

喀斯特乡土树种伊桐的种实性状及幼苗生长特征

吕仕洪¹, 张建亮¹, 尤业明¹, 谭卫宁², 陆树华¹, 李先琨¹

(1. 广西壮族自治区广西植物研究所, 广西 桂林 541006; 2. 广西木论国家级自然保护区管理局, 广西 环江 547100)

摘要: 研究了喀斯特乡土树种伊桐的果实性状、种子性状、播种萌发和幼苗生长等的基本特征。结果表明: 伊桐果实单果鲜重 63.20~149.50 g, 其长度和宽度则分别为 55.59~86.60 mm 和 38.59~51.80 mm, 单果出种量 19.95~57.15 g, 出籽率 31.57%~40.81%, 单果种子数 343~690 粒, 单粒种子均重 0.0582~0.0857 g, 其出籽率、单果种子数和单粒种子均重与果实重量存在一定程度的正相关; 伊桐种子的长、宽平均分别为 (25.93±2.80)mm 和 (13.72±2.88)mm, 完整种子平均风干重 (0.0153±0.0033)g, 脱翅种子平均重 (0.0112±0.0024)g, 种翅占整个种子的 (26.56±4.53)%; 伊桐种子播前采取不同处理方式的平均发芽天数、平均发芽指数和平均发芽率等存在一定或是比较明显的差异, 浸种、脱翅或两者相结合的方式均能有效缩短种子发芽时间并明显提高种子发芽率; 伊桐幼苗的株高和基径的月均生长量分别介于 3.3~16.3 cm 和 0.32~2.80 mm 之间, 其中经浸种处理的前期生长较快, 未经浸种处理的中期生长较快。

关键词: 伊桐; 果实性状; 种子性状; 播种萌发; 幼苗生长; 喀斯特; 乡土树种

中图分类号: S792.99 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2012)05-0637-07

Traits of fruit, seed and seedling growth of karst native tree species *Itoa orientalis*

LÜ Shi-Hong¹, ZHANG Jian-Liang¹, YOU Ye-Ming¹, TAN Wei-Ning², LU Shu-Hua¹, LI Xian-Kun¹

(1. Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuang Autonomous Region and the Chinese Academy of Sciences, Guilin 541006, China; 2. Administrative Bureau of Mulun National Nature Reserve of Guangxi, Huanjiang 547100, China)

Abstract: *Itoa orientalis* is an excellent native tree species for ecological restoration in stone desertification region. The traits of fruit, seed, sowing, germination and seedling growth of this species were studied in this paper. The results showed that single fruit of *I. orientalis* weighed 63.20–149.50 g. Vertical and transverse diameters of fruit were 55.59–86.60 mm and 38.59–51.80 mm respectively. Seed mass per fruit was 19.95–57.15 g and seed output was 31.57%–40.81%. Seed number per fruit was 343–690 and each fresh seed weighed 0.0582–0.0857 g. There was a positive correlation between fruit weight and seed output, seed number per fruit and single seed weight. Seed was (25.93±2.80) mm in length and (13.72±2.88) mm in width. The dry seed with wing weighed (0.0153±0.0033) g and that without wing was (0.0112±0.0024) g. Seed wing weight accounted for (26.56±4.53)% of the seed weight. The mean germination days, mean germination index and germination rate were different among different treatments before seed sown. Germination times could be shortened and germination rate could be improved by soaking seed or removing wing or by integrating this two ways. Average growth per month was 3.3–16.3 cm in plant height and 0.32–2.80 mm in stem base. Seedlings from soaking seed grew faster in prophase, while those from no soaking seed grew faster in metaphase.

Key words: *Itoa orientalis*; fruit trait; seed trait; sowing and germination; seedling growth; karst; native tree species

* 收稿日期: 2012-03-27 修回日期: 2012-06-06

基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划课题 (2010BAE00739-02) [Supported by the Supporting Program of the “Twelfth Five Years Plan” for Science and Technology Research of China (2010BAE00739-02)]

作者简介: 吕仕洪(1967-), 男, 广西玉林人, 副研究员, 主要从事植物资源利用和恢复生态学研究, (E-mail) lshh@gxib.cn.

