

氮素营养对长白落叶松移植苗生长及养分状况的影响*

祝 燕 刘 勇 李国雷 林 平 康瑶瑶 孙 宇

(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)

关键词：长白落叶松；氮肥；苗木质量；养分含量

中图分类号：S723.7 文献标识码：A 文章编号：1001-7488(2011)09-0168-05

Effects of Nitrogen Fertilization on the Growth and Nutrient Status in *Larix olgensis* Seedlings

Zhu Yan Liu Yong Li Guolei Lin Ping Kang Yaoyao Sun Yu

(Key Laboratory for Silviculture and Forest Conservation of Ministry of Education, Beijing Forestry University Beijing 100083)

Abstract: The aim of this study was to assess effects of supplemental nitrogen (N) on Olga Bay larch (*Larix olgensis*) seedlings at late stage of growing season in a nursery. From July to September 2009, the seedlings were fertilized with nitrogen during a period of 2 weeks as follows: control (no fertilization), 60 kg N·hm⁻², (two applications of urea with each 30 kg N·hm⁻²), 120 kg N·hm⁻² (four applications), and 180 kg N·hm⁻² (six applications). By the end of growing season, the seedlings fertilized during fast-growing and hardening period had greater shoot biomass, but no significant differences in height, root collar diameter, shoot to root mass ratio, and root biomass in comparison with the control seedlings. Compared to control seedlings, the seedlings fertilized in August and September increased root and shoot N concentrations by 11.5%–15.9% and 6.0%–8.2%, respectively, and the P concentrations by 5.4%–22.9% and 16.7%–22.7%, respectively. In the mid of October, the N concentration increased sharply, while the P concentration declined substantially. This study suggested that P fertilization would be recommended at the late growth period in *L. olgensis* seedling cultivation to release the decline of the P concentration.

Key words: *Larix olgensis*; N supply; seedling quality; nutrient concentration

尽管少数研究认为造林效果与苗木体内氮含量无关甚至负相关 (Gleason *et al.*, 1990; Boinvin *et al.*, 2004), 更多的研究表明初始氮含量与造林效果呈正相关, 如蓝桉 (*Eucalyptus globulus*) 高、低氮处理的苗木叶片氮含量分别为 1.53% 和 0.89%, 造林后前者的苗高和新根生长显著提高 (Fernández *et al.*, 2007)。VanderSchaaf 等 (2004) 等研究发现: 高氮处理的火炬松 (*Pinus taeda*) 造林 6 个月后, 生物量和苗高分别增大 12% 和 24%。造林后, 由于苗木从土壤获取养分或通过光合作用合成营养物质的能力较差, 其成活和生长主要依赖于苗木体内贮藏的养分, 高氮处理苗木叶片中的氮向茎和根系大量转移, 导致造林成活率和生长量提高, 在贫瘠或杂草竞争的立地上效果更为明显 (Folk *et al.*, 2000)。在苗木培育过程中, 如何通过合理施肥提高苗木体内氮含量成为当今研究热点之一。在国内, 对苗木施肥的影

响研究更多地注重其光合效应、苗木根系及生物量的变化, 而对施肥与苗木的养分含量变化关系研究报道很少 (刘勇等, 2000; 杨丽君, 2009), 苗木养分含量与苗木质量两者之间的关系有待于研究。

长白落叶松 (*Larix olgensis*) 是我国东北地区的重要造林树种, 因其生长迅速, 材质优良, 苗木的需求较大, 培育技术一直是研究的重点。长白落叶松在移栽时通常施用一定量的磷肥, 由于追施氮肥对苗木生长和养分含量的影响不清楚, 苗木速生期是否需要追施氮肥还有一定争议 (李国雷, 2009)。此外, 一些苗圃追施氮肥的时间主要集中在 7 月, 而长白落叶松移栽苗的苗高和地径速生期持续至 9 月中旬 (徐庆华等, 2009), 苗木追施氮肥后体内氮含量的提高是否会持续至生长季末不确定, 8, 9 月长白落叶松苗木是否需要追施氮肥尚不清楚。本文以长白落叶松移栽苗为对象, 以不追施氮肥的苗木为对

照,在7月,7—8月,7—9月分别进行施肥,通过整个生长期苗木养分含量与生长对施肥时间的响应,研究长白落叶松移栽苗追施氮肥的效应,以期为长白落叶松苗木的精准培育提供一定参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 试验地位于吉林省吉林市龙

