

青海大通退耕还林不同混交配置模式对土壤肥力影响的研究

张伟华, 李文忠, 张昊, 周心澄

(北京林业大学水土保持学院, 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083)

摘要: 对比分析研究了青海大通黄河上游混交林不同配置模式对土壤肥力效应的影响, 进而确定当地混交林优化配置方式。结果表明: 不同混交配置方式的人工林均能一定程度提高土壤肥力水平, 改善林木生存环境, 且不同混交配置方式间存在显著差异。23 年生 4 种混交林土壤理化性质发生定向演化^[1], 土层形态分异趋向天然林剖面^[2]。通过对土壤理化性状及其土壤环境和地上生物量 10 个指标统计分析, 混交林优化模式为: 青杨 × 沙棘 > 华北落叶松 × 沙棘 > 青海云杉 × 沙棘 > 白桦 × 沙棘。

关键词: 混交林; 配置模式; 土壤肥力

中图分类号: S 152

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2005)05-0259-04

Studies on Influence of Soil Fertility by Different Figuration Model of Mixed Forest in Datong County of Qinghai

ZHANG Wei-hua, LI Wen-zhong, ZHANG Hao, ZHOU Xin-cheng

(College of Soil and Water Conservation, BFU, Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating of the Ministry of Education, Beijing 100083, China)

Abstract: The fertility effects were studied on different figuration model of mixed forest in Datong county of upper stream of the Yellow River. The figuration style was optimized. The results were as follows. The artificial forest with different figuration style could evidently increase soil fertility, decrease soil pH value and improve living conditions of trees. The physical and chemical properties of soil converts to the feature of natural forest in four types of 23 years of mixed forest. Through the analysis on 10 indicators about soil physical and chemical properties and soil environment and up ground biomass etc., the sequence of optimal models is *Populus cathayana* × *Hippophae rhamnoides* > *Larix principis-rupprechii* × *H. rhamnoides* > *Picea crassifolia* × *H. rhamnoides* > *Betula platyphylla* × *H. rhamnoides*.

Key words: mixed forest; figuration model; soil fertility

青海大通地处黄土高原与青藏高原的交界地带, 属黄河上游及黄土高原的最西端, 是水土流失最为严重的特殊生态区^[3]。国家实施退耕还林对控制黄河上游土壤侵蚀, 保护原生态环境有着重大的生态战略意义。营造人工林对水土保持宏观生态效益已为大量研究证实^[4], 但有关黄河上游特殊地理环境营造以生态效益为主的生态林各种优化配置模式及其对土壤肥力的微观研究甚少。本文报道黄河上游不同混交林配置模式对土壤的培肥效应。

1 试验区概况与方法

1.1 试验区概况

各种人工配置的混交林位于青海大通县塔尔镇, 地处东经 101°35'~37', 北纬 36°52'~14', 海拔 2 900~2 940 m, 坡度 15°~17°, 地貌为中低山, 立地条件为低位脑山, 土壤为山地褐土类型。年均降雨量 647 mm, 属寒温湿润气候。供试混交林为青海云杉 × 沙棘 (*Picea crassifolia* × *Hippophae*

rhamnoides) (1:1)、华北落叶松 × 沙棘 (*Larix principis-rupprechii* × *H. rhamnoides*) (2:1)、白桦 × 沙棘 (*Betula platyphylla* × *H. rhamnoides*) (1:1)、青杨 × 沙棘 (*Populus cathayana* × *H. rhamnoides*) (1:1) 以及天然林 (青海云杉 × 白桦 *Picea crassifolia* × *Betula platyphylla*), 混交林林龄为 23~24 年, 天然次生林主要建群种青海云杉为 70 年, 白桦为 60 年 (1946 年、1958 年大量砍伐优势大树)。

1.2 肥力因子选取

土壤肥力是指在植物整个生长过程中能够持续供给其生活条件 (水、肥、气、热) 并协调这些生活条件的能力。为说明混交林不同配置对土壤肥力之影响, 选取肥力因子有机质、全氮、全磷、全钾、代换量、土壤容重、孔隙度、毛管孔隙/非毛管孔隙比值作为对比, 同时选取环境因子 pH 值及其肥力表现因子地上生物量进行优化分析^[5~7], 其目的是为大面积退耕还林提供理论依据。

