

滇东南石漠化山地不同退耕还林模式土壤地力变化初探<sup>\*</sup>

李品荣,陈 强,常恩福,尹艾萍,毕 波

(云南省林业科学院,昆明 650204)

摘 要:通过对滇东南西畴县石漠化山地 12 种不同退耕还林模式的土壤进行定点观测和地力变化分析,结果表明:土壤物理性状有很大改善,土壤抗蚀性和储水性增强,土壤养分提高,土壤吸收保存养分离子能力增强。对于提高地力而言,墨西哥柏+金银花、花椒+白枪杆、川滇桤木+红三叶、川滇桤木林、花椒+大白脉根和墨西哥柏+紫花苜蓿等 6 种模式较佳,值得在石漠化山地推广。

关键词:岩溶;石漠化;地力;退耕还林;滇东南

中图分类号:S152.4;S153.6 文献标识码:A 文章编号:1005-3409(2008)01-0065-04

Preliminary Study on Land Capacity Change of Different Returning Cultivated Land to Forest Model Soils at Karst Mountains Desertification Area in Southeastern Yunnan

LI Pin-rong, CHEN Qiang, CHANG En-fu, YIN Ai-ping, BI Bo

(Yunnan Academy of Forestry, Kunming 650204, China)

**Abstract** :A preliminary study on the land capacity change of twelve returning cultivated land to forest models in Xichong county of southeastern Yunnan was conducted by ocean weather station observation. The premilinary results showed that the soil physical property has been greatly improved. The nutrition,corrosion stability and storing water capacity of soil are made better , which resulted by returning cultivated land to forest for many years. In term of land capacity improvement ,*Cupressus lusitanica* + *Lonicera japonica* , *Zauthoxylum bungeanum* + *Fraxinus malacophylla* , *Alnusferdinand+coburgii* + *Alnusf erdinandi-coburgii* , *Alnusferdinand+coburgii* , *Zauthoxylum bungeanum* + *Lotus uliginosus* ev. Crasslands and *Cupressus lusitanica* + *Medicago sativa* are better models ,which are worth popularizing in karst mountains desertification area.

**Key words** :karst mountains ;desertification ;land capacity ;returning farmland to forest ;southeastern Yunnan

岩溶石山地区地质环境脆弱,在不合理的人类活动和自然因素作用下,一些地区植被退化乃至消亡,导致水土流失严重,最终形成了连片分布的裸露石漠,将这一过程及其结果称之为石漠化。石漠化类型以碳酸盐岩石漠化为主,主要受控于纯碳酸盐岩,夹层或互层型则相对较少<sup>[1]</sup>。云南省石漠化土地面积占国土面积的 2.2%,近 25 a 来石漠化土地面积增长速度约 147.5 km<sup>2</sup>/a,滇东南石漠化土地面积 3 440.0 km<sup>2</sup>,占国土面积的 5.41%;文山州石漠化土地面积 2 906.3 km<sup>2</sup>,占国土面积的 8.31%,在面积和比例上居全省各地州市第一<sup>[2]</sup>,是亟需植被恢复的区域。

该文研究的初衷在于揭示云南省林业科学院、云南省农业科学院和文山州林科所的研究者在滇东南西畴县法斗乡经过多年的植被恢复所取得的成果,在 2002 年和 2005 年收集调查资料的基础上,通过对 12 种退耕还林模式 3 a 来土壤理化性质的变化进行分析比较,作出分析和地力综合评价,初步选择出 6 种较佳改善地力,适宜在石漠化山地植被恢复的混交模式,供石漠化地区退耕还林、天保工程植被恢复的工作者们借鉴。

