

海北高寒草甸生态系统定位站土壤 微生物学的研究 1. 微生物各主要 类群的组成及其数量变动*

朱桂如 李家藻 唐诗声 杨 涛

(中国科学院西北高原生物研究所)

在整个生态系统中,微生物是不可缺少的一个成员。为了阐明土壤微生物在海北高寒草甸生态系统中的作用,我们对海北生态系统定位站土壤中各主要微生物类群的数量和组成进行了研究。该地的自然条件已见本文集其他各篇,于此不再重复。

材料和方法

土壤样品的采集:根据海北高寒草甸生态系统定位站的自然条件,我们于1980年5月17日(草返青期),7月21日(草盛期),9月23日、10月24日(草枯黄期),分别采集了矮嵩草(*Kobresia humilis*)草甸,垂穗披碱草(*Elymus nutans*)草甸,藏嵩草(*Kobresia tibetica*)、华扁穗草(*Blysmus sinocompressus*)沼泽化草甸,杂类草(Forbs)草甸,金露梅(*Potentilla fruticosa*)灌丛等不同植被类型和不同放牧处理的0—10厘米、10—20厘米、20—50厘米深的土样,每块样地三点取样,混合后留1公斤左右土壤样品置无菌大铝盒中,留待分析测定用。在采集土壤样品同时测定土壤水分。

土壤悬液的制备:称取土样10克,放在已灭菌的研钵内,加入少量含0.1%琼脂的无菌水,仔细研磨约1~2分钟,随后将此悬液倒入250毫升无菌空三角瓶中,再加0.1%琼脂的无菌水,使之成为1/10的稀释液,置振荡机(100次/分)上振荡10分钟后,根据试验需要再稀释成各种稀释度。

土壤微生物的分离培养:采用稀释平板法进行分离。每种稀释度重复三次。

细菌采用牛肉膏培养基进行分离,1/10000稀释度接种,26°C培养3天后观察计数。

丝状真菌采用马丁(Martin)氏培养基;酵母菌采用酸性马铃薯培养基,二者均采用1/10稀释度接种,26°C培养5天后观察计数。

* 程双宁同志参加了此项工作

放线菌采用淀粉铵盐培养基进行分离, 1/100稀释度接种, 接种前用1%苯酚处理土壤悬液10分钟, 以抑制细菌、真菌生长。26°C培养7天后观察计数。

好气性自生固氮菌采用阿须贝 (Ashby) 氏无氮培养基进行分离, 分别用土粒法和1/10稀释度接种, 26°C培养10天后观察计数。

微嗜氮菌采用阿须贝 (Ashby) 氏培养基进行分离, 1/10000稀释度进行接种, 26°C培养10天后观察计数。

好气性纤维分解菌采用赫奇逊 (Hutchison) 氏培养基进行分离, 1/10稀释度接种, 26°C保湿培养15天后观察在滤纸上生长的细菌、真菌、放线菌三者的总数。培养基成份、马丁氏培养基引自 *Methods in Microbiology*, Vol.4 (Booth, 1971), 其余引自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, 1960)。

结果和讨论

一、不同植被类型对土壤微生物的数量和组成的影响 (表1)。

植物种的特征对土壤微生物的数量和组成有一定的影响。不同的植被类型有不同的微生物的数量和不同的微生物类群结构。

从四次采样测定的各类土壤微生物数量的平均值可以看出, 在0—10厘米土层中, 细菌的数量以杂类草草甸土壤中最, 矮嵩草草甸次之, 垂穗披碱草草甸土壤中最少, 沼泽草甸和金露梅灌丛居中。放线菌的数量是矮嵩草草甸土壤中最, 垂穗披碱草草甸次之, 杂类草草甸和金露梅灌丛居中, 沼泽草甸土壤中最少。从丝状真菌数量看, 金露梅灌丛最高, 沼泽草甸第二, 矮嵩草草甸第三, 垂穗披碱草草甸第四, 杂类草草甸最低。而酵母菌则是矮嵩草草甸居冠, 垂穗披碱草第二, 杂类草草甸第三, 沼泽草甸第四, 金露梅灌丛最少。微嗜氮菌的数量是以金露梅灌丛的土壤中最, 沼泽草甸次之, 矮嵩草草甸、杂类草草甸居中, 垂穗披碱草草甸最少。纤维分解菌是以杂类草草甸土壤中最, 垂穗披碱草草甸第二, 金露梅灌丛第三, 矮嵩草草甸第四, 沼泽草甸最少。

以上结果充分说明了不同的植被类型对土壤微生物的数量影响是很大的。

矮嵩草草甸是天然草场的主要植被类型, 根系较发达, 各种微生物类群的数量都比较高。垂穗披碱草草甸和杂类草草甸这两种植被类型土壤微生物的数量与矮嵩草草甸土壤微生物的数量相比, 差别较大。这是由于垂穗披碱草系由人工在原天然草场上开垦后种植的, 属人工草场类型。杂类草草甸是草场退化, 特别是遭到各种鼠类的危害后, 原来的植被被破坏, 使一些非禾本科植物如美丽风毛菊 (*Saussurea superba*)、矮火绒草 (*Leontopodium namum*)、麻花艸 (*Gentiana straminea*)、秦艸 (*Gentiana dahlurica*) 等植物生长, 代替了原来的矮嵩草等植物。同时又由于人工开垦和鼠类打洞流窜, 垂穗披碱草草甸和杂类草草甸的土壤较松软。

沼泽草甸类型除了丝状真菌和微嗜氮菌数量较多外, 其他的微生物类群的数量都较少。特别是放线菌和纤维分解菌的数量极低。这主要是因沼泽地土壤泥炭化, 土壤肥力差, 加之土壤含水量过高 (68.8—73.5%), 土壤温度低 (五月下旬20厘米以下土层仍冻结), 从而影响了一些好气性微生物的生长。

表1 不同植被类型对土壤微生物数量和组成的影响 (10⁴细胞/克干土)

Table 1 The influence of vegetation on the number and constitution of soil microorganisms

