

环太湖耕地利用变化与驱动机制研究

——以苏州市吴中区为例

仇恒佳, 卞新民*, 张卫建, 胡大伟

(南京农业大学农学院, 南京 210095)

摘 要: 以环太湖苏州市吴中区为样区, 利用统计资料、遥感数据和典型调查数据, 结合 RS 和 GIS 技术, 分析 18 年来耕地利用变化特点与驱动机制。结果表明: 研究区耕地年递减率为 1.6%, 表现出以水域和各类非农建设用地大量占用耕地为突出特点的区域土地动态变化特征; 耕地数量变化与区位和地形有关; 种植业对耕地利用强度出现波动下降趋势, 作物生产由粮食作物生产为主转化为粮食与经济作物生产并重; 其变化机制主要是经济发展、人口增长、农业结构调整和政策因素驱动。最后, 并在此基础上提出相关建议。

关键词: 耕地利用变化; 驱动机制; 可持续利用; 环太湖

中图分类号: F301.24

耕地是最基本的自然资源, 是土地中的精华, 随着“人口-资源-环境”问题的日益突出, 加强耕地利用变化研究, 分析其变化的驱动机制, 对合理利用耕地资源, 促进区域可持续发展, 有着重要意义。

太湖流域是我国人口密集、经济发达, 人地矛盾相对突出的地区, 目前正经历着剧烈的土地利用变化过程, 并由此带来一系列复杂的环境与生态效应^[1]。环太湖地区属于长三角和太湖流域的核心。在 1984 年国家实施沿海开放战略, 特别是在 1992 年国家决定沿江发展战略以后, 该地区工业化和城市化快速发展, 经济快速增长, 外来人口不断涌入, 由此也引发了耕地资源大量流失, 生态环境快速演变。基于环太湖地区长期以来人类对土地资源的强烈干扰, 以及耕地利用持续变化的态势, 本文以苏州市吴中区为样区, 利用 1984 年以来的社会经济统计资料及相关调查资料, 结合 RS 和 GIS 技术, 分析环太湖地区耕地利用变化规律, 揭示其变化的驱动机制, 为该地区在城市化和工业化过程中合理保护耕地和实施生态环境的可持续管理提供对策与依据。

1 研究区概况

吴中区于 2001 年由原来的吴县市变更而来, 地

处长江下游, 位于苏州市南部, 北依苏州主城区, 界于北纬 $30^{\circ}56' \sim 31^{\circ}27'$, 东经 $119^{\circ}55' \sim 120^{\circ}54'$ 。该区是典型的东部水网地区, 有 22 条骨干河道纵横交错, 京杭大运河纵越全境。境东部以平原为主, 西部有低山丘陵。土壤以黄棕壤、水稻土、沼泽土和石灰岩土 4 种类型为主。该区地处中亚热带北缘, 属季风气候过渡类型。2002 年平均温度 17.3°C , 年总降水量为 1376.7 mm, 年日照时数 1809.2 h, 年日照百分率为 41%。

研究区不仅是太湖国家风景区的重要部分, 而且是苏南工农业较为发达的地区之一。全区总面积 826 km^2 (不含太湖水面), 辖 13 个镇、1 个省级经济开发区、1 个国家级旅游度假区和 1 个国家级现代农业示范园区。2002 年总人口 54.09 万, 其中农业人口 36.29 万, 占总人口的 67.09%, 人口密度 655 人/ km^2 。国内生产总值 148.27 亿元, 三种产业的构成比例 6.6 : 55.6 : 37.8。

2 研究方法 with 基础数据

耕地利用变化包括耕地利用数量、利用强度和利用方式的变化, 这种变化因具体时间和区域不同而具有一定的时空变化特征^[2]。本文在分析耕地利用时间变化特征时, 主要应用时间序列分析和典型

基金项目: 国家 863 计划项目 (2001AA245041)、江苏省生态环境安全研究项目 (2004019) 资助。

* 通讯作者

作者简介: 仇恒佳 (1964—), 男, 安徽寿县人, 博士, 主要从事景观生态与城乡生态规划研究。E-mail: qhj010519@163.com

调查分析相结合的方法。由于土地利用没有长系列的土地详查资料,且长系列分年度的遥感图像不易获得,但不论是统计数据,还是农业部门普查数据,都反映出现阶段我国耕地面积持续递减的总趋势^[3],基于统计年鉴的耕地资料应该能反映耕地的变化趋势^[4],所以,我们利用《吴县五十年》、《江苏农村经济资料》、《吴县市统计年鉴》和《吴中统计年鉴》,获取1984—2002年耕地和社会经济数据,并结合典型乡镇调查,分析18年来耕地利用数量、种植业对耕地利用强度和利用方式的主要变化特征及其驱动机制。

