

黄土高原半干旱区沙棘根系特性 与土壤水分动态研究

从心海 梁一民 李代琼

(中国科学院西北水土保持研究所
水利部)

提 要

本文论述了吴旗飞播区5~13龄沙棘根系形态、生长发育、产量及根蘖特性。可以看出,沙棘根系有适于半干旱黄土区的生物生态学特性。沙棘根系发达,在梁峁坡垂直根深3~8 m,可吸收深层储水。根系,特别是水平根主要分布于地表1 m土层内,可接纳雨季补充地面的水分。活性根在地表1 m土层内及根系向下延伸新达的吸水层分布较多,这样增强了沙棘根的生命力。沙棘根蘖力强,串根面积大。沙棘的根系特性给自身创造了良好的水分生态环境,使沙棘适应性强,分布广,具有较高的水土保持效益。作者还系统分析了沙棘与对照荒山土壤水分年动态变化,可以看出沙棘随林龄增加深土层水分严重亏缺。但从12龄与13龄沙棘看出,由于其林冠层,林下草被层、枯落物层和根系层形成了良好的森林生态结构,保水固土力增强。因而0~60 cm土层含水量可补充到田间持水量50%~80%,持水力超过荒山。另外还对沙棘播区立地条件选择、播种密度、沙棘林抚育管理技术进行了探讨,以提高土壤水分。

关键词:沙棘根系 土壤水分动态 水分利用率

沙棘 (*Hippophae rhamnoides*) 是我国“三北”地区营造水土保持林和防风固沙林的重要灌木树种。由于它有良好的生态功能和较高的经济价值,近年来已引起国内外有关部门的重视。黄土高原是沙棘的主要分布区。从全国1 000万亩沙棘林看,多集中分布于黄土高原中部的晋、陕、甘三省的半干旱黄土区。该地区土地资源丰富、类型多,有比较充足的光热资源,适宜沙棘生长。发展沙棘不仅可有效地利用土地资源,而且还可以把生物措施的水土保持效益和经济效益有机地结合起来,这对改善生态环境和发挥土地的最大生产潜力有重大意义。

为了开发利用生物资源,迅速治理黄土高原,我们在吴旗飞播沙棘试验成功的基础上,于1981~1989年进行了沙棘根系特性与土壤水分动态研究,为快速建造与合理经营人工沙棘林提供科学依据。

一、试验区自然概况

试验区位于吴旗县西北铁边城林场飞播沙棘林内。地貌为梁峁状丘陵,海拔1 365~1 650 m,在植被区划上试验区属温带草原带灌丛草原区。年平均气温7.5℃。1977~1989年平均年降水量358 mm。供试沙棘林主要选在王洼子飞播区的阴坡和半阴坡。林分长势好,且生长发育正常。

二、试验结果及分析

(一) 沙棘根系特性与土壤水分条件

水分是植物生长不可缺少的因子。在黄土高原半干旱区，地下水埋藏很深，所以土壤水分就成为影响植物生长的重要因素。吴旗试验研究资料表明，沙棘的根系生长特性与土壤水分密切相关。

表1 不同生境 2 m 土层平均含水率

测定日期	沟坡下部沙棘林 (%)	沟坡中部沙棘林 (%)	梁峁坡沙棘林 (%)	荒山对照 (%)
1987年5月4日	21.65	14.38	6.86	8.05
1987年11月29日	15.00	9.58	5.79	5.53

