

# 长江三角洲典型地区农田土壤有机质的时空变异特征及其影响因素<sup>①</sup>

朱 静<sup>1</sup>, 黄 标<sup>2\*</sup>, 孙维侠<sup>2</sup>, 杨荣清<sup>2</sup>, 邹 忠<sup>3</sup>,  
丁 峰<sup>3</sup>, 苏健平<sup>3</sup>, 黄 耀<sup>1</sup>, 金 洋<sup>4</sup>, 毕葵森<sup>4</sup>

(1 南京农业大学资源与环境科学学院, 南京 210095; 2 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008;  
3 江苏省如皋市农技推广中心, 江苏如皋 226500; 4 江苏省地质调查研究院, 南京 210018)

**摘 要:** 农田土壤有机质是评价土壤肥力和土壤质量的重要指标, 同时也是全球 C 库的重要组成部分, 其时空变化动态对土壤质量和全球气候变化有重要影响。对江苏省如皋市土壤有机质含量的分析结果表明, 在空间上以东部的白蒲系(壤质水耕人为土)和南部的长青沙系(黏质潮湿雏形土)含量较高, 而中西部的磨头系(砂质潮湿雏形土)、郭园系(砂质干润雏形土)和桃园系(壤砂质潮湿雏形土)含量较低, 分布于东北和西北部的东陈系和搬经系(壤质潮湿雏形土)以及南部的营防系和张黄港系含量居中; 近 20 年来(1982—2002 年)该市农田土壤有机质总体上呈持续增长的趋势; 1982—1997 年的时空变异表现为中西部增长迅速而东部和南部增长幅度较小, 但 1997—2002 年则以东部和南部增长较快而中西部增长幅度趋缓。本文进一步分析和讨论了影响农田土壤有机质时空变化的因子, 并且提出了今后土壤管理和利用方面的建议。

**关键词:** 有机质; 时空变异; 如皋市

**中图分类号:** S159

农田土壤有机质是土壤养分的重要组成部分, 是评价土壤肥力和土壤质量的重要指标<sup>[1]</sup>, 农田土壤有机质含量的减少将直接导致土壤肥力的降低, 从而影响农业生态系统的生产力<sup>[2]</sup>。另外, 农田土壤有机质中的 C 是陆地 C 库的重要组成部分而参与全球 C 循环, 与全球气候变化有直接的关系<sup>[3-4]</sup>。因此, 土壤有机质的动态变化不仅影响到农业生态系统, 而且也影响到全球 C 循环<sup>[5]</sup>。

近年来国内外对农田土壤有机质含量的时空变化研究越来越多, 特别是随着地统计学的发展, 在空间变异性方面的研究更加深入<sup>[6-8]</sup>。但目前的研究大多集中在较小尺度上, 样点数目也比较少<sup>[9]</sup>; 对有机质随时间变化的研究, 多是以定点观测为主, 通过长时间的跟踪观测分析得到土壤质量(包括有机质)的变化<sup>[10-11]</sup>。这种定点观测可以很好地反映试验点在一段时间内土壤质量的变化, 但是将它作为一个典型代表周围较大的地区土壤质量变化, 可能会出现一些偏差, 因为自然环境条件的改变, 施

肥方式、作物轮作方式等土壤利用和管理不同, 都会影响土壤有机质的数量和构成<sup>[12-15]</sup>。然而, 通过较大面积、多个时段土壤有机质时空变异的综合分析, 则可以更客观地阐明土壤有机质变化的实质和机理<sup>[16]</sup>。

本文以江苏省如皋市为研究区, 对比 1982、1997 和 2002 年 3 个不同时段内的土壤有机质含量数据, 研究 20 年来土壤有机质的时空演变动态趋势及影响因素, 为当地农业的可持续发展和农业结构的合理调整提供科学依据。同时, 如皋市地处长江三角洲地区, 其土壤类型、自然条件、土地利用和种植制度在我国东南沿海有一定典型性, 研究当地土壤有机质的动态变化, 会对长江三角洲其他相似地区土壤的合理利用和管理起到一定的指导作用。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区域概况

如皋市地处长江三角洲北部(北纬 32°00′

<sup>①</sup>基金项目: 江苏省自然科学基金项目(BK2002151)、中国地质调查局地质调查实施项目(200320130004)和江苏省国土生态地球化学调查项目(20031230008)资助。

\* 通讯作者(bhuang@issas.ac.cn)

作者简介: 朱静(1981—), 女, 甘肃人, 硕士研究生, 主要从事土壤环境化学及资源遥感的研究。E-mail: zhuj@issas.ac.cn

~32°30′, 东经 120°20′~120°50′), 隶属江苏省南通市。总面积 1593 km<sup>2</sup>, 其中总耕地面积 8.25 万 hm<sup>2</sup>。人口 145 万, 人均耕地不足 0.07 hm<sup>2</sup>, 是一个土地资源较缺乏, 利用强度较高的县级市。气候属北亚热带湿润气候区, 年平均气温 14.6 °C, 年平均降水量 1059.7 mm, 全市气候条件无明显差异。作物种类较多, 种植作物以小麦、水稻、玉米和油菜为主, 近年来随着种植结构的调整, 苗木、蔬菜、瓜果种植面积明显增加。