潭区江密峰苗圃($43^{\circ}47'N, 126^{\circ}57'E$),该地区为长白山余脉向松嫩平原的过渡地带,平均海拔175 m,属于北温带大陆性季风气候,年均气温为 4.4°C 。日均温 10°C 以上年活动积温 $2\,400\sim3\,000^{\circ}\text{C}$ 。无霜期130天。年均降雨量689 mm,蒸发量为1432 mm。试验地土壤的基本理化性质见表1。

表1 江密峰苗圃长白落叶松育苗土壤基本性质

Tab. 1 Mean values for selected characteristics of the soil used in this experiment

深度 Depth/cm	砂粒 Sand(%)	粉粒 Silt(%)	粘粒 Clay(%)	密度 Bulk density/ (g·cm ⁻³)	pH	全碳 Total C/ (g·kg ⁻¹)	全氮 Total N/ (g·kg ⁻¹)	有效磷 Available P/ (mg·kg ⁻¹)	速效钾 Available K/ (mg·kg ⁻¹)
0~15	71.1	6.6	22.3	1.119	5.13	7.32	0.86	37.11	130.66
15~30	69.5	7.0	23.6	1.540	5.21	7.27	0.86	27.20	112.28
30~45	67.9	7.2	24.9	1.564	5.67	5.85	0.76	7.13	89.34

1.2 试验材料和处理方法 试验材料选用江密峰苗圃2008年培育的规格均一的长白落叶松播种苗(种子来源:吉林省种子站),于2009年5月移栽,密度为 $200\text{株}\cdot\text{m}^{-2}$ 。完全随机区组设计,采用0,60,120,180 kg·hm⁻²等4种施氮水平,3个区组。每个处理小区面积1 m²,苗床四周埋入60 cm深塑料布以防止小区间的养分扩散。移栽前各小区均补充磷肥(过磷酸钙),对应 P_2O_5 为150 kg·hm⁻²。从7月1日—9月16日,每隔2周水施氮肥1次,每次施氮30 kg·hm⁻²。氮肥为尿素,磷肥为过磷酸钙。苗木生长季内,根据天气状况及墒情进行灌溉,人工除草。

1.3 取样和样品处理 苗木形态指标的调查分别在5月初移栽后与10月中旬的起苗前,调查时在苗床中央区域随机挑选20株苗木测量其苗高、地径。为分析苗木体内养分变化,分别在施肥前(7月初)、施肥1月后(8月初)、施肥2月后(9月初)、施肥3月后(10月初)、生长季末(10月中旬)取样5次。取样时,在每个小区小心挖取10株苗木,先用清水

冲洗干净,再以去离子水润洗。然后按根、茎、叶分别剪下,放入烘箱在 65°C 下烘48 h后称量;各组织粉碎后,过0.25 mm筛,采用凯氏定氮法测定氮含量,紫外分光光度计法测定磷含量。由于苗木从9月中下旬开始落叶,因此在10月16日起苗时,只对苗木根、茎取样调查。

1.4 数据分析方法 苗高、地径生长量分别为移栽后当年新生长的苗高、地径增加值,以各小区20株苗木的平均值计算;生物量以10株苗木称量后的平均单株表示。茎根比为苗木茎和根的干质量比值。采用SPSS16.0软件对试验数据进行方差分析。由于试验设计为完全随机区组设计,因此将氮肥、区组分别视为固定和随机因素。如果处理间差异显著,用Duncan法在0.05水平上进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同氮肥处理对长白落叶松移栽苗的苗高、地径影响 苗木移栽前,各处理间的苗高、地径无显著