1.3 土壤采集

¹ 收稿日期: 2005-01-24

基金项目: “十五”国家科技攻关项目“退耕还林还草工程区水土保持型植被建设技术与示范”(2001BA510B01)

作者简介: 张伟华 (1961-), 男, 博士生, 副教授, 主要研究方向: 土壤侵蚀、荒漠化防治、土壤改良; 责任作者: 周心澄 (1944-), 男, 教授, 研究方向: 水土保持、荒漠化防治。

在试验区选取不同混交林标准地各一块,在标准地内挖取典型剖面(2×1×1.5~2 m),对土壤剖面观察记录并取样,统一按0~20 cm,20~40 cm,40~60 cm,60~80 cm 4层取样。土壤容重、土壤水分、团聚体等同层取样,活立木蓄积依照标准木测算。

1.4 分析方法

土壤化学性质指标送甘肃省农科院分析中心,土壤物理性质测定送中科院水土保持研究所测试。

2 结果分析与讨论

2.1 土壤有机质含量与阳离子代换量

土壤有机质是评价土壤肥程度的最重要指标,反映了土壤有机养分的积累过程,进而反映其地上生物量的大小及其返还程度,同时与土壤化学及物理性质有密切关联^[8-10]。阳离子代换量则集中反映土壤矿质养分的多少,亦是衡量土壤培肥的重要指标。

表 1 与图 1 表明,4 种营林配置中,表层 0~20 cm 土壤有机质含量华北落叶松> 白桦> 青海云杉> 青杨,表下层 20~40 cm 青杨> 华北落叶松> 青海云杉> 白桦,中下层则为华北落叶松> 青杨> 青海云杉> 白桦,下层亦同表下层。

分析结果指出,青海云杉排在第三位,而青杨为第一位,最后为白桦。从整体剖面平均贮量看,其排列顺序同分层基本一致为青杨> 华北落叶松> 青海云杉> 白桦。排序说明青杨为速生树种,与沙棘混交地上与地下竞争较小而互补较大,而白桦虽为落叶阔叶林,但生长缓慢,积累的有机物最少,两种针叶树混交林排在中间,华北落叶松与青杨很接近。

