

浅析沙棘根系在砒砂岩地区坡面上的分布

武 晶,王百田,郭红艳,廖 行

(北京林业大学 水土保持学院 水土保持与荒漠化防治教育部重点开放实验室,北京 100083)

摘 要:以人工种植在砒砂岩地区坡面上中国沙棘的根系为研究对象,通过对其不同径级的 3 个生长指标:根密度、根长、根量进行研究,可以得出:沙棘根系主要分布在 0- 40 cm 土层范围内,这种分布为浅根型分布,且水平根系比较发达。对于径级< 3 mm 的根系,它的根密度值在表层最大,之后沿土层深度的增加而减少;其它径级的根系其根密度的实测点分布呈现出表层较少,10- 20 cm 处最大,20 cm 以下沿土层深度的增加而递减的规律。根长随根系径级的增加大致呈现出减小的趋势。根量则反之,随径级的增加而增大。具有固氮能力的根瘤主要分布在 0- 40 cm 的土层内,在表层最多。

关键词:沙棘;根系;砒砂岩;坡面  
中图分类号:S793. 6; S157 文献标识码:A 文章编号:1005- 3409(2007) 06- 0358- 03

Study on the Distribution of Root System of *Hippophae rhamnoides* on the Slope in Sandstone Area

WU Jing, WANG Bai-tian, GUO Hong-yan, LIAO Hang

(College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating, Ministry of Education, Beijing 100083, China)

**Abstract:** After researching on the distribution characteristics of the root system of China *Hippophae rhamnoides* which had been planted on the slope in sandstone area, and analyzing their indices (root density, root length and root weight) in different diameters, this article finally reveals that most of *Hippophae rhamnoides* roots mainly distributed within 0- 40 cm soil depth, and in this shallow distributional type, the level roots were rather flourishing. With root diameter less than 3 mm, the maximum of its root density can reach the surface and then diminished when the soil depth became more and more deep. Whereas, to the root diameter which is more than 3 mm, the value of root density can reached the maximum in the depth of 10- 20 cm and diminished with the soil depth. With the increasing of root diameter, root length took on the trend of decreasing, on the contrary, root weight became increasing when the root diameter increased. The root nodule, which mainly distributed within 0- 40 cm soil depth, has the capacity of fixing nitrogen, and its value can reached the maximum on the surface.

**Key words:** *Hippophae rhamnoides*; root system; sandstone area; slope

裸露的砒砂岩地区生态环境脆弱,水土流失严重,尤以坡面的侵蚀最为严重。该区是黄土高原剧烈侵蚀的中心地区,是黄河粗泥沙的主要来源区,也是黄河下游河床沉积泥沙的主要策源地<sup>[1]</sup>。沙棘耐干旱、瘠薄,以它巨大的冠幅、庞大的根系固持水土,成为治理砒砂岩的克星。文中浅析了沙棘根系在砒砂岩地区坡面上的分布情况及产生此现象的原因,这对于充分了解沙棘根系在砒砂岩坡面上的分布规律及影响因素,扩大沙棘资源,使其在砒砂岩地区的坡面上更好的生长,充分发挥改善砒砂岩地区的生态环境、减少入黄泥沙的作用有重要意义。

1 试验区自然概况

试验区选在内蒙古自治区准格尔旗西召乡的典型砒砂岩区,该区处于黄土高原的北部边缘,位于内蒙古自治区西南部,鄂尔多斯高原东部,属典型的丘陵沟壑地貌<sup>[2]</sup>。地理

坐标为 39° 35' - 39° 41' N, 110° 07' - 111° 13' E,海拔高度 1 297~ 1 477 m。气候属于典型的中温带大陆性气候,其特点为冬季漫长而寒冷,夏季炎热而短促,春秋气温变化剧烈。该区平均气温为 6. 2~ 8. 7℃; 年均降水 400 mm 左右,多集中于 7- 9 月。年均蒸发量 2 093 mm,年均湿润度 0. 3~ 0. 34; 平均日照时数为 2 900~ 3 100 h,无霜期 145 d; 年平均风速 3. 2 m/s,年平均大风天数为 10~ 30 d。土壤类型主要是栗钙土。植被类型属于暖温型草原植被<sup>[3]</sup>。由于自然和人为因素影响,主要是人为因素,使得原本脆弱的生态系统被破坏的十分严重。该区干旱、少雨、多风,再加上多发性暴雨和较大的温差,使得该区水土流失极为严重。

