

猪粪与化肥配施对植烟土壤酶活性和微生物生物量动态变化的影响^①

施 娴, 刘艳红*, 张德刚, 何芳芳

(红河学院云南省高校农作物优质高效栽培与安全控制重点实验室, 云南蒙自 661100)

摘 要: 采用盆栽试验研究不同用量的猪粪与化肥配施对植烟土壤酶活性和微生物生物量碳氮动态变化的影响。结果表明: 植烟土壤中脲酶、过氧化氢酶、蔗糖酶活性和微生物生物量碳含量随栽培天数的增加呈动态变化, 表现出先增加后减少的趋势, 且在栽培 10 天或 25 天达到最高峰, 各处理中以配施 30% 猪粪 + 70% 化肥处理较好; 微生物生物量氮含量随栽培天数增加表现出先下降后上升再下降的趋势, 且在 20 天时达到最高峰, 以化肥处理最好, 配施处理以 70% 猪粪 + 30% 化肥处理较好。综合所有指标, 在该试验条件下, 配施 30% 猪粪 + 70% 化肥处理对植烟土壤酶活性和微生物生物量碳含量作用较好。

关键词: 猪粪; 化肥; 土壤酶活性; 微生物生物量

中图分类号: S154.2

土壤酶和微生物是土壤的重要组成部分, 它们共同存在对土壤生产性能和组织代谢能力产生很大影响^[1-2], 土壤中的一切生物化学反应, 实际上都是在酶的参与下进行, 土壤酶活性直接反映土壤中进行的各种生物化学过程的强度和方向, 它是土壤的本质属性之一^[3]。脲酶为水解酶类, 能促进土壤中尿素分子酰胺碳氮链水解成 NH_3 和 CO_2 , 生成的 NH_3 是植物氮素营养主要来源之一^[4]。过氧化氢酶为氧化还原酶, 它能将生物呼吸和有机物生物化学反应产生的过氧化氢分解为分子氧和水, 防止 H_2O_2 在土壤中的积累, 解除其对生物体产生的毒害作用^[5]; 蔗糖酶, 主要参与高分子有机物的分解, 水解蔗糖生成葡萄糖和果糖, 改善土壤碳素营养状况, 其活性可作为评价土壤熟化程度和土壤肥力的指标^[6]。土壤微生物生物量虽然在土壤中的含量极少, 但它是土壤养分的储存库和植物生长可利用养分的重要来源, 与微生物个体数量指标相比, 更能反映微生物在土壤中的实际含量和作用潜力^[7]。微生物生物量氮是土壤中最为活跃的氮库, 影响土壤有机氮的有效性和损失, 因此, 土壤微生物生物量氮的测定对于定量农田生态系统氮动态变化具有重要意义^[8]。微生物生物量碳作为土壤活性碳的一部分反映微生物生物量碳与土壤有机质含量

具有良好的相关性^[8]。近年来, 土壤酶和微生物生物量已成为国内外土壤学研究的热点之一^[9-10]。就植烟土壤而言, 研究主要集中在施用化肥^[11-12]、秸秆还田^[13-14]和施用不同有机肥^[15-17]等对植烟土壤酶活性和微生物生物量的影响方面, 而有机无机肥配施对植烟土壤酶活性和微生物生物量的影响研究比较少, 特别是不同用量的有机和无机肥配施对植烟土壤酶活性和微生物生物量的动态变化研究更少。本文以猪粪为供试有机肥, 采用盆栽试验研究猪粪和化肥配施植烟土壤酶活性和微生物生物量的动态变化, 探讨有机无机肥的适宜用量和配比, 旨在为植烟土壤培肥提供依据。

1 材料和方法

1.1 供试材料

供试土壤为云南省植烟区具有代表性的红壤土 (0~20 cm), 土壤经风干、磨细、过 2 mm 筛备用, 其基本农化性质为: 全氮 0.423 g/kg、有效磷 7.904 mg/kg、速效钾 56.00 mg/kg、有机质 36.75 g/kg、pH 5.7。猪粪来自蒙自市周边的养猪场, 经过腐熟发酵, 发酵后的猪粪 N、P、K 含量分别为 2.65、1.32 和 1.26 g/kg。供试化肥为尿素(含 N 460 g/kg)、钙镁磷肥(含 P_2O_5

