

青海大通退耕还林工程区主要造林树种生产潜力

王冬梅, 周心澄, 贺康宁, 李世荣, 史常青, 常国梁

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

摘要:通过对青海大通退耕还林工程区主要树种的气候生产潜力、现实生产潜力和实际生产力进行研究,揭示了该地区主要造林树种在实际存在的气候条件下可能达到的理论产量,当前技术经济管理水平条件下所能达到的最高产量,现行经营管理条件下所获得的实际产量;分析了目前林业的现实生产潜力、实际生产潜力分别与气候生产潜力之间的差距,预示了该地区林业的发展前景;从合理利用气候资源和充分发挥土地生产潜力角度,提出了退耕还林工程建设中优选的树种及其原则;指出了不同树种在经营管理水平上的差异及其解决建议。其结果对该地区退耕还林工程的具体实施具有重要的实践指导意义。

关键词:青海大通;退耕还林;土地生产潜力;气候生产潜力;现实生产潜力

The potential productivity of the main species used in the Datong reforestation project on former farmland, Qinghai Province

WANG Dong-Mei, ZHOU Xin-Cheng, HE Kang-Ning, LI Shi-Rong, SHI Chang-Qing, CHANG Guo-Liang (College of Water & Soil Conservation, BJFU Key-lab of Water and Soil Conservation & Combating Desertification, Ministry of Education, Beijing 100083). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(12): 2984~2990.

Abstract: This paper assesses the productivity of the main plant species used in a reforestation project in Datong County in Qinghai Province that restores trees to an area originally cleared to grow food crops for hungry poor people. As incomes rose, both the local people, and the nation as a whole, gradually realized that local and regional ecological security is a key to human well-being and the maintenance of civilization. This project is a part of the nationally promoted and locally supported program to plant more trees instead of cutting them down. Datong County is part of the administrative area of Xining City, the capital of Qinghai Province in western China. The annual precipitation of the area is around 450 mm and the altitude ranges from 2280 m to 4622 m. The site of the project is in one of the typical catchments where the total area observed is 376 hm² in which 217 hm² are forest and 160 hm² farmland. The basic topography of the site is formed of hillslopes separated by a seasonally-flowing river. The project aims to replant with indigenous species that have been shown to grow better than others in this area. Using the available, but incomplete statistics and official records, together with field counts and surveys by graduate students, we identified several common species of shrubs, needle-leaved trees and broad-leaved trees. From agricultural productivity theory, with certain modification employed in models, we calculated the productivity of the main plant species under different conditions. The first calculation examines the theoretical productivity of main species making full use of the present climatic resources. The second is the utmost possible productivity using currently available technology. The third is the real productivity under present managerial techniques. By analyzing climatically feasible, present and practical potential productivity of the main forest species in the area, clear goals for the locality were established. The gaps between climatic, present and practical potential forestland productivity were then examined to determine the prospects and opportunities for further productivity improvement, leading to suggestions on changes to afforestation techniques and management. In terms of using present climatic resources, the choice of suitable plant species is the key to success. With regard to present and practical

基金项目: 国家“十五”攻关课题资助项目(2001BA510B0102)

收稿日期: 2004-03-23; **修订日期:** 2004-11-04

作者简介: 王冬梅(1963~), 女, 博士, 副教授, 主要从事水土保持、流域治理、生态环境工程研究。E-mail: dmwang@bjfu.edu.cn

Foundation item: The National “Tenth Five-Years Plan” Key Project on Science and Technology (No. 2001BA510B0102)

Received date: 2004-03-23; **Accepted date:** 2004-11-04

Biography: WANG Dong-Mei, Ph. D., Associate professor, mainly engaged in water and soil conservation, watershed management and ecology engineering. E-mail: dmwang@bjfu.edu.cn

potential forest species productivity, the local shrub *Hippophae rhamnoides* L. is better than *Berberis thumbergii* DC. IN needle-leaved trees, *Larix gmelini* Rupr. and *Picea purpurea* are better than *Picea crassifolia*. Among the broad leaved tree species, the *Populus cathayana* Rehd. is better than *Betula platyphylla* Suk.. The order of species choice for planting is therefore: *Picea purpurea*, *Larix gmelini* Rupr., *Populus cathayana* Rehd., *Betula platyphylla* Suk. and *Hippophae rhamnoides* L. However, when present managerial and technical conditions are considered, the suggested order of species is: *Populus cathayana* Rehd., *Picea purpurea*, *Hippophae rhamnoides* L., *Larix gmelini* Rupr., *Berberis thumbergii* DC., *Betula platyphylla* Suk. and *Picea crassifolia*. On the other hand, new management tools should be introduced to care, first for needle-leaved, and then secondly the broad leaved trees, followed by, or planted along with, bushes, especially the species *Picea purpurea*, *Larix gmelini* Rupr., *Populus cathayana* Rehd. and *Betula platyphylla* Suk. The study offers meaningful and significant ways of implementing the reafforestation of former farmland in this area. The way we have sought appropriate indigenous species for replanting can be replicated elsewhere in China.

