

# 太行山低山丘陵区坡地人工刺槐林降雨入渗及造林技术研究\*

杨帆 刘志军 马忠秋 张万军 唐常源

(中国科学院遗传与发育生物学研究所农业资源研究中心 石家庄 050021) (日本千叶大学 日本千叶)

**摘要** 对太行山低山丘陵区坡地人工刺槐林降雨入渗及造林技术研究结果表明,降雨后短时间内(10~30cm)上层剖面水势很快由初始值增至最大值,当降雨停止后水势逐渐降低。随入渗进行而下渗锋面向下扩展,水势分布曲线由较陡直逐渐变为相对平缓。降雨初期有林地入渗速率慢于无林地,随降雨进行有林地入渗锋前移速率明显快于无林地,有林地植被及枯落物的存在阻缓了地表径流和壤中侧向流,增加了垂直一维入渗。

**关键词** 降雨入渗 坡面 造林 人工刺槐林

**Research on rainfall-infiltration processes under artificial *Robinia pseudoacacia* plantation and afforestation technology in the slope of low-land in Taihang Mountains.** YANG Fan, LIU Zhi-Jun, MA Zhong-Qiu, ZHANG Wan-Jun (Center for Agricultural Resources Research, Institute of Genetics and Developmental Biology, Chinese Academy of Sciences, Shijiazhuang 050021, China), TANG Chang-Yuan (Chiba University, Chaiba, Japan), *CJEA*, 2005, 13(3): 172~174

**Abstract** Rainfall-infiltration processes under artificial *Robinia pseudoacacia* plantation and afforestation technology in the slope of low-land in Taihang Mountains were studied. The results show that the water potential in 10~30cm soil section quickly increases to maximum with rainfall and decreases gradually after rainfall stops. With infiltration, the wetting peak gradually moves ahead. Curve of water potential changes from steep to slow. Comparing the water potential variation in different vegetations, infiltration velocity is slower in forest land than that in naked land at the beginning of rainfall. With rainfall going on, the speed of wetting peak moving ahead in forest land is quicker than that in naked land. Litters and vegetations slow down the lateral and subsurface flow and increase the one-dimensional vertical infiltration.

**Key words** Rainfall-infiltration, Slope land, Afforestation, Artificial *Robinia pseudoacacia* plantation

(Received Sept. 11, 2004; revised Oct. 6, 2004)

土壤水分入渗过程和渗透能力决定了降雨再分配过程中地表径流及土壤储水性。干旱半干旱地区使降雨尽可能多地拦蓄入渗是防止水土流失、保证农作物生长的重要措施<sup>[1,2]</sup>。影响土壤水分入渗的因素很多,但不同边界条件不同植被覆盖入渗过程存在很大差异。本试验研究了太行山低山丘陵区坡地人工刺槐林降雨入渗及造林技术,为科学植树造林和植被恢复提供依据。

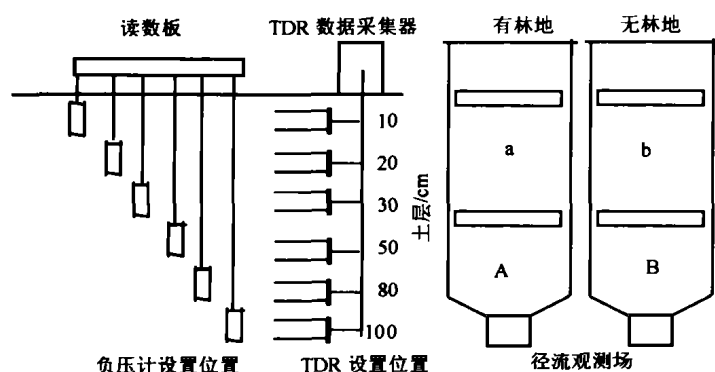


图 1 试验场位置图

Fig. 1 Location of experiment land

## 1 研究区域概况与研究方法

试验在位于太行山东坡中段低山丘陵区的中国科学院太行山山地生态试验站进行,该站地处东经114°15'55",北纬37°52'45",海拔高度247~1040m,属半干旱半湿润大陆性季风气候,冬季干旱少雨,夏季炎热多雨,多年平均降水量570~620mm且降水分布不均,7~9月份雨季降水占全年降水量的67.8%,春季降水仅占7.69%,年均蒸散量1934.6mm。试验地成土母质为花岗片麻岩,土层厚度30cm左右,植被以人工林为主,人工刺槐林建造于20世纪

