

# 栽培和施肥模式对黄土区旱地土壤微生物量及 可溶性有机碳、氮的影响\*

梁斌<sup>1</sup>,周建斌<sup>1,2</sup>,杨学云<sup>1</sup>,艾娜<sup>1</sup>

(1. 西北农林科技大学 资源环境学院,陕西 杨凌 712100;2. 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室,陕西 杨凌 712100)

**摘要:**以黄土高原南部地区的两个定位试验为基础,研究了旱地不同栽培和施肥模式对土壤微生物量碳、氮和可溶性有机碳、氮的影响。结果表明,秸秆覆盖显著提高土壤微生物量氮(SMBN)含量,地膜覆盖使 SMBN 含量显著降低;秸秆和地膜覆盖显著降低小麦拔节期和灌浆期土壤可溶性有机氮(SON)含量。适量施用化学氮肥(120 kg/hm<sup>2</sup>)有利于小麦生长后期 SMBN 含量的升高,而过量施用(240 kg/hm<sup>2</sup>)显著降低 SMBN 含量。与不施肥处理相比,土地经长期撂荒后 0-10 cm 土层 SMBC,SMBN,SOC 和 SON 含量显著提高;氮磷钾配施有机肥显著提高小麦各生育期 0-10,10-20 cm 土层 SMBC,SMBN,SOC 和 SON 的含量;单施氮磷钾肥对土壤 SMBC,SMBN 含量无明显影响,提高土壤 SOC,SON 的平均含量。土壤 SMBC,SMBN,SOC 和 SON 含量两两之间呈极显著正相关关系,四者含量与土壤有机碳、全氮含量间的正相关关系也达显著或极显著水平。

**关键词:**旱地;栽培模式;施肥模式;撂荒;微生物量碳、氮;可溶性有机碳、氮

中图分类号:S154,S157 文献标识码:A 文章编号:1009-2242(2009)02-0132-06

## Effects of Different Cultivation and Fertilization Models on Soil Microbial Biomass and Soluble Organic Carbon and Nitrogen in Dryland Farming

LIANG Bin<sup>1</sup>, ZHOU Jian-bin<sup>1,2</sup>, YANG Xue-yun<sup>1</sup>, Ai Na<sup>1</sup>

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

2. State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on Loess Plateau, Yangling, Shaanxi 712100)

**Abstract:** Two field experiments located at the south edges of the Loess Plateau were used to study the effects of different cultivation and fertilization models on contents of SMBC, SMBN, SOC and SON in soils. The results showed that straw mulching increased the content of soil microbial biomass nitrogen significantly; plastic mulching decreased the content of SMBN. Both straw mulching and plastic mulching reduced the content of SON during wheat growth stage. Appropriate application rate of N fertilizer (120 kg/hm<sup>2</sup>) was favorable to increasing the content of SMBN in the late state of wheat growth, however, high application rate of N fertilizer (240 kg/hm<sup>2</sup>) decreased the content of SMBN significantly. Compared with the treatment without addition of fertilizers, the fallow treatment increased the contents of SMBC, SMBN, SOC and SON in the 0-10 cm soil layer, but not in the 10-20 cm soil layer. The application of organic manure with N, P, K fertilizers significantly increased the contents of SMBC, SMBN, SOC and SON in the 0-10, 10-20 cm soil layers. Single chemical fertilizer applications had minimal impact on the contents of SMBC and SMBN, but increased the average contents of SOC and SON. The contents of SMBC, SMBN, SOC and SON in soils were positively correlated with each other and the total organic carbon and nitrogen contents in soils.

**Key words:** dry land farming; cultivation models; fertilization models; fallow; soil microbial biomass carbon/nitrogen; soluble organic carbon/nitrogen

土壤碳、氮循环是农田生态系统中最基本的过程,对农田生态系统的稳定性、生产力及环境具有关键的作用。在此循环过程中,微生物的作用极其重要,微生物量碳、氮起到了库和源的作用<sup>[1]</sup>。

可溶性有机物(Soluble organic matter, SOM)是土壤和自然水体中的常见组分,由于其水溶性特点,SOM被认为是陆地生态系统和水生生态系统中非常活跃和重要的化学组分之一,是养分和环境污染物的生态系统

\* 收稿日期:2008-08-24

基金项目:国家自然科学基金项目(40571087,40773057,30370288);黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室基金(10501-160)

作者简介:梁斌(1983-),男,山东昌乐人,硕士生,主要从事土壤微生物量方面的研究。E-mail: liangbin@nwsuaf.edu.cn

通讯作者:周建斌(1964-),男,陕西大荔人,教授,博士生导师,主要从事植物营养与旱地水肥调控研究。E-mail: jbzhou@nwsuaf.edu.cn

移动循环的方式之一<sup>[2]</sup>。近年来,随着植物营养机理研究的深入以及对生态环境问题的关注,可溶性有机碳(Soluble organic carbon, SOC)和可溶性有机氮(Soluble organic nitrogen, SON)在不同生态系统碳、氮养分循环中的作用引起不少研究者的重视<sup>[2-3]</sup>。

