塔克拉玛干沙漠腹地人工植被下 土壤微生物的初步研究^{*}

顾峰雪^{1*} 文启凯² 潘伯荣¹ 杨玉锁¹

1(中国科学院新疆生态与地理研究所 , 乌鲁木齐 830011)

2(新疆农业大学农学院 , 乌鲁木齐 830052)

摘 要 在极端干旱的塔克拉玛干沙漠腹地利用矿化度为 4 ~ 5 g/L 的地下咸水灌溉 ,在风沙土上建立了人工绿地。对流沙和人工绿地中微生物三大类群(细菌、真菌和放线菌)进行了数量测定 ,结果显示 :流沙上微生物数量很少 ,人工绿地的微生物数量显著增加 ,种植时间相同而植被类型不同的样地中的微生物数量有差异 ,微生物的组成中 ,细菌占绝大多数 ,达微生物总数的 90% 以上 ,其次是放线菌 ,真菌数量最少 ,表层微生物数量明显高于下层。人工绿地微生物数量的变化 ,说明风沙土已逐步向具有一定肥力水平的土壤方向演变。

关键词 人工绿地 ,咸水灌溉 ,微生物类群

A preliminary study on soil microorganisms of artificial vegetation in the center of Taklimakan Desert/
GU Feng_Xue¹⁾ , PAN Bo_Rong²⁾ , WEN Qi_Kai¹⁾ , YANG Yu_Suo¹⁾

Abstract Artificial plantations were set up by irrigating saline ground water (salt content 4 ~ 5 g/L) in extremely arid areas in the center of Taklimakan Desert. Soil microorganisms were detected in the drift sand dunes and afforestation plots in March and June 1998. The result showed that : 1) after the establishment of artificial vegetation , the quantity of microorganisms increased greatly with ages ; 2) soil microbial taxa varied with plant species in the plots of same age ; 3) bacteria were predominant , accounting for 90% of the total , actinomycetes the next and fungi the least ; and 4) there are more microorganisms in the topsoil (0 ~ 10 cm deep) of afforested sand dunes than in the subsoil layers (10 ~ 50 cm deep). The changes in quantities of soil microorganisms showed that the drift sand was developing into more fertilized soil.

Key words irrigating saline water , artificial vegetation , microbial population

Author 's address 1) Xinjiang Institute of Ecology and Geography , Chinese Academy of Sciences , Urumqi 830011

2) Xinjiang Agricultural University , Urumqi 830052

1 前言

位于塔克拉玛干沙漠腹地的塔中油田 ,深居欧亚内陆 ,远离海洋 ,降水稀少而蒸发强烈 ,属极端干旱的暖温带大陆性气候。光热资源丰富 ,风沙频繁 ,植被稀少 ,沙丘的流动性强。这里地下水多为咸水 ,沙漠的开发受到淡水资源匮乏的限制 ,我们在塔中沙漠区利用矿化度为 4 ~ 5 g/L 的地下咸水灌溉建立了人工绿地。经过 3 年多的努力 ,塔中沙漠区的景观和生态环境有了很大改观。人工绿地风沙土受植物和各种人为措施影响 ,开始了成土发育过程 ,土壤生态系统的各因素在不断发展和变化。土壤微生物是土壤生态系统的重要成员 ,它们在土壤中的分布既反映土壤、植物和气候等综合因素对微生物的影响和作用 ,同时它们的生化活性也反映出

中国石油天然气总公司“九五”重大科技项目(T95 - 401 - 05)和中国科学院“九五”重大科研项目(KZ951 - 13 - 213 - 02)经费资助。
收稿日期 :1999 - 05 - 24 ;修改稿收到日期 2000 - 06 - 20
顾峰雪现在地址 :新疆大学干旱生态环境研究所 ,乌鲁木齐 830046

土壤肥力、土壤改良状况与植物营养的密切关系。本试验研究了塔克拉玛干沙漠腹地不同人工绿地建立过程中微生物三大类群的数量变化,旨在探讨沙漠改良过程中环境条件与微生物的关系,以评价人工绿地改良土壤的效果,为沙漠的合理开发利用提供科学依据。

