

岭南槭不同种源家系种子形态和幼苗生长变异

吴培培, 孙冰*, 罗水兴, 陈雷, 闫玮明

(中国林业科学研究院热带林业研究所, 广东 广州 510520)

摘要: [目的] 探讨不同种源家系岭南槭种子形态、种子萌发与幼苗生长的特性, 分析它们与种源地地理气候因子之间的关系。[方法] 对广东省岭南槭天然分布区的3个种源18个家系的种子表型性状、发芽特征、幼苗生长性状和叶色表现进行方差分析和相关性分析。[结果] 表明: 肇庆黑石顶(HSD)种源的种子最厚、最宽, 深圳七娘山(QNS)种源的种子最薄、最窄, 惠州南昆山(NKS)种源的种子最长, 种子千粒质量最高; 翅长与翅宽呈极显著正相关($P < 0.01$), 种子千粒质量与发芽率显著正相关($P < 0.05$); 岭南槭1年生幼苗地径与苗高成正比, 幼苗生长受种源地的地理气候因子影响; 在色彩表现方面, QNS3、QNS13家系的明度 L^* 值较大, QNS13色相 b^* 值显著高于其他家系, NKS14家系幼苗的色相 a^* 值最大。[结论] 种子千粒质量越高, 发芽率越高; 幼苗的地径苗高生长受种源地的地理气候因子影响。NKS14家系幼苗红叶特征最明显, 色彩表现较好。

关键词: 岭南槭; 种子形态; 种子萌发; 幼苗生长; 叶色

中图分类号: S722.7

文献标识码: A

文章编号: 1001-1498(2017)06-1015-07

Variation of Seed Morphology and Seedling Growth among Different Provenances and Families of *Acer tutcheri*

WU Pei-pei, SUN Bing, LUO Shui-xing, CHEN Lei, YAN Wei-ming

(Research Institute of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Guangzhou 510520, Guangdong, China)

Abstract: [Objective] To detect the characteristics of seed morphology, seed germination and seedling growth, and analyze the correlation with geographic and climatic factors of provenance locations in different provenances of *Acer tutcheri*. [Method] ANOVA and correlation analysis were used to analyze the seed morphology, seed germination, seedling growth and leaf color value of 18 families of three provenances from natural distribution areas in Guangdong. [Result] The provenance from Zhaoqing (HSD) had the thickest and the widest seeds, the provenance from Shenzhen (QNS) had the thinnest and the narrowest seeds, the provenance from Huizhou (NKS) had the biggest length and 1 000-seed weight. The samara length and width showed extremely significant positive correlation ($P < 0.01$). 1 000-seed weight and germination rate showed significant positive correlation ($P < 0.05$). Seedling basal diameter of 1-year-old *A. tutcheri* was proportional to seedling height; the growth of seedling was influenced by geographic and climatic factors of provenance locations. On the aspect of leaf color, the L^* value of the families QNS3 and QNS13 was bigger than that of the other families, the b^* value of the family QNS13 was bigger than that of the others significantly, and the family NKS14 had the biggest a^* value. [Conclusion] The higher the 1 000-seed weight, the higher the germination rate. The basal diameter and height of the seedlings are influenced by geographic and climatic factors of provenance locations. Family NKS14 with better leaf color has the most obvious red color than the others.

Keywords: *Acer tutcheri*; seed morphology; seed germination; seedling growth; leaf color

收稿日期: 2017-03-21

基金项目: 广东省林业科技创新项目“岭南槭良种选育研究与示范”(2015KJCK017); 国家自然科学基金“岭南槭引种适应性及栽培区域选择研究”(31600449)

作者简介: 吴培培(1992—), 女(回族), 在读硕士研究生, 主要从事风景园林植物应用研究. E-mail: cleverwp@126.com

* 通讯作者.

岭南槭(*Acer tutcheri* Duthie)是槭树科(Aceraceae)槭属落叶乔木,新叶红色,到秋冬季节叶色变红色或金黄色,具有较高的观赏价值,可栽种在庭院、住宅小区及森林公园供观赏^[1]。岭南槭自然生长在海拔300~1 000 m的疏林中,主要分布在福建、广东和广西东部等地^[2],集中分布于广东地区。在我国华南地区,植被多配置常绿植物,导致城市森林的季相变化不够丰富。岭南槭作为典型的乡土彩叶树种,它的推广应用可以为城市绿化提供丰富的色彩,进而提升城市森林景观的品质。因此,合理收集岭南槭种质资源和进行人工选育工作,对推广乡土彩叶植物和发挥我国植物种类丰富的优势具有重要意义。

