

高寒草甸细菌生物量的研究

II. 细菌生物量的季节性动态

李家藻 朱桂如 杨涛 程双宁 李玉英

(中国科学院西北高原生物研究所)

细菌生物量的研究,国外已有报道 (Babiuk, 1970; Clarholm, 1974; Parimkina, 1972; Skinner, 1952) 但国内研究甚少,特别是青藏高原土壤细菌生物量的研究,更未见报道。在1982年对高寒草甸不同植被土壤中细菌生物量进行测定的基础上,作者等1983年进一步对海北高寒草甸不同植被土壤细菌生物量的季节性动态进行了研究。

一、材料和方法

试验在海北高寒草甸生态系统定位站(以下简称定位站)进行。在1983年6月19日、7月19日、8月18日、9月19日、10月15日分别采集土壤样品进行测定。供采样的试验处理为:矮嵩草草甸(*Kobresia humilis* meadow),金露梅灌丛(*Potentilla fruticosa* shrub)垂穗披碱草草甸(*Elymus nutans* meadow),杂类草草甸(forbs meadow),沼泽草甸(swamp meadow)。采样深度为0—10厘米,每个试验处理重复5次。

制备 10^{-2} 的土壤稀释液,用0.1毫升移液管吸取0.01毫升均匀涂抹在特制载片上直径为1厘米的圆圈内,圆面积为0.785平方厘米。目镜测微网每一大方格的面积为 2.916×10^{-5} 平方厘米。

细菌计数采用荧光直接镜检法。所用显微镜为日本Olympus BHF型荧光显微镜。镜检使用20×物镜和10×目镜。每一土壤样品涂片在其不同部位共镜检10个视野,每一视野镜检目镜测微网10个大方格内的细菌数,由10个视野的平均细菌数,计算出涂抹在载片圆面积内的土壤中的细菌数,并由此计算出每克土壤中的细菌数。

荧光染色剂选用异硫氰酸盐荧光染色剂(FITC),土壤悬液涂片的荧光染色以及细菌生物量的计算方法可参阅李家藻等(1984)。

为与平板计算法测得的细菌生物量的结果作比较,还同时用涂抹平板计数法对细菌生物量进行了测定。

本文1984年2月28日收到。

二、结果和讨论

1. 细菌生物量的季节性动态

1983年不同试验处理的试验结果列于表1—5和图1—5。从表中所列数据可以看出,定位站各类植被0—10厘米土壤中细菌生物量均有明显的季节性动态。矮嵩草草甸、金露梅灌丛0—10厘米土壤中直接计数和平板计数测得的细菌数量(10^8 个细胞/克干土)及生物量(10^{-4} 克/克干土)均以8月中旬为最高(图1—3)。直接计数的细菌数量和生物量分别为7.567, 8.248; 7.307, 7.975。平板计数的细菌数量和生物量分别为0.262, 0.286; 0.901, 0.982。垂穗披碱草草甸和沼泽草甸0—10厘米土壤中直接计数和平板计数测得的细菌数量(10^8 个细胞/克干土)及生物量(10^{-4} 克/克干土)以7月中旬为最

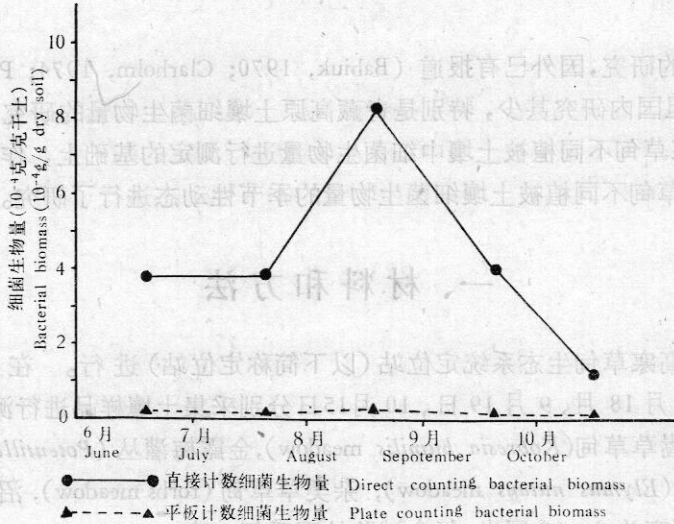


图1 矮嵩草草甸0—10厘米深土壤细菌生物量的季节性动态

Fig. 1 Seasonal dynamics of bacterial biomass in 0—10cm depth soil of *Kobresia humilis* meadow

