

蔡京勇,陈文学,汪 洋,等. 湖北不同种源红椿天然居群的种实表型变异[J]. 江苏农业科学,2018,46(19):137–142.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.19.036

湖北不同种源红椿天然居群的种实表型变异

蔡京勇¹, 陈文学², 汪 洋¹, 付翠林¹, 钟 雄³

(1. 湖北生态工程职业技术学院, 湖北武汉 430200; 2. 竹山县林业局, 湖北竹山 442200; 3. 巴东县野三关林业站, 湖北巴东 444324)

摘要:为研究湖北不同种源红椿天然居种群实变异特征、变异规律与地理区域的关系,利用单因素方差、变异系数、Simpson 多样性指数、Shannon – Wiener 信息多样性指数及主成分分析、聚类分析等不同分析方法,对湖北不同种源红椿 8 个天然居群的 12 个种实表型性状进行研究。单因素方差分析结果表明,不同居群间种实表型性状均呈极显著差异,果纵径和果型指数差异最显著;不同居群间平均变异系数为 14.582%,居群内为 8.324%,居群间变异大于居群内;果纵径等多数性状表现出地理差异性。Shannon – Wiener 信息多样性指数和 Simpson 多样性指数分析结果表明,湖北不同种源红椿种实表型多样性较高,地理变异趋势较为明显。主成分分析结果表明,果纵径、果大小指数、种大小指数、种纵径为变异主要性状,鄂东南种实表型性状与其他居群离散程度较高。聚类分析结果显示,鄂东南与鄂西南、鄂西北居群聚为 2 大类群,说明湖北不同种源红椿天然居种群实表型变异为显著地理隔离模式。因此,在种源苗期试验和造林试验工作中,应该注重优良种源和优良个体选择,为湖北红椿的种子资源保护、评价与利用提供科研基础。

关键词:红椿;天然居群;种实表型性状;表型变异

中图分类号: S718.46 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)19-0137-05

遗传多样性是一个物种生存或者适应所生存环境和发展乃至于不断进化提高的重要前提^[1],对于任何一个物种来说,面对不断变化的生长环境、扩展分布及开拓新环境,就意味着其需要强大的适应力,所以该物种的遗传多样性就需要高丰富度^[2]。引起物种表型变异正是遗传多样性的表现,其根源来自于多种内在及外在环境因子的影响。表型性状即物种的数量性状,受许多基因控制^[3]。因此,基于表型性状来研究物种的变异特征是一种有效的方法。从 19 世纪达尔文进化论诞生以来,研究遗传多样性最常见的技术方法就是通过测定植株的表型性状来实现^[4]。目前,对于植物表型变异的研究主要集中在 2 个方面,一是对于重要的经济性状,侧重于遗传分析,寻找具有优良性状的遗传材料,为遗传改良奠定基础。二是在生态上较重要的性状,主要从地理环境上开展相关研究,注重探究物种的适应性^[5-6]。

红椿(*Toona ciliata* Roem.)为楝科(Meliaceae)香椿属(*Toona*)落叶大乔木。红椿材质优良,是珍贵用材树种,具有很高的经济价值^[7]。红椿已被列为国家Ⅱ级重点保护野生濒危乡土树种。该树种具有良好的开发利用前景,但自然资源稀少,遗传资源尚不明确,且人为破坏严重。因此,红椿种质资源保护迫在眉睫。保护的前提是了解其居群规模和遗传背景^[8],根据其现存居群大小与遗传多样性水平进行针对性的科学保护^[9]。

研究一个物种不同种源的表型变异,有助于全面准确地

了解不同种源遗传变异规律和种源内个体的形态变异,为优良种源的选育和种质创新提供理论依据^[10]。种实是遗传的集中点^[11],种实变异是遗传变异的重要特征之一^[12]。植物形态主要受遗传控制,但在不同分布区也会由于适应不同生境而产生分化,其在大尺度上的变化格局通常与气候及纬度梯度有关^[13]。因此,从红椿种实形态性状来研究其表型遗传变异,能在一定程度上地更好揭示其遗传变异的大小,以及一定地理区域内,在气候、经纬度梯度上的遗传多样性变化规律,对于红椿种源选择与评价,种质资源保护及利用具有重要的理论和实践意义。

