

# 旱区限量灌水造林对幼苗建成的影响

衣学慧<sup>1,2</sup>, 王哈生<sup>1,3\*</sup>, 王晓群<sup>2</sup>

(1. 西北农林科技大学, 陕西 杨陵 712100; 2. 杨凌职业技术学院, 陕西 杨陵 712100;  
3. 中国科学院、水利部 水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100)

**摘要:**以阳坡为主,采用小区对比试验的方法,对限量灌水造林进行了研究。结果表明,限量灌水通过增加土壤水分有利于幼苗建成,可促进幼苗早期萌发、成活及生长。覆盖对灌水有增进作用,其中地膜覆盖优于土壤覆盖。但与阳坡相比,阴坡灌水量较高时存在例外。表明阴坡造林以少灌为宜,而阳坡造林可适当多灌。幼苗根系深度以及叶片含水量与其地上部分的生长相一致。灌水使得根系向下延伸是幼苗成活及稳定生长的关键因素。

**关键词:**造林;灌水;覆盖;成活;生长

中图分类号:S725.71 文献标识码:A 文章编号:1001-7461(2008)01-0087-05

## Effects of Limite Irrigation on Seedling Establishment in Arid Areas

YI Xue-hui<sup>1,2</sup>, WANG Han-sheng<sup>1,3</sup>, WANG Xiao-qun<sup>2</sup>

(1. Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Yangling Vocational College of Technology, Yangling, Shaanxi 712100  
3. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences, Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** Effects of limited irrigation on seedling establishment in the arid areas were studied by plot comparative test being carried out mainly on sunny slopes. The results showed that the limited irrigation was favourable for the seedling establishment through increasing soil moisture. The early shooting, surviving and growth of the seedling may be enhanced. The promotion to the irrigation was produced by the mulches, of which the plastic film was better than the soil. But there is an exception in the shady slope when the irrigating water was more, compared with the case in the sunny slope, indicating that in shady slope less water should be given to the seedlings, while in the sunny slope suitably more water might be used. The root depth and leaf water content of the seedlings accorded with the growth of the stem. It is a key factor to the seedling survival and stable growth that irrigation makes the root run downwards in the soil.

**Key words:** afforestation; irrigation; mulching; survival; growth

最大限度地建成幼苗是造林的基础,否则,造林成功无从谈起。我国北方旱区,尤其黄土高原,长期以来由于造林成活率低,重植浪费严重,如何改进和完善抗旱造林的技术,值得进一步研究。其中,增加根际土壤水分是问题的一个关键。一定程度上说,造林灌水也是“生态用水”的一个方面。干旱条件下,为保证春季造林一次种植成功,尽可能地额外补充灌水无疑是重要的。目前,旱地农业生产中由窑、窖等蓄积径流而进行的限量补充灌水,已产生良好的效

果,但是,抗旱造林在此方面虽有某种程度的感性应用,而作为一项技术的系统研究并不多见<sup>[1~4]</sup>。因此,本文试图通过限量灌水以及采用覆盖措施的田间试验,探讨幼苗的成活及生长情况,以期在旱区高效开展造林提供有益的参考。

## 1 试验地概况

试验地位于黄土高原沟壑区的陕西长武县王东沟小流域的坡面上。当地属暖温带半湿润易旱气候,

收稿日期:2007-06-22 修回日期:2007-09-17

基金项目:国家林业局黄土高原林木培育实验室基金及西北农林科技大学科研专项(04ZM062)

作者简介:衣学慧(1973-),女,山东临朐人,讲师,在读硕士生,主要从事森林培育及园林艺术研究与教学工作。

\* 通讯作者:王哈生。

气温年平均 9.1℃,1 月平均 -4.9℃,7 月平均 22.1℃;≥0℃和≥10℃的活动积温分别为 3 688℃和 3 029℃,无霜期约 170 d;降水量年际变异系数 21.5%,年平均 584.1 mm,冬春季占全年的 20.3%~26.7%,夏秋季占 73.3%~79.7%。试验期间的降水量,2005 年为 568.6 mm,2006 年至生长季末 1~9 月为 442.8 mm;试验前,2004 年降水量为 509.6 mm,其中雨季(7~9 月)339.1 mm,占全年的 66.5%,对造林地的土壤底墒有一定的影响。3 a 降水量的月分布状况见图 1(数据源自中国科学院院长武农业生态试验站的观测记录)。

