

吴旗飞播沙打旺草地的 土壤水分动态研究

曹淑定 从心海 梁一民 李代琼

(中国科学院西北水土保持研究所)

在半干旱的陕西省吴旗县，飞播沙打旺的试验取得了成功，近年来又有较大面积的推广。对于飞播沙打旺生长多年后的土壤水分问题，特别是沙打旺衰败后，其土壤水分能否供给种植其它植物生长的需要？飞播沙打旺采取怎样的配置更能有效而合理地利用该区水分资源？这些问题在目前大面积推广飞播沙打旺的过程中，已引起有关科学工作者的关注。为了了解沙打旺草地土壤水分状况及其与沙打旺生长、产量的关系，我们在该飞播区对不同年龄、不同立地条件和不同时期的土壤水分作了连续两年的测定和研究，结果如下。

一、试验区的自然概况

试验区位于吴旗县西北部的铁边城、王洼子和新寨三个公社内，属洛河河源梁峁状丘陵沟壑区。海拔1,365—1,650米。土壤为黄绵土，水土流失严重。植被属干旱草原类型，一般覆盖度为0.2—0.4。气候干冷多风，温差变化大。年平均气温7.5℃，绝对最高温35.5℃，绝对最低温-27℃。1975—1980年平均年降水量391.9毫米，7—9三个月降雨量占全年降水量的60—70%，且多为阵性暴雨。早霜9月上、中旬，晚霜5月中、下旬，无霜期120天左右。全年盛行西北风，常伴有黄沙浮土。

1976—1979年播种面积共9,896亩。测定样点多取半阴坡，坡度20°—22°。植株生长中等，密度为每平方米4—5和10—15株的地块。对照地取自相邻封禁的荒山地块。

二、结果和分析

(一) 不同年龄的沙打旺草地土壤水分的变化动态

根据对飞播沙打旺草地土壤水分两年测定的资料分析，沙打旺草地的土壤含水量有着一定的变化规律。测定表明，随生长年限的增多，土壤水分有明显下降（图1—2）。

由图1和图2可见：

1、两年降水量不同（1980年为327毫米，1981年为403毫米），水分恢复有差异，

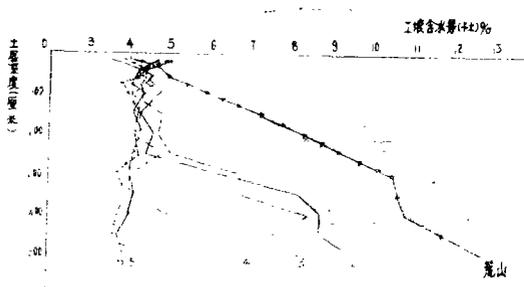


图1 不同年龄的飞播沙打旺草地1980年土壤含水量变化

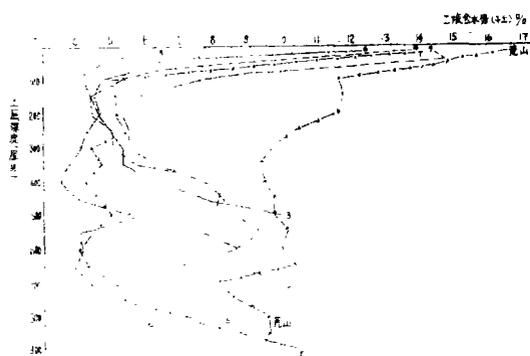


图2 不同年龄的飞播沙打旺草地1981年土壤含水量变化

故上部1米土层内湿度有明显差异。

2、不同年龄的强烈吸水层深度（以4—6%含水量为准）不同。如图1，3年生为3米，4年生为4.5米，5—6年生达5米以下（仅测至5米）；图2中3—5年生为3.5米，6—7年生接近8米。这说明生长年限愈长，耗水层愈深，水分含量也愈少。就整个土层水分剖面来说，各龄植株均在这一距离内集中吸水，耗水量和耗水强度最大，土壤被强烈干燥，接近凋萎湿度。

3、沙打旺草地和荒山植被吸水强度不同。图中曲线表明，沙打旺草地较对照荒山的耗水量和耗水强度都大。荒山的水分曲线自表层均匀下降，不形成一强烈吸水层。含水量两年分别与4—12%和9—17%。

