

香椿不同种源种子性状及芽苗生长分析

章理运, 张英姿, 杨博, 周宁宁, 张宏伟 (河南省信阳市林业科学研究所, 河南信阳 464031)

摘要 [目的]分析香椿不同种源种子性状及芽苗生长。[方法]对7个产地香椿的种子性状进行比较,并对种子性状与地理因子、气候因子、芽苗指标进行相关性分析。[结果]不同种源香椿种子的千粒重、发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数、芽长、场圃出芽率和场圃出芽时间均存在显著差异。香椿种子的千粒重与经度、纬度显著负相关,与无霜期极显著正相关。香椿种子的千粒重与芽苗各生长指标间相关性不显著;发芽率与活力指数、发芽指数、芽长、场圃发芽率极显著正相关,与发芽势显著正相关,与平均发芽速度、场圃出芽时间极显著负相关。[结论]陕西山阳、河南信阳的种源质量较好,可为本地香椿育苗或芽苗菜生产选种提供一定的参考依据。

关键词 香椿;种源;千粒重;发芽指标

中图分类号 S644.4 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2017)08-0036-04

Seed Characters and Seedling Growth of Different Provenances of *Toona sinensis* Roem.

ZHANG Li-yun, ZHANG Ying-zi, YANG Bo et al (Xinyang Institute of Forestry Science Research, Xinyang, Henan 464031)

Abstract [Objective] To analyze the seed characters and seedling growth of different provenances of *Toona sinensis* Roem. [Method] We compared the seed characters of *T. sinensis* from seven provenances; correlation analysis between seed character and geographical factor, climate factor, seedling index was carried out. [Result] *T. sinensis* from seven provenances had significant differences in 1 000-grain weight, germination rate, germination potential, germination index, vigor index, bud length, nursery budding rate and nursery germination time. The 1 000-grain weight of *T. sinensis* seeds showed significantly negative correlation with longitude and latitude, but had significantly positive correlation with frost-free period. The 1 000-grain weight of *T. sinensis* seeds was not significantly correlated with the growth indexes of seedlings. Germination rate had extremely significantly positive correlation with vigor index, germination index, bud length, and nursery germination rate, was significantly positively correlated with germination potential, and had extremely significantly negative correlation with average germination speed, and nursery germination time. [Conclusion] Shanyang in Shaanxi Province and Xinyang in Henan Province have relatively good quality of provenance, which provides certain references for the breeding and edible sprout nurturing of local *T. sinensis*.

Key words *Toona sinensis*; Seed provenances; 1 000-grain weight; Germination index

香椿(*Toona sinensis* Roem.)属楝科香椿属,为中国特有的珍贵树种,主要分布于长江两岸及黄河以南。北起辽宁省辽阳县,南至广西和广东的南部,西起甘肃兰州市,东至我国东部沿海及台湾省均有分布。其中,山东、河南、安徽、河北等省为集中产区,栽培最多,历史悠久^[1]。香椿芽有较高的食用价值,其嫩芽、嫩叶营养丰富,清香宜人,生拌、熟炒、腌制皆可^[2-3];香椿具有较高的药用价值,据《本草纲目》记载,香椿的叶、芽、根、皮和果实均可入药;香椿子正丁醇提取物通过抗氧化应激效应对脑缺血再灌注致多器官功能障碍综合征发挥保护作用^[4]。香椿叶提取物具有调节脂质代谢、缓解高血糖症、提高记忆力、提高机体免疫力、抗疲劳、延缓肝纤维化、调节微循环等作用^[5]。香椿树干通直,木材具有美丽花纹和广泛用途,是珍贵的速生用材树种,在国际市场上享有“中国桃花心木”之美称^[6],是具有很大发展潜力的乡土树种之一。但由于不同种源、品种的生态特性差异很大,在选用苗木植树造林时不仅要考虑适地适树,还应考虑到适地适种源、适地适品种。我国香椿分布广、品种杂多,在育苗用种时更应考虑种源的差异。目前国内外对香椿的研究主要集中在化学成分、良种选育、苗木栽培、椿芽加工、椿材材性和芽苗菜生产等方面^[7-12],对香椿种子性状与芽苗生长相关分析报道较少。笔者以7个产地的香椿种子为研究对象,通过比较不同产地香椿种子的千粒重、芽苗生长指标的差异,为今后香椿苗木培育、芽菜生产、筛选种源提供一定的理论

