

# 滨海围垦平原区土壤质量时空演变及其影响因素分析 ——以浙江省慈溪市为例

王建庆, 冯秀丽, 李加林, 项璐

(宁波大学 建筑工程与环境学院, 浙江 宁波 315211)

**摘要:** 以慈溪市为研究区, 通过定点配对采样和典型区采样, 选取有机质、全氮、速效磷、速效钾、电导率、pH 值 6 个土壤理化特性指标, 在广泛收集资料的基础上, 分析了慈溪市 1982—2012 年 30 a 间土壤质量时空演变特征, 并探讨了影响土壤特性时空演变的主要因素。结果表明, 慈溪市近 30 a 来土壤质量呈逐渐下降的趋势, 其中全氮、速效钾、pH 值、有机质的单质量指数分别下降了 1.03, 0.46, 0.33, 0.18; 速效磷和电导率的单质量指数分别上升 0.50 和 0.42, 土壤综合质量指数下降 0.28, 土壤全氮损失较为严重。空间上, 从南到北土壤质量基本呈阶梯状依次下降, 从南到北土壤综合质量指数分别为 1.36, 1.35, 1.43, 1.18。研究表明, 种植模式、围垦时间和土壤管理是影响土壤特性变化的主要因素。

**关键词:** 土壤特性; 时空变异; 影响因素

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)05-0219-06

中图分类号: P951

## Temporal and Spatial Variation and Its Impact Factors of Soil Quality in Coastal Reclamation Plains District — A Case Study of Cixi City, Zhejiang Province

WANG Jian-qing, FENG Xiu-li, LI Jia-lin, XIANG Lu

(School of Architectural Civil Engineering and Environment, Ningbo University, Ningbo, Zhejiang 315211, China)

**Abstract:** By taking Cixi City as the research area and making location fixed sampling and typical area sampling, the six soil physicochemical properties of organic matter, total nitrogen, available phosphorus, available potassium, conductivity and pH value were selected to analyze characteristics of the temporal and spatial variability of soil quality and discuss the main influence factors on the abundant materials. Results show that soil quality in Cixi City was declining over the past three decades. The single indicators of total nitrogen, available potassium, pH value and organic matter decreased by 1.03, 0.46, 0.33 and 0.18 and the single indicators of available phosphorus and conductivity increased by 0.5 and 0.42, respectively. The comprehensive indicator of soil quality was reduced by 0.28. The loss of total nitrogen was severe. Spatially, soil quality decreased gradually from north to south and the comprehensive indicator of soil quality was 1.36, 1.35, 1.43 and 1.18, respectively. The cropping patterns, time length of land reclamation and soil management were the three main factors that influence soil quality.

**Keywords:** soil characteristics; temporal and spatial variation; influence factors

土壤是地球生物圈的重要组成部分, 是农业和自然生态系统的基础<sup>[1]</sup>。土壤作为人类进行土地生产的对象, 研究其演变特征对土地质量的改善与土地可持续利用具有重要意义<sup>[2]</sup>, 也是农业可持续发展的根本保证<sup>[3]</sup>。土壤养分的空间分布特征直接影响着该地区土壤生产力的高低和生态恢复的途径和方向<sup>[4]</sup>。

土壤质量的特点及其时空演变成为当前全球资源可持续发展领域研究的重点之一<sup>[5]</sup>。近几年来, 国内外在对不同尺度上的土壤质量空间演变的研究逐渐增多, 也取得了一定的成果。李加林等<sup>[6]</sup>以整个土壤发生层为研究对象, 探讨了土地利用变化对土壤发生层质量演化的影响。张甘霖等<sup>[7]</sup>对城市化过程中土壤

收稿日期: 2012-10-09

修回日期: 2012-12-10

资助项目: 国家自然科学基金项目“围垦影响下的象山港潮汐道潮盆系统沉积动力学研究”(41171073); 浙江省自然科学基金项目(Y5110321); 浙江省社科规划项目(12JDHY01Z); 宁波市社科规划项目(G12-XK05); 宁波大学学科项目(xkl12014, szxl1057)

