

不同施肥及秸秆还田对潮土有机质及其组分的影响^①

吴其聪^{1,2}, 张丛志², 张佳宝^{2*}, 陈金林^{1*}, 信秀丽²

(1 南京林业大学林学院, 南京 210037; 2 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)

摘 要: 基于长期田间定位试验样地, 研究了裸地(CK1)、不施肥秸秆移除(CK2)、不施肥秸秆还田(CK3)、施无机肥秸秆移除(NPK)、有机无机肥混施秸秆移除(1/2NPK+1/2OM)、有机肥秸秆移除(OM)、无机肥秸秆还田(NPK+S)、有机肥秸秆还田(OM+S) 8 种处理对土壤有机质及其组分含量的影响。结果表明, CK1 土壤有机质及有机质各组分含量最低, 但有机质稳定性较 CK2、CK3 高。与 CK2 相比, 施肥处理(NPK、1/2NPK+1/2OM、OM)、秸秆还田处理(CK3) 以及秸秆与肥料混施处理(NPK+S、OM+S) 均能不同程度地增加土壤有机质及其各组分的含量, 提高土壤有机质稳定性。其中 OM 处理效果最为显著, 有机质含量比 CK2 高 155.1%; 有机质各组分中可溶性有机质 DOM、富里酸 FA、胡敏酸 HA、胡敏素 HM 比 CK2 分别高 39.1%、133.7%、540.0%、152.5%; HA/FA 值为 0.43, 比 CK2 高 173.9%。在 CK3 的基础上施用肥料(NPK+S、OM+S), 土壤有机质含量以及有机质稳定性均有所增加, 并且有机肥(OM+S) 效果好于无机肥(NPK+S)。可见秸秆还田及有机肥施用对潮土有机质及其各组分含量均有提升作用, 促进有机质积累并提高其稳定性。

关键词: 定位施肥; 秸秆还田; 潮土; 土壤有机质; 有机质组分

中图分类号: S152.4

黄淮海平原潮土地区为我国重要的粮食产地, 其土壤肥力的稳定和提升对于我国粮食安全具有重要意义。土壤有机质是衡量土壤肥力的重要指标^[1-2], 同时也是影响土壤稳定性和生产力的主要因素之一^[3]。黄淮海典型潮土区水热条件适宜、土壤质地较砂、土壤呼吸强度大、微生物活动强烈, 这些外界环境都能导致土壤有机质快速矿化使得有机质含量普遍较低且难于累积^[4], 如何促进潮土土壤有机质积累是提升潮土土壤地力的关键所在。

农田土壤中的有机质主要来源于两方面^[5], 一是作物秸秆、根系以及根系分泌物, 二是施用的有机物料如有机肥。有效的秸秆还田能为土壤中的微生物提供丰富的碳源, 刺激微生物活性, 提高土壤肥力^[6], 有研究指出秸秆添加越多, 碳库活度便越高, 越有利于有机物料分解, 降低腐殖化系数^[7]。肥料的施用在一定程度上能促进作物生长, 增加输入土壤的根系及

根系分泌物, 进而影响土壤有机质^[8]。有机肥在提高土壤有机质含量的同时能够提高胡富比, 促进有机质累积^[9]。由于土壤有机质处在不断的矿化和腐殖化过程中, 这两种过程往往又是同时进行的^[10], 秸秆、根系及根系分泌物、有机肥的加入使得土壤有机质的累积和转化情况变得更为复杂^[11-12]。

本研究从位于中国科学院封丘农田生态实验站的 3 个典型长期定位试验地中选择 8 个不同处理, 研究不同施肥及秸秆还田对潮土有机质及其各组分的影响, 以期能够进一步推进土壤有机质研究, 并为黄淮海平原地区土壤肥力的培育和农田管理提供理论基础和技术支持。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

土壤取自于黄淮海冲积平原的中国科学院封丘

基金项目: 中国科学院战略性先导科技专项课题项目(XDA0505050203, XDB15030302)、国家自然科学基金委员会面上基金项目(41471182)、中国科学院科技服务网络计划项目(KFJ-EW-STS-055-4)、中国科学院知识创新工程项目(ISSASIP1118)和江苏高校优势学科建设工程项目资助。

* 通讯作者(jbzhong@issas.ac.cn; jlchen@njfu.edu.cn)

