

刺槐林地土壤水分与林下植物生物量的关系^{*}

刘江华^{1,2}, 刘国彬², 陈淑芸¹

(1. 西南林学院, 昆明 650224; 2. 中国科学院 教育部 水土保持与生态环境研究中心, 陕西 杨陵 712100)

摘 要: 对比研究了安塞县不同林龄刺槐林地及撂荒地土壤水分年际变化特征及样地生物量特征。结果表明, 刺槐林地土壤水分含量及储水量随林龄增长降低, 过熟林的剖面含水率接近凋萎湿度; 0–140 cm 土层生长季土壤水分变异系数遵循过熟林> 成熟林> 幼龄林> 撂荒地的规律, 而 140–500 cm 土层则基本与上述规律相反。成熟刺槐林下植被地上部生物量略高于同期撂荒地, 土壤水分与地上部生物量仅存在微弱的负相关关系。说明刺槐生长虽然消耗了大量土壤储水, 并未降低林地生产力。将刺槐作为先锋树种用于研究区的植被恢复有助于迅速形成植被覆盖, 林下植被的健康发育足以保证刺槐衰退后的生态系统持续稳定地发挥其生态功能。

关键词: 刺槐; 土壤水分; 地上部生物量

中图分类号: S715; S714.3

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2009)03-0057-04

Relationship Between Soil Moisture of *Robinia pseudoacacia* Forests and Aboveground Biomass of Understory Vegetation

LIU Jiang-hua^{1,2}, LIU Guo-bin², CHEN Shu-yun¹

(1. Northwest Forestry University, Kunming 650224, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: By studying on soil water content (SWC%) and aboveground biomass of understory vegetation of *Robinia pseudoacacia* tree-land and abandoned farmland in Ansai county, the results showed that SWC% of *Robinia pseudoacacia* tree-land decreased with the trees growing-up. SWC% variation coefficient at 0–140 cm depth increased with the trees growing-up, but that of 140–500 cm depth had adverse trend. Aboveground biomass of understory vegetation of matured and over-matured tree-lands was faintly higher than that of abandoned farmland. We concluded that the productivity of *Robinia pseudoacacia* tree-land did not descend although the trees consumed most soil water and SWC% dropped down seriously.

Key words: *Robinia pseudoacacia*; soil moisture content; aboveground biomass

黄土高原人工植被与天然植被在水分利用特征上存在明显的差异^[1-2], 天然植被能较好地适应当地的气候条件, 虽然也形成土壤低湿层, 但相对较浅, 且容易恢复; 而人工植被则普遍由于过度利用土壤储水产生稳定的土壤低湿层^[3-5]。有学者据此担心营造人工乔木林的生态后果, 并由此质疑刺槐林的生态功能^[6], 这些质疑和担心多从土壤干化对人工种植植物的影响出发, 从群落发育和生态系统功能的角度来探讨人工植被生态价值的文献并不多见。群落生物量是反映生态系统结构和功能的基本数据, 可以为评价生态质量和生态系统的可持续经营、提高生物产量和

生产力水平以及碳汇研究提供重要依据^[7]。本文试图通过对比安塞县刺槐林和退耕地自然演替群落的土壤水分及生物量特征, 揭示刺槐生长对植被发育的影响, 为该地区人工植被建设提供依据。

1 研究区概况

研究区位于黄土丘陵沟壑区的典型区安塞县, 105°51′44″–109°26′18″E, 36°22′40″–36°32′16″N, 海拔 997~1 731 m, 属暖温带半干旱气候区。年平均降水量 500 mm 左右, 年平均蒸发量 1 000 mm, 无霜期 160~180 d, 年日照时数 2 352~2 573 h,

* 收稿日期: 2009-05-06

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(90502007); 中科院西部行动计划(KZCX2-XB2-05); 国家自然科学基金(30671672)

作者简介: 刘江华(1970-), 男, 博士, 湖北天门人, 主要研究方向: 生态恢复过程及机理研究。E-mail: jhliu319@tom.com

≥10℃积温 2 866℃, 年均气温 8.9℃。安塞县处于暖温带森林草原区, 天然森林已全遭破坏, 人工林以刺槐(*Robinia pseudoacacia*)、小叶杨(*Populus simonii*)、柠条锦鸡儿(*Caragana Korshinskii*)和沙棘(*Hippophae rhamnoides*)为主, 荒坡植被主要为铁杆蒿(*Artemisia gmelinii*)、芨蒿(*Artemisia giraldii*)、长芒草(*Stipa bungeana*)和白羊草(*Bothriochloa ischaemum*)等为优势种组成的处于不同演替阶段的草本植物群落。成过熟刺槐林林下植被的物种组成与荒坡类似, 只是未见白羊草在刺槐林下形成优势种群。土壤类型主要为黄绵土, 其中粉粒占 64%~73%, 黏粒占 17%~20%, 土质疏松, 抗蚀抗冲性差, 水土流失严重。