依据。

1 材料与方法

1.1 不同种源产地的自然概况 为探讨不同种源香椿种子的性状及播种品质,笔者选择了7个地区的种源,各种源产地属于北亚热带向暖温带过度气候和暖温带气候,其经纬度、年均温、年降雨量以及无霜期如表1所示。经度跨度为9.32°,纬度跨度为6.96°,地域较为广阔。分别属于北亚热带(河南信阳、陕西山阳、湖北广水、河南南阳)、暖温带(山东寿光、河北青县、河南新乡),各种源年平均温度在12.1~15.1℃,相差3℃左右,年降水量相差491 mm,河南信阳、湖北广水和河南南阳种源所在地的年降水量明显高于其他种源,后者的年降水量多在580~710 mm,从雨量充沛、气候湿润向干旱少雨过渡。无霜期相差60 d,差异极显著。

1.2 材料

1.2.1 供试品种。 试验种子来源于我国香椿分布区中部地区的5个省(区)7个产地,具有不同的地理和气候特点,有中部地区的代表性。表1中7个种源简称为信阳、山阳、寿光、青县、新乡、广水、南阳。试验所用种子均为饱满、种皮无破损的种子。

1.2.2 仪器。 PGX-280A-3H自动光照培养箱;FA1004N电子天平;培养皿;纱布;滤纸等。

1.3 方法

1.3.1 消毒与催芽。 发芽前进行培养皿(0.3%高锰酸钾浸泡30 min)、纱布(洗净后160℃高温消毒2 h)和种子消毒(0.15%福尔马林液中消毒20 min,绞干后放入加盖的玻璃器皿中闷30 min,再用水多次清洗干净),然后放入恒温

基金项目 河南省科技攻关项目(162102110154)。

作者简介 章理运(1964—),男,河南正阳人,高级工程师,从事经济林栽培技术研究。

收稿日期 2017-02-24

40 ℃ 的水中浸泡 0.5 h, 取出滤去水分; 种子与湿沙按 1:3 比例混合沙藏催芽。

1.3.2 试验条件。 整个发芽试验在自动光照培养箱中进行, 温度 25 ℃, 湿度 75%, 无光照。芽床由纱布、滤纸和培养皿构成, 每个培养皿中放置 100 粒种子, 每个处理 3 次重复。每天定量喷水以保证种子接触面的潮润(不能有明水), 同时每天 10:00 观察种子的发芽情况, 记录种子每天发芽数。发芽方法参照国家《林木种子检验规程》(GB2772—1999) 进行, 种子芽长等于种子长的一半、根长等于种子长时即计为

发芽。在观察过程中, 如果遇到种子感染发霉, 应用流水轻轻洗种子后放回芽床, 直到试验结束。场圃出芽试验: 将圃地做成床宽 1 m, 高 20 cm, 长度依需要而定的苗床, 种子催芽露白后开沟条播, 每沟播种 50 粒, 行距 30 cm, 每平方米为 1 个处理, 每个产地 3 次重复; 每天登记出苗数量, 直至苗木出完为止。

1.3.3 主要指标测定方法。 千粒重: 种子的重量通常用气干状态下的 1 000 粒纯净种子的重量来表示^[13] (以 g 为单位)。

表 1 香椿不同种源气候因子表

Table 1 Climate factors of different seed provenances

种源地 Provenance	气候带 Climate zones	经度 Longitude//°	纬度 Latitude//°	年均温 Average annual temperature//℃	降雨量 Annual precipitation//mm	无霜期 Frost-free period//d
河南信阳 Xinyang, Henan	亚热带	114.13	32.37	15.1	1109	221
陕西山阳 Shanyang, Shanxi	亚热带	109.50	33.17	13.1	709	207
山东寿光 Shouguang, Shandong	暖温带	118.73	36.87	13.2	708	195
河北青县 Qingxian, Hebei	暖温带	116.82	38.58	12.1	618	180
河南新乡 Xinxiang, Henan	暖温带	113.90	35.30	14.0	573	220
湖北广水 Guangshui, Hubei	亚热带	113.82	31.62	14.5	990	240
河南南阳 Nanyang, Henan	亚热带	111.48	33.28	15.1	830	236

