免耕和秸秆还田对潮土酶活性及微生物量碳氮的影响①

路怡青[1,2]，朱安宁[1*]，张佳宝[1]，陈效民[2]，朱强根[3]，舒 馨[1]

(1 封丘农田生态系统国家实验站，土壤与农业可持续发展国家重点实验室(中国科学院南京土壤研究所)，南京 210008；
2 南京农业大学资源与环境科学学院，南京 210095；3 江西省环境工程职业学院，江西赣州 341000)

摘 要：利用中国科学院封丘农业生态实验站玉米-小麦轮作保护性耕作定位试验平台，研究了全翻耕(T)、免耕(NT)、全翻耕+秸秆还田(TS)以及免耕+秸秆还田(NTS)处理分别对田间 0 ~ 10、10 ~ 20 和 20 ~ 30 cm 土层酶活性及土壤微生物量碳、氮的影响。结果表明：①在 0 ~ 10 和 10 ~ 20 cm 土层内，土壤碱性磷酸酶、转化酶、脲酶、脱氢酶活性为免耕处理大于全翻耕处理，有秸秆还田处理大于无秸秆还田处理，以 NTS 处理最高，T 处理最低；在 20 ~ 30 cm 土层中，土壤碱性磷酸酶、转化酶、脱氢酶活性免耕处理大于全翻耕处理，土壤碱性磷酸酶、转化酶、脲酶活性有秸秆还田处理大于无秸秆还田处理。②在 0 ~10 和 10 ~ 20 cm 土层内，土壤微生物量碳、氮均为免耕处理大于全翻耕处理，有秸秆还田处理大于无秸秆还田处理；在 20 ~ 30 cm 土层中，微生物量碳以 NTS 处理最高，微生物量氮以 TS 处理最高；③4 种处理下的土壤酶活性和微生物量碳、氮均随着土层的加深而减少，且在各土层中差异达显著水平。

关键词：免耕；秸秆还田；土壤酶活性；土壤微生物量碳；土壤微生物量氮

中图分类号：S154.3

土壤酶活性反映了土壤中各种生物化学过程的强度和方向，其大小可表征生化反应的方向和强度，在营养物质转化方面起着重要的作用。土壤微生物量与土壤酶活性之间存在着密切的联系，土壤微生物量碳(SMBC)是土壤有机质的活性部分，可反映土壤有效养分状况和生物活性，土壤微生物量氮(SMBN)的活性及其消长是土壤氮素内循环的本质性内容，它是土壤氮素养分循环过程中重要的“源”和“库”。土壤微生物分泌土壤酶，土壤酶和土壤微生物量总体作为微生物性状指标[1]更能够灵敏、及时、准确地反映土壤质量的变化状况及不同耕作措施导致的土壤差异性[2]。

免耕结合秸秆还田可以改善土壤结构，形成合理的土壤水、气、热三相比，提高土壤酶活性和土壤微生物量。这方面已有很多报道，Madejón 等[3]对不同耕作方式下土壤酶活性进行了研究，认为免耕覆盖处理土壤的过氧化氢酶、蛋白酶、葡萄糖酶和碱性磷酸酶均高于传统耕翻；张洁等[4]认为保护性耕作可以提高旱作坡耕地的微生物量碳、氮；Aslam 等[5]在新西兰研究认为免耕处理土壤微生物量碳、氮、磷含量显著高于传统耕翻，且富集在 0 ~ 10 cm 土层深度。但有关免耕和秸秆还田对潮土玉米-小麦轮作的报道较为少见，特别是缺乏基于长期定位实验的研究结果。笔者课题组前期实验表明免耕结合秸秆还田可以提高潮土微生物类群数量，而土壤微生物活动与土壤微生物量和土壤酶活性关系密切，为此，本文开展不同耕作方式和秸秆还田对土壤酶活性和土壤微生物量的影响研究，分析土壤酶活性的变化及其与土壤微生物类群数量之间的关系，以期为探讨保护性耕作培肥土壤的机理提供一定的理论依据。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