2 研究方法

2.1 样地选择

安塞县的刺槐林一般在 25 a 左右达到成熟, 林木高生长和胸径生长趋缓甚至停滞, 林下植被优势种也趋于稳定; 40 a 左右普遍出现枯梢现象, 林分进入衰败期。由于历史原因, 安塞县的刺槐林集中于 45~50 a、27~32 a、4~12 a 等几个林龄段, 为便于对比研究, 选择过熟林样地 4 个、成熟林样地 7 个、幼龄林样地 5 个及退耕 25 a 以上荒坡样地 4 个, 所有样地立地条件相似, 均位于梁峁坡, 其中阴坡样地 8 个, 阳坡样地 12 个, 土壤类型均为厚层黄绵土。

2.2 土壤水分测定

采用土钻法, 于 2007 年生长季初(4 月初)、旱季末(6 月底)、雨季中(8 月底)和生长季末(10 月底)分

别在每个样地中选 2 个有代表性的点进行测定。测深 500 cm, 每 20 cm 取样, 样品置烘箱内, 105℃下烘干 12 h 后称重。计算各层的土壤含水率。

2.3 植被调查

林地内每样地布设 4 个 1 m×1 m 的林下植被调查样方, 记录每个样方中的种类组成, 每个植物种的盖度、多度、高度等指标; 分优势种和其它杂草分别测定其地上部生物量。在每个退耕荒坡样地中布设 4 个 1 m×1 m 的样方, 调查内容与林下植被相同。

3 结果与分析

3.1 刺槐林地的土壤水分特征

由图 1 可知, 各样地类型土壤 0~500 cm 剖面平均含水率撂荒地>幼龄林>成熟林>过熟林, 随着林龄增加剖面平均含水率下降。刺槐林地 0~140 cm 土层平均土壤含水率较高, 且土壤水分变异很大, 这显然与浅层土壤可直接得到降水补充有关; 各林龄段刺槐林 140~500 cm 土层土壤含水率相对稳定, 其平均含水率随林龄增加减少, 过熟林保持在 4%~6%, 其中 50 a 生刺槐林尽管其林分郁闭度在 10 a 前就已不到 20%, 但其土壤水分仍然保持在很低的水平, 甚至低于当地土壤 3.5% 的凋萎湿度水平^[8]; 随着刺槐林龄的增加, 林地深层土壤含水率逐渐下降, 整个生长季中土壤水分的变幅减小, 这说明刺槐和林地其它植物的生长消耗了大量水分, 阻碍了水分在土壤剖面垂直方向上的交流。林地土壤水在经过多年消耗之后, 刺槐林下土壤 140 cm 以下的水分趋于稳定, 维持在很低的水平。