Key words: Datong Qinghai; reafforestation of farmland; potential land productivity; climatic potential productivity; present potential productivity

文章编号:1000-0933(2004)12-2984-07 中图分类号:S79;F326.24 文献标识码:A

作为土地本质属性的土地生产潜力,受气候、土壤、植物等多因子影响,关系到一个区域的社会经济发展方向,是区域开发和生态环境建设的重要基础条件,因此一直是农学、土壤、地理等学科的研究热点。对于土地生产力的研究,一般认为是始于1840年^[1]。这一阶段以 Libieg JV 提出最小因子定律为先导^[2,3],定性分析环境因子对生物生产量的影响,确立了生产潜力研究的萌芽。1963~1972年国际生物学计划(IBP)在世界范围内对第一性生物生产量进行一次大规模测定与普查,使产量-因子相关模型的建立成为可能,土地生产潜力研究迅速发展,土地生产潜力的统计分析更加精确。我国土地生产潜力研究大致可分为3个阶段。第1阶段是在20世纪60年代以前,任美镔以农业生产力为基础估算土地承载力,汤佩松、竺可桢分别从作物生理和气候角度讨论了作物生产潜力;第2阶段在20世纪70年代,以光合生产潜力和光温生产潜力研究为主,其研究思想体系基本完善。代表人物有黄秉维、龙斯玉、陈明荣、李继由、卢其尧、邓根云等;第2阶段是20世纪80年代至今,土地生产潜力研究更为广泛^[4~6],有关学者进行了气候生产潜力及农业生产潜力的研究^[7],并进行了气候生产潜力区划^[12]。

长期以来,我国西部地区由于人口数量的迅猛增长,大规模开垦坡耕地,导致水土流失、土地退化和生态环境恶化等一系列生态问题,人口、资源与环境间的矛盾日益尖锐。退耕还林还草是实施西部大开发、改善西部地区生态环境的重要措施之一。实践证明,林业在生态环境建设中,始终是变生态经济的恶性循环为良性循环,也是发展山区经济、改善人民生活的关键措施,因此如何充分发挥和持续利用退耕还林还草工程区有限的光、热、水、土等自然资源^[13,14],创造更高的土地利用率和土地生产力,应为退耕还林还草工程研究的重要问题。在解决这一问题的过程中,对工程区林业土地生产潜力和农业自然资源的开发利用研究,则是基础和关键。本文通过对青海大通县林业土地生产潜力研究,提供了该地区林业主要造林树种的理论产量,指出了目前林业的现实生产潜力、实际生产潜力分别与气候生产潜力之间的差距,提出了退耕还林工程建设中优选的树种及其原则,指出了不同树种现存林木经营管理上的问题及建议,预示了该地区林业的发展前景。本研究对该地区退耕还林还草工程的具体实施有重要的实践指导意义。

1 研究地区概况

1.1 自然概况

青海大通县隶属于西宁市,位于青海省东部农业区北部,地处黄土高原的西部与青藏高原相接的过渡地带的祁连山南麓。地理坐标为东经100°51'~101°56',北纬36°43'~37°23'。总面积为3090 km²,境内海拔2280~4622m,三面环山,地势西北高、东南低,山区面积约占94%,水土流失严重。湟水河的主要支流—北川河及其主要支流由北向南流经全境。全县属半干旱、半湿润温凉性气候。年均气温-6~5.2℃,≥10℃积温160~1735℃,无霜期平均103d,年平均降水450~820 mm,自东南向西北,虽海拔逐升,温度递减,雨量递增。森林覆盖率为23.4%,主要森林乔灌木植物分布在海拔4000m以下的北川河及其支流的河谷两岸,境内天然林均为次生林。

试验地位于大通县中腹的塔儿镇塔儿沟村,地处半浅山半脑山地区,平均海拔2660m。该地区属暖温带大陆性季风气候,多年平均降水量457.8mm,且年内非常分配不均,6~9月份降水占全年的71%,无霜期97d,多年平均水面蒸发量834.2mm,最大蒸发出现在4~6月份,干燥度0.71,表现出典型的北方春旱的特征。试验区土壤类型为黄土母质上发育的山地棕褐土和栗钙土,土壤深厚。

