

# 不同耕法下秸秆还田对土壤 WSOC 荧光特性的影响

李玉梅<sup>1</sup>, 王根林<sup>2\*</sup>, 李承阳<sup>1,3</sup>, 刘峥宇<sup>4</sup>, 孟祥海<sup>5</sup>, 王伟<sup>1</sup>, 邵广忠<sup>5</sup>, 胡颖慧<sup>5</sup>

1. 黑龙江省农业科学院土壤肥料与环境资源研究所, 黑龙江 哈尔滨 150086
2. 黑龙江省农业科学院畜牧研究所, 黑龙江 哈尔滨 150086
3. 东北农业大学生命学院, 黑龙江 哈尔滨 150021
4. 黑龙江省绥滨农场, 黑龙江 绥滨 154213
5. 黑龙江省农业科学院牡丹江分院, 黑龙江 牡丹江 157041

**摘要** 为探讨秸秆还田对土壤水溶性碳(WSOC)的影响,采用田间定位试验,研究连续免耕、浅翻、深翻与免耕秸秆覆盖、秸秆浅翻及深翻还田方式下,旱地草甸土 WSOC 随土层深度变化的荧光特征。结果表明:0~50 cm 土层,3种耕法与相应秸秆还田方式土壤 WSOC 均解析出2类3个荧光组分,即类腐殖质组分 C1(240/400 nm)和 C2(245, 400/465 nm)及类蛋白质组分 C3(220, 275/325 nm);无论浅翻还是深翻,0~20 cm 表土层 C1>C2>C3,20~30 cm 土层 C3 组分的变化与 C1, C2 组分呈负相关,秸秆还田增加了30~50 cm 土层 C3 组分的含量;荧光指数分析表明,土壤 WSOC 组成为非生物源与生物源的混合物,10~20 cm 土层异源特征明显,免耕与免耕秸秆覆盖20~50 cm 土层自生源特征较强;秸秆深翻还田40~50 cm 土层腐殖质的产生和积累趋势增强,C2/C1 比值高于秸秆浅翻还田和秸秆覆盖。

**关键词** 旱地草甸土; 秸秆还田; 耕法; WSOC

**中图分类号:** S3 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3964/j.issn.1000-0593(2020)04-1232-06

## 引言

土壤溶解性有机质由溶解在土壤溶液中的低分子量有机质和以胶体状态悬浮于土壤溶液中的大分子量有机质组成,一般将通过 0.45 μm 微孔滤膜的水溶性有机碳表示为 WSOC。WSOC 虽然只占土壤有机碳的很少部分,却是土壤微生物可直接利用的有机碳源,影响土壤中有机和无物质的转化、迁移和降解<sup>[1]</sup>。耕作5年土壤的 WSOC 组成与天然土壤相似,而耕作1年土壤的 WSOC 中碳水化合物几乎完全消失,新形成了一些烷基碳结构的有机物。不同取样时期、不同土层深度,土壤 WSOC 组成不同<sup>[2]</sup>。目前,荧光光谱分析法广泛应用于 DOM 及不同来源 FA 类物质的荧光特性研究中,具有灵敏度高,选择性好等优点。而采用平行因子分析(PARAFAC)与荧光光谱结合,可以揭示传统荧光图谱无法识别的细微差别,目前已成为腐殖酸类物质结构、组成特性分析的主要评价方法<sup>[3]</sup>。以追求产量为目标的高强度耕作方式,带来耕地土壤有机质退化、耕层变浅、土壤肥力

下降,利用秸秆还田培肥土壤,被认为是一种最直接、最有效的途径。由于受土壤类型、环境、生物量等因素的影响,秸秆还田方式对土壤有机碳库的贡献不同<sup>[4]</sup>,以往研究多侧重于秸秆覆盖、粉碎翻耕、过腹还田等方式<sup>[5]</sup>,而对于连续秸秆还田方式的研究则较少。因此,本研究通过不同耕法下秸秆还田方式对草甸土不同深度土层中 WSOC 荧光光谱特征的影响,为今后科学应用秸秆还田开展黑土培肥具有重要的意义。

## 1 实验部分

### 1.1 试验设计

本研究于2016年5月—2018年10月在牡丹江市温春镇(44.60°N, 129.58°E)粘壤质型草甸土上进行,土壤基础养分指标:全 N 1.12 g · kg<sup>-1</sup>、全 P 0.55 g · kg<sup>-1</sup>、全 K 2.53 g · kg<sup>-1</sup>、碱解 N 101.55 mg · kg<sup>-1</sup>、速效 P 26.50 mg · kg<sup>-1</sup>、有效 K 130.28 mg · kg<sup>-1</sup>、有机质 16.50 mg · kg<sup>-1</sup>、pH 7.93。