注：1987年因特大干旱，年降雨量仅174mm。

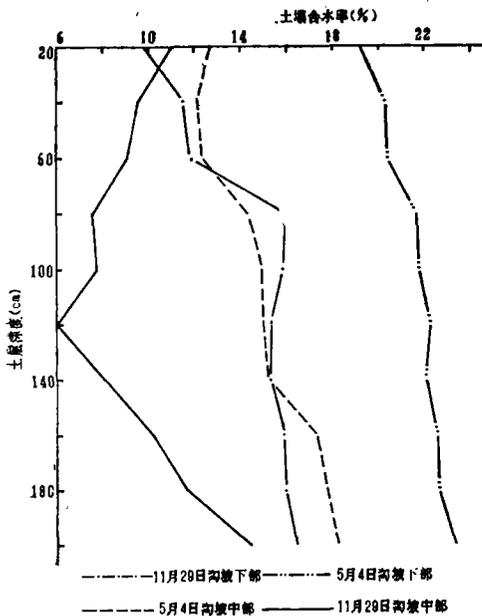


图1 沟坡沙棘林土壤湿度

在黄土丘陵沟壑区，不同生境水分条件差异较大，沙棘根系亦表现出较大差异，据1987年测定梁峁坡荒山和7龄沙棘林2 m土层平均含水率为5.53%和5.79%，而沟坡中部和下部含水率则为9.58%和15%，见表1、图1。可见，沟坡下部土壤水分一般可满足沙棘生长的需要。据观测，在沟坡5龄以上的沙棘，其主、侧根主要分布于10~160cm土层内，多呈水平分布，水平根幅一般2 m×2 m，最大达6 m×8 m。垂直根深2~3 m，而在梁峁坡生长的沙棘，各级侧根主要分布于40~250cm土层，垂直根系可达3~8 m，见图2、图3。

在梁峁坡由于沙棘根系所达土层土壤储水被沙棘利用后难以补偿，所以根系随林龄增长而不断向下延伸，以吸取深层储水，满足生长和蒸腾耗水的需要。表2反映了梁峁坡不同林龄沙棘根深、总根量与各级根量所占比例。

分析结果表明：

1. 沙棘总根量逐年增加。由5龄每亩841kg增至7龄967kg，到13龄（只测至3m土层深，实际根深7 m）达1 165kg。

2. 各级根量所占百分比中一级根量比例随生长年限增长而增加。由测定各龄根系在土层中的重量分布看出，5龄沙棘在0~100cm土层中的根量占总根量70%；7龄占80%；8龄占85%。可见，沙棘根系在土壤中的重量分布，主要集中在0~100cm土层内。这种根量分布，能扩大吸收降雨补偿土壤水分的面积。观测沙棘3、4级活性细根的比例随生长年限增加而下降。

表2 飞播沙棘各级根量百分组成

林龄 (年)	总根重量 (g)	测定深度 (cm)	I 级		II 级		III 级		IV 级		每亩 总根量 (kg)
			1 cm以上		0.5~0.99cm		0.2~0.49cm		0.19cm以下		
			重量 (g)	占总根量 (%)	重量 (g)	占总根量 (%)	重量 (g)	占总根量 (%)	重量 (g)	占总根量 (%)	
5	1 260.57	0~350	459.6	36.46	141.12	11.19	610.55	48.43	49.3	3.91	841
7	1 449.10	0~480	558.56	38.55	292.51	20.19	481.03	33.19	117.0	8.07	967
13	1 746.60	0~300	1 561.7	85.98	131.8	7.51	73.6	4.21	39.5	2.30	1 165

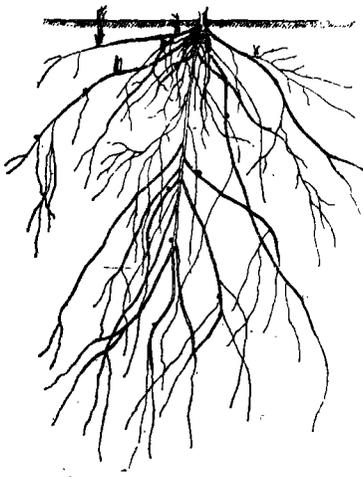


图2 沟坡7年生沙棘根系

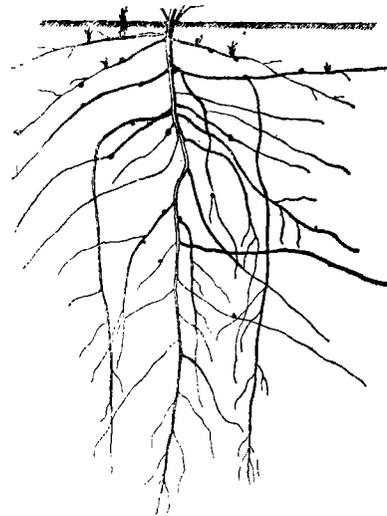


图3 梁峁坡7年生沙棘根系

在岭坡生长的7~13龄沙棘根系可下伸3~5 m, 活性细根主要分布于雨季土壤水分可以得到补偿的土层(1 m以内)及根系下延伸新达的吸水层(3~5 m以下), 而在1~3 m或5 m之间土层的低湿层(含水量为4%~6%)活性根比例骤减。在沟坡沙棘活性根集中在80 cm土层内, 愈向下愈少, 到末端活性根骤减。