4、沙打旺水分曲线，在150—300厘米之间形成一个低于上部和下部的低湿层，而且年龄愈大，低湿层愈明显。如6年生草地，上部干土层含水量为5—12%，下部干土层为5—6%，而中部低湿层则为4%。

（二）土壤水分条件与沙打旺生长的关系

测定表明，不同立地条件，不同生长年限，不同生长密度，各层土壤的水分状况不同，沙打旺的生长情况也不同。

1、土壤含水量与沙打旺根深的对应关系。从系统的观测资料看，沙打旺根系入土深度与土壤含水量成一对对应关系。也就是说，当根系到达土层的含水量接近同层荒山的含水量时（播区封禁荒山的干土层含水量一般在9—17%之间），一般来说，这时的土层深度即是根系分布的最深层。测定结果表明，4—7年生植株，分别在6—9米左右处，水分含量出现这种对应关系。用这种对应关系确定的根系分布深度和实测基本相符，这是根系利用深层水分的结果，它在掌握各年水分动态及根系研究中颇有意义（图3）。

2、土壤含水量与沙打旺生长密度的关系。沙打旺生长密度不同，其土壤含水量也不同。

图4说明,同龄沙打旺平均每亩密度在1—2万株的土壤含水量,比每亩平均2,000株的显然减少,特别从300厘米土层以下为甚。这是因为密集交织生长的根系,互相争夺水分和养分,为了正常的生长需要,只有吸收深层水分,故耗水量比稀疏的高。

3、不同立地条件下的土壤含水量变化及对沙打旺生长的影响。立地条件不同,影响植物生长的土壤和水分状况也不同。白石咀播区5年生沙打旺1980年10月实测资料,可以说明这种不同生态环境条件对沙打旺生长的影响(表1)。

由表1可知,沟底的高容重红胶土冲积层,1米内干土壤含水量为16—19.7%,水分充足,可满足植株生长需要,根系以须根为主,向周围分生许多柔嫩纤细的小根,根深仅1米余。沟坡中部,土壤下层出现白墙土冲积物,上部有鼠害破坏了部分土壤结构,平均容重1.24,干土含水量4—4.9%,植株生长较差,根有腐烂现象。梁岭坡上部为深厚黄绵土,平均容重1.2,干土壤含水量4.6—8%,根系以主根为主

随生长年限增加,不断向深层延伸,可达6米深,以抽取深层水分。

(三) 沙打旺草地的耗水量与耗水效率

植物对水分的需要在数量上比之对别的养料大得多,它要形成一定重量的干物质,就要消耗几百倍乃至上千倍的水分。而需水的多少则决定于植物的种类及气象和土壤条件,其数量的变化是很大的。不同种类的植物要求不同数量的水分,同种植物也因发育程度和年龄不同消耗不同数量的水分。一般来说,在一定范围内,形成较高的产量要求较高的水量。

据测定,沙打旺植株旺盛,根系发达,生产量高,其耗水量较之封禁多年的荒山植被也高。但从表2和表3资料可见,沙打旺虽然耗水量大,但其耗水效率高。也就是说,生产1克干物质所消耗的水分克数低于荒山植被,说明其利用有效水分的效率高,用水经济。如表2和表3所列,生长3—7年的沙打旺草地,年总耗水量平均360.4毫米,地上干物质亩产302.8斤,耗水系数平均为600.8;荒山植被年总耗水量平均262.2毫米,地上干物质平均亩产102.6斤,耗水系数平均3,630。即沙打旺耗水量为荒山的1.38倍,但

