

文章编号: 1000-5692(2005)03-0350-05

云杉强化育苗技术的研究现状和展望

王军辉^{1,2}, 张守攻^{1,2}, 马常耕^{1,2}, 刘娇妹^{1,2}, 陈永国³, 陈海庆³

(1. 中国林业科学研究院 林业研究所, 北京 100091; 2. 国家林业局 林木培育实验室, 北京 100091; 3. 青海省大通县东峡林场, 青海 大通 880011)

摘要: 云杉属 *Picea* 是世界重要工业用材树种, 其育苗的瓶颈在于苗期和幼林期生长慢, 严重影响其遗传评价进程。系统阐述了近年来国内外对云杉及针叶树种塑料大棚及温室强化快速育苗方面的研究进展, 论述了光照、温度、湿度、水分、肥料等影响云杉快速育苗的因素并对这些影响因素进行了深入分析。补光处理对云杉播种育苗有显著影响, 通过光照处理, 可以阻滞云杉的早期封顶。根区温度也是影响云杉生长的一个非常重要的因素, 采用强化育苗技术可大大缩短育苗周期, 使苗木提早出圃。最后展望了今后我国在云杉强化育苗方面需要开展的研究工作。参 34

关键词: 森林培育学; 云杉属; 强化育苗; 光照; 温度; 营养

中图分类号: S791.180.5 **文献标识码:** A

云杉属 *Picea* 全世界约 40 种, 主要分布在 50°~60°N 的寒温带或冻原地带, 少数分布在温带或亚热带的湿冷高山上, 是低热量地区的重要建群树种。云杉属树种单位面积年生长量高, 木材品质好, 用途广, 成为西欧、北欧、波罗的海沿岸国家、俄罗斯和加拿大的重要工业用材树种。我国云杉属有 20 个种 5 个变种, 主要分布在东北、华北、西北、西南等高山地带, 是我国高山区的重要造林树种和最佳纸浆材树种。云杉苗期和幼林期生长慢, 严重影响着遗传改良进程, 特别是遗传评价进程, 因此云杉强化育苗技术就成为能否加速育种的关键之一。在我国当前云杉露地育苗一般是 2~3 年生时换床移植, 4~5 年生或 6~7 年生出圃, 育苗周期长, 成本高, 经济效益低。近年来国内外对云杉强化育苗进行了一系列的研究, 积累了许多研究成果。本文对这些研究进行了总结和分析, 目的是为加速我国云杉的遗传改良进程, 为改善商品化育苗技术提供支撑。

1 光源、光质和光周期对云杉苗木的影响

植物的生长发育、开花结果是通过光合作用、光形态建成和光周期调节来完成的。这些都离不开光的参与和调节。植物对光能的要求必须满足 3 个条件, 即一定的光谱组成、一定的光照强度和光周期。植物对光的吸收不是全波段的而是有选择性的。不同绿色植物对光的吸收谱基本相同, 在可见光区主要集中在 400~460 nm 的蓝光区和 600~700 nm 的红橙光区, 在植物光合作用中真正起主要作用的是红光和蓝紫光。不同波长的光对树木生长发育的影响不同。研究结果认为^[1]: 不同波长的光照射

收稿日期: 2004-08-11; 修回日期: 2005-03-31

基金项目: “十五”国家科技攻关项目(2002BA515B0403); 国家林业局林业科学技术推广项目(2004-6)

作者简介: 王军辉, 副研究员, 博士, 从事落叶松、云杉等树种的遗传育种研究。E-mail: wangjh@forestry.ac.cn

植物会直接影响机体内部的生化反应。这种反应表现在酶的光激活效应上, 同时通过变构控制酶的相互作用而引发一连串的激活。在宏观水平和亚细胞及分子水平上调节植物结构和形态的变化, 还调节机体内部能量运动的速度。因此选择合适波长的光对植物进行照射, 并调节光照时间与光照强度, 必将对植物的生长有明显的促进作用。