大通县主要造林树种有:青海云杉(*Picea asperata* Mast.)、华北落叶松(*Larix gmelini* Rupr.)、白桦(*Betula platyphylla*

Suk.)、青杨(*Populus cathayana* Rehd.)、中国沙棘(*Hippophac rhamnoides* L.)、小檗(*Berberis thumbergii* DC.)。

1.2 社会经济状况

青海大通县辖 9 镇 13 乡共有 1083 个自然村,2003 年共有人口 42 万人,其中农业人口 32 万人,劳动力 16.8 万人,人口密度为 136 人/km²。该县以种植业为主,林业用地为 87908 hm²,其中灌木林地面积为 61121 hm²,乔木林地面积为 11472 hm²,林业用地占总面积的 28.4%,农林牧各业用地比例为 17.18:26.5:37.36。2000 年全县国内生产总值 121561.36 万元,农林牧业总产值 25230.04 万元,其中林占 3.7%,农业占 59.6%,牧业占 36.7%。

因投入不足,管理水平低下,各业土地生产潜力还未得到充分发挥。

试验区总面积 376 hm²,林地面积 217 hm²,耕地面积 160 hm²,平均粮食亩产 250kg。

2 研究方法

2.1 外业资料的收集与整理

(1) 历年气象资料的收集:收集并整理了大通县气象站 1975~1992 年资料年共计 34a 的有关气象资料,其中包括降水、气温、蒸发、风速、相对湿度、辐射、日照时数及日照百分率等。

(2) 植被资料调查:实地调查了流域内的植被类型和种类;实测了工程区内包括华北落叶松、紫果云杉、青海云杉、白桦、青杨在内的 11 块 20m×20m 标准样地,林木生长量采用标准地每木检尺调查和年际解析木调查相结合的方法及优势木的平均胸径和树高,用单株立木材积公式 $V=0.424(H+3)g_{1.3}^{[8]}$ 换算求得单位林地面积的蓄积量,用样方收获法测定工程区内包括沙棘和小檗的主要灌木树种平均产量和最高亩产薪柴量。生物量调查包括地上和地下根系调查,以及活地被物灌草、苔藓的生物量调查。

标准地设置情况见表 1。

表 1 标准地林分基本情况
Table 1 The basic condition of forests

标准地 Forests	树种* Tree species	树龄 Age (a)	海拔 Eleva- tion(a)	坡度 Slope (°)	坡位 Seat of slope	坡向 Aspect (°)	立木密 度 Stem density (株/hm ²)	平均胸 径 Mean DBH (cm)	平均树 高 Mean height (m)	郁闭度 Crown density (%)	枯落物量 Litter biomass (kg/hm ²)	灌草盖度 Coverage of shrub and grass(%)
1	7 华北落叶松×3 青海云杉 7 <i>Larix gmeini</i> Rupr×3 <i>Picea asperata</i> Mast.	16 13	2900	16.33	上	N042	2800	5.42 2.36	5.88 2.36	55	9054.3	11
2	3 青杨×7 青海云杉 3 <i>Populus cathayana</i> Rehd×7 <i>Picea asperata</i> Mast.	18 13	2900	20.17	上	N340	3800	9.04 2.36	7.40 2.44	60	2518.6	8
3	5 白桦×5 云杉×沙棘 5 <i>Betula platyphylla</i> Suk. ×5 <i>Picea asperata</i> Mast. × <i>Hippophac rhamnoides</i> L.	13 13	2875	17.67	中	N340	5000 1000	5.41 2.41	5.70 2.20	68	7607.8	24
4	6 白桦×4 青海云杉 6 <i>Betula platyphylla</i> Suk. ×4 <i>Picea asperata</i> Mast.	9 13	2940	19.33	上	N355	2950	2.50 2.35	2.41 2.33	74	6101.3	20
5	青杨×沙棘×高山柳 <i>Populus cathayana</i> Rehd× <i>Hippophac rhamnoides</i> L. × <i>Salix</i> sp.	26	2830	25.00	中	N056	925 300 200	21.0	18.60	20	567.9	70
6	青杨×沙棘 <i>Populus cathayana</i> Rehd× <i>Salix</i> sp.	20	2830	21.50	中	N120	2100 12500	9.70	9.50	60	420.0	16
7	华北落叶松 <i>Larix gmeini</i> Rupr	17	2830	23.00	中	N120	3500	5.50	6.30	70	45.0	80
8	紫果云杉 <i>Picea purpurea</i> Mast.	26	2860	16.00	中	N285	3000	8.00	7.15	75	18717.8	57
9	华北落叶松 <i>Larix gmeini</i> Rupr	18	2970	19.17	上	N030	3500	7.00	7.15	93	8227.1	13
10	白桦 <i>Betula platyphylla</i> Suk.	19	2950	16.33	上	N350	3333	9.20	8.8	96	6824.3	10
11	青杨 <i>Populus cathayana</i> Rehd	10	2850	10.00	中	N330	2900	3.90	3.35	48	300.0	30