表1 定位站矮嵩草草甸0—10厘米深土壤中细菌的数量(10^8 个细胞/克干土)和生物量(10^{-4} 克/克干土)的季节性动态

Table 1 Seasonal dynamics of bacterial population (10^8 cells/g dry soil) and bacterial biomass (10^{-4} g/g dry soil) in the soil (depth 0—10cm) of *Kobresia humilis* meadow of Research Station

计数方法 Counting method	细菌的数量和生物量 Bacterial population and biomass	采样日期 Sampling date				
		19/VI	19/VII	18/VIII	19/IX	15/X
直接计数 Direct count	细菌数量 Bacterial population	3.442	3.449	7.567	3.683	1.442
	细菌生物量 Bacterial biomass	3.752	3.759	8.248	4.014	1.572
平板计数 Plate count	细菌数量 Bacterial population	0.199	0.173	0.262	0.123	0.114
	细菌生物量 Bacterial biomass	0.217	0.189	0.286	0.134	0.157

表2 定位站金露梅灌丛0—10厘米深土壤中细菌的数量(10^8 个细胞/克干土)和生物量(10^{-4} 克/克干土)的季节性动态

Table 2 Seasonal dynamics of bacterial population (10^8 cells/g dry soil) and bacterial biomass (10^{-4} g/g dry soil) in the soil (depth 0—10cm) of *Potentilla fruticosa* shrub of Research Station

计数方法 Counting method	细菌的数量和生物量 Bacterial population and biomass	采样日期 Sampling date				
		19/VI	19/VII	18/VIII	19/IX	15/X
直接计数 Direct count	细菌数量 Bacterial population	6.119	6.376	7.307	3.610	2.302
	细菌生物量 Bacterial biomass	6.670	6.950	7.975	3.935	2.509
平板计数 Plate count	细菌数量 Bacterial population	0.350	0.260	0.901	0.179	0.145
	细菌生物量 Bacterial biomass	0.382	0.283	0.982	0.195	0.158

表3 定位站垂穗披碱草草甸0—10厘米深土壤中细菌的数量(10^8 个细胞/克干土)和生物量(10^{-4} 克/克干土)的季节性动态

Table 3 Seasonal dynamics of bacterial population (10^8 cells/g dry soil) and bacterial biomass (10^{-4} g/g dry soil) in the soil (depth 0—10cm) of *Elymus nutans* meadow of Research Station

计数方法 Counting method	细菌的数量和生物量 Bacterial population and biomass	采样日期 Sampling date				
		19/VI	19/VII	18/VIII	19/IX	15/X
直接计数 Direct count	细菌数量 Bacterial population	5.851	6.850	6.3890	1.033	2.489
	细菌生物量 Bacterial biomass	6.378	7.467	6.964	1.126	2.713
平板计数 Plate count	细菌数量 Bacterial population	0.324	0.358	0.263	0.110	0.092
	细菌生物量 Bacterial biomass	0.353	0.390	0.287	0.120	0.100

表4 定位站杂类草草甸0—10厘米深土壤中细菌的数量(10^8 个细胞/克干土)和生物量(10^{-4} 克/克干土)的季节性动态

Table 4 Seasonal dynamics of bacterial population (10^8 cells/g dry soil) and bacterial biomass (10^{-4} g/g dry soil) in the soil (depth 0—10cm) of forbs meadow of Research Station

计数方法 Counting method	细菌的数量和生物量 Bacterial population and biomass	采样日期 Sampling date				
		19/VI	19/VII	18/VIII	19/IX	15/X
直接计数 Direct count	细菌数量 Bacterial population	8.282	3.703	4.035	3.633	1.424
	细菌生物量 Bacterial biomass	9.027	4.036	4.398	3.960	1.552
平板计数 Plate count	细菌数量 Bacterial population	0.465	0.284	0.381	0.294	0.184
	细菌生物量 Bacterial biomass	0.507	0.310	0.415	0.320	0.201

表 5 定位站沼泽草甸 0—10 厘米深土壤中细菌的数量 (10^8 个细胞/克干土) 和生物量 (10^{-4} 克/克干土) 的季节性动态

Table 5 Seasonal dynamics of bacterial population (10^8 cells/g dry soil) and bacterial biomass (10^{-4} g/g dry soil) in the soil (depth 0—10cm) of swamp meadow of Research Station

