

# 梓树属 4 个种种子表型性状和发芽特性的研究

赵曦阳<sup>1,2</sup>, 王军辉<sup>1</sup>, 张金凤<sup>2</sup>, 张守攻<sup>1</sup>, 张建国<sup>1</sup>, 马建伟<sup>3</sup>

(1 中国林业科学院 林业研究所, 国家林业局林木培育重点实验室, 北京 100091;

2 北京林业大学 生物学院, 北京 100083; 3 甘肃小陇山林业科学研究所, 甘肃 天水 741002)

**【摘要】**【目的】研究紫葳科(Bignoniaceae)梓树属(*Catalpa Scop*)中黄金树(*C. speciosa*)、梓树(*C. ovata*)、滇楸(*C. fargesii duclouxii*)和灰楸(*C. fargesii Bureau*)种子的表型性状和发芽特性及其相关性,为梓树属植物的遗传改良奠定基础。【方法】测定梓树属 4 个种 16 个系号种子的千粒重、长度、宽度、长宽比等表型性状,及发芽率、发芽势、发芽指数等发芽特性,并比较浸种时间(12, 24, 48 h)和温度、光照时间(30 ℃光照 8 h/20 ℃黑暗 16 h, 30 ℃光照 12 h/20 ℃黑暗 12 h,)对种子发芽的影响。【结果】黄金树种子的平均长度(29.322 2 mm)、宽度(5.023 4 mm)、千粒重(27.073 6 g)等指标均显著高于其他 3 个种;黄金树、梓树、滇楸的平均发芽率较高(>82.71%),灰楸发芽率(40.75%)显著低于其他 3 个种。黄金树、梓树发芽比较迅速,发芽势和发芽指数均较高,而滇楸和灰楸发芽势和发芽指数均很低。梓树属种子室温浸种 24 h 比浸种 12 和 48 h 容易发芽,30 ℃光照 8 h/20 ℃黑暗 16 h 变温条件较 30 ℃光照 12 h/20 ℃黑暗 12 h 更有利于种子发芽;发芽势、发芽指数均与种子的长、宽、千粒重呈极显著正相关。【结论】梓树属不同种种子的表型性状和发芽特性差异显著。

**【关键词】**梓树属;种子;表型;发芽特性

**【中图分类号】** S722

**【文献标识码】** A

**【文章编号】** 1671-9387(2008)12-0149-06

## Study on phenotypic traits and germination characters of four taxons of catalpa genus seed

ZHAO Xi-yang<sup>1,2</sup>, WANG Jun-hui<sup>1</sup>, ZHANG Jin-feng<sup>2</sup>,  
ZHANG Shou-gong<sup>1</sup>, ZHANG Jian-guo<sup>1</sup>, Ma Jian-wei<sup>3</sup>

(1 Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation, State Forestry Administration, Beijing 100091, China; 2 Department of Biology, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

3 Research Institute of Forestry of Xiaolongshan, Tianshui, Gansu 741002, China)

**Abstract:**【Objective】The research on seeds of *Catalpa speciosa* Scop, *C. ovata*, *C. fargesii duclouxii* and *C. fargesii Bureau* was aimed to provide evidence for genetic improvement of *Catalpa*. Phenotypic traits, germination features and relationships between them were the main contents of this study.【Method】Seeds of 16 lines from four different species were selected to determinate phenotypic traits (such as length, width and one thousand-seed weight and length to width ratio) and germination features (such as germination rate, germination potential and germination index). Meanwhile, impacts of soaking time (12, 24, 48 h), temperature, light time (30 ℃ 8 hour light/ 20 ℃ 16 hour dark, 30 ℃ 12 hour light/20 ℃ 12 hour dark) on germination were tested.【Result】The result revealed that the length, width and one thousand-seed weight of *C. speciosa*, respectively 29.322 2 mm, 5.023 4 mm, and 27.073 6 g, were significantly

\* [收稿日期] 2007-12-19

[基金项目] 国家“十五”科技攻关项目子课题(2004BA515B0505); 国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAD24B0801, 2006BAD01A1602); 国家林业局林木培育实验室基金项目(2005-03)