收稿日期: 2019-03-13, 修订日期: 2019-07-28

基金项目: 国家重点研发项目(2016YFD0300806), 省级资助项目(GX18B013), 黑龙江省重点基金项目(ZD2016008, LBH-Q14148)资助

作者简介: 李玉梅, 女, 1971年生, 黑龙江省农业科学院土壤肥料与环境资源研究所研究员 e-mail: liyumeiwxy@126.com

\* 通讯联系人 e-mail: wanggenlin2005@163.com

表 1 田间试验设计  
Table 1 Field trial design

耕法		秸秆还田方式	
免耕 (NT)	秸秆移走, 不翻耕	免耕秸秆覆盖 (NT-S)	秸秆粉碎后覆盖地表
浅翻 (ST)	秸秆移走, 浅翻 20 cm	浅翻秸秆还田 (ST-S)	秸秆浅翻还田 20 cm
深翻 (DT)	秸秆移走, 深翻 35 cm	深翻秸秆还田 (DT-S)	秸秆深翻还田 35 cm

设计 3 种耕法: 免耕 (NT)、浅翻 20 (ST) 和深翻 (DT), 3 种秸秆还田方式: 免耕秸秆覆盖 (NT-S)、浅翻秸秆还田 (ST-S) 和深翻秸秆还田 (DT-S)。每小区 234 m<sup>2</sup>, 3 次重复, 玉米施 N 160.0 kg · ha<sup>-1</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 110.0 kg · ha<sup>-1</sup>, K<sub>2</sub>O 75.0 kg · ha<sup>-1</sup>。每年秋季玉米收获后, 将秸秆粉碎至长度小于 10 cm, 覆盖或翻埋于 20 或 35 cm 土层。免耕与免耕秸秆覆盖处理在作物整个生长期均不进行耕作。

1.2 测定项目与方法

(1) 样品采集: 秋季每隔 10 cm 分层采集 0~50 cm 土层土样, 测定土壤 WSOC。

(2) 测定方法: 荧光光谱仪为 F-7000 型 (日本日立公司), 450 W 氙弧灯, PMT 电压 700 V, 扫描速度 1 200 nm · min<sup>-1</sup>, 扫描范围 EX=200~490 nm/EM=250~550 nm, 运用仪器自带软件 (FL WinLab software (Perkin Elmer)) 收集数据。

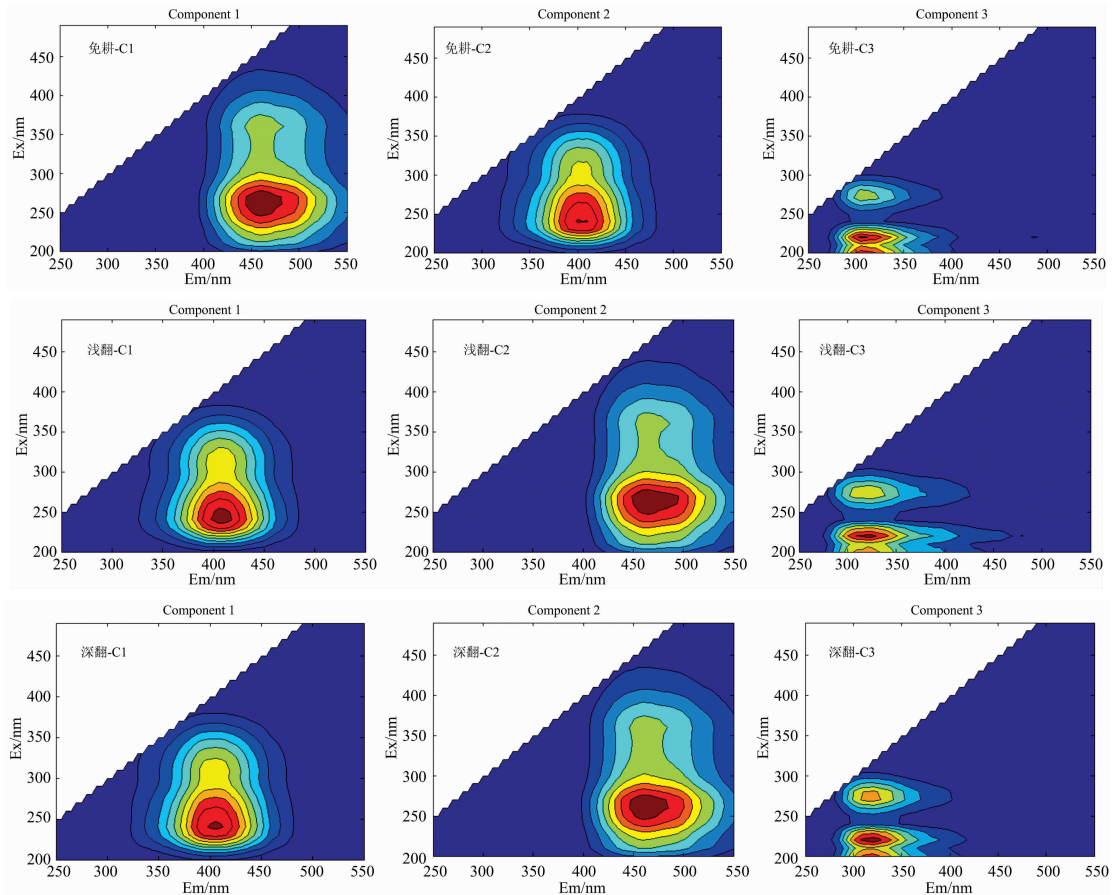
(3) 数据处理: 应用 Matlab 2011 软件及 origin 2016 进