2 研究方法

以砒砂岩地区 1999- 2003 年人工栽植的中国沙棘为研

\*收稿日期: 2007-01-28  
基金项目: 国家科技支撑计划项目“困难立地工程造林技术研究”(2006BAD03A03); 水利部“晋陕蒙砒砂岩区沙棘生态建设工程”科技支撑项目  
作者简介: 武晶(1982- ),女,硕士,主要从事生态环境工程研究。  
通信作者: 王百田(1958- ),男,教授,博士生导师,主要从事生态环境工程、林业生态工程、水土保持等研究。

究对象,根据该区的主要土壤类型和地形条件等,采用 10 m × 10 m 标准地调查法,对坡度从 35~ 55° 不等的坡面上的沙棘进行根系数量、长度与重量、根瘤量等调查。

对标准地内的所有沙棘进行每木调查并选取标准木,进行根系调查。根系采取全根挖掘法,挖掘深度在石质山地达到母岩;在黄土地区达到母质。将标准木从基部伐下,并将根系从地表开始每 10 cm 为一层掘出土壤。将各层所有根系及其根瘤全部拣净,并按层次分别装袋带回实验室内,仔细把根上所附着的泥土冲洗干净,待风干后再按直径将根系分为< 1, 1~ 3, 3~ 5, 5~ 10, > 10 mm 5 级。分别称其重量,计其根长、根数等根系生长指标,并测定各级根系的含水量。同时称量相应土层中沙棘根瘤的重量<sup>[4]</sup>。

3 结果与分析

3.1 根系生长指标

3.1.1 根密度

(1) < 1 mm 根密度情况。

由表 1 可以看出:径级< 1 mm 的沙棘根密度分布的总体趋势是随土层深度增加而减少。其中绝大部分根系集中在 0~ 40 cm 土层内,这一部分占全部剖面的 80. 66%,其中 0~ 20 cm 占 50. 53%, 20~ 40 cm 根密度占 30. 13%, 40~ 120 cm 根密度较低,仅占 19. 34%。

(2) 1~ 3 mm 根密度情况。

由图 1 可以看出:根密度随土层深度增加而减少。在表层最多,0~ 40 cm 土层内急剧减少,40~ 80 cm 土层内逐渐减少,80 cm 以下维持在一个极低的水平。其中,在 0~ 20 cm 土层内,根密度占该径级全部剖面的 62. 53%, 20~ 40 cm

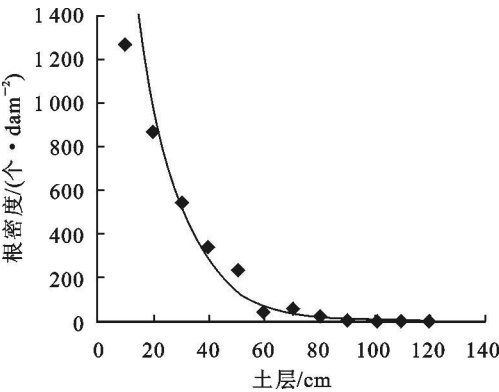


图 1 根密度垂直分布(根径 1~ 3 mm)

(2) 从趋势线的分布情况来看:这 3 个径级的根系沿土层的分布规律基本相同,即都呈现出随着土层深度的增加而减少的趋势。其中,在 0~ 50 cm 土层内,3~ 5 mm 径级的根系在这 3 个径级中所占比例最大,其下降速度也较其它两者快,径级为 5~ 10 mm 的根系其数量和下降速度居中,> 10 mm 径级的根系所占的比例最少,下降趋势也较其它两者缓和。在 50 cm 以下,3 个径级的根系其根密度在同一土层中分布多少大致相同,下降趋势趋于一致。可见,在根系主要分布层 0~ 50 cm 内,根系径级以 3~ 5 mm 的细根居多;50 cm 以下,> 3 mm 的各级根系其数量大致相同,分布较均匀。

3.1.2 根长

由图 3、图 4 可以看出:

(1) 从根长与径级的关系上看:根长随根系径级的增大

内的根系占 26. 05%, 40~ 140 cm 根系含量仅占 11. 42%。整个下降趋势呈指数函数分布规律(如图 1 示),其表达式( $R^2= 0. 977\ 4$ )为

$$y = 3612. 8e^{-0.0651x}$$

式中: $x$ ——土层深度,cm; $y$ ——1~ 3 mm 根密度,个/100 m<sup>2</sup>。

(3) > 3 mm 根密度垂直分布情况。

表 1 根密度分布情况(根径< 1 mm)

土层/ cm	根数/ (个·dam <sup>-2</sup> )	占总根数/ %	累积所占 百分数/%
0~ 10	34962	28. 44	
10~ 20	27161	22. 09	50. 53
20~ 30	21490	17. 48	68. 01
30~ 40	15558	12. 65	80. 66
40~ 50	23413	19. 04	99. 7
50~ 60	142	0. 12	99. 82
60~ 70	60	0. 05	99. 87
70~ 80	71	0. 06	99. 93
80~ 90	36	0. 03	99. 96
90~ 100	19	0. 02	99. 97
100~ 110	15	0. 01	99. 98
110~ 120	20	0. 02	100
合计	122947	100	

由图 2 可以看出:

(1) 从实测点分布情况来看:这 3 个径级的根系沿土层的分布规律基本相同,即在表层较少,在 10~ 20 cm 处达到最多,20~ 60 cm 内减少较快,60~ 90 cm 土层内下降趋势减缓,但分布数量已经很少,90 cm 以下几乎很少有分布。

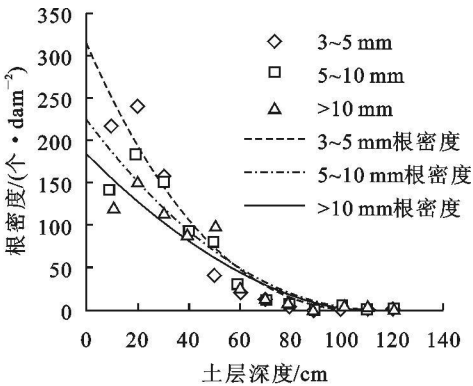


图 2 根密度垂直分布(根径> 3 mm)

大致呈现出减小的趋势。其中< 1 mm 的吸收根占全剖面的 76. 38%,占的比例最大,说明沙棘对于干旱环境具有很强的适应能力。

(2) 从根长随土层深度的变化情况来看:对于< 1 mm 径级的根系,其根长在 0~ 40 cm 土层内急剧下降,在 40~ 60 cm 内下降趋势有所缓和,60 cm 以下维持在一个较低水平。总体分布遵从指数函数分布(图 3),其表达式( $R^2= 0. 895\ 1$ )为

$$y = 339\ 163e^{-0.086x}$$

式中: $x$ ——土层深度,cm; $y$ ——< 1 mm 的根长,cm。

对于> 1 mm 的各径级的根系,从图 4 中实测点的分布情况来看:其根长值在表层较小,在 10~ 20 cm 土层处达到最大,20 cm 以下随土层加深而呈现出下降趋势,其中 20~ 60 cm 土层内下降趋势较快,60~ 80 cm 土层内下降趋势较

前者减缓,80 cm 以下根长值很小。从图 4 趋势线的分布情况来看:> 1 mm 各径级根系的根长值随土层深度的增加而呈现出减小的趋势。其中径级为 3~ 5 mm 的根系和径级为

> 10 mm 的根系其趋势线分布基本重合,即两者随土层分布情况基本相同。

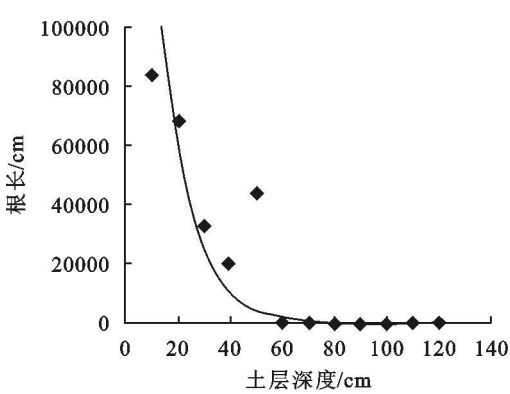


图 3 根长垂直分布(根径< 1 mm)