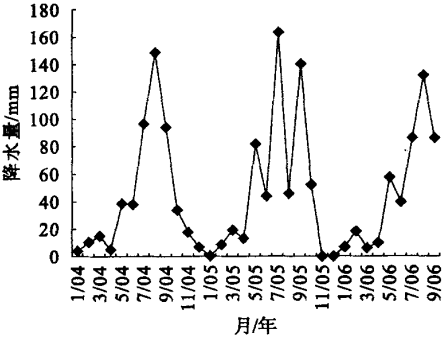


图 1 2004 年 1 月至 2006 年 9 月逐月降水量

Fig. 1 Rainfall of every month from Jan. ,2004 to Sept. ,2006

表 1 试验地生境概况

Table 1 Brief description on two types of experimental plots

生境类型	坡向	坡位	坡度 /(°)	海拔 /m	主要天然植物	植被盖度 /%
阳坡	W10°S	上部	40	1 100	白羊草( <i>Bothriochloa ischaemum</i> )、糙隐子草( <i>Cleistogenes squarrosa</i> )、多花胡枝子( <i>Lespedeza floribunda</i> )、杠柳( <i>Periploca sepium</i> )等	60~80
阴坡	E50°N	中下部	38	1 070	野古草( <i>Arundinella anomala</i> )、大油芒( <i>Spodiopogon sibiricus</i> )、异叶败酱( <i>Patrinia heterophylla</i> )等	90~100

坡面土壤为黄绵土,田间持水量 21%,凋萎湿度 8%。涉及的二种类型生境(表 1)。天然植被均以草本植物为主。植树鱼鳞坑为试验前 2003~2004 年当地群众反复造林失败所遗留。阳坡坑密度平均 2 487 个/hm<sup>2</sup>,坑长径平均 101 cm,坑短径平均 60 cm;阴坡坑密度平均 2 547 个/hm<sup>2</sup>,坑长径平均 91 cm,坑短径平均 66 cm。

2 材料与方法

2.1 材料

供试树苗为黄土区常见树种刺槐(*Robinia pseudoacacia*)的 1 a 生播种苗,截干处理,基径 0.6 cm 左右。覆盖所用地膜为一般农用塑料薄膜。

2.2 试验布置

以阳坡为主,进行小区对比试验。在春季挖穴植苗(2005 年 3 月中旬),穴规格 40 cm×40 cm×40 cm。栽植时,覆土踏实,灌水下渗后,再加覆盖材料。覆盖地膜与挖穴规格相同,在其中间剪一条长缝,使苗木通过而覆盖穴中,并在其上覆土,以便压牢。每小区植苗 30 株,均在地面留干长 5 cm。按灌水量 0 (ck)、0.5、1.5、2.5 kg/株等处理布置。考虑到阳坡和阴坡本身水分条件的差异,以地膜重点处理阳坡。4 个灌水量处理,阳坡有一类均覆盖薄层松散干土壤,而另一类均覆盖地膜,共 8 个小区;阴坡除薄层万方数据

松散干土壤覆盖类外,另一类均未作任何覆盖,亦共 8 个小区。

2.3 数据获取

调查测定按不同小区进行。土壤水分利用土钻和烘箱,在植树穴内,深度 100 cm,每 10 cm 取样,随幼苗成活率调查,从定植起每月测定一次,并按深度 40 cm 和 100 cm 分别计算平均值。幼苗成活率除造林当年(2005 年)的月调查外,次年(2006)生长季末再进行一次,以了解幼苗稳定成活的情况。在造林当年(2005)旱季末(6 月末)和生长盛期(7 月末),自树干顶端以下采第 3 片功能叶,由封口塑料袋带回,用烘干法测定叶片含水量。在生长季末,均以常规方法测定树高和基径;在造林第 2 年(2006),选定标准株,采用根系研究所使用的大号土钻(直径 9.4 cm),在同一方位近树干位置,分土层(10 cm)调查根系垂直分布,并辅以全挖法,观察根系形态。