如皋市地形基本平坦, 中部略高, 南部略低,

内部微有起伏。虽地处平原地区, 但其境内土壤类型较为复杂, 受土壤母质影响明显。土壤成土母质主要由江淮冲积物、浅湖相沉积物和长江新冲积物组成, 富含石灰, pH 大多在 8.0~8.5 之间<sup>[17]</sup>。多样的成土母质决定了土壤类型多样且空间分布格局复杂。

根据中国土壤系统分类的检索方法<sup>[18]</sup>, 如皋市的土壤分属雏形土和人为土两个土纲。根据土壤的各种特征对照系统分类的诊断特性进行检索直至土系, 最终获得 9 个土系(表 1)。土壤的空间分布格局见图 1。

表 1 如皋市各土系系统分类名称、质地和分布面积

Table 1 Classification, textures and acreages of soil series in Rugao City

土系	系统分类名称	砂粒 (g/kg)	粉粒 (g/kg)	黏粒 (g/kg)	分布面积 (%)
白蒲系	壤质云母型热性普通筒育水耕人为土	232.7	578.3	189.0	6.07
东陈系	壤质混合型热性水耕暗色潮湿雏形土	332.5	521.0	146.5	20.06
搬经系	壤质混合型热性水耕暗色潮湿雏形土	294.7	542.4	162.9	6.10
营防系	壤质云母混合型热性石灰淡色潮湿雏形土	256.3	540.7	203.0	6.41
长青沙系	粘质水云母型热性石灰淡色潮湿雏形土	246.2	542.0	211.8	2.40
张黄港系	壤质云母混合型热性石灰淡色潮湿雏形土	312.9	518.4	168.7	3.45
郭园系	砂质云母混合型热性普通筒育干润雏形土	363.5	527.6	108.9	8.78
磨头系	砂质云母混合型热性石灰淡色潮湿雏形土	442.3	473.5	84.2	40.53
桃园系	砂质云母混合型热性石灰淡色潮湿雏形土	329.1	529.7	141.2	6.20

注: 45 μm<砂粒粒径<2000 μm; 2 μm<粉粒粒径<45 μm; 黏粒粒径<2 μm。

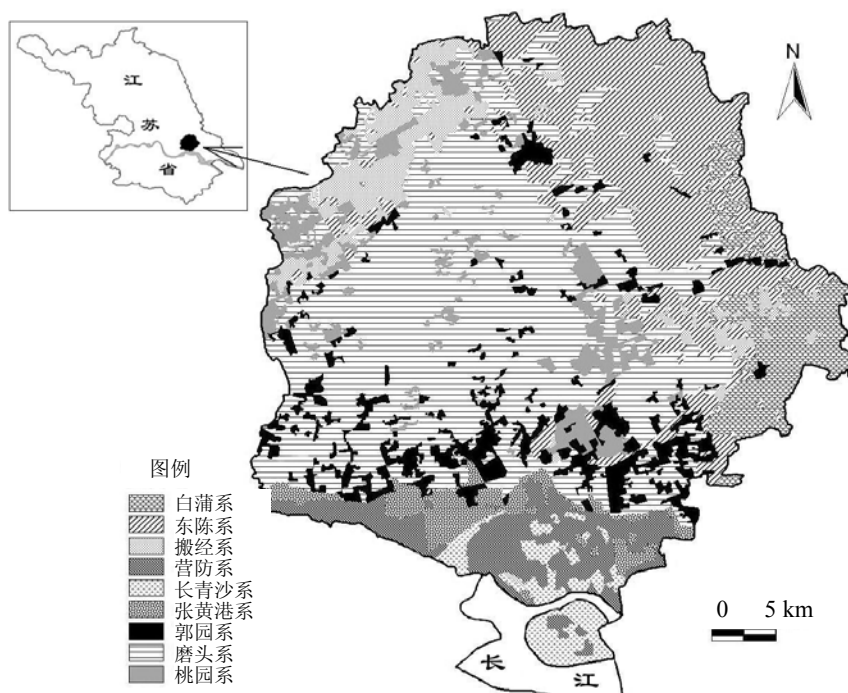


图 1 如皋市土壤图

Fig. 1 Soil map of Rugao City

白蒲系和搬经系分别分布于境内东部和西北部地区,由浅湖相沉积物发育而成,质地相对较细,前者由于长期水耕熟化,已发育成水耕人为土,后者则为锥形土(表 1)。东陈系、磨头系、桃园系、郭园系发育于东北和中部的广大地区,由江淮冲积物发育而成,均为锥形土,质地相对较粗,各土系之间的质地略有差异。张黄港系、营防系、长青沙系分布于南部沿江一带,由长江现代冲积物发育而成,亦为锥形土,质地相对偏黏一些(表 1)。