试验区地处黄淮海平原，属半干旱半湿润的暖温带季风气候。据 30 年统计，年平均降雨量为 605 mm，且 60% ~ 90% 主要集中在 5—10 月份，年平均气温为 13.9℃。≥0℃ 积温在 51 000℃ 以上，无霜期约为 220 天，全年日照时数在 2 300 ~ 2 500 h 之间，日照率为 55%。站区海拔高度为 67 m。该地区的主要土壤类型为黄河沉积物发育的轻质潮土。

①基金项目：国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2011CB100504)、中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-YW-JS408)、国家自然科学基金项目(41071150)和公益性行业(农业)科研专项经费项目(201203030)资助。

* 通讯作者(anzhu@issas.ac.cn)

作者简介：路怡青(1987—)，女，河北邢台人，硕士研究生，主要从事水土资源利用与环境研究。E-mail：luyiqing123@126.com

1.2　试验设置

试验于 2006—2012 年在河南省封丘县中国科学院农田生态实验站进行。试验区采用冬小麦-夏玉米轮作，试验设置了 4 个耕作方式处理(表 1)，每个处理 4 次重复，共 16 个小区，小区面积 14 m × 6.5 m，随机区组排列。翻耕处理采用人工翻地，翻耕深度为 15 ~ 22 cm。秸秆还田处理是用粉碎机将前茬作物秸秆粉碎(玉米秸秆 2 ~ 3 cm，小麦秸秆 6 ~ 7 cm)，秸秆还田量(烘干计)为：小麦秸秆 3.44 t/hm^2，玉米秸秆 2.98 t/hm^2，在翻耕处理时将前茬作物秸秆均匀撒在地表，播种前翻地时混入土中，免耕处理时则在作物幼苗长出后将秸秆均匀覆盖在地表。作物施肥、灌溉等农事管理措施按当地常规方式进行。

表 1　试验处理描述
Table 1　Experiment treatments

代码	处理	操作方法
T	全翻耕	自 2006 年以来每年玉米、小麦翻耕播种
NT	免耕	自 2006 年以来玉米、小麦长期全年不耕作
TS	全翻耕+秸秆还田	耕作方式同 T，秸秆粉碎还田
NTS	免耕+秸秆还田	耕作方法同 NT，秸秆粉碎还田

1.3　样品采集

在试验进行的第 7 年，即 2012 年 10 月 1 日夏玉米收获后进行取样，每个小区采用“S”形取样法随机选取 5 点，用土钻分别采取 0 ~ 10、10 ~ 20、20 ~ 30 cm 土层土样，装在灭菌后的塑料袋中，于 4℃ 冰箱保存，分层混匀后过 2 mm 筛，进行土壤酶活性和土壤微生物量碳、氮的测定。

1.4　测定项目和方法

脲酶活性(按 NH_3-N 质量计)采用靛酚蓝比色法测定[6]，单位为 mg/(g·24h)；碱性磷酸酶活性(按酚质量计)采用磷酸苯二钠比色法测定[7]，单位为 mg/(g·h)；转化酶活性(按葡萄糖质量计)采用 3，5-二硝基水杨酸比色法测定[6]，单位为 mg/(g·24h)；脱氢酶活性(按三苯甲臜(TPF)质量计算)采用三苯基四唑氯化物比色法测定[8]，单位为 mg/(kg·24h)。

土壤微生物量碳、氮采用氯仿熏蒸-K_2SO_4 提取方法测定[9]，新鲜土样加水均匀，调节土样含水量至 40% 田间持水量，在 25℃ 室温下、空气相对湿度为 100% 的密闭容器内培养 7 天。每个处理称取 6 份，每份 25 g(干质量)，取其中 3 份在真空干燥器内用氯仿熏蒸 24 h，熏蒸的土壤除去氯仿后立即用 0.50 mol/L K_2SO_4 提取，另 3 份直接用 K_2SO_4 提取，提取液直接用 TOC 仪测定提取的碳。另取 15.00 ml 提取液，用凯氏法测定提取氮。以熏蒸土壤与未熏蒸土壤提取的有机碳、氮的差值分别乘以转换系数 K_C (2.94)和 K_N (2.22)，来计算土壤微生物量碳、氮。

