

长期免耕与施用有机肥对土壤微生物 生物量碳、氮、磷的影响*

徐阳春 沈其荣[†] 冉 炜

(南京农业大学资源与环境科学学院, 农业部作物生长与调控重点实验室, 南京 210095)

摘 要 通过设置在江苏省句容农科所的田间定位试验研究长期免耕及施用有机肥料对土壤微生物生物量碳、氮、磷的影响。结果表明: 经过 16 年 32 茬稻—麦水旱轮作后, 表土层(0~5cm)土壤微生物生物量碳、氮、磷含量比亚表层(5~10cm)分别高 27.5%、43.6% 和 11%。与常规耕翻相比长期免耕处理表土层土壤微生物生物量碳、氮含量分别增加了 25.4% 和 45.4%, 而微生物生物量磷无明显变化规律; 亚表层的土壤微生物生物量碳、氮、磷免耕与耕翻两种耕作方式间的差异不显著。尽管各施肥处理施用的氮、磷、钾数量完全相等, 但土壤微生物生物量碳、氮、磷的含量却因肥料种类的不同而异。综合 0~5 和 5~10cm 土层, 微生物生物量碳、磷为: 猪粪+ 化肥> 秸秆+ 化肥> 绿肥+ 化肥> 化肥> 不施肥, 微生物生物量氮则为: 猪粪+ 化肥> 绿肥+ 化肥> 秸秆+ 化肥> 化肥> 不施肥。相关分析结果显示, 土壤微生物生物量碳、氮与土壤有机碳、土壤全氮和土壤碱解氮之间均呈极显著的正相关, 表明其与土壤肥力关系密切, 可作为评价土壤肥力性状的生物学指标。

关键词 免耕, 有机肥料, 微生物生物量碳、氮、磷

中图分类号 S154.2

土壤微生物生物量既是土壤有机质和土壤养分转化与循环的动力, 又可作为土壤中植物有效养分的储备库。因此, 其在土壤肥力和植物营养中具有重要作用。土壤微生物生物量对土壤环境因子的变化极为敏感, 土壤的微小变动均会引起其活性变化。

土壤耕作是经过机械耕翻的土壤扰动过程, 它不但影响土壤的物理化学性质, 而且影响土壤的微生物学特征。Carter 等就曾把土壤微生物碳含量作为由不同耕作法引起的土壤生物学性质变化的一个指标^[1]。向土壤中添加有机物也会引起土壤微生物生物量的改变^[2], Workneh 等发现, 同常规农作的土壤相比较, 有机农业的土壤具有更高的微生物活性^[3]。以往的这些报道多是作物生长一季或几季的短期研究结果, 而长期连续进行这些处理对土壤微生物的效应则鲜见报道。

本文通过对稻—麦水旱轮作体系下经 16 年 32 茬长期连续免耕与常规耕翻处理、化肥长期单施及其与秸秆、绿肥和猪粪三种有机肥料配合施用后土壤微生物生物量碳、氮、磷含量变化进行的横向比较, 旨在研究该两种耕作法及不同肥料种类对土壤微生物学特

* 国家自然科学基金重点项目(39830220)资助

† 通讯作者

收稿日期: 2001-03-11; 收到修改稿日期: 2001-09-20

性的影响,阐明这些土壤管理措施在可持续发展农业中对维护土壤质量的作用。

1 材料与方法

1.1 土壤

供试土壤为第四纪下蜀黄土发育的马肝土(黄棕壤),取自江苏省丘陵地区镇江农科所(119°07' E, 31°56' N)进行了16年32茬连续免耕与常规耕翻和施用不同有机肥处理的长期定位试验田,试验设计及试验开始前的土壤基本性状参见文献[4],1999年5月小麦生长期在各个处理小区中分别采集0~5和5~10cm土壤样品共60个。新鲜土样通过2mm筛后,部分4℃保存(<72h)供分析微生物生物量碳、氮、磷;另一部分土样风干后,用于测定有机碳、全氮、碱解氮和速效磷。

