

新垦淡灰钙土微生物生物量碳、氮、磷及玉米产量的研究

陈留美¹, 吕家珑^{1*}, 桂林国², 王世荣², 刘娜娜¹

(1. 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 宁夏农林科学院, 宁夏 银川 750002)

摘要: 通过设置在宁夏红寺堡灌区开垦4 a 的淡灰钙土上的定位试验, 研究了不同施肥对新垦淡灰钙土微生物生物量碳、氮、磷及玉米产量的影响。结果表明: 各施肥处理可以明显提高土壤微生物生物量碳、氮、磷含量, 不同处理相比, 化肥配合羊粪效果最好, 单施羊粪次之, 单施化肥最低; 与对照相比各施肥处理对玉米的增产效果极显著, 各处理作用效果的排序为: 氮磷+羊粪>氮磷钾>氮磷钾>氮磷>氮>羊粪>不施肥, 氮磷+羊粪处理与单施氮肥和单施羊粪之间差异达极显著水平。化肥与有机肥羊粪配合施用既能显著增加土壤微生物生物量碳、氮、磷含量又能使玉米产量显著提高, 因此是新垦淡灰钙土施肥的最佳选择。土壤微生物量碳与有机碳呈极显著正相关, 与全氮呈显著正相关, 表明其与土壤肥力关系密切, 可作为评价新垦地土壤质量变化的生物学指标。

关键词: 新垦淡灰钙土; 微生物生物量碳、氮、磷; 施肥; 玉米产量

中图分类号: S153.6⁺¹ **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2006)02-0048-04

宁夏淡灰钙土的面积为 77.2 万 hm^2 , 占我国淡灰钙土总面积的 32.9%。淡灰钙土处于宁夏干旱荒漠地区, 这一地区的光、热条件好, 但由于干旱缺水及地形起伏的限制, 故自引黄灌溉后才开始淡灰钙土的开垦利用。新垦淡灰钙土土壤有效养分严重缺乏, 是限制作物产量的主要因子, 因此对新垦淡灰钙土的研究多是探讨种植初期的合理施肥方式及不同施肥方式对玉米产量和土壤养分含量的影响^[1~3], 然而不同施肥方式对土壤微生物生物量、碳、氮、磷的影响未见报道。土壤微生物是土壤有机质及土壤养分转化和循环的动力, 能帮助植物适应养分胁迫环境, 改善植物对养分吸收利用状况, 土壤微生物生物量是土壤养分的储存库和植物生长可利用养分的一个重要来源。研究土壤微生物生物量对了解土壤养分水平、土壤养分的转化和循环具有重要意义^[4~6]。

本文通过对新垦淡灰钙土上单施化肥、化肥与羊粪配合施用及单施羊粪后土壤微生物生物量碳、氮、磷含量及玉米产量变化进行的比较, 旨在阐明这些施肥措施在可持续发展农业中对维护土壤质量的作用, 为新垦地合理施肥提供更全面的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地基本情况

试验设在宁夏红寺堡灌区光彩新村马文俊责任田, 供试土壤为淡灰钙土。该地区年均降水量为 145.8~307.2 mm, 年均蒸发量为 803~950 mm, 由于干旱少雨、蒸发强烈、土壤贫瘠, 1998 年以前为荒地, 1999 年红寺堡扬水灌区建成后开垦, 2000 年粗放种植糜子(不施肥)用来固定表层砂土, 2001 年开始定位试验。试验设 7 个处理, 分别为: ①CK(不施肥), ②N, ③NP, ④NPZn, ⑤NPZnK, ⑥NPM, ⑦M(羊粪), 每处理重复 3 次, 采用随机区组设计, 小区面积为 $4.8 \times 10.5 \text{ m}^2$, 供试作物为玉米, 一年种植一次, 大田管理各处理相同。各种肥料每公顷施用量: N 264 kg(尿素 574.5 kg)、 P_2O_5 103.5 kg(重钙 225 kg)、 K_2O 54 kg(硫酸钾 108 kg)、硫酸锌 45 kg、腐熟纯羊粪(M) 22 500 kg。其中全部 P、K、M、Zn 肥作基肥, 尿素 300 kg 作基肥、274.5 kg 作追肥。Zn 肥除第一年外以后不再施用。羊粪含全 N 0.59%、全 P 0.10%、全 K 1.88%。

