

太湖流域土壤肥力演变及原因分析^①

孙瑞娟^{1,2}, 王德建¹, 林静慧¹

(1 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008; 2 中国科学院研究生院, 北京 100049)

Evolution of Soil Fertility in Taihu Region and Its Causes

SUN Rui-juan^{1,2}, WANG De-jian¹, LIN Jing-hui¹

(1 Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China;

2 Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

摘要: 通过对“973”项目(2000年)与第二次土壤普查(1979—1982年)相对应地块土壤性状的比较,对太湖流域的常熟、太仓、吴县、丹阳、丹徒等县市的土壤肥力变化趋势及原因进行了分析。结果表明,土壤有机质、全N、速效P呈上升趋势,速效K呈下降趋势,不同土壤类型养分变化不尽一致;土壤pH均有不同程度的下降。秸秆还田是维持和提高土壤有机质的重要措施,化学肥料的大量使用是土壤N素、P素水平提高的重要原因,土壤K素匮乏是农作物产量进一步提高的主要障碍。

关键词: 土壤肥力; 演变趋势; 原因分析

中图分类号: S158.3

太湖流域位于我国长江三角洲的南翼,面积3.63万km²,本区气候的特点是受东南季风的影响,温暖湿润,光照充足,生长季节较长,干湿季节明显,由于得天独厚的地理条件,区内土壤肥沃,气候温和,农业基础好,具有发展生态农业的良好条件。太湖流域耕种土壤以水稻土为主,占耕地土壤的85%以上,水稻土是我国四大类型耕地土壤中最为高产稳产的土壤,同时作为人为作用形成的土壤,也是受人活动作用影响剧烈、土壤质量变异最为显著的土壤。20世纪80年代以来,本区经济飞速发展,农业在国民经济中的比重逐年下降,农业生产从精耕细作到简化作业,施肥从有机无机肥结合到仅施用化肥。20年来水稻土的肥力与质量变化如何?这是大家十分关心的问题。国家重大基础研究项目(973项目)“土壤质量的演变规律与持续利用”把太湖地区作为首选地区,于2000年进行了大规模的土壤质量调查采样,以分析土壤质量的演变趋势。本文以太湖流域的苏州、镇江两市为例,比较本次采样点与全国第二次土壤普查相对应采样点土壤养

分的变化,结合调查社会、经济与农业生产等方面的资料,探讨本区土壤肥力变化的驱动因子。

1 土壤肥力调查方法

1.1 采样与监测方法

本次“973”项目的采样点选择是以第二次土壤普查(1978—1982年)有分析资料的采样点为基础,大致均匀地以每10km²一个采样点的密度采集土壤样品。在苏州的常熟市采集了63个点、太仓市41个点、吴县市74个点,镇江丹阳市69个点、丹徒县15个点,在上述5县市共采集了262个样点(其中与第二次土壤普查相对应的点有234个)。本次采样调查了采样地块的产量、轮作、施肥及灌溉等管理情况,并对部分样点进行定期重新采样,以分析土壤养分变化。

1.2 肥情调查

研究过程中收集了各县市的土壤志、统计年鉴、肥情动态等有关资料,按生产季节每年分夏、秋两季对采样地区肥料施用情况、产量结构进行调查,

^①基金项目:国家重点基础研究发展规划项目(G1999011802)资助。

作者简介:孙瑞娟(1975—),女,山西大同人,在职博士研究生,主要从事农业生态系统养分循环、土壤-植物营养的研究。E-mail: rjsun@issas.ac.cn

并与部分县市的土肥站建立长期合作关系，了解该区的施肥与土壤肥力变化产出情况。

1.3 土壤样品的采集与样品测定

供分析的土壤样品为每个采样地块 10 个点的混合样，样品的分析测定方法为：土壤 pH 采用电位法（水浸提，水:土 = 2.5:1），土壤有机质采用高温外热重铬酸钾氧化法，土壤全 N 采用凯氏定 N 法，全 P 采用氢氟酸-高氯酸消煮钼锑抗比色法，全 K 采用氢氟酸-高氯酸消煮火焰光度计测定法，土壤有效 P 采用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法，土壤速效 K 采用乙酸铵提取-火焰光度计法。具体方法参考土壤农业化学分析方法^[1]。