[作者简介] 赵曦阳(1981—), 男, 吉林四平人, 在读硕士, 主要从事楸树无性系选择研究。

[通讯作者] 王军辉(1972—), 男, 河南郟县人, 副研究员, 博士, 主要从事云杉、楸树遗传育种研究。E-mail: wangjh@caf.ac.cn

higher than those of the other 3 species. Germination rate of *C. fargesii* Bureau, about 40.75%, was remarkably lower than that of the other 3 species, all above 82.71%. *C. speciosa* and *C. ovata* had high germination rate, potential and index, while *C. fargesii* *duclouxii* and *C. fargesii* Bureau were just the opposite. Seeds soaked for 24 hours were much easier to germinate than those soaked for 12 or 48 hours and Variable temperature condition of 30 °C 8 hour light/20 °C 16 hour dark was more conducive to germination. Germination potential and germination index both had significantly positive correlation with length, width, and one thousand-seed weight. 【Conclusion】 Phenotypic traits and germination features of different species differed significantly.

**Key words:** *Catalpa Scop*; seed; phenotypic trait; germinating character

紫葳科(Bignoniaceae)梓树属(*Catalpa Scop*)共有 11 个种,主要分布在亚洲东部和北美洲。中国有 6 种,引入 1 种,主产于长江流域和黄河流域<sup>[1]</sup>。梓树属中的楸树、灰楸、黄金树和滇楸树干高大通直,材质好;而梓树树干一般较弯,材质不如楸树,但也是优良珍贵的用材树种<sup>[2]</sup>。梓树属树种的蒴果细长,种子多数长条形、两端有长绒毛。由于人们过度砍伐,目前梓树属植物资源越来越少,加之该属植物大多“自花不孕”,因此影响了梓树属植物的大量繁殖。到目前为止,我国对梓树属的研究主要集中在选优、良种繁育、培育速生丰产林和干旱区造林技术等方面<sup>[3-5]</sup>,而对其种子的研究甚少。树木种子形态具有较高的稳定性,在林木遗传育种上具有重要价值。种子各种表型指标与发芽率呈现不同程度的相

关性<sup>[6-8]</sup>,并且不同的发芽环境条件(温度、光照)对种子萌发有很大影响<sup>[9-14]</sup>。本试验对梓树属 4 个种的种子表型变异及其最适发芽条件进行了研究,以了解梓树属各个种的种子性状变异规律,为梓树属植物的遗传改良提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验所用材料为 2006 年在新疆、辽宁、贵州、江西、河南、甘肃收集的梓树属 4 个种(黄金树、梓树、滇楸和灰楸)共 16 个系号的种子,种子灰色,呈条形,扁平,两端翘状,有白色纤维质长丝软毛。种子来源和编号见表 1。

表 1 梓树属 4 种 16 个系号种子的代号与来源

Table 1 Codes and sources of four taxons of *Catalpa scop* seed

种 Species	系号 Genotype	产地 Source	种 Species	系号 Genotype	产地 Source
黄金树 <i>C. speciosa</i>	黄 1 Huang 1	新疆玛纳斯平原林场 Xinjiang manasi plain forestry farm	梓树 <i>C. ovata</i>	梓 2 Zi 2	贵州毕节 Bijie Guizhou
黄金树 <i>C. speciosa</i>	黄 2 Huang 2	新疆玛纳斯平原林场 Xinjiang manasi plain forestry farm	梓树 <i>C. ovata</i>	梓 3 Zi 3	江西九江 Jiujiang Jiangxi
黄金树 <i>C. speciosa</i>	黄 3 Huang 3	新疆玛纳斯平原林场 Xinjiang manasi plain forestry farm	梓树 <i>C. ovata</i>	梓 4 Zi 4	江西九江 Jiujiang Jiangxi
黄金树 <i>C. speciosa</i>	黄 4 Huang 4	新疆玛纳斯平原林场 Xinjiang manasi plain forestry farm	梓树 <i>C. ovata</i>	梓 5 Zi 5	河南洛阳 Luoyang Henan
黄金树 <i>C. speciosa</i>	黄 5 Huang 5	新疆玛纳斯平原林场 Xinjiang manasi plain forestry farm	梓树 <i>C. ovata</i>	梓 6 Zi 6	辽宁凤城 Fengcheng Liaoning
黄金树 <i>C. speciosa</i>	黄 6 Huang 6	新疆玛纳斯平原林场 Xinjiang manasi plain forestry farm	滇楸 <i>C. fargesii</i> <i>duclouxii</i>	滇 1 Dian 1	贵州毕节 Bijie Guizhou
黄金树 <i>C. speciosa</i>	黄 7 Huang 7	辽宁开原 Kaiyuan Liaoning	灰楸 <i>C. fargesii</i> Bureau	灰 1 Hui 1	甘肃天水 Tianshui Gansu
梓树 <i>C. ovata</i>	梓 1 Zi 1	辽宁桓仁 Hengren Liaoning	灰楸 <i>C. fargesii</i> Bureau	灰 2 Hui 2	甘肃天水 Tianshui Gansu

