植物营养与肥料学报 2012,18(5):1111-1118
Plant Nutrition and Fertilizer Science

连续3年施用生物有机肥对土壤有机质组分、棉花养分吸收及产量的影响

田小明[1,2],李俊华[1*],危常州[1],褚贵新[1],孙 华[1],路国林[1]
(1 石河子大学农学院,新疆兵团绿洲生态农业重点实验室,新疆石河子 832000;
2 新疆那拉提景区管委会,新疆那拉提 835805)

摘要:采用盆栽试验,研究了连续3年施用生物有机肥对3种土壤有机质组分、棉花养分吸收量及产量的影响。结果表明,连续施肥3年后,不同有机质含量土壤的有机质组分含量、棉花养分吸收量及产量均较不施肥有不同程度的提高。3种土壤随着施肥量的增加,土壤有机质总量和活性有机质组分(活性有机质、中活性有机质、高活性有机质)增加,活性有机质在3年后的增加幅度高于有机质总量,说明连续施用生物有机肥可以改善土壤有机质质量。高等、中等有机质含量的土壤施用生物有机肥20~30 g/kg时养分吸收量最大;低等有机质含量的土壤在施用生物有机肥40 g/kg时养分吸收量最高。高、中、低等有机质含量的土壤棉花产量分别在施用生物有机肥20、20、40 g/kg时最大,较不施肥增加了54.05%、37.15%、104.08%。通过相关分析表明,随着土壤的本底有机质含量由高到低,有机质组分、棉花养分吸收量及产量之间的相关性则越好,养分吸收量和产量存在极显著相关。

关键词:生物有机肥;有机质组分;棉花养分吸收;产量
中图分类号:S144.1;S153.6+21　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1008-505X(2012)05-1111-08

Effects of continuous application of bio-organic fertilizer for three years on soil organic matter fractions, cotton nutrient absorption and yield

TIAN Xiao-ming[1,2], LI Jun-hua[1*], WEI Chang-zhou[1], CHU Gui-xin[1], SUN Hua[1], LU Guo-lin[1]
(*1 College of Agronomy of Shihezi University / Xinjiang Key Laboratory of Oasis Ecological Agriculture, Shihezi, Xinjiang 832000, China; 2 Management Board of Xinjiang Nalati Scenic Area, Nalati, Xinjiang 835805, China*)

Abstract: Pot experiment in greenhouse with different application rates of bio-organic fertilizer on three kind soils with low, middle, high organic matter (S_{HM}, S_{MM}, S_{LM}) was carried out three years. Effects of fertilization on soil organic matter fractions, cotton nutrient absorption and yield were studied. The results showed that the soil organic matter and labile organic matter fractions, cotton nutrient absorption and yields were increased by the application fertilizer three years later. The contents of soil organic matter and labile organic matter fractions (organic matter, labile organic matter, middle labile organic matter and high labile organic matter) were also increased with the increase of the application rates. The increase ratio of labile organic matter was higher than that of the organic matter after the three years. It indicated that the application of bio-organic fertilizer could improve the quality of soil organic matter. The biggest amount of cotton nutrient absorption were treatments with application 20-30 g/kg bio-organic fertilize to higher, middle organic matter contents soils, but at 40 g/kg to low organic matter contents soil. According to cotton yields, application 20, 20 and 40 g/kg of bio-organic fertilize to higher, middle, and low content of organic matter soil, and the yields were increased by 54.05%, 37.15% and 104.08% compared to control treatment(no fertilizer application), respectively. The correlation analysis showed that the correlations were better between soil organic matter fractions, cotton nutrient absorption quantity and yield with the soil organic matter

收稿日期:2012-01-15　　**接受日期**:2012-03-09
基金项目:石河子大学重大攻关项目(gxjs2010-zdgg04-02);国家公益性行业(农业)科研专项(200803031, 201103004)资助。
作者简介:田小明(1985—),男,新疆昌吉人,硕士研究生,主要从事新型肥料研制与应用。E-mail:txm7458103@163.com
*通讯作者 E-mail:ljh630703@163.com

content from high to low. There were significantly correlation between cotton nutrient absorption quantity and yield in the three soils.

Key words: bio-organic fertilizer; organic matter fractions; cotton nutrient absorption; yield

棉花是我国最重要的经济作物之一,在国民经济中占有重要地位。土壤养分是棉花生长发育和产量形成的基础。目前棉花施肥研究很多,且多集中在最佳施肥量方面[1-2]。但是,关于生物有机肥对棉花养分积累与产量形成、棉田有机质组分之间关系的研究相对较少。土壤有机质不仅含有植物生长所必需的各种营养元素,而且是微生物生命活动的能源,对土壤的理化及生物学特性有深远的影响[3]。与全量有机质相比,变化敏感的活性有机质与土壤有效养分、土壤的物理性状、耕作措施等具有更密切的关系,因而活性有机质已经成为土壤质量及土壤管理评价指标之一[4]。众所周知,氮、磷、钾是植物营养的三大要素,所以在诊断土壤供肥能力和植物营养水平时往往要测定土壤以及植株某些敏感部位或器官中的氮、磷、钾含量[5]。在我国的肥料投入中,养分的不平衡供应和过量施用化肥造成了肥料利用率低(30%左右)[6]及一系列生态环境问题[7-9]。而有机肥的投入(特别是生物有机肥)不仅能够改善土壤板结,增加保水保肥和供肥的能力,改善作物生态环境,而且增强作物的抗病能力,连年使用效果更佳,是一种安全无毒环保肥料。本试验通过3年连续施用生物有机肥试验,探讨其对不同有机质含量的土壤有机质组分、棉花养分吸收及产量的影响效应,从而寻找不同土壤生物有机肥施用量下棉花养分的变化规律以及与产量的关系,为进一步指导当地棉花合理施肥和高产提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验设计

