

文章编号: 1674-7054(2016)03-0338-05

热带地区干湿气候对水稻土有机质含量及组分的影响

赵伶茹 杨霖 方雅各 谢洋 李思敏 王怡洁 孟磊

(海南大学农学院, 海口 570228)

摘要: 为研究热带地区气候干湿状况对水稻土有机质含量及组分的影响, 选择海南气候干湿程度差异大的琼中和东方两地的水稻土作为研究对象, 利用物理分组方法研究其有机质及组分的含量, 探讨轻组有机质(LFOM)、重组有机质(HFOM)与有机质含量的关系以及富里酸(FA)、胡敏酸(HA)与重组有机质的关系, 并分析了两地水稻土固定有机质的潜力。结果表明: 湿润气候区水稻土有机质及其各组分含量均显著高于半干旱气候区, 土壤有机质含量与轻组有机质及重组有机质含量均呈极显著正相关, 重组有机质含量与富里酸含量呈极显著正相关; 干燥气候区水稻土对有机质的固持潜力大于湿润气候区。土壤重组有机质适应热带地区湿润气候, 此外, 热带地区土壤腐殖质复合能力弱, 土壤腐殖质以富里酸为主, 应采取适宜措施增加热带干燥气候区水稻土碳固定的潜力。

关键词: 干湿度; 水稻土; 土壤有机质; 物理分组

中图分类号: S 156.6

文献标志码: A

DOI: 10.15886/j.cnki.rdswwb.2016.03.010

有机质是土壤重要的组成部分, 在土壤肥力、环境保护及农业可持续发展等方面具有重要作用^[1]。土壤有机质包含不同的组分, 各组分的稳定性和对环境变化的响应存在着很大的差异^[2]。研究相对密度不同的有机质的组成、性质及周转特性, 有助于了解不同组分对土壤肥力和碳固定的作用, 并能深入认识农业措施对有机质的影响^[3]。密度分组是指按照相对密度将土壤有机质分成轻组有机质部分(light fraction organic matter, LFOM)和重组(heavy fraction organic matter, HFOM)两部分^[4], 密度分组是土壤有机质重要的分组方法之一, 针对重组有机碳中各组分的溶解性不同进行^[5]。研究表明, 海南水稻土有机质平均含量为 $22.90 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 土壤有机质的空间分布与气候干湿状况密切相关^[6]。笔者以湿润的琼中县水稻土和半干旱的东方市水稻土为研究对象, 利用物理分组方法研究其有机质及组分的含量, 探讨轻组有机质(LFOM)、重组有机质(HFOM)与土壤有机质的关系以及富里酸(FA)、胡敏酸(HA)与重组有机质的关系, 并分析两地水稻土固持有机质的潜力。研究结果对两地水稻土肥力评价及在碳固持潜力评价上具有一定的指导意义。

1 材料与方法

1.1 供试区域气候特点 选择海南气候干湿程度差异大的琼中县和东方市两地的水稻土作为研究对象。琼中县年均降雨量为 2 388 mm, 其干燥度指数为 0.49。东方市年降雨量为 941 mm, 干燥度指数为 1.70。按干湿区划分标准, 琼中和东方分别属于湿润和半干旱气候区^[7]。采集土样的水稻田一般一年种植早造和晚造 2 季水稻, 其余时间自然搁荒, 因两地降水量和蒸发量的差异, 会导致两地水稻田土壤在休闲期水分含量

收稿日期: 2016-03-17

基金项目: 国家自然科学基金项目(41261063); 海南省自然科学基金(314046)

作者简介: 赵伶茹(1993-), 女, 海南大学农学院 2015 级硕士研究生, E-mail: 1926522098@qq.com

通信作者: 孟磊(1973-), 男, 副教授, 主要从事热带土壤改良与 C/N 循环研究, E-mail: menglei94@sohu.com

有很大的差异。

1.2 土壤采集与处理 选择代表性的水稻田,应用多点随机采样法,采集0~20 cm的表土。每块田采土约1 kg,带回实验室风干,过1 mm筛,用网格法取约20 g土壤,全部过0.25 mm筛。在东方采集9个土样,在琼中采集8个。