2 材料与方法

2.1 材料

在 1998 年 3 月(春季)和 6 月(夏季),分 2 次在塔中油田基地的中三点、联合站和沙漠公路 292 km 处,依绿地建立时间的先后、栽种植物种类的不同和管理方式的区别,共选择了 10 个具有代表性的样地(表 1)。

表 1 试验样地的基本状况
Table 1 The condition of sample plots

序号 No.	样地 Plot	种植时间 Seeding time	植物种类 Plant species	管理状况 Management condition
1	中三点(流沙对照 1) Top of drift sand in Zhongsandian (Control 1)	/	/	/
2	联合站(流沙对照 2) Bottom of drift sand in Lianhezhan (Control 2)	/	/	/
3	联合站防护林 Shelter_forest of Lianhezhan	1998 年春季 Spring 1998	红柳(<i>Tamarix ramosissima</i>),梭梭(<i>Haloxylon ammodendron</i>),沙拐枣(<i>Calligonum mongolicum</i>)	未施肥,半个月沟灌 1 次。 No fertilizer, ditch irrigation twice a month.
4	292 km 灌溉试验地 Irrigation experiment field	1998 年春季 Spring 1998	红柳(<i>Tamarix ramosissima</i>),梭梭(<i>Haloxylon ammodendron</i>),沙拐枣(<i>Calligonum mongolicum</i>)	采取滴灌、沟灌和畦灌三种灌溉方式。 Drip irrigation, ditch irrigation and furrow irrigation.
5	中三点苗圃一年育苗地 One_year seed plot in Zhongsandian nursery	1997 年春季 Spring 1997	红柳(<i>Tamarix ramosissima</i>),梭梭(<i>Haloxylon ammodendron</i>),沙拐枣(<i>Calligonum mongolicum</i>)	1997 年施羊粪作基肥,生长期间开沟追施二铵、尿素,1998 年末施肥。在生长期(4~9 月)以畦灌方式每月灌溉 2 次。 Applying sheep manure as basal manure, furrow dressing (ammonium phosphate and urea) during growth period. No fertilizer in 1998. Furrow irrigation twice a month during growth period.
6	中三点苗圃花卉地 Flower field in Zhongsandian nursery	1997 年春季 Spring 1997	太阳花(<i>Portulaca grandiflora</i>), 扫帚苗(<i>Kochia scoparia</i>)	1997 年施羊粪作基肥,生长期间追施二铵、尿素,1998 年追施了羊粪和少量尿素。在生长期(4~9 月)以畦灌方式每月灌溉 4 次。Applying sheep manure as basal manure, dressing ammonium phosphate and urea during growth period. Spreading sheep manure and a bit of urea in 1998. Furrow irrigation 4 times per month during growth period (from April to September).
7	联合站草地 Grassland of Lianhezhan	1997 年秋季 Autumn 1997	黑麦草(<i>Secale cereale</i>), 早熟禾(<i>Poa annua</i>), 高山羊茅(<i>Festuca ovina</i> var. <i>brachyphylla</i>)	以有机肥(75 000 kg/hm ²)、复合磷肥(750 kg/hm ²)作为基肥。生长期间以畦灌方式每天灌溉 1 次,每灌水 3~4 次后追氮肥 52.5 kg/hm ² 。 Applying organic manure (75 000 kg/hm ²) and compound phosphate (750 kg/hm ²) as basal manure. Furrow irrigation once a day, dressing nitrogen after 3~4 times irrigation.

表 1(续) Table 1(continued)