计数方法 Counting method	细菌的数量和生物量 Bacterial population and biomass	采样日期 Sampling date				
		19/VI	19/VII	18/VIII	19/IX	15/X
直接计数 Direct count	细菌数量 Bacterial population	1.442	22.983	17.590	2.617	2.543
	细菌生物量 Bacterial biomass	1.572	25.051	19.173	2.853	2.772
平板计数 Plate count	细菌数量 Bacterial population	0.198	0.408	0.361	0.117	0.107
	细菌生物量 Bacterial biomass	0.216	0.445	0.393	0.128	0.117

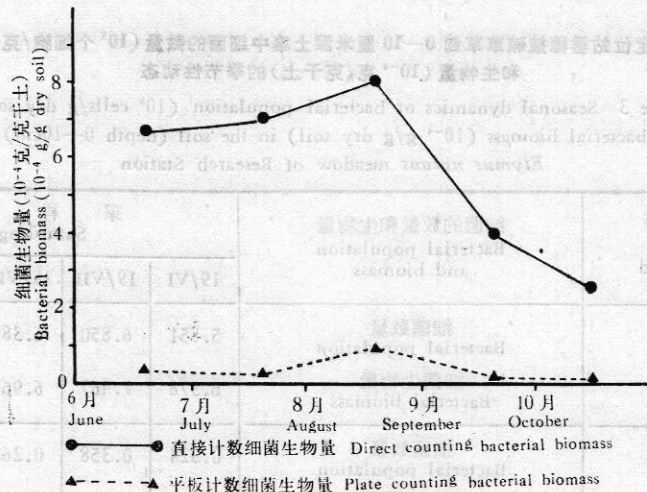


图 2 金露梅灌丛 0—10 厘米深土壤细菌生物量的季节性动态

Fig. 2 Seasonal dynamics of bacterial biomass in 0—10cm depth soil of *Potentilla frutosa* shrub

表 6 定位站 1983 年试验进行期的 10 厘米深土壤温度和月降水量

Table 6 10 cm depth soil temperature and monthly precipitation during experimental period in Research Station

测定日期 Determine date	19/VI	19/VII	18/VIII	19/IX	15/X
10 厘米深土壤温度 ($^{\circ}\text{C}$) 10 cm depth soil temperature ($^{\circ}\text{C}$)	8.9	11.6	11.5	7.7	4.2
测定日期 Determine date	6月 June	7月 July	8月 Aug.	9月 Sep.	10月 Oct.
月降水量 (毫米) Monthly precipitation (mm)	98.1	129.1	117.2	82.4	21.5

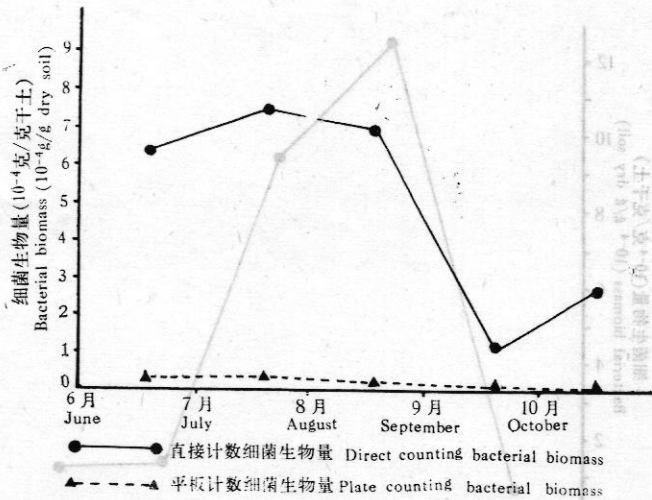


图3 垂穗披碱草草甸0—10厘米深土壤细菌生物量的季节性动态
Fig. 3 Seasonal dynamics of bacterial biomass in 0—10 depth soil of *Elymus nutans* meadow