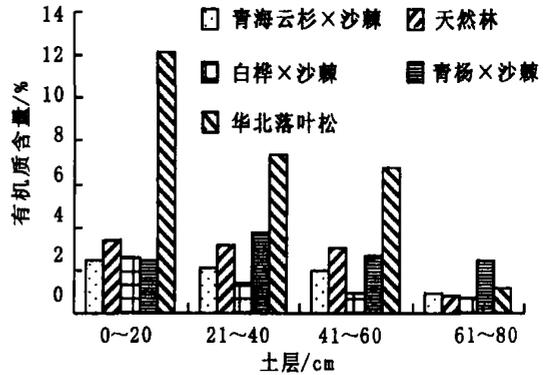


图 1 不同群落配置各土层有机质含量

表 1 不同混交配置模式土壤肥力指标

土层/cm	配置及指标	青海云杉×沙棘		华北落叶松		白桦×沙棘		青杨×沙棘		天然林	
0~20	有机质/CEC	2.5	18	3.331	27	2.534	22	2.415	23	12.18	53.5
	pH/全氮	7.6	0.174	7.76	0.176	8.12	0.107	8.24	0.136	6.8	0.48
	全磷/全钾	0.051	2.19	0.074	2.35	0.05	2.17	0.056	2.31	0.044	1.9
	容重/总孔隙度	1.31	50.79	1.18	51.29	1.250	51.06	1.38	49.44	1.02	43.98
	毛管/非毛管孔隙度	5.20		10.25		9.98		6.34		6.71	
	有效水/%	15.76		18.81		17.45		17.15		22.81	
21~40	有机质/CEC	2.08	19	3.166	28	1.446	16	3.748	32.5	7.306	43
	pH/全氮	8	0.166	8	0.147	8.01	0.084	8.28	0.194	7.1	0.274
	全磷/全钾	0.043	2.35	0.049	2.25	0.035	2.43	0.078	2.19	0.046	1.99
	容重/总孔隙度	1.29	49.65	1.27	54.88	1.289	48.43	1.04	44.89	1.17	22.58
	毛管/非毛管孔隙度	5.42		15.13		22.46		10.29		6.32	
	有效水/%	15.54		18.64		17.44		36.02		11.48	
41~60	有机质/CEC	1.942	20	3.001	26.25	0.951	13	2.711	23.5	6.781	41.5
	pH/全氮	7.96	0.114	7.88	0.118	8.15	0.04	8.21	0.142	7.21	0.254
	全磷/全钾	0.067	2.35	0.05	2.22	0.044	2.37	0.061	2.25	0.051	2.08
	容重/总孔隙度	1.15	57.58	1.23	50.64	1.254	47.63	1.22	54.69	1.35	30.61
	毛管/非毛管孔隙度	14.44		10.39		15.71		15.47		10.24	
	有效水/%	26.67		18.37		18.38		25.46		12.54	
61~80	有机质/CEC	0.93	8	0.808	24.5	0.67	8	2.494	21.5	6.71	17
	pH/全氮	8.21	0.062	7.9	0.034	8.13	0.014	8.2	0.124	7.2	0.059
	全磷/全钾	0.042	2.11	0.051	1.95	0.031	2.28	0.05	2.15	0.038	2.27
	容重/总孔隙度	1.26	54.42	1.35	51.84	1.349	45.85	1.17	57.67	1.54	41.23
	毛管/非毛管孔隙度	12.28		23.75		11.29		19.30		21.42	
	有效水/%	18.94		17.86		15.05		27.11		13.40	

从图 2 看出,代换量平均贮量排序为华北落叶松> 青杨> 青海云杉> 白桦。

2.2 土壤全量养分含量

土壤全量养分包括全氮、全磷和全钾,也是林木生长的“三要素”,亦是重要的肥力指标,图 3 显示,4 种混交配置全氮含量顺序同有机质相同,为青杨> 华北落叶松> 青海云杉

> 白桦。全磷(图 4)在土壤中的含量一般较为稳定,其最初来源均来自母岩或矿物,各层含量存在差异只是表明在成土过程中的淋淀程度不同而已,另外全磷在土壤呈中性时有效性最大,因此天然林的全磷量反而最小,这与 pH 值在天然林土壤中呈微酸性有关。图 5 显示,土壤全钾含量 4 种混交林配置总体不明显,但表层为华北落叶松> 青杨> 青海云杉>

白桦, 其平均贮量含量为白桦> 青海云杉> 青杨> 华北落叶松。混交林排序表明, 全钾在土壤中含量极其稳定, 主要来源于矿物, 同时全钾绝大部分呈钾的固定态, 存在于次生黏土矿物蒙脱石或伊利石等 2:1 型矿物的晶格中, 在呈中性条件下有效性最高, 因此天然林平均贮量最少, 其次为华北落叶松。可见有效性越高, 被林木吸收越多, 则固定态越少, 因此全钾含量排序与 pH 值直接相关。

2.3 土壤物理性状

土壤物理性状主要包括孔度、容重和有效水含量, 三者均反映土壤水气热供给和协调状况, 是重要的肥力因子。图 6 显示, 土壤表层容重从小到大的排序为华北落叶松> 白桦> 青海云杉> 青杨; 表下层则为青杨> 华北落叶松> 白桦> 青海云杉, 土壤剖面平均容重则为青杨> 青海云杉> 华北落叶松> 白桦。分析排序可以看出, 土壤容重越小, 表明土壤定向演化越好, 成土过程分异越强。容重小表示土壤熟化度高, 土壤

