

安徽省贵池区农田土壤有机碳分布变化及固碳意义

许信旺¹, 潘根兴², 孙秀丽³, 薛芳³

(1.池州学院资源环境与旅游系, 安徽 池州 247000; 2.南京农业大学农业资源与生态环境研究所, 江苏 南京 210095;
3.安徽师范大学地理系, 安徽 芜湖 241000)

摘要:采用布点采样、室内分析测试方法,研究了安徽省贵池区农田土壤有机碳分布变化。结果表明,水稻土土壤有机碳含量及碳密度高于旱作土。贵池区(县域尺度)1984年水田耕层有机碳含量比旱地高出1/3,有机碳密度高出约5%。根据2005年贵池区土壤调查监测数据统计分析得出:水田耕层有机碳含量比旱地高出45.18%,有机碳密度高出23.73%。对比贵池区1984年和2005年两个时段的农田土壤有机碳的含量和碳密度:水稻土有机碳含量年均提高了2.01%,有机碳密度年均提高了3%;旱作土有机碳含量年均提高了1.11%,有机碳密度年均增加了1.3%。农田土壤有机碳含量与土壤性质相关。贵池区农田土壤有机碳与速效磷、碱解氮呈正相关,水稻土粘粒含量与有机碳含量呈正相关,而旱作土则无线性相关。

关键词:农田;土壤有机碳;变化

中图分类号:S153.6 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-2043(2009)12-2551-08

Changing Characteristics and Sequestration of Farmland Topsoil Organic Carbon in Guichi County Anhui Province

XU Xin-wang¹, PAN Gen-xing², SUN Xiu-li³, XUE Fang³

(1.Department of Resources and Environment Science, Chizhou College, Chizhou 247000, China; 2.Institute of Resource, Ecosystem and Environment of Agriculture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 3. Department of Geography, Anhui Normal University, Wuhu 241000, China)

Abstract: SOC content and carbon density in paddy soil were higher than that in dry cropland. SOC content and density in paddy soil were 1/3 and 5% higher respectively than that in dry cropland in 1984 while they in paddy soil were 45.18% and 23.73% higher respectively than that in dry cropland in 2005 in Guichi county. Compared 1984 to 2005 in Guichi county, SOC content and density in paddy soil raised 2.01% and 3%, respectively, while dry cropland 1.11% and 1.3% every year. There was a close relationship between SOC content and soil property. However, there was difference between dry cropland and paddy soil for the factors impacting SOC content in Guichi county. The positive correlation was shown between SOC and available P, available N and clay content for paddy soil.

Keywords: farmland; soil organic carbon; changing

随着全球变化研究的深入,土壤碳库受到普遍关注,围绕全球变化研究,我国土壤、地理和环境学者开展了对土壤碳库的研究,土地利用变化影响土壤有机碳的问题虽然也引起了关注^[1-3],但具体的县域尺度研

究报道还不多。我国幅员辽阔,土壤类型众多,在全球变化研究中占据十分重要的地位,土壤有机碳通过呼吸的CO₂排放是决定陆地生态系统碳平衡的主要因素,是土壤碳与大气CO₂快速交换的主要形式,土壤碳控制着地球表层其他系统之间的碳循环^[4]。为此,我们选择位于皖南山区、长江沿岸的安徽省池州市贵池区,其地貌类型复杂多样,东南部为山区、中部为丘陵、西北部为沿江平原,土壤类型在皖南地区具有代表性。于1995—1999年,对主要农田耕层土壤的有机碳库进行连续定点监测,并于2005—2006年,对全区

收稿日期:2009-09-25

基金项目:国家自然科学基金国际合作重大项目(40710019002);安徽省教育厅自然科学基金重大项目(ZD2008009-1)

作者简介:许信旺(1962—),男,安徽枞阳人,博士,教授,主要从事资源环境与自然地理的教学和研究。E-mail: xuxinwang@163.com

通讯作者:潘根兴 E-mail: panggenxing@yahoo.com.cn

农田耕层土壤属性、成土的自然地理环境、土地利用方式、耕作措施、农田基础设施等进行了全面调查,目的是探讨 20 年来贵池区农田土壤有机碳动态变化的规律,揭示县域尺度农田土壤有机碳与自然因素、人为因素的关系。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

贵池区属北亚热带季风气候区,光、热、水资源丰富,气候温和,光照充足。本区年平均温度 16.1℃,最热月 7 月平均温度 28.7℃,最冷月 1 月平均温度 3.2℃。无霜期 220~240 d,适宜农作物生长的时期为 3 月 30 日至 11 月 17 日。年降水量 1 400~1 700 mm,南部多于北部,山区多于圩区。山地植被以常绿阔叶林为主,具有常绿阔叶、落叶阔叶混交林交替过渡的特点,人工林主要有松、杉、竹、油桐、油茶等,栽培作物主要有水稻、棉花、小麦、油菜、玉米、黄豆等。

贵池区的地形大至为东南高西北低。地貌可分为四大类型。东南部为低山地、西北部为沿江平原、中部为丘陵、盆地镶嵌在山地丘陵之间(图 1)。

本研究区土壤类型有红壤、黄棕壤、潮土、草甸土、紫色土、石灰土及水稻土 7 个土类,12 个亚类,42 个土属和 66 个土种。主要农业土壤为灰潮土和潴育型水稻土。灰潮土,是主要的旱作土壤,主要土种为灰

