

集水技术与林木生长的土壤水环境研究

王百田 王斌瑞 张府娥 郭 健 杨晓辉

(北京林业大学·北京市·100083)

摘 要 该文依据多种集水技术条件下的降雨径流观测资料和林地不同空间位置上定期土壤水分观测资料,分析了在半干旱黄土地区集水造林技术与土壤水环境的关系,林木对水分的利用状况及林地水量平衡。结果表明:集水技术不仅改善了土壤水环境,而且提高了林木对降水的利用率。

关键词: 集水技术 水量平衡 水分利用

Rainfall Collecting Techniques and Soil Moisture Environment for forest Growth

Wang Baitian Wang Binrui Zhang Fuer Guo Jian Yang Xiaohui
(Beijing Forestry University, Beijing, 100083, PRC)

Abstract According to data of overland flow from runoff plots which represent various rainfall collecting and data of soil moisture from determined positions periodically, the relationship between soil moisture environment and water-harvesting afforestation techniques and rainfall utilization of trees, water balance on afforested lands are analysed in semi-arid loess region. The results show that water-harvesting for afforestation greatly increase rainfall use efficiency of trees and also improve the condition of soil moisture.

Keywords: Rainfall collecting; Water balance; Water utilization

1 引 言

在我国的干旱半干旱地区林业建设负有两幅重担,既要为农牧业生产创造良好的生态环境条件,又要成为地区经济结构的重要基础,依靠林业优势促进地区经济发展帮助群众脱贫致富。但是由于严酷的自然条件,特别是降水资源的极度匮乏,林业的生态和经济建设均面临极大的挑战。集水技术的试验与应用,为该地区合理利用降水资源发展生态经济林业提供了关键技术。

集水造林的核心是通过人工引起并拦蓄地表径流的方法对极有限的降水在空间和时间上进行再分配,在干旱的环境中形成局部湿润的土壤水环境,从而增加林木的有效水分供应量并延长供应时间。当然采取不同的集水措施就会有不同的集水效果,林木所处的土壤水环境也就

不同,因此分析在主要生长季节集水技术对土壤水环境的影响及其与林木生长过程中的水量平衡和水分利用的关系,对更加合理的利用珍贵的降水资源,提高土地资源的利用率,节约人工造林的投资量等方面都有十分重要的意义。

2 试验地概况

试验地在山西省方山县峪口镇,属黄河一级支流三川河流域的北川河流域。该地区的多年平均气温 7.3°C , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温 $2\ 819.7^{\circ}\text{C}$,降水量 426mm ,自由水面蒸发量为 $1\ 857.7\text{mm}$,干燥度 1.3 ,无霜期 140 天。土壤为黄绵土。全区水土流失严重。

3 试验观测方法

3.1 集水措施

在试验地对集水区分别进行 YJG-1 号地表防渗、人工夯实地表和保持自然坡面等处理,每种处理分别是 3m^2 、 4m^2 、 4.5m^2 、 6m^2 和 8m^2 等不同的集水面积及 2m^2 的植树带。主要试验树种有刺槐、白榆、侧柏、油松等,林龄 2 年到 8 年不等。

3.2 集水量

使用自记雨量计连续观测降雨量。采用径流小区的方法分别不同集水措施观测降雨的实际产流量,同时以不同条件下的人工降雨作为补充。

3.3 土壤水分

在 $0\sim 100\text{cm}$ 的范围内,每 20cm 一层,采用中子水分仪和烘干法进行定点定时观测。

3.4 蒸发散

土壤蒸发应用蒸发筒进行观测,林木蒸腾采用 LI-1600 气孔仪分别不同冠层、不同部位、不同叶龄(针叶)进行观测。

4 结果分析

4.1 集水技术与有效集水量

集水区的降雨径流过程可以表示为:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = r - f$$

$$q = ah^m$$

式中: q —— 坡面末端的单宽流量($\text{m}^3/\text{s}\cdot\text{m}$); h —— 坡面末端径流深(m);

r —— 有效降雨强度(m/s); f —— 土壤的入渗强度(m/s);

