

# 黄土丘陵区刺槐生长的影响因子研究

袁 瀛 惠养瑜 吴永麟 王郁民 赵惠萍

(陕西省水土保持勘测规划研究所·西安·710004)

**摘 要** 通过5年的试验样地定点观测及野外大面积调查,收集了不同条件下的刺槐生长量数据320多组,利用方差分析定性得出了显著影响黄土丘陵区刺槐胸径生长的因子有年降雨量、林龄、地面坡度、林分密度及地形部位。利用回归分析定量得出了这5个因子对刺槐胸径生长影响的关系模型。影响最显著的因子是年降雨量,其它依次为林龄、坡度、林分密度、地形部位。

**关键词** 黄土丘陵 刺槐 影响因子

## Study of Influence Factors of locust Growing in the Loess Hilly Region

Yuan Ying Hui Yangyu Wu Yonglin Wang Yumin Zhao Huiping

(Soil and Water Conservation surveying and Design Institute, Shaanxi province. Xian. 710004)

**Abstract** Based on the spot measurement and field investigation for five years, according to more than 320 groups data of locust growth rate under different conditions. The variance analysis show that the main effective factors are annual rainfall, crop age, gradient, density of crop and topographic conditions which effects on the locusts normal diameter growth in loess hilly area. Furthermore, using the regression analysis, a relative model about this five factors is obtained as above, from which we can conclude that the most effective factor is annual rainfall, otherwise the crop age, gradient, density of crop and topographic conditions in turn.

**Key words** loess hilly locust effective factor

黄土丘陵区沟壑纵横、地形破碎、水土流失非常严重,土壤极度干旱,造林难以成材。大面积的水土保持用材林是刺槐,胸径生长缓慢,未老先衰,生产力极低。为了充分发挥刺槐林的水土保持作用,提高刺槐林的经济效益,陕西省水保局于1989年设立了黄土丘陵区刺槐胸径生长的影响因子研究课题,以便更好指导本区水土保持用材林的营造和管理。

## 1 研究方法

首先根据影响因子的不同,分别建立试验样地,将所观测得到的资料整理取平均值后进行方差分析,找出对刺槐胸径生长有显著影响的因子。再结合大量野外调查资料归类整理后进行幂函数回归,定性分析刺槐胸径生长与各因子之间的动态关系。

## 2 研究区概况

研究区分布于陕北无定河流域,海拔500~1 900m,相对高差50~120m。年均降雨量300~600mm,土壤为黄绵土,厚度20~100m,下部为矿岩和砂质页岩。为丘陵状低中山地貌,属温带半干旱大陆性气候。平均风速10.5m/s,平均气温8.5℃,最高气温38.1℃,最低气温-22.6℃,无霜期120~170天,干燥度1.5~2。陕北丘陵区年侵蚀模数为500~1 500t/km<sup>2</sup>,造林加上人工整地,使刺槐林地保水70%~98%,保土93%~100%。

### 2.1 不同年均降雨及造林密度

分别在年均降雨500mm、450mm、400mm、350mm的4个试验点,选林分密度每公顷1 050株、1 650株、3 300株、6 660株4种试验地共16组。林区的坡向、林龄、地面坡度统一为北坡、11年、20~30°。样地林木大于100株的,在林地中央连取100株进行测量,小于100株、但要大于15株,进行每株检尺,最后取其平均值见表1。

### 2.2 不同坡度及整地方法

分别在北坡集中连片的一块2 667m<sup>2</sup>的林地内,选坡度小于10°,10~20°,20~30°,大于30°的4块样地。在每块样地中又分别以隔坡水平沟和隔坡梯田两种整地形式造林各一半。造林密度为1 650株/hm<sup>2</sup>,年均降雨量500mm,3年后对样地的林木进行每株检尺,取平均值后见表5。

### 2.3 不同间伐强度

试验地水平沟整地,面积4.4hm<sup>2</sup>。共分两个区组作为重复,面积分别为1.73hm<sup>2</sup>和1.6hm<sup>2</sup>,每个区组设强、中、弱、对照4个间伐处理,共8小块。留两块对照、密度6 660株/hm<sup>2</sup>;以隔株伐一株得弱度间伐区、密度3 300株/hm<sup>2</sup>;在弱度间伐的基础上隔二行伐一行得中度间伐区、密度2 250株/hm<sup>2</sup>;在弱度间伐的基础上隔一行伐一行得强度间伐区、密度1 650株/hm<sup>2</sup>。每小块样地中央选100株刺槐进行标记,3年后对标记木进行每株量测取平均值见表8。