1.3 分析方法及分析项目 采用超声波分散—相对密度法进行有机质分组,重液选用相对密度为 $2.00 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 的溴化银^[8]。土壤总有机质和重组有机质中碳含量的测定采用重铬酸钾—容量法^[9],轻组有机质含量为土壤有机质含量减去重组有机质含量。将连续提取4次的提取液合并,酸化分离出胡敏酸(HA)和富里酸(FA),用腐殖质组成修改法^[10]测HA与FA含量。采用比重计法进行分析土壤粘粒含量。土壤矿物保护有机质饱和量的计算方程: $\text{LFOM}/\text{HFOM} = a + b\text{LFOM}$,其中 a 为常数, b 为方程斜率,其倒数为 HFOM_{max} ^[11]。

1.4 数据分析 利用Microsoft Excel2010进行基础数据处理,并用SPSS19.0软件进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 不同干湿度下水稻土有机质含量及组成 东方和琼中的水稻土有机质含量及其各组分含量均差异显著。琼中水稻土有机质含量为 $25.33 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,显著高于东方的 $11.48 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。琼中和东方水稻土的轻组有机质、重组有机质、胡敏酸和富里酸含量分别为 9.08 、 16.3 、 1.27 、 $7.88 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 4.58 、 6.90 、 0.97 、 $2.93 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

琼中水稻土有机质、有机质中轻组部分和重组部分含量以及重组中胡敏酸和富里酸含量分别比东方的多了 1.21 、 0.98 、 1.36 、 0.31 和 1.68 倍。从半干旱气候区到湿润气候区,水稻土重组有机质和轻组有机质都增加,但重组有机质增幅相对较大。重组有机质中胡敏酸和富里酸含量都增加,但富里酸增幅大于胡敏酸的增幅。重组有机质中,富里酸含量远大于胡敏酸,表明热带地区土壤腐殖质以富里酸为主。东方和琼中水稻土的HA/FA比值均小于1,两地的差异不显著。

2.2 不同干燥程度水稻土有机质及各组分之间关系 重组有机质、轻组有机质与有机质间的线性相关达到极显著水平(图1)。东方水稻土重组有机质、轻组有机质与有机质间的线性相关系数分别为 0.9879 和 0.9518 ;琼中的分别为 0.9660 和 0.9550 ($P < 0.01$)。土壤有机质的提升是轻组有机质和重组有机质含量升高的结果。轻组有机质和重组有机质在有机质构成中所起的作用不同。从线性相关的斜率可以看出,土壤有机质增加等单位量,重组有机质的增幅大于轻组有机质。从生态气候类型区比较,潮湿条件利于重组有机质的积累,干燥则相对利于轻组有机质的增加。

