

不同田间灌溉处理对长白落叶松苗木生长影响研究

徐庆华¹, 刘 勇^{1*}, 马履一¹, 贾忠奎¹, 李友安²

(1. 北京林业大学 资源与环境学院 省部共建森林培育与保护教育部重点实验室,
北京 100083; 2. 吉林省和龙林业局, 吉林 和龙 133500)

摘 要:为寻找长白落叶松苗木节水培育技术,研究不同田间灌溉水量对苗木生长影响,于2007年至2009年在吉林东部地区以常规灌溉水量为对照,对田间常规长白落叶松幼苗进行不同灌溉水量处理。结果表明:较高的土壤含水量促进幼苗高生长、地上和地下干物质积累量显著性较高,根系活力相对较强;较高土壤含水量不利于幼苗主根长度生长,苗木抵抗不良环境的抗性物质含量增多或增强。在比常规灌溉次数减少1/3的条件下,幼苗各项生长指标相对较优。

关键词:田间灌溉水量;土壤水势;长白落叶松

中图分类号:S791.220.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2010)05-0077-05

Effect of Irrigation Amount on the Growth of *Larix olgensis* seedlings

XU Qing-hua¹, LIU Yong^{1*}, MA Lv-yi¹, JIA Zhong-kui¹, LI You-an²

(1 Key Laboratory for Silviculture and Conservation of Ministry of Education, College of Resources and Environment, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. Helong Forestry Bureau, Helong, Jilin 133500, China)

Abstract: Effects of irrigation amount on the growth *Larix olgensis* seedlings were investigated in field during 2007—2009. The results showed that the growth and matter accumulation quantity of the seedlings in the soil with more water content were notably higher than those with less water content. The roots were more vigorous also in the former. Soils with higher water content were not favorable to the growth of root lengths, substances to resist unfavorable environment increased in the seedlings. The growth indices of the seedlings were better under the one third reduction of irrigation times compared to normal ones.

Key words: irrigation amount; soil water potential; *Larix olgensis*

随着水资源紧张和耕地灌溉矛盾,在种植灌溉与节水研究方面国内外许多专家和学者做出了大量的工作^[1-4]。人们发现,适当减少灌溉水量不但不会降低植物的产量,在一定程度上还能够促进植物的生长^[5-8],土壤含水量较高时蒸发量也较大,水分利用率较低^[9]。分根区交替灌溉(APRI)技术^[10]和调亏灌溉技术^[11-12]被作为新兴的灌溉节水技术在种植培育生产中普遍推广和应用。尹建庭^[13]等认为10.1%~14%是107杨幼苗较为适宜供水范围,水分较高则造成水资源浪费。2007年至2009年在吉林省东部长白落叶松苗木培育的主产区进行了苗木生长田间不同灌溉水量处理试验,利用常规灌溉为对照,通过张力

计测定土壤水势值,结合苗木在不同处理下生长指标变化,拟制定长白落叶松苗木培育灌溉节水的措施,为实际生产和同行理论研究提供参考。

1 试验区概况

试验地位于吉林省吉林市龙潭区江密峰苗圃,地理位置约为126°54'~126°59'E、43°34'~43°40'N,属温带季风气候,春季干燥多风,夏季温暖多雨,秋季晴冷温差大,冬季漫长干寒,1月均温-17℃,7月均温22℃,日均温10℃以上年活动积温2800℃,年降水量650mm。苗圃土壤为农田黑土,土壤容重1.24,田间持水量27.54(重量含水量)。土壤养分含量约为有

收稿日期:2009-10-18 修回日期:2009-12-05

基金项目:国家“十一五”科技支撑计划“速生丰产林良种壮苗规模化生产技术与示范”(2006BAD24B01)。

作者简介:徐庆华,男,博士,主要从事苗木节水培育技术研究。E-mail: xqh0719@126.com

* 通讯作者:刘勇,男,教授,博士生导师,主要研究方向:森林培育技术与理论。E-mail: lyong@bjfu.edu.cn

机质含量 30.4 g · kg⁻¹、全氮 1.35 g · kg⁻¹、碱解氮 106.56 mg · kg⁻¹、速效磷 21.59 mg · kg⁻¹、速效钾 155.95 mg · kg⁻¹。