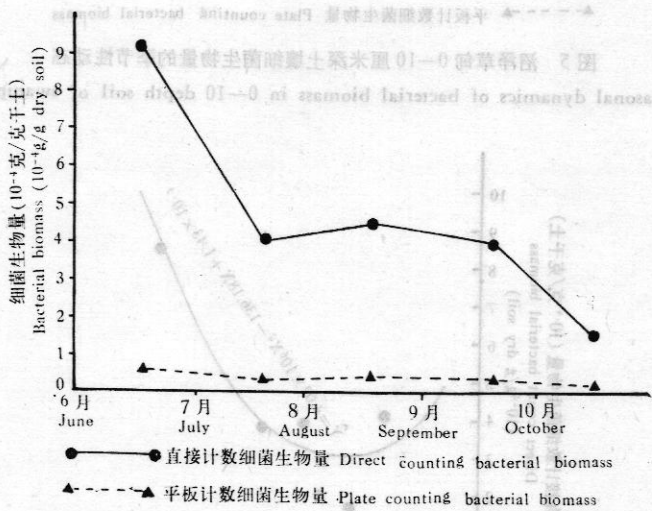


图4 杂类草草甸0—10厘米深土壤细菌生物量的季节性动态
Fig. 4 Seasonal dynamics of bacterial biomass in 0—10 depth soil of forbs meadow

高: 直接计数的细菌数量和生物量分别为 6.850、7.467 和 22.983、25.051; 平板计数的细菌数量和生物量分别为 0.358、0.390 和 0.408、0.445。定位站不同植被土壤细菌数量和生物量高峰出现在 7—8 月, 与土壤温度和降水量(表 6) 有关。表 6 数据表明, 土壤温度和降水量的高峰期也在 7、8 月份。回归分析表明: 直接计数测得的细菌生物量和菌数的季节性动态与土壤温度和降水量的变化大多符合二次多项式方程(表 7—10)。

2. 直接计数测得的细菌生物量与平板计数测得的菌数和生物量的关系

从表 1—5 和图 1—5 还可以看出, 不同植被和不同采样时期, 用直接计数法测得的 0—10 厘米深土壤中的细菌数量和生物量均明显高于用平板法测得的细菌数量和生物量。从 5 个采样日期测得的 5 个不同植被 0—10 厘米深土壤中细菌数量的各平均值来

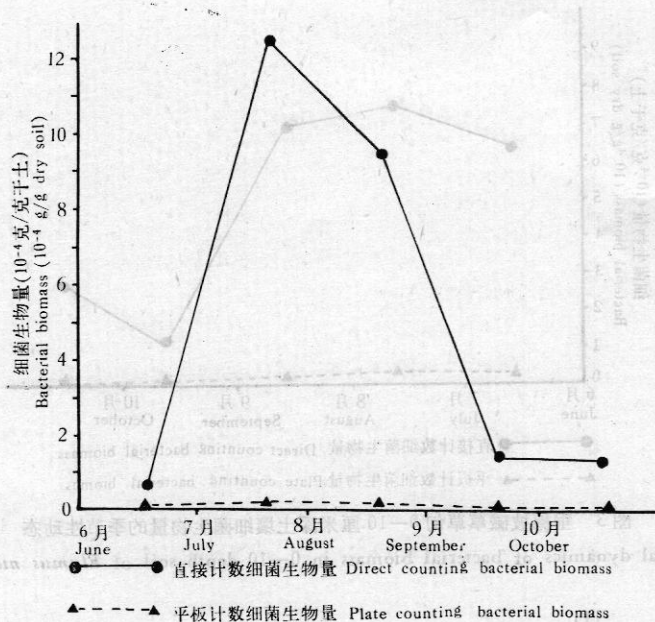


图5 沼泽草甸0—10厘米深土壤细菌生物量的季节性动态

Fig. 5 Seasonal dynamics of bacterial biomass in 0—10 depth soil of swamp meadow

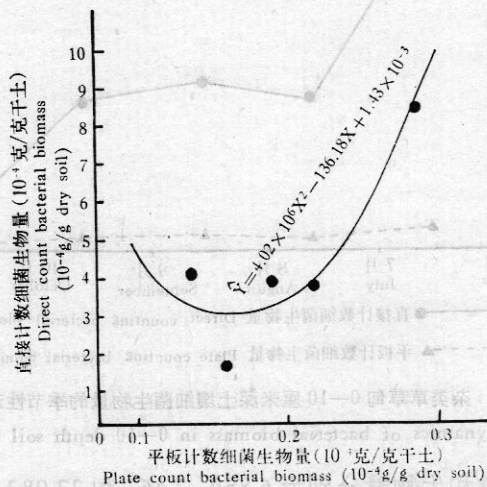


图6 矮嵩草草甸0—10厘米土壤细菌平板计数生物量对直接计数生物量的二次多项式回归曲线

Fig. 6 Second degree polynomial regression curve of plate count bacterial biomass vs. direct count bacterial biomass in 0—10cm depth soil of *Kobresia humilis* meadow

