

班克木种子形态及发芽特征在种内与种间的变异

杜鹏珍, 孙冰, 陈勇, 廖绍波*

(中国林业科学研究院热带林业研究所, 广东 广州 510520)

摘要:对引自澳大利亚的班克木属 5 个种 18 个种源进行种子形态、质量以及发芽特征测定, 结果表明: 班克木属种子形态、质量和发芽特征在种间和种内均有不同的差异表现; 香花班克木种子千粒质量最大, 约 106.5 g, 为其他种的 4~9 倍; 种子千粒质量与发芽率无显著相关; 除红花班克木在试验期间未发芽外, 其余 4 个种的发芽率皆高于 60%, 强力班克木发芽率最高, 约 80%; 长圆叶班克木和强力班克木种子发芽速度最快, 而香花班克木发芽速度最慢; 发芽始期、发芽速度、发芽率、胚轴长、胚根长都和经度呈极显著正相关 ($P < 0.01$), 即自西澳的珀斯至东澳的塔斯马尼亚地区, 种子的发芽始期越晚, 发芽速度慢, 发芽率越高, 胚轴和胚根的生长量越大。对于 5 种班克木的发芽特征的研究表明: 强力班克木在广州的适应性最强, 其发芽率最高, 发芽速度最快, 发芽最早且胚根长度最大。

关键词:班克木; 种源; 种子形态; 种子萌发

中图分类号: S722.3

文献标识码: A

Variation of Seed Morphology and Germination Within and Among Species of *Banksia*

DU Peng-zhen, SUN Bing, CHEN Yong, LIAO Shao-bo

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

Abstract: The seed morphology, seed mass and germination of 18 provenances of five *Banksia* species introduced from Australia were studied. The results showed that there were distinct differences in seed morphology, seed mass and germination among *Banksia* species. The thousand-seed-weight of *B. aemula* reached the maximum of 106.541 g, which was approximately three to eight times heavier than that of the other species. No significant correlation was found between seed mass and germination rate. The germination rate of all *Banksia* species exceeded 60%, except *B. coccinea* which did not germinate during the experiment. The germination rate of *B. robur* was the highest, reaching about 80%. The germination speed of *B. oblongifolia* and *B. robur* was the fastest, whereas *B. aemula* was the slowest. The germination initiation, germination speed, germination rate, the length of hypocotyls and radicles were remarkably positively correlated with longitude, inferring that *Banksia* species introduced from west Australia germinated later and more slowly with the higher germination rate and faster growth of hypocotyls and radicles compared with that introduced from east Australia.

Key words: *Banksia*; provenance; seed morphology; seed germination

班克木属 (*Banksia* L. f.) 是山龙眼科的一个大属, 包含 75 个种。该属绝大部分种类自然分布于澳

大利亚, 仅 *Banksia. dentata* 分布于新几内亚和阿鲁群岛。班克木多数种较耐贫瘠, 是澳大利亚自然植

收稿日期: 2013-01-21

基金项目: 国家 948 引进项目“班克西木属高效防护与鲜切花树种及培育技术引进(2011-4-40)”

作者简介: 杜鹏珍(1989—), 女, 山西运城, 硕士研究生, 主要从事园林植物与观赏园艺的研究。E-mail: dddupengzhen@sina.cn

* 通讯作者: 廖绍波(1957—), 男, 高级工程师, 主要从事城市林业方面的研究。E-mail: lshaobo@126.com

被中的一个优势种^[2],在澳大利亚西南部、昆士兰州、维多利亚州的海湾、公园等地均有野生种群或人工种植^[1]。班克木是集观花、观叶、观果价值于一体的优良园林观赏植物,其花色艳丽、花形独特、种类多、花期长、瓶插时间长^[4];其叶片形态丰富,有锯齿,全缘、针形等类型;其球果宿存时间长,色泽多样。迄今为止,澳大利亚的研究人员对班克木生物学特性及潜在利用价值等方面均进行了研究^[3]。班克木最广泛的用途是切花生产,它是国际切花贸易的重要来源。尽管班克木作为切花栽培只有20~30年的历史,但除了原产地澳大利亚,其他国家和地区对其引种栽培的兴趣亦在不断增加。目前,在以色列、南非及美国夏威夷和加利福尼亚均有其商业切花生产^[1]。绝大多数的班克木是花蜜的良好来源,人们收集花蜜或将花穗浸泡在水中当饮料,可治疗咳嗽和感冒^[5]。