作者简介: 王建庆(1988—), 男(汉族), 山东省潍坊市人, 硕士研究生, 研究方向为资源环境与遥感应用。E-mail: wangjianqing576@126.com。  
通信作者: 冯秀丽(1977—), 女(汉族), 吉林省通化市人, 副教授, 硕士生导师, 主要从事资源环境与遥感应用研究。E-mail: fengxiuli@nbu.edu.cn。

质量的演变及其生态环境效应进行了系统的研究,为我国城市化可持续发展提供了一定的理论依据。连纲等<sup>[8]</sup>分析了土壤质量和可持续土地利用管理的相互关系,并提出了二者研究的发展趋势。Cambardella等<sup>[9]</sup>选取了 28 个土壤参数,对美国依阿华中部土壤的田间尺度变异性进行了研究。目前,国内外的相关研究主要集中在空间的维度,跨越较长时空的土壤质量演变特性研究较少。本文以浙江省慈溪市为例,结合 1982 年第 2 次土壤普查数据,探讨 30 a 间慈溪市滨海围垦平原区土壤质量时空演变的特征及其影响因素,可为土壤生态过程研究以及最终制定合理的土地管理对策提供科学的参考基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

慈溪市位于浙江省东北部,北与上海隔海相望。地势南高北低,呈丘陵、平原、滩涂 3 级台阶状朝杭州湾展开。慈溪市大部分土地均通过围海造田以及淤泥质滩涂发育形成,在人类长期耕作的过程中,通过不断的排水脱盐、灌溉施肥以及土地利用方式的不断转变,使土壤的结构发生着深刻的变化。

### 1.2 样品采集与测定

为分析慈溪市土壤特性的时间变化规律,以 1982 年全国第 2 次土壤普查数据为基础,对 1982 年慈溪部分采样点进行定点配对采样。为确定 30 a 前采样点现在的具体位置,首先将第 2 次土壤普查采样点分布图进行扫描并与慈溪市土地利用现状图进行几何校正与叠加。根据土地利用现状图,选取土地利用方式未发生重大变化的点进行采样。

同时,为了解慈溪市土壤的空间变化规律选取了典型区域进行采样,采样选用格网法。采样区位于长 14 km,宽 2 km 的矩形范围内,分为间距为 3.5 km 的 A, B, C, D 这 4 个区域,采样方向垂直于围垦历史方向,从南到北按围垦时间由长到短。

定点配对采样和典型区采样均采集土壤表层深 10 cm 的土壤。在采样过程中记录采样点的坐标和田间作物的种植情况,并通过田间询问的方式获取近

几年来采样点周围土地利用方式、时间信息以及目前的施肥情况。为了排除因农作物轮作而导致土壤养分的时间差异,定点配对采样特地选取与 1982 年土壤普查相同时间段进行。采样时使用亚米级手持 GPS-S750G2 进行准确定位,其中定点配对采样点 40 个,典型区采样点 93 个,共计采样点 133 个。

采集后的样品首先进行风干处理,并在样品风干后拣去动植物残体及石块,以减少实验误差。样品风干后进行研磨粉碎、过筛,测定不同的指标需要过不同的筛,制成分析样品。为减少因分析方法不同而造成实验结果的差异,尽量选取与 1982 年相同的实验方法进行实验。有机质、全氮、速效磷、速效钾、电导率、pH 值分别采用重铬酸钾—硫酸银催化容量法、半微量开氏法、比色法、四苯硼钠比浊法、电导法和电位法。