关于黄土高原地区不同施肥和栽培模式对土壤微生物量碳、氮含量影响的研究目前尚少见报道,对于可溶性有机碳、氮的研究,大部分只局限在森林生态系统,本研究为揭示土壤 SMBC, SMBN, SOC, SON 在农田生态系统中养分转化中的作用提供了理论数据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究地区概况

定位试验地位于陕西杨凌头道塬,属温带大陆性季风气候,海拔 524 m,年均气温 13℃,年均降水量约 632 mm,主要集中在 7-9 月,年蒸发量 1 400 mm,冬春易旱。土壤类型均为褐土类、壤土亚类、红油土属。试验田种植制度为一年一熟制,种植作物为冬小麦。旱地不同施肥试验开始于 1990 年,试验开始时耕层土壤基本理化性状为:有机质 10.92 g/kg,全氮 0.83 g/kg,碱解氮 61.32 mg/kg,速效磷 9.57 mg/kg,速效钾 191.2 mg/kg, pH 8.62。旱地不同栽培模式综合试验开始于 2002 年秋季,试验开始时耕层土壤基本性状为:有机质 9.63 g/kg,全氮 1.07 g/kg,速效磷 12.21 mg/kg,速效钾 182.4 mg/kg, pH 8.25。

### 1.2 田间试验设计

旱地不同栽培模式综合试验设栽培模式、施氮量 2 个因素,其中栽培模式包括常规对照(裸地无灌溉)、地膜覆盖(在小麦出苗后全区覆盖)、秸秆覆盖(在小麦出苗后全区覆盖小麦秸秆 4500 kg/hm<sup>2</sup>) 3 种,施氮量设 0, 120 和 240 kg/hm<sup>2</sup> 3 个水平(分别用 N0, N120 和 N240 表示)。试验设计采用裂区设计,栽培模式为主区,施氮量为副区。以磷肥为肥底, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 用量 100 kg/hm<sup>2</sup>, 播种前施入。供试冬小麦品种为小偃 22 号。小区面积为 28 m<sup>2</sup>, 每处理重复 3 次。

旱地不同施肥试验设 4 个处理:(1)对照(不施肥, CK);(2)撂荒(不施肥、不耕种, FA);(3)单施氮磷钾肥(NPK);(4)施氮磷钾配施有机肥(MNPK, 氮、磷和钾肥的用量与(3)相同, 有机肥施用牛廐肥, 施用量按含氮量折合成纯氮, 与化肥氮比例为 7:3)。其中氮肥为尿素, 磷肥为过磷酸钙, 钾肥为氯化钾, 施用量分别为 N 165 kg/hm<sup>2</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 132 kg/hm<sup>2</sup>, K<sub>2</sub>O 82.5 kg/hm<sup>2</sup>。化肥和廐肥均于小麦播种前一次性施入。小区面积为 14 m × 14 m, 采样时将每个小区按面积划分为 3 个等份, 作为 3 次重复。

### 1.3 样品采集

于小麦苗期(2006 年 12 月上旬)、拔节期(2007 年 4 月上旬)、灌浆期(5 月中旬)、收获后(6 月上旬)在上述试验田相应处理内沿对角线方向采集耕层土壤, 每处理采 3 钻组成混合样, 按 0-10 cm 和 10-20 cm 两层分开。当天运回实验室, 捡去作物残根和小石头, 过 2 mm 筛, 然后将土样分为两部分, 一部分风干用于测定土壤理化性质, 另一部分保存在 4℃ 冰箱中, 用于可溶性有机碳、氮和土壤微生物量碳、氮的测定(3 d 内完成)。

### 1.4 测定项目与方法

土壤微生物量碳、氮:氯仿熏蒸浸提法<sup>[6-7]</sup>, 土壤微生物量碳、氮含量以熏蒸和未熏蒸的有机碳、全氮含量之差分别除以  $k_{EC}$  和  $k_{EN}$  得到, 其中  $k_{EC} = 0.45$ <sup>[9]</sup>,  $k_{EN} = 0.54$ <sup>[10]</sup>。

土壤可溶性有机碳、氮用 0.5 mol/L K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 浸提(水土比 4:1)土样, 浸提液经 0.45 μm 滤膜过滤后, 滤液中的可溶性有机碳用 TOC-5050 分析仪测定, 可溶性总氮(TSN)用过硫酸钾氧化比色法测定<sup>[8]</sup>, 矿质态氮用流动分析仪测定, 滤液中的可溶性有机氮(SON)为可溶性总氮与矿质态氮之差。

## 2 结果与分析

### 2.1 旱地不同栽培模式对土壤微生物量氮和可溶性有机氮的影响

2.1.1 栽培模式对土壤微生物量氮的影响 由表 1 可见, 与常规栽培相比, 在小麦苗期、拔节期、灌浆期和收获后秸秆覆盖处理 0-10 cm 土层 SMBN 含量分别增加 16.35%, 25.68%, 4.38% 和 16.83%, 增幅均达显著水平, 10-20 cm 土层两处理 SMBN 含量相差不大。地膜覆盖使小麦整个生育期内 0-10, 10-20 cm 土层 SMBN 平均含量分别降低了 5.16% 和 5.37%。