α, m —— 参数, $m = 5/3$, $\alpha = \sqrt{\sin\theta/n}$

t —— 时间(s); x —— 坡长(m); θ —— 坡度($^{\circ}$); n —— 造度

在土壤含水率为 10% ,降雨强度为 $0.1\sim 1.0\text{mm}/\text{min}$ 的条件下,经人工降雨试验得出集水区地表经过 YJG-1 号防渗处理和人工夯实表层土壤防渗处理后的径流系数分别为 $0.77\sim 0.90$, $0.13\sim 0.23$,而自然坡面则在 $0.03\sim 0.12$ 之间。根据 1992 年到 1994 年的小区观测资料统计分析,3 种措施的年平均径流系数分别为 0.62 , 0.24 和 0.16 ,YJG-1 号处理区略低一些而其它两种措施则稍高一些,其原因主要是在雨季集水区地表土壤含水率比较高。在集水面积为 4m^2 、 6m^2 、 8m^2 的条件下,各种集水措施所能产生的集水量如表 1,表 2 所示。该地区在 5

~10月生长季的多年平均降水量为336mm, YJG-1号、人工夯实和自然坡面处理每1m²可分别产生0.22692m³、0.0874m³和0.05856m³的径流。

表1 不同集水技术的平均集水量 m³

月份	雨量 (mm)	YJG-1号			夯实拍光			自然坡面		
		4m ²	6m ²	8m ²	4m ²	6m ²	8m ²	4m ²	6m ²	8m ²
5	25.8	0.0640	0.0960	0.1280	0.0248	0.0372	0.0495	0.0165	0.0248	0.0330
6	56.3	0.1396	0.2094	0.2792	0.0545	0.0811	0.1081	0.0360	0.0540	0.0721
7	99.8	0.2475	0.3713	0.4950	0.0958	0.1437	0.1916	0.0639	0.0958	0.1277
8	89.1	0.2210	0.3315	0.4420	0.0856	0.1283	0.1711	0.0570	0.0855	0.1140
9	62.7	0.1555	0.2332	0.3110	0.0602	0.0903	0.1204	0.0401	0.0602	0.0803
10	32.3	0.0801	0.0202	0.1602	0.0310	0.0465	0.0620	0.0207	0.0310	0.0413
总计	366	0.9077	1.3615	1.8154	0.3514	0.5270	0.7027	0.2342	0.3514	0.4685

表2 1993年不同集水技术的集水量 m³

月份	雨量 (mm)	YJG-1号			夯实拍光			自然坡面		
		4m ²	6m ²	8m ²	4m ²	6m ²	8m ²	4m ²	6m ²	8m ²
5	39.8	0.0987	0.1481	0.1974	0.0382	0.0573	0.0764	0.0255	0.0382	0.0509
6	37.5	0.0930	0.1395	0.1860	0.0360	0.0540	0.0720	0.0240	0.0360	0.0480
7	76.3	0.1892	0.2838	0.3784	0.0732	0.1099	0.1465	0.0488	0.0732	0.0977
8	148.9	0.3693	0.5539	0.7385	0.1429	0.2144	0.2859	0.0953	0.1429	0.1906
9	55.6	0.1379	0.2068	0.2758	0.0534	0.0801	0.1068	0.0356	0.0534	0.0712
10	15.5	0.0384	0.0577	0.0769	0.0149	0.0223	0.0298	0.0099	0.0149	0.0198
总计	368.6	0.9141	1.3712	1.8283	0.3539	0.5308	0.7077	0.2359	0.3539	0.4718

从集流量的时间分配来看,由于受降雨的影响也主要集中在7、8、9三个月,约占生长季总量的70%。

4.2 径流的人渗与蓄积

4.2.1 降水的入渗过程 由于集水技术对降水的再分配作用,在有降雨发生时使得集水面和植树带在同一时间内获得的有效入渗量产生很大的差别,如表2所示在一次降雨中YJG-1号、夯实拍光和自然坡面3种处理的集水面和植树带分别相差12~24倍、2~3倍、1.2~1.5倍。在5~10月3种处理的植树带内获得的有效降水分别比集水面高5.9~9.1倍、3.9~5.3倍和3.5~4.3倍,即通过集水面直接进入土壤的水分分别为139.1mm、278.2mm和303.4mm,而通过2m²植树带进入土壤的水分可分别达到819.8~1273.4mm、540.8~628.0mm、483.0~600.5mm。这样在林地的平面上就形成了干湿不同的分布状况,从而影响到水分的入渗过程,同时也影响到土壤水分的运动过程,如再分布过程,蒸发过程,林木根系吸水过程等。