行三维荧光图谱绘制与平行因子分析。

2 结果与讨论

2.1 不同处理土壤 WSOC 组分的荧光图谱特征

由图 1 可见, 不同深度土壤样品中均解析出 3 组荧光组分, 类腐殖质组分 C1(240/400 nm) 和 C2(245, 400/465 nm) 及类蛋白组分 C3(220, 275/325 nm), 每一组分在同一发射波长中均存在两个峰。其中, C1 组分具有明显的短波类腐殖物质的荧光特性, 存在的主峰 (EX=240 nm/EM=400 nm) 与陆源腐殖质 A 峰相近, 为来源于微生物或者动物活动产生的、易氧化、类腐殖质组分<sup>[6]</sup>, 而同为类腐殖质物质的 C2 组分, 主峰 (EX=260 nm/EM=465 nm) 与陆源腐殖质 A 上部峰接近, 主要来自自生源及动物活动产生, C3 组分的两个峰分别与新近类氨基酸 B 峰和 T 峰接近, 为蛋白质类物质, 也有称之为色氨酸的荧光峰。



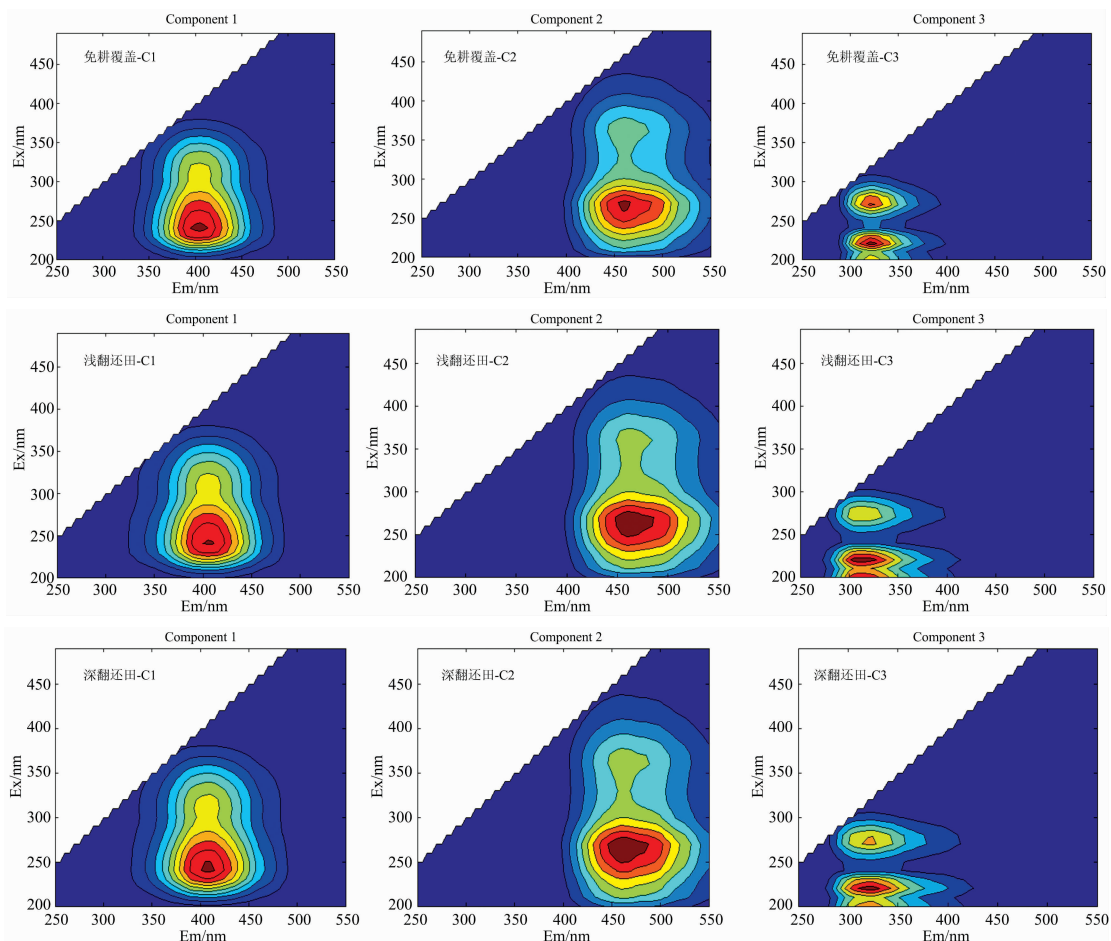


图 1 不同处理土壤 WSOC 组分荧光图谱

Fig. 1 Fluorescence of soil WSOC components with different treatments

## 2.2 不同处理对土壤 WSOC 组分荧光强度的影响

平行因子分析(PARAFAC)表明[见图 2(a-c)], 秸秆不还田条件下, 3种耕法 0~50 cm 土层 C1, C2 和 C3 组分平均占比 36.78%, 33.65%和 29.57%, 耕法对土壤 WSOC 不同组分的影响随土层深度呈波动性变化。

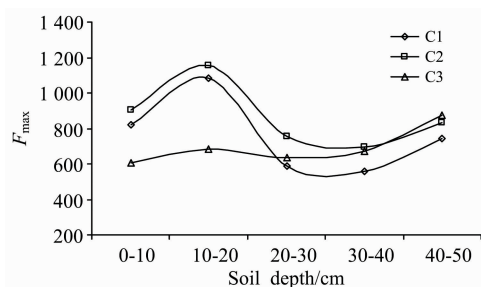