1.2 分析方法

1.2.1 土壤微生物生物量 (1) 微生物生物量碳。采用灭菌-提取法^[5]。称取25.0g新鲜土样置于150ml塑料瓶中,放入内盛100ml无醇CHCl₃烧杯的真空干燥器内,抽真空使CHCl₃沸腾5min,保持真空并在25℃黑暗下灭菌24h,将盛CHCl₃的烧杯取出后反复抽真空直至除尽样品中的CHCl₃为止。加入100ml 0.5mol L⁻¹的K₂SO₄于塑料瓶内,25℃恒温振荡30min后过滤,滤液中的碳用TOG 5000A(日本Shimadzu公司生产)仪测定,同时另取未灭菌的土壤按上述方法提取测定碳。微生物生物量碳为两者之差除以转换系数0.35。(2) 微生物生物量氮。采用Ross提出的方法^[6]。将由灭菌和未灭菌土壤获得的K₂SO₄提取液分别置于凯氏瓶内消化,采用半微量蒸馏法测定氮。微生物生物量氮为两者之差除以转换系数0.54。(3) 微生物生物量磷。采用灭菌NaHCO₃提取法^[7]。灭菌和未灭菌土样用0.5mol L⁻¹的NaHCO₃在25℃恒温下振荡提取1h后过滤,滤液经无磷活性碳脱色后采用钼蓝比色法测定磷,微生物生物量磷等于两者之差除以转换系数0.40。

1.2.2 土壤有机碳、全氮、碱解氮和速效磷 采用常规方法测定^[8]。

2 结果与讨论

2.1 长期免耕施肥对土壤微生物生物量碳的影响

2.1.1 不同耕作处理的土壤微生物生物量碳 土壤微生物生物量碳是土壤有机质中活性较高的部分,它是土壤养分重要的源。本试验结果表明,土壤微生物生物量碳因土层不同而异,两种耕作方式下都表现为表土层(0~5cm) > 亚表层(5~10cm)(表1),表土层平均比亚层高27.5%。经16年32茬连续处理后,免耕0~5cm土层微生物生物量碳比常规耕翻增加27.4%,方差分析显示两种耕作方式之间的这种差异达到极显著水平,这与前人报道的免耕下表土层微生物生物量和微生物过程总是显著地高于耕翻土壤的结果相似^[9]。产生这种差异的原因是由于土壤微生物以异养型种群为主,其生命活动过程需要消耗一定的能量,免耕不扰动土层,植物残体及连年施入的有机肥主要积累在表土层中,相应地可供微生物维持生命活动的能量充足;同时,长期连续免耕使土壤耕层变浅,植物根系多集中分布于表土层,根的残存及大量的低分子量的根系分泌物也加剧了土壤微生物的繁衍,使其生命活动旺盛。但在耕翻处理中,植物残体和施入的有机肥则随机械耕翻而均匀地分布于0~20cm的耕作层中,由于稀释效应使0~5cm土层有机碳含量较免耕的低^[4],从而导致该土层中土壤微生物生物量C比免耕低。尽管5~10cm土层免耕与耕

翻两处理间土壤有机碳含量差异显著^[4], 然而该层中的微生物生物量 C 含量两处理间差异并不显著, Aslam 等也有类似的结果报道^[10], 原因有待进一步研究。

2.1.2 不同施肥处理与土壤微生物生物量碳 与对照相比长期连续施肥可增加土壤微生物生物量碳(表 1), 但其作用效果因肥料种类而异, 单施化肥及化肥与有机肥配合施用, 土壤微生物生物量碳分别比对照增加了 9.6% 和 32.2%。在等氮、等磷和等钾使用的条件下, 化肥单施的效果远不及有机肥与化肥配合施用, 究其原因一方面是由于长期施用化肥, 尤其是无机氮肥, 虽然增加了植物根茬等的残留, 但由于土壤的 C/N 比下降, 加速了土壤中原有有机碳分解, 导致土壤中积累的有机碳总量较少^[4]; 另一方面长期施用硫酸铵、普钙和氯化钾等酸性或生理酸性肥料后土壤 pH 下降, 使土壤微生物的生命活动减弱^[11]; 此外, 长期单施化肥使土壤团聚体受到破坏, 微生物的生存环境变劣, 很可能也是土壤微生物生物量碳降低的原因之一, 因为有许多研究发现, 土壤微生物生物量与土壤团聚体呈紧密的相关^[12~14]。化肥与有机肥配合施用, 既补充输入了有机碳源又改善土壤物理性状, 这大大刺激了土壤微生物的活性^[15]。不同有机肥种类的作用效果为猪粪> 秸秆> 绿肥, 分别比不施肥的对照增加 60.1%、19.8% 和 19.6%。造成这种差异的原因是由于不同有机物料中碳在分解速率上的差异, 使各处理土壤中积累有机碳的数量不同。猪粪对土壤微生物生物量作用效果最明显, 是由于该处理土壤有机碳含量最高, 提供微生物生命活动的能源多; 此外, 土壤湿度也是重要的影响因子, 业已发现土壤水分与微生物量密切相关, 且在一定范围内土壤微生物生物量随着含水量的增加而增加^[16]。众所周知长期施用猪粪可增强土壤的持水能力, 土壤中的干湿交替作用趋于缓和, 从而更有利于土壤微生物的生命活动。

