

俄罗斯大果沙棘 (*Hippophae rhamnoides* L.) 种子萌发特性

杨立学

(东北林业大学林学院 哈尔滨 150040)

摘要 俄罗斯丘依斯克大果沙棘 (*Hippophae rhamnoides* L.)为优良的沙棘引进种。经测定,俄罗斯大果沙棘丘依斯克种子的千粒重为 17.75 g,与其它沙棘属的种子相比,其千粒重较大,为其 2 倍左右。四唑(TTC, 1.0%)染色测种子的生活力的结果表明:有生活力的种子占 97.75%,说明俄罗斯大果沙棘种子饱满度好,染色结果与对比发芽实验的结果很接近,说明用四唑染色来测定俄罗斯大果沙棘种子的发芽能力是较准确的方法。在水、气适宜的条件下,分别研究了温度分别为 15、20、25、30℃,光照强度分别为 25%、50%、75%、100% 的不同处理对丘依斯克种子萌发的影响,并采用胚根生长量和全株生物量对沙棘种子发芽效果进行了评价,提出了沙棘种子发芽的最适温度和光强。结果表明,在 25℃ 条件下,种子萌发最早,发芽势高达 33.0% ± 4.76%,发芽率高达 95.5% ± 1.5%,且主根生长量和生物量最大,分别为 (4.5 ± 0.09)cm 和 (0.137 ± 0.002)g,75% 光强最适合沙棘种子萌发,种子萌发最早,发芽势高达 61.5% ± 1.7%,发芽率高达 86.0% ± 1.1%,且主根生长量和生物量最大,分别为 (3.7 ± 0.2)cm 和 (0.108 ± 0.004)g。因此,在直播营造大果沙棘林时,应首选 25℃ 的温度条件,同时,建议进行适度遮荫处理。

关键词 大果沙棘 温度 光照强度 种子萌发 幼苗生长

文章编号:1000-0933(2007)06-2215-08 中图分类号:Q143,Q948 文献标识码:A

Seed germination characteristics of a introduced fine variety of *Hippophae rhamnoides* L. from Russia

YANG Li-Xue

Forestry college, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China

Acta Ecologica Sinica 2007 27 (3) 2215 ~ 2222.

Abstract :The fine variety of *Hippophae rhamnoides* L. was introduced from Russia. The 1000 seed weight of it was 17.75 g, which was two times greater than that of seeds of other seabuckthorn varieties. The seed viability, tested by TTC (1.0%), was 97.75% which was closed to germination rate under controlled germination condition (25℃), indicating that TTC could provide a reliable method for germination potential test for this variety. Germination tests were conducted to determine the effects of environmental temperatures (15, 20, 25℃ and 30℃) and light conditions (25%, 50%, 75% and 100%) under suitable moisture and aeration, and radicle length and total biomass of young seedlings were used to evaluate seeds germination effects. The optimal temperature for seeds germination and early growth of seedlings was 25℃, with the germination energy, germination rate, radicle length, and total biomass of 33.0% ± 4.76%, 95.5% ± 1.5%, (4.5 ± 0.09) cm, and (0.137 ± 0.002) g, respectively. Light intensity also had a marked effect on the seeds germination and seedlings growth. The optimal light intensity for seed germination and seedling growth was 75%, with the

基金项目 东北林业大学校立科研基金资助项目

收稿日期 2006-11-19;修订日期 2007-03-30

作者简介 杨立学(1973~),男,山东人,博士,主要从事种苗生理生态和植物化感作用研究。E-mail:ylx_0813@163.com

Foundation item The project was financially supported by Scientific Foundation of Northeast Forestry Universty

Received date 2006-11-19; **Accepted date** 2007-03-30

Biography :YANG Li-Xue, Ph. D., mainly engaged in ecophysiology of seed and seedling, plant allelopathy. E-mail:ylx_0813@163.com

germination energy , germination percentage , radicle length , and total biomass of $61.5\% \pm 1.7\%$, $86.0\% \pm 1.1\%$, (3.7 ± 0.2) cm and (0.108 ± 0.004) g , respectively . Therefore , environmental conditions with temperature of 25°C and light intensity of 75% full sunlight should be favored during direct seeding of this variety .