有机质含量也高, 土壤结构性亦好。亦即土壤团聚体状况越好, 土壤保水通气越好。水气热协调性增强, 其容重变小。

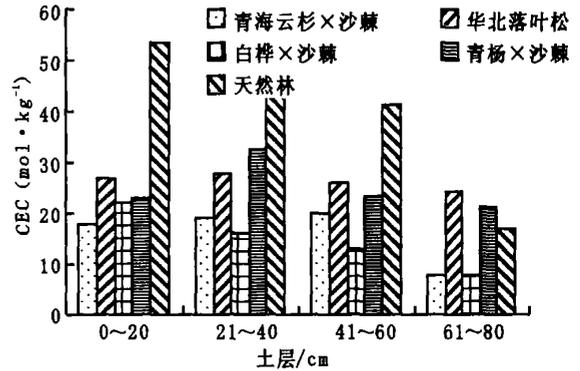


图 2 不同造林配置各土层 CEC

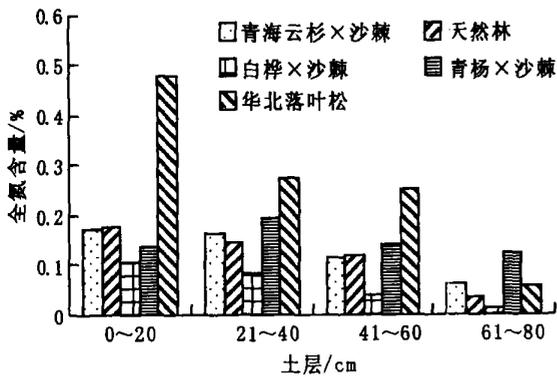


图 3 不同造林配置各土层全氮含量

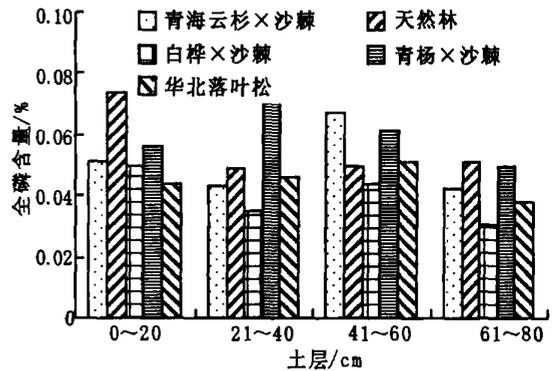


图 4 不同造林配置各土层全磷含量

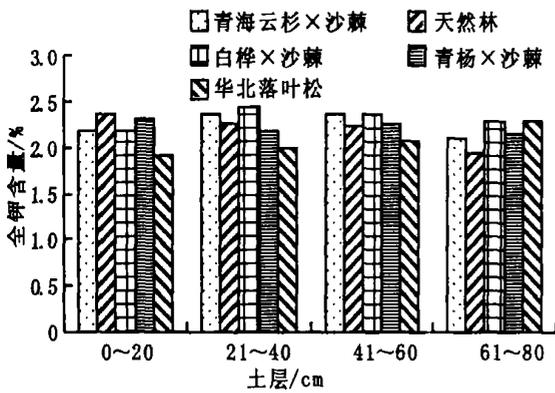


图 5 不同造林配置各土层全钾含量

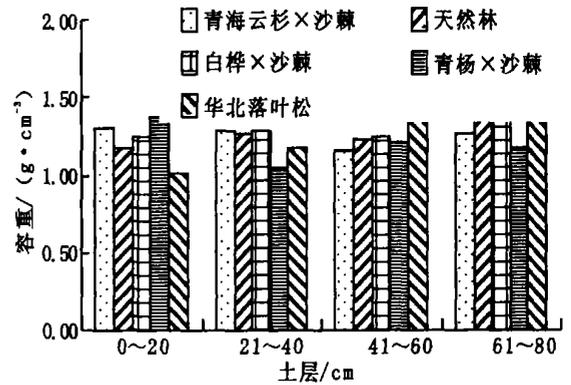


图 6 不同造林配置各土层容重

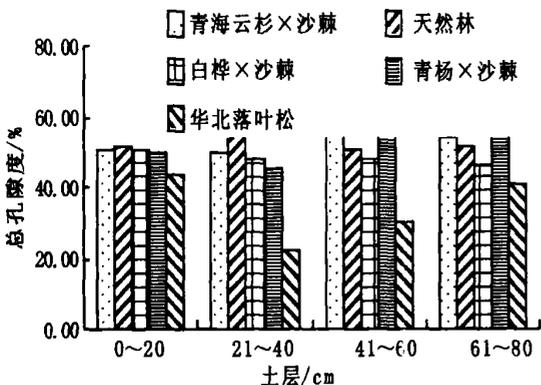


图 7 不同造林配置各土层总孔隙度

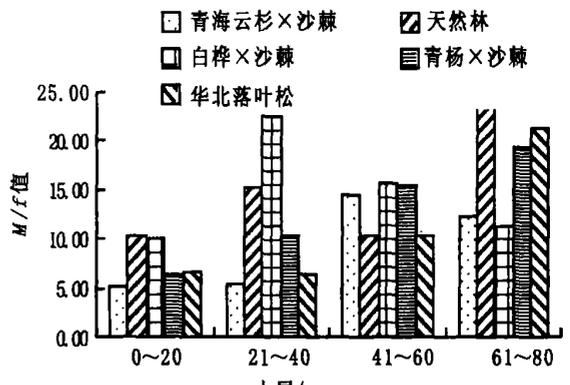


图 8 不同造林配置各土层毛管孔/非毛管孔比值

图 7~8 为土壤孔隙度状况,由一般情况孔隙度在 50% 左右,毛管孔/非毛管孔比值在 10 左右土壤保水通气协调性较好,说明土壤质地呈壤质土,土壤结构性也比较协调。由此可以排序为青杨> 华北落叶松> 白桦> 青海云杉。天然林的孔隙度表层远低于其它 4 种混交林,但是毛管孔/非毛管孔比值最为协调,说明天然林总的水气是处在协调状态,但表层和表下层保水性较差,这与针叶林土壤黏粒下移,灰化过程有关。