1 材料与方法

1.1 研究地概况

2013—2015 年对湖北不同种源红椿天然林种质资源进行全面调查。选取其中 16 个尺度合适的红椿天然居群设立样方,对样方内所有乔木、灌木和草本进行每木检尺。在前期研究基础上,于 2015 年采集种实。由于红椿结实存在大小年现象,在 16 个天然居群中,仅有 8 个居群结实良好,且基本覆盖红椿在湖北的天然分布范围。其中利川堡上村居群、宣恩金盆村居群、宣恩大卧龙居群、咸丰村木田居群属于鄂西南地区,谷城玛瑙观居群和竹山洪坪居群属于鄂西北地区,黄石黄荆山居群和通山九宫山居群属于鄂东南地区。采集种实的居群地理位置及生态因子见表 1。

1.2 种实表型性状选择与测量

红椿果实采集于果实成熟期(湖北地区因纬度差异从南到北为 11 月上旬至 12 月上旬)。不同居群的结实单株不等(利川堡上村 2 株、宣恩金盆村 4 株、宣恩大卧龙 5 株、咸丰村木田 7 株、通山九宫山 5 株、黄石黄荆山 6 株、竹山洪坪 3 株、谷城玛瑙观 5 株),在 8 个居群 37 个不同单株上采集种实,每个单株上收集 60 个种实。各居群内取样植株间距在 35 m 以

收稿日期:2018-01-06

基金项目:湖北省科技厅公益性研究项目(编号:402012DBA40001);

湖北省教育厅科研项目(编号:B20160555)。

作者简介:蔡京勇(1970—),男,湖北京山人,讲师,主要从事植物生态学教学与科研工作。E-mail:13986200308@163.com。

通信作者:钟 雄,工程师,主要从事林业生产与科研工作。

E-mail:252096031@qq.com。

表 1 不同种源红椿采样群体的地理位置及生态因子

居群	东经 (°)	北纬 (°)	海拔 (m)	年均温 (℃)	降水量 (mm)	无霜期 (d)	年日照时数 (h)	相对湿度 (%)	土壤
利川堡上村	108.56	29.85	440	16.7	1 450.0	247	1 409.2	81	黄壤
宣恩金盆村	109.68	29.84	700	15.8	1 491.3	294	1 136.2	80	黄壤
宣恩大卧龙	109.72	30.09	744	15.8	1 491.3	294	1 136.2	80	黄壤
咸丰村木田	109.05	29.57	640	14.9	1 471.7	255	1 298.9	83	山地黄壤
通山九宫山	114.65	29.41	497	14.4	1 484.7	218	1 600.0	82	山地红黄壤
黄石黄荆山	115.08	30.19	358	17.0	1 382.6	264	1 699.0	77	黄壤
竹山洪坪	110.03	31.67	663	12.9	1 000.0	219	1 650.4	73	山地黄棕壤
谷城玛瑙观	111.27	32.02	314	13.1	962.0	234	1 894.2	78	黄棕壤

注:气象数据来源于国家气象信息中心,平均气温参考采种点附近气象站的观测数据计算获得。其他数据采用 ArcGIS 10.2 从 WorldClim 全球数据库(www.worldclim.org)提取相应气候因子。

上。尽量选择朝南方向处于亚优势地位,树冠中部生长正常的,无严重缺陷,无明显病虫害的果实,以避免不同生长环境造成的统计差异。

选择相对稳定、易于获得和测量的表型性状进行分析,如果实质量、果实纵径、果实横径、种子质量、种子纵径和种子横径等。采集的果实经自然风干后,根据百粒四分法标准,每单株随机抽取 30 个果实^[6],用电子游标卡尺(精度 0.01 mm)测量每个果实的纵径和横径,并用 1/1 000 电子天平分别称取每个果实的质量(精度为 0.01 g),重复 5 次。果实性状测后,剥离果壳,按照同样方法分别测定种子纵径、种子横径、种子厚度、单粒种子质量,重复 5 次。种实测量指标包括果纵径、果横径、单果质量、单果种子数、单种质量、种纵径、种横径、种厚度等,并计算果形指数(果纵径/果横径)、果大小指数(果纵径×果横径)、种形指数(种纵径/种横径)、种大小指数(种纵径×种横径)^[6,14]。

1.3 统计分析方法

单因素方差分析可以很好地反映分布区内不同居群之间的变异情况^[15],因此利用单因素方差分析比较居群间和居群内的差异显著性。表型性状的变异系数可以表示其离散程

度, $CV=s/\bar{x}$,式中: CV 为变异系数, s 为标准差, \bar{x} 为平均值,并进行表型性状间相关性分析。利用张翠琴等的方法^[16],计算各居群种实表型性状的 Simpson 多样性指数($D=1-\sum P_i^2$)和 Shannon-Wiener 信息多样性指数($H=-\sum P_i \ln P_i$,式中: P_i 为某性状第 i 个代码值出现的概率)。采用 NTsys-2.10e 非加权平均法(UPGMA)^[4,17]进行居群间聚类分析。采用遗传分析软件 TGPFA 1.3^[18]对湖北不同种源红椿居群间的遗传距离和地理距离进行 Mantel 检验^[19],分析其是否存在地理距离隔离模式(IBM)^[20]。采用 Excel 2003 整理并计算相关数据,采用 SPSS 22 进行主成分分析。