1 试验地概况与研究方法

1.1 试验地概况

试验区位于滇东南西畴县东北部的法斗乡,104°46'12" - 104°47'36" E,23°25'26" - 23°26'46" N,平均温度 14.8 ~ 17.6℃,最热月均温 19.6 ~ 22.3℃,极端最低温 - 4.3℃,无霜期 350 ~ 360 d,年降雨量 1 075.7 ~ 1 615.3 mm。日照时数 1 500 ~ 1 600 h,空气相对湿度 82%。该区虽然雨量充沛,但降水的季节分布不均匀,80%以上的降水集中在雨季(6 - 9 月),且降水多由岩隙渗入地下,区域内人畜饮水和农业用水仍十分困难,但气候特点却有利于林木的生长发育。该区属滇东南岩溶山原区,为深切割的中山山原地貌<sup>[3]</sup>。区内地质构造复杂,寒武系、奥陶系、石炭系、泥盆系、二叠系、三叠系的地层均有分布,境内最高海拔 1 691 m,最低海拔 1 160 m,相对高差 531 m。该区属亚热带湿润季风气候区域,具有“冬无严寒,夏无酷暑,干湿分明,冬春旱,夏季涝,全年多雾”的气候特征。土壤主要为石灰岩发育形成的石灰土。地带性植被以壳斗科、樟科、木兰科等为主的亚热带季风常绿阔叶林。该试验区 2002 年前为耕地,2002 年进行退

<sup>\*</sup> 收稿日期:2006-09-07  
基金项目:云南省“十五”科技攻关项目(2001NG54)  
作者简介:李品荣(1973 - ),男,云南大理人,高级工程师,硕士,主要从事岩溶地区森林资源培育、植被恢复研究。

耕还林,按田间试验要求选择试验地,各试验地块自然条件基本一致;海拔 1 250~1 500 m,土类为黄色石灰土,土层薄,耕层厚 8.1~15.5 cm,黏壤,块状、核状结构,土壤肥力差,并有明显土壤侵蚀现象,退耕还林过程中,进行了 12 种退耕还林模式的人工促进植被恢复措施,造林时采用 0.4 m×0.4 m×0.3 m 穴状方式整地,用 1 a 生容器苗上山造林,造林时不施肥。各样地造林模式见表 1。

表 1 不同模式生长情况

编号	混交模式	树高/ m	地径/ cm	冠幅/ m	株行距
1	墨西哥柏 紫花苜蓿	3.42 -	5.30 -	1.41 -	1.5 m×3 m -
2	川滇桤木 红三叶	5.19 -	6.51 -	2.33 -	1.5 m×1.5 m -
3	墨西哥柏	3.40	4.93	1.26	1.5 m×1.5 m
4	川滇桤木 清香木 苦刺	5.05 0.60 1.28	7.52 0.60 1.52	2.73 0.33 1.38	1.5 m×3 m 3 m×3 m 3 m×3 m
5	川滇桤木	4.81	6.53	2.61	1.5 m×3 m
6	花椒 大白脉根	1.13 -	1.38 -	0.53 -	1.5 m×1.5 m -
7	香木莲 墨西哥柏	1.55 1.47	2.78 2.83	1.00 0.95	1.5 m×3 m 1.5 m×3 m
8	云南拟单性木兰 黄柏	2.20 1.99	3.00 2.43	1.14 1.16	1.5 m×3 m 1.5 m×3 m
9	墨西哥柏 金银花	4.12 -	5.64 -	1.48 -	1.5 m×3 m 1.5 m×3 m
10	花椒 白枪杆	0.96 0.33	1.54 0.35	0.47 0.24	1.5 m×3 m 1.5 m×3 m
11	任豆 白三叶	2.16 -	3.28 -	1.34 -	1.5 m×3 m -
12	栎树	1.04	1.65	0.65	1.5 m×1.5 m

