

江苏省太仓市耕地地力调查与质量评价

——土壤 pH、有机质、全氮、有效磷、速效钾和 CEC 的变化

郭宗祥¹, 左其东¹, 李梅¹, 闵蕴秋¹, 许金凤¹, 沈文忠¹, 顾红亚²

(1 江苏省太仓市土壤肥料工作站, 江苏太仓 215400; 2 江苏省太仓市浮桥镇农技站, 江苏太仓 215400)

摘要: 本文是江苏省太仓市耕地地力调查与质量评价工作的部分成果总结, 主要是通过将 2005 年数据与 1980 年第二次土壤普查数据对比, 分析土壤 pH、有机质、全 N、有效 P、速效 K 和 CEC 的变化情况。结果表明: 太仓市耕作土壤存在日趋酸化的趋势, 有机质和全 N 含量总体上处于中等水平, 且增加缓慢; 虽然有效 P 含量增加趋势明显, 但仍处于较低水平; 速效 K 含量处于缺乏状态, 且呈现降低趋势; 土壤肥性和缓冲能力属于中等水平, 且 CEC 存在降低的趋势。调查表明, 应采取有效的对策缓解土壤酸化的趋势, 改善施肥措施, 减少化学 N 肥的施用, 增加有机肥、P 肥和 K 肥的施用量。

关键词: 化学属性; 耕地土壤; 太仓

中图分类号: S158; S153

耕地地力与质量一直是土壤科学研究的基本内容之一, 近几年来我国各地相继开展了一些工作, 取得了较多成果^[1-5]。2005 年农业部在全国范围内开展了耕地地力调查与质量评价的试点工作, 这对查清区域各类耕地的肥力及其环境质量状况、分析存在的问题、提出合理的建议与对策、改善农业生态环境、提高农产品质量、促进农业可持续发展, 均具有十分重要的意义。

太仓市地处北纬 31°20′~31°45′、东经 120°58′~121°20′, 属北亚热带南部湿润气候区, 年均气温 15.5℃, 降水量 1078.1 mm, 日照 1960.9 h, 无霜期 226 天。全境地势平坦, 盐铁塘河道东部为长江三角洲冲积平原 (约占陆地面积的 85%), 西部为阳澄湖湖相沉积平原。2004 年末全市人口 45.46 万人, 陆地面积为 537 km², 其中耕地 3.6 万 hm², 园林地 0.1 万 hm², 农业产值 12.27 亿元, 粮、棉、油总产分别为 20.5、0.1 和 1 万 t。太仓是苏州市和上海市的菜篮子基地之一, 农业在太仓社会经济发展中的地位非常重要。作为 2005 年农业部“环太湖地区耕地地力调查与质量评价”项目实施区之一, 太仓市于 2005 年 6 月至 2006 年 5 月进行了太仓市耕地地力调查与质量评价工作。本文是该项工作成果的部分总结, 主要是通过 1980 年第二次土壤普查数据对比, 分析土壤 pH、有机质、全 N、有效 P、速效 K 和 CEC 的变化情况。

1 材料与方

1.1 采样点布设方法

按大田和菜地两大类进行采样, 其中大田分为水稻田、棉花田、其他 (主要是各类经济作物) 3 类。首先将修编后的土壤图与基本农田保护区地块图和土地利用现状图叠加, 形成基本单元, 然后根据总体样点数量、基本单元的个数及面积大小、土壤类型、种植制度、作物种类、产量水平等因素, 确定采样点数量和位置, 采样点位置尽可能与第二次土壤普查的采样点相一致, 具体样点数目见表 1。

表 1 样点基本信息

Table 1 Basic information of sampling site

分类	水稻田	蔬菜田	棉花田	其他	合计
面积 (hm ²)	18560	5360	900	11190	36010
样点数 (个)	156	50	7	58	271
采样密度 (hm ² /个)	119	107	129	193	133

1.2 采样、分析和数据处理方法

采样在作物收获后进行, 用 GPS 定位, 采样深度为大田 0~15 cm, 菜地 0~25 cm, 每个田块“S”型随机采集 15~20 个点混合, 四分法取 1 kg 形成分析土样。样点信息及样本数见表 1。分析方法按农业部农业技术推广服务中心编著《耕地地力调查与质量评价》^[6], 其中, 土壤 pH: 电位法 (GB7859-87); 有机质: 重铬酸钾氧化-外加热法 (GB7857-87); 全 N: 半微量开氏法 (GB7173-87); 有效 P: 碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法 (GB12297-90); 速效 K: 乙酸铵浸提-火焰光度法 (GB7856-87); CEC: EDTA-铵盐快速法 (GB7863-87)。所有分析数据的处理用 SPSS11.0 统