2 结果与分析

2.1 种实表型性状居群间差异

由表 2 可知,不同居群间红椿种实的 12 个指标均呈极显著差异($P<0.01$),其差异显著程度由大到小依次为果纵径、果形指数、单种质量、果大小指数、单果质量、果横径、种纵径、种大小指数、种形指数、种子数、种横径、种厚度,其中果纵径、果形指数和单种质量是差异性较为突出的性状。

表 2 湖北不同居群间红椿种实表型单因素方差分析

观测指标	平方和	df	均方	F 值	P 值
果纵径	1 946.400	7	278.057	116.646	0.000
果横径	155.138	7	22.163	45.777	0.000
果形指数	4.198	7	0.600	106.106	0.000
果大小指数	886 436.589	7	126 633.798	76.358	0.000
单果质量	4.901	7	0.700	74.750	0.000
单果种子数	405.900	7	57.986	6.975	0.000
单种质量	0.605	7	0.086	82.339	0.000
种纵径	750.110	7	107.159	37.970	0.000
种横径	7.310	7	1.044	5.687	0.000
种形指数	18.259	7	2.608	20.686	0.000
种大小指数	35 600.655	7	5 085.808	22.110	0.000
种厚度	0.141	7	0.020	2.794	0.009

2.2 红椿种实表型特征分析

从表 3 可以看出,不同居群内不同指标值变化范围为 1.97%~18.86%。黄石居群变异系数平均值最大,竹山洪坪最小,可能与其地理区位或气候条件有关。居群内各测量或形状指标变异系数平均值均小于居群间,说明变异动力来源于不同种源的地理或环境因子。果形指数变异系数平均值最

小,为 3.504%,果形指数为果纵径和果横径的比值,说明其果型变异幅度最小,较为稳定。单种质量变异系数平均值最大,为 13.366%,单种质量保证种子结实质量,是种源选择考虑的重要依据。

2.3 湖北不同种源红椿种实的表型多样性指数

由表 4 可知,8 个居群种实表型 Shannon-Wiener 多样性

表 3 湖北红椿 8 个居群种实表型性状变异系数

观测指标	变异系数(%)									居群间
	利川堡上村	宣恩金盆村	宣恩大卧龙	咸丰村木田	通山九宫山	黄石黄荆山	竹山洪坪	谷城玛瑙观	平均值	
果纵径	5.26	4.86	4.48	3.87	5.24	6.84	3.21	6.53	5.036	12.620
果横径	5.71	4.06	4.29	4.28	5.06	6.63	1.97	4.99	4.624	8.143
果形指数	3.98	3.22	3.00	2.76	3.02	6.21	2.78	3.06	3.504	8.711
果大小指数	10.00	8.28	8.37	7.67	9.72	11.93	4.57	11.43	8.996	18.881
单果质量	14.09	14.38	11.01	10.92	11.46	15.63	3.86	14.82	12.021	26.109
单果种子数	7.01	7.16	8.48	3.28	3.00	5.81	2.82	4.57	5.266	6.400
单种质量	16.25	18.60	13.59	9.22	10.70	18.86	5.59	14.12	13.366	31.355
种纵径	4.75	8.94	5.77	5.50	8.93	13.24	5.22	6.68	7.379	12.656
种横径	7.01	8.87	6.91	8.42	8.57	8.22	5.03	8.63	7.708	8.558
种形指数	6.17	9.89	6.88	8.74	13.01	11.82	5.43	8.88	8.853	12.364
种大小指数	10.20	14.92	10.53	11.13	13.06	18.17	8.89	11.78	12.335	17.726
种厚度	10.31	10.34	9.21	9.62	14.51	12.35	7.93	12.16	10.804	11.460

指数 H 变化范围为 1.161 ~ 1.305, Simpson 多样性指数 D 变化范围为 0.530 ~ 0.596, 说明种群间存在一定的多样性, 其中通山九宫山居群 Shannon - Wiener 多样性指数和 Simpson 多样性指数最高, 宣恩大卧龙的 Shannon - Wiener 多样性指数最低, 竹山洪坪的 Simpson 多样性指数最低。通山九宫山、黄石黄荆山和谷城玛瑙观的 Shannon - Wiener 多样性指数和 Simpson 多样性指数均呈现较高水平, 变化趋势整体表现为从西部到东部逐渐升高。说明湖北不同种源红椿种实表型随地理经度的升高, 多样性增大, 变异相对丰富, 地理变异趋势较为明显, 这与居群间差异和表型特征分析结果基本一致。