2.1.2 栽培模式对土壤可溶性有机氮的影响 与常规栽培相比, 秸秆覆盖和地膜覆盖栽培模式使小麦拔节期和灌浆期 0-10, 10-20 cm 土层 SON 含量显著降低(表 2)。秸秆覆盖处理显著降低 0-10, 10-20 cm 土层所有采样时期 SON 平均含量, 地膜覆盖对 SON 平均含量没有显著影响。

表 1 不同栽培模式处理土壤微生物量氮含量

土层/ cm	栽培模式	采样时期				平均
		苗期	拔节期	灌浆期	收获后	
0 - 10	常规栽培	31.69 ±7.45b	34.04 ±5.58b	42.21 ±5.37b	46.05 ±4.58b	38.73b
	秸秆覆盖	36.87 ±4.78a	42.78 ±9.02a	44.06 ±5.45a	53.80 ±7.62a	44.62a
	地膜覆盖	29.55 ±24.30b	33.58 ±7.44b	40.27 ±3.39b	42.78 ±7.60b	36.73c
	平均	32.71D	36.73C	42.18B	47.54A	
10 - 20	常规栽培	30.28 ±3.20a	35.76 ±3.34a	26.67 ±3.46a	40.62 ±4.57a	33.34a
	秸秆覆盖	30.97 ±4.82a	32.33 ±5.42b	28.76 ±3.19a	42.09 ±6.82a	33.84a
	地膜覆盖	30.30 ±3.32a	33.55 ±3.03ab	26.22 ±3.67a	36.23 ±6.18b	31.55b
	平均	30.49C	33.89B	27.16D	39.65A	

注:表中数值为平均值 ±标准差 (n=3);小写字母表示同一土层不同栽培模式、施氮量或施肥模式间的比较,大写字母表示不同采样时期间的比较,不同字母表示差异显著 (P<0.05) (LSD 检验,下同)。

2.2 施氮量对土壤微生物量氮和可溶性有机氮的影响

2.2.1 施氮量对土壤微生物量氮的影响

小麦苗期随施氮量的增加,0 - 10、10 - 20 cm 土层 SMBN 显著降低(表 3),与不施氮肥(N0)相比,N120 和 N240 处理 0 - 10 cm 土层 SMBN 含量分别降低了 18.97%和 20.37%,10 - 20 cm 土层分别降低了 5.82%和 21.92%。随着小麦的生长,N120 处理 SMBN 含量增长较快,到小麦拔节期 SMBN 含量与 N0 处理基本一致,而 N240 处理在小麦的各

表 2 不同栽培模式处理土壤可溶性有机氮含量

土层/ cm	栽培模式	采样时期			平均
		拔节期	灌浆期	收获后	
0 - 10	常规栽培	6.53 ±1.64a	7.54 ±1.78a	4.38 ±0.75b	6.17a
	秸秆覆盖	4.93 ±0.81b	6.74 ±0.72b	4.75 ±0.44b	5.62b
	地膜覆盖	5.31 ±0.41b	7.07 ±1.39b	5.32 ±2.67a	5.98a
	平均	5.64B	7.09A	4.79C	
10 - 20	常规栽培	5.31 ±0.57a	7.25 ±1.66a	3.75 ±1.32a	5.27a
	秸秆覆盖	4.69 ±0.51b	6.40 ±1.01b	2.68 ±0.77b	4.83b
	地膜覆盖	4.49 ±0.87b	6.76 ±1.32b	3.94 ±1.46a	5.23a
	平均	4.81B	6.75A	3.49C	

采样时期 SMBN 含量都显著的低于 N0 处理。小麦整个生育期内,N120 处理与 N0 处理 SMBN 平均含量无显著差异,N240 处理 SMBN 平均含量显著低于 N0 和 N120 处理。

2.2.2 施氮量对土壤可溶性有机氮的影响

由表 4 可见,在小麦拔节期和灌浆期 N120 处理 0 - 10、10 - 20 cm 土层 SON 含量均显著高于 N0 处理,到小麦收获期,N120 处理 SON 含量下降,导致 0 - 10、10 - 20 cm 土层 SON 含量显著

表 3 不同施氮量处理土壤微生物量氮含量

土层/ cm	施氮量/ (kg · hm <sup>-2</sup> )	采样时期				平均
		苗期	拔节期	灌浆期	收获后	
0 - 10	0	38.74 ±5.57a	40.63 ±7.37a	43.43 ±4.43a	50.15 ±7.46a	43.50a
	120	31.39 ±4.76b	39.78 ±6.64a	44.60 ±4.13a	50.83 ±6.74a	41.70a
	240	28.91 ±4.65c	28.24 ±4.61b	36.69 ±1.12b	41.65 ±7.00b	34.13b
	平均	32.71D	36.73C	42.18B	47.54A	
10 - 20	0	33.35 ±2.53a	33.56 ±3.61ab	28.52 ±4.31a	41.61 ±5.31a	34.30a
	120	31.41 ±1.92b	35.62 ±3.36a	28.14 ±2.62ab	40.28 ±7.11ab	33.86a
	240	26.04 ±1.58c	32.45 ±5.18b	24.51 ±1.67b	37.06 ±5.95b	30.42b
	平均	30.49C	33.89B	27.16D	39.65A	