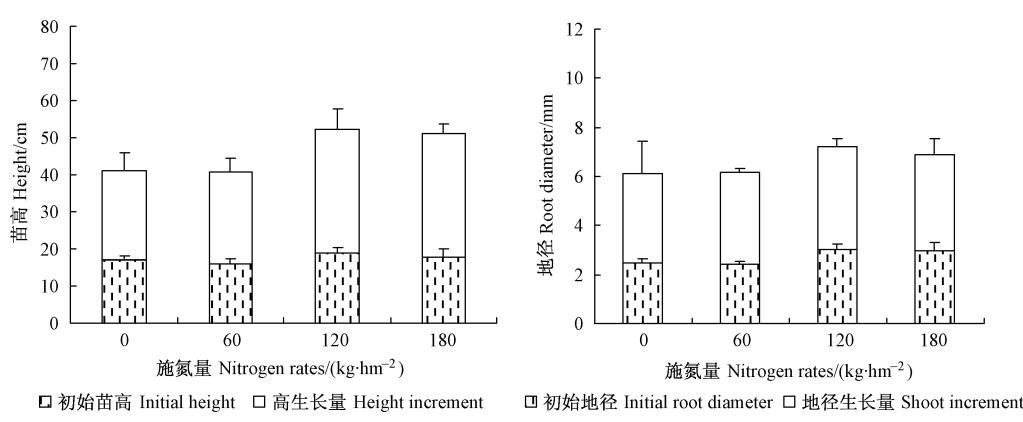


图1 不同氮肥处理对长白落叶松移植苗苗高、地径生长的影响

Fig. 1 Mean seedling height and diameter affected by the nitrogen treatments

差异(图1)。至生长季末,当年苗高生长量随施氮量的持续增加而增大,3种施氮处理比对照苗高生长量分别增加了2.8%、4.6%、15.0% ($P < 0.05$)。与苗高生长表现一致的是,地径生长对施氮量的响应也呈递增趋势而没有显著差异。由此表明,该立地下长白落叶松移栽苗的生长季施氮肥处理对其苗高、地径生长没有影响。

2.2 不同氮肥处理对长白落叶松移栽苗根、茎生物量影响 不同施氮处理对长白落叶松移栽苗木茎生物量有显著影响,而对根生物量无显著影响(表2),说明氮对苗木地上部分的促进作用大于地下部分。在120,180 kg·hm⁻²的施氮量下,茎生物量增加明显,比对照分别提高了36.9%与32.0%,而苗高、地径差异不大,可见在8,9月进入硬化期施肥后,苗木体内可以合成更多的营养物质。由于苗木的个体大小相近,且根茎比差异不明显,因此可以认为试验中的施氮处理对长白落叶松移栽苗地上地下部分的平衡生长没有影响。

表2 不同氮肥处理对长白落叶松移栽苗根、
茎生物量的影响^①

Tab. 2 Biomass of shoot and root affected by
the nitrogen treatments

施氮量 Nitrogen rates/ (kg·hm ⁻²)	茎生物量 Stem biomass/ (g·seedling ⁻¹)	根生物量 Root biomass/ (g·seedling ⁻¹)	茎根比 Stem to root ratio
0	4.959(0.38)a	3.801(0.87)a	1.382(0.09)a
60	5.198(0.81)a	3.399(0.29)a	1.467(0.17)a
120	6.788(0.58)b	3.428(0.63)a	2.048(0.57)a
180	6.544(0.38)b	3.762(0.68)a	1.782(0.36)a

①表中字母为Duncan多重比较结果,每栏中处理间含相同字母表示差异不显著,否则表示差异显著($P < 0.05$);括号中数值为标准差。Column values not followed by the same letter are significantly different ($P < 0.05$) according to Duncan's test. The figures between parentheses are standard deviations.

2.3 不同氮肥处理对长白落叶松移栽苗体内氮、磷含量的影响 从图2可以看出,在速生期至硬化期(7—9月),苗木根氮含量先升高后下降,而茎氮含量呈现相反的趋势;秋季落叶后(10月),根茎氮含量则同时上升。至10月中旬,3个施氮处理引起的根氮含量依次比对照高出11.5%、12.4%和15.9%,茎氮含量比对照高出6.3%、6.0%和8.2%,处理间差异均不显著。

结合试验观测发现7月初苗木针叶数量明显增加,而茎尖伸长生长缓慢,经过统一切根处理的根系顶端只有少量新生根出现,因此可以认为移栽苗早期生长主要靠上一年自身养分的积累,茎端部分养分转移至针叶,可能还有一部分养分转移至根系,以加强根系初期对养分吸收的能力。此时的施氮效果没有表现出明显差异。8月7日立秋前后,苗木进入速生中期,地上部分和根系生长旺盛,由根系吸收的氮向茎端转移明显,所以根氮含量有所下降,而茎氮含量的提高同时也表明苗木地上部分的生物量快速增长并未造成其养分含量的稀释。进入9月后,苗高、地径增长缓慢,但苗木根、茎对氮的积累增加,并且后期针叶凋落伴随氮的转移,共同表现为体内氮含量的持续增加。

从图3可知,苗木落叶之前体内磷含量的变化趋势与氮含量相同,落叶后磷含量明显下降。起苗时,对照中苗木的根、茎磷含量较9月初分别降低39.9%和44.0%,而施氮肥苗木的磷含量在根、茎中变化缓和,且在8,9月持续施氮肥的苗木根、茎中的磷含量在起苗时分别比对照高出5.4%~22.9%和16.7%~22.7%。苗木叶片中的磷在落叶前回输到体内的极少,大部分随凋落的针叶进入土壤中,磷含量降低。