序号 No.	样地 Plot	种植时间 Seeding time	植物种类 Plant species	管理状况 Management condition
8	中三点三角造林地 Sanjiao afforestation field in Zhongsandian	1995 年春季 Spring 1995	红柳(<i>Tamarix ramosissima</i>),梭梭(<i>Haloxylon ammodendron</i>),沙拐枣(<i>Calligonum mongolicum</i>)	施羊粪作基肥,1998 年按株追施尿素。以喷灌方式,1995 年浇地下咸水,1996 ~ 1997 年间浇生活污水,每年的 4 ~ 9 月间每月浇水一次。Applying sheep manure as basal manure ,dressing urea every individual in 1998. Irrigating saline ground water in 1995 and domestic sewage from 1996 to 1997 ,irrigating once a month during growth period (from April to September).
9	中三点苗圃三年育苗地 Three-year seed plot in Zhongsandian nursery	1995 年春季 Spring 1995	红柳(<i>Tamarix ramosissima</i>),梭梭(<i>Haloxylon ammodendron</i>),沙拐枣(<i>Calligonum mongolicum</i>)	仅施羊粪作基肥,畦灌。 Only spreading sheep manure as basal manure ,furrow irrigation.
10	中三点苗圃三年蔬菜地 Three-year vegetable field in Zhongsandian nursery	1995 年春季 Spring 1995	各种蔬菜 Various kinds of vegetables	施羊粪作基肥,同时施二铵、尿素。以畦灌方式在生长期每 2 ~ 3 天灌溉一次。Spreading sheep manure as basal manure ,applying ammonium phosphate and urea. Furrow irrigation once every 2 ~ 3 days.

2.2 采样

按照样地面积大小确定取样点数。在样地内随机布点,取样深度为 0 ~ 10 cm 和 10 ~ 50 cm。将同一样地同一层次多点所取的土样充分混合,将混合样保鲜带回室内分析。

2.3 分析

微生物类群的数量测定主要参照《土壤微生物分析方法手册》(许光辉,郑洪元,1986)和《土壤微生物研究法》(中科院南京土壤所,1985)进行,其中细菌、真菌、放线菌均采用平板法测定。培养基分别为:

- 牛肉膏蛋白胨琼脂培养基:牛肉膏 3 g,蛋白胨 5 g,琼脂 12 g,水 1 L。
- 马铃薯培养基:20% 马铃薯浸提液 1 L,蔗糖 20 g,琼脂 12 g。
- 改良高氏一号培养基:KNO₃ 1.0 g, K₂HPO₄ 0.5 g, MgSO₄ · 7H₂O 0.5 g, NaCl 0.5 g, Fe-SO₄ · 7H₂O 0.01 g,可溶性淀粉 20.0 g,琼脂 12 g,水 1 L。

2.4 数据分析方法

在对微生物进行数量分析时,一个样品每种培养基(每种微生物类群)选定 3 个浓度梯度,每个浓度梯度 6 个重复,共 18 个数据,取其平均数作为该样品该种微生物类群的数量。

3 结果与讨论

3.1 塔克拉玛干沙漠腹地流沙中微生物的分布及与其他沙漠、沙地的比较

我国从东到西均有沙漠沙地分布,经历了半湿润、半干旱、干旱到极端干旱等几个自然地带。不同自然地带沙漠沙地水、热等自然状况的差异,使流沙中的微生物数量及组成也存在着较大的差异。我们比较了各沙漠沙地微生物的数量和组成(见表 2)。塔克拉玛干沙漠腹地流沙上微生物总数为 20 578 个/克干土,其中细菌占绝大多数,其次是放线菌,真菌最少。沙漠中的水份和有机质的含量少是限制微生物活性的主要因素(Rao & Venkateswarlu,1983;Venkateswarlu & Rao,1981)塔克拉玛干沙漠处于中国西部极端干旱区,因此流沙上微生物总数比半湿润的科尔沁沙地低(陈祝春,1985),同时也低于干旱区的腾格里沙漠的沙坡头地区(陈祝

春,李定淑,1992),但要明显高于极干旱的吐鲁番盆地和鄯善沙山的风沙土(王林霞,王秀云,1991)。由于不同地区采样时间、采样方法(包括深度)和分析方法等的不同,在此我们只做初步的比较。通过现有资料的比较可以看出,流沙上水热条件恶劣,微生物数量很少。但不同地带的流动沙丘自然环境条件不同,土壤微生物在数量上和组成上都有较大差异,而且随着水分条件变差,微生物数量有下降的趋势。

表 2 流动沙丘不同地带微生物数量(单位:个/克干土)
Table 2 Number of microorganisms in different drift sand dunes(ind./g dry soil)