Key Words : *Hippophae rhamnoides* variety from Russia ; temperature ; light intensity ; seed germination ; seedling growth

沙棘 (*Hippophae rhamnoides*) 是胡颓子科 (Elaeagnaceae) 沙棘属 (*Hippophae* Linn.) 的多年生落叶灌木 , 具有适应性强、成活率高、生长快、保持水土、改良土壤及促进生态平衡等作用^[1~3]。同时 , 沙棘根蘖和空间拓展能力极强 , 短期内迅速郁闭成林 , 具有较高的水土保持效益 , 被称为水土保持的“生态先锋树种” , 在我国三北地区广有栽培 , 具有很高的生态效益^[4,5]。由于它的种子富含维生素、黄酮及各种氨基酸和不饱和脂肪酸 , 以及多种微量元素等生物活性物质 , 其加工产品非常珍贵 , 可用于食品、医药、保健等行业 , 经济效益也非常高^[6]。

中国沙棘抗逆性非常强 (耐旱、耐高温、耐瘠薄) , 但果小刺多 , 经济效益比较低 , 而俄罗斯选育出的沙棘优良品种果大无刺 , 经济效益比较高 , 抗寒性强。俄罗斯丘依斯克大果沙棘即是俄罗斯西伯利亚里萨文科园艺科学研究所通过杂交途径育成的 , 较我国沙棘有更多的优势 : 棘刺较少 ; 果实早熟 ; 产量高 , 无大小年之分 ; 采收不破浆 , 耐严寒 , 在大田条件下抗病虫害^[7]。俄罗斯与我国北疆接壤 , 自然环境与我国北方相似 , 气候差异较小 , 因此 , 我国东北地区是引种俄罗斯沙棘的理想之地。试种证明俄罗斯西伯利亚地区的沙棘品种完全适合在我国东北地区栽培 , 并具有向我国西北、华北地区延伸的潜力^[8]。

沙棘可以通过种子、扦插、压条、组培来繁殖。最容易、最成功的繁殖方法仍是通过种子进行。种子繁殖非常适合防护林建设 , 生产中不需要太多精细管理 , 可大大降低生产成本^[8,9]。种子植物的生长是从种子萌发开始的。播种后种子能否迅速发芽 , 发芽一致 , 关系到能否稳定、高产打下扎实的基础。对沙棘的研究 , 迄今为止 , 国内外集中于沙棘的引种、繁殖方法、药用成分含量、成分分析等方面^[8~17] , 尚未见温度和光照强度对大果沙棘种子萌发和出苗影响的系统报道。因此 , 沙棘种子萌发和幼苗生长的一些关键问题有待研究 : 种子萌发和幼苗生长的最适温度是多少 ? 光照是否对其有影响 ? 本文研究旨在为丘依斯克育苗技术、确定合理播种期和田间管理提供科学依据。

1 材料与方 法

丘依斯克种子于 2004 年 10 月采集于黑龙江省孙吴县 , 存放于 $0 \sim 5^{\circ}\text{C}$ 备用。试验时选取籽粒饱满、质地均匀的供试种子 , 先用 0.3% 的 K_2MnO_4 溶液浸泡 15 min , 进行种子消毒 , 再用清水冲洗干净。河沙经 0.5% K_2MnO_4 溶液消毒^[8]。

1.1 种子千粒重、净度及优良度的测定

采用百粒法测定千粒重。从纯净种子中 , 随机选取 100 粒种子为 1 组 , 共取 8 组 , 即为 8 个重复 , 计算平均值、标准差及变异系数 , 得出种子千粒重。然后再从纯净种子中 , 分别随机选取 100 粒种子为 1 组 , 设 4 个重复 , 计算净度及优良度。

1.2 种子生活力测定

按照 ISTA (国际种子检验协会) 种子检验规程^[9] , 采用四唑 (1.0%) 染色法测定丘依斯克种子的生活力。检验设 4 个重复 , 每个重复 100 粒种子 , 先把种子浸泡于 $20 \sim 30^{\circ}\text{C}$ 水中 3 d , 然后取胚在 25°C 条件下用四唑染色 18 h , 染色完后根据种胚的着色程度和部位 , 按国际种子检验规程上的标准鉴定种子的生活力。测定结果与用同一种批为实验材料的发芽试验结果比较。

1.3 不同温度下种子的萌发和幼苗的生长

将 50 粒种子置于培养皿定性滤纸上进行种子萌发试验 , 每个处理 4 个重复。将供试培养皿分别放置于 4 个 LRH-250-GS 人工气候箱 (广东省医疗器械厂生产) 中。气候箱的温度分别恒定在 15°C 、 20°C 、 25°C 和 30°C 4