3 结果与分析

3.1 幼苗成活

春季温度开始回升,但由于春旱(3~5 月)以及初夏旱(6 月)(图 1),缓苗时期土壤水分的高低与幼苗成活关系密切。定植时鱼鳞坑中的土壤含水量(3 月 21 日),阳坡深度 40 cm 为 13.84%,深度 100 cm 为 13.37%;阴坡深度 40 cm 为 20.93%,深度 100

cm 为 18.17%(图 2)。尽管初时的土壤含水量都不低,但随着时间的推移,均在下降,至旱季末已为最低值,尤其初植幼苗根系层土表 40 cm 甚为明显,接近凋萎湿度;之后,由于进入雨季,土壤含水量开始上升。可见,定植后的幼苗,若不尽快生根下扎,以吸取深土层的水分,难以逾越表土干燥时期而成活。限量补充灌水的作用就在于在土壤含水量下降的阶段(4~6 月),给幼苗生根成活创造相对有利的表层土壤水分环境。在土壤覆盖条件下,4 月份阳坡 3 个灌水处理 0.5、1.5、2.5 kg/株的土壤水分含量,深度 40 cm 分别为 12.78%、13.57%、12.95%,深度 100 cm 分别为 11.65%、13.13%、13.19%,随灌水量的增加有增高的趋势,且均比未灌水的对照高(表 2)。阴坡亦如此。

灌水条件下,地膜覆盖比土壤覆盖又有较强的土壤水分保持作用;未覆盖的处理,其土壤水分含量要比土壤覆盖的处理低(表 2)。与一些研究相

似<sup>[5,6]</sup>,即使未灌水的对照,由于覆盖处理,也表现出同样的规律。可见,为减少土壤蒸发,使有限的水分得到高效利用,采取覆盖措施,尤其地膜覆盖是完全必要的。

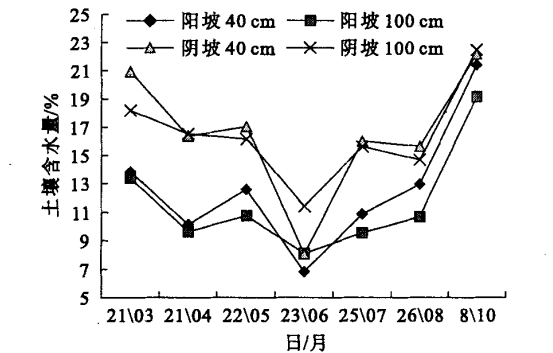


图 2 灌水对照(未灌水、土壤覆盖)的土壤水分动态  
Fig. 2 Soil moisture xhange of controls(no irrigation, soil mulch)

		表 2 不同试验处理下的土壤水分含量							
		Table 2 Soil water content under different experimental treatments							
		阳坡				阴坡			
测定日期 /(日/月)	土层 /cm	土壤覆盖		地膜覆盖		未覆盖		土壤覆盖	
		对照	灌水	对照	灌水	对照	灌水	对照	灌水
21/04	40	10.13	13.10	12.54	13.21	14.87	16.98	16.36	17.91
	100	9.64	12.66	12.93	13.03	15.36	16.78	16.52	17.16
22/05	40	12.59	13.95	14.70	14.57	17.28	16.89	17.03	17.61
	100	10.76	12.21	14.20	13.64	16.04	16.38	16.15	16.89
23/06	40	6.84	6.92	7.35	7.65	7.20	7.76	8.06	8.11
	100	8.10	9.01	9.95	9.21	10.64	11.06	11.40	10.79