2 土壤肥力演变及原因分析

2.1 土壤有机质与全 N

土壤全 N 包括所有形式的有机和无机 N 素，

是标志土壤 N 素总量和供应植物有效 N 素的源和库，综合反映了土壤的 N 素状况。由于 N 在植物营养中的重要作用以及其与土壤有机质和全 N 的联系，后二者一直用于评价土壤的供 N 水平^[2]。

土壤有机质不仅是作物生长所需各种营养元素的重要来源，也是维持土壤结构、微生物活动的重要物质。以第二次土壤普查（1980 年）农化分析结果与本次采样点分析结果相比较（表 1），结果表明，土壤有机质均呈增加趋势，2000 年与 1980 年相比各地增加的比例为，常熟 23.9%，太仓 14.4%，吴县 21.95%，丹阳 19.2%，丹徒 26.6%。调查分析表明，土壤有机质的增加与近年来秸秆还田量增加密切相关。作物茎秆、根茬的 C/N 较高（50~80:1），在嫌气条件下分解缓慢，有机物质积累较多；另外化肥投入的增加，提高了作物的生物产量，增加了根茬的残留量，从而土壤有机质增加^[3-4]。

表 1 土壤有机质变化情况（g/kg）

采样时间	常熟	太仓	吴县	丹阳	丹徒
1980 年	25.6 ± 11.57	22.64 ± 5.52	29.98 ± 7.32	20.72 ± 4.81	16.83 ± 4.59
2000 年	31.72 ± 12.47	25.9 ± 4.60**	36.56 ± 6.78**	25.63 ± 4.88**	21.3 ± 7.86**
变化率	23.9%	14.4%	21.9%	23.7%	26.6%

注：**表示有极显著性差异（P<0.01），*表示显著性差异（P<0.05），下同。

N 是作物生长所需的大量营养元素之一，是衡量土壤肥力状况的重要指标。其含量与有机质含量呈正相关。分析资料表明（表 2），土壤全 N 含量较第二次土壤普查时均有提高，增加的范围在 4.8%~15.4% 之间。调查表明，由于 N 肥对作物产量的影

响最为显著，该地区农民普遍重视 N 肥的施用，稻麦两熟年施纯 N 达 500~550 kg/hm²，N 素出现赢余。

2.2 全 P、速效 P、速效 K

P 在水稻生长所需的大量元素中占有重要地位，由表 3 可以看出太湖流域土壤全 P、速效 P 均

表 2 土壤全 N 变化情况（g/kg）

采样时间	常熟	太仓	吴县	丹阳	丹徒
1980 年	1.59 ± 0.5	1.47 ± 0.22	1.62 ± 0.37	-	1.15 ± 0.26
2000 年	1.81 ± 0.39**	1.54 ± 0.26	1.87 ± 0.41**	1.4 ± 0.27	1.23 ± 0.38
变化率	13.8%	4.8%	15.4%	-	7.0%

表 3 太湖流域土壤全 P、速效 P、速效 K 变化情况

采样点	全 P (g/kg)		速效 P (mg/kg)		速效 K (mg/kg)	
	1980 年	2000 年	1980 年	2000 年	1980 年	2000 年
常熟	0.61 ± 0.14	1.06 ± 1.42**	6.39 ± 3.67	14.97 ± 7.39	76.34 ± 34.07	69.58 ± 41.2
太仓	0.67 ± 0.01	0.88 ± 0.01**	6.12 ± 3.31	10.1 ± 7.38**	87.9 ± 20.73	76.0 ± 22.07*
吴县	0.47 ± 0.17	0.66 ± 0.14**	11.68 ± 16.32	17.45 ± 8.58*	81.7 ± 36.16	87.6 ± 25.94
丹阳	-	0.13 ± 0.03	7.64 ± 7.31	9.5 ± 6	78.83 ± 38.43	83.13 ± 26.03
丹徒	0.28 ± 0.13	0.49 ± 0.18**	4.52 ± 3.05	12.9 ± 21.06	82.5 ± 41.73	90.14 ± 17.78

