

土地利用方式的变化对土壤质量的影响

——以现代农业生态观光区为例

侯鹏程 (上海农林职业技术学院, 上海 201600)

摘要 以上海松江五厍现代农业生态观光区为研究对象, 分析了5种不同土地利用方式下的土壤养分及Pb, Cr, Hg, As, Cd 5种重金属元素含量的变化, 并采用土壤质量综合指数(SQ)法计算不同土地利用下的土壤环境质量指数。结果表明, 研究区土地利用方式的变化对土壤养分和重金属含量产生了明显影响; 在果园、稻田、林地、菜地、苗地5种土地利用方式中, 稻田土壤质量综合指数显著高于其他利用方式。

关键词 土地利用方式; 土壤质量; 土壤养分; 土壤重金属

中图分类号 S151.9 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2009)15-07098-03

The Effect of Different Land Use Patterns on Soil Quality

HOU Pengcheng (Shanghai Vocational Technical of Agriculture & Forestry, Shanghai 201600)

Abstract With modern agro-ecological tourist zone as research object, the changes of soil nutrients and Cd, Pb, Hg, As, Cr content were analyzed under different land use patterns, and synthetic soil quality index was calculated using SQ. The study showed that different land use patterns influenced soil nutrients and heavy metal content. Among five land use patterns, synthetic soil quality index of paddy soils was significantly higher than other land use patterns.

Key words Land use patterns; Soil quality; Soil nutrients; Soil heavy metals

土壤质量是土壤在生态系统界面内维持生产, 保障环境质量, 促进动物与人类健康行为的能力, 是土壤退化性过程和保持性过程的最终平衡结果^[1]。土地利用方式体现着土壤管理与决策的因素, 土地利用变化可引起许多自然现象和生态过程变化, 并且土地利用方式的变化影响土壤质量的变化^[2]。合理的土地利用可以改善土壤结构, 提高周围空气和水的质量, 增强土壤对外界环境变化的抵抗力, 不合理的土地利用会导致土壤质量下降, 增加土壤侵蚀、降低生物多样性、生态系统服务功能和土地生产力等^[3]。

当前, 土地利用方式对土壤质量及其生态环境功能的影响已成为地球表层系统界面过程及其环境效应研究的热点。李新宇^[4]等研究结果表明, 土地利用方式的变化会引起土壤质量的改变。张建等^[5]研究了江苏省原锡山市1980~2005年土地利用方式变化, 结果表明, 研究区域土壤有机质、全氮、pH值有所下降, 且土壤质量下降; 侯鹏程等^[2]研究了江苏省吴江市1980~2003年土地利用方式变化后发现, 该地区耕地面积急剧下降, 土壤pH值下降、土壤有效磷和速效钾明显增长; 秦明周等^[6]以广州为例研究了该地区土地利用方式的变化, 结果表明, 土地利用是对环境影响最普遍最一般的形式, 也是环境变化中贡献最突出的因素。

目前, 我国土地利用变化的研究主要集中在两类地区, 一类是人文和自然驱动力极为活跃的地区, 而另一类是随着人口的增长、经济的发展和资源的消耗, 各种各样的“脆弱区”不断出现的地区, 而对农业观光园区土地利用变化研究很少。农业观光园区是农业综合开发区的特色园区, 集高科技、节水型生态、高效、特色观光农业为一体。绝大多数农业观光区都是在原有基本农田上进行开放而成, 由单一的利用方式变成多种利用方式, 因此, 土地利用方式的变化势必会对土壤质量产生影响。笔者选取松江现代农业园区——上

海都市农林实训基地为研究对象, 研究该区域的稻田、林地、苗地、果园和菜地不同土地利用下的土壤养分特性(pH、有机碳、全氮、有效磷和速效钾)和重金属(Pb、Cd、Hg、As和Cr)全量的变化特点, 并通过土壤质量综合指数分析不同土地利用方式对土壤质量的影响。