种温度梯度,气候箱的光照强度为白天(8:00~20:00)光照 5200 lx,晚上(20:00~8:00)无光照处理,按需加入同等数量的蒸馏水保证滤纸湿润。种子萌发过程中 24 h 观测记录 1 次种子的发芽情况,当胚根长度达到种子等长、胚芽长度达到种子一半时,作为种子萌发标准。以发芽率和发芽势为指标,在发芽种子数达到高峰时计算发芽势,在发芽末期(16d 左右)连续 5 d 发芽粒数平均不足供试种子总数的 1% 时计算发芽率。发芽率和发芽势计算公式如下^[20]:

$$\text{发芽率}(\%) = \text{正常发芽种子粒数} / \text{参试种子总粒数} \times 100$$

$$\text{发芽势}(\%) = \text{正常到达高峰时正常发芽种子粒数} / \text{参试种子总粒数} \times 100$$

发芽试验结束后,分别选取发芽势一致的种子置于铺有两张滤纸的柱形玻璃管中(1.0 cm × 9.5 cm)在以上设定温度的气候箱中培养,定时补充蒸馏水。每个处理 10 株,重复 3 次,10 d 后记录幼苗的根长和生物量。

1.4 不同光强下种子的萌发和幼苗的生长

将 50 粒种子置于以河沙为基质的发芽箱中进行种子萌发试验,每个处理 4 个重复。将发芽箱放置于室外自然温度条件下(气温 5~25℃)。采用 Basic Quantum Meter 测定光强,自制遮阳网罩控制不同处理之间的光照强度,分别为 100%、75%、50% 和 25%。每隔 24 h 观测记录 1 次种子的发芽情况,以种子破土为萌发标准(种子埋深 0.5 cm)。同时,采用称重法补充每天因蒸发而散失的水分,以保持恒定的湿度(土壤含水量 20%)。

试验结束后,测定种子的发芽率和发芽势,同时,分别选取发芽势一致的种子置于以上设定光强的发芽箱中继续培养,定时补充蒸馏水。每个处理 10 株,重复 3 次,10 d 后记录幼苗的根长和生物量。

2 结果与分析

2.1 种子的千粒重

通常,大粒种子或重量大的种子比小粒种子具有更充实的储藏物质^[21]。就丘依斯克而言,种子的净度为 96.50%,优良度为 95.80%,因此应选择种子的重量指标来了解种子的质量。经统计,丘依斯克种子的千粒重为 17.75 g。与沙棘属其它种子相比,丘依斯克的平均重量是比较大的,为中国沙棘千粒重的 2 倍^[22]。丘依斯克大粒种子可以储藏更多的物质,为种子萌发提供充足的营养物质和能量,保证幼苗能够有充足的资源,最大可能地用于生长,尽量争夺和占据空间,在种间竞争中处于优势^[23]。这尤其对于“三北”干旱、半干旱地区播种造林意义重大。同时,沙棘种子千粒重与果实百果重呈显著的正相关,也就是说,种子的千粒重越大,果实的百果重就越大^[24]。这为更大地获得沙棘的经济效益提供了保障。

2.2 种子生活力

四唑染色法被广泛用于检验种子生活力,该方法简便、快速、准确,且能直接测每粒种子的发芽潜力,不受休眠状态的影响。结果表明,有生活力的种子为 97.75%,另外从解剖结果看,发现空粒、涩粒和腐烂粒占的比例很小(表 1)。说明丘依斯克发育良好的种子比率较高,这是丘依斯克种子繁殖最容易、最成功的一个主要原因。

表 1 丘依斯克种子生活力的四唑染色法检验

Table 1 The seed viability of variety of *Hippophae rhamnoides* from Russia

	实验 1 Test 1	实验 2 Test 2	实验 3 Test 3	实验 4 Test 4	总计 Total	比例 Percentage (%)
有生活力 Seed with viability	97	98	99	97	391	97.75
无生活力 Seed without viability	1	1	0	1	3	0.75
空粒 Empty seed	1	0	0	1	2	0.50
涩粒 Shrunken seed	1	1	0	1	3	0.75
腐烂粒 Rotted seed	0	0	1	0	1	0.25

用与四唑染色测定生活力同一种批种子做发芽实验,在恒温 25℃ 和光照条件下种子平均萌发率为 95.5% ± 1.5% (图 1),略低于四唑染色的结果 97.75%。但单因素统计分析表明,它们之间差异不显著。因此可以认为,用四唑染色法可以很好地估计丘依斯克种子的生活力。