低于 N0 处理。各采样时期,N240 处理 0 - 10 cm 土层 SON 含量均显著高于 N0 和 N120 处理。在小麦整个生育中,随着施氮量的增加,0 - 10 cm 土层 SON 平均含量提高,与 N0 处理相比,N120 和 N240 处理分别提高了 5.60%和 37.26%,其中 N240 处理的增幅达显著水平,10 - 20 cm 土层 SON 平均含量相差不大。

表 4 不同施氮量处理土壤可溶性有机氮含量

土层/ cm	施氮量/ (kg · hm <sup>-2</sup> )	采样时期			平均
		拔节期	灌浆期	收获后	
0 - 10	0	4.89 ±0.58c	5.96 ±0.68c	4.57 ±0.55b	5.18b
	120	5.74 ±0.94b	6.33 ±2.44b	3.88 ±0.97c	5.47b
	240	6.64 ±1.74a	8.49 ±1.12a	5.96 ±2.14a	7.11a
	平均	5.64B	6.80A	4.79C	
10 - 20	0	4.48 ±0.44b	5.37 ±0.27c	4.70 ±1.05a	4.84a
	120	5.22 ±0.68a	6.79 ±0.88b	3.11 ±0.67b	5.12a
	240	4.75 ±0.89b	8.18 ±0.83a	2.50 ±1.01b	5.12a
	平均	4.81B	6.65A	3.49C	

2.3 不同施肥模式和撂荒对土壤微生物量碳、氮和可溶性有机碳、氮的影响

2.3.1 不同施肥模式和撂荒对土壤微生物量碳的影响 土壤 0 - 20 cm 土层 SMBC 平均含量在 79.55 - 468.09 mg/kg 之间(图 1)。与不施肥对照(CK)相比,撂荒(FA)处理显著提高各采样时期 0 - 10 cm 土层 SMBC 含量,平均增幅达 142.12%,但在 10 - 20 cm 土层,除苗期外,撂荒处理 SMBC 含量均低于不施肥对照;

氮磷钾配施有机肥也显著提高各采样时期 0 - 10 cm 土层 SMBC 含量,增幅平均达 140.47%,10 - 20 cm 土层 SMBC 含量的增加在小麦苗期和拔节期达显著水平;单施氮磷钾肥对小麦各时期 0 - 10,10 - 20 cm 土层 SMBC 含量无明显影响。

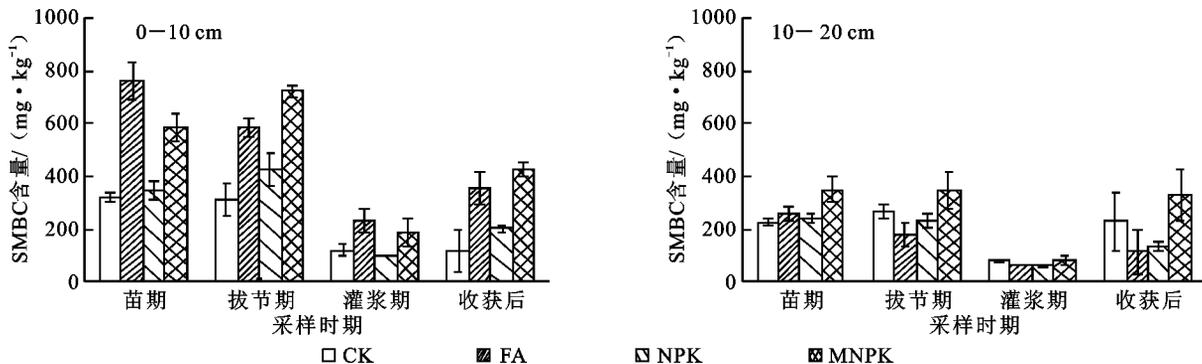


图 1 不同培肥处理中土壤微生物量碳含量

2.3.2 不同施肥模式和撂荒对土壤微生物量氮的影响 由图 2 可见,0 - 10 cm 土层各采样时期 SMBN 平均含量顺序为:MNPK>FA>NPK>CK,10 - 20 cm 为:MNPK>NPK>FA>CK。与 CK 相比,FA 处理显著提高了 0 - 10 cm 土层小麦各生育期 SMBN 含量,平均增幅达 92.17%;在 10 - 20 cm 土层,FA 处理与 CK 处理 SMBN 含量无显著差异。氮磷钾配施有机肥处理也显著提高各采样时期 0 - 10,10 - 20 cm 土层 SMBN,平均增幅分别为 126.9%和 47.46%;单施氮磷钾肥使 SMBN 含量有所增加,但未达显著水平。