1.2 采样及研究内容

于 2002 年和 2005 年 8 月分别对 12 块固定样地进行取样,共挖掘 6 个土壤剖面,并作野外现场观察记载,每块样地采用多点取样法各取 2 个土样;室内分析采用中国科学院南京土壤研究所分析方法<sup>[4]</sup>和中国分析标准方法<sup>[5]</sup>对不同混交模式的土壤物理化学性质进行研究。物理性状测定土壤颜色、土层厚度、紧实度、质地、比重、容重、孔隙度、土壤水稳性及水稳性团粒结构。化学性状测定土壤有机质、pH、全氮、全磷、全钾、速效氮、速效磷、速效钾、阳离子交换量及土壤中的微量元素。

2 结果和分析

2.1 土壤物理性状的变化

2.1.1 土壤容重

土壤容重与土壤有机质含量、黏粒含量、土壤结构状况和松紧度以及孔隙状况等有关;一般来说,容重减小,土壤变疏松,有利于拦渗蓄水,减缓径流冲刷,容重增大则相反<sup>[6-7]</sup>。

从表 2 可以看出,退耕还林后土壤容重有所变化,从 1.21 g/cm<sup>3</sup> 降到 1.15 g/cm<sup>3</sup>,容重减小,变化不大,这是由于退耕还林仅 3 a,林木处于成林初期,对立地改善能力尚未全部体现;但从目前的数据仍能在一定程度上说明减少土地

的人为干扰,使植被恢复,可以防止石漠化过程的进一步恶化,对石漠化山地退化的立地改善具有一定的指导意义。

2.1.2 土壤孔隙状况

土壤的孔隙性是土壤结构的重要指标,其数量和质量可以反映土壤结构的好坏,而土壤结构又与以石漠化为核心的岩溶地区水土流失密切相关。影响孔隙性的主要因素有土壤质地、土壤容重和有机质含量。土壤毛管孔隙的多少能够反映土壤接纳降雨量和减少地表径流量的多少,对土壤侵蚀有着十分重要的影响<sup>[8]</sup>。根据方正三等人(1957)的研究,随着孔隙率的增加,土壤的渗透性和挂水性逐渐增强,强烈地表径流及严重侵蚀的危险性就减小。从表 2 看出,土壤总孔隙度从 54.2 % 增加到 57.3 %,毛管孔隙度从 36.2 % 增加到 38.1 %,说明退耕还林后立地有所改善,能够有效保持水土,增加土壤蓄水量,提高土壤的抗蚀和抗旱能力。

2.1.3 土壤团聚体

通过干筛结果分析,可以看出退耕还林前后各级风干团聚体的变化不大,而水稳性团聚体有较大变化,>5 mm 和 <1 mm 的水稳性团聚体减少,1~5 mm 的水稳性团聚体明显增加;水稳性团聚体从 3 a 前的 60.4 % 增加到 63.7 %,湿筛后 >0.25 mm 团聚体结构破坏率由 35.86 % 下降到 32.77 %,表明大颗粒在水力作用下消散力减弱,大团聚体含量增加,大孔隙数量增多,土壤通透性增强,同时稳定性增加,抗蚀性和储水性也随之增强。

总的来说,土壤物理性状有较大改善,这主要是因为退耕还林后,停止了人为耕作活动,减少了对土壤的不良影响,3 a 来各类林木已渐郁闭,植物的根系不断增加,有利于土壤物理结构的改善,增强土壤抗蚀性和储水性;所以从某种程度来说,退耕还林是改善石灰土物理性质,减少水土流失,减缓石灰土退化的一项切实可行的措施,也是石漠化治理简单易行的有效举措。

表 2 退耕还林前后土壤物理性状比较

物理性状	2002 年	2005 年
容重/(g·cm <sup>-3</sup> )	1.21	1.15
比重/(g·cm <sup>-3</sup> )	2.64	2.69
总孔隙度/ %	54.2	57.3
毛管孔隙/ %	36.2	38.1
干筛 团聚体/ %	>5 mm	40.87
	5~2 mm	28.42
	2~1 mm	9.38
	1~0.5 mm	11.1
	0.5~0.25 mm	4.45
	<0.25 mm	5.78
	>0.25 mm	94.22
水稳性 团聚体/ %	>5 mm	17.67
	5~2 mm	11.83
	2~1 mm	7.86
	1~0.5 mm	12.68
	0.5~0.25 mm	10.39
	<0.25 mm	39.57
	>0.25 mm	60.43
破坏率/ %	35.86	32.77