泥土和灰沙泥土,分别占本区灰潮土的 47.9%和 34.1%。灰泥土是皖江地区棉花重点产地土壤。潴育型水稻土,主要分布在长江两岸河漫滩、滨湖平原及山前畈区,占全区水稻土面积的 60.75%;水稻土的主要土种为沙泥田、扁石泥田和黄泥田,分别占研究区潴育型水稻土面积的 45.8%、13.7%和 14.2%。

1.2 土壤资料来源

第二次全国土壤普查资料:取自《贵池土壤》^[9],含所调查的 66 个土种的有机质含量、厚度、容重及面积等数据。由于各个土壤剖面实测厚度不同,本文采取实测厚度的平均值。耕地质量监测资料来自是农业部门为配方施肥全面推广而开展的土壤肥力性状调查,贵池区汇总资料由贵池区农技推广中心土肥站提供。

1.3 样品采集与记录

2005 年和 2006 年春耕前或水稻收割后进行,共采样品 5 048 个(图 2)。采样时按照“随机”、“等量”和“多点混合”的原则,用 S 形布点,五点混合取土样。平均每个采样单元为 6.67~13.33 hm²(平原区每 6.67~33.33 hm²采一个混合样,丘陵区每 2~5.33 hm²采一个混合样)。采样地块面积为 0.067~0.67 hm²。采用 GPS 定位,记录经纬度,精确到 0.1"。对每个样点的地理位置、地貌类型、地形部位、海拔高度及区域内河流、湖泊等自然地理环境进行调查记录,通过调查走访群众,了解所有样点农田的耕作制度(熟制)、正常

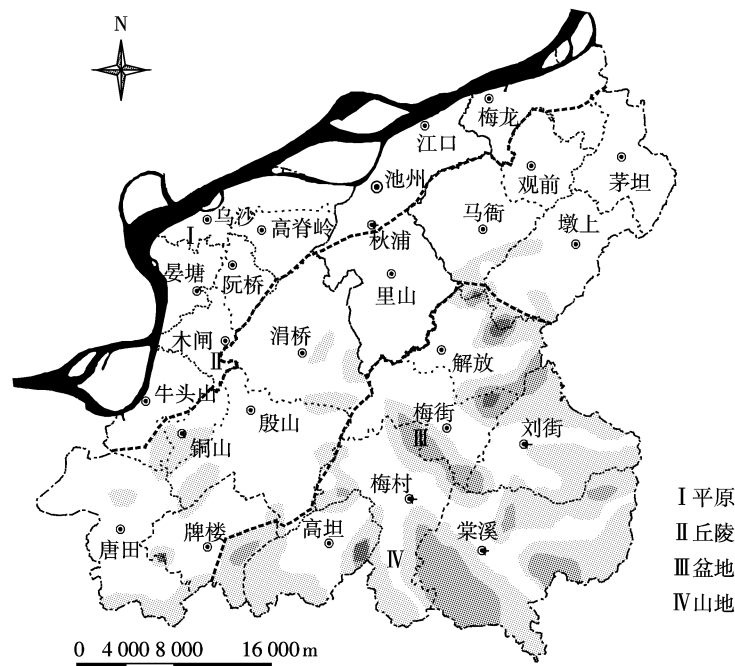


图 1 贵池区地貌类型区

Figure 1 Map of physiognomy types in Guichi county

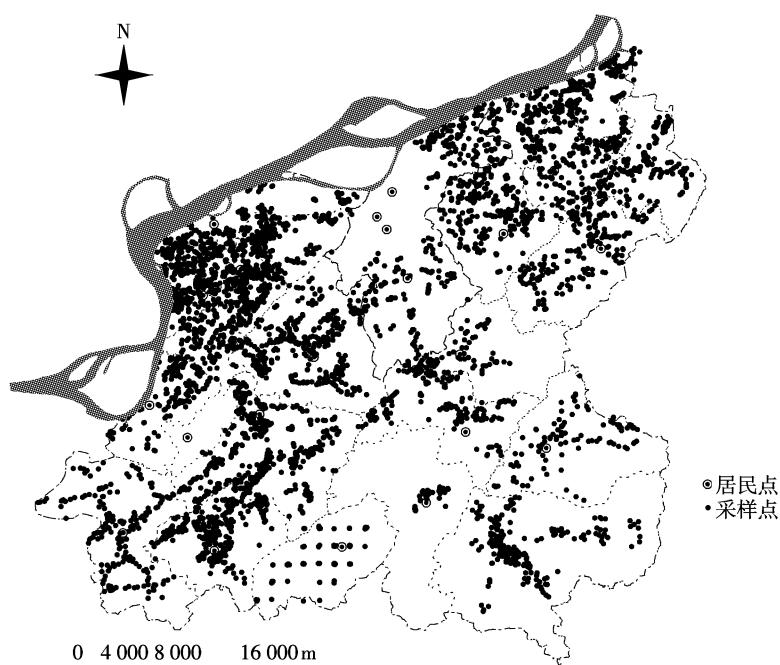


图 2 贵池区土壤调查样点分布图(2005 年)