Pendwick^[1] 的研究表明, 在冬季加辅助光源特别重要。为了达到接近于最大的光合速率, 温室中的实生苗必须在足够高的光合作用辐射量, 限定灯的光波长度为 400 ~ 700 nm, 覆盖了从蓝光到红光波段的可见光部分^[2]。Vince-Pruce 等^[3] 为了确定光合作用辐射量的光子流密度, 即光的输出量, 安装了光度计和光谱感应计, 从而评价辅助光源在温室中应用的效应。一般认为, 对形态建成效应起重要作用的是光源的光谱平衡而不是所有光输出量。Dymock 等^[4] 报道了将辅助光源荧光灯和高压钠蒸气灯结合使用对在温室中培育针叶树的效应, 同时也报道了 2 种光源延长的光周期。Wheeler^[5] 报道了实生苗在可控制的抚育管理条件下辅助白炽荧光灯持续的光源, 对在温室内生长的松类的高生长具有明显的促进作用。

Dendwick 和 Dymock^[6] 在光源、光照强度和光照时间方面作了研究。研究表明荧光灯、荧光灯和白炽灯及高压钠蒸气灯 3 种光源中高压钠蒸气灯效果最好。2 种云杉苗高生长最大的光源和光照时间的组合是 18 h 的高压钠蒸气灯。高压钠蒸气灯能产生有效的光合作用的辐射量。Steven 等^[7] 研究发现延长光周期能防止针叶树种的休眠并能促进树木的高生长。如果在生长季节不补充光照, 树木的高生长就会停止。他们还发现有一种蛋白色素对控制其生理反应有密切的关系, 当接受红光 (660 nm) 照射时这种蛋白色素就被激活转变成一种活跃的形式, 它能抑制休眠的开始; 而当接受远红光照射或缺乏红光时色素就从活跃的形态转变为不活跃的形态, 从而抑制茎的延长, 因此控制温室光环境对阻止休眠促进高生长是非常重要的。Richard^[8] 研究了新型温室内防止实生苗休眠的光周期的光系统, 设计 400 W 的高压钠弧光灯并对其进行检测, 发现这样的光系统能成功的防止蓝云杉 *Picea pungens* 顶芽的休眠, 光强度为 $0.5 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。Coursole 等^[9] 对促进白云杉 *Picea glauca* 木质化程度的夜间长度进行了研究, 研究发现持续 16 h 的黑夜的能有效提高白云杉在秋季 (一般在 10 月中旬) 的木质化程度。

近年来国内一些专家对光的研究主要集中在农作物及园艺上, 如蓝光对水稻 *Oryza sativa* 幼苗生长及内源激素水平的影响^[10], 蓝光和红光对菊花 *Dendranthema morifolium* 生长和开花的影响^[11], 不同光质对黄瓜 *Cucumis sativus* 叶片光合特性的影响^[12] 等的研究上, 对林木的研究还比较少。