喀斯特地区是我国南方生态退化极为突出而严重的区域,其中喀斯特石漠化(以下简称石漠化)已经成为制约喀斯特地区可持续发展的生态环境问题,它正在使部分人口完全丧失最基本生存条件而沦为生态难民(张殿发等,2001)。如何通过自然封育和人工重建的途径,尽快建立以乔木树种为主、生态服务功能良好的喀斯特森林生态系统,促进石漠化区的生态环境走向良性循环,是石漠化治理面临的重大技术难题。乡土树种是喀斯特地区十分重要的植物资源,其在石漠化区生态重建中的优势和利用价值已经引起了人们的关注(李先琨等,2003;但新球等,2004)。近年来,广西、云南和贵州等省区在开发利用喀斯特乡土树种方面进行了一些有益的尝试并取得了初步成效(曾杰等,2006),但更多的优良乡土树种还有待认识和利用。

伊桐(*Itoa orientalis*)又名梔子皮、野厚朴,为大风子科(Flacourtiaceae)伊桐属(*Itoa*)常绿乔木,高可达15~20 m,主要分布于我国的云南、广西、四川和海南等省(区)及越南等国(国家林业局国有林场等,2001),生长在喀斯特区和非喀斯特区,常见于海拔1 000 m以下的向阳山坡或山谷疏林中,是分布区比较常见的乡土树种,其叶片具有诱杀玉米黑毛虫的功效(钟济新,1982)。伊桐属偏阳性树种,雌雄异株,性喜肥沃深厚土壤,但在土层较为浅薄的喀斯特山地中下坡也能生长正常或良好。近年来,在广西平果县龙何示范区的石漠化山地植被修复试验中,伊桐是所有试验树种中效果最明显的树种之一,具有成活率高、速生和适应性强等优点,但在育苗过程中也发现该树种存在种子发芽率低、苗木整齐度差等现象。迄今为止,有关伊桐研究的文献资料主要涉及分类性状与地理分布、叶化学成分和幼苗耐性等方面(钟济新,1982;国家林业局国有林场和林木种苗工作总站,2001;柴兴云等,2008;柴兴云等,2008;黄晓霞等,2011),而对其种实性状(包括果实和种子)和播种育苗等研究较少。本文主要就伊桐种实性状、播种萌发和幼苗生长等开展室内分析和试验研究,着重解决其播种育苗中存在的一些技术难题,为今后该树种的开发利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 果实采集

伊桐果实于2008年11月采自广西木论国家级

自然保护区。木论自然保护区位于广西环江县西北部(107°54'01"~108°05'51" E, 25°07'01"~25°12'22" N),北与贵州省茂兰国家级自然保护区相连,区内喀斯特地貌极为发育,植物资源十分丰富,是一个以保护中亚热带喀斯特森林生态系统为主的综合型自然保护区(广西壮族自治区林业厅,1993)。在木论自然保护区,伊桐主要分布在山坡中下部的阔叶林中,单独或者与刨花润楠(*Machilus pauhoi*)等树种组成群落优势层(郑颖吾,1999),是保护区及其周边地区比较常见的乡土先锋树种之一。本次研究共采集到果实96个,母树(5株)株高8~11 m,胸径10~13 cm,长势良好。

1.2 种实性状测定

种实性状测定包括果实测定和种子测定。果实测定是逐一测定其单果重(鲜重)、果实的长度和宽度、单果出种量和单果种子数等;种子测定则是在果实测定完成而将所有种子充分混合和风干(室内阴干30 d)后,随机选取100粒外形完好的种子测定其单粒种子重量(带翅及脱翅)、种子长度和宽度等。单果重和单果出种量用电子天平(DT-200 A,精度0.01 g)测定,果实和种子的长度和宽度用数显游标卡尺(精度0.01 mm)测定,单粒种子鲜重采用分析天平(AE240,精度0.0001 g)测定。

1.3 播种发芽试验

播种发芽试验在桂林植物园苗圃内进行。桂林植物园位于广西桂林市郊雁山镇(110°17' E, 25°01' N),属中亚热带季风气候,年平均气温19.2℃,最冷月(1月)平均气温8.4℃,最热月(7月)平均气温28.4℃,极端最高温度40℃,极端最低温度-6℃,>10℃年积温5 955.3℃,年均降水量1 865.7 mm,年均相对湿度78%,通常情况下,该区年最低气温在-1℃以上,偶有霜冻。海拔140~160 m,土壤为酸性红壤,pH值5.6。

伊桐种子于2009年4月15日播种。播种前,伊桐种子分别采取6种方式进行处理(表1),其中种翅分为保留种翅(留翅)和去除种翅(脱翅)2种方式,而浸种则分为3种处理方式。经浸种处理的种子稍作晾干即行条播,每一重复播种一个小区(小区面积2 m×1.2 m),每行混沙播种50粒,行距40 cm。各试验小区采取随机排列,两个相邻小区之间空出一个播种行作隔离带。播种初期,地表搭建高0.5 m、透光度25%的塑料遮阳棚,以防雨水冲刷和强光灼伤幼苗。在种子萌发和幼苗生长观察期间,

