



林 玮, 周 鹏, 周祥斌, 等. 任豆种源种子性状地理变异研究[J]. 华南农业大学学报, 2016, 37(4): 69-74.

任豆种源种子性状地理变异研究

林 玮, 周 鹏, 周祥斌, 吴林瑛, 赵艳新, 赵 帅, 陈晓阳

(华南农业大学 林学与风景园林学院/广东省森林植物种质创新与利用重点实验室, 广东 广州 510642)

摘要:【目的】揭示任豆 *Zenia insignis* 种源性状地理变异及其规律。【方法】从任豆分布区收集 5 省 21 县(市、区)的任豆种子,对种子表型 6 个性状进行观测,采用方差分析、相关分析、偏相关与聚类分析等方法分析任豆种源种子性状的地理变异。【结果】种子长度、宽度、厚度、长宽比、长厚比、百粒质量 6 个性状在种源间均存在极显著差异。种子性状变异系数在 5.76%~10.16%,其中,种子厚度的变异系数最大,达到 10.16%,其次是百粒质量和种子长度,变异系数达 8% 以上,种子宽度变异系数最小,但变异系数也达 5.76%。6 个种子性状的重复力均在 80% 以上,其中,种子长度的重复力最高,达到 98.1%,其次是种子厚度和种子宽度,均高达 90% 以上,种子长宽比的重复力最低,但也达到 84.2%。不同种源种子性状与采种点的纬度、经度和海拔呈负相关,其中,种子厚度和百粒质量与纬度呈显著负相关,种子长宽比与海拔呈显著负相关,任豆种子长度、宽度、长宽比、长厚比、百粒质量与采种点年平均气温也均呈负相关,但与年平均降水量呈正相关,而与年均日照时数的相关性均不显著。根据任豆种子 6 个不同性状指标,对 21 个种源进行聚类分析,结果表明,21 个种源划分为 5 个类群。【结论】任豆 21 个种源可以划分为 5 个类群,划分结果具有明显的地理区域性。

关键词:任豆; 种子性状; 种源; 地理变异

中图分类号:S718.46

文献标志码:A

文章编号:1001-411X(2016)04-0069-06

Geographic variation in seed traits of different *Zenia insignis* provenances

LIN Wei, ZHOU Peng, ZHOU Xiangbin, WU Linying, ZHAO Yanxin, ZHAO Shuai, CHEN Xiaoyang
(College of Forestry and Landscape Architecture, South China Agriculture University/Guangdong Key Laboratory for Innovation Development and Utilization of Forest Plant Germplasm, Guangzhou 510642, China)

Abstract:【Objective】In order to investigate the geographical variation in seed traits among different provenances of *Zenia insignis*. 【Method】The seeds from 21 counties of five provinces were collected, six phenotypic traits of the seed were recorded, and the geographic variation in seed traits was analyzed by ANOVA, correlation and partial correlation analysis, and cluster analysis. 【Result】There were highly significant differences in six seed traits including seed length, width, thickness, length/width ratio, width/thickness ratio and 100-seed mass among different provenances. The coefficients of variation of seed traits ranged from 5.76% to 10.16%, among them the highest was seed thickness(10.16%) while the lowest was seed width (5.76%). The repeatabilities of all six traits were above 80%. The repeatability of seed length was the highest(98.1%), followed by seed thickness and seed width (>90%), and the repeatability of seed length/width ratio was the lowest (84.2%). All six seed traits showed negative correlations with latitude, longitude and altitude of seed origin. Seed thickness and 100-seed mass had significant negative correlations with latitude, and seed length/width ratio had significant negative correlation with altitude. All seed traits except seed thickness were highly negatively correlated with the average annual temperature, but positively correlated with the average annual precipitation. The correlations

收稿日期:2015-11-30 优先出版时间:2016-06-01

优先出版网址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/44.1110.s.20160601.1631.064.html>

作者简介:林 玮(1989—),男,硕士研究生,E-mail:35417328@qq.com;通信作者:陈晓阳(1958—),男,教授,博士,E-mail:xychen@scau.edu.cn

基金项目:国家 863 计划专项(2011AA10020203)

between the average annual sunshine hour and seed traits were not significant. Based on the six seed traits, the 21 provenances of *Z. insignis* were clustered into five groups. 【Conclusion】The 21 provenances of *Z. insignis* can be clustered into five groups with clear geographic and regional characteristics.