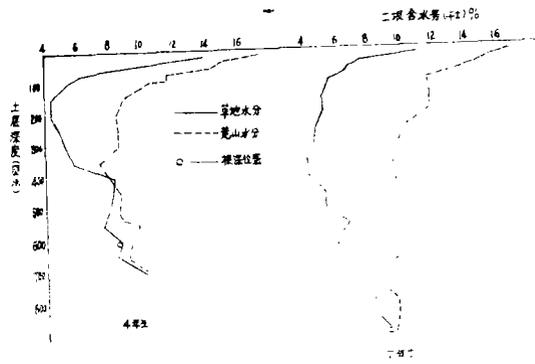


图3 沙打旺根深位置与土壤含水量的对应关系

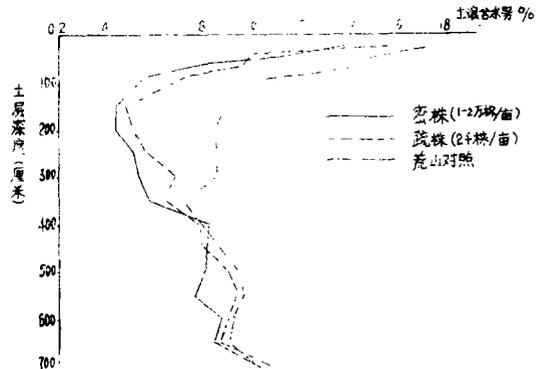


图4 4年生沙打旺不同生长密度土壤含水量变化

表 1 白石咀飞播区 5 年生沙打旺不同立地条件的土壤含水量变化

土层深度 (厘米)	柳沟沟底红胶土冲积层		柳沟沟坡中部 (下部有白堵土冲积物)		营盘山梁崩坡上部黄绵土	
	土壤水分 (%)	土壤容重 (克)	干土壤水分 (%)	土壤容重 (克)	干土壤水分 (%)	土壤容重 (克)
0—10	15.68	1.48	4.22	1.24	7.51	1.13
10—20	17.18	1.45	3.79	1.22	8.27	1.16
20—30	15.01	1.46	3.73	1.21	7.68	1.12
30—40	15.5	1.40	3.76	1.19	7.74	1.15
40—50	18.34	1.49	3.67	1.27	8.12	1.16
50—60	18.18	1.45	3.91	1.19	7.51	1.11
60—100	19.69	1.48	3.97	1.31	5.83	1.12
100—150			4.85	1.24	4.79	1.21
150—200			4.79	1.28	4.49	1.23
200—250			4.59	1.23	4.79	1.25
250—300			4.92	1.30	4.97	1.24
300—350					4.55	1.22
350—400					4.76	1.27
400—450					4.55	1.20
450—500					7.67	1.28
平均	17.08	1.45	4.20	1.24	6.22	1.19
入土根深 (厘米)	100		365		640	

表 2 沙打旺 (计算层为 5 米) 草地土壤耗水量与产量

年 龄	土壤储水量 (毫米)		总耗水量 (毫米)	地上部分产量 (斤/亩)		耗水系数	播区名称
	年初	年终		鲜重	干重		
3	467.71	369.40	495.51	2,794.7	867.10	760.0	许寨子
4	408.43	421.72	389.91	2,914.8	993.82	523.3	三谷窑
5	271.21	478.20	196.21	2,267.8	729.55	358.8*	王津子
6	295.07	305.57	392.63	2,114.4	669.84	781.9	白石咀
7	384.56	360.03	327.73	2,147.7	753.71	580.1	人工试验地
平均			360.40		802.80	600.8	

5 年生因地块差异, 年初储水量测定偏低, 耗水系数也低。

干物质产量却为荒山的 7.8 倍, 故耗水系数只有荒山的 1/6, 生产 1 克干物质沙打旺需要消耗 600 克的水, 而荒山植被则需 3,630 克水, 可见沙打旺草地耗水效率高。在各生长年限中, 以 4 年生的产量为最高, 耗水效率也较高。

表3 封禁荒山植被(计算层为5米)土壤耗水量与产量

年 龄	土壤储水量(毫米)		总耗水量 (毫米)	地上部分产量(斤/亩)		耗水系数	播 区 名 称
	年 初	年 终		鲜 重	干 重		
3	565.45	760.64	208.01	223.45	78.21	3,547	许寨子
4	481.20	574.51	309.89	200.10	70.04	5,902	三谷窑
5	414.85	613.55	204.50	353.46	106.04	2,573	王洼子
6	552.27	657.66	297.81	326.83	130.73	3,038	白石咀
7	561.65	671.94	292.91	320.16	128.06	3,051	人工试验地
平 均			262.20		102.60	3,630	