表 1 不同耕作方式下长期施用有机肥料对土壤微生物量碳的影响

Table 1 Effects of long term zero tillage and application of manure on soil microbial biomass C (mg kg^{-1})

处理 Treatment	免耕 Zero tillage		耕翻 Tillage	
	0~ 5cm	5~ 10cm	0~ 5cm	5~ 10cm
	对照	611.4(52.3) ¹⁾	453.9(32.2)	530.3(45.9)
化肥	765.0(66.1)	494.1(41.7)	541.8(55.2)	464.6(46.9)
秸秆+ 化肥	757.6(42.6)	548.6(49.8)	673.9(82.1)	495.9(59.7)
绿肥+ 化肥	857.8(89.4)	485.1(58.0)	593.0(61.8)	539.9(48.6)
猪粪+ 化肥	991.5(78.7)	807.3(72.4)	791.3(80.5)	724.7(83.1)

1) 括号内为标准差, 下同

2.2 长期免耕施肥对土壤微生物生物量氮的影响

微生物生物量氮是土壤氮素的一个重要储备库^[17], 在土壤氮素循环与转化过程中起着重要的调节作用。虽然土壤微生物量氮在数量上低于或接近于作物的吸氮量, 但由于微生物量氮的周转率比土壤有机氮快 5 倍之多, 因此大部分的矿化氮来自于土壤微生物生物量氮^[18,19], 可见其在植物营养中的重要性。

不同耕作方式对 0~ 5cm 土层微生物生物量氮的影响与土壤微生物生物量碳相似, 免耕比传统耕翻增加 27%。而 5~ 10cm 土层耕翻则比免耕高 17%。长期单施化肥及化肥与秸秆、绿肥、猪粪配和施用, 土壤微生物生物量氮分别比对照增加了 6.5%、30.5%、

38.1% 和 74.6%，化肥与有机肥配合比化肥单施提高 39%。有趣的是三种有机肥的作用效果的排序与土壤微生物量碳并不相同，而与土壤全氮的排序完全相同^[4]，表现为猪粪> 绿肥> 秸秆。这是由于化肥与秸秆、绿肥、猪粪等有机肥配合施用后，促进了土壤微生物大量繁殖，从而固持了一部分氮素。被微生物固持氮素中的一部分在作物生长期可逐渐矿化释放出来，供作物吸收；而另一部分则转化为性质稳定的有机氮，最终使土壤氮素含量增加。Singh 等的研究发现，在旱地水稻田中，秸秆与化肥配合和秸秆单施，土壤微生物生物量 N 分别比对照增加 77% 和 84%^[20]，而本试验中长期秸秆与化肥配合施用的效果远不及他们报道的高，很可能与不同试验地水热条件的差异有关。

表 2 不同耕作方式下长期施用不同有机肥料对土壤微生物量氮的影响

Table 2 Effects of long term zero tillage and application of manure on soil microbial biomass N (mg kg⁻¹)

处理 Treatment	免耕 Zero tillage		耕翻 Tillage	
	0~ 5cm	5~ 10cm	0~ 5cm	5~ 10cm
	对照	53.0(4.8)	29.8(2.7)	49.2(4.5)
化肥	54.2(5.4)	32.6(3.2)	49.9(5.6)	40.1(4.7)
秸秆+ 化肥	70.5(7.6)	41.1(4.3)	62.2(7.8)	43.3(5.1)
绿肥+ 化肥	85.7(7.1)	38.5(4.0)	56.8(8.4)	48.7(6.2)
猪粪+ 化肥	97.2(8.9)	58.9(4.6)	65.7(6.9)	68.5(5.5)

在等量施氮条件下，化肥与有机肥长期配合施用后土壤微生物生物量氮显著高于化肥长期单施，意味着这些处理中有较多的氮素通过同化作用转入到微生物体内暂时固定，相应地通过 NH₃ 挥发和 NO₃⁻ 淋失以及反硝化脱氮等途径造成的氮素损失减少了，这对调节土壤氮素供应，提高氮肥利用率，保护大气环境、防止水资源污染、保证农业的可持续发展具有积极意义。