班克木的观赏价值,尤其是其切花的商业前景

为我国观赏园艺和花卉界所关注。广东佛山、云南元江等地曾零星引种班克木并获得成功,然而尚缺乏其种质资源的系统引进。笔者在国家“948”项目的资助下,从澳大利亚引进班克木5个种18个种源,开展引种栽培研究,从而丰富我国观赏植物资源,满足社会对切花的需求。本文主要研究班克木种子的形态及其发芽特性,为进一步开展种源选择和评价奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

参试班克木材料为5个种18个种源的种子,其中,红花班克木(*Banksia coccinea* R. Br) 1个种源,香花班克木(*B. aemula* R. Br.)、长圆叶班克木(*B. oblongifolia* Cav.)和狭叶班克木(*B. spinulosa* R. Br.)各4个种源,强力班克木(*B. robur* Cav.)5个种源,由澳大利亚CRISO种子中心提供(表1)。

表1 参试班克木的种源地及其气候资料

种名	编号	种源地	纬度(S)	经度(E)	温度/°C			年均降水量 /mm
					年均最低气温	年均最高气温	年平均气温	
香花班克木	37858	Wide Bay, Qld	24.91°	152.32°	21.4	30.1	25.8	1 021
	38162	Ballina, NSW	28.84°	153.56°	19.6	28.2	23.9	1 783
	38504	Broadwater, NSW	29.02°	153.43°	18.7	28.6	23.7	1 482
	38505	Bribie Island, Qld	26.96°	152.96°	19.7	30.2	25.0	1 414
红花班克木	38335	Ravensthorpe, WA	33.58°	120.05°	14.1	28.9	21.5	426
	35807	Wide Bay, Qld	24.91°	152.32°	21.4	30.1	25.8	1 021
长圆叶班克木	38168	Grafton, NSW	29.62°	152.96°	18.6	29.9	24.3	994
	38524	Nowra, NSW	34.95°	150.54°	16.5	27.5	22.0	840
	38198	Appin, NSW	34.17°	150.61°	15.2	29.3	22.3	803
狭叶班克木	37067	Wide Bay, Qld	24.91°	152.32°	21.4	30.1	25.8	1 021
	36593	Redland Bay, Qld	27.68°	153.19°	20.4	29.6	25.0	1 085
	38503	Hervey Bay, Qld	25.32°	152.88°	21.9	29.9	25.9	1 100
	38502	Grafton, NSW	29.62°	152.96°	18.6	29.9	24.3	994
强力班克木	35224	Brisbane, Qld	27.42°	153.11°	15.7	25.4	20.6	1 186
	38163	Maryborough, Qld	25.52°	152.72°	15.3	26.9	21.1	1 154
	38164	Caloundra, Qld	26.80°	153.15°	21.4	27.6	24.5	1 578
	38199	Mullumbimby, NSW	28.64°	153.64°	20.8	27.5	24.2	1 733
	38177	Wide Bay, Qld	24.91°	152.32°	21.4	30.1	25.8	1 021

注:表中Qld代表昆士兰州(Queensland);NSW代表新南威尔士州(New South Wales);WA代表西澳(Western Australia)。

1.2 研究方法

1.2.1 种子形态长宽厚测量 每个班克木种或种源随机抽取3份种子,每份20粒,用电子游标卡尺(0.01 mm)分别测量每粒种子的长度、宽度及厚度。

1.2.2 种子千粒质量测量 每个班克木种或种源随机抽取8份纯净种子,每份100粒,用万分之一分

析天平称质量,推算其千粒质量。

1.2.3 种子发芽试验 试验于2012年10月15日在中国林业科学研究院热带林业研究所(广东省广州市)温室内(22°30'N,114°02'E)进行,采用完全随机区组试验设计^[6],每个班克木种或种源随机取300粒种子,分3次重复,每次重复100粒,均匀播于