试验地采用常规方法进行水肥管理等。

种子发芽以子叶出土为标准,从播种次日起每隔 2 d 观察和统计 1 次(胡晋,2006),直至连续 5 次(10 d)无新的种子发芽为止。

1.4 幼苗生长观测

幼苗生长采用定株观测法,即在发芽观察结束

前(2009 年 6 月 1 日),每一播种行先选择 5 株外形和生长均属正常的幼苗(株距 20~25 cm)作为备选对象并将其它幼苗移走,然后再从备选对象中随机选择 2 株幼苗挂牌编号作为观测对象,每小区 8 株,每处理 24 株。株高和基径分别用钢卷尺(精度 1 cm)和数显游标卡尺测量(精度 0.01 mm),6~9 月

表 1 伊桐种子播前处理
Table 1 Seed treatments of *Itoa orientalis* before sowing

处理号 Treatment No.	种翅处理 Treatment of seed wing	浸种方式 Way of seed soaking	种子数(粒) No. of seed	重复数 No. of replication	种子总数(粒) Total seed number
A1(对照)Control	留翅	不浸种	200	3	600
A2	留翅	22℃水浸种 8 h	200	3	600
A3	留翅	40℃水浸种 8 h	200	3	600
B1	脱翅	不浸种	200	3	600
B2	脱翅	22℃水浸种 8 h	200	3	600
B3	脱翅	40℃水浸种 8 h	200	3	600
合计 Total	—	—	—	18	3600

各测量 2 次(每月 1 日和 15 日),10~12 月各测量 1 次(每月 1 日),至当年 12 月中旬幼苗因霜冻发生枯梢而停止。

1.5 数据计算与处理

数据计算主要采用以下公式:(1)出籽率(%)=单果出种量 g/单果重 g×100;(2)单粒种子鲜重(g)=单果出种量 g/单果种子数;(3)平均发芽天数= $[\sum(n_i \times t)]/N$ (胡晋,2006);(4)发芽指数= $\sum(n_i/t)$ (胡晋,2006);(5)发芽率(%)= $(\sum n_i)/N \times 100$;

其中,式(3)、(4)和(5)中的 n_i 和 N 分别为第 t 天种子发芽数和总发芽数。

数据分析和绘图分别在 SPSS17.0 软件和 Excel 2003 中进行,并采用 LSD 法进行多重比较和差异性显著检验($P < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 果实性状

从外形来看,伊桐果实(蒴果)为纺锤形、卵圆形或扁球形,果柄粗壮,新鲜果实呈绿色或灰绿色,风干后则呈灰褐色或黑褐色并裂成数瓣。测定结果显示,伊桐果实鲜重为 63.20~149.50 g,平均为(111.97±17.36)g;果实的长度和宽度分别为 55.59~86.60 mm 和 38.59~51.80 mm,平均分别为(79.89±4.42)mm 和(44.21±2.92)mm;单果出种量 19.95~57.15 g,平均为(41.00±7.19)g;出籽率 31.57%~40.81%,平均为(36.52±1.92)%;

单果种子数 343~690 粒,平均为(553.3±64.8)粒;单粒种子均重(鲜重)0.0582~0.0857 g,平均为(0.0737±0.0062)g。由此可见,伊桐果实个体较大,单果种子数较多,但种子重量轻微。

将伊桐果实的出籽率、单果种子数和单粒种子均重等与其重量进行线性回归分析,结果表明(图 1),三者均与果实重量存在一定程度的正相关,其中单果种子数、单粒种子均重与其果实重量的相关性很高(R^2 分别为 0.6806 和 0.6848),但出籽率与果实重量相关性较低($R^2 = 0.1051$)。因此,野外采样时选择重量较大的果实不但可以得到数量较多的种子,而且种子质量亦较高。

2.2 种子性状

伊桐种子呈三角形至梯形,周围带有不规则的膜质翅,种皮革质,种子外向一侧下凹。经测定(表 3),伊桐种子的长度和宽度平均分别为(25.93±2.80)mm 和(13.72±2.88)mm,其最大值与最小值之比分别为 1.94 和 2.89,变异系数则分别为 10.80%和 20.99%,表明伊桐种子不同个体之间的形状差异较大。

伊桐种子重量(风干重)因其种翅的有无而异,其中完整种子(带翅)为 0.0083~0.0222 g,平均为(0.0153±0.0033)g;去除种翅后的种子(脱翅)为 0.0060~0.0157 g,平均为(0.0112±0.0024)g;种翅占整个种子重量的 16.79%~37.07%,平均为(26.56±4.53)%。由此可见,种翅在伊桐种子的结构中所占比例较高而使其具有通过风媒等方式进行

