

文章编号 :1003-8701(2013)02-0052-03

# 长期不施肥土壤团聚体中胡敏素的分布特征

李 凯<sup>1,2</sup>, 窦 森<sup>1\*</sup>, 韩晓增<sup>3</sup>

(1. 吉林农业大学资源与环境学院, 长春 130118 ;2. 吉林农业科技学院文理学院, 吉林 吉林 132101 ;3. 中国科学院东北地理与农业生态研究所 / 海伦农田生态系统国家野外科学观测研究站, 哈尔滨 150081)

**摘 要** :本文研究了长期不施肥土壤团聚体中胡敏素的含量以及光学性质,结果表明,长期不施肥土壤团聚体中 HMr 含量随粒级的减小而降低。不同粒级相比 0.25 ~ 0.053 mm 粒级 HMi 的含量最低。HMi/HMc 比值表现为 <0.053 mm 粒级的最高。随粒级的减小 HMi 的 E4/E6 比值降低, <0.053 mm 粒级团聚体中 HMi 的分子质量大, 缩合度高, 结构复杂。

**关键词** :不施肥 ;土壤团聚体 ;胡敏素 ;含量 ;光学性质

中图分类号 :S154.2

文献标识码 :A

## Distribution Characteristics of Humic in Soil Aggregate without Fertilization for Long Time

LI Kai<sup>1,2</sup>, DOU Sen<sup>1</sup>, HAN Xiao-zeng<sup>3</sup>

(1. *College of Resources and Environment, Jilin Agricultural University, Changchun 130118;*  
2. *Arts and Science Department, Jilin Agricultural Science and Technology College, Jilin 132101;*  
3. *National Field Research Station of Agro-ecosystem in Hailun, Northeast Institute of Geography and Agro-ecology, Chinese Academy of Sciences, Harbin 150081, China*)

**Abstract** : Contents and optical properties of soil aggregates under long time no fertilization were studied in this paper. Results showed that the content of residual humin (HMr) decreased with aggregate size reducing. Among different size aggregates, the content of ion linked humin (HMi) extracted from 0.25 ~ 0.053mm was the lowest, and the HMi/HMc ratio of <0.053mm was the highest. The E4/E6 ratio of HMi declined with the deceasing of soil aggregates and the HMi molecular of <0.053mm had a big molecular mass, high condensation degree and complex structure.

**Keywords** : No fertilization; Soil aggregate; Humic; Content; Optical property

土壤腐殖物质具有抗微生物降解能力, 是有机碳的主体, 这与其自身的化学组成和微结构密不可分<sup>[1]</sup>, 其稳定性组分胡敏素(HM), 在碳截获、土壤结构、养分保持、生物地球化学循环等方面都占有重要的作用<sup>[2]</sup>。

腐殖物质与团聚体之间的物理化学相互作用, 在保护土壤有机碳方面起到了重要作用。对于腐殖物质与团聚体之间的作用机制研究, 目前主要集中在长期施肥, 不同土地利用方式和秸秆培肥等农业措施条件下团聚体中腐殖物质组分 HA、FA 的变化情况<sup>[3-5]</sup>, 而对团聚体中 HM 组成以及不同农业措施条件下 HM 的分布和结构特征规律等规律性认识几乎没有。深入了解农业生态系统有机碳的稳定性机制已成为全球研究碳循环的重要内容, 因此, 本文从团聚体和胡敏素尺度研究了长期不施肥条件下胡敏素各组分的分布情况和

收稿时间 :2012-11-25

基金项目 :国家自然科学基金项目(40871107, 40971141); 吉林农业科技学院青年基金项目(2009109)

作者简介 :李 凯(1980-), 女, 讲师, 博士, 主要从事土壤生物化学和环境化学研究。

通讯作者 :窦 森, 男, 教授, 博士, 博士生导师,  
E-mail: dousen@tom.com

溶性胡敏素的光学性质,所获得的基础信息,将为土壤物理化学固碳研究提供新的资料。

## 1 材料与方 法

### 1.1 土壤样品

本试验的土壤样品有两份:2008年4月采自吉林农业大学资源与环境学院微区试验基地(2005年开始)耕作且未施肥处理,土壤属于典型黑土,含有机碳 $12.10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、全氮 $1.46\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、全磷 $0.52\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、速效钾 $167.2\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,pH为6.5。