在研究耕地利用空间变化特征时,我们应用的是遥感和地理信息系统技术。利用1984年和2002年两时期 Landsat TM 遥感数字图像(分辨率为30 m),在 ERDAS 图像处理系统和 ARC/INFO 地理信息系统支持下,采用计算机分类和人工分类相结合的方法,进行研究区土地利用类型分类,编制了包括耕地、林地、水域、城镇、农村居民点与交通工矿用地5大类的土地利用类型图。在GIS支持下,将两期土地利用类型图进行叠加,获取1984—2002年土地转移矩阵,从中分析耕地减少的去向。土地利用的空间变化,可以用土地资源分布重心变化情况来反映^[5],我们利用ARC/INFO中的相关功能,分别在上述两期矢量图层上进行处理,得出各个耕地斑块重心坐标,分析了18年来耕地空间转移特征。

3 耕地利用时空变化过程分析

3.1 耕地数量变化过程

根据统计资料,1984—2002年期间,耕地面积总体上呈现下降趋势,从1984年的31711 hm²降到22553 hm²,净减9158 hm²,年均递减率为1.60%,明显高于全国同期0.30%年递减率和长江三角洲地区0.49%的年递减率。图1反映出,在耕地减少过程中,有两个耕地面积和人均耕地面积快速减少时期。一个是1995—1997年,耕地面积减少了2851 hm²,年平均递减4.8%,远远大于吴中区18年间年平均递减率;人均耕地面积由1995年的0.054 hm²/人下降到1996年的0.048 hm²/人,首次出现人均耕地低于联合国0.053 hm²/人的警戒线。另一个快速减少时期是2000—2002年,耕地面积减少了4018 hm²,年平均递减7.6%,耕地下降速度明显加快,人均耕地面积下降到0.038 hm²/人,人地矛盾进一步突出。

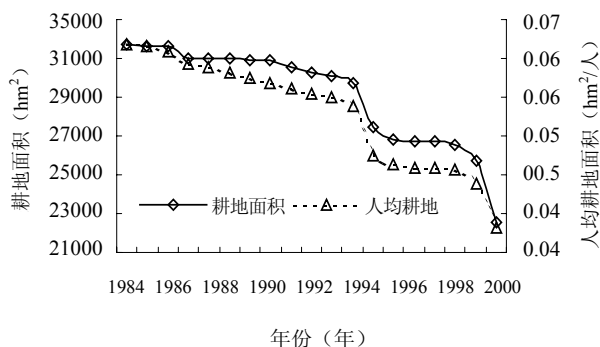


图1 吴中区耕地及人均耕地面积变化

Fig. 1 Changes in cultivated land in Wuzhong

耕地流向包括流失与流入,耕地减少是其流量与流向动态变化失衡的结果^[6]。根据从遥感图像上获取的土地类型变化转移矩阵分析,18年间吴中区耕地面积变化最大,占总净减少土地类型面积的79.32%。耕地转化为水域数量最多,占耕地转出量的44.18%;转为城镇用地的数量占耕地总转出量的28.18%;转为农村居民点与交通工矿用地的数量占耕地总转出量的24.21%;转化为林地只占耕地总转出量的3.43%。由此可见,18年来研究区耕地快速减少,并体现出以水域和各类非农建设用地大量占用耕地为特点的区域土地动态变化特征。

3.2 耕地利用空间特征变化

耕地资源分布重心坐标(经纬度)计算方法为:

$$X_t = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{it} \times X_i)}{\sum_{i=1}^n C_{it}} \quad Y_t = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{it} \times Y_i)}{\sum_{i=1}^n C_{it}} \quad (1)$$

式中 X_t 、 Y_t 分别表示第 t 年耕地资源分布重心经纬度坐标; C_{it} 表示第 t 年第 i 耕地斑块的面积; X_i 、 Y_i 分别表示第 i 个耕地斑块重心经纬度坐标。