### 1.2 试验方法

1.2.1 种子表型性状的测定 (1)千粒重。随机选取各参试系号的饱满种子 400 粒,分 4 个重复,每重复 100 粒,采用精确度达万分之一克的德国赛多利斯电子天平称其质量。(2)表型性状。每个系号随机选择饱满种子 400 粒,分 4 个重复,每重复 100

粒,采用精确度达 0.01 的电子数显游标卡尺测量每粒种子的长、宽、总长(包括翅长),计算种子长宽比<sup>[15]</sup>。

1.2.2 种子适宜发芽条件的研究 由于梓树分布广,采集单株也较多,故仅选择梓树 5 个系号(梓 1、梓 2、梓 3、梓 4、梓 6)的种子为材料,于 2007-04 初,

研究浸种时间(12, 24, 48 h)、发芽温度和光照时间(30 ℃光照 8 h/20 ℃黑暗 16 h, 30 ℃光照 12 h/20 ℃黑暗 12 h)对种子发芽的影响, 共 6 个处理(表 2), 重复 4 次, 每重复 100 粒种子。

表 2 梓树属种子的发芽试验条件

Table 2 Conditions of germination test for *Catalpa Scop* seeds

处理编号 Treatment	温度光照时间/温度黑暗时间 Temperature lighting time/ Temperature darking time	浸泡时间/h Soaking time
1	30 ℃ 8 h/20 ℃ 16 h	12
2	30 ℃ 8 h/20 ℃ 16 h	24
3	30 ℃ 8 h/20 ℃ 16 h	48
4	30 ℃ 12 h/20 ℃ 12 h	12
5	30 ℃ 12 h/20 ℃ 12 h	24
6	30 ℃ 12 h/20 ℃ 12 h	48

种子用 40 ℃温水浸种后放入垫有 2 层滤纸的培养皿内, 然后放入种子培养箱内发芽。种子发芽以胚根达到种子长度 1/2 为标准, 每天定时记录当日发芽种子数, 并用蒸馏水清洗种子, 防止种子发霉, 同时补充水分保持滤纸湿润。在发芽末期, 当连续 5 d 发芽种子数平均不足供测种子总数的 1% 时, 结束发芽试验<sup>[16]</sup>。