图 2(a) 免耕不同土层 WSOC 组分荧光强度

Fig. 2(a) Fluorescence intensity of WSOC in different soil layers with no tillage

NT 与 ST 处理 C1, C2 组分在 10~20 和 20~30 cm 土层分别有一个最高荧光峰, 而 DT 处理在 10~20 和 30~40 cm 土层有 2 个荧光最高峰, 其 20~30 cm 土层 C1 和 C2 组

分荧光强度最弱, C3 组分最强; NT 处理 C3 组分与深度呈抛物线变化( $R^2=0.8143$ ); ST 处理不同深度土层中  $C1 > C2 > C3$ , C1 与 C2, C3 组分差异显著的同时, C1 和 C2 组分与土层深度变化显著相关( $R^2=0.7437$  和  $0.8824$ ); 连续 DT 对 0~20 cm 土层 C1 和 C2 组分影响不大, 与 30~40 cm 土层接近均较高; 无论浅翻还是深翻, 0~20 cm 表土层  $C1 > C2 > C3$ , 20~30 cm 土层 C3 组分变化与 C1 和 C2 组分负相关, DT 处理由于打破犁底层, 加速了深层土壤腐殖质的氧化速度, 促进了蛋白质类物质的生成。

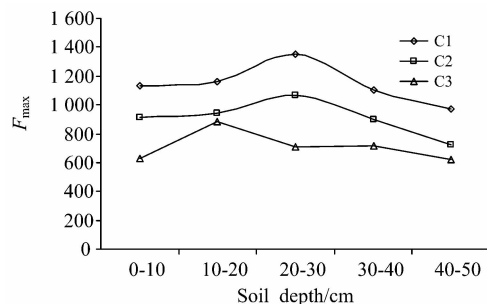


图 2(b) 浅翻不同土层 WSOC 组分荧光强度

Fig. 2(b) Fluorescence intensity of WSOC in different soil layers with shallow tillage