基金项目: 云南省应用基础研究计划青年项目(2013FD048)和红河学院硕博项目(XJIS0918)资助。

* 通讯作者(kidliu1968@126.com)

作者简介: 施娴(1984—), 女, 云南金平人, 硕士, 讲师, 研究方向为植物营养与环境。E-mail: sx_biology2@126.com

160 g/kg)和硫酸钾(含 K₂O 500 g/kg)。

1.2 试验方法

采用盆栽试验方法,于 2012 年 12 月在红河学院试验农场温室大棚进行栽培试验。采用直径 37 cm、高 40 cm 的塑料盆,每盆装 10 kg,种植 2 株烤烟。试验处理包括:对照(CK,不施肥);化肥;30% 猪粪+70% 化肥(以磷计,简称粪 3 肥 7,下同);50% 猪粪+50% 化肥(粪 5 肥 5);70% 猪粪+30% 化肥(粪 3 肥 7)。各处理施肥量 N:P₂O₅:K₂O 为 1:1:2.5,周年计划用肥量分别是 250、250 和 625 mg/kg。其中,粪肥、过磷酸钙作基肥一次施用;化学氮肥和钾肥 50% 作基肥,其余 50% 作追肥。试验设 4 次重复,随机排列。

1.3 采样分析

土壤样品采集于根际周围 0~20 cm 土壤。采集时间为烤烟移栽后每 5 天采集 1 次土壤样品,分别为移栽后 0、5、10、15、20、25、30 和 60 天。土壤中微生物生物量碳、氮的测定采用氯仿熏蒸法^[18];土壤脲酶活性测定采用比色法^[19];磷酸酶活性测定采用磷酸苯二钠比色法^[19];过氧化氢酶活性测定采用 KMnO₄ 滴定法^[19];蔗糖酶活性采用 3,5-二硝基水杨酸比色法^[19]。

1.4 数据处理与统计分析

试验数据采用 Excel 2003 和 SPSS 15.0 进行处理和统计分析。

2 结果分析

2.1 猪粪与化肥配施对土壤脲酶活性的影响

图 1 可以看出,各处理土壤脲酶活性随烤烟栽培时间的推移呈现动态的变化趋势,前期均显著增加,25 天左右出现最高峰,后期维持在相对稳定的状态。以 25 天为例,CK、化肥、粪 3 肥 7、粪 5 肥 5、粪 7 肥 3 脲酶活性值分别为:0.343、0.403、0.406、0.338、0.376 mg/(g·24h),以粪 3 肥 7 处理最高,CK 处理最低。猪粪与化肥配合施用不仅可以提供丰富的有机

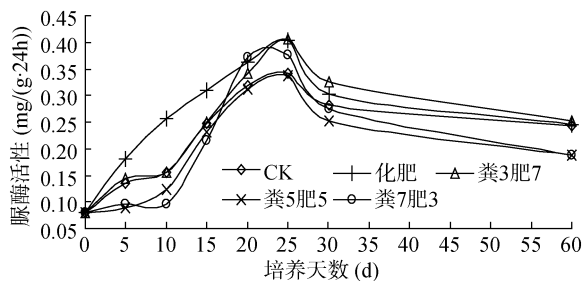


图 1 猪粪与化肥配施对土壤脲酶活性的影响
Fig. 1 Effects of pig manure and chemical fertilizer on urease activity

碳,而且化肥中的无机氮调节了土壤中的碳氮比,为微生物的活动和酶活性的提高创造了良好的条件,这与试验研究结果一致。

2.2 猪粪与化肥配施对土壤过氧化氢酶活性的影响

过氧化氢酶是参与土壤中物质和能量转化的一种重要氧化还原酶,在一定程度上可以表征土壤生物氧化过程的强弱^[11]。从图 2 可以看出,各处理土壤过氧化氢酶活性随烤烟栽培时间的推移前期逐渐增加,25 天左右出现最高峰,后期维持在较高水平。各处理中以粪 3 肥 7 处理土壤过氧化氢酶活性最高,粪 5 肥 5 次之。以 25 天为例,各处理过氧化氢酶活性(单位:0.1 mol/L KMnO₄, ml/(g·h))大小顺序为:粪 3 肥 7(0.821)>粪 7 肥 3(0.764)>粪 5 肥 5(0.753)>化肥(0.702)>CK(0.666)。