看,前者与后者之比为16—29:1,平均为21:1。Trolldenier (1973)测定了13种土壤的平均细菌数,直接法与平板法测定细菌数之比为18:1,作者等所测得的数据与Trolldenier (1973)的结果很接近。

表1—5所列测定结果还表明,直接计数测得的细菌生物量的季节性动态与平板法测得的细菌生物量的季节性动态密切相关。回归分析表明,二者之间的关系也遵循二次多项式方程(表11,图6—10)。

表 7 定位站 0—10 厘米深土壤温度对直接计数测得的细菌生物量的二次多项式回归数据

Table 7 Second degree polynomial regression data of 0—10cm depth soil temperature vs. bacterial biomass determined by means of direct count method

试验处理 Experimental treatment	A	B	C	R ²
矮嵩草草甸 <i>Kobresia humilis</i> meadow	2.84×10^{-7}	5.39×10^{-5}	-7.08×10^{-5}	0.5421
金露梅灌丛 <i>Potentilla fruticosa</i> shrub	-1.28×10^{-7}	7.23×10^{-5}	-6.35×10^{-5}	0.8842
垂穗披碱草甸 <i>Elymus nutans</i> meadow	1.21×10^{-5}	-1.22×10^{-4}	5.44×10^{-4}	0.7021
杂类草草甸 Forbs meadow	-2.60×10^{-5}	4.55×10^{-4}	1.33×10^{-3}	0.6053
沼泽草甸 Swamp meadow	8.76×10^{-5}	-1.12×10^{-3}	-3.49×10^{-3}	0.9457

表 8 定位站 0—10 厘米深土壤温度对直接计数测得的细菌数量的二次多项式回归数据

Table 8 Second degree polynomial regression data of 0—10cm depth soil temperature vs. bacterial population by means of direct count method

试验处理 Experimental treatment	A	B	C	R ²
矮嵩草草甸 <i>Kobresia humilis</i> meadow	2.60×10^9	4.95×10^9	-6.50×10^7	0.5421
金露梅灌丛 <i>Potentilla fruticosa</i> shrub	-1.40×10^5	6.66×10^7	-5.89×10^7	0.8845
垂穗披碱草草甸 <i>Elymus nutans</i> meadow	1.11×10^7	-1.12×10^8	4.99×10^8	0.7021
杂类草草甸 Forbs meadow	-2.38×10^7	4.15×10^8	-1.21×10^9	0.6020
沼泽草甸 Swamp meadow	8.04×10^7	-1.03×10^9	3.20×10^9	0.9457

表 9 定位站月降水量对直接计数测得的细菌生物量的二次多项式回归数据

Table 9 Second degree polynomial regression data of monthly precipitation vs. bacterial biomass by means of direct count method

试验处理 Experimental treatment	A	B	C	R ²
矮嵩草草甸 <i>Kobresia humilis</i> meadow	-2.60×10^{-8}	6.84×10^{-6}	8.76×10^{-6}	0.4490
金露梅灌丛 <i>Potentilla fruticosa</i> shrub	1.56×10^{-8}	2.67×10^{-6}	1.74×10^{-4}	0.8361
垂穗披碱草草甸 <i>Elymus nutans</i> meadow	9.67×10^{-8}	-9.24×10^{-6}	4.07×10^{-4}	0.7288
杂类草草甸 Forbs meadow	-1.11×10^{-8}	1.93×10^{-6}	-2.26×10^{-4}	0.5156
沼泽草甸 Swamp meadow	5.50×10^{-7}	-6.18×10^{-5}	1.37×10^{-3}	0.9319

表 10 定位站月降水量对直接计数测得的细菌数量的二次多项式回归数据

Table 10 Second degree polynomial regression data of monthly precipitation vs. bacterial population by means of direct count method

