

中国东部地区耕地土壤肥力变化趋势研究

俞 海¹, 黄季², Scott Rozelle³, Loren Brandt⁴

(1. 国家环境保护总局环境和经济政策研究中心, 北京 100029; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所
农业政策研究中心, 北京 100101; 3. 美国加州大学戴维斯分校农经系; 4. 加拿大多伦多大学经济系)

摘要: 随着人口、资源和环境之间的矛盾日趋尖锐, 中国耕地土壤肥力及其变化日益为世人所关注。本文利用最近 20 年东北地区的吉林和黑龙江省, 华北地区的北京市和河北省以及长江下游地区的江苏和浙江省的 15 个县市 180 个样本点的土壤数据资料, 分析了 20 世纪 80 年代以来东部地区农业土壤肥力的演变趋势。结果表明, 从总体上看, 东部地区除土壤速效钾下降和酸碱性有所退化外, 农业土壤的有机质、全氮和速效磷平均含量都增加了。在空间分布上, 土壤肥力的变化趋势存在明显差异。长江下游和华北地区的平均肥力提高, 东北地区下降。另外, 除华北地区的土壤酸碱性有改善外, 长江下游和东北地区土壤都存在酸化倾向。

关 键 词: 土壤肥力; 土壤质量; 变化趋势

中图分类号: S158.4 **文章编号:** 1000-0585(2003)03-0380-09

随着人口、资源和环境之间的矛盾日趋尖锐, 土壤质量及其演变已成为世界范围内学者和政府决策者研究和关注的热点^[1~4]。虽然中国在上世纪末的 20 年间取得了令世人瞩目的经济成就, 但是中国人口众多、土壤资源有限。因此, 保障食物安全、增强中国农产品在 WTO 框架下的国际竞争力, 确保资源安全, 保持农业生产、生态环境和社会经济的可持续性仍旧是中国 21 世纪和未来面临的重大挑战和战略问题, 中国土壤质量特别是土壤肥力及其变化也因此成为世界关注的焦点^[5]。

1 简要综述

近代中国土壤肥力的变化趋势到底如何? 迄今为止, 人们还没有统一的认识和判断。Smil^[6,7]认为中国的自然资源和环境不断退化。但是他主要是从森林退化、水土侵蚀以及荒漠化等宏观层次分析了中国土地资源的退化, 并没有具体深入到微观的土壤肥力层次。秦明周^[8]根据南宁市 1984 年土壤普查结果和 1994 年采样分析结果, 也得出土壤肥力总体水平处于下降状态。但是其样本范围只来自南宁市, 所以结论只适用于局部分析。王建革和陆建飞^[9]根据 20 世纪 50 年代和 80 年代华北平原土壤调查数据的对比分析发现华北北部地区土壤有机质和含氮量呈下降趋势, 中部有升有降, 而南部普遍上升; 土壤速效磷和速效钾总体呈下降趋势。但他们并没有反映 20 世纪末期土壤肥力的最新变化趋势。

还有一些土壤学家作了较为中性的和综合的判断。根据中国 20 世纪 30 年代有关文献记载的土壤肥力数据、50 年代以及 1982~1986 年间全国开展的两次土壤普查资料, Lin-

收稿日期: 2002-10-18; 修订日期: 2003-03-26

基金项目: 国家自然科学基金优势群体项目 (70024001); 中国科学院知识创新项目 (KZCX2-413) 资助

作者简介: 俞海 (1974+), 男, 山东省德州人, 博士。主要从事环境经济与政策以及发展经济学研究。

dert^[5]分析了 20 世纪 30 年代至 80 年代初期中国土壤肥力的变化。结果表明，在此期间，总体而言中国农业土壤的平均质量可能并没有一直下降。Lindert 分析所用的数据序列时间跨度大，样本范围覆盖了大半个中国，可以说其结论比较全面客观。但是该研究的不足在于各个时期样本点并非是一一对应的，而且样本个数差异较大。同时他的研究也同样没有反映中国农村改革以来近 20 年的土壤肥力演变。

