

宁南黄土丘陵区造林技术的研究

程 积 民

(中国科学院水土保持研究所·陕西杨陵·712100)
水利部

摘 要 在自然环境恶劣,水土流失严重的黄土丘陵区,建造人工林生态系统工程,本身就需要一个复杂的过程。尤其是建造人工林生态系统工程与天然林比较起来时间周期是十分短暂的。为了短期内形成一个稳定的生态系统,就必须充分吸取和借鉴自然生态系统中生物之间“共能性共生”机制,减少抗生、竞争等不利因素,使人工林生态系统在最短时间内达到稳定与高效能。因此,它的结构与功能是这个人工生态系统成败的关键。由于我们人类过高的估价了自己的力量,不按生态系统规律办事,结果有大量的先例以失败而告终。例如黄土丘陵区大面积的杨树上山造林生长不良形成“小老树”,刺槐在高海拔区造林由于冻梢生长不良倒致死亡等……。

关键词 宁南黄土丘陵区 造林技术

Research on Afforestation Techniques in Southern Ningxia in Loess Hilly Area

Cheng Jimin

(Institute of Soil and Water Conservation, the Chinese Academy of Sciences and the Ministry of Water
Resources, 712100, Yangling District, Xi'an Yang Municipality, Shaanxi Province)

Abstract It needs a long complex process to establish an artificial forest ecosystem in the fragile natural environment with serious soil and water loss in loess hilly area. Because the artificial forest should be steady and productive within a very shorter period than that of natural forest needs, we should study the ecological relationship of natural system. The system we built should have as less as possible of resistant and competition in it, so that the system could be efficient. Therefore the structure and function of those artificial system is the key in their erecting process. We had made a wrong step in land harnessing and afforesting for our overlooking to the natural law.

Keywords southern Ningxia; loess hilly area; afforestation technique

笔者借鉴承担国家“八五”上黄试区的林草治理与研究工作的,针对这一问题选择了“小叶杨(*Populus simonii*)、刺槐(*Robinia pseudoacacia*)、榆树(*Ulmus pumila*)、山杏(*Prunus armeniaca* var. *ansu*)”4个主要造林树种进行了生态适宜性分析,并提出了该区林业生态系统工程建造的技术途径和生产潜力及存在的问题,为该区及同类型地区的林业建设提供科学依据。

1 研究方法

对现有林进行全面调查,选择标准样地,每个样地重复 3~5 次和样株重复 10~15 次。在生长初期和生长末期进行土壤水分、土壤养分及地上部分杆、枝、叶;地下部分主根、侧根、毛根测定其生长变化过程。另外还采用不同整地方式及施肥等措施处理,分析林木生长变化规律和生产潜力。

2 树木生长现状分析

2.1 林地水分

水分是促进树木生长的主要因子。因此,降水的多少及季节分配的恰当与否对树木的成活和生长发育有着直接的影响。特别是林地水分生态条件与生物产量有着相互促进和相互制约的关系。适宜的水分生态条件能使生物产量得到较大幅度的提高。由于上黄试区属黄土丘陵区,复杂多变的地形条件使天然降水形成再分配作用,使土壤水分产生了较大的差异。尤其是不同层次的土壤储水量差异更大。

一般土壤水分在 0~5.0m 土层内变化幅度,小叶杨、刺槐、榆树、山杏分别为 5.7%~9.0%,6.8%~9.9%,6.4%~8.8%,6.3%~9.0%,从土壤水分的分布层次来看,可分为 3 层,0~1.5m 为土壤水分含量较高层;1.6~3.0m 为土壤水分亏缺层(根系利用层);3.1~5.0m 为土壤水分调节层(根系可利用层)。0~1.5m 土壤储水量:小叶杨、刺槐、榆树、山杏分别为 120mm;129.5mm;115.0mm;104.5mm。1.6~3.0m 分别为 94.0mm;107.5mm;98.5mm;98.0mm。3.1~5.0m 分别为 148.5mm;163.5mm;159.5mm;162.0mm。从土壤水分变化过程来看,该试区林业建设,要想获得较高的生物产量和生态效益,就目前这种土壤水分状况,仅能维持其生命。远满足不了需要,特别是遇到干旱、大风等不利的自然因素时,树木就得消耗体内的水分,抵抗不利的外界因素,这样会使树干外皮变粗糙,皮孔开裂增大,叶子早期变黄,易脱落,影响了树木在生育期光合作用的正常进行及地下水分和养分的正常吸收,结果多处形成“小老树”,故水分是影响黄土丘陵区小老树形成的一个主要因素。

