

镁碱化盐土微生物生物量和土壤基础呼吸^①

元炳成¹, 刘 权¹, 黄 伟*, 李凤成²

(1 北京师范大学珠海分校, 广东珠海 519085; 2 甘肃广播电视大学, 兰州 730030)

摘 要: 通过测定甘肃河西走廊疏勒河中游昌马冲积扇缘不同镁碱度条件下 10 个采样点 30 个土样的化学性质和生物化学性质指标, 研究了电导率和镁碱度对土壤微生物生物量及其基础呼吸的影响。结果表明: 微生物生物量碳(氮)和土壤基础呼吸与电导率、镁碱度和 Mg^{2+}/Ca^{2+} 之间显著负相关, 表明盐度和镁碱度对土壤微生物群落有显著的抑制作用, 而且盐度的抑制作用比镁碱度更大; 微生物代谢熵(qCO_2)和电导率、镁碱度、 Mg^{2+}/Ca^{2+} 之间为正相关关系, 也说明镁碱化盐土对土壤微生物而言是一种严重的胁迫环境。

关键词: 电导率; 镁碱度; Mg^{2+}/Ca^{2+} ; 微生物生物量; 土壤基础呼吸; 微生物代谢熵

中图分类号: S154.36

盐渍化对土壤的理化性质、微生物活性及植物生长会产生一系列的有害后果。已有的研究大多表明, 盐化和钠碱化对土壤微生物及其酶的活性会产生抑制作用^[1-3]。尽管对盐土和钠碱土进行了大量的研究工作, 但对镁碱化盐渍土的研究还相对很少。目前, 还没有公认的对镁碱化盐渍土进行分类的土壤化学性质特征指标, 有关镁碱度对微生物生物量及其活性的作用还知之甚少。

本文以饱和土浆浸出液的电导率 EC、镁碱度和 Mg^{2+}/Ca^{2+} 作为化学性质特征指标, 研究镁碱化盐渍土的盐度和镁碱度对土壤微生物生物量和基础呼吸的影响。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

发源于祁连山的疏勒河向北流出昌马峡形成昌马冲积扇, 扇缘潜水溢出带地势平坦, 潜水埋深 1.5~2.0 m, 矿化度 1 g/L 左右, 土壤属 $HCO_3^-Mg^{2+}$ 型盐土。该区年均温 6.9℃, 一月均温 -10.5℃, 七月均温 21.6℃, 年降雨量 54.9 mm, 自由水面蒸发量 3 029.6 mm, 蒸降比为 55.2。植物群落的主要优势种有鸡爪芦草和小冰草, 间生有少量甘草和芨芨草。

1.2 土壤采集

土样采集于 2008 年 6 月进行, 在研究区域内选择了不同盐度和镁碱度的 10 个采样点, 在每个采样点 100 m 的半径范围内取 3 个土样, 每个土样是 5 个土

钻样(直径 2 cm, 深 20 cm)的混合样。土壤理化性质用风干样分析, 微生物和生物化学分析用新鲜土样进行。

1.3 化学性质分析

制备土水比 1:2.5 的土壤浸出液, 用玻璃电极法测定 pH。制备饱和土浆浸提液, 并测定其电导率 EC 和可溶盐离子的浓度, Na^+ 用火焰光度法, Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 用原子吸收光谱法, HCO_3^- 和 CO_3^{2-} 用电位滴定法。交换性阳离子的测定在 pH 8.2 的条件下, 以 1 mol/L NaOAc 作为交换剂, 其提取液中的 Na^+ 和 Mg^{2+} 的测定方法同上。交换性阳离子含量 = NaOAc 提取含量 - 饱和土浆含量。有机碳(SOC)采用重铬酸盐氧化法, 全 N 采用 Kjeldahl 法。

1.4 微生物及生物化学分析

微生物生物量碳(氮)采用氯仿熏蒸提取法^[4-5]。微生物生物量碳(MBC) = E_C/k_{EC} , E_C = 熏蒸过的土样有机碳含量 - 未熏蒸土样的有机碳含量, k_{EC} = 0.38^[5-6]。微生物生物量氮(MBN) = E_N/k_{EN} , E_N = 熏蒸过的土样的全氮含量 - 未熏蒸土样的全氮含量, k_{EN} = 0.54^[4]。微生物熵是土壤微生物生物量碳(MBC)占土壤有机碳(SOC)的百分比。