王茹等人^[10]根据北京市大兴县 1982~1986 年全国第二次土壤普查和 2000 年进行的尽量靠近原样点（共计 267 个样点）的延续调查数据分析发现，近 20 年间华北平原潮土区除土壤速效钾含量下降外，土壤有机质、碱解氮和速效磷含量都有所增加。王绪奎和刘林旺^[11]根据全国第二次土壤普查和江苏省 1990~1997 年的历年土壤监测资料对比分析，表明江苏省土壤肥力得到普遍改善。以上两项研究运用新的土壤数据分别在县级和省级水平上分析了局部地区土壤肥力变迁的新趋势，但是问题是样本范围有限。

过去的研究表明，人们对中国土壤肥力演变趋势没有一致的看法和结论，这可能是由于对土壤肥力进行全国性和连续性监测的成本非常高，全面完整的土壤肥力时间序列数据难以获得；而且不同研究对于样本选择、样本数据的时间跨度、土壤样本采集、实验测量分析技术和方法以及土壤肥力指标选择等存在较大差异。因此本研究试图在前人工作的基础上，利用新的数据对中国东部地区 20 世纪 80 年代初以来耕地土壤肥力演变趋势做出新的判断。

2 样本点和数据来源

根据可以利用的数据，我们选择有机质、全氮、速效磷、速效钾和 pH 值 5 个最常见的用于反映土壤肥力的化学指标作为基本分析指标。本文数据来源于 1982~1986 年全国第二次土壤普查资料和 2000 年中国科学院南京土壤研究所进行的国家重点基础研究发展规划项目“土壤质量演变规律及土壤资源可持续利用”的调查资料。2000 年土壤调查的采样原则是尽可能寻找和保留全国第二次土壤普查时的样点，采样时间、方法和土壤分析方法一致。在此基础上，我们选取东部地区 6 个省（直辖市）的 15 个县市 180 个采样地块作为样本点，包括东北地区的吉林和黑龙江省，华北地区的北京市和河北省以及长江下游地区的江苏和浙江省。样本点的土壤类型包括东北地区的黑土、华北地区的潮土以及长江下游地区的水稻土。同一样本点的不同时间序列数据可以清楚反映变化的趋势，而不同时期采样和分析方法上的类同能够保证数据的可比性，使研究更具说服力。本文样本点是从那些同时具有两个时期数据的土壤采样地块中随机选取，即样本点的土壤肥力指标都具

表 1 土壤肥力各个指标的有效样本组数

Tab. 1 Number of effective samples with soil quality indicators both recorded in 1982-86 and 2000

地 区	有机质	pH 值	全氮	速效磷	速效钾
合计	180	143	169	178	178
东北地区	40	35	40	40	40
华北地区	40	23	40	40	38
长江下游地区	100	85	89	98	100

资料来源：根据 1982~1986 年全国第二次土壤普查资料（下简称 80 年代初）和 2000 年中国科学院南京土壤研究所进行的国家重点基础研究项目“土壤质量演变规律及土壤资源可持续利用”的阶段调查资料整理得到。

上述两个调查时期的对照数据。对于所考察的 5 个反映土壤肥力的指标，为使数据具有可比性，根据 180 个样本点各个指标在 80 年代初和 2000 年的实际获得数据，我们分别得到 180 组土壤有机质、143 组土壤 pH 值、169 组土壤全氮、178 组土壤速效磷和速效钾的有效对比数据（见表 1）。只有单个时期数据的样本不在我们的分析框架之内。

3 样本地区耕地土壤肥力变化的描述分析

3.1 土壤有机质

3.1.1 总体趋势 在一般农田土壤中有有机质含量直接影响土壤的肥力水平，在一定范围内土壤有机质含量多，土壤肥力就高。因此土壤有机质含量被认为是衡量土壤肥力的关键指标^[12]。但是有机质在土壤中的积累过程较为缓慢，土壤中有有机质损耗不容易在短期内得到恢复。2000 年与 80 年代初相比，土壤有机质大部分散点向右移动了，这表明上世纪末近 20 年间样本点土壤有机质存在普遍增加的趋势（图 1）。这与文献 [10]、[11] 中的研究结果是一致的。从时间尺度上，根据样本资料计算，80 年代初，土壤有机质平均水平为 24.52g/kg，2000 年为 27.07g/kg，近 20 年间增加了 2.55g/kg，增长 10.4 %。在全部 180 个样本点中，69 % 的样本土壤有机质含量上升，但也有 31 % 的样本点含量下降（表 2）。