由表 1 可知生物产量的提高引起耗水量的增加,而土壤水分亏缺,又限制了生物产量的提高。通过对试区内 4 种主要造林树种林地土壤水分的利用情况、水分的有效性及其供水、耗水能力的分析看出,不同林地土壤储水量差异较大。小叶杨、刺槐、榆树、山杏 4 种林地在土壤水分、养分亏缺的条件下,水分利用率分别为:1.40,1.55,0.96,1.44g/(m²·mm)。水分有效利用率系数分别为 0.91,0.91,0.76,0.73。小叶杨、刺槐的水分有效利用系数较高,其次为榆树和山杏。从水分利用系数看,树木的生长急需水分,首先应把大量的降水和土壤储水变为有效水,利用于干物质的生产中,减少水分无效消耗,提高水分的有效利用率。

2.2 林地土壤肥力状况

该试区多年来“三料”俱缺,不少地方在挖草皮,扫树叶,是林地不能遮盖,形不成枯枝落叶层,更谈不上养分的归还,结果成了卫生林,在阳光充足的夏季和干旱多风的冬春季水分和养分大量蒸发,同时在水分较多的雨季,造成严重的水土流失,土壤肥力甚差。

一般在林地土壤养分含量 0~0.5m 的土层内排序为:有机质刺槐>榆树>小叶杨>山杏,全氮刺槐>榆树>山杏>小叶杨,速效氮刺槐>榆树>小叶杨=山杏,速效磷刺槐>山杏>榆树>小叶杨。就目前的现状看不同层次土壤养分含量远不能满足树木生长的需要,仅能维

持树木的生长。一旦遇到干旱和病虫害等自然灾害,树木就会因体内养分不足,难以抵抗各种自然灾害,停止生长,导致死亡。在土壤中养分的形成和转化过程十分复杂,影响因素也是多种多样的,各种形成转化过程和各影响因素之间又是相互联系和制约的。因此,在该区复杂的地形和环境条件下,提高林地土壤养分的途径是多方面的,也是十分关键的。

表1 林地土壤水分利用率

树种	年份 (年)	生物产量 (g/m ²)	土壤储水量 (mm)	总耗水量 (mm)	蒸腾耗水量 (mm)	水分利用率 (g/m ² ·mm)	水分有效 利用系数
小叶杨	1991	489.4	336.0	312.7	305.5	1.57	0.97
	1992	587.0	354.0	512.2	434.5	1.15	0.85
	1993	502.3	327.0	341.7	309.0	1.47	0.90
刺槐	1991	612.0	456.2	342.9	309.5	1.78	0.90
	1992	663.0	487.0	537.7	502.7	1.23	0.93
	1993	603.7	392.0	366.0	318.7	1.65	0.87
榆树	1991	308.1	345.0	270.0	200.5	1.14	0.74
	1992	352.2	367.5	453.3	402.0	0.78	0.88
	1993	303.4	305.0	312.7	205.8	0.97	0.65
山杏	1991	571.2	311.5	308.7	215.0	1.85	0.69
	1992	583.1	344.9	512.0	349.8	1.14	0.68
	1993	490.0	323.0	372.3	305.7	1.32	0.82

注:1991年降雨量259.7mm,5~10月降雨量224.5mm;1992年降雨量523.5mm,5~10月降雨量497.5mm;1993年降雨量335.3mm,5~10月降雨量280.3mm。土壤储水量按5m土层计算。