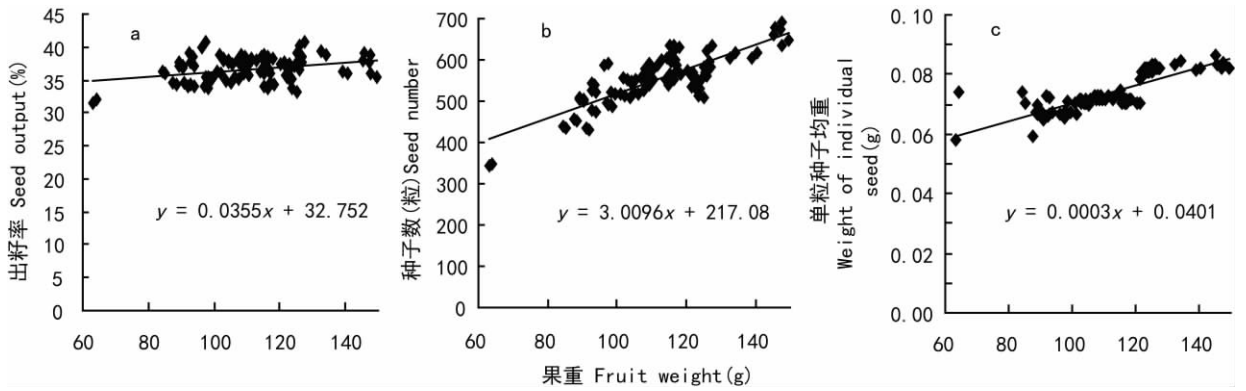


图 1 出籽率(a)、单果种子数(b)和单粒种子均重(c)与果实重量的关系

Fig. 1 Correlation between fruit weight and seed output(a), seed number(b), individual seed weight(c)

表 2 伊桐种子性状分析表

Table 2 Seed traits of *Itoa orientalis*

种子性状 Seed traits	测定数(粒) Determine number	最大值 Max.	最小值 Min.	平均 Mean±SD
长度 Length (mm)	100	31.40	16.21	25.93±2.80
宽度 Width (mm)	100	26.60	9.21	13.72±2.88
单粒重(带翅) Weight of individual seed(with wing) (g)	100	0.0222	0.0083	0.0153±0.0033
单粒重(脱翅) Weight of individual seed(without wing) (g)	100	0.0157	0.0060	0.0112±0.0024
种翅 Percent of seed wing (%)	100	37.07	16.79	26.56±4.53

表 3 伊桐种子播种发芽统计表

Table 3 Statistics on seed germination of *Itoa orientalis* by sowing

处理号 Treatment No.	播种数量(粒) Sowing quantity	初始发芽天数 Initial germination days	结束发芽天数 Final germination days	平均发芽天数 Mean germination days	平均发芽指数 Mean germination index	平均发芽率 Mean germination rate (%)
A1	600	21	51	35.9±6.5a	2.20±0.09a	38.33±0.58a
A2	600	19	39	25.8±3.9b	5.20±0.46b	65.67±7.01b
A3	600	19	41	25.1±4.1c	5.25±0.92b	64.33±11.90b
B1	600	19	49	31.8±6.2d	3.62±0.57c	55.33±5.58bc
B2	600	17	41	25.7±4.1b	5.03±0.47b	63.50±4.44b
B3	600	19	47	24.8±5.1c	5.94±1.01b	71.17±11.07bd
总计	3600	17	51	27.4±6.2	4.54±1.41	59.72±12.75

注: 不同字母表示两两之间显著差异(P<0.05)。

Note: Different letters indicate significant difference among grades of fruit weight at P<0.05.

远距离扩散的特性(张小彦等,2009),有利于种群的扩展和繁衍。有文献记载(国家林业局国有林场和林木种苗工作总站,2001),伊桐种子的千粒重一般为 9.5 g(即平均单粒重 0.0095 g),与上述数据差距较大,可能与两者的采种地点及种子含水量不同有关。此外,与果实测定时的单粒种子均重(0.0737±0.0062)g 相比,风干后的种子平均重量仅为前者的 20.8%,表明伊桐果实内的种子含水量很高。

2.3 播种萌发

在桂林植物园,伊桐种子播种的初始发芽时间为 17~21 d,发芽持续时间 20~30 d,不同处理之间存在一定的差异(表 4)。从图 2 可以看出,经浸种

处理的伊桐种子于播种后第 23 天(5 月 8 日)同时出现发芽高峰期,其当日发芽数量分别达到 168 粒(A2,28%)、144 粒(A3,24%)、156 粒(B2,26%)和 165 粒(B3,27.5%),发芽峰值和累积发芽率变化比较明显;而未经浸种处理的(A1 和 B1)发芽数量以播种后第 33 天(5 月 18 日)最多,其当日发芽数量分别仅为 49 粒(8.17%)和 64(10.67%)粒,发芽峰值和累积发芽率变化明显小于其它 4 个处理,表明浸种处理能有效提高伊桐种子的发芽势和发芽整齐度。

