

优化施肥对设施土壤微生物生物量碳氮的影响

姬景红¹, 李 杰², 李玉影¹, 刘双全¹, 佟玉欣¹, 郑 雨³

(1. 黑龙江省农业科学院 土壤肥料与环境资源研究所/黑龙江省土壤环境与植物营养重点实验室/黑龙江省肥料工程技术研究中心, 黑龙江 哈尔滨 150086; 2. 黑龙江省农业科学院 大庆分院, 黑龙江 大庆 163316; 3. 海南大学 农学院, 海南 海口 5702281)

摘要:为改善土壤质量, 优化土壤微生物区系, 采用田间小区试验与室内化验分析相结合的方法, 研究了优化施肥结合施用腐殖酸钾及沸石对设施土壤微生物生物量碳氮的影响。结果表明: 番茄生育期间, 土壤微生物生物量碳和微生物生物量氮总体呈现出先增加后降低的变化趋势, 微生物生物量碳出现的高峰期要早于微生物生物量氮。与不施化肥、农民习惯施肥相比, 优化施肥的基础上添加腐殖酸钾、沸石能不同程度地提高土壤微生物生物量碳氮含量。优化施肥+沸石处理的土壤微生物生物量碳氮占土壤有机碳、全氮的比例最高, 分别比不施化肥高 41.2% 和 61.9%, 比农民习惯施肥高 9.1% 和 21.4%; 其次是优化施肥+腐殖酸钾+沸石处理, 分别比不施化肥高 41.2% 和 38.1%, 比农民习惯施肥高 9.1% 和 3.6%。可见, 优化施肥的基础上添加腐殖酸钾或沸石在一定程度上可以改善设施土壤质量。

关键词:优化施肥; 设施土壤; 微生物生物量碳; 微生物生物量氮

中图分类号: S156.99; S41.106⁺.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-2767(2013)09-0031-05

土壤微生物生物量碳(MB-C)是土壤中的活性有机质部分, 是表征土壤肥力特征的重要参数^[1]。土壤微生物生物量氮(MB-N)是存在于土壤活体微生物中的那部分氮, 是土壤氮素的一个重要暂时贮存库, 其矿化速率远远高于土壤氮的平均矿化速率^[2], 微生物体供氮量占作物吸收量的 75% 以上^[3]。施肥对土壤 MB-C 影响显著。陈安磊等的研究表明, 随着氮磷钾肥结合有机物料的优化配施, 土壤 MB-C、MB-N、MB-P 的提高幅度较大^[4]。也有研究表明设施土壤中施入腐植酸能显著提高土壤 MB-C 含量^[5-6]。施用腐植酸复合肥能增加土壤活跃微生物量, 使生姜生育前期 MB-C 增加、后期 MB-C 减少^[6]。沸石作为生态有机肥, 可以改善土壤的理化性质, 从而影响土壤微生物的含量。蔡燕飞等的研究表明, 添加沸石于番茄连作地可显著降低番茄青枯病的发生率并调控土壤微生物群落结构, 施用沸石后土壤微生物生物量显著提高, 沸石的效果好于蛭石^[7]。

设施蔬菜栽培在促进我国经济发展及菜篮子工程建设方面发挥着极其重要的作用。近年来,

设施栽培面积不断扩大, 但随着种植年限的延长, 设施土壤次生盐渍化、酸化严重, 微生物区系发生变化, 进而降低土壤质量。因此改善设施土壤质量, 营造良好的微生物活动区系环境是目前亟需研究和探讨的科学问题^[8]。MB-C 或 MB-N 含量水平的高低是影响土壤质量高低的关键指标。目前有关施肥对土壤 MB-C、MB-N 含量的影响报道较多^[4,9-10], 而关于优化施肥结合改良措施对设施番茄土壤 MB-C 和 MB-N 动态变化的研究相对较少。因此, 该文设计了不同施肥结合改良剂措施的田间试验, 目的是优化土壤微生物区系, 提高土壤质量, 为设施土壤的施肥及改良提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地点为哈尔滨市道里区薛家镇建国村, 以 20 a 棚龄的设施蔬菜土壤为研究对象, 土壤类型为黑土, 试验实施前耕层土壤基本化学性质见表 1。

1.2 材料

供试番茄品种为金牌粉冠王。供试肥料为尿素(含 N 46%); 磷酸二铵(含 P₂O₅ 46%, N 18%); 硫酸钾(含 K₂O 50%); 腐植酸钾(黑色粉末, 腐植酸≥55%, K₂O≥8%~11%, pH 9.0~10.0); 沸石(粒径 0.10~0.15 mm 粉末状, 阳离

