

青海云杉强化育苗技术研究^{*}

张守攻^{1,2}, 王军辉^{1,2}, 刘娇妹^{1,2}, 陈永国³, 陈海庆³, 钟永芳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] 研究了光照时间、温度和生长激素对青海云杉幼苗生长的影响。结果表明, 加光处理对青海云杉播种苗的苗高、叶片数、新梢长、侧芽数有显著影响; 通过光照处理, 可以阻滞云杉的早期封顶, 加光处理苗木除根系长外, 其余各生长性状均显著优于不加光对照; 温室加光 1 年生苗高显著高于当地苗圃露地 3 年生和大棚 2 年生苗高, 说明温室内的加光和加温措施对青海云杉的苗高生长有显著促进作用; 床上不加光容器苗(CK)的新梢长、侧芽数和叶片数大于地上不加光直播苗, 表明地温也是影响云杉生长的一个非常重要的因素; 青海云杉温室内 1 年生强化苗的苗高已超过传统露地苗圃 3 年生苗木, 种苗比常规育苗制度提早 3~4 年出圃; GA₃ 和 6-BA 均有促进苗高生长的效果, 其最佳浓度为 1 g/kg 6-BA 和 10 g/kg GA₃。

[关键词] 青海云杉; 家系; 苗期; 强化育苗; 苗高; 遗传变异

[中图分类号] S791.189.05

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2005)05-0033-06

云杉属(*Picea* Dietr.)植物在全世界约有 40 个种, 主要分布在北纬 50°~60°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带上, 即多数种呈环极式分布, 而在我国和美国可向南分布到北纬 30°附近高山上, 成为低热量地区的重要建群树种。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, 组成大面积的纯林, 或与其他针阔叶树混生。由于云杉属树种单位面积年生长量高, 木材品质好, 用途广, 已成为西欧、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^[1]。

云杉生产中存在的一个主要问题是早期生长缓慢, 这严重影响其经济效益和遗传改良进程, 特别是遗传评价进程, 因此云杉强化育苗技术就成为加速其育种进程的关键技术之一。我国当前云杉露地育苗一般是 2~3 年时换床移植, 4~5 年或 6~7 年出圃, 育苗周期长, 成本高, 经济效益低。

光是植物进行光合作用的能量来源, 是植物形态建成的重要因素, 对植物的生长发育具有其他因子所不可替代的作用。随着科学技术的发展和现代

生产技术的提高, 人们可以根据植物生长发育规律, 在可控环境条件下进行栽培。在这些栽培措施中, 不仅面临着合理补光的数量和质量问题, 还有影响树木发芽和停止生长的光照和温度这 2 个因子的耦合效应问题。有学者^[2~4]研究光周期对已生根的欧洲云杉插穗在芽蕾绽开时的效应, 结果表明: 在昼夜 20 h/10 h 变温情况下, 改变光周期(从 6 h 开始, 每天延长 10 min)可促进发芽。Jedp. sparks 等^[5]证明, 变温比恒温更能促进花旗松 1 年生苗的个体发育。

本研究采用的快速育苗方案的基本思路, 是在常规的日光温室塑料大棚容器育苗技术基础上, 通过人为调控苗木生长发育所需的水、肥、气、热、光等环境因子, 促进苗木生长, 力争缩短育苗周期, 达到加速遗传测验进程的目的。本试验利用 DDF250 型日光色发射型垂直点光源, 进行了增加光照时间(光周期)、温度和生长激素处理对青海云杉(*Picea crassifolia*)幼苗生长的影响试验, 以期探索针叶树的强化育苗实用技术, 使生产和科学研究均能从这一技术中获得效益。

^{*} [收稿日期] 2004-07-12

[基金项目] 国家“十五”科技攻关子课题“粗枝云杉和青海云杉良种选育和高效栽培技术”(2002BA515B0403); 国家“863”高新技术研究与发展计划项目(2001AA244061)