### 1.3 土壤质量评价方法及模型

由于土壤类型、利用方式的差异,到目前为止,土壤质量的评价方法还没有统一的标准,也没有固定的方法<sup>[10-12]</sup>。考虑到研究区土壤的形成特点以及农业生产性质,同时结合第 2 次全国土壤普查的测试项目,选取有机质、全氮、速效磷、速效钾、电导率、pH 值 6 个土壤指标作为土壤生产质量的参评因子。为了消除各参数之间量纲的差别,将参数进行标准化处理。经过比较筛选,采用以下方法进行计算处理:

当评价因子值属于“极差”级,即  $X_i \leq X_{\min}$  时,  $P_i = X_i / X_{\min}$ , 其中  $P_i < 1$ ; 当评价因子值属于“差”级,即  $X_{\min} < X_i \leq X_{\text{mid}}$  时,  $P_i = 1 + (X_i - X_{\min}) / (X_{\text{mid}} - X_{\min})$ , 其中  $1 \leq P_i < 2$ ; 当因子值属于“中等”级,即  $X_{\text{mid}} < X_i \leq X_{\text{max}}$  时,  $P_i = 2 + (X_i - X_{\text{mid}}) / (X_{\text{max}} - X_{\text{mid}})$ , 其中  $2 \leq P_i < 3$ ; 当评价因子值属于“良好”级,即  $X_i > X_{\text{max}}$  时,  $P_i = 3$ 。上述各式中,  $P$  为单质量指数,  $X_{\text{max}}$  为“良好”级分级标准,  $X_{\text{mid}}$  为“中等”级分级标准,  $X_{\min}$  为“差”级分级标准,  $i$  为评价因子(其中  $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ )。由于本地属于盐碱性土壤, pH 值及电导率与土地生产力呈负相关,因此电导率和 pH 值的分级标准与其他 4 个指标又有所不同。各评价因子的分级标准主要参考已有的研究成果<sup>[5,13]</sup>和全国第 2 次土壤普查养分分级标准(表 1)。

表 1 土壤质量评价因子分级标准

评价因子	有机质/ ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	全氮/ ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	速效磷/ ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	速效钾/ ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	电导率/ ( $\text{ms} \cdot \text{cm}^{-1}$ )	pH 值 ( $> 7$ )
$X_{\text{max}}$	20.00	1.00	10.00	150.00	0.15	7.00
$X_{\text{mid}}$	15.00	0.75	5.00	100.00	0.30	7.50
$X_{\min}$	10.00	0.50	3.00	50.00	0.50	8.00

为避免采用简单的加和法、平均值法及加权平均法等计算方法的主观因素影响,本次评价采用修正过的内梅罗(Nemoro)公式<sup>[13]</sup>:

$$Q = \sqrt{\frac{(P_i)^2 + (P_{\min})^2}{2}} \cdot \frac{n-1}{n} \quad (1)$$

式中:  $Q$ ——土壤质量评价指数;  $\bar{P}_i$ ——样品中单质量指数的均值;  $P_{\min}$ ——各种样品单质量指数的最小值;  $n$ ——参评因子个数。

经过修正后的内梅罗(Nemoro)公式一方面突出了土壤评价因子中最差因子对土壤质量的影响,另一方面,增加了修正项 $(n-1)/n$ 后,提高了该评价结果的可信度。运用修正后的模型对研究区 1982 年土壤普查资料和 2012 年配对土壤采样样品进行计算,将

土壤质量分为 4 级:优( $Q \geq 2.0$ ),良( $1.5 \leq Q < 2.0$ ),中( $1.0 < Q \leq 1.5$ ),差( $Q < 1.0$ )。

## 2 土壤特性时空演变结果与分析

### 2.1 土壤特性时间总体演变趋势

对比 1982 年和 2012 年两次采样调查的结果不难发现,土壤总体变化水平较为明显(表 2)。除速效磷、pH 值外,有机质、全氮、速效钾、电导率平均水平均呈现下降趋势。速效磷上升趋势明显,由 1982 年的 7.63 mg/kg 上升到 2012 年的 22.99 mg/kg,上升了 201.30%。同时,土壤相同特性的空间差异性也有所变化,其中有机质、速效磷、pH 值的标准差变大,全氮、速效钾、电导率的标准差减小。