土壤基础呼吸(BSR)的测定: 在 50 ml 的烧杯中放置调整为 50% 田间持水量的土样 30 g (烘干基), 把此烧杯和盛有 10 ml 1 mol/L NaOH 溶液的容器一并放入密闭的广口瓶, 在 25℃ 的黑暗条件下放置 10 天。在第 2、第 5 和第 10 天用滴定法测定所产生的

①基金项目: 国家自然科学基金项目(30700104)资助。

* 通讯作者(hw_david@21cn.com)

作者简介: 元炳成(1963—), 男, 甘肃会宁人, 博士, 副教授, 主要从事土壤生态学研究。E-mail: yuanbch@126.com

CO₂, 基础呼吸以 10 天累计产生的 CO₂ 量度量。每毫克微生物生物量碳的基础呼吸就表示微生物代谢熵 ($q\text{CO}_2$) [7]。

1.5 数据分析

表中数据为算术平均值, 以 24 h 105℃ 的烘干土重为基础。数据的统计分析采用 SPSS13.0 软件包。单因素方差分析的显著性用 Tukey 法检验, 变量间的相关系数采用 Pearson 公式计算。

2 结果与讨论

2.1 土壤化学性质

该区域镁碱化盐渍土的电导率在不同采样点间有显著差异, 与镁碱度、 $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$ 及 pH 显著正相关。pH 高于 8.5, 与 $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$

及镁碱度显著正相关。 $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+} > 3$, 在不同采样点之间变化很大。镁碱度通常超过 60%, 且与 $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$ 显著正相关, 而钠碱度低于 15%, 与 pH 没有明显的相关性 (表 1、表 2), 说明钠碱度不是土壤 pH 高的主要原因。该类土壤的高 pH 是由以下原因所致: 土壤剖面中存在碳酸镁结核、土壤溶液的高 $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$ 以及土壤复合体的高镁碱度 [8]。镁碱化盐渍土的形成条件之一是浅层地下水中富含 Mg^{2+} , 随着土壤的盐渍化, 溶液中的 Mg^{2+} 含量增加, 土壤复合体的镁碱度提高, 结果土壤产生镁碱化 [9]。Gupta [10] 也报道过 Mg^{2+} 在碱土形成过程中的作用。因此, Mg^{2+} 和 Na^+ 一样, 都会在一定条件下使土壤发生碱化, 造成土壤 pH 升高。

镁碱度可表示土壤的镁碱化状况, 但是, 镁碱度的分析化验工作费时费力且容易出错, 而土壤溶液的

表 1 0~20 cm 土层土壤化学性质
Table 1 Soil chemical properties in 0~20 cm

采样点	EC (mS/cm)	pH	镁碱度 (%)	$\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$	$\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$ (cmol/kg)	钠碱度 (%)
1	1.49 ± 0.09 a	8.80 ± 0.53 a	63.80 ± 2.40 ab	6.48 ± 2.96 a	1.40 ± 0.23 a	9.08 ± 0.62 ab
2	1.85 ± 0.06 ab	9.10 ± 0.36 a	71.63 ± 0.76 bc	27.47 ± 5.55 ab	2.15 ± 0.21 a	8.56 ± 0.52 ab
3	2.62 ± 0.12 bc	8.93 ± 0.25 a	63.91 ± 4.43 ab	10.30 ± 2.99 a	2.33 ± 0.43 a	8.82 ± 0.18 ab
4	3.06 ± 0.11 c	8.63 ± 0.15 a	58.09 ± 1.54 a	4.97 ± 1.31 a	1.23 ± 0.24 a	11.60 ± 0.34 b
5	3.36 ± 0.11 cd	8.80 ± 0.26 a	62.98 ± 3.51 ab	12.88 ± 3.74 a	1.82 ± 0.29 a	9.92 ± 0.49 ab
6	4.21 ± 0.11 d	9.03 ± 0.32 a	62.37 ± 5.00 ab	11.34 ± 3.94 a	1.76 ± 0.46 a	10.23 ± 0.15 ab
7	5.53 ± 0.10 e	8.97 ± 0.32 a	69.39 ± 1.55 bc	18.57 ± 3.48 ab	1.42 ± 0.26 a	8.08 ± 1.2 ab
8	8.20 ± 0.53 f	9.07 ± 0.21 a	66.67 ± 3.69 ab	25.17 ± 5.96 ab	1.99 ± 0.31 a	9.20 ± 2.02 ab
9	19.02 ± 0.70 g	8.97 ± 0.51 a	77.92 ± 3.50 c	56.65 ± 6.34 b	2.19 ± 0.40 a	6.79 ± 0.13 a
10	27.27 ± 0.82 h	9.33 ± 0.12 a	72.62 ± 2.76 bc	57.31 ± 4.41 b	2.77 ± 0.21 a	7.12 ± 0.33 a

