

騰格里沙漠沙坡頭地區幾種
固沙植物下沙土微生物的研究



中國科學院治沙隊

陳祝春

張繼賢

李定淑

梁玉蓮

1964年9月北京

騰格里沙漠沙坡头地区几种 固沙植物下沙土微生物的研究

为了促进固沙植物的成活和生长，研究直接参与土壤肥力变化的土壤微生物则有着重要的意义，只有在了解和掌握沙土中微生物学的特性之后，才能促进其有效的方面为沙土中营养物质转化，养分积累和肥力提高提供条件，进而为植物固沙提供土壤微生物学方面的有效的理论依据。

1959年和1960年林业土壤研究所曾先后两次在宁夏回族自治区騰格里沙漠东南缘中卫沙坡头、灵武白家滩及内蒙古自治区巴彦高勒市附近地区，进行了不同类型沙丘及人工固沙植物根际沙土微生物的研究。^{①②}

1962年和1963年我们在中卫沙坡头地区格状沙丘上选择了几种人工种植的固沙植物地段，取其根际沙土及附近裸露的流动沙丘的沙土（以下简称流沙）作为对照，进行了土壤微生物学过程分析。

该地区位于半荒漠棕钙土地带，气候干旱，年平均降水量200毫米。夏季最高气温37℃，沙面最高温度达74℃，冬季最低气温-25℃，蒸发量超过降水量11—40倍，起沙风速（≥5米/秒），每年约有200次。

一、研究方法

1. 采样

采样时间：有四次，第一次是在1962年6月28日，第二次8月18日，第三次是在1963年5月5日，第四次7月8日。

采样方法及深度：在固沙植物根际采取0—40Cm层的沙土作为试样。

2. 选用的固沙植物

樟条（*Caragana microphylla* var. *tomentosa*） 1957年秋栽植。

- 黃柳 (*Salix flavida* Chang et Scr.) 1956年春栽植。
- 花棒 (*Hedysarum scoparium* Fisch. et Mey.) 1958年栽植。
- 沙拐棗 (*Calligonum caput; Call. arborescens*) 1959年春栽植。
- 籽蒿 (*Artemisia sphaerocephala* Krasch.) 1956年春栽植。
- 油蒿 (*Artemisia odorsica* Krasch.) 1956年栽植。

上述固沙植物均种植在格状沙丘迎风坡。

3. 分析项目

我們分析了細菌(无芽孢菌、芽孢菌)、真菌、放線菌等类群和固氮微生物好气自生固氮菌、微嗜氮菌)、纖維素分解菌、硝化菌等生理群的数量。並分析了氨化作用、固氮作用、硝化作用、纖維素分解作用和呼吸作用等項生化活动强度,以及土壤水分、有机质和pH值等項目。

