第 39 卷 第 1 期
2002 年 1 月

土 壤 学 报
ACTA PEDOLOGICA SINICA

Vol. 39, No. 1
Jan., 2002

蒙古高原草原土壤微生物量碳氮特征*

李 香 真
(中国科学院植物研究所, 北京 100093)

曲 秋 皓
(中国农业科学院土壤肥料研究所, 北京 100081)

摘 要 沿着水分梯度采集了蒙古高原不同草原类型表层土壤样品 144 个, 分析了土壤微生物量 C、N 含量及其与年平均温度和降雨量的关系。结果表明: 蒙古高原草原土壤微生物量 C、N 与土壤有机 C、全 N、降雨量、温度均表现出了很好的相关性。微生物量 C 变化在 51.7~ 797mg kg^{-1}之间, 微生物量 N 变化在 11.0~ 118.6mg kg^{-1}之间。微生物量 C: N 比变化在 5~ 9 之间。土壤微生物量碳(C_{mic}) 占土壤有机碳(C_{org}) 的比例(C_{mic}/C_{org}) 变化在 1.15% ~ 4.1% 之间, C_{mic}/C_{org}与土壤有机 C、全 N、降雨量均成显著的负相关。土壤呼吸表现为草甸草原土壤> 典型草原> 荒漠草原, 土壤呼吸与降雨量显著正相关, 与温度显著负相关。呼吸熵(Q_{CO_2}) 与降雨量成二次抛物线关系。放牧对微生物量的影响与不同草原类型和放牧率有关。

关键词 蒙古高原, 草原土壤, 土壤微生物量, 碳, 氮
中图分类号 S154.4

土壤微生物是土壤中物质循环的调节者, 同时也是有机物质库和速效养分的一部分, 其生物质量被称为土壤微生物量。微生物量虽然只占土壤有机质库的很小部分, 但却是控制生态系统中 C、N 和其他养分流的关键[1]。微生物既可固定养分, 作为暂时的“库”; 又可释放养分, 作为养分的“源”。微生物量周转时间很快, 估计在 1~ 3 年[2]。微生物量 N 比植物残体 N 周转速率快 10 倍, 草原土壤中, 通过微生物量库的 N 素年通量比其他库的通量大得多[3]。另一方面, 微生物量对环境变化敏感, 能够较早地指示生态系统功能的变化[4,5]。微生物量库的任何变化将会影响养分的循环和有效性[6]。

对欧洲和北美草原土壤微生物量进行过很多研究[3,7], 但对蒙古高原草原土壤微生物量 C、N 特点的研究很少见报道。蒙古高原草原位于欧亚草原的东段, 海拔均在 1000m 以上, 从东北到西南, 随着降雨减少, 温度提高, 分布着草甸草原、典型草原、荒漠草原和戈壁。其中典型草原分布最广, 代表性最强, 利用方式主要为放牧。

本文研究了蒙古高原不同区域草原土壤微生物量 C、N 特点及其变化与环境因子的关系, 并对放牧的影响进行了探讨。

* 中国科学院知识创新工程重大项目(KSCX1- 08) 资助
收稿日期: 2000- 02- 08; 收到修改稿日期: 2000- 10- 15

1 材料和方法

1.1 土样的采集

沿着两个水分梯度带采集了 0~ 5、5~ 10cm 的土壤样品。第一个水分梯度带在内蒙古锡林浩特白音锡勒牧场境内。从草甸草原到羊草草原,再到大针茅草原,降雨减少,温度稍有提高,温差在 2℃左右;在草甸草原(GSM)及羊草和大针茅草原的放牧区(Ycwai, Zmwai)与禁牧区(Ycnei, Zmnei)分别对应地采集了土壤样品。第二个水分梯度带是在蒙古东部,大致与中蒙边境线平行方向,在 44~ 46°N 范围内,从东到西,分布着典型草原和荒漠草原,共采集了 8 个点的土壤样品,其中样点 5 为严重退化草地。以上每个点均采 5 个重复。另外还在蒙古高原北部 Tuva 境内的典型草原区采集了 0~ 10 和 10~ 20cm 的土样各 7 个。采样时间在 1998 年 7 月至 9 月中旬间,采集土样经风干,过 5mm 筛,捡净可见根系,备用。各采样点的生态特征见表 1。