注: 表中数字为平均值 ± SE; 同列相同字母表示数据差异不显著 ($p > 0.05$), 下同。

表 2 0~20 cm 土层土壤化学性质、微生物生物量及微生物活动性指标间的 Pearson 相关系数
Table 2 Pearson correlation coefficients between soil chemical properties, microbial biomass and microbial activities in 0~20 cm

	EC	EMP	$\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$	$\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$	pH	SOC	MBC	MBN	$q\text{CO}_2$	BSR
EC	1									
EMP	0.53**	1								
$\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$	0.79**	0.81**	1							
$\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$	0.48**	0.60**	0.63**	1						
pH	0.38*	0.65**	0.67**	0.67**	1					
SOC	-0.64**	-0.43*	-0.56**	-0.47**	-0.51**	1				
MBC	-0.76**	-0.46**	-0.62**	-0.37*	-0.47**	0.78**	1			
MBN	-0.76**	-0.48**	-0.64**	-0.40*	-0.49**	0.84**	0.99**	1		
$q\text{CO}_2$	0.80**	0.43*	0.65**	0.23 ^{NS}	0.30 ^{NS}	-0.45*	-0.83**	-0.79**	1	
BSR	-0.65**	-0.48**	-0.58**	-0.50**	-0.45*	0.89**	0.79**	0.84**	-0.42*	1

注: * 表示在 $p < 0.05$ 水平显著相关; ** 表示在 $p < 0.01$ 水平显著相关; NS 表示不相关; EC 为电导率; EMP 为镁碱度; SOC 为有机碳; MBC 为微生物生物量碳; MBN 为微生物生物量氮; $q\text{CO}_2$ 为微生物代谢熵; BSR 为土壤基础呼吸。

Mg^{2+}/Ca^{2+} 和土壤的镁碱度之间有令人满意的相关关系,因而可用 Mg^{2+}/Ca^{2+} 代替镁碱度表示土壤的镁碱化状况。在本研究区域中,当 $Mg^{2+}/Ca^{2+}>3$ 时,可认为土壤发生了镁碱化。研究表明 $Mg^{2+}/Ca^{2+}>1$ 的土壤溶液会使玉米的生长受到抑制^[11],镁盐对桉树根部生长的影响比钠盐大,这和其根部 Ca^{2+} 的含量低有关^[12]。 Mg^{2+}/Ca^{2+} 和小麦产量负相关,当 $Mg^{2+}/Ca^{2+}>20$ 时,作物种子甚至都不能萌发。 Mg^{2+} 的大量存在,破坏了土壤溶液中 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 之间适当的比例关系。高镁碱度的土壤理化性质恶化,干时坚硬,湿时泥泞,通透性差,土壤结壳,和钠碱化土表现出的症状相似^[13]。通过使黏粒分散, Mg^{2+} 对土壤团聚体的稳定性产生不良影响^[14]。另外, Mg^{2+} 可使黏粒产生膨胀,破坏土壤