地点 Location	深度(cm) Depth	细菌 Bacteria	真菌 Fungi	放线菌 Actinomyces	总数 Total
塔中沙漠 Taklimakan Desert	0 ~ 10	20295	45	238	20578
鄯善沙山 Shanshan sand hill	0 ~ 1	7900	7	48	7955
吐鲁番火焰山 Tulufan flame hill	0 ~ 1	1700	27	638	2365
沙坡头 Shapotou	0.1 ~ 1	23398	403	50428	74229
科尔沁沙地 Kerqin Desert	0 ~ 1	26000	0	600	26600

鄯善沙山、吐鲁番火焰山、科尔沁沙地的资料分别来源于:王秀云等(1991),潘惠霞等(1990),陈祝春(1995)

3.2 不同种植时间和不同植被类型对土壤微生物数量及组成的影响

3.2.1 土壤微生物数量的变化 在人工植被建立和沙丘固定后,微生物的生物量会大大增加(陈祝春,1991;Forster,1979;Rao & Venkateswarlu,1983;Venkateswarlu & Rao,1981;Zak & Tilman,1994)。由表 3、表 4 可见,在塔克拉玛干沙漠腹地用咸水浇灌建立人工绿地后,植物种植时间越长,微生物数量越多。如 1998 年春季分析的一年育苗地(样地 5)表层微生物总数达到 5.34×10^5 个/克干土,高于流沙对照(样地 1)的 277 个/克干土;而三年育苗地(样地 9)则达到了 3.30×10^6 个/克干土。夏季也有相同的变化规律,并且夏季微生物数量还要高于春季,如三年育苗地(样地 9)夏季表层微生物总数达到了 2.92×10^7 个/克干土。微生物的三大类群——细菌、真菌、放线菌都显示了相同的变化规律。

表 3 1998 年春季(3 月)各样地土壤微生物数量(单位:个/克干土)
Table 3 Number of soil microorganisms in spring(March) of 1998(ind./g dry soil)

序号 No.	深度(cm) Depth	细菌 Bacteria	放线菌 Actinomyces	真菌 Fungi	总数 Total
1	0 ~ 10	5.03×10^4	3.32×10^2	3.72×10	5.06×10^4
	10 ~ 50	3.51×10^2	2.68×10^3	8.37×10	3.11×10^3
2	0 ~ 10	2.34×10^2	3.31×10	1.00×10	2.77×10^2
	10 ~ 50	4.51×10^2	6.73×10	5.01×10	5.69×10^2
5	0 ~ 10	5.31×10^5	3.64×10^3	1.70×10^2	5.34×10^5
	10 ~ 50	1.38×10^5	6.16×10^3	3.40×10^2	1.44×10^5
8	0 ~ 10	2.56×10^6	7.23×10^4	1.51×10^4	2.65×10^6
	10 ~ 50	4.14×10^5	9.59×10^3	2.06×10^3	4.26×10^5
9	0 ~ 10	3.06×10^6	1.97×10^5	3.36×10^4	3.30×10^6
	10 ~ 50	1.23×10^6	1.02×10^4	1.32×10^4	1.25×10^6
10	0 ~ 10	6.76×10^6	1.42×10^5	6.87×10^4	6.97×10^6
	10 ~ 50	1.31×10^6	2.05×10^4	5.13×10^3	1.33×10^6

注:表中样地序号同于表 1。Note:Plot numbers correspond to those in Table 1.

微生物数量变化与土壤理化性质的变化有很大的相关性(Rao & Venkateswarlu,1983)。人工绿地建立时间越长,风沙土中有机质含量越高,植物根系的分泌物亦增多,土壤的理化性

质和水热状况得到了改善 ,因此微生物数量也逐渐增加。但是在种植时间相同而植被类型不同的沙地中 ,微生物数量也会不同。如 1998 年 3 月份微生物总数的排序为 :三年蔬菜地 > 三年育苗地 > 三年造林地 ;6 月份的排序为 :一年花卉地 > 一年草地 > 一年育苗地 ,三年蔬菜地 > 三年育苗地 > 三年造林地。造成以上差异的原因主要是不同样地的植物种类、密度、生长状况以及人为措施不同 ,因而土壤的有机质含量和理化性质有差异。

