

麻楝种子形态和营养特征遗传变异分析

武冲^{1,2}, 仲崇禄¹, 张勇¹, 陈羽¹, 陈珍¹, 姜清彬¹, 尹燕雷²

(¹中国林业科学研究院热带林业研究所, 广州 510520; ²山东省果树研究所, 泰安 271000)

摘要:为系统揭示麻楝种源间种子形态和营养成分的变异程度和变异规律, 以 8 个国家 26 个种源麻楝种子为试验材料, 对不同种源麻楝种子的形态特征和营养成分进行比较分析。多重比较结果表明, 麻楝种源间种子的长、宽、厚、长宽比、百粒重以及可溶性蛋白质、可溶性糖和淀粉含量差异极显著; 相关分析表明, 种子百粒重与种子长、种子宽呈极显著正相关, 可溶性蛋白质、可溶性糖和淀粉含量与百粒重均呈极显著正相关; 主成分分析结果显示, 影响麻楝种子品质的第 1 主成分主要是种子形态性状, 即种子长、百粒重和种子宽, 第 2 主成分是种子营养成分; 通过分析麻楝种子形态特征及营养成分变异系数可知, 麻楝种子形态变异系数大于营养成分变异系数, 表明种子形态受外界环境影响较大。通过主成分聚类分析, 将 26 个种源分为 2 个集群, 第 1 集群包括澳大利亚和马来西亚 2 个种源, 其特点是种子形态较大、百粒较重、养分含量较高; 第 2 集群包括其余 24 个种源。结合聚类分析和种子形态与地理气候因子相关分析结果可知, 麻楝种子形态变异具有一定的地理区域特征, 与分布区的自然地理因素有一定的相关性, 麻楝分布区南部种子较大而北部种子较小。

关键词:麻楝; 种源; 种子形态; 营养成分; 主成分分析

Variation and Cluster Analysis of Morphological Characters and Nutrient Content of *Chukrasia tabularis* Seed

WU Chong^{1,2}, ZHONG Chong-lu¹, ZHANG Yong¹, CHEN Yu¹, CHEN Zhen¹, JIANG Qing-bin¹, YIN Yan-lei²

(¹Research Institute of Tropical Forestry of Chinese Academy of Forestry, Guangzhou 510520 ;

²Shandong Institute of Pomology, Tai'an 271000)

Abstract: This study was conducted to investigate the variation in seed traits and nutrient contents among 26 provenances of *Chukrasia tabularis* from 8 countries in Asia and Australia. There were highly significant differences among provenances in seed length, seed width, seed thickness, seed length-width ratio, 100-seed weight, contents of soluble protein, soluble sugar, and starch in seed. Although provenances showed mixed performances across the seed parameters measured, seeds from Australia and Malaysia were generally larger and heavier, and had higher protein, sugar, and starch contents than those from other countries. Significant correlations between seed traits and environmental attributes were observed. Nutrient contents were correlated negatively with altitude, suggesting that provenances from lower altitude had higher nutrient contents and vice versa. Principal component analysis revealed that seed length, width and weight, soluble protein, soluble sugar, and starch contents were useful characteristics in explaining the variation pattern among provenances. This study indicated marked variation in seed size parameters and nutrient content among *C. tabularis* provenances and the influence of geographic location and climate on the variation.

Key words: *Chukrasia tabularis*; provenance; seed character; nutrient; cluster analysis

麻楝 (*Chukrasia tabularis* A. Juss) 为楝科 (Meliaceae) 麻楝属 (*Chukrasia* A. Juss) 植物, 是

收稿日期: 2013-05-07 修回日期: 2013-10-28 网络出版日期: 2014-01-24

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/10.13430/j.cnki.jpgr.2014.02.031.html>

基金项目: 国家引进国际先进农业科学技术计划 (“948” 计划) (2009-4-02)

第一作者主要研究方向为林木种质资源与遗传多样性。E-mail: wuchongge@163.com

通信作者: 仲崇禄, 主要从事林木遗传育种研究。E-mail: zcl@ritf.ac.cn

我国热带和南亚热带珍贵乡土树种^[1-3]。麻楝为国际性珍贵速生用材树种,其木材坚硬,芳香有光泽,易加工,耐腐蚀,是建筑、造船及制造家俱的好材料。植物表型反映了基因型对环境变化的适应,在长期的压力选择中发生不可逆变化,经稳定遗传后产生新表型,因此表型变异往往在适应和进化上有重要意义^[4]。植物的种实形态主要受到遗传因素控制,而在不同的分布区域也会由于适应不同的生境而产生分化。如种子特征在大尺度的变化格局通常与纬度、海拔高度和气候有关^[5]。由于麻楝长期的地理隔离、生境片段化和基因流动隔离,研究其种子形态特征变异有助于了解环境因素和遗传因素对麻楝群体的影响。