* 树种一栏中数字为混交比 The figure is mixed proportion in the trees

2.2 林业土地生产潜力的估算及分析方法

由于林业生产具有周期长、投资大、见效慢等特点,林业土地生产潜力的研究尚比较薄弱,目前还没有较理想的估算方法。本文采用桑斯维特纪念模型^[11]估算林业的气候生产潜力,而其现实生产潜力则采用标准地(或样地)调查法经换算求得单位面积的蓄积量或产柴量。并进行对比分析。

3 结果与分析

3.1 林业土地气候生产潜力

气候生产潜力是指在实际存在的气候条件下,采用高水平的栽培管理措施和施肥技术,充分利用自然气候资源——太阳辐

射、温度和降水,在一定时间的单位面积土地上可能获得的产量,是雨养农业的上限,可通过对光温生产潜力进行水分订正求得。1974 年德国的 H. Lieth 在 Thornth Wait 研究基础上提出了 Thornthwait Memorial 模型^[9,10],它是用蒸发散量来计算植物产量的。因为蒸发受太阳辐射、温度、降水量、饱和气压差、风速等一系列气候因素的影响,因此蒸发散量能把水热平衡联系在一起,是一个地区水热状况的综合表现;同时蒸发散量包括蒸发蒸腾的总和,而蒸腾与光合作用有关,通常蒸发散作用越强,光合作用也越强,植物产量也就越高,因此蒸发散量与植物产量密切相关,由此得到:

$$TSP_w = 3\,000[1 - e^{-0.000\,969\,5(w-20)}]$$

(1)

式中, TSP_w 以实际蒸发散量计算得到的植物气候潜力($\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$); w 为年均实际蒸发散量(mm)可由 Turc 公式确定,即:

$$w = 1.05N / \sqrt{1 + (1 + (1.05N/L))^2}$$

式中, N 为年降水量(mm), L 为年最大蒸发散量,是温度 t 的函数: $L=300+25t+0.05t^2$ (当且仅当 $N>0.316L$ 时 Turc 公式才适用,若 $N<0.316L$,则 $w=N$)。

据研究,一般树干部分占总干物质的 60%,地上部分的薪柴占总干物质的 70%。则乔木树种树干材积生产潜力可由(2)确定:

$$v = 6TSP_w(1 + S_g)/W_g$$

(2)

薪炭林地上部分薪柴气候生产潜力由(3)确定:

$$H = 7TSP_w(1 + S_g)/W_g$$

(3)

式中, v 为木材树干材积 [$\text{m}^3/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$]; H 为地上部分薪柴湿重; W_g 为湿材单位体积的重量 (kg/m^3) (硬质木材 $W_g=1\,600\text{kg}/\text{m}^3$,软质木材 $W_g=800\text{kg}/\text{m}^3$)。

S_g 为植物体内含水量,根据 93 个树种含水量统计资料知, $S_g=1\text{kg}/\text{m}^3$ 。

根据青海大通退耕还林工程区 1998~2003 年的年均温和年均降水量以及多年平均气温和多年平均降水量,用桑斯维特纪念模型求得主要树种的气候生产潜力如表 2。

由表 2 可知,在多年平均气温 4.2°C ,多年平均降水量为 499.8 mm 的青海大通其针叶乔木用材林的气候生产潜力为 $5.6957\text{ m}^3/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$,阔叶乔木用材林的气候生产潜力为 $11.3914\text{ m}^3/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$,灌木水土保持薪炭林的气候生产潜力平均为 $10631.93\text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$,预示着各树种在此类地区所应达到的理论产量。青海大通退耕还林工程区各造林树种,无论是针叶乔木、阔叶乔木还是灌木其 1998~2003 年的气候生产潜力都随年降水和年均气温波动有所变化,其值反映了该类树种当年所能达到的理想生产力水平。