Key words: *Zenia insignis*; seed trait; provenance; geographic variation

任豆 *Zenia insignis* 又名翅荚木、任木,为苏木科任豆属单种属植物^[1],是落叶大乔木,列为国家二级重点保护植物^[2]。任豆是印度-马来西亚-越南(或中南半岛)至华南(或西南)区域分布的植物,在我国主要分布于中亚热带与南亚热带之间的广西、广东、云南、湖南、贵州等地^[3],是华南石灰岩地区的特有种。任豆用途极为广泛,它的抗旱、抗热能力强,已经成为石质山地造林、植被恢复重建的首选乡土树种之一^[4]。不仅可以涵养水源、保持水土,调节气候,改善种植地的生态环境,重建退化的森林生态系统^[5],还具有抗二氧化硫的作用^[6]。木材纤维特性好,是理想的人造板及纸张生产原料^[7-8]。叶片营养丰富,适口性强,刈割性好,是值得开发利用的木本饲料树种^[9]。此外,任豆还是良好的薪炭树种和良好的蜜源树种。任豆作为我国珍稀树种,也是值

得推广利用的优良树种,对其遗传多样性的评价和遗传改良是很有必要的。本文旨在通过分析任豆不同种源种子性状地理变异,揭示任豆种子表型性状地理变异及其模式。

1 材料与方法

1.1 供试种源

在2013—2014年间,从任豆主要分布区的5省21县(市、区)采集种子,每个采种点的采种母树为20~30株,要求母树树型通直圆满、生长健壮、没有受病虫害侵袭,达到正常开花结实年龄。母树间直线距离要求大于100 m。同一采种点母树种子均匀混合作为供试种源材料。各种源编号、采种点地理位置、主要气候因子状况见表1。

表1 任豆种源采种点地理位置和气候因子状况

Tab.1 Geographic location and climatic information of the seed collection sites of different *Zenia insignis* provenances

编号	种源	经度(E)	纬度(N)	海拔/m	年均温/℃	年降水量/mm	年均日照/h
A01	广东清远	112.37	23.98	370	18.1	1 869	1 600
A02	广东阳山	113.08	24.80	720	20.0	1 828	1 662
A03	广东乐昌	112.85	25.52	113	22.9	1 522	1 500
B01	贵州梵净山	108.78	27.83	1 462	16.0	1 822	1 587
B02	贵州册亨	105.82	24.98	582	19.2	1 035	1 514
B03	贵州罗甸	106.40	25.72	723	19.6	1 150	1 470
B04	贵州望谟	106.10	25.17	592	19.1	1 222	1 420
C01	广西靖西	106.41	23.15	720	19.3	1 828	1 662
C02	广西桂林	109.61	24.25	176	19.0	1 946	1 670
C03	广西灵川	110.45	25.07	176	18.0	1 926	1 615
C04	广西凭祥	106.76	22.21	225	20.6	1 376	1 614
C05	广西都安	108.09	23.94	715	19.6	1 726	1 396
C06	广西罗城	108.93	24.79	800	18.9	1 689	1 403
C07	广西那坡	106.01	23.38	794	21.7	1 259	1 657
C08	广西平果	107.59	23.33	115	21.5	1 359	1 682
C09	广西德保	106.60	23.35	625	19.5	1 463	1 554
D01	湖南通道	109.88	26.26	302	16.3	1 482	1 458
D02	湖南江华	111.79	24.97	232	18.2	1 510	1 758
E01	云南麻栗坡	104.70	23.12	1 057	18.0	1 054	1 762
E02	云南西畴	104.67	23.43	1 472	15.9	1 297	1 550
E03	云南金平	103.24	22.77	1 462	17.2	1 590	1 578

1.2 种子性状测定

每个种源随机抽取纯净种子30粒,使用游标卡尺测量每粒种子的长度、宽度、厚度(种子最厚处),

精确到0.01 mm。每个种源随机抽取纯净种子100粒,用电子天平称量种子质量,重复抽取5次,取平均值,精确到0.01 g。

1.3 数据统计分析

采用 Excel2007 软件整理数据。方差分析、相关分析、偏相关与聚类分析使用 Spss19.0 软件。聚类分析和偏相关分析的数据为种源平均值,并对数据采用“全局-1~1”标准化处理。最后,采用欧氏距离离差平方和法进行聚类分析。

