

黄淮海冲积平原区土壤有机质时空变异特征

张世熔*, 黄元仿, 李保国, 高 峻

(中国农业大学土壤与水科学系, 北京 100094)

摘要:通过分析 124 个样点 1980 年和 2000 年耕层土壤的有机质含量,研究了黄淮海冲积平原区河北省曲周县土壤有机质的时空变异特征。研究结果表明,该县目前土壤有机质含量平均为 12.89g/kg,与 1980 年相比较增加了 4.11g/kg,年均增加 0.21g/kg。但因各农户施用有机肥量的不同和管理水平的差异,占全县耕地面积 6% 的土壤有机质含量不升反降。县内各区域有机质的增长趋势为西南部 and 东南部高于中部和北部。潮土、盐土和褐土 2000 年有机质含量分别比 1980 年增加 45.51%、82.48%和 68.57%。

关键词:耕层;有机质;时空变异

The Temporal and Spatial Variability of Soil Organic Matter Contents in the Alluvial Region of Huang-Huai-Hai Plain, China

ZHANG Shi-Rong, HUANG Yuan-Fang, LI Bao-Guo, GAO Jun (Department of Soil and Water Sciences, China Agricultural University, Beijing 100094, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22 (12): 2041~2047.

Abstract: The temporal and spatial variability of soil organic matter (SOM) contents was studied in 1980 and 2000 in Quzhou County (Hebei Province, China) — A typical example of the alluvial regions of Huang-Huai-Hai Plain. Referring to the scenario of 1100 sampling points of the detail soil survey carried out in 1980, sampling point scheme was devised by combining square grid sampling points with hierarchical sampling method. In total, 124 sampling points were selected; 76 points were set by the square grid sampling method with 3 km between each point, and the other 48 by the hierarchical sampling method. The relief map scaled 1 : 10000 and GPS (Global Position System) were employed to exactly relocate the points sampled in 1980 in the fields. It was unable to sample exactly in the same places of some original positions in 1980 because of land conversion, such as cropland transformed into dweller, highway or ditch. Certain distance shift was conducted for those sampling points, according to the soil type distribution map. Three drill samples of arable layer soil, 0~20cm, were mixed together for the chemical analysis. The SOM contents were analyzed by the Walkley-Black wet combustion. The temporal and spatial variability of SOM contents was expressed by spherical semi-variance model and ordinary Kriging interpolated method. The average SOM content in the arable layer was 12.89 ± 3.24 g/kg in 2000 — an increase of 47% (4.11g/kg) of that (8.78g/kg) recorded in 1980. The SOM contents of 6% cropland decrease by compared to that in 1980. The variation of SOM increased in the past 20 years. The coefficient of variation changed from 21.6% in 1980 to 25.2% in 2000. This was attributed to changes in management such as the quantity and quality of applied manure. The results indicated that the spatial random variability of SOM content became more seriously after 20 years. According to the spherical semi-variance models, the nugget/sill ratio and lag distance changed from 0.57 and 33 km in 1980 to 0.73 and 24 km in 2000. Based on the accessing criteria of SOM content, the percentage of cropland on grade III (20.0~30.0g/kg), IV

基金项目:国家重点基础研究专项经费资助项目(G1999011700);ACIAR 项目资助项目(LWR1/96/164);863 计划资助项目(2001AA242031)