Figure 2 The distribution of topsoil samples from monitoring sites in Guichi county(2005)

产量水平、灌溉条件、排水条件等构建土壤描述性指标数据库。

1.4 土壤性质的测定分析

土壤 pH 值、有机质、全氮、碱解氮、速效磷、速效钾等,作为土壤分析性指标。土壤 pH 采用土液比 1:2.5, 电位法测定,土壤有机质用油浴加热重铬酸钾氧化容量法测定,土壤全氮用凯氏蒸馏法测定,土壤速效钾用乙酸铵浸提-原子吸收分光光度计法测定,土壤有效磷用氟化铵-盐酸浸提-钼锑抗比色法测定。

记载资料中有机质含量除以 1.724 转化为有机碳含量(SOC)。

1.5 土壤有机碳密度的计算方法

表土土壤有机碳密度由下列公式求得:

$$D_{\text{soc}} = \text{SOC} \times \gamma \times H \times (1 - \delta_{2\text{mm}}/100) \times 10^{-1} \quad (1)$$

式中: D_{soc} 为有机碳密度, $\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$; SOC 为有机碳含量, $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$; H 为耕层平均厚度, cm; γ 为耕层土壤平均容重, $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$; $\delta_{2\text{mm}}$ 为该层土壤粒径 $> 2 \text{ mm}$ 颗粒的比例, %。

土壤容重基础数据主要来自《贵池土壤》^[5], 耕地监测的土壤容重数据则根据 Song et al^[6] 研究, 由容重与有机碳含量的关系演算得到:

$$\gamma = 1.3770 \times e^{-0.0048 \times \text{SOC}} \quad (2)$$

式中: γ 为耕作土壤容重, $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$; SOC 为土壤有机碳含量, $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

2 结果与分析

2.1 农田耕层背景土壤有机碳含量及密度

第二次土壤普查资料的统计表明,贵池区表层土壤有机碳含量为 $5 \sim 20 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的样本占 73%, 其中含量为 $10 \sim 15 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的样本占 1/3, 见图 3。

水田耕层土壤有机碳背景含量为 $(12.49 \pm 2.98) \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 土壤有机碳背景密度平均为 $(19.36 \pm 4.91) \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ (表 1)。其中潜育型水稻土耕层有机碳含量为 $(14.17 \pm 2.15) \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 碳密度为 $(19.45 \pm 4.54) \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$; 潜育型水稻

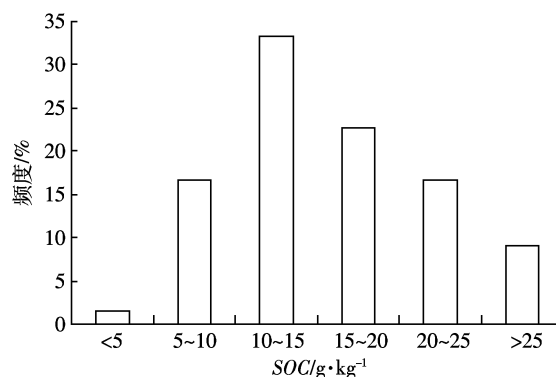


图 3 不同利用类型下的表层土壤有机碳含量频度分布(1984 年)

Figure 3 Frequency of topsoil organic carbon content in different land use(1984)

表 1 不同类型表层土壤有机碳含量与碳密度(1984 年)
Table 1 SOC content and density in different soil types(1984)

类型		SOC/g·kg ⁻¹	Dsoc/t·hm ⁻²	表层平均厚度/cm	样本数
土壤类型	草甸土	18.88±4.31a	37.34±14.38a	17.00	2
	红壤性土	12.05±1.16b	20.19±15.34bc	16.00	3
	黄红壤	10.80±2.66bc	17.25±8.85bc	12.71	7
	灰潮土	7.78±1.51 c	18.07±3.01bc	19.00	7
	山地黄棕壤	13.23±6.63b	22.90±12.38bc	13.67	3
	棕色石灰土	14.19±2.16b	26.76±19.65b	15.00	4
	侧漂型水稻土	10.64±0.21bc	15.61±4.37c	14.00	2
	潜育型水稻土	14.17±2.15b	19.45±4.54bc	13.94	11
	淹育性水稻土	11.68±0.62bc	24.17±1.26bc	15.00	3
	潜育型水稻土	11.98±3.31bc	19.03±5.17bc	14.21	24
	利用类型				
利用类型	旱地	9.36±4.56 a	18.51±6.04a	16.38	13
	水田	12.49±2.98b	19.36±4.92a	13.75	40
	林地	14.27±2.64cb	21.81±16.14a	12.00	9

