

渭北主要造林树种根系抗旱性研究

赵 忠 李 鹏 王乃江

(西北农林科技大学 陕西杨陵 712100)

摘 要: 采用盆栽试验的方法,研究了不同土壤干旱条件下渭北主要造林树种苗木根系活力的变化。结果表明:在一定的土壤干旱范围内,苗木可以通过提高根系活力来适应逆境。当土壤干旱超过一定的阈值后,树木根系将逐步丧失其活力和功能,最终导致地上部分的枯死。各树种中,山杏根系的抗旱性最强,其次是侧柏、刺槐和油松。苗木根系活力除了受土壤干旱胁迫程度的影响之外,还受到干旱持续时间的影响。当土壤含水量降至40%的田间持水量时,土壤干旱已经对油松的生长构成了威胁,但对山杏、侧柏及刺槐的影响不大。

关键词: 土壤干旱 造林 根系活力 抗旱性

中图分类号: S727, S948 112 3

文献标识码: A

文章编号: 1005- 3409(2000)01- 0092- 03

Studies on Drought Resistance of Root System for Major Tree Species Planted in the Weibei Loess Plateau

ZHAO Zhong LI Peng WANG Nai-jiang

(Northwest Science and Technology University of Agriculture and Forestry Yangling Shaanxi 712100)

Abstract Under different conditions of soil moisture, seedling root vigor was studied for major tree species planted in the Weibei Loess Plateau by means of a pot experiment. The results showed that seedling could raise its root vigor against soil drought in some scope. When soil moisture was lower than a limit value, seedling would lose its root vigor gradually, so that the seedling would die. Among the tree species tested, root of *Prunus ameniaca* var. *ansu Maxim* showed the biggest drought resistance. Roots of *Platycladus orientalis*, *Robinia pseudoacacia* and *Pinus tabulaeformis* followed it. Root vigor was affected not only by the degree of soil drought but also by the duration of soil moisture. If soil moisture was lower than 40% of soil moisture capacity, growth of *P. tabulaeformis* would be limited, but it would not happen to *Prunus ameniaca* var. *ansu Maxim*, *Platycladus orientalis* and *Robinia pseudoacacia*.

Key words soil drought afforestation root vigor drought resistance

在限制林木充分发挥其遗传潜力所能达到的生产力的各种环境胁迫中,干旱胁迫是最为常见和重要的。根系作为林木与土壤环境进行物质和能量交换的重要场所,对林木的生长起着决定性的作用^[1]。大量的研究证实,林木根系在土壤中的分布及生长特性等是林地生产力,尤其是干旱地区林地生产力高低的主要决定因素^[2]。林木对不同深度土层中水分的利用状况取决于土层中根系的存活量、根系吸水速率以及土壤有效水的含量等,无论土壤中的水

分是否充足,根系在植物吸水过程中都起着十分重要的作用^[3]。根系的吸水量能否满足林木蒸腾及生长的需求,直接关系到其地上部分产量的高低。刘颖^[4]等人通过测定根水势、不同径级根的分布状况,证实了不同树种根系在水势、吸收根数量等方面存在着较大的差异,使得它们表现出了不同的抗旱性。

黄土高原是我国水土流失最为严重的地区,大部分处于干旱、半干旱区域,水分在该区域的农林业生产中具有特殊的生态学意义。1978年以来的“三

* 收稿日期: 2000- 01- 01

国家“九五”重点科技攻关计划项目,编号为96- 004- 05- 07。

北 防护林建设虽取得了巨大的生态效益,但也普遍存在着造林成活率、保存率低,人工林生产力低下等问题^[5],严重的制约着防护林体系生态经济功能的发挥。究其原因主要是缺乏对该地区土壤水分生产力条件的研究,或者说是对不同树种适应干旱的能力缺乏全面的认识。目前,国内外对树木抗旱性的研究多集中在地上部分,而对其地下部分抗旱性的研究几乎是空白。因此,开展树木根系抗旱能力的研究,对于科学的指导黄土高原的造林工作,提高该地区人工林的生产力和稳定性具有重要的意义。