15 cm × 10 cm 的育苗盘中。播种前,育苗盘和种子经 4% NaClO 溶液和 1 000 倍的多灵菌溶液消毒。播种基质为经高温灭菌消毒的砂土。定期喷水保持种子湿润,每天观测记录种子萌发状况。

1.2.4 发芽指标测定 (1)发芽始期:指从种子置床起到第 1 粒种子萌发所持续的时间;(2)发芽率(G_R): $G_R = \text{种子发芽总数} / \text{供试种子总数} \times 100\%$;(3)发芽速度(G_S): $G_S = \sum (D_i \times n_i) / \sum n_i$,即供试种子发芽所需的平均时间;式中: D_i 为从种子置床至初始发芽的天数, n_i 为 D_i 天发芽的种粒数。

1.2.5 胚轴胚根测量 当约 10% 幼苗真叶生长充满时^[5](即发芽第 32 天,移苗前),上述发芽试验每小区随机选择 10 株幼苗,用游标卡尺(0.01 mm)分别测定其胚轴及胚根长度。

试验数据采用 Excel 2007 绘制图表,运用 SPSS15.0 软件进行方差分析、相关分析和 Duncan 多重比较。

2 结果与分析

2.1 种子形态变异分析

班克木种子形态的种间差异表现不同:种子宽度和千粒质量,班克木 5 个种间均差异显著($P < 0.05$);香花班克木与强力班克木的种子长度种间差

异不显著,但二者与其他 3 个种间均存在显著差异($P < 0.05$);长圆叶班克木和强力班克木的种子厚度种间差异不显著,但二者与其他 3 个种间均存在显著差异($P < 0.05$)。由表 2 可知:班克木 5 个种间比较,强力班克木和香花班克木的种子长度最大,红花班克木的最小,强力班克木和香花班克木种子长是红花班克木的 2 倍多;香花班克木的种子最宽、最厚,而狭叶班克木最窄、最薄;香花班克木种子的千粒质量最大,约 106.5 g,显著高于其他 4 个种,约为其他种的 4~9 倍。

种源间比较,香花班克木、长圆叶班克木、狭叶班克木以及强力班克木的各种源间种子形态与千粒质量绝大多数差异显著($P < 0.05$),仅香花班克木的种子厚度差异不显著。香花班克木 37858 种源的种子长度最大,千粒质量最高,38505 种源的种子宽度最大;长圆叶班克木 38168 种源的种子长度、宽度和厚度最大,千粒质量最高,而 38198 种源的种子长度、宽度也较大;狭叶班克木 37067 种源的种子宽度、厚度最大,千粒质量最高,38502 种源的种子长度最大;强力班克木 38177 种源的种子长度、宽度和厚度最大,千粒质量最高,38163 种源的种子长度、宽度和厚度最小,千粒质量最低。

表 2 5 种班克木的种子形态变异

种名	编号	种子长/cm	种子宽/cm	种子厚/cm	种子千粒质量/g
香花班克木	37858	13.10(0.13)a	11.38(0.19)b	1.93(0.03)a	118.899(0.088)a
	38162	10.38(0.15)d	11.61(0.19)b	1.88(0.11)a	86.425(0.077)c
	38504	12.63(0.17)b	11.43(0.16)b	1.95(0.03)a	109.884(0.113)b
	38505	11.92(0.22)c	12.17(0.21)a	1.87(0.04)a	110.956(0.087)b
	均值	12.01(0.08)A	11.65(0.09)A	1.91(0.03)A	106.541(0.222)A
红花班克木	38335	5.91(0.08)D	4.02(0.10)D	1.57(0.03)B	14.108(0.007)D
	35807	8.39(0.12)c	4.09(0.07)b	1.09(0.02)a	17.047(0.020)c
	38168	9.97(0.19)a	4.47(0.08)a	1.12(0.02)a	22.183(0.020)a
	38524	8.89(0.19)b	3.86(0.09)c	0.99(0.02)b	15.701(0.027)d
	38198	9.62(0.13)a	4.48(0.08)a	1.03(0.02)b	17.987(0.033)b
均值	9.21(0.18)B	4.22(0.08)C	1.06(0.02)C	18.229(0.045)C	
狭叶班克木	37067	8.26(0.14)b	3.52(0.05)a	0.99(0.02)a	13.597(0.028)a
	36593	8.88(0.15)b	3.21(0.05)b	0.90(0.02)b	11.167(0.009)b
	38503	8.83(0.13)b	3.20(0.05)b	0.89(0.02)b	11.212(0.014)b
	38502	9.03(0.12)a	3.24(0.06)b	0.93(0.02)b	11.601(0.017)b
	均值	8.75(0.07)C	3.29(0.03)E	0.93(0.01)D	11.894(0.020)E
强力班克木	35224	11.83(0.21)bc	4.45(0.07)cd	1.05(0.02)b	24.861(0.020)d
	38163	11.44(0.16)c	4.34(0.07)d	1.03(0.02)b	23.629(0.032)e
	38164	11.74(0.14)c	4.63(0.07)bc	1.03(0.02)b	25.832(0.028)c
	38199	12.31(0.19)b	4.75(0.08)b	1.09(0.02)b	26.850(0.029)b
	38177	13.15(0.20)a	5.22(0.08)a	1.19(0.02)a	35.190(0.032)a
均值	12.10(0.20)A	4.68(0.08)B	1.08(0.02)C	27.272(0.067)B	