作者简介: 吴其聪(1988—), 男, 山东高密人, 硕士研究生, 主要从事长期施肥及秸秆还田条件下土壤地力演变等方面的研究。E-mail: wuqicong588@163.com

农业生态国家实验站内的 3 个长期定位试验地,分别为“长期施肥定位试验(1989 年至今)”、“碳平衡长期定位试验地(2006 年至今)”和“秸秆还田长期定位试验(2010 年至今)”,共设置有 8 个处理,除 CK1 外其他各处理均为冬小麦-夏玉米轮作,各处理及其选取的长期定位试验地如表 1 所示。每个处理设置为 4 个重复,因此共选择 32 个小区。每个小区长 8 m,宽 5 m,周围被 1 m 深水泥挡板隔离,该挡板深入地下 80 cm 并高出地面 20 cm。各试验地四周设置宽余 1 m 的保护行。各试验小区均从建立起一直得到了良好管理。

表 1 不同施肥和秸秆还田处理及相应试验小区
Table 1 Treatments of different fertilization and straw returning treatments in experimental plots

处理	施肥处理	秸秆还田	试验地
对照 1(裸地, CK1)	不施肥	否	3
对照 2(CK2)	不施肥	移除	1
对照 3(秸秆还田, CK3)	不施肥	还田	2
无机肥(NPK)	无机肥	移除	1
1/2 无机肥+1/2 有机肥 (1/2NPK+1/2OM)	无机肥+有机肥	移除	1
有机肥(OM)	有机肥	移除	1
无机肥+秸秆还田 (NPK+S)	无机肥	还田	2
有机肥+秸秆还田(OM+S)	有机肥	还田	2

注：试验地中“1”代表长期施肥定位试验(1989—)，“2”代表秸秆还田长期定位试验(2010—)，“3”代表碳平衡长期定位试验(2006—)。

除了对照处理,各处理小麦和玉米每季施氮肥(以 N 计)、磷肥(以 P_2O_5 计)和钾肥(以 K_2O 计)分别为 150、75 和 150 kg/hm²(有机肥为造粒鸡粪,其用量根据总施氮量不变进行换算),秸秆还田处理是将作物地上部秸秆粉碎后以行间掩埋的方式全量还田。所有处理土样均采集于 2014 年玉米收获后的表层 0~20 cm,自然风干后待用。

1.2 分析方法

土壤有机碳采用重铬酸钾-硫酸消化法测定;富里酸、胡敏酸和胡敏素采用 $Na_4P_2O_7$ -NaOH 混合溶液提取法测定。土壤有机碳、富里酸、胡敏酸和胡敏素的测定操作方法见参考文献[13]。

可溶性有机碳(DOC)测定:取 10 g 新鲜土样,按照土:水为 1:5 的比例混匀,在 25℃ 条件下,以 250 r/min 的速度振荡 1 h,接着以 15 000 r/min 的转速离心 10 min,上部悬浮液过 0.45 μm 薄滤膜,过滤液用碳自动分析仪来测定(TOC-Vcph, Shimadzu, Japan)^[14]。可溶性有机质(DOM)通过 DOC 换算得到。

