlings should be put forward; (3) Correlation analysis indicated that LAI had extremely positive correlation with seedling height, diameter, individual whole dry weight, root length, individual root dry weight and individual leaf dry weight, The veins distance and SPAD value both had positive correlation with seedling height and individual seedling whole dry weight, while SLA (specific leaf area) had negative correlation with seedling height and diameter. Therefore, during the phenotype selection in the future, priorities should go to the seedlings with mature thick-green leaves of broad leaf area and veins distance.

Key words: *Lithocarpus polystachyus*; origin; leaf traits; variation; seedling growth; correlation; superior germ-plasm; early selecting

多穗柯(*Lithocarpus polystachyus*), 别名甜茶(通称)、甜叶子树(云南)、胖稠(广东)、甘茶(贵州)、多穗石柯等, 系壳斗科石柯属常绿乔木(何春年等, 2012), 是我国特有的珍贵天然野生药用植物资源。多穗柯民间药用已有上千年历史, 其具有药理作用的主要成分有总黄酮、茶多酚、咖啡碱等(张俭等, 2012)。其叶富含的黄酮类物质主要是二氢查尔酮苷类的根皮甙及三叶甙(李胜华等, 2010; 肖坤福等, 2006; 于丽静等 2007), 从而使多穗柯具有较强的天然抗氧化性和保护心脑血管、防癌抗癌、调节免疫、抗菌消炎等重要生物活性(曾祥艳等, 2014)。另外, 多穗柯叶还具有高含量的天然甜素, 是提取甜味剂和色素的原料, 利用价值高。

目前, 多穗柯主要以野生状态分布于我国长江以南各省区(严贤春, 2003; 张桂玲等, 2006; 张毅等, 2011), 广西的分布区集中在西部地区的山地密林, 巴马、那坡、德保以及田林等地的资源较丰富。据前期调查发现, 多穗柯叶片在表型上有不同程度的变异, 在良种选育过程中, 研究植物器官性状的变异十分重要, 而叶片是植物进行光合作用的主要营养器官, 在生理生化、遗传育种等方面经常涉及(欧建德, 2012)。本研究以 4 个不同产地的一年生多穗柯为材料, 进行叶片性状及其生长量方面的研究, 以期多穗柯种质资源的早期筛选提供一定的依据。

1 试验地概况

试验地设在广西林业科学研究院油桐山试验苗圃内, 地处南宁市北郊(108°21' E, 22°56' N), 海拔 95 m, 属亚热带季风气候区, 雨热同季, 干湿季明显, 年均日照时数 1 600~1 800 h, 年均气温 21.6 °C 左右, 极端最低温 -1.5 °C, 极端最高温 39.4 °C, 1 月平均温度 11.8 °C 以上, 7 月平均温度 27.6 °C, 5—9 月为雨季, 月平均降雨量大于 100 mm, 10 月至第二年 4 月为旱季, 平均降雨量不足 80 mm。全年平均降雨量超过 1 347 mm, 年均相对湿度约 80%(曾祥艳等, 2011; 郝海坤等, 2013)。

2 材料与方法

2.1 材料

多穗柯种子于 2012 年 11 月份分别采自德保(DB)、那坡(NP)、巴马(BM)和田林(TL)等 4 个县, 每个县选择 5~10 个不同采种点, 每个采种点至少采集 5 株。种子采集后用清水洗净并浸泡 24 h, 然后撇去浮种, 选取饱满、无虫眼的合格种子, 用浓度为 1/1 000 的高锰酸钾溶液浸种消毒 5 min, 捞起用流水冲洗干净后放置于湿沙中催芽, 至次年 3 月

表 1 多穗柯产地的地理位置和气候因子

Table 1 Geographical location and climate factors of the origins of *Lithocarpus polystachyus*

产地 Origin	经度 Longitude (°)	纬度 Latitude (°)	海拔 Altitude (m)	年均气温 Annual mean temperature (°C)	无霜期 Frostless period (d)	年降水量 Annual precipitation (mm)	年均日照时数 Annual mean Sunshine hours (h)
DB	106.38	23.14	604	19.3	330	1 552	1 460
NP	105.55	23.19	1 098	18.7	332	1 422	1 411
BM	107.23	24.10	535	20.4	360	1 700	1 504
TL	106.10	24.16	674	18.5	246	1 204	1 375

待胚根长出后取出点播于规格为 8 cm×12 cm、基质配比为黄心土：椰糠=1：1 的营养袋。试验采用完全随机区组设计,3 个重复,日常只进行淋水和除草,未施过肥,幼苗生长 3 个月后开始测定调查。表 1 为各产地的地理位置和气候因子。