计分析软件进行。

2 结果分析与讨论

2.1 土壤属性变化情况

2.1.1 pH 值 与 1980 年第二次土壤普查结果相比, 2005 年太仓耕作土壤 pH 值总体上降低 0.27 个单

位, 达到极显著水平。所有地类的 pH 值均有所降低, 其中, 水改菜、水改经和长期水田的耕作土壤 pH 值降低明显, 分别降低 0.38、0.34 和 0.21 个单位, 达到极显著水平; 而水改棉的耕作土壤 pH 值降低 0.06 个单位, 未达到显著水平 (表 2)。表明太仓市土壤存在酸化趋势, 其中菜地酸化最为严重。

表 2 1980—2005 年太仓市耕作土壤部分化学属性地类变化情况

Table 2 Changes of some chemical properties of cropland in Taicang

分类	年份	pH	有机质 (g/kg)	全 N (g/kg)	有效 P (mg/kg)	速效 K (mg/kg)	CEC (cmol/kg)
总体	1980	7.78/0.232 ¹⁾	22.80/6.151	1.51/0.309	6.89/3.765	94.46/24.556	15.94/2.216
	2005	7.51/0.518	23.66/6.435	1.54/0.350	16.85/19.118	82.86/22.858	13.42/2.047
	T-Test	0.000 ^{**2)}	0.014 [*]	0.057	0.000 ^{**}	0.000 ^{**}	0.000 ^{**}
水稻田	1980	7.77/0.242	23.53/6.638	1.54/0.331	7.13/4.375	94.83/24.814	15.97/2.308
	2005	7.56/0.438	23.89/6.383	1.57/0.343	12.72/11.54	79.44/20.335	13.59/2.030
	T-Test	0.000 ^{**}	0.425	0.187	0.000 ^{**}	0.000 ^{**}	0.000 ^{**}
水稻田 蔬菜地	1980	7.76/0.255	21.67/5.734	1.45/0.299	6.16/2.488	90.39/23.667	15.65/1.730
	2005	7.38/0.692	22.26/6.740	1.49/0.384	37.58/29.681	100.38/28.348	13.28/2.225
	T-Test	0.000 ^{**}	0.407	0.288	0.000 ^{**}	0.021 [*]	0.000 ^{**}
水稻田 棉花田	1980	7.72/0.172	18.92/2.535	1.40/0.175	5.71/2.980	101.02/17.363	16.43/3.132
	2005	7.66/0.227	20.42/3.519	1.30/0.190	13.92/7.625	77.26/19.321	12.82/2.099
	T-Test	0.600	0.477	0.424	0.009 ^{**}	0.065	0.061
水稻田 其他田	1980	7.83/0.219	22.48/6.313	1.49/0.298	7.13/2.988	96.69/28.008	15.97/2.676
	2005	7.49/0.587	24.65/7.294	1.54/0.398	10.44/11.527	77.64/22.974	13.15/2.230
	T-Test	0.000 ^{**}	0.010 [*]	0.362	0.018 [*]	0.000 ^{**}	0.000 ^{**}

注: 1) 平均值/标准差; 2) 显著性差异 SPSS10.0 的 T 检验 Sig 值: * P<0.05, 显著水平; ** P<0.01, 极显著水平。

2.1.2 有机质含量 与 1980 年第二次土壤普查结果相比, 2005 年太仓耕作土壤有机质含量总体上增加 3.77%, 达到显著水平。所有地类的有机质含量均有所增加, 其中, 水改经后耕作土壤有机质增加明显, 增加 9.65%, 达到显著水平; 而水改棉、水改菜和长期水田的耕作土壤有机质分别增加 7.93%、2.72% 和 1.53%, 均未达到显著水平 (表 2)。表明太仓市大部分耕作土壤有机质含量增加缓慢。

2.1.3 全 N 含量 与 1980 年第二次土壤普查结果相比, 2005 年太仓耕作土壤全 N 含量总体上增加 1.99%, 未达到显著水平。其中, 水改经、水改菜和长期水田的耕作土壤全 N 含量分别增加 3.36%、2.76% 和 1.95%, 均未达到显著水平, 而水改棉后耕作土壤全 N 含量降低 7.14%, 未达到显著水平 (表 2)。表明太仓市耕作土壤全 N 含量增加缓慢。