试验处理 Experimental treatment	A	B	C	R ²
矮蒿草草甸 <i>Kobresia humilis</i> meadow	-1.89×10^4	6.27×10^6	8.03×10^6	0.4490
金露梅灌丛 <i>Potentilla fruticosa</i> shrub	1.43×10^4	2.45×10^6	1.60×10^8	0.8367
垂穗披碱草草甸 <i>Elymus nutans</i> meadow	1.66×10^4	8.77×10^5	1.83×10^8	0.5737
杂类草草甸 Forbs meadow	-1.02×10^5	1.77×10^7	-2.08×10^8	0.5155
沼泽草甸 Swamp meadow	5.04×10^5	-5.67×10^7	1.26×10^9	0.9320

表 11 定位站土壤细菌平板计数对直接计数的二次多项式回归数据

Table 11 Second degree polynomial regression data of plate counting bacterial population vs. direct counting bacterial population in soil of Research Station

试验处理 Experimental treatment	A	B	C	R ²
矮蒿草草甸 <i>Kobresia humilis</i> meadow	4.02×10^6	-136.18	1.43×10^{-3}	0.8816
金露梅灌丛 <i>Potentilla fruticosa</i> shrub	-2.32×10^5	32.41	-1.55×10^{-4}	0.8927
垂穗披碱草草甸 <i>Elymus nutans</i> meadow	-4.73×10^5	43.49	-2.18×10^{-4}	0.9086
杂类草草甸 Forbs meadow	4.41×10^5	-9.46	2.02×10^{-4}	0.9084
沼泽草甸 Swamp meadow	3.18×10^6	-107.79	1.10×10^{-3}	0.9916

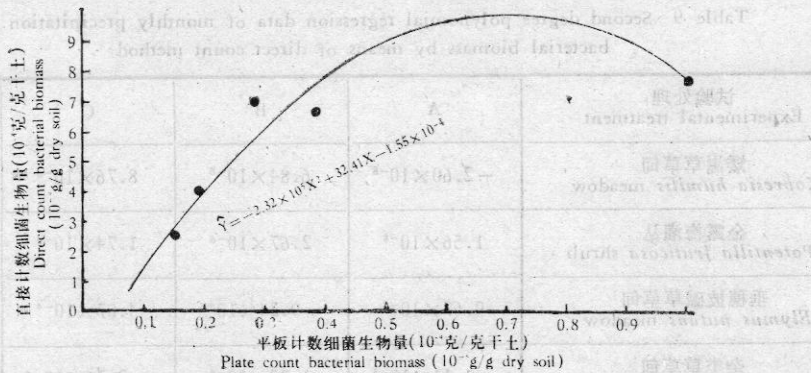


图 7 金露梅灌丛 0—10 厘米土壤细菌平板计数生物量对直接计数生物量的二次多项式回归曲线

Fig. 7 Second degree polynomial regression curve of plate count bacterial biomass vs. direct count bacterial biomass in 0—10cm depth soil of *potentilla fruticosa* shrub

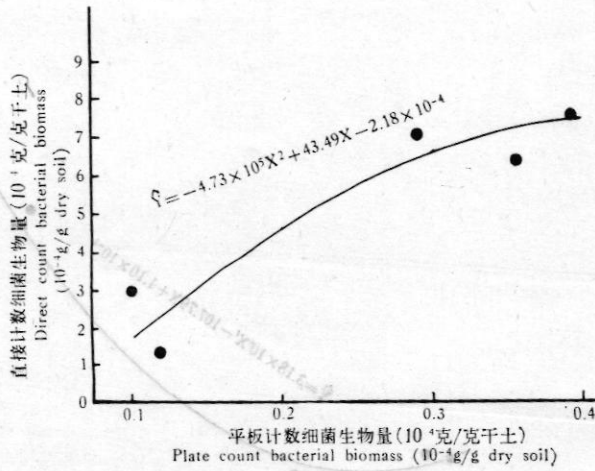


图8 垂穗披碱草草甸0—10厘米土壤细菌平板计数生物量对直接计数生物量的二次多项式回归曲线

Fig. 8 Second degree polynomial regression curve of plate bacterial biomass vs. direct count bacterial biomass in 0—10 depth soil of *Elymus nutans* meadow