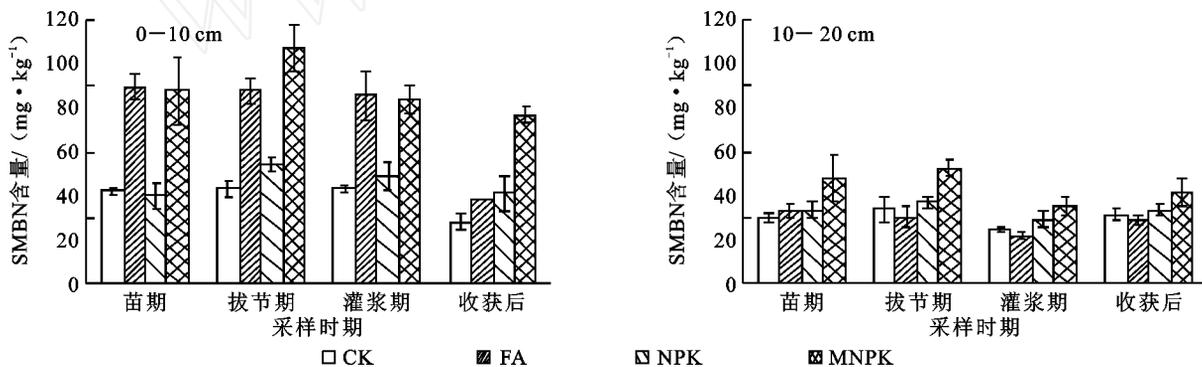


图 2 不同培肥处理中土壤微生物量氮含量

2.3.3 不同施肥模式和撂荒对土壤可溶性有机碳的影响 不同时期 0 - 10,10 - 20 cm 土层 SOC 含量分别为 41.24~134.74,37.09~93.31 mg/kg,平均为 83.97,57.32 mg/kg(图 3)。不同处理相比,0 - 10,10 - 20 cm 土层 SOC 平均含量均为:MNPK>FA>NPK>CK。与 CK 相比,FA 处理和 MNPK 处理使各采样时期 0 - 10,10 - 20 cm 土层 SOC 含量的增加均达显著水平,其中 0 - 10 cm 土层平均增幅分别为 118.70%和 151.73%,10 - 20 cm 土层分别为 30.9%和 107.03%;与对照相比,单施氮磷钾肥使各采样时期 0 - 10,10 - 20 cm 土层 SOC 含量增加。

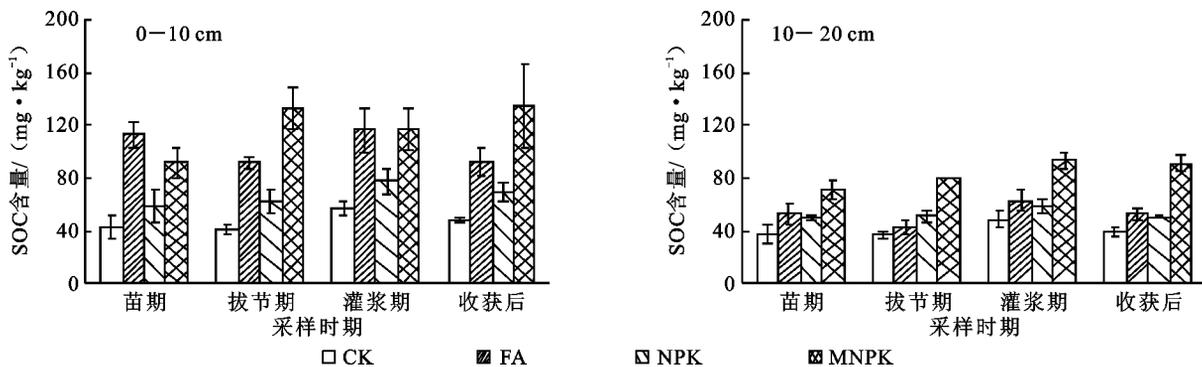


图 3 不同培肥处理中土壤可溶性有机碳含量

2.3.4 不同施肥模式和撂荒对土壤可溶性有机氮的影响 由图 4 可见,与 CK 处理相比,FA 处理显著提高各采样时期 0 - 10 cm 土层 SON 含量,小麦苗期、拔节期、灌浆期、和收获后增幅分别为 118.67%,50.64%,

62.5 %和 58.69 % ,10 - 20 cm 土层 ,FA 与 CK 处理 SON 含量相差不大 ;MNPK 处理显著提高各采样时期 SON 含量 ,与 CK 相比 0 - 10 ,10 - 20 cm 土层平均增幅分别为 187.33 %和 69.63 % ;NPK 处理使 0 - 10 ,10 - 20 cm 土层 SON 含量增加 ,各采样时期平均增幅达显著水平。