10⁴ cell/g dry soil

植被类型 Vegetation Types	采样日期 Sampling date	细菌 Bacteria	放线菌 Actino- mycetes	丝状真菌 Filamen- tous fungi	酵母 Yeasts	微嗜氮菌 Oligonitro- philes	纤维分解菌 Cellulose- decomposing microorganisms
		土壤深度(0-10cm)		Soil depth(0-10cm)			
矮蒿草草甸 Kobresia humilis meadow	17/V 21/V11 23/IX 24/X	818 8970 1790 1620	65.2 60.2 52.5 0.27	0.56 0.77 2.65 1.64	3.18 3.24 2.00 3.91	588 2972 3216 2627	0.11 0.23 1.03 0.63
垂穗披碱草草甸 Elymus nutans meadow	17/V 21/V11 23/IX 24/X	1290 1440 2240 1262	59.60 30.60 44.10 0.18	1.29 0.61 1.15 1.26	0.98 1.63 1.99 0.82	612 1259 3000 1857	0.13 0.99 1.20 0.97
杂类草草甸 Forbs meadow	17/V 21/V11 23/IX 24/X	1270 9290 2800 2610	60.80 25.50 12.90 0.52	0.09 0.31 1.33 1.64	1.62 0.83 0.75 /	1220 1266 2717 2058	0.20 0.49 1.19 2.05
金露梅灌丛 Potentilla fruticosa shrub	17/V 21/V11 23/IX 24/X	2900 1580 3970 2677	55.40 6.29 28.60 8.16	0.14 1.73 26.50 9.15	0.92 0.29 0 0.30	1420 5729 5806 5155	0.27 1.45 0.29 0.45
沼泽草甸 Swamp meadow	17/V 21/V11 23/IX 24/X	1390 7320 800 1921	3.47 0.69 4.50 3.00	28.40 0.83 0.38 0.29	0 0.07 0.23 1.73	741 7069 2505 3030	0 0 1.50 0

		土壤深度(10-20cm)		Soil depth(10-20cm)			
矮嵩草草甸	17/V	435	31.70	0.27	1.38	325	0.09
Kobresia	21/V11	1240	19.63	0.56	1.08	540	0.95
humilis	23/IX	2510	15.08	0.99	1.76	1479	0.75
meadow	24/X	1370	11.56	0.83	1.46	485	0.44
垂穗披碱草草甸	17/V	585	10.54	1.49	1.45	292	0.13
Elymus	21/11	250	11.14	0.25	1.53	814	0.73
nutans	23/IX	1420	7.17	0.99	1.61	1244	1.12
meadow	24/X	761	6.86	1.19	0.66	1283	0.76
杂类草草甸	17/V	400	14.9	0.06	0.93	1450	0.17
Forbs	21/V11	1090	14.30	0.59	1.38	753	0.91
meadow	23/IX	2030	13.6	2.04	1.84	1970	1.28
	24/X	1040	0.43	0.95	0.86	269	0.68
金露梅灌丛	17/V	946	1.04	0.66	0.09	243	0.01
Potentilla	21/V11	1130	0.57	0.81	0.13	2604	0.53
fruticosa	23/IX	1510	4.43	22.50	0	2359	0.63
shrub	24/X	980	0.68	0.12	0	2510	0.19
沼泽草甸	17/V	1730	0	0.38	0	18	0
Swamp	21/V11	2030	1.84	0.71	0.03	—	2.29
meadow	23/IX	812	0	0.10	0	1965	0.13
	24/X	484	1.69	0	0	369	0.08

时 间 按 表 2 的 顺 序 进 行 ， 土 壤 深 度 按 表 2 的 顺 序 进 行 。

		(土壤深度(20-50cm))		Soil depth(20-50cm)	
矮嵩草草甸	17/V	521	6.43	0.10	0.40
Kobresia	21/VII	309	2.89	0.10	0.10
humilis	23/IX	977	2.22	0.13	0.39
meadow	24/X	705	0.26	0.31	0.28
垂穗披碱草草甸	17/V	442	21.5	0.04	0.29
Elymus	21/VII	128	1.45	0.19	0.40
nutans	23/IX	603	6.25	0.59	0.51
meadow	24/X	382	0.09	0.37	0.17
杂类草草甸	17/V	373	6.93	0.61	0.36
Forbs	21/VII	8.98	8.04	0.13	0.39
meadow	23/IX	325	3.43	0.75	0.15
	24/X	130	0.26	0.89	0.89
金露梅灌丛	17/V	536	0	0.02	0
Potentilla	21/VII	194	0.58	0.12	0
fruticosa	23/IX	46.6	0.12	2.76	0
shrub	24/X	451	0.09	0.12	0
沼泽草甸	17/V	333	0	0.25	0
Swamp	21/VII	122	0.27	0.20	0
meadow	23/IX	593	0	0.10	0
	24/X	190	0.25	0	0