在 6 个不同处理中,其平均发芽天数的大小顺序是 A1(对照)>B1>A2>B2>A3>B3(表 4),最大值与最小值之间相差达 11.1 d;平均发芽指数的

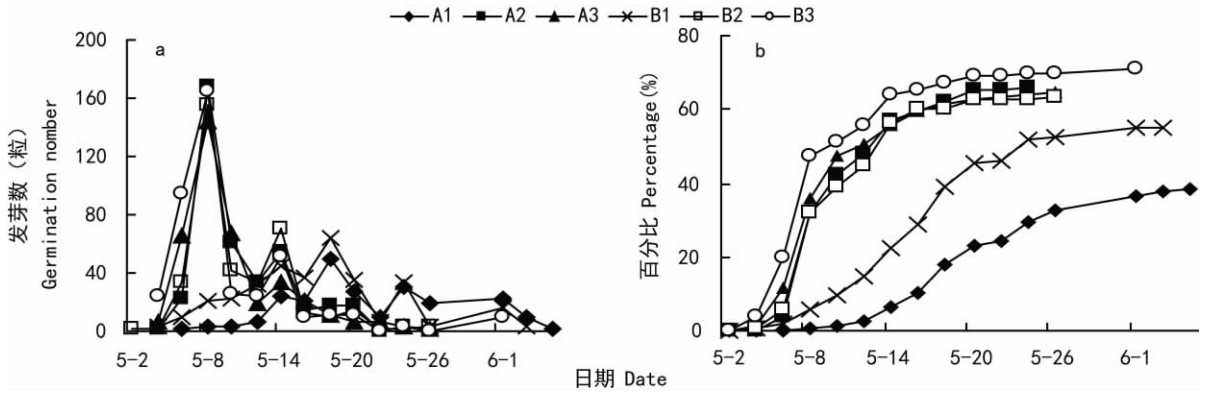


图 2 种子发芽动态(a)与累积发芽率(b)

Fig. 2 Germination dynamic (a) and accumulating germination percentage (b)