2.3 不同温度对大果沙棘种子萌发和幼苗生长的影响

2.3.1 不同温度对大果沙棘种子萌发的影响

在 12 h 光照条件下,丘依斯克种子在恒温 15、20、25、30℃ 条件下的萌发结果表明(图 1,图 2),不同的温度条件对最终的发芽率和发芽势具有极显著的影响(前者 $F = 36.67 > F_{0.01} = 5.95$,后者 $F = 12.27 > F_{0.01} = 5.95$,自由度 $df = 3, 12$)。在不同的温度条件下,各温度下的大果沙棘种子发芽进程差异不大。大果沙棘种子在置床后第 2 天开始萌发,在第 11 天以后基本平稳。在 4 种温度梯度中 25℃ 最适合大果沙棘种子萌发,表现为发芽率高,发芽整齐。第 11 天的平均发芽率高达 95.5% ± 1.5%,平均发芽势为 33.0% ± 4.76%。随着温度的升高或降低,大果沙棘种子的发芽率降低,发芽势下降。30℃ 种子发芽率为 77.0% ± 3.9%,发芽势为 23.5% ± 2.2%。20℃ 种子发芽率为 87.0% ± 1.3%,发芽势为 26.0% ± 1.4%。15℃ 种子发芽率、发芽势最低,分别为 57.5% ± 4.4%、17.0% ± 1.3%。

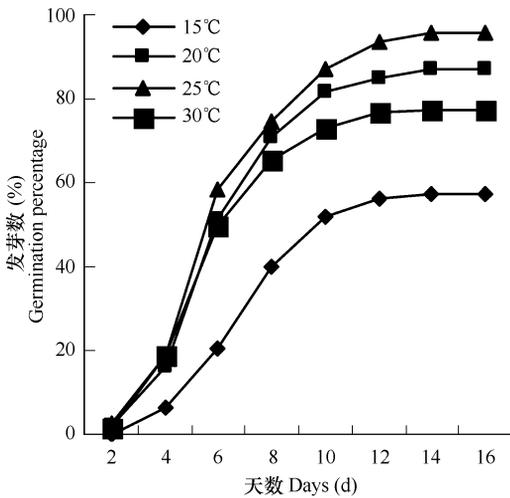


图 1 不同温度下大果沙棘种子的发芽过程

Fig. 1 Germination of variety of *Hippophae rhamnoides* from Russia under different temperatures

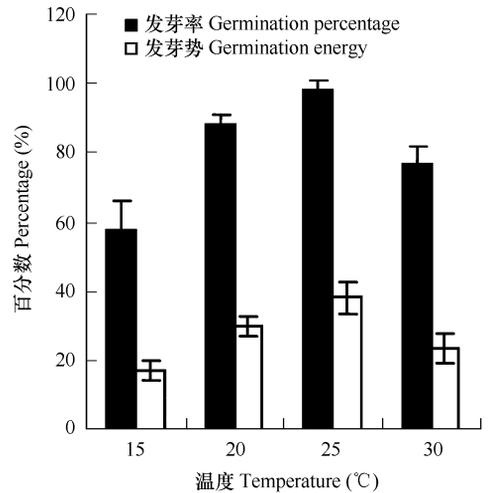


图 2 温度对大果沙棘种子发芽率和发芽势的影响

Fig. 2 Effect of temperatures on germination percentage, germination energy of variety of *Hippophae rhamnoides* from Russia

2.3.2 不同温度对大果沙棘幼苗生长的影响

丘依斯克幼苗在恒温 15、20、25、30℃ 条件下的生长状况结果表明(图 3,图 4),不同的温度条件对幼苗主根生长和生物量的积累均影响极显著(前者 $F = 25.36 > F_{0.01} = 7.59$,后者 $F = 120.23 > F_{0.01} = 7.59$,自由度 $df = 3, 8$)。由图 3 可知,在不同的温度条件下,各温度下的大果沙棘幼苗主根生长差异很大。25℃ 时,主根长度达到 (4.5 ± 0.09) cm,与 20℃ 时的 (4.2 ± 0.08) cm 差异不大,但是与 15℃ 和 30℃ 时的 (3.8 ± 0.05) cm, (3.7 ± 0.06) cm 差异达到显著水平。由图 4 可知,不同温度对丘依斯克幼苗生物量的影响与对主根生长的影响规律相似。25℃ 下的生物量最大,为 (0.137 ± 0.002) g,与 20℃ 下的生物量 (0.134 ± 0.001) g 差异不大,但是与 15℃ 和 30℃ 下的生物量 (0.097 ± 0.001) g, (0.085 ± 0.004) g 差异显著。

2.4 不同光照强度对大果沙棘种子萌发和幼苗生长的影响

2.4.1 不同光照强度对大果沙棘种子萌发的影响

在相同湿度条件下,丘依斯克种子在光照强度分别为 100%、75%、50% 和 25% 条件下的萌发结果表明(图 5,图 6),不同的光照强度对最终的发芽率和发芽势具有极显著的影响(前者 $F = 102.53 > F_{0.01} =$