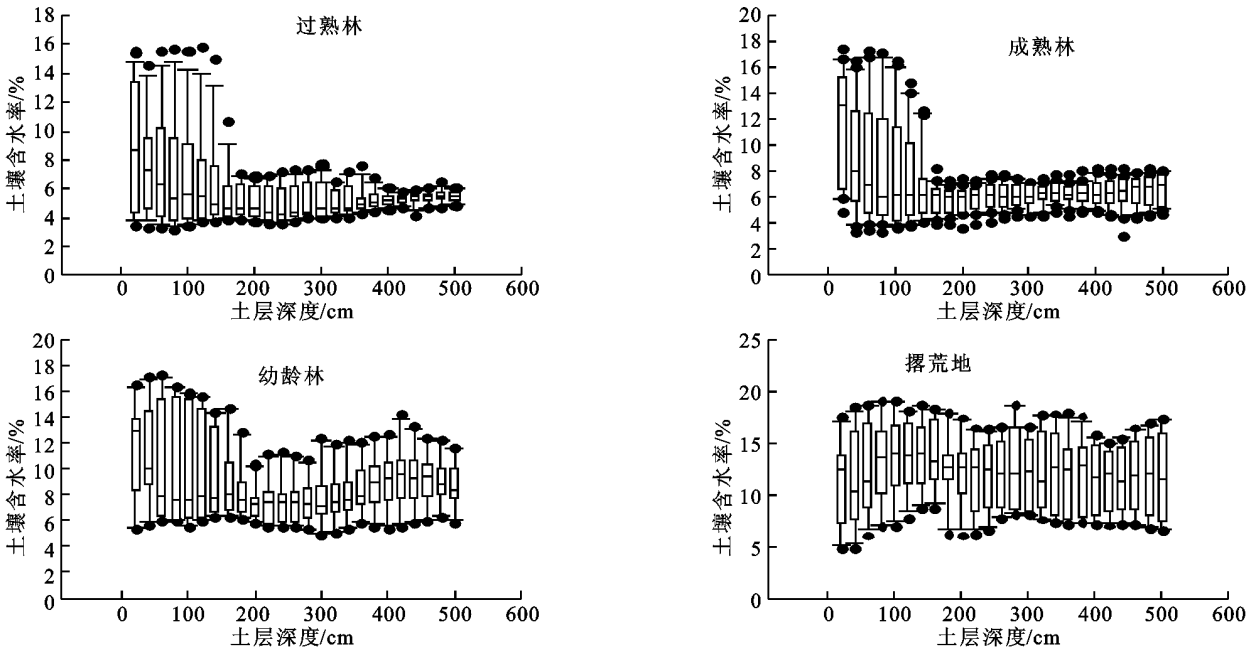


图 1 不同发育阶段刺槐林土壤水分剖面特征

不同发育阶段刺槐林土壤剖面含水率在生长季中的变异系数比较更清晰地展现了土壤水分剖面的变异特征(图 2), 在 0–140 cm 土层, 土壤水分变异系数遵循过熟林> 成熟林> 幼龄林> 撂荒地的规律; 而 140–500 cm 土层则基本与上述规律相反, 撂荒地> 幼龄林> 成熟林> 过熟林。与撂荒地相比, 刺槐林通过凋落物和植物根系的作用改善了土壤的孔隙状况, 增强了土壤的持水能力^[9], 显著提高了土壤水分入渗速率^[10], 是其土壤水分变异系数较大的主要原因。此外, 刺槐林在旱季消耗了更多水分, 过熟林剖面土壤水分在旱季末几乎全面接近甚至低于土壤凋萎湿度, 土壤水分容量更大, 也应是浅层土壤水分变异系数大的原因之一。

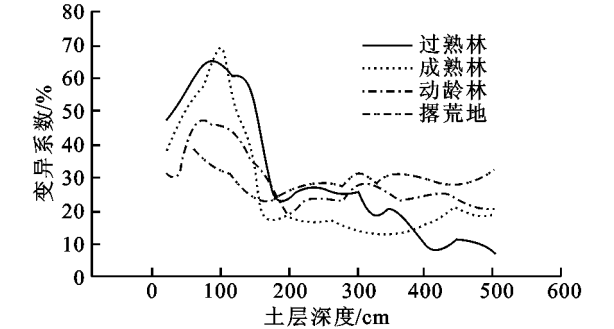


图 2 不同发育阶段刺槐林土壤水分剖面生长季内变异系数对比生长季各类型刺槐林生长季平均土壤储水量(图 3), 各土层均遵循撂荒地> 幼龄林> 成熟林> 过熟林的规律, 过熟林 0–500 cm 土壤储水量仅相当于撂荒地的 47%。刺槐生长消耗土壤储水, 使土壤储水量持续降低, 这是公认的事实。然而, 衰退多年, 林木郁闭度仅为 3% 的刺槐林 0–500 cm 土壤剖面平均含水率 5.37%, 140–500 cm 土壤含水率仅为 4.70%, 接近凋萎湿度 3.5% 的水平。这说明在当地的气候条件下, 刺槐林下的土壤低湿层很难恢复。在入渗率增加, 土壤持水力改善的前提下, 造成这种现象的原因只有一个解释, 那就是整个刺槐人工林植物群落仍然在持续消耗大量水分, 深层土壤水分得不到补充, 其中林下植被耗水不应忽视。