3. 沙棘根系与地上部分有一对应关系。测定5龄沙棘根长为1.8~4.5 m时, 株高为1.4~2.5 m, 地上干物质产量为290 kg/亩; 7龄沙棘根长为3~5 m时, 株高为2.2~2.8 m, 产量为505 kg/亩; 13龄根长为4.5~6.5 m时, 株高为2.7~4.3 m, 地上产量为1 123 kg/亩。可以看出, 沙棘地上、地下部分生长迅速, 干物质积累量高。

沙棘根蘖繁殖力强, 一般第3~4年即开始产生根蘖苗。根蘖繁殖的迟早和根蘖苗的多少与生境水分条件有密切关系。由表3看出, 沟坡生长的沙棘较梁峁坡的根蘖苗多且生长好。在同一立地条件, 母株越稀的地段, 根蘖苗越多, 串根面积越大。

图4表明: 沙棘密度不同, 根系生长状况不同, 土壤含水量亦不同。5龄沙棘每亩400株以上者比每亩200株土壤含水率明显减少。由于密集交织生长的根系, 互相争夺水分和养分, 故耗

表3 沙棘根蘖繁殖情况调查

林龄 (年)	立地条件	生根面积 (m ²)	母株数 (株)	根蘖株		根蘖株生长情况		
				总株数 (株)	(株/ m ²)	株高 (cm)	地径 (cm)	冠幅 (cm)
5	梁峁坡	10	9	20	2	65	1.2~1.3	43×34
5	沟坡	10	7	17	1.7	55~142	1.1~1.8	58×66
6	梁峁坡	12	7	9	0.75	65	0.6~1.1	31×33
6	沟坡	32	1	33	1	73	0.8~1.4	47×45
7	梁峁坡	116	4	14	0.1	70~110	0.8~1.2	37×36
7	沟坡	135	6	56	0.4	76~125	1.1~2.1	38×42

水量较多。通过试验对比观测，我们认为飞播造林第2年，每亩有苗70~150株，即能达到较适宜的密度。按此密度，每亩播种量为0.4~0.6kg为宜。

(二) 沙棘林土壤水分动态

在黄土高原半干旱区，水分条件是造林成败的关键，也是影响沙棘林生长的主要因素。通过测定沙棘土壤水分看出，其土壤水分有明显的季动态和年动态变化。这与沙棘的生长发育节律和降雨量及其季节分配相关。4~6月由于土壤水分强烈蒸发，可使0~30cm土层湿度降到一年最低值，为3%~5%。7~8月沙棘进入蒸腾需水盛期，此时亦是降雨的高峰期，地表50cm含水率可提高到10%~12%。在此期间沙棘水分利用效率较高，因而降水很快被蒸腾需水所消耗。9~10月以后，由于土壤缓慢蒸发，土壤含水率逐渐下降。从图5、图6、图7可以看出：

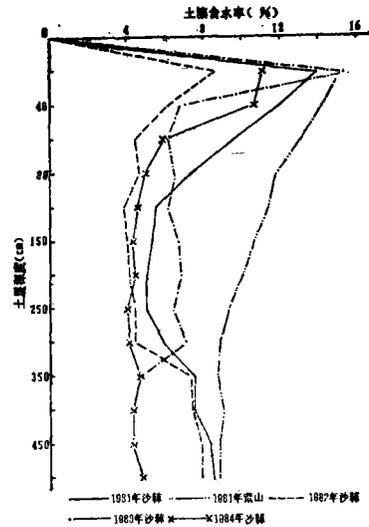
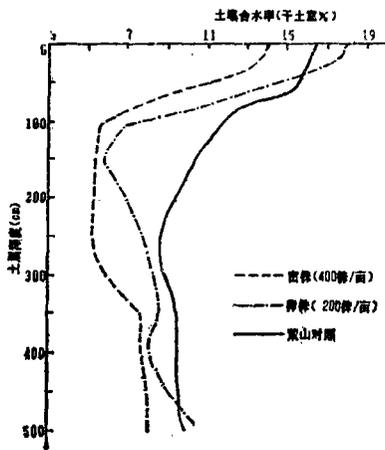