5.95 ,后者 $F = 35.08 > F_{0.01} = 5.95$,自由度 $df = 3, 12$)。在不同的光照强度下 ,各光强下的大果沙棘种子发芽进程差异不大。大果沙棘种子在置床后第 5 天开始萌发 ,在第 25 天以后基本平稳。在 4 种光强梯度中 ,75% 的光强最适合大果沙棘种子萌发 ,表现为发芽率高 ,发芽整齐。第 25 天的平均发芽率高达 $86.0 \% \pm 1.1\%$,平均发芽势为 $61.5 \% \pm 1.7\%$ 。50% 的光强下的大果沙棘种子的发芽率为 $78.0 \% \pm 0.8\%$,略低于 75% 光照强度下的发芽率 ,但是它们的发芽势是一样的。随着光照强度的升高或降低 ,大果沙棘种子的发芽率降低 ,发芽势下降。25% 光照强度下的种子发芽率为 $69.5 \% \pm 1.2\%$,发芽势为 $46.5 \% \pm 2.2\%$ 。100% 光照强度下的种子发芽率最低 ,仅为 $63.0 \% \pm 0.6\%$,发芽势为 $40.5 \% \pm 1.5\%$ 。

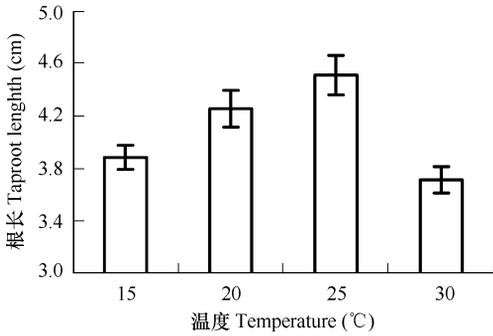


图 3 不同温度下大果沙棘的主根长

Fig. 3 Taproot length of variety of *Hippophae rhamnoides* from Russia under different temperatures

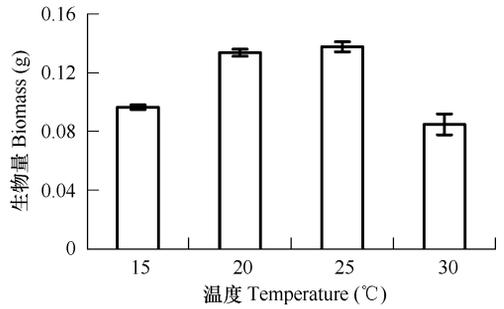


图 4 不同温度下大果沙棘的生物量

Fig. 4 Biomass of variety of *Hippophae rhamnoides* from Russia under different temperatures

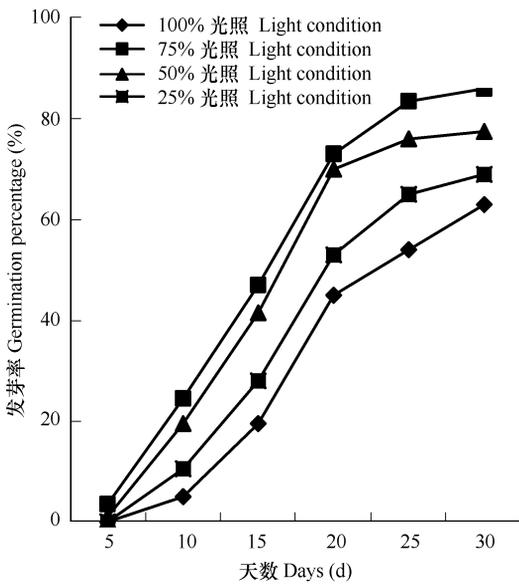


图 5 不同光照强度下大果沙棘种子的发芽过程

Fig. 5 Germination of variety of *Hippophae rhamnoides* from Russia under different light conditions

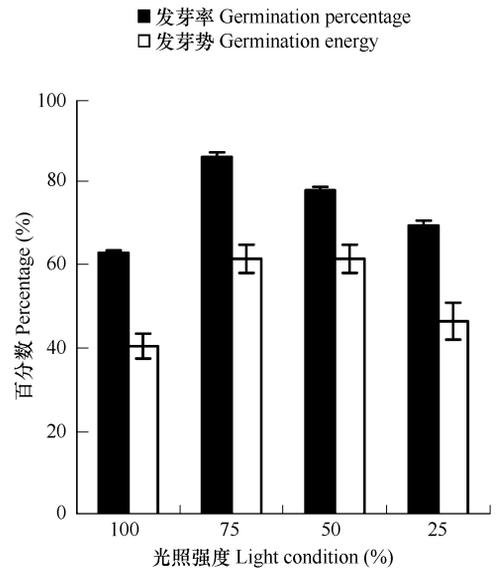


图 6 光照强度对大果沙棘种子发芽率和发芽势的影响

Fig. 6 Effect of light conditions on germination percentage , germination energy of variety of *Hippophae rhamnoides* from Russia