收稿日期:2001-05-16; **修订日期:**2002-06-27

作者简介:张世熔(1963—),男,四川泸县人,副教授。主要从事农业资源调查及评价的教学与科研工作。

* 现工作单位四川农业大学土地资源系

(10.0~20.0g/kg), V (6.0~10.0g/kg) and VI (<6.0g/kg) was 0%, 27%, 64% and 9% in 1980, comparing to 4%, 78%, 16% and 2% in 2000, respectively. In Quzhou County, the average SOM content of the southwest was 14.22 g/kg ($n=31$), the central 13.38g/kg ($n=28$), the north 12.58 g/kg ($n=32$) and the southeast 11.52 g/kg ($n=33$) in 2000. These represented an increase of 51.52%, 43.56%, 42.63% and 49.61%, respectively. Due to changes of landuse types during the period, the area percentages of Fluvo-aquic soil, solonchak, and cinnamon soil changed from 95.96%, 3.17% and 0.87% in 1980 to 96.97%, 2.10% and 0.93% in 2000, respectively. The SOM content in Fluvo-aquic soil varied from 4.79 g/kg in 1980 to 21.32 g/kg in 2000, with average 12.9 g/kg ($n=118$). The average SOM contents of three subgroups of Fluvo-aquic soil (fluvo-aquic soil, drab fluvo-aquic and saline fluvo-aquic soil), were 3.61 g/kg, 4.82 g/kg and 4.03 g/kg more than those in 1980, correspondingly. The average SOM content in solonchak soil and in cinnamon soil increased 5.60 g/kg and 3.36 g/kg, respectively. Due to the amelioration of soil salinity and crop straw addition in the past 20 years, SOM contents increased across the whole county.

Key words: arable layer; organic matter; temporal and spatial variability

文章编号:1000-0933(2002)12-2041-07 中图分类号:S153.6 文献标识码:A

黄淮海平原是我国重要的农业产区之一,从1980年以来随着区域人口的增加、盐渍土的改良与综合治理,农业集约化程度不断提高,农机、化肥和农药的投入及灌溉用水增加,作物产量不断提高,农业灾害的类型从旱涝为主转向以旱为主,许多地区地下水位已明显降低。因此,农业集约化程度的提高和气候环境条件的变化对土壤质量演变的影响是该区农业持续发展面临的重要课题。

有机质是土壤的重要组成部分,是表征土壤质量与肥力的重要因子。黄淮海平原盐渍土的综合治理措施之一就是采用秸秆还田、增施有机肥料^[1,2]。国内外研究表明,自然环境条件的改变、有机肥的施用和轮作方式的不同,都会影响土壤有机质的数量和构成^[3~6],而有机质的动态变化也会影响土壤水盐运动状况和肥力特性^[7]。因此,研究有机质的时空动态变化也是掌握该区域土壤质量动态演化特征的重要内容。

曲周县是黄淮海冲积平原典型区的一个农业县,该县农业持续发展也面临上述整个平原区存在的问题。所以,本文选取曲周县为研究区域,研究在近20a来的农业生产条件下,土壤有机质含量的时空变异特征,为优化现有农业生产管理措施,实现土壤资源的持续利用提供参考。

1 研究区域与方法

1.1 研究区域

河北省曲周县位于黄淮海平原黑龙江流域上游,地理位置位于东经114°50'30"~115°13'30",北纬36°34'45"~36°57'57"。全县幅员面积674.76km²,2000年耕地面积49712.0hm²,占幅员面积的71.01%。该县属暖温带半湿润大陆性季风气候,年均温13.1℃,无霜期平均210d,多年平均降水量556.2mm,60%的降水集中于6~9月份。因此,曲周县的气候特点可归纳为春季干旱多风,夏季炎热多雨,秋季温和凉爽,冬季寒冷少雨雪。该县大地貌属山前平原,漳河冲积扇下部,全县皆为平原地貌,海拔高度介于32.7~45.4m,由西南向东北倾斜。成土母质以漳河、沙河、河冲积物和黄河洪冲积物堆积而成。土壤类型以潮土为主,并有少量盐土和褐土分布。其中,县境西南部土壤母质以支漳河、滏阳河的近代冲积物为主,分布土壤主要是褐土化潮土和潮土两个亚类,种植作物以小麦、棉花、玉米和蔬菜为主。中部成土母质以漳河、支漳河和滏阳河近代洪冲积物为主,分布土壤主要是潮土和盐化潮土两个亚类,种植作物主要有小麦、玉米、蔬菜和棉花。北部成土母质以支漳河、漳河和滏阳河近代洪冲积物为主,分布土壤主要是褐土化潮土、潮土和内陆盐土,种植作物主要是小麦、玉米、棉花和蔬菜。东南部以漳河和黄河近代冲积物为主,分布土壤主要是潮土和褐土化潮土亚类,种植作物以小麦、玉米和棉花为主。