注:表中字母为 Duncan 多重比较结果,同列不同小写字母表示种内差异显著($P < 0.05$),同列不同大写字母表示种间差异显著($P < 0.05$),否则表示差异不显著($P < 0.05$);括号中数值表示标准误;下同。

2.2 种子发芽特征变异

在试验期间,红花班克木种子未发芽,故仅对其余4种班克木的种子发芽特征进行分析。表3表明:香花班克木与强力班克木的种子发芽率及胚轴长度种间差异显著,而与长圆叶班克木和狭叶班克木的种子发芽率及胚轴长度种间差异不显著($P < 0.05$);长圆叶班克木和强力班克木的发芽速度种间差异不显著,但与其他2个种间差异均显著($P < 0.05$)。4种班克木发芽率均值都高于60%,强力班克木最高,比香花班克木和狭叶班克木的发芽率约高20%;长圆叶班克木和强力班克木发芽速度最快,发芽始期最早,而香花班克木发芽速度最慢,发芽始期亦最晚;强力班克木的胚轴最长,狭叶班克木的胚根最长。

种源间比较,香花班克木中发芽率和发芽始期种源间均差异不显著,38505种源的发芽速度最快;长圆叶班克木中38524种源的发芽率最高,是发芽率最低者38198种源的近2倍,且发芽速度最快,发芽始期亦最早;狭叶班克木中36593种源发芽率最高,发芽始期最早,38503和38502的发芽率最低,不足50%,发芽始期亦最晚;强力班克木种源间发芽速度和发芽始期均差异不显著,38199和38163发芽率最高。

香花班克木、长圆叶班克木、狭叶班克木及强力班克木中胚轴最长的种源分别是38504、38524、38503、38177种源;香花班克木和狭叶班克木中胚根最长的种源分别是38162和38503种源。