表 2 气候生产潜力

Table 2 The climate potential productivity

年份 Year	年均气温 Annual mean temperature ($^\circ\text{C}$)	年降水量 Annual precipitation (mm)	气候生产潜力 Climate potential productivity ($\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$)	树干材积生产潜力		薪材气候生产潜力 Climate
				Potential productivity of stem volume		potential productivity of firewood
				针叶乔木树种 Conifer arbor ($\text{m}^3/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$)	阔叶乔木树种 Broadleaf arbor ($\text{m}^3/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$)	灌木树种 shrub ($\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$)
1998	5.5	467.6	772.86	5.7964	11.5929	10820.03
1999	5.1	512.7	790.36	5.9277	11.8555	11065.09
2000	4.7	515.3	781.09	5.8582	11.7164	10935.29
2001	5	449.2	748.93	5.617	11.234	10485.06
2002	5	467.7	761.25	5.7094	11.4188	10657.55
2003	4.9	586	819.23	6.1442	12.2884	11469.19
平均 Mean	5	499.8	778.95	5.6957	11.3914	10631.93

* 为了便于和后面的现实生产潜力作比较,特将气候生产潜力转化为树干材积生产潜力和薪材气候生产潜力 In order to compare with the current productive potentialities, so the climate potential productivity was turned the potential productivity of stem volume and the climate potential productivity of firewood

3.2 林业土地现实生产潜力

所谓现实生产潜力是指在现实条件下,采用高水平的栽培管理措施和施肥,尽可能地满足水肥条件下单位面积上收获的最大产量,是目前大田生产产量的上限。林业的现实生产潜力是以同一林种、不同林分中生长势最好、生长量最大的优势木(或样方)的产量求得,就用材林而言,优势木的生长条件最好,可以认为充分利用了现有环境条件,故可作为生产潜力的依据。本文采

用调查法确定出优势木后,实测其胸径、树高、占地面积、1/2 树高处直径,用单株立木材积公式:

$$V = 0.424(H + 3)g_{1.3}$$

(4)

式中, V 为立木材积(m^3); H 为树高; $g_{1.3}$ 为胸高断面面积。

求出单株优势木材积,并根据实测的占地面积换算求出用材林现实生产潜力。对薪炭林则用样方调查法,测得生长量最大的样方面积产量,并依样方面积换算求得薪炭林的现实生产潜力。区域内各树种现实生产潜力如表 3。

表 3 各树种现实生产潜力

Table 3 The current productive potentialities of different trees

年份 Year	针叶乔木树种 Conifer arbor ($m^3/(hm^2 \cdot a)$)			阔叶乔木树种 Broadleaf arbor ($m^3/(hm^2 \cdot a)$)		灌木树种 Shrub($kg/(hm^2 \cdot a)$)	
	落叶松 <i>Larix gmelini</i> Rupr	紫果云杉 <i>Picea purpurea</i> Mast.	青海云杉 <i>Picea asperata</i> Mast.	白桦 <i>Betula platyphylla</i> Suk.	青杨 <i>Populus cathayana</i> Rehd.	沙棘 <i>Hippophae rhamnoides</i> L.	小檗 <i>Berberis thumbergii</i> DC.
2003	3.6818	3.9581	0.8341	5.9578	10.0298	7380.05	6050.58
2002	3.6606	3.9749	0.8226	5.8574	9.8192		
2001	3.5238	3.4215	0.7496	5.796	9.7926		
2000	3.4808	3.2468	0.7347	5.7084	9.4307		
1999	3.2404	3.0253	0.6695	5.2238	9.0411		
1998	2.9929	2.928	0.6213	4.5576	8.2776		
平均 Mean	3.4301	3.4358	0.7386	5.5168	9.3985		

由表 3 可知,同一树种的现实生产潜力自 1998~2003 逐年有不同程度提高,反映了当前经营管理水平下所能达到的最高生产力;同一年不同树种的现实生产潜力差异明显,如 1998~2003 年针叶乔木树种落叶松和紫果云杉的现实生产潜力平均达 3.4301 $m^3/hm^2 \cdot a$ 和 3.4258 $m^3/hm^2 \cdot a$,而青海云杉则为 0.7386 $m^3/hm^2 \cdot a$;阔叶乔木树种青杨平均达 9.3985 $m^3/hm^2 \cdot a$,白桦平均达 5.5168 $m^3/hm^2 \cdot a$;灌木树种沙棘达 7380.05 $kg/hm^2 \cdot a$,小檗 6050.58 $kg/hm^2 \cdot a$ 。同样最优的管理水平下,因树种不同其生产潜力水平不同,对气候资源利用程度也不同。在树种选择时应选择现实生产潜力较高的树种,因此从现实潜力角度看,针叶乔木树种优先选择落叶松和紫果云杉;阔叶乔木树种优先选择青杨;灌木树种则选择沙棘。