表 1 取样地点的主要特征

Table 1 Main features of sampling sites

地点 Sampling sites	草原类型 Grassland type	优势植物 Dominated plants	地理坐标 Coordination (N, E)	降雨 Annual average rainfall (mm)	年均温 Annual average temperature (℃)	利用状况 Land use condition
嘎松山 (GSM)	草甸草原	羊草, 贝加尔针茅, 大针茅	44°00′, 117°29′	448.9	- 1.6	割草
羊草无牧 (Ycnei)	典型草原	羊草, 大针茅	43°26′, 116°42′	358.4	- 0.4	禁牧
羊草放牧 (Ycwai)	典型草原	羊草, 大针茅	43°26′, 116°42′	358.4	- 0.4	自由放牧中度利用
大针茅无牧 (Zmnei)	典型草原	大针茅, 羊草	43°37′, 116°58′	322.8	- 0.3	禁牧
大针茅放牧 (Zmwai)	典型草原	大针茅, 羊草	43°37′, 116°58′	328.2	- 0.3	自由放牧中度利用
外蒙点 1	典型草原	羊草, 大针茅	45°29′52″, 115°36′03″	320	- 1.34	轻度利用
外蒙点 2	典型草原	大针茅+ 灌丛	45°27′18″, 115°27′13″	285	- 0.47	未利用
外蒙点 3	典型草原	羊草, 克氏针茅, 杂类草	45°27′58″, 114°51′59″	273	- 0.50	未利用
外蒙点 4	典型草原	克氏针茅, 羊草	45°25′28″, 114°07′46″	252	- 0.34	冬季轻度利用
外蒙点 5	典型草原	克氏针茅, 隐子草	45°30′11″, 112°51′28″	196	0.53	退化严重
外蒙点 6	荒漠草原	珍珠, 小针茅	45°01′12″, 110°26′10″	128	2.60	中度利用
外蒙点 7	荒漠草原	沙生针茅, 中间锦鸡	44°38′52″, 108°42′24″	120	2.73	轻度利用
外蒙点 8	荒漠草原	沙生针茅, 旱蒿, 隐子草	44°67′, 106°33′	90	4.09	轻度利用
Tuva	典型草原	克氏针茅, 东方针茅	50°42′, 93°50′	180~ 200	—	轻度利用

1.2　土壤微生物量 C、N 的测定

微生物量 C、N 用熏蒸培养法测定。具体操作见文献[8]。

1.3　计算

(1) 微生物量碳 $C_{mic}= F_s/0.45$, F_s 为熏蒸土壤和未熏蒸土壤释放 CO_2-C 之差。微生物量的单位为 mg kg^{-1}。

(2) 微生物量氮 $N_{mic}= F_N/0.54$, F_N 为熏蒸土壤和未熏蒸土壤 1mol L^{-1} KCl 浸提的 NH_4-N 之差。

(3) 土壤呼吸 $R=$ 未熏蒸土壤释放 $CO_2-C/10$, R 单位为 mg kg^{-1} d^{-1}。

(4) 呼吸熵 Q_{CO2}:形成单位微生物量 C 所需呼吸的 CO_2-C 量。$Q_{CO2}= R/$ 微生物量 C× 1000, 单位为 mg g^{-1} d^{-1}。

