

江苏省沭阳县农田土壤有机质和全氮的时空变异及其影响因素^①

邢 喆^{1,2}, 黄 标^{2*}, 董成森¹, 孙维侠², 胡文友², 田 康²

(1 中南大学隆平分院, 长沙 410125;

2 中国科学院土壤环境与污染修复重点实验室(南京土壤研究所), 南京 210008)

摘 要:在 2011 年土壤采样的基础上, 参照 1981 年沭阳县二次土壤普查资料, 对该县土壤有机质和全氮 30 年来的时空演变进行了分析, 并进一步讨论了时空演变的自然和人为因素。结果表明: 30 年来, 沭阳县农田耕层(0~20 cm)土壤有机质和全氮均明显增加, 2011 年土壤有机质和全氮的平均含量分别为 23.12 g/kg 和 1.36 g/kg, 分别比 1981 年增加了 12.15 g/kg 和 0.61 g/kg, 平均增加速率达 0.41 g/(kg·a) 和 0.02 g/(kg·a)。2011 年土壤有机质和全氮的整体空间分布格局与 1981 年相似, 均呈现北部黏性土壤高而南部砂性土壤低、东部水田高西部旱地低的空间分布格局。土壤质地是造成这种时空变异最主要的结构性因素, 而秸秆还田量的增加、土地利用方式的转化是 30 年来影响土壤有机质和全氮时空演变的主要人为随机性因素。

关键词:土壤有机质; 全氮; 时空变异; 土壤质地; 秸秆还田; 土地利用

中图分类号: S159

土壤有机质和土壤全氮是评价土壤质量和土壤碳、氮库的重要指标, 也是限制农业生态系统环境优劣的重要因素^[1-3]。地形、土壤类型、土地利用方式、土地管理和培肥措施等多种因素均可影响土壤有机质和全氮的时空分布^[4-5]。农田生态系统是陆地生态系统的重要组成部分, 与人类关系最为密切, 同时也是重要的大气碳源和碳汇^[6]。目前, 农田土壤有机质和全氮的变化规律已成为当今许多学科研究的热点之一。

近年来随着地统计学和 GIS 技术的发展, 越来越多的研究着眼于土壤属性时间尺度和空间尺度上的变异性和相关性, 如陆访仪等^[7]对东北海伦县有机质的空间分布进行了研究; Huang 等^[3]、Darilek 等^[8]、朱静等^[9]详细研究了长江中下游典型地区不同土壤类型有机质和全氮的时空变异规律, 并分析了变异产生的自然和人为因素; 罗明等^[10]探索了江西省余江县土壤有机质的时空变异规律。由于土壤类型变异、农业活动等的复杂性导致土壤有机质和全氮的时空变异异常复杂, 因此, 深入研究不同地区土壤有机质和全氮的时空变异及其影响因素仍具有理论和现实意义, 其结果可为土壤资源的可持续利用和土壤固碳

速率及固碳潜力的计算提供重要的参考依据。

江苏省沭阳县是淮北地区典型的农业大县, 其土壤类型、种植结构、利用管理等方面在淮北地区具有一定代表性, 本研究以沭阳县为研究对象, 旨在揭示全县 1981—2011 年 30 年间土壤全氮和有机质的时空变化规律, 并分析其影响因素。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

沭阳县位于江苏省北部(图 1), 县域介于 33°53′~34°25′N, 118°30′~119°10′E 之间, 东西 60 km, 南北 55 km。全县总面积 2 298 km², 2010 年耕地面积为 14 万 hm², 农业人口总计 157 万。该县属黄淮冲积平原, 一般地面高程在 4.5~7 m 之间, 西部偶有岗岭地, 东北部零星分布有洼地和残丘等, 沭阳县属于暖温带季风气候, 年平均气温 13.8℃, 日照时数 2 363.7 h, 相对湿度为 75%, 风速为 2.8 m/s, 年平均降水量 937.6 mm。

全县的土壤类型主要包括潮土、砂姜黑土以及棕壤(图 1)。潮土主要分布于该县的中东部地区,

基金项目: 中国科学院战略性先导科技专项子课题项目(XDA05050503)资助。

* 通讯作者(bhuang@issas.ac.cn)

作者简介: 邢喆(1987—), 女, 陕西渭南人, 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: pomelogirl@163.com