1 资料与方法

1.1 研究区概况 研究区域位于上海黄浦江上游水资源保护区中五厍现代农业园区。该区于2001年2月正式成立, 是国家级农业标准化生产示范基地; 示范区地处松江区西南部, 地势低平, 土壤属湖沼相沉积的粘土类型, 上层土壤以沙质小粉泥、青紫泥为主; 示范区地处上海西南, 属亚热带北缘, 气候温和, 四季分明, 日照充分, 无霜期长, 光、热、水同季, 对各种作物生长均十分有利。年平均气温15.4℃, 极端最高气温39.1℃, 极端最低气温-10.5℃, 平均日照2 047.3 h, 无霜期230 d。

研究区由早期稻田单一土地利用方式转变为稻田、林地、苗地、果园和菜地5种利用方式。

1.2 样品采集 根据该研究区现有耕地的土壤类型、分布、利用现状等, 于2008年5月进行随机耕层土壤(0~20 cm)抽样调查。采样兼顾研究区空间代表性, 随机选取田块地点, 建立编号, 在所确定田块采用“X”法随机5点取样, 均匀混合后取部分成为混合样。

1.3 土壤性质的测定分析 土壤样品分析采用国家分析测试标准方法或农业部《农用环境检测手册》确定的行业标准方法(表1)。所有测定在上海市松江区食用农产品安全监督检测中心进行, 于2008年11月前完成。

1.4 统计分析 采用SPSS 12.0软件进行平均值、标准差统计及T TEST统计分析。

1.5 土壤质量评价 土壤质量的综合指标值的计算公式^[2]为:

$$SQ = \sum W_i * I_i \quad (W_i = 1)$$

式中, W_i 为各评价指标的权重, I_i 为评价指标对土壤质量的隶属度。

基金项目 上海高校选拔培养青年教师科研专项基金。

作者简介 侯鹏程(1980-), 男, 山西平遥人, 硕士, 助教, 从事土地利用变化及土壤质量方面的教学及研究工作。

收稿日期 2009-02-27

2 结果与分析

2.1 土壤质量指标的总变异 土壤养分含量和重金属元素的含量见表2。由表2可知,不同指标的变异幅度不同。变幅最大的为总镉,达50%以上,其次是速效钾,为43.2%,全氮、有效磷、总汞变幅为30%~40%;变异程度中等的是有

机碳、总铅、总砷;最小的是土壤pH值,变异系数为7%,这表明土壤pH值基本上受成土过程控制,与笔者所研究的江苏吴江土壤结果一致^[2]。由此可知,土壤中速效钾、全氮和有效磷含量随土地利用方式的改变有较大变化。

表1 土壤样品检测项目及分析方法

Table 1 The test items and analysis methods of soil samples

检测项目 Test items	检测方法 Test methods	主要仪器 Main instruments	方法来源 Method sources
pH	玻璃电极	pH计	土壤分析技术规范
有机质 Organic matter	硫酸亚铁滴定	电炉	GB 834-1988
全氮 Ttd N	半微量中和滴定法	定氮仪	GB 133-1987
有效磷 Available P	钼锑抗比色法	分光光度计	GB 12297-1990
速效钾 Available K	火焰光度法	火焰分光光度计	土壤分析技术规范
总汞 Ttd Hg	冷原子吸收分光光度计法	测汞仪	GB 117136-1997
总砷 Ttd As	二乙基二硫代氨基甲酸银分光光度法	分光光度计	GB 117134-1997
总镉 Ttd Cd	石墨炉原子吸收分光光度法	原子吸收分光光度计	GB 117141-1997
总铅 Ttd Pb	火焰原子吸收分光光度法	原子吸收分光光度计	GB 117141-1997
总铬 Ttd Cr	火焰原子吸收分光光度法	原子吸收分光光度计	GB 117137-1997