2.4.2 不同光照强度对大果沙棘幼苗生长的影响

丘依斯克幼苗在光照强度分别为 100%、75%、50% 和 25% 条件下的生长状况结果表明 (图 7 ,图 8) ,不同的光照强度对幼苗主根生长和生物量的积累均影响极显著 (前者 $F = 31.50 > F_{0.01} = 7.59$,后者 $F = 13.6 > F_{0.01} = 7.59$,自由度 $df = 3, 8$)。由图 7 可知 ,在不同的光照强度下 ,各光强下的大果沙棘幼苗主根生长

差异很大。75%光照强度时,主根长度达到 (3.7 ± 0.2) cm,与50%光照强度时的 (3.4 ± 0.2) cm差异不大。光照强度为100%和25%时的主根长度均未超过2cm,与前两种光照强度下的差异显著。由图8可知,50%光照强度下的幼苗生物量最大,为 (0.118 ± 0.004) g,但是与75%光照强度下的 (0.108 ± 0.004) g差异未达到显著水平。这两种光照强度下的幼苗生物量与100%和25%光照强度下的(分别为 (0.085 ± 0.005) g、 (0.087 ± 0.004) g)差异显著。

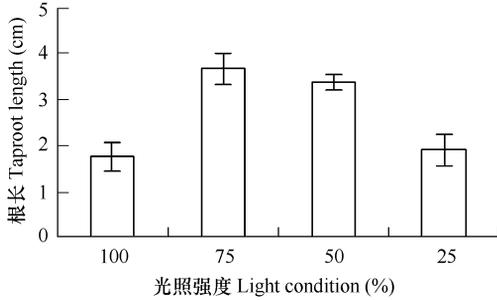


图7 不同光照强度下大果沙棘的主根长

Fig. 7 Taproot length of variety of *Hippophae rhamnoides* from Russia under different light conditions

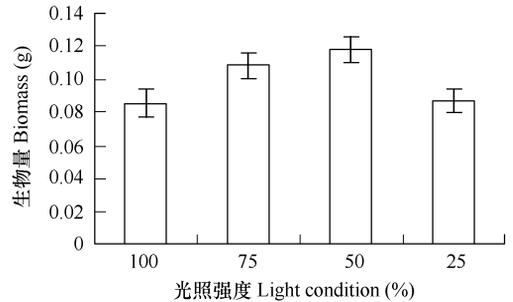


图8 不同光照强度下大果沙棘的生物量

Fig. 8 Biomass of variety of *Hippophae rhamnoides* from Russia under different light conditions

3 结论与讨论

国家标准 GB7908-87 《林木种子》中沙棘 (*Hippophae rhamnoides* L.) 种子的等级划分主要是以发芽率来确定的,净度次之。本俄罗斯大果沙研究结果表明四唑 (TTC, 1.0%) 染色结果与对比发芽实验的结果很接近,说明用四唑染色来测定棘种子的生活力是较准确的方法。建议在实践中如果没有条件做发芽实验的情况下,用四唑染色法测定丘依斯克种子的发芽能力。

在不同的温度条件下,大果沙棘种子萌发进程差异不大。大果沙棘种子在置床后第2天开始萌发,在第11天以后基本平稳。不同的温度条件对最终的发芽率和发芽势具有极显著的影响。在25℃条件下,种子萌发最早,发芽速度最快,发芽整齐度高,发芽率最高。随着温度的升高或降低,发芽率降低,发芽不整齐。不同的温度条件对幼苗主根生长和生物量的积累均影响极显著,25℃时,主根生长量以及生物量积累最高。随着温度的升高或降低,主根生长量以及生物量下降。适度遮荫对于大果沙棘种子萌发和幼苗生长是有利的。实验表明虽然大果沙棘种子在各光强下的发芽进程差异不大(置床后第5天开始萌发,在第25天以后基本平稳)。但是对最终的发芽率和发芽势具有极显著的影响。75%的光强最适合大果沙棘种子萌发,表现为发芽率高,发芽十分整齐。随光照强度的升高或降低,大果沙棘种子的发芽率降低,发芽势下降。同时,不同的光照强度对幼苗主根生长和生物量的积累均影响极显著,75%光强下的幼苗主根生长量和生物量最大。