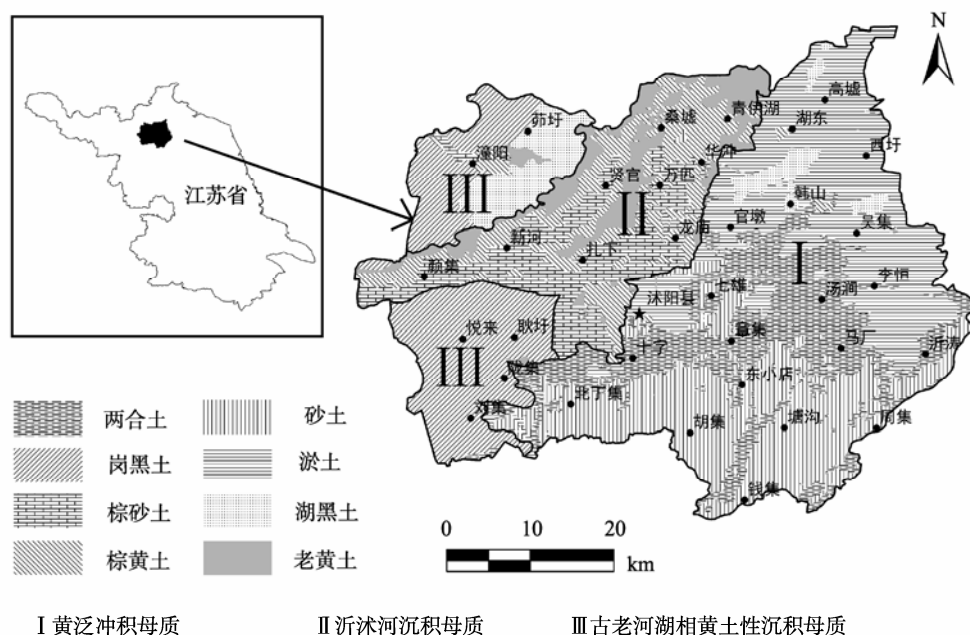


图 1 江苏沭阳县母质和土属分布图

Fig. 1 Distribution of soil parent materials and soil genera in Shuyang County, Jiangsu Province

总面积为 11.5 万 hm^2 , 占土壤总面积的 76.77%, 成土母质为黄泛冲积母质和沂沭河冲洪积母质, 有黄潮土和棕潮土两个亚类, 其中黄潮土有砂土、淤土、两合土 3 个土属, 棕潮土有棕黄土、老黄土和棕砂土 3 个土属; 砂姜黑土主要分布于沭阳西部和西南部的岗岭地及北部、东北部, 总面积约 3.4 万 hm^2 , 占全县土壤总面积的 22.5%, 成土母质为古老河湖相黄土性沉积母质, 有砂姜黑土一个亚类, 包括岗黑土和湖黑土两个土属; 棕壤分布于沭阳的西北角, 约 0.1 万 hm^2 , 仅占全县土壤面积的 0.68%, 成土母质为片麻岩、花岗岩和石英斑岩风化物冲洪积母质, 有白浆化棕壤一个亚类, 包括包浆岭砂土和白浆土两个土属, 因棕壤面积积极小, 故本文不予讨论。

本县种植作物类型多样, 粮食作物包括小麦、水稻、玉米、棉花等, 西北部的岗地以小麦玉米轮作为主, 其余地区多以稻麦轮作为主。此外, 全县花卉苗木种植面积达 2.7 万余 hm^2 , 西部的新河、颜集、扎下、潼阳等镇是著名的花卉苗木之乡。

1.2 数据来源

本文分析数据包括两个时期的土壤表层有机质和全氮含量: 1981 年的 123 个样点土壤数据, 收集自《沭阳县土壤志》; 2011 年的 74 个样点数据, 由野外采样后分析所得。

1.3 样品采集及测定

1.3.1 野外采样 2011 年采样布点时主要考虑全县的土壤类型、土地利用状况、区域之间样点分布的均匀性等因素。首先, 将搜集的沭阳县土壤图和土地利用图数字化, 然后, 将各土属和土地利用类型按面积大小排序, 将样点数按比例分配至各土属和土地利用类型, 然后, 按空间均匀性分配至复合图斑。野外采样按设计好的样点采样, 在采样点采样时, 将选择能代表周围典型土壤和土地利用类型、面积较大的田块采样。一般每个采样点在 300 m^2 范围内, 采集 5~6 处 0~20 cm 土壤, 混合均匀后, 缩分至 1~2 kg 装袋。为避免作物生长期施肥的影响, 样品采集在当年水稻收获之后, 下季小麦播种前的秋季进行。采样时均用 GPS 记录每个采样点的经纬度, 详细记载样点的地理位置、土地利用历史、植被、土壤类型等信息。

1.3.2 样品处理和分析 采回土样在室温下风干, 挑去细根, 用木棒磨碎过 60 目尼龙筛, 然后装袋备用。土壤有机质采用重铬酸钾氧化-外加热法进行测定, 土壤全氮采用半微量开氏法进行测定^[1]。