在直接补光措施中, 美国已经研制出植物照明专用灯, 有 cool-white lamp, gro-lux lamp, IR III lamp, 78/72 lamp 等。每种灯的发射光谱中各波段光谱能量比例是不同的。但所有灯有较高的短波红光, 中等量的长波红光, 以及少量的蓝紫光, 能使植物获得最好的生长^[12]。日本东海大学开发出将半导体激光器用于蔬菜栽培的技术。日本三菱化学公司开发出发光二极管栽培蔬菜的技术。这种发光二极管产生一种特定波长的红色光线, 能有效地促进植物的光合作用, 缩短生长周期, 降低成本。荷兰采用飞利浦农艺纳灯, 其发射光谱与植物生长所需光谱相符合, 为植物生长创造了所需的蓝光和红光成分, 从而使作物产量有大幅度提高^[13]。国内给大棚温室作物采用的光源主要有白炽灯、日光灯、高压钠灯、高压汞灯、日光色镓灯和日光色纳灯等。白炽灯的光辐射中, 可见光占不到 10%, 而 90% 以上是红外线, 用此光源对温室植物进行补光, 效率低, 且能源浪费很大。日光色镓灯的光源在 435 ~ 610 nm 波段间的能效比高达 90% 以上, 为植物生长发育提供充分的光照, 在光照不充足的情况下, 起到完全替代和补充的作用, 且该光源具有寿命长, 光效高的优点, 是温室照明的最佳光源, 其发光效率和有效光合成效率均较高。镓灯为仿日光色, 在长期依靠人工光源补光的情况下, 镓灯可能更有利于植物的生长。徐景智等^[13] 根据植物对光的选择性吸收原理研制的设施农业专用光源——兴禾牌阳光灯, 发射峰主要有 440, 621, 660 和 700 nm, 发射光谱中包含了光合效率的两大吸收峰值 (445 和 650 nm)。

2 根区温度、湿度对云杉苗木的影响

Mason 等^[14] 1—3 月份把西加云杉 *Picea sitchensis* 各组合的种子放在温度和肥力极适宜的温室内于

长光照下育苗。Russell等^[15]把播种苗培育在20~22 h光周期、光强最少为1万lx的温室内,然后移入大容器中,通过水肥加速培育和适时掐尖促进侧芽萌发,9个月后停止补充光照,减少水肥用量,进行苗木锻炼。将从母株上采的插穗插入置于温室中的容器中培育扦插苗,6~8周生根后按培育母株的施肥标准施肥,把光照时间加长到21~22 h^[15]。Bentzer^[16]在11月下旬将欧洲云杉 *Picea abies* 的母株置于温室容器中培养,研究母株不同时期的需温效应。

Fennessy^[17]研究了休眠强度与根生长潜力,在加热的温室中进行育苗,白天的温度为17~23℃,夜间15~17℃,光周期延至16 h,采用高压钠蒸气灯,相对湿度保持50%以上,根据打破休眠芽的天数对休眠强度进行评价。Jouni等人^[18]研究了光周期和温度对打破欧洲云杉芽萌发的时间效应,指出自然条件下的寒冷与霜冻促进欧洲云杉的提早休眠,光周期缩短是顶芽休眠的一个关键因素;在昼夜温度变化的情况下从6 h开始延长10 min·d⁻¹,就会在10 d或10 d以上的时间内加速顶芽的萌发。Timus^[19]对5个种源的恩氏云杉 *Picea engelmannii* 和4个种源的花旗松 *Pseudotsuga merziesii* 的温室育苗的白天、夜间最佳生长温度作了研究,表明不同种源的恩氏云杉和花旗松的最佳生长温度不同。恩氏云杉白天的最佳生长温度为18~25℃,夜间的最佳温度为17~23℃;花旗松最佳生长温度为白天19~22℃,夜间16~24℃。王录和等^[20]采用温室容器育苗技术完成了一套适合红皮云杉 *Picea koraiensis* 生长发育的技术措施。

何其智等^[21,22]为缩短育苗周期系统研究了红皮云杉育苗的系列技术,使红皮云杉在1年生即可达出圃的标准,牡丹江林管局科研所对红皮云杉短周期育苗技术的研究通过鉴定。中国林科院张守攻等人^[23]开展了云杉强化育苗等方面的研究工作,使云杉温室1年生强化苗的苗高已超过苗圃3年生苗木的苗高,可在3~4年生时出圃,缩短育苗周期一半以上^[23]。

3 营养对云杉苗木的影响

云杉前期生长缓慢。国外许多国家已建立了一套适合云杉苗木生长发育的生活环境和相应的技术措施,在强化云杉育苗方面做了许多研究。Chandler^[24]研究发现西加云杉幼苗早期缺氮症状可在生长季节的初期施氮肥后消失,氮肥是限制西加云杉生长速率的一个重要因素。Chandler^[25]针对2年生的西加云杉进行氮肥营养研究,测定针叶的生长情况及光合作用,表明氮素对云杉的作用是通过细胞分裂而不是细胞膨大决定针叶的大小,施氮肥可促进云杉的快速生长。