发芽率 = 发芽种子数/供试种子总粒数 × 100%

发芽势 = 发芽达到高峰值时发芽的种子数/供试种子总数 × 100%

发芽指数: $G_i = \sum (G_t/D_t)$

式中, G_i 表示发芽指数, G_t 为第 t 天的发芽粒数, D_t 为相应的天数。

活力指数: $V_i = G_i \times L$

式中, V_i 表示活力指数, G_i 表示发芽指数, L 表示幼苗生长势, 用平均根长表示。

平均发芽速度 = $\sum (D \times n) / \sum n$

式中, D 表示从种子置床起算的天数, n 表示相应各天的发芽粒数。

场圃出芽率 = 场圃出芽种子数/供试种子总数 × 100%

场圃出芽时间(d): 以每个产地场圃出苗的最高日作为场圃出芽时间, 用天数计算。

1.4 数据处理 采用 SPSS 软件进行数据计算, 对重要性状作差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 不同地理种源香椿种子性状和发芽指标的比较

2.1.1 不同地理种源种子千粒重的比较。 从各种源种子千粒重的数据(表 2)统计结果可以看出, 不同产地种子的千粒重有显著差异。北亚热带地区的种源(陕西山阳、湖北广水、河南信阳、河南南阳)的千粒重明显高于暖温带地区的种源(河北青县、河南新乡、山东寿光)。其中, 湖北广水、陕西山阳、河南信阳、河南南阳的千粒重大于 11.50 g, 而河南新乡、河北青县的千粒重较小, 最小种子千粒重为 9.60 g。这 7 个种源的千粒重由大到小分别为广水、山阳、信阳、南阳、寿光、新乡、青县。

2.1.2 不同种源发芽率、发芽势比较。 由表 2 可知, 各种源发芽率、发芽势差异均显著 ($P < 0.05$)。山阳种源的发芽率、发芽势均最高; 其次是信阳的发芽率、新乡的发芽势; 南阳的发芽率和发芽势均最低。由于在相同条件下进行发芽比较, 存在差异的主要原因是由种子本身的遗传特性决定的。

表 2 不同种源香椿种子性状和发芽指标比较

Table 2 Comparison of seed characters and seedling growth index among different provenances

种源 Provenance	千粒重 1000-grain weight//g	发芽率 Germination rate//%	发芽势 Germination potential//%	发芽指数 Germination index//%	活力指数 Vigor index//%
信阳 Xinyang	12.4 ± 0.69 bc	76.9 ± 5.61 c	40.0 ± 5.56 cd	9.41 ± 1.25 b	23.7 ± 6.86 b
山阳 Shanyang	12.8 ± 0.57 c	77.0 ± 6.24 c	53.3 ± 5.50 d	14.90 ± 3.22 c	51.7 ± 12.62 c
寿光 Shouguang	11.0 ± 0.17 ab	48.6 ± 15.14 ab	23.0 ± 4.35 ab	2.65 ± 1.30 a	4.5 ± 3.37 a
青县 Qingxian	9.6 ± 0.10 a	70.1 ± 3.00 c	45.0 ± 8.45 cd	8.70 ± 1.30 b	13.6 ± 0.60 ab
新乡 Xinxiang	9.6 ± 0.56 a	65.8 ± 3.28 bc	49.3 ± 6.02 cd	9.24 ± 0.82 b	17.5 ± 3.65 ab
广水 Guangshui	12.8 ± 0.55 c	48.6 ± 3.40 ab	36.0 ± 3.60 bc	6.36 ± 0.77 ab	9.5 ± 2.03 ab
南阳 Nanyang	11.2 ± 0.93 bc	35.8 ± 3.21 a	17.0 ± 4.00 a	3.87 ± 0.57 a	5.7 ± 1.74 a

接下表

续表 2

种源 Provenance	平均发芽速度 Average germination speed//%	芽苗长 shoot length//cm	场圃出芽率 Nursery budding rate//%	场圃出芽时间 Nursery germination time//d
信阳 Xinyang	5.94 ± 0.61 ab	2.41 ± 0.63 a	39.3 ± 10.20 bc	7.0 ± 1.00 a
山阳 Shanyang	5.44 ± 0.54 a	3.67 ± 0.54 b	51.0 ± 5.77 c	6.0 ± 1.00 a
寿光 Shouguang	7.73 ± 0.37 b	1.59 ± 0.45 a	36.7 ± 9.52 bc	11.0 ± 1.00 b
青县 Qingxian	6.93 ± 1.55 ab	1.58 ± 0.20 a	28.3 ± 2.02 ab	10.0 ± 1.00 b
新乡 Xinxiang	6.47 ± 0.43 ab	1.81 ± 0.27 a	24.3 ± 1.30 ab	10.0 ± 1.00 b
广水 Guangshui	6.29 ± 0.62 ab	1.51 ± 0.27 a	13.7 ± 1.29 a	10.0 ± 1.00 b
南阳 Nanyang	7.02 ± 0.26 ab	1.50 ± 0.43 a	12.2 ± 1.19 a	12.3 ± 0.57 b