1.2 土壤样品的采集

土壤样品的采集按照1980年的样点分布图和剖面位置记载表,从原1100个样点中选出能控制全县区域状况的格网状样点和能满足按土壤类型分层抽样的样点共124个(图1)。其中,设置间距3km的方形

格网样点 76 个,设置分层抽样样点 48 个。样品采集前,将全部设计样点布置于 1:1 万地形图上;野外样品采集时,利用 1:1 万地形图和 GPS 进行样点定位。由于在近 20a 中,有的耕地已变为居民地、交通用地或农田水利设施,无法在原剖面位置进行采样,则根据实际情况在同一地块或同一土壤类型分布范围内移位采取。在全部 124 个样点中,与 1980 年第二次土壤普查采样位置完全相同,即原位置采样的样点 71 个,另 53 个样点在一定误差范围内移位采取。在移位采取的 53 个样点中,与原采样位置相距在 50m 范围内的样点 21 个,50~100m 范围内的样点 18 个,100~200m 范围内的样点 10 个,200~300m 范围内的样点 4 个。因此,1980 年和 2000 年参与统计分析的样点总数均为 124 个,各土壤类型参与统计的样本数也对应相同。每个样点 0~20cm 的耕层土样用土钻钻取,相邻不同的 3 钻土样经混合后组成待测样品。

1.3 化学分析

土壤有机质含量的测定方法与第二次土壤普查时的测定方法相同,均为重铬酸钾容量法^[8]。

1.4 空间变异特征分析

计算不同间距的半方差,采用球状模型进行套合^[9],有机质含量及其动态变化等值线图用普通克里格法内插获得。

2 结果与分析

2.1 有机质含量的时空变化的总体特征

1980 年和 2000 年曲周县有机质含量的半方差结构如图 2 所示。由于 1980 年以前该县采取以生产队或村为基础的农业生产管理方式,即在一定区域范围内耕作、施肥和灌溉等措施是基本一致的,所以 1980 年有机质含量的空间变异相对简单,半方差函数球状套合模型的变程 $\alpha=33\text{km}$,复相关系数 $R=0.9627^{**}$ ($n=13, R_{0.01}=0.708$)。而在近 20a 中,该县主要实行以家庭联产承包责任制为主的农业生产管理方式,土壤空间变异中的随机变异增加,块金值与与基台值之比从 0.57 增至 0.73;有机质含量的变异系数从 21.6% 增加到 25.2%。2000 年半方差函数球状套合模型的变程变短, $\alpha=24\text{km}$,复相关系数略有下降, $R=0.8248^{**}$ ($n=10, R_{0.01}=0.708$)。下面(1)式和(2)式分别是曲周土壤有机质含量 1980 年和 2000 年的半方差函数套合模型:

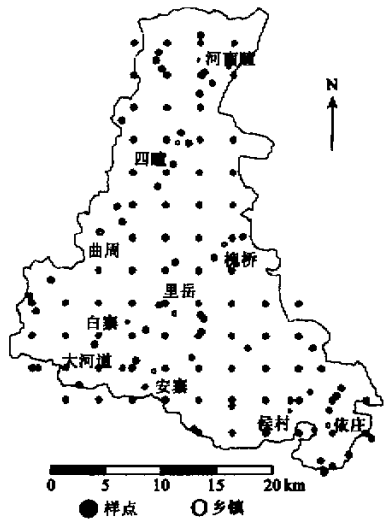


图 1 土壤样点分布图

Fig. 1 Distribution map of sample points

1980 年

$$r(h) = \begin{cases} 0 & h = 0 \\ 2.3871 + 1.7865 \left(\frac{3}{2} \frac{h}{33} - \frac{1}{2} \frac{h^3}{33^3} \right) & 0 < h \leq 33 \\ 4.1736 & h > 33 \end{cases}$$

(1)

2000 年

$$r(h) = \begin{cases} 0 & h = 0 \\ 8.0986 + 3.0604 \left(\frac{3}{2} \frac{h}{24} - \frac{1}{2} \frac{h^3}{24^3} \right) & 0 < h \leq 24 \\ 11.1590 & h > 24 \end{cases}$$