试验前试验地 0~20 cm 土壤的化学性质为: 有

* 收稿日期: 2005-10-27

基金项目: "973"项目(2005CB121102); 教育部博士点基金项目(20040712001); 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室基金(10501-138)

作者简介: 陈留美(1983-), 女, 河南确山人, 硕士, 研究方向为土壤化学。

通讯作者: 吕家珑, 教授, 长期从事土壤与植物营养研究。E-mail: ljll@nwsuaf.edu.cn

机质 4.8 g/kg, 全氮 0.31 g/kg, 全磷 0.42 g/kg, 速效磷 5.1 mg/kg, 速效钾 120 mg/kg, 有效锌 0.49 mg/kg。2005年3月采集表层 0~20 cm 土样, 样品放入 4℃ 冰箱中保存, 用于测定土壤微生物生物量 C、N、P 的样品。除去可见动、植物残体, 过孔径 2 mm 筛, 混匀调节土壤含水量大约相当于 40% 的土壤饱和持水量, 在培养箱内(温度 25℃, 放一烧杯稀 NaOH 溶液用来吸收释放的 CO₂, 一烧杯水保证 100% 的空气湿度) 预培养 10 d。

1.2 分析方法

土壤生物量 C、N 采用氯仿熏蒸-K₂SO₄ 提取方法测定^[7,8]。称取 4 份预培养土样, 每一份土壤 25 g (烘干基), 其中 2 份直接用 0.5 mol/L K₂SO₄ 溶液 100 ml 提取(25℃, 300 r/min 振荡 30 min)。另两份土样置于 150 ml 塑料瓶中, 放入内盛 100 ml 无乙醇氯仿烧杯的真空干燥器内, 抽真空使氯仿沸腾 5 min, 保持真空并在 25℃ 黑暗下灭菌 24 h, 将盛氯仿的烧杯取出后反复抽真空直至除尽样品中的氯仿为止, 然后立即提取。取 10 ml 提取液与 10 ml 2% 六偏磷酸钠混合后用总有机碳分析仪(Pheonix 8 000) 测定提取的有机 C^[7]。另取 10 ml 提取液, 加 CuSO₄ 溶液和浓硫酸消化后采用流动注射仪(FIAStar 5 000) 测定提取的 N^[8]。以熏蒸土样与不熏蒸土样提取的有机 C、N 的差值分别除以转换系数 K_C (0.45)^[9] 或 K_N (0.45) 计算土壤微生物生物量 C、N。

土壤微生物生物量 P 采用熏蒸培养-NaHCO₃ 提取方法测定^[10]。称取 4 份预培养土样, 每一份土壤 5.0 g (烘干基), 2 份直接用 0.5 mol/L NaHCO₃ (pH 8.5) 100 ml 提取过滤, 另外两份熏蒸提取过滤, 滤液经无磷活性炭脱色后采用钼蓝比色法测定, 以熏蒸土样与不熏蒸土样提取的 P 的差值除以转换系数 K_P (0.40) 计算土壤微生物生物量 P。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对土壤微生物生物量碳的影响

与对照相比, 在新垦淡灰钙土上施肥可显著增加土壤微生物生物量碳(表 1), 但其作用效果因肥料种类而异。单施化肥(N、NP、NPZn、NPZnK 4 个处理的平均值, 下同)、单施有机肥及化肥与有机肥配合施用, 土壤微生物生物量碳分别比对照增加了 79.3%、196.9% 和 230.3%。化肥单施的效果远不及单施有机肥和有机肥与化肥配合施用, 究其原因一方面是由于单施化肥虽然增加了植物根茬等的残留, 但由于土壤的 C/N 比下降, 加速了土壤中原有有机碳分解, 导致土壤中积累的有机碳总量较少^[11]; 另