1.4 数据处理

本研究在对 1981 年剖面数据进行处理的过程中, 对表土层深度 > 20 cm 的部分, 直接取其有机质和全氮含量; 而对于表土层 < 20 cm 的部分, 取

0 ~ 20 cm 范围内的所有土层的深度加权平均值属性值(以深度为权重)^[12]。由于 1981 年的采样点无经纬度坐标记载,故在本研究中,利用 ArcGIS 9.3 软件,将统计的 1981 年各土属表层土壤有机质和全氮与其土壤图上相应的土属斑块相连接,从而得到 1981 年沭阳县土壤有机质和全氮的空间分布图;运用地统计学软件 GS+5.0,对 2011 年每个样点的表层土壤有机质和全氮测定结果进行半方差分析和理论模型的拟合,利用 ArcGIS 9.3 进行普通 Kriging 插值,得到沭阳县土壤有机质和全氮的空间分布图,两个时期的空间分布图叠加相减,获得两个时期土壤有机质和全氮变异分布图。将 2011 年数据按土属计算平均值,并与 1981 年相应土属有机质和全氮平均值进行学生氏-t 检验^[13],获得 30 年期间各土属有机质和全氮差异显著性的统计结果。

2 结果与分析

2.1 土壤有机质和全氮在时间尺度上的变异

相较于 1981 年,2011 年土壤有机质和全氮明显增长,平均增长量为 12.15 g/kg 和 0.61 g/kg,分别增长 110.0% 和 81.0%,t 检验结果表明,1981 年和 2011 年所有土属有机质和全氮含量之间的差异均达到极显著水平($P<0.01$)(表 1)。其中有机质变化量最大的为潮土类的淤土和棕砂土土属,达 17 g/kg 以上,增长达 133%以上;而砂姜黑土各土属变化量相对较小,在 7 ~ 8 g/kg 之间,增长 40% ~ 70%之间,其余土属变化量在 10 g/kg 左右,增长比例在 70% ~ 104% 之间。土壤全氮也有类似的规律,变化量最大的也是淤土和棕砂土土属,接近 0.9

g/kg,增长 93% 以上,砂姜黑土各土属变化量较小,约 0.3 ~ 0.4 g/kg 之间,仅增长 30% ~ 50%,其余土属变化量则在 0.5 ~ 0.6 g/kg 之间,增长 60% ~ 85%(表 1)。

将各土属有机质和全氮增加量用变异时间相除,就可获得变异时间内土壤有机质和全氮的平均增长速率。计算结果表明,过去的 30 年间,沭阳县各土属有机质的增长速率在 0.23 ~ 0.59 g/(kg·a)之间,平均 0.41 g/(kg·a)。全氮的增长速率在 10 ~ 29 mg/(kg·a)之间,平均 20 mg/(kg·a)。这一结果无论是有机质还是全氮都明显要高于江苏省如皋市(分别平均为 0.27 g/(kg·a)和 12 mg/(kg·a))和张家港市(0.10 g/(kg·a)和 10 mg/(kg·a))近年来的平均增长速率^[3,8]。

土壤有机质和全氮不同含量范围的分布面积变化也很显著。如图 2 所示,1981 年土壤有机质含量主要集中在 10 ~ 15 g/kg 的含量范围,占总面积的 60.5%,其次为 10 g/kg 以下,占总面积的 27.4%,而 15 ~ 20 g/kg 这一较高含量范围的土壤面积最小,仅占总面积的 12.1%。2011 年的土壤有机质含量整体增加明显,以 15 ~ 25 g/kg 范围为主,占总面积比例高达 68.9%,25 g/kg 以上的土壤面积比例也高达 29.4%,15 g/kg 以下范围占的面积极小,仅为 1.73%。其中 10 ~ 15 g/kg 以下的面积较 1981 年下降了 58.8%,15 g/kg 以上的面积较 1981 年增加了 86.2%。

1981 年的土壤全氮含量主要集中在 0.5 ~ 0.8 g/kg,占到了全县面积的 57.92%,其次为 0.8 ~ 1.2 g/kg(26.91%),最后为 0.5 g/kg 以下(15.18%);2011 年的全氮含量以 0.8 ~ 1.2 g/kg 范围为主(41.2%),其次为 1.2 ~ 1.5 g/kg(33.3%),1.5 g/kg 以上的面积

表 1 1981 年和 2011 年沭阳县农田土壤有机质和全氮含量的比较
Table 1 Comparison of soil organic matter and total nitrogen between 1981 and 2011 in Shuyang County