\* 国家高新技术(863)发展重大专项“新型高效雨水集蓄与利用技术研究”(2002AA22405)和中日国际合作项目“太行山地下水环境研究”资助

60 年代初,由于多年人为破坏而形成不同年龄级组分,且径级差异很大,群落稀疏,盖度 < 50%。林内散落着以丛生臭椿为主的臭椿林斑,林下灌木以荆条为主。

试验在刺槐林内修建了 2 个宽 3m、长 5m 小型径流观测场,1 个径流观测场为原植被不变,另 1 个采取皆伐方式(见图 1),并在各径流场上边界(a、b)及下边界(A、B)按 10cm、20cm、30cm、50cm、80cm 和 100cm 6 个深度埋设 2 排负压计,自然坡面与径流场深度相同,分别埋设 TDR 与负压计,于每天 9:00 和 16:00 2 次记录负压计读数,降雨时记录加密。TDR 系由美国 Compbell 公司产 CS615 型时域反射仪,探针长 20cm,并与 CR-10X 型数据采集器相连,每 20min 自动采集记录数据,通过土壤水势和土壤含水量动态变化分析降雨入渗过程。

## 2 结果与分析

### 2.1 自然坡面降雨入渗过程

以 2000 年 7 月 22 日降雨入渗过程为例(下同),6:30 开始降雨,9:00 结束,总降雨量 32mm,历时 180min。由图 2 可知垂直方向自然坡面各土层剖面水势曲线分布密度有很大差异,10~30cm 土层水势曲线分布密集,40~60cm 土层曲线分布逐渐稀疏并在 50cm 土层剖面出现零通量面,70~100cm 土层水势曲线与上层方向相反。土体上层 10cm 土层剖面水势曲线最密集,表明水势增加极其显著。且降雨后 1h 内水势达最大值,约 101cm 水柱不再变化。由于表层蒸发作用,雨停后水势逐渐降低。20cm 土层剖面水势曲线较 10cm 土层剖面稀疏,但 >>30cm 土层剖面,表明 20cm 土层剖面水势变化较快,其最大值(99.84)出现于降雨停止后(11:00)。30cm 土层剖面水势变化相对较慢,且随时间推移逐渐增加。土体中部为过渡层次,降雨初期上层土壤雨水入渗,水汽下行,下层土体受降雨影响的滞后时间较长,水汽仍向上行,在此土体剖面水汽上行和下行相互抵消并达到稳定状态形成零通量面。50cm 土层剖面水势曲线初始阶段呈闭合曲线,即降雨过程水势基本无变化,雨停 5h 后才开始增加,表明 50cm 土层剖面是水量平衡的零通量面,雨停后 5h 水势增加其湿润锋已达 50cm 土层剖面,并打破原有水量平衡,破坏了零通量面。土体下层剖面水势曲线方向与 10~30cm 土层剖面水势曲线方向相反,表明土体剖面受降雨影响的滞后时间较长,100cm 较 80cm 土层剖面水势降速更快,对降雨响应最不敏感。图 2 表明水平方向水势曲线亦有所不同,降雨初期曲线极其陡直,且随时间推移而曲线由陡直渐变平缓,10cm、20cm 土层剖面曲线陡直,表明其入渗速率大,而 30cm 以下土层剖面曲线平缓,入渗速率明显变慢,这反映了花岗片麻岩坡地土壤厚度为 30cm 左右。图 3 表明各土层剖面含水率表现出与水势相同变化,降雨后 10cm 土层剖面含水率迅速增加,且随时间的推移波动很大;20cm 土层剖面含水率也增速较快,但波动相对较小;30cm 土层剖面含水率增速相对较慢,且降雨及雨停后变幅波动很小,呈平缓上升和下降趋势。