一方面有机肥的施入为土壤微生物提供了新鲜有机物质来源, 有研究表明, 土壤微生物生物量 C 含量与新鲜有机物输入量存在显著的正相关关系^[12]; 此外, 羊粪属于热性肥料, 施入土壤后能提高土壤温度, 使土壤微生物的生命活动增强。还有研究表明土壤微生物生物量与土壤团聚体呈紧密相关^[13], 有机肥料施入后有利于土壤团聚体的形成, 改善了微生物的生存环境, 从而使微生物数量大增。并且有机肥本身所含的微生物在施入土壤后会迅速繁殖, 增强土壤养分转化的能力, 释放许多微生物不能直接利用的养分。因此化肥与有机肥配合施用, 既补充输入了有机碳源又改善了土壤物理性状, 这大大刺激了土壤微生物的活性, 所以土壤微生物生物量呈现较高值。

表 1 不同施肥处理对土壤微生物量碳、氮、磷的影响

处 理 Treatment	微生物量碳 Microbial biomass C	微生物量氮 Microbial biomass N	微生物量磷 Microbial biomass P
CK	28.7	10.8	1.51
N	50.3	11.0	1.48
NP	65.7	12.4	2.52
NPZn	42.0	16.3	1.94
NPZnK	47.8	15.6	1.75
NPM	94.8	42.7	3.03
M	85.2	22.4	1.95

需要指出的是本试验中土壤微生物碳、氮的比值仅为 2.2~5.3, 与一些文献报道的 8.0 左右相比偏低, 这可能与不同土壤中微生物区系的差异有关, 因为土壤中不同类型微生物其碳氮比不同, 一般情况下细菌碳氮比在 5:1 左右, 而真菌在 10:1 左右, 放线菌在 6:1 左右^[14]。

2.2 不同施肥处理对土壤微生物生物量氮的影响

单施化肥、单施有机肥及化肥与有机肥配合施用分别比对照增加了 28%、107.4% 和 295.4%; 化肥与有机肥配合比化肥单施和有机肥单施分别提高了 208.9% 和 90.6% (表 1), 说明在新垦淡灰钙土有机肥的施入显著促进了微生物大量繁殖, 从而固持了部分氮素。而有机肥单施微生物量氮显著小于化肥与有机肥配合, 则可能是由于新垦淡灰钙土氮素含量严重缺乏, 仅施有机肥时氮源严重不足, 被微生物固持氮素中的大部分在玉米生长期逐渐矿化释放出来, 供玉米吸收, 因此微生物生物量氮降低。由于淡灰钙土土壤质地粗, 持水性小, 渗漏大, 因此保肥能力差, 施入的无机氮肥容易通过 NH₃ 挥发和 NO₃⁻

淋失等途径损失减少。通过上述不同施肥处理土壤微生物生物量氮比较可知化肥与有机肥配合施用后土壤微生物生物量氮显著高于化肥单施,这就意味着化肥与有机肥配合中有较多的氮素通过同化作用转入到微生物体内暂时固定,相应地通过 NH_3 挥发和 NO_3^- 淋失以及反硝化等途径造成的氮素损失减少了^[15],这对调节新垦淡灰钙土的氮素供应,提高氮肥利用率具有积极的意义。

2.3 不同施肥处理对土壤微生物生物量磷的影响

从总体看,新垦淡灰钙土土壤微生物量磷含量较低(表1),可能与新垦淡灰钙土本身含磷量特别缺乏有关。与对照相比,单施化肥、单施有机肥及化肥与有机肥配合施用分别提高了27.3%、29.1%和100.7%。其中仍以化肥与有机肥配合增加最显著,不同的是单施化肥中氮磷配合比单施有机肥高,在化肥单施中凡施磷的处理都比单施氮肥有较大提高,这可能是施用磷肥后土壤有效磷增加,会有更多的磷被同化结合在微生物体内,使微生物量磷增加。