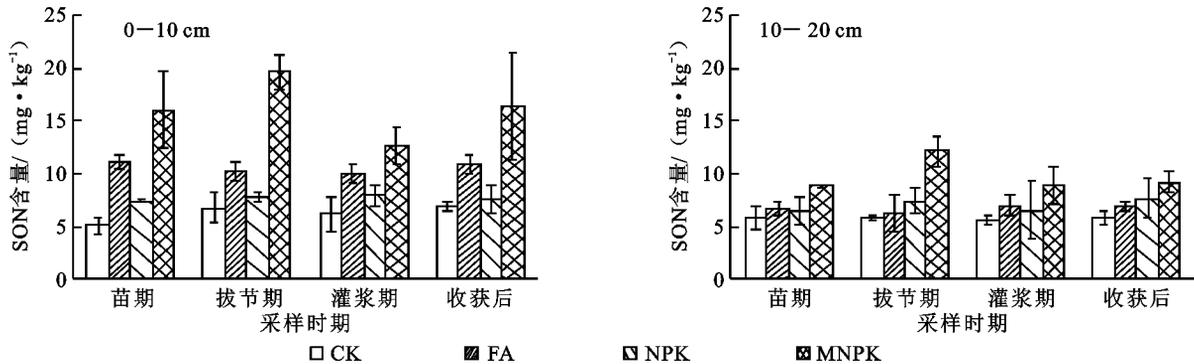


图 4 不同培肥处理土壤中可溶性有机氮含量

### 3 讨论

#### 3.1 不同有机物料对土壤 SMBC, SMBN, SOC 和 SON 的影响

本研究中撂荒、施用有机肥或秸秆覆盖还田是以不同的方式向土壤中加入有机物料。可以看出,撂荒、施用有机肥处理显著提高了土壤表层 SMBC, SMBN, SOC 和 SON 的含量,这与前人的研究结果一致<sup>[11-12]</sup>。土壤可溶性有机物养分主要来源于植物凋落物、土壤腐殖质、微生物、根系及其分泌物<sup>[2]</sup>。撂荒处理长年不耕作,杂草生长旺盛,使土壤表层凋落物及根系分泌物明显增多,从而使土壤 SOC, SON 含量显著提高。大量有机物质的归还促进了土壤微生物的繁衍和活动,提高了表层土壤 SMBC 和 SMBN 的含量。施用有机肥,特别是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,刺激了土壤微生物活性,使微生物活动和繁殖旺盛<sup>[13]</sup>,所以 SMBC, SMBN 的增加幅度最大。化肥配施有机肥使各土层 SOC, SON 显著提高,原因可能是长期施有机肥:(1)提高了农作物生物产量,增加了作物残茬等有机物料向土壤的输入;(2)使微生物的数量和活性提高,进而影响到有机碳、氮的生物降解过程;(3)有机肥本身含有丰富的可溶性有机碳、氮<sup>[14]</sup>。

秸秆覆盖还田显著提高了 0 - 10 cm 土壤 SMBN 含量,对 10 - 20 cm 土层 SMBN 含量的影响较小,但使各土层 SON 含量显著降低。产生这种差异的原因是:秸秆覆盖不仅为微生物生长、繁衍提供大量的碳源,而且还可以减少土壤侵蚀、养分和水分损失,并能对温度变化起到缓冲作用,从而提高 SMBN 含量。同时,秸秆覆盖为微生物提供了大量的碳源和能源物质,促进土壤微生物量的提高<sup>[15-16]</sup>,而 SON 是微生物生长和分解过程中的重要氮源<sup>[17]</sup>,从而增加了微生物对 SON 同化,导致 SON 含量降低。

#### 3.2 施用化肥对 SMBC, SMBN, SOC 和 SON 的影响

目前为止,施用化学氮肥对微生物量影响的结论尚不一致<sup>[18-20]</sup>。本研究表明,适量施用氮肥(120 kg/hm<sup>2</sup>),有利于小麦生长后期 SMBN 的提高,但氮肥施用量(240 kg/hm<sup>2</sup>),使小麦各生育期 SMBN 含量显著降低。这可能与施用化肥对微生物的直接毒害作用有关<sup>[21]</sup>。

本研究表明,单施氮磷钾肥提高土壤耕层 SOC, SON 含量;随着施氮量的增加,SON 含量升高。其他学者也在农田或林地得出相同的结论<sup>[22-23]</sup>,而 Vestgarden 等<sup>[24]</sup>却发现,林地连续 3 年施用化学氮肥使土壤可溶性有机碳、氮含量显著降低。Gundersun 等<sup>[25]</sup>也发现,施用氮肥并不影响可溶性有机碳、氮含量。不同学者结论的不同可能与供试土壤有机碳、全氮含量等因素的差异有关。

施用化肥促进作物生长,使作物根系发达,根系残体和分泌物增多,一方面植物通过根系残体和根系分泌物为土壤提供了大量的可溶性有机碳、氮<sup>[3]</sup>;另一方面,微生物活性提高,促进土壤中难溶态物质的活化与分解<sup>[26]</sup>。这可能是施用氮肥后土壤 SOC, SON 含量增加的原因。王岩等<sup>[27]</sup>研究表明,土壤中残留的化肥氮主要转化为未知氮和氨基酸氮,而氨基酸氮是 SON 的组分之一,这可能是施用化肥后 SON 增加的另一原因。

#### 3.3 土壤微生物量碳、氮及可溶性有机碳、氮之间的关系

相关分析表明,SMBC 与 TC, TN 呈显著正相关关系,SMBN, SOC, SON 与 TC, TN 之间呈极显著正相关关系,说明土壤有机质和全氮含量是决定 SMBC, SMBN 和 SOC, SON 含量的重要因素。土壤 SMBC, SMBN 与 SOC, SON 两两呈极显著正相关,说明 SMBC, SMBN 与 SOC, SON 之间关系密切。一方面, SOC 和 SON 是微生物生长和生物分解过程中的重要能量来源。有研究表明<sup>[2]</sup>,可溶性有机物中有 10 % ~ 40 % 的组分能够