图4 王洼子5年生飞播沙棘不同密度土壤含水率变化 图5王洼子播区1981~1984年沙棘林地土壤水分动态

1. 随着生长年限增加，土壤水分下降，不同林龄吸水层深度不同。5~6龄达3.5m，8龄达5m。沙棘根系入土深度与吸水深度成一对对应关系，即生长年限愈长，耗水愈深，土壤含水率愈少。这样沙棘根系延伸的各层土壤形成强烈的吸水层，即低湿层，土壤含水率明显下降为4%

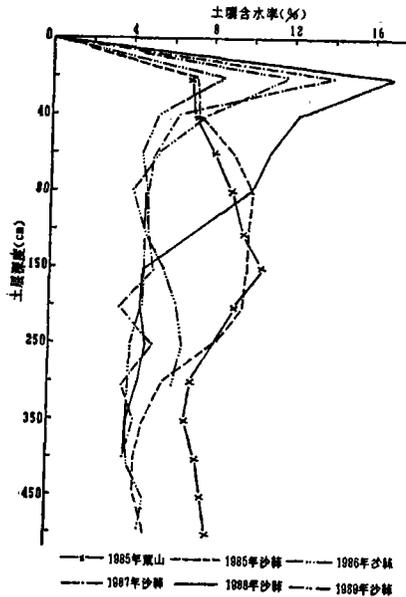


图6 王洼子播区1985~1989年沙棘林地土壤水分动态

~7%，有时接近凋萎湿度。荒山植被多数根系在0.5~1m土层内，一般不形成明显的低湿层。

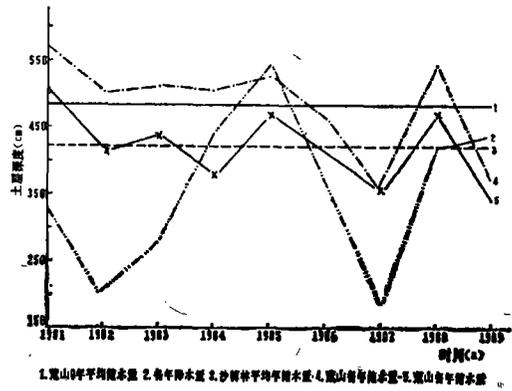


图7 5~13龄沙棘林5m土层储水量年际变化

2. 土壤水分随年降水量不同而上下波动。1985年为丰水年，降水量为544mm，沙棘林2.6m土层湿度明显恢复，含水率达7.2%~10%。此时储水量亦达峰值，为469mm（荒山为527mm）。1987年为特大干旱年，年降水量为188mm。沙棘5m土层含水率降为3.6%~6%。此时土壤储水量明显形成低谷，为351mm（荒山为357mm）。

3. 由图6看出，1988年、1989年12龄、13龄沙棘林60~100cm以上降水不易补偿的土层土壤含水率为4%~4.8%，仅为田间持水量的20%左右，表明土壤水分亏缺严重。但0~60cm土层含水率可补偿到田间持水量的50%~80%，此时荒山含水率仅为田间持水量的40%~60%。由于沙棘林地郁闭度大，地上能形成较大的林冠层、草被层和枯枝落叶层，同时地下有发达的根系层，使沙棘林地降水入渗率比荒山高。可见，沙棘林地尽管深土层储水已严重亏缺，但能更多地接纳降雨，充分利用补偿的土壤水分供植物生长。1988年和1989年两年是在深土层水分严重亏缺情况下，又经过1987年特大干旱后，沙棘林靠较充沛的降水获得高于荒山植被5~8倍的地上净初级生产量（其中林下草被生物量较荒山高2倍）。由于60~100cm内水分得以较好补偿，故5m土层储水量接近荒山。1988年沙棘林与荒山土壤储水量分别为468mm、540mm，1989年分别为340mm、364mm（见图6）。王洼子飞播区1981~1989年间，沙棘林地9年平均总耗水量为362mm，荒山植被为366mm，可以看出沙棘林和荒山植被年平均耗水量相近，但沙棘蒸腾耗水量比荒山植被高，说明沙棘生产性耗水比荒山植被大，而荒山植被的土壤蒸发、径流等无效耗水比沙棘林高。