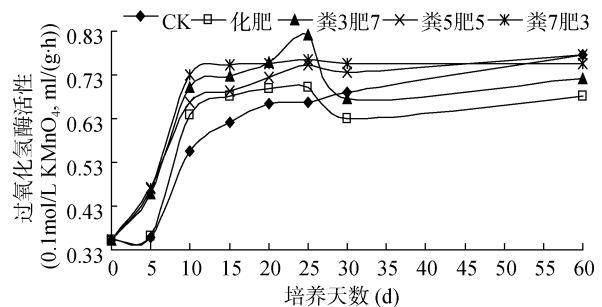


图 2 猪粪与化肥配施对土壤过氧化氢酶活性的影响
Fig. 2 Effects of pig manure and chemical fertilizer on catalase activity

2.3 猪粪与化肥配施对土壤蔗糖酶活性的影响

从图 3 可以看出,各处理土壤蔗糖转化酶活性随植株生长进程的推进呈现平稳的变化趋势,25 天左右出现最高峰,之后呈现平稳发展趋势,蔗糖酶活性一直处于较高状态,有利于作物生长。在前期烤烟盆栽试验中,以猪粪与化肥配施中的粪 3 肥 7 的土壤蔗糖酶活性最高,CK 处理最低。整个烤烟盆栽试验中各处理蔗糖酶活性变化幅度较小,以 30 天为例,各处理蔗糖酶活性(单位:mg/(g·24h))大小顺序为:粪 3 肥 7(0.293)>粪 7 肥 3(0.286)>化肥(0.270)>粪 5 肥 5(0.284)>CK(0.263)。

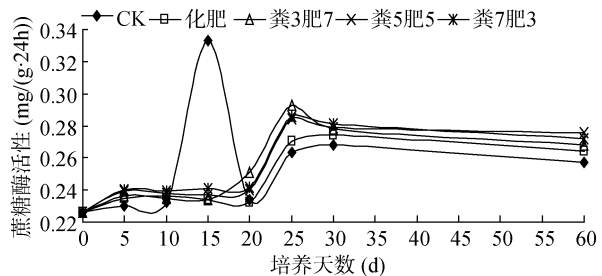


图 3 猪粪与化肥配施对土壤蔗糖酶活性的影响
Fig. 3 Effects of pig manure and chemical fertilizer on invertase activity

2.4 猪粪与化肥配施对微生物生物量碳含量的影响

土壤微生物生物量碳的含量能够反映出微生物利用土壤碳源进行自身细胞合成、大量繁殖与微生物细胞解体使用碳矿化的过程。由图 4 可以看出,除 CK 处理外,随着栽培天数增加,各施肥处理中微生物生物量碳含量出现显著增加的趋势,30 天后维持相对稳定的状态。值得注意的是,粪 3 肥 7 处理随栽培时间的推移先呈现显著增加,并于第 10 天达最高,之后出现下降趋势。各施肥处理增幅不同,以粪 3 肥 7 处理最高达 45%,粪 5 肥 5 处理次之达 27%,粪 7 肥 3 处理第三达 23%,化肥处理最少达 17%。总体上看,配施处理有利于增加植烟土壤中微生物生物量碳的含量。

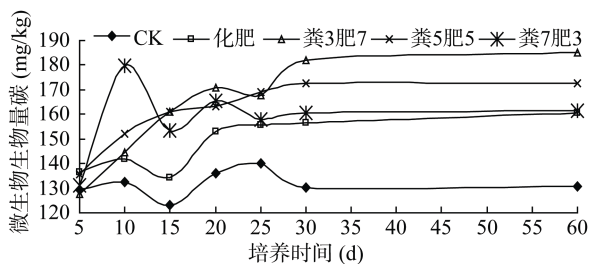


图 4 猪粪与化肥配施对微生物生物量碳含量的影响
Fig. 4 Effects of pig manure and chemical fertilizer on microbial biomass C

2.5 猪粪与化肥配施对微生物生物量氮含量的影响

由图 5 可知,各处理中微生物生物量氮含量随着烤烟栽培时间的推移呈现下降-升高-下降的动态的

变化趋势。各处理均在 20 天左右达到峰值。总体上看,各处理微生物生物量氮含量(单位:mg/kg)表现为化肥(0.438 3) > 粪 7 肥 3(0.395 8) > 粪 3 肥 7(0.378 4) > 粪 5 肥 5(0.376 2),但均低于 CK 处理,这可能与烤烟栽培过程中,烟株吸收过多氮素,造成土壤中微生物生物量氮含量低于 CK 处理。