2.2 测定指标和方法

2.2.1 叶片形态特性 (1)叶面积、叶长、叶宽、叶片厚度、叶脉间距:用型号为 Yaxin-1242 叶面积仪对鲜叶进行扫描,测定出前三项指标;用游标卡尺测量叶片厚度;用直尺测量叶脉间距。

(2)叶鲜重、叶片干物质含量、比叶面积、叶片组织密度:取测完叶面积的鲜叶,用精确度为万分之一的电子天平进行称重,然后用蒸馏水浸泡 24 h,后称饱和鲜重,再在 105 ℃下烘 30 min 杀青后在 80 ℃烘箱内烘干,称取叶片干重(肖青青等,2009)。根据以上性状进一步计算叶片干物质含量(叶片干重与叶片鲜重的比值)、比叶面积(叶面积与叶片干重的比值)(陈超君等,2009)、叶片组织密度(叶片干重与叶片饱和鲜重的比值)(孙志蓉等,2008)。

(3)叶绿素相对含量 (SPAD):利用美国 LICORW 公司制造的型号为 CCM-200 便携式叶绿素速测仪进行测定。

(4)叶片保水力:取新鲜成熟叶片,放置于室内使其自然失水,每隔 24 h 用精度为万分之一的电子分析天平称重一次,直至叶片保持基本恒重,以叶片初始含水量为 100%,计算每个时段的相对含水量。

所有测定指标均重复 3 次,每个重复至少测定 20 片叶,最后取平均值。

2.2.2 植株生长指标 (1)株高、地径:每个重复随机选择 30 株苗,从 2013 年 6 月开始,每月 28 日定期定株测定 1 次,连续测定半年。

(2)单株干重、主根长、单株根干重、单株叶干重:2013 年 12 月底,每个重复选择 15 株进行测定。用自来水冲洗苗木根部,使植株保持完整,然后用吸水纸吸干,测定植株整体鲜重,并用直尺测量主根长

度,然后在 80 ℃的烘箱内烘干至恒重,测定其单株干重,然后将烘干后的根、叶分离植株,并分别称重。

2.3 数据处理

采用 Excel 2003 进行数据的简单处理和图表绘制,用 Spss 17.0 统计分析软件对测定值进行常规的统计分析,计算产地间、产地内的平均值、标准差及变异系数,平均值之间的多重比较采用 Duncan's 新复极差测验,检验不同产地多穗柯之间各变量的差异;以叶面积、叶形指数、叶脉间距、比叶面积、叶绿素相对含量等 5 个叶片性状以及株高、地径、单株干重、单株根干重、单株叶干重等 5 个生长指标为变量,计算各产地多穗柯的两变量相关系数 *R*,对 *R* 值进行 *t* 检验,依据 *t* 值查得相关系数的概率 *P*,分析叶片性状指标与生长指标之间的相关性。

3 结果与分析

3.1 叶片性状比较分析

3.1.1 叶片性状 LSD 多重比较 叶片是植物最为重要的同化器官,其性状直接影响着植物的功能和基本特征(苗艳明等,2012)。植物叶片性状受外界环境条件的影响较大,不同的地理位置、生境条件和气候特性均可致叶片表现出不同的性状(徐德聪等,2005)。对广西 4 个产地的多穗柯叶片性状的分析表明(表 2),在测定的性状指标中,各产地间有差异性,巴马与那坡、德保、田林在叶长、叶宽、叶面积、叶脉间距、叶鲜重、叶片干物质含量、叶片组织密度等叶片性状上的差异均达到显著水平,而后 3 个产地的差异不显著。所测定的叶片性状变异程度不同,其中叶面积的变异最大,变异系数为 38.9%,平均值为 10.36 cm²;叶片干物质含量的变异最小,其总体变异系数为 12.7%,平均含量为 46.69%。叶长、叶宽、叶脉间距、叶鲜重、比叶面积和 SPAD 存在较大差异,变异系数均超过 20%,说明不同产地间的多穗柯林分存在大量叶片性状差异显著的单株,在以

表 2 多穗柯叶片性状 LSD 多重比较

Table 2 LSD multiple comparison for leaf characteristics of *Lithocarpus polystachyus*