2 材料与方法

2.1 材料

试验苗木为长白落叶松(*Larix olgensis*),种子来源于吉林省林业厅种子站,千粒重为 3.5 g。

2.2 方法

试验时间从 2007 年 4 月开始,2009 年 10 月结束。冬前将长白落叶松种子雪藏于地窖,次年 4 月中旬取出,待混杂冰雪融化后用 0.5 %高锰酸钾溶液浸泡种子 5 min 左右,将种子清洗干净、阴处晾 3 ~5 d 至在 4 月底开始播种。苗床高 20 cm、宽

1.2 m,对苗床地按照每亩 30 kg 二铵、炒熟黍子 30 kg、拌磷 10 kg、FeSO₄ 粉末 30 kg 混合均匀施入土壤。在处理好的苗床上等距离做成长度为 1 m 的小区 25 个,各小区之间用深度为 40 cm 塑料布隔开,防止水分相互渗透。每小区播种长白落叶松种子 6 000 粒(根据种子千粒重用天平称量,天平 Sartorius-Germen,下同)。不同灌溉处理设计 4 个处理,一组常规灌溉对照(按照田间育苗灌溉时间同步),每次灌溉水量通过控制保持基本相同,约为 3 kg · m⁻²,各个处理设 5 个重复。通过张力计水势仪(TEN · 澳大利亚)测定土壤水势值基本保持在设定水平,常规灌溉土壤水势值基本保持 -10 kPa 以上(表 1)。

表 1 中处理 1 灌溉水量相当于实际苗木培育生

表 1 田间灌溉水量处理试验小区设置
Table 1 Test design of water irrigation

处理	处理 1	对照	处理 2	处理 3	处理 4
灌溉水量标准	常规灌溉 次数 1.5 倍	常规灌溉次数	常规灌溉 次数 2/3	常规灌溉 次数 1/2	常规灌溉 次数 1/3
最低水势值/kPa	-5	-10	-18	-30	-45

注:表中水势值为土壤深度 10 cm 处最低值
产的 1.5 倍;处理 2 灌溉水量约为实际灌溉的 66%;处理 3 灌溉水量约为实际的 50%;处理 4 灌溉水量约为实际的 33 %。各个试验处理小区采用单因素完全随机区组设计。

每小区随机选取播种苗 20 株做为测量固定样株,对样株逐一挂牌标记,定期每周测量 1 次样株的苗高、地径指标,在 7 月底 8 月初至灌溉处理结束后(时间同常规田间育苗灌溉时间),对不同水分灌溉量处理下苗木进行挖取破坏性取样,对样株进行指标测定。测量形态指标有苗高、地径、主根长度、苗木地上和地下生物量。测量生理指标有叶绿素、脯氨酸、根系活力、POD(过氧化物酶)和 SOD(超氧化物歧化酶)等含量或活性分别进行测定,测定方法参照王学奎(2006)《植物生理生化实验原理和技术指导》,对测量结果数据进行统计分析。通过苗木在不同灌溉水量的条件下各项生长指标情况进行综合分析,总结和确定田间苗木培育的最优灌溉用水量措施。

试验结果数据统计分析主要采用 Excel2003 和 SPSS-15.0 统计软件完成。

3 结果与分析

3.1 不同灌溉水量处理对苗高和主根长的影响

由图 1 可知,不同灌溉水量处理之间幼苗高生长

差异显著($P<0.05$,下同),处理 1 分别与处理 3 和处理 4 差异显著,对照和处理 2 分别与处理 4 差异显著,与其他处理之间相互差异不显著,苗高总体上表现为随着灌溉水量降低呈逐渐下降的趋势。处理 1、处理 2、处理 3、处理 4 和对照的平均苗高分别为 17.3、16.7、14.6、13.2 cm 和 16.2 cm,这表明土壤水势变化影响了幼苗的高生长,但土壤最低水势值在 -5 kPa 以上和 -18 kPa 以上苗高没有显著差异,说明适当减少田间灌溉水量苗木的高生长没有受到显著的影响,而当土壤最低水势值降到 -30 kPa 时的田间灌溉水量已经对苗木高生长产生显著的影响。