为了提高沙棘林土壤储水量，提高水分利用率，维持其水分平衡，我们认为在年降水量400mm左右的地区应注意选择好沙棘造林的立地条件，搞好沙棘造林技术和沙棘林抚育等方面的工作。应在沟坡和梁岭阴坡和半阴坡营造沙棘林。沙棘林适宜的密度为70~150株，在三、四年后即快速串根繁衍，郁闭成林。沙棘在成林过程中必须注意有计划地进行平茬、间伐和修枝等抚育工作，使之复壮，让沙棘林发挥更大的生态效益和经济效益。

三、结论与讨论

1. 沙棘根系发达,具发达的水平根和垂直根。在崩坡和沟坡生长的沙棘,根系主要密集于地表1 m土层内,形成根系网,可接纳雨季补充地面的水分。在崩坡,沙棘又能深扎根。活性细根除分布于地表1 m土层内,还分布在根系下延伸新达的吸水层,这样能不断吸收深层土壤水分。加之沙棘根蘖力强,串根面积大,郁闭快以及根具固氮根瘤菌等特性。沙棘根系的这些优良特性,给它自身创造了良好的水分生态环境,因而构成了沙棘抗旱、耐寒、耐瘠薄、适应性强、速生、高产的性能。

2. 沙棘根系延伸的土层形成低湿层,土壤含水率降至4%~7%。并随林龄增加,深土层土壤水分亏缺加剧。观测12龄、与13龄沙棘土壤水分动态看出,地表0~60cm土壤含水率可补偿到田间持水量的50%~80%,使之持水力超过荒山。从播区产量调查看出,深土层土壤水分亏缺,对沙棘林及其林下天然草类生存与生长并未造成不利影响。

3. 在半干旱黄土区只要注意选择好沙棘造林的立地条件(沟坡、梁崩阴坡、半阴坡);掌握好适宜的飞播造林密度(每亩70~150株);并加强沙棘成林过程中的抚育、管理(平茬、间伐、修枝、整地、施肥等措施),可提高沙棘林土壤含水率和成林效果。

今后可继续对播区沙棘林进行长期定位试验研究,探索中龄沙棘林到老龄沙棘林根系和土壤水分特性,并提出沙棘林复壮、更新、提高土壤含水率的有效措施。

(上接第123页)

2. 生长季内土壤水分季节性变化规律基本划分为三个时期,即4~7月中旬为土壤水分干湿交替期;7月下旬至8月中旬为土壤水分蓄积期;8月中旬以后为土壤水分缓慢失水期。

3. 生长季土壤水分垂直变化规律草地可分为三个层次,即0~40cm为活跃层,40~100cm为缓慢变化层,100~300cm为相对稳定层。而荒地(对照)亦分为三个层次,即0~40cm为活跃层,40~80cm为缓慢变化层,80~300cm为相对稳定层。

4. 不同立地条件、不同土地类型生长季土壤水分含量均有差异,各类型草地均低于各自对照,对照地之间以反坡台为最高,草地之间仍以反坡台为最高,梁崩顶次之,山坡地最低。但季节性剖面水分动态变化规律,除反坡台及其对照土壤最湿时期出现在6月份外,其余各土地类型基本相似。

5. 生长季内不同土地类型土壤水分消耗量、生产力和水分有效生产率均有差异,其差异大小除裸荒地全为无效耗水外,草地以反坡台耗水最少,水分有效生产率最高,山坡地耗水较少,水分有效生产率次之,梁崩顶耗水最多,水分有效生产率最低。为此,在干旱、半干旱地区,山坡地种植沙打旺可采用修反坡台形式,既能提高产草量,又能提高自然降水有效利用率,既是蓄水保土措施,又是抗旱增产的有效措施。