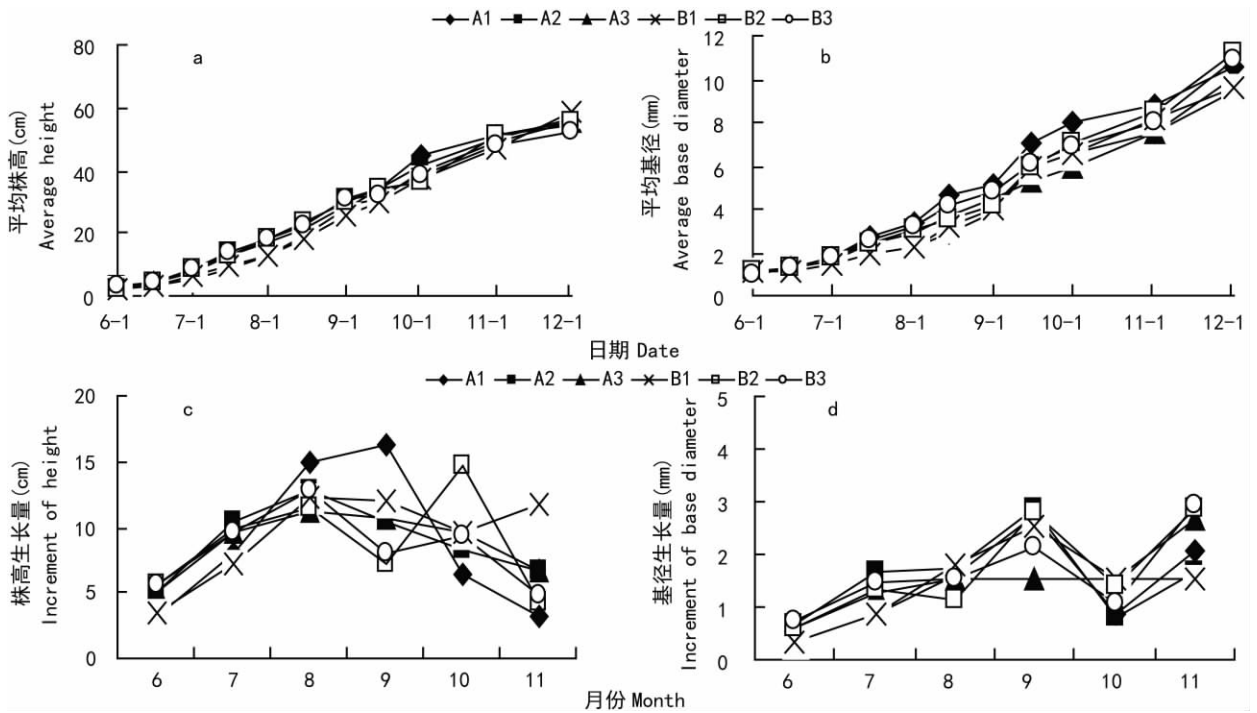


图 3 伊桐幼苗动态

Fig. 3 Seedling growth of *Itoa orientalis*

大小顺序是 $B3 > A3 > A2 > B2 > B1 > A1$ ；平均发芽率的大小顺序是 $B3 > A2 > A3 > B2 > B1 > A1$ ，其中经过浸种处理的 A2、A3、B2 和 B3 的平均发芽率分别是 A1 的 1.71 倍、1.68 倍、1.66 倍和 1.86 倍，脱翅处理的 B1 则是 A1 的 1.44 倍，差别比较明显。多重比较分析结果显示，与 A1 相比，其它 5 个处理的平均发芽天数、平均发芽指数和平均发芽率等均差异显著；浸种处理的平均发芽天数和平均发芽指数与不浸种处理的差异显著，表明播前采取浸种、脱翅或两者相结合的方式，均能有效缩短伊桐种子的发芽时间并明显提高其种子发芽率。综合试验观察

及数据分析结果显示，B3 的发芽效率最高，A2、A3 和 B2 次之，B1 和 A1 则较差，因此，伊桐种子播前采取脱翅和 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 水浸泡 8 h 的处理方式可以取得比较理想的效果。

2.4 幼苗生长

伊桐属于子叶出土型，其幼苗在子叶出土后 6~7 d 开始出现真叶。在整个试验观察期间(6~11 月)，绝大多数伊桐幼苗的株高和基径均在持续增加而无明显的生长间歇期(图 3)，只是在当年 12 月下旬因遭遇霜冻而普遍出现枯梢现象。据 12 月 1 日测定结果统计，伊桐幼苗的平均株高分别为 52.8 cm

(A1)、56.5 cm(A2)、55.5 cm(A3)、58.9 cm(A2)、55.6 cm(A3)和 54.2 cm, 平均基径则分别为 9.51 mm(A1)、9.42 mm(A2)、10.47 mm(A3)、9.66 mm(A2)、11.28 mm(A3)和 10.91 mm, 其中单株幼苗的株高和基径最大值分别达 79.20 cm 和 12.64 mm, 表明伊桐在幼苗期就具有较明显的速生性。

由图 3 可以看出, 6~11 月, 伊桐幼苗均保持着较高的生长速度, 其株高和基径的月均生长量分别为 3.3~16.3 cm 和 0.32~2.80 mm, 不同月份之间差异较大, 其中株高生长量在 6~8 月逐渐增加(A1 最大值出现在 9 月份), 9 月以后逐渐下降; 地径生长量在 6~9 月逐渐增加, 在 10 月份明显下降后, 11 月份又出现反弹。相比而言, 经浸种处理(A2、A3、B2 和 B3)的前期(6~7 月)生长较快, 而未经浸种处理(A1 和 B1)的则是中期(8~9 月)生长较快, 表明浸种处理对提高伊桐幼苗的早期生长量

有利, 但随着时间的增加, 不同处理之间的平均株高和平均基径的差距逐渐减小, 到 12 月初时比较接近而彼此差异不显著(表 4)。

3 结论与讨论

种实性状是种子植物极为重要的特性, 同时也是植物分类的主要依据。在植物生活史中, 种实性状主要受其植物生活型、植被类型、群落所处演替阶段和生长环境等因素的影响, 并且与种子传播、种子品质、幼苗质量和土壤种子库的持久性等密切相关。从测定及分析结果来看, 伊桐种实性状的基本特点主要有两点, 一是果实较大, 单个果实内含种子数量较多, 且其出籽率、种子数量和种子质量等与果实重量存在一定程度的正相关; 二是种子具膜质翅, 外形较大, 但重量轻微, 具备通过风传播、附着传播、蚂蚁

表 4 伊桐幼苗方差分析

Table 4 Variance analysis of *Itoa orientalis* seedlings growth

项目 Item	来源 Source	平方和 Sum of squares	自由度 df	均方 Mean squares	F 值 F value	显著性 Significance
平均株高 Average height	组间	43.181	5	8.636	0.030	0.999
	组内	3402.223	12	283.519		
	总和	3445.404	17			
平均基径 Average base diameter	组间	7.294	5	1.459	0.354	0.864
	组内	49.406	12	4.117		
	总和	56.700	17			