注:表中灌水列数据为 3 个灌水处理的平均值。

一般认为一次降水量达到 10 mm,可使表土层水分有效增加。从定植至 4 月 21 日测定时的 1 个月时间当中,共降雨 7 次,雨量最多的 2 次分别为 8.2 mm 和 7.4 mm,其余均不足 4 mm。而 5~6 月测定时间段,计有 3 次较大的降水;5 月中旬有 2 次的雨量分别为 12.1 mm 和 30.6 mm,5 月下旬有 1 次的雨量为 26.6 mm。由图 1 也可见,4 月份干旱缓苗期比较典型。4 月份的幼苗成活调查结果可较好地说明灌水及覆盖措施的作用。

由表 3 可见,幼苗成活率随灌水量的增加而变化的规律虽然不甚明显,但灌水处理均高于未灌水的对照。土壤覆盖条件下的幼苗成活率,阳坡灌水处理平均 93.3%,最高为 96.7%,而对照为 83.3%;阴坡灌水处理平均 97.8%,最高为 100%,而对照为 90%。比较不同覆盖处理之间的幼苗成活率,地膜覆

万方数据

盖的作用优于土壤覆盖,其灌水处理平均 95.6%;未采取覆盖措施的灌水处理平均 91.1%,低于土壤覆盖。

从时间进程上,4 月份幼苗成活植株占绝大多数(表 3)。最大成活率,仅有一个小区出现在 7 月份,其余均出现在 4~6 月份。可见,旱季是幼苗成活的关键阶段,幼苗成活过程大体上在旱季结束。除个别小区外,最终成活率(生长季末)基本上还是最大成活率,均在 90%以上,阳坡 93.3%~100%,阴坡 96.7%~100%。显然,这与造林时底墒尚好以及造林后降雨适当有关。尽管如此,阳坡仍显示出灌水的作用:未灌水处理的成活率为 93.3%,低于灌水处理。由前述可知,无论阳坡还是阴坡,灌水及覆盖措施促进幼苗早期萌发成活的作用是明显的。植苗第 2 年(2006),除鼠、兔危害造成的死亡外,其余植株

仍保持存活状态。由此进一步说明造林当年的旱季对幼苗成活具有重要意义。

表 3 4 月份不同试验处理下的幼苗成活率

Table 3 Seedling survival rate in April under different experimental treatments %

坡向	覆盖处理	灌水量/(kg·株 <sup>-1</sup> )			
		0(ck)	0.5	1.5	2.5
阳坡	土壤覆盖	83.3	93.3	90.0	96.7
	地膜覆盖	86.7	100	96.7	100
阴坡	土壤覆盖	90.0	100	96.7	96.7
	未覆盖	86.7	90.0	93.3	90.0

3.2 幼苗生长

由表 4 可见,造林当年,由于土壤含水量的提高,在阳坡,生长量随灌水量的增加而增大,苗高甚

为明显。但在阴坡,灌水量低于 0.5 kg/株的处理,其生长量变化如同阳坡;而灌水量高于 1.5 kg/株,幼苗生长量开始降低,灌水不再有促进生长的作用。阴坡气温相对较低,光照偏弱,土壤含水量本身就较高,过多的水分会影响根系呼吸,从而限制幼苗对水分的利用,使其生长受到制约。

灌水叠加覆盖还可进一步促进幼苗的生长(表 4)。在阳坡,在 0.5、1.5、2.5 kg/株的灌水条件下,地膜覆盖与土壤覆盖处理的平均幼苗高分别为 67.3 cm、64.1 cm,地膜覆盖的作用同样高于土壤覆盖。在阴坡,低于 0.5 kg/株的灌水量,土壤覆盖处理的幼苗高大于未覆盖;而高于 1.5 kg/株的灌水量,土壤覆盖处理的幼苗高却小于未覆盖。表明阴坡土壤水分较多时,土壤蒸发又是有利的。为提高灌水的效益,阴坡造林灌水不宜过多。

表 4 不同试验处理下的幼苗高和基径生长量

Table 4 Seedling height and diameter at stem base under different experimental treatments cm