2.2 土壤常规化学成分的变化

对比造林前后数据看出:

(1)土壤常规化学成分除速效钾外均有不同程度的增

加,平均有机质、全氮、全磷、全钾、速效氮、速效磷分别比 3 a 前增加 12.94 %,39.56 %,10.18 %,0.32 %,3.61 %,8.82 %,速效钾减少 2.02 %,说明退耕还林有利于土壤养分的改善;速效钾减少是由于云南土壤本身缺钾,加上林木生长的需要造成。(2)CEC 平均增加 4.64 %,CEC 表示土壤吸收保存养分离子,不被水分淋洗,释放养分供给植物生长的能力,CEC 值增加,供给林木生长的养分增加;同样说明退耕还林有利于提高土壤养分。(3)土壤 pH 值均有不同程度的降低,在一定程度上说明退耕还林后土壤有机质增加,土壤微生物活

动加强,分解加强。  
对比不同乔灌草混交模式间的数据看出:  
(1)土壤有机质除模式 3,4,11 外,其它均增加,排列顺序是模式 2>9>8>1>10>7>5>6>12;全氮和全磷均不同程度增加;全钾除模式 6,8,9 外,均不同程度增加;速效磷除模式 7 外均不同程度增加;CEC 最高是模式 9。表明不同乔灌草模式有利于土壤有机质、全氮、全磷、全钾和速效磷的提高。(2)综合来考虑,较佳乔灌草模式是 2,5,6,7,8,9,10,1,其次是模式 3,11,12。