3.1.3 根 量

(1) 从根量与径级的关系来看: 根量值随根系径级的增

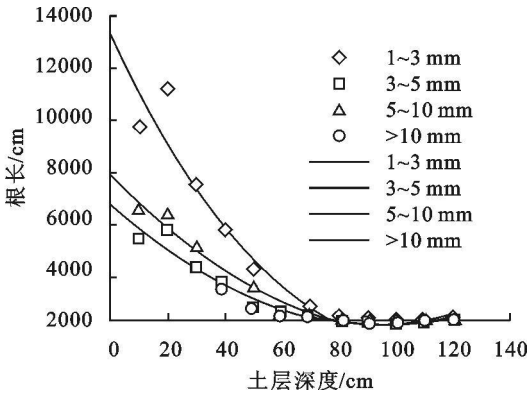


图 4 根长垂直分布(根径> 1 mm)

大而增大。其中> 10 mm 径级的根量所占的比例最大,达 79.04%。< 1 mm 径级的根量最小,只占 1.1%(见表 2)。

表 2 根量垂直分情况

土层/ cm	根系分级											
	< 1 mm		1~ 3 mm		3~ 5 mm		5~ 10 mm		> 10 mm		合计	
	根量/ g	占本层/ %	根量/ g	占本层/ %	根量/ g	占本层/ %	根量/ g	占本层/ %	根量/ g	占本层/ %	根量/ g	占全 剖面/ %
0~ 10	77.0	0.76	182.6	1.79	282.0	2.77	1786.0	17.54	7856.8	77.15	10184.42	31.68
10~ 20	90.9	0.79	158.7	1.38	286.9	2.50	1131.3	9.87	9797.2	85.45	11464.97	35.67
20~ 30	44.0	0.87	106.3	2.10	182.6	3.60	742.0	14.63	3995.4	78.80	5070.28	15.77
30~ 40	30.0	1.13	80	3.02	122	4.61	497.4	18.79	1917.4	72.44	2646.76	8.23
40~ 50	11.11	0.63	39.1	2.20	60.1	3.39	390.6	22.04	1271	71.74	1772.21	5.51
50~ 60	100.8	21.13	22.4	4.69	14.3	3.00	117	24.61	222.1	46.56	477.03	1.48
60~ 70	0.5	0.16	18.3	5.42	24.4	7.23	73.8	21.90	220.0	65.29	336.96	1.05
70~ 80	0.3	0.27	3.3	2.64	3.0	2.40	21.1	16.77	98.1	77.93	125.84	0.39
80~ 90	0.2	0.57	0.7	1.79	1.2	2.93	10.3	24.69	29.3	70.02	41.79	0.13
90~ 100	0.1	0.28	0.4	2.12	0.0	0.00	18.0	97.60	0.0	0.00	18.43	0.06
100~ 110	0.0	0.22	0.1	1.10	0.0	0.00	6.1	98.68	0.0	0.00	6.17	0.02
110~ 120	0.1	9.33	1.2	90.67	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	1.28	0.00
合计	355.1		613.0		976.6	0.0	4793.9		25407.5		32146.11	100
占总根量的 百分比/ %	1.10		1.91		3.04		14.91		79.04		100	

表 3 根瘤垂直分布情况

土层/ cm	根瘤重量/ g	所占比例/ %	累计所占 比例/ %
0~ 10	310.46	54.70	54.79
10~ 20	118.56	20.89	75.59
20~ 30	83.00	14.62	90.22
30~ 40	31.63	5.57	95.79
40~ 50	11.56	2.04	97.83
50~ 60	8.98	1.58	99.41
60~ 70	2.79	0.49	99.90
70~ 80	0.00	0.00	99.90
80~ 90	0.00	0.00	99.90
90~ 100	0.00	0.00	99.90
100~ 110	0.00	0.00	99.90
110~ 120	0.56	0.10	100.00
总根瘤量/g	567.53		