试验数据分析和图表制作分别采用 SPSS 16.0 和 Excel 2010 软件。

2　结果和分析

2.1　免耕和秸秆还田对土壤碱性磷酸酶活性的影响

磷酸酶能促进有机磷化合物的水解，释放出相应的醇和无机磷，供植物对磷素的需求，所以可以用于表征土壤磷素营养状况[10]。从表 2 可以看出，碱性磷酸酶活性在剖面层次上变化趋势为 0 ~ 10 cm>10 ~ 20 cm> 20 ~ 30 cm，在不同土层间差异达到显著水平，0 ~ 10 cm 土层的碱性磷酸酶活性比 20 ~ 30 cm 土层普遍高一倍以上，且不同耕作方式和秸秆还田处理的碱性磷酸酶活性表现不一。

表 2　不同耕作方式对土壤酶活性的影响
Table 2　Effects of different rotations on soil enzyme activities

土层 (cm)	处理	碱性磷酸酶活性 (酚, mg/(g·h))	脲酶活性 (NH_4-N, mg/(g·24h))	转化酶活性 (葡糖糖, mg/(g·24h))	脱氢酶活性 (TPF, mg/(kg·24h))
0 ~ 10	NT	0.43 b A	1.63 b A	0.94 b A	88.85 ab A
	NTS	0.47 a A	1.78 a A	1.02 a A	94.60 a A
	T	0.37 c A	1.21 b A	0.83 c A	59.83 c A
	TS	0.40 b A	1.42 b A	0.86 c A	83.85 b A
10 ~ 20	NT	0.28 b B	1.10 a B	0.66 b B	24.34 b B
	NTS	0.31 a B	1.18 a B	0.92 a B	32.42 a B
	T	0.20 c B	1.05 a B	0.56 b B	19.88 c B
	TS	0.22 b B	1.15 a B	0.68 a A	25.35 b B
20 ~ 30	NT	0.20 b C	0.64 b C	0.29 a C	6.56 b C
	NTS	0.21 a C	0.76 ab C	0.19 b C	6.72 b C
	T	0.17 c C	0.90 a B	0.24 ab C	6.17 c C
	TS	0.18 b C	0.81 a C	0.18 b B	9.69 a B

注：表中同列数据小写字母不同表示同一土层不同处理间差异达到 $P<0.05$ 显著水平，大写字母不同表示同一处理不同土层间差异达到 $P<0.05$ 显著水平。

在 3 个土壤剖面层次中，碱性磷酸酶的活性都是 NT 处理>T 处理，NTS 处理>TS 处理，NT 处理的土壤碱性磷酸酶较 T 处理增加了 10.0% ~ 38.2%，NTS 处理比 TS 处理增加了 9.3% ~ 39.5%，均在 0 ~ 10 cm 和 10 ~ 20 cm 土层中差异达到显著水平。与无秸秆还田处理相比，秸秆还田提高了土壤碱性磷酸酶活性，免耕+秸秆比单纯免耕高 10.5% ~ 17.5%，全翻耕+秸秆比全翻耕高 5.9% ~ 16.2%，综合来看，以 NTS 处理最高，NT 处理次之，T 处理最低。

2.2 免耕和秸秆还田对土壤脲酶活性的影响

脲酶能促使有机物分子中酞键的水解，其活性反映了土壤有机态氮向有效态氮的转化能力和土壤无机氮的供应能力[11]。由表 2 可以看出，随着土层的加深，土壤脲酶活性降低，不同土层间差异多达到显著水平，且耕作方式和秸秆还田对不同层次脲酶活性影响不同。在 0 ~ 20 cm 土层中，脲酶活性均表现为 NT 处理>T 处理，NTS 处理>TS 处理，试验区的翻耕深度一般小于 20 cm，故在 20 ~ 30 cm 土层受耕作方式和秸秆还田影响相对较小，脲酶活性表现为 NT 处理<T 处理，NTS 处理<TS 处理。在 0 ~ 20 cm 土层中，秸秆还田提高了土壤脲酶活性，NTS 处理比 NT 处理高 7.3% ~ 9.2%，TS 处理较 T 处理高 9.5% ~ 17.4%。