土壤类型		有机质(g/kg)			全氮(g/kg)		
土类	土属	2011 年	1981 年	1981—2011 年增加	2011 年	1981 年	1981—2011 年增加
潮土	砂土	17.47 c A	8.60 e B	8.87	1.09 c A	0.59 c B	0.50
	淤土	31.24 a A	13.40 b B	17.84	1.81 a A	0.94 a B	0.87
	两合土	20.13 b A	10.39 d B	9.74	1.22 bc A	0.76 b B	0.46
	老黄土	26.21 ab A	15.07 a B	11.14	1.52 ab A	0.88 ab B	0.64
	棕黄土	21.69 b A	10.70 cd B	10.99	1.29 bc A	0.76 b B	0.53
	棕砂土	24.11 ab A	7.00 f B	17.11	1.38 abc A	0.50 d B	0.88
砂姜黑土	岗黑土	19.59 b A	11.50 c B	8.09	1.13 c A	0.75 b B	0.38
	湖黑土	22.72 b A	15.80 a B	6.92	1.33 bc A	1.04 a B	0.29
总平均		23.12	10.97	12.15	1.36	0.75	0.61

注:同一列数据小写字母不同表示在相同年份不同土属间有机质和全氮含量在 $P<0.05$ 水平上差异显著;同一行数据大写字母不同表示同一土属不同年份有机质和全氮含量在 $P<0.01$ 水平上差异显著。

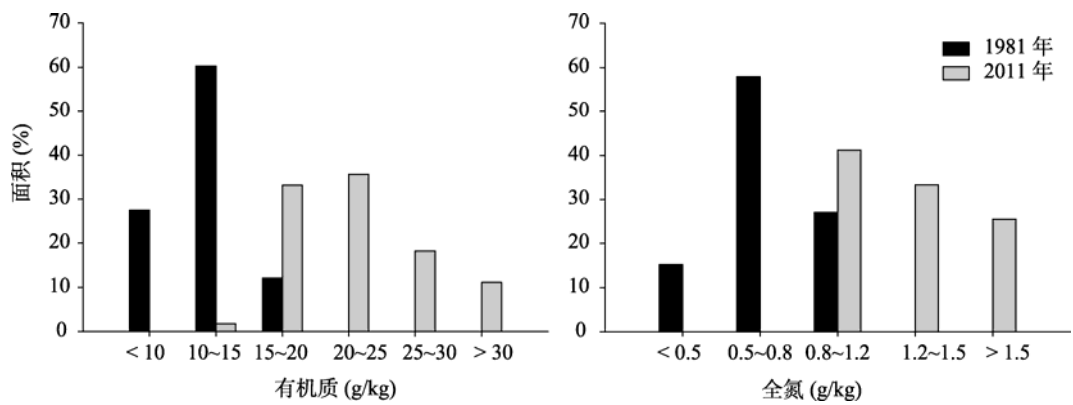


图 2 沭阳县农田土壤有机质和全氮分级面积百分比统计
Fig. 2 Area percentages of soil organic matter and total nitrogen with different grades in total area of Shuyang County

为 25.4%，0.8 g/kg 以下没有分布，其中 2011 年含量在 0.8 ~ 1.2 g/kg 的面积比例较 1981 年增加了 14.3% (图 2)。

2.2 土壤有机质和全氮在空间尺度上的变异

1981 年沭阳县有机质含量较高的土壤分布在县域的西北和中北部地区，为湖黑土和老黄土分布区，其平均含量均在 15 g/kg 以上(表 1、图 3)；然后是东北部地区的淤土，有机质含量稍低；依次岗黑土、棕

黄土(西部)>两合土(中部)>砂土(南部)>棕砂土(中西部)，有机质含量逐渐降低，且各土属间有机质含量达到显著性差异($P<0.05$)。全氮含量较高的是位于西北部湖黑土、中北部老黄土和东北部淤土分布区的土壤，含量在 0.90 g/kg 以上；全氮含量较低的是位于南部的砂土和中西部的棕砂土分布区，含量在 0.5 ~ 0.6 g/kg 之间。其余土壤分布区土壤全氮含量在 0.75 g/kg 左右，无明显差异(表 1、图 3)。