2.1.4 有效 P 含量 与 1980 年第二次土壤普查结果相比, 2005 年太仓耕作土壤有效 P 含量总体上增加 144.56%, 达到极显著水平。所有地类的有效 P 含量均有所增加, 其中, 水改菜、水改棉和长期水田的耕作土壤有效 P 含量分别增加 510.06%、143.78% 和

78.40%, 均达到极显著水平; 而水改经耕作土壤有效 P 含量增加 46.42%, 达到显著水平 (表 2)。表明太仓市耕作土壤有效 P 含量存在明显增加的趋势。

2.1.5 速效 K 含量 与 1980 年第二次土壤普查结果相比, 2005 年太仓耕作土壤速效 K 含量总体上降低 15.81%, 达到极显著水平。水改经和长期水田的耕作土壤速效 K 含量分别降低 19.70% 和 16.23%, 均达到极显著水平。水改棉耕作土壤速效 K 含量降低 23.52%, 未达到显著水平。而水改菜的耕作土壤速效 K 含量则增加 11.05%, 达到显著水平 (表 2)。表明太仓市耕作土壤大部分 K 素含量存在明显降低的趋势。

2.1.6 CEC 与 1980 年第二次土壤普查结果相比, 2005 年太仓耕作土壤 CEC 总体上降低 15.80%, 达到极显著水平。水改经、水改菜和长期水田的耕作土壤 CEC 分别降低 17.66%、15.14% 和 14.90%, 均达到极显著水平。而水改棉的耕作土壤 CEC 降低 21.97%, 未达到显著水平 (表 2)。表明太仓市大部分耕作土壤 CEC 存在明显降低的趋势。

2.2 分级变化情况

2.2.1 pH 值 太仓市耕作土壤 1980 年以弱碱性为

主, 样点数占 82.7%, 而 2005 年则以弱碱性和中性为主, 样点数分别占 41.0% 和 37.6% (表 3), 表明太仓市耕作土壤存在酸化趋势。

2.2.2 有机质含量 1980 年太仓市耕作土壤有机质含量以三级和四级为主, 样点数分别占 39.1% 和

36.1%; 而 2005 年则以三级、四级和二级为主, 其中, 四级样点数略降低, 由 36.1% 降低到 26.2%; 二级样点数略有增加, 由 12.9% 增加到 19.9% (表 3)。表明太仓市耕作土壤有机质含量总体上处于中等水平, 且增加缓慢。

表 3 1980—2005 年太仓市耕地土壤部分化学属性分级变化情况 (样点数/%)

Table 3 Classification changes of some chemical properties of cropland in Taicang

pH			有机质			全 N		
级别	1980 年	2005 年	级别	1980 年	2005 年	级别	1980 年	2005 年
酸性 <5.5	0/0	1/0.4	一级 ≥30 g/kg	30/11.1	34/12.5	一级 ≥2.0 g/kg	18/6.6	29/10.7
弱酸性 5.5 ~ 6.5	0/0	9/3.3	二级 25 ~ 30 g/kg	35/12.9	54/19.9	二级 1.5 ~ 2.0 g/kg	98/36.2	98/36.2
中性 6.5 ~ 7.5	26/9.6	102/37.6	三级 20 ~ 25 g/kg	106/39.1	111/41.0	三级 1.0 ~ 1.5 g/kg	149/55.0	136/50.2
弱碱性 7.5 ~ 8.0	224/82.7	111/41.0	四级 10 ~ 20 g/kg	98/36.1	71/26.2	四级 0.5 ~ 1.0 g/kg	6/2.2	8/2.95
碱性 >8.0	21/7.7	48/17.7	五级 <10 g/kg	2/0.7	1/0.40	五级 <0.5g/kg	-	-
有效 P			速效 K			CEC		
级别	1980 年	2005 年	级别	1980 年	2005 年	级别	1980 年	2005 年
一级 ≥20 g/kg	3/1.1	66/24.4	一级 ≥150 g/kg	5/1.9	5/1.9	一级 >20 cmol/kg	7/2.6	1/0.4
二级 15 ~ 20 g/kg	3/1.1	19/7.0	二级 100 ~ 150 g/kg	100/36.9	35/12.9	二级 10 ~ 20 cmol/kg	261/96.3	255/94.1
三级 10 ~ 15 g/kg	25/9.2	49/18.1	三级 50 ~ 100 g/kg	163/60.2	230/84.9	三级 <10 cmol/kg	3/1.1	15/5.5
四级 5 ~ 10 g/kg	156/57.6	101/27.3	四级 25 ~ 50 g/kg	2/0.7	1/0.4	-	-	-
五级 <5 g/kg	84/31.0	36/13.3	五级 <25 g/kg	-	-	-	-	-