表 2 1982—2012 年慈溪市土壤质量变化

土壤属性	最大值		最小值		均值		标准差	
	1982 年	2012 年						
有机质/(g · kg <sup>-1</sup> )	40.80	68.72	3.30	5.76	16.40	15.55	8.30	10.39
全氮/(g · kg <sup>-1</sup> )	2.71	0.91	0.29	0.04	1.07	0.57	0.61	0.19
速效磷/(mg · kg <sup>-1</sup> )	49.00	156.29	2.60	0.15	7.63	22.99	7.12	25.21
速效钾/(mg · kg <sup>-1</sup> )	504.00	184.20	27.00	36.26	123.60	83.20	80.85	38.24
电导率/(ms · cm <sup>-1</sup> )	0.89	0.34	0.12	0.10	0.25	0.14	0.20	0.05
pH 值	8.10	8.53	7.10	7.00	7.44	7.64	0.33	0.35

1982—2012 年,有机质、速效磷、速效钾、电导率、pH 值的单质量指数均在 1.50 以上,质量属良级。所有样品中,平均单质量指数最小,下降量最多的是全氮,其均值仅为 1.36,属中级水平。有机质、全氮、速效钾、pH 值的单质量指数均有一定程度的下降,其中全氮的单质量指数下降最为明显,下降量为 1.03。说明土壤全氮损失较为严重,全氮已成为提高土壤质

量的限制性因子。速效磷、电导率的单质量指数呈现上升的趋势。由表 3 可知,2 个时间点中土壤综合质量也有下降的趋势,综合质量指数由 1982 年的 1.72 下降到 2012 年的 1.44,下降量为 0.28。土壤质量等级由良级下降到中级。根据已有的研究成果<sup>[6]</sup>,1982—2003 年慈溪市土壤质量下降量为 0.22。表明慈溪市土壤质量在这几年中一直处于下降的趋势。

表 3 1982—2012 年慈溪市土壤质量单因素评价指数与总体综合评价指数

年份	有机质	全氮	速效磷	速效钾	电导率	pH 值	综合质量指数
1982 年	1.92	2.39	2.23	2.09	2.51	2.11	1.72
2012 年	1.74	1.36	2.73	1.63	2.93	1.78	1.44
变化量	-0.18	-1.03	0.50	-0.46	0.42	-0.33	-0.28

### 2.2 土壤特性空间演变规律

从 A, B, C, D 这 4 个区的样品分析结果来看,慈溪市土壤特性空间变化较为明显(表 4),所选取的 6 个土壤特性指标,从南到北呈现下降的趋势。A 区的有机质在 4 个区域中含量最高,全氮略低于 B 区和 C 区。B 区 6 个土壤特性值基本水平一致,在 4 个区域中基本保持在中上水平。C 区的速效磷, D 区的速效钾、电导率、pH 值发生了较大的变异,高于其他 3 个区域的数值;就采样点的差异性而言,有机质从南到

北的方差变化逐渐增大。说明南部与北部相比不同区域的土壤有机质含量差异明显。而 A 区和 D 区的速效钾、电导率方差值也明显高于 B 区和 C 区, A, D 区域不同采样点的速效钾值差异性也较大;全氮、速效磷在相同地区的空间差异性与其他几个区域相比并不是十分明显。

按照土壤质量评价方法,分别将 A, B, C, D 这 4 个区域的分析结果进行处理、计算,比较发现,典型区

域的土壤质量呈现以下特点:

4 个区域的土壤质量指数维持在 1.18~1.43, 质量水平属中等, 从南部平原到北部海涂地带质量指数基本依次呈现下降趋势(图 1), 其中 C 区质量指数为

1.43, 略高于其他 3 个区域。说明 C 区土地质量最好, A, B, D 这 3 个区域土地质量依次呈现下降的趋势。D 区海岸滩涂地带的土壤质量指数仅 1.18, 刚刚达到中等级别的水平。