2008年10月采自黑龙江海伦农田生态系统国家野外科学观测研究站的长期定位肥料试验田(1990年开始)耕作且未施肥处理,土壤属于中层黑土,含有机碳 $27.96\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、全氮 $2.21\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、全磷 $1.61\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、速效钾 $228.9\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,pH为6.3。

### 1.2 土壤团聚体的分离

采用Cambardella和Elliot(1993)的湿筛法<sup>[6]</sup>,利用自动震荡筛(套筛直径为2 mm、0.25 mm、0.053 mm)对土壤团聚体进行分级,具体操作为:称取风干土样100 g,置于2 mm的筛子上,在室温条件下用蒸馏水浸润5 min,然后以30次/min速度在蒸馏水中振荡2 min,上下振幅为3 cm,将筛上的团聚体冲洗到烧杯中,<0.053 mm水稳性团聚体则需在筒内沉降48 h,弃去上清液后,将团聚体转移至烧杯中。将盛有团聚体的烧杯,置于50℃条件下烘干称重。

### 1.3 团聚体中HM各组分的提取和分离

HM各组分的提取和分离,采用Pallo修改

法,将HA、FA分离后所得的HM继续进行分组,先用 $0.5\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{ H}_2\text{SO}_4$ 溶解铁、铝氧化物和强氧化物,然后用 $0.2\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{ NaOH}$ 提取出HMi,通过 $1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{ HF-HCl}$ 混合液破坏黏土矿物与HM的紧密结合,再用 $0.2\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{ NaOH}$ 提取出HM<sub>c</sub>,剩余不溶的残渣为HM<sub>r</sub><sup>[6]</sup>。用蒸馏水清洗、离心,风干后过0.25 mm筛。

### 1.4 土壤基本性质的测定

全氮采用半微量开氏法;全磷采用 $\text{HClO}_4\text{-H}_2\text{SO}_4$ 法(钼锑抗比色);速效钾采用醋酸铵浸提(火焰光度法);有机碳采用重铬酸钾容量法;pH采用电位法。

### 1.5 HMi和HM<sub>c</sub>的光学性质

光学性质采用721W分光光度计测定400、465、600、665nm处光密度值,并计算 $E_4/E_6$ 比值。

## 2 结果与分析

### 2.1 团聚体中HMi、HM<sub>c</sub>和HM<sub>r</sub>的含量

团聚体的HM各组分的分布状况见表1,在所有团聚体中,HM<sub>r</sub>组分的含量最高,占团聚体全碳的24.4%~42.6%,HMi和HM<sub>c</sub>含量相近,分别占团聚体全碳的6.3%~8.8%和6.2%~7.7%。HM<sub>r</sub>和HMi的含量随着团聚体粒级的变化呈现规律性,随着粒级的减小HM<sub>r</sub>的含量逐渐降低。不同粒级相比0.25~0.053 mm粒级HMi的绝对含量和相对含量均最低(农大和海伦土壤团聚体中HMi的绝对含量分别为 $0.65\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 $1.87\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,相对含量分别为6.4%和6.3%)。

表1 不同粒级团聚体HM各组分的含量

处理	粒级(mm)	HMi		HM <sub>c</sub>		HM <sub>r</sub>	
		C(g·kg <sup>-1</sup> )	C/TC(%)	C(g·kg <sup>-1</sup> )	C/TC(%)	C(g·kg <sup>-1</sup> )	C/TC(%)
农大	全土	0.74	6.8	0.81	7.4	3.6	33.4
	2~0.25	0.88 a	7.5a	0.74a	6.2a	5.00b	42.6ab
	0.25~0.053	0.65ab	6.4ab	0.65a	6.4a	3.68c	36.0b
	<0.053	0.76ab	8.3a	0.70a	6.6a	3.17c	34.3b
	全土	2.44	8.9	2.09	7.6	9.82	35.7
海伦	2~0.25	2.33ab	7.9abc	2.08ab	7.1ab	10.31b	35.1ab
	0.25~0.053	1.87abc	6.3bc	2.29ab	7.7a	9.8bc	33.4abc
	<0.053	2.26ab	8.8a	1.92bc	7.5ab	6.24d	24.4cde