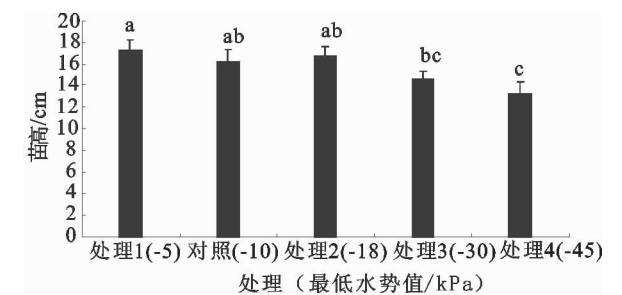


图 1 不同灌溉水量处理对苗高的影响

Fig. 1 Effects of different amounts water irrigation on height growth of the seedlings

由图 2 可知,不同田间灌溉水量处理之间幼苗

的主根长度差异显著,处理1和对照分别与处理4之间幼苗主根长度差异显著,处理1分别与处理2和处理3之间差异显著,其他处理之间相互差异不显著,总体上,幼苗主根长度随着土壤水势值降低呈逐渐增加的趋势。说明适当减少田间灌溉量能够促进苗木主根的长度生长,苗木生长在较低的土壤水势条件下主根长度相应增加,这与田间灌溉水量对幼苗高生长影响状况相反。

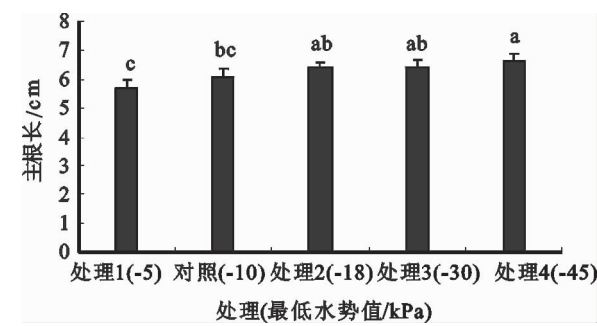


图2 不同灌溉水量处理对幼苗主根长度的影响
Fig. 2 Effects of different amounts water irrigation on the main root growth of the seedlings

3.2 不同灌溉水量对幼苗干物质质量的影响

由图3可知,不同田间灌溉处理对幼苗的干物质质量积累影响差异显著,幼苗的地上和地下部分干物质质量总体上都表现为随着田间灌溉量减少、土壤水势的降低呈减少的趋势。幼苗茎叶干物质质量在处理1、处理2和对照相互之间差异不显著,在处理2、处理3和对照相互之间差异不显著,其他处理之间差异显著,处理1、处理2、处理3、处理4和对照的平均单株茎叶干物质重量分别为0.1965、0.1720、0.1577、0.1437g和0.1922g。幼苗根干重在处理1、处理3和处理4相互之间差异显著,处理2和对照分别与处理4根系干物质重量差异显著,处理1、处理2、处理3、处理4和对照的平均单株根干物质重量分别为0.0371、0.0332、0.0305、0.0279g和0.0337g。

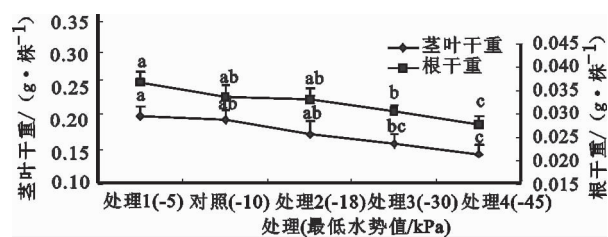


图3 不同灌溉水量处理对幼苗干物质质量的影响
Fig. 3 Effects of different amounts water irrigation on dry matter of seedlings