表 4 采样区土壤质量变化

采样区	有机质/(g·kg <sup>-1</sup> )		全氮/(g·kg <sup>-1</sup> )		速效磷/(mg·kg <sup>-1</sup> )		速效钾/(mg·kg <sup>-1</sup> )		电导率/(ms·cm <sup>-1</sup> )		pH 值	
	均值	方差	均值	方差	均值	方差	均值	方差	均值	方差	均值	方差
A 区	19.73	18.06	0.51	0.17	19.90	12.66	76.15	34.90	0.13	0.02	7.66	0.42
B 区	13.89	7.56	0.60	0.28	14.74	10.60	62.53	15.45	0.13	0.04	7.44	0.45
C 区	12.57	4.84	0.57	0.18	24.79	16.58	73.36	27.90	0.14	0.02	7.54	0.35
D 区	11.08	4.31	0.40	0.20	12.37	18.53	165.91	38.64	0.32	0.27	7.91	0.38

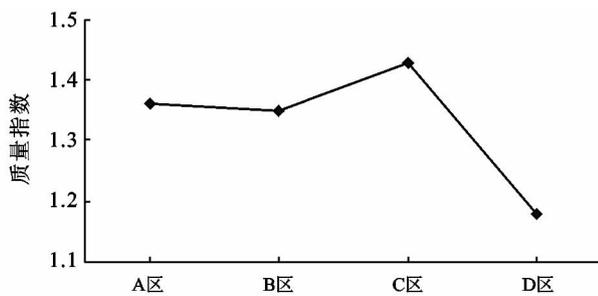


图 1 土壤质量指数变化趋势

就土壤单质量指数来说, 有机质从南到北依次呈现下降的趋势; 全氮、速效磷、电导率、pH 值指数虽出现波动也基本呈现由南向北依次降低的趋势。速效钾的单质量指数最高值 2.81, 出现在海岸滩涂地带的 D 区, A, C 区域单质量指数水平相差不大, B 区 1.25 略低于其他 3 个区域。就 6 个土壤指标的单质量指数平均值来讲, 速效磷和电导率的单质量指数平均水平最高, 分别为 2.60 和 2.79。全氮的单质量指数平均水平最低为 1.20, 与前文的研究成果基本保持一致, 全氮依然是提高土壤质量的限制性因子。从分析的结果来看典型区土壤质量的变化规律为: 有机质、全氮、速效磷、速效钾、电导率、pH 值水平基本呈现由北到南依次提高的趋势。土壤质量总体水平处于中等水平, 质量基本从北到南依次提高。

### 3 土壤特性变化原因讨论

#### 3.1 土地种植模式的影响

随着经济的发展、人口的增长, 慈溪市的农业产业结构同 30 a 前相比发生了较大变化, 在 40 个配对采样点中, 土地种植模式发生变化的点有 39 个, 仅有 1 个未发生变化, 主要表现为棉田和水稻田的减少和菜地、果园、花木地的增加。

通过表 5 对比分析可以看出, 棉田改为草地, 土壤质量有所提高。棉田改为草地后土壤综合质量指

数上升了 0.24。土壤质量的上升主要表现为速效磷、速效钾指数的上升, 在改为草地之后, 土壤投入、管理发生了明显的变化。特别是有机肥、化肥等的使用, 补充了地力; 草地上所种植的草皆为景观用草, 很长一段时间未有产出, 使土壤综合质量得到了一定程度的改善。棉田改为荒地和菜地后, 土壤质量虽有一定程度的提高, 但是质量指数上升并不明显, 引起质量指数上升的主要是电导率单质量指数的升高, 在近 30 a 中通过不断的淋洗土壤中的过多盐分, 使得土壤中的全盐量不断下降, 因此导致电导率单质量指数的上升。其他因子的单质量指数上升并不明显。全氮、速效钾的质量指数反而有一定程度的下降, 因此棉田改为荒地和菜地之后土壤综合质量指数上升不明显。