(2)

根据 1980 年和 2000 年曲周耕层有机质含量及其变化值的空间分布,采用克里格内插法获得三者空间分布的分级图(图 3)。

2.2 耕地有机质含量分级及其分区评价

2.2.1 全县总评数据 曲周县 2000 年 124 个耕层土样的分析化验结果表明,土壤有机质平均含量为 $12.89 \pm 3.24\text{g/kg}$ (图 4),比 1980 年第二次土壤普查时的 $8.78 \pm 1.90\text{g/kg}$ 增加了 4.11g/kg ,年均提高 0.21g/kg 。

这与牛灵安等(2001)报道的曲周试区多个长期定位监测点的结果一致^[10]。若按全国第二次土壤普查有机质分级标准统计,全县 2000 年分级结果与 1980 年有较大差异(表 1)。1980 年全县有机质含量主要为Ⅴ级和Ⅳ级,各占总耕地面积的 64%和 27%,其含量水平介于缺乏与中下水平之间。但随着盐渍土的综合治理和培肥改良,区域农业生产水平不断提高,粮食平均单产由 20a 前的 1.45t/hm² 增至目前的 5.07t/hm²,作为该县有机肥主要来源的秸秆总产也由 1.31×10⁵t 提高到 4.75×10⁵t。同时随着秸秆还田技术的示范与推广,秸秆还田率从原来的 15%~25% 扩大到 30%~50%。秸秆生产总量及还田率的大幅提高为耕地有机质含量的增加提供了物质基础。据 1999 年统计资料分析,全县耕地平均有机质的矿化量和残茬腐殖化量分别为 1020kg/hm² 和 1056 kg/hm²,其平衡指数为 1.035。所以 2000 年该县耕地有机质含量已明显增加,Ⅳ级地和Ⅴ级地各占全县总耕地面积的 78%和 16%,此外还有 4%的Ⅲ级地;有机质含量为极缺的Ⅵ级地已从 9%减少到 2%。

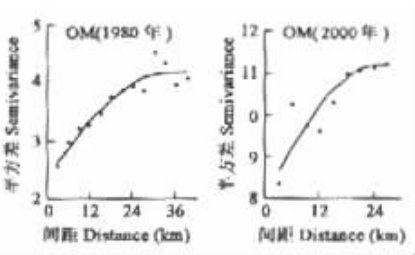


图 2 1980 年和 2000 年耕层土壤有机质的半方差结构
Fig. 2 Variogram of SOM contents in the arable layers in 1980 and 2000

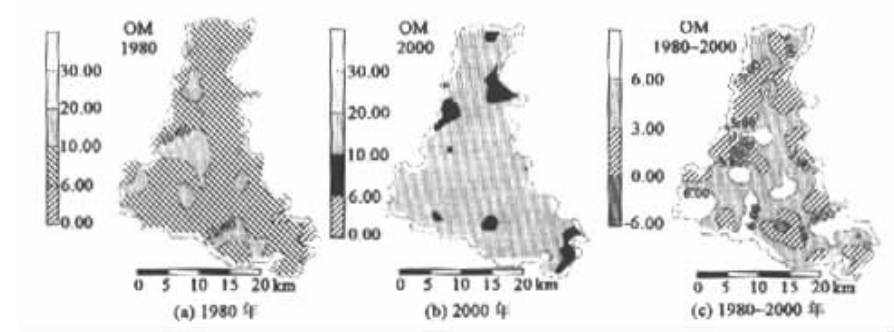


图 3 20a 间耕层土壤有机质含量(g/kg)及其变化的分级图

Fig. 3 Grading maps of SOM contents(g/kg)and their change during 20 years

表 1 土壤有机质含量分级统计

Table 1 Grading statistics of SOM contents				有机质 OM(g/kg)		占耕地面积%	
分级标准 Grading standard							
级别 Grade	有机质 OM (g/kg)	评级 Grade		1980	2000	1980	2000
Ⅲ	20.0~30.0	中上 Medium to good		—	20.686	0	4
Ⅳ	10.0~20.0	中下 Deficient to medium		11.034	13.538	27	78
Ⅴ	6.0~10.0	缺 Deficient		8.281	8.533	64	16
Ⅵ	<6.0	极缺 Very deficient		5.187	5.320	9	2