[作者简介] 张守攻(1957-), 男, 安徽淮南人, 研究员, 博士生导师, 主要从事森林培育等研究。

[通讯作者] 王军辉(1972-), 男, 河南郑县人, 副研究员, 博士, 主要从事落叶松、云杉的遗传育种和转基因林木安全评估研究。E-mail: wangjh@forestry.ac.cn

1 材料与方法

1.1 试验地自然概况

试验在青海省大通县东峡林场进行。该场地处青海省东部,属祁连山地前缘地带。位于东经 101°50'27",北纬 35°05'42",平均海拔 2 700 m 以上。林区属于凉温半湿润大陆性气候,场部年平均气温 2.9℃,最暖月均温 14.4℃,最冷月均温 -11.7℃,植物生长期 193 d。年降雨量 556 mm,雨热同季^[6]。

1.2 试验材料

试验所用青海云杉材料均采自东峡林场云杉单株的自由授粉种子。

1.3 试验方法

1.3.1 加光处理效应试验 有 9 个青海云杉自由授粉家系(8-42, 8-43, 8-47, 8-49, 8-75, 8-80, 8-88, 8-111, 8-114)参试。试验设加光和不加光(对照)2 个处理。光源为南京灯泡厂生产的 DDF250 型日光色发射型垂直点光源,光强为 4 050 lx,光周期为 20 h。试验采用随机完全区组设计,每处理重复 5 次,每一重复每个家系播种 50 个容器袋,每家系共 250 个容器袋。袋内基质为泥炭土和腐熟羊粪按体积比 4:1 配置的混合物,并掺入一定量的敌克松、磷酸二氢钾和代砷锌 3 种药物进行灭菌消毒。装完袋后再用 2 g/L 硫酸亚铁进行土壤消毒,使基质 pH 值保

持在约 5.5。苗木在加温大棚中培育,加温时间为 03-01(播种日)~04-30。出苗后每隔 20 d 定期测量苗高,试验期末(10-01)最后测量各家系生长正常株的根系长、新梢长、叶片数和侧芽数。

1.3.2 根区温度效应试验 共有 8 个青海云杉家系(8-42, 8-43, 8-49, 8-75, 8-80, 8-88, 8-111, 8-114)参试。分为温室床上容器苗加光(指容器置于架空离地面 1 m 高的铁框架上),温室床上容器苗不加光和温室地上直播不加光 3 种处理。随机区组排列,10 株小区(即 10 个容器),重复 3 次。试验期末(10-01)测量各家系生长正常株的新梢长、叶片数和侧芽数。

1.3.3 激素诱发效应 有 3 个青海云杉家系(8-71, 8-92 和 8-101)参试。分别采用 GA₃ 和 6-BA 2 种激素进行处理,其浓度均设为 1, 5 和 10 g/kg。完全区组设计,重复 5 次,每种激素每个浓度处理 50 株苗木。处理时间是 06-02,将不同浓度的激素溶液用毛笔蘸取点在幼苗的顶芽或顶尖部分。1 个月后观察生长情况,试验期末(10-05)测量各处理苗高。

试验数据按混合线性模型,用 SAS 6.12 统计软件 GLM (一般线性模型)模块进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 光照处理对青海云杉 1 年生苗生长的影响

表 1 说明了青海云杉 9 个家系综合的光照反应水平。

表 1 加光对青海云杉 1 年生苗各性状的影响

Table 1 The effect of supplied light on growth traits of one-year-old seedlings of *Picea crassifolia*

处理 Treatment	变量 Variable	平均值 Means	标准差 Standard error	变异系数/% CV
不加光 Unsupplied light	苗高(包括胚轴长度)/cm Seedling height (including hypocotyls length)	3.72 b	0.38	10.31
	根系长/cm Root length	15.15 a	21.24	140.24
	新梢长/cm Fresh tip length	2.67 b	0.57	21.21
	侧芽数 Number of lateral bud	1.69 b	0.59	34.77
	叶片数 Needle number	100.47 b	12.34	12.28
加光 Supplied light	苗高(包括胚轴长度)/cm Seedling height (including hypocotyls length)	6.72 a	1.16	17.29
	根系长/cm Root length	12.59 a	1.62	12.87
	新梢长/cm Fresh tip length	5.05 a	0.84	16.68
	侧芽数 Number of lateral bud	4.25 a	0.67	15.81
	叶片数 Needle number	162.48 a	13.13	8.08

