

山杨混交类型生产力及土壤质量综合评价

胡 建 忠

(黄委会西峰水保站 甘肃西峰 745000)

摘 要 对黄土高原沟壑区4种人工山杨林分的试验研究表明,山杨沙棘混交林年生产力最高(为各对比的2.2~8.2倍),改良土壤作用最好,具体表现在林地土壤水分储量、供水能力、养分容量、供肥能力均为最大。用试验区各对比土壤水肥的数量和强度指标建立的土壤质量综合评价体系是很成功的。土壤质量评价结果与各对比年生产力相当吻合,并有极显著的线性关系。文中指出,黄土高原应重视山杨沙棘混交林的营造工作。

关键词 山杨 人工林 混交 生产力 水肥 评价

Integrative Evaluation on Soil Quality and productivity of *Populus davidiana* Dode Mixed Forest

Hu Jianzhong

(Xifeng Soil and Water Conservantion Station under the Conservancy
Committee of the Yellow River Xifeng Gansu 745000)

Abstract It was demonstrated that the mixed forest of *Populus davidiana* Dode had the highest yearly productivity and the best effect of soil improvement such as the biggest ability of soil moisture content, soil moisture supply, nutrient content and fertilizer supply by experiments of 4 kinds of man-made forest of *Populus davidiana* Dode in gully region of the loess plateau. It is successful that comparative evaluation system of soil quality was developed by data and intensity index of the contract soil moisture and fertilizer in experimental field. The results of soil evaluation tallied with that of every year's contract productivity, and they was significant at the 0.001 level of probability. It was pointed out that attention should be strengthened the afforestation work of *Populus davidiana* Dode mixed forest in the Loess plateau.

key words *Populus davidiana* Dode man-made forest mixed forest productivity
evaluation of soil moisture and fertilizer.

1 引言

黄土高原是我国水土流失最为严重的地区,严重的水土流失造成了该区生态环境恶化、土地生

生产力下降、人民生活水平很低的恶性循环。解放以来,40多年黄土高原水土保持的实践证明:(1)造林种草、恢复植被确实为根治水土流失的治本之举。(2)边治理边破坏,特别是对森林的破坏,对土地的不合理使用等一直在吞噬、抵销着水土保持的成绩,致使该区水土保持成效不甚明显。(3)对影响林木生长的生态因子研究不够,没有真正做到“适地适树”是该区造林成活率低的主要技术原因。因此,注意挖掘区内乡土树种、提供适生种质资源具有十分重要的意义。

山杨(*Populus davididna* Dode.)在我国北方分布很广,常以次生林先锋树种出现而使其在植被演替中占有重要地位。从黄土高原来看,六盘山天然林区中山杨林材积最大,土壤自肥能力最优;子午岭天然林区中山杨林材积和土壤自肥能力均位列第二^[1]。从而为端正山杨在黄土高原地区的造林地位、寻求自肥能力强的水土保持树种提供了实践依据。但目前山杨林除分布于天然次生林区外,多为在条件较好的林缘区封山育林而成,而在立地条件较差的宜林“三荒地”进行山杨造林的还十分罕见。因此,本文对我站营造的试验用山杨林分的生产力、稳定性、改良土壤作用及其优越性进行了研究,旨在为黄土高原大面积山杨造林提供借鉴。

2 自然概况与试验布设

试验区位于黄河中游黄土高原沟壑区的甘肃省西峰市后官寨乡南小河沟流域,即北纬25°41′~35°44′、东经107°30′~107°37′;年日照时数为3 060.6h,年均气温9.3℃(极端最高气温39.6℃,极端最低气温-22.6℃),降雨量555.5mm,其中6~9月降雨占67.3%,蒸发量1 474.6mm,无霜期155d,为典型的大陆性气候、中温带森林草原地带。

山杨混交类型布设在流域内驴尾巴梁,海拔1 260~1 265m,坡向N45°,坡度22°,坡位中,土壤为淡栗钙土(粉砂壤土),自然植被以马牙草群落(*Arundinella anomala* Community)为主。试验共设置4种林分和1种荒草群落(马牙草),各对比顺坡纵向排列;混交林采用株间混交方法,乔灌混交比例为1:(2~3);整个试验布设于1983年春季完成。