麻楝的已有研究主要集中在分类、木材特性和利用方面。近年来,麻楝挥发油成分方面研究较多^[6-11],而有关麻楝营林和遗传改良方面的研究还很匮乏。研究麻楝种子形态及营养成分的地理变异可较快地了解麻楝树种的地理变异格局、变异大小及变异趋势等重要信息,为麻楝的引种、遗传改良及种子生产和调拨提供参考。种子表型特征变异是植物遗传变异的重要特征之一,在遗传分类学上具有重要研究价值^[12]。种子的形态特征不仅影响到种子的扩散传播能力,也会影响种子的萌发和幼苗定植,从而影响到种

群的分布格局^[13]。因此,本研究在全面调查麻楝遗传资源分布区域的基础上,探讨并揭示麻楝遗传资源群体间表型变异规律及其与地理气候因子的相关性,旨在了解不同地理区域麻楝的表型变异程度;通过研究麻楝遗传资源的遗传多样性,了解其地理种群的遗传变异分布格局,为构建核心种质资源和开展保护生物学研究奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

麻楝分布范围广,天然群体主要分布于 1°~25°N,73°~120°E,澳大利亚北部有零星分布。麻楝天然分布区内,降水量 1000~3800 mm,年均气温 14~27℃。在麻楝分布区,依据其自然分布区的地理位置,考虑不同的生态类型,选择有代表性的群体,既能反映出分布区的特点,又具有相对稳定的性状,分别收集来自澳大利亚(AU)、中国(CN)、老挝(LA)、马来西亚(MY)、缅甸(MM)、斯里兰卡(LK)、泰国(TH)和越南(VN)8个国家26个种源地的麻楝种子,每地选择不少于15株优良母树单株采种,单株母树至少相距100 m。将每个种源地单株采集的种子分别等质量均匀混合,自然干燥,置4℃冰箱中贮藏备用,采种地的经纬度、海拔及降雨量情况见表1。

表 1 麻楝种源地经纬度、海拔和降雨量

Table 1 Location and rainfall of 23 seed sources of *Chukrasia tabularis*

编号 Code	来源 Origin	纬度 Latitude	经度 Longitude	海拔 (m) Altitude	降雨量 (mm) Rainfall	编号 Code	来源 Origin	纬度 Latitude	经度 Longitude	海拔 (m) Altitude	降雨量 (mm) Rainfall
AU	澳大利亚-阿瑟顿	17°18'S	143°43'E	850	1200	LK2	斯里兰卡-帕讷杜勒	07°19'N	080°02'E	600	1400
CN1	中国-三亚	18°25'N	109°50'E	50	2010	LK3	斯里兰卡-瓦杜沃	06°57'N	081°09'E	750	1400
CN2	中国-尖峰岭	19°09'N	108°64'E	45	1980	TH1	泰国-甘烹碧府	16°20'N	099°16'E	180	1100
CN3	中国-昌江	19°25'N	109°03'E	65	1680	TH2	泰国-清迈	18°13'N	098°30'E	300	900
LA1	老挝-琅勃拉邦(1)	20°00'N	102°00'E	450	1800	TH3	泰国-巴蜀	12°05'N	099°36'E	250	1600
LA2	老挝-琅勃拉邦(2)	20°00'N	101°00'E	500	1700	TH4	泰国-孔敬	16°44'N	102°20'E	230	850
LA3	老挝-沙耶武里	20°35'N	102°30'E	800	1800	TH5	泰国-程逸府	17°36'N	100°03'E	500	1000
MY	马来西亚-乌鲁	03°44'N	101°49'E	360	3000	TH6	泰国-乌泰他尼	15°38'N	099°13'E	350	1600
MM1	缅甸-马圭	19°57'N	095°58'E	209	1200	VN1	越南-嘉莱	14°14'N	108°35'E	750	1900
MM2	缅甸-利维	19°50'N	095°57'E	220	1200	VN2	越南-和平	20°25'N	105°28'E	100	2200
MM3	缅甸-皎勃东	20°53'N	095°10'E	180	660	VN3	越南-山萝	20°50'N	104°45'E	900	2000
MM4	缅甸-勃甘基	21°56'N	094°53'E	155	710	VN4	越南-清化	20°21'N	105°108'E	50	1800
LK1	斯里兰卡-卡鲁特勒	07°06'N	080°41'E	500	1000	VN5	越南-宣光	22°00'N	105°10'E	75	1900