2　结果分析

2.1　土壤有机 C 和 N 的变化

土壤有机质水平主要受气候和土壤质地的影响。一般情况下, 随着温度提高, 降雨减少, 有机 C、全 N 降低; 相同温湿条件下, 质地越细越有利于有机质的积累。我们测定的有机 C、全 N 的数据反应了这种变化规律(见表 2) , 表现为草甸草原> 典型草原> 荒漠草原。从整个蒙古草原来看, 从东北到西南, 随着降雨递减, 温度提高, 草原类型从草甸草原转变为典型草原, 再到荒漠草原, 直到内陆戈壁, 植被生产力下降, 土壤质地变粗, 这些因素的变化均是造成土壤有机 C、N 逐渐降低的原因。蒙古高原北部的典型草原(俄蒙边境内外) 同东蒙古和我国境内的典型草原相比, 土壤质地较粗, 有机 C、全 N 水平相对较低。

表 2　各取样点的测定结果

Table 2　Main measured results of different sampling sites

地点 Sampling sites	土层 Soil depth (cm)	C (%)	N (%)	C_{mic} (mg kg^{-1})	N_{mic} (mg kg^{-1})	C_{mic}/C_{org}	呼吸量 Respiration (mg $kg^{-1}d^{-1}$)
GSM	0~5	3.38	0.295	486.0	93.1	1.50	17.7
	5~10	2.75	0.244	314.3	60.0	1.15	12.7
Ycnei	0~5	2.62	0.245	585.1	91.1	2.25	12.0
	5~10	1.86	0.182	348.9	63.2	1.85	8.2
Ycwai	0~5	2.90	0.275	601.8	94.5	2.10	12.2
	5~10	1.74	0.188	357.3	54.9	2.01	5.4
Zmnei	0~5	2.12	0.214	551.3	87.3	2.65	10.8
	5~10	1.63	0.187	454.9	70.1	2.80	7.2
Zmwai	0~5	1.62	0.167	435.5	75.9	2.70	9.6
	5~10	1.45	0.150	361.2	60.2	2.45	6.8
点 1	0~5	2.17	0.185	460.2	81.6	2.10	14.6
	5~10	1.87	0.174	347.8	45.4	1.85	7.5
点 2	0~5	2.01	0.193	477.4	83.0	2.40	10.7
	5~10	1.97	0.202	420.0	55.2	2.10	7.4

续表

地点 Sampling sites	土层 Soil depth (cm)	C (%)	N (%)	C_{mic} (mg kg^{-1})	N_{mic} (mg kg^{-1})	C_{mic}/C_{org}	呼吸量 Respiration (mg kg^{-1}d^{-1})
点3	0~5	2.34	0.246	703.9	100.1	3.01	9.5
	5~10	2.53	0.302	611.2	77.9	2.45	8.3
点4	0~5	2.86	0.298	796.8	128.6	2.80	15.1
	5~10	2.84	0.263	712.4	99.4	2.50	11.6
点5	0~5	0.79	0.079	160.1	25.1	2.05	7.2
	5~10	0.75	0.082	165.3	32.1	2.25	4.9
点6	0~5	0.36	0.044	153.6	20.8	4.05	6.1
	5~10	0.45	0.053	143.6	19.5	3.20	3.3
点7	0~5	0.17	0.018	59.0	13.4	3.70	3.0
	5~10	0.29	0.037	98.6	16.7	3.45	2.1
点8	0~5	0.24	0.027	69.1	12.1	2.95	3.5
	5~10	0.25	0.030	51.7	11.0	2.10	1.8
Tuva	0~5	1.03	0.094	159.3	30.5	1.60	5.5
	5~10	0.79	0.078	115.9	18.0	1.50	3.5

土壤有机 C 和全 N 成显著正相关，可以用公式 $y = 0.0931x + 0.0102$ ($r = 0.9529$, $p < 0.01$, $n = 144$) 描述，式中 y 为 N 含量(%)，x 为 C 含量(%)。C:N 比总体上表现为草甸草原(11.4) > 典型草原(8.4~11.7) > 荒漠草原(7.9~9.7)。草甸草原和典型草原一般是 0~5cm土层有机 C、全 N 大于 5~10cm，但荒漠草原(外蒙点 6、7、8)的许多取样点则是 5~10cm 土层有机 C、全 N 大于 0~5cm，这是由于荒漠草原地表枯落物少，有机物积累量低，而且地表温度高，表层土壤十分干燥，根系扎得较深，根生物量是下层土壤有机物的主要来源。