1.2.3 梓树属不同种及种内不同个体种子的发芽特性 根据预备试验确定的适宜发芽条件, 分别测

表 3 梓树属各系号种子的表型性状

Table 3 Phenotype characters of each genotype of *Catalpa Scop* seed

树种 Species	系号 Genotype	千粒重/g 1 000-seed weight	长/mm Length	宽/mm Width	总长/mm Whole length	长/宽 Length/Width
黄金树 <i>C. speciosa</i>	黄 1 Huang 1	17.650 0 c	25.660 7 e	5.512 6 a	42.612 6 de	4.658 2 e
	黄 2 Huang 2	15.577 5 d	31.700 4 b	4.808 0 b	49.672 5 ab	6.591 7 ab
	黄 3 Huang 3	20.095 0 b	29.553 4 c	5.250 2 a	43.640 7 cd	5.634 7 cd
	黄 4 Huang 4	24.340 0 a	31.151 1 bc	4.583 2 b	45.319 3 c	6.800 8 a
	黄 5 Huang 5	21.100 0 b	26.083 6 de	4.691 7 b	40.598 2 ef	5.568 7 cd
	黄 6 Huang 6	24.495 0 a	27.449 5 d	4.697 0 b	43.847 0 cd	5.856 9 cd
	黄 7 Huang 7	24.257 5 a	33.656 4 a	5.620 8 a	39.665 3 f	6.004 2 bc
	平均 Average	27.073 6	29.322 2	5.023 4	43.622 2	5.873 6
梓树 <i>C. ovata</i>	梓 1 Zi 1	3.992 5 gh	7.687 4 hi	2.181 3 c	19.070 5 g	3.525 4 fg
	梓 2 Zi 2	4.702 5 gh	7.274 4 i	2.282 6 c	17.360 6 gh	3.186 6 g
	梓 3 Zi 3	3.782 5 gh	7.103 3 i	2.265 6 c	17.446 6 gh	3.136 2 g
	梓 4 Zi 4	4.022 5 gh	6.982 1 i	2.170 3 c	15.322 0 h	3.219 3 g
	梓 5 Zi 5	3.307 5 h	7.704 1 hi	2.149 4 c	19.208 3 g	3.587 0 fg
	梓 6 Zi 6	3.750 0 gh	8.205 5 hi	2.086 0 c	18.308 2 g	3.939 2 f
	平均 Average	3.926 3	7.492 8	2.189 2	17.786 0	3.432 3
滇楸 <i>C. fargesii</i> <i>duclouxii</i>	滇 1 Dian 1	4.927 5 fg	9.351 7 h	1.572 8 d	47.823 8 b	5.948 0 c
	平均 Average	4.927 5	9.351 7	1.572 8	47.823 8	5.948 0
灰楸 <i>C. fargesii</i> <i>Bureau</i>	灰 1 Hui 1	6.220 0 f	15.149 4 f	2.202 8 c	42.603 1 de	6.881 6 a
	灰 2 Hui 2	9.815 0 e	12.368 8 g	2.350 3 c	50.958 7 a	5.287 4 d
	平均 Average	8.017 5	13.759 1	2.276 6	46.780 9	6.084 5

定梓树属 4 种 16 个系号种子的发芽率、发芽势和发芽指数。发芽率/% = 正常发芽种子粒数/(参试种子总粒数 - 空粒) × 100%; 发芽势/% = 达到高峰时正常发芽种子粒数/(参试种子总粒数 - 空粒) × 100%; 发芽指数(GI) =  $\sum(Gt/Dt)$ , 其中  $Gt$  为不同发芽时间( $t$ )的发芽率(%),  $Dt$  为不同发芽试验时间(d)<sup>[16]</sup>。

### 1.3 数据统计与分析

对百分数数据进行反正弦转换后, 用 EXCEL 和 SAS 软件进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 梓树属 16 个系号种子的表型性状变异

由表 3 可知, 梓树属种子的千粒重、长、宽、总长和长宽比在 4 个种、16 个系号间均存在显著差异( $P < 0.005$ )。

黄金树 7 个系号种子的长、宽和千粒重均显著大于灰楸、梓树和滇楸的种子。灰楸种子的千粒重和长度又显著大于梓树的 6 个系号。灰楸和滇楸的种子总长较长, 表明这 2 种种子两边的软毛较长, 有利于种子传播。

注: 同列数据后标不同字母者表示差异显著( $P < 0.05$ )。表 6 同。

Note: Those Marked with different letters in the same column were significant difference( $P < 0.05$ ). The same with table 6.

## 2.2 浸种时间、发芽温度及光照时间对梓树属种子发芽的影响

表 4 表明,播种前浸种 24 h,然后在 30 ℃光照 8 h/20 ℃黑暗 16 h 条件下发芽,梓树属种子的发芽

表 4 不同发芽条件下梓树属种子的发芽率

Table 4 Germination percentage in different conditions of *Catalpa Scop* seed

处理编号 Treatment	1	2	3	4	5	6
发芽率/% Germination percentage	73.63 b	81.18 a	74.88 b	75.80 b	75.08 b	73.53 b

注:同行数据后标不同字母者表示差异显著( $P < 0.05$ )。

Note: Those marked with different letters in the same row mean significant difference( $P < 0.05$ ).