表2 土壤肥力与环境质量指标

Table 2 Soil fertility and environmental quality indicators

项目 Item	pH	有机碳 g/kg Organic carbon	全氮 g/kg Ttd N	有效磷 g/kg Available P	速效钾 g/kg Available K	总铅 ng/kg Total Pb	总镉 ng/kg Total Cd	总铬 ng/kg Total Cr	总砷 ng/kg Total As	总汞 ng/kg Total Hg
最小值 Minimum	6.600	8.24	1.42	13.27	52.300	21.10	0.01	56.42	5.75	0.08
最大值 Maximum	8.370	32.02	5.52	57.14	246.200	40.80	0.30	73.84	11.77	0.30
平均值 Mean	7.660	0.12	2.23	27.42	124.400	29.30	0.17	65.36	7.50	0.18
标准差 Standard error	0.541	0.03	0.90	11.09	53.740	5.43	0.08	5.95	1.38	0.06
变异系数 Variation coefficient	0.070	0.27	0.40	0.40	0.432	0.18	0.52	0.09	0.18	0.36

2.2 不同土地利用下土壤pH值和养分含量的变化 5种不同土地利用下土壤pH值和养分性质的变异见表3。由表

3可知,不同土地利用下土壤pH值和养分含量发生了广泛的变异。

表3 不同土地利用下土壤pH值和养分性质的变异

Table 3 Variation of pH value and nutrient properties in soil under different land use

项目 Item	pH值 pH value	有机碳 g/kg Organic carbon	全氮 g/kg Ttd N	有效磷 g/kg Available P	速效钾 g/kg Available K
果园 Orchard	6.95 ±0.21 d	14.86 ±0.69 a	1.56 ±0.03 a	43.41 ±8.36 a	188.52 ±43.98 a
稻田 Paddy field	7.37 ±0.09 c	15.12 ±0.67 a	1.52 ±0.09 a	27.41 ±5.1 b	59.50 ±5.97 d
林地 Woodland	7.82 ±0.11 b	8.95 ±0.62 c	0.83 ±0.08 c	24.93 ±1.76 b	111.96 ±2.45 c
菜地 Vegetable field	8.07 ±0.07 b	9.10 ±0.19 b	0.86 ±0.03 c	19.18 ±2.98 b	116.95 ±13.10 c
苗地 Seedling field	8.36 ±0.01 a	10.29 ±1.08 b	1.03 ±0.08 b	17.55 ±5.19 b	142.13 ±43.98 b

注: 同列不同字母表示差异显著。下同。

Note: Different letters in the same column mean significant difference. The same as below.

pH值的变化为苗地>菜地>林地>稻田>果园,且果园显著低于前4种利用方式;土壤有机碳的变化为稻田>果园>苗地>菜地>林地,稻田除了与果园的差异不显著外,与其他3种土地利用方式的差异均显著,土壤全氮含量的变化与有机碳的变化基本一致,由此可知,不同土地利用下土壤有机碳发生了较显著的差异,稻田这种利用方式最有利于固碳,这与Pan^[7-8]的研究结果一致。

土壤有效磷和速效钾属于速效态养分,在土壤溶液中较易移动,但过多的有效磷和速效钾如果不能被作物所吸收将会被淋溶到地下,近年来研究也表明,农田土壤中高含量的

有效磷对水系富营养化具有重要影响^[9-10]。该研究表明,5种不同土地利用方式下果园的有效磷和速效钾显著高于其他4种利用方式,其余4种利用方式下有效磷差异不显著,而稻田速效钾的含量显著低于其他3种利用方式,由此可知,在控制该地区磷和钾的面源污染上,控制果园土壤输出更为迫切,5种土地利用方式下稻田钾的含量显著低于其他4种利用方式,可见其他4种利用方式下肥料的施用量较高。

2.3 不同土地利用下土壤重金属含量的变异 土壤重金属含量是土壤环境质量的重要指标。不同土地利用方式下土壤重金属Pb、Cd、Hg、As、Cr的含量见表4。由表4可知,果园土

壤中 As 和 Cr 的含量显著高于其他利用, 稻田的 Pb 和 Hg 含量比其他利用方式略高, Pb 含量与果园和林地差异不显著, 而其他 2 种土地利用方式差异显著; Hg 含量与果园差异不