2.2.3 全 N 含量 1980 年和 2005 年太仓市耕作土壤全 N 含量均以三级和二级为主, 其中 1980 年两个级别样点数分别占 55.0% 和 36.2%, 2005 年为 50.2% 和 36.2% (表 3), 表明了太仓市耕作土壤全 N 含量总体上处于中等水平, 且增加缓慢。

2.2.4 有效 P 含量 1980 年太仓市耕作土壤有效 P 含量以四级和五级为主, 样点数分别占 57.6% 和 31.0%; 而 2005 年则以四级、三级和五级为主, 样点数分别占 27.3%、18.1% 和 13.3% (表 3)。表明太仓市耕作土壤有效 P 含量虽总体上仍处于较低水平, 但增加趋势明显。

2.2.5 速效 K 含量 虽然 1980 年和 2005 年太仓市耕作土壤速效 K 含量均以三级和四级为主, 但 2005 年二级样点数由 36.9% 降低到 12.9%, 而三级样点数则由 60.2% 增加到 84.9% (表 3)。表明太仓市耕作土壤速效 K 含量总体上处于缺乏状态, 且呈现降低趋势。

2.2.6 CEC 1980 年和 2005 年太仓市耕作土壤 CEC 均以二级为主, 样点数分别占 96.3% 和 94.1%。表明太仓市大部分耕作土壤保肥性和缓冲能力属于中等水平。但是 2005 年一级样点数由 2.6% 降低到 0.4%, 三级样点数由 1.1% 增加到 5.5% (表 3), 表明太仓市耕作土壤 CEC 存在降低的趋势。

2.3 存在问题及分析

从太仓市耕作土壤上述化学属性的变化上可以发现两个突出问题。

2.3.1 土壤酸化明显 太仓市耕作土壤酸化的主要原因是工业 SO₂ 排放和酸性肥料长期大量施用。太仓市沿江能源和石化工业企业较多, 这些工业排放出大量的 SO₂ 气体。根据环保部门的检测发现, 太仓市大气中 SO₂ 长期处于明显超标状况, SO₂ 降尘以及由之导致的酸雨频率的增加, 均加剧了土壤酸化的过程。分析结果也表明, 工业企业周围土样 pH 值 (平均为 7.06) 明显低于其他地区土样的 pH 值 (平均为 7.51)。太仓自 20 世纪 80 年代后大量施用化肥, 其中, 以氯化铵、氯化钾和过磷酸钙为原材料的复混肥具有较大比例, 这类酸性肥料的长期大量施用也会加剧土壤酸化^[4, 7]。

2.3.2 土壤养分状况不容乐观 表现在: 耕作土壤有机质和全 N 含量总体上处于中等水平, 且增加缓慢; 虽然有效 P 含量增加趋势明显, 但仍处于较低水平; 速效 K 含量处于缺乏状态, 且呈现降低趋势; CEC 存在降低的趋势。造成太仓市耕地土壤养分状况不容乐观的主要原因在于施肥结构不合理, 有机肥、P 肥、K 肥不足, N 肥过多。太仓市历史上曾以农家肥、草塘

泥和种植绿肥为主, 20世纪60—70年代大力发展养猪养羊, 推广稻田放养绿萍, 割青草, 铲草皮, 大造自然肥料, 每公顷耕地施用粪肥15000~22500 kg、饼肥300~450 kg、草塘泥22500~30000 kg, 这些都有利于土壤有机质含量的提高, 培肥地力。但是20世纪80年代后, 虽然仍然提倡施用有机肥, 但由于有机肥的肥效慢, 农家肥用量明显减少, 有机肥仅以秸秆直接还田和少量饼肥为主, 而化肥施用量急剧增加。根据市统计局资料, 太仓市20世纪末的化肥总用量就相当高了, 全年化肥施用量(折纯)为1.55万t, 水田施肥量为: 纯N 315.0 kg/hm²、P₂O₅ 43.7 kg/hm²、K₂O 34.4 kg/hm², 旱地施肥量为: 纯N 225.0 kg/hm²、P₂O₅ 30.0 kg/hm²、K₂O 21.8 kg/hm²。施肥结构明显不合理, 突出表现在有机肥不足, 化肥过多; 化肥中N肥过多, 而P、K肥不足。这将导致土壤板结、肥力下降, 形成农业面源污染等一系列问题。