于2009～2011年在石河子大学试验站温室进行盆栽试验。选取具代表性的三种不同有机质含量的棉花连作土壤(棉花黄萎病发病严重):石河子大学实验场4连的高等有机质含量土壤(S_{HM}),沼泽潮土,土壤质地为粘土;石河子大学农学院试验站病圃的中等有机质含量土壤(S_{MM}),灰漠土,土壤质地为壤土;石河子农八师149团4连的低等有机质含量土壤(S_{LM}),灰漠土,土壤质地为沙土。

3种土壤均设5个处理:CK,不施肥;T1,施生物有机肥10 g/kg;T2,施生物有机肥20 g/kg;T3,施生物有机肥30 g/kg;T4,施生物有机肥40 g/kg。生物有机肥(BOF)为南京农业大学植物营养与肥料系研制,有机质含量≥44.2%、N 4.4%、P_2O_5 2.3%、K_2O 0.7%,其中氨基酸态氮占总氮的60%以上,功能微生物枯草芽孢杆菌达到10^8 cfu/g。每个处理5次重复。每次称取40 kg土壤,并加入相对应量的生物有机肥,然后分为5份,每份留1 kg用于播种(10粒)后覆土,其余分别倒入相应的盆中,在棉花苗期时定植1棵。棉花生长期间各处理不追加施肥。次年再把相应5个重复花盆中的土壤倒在一起,碾碎,混匀,称重后不够40 kg再补加土壤。供试土壤养分含量见表1。

种植作物为棉花,供试品种为"新陆早8号"。

表1 供试土壤的基本化学性质

Table 1 Properties of soils in the experiment

土壤 Soil	有机质 OM (g/kg)	活性有机质 LOM (g/kg)	高活性有机质 HLOM (g/kg)	中活性有机质 MLOM (g/kg)	全氮 Total N (g/kg)	有效氮 Avail. N (mg/kg)	速效磷 Avail. P (mg/kg)	速效钾 Avail. K (mg/kg)	pH
S_{HM}	38.60	3.22	1.40	2.39	1.26	78.1	37.1	250	8.44
S_{MM}	23.40	1.93	0.77	1.38	0.93	116.5	66.9	233	8.32
S_{LM}	10.10	0.91	0.37	0.66	0.75	39.9	9.4	302	8.75

注(Note): OM—Organic matter; LOM—Labile organic matter; HLOM—High-labile organic matter; MLOM—Mid-labile organic matter.

1.2　样品采集与测定方法

连续施肥 3 年后,在棉花全部吐絮后(2011-8-24),分地下部分(根)和地上部分各器官烘干并测定干重,样品粉碎后经 H_2SO_4-H_2O_2 消煮,再分别采用奈氏比色法、钒钼黄比色法和火焰光度计法测定全氮、全磷和全钾含量[10]。棉花收获后把盆中土壤倒出,碾碎,混匀并取样,土样自然风干过 1 mm 和 0.25 mm 筛后,用于土壤样品的测定。分别采用重铬酸钾容量法[10]和 $KMnO_4$ 氧化法[11]测定土壤有机质及活性有机质组分。

产量(g) = 纤维(g) + 棉籽(g)

各器官养分吸收量(g/plant) = 各器官养分含量(%) × 各器官干物质含量(g)

植株养分吸收量(g/plant) = 各器官养分吸收量总和

1.3　数据处理

数据通过 Excel 整理后用 SPSS17.0 进行统计分析,使用最小显著差异(Least significant difference,LSD)检验进行多重比较($P<0.05$),并使用双侧检验对土壤有机质组分、养分吸收量和产量进行相关分析(Person 系数,$n=5$)。

2　结果与分析

2.1　连续施肥 3 年后对棉花生物量及产量的影响

由图 1 可以看出,高等有机质含量的土壤地上部各器官随着施肥量的增加呈现先上升后下降的趋势,且均在 T2 处理最大,地下部(根系)生物量在各处理之间的变化不显著; 中等有机质含量的土壤地上部各器官和地下部(根系)生物量的变化趋势类似于高等有机质含量的土壤,且均在 T3 处理高于其它各处理; 低等有机质含量的土壤地上部各器官和地下部(根系)生物量则呈现上升的趋势,且均在 T4 处理达到最高。