本项研究采用盆栽法研究了黄土高原主要造林树种刺槐 (*Robinia pseudoacacia*)、侧柏 (*Platycladus orientalis*)、山杏 (*Prunus amniaca* var. *ansu Maxim*) 和油松 (*Pinus tabulaeformis*) 根系活力与土壤含水量之间的关系,并在此基础上对各树种根系的抗旱能力进行分析和评价。

1 材料与方法

1.1 试验材料

为了保证供试苗木的根系在试验开始前能够得以充分的生长发育,1998 年 9~10 月完成了盆栽试验布置。各树种供试苗木的详细情况如表 1 所示。盆栽基质为生黄土与河沙(3:1)的混合物。每个盆中(40 cm,高 50 cm)均装入等量(13.308 kg)的基质。

表 1 盆栽苗木情况一览

编号	树 种	苗龄(a)	苗木种类
1	刺槐	1	播种苗
2	侧柏	2	容器苗
3	山杏	1	播种苗
4	油松	2	容器苗

1.2 试验方法

1.2.1 确定田间持水量 委托国家黄土高原土壤侵蚀重点实验室,对本试验用盆栽基质的土壤水分特征曲线进行测定。根据测定结果,

$$Y = 17.567X^{-0.1658} \quad (R^2 = 0.9989)$$

式中: Y——土壤含水量; X——土壤水势。

可知盆栽基质水势为-0.33×10⁵Pa 时的土壤含水量—田间持水量^[6]为 21.08%。

1.2.2 试验处理 每个供试树种均设 3 个水分处理梯度,每个处理设 5 盆重复,每盆栽 1 株苗木。

处理 1: 整个试验期间使盆栽基质含水量维持在 70% 的田间持水量水平,即含水量为 14.756% 的水平。

处理 2: 整个试验期间使盆栽基质含水量维持

在 40% 的田间持水量水平,即含水量为 8.432% 的水平。

处理 3: 从试验开始起,停止灌水直至盆栽苗地上部分枯死。

由于各树种根系生长间的差异,试验分为两个阶段进行,即 4 月 24 日~6 月 25 日对油松和侧柏进行测定,6 月 13 日~8 月 10 日对山杏和刺槐进行测定。在试验期间,不定期用土钻(Φ3 cm)钻取土样和根样,测定各处理盆栽基质含水量及根系活力,求算加水量以保持各处理盆栽基质含水维持在设计水平。

为避免在试验过程中由于从顶部灌水,形成与林地土壤相反的水分梯度,布置实验时,在距盆底 10 cm 处预埋了 Φ3 mm、留有足够小孔的塑料软管,以便均匀地控制盆底基部质的水分含量,无孔部分的软管一直通至盆顶部,供定量加水用。

1.2.3 实验测定指标

(1) 根系活力。采用 TTC 法,在 485 nm 的波长下测定 0.1 g 根样中的 TTC 含量,根系活力用 TTC 还原强度(μg/g·h)表示。

(2) 土壤含水量。用烘干法进行测定。

2 结果与分析

2.1 苗木根系活力与土壤含水量的关系

国内许多研究证明,根系的活力能够从本质上反映苗木根系生长与土壤水分及其环境之间的动态关系。试验处理 3 的测定结果表明(表 2),在土壤干旱的情况下,尽管各树种苗木在根系活力方面有很大的差异,但却表现出了类似的变化趋势。在盆栽基质的含水量低于 40% 田间持水量的情况下,随着土壤含水量的下降各树种苗木根系的活力急剧增大;当土壤含水量小于一定的阈值后,苗木根系的活力开始迅速减小(山杏除外)。这一变化趋势说明,在一定的土壤干旱范围内,苗木可以通过提高根系的呼吸强度,释放更多的能量来适应干旱环境,维持对水分和其他物质的吸收功能,从而保证苗木在干旱条件下生命活动的需要。但是,当土壤干旱超过一定的阈值后,树木根系将逐步丧失其活力和功能,最终导致地上部分的枯死。