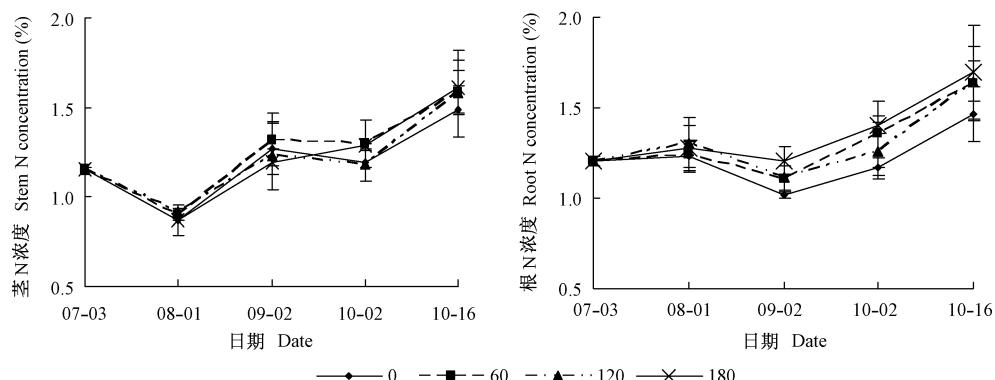


图2 不同氮肥处理对长白落叶松移植苗根、茎内氮含量的影响

Fig. 2 Changes of N concentration in the stem and root of 1-1

Larix olgensis seedlings affected by different N treatments

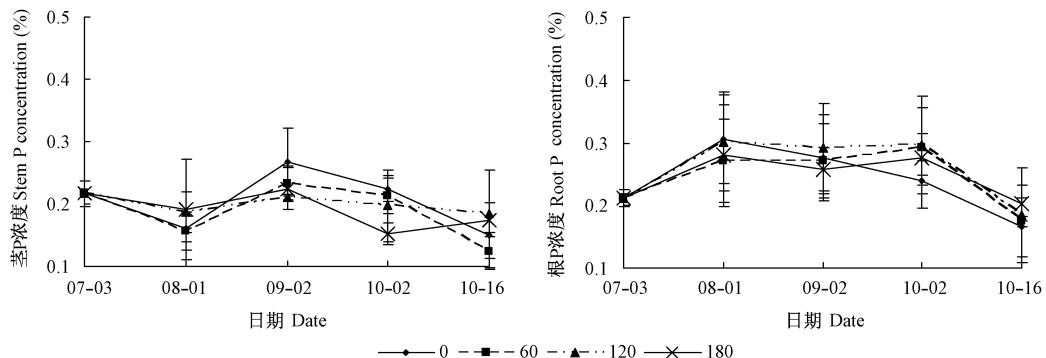


图3 不同氮肥处理对长白落叶松移植苗根、茎内磷含量的影响

Fig. 3 Changes of P concentration in the stem and root of *L. olgensis* seedlings affected by different N treatments

3 讨论

从施肥对苗木形态的影响来看,7,8,9月持续施肥并没有引起长白落叶松移栽苗的苗高、地径显著提高。刘勇等(2000)在秋季毛白杨(*Populus tomentosa*)高生长停止后施肥,发现对苗高、地径没有影响,这与本研究的结果是一致的。苗圃培育中更多地注重以形态指标作为合格苗木的评价方法,因此本试验结论解释生产单位对该苗木培育不进行追肥或仅少量追肥。而8,9月持续施肥能显著促进长白落叶松苗木茎生物量,苗木规格的增大可能对造林后苗木成活和生长有促进作用。有研究表明:在动物危害、杂草竞争、雪压严重等立地条件下,生物量大的苗木比小苗更能忍耐动物的啃食,与杂草的竞争能力更强(Iverson, 1984)。但Renou-Wilson等(2008)发现,在整地情况下栽植的欧洲云杉(*Picea abies*)裸根苗,苗木初始生物量对生长速度的影响并不起主导因素。茎生物量的增大是否有利于造林效果,有待苗木造林试验加以验证。