3.3 林业土地实际生产力

实际生产力反映目前大田作业的总体生产水平。林业的实际生产力是以同一林种、不同林分中标准木(或样方)的产量求得。区域内各树种实际生产力如表 4。

由表 4 同样看出大通退耕还林工程区林业的实际生产力自 1998~2003 逐年提高,且针叶乔木树种中紫果云杉>落叶松>青海云杉;阔叶乔木树种中青杨>白桦;灌木树种中沙棘>小檗。从实际生产力角度,选择针叶乔木树种时优先选择紫果云杉,其次选落叶松;阔叶乔木树种优先选择青杨,其次是白桦;灌木树种则选择沙棘。

表 4 各树种实际生产力

Table 4 The current productive potentialities of different trees

年份 Year	针叶乔木树种 Conifer arbor ($m^3/(hm^2 \cdot a)$)			阔叶乔木树种 Broadleaf arbor ($m^3/(hm^2 \cdot a)$)		灌木树种 Shrub($kg/(hm^2 \cdot a)$)	
	落叶松 <i>Larix gmelini</i> Rupr	紫果云杉 <i>Picea purpurea</i> Mast.	青海云杉 <i>Picea asperata</i> Mast.	白桦 <i>Betula platyphylla</i> Suk.	青杨 <i>Populus cathayana</i> Rehd.	沙棘 <i>Hippophae rhamnoides</i> L.	小檗 <i>Berberis thumbergii</i> DC.
2003	1.5767	2.1	0.5794	4.9995	8.0239	6181	5250
2002	1.5098	2.1	0.554	4.6662	7.6003		
2001	1.3743	1.8	0.4613	4.3329	7.3135		
2000	1.3017	1.5	0.4153	3.9996	6.6336		
1999	1.078	1.2	0.3222	3.333	5.9119		
1998	0.9447	1.2	0.2436	2.6664	5.0156		
平均 Mean	1.2975	1.65	0.4293	3.9996	6.7498		

3.4 林业生产潜力分析

表 5 为 2001~2003 年土地生产潜力比较表。

现实生产潜力与气候生产潜力的比值反映该树种在目前经济技术管理水平下达到气候生产力的水平,以及土地生产潜力开发的程度。由表 5 可以清楚地看到,近 3a 针叶乔木用材林土地现实生产潜力与其气候生产潜力之比,紫果云杉为 64.99%,落叶松为 62.20%,而青海云杉只有 13.77%;阔叶乔木用材林土地现实生产潜力与其气候生产潜力之比,青杨为 84.83%,白桦为 50.40%;灌木薪炭林树种沙棘和小檗的现实生产潜力与气候生产潜力的比值分别为 67.89%和 55.66%。说明试验区内除青

海云杉外的其他树种土地现实生产潜力已经达到了气候生产潜力的 50%以上。从充分利用其气候资源角度分析,各树种自然资源的利用程度大小为青杨>紫果云杉>沙棘>落叶松>小檗>白桦>青海云杉。即在目前的生产水平下,该地的自然条件更适于种植青杨、紫果云杉、沙棘、落叶松,其次是小檗、白桦,而青海云杉则因对资源利用程度太低而不适合。从现实生产潜力与气候生产潜力之比还可以看出,在区内无论是种植灌木还是乔木都还仍有相当大的潜力可挖。随着经营管理水平的提高,现实生产力会逐渐接近其气候生产潜力。

由表 5 可以清楚地看到,林木的实际生产力水平将随着生产水平的提高而提高,区内各树种的现实生产力水平也有逐年提高的趋势,但都明显低于其相应年份的现实生产潜力和气候生产潜力。实际生产力和气候生产潜力之比即 Y_p/Y_w ,青杨最大,为 65.64%;其次是沙棘,为 58.14%;依次为小檗为 48.30%、白桦为 40.06%、紫果云杉 34.34%、落叶松 25.53%,其中青海云杉 Y_p/Y_w 值只有 9.13%。实际生产力和现实生产潜力之比即 Y_p/Y_0 ,灌木>阔叶乔木>针叶乔木,反映了目前需加强管理的迫切程度为针叶乔木>阔叶乔木>灌木。表明在现有技术经济水平下,该区林木经营的总体生产水平有较大的空间待提高,在改善林木的生产状况,加强管理的同时,应特别重视针叶乔木和阔叶乔木树种,为其创造有利的生长发育环境,以期获得其所能达到的生产力。