### 1.2 土壤样品采集与分析

本研究的土壤样品来源于 3 个不同时期,第 1 时期为 1982 年全国第二次土壤普查所采集的土壤样品,共 1517 件;第 2 时期在 1997 年,采样点基本上与第二次全国土壤普查的样点一致,适当增加了一些,共 1650 件;第 3 时期在 2002 年,以突出重点为主,考虑主要土壤类型、土地利用方式和样点的区域均衡,共采集了 342 个土壤样品。2002 年采样时,采用 GPS 定位记录了样点的地理坐标。所采样品均为土壤耕层样品,每个样点由约 300 m<sup>2</sup> 耕地内的 6~8 处土壤混合而成。土壤样品有机质测定用重铬酸钾容量法(外加热)<sup>[19]</sup>。选取了典型土系的表层土壤样品用颗粒分析仪进行了粒度分析,根据 Beuselinck 等<sup>[20]</sup>的方法将各级别的颗粒体积百分含量转换为重量百分含量。

### 1.3 数据处理和空间分析

由于 1982 年和 1997 年的采样点没有经纬度资料,所以制图时依据如皋市行政村图(全市共有 339 个行政村),将每个村多边形的中心点作为该村的采样点位置,利用 Arcinfo 软件得到中心点的经纬度坐

标。用每个村内所采土壤样品有机质含量的算术平均值作为该村中心点的有机质含量。应用 Arcinfo、Arcview3.3 中的 block-Kriging 模块进行空间插值计算,绘制各时期土壤有机质的空间分布图,得出不同有机质含量范围的土壤面积。通过空间叠置分析得到 1982 和 1997 及 1997 和 2002 年土壤有机质含量差值分布图。土壤有机质数据处理应用软件 SPSS 11.5 中的 GLM 模块进行单因子和多元方差分析。

## 2 结果与讨论

### 2.1 农田土壤有机质的空间变异及分布格局

总体上看,如皋市农田土壤有机质含量在 1982 年到 2002 年的近 20 年间,空间分布上没有太大的变化。

在开始的 1982 年(图 2),全市土壤有机质含量普遍都比较低,高的地方集中在东部的白蒲系和南部的长青沙系,其含量都在 13~15 g/kg 之间(表 2)。而有机质含量最低的则是位于中部的磨头系、郭园系和桃园系,其含量都在 10 g/kg 以下,比之当时的平均水平 10.7 g/kg 低了近 10%。其他土系的土壤有机质含量则在 11~13 g/kg 之间,略高于当时的平均水平。

到了 1997 年(图 2),全市土壤有机质含量总体有明显增加,但就空间分布看,含量低的依然是位于中部和西部的磨头系、郭园系和桃园系,在 13~14 g/kg 之间,比之 1982 年有了增长,却依然低于同一时期的平均水平(14.1 g/kg)。而东部的白蒲系和南部的长青沙系、营防系仍是含量相对较高的土系,在 15~16 g/kg 之间。另外的几个土系有机质含量则在 14.5 g/kg 左右,与平均值相当(表 2)。

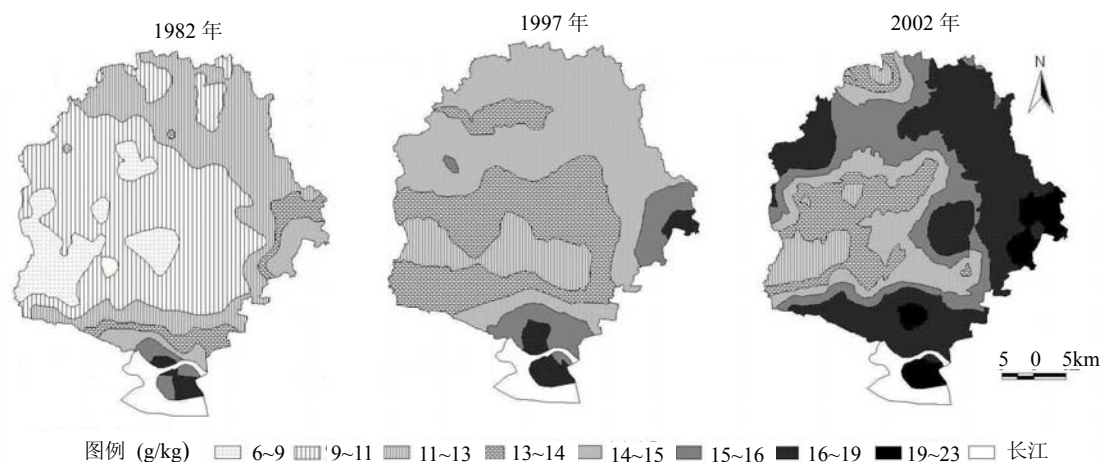


图 2 如皋市 3 个不同年份农田土壤有机质含量分布图

Fig. 2 Distribution of soil organic matter in Rugao City in three different years

表2 如皋市土系和年份对土壤有机质含量的影响 (g/kg)