无芽孢細菌用肉汁蛋白胨琼脂培养基^①。

芽孢細菌用 α 麦芽汁琼脂培养基。

放線菌用淀粉鈣琼脂培养基。

真菌用 α 麦芽汁琼脂培养基。

固氮微生物用改良的阿須貝(Ashby)琼脂培养基。

纖維素分解菌用赫奇遜(Hutchison)琼脂培养基加滤紙。

硝化菌用改良的斯蒂芬遜(Stephenson)液体培养基。

氨化作用强度用1%蛋白胨液体培养基,加奈氏試剂(Nessler reagent)显色,于光电比色計比色。

固氮作用强度用改良的阿須貝液体培养基,加奈氏試剂显色,于光电比色計比色。

硝化作用强度改良的斯蒂芬遜液体培养基,加格里斯試剂(Griess reagent)显色,于光电比色計比色。

纖維素分解作用强度用埋布片法。

呼吸作用强度用 $C O_2$ 容量测定法。

二 試驗結果和討論

表1 1962年几种固沙植物根际沙土微生物分析結果

采样时间	固沙植物	微生物总数 (个/克)	细菌(个/克)		真菌 (个/克)	放线菌 (个/克)	好气自生固氮菌 (个/克)	微嗜菌 (个/克)	纤维素分解菌 (个/克)	硝化菌 (个/克)	氨化作用强度 (毫克/克±)	固氮作用强度 (毫克/克±)	硝化作用强度 (毫克/克±)	纤维素分解作用强度 (%)	呼吸作用强度 (毫克/克±)	土壤水分 (%)	有机质 (%)	PH
			无芽孢菌	芽孢菌														
1962年 6月28日	流沙	3,141,188	2,300,800	42,234	0	9,000	48,314	740,815	0	25	0.5837	0.104	3.01	0.53	0.047	0.65	0.0613	6.7
	樟条	704,184	508,000	3,032	522	11,000	15,460	160,642	503	25	1.0115	0.250	1.88	1.31	0.013	0.40	0.0590	7.0
	柽柳	712,854	423,000	6,026	401	13,000	28,076	240,264	2,008	25	0.7257	0.312	0.95	2.19	0.0745	0.36	0.0909	7.0
	油蒿	477,104	220,800	28,122	402	13,000	12,052	200,822	1,806	40	0.9139	1.250	1.38	2.38	0.0387	0.44	0.0934	7.2
	黄柳	773,995	642,600	14,056	1,064	3,000	12,650	100,754	291	70	1.0818	1.450	2.11	0.27	0.0524	0.41	0.0930	7.1
	花棒	839,939	622,400	12,052	2,209	17,000	26,706	159,236	321	15	0.7752	0.125	2.10	2.07	0.0552	0.41	0.0967	7.1
	沙拐枣	495,578	137,600	2,008	9,361	47,000	42,184	254,518	2,872	35	0.9475	0.104	0.95	1.05	0.0552	0.44	0.0140	7.2
8月18日	流沙	1,835,273	1,146,592	14,080	0	11,000	50,000	613,000	601	0	0.6084	0.210	1.88	1.51	0.0276	0.58	0.0833	6.9
	樟条	1,739,303	1,055,064	53,255	603	18,000	100,000	512,000	401	25	0.5872	0.210	4.91	3.37	0.0967	0.48	0.0707	7.0
	柽柳	2,869,937	1,377,293	6,031	10,66	18,000	231,000	216,000	502	40	0.3166	0.239	3.01	3.31	0.0386	0.53	0.0717	7.2
	油蒿	2,316,719	1,909,738	10,050	503	12,000	231,000	152,700	703	25	1.1503	0.230	3.95	3.17	0.0802	0.57	0.0961	7.2
	黄柳	472,311	293,172	2,007	2,470	4,000	0	170,000	602	60	0.7328	0.140	4.91	0.21	0.0133	0.40	0.0604	7.1
	花棒	2,438,162	1,284,624	20,070	16,66	8,000	150,000	973,000	3,002	0	0.9182	0.298	4.90	1.68	0.0820	0.36	0.0658	7.0
	沙拐枣	4,327,270	3,793,466	8,042	603	2,000	40,000	482,000	1,105	20	1.5280	0.293	0.87	0.79	0.0995	0.53	0.0884	7.2