2.3 免耕和秸秆还田对土壤转化酶活性的影响

转化酶能裂解二糖，所以转化酶活性常被用来表征土壤碳素营养状况[12]。由表 2 可见，在土壤剖面不同层次，0 ~ 10 cm 土层转化酶活性比 10 ~ 20 cm 土层高 10.9% ~ 48.2%，比 20 ~ 30 cm 土层普遍高 3 倍以上，同时，不同耕作方式对上下层土壤影响不同。与碱性磷酸酶活性一样，在 3 个土壤剖面层次中，都是 NT 处理>T 处理，NTS 处理>TS 处理，其中 NT 处理比 T 处理平均高 48.1%，NTS 处理比 TS 处理平均高 71.9%。同时，在 0 ~ 20 cm 土层中有秸秆处理高于无秸秆处理，TS 处理比 T 处理高 21.4%，NTS 处理比 NT 处理平均高 42.5%。在 20 ~ 30 cm 土层中，有秸秆处理小于无秸秆处理，说明在该土层中，转化酶活性基本不受秸秆还田的影响。

2.4 免耕和秸秆还田对土壤脱氢酶活性的影响

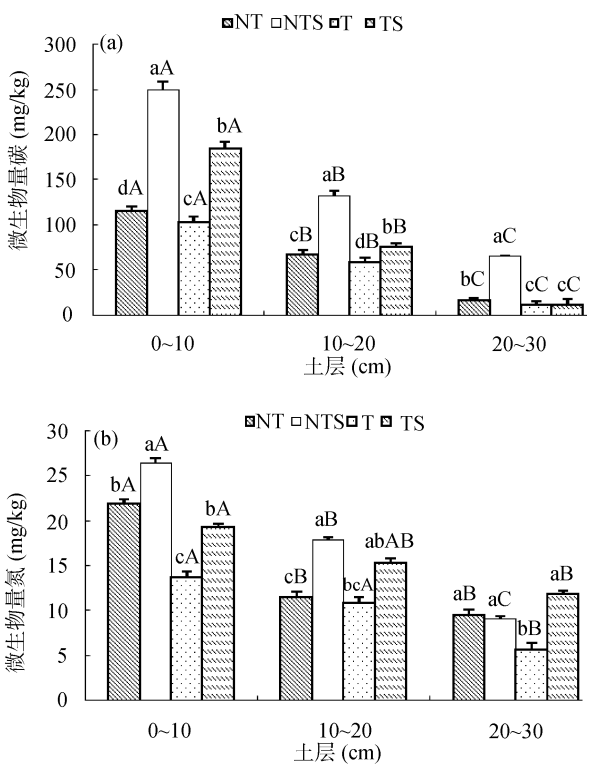
土壤脱氢酶自一定的基质中析出氢或氢的供体而进行氧化作用，反映了土壤微生物新陈代谢的整体活性，可以作为微生物氧化还原能力的指标[12]。由表 2 可见，0 ~ 10 cm 土层的脱氢酶活性比 10 ~ 20 cm 土层平均高 2 倍以上，比 20 ~ 30 cm 土层平均高 10 倍以上，可见土壤深度的增加对脱氢酶影响更大，说明土壤脱氢酶受土壤通气状况影响更大。

由表 2 可以看出，各层次的脱氢酶活性 NT 处理都显著高于 T 处理(P<0.05)，NT 处理分别增加了 48.50%、24.45% 和 6.84%；NTS 处理除在 20 ~ 30 土层低于 TS 处理外，在其他两个层次中都显著高于 TS 处理(P<0.05)。秸秆还田使得土壤中氧化还原酶活性增加，脱氢酶活性在各层次都是 TS 处理>T 处理，NTS 处理> NT 处理，并多达到了显著差异。