表 2 从 80 年代初到 2000 年土壤有机质变化情况

Tab. 2 Change in soil organic matter from the early 1980s to 2000

地区	样本数	均值 (g/kg)		变化 (g/kg)	变化百分比 (%)	上升的样点 下降的样点	
		80 年代初	2000			比例 (%)	比例 (%)
样本平均	180	24.52	27.07	2.55	10.4	69	31
东北	40	45.56	38.56	- 7	- 15.4	5	95
吉林	20	24.02	22.45	- 1.57	- 6.5	10	90
黑龙江	20	67.11	54.68	- 12.43	- 18.5	0	100
华北	40	9.29	12.33	3.04	32.7	92	8
河北	20	8.25	11.9	3.65	44.2	95	5
北京	20	10.32	12.75	2.43	23.5	90	10
长江下游	100	22.20	28.37	6.17	27.8	85	15
江苏	80	22.41	28.90	6.49	29.0	86	14
浙江	20	21.37	26.27	4.9	22.9	80	20

资料来源：同表 1。

土壤有机质这种变动趋势同人们所担心的土壤质量下降存在反差。这表明，在现代农业生产方式下并不一定造成土壤肥力的衰减。土壤有机质提高的主要原因是由于化肥的合理施用并配合其它耕作措施，使农田作物产量和总生物量显著增加。同时秸秆还田、浅耕和免耕的推广也有利于土壤有机质的积累^[9, 13, 14]。

3.1.2 地区差异 从时间跨度上看，土壤有机质在所有调查地区的总体水平上呈增加趋势，但是从空间分布上，有机质的水平和变化都存在明显的地区差异，具体表现为：长江下游地区明显上升，华北地区略有增加，而东北地区普遍下降（图 2）。

长江下游地区土壤类型主要为水稻土，其有机质含量属于中等。80 年代初，土壤有机质为 22.2g/kg，2000 年上升到 28.37g/kg，增长比例为 27.8 %（表 2）。在该地区的 100 个样本点中，85 % 的样本点土壤有机质上升，只有 15 % 下降。华北地区土壤类型主要为潮土。虽然其有机质水平较低，但增长幅度高达 32.7 %。华北地区 40 个样本点中，有 37 个样本点上升了。东北地区土壤类型主要为黑土，其有机质水平较高。在 80 年代初土