注:平均值,每列小写字母为Duncan新复极差5%显著性差异分析(同一土壤)。

### 2.2 团聚体中HMi/HM<sub>c</sub>和(HMi+HM<sub>c</sub>)/HM比值

各粒级团聚体的HMi/HM<sub>c</sub>比值见图1,从图1可知HMi/HM<sub>c</sub>比值随粒级变化呈现较好的规律,表现为<0.053 mm粒级的最高(农大1.27,海伦1.18),2~0.25 mm粒级的居中(农大1.22,海

伦1.13),0.25~0.053 mm粒级团聚体最低(农大1.00,海伦0.82),且各粒级团聚体的总体平均值为1.10。图2给出了(HMi+HM<sub>c</sub>)/HM比值。(HMi+HM<sub>c</sub>)/HM比值随团聚体粒级变化的规律性较差,各粒级团聚体的总体平均值为29.58%。

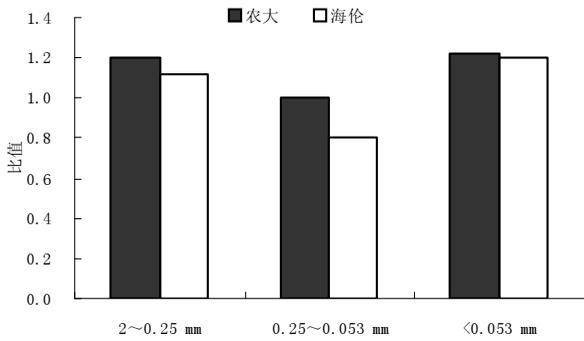


图1 各粒级团聚体的 HMi/HMc 比值

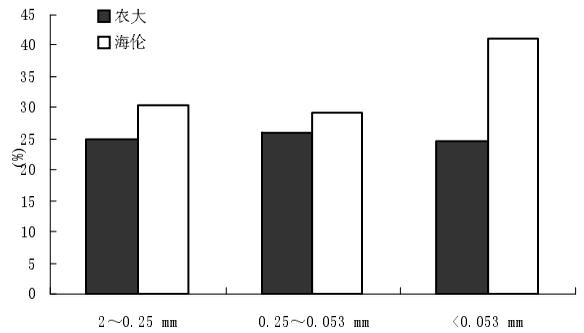


图2 各粒级团聚体的(HMi+HMc)/HM 比值

### 2.3 团聚体中 HMi 和 HMc 的光学性质

团聚体内 HMi 的  $E_4/E_6$  比值的范围为 2.876 ~ 3.105, 团聚体内 HMc 的  $E_4/E_6$  比值的范围为 3.063 ~ 3.443 (表 2)。各粒级  $E_4/E_6$  比值均表现为 HMc > HMi。HMi 的  $E_4/E_6$  比值随粒级的减小而减小。HMc 的  $E_4/E_6$  比值为 <0.053 mm 粒级的居中。

表 2 不同粒级团聚体中 HMi 和 HMc 的  $E_4/E_6$  比值

处理	粒级(mm)	HM <sub>i</sub>	HM <sub>c</sub>
农大	2~0.25	3.105	3.407
	0.25~0.053	3.091	3.443
	<0.053	3.04	3.414
海伦	2~0.25	2.997	3.140
	0.25~0.053	2.984	3.063
	<0.053	2.876	3.122

## 3 讨论

HM 曾经被称为黑素、类黑素、乌敏素、腐煤、娟煤、硝化胡敏素、反硝化胡敏素等。团聚体中 HM 组成的研究表明,各粒级团聚体 HM 组成中, HMr 的含量最高,而 HMi 和 HMc 的高低,不同粒级间有所差异。这与以往黑土、草甸土和风沙土 HM 各组分的研究结果表现相同<sup>[2,7]</sup>。