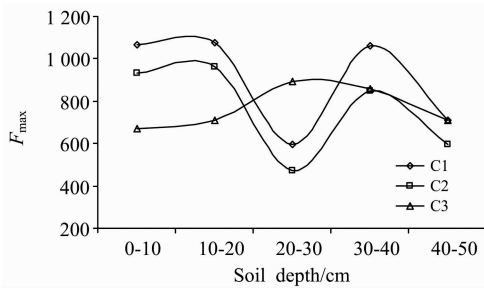


图 2(c) 深翻不同土层 WSOC 组分荧光强度

Fig. 2(c) Fluorescence intensity of WSOC in different soil layers with deep tillage

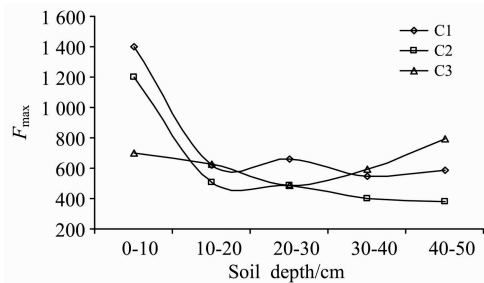


图 2(d) 免耕覆盖不同土层 WSOC 组分荧光强度

Fig. 2(d) Fluorescence intensity of WSOC in different soil layers with no-till cover

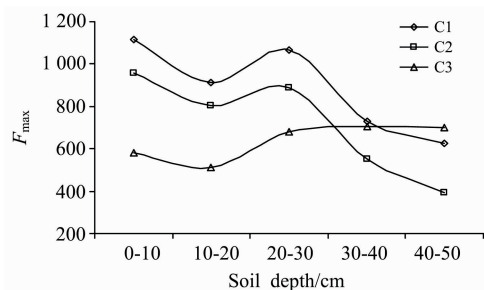


图 2(e) 浅翻还田不同土层 WSOC 组分荧光强度

Fig. 2(e) Fluorescence intensity of WSOC in different soil layers with straw shallow returning

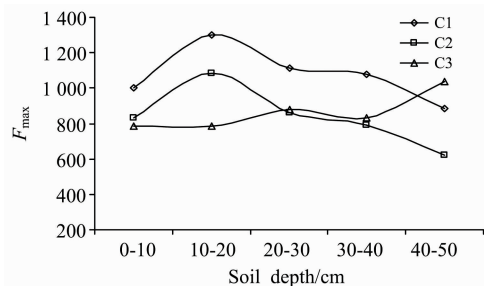


图 2(f) 深翻还田不同土层 WSOC 组分荧光强度

Fig. 2(f) Fluorescence intensity of WSOC in different soil layers with straw deep returning

由图 2(d)–(f) 可见，秸秆还田后土壤 WSOC 组分的荧

光强度分布特征发生变化。0~50 cm 土层，C1、C2 和 C3 组分平均占比 38.45%，32.06% 和 31.61%，C3 组分占比随土层深度增加而提高，至 40~50 cm 土层平均占比达 42.18%；免耕秸秆覆盖(NT-S)0~10 cm 表土层 C1 和 C2 组分荧光强度最强，随土层深度增加而下降，与深度变化的抛物线相关系数分别为 0.869 8 和 0.899 5，显著相关；秸秆浅翻还田(ST-S)C1 和 C2 组分最低荧光强度与 C3 组分最高荧光强度均出现在 30~50 cm 土层，与秸秆还田促进了深层土壤中腐殖质类物质转化为蛋白质类物质有关；秸秆深翻还田(DT-S)C1 和 C2 组分荧光强度变化趋势一致，10~50 cm 土层，随土层深度先增加后降低，最高和最低荧光强度分别出现在 10~20 和 40~50 cm 土层，平均荧光强度为 1 301.920，1 082.722 和 884.740，624.043，20~50 cm 土层荧光强度 C3 > C2；由图 2(e) 和 (f) 可见，ST-S 与 DT-S 处理 20~50 cm 土层 C3 组分与 C1 和 C2 组分变化呈负相关。