### 2.4 造林前的整地时间和不同地形部位

在平均降雨500mm,以相对的两个山头分为春季整地秋季造林和秋季整地造林两个试验区,每个区又以东西南北脊顶分为五个试验小区、共10块。水平沟整地、密度1 650株/hm<sup>2</sup>。3年后对10块样地的中内部位50株林木进行每株检尺,取平均值后见表11。

### 2.5 不同地形部位

分别从两相连山丘的同一北坡,取两个试验区,每个区又以脊顶、坡面、沟底分上、中、下3部分共6个小区,面积4hm<sup>2</sup>,密度5 250株/hm<sup>2</sup>。7年后在每个小区中取100株进行逐株测量,取平均值见表14。

### 2.6 野外调查

选择样地时,要求造林要有整地措施,林木株数大于15株,无人为破坏和天灾,土壤为黄土母质,间伐林要在间伐后3年以上。对于小于100株的林分进行每株检尺,大于100株的林分选有代表性的100株进行测量。并调查林分的林龄,年均降雨量、地面坡度、地形部位和林分密度。为了便于调整,将雨量、坡度,林分密度接近于某一值的划分一个区间,这一值为代表值,将同等条件下同一区间的林木胸径生长量取平均值见表18。

## 3 结果与分析

### 3.1 不同年均降雨及造林密度

试验样地观测结果,不同密度及不同年均降雨条件下,刺槐胸径生长各不相同,有随密度的

增大而减小、随降雨的增大而增大的趋势。为检验这种差异不是由机误所引起且差异显著、进行方差分析见表2。

表1 不同年均降雨及造林密度下11年生刺槐胸径生长量表 单位:cm

密度(株/666m <sup>2</sup> )		70	110	220	440	平均
年均 降雨	500mm	10.76	9.82	7.70	7.12	8.85
	450mm	9.14	8.71	6.64	6.29	7.70
	400mm	8.26	7.99	6.06	5.74	7.01
	350mm	6.71	6.19	4.56	5.11	5.39
	平均	8.72	8.18	6.24	5.82	7.24

表2 方差分析值

误差来源	自由度	离差平方和	均方	F值	F <sub>α</sub>
年均降雨	3	24.5372	8.17907	168.78	F <sub>0.05(3,9)</sub> = 3.86
林分密度	3	36.6816	12.2272	252.32	F <sub>0.01(3,9)</sub> = 6.99
误差项	9	0.4362	0.04846		
总计	15	61.6550			

年均降雨及林分密度对剩余项的均方比F值分别为168.78, 252.32, 都远大于F<sub>α</sub> = 6.99, 故差异都非常显著。就是说, 不同年均降雨及不同林分密度对刺槐胸径生长的影响非常显著。

为更清楚地反映不同年降雨量之间对刺槐胸径生长的影响程度、将胸径生长平均值进行t检验见表3。

查表得t<sub>α</sub> = 3.182, 计算得S<sub>D</sub> = 0.250 591 324

表3 不同年均降雨条件下刺槐胸径平均值比较 单位:cm

年均降雨(mm)	平均值	500与其它比较	450与其它比较	400与其它比较
500	8.85			
450	7.70	1.15		
400	7.01	1.84	0.69	
350	5.39	3.46	2.31	1.62

显著差异最小差数t<sub>0.05</sub> × S<sub>D</sub> = 0.80。

从表中可知, 不同年均降雨之间、除450mm与400mm之间差异接近显著水平外, 其它都达显著差异, 就是说, 当年均降雨差异在50mm以上时, 刺槐胸径生长有显著差异, 且胸径生长的差异随年均降雨的差异增大而增大。

为进一步弄清不同林分密度之间刺槐胸径的差异程度, 继续列表4进行t检验。

查表得t<sub>0.05</sub> = 3.182, 计算得S<sub>D</sub> = 0.301 894 02, 显著差异最小差数t<sub>0.05</sub> × S<sub>D</sub> = 0.96