*纤维分解菌的数量系生长在滤纸上细菌、真菌、放线菌的数量总和

由表 1 的结果可以看出,在海北高寒草甸这一生态系统中,酵母菌数量较多。在各类草甸土壤中,以矮嵩草草甸和垂穗披碱草草甸这三种植被类型土壤中最多。

表 1 的结果还证明了,土壤微生物的数量是随土壤深度的增加而减少(图 1-5)。不论是在植物生长时,还是在植物死亡后,整个根系对微生物的生长发育均起很大的作

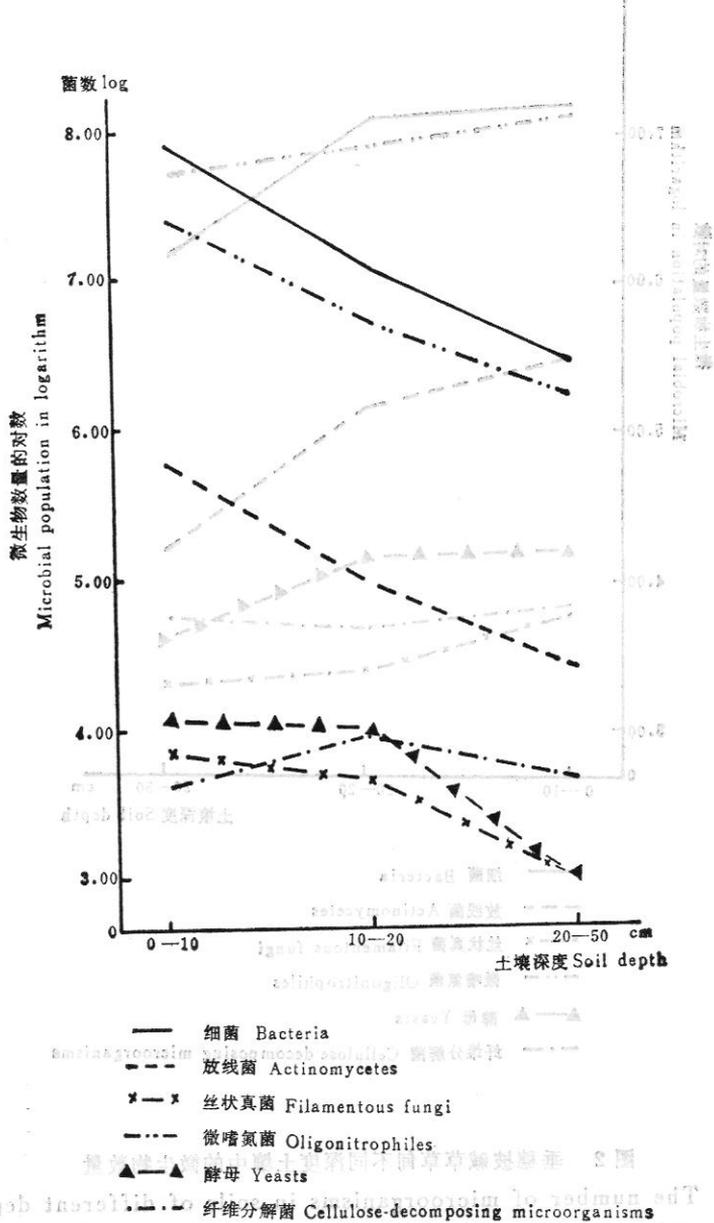


图 1 矮嵩草草甸不同深度的土壤的微生物数量

Fig. 1 The number of soil microorganisms in soils of different depth of *Kobresia humilis* meadow

各层。各层微生物种群，中上层以革兰氏阴性菌为主，下层以革兰氏阳性菌为主。
 土壤微生物群落结构随土壤深度而变化，表层微生物多样性高，随着深度增加，微生物种类
 减少。本研究在垂穗披碱草甸不同深度土壤中，测定了细菌、放线菌、丝状真菌、微嗜氮菌、
 酵母和纤维分解菌的数量。结果表明，土壤微生物数量随深度增加而减少，且不同微生物类群
 的分布模式各异。

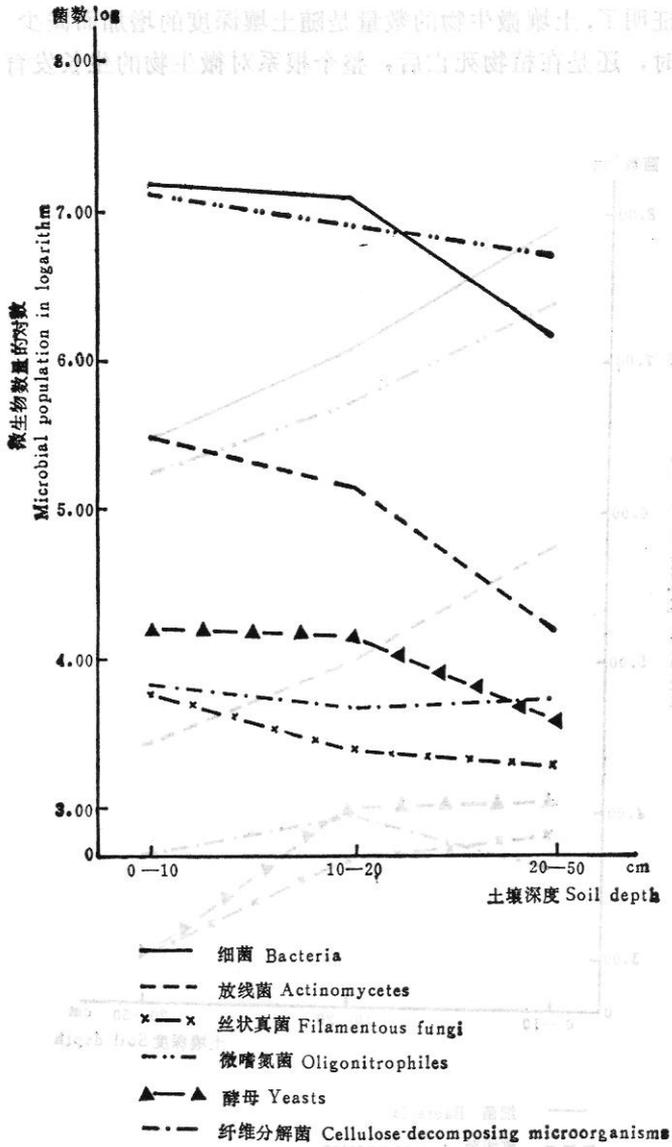


图2 垂穗披碱草甸不同深度土壤中的微生物数量
 Fig. 2 The number of microorganisms in soils of different depth of *Elymus nutans* meadow