通过对棉花产量的分析表明,高、中、低三种有机质含量的土壤中产量最大值分别出现在 T2、T2、T4 处理,较不施肥产量分别增加了 54.05%、37.15%、104.08%。对地上部生物量和产量相关关系表明,在低等有机质含量的土壤中两者之间的关系最为密切($R^2=0.995^{**}$,$n=5$); 其次是中等有机质含量的土壤($R^2=0.678^{*}$, $n=5$); 高等有机质含量的土壤上两者相关性不显著($R^2=0.509$,$n=5$)。

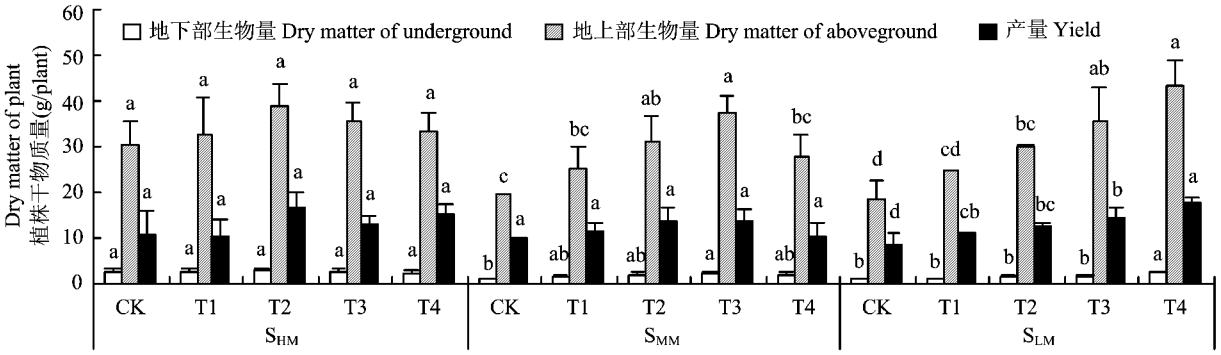

图 1　棉花单株干物质积累量与产量的变化

Fig. 1　Changes of cotton dry matter accumulation and yield

[注(Note): 柱上不同小写字母表示同一土壤处理间差异达到 0.05 显著水平

Different small letters above the bars for the same soil mean significant at the 0.05 level.]

2.2　连续施肥 3 年后对有机质总量和活性有机质各组分含量的影响

由表 2 可以看出,与试验前原始土壤(O-soil)相比,不同土壤在不施肥 3 年后,有机质总量均有所下降,而活性有机质组分含量却有所增加。这可能是由于温室内气温较高,土壤生物循环旺盛,有机质分解也较快,并且盆栽土壤的根系较为集中。连续种植 3 年,大量的根系及其分泌物加速了土壤活性有机质的形成。施用生物有机肥 3 年后,高、中等有机质含量的土壤有机质总量虽无增加,但随着施肥量的增加也逐渐接近于原始土壤; 低等有机质含量的土壤在 T3、T4 处理时高于原始土壤有机质总量,分别增加了 15.25%、23.17%。通过施肥 3 年后土壤与原始土壤相比发现,有机质含量低的土壤活性

有机质组分增加的幅度更大。高、中、低等有机质含量的土壤活性有机质增加了129%～344%、108%～267%和288%～402%,中活性有机质增加了142%～232%、124%～188%和188%～455%,高活性有机质增加了45%～162%、95%～205%和164%～248%。

连续施用生物有机肥3年后,不同土壤有机质总量及活性有机质组分含量较不施肥(CK)均有很大提高,且呈现随施用量的增加而增加的趋势。施肥处理与不施肥相比,高、中、低等有机质含量的土壤有机质总量增加了3%～46%、10%～62%和25%～73%;活性有机质为8%～109%、14%～102%和67%～117%,中活性有机质为12%～53%、28%～64%和26%～143%,高活性有机质为31%～137%、38%～117%和26%～66%。说明施用生物有机肥在高、中等有机质含量的土壤中主要增加的有机质总量中结构相对简单的高活性有机质含量,而在低等有机质含量的土壤中主要增加的是中活性有机质含量。

表2 连续施肥对不同土壤有机质总量和活性有机质组分的影响

Table 2 Effects of the consecutive fertilization on soil organic matter and labile organic matter fraction