2.3 林木生长现状

该区造林多年来由于受环境因子和人为因素的影响,树木生长缓慢,生态经济效益低,主要人工林生长不良,个体矮小,树杆弯曲,分枝早树皮粗糙,多病虫害,如10年生的小叶杨年平均高生长仅0.45cm,胸径平均年生长不到0.1cm;刺槐年平均高生长仅0.52cm,胸径平均年生长不到0.1cm;榆树年平均高生长仅0.33cm,胸径仅仅只有0.02cm;山杏年平均高生长0.44cm,胸径为0.04cm。这主要是受土壤水分严重不足和土壤养分缺乏的影响,树木生长不良不仅影响了生态效益,而且经济效益也极低。

如小叶杨年平均地上部分生物量为3570kg/hm²,其中树杆占53.0%;枝占18.8%;叶占28.2%,刺槐年平均地上部分生物量为4324.5kg/hm²,其中树干占48.2%;枝占20.2%;叶占24.7%;果实占6.9%,榆树年平均地上部分生物量为2892kg/hm²,其中树杆占46.7%;枝占22.0%;叶占24.6%;果实占6.6%,山杏年平均地上部分生物量为3982.5kg/hm²,其中树杆占41.2%;枝占19.9%;叶占23.8%;果实占16.2%。枝叶比分别为1:1.5、1:1.2、1:1.1、1:1.2。通过以上数据分析看出,如不改善该区土壤水分和养分条件,就目前这样的状况树木生长仅能维持其生命,但不能形成较大的生物产量,如再造林只能是浪费人力、物力和土地。再看地下生物量的形成如何。

不同树种地下生物量的形成差异较大,小叶杨年平均地下生物量为1125kg/hm²,其中主根占56.0%、侧根占40.0%、毛根占4.0%;刺槐属浅根性树种,无明显的主根,主要以发达的侧根吸收土壤水分和养分,刺槐年平均地下生物量为1440kg/hm²,其中侧根占84.4%、毛根

仅占 15.6%；榆树年平均地下生物量为 900kg/hm²。其中主根占 56.3%、侧根占 37.5%、毛根占 6.3%；山杏年平均地下生物量为 997.5kg/hm²。其中主根占 56.4%、侧根占 36.1%、毛根占 7.5%。分析可知根系虽能形成一定的生物产量，但与土壤水肥条件较好的地段相比生物产量差异较大，急需改善林地的外部环境条件，增加土壤水分和养分，促进根系的生长，才能提高地上部分的生态、经济效益。

3 改善林木生长条件，提高林地生产力

综上所述，要想获得较高的生物产量，充分发挥林地的作用。笔者选取了水平沟、鱼鳞坑、施肥 3 种措施，现将试验结果分述。

3.1 水平沟整地

对试区内的现有低产林进行水平沟整地，拦截地表径流，促进土壤水分缓慢入渗，提高土壤水分含量，整地后 3 年测定土壤水分变化的结果表明：不同林地土壤水分的恢复趋势基本一致，在 0~1.5m 内恢复较快，1.6~3.5m 土壤水分恢复较慢，水分含量极低，3.6~5.0m 土壤水分逐渐开始恢复利用地下水，在 0~1.5m 土壤水分含量小叶杨林地、刺槐林地、榆树林地、山杏林地，分别比对照提高 34.2%，35.2%，39.1%，41.0%；1.6~3.5m 由于根系的不断吸收，水分恢复较慢，基本维持现状；3.6~5.0m 深土层主要利用了地下水，土壤水分含量虽有所提高，但幅度较小，只能在树木生长的干旱年份作为土壤水分的调节和补偿来利用。水分增加对地上部分的生长和生物产量的影响由表 2 可知。

表 2 水平沟整地树木年生长变化

树 种	株高 (cm)	胸径 (cm)	地径 (cm)	叶 重 (kg/hm ²)	枝 重 (kg/hm ²)	杆 重 (kg/hm ²)	果实重 (kg/hm ²)	总 重 (kg/hm ²)
小叶杨	18.5	0.58	0.75	11085	828	2160	—	14073
刺 槐	21.7	0.83	0.92	12285	1039.5	2385	742.5	16452
榆 树	15.5	0.31	0.65	6405	685.5	1530	262.5	8883
山 杏	17.3	0.48	0.51	10665	958.5	2010	765	14398.5