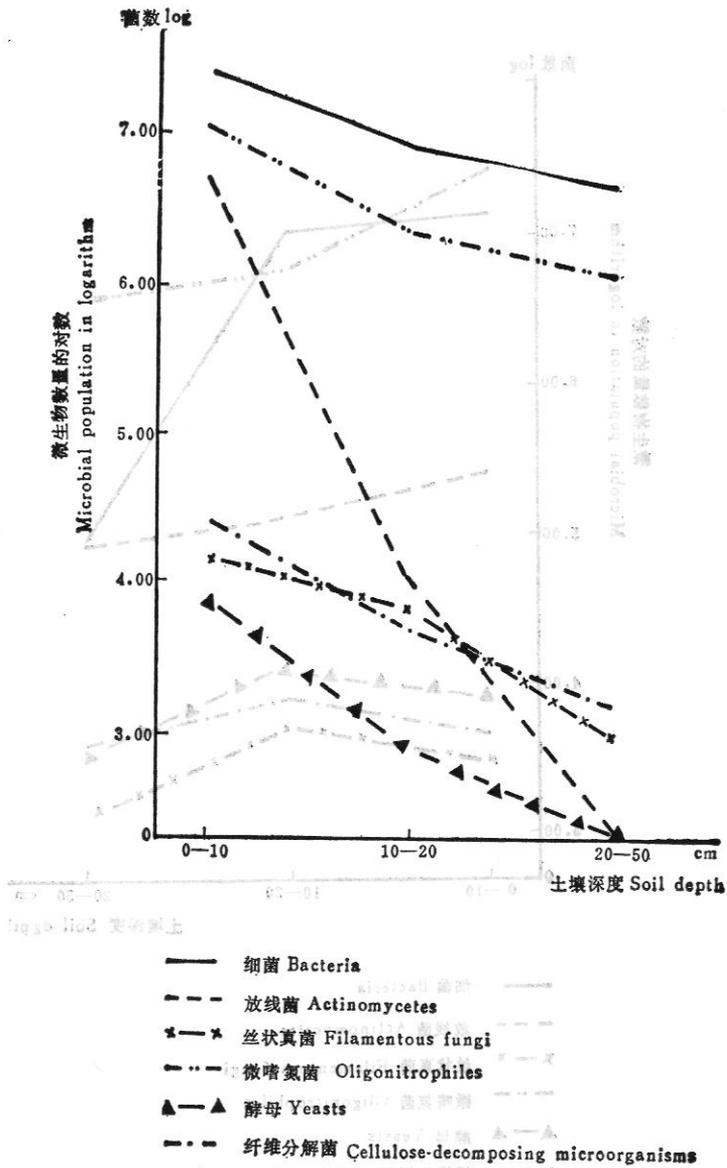


图 3 金露梅灌丛不同深度土壤中微生物数量
 Fig. 3. The number of microorganisms in soils of different depth of *Potentilla fruticosa* shrub

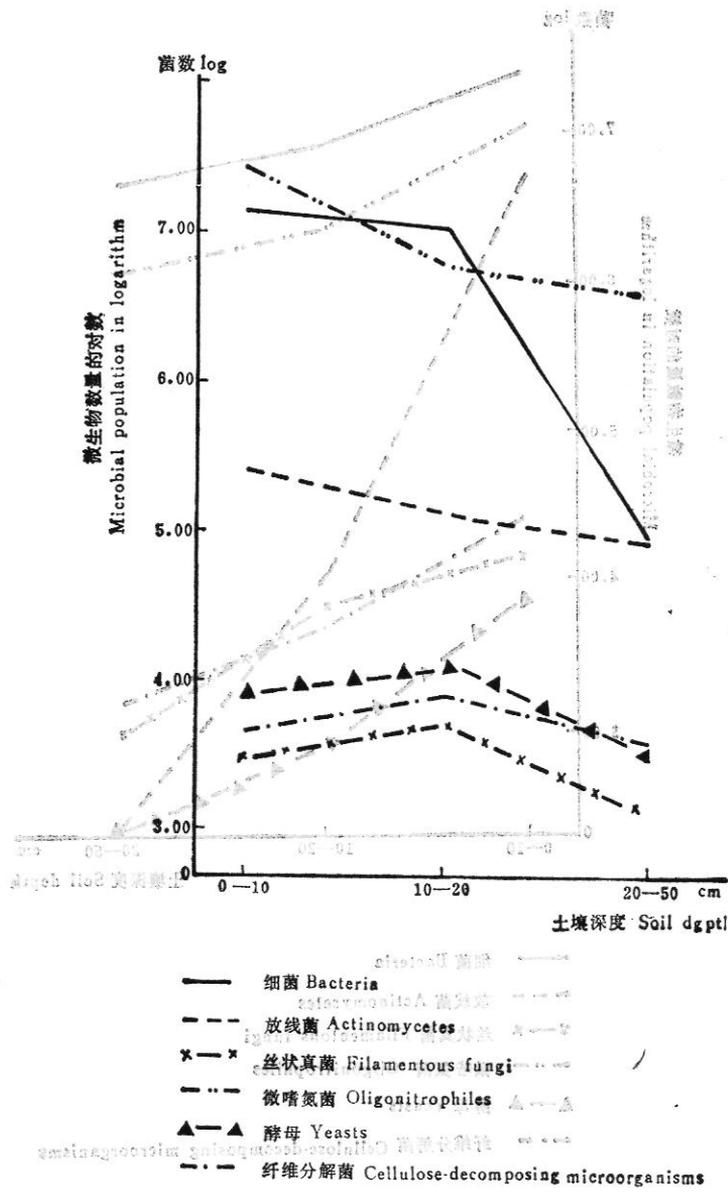


图4 杂类草草甸不同深度土壤中的微生物数量
 Fig. 4 The number of microorganisms in soils of different depth of forbs meadow