HM<sub>i</sub>/HM<sub>c</sub>(I/C 比)和(HMi+HMc)/HM (溶性胡敏素比例)是土壤胡敏素组成的表征指标<sup>[7]</sup>。各粒级团聚体溶性胡敏素比例的总体平均值为 29.58%,说明团聚体中 HM 组成中以不溶性胡敏素为主。不同粒级相比,0.25~0.053 mm 粒级 HMi/HMc 比值较低,说明长期不施肥促进了该粒级 HMc 的形成,0.25~0.053 mm 粒级团聚体是一个过渡性粒级,根据团聚体形成理论假设,该粒级胶结物质的增加可能导致大团聚体 (>2 mm 和 2~0.25 mm)的增加,胶结物质的减少可能会使微团聚体(<0.053 mm)增加。

$E_4/E_6$  比值与腐殖物质的分子质量、芳香环

的缩合度和含氧量有关,能反映腐殖物质分子的复杂程度<sup>[8]</sup>。 $E_4/E_6$  比值越低,腐殖物质分子质量越大,缩合度越高,含氧量越低。HMi 的  $E_4/E_6$  比值随粒级的减小而减小,HMc 的  $E_4/E_6$  比值为 <0.053 mm 粒级的居中,表明长期不施肥土壤团聚体中 HMi 的分子复杂程度随粒级的减小而增加,<0.053 mm 粒级的团聚体在不施肥的情况下更有利保护 HMi 碳,其 HMi 分子质量大,缩合度高,结构复杂。<0.053 mm 粒级的 HMc 的  $E_4/E_6$  比值居中,说明不施肥情况 <0.053 mm 粒级的 HMc 易形成或转化。

## 4 结论

4.1 长期不施肥土壤各粒级团聚体胡敏素组成中 HMr 含量最高,随着团聚体粒级的减小 HMr 含量降低,HMi 的含量不同粒级相比 0.25~0.053 mm 粒级的最低。

4.2 长期不施肥土壤团聚体中 HMi/HMc 比值表现为 <0.053 mm 粒级的最高,0.25~0.053 mm 粒级团聚体的最低。

4.3 长期不施肥土壤团聚体中 HMi 的  $E_4/E_6$  比值随粒级的减小而降低,<0.053 mm 粒级团聚体中 HMi 的分子质量大,缩合度高,结构复杂。

### 参考文献:

- [1] 唐晓红. 四川盆地紫色水稻土腐殖质特征及其团聚体有机碳保护机制[D]. 四川大学, 2008: 9-14.
- [2] 窦森, 肖彦春, 张晋京. 土壤胡敏素各组分数量及结构特征初步研究[J]. 土壤学报, 2006, 43(6): 934-940.
- [3] 李凯, 窦森, 韩晓增, 等. 长期施肥对黑土团聚体中腐殖物质组成的影响[J]. 土壤学报, 2010, 47(3): 579-583.
- [4] 郝翔翔, 窦森, 安丰华, 等. 不同利用方式下土壤团聚体腐殖质组成及胡敏酸结构特征[J]. 水土保持学报, 2010, 24(5): 248-252.
- [5] 仇建飞, 窦森, 邵晨, 等. 添加玉米秸秆培养对土壤团聚体胡敏酸数量和结构特征的影响[J]. 土壤学报, 2011, 48(4): 781-786.

同组内诱导情况不同, A 组中 A2 诱导效果最好, B 组中 B2 诱导效果最好, C 组中 C3 诱导效果最好。比较 3 组的平均出愈率和平均生长量, 明显看到 B 组诱导情况优于 C 组和 A 组, 因此建议选 B 组配方, 结合 B 组配方内的不同情况, 因此可确定 B2 配方为诱导合作 918 番茄叶片愈伤组织的最佳配方。但鉴于愈伤组织的质量鉴别有一定难度, 切合实际的数量指标很难确定, 因此试验主要从出愈时间、出愈率、愈伤组织生长量 3 个具体指标上进行比较分析, 未采取多重比较与方差分析, 只能结合本试验数据, 提供在激素的选择上采用 0.2 mg/L NAA 水平、1.5 mg/L KT 水平。当然在此

基础上可进一步采用逐步添加和逐步排除的试验方法, 缩小到具体的精确配方。

参考文献:

- [1] 蒋素华, 顾东亚, 崔波, 等. 番茄真叶愈伤组织诱导及植株再生研究[J]. 北方园艺, 2009(10): 113-114.
- [2] 何秀霞, 陆一鸣. 番茄组织培养体系的建立及其影响因素的研究[J]. 内蒙古民族大学学报(自然科学版), 2003(18): 30-33.
- [3] 周金梅, 宫敬利. 不同培养基配方对 L-402 番茄愈伤组织的诱导研究[J]. 北方园艺, 2010(21): 158-160.
- [4] 刘示勇, 刘守伟. 番茄组织培养中应注意的问题[J]. 园艺学报, 2006(2): 119-120.
- [5] 彭星元. 植物组织培养技术 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 65-66.