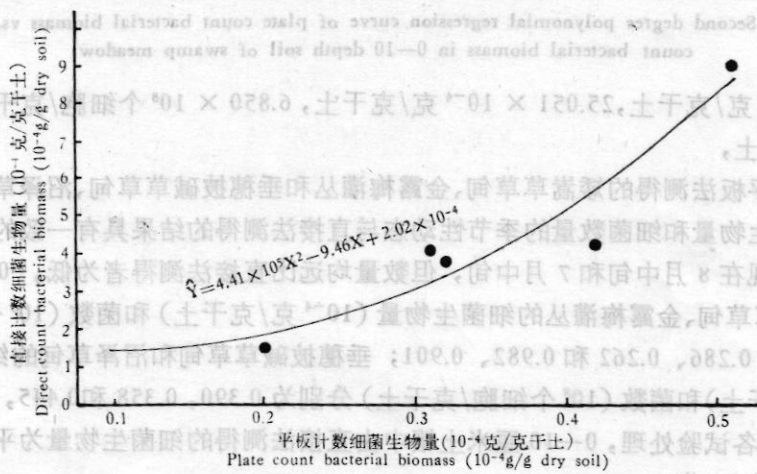


图9 杂类草草甸0—10厘米土壤细菌平板计数生物量对直接计数生物量的二次多项式回归曲线

Fig. 9 Second degree polynomial regression curve of plate count bacterial biomass vs. direct count bacterial biomass in 0—10 depth soil of forbs meadow

三、小 结

(1) 定位站矮蒿草草甸、金露梅灌丛、垂穗披碱草草甸、杂类草草甸和沼泽草甸细菌的生物量和细菌数量均有明显的季节性动态。从6月份开始逐渐升高，7—8月份出现高峰，9—10月显著下降。

(2) 经直接法测定，矮蒿草草甸、金露梅灌丛的0—10厘米土壤细菌生物量和细菌数量的高峰出现在8月中旬，细菌生物量分别为： 8.248×10^{-4} 克/克干土和 7.975×10^{-4} 克/克干土；细菌数量分别为 7.567×10^8 个细胞/克干土和 7.307×10^8 个细胞/克干土。垂穗披碱草草甸和沼泽草甸的细菌生物量和菌数的高峰出现在7月中旬，分别为

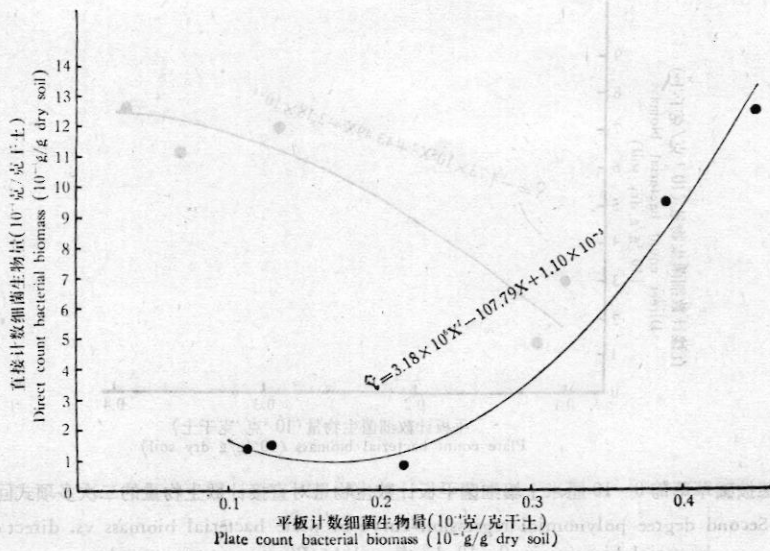


图 10 沼泽草甸 0—10 厘米土壤细菌平板计数生物量对直接计数生物量的二次多项式回归曲线

Fig. 10 Second degree polynomial regression curve of plate count bacterial biomass vs. direct count bacterial biomass in 0—10 depth soil of swamp meadow

7.467×10^{-4} 克/克干土, 25.051×10^{-4} 克/克干土, 6.850×10^8 个细胞/克干土和 22.983 个细胞/克干土,

(3) 由平板法测得的矮嵩草草甸、金露梅灌丛和垂穗披碱草草甸、沼泽草甸 0—10 厘米土壤细菌生物量和细菌数量的季节性动态与直接法测得的结果具有一致的趋势, 其高峰也分别出现在 8 月中旬和 7 月中旬, 但数量均远比直接法测得者为低。0—10 厘米土壤中, 矮嵩草草甸、金露梅灌丛的细菌生物量 (10^{-4} 克/克干土) 和菌数 (10^8 个细胞/克干土)、分别为 0.286、0.262 和 0.982、0.901; 垂穗披碱草草甸和沼泽草甸的细菌生物量 (10^{-4} 克/克干土) 和菌数 (10^8 个细胞/克干土) 分别为 0.390、0.358 和 0.445、0.408。总的看来, 定位站各试验处理, 0—10 厘米土壤中由直接法测得的细菌生物量为平板法测得的细菌生物量的 20 倍。