年份	坡向	覆盖处理	灌水量/(kg/株)			
			0(ck)	0.5	1.5	2.5
2005	阳坡	土壤覆盖	55.3/0.69	56.8/0.65	63.4/0.68	72.2/0.83
		地膜覆盖	57.0/0.72	58.6/0.66	65.8/0.72	77.6/0.85
	阴坡	土壤覆盖	51.1/0.64	58.3/0.69	52.6/0.67	47.7/0.63
		未覆盖	50.8/0.69	56.8/0.65	52.9/0.67	52.5/0.65
2006	阳坡	土壤覆盖	60.0/1.05	69.2/0.94	90.7/0.98	95.2/1.00
		地膜覆盖	63.0/0.90	75.8/1.06	103.6/1.08	110.2/1.12
	阴坡	土壤覆盖	57.0/0.99	72.5/0.98	57.0/0.73	52.5/0.77
		未覆盖	53.5/0.78	66.3/0.87	58.4/0.78	56.3/0.81

注:表中符号“/”左边为苗高,右边为苗基径。

表 5 不同灌水量条件下的幼苗根深及叶片含水量

Table 5 Seedling root depth and leaf water content under different irrigating amounts of water

灌水量 (kg·株 <sup>-1</sup> )	阳坡/土壤覆盖			阴坡/土壤覆盖		
	根深 /cm	叶片含水量/干重/%		根深 /cm	叶片含水量/干重/%	
		6 月	7 月		6 月	7 月
0(ck)	80	181.90	222.01	90	203.13	239.87
0.5	80	191.48	225.98	110	207.57	254.96
1.5	90	193.73	225.07	60	180.65	218.41
2.5	120	241.25	233.98	80	180.82	214.46

植苗第 2 年,幼苗生长仍然显示上述的规律(表 4),这与幼苗根系的发育有着密切的关系。与旱地作物实施灌水“以水调水”的作用效果<sup>[1]</sup>相似,限量灌水有利于根系下延生长,以扩大吸收利用深层土壤的水分。由表 5 可见,阳坡根系垂直分布深度,随灌水量的增大而加深;对照为 80 cm,在灌水量 2.5 kg/株的条件下可达 120 cm。阴坡也如同地上部分生长规律:在灌水量 0.5 kg/株的条件下根系深可达 110 cm,而对照为 90 cm;高于 1.5 kg/株的灌水  
万方数据

量,根系垂直分布开始变浅,如在灌水量为 2.5 kg/株的条件下深度为 80 cm。相同条件下,植物组织含水量高,代谢活动一般旺盛,从而促进植物生长。植苗后,经过干旱季节,叶片含水量(6 月 25 日)变化规律与根系类同。阳坡对照的叶片含水量为 181.90%,2.5 kg/株的处理增大至 241.25%;阴坡也表现出 0.5~1.5 kg/株的灌水量分界点。进入雨季,叶片含水量(7 月 28 日)同样如此。由于灌水,根系变深及相应叶片含水量的提高是幼苗抗旱稳定生

长的基础。

#### 4 小结与讨论

少雨的春季是北方旱区造林的主要季节,而阳坡一般又是造林较困难的地段<sup>[4]</sup>,本文正是基于这样的特点,讨论灌水促进幼苗建成(包括幼苗成活及初期生长二方面)的作用。表明因灌水而得到提高的根际土壤水分有利于幼苗的成活,促进幼苗早发及生长。覆盖由于防止水分的无效损失,对限量灌水具有增进作用,其中,地膜覆盖还优于土壤覆盖。一些地方造林灌水效果差,可能与未进行覆盖有着直接的关系。

造林当年旱季是幼苗成活的关键阶段,重要的是幼苗尽快生根下扎。与幼苗地上部分生长相一致,灌水使得根系加深以及叶片含水量提高。在造林当年(2005)生长季末,通过挖掘,可发现一条新萌发的细根向下延伸,有利于对深土层较为稳定的土壤水分的吸收利用。