为了限制生长过程中低pH值对生长的负影响,Dickson^[26]将石灰应用于酸性的森林土壤,以减少土壤中置换的铝和增加有效钙的含量。Miller等^[27,28]调查了应用¹⁵N对3年生西加云杉实生苗在混有珍珠岩的土壤中的影响,发现氮素的贮藏量和供应能力对西加云杉的持续生长是至关重要的。Ivor^[29]研究了矿质营养对针叶树不同生长时期的影响,指出在实生苗的迅速生长期需要充足的氮肥,在木质化期需要充足的磷肥和钾肥。邓琢人等^[30]研究了叶面肥对云杉育苗的影响,试验表明对苗床上的云杉苗木,不论苗龄大小,喷施叶面肥对生长有明显的促进作用。在土壤肥力不足时以施磷二铵效果最为明显。陈静梅等^[31]进行了天山云杉 *Picea schrenkiana* var. *tianshanica* 速生壮苗培育试验。调查结果发现覆膜对促进苗初期生长有显著作用,苗期施肥对促进苗木高、径生长有显著影响。

4 云杉强化育苗存在的问题及展望

综上所述,近年来国外在云杉强化育苗方面进行了很多研究^[32~34],如氮肥的促进作用,延长光周期或连续光照对云杉和针叶树的促进作用,最大光合作用的光谱范围与光量,各种光源的研究,以及光照、温度、湿度、水分、肥料等因子对云杉强化育苗的作用的研究。温度过低影响补光效应,肥料不适,也影响大棚育苗意义,必须温、光、肥同时调控。在国内,云杉属的强化育苗工作主要围绕在温室内的快速育苗技术,在最佳光照时间及光源,最佳生长温度、湿度等方面还没有深入的研究,因此,在以后的工作中,应进一步深入开展的这方面的研究工作,从而探索出云杉等针叶树种的快速育苗一系列技术措施。另外,云杉前期生长缓慢的生理和遗传特性、生长季节停止生长和造成休眠的生理和遗传机制现在尚不清楚,应将内因与外因结合起来研究,因而,强化育苗的生理和遗传基础的

研究也是今后研究工作的一个重要方向。

参考文献:

- [1] Bickford E D, Dunn S. *Lighting for Plant Growth* [M]. Ohio: Kent State University Press, 1977. 46—56.
- [2] Kramer P J, Kozłowski T T. *Physiology of Woody Plant* [M]. New York: Academic Press, 1979.
- [3] Vince-Prue D, Canham A E. Horticultural significance of photomorphogenesis [A]. Steward F C. *Encyclopedia of Plant Physiology* [C]. New York: Springer-Verlag, 1983. 518—544.
- [4] Dymock I J, Wilson S. Effects of light quality and photoperiod on twelve coniferous species [A]. Harvey E M. *Proceedings of the 1984 Prairie Federal-Provincial Nurserymen's Meeting* [C]. Edmonton: Northern Forestry Centre, 1984. 34—54.
- [5] Wheeler N. Effect of continuous photoperiod on growth and development of lodgepole pine seedlings and grafts [J]. *Can J For Res*, 1979, **9**: 276—283.
- [6] Dendwick F M, Dymock I J. Use of supplemental lights in conifer production: Benefits vs. Costs [A]. Harvey E M. *Proceedings of the 1987 Prairie Federal-Provincial Nurserymen's Meeting* [C]. Edmonton: Northern Forestry Centre, 1987. 25—37.
- [7] Steven K O, Kent L E. Photoperiod extension with two types of light sources: Effects on growth and development of conifer species [J]. *Tree Planters' Notes*, 1993, **44** (3): 1—7.
- [8] Tinus R W. New greenhouse photoperiod lighting system for prevention of seedling dormancy [J]. *Tree Planters' Notes*, 1995, **46** (1): 11—14.
- [9] Coursolle C, Bigras F J, Margolis H A, et al. Growth and hardening of four provinces of containerized white spruce (*Picea glauca*) seedlings in response to the duration of 16 h long-night treatments [J]. *New For*, 1998, **16**: 155—166.
- [10] 余让才, 潘瑞炽. 蓝光对水稻幼苗生长及内源激素水平的影响 [J]. *植物生理学报*, 1997, **23** (2): 175—180.
- [11] 魏胜林, 王家保, 李春保. 蓝光和红光对菊花生长和开花的影响 [J]. *园艺学报*, 1998, **25** (2): 203—204.
- [12] 储钟稀, 童哲, 朱孝风, 等. 不同光质对黄瓜叶片光合特性的影响 [J]. *植物学报*, 1999, **41** (8): 867—870.
- [13] 徐景智, 李同凯, 葛大勇, 等. 植物生长发育对光波段选择性吸收的研究进展 [J]. *河北林果研究*, 2002, **17** (2): 180—184.
- [14] Mason W L. *Forest Use of Improved Sitka Spruce Cuttings* [R]. Roslin: Forestry Commission, 1987.
- [15] Russell J, Ferguson C. *Production of Genetically Improved Seedlings of Interior Spruce: a Grower's Manual* [R]. Victoria: FRDA Report, 1990. 110.
- [16] Bentzer B G. Rooting and early shoot characteristics of *Picea abies* [J]. *Scand J For Res*, 1988, **3**: 481—491.
- [17] Fennessy J, O'Reilly C, Harper C P, et al. The morphology and seasonal changes in cold hardiness, dormancy intensity and root growth potential of rooted cuttings of Sitka spruce [J]. *Forestry*, 2000, **73** (5): 489—496.
- [18] Jouni P, Veikko K, Heikki H. Effects of photoperiod and temperature on the timing of bud burst in Norway spruce (*Picea abies*) [J]. *Tree Physiol*, 1998, **18**: 811—816.
- [19] Tinus R W. *Optimum Temperatures for Growth of Southern Rocky Mountain Engelmann Spruce and Douglas-fir Seedlings* [R]. Fort Collins: Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, 1984. 1—5.
- [20] 王录和, 刘得利, 泉志和, 等. 红皮云杉温室容器育苗技术 [J]. *林业科技*, 1995, **20** (3): 13—14.
- [21] 何其智, 龙作义, 谢虎风, 等. 红皮云杉短周期育苗技术 [J]. *林业科技*, 1989, **14** (4): 9—13.
- [22] 张德利. 缩短红皮云杉苗木培育期的主要技术环节 [J]. *吉林林业科技*, 1987, (2): 12—13.
- [23] 刘娇妹, 王军辉, 张守攻, 等. 云杉种间和种源间苗期性状的遗传变异研究 [J]. *河北农业大学学报*, 2003, **26** (增刊): 112—115, 119.
- [24] Chandler J W, Dale J E. Photosynthesis and nutrient supply in needles of Sitka spruce (*Picea sitchensis*) [J]. *New Phytol*, 1993, **125**: 101—111.
- [25] Chandler J W, Dale J E. Nitrogen deficiency and fertilization effects on needle growth and photosynthesis in Sitka spruce (*Picea sitchensis*) [J]. *Tree Physiol*, 1995, **5**: 813—817.
- [26] Kamprath C D, Foy C D. Lime fertilizers plant interaction in acid soils [A]. Engelstad O P. *Fertilizer Technology and Use* [C]. Madison: Soil Science Society of America, 1985. 91—151.
- [27] Miller H G, Cooper J M, Miller J D, et al. Nutrient cycles in pine and their adaptations to poor soils [J]. *Can J For Res*, 1979, **9**: 19—26.
- [28] Millard P, Pore M E. Storage and internal cycling of nitrogen in relation to seasonal growth of Sitka spruce [J]. *Tree Physiol*, 1992, **10**: 33—34.
- [29] Ivor K E. The effects of mineral nutrition on hardening-off of conifer seedlings [DB/OL]. Available from <http://www.fenanet.org/proceedings/1989Edwards.pdf>, 2002-02-03.
- [30] 邓琢人, 吕秋根, 王笃高, 等. 叶面肥对云杉育苗的影响 [J]. *林业科技*, 1997, **22** (3): 12—13.
- [31] 陈静梅, 陈国欣. 天山云杉速生壮苗培育试验 [J]. *新疆农业科学*, 1997, (1): 43—44.
- [32] 马常耕. 世界云杉无性系林业发展现状 [J]. *世界林业研究*, 1993, (6): 24—31.
- [33] 马常耕. 不断开拓, 高效快速推进我国无性系林业 [R]. 桂林. 全国林木遗传育种学术会议, 1997. 1—9.