(上接第 54 页)

- [6] Cambardella C A, Elliot E T. Carbon and nitrogen distribution in aggregates from cultivated and native grassland soils [J]. Soil Science Society of America Journal, 1993(57): 1071-1076.

- [7] 李凯, 窦森. 不同类型土壤胡敏素组成的研究[J]. 水土保持学报, 2008, 22(3): 116-119.
- [8] 窦森, 姜岩. 土壤施用有机物料后重组有机质变化规律的探讨 - 对重组有机质中腐殖质组成和胡敏酸光学性质的影响[J]. 土壤学报, 1988, 25(3): 252-260.

(上接第 69 页)

### 3 小结与讨论

连续 2 年的抗枯萎病的田间试验结果表明: 秸秆生物反应堆技术防治草莓枯萎病效果良好, 相对防治效果高达 94.6%。较对照增产 69.3%, 枯萎病相对防治效果与增产幅度均达到显著水平。

秸秆生物反应堆技术有效防治枯萎病, 可能是秸秆反应堆提高了棚室内土壤温度、土壤有机质含量, 改善土壤理化性状<sup>[2-3]</sup>, 使草莓根系发育良好, 植株健壮, 增强了植株抗病性。同时秸秆反应堆使土壤中的细菌、放线菌大量增加<sup>[4]</sup>、土壤活性增强<sup>[5]</sup>, 放线菌产生大量抗菌素<sup>[6]</sup>, 刺激作物生长, 提高植株抗性, 拮抗病原微生物, 使之活力下降, 数量减少。此外, 菌剂自带的有益微生物, 拮抗、抑制、致死尖孢镰刀菌<sup>[7]</sup>, 也是防治草莓枯萎病害的重要原因。

目前对土性枯萎病害仍以化学防治为主, 常用的代森锰锌、多菌灵等杀菌剂, 因连续使用防效逐年降低, 甚至无效, 而且存在着农药残留, 污染环境的问题。本试验秸秆反应堆技术和微生物菌

剂的应用, 使草莓株高、茎粗、根系长度等指标显著增加, 促进了植株的生长发育, 使植株抗枯萎病能力明显增强, 减轻了病害对草莓生产的影响, 而且连续应用这项技术, 草莓枯萎病的发病程度也有所下降, 是防治草莓病害的安全有效的技术措施。

参考文献:

- [1] 王振庄, 鄯东翔, 宋建新, 等. 河北省蔬菜秸秆生物反应堆技术应用现状及效果分析[J]. 河北农业科学, 2008, 12(2): 41-42.
- [2] 李波, 王斌, 王铁良, 等. 秸秆生物反应堆技术对温室秋冬茬番茄生长环境影响研究 [J]. 灌溉排水学报, 2011, 30(5): 95-98.
- [3] 邹明辉, 孙景宏, 孙丽萍. 秸秆微生物发酵剂在大棚番茄上的应用效果研究[J]. 现代农业科技, 2011(21): 123-125.
- [4] 马建华, 张丽荣, 康萍芝, 等. 秸秆生物反应堆技术的应用对设施黄瓜土壤微生物的影响 [J]. 西北农业学报, 2010, 19(12): 161-165.
- [5] 宋尚成, 朱凤霞, 刘润进, 等. 秸秆生物反应堆对西瓜连作土壤微生物数量和土壤酶活性的影响 [J]. 微生物学通报, 2010, 37(5): 696-700.
- [6] 殷永娟, 张春兰, 姚惠琳. 增施秸秆对蔬菜土壤微生物的影响[J]. 土壤通报, 1996, 27(5): 239.
- [7] 刘会清, 马海莲, 左利兵, 等. 生防菌对连作草莓防病促生效果研究[J]. 河北北方学院学报, 2010, 27(1): 33-35.