采用副倒置培养法。测得量，冬季量比前夏季，中层土一米层0.1—0.2，因而。根
 减少，微生物量相对减少。

二、在夏季的沼泽土壤中，中层土一米层0.1—0.2，因而。根
 减少，微生物量相对减少。

三、在夏季的沼泽土壤中，中层土一米层0.1—0.2，因而。根
 减少，微生物量相对减少。

四、在夏季的沼泽土壤中，中层土一米层0.1—0.2，因而。根
 减少，微生物量相对减少。

五、在夏季的沼泽土壤中，中层土一米层0.1—0.2，因而。根
 减少，微生物量相对减少。

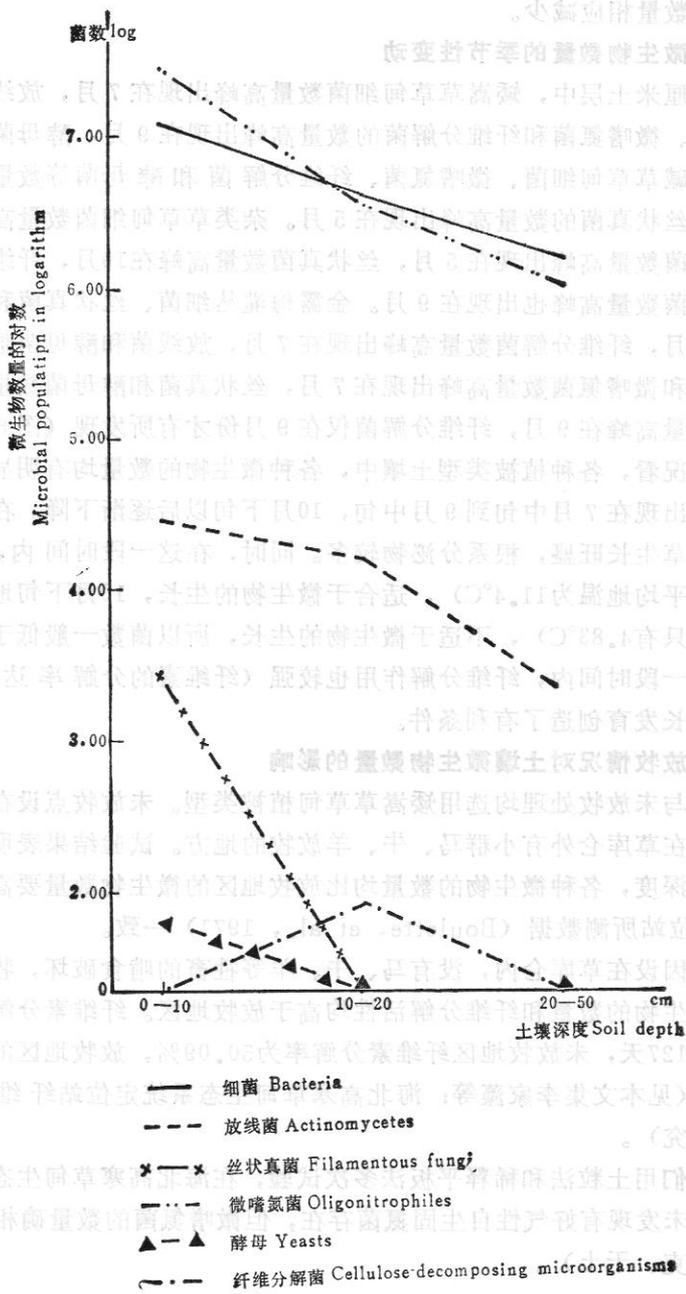


图5 沼泽草甸不同深度土壤的微生物数量

Fig. 5 The number of microorganisms in soil of different depth of swamp meadow

用。因此，在0—10厘米这一土层中，微生物的数量最多，最活跃。土壤深度增加根系减少，微生物数量相应减少。

二、土壤微生物数量的季节性变动

在0—10厘米土层中，矮嵩草草甸细菌数量高峰出现在7月，放线菌数量高峰在5月，丝状真菌、微嗜氮菌和纤维分解菌的数量高峰出现在9月，酵母菌数量高峰出现在10月。垂穗披碱草草甸细菌、微嗜氮菌、纤维分解菌和酵母菌等数量高峰都出现在9月，放线菌和丝状真菌的数量高峰出现在5月。杂类草草甸细菌数量高峰出现在7月，放线菌和酵母菌数量高峰出现在5月，丝状真菌数量高峰在10月，纤维分解菌数量高峰在9月微嗜氮菌数量高峰也出现在9月。金露梅灌丛细菌、丝状真菌和微嗜氮菌数量高峰均出现在9月，纤维分解菌数量高峰出现在7月，放线菌和酵母菌数量高峰在5月。沼泽草甸细菌和微嗜氮菌数量高峰出现在7月，丝状真菌和酵母菌数量高峰出现在5月，放线菌数量高峰在9月，纤维分解菌仅在9月份才有所发现（图6-10）。

从总的情况看，各种植被类型土壤中，各种微生物的数量均有明显的季节性变化。一般的高峰期出现在7月中旬到9月中旬，10月下旬以后逐渐下降。在7月至9月这一段时间内，牧草生长旺盛，根系分泌物较多。同时，在这一段时间内，土壤温度较高（0—10厘米平均地温为 11.4°C ），适合于微生物的生长，10月下旬地温下降（0—10厘米平均地温只有 4.83°C ），不适于微生物的生长，所以菌数一般低于7—9月。另外在7—9月这一段时间内，纤维分解作用也较强（纤维素的分解率达 35.45% ），这也给微生物的生长发育创造了有利条件。

三、不同放牧情况对土壤微生物数量的影响

放牧处理与未放牧处理均选用矮嵩草草甸植被类型。未放牧点设在定位站的草库仑内，放牧点设在草库仑外有小群马、牛、羊放牧的地方。试验结果表明，未放牧地区，不论那种土壤深度，各种微生物的数量均比放牧地区的微生物数量要高（表2），与美国Pantex定位站所测数据（Boulette, et al., 1971）一致。

未放牧点因设在草库仑内，没有马、牛、羊等牲畜的啃食破坏，牧草生长比放牧地区的旺盛，微生物的数量和纤维分解活性均高于放牧地区。纤维素分解率测定结果表明，滤纸埋放127天，未放牧地区纤维素分解率为 50.09% ，放牧地区的纤维素分解率只有 37.87% 。（见本文集李家藻等：海北高寒草甸生态系统定位站纤维素分解和土壤 CO_2 释放的研究）。

四、经我们用土粒法和稀释平板法多次试验，在海北高寒草甸生态系统定位站的各类土壤中，均未发现有好气性自生固氮菌存在，但微嗜氮菌的数量确相当可观（ $588—5806 \times 10^4$ 个/克、干土）。