注:小写字母表示土壤类型之间、不同土地利用类型之间的差异($P<0.05$)。

土有机碳含量为(11.98±3.31)g·kg⁻¹,土壤有机碳密度为(19.03±5.17)t·hm⁻²;淹育型水稻土有机碳含量为(11.68±0.62)g·kg⁻¹,土壤有机碳密度高达(24.17±1.26)t·hm⁻²;侧漂型水稻土有机碳含量为(10.64±0.21)g·kg⁻¹,土壤有机碳密度为(15.61±4.37)t·hm⁻²。潜育型水稻土有机质含量最高,侧漂型水稻土有机碳含量最低。水田耕层土壤平均有机碳含量的顺序为:潜育型>潜育型>淹育型>侧漂型。而水田土壤有机碳密度则表现出淹育型水稻土最高,侧漂型最低,有机碳密度的顺序为:淹育型>潜育型>潜育型>侧漂型。

旱作土耕层有机碳含量为(9.36±4.56)g·kg⁻¹,土壤有机碳密度平均为(18.51±6.04)t·hm⁻²。其中黄红壤耕层有机碳含量为(10.8±2.66)g·kg⁻¹,土壤有机碳密度为(17.25±8.85)t·hm⁻²;灰潮土耕层有机碳含量为(7.78±1.51)g·kg⁻¹,土壤有机碳密度为(18.07±3.01)t·hm⁻²;水稻土有机碳平均含量是旱作土的133.44%,有机碳密度为104.59%。由此可见,农田耕层土壤有机碳含量及碳密度水稻土高于旱作土,这一分布特征与安徽省农田土壤一致^[7]。

按土壤亚类统计的SOC变异系数范围在2%~50%,极值差达48%,平均值为19%,SOC密度的极值范围5%~76%,极值差高达71%,平均为39%,可见在土壤亚类内部,土壤有机碳的变异性较大。从土地利用类型内部来看,旱地有机碳的变异性最大,变异系数高达49%,水稻土次之为24%,而林地的变异系数只有19%。

2.2 耕地监测中耕层土壤有机碳含量及密度

对2005—2006年全区耕地土壤质量监测调查数

据的统计分析(表2)得出,表层土壤有机碳含量为5~20g·kg⁻¹的样本占75%,其中含量为15~20g·kg⁻¹的样本占1/3,见图4。水田耕层有机碳含量平均为(17.8±5.8)g·kg⁻¹,土壤有机碳密度平均为(32.0±12.9)tC·hm⁻²。潜育型水稻土有机碳含量最高,侧漂型水稻土有机碳含量最低。水田耕层土壤平均有机碳含量的顺序仍为:潜育型>潜育型>淹育型>侧漂型。其中潜育型水稻土耕层有机碳含量为(19.7±5.8)g·kg⁻¹,土壤有机碳密度提升到(34.14±12.85)t·hm⁻²;潜育型水稻土有机碳含量为(16.4±4.99)g·kg⁻¹,土壤有机碳密度为(30.03±12.32)t·hm⁻²;淹育型水稻土有机碳含量也提高到(16.09±6.00)g·kg⁻¹,土壤有机碳密度为(27.95±9.94)t·hm⁻²;侧漂型水稻土有机碳含量基本持平为(10.26±2.88)g·kg⁻¹,土壤有机碳密度高到(18.09±5.14)t·hm⁻²。

就不同利用来说,旱作土耕层有机碳含量平均为(11.5±4.5)g·kg⁻¹,土壤有机碳密度平均为(23.6±11.2)t·hm⁻²。其中,黄红壤耕层有机碳含量为(11.79±4.47)g·kg⁻¹,土壤有机碳密度为(24.19±11.24)t·hm⁻²;灰潮土耕层有机碳含量为(10.89±4.06)g·kg⁻¹,土壤有机碳密度为(25.13±12.53)t·hm⁻²。表现出农田耕层土壤有机碳含量及碳密度水稻土明显高于旱作土,有机碳含量高出53.99%,有机碳密度高出35.48%。

按土壤亚类统计的SOC变异系数范围在26%~45%,平均值为33.76%,SOC密度的极值范围28%~60%,平均为41.41%,而土地利用类型之间的SOC变异性表现为:旱地最大为38.67%,林地最小为22.15%,水稻土居中为32.62%,可能是人类对林地扰动小于

表 2 不同类型表层土壤有机碳与碳密度(2005 年)
Table 2 SOC content and density in different soil types(2005)

类型		SOC/g·kg ⁻¹	Dsoc/t·hm ⁻²	表层平均厚度/cm	样本数
土壤类型	红壤性土	16.11±4.76a	26.54±7.4b	13.25	79
	灰潮土	10.89±4.06c	25.13±12.53bc	17.40	340
	粘盘黄褐土	10.59±3.87dc	19.20±7.35a	13.96	212
	黄棕壤	15.93±4.17a	17.40±6.69a	7.00	7
	黄红壤	11.79±4.47b	24.19±11.24ab	15.52	157
	棕色石灰土	21.62 ±7.21e	55.60±33.5 e	20.30	60
	侧漂型水田	10.26±2.88 f	18.09±5.14f	13.53	19
	潜育型水田	19.72±5.80 g	34.14±12.85g	13.93	1 172
	淹育型水田	16.09±6.00h	27.95 ±9.94h	14.05	38
	潜育型水田	16.40±4.99hi	30.03±12.32hi	14.42	2 961
利用类型	旱地	11.54±4.46a	23.59±11.22a	15.78	631
	水田	17.77±5.80b	31.96±12.93b	14.32	4 190
	林地	20.14±4.46c	52.88±11.22c	20.06	224