3.3 不同灌溉水量对叶绿素和脯氨酸含量的影响
叶绿素是植物进行光和作用的主要物质,叶绿

素含量的多少说明植物进行光和作用的能力强弱,脯氨酸含量变化在一定程度上反映植物对不良环境的抗逆性,植物在逆境条件下(旱、盐、热、冻等)体内脯氨酸含量会显著增加^[14]。由图4可知,叶绿素和脯氨酸含量在不同田间灌溉水量处理下差异均不显著,也可能说明试验处理措施还没有造成对幼苗生长出现胁迫的影响,但2种物质含量的变化趋势不同,叶绿素含量表现为灌溉水量较高(处理1)或较低(处理4)处理时含量较少,而脯氨酸含量表现为灌溉水量较高或较低时含量较多,表现为两端高、中间低的趋势。处理1、处理2、处理3、处理4和对照处理苗木的叶绿素含量分别为1.694、1.672、1.546、1.514 mg·g⁻¹和1.794 mg·g⁻¹,脯氨酸含量分别为3.650%、2.640%、3.008%、3.480%和2.871%。

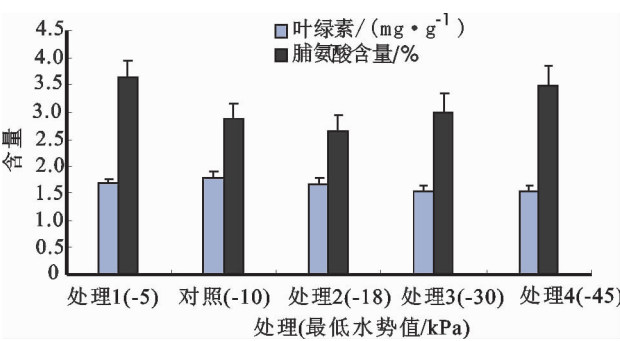


图4 不同灌溉水量处理对幼苗物质含量的影响
Fig. 4 Effects of different amounts water irrigation on chlorophyll and praline contents in the seedlings

3.4 不同灌溉水量对幼苗 POD、SOD 活性的影响

过氧化物酶(POD)是植物体内普遍存在的、活性较高的一种酶,它与呼吸作用、光和作用及生长素的氧化等都有密切关系。超氧化物歧化酶(SOD)也是普遍存在植物体内一种清除超氧阴离子自由基O₂⁻的酶,植物在逆境中时超氧阴离子自由基O₂⁻增多,植物体内的SOD活性相应增强^[14]。由图5可知,POD活性在田间灌溉水量处理1和处理2之间差异显著,在其他灌溉水量处理之间相互不显著,在土壤水势值较高(-5 kPa)或较低(-40 kPa)时POD活性较强,而土壤水势值在-30~-10 kPa时POD活性较弱。由图6可知,田间不同灌溉水量处理对苗木SOD活力影响差异显著,处理1和处理4分别与处理2幼苗SOD活力差异显著,其他处理之间差异不显著。由图5、图6可知,不同灌溉水量处理对幼苗的POD、SOD活性或活力的影响在变化趋势上基本相似,与水分在忍冬和杨柴等影响相关方面研究变化一致^[15-16]。

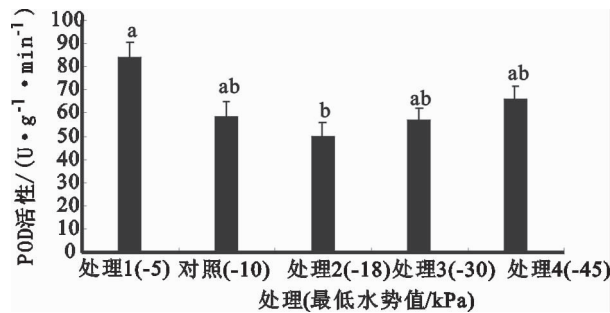


图 5 不同灌溉水量处理对幼苗 POD 活性的影响

Fig. 5 Effects of different amounts water irrigation on POD activity of the seedlings

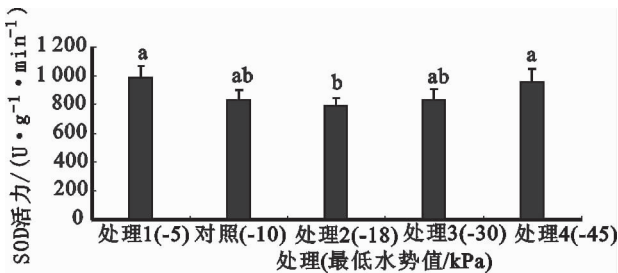


图 6 不同灌溉水量处理对幼苗 SOD 活力的影响

Fig. 6 Effects of different amounts water irrigation on SOD activity of the seedlings