利用遥感资料得到各个耕地斑块重心坐标,由公式,计算出1984年和2002年耕地的分布重心分别为(31°19'52.83"N, 120°21'30.40"E)、(31°17'27.11"N, 120°20'36.83"E)(图2)。可见,1984—2002年耕地



图2 吴中区耕地空间变化

Fig. 2 Spatial change in cultivated land in Wuzhong

资源向南偏移 0.04° ，向西偏移了 0.02° ，整体上向西南太湖水面方向偏移了 4.74 km 。表明在吴中区北部和东部有大量耕地流失，迫使耕地的重心向西南方向移动。

进一步分析发现，吴中区耕地流失与区位和地形有关。在吴中区中间的北部与苏州古城交界处，由于受到苏州城区的扩展和苏州市吴中经济开发区建设的影响，大量耕地转化为城市用地。如与苏州城区交界的长桥镇，18 年耕地减少 1879.9 hm^2 (统计数据)，占同期吴中区总耕地减少面积的 20.5%，其耕地减少面积的 92% 转化为新城区和开发区用地。境东部是平原区，且受上海经济的强烈辐射，城镇及工业园区的发展占用耕地面积较大；同时，沿东太湖围垦的低洼耕地转化为精养鱼池较多。如境最东部的角直镇，1984—2002 年耕地减少 1476.13 hm^2 (统计数据)，占同期研究区耕地总减少面积的 16.12%，其耕地减少面积中的 62% 转变为非农建设用地，38% 转化为以精养鱼池为主的水域。

3.3 种植业对耕地利用强度的变化

耕地复种指数是衡量耕地资源集约化利用程度的基础性指标，也是评价耕地资源利用基本状况的重要技术指标^[7]。18 年来吴中区耕地复种指数变化可分为 4 个阶段(图 3)，1984—1988 年耕地复种指数持续下降，从 1984 年的 2.00 降低到 1988 年的 1.69，对耕地的利用强度逐步降低；1989—1993 年复种指数处于平稳阶段，基本上在 1.71~1.73 间浮动；1994—1997 年复种指数表现回升趋势，从 1.79 回升到 1.90，对耕地利用强度有所回升；1998—2002 年复种指数又出现明显下降，对耕地利用强度再次降低，2001 年耕地复种指数下降到 18 年来的最低点(1.55)。

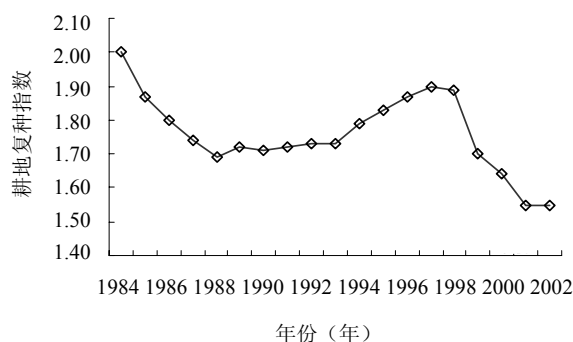


图 3 耕地复种指数变化

Fig. 3 Change of multi-cropping index

3.4 种植业对耕地利用方式的变化

不同作物播种面积比例的变化可以反映种植业利用耕地的方式。本文选用当地主要种植的粮食作物水稻和三麦(小麦、元麦和大麦)，经济作物油菜和蔬菜的播种面积，分析 4 种作物种植面积比例变化趋势，了解种植业利用耕地方式的主要变化规律。

从图 4 可见，水稻播种面积比例在 1984—1997 年内，虽有一定起伏，但波动不大，保持在 41%~47% 之间；从 1998 年开始，水稻播种面积比例出现明显下降，从 1997 年的 45% 下降到 2002 年的 27%；三麦播种面积比例在 1984—1992 年间基本保持在 35%~31% 之间，从 1993 年开始有下降趋势，特别是从 1998 年开始播种面积比例下降显著，从 1997 年的 29% 下降到 2002 年的 9%；油菜播种面积比例 18 年间虽然也有一定幅度波动，但总的趋势有所上升，从 1984 年的 7% 上升到 2002 年的 18%，并于 2002 年播种面积超过小麦的播种面积；蔬菜播种面积比例一直处于上升趋势，从 1984 年的 2% 上升到 2002 年的 26%，特别是从 1998 年开始，增长幅度增大，2002 年其播种面积接近水稻播种面积。上述作物种植结构变化趋势说明，18 年来吴中区种植业结构调整速度逐步加快，种植业由以粮食作物生产为主的格局转变为粮食作物和经济作物生产并重的新格局。