2.2 土壤微生物量 C

从第一个土壤系列来看，虽然草甸草原土壤有机质水平较高，但其 C_{mic}却显著低于羊草草原和大针茅草原。C_{mic}的最大值出现在羊草草原 0~5cm 土层。冷湿的环境可能是导致草甸草原 C_{mic}相对较低的原因。由于测定的点较少，尚不知道这种规律是否普遍存在。0~5cm 土层 C_{mic}均大于 5~10cm 土层。大针茅草原 5~10cm 土层与 0~5cm 土层 C_{mic}相差不大，而羊草草原和草甸草原相差较大。0~5cm 土层受地上植物残体归还量影响较大。而 5~10cm 土层有机 C 和 C_{mic}主要与根系量有关，大针茅草原水分条件差，土壤紧实，根茎比较大，根系扎得不深，所以根系积累于表层的相对较多，可能是导致 5~10cm 土层维持较高 C_{mic}的原因。

从第二个土壤系列看，最大的 C_{mic}测定值在外蒙点 4，0~5cm C_{mic}达到了 797mg kg^{-1}，5~10cm 也达到了 712mg kg^{-1}。从野外调查看，这两个点水分条件相对较好，土壤质地较细，地表枯枝落叶较多，土壤有机 C 和全 N 含量均很高，这些因素均是导致 C_{mic}较高的原因。

荒漠草原 C_{mic} 显著低于典型草原, C_{mic} 一般小于 155mg kg^{-1}, 外蒙点 8 的 5~ 10cm 土层, 只有 51.7mg kg^{-1}。

2.3　土壤微生物量 N

从第一个土壤系列看, 0~ 5cm 土层 N_{mic} 表现为草甸草原> 羊草草原> 大针茅草原, 而 5~ 10cm 土层 N_{mic} 则以大针茅草原较高。

第二个土壤系列 N_{mic} 表现出与 C_{mic} 相似的变化规律, 典型草原 N_{mic} 大于荒漠草原, 最高值亦出现在点 4 的 0~ 5cm 土层, 达到了 128.6mg kg^{-1}。最低值在点 8 的 5~ 10cm, 只有 11.0mg kg^{-1}。

Tuva 地区样品的 C_{mic} 和 N_{mic} 均低于蒙古高原东部的典型草原土壤, 该区气候条件与点 2 到点 4 相差不大, 主要是由于 Tuva 地区土壤质地较粗的缘故。

2.4　土壤微生物量 C: N

微生物量 C: N 变化在 5~ 9 之间, 总体上看 0~ 5cm 土层 C: N 表现为草甸草原< 典型草原< 荒漠草原。

土壤 N_{mic} 和 C_{mic} 成显著正相关, 可以用公式 $y = 0.1443x + 5.2672$ ($r = 0.9336$, $p < 0.01$, $n = 144$) 描述, 式中 y 为 C_{mic}, x 为 C_{mic}。

2.5　土壤呼吸 *R*

土壤呼吸表现为草甸草原> 典型草原> 荒漠草原, 草甸草原 0~ 5cm 土层呼吸可达 CO_2- C 17.7mg kg^{-1} d^{-1}; 典型草原呼吸量在 7.15~ 14.6mg kg^{-1} d^{-1}, 而荒漠草原只有 3.0~ 6.1mg kg^{-1} d^{-1}。

3　讨　论

3.1　C_{mic} 和 N_{mic} 与土壤有机 C、全 N 的关系

从表 2 看, 不同区域土壤 C_{mic} 和 N_{mic} 变异很大, 总体上是草甸草原和典型草原土壤较高, 荒漠草原土壤较低。C_{mic} 和 N_{mic} 与土壤有机 C、全 N 均表现出了极显著的正相关。土壤有机 C、全 N 量一定程度上反应了土壤环境因子组合的最佳程度, 土壤有机质水平高, 微生物所受胁迫小, 有利于微生物群落的发展。C_{mic} 与全 N 的相关系数大于与有机 C 的相关系数, 这说明草原土壤 N 水平对 C_{mic} 的影响很大。Wardle[9] 认为, 即使土壤性质相似, 不同植物群落能够维持的微生物量差异也很大, 这反应了归还给土壤的植物残体数量和质量上的差异, 是造成 C_{mic} 和 N_{mic} 变异很大的主要原因。