小 结

一、试验站内不同土壤植被类型中各类微生物的数量和组成均有明显的季节性变化。细菌的高峰期出现在7月中旬至9月中旬，10月下旬以后逐渐下降。

二、土壤中微生物的数量均随土壤深度的增加而减少，以0—10厘米深土壤中为最多。

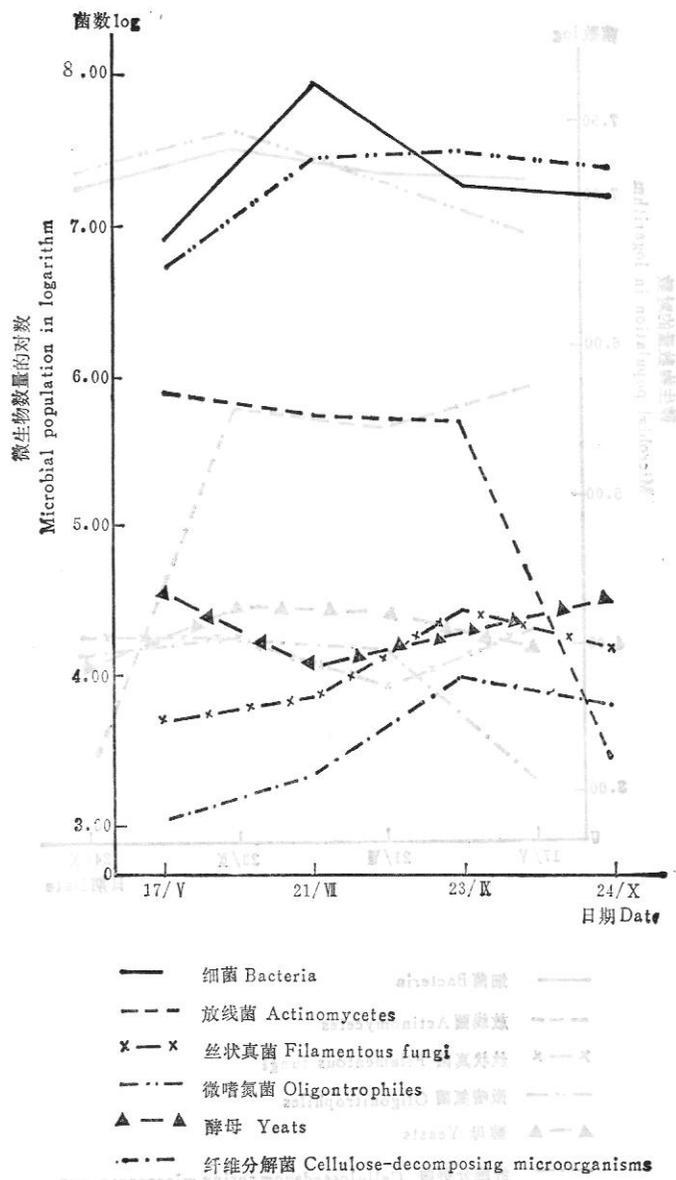
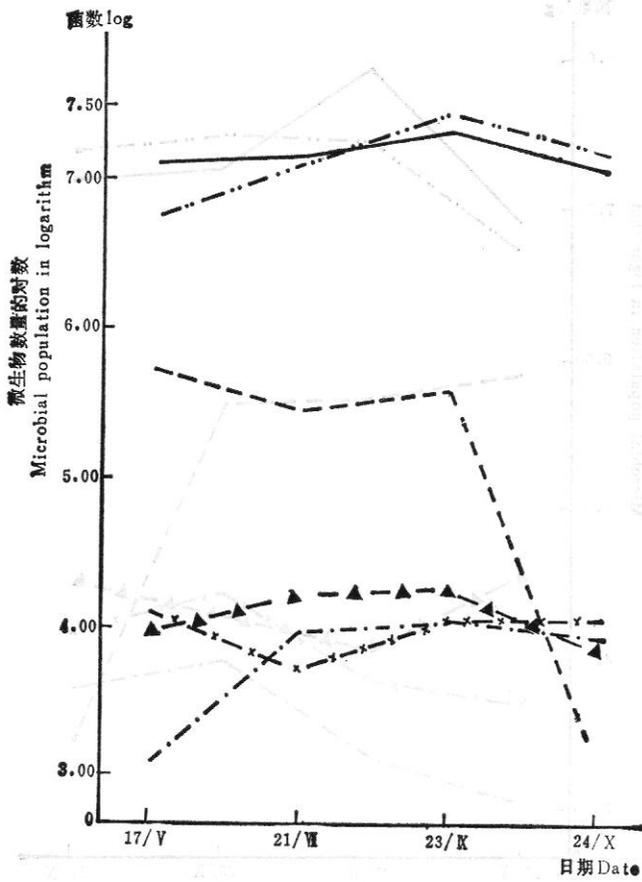


图 6 矮嵩草草甸土壤中微生物数量的季节性变化
 Fig. 6 Seasonal changes of microbial number in Soil of *Kobresia humilis* meadow



- 细菌 Bacteria
- 放线菌 Actinomycetes
- x—x 丝状真菌 Filamentous fungi
- 微嗜氮菌 Oligonitrophiles
- ▲—▲ 酵母 Yeasts
- 纤维分解菌 Cellulose-decomposing microorganisms

图 7 垂穗披碱草草甸土壤中微生物数量的季节性变化
 Fig. 7 Seasonal changes of microbial number in soil of *Elymus nutans* meadow