注:不同处理同一变量后标不同小写字母表示二者差异极显著($P < 0.01$)。

Note: The same variable with different small letter in different treatments are very significant different at 0.01 in Tukey's studentized range (HSD) test

由表 1 可以看出,加光可以显著促进青海云杉苗高、新梢长、侧芽数和叶片数的增加,但对根系长的影响不显著。这是因为根系生长的空间有限,地下生长达营养杯所能容纳的程度后生长便受到限制,

因此光照处理对根系长的影响不显著。在观测中还发现,加光处理对苗木侧芽数这一性状在 6 个月的育苗期内一直有显著效应,而侧芽数多意味着云杉下一年的侧枝数也多,侧枝多就可提高光合器官数

量,从而有利于云杉以后的快速生长。由图 1 可知,青海云杉在播种后 21~ 42 d 高生长极其缓慢,42~ 63 d 生长速度稍加快,但 63~ 84 d 时又趋于缓和,家系间苗高差异不明显;84~ 196 d 时生长速度又迅速加快,加光青海云杉苗高由 2 84 cm 长到 6 72 cm,不加光青海云杉由 2 42 cm 长到 3 72 cm,这段时间中加光处理的青海云杉高生长明显高于不加光处理,即光照处理效应出现在出苗 84 d 以后。

2 2 青海云杉不同家系对加光处理的反应强度

不同家系在相同光处理下各性状表现存在极显著差异($P < 0.01$)。不同家系对加光处理的反应强度,用加光处理与不加光处理下各性状的比值(相对增长幅度)来表示,结果见表 2。由表 2 综合分析可知,青海云杉不同家系对光照处理的敏感度明显不同,8-75,8-111 和 8-114 对加光反应敏感;8-47 和 8-80 对光照反应不敏感,即各性状值因加光的增加幅度不大。从表 2 还可看出,不仅不同家系在同一测定性状上的表现差异较大,而且不同性状对加光的反应也不同。其中,根系的光反应强度最弱,加光与

不加光只差 14 0% (平均值);而侧芽数对光最为敏感,加光后侧芽数增长幅度达不加光处理的 180 0%。

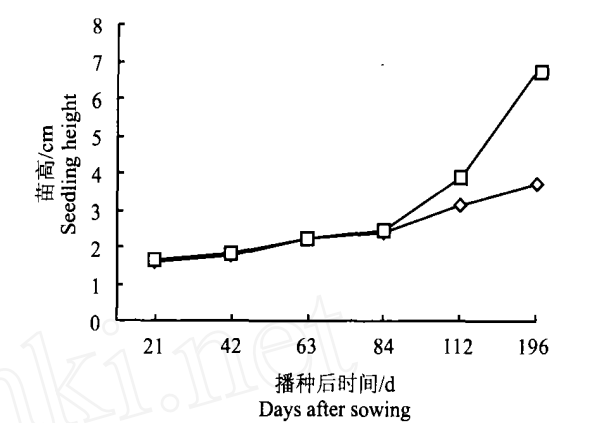


图 1 加光与不加光处理下青海云杉 1 年生苗高的生长曲线
- - - 不加光; - □ - 加光

Fig 1 The height growth curve of supplied and unsupplied light treatment of one-year-old seedlings of *Picea crassifolia*
- - - Unsupplied light; - □ - Supplied light

表 2 青海云杉不同家系对光照处理的反应强度

Table 2 The response degree of different families of *Picea crassifolia* at supplied light treatment %