水稻田、荒地改为菜地、花木林地、桃园等种植模式之后, 土壤质量均有一定程度的下降。经分析认为, 这主要与慈溪市特殊的土地种植模式有关。由于慈溪大部分土地是围垦造田形成的土地, 土壤中的盐分较高, 为了达到种植要求, 大部分土地都进行了灌溉排咸工程。在淋洗盐分的同时, 使得耕层易溶土壤养分下渗到下层土壤, 造成表层土壤养分含量的下降。在部分水田地, 开挖深沟, 促进排水的流畅。耕作方式在 80 年代后期也发生了比较大的变化, 以前只是进行土壤表层的浅耕, 现在大多采用大马力拖拉机进行深耕操作。这些原因都导致土壤养分的下沉, 使 30 a 前的表层土壤和现在相比有着较大的差距。水田、棉田变为荒地之后, 土壤缺少养分的输入, 仅靠腐殖质、雨水等与外界进行养分的交换, 同时表层土壤养分也在不断的流失, 使土壤综合指数降低。

从表 6 可知, 典型区土地种植模式不同, 土壤综合指数亦不相同, 由低到高分别为花木林地、荒地、菜地、草地、桃园, 采样区的花木林地所种植的树木一般属于景观树木, 采样点多位于北部靠海地带。为了便于排水, 用地内部沟壑纵横, 导致部分土壤表层养分

流失,其中全氮的流失尤为严重。花木林的全氮平均值仅为 1.04,同时种植树木多为常绿景观树木,有机质积累较少,缺少养分的输入,因此导致花木林地土壤质量指数偏低;菜地土壤指数偏低是由于每年蔬菜多茬收获,会引起营养元素的输出大于输入,引起土

壤指数偏低;草地用途主要是种植了用于出售的景观草坪,因此施肥量、腐殖质较多,同时产出较慢,因此土壤养分积累较多,质量较好;桃园用地主要以果树培育为主,有机肥以及其他肥料施肥较多,同时受季节限制,采样时还未有桃子产出,土壤综合质量较高。

表 5 土地种植模式对土壤质量影响的评价指标值

土地种植模式	1982	水稻	水稻	水稻	水稻	棉田	棉田	棉田	棉田	棉田	荒地	荒地
	2012	菜地	荒地	花木林	草地	荒地	花木林	草地	菜地	桃园	菜地	荒地
有机质	1982	3.00	2.96	3.00	3.00	1.61	1.80	3.00	1.36	2.08	2.17	1.86
	2012	1.18	1.51	1.58	1.61	1.36	1.92	2.82	1.78	2.39	1.55	2.04
全氮	1982	3.00	3.00	3.00	3.00	2.38	2.55	3.00	1.77	2.08	2.46	2.80
	2012	0.74	2.30	0.83	0.80	0.99	1.24	2.10	1.54	2.08	1.42	0.76
速效磷	1982	2.06	2.18	0.87	1.95	2.24	2.38	1.00	2.32	2.88	2.16	2.34
	2012	3.00	2.06	3.00	3.00	2.63	2.75	3.00	2.42	3.00	2.88	3.00
速效钾	1982	0.54	1.60	2.08	1.08	1.88	2.14	1.50	2.69	3.00	1.62	1.88
	2012	0.94	0.90	1.28	2.09	1.95	1.33	2.13	1.72	1.78	1.97	0.83
电导率	1982	2.16	2.47	1.75	2.73	1.93	2.89	2.90	2.16	3.00	2.49	3.00
	2012	3.00	3.00	3.00	2.87	3.00	3.00	3.00	2.86	3.00	2.86	3.00
pH 值	1982	2.10	1.80	1.60	2.20	1.00	2.57	2.70	2.00	2.60	2.23	1.00
	2012	1.56	1.43	1.56	1.43	1.17	1.92	1.64	1.72	2.26	1.92	2.14
质量指数	1982	1.30	1.67	1.31	1.51	1.23	1.76	1.50	1.45	1.97	1.61	1.40
	2012	1.11	1.22	1.21	1.25	1.24	1.40	1.74	1.49	1.77	1.49	1.24
采样点数		2	2	2	1	3	8	2	11	1	7	1