表 4 湖北红椿 8 个居群种实表型多样性指数

居群	Shannon - Wiener 多样性指数	Simpson 多样性指数
利川堡上村	1.171	0.534
宣恩金盆村	1.175	0.535
宣恩大卧龙	1.161	0.532
咸丰村木田	1.166	0.531
通山九宫山	1.305	0.596
黄石黄荆山	1.275	0.589
竹山洪坪	1.172	0.530
谷城玛瑙观	1.239	0.567

2.4 种实表型性状间及其与地理环境相关性分析

表 5 可知, 湖北红椿居群间大多数种实表型性状间显著相关。果纵径与果形指数、果大小指数、单果质量、单种质量、种纵径、种形指数、种大小指数均存在极显著正相关关系 ($P < 0.01$), 与果横径呈显著相关关系 ($P < 0.05$), 与单果种子数、种横径、种厚度相关性不显著。果横径与果大小指数、单果质量、单种质量呈极显著相关关系 ($P < 0.01$)。果形指数与种纵径、种形指数、种大小指数呈极显著相关关系 ($P < 0.01$)。果大小指数与单果质量、单种质量、种大小指数呈极显著相关关系 ($P < 0.01$), 与种纵径呈显著相关关系 ($P < 0.05$)。单果质量与单种质量呈极显著相关关系 ($P < 0.01$), 与种纵径、种形指数、种大小指数呈显著相关 ($P < 0.05$)。

由表 6 可知, 红椿果纵径、果横径、果大小指数、单果质量、单种质量与经度呈极显著负相关关系 ($P < 0.01$)。果横径与海拔呈显著正相关关系 ($P < 0.05$)。果纵径、种纵径、种横径与无霜期呈显著正相关关系 ($P < 0.05$), 种大小指数与无霜期呈极显著正相关关系 ($P < 0.01$), 说明无霜期对种实形状的影响较大。年均无霜期与红椿种质资源分布有密切关系, 而年积温 (不是年平均温度) 效应影响红椿种实的变异, 同时影响红椿地理种源的分布。

表 5 湖北红椿 12 个种实表型性状间相关性

观测指标	相关系数										
	果纵径	果横径	果形指数	果大小指数	单果质量	单果种子数	单种质量	种纵径	种横径	种形指数	种大小指数
果横径	0.780 *										
果形指数	0.847 **	0.331									
果大小指数	0.969 **	0.910 **	0.688								
单果质量	0.948 **	0.893 **	0.668	0.979 **							
单果种子数	0.374	0.395	0.232	0.409	0.224						
单种质量	0.885 **	0.922 **	0.539	0.957 **	0.936 **	0.454					
种纵径	0.923 **	0.552	0.931 **	0.825 *	0.783 *	0.398	0.703				
种横径	0.574	0.569	0.369	0.619	0.490	0.759 *	0.670	0.597			
种形指数	0.845 **	0.394	0.955 **	0.704	0.713 *	0.124	0.532	0.928 **	0.255		
种大小指数	0.897 **	0.609	0.837 **	0.836 **	0.763 *	0.552	0.760 *	0.965 **	0.787 *	0.797 *	
种厚度	0.085	-0.329	0.396	-0.071	-0.060	-0.089	-0.155	0.387	0.174	0.386	0.359

注: “*”表示不同表型性状间呈显著相关 ($P < 0.05$); “**”表示不同表型性状间呈极显著相关 ($P < 0.01$)。

2.5 湖北不同种源红椿居群分类

2.5.1 表型性状间的主成分分析 提取累积贡献率大于 80% 的前 m 个主成分, 由表 7 可知, 当 $m = 2$ 时, 12 个主成分

累计贡献率达 83.301% ($> 80\%$), 说明前 2 个主成分可表征全部因子所代表信息, 具有很高可信度。根据前 2 个主成分值, 计算并作出主成分散点分析图, 由图 1 可知, 通山九宫山