团聚体。

2.2 微生物生物量及其活性

在本研究区域的镁质碱化盐渍土中,微生物生物量碳(氮)和土壤有机碳之间显著正相关(表2、表3),这和其他研究所得出的结论是一致的^[15-27];而微生物生物量碳(氮)和电导率、镁碱度、 Mg^{2+}/Ca^{2+} 、 $HCO_3^-+CO_3^{2-}$ 、pH之间显著负相关(表2)。高盐度和镁碱度对土壤微生物的危害仍然是显而易见的,这主要表现在随着电导率和镁碱度的升高,微生物熵不断地下降,平均微生物熵远低于Anderson和Domsch^[28]以及Sparling等人^[29]的结果,在电导率最高的土壤中,微生物生物量碳显著地偏低,使得最低微生物熵仅为0.37%。

表3 0~20 cm 土层土壤 SOC、全 N、MBC

Table 3 Soil organic C, total N and microbial biomass C in 0-20 cm

采样点	SOC (g/kg)	全 N (g/kg)	MBC (mg/kg)	微生物熵 (%)
1	12.35 ± 1.82 abc	1.01 ± 0.12 ab	311.6 ± 47.9 bc	2.52 ± 0.05 h
2	14.74 ± 1.10 abc	1.31 ± 0.13 ab	344.0 ± 32.5 c	2.33 ± 0.07 gh
3	12.30 ± 0.79 abc	0.96 ± 0.10 ab	263.1 ± 13.9 bc	2.15 ± 0.08 fg
4	18.52 ± 2.09 c	1.60 ± 0.29 b	351.9 ± 56.7 c	1.88 ± 0.09 ef
5	17.18 ± 2.93 bc	1.49 ± 0.25 b	306.1 ± 65.2 bc	1.75 ± 0.10 e
6	12.63 ± 0.90 abc	0.98 ± 0.11 ab	159.0 ± 11.0 ab	1.26 ± 0.06 d
7	14.44 ± 2.89 abc	1.28 ± 0.31 ab	139.4 ± 23.9 ab	0.98 ± 0.08 cd
8	12.23 ± 0.76 abc	0.93 ± 0.07 ab	86.0 ± 9.4 a	0.70 ± 0.04 bc
9	9.87 ± 0.51 ab	0.78 ± 0.04 ab	47.3 ± 5.5 a	0.48 ± 0.03 ab
10	6.37 ± 0.45 a	0.55 ± 0.06 a	23.1 ± 1.1 a	0.37 ± 0.02 a

表4 0~20 cm土层土壤MBN、BSR和 qCO_2

Table 4 Microbial biomass N, basal soil respiration and metabolic quotient in 0-20 cm

采样点	MBN (mg/kg)	MBC/MBN	BSR (CO_2 , $\mu g/(g \cdot d)$)	qCO_2 (CO_2 , $\mu g/(mg \cdot h)$)
1	45.76 ± 6.49 cd	6.79 ± 0.09 g	10.99 ± 1.68 abcd	1.48 ± 0.10 a
2	53.10 ± 4.92 cd	6.48 ± 0.01 fg	18.74 ± 1.31 bcd	2.29 ± 0.17 ab
3	41.57 ± 2.28 bcd	6.33 ± 0.04 f	12.74 ± 2.52 abcd	2.03 ± 0.40 ab
4	57.48 ± 9.19 d	6.12 ± 0.04 ef	23.84 ± 2.79 d	2.87 ± 0.19 bc
5	51.90 ± 10.33 cd	5.85 ± 0.12 de	20.33 ± 5.98 cd	2.81 ± 0.51 abc
6	28.20 ± 2.07 abc	5.64 ± 0.05 cd	14.92 ± 1.84 abcd	3.89 ± 0.28 cd
7	26.04 ± 4.75 abc	5.38 ± 0.08 c	12.54 ± 3.03 abcd	3.66 ± 0.34 cd
8	18.09 ± 1.60 ab	4.74 ± 0.12 b	10.12 ± 1.40 abc	4.88 ± 0.21 de
9	10.85 ± 1.41 a	4.38 ± 0.10 ab	6.42 ± 0.69 ab	5.67 ± 0.07 e
10	5.57 ± 0.20 a	4.14 ± 0.06 a	3.01 ± 0.21 a	5.40 ± 0.14 e