表 6 2012 年不同土地种植模式下的土壤质量指数

土地利用方式	有机质	全氮	速效磷	速效钾	电导率	pH 值	综合质量指数
菜地	1.50	1.23	2.77	1.54	2.91	1.73	1.36
花木林	1.75	1.04	2.88	1.31	3.00	1.74	1.30
草地	2.22	1.45	3.00	2.11	2.94	1.54	1.56
桃园	2.39	2.08	3.00	1.78	3.00	2.26	1.77
荒地	1.80	1.09	2.94	1.40	3.00	1.58	1.33

海水中硫酸钾的比例达到了 2.5%,海水中钾元素含量较丰富。由于慈溪市大部分土地是围海造田形成,因此新围垦的 D 区速效钾才会呈现出较高的状态。B 区种植作物多为豆科类,豆科类为喜钾类作物,对钾的吸收量较多。经过长时间围垦后 B 区农作物对钾吸收量较多,因此 B 区土壤中的速效钾含量呈现比较低的状态。

### 3.2 围垦时间的影响

为探究围垦时间对土壤质量演变的影响,分别选取 A,B,C,D 这 4 个区中种植模式相同的点进行分析。从表 7 可知,从南到北,土壤质量指数基本呈现下降的趋势。随着围垦时间的增长,人类活动逐渐加剧,表明人类活动亦深刻地作用于海涂围垦区土壤并

对其特性产生了直接的影响。有机质、全氮、速效磷、电导率、pH 值的单质量指数基本符合围垦历史越长单质量指数越高,围垦历史越短单质量指数越低的规律。

从较长的跨度时间来讲,随着围垦时间的不断增长,土壤受人为干扰不断加剧,为了种植的需要有机质的积累逐渐增多,以及人为施肥因素的影响,土壤熟化程度越来越高。在较长的时期内有机质、全氮等养分的输入量大于输出量,使得有机质、全氮含量提高。土壤中的磷元素主要来源是人工施肥以及以有机态的形式存在于植物残体内,其他主要来源于成土母质。速效磷与其他的养分不同,其在土壤中的移动性较小,如若无人影响速效磷在土壤中的含量应该

是逐渐增加,因此随着围垦年限的逐渐延长,速效磷的含量也基本呈现逐渐增多的态势。围垦初期土壤中的全盐含量、pH 值较高不适合种植农作物,随着围

垦时间的增长,不断地进行土壤脱盐的工作,使得土壤中的盐分逐渐降低,因此围垦时间的长短直接影响了土壤电导率和 pH 值的高低。

表 7 2012 年相同土地种植模式下不同地区的土壤质量指数

分区	有机质	全氮	速效磷	速效钾	电导率	pH 值	质量指数
A 区	1.62	1.12	2.74	1.31	3.00	1.84	1.32
B 区	1.68	1.50	2.62	1.35	2.91	2.06	1.43
C 区	1.49	1.46	3.00	1.07	3.00	1.91	1.33
D 区	0.91	0.83	1.73	3.00	2.33	1.24	1.20