1.2 种子长、宽、厚及百粒重的测定

用电子游标卡尺分别测量麻楝种子的长、宽和厚,以种子纵轴最大距离为其长度,以腹面横向最大距离为其宽度,以腹面与背面的最大距离为其厚度,测定单位精确到百分位,并计算种子的长宽比,每个种源 3 次重复,每重复 30 粒种子。采用百粒法测定各种源麻楝种子的百粒重,每个种源重复 5 次^[14]。

1.3 麻楝种子营养成分测定

取各种源均匀混合的种子 3 g,于 105 ± 5 °C 烘箱中烘干至恒定质量,之后在研钵中磨碎备用,每个指标测定设 3 次重复。可溶性蛋白质含量测定采用考马斯亮蓝法^[15],可溶性糖含量和淀粉含量测定采用蒽酮显色法^[16]。

1.4 统计分析

采用 EXCEL 2003 计算各表型的平均值和变异系数(标准差 ± 平均值),SAS 统计软件对表型数据进行方差分析、Duncan 法多重比较、相关性分析、主成分分析、聚类分析^[17]。

2 结果与分析

2.1 不同种源麻楝种子形态和营养特征

2.1.1 形态特征 由表 2 可知,麻楝种源间种子的长、宽、厚、长宽比差异均极显著($P < 0.01$)。26 个种源种子长均值为 6.79 mm,变化幅度为 5.77 ~ 8.82 mm,其中产自马来西亚的 MY 最长,泰国的 TH3 最短,前者是后者的 1.53 倍;宽度均值为 4.52 mm,变化范围 3.82 ~ 5.52 mm,其中产自斯里兰卡的 LK2 最宽,泰国的 TH3 最窄,前者是后者的 1.45 倍;厚度均值为 0.70 mm,变化范围 0.59 ~ 0.82 mm,其中产自斯里兰卡的 LK1 和 LK3 最厚,缅甸的 MM2 和 MM3 最薄,前者是后者的 1.39 倍;长宽比的均值为 1.51,变化范围为 1.41 ~ 1.77,其中产自澳大利亚的 AU 最大,中国的 CN1 最小,前者是后者的 1.26 倍。

同时,26 个种源的麻楝种子百粒重差异极显著($P < 0.01$),均值为 1.06 g。其中,产自斯里兰卡的 LK2 麻楝种子百粒重最重(1.52 g),是平均值的 1.43 倍;越南的 VN3 最轻(0.81 g),仅为平均值的 76.42%。麻楝种源间种子的百粒重有一定的地理变异,其中麻楝分布区南部的种源种子较重,而北部种源种子较轻。

2.1.2 营养特征 不同种源种子所处的立地条件(气候和土壤条件)不同,种子内营养成分累积含量也有所不同,即生长环境影响种子中营养物质的累

积^[18]。由表 2 可知,种源间麻楝种子的可溶性蛋白、可溶性糖和淀粉含量差异均达到极显著水平($P < 0.01$)。麻楝种源间的可溶性蛋白、可溶性糖和淀粉含量变化幅度较大。种源间麻楝种子可溶性蛋白的变幅为 14.12 ~ 51.65 mg/g,产自澳大利亚的 AU 含量最高,泰国的 TH5 最低;可溶性糖含量的变幅为 10.36% ~ 16.63%,产自澳大利亚的 AU 含量最高,泰国的 TH3 含量最低;淀粉含量变幅为 18.82% ~ 70.74%,产自澳大利亚的 AU 含量最高,越南的 VN5 含量最低。比较麻楝种子各形态指标和营养指标遗传变异发现,营养成分含量变异系数变幅为 30.5% ~ 33.4%,平均为 32.2%;而种子形态指标的变异系数变幅为 32.7% ~ 37.6%,平均 35.3%。麻楝种子形态平均变异系数大于种子营养物质的平均变异系数,这说明麻楝种子形态受外界环境因素影响较大。

2.2 不同种源麻楝种子特征参数及其与地理因子的相关性分析

由表 3 可知,麻楝种子形态特征参数和各营养成分含量指标间存在一定的相关性。百粒重与种子长、宽呈极显著正相关,与种子厚呈显著正相关,说明种子越大重量越重;百粒重与可溶性蛋白、可溶性糖和淀粉含量均呈极显著正相关,说明种子越重其营养成分含量越高;种子长宽比与长度呈极显著正相关,与宽度呈不显著负相关;种子可溶性蛋白含量与可溶性糖含量呈显著负相关,可溶性糖与淀粉含量呈显著正相关,而淀粉与可溶性蛋白含量呈显著正相关。