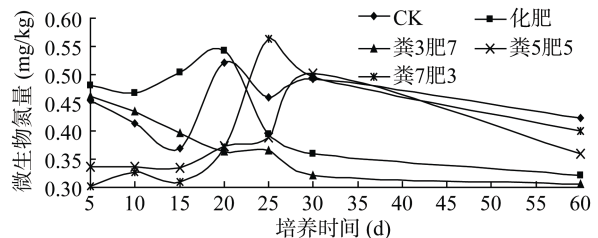


图 5 猪粪与化肥配施对微生物生物量氮含量的影响
Fig. 5 Effects of pig manure and chemical fertilizer on microbial biomass N

2.6 猪粪与化肥配施土壤微生物生物量和酶活性之间的相关性

表 1 显示了猪粪与化肥配施条件下土壤中微生物生物量碳氮和酶活性之间的相关关系。土壤微生物生物量碳与氮含量呈现显著相关($P < 0.05$),与过氧化氢酶活性呈现极显著相关($P < 0.01$),而土壤微生物生物量氮含量与脲酶、过氧化氢酶和蔗糖酶活性均表现相关性不显著。脲酶与蔗糖酶活性呈现显著相关($P < 0.05$),与过氧化氢酶活性呈现极显著相关($P < 0.01$),过氧化氢酶与蔗糖酶活性显著相关($P < 0.05$)。

表 1 土壤微生物生物量和酶活性指标之间的相关性
Table 1 Correlation matrix among active organic carbon, microbial biomass and soil enzymes

	微生物生物量氮	脲酶	过氧化氢酶	蔗糖酶
微生物生物量碳	0.369*	0.096	0.624**	0.239
微生物生物量氮		0.292	0.068	0.067
脲酶			0.555**	0.392*
过氧化氢酶				0.381*

注:*,** 分别表示在 $P < 0.05$, $P < 0.01$ 水平显著相关。

3 讨论与结论

前人研究表明,施用绿肥^[20]、秸秆^[21-23]、饼肥^[24]等施肥措施均能提高土壤中酶的活性和微生物生物量。单施化肥或化肥与有机肥配合施用可提高土壤中酶活性和微生物生物量碳氮含量^[14,25]。本研究结果表明,猪粪与化肥配施能显著提高土壤中脲酶、过氧化氢酶、蔗糖酶活性和微生物生物量碳氮含量,这与王晓玲等^[25]研究羊粪与化肥配施的结果一致。因为有机肥是一种腐熟的肥料,施入之后不仅改善了土壤理

化性状,同时也为微生物的生长繁殖提供了良好的环境条件和能源,特别是以猪粪为主的农家肥营养丰富,C/N 合适,具有较高的有效利用性,利于微生物的繁殖,从而增加了土壤微生物生物量和土壤酶活性。本试验通过对植烟土壤不同培养时间内土壤酶活性和微生物生物量碳氮的动态变化的研究还发现,随着培养时间的推移植烟土壤中酶活性和微生物生物量碳含量呈现动态变化,表现出先上升后下降后期维持在一定水平内,峰值出现在移栽后 25 天左右,这与李正等^[26]研究翻压绿肥对植烟土壤微生物生物量

及酶活性的峰值出现在移栽后 30 天结果一致。值得注意的是, 植烟土壤中微生物生物量氮含量呈现先下降后上升再下降的趋势, 这可能是前期由于烤烟生长消耗部分的氮素, 微生物生物量氮出现下降, 随着猪粪的分解为土壤微生物提供了有机碳源, 促进了微生物的大量繁殖, 同时由于化肥的施用, 在移栽中期出现了增加的趋势, 后期由于烤烟快速生长, 土壤中氮素被大量吸收, 微生物生物量氮出现显著逐渐降低趋势。尽管土壤酶活性与土壤质量之间的关系还没有明确, 但土壤中许多酶与微生物呼吸、微生物种类及数量、有机碳含量之间存在显著相关关系^[27-29]。本研究土壤中微生物生物量碳氮之间存在显著关系, 土壤酶之间存在显著或极显著关系, 微生物生物量碳与过氧化氢酶之间存在显著关系, 表明微生物生物量碳氮和土壤酶活性之间可相互影响。同时由于土壤酶对因环境或管理因素引起的变化较为敏感, 土壤酶活性也可以客观地反映土壤肥力状况和土壤养分(尤其是 N、P)转化的强弱^[14]。而且本研究结果进一步验证了包含微生物生物量和土壤酶活性的土壤微生物特性可以作为长期施肥条件下土壤肥力变化的重要指标。