土壤 Soil	处理 Treatment	有机质 Organic matter (g/kg)	活性有机质 Labile organic matter (g/kg)	中活性有机质 Mid-labile organic matter (g/kg)	高活性有机质 High-labile organic matter (g/kg)
S_{HM}	O-soil	38.60	3.22	2.39	1.40
	CK	25.79 ±1.60 c	6.83 ±0.21 b	5.17 ±0.25 b	1.55 ±0.16 c
	T1	26.66 ±1.66 c	7.36 ±0.11 b	5.78 ±1.32 ab	2.03 ±0.21 bc
	T2	30.75 ±1.91 b	9.15 ±0.32 b	6.25 ±1.88 ab	2.47 ±0.62 bc
	T3	35.54 ±2.21 a	12.43 ±3.48 a	7.61 ±1.27 a	2.94 ±0.67 ab
	T4	37.59 ±2.34 a	14.29 ±1.69 a	7.94 ±0.91 a	3.67 ±0.78 a
S_{MM}	O-soil	23.40	1.93	1.38	0.77
	CK	14.07 ±0.88 d	3.51 ±0.63 b	2.42 ±0.20 c	1.08 ±0.03 c
	T1	15.44 ±0.96 cd	4.01 ±1.05 b	3.09 ±0.41 bc	1.50 ±0.21 bc
	T2	16.70 ±1.04 bc	5.35 ±1.41 ab	3.74 ±0.10 ab	1.72 ±0.24 b
	T3	18.45 ±1.15 b	6.45 ±1.27 a	3.59 ±0.24 ab	1.84 ±0.14 ab
	T4	22.74 ±1.42 a	7.09 ±1.20 a	3.97 ±0.78 a	2.35 ±0.59 a
S_{LM}	O-soil	10.10	0.91	0.66	0.37
	CK	7.18 ±0.45 c	2.11 ±0.26 b	1.51 ±0.08 d	0.78 ±0.03 b
	T1	8.94 ±0.56 b	3.53 ±1.53 b	1.90 ±0.43 cd	0.98 ±0.10 ab
	T2	10.08 ±0.63 b	2.86 ±0.16 ab	2.07 ±0.30 bc	1.27 ±0.16 ab
	T3	11.64 ±0.72 a	3.38 ±0.26 ab	2.57 ±0.20 b	1.20 ±0.31 ab
	T4	12.44 ±0.77 a	4.57 ±0.79 a	3.66 ±0.28 a	1.29 ±0.44 a

注(Note):O-soil—原始土壤 Original soil;不同小写字母表示同一土壤处理间差异达到0.05显著水平 Different small letters for the same soil mean significant at the 0.05 level.

2.3 连续3年施肥后对棉花氮、磷、钾吸收量的影响

在不同有机质含量土壤中棉花各器官均以纤维的氮吸收量最低,约占整株氮吸收量的1.46%～5.58%,棉籽的氮吸收量最高,约占整株氮吸收量的45.06%～70.08%(图2)。高、中、低等有机质含量的土壤,各施肥处理的整株氮吸收量较不施肥处理分别增加了12%～25%、107%～162%、25%～144%。随着施肥量的增加,高、中等有机质含量的土壤中,均表现为先上升后下降的趋势,且均以T3