Table 2 Influence of soil series and age on soil organic matter in Rugao City

土系名称	1982 年	1997 年	2002 年	1997—1982 年	2002—1997 年
白蒲系	13.8bC	15.4bB	19.6aA	1.6	4.2
东陈系	11.3dC	14.4cB	16.2cA	3.1	1.8
搬经系	11.1dB	14.7cA	14.8cA	3.6	ns
营防系	13.1cB	15.3bA	16.0cA	2.2	ns
长青沙系	14.9aB	15.8aB	19.1bA	ns	3.3
张黄港系	12.5cC	14.6cB	16.1cA	2.1	1.5
郭园系	9.8eC	13.2eB	15.0cA	3.4	1.8
磨头系	9.6eB	13.7dA	13.8cA	4.1	ns
桃园系	9.9eC	13.9dB	16.2cA	4.0	2.3
总平均	10.7	14.1	16.1	3.4	2.0

注：同一栏内平均值后的小写字母相同表示在同一个年份这些土系间有机质含量未达到  $P < 0.05$  水平上的显著性差异；同一行内平均值后的大写字母相同表示在同一土系内不同年份间有机质含量未达到  $P < 0.01$  水平上的显著性差异；ns 表示无意义。

2002 年土壤有机质的空间分布 (图 2) 也和前两个时期一样，以东部的白蒲系和南部的长青沙系有机质含量为最高，而中部的磨头系、郭园系和桃园系有机质含量为最低 (表 2)。

总之，就空间分布来看，如皋市的土壤有机质含量在近 20 年中没有特别的变化，以中部的含量低而东部和南部的含量高为特征，其他地方的土壤有机质含量则大体与当时平均水平持平。

## 2.2 农田土壤有机质的时间变异

如前所述，从 1982 年到 2002 年，如皋市土壤有机质含量总体上一直呈上升趋势。从 1982 年至 1997 年间 99% 的土壤有机质含量相对增加，平均增长量达 3.4 g/kg，平均增长 31.8%，达到极显著差异 ( $P < 0.01$ )；至 1997 年有机质含量低于 10 g/kg 的土壤面积几乎没有了，10~15 g/kg 的土壤面积分别由占总面积的 40.3% 增加到 87.3%，含量超过 15 g/kg 的土壤面积达 12.7% (图 3)。从 1997 年至 2002 年间，土壤有机质整体增加了 2.0 g/kg，平均增长 14.2%；高有机质含量的土壤面积进一步增加，至 2002 年超过 15 g/kg 的土壤面积从 12.7% 增加到 64.5% (图 3)。经计算发现，2002 年土壤有机质的标准差 (4.04 g/kg) 和变异系数 (25.3%) 明显高于前两期土壤有机质的标准差 (1.49 g/kg 和 1.62 g/kg) 和变异系数 (13.3% 和 11.5%)。方差分析结果表明，除了不同时代和土壤类型间土壤有机质含量有显著差异外 ( $P < 0.05$ )，两者还存在明显的交互作用 ( $P < 0.05$ )，表明土壤有机质随时间的变异在不同的土壤类型上是不同的。从表 2 可以看出，东陈系、搬经系、磨头系、郭园系、营防系、张黄港系和桃园

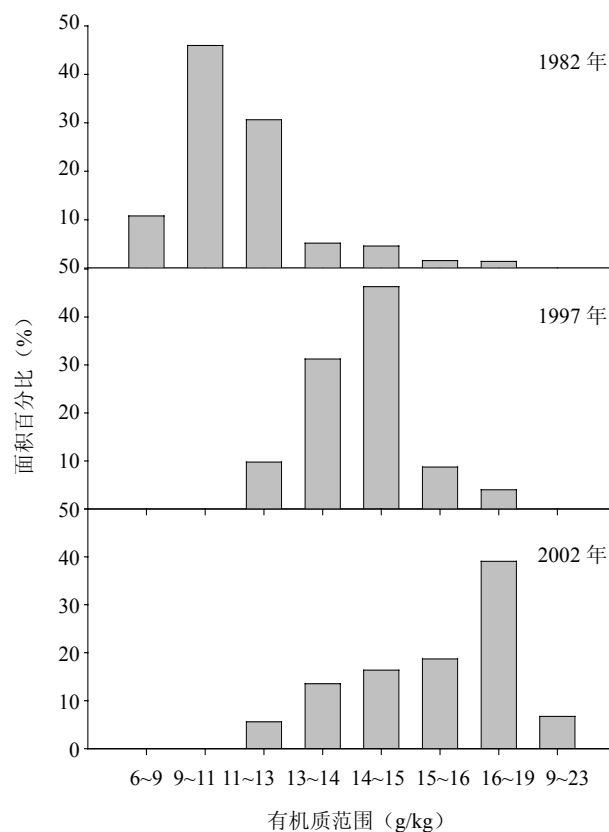


图3 如皋市不同级别土壤有机质面积百分比统计

Fig. 3 Percentages of lands in different ranges of soil organic matter content in Rugao City

系等土壤有机质在 1982 年到 1997 年间增长较快 ( $P < 0.05$ )，增长幅度在 2.1~4.1 g/kg 之间，尤其是磨头系土壤，从 1982 年的 9.61 g/kg 增长到 1997 年的 13.68 g/kg，增长率达到 42%，是全市 9 个土系中增