目前,槭属植物作为优良的彩叶观赏植物引起了学者的广泛关注^[3-7]。陈勇等^[5]调查发现,生态风景林带中广泛应用的彩叶植物较少,岭南槭作为彩叶观赏植物尚未被开发。近些年,关于岭南槭的研究主要集中在嫁接^[8]、耐热性^[9]以及种子发芽

率^[1, 10-12]等方面,并未对岭南槭种子表型、幼苗生长和叶色特征的变异进行进一步研究。本文通过对不同种源家系岭南槭种子形态、发芽特征、幼苗生长情况及色彩表现进行分析,为进一步开展岭南槭选育工作奠定基础。

1 试验材料

试验材料为岭南槭3个种源18个家系的种子,均采自岭南槭天然分布区。根据前期实地考察,在广东省寻找岭南槭典型集中分布区域,并采集种子,单株作为1个家系。经过3年野外调查发现,岭南槭野外分布较少,种质资源匮乏,结实率低,已尽可能收集较多不同种源家系的种子。其中,肇庆市黑石顶(HSD)自然保护区4个家系,深圳市七娘山(QNS)国家地质公园11个家系,惠州市南昆山(NKS)自然保护区3个家系。参试岭南槭种源信息及其气候资料见表1,采种母株的信息见表2。

表1 参试岭南槭种源地理信息及其气候资料

Table 1 Geographic information and climate data of provenances of *Acer tutcheri*

种源 Provenance	编号 No.	经度(E) Longitude	纬度(N) Latitude	温度 Temperature /℃			年均降水量 Precipitation/mm
				年均低温 Annual low temperature	年均高温 Annual high temperature	年均温 Annual temperature	
肇庆 Zhaoqing	HSD	111.90°	23.45°	19.3	26.3	21.2	1 650
深圳 Shenzhen	QNS	114.55°	22.52°	19.0	26.0	22.5	1 926
惠州 Huizhou	NKS	113.88°	23.60°	20.0	26.0	23.0	1 393

表2 岭南槭采种母树的生物学性状及环境因子

Table 2 Biological characteristics and environmental factors of families' data of *Acer tutcheri*

家系 Familie	海拔 Altitude/m	胸径 DBH/cm	树高 Height/m	坡位 Slope position	坡向 Exposure	坡度 Grade/(°)
HSD 9	624	32.6	12.3	中坡 Mesoslope	西 West	30
HSD 19	607	19.0	12.0	中坡 Mesoslope	西 West	40
HSD 20	604	18.0	11.0	中坡 Mesoslope	西 West	40
HSD 22	633	23.8	10.0	上坡 Upslope	北 North	25
QNS 1	412	7.0	5.0	中坡 Mesoslope	西南 Southwest	35
QNS 2	436	7.0	5.0	中坡 Mesoslope	西南 Southwest	45
QNS 3	473	8.0	5.5	上坡 Upslope	北 North	40
QNS 4	493	10.0	6.0	中坡 Mesoslope	北 North	45
QNS 6	593	19.0	6.0	中坡 Mesoslope	西 West	30
QNS 8	382	8.0	7.0	中坡 Mesoslope	西 West	40
QNS 9	412	8.0	6.0	中坡 Mesoslope	西南 Southwest	42
QNS 10	436	9.0	6.5	中坡 Mesoslope	西 West	32
QNS 11	473	9.0	5.0	中坡 Mesoslope	西 West	34
QNS 12	493	14.0	5.8	上坡 Upslope	西南 Southwest	25
QNS 13	575	16.0	7.0	中坡 Mesoslope	北 North	32
NKS 14	734	12.0	6.0	中坡 Mesoslope	北 North	20
NKS 15	695	9.0	7.8	下坡 Downslope	东北 Northeast	25
NKS 19	733	17.5	8.0	中坡 Mesoslope	西 West	23

2 研究方法

2.1 种子形态的测量

每个家系随机抽取3份完整的种子,每份100粒,用游标卡尺(0.01 mm)分别测量种厚、种长、种宽、翅长和翅宽。每个岭南槭家系随机抽取8份自然干燥状态下纯净、饱满的种子,每份100粒,用电子天平(0.000 1 g)分别称其质量,计算千粒质量。

2.2 种子发芽率的测量

试验在中国林业科学研究院热带林业研究所(广东省广州市)简易温室中(22°30'N, 114°02'E)进行,采用完全随机区组试验设计^[13],每个岭南槭家系随机取100粒种子,均匀播于黑色育苗盘中,重复3次。播种前,育苗盘、砂土和种子经0.3%高锰酸钾溶液和0.1%多菌灵溶液消毒,种子与湿沙混合后置于冰箱中低温(1~5℃)保存30 d^[14]。定期喷水保持种子湿润,观测并记录种子发芽情况,发芽以子叶突破种皮为准。