为了解各性状在种源间的差异和遗传稳定性,计算变异系数(CV)和重复力(R):

$$CV = SD / \text{MIN} \times 100\%$$

$$R = 1 - 1/F$$

式中,SD 为性状标准差,MIN 为性状平均数,F 为方差分析中种源间与种源内的均方比。

2 结果与分析

2.1 不同种源种子性状变异分析

任豆种源间种子性状的差异分析结果(表2)显示,任豆种子各性状在种源间存在一定程度的差异,各性状的变异幅度也存在差异,6个种子性状间变异系数变动幅度在 5.76%~10.16%。其中,种子厚度的变异系数最大,达到 10.16%,变异幅度 1.24~2.84 mm,说明该性状在种源间的差异更明显。而种子宽度变异系数最小,为 5.76%,变异幅度 3.45~6.49 mm,说明该性状在种源间的差异较小。

表2 任豆种源间种子性状变异统计

Tab.2 Summary of variations in seed traits of different *Zenia insignis* provenances

项目	种子长度/mm	种子宽度/mm	种子厚度/mm	百粒质量/g	种子长宽比	种子长厚比
平均值±标准误	5.42±0.06	4.85±0.05	1.78±0.02	4.29±0.04	1.12±0.03	3.08±0.03
标准差	0.44	0.26	0.18	0.44	0.08	0.18
极大值	7.06	6.49	2.84	5.62	1.88	4.75
极小值	4.26	3.45	1.24	3.09	1.01	2.11
变异系数/%	8.33	5.76	10.16	8.43	7.71	6.12

由表型性状方差分析结果(表3)可以看出,任豆种源间在种子长度、宽度、厚度、长宽比、长厚比及百粒质量上都存在极显著差异。F值由大到小依次为种子长度(23.988)、厚度(14.409)、宽度(13.304)、长厚比(11.469)、百粒质量(6.907)和长宽比(6.333)。6个性状的重复力变动范围为 84.2%~95.8%。其中,种子长度的重复力最高,达

到 95.8%,其次是种子厚度、宽度和长厚比,这3个性状的重复力均高达 90%以上。种子长宽比的重复力最低,但也达到 84.2%。表明任豆种源间在这6个性状上的差异均具有一定的稳定性,可以作为任豆种子性状遗传多样性评价和地理变异研究的主要性状。

表3 任豆不同种源种子表型性状方差分析

Tab.3 Analysis of variance of seed traits of different *Zenia insignis* provenances

种子性状	变异来源	平方和	自由度	均方	F值	显著性 ¹⁾	重复力/%
长度	种源间	68.975	20	3.449	23.988	**	95.8
	种源内	87.776	609	0.144			
	总数	156.752	629				
宽度	种源间	36.921	20	1.846	13.304	**	92.5
	种源内	84.631	609	0.139			
	总数	121.562	629				
厚度	种源间	10.376	20	0.519	14.409	**	93.1
	种源内	21.944	609	0.036			
	总数	32.323	629				
百粒质量	种源间	16.754	20	0.84	6.907	**	85.6
	种源内	15.856	84	0.189			
	总数	32.622	104				
长宽比	种源间	1.022	20	0.051	6.333	**	84.2
	种源内	4.872	609	0.008			
	总数	5.894	629				
长厚比	种源间	35.476	20	1.774	11.469	**	91.3
	种源内	94.495	609	0.155			
	总数	129.972	629				

1) **表示 0.01 水平上差异极显著(ANOVA 方差分析)。

2.2 任豆种子性状与地理因子的偏相关分析

种子性状和采种点地理因子偏相关分析结果(表4)表明,种子6个性状均与纬度呈负相关,其中,种子厚度和百粒质量与纬度呈显著负相关,这说明采种点纬度从低到高,任豆种子逐渐变薄,变轻。种子性状与经度均呈负相关,但没有达到显著水平。种子性状都与海拔呈负相关,其中,种子长宽比与海拔相关性达到显著水平,表明种子形状随着海拔的升高逐渐变得扁平,由圆形逐渐变化为椭圆形。整体来看,任豆种子形态性状存在显著的产地差异,具有一定的纬度向变异趋势,西南山区的任豆种子(云南、贵州、广西种源)比东部(湖南、广东种源)种粒大。

表4 任豆种子表型性状与采种点地理因子的偏相关分析¹⁾

Tab. 4 Partial correlation coefficients between geographic factors of collection sites and *Zenia insignis* seed traits

种子性状	经度	纬度	海拔
长度	-0.491	-0.420	-0.616
宽度	-0.463	-0.309	-0.444
厚度	-0.295	-0.770*	-0.357
长宽比	-0.722	-0.452	-0.822*
长厚比	-0.452	-0.221	-0.196
百粒质量	-0.221	-0.772*	-0.311