表 3 不同退耕还林模式土壤常规化学成分比较

编号	混交模式	有机质/ %	pH	速效氮/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	速效磷/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	速效钾/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	全氮/ %	全磷/ %	全钾/ %	CEC/ (cmol·kg <sup>-1</sup> )
1	2002 年	2.78	6.93	150.51	2.54	65.21	0.18	0.033	1.277	88.6
	2005 年	3.77	6.89	139.1	2.96	61.41	0.291	0.034	1.301	84.9
	增加/ %	35.61		- 7.58	16.54	- 5.83	61.67	3.03	1.88	- 4.18
2	2002 年	2.78	6.93	150.51	2.54	65.21	0.18	0.033	1.277	88.6
	2005 年	4.09	7.03	161.42	3.24	67.01	0.282	0.033	1.286	88.3
	增加/ %	47.12		7.25	27.56	2.76	56.67	0	0.70	- 0.34
3	2002 年	4.58	6.66	208.85	3.11	71.64	0.179	0.035	1.251	96.9
	2005 年	3.79	6.48	184.56	3.32	66.46	0.241	0.035	1.262	81.7
	增加/ %	- 17.25		- 11.63	6.75	- 7.23	34.64	0	0.88	- 15.69
4	2002 年	4.6	6.65	211.78	3.27	83.16	0.182	0.034	1.246	94.2
	2005 年	4.59	6.61	220.84	3.27	76.14	0.231	0.034	1.248	98.4
	增加/ %	- 0.22		4.28	0.00	- 8.44	26.92	0	0.16	4.46
5	2002 年	3.41	7.16	136.02	2.73	76.31	0.176	0.03	1.162	86.8
	2005 年	3.64	7.01	151.22	2.81	72.42	0.262	0.051	1.174	101.1
	增加/ %	6.74		11.17	2.93	- 5.10	48.86	70.00	1.03	16.47
6	2002 年	3.22	7.25	130.87	2.34	82.8	0.181	0.029	1.183	89.6
	2005 年	3.41	7.19	146.76	2.75	84.98	0.251	0.049	1.122	99.8
	增加/ %	5.90		12.14	17.52	2.63	38.67	68.97	- 5.16	11.38
7	2002 年	3.89	7.37	175.58	8.19	105.58	0.263	0.099	1.238	119.5
	2005 年	4.52	7.42	206.82	7.18	117.84	0.306	0.099	1.242	120.1
	增加/ %	16.20		17.79	- 12.33	11.61	16.35	0	0.32	0.50
8	2002 年	3.02	6.99	127.97	3.22	77.7	0.258	0.083	1.185	108.6
	2005 年	4.14	6.95	142.64	3.41	81.74	0.31	0.083	1.173	108.7
	增加/ %	37.09		11.46	5.90	5.20	20.16	0	- 1.01	0.09
9	2002 年	2.62	6.8	101.85	1.82	73.55	0.168	0.034	1.201	89.6
	2005 年	3.61	6.73	120.52	2.17	68.85	0.287	0.034	1.197	116.1
	增加/ %	37.79		18.33	19.23	- 6.39	70.83	0	- 0.33	29.58
10	2002 年	2.81	6.35	129.79	1.98	69.32	0.162	0.032	1.148	71.1
	2005 年	3.43	6.31	137.96	2.54	64.28	0.261	0.042	1.169	83.7
	增加/ %	22.06		6.29	28.28	- 7.27	61.11	31.25	1.83	17.72
11	2002 年	3.43	6.66	167.05	1.82	65.65	0.193	0.035	1.051	89.7
	2005 年	3.36	6.51	152.58	2.63	59.87	0.259	0.035	1.115	94.6
	增加/ %	- 2.04		- 8.66	44.51	- 8.80	34.20	0	6.09	5.46
12	2002 年	3.44	6.20	185.23	1.82	83.48	0.201	0.034	1.132	90.2
	2005 年	3.48	6.28	179.38	2.22	80.01	0.261	0.034	1.108	87.7
	增加/ %	1.16		- 3.16	21.98	- 4.16	29.85	0	- 2.12	- 2.77
平均增加/ %		12.94		3.61	8.82	- 2.02	39.56	10.18	0.32	4.64

2.3 土壤微量元素的变化

微量元素在植物体内含量虽少,但它们与大量元素一样同等重要,具有不可替代性。从表 4 看出:(1)土壤中的微量元素均不同程度的降低,有效锌、有效硫、有效钙、有效镁、有效硼、氯离子、有效铜和有效钼分别比 3 a 前降低 6.63 %,2.08 %,0.51 %,3.57 %,0.66 %,10.36 %和 17.52 %,有效铜降低最高,这是由于林木处于快速生长期,林木高径生长所致,应注意微量元素的补充。(2)模式 11,12 土壤中的微

量元素均降低,其它模式部分微量元素下降,这与样地内各林木生长所需微量元素不同所致。

2.4 地力综合评价

在土壤肥力研究中,单项肥力指标往往不能全面地反映出土壤的肥力水平,灰色系统理论是采用关联分析的方法对土壤各项指标作系统分析,能较好地综合反映土壤的肥力状况<sup>[8]</sup>。12 种不同退耕还林模式土壤的灰关联度分析结果见表 5。