表 6 湖北红椿种实表型性状与地理环境因子间相关关系

观测指标	相关系数							
	经度	纬度	海拔	年均温	年均降水量	无霜期	日照时数	相对湿度
果纵径	-0.864 **	-0.004	0.394	0.333	0.151	0.714 *	-0.642	0.054
果横径	-0.853 **	-0.022	0.725 *	0.162	0.127	0.457	-0.662	-0.173
果形指数	-0.580	0.071	-0.038	0.334	0.063	0.666	-0.366	0.167
果大小指数	-0.907 **	-0.041	0.554	0.301	0.180	0.664	-0.705	0.000
单果质量	-0.933 **	-0.053	0.614	0.235	0.177	0.639	-0.731 *	0.017
单果种子数	-0.189	-0.126	-0.106	0.518	0.201	0.270	-0.161	0.013
单种质量	-0.888 **	-0.234	0.599	0.390	0.353	0.607	-0.778 *	0.171
种纵径	-0.632	0.003	0.145	0.493	0.159	0.760 *	-0.491	0.053
种横径	-0.308	-0.369	0.359	0.676	0.528	0.710 *	-0.609	0.231
种形指数	-0.582	0.120	-0.025	0.324	0.005	0.619	-0.325	0.045
种大小指数	-0.433	-0.286	0.090	0.700	0.451	0.841 **	-0.571	0.374
种厚度	0.353	-0.405	-0.194	0.639	0.453	0.579	-0.194	0.255

注：“*”表示果型性状与地理环境因子间呈显著相关($P<0.05$)，“**”表示果型性状与地理环境因子间呈极显著相关($P<0.01$)。

表 7 前 2 个主成分值、特征根、贡献率和累计贡献率

表型性状	主成分	
	1	2
果纵径	0.985	0.020
果大小指数	0.963	-0.208
种大小指数	0.949	0.183
种纵径	0.939	0.325
单果重	0.919	-0.167
单种重	0.898	-0.367
果形指数	0.816	0.495
种形指数	0.807	0.495
果横径	0.788	-0.544
种横径	0.695	-0.214
种厚度	0.140	0.840
单果种子数	0.484	-0.329
特征根	8.005	1.991
贡献率(%)	66.710	16.591
累积贡献率(%)	66.710	83.301

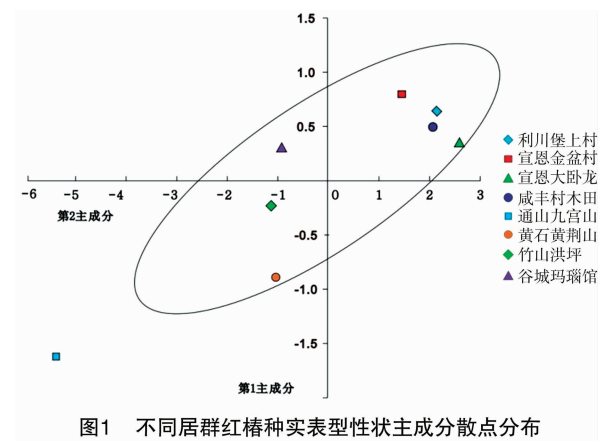


图1 不同居群红椿种实表型性状主成分散点分布

居群种实表型性状明显游离于其他居群之外。黄石黄荆山、竹山洪坪和通山九宫山居群均位于第3象限,与位于鄂西南居群和谷城玛瑙观居群离散较明显。在湖北8个天然居群中,位于鄂东南居群与位于鄂西南的居群均保持较为独立的变异连续性,呈现地理隔离模式。

2.5.2 表型性状间的聚类分析 采用非加权平均法(UPGMA)对湖北江椿8个天然居种群实进行聚类分析。由图2可知,第1个节点为阈值 $\delta=138.47$,将谷城玛瑙观、通山九宫山、黄石黄荆山分为一个类群,利川堡上村、咸丰村木田、宣恩金盆村、宣恩大卧龙和竹山洪坪划分为一个类群。第2个节点阈值 $\delta=100.388$,将通山九宫山分为一个类群,黄石黄荆山和谷城玛瑙观聚为一个类群。依次在低节点阈值 $\delta=58.847$ 时,向下划分,将咸丰村木田、宣恩金盆村、宣恩大卧龙和利川堡上村聚为一个类群,竹山洪坪居群单独为一个类群。聚类分析结果与主成分分析结果基本一致。

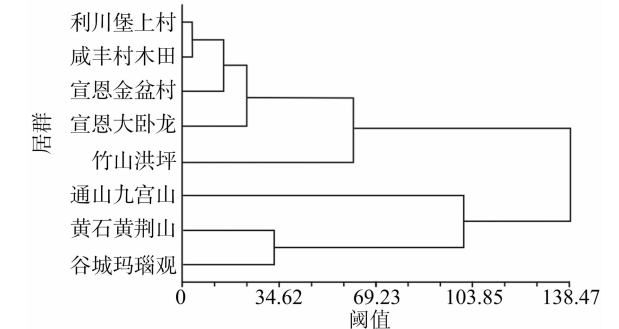


图2 湖北红椿8个天然居群聚类

2.5.3 表型性状间遗传距离与地理距离检验 湖北不同种源红椿8个居种群实表型性状的遗传距离与地理距离经过Mantel检测(表8), $R=0.783$, $P=0.002<0.01$,说明各居种群实表型变异为显著地理隔离模式,Mantel检测相关关系散点分布见图3。Mantel检测表明,居群间种实表型变异为显著地理隔离模式。

