

长期轮作施肥对土壤微生物碳氮的影响

樊 军^{1,2}, 郝明德¹

(1. 中国科学院水土保持研究所; 2. 西北农林科技大学, 陕西 杨陵 712100)
水 利 部

摘 要: 就设在黄土高原旱作农耕地上的长期定位试验不同处理土壤微生物量碳氮进行研究, 主要就长期不同施肥、种植不同作物及轮作等农业措施对土壤微生物量碳氮的影响进行研究。结果显示: 施肥与种植作物提高了土壤微生物量碳氮含量, 长期施用土粪肥显著提高微生物量碳氮含量, 施化肥与有机肥并种植苜蓿处理微生物量碳氮是长期休闲地的 3.7 倍, 轮作比连作更有利于微生物量碳氮的提高, 轮作与有机肥的施用应当是本区提高土壤肥力的主要途径。

关键词: 轮作施肥; 微生物量; 旱地

中图分类号: S154.3; S158.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-3409(2003)01-0085-03

Effects of Long-term Rotations and Fertilizations on Soil Microbial Biomass Carbon and Nitrogen

FAN Jun^{1,2}, HAO Ming-de¹

(1 Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling 712100, Shaanxi, China; 2 Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, Shaanxi, China)

Abstract: The fertilization, crop types and planting ways that affected amount of soil microbial biomass carbon and microbial biomass nitrogen were studied according to the data of a long-term experiment. Long-term fertilization and planting increased the content of soil microbial biomass carbon (Bc) and microbial biomass nitrogen (Bn). Especially, manure can enhance Bc and Bn significantly. The Bc of treatment applied chemical and manure fertilizers along with alfalfa planted was 3.7 times than that of fallow treatment, therefore rotation and applied manure are main ways that improve soil fertility in this area.

Key words: rotation and fertilization; microbial biomass; dryland

土壤微生物量是植物营养物质的源与库, 并积极参与养分循环, 添加有机物质对微生物种群影响比矿质肥料更有利^[1,2]。包含在 N 循环中的许多生化反应被酶催化, 微生物量代表了有机质的活性部分, 有机质转化与微生物活性的关系密切, 微生物量常被用于评价土壤的生物学性状, 因为它能代表参与调控土壤中能量和养分循环以及有机物转化的对应微生物数量^[3~5]。土壤微生物量与土壤有机 C (T_c) 含量密切相关, 而且土壤微生物量碳 (B_c) 或微生物量氮 (B_N) 转化迅速, 能在检测到土壤总 C 或总 N 的变化之前表现出较大的差异, 是更具敏感性的土壤质量指标。Singh 等在《Nature》上发表文章认为对干旱、贫瘠土壤的微生物量在干旱时期保持养分, 在雨季迅速释放供作物利用, 调节土壤养分循环显得更加重要^[6], 微生物量在调控土壤养分循环方面的作用已受到国内外研究者的关注。土壤微生物与土壤肥力的关系及其在物质循环中的作用虽已进行过大量研究, 但现

在仍然是土壤微生物学的基础内容, 而深度大大加强了。近年的研究表明: 土壤微生物能够帮助植物适应养分胁迫环境, 改善养分的吸收利用^[7], 本文利用长期定位试验, 就长期不同施肥与轮作对土壤微生物量碳氮的影响进行研究, 为旱地提高土地生产力提供理论依据。

1 试验材料与研究方法

1.1 试验概况及试验设计

(见本期樊军“旱地长期轮作施肥对土壤肥力影响的定位研究”。

1.2 分析方法

于 1999 年 9 月采集各处理土壤样品, 风干土样加水到田间含水量的 80%, 于室温下培养 1 周, 然后进行熏蒸提取, 土壤微生物碳含量以熏蒸和未熏蒸土壤提取液全碳含量的差值乘以系数计算得到, 土壤微生物量碳系数为 2.64^[8], 微生物氮含量根据微生物量碳计算而得。

* 收稿日期: 2002-11-25

基金项目: 中国科学院知识创新工程方向项目(KZCX2-413); 国家科技攻关项目(2001BA508B18)

作者简介: 樊军(1974-), 男, 在职博士, 主要从事土壤水分、养分利用及其在土壤中的迁移研究。

2 结果分析

2.1 不同处理微生物量差异

不同植物(玉米、小麦、苜蓿)连作不同施肥各处理微生物量均比休闲地高,微生物量碳与氮最高为休闲地的 3.7 倍,不同系统中的两个 CK 处理尽管连年不施肥,但因为作物残留物的影响微生物量仍然高于休闲地。相同施肥条件下,苜蓿对土壤微生物量的累积明显超过小麦与玉米,这是

因为苜蓿生长期长,根系发达提供更多的微生物 C 源,使微生物大量繁殖。对小麦连作系统来说,单施氮或磷化肥、氮磷配合施用的处理微生物量碳、氮与 CK 相差不大,说明连作条件下长期施用化肥对土壤微生物量的影响不大,因为作物对养分的消耗、小麦根系较少及秸秆被取走等影响了土壤微生物的增长。而长期施有机肥土壤保持了较高的微生物量