从表 2 中可以看出林地环境条件的改善，增加了土壤水分，促使了地上部分的生长和生物产量的形成。年株高的生长小叶杨、刺槐、榆树、山杏分别比对照提高了 75.6%，81.2%，56.7%，44.3%；胸径比对照提高了 32.3%，35.7%，21.0%，18.7%。从生物产量的结果来看，土壤水分条件的改善，促进了地上部分的生长，但叶子的增长幅度变化较大，分别占总生物量的 48.8%，74.7%，72.1%，74.1%，就叶子的生物产量与对照相比分别提高了 55.9%，64.5%，48.3%，51.2%。总生物量同对照相比分别增加了 2.94，2.8，2.1，2.62 倍。分析可以看出，只要水分条件有所改善，树木的生长和生物产量的形成均可大幅度提高，充分说明水分是黄土丘陵区林木生长的主要限制因子。如不提高土壤水分含量，造林、管护、抚育质量再高，是难以获得较高的生态、经济效益，仅能使树木维持其生命。

3.2 鱼鳞坑整地

在该试区地势较陡的现有林地上，修筑鱼鳞坑可拦截地面径流，提高土壤水分，促进树木的生长和生物产量的形成。这是一种行之有效的措施。修筑鱼鳞坑 3 年后测定其林地土壤水分的变化，结果表明，土壤水分的变化趋势和水平沟的基本相同，但在 0~1.0m 土层内的水分含量鱼鳞坑低于水平沟的 1.5%~3.0%；1.1~5.0m 水分含量的变化相一致。而不同树种与

对照相比差异较大,4种林地0~1.5m土壤含水量分别比对照提高32.4%、32.8%、29.5%、34.3%;1.6~3.5m根系活动较频繁,土壤水分利用率高,降低了土壤含水量。所以该层土壤含水量与对照相比基本接近;3.6~5.0m深土层内的水分含量有所恢复,但变动幅度不大,这主要是对土壤水分起调节和补偿作用。鱼鳞坑整地,改善了林地的外部环境条件,增加了土壤水分含量,促进了树木地上部分的生长和土壤水分的有效利用。提高了地上部分的生物产量,产生了较大的生态、经济效益,详见表3。

表3 鱼鳞坑整地树木年生长变化

树 种	株高 (cm)	胸径 (cm)	地径 (cm)	叶 重 (kg/hm ²)	枝 重 (kg/hm ²)	杆 重 (kg/hm ²)	果实重 (kg/hm ²)	总 重 (kg/hm ²)
小叶杨	16.5	0.44	0.60	9585	658.5	1545	—	11788.5
刺 槐	18.4	0.72	0.70	10830	874.5	1830	768	14302.5
榆 树	13.3	0.28	0.51	4965	588	1305	304.5	7162.5
山 杏	15.9	0.36	0.43	10035	864	1695	831	13425

表3结果表明,鱼鳞坑整地4个树种高生长与对照相比提高65.3%、67.9%、44.4%、51.2%,胸径比对照提高了29.3%、33.6%、20.5%、25.6%。从地上部分生物产量的形成来看总生物产量比对照增加了2.3、2.31、1.5、2.4倍。在生物量的结构中,叶子的生物量各占81.3%、75.7%、69.3%、74.8%,叶子生物产量与对照相比各提高89.5%、90.0%、88.5%、91.0%。从叶子的生物量增长幅度可以看出,林地土壤水分的恢复,不但增加了叶生物量,而且还促进了植物的光合作用和新陈代谢,改变恶性循环为良性循环。

3.3 林地施肥

在自然条件下,因土壤水分和养分等因素的严重不足,影响了树木的正常生长,为了缓解这一问题,除改变林地的外部环境条件,提高土壤水分而外,更重要的是提高土壤肥力,挖掘林地的最大生产潜力。笔者在修筑水平沟、鱼鳞坑提高土壤水分的同时,还对试区内的低产林进行了化肥深施试验,结果见表4。

表4 施肥对树木年生长的影响

树 种	株高 (cm)	胸径 (cm)	地径 (cm)	叶 重 (kg/hm ²)	枝 重 (kg/hm ²)	杆 重 (kg/hm ²)	果实重 (kg/hm ²)	总 重 (kg/hm ²)
小叶杨	25.7	0.66	0.81	12240	1008	2358	—	16281
刺 槐	28.4	0.84	0.95	13905	1176	2526	103.5	18535.5
榆 树	19.7	0.42	0.72	7995	894	1855.5	501	11245.5
山 杏	20.1	0.52	0.58	12180	1107	2173.5	1008	16468.5