发芽率(G_R) = 种子发芽总数/供试种子数 × 100%

2.3 幼苗生长性状与叶色表现测量

分别于2016年9月(幼苗0.5年生阶段)、2017年3月(幼苗1年生阶段)对岭南槭幼苗进行调查,每个小区随机调查50株,测量苗高、地径和叶色值。用卷尺测量苗高、电子游标卡尺(0.01 mm)测量地径。用CM-2600d分光测色仪在10°/D65光源下测量叶色(包括明度 L^* 值、色相 a^* 值和 b^* 值),明度 L^* 表示白色至黑色范围, L^* 值越大说明叶色越亮;色相 a^* 值表示红色至绿色范围, a^* 值越大,说明叶色越红;色相 b^* 值表示黄色至蓝色范围, b^* 值越大,说明叶色越黄。

试验数据采用Excel 2007软件绘制图表,运用SPSS 20.0软件进行方差分析、相关性分析和Duncan多重比较。

3 结果与分析

3.1 种子形态的变异分析

岭南槭不同种源家系种子形态变异分析结果(表3)表明:不同种源间的种厚、种长、种宽、翅长和翅宽均差异显著($P < 0.05$),但种子千粒质量差异

表3 岭南槭3个种源18个家系种子形态变异

Table 3 Variation of seed morphology from three provenances eighteen families of *Acer tutcheri*

编号 No.	种厚 Seed thickness/mm	种长 Seed length/mm	种宽 Seed width/mm	翅长 Samara length/mm	翅宽 Samara width/mm	种子千粒质量 1 000-seed weight/g
HSD 9	3.37 ± 0.02c	5.15 ± 0.03a	4.41 ± 0.02b	25.92 ± 0.15d	8.54 ± 0.07a	37.399 ± 0.135c
HSD 19	3.25 ± 0.02b	5.26 ± 0.04b	4.08 ± 0.11a	25.33 ± 0.15c	8.13 ± 0.06a	35.737 ± 0.370b
HSD 20	3.12 ± 0.02a	5.51 ± 0.04c	4.53 ± 0.03b	24.70 ± 0.20b	9.36 ± 0.28b	39.996 ± 0.265d
HSD 22	3.12 ± 0.03a	5.63 ± 0.04d	4.23 ± 0.03a	21.66 ± 0.22a	8.20 ± 0.08a	34.713 ± 0.254a
均值 Average	3.21 ± 0.01C	5.39 ± 0.02B	4.31 ± 0.03C	24.41 ± 0.10C	8.56 ± 0.08B	36.961 ± 0.381A
QNS 1	2.67 ± 0.02b	4.30 ± 0.03b	3.36 ± 0.03a	16.96 ± 0.13b	6.34 ± 0.06b	28.044 ± 0.401b
QNS 2	3.36 ± 0.04g	6.22 ± 0.09f	4.54 ± 0.08e	24.14 ± 0.33g	8.92 ± 0.13e	66.410 ± 1.759h
QNS 3	3.25 ± 0.02f	5.03 ± 0.03d	3.62 ± 0.02b	23.09 ± 0.10f	9.30 ± 0.05e	45.578 ± 0.216f
QNS 4	3.12 ± 0.02e	6.27 ± 0.06f	3.98 ± 0.04c	18.63 ± 0.20c	7.37 ± 0.38c	37.834 ± 0.335e
QNS 6	3.49 ± 0.02h	5.74 ± 0.04e	4.10 ± 0.03c	18.35 ± 0.13c	6.34 ± 0.05b	53.900 ± 1.683g
QNS 8	2.37 ± 0.01a	4.92 ± 0.02d	3.35 ± 0.02a	18.90 ± 0.06c	8.26 ± 0.03d	32.586 ± 0.259c
QNS 9	2.92 ± 0.07d	4.51 ± 0.09c	3.32 ± 0.07a	20.91 ± 0.35e	7.64 ± 0.21c	32.123 ± 0.434c
QNS 10	3.42 ± 0.02gh	6.87 ± 0.08g	4.25 ± 0.04d	21.43 ± 0.13e	7.89 ± 0.06cd	34.038 ± 0.619cd
QNS 11	2.98 ± 0.02d	4.48 ± 0.03c	3.41 ± 0.03a	21.40 ± 0.36e	5.93 ± 0.05b	36.184 ± 0.657de
QNS 12	2.82 ± 0.02c	4.52 ± 0.03c	3.59 ± 0.03b	14.24 ± 0.20a	5.25 ± 0.10a	22.539 ± 0.539a
QNS 13	2.72 ± 0.03b	3.52 ± 0.03a	3.41 ± 0.03a	19.91 ± 0.18d	7.46 ± 0.08c	22.190 ± 0.202a
均值 Average	3.00 ± 0.01A	5.13 ± 0.02A	3.69 ± 0.01A	19.26 ± 0.08A	7.12 ± 0.04A	37.403 ± 1.386A
NKS 14	3.12 ± 0.02a	6.31 ± 0.04b	3.95 ± 0.02b	18.61 ± 0.16a	6.98 ± 0.07a	53.912 ± 0.850c
NKS 15	3.15 ± 0.04a	6.83 ± 0.09c	4.50 ± 0.04c	23.37 ± 0.28b	8.78 ± 0.17b	37.694 ± 1.193b
NKS 19	3.18 ± 0.35a	5.11 ± 0.04a	3.84 ± 0.03a	18.97 ± 0.23a	6.86 ± 0.08a	29.655 ± 0.672a
均值 Average	3.08 ± 0.01B	5.97 ± 0.04C	4.02 ± 0.01B	19.67 ± 0.14B	7.28 ± 0.06A	40.420 ± 2.165A