表4 不同密度条件下胸径平均值比较表 单位:cm

密度(株/666m <sup>2</sup> )	平均数	70与其它比较	110与其它比较	220与其它比较
70	8.72			
110	8.18	0.54		
220	6.24	2.48		1.94
440	5.84	2.88	2.34	0.40

从表中可看出, 密度70与110之间、220与440之间差异不显著, 而其它密度之间比较都达显著水平, 且随密度差异的增大、胸径差异也明显增大, 就是说, 林分密度越小, 胸径生长越快, 林分密

度越大,胸径生长越慢。但都有一个界限值,当小于某一值后,林分胸径的生长不会因密度的变化而变化,当大于另一值后,林分胸径的生长将处于极缓甚至停止。对于11年生的林分,密度不宜在200以上及70以下,只有在110株/667m<sup>2</sup>左右时,才能使林分胸径生长良好且材积最多。

3.2 不同坡度及整地方法

样地观测值表5为3年生刺槐林胸径生长平均值。从表中可知,不同整地方法和地面坡度情况下,林木胸径各不相同,为了弄清差异程度特进行方差分析见表6。

表5 不同地面坡度及整地方法下刺槐胸径生长量

坡度	<10°	10~20°	20~30°	>30°	平均
梯田	4.20	3.68	3.44	2.44	3.44
水平沟	4.08	3.12	3.02	2.10	3.08
平均	4.14	3.40	3.23	2.27	3.26

表6 方差分析

变差来源	自由度	离差平方和	均方	均方比 F	F <sub>α</sub>
整地	1	0.2542	0.2542	11.99	F <sub>0.05(1,11)</sub> = 161
坡度	1	3.4038	3.4038	160.6	F <sub>0.1(1,1)</sub> = 39.9
误差项	1	0.0212	0.0212		
总计	3	3.6792	3.6792		

不同整地方式的均方比远小于 F<sub>α</sub>,说明不同整地方式对刺槐胸径生长的影响不显著。造成这个结果是因为两种整地方式均按照水保设计要求,是高质量的水平沟及窄条梯田。水平沟宽1.2m,梯田宽2~6m。不同坡度条件下均方比160.6接近于161而远大于39.9,说明差异明显,即不同坡度条件下整地造林,林分胸径生长有明显差异,但不达显著水平。这里因为坡度虽不同,但有整地措施,从而减弱了坡度对刺槐生长的影响。

为进一步弄清不同坡度之间刺槐胸径生长的差异程度,列表7作 t 检验。

表7 不同坡度下刺槐林胸径比较 单位:cm

坡度	平均值	>30°与其它	20°~30°与其它	10°~20°与其它
<10°	4.14	1.87	0.91	0.74
10°~20°	3.4	1.13	0.17	
20°~30°	3.23	0.96		
>30°	2.27			

查表得 t<sub>0.05</sub> = 3.182,计算得 S<sub>D</sub> = 0.384 599 358,显著差异最小差数 t<sub>0.05</sub> × S<sub>D</sub> = 1.22。

故得知,只有坡度小于10°与大于30°之间刺槐胸径生长的差异达显著水平,其它坡度之间虽有差异,但达不到显著水平。这一结论的得出,是在有整地措施的幼林中,就是说,造林整地,将会减弱坡度对林木生长的影响。对于造林整地,林分生长到一定年龄后,整地措施的拦蓄能力逐渐为林木所替代,整地措施由于损坏而蓄水能力逐步下降,不同坡度对刺槐胸径生长的影响也就越来越明显。从分析可知,坡度对林分胸径生长的影响位居林分密度及地形部位之前,仅次于降雨,所以林地中复修和保护整地措施,将大大促进林木的生长。

3.3 不同间伐强度

间伐3年后、不同间伐强度刺槐林分胸径生长两区组平均值比较见表8。

表8 间伐林胸径生长量比较 单位:cm

间伐强度	1988年		1990年	间伐3年增长		
	伐前	伐后		增长量	增长率(%)	增长量为对照的(%)
强	5.22	5.40	7.64	2.24	41.48	191.45
中	5.10	5.52	7.41	1.89	34.24	161.54
弱	4.78	4.90	6.63	1.73	35.31	147.86
对照	5.14	5.14	6.31	1.17	22.76	100

由表中看出,随着间伐强度的增加,林分胸径增长量逐渐增大。当然,间伐强度达到一定强度后,刺槐生长就不会受密度的影响,由于该试验受生产及水土保持需要的限制,没有进行超常度间伐。