注:小写字母表示土壤类型之间、不同土地利用类型之间的差异($P<0.05$)。

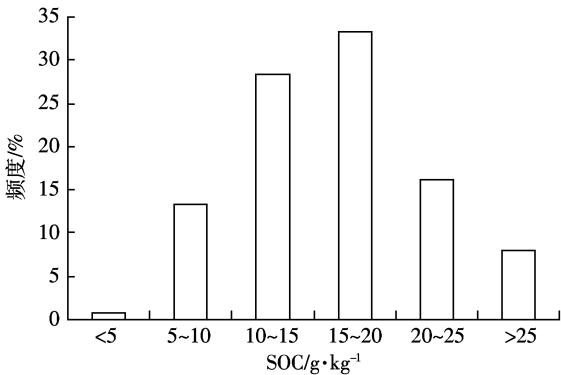


图 4 不同利用类型下的表层土壤有机碳含量频度分布(2005 年)
Figure 4 Frequency of topsoil organic carbon content in different land use(2005)

水田和旱地所造成。

2.3 不同地貌类型区农田土壤耕层有机碳分布

按不同地貌类型区对耕地监测(2005)的农田土壤有机碳进行统计,结果列于表 3。平原区农田土壤有机碳含量最高,为(17.28±7.37)g·kg⁻¹;山区和山间盆地次之,有机碳分别为(16.13±4.72)g·kg⁻¹、(17.07±5.34)g·kg⁻¹;丘陵区最低,为(15.91±5.28)g·kg⁻¹。在本

表 3 不同地貌区土壤有机碳含量与碳密度
Table 3 SOC content and density in different physiognomy types

地貌类型	样本数	SOC/g·kg ⁻¹	Dsoc/t·hm ⁻²
盆地	256	17.07±5.33	31.73±20.31
平原	1 656	17.28±7.37	33.38±16.83
丘陵	2 529	15.91±5.28	28.02±10.85
山地	601	16.13±4.72	30.87±11.35

区平原和盆地多为水田分布,平原区水田样本占 89%,盆地区 100%为水田样本,丘陵只占 84.7%。旱地主要分布在丘陵区,丘陵区的旱地样本占总旱地统计样本的 57%。由此可见,尽管山区自然土壤有机碳高于平原区^[8],但农业利用类型,在一定程度上决定了农田土壤有机碳的分布。

处在不同的地貌部位土壤有机碳也存在差异。按不同地貌部位统计,有机碳变化范围在 9.0~20.0 g·kg⁻¹ 之间。处于较高土壤有机碳的地貌部位有:河网平地、宽谷盆地、河流阶地、峰林谷地、封闭洼地、冲垄下部出口、冲垄下部等部位。而处在山地丘陵上部,海拔较高,坡度较大或低洼渍水地段、开阔河湖冲、沉积平原湖荡较低处、岗坡地、河流冲积平原的边缘地带、河流三角洲下游、山麓及坡腰平缓地、岗地、低丘坡麓、山前倾斜平原的中、下部等处于过渡性地貌部位的土壤有机碳含量较低。

坡向在一定程度上也影响土壤有机碳。统计表明,位于平地的旱地 SOC 为(13.39±6.45)g·kg⁻¹,有机碳密度为(29.11±21.29)tC·hm⁻²,处于南坡的旱地 SOC 平均值为(14.89±7.80)g·kg⁻¹,有机碳密度为(33.51±25.71)tC·hm⁻²,两者都高于平地。而北坡、西坡、东坡的旱地 SOC 范围在(10.25~12.78)g·kg⁻¹,有机碳密度为(20.74~26.75)g·kg⁻¹ 之间,低于平地。位于平地的水田平均 SOC 为(17.36±6.75)g·kg⁻¹,位于南坡和东坡的水田其 SOC 分别为(17.84±5.31)g·kg⁻¹和(17.49±5.45)g·kg⁻¹,高于平地,其他坡向则低于平地水田。由此可见,若以平地作为参照的农田土壤有