表2

1963年几种固沙植物根际沙土微生物分析结果

采样时间	固沙植物	微生物总数 (个/克)	细菌 (个/克)		真菌 (个/克)	放线菌 (个/克)	好气自生固氮菌 (个/克)	微嗜氮菌 (个/克)	硝化菌 (个/克)	纤维素分解菌 (个/克)	呼吸作用强度 (毫克/克·时)	土壤水分 (%)	有机质 (%)	pH
			无芽孢菌	芽孢菌										
1963年 5月5日	流沙	362.076	141.200	2.017	0	116.994	14.120	87.745	0	0	0.0525	0.85	0.0798	7.4
	流沙	98.225	53.490	1.016	0	0	10.169	33.560	0	0	0.0580	1.69	0.0404	7.3
	樟条	606.545	434.900	7.147	92	35.736	25.526	103.124	0	20	0.0127	2.11	0.0779	7.6
	籽蒿	402.128	288.030	4.078	0	12.215	11.101	87.684	0	20	0.0221	1.96	0.1045	7.4
	油蒿	473.106	301.220	5.102	235	54.081	27.551	84.693	0	224	0.0151	2.04	0.0680	7.5
	黄柳	386.792	295.330	8.130	0	14.227	7.113	61.992	0	0	0.0226	1.62	0.0790	7.5
	花棒	871.993	541.140	11.273	369	119.913	11.274	187.553	256	215	0.0457	2.53	0.1647	7.5
	沙拐枣	572.173	321.720	2.043	153	66.387	25.534	156.265	6	71	0.1213	1.64	0.1302	7.7
7月8日	流沙	557.143	67.451	4.026	0	3.053	4.026	474.177	0	20	0.0847	0.67	0.1090	7.5
	流沙	90.304	43.168	2.007	0	1.003	0	39.136	0	0	0.0194	0.35	0.0622	7.7
	樟条	79.578	8.025	1.2006	333	2.006	1.003	66.205	0	0	0.0149	0.39	0.0920	7.7
	籽蒿	364.712	34.167	21.103	0	6.029	17.085	286.402	0	0	0.0293	0.49	0.0750	7.6
	油蒿	459.976	28.115	5.020	52	9.037	14.057	403.655	0	40	0.0343	0.41	0.1010	7.6
	黄柳	93.110	12.651	5.020	92	17.069	5.020	53.212	0	40	0.0099	0.41	0.0812	7.7
	花棒	151.693	31.131	12.050	60	50.210	16.067	42.177	0	0	0.0497	0.42	0.0682	7.7
	沙拐枣	120.726	13.256	6.025	0	6.025	6.025	89.375	0	20	0	0.42	0.1103	7.7

从分析结果看出这一地区的沙土养分、水分都很贫瘠（表3），但是在选用的各种固沙植物根际沙土和流沙中都存在着细菌、放线菌和真菌，其中，细菌占绝对优势（表4）。氨化菌、硝化菌、固氮菌和纤维素分解菌等生理群也都在分析结果中出现（表5）。这表明半荒漠地区的沙土虽

表3 几种固沙植物根际沙土中养分、水分情况

固沙植物	速效养分 (%)			有机质 (%)		湿度 (%)		PH	
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	1962年	1963年	1962年	1963年	1962年	1963年
流沙	0.0052	0.0030	0.0298	0.0723	0.0706	0.62	0.89	6.9	7.5
檉条	0.0084	0.0023	0.0256	0.0649	0.0850	0.44	1.25	7.0	7.7
籽蒿	0.0060	0.0030	0.0329	0.0813	0.0898	0.45	1.23	7.3	7.5
油蒿	0.0060	0.0033	0.0276	0.0948	0.0845	0.51	1.23	7.2	7.6
黄柳	0.0036	0.0035	0.0308	0.0767	0.0801	0.41	1.02	7.1	7.6
花棒	0.0052	0.0018	0.0306	0.0813	0.1165	0.40	1.48	7.1	7.6
沙拐枣	0.0052	0.0005	0.0372	0.1012	0.1203	0.56	1.03	7.2	7.7

（土壤速效养分为治沙队土壤分析室1962年分析资料）

表4 几种固沙植物根际沙土中微生物的数量

	固沙植物	微生物总数 (千/克)	细菌 (千/克)			真菌 (个/克)	放线菌 (千/克)
			总数	无芽孢菌	芽孢菌		
1962年	流沙	2.488	1.752	1.724	28	0	10
	檉条	1.222	812	782	30	562	15
	籽蒿	1.841	906	900	6	334	16
	油蒿	1.397	1.084	1.065	19	452	13
	黄柳	628	476	468	8	1.767	4
	花棒	1.639	970	954	16	1.937	13
	沙拐枣	3.399	2.590	2.585	5	4.982	25
1963年	流沙	277	30	78	2	0	32
	檉条	343	226	221	6	213	19
	籽蒿	383	172	159	13	0	86
	油蒿	467	170	165	5	144	32
	黄柳	240	161	154	7	46	16
	花棒	512	298	286	12	215	85
	沙拐枣	346	172	167	4	77	36