注: 1.总耗水量一系指土壤蒸发、径流和植物蒸腾耗水量的总和。

2.试验区全年降水量为403.2毫米。

(四) 沙打旺草地土壤水分补偿与亏缺

1、土壤水分恢复深度。因为当地地下水位特别深,一般来说对作物根层储水无补给作用。冬雪、春雨一般也只能湿润地表和上层。植物的水分主要依靠夏、秋降雨和土层中的部分储水。对沙打旺来说,更是如此。每年经过雨季,由于降水入渗,土层储水可达一年之中的最高峰,但因年际、年内降水分配不均,土壤湿度恢复深度常因雨水丰歉而明显不同。表4、表5是6年生沙打旺草地和对照荒山各次降雨后土壤水分入渗深度。由表可见,沙打旺草地各次雨后土壤湿度恢复状况虽有不同,但夏秋降雨入渗深度一般变动在60—80厘米土层之间,水分达到田间持水量的25—46%。荒山一般入渗深度约在80—110厘米或至120厘米处,水分达田间持水量的47—62%。总的来说,土壤湿度恢复深度小,即使在雨季,土壤储水也难以得到降水补给,沙打旺只有靠其强大的根

表4 6年生沙打旺草地雨后土壤水分恢复深度

测定日期	1981年7月4日		1981年7月10日		1981年7月29日		1981年8月19日		1981年9月23日		
	测前雨量(毫米)		12.7		19.3		18.7		26.4		7.2
土壤深度 (厘米)	田间 持水量 (%)	干土壤 水分 (%)	为田间 持水量 的 %								
0—20	19.7	17.9	91.1	17.4	88.3	15.9	80.9	17.4	88.3	13.9	70.6
20—40	19.1	12.9	67.8	16.6	86.9	8.90	46.7	7.3	38.5	10.3	53.9
40—60	20.6	11.4	55.5	13.6	66.0	8.24	40.0	5.9	28.7	8.7	42.4
60—80	22.2	10.2	46.2	10.2	46.0	7.2	32.3	5.6	25.3	6.1	27.5
80—100	21.9	(5.7)	26.0	(7.5)	34.8	6.4	29.5	5.2	23.9	5.5	25.2
100—120	23.6	(5.2)	22.0	(5.7)	24.3	5.7	24.3	5.0	21.0	5.2	22.2

表5 封禁6年荒山雨后土壤水分恢复深度

测定日期	1981年7月4日	1981年7月10日	1981年7月29日	1981年8月19日	1981年9月23日							
测前雨量(毫米)	12.7	19.3	18.7	26.4	7.2							
土壤深度(厘米)	田间土持水量(%)	干土壤水分(%)	为田间持水量的%	田间土持水量(%)	干土壤水分(%)	为田间持水量的%	田间土持水量(%)	干土壤水分(%)	为田间持水量的%	田间土持水量(%)	干土壤水分(%)	为田间持水量的%
0—20	19.7	17.4	88.5	17.1	86.9	15.5	78.5	17.6	89.4	16.2	82.2	
20—40	19.1	13.1	68.8	15.7	82.6	13.6	71.2	10.3	54.0	16.3	85.7	
40—60	20.6	10.9	52.8	14.7	71.3	12.2	64.1	8.7	42.3	14.9	72.5	
60—80	22.2	9.3	41.9	11.7	52.7	11.7	52.9	8.5	38.3	13.0	58.8	
80—100	21.9	(6.5)	30.2	(10.7)	49.2	11.4	52.8	10.2	47.2	13.5	62.2	
100—120	22.6	(6.3)	26.8	(6.8)	28.7	8.7	86.8	9.5	40.2	12.3	52.1	

注：()为80—90厘米水分，()为100—110厘米水分。

系，发挥深层储水对其生长需水的调节作用，来维持它的生长发育。正如图2所示，多年生沙打旺，经过雨季，5米深土层的土壤湿度非但没有得到补偿，反而仍在持续下降，通层土壤湿度已接近凋萎湿度值，水分出现负补偿状况。