同时,麻楝种子表型性状与采集样地的地理生态因子双变量相关分析与检验结果(表 3)表明,种子长度与经度呈不显著负相关,与纬度呈显著负相关;种子宽和种子厚与经度呈不显著正相关,种子宽与纬度呈显著负相关,种子厚与纬度呈不显著负相关;百粒重与经度呈不显著正相关,与纬度呈显著负相关。种子长、宽和百粒重与纬度呈显著负相关,表明随着纬度的增加种子有变小的趋势;种子的长、宽和百粒重与海拔均呈不显著负相关,说明随着海拔的升高种子逐渐变小,这与种子大小变化随纬度升高的变化趋势基本一致;种子长、宽、厚与年均降雨量均呈不显著正相关,百粒重与年均降雨量呈显著正相关,说明随降雨量的增加种子大小和重量有增大的趋势;种子营养物质含量与经度呈不显著负相关,可溶性蛋白和淀粉含量与纬度呈显著负相关,可溶性糖含量与纬度呈不显著负相关;营养物质含量与海拔呈不显著负相关,与年均降雨量呈不显著正

表 2 不同种源麻楝种子的形态特征参数

Table 2 Character parameters of seed morphology of *Chukrasia tabularis* from different provenances

编号 Code	长 (mm) Length	宽 (mm) Width	厚 (mm) Thickness	长宽比 Length- width ratio	百粒重 (g) 100-seed weight	可溶性蛋白 (mg/g) Soluble protein	可溶性糖 (%) Soluble sugar	淀粉 (%) Starch
AU	8.42 ±0.67B	4.76 ±0.55C	0.75 ±0.19DE	1.77 ±0.49A	1.43 ±0.34AB	51.65 ±5.32A	16.63 ±2.33A	70.74 ±7.14A
CN1	6.25 ±0.23M	4.51 ±0.26EF	0.77 ±0.08CD	1.41 ±0.35G	0.98 ±0.42CDEF	33.85 ±4.56H	12.68 ±3.62DEFG	45.79 ±8.26DE
CN2	6.82 ±0.34FGH	4.53 ±0.29EF	0.73 ±0.12EF	1.51 ±0.46DEF	1.09 ±0.30ABCDE	36.37 ±6.31FG	13.14 ±2.15DEFG	46.84 ±6.34D
CN3	6.38 ±0.31LM	4.45 ±0.34EFG	0.62 ±0.09L	1.44 ±0.42EFG	0.96 ±0.41CDEF	39.36 ±1.28CD	13.66 ±5.41CDEF	44.77 ±5.51FG
LA1	5.96 ±0.49N	4.01 ±0.35J	0.79 ±0.16BC	1.49 ±0.63BCD	1.11 ±0.24ABCD	31.20 ±4.98I	14.20 ±2.18BCD	52.27 ±1.24C
LA2	6.54 ±0.57JKL	4.53 ±0.47EF	0.63 ±0.18KL	1.46 ±0.38DEF	1.06 ±0.21BCDE	30.07 ±4.29I	13.41 ±0.75DEF	50.09 ±2.79CD
LA3	6.75 ±0.63GHIJ	4.24 ±0.61H	0.70 ±0.09GH	1.60 ±0.66BC	0.91 ±0.36CDEF	26.37 ±2.74J	10.55 ±1.09IJ	40.03 ±5.14HI
MY	8.82 ±0.62A	5.43 ±0.61A	0.71 ±0.2FGH	1.63 ±0.56B	1.28 ±0.12ABCD	44.02 ±7.69B	15.22 ±1.07ABC	62.61 ±6.31B
MM1	6.80 ±0.40FGHI	4.38 ±0.59GH	0.63 ±0.07JKL	1.56 ±0.46BCD	0.92 ±0.15CDEF	25.40 ±4.96J	14.49 ±2.78BCD	44.35 ±3.48FG
MM2	6.58 ±0.56IJKL	4.39 ±0.42GH	0.59 ±0.26M	1.51 ±0.52CDE	0.90 ±0.23BCDE	22.64 ±5.51K	14.33 ±1.15BCD	56.35 ±64.75B
MM3	6.66 ±0.77HIJK	4.59 ±0.41DE	0.59 ±0.18M	1.46 ±0.50DEF	0.88 ±0.23DEF	20.89 ±6.15L	13.09 ±1.24DEFG	41.93 ±5.12J
