

# 短日照处理在夏季造林中的应用及研究进展\*

蒋乐<sup>1</sup> 李国雷<sup>1</sup> 刘勇<sup>1</sup> 孙正华<sup>2</sup>

(1 北京林业大学省部共建森林培育与保护教育部重点实验室,北京 100083;

2 山东聊城东昌府区林业局张炉集林业站,山东聊城 252029)

**摘要:** 北欧、北美的许多地区在夏季造林前对云杉苗木进行2~3周的短日照处理,以促进苗木提前形成顶芽和进入休眠,提高苗木的木质化程度,增强苗木抗机械损伤和抵御生物或非生物胁迫的能力;通过抑制苗木的高生长,使碳水化合物更多地向根系分配,可促进根系的生长发育,增强苗木吸收水分、养分的能力,显著改善夏季造林苗木的质量,取得了较好的造林效果。目前,应用短日照处理调控夏季造林苗木质量的相关研究受到广泛关注。文中重点分析短日照处理的起始时间、持续时间和日照长度等主要技术参数对苗木木质化及其抗旱性和抗寒性的影响,并对短日照处理技术在我国夏季造林中的应用提出展望。

**关键词:** 短日照处理,夏季造林,木质化,抗旱性,抗寒性

中图分类号:S718.43,S725

文献标识码:A

文章编号:1001-4241(2013)05-0036-05

## Research Progress of Application of Short-day Treatment to Summer Planting

Jiang Le<sup>1</sup> Li Guolei<sup>1</sup> Liu Yong<sup>1</sup> Sun Zhenghua<sup>2</sup>

(1 Key Laboratory for Silviculture and Conservation of Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083;

2 Zhangluji Forestry Station, Dongchangfu District Forestry Bureau, Liaocheng 252029, Shandong, China)

**Abstract:** Short-day treatment lasting 2-3 weeks is made to spruce seedlings before summer planting in Northern Europe and Northern America in order to induce earlier terminal buds formation and enhanced seedlings lignification level for increasing the ability to resist mechanic damage and biological or non-biological stress as well, and arrest seedlings height growth so as to lead more carbohydrate into root system, improve root growth and increase seedling's ability to absorb water and nutrients. This method can apparently improve the quality of seedlings for summer planting and gain better afforestation effect. Currently, related research on applying short-day treatment to regulate seedling quality for summer planting has received extensive attention. This paper analyzed the effect of main technical parameters of short-day treatment, i. e. initiating date, duration time and critical night length, on drought resistance and frost hardiness of seedlings and prospected potential application of short-day treatment to summer planting in China.

**Key words:** short-day treatment, summer planting, lignification, drought resistance, frost hardiness

短日照处理是通过遮蔽光照缩短日照长度从而人为改变植物原有的自然生态光周期的技术。植物细胞接受短日照处理的光信号后将引起一系列生理生化反应,直接影响植物的生长发育。目前,短日照处理诱导苗木的顶芽休眠及参与抗寒锻炼已成为苗

圃调控苗木抗寒性的重要措施之一<sup>[1]</sup>。

加拿大及北欧冬季漫长,春季短促、寒冷,土壤温度回暖缓慢,大规模造林只能在高温、多雨的夏季进行。然而,夏季造林期间苗木正处于发育木质化初期,对逆境胁迫的适应能力相对较弱,幼嫩的苗木顶

\* 收稿日期:2013-03-07

基金项目:北京市自然科学基金资助项目(6132023);中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(TD2011-08)