长幅度最大的。但在 1997 至 2002 年间,磨头系、郭园系、营防系、张黄港系和搬经系等土壤有机质增长开始减缓,增幅在  $0 \sim 1.8 \text{ g/kg}$  之间。并且其中的磨头系、搬经系和营防系在两个时期的平均值没有显著性差异 ( $P > 0.05$ )。而有机质含量较高的长青沙系和白蒲系则在第一阶段增长缓慢,长青沙系土壤有机质增长没有达到显著性差异 ( $P > 0.05$ ),但之后的第二阶段增长开始加快,二者增长率都达到了 20% 以上,达到极显著差异 ( $P < 0.01$ )。桃园系在第二阶段依然保持较大的增加 (表 2)。

不同时代土壤有机质差值空间分布图也显示了不同土壤类型的有机质含量随时间变异的差异性 (图 4)。在 1997—1982 年差值图上,西部的磨头

系分布区,土壤有机质含量大部分增加  $4 \sim 6 \text{ g/kg}$ ,局部增加  $6 \sim 8 \text{ g/kg}$ 。而东部-东北部-西北部的东陈系、搬经系和南部的营防系和张黄港系分布区大部分面积土壤有机质含量增加  $2 \sim 4 \text{ g/kg}$ 。东部的白蒲系和南部的长青沙系分布区大部分面积土壤有机质含量仅增加  $0 \sim 2 \text{ g/kg}$  和  $2 \sim 4 \text{ g/kg}$ ,长青沙系分布区局部出现减少的情况 (图 4)。在 2002—1997 年的差值图上 (图 4),则出现另外一种分布状况:东部的白蒲系、东陈系和南部的长青沙系等分布区土壤有机质含量明显增加,增加范围在  $2 \sim 4 \text{ g/kg}$ ,局部  $4 \sim 6 \text{ g/kg}$ ,甚至  $6 \sim 8 \text{ g/kg}$ 。而西部的磨头系分布区土壤有机质增加已明显不如前 10 年,且有约一半面积的土壤有机质含量出现轻微降低 (图 4)。

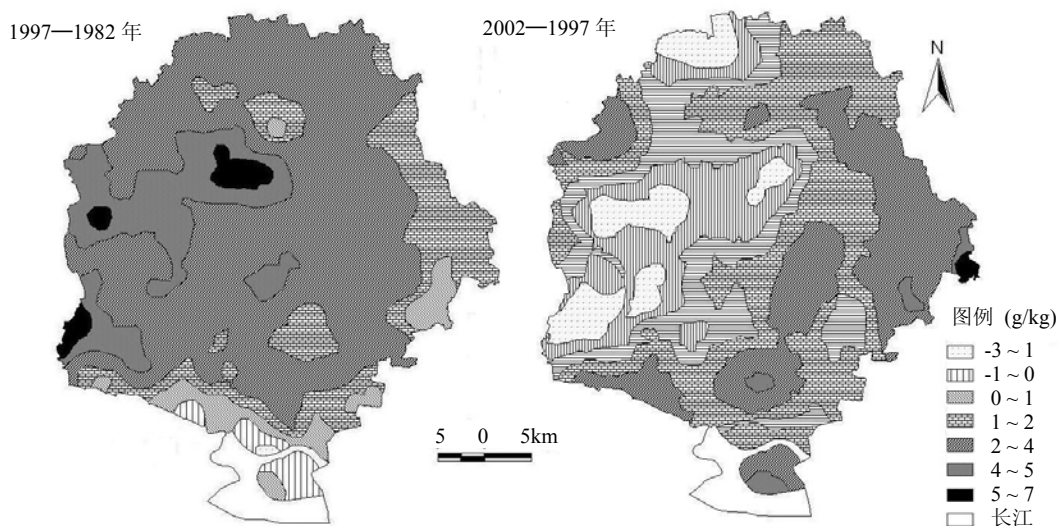


图 4 如皋市不同时代间土壤有机质差值分布图

Fig. 4 Distribution of differences in soil organic matter between decades in Rugao City

## 2.3 土壤有机质演变的影响因子分析

**2.3.1 秸秆还田对土壤有机质演变的影响** 从总体变化趋势看,秸秆还田是近 20 年来如皋市土壤有机质演变的主要原因。据研究,玉米秸秆根茬就地还田,每年将有  $1.44 \text{ Mg/hm}^2$  的有机 C 留在土壤中,进入养分再循环,无论对下茬作物的生长还是土壤培肥都起到很大的作用,改善了土壤理化性状<sup>[21]</sup>。20 世纪 80 年代初开始到 1997 年,玉米秸秆还田在如皋生产上得到大面积推广应用,还田面积逐年增加 (图 5),尤其是中西部地区,如磨头系和郭园系分布区,夏季旱作 (主要为玉米) 其秸秆大部分都还田,使得这一时期有机质含量迅速增加,一