收稿日期: 2013-06-05

基金项目: 国家星火计划资助项目(2011GA670001); 黑龙江省农业科技创新工程资助项目(2012QN003); 公益性行业(农业)科研专项经费资助项目(201303125-06)

第一作者简介: 姬景红(1979-), 女, 黑龙江省哈尔滨市人, 博士, 副研究员, 从事土壤肥力研究。E-mail: jinghong_98@163.com。

子交换量 $150 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$); 叶面肥为多元微肥(含 Zn、B、Cu、Mn、腐植酸等); 有机肥是猪粪(含有机质 $182.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, N $10.8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, P_2O_5 $64.6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, K_2O $12.8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, pH 8.22, 盐分 $10.2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$)。

表 1 供试土壤基本化学性质

Table 1 The basic chemical property of provided soil

有机质/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ Organic matter	全氮/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ Total N	全磷(P_2O_5)/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ Total P	全钾(K_2O)/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ Total K	碱解氮/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ Alkaline hydrolytic N	速效磷 (P_2O_5)/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ Available P	速效钾(K_2O)/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ Available K	电导率/ $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ Electric conductivity	pH
31.80	2.40	3.48	26.21	248.9	366.9	146.4	0.29	6.30

1.3 方法

1.3.1 试验设计 试验共设 6 个处理,各处理内容详见表 2。根据目标产量 $10.5 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 每 1000 kg 番茄果实需吸收 N 4.0 kg 、 P_2O_5 1.8 kg 、 K_2O 4.8 kg ^[11], 计算出处理 3 的施肥量中 N、 P_2O_5 施用量均为 0。厩肥向土壤提供的氮素并不能满足作物生长阶段的需求,必须施用化肥氮以提高设施栽培作物的产量^[12]。因而,根据黑龙江省番茄推荐施肥比例 $\text{N} : \text{P}_2\text{O}_5 : \text{K}_2\text{O} = 1.3 : 0.6 : 1.1$ ^[10], 设定处理 3 施肥量。

小区面积为 20.4 m^2 , 采用随机区组排列方式, 3 次重复。定植前基肥: $75 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 腐熟的猪粪, 番茄移栽前沟施磷酸二铵和硫酸钾; 定植期: 2011 年 6 月 1 日; 定植保苗: $5.25 \text{ 万} \sim 5.40 \text{ 万}$ 株 $\cdot \text{hm}^{-2}$, 前茬: 生菜; 追肥: 于第一、二、三、四穗果膨大期 4 次追施尿素, 处理 3、处理 4、处理 5、处理 6 分别喷施叶面肥 3 次。留果: 4 穗果, 每穗 4~5 个果; 拉秧日期: 9 月 18 日; 土壤样品采集: “S”点取样, 番茄拉秧 7 d 后, 采集不同处理 0~20 cm 耕层土样。

表 2 试验处理的化肥用量和施用方式

Table 2 The amount and application methods of fertilizer under different treatments

编号 No.	试验处理 Treatment	养分/ $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ N/ P_2O_5 / K_2O Nutrient	施肥方式 Application methods of fertilizer
1	CK	0/0/0	—
2	FP	360/260/70	基肥: P_2O_5 、 K_2O 、1/3N; 追肥: 2/3N 穗果膨大期 4 次追
3	OPT	180/90/150	基肥: P_2O_5 、1/2 K_2O 、1/3N; 追肥: 2/3N; 追施: 第一穗果膨大期 1/2 K_2O 、2/3 N, 穗果膨大期 4 次追; 3 次叶面肥
4	OPT+KHA	180/90/150+ 腐植酸钾 375	处理 3 施肥基础上, 2/3 腐植酸钾基施, 1/3 腐植酸钾第一穗果膨大期追施; 3 次叶面肥
5	OPT+Ze	180/90/150+ 沸石 900	处理 3 施肥基础上, 全部沸石基施; 3 次叶面肥
6	OPT+KHA+Ze	180/90/150+腐植 酸钾 375+沸石 900	处理 3 施肥基础上, 2/3 腐植酸钾基施, 1/3 腐植酸钾第一穗果膨大期追施, 全部沸石基施; 3 次叶面肥

1.3.2 测定项目及方法 有机质、全氮、磷、钾及速效氮、磷、钾均用常规分析方法测定^[13], 土壤 pH 用水土比为 2.5:1.0 的电位法测定; 电导率(EC)用水土比为 5:1 的电导仪法测定。土壤微生物生物量碳、氮用氯仿熏蒸浸提法^[14], Multi N/C2100 型 TOC 测定。