产地 Origin	叶长 Leaf length (cm)	叶宽 Leaf width (cm)	叶面积 Leaf area (cm ²)	叶脉间距 Vein spacing (cm)	叶厚 Leaf thickness (mm)	叶鲜重 Leaf fresh weight (g)	叶干物质 含量 dry matter content (%)	叶组织密度 Leaf tissue density	比叶面积 Specific leaf Area (g·m ⁻²)	叶绿素 相对含量 SPAD (mg·g ⁻¹)
DB	6.38±1.30 b	2.50±0.40 b	9.50±2.72 b	1.04±0.17 b	0.15±0.02 b	0.20±0.05 b	46.8±5.3 b	0.47±0.05 b	99.4±23.6 a	16.5±4.9 ab
NP	6.06±0.99 b	2.46±0.58 b	9.21±3.78 b	1.01±0.29 b	0.17±0.02 a	0.18±0.07 b	46.2±4.6 b	0.46±0.05 b	93.5±14.0 ab	13.8±4.0 b
BM	8.08±1.25 a	3.46±0.56 a	16.87±4.83 a	1.30±0.27 a	0.15±0.02 b	0.27±0.10 a	52.2±10.4 a	0.52±0.10 a	82.5±9.30 b	19.5±6.4 a
TL	6.30±1.19 b	2.65±0.62 b	10.52±3.91 b	1.01±0.18 b	0.16±0.02 b	0.22±0.07 ab	45.1±5.2 b	0.45±0.05 b	97.8±22.4 a	16.8±5.0 ab
均值 Mean	6.44	2.62	10.36	1.05	0.16	0.21	46.69	0.47	96.28	16.25
变异系数 CV(%)	20.3	22.1	38.9	21.2	15.1	33.0	12.7	12.8	21.8	31.3

注：不同字母表示不同产地下差异显著(P<0.05)。下同。
Note: Different letters mean significant difference under different origins (P<0.05). The same below.

后的遗传改良中可以加以选择利用。

3.1.2 叶片保水力比较分析 叶片保水力是植物耐旱性重要的特性之一,也是判断植物抗旱能力的指标之一,保水力越强,则抗旱性越强(梁旭婷等, 2008)。从图 1 可以看出,在自然离体条件下,多穗柯幼苗叶片在 48 h 前失水率在 90%以上,144 h 后完全失水。其中来源于德保的多穗柯幼苗叶片失水速率较快,24 h 前失水率已接近 60%,而巴马的幼苗叶片失水率相对较慢,其离散失水量占总水量的百分比在多个时间点为最低值。这也就是说,产于巴马的多穗柯幼苗耐旱性相对较强,其次为那坡和田林,德保的多穗柯幼苗耐旱性最差。

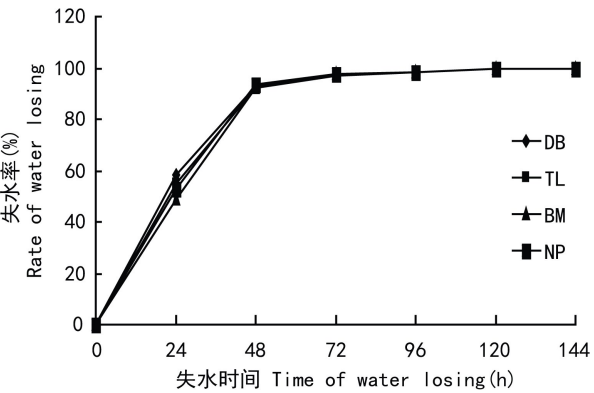


图 1 离体胁迫下叶片保水能力比较

Fig. 1 Comparison of leaf water holding under vitro stress

3.2 植株幼苗生长比较分析

3.2.1 幼苗生长指标 LSD 多重比较 对广西巴马、那坡、德保、田林等地的多穗柯幼苗进行生长量调查

和分析,结果表明(表 3):在所有测定的植株生长指标中,4 个产地间存在不同程度的差异,其中巴马与其他 3 个产地的差异达显著水平,但后 3 个产地间的差异不显著。各产地间生长指标变异明显,其中单株叶片干重的变异幅度为 0.44~1.11 g,变异系数达 61.6%;株高、地径、单株干重、主根长、单株根干重的变异系数分别为 25.3%、16.5%、56.3%、32.1%和 53.3%。综合各生长指标情况,巴马的植株长势比较好,除了单株干重指标略低于田林外,其他指标均高于别的产地,单株根干重、叶干重甚至为其他 3 个产地的近 2 倍。