(2) 从根量随土层深度的变化情况来看: 在 0~ 40 cm 内,集中了沙棘的绝大部分根系, 根量占全部剖面的

91.35%。40 cm 以下, 根量很少, 只占全部剖面的 8.65%。其中径级< 1 mm 和径级> 10 mm 的根系其根量值沿土层的分布规律基本相同, 即在表层较少, 在 10~ 20 cm 处达到最大, 之后随土层深度的增加而下降。其它径级的根系其根量值都是在表层达到最大, 之后随土层深度的增加而减少。

3.2 根 瘤

由表 3 可以看出: 根瘤的重量随土层深度的增加而减小。在表层的量最多, 在 10~ 60 cm 土层内几乎呈直线下降, 在 60 cm 以下几乎很少。根瘤主要集中分布在 0~ 30 cm 的土层内, 其占总根瘤量的比例达到 90.22%。

4 结 论

(1) 总体分布情况: 沙棘根系在砭砂岩地区坡面上主要分布在 0~ 40 cm 土层范围内, 其分布主要为浅根型分布, 水平根系比较发达。根密度在该范围内占全部剖面的比例为 80.9%, 根长占全部剖面的比例为 83.71%, 根量占全部剖面的比例为

度位置较低,距离核试验中心区域位置较远的缘故。背景值区域<sup>137</sup>Cs 的深度分布形式接近指数函数,剖面中<sup>137</sup>Cs 的峰值出现在 2– 4 cm 层位而不是地表,是近年来常见的<sup>137</sup>Cs 背景值剖面分布形式。

(2) 根据我国卫生部于 20 世纪 80 年代所做的土壤放射性核素水平调查结果,我国土壤中<sup>137</sup>Cs 平均活度为 10.45 Bq/kg,其分布有随纬度下降而降低的规律。25°N 以南土壤中<sup>137</sup>Cs 平均活度为 6.20 Bq/kg<sup>[12]</sup>。本次采样获得的粤北<sup>137</sup>Cs 活度平均值为(6.54±0.57) Bq/kg,因各地土壤侵蚀程度的差异,<sup>137</sup>Cs 水平差异很大。土壤侵蚀越严重的地区,<sup>137</sup>Cs 活度越低,但在土壤堆积的小环境,<sup>137</sup>Cs 却逐渐富集。在石漠化发展初期,土壤中<sup>137</sup>Cs 水平随着石漠化程度加强而降低,当石漠化达到一定程度,无土壤提供侵蚀而只在低洼处不断堆积阶段,<sup>137</sup>Cs 水平会逐渐增高。

(3) 由于岩溶山区特殊的地质基础,土壤有限,土壤侵蚀模数不会无限增大。当石漠化达到一定程度,土壤沉积量会高于侵蚀量。但这与研究区范围大小、土壤厚度、采样点地面组成异质性等因素有关,采样点位置选择也会影响区域土壤<sup>137</sup>Cs 水平。可以确定的是,当喀斯特地区某区域土壤中<sup>137</sup>Cs 水平增加,表明这一区域已无足够土壤可供侵蚀,石漠化已到严重程度。

参考文献:

[1] Ritchie J C, McHenry J R. Application of radioactive fallout caesium-137 for measuring soil erosion and sediment accumulation rates and patterns: a review [J]. Journal of Environmental Quality, 1990, 19: 215– 233.

[2] Walling D E, Quine T A. Use of caesium-137 as a tracer of erosion and sedimentation: handbook for the application of the caesium-137 technique[M]. Department of Geography, University of Exeter, Exeter, 1993: 15– 34.

(上接第 360 页)

91.35%。这与陈江南、王岚等人有关沙棘根系在裸露砒砂岩地区主要分布在 0– 35 cm 的土层中的结论大体相同<sup>[5– 6]</sup>。

(2) 各径级根系的根密度分布情况是:径级 < 1 mm 和径级 1– 3 mm 的根系其根密度都在表层达到最大,之后随着土层深度的增加而减少。其它径级的根系其根密度的实测点分布规律为:表层较少,10– 20 cm 处达到最大,之后随着土层深度的增加而减少。

(3) 根长随着径级的增加大致呈现出减小的趋势。其中 < 1 mm 的吸收根在所有径级根系中所占比例最大,它沿土层分布的规律是:在表层最大,之后随着土层深度增加而减少。其它各级根系的实测点分布呈现出:在表层较少,10– 20 cm 处达到最大,之后呈沿土层深度增加而减小的趋势。