作者简介:蒋乐,硕士生,主要研究方向为森林培育学,E-mail:le2010girl@163.com

责任作者:李国雷,副教授,硕士研究生导师,主要研究方向为森林培育学,E-mail:glli226@163.com

稍在起苗、包装、运输、造林过程中易折损;造林后的苗木可能遭受秋季早霜和翌春晚霜的冻害,将严重影响造林苗木的成活率及存活苗木的生长发育,造成较大的经济损失。加拿大及北欧的一些林业先进国家应用短日照处理成功地解决了云杉苗木的上述问题,并取得较好的夏季造林效果<sup>[2-3]</sup>。研究表明,植物的木质素分子与细胞壁中的纤维素等多糖分子结合,增加了植物细胞和组织的机械强度和疏水性<sup>[4]</sup>。短日照处理能够促进苗木木质素的生物合成,增强苗木的木质化程度,提高苗木保持水分、协调体内物质运输及抵御生物或非生物胁迫的能力。此外,短日照处理能抑制苗木的高生长<sup>[5-8]</sup>,导致碳水化合物更多地向苗木的根系分配,促进发达根系的形成<sup>[2,9-10]</sup>。应用短日照处理的苗木吸收水分、养分的能力均较强,抗旱能力也相应地有所增强,进而提高了苗木的造林成活率。近年来,随着夏季造林规模的逐步扩大,通过短日照处理调控苗木质量的相关研究已受到广泛关注<sup>[3,6-7,11-12]</sup>。

本文结合国外关于短日照处理调控苗木质量的理论研究与应用成果,重点分析短日照处理的起始时间、持续时间和日照长度等主要技术参数的选取和确定原则,阐述短日照处理对夏季造林苗木质量及造林效果的影响,以期为我国北方地区的夏季造林中应用短日照处理技术提供有益的参考。

## 1 短日照处理主要技术参数的确定

起始时间、持续时间及日照长度是短日照处理的主要技术参数,这些技术参数直接影响短日照处理对苗木质量的调控作用和夏季造林的效果。

### 1.1 短日照处理起始时间的确定

短日照处理起始时间的确定不仅要参考同种源苗木顶芽自然形成的时间及造林地秋季早霜的降临时间,还应兼顾短日照处理所需的持续时间。短日照处理的起始时间与树种有关,如欧洲云杉[*Picea abies* (L.) Karsten]、黑云杉[*Picea mariana* (Mill.) B. S. P.]和北美黄杉[*Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii* (Mirb.) Franco]苗木短日照处理的起始时间分别为6月14日、7月5日和7月12日<sup>[6,13-14]</sup>。

短日照处理起始时间的确定还应考虑苗龄的大小。当年生苗木可适当延迟短日照处理的起始时间。过早或过晚进行短日照处理均不利于夏季造林后苗

木的生长发育<sup>[15]</sup>。如果短日照处理的起始时间过早,一方面使夏季造林后的苗木还有较长的生长期,适宜的温度可能会打破苗木顶芽的休眠,引起顶梢二次生长,受到秋季早霜危害的概率增大<sup>[6]</sup>;另一方面也会使苗木在苗圃生长的时间相对缩短,苗木的规格较小,抗逆性较差,造林后苗木的生长易受杂草等不利环境因素的干扰,存活困难。如果起始时间过晚,在秋季早霜降临时苗木可能尚未形成能够适应低温胁迫的抗寒能力,苗木将遭受霜冻的伤害<sup>[7]</sup>。

一般将短日照处理的起始时间设置为2~3个水平,持续时间和日照长度均设为固定值进行苗木的相关试验,通过试验数据对比分析后,择优确定短日照处理的起始时间。Floistad等<sup>[8]</sup>分别在7月10日和7月24日对挪威云杉苗进行短日照处理,持续时间均为2周,日照长度均为10 h。通过对不同起始时间的短日照处理苗木质量进行对比分析,并参照当地气象条件和纬度条件等因素进行综合评估,最终确定挪威云杉苗木最佳短日照处理的起始时间为7月10日。

### 1.2 短日照处理持续时间的确定

夏季造林前,苗木应进行至少1周以上的短日照处理<sup>[11-12]</sup>。持续2~3周的短日照处理能够促进苗木较早地进入休眠状态<sup>[11]</sup>,停止高生长<sup>[13]</sup>。苗木的木质化程度以及抗旱性<sup>[2,16]</sup>和抗寒性<sup>[19-22]</sup>均有较大提高,夏季造林效果较好<sup>[12]</sup>。