在对集水区地表作了不同防渗处理之后,同植树带相比,水分入渗的界面和控制剖面均产生了较大的变化,极大地掩盖了下层土壤物理性质的作用,使入渗过程主要受控于入渗界面,从而形成了以结皮阻力为主的入渗过程。在植树带则相反,由于造林整地的作用,整个剖面土壤物理性质均一,土壤容重降低(1.1~1.25g/cm³),毛管和非毛管孔隙均有提高。

在一般积水条件下土壤的入渗能力可以表示为:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} [D(\theta) \frac{\partial \theta}{\partial z} - K(\theta)]$$

$$\theta(z, 0) = \theta_0 \quad \theta(0, t) = \theta_s$$

式中： θ ——土壤含水量； t ——时间； z ——土层深；
 θ_0 ——初始土壤含水率； θ_s ——饱和土壤含水率； $D(\theta)$ ——土壤水分扩散率；
 $K(\theta)$ ——土壤非饱和导水率。

对于夯实拍光坡面，自然坡面及植树带内应用牛顿——辛普森迭代法求解上式得到降水的入渗过程如图 1、图 2 和图 3 所示。显然，植树带经过整地松土之后具有较好的土壤物理性质，入渗速率要比集水面高得多，结果入渗深度要比集水面深几倍到几十倍，从而有效地抑制了地表蒸发过程，提高了水分利用率。在集水面经过人工夯实拍光处理之后，表层土壤容重可达 $1.4 \sim 2.0 \text{g/cm}^3$ ，比自然坡面（一般 $1.1 \sim 1.3 \text{g/cm}^3$ ）的土壤紧实度要高，因此入渗率、入渗深度有大幅度降低。

4.2.2 土壤水分蓄积 降雨后径流水进入植树带后是否能完全被植树带土壤所吸收容纳，并不至于产生较大的侧向迁移而有效地供给林木吸收利用，主要决定于两个因子，即土壤的蓄水能力和非饱和导水率。在植树带土壤的田间持水量可达 21% 左右，在 1 m 土层深内总的有效蓄水容量可以达到 $0.693 \sim 0.756 \text{m}^3$ ，如果土壤含水率为 10% 和 15% 时，则一次降雨有效蓄水容量分别可达

表 3 集水面与植树带雨量分配表

处 理	坡长(m)	雨量(mm)	雨强 (mm/min)	植树带 (mm)	集水面 (mm)
YJG-1号	4.0	15.4	1.0	66.4	2.7
	3.0	15.4	1.0	55.4	2.1
	1.5	15.4	1.0	34.3	2.8
拍光处理	4.0	18.1	1.0	36.4	13.6
	3.0	18.1	1.0	30.8	13.9
	1.5	18.1	1.0	25.1	13.4
自然坡面	4.0	31.0	1.0	42.8	28.1
	3.0	31.0	1.0	39.1	28.3
	1.5	31.0	1.0	35.5	28.0