呈上升趋势,从所调查的234个样点统计结果来看,土壤速效 P 在 5 mg/kg 以下的有 38 个,占 16.2%,土壤速效 P 在 5~10 mg/kg 的 125 个,占 53.4%,> 10 mg/kg 的 71 个,占 30.3%。

近年来不少研究都说明我国土壤 P 素水平在增加,任何肥料的增产效果都随着土壤中该养分供应水平的提高而下降直至不再增产,这对 P 肥来说更是如此,因为土壤 P 水平的提高速度通常高于其他养分(如 N、K)^[5]。

K 是水稻生长发育所必需的营养元素之一,能增强光合作用,促进碳水化合物的代谢和合成,对 N 素和 P 素的吸收^[6]、代谢和蛋白质的合成亦有很大作用。速效 K 含量与第二次土壤普查结果基本持平(表 3),据谢金学等^[7]的研究,丹阳县速效 K 含量呈阶段性变化,1983—1991 年持平略减;1991—1995 年急剧下降;1995—1999 年有所回升,但总体呈下降趋势。在 N 肥、P 肥投入量加大的情况下,土壤 K 素不足已成为太湖流域水稻产量的限制因子。据王柏英等^[8]研究,K 肥的投入量大于吸收量 1.2 倍时,土壤 K 素才有积累。K 素投入不足造成了太湖流域部分地区 K 素投入与产出不平衡,从而导致土壤 K 素难以提高。

以常熟市为例,近 17 年,常熟市水稻播种面积逐年减少,但单位面积产量却逐年上升(如图 1、2),土壤养分被大量移出系统,有关研究表明 N、P、K 的收获移出率高达 89%~94%^[9],因而要得到高产就必须加大肥料投入。图 3 是常熟市 1983—1999 年的肥料投入情况,由图 3 我们可以看出,肥料投入总量上升,单位面积肥料投入量是不断增加的。资料表明,1975 年以前太湖流域耕地化肥施用量一般不超过 100 kg/hm²,1980 年以后用量增加很快,1980—1990 年 10 年间,平均每年增加 9.2 kg/hm²,1990—1998 年,平均每年增加 13.9 kg/hm²。