表3 种子发芽特征变异

种名	编号	发芽率%	发芽速度/d	发芽始期/d	胚轴长/cm	胚根长/cm
香花班克木	37858	59.7(7.69)a	26.81(0.50)ab	21.3(0.33)a	9.94(0.37)b	5.53(0.28)b
	38162	67.7(4.33)a	27.47(0.73)a	20.3(0.33)a	10.37(0.54)b	7.00(0.43)a
	38504	53.3(3.76)a	27.11(0.21)ab	22.0(1.53)a	13.00(0.70)a	5.54(0.26)b
	38505	60.7(3.76)a	25.76(0.67)b	20.0(0.58)a	11.40(0.60)ab	5.58(0.36)b
	均值	60.3(2.68)B	26.79(0.28)A	20.9(0.43)A	11.18(0.60)B	5.91(0.36)B
长圆叶班克木	35807	65.7(3.93)c	24.62(0.88)a	16.3(1.33)a	7.81(0.32)c	7.48(0.52)a
	38168	80.7(1.45)b	24.30(0.86)b	13.7(1.45)ab	10.74(0.37)b	6.45(0.52)a
	38524	92.3(0.33)a	23.38(0.06)b	12.3(0.88)b	13.34(0.57)a	6.32(0.29)a
	38198	48.0(3.51)d	24.39(0.52)a	16.0(0.58)ab	12.01(0.50)b	7.17(0.41)a
	均值	71.7(5.14)AB	24.17(0.32)C	14.6(0.69)BC	10.98(0.58)B	6.86(0.45)A
狭叶班克木	37067	60.7(3.48)b	25.29(0.41)a	16.0(1.00)b	10.05(0.44)b	6.18(0.37)c
	36593	86.7(2.91)a	24.42(0.21)a	15.0(0.00)b	10.76(0.47)ab	7.18(0.43)bc
	38503	47.3(4.33)b	25.67(0.95)a	16.0(1.00)b	11.42(0.41)a	8.82(0.59)a
	38502	47.7(6.06)b	26.49(0.90)a	18.7(0.67)a	10.54(0.45)ab	7.51(0.46)b
	均值	60.6(5.17)B	25.47(0.37)B	16.4(0.53)B	10.69(0.45)B	7.42(0.50)A
强力班克木	35224	81.7(5.36)ab	24.78(0.66)a	13.7(0.88)a	13.17(0.74)a	7.58(0.39)a
	38163	83.0(4.73)a	23.18(0.35)a	14.7(0.33)a	10.67(0.35)b	6.76(0.34)a
	38164	69.7(2.03)b	24.21(0.76)a	13.0(1.00)a	10.67(0.35)b	6.76(0.34)a
	38199	84.3(4.33)a	24.75(1.14)a	15.3(1.45)a	12.59(0.48)a	7.73(0.46)a
	均值	79.9(2.04)A	24.21(0.31)C	14.3(0.42)C	12.24(0.57)A	7.33(0.40)A

2.3 种子形态、发芽特征和地理气候条件的相关性分析

相关分析结果(表4)表明:班克木的种子长、宽及厚均与千粒质量呈极显著正相关,说明种子越长、越宽、越厚,种子质量越大;种子宽与种子长显著正相关,与种子厚极显著正相关;种子长与发芽率、发芽速度及发芽始期呈显著正相关,与胚轴长呈极显著正相关;种子千粒质量与发芽率相关不显著;种子厚与胚根长显著负相关,表明种子越厚,胚根越短。

发芽率、发芽速度和发芽始期均与胚轴和胚根长呈极显著正相关($P < 0.01$),说明发芽率越高,发芽速度越慢,发芽始期越晚,胚轴和胚根越长;胚轴与胚根长也呈极显著正相关,说明胚轴越长,胚根也越长。

种子长、宽、发芽始期及胚轴长均与年降水量呈极显著或显著正相关;种子形态与千粒质量各指标中,仅种子长与经度呈显著正相关,而所有发芽特征均与经度呈极显著正相关,但种子形态和发芽特征与纬度表现为弱度负相关。

表4 班克木种子形态、发芽特征与地理、气候因子的相关性

	种子宽	种子厚	千粒质量	发芽率	发芽速度	发芽初期	胚轴长	胚根长	纬度	经度	最低年均气温	最高年均气温	年均气温	年降水量
种子长	0.54*	0.35	0.60**	0.49*	0.56*	0.58*	0.66**	0.37	-0.41	0.58*	0.28	-0.23	0.11	0.61**
种子宽		0.94**	0.99**	-0.07	0.27	0.28	0.12	-0.18	-0.13	0.16	0.16	0.11	0.16	0.49*
种子厚			0.92**	-0.32	-0.06	-0.05	-0.18	-0.48*	-0.01	-0.17	0.02	0.14	0.07	0.27
千粒质量				-0.05	0.29	0.31	0.15	-0.17	-0.20	0.19	0.20	0.13	0.20	0.45
发芽率					0.64**	0.65**	0.74**	0.66**	-0.26	0.74**	0.25	-0.33	0.05	0.43
发芽速度						0.99**	0.83**	0.84**	-0.43	0.98**	0.52*	0.06	0.41	0.59*
发芽初期							0.83**	0.83**	-0.45	0.98**	0.52*	0.07	0.41	0.58*
胚轴长								0.79**	-0.19	0.86**	0.27	-0.20	0.12	0.48*
胚根长									-0.41	0.88**	0.47	-0.05	0.33	0.44