## 2.3 梓树属不同种及种内不同个体种子发芽特性的比较

在相同发芽条件下,梓树属 4 个种 16 个单株种

率可达到 81.18%,显著高于其他发芽处理。方差分析结果表明,浸种时间对梓树种子发芽有显著影响,而温度和光照时间的影响不显著。

子的发芽率、发芽势和发芽指数均存在极显著差异(表 5)。梓树属不同种和种内 16 个单株种子的发芽特性见表 6。

表 5 梓树属 4 种 16 个系号种子发芽特性的方差分析

Table 5 Variance analysis of germination characters from 16 genotypes

变异来源 Source of variation	自由度 df	发芽率 Germination percentage		发芽势 Germination energy		发芽指数 Germination index	
		F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F
		种 Species	3	134.34	0.000 1	92.20	0.000 1
个体 Genotype	15	29.31	0.000 1	25.38	0.000 1	55.67	0.000 1

表 6 梓树属各系号种子的发芽特性

Table 6 Germination characters of each genotype of *Catalpa Scop* seed

树种 Species	系号 Genotype	发芽率/% Germination percentage	发芽势/% Germination energy	发芽指数 Germination index
黄金树 <i>C. speciosa</i>	黄 1 Huang 1	94.00 a	76.50 ab	15.98 ab
	黄 2 Huang 2	74.75 bc	59.50 cdefg	12.39 de
	黄 3 Huang 3	95.00 a	83.75 a	16.27 ab
	黄 4 Huang 4	76.00 bc	59.25 cdefg	12.48 de
	黄 5 Huang 5	88.75 ab	51.50 efgh	15.97 ab
	黄 6 Huang 6	77.75 bc	66.50 bcde	13.22 cde
	黄 7 Huang 7	87.50 ab	69.75 abc	15.01 abc
	平均 Average	84.82	66.68	14.48
梓树 <i>C. ovata</i>	梓 1 Zi 1	94.75 a	64.50 bcdef	13.16 cde
	梓 2 Zi 2	84.00 abc	71.25 abc	14.23 bcd
	梓 3 Zi 3	74.50 bc	44.50 gh	11.68 e
	梓 4 Zi 4	78.75 bc	49.75 fgh	12.65 cde
	梓 5 Zi 5	69.50 c	52.00 defg	11.45 e
	梓 6 Zi 6	94.75 a	68.50 abcd	16.86 a
平均 Average	82.71	58.42	13.34	
滇楸 <i>C. fargesii duclouxii</i>	滇 1 Dian 1	86.75 ab	35.00 hi	7.20 f
	平均 Average	86.75	35.00	7.20
灰楸 <i>C. fargesii Bureau</i>	灰 1 Hui 1	32.00 e	26.00 i	4.69 g
	灰 2 Hui 2	49.50 d	25.50 i	6.48 fg
	平均 Average	40.75	25.75	5.59

由表 6 可知,黄金树 3 号种子的发芽率最高(95.00%);梓树 6 号、1 号次之,发芽率均达到 94.75%;而灰楸发芽率最低,灰楸 1 号和 2 号的发芽率分别为 32.00%和 49.50%。黄金树 3 号种子的发芽势也最高(83.75%),灰楸发芽势最低(平均为 25.75%)。梓树 6 号、黄金树 3 号种子的发芽指

数均达到 16 以上,说明梓树 6 号、黄金树 3 号的种子发芽比较迅速、整齐;发芽指数较低的仍然是灰楸 1 号和 2 号种子。滇楸 1 号种子的发芽率为 86.75%,而发芽势只有 35.00%,发芽指数为 7.20,表明滇楸的发芽率虽高,但发芽时间长、发芽不整齐。总体来看,梓树属中黄金树、梓树和滇楸的发芽

率均比较高,而灰楸较低。

## 2.4 梓树属种子表型性状与发芽特性的相关性

由表7可以看出,梓树属种子千粒重与种子长、宽、长宽比、总长存在极显著正相关,种子总长与种子长、宽、长宽比存在极显著正相关。发芽率与种子

表7 梓树属种子表型性状与发芽特性的相关分析

Table 7 Correlation coefficients between phenotype traits and germination character

性状 Trait	长 length	宽 Width	长/宽 Length/width	总长 Whole length	发芽率 Germination percentage	发芽势 Germination energy	发芽指数 Germination index
千粒重 Thousand-seed weight	0.947**	0.922**	0.645**	0.652**	0.200	0.399**	0.372**
长 Length		0.945**	0.732**	0.703**	0.142	0.393**	0.326**
宽 Width			0.493**	0.542**	0.311*	0.558**	0.523**
长/宽 Length/width				0.887**	-0.298**	-0.157	-0.276**
总长 Whole length					-0.230	-0.156	-0.279**
发芽率 Germination percentage						0.752**	0.833**
发芽势 Germination energy							0.874**

注: \*\*表示极显著相关。

Note: \*\*. Correlation is significant.