2.4 不同施肥处理玉米的产量

由表2可知,与对照相比各施肥处理对玉米的增产效果极显著,不同施肥处理间经多重比较结果表明:NPM、NPZnK、NPZn、NP产量大于N、M,差异极显著;NPM、NPZnK、NPZn产量相近,NPZnK、NPZn、NP产量相近,但NPM优于NP。化肥与有机肥配合施用增产效果最好。单施有机肥土壤微生物生物量碳、氮、磷都较高,但是玉米产量却是各施肥处理较低的,原因可能是新垦淡灰钙土土壤养分贫瘠,仅施有机肥所能提供的养分远远不能满足玉米生育期间的需要,并且施入有机肥后生物固定作用会随着微生物的大量繁殖而增强,特别是能量物质充足时,这一作用就更为旺盛,这时就会出现微生物与作物争夺土壤有效态氮素的现象,影响作物的生长发育,从而导致产量低下^[16]。

表2 不同施肥处理玉米的产量(kg/hm²)

Table 2 Effects of different fertilization on Maize yield

项目 Item	CK	N	NP	NPZn	NPZnK	NPM	M
产量 Yield	1851	5592	11298	11785.5	11964	12757.5	4495.5
$\alpha=0.05$	a	b	c	cd	cd	d	b
$\alpha=0.01$	A	B	C	C	C	C	B

因此在新垦淡灰钙土上施用肥料时应注意优化肥料的结构,充分发挥其效益。针对灌区新垦淡灰钙土养分特征,开垦种植初期在施足氮、磷、锌肥的基

础上,再配合施用有机肥,才是提高玉米产量的最有效途径。

2.5 土壤微生物量碳、氮、磷与土壤有机碳、全氮、速效磷的关系

表3 土壤微生物量碳、氮、磷与土壤有机碳、全氮、速效磷的相关系数

Table 3 Correlation coefficient between soil microbial biomass C, N, P and total organic C, total N, available P

项目 Item	相关系数r Correlation coefficient
土壤微生物量碳与土壤有机碳 Soil microbial biomass C vs organic C	0.9383** (n=7)
土壤微生物量碳与土壤全氮 Soil microbial biomass C vs total N	0.8332* (n=7)
土壤微生物量氮与土壤有机碳 Soil microbial biomass N vs organic C	0.8539* (n=7)
土壤微生物量氮与土壤全氮 Soil microbial biomass N vs total N	0.6452 (n=7)
土壤微生物量磷与土壤有机碳 Soil microbial biomass P vs organic C	0.6616 (n=7)
土壤微生物量磷与土壤速效磷 Soil microbial biomass P vs available P	0.7019 (n=7)

注: ** 极显著相关, * 显著相关

Note: ** very significant, * significant

相关分析结果表明,土壤微生物量碳与有机碳呈极显著正相关,与全氮呈显著正相关;土壤微生物生物量氮与有机碳呈显著正相关,与全氮呈正相关但不显著;土壤微生物生物量磷和有机碳、速效磷呈正相关但都不显著。表明土壤微生物生物量碳与肥力关系密切,可作为评价土壤质量的生物学指标。

3 小结

1) 与对照相比,各施肥处理可以明显提高土壤微生物生物量碳、氮、磷含量,但作用效果因肥料种类而异,化肥与有机肥配合的效果最好,单施有机肥次之,单施化肥最低。

2) 在新垦淡灰钙土上单施有机肥虽然可以促进微生物的生长繁殖,使微生物生物量增大,但是新垦淡灰钙土土壤养分贫瘠,仅施有机肥所能提供的养分远远不能满足玉米生育期间的需要,致使产量低下。因此在新垦淡灰钙土上施用肥料时应注意优化肥料的结构,充分发挥其效益。针对灌区新垦淡灰钙土养分特征,开垦种植初期在施足氮、磷、锌肥的基础上,再配合施用有机肥,才是提高玉米产量的最有效途径。

3) 在新垦淡灰钙土上各施肥处理土壤微生物量碳与有机碳呈极显著正相关,与全氮呈显著正相关,因此土壤微生物量碳可作为评价新垦地土壤质量变

化的生物学指标。

参考文献:

- [1] 蒋永前,王世荣,桂林国,等.扬黄灌区新垦地玉米丰产栽培技术[J].作物杂志,2003,(1):33-34.
- [2] 桂林国,赵天成,王世荣.新垦淡灰钙土玉米施磷效应研究[J].土壤肥料,2003,(1):10-12.
- [3] 桂林国,罗代雄,张学军.宁夏盐环定灌区新垦淡灰钙土玉米施肥效果初报[J].甘肃农业科技,1999,(6):35-37.
- [4] 何振立.土壤微生物量及其在养分循环和环境质量评价中的意义[J].土壤,1997,29(2):61-67.
- [5] 殷士学.土壤微生物生物量及其养分循环关系的研究进展[J].土壤学进展,1993,21(4):1-8.
- [6] Smith J L, Paul E A. The significance of soil microbial biomass estimations [A]. Bollag J M, G Stotzdy. Soil Biochemistry [C]. New York: Marcel Dekker, 1990, 357-396.
- [7] Wu J, Joergensen R G, Pommerening B, et al. Measurement of soil microbial biomass by fumigation - extraction - an automated procedure [J]. Soil Biol. Biochem, 1990, 20: 1167-1169.
- [8] Brookes P C, Landman A, Pruden G, et al. Chloroform

fumigation and the release of soil nitrogen, a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil [J]. Soil Biol Biochem, 1985, 17: 837-842.

- [9] 陈国潮.土壤微生物生物量熏蒸提取法中转换系数KEC的测定研究[J].土壤通报,2002,33(5):392-395.
- [10] Brookes P C, Powlson D S, Jenkinson D S. Measurement of microbial biomass phosphorous in soil [J]. Soil Biol Biochem, 1982, 14: 319-329.
- [11] 徐阳春,沈其荣.水旱轮作下免耕和施用有机肥对土壤某些肥力性状的影响[J].应用生态学报,2002,11(4):549-552.
- [12] 吴金水.土壤有机质及其周转动力学[A].何电源.中国南方土壤肥力与栽培作物施肥[C].北京:科学出版社,1994.37-46.
- [13] Edgerton D L, Harris J A, Brich P, et al. Linear relationship between aggregate stability and microbial biomass in three restored soils [J]. Soil Biol. Biochem. 1995, 27: 1499-1501.
- [14] 姜培坤,周国模.侵蚀型红壤植被恢复后土壤微生物量碳、氮的演变[J].水土保持学报,2003,17(1):112-114.
- [15] 徐阳春,沈其荣,冉焯.长期免耕与施用有机肥对土壤微生物生物量碳、氮、磷的影响[J].土壤学报,2002,39(1):89-96.
- [16] 彭克明.农业化学(总论)(第2版)[M].北京:中国农业出版社,2000.71-73.

Studies on soil microbial biomass C, N, P and maize yield in newly cultivated light sierozem

CHEN Liu-mei¹, LU Jia-long¹, GUI Lin-guo², WANG Shi-rong², LIU Na-na¹

(1. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Yingchuan 750002, China)

Abstract: The effects of different fertilization on soil microbial biomass C, N, P and maize yield in light sierozem were investigated with a field experiment, which was continued for 4 years at Hongsibu irrigated area of Ningxia. The results showed that the fertilization treatments significantly increased the contents of microbial biomass C, N and P compared with control, but there were significant differences among different treatments. The best effect was found in the treatment of chemical fertilizers + sheep manure, the second was sheep manure, and the lowest was chemical fertilizers. Fertilization significantly increased maize yield in the following order: NP + sheep manure > NPZnK > NPZn > NP > N > sheep manure > control. There were significant differences between NP + sheep manure and N or sheep manure. The compound application of chemical fertilizers and sheep manure not only increased the contents of microbial biomass C, N and P but also raised the yield of maize, therefore, it was the best fertilization measure in the newly cultivated light sierozem. Significant positive correlation was found between soil microbial biomass C and organic C as well as total N, so soil microbial biomass C could be regarded as a biological indication to identify the quality change of newly cultivated soil.

Key words: newly cultivated light sierozem; microbial biomass C, N and P, fertilization; yield.