2.3 长期免耕施肥对土壤微生物生物量磷的影响

相对于土壤微生物生物量碳、氮，有关微生物生物量磷的研究很少。本试验的结果表明，不同耕作措施对微生物生物量磷的影响远不及微生物生物量碳、氮明显(表 3)，t 测定显示，0~ 5 及 5~ 10cm 土层微生物生物量磷免耕与耕翻之间均无显著差异，原因有待进一步研究。

施肥可显著提高土壤微生物生物量磷，与对照相比化肥单施及其与秸秆、绿肥、猪粪配合施用，土壤微生物生物量磷分别增加了 117%、125%、122% 和 174%。即使长期单施化肥，土壤微生物生物量磷也有较大幅度的增加，究其原因可能是施磷后增加了微生物对磷的同化固定。Aslam 等在研究土壤微生物生物量磷的季节变化规律时发现冬季显著高于其他季节，他们认为此现象与播前化学磷肥的施用有关^[9]。化肥和秸秆、绿肥配合施用，土壤微生物生物量磷也明显增加，但与化肥单施之间差异不显著。化肥与猪粪配合施用土壤微生物生物量磷增加最多，且与化肥单施之间差异显著，可能由于在等量施磷条件下，该处理由猪粪补充的有机磷较其他处理多，在植物生长期这些有机磷在微生物的参与下逐步矿化，部分矿化的磷又同化为微生物生物量磷。

表 3 不同耕作方式下长期施用不同有机肥料对土壤微生物量磷的影响

Table 3 Effects of long term zero tillage and application of manure on soil microbial biomass P (mg kg⁻¹)

处理 Treatment	免耕 Zero tillage		耕翻 Tillage	
	0~ 5cm	5~ 10cm	0~ 5cm	5~ 10cm
	对照	25.3(2.8)	17.5(2.1)	31.6(2.6)
化肥	51.4(4.6)	47.3(3.8)	56.7(5.1)	82.4(7.3)
秸秆+ 化肥	84.7(10.7)	67.4(7.3)	47.5(6.8)	47.0(6.0)
绿肥+ 化肥	65.7(9.5)	62.9(7.9)	59.9(6.2)	54.3(5.7)
猪粪+ 化肥	81.8(8.4)	54.8(6.7)	85.4(10.1)	78.7(8.9)

2.4 土壤微生物商

微生物商是指土壤微生物生物量碳与土壤有机碳总量的比值, 即:

$$\text{土壤微生物商} = \frac{\text{土壤微生物生物量碳}}{\text{土壤有机全碳}}$$

有研究者认为用微生物商来表示土壤过程或土壤质量的变化, 比单独应用微生物生物量碳或土壤有机总碳要有效的多^[21], 因为商是一个比值, 它能够避免在使用绝对量或有机质含量不同的土壤进行比较时出现的一些问题。本试验中不同土层的微生物商因耕作措施不同而异(表 4), 在免耕下为亚表层高于表土层, 而常规耕翻下则无规律。就同一土层而言, 0~ 5cm 的微生物商长期免耕低于耕翻, 而 5~ 10cm 免耕则高于耕翻。施肥后微生物商均降低, 综合 0~ 5 和 5~ 10cm 两个层次, 不同施肥处理的微生物商排序为: 对照 > 猪粪 > 秸秆 > 化肥 > 绿肥。Sparling 等认为, 如果土壤被过度使用, 土壤微生物 C 库将会以较快的速率下降, 最终导致土壤微生物商的降低^[22]。由本试验所获的结果, 我们认为能否使用微生物商作为长期培肥过程中土壤质量演变的评价指标值得商榷。

表 4 不同耕作方式下长期施用不同有机肥料对土壤微生物商的影响

Table 4 Effects of long-term zero tillage and application of manure on microbial quotient

处理 Treatment	免耕 Zero tillage		耕翻 Tillage	
	0~ 5cm	5~ 10cm	0~ 5cm	5~ 10cm
	对照	0.266	0.275	0.290
化肥	0.254	0.282	0.249	0.245
秸秆+ 化肥	0.247	0.308	0.267	0.220
绿肥+ 化肥	0.233	0.262	0.234	0.242
猪粪+ 化肥	0.231	0.333	0.266	0.246