注: 同列不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences ($P < 0.05$)

2.1.3 不同种源发芽指数、活力指数比较。发芽指数反映了种子发芽的速率和整齐程度,而种子活力是指种子在较广的范围内能否迅速生长和生长的整齐度,种子发芽指数和活力指数越高,种子发芽速度越快,整齐度越好,在较广的范围内就越能迅速生长。由表 2 可知,陕西山阳的发芽指数和活力指数均最高,分别为 14.9 和 51.7。其次为河南信阳的种子,而山东寿光的种子处在这 2 个指数最末端。这 2 个指数表明,陕西山阳的种子萌发速度快且萌发整齐度高,河南信阳其次,而山东寿光最差。其指数排列顺序由大到小为山阳、信阳、新乡、青县、广水、南阳、寿光。方差分析表明,这 7 个不同地区的香椿种子间发芽指数差异显著 ($P < 0.05$),活力指数差异显著 ($P < 0.05$)。

2.1.4 不同种源发芽速度比较。种子发芽速度的快慢受遗传因素决定,除跟种子的休眠特性有关外,还与种子衰老速度、种子的物理结构、生理特点有关。发芽速度的试验结果显示,各种源发芽速度差异显著。陕西山阳种源的发芽速度最高,其次是河南信阳,平均发芽速度由大到小的顺序为山阳、信阳、广水、新乡、青县、南阳、寿光。因此,发芽速度快的发芽率一般较高,山阳种源的发芽速度最快,其发芽率和发芽势均较高。

2.1.5 不同种源芽长差异比较。从表 2 可看出,不同种源香椿种子芽苗长的顺序依次是山阳、信阳、新乡、寿光、青县、广水、南阳。方差分析表明,7 个地区的香椿种子间芽苗长差异显著 ($P < 0.05$)。

2.1.6 不同种源种子场圃出苗情况比较。场圃发芽实验结果表明,不同种源香椿种子的场圃发芽率有很大差异(表 2),其中陕西山阳种源的种子发芽率最高,达 51.0%;其次为河南信阳(39.3%)和山东寿光(36.7%),河南南阳种源的发芽率最低,仅为 12.2%,前者是后者的 4.18 倍。不同种源香椿种子的出土时间和真叶出现日期也有很大差异。陕西山阳、河南信阳种源种子出土时间最早,均在 4 月 7 日出土,且出苗持续时间短,这些种源最终的场圃发芽率也较其他种源高;河南南阳、山东寿光种源种子出土时间较晚,均在 4 月 14 日出土;陕西山阳的种子最早出现真叶(4 月 18 日),河南南阳、山东寿光种源种子 4 月 30 日才出现真叶。

2.2 不同种源香椿种子性状与地理、气候因子的相关性分析 香椿种子性状和产地地理、气候因子的相关分析(表 3)表明,香椿种子的千粒重与经度呈显著负相关,与纬度呈显

著负相关;与年均温、年降雨量相关关系不显著,与无霜期呈极显著正相关。香椿种子的发芽率、发芽势与经度、纬度、年均温、年降雨量、无霜期相关关系不显著。

表 3 不同种源香椿种子性状与地理、气候因子相关性分析

Table 3 Correlation analysis between the seed characters and the geography and climate factor from different provenances

地理气候因子 Geographical and climate factors	千粒重 1 000-grain weight	发芽率 Germination rate	发芽势 Germination potential
经度 Longitude	-0.786 *	0.107	-0.143
纬度 Latitude	-0.786 *	0.036	0.107
年均温 Annual average temperature	0.306	-0.487	-0.667
降雨量 Precipitation	0.643	0.000	-0.357
无霜期 Frost-free period	0.964 **	0.000	0.036

注: * 表示显著相关 ($P < 0.05$), ** 表示极显著相关 ($P < 0.01$)

Note: * and ** indicated significant correlation ($P < 0.05$) and extremely significant correlation ($P < 0.01$), respectively