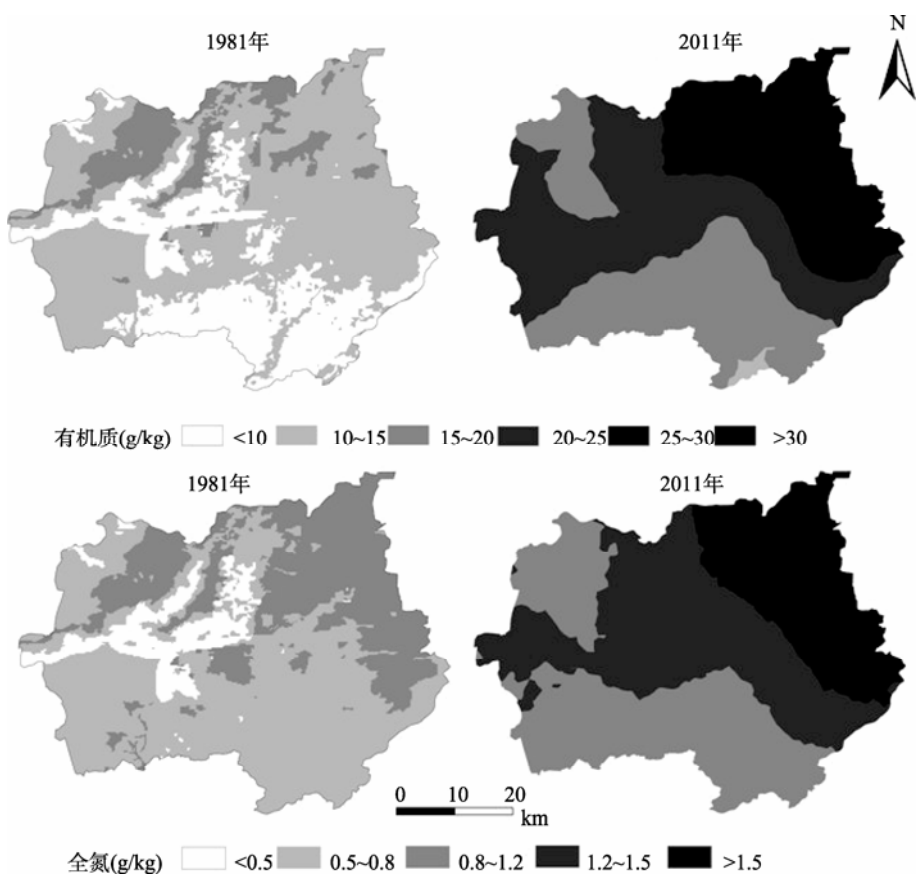


图 3 沭阳县 1981 年和 2011 年土壤有机质和全氮含量分布图
Fig. 3 Distribution of soil organic matter and total nitrogen in 1981 and 2011 in Shuyang County

相较于 1981 年, 尽管 2011 年沭阳县土壤的有机质普遍有所增加, 但是土壤有机质的整体空间分布依旧呈现北部高南部低的格局(图 3)。其中含量最高的为淤土, 有机质平均含量达到 31.24 g/kg, 南部面积较大的砂土有机质含量比较低, 其有机质含量为 17.47 g/kg。然而, 与 1981 年不同, 各土属间有机质含量的差异已不太明显, 呈现淤土、棕砂土、老黄土>两合土、棕黄土、岗黑土、湖黑土>砂土的空间差异性(表 1)。

2011 年土壤全氮(1.36 g/kg)总体上比 1981 年(0.75 g/kg)明显增加。全氮的空间分布规律与有机质大体一致, 呈现北部高南部低的趋势(图 3)。土壤全氮含量较高为东北部的淤土达 1.81 g/kg, 含量较低的为南部的砂土, 含量为 1.09 g/kg。各土属间的递减规律为淤土、老黄土、棕砂土>两合土、棕黄土、湖黑土>岗黑土、砂土(表 1)。

从 2011 年和 1981 年沭阳县土壤有机质和全氮含量差值空间分布图(图 4)可以看出, 30 年来土壤的有机质和全氮含量全面增加, 有机质增加范围在 7.56 ~ 14.81 g/kg 之间, 全氮增加范围在 0.32 ~ 0.77 g/kg 之间。两者增加最为明显的是位于东北部的淤土和中北部的棕砂土分布区, 有机质和全氮含量增加较少的是位于沭阳县西部的湖黑土。

2.3 沭阳县农田土壤有机质和全氮时空演变的影响因子讨论

对农田土壤而言, 影响土壤有机质和全氮时

空演变的因素可有自然因素和人为因素两类, 其中自然因素包括土壤类型、地形、母质等结构性因素, 而人为因素包括施肥、耕作、管理、人为利用等随机性因素^[14]。对 2011 年沭阳县土壤有机质和全氮半方差分析的结果表明(表 2), 2011 年全氮和有机质分别较好地符合指数模型, 决定系数达 0.9 以上。两者的块金值与基台值比值均在 25%~75%, 这一结果表明, 其空间变异性是由随机因素和结构因素共同决定的^[14-15]。