从表 2 中不难看出,在土壤干旱的条件下山杏和侧柏的根系活力始终处于较高的水平,而刺槐,特别是油松的根系活力一直处于较低的水平。说明后两个树种苗木抗御土壤干旱的能力,或在土壤干旱条件下存活的可能性明显小于前两个树种,各树种

抗御土壤干旱能力的排序应是: 山杏> 侧柏> 刺槐> 油松。

2 2 轻度土壤干旱条件下各树种苗木根系活力的差异

图 1 描述了在轻度土壤干旱 (70% 田间持水量) 条件下, 各树种根系活力在 45 d 内的变化情况。不难看出, 耐旱性较强的山杏和侧柏苗木的根系

表 2 渭北主要造林树种苗木根系活力与土壤含水量的关系

油 松		侧 柏		刺 槐		山 杏	
含水量/%	根活力/ $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$	含水量/%	根活力/ $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$	含水量/%	根活力/ $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$	含水量/%	根活力/ $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$
8.43	94.69	8.43	79.80	8.43	149.56	8.43	204.62
6.81	176.34	5.35	204.60	6.79	170.80	5.16	277.40
4.92	139.31	4.87	200.95	5.85	134.09	4.99	283.42
4.05	30.95	4.47	183.18	5.40	236.05	4.80	385.81
3.58	76.99	3.33	402.08	4.59	165.58	3.95	363.73
		2.96	315.08	4.54	146.81	3.54	363.00

活力表现出了相同的变化规律, 即随着时间的推移根系活力表现出逐渐增加的趋势。致于耐旱性较差的刺槐和油松, 其苗木根系活力的变化则无共同的规律: 油松苗木在受到轻度土壤干旱的最初阶段, 根系活力迅速增加, 但之后又急剧下降; 刺槐在试验的最初阶段尽管也有类似的表现, 但之后其根系活力在一段时间内出现了大幅度下降, 之后又迅速增

加且维持在较高的水平之上。就各树种根系活力的大小而言, 侧柏> 山杏> 刺槐> 油松, 与土壤干旱胁迫条件下的测定结果基本相同, 但各树种根系活力的最大值明显小于其在干旱条件的最大值。这一测定结果说明, 树木的根系活力除了受土壤干旱胁迫程度的影响之外, 还受到干旱持续时间的影响。