（表中数据为全年分析结果平均值）

表5

固沙植物根际沙土中微生物生理群的数量

固 沙 植 物	固氮微生物(千/克)		氨化菌 (千/克)	纤维素 分解菌 (个/克)	硝化菌 (个/克)
	好气自生 固氮菌	微嗜氮菌			
流 沙	2.8	4.18	916	153	6
樟 条	3.6	2.10	519	231	13
籽 蒿	7.7	4.83	539	633	16
油 蒿	7.1	2.11	627	693	16
黄 柳	6	1.02	318	210	33
花 棒	5.0	3.40	634	335	68
沙拐枣	2.8	3.54	1,381	1,017	15

(表中数字为两年分析数据平均值)

然很贫瘠，但无论有无植物生长，都有一定数量的各种微生物生存。在大部分固沙植物根际沙土中，由于植物存在，促进了真菌、放线菌和好气自生固氮菌、纤维素分解菌、硝化菌等微生物旺盛发育，因而在植物根际微生物的数量要比对照流沙中大得多。表明了沙生植物的根际微生物的数量也比对照土壤中多几倍^④，但在1962年夏季和1963年夏季在我们的试验中，细菌的数量在流沙中大大超过植物根际出现的数量(表1、2)。这是个值得进一步深入探讨的现象。

在细菌中，在四次试验里无芽孢细菌都以无色无芽孢菌为优势，占半数以上。芽孢菌中，以马铃薯—枯草杆菌(*Bac. mesentericus-subtilis*)和依杜氏杆菌(*Bac. idosus*)最普遍，数量也较多(表6)。巨大芽孢杆菌(*Bac. megatherium*)在我们的试验中也常出现。这些微生物大量出现，表明这一地区的沙土中，甚至在固沙植物根际，都是以无机态氮作为主要的氮素营养^⑤。

表 6 几种固沙植物根际沙土中芽孢细菌的主要类型

采样时间	固沙植物	总数 (千/克)	馬鈴薯一 枯草杆菌 (千/克)	依杜氏 杆 菌 (千/克)	巨大芽孢 杆 菌 (千/克)	蜡 状 杆 菌 (千/克)
1962年 6月	流沙	42	2	1	1	2
	樟条	8	3	1	0	3
	籽蒿	6	0	3	0	0
	油蒿	28	8	2	0	12
	黄柳	14	5	1	2	5
	花棒	12	9	0	3	0
	沙拐枣	2	1	0	1	0
1962年 8月	流沙	14	9	1	0	4
	樟条	53	43	9	1	0
	籽蒿	6	3	1	1	0
	油蒿	10	9	1	0	0
	黄柳	2	1	0	0	1
	花棒	20	9	5	0	1
	沙拐枣	8	6	1	0	0
1963年 5月	流沙	2	1	0	0	0
	樟条	7	4	3	0	0
	籽蒿	4	3	1	0	0
	油蒿	5	3	1	1	0
	黄柳	8	0	5	3	0
	花棒	11	1	8	2	0
	沙拐枣	2	0	2	0	0
1963年 7月	流沙	3	0	3	0	0
	樟条	2	2	0	6	0
	籽蒿	21	2	14	5	0
	油蒿	5	1	4	0	0
	黄柳	5	1	4	0	0
	花棒	12	5	3	4	0
	沙拐枣	6	2	4	0	0

真菌存在与土壤结构形成有直接关系。

从表4看出无论是春季、夏季还是秋季，在流沙中都没有出现真菌，影响真菌消长的因素很多，以基质中的有机成分关系最大。在试验中，曲霉(*Aspergillus*)与青霉(*Penicillium*)属的代表普遍出现，由于曲霉属的一些种能耐干旱，在碱性土壤中青霉受到抑制，因而曲霉的数量相对增多^{⑥⑦}。

放线菌在各个时期都以白色有气生菌丝的群落为主要代表。

好气自生固氮菌在植物根际中比流沙中有所增加，固氮菌增加，对于沙土氮素增长起着有效作用，纤维素分解菌在固沙植物根际也较多，这群微生物增加表示沙土中含纤维素的有机质增加。硝化菌在1963年在大部分试料中没有出现。