3 观测项目与方法

3.1 生长规律

生长季(4~10月)内每月测量乔灌木高、径、冠幅1次(10重复),生长季末用“标准地法”调查各种林分的材积、生物量和枯落物量等。

3.2 土壤水分动态

生长季内每月中旬对0~100cm土壤分层取样(3重复),用“烘干法”测含水率。

3.3 土壤理化性质

不定期取样,土样严格按蛇形取样、多点混合(8~10)后,用常规方法分析。

4 结果与分析

4.1 山杨混交类型年生产力对比

山杨为一强阳性树种,喜光,耐侧方庇荫,能在封禁条件下形成稳定的乔灌混交群落。根据山杨的生物学、生态学特性,考虑到本区自然条件较差,试验中选择了生态适应幅度较宽的沙棘(*Hippophae rhamnoides* Linn)、耐荫性强的虎榛子(*Ostrya davidiana* Decne)和绣线菊(*Spiraea pubescens* Turcz)等灌木树种分别与山杨进行了混交。各对比生长情况见表1。

表1明显看出,与沙棘混交的山杨诸生长指标均高于其它3种对比(差异达极显著水平),平均高为山杨纯林的2.0倍,胸径为3.6倍,单株生物量为26.9倍,单位面积生物量为26.0倍;如果计入混交

的沙棘及林下植被,山杨沙棘混交林单位面积生物量竟为山杨纯林的33.7倍之多。调查中发现,与

表1 不同山杨林分生长指标

对比	组	分	树 高	直 径	单株生物量	单位面积生物量(t/hm ²)	
			(m)	(cm)	(kg)	各组分	合 计
山杨×沙棘	山	杨	4.03	2.62	2.490	6.238	21.044
	沙	棘	2.28	3.75	1.843	14.736	
	草	本	/	/	/	0.070	
山杨×虎榛子	山	杨	2.01	0.58	0.073	0.218	0.572
	虎	榛子	0.88	0.75	0.034	0.034	
	草	本	/	/	/	0.320	
山杨×绣线菊	山	杨	2.37	1.13	0.275	0.413	5.793
	绣	线菊	1.32	1.10	0.648	5.190	
	草	本	/	/	/	0.190	
山 杨	山	杨	1.98	0.72	0.096	0.240	0.625
	草	本	/	/	/	0.385	
备 注	(1)乔、灌木林龄均为10年。(2)乔木直径指胸径,灌木指地径。(3)马牙草群落单位面积生物量为0.338t/hm ² 。						

沙棘混交的山杨林树干通直圆满,节疤稀少,叶片色深,长势旺盛,枝下高平均达2.0 m,为纯林0.8m的2.5倍。因此可以断定,山杨的伐期势必提前,其经济系数、出材率都将高于纯林。山杨绣线菊混交林在4种对比林分中各生长指标均属于中间水平,山杨单株生物量仅为与沙棘混交的山杨的11%,但同时又比山杨(纯林)高1.9倍。山杨纯林与山杨虎榛子混交林基本上处于同一水平,诸生长指标较小,林分单位面积生物量仅比多年生马牙草群落高70%~80%。

表2 不同山杨林分的年生产力

对 比	年生产力(t/hm ²)					倍 数	
	合 计	乔	灌	草	枯落物	为纯林的	为马牙草的
山杨×沙棘	2.768	0.624	1.474	0.070	0.600	5.1	8.2
山杨×虎榛子	0.495	0.022	0.003	0.320	0.150	0.9	1.5
山杨×绣线菊	1.260	0.041	0.519	0.190	0.510	2.3	3.7
山 杨	0.539	0.024	/	0.385	0.130	1	1.6
备 注	马牙草群落年生产力为0.338t/hm ² ·a						

各对比的年生产力见表2。年生产力计算中包括了乔灌木现存生物量的年平均值、林下草本当年生物量、枯落物现存量的年平均值等4部分,而略去了林分呼吸消耗量、动物取食量和枯落物分解量等占比例较小的部分。可以看出,对比4种林分按年生产力可以分为3种类型:(1)高生产力林分:山杨×沙棘;(2)中等生产力林分:山杨×绣线菊;(3)低生产力林分:山杨纯林、山杨×虎榛子。

进一步研究表明,山杨沙棘混交林高的生产力主要得益于沙棘根系的固N作用。以及沙棘幼龄期快速生长对山杨所造成的竞争增长效应。目前,这种混交类型已呈现出复层林结构,随着生长发育过程的进行,位于最上层的山杨林冠逐渐郁闭,而使中层的沙棘慢慢枯死,完成其辅佐山杨形成稳定结构林分的作用。所以,山杨沙棘混交林是一种效果很好的混交类型,可以在黄土高原地区大面积推广。山杨绣线菊混交林目前生长情况较好,但绣线菊为一须根系树种,在地表0~40cm有一根系盘结层,对表层土壤水分的消耗要较其它对比为多,有可能不利于山杨林的稳定性,故仍需进一步观察研究。在山杨虎榛子混交林中,虎榛子为一生长缓慢、植株较矮、生物量较小的灌木树种,混交林分结构、生长情况基本等同于纯林(故可按纯林对待)。这两种林分年生产力仅仅比马牙草群落略高,因此在黄土高原地区没有推广的价值。