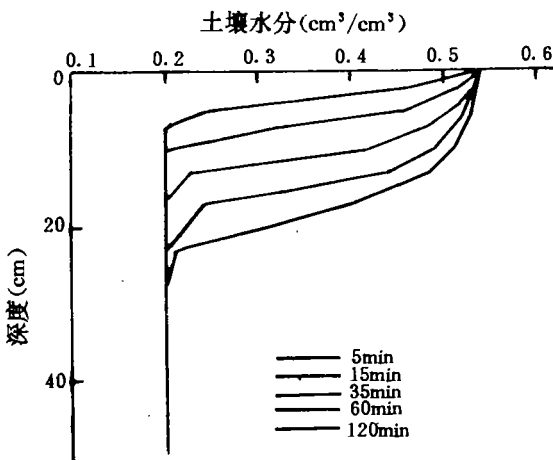


图 1 植树带地表降水入渗过程

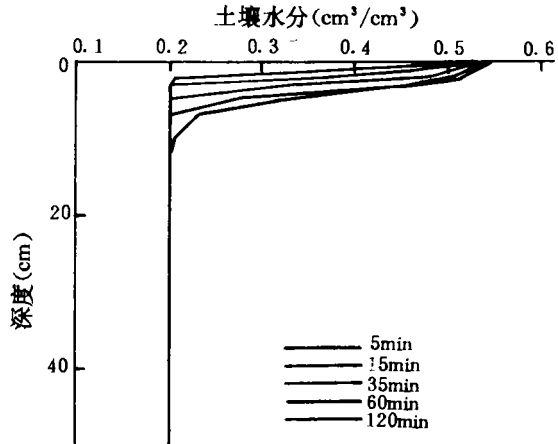


图 2 拍光集水面降水入渗过程

$0.363 \sim 0.396 \text{m}^3, 0.198 \sim 0.216 \text{m}^3$ ，如表 3 所示。

储存在植树带中的水分能以多大的有效性供给林木生长使用，主要取决于土壤的水容比 $c(\theta)$ 和非饱和导水率 $k(\theta)$ 。经野外现场测定它们可分别表示为

表 4 植树带 1m 土层接受的降雨量 mm

土壤 含水量	集水区处理方法与集水面积(m²)								
	YJG-1号			拍光处理			自然坡面		
	4	6	8	4	6	8	4	6	8
10%	146	98	73	378	252	189	567	378	284
15%	79	53	40	206	138	103	309	206	156

$$c(\theta) = 2.8599E - 06e^{33.534\theta} \quad (\theta \geq 0.14)$$

$$c(\theta) = 1.5790E - 06e^{33.289\theta} \quad (\theta < 0.14)$$

$$k(\theta) = 0.6716E - 09e^{72.119\theta} \quad (\theta \geq 0.14)$$

$$k(\theta) = 2.2099E - 10e^{76.118\theta} \quad (\theta < 0.14)$$

4.3 水分消耗

4.3.1 土壤水分动态过程 由于降水和集水作用使土壤水分增加,而林木蒸腾和土壤蒸发又使土壤水分被不断地消耗掉,定时定位所观测到的土壤含水率的瞬时值实际反映了各因子相互作用的中间结果。如果能对它的状态和变化做出动态预测则对林木生长过程中的土壤水分管理、集水措施的效益评价和林木生长预测等都有重要的意义。

植树带土壤水分供给的唯一来源是降雨和集流,土壤水分消退过程主要是蒸腾、蒸发,则某一时段土壤水分的增加量为:

$$W_H = P + R_s - I_c$$

式中: W_H ——土壤水分有效供给量; P ——降雨量;
 R_s ——集流量; I_c ——地上截留损失量。

土壤水分的消耗量与土壤含水量成反比: $dW_t/dt = -kW_t$ 。

则 $W_t = W_0 e^{-kt}$

式中: k ——土壤水分消退的比例因子; W_t ——时段末土壤含水量;
 W_0 ——时段初土壤含水量; t ——计算时段

植树带土壤含水量动态过程可以表示为:

$$WP_{t+1} = (\sum W_{Ht} + W_t) e^{-kt}$$

其中 $e^{-kt} = Me$ 叫做土壤水分消退系数,反映了土壤水分消耗的速度,如表4所示。

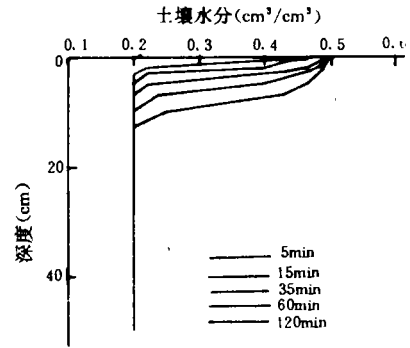


图 3 自然集水面降水入渗过程

4.3.2 土壤水分消耗 集水技术改变了

林地的蒸散环境影响到林木根系对水分的吸收和土壤蒸发的过程主要表现在这样几个方面:一是改变了土壤水环境。进入植树带的水分要比集水面高出几倍甚至几十倍,林木处于水分胁迫的机率减小,满足气候蒸腾需求的机率增加;二是改变了地面的辐射平衡。由于整地工程和对集水面的处理,改变了下垫面性状和太阳的入射角,导致局部辐射平衡改变。计算结果表明下半年水平面上接受到的辐射量总是大于集水面;三是改善了土壤热量状况。反坡梯田、水平沟等蓄水整地工程减少了植树带内的直接太阳辐射,一般土壤温度要比阳坡低2.0~2.4℃;四是整地并植树后地表糙度增加近地层风速减弱。