2、土壤储水量欠缺程度。黄土高原的土壤水分状况，与其降雨特点密切相关。本区降雨的特点是7—9月降水量约占全年降水的70—80%，且多阵性暴雨。区内不同地区、不同地类、不同年份，土壤水分在数量上有着很大变化，但在各年内就各地土壤水分的季节动态来说，总的分为蓄水和失水两大时期。水分的补偿和恢复主要在雨季，要反映水分的亏缺与补偿，就要了解雨季结束后不同土层水分的储量多少。

表6是生长多年的沙打旺草地连续观测两年土壤水分亏缺情况。试验区1976—1981年期间，雨季降水量平均为257.3毫米。1980年雨季少雨，仅为146.9毫米，1981年略高，为283.1毫米。经过雨季，5米深土层内储水量分别保持在260—396毫米和306—

表6 雨季结束后沙打旺草地(5米土层内)水分亏缺程度

年 龄	7—9月降水量(毫米)		田间持水量(毫米)	雨季结束后土层储水量(毫米)		相当于田间持水量的%		土壤储水量欠缺值(毫米)	
	1980年	1981年		1980年	1981年	1980年	1981年	1980年	1981年
3	146.9	283.1	1,355	295.2	371.4	29.2	27.4	959.5	983.4
4	146.9	283.1	1,355	303.9	421.8	22.4	31.1	1,051.6	933.6
5	146.9	283.1	1,355	255.3	478.2	18.8	35.3	1,099.0	877.7
6	146.9	283.1	1,355	260.5	305.6	19.2	22.6	1,094.0	1,019
7	146.9	283.1	1,355	—	359.8	—	26.6	—	995
荒 山	146.9	283.1	1,355	550.3	667.7	41.1	48.5	798.5	697.1

明渠引洪淤灌的技术措施及效益

程永华 杨廷瑞

(陕西省水利水土保持厅) (水电部西北水利科学研究所)

我国劳动人民用洪用沙历史悠久，但多是利用地形，采取简易形式，短距离输引达到目的。以往，由于对浑水输送理论缺乏研究，多数灌区甚至灌地几十万亩、百万余亩的大型灌区，都是按输送清水的理论规划设计渠道。为了防止泥沙淤渠，陕西省规定河原来水含沙量超过15%（重量比，每立方米浑水含沙量166公斤），即关闸停引。因而在伏

478毫米之间，相当于田间持水量的19—29%和23—35%，土壤水分亏缺值各为960—1,099毫米和877—1,049毫米，说明高龄草地水分亏缺较低龄的为高。

与封禁6年的荒山相比，证明沙打旺水分亏缺是严重的。两年资料表明，荒山5米深土层土壤储水量各为556.3毫米和657.7毫米，相当于田间持水量的41.5%，水分亏缺值为798.5毫米和697.1毫米，分别较沙打旺草地低295.7和352.1毫米。

试验结果表明，吴旗试验区水分状况正与杨文治同志在“黄土高原土壤水分状况分区（试拟）与造林问题”（《水土保持通报》1981年第2期）一文中，关于黄土高原土壤水分分区中的第四个区，即“土壤水分年循环补偿亏缺区”相吻合。土壤水分年内的消耗，多数年份得不到补偿，常处于水分亏缺状态。

但根据初步试验观测，五年生沙打旺草地开垦后种谷、糜，产量较对照坡耕地提高2倍多，亩产达272斤，当然这是沙打旺提高了土壤肥力的结果。但也说明连续生长5年沙打旺、土壤水分严重亏缺的草地，翻耕后种农作物，靠当年降雨即可满足农作物较高产量的水分要求。同时秋季测定其80厘米内土壤水分含量与农地接近。翻耕后第二年秋，1.2米内土壤水分与农地接近。

结 论

综上所述，生长多年的沙打旺草地土壤水分含量，随生长年限的增多有明显下降。水分条件又直接影响着沙打旺的生长和产量，在其个体发育过程中利用它强大的根系吸取深层储水以供所需。同时测定表明，沙打旺生产力高，耗水量大，在本区条件下水分亏缺严重，在多数水文年份中土壤水分入不敷出，得不到补偿。但沙打旺耗水效率高，用水经济，就当地水分条件来说，还是有利用潜力的。

随着沙打旺的衰败，或多年生沙打旺草地翻耕后，土壤水分可逐步得到补偿，不影响其后茬农作物生长，并可获得明显增产的效果。