4.2 不同山杨林分对土壤质量的影响

传统土壤质量评价方法一般都对土壤理化性质诸指标进行逐项对比,尽管考虑因素比较全面,但却往往会掩盖关键因子的作用,因此,要善于分析一个地区影响林木生长的限制性生态因子。从

黄土高原地区来看,影响植被建设的最主要生态因子为土壤水分^[2],其次为土壤养分,加之土壤水肥特性是土壤基本理化性质的综合体现,因此,通过对它们的研究,可以准确掌握林分对土壤质量的影响。

4.2.1 土壤水分储量 土壤水分主要来源于天然降水。穿过林冠层的雨水首先到达林地枯落物层而被拦截吸持,起到了很好的防止溅蚀的径流冲刷侵蚀作用。表3中,枯落物最大持水量排序与林分单位面积生物量排序基本一致,以山杨沙棘混交林为最高。经过枯落物截滤的雨水到达林地土壤表面后即开始渗透。各对比土壤稳渗率以山杨沙棘混交林最大,以下依次为马牙草、山杨、山杨绣线菊混交林、山杨虎榛子混交林。

表3 各对比的土壤储水量

对 比	稳 渗 率 (mm/min)	最大持水量(mm)		自然含水量 (mm)	易效水分量 (mm)
		枯 落 物	土 壤		
山杨×沙棘	7.9	2.3	587	126	76
山杨×虎榛子	5.1	0.8	587	125	65
山杨×绣线菊	5.2	1.8	584	127	72
山 杨	6.2	0.5	587	125	65
马 牙 草	6.3	0.1	538	128	63
备 注	(1)除枯落物外,其它水分数量均为1m 土层的加权平均值;自然含水量、易效水分量为1991年(旱)、1992年(平)的平均值。 (2)稳渗率均指表土(渗透面设在表土)。				

表3中,4种林地土壤最大持水量基本相同,且明显高于草地,但草地土壤自然含水量却又略高于各对比林地。草地土壤自然含水量略高的主要原因是马牙草群落盖度高达95%以上,地面蒸发很小,而且草的蒸腾代谢又小于林分所致。山杨虎榛子混交林、山杨纯林的郁闭度都较小(0.6~0.7),裸露土壤较多,除林分蒸腾外,还有地面蒸发,因而自然含水量较小。土壤自然含水量居中的是生长较好的山杨沙棘混交林、山杨绣线菊混交林,这两种林分郁闭度较高(0.8~0.9),林分生理蒸腾很大,同时地表蒸发又较小,加之土壤储水量也较大(指渗透蓄水能力),几种正反作用综合的结果,使土壤自然含水量处于中等水平。

有关研究^[2]表明,根据土壤水分对植物有效性的程度可分为无效水、难效水、中效水、易效水,其中易效水是对植物生长发育最为有利的水分。各对比1m 土层内易效水分量见表3,其排序与林分年生产力完全一致,进一步验证了土壤易效水的重要性。

表4 各对比的土壤供水能力

对 比	(自然含水量/ 最大持水量) %	(易效水分量/ 自然含水量) %	水分生物量生产效率 (kg/hm ² ·a·mm)
山杨×沙棘	21.5	60.3	6.4
山杨×虎榛子	21.3	52.0	1.1
山杨×绣线菊	21.7	56.7	2.9
山 杨	21.3	52.0	1.3
马 牙 草	24.0	49.2	0.8

4.2.2 供水能力 本文定义了3个指标用于衡量土壤的供水能力(表4)。“自然含水量/最大持水量”这一指标反映了土壤最大储水库容的自然饱和程度,5种对比的这一指标变幅为21.3%~24.0%。“易效水分量/自然含水量”反映了土壤储水中有效水分所占的比率,表4中这一指标的变幅为49.2%~60.3%,表明尽管试验区土壤较干旱,但仅有的土壤水中易效水所占的比率还是比较大的,且在各对比间差别较大,如山杨沙棘林比马牙草地高22.6%。“水分生物量生产效率”指每年每公顷林木和林下植物消耗1mm 水分所生产的干物质量。这一指标仍以山杨沙棘混交林为最高,比山杨纯林高3.9倍,比马牙草高7.0倍。