土壤微生物生物量碳($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) = E_c/k_{EC} ; 土壤微生物生物量氮($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) = E_N/k_{EN}

式中: E_c 为熏蒸与不熏蒸土壤中有机碳的差

值, 转换系数 $k_{EC} = 0.45$; E_N 为熏蒸与不熏蒸土壤中有机氮的差值; 转换系数 $k_{EN} = 0.45$ 。

1.3.3 数据处理 试验所得数据采用 DPS 7.05 及 Excel 2007 进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 土壤微生物生物量碳氮含量总体动态变化

从图 1 和图 2 可以看出, 从定植期 6 月 1 日开始, 土壤微生物生物量碳和微生物生物量氮总体呈现出先增加后降低的变化趋势。由于前期土

壤基施有机肥和无机肥,7月11、21、29日和8月3日又追肥4次,使土壤中养分积累,而植株和果实生长初期对养分需求相对较少,微生物固定碳、氮量增加,随着番茄生长发育对养分需求量增多,微生物固定碳、氮量降低。微生物生物量碳出现的高峰期要早于微生物生物量氮高峰期,分别在7月11日和8月3日。8月3日为最后一次追施尿素,微生物生物量碳、氮下降迅速,至8月23日微生物生物量碳氮含量最低,这是由于8月3~23日为盛果期,此阶段番茄需要大量养分,导致微生物生物量碳氮迅速下降。而8月23日以后,果实进入第3、4穗果成熟期,植株和果实对碳、氮的需求量减少,此时微生物生物量碳、氮固定又略有增多。

2.2 优化施肥条件下微生物生物量碳、氮含量变化

施肥结合改良剂处理对微生物生物量碳、氮的影响较大(见图1,图2)。番茄拉秧后(9月25日),各处理土壤微生物生物量碳、氮比定植前略有升高。不同处理微生物生物量碳以处理5、处理6较高,分别为440.1和442.6 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,处理1最低,为308.7 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,其次是处理2,为412.8 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。在番茄整个生育期内,处理1不施化肥土壤微生物生物量氮一直处于较低水平,处理2和处理3处于中间水平,二者相差不多,而处理4、处理5、处理6处于较高水平。其中处理4在7月11日微生物生物量氮就显著高于其它各处理,这主要是由于腐殖酸钾具有促早熟的作用^[15],番茄根系发育较其它处理提前,微生物活性高峰期提前。处理5在整个生育期微生物生物量氮均较高,可能是由于沸石具有调节土壤酸碱性,改善土壤物理性质的作用^[16],使得番茄根系

发达,微生物活性增强。番茄拉秧后,以处理5的微生物生物量氮最高,为82.7 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,其次为处理6和处理4。

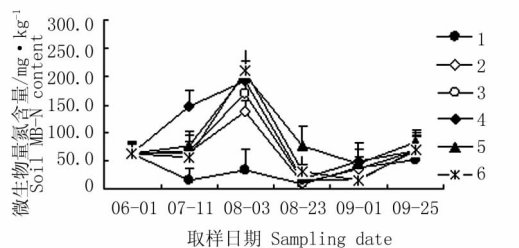


图2 不同处理对番茄生育期土壤微生物生物量氮含量变化的影响

Fig. 2 The effect of different treatments on content change of soil MB-N during the period of growth and development of tomatoes

2.3 土壤微生物生物量碳氮比(MB-C/MB-N)

随着番茄生育期的进行,土壤 MB-C/MB-N 呈现出“M”型升降变化趋势,与基肥及追肥施用具有同步效应(见图3)。这说明微生物生物量碳、氮的固定、矿化与养分投入及植株养分吸收密切相关。在番茄整个生育期内,不施化肥(处理1)土壤 MB-C/MB-N 较高,尤其是7月11日和8月23日,处理2则是在8月23日,土壤 MB-C/MB-N 已经超过30,说明微生物固定碳量较多。微生物活动最适宜的碳氮比为25:1,因此,不施氮肥只施有机肥,番茄生育前期微生物会与植物争夺土壤中的氮素养分,造成植株氮素养分供应不足。施氮肥过量,使得土壤氮素养分积累,微生物奢侈吸收,造成肥料浪费。定植前6月1日微生物量碳/氮比为2.8:1.0,番茄拉秧后9月25日,各处理土壤 MB-C/MB-N 均不同程度高于定植前,以处理6和4较高,分别为8.6:1.0和8.8:1.0。