虽然目前全县耕地土壤的有机质含量平均比 1980 年增加了 47%,但仍属中下水平,需要继续培肥提高。同时因该县农村实行家庭联产承包责任制后,农户间的经济条件和管理水平不同,有机肥的施用方式和施用量也有差异,尽管多数土壤的有机质含量增加,但也有占全县耕地面积 6%的少数土壤有机质含量减少,低于 1980 年的含量水平。

由于增施有机肥是该县盐渍土综合治理的主要措施之一,随着有机质含量的提高,土壤的总盐量减少。这在县境北部的盐渍土综合改良项目区内特别明显(图 5)。

2.2.2 不同区域数据点 由于曲周县内不同区域的自然与社会经济条件不同,土壤有机质含量和动态变化也有差异。本文按西南部、中部、北部和东南部 4 个区域对土壤有机质含量进行了分级统计。其分布特

点为西南部最高,中部次之,北部第三,东南部最少。

(1)西南部 指位于县境西南部的白寨乡、大河道乡和安寨镇的原安寨乡部分,土壤有机质平均含量为 14.22g/kg($n=31$),要明显高于县内其他区域土壤的有机质含量(图 4)。从有机质含量分级看,分属Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ级的耕地依次为 10%、81%、6%和 3%。与 1980 年比较,该区域土壤有机质平均含量提高 51.12%,每年提高 2.56%。这是由于该区邻近县城的北部和西北部一带农田,种植蔬菜,长期增施有机肥的结果。

(2)中部是指包括县城所在地的曲周镇、槐桥乡和里岳乡 3 个乡镇,土壤有机质平均含量为 13.38g/kg($n=28$)。该区耕地有机质含量分属Ⅲ、Ⅳ和Ⅴ级的耕地依次为 4%、89%和 7%,土壤有机质含量从 20a 前以Ⅴ级地(即缺乏)为主改变为目前以Ⅳ级为主。与 1980 年比较,该区域土壤有机质平均含量提高 43.56%,每年提高 2.18%。虽然本区 1980 年的基础含量水平和 20a 来的提高幅度都不及县境西南部,但是比县境北部和东南部的有机质平均含量都要高。

(3)北部是指位于县境北部的河南疃镇和四疃乡 2 个乡镇,土壤有机质平均含量为 12.58g/kg($n=32$)。该区耕地有机质含量分属Ⅲ、Ⅳ和Ⅴ级的耕地依次为 3%、75%和 22%,耕地土壤有机质含量分级从 1980 年以Ⅴ级和Ⅳ级地为主改变为目前以Ⅳ级和Ⅴ级地为主。与 1980 年比较,该区域土壤有机质平均含量增加 42.63%,每年提高 2.13%。这一区域原全县盐土和盐化潮土集中分布的区域,土壤改良培肥的难度要高于其余 3 个区域。但在近 20a 中,该区域是全县盐渍土综合治理与改良培肥工作推广得最好的区域,大部分盐荒地都被开垦成了农田,并注意增施有机肥和实行秸秆还田,除盐渍土改良取得显著成效外,土壤有机质含量也有明显提高。

(4)东南部是指县境东南部的依庄乡、侯村镇和安寨镇的原马连固乡部分,目前土壤有机质平均含量为 11.52g/kg($n=33$)。该区耕地有机质含量分属Ⅳ、Ⅴ和Ⅵ级的耕地依次为 70%、27%和 3%,而 20a 前土壤有机质含量属于Ⅳ、Ⅴ和Ⅵ级的耕地面积却分别为 21%、52%和 27%。与 1980 年比较,该区域土壤有机质平均含量提高 49.61%,每年提高 2.48%。由于该区域交通等社会经济条件比县内其余区域差,农业生产管理水平低,实行秸秆还田的农田面积很小,约三分之一的土壤有机质含量缺乏。