首先 ,土壤微生物的生长与土壤有机质的含量密切相关(Zak et al. ,1994)。从表 1 各样地的管理状况可以看出 ,不同样地植物的生长状况、地表凋落物的含量以及人工施用有机肥的数量不同 ,造成了不同样地微生物数量的差异 ;其次 ,植物根系在生长过程中会向根际分泌一些代谢物 ,包括碳水化合物、氨基酸、有机酸、脂肪酸、生长素、核苷酸、酶等 ,不但为微生物提供了有效的 C 和 N 元素 ,并且因含有刺激微生物生长的物质 ,使得根系周围的微生物数量要远远多于根外土壤 ,这就是所谓的根际效应。不同样地中植物的种类、年龄和发育阶段不同 ,其分泌物的种类、数量和性质也不同 ,这就造成微生物数量也有差异。此外 ,不同样地肥力(水、肥、气、热)水平的差异也是造成微生物数量显著不同的主要原因。

表 4 1998 年夏季(6 月)各样地土壤微生物数量(单位 :个/克干土)
Table 4 Number of soil microorganisms in summer(June) of 1998 (ind. /g dry soil)

序号 No.	深度(cm) Depth	细菌 Bacteria	放线菌 Actinomyces	真菌 Fungi	总数 Total
1	0 ~ 10	2.62×10^4	1.85×10^2	3.17×10	2.64×10^4
	10 ~ 50	7.87×10^3	3.13×10^2	3.13×10^2	8.50×10^3
2	0 ~ 10	4.47×10^3	4.02×10^2	1.01×10^2	4.97×10^3
	10 ~ 50	4.52×10^2	1.01×10^3	3.02×10^2	1.76×10^3
3	0 ~ 10	2.04×10^5	6.82×10^2	2.54×10^2	2.05×10^5
	10 ~ 50	4.22×10^5	1.17×10^3	4.69×10^3	4.28×10^5
4	0 ~ 10	1.28×10^6	7.09×10^2	2.96×10^2	1.28×10^6
	10 ~ 50	3.66×10^5	1.30×10^3	8.02×10^3	3.75×10^5
5	0 ~ 10	9.80×10^6	2.91×10^5	1.04×10^5	1.02×10^7
	10 ~ 50	2.75×10^6	4.52×10^4	1.05×10^4	2.81×10^6
6	0 ~ 10	2.44×10^7	3.53×10^5	1.87×10^5	2.49×10^7
	10 ~ 50	3.41×10^6	1.31×10^4	7.76×10^4	3.50×10^6
7	0 ~ 10	1.17×10^7	1.24×10^6	5.11×10^5	1.35×10^7
	10 ~ 50	1.29×10^6	1.99×10^5	1.09×10^5	1.60×10^6
8	0 ~ 10	1.38×10^7	3.04×10^5	2.53×10^5	1.44×10^7
	10 ~ 50	4.84×10^6	1.87×10^4	1.37×10^5	5.00×10^6
9	0 ~ 10	2.86×10^7	3.54×10^5	2.71×10^5	2.92×10^7
	10 ~ 50	2.40×10^6	1.87×10^4	1.25×10^5	2.54×10^6
10	0 ~ 10	3.28×10^7	1.05×10^6	4.34×10^5	3.43×10^7
	10 ~ 50	8.90×10^6	1.60×10^4	3.63×10^4	8.95×10^6

注 :表中样地序号同于表 1。Note :Plot numbers correspond to those in Table 1.

由 1998 年 3 月和 6 月 2 次的测定结果的对比中可以看到 ,同一样地 6 月份微生物的数量要大于 3 月份。原因是 6 月份植物处于生长期 ,根系活动旺盛、灌溉频繁、土壤湿润 ,有利于微生物的生长。另外 ,6 月份的天气炎热 ,地面温度很高 ,由此还可以看出 ,在沙漠中生长的微生物是较为耐高温的。

3.2.2 微生物组成的变化 不同微生物类群生长所需的土壤环境有差异 ,分析微生物组成的变化 ,可以表明人工绿地建立后风沙土内部环境的改善。各微生物类群的组成如表 5、表 6。从表中可以看出 ,细菌在各层沙土中都占优势(联合站流沙丘间除外 ,此地 10 ~ 50 cm 以放线