家系 Family	根系长 Root length	叶片数 Needle number	新梢长 Fresh tip length	侧芽数 Number of lateral bud
8-42	114(4)	156(3)	191(5)	255(6)
8-43	107(3)	157(5)	199(6)	253(5)
8-47	111(5)	141(2)	145(1)	200(2)
8-49	100(1)	156(4)	215(7)	222(4)
8-75	133(8)	219(8)	234(9)	534(9)
8-80	102(2)	138(1)	163(2)	178(1)
8-88	114(4)	181(7)	186(4)	213(3)
8-111	121(6)	169(6)	220(8)	315(7)
8-114	127(7)	157(5)	182(3)	352(8)
平均 Mean	114	164	193	280

注: 括号内为排位号。
Note: The rank of family is in the bracket

2 3 根区温度对苗木生长的影响

温室内气温比地温高,所以网架上容器苗的根区温度也明显比大棚内地下直播苗的根区温度高。由表 3 知,同一大棚 3 种处理的新梢长、侧芽数和叶片数均具有显著差异。显示地温对促进青海云杉的生长也具有积极意义。即集约培育云杉苗木时,补充光照和调控温度都是不可少的。

2 4 温室加光 1 年生苗与大棚 2 年生苗和苗圃 1~ 3 年生苗各性状的比较

为了比较加光的效果,同时调查了该林场大棚

和露地苗的生长情况(表 4)。由表 4 知,青海云杉温室加光 1 年生苗根系长 12 59 cm,大于苗圃 2 年生苗($P > 0.01$),小于苗圃 3 年生和大棚 2 年生苗($P > 0.01$);温室加光 1 年生苗的叶片数大于苗圃 2 年生苗($P < 0.01$),小于苗圃 3 年生苗($P < 0.01$);温室加光 1 年生苗高 6 72 cm,高于苗圃 3 年生苗高 5 18 cm ($P < 0.01$)和大棚 2 年生苗高 5 61 cm ($P < 0.01$)。上述数据表明,温室内的加光和加温措施均对青海云杉的苗高生长有明显的促进作用。

表 3 青海云杉 1 年生苗不同性状对根区温度反应的差异显著性

Table 3 The effect of temperature in the root zone on different traits of one-year-old seedlings of *Picea crassifolia*

处理 Treatment	新梢长/cm Fresh tip length	侧芽数 Number of lateral bud	叶片数 Needle number
苗床上加光 Supplied light in bed	5 1 a	4 2 a	164 a
苗床上不加光 Unsupplied light in bed	2 6 b	1 6 b	99 b
地下直播 Direct seedling in the ground	0 39 c	0 12 c	17 c

注: 同列数据后标不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

Note: The same column data with different small letter are significant different at 0.05 in Tukey's studentized range (HSD) test

表 4 温室加光 1 年生苗与大棚 2 年生苗和苗圃 1~3 年生苗各性状的比较

Table 4 The comparison of different traits of one-year-old seedlings grown in plastic greenhouse, two year-old seedlings in plastic shed and three year-old seedling in nursery

育苗方式与苗龄 Methods of seedling raising and seedling age	根系长/cm Root length	新梢长/cm Fresh tip length	侧芽数 Number of lateral bud	叶片数 Needle number	苗高/cm Seedling height
温室加光 1 年生 1 year in supplied light greenhouse	12 59 AB	5 05	4 26	162 48 B	6 72 A
大棚 2 年生 2 years in glasshouse	14 35 ± 1.81 A	2 49	2 20	74 03 ± 7.12 C	5 61 ± 0.33 B
苗圃 1 年生 1 year in nursery	8 61 ± 0.98 B	-	-	15 63 ± 1.62 E	1 97 ± 0.06 E
苗圃 2 年生 2 years in nursery	10 77 ± 2.28 B	-	-	45 67 ± 10.11 D	2 47 ± 0.51 D
苗圃 3 年生 3 year in nursery	13 39 ± 1.14 A	-	-	243 14 ± 13.92 A	5 18 ± 0.19 C

注: 同列数据后标不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$)。

Note: The same column data with different letter are significant different at 0.05 in Tukey's studentized range (HSD) test