2.3 不同土壤类型有机质含量及其动态变化

1980 年曲周县第 2 次土壤普查结果表明,全县 53085.4hm² 耕地中,潮土、盐土和褐土 3 个土类各占 95.96%、3.17%和 0.87%。由于 20a 中非农建设占用耕地和盐土的持续改良,2000 年耕地面积变为 49712.0km²,3 类土壤分别占耕地面积的 96.97、2.10%和 0.93%。其耕层土壤的有机质含量及其动态变化也各有差异(表 2)。

2.3.1 潮土的有机质含量及其动态变化 潮土是全县耕地面积最大的土壤类型,各乡镇均有较大面积分布,在本县境内有潮土、褐土化潮土和盐化潮土 3 个亚类。该土类有机质含量介于 4.79~21.32g/kg 之间,平均含量 12.95g/kg($n=118$),比 1980 年增加 4.05g/kg,平均每年增加 0.20g/kg。

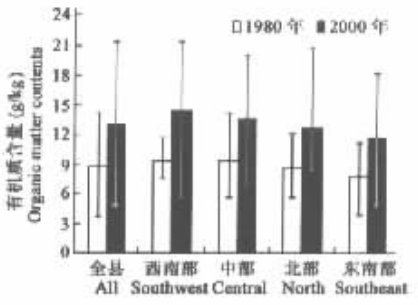


图 4 不同区域土壤有机质含量
Fig. 4 SOM contents in the different regions

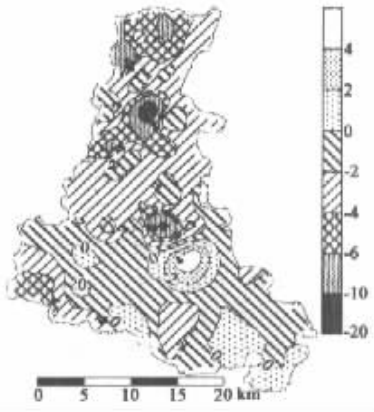


图 5 20a 耕地土壤表层盐分含量(g/kg)变化图
Fig. 5 Changing map of total salt contents(g/kg) in the arable layer of cropland during 20 years

表 2 不同类型土壤有机质含量动态变化 *

Table 2 Dynamic changes of organic matter contents in different soils *						
土类 Soil Great group	亚类 Subgroup	土属 Soil genus	样点数 Sample Num.	有机质含量 Organic matter content (g/kg)		增加 Increase (%)
				1980	2000	
潮土 ^①	壤质潮土	壤质潮土 T1	32	5.80 (3.60~11.80)	12.61 (5.85~20.00)	+34.72
		粘质潮土 T2	24	10.50 (7.90~13.40)	14.58 (10.86~20.91)	+38.86
	褐土化潮土 ^④	壤质褐土化潮土 T3	31	8.03 (3.60~11.80)	12.78 (4.79~12.78)	+59.13
		粘质褐土化潮土 T4	2	10.15 (8.70~11.60)	16.01 (15.62~16.39)	+57.73
	盐化潮土 ^⑤	硫酸盐氯化物盐化潮土 T5	22	7.88 (5.80~10.10)	12.36 (8.40~17.99)	+56.85
		氯化物硫酸盐盐化潮土 T6	7	8.07 (6.30~10.30)	10.69 (7.00~16.09)	+32.47
盐土 ^②	内陆盐土 ^⑥	壤质硫酸盐氯化物内陆盐土 T7	5	6.76 (5.16~8.73)	12.36 (8.56~14.75)	+82.84
褐土 ^③	褐土性土 ^⑦	砂质褐土性土 T8	1	4.90	8.26	+68.57

* 括号中的数字为最小值和最大值 Values in parentheses are minimum and maximum. ①Fluvo-aquic soil; ②Halogenic soil; ③Drab soil; ④Drab fluvo-aquic soil; ⑤Salined fluvo-aquic soil; ⑥Continental solonchak; ⑦Cambic drab soil; T1: Loamy fluvo-aquic soil; T2: Clay fluvo-aquic soil; T3: Loamy Drab fluvo-aquic soil; T4: Clay Drab fluvo-aquic soil; T5: Sulphate-chloride solonchak; T6: Chloride-sulphate solonchak; T7: Loamy continental solonchak; T8: Sandy cambic drab soil