由于 1981 年没有具体的点位资料, 所以无法获得该时期土壤有机质和全氮的半方差函数分析结果, 但详细分析空间上各土壤类型土壤有机质和全氮含量差异显著性特点来看(表 1), 各土壤类型差异显著性较为明显, 自湖黑土、老黄土至淤土至岗黑土、棕黄土至两合土至砂土至棕砂土均存在显著性降低($P<0.05$)。对于一个平原地区的县域范围内, 气候和地形的影响相对均一, 而土壤类型的影响应该成为影响土壤有机质和全氮的最主要的结构性因素^[16]。另外, 仔细观察有机质和全氮随土壤类型的降低趋势, 与土壤间质地的变化较为一致, 随着各类型土属有机质和全氮含量的降低, 土壤质地由黏壤越来越趋于沙壤, 这一规律与土壤质地和有机质或全氮间较强的相关性的普遍规律一致^[17]。质地比较黏重的土壤, 有机质分解慢, 保水保肥能力较强, 因此有机质和全氮含量也较高, 而质地较砂的土壤, 保水保肥能

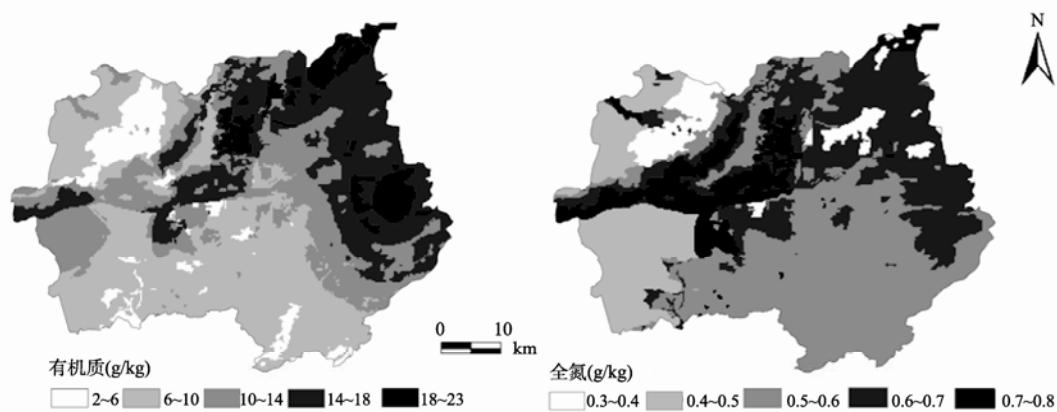


图 4 沭阳县 2011 年与 1981 年土壤有机质和全氮差值分布图
Fig. 4 Distribution of differences in soil organic matter and total nitrogen between 2011 and 1981 in Shuyang County

表 2 沭阳县 2011 年土壤有机质和全氮变异函数理论模型及其参数

属性	理论模型	块金值 (C_0)	基台值(C_0+C)	$C_0/(C_0+C)(\%)$	变程 (km)	残差	决定系数(R^2)
有机质	指数	0.503	1.223	58.9	18.6	0.0244	0.914
全氮	指数	0.628	1.509	58.4	43.7	0.0239	0.900

力差,有机质矿化率高,易分解释放,因此有机质和全氮的含量也比较低。由于沭阳县大部分的土壤类型质地都较为黏重,也可能是这个原因导致该地区土壤有机质和全氮的增长速率要明显高于类似种植结构的其他地区^[18]。

相对地,对 2011 年的土壤有机质和全氮而言,各土壤类型间差异性已经变得较为模糊,除了质地特别黏重的淤土和质地特别砂的砂土显示有机质和全氮显著的高和低之外,其余土壤类型间差异显著性均不是特别明显(表 1)。且还出现一些异常的情况,如在 1981 年时有机质和全氮含量较低的棕砂土,在 2011 年时提高较快,成为较高含量的土壤类型之一。结合上述空间变异半方差函数的结果可以看出,30 年来,土壤有机质和全氮的变异受人为随机性因素的影响越来越大。

为了了解人为因素对土壤有机质和全氮的影响,本文收集了沭阳县两个时期施肥量的统计数据。统计资料显示,沭阳县 2010 年的氮肥年平均施用量(折纯量)达 618 kg/hm²,是 1984 年 155 kg/hm² 的 4 倍;2010 年磷肥(P₂O₅)施用量为 177 kg/hm²,是 1984 年 51 kg/hm² 的 3.5 倍;钾肥(K₂O)施用量为 60 kg/hm²,是 1984 年 3 kg/hm² 的 20 倍。肥料用量的增加提高了农作物的产量,沭阳县农作物的总产量由 1984 年的 5 595 kg/hm² 增长到了 2010 年的 8 597 kg/hm²,从而使得农作物的地下根系、残茬、秸秆及凋落物的数量大大增加,从而有利于有机质的累积和持续增加。