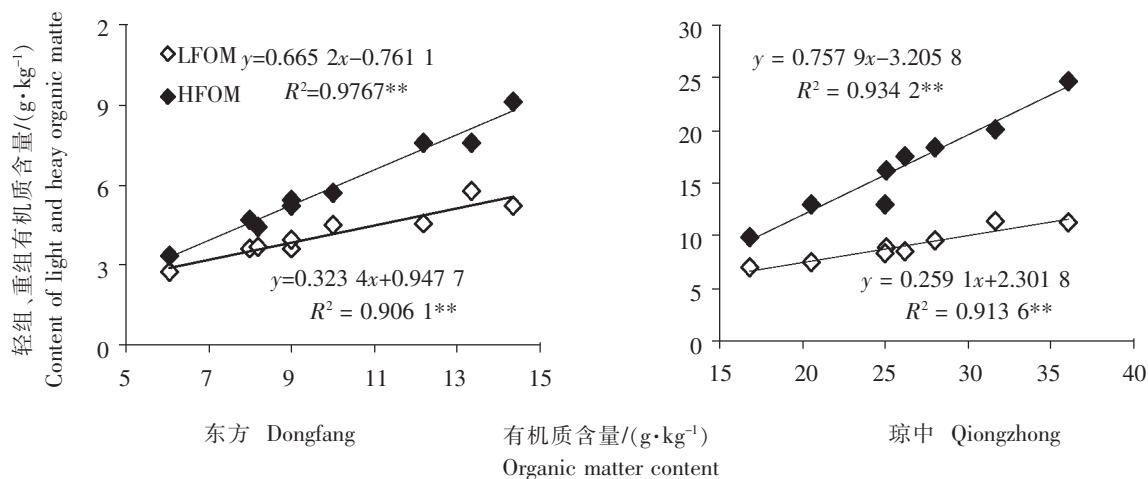


图1 轻组有机质、重组有机质与土壤有机质关系

Fig.1 Relationships between the light fraction and heavy fraction organic matter content and the soil organic matter content

胡敏酸、富里酸与重组有机质的相关性不同。重组有机质含量增加,其组分之一的富里酸含量也随之线性增加。东方和琼中水稻土中,富里酸与重组有机质间线性相关系数分别为 0.971 和 0.863,达到极显著水平,两地水稻土重组有机质增加等单位情况下,东方的富里酸增加量高于琼中的增加量(图 2)。胡敏酸与重组有机质之间的相关性因干湿差异而不同。东方水稻土中,胡敏酸和重组有机质之间相关性不显著,而琼中水稻土中,两者相关性达到极显著水平。与富里酸变化不同的是重组有机质的变化对胡敏酸变化的影响很小。

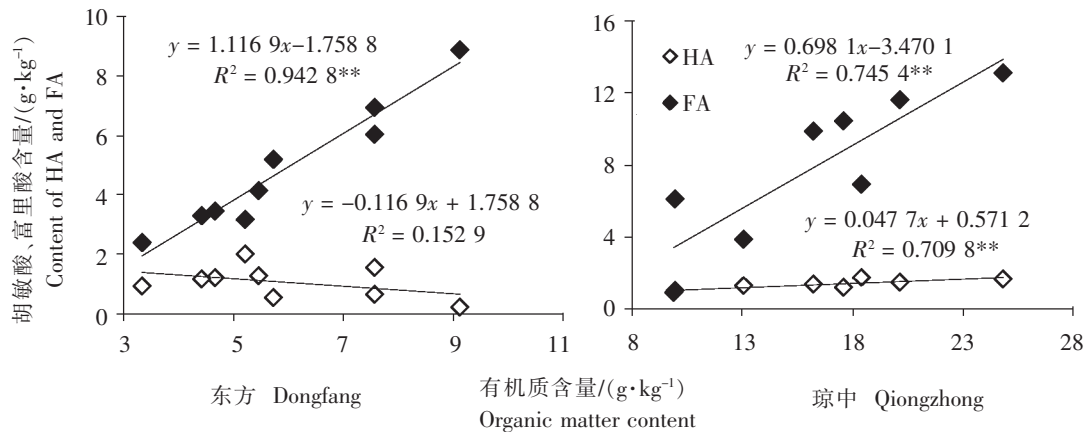


图 2 胡敏酸、富里酸与重组有机质的关系

Fig.2 Relationships between the content of HA and FA and the content of heavy fraction organic matter

2.3 不同干湿度下水稻土有机质的饱和量 东方和琼中的水稻土重组有机质饱和量的理论值分别为 $17.36 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $21.73 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。东方和琼中的实测值分别为 $6.90 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $16.3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。比较后发现,东方及琼中水稻土重组有机质含量都没有饱和,两地水稻土尚有继续保护有机质的潜力。干湿状况导致两地水稻土在有机质固定上的潜力差异大。东方和琼中水稻土重组有机质分别还可增加 $10.46 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $5.43 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,相应增加潜力分别为 152% 和 33%。从绝对量和增加潜力而言,干燥的东方水稻土对有机质的保护潜力远大于湿润的琼中水稻土。