表 5 2001~2003 年林业生产潜力比较
Table 5 The compare of forestry potential productivity in 2001~2003

2001~2003 年林业生产潜力 Forestry potential productivity in 2001~2003		针叶乔木树种 Conifer arbor(m ³ /hm ² ·a)			阔叶乔木树种 Broadleaf arbor(m ³ /hm ² ·a)		灌木树种 Shrub (kg/hm ² ·a)	
		落叶松 <i>Larix</i>	紫果云杉 <i>Picea</i>	青海云杉 <i>Picea</i>	白桦 <i>Betula</i>	青杨 <i>Populus</i>	沙棘	小檗 <i>Berberis</i>
		<i>gmeini</i> Rupr	<i>purpurea</i> Mast.	<i>asperata</i> Mast.	<i>platyphylla</i> Suk.	<i>cathayana</i> Rehd.	<i>Hippophac</i> <i>rhamnoides</i> L.	<i>thumbergii</i> DC.
气候生产潜力 2001 Climate potential productivity	2001	5.6170	5.6170	11.2340	11.2340	10485.06	10485.06	
Y_w	2002	5.7094	5.7094	5.7094	11.4188	11.4188	10657.55	10657.55
	2003	6.1442	6.1442	6.1442	12.2884	12.2884	11469.19	11469.19
	平均	5.8235	5.8235	5.8235	11.6471	11.6471	10870.60	10870.60
现实生产潜力 Current productive potentialities	2001	3.5238	3.4215	0.7496	5.7960	9.79268		
Y_0	2002	3.6606	3.9749	0.8226	5.8574	9.8192		
	2003	3.6818	3.9581	0.8341	5.9578	10.029		
	平均	3.6221	3.7848	0.8021	5.8704	9.8803	7380.05	6050.58
实际生产力 Potential productivity of reality	2001	1.3743	1.8000	0.4613	4.3329	7.3135		
Y_p	2002	1.5098	2.1000	0.5540	4.6662	7.6003		
	2003	1.5767	2.1000	0.5794	4.9995	8.0239		
	平均	1.4869	2.0000	0.5316	4.6662	7.6459	6181.00	5250.50
Y_0/Y_w	2001	62.73	60.91	13.35	51.59	87.17		
(%)	2002	64.12	69.62	14.41	51.30	85.99		
	2003	59.92	64.42	13.58	48.48	81.61		
	平均	62.20	64.99	13.77	50.40	84.83	67.89	55.66
Y_p/Y_w	2001	24.48	32.05	8.21	38.57	65.10		
(%)	2002	26.44	36.78	9.70	40.86	66.56		
	2003	25.66	34.18	9.43	40.68	65.30		
	平均	25.53	34.34	9.13	40.06	65.64	58.14	48.30
Y_p/Y_0	2001	39.00	52.61	61.54	74.76	74.68		
(%)	2002	41.24	52.83	67.35	79.66	77.40		
	2003	42.82	53.06	69.46	83.92	80.01		
	平均	41.05	52.84	66.27	79.49	77.39	85.63	86.77

4 结论

(1)青海大通退耕还林工程区针叶乔木树种的气候生产潜力平均为 5.6957 m³/(hm²·a),阔叶乔木用材林的气候生产潜力平均为 11.3914 m³/(hm²·a),灌木水土保持薪炭林的气候生产潜力平均为 10631.93 kg/(hm²·a),预示了各树种在此类地区所应达到的理论产量。该区主要造林树种华北落叶松、紫果云杉、青海云杉、青杨、白桦、沙棘的现实生产潜力和实际生产力 1998~2003 年来逐年提高,2003 年的现实生产潜力分别为 3.6818 m³/(hm²·a)、3.9581 m³/(hm²·a)、0.8341 m³/(hm²·a)、5.9578 m³/(hm²·a)、10.0290 m³/(hm²·a)、7380.05 kg/(hm²·a);实际生产力分别为 1.5767m³/(hm²·a)、2.1000 m³/(hm²·a)、0.5794m³/(hm²·a)、4.9995 m³/(hm²·a)、8.0239 m³/(hm²·a)、6181.00 kg/(hm²·a)。

(2)从现实生产潜力和实际生产力的研究结果综合分析,灌木树种中的沙棘现实生产潜力和实际生产力高于小檗;针叶乔

木树种中,紫果云杉的现实生产潜力和实际生产力高于落叶松,二者都明显高于青海云杉;阔叶乔木树种中,青杨的现实生产潜力和实际生产力高于白桦。所以该地区在退耕还林工程中实施的树种选择上针叶乔木树种首选紫果云杉,其次选落叶松;阔叶乔木树种优先选择青杨,其次是白桦;灌木树种则选择沙棘。