般均达到显著性差异水平 (表 2)。而东部水稻种植区,一方面土壤肥力基础较好,还田面积较小;另一方面水稻的生物量也要小于玉米,所以其增长幅度较小。但到了 20 世纪 90 年代中后期,玉米秸秆还田面积开始降低 (图 5),根据调查,大多农户对剩余的秸秆都是采用田边焚烧的方法,这导致后一时期有些土壤有机质含量增长开始减慢。但此时开始采用机械收割增加了秸秆的留茬量,加上作物产量提高所带来的根茎生物量的增加,使得大部分土壤有机质含量在 1997 年到 2002 年依然保持较高的水平,且有些能有所增长。

**2.3.2 土壤管理对土壤有机质演变的影响** 除

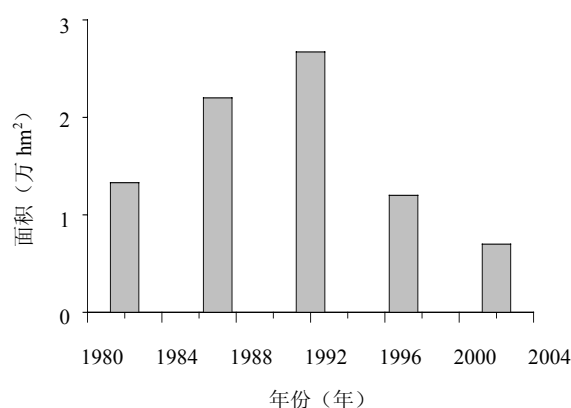


图5 如皋市历年玉米秸秆还田面积

Fig. 5 Areas of farmlands having corn stalks incorporated into soil every year in the past 20 years in Rugao City

了秸秆还田的影响外,土地利用的变化也是一个不可忽视的因素。这从如皋市水稻种植面积的变化可以得到验证。20世纪80年代初,中西部土地利用主要为旱作,东部以“麦-稻”轮作制为主;但其后,尤其上世纪90年代以后随着市场经济的发展和农村劳动力的大量转移,棉花和玉米种植面积逐年减少,水田面积逐渐增加,中西部“麦(油)-稻”已成为主要种植模式。据统计,如皋市在上世纪80年代初,水稻种植面积约2.3万 $\text{hm}^2$ ,至1990年迅速增加至3.3万 $\text{hm}^2$ ,1998年增加至4万 $\text{hm}^2$ 以上,之后则相对平稳,保持在3.3万~4万 $\text{hm}^2$ 之间。根据研究,旱地变成水田,相应会提高土壤有机质的含量,有机质增长较快<sup>[22]</sup>。这可能是该市中西部地区在上世纪80—90年代土壤有机质含量增加较快的另一个主要原因。而东部地区是传统的植稻区,土地利用方式变化不大,土壤有机质含量变化相对较小。

此外,在上世纪90年代掀起的农业产业结构调整也影响到了土壤有机质含量的变化。如东部的白蒲系,在上世纪90年代中期以后,生猪饲养量迅速增加,据统计,在1990—1998年间,当地生猪存栏量由7万头左右增加至10万头左右,其后又不断地增加,这无疑增加了土壤有机肥的来源,可能又是白蒲系在近10年来土壤有机质增加较快的原因。此外,随着经济的发展,局部地区的种植结构调整也影响到了土壤有机质的变化,如近10年来在如皋市沿着该市至南通的204国道周边出现的蔬菜种植基地和花木生产基地等,其有机肥的投入一般较大,使得土壤有机质增长较快。这些地区正好也是桃园系土壤的分布区。而南部长青沙系分布区出现的大

面积西瓜种植基地则可能是近年来该系土壤有机质含量增加较快的主要原因之一,可见这两个土系的有机质含量近年来的较大增长并非偶然,与种植结构的调整有关。

另有一点值得注意的是,从1982年到2002年,正是中国改革开放最快的年代,土地管理也发生了很大的变化。上世纪80年代到90年代初,大多农户都是以大集体的方式进行土地管理,也就是说对于土地的管理相对较为统一,各农户和田块之间差异不大,但从90年代中后期到现在,随着家庭联产承包责任制的深入,土地归农户自己管理,再加上产业结构的调整,对土壤的管理就出现了各方面的差异,如施肥的品种和用量、种植作物的多样性、秸秆的处理方式等,这正好与2002年土壤有机质的标准差和变异系数明显高于前两期的结果相一致。

**2.3.3 土壤性质对土壤有机质的影响** 土壤性质对土壤有机质的影响主要表现为土壤质地对土壤有机质变化的影响。在同一时期,有机质含量高的土壤一般质地较黏,如分布于东部和南部的各个土系(表1);而中西部广大地区土壤,如磨头系、郭园系和桃园系等,多为砂土或是砂壤土,通气性好,有机质分解快,不易积聚<sup>[22-23]</sup>,有机质含量平均都较低(表2,图2)。