短日照处理的持续时间太短或太长均可能导致夏季造林苗木受到霜冻的伤害。持续时间太短,苗木休眠浅,苗木顶芽的休眠在造林后易被打破,苗木顶梢二次生长的概率较大,受早霜冻害概率亦增大<sup>[6-7]</sup>。短日照处理的持续时间若太长,苗木的形态生长发育相对较差,造林成活率相对较低<sup>[13]</sup>;持续时间太长的造林苗木尽管在当年受早霜危害的概率可能较小,但在第2年春季会因顶芽的萌发时间提前而受到晚霜的冻害<sup>[8,23]</sup>。原因可能在于短日照处理持续时间长的苗木休眠较深,顶芽叶原基的数量较多,翌年春天顶芽萌发早而导致抗寒能力急剧下降,难以抵御晚霜的冻害。

短日照处理持续时间的确定同样需要通过相关的试验和对比分析。通常将持续时间设置为3个水平,起始时间和日照长度均设为固定值。Tan等<sup>[3]</sup>在7月5日开始对白云杉苗进行日照长度为12 h的短日照处理,持续时间分别设置为1周、2周和3周,通过对不同持续时间的苗木质量进行对比分析后,择优

确定白云杉苗木的最佳短日照处理持续时间为3周。

### 1.3 短日照处理日照长度的确定

短日照处理的日照长度决定光周期对苗木的诱导效应。短日照处理的日照长度是影响苗木木质化和顶芽休眠的最重要技术参数<sup>[11]</sup>,也是提高苗木质量<sup>[6,8,13,24]</sup>和夏季造林效果的最关键因素<sup>[3,12,22,25]</sup>。在确定短日照处理的日照长度时,必须严格参照当地自然生态条件下日照长度的时数。短日照处理的日照长度必须短于当地自然生态条件下的日照长度。通常,短日照处理的日照长度随地理纬度的降低而减少。短日照处理的日照长度可以在日照长度设置梯度范围内选取,常见的日照长度设置梯度为6 h,7 h,8 h,9 h,10 h,11 h和12 h等。根据树种和纬度条件选择3~4个梯度进行相关试验和对比分析,最终确定最佳短日照处理的日照长度。

不同树种对日照长度的要求有所不同,如白云杉<sup>[3]</sup>、挪威云杉<sup>[8]</sup>、北美黄杉<sup>[14]</sup>和黑云杉<sup>[11]</sup>的日照长度分别为12 h,10 h,9 h和8 h。此外,日照长度与纬度相关<sup>[8]</sup>,生长在47°02'N和56°57'N的白云杉苗木的日照长度分别为8 h<sup>[21]</sup>和12 h<sup>[3]</sup>。

在对苗木进行短日照处理期间,短日照处理的起始时间和持续时间均可依据试验苗木的形态生长及顶芽形成率进行适当调整,日照时数则不允许随意增减。

## 2 短日照处理对苗木质量的调控

短日照处理可以促进苗木木质素的生物合成,在抑制苗木的高生长、促进茎的加粗生长和根生长的同时,完成苗木的休眠诱导和胁迫适应2个生理过程,苗木质量因此得到显著改善。

### 2.1 对苗木根系生长发育的调控

Luoranen等<sup>[2]</sup>、Heide等<sup>[26]</sup>、Coursolle等<sup>[27]</sup>研究认为,短日照处理直接影响苗木根系的形态结构和功能。顶芽的形成将抑制苗木地上部分的生长发育<sup>[5-7,30,33-34]</sup>,苗木的地下部分因此得到更多的营养物质,以促进根系的生长发育。短日照处理可以导致苗木的根/茎比值增大<sup>[6,8,12-13,28,35]</sup>。

### 2.2 对苗木抗旱性的调控

短日照处理可以促进苗木的木质化进程<sup>[11]</sup>,对苗木的抗旱性产生重要影响<sup>[30]</sup>。Luoranen等<sup>[22]</sup>研究表明,短日照处理的挪威云杉苗木根系发达,吸收水分能力较强;苗木因高生长处于停止状态而相对降