3.5 不同灌溉水量对根系活力的影响

根系是植物体最活跃的吸收器官和合成器官之一,根系生长情况和活力水平直接影响地上部分生长、营养及物质质量积累水平。由图 7 可知,不同田间灌溉水量处理对幼苗根系活力影响差异显著,处理 1、处理 2 和对照分别与处理 3 和处理 4 差异显著,其它处理相互之间差异不显著。这说明较高的土壤水势有利于提高幼苗根系活力,当土壤水势最低值低于 -18 kPa 以下时苗木根系活力受到显著的影响。与常规灌溉水量相比,当田间灌溉水量减少 1/3 时(处理 2),幼苗根系活力没有受到显著影响,也从一个侧面说明,适当减少田间灌溉水量,采取适当节水灌溉,并没有显著性影响到苗木根系正常生长。

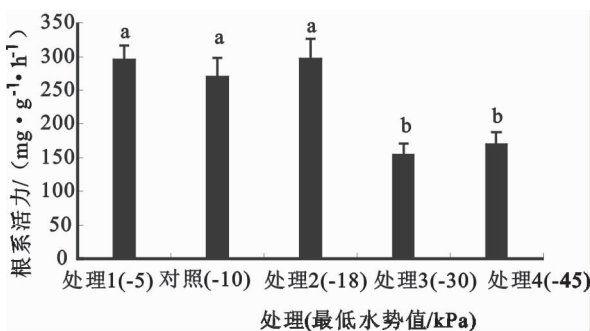


图 7 不同灌溉水量处理对幼苗根系活力的影响

Fig. 7 Effects of different amounts water irrigation on the vitality of seedlings

3.6 田间常规育苗灌溉水量下限的优化分析

由表 2 可知,田间育苗 3 a 的需水总量分别是 2007 年为 663 mm、2008 年为 669 mm、2009 年为 676 mm,年均需水总量约 670 mm。人工灌溉水量变化与降雨量大小相关,年均灌溉水量约 150 mm。由图 1~图 7 说明,在降雨量正常的年份,适当减少年均灌溉水量的 1/3 即人工灌溉水量下限保持在 100 mm 时,苗木的各个生长指标能够正常生长。

表 2 2007—2009 年田间常规育苗灌溉水量统计

Table 2 Water supply during 2007—2009

年份/年	灌溉次数	灌溉期起止 时间(月·日)	人工灌溉水量 /mm	灌溉期降雨量 /mm
2007	39	5·5—8·8	141	522
2008	47	5·3—8·12	174	495
2009	37	5·11—8·6	133	543

4 结论与讨论

长白落叶松幼苗生长需要较高的土壤水分条件,在常规苗木培育过程中,田间灌溉水量通常要保持土壤水势值在 -10 kPa 以上。试验表明,增加田间灌溉水量对幼苗高生长、地上和地下生物量积累具有促进作用,但不利于幼苗主根长度生长,适当降低土壤水分含量有助于幼苗主根长生长,幼苗主根长度大小对于苗木抵抗不良临时环境非常重要,雨季临时积水、白天较高气温或夜间较低气温都会使幼苗由于主根较短造成伤害。针叶叶绿素含量并没有由于灌溉水量增大而增加,在土壤最低水势值处于 -18~-10 kPa 时,叶绿素含量较高。幼苗脯氨酸含量、POD 活性和 SOD 活力在田间灌溉量较低(土壤最低水势值 -45 kPa)或较高(土壤最低水势值 -5 kPa)时较高或较强,可能是较高或较低土壤水分含量对幼苗正常生长造成不同程度水分胁迫,导致苗木抗性物质含量增多或活性增大。幼苗根系活力在土壤含水量较高时较强,土壤最低水势值在 -30 kPa 以下时幼苗根系活力受到显著性影响。

通过不同田间灌溉水量试验证明,在正常降雨量的年份,不同灌溉水量对苗木生长指标影响差异显著,灌溉水量最大的处理并不是对苗木生长指标最优的措施,减少常规灌溉的 1/3 灌溉次数,即苗床土壤张力计水势值在 -18 kPa 以上时苗木生长各项统计指标相对较优。在苗木培育过程中采取比现行的常规灌溉水量节约 30% 时,不会显著影响幼苗各项生长指标,而且能够促进幼苗主根长度,提高幼苗的抗性,达到节水培育目的。

参考文献：

[1] CHALMERS D J, BVAB D E. Productivity of peach trees factors affecting dry-weight distribution during tree growth [J]. Annals of Botany,1975,39:423-432.