2.4 施肥对策

2.4.1 缓解土壤酸化 ①采取各种措施减少SO₂的排放, 限制使用高含S燃料、鼓励使用低含S燃料外, 开发清洁、高效燃烧工业型煤生产的成套技术, 大力推广燃料固S和工业排烟脱S技术。②施用土壤酸度改良剂, 如草木灰、石灰和石灰石粉, 中和土壤酸度。③采用有效的农艺措施来改良酸化土壤, 对酸化严重的菜地可以采取雨淋、倒茬、换土等以及选择耐酸作物品种进行种植改良。

2.4.2 改善施肥措施 ①因地制宜, 多形式、多途径增加有机肥料的投入, 推广秸秆覆盖、机械化碎秆技术, 扩大绿肥种植, 充分利用畜禽粪便, 逐步开发有机肥新产品, 增加有机肥施用量, 充分发挥有机肥平衡供应养分和持续培肥耕地的作用。②建立试验示范基地, 引入3S技术, 为农业生产提供定点、定时、定量的“个性化”测土配方施肥技术服务。③按作物布

局和需肥规律, 由生产通用型复混肥发展到针对具体作物、具体地类的专用型、系列型配方肥, 改善肥料施用结构, “降N增P补K”, 提高肥料利用率。④健全肥料施用管理体系, 强化复混肥料的检验登记工作, 打击不合格肥料的现象, 加强测土配方施肥、配方肥料的宣传、销售和推广, 确保农民用上优质肥料。

3 结论

(1) 太仓市耕作土壤存在日趋酸化的趋势, 有机质和全N含量总体上处于中等水平, 且增加缓慢; 虽然有效P含量增加趋势明显, 但仍处于较低水平; 速效K含量处于缺乏状态, 呈现降低趋势; 土壤保肥性和缓冲能力属于中等水平, CEC存在降低的趋势。

(2) 应采取有效的对策: 一要缓解土壤酸化的趋势; 二要改善施肥措施, 减少化学N肥的施用, 增加有机肥、P肥和K肥的施用量。

参考文献:

- [1] 叶细养, 汤建东. 广东耕地地力调查与质量评价试点工作的成果及其应用展望. 生态环境, 2003, 12(2): 248-249
- [2] 王瑞燕, 赵庚星, 李涛. 山东省青州市耕地地力等级评价研究. 土壤, 2004, 36(1): 76-80
- [3] 田晓兰, 李念奎, 张付新, 马利厂, 刘国清. 山东省嘉祥县20年来土壤养分水平变化. 土壤, 2005, 37(3): 225-344
- [4] 孙瑞娟, 王德建, 林静慧. 太湖流域土壤肥力演变及原因分析. 土壤, 2006, 38(1): 106-109
- [5] 鲁明星, 贺立源, 吴礼树. 我国耕地地力评价研究进展. 生态环境, 2006, 15(4): 866-871
- [6] 全国农业技术推广服务中心编著. 耕地地力调查与质量评价. 北京: 中国农业出版社, 2005
- [7] 易淑繁. 土壤学. 北京: 农业出版社, 1993

Soil Fertility Investigation and Quality Assessment in Taicang

—Changes of Soil pH, Organic Matter, Total-N, Available-P, Rapidly-Available-K and CEC

GUO Zong-xiang¹, ZUO Qi-dong¹, LI Mei¹, MIN Yun-qiu¹, XU Jin-Feng¹, SHEN Wen-zhong¹, GU Hong-ya²

(1 Taicang Soil and Fertilizer Station, Taicang, Jiangsu 215400, China; 2 Fuqiao Agriculture and Technology Station, Taicang, Jiangsu 215400, China)

Abstract: This paper is a part summarization of cropland fertility investigation and quality assessment in Taicang, which is focused on changes of soil pH, organic matter, total-N, available-P, rapidly-available-K and CEC from 1980 to 2005. The results showed that cropland soil showed an acidification tendency. Organic matter and total-N contents were at middle or low levels, with slowed increasing tendencies. Available-P content increased obviously, but still at low level. Rapidly-available-K content was insufficient, with a decreasing tendency. CEC was at middle level, with a decreasing tendency. It suggested that effective measures should be adopted to prevent soil acidification and improve fertilization system, i. e., decreasing application of chemical N-fertilizers while increasing application of organic-, P- and K- fertilizers.

Key words: Chemical properties, Cropland soil, Taicang