MM4	6.81 ±0.56FGH	4.39 ±0.58GH	0.71 ±0.1FGH	1.55 ±0.58BCD	1.04 ±0.45BCDE	29.61 ±3.21I	14.22 ±2.11BCD	50.14 ±3.12CD
LK1	8.35 ±0.84B	4.81 ±0.31BC	0.82 ±0.17FG	1.74 ±0.71A	1.11 ±0.37ABCD	43.82 ±4.46B	15.49 ±1.99AB	37.19 ±6.13I
LK2	8.03 ±0.84C	5.52 ±0.62A	0.72 ±0.23FG	1.46 ±0.57DEF	1.52 ±0.42A	37.64 ±5.26M	11.63 ±1.72GHIJ	29.01 ±4.43K
LK3	6.65 ±0.51HIJK	4.35 ±0.44GH	0.82 ±0.18A	1.53 ±0.60BCD	1.16 ±0.21ABCD	40.76 ±1.21C	12.20 ±0.93EFG	38.01 ±5.69C
TH1	6.53 ±0.58KL	4.24 ±0.32H	0.80 ±0.24AB	1.54 ±0.60BCD	1.02 ±0.39BCDE	26.43 ±2.43J	12.13 ±2.97EFGH	46.47 ±4.58DE
TH2	6.68 ±0.43HIJK	4.46 ±0.3EFG	0.62 ±0.17KL	1.52 ±0.49CDE	0.86 ±0.17EF	18.35 ±1.97M	11.50 ±1.26GHIJ	31.11 ±6.31JK
TH3	5.77 ±0.61N	3.82 ±0.48J	0.71 ±0.2FG	1.51 ±0.57CDE	1.00 ±0.33ABC	24.67 ±2.34J	10.36 ±3.98J	38.37 ±5.55I
TH4	6.91 ±0.51FG	4.41 ±0.51FG	0.76 ±0.14D	1.57 ±0.62BC	0.95 ±0.41DEF	17.65 ±3.79M	12.72 ±1.36DEFG	39.29 ±4.95HI
TH5	7.37 ±0.67E	4.73 ±0.36CD	0.72 ±0.12FG	1.57 ±0.36I	0.85 ±0.11F	14.12 ±1.71N	10.57 ±0.89HIJ	22.82 ±4.16L
TH6	7.01 ±0.76F	4.48 ±0.37EFG	0.70 ±0.22GH	1.58 ±0.42BC	1.23 ±0.22AB	33.64 ±4.48H	15.56 ±1.08AB	48.48 ±6.21D
VN1	6.93 ±0.52FG	4.39 ±0.5FGH	0.65 ±0.16JK	1.59 ±0.41BC	0.94 ±0.23CDEF	29.79 ±5.68I	11.97 ±4.22FGHI	39.44 ±6.99HI
VN2	7.72 ±0.62D	4.92 ±0.51B	0.68 ±0.17HI	1.58 ±0.38BC	0.97 ±0.18CDEF	36.17 ±3.68FG	13.76 ±3.69BCDE	43.61 ±5.12F
VN3	6.07 ±0.51N	4.15 ±0.34I	0.60 ±0.09M	1.48 ±0.32CD	0.81 ±0.36EF	34.71 ±5.21GH	13.37 ±1.15DEF	42.17 ±9.89GH
VN4	6.50 ±0.47LK	4.58 ±0.27E	0.66 ±0.11IJ	1.43 ±0.32FG	1.06 ±0.15BCDE	37.53 ±3.49DE	13.03 ±2.13DEFG	45.22 ±3.26EF
VN5	6.82 ±0.67FGH	4.57 ±0.19E	0.70 ±0.07GH	1.50 ±0.54CDE	1.12 ±0.29ABCD	37.53 ±5.91EF	12.89 ±4.38DEFG	18.82 ±2.11M
均值 Mean	6.79 ±1.19	4.52 ±0.51	0.70 ±0.10	1.51 ±0.23	1.06 ±0.23	31.01 ±9.39	13.24 ±1.68	44.82 ±12.48
变异系数 (%)CV	37.6	32.7	33.8	35.5	36.9	30.5	32.8	33.4
F	247.74 **	99.70 **	103.54 **	44.14 **	4.17 **	392.80 **	146.50 **	190.50 **