总体上看, 猪粪与化肥配施后植烟土壤中脲酶、过氧化氢酶、蔗糖酶活性剂微生物生物量碳氮随着移栽期的推移出现动态变化的过程和烤烟生长发育之间表现出一定的相互性和协调性, 提高了土壤中酶活性和微生物生物量碳氮的含量, 一定程度上改善了土壤的生物化学过程。猪粪作为一种有机肥料还田, 具有可充分利用资源, 减施化肥, 培肥地力, 减少污染, 改善环境卫生等多重效益。研究有机无机肥配施条件下植烟土壤微生物生物量和酶活性的动态变化, 可为发展低碳烟草农业, 构建资源节约型和环境友好型农业, 实现烟叶生产的可持续发展和特色烟叶开发提供理论依据。

参考文献:

- [1] 张翼, 张长华, 王振民, 黄建国. 连作对烤烟生长和烟地土壤酶活性的影响[J]. 中国农学通报, 2007, 23(12): 211-215
- [2] 张长华, 王智明, 陈叶君, 潘文杰, 黄建国. 连作对烤烟生长及土壤氮磷钾养分的影响[J]. 贵州农业科学, 2007, 35(4): 62-65
- [3] 胡汝晓, 赵松义, 谭周进, 肖汉乾, 巢进, 屠乃美, 周清明. 烟草连作对稻田土壤微生物及酶的影响[J]. 核农学报, 2007, 21(5): 494-497
- [4] 杨万勤, 王开运. 土壤酶研究动态与发展[J]. 应用与环境生物学报, 2002, 8(5): 564-570
- [5] 常学秀, 文传浩, 沈其荣. 锌厂 Pb 污染农田小麦根际与非根际土壤酶活性特征研究[J]. 生态学杂志, 2001, 20(4): 5-8
- [6] 张昱, 程智慧, 徐强, 李娟. 玉米蒜苗套作系统中土壤微生物和土壤酶状况分析[J]. 土壤通报, 2007, 38(6): 1136-1140
- [7] 王志明, 朱培立, 黄东迈, 刘海琴. 秸秆碳的田间原位分解和微生物量碳的周转特征[J]. 土壤学报, 2003, 40(3): 446-453
- [8] 王岩, 沈其荣, 史瑞和. 有机无机肥料施用后土壤生物量 C、N、P 的变化及 N 素转化[J]. 土壤学报, 1998, 35(2): 227-233
- [9] 王继红, 刘景双, 于君宝, 王金达. 氮磷肥对黑土玉米农田生态系统土壤微生物量碳、氮的影响[J]. 水土保持学报, 2001, 18(1): 35-38
- [10] 王光华, 齐晓宁, 金剑, 刘俊杰, 王洋. 施肥对黑土农田土壤全碳、微生物量碳及土壤酶活性的影响[J]. 土壤通报, 2007, 38(4): 661-666
- [11] 马冬云, 郭天财, 宋晓, 王晨阳, 住云集, 王永华, 岳艳军, 查菲娜. 尿素施用量对小麦根际土壤微生物数量及土壤酶活性的影响[J]. 生态学报, 2007, 27(12): 5222-5228
- [12] 宋日, 吴春胜, 牟金明, 姜岩, 郭继勋. 玉米根茬留田对土壤微生物量碳和酶活性动态变化特征的影响[J]. 应用生态学报, 2002, 13(3): 303-306
- [13] 曹志平, 胡诚, 叶钟年, 吴文良. 不同土壤培肥措施对华北高产农田土壤微生物生物量碳的影响[J]. 生态学报, 2006, 26(5): 1486-1493
- [14] 刘国顺, 李正, 敬海霞, 叶协锋, 史宏志, 王永, 杨超, 常栋. 连年翻压绿肥对植烟土壤微生物量及酶活性的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(6): 1472-1478
- [15] 刘卫群, 姜占省, 郭红祥, 关利霞. 芝麻饼肥用量对烤烟根际土壤生物活性的影响[J]. 烟草科技, 2003(6): 32-35
- [16] 李正, 刘国顺, 敬爱霞, 解昌盛, 向永光, 杨超, 郑文冉, 叶协锋. 翻压绿肥对植烟土壤微生物量及酶活性的影响[J]. 草业学报, 2011, 20(6): 225-235
- [17] 陈安磊, 王凯荣, 谢小立. 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
- [18] Vance ED, Brookes PC, Jenkins DS. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. Soil Biology & Biochemistry, 1987, 19(6): 703-707
- [19] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1986: 278-280
- [20] 张文平, 郑文冉, 黄克久, 蒋震. 黑麦草不同翻压量对植烟土壤微生物量及酶活性的影响[J]. 中国农学通报, 2010, 26(6): 185-188
- [21] 孙建, 刘苗, 李立军, 刘景辉, 张星杰. 免耕与留茬对土壤微生物量 C、N 及酶活性的影响[J]. 生态学报, 2009, 29(10): 5508-5514
- [22] 张电学, 韩志卿, 李东坡, 刘微, 高书国, 侯东军, 常连生. 不同促腐条件下秸秆还田对土壤微生物量碳氮磷动态变化的影响[J]. 应用生态学报, 2005, 16(10): 1903-1908
- [23] 路磊, 李忠佩, 车玉萍. 不同施肥处理对黄泥土微生物生物量碳和酶活性的影响[J]. 土壤, 2006, 38(3): 309-314
- [24] 武雪萍, 刘增俊, 赵跃华, 刘国顺, 杨超, 郭伟玲, 荆冬