2.3 不同种源香椿种子性状与芽苗各生长指标相关性分析 由表 4 可知,种子千粒重与发芽率、发芽势、活力指数、发芽指数、芽长、平均发芽速度、场圃发芽率、场圃发芽时间相关关系不显著。发芽率与活力指数、发芽指数、芽长、场圃发芽率呈极显著正相关,与发芽势显著正相关;与平均发芽速度、场圃出芽时间极显著负相关。发芽势与活力指数、发芽指数极显著正相关,与芽长、场圃发芽率显著正相关,与场圃出芽时间极显著负相关,与平均发芽速度显著负相关。活力指数与发芽指数、芽长极显著正相关,与场圃发芽率显著正相关,与平均发芽速度、场圃出芽时间极显著负相关。发芽指数与芽长极显著正相关,与场圃发芽率显著正相关,与平均发芽速度、场圃出芽时间极显著负相关。芽长与场圃发芽率显著正相关,与场圃出芽时间极显著负相关,与平均发芽速度显著负相关。平均发芽速度场圃出芽时间极显著正相关,与场圃出芽率相关关系不显著。场圃出芽率与场圃出芽时间极显著负相关。

3 结论与讨论

香椿作为我国原产树种,分布范围较广,由于长期在不同气候区域生长繁育,加上地理隔离,可能种源之间在某些性状上产生遗传分化,使种源间产生差异,这种差异在种子和芽苗期就已经开始发生。该研究结果表明,相同条件下,

不同种源的千粒重、发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数、芽长、场圃发芽率、场圃出芽时间差异均有极显著差异。梁有旺等^[14]研究认为,不同种源间香椿种子的发芽率、发芽势、生活力的差异达极显著水平。孙鸿有等^[15]认为香椿种源的地理变异基本上是与纬度相平行的南北倾斜的连续变异型

式,这种变异型在苗期就已表现出来。这与该研究中种子的大小、芽苗生长情况相符。

香椿种子变异与地理相关研究已有报道。香椿种子的质量随气候带的变化在经度上从西到东、纬度上从低到高,质量逐步增大而后又逐渐变小的趋势。该研究结果表

表 4 不同种源香椿种子性状与各芽苗指标相关性分析

Table 4 Correlation analysis between seedling growth index and seed characters from different provenances

指标 Index	千粒重 1 000-grain weight	发芽率 Germination rate	发芽势 Germination potential	活力指数 Vigor index	发芽指数 Germination index	芽长 Shoot length	平均发芽速度 Average germination speed	场圃发芽率 Nursery budding rate
发芽率 Germination rate	-0.071							
发芽势 Germination potential	-0.135	0.745 *						
活力指数 Vigor index	-0.039	0.882 **	0.805 **					
发芽指数 Germination index	-0.016	0.857 **	0.834 **	0.995 **				
芽长 Shoot length	0.310	0.601 **	0.502 *	0.771 **	0.652 **			
平均发芽速度 Average germination speed	-0.378	-0.559 **	-0.437 *	-0.719 **	-0.723 **	-0.507 *		
场圃发芽率 Nursery budding rate	0.028	0.653 **	0.438 *	0.530 *	0.511 *	0.553 *	-0.168	
场圃出芽时间 Nursery germination time	-0.155	-0.829 **	-0.723 **	-0.805 **	-0.760 **	-0.653 **	0.568 **	-0.593 **

注: * 表示显著相关($P < 0.05$), ** 表示极显著相关($P < 0.01$)

Note: * and ** indicated significant correlation ($P < 0.05$) and extremely significant correlation ($P < 0.01$), respectively

明,陕西山阳、河南信阳、湖北广水、河南南阳 4 个地区的种子千粒重明显大于其他 3 个地区,千粒重与经、纬度显著负相关,与无霜期极显著正相关。梁有旺^[16]的研究结果表明,无霜期越长种子越长,种子大小与经、纬度负相关。郝明灼等^[17]的研究结果也说明香椿种子大小有明显的纬度变异,与该研究结果一致。周祥斌等^[18]的研究结果认为,种子百粒质量与年均温呈显著负相关,年均温越高,种子越薄,百粒质量越小;种子百粒质量与年降水量呈显著正相关,种子的百粒重与无霜期相关性不显著;这与该研究结果不同。因此,不同种源种子优劣的差异可能是种源所在地的气候因子(如年均温、年降水量、光照等)、土壤因子、海拔等的综合作用,并经过漫长的系统发育,产生不同变异的结果。