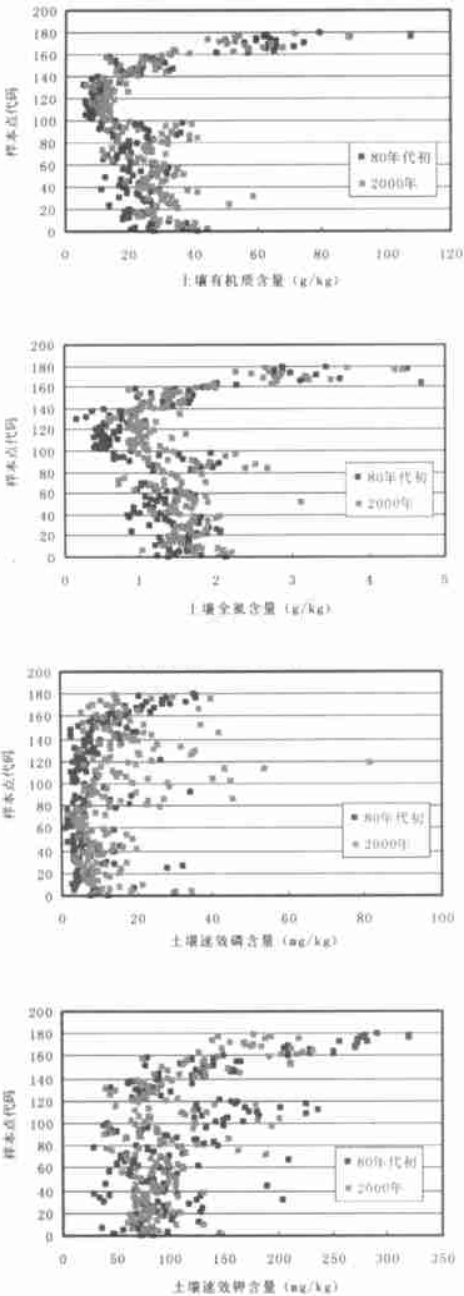


图 1 80 年代初和 2000 年的土壤肥力

Fig. 1 Soil fertility in the early 1980s and 2000

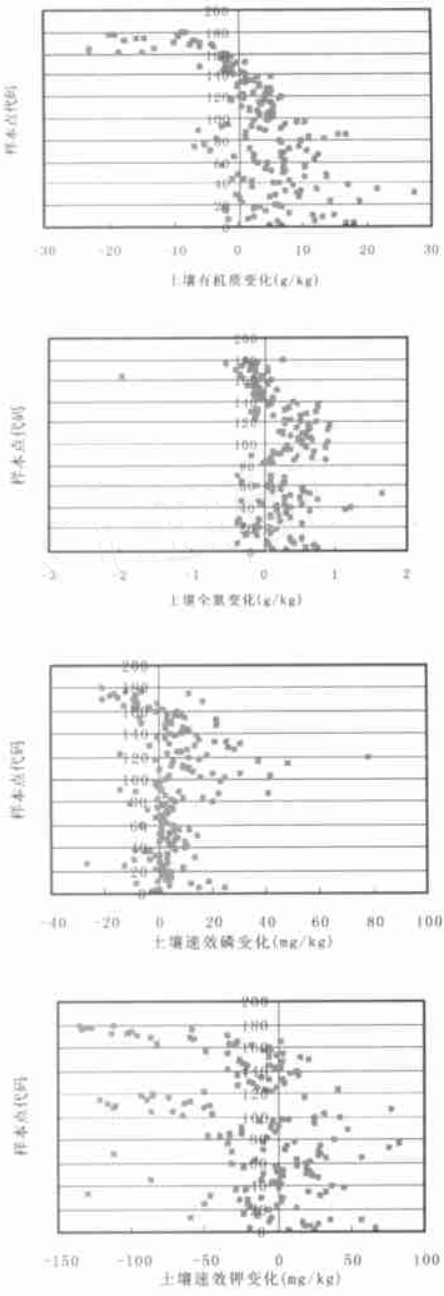


图 2 2000 年比 80 年代初土壤肥力增减情况

Fig. 2 Difference in soil fertility between 2000 and the early 1980s

注：图 1 坐标横轴表示各土壤肥力指标数值；图 2 坐标横轴表示各土壤肥力 2000 年比 80 年代初的增加或减少值。图 1 和图 2 纵轴均表示样本点代码，其中 1 - 100 表示长江下游地区的样本点；101 - 140 表示华北地区的样本点；141 - 180 表示东北地区的样本点。

壤有机质含量就高达 45.56 g/kg，同期比长江下游地区高 1.05 倍，比华北地区高 3.9 倍。但是从动态变化的角度看，与上两个地区相比，东北地区呈相反趋势。与 80 年代初比较，2000 年该地区土壤有机质含量下降了 7g/kg，下降趋势普遍且明显（表 2）。

从上面的分析看，在地区水平上，基期土壤有机质水平高的地区，土壤有机质增长幅度较小，在部分地区甚至有下降的趋势。这说明，在土壤有机质含量低的地区，农户更重视地力的培肥。在东北地区可能农户更依赖于土地原始较高的地力而轻视了对土地的投资和投入，或者说土壤有机质还没有下降到农民必须增加其投入的经济临界点。同时，东北地区一年只有一季作物，冬季寒冷，不利于秸秆的腐熟分解，因而秸秆还田难以实现，这也是土壤有机质不能得到有效补充的原因之一。

3.2 土壤全氮、速效磷和速效钾

氮磷钾是作物生长的三大营养元素。作物一生所吸收的全部氮素，有 50 ~ 80 %来自土壤，土壤全氮含量则标志着土壤氮素的供应能力。随着土壤中氮的生物学富集，土壤肥力会不断提高。土壤速效磷和速效钾分别标志能为作物直接吸收和利用的土壤磷素和钾素养分。与土壤有机质相比，在一定范围内这三种土壤养分更容易得到迅速补充^[15, 16]。