### 2.3 不同处理土壤 WSOC 组分的 FMAX 分析

#### 2.3.1 不同耕法土壤 WSOC 组分的 FMAX 分析

由表 2 可见，秸秆不还田，3 种耕法 FI 指数均以 10~20 cm 土层最低，平均 1.520，20~50 cm 土层随土层深度增加而提高，至 40~50 cm 土层最大，达 1.729；不同耕法 0~10 cm 土层 FI 指数以 NT > DT > ST，分别为 1.673，1.619 和 1.585；10~50 cm 土层 FI 指数以 DT 与 NT 接近，均高于 ST；不同深度土层 FI 指数表明土壤 WSOC 组成为非生物源和生物源的混合物，二者所占比例不同，NT 与 DT 处理接近，与 ST 差异显著。0~20 cm 土层 BIX 变幅为 0.629~0.657，表明该土层具有较少的自生源特征，NT < DT < ST，ST 处理微生物活性及可利用性略有增强；20~50 cm 土层 BIX 指数 NT > DT > ST，其中 NT 和 DT 处理的 20~50 cm 土层与 ST 处理的 40~50 cm 土层，BIX 变幅为 0.707~0.755，均具有中等的自生源特征。由于 C1 组分结构简单，生物可利用性强，腐殖化程度较低，而 C2 组分结构复杂，较难被微生物利用，因此，常用 C2/C1 比值(腐殖化指数)表示土壤有机碳的腐殖化程度，比值越高，腐殖化程度越高。不同耕法 C2/C1 比值变幅 0.740~1.281，随土层深度先升高后降低；NT 处理 20~30 cm 土层 C2/C1 比值最大，达 1.281，而 ST 与 DT 处理 20~30 cm 土层 C2/C1 比值均较低，平均 0.785，腐殖化程度降低，与短期内土壤连续翻耕促进了有机质的矿化与分解，减慢了土壤有机质的腐殖化进程有关；NT 处理 C2 组分占比明显高于其他处理，而 C1 组分占比较低，与连续免耕 2 年且不扰动土壤，增加了土壤结构紧实度，腐殖质矿化度降低。

#### 2.3.2 不同秸秆还田方式土壤 WSOC 组分的 FMAX 分析

由表 2 可见，与耕法对土壤 WSOC 的 FI 指数影响一致，秸秆还田后，随土层深度增加 FI 指数先降低后增加，NT-S > DT-S > ST-S；10~20 cm 土层 FI 指数最低，3 种还田方式分别为 1.603，1.533 和 1.492，20~50 cm 土层 ST-S 与 DT-S 处理 FI 指数接近，平均 1.705，略低于 NT-S，无显著差异；不同处理 FI 指数变幅为 1.492~1.790，表明土壤 WSOC 来源于非生物源和生物源的混合物特征明显。0~20 cm 土层 BIX 变幅为 0.646~0.670，NT-S > ST-S > DT-S，均

具有较少的自生源特征；随土层深度增加 BIX 指数增加，30~50 cm 土层 BIX 变幅为 0.712~0.822，具有中等的自生源特征，其中，40~50 cm 土层，NT-S 与 ST-S 处理 BIX 分别为 1.802 和 0.805，自生源特征较强。3 种还田方式下土壤 WSOC 的 C2/C1 平均比值为 0.775，变幅 0.623~0.877，除 40~50 cm 土层外，ST-S>DT-S>NT-S；0~10 cm 表土层 C2/C1 比值均最高，平均 0.849，随土层深度增加 C2/C1 比值降低，至 40~50 cm 土层最小，平均为 0.661；虽然 30~50 cm 土层 C2/C1 比值降低，但 C2 占比为 DT-S>ST-S>NT-S，说明秸秆还田深度影响了土壤微生物代谢活动形成的内源腐殖质与秸秆、根系及其脱落物等外源腐殖质的形成，从而影响土壤有机质的腐殖化进程，秸秆深还田深层土壤的腐殖质化趋势增强。

表 2 不同处理土壤 WSOC 组分的荧光指数分析  
Table 2 Fluorescence index analysis of soil WSOC components with different treatments

荧光指数	深度/cm	NT	ST	DT	NT-S	ST-S	DT-S
FI	0~10	1.673	1.585	1.619	1.700	1.610	1.657
	10~20	1.521	1.509	1.531	1.603	1.492	1.533
	20~30	1.733	1.603	1.737	1.734	1.686	1.690
	30~40	1.742	1.608	1.755	1.762	1.699	1.722
	40~50	1.747	1.677	1.762	1.790	1.703	1.713
BIX	0~10	0.650	0.657	0.657	0.670	0.659	0.658
	10~20	0.629	0.640	0.635	0.662	0.647	0.646
	20~30	0.743	0.641	0.739	0.768	0.678	0.689
	30~40	0.755	0.644	0.707	0.785	0.738	0.712
	40~50	0.740	0.707	0.723	0.822	0.805	0.731
C2/C1	0~10	1.097	0.811	0.872	0.860	0.859	0.828
	10~20	1.063	0.820	0.892	0.817	0.877	0.832
	20~30	1.281	0.780	0.791	0.743	0.833	0.773
	30~40	1.241	0.800	0.810	0.726	0.759	0.736
	40~50	1.124	0.740	0.841	0.653	0.623	0.705