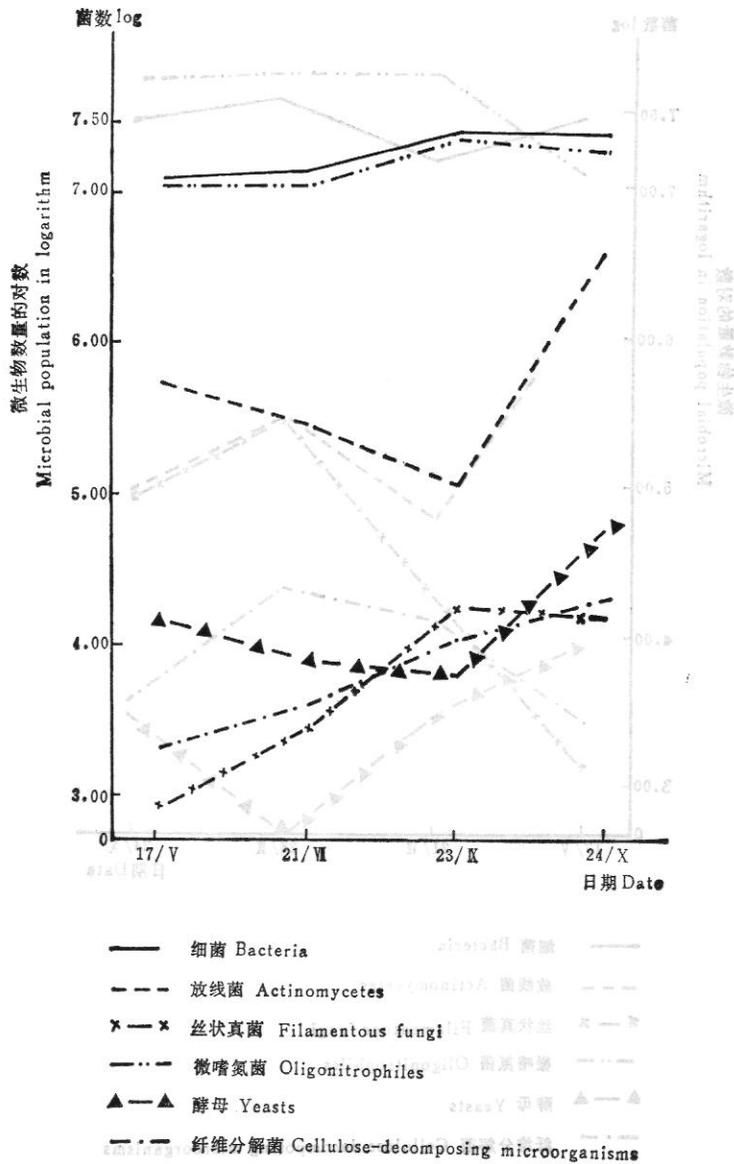


图 8 杂类草草甸土壤中微生物数量的季节性变化

Fig. 8 Seasonal changes of microbial number in soil of forbs meadow

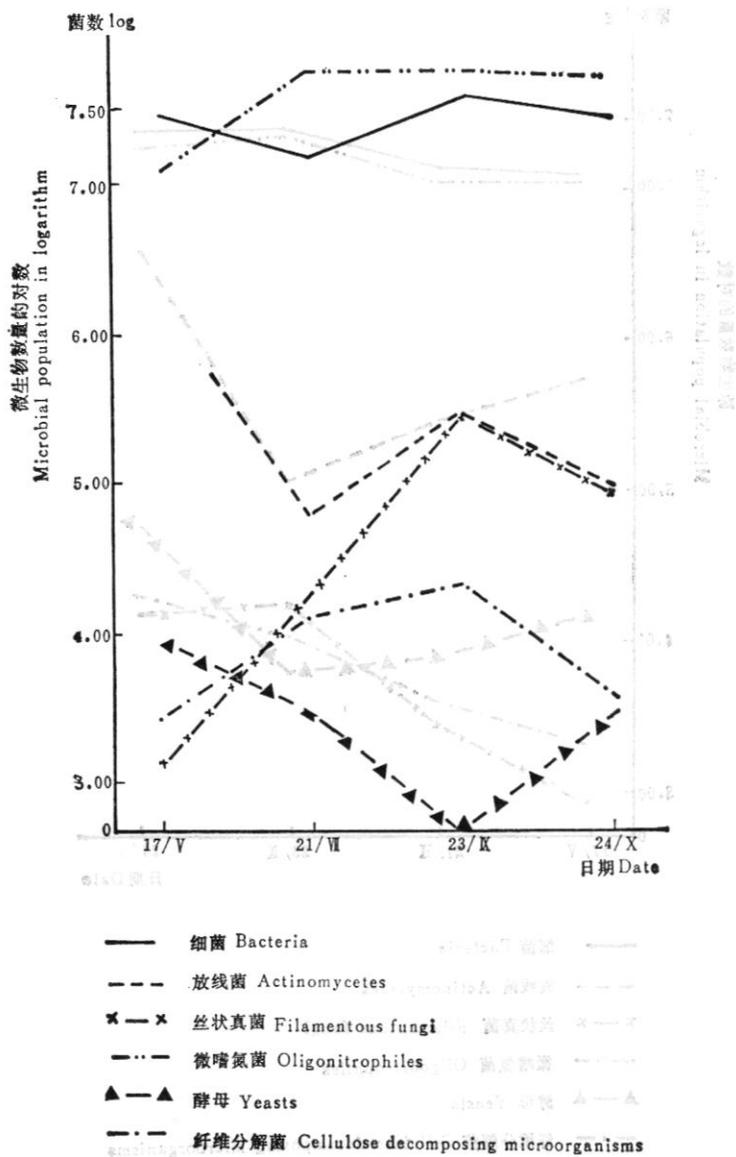


图 9 金露梅灌丛土壤中微生物数量的季节变化

Fig. 9 Seasonal changes of microbial number in soil of *Potentilla fruticosa* shrub