2.5 免耕和秸秆还田对土壤微生物量碳、氮的影响

土壤微生物量碳、氮对不同的耕作制度表现极为敏感，由图 1a 可见，在 0 ~ 20 cm 土层中，不同处理间微生物量碳都是 NTS >TS >NT >T，并都达到了差异显著水平(P＜0.05) 在 20 ~ 30 cm 土层中，NTS >NT >TS >T，只有 NTS 处理与 NT 处理之间差异显著，综合来看以 NTS 处理最高，NT 与 TS 处理互有高低，T 处理最低。4 种处理下的微生物碳随着土层的加深而减少，且在不同土层间达到差异显著水平(P<0.05)。

图 1b 中，0 ~ 10 cm 土层下 4 种处理微生物量氮表现为 NTS>NT >TS >T；10 ~ 20 cm 土层则表现为 NTS >TS >NT >T，其中 NTS 处理与其他 3 个处理差异显著(P<0.05)；在 20 ~ 30 土层中，NTS 处理>T 处理，TS 处理>T 处理。



(图中小写字母不同表示同一土层不同处理间差异达到 P＜0.05 显著水平，大写字母不同表示同一处理不同土层间差异达到 P＜0.05 显著水平)

图 1 耕作方式对土壤微生物碳、氮的影响

Fig. 1 Effects of different rotations on soil microbial biomass carbon and nitrogen in the 0 - 10, 10 - 20 and 20 - 30 cm soil layers

4 种处理下土壤微生物量碳、氮在土壤剖面中变化趋势均为 0 ~ 10 cm>10 ~ 20 cm> 20 ~ 30 cm，且微生物量氮随着土层的加深降幅更大。

2.6　土壤微生物量和酶活性之间的相关性

土壤微生物量和土壤酶活性之间有着密切的联系，将测得的耕作层土壤微生物量碳、氮及酶活性进行 Pearson 相关分析得到表 3。可知微生物量碳与微生物量氮、转化酶在 $P<0.05$ 水平显著相关；微生物量氮与碱性磷酸酶、转化酶和脱氢酶在 $P<0.05$ 水平显著相关；碱性磷酸酶、转化酶与脱氢酶在 $P<0.01$ 水平显著相关。

表 3　土壤微生物量碳、氮及土壤酶活性之间相关性分析
Table 3　The correlation coefficients among soil enzyme activities and microbial biomass

	SMBC	SMBN	Uase	Aase	Iase	Dase
SMBC	1					
SMBN	0.655*	1				
Uase	0.477	0.120	1			
Aase	0.353	0.643*	0.397	1		
Iase	0.592*	0.913**	0.209	0.556	1	
Dase	0.590	0.846**	0.307	0.749**	0.716**	1

注：SMBC：土壤微生物量碳；SMBN：土壤微生物量氮；Uase：脲酶；Aase：碱性磷酸酶；Iase：转化酶；Dase：脱氢酶；* 表示在 $P<0.05$ 水平显著相关，**表示在 $P<0.01$ 水平显著相关。

3　结论与讨论

3.1　免耕对土壤酶活性的影响

在 0 ~ 20 cm 土层内，土壤碱性磷酸酶、转化酶、脲酶、脱氢酶活性为免耕处理大于全翻耕处理，在 20 ~ 30 cm 土层中，除土壤脲酶外其他酶活性免耕处理大于全翻耕处理。这表明免耕可使土壤酶活性提高，在耕作层效果尤其明显。这是由于免耕可以改善土壤结构，使土壤团聚体显著增加[13]，促进耕作层有机质的积累，同时连续免耕使土壤耕层变浅，植物根系多分布在 0 ~ 10 cm 耕作层，提高土壤养分含量[14]和微生物数量[15]，形成新的微生物体系，进而改变了土壤生物特性[16]。免耕土壤合理的水、气、热三相比促进了土壤酶活性的发挥，而翻耕虽然可使土壤通气状况有所改善，但同时也加快耕作层土壤水分损失，破坏土壤结构，不利于土壤酶活性的发挥。本试验区土壤翻耕深度为 15 ~ 22 cm，在 20 ~ 30 cm 土层受耕作措施影响较小，可能是造成在该层次土壤酶活性表现不一的原因。