注:表中字母为Duncan多重比较结果,同列不同大写字母表示种源之间差异显著($P < 0.05$),同列不同小写字母表示种源内家系间差异显著($P < 0.05$);正负号(±)后数值表示标准误;下同。

Note: Letters in the table are the results of Duncan multiple comparisons. Significant differences among provenances are denoted by different capital letter ($P < 0.05$), significant differences among families in the same provenance are denoted by different normal letters in the same column. Standard errors are denoted by data behind '±'; the same below.

不显著;HSD 种源的种厚、种宽、翅长和翅宽最大, QNS 种源的种厚、种长、种宽、翅长和翅宽均最小, NKS 种源的种长最大且千粒质量最高。HSD、QNS 和 NKS 各种源内不同家系间的种子形态绝大多数差异显著($P < 0.05$),仅 NKS 不同家系的种厚差异不显著。HSD9 家系的翅长(25.92 mm)最长, HSD20 家系的翅宽(9.36 mm)最大;QNS2 家系的种宽(4.54 mm)和种子千粒质量(66.410 g)最大; QNS6 家系的种厚(3.49 mm)最大, QNS10 家系的种长(6.87 mm)最大。

3.2 种子萌发特征变异分析

对岭南槭不同种源家系种子萌发特征变异进行分析,结果(表4)表明:3个种源间,NKS种源的发芽率与HSD、QNS种源的差异显著($P < 0.05$),但HSD与QNS种源间的种子发芽率差异不显著。NKS种源的平均发芽率最高,为41.0%,是QNS种源的4.93倍,是HSD种源的7.45倍。在温室环境下,不同家系种子发芽率为0%~45.0%,其中,NKS15家系的种子发芽率最高,为45.0%,HSD19、HSD22、QNS4、QNS12和NKS19家系的种子发芽率为0%。岭南槭种子平均发芽率大于10%的家系有

NKS15、NKS14、QNS2、QNS3、QNS6和QNS10。

3.3 幼苗地径、苗高生长差异分析

在试验期间,样本中有5个岭南槭家系的种子未发芽,故仅对剩余13个家系的幼苗生长情况进行分析。方差分析(表4)表明:HSD种源与NKS种源,除0.5年生幼苗的地径差异显著外,其它均差异不显著;HSD种源与QNS种源的0.5年生和1年生幼苗的地径、苗高和高径比均差异显著;QNS种源与NKS种源除0.5年生幼苗地径差异不显著外,其它均差异显著。幼苗0.5年生时,QNS种源的地径、苗高和高径比最大,分别比HSD种源增加26.38%、47.90%和25.57%,比NKS种源增加4.57%、38.68%和33.08%;1年生时,QNS种源的地径、苗高和高径比比HSD种源增加13.41%、49.77%和31.99%,比NKS种源增加20.0%、52.88%和25.04%。岭南槭幼苗从0.5年生到1年生时,HSD种源幼苗的地径增加了1.01倍,苗高增加了46.68%;QNS种源幼苗的地径增加了80.58%,苗高增加了48.53%;NKS种源幼苗的地径和苗高涨幅最小,分别为57.36%和34.73%。

表4 岭南槭不同种源家系种子萌发和幼苗地径生长差异

Table 4 Variation of seed germination and seedling growth of different provenances and families of *Acer tutcheri*