表 1 轮作施肥处理土壤微生物碳氮

处理			T_c	T_N	T_c/T_N	B_c	B_N	B_c/T_c	B_N/T_N
种植制度	当年作物	施肥							
苜蓿连作系统	苜蓿	CK	8.92	1.08	8.26	230.93	34.47	2.59	3.19
	苜蓿	P	8.78	1.05	8.36	188.94	28.20	2.15	2.69
	苜蓿	NPM	10.90	1.26	8.65	335.90	50.13	3.08	3.98
小麦连作系统	冬小麦	CK	6.61	0.79	8.36	147.30	21.99	2.23	2.78
	冬小麦	P	6.75	0.86	7.85	164.43	24.54	2.44	2.85
	冬小麦	N	6.75	0.84	8.03	154.15	23.01	2.29	2.74
	冬小麦	M	9.30	1.12	8.31	286.03	42.69	3.07	3.81
	冬小麦	NP	7.54	0.90	8.38	154.15	23.01	2.04	2.56
	冬小麦	PM	9.29	1.02	9.11	166.14	24.80	1.79	2.43
	冬小麦	NM	9.03	1.04	8.68	236.36	35.28	2.62	3.39
	冬小麦	NPM	10.64	1.22	8.72	232.94	34.77	2.19	2.85
玉米连作系统	玉米	NPM	9.50	1.10	8.64	178.13	26.59	1.87	2.42
粮草轮作系统	冬小麦		7.08	0.88	8.05	226.61	33.82	3.20	3.84
	马铃薯	NP	7.19	0.87	8.26	202.93	30.29	2.82	3.48
	苜蓿		7.90	0.98	8.06	304.40	45.43	3.85	4.64
粮草轮作系统(3年)	麦+红花草		8.41	1.01	8.33	212.38	31.70	2.53	3.14
	冬小麦	NP	7.71	0.96	8.03	179.84	26.84	2.33	2.80
	红花草		7.55	0.92	8.20	157.57	23.52	2.09	2.56
	冬小麦		6.99	0.84	8.32	202.93	30.29	2.90	3.61
粮豆轮作系统	豌豆	NP	6.97	0.82	8.50	181.94	27.16	2.61	3.31
粮豆轮作施肥系统	麦+糜子	NP	7.72	0.99	7.79	248.42	37.08	3.22	3.75
	麦+糜子	NPM	10.43	1.17	8.91	292.89	43.71	2.81	3.74
	麦+糜子	P	6.82	0.81	8.41	150.72	22.50	2.21	2.78
	麦+糜子	CK	6.40	0.80	8.01	152.44	22.75	2.38	2.84
粮饲轮作施肥系统	麦+糜子	NP	7.40	0.88	8.41	208.96	31.19	2.82	3.54
	麦+糜子	NPM	10.16	1.15	8.84	231.22	34.51	2.28	3.00
休闲地			6.57	0.75	8.76	90.78	13.55	1.38	1.81

注:表中 B_c 、 B_N 、 T_c 、 T_N 分别指微生物量碳、微生物量氮、有机C、全N。

(表 1)。粮草、粮豆轮作中氮磷化肥配施及粮豆、粮饲轮作施肥,微生物量较休闲地均有不同程度增加,种植不同作物施肥提高了土壤微生物量。粮豆轮作与粮草三年轮作中当年种两茬植物的处理微生物量碳、氮低于同系统中只种一茬植物的处理,说明微生物量对两茬作物与一茬作物消耗养分差别反映明显,这种差别由有机 C 的高低反映不出来,可见微生物量是反映土壤养分变化的敏感因子。因为 B_c 改变比 T_c 快,因此 B_c/T_c 反映有机质的增减、土壤 C 的损失及有机质的稳定性^[9]。比较轮作与连作微生物量状况发现 B_c 平均值接近,小麦连作 CK、NP、NPM 处理与粮豆、粮饲轮作施肥处理相比表明,轮作有利于保持或提高土壤微生物碳与氮,这与 Angers 等的报道一致^[10]。

B_c/T_c 一般在 1%~4%, B_N/T_N 在 2%~6%^[11],前者是土壤系统有机质转化的敏感指标, B_c 的波动表明它对土壤有机质改变比有机 C 更敏感, B_c/T_c 监测土壤质量,当可利用 C 源被加入土壤则比例上升,当残留有机质变的更加稳定时,这一比例会下降^[12]。因为土壤类型、管理措施、采样时间、分析方法等的不同,文献报道的 B_c/T_c 在 0.27%~

7%^[13,14],我们的测定结果旱地土壤微生物量碳、氮分别占全碳、氮的 1.385%~3.22%、1.72%~4.40%。微生物量尽管所占比例很小,但对于旱地养分的生物有效性和利用率起很大作用。