传播、脊椎动物传播等多种方式进行扩散和持久性种子库的形态特性(张小彦等, 2009), 这对种群的扩展和繁衍十分有利。

种子萌发行为主要受物种特性、种子质量、播前处理和播种环境等因素的影响, 其中播前处理可以改良种子的萌发行, 如清水或化学药剂浸种、酸蚀、机械破损和层积处理等(胡晋, 2006; 宋松泉等, 2008), 这些方法对加速种子萌发和提高种子发芽率等能够起到比较明显的作用。伊桐种子具翅, 无休眠特性并多采取干藏法贮存(国家林业局国有林场和林木种苗工作总站, 2001), 种子含水量较低, 脱翅、浸种处理或者两者相结合的方式均能有效缩短其播种发芽时间并明显提高种子发芽率, 特别是采取脱翅和 40 °C 水浸泡 8 h 的处理方式可以取得比较理想的效果。王念奎(2008)对香樟种子浸种试验发现, 采用不同化学药剂浸种对香樟种子活力会造成比较明显的影响; 马长耕等(1986)在对马尾松和侧柏等 14 种林木种子浸种试验证明, 种子的发芽速度和发芽率等与

其浸种时间长短存在较为密切的关系。值得指出的是, 浸种处理虽然对种子发芽有利, 但方式不当会引起浸泡伤害(宋松泉等, 2008)。因此, 伊桐种子的最佳浸种方式还有待进一步的试验研究。

伊桐幼苗属全年生长型, 但忌霜冻, 而浸种处理能够有助于提高其早期生长量。夏秋高温和秋冬干旱在我国南方喀斯特地区中比较普遍, 也是制约石漠化区幼苗生长和植被修复效率的主要因子, 因而伊桐种子春播时采取浸种处理进行播种, 不但可以缩短种子发芽时间和提高种子发芽率, 而且还能促进伊桐幼苗提前进入速生期, 增加其安全渡过秋冬等不良季节的机率。

致谢 本所韦兰英、焦继飞、何兰军和黎彦余等参加了部分实验工作, 在此谨致谢意。

参考文献:

- 但新球, 喻甦, 吴协保. 2004. 关于石漠化地区退耕还林工程若干问题的探讨[J]. 中南林业调查规划, 23(3):7-8
国家林业局国有林场、林木种苗工作总站. 2001. 中国木本植物

- 种子[M]. 北京:中国林业出版社:555—556
- 广西壮族自治区林业厅. 1993. 广西自然保护区[M]. 北京:中国林业出版社:57—58
- 胡晋. 2006. 种子生物学[M]. 北京:高等教育出版社:189—192
- 马常耕, 刘德英. 1986. 十四个造林树种种子播前浸种试验[J]. 林业科技通讯, (12):10—13
- 宋松泉, 程红焱, 姜孝成, 等. 2008. 种子生物学[M]. 北京:科学出版社:154—156
- 王念奎. 2008. 不同浸种方式对香樟种子活力的影响[J]. 林业勘察设计(福建), (2):59—63
- 郑颖吾. 1999. 木论喀斯特林区概论[M]. 北京:科学出版社:125—162
- 钟济新. 1982. 广西石灰岩石山植物图谱[M]. 南宁:广西人民出版社:54
- Chai XY(柴兴云), Bai CC(白长财), Song YL(宋月林), et al. 2008. Chemical constituents from the leaves of *Itoa orientalis* (伊桐叶的化学成分)[J]. *Chin J Nat Med*(中国天然药物), 6(3):179—182
- Chai XY, Xu ZR, Tang LY, et al. 2008. Itoside O, a new linear monoterpene glycoside from the bark and twigs of *Itoa orientalis* [J]. *J Chin Pharm Sci*, 43(1):79—81
- Huang XX(黄晓霞), Yang ZY(杨自云), Gao K(高昆), et al. 2011. Growth and physiological responses to soil drought and salt stress in *Itoa orientalis* seedlings(伊桐幼苗对土壤干旱与盐胁迫的生长及生理响应)[J]. *Southwest Chin J Agric Sci* (西南农业学报), 11(1):77—81
- Li XK(李先琨), He CX(何成新), Jiang ZC(蒋忠诚), 2003. Method and principles of ecological rehabilitation and reconstruction in fragile karst ecosystem(岩溶脆弱生态区生态恢复重建的原理与方法)[J]. *Carsol Sin*(中国岩溶), 22(1):12—17
- Zhang DF(张殿发), Ouyang ZY(欧阳自远), Wang SJ(王世杰). 2001. Population resources environment and sustainable development in the karst region of Southwest China(中国西南喀斯特地区人口、资源、环境与可持续发展)[J]. *Chin Popul Res Environ*(中国人口·资源与环境), 11(1):77—81
- Zeng J(曾杰), Bai JY(白嘉雨), Xu DP(徐大平). 2006. Current status and perspectives of studies on mountains of tropical and warm sub vegetation rehabilitation in karst-tropical areas in China(我国热带南亚热带石质岩溶山地植被恢复研究现状与展望)[J]. *Guangdong Fore Sci Tech*(广东林业科技), 22(1):76—80
- Zhang XY(张小彦), Jiao JY(焦菊英), Wang N(王宁), et al. 2009. Effects of seed morphology on vegetation restoration and succession(种子形态特征对植被恢复演替的影响)[J]. *Seed* (种子), 28(7):67—72