3 结论与讨论

3.1 红椿种实变异丰富性

种实表型性状主要受遗传因素控制,在不同地理分布区也会因适应不同的生境而产生多样性^[13]。这主要由于栖息环境条件差异较大,在长期的进化过程中,造成的地理隔离、生境片段化和基因交流不频繁,都会促使一定表型变异的产生^[21]。研究发现,不同红椿居群间果纵径、果形指数差异性较

表 8 不同居群红椿种实遗传距离与标准化地理距离

居群	利川堡上村	宣恩金盆村	宣恩大卧龙	咸丰村木田	通山九宫山	黄石黄荆山	竹山洪坪	谷城玛瑙观
利川堡上村		4.700	4.755	4.647	6.385	6.448	5.507	5.869
宣恩金盆村	3.866		3.345	3.153	6.181	6.260	5.326	5.658
宣恩大卧龙	5.642	9.280		3.905	6.181	6.250	5.186	5.567
咸丰村木田	1.027	4.632	5.056		6.196	6.279	5.426	5.336
通山九宫山	61.487	57.874	67.033	62.265		4.572	6.233	6.078
黄石黄荆山	37.545	33.929	42.918	38.407	24.981		6.236	6.037
竹山洪坪	16.937	13.587	22.556	17.573	45.152	22.668		4.822
谷城玛瑙观	28.573	24.934	34.060	29.389	33.069	9.355	13.378	

注:表中下三角数据为不同居群种实遗传距离;上三角数据为标准化 $\ln(x+1)$ 地理距离。

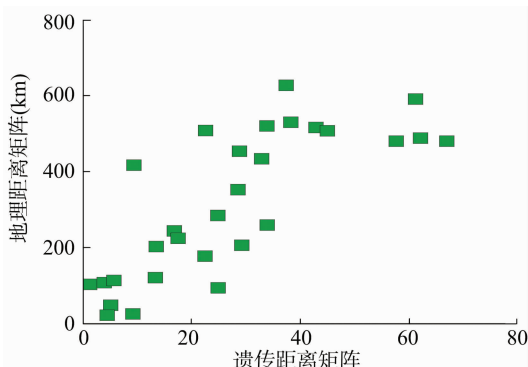


图3 Mantel 检验散点分布

大。种实表型性状在种群内的变异系数平均值为 3.504% ~ 13.366%, 而居群间种实表型性状变异系数为 6.400% ~ 31.355%, 居群间的变异远大于居群内部。果纵径为最大性状变异 ($P < 0.01$) ($F = 116.646$), 其次为果形指数 ($F = 106.106$)、单果质量 ($F = 74.750$)、单种质量 ($F = 82.339$), 均达到极显著差异 ($P < 0.01$)。表型多样性指数表明, 通山九宫山、黄石黄荆山、谷城玛瑙观多样性指数整体偏高, 地理变异趋势明显。由表型性状与地理环境因子间的相关性分析可知, 红椿种子质量受地理空间经度变化影响较大, 纬度、海拔变化对种实影响不大, 但通过日照时数表现出影响, 即随纬度增大、海拔升高, 单果质量下降。红椿种实表型性状与地理环境因子之间的相关性分析结果表明, 种子质量受年积温效应影响较为明显, 积温相对较高的生长环境更适于种子质量的累积, 这反映出红椿强阳性的生物学特性。主成分分析和聚类分析结果表明, 通山九宫山居群与黄石黄荆山居群遗传距离较近, 鄂西北地区的 2 个居群遗传距离较近, 鄂西南地区的 4 个居群遗传距离较近, 与地理方位一致, 说明湖北不同种源红椿居群种实表型变异为显著地理隔离模式。

3.2 红椿遗传育种展望

湖北不同种源红椿种实表型特征的多样性具有地理适应意义, 其地理变异特征随经度的变化而变化, 与纬度无明显相关性。果纵径、果横径、单果质量、单种质量等主要性状指标明显随经度增高而递减, 说明红椿种实的变异与自然分布区内环境异质性有关。湖北为红椿在亚热带自然分布的北缘地带^[22], 湖北境内环境异质性较大, 中部跨越江汉平原, 生态气候类型差别较大, 不同局部立地环境差异十分明显。鄂西地区红椿居群多处于自然保护区, 地理环境、生物多样性更为丰富。鄂中地区为平原和低山丘陵, 居群自然分布受到阻隔。