两区组不同间伐强度林分胸径增长量方差分析见表9。

表9 方差分析

变差来源	自由度	离差平方和	均方	F值	F <sub>α</sub>
间伐	3	1.1925	0.3975	209.21	F <sub>0.05(3,3)</sub> = 9.28
区组	1	0.0002	0.0002	0.11	F <sub>0.05(1,3)</sub> = 10.1
误差项	3	0.0058	0.0019		
总计	7	1.1985			

从表中可知,区组间的F值远小于F<sub>α</sub>,说明两区组没有显著差异。间伐处理均方比F值远大于F<sub>α</sub>,说明不同间伐强度对林分胸径生长的影响非常显著。

为进一步弄清不同间伐强度之间的差异列表10作t检验。

表10 不同间伐强度刺槐胸径增量比较

间伐强度	对照与弱比较	中与其它比较	强与其它比较	平均值
强				2.24
中				1.89
弱		0.16	0.51	1.73
对照	0.56	0.72	1.07	1.17

查表得  $t_{0.05} = 3.182$ , 计算得  $S_D = 0.222\ 911\ 604$ , 显著差异最小参数  $t_{0.05} \times S_D = 0.71$ 。

故知,只有强与对照,中与对照有明显差异,而其它比较均无明显差异。因此说,对于11年生密度6 660株/hm<sup>2</sup>的林分,必须做中度以上的强度间伐,才能明显使林分胸径增大。见前2.3部分,中度间伐后密度为2 250株/hm<sup>2</sup>,强度间伐后密度为1 650株/hm<sup>2</sup>。

### 3.4 造林前的整地时间和不同地形部位

3年生刺槐林胸径生长平均值见表11。

表11 胸径生长平均值 单位:cm

坡向	北	西	东	南	峁顶	平均
春季整地秋季造林	3.95	3.43	1.90	1.64	1.29	2.44
秋季整地造林	2.41	2.35	1.78	1.33	1.14	1.80
平均	3.18	2.89	1.84	1.48	1.22	2.12

从表中看出,不同坡向林分胸径生长量各不相同,由大到小的次序为北、西、东、南、峁顶。春

季整地秋季造林林分平均生长量大于秋季整地造林的林分。  
不同整地时间及不同地形部位林分胸径生长平均值方差分析见表12。

表12 方差分析

变差来源	自由度	离差平方和	均方	F 值	F <sub>α</sub>
坡向	4	6.04	1.54	7.6	$F_{0.05(4,4)} = 6.39$
不同季节	1	1.02	1.02	5.1	$F_{0.05(1,4)} = 7.71$
误差项	4	0.81	0.20		$F_{0.01(1,4)} = 4.54$
总计	9	6.16			

从表中可知,当 $\alpha=0.05$ 时,不同地形部位刺槐胸径生长有显著差异,而不同整地季节对刺槐胸径的影响不达显著水平。当 $\alpha=0.1$ 时造林前的不同整地时间对刺槐胸径生长的影响才达显著水平。

为进一步分析不同坡向之间的差异列表13进行t检验。

表13 t检验比较值 单位:cm

不同坡向	平均数	北与其它	西与其它	东与其它	南与山顶
北	3.18				
西	2.89	0.29			
东	1.84	1.34	1.05		
南	1.47	1.71	1.42	0.37	
山顶	1.22	1.96	1.67	0.62	0.25

查表得 $t_{0.05}=2.776$ ,计算得 $S_D=0.156$ ,显著差异最小差数 $t_{0.05} \times S_D=0.43$ 。

相互比较值小于0.43的有北坡与西坡,东坡与南坡、南坡与山顶,其它7组坡向之间的比较值大于0.43。因此说、刺槐胸径生长除北坡与西坡、东坡与南坡、南坡与山顶外,其它各坡向之间均有显著差异。

3.5 不同地形部位

表14可知,刺槐在同一坡面的上、中、下不同部位胸径的生长量各不相同,下部生长较好,其次是中部,上部生长较差。

为分析区组间及不同地形部位对刺槐胸径生长的差异是否显著,进行方差分析见表15。

表14 不同地形部位7年生刺槐胸径生长平均值

不同部位	上	中	下	平均
A 组	4.73	5.12	5.86	4.90
B 组	5.19	5.42	6.94	6.05
平均	4.96	5.27	6.20	5.475