3 讨论

琼中年降雨量多于东方,蒸发量少于东方,而且琼中水稻田的持水性能优于东方的^[12],导致琼中地区水稻田面的淹水深度大于东方。淹水深度是影响物质分解速率的主要因素^[13]。在稻田中,淹水深,有机物质分解慢,积累多。干湿状况影响土壤颗粒组成。在干燥的东方市,土壤颗粒粗大;相反,在湿润的琼中县,土壤颗粒细小^[11]。Dalal 和 Mayer 发现,土壤有机质含量与土壤粘粒含量间呈显著正相关^[14]。Hassink 的研究也表明,土壤中 $<20 \mu\text{m}$ 矿质颗粒含量与土壤有机质饱和量间存在线性关系^[15]。正是由于干湿程度差异导致水稻土有机物质分解速度不同及颗粒组成的不同,使得干燥的东方水稻土有机质含量低,湿润的琼中水稻土有机质含量高。孟磊等的研究也表明,海南稻田土壤有机质与干燥度呈反相关关系^[16],这与本研究结果相符合。琼中水稻土有机质及其各组分含量均大于东方水稻土,但增加幅度差别很大,这可能因为干湿程度不同地区水稻土中矿质粘粒类型和含量不同。重组有机质是指存在于有机-无机复合体中的有机质^[17]。土壤粘粒矿物类型及数量影响到有机络合物和腐殖酸与土壤黏粒矿物结合的方式及数量^[18]。经分析得到琼中和东方两地水稻土的黏粒的平均含量分别为 15.23% 和 5.38%。研究显示,热带潮湿区土壤矿物为高岭石,而干旱地区土壤中除含高岭石外,还含有一定量的水云母等^[19],因此与粘粒矿物结合形成重组有机质的数量不能单纯以数量来计。琼中水稻土粘粒矿物量比东方水稻土增加了近 2 倍,而重组有机质只增加了 1.36 倍。此结构也间接反证了粘粒在重组有机质形成上的作用。

中亚热带地区,土壤腐殖质复合能力弱^[20],琼中和东方水稻土腐殖质中,以相对分子质量相对较小,复杂度相对较低的富里酸为主。琼中水稻土中富里酸占腐殖质的百分比高于东方水稻土,原因是湿润条

件下,腐殖质不易脱水缩合,更易形成相对分子质量较小的富里酸^[20]。HA/FA 是腐殖化程度和腐殖质品质优劣的重要指标^[21]。东方和琼中两地水稻土的 HA/FA 差异不显著。由于富里酸可缩合转化成胡敏酸,对胡敏酸的积累和更新有着重要作用^[22]。胡敏酸对土壤结构形成意义重大^[23]。本研究中,琼中水稻土胡敏酸和富里酸含量均显著高于东方水稻土,琼中水稻土在结构上可能优于东方水稻土。

谢锦升等研究显示,轻组有机质与土壤有机质呈显著正相关关系^[24],与本研究结果类似。由于土壤重组有机质含量显著高于轻组有机质含量,也就导致土壤有机质增加单位量时,重组有机质的增加幅度大于轻组有机质。轻组有机质为部分分解的植物残体^[25],主要为凋落物质^[26]。在半干旱的东方市,地表植物因干湿变化而经常表现为枯死与萌发交替,相应增加了轻组有机质的供应。琼中水稻土常年潮湿,水分相对较为稳定,适于轻组有机质与土壤矿物组合,易于形成重组有机质。重组有机质含量与富里酸紧密相关。本研究中,琼中和东方水稻土重组有机质含量随富里酸增加而增加。胡敏酸是由富里酸缩合转化而成^[27]。热带地区土壤腐殖质复合能力弱,有机物料形成富里酸后,向胡敏酸转化慢,也就导致腐殖质含量与胡敏酸之间无相关关系。琼中水稻土腐殖质含量与胡敏酸含量之间为正相关关系,但腐殖质含量每增加一个单位量时,其胡敏酸含量仅增加 0.047 个单位。土壤矿物与轻组有机质通过一定的途径或机理可形成重组有机质^[28],重组有机质亦可解析成轻组有机质。土壤矿物对轻组有机质的最大吸附量,也是重组有机质的最大值。土壤矿物吸附有机物质的能力未达到饱和,重组有机质含量有继续增加的潜力^[29]。半干旱的东方水稻土固定有机质的潜力大于湿润的琼中水稻土,可能是由于两地土壤有机质的巨大差异。每种土壤都有重组有机质饱和值,东方的重组有机质饱和值和有机质含量均小于琼中,但其差值却大于琼中,即东方土壤矿物较琼中吸附更多的有机质才达到饱和,这说明东方水稻土对土壤有机质有更大的保护潜力。