土壤微生物的生命活动与其数量有相应关系，从分析结果看出，在土壤中矿化有机质及转化营养物质起着重要作用的氨化作用、硝化作用、固氮作用、纤维素分解作用和呼吸作用等的强度一般在固沙植物根际都比流沙中强得多(表7)。

表7 固沙植物根际沙土中微生物的生化活动强度

固沙植物	氨化作用强度 (毫克/克土)	硝化作用强度 (毫克/克土)	固氮作用强度 (毫克/克土)	纤维素分解作用强度 (%)	呼吸作用强度 (毫克/克土)
流沙	0.5960	2.450	0.157	1.020	0.0373
柽条	0.9993	3.395	0.230	2.340	0.0553
籽蒿	0.5208	1.980	0.302	2.750	0.0565
油蒿	1.0323	2.915	0.740	2.775	0.0594
黄柳	0.9073	3.510	0.798	0.270	0.0328
花棒	0.8467	3.500	0.209	1.875	0.0686
沙拐枣	1.2371	0.910	0.154	0.920	0.0773

(表中数字为1962年分析数据平均值)

由于試驗的季节不同，季节性变化在沙土微生物的繁殖发育上也有明显反应（图1 a, b）。1962年秋季固沙植物根际微生物繁育比夏季旺盛，而第二年春季和夏季比较，夏季的微生物的数量则明显减少，从而可以看出在上述几种固沙植物根际沙土环境条件中，在我们几次試驗的时期内，夏季对于微生物生存较为不利。以秋季和夏季比较，春季和夏季比较都以无芽孢細菌变化最显著，1962年秋季增加了2—7倍，而1963年春季比同年夏季大5—23倍（表1、2）。其它如放线菌、真菌、好气自生固氮菌、微嗜氮菌等也都有相似的趋势，但由于固沙植物不同、采样季节不同而各有差异。

半荒漠地区降水量较小，气候干旱。治沙队土壤組測定沙层在秋、冬期間蓄积的水分在植物生长期由于植物吸收和物理蒸发，沙层水分大大被消耗，在此期間，如降水不足以补給沙层消耗的水分，那么，种植植物的沙丘較裸露的流动沙丘的沙层更为干旱^①。虽然沙土中水分含量低于5%其中微生物的数量要比一般土壤少得多，但一些微生物仍然可以生存。沙土水分变化，影响到生活在其中的微生物的发育（图2 a, b）。表示出固沙植物根际微生物数量的消长与沙土水分变化的一致性。也就是說沙土中水分含量大时，有利于微生物生长，故其数量也較大，反之，沙土中水分含量降低，也影响微生物生存，因而数量也相应的下降。当然，影响沙土微生物数量消长的因素很多，沙土中其它理化和生物因素也都对微生物起着作用，但在半荒漠地带，沙土的水分状况可以作为一个特殊条件来考虑，沙土微生物自然就与之有非常密切的关系。

从植物固沙試驗中看出：在沙丘的不同部位—迎风坡上部和中部种植固沙植物生长有較大差异，中部的植物发育普遍比坡上部生长的差，因而大大影响了人工植被的建立。影响固沙植物在迎风坡中部生长的因素很多，沙土微生物在其中的反应如何？有无不利作用等問題，成为我們探索

的对象。

从沙丘的坡上部和中部的籽蒿（1957年栽植）根际沙土采样分析，结果表明在沙丘不同部位的植物根际沙土中，无论坡上部还是中部，都有微生物的一些主要群，如细菌、真菌、放线菌及固氮微生物、硝化菌、纤维素分解菌等出现。细菌在三大类群中仍占优势。坡上部的籽蒿根际中无芽孢细菌和真菌繁殖发育旺盛，而坡中部的芽孢细菌和放线菌数量超过了坡上部。适合芽孢杆菌和放线菌发育的基质，一般认为存在着较多难分解的有机残体。在生理群中，也看出好气自生固氮菌、微嗜氧菌、硝化菌在坡中部比在坡上部更适于繁殖（表8）。