一般来说,林分的实际蒸散量小于林分的蒸散力。在一定的气候条件下,林分的蒸散力是一定值,而实际蒸散量的大小主要决定于土壤水分的供应能力。在干旱半干旱地区由于天然降雨量极有限,在全年中实际蒸散量很难达到潜在蒸散量,二者之比很低,抑制了林木对水分的利用,从而限制了林木的生长。集水措施的实质就是通过对降雨量的再分配,在同一块林地上

表5 土壤水分消退系数

含水量 (cm³/cm³)	月 份						
	4	5	6	7	8	9	10
0.24	0.87	0.91	0.82	0.68	0.72	0.86	0.74
0.12	0.81	0.76	0.68	0.62	0.70	0.71	0.65

人为造成局部湿润环境——植树带,使其实际蒸散量达到或接近蒸散力,而相对在集水面上因入渗水量减小处于干旱环境中实际蒸发量远远低于潜在蒸散量,全年都处于蒸发强度极低的状态。这样对全林地来说,降水资源并没有增加,平均实际蒸散量仍然远低于该气候条件下的蒸散力,但是通过集水面蒸发量的降低和植树带水分供应量的增加,为林木的生长创造了该气候条件下较好的水分利用环境。

图4、图5列出了1993年5月至10月份不同集水措施条件下刺槐林(5年生)和白榆林(7年生)的水分消耗总量(YJGC、RSC、NSC 分别代表 YJG-1号、人工夯实和自然坡面三种集水区处理), SE 为土壤蒸发量, TT 为林木蒸腾量, ET 为植树带蒸散量, WHV 为集水总量, SW 为土壤贮水量。观测结果表明:两种林分的实际蒸散量都要高于同期降雨量,且集水效率越高则蒸散量也越高,林木蒸腾所占的比例也越高。在蒸散项中约有17%~33%的水分用于地表蒸发,67%~83%的水分用于林木蒸腾。在总的水分分配中约有81%~96%的水分被蒸散掉,4%~11%被储存或进入土壤深层。

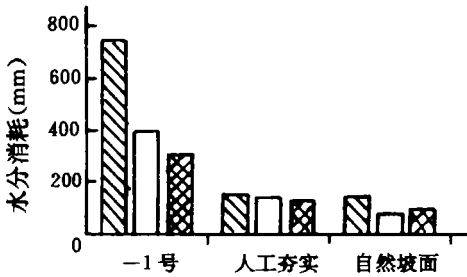


图4 刺槐林地水分消耗
(蒸腾 蒸发 储存)

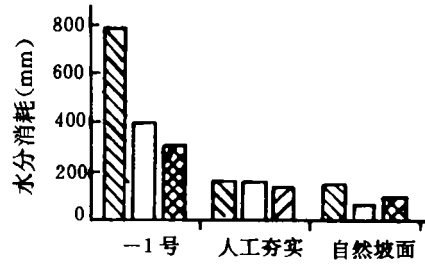


图5 白榆林地水分消耗
(蒸腾 蒸发 储存)

4.4 水量平衡与水分利用潜力

4.4.1 水量平衡 集水措施对降水在空间上的分配导致了林地上水分小循环途径的变化,在较大范围林地水量平衡的基础之上形成了集水区和水分利用区两个具有显著差异的微型平衡区,并在集水林的林地上交替分布。集水区和水分利用区的水量平衡式可分别表示为:

$$\text{利用区} \quad P + R = E_s - T \pm \Delta W$$

$$\text{集水区} \quad P - R = E_c \pm \Delta w$$

$$\text{全林地} \quad P = T + E \pm \Delta w$$

式中: P ——降雨量; R ——地表径流量; E_s ——植树带土壤蒸发量;

E_c ——集水面土壤蒸发量; ΔW ——土壤水分储存量。

表6、表7列出了刺槐、白榆林地在1993年的水量平衡结果,对具有3m²、4m²、4.5m²、5m²、6m²、8m²集水区面积和2m²植树带的林地来说,5~10月生长季总降水量分别为1.843m³、2.2116m³、2.3959m³、2.9488m³和3.686m³,但是采取不同集水技术后对这些降雨量进行了人工再分配后,在林地不同区域上土壤的水环境有了很大的差异,影响到蒸散过程,导致水量平衡各分量所占比例不同,实际结果为林木蒸腾利用的水分有了大幅度的增加,地表蒸发的总量大幅度降低,即集水技术起到了在不增加林地总降水量的条件下,降低无效土面蒸发提高降水利用率的作用。从表中可看出,集水区产流率越高,林木蒸腾利用的水分越多,而相应地地表