种源 Provenance	发芽率 Germination rate/%	地径 Basal diameter/mm		苗高 Seedling height/cm		高径比 height-diameter ratio	
		0.5年生 Half a year	1年生 A year	0.5年生 Half a year	1年生 A year	0.5年生 Half a year	1年生 A year
HSD 9	5.1	1.41 ± 0.18a	3.98 ± 0.23b	7.83 ± 1.62bc	12.18 ± 1.54bcd	56.11 ± 8.26bc	30.43 ± 2.58ab
HSD 20	5.9	1.68 ± 0.11ab	3.19 ± 0.23ab	7.25 ± 0.83ab	10.62 ± 0.88abc	41.86 ± 4.03ab	33.51 ± 1.97b
均值 Average	5.5 ± 0.22A	1.63 ± 0.10A	3.28 ± 0.21A	7.37 ± 0.73A	10.81 ± 0.79A	43.57 ± 3.75A	33.14 ± 1.76A
QNS 1	7.8	1.81 ± 0.08ab	3.18 ± 0.20ab	6.98 ± 0.64ab	15.61 ± 1.49cde	38.65 ± 3.31ab	47.88 ± 2.86ef
QNS 2	12.7	1.52 ± 0.13ab	2.28 ± 0.13a	3.25 ± 0.75a	6.13 ± 0.27a	21.19 ± 3.20a	23.13 ± 1.27a
QNS 3	11.6	2.22 ± 0.05b	3.95 ± 0.09b	10.13 ± 0.36bcd	14.30 ± 0.42bcde	46.38 ± 1.59b	36.29 ± 0.79bc
QNS 6	15.6	2.12 ± 0.08ab	3.87 ± 0.12b	11.99 ± 0.51cd	17.28 ± 0.58de	59.05 ± 2.65bc	44.83 ± 0.76cdef
QNS 8	5.2	2.19 ± 0.18b	3.99 ± 0.25b	11.08 ± 1.17bcd	19.54 ± 1.83e	50.87 ± 4.47bc	48.71 ± 2.66ef
QNS 9	5.8	2.06 ± 0.11ab	3.93 ± 0.19b	12.52 ± 0.73d	18.22 ± 0.87e	60.76 ± 2.61bc	46.69 ± 1.41def
QNS 10	17.5	1.83 ± 0.08ab	3.21 ± 0.16ab	10.57 ± 0.82bcd	16.25 ± 1.48cde	56.95 ± 3.53bc	49.02 ± 2.97ef
QNS 11	6.0	1.52 ± 0.08ab	3.20 ± 0.20ab	11.06 ± 0.82bcd	17.86 ± 1.41e	73.19 ± 4.48c	55.07 ± 2.49f
QNS 13	9.3	1.54 ± 0.09ab	2.82 ± 0.28ab	8.50 ± 2.00bcd	10.82 ± 1.86bcde	58.25 ± 9.53bc	43.90 ± 3.14cde
均值 Average	8.32 ± 1.36A	2.06 ± 0.04B	3.72 ± 0.06B	10.90 ± 0.26B	16.19 ± 0.34B	54.71 ± 1.32B	43.74 ± 0.60B
NKS 14	37.0	2.18 ± 0.05b	3.35 ± 0.07ab	9.05 ± 0.28bcd	11.42 ± 0.23bcd	42.33 ± 1.21ab	33.72 ± 0.56b
NKS 15	45.0	1.74 ± 0.04ab	2.61 ± 0.10a	6.55 ± 0.22ab	8.96 ± 0.27ab	39.30 ± 1.26ab	36.85 ± 1.19bcd
均值 Average	41.0 ± 12.23B	1.97 ± 0.04B	3.10 ± 0.06A	7.86 ± 0.19A	10.59 ± 0.19A	41.11 ± 0.89A	34.98 ± 0.59A

岭南槭13个家系间,0.5年生、1年生幼苗的地径、苗高和高径比存在差异,说明各个采种家系间的生长表现差别较大。岭南槭幼苗0.5年生时,QNS3

家系的地径最大,为2.22 mm,比地径最小的HSD9家系增加了57.45%;QNS9家系的苗高最大,为12.52 cm,比苗高最小的QNS2家系增加2.85倍。1

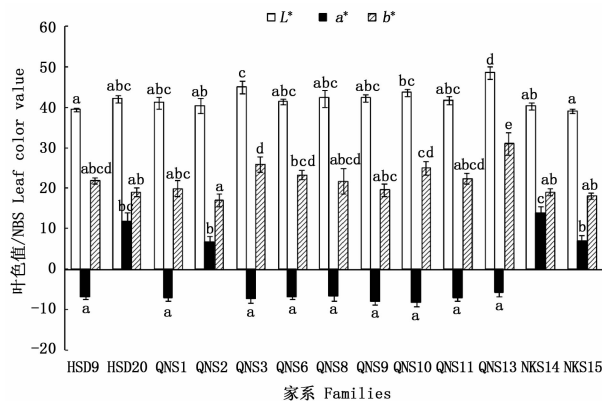
年生时,QNS8 家系的地径(3.99 mm)和苗高(19.54 cm)最大,分别比 QNS2 家系增加 0.75 倍和 2.19 倍。除 QNS1 和 QNS2 家系外,其他家系幼苗的高径比随着年龄的增加而下降。