从图 1 和图 2 可见，土壤全氮和速效磷含量的时空变化特征都与有机质的演变趋势非常一致，即总体上升；三个样本地区除东北下降外，其余都增加。土壤全氮含量从 80 年代初的平均 1.39g/kg 上升到 2000 年的 1.58g/kg，增长 13.7 %（表 3）。在 169 个样本中，66 %的样本土壤全氮上升。同时期，土壤速效磷含量从 9.47mg/kg 上升到 14.55mg/kg，增长高达 53.6 %（表 4）。在有机质、全氮和速效磷 3 个土壤肥力指标中，速效磷的增加幅度最大，全氮次之，有机质增幅最低。这可能是由于人们日益认识到氮、磷肥的增产效果显著而且所需劳动成本比农家肥低，因而多施用此类肥料造成土壤中氮磷增加。

表 3 从 80 年代初到 2000 年土壤全氮变化情况

Tab. 3 Change in soil total nitrogen from the early 1980s to 2000

地区	样本数	均值 (g/kg)		变化 (mg/kg)	变化百分比 (%)	上升的样点	
		80 年代初	2000			比例 (%)	下降的样点 比例 (%)
样本平均	169	1.39	1.58	0.19	13.7	66	34
东北	40	2.23	2.07	- 0.16	- 7.2	17	83
吉林	20	1.39	1.32	- 0.07	- 5.0	15	85
黑龙江	20	3.08	2.83	- 0.25	- 8.1	20	80
华北	40	0.59	1.00	0.41	69.5	90	10
河北	20	0.53	1.07	0.54	101.9	100	0
北京	20	0.65	0.92	0.27	41.5	80	20
长江下游	89	1.38	1.62	0.24	17.4	77	23
江苏	69	1.39	1.60	0.21	15.1	74	26
浙江	20	1.34	1.68	0.34	25.4	90	10

资料来源：同表 1。

从空间分布上看，华北和长江下游地区的平均土壤全氮和速效磷含量都提高了，而东北地区两者下降。华北地区土壤全氮和速效磷含量分别从 80 年代初的 0.59g/kg 和 6.58mg/kg 提高到 2000 年的 1.0g/kg 和 21.9mg/kg，增加量分别高达 69.5 %和 2.3 倍（表 3 和表 4）。这一方面表明该地区农业土壤肥力得到了改善，另一方面，既然农业土壤中全氮和速效磷的积累和富集很多，那么可以适当控制氮肥和磷肥在农田中的施用以提高肥料边际报酬率、降低生产成本，甚至于可以减少由于氮磷流失造成的农业污染。

表 4 从 80 年代初到 2000 年土壤速效磷变化情况
Tab. 4 Change in soil effective phosphorus from the early 1980s to 2000

地区	样本数	均值 (mg/kg)		变化 (mg/kg)	变化百分比 (%)	上升的样点	下降的样点
		80 年代初	2000			比例 (%)	比例 (%)
样本平均	178	9.47	14.55	5.08	53.6	72	28
东北	40	17.71	16.94	- 0.77	- 4.3	50	50
吉林	20	11.13	17.37	6.24	56.1	85	15
黑龙江	20	24.28	16.5	- 7.78	- 32.0	15	85
华北	40	6.58	21.9	15.32	232.8	90	10
河北	20	4.87	24.34	19.47	399.8	95	5
北京	20	8.29	19.47	11.18	134.9	85	15
长江下游	98	7.28	10.57	3.29	45.2	74	26
江苏	78	6.76	9.28	2.52	37.3	76	24
浙江	20	9.29	15.61	6.32	68.0	70	30

资料来源：同表 1。

然而，土壤速效钾含量的时空变化与上述三者大不相同。不仅总体呈下降趋势，而且三个样本地区土壤速效钾含量也都全部下降。根据 178 个样本点的资料平均计算，土壤速效钾水平从 80 年代初的 120.18mg/kg 下降到 2000 年的 102.35mg/kg，降幅为 14.8%。其中，华北地区下降最多（从 127.28mg/kg 降到 90.91mg/kg，损耗比例为 28.6%），而长江下游地区平均仅耗损 0.4%，东北地区则下降了 22.3%（表 5）。土壤速效钾的这种变化态势不利于土壤的持续生产和农业的持续发展，若任其退化将最终成为农业生产的“瓶颈”；这也表明人们特别是农民还没有充分认识到土壤钾素对作物的增产作用，相对土壤氮素和磷素，农民对土壤钾素的投入和补充较少。

表 5 从 80 年代初到 2000 年土壤速效钾变化情况
Tab. 5 Change in soil effective potassium from the early 1980s to 2000