据测定,2006年4月末,此时虽比造林的时间晚,但未经任何处理的鱼鳞坑中的土壤水分条件,仍还好于原坡面;土层40 cm及100 cm的土壤含水量,阳坡鱼鳞坑分别为9.96%、11.98%,阳坡原坡面分别为8.50%、11.11%;阴坡鱼鳞坑分别为14.87%、15.36%,阴坡原坡面分别为14.07%、15.04%。因此,一般应在先期整地,蓄存雨季降水的基础上补充灌水,以节约用水。阴坡造林不可多灌,以少灌或不灌为宜;阳坡可根据条件适当多灌。

一般认为土壤含水量达到占田间持水量的60%~80%时<sup>[7]</sup>,对植物的成活及生长是适宜的。因

此,当初植幼苗根系层土壤含水量低于下限适宜值时,就十分需要灌水造林。值得注意的是,一般造林不允许整地破土面积过大,强度过高,加之提前整地还受夏旱或秋旱的影响,通过整地汇集径流而提高土壤含水量的效果并不总是十分有效。在此情况下,灌水造林也是必要的。本文试验是在降水量相对较多的半湿润易旱地区进行,尚且具有较好的结果,对降水量偏少的半干旱、干旱地区,补充灌水造林应该更具实践意义。

本文仅是初步的探讨,灌水造林还应涉及诸如灌水最佳方法(表灌、穴底灌、注射等)、春季植树的早晚、灌水最佳时间(萌动前、萌动时)、限量灌水在不同树种之间以及不同质量的苗木之间的差异等问题,需要进一步研究,以提高灌水的效益。

幼苗建成,除重视水分等自然因素的影响外,防治鼠、兔等动物危害亦很重要。

#### 参考文献:

- [1] 山仑.旱地农业中有限水高效利用的研究[J].水土保持研究,1996,3(1):8-13.
- [2] 李鸣冈,刘焱心,刘中民,等.包兰铁路中卫段腾格里沙漠地区铁路沿线固沙造林的研究[A].见:中国科学院林业土壤研究所.林业集刊[C].第三号.北京:科学出版社,1960.1-112.
- [3] 姜凤岐,杨瑞英,林鹤鸣.抗旱保湿综合措施对造林成活率的影响[J].林业科技通讯,1988(3):25-27.
- [4] 王晗生,王青宁.植被建造技术取向[J].西北植物学报,2004,24(9):1760-1764.
- [5] 彭永山,李昕,章一平,等.覆盖地膜提高干旱地区造林成活率的研究初报[J].林业科技通讯,1984(7):15-17.
- [6] 尹风龙,余承源,陈绍周.半干旱石质山地覆膜造林技术研究初报[J].林业科技通讯,1987(12):7-10.
- [7] 中国农业科学院农业气象研究室.北方抗旱技术[M].北京:农业出版社,1980.118-134.

#### (上接第78页)

- [6] 蒙古军.张掖绿洲生态经济系统与持续发展[J].干旱区资源与环境,1997,11(2):64-70.
- [7] 程国栋,康尔泗.黑河流域水资源合理利用与社会经济和生态环境协调发展研究[R].兰州:中国科学院兰州冰川冻土研究所.1999.
- [8] 王金叶,马永俊,江泽平.甘肃省张掖市土地荒漠化发展动态及成因探析[J].中国沙漠,2005,25(3):427-432.
- [9] 张金屯.山西高原草地退化及其防治对策[J].水土保持学报,

2001,15(2):49-52.

- [10] 曹玲,窦永祥,张德玉.气候变化对黑河流域生态环境的影响[J].干旱气象.2003,21(4):45-49.
- [11] 柴芸.甘肃省沙化土地监测研究[J].甘肃农业大学学报.2003,38(3):296-301.
- [12] 马立鹏,李晓兵.甘肃省荒漠化宏观监测研究[J].中国沙漠,2002,22(2):122-129.
- [13] 董光荣,吴波,等.我国荒漠化现状、成因与防治对策[J].中国沙漠,1999,19(4):318-332.