3.4 幼苗叶色表现分析

从图 1 可看出:在明度 L^* 水平,QNS13 与其他 12 个家系均差异显著,QNS3 与 HSD9、QNS2、NKS14、NKS15 家系差异显著;其中,QNS3、QNS13 家系的明度 L^* 值较大。在色相 a^* 水平,HSD20、QNS2、NKS14 和 NKS15 家系的色相 a^* 值显著高于其他家系,其中,NKS14 家系幼苗的色相 a^* 值最大,QNS10 家系的最小。在色相 b^* 水平,QNS13 家系幼苗的色相 b^* 值显著高于其他家系,QNS3 家系与 HSD20、QNS1、QNS2、QNS9、QNS13、NKS14 和 NKS15 家系的色相 b^* 值差异显著,QNS2 家系的色相 b^* 值最小。

3.5 相关性分析

对岭南槭不同种源家系种子发芽、1 年生幼苗生长与采种地的地理气候因子进行相关性分析,结果(表 5)表明:种宽与种厚呈极显著正相关,与种长、翅长呈显著正相关;翅长与翅宽呈极显著正相关,翅长与年均高温呈显著正相关,与经度和年均温呈显著负相关;岭南槭种子发芽率与种子千粒质量呈显著正相关;地径与苗高呈极显著正相关,地径与海拔、纬度呈显著负相关;苗高与海拔、纬度、年均低温呈极显著或显著负相关,与经度呈显著正相关,与年



图中不同小写字母表示不同家系差异显著 ($P < 0.05$)

Significant differences among families are denoted by different normal letter ($P < 0.05$)

图 1 岭南槭不同家系幼苗叶色表现

Fig.1 Differences of seedling leaf color value among families of *Acer tutcheri*

均降水量呈极显著正相关。

相关分析(表 5)表明:翅长随着经度和年均温的升高而降低,随着年均高温的升高而增大;种子发芽率随着千粒质量的升高而升高。对于岭南槭 1 年生幼苗,地径随着海拔和纬度的升高而降低;苗高随着海拔、纬度和年均低温的升高而减小,随着经度和年均降水量的增大而增大。即自西向东,地径呈递增趋势,自南向北,地径、苗高有递减趋势。从高海拔到低海拔,幼苗的地径和苗高均逐渐增大;年平均降水量越高,幼苗地径和苗高也越大。

表 5 岭南槭种子发芽和幼苗生长性状与种源地地理气候因子间的相关系数

Table 5 Correlation coefficient of seed germination and seedling growth of *Acer tutcheri* with geographic and climatic factors of provenance locations

	种厚 ST	种长 SL	种宽 SW	翅长 L	翅宽 W	千粒质量 TSW	发芽率 GR	地径 DC	苗高 HG
种长 SL	0.43								
种宽 SW	0.69 **	0.65 *							
翅长 L	0.46	0.15	0.68 *						
翅宽 W	0.11	0.17	0.45	0.82 **					
千粒质量 TSW	0.54	0.53	0.41	0.17	0.15				
发芽率 GR	0.16	0.32	-0.06	-0.30	-0.31	0.62 *			
地径 DC	0.05	-0.13	-0.08	0.17	0.19	0.17	-0.14		
苗高 HG	-0.14	-0.07	-0.25	-0.09	0.20	0.34	-0.01	0.72 **	
海拔 ALT	0.49	0.41	0.47	0.15	-0.12	-0.04	0.26	-0.61 *	-0.74 **
经度 LO	-0.25	0.08	-0.51	-0.65 *	-0.37	0.28	0.27	0.36	0.59 *
纬度 LA	0.24	0.26	0.49	0.41	0.16	-0.23	0.07	-0.58 *	-0.81 **
年均低温 ALT	0.14	0.40	0.25	0.01	-0.10	-0.12	0.29	-0.54	-0.67 *
年均高温 AHT	0.22	-0.17	0.46	0.66 *	0.39	-0.26	-0.34	-0.24	-0.45
年均温 AT	-0.17	0.27	-0.37	-0.62 *	-0.40	0.21	0.41	0.07	0.24
年均降水量 P	-0.19	-0.35	-0.36	-0.18	0.00	0.19	-0.20	0.59	0.76 **

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

Note: * indicates reaching significant difference at 0.05 level; ** indicates reaching highly significant at 0.01 level.