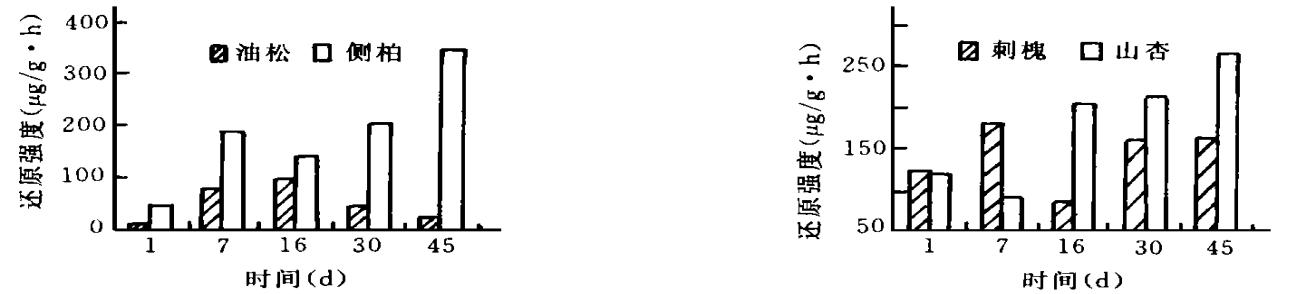


图 1 70% 田间持水量条件下油松、侧柏(左)及山杏、刺槐(右)苗木根系活力

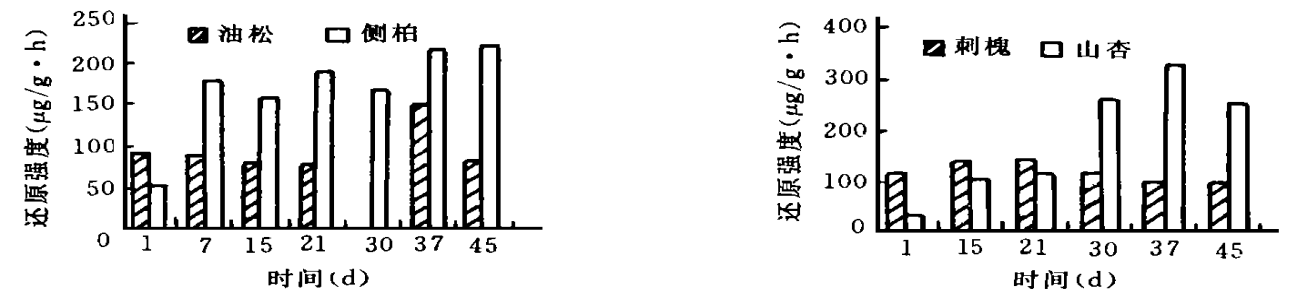


图 2 40% 田间持水量条件下油松、侧柏(左)及山杏、刺槐(右)苗木根系活力

2 3 中度土壤干旱条件下各树种苗木根系活力的差异

从图 2 中可清楚地看出, 在中度土壤干旱 (40% 田间持水量) 条件下, 随着时间的延长油松苗木的根系活力虽有波动, 但一直维持在较高的水平上, 接近在干旱胁迫条件下的最大值 (表 2)。它证明当土壤含水量降至 40% 的田间持水量时, 干旱已经对油松

的生长构成了威胁。而侧柏则不同, 其苗木根系活力在 45 d 的试验期间的动态及水平, 基本上与 70% 田间持水量条件下的相当, 但远未达到在干旱条件下的峰值 (表 2)。这一试验结果说明, 40% 田间持水量时的土壤干旱对侧柏的生长发育虽有一定的阻碍作用, 但侧柏仍可以保持相当的生长量。

6.3 分区概述

6.3.1 北部农村生态经济区 该区位于全县最北部,地形主要以山地为主,人少,土地面积大,自然植被较好,水土流失中等,经济欠发达,文化教育落后。该区是全县境内三条最大的侵蚀沟的上游,因此水土保持林的营造非常重要,经济林发展主要应以核桃等杂果为主,同时应充分利用草场发展畜牧业,建立全县的畜牧业基地。

6.3.2 中西部农村生态经济区 该区包括胡家庙乡、黄甫乡、官庄乡、马家乡、润镇、北城堡乡、十里塬乡、卜家乡、南村、铁王乡和秦庄乡的最北部,地形以塬面和侵蚀沟为主,资源丰富,热量充足。但水土流失严重,该区是全县粮油生产基地,农业生产潜力大,应大力进行生态农业建设,狠抓肥、水、良种和集约经营、农林复合经营,经济林建设应以苹果、核桃、大扁杏为主,并注意调控品种,提高品质,降低成本,开拓市场。还应注意农田防护林建设。

致谢: 本文承蒙陈存根教授、毛以让副教授、周庆生副教授、高甲荣博士后审阅,并提出宝贵意见,在此一并致谢。

参考文献

- 1 姜学民等. 生态经济学概论[M]. 武汉: 湖北人民出版社, 1995
- 2 郭有等为. 辽宁省农村生态经济分区的研究[J]. 生态学杂志, 1989, 8(2): 61~ 65
- 3 肖 斌. 淳化泥沟流域农林复合生态经济系统特性评价[J]. 西北林学院学报, 1998, 13(2): 41~ 45
- 4 吴发启等. “高原台塬过渡区(淳化)高产型粮果林发展研究”的基本构思[J]. 西北林学院学报, 1998, 13(2): 1~ 4
- 5 张沁文, 王学萌等. 农村经济灰色系统分析[M]. 北京: 学术期刊出版社, 1989