## 3 结论与讨论

本研究的梓树属16个系号种子中,黄金树种子的千粒重、长度、宽度最大;梓树、滇楸、灰楸种子的表型性状非常相近;种子的千粒重与种子长、宽、长宽比、总长呈极显著正相关,因此可通过种子大小来预测种子的千粒重。

种子萌发需要适宜的环境条件,水分是种子萌发的前提,适当的浸泡处理可以加速种子的吸胀,促进萌发前的代谢,达到出芽迅速、发芽率高的催芽结果<sup>[17]</sup>。本试验中,播种前浸种24h可极显著地提高梓树属种子发芽率。温度也是影响种子发芽的主要因素<sup>[18]</sup>,种子只有在一定的温度条件下才能萌发,因为温度影响到酶的活性,从而影响种子内部物质的转运以及种子吸水及气体交换,温度过高或过低都不利于种子发芽。光照对某些种子的萌发是必不可少的。本试验由于光照、温度条件参数设计较少,在设定的光照、温度条件下,种子发芽率差异不显著,如进一步进行试验,可以适当增加光照和温度条件,更有利于探讨种子发芽率的变化规律。

本研究中,在相同的环境条件下,梓树属种子的发芽率、发芽势、发芽指数在16个系号间差异显著。黄金树和梓树发芽率高,发芽整齐、迅速;灰楸的发芽势和发芽率都很低,表明种子活力低下。种子活力高低直接影响种子发芽率,如果种子活力较差,种子发芽率则低、发芽不整齐<sup>[19]</sup>。

梓树属种子发芽特性除与外界环境因子相关外,还与自身的表型性状有关,种子的发芽率与千粒

重呈显著正相关(0.311),与种子长宽比呈极显著负相关(-0.298)。发芽势、发芽指数均与千粒重、种子长、宽呈极显著正相关。发芽率、发芽势、发芽指数三者之间呈极显著正相关(0.752~0.874)。

重、种长、宽呈正相关;发芽势和发芽指数与千粒重、种长、宽呈极显著正相关,说明种子发育水平影响其发芽能力。故可以通过对种子千粒重或长、宽等某一个性状进行选择,以改良其他性状。

种子表型性状和发芽特性之间的关系对选种有重大影响。梓树属苗木生产中多采用实生种苗作为砧木,为了提高育苗效率,可以对种子的发芽率、发芽势、发芽指数、千粒重、长和宽等性状进行综合利用,选择高效种子为促芽培育的对象,为生产优质苗木提供保障。本试验结果说明,黄金树和梓树种子的表型性状和发芽特性均较优,可以大幅度提高育苗效率。

致谢:本文承蒙中国林业科学院林业研究所的马常耕研究员审阅并提出修改意见,国家林业局北方林木种子检验中心的李庆梅等老师在试验设计和操作上提出很多建议和帮助,特此一并致谢。

## [参考文献]

- [1] 任宪威. 树木学[M]. 北京:中国林业出版社,1997:473-474.  
Ren X W. Dendrology[M]. Beijing: Chinese Forestry Press, 1997:473-474. (in Chinese)
- [2] 潘庆凯,康平生,郭明. 楸树[M]. 北京:中国林业出版社,1991:1-2,52-53.  
Pan Q K, Kang P S, Guo M. *Catalpa bungei* [M]. Beijing: Chinese Forestry Press, 1991:1-2,52-53. (in Chinese)
- [3] 张永忠. 梓树的播种育苗技术[J]. 防护林科技,2006(2):21-22.  
Zhang Y Z. Study on the skills of sowing and raising seedlings of *Catalpa ovata* [J]. Protection Forest Science and Technolo-