机碳水平,南坡高于平地,而北坡则低于平地有机碳。

3 影响农田耕层土壤有机碳变化的因素分析

3.1 土壤性质对耕层土壤有机碳固定的影响

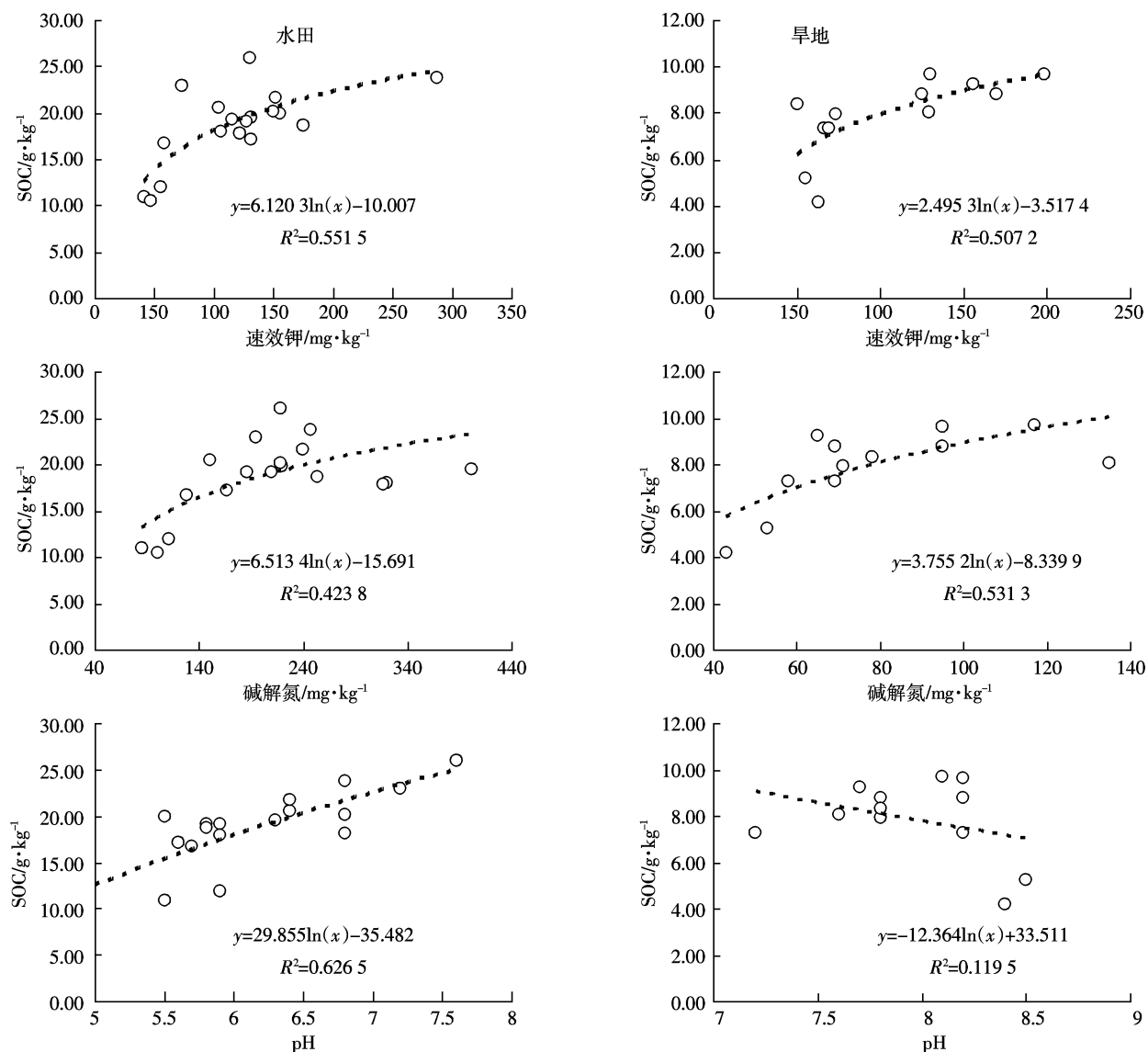
从 1984 年土壤普查和耕地监测数据的分析可以看出,自第二次土壤普查以来,这些土壤的养分状况发生了很大变化^[9]。主要表现在:水稻土速效钾含量大幅度增高,旱地速效钾含量急剧下降;无论是水稻土还是旱地,速效磷含量都呈上升趋势。根据定点的监测数据,运用相关回归分析法得出,水稻土有机碳密度与 pH 值、速效钾及碱解氮均呈显著正相关性。其

中,pH 值与水稻土有机碳含量相关度最高,相关系数为 0.79。其次,有机碳含量与速效钾相关系数为 0.74,有机碳含量与碱解氮相关系数为 0.65。经检验均达到显著相关水平,见图 5。

旱作土有机碳含量与速效钾及碱解氮均呈显著正相关性,碱解氮与有机碳含量对数相关系数为 0.73,速效钾与有机碳含量对数相关系数为 0.71。pH 值与旱作土有机碳呈弱负相关,相关系数为 0.35。

3.2 粘粒对耕层土壤有机碳固定容量的影响

本区第二次普查的典型样本 66 个土种的耕层有机碳统计显示,仅 8% 的样本总有机碳含量在 30 g·



(左:水田,右:旱地)
(left:paddy soil,right:dry cropland)

图 5 农田土壤有机碳含量与土壤性质的关系

Figure 5 Correlation between SOC content and characters of cropland soils

kg⁻¹ 以上。供试区域旱作土有机碳含量与粘粒无线性相关,而水稻土耕层土壤有机碳含量与其粘粒含量存在较弱的相关性($SOC=2.71 \ln(x)+3.45, R^2=0.134, N=40$),说明水稻土有机碳含量与粘粒呈正相关。可以认为土壤粘粒含量是水田有机碳固定的物理基础指标,人为水耕利用影响下的土壤有机碳库增加,可以认为是物质基础改变下的碳固定容量的扩展。