在秋季,为避免苗木硬化期生物量的增加引起的养分稀释效应,人们对硬化期的苗木进行适量施肥,即称之为秋季施肥。秋季施肥主要应用于常绿树种,如黑云杉(*Picea mariana*) (Boivin et al., 2002; Joseph et al., 2004)、湿地松(*Pinus elliottii*) (Duryea, 1990; Irwin et al., 1998)、脂松(*P. resinosa*) (Islam et al., 2008)、北美黄松(*P. ponderosa*) (Gleason et al., 1990)、花旗松(*Pseudotsuga menziesii*) (Margolis et al., 1986; Birchler et al., 2001)、蓝桉(Fernández et al., 2007)等。本研究结果显示:在10月中旬,待叶片全部凋落后,不施肥苗木的根和茎的氮含量较10月初(针叶凋落前)分别高24.8%和24.7%(图2),根和茎

的氮含量大大提高,常绿树种在秋季养分稀释现象并没有在长白落叶松上体现。Gower等(1995)也发现落叶松在秋季凋落的针叶中至少有70%的氮转移。因此,长白落叶松苗木在秋季是否施肥尚需深入研究。

有研究表明:在苗木硬化期内进行持续施肥可以显著影响其体内氮的含量,这已在欧洲云杉(Rikala et al., 2004)、火炬松(Switzer et al., 1963; South et al., 2002;)、脂松(Islam et al., 2009)等树种上得以广泛验证。与之不同的是,本研究结果显示持续增施氮肥对长白落叶松移栽苗体内氮元素影响不显著,可能与树种对氮敏感性有关(Hawkins et al., 2005)。尽管如此,施肥能提高根和茎中氮含量(图2)。而苗木体内氮元素的提高对苗木生长和抗逆性有极大的促进作用。如Joseph(2004)等发现在北欧立地上,云杉栽植13周后,造林时体内初始养分大的苗木能显著提高苗木生长和养分含量;北美黄松苗木叶片氮含量为1.55%的抗寒性高于1.47%的苗木(Gleason et al., 1990),蓝桉苗木氮含量为1.25%的苗木抗寒性高于0.89%的苗木(Fernández et al., 2007)。可见,初始氮含量的较小差异在造林效果中可放大若干倍。根、茎氮含量比不施肥苗木分别高出11.5%~15.9%、6.0%~8.2%,长白落叶松初始氮含量与造林效果间的关系也需要造林试验加以验证。

长白落叶松1-1苗在落叶后,氮含量升高,磷含量则明显减小(图3)。磷元素在生长后期得不到补充且在针叶凋落时转移量少致使苗木体内含量偏低。在地中海地区开展造林试验表明磷含量影响苗木成活率和生长(Oliet et al., 2009),Oliet等(2009)认为根系磷含量与造林成活率最为密切。由于缺乏试验结果的支持,长白落叶松根、茎内磷含量差异与造林效果之间的关系有待论证。

4 结论

1) 长白落叶松移栽苗在速生期及硬化期内持续追施氮肥可以明显促进苗木茎生物量的增加,但对苗高、地径、根系生物量、茎根比的影响不显著。

2) 与对照相比,3种施氮处理引起的苗木根氮含量比不施肥高出11.5%~15.9%,茎氮含量高出6.0%~8.2%,根对施肥较茎敏感。由于试验缺乏造林数据的支持,施肥对长白落叶松移栽苗的造林意义还需研究。

3) 起苗时,不施氮肥苗木的根、茎氮含量较10月初(针叶凋落前)分别高28.5%和24.8%。对照中苗木的根、茎磷含量较9月初分别降低39.9%和44.0%。建议在长白落叶松移栽苗的中后期培育中,增施适量磷肥以缓解苗木体内磷含量的降低。