4 讨论

植物的果实和种子性状是比较稳定的遗传特征,在植物分类与遗传上有重要价值^[15],种子表型变异研究对开展良种选育、种质资源保存具有十分重要的意义^[16]。本研究中,翅长与年均高温显著正相关,与经度、年均温显著负相关,这表明种源地的经度和温度是影响种子翅长的重要生态因子,与 Derakhshan 等^[17]的研究结果一致。在相同的条件下,岭南槭种子的发芽率与种子的千粒质量呈显著正相关,与林玲等^[18]对云杉属植物种子的研究及赵曦阳等^[19]对梓树属植物种子的研究结论一致;但也有研究表明,班克木属种子的发芽率与种子千粒质量相关不显著^[20]。岭南槭千粒质量低的种子发芽率比较低,这可能与部分槭属植物种子出现种胚发育不良现象有关^[21]。鉴于岭南槭种子的发芽率比较低,可通过筛选岭南槭种子千粒质量性状,选择发芽率高的种子。

对岭南槭幼苗生长研究结果表明,岭南槭1年生幼苗地径与苗高成正比,与姚小华等^[22]的研究结果相同。幼苗0.5年生至1年生,绝大多数种源家系幼苗的地径涨幅大于苗高的涨幅,这与幼苗0.5年生至1年生阶段高径比减小的数据吻合。从岭南槭幼苗的生长性状与种子形态、种源地地理气候因子间的相关性看,幼苗的苗高和地径与种子形态的各个性状相关性不显著,说明种子形态并不影响幼苗的生长。岭南槭幼苗的地径生长与产地海拔、纬度呈显著负相关;苗高与产地的经度、年均降水量呈显著或极显著正相关,与海拔、纬度和年均低温呈极显著或显著负相关,说明岭南槭幼苗的生长受种源地地理气候因子的影响明显^[23-24];所以,研究种源地的地理和气候因子与幼苗生长的关系,对岭南槭优良种源家系的进一步选择具有重要意义。

分光测色仪可以将彩叶植物的色彩量化,用数值大小来表现叶片的色彩。葛雨萱等^[25]已将其应用到香山红叶的色彩研究当中,实现了在不破坏叶片的前提下,对叶片的色彩进行持续的观察、测定和量化。根据对岭南槭叶片颜色季相变化的初步观察,在春季,岭南槭新叶表现为红色,在秋冬季变为红色或金黄色。对1年生岭南槭幼苗进行叶色调查发现,QNS3、QNS13家系的明度 L^* 值较大,说明叶片颜色较亮。在色相 a^* 水平,HSD20、QNS2、NKS14、NKS15家系显著高于其他家系,说明这4个

家系叶片较红,其中,NKS14家系幼苗的色相 a^* 值最大,说明NKS14家系的幼苗红叶特征明显,这与日常观察到的情况吻合;但这4个家系的生长稍弱于其他家系,这可能与叶片中色素含量发生变化有关^[26]。在色相 b^* 水平,QNS3、QNS10和QNS13色相 b^* 值较大,说明QNS3、QNS10和QNS13家系的幼苗叶色比其他家系的幼苗颜色偏黄。在试验观测中还发现,一些家系的岭南槭幼苗不同于野外岭南槭的表现,在非秋冬季就表现较高的观赏特性,除了新叶红色,其成熟叶也有红色表现。推测这可能是由于岭南槭天然分布于300~1000 m海拔的疏林中,试验苗圃海拔仅25 m,且苗圃光照条件与天然林有差异,因此,影响岭南槭叶色表现的主要因素还需进一步探讨。岭南槭不同家系的叶色表现呈丰富的多样性,这为岭南槭新品种选育和种质资源保存提供了重要的种质基础。

5 结论

本研究对不同种源家系岭南槭种子形态、发芽特征和幼苗生长性状进行研究,分析了不同种源家系岭南槭种子的表型性状、幼苗生长与种源地地理气候因子之间的相关关系。研究发现,经度和温度是影响种子翅长的重要因子;种子千粒质量与发芽率呈显著正相关。岭南槭种子发芽率从高到低依次为:种源间NKS > QNS > HSD,家系间(前5)NKS15 > NKS14 > QNS10 > QNS6 > QNS2。1年生幼苗的地径、苗高与海拔、纬度成反比;苗高与经度、年均降水量成正比,与年平均低温成反比。不同种源间,1年生地径、苗高生长由高到低为:QNS > HSD > NKS;不同家系间,岭南槭1年生幼苗地径生长由高到低(前5)为:QNS8 > HSD9 > QNS3 > QNS9 > QNS6,苗高生长由高到低(前5)为:QNS8 > QNS9 > QNS11 > QNS6 > QNS10。在色彩表现方面,QNS3、QNS13家系的明度 L^* 值较大,QNS13色相 b^* 值显著高于其他家系,NKS14家系幼苗的色相 a^* 值最大,NKS14家系幼苗红叶特征最明显。

参考文献:

- [1] 黄锦荣,钟奕灵. 优良景观树种岭南槭及其栽培技术[J]. 南方农机, 2016,47(8):31-32.
- [2] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志(第46卷)[M]. 北京: 科学出版社, 1981:66.
- [3] Kurimoto S, Sasaki Y F, Suyama Y, et al. Acylated triterpene saponins from the stem bark of *Acer nikoense* (Aceraceae)[J]. Chemical