显著, 而其他 4 种土地利用方式差异显著。苗地的 Cd 含量显著高于其他利用。菜地除 Hg 含量略高外, 其他 4 种重金属含量均较低。

表4 不同土地利用下土壤重金属含量

Table 4 The content of heavy metals in soil under different land use

ng/kg

	Pb	Cd	Hg	As	Cr
果园 Orchard	28.86 ±1.37 ab	0.20 ±0.04 b	0.18 ±0.03 ab	8.55 ±0.47 a	71.50 ±1.95 a
稻田 Paddy field	36.12 ±5.69 a	0.20 ±0.05 b	0.23 ±0.06 a	7.92 ±0.27 b	69.40 ±0.33 b
林地 Woodland	29.30 ±4.27 ab	0.08 ±0.04 c	0.11 ±0.02 c	7.18 ±1.04 c	63.23 ±4.52 c
菜地 Vegetable field	24.81 ±1.84 c	0.08 ±0.05 c	0.17 ±0.09 ab	6.26 ±0.24 d	62.32 ±2.88 c
苗地 Seedling field	25.85 ±3.89 c	0.26 ±0.03 a	0.16 ±0.03 ab	7.14 ±0.60 c	57.23 ±0.84 d

就不同元素而言, 研究区稻田土壤 Pb 含量略高于自然背景值(35.0 ng/kg)^[11], 其他 4 种利用方式都低于背景值; 土壤 Cd 含量除苗地略高外, 果园、稻田含量总体与自然背景值(0.20 ng/kg)^[11]持平, 林地、苗地均显著低于背景值; 土壤 Hg 含量除林地低于背景值外(0.15 ng/kg)^[11], 其他 4 种利用方式均高于背景值。5 种利用方式下 As、Cr 含量均低于自然背景值(15 ng/kg、90 ng/kg)^[11]。土壤 AS 含量以果园土壤最高, 其次为稻田、林地、苗地、菜地, 土壤 Cr 含量以果园土壤最高, 其次为稻田、林地、菜地和苗地。

由此可知, 土地利用方式的不同影响土壤重金属的含量, 这可能一方面与不同土地利用下土壤化学有效性和环境迁移条件的差异有关, 菜地土壤酸性总体较强, 有利于溶解态重金属的淋溶; 而稻田经常处于还原状态, 重金属移动性不如旱地氧化条件下高; 另一方面, 也与不同利用下施肥和灌溉的差异有关。可见, 土地利用变异对研究区土壤环境质量产生了较大的影响。

2.4 不同土地利用下土壤环境质量综合评价 目前控制土壤酸化和重金属的移动, 促进土壤固碳和减少环境磷释放是土壤环境质量的主要问题, 笔者将耕地监测的养分进行归一化处理, 探索不同利用下土壤环境质量的变异。利用土壤养分综合指数 SQI 公式计算得到 5 种不同利用方式下土壤环境质量综合指数(图1)。由图1可知, 5 种土地利用方式下土壤质量综合指数有较大差异, 其中稻田的土壤质量综合指数显著高于其他 4 种土地利用方式, 其次是果园显著高于林

地、菜地、苗地, 而菜地、苗地两者差异不显著。由此可知, 5 种土地利用方式中, 稻田土壤质量最优。

该研究表明, 不同土地利用下的土壤环境质量差异较大, 稻田作为一种传统的利用方式, 是环境质量相对最佳的土地利用。因此加强保护稻田生态系统是十分重要的^[12]。

3 结论

(1) 该研究区内果园、稻田、林地、菜地、苗地 5 种土地利用方式下, 稻田有机碳含量较高, 有利于固碳, 果园有效磷、速效钾含量显著高于其他 4 种土地利用方式, 且稻田土壤速效钾含量显著低于其他 4 种利用方式。这表明在该地区磷、钾的面源污染上, 控制菜地、果园土壤磷、钾的输出可能更为迫切。