地区	样本数	均值 (mg/kg)		变化 (mg/kg)	变化百分比 (%)	上升的样点	下降的样点
		80 年代初	2000			比例 (%)	比例 (%)
样本平均	178	120.18	102.35	- 17.83	- 14.8	36	64
东北	40	196.84	153.0	- 43.84	- 22.3	15	85
吉林	20	134.78	124.1	- 10.68	- 7.9	25	75
黑龙江	20	258.9	181.89	- 77.01	- 29.7	5	95
华北	38	127.28	90.91	- 36.37	- 28.6	24	76
河北	20	167.15	104.47	- 62.68	- 37.5	15	85
北京	18	82.99	75.84	- 7.15	- 8.6	33	67
长江下游	100	86.82	86.45	- 0.37	- 0.4	50	50
江苏	80	84.78	85.77	0.99	1.2	54	46
浙江	20	95	89.15	- 5.85	- 6.2	35	65

资料来源：同表 1。

综合以上分析，自农村改革以来，长江下游地区土壤肥力总体上得到普遍改善，这与文献 [11] 的观测结果基本一致；华北地区除土壤速效钾以外，其余土壤养分含量都提高了，而且幅度在三个样本地区中最高，这和文献 [10] 中的研究结论相近；东北地区的农业土壤肥力则全面下降。什么原因造成地区间土壤肥力变化的差异？除自然因素外，更深刻的原因可能是影响人们农业生产行为包括制度、政策在内的各种社会经济因素。

3.3 土壤 pH 值

土壤 pH 值是评价土壤质量的重要指标之一。我国土壤酸碱度总的变化规律是由南方

的强酸性、酸性到江淮地区的弱酸性，再过渡到北方的中性和碱性。由于土壤的酸碱性质不同，尽管可以简单计算两个时期土壤 pH 值数据序列的差值，但是其正负号所表达的 pH 值升降无法清楚准确地反映土壤的酸碱性质到底是改善还是退化。因此我们对土壤 pH 值数据进行调整，使其具有可比性。为区别于原来的 pH 值，我们用符号 pH * 代表调整后的指标。

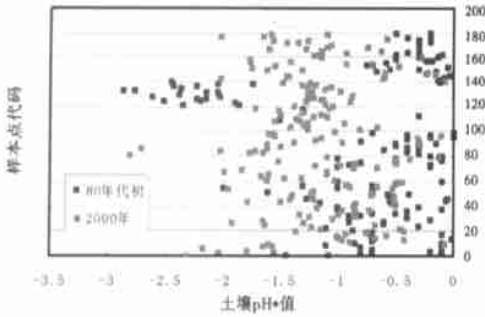


图 3a 80 年代初和 2000 年的土壤 pH * 值
Fig. 3a Soil pH * value in the early 1980s and 2000

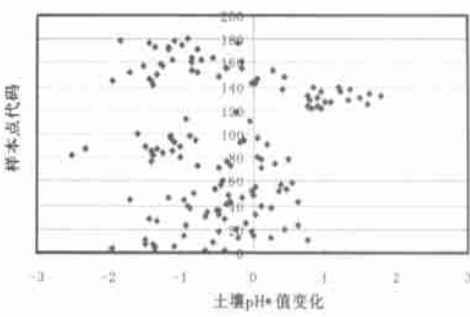


图 3b 2000 年比 80 年代初土壤 pH * 值的增减变化
Fig. 3b Difference in soil pH * value between 2000 and the early 1980s

注：图 3a 的坐标横轴表示调整后的土壤 pH 值；图 3b 的坐标横轴代表两个时期调整后的土壤 pH 值之间的变化差值。其它说明同图 1 和图 2。

表 6 从 80 年代初到 2000 年土壤 pH * 值变化情况
Tab. 6 Change in adjusted soil pH * from the early 1980s to 2000

地区	样本数	均值 (g/ kg)		变化	改善的样点退化的样点	
		80 年代初	2000		比例 (%)	比例 (%)
样本平均	143	- 0.76	- 1.16	- 0.4	31	67
东北	35	- 0.32	- 1.18	- 0.86	11	89
吉林	20	- 0.33	- 1.09	- 0.76	20	80
黑龙江	15	- 0.29	- 1.29	- 1	0	100
华北	23	- 2.11	- 1.21	0.9	87	13
河北	3	- 1.03	- 1.44	- 0.41	0	100
北京	20	- 2.27	- 1.17	1.1	100	0
长江中下游	85	- 0.57	- 1.14	- 0.57	25	73
江苏	65	- 0.64	- 1.05	- 0.41	29	68
浙江	20	- 0.36	- 1.44	- 1.08	10	90