参 考 文 献

- 李国雷. 2009. 长白落叶松苗木水肥耦合与分级培育技术研究. 北京林业大学博士后出站报告.
- 刘洲鸿, 刘勇, 段树生. 2002. 不同水分条件下施肥对侧柏苗木生长及抗旱性的影响. 北京林业大学学报, 24(5/6): 56~60.
- 刘勇, 陈艳, 张志毅, 等. 2000. 不同施肥处理对三倍体毛白杨苗木生长及抗寒性的影响. 北京林业大学学报, 22(1): 38~44.
- 徐庆华, 刘勇, 马履一. 2009. 长白落叶松苗木生长的数学模型拟合分析. 北方园艺, (7): 34~37.
- 杨丽君. 2009. 环割、施肥对柰树苗木体内碳氮分配的影响. 华中农业大学硕士学位论文.
- Birchler T M, Rose R, Haase D L. 2001. Fall fertilization with N and K: Effects on Douglas-fir quality and performance. Western Journal of Applied Forest, 16(2): 71~79.
- Boivin J R, Miller B D, Timmer V R. 2002. Late-season fertilization of *Picea mariana* seedlings under greenhouse culture: biomass and nutrient dynamics. Annals of Forest Science, 59(3): 255~264.
- Boivin J R, Salifu F, Timmer V R. 2004. Late-season fertilization of *Picea mariana* seedlings: intensive loading and outplanting response on greenhouse bioassays. Annals of Forest Science, 61(8): 737~745.
- Duryea M L. 1990. Nursery fertilization and top pruning of slash pine seedlings. Southern Journal of Applied Forest, 14(2): 73~76.
- Fernández M, Marcos C, Tapias R, et al. 2007. Nursery fertilisation affects the frost-tolerance and plant quality of *Eucalyptus globulus* Labill. cuttings. Annals of Forest Science, 64(8): 865~873.
- Folk R S, Grossnickle S C. 2000. Stock-type patterns of phosphorus uptake, retranslocation, net photosynthesis and morphological development in interior spruce seedlings. New Forests, 19(1): 27~49.
- Gleason J F, Duryea M L, Rose R, et al. 1990. Nursery and field fertilization of 2+0 ponderosa pine seedlings: the effect on morphology, physiology, and field performance. Canadian Journal of Forest Research, 20(11): 1766~1772.
- Gower S T, Kloeppe B D, Reich P B. 1995. Carbon, nitrogen, and water use by larches and co-occurring evergreen conifers. USDA GTR-INT319: 110~117.
- Hawkins B J, Burgess, Mitchell A K. 2005. Growth and nutrient dynamics of western hemlock with conventional or exponential greenhouse fertilization and planting in different fertility conditions. Canadian Journal of Forest Research, 35(4): 1002~1016.
- Irwin K M, Duryea M L, Stone E L. 1998. Fall-applied nitrogen improves performance of 1~0 slash pine nursery seedlings after outplanting. Southern Journal of Applied Forest, 22(2): 111~116.
- Islam M A, Apostol K G, Jacobs D F, et al. 2008. Effects of fall fertilization on morphology and cold hardiness of red pine (*Pinus resinosa*) seedlings // National proceedings: forest and conservation association 2007. Fort Collins, CO: US Forest Service, Rocky Mountain Research Station, 72~78.
- Islam M A, Apostol K G, Jacobs D F, et al. 2009. Fall fertilization of *Pinus resinosa* seedlings: nutrient uptake, cold hardiness, and morphological development. Annals of Forest Science, 66(7): 704p1~p9.
- Iverson R D. 1984. Planting-stock selection: meeting biological needs and operational realities // Duryea M L, Landis T D. Forest Nursery Manual: Production of Bareroot Seedling. Corvallis: Oregon State University, 261~266.
- Joseph R, Boivin K, Salifu F, et al. 2004. Late-season fertilization of *Picea mariana* seedlings: intensive loading and outplanting response on greenhouse bioassays. Annals of Forest Science, 61(8): 737~745.
- Margolis H A, Waring R H. 1986. Carbon and nitrogen allocation patterns of Douglas-fir seedlings fertilized with nitrogen in autumn: II. Field performance. Canadian Journal of Forest Research, 16(5): 903~909.
- Oliet J A, Planelles R, Artero F, et al. 2009. Field performance of *Pinus halepensis* planted in Mediterranean arid conditions: relative influence of seedling morphology and mineral nutrition. New Forests, 37(3): 313~331.
- Renou-Wilson F, Keane M, Farrell E P. 2008. Effect of planting stocktype and cultivation treatment on the establishment of Norway spruce on cutaway peatlands. New Forests, 36(3): 307~330.
- Rikala R, Heiskanen J, Lahti M. 2004. Autumn fertilization in the nursery affects growth of *Picea abies* container seedlings after transplanting. Scandinavian Journal of Forest Research, 19(5): 409~414.
- South D B, Donald D G M. 2002. Effect of nursery conditioning treatments and fall fertilization on survival and early growth of *Pinus taeda* seedlings in Alabama, U. S. A. Canadian Journal of Forest Research, 32(1): 1~9.
- Switzer G L, Nelson L E. 1963. Effects of nursery fertility and density on seedling characteristics, yield, and field performance of loblolly pine (*Pinus taeda* L.). Soil Science Society of America Journal, 27(4): 461~464.
- VanderSchaaf C, McNabb K. 2004. Winter nitrogen fertilization of loblolly pine seedlings. Plant and Soil, 265(1/2): 295~299.

(责任编辑 郭广荣)