(3)在目前经济技术管理水平下,现实生产潜力达到气候生产力的水平,及充分利用自然资源角度分析,各树种自然资源的利用程度大小为青杨>紫果云杉>沙棘>落叶松>小檗>白桦>青海云杉。即在目前的生产水平下,该地的自然条件更适于种植青杨、紫果云杉、沙棘、落叶松,其次是小檗、白桦,而青海云杉则因对资源利用程度太低而不适合。从现实生产潜力与气候生产潜力之比还可以看出,在区内无论是种植灌木还是乔木都有相当大的潜力可挖。

(4)实际生产力和现实生产潜力之比即 Y_p/Y_0 , 灌木>阔叶乔木>针叶乔木,反映了目前需加强管理的迫切程度为针叶乔木>阔叶乔木>灌木。表明在现有技术经济水平下,该区林木经营的总体生产水平有较大的空间待提高,在改善林木的生产状况,加强管理的同时,应特别重视针叶乔木和阔叶乔木树种特别是紫果云杉、落叶松、青杨、白桦等树种经营,为其创造有利的生长发育环境,以期获得较高的生产力。

References:

- [1] Nie Q H, Research advances in potential land productivity and landbearing capacity. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 1993, **13** (3):53~58.
- [2] Zuo D K. *A Dictionary of Modern Geography*. The Commercial Press, 1990. 99~102.
- [3] Gao L Z. Present state and perspectives of international crop productivity. *World Agriculture*, 1981, (11):32~34.
- [4] Feng Z M. Study on population supporting capacity model of regional land resources. *Journal of Nature Resource*, 1990, **5**(3):272~283.
- [5] Lieth H, Box E O. Evapo-transpiration and primary production: C. W. Thornthwaite Memorial Model. *Publications in Climatology*, 1972, **25** (2):37~46.
- [6] Li X X, Yin Z D, He C G. Review on the study of land Potential productivity. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2001, **15**(5):33~36.
- [7] Whittaker R H, Likers G E. Primary production: the biosphere and man. *Human Ecol*, 1973, (1):357~369.
- [8] Meng X Y. *Tree Measuring*. Beijing: Chinese Forestry Press, 1994. 81~87.
- [9] Lieth H. Modeling the primary productivity of the world. *Nature and Resources*. UNESCO Paris, 1972. 5~10.
- [10] Box E, Lieth H. Wolaver T. Miami Model productivity map. In: Lieth H ed. Primary production of terrestrial ecosystems. *Human Ecol*, 1973, (1):303~332.
- [11] Yuan J Z. *Optimum Patterns to Building Vegetation on the Loess Plateau*. Beijing: Science Press, 1991.
- [12] Fu B J. The type and method of land potential evaluation, *Territory and Natural Resources Study*, 1990, 229~32.
- [13] Wang D M, Sun B P. *A study on potential productivity of Loess Plateau*. Beijing, Chinese Forestry Press, 2002.
- [14] Wang D M, Sun B P. Study on potential productivity of forestry land in Huangjiaercha small water-shed of Loess hilly area. *Forest Research*, 1998, 1.

参考文献:

- [1] 聂庆华. 土地生产潜力和土地承载能力研究进展. *水土保持通报*, 1993, **13**(3):53~58.
- [2] 左大康. *现代地理学辞典*. 北京:商务印书馆, 1991. 99~102.
- [3] 高亮之. 国际作物生产力动态和展望. *世界农业*, 1981, (11):32~34.
- [4] 封志明. 区域土地资源承载能力研究模式刍议. *自然资源学报*, 1990, **5**(3):272~283.
- [6] 李相玺, 尹忠东, 何长高. 土地生产潜力研究综述. *水土保持学报*, 2001, **15**(5):33~36.
- [8] 孟宪宇. 北京林业大学编. *测树学*. 北京:中国林业出版社, 1986.
- [11] 袁嘉祖, 张汉雄. 黄土高原地区森林植被建设的优化模型. 北京:科学出版社, 1991.
- [12] 傅伯杰. 土地潜力评价的类型与方法. *国土与自然资源研究*, 1990, **2**:29~32.
- [13] 王冬梅, 孙保平著. *黄土高原土地生产力研究*. 北京:中国林业出版社, 2002.
- [14] 王冬梅, 孙保平, 等. 黄土丘陵区小流域林业土地生产潜力研究. *林业科学研究*, 1998, **1**.