4.2.3 养分容量 对于一个植物生态系统来说,养分元素绝大部分储存在土壤之中,比较之下,林分各组分的养分总量显得微不足道^[3],一般林分(包括枯落物层)养分储量仅占表土(0~

50cm)的0.6%~1.0%。也就是说,林分只吸收利用土壤中极少一部分养分(速效养分),而大量的全量养分对植物生长的促进作用是间接的,它们仅仅说明养分蓄存总量。

我们参照一些土壤养分诊断标准^[4],发现马牙草地的N素贮存水平(全N)偏低,其它4种林地均为中等水平;山杨沙棘林地、山杨绣线菊林地的水解N含量较多,其余3种为中等;5中对比土壤的速效P含量均为极缺,而速效K含量均为较多。从表5来看,山杨沙棘林地土壤水解N、速效P含

表5 各对比的土壤养分含量

对 比	全 N	全 P	全 K	水解 N	速效 P	速效 K
	(%)			(mg/kg)		
山杨×沙棘	0.058	0.120	1.34	46.80	0.37	108.2
山杨×虎榛子	0.062	0.107	1.35	44.20	0.19	121.9
山杨×绣线菊	0.065	0.112	1.35	45.36	0.17	148.5
山 杨	0.066	0.113	1.37	42.59	0.27	143.8
马 牙 草	0.053	0.091	1.36	36.27	0.19	130.6

备 注 土壤养分指1m 土层的加权平均值,春、夏各测1次后求算术平均值。

量均为最高,这显然与沙棘根系的固N作用以及土壤中种类繁多的有机酸对P的活化作用有关;全K、速效K含量最低,这可能与其林地疏松、渗透性能强而对K⁺的淋失有关,但由于黄土为富K土壤(母质),K的含量对植物利用来说仍然是绰绰有余的。

4.2.4 供肥能力 本文用速效养分与全量养分的比值来综合反映土壤供肥能力,也就是全量养分转化为速效养分的能力,从而了解土壤中速效养分的补给机制,为合理经营土壤奠定基础。

表6 各对比的土壤供肥能力

对 比	水解 N/全 N	速效 P/全 P	速效 K/全 K
山杨×沙棘	8.069	0.031	0.807
山杨×虎榛子	7.129	0.018	0.903
山杨×绣线菊	6.978	0.015	1.100
山 杨	6.453	0.024	1.050
马 牙 草	6.843	0.021	0.960

备 注 表中数字均应×0.01

纵观表6,发现各对比均有这样一个比较明显的规律:供N能力>供K能力>供P能力。这一事实仍然说明试验区P素是极为贫乏的,就以养分状况较好的山杨沙棘混交林来看,其速效N:P为126.5:1,其它几种对比竟高达(157.7~266.8):1,远远高于常规N:P为5:1的标准。说明试验区P素不足势必造成有限N素的极大浪费,营林工作中必须正视这一情况。表6还显示出各对比供肥能力基本上与年生产力排序是有相同趋势的。

4.3 土壤质量综合评价

4.3.1 土壤质量综合评价体系及因素权重确定 本文以土壤属性指标为主建立试验区土壤质量综合评价体系:

土 壤 质 量															
水分储量			供水能力			养分容量					供肥能力				
表土 稳渗率	枯落物 最大持水量	土壤最大 持水量	土壤自然 含水量	易效水分 量	自然含水量 / 最大持水量	水分生物量 生产效率	全 N	全 P	全 K	水解 N	速效 P	速效 K	水解 N / 全 N	速效 P / 全 P	速效 K / 全 K

(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10) (11) (12) (13) (14) (15) (16) (17) (编号)

土壤质量是土壤各种属性的综合体现,各种属性对土壤质量的影响有大小之别,也就是说各属性有不同的权重系数。本文用 Delphi 法确定了各级因素的权重系数:

表7 试验区土壤质量评价因素的权重系数

一级因素	水分储量					供水能力				养分容量				供肥能力			
权重系数	0.25					0.35				0.15				0.25			
二级因素	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)
权重系数	0.20	0.14	0.16	0.20	0.30	0.20	0.30	0.40	0.15	0.15	0.05	0.25	0.30	0.10	0.40	0.45	0.15