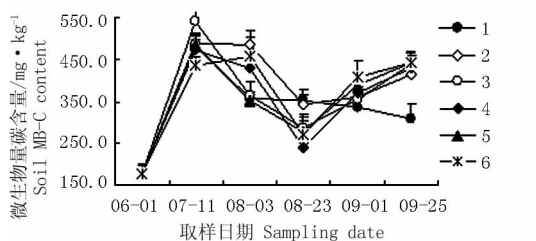


图1 不同处理对番茄生育期土壤微生物生物量碳含量变化的影响

Fig. 1 The effect of different treatments on content change of soil MB-C during the period of growth and development of tomatoes

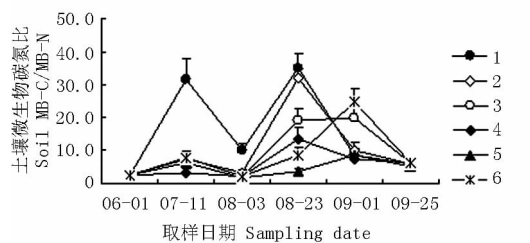


图3 不同处理对番茄生育期土壤微生物量碳/氮变化的影响

Fig. 3 The effect of different treatments on rate change of soil MB-C and MB-N during the period of growth and development of tomatoes

2.4 土壤微生物量商

土壤微生物商(SMB-C/TOC)可用来表征微生物对土壤有机碳的利用率,是一项反映土壤质量的重要指标^[17-18]。与不施化肥相比,各施肥及改良剂处理均提高了土壤微生物生物量碳占有机碳的比例,处理3优化施肥土壤微生物生物量碳占有机碳的比例高于处理2农民习惯施肥(见表3)。可见,适当增加施肥量有利于提高设施土壤微生物商,施肥过量土壤微生物商并未增加。处理5优化施肥+沸石土壤微生物生物量碳氮占土壤有机碳、全氮的比例最高,分别比处理1不施化

肥高41.2%和61.9%,比处理2农民习惯施肥高9.1%和21.4%;其次是处理6优化施肥+腐殖酸钾+沸石,分别比不施化肥高41.2%和38.1%,比农民习惯施肥高9.1%和3.6%。可见,与农民习惯施肥相比,优化施肥结合沸石或优化施肥结合腐殖酸钾及沸石均能提高土壤微生物生物量碳氮占土壤有机碳、全氮的比例。这可能是因为添加土壤改良剂腐殖酸钾或沸石,能改善土壤理化性状、促进植物根系生长和微生物周转,有利于土壤微生物生物量碳氮的矿化,提供作物生长所需的碳素和氮素^[19-20]。

表3 不同处理对土壤微生物生物量碳、氮在有机碳、全氮中比例的影响

Table 3 The effect of different treatments on rate of soil MB-C and MB-N in organic C and total N

项目 Item	处理 Treatment					
	1	2	3	4	5	6
SMB-C/TOC/%	1.7 b	2.2 a	2.4 a	2.3 a	2.4 a	2.4 a
SMB-N/TN/%	2.1 c	2.8 b	2.8 b	2.8 b	3.4 a	2.9 ab

注:同一行不同小写字母代表5%显著水平。

Note: Different small letter indicates significant difference at 0.05 level in the same row, respectively.

3 结论

番茄生育期间,土壤微生物生物量碳和微生物生物量氮总体上均呈现出先增加后降低的变化趋势。微生物量碳出现的高峰期要早于微生物量氮。

优化施肥及优化施肥结合改良剂处理均能提高微生物生物量碳氮含量,番茄生育前期,优化施肥+腐殖酸钾处理高于优化施肥+沸石处理,后期正好相反。

番茄生育期间,土壤MB-C/MB-N呈现出“M”型升降变化趋势,与基肥及追肥施用具有同步效应。

优化施肥结合沸石或优化施肥结合腐殖酸钾均较农民习惯施肥提高了土壤微生物量碳氮占土壤有机碳、氮的比例。

参考文献:

- [1] 黎荣彬. 土壤微生物生物量碳研究进展[J]. 广东林业科技, 2008, 24(6): 65-69.
- [2] 傅民杰, 王传宽, 王颖, 等. 四种温带森林土壤氮矿化与硝化时空格局[J]. 生态学报, 2009, 29(7): 3747-3758.
- [3] 韩晓日, 郭鹏程, 陈恩凤, 等. 土壤微生物对施入肥料氮的固持及其动态研究[J]. 土壤学报, 1998, 35(3): 412-418.