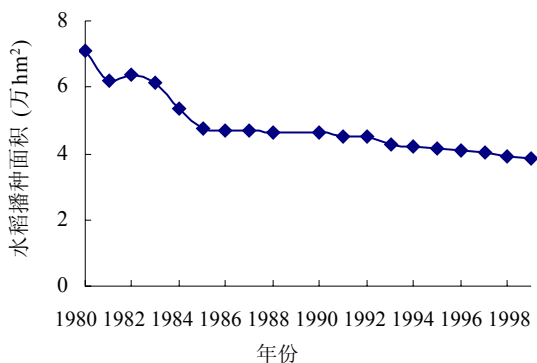


图 1 常熟市水稻播种面积

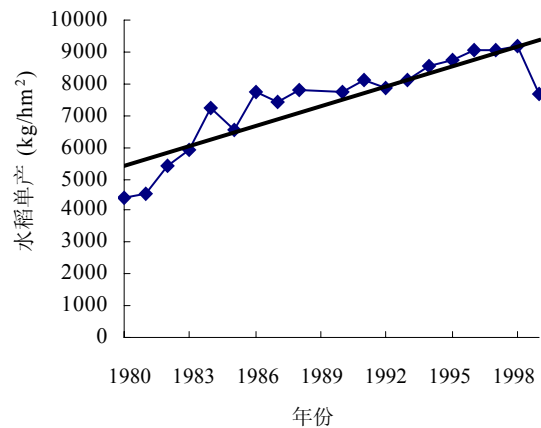


图 2 常熟市水稻单位面积产量

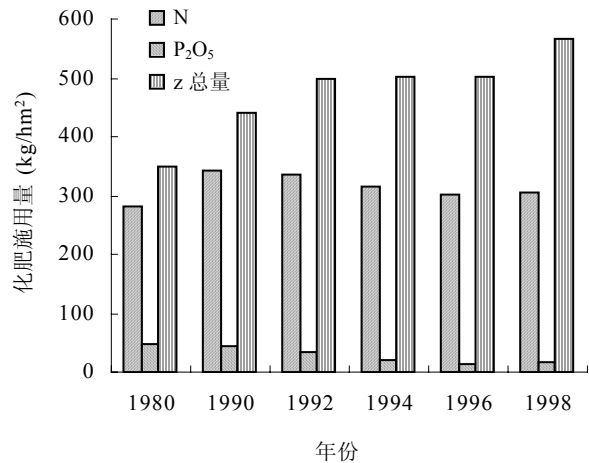


图 3 江苏省常熟市历年单位面积化肥施用量 (kg/hm²)

注:资料来源为常熟市历年统计年鉴,Z 总量中还包括 K 肥。

2.3 土壤 pH

pH 是土壤的重要性质之一,对作物的生长,微生物的活动,养分的转化及有效性都有很大的影响。表 4 的数据表明,太湖地区土壤普遍存在着酸化的趋势,就其原因,一是与大量施用化肥有关(N 肥、P 肥);二是酸雨也是重要的原因,同时与植被类型和土地利用方式有关。

表 4 土壤 pH 值变化情况

年份	常熟	吴县	太仓	丹阳	丹徒
1980	7.19	6.50	7.72	6.90	-
2000	6.34	5.52	7.61	6.55	5.78

3 结论

与第二次全国土壤普查资料相比较,太湖流域的土壤有机质、全 N、全 P、速效 P 含量均有所上

升,这与耕作方式、秸秆还田及化肥用量增加有关;土壤速效K含量呈下降趋势,主要是由于农作物产量提高,K肥投入不足,土壤K素呈长期亏缺状态;土壤pH普遍呈下降趋势,其原因是长期的不平衡施肥与酸雨沉降造成的。

根据上述的变化,在生产实践中要大力推广秸秆还田、平衡施肥,控N补K,把有限的K肥施在作物需肥的最佳时期(分蘖盛期至孕穗期)^[10],增加有机肥投入,提高土壤K素含量,增加无机K肥用量,平衡化肥施用比例。总之,K肥的科学投入,应依据作物产出的需要和农田土壤K素的含量、供肥能力及肥料效益,确定需要投入的数量、时间和方法^[11],且要注重深耕晒垡,改良土壤结构,发展富K绿肥。

参考文献:

- [1] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法. 北京: 中国农业科技出版社, 1999
- [2] 李菊梅, 王朝辉, 李生秀. 有机质、全氮和可矿化氮在反映土壤供氮能力方面的意义. 土壤学报, 2003, 40 (2): 232-238
- [3] 赖庆旺, 黄庆海, 李茶苟, 熊春桂, 无机肥连施对红壤性水稻土有机质消长的影响. 土壤肥料, 1991 (1): 4-7
- [4] 周建斌, 李昌伟, 赵伯善, 华天懋, 李辉桃. 长期施肥对倭底土养分含量的影响. 土壤通报, 1993, 24 (1): 21-23
- [5] 鲁如坤. 我国的磷矿资源和磷肥生产消费. 磷肥消费和需求. 土壤, 2004, 36 (2): 113-116
- [6] Hu H, Wang GH. Nutrient uptake and use efficiency of irrigated rice in response to potassium application. *Pedosphere*, 2004, 14 (1): 125-130
- [7] 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): 149-155
- [8] 王柏英, 徐菊芳, 钟火林, 周培华, 谢金学, 薛冬娥. 丘陵低产黄刚土有机质和磷钾养分平衡研究. 江苏农业研究, 2000, 21 (1): 48-51
- [9] 董元华. 作物与稻田生态系统物质循环//徐琪, 杨林章, 董元华. 中国稻田生态系统. 北京: 中国农业出版社, 1998
- [10] 颜廷梅, 杨林章. 苏南地区两种土壤钾素供应状况及其调节. 土壤通报, 2001, 32 (1): 25-28
- [11] 吴德敏, 董英华, 贾彩建, 董立先, 农田土壤速效钾变化趋势与平衡施肥技术. 土壤肥料, 2004 (1): 43-44