[2] CHALMERS D J, WILSON I B. Productivity of peach trees; tree growth and water stress in relation to fruit growth and assimilate demand [J]. Annals of Botany,1978,42:285- 294.

[3] RAWSON H M, TURNER N C. Irrigation timing and relationship between leaf area and yield in sunflowers [J]. Irrigation Science,1983,4:167-175.

[4] TURNER N C. Plant water relations and irrigation management [J]. Agricultural Water Management,1990,17:59-75.

[5] ANNE M B. The effect of regulated deficit irrigation on tree water use and growth of peach [J]. Journal of Horticultural Science,1993,68(2):261-266.

[6] CHALMERS D J, MITCHELL P D, JERIE P H. The physiology of growth control of a pear trees using reduced irrigation [J]. Scientia Horticulture,1984,146:143-148.

[7] BLACKMAN P G, DAVIES W J. Root to shoot communication in maize plants of the effects of soil drying [J]. Annals Botany,1985,36:39-48.

[8] CHALMERS D J, BURGE P H, MITCHELL P D. The regulation of pear fruit and vegetative growth by irrigation withholding and regulated deficit irrigation [J]. Journal of the American Society for Horticultural Science,1986,11(6):944- 947.

[9] 杨建伟,周索,韩蕊莲,等. 土壤干旱对刺槐蒸腾变化及抗旱性研究[J]. 西北林学院学报,2006,21(5):32-36.

YANG J W, ZHOU S, HAN R L, *et al.* Transpiration and drought resistance of *Robinia pseudoacacia* under different soil drought levels [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2006,21(5):32-36. (in Chinese)

[10] 康绍忠,张建华,梁宗锁. 控制性交替灌溉:一种新的农业节水调控思路[J]. 干旱地区农业研究,1997,15(1):1-6.

KANG S Z, ZHANG J H, LIANG Z S. Controlled alternate irrigation: a new theory of high efficient irrigation of agriculture [J]. Agricultural Research In The Arid Areas,1997,15(1):1-6. (in Chinese)

[11] CHALMERS D J, MITCHELL P. Control of peach tree growth and productivity by regulated water supply, tree density and summer pruning [J]. Annals of Botany,1981, 45: 307-320.

[12] 曾德超. 果树调亏灌溉密植节水增产技术的研究与开发[M]. 北京:中国农业大学出版社,1994.

ZENG D C. Study on Technology of Regulated Deficit Irrigation of Fruit Tree Growth [M]. Beijing: China Agricultural University Press, 1994.

[13] 尹建庭,翟明普. 土壤水分对 107 杨幼苗光合特性影响的研究 [J]. 西北林学院学报,2007,22(4):5-8.

YIN J T, ZHAI M P. Effects of soil water content on photosynthetic characteristics of the *Populus × euramericana* cv. "74/76"seedlings[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2007,22(4):5-8. (in Chinese)

[14] 武维华主编. 植物生理学[M]. 2 版. 北京:科学出版社,2008.

[15] 董明,苏德荣,刘泽良. 干旱胁迫对阿诺红鞑艼忍冬生理指标影响[J]. 西北林学院学报,2008,23(4):8-13.

DONG M, SU D R, LIU Z L. Effect of drought stress on physiological indices of *Lonicera tatarica* [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2008,23(4):8-13. (in Chinese)

[16] 党青,韩刚,孙德祥,等. 干旱胁迫下杨柴的抗氧化防御系统研究[J]. 西北林学院学报,2008,23(4):1-4.

DANG Q, HAN G, SUN D X, *etal.* Antioxidation defence system of *Hedysarum mongolicum* Turcz under drought stress [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2008, 23(4):1-4. (in Chinese)