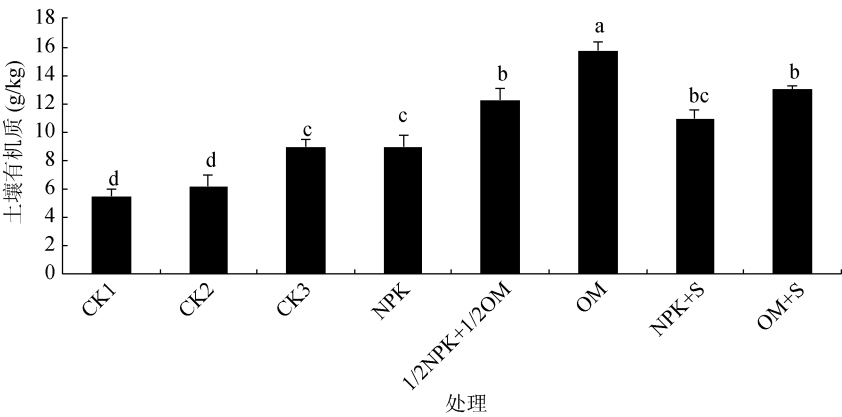
1.3 统计分析

数据分析采用 SPSS19.0 软件进行,方差分析采用 LSD 法进行。

2 结果与讨论

2.1 不同施肥及秸秆还田对土壤有机质的影响

不同施肥及秸秆还田处理下土壤有机质的含量如图 1 所示。CK1 作为裸地自 2006 年以来无外源有机质输入,其活性有机质已几乎分解殆尽^[15-16],土壤有机质含量逐渐趋于平缓。CK2 处理土壤有机质主要来源于根系及根系分泌物,1989 年以来已进行长期的试验,其土壤有机质也趋于稳定^[17]。CK3 处理从 2010 年开始至土壤采集时已进行近 5 年时间,由于处在黄淮海典型潮土区,土壤有机质含量低且难于累积,加之未施肥,作物生长受限,输入土壤的秸秆、根系及根系分泌物量少且进入土壤后降解快、转化周期短(1 年的分解率为 70% 以上)^[7],土壤中有有机质已趋于稳定或变化较小,在这种情况下尽管各处理在不同年份间存在一定差异,但并不影响处理间进行比较。因此在本文涉及的 CK1、CK2、CK3 间横向比较时主要关注了各处理对有机质影响的差异,忽略了不同年份间的影响。



(图中小写字母不同表示不同处理间差异显著($P<0.05$), 下图同)

图 1 不同施肥及秸秆还田对土壤有机质的影响

Fig. 1 The effects of different long-term fertilization and straw returning on soil organic matter

CK1 和 CK2 的差异主要在于 CK2 有作物根系及其分泌物的输入,而 CK1 和 CK2 的有机质含量分别为 5.45 g/kg 和 6.16 g/kg,在统计上并没有显著差异,可见在长期不施肥条件下作物根系及其分泌物的输入对土壤有机质累积并没有显著的影响,其原因可能在于长期不施肥使得作物生长不良,导致其根系及其分泌物的数量过低。与 CK2 相比,土壤有机质含量在 NPK 处理中提升了 45.3%,表明施用化肥能极大地促进作物的根系生长及其分泌物形成,进而显著提升了土壤有机质含量。在 CK2 的基础上进行秸秆还田(CK3),土壤有机质含量能提升 45.0%,可见秸秆还田也能显著提升土壤有机质含量,且提升效果接近于施 NPK 处理。

在从 1989 年开始的长期施肥定位试验中,CK2、NPK、1/2NPK+1/2OM、OM 4 个处理土壤有机质含量呈显著上升趋势。NPK、1/2NPK+1/2OM、OM 处理与 CK2 对比可知,施肥处理土壤有机质含量显著高于不施肥处理。OM 处理与 NPK 处理对比可知施用有机肥比化肥更能进一步提升土壤有机质含量。OM 与 1/2NPK+1/2OM 对比可知在等氮量施用条件下,土壤有机质含量随着有机肥输入的增加而显著增加^[18-19]。在从 2010 年开始的秸秆还田长期定位试验中,NPK+S、OM+S 处理与 CK3 相比,土壤有机质含量分别高 22.5%、45.3%($P<0.05$),表明在秸秆还田的同时施用肥料能提升土壤有机质含量,而施用有机肥比化学肥料效果更好^[20]。OM+S 处理显著低于 OM 处理,其原因可能在于 NPK+S 和 OM+S 处理起始于 2010 年,试验处理时间不够长而导致秸秆还田在促进土壤有机质的累积上效果不如有机肥处理。

2.2 不同施肥及秸秆还田对土壤有机质各组分的影响

不同施肥及秸秆还田对土壤有机质各组分的影响结果如表 2 所示。在不施肥条件下,CK2 处理的 DOM 和 FA 含量显著高于裸地(CK1),分别提高了 18.99% 和 57.23%,表明长期的作物残留根系及其分泌物能显著提升土壤 DOM、FA 含量,而这两个处理的 HA 和 HM 则没有显著差异。其原因可能在于:在作物生长期间,光合产物的 28%~59% 转移到地下部,其中的 4%~70% 通过分泌物进入土体^[21]。根系分泌物主要是通过溢泌作用进入土壤的 DOM,包括低分子有机化合物、高分子黏胶物质、细胞或组织脱落物质溶解产物^[22],导致冬小麦-夏玉米轮作的农田土壤的 DOM 含量显著高于裸地;裸地受风沙、雨水侵蚀严重^[23],有机质各组分含量均有所降低。FA 为分子结构比较简单、分子量小、缩合程度低、C/H 比值小的一类有机化合物,HA 是以芳香核为基础的和含氮及脂肪族化合物为侧链而构成的不均质的大分子有机化合物,在 CK2 处理中肥料缺失而仅有部分根系及其分泌物进入土壤的情况下,大分子 HA 可能会向 FA 转化,导致 HA 含量减少,表现为与裸地差异不显著。HM 为腐殖质中与土壤矿物质部分结合最紧密的一类物质,具有较高的化学和生物学稳定性^[10]。与 CK2 相比,CK3 处理 DOM、FA、HA 和 HM 含量分别增加了 28.36%、79.77%、67.82%、38.21%,均达到显著水平,表明在根系及其分泌物输入处理(CK2)的基础上,进行秸秆还田处理(CK3)能显著提升土壤有机质各组分含量。