## 2.4 土壤 WSOC 组分的荧光特征

受生物和非生物过程的影响，土壤有机质、凋落物、根系分泌物和微生物体的分解与腐殖化均是土壤 WSOC 的潜在来源<sup>[7]</sup>。研究发现，在湖泊的 CDOM 组成中，微生物作用类腐殖质 C1(245/391 nm)占 40.80%，陆源类腐殖质 C2(255, 340/453 nm)占 30.80%，类酪氨酸物质 C3(275/304 nm)占 28.40%<sup>[8]</sup>。谷思玉等对黑土 FA 荧光分析，仅解析出 C1 与 C2 两个荧光组分<sup>[3]</sup>。本研究表明，不同耕法与秸秆还田方式下，土壤 WSOC 均解析出 2 类 3 个荧光组分，类腐殖质组分 C1(240/400 nm)和 C2(245, 400/465 nm)及类蛋白组分 C3(220, 275/325 nm)；0~50 cm 土层中，3 种耕法与相

应秸秆还田方式 C1, C2 和 C3 组分平均占比 36.78%，33.65%，29.57%和 38.45%，32.06%，31.61%；短期内连续翻耕与秸秆还田，促进了土壤腐殖质的氧化、分解，C1 和 C3 组分增加，C2 组分降低，C1 与 C2 组分线性相关。

## 2.5 土壤 WSOC 组分的荧光指数变化

FI( $f_{450/500}$ )存在两个端源 1.4 和 1.9<sup>[8]</sup>，FI<1.4，DOM 组分异源特征明显，即有机物的前体更多来源于植物残体和根系分泌物等外来物质<sup>[1]</sup>。FI>1.9，DOM 组分主要来源于微生物的代谢活动，土壤有机质以微生物代谢形成的腐殖质为主<sup>[7]</sup>。本研究表明，不同耕法与秸秆还田方式下，0~50 cm 土层，FI 指数变幅 1.509~1.762 和 1.492~1.790，表明土壤 WSOC 组成为非生物源与生物源的混合物，二者所占比例不同，免耕与深翻接近，高于浅翻；秸秆深翻还田与浅翻还田接近，均小于免耕秸秆覆盖处理。

BIX 是 DOM 的自生源参数，衡量了自生源有机物对 DOM 的贡献。0.6<BIX<0.7，DOM 具有较少的自生成分，0.7<BIX<0.8，物质具有中等的自生源特征，0.8<BIX<1.0，DOM 具有较强的自生源特征。BIX 越大，土壤微生物可利用性越高。研究表明，有无秸秆还田，0~20 cm 土层 BIX 均<0.7，以 10~20 cm 土层最低；随土层深度增加 BIX 指数增加，40~50 cm 土层达最大；秸秆还田条件下，30~50 cm 土层 BIX>0.7，有中等的自生源，而 0~20 cm 土层自生源物质产生较少；免耕与免耕秸秆覆盖由于整个生长季节对土壤无扰动，20~50 cm 土层自生源特征较强。

水热梯度的增加可导致土壤 FA 中 C1 和 C2 组分数目下降，FA 组内趋于简单化，加快土壤中 FA 的消耗，不利于土壤肥力的保持<sup>[3]</sup>。秸秆不还田条件下，短期内连续翻耕促进了土壤有机质的矿化与分解，C2/C1 比值降低，NT>DT>ST；通过对 C3 组分的分析，也能比对腐殖质物质占总有机质的比率。无论秸秆覆盖还是翻耕还田，30~50 cm 土层 C3 组分增加，而 C2/C1 比值降低，表明该土层有机质腐殖质化程度降低；秸秆深翻还田 40~50 cm 土层 C2/C1 比值高于浅翻还田和秸秆覆盖，表明该土层腐殖质的产生和积累趋势增强，与耕翻造成根系分泌物的大量淋溶、移动有一定的关系，还有待于进一步研究。

## 3 结 论

短期内连续翻耕与秸秆还田，促进了土壤腐殖质的氧化、分解，C1 和 C3 组分增加，C2 组分降低；免耕与免耕秸秆覆盖由于整个生长季节对土壤无扰动，20~50 cm 土层自生源特征较强；秸秆深翻还田 40~50 cm 土层腐殖质的产生和积累有增强趋势。

## References

- [1] LI Ya-nan, WU Jun-nan, GAO Yun-hang, et al(李亚男, 武俊男, 高云航, 等). Journal of Jilin University • Science Edition(吉林大学学报 • 理学版), 2017, 55(3): 733.