不同种源香椿种子性状与芽苗生长指标相关分析结果表明,香椿种子的发芽率与千粒重无关,与种子的发芽势、活力指数、发芽指数、芽长、场圃出芽率极显著正相关,发芽率的高低可以预估这些指标的优劣;与平均发芽速度、场圃出芽时间极显著负相关,说明发芽率越高平均发芽速度越短,场圃出芽时间越短。发芽势与活力指数、发芽指数极显著正相关,发芽指数反映了种子发芽的速率和整齐程度,而种子活力是反映种子能否迅速生长和生长的整齐度的指标,可用于指导育苗或芽苗菜生产。仝雅娜等^[19]研究认为种子的发芽率、发芽势是表示种子活力高低及其表达程度的主要指标,发芽率、发芽势是衡量种子发芽快慢的 1 个指标。芽长与发芽率、活力指数、发芽指数极显著正相关;郝明灼等^[17]认为不同种源香椿的种子性状确实存在显著差异,目前生产上普遍认为应优选大粒种子生产芽苗菜,但实际上,大粒种子的发芽率却未必高,这也与该研究结果一致。

种源优劣的鉴定是一个多指标、多重复的过程,不能仅依据发芽情况来确定不同种源的优劣。这 7 个种源跨及北亚热带和暖温带 5 个具有代表性的省市,通过种子性状和芽

苗生长分析认为,陕西山阳、河南信阳的种源相对较好,可为当地香椿育苗或芽苗菜生产选择种源方面提供一定的参考。

参考文献

- [1] 辛永萍,马勤. 香椿种质资源分布及经济价值[J]. 陕西农业科学, 2008, 54(3): 85-87.
- [2] 李传坤,刘爱兵,陈德根,等. 6 个种源香椿芽菜及其芽苗菜营养成分对比[J]. 林业科技开发, 2012, 26(3): 108-110.
- [3] 郝继伟. 浅谈香椿的资源价值与利用[J]. 江苏农业科学, 2003(5): 102-103.
- [4] 袁成,陈超,游艳,等. 香椿子正丁醇提取物对脑缺血再灌注致多器官功能障碍综合征的保护作用[J]. 中草药, 2013, 44(3): 323-326.
- [5] 陈丛瑾,王琪,林翠梧. 香椿叶的药理作用研究进展[J]. 中国药房, 2011, 22(3): 227-280.
- [6] 胡薇,刘艳如,缪妙青,等. 多用途树种香椿的研究综述[J]. 福建林业科技, 2008, 35(1): 244-250.
- [7] 彭方仁,梁有旺. 香椿的生物学特性及开发利用前景[J]. 林业科技开发, 2005, 19(3): 3-6.
- [8] 缪妙青,吴光华,范振富. 不同立地条件香椿人工林木材材质的比较[J]. 福建林业科技, 2003, 30(4): 12-14.
- [9] 王茂丽,涂炳坤,何丹. 香椿的化学成分研究进展[J]. 湖北林业科技, 2006(4): 38-40.
- [10] 雷小华,涂炳坤,王茂丽,等. 主成分分析在香椿性状评价和优良单株选择中的运用[J]. 华中农业大学学报, 2006, 25(4): 441-444.
- [11] 吴丽君. 香椿组培快繁效率的影响因子[J]. 中南林学院学报, 2005, 25(2): 25-29.
- [12] 梁有旺,彭方仁,陈德平. 不同种源香椿苗期生长差异比较[J]. 林业科技开发, 2007, 21(2): 38-41.
- [13] 颜启传. 种子检验原理和技术[M]. 杭州:浙江大学出版社, 2001: 63-75.
- [14] 梁有旺,彭方仁,陈德平. 香椿不同种源和优良单株的种子品质差异性分析[J]. 植物资源与环境学报, 2006, 15(4): 42-47.
- [15] 孙鸿有,王鹏飞,方炳法,等. 香椿地理变异与种源选择[J]. 浙江林学院学报, 1992, 9(3): 237-245.
- [16] 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.
- [17] 郝明灼,陈德根,彭方仁,等. 8 个种源香椿种子性状及芽苗菜产量和品质比较[J]. 浙江农林大学学报, 2012, 29(2): 180-184.
- [18] 周祥斌,周玮,周鹏,等. 香椿种源间种子性状地理变异研究[J]. 华南农业大学学报, 2015, 36(5): 105-110.
- [19] 仝雅娜,丁贵杰. 木荷和鸚鵡掌萃取物及其活性铝溶液对马尾松种子发芽的影响[J]. 浙江林业科技, 2010, 30(2): 40-44.