- & Pharmaceutical Bulletin, 2016, 64(7):924-929.
- [4] Jiang W, Zhuang M, Han H, *et al.* Progress on color emerging mechanism and photosynthetic characteristics of colored-leaf plants [J]. Acta Horticulture Sinica, 2005, 32(2):352-358.
- [5] 陈勇, 李芳东, 廖绍波, 等. 深圳市生态风景林彩叶植物资源调查[J]. 中南林业科技大学学报, 2012, 32(8):12-17.
- [6] Sokolowska K, Zagorska-Marek B. Symplasmic, long-distance transport in xylem and cambial regions in branches of *Acer pseudoplatanus* (Aceraceae) and *Populus tremula* × *P. tremuloides* (Salicaceae) [J]. American Journal of Botany, 2012, 99(11):1745-1755.
- [7] 邱迎君, 祝志勇, 易官美. 槭树科植物的种质资源及其开发利用价值[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(12):3598-3599.
- [8] 陈华玲, 彭火辉, 朱启东, 等. 3个槭树品种嫁接繁殖技术研究[J]. 江西科学, 2014, 32(1):35-38.
- [9] 林富平, 程雪梅, 刘济祥, 等. 9种槭属植物宁波地区夏适应性评价[J]. 现代园艺, 2014(4):10-11.
- [10] 刘济祥, 李红怀. 岭南槭育苗试验研究[J]. 现代农业科技, 2007(20):15-17.
- [11] 管帮富, 彭火辉, 陈华玲, 等. 江西四种野生观赏槭资源的收集和开发应用[J]. 现代园艺, 2010(6):18-20.
- [12] 陈勇, 孙冰, 廖绍波, 等. 彩叶树种岭南槭早期生长及其美景度评价研究[J]. 广东林业科技, 2015, 31(1):19-22.
- [13] 杜鹏珍, 孙冰, 陈勇, 等. 班克木种子形态及发芽特征在种内与种间的变异[J]. 林业科学研究, 2013, 26(4):433-437.
- [14] 石柏林, 吴家森, 钟泰林. 6种槭树属植物种子特性及其发芽试验[J]. 浙江林业科技, 2006, 26(3):38-40.
- [15] Minuto L, Fior S, Roccotiello E, *et al.* Seed morphology in *Moehringia*, L. and its taxonomic significance in comparative studies within the Caryophyllaceae [J]. Plant Systematics and Evolution, 2006, 262(3):189-208.
- [16] Nwangburuka C C, Denton L A, Oyelana O. Genetic variability and heritability of vegetative, fruit and seed yield traits in fluted pumpkin (*Telfairia occidentalis* Hook F) [J]. 2014, 13(32):3262-3270.
- [17] Derakhshan A, Gherekhloo J. Factors affecting *Cyperus difformis* seed germination and seedling emergence [J]. Planta Daninha, 2013, 31(4):823-832.
- [18] 林玲, 段二龙, 罗建. 云杉属植物种子形态及萌发特征的种间变异[J]. 南京林业大学学报:自然科学版, 2015, 39(1):62-66.
- [19] 赵曦阳, 王军辉, 张金凤, 等. 梓树属4个种种子表型性状和发芽特性的研究[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版, 2008, 36(12):149-154.
- [20] 杜鹏珍. 观赏植物班克木种子变异及幼苗生长与生理特征研究[D]. 北京:中国林业科学研究院, 2014:23-24.
- [21] 陈香波, 刘杨, 赵明水, 等. 极度濒危树种羊角槭的种胚发育与休眠解除[J]. 林业科学, 2017, 53(4):65-73.
- [22] 姚小华, 任华东, 孙银祥, 等. 樟树种源/家系苗期性状变异分析[J]. 林业科学研究, 1999, 12(3):283-290.
- [23] Rafii M Y, Arolo I W, Omar M H A, *et al.* Genetic variation and heritability estimation in *Jatropha curcas* L. population for seed yield and vegetative traits [J]. Journal of Medicinal Plants Research, 2012, 6(11):2178-2183.
- [24] 杨晓霞, 冷平生, 郑健, 等. 暴马丁香不同种源种子和幼苗的表型性状变异及其与地理-气候因子的相关性[J]. 植物资源与环境学报, 2016, 25(3):80-89.
- [25] 葛雨萱, 王亮生, 周肖红, 等. 香山黄栌叶色和色素组成的相互关系及时空变化[J]. 林业科学, 2011, 47(4):38-42.
- [26] 张敏, 黄利斌, 周鹏, 等. 榉树秋季转色期叶色变化的生理生化[J]. 林业科学, 2015, 51(8):44-51.

(责任编辑:徐玉秀)