从有机质随时间的演变来看,土壤质地的影响也是较明显的。对砂性土壤而言,1982年至20世纪90年代中期,通过大力推广秸秆还田,还田量超过其分解量,使得土壤有机质得到连续的增长,但从90年代中期以来,随着秸秆还田面积的减少(图5),尽管有机械耕作的统一留茬还田,但局部地区的还田量已不能补偿其分解量,开始出现土壤有机质的降低。如磨头系土壤在此时期,局部地区已经出现降低的情况(图4),而相同情况下,质地较细的土壤如搬经系和营防系(表2)则未出现有机质含量降低的情况(图4)。

**2.3.4 土壤有机质对C循环的贡献** 土壤有机质的增加实际是土壤C库的增加。气候变化政府间委员会(intergovernmental panel on climate change)曾估计过土壤、植被和大气的C储量分别为 $C(1750 \pm 250)$ 、 $(550 \pm 100)$ 和760 Pg (1 Pg =  $10^{15}$  g)<sup>[24]</sup>。可见土壤C库是陆地生态系统内的主要C库。同时该委员会也估计了未来50年内(2000—2050年)全球各种活动的固C潜力,其中农业管理所占比重为33%<sup>[25]</sup>。显然合理的土壤管

理不仅有利于土壤肥力和土壤质量,也有利于全球 C 循环<sup>[24]</sup>。从我们的结果可看出,大面积的秸秆还田是增加土壤有机质和 C 储量的有效方法,10 多年的大面积秸秆还田明显提高土壤有机质平均含量达 30% (表2),相当于增加土壤有机 C 1.05 Mg/(hm<sup>2</sup>·年),效果还是可观的。然而,近年来对这一工作的忽视,秸秆还田面积越来越少(图5),使得一些区域的土壤有机质出现下降趋势(图4)。面对这一现象政府应引起足够重视,除从农业生产的角度外,还应从全球变化的角度来面对这一问题,随着经济的发展政府有能力也有义务来保护我们的土壤资源,保护我们的地球。

### 3 结论

对如皋市土壤有机质时空演变的研究结果表明,20 年来如皋市土壤有机质总体上是呈增长趋势的,但其增长的快慢在不同土系间有差别。第一阶段 1982—1997 年,一些砂性的土壤如磨头系等有机质增长较快,而相对较黏的土壤增长较慢。第二阶段 1997—2002 年,砂性的土壤增长变缓,甚至有降低的趋势,而较黏的土壤继续保持增长。这种时空演变现象的出现与秸秆还田面积的减少,农业产业结构、种植结构的调整,土壤质地等因素有关。从目前的情况看,大面积提高土壤有机质的有效方法,仍然是秸秆还田,但实施时应考虑土壤质地的差别,即对黏性土壤和砂性土壤的投入应该有所差异。因近年来黏质土壤和大部分壤质土壤的机械留茬并未导致其土壤有机质出现下降的趋势,可不必强调秸秆还田,而在中西部以广大的砂性土壤为主,考虑到在机械留茬还田的同时,还应该继续提倡人工秸秆还田,加大对土壤有机质的投入。

土壤有机质的提高不仅是改良土壤结构、提高土壤质量的需要,同时也是提高土壤固 C 能力的有效途径。农田土壤是否固 C 对全球变暖也产生着重要的影响,其意义越来越大。本文研究表明,在近 20 年以来,如皋市土壤有机质含量的增加是明显的,说明只要管理得当,农田土壤是有一定的固 C 潜力的。

### 参考文献:

- [1] 张爱君, 张明普. 黄潮土长期轮作施肥土壤有机质消长规律的研究. 安徽农业大学学报, 2002, 29 (1): 60-63
- [2] Lumbanraja J, Syam T, Nishide H, Mahi AK, Utomo M,

Kimura M. Deterioration of soil fertility by land use changes in south Sumatra, Indonesia: From 1970 to 1990. Hydrol. Proc., 1998, 12: 2003-2013