表15 方差分析

变差来源	自由度	离差平方和	均方值	F 值	F <sub>α</sub>
部位	2	1.66573	0.83287	45.76	$F_{0.05(2,2)} = 18.5$
区组	1	0.345597	0.345597	18.99	$F_{0.05(1,2)} = 19.0$
误差项	2	0.036403	0.01820		
总计	5	2.04773			

由表中可知,区组均方比F值小于F<sub>α</sub>,说明区组立地条件对林分胸径生长的影响不大,不同

地形部位胸径生长均方比  $F$  值远大于  $F_{\alpha}$ , 说明不同地形部位刺槐胸径生长差异显著。

为进一步弄清不同地形部位之间刺槐胸径生长的差异程度列表16进行  $t$  检验。

表16 不同地形部位胸径平均值比较 单位:cm

地形部位	平均数	中与上比较	下与其它比较
下	6.20		
中	5.27		0.93
上	4.96	0.31	1.24

查表得  $t = 4.293$ , 计算得  $S_D = 0.10538$ , 显著差异最小参数  $t_{0.05} \times S_D = 0.45$ 。

由表知、各比较值中, 只有中与上小于0.45, 其它比较都大于0.45, 就是说, 中部与上部刺槐胸径生长差异不显著, 而下与中, 下与上之间, 刺槐胸径生长均有显著差异。

### 3.6 黄土丘陵区刺槐胸径生长与影响因子的关系模型

从以上分析可知, 显著影响刺槐生长符合正态分布的自然因子有:  $X_1$  —— 年均降雨;  $X_2$  —— 林龄;  $X_3$  —— 坡度;  $X_4$  —— 林分密度;  $X_5$  —— 地形部位。把这5个因子做自变量, 将胸径生长量  $y$  做因变量。胸径的单位为 cm; 年降雨量的单位为 mm; 林龄为年; 密度为株/666.7m<sup>2</sup>, 坡度的量化值见表17, 地形部位的量化值见表18。

表17 坡度量化值

坡度	<10°	10~20°	20~30°	>30°
量化值	1	2	3	4

表18 地形部位量化值

地形部位	沟底	北	西	东	南	山顶
量化值	1	2	3	4	5	6

野外调查的全部资料整理分类后取平均值见表19。

表19 野外调查资料

No	$x_4$	$x_5$	$x_2$	$x_1$	$x_3$	$y$
1	70	2	10	500	2	12
2	70	3	10	400	2	7.8
3	70	3	10	450	2	9.3
4	70	3	10	500	2	10
5	70	3	10	520	2	11.8
6	100	2	10	500	2	11.9
7	100	3	9	500	2	9.4
8	100	3	13	500	2	10.7
9	100	3	15	500	3	11.4
10	100	3	20	500	2	14.2
11	110	2	10	500	2	9.8
12	110	2	11	500	2	12
13	110	2	11	450	2	8.7
14	110	2	11	400	2	8
15	110	2	11	350	3	6.2
16	120	2	10	500	2	11.9

续表19

No	$x_4$	$x_5$	$x_2$	$x_1$	$x_3$	y
17	120	3	10	400	3	5.2
18	120	3	10	450	3	7
19	120	3	10	500	2	9.1
20	120	3	10	520	2	9.8
21	150	1	3	500	3	4
22	150	1	5	500	2	6.3
23	150	1	9	500	4	7.2
24	150	1	11	550	4	11.6
25	150	1	21	600	4	14.1
26	150	2	3	500	2	4.1
27	150	2	5	500	3	4.5
28	150	2	9	500	3	6.8
29	150	2	10	500	3	8.2
30	150	2	15	500	2	12.4
31	150	2	20	500	2	13.7
32	150	2	20	550	3	13.9
33	150	2	25	500	3	14
34	150	3	3	500	2	3.4
35	150	3	5	500	3	4.4
36	150	3	9	500	3	6.6
37	150	4	3	500	4	1.9
38	150	4	5	500	3	4.2
39	150	4	23	500	2	13.2
40	150	5	5	500	3	3.9
41	150	6	5	500	3	3.6
42	150	6	18	450	3	6.7
43	200	2	10	500	4	5.9
44	200	3	9	500	4	5.3
45	200	3	13	500	3	7.6
46	200	2	10	500	3	7
47	220	3	10	520	2	7.4
48	220	3	10	500	2	6.6
49	220	3	10	450	2	6.1
50	220	3	10	400	3	4.6
51	220	5	25	450	3	8.8
52	300	2	10	500	1	8.4
53	320	2	10	500	2	6.6
54	320	3	12	500	2	6.8
55	350	1	7	500	2	6.2
56	350	2	7	500	2	5.2
57	350	2	10	500	2	6.1
58	350	3	9	500	3	5.1
59	350	3	13	500	1	6.3
60	350	6	7	500	1	5
61	400	2	10	500	3	5.8
62	440	2	10	500	3	5.6
63	440	3	10	520	2	5.4
64	440	3	10	500	2	5.1
65	440	3	10	450	2	4.7
66	440	2	10	500	2	6.1