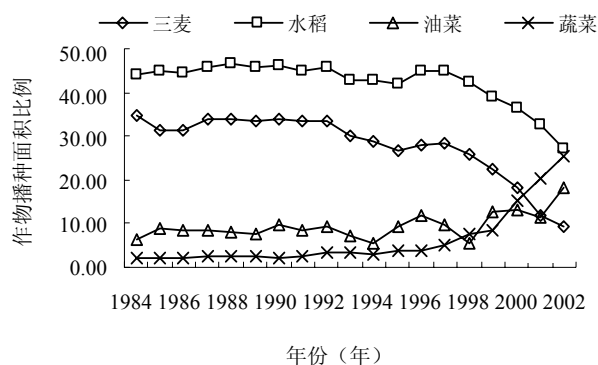


图 4 作物种植结构变化

Fig. 4 Change in crop planting structure

4 耕地利用变化驱动机制分析

区域土地利用结构状况与社会经济发展水平之间有着密切关系，土地利用结构变化与社会经济因子的驱动力作用必然具有内在的相关性^[8]。快速发展的工业化和城镇化导致了一些区域的土地利用状况也发生了显著变化^[9]。长江三角洲优越的自然条件和雄厚的经济实力，决定了该地区灾害、环境变

迁等自然因素对耕地数量的影响极小,耕地利用变化则主要受人文因素的强烈影响^[10]。为此,下面着重从经济、人口、农业产业结构调整和政策4个方面探讨耕地利用变化的驱动机制。

4.1 经济发展与耕地数量变化关系

人均GDP是反映经济发展水平的一个重要指标。为了分析经济发展同耕地减少之间的关系,选取1984—2002年吴中区人均GDP对统计耕地数量作相关分析,结果发现这两项指标相关系数为-0.964,呈显著相关,表明经济发展是耕地数量变化的主要驱动力之一。再作进一步的回归分析发现,人均GDP每提高1000元,耕地相应减少292 hm²。

为了进一步研究引起经济发展的主导因素,我们选取了实际利用外资(X_1)、城市化水平(X_2)、第一产业占GDP比重(X_3)、第二产业占GDP比重(X_4)、第三产业占GDP比重(X_5)、基本建设投资(X_6)6项指标为自变量,以1984—2002年人均GDP为因变量(Y),在正态标准化消除量纲影响后,进行逐步回归分析,结果如下:

$$Y' = 0.305 X_2' + 0.467 X_5' + 0.275 X_6' \quad (2)$$

($R^2 = 0.988$, 通过了 $P < 0.01$ 的显著性检验)

式中, Y' 、 X_2' 、 X_5' 、 X_6' 分别表示 Y 、 X_2 、 X_5 、 X_6 标准化变量。由此可见,随着城市化水平的提升、第三产业的增长以及基本建设投资规模的扩大,在推动经济快速发展的同时,也占用了大量耕地。

4.2 人口增长与耕地变化的关系

人口是人类社会经济因素中最主要的因素,人口增长是耕地变化的最主要影响因子之一^[11]。通过对18年来的总人口数与统计耕地面积回归分析,得到两者关系式:

$$Y = 79338.63 - 0.0911X \quad (3)$$

($R = 0.933$, $R^2 = 0.870$, $F = 114.163$, $\text{Sig} = 0$)

式中, Y 表示耕地面积, X 为人口数。该公式反映了耕地数量与人口之间的负相关关系,即人口每增加1人,耕地减少0.0911 hm²。由于该地区土地后备资源十分有限,且外来人口不断涌入,因此,人口增长引起对居住、交通等用地的需求,从而导致部分耕地转化为居住、交通等非农建设用地。

4.3 农业结构调整对耕地利用的影响

农业产业结构调整不仅指种植业、林业、牧业、渔业之间的比例调整,而且包括各个产业内部结构的调整。18年来吴中区农业结构发生了巨大变化,农林牧渔总产值的结构从1984年的63.4:1.7:21.2:

13.7转变为2002年的64.4:3.4:7.7:24.5;农作物种植结构也由以粮食作物生产为主转变为粮食作物和经济作物生产并重,粮食与经济作物的比重由1984年的8:2转化为2002年的5:5。