Hassink 等^[10]根据美国自然土壤的有机碳与粘粒含量统计关系的研究,提出了土壤有机碳饱和和容量观点,并认为可以根据土壤粘粒含量估计土壤的碳固定容量。如按照其方法估计的贵池区水稻土碳保持容量将超过 30 g·kg⁻¹。本地区面积广大的潜育性水稻和潜育性水稻土的土壤粘粒含量分别为 (32.0±12.20)%、(30.87±10.30)%,均大于 30%,质地属粘土组,其土壤有机碳含量在水稻土中也是高的。水稻土有机碳含量与粘粒含量呈正相关关系,见图 6。从当前的变化情况仍难以判断这些水稻土的总有机碳积累的稳定状态。所以说,贵池区水稻土总有机碳的积累与固定潜力是相当大的。

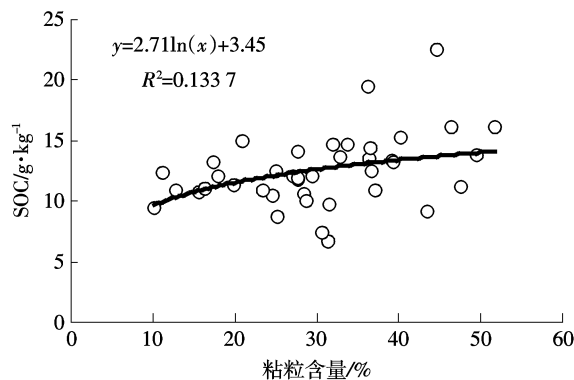


图 6 水田有机碳含量与粘粒含量的关系
Figure 6 Correlation between SOC and clay content of paddy soils

3.3 耕作制度对耕层土壤有机碳的影响

本区农田的耕作多为一年二熟制和一年一熟制。一年两熟制主要有水旱轮作和旱旱轮作,一年一熟制主要为水田或旱地,也有少量的水田和旱地隔年耕种。按熟制和不同作物种类,统计其地土壤有机碳和碳密度,列于表 4。由表 4 可知,无论是一年一熟制还是一年两熟制,水田土壤有机碳均高于其他类型土壤。

一年一熟制下土壤有机碳的含量范围(9.76±2.57)~(17.97±2.55)g·kg⁻¹,其平均有机碳含量为(16.87±5.52)g·kg⁻¹,其中水田为(17.38±5.37)g·kg⁻¹,是旱地平均有机碳水平含量的 141.42%,尽管旱地耕层土层厚度比水稻大,但水稻土的有机碳密度仍是旱作土的 120.3%。一年二熟制,土壤有机碳含量范围为(7.99±2.40)~(18.33±6.12)g·kg⁻¹,同样表现为水田土壤有机碳高于旱地,一年二熟制农田有机碳平均含量为(16.11±6.37)g·kg⁻¹,其中水田平均有机碳含量是旱地平均有机碳含量的 183%;平均有机碳密度为(29.77±13.61)t·hm⁻²,其中水田有机碳密度也为旱地的 168%。由此可见,一年一熟制农田土壤有机碳含量和有机碳密度均略高于一年二熟制农田,有机碳含量约高 5%。本区农田每季仍采用常规翻耕种植,由于一年两熟制农田耕作次数增加,土壤有机碳矿化加快,造成二熟制土壤有机碳低的原因。从一年一熟制旱作物内部品种来看,油菜、玉米、棉花等常规作物的土壤有机碳含量低于甘薯、烟叶、西瓜等经济价值高的作物。一年二熟制,水-水轮作土壤有机碳含量最高,为(18.33±6.12)g·kg⁻¹。水-旱轮作土壤有机碳高于旱-旱轮作土壤。由此可见,水耕熟化作用有利于土壤有机碳的积累。

从不同耕作制度下 SOC 的变异系数范围来看,最大值为 51%,最小值为 2.8%,极值相差达 48%,平

表 4 不同耕作制度下表层土壤有机碳与碳密度
Table 4 SOC content and density in different farming systems

熟制		作物	SOC/g·kg ⁻¹	Dsoc/t·hm ⁻²	样本数	熟制		作物	SOC/g·kg ⁻¹	Dsoc/t·hm ⁻²	样本数	
一年一熟	旱	油菜	9.7±2.55	19.05±4.72	17	一年二熟	旱-旱	油-芝麻	7.99±2.40	12.68±3.71	5	
		玉米	10.30±0.29	13.49±0.36	2			油-西瓜	8.67±0.62	22.91±1.56	2	
		棉花	11.80±4.52	24.86±10.16	155			油-花生	9.96±0.85	13.07±1.06	3	
		油(棉)	13.69±6.97	25.66±10.13	2			油-棉花	9.99±3.56	20.00±8.63	411	
		枣	14.91±2.32	24.31±3.46	4			油-甘薯	10.21±3.53	19.61±6.72	40	
		烟叶	17.29±4.05	15.28±3.29	4			油-豆	10.81±2.88	20.12±7.16	30	
		甘薯	17.31±4.09	31.73±7.00	7			旱-水	西瓜-稻	15.00±2.31	27.85±4.01	21
		水	稻	17.38±5.38	31.53±14.47				1 993	麦-稻	16.55±4.73	34.28±18.52
水/旱	油(稻)	17.97±2.55	40.94±9.25	14	水-水	稻-稻	18.33±6.12	33.37±13.13	1 673			
平均/合计		16.87	5.52	2 198	平均/合计		16.11	29.77	2 190			