(2) 近年来, 研究区土地利用方式已从单一的稻田变为 5 种不同的土地利用方式, 这种变化深刻地影响了土壤性状及环境质量。在果园、稻田、林地、菜地、苗地 5 种土地利用方式中, 稻田的土壤质量综合指数显著高于其他利用, 因此稻田作为该地区一种传统的利用方式, 仍是保持最佳土壤质量的土地利用方式。

参考文献

- [1] 潘根兴. 地球表层系统土壤学 M. 北京: 地质出版社, 2000: 47-49.
- [2] 侯鹏程, 徐向东, 潘根兴. 不同利用方式下吴江市耕地土壤环境质量变化 J. 水土保持学报, 2007, 16(1): 152-157.
- [3] 巩杰, 陈利顶, 傅伯杰, 等. 黄土丘陵区小流域土地利用和植被恢复对土壤质量的影响 J. 应用生态学报, 2004, 15(12): 2292-2296.
- [4] 李新宇, 唐海萍, 赵云龙, 等. 怀来盆地不同土地利用方式对土壤质量的影响分析 J. 水土保持学报, 2004, 19(6): 103-107.
- [5] 张建, 陈凤, 濮励杰, 等. 经济快速增长区土地利用变化对土壤质量影响研究 J. 环境科学研究, 2007, 20(5): 3-6.
- [6] 秦明周, 陈云增. 快速城市化地区土地利用及其对土壤质量的影响——以广州市为例 J. 农业现代化研究, 2001, 22(2): 119-122.
- [7] PAN G X, LI L Q, WUL S, et al. Storage and sequestration potential of topsoil organic carbon in Chinese paddy soils [J]. Global Change Biology, 2003, 10: 79-92.
- [8] PAN G X, LI L Q, ZHANG Q, et al. Organic carbon stock in topsoil of Jiangsu province China and recent trend of carbon sequestration [J]. Journal of Environmental Science, 2005, 17(1): 1-7.
- [9] 潘根兴, 焦少俊, 李恋卿, 等. 低施磷水平下不同施肥对太湖地区黄泥土磷迁移性的影响 J. 环境科学, 2005, 24(3): 91-95.
- [10] 王鹏, 高超, 姚琪, 等. 环太湖丘陵地区农田磷素随地表径流输出特征 [J]. 农业环境科学学报, 2006, 25(1): 165-169.
- [11] 封坚强, 孙连飞. 松江区耕地地力调查与质量评价 M. 上海: 上海科学普及出版社, 2008: 57.
- [12] 潘根兴, 赵其国, 蔡祖聪. 《京都议定书》生效后我国耕地土壤碳循环研究若干问题 J. 中国基础科学, 2005(2): 12-18.

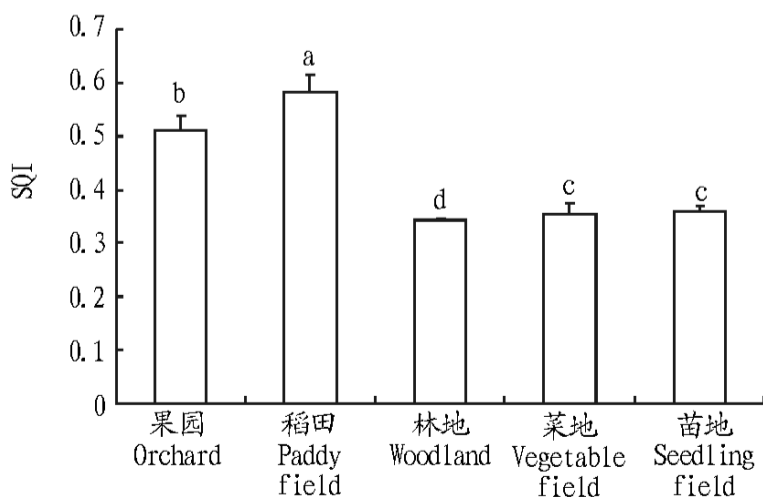


图1 5种土地利用方式下平均土壤质量综合指数

Fig.1 The mean soil quality index (SQI) of soil under five types of land use