- [ 2 ] GU Qiu-bei, YANG Qiong, YU Tao, et al(顾秋蓓, 杨琼, 余涛, 等). *Modern Geology(现代地质)*, 2016, 30(2): 463.
- [ 3 ] GU Si-yu, LI Yue, CAI Yue-tong, et al(谷思玉, 李悦, 蔡越桐, 等). *Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析)*, 2018, 38(2): 488.
- [ 4 ] LÜ Rui-zhen, XIONG Ying, LI You-jun, et al(吕瑞珍, 熊瑛, 李友军, 等). *Journal of Soil and Water Conservation(水土保持学报)*, 2014, 28(4): 206.
- [ 5 ] PAN Jian-ling, DAI Wan-an, SHANG Zhan-huan(潘剑玲, 代万安, 尚占环, 等). *Chinese Journal of Eco-Agriculture(中国生态农业学报)*, 2013, 21(5): 526.
- [ 6 ] CAI Wen-liang, XU Xiao-yi, LUO Gu-yuan, et al(蔡文良, 许晓毅, 罗固源, 等). *Environmental Chemistry(环境化学)*, 2012, 31(7): 1003.
- [ 7 ] LIU Li-zhen, HUANG Qi, WU Yong-ming, et al(刘丽贞, 黄琦, 吴永明, 等). *China Environmental Science(中国环境科学)*, 2018, 38(1): 293.
- [ 8 ] WANG Shu-hang, WANG Wen-wen, JIANG Xia, et al(王书航, 王雯雯, 姜霞, 等). *China Environmental Science(中国环境科学)*, 2016, 36(2): 517.

## Effects of Straw Returning on Soil WSOC Fluorescence Characteristics with Different Tillage Methods

LI Yu-mei<sup>1</sup>, WANG Gen-lin<sup>2\*</sup>, LI Cheng-yang<sup>1,3</sup>, LIU Zheng-yu<sup>4</sup>, MENG Xiang-hai<sup>5</sup>, WANG Wei<sup>1</sup>, SHAO Guang-zhong<sup>5</sup>, HU Ying-hui<sup>5</sup>

1. Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences Institute of Soil Fertility and Environmental Resources, Harbin 150086, China
2. Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences Institute of Animal Sciences, Harbin 150086, China
3. Northeast Agricultural University of Biological Science, Harbin 150021, China
4. Heilongjiang SuiBin Farm, Suibin 154213, China
5. Mudanjiang Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Mudanjiang 157041, China

**Abstract** To study the effect of straw returning on composition of soil water-soluble carbon, the fluorescence spectral characteristics of WSOC with depth were researched onland meadows with continuous no-tillage, shallow turning, deep turning and no-till cover, shallow and deep straw returning methods, and the results showed that the WSOC was all resolved two types of three fluorescent components in 0~50 cm soil layer with 3 kinds of tillage and corresponding straw returning, namely humus-like components C1 (240/400 nm) and C2 (245, 400/465 nm) and protein-like component C3 (220, 275/325 nm). Regardless of shallow or deep returning, the sequence was C1>C2>C3 in 0~20 cm topsoil, but the change of C3 composition in 20~30 cm soil layer was negatively correlated with C1 and C2 components. It was also founded that the content of C3 component in 30~50 cm soil layer was increased with continuous straw returning. Fluorescence index analysis showed that the WSOC composition is a mixture of non-biological sources and biological sources, which indicated that the heterogeneous characteristics of the soil layer was obvious in 10~20 cm soil. For the reason of no disturbance to the soil in whole growing season with no-tillage and no-tillage straw cover, the self-generated characteristics in 20~50 cm soil layer was much strong. The ratio of C2/C1 in the 40~50 cm soil layer of straw deep returning was higher than that of shallow tillage and straw cover, indicating that the tenth of humus production and accumulation would be increased.

**Keywords** Land meadows; Straw returning; Tillage; WSOC

(Received Mar. 13, 2019; accepted Jul. 28, 2019)

\* Corresponding author