低了地上部分的水势,减少了蒸腾作用引起的水分散失,有利于苗木维持水分的平衡。与对照处理苗木相比,应用短日照处理的苗木对水分胁迫具有较高的敏感度,可在干旱初期快速完成关闭气孔、延迟脱水等一系列抗旱生理过程,减轻干旱胁迫对苗木的危害程度<sup>[11,13]</sup>。为了研究不同处理下白云杉苗木对干旱胁迫的适应能力,Tan等<sup>[13]</sup>从每个处理中随机抽取15株幼苗,进行沙培盆栽模拟干旱胁迫试验。对试验苗木进行一次充分灌水后,停止浇水处理。在日平均气温18~21℃、停止浇水19天后,仅有20%的对照处理苗木存活,进行1~2周短日照处理苗木的存活率均在90%以上。

### 2.3 对苗木抗寒性的调控

苗木接受适当的短日照处理后,即使以后的日照条件发生改变,也将在较长时间里保持短日照处理的刺激效应。在短日照刺激效应和抗寒锻炼的交互影响下,苗木的抗寒能力得到较大提高,有利于苗木适应低温胁迫<sup>[11,13-14,24,27-32]</sup>。Luoranen等<sup>[7]</sup>将不同处理的挪威云杉苗放入低温冰箱中,进行人工模拟低温胁迫试验。处理温度从5℃起始,以3℃/h的速率降温。温度降至-6℃时,对照处理的苗木全部遭受冻害;温度降至-12℃时,应用短日照处理的苗木针叶依然保持生理功能。短日照处理诱导苗木提前形成顶芽并进入休眠<sup>[2,11]</sup>,从而避免或缓解了秋季早霜对苗木的危害<sup>[24,29]</sup>。Dormling等<sup>[32]</sup>、Jacobs等<sup>[14]</sup>均认为,应用短日照处理的苗木抗翌春晚霜冻害的能力明显强于对照处理的苗木。Rostad等<sup>[5]</sup>进行的欧洲云杉苗木抗寒性试验结果证实了上述观点。在挪威(64°40'N,12°04'E),春季欧洲云杉苗木顶芽萌发时,-3℃的春寒即可导致87%的对照处理苗木的地上部分因冻害而丧失生理功能,而应用短日照处理的苗木冻害率则为50%左右。

## 3 研究展望

目前,关于短日照处理在夏季造林中应用的研究主要集中在北欧和北美的一些国家,如何调控苗木的抗寒性一直是短日照处理研究的重点<sup>[5-8,11,14]</sup>。近年来,在我国东北北部、内蒙古东部、华北北部及新疆西北部的许多地区,春季造林面临气温低、风沙大、降水少、土壤含水量小等诸多难题,春季造林已逐渐地向夏季造林转移。夏季造林规模的迅速扩大,为短日照处理提供了广阔的应用空间。在我国北方,地域辽

阔,各地的地理条件和气象条件均有所不同,造林树种及其生长习性也存在一定的差异。因此,应因地制宜地确定夏季造林苗木短日照处理的起始时间、持续时间和日照长度等主要技术参数,充分发挥短日照处理调控苗木质量的作用,尤其应注重调控苗木的木质化和抗旱性,进一步提高夏季造林苗木的成活率。在学习和借鉴国外短日照处理调控苗木质量的先进经验的基础上,应尽早完善适合我国国情的应用短日照处理调控夏季造林苗木质量的相关技术。

国内应用短日照处理调控苗木抗旱性的理论研究甚少,难以适应快速兴起的夏季造林的生产需求。深入探讨短日照处理调控苗木质量的理论机制,不仅能够更好地解决夏季造林中的实际问题,还可为短日照处理应用于干旱、瘠薄等困难立地的植被恢复提供理论参考。