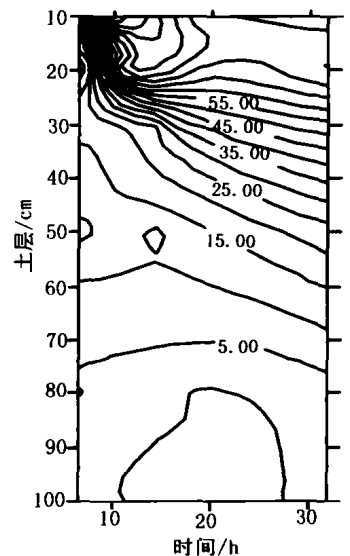


图 2 自然坡面水势等值线  
Fig.2 Water potential isoline in natural slope land

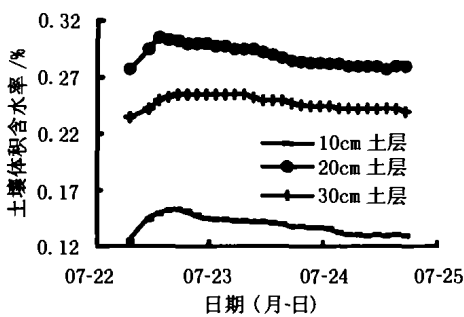


图 3 降雨入渗过程中各土层剖面含水量的变化  
Fig.3 Water content changes in different section during infiltration process

降雨停止后 >=50cm 土层剖面含水率仍逐渐下降,且持续很长时间后才微增,并随土层深度的增加其增速逐渐滞后,其原因是降雨初始雨水在毛管力和重力双重作用下水分入渗速率大,随下渗锋面向下扩展而毛管力逐渐减小,主要靠重力水作用使其下渗,故其入渗速率逐渐降低。这表明了片麻岩山地土壤入渗基本规律,即降雨后很短时间内上层(10~30cm 土层)剖面水势很快由初始值增至最大值,雨停后水势逐渐降低,且随下渗锋面向下扩展,而水势分布曲线垂直方向由密集逐渐变为稀疏,水平方向由较陡直渐变为相对平缓,下渗过程随土层剖面的加深而逐渐缓慢,下渗强度则随时间的延长而呈递减规律。

### 2.2 不同植被覆盖降雨入渗过程

由图 4 可知降雨初期 2 个径流场坡面上边界和下边界入渗能力基本相同,且随入渗进行上边界(a、b)水势梯度分布曲线由陡直变为平缓的速率均快于下边界(A、B),其原因是雨水入渗过程中上边界产生的径流和壤中侧向流补充至下边界,使水分沿坡面分布发生变化,下边界水