菌为主),人工绿地风沙土无论表层还是下层细菌均占微生物总数的 90% 以上,而流沙中则不到 90%,说明人工绿地建立后细菌所占比例逐渐增加,放线菌、真菌所占比例减少。与流沙相比,人工植被下沙地出现了大量的产色芽孢细菌(如绿、橙、红等)。

表 5 1998 年春季(3 月)各样地微生物类群的组成(%)
Table 5 The composition of soil microorganisms in the spring of 1998(%)

微生物类群 Microorganism group	深度(cm) Depth	样地 1 Plot No. 1	样地 2 Plot No. 2	样地 5 Plot No. 5	样地 8 Plot No. 8	样地 9 Plot No. 9	样地 10 Plot No. 10
细菌	0 ~ 10	84.42	99.27	99.44	96.60	92.73	96.99
Bacteria	10 ~ 50	79.34	11.28	95.83	97.18	98.40	98.50
真菌	0 ~ 10	3.62	0.07	0.03	0.57	1.02	0.39
Fungi	10 ~ 50	8.82	2.69	0.24	0.48	1.06	0.39
放线菌	0 ~ 10	11.96	0.65	0.68	2.73	5.97	2.04
Actinomyces	10 ~ 50	11.84	86.03	4.28	2.25	0.82	1.54

表 6 1998 年夏季(6 月)各样地微生物类群的组成(%)
Table 6 The composition of soil microorganisms in the summer of 1998(%)

微生物类群 Microorganisms groups	深度 (cm) Depth	样地 1 Plot No. 1	样地 2 Plot No. 2	样地 3 Plot No. 3	样地 4 Plot No. 4	样地 5 Plot No. 5	样地 6 Plot No. 6	样地 7 Plot No. 7	样地 8 Plot No. 8	样地 9 Plot No. 9	样地 10 Plot No. 10
细菌	0 ~ 10	99.18	89.89	99.54	99.92	96.13	97.83	86.97	96.88	97.86	95.66
Bacteria	10 ~ 50	92.62	25.72	98.63	97.52	98.01	97.41	80.71	96.88	94.35	99.42
真菌	0 ~ 10	0.12	2.02	0.12	0.02	1.02	0.75	3.80	1.76	0.93	1.27
Fungi	10 ~ 50	3.69	17.14	1.10	2.14	0.37	2.22	6.82	2.74	4.91	0.41
放线菌	0 ~ 10	0.70	8.09	0.33	0.06	2.85	1.42	9.23	2.12	1.21	3.07
Actinomyces	10 ~ 50	3.69	57.14	0.27	0.35	1.61	0.37	12.47	0.37	0.74	0.18

表 7 1998 年各样地表层与下层微生物数量的比值
Table 7 Ratio of microorganisms in topsoil and subsoil horizon of plots in 1998

样地序号	细菌 Bacteria		放线菌 Actinomyces		真菌 Fungi		总数 Total	
Plot no.	春季 Spring	夏季 Summer	春季 Spring	夏季 Summer	春季 Spring	夏季 Summer	春季 Spring	夏季 Summer
1	0.52	3.33	0.49	0.59	0.20	0.10	0.49	3.33
2	143.26	9.88	0.12	0.40	0.44	0.33	16.27	2.83
3		4.83		0.58		0.05		4.77
4		3.50		0.55		0.04		3.41
5	3.85	3.56	0.59	6.44	0.50	9.90	3.71	3.63
6		7.16		26.95		2.41		7.12
7		9.07		6.23		4.69		8.42
8	6.18	2.85	7.54	16.26	7.33	1.85	6.22	2.87
9	2.49	11.92	19.31	18.93	2.55	2.17	2.64	11.49
10	5.16	3.69	6.93	65.88	13.40	11.96	5.24	3.83

在 1998 年 3 月的测定结果中放线菌的数量在微生物总数中占第二位,这与 1998 年 6 月在流沙及人工绿地沙地上层的测定结果是一致的,但大多数 10 ~ 50 cm 下层的真菌数量要大于放线菌,占微生物总数的第二位。出现这些不同的情况,我们认为与两个不同测定时间的水热状况不同有关。