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

3 结论与讨论

班克木属5个种的种子形态差异显著($P < 0.05$),这是班克木属植物分类的重要依据^[5]。种子形态及发芽特征种源间差异显著,除受种源地经度和年降水量影响外,还可能与种子采收自不同种群、不同年份、不同植株和不同果序有关。不同果序间和植株间的种子质量变异与种子发育阶段储存的营养物质含量有关^[7]。

参试种子除红花班克木在试验期间未发芽外,其余4种班克木种子发芽状况均良好。原因可能是,红花班克木是唯一采自西澳的种,属于地中海式气候,夏季干燥炎热,冬季温和多雨,雨热不同期;而其余4种班克木均采自澳大利亚东部沿海,属于亚热带季风湿润型气候,夏季高温多雨,雨热同期。广州的气候特点属于后者,故4种班克木较易适应,红花班克木在生长季节须经过炎热干燥的锻炼,故发芽困难。

本研究中,发芽率与种子千粒质量无显著相关,与Vaughton等^[7]对*Banksia marginata*的研究、Delgado等^[8]对*Cistus ladanifer*的研究以及李畅等^[9]对长白山区6种杜鹃花种子的研究结论基本一致。种子发芽情况反映种子生活力的强弱,而植物本身的遗传特性、种子贮藏时的条件、种子的成熟度及种子的年龄都是影响种子生活力的重要因素^[10]。

在植物生长发育过程中,种子具有最强的可塑性,环境条件对种子的影响非常重要^[10]。刘桂丰等^[11]对白桦种子的研究得出,种子的大小、质量与经纬度呈显著的负相关^[11]。本研究中,种子形态和萌发特性与经度呈极显著或显著正相关,但与纬度

呈弱度的负相关,即自西向东,种子越长,发芽速度越慢,发芽初期越晚,发芽率越高。通过对班克木5个种18个种源的种子形态和发芽特性的试验研究,强力班克木在广州的适应性最强,发芽率最高、发芽速度最快、发芽最早且胚根最长。

参考文献:

- [1] 马琳,何琳娜,姜岩,等. 锯叶班克木 *Banksia serrata* 外植体的选择及消毒方法的研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2011, 31(12): 133-137
- [2] Lamont B B, Klinkhamer P G L, Witkowski E T F. Population fragmentation may reduce fertility to zero in *Banksia goodie*-a demonstration of the Allee effect[J]. *Oecologia*, 1993, 94:446-450
- [3] Sedgley M, Janick J. *Banksia*: New proteaceous cut flower crop[J]. *Ornamentals*, 1998, 9:9-21
- [4] 陈华平,翁殊斐. 澳大利亚特色园林植物——班克木[J]. 广东园林, 2011(4): 55-57
- [5] Collins K, Collins K, George A[M]. *Banksias Australia*: warwick Forge, 2008:32-91
- [6] 续九如,黄智慧. 林业试验设计[M]. 北京:中国林业出版社, 1995:29-30
- [7] Vaughton G, Ramsey M. Sources and consequences of seed mass variation in *Banksia marginata* (Proteaceae)[J]. *Journal of Ecology*, 1998, 86: 563-573
- [8] Delgado J A, Serrano J M, Lopez F. Seed size and seed germination in the Mediterranean fire-prone shrub *Cistus ladanifer*[J]. *Plant Ecology*, 2008, 197:269-276
- [9] 李畅,苏家乐,陈璐,等. 长白山区6种杜鹃花属植物种子形态及萌发特性[J]. 扬州大学学报:农业与生命科学版, 2011, 32(4): 59-63
- [10] 朱念德. 植物学(形态解剖结构)[M]. 广州:中山大学出版社, 2000: 179-180
- [11] 刘桂丰,杨传平,刘关君,等. 白桦不同种源种子形态及发芽率[J]. 东北林业大学学报, 1999, 27(4): 1-4