与微生物生物量碳(氮)的变化趋势相似,土壤基础呼吸与土壤有机碳显著正相关,而与电导率、镁碱度、 Mg^{2+}/Ca^{2+} 、 $HCO_3^-+CO_3^{2-}$ 、pH之间显著负相关(表2、表4),说明盐化和镁碱化对土壤微生物活性有

显著的抑制作用。另外,本研究区域的镁碱化盐渍土中,微生物代谢熵与电导率、镁碱度、 Mg^{2+}/Ca^{2+} 之间呈显著的正相关关系,也表明盐化和镁碱化对土壤微生物而言是一种环境胁迫。其他研究也表明,在受到

波动的电导率、低土壤 pH、重金属污染等胁迫因素影响的土壤中, 微生物代谢熵趋向于偏高^[30]。这说明, 微生物生物量和微生物代谢熵之间的反向变化关系是一种普遍现象, 也就是说, 胁迫因素往往使得微生物群落变少。

随着电导率和镁碱度的升高, MBC/MBN 表现出下降的趋势, 这可能意味着镁碱化盐土中细菌群落占优势^[20,31-34]。土壤微生物群落是由不同的微生物种群所组成, 而不同的微生物种群其 MBC/MBN 是不同的。细菌 MBC/MBN 比真菌低, 因为细菌组织的蛋白质含量比真菌要高。Sardinha 等^[1]也发现在德国的酸性砂壤土中, 盐渍化造成微生物群落中真菌显著减少, 这和 Badran^[35]的研究结论一致。Pankhurst 等^[36]研究发现, 盐渍化能引起细菌脂肪酸含量 30% 的净增加。

2.3 盐度和镁碱度效应

微生物生物量碳(氮)和土壤基础呼吸与电导率之间为负指数关系, 而与 Mg^{2+}/Ca^{2+} 及镁碱度之间为负线性关系。另外, 微生物生物量碳(氮)和土壤基础呼吸与电导率之间的负相关系数比它们和 Mg^{2+}/Ca^{2+} 或镁碱度之间的负相关系数要小。这说明电导率对土壤微生物的抑制性要比镁碱度大。

Mg^{2+} 和其他阳离子 Ca^{2+} 、 Na^+ 和 K^+ 之间的拮抗作用可能是盐度比镁碱度对微生物群落有更大危害作用的原因之一。盐对微生物群落的有害作用起因于两个方面: ①盐分降低土壤溶液的渗透势, 使微生物对水分的利用发生困难; ②某些盐分离子的浓度过高对微生物产生毒害作用。盐胁迫主要是源于土壤可溶盐的渗透作用, 而渗透作用是由可溶盐总量产生的。个别离子的作用具有两重性, 某些离子的含量过高会对微生物的多种生理过程产生毒害作用, 但这些离子的毒害作用并不具有累计效应, 因为离子之间的拮抗作用会部分地中和这种有害作用。

3 结论

电导率和镁碱度是镁碱化盐渍土重要的化学性质指标, 由于镁碱度和 Mg^{2+}/Ca^{2+} 之间存在显著的正相关关系, 因而, 可用 Mg^{2+}/Ca^{2+} 代替镁碱度表示土壤的 Mg^{2+} 碱化状况。盐化和镁碱化导致土壤有机碳和全氮含量下降, 使得微生物生物量减少、基础呼吸降低, 对微生物群落产生明显的抑制作用。另外, 微生物生物量 C/N 与电导率、 Mg^{2+}/Ca^{2+} 和镁碱度的反向变化关系可能表明镁碱化盐渍土环境中细菌在微生物群落中占优势。总之, 镁碱化盐渍土对土壤微生物而言是一种严重的胁迫环境, 是土壤发生退化的原因之一。

参考文献:

- [1] Sardinha M, Muller T, Schmeisky H, Joergensen RG. Microbial performance in soils along a salinity gradient under acidic conditions. *Applied Soil Ecology*, 2003, 23: 237-244
- [2] Zahran HH. Diversity, adaptation and activity of the bacterial flora in saline environments. *Biology and Fertility of Soils*, 1997, 25: 211-223
- [3] Rietz DN, Haynes RJ. Effects of irrigation induced salinity and sodicity on soil microbial activity. *Soil Biology & Biochemistry*, 2003, 35: 845-854
- [4] Brookes PC, Landman A, Pruden G, Jenkinson DS. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: A rapid direct extraction method for measuring microbial biomass nitrogen in soil. *Soil Biology & Biochemistry*, 1985, 17: 837-842
- [5] Vance ED, Brookes PC, Jenkinson DS. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology & Biochemistry*, 1987, 19: 703-707
- [6] Joergensen RG. The fumigation extraction method to estimate soil microbial biomass: calibration of the k_{EC} value. *Soil Biology & Biochemistry*, 1995, 28: 25-31
- [7] Anderson TH, Domsch KH. Application of eco-physiological quotients (qCO_2) on microbial biomass from soils of different cropping history. *Soil Biology & Biochemistry*, 1990, 22: 251-255
- [8] 田兆顺, 董汉章. 河西走廊镁质碱化盐渍土的初步研究. *土壤*, 1977(5): 233-240
- [9] 王遵亲, 祝寿泉, 俞仁培, 黎立群, 单光宗, 尤文瑞. 中国盐渍土. 北京: 科学出版社, 1993
- [10] Gupta RN. Development and morphology of Vindhyan soils. II Nature of exchangeable bases in the soil sequence of the upper Vindhyan plateau in Uttar Pradesh. *Indian Journal of Agricultural Science*, 1958, 28: 491-498
- [11] Key JL, Kurtz LT, Tucker BB. Influence of ratio of exchangeable calcium magnesium on yield and composition of soybeans and corn. *Soil Science*, 1962, 93: 265-270
- [12] Marcar NE, Termaat A. Effects of root zone solutes on *Eucalyptus camaldulensis* and *Eucalyptus bicostata* seedlings: Responses to Na^+ , Mg^{2+} and Cl^- . *Plant and Soil*, 1990, 125: 245-254
- [13] Hinrich LB, Brian LM, George AO. *Soil Chemistry*. New York: John Wiley & Sons, inc., 2001: 35-40
- [14] Zhang XC, Norton LD. Effect of exchangeable Mg on saturated hydraulic conductivity, disaggregation and clay dispersion of disturbed soils. *Journal of Hydrology*, 2002, 260: 194-205
- [15] 胡君利, 林先贵, 朱建国. 土壤微生物对大气对流层臭氧浓度升高的响应. *土壤*, 2008, 40(6): 857-862
- [16] 张逸飞, 钟文辉, 李忠佩, 蔡祖聪. 长期不同施肥处理对红壤