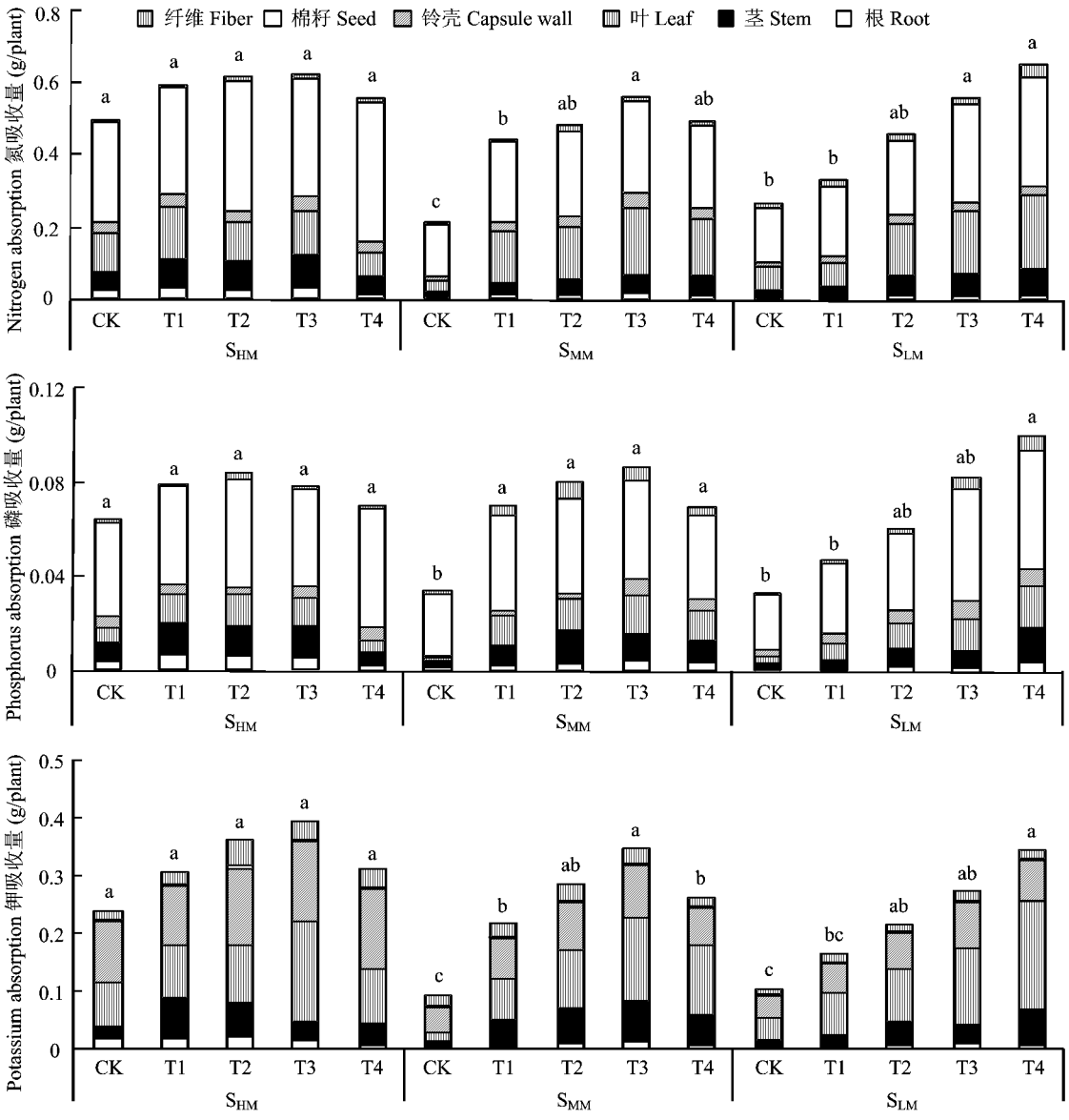

图 2　连续施用生物有机肥对棉花氮、磷、钾吸收量的影响

Fig. 2　Effects of the consecutive application of bio-organic fertilizer on uptake of N, P and K by cotton plant

[注(Note)：柱上不同字母表示同一土壤处理间差异达到 0.05 显著水平 Different letters above the bars indicate significant difference among different treatments at the 0.05 level for the same soil.]

处理最大,分别为 0.61、0.48 g/plant；低等有机质含量的土壤则表现上升的趋势,T4 处理最大,为 0.65 g/plant。

棉花各器官中,以棉籽的磷吸收量最高(图 2),在 0.026～0.051 g/plant 之间,约占整株磷吸收量的 58%,纤维的磷吸收量相对最低,约占总量的 4%。随着施肥量的增加,棉花整株磷吸收量在高、中等有机质含量的土壤中均呈现先上升后下降的趋势,分别为 T2(0.083 g/plant)、T3(0.085 g/plant)处理最高；在低等有机质含量的土壤中则持续上升,T4 处理最大(0.100 g/plant)。高、中、低等有机质含量的土壤,施肥处理棉花的磷吸收量较不施肥分别增加了 10%～32%、105%～154%、42%～199%。

由图 2 还可知,在不同土壤中植株各器官钾吸收量的多少基本类似,顺序为叶 > 铃壳 > 茎 > 纤维 > 根 > 棉籽,其中叶部吸收量约占植株总吸收量的 37%,棉籽吸收量约占 1%。整株钾吸收量在 0.091～0.395 g/plant 之间,随着施肥量的增加,不同有机质含量的土壤的整株钾吸收量的变化趋势均与氮、磷吸收量类似。高、中等有机质含量的土壤中均以 T3 处理最高,分别为 0.395、0.348 g/plant,低等有

机质含量的土壤中以 T4 处理最大，为 0.344 g/plant。高、中、低等有机质含量的土壤，施肥各处理的钾吸收量较不施肥分别增加了 28%～65%、141%～283%、60%～231%。

2.4 不同土壤有机质总量、活性有机质组分、棉花养分吸收量和产量之间的相关关系

对不同类型土壤有机质总量、活性有机质组分、棉花养分吸收量和产量之间的相关性进行分析（表3），结果表明：1）3 种土壤有机质总量与活性有机质组分之间存在显著或极显著差异，产量与土壤有机质总量、活性有机质组分之间关系表明，在低等有机质含量的土壤中两者之间的相关性最好，且产量与中活性有机质之间相关性最高（0.979**）；2）3 种土壤中养分吸收量之间以及与产量之间均存在较好的相关性，其中产量与氮、磷、钾养分吸收量之间相关性最好的则是低等有机质含量的土壤，分别为 0.980**、0.991**、0.997**；3）低等有机质含量的土壤各指标间的相关性最好，其次是中等有机质含量的土壤；最后则是高等有机质含量的土壤。

表3 高、中、低等有机质含量的土壤有机质总量、活性有机质组分、棉花养分吸收量和产量之间的相关关系

Table 3 Correlation coefficients between soil organic matter, labile organic matter fraction, absorptions of N, P and K, and yield in high, middle and low organic matter soil