(4) 根量随着径级的增加呈现出增大的趋势。其中> 10 mm 径级的根系所占的比例最大,而< 1 mm 径级的根系所占的比例最小。各径级根系的绝大部分重量集中在 0– 40 cm 的土层内,40 cm 以下少有分布。

(5) 根瘤在土层表面分布最为集中,随土层深度的增加其量在减少。它主要集中分布在 0– 30 cm 的土层中,其占总根瘤量的比例达到 90.22%。这样的分布对于提高砒砂

[3] 严平,张信宝.<sup>137</sup>Cs 法在风沙过程研究中的应用前景[J].中国沙漠,1998,18(2):182– 187.

[4] 张春来,董光荣,邹学勇,等.半固定沙丘表明的<sup>137</sup>Cs 沉积特征[J].中国沙漠,2002,22(2):154– 158.

[5] 严平,董光荣.青海共和盆地土壤风蚀的<sup>137</sup>Cs 法研究[J].土壤学报,2003,40(7):497– 503.

[6] 严平,董光荣,张信宝,等.青海共和盆地土壤风蚀的<sup>137</sup>Cs 法研究②:<sup>137</sup>Cs 背景值与风蚀速率测定[J].中国沙漠,2003,23(4):391– 397.

[7] 濮励杰,包浩生,彭补拙,等.<sup>137</sup>Cs 应用于我国西部风蚀地区土地退化的初步研究:以新疆库尔勒地区为例[J].土壤学报,1998,35(4):441– 449.

[8] 文安邦,刘淑珍,范建容,等.雅鲁藏布江中游地区土壤侵蚀的<sup>137</sup>Cs 示踪法研究[J].水土保持学报,2000,14(4):47– 50.

[9] Yan Ping, Dong Zhibao, Dong Guangrong, et al. Preliminary results of using <sup>137</sup>Cs to study wind erosion in the Qinghai Tibet Plateau[J]. Journal of Arid Environments, 2001, 47(4): 443– 452.

[10] 阎百兴,汤洁.东北黑土中<sup>137</sup>Cs 背景值研究[J].水土保持学报,2004,18(4):33– 36.

[11] 濮励杰,包浩生, Higgitt D L. 土地退化方法应用初步研究:以闽西沙县东溪流域为例[J].自然资源学报,1999,14(1):55– 61.

[12] 朱永懿,杨俊诚,陈景坚.中国对<sup>137</sup>Cs 在农业环境中行为的研究进展[J].中国核科技报告,1997(00):1– 7.

[13] 齐孟文,王琳.土壤侵蚀<sup>137</sup>Cs 测定的示踪法原理及常用模型[J].中国水土保持,2004(7):16– 17.

[14] 严平,高尚玉,董光荣.土壤颗粒组成影响<sup>137</sup>Cs 含量的初步实验结果[J].中国沙漠,2002,22(2):150– 153.

岩地区地表含氮量,增加土壤有机质起到了重要的作用。

致谢:水利部水土保持植物管理中心科技处的胡建忠处长和杜文嫣处长在试验过程中给予了很多的建议、指导和帮助,特表感谢!同时还要感谢水利部水土保持植物管理中心科技处的郭海和内蒙古农业大学的郭建英,北京林业大学的刘丽颖、殷丽强、何晶亮、夏博及上海理工大学的郭丹同学!

参考文献:

[1] 王俊峰,薛顺康,等.裸露砒砂岩地区沙棘治理成效、经验及发展战略问题[J].沙棘,2002,15(1):1– 4.

[2] 余海龙.内蒙古准格尔旗雨水利用的环境效应分析[J].人民黄河,2004,26(5):28– 29.

[3] 刘朝霞,张俊义,张二生.内蒙古准格尔旗丘陵沟壑区退耕还林(草)模式[J].中国沙漠,2002,22(5):506– 509.

[4] 胡建忠.沙棘的生态经济价值及综合开发利用技术[M].郑州:黄河水利出版社,2000:58– 61.

[5] 陈江南,辛瑛,等.砒砂岩区沙棘根系的调查与分析[J].沙棘,1998,11(2):10– 12.

[6] 王岚,张小名,等.论沙棘根系与功能 iv: 根系分化与分工[J].沙棘,2005,18(4):13– 19.