[34] Smith H. Light quality, photoperception and plant strategy [J]. *Annu Rev Plant Physiol*, 1992, 33: 481—513.

Actualities and expectation of techniques for accelerating *Picea* seedling growth

WANG Jun-hui^{1,2}, ZHANG Shou-gong^{1,2}, MA Chang-geng^{1,2}, LIU Jiao-mei^{1,2}, CHEN Yong-guo³, CHEN Hai-qing³
(1. The Research Institute of Forestry, CAF, Beijing 100091, China; 2. Laboratory of Tree Breeding and Cultivation State Forestry Administration, Beijing 100091, China; 3. Dongxia Forest Fam, Datong 880011, Qinghai, China)

Abstract: Spruce is an important timber tree species for industrial use. The bottleneck for the cultivation of spruce is its slow growth, which affects the genetic evaluation process seriously. The domestic and overseas researches on accelerating spruce seedling growth by plastic sheds and greenhouses were expatiated. And the factors influencing fast growth of spruce seedlings such as light, temperature, humidity, moisture and fertilizers were analyzed. Increasing illumination had a significant effect on the growth of spruce seedlings. Light treatment could hinder from early dormancy of spruce. Temperature in the roots was also an important factor affecting spruce growth. The techniques for accelerating seedling growth could shorten the period of seedlings cultivation. Finally, further study in future was also put forward. [Ch, 34 ref.]

Key words: silviculture; *Picea* (spruce); accelerating seedling growth; light; temperature; nutrition

浙江林学院举行森林培育省级重中之重 学科建设方案论证会

2005年5月25日,浙江林学院举行森林培育省级重中之重学科建设方案论证会。应邀出席论证会的有浙江大学、南京林业大学、浙江省疾病预防控制中心、浙江省农业科学院、浙江省林业科学研究院、中国林业科学研究院林业研究所等单位的专家、教授。浙江林学院副院长、森林培育学科带头人方伟教授参加了论证会。

论证会由陈永富教授主持。与会专家听取了学科负责人黄坚钦教授对建设项目总体目标、标志性成果、年度建设方案、可行性分析等内容的汇报,现场考察了实验室、新建智能实验楼等建设情况,认为浙江林学院森林培育学科已具备了良好的建设基础与鲜明的特色,学科在现有优势的基础上,紧紧围绕学科特色和创新,制定总体目标、年度目标、建设内容和取得标志性成果的方案,目标明确,内容翔实,经费预算合理,可操作性强,并认为森林培育重中之重学科的建设对进一步加强特色,拉动其他学科的发展及学校生物类实验平台的建设有十分重要的意义。专家同时指出,省级重中之重学科的建设目标要求很高,建设任务很重,学校要在人、财、政策等方面给予保障,以确保项目的顺利实施。