表 4 不同退耕还林模式土壤微量元素比较 mg/kg

混交模式		有效锌	有效硫	有效钙	有效镁	有效硼	氯离子	有效铜	有效钼
1	2002 年	3.10	11.51	2083.6	54.68	0.13	10.26	0.469	0.09
	2005 年	2.51	15.15	2103.5	59.21	0.14	8.67	0.450	0.1
	增加/ %	- 19.03	31.62	0.96	8.28	7.69	- 15.50	- 4.05	11.11
2	2002 年	3.10	11.51	2083.6	54.68	0.13	10.26	0.469	0.09
	2005 年	2.62	13.47	2148.6	57.36	0.15	9.63	0.48	0.09
	增加/ %	- 15.48	17.03	3.12	4.90	15.38	- 6.14	2.35	0.00
3	2002 年	2.93	13.01	1837.6	57.42	0.16	8.96	0.521	0.11
	2005 年	2.49	11.56	2312.6	54.87	0.13	9.21	0.44	0.11
	增加/ %	- 15.02	- 11.15	25.85	- 4.44	- 18.75	2.79	- 15.55	0.00
4	2002 年	2.54	12.69	2134.9	55.36	0.14	9.23	0.462	0.12
	2005 年	2.34	12.24	2213.4	62.33	0.12	8.92	0.50	0.08
	增加/ %	- 7.87	- 3.55	3.68	12.59	- 14.29	- 3.36	8.23	- 33.33
5	2002 年	2.61	11.98	1869.7	62.78	0.13	11.02	0.502	0.08
	2005 年	2.49	10.98	2478.3	53.26	0.14	8.54	0.40	0.07
	增加/ %	- 4.60	- 8.35	32.55	- 15.16	7.69	- 22.50	- 20.32	- 12.50
6	2002 年	2.63	12.24	2049.8	64.58	0.12	7.81	0.611	0.13
	2005 年	2.18	14.31	1982.7	51.44	0.11	7.21	0.40	0.09
	增加/ %	- 17.11	16.91	- 3.27	- 20.35	- 8.33	- 7.68	- 34.53	- 30.77
7	2002 年	2.12	11.11	2974.3	129.63	0.09	4.46	0.405	0.17
	2005 年	2.25	12.03	2749.8	134.85	0.12	5.14	0.41	0.16
	增加/ %	6.13	8.28	- 7.55	4.03	33.33	15.25	1.23	- 5.88
8	2002 年	2.31	9.86	2751.4	121.02	0.08	5.64	0.398	0.16
	2005 年	2.62	10.87	2623.1	120.22	0.09	4.35	0.51	0.15
	增加/ %	13.42	10.24	- 4.66	- 0.66	12.50	- 22.87	28.14	- 6.25
9	2002 年	2.41	13.66	2287.6	67.52	0.16	6.13	0.549	0.09
	2005 年	2.71	11.21	1598.4	56.33	0.16	8.24	0.41	0.07
	增加/ %	12.45	- 17.94	- 30.13	- 16.57	0.00	34.42	- 25.32	- 22.22
10	2002 年	1.89	15.01	1682.8	59.44	0.17	7.28	0.529	0.06
	2005 年	1.96	14.19	1697.8	55.46	0.17	7.28	0.53	0.08
	增加/ %	3.70	- 5.46	0.89	- 6.70	0.00	0.00	0.19	33.33
11	2002 年	2.16	14.82	2201.3	60.38	0.14	7.14	0.613	0.12
	2005 年	1.89	10.44	1928.7	57.82	0.13	6.36	0.50	0.06
	增加/ %	- 12.50	- 29.55	- 12.38	- 4.24	- 7.14	- 10.92	- 18.43	- 50.00
12	2002 年	2.38	13.98	1760.9	62.13	0.13	6.99	0.541	0.15
	2005 年	2.12	11.78	1749.1	56.12	0.12	5.28	0.41	0.07
	增加/ %	- 10.92	- 15.74	- 0.67	- 9.67	- 7.69	- 24.46	- 24.21	- 53.33
平均增加/ %		- 6.63	- 2.08	- 0.51	- 3.57	0	- 6.67	- 10.36	- 17.52

从表中看出：  
(1)除模式 3,4,12 土壤地力下降外,其它均上升,表明模式 3,4,12 在林木生长初期使土壤地力下降,成林后情况

有待进一步定点研究;(2)土壤地力增加超过 6 %有模式 9,10,2,5,6,1,这与 CEC 结果相一致,说明这 6 种模式有利于土壤改良,值得在石漠化山地推广。

表 5 土壤肥力灰关联度( $r_i$ )