均值为26%;土壤有机碳密度的变异系数的最大值为54%,最小值为2.6%,极值差为51%,平均值30%。可见,不同耕作制度下土壤有机碳含量和碳密度变异性大。

4 结论与讨论

(1)水稻土耕层土壤有机碳含量及碳密度明显高于旱作土。从贵池区第二次土壤普查资料统计可以看出,水田土壤有机碳含量比旱作土高33%,土壤有机碳密度高7%。利用2005—2006年全区土壤调查监测数据,统计分析得出,水田有机碳含量比旱地高出45.18%,有机碳密度高出23.73%。由此可见,水田土壤有机碳含量高出同期旱作土的33%~45%。

(2)21年来,本区农田土壤有机碳含量整体上升,年均增幅为1%~2%。对比两个时段的农田土壤有机碳的含量和碳密度,水稻土有机碳含量比原来年均提高2%,有机碳密度年均提高3%;旱作土有机碳含量年均也提高1.1%,有机碳密度年均提高1.2%。不同亚类水稻土,除侧漂型水稻土有机碳含量基本持平外,潜育型、淹育型和潜育型水稻土有机碳分别比原来提高了39.17%、37.76%和36.89%。主要旱作土壤有机碳也有所提高,如红壤性土有机碳也提高了33.69%,灰潮土有机碳提高了39.97%。

(3)平原区农田土壤有机碳平均含量比丘陵区高8.6%,山区和山间盆地有机碳介于平原与丘陵之间,农田土壤有机碳含量在地貌类型区由高到低的顺序为:平原>盆地>山地>丘陵。处于河网平地、宽谷盆地及河流阶地等地貌部位的农田土壤有机碳高于岗坡地、低洼渍水处的SOC。位于南坡、东坡的农田SOC高于北坡、西坡的田块。

(4)一年一熟制农田土壤有机碳含量和有机碳密度均略高于一年二熟制农田,有机碳含量约高5%。农田土壤有机碳含量与速效磷、碱解氮呈正相关,水稻土有机碳与pH呈正相关,而旱作土有机碳与pH呈负相关。水稻土粘粒含量与有机碳呈正相关,而旱作土则无线性相关。

参考文献:

- [1] Mann L K. Changes in soil carbon storage after cultivation[J]. *Soil Science*, 1998, 27:221-229.
- [2] 潘根兴,李恋卿,龚伟,等.太湖地区几种水稻土的有机碳储存及其分布特性[J].科技通报,2000,16(6):421-432.
PAN Gen-xing, LI Lian-qing, GONG Wei, et al. Organic carbon storage in selected paddy soils in Taihu Lake Region and their occurrence[J]. *Bulletin of Science and Technology*, 2000, 16(6):421-432.
- [3] 徐阳春,沈其荣,冉炜.长期免耕与使用有机肥对土壤微生物生物量碳、氮、磷的影响[J].土壤学报,2002,39(1):89-96.
XU Yang-chun, SHEN Qi-rong, RAN Wei. Effects of zero-tillage and application of manure on soil microbial biomass C, N and P[J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2002, 39(1):89-96.
- [4] 潘根兴.地球表层系统土壤学[M].北京:地质出版社,2000:30-39.
PAN Gen-xing. Soil science of the earth's surface system[M]. Beijing: Geological Press, 2000:30-39.
- [5] 贵池县农业局.贵池土壤[M].(内部资料),1989:34-242.
Guichi County Bureau of Agriculture. Soil of guichi[M]. (Internal data). 1989:34-242.
- [6] Song G H, Li L Q, Pan G X, et al. Topsoil organic carbon storage of China and its loss by cultivation[J]. *Biogeochemistry*, 2005, 74:47-62.
- [7] 许信旺,潘根兴,侯鹏程.不同土地利用对表层土壤有机碳密度的影响[J].水土保持学报,2005,19(6):193-196.
XU Xin-wang, PAN Gen-xing, Hou Peng-cheng. Impact of different land use on topsoil organic carbon density in anhui province[J]. *Journal of Soil Water Conservation*, 2005, 19(6):193-196.
- [8] 许信旺,潘根兴,曹志红,等.安徽省土壤有机碳空间差异及影响因素[J].地理研究,2007,26(6):1077-1086.
XU Xin-wang, PAN Gen-xing, CAO Zhi-hong, et al. A study on the influence of soil organic carbon density and its spatial distribution in Anhui Province of China[J]. *Geographical Research*, 2007, 26(6):1077-1086.
- [9] 何大斌,何建州,何顺民.贵池区主要类型土壤养分动态分析及施肥建议[J].安徽农学通报,2002,8(2):55-56.
HE Da-bin, HE Jian-zhou, HE Shun-ming. Analysis of main soil nutrients dynamics in Guechi District and its fertilizers application suggests[J]. *Anhui Agricultural Science Bulletin*, 2002, 8(2):55-56.
- [10] Hassink J. Preservation of plant residues in soils differing in unsaturated protective capacity[J]. *Soil Science Society of American Journal*, 1996, 60:487-491.