表 2 不同施肥及秸秆还田对土壤有机质各组分的影响
Table 2 The effects of different long-term fertilization and straw returning on components of soil organic matter

处理	DOM(g/kg)	FA(g/kg)	HA(g/kg)	HM(g/kg)
CK1	0.19 ± 0.02 d	0.60 ± 0.09 d	0.14 ± 0.05 e	4.52 ± 0.36 d
CK2	0.23 ± 0.01 c	0.95 ± 0.28 c	0.15 ± 0.09 e	4.84 ± 0.33 d
CK3	0.29 ± 0.02 b	1.71 ± 0.13 b	0.25 ± 0.06 d	6.69 ± 0.42 c
NPK	0.29 ± 0.01 b	1.26 ± 0.21 bc	0.35 ± 0.15 c	7.05 ± 0.25 c
1/2NPK+1/2OM	0.30 ± 0.03 ab	1.66 ± 0.45 b	0.62 ± 0.11 b	9.66 ± 0.43 b
OM	0.32 ± 0.03 a	2.22 ± 0.25 a	0.96 ± 0.12 a	12.22 ± 0.19 a
NPK+S	0.28 ± 0.01 b	2.15 ± 0.33 a	0.50 ± 0.11 bc	8.02 ± 0.19 c
OM+S	0.34 ± 0.05 a	2.36 ± 0.18 a	0.59 ± 0.05 b	9.71 ± 0.18 b

注:同列数据小写字母不同表示处理间差异达到 $P<0.05$ 显著水平。

与 NPK 相比,1/2NPK+1/2OM 处理土壤 DOM、FA、HA 和 HM 含量分别提高了 1.61%、31.79%、77.09%、37.02%,其中 HA、FA 差异达显著水平($P<0.05$),表明有机无机肥料混施能提升土壤有机质

各组分含量,尤其对有机质中胡敏酸、胡敏素含量提升效果显著。OM 处理土壤 DOM、FA、HA 和 HM 含量对比 NPK 处理分别提高了 9.93%、76.60%、171.66%、73.35%,均达显著水平($P<0.05$),表明长

期施用有机肥较化肥能显著提升土壤有机质各组分含量。NPK、1/2NPK+1/2OM、OM 3 个处理土壤有机质各组分表现出 OM>1/2NPK+1/2OM>NPK 的规律,表明在施肥量相同的条件下,增施有机肥能够加速土壤有机质各组分的形成与积累,提高土壤有机质各组分含量^[24-25]。

NPK+S 处理与 CK3 相比,显著提高了土壤有机质中 FA、HA 含量,增幅达 25.99%、99.31%,表明在秸秆还田的同时施用化肥能显著提升土壤有机质中腐殖酸含量,而 HM、DOM 含量变化不显著。原因可能是: NPK+S 处理添加化学肥料促进作物生长,根系及根系分泌物增多,有利于根系周边微生物生长,加速有机质腐殖化进程,从而显著增加土壤腐殖酸 FA、HA 含量;与 CK3 相比,NPK+S 处理投入土壤的有机物料并没有显著增加,土壤有机质进行腐殖化的底物量基本相等,因此可溶性有机质变化不明显,同时 HM 是腐殖质中最稳定的部

分,变化也不明显。OM+S 处理土壤有机质中 DOM、FA、HA、HM 各组分含量较 CK3 处理分别显著提高了 15.81%、38.28%、133.68%、45.10%,表明在秸秆还田的同时施用有机肥能够进一步提升土壤有机质中各组分含量,并且效果好于秸秆还田配施无机化肥。