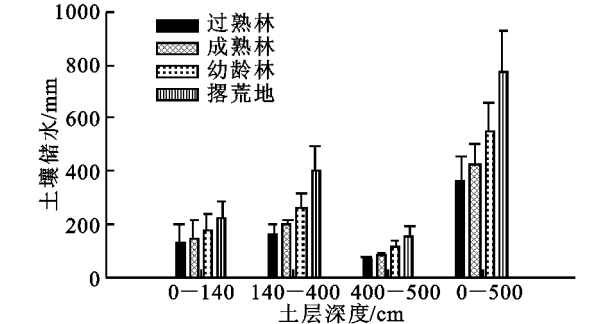


图 3 不同发育阶段刺槐林土壤储水量比较

3.2 林下植被地上部生物量与土壤水分的关系

生物量通常是指生态系统中某特定成分现有单

位面积上有机物质的重量, 直接反映生态系统生产者的物质生产量, 是生态系统生产力的重要体现^[11]。将刺槐作为环境因子, 比较不同发育阶段刺槐林下植被和撂荒地地上部生物量的差异(图 4), 发现成熟林、过熟林和 25 a 以上撂荒地之间并无明显差异, 刺槐林地略高于撂荒地, 而幼龄刺槐林与其它类型差异极显著。刺槐成、过熟林在土壤水分条件十分恶劣的条件下仍然能够获得与撂荒地相当的植物产量, 如果考虑刺槐累积的生物量, 其立地总地上部生物量将远高于撂荒地。幼龄林林下植被地上部生物量平均值仅为 50.94 g/m², 不到其他样地类型的 25%, 而其土壤水分条件仅次于撂荒地。被选刺槐幼林样地均为 6~12 a 生, 正处于旺盛生长阶段, 树冠接近郁闭, 叶幕厚重, 林内光照很弱。幼龄林林下光照不足可能是导致林下植被地上部生物量较小的主要原因。

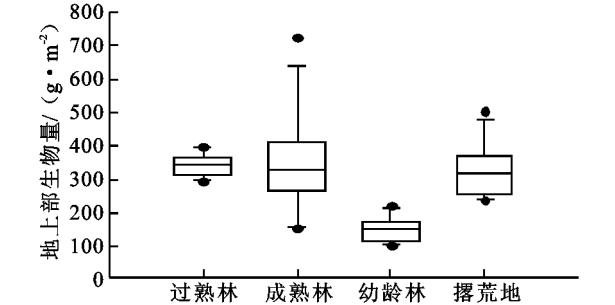


图 4 不同发育阶段刺槐林下植被地上部生物量

表 1 不同发育阶段刺槐林地上部生物量多重比较(Tukey 法)

处理	均值/ (g·m ⁻²)	成熟林	过熟林	撂荒地	幼龄林
成熟林	250.63		0.9978	0.9426	0.0001
过熟林	244.07	6.56		0.9811	0.0001
撂荒地	230.43	20.20	13.64		0.0001
幼龄林	50.94	199.68	193.12	179.48	

注: 下三角为均值差, 上三角为差异显著水平。

对四种样地类型的地上部生物量进行多重比较(表 1), 结果表明, 各刺槐林样地林下植被及撂荒地植被地上部生物量与上述各层次土壤储水量之间的相关关系均为微弱的负相关, 其相关系数为-0.13~-0.05, 在被测样地中, 地上部生物量与土壤水分之间并不存在明显的相关关系。

4 结论与讨论

安塞的刺槐生长造成林下土壤形成深厚稳定的土壤低湿层, 水分交换活跃层仅为 140 cm 左右, 土壤水分条件随林龄的增长而恶化, 即使已衰败多年的过熟林地土壤水分也没有明显的恢复迹象。安塞县

2007 年降雨的季节分布比较特殊, 4–8 月降水量仅为历史同期平均值的 70%, 致使成过熟刺槐林 140 cm 以下土壤剖面在生长季中长期处于接近凋萎湿度的水平。调查发现, 刺槐生长受到明显影响, 新梢生长衰弱, 病虫害严重, 冠层顶部枝叶枯死现象常见。与此形成鲜明对比的是在林冠疏透、人为干扰少的成过熟刺槐林下大多存在生长茂盛的林下植被。其地上部生物量甚至略高于土壤水分条件远优于自身的 25 a 以上撂荒地。从它们的种群生长特征看, 二者有十分相似的种类组成, 都有某些植物种类的生长受到抑制, 如无论撂荒地或刺槐林下植被, 多数样地中长芒草濒临枯死, 但其受害程度以刺槐林下植被较轻。从这些迹象判断, 刺槐林下植被受干旱胁迫的程度较轻。但是, 这个结论与土壤水分实测结果相悖, 撂荒地的土壤水分含量远高于刺槐成过熟林。笔者认为, 撂荒地土壤水分含量高, 是因为撂荒地植被利用土壤水分的能力低, 或者是因为撂荒地土壤能提供给植被生长利用的有效水分较少所致; 相对于撂荒地, 成过熟刺槐林的土壤质量指标除土壤水分明显下降外, 其它主要指标都得到优化提高^[12-15]; 土壤质量的改善使植被能更加充分有效地利用土壤水分, 这一点可能是刺槐林下植被在严酷的水分条件下仍能健康生长的主要原因, 同时也是衰败多年刺槐林深层土壤水分难以恢复的原因之一。