直接被微生物分解利用。另一方面, SOC 和 SON 是微生物代谢产物的重要组成部分<sup>[17]</sup>, 土壤微生物量是可溶性有机物潜在的重要来源<sup>[28]</sup>。有机物料的投入都能够显著提高两者的含量, 施肥、土地利用方式、环境条件(温度、干湿交替、上冻/解冻等)等都能通过影响微生物数量和活性进而影响可溶性有机物的含量<sup>[2]</sup>。虽然 SMBC, SMBN 与 SOC, SON 含量呈极显著正相关, 两者均是土壤有机物中较为活跃的组分, 但其在含量、来源及特性等方面又存在差异。随着施氮量的增加土壤可溶性有机氮含量显著提高, 而土壤微生物量氮含量却随施氮量的增加( $240 \text{ kg/hm}^2$ )而显著降低, 就说明了这一点。因此, 有必要进一步研究土壤微生物量碳、氮与可溶性有机碳、氮之间的关系, 以评价土壤有机质中较为活跃的这些组分在土壤碳、氮循环中的作用。

#### 参考文献:

- [1] Brookes P. The Soil Microbial Biomass: Concept, Measurement and Applications in Soil Ecosystem Research[J]. *Microbes and Environments*, 2001, 16(3): 131-140.
- [2] Kalbitz K, Solinger S, Park J H, et al. Controls on the dynamics of dissolved organic matter in soils: a review[J]. *Soil Science*, 2000, 165(4): 277-304.
- [3] Khalid M, Soleman N, Jones D L. Grassland plants affect dissolved organic carbon and nitrogen dynamics in soil[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2007, 39(1): 378-381.
- [4] 汪文霞, 周建斌, 严德翼, 等. 黄土区不同类型土壤微生物量碳、氮和可溶性有机碳、氮的含量及其关系[J]. *水土保持学报*, 2006, 20(6): 103-106, 132.
- [5] 宋秋华, 李凤民, 刘洪升, 等. 黄土区地膜覆盖对麦田土壤微生物体碳的影响[J]. *应用生态学报*, 2003, 14(9): 1516-1519.
- [6] Vance E D, Brookes P C, Jenkinson D S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 1987, 19(6): 703-707.
- [7] 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 biology and biochemistry*, 1985, 17(6): 837-842.
- [8] 周建斌, 李生秀. 碱性过硫酸钾氧化法测定溶液中全氮含量氧化剂的选择[J]. *植物营养与肥料学报*, 1998, 4(3): 299-304.
- [9] Wu J, Joergensen R G, Pommerening B, et al. Measurement of soil microbial biomass C by fumigation-extraction: an automated procedure[J]. *Soil Biol. Biochem.*, 1990, 22(8): 1167-1169.
- [10] 何振立. 土壤微生物量的测定方法: 现状和展望[J]. *土壤学进展*, 1994, 22(4): 36-44.
- [11] Hatch D J, Lovell R D, Antil R S, et al. Nitrogen mineralization and microbial activity in permanent pastures amended with nitrogen fertilizer or dung[J]. *Biology and Fertility of Soils*, 2000, 30(4): 288-293.
- [12] Deboz K, Rasmussen P H, Pedersen A R. Temporal variations in microbial biomass C and cellulolytic enzyme activity in arable soils: effects of organic matter input[J]. *Applied Soil Ecology*, 1999, 13(3): 209-218.
- [13] Jackson L E, Calderon F J, Steenwerth K L, et al. Responses of soil microbial processes and community structure to tillage events and implications for soil quality[J]. *Geoderma*, 2003, 114(3/4): 305-317.
- [14] 赵满兴, 周建斌, 陈竹君, 等. 有机肥中可溶性有机碳、氮含量及其特性[J]. *生态学报*, 2007, 27(1): 397-403.
- [15] 李贵桐, 赵紫娟, 等. 秸秆还田对土壤氮素转化的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2002, 8(2): 162-167.
- [16] Spedding T A, Hamel C, Mehuys G R, et al. Soil microbial dynamics in maize-growing soil under different tillage and residue management systems[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2004, 36(3): 499-512.
- [17] Magill A H, Aber J D. Variation in soil net mineralization rates with dissolved organic carbon additions[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2000, 32(5): 597-601.
- [18] 张成娥, 梁银丽. 不同氮磷施肥量对玉米生育期土壤微生物量的影响[J]. *中国生态农业学报*, 2001, 9(2): 72-74.
- [19] Tu C, Louws F J, Creamer N G, et al. Responses of soil microbial biomass and N availability to transition strategies from conventional to organic farming systems[J]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2006, 113(1-4): 206-215.
- [20] Lovell R D, Jarvis S C, Bardgett R D. Soil microbial biomass and activity in long-term grassland: Effects of management changes[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 1995, 27(7): 969-975.
- [21] Hopkins D W, Shiel R S. Size and activity of soil microbial communities in long-term experimental grassland plots treated with manure and inorganic fertilizers[J]. *Biology and Fertility of Soils*, 1996, 22(1): 66-70.
- [22] Currie W S, Aber J D, McDowell W H, et al. Vertical transport of dissolved organic C and N under long-term N amendments in pine and hardwood forests[J]. *Biogeochemistry*, 1996, 35(3): 471-505.