市场经济的发展是农业结构调整的主要原因。由于种植业生产长期依靠化肥农药的大量投入,不仅造成水体系统的污染,影响了水质和土质,而且使得产量和收成幅度下降。再加之养殖业与种植业间的比较效益差异,受比较利益的驱动,耕地向养殖鱼池转化在所难免。据实际调查,2000年是吴中区东山镇农业结构调整之年,其重点是将农田改为鱼池,当年就调整了566.7 hm²,仅存213 hm²的粮田。农田改为鱼池,不仅使吴中区水域面积增大,而且使农林牧渔总产值中的渔业产值的比重从1984年的13.7%增加到2002年的24.5%。

市场价格的波动促进了农业结构调整,不仅使农、林、牧、渔的比例呈动态变化,而在农业各产业内部也起重要作用,这点已在种植业对耕地利用方式中进行了分析。

4.4 政策对耕地利用变化的影响

4.4.1 政策对耕地数量变化作用 受1984年的国家沿海开放战略和1992年的沿江发展战略影响,原吴县于1984年在苏州市区的城南开发新城区,并于1993年在苏州南门建立经济开发区,同时各乡镇也相继设立了工业园区或经济开发区,导致了非农建设用地对耕地的大量需求。虽然1996年国家实行强有力的耕地总量平衡的宏观调控政策,但面对环太湖地区强大经济发展的浪潮,耕地保护政策在实施过程中受到消弱,耕地面积仍然呈现逐年递减的趋势。

行政区划调整为经济发展提供了巨大机遇,更为城市化快速发展提供了可能。1995年6月,在原吴县行政区域基础上建立吴县市(县级),2001年2月,原吴县市辖区分设为苏州市的吴中区与相城区,处于苏州城区边缘的吴中区在行政区划调整后得到了在政治经济上更大的发展空间。图1显示的耕地面积和人均耕地面积2个快速减少时期与行政区划调整时间相对应,说明行政区划调整对耕地数量快速变化具有显著影响。

4.4.2 政策对种植业利用耕地强度和农业结构调整的作用 1985—1988年,国家采取了抑制粮食生产的政策,同期,农业生产资料的价格持续上涨,粮食生产效益明显下降。对此,当地农民大幅度缩

减双三熟制的种植比例, 1987 年双季稻基本绝迹, 恢复了一年两熟的耕作制度^[12]。因此, 这一阶段耕地复种指数持续下降(图 3)。1989—1993 年, 国务院建立了农业发展基金, 增加了对农业尤其是粮食生产的投入, 提高农产品价格, 从而抑制了种植业对耕地利用强度持续下滑的趋势, 耕地复种指数基本稳定。1994—1997 年, 国家全面实行市场经济, 对农业进一步加大了资金及政策的投入, 促进了农民对种植业生产的积极性, 对耕地利用的深度逐步加强。1996—1998 年我国的粮食生产连年丰收, 2001 年国家沿海 8 个省市不再下达粮食生产量指标, 这为农业结构调整创造了条件。吴中区从 1999 年开始, 加大种植业与渔业间的农业结构调整, 同时, 在种植业内部加快发展蔬菜等经济作物。但由于大宗作物播种面积下降过快, 致使耕地的复种指数再度降低。

5 对策与建议

吴中区是环太湖地区耕地利用变化较为典型的地区, 当地政府为保护耕地, 提高耕地的利用效率曾做过不少的尝试。笔者根据耕地利用变化和驱动机制分析, 并针对当前构建“环太湖都市圈”的设想, 对环太湖地区耕地保护与利用提出以下对策和建议:

(1) 坚持土地经济、生态、社会整体协调观, 科学修订土地利用总体规划。充分认识耕地资源的物质价值应包括耕地经济价值、生态价值和社会价值^[13]。按照可持续发展思路, 土地利用总体规划应科学预测城市化、工业化以及第三产业的发展进程, 提出科学的用地总量, 保护一定“底线”的农地资源和耕地资源。坚持总量控制, 微观监督, 严格控制非农建设用地的增加。