(4) 平板法测得的细菌生物量的季节性动态与直接法测得的细菌生物量的季节性动态密切相关, 并具有相同的变化趋势, 回归分析表明, 两者之间的关系遵循二次多项式回归方程。

参 考 文 献

- 李家藻, 1984, 高寒草甸土壤细菌生物量的研究, I. 不同植被土壤中细菌生物量的测定. 高原生物学集刊 (3): 173—180 科学出版社.
- Babiuk, L. A. et al., 1970, The use of fluorescein isothiocyanate in the determination of the bacterial biomass of grassland soil. *Can. J. Microbiol.*, 16: 57—62.
- Clarholm, M. 1974 Direct counts of bacteria in tundra peat for estimating generation time and biomass production. *Progress Report 1973. Swedish IBP Tundra Biome Project Tech. Rep.*, 16: 43—57.
- Parimkina, O. M., 1972, Bacterial productivity in some soil of Western Taimyr. In: *Problems of abundance, biomass and productivity of microorganisms in soil.* Leningrad: House "Nauka", 95—104.
- Skinner, F. A. et al., 1952, A comparison of a direct and plate counting technique for the quantitative estimation of soil microorganisms. *J. Gen. Microbiol.*, 6: 261.

STUDY ON BACTERIAL BIOMASS IN SOIL OF ALPINE MEADOW II. SEASONAL DYNAMICS OF BACTERIAL BIOMASS

Li Jiazao Zhu Guiru Yang Tao Cheng Shuangning Li Yuying

(Northwest Plateau Institute of Biology, Academia Sinica)

A significant seasonal dynamics of bacterial biomass and bacterial population in soil of *Kobresia humilis* meadow, *Potentilla fruticosa* shrub, *Elymus nutans* meadow and swamp meadow in Haibei Alpine Ecosystem Research Station were observed in 1983. The bacterial biomass and bacterial population gradually increased from June, their high values were determined in July and August and significantly decreased from September to October.

The max. value of bacterial biomass and bacterial population determined by direct count method in 0—10 cm depth soil of *Kobresia humilis* meadow and *Potentilla fruticosa* shrub appeared in mid August: the bacterial biomass determined was 8.248×10^{-4} g/g dry soil and 7.975×10^{-4} g/g dry soil; the bacterial population was 7.567×10^8 cells/g dry soil and 7.307×10^8 cells/g dry soil respectively. The max value of bacterial biomass and bacterial population determined in 0—10 cm depth soil of *Elymus nutans* meadow and swamp meadow appeared in mid July: the bacterial biomass and bacterial population determined was 7.467×10^{-4} g/g dry soil, 6.850×10^8 cells/g dry soil and 25.051×10^{-4} g/g dry soil, 22.983×10^8 cells/g dry soil respectively.

The seasonal dynamics of bacterial biomass and bacterial population determined by plate count in 0—10 cm depth soil of *Kobresia humilis* meadow, *Potentilla fruticosa* shrub, *Elymus nutans* meadow and swamp meadow have the same tendency compared with that determined by direct count and the max value also appeared in mid July and mid August respectively. But the former was obviously lower than the later. The bacterial biomass and bacterial population in 0—10 cm depth soil of *Kobresia humilis* meadow, *Potentilla fruticosa* shrub, *Elymus nutans* meadow and swamp meadow were 0.286×10^{-4} g/g dry soil, 0.262×10^8 cells/g dry soil; 0.982×10^{-4} g/g dry soil, 0.901×10^8 cells/g dry soil 0.390×10^{-4} g/g dry soil, 0.358×10^8 cells/g dry soil and 0.445×10^{-4} g/g dry soil, 0.408×10^8 cells/g dry soil respectively. In general, the mean value of bacterial biomass determined with direct count method in 0—10 cm depth soil of above mentioned four experimental plots at Haibei Alpine Meadow Ecosystem Research Station was as 20 times as that determined with plate count method.

The seasonal dynamics of bacterial biomass and bacterial population obtained from plate count was correlated with that obtained from direct count. Results of regression analysis indicated that above mentioned two series of variables followed a second degree polynomial regression equation.