2.5 6-BA 和 GA₃ 的诱发效应 值均高于对照,说明 2 种激素对幼苗的高生长均有较好的促进作用。

2.5.1 6-BA 和 GA₃ 对青海云杉苗高的影响 表 5 表明,涂抹激素的青海云杉,其苗高的最大值、最小

表 5 6-BA 和 GA₃ 对青海云杉苗高生长的影响

Table 5 The influence of 6-BA and GA₃ on height of *Picea crassifolia*

激素 Hormone	最小值/cm Minimum	最大值/cm Maximum	平均值/cm Means	标准差 Standard error	变异系数/% CV
6-BA	3 83	9 40	5 58	1 37	24 55
GA ₃	3 82	9 12	5 49	1 27	23 14
CK	3 52	5 38	4 33	0 50	11 63

2.5.2 不同浓度激素的生长效应 由表 6 可以看出,不同浓度的 GA₃ 和 6-BA 对苗木的生长影响也 不同,其最佳浓度因激素种类而异。6-BA 的最佳浓度是 1 g/kg,GA₃ 的则为 10 g/kg,即 GA₃ 要求有较高的使用浓度。

由表 7 可以看出,激素、家系 × 激素间、家系 × 激素浓度间均对苗高有显著影响,因此不同家系要 选用不同的激素及其浓度。多重比较发现,2 种激素 对促进云杉高生长的作用效果相似,二者与对照相 比具有明显差异,表明这 2 种激素对促进云杉高生 长有显著效果。

表 6 不同浓度 6-BA 和 GA₃ 对青海云杉苗高的影响

Table 6 The influence of different concentrations of 6-BA and GA₃ on height of *Picea crassifolia*

激素 Hormone	浓度/(g · kg ⁻¹) Hormone concentration	苗高/cm Seedling height
6-BA	1	5 74
	5	5 57
	10	5 41
GA ₃	1	4 75
	5	5 47
	10	6 26
CK	0 0	4 33

表 7 青海云杉 1 年生苗高各变异来源的方差分析结果

Table 7 A nalysis of variance of one-year-old seedlings height of *Picea crassifolia*

变异来源 Sources	d. f.	M S	F	P r> F
家系 Fam ily	2	32.47	94.82***	0.001
激素 Homone	1	9.33	27.25***	0.001
激素浓度 Homone Concentration	2	2.60	7.60*	0.040
家系×激素 Fam ily×Homone	4	3.58	10.44***	0.001
家系×激素浓度 Fam ily×Homone Concentration	8	3.79	11.07***	0.001
区组 Block	4	0.52	1.540	0.190
误差 Error	80	0.34		

3 结论与讨论

本试验结果表明, 补充和延长光照对青海云杉播种苗的苗高、叶片数、新梢长、侧芽数均有显著的促进作用。通过光照处理, 可以防止云杉 1 年生苗中遇到的早期封顶现象, 大大提高了苗木生长量, 这为制定云杉的强化育苗体制提供了参考。同时在试验中也发现, 所有苗木, 包括灯光下和远离灯光的苗木都具有偏向温室向阳一面的现象, 这说明本试验所用的光照强度不够, 所以生长促进效应比国外同类研究差, 需要增强。据报道^[7,8], 加拿大对白云杉育苗所用的光照强度为 10 000 lx, 本试验所用的光照强度仅 4 050 lx, 光照强度要小得多。文献报道 540 lx 的光照强度是云杉育苗所需的最小光照强度, 只能阻止树木休眠, 如果为了积极生长, 需要 2 500~ 3 000 lx 的光照强度(个人通讯)。文献[9]中记载, 使用外加辅助光源可提高苗木高生长, 延长光照时间能起到非常重要的作用, 如辅助光强足够高, 可使实生苗接近最大光合速率。Vince-Prue 等^[10]评价了辅助光源在温室中应用的效应, 认为对形态建成学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。因此下一步的研究工作应对不