(上接第 616 页 Continue from page 616)

- 社:148—149
- 江西植物志编委会. 1993. 江西植物志(第1卷)[M]. 南昌:江西科学技术出版社:388—392
- 左家哺. 1989. 中国油杉属分布型与植物区系关系的模糊分析[J]. 中南林学院学报, 9(2):199—205
- 台湾植物志编辑委员会. 1975. 台湾植物志(第1卷)[M]. 第1版. 台湾:台北:516—518
- 台湾植物志编辑委员会. 1994. 台湾植物志(第1卷)[M]. 第2版. 台湾:台北:569
- 刘慎愕. 1944. 云南植物地理[M]//刘慎愕文集. 1985. 北京:科学出版社:86—111
- 西南林学院, 云南省林业厅. 1988. 云南树木图志(上)[M]. 昆明:云南科技出版社:48—54
- 吴征镒, 朱彦承, 姜汉侨. 1987. 云南植被[M]. 北京:科学出版社
- 陈焕镛. 1964. 海南植物志(第1卷)[M]. 北京:科学出版社:209
- 郑万均. 1978. 中国植物志(第7卷)[M]. 北京:科学出版社:34—54
- 贵州植物志编委会. 1982. 贵州植物志(第1卷)[M]. 贵阳:贵州人民出版社:4—8
- 浙江植物编委会. 1993. 浙江植物志(第1卷)[M]. 浙江:浙江科学技术出版社:343—344
- 福建科学技术委员会, 福建植物志编写组. 1982. 福建植物志(第1卷)[M]. 福州:福建科学技术出版社:275—277
- 傅立国. 1992. 中国植物红皮书——稀有濒危植物[M]. 北京:科学出版社
- Zheng WJ(郑万均), Fu LG(傅立国), Cheng JR(诚静容). 1975. Gymnospermae sinicae(中国裸子植物)[J]. *Acta Phytotax Sin* (植物分类学报), 13(4):56—90
- Chen WX(陈维新), Ye ZY(叶志云), Cai L(蔡玲). 1989. A study on the karyotype in *Keteleeria calcarea* and *K. oblonga*(黄枝油杉和矩鳞油杉的核型研究)[J]. *Acta Phytax Sin*(植物分类学报), 21(1):49—52
- Darkington CD, Wylie AP. 1955. Chromosome Atlas of Flowering Plants[M]. London:George Allen & Unwin Ltd
- Deng LL(邓莉兰), Zhang WQ(张维谦). 2002. A new species of *Keteleeria* Carr. from Yunnan(云南油杉属一新种)[J]. *J Southwest Fore Coll*(西南林学院学报), 22(2):3—4
- Kuo SR, et al. 1972. Karyotype analysis of some *Formosana gymnosperms*[J]. *Taiwania*, 17(1):66—80
- Li LC(李林初), Hsu BS(徐柄声). 1984. A comparative karyotype analysis of *Keteleeria cycloepis* Flous and *Keteleeria formosana* Hayata(江南油杉和台湾油杉核型的比较研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), 4(4):277—280
- Li LC(李林初). 1992. Karyotype analysis of *Abies forrestii* with a discussion on the evolutionary position of *Abies*(Pinaceae)(川滇冷杉的核型分析兼论冷杉属的进化地位)[J]. *Guihaia*(广西植物), 12(4):325—330
- Schmid M. 1974. Végétation du Viet-nam, le massif sud-annamitique et les régions limitrophes[M]. Paris:ORSTOM, Paris
- Stebbins GL. 1950. Variation and Evolution in Plants[M]. New York:Columbia University Press
- Wang FH. 1947. Late embryony of *Keteleeria*[J]. *Bot Bull Acad Sin*, 1:133—140
- Wang FH. 1948. Life history of *Keteleeria*, I. *Stabili*, development of the gametophytes and fertilization in *Keteleeria evelyniana* [J]. *Am J Bot*, 35:21—27
- Wu HM(巫华美), Chen X(陈训). 1997. Karyotype analysis of *Keteleeria davidiana* var. *chien-peii* (青岩油杉的核型分析)[J]. *Guihaia*(广西植物), 17(4):314—316
- Zhang HD(张宏达). 1980. The origin and development of Cathaysian flora(华夏植物区系的起源与发展)[J]. *Acta Univ Sunyatseni*; *Sci Nat Edit*(中山大学学报·自然科学版), (1):89—98