### 参 考 文 献

- [1] Boivin J R, Salifu K F, Timmer V R. Late - season fertilization of *Picea mariana* seedlings: intensive loading and outplanting response on greenhouse bioassays[J]. *Annals of Forest Science*, 2004, 61 (8) : 737 - 745.
- [2] Luoranen J, Rikala R, Kontinen K. Summer planting of *Picea abies* container - grown seedlings effects of planting date on survival, height growth and root egress[J]. *Forest Ecology and Management*, 2006, 237 (1/2/3) : 534 - 544.
- [3] Tan W, Blanton S, Bielech J P. Summer planting performance of white spruce 1 + 0 container seedlings affected by nursery short - day treatment[J]. *New Forests*, 2008, 35 (2) : 187 - 205.
- [4] Vanholme R, Morreel K, Ralph J. Lignin engineering [J]. *Current Opinion in Plant Biology*, 2008, 11 (3) : 278 - 285.
- [5] Rostad H, Granhus A. Early summer frost hardiness in *Picea abies* seedlings in response to photoperiod treatment [J]. *Canadian Journal of Forestry Research*, 2006, 36 (11) : 2966 - 2973.
- [6] Kohmann K, Johnsen O. Effects of early long - night treatment on diameter and height growth, second flush and frost tolerance in two - year - old *Picea abies* container seedlings[J]. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 2007, 22 (5) : 375 - 383.
- [7] Luoranen J, Kontinen K, Rikala R. Frost hardening and risk of a second flush in Norway spruce seedlings after an early - season short - day treatment[J]. *Silva Fennica*, 2009, 43 (2) : 235 - 247.
- [8] Floistad I S, Granhus A. Bud break and spring frost hardiness in *Picea abies* seedlings in response to photoperiod and temperature treatments [J]. *Canadian Journal of Forestry Research*, 2010, 40 (5) : 968 - 976.
- [9] Burdett A N. Physiological processes in plantation establishment and the development of specifications for forest planting stock [J]. *Canadian Journal of Forestry Research*, 1990, 20 (4) : 415 - 427.
- [10] Wu Z L, Skjelvag A O, Baadshaug O H. Quantification of photoperiodic effects on growth of *Phleum pratense* [J]. *Annals of Botany*, 2004, 94 (4) : 535 - 543.
- [11] Colombo S J, Glerum C, Webb D P. Daylength, temperature and fertilization effects on desiccation resistance, cold hardiness and root growth potential of *Picea mariana* seedlings[J]. *Annals of Forest Science*, 2003, 60 (4) : 307 - 317.
- [12] Kostopoulou P, Radoglou K. Performance and quality of *Cupressus sempervirens* L. mini - plug seedlings under reduced photoperiod [J]. *European Journal of Forest Research*, 2011, 130 (4) : 579 - 588.
- [13] Tan W. Impacts of nursery cultural treatments on stress tolerance in 1 + 0 container white spruce [*Picea glauca* (Moench) Voss] seedlings for summer - planting[J]. *New Forests*, 2007, 33 (1) : 93 - 107.
- [14] Jacobs D F, Davis A S, Wilson B C, et al. Short - day treatment alters Douglas - fir seedling dehardening and transplant root proliferation at varying rhizosphere temperatures [J]. *Canadian Journal of Forest Research*, 2008, 38 (6) : 1526 - 1535.
- [15] Luoranen J, Rikala R. Early season short - day treatment did not affect the field performance of *Pinus sylvestris* container seedlings in summer planting [J]. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 2012, 27 (5) : 420 - 423.
- [16] Kontinen K, Rikala R, Luoranen J. Timing and duration of short - day treatment of *Picea abies* seedlings [J]. *Baltic Forestry*, 2003, 9 (2) : 2 - 9.
- [17] Toivonen A, Rikala R, Repo T, et al. Autumn colouration of first year *Pinus sylvestris* seedlings during frost hardening [J]. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 1991, 6 (1/2/3/4) : 31 - 39.
- [18] Calmé S, Margolis H A, Bigras F J. Influence of cultural practices on the relationship between frost tolerance and water content of containerized black spruce, white spruce, and jack pine seedlings [J]. *Canadian Journal of Forest Research*, 1993, 23 (3) : 503 - 511.
- [19] Simpson D G. Seasonal and geographic origin effects on cold hardiness of white spruce buds, foliage, and stems [J]. *Canadian Journal of Forest Research*, 1994, 24 (5) : 1066 - 1070.
- [20] Hawkins C D B, Eastham A W, Story T L, et al. The effect of nursery blackout application on Sitka spruce seedlings [J]. *Canadian Journal of Forest Research*, 1996, 26 (12) : 2201 - 2213.
- [21] Coursolle C, Bigras F J, Margolis H A. Dehardening and second - year growth of white spruce provenances in response to duration of long - night treatments [J]. *Canadian Journal of Forestry Research*, 1997, 27 (8) : 1168 - 1175.
- [22] Luoranen J, Helenius P, Huttunen L. Short - day treatment enhances root egress of summer planted *Picea abies* seedlings under dry conditions [J]. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 2007, 22 (5) : 384 - 389.
- [23] Hawkins C D B, Shewan K B. Frost hardiness, height, and dormancy of 15 short - day, nursery - treated interior spruce seed lots [J]. *Canadian Journal of Forestry Research*, 2000, 30 (7) : 1096 - 1105.
- [24] Luoranen J, Lahti M, Rikala R. Frost hardiness of nutrient - loaded two - year - old *Picea abies* seedlings in autumn and at the end of