4 结 论

气候的干湿状况显著影响水稻土有机质及其组分的含量。湿润气候区的水稻土的有机质及其组分含量显著高于半干旱气候区水稻土的。

土壤有机质与轻组有机质及重组有机质含量极显著正相关。潮湿的气候适于形成重组有机质,半干旱气候区则适于轻组有机质的积累。重组有机质与富里酸含量极显著正相关,与胡敏酸只在湿润气候下才有显著线性相关关系。胡敏酸含量较为稳定,对重组有机质含量提升的贡献主要来自富里酸。

东方及琼中水稻土有继续保护有机质的潜力。干燥气候区的水稻土对有机质的保护潜力大于潮湿气候区的水稻土。

参考文献:

- [1] 黄昌勇. 土壤学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 32-39.
- [2] 赵鑫, 宇万太, 李建东, 等. 不同经营管理条件下土壤有机碳及其组分研究进展[J]. 应用生态学报, 2006, 17(11): 2203-2209.
- [3] 尹云峰, 蔡祖聪, 欽绳武. 长期施肥条件下潮土不同组分有机质的动态研究[J]. 应用生态学报, 2005, 16(5): 875-878.
- [4] Strickland T C, Sollins P. Improved method for separating light and heavy fraction organic material from soil[J]. Soil Science society of America Journal, 1987, 51: 1390-1393.
- [5] 熊田恭一. 土壤有机质的化学[M]. 李庆荣, 等译. 北京: 科学出版社, 1988: 240.
- [6] 孟磊, 漆智平, 何秋香, 等. 海南水田土壤有机质分布规律及碳固定潜力[J]. 热带作物学报, 2008, 29(6): 757-760.
- [7] 车秀芬, 张京红, 黄海静, 等. 海南岛气候区划研究[J]. 热带农业科学, 2014, 34(6): 60-65, 70.
- [8] 傅积平, 张绍德, 诸金海. 土壤有机无机复合度测定法[J]. 土壤肥料, 1978, (4): 40-42.
- [9] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2008: 30-32.
- [10] 奚森. 土壤有机质[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [11] 尹云峰. 农田土壤中不同结合形态有机碳的相互关系及分解速率的研究[D]. 南京: 中国科学院南京土壤研究所, 2005.
- [12] 海南省农业厅土肥站. 海南土壤志[M]. 海口: 海南出版社/三环出版社, 1994: 11-212.
- [13] 杨继松, 刘景双, 于君宝, 等. 三江平原沼泽湿地枯落物分解及其营养动态[J]. 生态学报, 2006, 26(5): 1297-1302.