蒸发所占的比例越低。在林地空间上集水区和植树带的水量平衡的差异是显著的,前者的水分主要用于地表蒸发,后者主要用于蒸腾,集水区防渗性能越好这种差别越大。

表6 林地水量平衡表

m³

项 目	YJG-1号			拍光处理			自然坡面			
	4m ²	6m ²	8m ²	4m ²	6m ²	8m ²	4m ²	6m ²	8m ²	
刺	集水面积	4m ²	6m ²	8m ²	4m ²	6m ²	8m ²	4m ²	6m ²	8m ²
	蒸腾量 T	1.1778	1.5720	1.7562	0.7092	0.7106	0.8106	0.5432	0.6160	0.6874
	蒸发量 E	0.8875	1.1677	1.4604	1.4516	2.0414	2.6208	1.5216	2.165	2.8094
槐	储存量 ΔW	0.1463	0.2091	0.4694	0.0508	0.1638	0.02626	0.1468	0.1678	0.1890
	总水量 P+R	2.2116	2.9488	3.6860	2.2116	2.9488	3.6860	2.2116	2.9488	3.6860
	蒸发比 E/P	40.13	39.60	39.62	65.64	67.40	71.10	68.8	73.42	76.34
白	集水面积	3m ²	4.5m ²	6m ²	3m ²	4.5m ²	6m ²	3m ²	4.5m ²	6m ²
	蒸腾量 T	0.9220	1.1766	1.4872	0.6806	0.7106	0.8106	0.5446	0.5786	0.6292
	蒸发量 E	0.7142	0.9404	1.1599	1.1078	1.5343	1.9698	1.1968	1.6705	2.1496
榆	储存量 ΔW	0.2084	0.2820	0.3017	0.0546	0.1510	0.1654	0.1016	0.1468	0.1696
	总水量 P+R	1.8430	2.3959	2.9488	1.8430	2.3959	2.9488	1.8430	2.3959	2.9488
	蒸发比 E/P	38.65	39.25	39.33	60.11	64.06	66.80	64.94	69.72	72.90

表7 植树带和集水面土壤蒸发量表

m³

项 目	YJG-1号			拍光处理			自然坡面			
	4m ²	6m ²	8m ²	4m ²	6m ²	8m ²	4m ²	6m ²	8m ²	
刺	集水面积	4m ²	6m ²	8m ²	4m ²	6m ²	8m ²	4m ²	6m ²	8m ²
	集水面 E _c	0.5603	0.8397	1.1205	1.1205	1.6808	2.2411	1.2385	1.8577	2.4770
槐	植树带 E _b	0.3312	0.3332	0.3478	0.3028	0.3182	2.6208	1.5216	2.165	2.8094
白	集水面积	3m ²	4.5m ²	6m ²	3m ²	4.5m ²	6m ²	3m ²	4.5m ²	6m ²
	集水面 E _c	0.4202	0.6303	0.8404	0.8404	1.2606	1.6808	0.9289	1.4928	1.8577
榆	植树带 E _b	0.2952	0.3144	0.3254	0.2732	0.2824	0.3006	0.2542	0.2566	0.2644

4.4.2 水分利用潜力 从该地区的降水资源和水量平衡结果来看,使用适当的集水技术可以极大地提高有限降水资源的水分利用率。目前在使用 YJG-1号、人工夯实拍光和自然坡面集水3种措施条件下林木蒸腾所占总降水的比重分别为59.87%~61.35%、28.9%~39.89%和27.1%~35.94%。集水效果越好林木水分利用率越高的主要原因是,在降雨后部分雨量以地表径流的形式直接渗入植树带土壤中,通过再分配过程较均匀地储存在较深层的土壤剖面内部,同时约80%的林木吸收根系分布在这个区域内,表层土壤也因微环境的原因具有较低的蒸发强度,故大量的水分通过林木根系吸收后再蒸腾到大气中去,而不是直接从土壤表层蒸发到大气中去。