3.2.2 植株净生长量比较 植物的生长发育不但受外界环境条件的影响,而且还与其本身的生理遗传特性有关(卫晶等,2013)。从图 2、图 3 可以看出,各产地的多穗柯株高、地径生长增量的峰值出现在 8 月份,之后增量逐渐减小;地径的增量低谷出现在 10 月份,但随后的 11 月份,却又出现个小峰值,而此时株高增量仍为减小趋势,这可能是与多穗柯本身的遗传特性有关。综合考虑株高、地径月净生长量可知,巴马的多穗柯生长速度明显较快,长势也较好,其次依次为田林、那坡以及德保。

3.3 叶片性状与植株生物量的相关性分析

植物生长与叶片的许多形态结构和生理性状有关(徐德聪等,2006)。为了进一步探讨苗木生长与叶片性状的相关关系,将 4 个产地多穗柯幼苗的几个叶片性状与植株生长量进行相关分析,结果见表 4:叶面积与株高、地径、单株干重、单株根干重以及单株叶干重等植物生长指标呈极显著正相关,也就

表 3 多穗柯幼苗生物量 LSD 多重比较

Table 3 LSD multiple comparison for seedling biomass of *Lithocarpus polystachyus*

产地 Origin	株高 Plant height (cm)	地径 Ground diameter (mm)	单株干重 Dry weight per plant (g)	主根长 Taproot length (cm)	单株根干重 Root dry weight per plant (g)	单株叶干重 Leaf dry weight per plant (g)
DB	16.23±0.85b	2.35±1.07b	0.86±0.06b	10.97±0.45b	0.21±0.01 b	0.44±0.03b
NP	17.64±1.32b	2.46±1.01b	1.12±0.12b	11.82±1.06b	0.27±0.03 b	0.58±0.08b
BM	27.71±1.25a	3.23±0.69a	1.34±0.23a	15.30±1.34a	0.52±0.05a	1.11±0.17a
TL	18.28±1.31b	2.50±1.01b	2.32±0.11b	10.35±0.65b	0.27±0.02 b	0.54±0.06b
平均值 Mean	18.08	2.49	1.12	11.39	0.27	0.56
变异系数 CV (%)	25.3	16.5	56.3	32.1	53.3	61.6

注：注：表中各列数据后的不同小写字母表示 0.05 水平差异显著。
Note: Different letters mean significant difference at 0.05 levels

表 4 叶片性状与植株生物量的相关性分析

Table 4 Correlation analysis between leaf characteristics and plant biomass

项目 Item	株高 Plant height	地径 Ground diameter	单株干重 Dry weight per plant	单株根干重 Root dry weight per plant	单株叶干重 Leaf dry weight per plant
叶面积 Leaf areas	0.717 * *	0.558 * *	0.618 * *	0.587 * *	0.567 * *
叶形指数 Leaf shape index	-0.319	-0.147	-0.201	-0.205	-0.165
叶脉间距 Vein spacing	0.561 * *	0.304	0.395 *	0.382 *	0.353
比叶面积 Specific leaf area	-0.357 *	-0.414 *	-0.347	-0.330	-0.338
叶绿素相对含量 SPAD	0.458 * *	0.341	0.427 *	0.301	0.453 *

注：*，* * 分别表示在 0.05 水平上及 0.01 水平上差异显著。
Note: *，* * mean significant at 0.05 and 0.01 level, respectively.

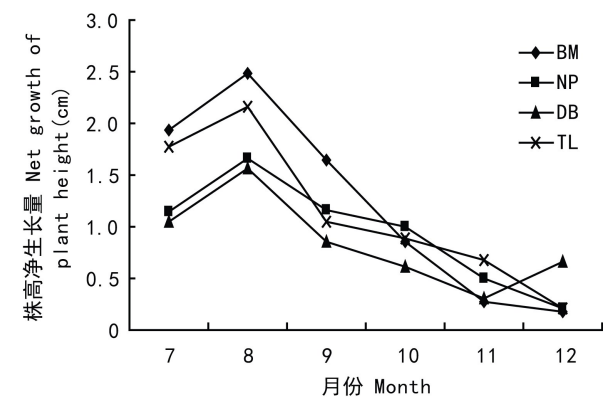


图 2 不同产地多穗柯株高月净生长量

Fig. 2 Variation of net growth of plant height among different origins of *Lithocarpus polystachyus*