Table 2 Influence of grazing on the number of soil microorganisms

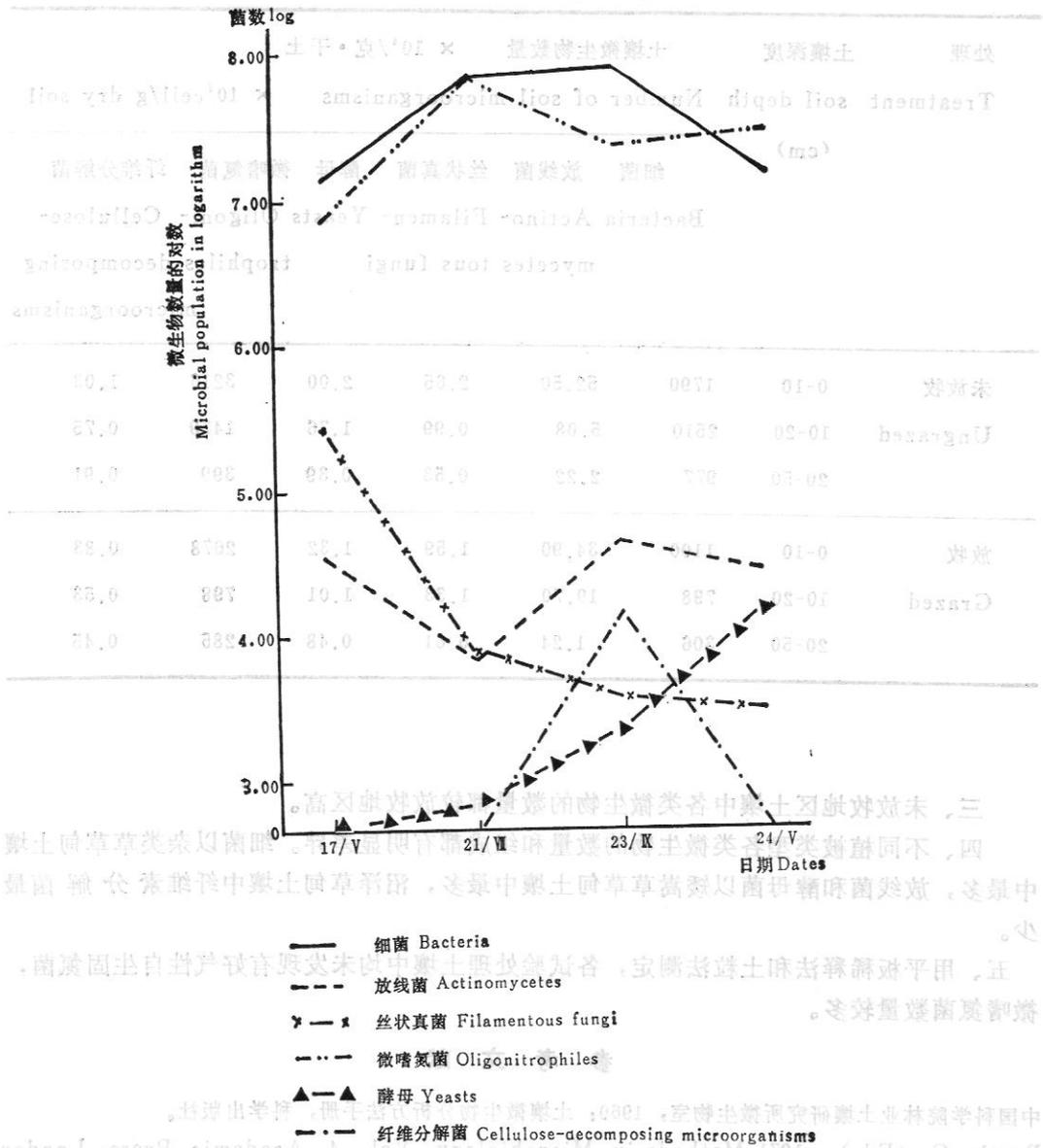


图10 沼泽草甸土壤中微生物数量的季节性变化
 Fig. 10 Seasonal changes of microbial number in soil of swamp meadow

表2 不同放牧情况对土壤微生物质量的影响

Table 2 Influence of grazing on the number of soil microorganisms

处理 Treatment	土壤深度 soil depth (cm)	土壤微生物数量 × 10 ⁴ /克·干土 Number of soil microorganisms × 10 ⁴ cell/g dry soil					
		细菌 Bacteria	放线菌 Actino- mycetes	丝状真菌 Filamen- tous fungi	酵母 Yeasts	微嗜氮菌 Oligoni- trophiles	纤维分解菌 Cellulose- decomposing microorganisms
未放牧 Ungrazed	0-10	1790	52.50	2.65	2.00	3216	1.03
	10-20	2510	5.08	0.99	1.76	1479	0.75
	20-50	977	2.22	0.53	0.39	399	0.91
放牧 Grazed	0-10	1100	34.90	1.59	1.32	2678	0.83
	10-20	798	19.70	1.33	1.01	798	0.53
	20-50	306	1.24	0.61	0.48	285	0.45

三、未放牧地区土壤中各类微生物的数量都较放牧地区高。

四、不同植被类型各类微生物的数量和组成都有明显差异。细菌以杂类草甸土壤中最，放线菌和酵母菌以矮嵩草甸土壤中最，沼泽草甸土壤中纤维素分解菌最少。

五、用平板稀释法和土粒法测定，各试验处理土壤中均未发现有好气性自生固氮菌，微嗜氮菌数量较多。

参 考 文 献

- 中国科学院林业土壤研究所微生物室, 1960: 土壤微生物分析方法手册, 科学出版社。
- Booth, C. (Ed.), 1971 *Methods in Microbiology*, Vol. 4, Academic Press, London and New York.
- Bouletee III, E. P., R. C. Porter and R. W. Gorden, 1971 *Microbial Biome Measurements at the Pantex*, 1970, U. S. IBP Grassland Biome Tech. Rep. No. 95.
- Clarholm, M, V. Lid-Torsvik and J. H. Barker, 1975 *Bacterial Populations of Some Fennoscandian Tundra Soils*. In: Wielgolaski, F. E. (Ed.), *Fennoscandian Tundra Ecosystems, Part 1, Plants and Microorganisms*, pp. 251—260, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- Hayes, A. J. and P. Rheinberg, 1975 *Microfungal Populations of the Abisko Area*,

Northern Sweden. In: Wielgolaski, F. E. (Ed.), *Fennoscandian Tundra Ecosystems*, Part 1, Plants and Microorganisms, pp. 244—250, Springer-Verlag, Berlin, Heinberg, New York.

Thayer, D. W. 1972 *Microbiological Studies at the Pantex Site, 1971*, U. S. IBP Grassland Biome Tech. Rep. No. 184.

外文摘要 (Abstract)

MICROBIOLOGICAL STUDIES IN SOILS
AT THE HAIBEI RESEARCH
STATION OF ALPINE MEADOW ECOSYSTEM
I. SEASONAL CHANGES OF THE NUMBER
AND CONSTITUTION OF THE MAIN
GROUPS OF SOIL MICROORGANISMS

ZHU Guiru LI Jiazao TANG Shisheng YANG Tao

(Northwest Plateau Institute of Biology, Academia Sinica)

The number and constitution of the main groups of microorganisms in soils at the area of Haibei Research Station of Alpine Meadow Ecosystem were investigated in 1980. Significant seasonal changes were observed both in microbial number and in composition in different soils with different vegetations. Influence of grazing was also considered.

The high peak of microbial populations are appeared in the period from mid July to mid September and tending to decline after late October. The microbial populations are diminished in number with the increase of soil depth. The number of bacteria, fungi and actinomycetes in the soil of ungrazed site are higher than that of grazed site. The number of bacteria is highest in soil vegetated with forbs. The number of actinomycetes is highest in soil of *Kobresia humilis* meadow. The number of fungi and oligonitrophiles is highest in soil of *Potentilla fruticosa* meadow. In soil of swamp meadow, the cellulose-decomposing microorganisms are scarcely appeared.

Azotobacter was not discovered in any soils neither by dilute plated method nor by soil plate method, but the oligonitrophiles were dominant everywhere.