鄂东南分布区为低山区和低山丘陵, 红椿天然居群表型性状与鄂西地区差异明显。地理隔离造成生态类型的差异, 使得红椿不同地理区域居群间种实表型性状自然变异丰富, 对天然居群保持较高的遗传多样性是有利的。

表型变异是遗传型和环境因子共同作用的结果, 表型变异必然蕴藏着遗传变异。表型变异越大, 可能存在的遗传变异越大^[23]。地理隔离与自然选择使得湖北不同种源红椿产生了极其丰富多样的地理种源变异, 其改良前景很大。因此, 在种源苗期试验和造林试验工作中, 应该注重优良种源和优良个体选择, 这对于湖北地区红椿种质资源的保护、评价和利用具有现实意义。

参考文献:

- [1] Hamrick J L, Loveless M D. Associations between the breeding system and the genetic structure of tropical tree populations [M]. Bock J, Linhart Y B. Evolutionary ecology of plants. Boulder: Westview Press, 1989: 129–146.
- [2] Cronquist A. The evolutionary process [M]// Grant V. A critical study of evolutionary theory. 2nd ed. Brittonia, 1992.
- [3] Paran I, Zamir D. Quantitative traits in plants: beyond the QTL [J]. Trends in Genetics, 2003, 19(6): 303–306.
- [4] 黄勇, 谢一青, 李志真, 等. 小果油茶表型多样性分析 [J]. 植物遗传资源学报, 2014, 15(2): 270–278.
- [5] 曾杰, 郑海水, 甘四明, 等. 广西西南桦天然居群的表型变异 [J]. 林业科学, 2005, 41(2): 59–65.
- [6] 刁松峰, 邵文豪, 姜景民, 等. 基于种实性状的无患子天然群体表型多样性研究 [J]. 生态学报, 2014, 34(6): 1451–1460.
- [7] 钱崇澍, 陈焕镛. 中国植物志 [M]. 北京: 科学出版社, 1963: 36–37.
- [8] Mamo N, Mihretu M, Fekadu M, et al. Variation in seed and germination characteristics among Juniperus procera populations in Ethiopia [J]. Forest Ecology and Management, 2006, 225(1): 320–327.
- [9] Lee S L, Chua L S, Ng K K, et al. Conservation management of rare and predominantly selfing tropical trees: an example using Hopea bilitonensis (Dipterocarpaceae) [J]. Biodiversity and Conservation, 2013, 22(13/14): 2989–3006.
- [10] 覃敏, 尹光天, 杨锦昌, 等. 米老排不同种源的表型性状变异分析 [J]. 浙江农林大学学报, 2017, 34(1): 112–119.
- [11] 李晓洁, 徐化成. 白皮松种子发芽习性及种源变异的研究 [J]. 林业科学, 1989, 25(2): 97–105.
- [12] Leishman M R, Westoby M, Jurado E. Correlates of seed size variation: a comparison among five temperate floras [J]. The Journal of Ecology, 1995, 83(3): 517–530.

许丽颖,刘斗南,赵玥琪,等. 基于色彩模式的秋色叶植物的叶色研究[J]. 江苏农业科学,2018,46(19):142-145.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.19.037

基于色彩模式的秋色叶植物的叶色研究

许丽颖,刘斗南,赵玥琪,王立凤,肖杰,齐虹凌,张彦丽
(牡丹江师范学院生命科学与技术学院,黑龙江牡丹江 157012)

摘要:通过对牡丹江市 9 种秋色叶植物的叶色标准色彩 RGB 值[红色(red,简称 R),绿色(green,简称 G),蓝色(blue,简称 B)]和 CMYK 值[青色(cyan,简称 C),洋红色(magenta,简称 M),黄色(yellow,简称 Y),黑色(black,简称 K)]在秋季的变化进行分析,发现秋色叶植物基本以 R 和 G 值为最高,得出几种植物的最佳叶色观赏期,是彩叶植物呈现色彩的量化表现;秋色叶植物的变色速度不同,由大到小为山杏>紫丁香>五叶地锦>金焰绣线菊>火炬树>茶条槭>连翘>金山绣线菊>百华花楸,且变色率与最低温度呈一定的负相关,但并不是绝对的,而是有一定的临界低温期限。