3.2　秸秆还田对土壤酶活性的影响

绝大多数酶是诱导酶，秸秆还田改善了土壤水热状况，有利于土壤酶活性的提高。本试验结果表明在 0 ~ 20 cm 土层内，土壤 4 种酶活性表现为有秸秆还田处理大于无秸秆还田处理，以 NTS 处理最高，T 处理最低，在 20 ~ 30 cm 土层中，除土壤脱氢酶外有秸秆还田处理大于无秸秆还田处理，其原因可能是秸秆还田对表层土温有明显的调节作用，低温时产生增温效应，高温时产生降温效应，为酶促反应提供合适的温度条件，有研究表明秸秆还田有利于土壤速效养分提高和有机质的积累[17]，同时，秸秆还田促进土壤微生物数量的增加，土壤微生物数量增加又进一步提高了包括土壤酶在内的分泌物数量。免耕+秸秆还田处理 0 ~ 10 cm 土层土壤 4 种酶活性不仅大幅高于 20 ~ 30 cm 土层，且与全翻耕和全翻耕+秸秆处理相比，其上、下层间的差异更大。免耕结合秸秆还田，表层土壤水、肥、气、热条件大幅改善，耕作层表面的有机质大量富集使微生物得到大量繁殖，因此其 0 ~ 10 cm 土层土壤酶活性大幅度提高。

3.3　免耕和秸秆还田对土壤微生物量碳、氮的影响

免耕结合秸秆还田土壤养分含量的增加为土壤微生物维持生命活动提供了充足的营养，为土壤微生物提供了良好的滋生环境。而翻耕条件下，土壤频繁扰动，通气性增加，微生物与有机物的接触面增大，加快有机质的矿化分解，相应地土壤微生物量碳也较低。表 3 中可以看出，微生物量碳与转化酶活性显著正相关，说明微生物量碳与土壤中蔗糖的加入有密切关系，秸秆的加入为土壤提供了丰富的糖类，转化酶活性的提高促进了蔗糖的水解，进而促进微生物量碳的提高。土壤微生物量氮含量与加入土壤的有机碳源的种类和数量有关，秸秆还田为土壤补充有机质，提高了土壤 C/N[18]，进而增强了对氮的固持能力；秸秆还田具有很强的持水能力，增加土壤水分含量，防止土壤氮素的挥发，土壤微生物量氮含量进而随之增加。微生物量碳、氮均呈现随土层的加深而降低的趋势，且以免耕+秸秆还田处理表现得尤为明显，这主要是由于免耕+秸秆还田处理使秸秆和作物残茬均匀地分布在 0 ~ 10 cm 耕作层，为耕作层提供了大量的有机质，且在该土层水分充足，造成微生物量在表层富集，与 10 ~ 20 cm 和 20 ~ 30 cm 土层形成更强烈的对比。

参考文献：

[1] 李东坡, 武志杰, 陈利军, 朱平, 任军, 彭畅, 梁成华. 长期培肥黑土微生物量碳动态变化及影响因素[J]. 应用生态学报, 2004, 14(8): 1 334–1 338

[2] Bending GD, Turner MK, Rayns F. Microbial and biochemical soil quality indicators and their potential for