- [14] Dalal R C, Mayer R J. Long-term trends infertility of soil under continuous cultivation and cereal cropping in southern Queensland, IV [J]. Loss of organic carbon from different density fractions. Australia Journal of soil Research, 1986, 24: 301–309.
- [15] Hasink J. Preservation of plant residues in soils differing in unsaturated protective capacity [J]. Soil Science Society of America Journal, 1996, 6: 487–491.
- [16] 孟磊, 漆智平, 何秋香, 等. 海南水田土壤有机质分布规律及碳固定研究 [J]. 热带作物学报, 2008, 29(6): 757–761.
- [17] 熊毅, 陈家坊. 土壤胶体: 土壤胶体的性质 [M]. 北京: 科学出版社, 1990: 2–11.
- [18] 魏朝富, 谢德体, 李保国. 土壤有机无机复合体的研究进展 [J]. 地球科学进展, 2003, 18(2): 221–227.
- [19] 阮云泽, 罗微, 简少芬, 等. 海南岛橡胶园土壤粘土矿物组成与土壤电荷量 [J]. 热带作物学报, 2009, 30(5): 620–625.
- [20] 吴甫成, 丁纪祥, 周涛. 衡山土壤腐殖质研究 [J]. 湖南师范大学自然科学学报, 1997, 2(1): 85–90.
- [21] 江泽普, 黄绍民, 韦广泼, 等. 不同免耕模式对水稻产量及土壤理化性状的影响 [J]. 中国农学通报, 2007, 23(12): 362–365.
- [22] 刘军, 景峰, 李同花, 等. 秸秆还田对长期连作棉田土壤腐殖质组分含量的影响 [J]. 中国农业科学, 2015, 48(2): 293–302.
- [23] 龚伟, 颜晓元, 王景燕, 等. 长期施肥对小麦–玉米作物系统土壤腐殖质组分碳和氮的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(6): 1245–1252.
- [24] 谢锦升, 杨玉盛, 解明曙, 等. 植被恢复对退化红壤轻组有机质的影响 [J]. 土壤学报, 2008, 45(1): 170–175.
- [25] Janzen H H, Campbell C A, Brandt S A, et al. Light-fraction organic matter in soils from long-term crop rotations [J]. Soil Science Society of America Journal, 1992, 56: 1799–1806.
- [26] Barrios E, Kwasiga F, Buresh R J, et al. Light fraction soil organic matter and available nitrogen following trees and maize [J]. Soil Science Society of America Journal, 1997, 61: 826–831.
- [27] 刘军, 景峰, 李同花, 等. 秸秆还田对长期连作棉田土壤腐殖质组分含量的影响 [J]. 中国农业科学, 2015, 48(2): 293–302.
- [28] 熊毅, 李庆远. 中国土壤 [M]. 3 版. 北京: 科学出版社, 1987: 390–417.
- [29] 尹云锋, 蔡祖聪, 欸绳武. 长期施肥条件下潮土不同组分有机质的动态研究 [J]. 应用生态学报, 2005, 16(5): 875–878.

Effects of Dry and Wet Climates on the Content and Components of Organic Matter in Paddy Soils in Tropical Region

ZHAO Lingru, YANG Lin, FANG Yage, XIE Yang, LI Simin, WANG Yijie, MENG Lei

(College of Agronomy, Hainan University, Haikou, Hainan 570228, China)

Abstract: Paddy soils were sampled from Qiongzong county and Dongfang city in Hainan Province, where the humidity was highly different, to analyze the influences of the dry and wet climatic conditions in tropical region of China on organic matter and its components in the paddy soils. The relationships between the organic matter and its components, and the organic matter sequestration potential were investigated by using the method for physical fractionation. Dry and wet climatic conditions affected the content of soil organic matter and its components. The paddy soils contained higher organic matter and components in the humid climatic region than in the semiarid climatic region. The organic matter content showed a significantly positive linear correlation with the light fraction organic matter (LFOM) content and the heavy fraction organic matter (HFOM) content, and the HFOM content was also significantly positively correlated with fulvic acid (FA). Paddy soils had higher potential of organic matter fixation in the semiarid region than in the humid region. Humid climate is conducive to the formation of HFOM. The soil humus in the tropical region had weak combining ability and contained mostly FA. Measures should be taken to increase the potential of paddy soils in carbon sequestration in the dry tropical region.

Keywords: humidity; paddy soil; organic matter; physical fractionation