玉米苞重与土壤细菌、放线菌、芽孢细菌、微生物总数量,微生物量碳、微生物量氮,脲酶和酸性磷酸酶活性呈正相关,与真菌数量呈负相关,与玉米生长中期的土壤诱导呼吸强度负相关,与玉米生长后期的土壤诱导呼吸强度、碱性磷酸酶活性正相关。

致谢:吴锡海、梁灿钦、陈伟杰和李建初同志参加了部分实验工作,深表谢意。

#### 参考文献:

- [1] Karlend D L, Gardner J C, Rosek H J. A Soil quality framework for evaluating the impact of C R P[J]. J. Produc. Agric. 1998, 11(1): 56-60.
- [2] Stenberg B. Monitoring soil quality of arable land: microbiological indicators[J]. Acta Agric Scand Section B, Soil and Plant Sci. ,1999, 49(1): 1-24.
- [3] Doran J W, Zeiss M R. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality[J]. Applied Soil Ecology, 2000, 15: 3-11.
- [4] 姬兴杰,熊淑萍,李春明,等. 不同肥料类型对土壤酶活性与微生物数量时空变化的影响[J]. 水土保持学报, 2008, 22(1): 123-128.
- [5] 韦翔华,李华兴,张志红,等. 生物复混肥后茬土壤的生物效应[J]. 生态环境, 2008, 17(3): 1235-1239.
- [6] 魏辉,吴祖咏. 生物有机无机复合肥的研制与效果研究[J]. 微生物学杂志, 1997, 17(3): 18-24.
- [7] 中国土壤学会. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000: 228-247.
- [8] Cabrera M L, Beare M H. Alkaline Persulfate oxidation for determinating total nitrogen in microbial biomass extracts[J]. Soil. Sci. Soc. Am. J. ,1993, 57: 1007-1012.
- [9] 关松荫. 土壤酶及其研究方法[M]. 北京: 农业出版社, 1986: 294-312.
- [10] 张志红. 多功能生物复混肥的研制及其对香蕉枯萎病的防治作用[D]. 广州: 华南农业大学, 2007: 10-32.
- [11] 李永涛, Thierry Becquer, Céile Quantin, 等. 酸性矿山废水污染的水稻田土壤中重金属的微生物学效应[J]. 生态学报, 2004, 24(11): 2430-2436.
- [12] 黎宁. 施肥对菜园土壤微生物生态特征的影响[D]. 广州: 华南农业大学, 2006: 38-106.
- [13] 孙波, 张桃林, 赵其国. 我国中亚热带缓丘区红粘土土壤肥力的演化: 化学和生物学肥力的演化[J]. 土壤学报, 1999, 36(2): 204-217.
- [14] Powlson D S, Brooks P C, Christensen B T. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation[J]. Soil Biol. Biochem. ,1987, 19: 159-164.
- [15] Hiroki M. Effects of heavy metal contamination on soil microbial population[J]. Soil Sci. Plant Nutr. ,1992, 38: 141-147.
- [16] Roy S, Singh J S. Consequences of habitat heterogeneity for availability of nutrients in a dry tropical forest[J]. J. of Ecology, 1994, 82: 503-509.
- [17] Stamatiadis S, Doran J W, Kettler T. Field and laboratory evaluation of soil quality changes resulting from injection of liquid sewage sludge[J]. Applied Soil Ecology, 1999, 12: 263-272.
- [18] 朱海平, 姚槐应, 张勇勇, 等. 不同培肥管理措施对土壤微生物生态特征的影响. 土壤通报, 2003, 34(2): 140-142.
- [19] 黎宁, 李华兴, 朱凤娇, 等. 菜园土壤微生物生态特征与土壤理化性质的关系[J]. 应用生态学报, 2006, 17(2): 285-290.

责任编辑:李鸣雷 刘 英

#### 上接第 137 页

- [23] McDowell W H, Currie W S, Aber J D, et al. Effects of chronic nitrogen amendments on production of dissolved organic carbon and nitrogen in forest soils[J]. Water, Air, & Soil Pollution, 1998, 105(1): 175-182.
- [24] Vestgarden L S, Abrahamsen G, Stuanes A O. Soil solution response to nitrogen and magnesium application in a scots pine forest this work was funded by the research council of norway[J]. Soil Science Society of America Journal, 2001, 65(6): 1812-1823.
- [25] Gundersen P, Emmett B A, Kjonaas O J, et al. Impact of nitrogen deposition on nitrogen cycling in forests: a synthesis of NITREX data[J]. Forest Ecology and Management, 1998, 101(1/3): 37-55.
- [26] 朱丽霞, 章家恩, 刘文高. 根系分泌物与根际微生物相互作用研究综述[J]. 生态环境, 2003, 12(1): 102-105.
- [27] 王岩, 蔡大同. 肥料残留氮的有效性及其与形态分布的关系[J]. 土壤学报, 1993, 30(1): 19-25.
- [28] Williams B L, Edwards A C. Processes influencing dissolved organic nitrogen, phosphorus and sulphur in soils[J]. Chemistry and Ecology, 1993, 8(3): 203-215.

责任编辑:李鸣雷 刘 英