2.3 不同施肥及秸秆还田对土壤有机质稳定性的影响

胡敏酸与富里酸的比值 HA/FA 常用来表示腐殖质聚合程度,因此 HA/FA 值可以从某种程度上反映土壤有机质稳定性^[26]。与裸地(CK1)相比,CK2 的 HA/FA 值显著小于裸地(图 2),表明裸地有机质稳定性要强于仅有根系及根系分泌物输入的冬小麦-夏玉米轮作土壤,原因可能是由于裸地不种植作物,裸露的地表易受降水、风力侵蚀的影响,土壤中有有机质含量低,活性有机质成分已消耗殆尽,剩余有机质成分表现较高的稳定性^[27-28]。

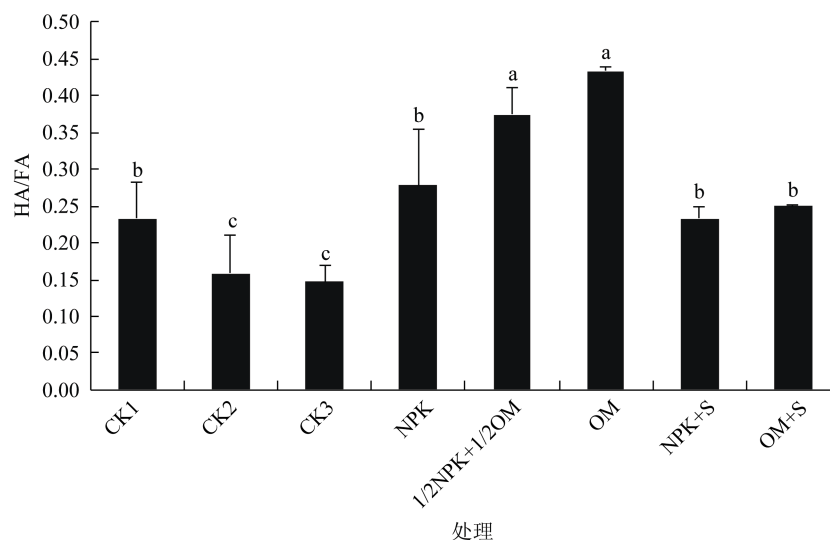


图 2 不同施肥及秸秆还田对土壤有机质稳定性的影响

Fig. 2 The effects of different long-term fertilization and straw returning on stability of soil organic matter

在 CK2 的基础上进行秸秆还田(CK3), HA/FA 值略有降低但不显著,原因可能是由于 CK2 地块从 1989 年开始连续耕作,虽未进行大批量秸秆还田但作物收获后残留在土壤中的根系及其分泌物已积累多年,而 CK3 从 2010 年才开始试验,虽有大量秸秆还田,但土壤有机质腐殖化程度不高,因此稳定性表现较低^[29]。与 CK3 相比,NPK+S 处理土壤有机质 HA/FA 值显著升高 59.1%,表明在秸秆还田的同时施用化肥能够显著提升土壤有机质稳定性,促进有机质累积。OM+S 处理与 CK3 相比,HA/FA 值高 71%,表明在秸秆还田的同时施用有机肥能显著促进有机

质积累并提高有机质稳定性。与 NPK+S 处理相比,OM+S 处理土壤有机质稳定性略高但未达到显著水平,可能原因是秸秆还田试验进行年限较短,土壤有机质稳定性差异表现不明显。

与单施化肥(NPK)处理相比,添加有机肥料(1/2NPK+1/2OM)能够显著促进土壤有机质累积并提升土壤有机质稳定性,其中 HA/FA 值提高 25.1%。在各处理中,施用有机肥(OM)土壤有机质最易累积且稳定性最高,比 NPK 处理 HA/FA 值高 55.7%。由 NPK、1/2NPK+1/2OM、OM 3 个处理 HA/FA 值对比可知,在施肥量相同的情况下,施用有机肥的比例越

高,土壤有机质稳定性越高,原因可能是长期施用有机肥,土壤中有有机物增多,土壤微生物活动强烈,土壤有机质腐殖质过程要强于有机质矿化过程,有机质趋于积累并保持稳定结构^[30]。

3 结论

秸秆还田能显著增加土壤有机质及其各组分的含量,促进有机质的累积并提高其稳定性。秸秆还田的同时施用肥料效果更佳,其中有机肥与秸秆混施效果优于化学肥料与秸秆混施。长期单施有机肥对土壤有机质累积,可溶性有机质、富里酸、胡敏酸、胡敏素提升作用显著,有机质稳定性最高,效果最好。