1) *表示在0.05水平上显著相关(双侧检验分析)。

2.3 任豆种子性状与气候因子的偏相关分析

为揭示任豆种子性状变异的气候生态学基础,对各种源的6个种子性状与采种点3个气候因子(年均温、年降水量、年均日照)作了偏相关分析,结果(表5)表明,种子长度、宽度、长宽比、长厚比、百粒质量与年平均温度呈显著负相关关系,6种性状与降水量呈正相关关系,其中,种子百粒质量与年均降

水量的相关关系达到显著水平。采种点日照时数与种子性状相关关系未达到显著水平。

由此可以看出,在气候因子中,气温的影响最大,其次是降水量。年平均温度越高的采种点,任豆种子的长度和宽度越小,种子长宽比、长厚比也会越小,种子逐渐呈现圆形并且厚度降低,且百粒质量越轻。表明任豆种子的大小和重量主要受分布地区气温的影响,随年均温增大而变小。年平均降水量越大,种子的百粒质量也会随之变得越来越大。

表5 任豆种子表型性状与采种点气候因子的偏相关分析¹⁾

Tab. 5 Partial correlation coefficients between climate factors of collection sites and *Zenia insignis* seed traits

种子性状	年均温	年均降水量	年均日照
长度	-0.873*	0.673	0.095
宽度	-0.779*	0.720	-0.074
厚度	-0.172	0.137	-0.467
长宽比	-0.901**	0.415	0.479
长厚比	-0.840**	0.670	0.400
百粒质量	-0.787*	0.793*	0.032

1) *表示在0.05水平上显著相关,**表示在0.01水平上显著相关(双侧检验分析)。

2.4 任豆种子各性状相关性分析

各种源种子性状之间的相关性分析结果(表6)表明,种子长度与种子宽度、长宽比、长厚比、百粒质量都呈现极显著正相关,相关系数分别为0.921、0.852、0.758、0.889,说明了任豆种子的长度与其余各个性状相关关系更紧密,种子越长,种粒越大。种子宽度与种子长厚比、百粒质量呈极显著正相关,相关系数分别达到0.744和0.865;种子厚度与种子百粒质量呈显著正相关,表明种子越厚,种子质量越大;种子长宽比和种子的百粒质量也呈显著正相关关系,表示种子性状越接近椭圆形,种子质量越大。

表6 任豆种子表型性状相关分析¹⁾

Tab. 6 The correlation analysis on *Zenia insignis* seed traits

种子性状	长度	宽度	厚度	长宽比	长厚比
宽度	0.921**				
厚度	0.585	0.487			
长宽比	0.852**	0.582	0.537		
长厚比	0.758**	0.744**	-0.085	0.608*	
百粒质量	0.889**	0.865**	0.636*	0.693*	0.597