(1)潮土亚类 主要分布于县境东南的依庄、侯村、安寨、大河道和槐桥等乡镇,占全县耕地面积的50.09%。该亚类有机质含量介于5.850~20.96g/kg之间,平均含量13.46g/kg($n=56$),比1980年增加3.61g/kg,平均每年增加0.18g/kg。由于主要由壤质近代河流沉积物和粘质近代河流沉积物发育而成,潮土亚类分成壤质潮土和粘质潮土2个土属。因质地的差异,二者目前的有机质含量也不同,壤质潮土的有机质平均含量为12.61g/kg($n=32$),要低于粘质潮土的有机质平均含量14.58g/kg($n=24$)。与1980年相比,这两个土属有机质平均含量分别提高34.72%和38.86%。

(2)褐土化潮土 该亚类主要分布于县境西南的大河道、白寨、安寨和东南的侯村等乡镇等冲积平原部位较高的缓岗地带,占全县耕地面积的26.82%。因地下水位较低,土体上层脱离地下水作用,具有初期褐土化特征。褐土化潮土亚类的有机质含量介于4.79~21.32g/kg之间,平均含量为12.97g/kg($n=33$),比1980年提高了4.82g/kg,平均每年提高0.24g/kg。该亚类因成土母质的颗粒粗细不同,被分为壤质褐土化潮土和粘质褐土化潮土2个土属。壤质褐土化潮土有机质平均含量为12.78g/kg($n=31$),20年中增加了59.13%,是全县耕地各土属类型中,有机质平均含量增幅最大的土属。粘质褐土化潮土有机质含量16.01g/kg,比1980年提高了57.73%。

(3)盐化潮土 该亚类主要分布于县境中部和北部的里岳乡、四疃乡、河南疃镇以及曲周镇西北部一带,所处地貌多为二坡地、决口扇形地下部及其边缘洼地。盐化潮土亚类占全县耕地面积的19.05%,土壤有机质含量7.00~17.99g/kg,平均11.95g/kg,比1980年增加4.03g/kg,每年增加0.20g/kg。由于盐分组成的差异,该亚类分为硫酸盐氯化物盐化潮土和氯化物硫酸盐盐化潮土2个土属。前者有机质含量(12.36g/kg)要高于后者(10.69g/kg),它们分别比1980年提高56.85%和32.47%。

2.3.2 盐土的有机质含量及其动态变化 分布于曲周县境内的盐土为内陆盐土亚类中的壤质硫酸盐氯化物内陆盐土土属,占全县耕地面积的3.17%,主要分布于县境北部和中部的河南疃镇、四疃乡、槐桥乡和里岳乡境内。该土壤原多为盐荒地,近20a中被开垦成耕地,目前土壤有机质含量为8.56~14.75g/kg,平均含量为12.97g/kg,比1980年增加5.60g/kg,每年增加0.28g/kg。这是盐土的综合治理过程中,长期注意增施有机肥,实行秸秆还田的结果。壤质硫酸盐氯化物内陆盐土3个土种的有机质含量分别为:轻壤质

草甸盐土 14.24g/kg、轻壤质底草甸盐土 10.52g/kg 和中壤质草甸盐土 8.56g/kg,它们分别比 1980 年提高 127.84%、20.50%和 35.87%。

2.3.3 褐土有机质含量及其动态变化 分布于曲周县境内的褐土为褐土性土亚类中的砂质褐土性土土属,占全县耕地面积的 0.87%,主要分布于县境东南部的侯村镇和依庄乡接壤的古河床和自然堤上,南北延伸呈带状。该土壤原多为荒地,在近 20a 中被开垦成耕地,目前土壤有机质含量为 8.26g/kg,比 1980 年增加 3.36g/kg,每年增加 0.17g/kg。由于土壤砂性重,有机肥施用量少,有机质长期缺乏,土壤肥力很低,作物产量在 2000kg/hm² 以下。