参考文献:

- [1] Yang QY, Jiang ZC, Li WJ, Li H. Prediction of soil organic matter in peak-cluster depression region using kriging and terrain indices[J]. Soil and Tillage Research, 2014, 144: 126–132
- [2] 骆东奇, 白洁, 谢德体. 论土壤肥力评价指标和方法[J]. 土壤与环境, 2002, 11(2): 202–205
- [3] Hernanz JL, López R, Navarrete L, Sánchez-Girón V. Long-term effects of tillage systems and rotations on soil structural stability and organic carbon stratification in semiarid central Spain[J]. Soil and Tillage Research, 2002, 66(2): 129–141
- [4] 张金涛, 卢昌艾, 王金洲, 单鹤翔, 徐明岗, 任意, 田有国. 潮土区农田土壤肥力的变化趋势[J]. 中国土壤与肥料, 2010(5): 6–10
- [5] 窦森, 李凯, 崔俊涛, 关松, 张晋京. 土壤腐殖物质形成转化与结构特征研究进展[J]. 土壤学报, 2008, 45(6): 1 148–1 158
- [6] 潘剑玲, 代万安, 尚占环, 郭瑞英. 秸秆还田对土壤有机质和氮素有效性影响及机制研究进展[J]. 中国生态农业学报, 2013, 21(5): 526–535
- [7] 夏海勇, 王凯荣, 赵庆雷, 张正. 秸秆添加对土壤有机碳库分解转化和组成的影响[J]. 中国生态农业学报, 2014, 22(4): 386–393
- [8] Kumar G, Kurothe RS, Brajendra, Vishwakarma AK, Rao BK, Pande VC. Effect of farmyard manure and fertilizer application on crop yield, runoff and soil erosion and soil organic carbon under rainfed pearl millet (*Pennisetum glaucum*)[J]. Indian Journal of Agricultural Sciences, 2014, 84(7): 816–823
- [9] 马俊永, 陈金瑞, 李科江, 曹彩云, 郑春莲. 施用化肥和秸秆对土壤有机质含量及性质的影响[J]. 河北农业科学, 2006(4): 44–47
- [10] Serramiá N, Sánchez-Monedero MA, Fernández-Hernández A, García-Ortiz CC, Roig A. Contribution of the lignocellulosic fraction of two-phase olive-mill wastes to the degradation and humification of the organic matter during composting[J]. Waste Management, 2010, 30(10): 1 939–1 947
- [11] Porazinska DL, Bardgett RD, Blaauw MB, William HH, Parsons AN, Seastedt TR. Relationships at the aboveground-belowground interface: Plants, soil biota, and soil processes[J]. Ecological Monographs, 2003, 73(3): 377–395
- [12] 窦森, Yves T, 张晋京, 李凯, 于水强, 平立凤, 关松, 候素艳, 林学巍, 高娴. 土壤胡敏酸与富里酸热力学稳定性及其驱动因素初步研究[J]. 土壤学报, 2010 (1): 71–76
- [13] 张甘霖, 龚子同. 土壤调查实验室分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 2012: 46–51
- [14] 严昌荣, 刘恩科, 何文清, 刘爽, 刘勤. 耕作措施对土壤有机碳和活性有机碳的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2010(6): 58–63
- [15] 李海燕, 贾国梅, 方向文, 王刚. 裸地休闲和春小麦生长条件下土壤微生物量和土壤有机质动态研究[J]. 兰州大学学报, 2006, 42(4): 34–36
- [16] 高会议, 郭胜利, 刘文兆. 黄土旱塬裸地土壤呼吸特征及其影响因子[J]. 生态学报, 2011, 31(18): 5 217–5 224
- [17] 孟磊, 丁维新, 蔡祖聪, 钦绳武. 长期定量施肥对土壤有机碳储量和土壤呼吸影响[J]. 地球科学进展, 2005, 20(6): 687–692
- [18] 汪红霞, 廖文华, 孙伊辰, 张伟, 刘建玲. 长期施用有机肥和磷肥对潮褐土土壤有机质及腐殖质组成的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2014(6): 39–43
- [19] 张水清, 黄绍敏, 李慧, 姜翼来, 钱小平, 三岛慎一郎, 聂胜委, 郭斗斗. 华北潮土区长期有机培肥下土壤有机碳和养分状况的动态变化[J]. 核农学报, 2014, 28(12): 2 247–2 253
- [20] 马俊永, 李科江, 曹彩云, 郑春莲. 有机-无机肥长期配施对潮土土壤肥力和作物产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(2): 236–241
- [21] Hodge A, Berta G, Doussan C, Merchan F, Crespi M. Plant root growth, architecture and function[J]. Plant and Soil, 2009, 321(1–2): 153–187
- [22] 常二华, 杨建昌. 根系分泌物及其在植物生长中的作用[J]. 耕作与栽培, 2006(5): 13–16
- [23] 赵龙山, 梁心蓝, 张青峰, 吴发启. 裸地雨滴溅蚀对坡面微地形的影响与变化特征[J]. 农业工程学报, 2012, 28(19): 71–77
- [24] 徐金忠, 孟凯, 崔晓阳, 冯军, 宋金凤. 不同施肥处理对黑土腐殖质组成的影响[J]. 东北林业大学学报, 2009, 37(11): 84–85
- [25] 卢志红, 嵇素霞, 张美良, 刘经荣, 张结刚. 长期定位施肥对水稻土有机质含量及组成的影响[J]. 中国农学通报, 2014, 30(27): 98–103
- [26] 褚慧, 宗良纲, 汪张懿, 谢少华, 杨旒, 罗敏. 不同种植模式下菜地土壤腐殖质组分特性的动态变化[J]. 土壤学报, 2013, 50(5): 931–939
- [27] 陈洪松, 邵明安, 王克林. 黄土区荒草地和裸地土壤水分的循环特征[J]. 应用生态学报, 2005, 16(10): 1 853–1 857
- [28] 张国盛, 黄高宝, Yin C. 农田土壤有机碳固定潜力研究进展[J]. 生态学报, 2005, 25(2): 351–357
- [29] 崔婷婷, 窦森, 杨轶因, 陈丽珍, 黄毅, 王瑞丽. 秸秆深还对土壤腐殖质组成和胡敏酸结构特征的影响[J]. 土壤学报, 2014, 51(4): 718–725
- [30] 罗璐, 周萍, 董成立, 石辉, 吴金水, 黄铁平. 长期施肥措施下稻田土壤有机质稳定性研究[J]. 环境科学, 2013, 34(2): 692–697