利用计算机,将数据代入幂函数进行回归得模型式为:

$$y = 0.007815721x_1^{1.254098}x_2^{0.6917951}x_3^{-0.3928379}x_4^{-0.3746718}x_5^{-0.2705588}$$

当  $\alpha=0.05$  时,临界值  $F_{0.05(4,85)}=2.5$ ,计算得  $F$  值为124.6,复相关系数  $R=0.98$ ,  $R_0=0.77$ 。回归关系高度显著。从回归关系式的指数可明显看出,对刺槐胸径生长影响最大的是降雨,其次为林龄、坡度、林分密度、地形部位、降雨与刺槐胸径的生长成正相关,坡度、林分密度、地形部位三因子与刺槐胸径的生长成负相关。

降雨指数的绝对值1.254 098、远大于其它因子指数的绝对值,且大于林龄指数的绝对值0.691 795 1,说明降雨是黄土丘陵区刺槐生长的决定性影响因子,降雨量太小的地方,林龄再大,刺槐胸径也不会有多大的增长,降雨量较大的地方,刺槐胸径会随林龄的增大而增大。坡度对刺槐生长的影响虽远不如降雨,且小于林龄的影响,但比林分密度及地形部位的影响还要大。林分密度对林分的影响位居第三,在地形部位之前。是因为目前本地区的林分密度偏大,从而影响了林分胸径的正常生长。地形部位居最后,但对刺槐林分胸径生长的影响也非常显著。

### 4 结 论

- (1)黄土丘陵区年均降雨、林分林龄、地面坡度、林分密度、地形部位对刺槐胸径生长有显著影响。影响最大的是降雨,其次是林龄、坡度、林分密度、地形部位。
- (2)年均降雨对刺槐胸径生长的影响最为突出,远大于林龄对刺槐胸径生长的影响,是黄土丘陵区刺槐生长的限制性因子。当年均降雨差异在50mm 以上时,刺槐胸径生长就有显著差异,且胸径生长的差异随降雨差异的增大而显著增大。
- (3)地面坡度对刺槐胸径生长的影响虽不能与降雨相比,且远小于林龄,可居林分密度与地形部位之前。
- (4)在黄土丘陵区,林分密度对刺槐生长的影响在地形部位之前,其它因子之后。受立地条件的影响。立地条件较好,林分密度相对就可大些,立地条件较差、林分密度相对就要小些。随着林龄的增大、结合水平沟整地及时间伐,使林分郁闭度在70%以下。
- (5)地形部位虽居各因子之后,但也是黄土丘陵区刺槐生长的显著影响因子。共分为六类见表20。

表20 地形部位分类

地形部位	沟底	北坡	西坡	东坡	南坡	山顶
林分胸径生长情况	最好	好	较好	较差	差	最差
量 化 值	方程设计	1	2	3	4	5
	胸径立地指数	1	0.9578	0.9488	0.6041	0.4826

地形部位对刺槐胸径生长的影响除过沟底与北坡、北坡与西坡、东坡与南坡、南坡与山顶之外,其它之间相比较均有显著性差异。

### 参考文献

- 1 马玉玺,杨文治,韩仕峰等.黄土高原刺槐生长动态研究.水土保持学报,1990,(2):26~32
- 2 北京林学院.数理统计.北京:中国林业出版社,1984
- 3 王正秋.刺槐林的间伐与皆伐更新技术.陕西水土保持,1988,(5):7~9