- freezer storage[J]. *New Forests*,2008,35(3):207-220.
- [25] Nilsson U, Luoranen J, Kolstrom T. Reforestation with planting in northern Europe[J]. *Scandinavian Journal of Forest Research*,2010,25(4):283-294.
- [26] Heide O M. Growth and dormancy in Norway spruce ecotypes: II. after-effects of photoperiod and temperature on growth and development in subsequent years[J]. *Physiologia Plantarum*,1974,31(2):131-139.
- [27] Coursolle C, Bigras F J, Margolis H A. Growth and hardening of four provenances of containerized white spruce [*Picea glauca* (Moench) Voss] seedlings in response to the duration of 16 h long-night treatments[J]. *New Forests*,1998,16(2):155-166.
- [28] Hawkins C D B, Eastham A M, Story T L. The effect of nursery blackout application on Sitka spruce seedlings[J]. *Canadian Journal of Forestry Research*,1996,26(12):2201-2213.
- [29] Floistad I S. Effects of excessive nutrient supply and short-day treatment on autumn frost hardiness and time of bud break in *Picea abies* seedlings[J]. *Scandinavian Journal of Forest Research*,2002,17(4):295-303.
- [30] Grossnickle S C, Folk R S. Spring versus summer spruce stocktypes of western Canada: nursery development and field performance[J]. *Western Journal of Applied Forestry*,2003,18(4):267-275.
- [31] Colombo S J, Raitanen E M. Frost hardening in first-year eastern larch (*Larix laricina*) container seedlings[J]. *New Forests*,1993,7(1):55-61.
- [32] Dormling I. Frost resistance during bud flushing and shoot elongation in *Picea abies*[J]. *Silva Fennica*,1982,16(2):167-177.
- [33] Sandvik M. Environmental control of winter stress tolerance and growth potential in seedlings of *Picea abies* (L.) Karst[J]. *New Zealand Journal of Forestry Science*,1980,10(1):97-104.
- [34] Bigras F J, D. Aoust A L. Influence of photoperiod on shoot and root frost tolerance and bud phenology of white spruce seedlings (*Picea glauca*) [J]. *Canadian Journal of Forestry Research*, 1993, 23(2):219-228.
- [35] Grossnickle S C, Arnott J T, Major J E, et al. Influence of dormancy induction treatments on western hemlock seedlings: I seedling development and stock quality assessment[J]. *Canadian Journal of Forestry Research*,1991,21(2):164-174.