同的光照强度和光照时间进行更加深入的研究。

对 3 种云杉苗木培育方法的效果比较可以看出, 加光温室 1 年生苗高显著大于苗圃自然光 3 年生和大棚 2 年生自然光下的苗高, 说明温室内的加光和加温措施对青海云杉的苗高生长有明显或极强的促进作用; 研究同时表明, 床上不加光苗的新梢长、侧芽数和叶片数大于地上直播不加光苗, 这是因为床上不加光苗木的基质温度(根区)高于地上直播苗木, 因此温度也是云杉生长发育的一个非常重要的因素。青海云杉的温室 1 年生强化苗的苗高已超过苗圃传统培育的 3 年生苗的苗高, 可以提早 3~ 4 年出圃, 正确使用可达到缩短育苗年限和育种周期的目的。

云杉封顶以后, 需要经过一段时间的低温处理才能打破休眠, 重新萌发。本试验结果发现, 在刚开始休眠时使用 GA₃ 和 6-BA 处理均有阻滞休眠、促进萌发和影响生长发育的效应, 说明激素处理具有部分补偿低温处理的作用。6-BA 和 GA₃ 2 种激素对促进云杉高生长有积极效果, 其最佳浓度分别为 1 g/kg 和 10 g/kg, 这与 2 种激素生理活性的差异有关。

[参考文献]

[1] 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.

[2] Jouni Partanen, Veikko Koski, Heikki Hanninen. Effects of photoperiod and temperature on the timing of bud burst in Norway spruce (*Picea abies*) [J]. Tree Physiology, 1998, 18: 811- 816.

[3] Chandler J W, Dale J E. Nitrogen deficiency and fertilization effects on needle growth and photosynthesis in Sitka spruce (*Picea stichensis*) [J]. Tree Physiology, 1995, 5: 813- 817.

[4] Russell J, Ferguson C. Production of genetically improved stocklings of interior spruce: a grower's manual[R]. Canada, BC: FRDA Report, 1990.

[5] Jedp sparks, Gaylon S campbell, Black R A lam. Liquid water content of wood tissue at temperature below 0 [J]. Canadian J of Forest Research, 2000, 30(4): 624- 630.

[6] 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.

[7] 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.

[8] 马常耕. 不断开拓, 高效快速推进我国无性系林业[Z]. 广西桂林: 全国林木遗传育种学术会议, 1997.

- [9] Kramer P J, Kozlowski T T. Physiology of woody plant[M]. New York: Academic Press, 1979.
- [10] 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.

Study on techniques of accelerating spruce seedling growth

ZHANG Shou-gong^{1,2}, WANG Jun-hui^{1,2}, LIU Jiao-mei^{1,2},
CHEN Yong-guo³, CHEN Hai-qing³, ZHONG Yong-fang³

(1 The Research Institute of Forestry, CAF, Beijing 100091, China;

2 Laboratory of Tree Breeding and Cultivation, State Forestry Administration, Beijing 100091, China;

3 Dongxixia Forestry Centre Datong, Datong, Qinghai 880011, China)

Abstract: Effects of light period, temperature and growth hormone on the growth of *Picea crassifolia*'s seedlings were studied. The result showed that light compensating treatment had remarkable influence on seedling height, needle numbers, fresh tip length and numbers of lateral bud of *Picea crassifolia*. By the light treatment, we could make the seedling grow without ceasing in the early time of juvenile period. Besides root length, other growth characters of seedlings with light treatment were better than those without light treatment. We found that one-year seedlings in greenhouse with light compensating treatment were much higher than three-year seedlings in nursery and two-year seedlings in glasshouse. So light compensating treatment had a notable effect on the height growth of *Picea crassifolia*'s seedlings in greenhouse. The fresh tip length, numbers of lateral bud and needle numbers of seedlings without light compensation on bed were bigger than those on ground without light compensation. It showed that the temperature of soil was also a very important factor on the growth of spruce. Now the height of one-year seedlings by enforcement breeding in greenhouse was already higher than three-year seedlings by traditional breeding method in nursery, and the seedlings were 3 or 4 years grown earlier than before. GA₃ and 6-BA could both accelerate the height growth of seedlings, and the optimal concentrations were 1 g/kg 6-BA and 10 g/kg GA₃.

Key words: *Picea crassifolia*; family; periods of seedlings; accelerating seedling growth; seedling height; genetic variation