表4可知,施肥比修筑水平沟、鱼鳞坑的效果更加显著,株高的生长排序为刺槐>小叶杨>山杏>榆树,与对照相比株高分别提高了88.3%、89.0%、75.5%、62.1%。比水平沟整地提高了28.0%、23.6%、21.3%、13.9%,比鱼鳞坑整地提高了35.8%、35.2%、32.5%、21.0%。地上部分总生物产量与对照相比增加了3.6、3.3、2.9、3.1倍,与水平沟整地相比增加了0.2、0.13、0.23、0.15倍,与鱼鳞坑整地相比增加了0.38、0.30、0.57、0.23倍。由以上数据看出,施肥对树木的生长和生物产量形成影响较大,无论是高生长,还是生物产量形成远高于对照,略高于水平沟和鱼鳞坑整地,这充分说明了,在该试区自然条件下,水分和肥力对促进树木的生

长及生物量的形成均起着重要的作用。

3.4 提高林地水分利用率

提高林地土壤水分利用率,不仅要重视对林地土壤深层有效水分的利用外,而且还需充分利用有限的降水资源,促进树木地上和地下部分生长,提高生产力。见表 5。

表 5 不同处理林地土壤水分利用率

树 种	处 理	生物产量 (g/m ²)	土壤储水量 (mm)	总耗水量 (mm)	蒸腾耗水量 (mm)	水分利用率 (g/m ² ·mm)	水分有效 利用系数
小叶杨	1	703.6	598.0	429.3	403.8	1.64	0.94
	2	589.4	550.5	448.7	411.4	1.31	0.92
	3	814.0	512.0	483.9	439.0	1.68	0.91
刺 槐	1	822.6	672.3	438.2	400.1	1.88	0.91
	2	715.1	605.9	402.3	383.8	1.78	0.95
	3	926.6	581.2	542.0	455.4	1.71	0.84
榆 树	1	484.1	588.0	412.7	357.2	1.17	0.87
	2	458.1	560.9	401.2	340.0	1.14	0.84
	3	592.3	533.0	456.2	402.0	1.30	0.88
山 杏	1	720.0	602.3	412.0	332.0	1.75	0.80
	2	671.2	564.7	425.0	339.2	1.58	0.79
	3	823.4	505.0	498.5	357.8	1.65	0.71

注:1.水平沟整地;2.鱼鳞坑整地;3.施肥。 1994年5~10月降水量391.9mm。

由表 5 看出,水平沟整地,鱼鳞坑整地,施肥处理在 0~5.00m 土层的土壤储水量分别高于对照,水平沟整地与对照相比小叶杨、刺槐、山杏分别提高 43.3%,35.3%,42.3%,45.8%;鱼鳞坑整地与对照相比提高 38.4%,28.2%,39.5%,42.2%;施肥与对照相比提高 34.0%,25.2%,36.4%,35.4%。土壤中储水量提高,耗水量增加,提高了土壤的有效水分利用。3 种处理水分利用率的变化幅度为 1.14~1.88g/(m²·mm)。处理间水分利用率比对照分别提高,水平沟整地 15.2%,17.6%,17.9%,18.3%;施肥 17.3%,12.9%,26.1%,13.3%。3 种处理水分有效利用系数的变化幅度为 0.71~0.95。

综上所述,在该区复杂多变的地形条件下,水资源亏缺且降水利用率不高,除控制水土流失(修水平沟,鱼鳞坑)拦截降水就地入渗外,还可通过施肥,改善无机营养,提高树木光合与蒸腾比率,促进树木地上部分的生长扩大叶面积,增加叶量,从而提高蒸腾与蒸发之比,改善林地生态环境条件,充分发挥水分和肥力作用。