土壤 Soil	项目 Item	有机质 OM	活性有机质 LOM	中活性有机质 MLOM	高活性有机质 HLOM	氮吸收量 N uptake	磷吸收量 P uptake	钾吸收量 K uptake	产量 Yield
S_{HM}	有机质 OM	1.000							
	活性有机质 LOM	0.993**	1.000						
	中活性有机质 MLOM	0.988**	0.986**	1.000					
	高活性有机质 HLOM	0.972**	0.976**	0.970**	1.000				
	氮吸收量 N uptake	0.381	0.301	0.435	0.374	1.000			
	磷吸收量 P uptake	0.132	0.047	0.174	0.166	0.942**	1.000		
	钾吸收量 K uptake	0.600	0.518	0.627	0.532	0.937**	0.791	1.000	
	产量 Yield	0.634	0.576	0.542	0.651	0.400	0.404	0.504	1.000
S_{MM}	有机质 OM	1.000							
	活性有机质 LOM	0.935**	1.000						
	中活性有机质 MLOM	0.834*	0.902*	1.000					
	高活性有机质 HLOM	0.972**	0.944**	0.933**	1.000				
	氮吸收量 N uptake	0.632	0.782	0.878*	0.773	1.000			
	磷吸收量 P uptake	0.475	0.665	0.820*	0.647	0.978**	1.000		
	钾吸收量 K uptake	0.579	0.786	0.853*	0.714	0.978**	0.973**	1.000	
	产量 Yield	−0.033	0.287	0.465	0.150	0.660	0.786	0.760	1.000
S_{LM}	有机质 OM	1.000							
	活性有机质 LOM	0.827*	1.000						
	中活性有机质 MLOM	0.913*	0.901*	1.000					
	高活性有机质 HLOM	0.904*	0.663	0.749	1.000				
	氮吸收量 N uptake	0.987**	0.787	0.935**	0.891*	1.000			
	磷吸收量 P uptake	0.985**	0.841*	0.963**	0.848*	0.993**	1.000		
	钾吸收量 K uptake	0.989**	0.861*	0.963**	0.875*	0.991**	0.997**	1.000	
	产量 Yield	0.975**	0.888*	0.979**	0.859*	0.980**	0.991**	0.997**	1.000

注（Note）：OM—Organic matter; LOM—Labile organic matter; MLOM—Mid-labile organic matter; HLOM—High-labile organic matter. * 和 ** 分别表示在 0.05 和 0.01 水平显著 Indicate significance at the 0.05 and 0.01 levels, respectively.

3 讨论与结论

有关研究表明，在香蕉连作土壤中施用生物有机肥，可以促进香蕉植株的生长，无论是在营养钵育苗还是在大田中施用，均对香蕉植株的生长有良好的促进作用[12]。凌宁等[13]对西瓜的研究表明，施用生物有机肥能显著促进西瓜植株的生长，增加其产量。苏秦等[14]研究指出，在旱地施用有机肥，产量随施肥量的增加而升高。这些研究结论与本试验结果基本一致。本文通过连续 3 年的施肥试验表明，施用生物有机肥不仅能增加棉花干物质积累量，而且还可以提高其产量。但不同有机质含量的土壤，施肥效应有差异，随着施肥量的增加，高、中等有机质含量的土壤中棉花干物质积累量和产量均呈先上升后下降的趋势，而低等有机质含量的土壤则表现持续增加，说明在土壤肥力水平较高的情况下不能为追求高产而过量施肥[15]，在不同有机质含量土壤上施用生物有机肥的肥料效应不同，施肥量应根据土壤的肥力水平而有所区别。棉花干物质是形成产量的基础，通过对地上部生物量和产量之间的相关关系表明，低等有机质含量的土壤中两者之间关系更为密切。连续 3 年施用生物有机肥显著影响了棉株对氮、磷、钾养分的吸收积累。棉株各器官养分吸收量间比较发现，棉籽和叶片中氮的百分含量较高，纤维中的较低；磷在棉籽中百分含量较高，根与纤维中较低；钾以叶中最高，铃壳和根中最低，这与王克如等[16]的研究结果相似。在一定的施肥范围内，棉花吸收氮、磷、钾的量均随施肥量增加而增加，其中高等有机质含量的土壤在施用生物有机肥 20 ～ 30 g/kg 时养分吸收量最大；中等有机质含量的土壤在施用生物有机肥 30 g/kg 时养分吸收量最高；低等有机质含量的土壤在施用生物有机肥 40 g/kg 时养分吸收量最大。

土壤有机质是土壤的一个重要养分库和土壤微生物的能量库，也是评价土壤肥力的重要指标，而活性有机质对理解有机物质分解、矿化潜能、养分循环变化和土壤结构的生物物理控制有重要作用[17-18]。与原始土壤相比，施用生物有机肥 3 年后，高、中等有机质含量的土壤有机质总量有所降低，低等有机质含量的土壤在 30 ～ 40 g/kg 时高于原始土壤有机质总量。徐明岗等[11]在研究长期施用肥料对红壤有机质影响时发现，经过 10 年化肥配施有机肥可显著提高土壤有机质的含量，且效果极显著。这与本研究结果存在一定差异，说明土壤碳库的转化受土壤养分、施肥量、试验条件等多因素的影响。施肥管理对有机质本底值较高的土壤中惰性碳库影响并不明显，土壤有机碳库在一定时间相对稳定，并不易于矿化，其矿化潜能较低[19-20]。本研究中，施肥 3 年后不同土壤活性有机质组分较有机质总量有很大程度的提高，且在本底有机质含量低的土壤中，活性有机质组分增加的幅度更大。生物有机肥可以长期改善土壤有机质质量，从而提高土壤的综合生产力。在不同土壤中，施用生物有机肥提高了土壤有机质总量及活性有机质含量。生物有机肥不仅能通过它本身提供养分，而且还能为土壤提供相关的微生物和酶，微生物和酶在土壤养分的转化过程中起着非常重要的作用，在一定程度上均反映了土壤养分的存在状况[21-22]。路文涛等[23]研究指出，秸秆还田能显著提高活性有机质含量，随秸秆还田量由高到低，活性有机质含量分别较 CK 处理显著提高 29.30%、40.76% 和 30.57%。而徐明岗等[11]在红壤中研究表明，随着有机肥化肥配合施用量的增加有机质及其组分含量均在增加。与本文研究结果相似。随着生物有机肥用量的增加，3 种土壤有机质总量及活性有机质含量也有不同程度的提高。这可能与土壤质地、养分含量及肥料的不同有关。