图 9 显示,土壤表层华北落叶松> 白桦> 青杨> 青海云杉,表下层则为青杨> 华北落叶松> 白桦> 青海云杉,底层

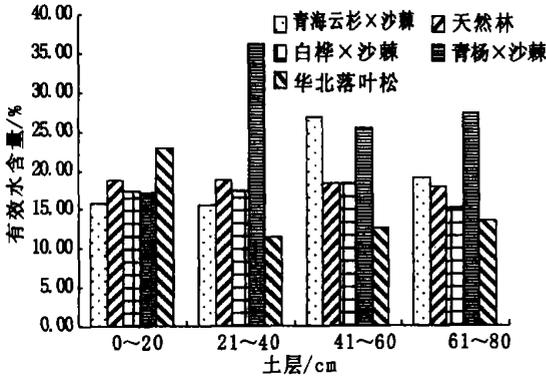


图 9 不同造林配置各土层有效水含量

2.5 不同混交林优化配置总排序

表 2 四种混交林优化配置表

配置模式	有机质	ECE	全氮	全磷	全钾	容重	孔隙度	有效水	pH	活立木蓄积量	总分
青杨×沙棘	1	2	1	1	2	1	1	1	4	3	17
青海云杉×沙棘	3	3	3	3	3	2	4	2	2	1	26
白桦×沙棘	4	4	4	4	4	4	3	4	3	4	37
华北落叶松×沙棘	2	1	2	2	1	3	2	3	1	2	19

按照单项优良排序权重^[11]制表 2,从表 2 看出,总权重积分越少权重越小,表明优化配置越好。优化的结果为青杨×沙棘> 华北落叶松×沙棘> 青海云杉×沙棘> 白桦×沙棘。从优化配置的角度选择,应首选青杨和华北落叶松的配置模式,在海拔较高处则以青海云杉×沙棘为好,而白桦×沙棘可以淘汰。

3 结论

(1) 四种混交林配置模式均能不同程度提高土壤有机质及全氮含量,尤以土壤表层和表下层明显,但以华北落叶松×沙棘和青杨×沙棘混交效果较好,能使土壤迅速达到自然培肥的目的。全磷和青钾不太明显,这与土壤母质基本储量及其自身稳定程度有关。

参考文献:

[1] 蒲小鹏,徐长林,等.放牧利用对金露梅灌丛土壤理化性质的影响[J].甘肃农业大学学报,2004,39(1):39-41.
 [2] 朱显谟.试论黄土高原的生态环境与“土壤水库”-重塑黄土地的理论依据[J].第四纪研究,2000,20(6):515-520.
 [3] 赵景波,等.黄土高原的演变与侵蚀历史[J].土壤侵蚀与水土保持学报,1999,5(2):19-25.
 [4] 罗伟祥.黄土高原渭北生态经济林型防护林体系建设模式研究[M].北京:中国林业出版社,1995.126-165.
 [5] 孙波,赵其国,等.土壤质量与持续环境 I.土壤质量评价的碳氮指标[J].土壤,1997,(3):113-126.
 [6] 孙波,赵其国,等.土壤质量与持续环境.土壤质量的定义与评价方法[J].土壤,1997,(4):169-184.
 [7] 孙波,赵其国,等.土壤质量与持续环境.土壤质量评价的生物学指标[J].土壤,1997,(5):225-234.
 [8] 平元风,龚森,等.草原开垦后土壤有机质性质研究[J].应用生态学报,2004,15(5):824-826.
 [9] 朱显谟.黄土区几种土壤腐殖质特征[J].土壤,1961,(6):5-7.
 [10] 季耿善.黑垆土的形成环境[J].土壤学报,1992,29(2):113-123.

亦同,整体剖面平均值则为青杨> 青海云杉> 华北落叶松> 白桦。有效水含量越高,说明毛管水分越多,团聚性亦越好。

2.4 土壤环境与地上生物量

pH 值呈中性时各种土壤养分有效性强,而垂直地带性规律表明,森林土壤趋于酸性,因此亦可以当地的顶极群落天然林为 pH 评价标准。由图 10 显示,优良排序为华北落叶松> 青海云杉> 白桦> 青杨,但均次于天然林。图 10 显示,优良排序为青海云杉> 华北落叶松> 青杨> 白桦。说明活立木蓄积量大,其生物量积累越多,无论对土壤或是经济价值亦越高。

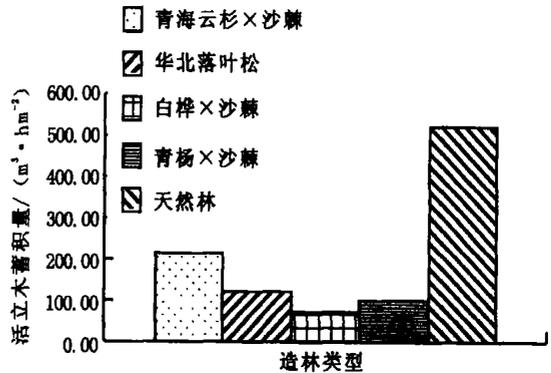


图 10 不同造林配置的活立木蓄积量

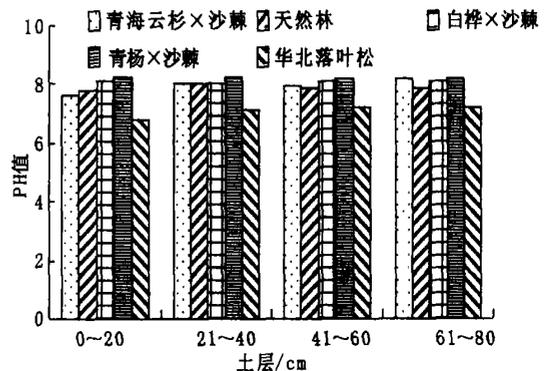


图 11 不同造林配置各土层 pH

(2) 四种混交林配置模式土壤物理性质均有一定程度的改善,以青杨和华北落叶松与沙棘混交方式对土壤容重和孔隙度改良较好,特别是青杨与沙棘混交配置能显著减小土壤容重并增加土壤孔隙度。

(3) 根据四种混交林配置模式对土壤理化性状培肥和改良作用,并赋予权重,其优化结果为青杨+沙棘> 华北落叶松+沙棘> 青海云杉+沙棘> 白桦+沙棘,可见应首选青杨和 华北落叶松与沙棘混交配置模式。