(上接第94页)

在40%的田间持水量条件下,刺槐和山杏的根系活力分别表现出了明显不同的变化趋势。在整个试验过程中,刺槐苗木的根系活力波动幅度较小,与70%田间持水量条件下的差异不大,表明刺槐在土壤含水量降至8.432%时仍可维持较正常的生长发育。相同条件下,山杏苗木的根系活力随着时间的延长而持续增长,并且在后期明显的超过了刺槐;与70%田间持水量条件下的测定结果相比较,两者的差异不大,说明山杏对土壤干旱有更强的适应能力。

3 结 论

在黄土高原地区,林木根系对土壤干旱的抗御能力以及在干旱条件下对土壤水分的利用能力,直

6.3.3 中部农村生态经济区 该区主要是城关镇,地形以塬面和侵蚀沟为主,人多地少,人口密度大,是该县政治、经济、文化的中心,资源丰富,农林复合经营初具规模,集约经营水平较高。该区是县城所在地,非农业人口比重大,消费潜力大,故农业发展应注重蔬菜种植,其次大力发展手工业和工商业,推广和应用高新科技成果,增加财政收入。

6.3.4 东南部生态经济区 该区包括东坞乡、大店乡、石桥乡、秦庄乡的南部,方里镇、夕阳乡等,地形由北向南逐渐升高,以塬面、侵蚀沟、丘陵山地为主,农业生产基础较好,气候湿润,温差大适宜苹果生长,农业发展应努力提高集约经营水平和粮食单产,在粮食自给有余的基础上大力发展经济林,以苹果为主,注意品种的更新换代和高科技的应用以及苹果产品的深加工和市场的开拓,提高农民人均纯收入水平,同时也要抓好畜牧业和第三产业的发展。

接关系到造林树种的适地性及其生产力的高低。根系活力是衡量林木根系抗御干旱能力大小的重要生理指标。在一定的土壤干旱范围内,苗木可以通过提高根系的呼吸强度,释放更多的能量来适应干旱环境,维持对水分和其他物质的吸收功能。当土壤干旱超过一定的阈值后,树木根系将逐步丧失其活力和功能,最终导致地上部分的枯死。试验结果证明,山杏的根系抗旱性最强,其次是侧柏、刺槐和油松。苗木的根系活力除了受土壤干旱胁迫程度的影响之外,还受到干旱持续时间的影响。当土壤含水量降至40%的田间持水量时,土壤干旱已经对油松的生长构成了威胁,但对山杏、侧柏及刺槐的影响不大。

参考文献

- 1 冯广龙, 刘昌明. 冬小麦根系生长与土壤水分利用方式相互关系分析[J]. 自然资源学报, 1998, 13(3): 234~ 240
- 2 王文全, 王世绩, 刘雅荣等. 粉煤灰复田立地上杨、柳、榆、刺槐根系的分布和生长特点[J]. 林业科学, 1994, 30(1): 25~ 33
- 3 李吉跃, 张建国. 北方主要造林树种耐旱机理及其分类模型的研究(I)——苗木叶水势与土壤含水量的关系及分类[J]. 北京林业大学学报, 1993, 15(3): 1~ 11
- 4 刘颖, 邓丽琴. 从根系特点分析辽西地区树种的抗旱性[J]. 沈阳农业大学学报, 1995, 26(2): 171~ 176
- 5 余新晓, 张建军, 朱金兆. 黄土地区防护林生态系统土壤水分条件的分析与评价[J]. 林业科学, 1996, 32(4): 289~ 296
- 6 刘恩斌, 董水丽. 黄土高原主要土壤持水性能及抗旱性的评价[J]. 水土保持通报, 1997, 17(7): 20~ 26