4.3.2 评价因素隶属度计算方法 对土壤质量综合体系中各因素来说,其数值已被测定或计算出来(白化值),而且这些因素数值愈大,一般意味着土壤质量越好。因此,本文将各因素数值直接进行规格化处理并定义为“简化隶属度” r_{ij} :

$$r_{ij} = x_{ij}/X_{jmax} \quad r_{ij} \in [0,1]$$

式中: $i=1,2,\cdots,n$ 为样本数(本文中即为5种对比), $j=1,2,\cdots,m$ 为变量数(本文中即评价因素)。

在此需要说明是,试验区5种对比土壤的速效 P 水平均属极缺,在评判时本应舍去速效 P 和供 P 能力这两个指标,不然将人为扩大速效 P 相对较高土壤的质量评价水平(本文中为山杨沙棘混交林)。但考虑到:(1)受影响最大的山杨沙棘林的大部分水肥属性指标为最大,这两个指标的取舍与否对其质量评价排序影响甚小;(2)土壤养分属性的权重系数普遍相对较小;(3)综合评判时因素的完整性。因此,本文仍按土壤质量评价体系中所有因素进行评价(r_{ij} 的计算结果略去)。

4.3.3 多层次综合评价结果 本文参照了多层次模糊综合评判数学模型⁽⁵⁾:

$$B = A \circ R = A \circ \begin{bmatrix} A_1 \circ & R_1 \\ A_2 \circ & R_2 \\ \vdots & \vdots \\ A_n \circ & R_n \end{bmatrix}$$

一级评判结果为:

	水分储量	供水能力	养分容量	供肥能力
山 杨×沙棘	0.997	0.971	0.954	0.960
山杨×虎榛子	0.790	0.593	0.796	0.738
山杨×绣线菊	0.883	0.735	0.817	0.714
山 杨	0.799	0.593	0.885	0.812
马 牙 草	0.759	0.591	0.720	0.775

通过一级评判结果矩阵,可以很方便地了解各对比水肥属性的排序结果。

二级评判结果为:

	土壤质量		土壤质量
山杨×沙 棘	0.922	经规格化后	1.000
山杨×虎榛子	0.709		0.769
山杨×绣线菊	0.779		0.845
山 杨	0.743		0.806
马 牙 草	0.698		0.757

试验区土壤质量综合评判结果(二级评判)排序为:山杨×沙棘>山杨×绣线菊>山杨>山杨

×虎榛子>马牙草。这种排序与林分年生产力排序完全一致并具有极显著线性关系:

$$y = 10.167x - 7.413 \quad r = 0.9905^{**}$$

式中:y 为林分年生产力(t/hm².a),x 为规格化的土壤质量综合隶属度。

因此,根据年生产力和土壤质量综合隶属度,可以划分试验区土壤等极标准(表8)。

表8 试验区土壤质量分极标准

土壤等级	林分年生产力(t/hm ² .a)	土壤质量综合隶属度	水 平
I	≥1.737	≥0.900	好
II	0.720~1.737	0.800~0.900	中
III	<0.720	<0.800	差

5 结论

5.1 山杨沙棘混交林年生产力明显高于对比林分,林地土壤供水、供肥能力最大,土壤质量综合评价结果最好。这种混交类型可供黄土高原沟壑区及类似地区在造林工作中参考。

5.2 试验区 N、K 含量水平中等偏上,P 素极缺,N:P 竟高达(126.5~266.8):1,造成有限 N 素的极大浪费。土壤 P 素缺乏在黄土高原是一普遍现象,营林工作中应采取措施增加土壤 P 素,提高土地生产力。

5.3 在干旱缺水的黄土高原沟壑区,用土壤水分储量、供水能力、养分容量、供肥能力等4个一级因素及17个二级因素为主建立的土壤质量综合评价体系是成功的,其评价结果与各对比林分(或草本)年生产力排序结果完全一致,并具有极显著线性关系。

参考文献

1 李香兰等. 黄土高原不同林型下土壤肥力与材积的关系. 水土保持学报,1992.6(4):69~73

2 杨文治等. 黄土高原区域治理与评价. 北京:科学出版社,1992:214~297,27~43

3 董世仁等. 油松人工林养分循环的研究,Ⅰ. 油松人工林养分元素的动态特性. 北京林业大学学报,1986.8(1):11~12

4 陈震等. 土壤肥料理化性质简易测定法. 北京:农业出版社,1981,69~90

5 袁嘉祖等. 模糊数学及其在林业中的应用. 北京:中国林业出版社,1988,147~162

6 中国科学院西北水保所主编. 黄土高原杏子河流域自然资源与水土保持. 西安:陕西科学技术出版社,1986,172~178

7 杨江峰等. 延安地区耕地土壤质量模糊评价及其应用. 土壤通报. 1992,23(1):21~24

8 张建辉. 川江流域防护林区土壤质量评价方法. 山地研究. 1992,10(2):109~115