4 结果与讨论

(1)结果表明上黄试区林地土壤水分含量,在一般年份小叶杨 5.7%~9.0%,刺槐 6.8%~9.5%,榆树 6.4%~8.8%,山杏 6.3%~9.0%。这仅能维持树木的生存,要想获得较高的生物产量,是较困难的;只有通过改善造林立地条件,使土壤含水量达 10%~15%时,林木生长转入正常,生物产量才能提高,尤其是叶生长较明显;土壤含水量在 15%以上时,林木生长速度加快,高度、胸径、地径大幅度增加,经济效益显著。

(2)水分有效利用是促进树木生长,提高生物产量的关键,从试区林地土壤水分利用来看,

度加快,高度、胸径、地径大幅度增加,经济效益显著。

(2)水分有效利用是促进树木生长,提高生物产量的关键,从试区林地土壤水分利用来看,通过修筑水平沟、鱼鳞坑、施肥3种处理水分利用率,小叶杨林比对照仅提高0.25,-0.08,0.29;刺槐0.33,0.23,0.16;榆树0.21,0.18,0.34;山杏0.32,0.15,0.22g/(m²·mm),而不同处理对水分的利用率虽有所提高,但变化幅度不大,进一步说明,在该区影响树木生长及生物产量的形成,水分只是一个方面。

(3)林地土壤养分的含量,4种林地综合养分要素评价,结果排序为刺槐>山杏>小叶杨>榆树。从土壤不同层次的养分要素含量来看0~0.5>0.6~1.5m,就目前的养分状况,不能满足树木生长的需要,因此,在有条件的地方还得适当进行施肥,通过施肥试验可以看出不同林地经济效益显著。这说明在该试区影响树木生长及生物产量不单是水分,更重要的还有养分。

(4)为提高林地的生物产量,对现有林采用水平沟,鱼鳞坑整地和施肥处理,结果4种林地生物产量的排序均为刺槐>山杏>小叶杨>榆树。

(5)该试区在林业建设方面,不但要从水分、养分的角度来研究,还要考虑林种布局问题。笔者认为,首先要从生态学的观点出发,在该区四旁造林应以用材林为主,树种为杨树、柳树;沟道以用材林为主,水土保持林为辅,树种为杨树、柳树、刺槐、榆树等;荒山、荒坡以水土保持林为主,薪炭林为辅,树种为榆树、刺槐、山杏等。

(上接第36页)

毛乌素沙漠南部边缘,年降雨量在492.5~243.9mm之间,年均气温9.2℃~4.8℃,年沙暴日数在27.5~3.1天之间,侵蚀模数最大达到26000t/(km²·a),我们把它划分强脆弱区。该区属风蚀水蚀交错区,治理应以防风为主,采用风蚀水蚀综合治理相结合的措施。

I区有47个县市,它位于整个区域的中部。年降雨量在650.9~324mm之间,年均气温11.3℃,年沙暴日数6.2~0.3天之间,侵蚀模数最大达到21000t/(km²·a),它与I区相比有较大区别。年沙暴日数明显减少,年降雨量有较大增加。我们把它划分成中脆弱区,它是黄土高原的水蚀重点区,以小流域为单位综合治理方针是正确的,应加快治理步伐。

II区包括32个县市,它位于整个区域的南部,年降雨量709.3~474.4mm,年均气温在13.5℃~7℃,年沙暴日数2.7~0,侵蚀模数最大只有6451t/(km²·a),各方面条件明显优于I区和I区。我们把它划分成轻脆弱区。该区经济、生态条件相对较好,今后应着重在保护环境的基础上加快经济建设。

从我们计算出的相对脆弱度指标来看, $F(I, II)=0.039$,也就是I区比II区更脆弱; $F(II, III)=0.227$,II区比III区更脆弱;但它与 $F(I, II)$ 相比要好得多,这和以往的研究是一致的。

由上述结果分析可看出,我们提出的生态环境脆弱性评价方法是可行的。与以往研究相比具有更明确的量化指标,所以是黄土高原生态环境研究中的一种新方法,具有一定的应用价值。

参 考 文 献

- 1 牛文元. 生态环境脆弱度 ECOTONE 的基础判定. 生态学报, 1989, 9(2): 97~104
- 2 苏维词, 杨汉奎. 贵州岩溶区生态环境脆弱性类型的初步划分. 环境科学研究, 1994, 7(6): 35~40