沙棘出苗期以主根长度生长为主,播种初期主根生长较快^[25]。出苗期间主根发达,成株后主根停止生长,从苗期开始,次生根迅速增多、增粗,其长度和粗度往往都超过主根^[26]。25℃时大果沙棘的主根生长量与15、30℃时的差异达到显著水平。较高的发芽率和发芽势、较大的主根生长量和生物量对于沙棘在干旱、半干旱的“三北”地区,在种间竞争中抢占空间生态位非常重要。同时,较高的主根生长量和生物量积累,可以提高苗木的质量,缩短成株时间,使次生根生长提前。次生根在水平延伸过程中可产生大量的不定芽,这些不定芽在第二个生长季萌发出土成苗,使其具有极强的根蘖能力^[27],除本身形成优势群落外,还向邻近的沙丘顶部串根萌蘖^[28]。这对更大地发挥大果沙棘的涵养水源、保持水土等生态功能具有重要的意义。因此,在直播营造大果沙棘防护林时,建议首选25℃的温度条件,同时,建议进行适度遮荫处理,在获得优质苗木的同时,降低蒸发量。

References :

- [1] Ta Y E, Yang M H. Effect of different temperatures on the seed germination of *Hippophae rhamnoides*. Seed, 2004, 23 (9): 32-34.

- [2] Li G Q, Tang D R, Zhao Y Q. The biological property and ecological habit of *Hippophae*. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2000, 20 (5): 892—897.
- [3] Wang J W, Luo Y L, Xing Y J. Cultivation values and growth seedlings technique of Russian *Hippophae rhamnoides* L. *Journal of Agricultural Science Yanbian University*, 2003, 6 (2): 56—59.
- [4] Wei Y, Li X Z, Gao H Y, et al. Biological characteristics and ecological functions of *Hippophae*. *Hippophae*, 2005, 18 (4): 20—23.
- [5] Ruan C J, Xie Q L. Effect of soil moisture on survival rate of *Hippophae rhamnoides* L. and its stress resistance physiological characteristics. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*, 2002, 8 (4): 341—345.
- [6] Wang T M, Fang Y, Liu D X. Review of bigfruit seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides*) production with reference to utilization prospects. *Economic Forest Researches*, 2000, 18 (2): 56—57.
- [7] Zhang J G, Huang Q, Luo H M. Hybrids breeding of seabuckthorn for multipurpose use. *Forest Research*, 2005, 18 (4): 381—386.
- [8] Li Y Z, Ci Z L, Yan L, et al. Propagation methods and technology of seabuckthorn. *Journal of Inner Mongolia Forestry College*, 1994, 16 (1): 59—63.
- [9] Thomas S C Li, Schroeder W R. Seabuckthorn propagation. *International Seabuckthorn Researches and Exploitation*, 2006, 4 (1): 25—29.
- [10] Teng B S, Lu Y H, Wang Z T, et al. In vitro anti-tumor activity of isorhamnetin isolated from *Hippophae rhamnoides* L. against BEL-7402 cells. *Pharmacological Research*, 2006, 54 (3): 186—194.
- [11] Zu Y G, Li C Y, Fu Y J, et al. Simultaneous determination of catechin, rutin, quercetin kaempferol and isorhamnetin in the extract of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) leaves by RP-HPLC with DAD. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 2006, 41 (3): 714—719.
- [12] Negi P S, Chauhan A S, Sadia G A, et al. Antioxidant and antibacterial activities of various seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) seed extracts. *Food Chemistry*, 2005, 92 (1): 119—124.
- [13] Fu S C, Hui C W C, Li L C, et al. Total flavones of *Hippophae rhamnoides* promotes early restoration of ultimate stress of healing patellar tendon in a rat model. *Medical Engineering & Physics*, 2005, 27 (4): 313—321.
- [14] Ahmet Cakir. Essential oil and fatty acid composition of the fruits of *Hippophae rhamnoides* L. (Sea Buckthorn) and *Myrtus communis* L. from Turkey. *Biochemical Systematics and Ecology*, 2004, 32 (9): 809—816.
- [15] Cheng J Y, Kondo Kazunao, Suzuki Yasuhiro, et al. Inhibitory effects of total flavones of *Hippophae Rhamnoides* L on thrombosis in mouse femoral artery and in vitro platelet aggregation. *Life Sciences*, 2003, 72 (20): 2263—2271.
- [16] Yang B R, Kallio Heikki. Composition and physiological effects of seabuckthorn (*Hippophae*) lipids. *Trends in Food Science & Technology*, 2002, 13 (5): 160—167.
- [17] Geetha S, Sai R M, Singh V, et al. Sawhney, anti-oxidant and immunomodulatory properties of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides*)—an in vitro study. *Journal of Ethnopharmacology*, 2002, 79 (3): 373—378.
- [18] Wu Y, Liu Q, He H, et al. Effects of light and temperature on seed germination of *Picea asperata* and *Betula albo-sinensis*. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15 (12): 2229—2232.
- [19] ISTA. International rules for seed testing. *Seed Science and Technology*, 1996, 24 (Suppl.): 151—154.
- [20] Sun S X. *Silviculture*. Beijing: China Forestry Publishing House, 1992. 48.
- [21] Fu J R. *Physiology of seeds*. Beijing: Science Press, 1985. 76—78.
- [22] Liu Z H. Seabuckthorn seed and planting technonogy. *Hippophae*, 2003, 16 (2): 39.
- [23] Lai J S, Li Q M, Xie Z Q. Seed germination characteristics of the endangered plant *Abies chensiensis*. *Acta Phytocologica Sinica*, 2003, 27 (5): 23—25.
- [24] San J Y. Relative analysis of seabuckthorn leaf, 1000-seed weight and 100-fruit weight. *Hippophae*, 2004, 17 (1): 16—18.
- [25] Xing J X, Wang G, Jiang Y H, et al. Study on growth characteristics of seed root of *Hippophae rhamnoides* L. *Inner Mongolia Forestry Science & Technology*, 2000, 4: 32—34.
- [26] Wang L, Zhang X M, Lin M Z, et al. Seabuckthorn root and function. *Hippophae*, 2005, 18 (4): 13—19.
- [27] Gao Z Y, Zhang Y S. The observation and investigation on the feature of root system of seabuckthorn. *Journal of Beijing Forestry University*, 1989, 11 (4): 53—59.
- [28] Hu J Z, Bao W L, Li M. Review report of seabuckthorn germ plasma resources in three counties of Shanxi and Gansu provinces south to Mao Wu Su resert. *Hippophae*, 1995, 8 (4): 13—16.