同列中不同大写字母表示差异极显著, **: $P < 0.01$, 下同
Different capitals in the same column indicate highly significant difference, **: $P < 0.01$, the same as below

表 3 麻楝种子各特征参数间相关系数

Table 3 Correlation coefficients among character parameters of *Churasia tabularis* seed

	长 Length	宽 Width	厚 Thickness	长宽比 Length-width ratio	百粒重 100-seed weight	可溶性蛋白含量 Soluble protein content	可溶性糖含量 Soluble sugar content	淀粉含量 Starch content
长 Length	1							
宽 Width	0.83 **	1						
厚 Thickness	0.31	0.05	1					
长宽比 Length-width ratio	0.71 **	-0.13	0.34	1				
百粒重 100-seed weight	0.70 **	0.62 **	0.61 *	0.42	1			
可溶性蛋白含量 Soluble protein content	0.57 *	0.60 *	0.35	0.57 *	0.88 **	1		
可溶性糖含量 Soluble sugar content	0.45 *	0.54 *	-0.10	0.34	0.69 **	-0.61 *	1	
淀粉含量 Starch content	0.34	0.35	0.09	0.40	0.64 **	0.49 *	0.60 *	1
经度 Longitude	-0.21	0.42	0.36	-0.51 *	0.37	-0.32	-0.18	-0.27
纬度 Latitude	-0.59 *	-0.56 *	-0.36	0.34	-0.56 *	-0.47 *	-0.28	-0.59 *
海拔 Altitude	-0.35	-0.43	-0.51 *	-0.33	-0.29	-0.39	-0.27	-0.33
降雨量 Rainfall	0.17	0.24	0.43	-0.26	0.51 *	0.26	0.37	0.38

相关,说明随着种子逐渐变小种子内的营养物质也在逐渐减少,随着降雨量的增加种子内的营养物质有增多的趋势。

2.3 麻楝种子品质影响因素的主成分分析

以 26 个麻楝种源种子为样本单元,将种子的 5 个形态指标和 3 个营养成分含量指标作变量进行主成分分析(表 4)。由表 4 可得出第 1 和第 2 主成分方程为: $y_1 = 0.797x_1 + 0.596x_2 + 0.317x_3 + 0.091x_4 + 0.693x_5 + 0.027x_6 + 0.097x_7 - 0.114x_8$, $y_2 = 0.084x_1 + 0.036x_2 - 0.173x_3 + 0.202x_4 + 0.133x_5 + 0.591x_6 +$

$0.574x_7 + 0.457x_8$ 。第 1 主成分中载荷量较大的因子由大到小依次是种子长 > 百粒重 > 宽 > 厚,集中反映了种子的形态特征;而在第 2 主成分上载荷量较大的因子为种子可溶性蛋白含量和可溶性糖含量,基本反映了种子的营养成分含量特征。第 1 主成分和第 2 主成分的贡献率分别为 71.03% 和 27.39%,累积贡献率达到 98.42%,基本反映了原始指标中所包含的主要信息。主成分分析结果表明,影响麻楝种质品质的主要性状是种子形态特征(种子长)及百粒重。

表 4 麻楝种子品质影响因素的主成分分析

Table 4 Principal component analysis of influencing factors on seed quality of *Chukrasia tabularis*

主成分 Principal component	各因子的载荷量 Factor loading								特征根 Eigenvalue	累积贡献率(%) Cumulative
	长	宽	厚	长宽比	百粒重	可溶性蛋白含量	可溶性糖含量	淀粉含量		
1	0.797	0.596	0.317	0.091	0.693	0.027	0.097	-0.114	189.742	71.03
2	0.084	0.036	-0.173	0.202	0.133	0.591	0.574	0.457	58.571	98.42

2.4 不同种源麻楝种子的主成分聚类分析结果

以种子的形态特征和营养成分含量为指标,对 26 个麻楝种源进行主成分聚类分析,结果见图 1。26 个种源被划分为 2 个集群,第 1 集群包括澳大利亚和马来西亚 2 个种源,其特点是种子形态较大、百粒较重、营养成分含量较高;第 2 集群包括其余的 24 个种源,来自中国、泰国、缅甸、斯里兰卡、越南和老挝地区

的种子形态都较为接近,但 VN5 和 MM2 有些孤立,原因是越南种源中 VN5 的淀粉含量显著低于其他 4 个种源,MM2 在缅甸的 4 个种源中淀粉含量也最高,但是从整体上来看,麻楝种子形态和种子营养物质含量差异具有一定的地理效应,即来自南部分布区的种源种子较大、营养物质含量丰富,而来自北部分布区的种源种子较小、营养物质含量相对较低。