C_{mic}/C_{org} 变化在 1.15~ 4.1 之间, 与世界其他地区的测定结果相似[1]。Anderson 和 Domsch[10] 指出, 土壤微生物量 C、N 主要依靠速效性的 C、N 为其能源, 因此处于平衡状态的土壤—植物系统, C_{mic} 应为一个稳定值, 在农业土壤中, C_{mic} 占有机 C 的 2.0%~ 4.0%。

C_{mic}/C_{org} 与土壤有机 C、全 N、降雨量均成显著的负相关(只比较利用较轻样点表层土壤数据, 以下同) (表 3) , 草甸草原最小, 荒漠草原土壤最大。C_{mic}/C_{org} 与降雨量的关系可以用公式 $y = 0.0254 + 4.121$ ($r = 0.8487$, $p < 0.01$, $n = 10$) 表示, 其中 x 为降雨量, y 为

C_{mic}/C_{org}, 我们的结果与 Insam[7] 的结果相似。Insam 对北美土壤的研究表明: C_{mic}/C_{org} 与降雨/蒸发比(P/E) 成显著负相关, 可以用 $C_{mic}/C_{org} = 64.1 - 109.5x + 55.7x^2$ 来描述, 其中 x 为降雨/蒸发比。他认为 $P/E = 1$ 时, C_{mic}/C_{org} 最小。我们所研究的土壤 P/E 均小于 1, 随着降雨的减少, P/E 提高, 所以我们没有观察到 $P/E > 1$ 时 C_{mic}/C_{org} 的变化情况。干旱地区土壤 C_{mic}/C_{org} 较高可以这样解释: 在水分温度均适宜的条件下, 微生物功能期长, 因此只需要维持较小的 C_{mic}/C_{org} 即可; 如果长期干旱, 只有较短的时间可以进行有机物代谢, 则必须在水分充足时维持较高的 C_{mic}/C_{org} 才能完成其代谢过程。

表 3 各参数间的相关系数

Table 3 Correlation coefficient among parameters

	SMB- C	SMB- N	C%	N%	C_{mic}/C_{org}	N_{mic}/全N N_{mic}/Total N	C_{mic}/N_{mic}	呼 吸 Respiration
SMB- N	0.934**							
C%	0.869**	0.880**						
N%	0.883**	0.866**	0.953**					
C_{mic}/C_{org}	0.044	-0.079	-0.292**	-0.231**				
N_{mic}/N_t	0.0	0.125	-0.109	-0.242**	0.233**			
C_{mic}: N_{mic}	0.035	-0.211*	-0.086	-0.065	0.410**	-0.339**		
呼吸	0.719**	0.797**	0.853**	0.772**	-0.217**	0.11	-0.118	
Q_{CO_2}	-0.315*	-0.262*	-0.240**	-0.256**	-0.304**	0.05	-0.234**	-0.130

Pearson correlation significant at 0.01 **, at 0.05*

3.2 土壤呼吸

土壤呼吸与 C_{mic}、N_{mic} 和有机 C、N 均成显著正相关, 而且与有机 C 的相关系数最高 (表 3) , 说明基质有效 C、N 的提供对呼吸起着重要的控制作用。C_{mic} 与土壤呼吸量的关系尚不完全清楚[7]。Sparling[11] 认为呼吸代表了活性 C_{mic} 部分; Anderson 和 Domsch[12] 则认为呼吸反映了整个微生物群落的活性, 包括休眠和未休眠状态的微生物群体。一般认为土壤中微生物大部分处于休眠状态, 只有一小部分对呼吸有贡献。