混交模式	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2002 年	0.6603	0.6603	0.7520	0.7654	0.6689	0.6699	0.9605	0.7772	0.6183	0.6019	0.6604	0.6917
2005 年	0.7017	0.7300	0.7061	0.7639	0.7272	0.7211	0.9865	0.8125	0.6993	0.6661	0.6689	0.6871
增加/ %	6.27	10.56	- 6.10	- 0.20	8.72	7.64	2.71	4.54	13.10	10.67	1.29	- 0.67

3 结 论

(1)不同退耕还林模式 3 a 后土壤物理性状有较大改善,土壤抗蚀性和储水性增强;从某种程度来说,退耕还林是改善石灰土物理性质,减少水土流失,减缓石灰土退化的一项切实可行的措施,也是石漠化治理简单易行的有效举措。

(2)退耕还林后,土壤养分中除速效钾外,土壤平均有机质、全氮、全磷、全钾、速效氮、速效磷均增加,CEC 增加,pH 下降,说明退耕还林有利于土壤养分提高,土壤保存养分能力增强。土壤中微量元素下降,这是林木快速生长所致;成林后的变化情况有待进一步定点监测。

(3)就地力改善而言,适宜于石漠化山地的较佳模式是墨西哥柏+金银花、花椒+白枪杆、川滇桉木+红三叶、川滇桉木林、花椒+大白脉根和墨西哥柏+紫花苜蓿;其次是云南拟单性木兰+黄柏、香木莲+墨西哥柏和任豆+白三叶,这些模式有利于地力的改善,成林后的地力变化情况,有待进一步定点监测。

参考文献:

[1] 王世杰.喀斯特石漠化概念演绎及其科学内涵的探讨[J].中国岩溶,2002,21(2):101-105.

樟子松为 1.576 g/(g·h),油松为 1.231 g/(g·h)。因此樟子松与油松同属于弱蒸腾树种,而且如果仅从蒸腾强度方面来比较,油松的抗旱性要稍强于樟子松,这与刘昌明、邢小

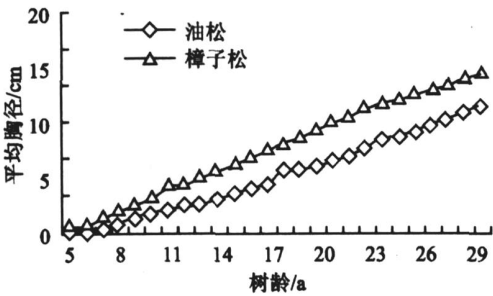


图 2 平均胸径变化情况

表 3 樟子松和油松生长季节蒸腾速率比较 g/(g·h)

月份	樟子松	油松
6	0.683	0.572
7	1.576	1.231
8	0.48	0.376

表 4 7 月樟子松和油松蒸腾耗水量比较

树种	月平均 蒸腾强度/ (g·g <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> )	月白昼 时数/h	单株 树冠叶量/ g	月蒸腾/ kg
樟子松	1.576	434	6390	4370.66
油松	1.231	434	5370	2868.08

4 讨论与结论

(1)在幼树阶段油松的树高生长量优于樟子松,但樟子松根系和地径的生长要远远好于油松,说明这一阶段樟子松将生长集中于根系和地径发育上,发达的根系和较为粗壮的地径使得樟子松较油松更能适应雁北地区干旱、贫瘠、多风沙的沙地环境,这也是中幼林阶段樟子松各方面的生长发育都远远好于油松的主要原因。