Effects of Different Fertilization and Straw Returning on Soil Organic Matter and Its Components in Fluvo-aquic Soil

WU Qi-cong^{1,2}, ZHANG Cong-zhi², ZHANG Jia-bao^{2*}, CHEN Jin-lin^{1*}, XIN Xiu-li²

(1 College of Forestry, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China; 2 State Experimental Station of Agro-ecosystem in Fengqiu, State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture (Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences), Nanjing 210008, China)

Abstract: Field experiments were conducted to study the effects of different fertilization and straw returning on soil organic matter and its components. Eight treatments were designed including the bare land (CK1), crops grown without fertilizer application and straw returning (CK2), straw returning without fertilizer application (CK3), inorganic fertilizer application without straw returning (NPK), coupled with straw removing and fertilizer application mixed with organic and inorganic (1/2NPK+1/2OM), organic fertilizer application without straw returning (OM), inorganic fertilizer application with straw returning (NPK+S), organic fertilizer application with straw returning (OM+S). The results showed that soil organic matter and organic matter component contents of CK1 were the lowest, but soil organic matter in CK1 was more stable than that in the CK2 and CK3. Compared with CK2, fertilization application (NPK, 1/2 NPK+1/2 OM, OM) and CK3, and fertilizers application with straw returning (NPK+S, OM+S) increased soil organic matter content and improved its stability. When compared with CK2, soil organic matter in organic fertilizer application (OM) reached maxim and increased by 155.1%. Moreover, the content of dissolved organic matter, fulvic acid, humic acid and humin increased by 39.1%, 133.7%, 540.0% and 152.5%, respectively. The HA/FA ratio was 0.43 in OM treatment and increased by 173.9% compared with CK2. Both the content of soil organic matter and its stability increased in NPK+S and OM+S on the basis of CK3 while the latter increased more than the former. In conclusion, straw returning and organic fertilizer application are important in improving the content and stabilization of soil organic matter in the fluvo-aquic soil.

Key words: Locating fertilization; Straw returning; Fluvo-aquic soil; Soil organic matter; Organic components