1) *表示在0.05水平上显著相关,**表示在0.01水平上显著相关(Pearson相关分析)。

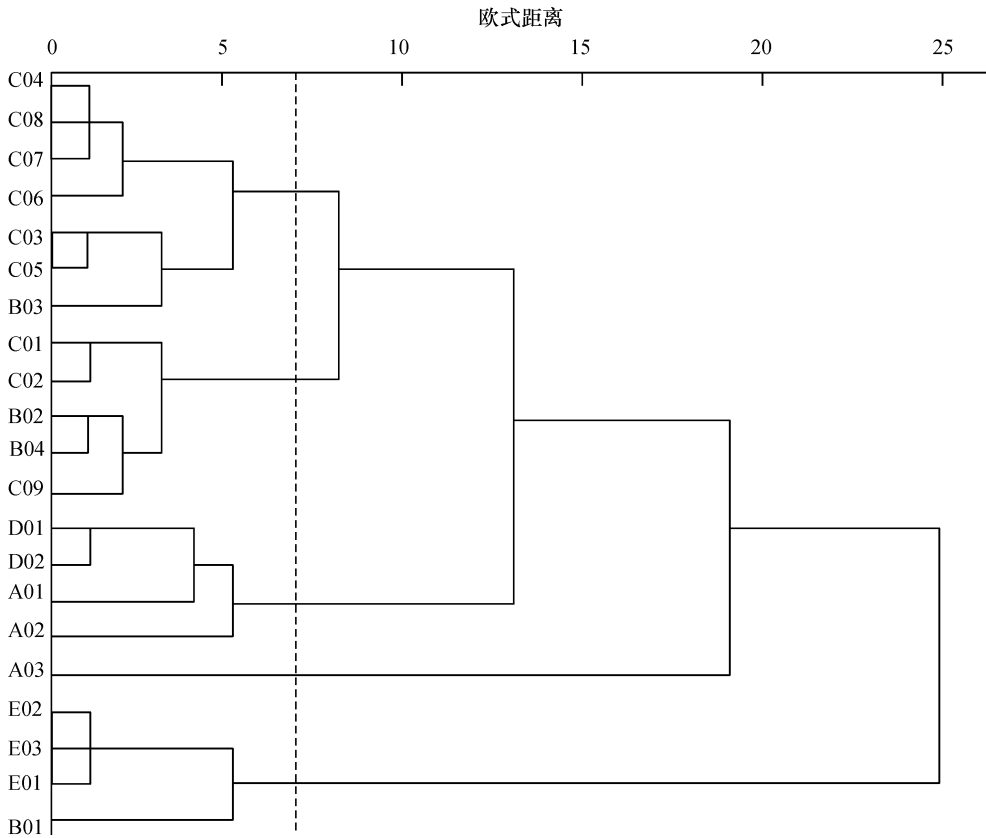
2.5 任豆种源种子性状聚类分析

根据种子6个性状,采用欧式距离离差平方和法对21个种源进行聚类分析,结果见图1。当欧式

距离为7(图1虚线所示)时,21个种源的种子可以划分为5个类群。第1类群为B03、C03、C04、C05、C06、C07、和C08种源,包括广西的6个种源和贵州

的1个种源,处于任豆分布区域的中西部,这类种源种粒大。第2类为C01、C02、C09、B02和B04种源,包括了3个广西的种源和2个贵州的种源,从地理位置上看,主要处于广西和贵州的交界处,其种子大小和质量居中,种子长宽比、种子长厚比也居中。第3类为A01、A02、D01和D02种源,地理位置处于广

东和湖南的交界处,其种子颗粒较小,较薄,质量较轻。第4类为A03种源,这个种源处于任豆分布区域最东部的广东乐昌,它的种子较小,质量也稍低于平均值。第5类为B01、E01、E02和E03种源,即3个云南种源和1个贵州种源,其种子性状指标高于平均值。从上可知,聚类结果总体上具有明显的地域性。



C04:广西凭祥种源;C08:广西平果种源;C07:广西那坡种源;C06:广西罗城种源;C03:广西灵川种源;C05:广西都安种源;B03:贵州罗甸种源;C01:广西靖西种源;C02:广西桂林种源;B02:贵州册亨种源;B04:贵州望谟种源;C09:广西德保种源;D01:湖南通道种源;D02:湖南江华种源;A01:广东清远种源;A02:广东阳山种源;A03:广东乐昌种源;E02:云南西畴种源;E03:云南金平种源;E01:云南麻栗坡种源;B01:贵州梵净山种源。

图1 任豆种源种子性状聚类结果

Fig. 1 Dendrogram of *Zenia insignis* provenances based on seed traits

3 讨论与结论

较高的形态稳定性使得树木种子可以作为分类的重要依据^[10],对树种遗传多样性研究具有重要价值。任豆作为我国西南石灰岩地区特有树种,其自然分布由云贵高原一直向东延伸到广东、湖南。生存环境特殊,由喀斯特地貌造成的群落分布地带支离破碎,地理隔离使得不同的地理种源长期在各自不同区域中生长繁育,有可能促使某些性状在不同种源之间产生遗传分化。本研究共收集5个省21个种源,对6个性状观测与分析的结果表明,6个种子性状间变异系数变动幅度5.60%~11.16%,且在种源间都存在极显著差异,说明任豆种子性状在种

源间存在丰富的变异与多样性。6个性状的重复力变动范围为84.2%~95.8%。其中,种子长度、宽度、厚度和百粒质量这4个性状的重复力高达90%以上。由此可以说明,任豆种子的6个性状差异均主要由遗传因子控制,可作为任豆性状遗传多样性评价和地理变异研究的主要依据。

任豆种子形态特征(长度、宽度、厚度、长宽比、长厚比及百粒质量)种源间存在显著差异,种源效应明显。种子大小具有一定的纬度向变异,百粒质量受经、纬度共同影响。产于任豆分布区西南部的种子(贵州以及广西)较东北部(湖南、广东)种源的种子颗粒大且饱满。种子的形态自西向东由长圆柱体慢慢向短粗圆柱体变化。长度、宽度、长宽比等均呈