(2)在中幼林生长阶段樟子松在山西省北部地区生长发育良好,无论树高、胸径、根系的生长发育都远远好于乡土树种油松,这说明樟子松比油松更能适应山西省雁北地区的自

军<sup>[1]</sup>等在内蒙古伊金霍洛旗所做研究的分析结果一致,以上分析说明樟子松和油松都具有较强的抗旱性,可以作为山西省雁北地区的主要造林树种。

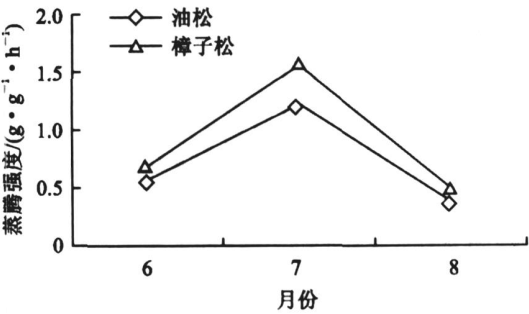


图 3 樟子松、油松蒸腾强度季节变化

然地理条件,在山西省有广阔的发展前景,可以作为山西省雁北地区的主要造林树种。

(3)从蒸腾季节动态来看,樟子松和油松同属弱蒸腾树种,差异并不明显,油松的蒸腾强度要稍低于樟子松,说明油松比樟子松更具抗旱性,但樟子松的蒸腾效率要高,在油松生长状况出现衰退的时候,樟子松刚进入速生期。

(4)通过分析,调查和实践证明,樟子松自 1972 年引种到山西省北部已完全适应了山西省北部的自然环境,可以作为山西省雁北地区的主要造林树种。油松是雁北地区的乡土树种,适应性强对生境要求不严格,蒸腾强度弱,耐旱性强,也可作为雁北地区的主要造林树种之一。

参考文献:

[1] 全昌明,邢小军,李振昌,等.伊金霍洛旗樟子松和油松引种试验对比研究[J].北京林业大学学报,2004,26(2):63-67.

[2] 李文荣.山西省北部地区樟子松引种情况的调查[J].山西农业大学学报,1983,3(3):54-65.

[3] 侯喜.试论油松在雁北林业建设中的位置[J].雁北林业科技,1983(1):36-39.

[4] 唐德瑞,张燕.陕西黄土高原沟壑区小叶杨生长规律初步研究[J].西北林学院学报,2000,15(1):15-19.

(上接第 68 页)

[2] 谭继中,张兵.云南省土地石漠化特征初步研究[J].地质灾害与环境保护,2003,14(1):32-37.

[3] 杨一光.云南省综合自然区划[M].北京:高等教育出版社,1991:197-207.

[4] 中国科学院南京土壤所.土壤理化性质分析[M].上海:上海科技出版社,1987.

[5] 刘光崧.土壤理化分析与剖面描述[M].北京:中国标准出版社,1996:1-41.

[6] 徐岚.利用马尔可夫过程预测东陵区土地利用格局的变化[J].应用生态学报,1993,4(3):272-278.

[7] 刘海燕. GIS 在景观生态学研究中的应用[J].地理学报,1995,50(增刊):105-111.

[8] 李阳兵,高明.岩溶山地不同土地利用土壤的水分特性差异[J].水土保持学报,2003,17(5):308-314.

[9] 蒋云东,何蓉,陈娟.灰色关联分析在杉木人工林土壤肥力研究中的应用[J].云南林业科技,1998,2:34-38.

[10] 邓聚龙.灰色系统基本方法[M].武汉:华中理工大学出版社,1987.

[11] 袁嘉祖.灰色系统理论及其应用[M].北京:科学出版社,1991.

[12] 刘玉,李林立,赵柯,等.岩溶山地石漠化地区不同土地利用方式下的土壤物理性状分析[J].水土保持学报,2004,18(5):142-145.

[13] 蒋云东,王达明,周云,等.西双版纳几种人工林地力恢复趋势研究[J].云南林业科技,2002(3):50-54.

[14] 蒋云东,匡玉兰,李思广,等.云南热区几种人工林土壤变化研究[J].土壤与环境,2000,9(2):110-113.

[15] 田昆,胡慧蓉,陆梅,等.土壤利用方式改变对滇东南岩溶区土壤特性的影响[J].土壤通报,2004,35(2):112-116.