- [3] 王绍强, 周成虎. 中国陆地土壤有机碳库的估算. 地理研究, 1999, 18 (4): 349-356
- [4] Janzen HH, Campbell CA, Ellert BH. Soil organic matter dynamics and their relationship to soil quality//Gregorich, EG, Carter, MR. Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health, Developments in Soil Science 25. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Scientific Publ. Co., 1997: 277-292
- [5] 武天云, Schoenau JJ, 李凤民, 钱佩源, Malhi SS. 耕作对黄土高原和北美大草原三种典型农业土壤有机碳的影响. 应用生态学报, 2003, 14 (12): 2213-2218
- [6] 孙波, 赵其国. 低丘红壤肥力的时空变异. 土壤学报, 2002, 39 (2): 190-198
- [7] 曹慧, 杨浩, 孙波, 赵其国, 臧波. 太湖流域丘陵地区土壤养分的空间变异. 土壤, 2002 (4): 201-205
- [8] 郭旭东, 傅伯杰, 马克明, 陈利顶. 基于 GIS 和地统计学的土壤养分空间变异特征研究. 应用生态学报, 2000, 11 (4): 557-563
- [9] 吕贻忠, 李保国, 胡克林, 徐艳. 鄂尔多斯不同地形下土壤养分的空间变异. 土壤与环境, 2002, 11 (1): 32-37
- [10] 王秀红. 我国水平地带性土壤中有机的空间变化特征. 地理科学, 2001, 21 (1): 19-23
- [11] Susanne A, Michelle MW. Long-term trends of corn yield and soil organic matter in different crop sequences and soil fertility treatments on the Morrow Plot. Advances in Agronomy, 1998, 62: 153-197
- [12] 谢金学, 张炳生, 谭荷芳, 周培华. 丹阳市土壤肥力演变趋势及原因分析. 土壤, 2002, 34 (3): 149-152
- [13] 张世熔, 黄元仿, 李保国, 高峻. 黄淮海冲积平原区土壤有机质时空变异特征. 生态学报, 2002, 2 (12): 2041-2047
- [14] 曾希柏, 关光复. 稻田不同耕作制度下有机质和氮磷钾的变化研究. 生态学报, 1999, 19 (1): 90-95
- [15] Fu BJ, Chen LD, Ma KM. The relationship between land use and soil conditions in the hilly area of loess plateau in northern, Shaanxi, China. Catena, 2000, 39: 69-78
- [16] 王效举, 龚子同. 红壤丘陵小区域水平上不同时段土壤质量变化的评价和分析. 地理科学, 1997, 17 (2): 141-149
- [17] 如皋县土壤普查办公室, 江苏省土壤普查办公室. 江



- 苏省如皋县土壤志. 1987
- [18] 中国科学院南京土壤研究所土壤系统分类课题组, 中国土壤系统分类课题研究协作组. 中国土壤系统分类检索. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2001
- [19] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法. 北京: 中国农业科技出版社, 2000, 106-107
- [20] Beuselinck L, Govers G, Poesen J, Degraer G, Froyen L. Grain-size analysis by laser diffractometry: Comparison with the sieve-pipette method. *Catena*, 1998, 32: 193-208
- [21] 于晶贤. 坚持秸秆还田, 增加土壤肥力. *黑龙江农业科学*, 1999 (3): 69-70
- [22] 王洪杰, 李宪文, 史学正, 于东升. 不同土地利用方式下土壤养分的分布及其与土壤颗粒组成关系. *水土保持学报*, 2003, 17 (2): 44-47
- [23] Hu F, Li HX, He YQ. Organic matter decomposition in red soil as affected by earthworm. *Pedosphere*, 2000, 10 (2): 143-148
- [24] 杨学明, 张晓平, 方华军. 农业土壤固碳对缓解全球变暖的意义. *地理研究*, 2003, 23 (1): 101-106
- [25] Evrendilek F, Celik I, Kilic S. Changes in soil organic carbon and other physical soil properties along adjacent Mediterranean forest, grassland, and cropland ecosystems in Turkey. *Journal of Arid Environments*, 2004, 59: 743-752

## Tempo-Spatial Variation of Soil Organic Matter of Farmland and Its Affecting Factors in a Typical Area of the Yangtze River Delta Region

ZHU Jing<sup>1</sup>, HUANG Biao<sup>2</sup>, SUN Wei-xia<sup>2</sup>, YANG Rong-qing<sup>2</sup>,  
ZOU Zhong<sup>3</sup>, DING Feng<sup>3</sup>, SU Jian-ping<sup>3</sup>, HUANG Yao<sup>1</sup>, JIN Yang<sup>4</sup>, BI Kui-Sen<sup>4</sup>

(<sup>1</sup> College of Resources and Environmental Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China;

<sup>2</sup> Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China;

<sup>3</sup> Center of Agricultural Technique Service and Extension of Rugao City, Jiangsu Province, Rugao, Jiangsu 226000, China;

<sup>4</sup> Geological Survey of Jiangsu Province, Nanjing 210018, China)

**Abstract:** Soil organic matter (SOM) in farmland is an important index of assessing soil fertility and soil quality of the farmland and also an integral component of the globe carbon stock. Therefore, dynamic of SOM has an important influence on global climate change. This paper addresses tempo-spatial variation of SOM in Rugao City, Jiangsu Province, an area typical of the Yangtze River Delta Region. In space, loamy Stagnic Anthrosols (Baipu) and clayey Aquic Cambosols (Changqingsha) distributed in the eastern and southern parts of the area, respectively, were high in SOM content; sandy Ustic Cambosols (Guoyuan), and sandy Aquic Cambosols (Motou) distributed in the mid-western part were low in SOM, and loamy Aquatic Cambosols (Banjing, Dongchen, and etc.) distributed in the northern and southern parts were medium in SOM. In time, SOM showed a rising trend in the past 20 years (1982—2002). From 1982 to 1997, the rising trend appeared to be a steep curve in the mid-western parts, but a flat slope in the eastern and southern parts. From 1997 to 2002, the trend, however, leveled off in the mid-western part and soared up in the eastern and southern parts. Finally, the paper further discusses and analyzes factors influencing the tempo-spatial variation of SOM and puts forward suggestions for soil management and utilization in the future.

**Key words:** Soil organic matter, Temporal-spatial variation, Rugao City