随纬度变化的趋势,任豆地理分布越靠南,种子形态越接近长圆柱体。任豆种子百粒质量与种子长度、宽度以及厚度相关,表明种子的大小直接影响种子的质量。任豆种子大小与温度呈极显著负相关,与降水量呈正相关,这表明产地的年均温是影响种子大小的主要气候因子,而产地降雨量是影响百粒质量差异的主要气候因子。

任豆种子变异与地理相关研究报道少,仅有何小勇^[11]对任豆9个种源种子作了观测,研究表明,产于贵州的种子较大,湖南和广东北部的种子较小,其中贵州兴义的种子长度、宽度及种子千粒质量显著大于其他地区的种子,最小的是广东种源种子。种子的大小与经纬度呈现负相关关系,与本研究的结论相近。在其他树种的地理变异研究中也曾发现有类似的现象,这种现象可能与树种对不同分布区域的局部地理、气候条件适应有关。如梁有旺^[12]发现香椿 *Toona sinensis* 种子的大小与经纬度负相关,百粒质量与海拔正相关,并与年均温、经纬度负相关,本研究结果中百粒质量与纬度、年均降雨量的相关性与之相符。程诗明等^[13]对苦楝 *Melia azedarach* 729个家系的18个表型性状因子与5个地理气候因子的相关分析研究发现,具有明显的性状东北、西南方向趋势变异的特点:长度由南到北逐渐变大;宽度由东向西逐渐变大;南部、东部分布的家系比北部、西部的家系生长快,种粒小。王家源等^[14]对10个种源苦楝种子生物学特性的研究结果表明,苦楝种子由北往南体积和质量有变小的趋势,种子形状也逐渐由长圆柱形向圆球形改变。这些研究所揭示的种子性状地理变异趋势与本研究得到结论是基本一致的。

根据任豆6个性状的聚类分析,可将21个种源分为5大类,不同类群种子性状差异明显,广西中西部低山地区以及云南和贵州的种源种子个体及质量均较大,而广东和湖南交界处的种粒较小,且较轻,表现由西南往东北向的种子变小变圆的趋势。任豆

种源类群划分结果具有明显的地理区域性,能够为任豆种质资源的区划提供一定的依据。

参考文献:

- [1] CHEN W Y. A new genus in the Chinese flora[J]. *Sun-yatsenia*, 1946,6(34):195-198.
- [2] 傅立国. 中国植物红皮书:稀有濒危植物:第1册[M]. 北京:科学出版社,1992.
- [3] 陈永密. 珍稀树种:翅荚木[M]. 福州:福建教育出版社,1989.
- [4] 侯伦灯,李玉曹,李平宇,等. 任豆树综合利用研究[J]. *林业科学*, 2010,37(3):139-143.
- [5] 唐兰芳. 石灰岩地区造林绿化好树种:任豆[J]. *广东林业科技*,1998,14(3):34-37.
- [6] KIM S E,KIM H S,HONGY S, et al. Sesquiterpene esters from *Celastrus orbiculatus* and their structure-activity relationship on the modulation of multidrug resistance[J]. *J Nat Prod*, 1999,62(5):697-700.
- [7] 周志春,李建民,陈炳星,等. 几种亚热带速生乡土阔叶树种的制浆特性评价[J]. *中国造纸*, 2003,22(2):7-11.
- [8] 侯伦灯,李玉蕾,李平宇,等. 任豆树综合利用研究[J]. *林业科学*, 2001,37(3):139-143.
- [9] 范霁萱,梁兆彦,宋喜宣. 可开发的木本饲料[J]. *广西畜牧兽医*, 1995,11(2):20-23.
- [10] 张鹏,沈海龙. 花曲柳优树种子性状变异及其子代苗期生长表现[J]. *林业科技开发*,2013,27(2):18-19.
- [11] 何小勇. 翅荚木种源遗传多样性研究[D]. 长沙:中南林业科技大学,2007.
- [12] 梁有旺. 不同种源香椿种子及苗木差异性分析[D]. 南京:南京林业大学,2006.
- [13] 程诗明,顾万春. 苦楝遗传资源学研究进展及其展望[J]. *浙江林业科技*, 2007,27(2):64-69.
- [14] 王家源,郭杰,喻方圆. 不同种源苦楝种子生物学特性差异[J]. *南京林业大学学报(自然科学版)*, 2013,37(1):49-54.

【责任编辑 李晓卉】