参考文献:

- [1] 塔依尔, 杨梅花. 不同温度对沙棘种子萌发的影响. *种子*, 2004, 23 (9): 32—34.

- [2] 李根前,唐德瑞,赵一庆. 沙棘的生物学与生态学特性. 西北植物学报, 2000, 20 (5): 892~897.
- [3] 王久伟,罗玉亮,邢亚娟. 俄罗斯大果沙棘栽培价值及实生苗育苗技术. 延边大学农学学报, 2003, 6 (2): 56~59.
- [4] 韦宇,李秀寨,高海银,等. 沙棘的生物学特性与生态功能. 沙棘, 2005, 18 (4): 20~23.
- [5] 阮成江,谢庆良. 土壤水分对沙棘成活率及抗逆生理特性的影响. 应用与环境生物学报, 2002, 8 (4): 341~345.
- [6] 王大明,房用,刘德玺. 大果沙棘及其开发前景. 经济林研究, 2000, 18 (2): 56~57.
- [7] 张建国,黄铨,罗红梅. 沙棘优良杂种选育研究. 林业科学研究, 2005, 18 (4): 381~386.
- [8] 李云章,慈忠玲,严磊,等. 沙棘繁殖方法和技术. 内蒙古林学院学报, 1994, 16 (1): 59~63.
- [9] Thomas S C Li, Schroeder W R. 沙棘繁殖. 国际沙棘研究与开发, 2006, 4 (1): 25~29.
- [18] 吴彦,刘庆,何海,等. 光照与温度对云杉和红桦种子萌发的影响. 应用生态学报, 2004, 15 (12): 2229~2232.
- [20] 孙时轩. 造林学. 北京: 中国林业出版社, 1992. 48.
- [21] 傅家瑞. 种子生理. 北京: 科学出版社, 1985. 76~78.
- [22] 刘泽辉. 沙棘种子及播种技术要点. 沙棘, 2003, 16 (2): 39.
- [23] 赖江山,李庆梅,谢宗强. 濒危植物秦岭冷杉种子萌发特性的研究. 植物生态学报, 2003, 27 (5): 23~25.
- [24] 单金友. 沙棘品种叶片、种子千粒重与果实百果重相关分析研究. 沙棘, 2004, 17 (1): 16~18.
- [25] 邢菊香,王刚,蒋一涵,等. 中国沙棘幼根生长特性的研究. 内蒙古林业科技, 2000, 4: 32~34.
- [26] 王岚,张小民,林美珍,等. 论沙棘根系与功能. 沙棘, 2005, 18 (4): 13~19.
- [27] 高志义,张玉胜. 沙棘根系特性的观察与研究. 北京林业大学学报, 1989, 11 (4): 53~59.
- [28] 胡建中,包文林,李敏. 毛乌素沙地南缘陕甘三县市沙棘种质情况考察报告. 沙棘, 1995, 8 (4): 13~16.