我国现行的林业政策和黄土高原的生态环境现状决定了大部分黄土高原人工林的生态公益林性质, 期望从植树造林中得到完善的生态系统服务功能, 包括保持水土, 维持生态系统的良性循环。人工植被的建设应着眼于整体环境质量持续稳定的改善及其改善速度。完全依靠自然恢复需要漫长的时间, 与当前社会经济发展的要求不符; 探索生态环境变化的内在规律性, 充分发挥自然力的作用, 再辅以适当的人工干预, 可显著加快植被恢复的进程。营造刺槐林可迅速形成植被覆盖, 改善土壤质量, 显著降低土壤侵蚀量。刺槐虽是外来物种, 但不属于“入侵种”, 其自我更新困难, 不会对本地物种的生存构成威胁。在没有人为干预的条件下, 刺槐迟早会退出当地植被生态系统, 而林下植被的健康发育足以保证刺槐退出后的生态系统持续稳定地发挥其生态

功能, 刺槐在该区域可作为先锋树种来使用。从这个角度来说, 人工刺槐林产生的土壤“干层”又有什么妨害呢?

参考文献:

- [1] 程积民, 万惠娥, 王静, 等. 黄土丘陵半干旱区天然草地土壤水分调控研究[J]. 草地学报, 2003, 11(4): 296-300.
- [2] 杜峰, 程积民, 山仑. 乔灌草植被条件下土壤水分动态特征[J]. 水土保持学报, 2002, 16(1): 94-94.
- [3] 胡良军, 邵明安. 黄土高原植被恢复的水分生态环境研究[J]. 应用生态学报, 2002, 13(8): 1045-1048.
- [4] 李玉山. 黄土高原森林植被对陆地水循环影响的研究[J]. 自然资源学报, 2001, 16(5): 427-432.
- [5] 杨文治, 田均良. 黄土高原土壤干燥化问题探源[J]. 土壤学报, 2004, 41(1): 1-6.
- [6] 王力, 邵明安, 侯庆春, 等. 延安试区人工刺槐林地的土壤干层分析[J]. 西北植物学报, 2001, 21(1): 101-106.
- [7] 冯宗伟, 王效科, 吴刚. 中国森林生态系统的生物量和生产力[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [8] 杨文治, 邵明安. 黄土高原土壤水分研究[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [9] 张社奇, 王国栋, 刘建军, 等. 黄土高原刺槐林地土壤水分物理性质研究[J]. 西北林学院学报, 2004, 19(3): 11-14.
- [10] 袁建平, 张素丽, 张春燕, 等. 黄土丘陵区小流域土壤稳定入渗速率空间变异[J]. 土壤学报, 2001, 38(4): 579-583.
- [11] 李文华. 森林生物生产量的概念及其研究的基本途径[J]. 自然资源, 1980(1): 101-104.
- [12] 郝文芳, 单长卷, 梁宗锁, 等. 陕北黄土丘陵沟壑区人工刺槐林土壤养分背景和生产力关系研究[J]. 中国农学通报, 2005, 21(9): 129-135.
- [13] 李瑞雪, 薛泉宏, 杨淑英, 等. 黄土高原沙棘刺槐人工林对土壤的培肥效应及其模型[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1998, 4(1): 14-21.
- [14] 许明祥, 刘国彬. 黄土丘陵区刺槐人工林土壤养分特征及演变[J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(1): 40-46.
- [15] 薛萇, 刘国彬, 戴全厚, 等. 侵蚀环境生态恢复过程中人工刺槐林(*Robinia pseudoacacia*)土壤微生物量演变特征[J]. 生态学报, 2007, 27(3): 909-917.