3.3 人工绿地土壤微生物的垂直分布

从表 3、表 4 的分析结果看,流沙丘顶由于受频繁的吹蚀作用,沙面极不稳定,水热条件也很差,因此,微生物三大类群的数量均是下层多于表层,即土壤表层与下层微生物数量的比值小于 1;而丘间流沙地以及种植时间较短的人工绿地,如 1.2 公里防护林(样地 3)、灌溉试验地(样地 4)和 1998 年 3 月测定的一年育苗地(样地 5),细菌的数量则是表层多于下层,但放线菌、真菌的数量仍然是下层高于表层。其他人工绿地,无论是细菌、真菌,还是放线菌,都是表层数量多于下层,表层数量是下层的几倍到十几倍,甚至可达几十倍。微生物数量表层与下层的比值如表 7。原因是人工绿地的表层枯枝落叶多,施用的有机肥多,受外界环境和人为影响大,所以微生物数量要多于下层。

4 结 论

- 1) 在塔克拉玛干沙漠腹地流沙上的人工绿地建立后,微生物数量显著增加;植被种植时间越长,微生物数量越多,随植被类型不同,微生物数量有差异。
- 2) 在人工绿地的土壤微生物组成中,细菌数量占绝对优势,放线菌次之,真菌最少。流沙丘间下层放线菌数量最多。6 月份多数人工绿地下层细菌数量仍占总菌数的第一位,但真菌数量要大于放线菌。
- 3) 流沙上除丘间细菌外,均是下层微生物数量大于上层。人工绿地建立后,细菌、真菌和放线菌,均是表层数量大于下层。
- 4) 土壤微生物与土壤酶及土壤养分之间均呈极显著相关和显著相关。
- 5) 土壤微生物在数量、分布以及组成上的变化,说明人工绿地建立后土壤内部在逐渐发生变化,土壤的物理状况得到改善,流沙开始朝着肥力水平较高的土壤方向演变。这就为人类改善生态环境,提高土地生产潜力提供了理论和实践的依据。

致谢 本项试验研究在采样过程中得到胡玉昆、徐海量、徐新文、王炜等老师的大力协助和支持,论文写作得到罗明老师的评阅和修改,在此表示衷心的感谢。

参 考 文 献

陈祝春,1985. 腾格里沙漠沙坡头人工植被条件下流动沙丘固定过程中的微生物学特性. 土壤学通报, 16 (3):134~137

陈祝春,李定淑,1992. 科尔沁沙地奈曼旗固沙造林沙丘土壤微生物区系的变化. 12(3):16~21

陈祝春,1995. 科尔沁沙地沙丘土壤生物学活性. 中国沙漠, 15(3):283~287

陈祝春,张继贤,李定淑,1983. 腾格里沙漠东南缘不同类型沙丘的微生物学特性. 中国沙漠, 3(1):20~26

陈祝春,1991. 沙丘结皮层形成过程的土壤微生物和土壤酶活性. 环境科学, 12(1):19~24

潘惠霞,王秀云,王林霞,1990. 生态环境对微生物分布的影响. 干旱区研究, 7(2):44~49

王林霞,王秀云,1991. 新疆吐鲁番盆地极端环境微生物资源研究. 干旱区研究, 8(1):43~46

王秀云,王林霞,潘惠霞,1991. 鄯善沙山的微生物分布及其生态环境. 干旱区研究, 8(4):30~32

许光辉,郑洪元,1986. 土壤微生物分析方法手册. 北京:农业出版社,91~102

中国科学院南京土壤研究所编著,1985. 土壤微生物研究法. 北京:科学出版社,54~59

Forster S M,1979. Microbial aggregation of sand in an embryo dune system. Soil Biology and Biochemistry, 11 537~543

Rao A V, Venkateswarlu B,1983. Microbial ecology of the soil of Indian desert. Agriculture Ecosystem and Environment, 10(4):361~370

Venkateswarlu B, Rao A V,1981. Distribution of microorganisms in stabilized and unstabilized sand dunes of the Indian Desert. Journal of Arid Environment, 4 203~207

Zak Donald R, Tilman D,1994. Plant production and soil microorganisms in alter succession ecosystems: a continental_scale study. Ecology, 75(8):2333~2347