- gy,2006(2):21-22. (in Chinese)
- [4] 盛淑艳,杜桂艳,高 军. 黄金树育苗技术 [J]. 林业实用技术, 2005(9):41.  
Sheng S Y, Du G Y, Gao J. The skills of raising seedlings of *Catalpa speciosa* [J]. Practical Forestry Technology, 2005(9): 41. (in Chinese)
- [5] 占玉芳, 蔺国菊. 干旱、半干旱区梓树的繁育技术及其利用 [J]. 防护林科技, 2005(1):89-90.  
Zhan Y F, Lin G J. The skills of breeding and useful of *Catalpa ovata* in the arid areas and semi-arid areas [J]. Protection Forest Science and Technology, 2005(1):89-90. (in Chinese)
- [6] 张建国, 段爱国, 张俊佩, 等. 不同品种大果沙棘种子特性研究 [J]. 林业科学研究, 2006, 19(6):700-705.  
Zhang J G, Duan A G, Zhang J P, et al. A study on seed characteristics of large berry cultivars of sea buckthorn [J]. Forestry Science Study, 2006, 19(6):700-705. (in Chinese)
- [7] 莫昭展, 曹福亮, 汪贵斌, 等. 银杏种子性状的变异分析 [J]. 河北林业科技, 2006(4):1-6.  
Mo Z Z, Cao F L, Wang G B, et al. Analyse on seed variation of ginkgo [J]. Journal of Hebei Forestry Science and Technology, 2006(4):1-6. (in Chinese)
- [8] 张爱华, 雷锋杰, 陈长宝, 等. 甘草不同品系种子特征特性比较与遗传多样性分析 [J]. 吉林农业大学学报, 2006, 28(6):644-647.  
Zhang A H, Lei F J, Chen C B, et al. Seed property comparison and genetic diversity analysis among different lines of *Glycyrrhiza uralensis* [J]. Journal of Jilin Agricultural University, 2006, 28(6):644-647. (in Chinese)
- [9] Zhang W L, Li L H, Zu Y G. Effect of priming on the germination of *Peltophorum dubium* seeds under water stress [J]. Journal of Forestry Research, 2004, 15(4):287-290.
- [10] Gu B, Weber D J. Effect of salinity, light, and temperature on germination in *Allenrolfea occidentalis* [J]. Canadian Journal of Botany, 1999, 77:240-246.
- [11] Gulzar S, Khan M A. Seed germination of a Halopytic grass, *Aeluropus lagopoides* [J]. Annuals of Botany 2001, 87:319-324.
- [12] 刘幼琪, 洪艳艳, 罗 影, 等. 珍珠花种子发芽条件的研究 [J]. 湖北大学学报:自然科学版, 1999, 121(1):81-83.  
Liu Y Q, Hong Y Y, Luo Y, et al. Study on conditions of seed germination of *Staphylea bumalda* DC [J]. Journal of Hubei University: Natural Science Edition, 1999, 121(1):81-83. (in Chinese)
- [13] 叶景学, 孙桂波, 王 为, 等. 尾叶香茶菜种子发芽特性研究 [J]. 种子, 2006, 25(11):75-77.  
Ye J X, Sun G B, Wang W, et al. Study on germination character of *Isodon excia* [J]. Seeds, 2006, 25(11):75-77. (in Chinese)
- [14] Chen Y S, Sziklai. Preliminary study on the germination of *Toona sinensis* (A. Juss.) Roem. seed from eleven Chinese provinces [J]. Forest Ecol Management, 1985, 10:269-281.
- [15] 国家质量技术监督局. GB2772—1999 林木种子检验规程 [S]. 北京:中国标准出版社, 1999.  
China Quality Supervision. GB2772—1999 Forestry seed testing regulations [S]. Beijing: Chinese Standard Press 1999. (in Chinese)
- [16] 宋松泉. 种子生物学研究指南 [M]. 北京:科学出版社, 2005:57-61.  
Song S Q. Seeds biology study guide [M]. Beijing: Science Press, 2005:57-61. (in Chinese)
- [17] 陈 英. 实用中药种子技术手册 [M]. 北京:人民卫生出版社, 1999:53.  
Chen Y. Practical handbook of Chinese medicine seed technology [M]. Beijing: People's Health Press, 1999:53. (in Chinese)
- [18] 陈民生, 赵京岚, 徐守国. 玉米种子发芽特性与温度的相关性研究 [J]. 山东农业科学, 2007(2):40-43.  
Chen M S, Zhao J L, Xu S G. The correlation between germination characters of maize and temperature [J]. Shandong Agricultural Sciences, 2007(2):40-43. (in Chinese)
- [19] 孙 群, 王建华, 孙宝启. 种子活力的生理和遗传机理研究进展 [J]. 中国农业科学, 2007, 40(1):48-53.  
Sun Q, Wang J H, Sun B Q. Advances on seed vigor physiological and genetic mechanisms [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2007, 40(1):48-53. (in Chinese)