- 水稻土酶活性及微生物群落功能多样性的影响. 生态与农村环境学报, 2006, 22(4): 39–44
- [17] 陈梅生, 尹睿, 林先贵, 张华勇, 王俊华, 钦绳武. 长期施有机肥与缺素施肥对潮土微生物活性的影响. 土壤, 2009, 41(6): 957–961
- [18] 李世朋, 蔡祖聪, 杨浩. 贵阳市东郊不同植被类型下土壤特性对微生物功能的影响. 土壤, 2009, 41(2): 224–22
- [19] Li FM, Song QH, Patrick KJ, Shi YCh. Dynamics of soil microbial biomass C and soil fertility in cropland mulched with plastic film in a semiarid agro-ecosystem. Soil Biology & Biochemistry, 2004, 36: 1 893–1 902
- [20] Rajaniemi TK, Allison VJ. Abiotic conditions and plant cover differentially affect microbial biomass and community composition on dune gradients. Soil Biology & Biochemistry, 2009, 41: 102–109
- [21] Wong VNL, Dalal RC, Greene RSB. Carbon dynamics of sodic and saline soils following gypsum and organic material additions: A laboratory incubation. Applied Soil Ecology, 2009, 41: 29–40
- [22] 吴晓晨, 李忠佩, 张桃林, 车玉萍. 长期施肥对红壤性水稻土微生物生物量与活性的影响. 土壤, 2009, 41(4): 594–599
- [23] 陈旸, 李忠佩, 车玉萍, 周立祥. 红壤水稻土微生物生物量氮与总氮矿化的关系. 土壤, 2008, 40(5): 719–724
- [24] 张富国, 徐阳春, 沈其荣, 王永红. 不同种稻方式对后茬大麦产量和土壤微生物量的影响. 生态与农村环境学报, 2009, 25(2): 49–53
- [25] 张秀玲, 李君剑, 石福臣. 速生杨人工林对土壤碳氮含量及微生物生物量的影响. 生态与农村环境学报, 2008, 24(2): 32–35
- [26] 李东坡, 武志杰, 梁成华, 陈利军. 施用缓/控释氮肥对玉米苗期土壤生物学活性的影响. 生态与农村环境学报, 2006, 22(2): 21–25
- [27] 熊鸿焰, 李廷轩, 张锡洲, 余海英. 水旱轮作后免耕水稻土微生物数量和生物量的变化特征研究. 土壤, 2008, 40(6): 920–925
- [28] Anderson TH, Domsch KH. Ratios of microbial biomass C to total organic carbon in arable soils. Soil Biology & Biochemistry, 1989, 21: 471–479
- [29] Sparling GP. Ratio of microbial biomass to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. Australian Journal of Soil Research, 1992, 30: 195–207
- [30] Ghollarata M, Raiesi F. The adverse effects of soil salinization on the growth of *Trifolium alexandrinum* L. and associated microbial and biochemical properties in a soil from Iran. Soil Biology & Biochemistry, 2007, 39: 1 699–1 702
- [31] DeGroot SH, Claassen VP, Scow KM. Microbial community composition on native and drastically disturbed serpentine soils. Soil Biology & Biochemistry, 2005, 37: 1 427–1 435
- [32] 刘明, 李忠佩, 张桃林. 不同利用方式下红壤微生物生物量及代谢功能多样性的变化. 土壤, 2009, 41(5): 744–748
- [33] 李云, 孙波, 李忠佩. 气候对旱地紫色土微生物功能多样性的长期影响. 土壤, 2009, 41(2): 230–235
- [34] 王会利, 乔洁, 曹继钊, 毕利东, 邓欢, 张斌. 红壤侵蚀裸地不同植被恢复后林地土壤微生物特性的研究. 土壤, 2009, 41(6): 952–956
- [35] Badran RAM. Cellulolytic activity of some cellulose decomposing fungi in salinized soils. Acta Mycologica, 1994, 29: 245–321
- [36] Pankhurst CE, Yu S, Hawke BG, Harch BD. Capacity of fatty acid profiles and substrate utilization patterns to describe differences in soil microbial communities associated with increased salinity or alkalinity at three locations in South Australia. Biology and Fertility of Soils, 2001, 33: 204–217

Microbial Biomass and Basal Soil Respiration in Alkalized Magnesian Soils

YUAN Bing-cheng¹, LIU Quan¹, HUANG Wei¹, LI Feng-cheng²

(1 College of Real Estate, Zhuhai Campus, Beijing Normal University, Zhuhai, Guangdong 519085, China;

2 Gansu Radio & TV University, Lanzhou 730030, China)

Abstract: The effects of EC (electrical conductivity of soil saturation paste) and Mg^{2+} alkalinity on soil microbial biomass and basal soil respiration in alkalized magnesian soils were investigated. The study was conducted along the border area of the alluvial fan of Chang Ma of Shu Le He River. Ten sites were chosen and thirty soil samples were taken. The results showed that microbial biomass C(N) and basal soil respiration negatively correlated with EC, exchangeable Mg^{2+} percentage and Mg^{2+}/Ca^{2+} , while the metabolic quotient (qCO_2) positively correlated with EC, exchangeable Mg^{2+} percentage and Mg^{2+}/Ca^{2+} , which indicated the adverse effect that salinity and Mg^{2+} alkalinity stressed on soil microbial community.

Key words: EC, Mg^{2+} alkalinity, Mg^{2+}/Ca^{2+} , Microbial biomass, Basal soil respiration, Metabolic quotient