田间测定结果表明, 土壤呼吸与土壤温度、湿度关系密切。我们的结果表明, 土壤呼吸与降雨量显著正相关($r = 0.896, p < 0.01, n = 10$) , 与温度显著负相关($r = -0.896, p < 0.01, n = 10$) 。

3.3 Q_{CO_2} 与环境因子的关系

Q_{CO_2} 表明了微生物群落的维持能大小和对基质的利用效率。效率高, 则形成单位微生物质量所呼出的 CO_2 少, Q_{CO_2} 较小; Q_{CO_2} 较大则说明利用相同能量而形成的微生物量较小, 释放的 CO_2 较多, 微生物体的周转率较快, 平均菌龄较低。Odum[13] 指出, 环境胁迫条件下, 微生物必须从维持生长和繁殖的能量中分流出一部分去补偿由于胁迫所需要付出的额外能量, 因此胁迫必然会提高微生物生长所需要的维持能。Anderson 和 Domsch[12] 认为 Q_{CO_2} 是环境胁迫程度的一个指标。

结果表明, Q_{CO_2}与 C_{mic}、N_{mic}、有机 C 和全 N 均成显著的负相关, 与降雨量成二次抛物线关系(图 1)。Q_{CO_2}在降雨量 290mm 时最低, 两侧均提高。干旱地区土壤 Q_{CO_2}较大, 可能是由于这类土壤水分适合时, 分解过程很快提高, 因此呼吸相对较高, 而 C_{org}又较低, 导致 Q_{CO_2}很大; 草甸草原 Q_{CO_2}较高, 可能是微生物群落为了适应冷湿的环境而需要更高的维持能有关。

一般情况下, 最近输入新鲜易分解有机物或降水时, 会刺激 $r-$ 对策生态型微生物群落迅速生长, $r-$ 对策生态型微生物群落 Q_{CO_2}较高; 在最近没有新鲜有机质输入的土壤中, 以 $k-$ 对策微生物群落为主, $k-$ 对策微生物群落有着更复杂的食物网, Q_{CO_2}较低[14]。从我们的结果可以推测, 荒漠草原土壤的 Q_{CO_2}较高可能是 $r-$ 对策生态型微生物群落在水分适宜时迅速生长的结果; 典型草原微生物群落的食物网更复杂些, Q_{CO_2}相对低些。

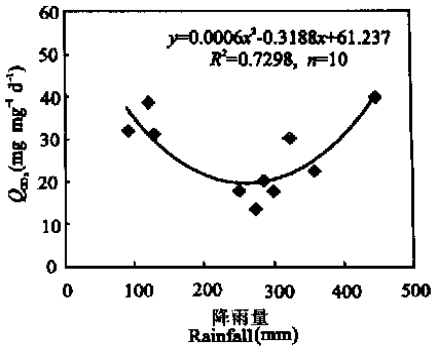

图 1　Q_{CO_2}与降雨量的关系

Fig. 1　Relationship between Q_{CO_2} and rainfall

3.4　放牧的影响

一般认为, 放牧使 C_{mic}降低[15]。但我们观察的几个点结果并不一致, 羊草草原放牧处理与禁牧处理 C_{mic}、N_{mic}均无显著差异, 似乎放牧区还大些; 大针茅草原放牧区 C_{mic}、N_{mic}比禁牧区小; 系列 2 土壤中的点 5 是严重退化草地, 其 C_{mic}、N_{mic}显著地低于未放牧地和轻度利用草地。我们在内蒙古典型草原不同放牧率试验中也发现, C_{mic}只有在极端过牧时才显著降低, 一些放牧率下 N_{mic}反而高于无牧处理[16]。这些矛盾的结果体现了放牧强度、放牧历史的差异, 需要进一步研究。