- [4] 陈安磊, 王凯荣, 谢小立, 等. 施肥制度与养分循环对稻田土壤微生物生物量碳氮磷的影响[J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(6): 1094-1099.
- [5] 于志民, 王立民, 吕品, 等. 腐植酸液肥对大棚秋番茄产量品质及土壤养分影响的研究[J]. 腐植酸, 2004(2): 21-23.
- [6] 刘兰兰, 史春余, 梁太波, 等. 腐植酸肥料对生姜土壤微生物量和酶活性的影响[J]. 生态学报, 2009, 29(11): 6136-6141.
- [7] 蔡燕飞, 何成新, 廖宗文, 等. 蛭石和沸石对番茄青枯病及土壤微生物的影响[J]. 生态环境, 2003, 12(2): 179-181.
- [8] 乔洁, 任秀艳. 草炭对设施土壤有机碳、氮及土壤微生物生物量的影响[J]. 西南农业学报, 2012, 25(5): 1777-1780.
- [9] 韩晓日, 郑国抵, 刘晓燕, 等. 有机肥与化肥配合施用土壤微生物量氮动态、来源和供氮特征[J]. 中国农业科学, 2007, 40(4): 765-772.
- [10] 张彦东, 孙志虎, 沈有信. 施肥对金沙江干热河谷退化草地土壤微生物的影响[J]. 水土保持学报, 2005, 19(2): 88-91.
- [11] 李玉影, 魏丹. 黑龙江省土壤供钾能力与钾肥效果研究[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2011: 177-178, 220.
- [12] 夏立忠, 李忠佩, 杨林章. 大棚栽培番茄不同施肥条件下土壤养分和盐分组成与含量的变化[J]. 土壤, 2005, 37(6): 620-625.
- [13] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2010:

- 30-109.
- [14] Jenkinson D S, Powlson D S. The effect of biocidal treatments on metabolism in soil, A method for measuring soil biomass[J]. Soil Biol. Biochem., 1976, 8: 189-202.
- [15] 姬景红, 李杰, 李玉影, 等. 不同施肥措施对保护地番茄产量、品质及经济效益的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2012(5): 35-39.
- [16] 祁娜, 孙向阳, 张婷婷. 沸石在土壤改良及污染治理中的应用研究进展[J]. 贵州农业科学, 2011, 39(11): 133-135.
- [17] Saggar S, Yeates G W, Shepherd T G. Cultivation effects on soil biological properties, microfauna and organic matter dynamics in Eutric Gleysol and Gleyic Luvisol soils in New Zealand[J]. Soil and Tillage Research, 2001, 58: 55-68.
- [18] Anderson J P E, Domsch K H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils[J]. Soil Biology and Biochemistry, 1978 (10): 215-221.
- [19] Powlson D S, Prookes P C. 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.
- [20] 宋建国, 王晶, 林杉. 用连续流动分析仪测定土壤微生物态氮的方法研究[J]. 植物营养与肥料学报, 1999, 5(3): 282-287.

Effects of Optimized Fertilization on Microbial Biomass C, N of Greenhouse Soil

JI Jing-hong¹, LI Jie², LI Yu-ying¹, LIU Shuang-quan¹, TONG Yu-xin¹, ZHENG Yu³

(1. Institute of Soil Fertilizer and Environment Resources, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Soil Environment and Plant Nutrition of Heilongjiang Province/Fertilizer Engineering Technology Research Center of Heilongjiang Province, Harbin, Heilongjiang 150086; 2. Daqing Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Daqing, Heilongjiang 163316; 3. College of Agronomy, Hainan University, Haikou, Hainan 570228)

Abstract: In order to improve soil quality and optimize soil microflora, the effects of optimized fertilization on microbial biomass carbon, nitrogen contents of greenhouse soil were studied by methods of field plot experiments and indoor test analysis. The results showed that the contents of soil microbial biomass carbon (MB-C) and soil microbial biomass nitrogen (MB-N) were firstly increased and then decreased. The peak value of MB-C appeared earlier than that of MB-N. Compared with no nitrogen treatment and farmer practice fertilization treatment, MB-C and MB-N could be increased by the treatments of optimized fertilization plus potassium humate or optimized fertilization plus zeolite. For the treatment of optimized fertilization plus zeolite, rates of MB-C and MB-N in organic carbon and total nitrogen were the highest and higher than no nitrogen treatment 41.2% and 61.9% respectively, higher than farmer practice fertilization treatment 9.1% and 21.4% respectively. The rate was higher in the treatment of optimized fertilization plus potassium humate and zeolite, higher than no nitrogen treatment 41.2% and 38.1% respectively, higher than farmer practice fertilization treatment 9.1% and 3.6% respectively. According to this study, we concluded that greenhouse soil quality could be improved by optimized fertilization plus potassium humate or zeolite.

Key words: optimized fertilization; greenhouse soil; microbial biomass C; microbial biomass N