资料来源：同表 1。

根据图 3a 和图 3b 所示，所有调查样本的土壤酸碱性质总体趋势是退化，其中长江下游和东北地区退化明显，而华北地区普遍改善。所有的样点平均计算，土壤酸碱性质下降了 0.4。长江中下游和东北地区分别下降了 0.57 和 0.86；华北地区则改善了 0.9（表 6）。华北地区农田土壤一般为碱性，其变化表明土壤质量得到提高，更有利于于作物生长。长

具体的数据调整方法如下：我们假定 pH 值等于 7.0 时为中性土壤，并赋调整的 pH 值为 0，用符号 pH * 代表调整过的 pH 值；当 pH 值大于 7.0 时，pH * 值等于 (7.0 - pH 值)；当 pH 值小于 7.0 时，pH * 值等于 (pH 值 - 7.0)。无论土壤的酸碱性质如何，原始的 pH 值越远离 7.0，那么 pH * 值的绝对值越大。若 2000 年比 80 年代初 pH * 值之间的差值大于 0，表明土壤的酸碱性质得到了改善；反之则退化，等于 0 表示稳定不变。

江下游和东北地区呈微酸, 调整的 pH 值下降意味着土壤有酸化的趋势, 对土壤的持续生产有不利影响。

4 小结和讨论

样本数据的分析结果表明, 20 世纪 80 年代初以来, 样本地区耕地土壤肥力发生了较为显著的变化, 同时肥力变化存在明显的地区差异。长江下游的样本地区平均有机质含量明显上升, 全氮和速效磷含量增加, 速效钾含量略有下降。华北的样本地区平均有机质含量略有改善, 全氮和速效磷含量增幅较大, 但速效钾含量损耗很多。东北的样本地区四个土肥力指标平均含量都下降了, 其中, 黑龙江省样本点的土壤肥力比吉林下降的幅度更大。另外, 除华北的样本地区耕地土壤酸碱性有所改善外, 长江下游和东北的样本地区存在酸化倾向。

虽然我们尽可能力求研究结果的可靠和稳定, 但是由于一些限制因素, 使得本文的分析结果在一定程度上还存在不确定性:

1、在不同耕作季节, 耕地土壤各肥力要素的流量和存量不同, 但本文两个时期的土壤肥力数据是同一个特定季节的采样实验数据, 没有反映出全年的平均水平。

2、本文土壤肥力变化数据是通过 80 年代初和 2000 年两个时期序列数据的差分得到的, 没有体现出中间时期的连续变化过程, 也无法检验两个考察期是否属于正常年份。

3、由于我们的样本仅限于东部地区 6 个省(直辖市)的 15 个县市 180 个样本点的数据资料, 因此我们得出的结论还不能扩展到其它地区。

4、全面了解耕地的综合肥力状况的演变还需要建立更为完整的肥力指标体系。

鉴于以上不确定原因, 要验证我们的结论以及得出更为精确和适用范围更广的结果还有待于继续深入研究。

致谢: 作者感谢南京土壤研究所史学正研究员提供了本项研究所需的土壤数据。同时非常感谢中国农业科学院土壤与肥料研究所金继运研究员对本文所做的建议和修改。

参考文献:

- [1] Doran J W, Timothy B P. Defining soil quality for a sustainable environment. Soil Science Society of America, Special Publication no. 35, 1994.
- [2] 曹志洪. 解译土壤质量演变规律, 确保土壤资源持续利用. 世界科技研究与发展, 2000, 21(3): 28 ~ 32.
- [3] Doran John W. Soil health and global sustainability: translating science into practice. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2002, 88: 119 ~ 127.
- [4] 陈同斌. 土壤资源保护是地理学的一项重要任务——黄秉维学术思想研究. 地理研究, 1999, 18(1): 17 ~ 23.
- [5] Lindert Peter H. The bad earth? China's soils and agricultural development since the 1930s. Economic Development and Cultural Change, 1999, 47(4): 701 ~ 736.
- [6] Smil Vaclav. The Bad Earth: Environmental Degradation in China. New York: M. E. Sharpe, 1984.
- [7] Smil Vaclav. China's Environmental Crisis: an Inquiry into the Limits of National Development. New York: M. E. Sharpe, 1993.
- [8] 秦明周. 红壤丘陵区农业土地利用对土壤肥力的影响及评价. 山地学报, 1999, 18(1): 71 ~ 75.
- [9] 王建革, 陆建飞. 华北平原土壤肥力的变化与影响因素分析. 农村生态环境, 1998, 14(3): 12 ~ 16.
- [10] 王茹, 张凤荣, 王军艳, 等. 潮土区不同质地土壤的养分动态变化研究. 土壤通报, 2001, 32(6): 255 ~ 257.
- [11] 王绪奎, 刘林旺. 江苏省耕地地力演变趋势分析. 中国土壤学会和江苏省土壤学会第九次委员代表大会论文集. 南京: 河海大学出版社, 1999.
- [12] 全国农业区划委员会. 中国农业资源与区划要览. 北京: 测绘出版社, 工商出版社, 1987.

- [13] 江永红,宇振荣,马永良. 秸秆还田对农田生态系统及作物生长的影响. 土壤通报,2001,32(5):209~213
- [14] 李新举,张志国,赵美兰,等. 免耕对土壤养分的影响. 土壤通报,2000,31(6):267~269.
- [15] 中国农业科学院土壤肥料研究所. 中国肥料. 上海:上海科学技术出版社,1994.
- [16] 李靖. 土壤中有机的作用. 平原大学学报,1999,16(4):54~55.
- [17] 何萍,王家骥. 非点源污染控制与管理研究的现状、困境与挑战. 农业环境保护,1999,18(5):234~237.
- [18] 贺维生,傅伯杰,陈利顶. 非点源污染的管理及控制. 环境科学,1998,19(5):81~91.

Soil fertility changes of cultivated land in Eastern China

YU Hai¹, HUANG Ji-kun², Scott Rozelle³, Loren Brandt⁴

(1. Policy Research Center for Environment and Economy, SEPA, Beijing 100029, China;
2. Center for Chinese Agricultural Policy Research, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 3. Department of Agriculture and Resource Economics, UC Davis, U. S. A.; 4. Department of Economics, Toronto University, Canada)

Abstract: With the intensified pressure of population increase on natural resources and the environment in China, changes in soil quality, especially in soil fertility, have become the focus of increasing world-wide concern. The aim of this paper is to try to precisely judge the new changing trend in soil fertility and quality in China for the sake of providing scientific basis for decision making to policy makers.

Data used in this article is from the second national soil census conducted in 1982-1986 and the follow-up soil survey based on the sample plots of the soil census done by Nanjing Institute of Soil Science in 2000. Five soil chemical indicators - organic matter-total nitrogen, effective phosphorus, effective potassium, and pH-value, with close relation to the crops growth, are selected as the primary analytical variables of soil fertility.

In this paper, agricultural soil fertility and quality changes from the early 1980s to 2000 were described by using data from 3 regions in China - the Northeast, the North China Plain and the middle and lower reaches of the Yangtze River - covering 180 sample plots in 15 counties of 6 provinces. The principle for sample plot and data selection in the study is that soil fertility indicators mentioned above should be recorded both in the early 1980s and 2000 on sample plot basis. Meanwhile, soil sampling season and analytical methods of soil experiments in the two periods should be basically the same so as to guarantee data from each plot of the two periods one-to-one correspondence and comparably in agreement. This is one of the reasons accountable for the more reliable and more convincing analysis and conclusions of the present paper than other similar studies.

The results show that, on average, soil organic matter, total nitrogen and effective phosphorus content have been increased since rural reform in China, although soil effective potassium and pH-value degraded. From the perspective of spatial distribution, however, there exist significant variations in soil fertility and quality. The average soil fertility rose in North China and the middle and lower Yangtze River basin, and dropped in Northeast China. Additionally, with the exception of North China, which saw an improvement in soil pH-value, acidification tendency was observed in the middle and lower reaches of the Yangtze River and Northeast China.

Key words: soil quality; soil fertility; changing trend