通过对有机质总量、活性有机质组分、养分吸收量以及产量之间相关性分析表明，不同有机质含量土壤相关性有所差异，随着土壤的本底有机质含量由高到低，各指标间的相关性则越好，这说明土壤本底有机质含量越高，土壤肥力对棉花产量和养分积累的影响越小。有机质组分与产量间关系表明，本底有机质含量越低的土壤，产量与有机质组分之间的关系更为密切，且低等有机质含量的土壤中活性有机质更能准确反映土壤肥力和土壤质量之间的变化。

生物有机肥对土壤性质的改善是一个长期的过程，目前由于受生物有机肥源的限制及盲目追求粮食高产，特别是在石河子垦区，由于大面积使用无机肥滴灌，生物有机肥的作用往往被忽视，如何因地制宜找出当地农业生产最适的生物有机肥用量是一个十分迫切的问题。本研究通过连续 3 年施用生物有机肥，对棉花产量、养分吸收量及土壤肥力方面进行了较为系统的评价。对生物有机肥的研究不仅基于此，还应对微生物遗传、功能及群落多样性等方面综合阐述，为改善土壤的生态功能及合理施肥等提供全面的理论参考。

参 考 文 献：

[1] 李庆逵，朱兆良，于天仁，等. 中国农业持续发展中的肥料问题[M]. 江西：江西科学技术出版社，1997. 6-11.
Li Q K, Zhu Z L, Yu T R *et al*. Fertilizer issues in the sustainable development of China agriculture[M]. Jiangxi: Jiangxi Science and Technology Press, 1997. 6-11

[2] 薛晓萍，王建国，郭文琦，等. 氮素水平对初花后棉株生物量、氮素累积特征及氮素利用率动态变化的影响[J]. 生态学报，2006，26(11)：2631-2640.
Xue X P，Wang J G，Guo W Q *et al*. Effect of nitrogen applied levels on the dynamics of biomass，nitrogen accumulation and nitrogen fertilization recovery rate of cotton after initial flowering [J]. Acta Ecol. Sin.，2006，26(11)：2631-2640.

[3] 张旺峰，勾铃，杜亮，等. 新疆高产棉花(1800 kg/hm^2)生长分析[J]. 棉花学报，2000，12(1)：27-31.
Zhang W F，Gou L，Du L *et al*. The group study of high yield cotton in Xinjiang[J]. Cotton Sci.，2000，12(1)：27-31.

[4] 杨景成，韩兴国，黄建辉，等. 土壤有机质对农田管理措施的动态响应[J]. 生态学报，2003，23(4)：787-796.
Yang J C，Han X G，Hang J H，*et al*. The dynamics of soil organic matter in cropland responding to agricultural practices[J]. Acta Ecol. Sin.，2003，23(4)：787-796.

[5] Jenkinson D S，Rayner J H. The turnover of soil organic matter in some of the Roth Amsted classical experiments [J]. Soil Sci.，1977，123(5)：298-305.

[6] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京：中国农业科技出版社，1999.
Lu R K. Analytical methods for soil and agro-chemistry [M]. Beijing：China Agricultural Science and Technology Press，1999.

[7] 中国农业科学院土壤肥料研究所. 中国肥料[M]. 上海：上海科学技术出版社，1994. 3-5.
Soil and Fertilizer Institute，Chinese academy of agricultural sciences. Fertilizers of China[M]. Shanghai：Shanghai Science and Technology Press，1994. 3-5.

[8] 全为民，严力蛟. 农业面源污染对水体富营养化的影响及其防治措施[J]. 生态学报，2002，22(3)：291-299.
Quan W M，Yan L J. Effects of agricultural on-point source pollution on eutrophication of water body and its control measure [J]. Acta Ecol. Sin.，2002，22(3)：291-299.

[9] 王朝辉，李生秀. 蔬菜不同器官的硝态氮含量与水分、全氮、全磷含量的关系[J]. 植物营养与施肥学报，1996，2(2)：144-152.
Wang Z H，Li S X. Relationships between nitrate contents and water，total N as well as total P in different organs of vegetable plants[J]. Plant Nutr. Fert. Sci.，1996，2(2)：144-152.