同时可以看出 YJG-1号处理集水面积的大小对林木水分利用率的影响并不显著,大约为60%左右,而拍光处理和自然坡面则有较显著的影响,一般规律是集水面积越大土壤蒸发量越高,对水分利用率也越低,在集水面积为3m²~8m²相差约6%~12%左右。因此从不同集水技术对林木水分利用率的影响来看,在该地区防止或抑制土壤蒸发,特别是集水面上的土壤蒸发,提高集水面的产流率是提高水分利用率的基本措施。

5 结 论

1. 对 YJG-1号、人工夯实拍光和保持自然坡面3种集水技术,在5~10月生长季中每1m²的有效产流量分别为0.226 92t、0.087 4t、0.068 65t,相当于具有8m²集水区时2m²植树带内可分别获得有效降水分别为1 273mm,715.5mm和601mm。

(下转第36页)

西宁市西川地区发生泥石流,使厂矿车间被淤塞,公路、民房被毁,严重影响正常的生产和人民群众的生活,造成重大损失。

5 冰雹

冰雹是一种从强烈发展的积雨云中落下来的冰块或水疙瘩,人们通称“雹子”它往往发生在7、8月份,来势迅猛,危害极大。冰雹不仅打毁庄稼,毁坏民房,而且打死人畜的现象也常发生。青海东部区是雹灾比较严重的地区,冰雹危害几乎每年都发生。其中,1978年和1979年雹灾的受害面积分别为9.44万 hm^2 和11.75万 hm^2 。

6 人为水害

东部地区的人为水害有水质污染、灌区次生盐渍化,人为水土流失及生态环境恶化。

水质污染:水质污染主要是湟水沿岸的城镇,每天有近30万 t 未经处理的废水直接排入湟水,占湟水多年平均流量的5%;此外,使用农药、化肥大约10%~20%附着在农作物上,一部分在雨水作用下,最终流入河道,造成污染。据统计湟水干流70%的河段受到污染,严重的影响着人民的身体健康和农业生产。

灌区次生盐渍化。长期以来,各灌区在修建农田灌溉工程中,忽略了排水设施,造成有灌无排和大水漫灌、串灌的旧习;加上管理不善,渠道渗漏,以及人为的经济活动等影响,使地下水位以每年0.2~0.5m的速度上升,土壤次生盐渍化程度加快。据1990年调查,湟水流域盐碱地5733 hm^2 中的小麦,蔬菜生长受到很大抑制,农产品质量差、产量下降,以每 hm^2 减产1500kg计,则流域内8县一市每年损失粮食约865万 kg。

此外,还有人为了水土流失,水害引起的生态环境恶化,以及城市水害等问题。(参考文献略)

(上接第13页)

2. 在土壤含水率为10%~15%时,具有4 m^2 ~8 m^2 集水面积的 YJG-1号、人工夯实拍光和自然坡面的植树带1m深土层可蓄积有效水分分别为40~146mm、103~378mm和156~567mm的降雨。

3. 进入植树带的水分有17%~33%被直接从地表蒸发,67%~83%用于林木蒸腾。

4. 降雨在全林地的分配中,YJG-1号处理、人工夯实拍光处理和自然坡面3种集水条件下林木蒸腾分别占总降水量的比例为59.9%~61.4%、28.9%~39.9%和27.1%~35.9%,呈现出地表防渗性能越好,地表产流率越高,林木蒸腾水分利用率越高的趋势。

5. 在拍光处理和自然坡面两种条件下,集水面积越大则土壤蒸发所占的比例也越高,林木蒸腾利用水分的比例下降,因此如何控制适当的集水面积,防止集水面土壤的蒸发是今后提高水分利用率的重要研究方向。

参 考 文 献

- 1 王百田. 干旱半干旱地区集流造林工程设计. 水土保持学报, 1993, 7(4)
- 2 王百田, 王斌瑞. 黄土坡面处理与产流过程研究. 水土保持学报, 1994, 8(2)
- 3 Myers. L. E., Water-harvesting 2000 B. C. to 1974, A. D. Proc. Water-Harvesting Symp., Phoenix, AZ. 26-28 March 1974.
- 4 Kowsar A., Water-Harvesting for afforestation: I. Dependence of tree growth on amount and distribution of precipitation. Soil Sci. Soc. Am. J. 46:802-807, 1982.