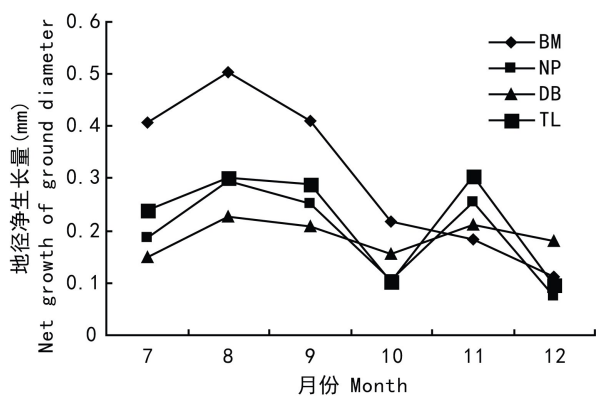


图 3 不同产地多穗柯地径月净生长量

Fig. 3 Variation of net growth of ground diameter among different origins of *Lithocarpus polystachyus*

是说光合叶面积越大,合成的有机养分就越多,能够供给幼苗生长的养分就多,植物生长就越旺盛;叶脉间距、SPAD 均与株高及单株干重呈显著或极显著呈正相关关系;而叶形指数、比叶面积与各生长指标均为负相关关系,其中比叶面积与株高、地径均呈显著负相关。

4 讨论与结论

叶片性状在植物遗传改良中占有举足轻重的地

位,研究其变异可为良种选育提供依据(申文辉等, 2010)。从研究结果看,广西多穗柯产地间叶片性状存在不同程度的变异,其中叶面积的变异最大,说明在多穗柯林分中存在大量叶面积差异显著的单株,能为今后开展选择育种提供丰富的遗传材料。以产地进行比较时,巴马与那坡、德保、田林在叶长、叶宽、叶面积、叶脉间距、叶鲜重、叶片干物质含量、叶片组织密度等性状上的差异均达到显著水平,但后 3 个产地在这些性状上的差异却并不显著,分析可能与多穗柯自身的遗传特性、植株营养、生理以及产

地生态因子等多个因素有关,这还有待于进一步深入研究。此外,通过分析多穗柯叶片保水能力表明,在自然离体条件下,多穗柯幼苗叶片在 48h 前失水率已达到 90% 以上,各产地的幼苗叶片失水率快慢次序为德保、田林、那坡、巴马,这也就是说,产于巴马的多穗柯幼苗耐旱性相对较强。通过比较分析多穗柯幼苗生长情况得知,产地间各生长指标变异明显,变异幅度为 16.5% ~ 61.6%,单株叶片干重的变异最大,地径的变异系数最小。巴马与那坡、德保、田林在株高、地径、单株干重、主根长、单株根干重及单株叶干重等生长指标上的差异均达显著水平,生长量是后 3 个产地的 1~2 倍。从多穗柯一年生幼苗生长节律看,8 月份是株高、地径的生长高峰期,此时应加强肥水管理,调节适宜的水肥光热条件,尽量延长幼苗的快速生长时间,以获得苗木的最大累积生长量。对多穗柯叶片性状与植株生长量的相关性分析结果显示,叶面积与株高、地径、单株干重、单株根干重以及单株叶干重等生长指标均呈极显著正相关,叶脉间距、SPAD 值与株高、单株干重呈显著或极显著呈正相关,这说明叶面积、叶脉间距及 SPAD 值是影响多穗柯植株生长量大小的重要因子。因此,在以后的优株表型选择中,要优先考虑叶子大、叶脉间距宽、中老熟叶片叶色浓绿的植株。在比叶面积与植株生长量的相关性分析中,比叶面积与株高、地径呈显著负相关,由于比叶面积与比叶重互为倒数关系,因此结果与舒泉等(2009)得出的比叶重与地径呈显著正相关的结论相一致。

综合所测定的各性状指标,认为巴马的多穗柯苗期表现比较好,生长速度快,长势好,抗旱性较强,可作为多穗柯优良种源的初步选择,但下一步仍需要通过造林长期观测,特别是还要分析药材优良与否所依赖的药用成分含量,才能得出科学的结论。

参考文献:

- Chen CJ(陈超君), Yin XH(尹小红), Li LR(李莉蓉), *et al.* 2009. Variation of leaf characters and the principal components and cluster analysis of *Pyrrosia lingua* in Guangxi(广西石韦叶片性状的变异度及主成分和聚类分析)[J]. *Shizhen Trad Chin Drugs Med*(时珍国医国药), **20**(11):2 745—2 748
- He CN(何春年), Peng Y(彭勇), Xiao W(肖伟), *et al.* 2012. The research progress of *Lithocarpus polystachyus* Rehd(多穗柯甜茶的研究进展)[J]. *Shizhen Trad Chin Drugs Med*(时珍国医国药), **23**(5):1 253—1 255
- Hao HK(郝海坤), Peng YH(彭玉华), Huang ZL(黄志玲), *et al.* 2013. Chlorophyll fluorescence characteristics of *Zenia insignis* from different places of origin in Guangxi(广西不同产地翅荚木叶绿素荧光特性)[J]. *Chin For Sci Technol*(林业科技开发), **27**(5):37—40
- Li SH(李胜华), Wu XJ(伍贤进), Yang QD(杨青丹), *et al.* 2010. Studies on the chemical constituents of *Lithocarpus polystachyus*(多穗柯化学成分分析)[J]. *Chin Med Mat*(中药材), **33**(4):549—551
- Liang XT(梁旭婷), Jiang ZR(蒋志荣), Song YP(宋宇鹏), *et al.* 2008. The comparison of leaf traits and leaf water holding between *Robinia hispida* and *Toona sinensis*(毛刺槐和香椿叶性因子与叶片保水力的比较)[J]. *Shaanxi Agric Sci*(陕西农业科学), (2):68—70
- Miao YM(苗艳明), Lü JZ(吕金枝), Bi RC(毕润成). 2012. Distribution pattern of leaf traits in canopy of typical broad-leaved trees in Taiyue Mountain(太岳山典型阔叶乔木冠层叶片性状的分布格局)[J]. *Guihaia*(广西植物), **32**(4):483—486
- Ou JD(欧建德). 2012. Correlation between genetic variations of leaves characters in *Taxus chinensis* var. *mairei*(南方红豆杉叶片性状的遗传变异及相关性研究)[J]. *Anhui Agric Sci Bull*(安徽农学通报), **18**(9):30—31
- Shen WH(申文辉), Liu J(刘建), Tang QL(唐庆兰). 2010. Analysis on leaf traits and photosynthetic parameters of *Eucalyptus* clones(桉树无性系叶片性状和光合参数差异比较)[J]. *Chin For Sci Technol*(林业科技开发), **24**(6):69—71
- Shu X(舒泉), Yang ZL(杨志玲), Yang X(杨旭), *et al.* 2009. Variation of leaf characters and seedling growth of *Magnolia officinalis* with different provenances(不同种源厚朴叶片性状变异及幼苗生长量研究)[J]. *J Ecol Rural Environ*(生态与农村环境学报), **25**(4):19—25
- Sun ZR(孙志蓉), Zai MP(翟明普), Wang WQ(王文全), *et al.* 2008. Effects of drought stress on water physio-ecological characteristics of *Glycyrrhiza uralensis* and *Caragana microphylla*(干旱胁迫对甘草柠条水分生理生态特性的影响)[C]. Qindao(青岛): The first session of the national Chinese medicine goods academic conference(第一届全国中药商品学术大会):69—76
- Wei J(卫晶), Miao YM(苗艳明), Bi RC(毕润成). 2014. Altitudinal variation of leaf traits of *Quercus baronii* in Yunqiu Mountain(云丘山不同海拔梯度槲子栎叶性特征研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), **32**(2):281—286
- Xiao KF(肖坤福), Liao XF(廖晓峰). 2006. Isolation and structural identification of a flavonoid from *Lithocarpus polysachyus* Rehd(多穗柯黄酮类化合物的分离及鉴定)[J]. *Chem & Indus For Prod*(林产化学与工业), **26**(3):85—87
- Xiao QQ(肖青青), Xiang DY(项东云), Yao RL(姚瑞玲), *et al.* 2009. Variation comparison for leaf morphological and physiological characteristics in *Eucalyptus* spp. seedlings of different clones(不同桉树无性系幼苗叶片形态、生理特征的差异性比较)[J]. *Guangxi For Sci*(广西林业科学), **38**(1):17—22
- Xu DC(徐德聪), Lü FD(吕芳德), Su B(粟彬). 2005. Comparison of chlorophyll fluorescence characteristics and leaf characters of Pecan in different site conditions(不同立地美国山核桃叶绿素荧光特性及叶性状比较)[J]. *Nonw For Res*(经济林研究), **23**(4):17—20
- Xu DC(徐德聪), Lü FD(吕芳德), Tang RQ(唐荣青). 2006. Leaf characteristics and its relationship with growth quantities in Pecan seedlings(美国山核桃叶片性状及其与苗木生长量的关系)[J]. *Nonw For Res*(经济林研究), **24**(1):16—20