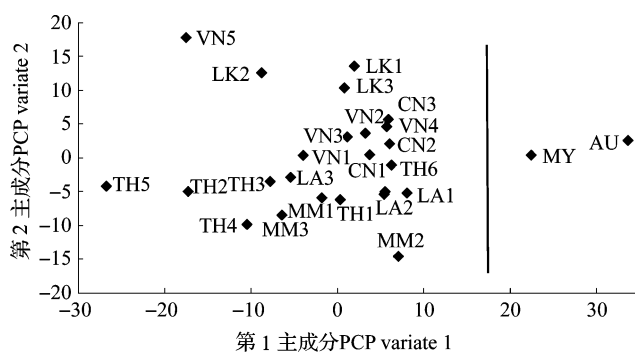


图1 26个麻楝种源的主成分聚类图

Fig. 1 The principal components cluster dendrogram of twenty-six provenances of *Chukrasia tabularis*

3 结论与讨论

同一树种不同种源的植株为了适应变化的生长环境而产生遗传变异,这种遗传变异可以稳定地体现在种子的形态特征中,因此,同一树种不同种源种子的形态大小、质量以及幼苗生长等性状均存在不同程度的差异^[19]。种子形状决定其传播方式,适应环境的形状有利于种子的传播扩散,从而提高其生存几率^[20]。已有研究表明,种子的形态差异可以反映出植物的遗传变异^[21-22],种子的大小变异是很常见的,会因所在的不同环境条件变化而发生变异,母本从开花到果实成熟的时间越长越增加了这样变异的发生^[23]。从这个角度也许能够解释本研究中麻楝种子大小变异的原因,例如,马来西亚种源的麻楝种子长和宽分别是中国种源的1.36倍和1.21倍。与麻楝亲缘关系较近的苦楝种子大小变异也很相似,种源间的种子纵径(11.1~14.1 mm)和横径(8.1~12.1 mm)差异极显著,变化幅度较大^[24]。不同种源间种子百粒重也有较大的变异,最重的斯里兰卡 LK2(1.52 g)是最轻的越南 VN3(0.81 g)的1.88倍,一般来说,来自麻楝分布区南部的澳大利亚、斯里兰卡和马来西亚的种子重于来自麻楝分布区北部的中国、老挝、缅甸、泰国和越南。本次收集麻楝种子地的海拔和年均降雨量跨度都非常大,虽然来自同一国家或区域,但因种源间环境差异较大,各种源种子形态差异显著。例如,泰国的 TH5 种子比 TH3 长 1.6 mm;泰国的 TH1 比 TH2 厚 0.18 mm。这些差异可能是由于当地的生物气候和土壤肥力变化造成的。

本研究表明,麻楝不同种源种子形态、种子质量和营养成分含量差异极显著,这些差异是种源选择和良种选育的基础。种子形态特征参数和营养成分

含量间存在一定的相关性,种子百粒重与种子长、宽呈极显著正相关,种子营养物质(可溶性蛋白、可溶性糖和淀粉)含量与百粒重也均呈极显著正相关;通过分析种子形态特征及营养成分的遗传变异系数得知,种子形态的遗传变异系数平均为 35.3%,大于种子营养成分平均变异系数 32.2%,这表明种子形态大小受外界环境影响较大。主成分分析结果表明,影响种子品质的第 1 主成分主要是种子的长、百粒重、宽等形态特征,第 2 主成分是种子的营养成分含量。百粒重反映了种子的大小及饱满程度,百粒重越重,种子越饱满,种子内的营养物质也越丰富,提供给种子萌发时的营养物质也越多,使种子发芽迅速整齐,在麻楝种源优质资源筛选过程中可将种子长和百粒重作为快速筛选指标。

麻楝种子形态品质差异具有一定的地理区域特征,与分布区的自然地理因素有一定的相关性,其分布区南部的种子较大而其分布区北部的种子较小,这可能因为分布区北部温度较低或低温时间较长,植物为适应这种不利于繁殖后代的环境变化而产生大量的小种子,在繁殖数量上增加其繁殖能力^[25]。因此,分布区的北部由于受到资源量的限制,林木进行有性繁殖时就会在种子大小和数目间产生竞争,植物往往倾向于选择能生产大量小种子的个体,而不选择生产少量大种子的个体,从而巩固自身的生存空间^[26]。