需要指出的是本试验中土壤微生物生物量碳占土壤有机碳的比值仅为 0.22% ~ 0.34%, 远远低于一些文献中报道的 1% ~ 5%, 这可能与试验地土壤有机碳的含量较高有关。

2.5 土壤微生物生物量碳、氮、磷与土壤有机碳、全氮、碱解氮、速效磷的关系

相关分析结果表明, 土壤微生物生物量碳与土壤有机碳、全氮和碱解氮均呈极显著正相关(表 5); 土壤微生物生物量氮也与上述三者呈极显著正相关, 该结果与 Kushwaha 等的

报道相似^[23]。土壤微生物生物量磷与土壤速效磷呈极显著正相关,但与土壤有机碳之间的相关不显著。表明土壤微生物量 C、N 与土壤肥力关系紧密,可作为评价土壤质量的生物学指标。

表 5 土壤微生物生物量碳、氮、磷与土壤有机碳、全氮、碱解氮、磷的相关

Table 5 The relationships between soil microbial biomass C, N and P and total organic C, N and available P

项 目 Item	相关方程 Regression equation	相关系数 <i>r</i>
土壤微生物生物量碳 vs 土壤有机碳	$y = 0.0194x + 153.67$	0.915** (n = 20)
土壤微生物生物量碳 vs 土壤全氮	$y = 354.6200x + 57.52$	0.883** (n = 20)
土壤微生物生物量碳 vs 土壤碱解氮	$y = 4.0737x + 80.35$	0.894** (n = 20)
土壤微生物生物量氮 vs 土壤有机碳	$y = 0.0027x - 10.36$	0.915** (n = 20)
土壤微生物生物量氮 vs 土壤全氮	$y = 50.1500x - 25.14$	0.898** (n = 20)
土壤微生物生物量氮 vs 土壤有机碳	$y = 0.5745x - 21.70$	0.907** (n = 20)
土壤微生物生物量磷 vs 土壤有机碳	$y = 0.0007x + 38.98$	0.210 (n = 20)
土壤微生物生物量磷 vs 土壤速效磷	$y = 0.6901x + 17.66$	0.594** (n = 20)

** 极显著相关

3 结 论

长期连续免耕由于连年施用的有机肥及植物残体等多积累于土表,使 0~5cm 土层的土壤微生物学特性发生了较大的改变,与常规耕翻相比微生物生物量碳、氮均明显增加,而微生物生物量磷的变化不明显。施肥对土壤微生物生物量的影响因肥料种类而异,长期单施化肥的效果不及有机肥与化肥配合施用,化肥与有机肥配施中又以猪粪与化肥配合对土壤微生物生物量碳、氮、磷的影响最大。土壤微生物生物量碳、氮与土壤有机碳、全氮和碱解氮呈显著的正相关,可用作评价长期土壤培肥过程中土壤质量变化的生物学指标。

参 考 文 献

1. Carter M R, White R P. Determination of variability in soil physical properties and microbial biomass under continuous planted corn. *Can. J. of Soil Sci.*, 1986, 66: 747~ 750
2. 沈其荣, 余 玲, 刘兆普等. 有机无机肥料配合施用对滨海盐土土壤生物态氮及土壤供氮特征的影响. *土壤学报*, 1994, 31(3): 287~ 293
3. Workneh F, Van Buggen. Microbial density, composition, and diversity in organically and conventionally managed rhizosphere soil in relation to suppression of corky root of tomatoes. *Applied Soil Ecology*, 1994, 1: 219~ 230
4. 徐阳春, 沈其荣. 水旱轮作下免耕和施用有机肥对土壤某些肥力性状的影响. *应用生态学报*, 2000, 11(4): 549~ 552
5. Vance E D, Brooks P C, Jenkinson D S. An extraction method for measure soil microbial biomass C. *Soil Biol. Biochem.*, 1987, 19: 703~ 707
6. Ross D J. Influence of sieve mesh size on estimate of microbial carbon and nitrogen by fumigation extraction procedures in soils under pasture. *Soil Biol. Biochem.*, 1992, 24: 346~ 350
7. Brookes P C, Powlson D S, Jenkinson D S. Measurement of microbial biomass phosphorus in soil. *Soil Biol. Biochem.*, 1982,