对 1984 年、2000 年、2005 年、2010 年 4 年间沭阳县的主要农作物秸秆量进行统计发现(图 5),除了 2000 年农作物秸秆量比 1984 年稍有下降之外,自 2000 年后,秸秆的总产量随年份的增长而增长,其中尤其以水稻秸秆的产量增加最快,2010 年的水稻秸秆总量为 1984 年的将近 2 倍。此外,2000 年以来,随着政府引导和管制力度的增加以及农民环境保护意识的增强,沭阳县 80% 以上的农田实现了秸秆还田,还田方式包括地表覆盖和切碎后翻耕入土等,使得沭阳县农田耕层的有机质和全氮大幅提高。

详细计算各个土属土壤碳/氮比值发现一个有意思的现象 2011 年各土属土壤碳/氮比在 9.3~10.1 之间,平均 9.8;而 1981 年各土属碳/氮比在 7.9~8.9 之间,平均 8.5,前者显著高于后者($P<0.01$)。这一现象也表明,30 多年来,土壤有机质的提高与高碳氮比的秸秆还田有着密切的关系。

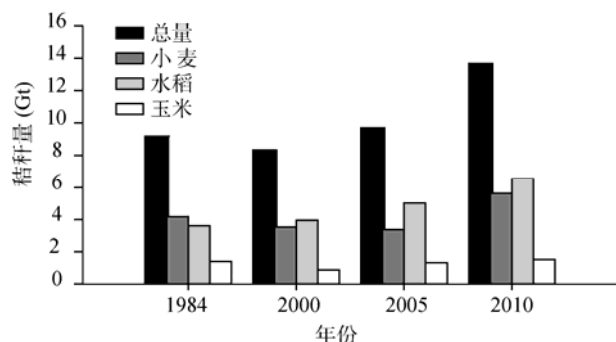


图 5 沭阳县不同年份农作物秸秆量
Fig. 5 Yields of different crop residues in different years in Shuyang County

土壤利用方式的改变也会影响到土壤有机质和全氮的时空演变。据统计,从 1984 年到 2010 年,沭阳县的水田面积由 5 万 hm² 增加到约 8 万 hm²。野外调查表明,沭阳县南部的沂涛、马厂、李恒等镇大部分土壤面积,均在 20 世纪八九十年代以来由小麦/玉米轮作转变为小麦/水稻轮作,实现了由旱作田向水旱轮作田的转变,土壤有机质在嫌气条件下分解变慢,从而也可导致土壤有机质和全氮含量明显增长。

除了粮食作物种植结构的改变外,经济作物的发展也改变着土壤有机质和全氮含量。20 世纪 80 年代,沭阳县以种植粮食作物为主,但从 90 年代中期开始,花木产业迅速发展,1996 年末,全县的花卉种植面积只有 187 hm²,2000 年末达到 5 867 hm²,至 2010 年更高达 22 000 hm²,种植区域主要在颜集、新河、庙头、扎下等几个乡镇。这些乡镇正好位于棕砂土分布区。由于花木生产效益较好,管理精细,投入较大,且常与蔬菜轮作,有机肥投入量一般较大,这可能是导致棕砂土 30 年来土壤有机质和全氮增幅较大的主要原因之一。

3 结论

30 年来(1981—2011 年)沭阳县农田土壤有机质和全氮含量呈明显增长趋势,但不同土属增幅不同,质地较黏的土壤增幅较大,而质地较砂的土壤增幅较小;水田和苗木(或蔬菜)用地增幅较大,而旱地增幅较小。因此,土壤类型间质地的差异是造成沭阳县土壤时空变异的主要结构性因素,而秸秆还田量的增加、土地利用方式的转化是 30 年来影响土壤有机质和全氮时空演变的主要人为随机性因素。

致谢: 感谢江苏省沭阳县土壤肥料技术指导站在资料搜集、野外调查采样等工作中给予的大力支持。

参考文献:

- [1] Córdova C, Sohi SP, Lark RM, Goulding KWT, Robinson JS. Resolving the spatial variability of soil N using fractions of soil organic matter[J]. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2012, 147(15): 66–72
- [2] Gray LC, Morant P. Reconciling indigenous knowledge with scientific assessment of soil fertility changes in southwestern Burkina Faso[J]. *Geoderma*, 2003, 111(3/4): 425–437
- [3] Huang B, Sun WX, Zhao YC, Zhu J, Yang RQ, Zou Z, Ding F, Su JP. Temporal and spatial variability of soil organic matter and total nitrogen in an agricultural ecosystem as affected by farming practices[J]. *Geoderma*, 2007, 139: 336–345
- [4] Wang YQ, Zhang XC, Zhang JL, Li SJ. Spatial variability of soil organic carbon in a watershed on the Loess Plateau[J]. *Pedosphere*, 2009, 19(4): 486–495
- [5] 杨东, 刘强. 基于 GIS 和地统计学的张掖市甘州区土壤全氮、有机质的空间变异特征分析[J]. *土壤通报*, 2011, 42(3): 593–597
- [6] 赵荣钦, 秦明周. 中国沿海地区农田生态系统部分碳源/汇时空差异[J]. *生态与农村环境学报*, 2007, 23(2): 1–6, 11
- [7] 陆访仪, 赵永存, 黄标, 孙维侠, 汪景宽, 王火焰. 近 30 年来海伦市耕地土壤有机质和全氮的时空演变[J]. *土壤*, 2012, 44(1): 42–49
- [8] Darilek JL, Huang B, Wang ZG, Qi YB, Zhao YC, Sun WX, Gu ZQ, Shi XZ. Changes in soil fertility parameters and the environmental effects in a rapidly developing region of China[J]. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2009, 129: 286–292
- [9] 朱静, 黄标, 孙维侠, 杨荣清, 邹忠, 丁峰, 苏建平, 黄耀, 金洋, 毕葵森. 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[J]. *土壤*, 2006, 38(2): 158–165
- [10] 罗明, 潘贤章, 孙波, 宗良纲. 江西余江县土壤有机质含量的时空变异规律研究[J]. *土壤*, 2008, 40(3): 403–406
- [11] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999: 147–149
- [12] 张春华, 王宗明, 任春颖, 张柏, 宋开山, 刘殿伟. 松嫩平原玉米带土壤有机质和全氮的时空变异特征[J]. *地理研究*, 2011, 30(2): 256–268
- [13] 白厚义, 肖俊章. 试验研究与统计分析[M]. 西安: 世界图书出版公司, 1998: 99–101
- [14] 王政权. 地统计学及在生态学中的应用[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 162–184
- [15] 程先富, 史学正, 于东升, 潘贤章. 江西省兴国县土壤全氮和有机质的空间变异及其分布格局[J]. *应用与环境生物学报*, 2004, 10(1): 64–67
- [16] 王宗明, 张柏, 宋开山, 刘殿伟, 李建平, 黄健, 张惠琳. 东北平原典型农业县农田土壤养分空间分布影响因素分析[J]. *水土保持学报*, 2007, 21(2): 73–77
- [17] 胡克林, 余艳, 张凤荣, 王茹. 北京郊区土壤有机质含量的时空变异及其影响因素[J]. *中国农业科学*, 2006, 39(4): 764–771
- [18] 杨艳丽, 史学正, 王果, 于东升, 徐茂, 王洪杰. 江苏北部土壤属性空间分异及其影响因素研究[J]. *土壤通报*, 2009, 40(3): 465–470

Tempo-spatial Variability of Soil Organic Matter and Total Nitrogen in Farmland and Its Affecting Factors in Shuyang County, Jiangsu Province

XING Zhe^{1,2}, HUANG Biao^{2*}, DONG Cheng-sen¹, SUN Wei-xia², HU Wen-you², TIAN Kang²

(1 Long Ping Branch, Central South University, Changsha 410125, China; 2 Key Laboratory of Soil Environment and Pollution Remediation, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China)

Abstract: Based on collected samples in 2011, by referring the data in the 2nd national soil survey in 1981, this paper evaluated the temporal and spatial variability of soil organic matter (SOM) and total nitrogen (STN) in farmlands during the past 30 years in Shuyang County, Jiangsu Province and further discussed natural and anthropic factors leading to the variability. The results showed that, in the past 30 years, SOM and STN in topsoil (0–20 cm) significantly increased. The contents of SOM and STN in 2011 were 23.12 g/kg and 1.36 g/kg, respectively, 12.15 g/kg and 0.61 g/kg higher than those in 1981, the increasing rates were 0.41 g/(kg·a) and 0.02 g/(kg·a) for SOM and STN. In spatial, the SOM and STN in 2011 had the similar spatial distributions to those in 1981, showing that clayey soil in the north area had higher contents than sandy soil in the south area, and paddy fields in the east area had higher contents than dry fields in the west area. Soil texture was main natural structural factor affecting this temporal and spatial variability, while the increase of crop-residue incorporation and the transformation of land-use patterns were major anthropic random factors affecting them in the past 30 years.

Key words: Soil organic matter, Total nitrogen, Temporal-spatial variability, Soil texture, Crop-residue incorporation, Land-use pattern