参考文献

- [1] Kalinganire A, Pinyopusarerk K. *Chukrasia*: biology, cultivation and utilization[M]. Canberra: ACIAR Technical Reports, 2000
- [2] 仲崇禄,洪长福,白嘉雨,等. 麻楝属树种种源苗期试验及其在我国发展潜力分析[J]. 广东林业科技, 2001, 17(4): 11-16
- [3] Purusbothaman K K, Sarada A, Mathuram V, et al. Pharmacognostic and chemotaxonomic of some Indian medicinal plants[J]. Acta Hort, 1988, 188: 165-167
- [4] Pigliucci M, Murren C J, Schlichting C D. Phenotypic plasticity and evolution by genetic assimilation[J]. J Exp Biol, 2006, 209: 2362-2367
- [5] García D, Zamora R, Gómez J M, et al. Geographical variation in seed production, predation and abortion in *Juniperus communis* throughout its range in Europe[J]. J Ecol, 2000, 88: 435-446
- [6] Nagalakshmi M A H, Thangadurai D, Rao M D, et al. Phytochemical and antimicrobial study of *Chukrasia tabularis* leaves[J]. Fitoterapia, 2001, 72(1): 62-64
- [7] Nakatani M, Abdelgaleil S A, Saad M M, et al. Phragmalin limonoids from *Chukrasia tabularis*[J]. Phytochemistry, 2004, 65(20): 2833-2841
- [8] Khumbongmayum A D, Khan M L, Tripathi R S. Sacred groves of Manipur, northeast India: biodiversity value, status and strategies for their conservation [J]. Biodivers Conserv, 2005, 14: 1541-1582
- [9] Rajbir K, Upendra S, Bikram S. Antioxidant activity of the phenol

rich fractions of leaves of *Chukrasia tabularis* A. Juss[J]. Biores Technol,2008,99:7862-7869

[10] Rajbir K,Saroj A. Chemical constituents and biological activities of *Chukrasia tabularis* A. Juss-A review[J]. J Med Plants Res, 2009,3(4):196-216

[11] Rajbir K,Upendra S,Bikram S,et al. Antimutagenic and antioxidant characteristics of *Chukrasia tabularis* a Juss extracts[J]. Int J Toxicol,2011,30:21-34

[12] 陈益泰,李桂英,何贵平,等. 南酸枣 8 个种源的早期表现[J]. 林业科学研究,2001,14(3):278-282

[13] Greipsson S,Davy A J. Seed mass and germination behaviour in-populations of the dune-building grass *Leymus arenarius*[J]. Ann Bot,1995,76:493-502

[14] 毕辛华,戴心维. 种子学[M]. 北京:中国农业出版社,1993

[15] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000

[16] 王晶英,敖红,张杰,等. 植物生理生化实验技术与原理[M]. 哈尔滨:东北林业大学出版社,2003

[17] 黄少伟,谢维辉. 实用 SAS 编程与林业实验数据分析[M]. 广州:华南理工大学出版社,2001

[18] 方升佐,朱梅,唐罗忠,等. 青檀不同种源种子营养成分含量和种子活力的初步研究[J]. 植物资源与环境学报,1998,7(2):16-21

[19] 刘志龙,虞木奎,唐罗忠. 不同种源麻楝种子形态特征和营养成分含量的差异及聚类分析[J]. 植物资源与环境学报, 2009,18(1):36-41

[20] 余诚棋,方升佐,杨万霞. 青钱柳种子形态特征的地理变异[J]. 南京林业大学学报,2008,32(4):63-66

[21] Divakara B N,Upadhyaya H D,Wani S P,et al. Biology and genetic improvement of *Jatropha curcas* L. :a review[J]. Appl Energ,2010,87:732-742

[22] Rawat K,Bakshi M. Provenance variation in cone,seed and seedling characteristics in natural populations of *Pinus wallichiana* A. B. Jacks (blue pine) in India [J]. Ann Forest Res,2011,54:39-55

[23] Valencia-Díaz S,Montaña C. Temporal variability in the maternal environment and its effect on seed size and seed quality in *Flourensia cernua* DC. (Asteraceae) [J]. J Arid Environ,2005,63:686-695

[24] 李世全,喻才员. 不同种源苦楝种子形态特征和播种品质差异研究[J]. 江西林业科技,2009(3):9-12

[25] 马绍宾,姜汉侨,黄衡宇,等. 药物植物桃儿七不同种群种子产量初步研究[J]. 应用生态学报,2001,12(3):363-368

[26] 于顺利,陈宏伟,李晖. 种子重量的生态学研究进展[J]. 植物生态学报,2007,31(6):989-997