2.2 微生物量碳氮与其它土壤性质的相关关系

土壤微生物量碳(氮)与土壤有机 C、全 N 以及酶活性,主要微生物类群的数量存在显著的线形相关关系(表 2),说明能提高这些土壤化学、生物性质的农业措施也有利于土壤微生物碳与氮的积累。

3 讨论

施化肥与有机肥提高了土壤有机 C 含量,因为本试验有机肥以粪肥为主,引起土壤微生物变化的主要原因是有机肥为微生物提供了 C 源,而且带入大量微生物,造成的微生物数量增加,表现在微生物量上是含量的增加。试验土壤微生物量碳、氮随土壤有机 C 含量的增加而增加,它们所反映的土壤微生物学性质变化是一致的。

表 2 土壤微生物量碳氮与其它土壤因素的相关系数(r)

有机C	全N	蔗糖酶	碱性磷酸酶	脲酶	蛋白酶	细菌	真菌	放线菌
0.7113**	0.7745**	0.5102**	0.7366**	0.8563**	0.8010**	-0.3506	0.4232*	0.5426**

** 0.01 水平显著, * 0.05 水平显著。

施肥、耕作等农业措施可以加快土壤中微生物世代周转,施用有机肥可以促进土壤微生物繁殖,其间便可发生生物氮的矿化释放和再固持,微生物体 C/N 较小,细菌在 3~4,放线菌在 4~5,真菌在 11~13^[14],其尸体被分解时释放出的矿化 N 可以被植物利用。

种植两季作物对土壤养分消耗多于一季作物在微生物量上有明显反映,微生物量对农业措施的响应显然高于有机质。轮作与施肥显著地提高了旱地农田的微生物氮。采样时间正是多雨季节,在适宜的环境条件下土壤微生物大量繁殖

累积养分,这些养分将在下一生长季节调节作物与土壤养分供应之间的关系,这对于干旱贫瘠的旱作农田有重大意义,这些 N 素将在作物生长旺盛期释放出来供作物利用。

众所周知,土壤干湿交替可以促进土壤 N 的矿化,这些增加的矿化 N 部分可能来自有机质的化学变化或由于微生物死亡所释放出来的 N,Marumoto 等发现大多数土壤中,干湿交替中增加的矿化 N 平均 77% 来自于微生物^[15],本试验研究的土壤在作物生长期干湿、温度变化剧烈加速微生物的更替,累积相对高的 B_N 为作物提供 N 素。

参考文献:

- [1] Angers, D A, Bissonnette, N, Legere, A, et al Microbial and biochemical changes induced by rotation and tillage in a soil under barley production[J]. Can. J. Soil Sci., 1993, 73: 39- 50
- [2] Parkin, T B. Spatial variability of microbial processes in soil- A view [J]. J. Environ. Qual., 1993, 22: 409- 417.
- [3] Carter, M R. Microbial biomass as an index for tillage-induced changes in soil biological properties[J]. Soil Tillage Res., 1986, 7: 29- 40
- [4] Kandeler, E, Tschirko, D, Spiegel, H. Long-term monitoring of a microbial biomass, N mineralisation and enzyme activities of a Chernozem under different tillage management[J]. Biol. Fertil. Soils, 1999, 28: 343- 351.
- [5] Schnurer, J, Clarholm, M, Rosswall, T. Microbial biomass and activity in an agricultural soil with different organic matter contents[J]. Soil Biochem., 1985, 17: 611- 618
- [6] Singh, JS, Raghubanshi, AS, Srivastava, SC. Microbial biomass act as a source of plant nutrients in dry tropical forest and savanna[J]. Nature, 1989, 338: 499- 500
- [7] 陈文新, 胡正嘉. 土壤和环境微生物学[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1990
- [8] Vance, E D, Brookes, P C, Jenkinson, D C. An extraction method for measuring soil microbial biomass C [J]. Soil Biol. Biochem., 1987, 19: 703- 707.
- [9] Sparling, G P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter[J]. Aust. J. Soil Res., 1992, 30: 195- 207.
- [10] Angers, D A, Bissonnette, N, Legere, A, et al Microbial and biochemical changes induced by rotation and tillage in a soil under barley production[J]. Can. J. Soil Sci., 1993, 73: 39- 50
- [11] 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
- [12] Anderson, TH, Domisch, KH. Ratio of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils[J]. Soil Biol. Biochem., 1989, 21: 471- 479
- [13] Omay, A B, Rice, CW, Maddux, L D, et al Changes in soil microbial and chemical properties under long-term crop rotation and fertilization[J]. Soil Sci. Soc. Am. J., 1997, 61: 1672- 1678
- [14] Jenkinson, D. S. The effect of biocidal treatments on metabolism in soil: The decomposition of fumigated organisms in soil [J]. Soil Biol. Biochem., 1976, 8: 203- 208
- [15] Marumoto, T, Anderson J P, Domisch, K H. Mineralization of nutrients from soil microbial biomass [J]. Soil Biol. Biochem., 1982, 14: 469- 475