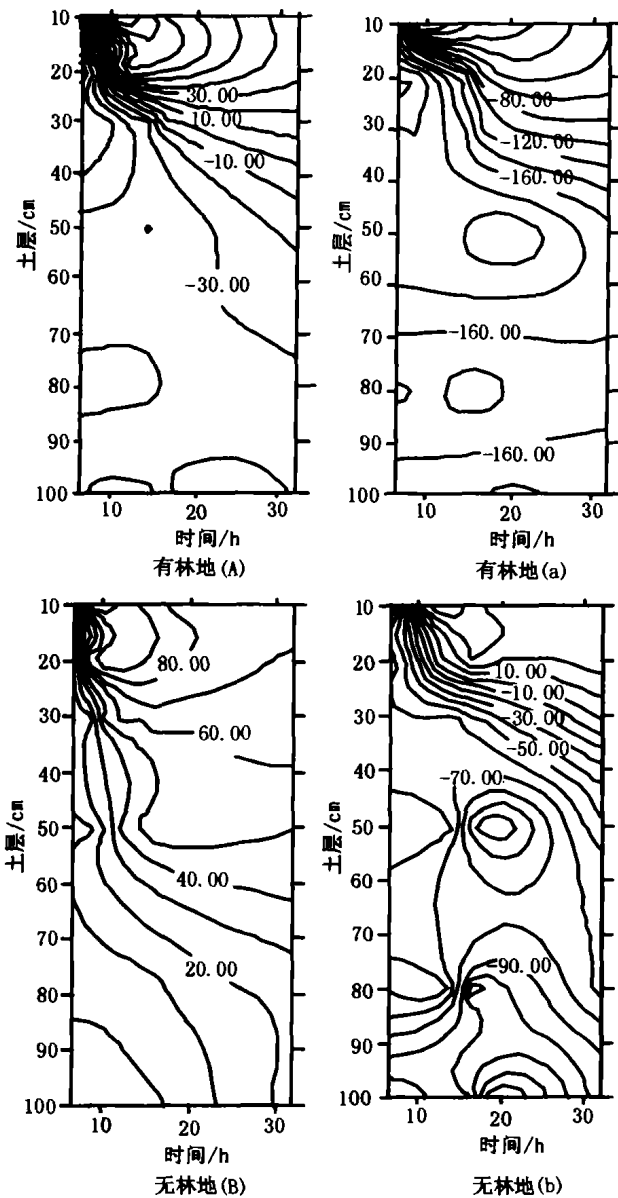


图4 不同植被覆盖水势梯度变化等值线

Fig.4 Water potential isoline in different vegetation covering conditions

### 3 小结

太行山刺槐林地入渗过程符合片麻岩山地降雨入

渗基本规律,即降雨后很短时间内上层(10~30cm土层)剖面水势很快由初始值增至最大值,雨停后水势逐渐降低,且随入渗进行而湿润峰不断前移,水势梯度分布曲线由陡直逐渐变为平缓。降雨初期有林地入渗速率慢于无林地,且随降雨进行而有林地入渗峰前移速度明显快于无林地。有林地植物及枯落物的存在阻缓了地表径流和壤中侧向流,增加了垂直一维入渗。鉴于此在造林时应大力营造混交林,且宜采用降低造林密度方式形成人工、天然复合型乔灌草混交林。

### 参 考 文 献

- 1 黄秉维. 谈黄河中上游水土保持问题. 中国水土保持, 1983, 2(1): 15~19
- 2 周择福, 洪玲霞. 不同林地土壤水分入渗和入渗模拟的研究. 林业科学, 1997, 33(1): 9~16

层厚度增加,正压力增大,因此其入渗能力增强。无林地水势梯度分布曲线上下边界差异较大,而有林地差异很小,变化趋势非常接近,其原因是林地根系的存在阻止了上边界对下边界地表径流和壤中侧向流的补给,增加了垂直一维入渗。有林地根系发达,且根系与土壤间存在一定的缝隙,由于植被根系对土壤结构改善较大,为土壤提供了一定有机质,增加了土壤孔隙度,从而增加了雨水的垂直一维入渗。2个径流场上边界(a、b)水势梯度分布相比,降雨初始时有林地水势梯度分布较无林地平缓,雨停后随下渗锋面向下扩展,无林地水势梯度分布变得平缓,而有林地却由平缓变为陡直,其原因是降雨初期林地冠层截流及枯枝落叶层吸持水特性减缓了雨水入渗,当降雨量超过冠层最大截流量或枯枝落叶层达到饱和后,又加快了林地入渗速率,这种水势梯度分布的变化也表明有林地渗透性能强,可增加垂直一维入渗;但下边界(A、B)这种水势梯度分布却不明显,主要是地表径流和壤中侧向流的补给掩盖了这种变化规律。由于有林地具有增加入渗的水源涵养功能(主要是冠层截流、枯枝落叶层吸水特性和根系减缓壤中侧向流),故营造水土保持林时一是应充分考虑加大冠层复合结构,即植被层次结构复杂,可对降雨进行层层拦截,减缓了雨滴落地速度,从而减小其地表径流和土壤侵蚀,故多层复合林冠结构以及林下植被种类多样均能加大对雨水的拦截;二是防止人为破坏和牲畜采食,有效保护好枯枝落叶层,以吸收大量雨水,有效缓冲和蓄存降雨,保持土壤水分、湿度及温度,促进微生物部分分解活动,使土壤结构得到改善;三是增加根系复杂结构,可有效利用不同土层光温和水分、养分条件,形成良好结构。因此造林时应大力营造混交林,且宜采用降低造林密度方式形成人工、天然复合型乔灌草混交林。