[10] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京：中国农业出版社，2007.
Bao S D. Soil and agricultural chemistry analysis[M]. Beijing：China Agriculture Press，2007.

[11] 徐明岗，于荣，王伯仁. 长期不同施肥下红壤活性有机质与碳库管理指数变化[J]. 土壤学报，2006，43(5)：723-729.
Xu M G，Yu R，Wang B R. Labile organic matter and carbon management index in red soil under long-term fertilization [J]. Acta Pedol. Sin.，2006，43(5)：723-729.

[12] 何欣，郝文雅，杨兴明，等. 生物有机肥对香蕉植株生长和香蕉枯萎病防治的研究[J]. 植物营养与肥料学报，2010，16(4)：978-985.
He X，Hao W Y，Yang X M *et al*. Effects of bioorganic fertilization on growth and controlling fusarium-wilt disease of banana[J]. Plant Nutr. Fert. Sci.，2010，16(4)：978-985.

[13] 凌宁，王秋君，杨兴明，等. 根际施用微生物有机肥防治连作西瓜枯萎病研究[J]. 植物营养与肥料学报，2009，15(5)：1136-1141.
Ling N，Wang Q J，Yang X M *et al*. Control of fusarium wilt of watermelon by nursery application of bio-organic fertilizer[J]. Plant Nutr. Fert. Sci.，2009，15(5)：1136-1141.

[14] 苏秦，贾志宽，韩清芳，等. 宁南旱区有机培肥对土壤水分和作物生产力影响的研究[J]. 植物营养与肥料学报，2009，15(6)：1466-1469.
Su Q，Jia Z K，Han Q F *et al*. Effects of organic fertilization on soil moisture and crop productivity in semi-arid areas of southern Ningxia[J]. Plant Nutr. Fert. Sci.，2009，15(6)：1466-1469.

[15] 侯金权，张杨珠，龙怀玉，等. 不同施肥处理对白菜的物质积累与养分吸收的影响[J]. 水土保持学报，2009，23(5)：201-204.
Hou J Q，Zhang Y Z，Long H Y *et al*. Effects of different fertilizations on substance accumulation and nutrient uptakes of Chinese cabbage under field conditions [J]. J. Soil Water Conserv.，2009，23(5)：201-204.

[16] 王克如，李少昆，曹连莆，等. 新疆高产棉田氮、磷、钾吸收动态及模式初步研究[J]. 中国农业科学，2003，36(7)：775-780.
Wang K R，Li S K，Cao L P *et al*. A preliminary study on dynamics and models of N，P，K absorption in high yield cotton in Xinjiang[J]. Sci. Agric. Sin.，2003，36(7)：775-780.

[17] Sudhir V，Pradeep K S. Effect of long-term maturing and fertilizers on carbon pools，soil structure，and sustainability under different cropping systems in wet-temperate zone of northwest Himalayas[J]. Biol. Fert. Soils，2007，44：235-240.

[18] 尹云锋，蔡祖聪，钦绳武. 长期施肥条件下潮土不同组分有机质的动态研究[J]. 应用生态学报，2005，16(5)：875-878.
Yin Y F，Cai Z C，Qin S W. Dynamics of fluvoaquic soil organic matter fractions under long-term fertilization[J]. Chin. J. Appl. Ecol.，2005，16(5)：875-878.

[19] Partion W J. The century model [A]. Powlson D S，Smith P，Smith J U. Evaluation of soil organic matter models[C]. Berlin，Heidelberg：Springer-Verlag，1996. 283-291.

[20] Meng L，Ding W X，Cai Z C. Long-term application of organic manure and nitrogen fertilizer effect on N_2O emissions，soil quality and crop production in a sandy loam soil[J]. Soil Biol. Biochem.，2005，37：2037-2045.

[21] 张天瑞，皇甫超河，白小明，等. 黄顶菊入侵对土壤养分和酶活性的影响[J]. 生态学杂志，2010，29(7)：1353-1358.
Zhang T R，Huang F C H，Bai X M *et al*. Effects of Flaveria bidentis invasion on soil nutrient contents and enzyme activities [J]. Chin. J. Ecol.，2010，29(7)：1353-1358.

[22] 薛萐，李占斌，李鹏，等. 不同土地利用方式对干热河谷地区土壤酶活性的影响[J]. 中国农业科学，2011，44(18)：3768-3777.
Xue S，Li Z B，Li P *et al*. Effect of Land use on soil enzyme activity in dry-hot valley[J]. Sci. Agric. Sin.，2011，44(18)：3768-3777.

[23] 路文涛，贾志宽，张鹏，等. 秸秆还田对宁南旱作农田土壤活性有机碳及酶活性的影响[J]. 农业环境科学学报，2011，30(3)：522-528.
Lu W T，Jia Z K，Zhang P *et al*. Effects of straw returning on soil labile organic carbon and enzyme activity in semi-arid areas of southern-Ningxia[J]. China J. Agro-Environ. Sci.，2011，30(3)：522-528.