- 梅. 施用芝麻饼肥对植烟根际酶活性和微生物碳、氮的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11 (4): 541-546
- [25] 王晓玲, 袁丽锋, 黄腾跃, 王改玲. 羊粪和化肥配施对复垦土壤酶活性的影响[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2014, 34(3): 226-229
- [26] 李正, 刘国顺, 敬海霞, 叶协锋, 解昌盛, 向永光, 张文平, 杨超, 王永, 习相银. 绿肥与化肥配施对植烟土壤微生物量及供氮能力的影响[J]. 草业学报, 2011, 20(6): 126-134
- [27] 李娟, 赵秉强, 李秀英, Hwat BS. 长期有机无机肥料配施对土壤微生物学特性及土壤肥力的影响[J]. 中国农业科学, 2008, 41(1): 144-152
- [28] 刘骅, 林英华, 张云舒, 谭新霞, 王西和. 长期施肥对灰漠土生物群落和酶活性的影响[J]. 生态学报, 2008, 28(8): 3 899-3 904
- [29] 张继光, 秦江涛, 要文倩, 周睿, 张斌. 长期施肥对红壤旱地土壤活性有机碳和酶活性的影响[J]. 土壤, 2010, 42(3): 364-371

Effects of Pig Manure and Chemical Fertilizer on the Changes of Soil Enzyme Activities and Microbial Biomass C and N of Tobacco-planting Soil

SHI Xian¹, LIU Yan-hong^{*}, ZHANG De-gang, HE Fang-fang

(Key Laboratory of Crop High Quality and Efficient Cultivation and Security Control of College in Yunnan Province, Honghe University, Mengzi, Yunnan 661100, China)

Abstract: In this paper, the effects of pig manure and chemical fertilizer on the changes of soil enzyme activities and microbial biomass C and N of tobacco-planting soils were investigated with pot experiment. Results showed that the activities of soil urease, catalase, invertase and microbial biomass C changed with the increasing days of tobacco cultivation: they increased with cultivation days at first, and reached their maximum values in 10 days or 25 days, and then decreased with further increase in cultivation days. The treatment with 30% pig manure + 70% chemical fertilizer was better to increase the activities of these enzymes and microbial biomass C than other treatments. Microbial biomass N content decreased at first and then increased with the increasing cultivation days, and reached its maximum value in 20 days and then decreased with further increase in cultivation days. The treatment with only chemical fertilizer was the best one to increase microbial biomass N followed by the treatment with 70% pig manure + 30% chemical fertilizer. Considering all indexes comprehensively, we concluded that combined application of 30% pig manure and 70% chemical fertilizer was better choice to increase soil enzyme activity and microbial biomass C.

Key words: Pig Manure; Soil nutrients; Soil enzyme activities; Microbial biomass