参　考　文　献

1. Jenkinson D S. The determination of microbial biomass carbon and nitrogen in soils. *In* Wilson J R. ed. Advances in Nitrogen Cycling in Agricultural Ecosystems. C. A. B. International, Wallingford, 1988. 368~ 386
2. Paul E A, Voroney R P. Nutrient and energy flow through soil microbial biomass. Ellwood D C, Hedger J N, Lutham M J, *et al*. eds. Contemporary Microbial Ecology. London: Academic Press, 1980. 215~ 237
3. Brookes P C, Landman A, Pruden G, Jenkinson D S. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass in soils. Soil Biol. Biochem., 1985, 17: 837~ 842
4. Jenkinson D S, Ladd J N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. Paul E A, Ladd J N, Soil Biochemistry. Vol 5. New York: Dekker, 1981. 414~ 472
5. Anderson T H, Domsch K H. The metabolic quotient for CO_2 (qCO_2) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. Soil Biol. Biochem., 1993, 25: 393~ 395
6. Roy S, Singh J S. Consequences of habitat heterogeneity for availability of nutrients in a dry tropical forest. J. of Ecology, 1994, 82: 503~ 509
7. Insam H. Are the soil microbial biomass and basal respiration governed by the climatic regime? Soil Biol. Biochem., 1990, 22: 525~ 532
8. Horwath, Paul P A. Soil Biomass. *In*: Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Methods. Agronomy

Monograph No.9, 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, Wl. 1994. 753~ 761
9. Wardle D A. A comparative assessment of factors which influence microbial biomass carbon and nitrogen levels in soils. Biological Reviews, 1992, 67: 321~ 358
10. Anderson T H, Dormsch K H. Carbon assimilation and microbial activity in soil. Z. Pflanzenernahr. Bodenk, 1986, 149: 457~ 468
11. Sparling J P. Microcalorimetry and other methods to assess biomass and activity in soil. Soil Biol. Biochem., 1981, 13:93~ 98
12. Anderson T H, Dormsch K H. Maintenance of carbon requirements of actively-metabolizing microbial populations under *in situ* conditions. Soil Biol. Biochem., 1985, 25: 393~ 395
13. Odum E. Trends expected in stressed ecosystems. Bioscience, 1985, 35: 419~ 422
14. Andrews J H, Harris F. *r*- and *k*-selection and microbial ecology. Adv. Microb. Ecol., 1986, 9: 99~ 147
15. Holt J A. Grazing pressure and soil carbon, microbial biomass and enzyme activities in semi-arid northeastern Australia. Applied Soil Ecology, 1997, 5: 143~ 149
16. 李香真, 陈佐忠. 不同放牧率对草原植物与土壤 C、N、P 含量的影响. 草地学报, 1998, 6(2): 90~ 98

SOIL MICROBIAL BIOMASS CARBON AND NITROGEN IN MONGOLIAN GRASSLAND

Li Xiang-zhen
(*Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100093)
Qu Qiu-hao
(*Institute of Soil and Fertilizer, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing* 100081)

Summary

144 soil samples were collected along the moisture gradient in grassland region of the Mongolian Plateau for investigating soil microbial biomass C (C_{mic}) and N(N_{mic}), and their relations to annual average temperature and rainfall. The results are as followings: Soil microbial biomass C and N showed significant correlations with soil organic carbon, total nitrogen, precipitation, and temperature. C_{mic} ranged from 51.7 to 797mg kg^{-1}; N_{mic} from 11 to 118.6mg kg^{-1}; C_{mic}: N_{mic} from 5 to 9, and C_{mic}/C_{org} from 1.15% to 4.1%. C_{mic}/C_{org} was correlative negatively with soil organic C, total N, and annual average precipitation. Soil respiration showed a decreasing trend: meadow steppe > typical steppe> desert steppe, correlating positively with precipitation, and negatively with temperature. The relationship of metabolic quotient CO_2 (Q_{CO_2}) with precipitation can fit in quadratic equation. Effect of grazing on soil microbial biomass depends on grassland types and grazing intensity.

Key words Grassland soil, Mongolian Plateau, Soil microbial biomass, Carbon, Nitrogen