differentiating areas under contrasting agricultural management regimes[J]. Soil Biology & Biochemistry, 2004, 36: 1 785–1 792
[3] Madejon E, Moreno F, Murillo JM. Soil biochemical response to long-term conservation tillage under semi-arid Mediterranean conditions [J]. Soil & Tillage Research, 2007, 94: 346–352
[4] 张洁, 姚字卿, 金轲, 吕军杰, 王聪慧, 王育红, 李俊红, 丁志强. 保护性耕作对坡耕地土壤微生物量碳、氮的影响[J]. 水土保持学报, 2007, 21(4): 126–129
[5] Aslam T, Choudhary MA, Saggar 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[J]. Soil &Tillage Research, 1999, 51: 103–111
[6] 关松荫. 土壤酶及其研究方法[M]. 北京: 农业出版社, 1986
[7] Tabatabai MA, Bremner JM. Use of pnitrophenyl phosphate in assay of soil phosphate activity[J]. Soil Biology & Biochemistry, 1996, 91(1): 301–307
[8] Chu HY, Hosen Y, Yagi K. Soil microbial biomass and activities in a Japanese Andisol as affected by controlled release and application depth of urea[J]. Biology and Fertility of Soils, 2005, 42(2): 89–96
[9] 吴金水, 林启美, 黄巧云, 肖和艾. 土壤微生物生物量的测定方法及其应用[M]. 北京: 气象出版社, 2006: 45–56
[10] 杨招弟, 蔡立群, 张仁陟. 不同耕作方式对旱地土壤酶活性的影响[J]. 土壤通报, 2008, 39(3): 514–517
[11] 郑存德, 依艳丽, 黄毅. 耕作模式对棕壤酶活性的影响研究[J]. 水土保持学报, 2011, 25(3): 176–177
[12] 王恒飞, 张永清, 吴忠红. 长期免耕对褐土理化性质和酶活性的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2011, 29(3): 136–137
[13] 戴珏, 胡君利, 林先贵, 朱安宁, 尹睿, 张华勇, 王俊华. 免耕对潮土不同粒级团聚体有机碳含量及微生物碳代谢活性的影响[J]. 土壤学报, 2010, 47(5): 923–928
[14] 陈尚洪, 朱钟麟, 刘定辉, 舒丽, 王昌全. 秸秆还田和免耕对土壤养分及碳库管理指数的影响研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(4): 806–809
[15] 陈蓓, 张仁陟. 免耕与覆盖对土壤微生物数量及组成的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2004, 12(6): 634–638
[16] 董立国, 袁汉民, 李生宝. 玉米免耕秸秆覆盖对土壤微生物群落功能多样性的影响[J]. 生态环境学报, 2010, 19(2): 444–446
[17] 孙建, 刘苗, 李立军. 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): 5 508–5 513
[18] 张军科, 郝庆菊, 江长胜. 免耕方式下土壤温室气体排放及影响因素的研究进展[J]. 土壤通报, 2011, 42(1): 236–240

Effects of No-tillage and Straw-return on Soil Enzyme Activities and Microbial Biomass

LU Yi-qing[1,2], ZHU An-ning[1*], ZHANG Jia-bao[1], CHEN Xiao-min[2], ZHU Qiang-gen[3], SHU Xin[1]

(1 *State Experimental Station for Agro-Ecology in Fengqiu*, *Chinese Academy of Sciences*, *State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture* (*Institute of Soil Science*, *Chinese Academy of Sciences*), *Nanjing* 210008, *China*; 2 *College of Resources and Environmental Science*, *Nanjing Agricultural University*, *Nanjing* 210095, *China*; 3 *Environmental Engineering Vocational College*, *Ganzhou*, *Jiangxi* 341000, *China)*

Abstract: A field long-term conservation tillage experiment was conducted to study the effects of four cultivation modes (turnover tillage, no-tillage, turnover tillage + straw-return, and no-tillage + straw-return) on the soil enzyme activities and microbial biomass in different soil layers. The results showed as follows: 1) In the soil layers of 0 – 10 cm and 10 – 20 cm, the enzyme activities were higher in the treatments of no-tillage than in the treatments of turnover tillage, being the highest under no-tillage + straw-return and the lowest under conventional tillage. 2) In the soil profile of 0 – 10 cm and 10 – 20 cm, the soil microbial carbon and nitrogen were higher in the treatments of no-tillage than in the treatments of turnover tillage, and which in the treatments of stubble-remaining were higher compared with no stubble-remaining. 3) Soil enzyme activities, soil microbial carbon and nitrogen all reduced with the increasing of soil depth and reached significant levels of differences in the all three soil profiles.

Key words: No-tillage, Straw-return, Soil enzyme activity, Soil microbial biomass carbon, Soil microbial biomass nitrogen