### 3.3 土壤管理的影响

不同的土壤管理方式对土壤质量的演变也有很大的影响。在土壤管理中,土壤耕作、灌溉、施肥、农药、地膜、秸秆等都能够引起土壤质量的变化。合理的土壤耕作能够使农业实现增产增收,不合理的土壤耕作能够降低土壤肥力,导致土壤质量的下降。同样,合理的施肥灌溉、喷洒农药能够实现作物增产增收,防止病虫害的发生,不合理的施肥灌溉、喷洒农药,不仅不能提高土地的收益,而且能够造成环境的破坏,降低土壤质量。B 区部分采样点位于城镇中,土壤的耕作、施肥等并没有形成规模化的管理方式,同时由于地块较小,灌溉用水很多都是生活污水,因此导致 B 区土壤综合质量指数相对较低。

据研究,水稻秸秆根茬就地还田,每年将有一定含量的有机碳留在土壤中,进入养分再循环,无论对下茬作物的生长及土壤培肥都起到了很大的作用,能够影响土壤的理化性状。研究区的水稻秸秆都是就地还田处理,这也是水稻田的土壤综合指数偏高的原因之一。在围垦初期为了尽快使土壤达到种植的要求,实施了一系列的土壤质量改良措施,如增施有机肥、补充氮肥等,这在一定程度上对土壤的特性的演变都起到了推动作用。

## 4 结论

综上所述,慈溪市近 30 a 来土壤质量呈逐渐下降的趋势,其中全氮损失较为严重;平均每年的土壤综合质量指数下降约为 0.01。引起土壤质量下降的主要原因是土地种植模式、土壤管理的影响。集中表现为,由粮食作物转变为经济作物,土壤质量普遍下降;空间上,从南到北,土壤质量呈阶梯状依次下降,土壤综合质量指数平均每 10 km 下降量约为 0.13,其中种植模式、围垦时间、土壤管理是影响土壤质量变化的主要因素。在今后的土壤管理中,应该科学用水配肥,增施有机肥和氮肥,保持土壤肥力的平衡与

可持续性;推广可持续性耕作技术,强化田间管理;同时注重发展现代都市农业,提高土壤质量与利用效益的有机结合。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 张桃林,潘建军,赵其国. 土壤质量研究进展与方向[J]. 土壤,1999,41(1):1-7.
- [2] 邱扬,王勇,傅伯杰,等. 土壤质量时空变异及其与环境因子的时空关系[J]. 地理科学进展,2008,27(4):42-43.
- [3] 胡江玲,张高,赵枫,等. 新疆精河流域不同土地利用方式对土壤质量的影响[J]. 水土保持研究,2010,17(4):92-93.
- [4] 张伟,陈洪松,王克林,等. 典型喀斯特峰丛洼地坡面上土壤养分空间变异性研究[J]. 农业工程学报,2008,24(1):67-73.
- [5] 齐雁冰,黄标,赵永存,等. 经济高速发展区土壤肥力质量演变的系统评价[J]. 土壤通报,2010,41(1):76-78.
- [6] 李加林,刘闯,张殿发,等. 土地利用变化对土壤发生层质量演化的影响:以杭州湾南岸滨海平原为例[J]. 地理学报,2006,61(4):378-388.
- [7] 张甘霖,朱永官,傅伯杰. 城市土壤质量演变及其生态环境效应[J]. 生态学报,2003,23(3):539-546.
- [8] 连纲,郭旭东,王静,等. 土壤质量与可持续土地利用管理[J]. 生态学杂志,2005,24(2):163-169.
- [9] Cambardella C A, Moorman T B, Novak J M, et al. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils[J]. Soil Science Society of America Journal, 1994, 58(1):1501-1511.
- [10] 郑昭佩,刘作新. 土壤质量及其评价[J]. 应用生态学报,2003,14(1):131-134.
- [11] 胡金明,刘兴土. 三江平原土壤质量变化评价与分析[J]. 地理科学,1999,19(5):417-421.
- [12] 黄勇,宗庆芳. 土壤质量评价国外研究进展[J]. 地质通报,2009,28(1):131-133.
- [13] 秦明周,赵杰. 城乡结合部土壤质量变化特点与可持续利用对策研究:以开封市为例[J]. 地理学报,2000,55(5):545-554.