关键词:秋色叶;标准色彩值;变色率

中图分类号: S687.01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)19-0142-04

彩叶植物虽然叶色丰富,但大多数时候彩叶植物只有某一个变色期,并且秋色叶居多。秋色叶植物的色彩随着气候、时序的变化而变化。一般来说,昼夜温差和夜间低温是叶色转色的主要限制因子,其彩叶色彩持续的时间因气候变化而有差异。在植物色彩的应用方面,主要是关于植物色彩对心理和生理的影响、彩叶植物的应用、色彩调和与变化理论的应用等内容^[1-5]的研究,缺乏定量研究。近年来,针对植物色彩研究主要涉及定性研究,而一些学者开始了对植物色彩的定量研究的拓展^[6-7]。关于叶色分析也主要采用叶片色彩自然色彩系统(natural colour system,简称 NCS)色卡标记法^[8]进行研究,使用 RGB 值[红色(red,简称 R),绿色(green,简称 G),蓝色(blue,简称 B)]和 CMYK 值[青色(cyan,简称 C),洋红色(magenta,简称 M),黄色(yellow,简称 Y),黑色

(black,简称 K)]进行植物叶色的研究主要应用在海棠^[9]、核桃缺素症^[10]等方面。关于秋季叶色变化与 RGB 值和 CMYK 值的变化是否具有相关性未见报道。本研究选取牡丹江主要秋色叶树种进行色彩的量化分析,将这些叶片的色彩值转化为相应的 RGB 值和 CMYK 值。使用准确的数字将色彩变化与时间和温度科学地反映出来,准确地运用各个色彩值进行定量分析,进一步总结秋季叶色变化规律及最佳叶色观赏期,为秋色叶植物在北方园林中的应用提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究材料

本研究选取牡丹江师范学院校园内 9 种具有代表性的秋色叶植物进行研究,其中秋叶红色 5 种,秋叶黄色 4 种,详见表 1。

1.2 研究期气温动态变化特征

由于植物秋季叶色变化与温度变化具有一定的关系,研究期间材料选取当天最低、最高温度,详见图 1。结果表明,2015 年 10 月 3 日至 11 月 2 日的 30 d 秋季时段,最低、最高温度因大陆季风性气候冷暖气流交替变化而变化,最高温度

收稿日期:2017-05-18

基金项目:黑龙江省牡丹江市科学技术计划(编号:Z2017n0094);牡丹江师范学院省级重点创新预研项目(编号:SY2014011);牡丹江师范学院青年项目(编号:QN2018001)。

作者简介:许丽颖(1982—),女,吉林辽源人,博士研究生,副教授,主要从事园林教学、设计等方面的工作。E-mail:swxxly@126.com。

- [13] Garcia D, Zamora R, Gomez J M, et al. Geographical variation in seed production, predation and abortion in *Juniperus communis* throughout its range in Europe[J]. *Journal of Ecology*, 2000, 88(3):436-446.
- [14] 林玲,王军辉,罗建,等. 砂生槐天然群体种实性状的表型多样性[J]. *林业科学*, 2014, 50(4):137-143.
- [15] 谢春平,方彦,方炎明. 乌冈栎天然居群叶表型变异[J]. *四川农业大学学报*, 2011, 29(2):191-198.
- [16] 张翠琴,姬志峰,林丽丽,等. 五角枫种群表型多样性[J]. *生态学报*, 2015, 35(16):5343-5352.
- [17] Pigliucci M, Murren C J, Schlichting C D. Phenotypic plasticity and evolution by genetic assimilation[J]. *Journal of Experimental Biology*, 2006, 209(12):2362-2367.

- [18] Miller M P. Tools for population genetic analyses (TFPGA) 1.3; a Windows program for the analysis of allozyme and molecular genetic data[CP]. Computer software distributed by author, 1997.
- [19] Mantel N. The detection of disease clustering and a generalized regression approach[J]. *Cancer Research*, 1967, 27(2):209-220.
- [20] 李培,阙青敏,欧阳昆晔,等. 不同种源红椿 SRAP 标记的遗传多样性分析[J]. *林业科学*, 2016, 52(1):62-70.
- [21] 李伟,林富荣,郑勇奇,等. 皂荚南方天然群体种实表型多样性[J]. *植物生态学报*, 2013, 37(1):61-69.
- [22] 汪洋,陈松,张琴琴,等. 谷城红椿天然群落物种多样性与种群分布格局[J]. *湖北林业科技*, 2015, 44(5):4-7.
- [23] 李文英,顾万春. 蒙古栎天然群体表型多样性研究[J]. *林业科学*, 2005, 41(1):49-56.