3 讨论

(1)曲周盐渍土的持续综合治理明显提高了耕地有机质含量和生产能力,在目前农村能源状况显著改善的条件下,可鼓励农户采用秸秆直接还田或通过牲畜食用后过腹还田,禁止焚烧,平衡施用化肥;制订符合农户意愿而又切实可行的土地流转政策,减少因不愿种地或不会种地造成的不合理利用行为,为土壤有机质含量的进一步提高创造条件。

(2)采用网格状与分层抽样相结合的样点设计方法能在很短的时间内以低廉的人力物力耗费完成区域土壤质量时空演化特征信息的获取工作,因此是研究中长尺度土壤质量时空演化特征的一种快速有效方法。因为网格状样点设计可保证区域土壤质量总体状况信息的获取,而分层抽样则可补充前者设计时对某些土壤类型特别是面积较小但性质特殊类型的抽样遗漏或偏少问题。

(3)在研究区域土壤质量时空演化时,利用 1:1 万等较大比例尺的地形图和 GPS 进行室内样点设计和野外样点定位可显著提高样点设计与定位的速度和精度。但是在野外采样时,因耕地变为建设用地等客观原因造成的移位采样导致的误差问题,如移位允许的范围及其对土壤时空信息的影响程度,值得进一步探讨。

(4)尽管两个时段有机质分析测定均采用重铬酸钾容量法,但因该法测定结果较易受加热温度、氧化时间和试剂等诸多因素的影响而有一定差异。因此当测定后一时段土样时,若无前一时段土样作对照处理,两次测定结果的可比性会受一些影响。但是,研究中长尺度土壤质量时间演化时又很难获得前一时段且未变质的土样。所以如何看待两个时段测定结果的可比性以及怎样提高它们的可比性也是进一步研究应当关注的问题。

参考文献

- [1] Xin D H(辛德惠). *Integrated agriculture sustainable development in salinity transforming region* (in Chinese). Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 1995. 214~218.
- [2] Qin S W(钦绳武), Gu Y C(顾益初), Zhu Z L(朱兆良). A preliminary report on long-term stationary experiment on fertility evolution of fluvo-aquic soil and the effect of fertilization. *Acta Pedologica Sinica* (in Chinese)(土壤学报), 1998, **35**(3): 367~375.
- [3] Chang C. Variation in soil total organic matter content and total nitrogen associated with microrelief. *Canadian J. of Soil Sci.*, 1995, **75**(4): 471~473.
- [4] Oades J M, Glen O. Influence of management on the composition of organic matter in a red-brown earth as shown by ¹³C nuclear magnetic resonance. *Australian J. of Soil Research*, 1988, **26**(2): 289~299.
- [5] Wu J, O'Donnell A G, Syers J K. Modeling soil organic matter changes in ley-arable rotations in sandy soils of Northeast Thailand. *European J. of Soil Sci.*, 1998, **49**: 463~470.
- [6] Zhang Y Z(张扬珠), Jiang Y L(蒋有利), Huang Y X(黄运湘), et al. Effects of rice-based cropping system, organic manure and groundwater level on phosphate sorption by paddy soils derived from red earth. *Acta Pedologica Sinica* (in Chinese)(土壤学报), 1998, **35**(3): 328~337.
- [7] Shan X Z(单秀枝), Wei Y Q(魏由庆), Yan H J(严慧峻), et al. Influence of organic matter content on soil hydrodynamic parameters. *Acta Pedologica Sinica* (in Chinese)(土壤学报), 1998, **35**(1): 1~9.
- [8] Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing. *Soil physic and chemistry analysis* (in Chinese). Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1983. 132~7136.
- [9] Hou J R(侯景儒), Yi Z N(伊镇南), Li W M(李维明), et al. *Practical geostatistics* (in Chinese). Beijing: Geology Press, 1998. 27~50.
- [10] Niu L A(牛灵安), Hao J M(郝晋珉), Li J J(李吉进). Characteristics of humus in maturing salt-affected soil. *Acta Pedologica Sinica* (in Chinese)(土壤学报), 2001, **38**(1): 114~122.