- 14: 319~ 329
8. 中国土壤学会农业化学专业委员会编. 土壤农化常规分析方法. 北京: 科学出版社, 1983
 9. Kandeler E, Palli S, Stenmer M, *et al.* Tillage changes microbial biomass and enzyme activities in particle size fractions of a Haplic Chernozem. *Soil Biol. Biochem.*, 1999, 31: 1253~ 1264
 10. Aslam T, Choudhary M A, Saggat S. Tillage impacts on soil microbial biomass C, N, and P, earthworms and agronomy after two years of cropping following permanent pasture in New Zealand. *Soil & Tillage Research*, 1999, 51: 103~ 111
 11. 何振立. 土壤微生物量及其在养分循环和环境质量评价中的意义. *土壤*, 1997, 29(2): 61~ 69
 12. Dray C F, Stone J A, Findlay W I. Microbial biomass and soil structure associated with corn, grass and legumes. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1991, 56: 865~ 881
 13. Edgerton D L, Harris J A, Brich P, *et al.* Linear relationship between aggregate stability and microbial biomass in three restored soils. *Soil Biol. Biochem.*, 1995, 27: 1499~ 1501
 14. Sparling G P, Shepherd T G, Kettles H A. Changes in soil organic C, microbial C, and aggregate stability under continuous maize and cereal cropping, and after restoration to pasture in soil from the Manawatu region, New Zealand. *Soil and Tillage Research*, 1992, 24: 225~ 241
 15. Debosz K, Rasmussen P H, Pedersen A R. Temporal variations in microbial biomass C and cellulolytic enzyme activity in arable soils: effect of organic matter input. *Applied Soil Ecology*, 1999, 13: 209~ 218
 16. 翟瑞常, 张之一. 耕作对土壤生物碳动态变化的影响. *土壤学报*, 1996, 33(2): 201~ 210
 17. Schure J, Rosswall T. Mineralization of nitrogen from ¹⁵N labelled fungi, soil microbial biomass and roots and its uptake by barley plant. *Plant and Soil*, 1987, 102: 71~ 78
 18. Puri G, Ashman M R. Relationship between soil microbial biomass and gross N mineralisation. *Soil Biol. Biochem.*, 1992, 30: 251~ 256
 19. Stevenson F J. Cycles of soil carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients. New York: John Wiley & Sons, 1986
 20. Singh H, Singh K P. Effect of residue placement and chemical fertilizer on soil microbial biomass under tropical dryland cultivation. *Biol. Fertil. Soils*, 1993, 16: 275~ 281
 21. 任天志. 持续农业中的土壤生物指标研究. *中国农业科学*, 2000, 33(1): 68~ 75
 22. Sparling G P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. *Australian Journal of Soil Research*, 1992, 30: 195~ 207
 23. Kushwaha C P, Tripathi S K, Singh K P. Variations in soil microbial biomass and N availability due to residue and tillage management in dryland rice agroecosystem. *Soil & Tillage Research*, 2000, 56: 153~ 166

EFFECTS OF ZERO TILLAGE AND APPLICATION OF MANURE ON SOIL MICROBIAL BIOMASS C, N, AND P AFTER SIXTEEN YEARS OF CROPPING

Xu Yang chun Shen Qi rong Ran Wei

(College of Resources and Environmental Sciences, Nanjing Agri. Univ.,

Key Lab. of Crop Growth Regulation, Ministry of Agri., Nanjing 210095)

Summary

The effects of tillage and manure application on soil microbial biomass carbon (MBC), microbial biomass nitrogen (MBN), and microbial biomass phosphorus (MBP) were investigated in a field experiment, which consisted of two main treatments of conventional tillage and zero tillage and five sub-treatments of control (no fertilizers), chemical fertilizers, chemical fertilizers plus straw, chemical fertilizers plus green manure, and chemical fertilizers plus pig manure and had continued for 16 years at the farm of Jurong Agricultural Science Institute. The crop rotation of the experiment was summer rice (*Oryza Sativa* L.) and winter wheat (*Triticum aestivum*). The results showed that MBC and MBN in zero-tillage treatment increased by 25.4% and 45.4%, respectively compared to those in conventional tillage treatment in 0~5cm depth layer after 16 years. However, there were no significant differences of MBC, MBN, and MBP in subsoil (5~10cm) between conventional tillage and zero tillage. Although the application rate of N, P, and K in each sub-treatment were equal, the contents of MBC, MBN, and MBP in 0~5cm and 5~10cm depth layer followed the order in the treatments: fertilizers plus pig manure > fertilizers plus straw > fertilizers plus green manure > chemical fertilizers > control.

Key words Zero tillage, Organic manure, Microbial biomass C, N, and P