表8 不同沙丘部位种植的籽蒿根际沙土中微生物数量的比较

沙丘部位	微生物总数		细菌千/克		真菌	放线菌	好生固氮菌	微嗜氧菌	纤维素分解菌	硝化菌	土壤湿度	有机质
	总数	千/克	总数	千/克	千/克	千/克	千/克	千/克	千/克	千/克	(%)	(%)
上部	1846	90.6	900	6	755	16	140	778	1.255	33	0.45	0.813
中部	1770	79.5	784	11	602	36	156	721	1.064	150	0.48	0.848

（1962年两次分析结果平均值，下同）

微生物的生化活动与其数量变化基本相同；固氮作用，氨化作用和硝化作用等的强度都是坡中部较坡上部大（表9）。土壤微生物生命活动过程关系到土壤养分；坡中部沙土中速效氮的含量为0.0016%；坡上部为0.0012%。

表9 不同沙丘部位种植的籽蒿根际沙土中微生物的活性比较

沙丘部位	氨化作用强度 (毫克/克)	固氮作用强度 (毫克/克)	硝化作用强度 (毫克/克)	纤维素分解作用强度 (%)	呼吸作用强度 (毫克/克)
上部	0.5208	0.3020	1.9800	2.750	0.0565
中部	0.5378	1.1080	2.9100	1.795	0.0262

根据以上情况，可以推测坡中部沙土中微生物学过程对于营养物质转化和有机质矿化以及沙土养分积累和肥力提高比坡上部可能更为有效。

上述情况表明，从土壤微生物学过程中还看不出不利于坡中部固沙植物生长的因素。

結 論

1. 騰格里沙漠沙坡头地区的沙土中，无论有无植物生长，都有一定数量各类土壤微生物生存，其中細菌占优势。在試驗选用的固沙植物中，大部分植物根际沙土中真菌、放線菌、好气自生固氮菌、纖維素分解菌和硝化菌的繁殖发育都比流沙中的旺盛。氨化作用、硝化作用、固氮作用、纖維素分解作用和呼吸作用等生化活动，在固沙植物根际也比流沙中的强度大。

2. 选用的几种固沙植物根际微生物，无论是1962年夏季和秋季比較，还是1963年春、夏两季比較，都表明季节变化影响微生物数量的消长，夏季沙土环境对微生物繁殖較不利，因而在这个季节微生物的数量大大減少。在春季和秋季許多微生物群都比夏季的数量增多，以无色芽孢細菌最明显；秋季比夏季增加2—7倍，1963年春季比同年夏季大5—23倍。

3. 沙层含水量的变化，影响了固沙植物根际微生物数量的变化。这表明了沙土中的微生物和沙土水分之間的密切关系及其变化的一致性。

4. 从沙丘的不同部位——迎风坡中部和上部种植的红柳根际采样分析的结果表明，中部許多微生物如芽孢細菌、放線菌、好气自生固氮菌、微嗜氮菌和硝化菌等菌群的数量及微生物的生命活动中的氨化作用、硝化作用和固氮作用等的强度都比上坡红柳根际中的强大。中坡沙土中微生物学过程較强，对于沙土中营养物质转化、养分积累可能比上坡更有效。因而可以认为从土壤微生物学过程中还不能看出不利于迎风坡中部固沙植物生

长的因素。

参 考 文 献

- ①張宪武、許光輝：騰格里沙漠地区土壤微生物学特性的研究
土壤学报 第10卷 第3期 1962年。
- ②張宪武、周集蓮：包兰路沿綫沙漠地区土壤微生物的研究 治沙研究
第五号 1963年。
- ③土壤微生物分析方法手册：中国科学院林业土壤研究所微生物室主编
- ④H. A. 克拉西里尼科夫：土壤微生物与高等植物 科学出版社。
- ⑤E. H. 米苏斯金：土壤微生物和土壤肥力 科学出版社
- ⑥O. H. 普希金斯卡娅：土壤微生物学讲座。
- ⑦O. H. 普希金斯卡娅：微觀土壤真菌的生态地理分布。
- ⑧陳隆亨、陈文瑞：騰格里沙漠沙坡头地区不同固沙植物下沙的水分
治沙队資料 1962年。