(2) 加强政府在耕地保护中的作用, 提高非农建设用地集约化利用。由于市场只关注经济效益, 耕地的生态价值和社会价值只能通过政府的管制来解决, 因此, 政府在实施耕地占补平衡战略过程中, 不仅要注重量与质的平衡, 而且要通过垄断土地一级市场, 把耕地损失造成的社会及生态代价纳入到市场成本中, 使占用耕地者付出足够的代价补偿耕地的损失; 同时, 在固定资产投资中注重促进区域产业升级, 提高非农建设用地的集约化利用程度, 减轻耕地资源保护的外部压力。

(3) 依靠科技进步, 合理推进农业结构调整。农业结构调整是农业向现代化的必然途径, 是市场

经济条件下, 农民追求经济效益最大化的集中体现。但是农业结构调整是个循序过程, 应该根据市场需求, 充分考虑生态效益和社会利益, 依靠技术进步有序推进。为此, 种果养鱼应尽可能的利用荒山和中低产田, 依据农产品市场发展态势, 合理调整种植业中经济作物与粮食作物的比例, 并依靠科技进步, 提高农业生产的经济产出率。

(4) 发展生态农业和循环农业, 建立良性农业生态系统。发展生态农业和循环农业是解决经济发展与农业环境的矛盾和农业资源合理配置的重要途径。环太湖地区具有良好的农业基础和得天独厚的农业资源优势, 但由于近年来化肥农药的大量使用, 不仅引起粮食生产效益明显下降, 而且造成水土系统的污染, 严重影响农民对耕地的利用程度。因此, 采用生物技术、发展多样化的耕作制度、改变农业废弃物的处理方式; 利用对外开放条件, 发展旅游和观光农业^[14], 建立绿色农产品基地, 在提高经济效益和保护农业生态环境的同时, 促进农民进行农业生产的积极性。

参考文献:

- [1] 许刚, 朱振国, 解晓南. 太湖流域上游土地利用变化机制的实证分析. 湖泊科学, 2004, 16 (2): 149-156
- [2] 蔡银莺, 张安录. 武汉市耕地资源非农化过程的时空变化特征分析. 中国人口·资源与环境, 2004 (14): 115-119
- [3] 李辉霞, 陈国阶, 何晓蓉. 现阶段我国耕地变化趋势及其驱动力分析. 地域研究与开发, 2004, 23 (3): 98-101
- [4] 高俊峰. 太湖流域土地利用变化及洪涝灾害响应. 自然资源学报, 2002, 17 (2): 150-156
- [5] 王秀兰, 包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨. 地球科学进展, 1999, 18 (1): 81-87
- [6] 周炳中, 赵其国, 杨浩. 江苏省耕地变化及其驱动机制的数理探讨. 土壤学报, 2003, 40 (5): 665-671
- [7] 卞新民, 冯金侠. 多元多熟种植制度复种指数计算方法探讨. 南京农业大学学报, 1999, 22 (1): 11-15
- [8] 甘红, 刘彦随, 王大伟. 土地利用类型转换的人文驱动因子模拟分析. 资源科学, 2004, 26 (2): 88-93
- [9] Pu LJ, Yang GS, Xu MJ. Characteristics and process of land use change in the Yangtze River Delta, China. Pedosphere, 2001, 11 (3): 193-198
- [10] 杨桂山. 长江三角洲近 50 年耕地数量变化的过程与驱动机制研究. 自然资源学报, 2001, 16 (2): 121-127

- [11] 韦素琼, 陈健飞. 闽台耕地数量变化及驱动力因子的比较研究. 土壤, 2004, 36 (5): 506-515
- [12] 吴县地方志编纂委员会编. 吴县志. 上海: 上海古籍出版社. 1994: 286-290
- [13] 俞奉庆, 蔡运龙. 耕地资源价值探讨. 中国土地科学, 2003, 17 (3): 3-6
- [14] 余之祥, 马毅杰. 土地利用与农业结构的演变与发展趋势——兼论苏州市吴中区的农业发展. 土壤, 2002, (4): 173-190

Change in Land Use of Cultivated Land Around Taihu Lake and Its Driving Forces ——The Case of Wuzhong District of Suzhou City

QIU Heng-jia, BIAN Xin-min, ZHANG Wei-jian, HU Da-wei
(College of Agriculture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: Based on statistics data, remote sensing images, and case-investigations of cultivated land collected from 1984 to 2002, and with the help of the RS and GIS software, characteristics of the change in land use of cultivated land and its driving forces in the Wuzhong District of Suzhou City were analyzed. Results showed that the acreage of cultivated land was decreasing at the rate of 1.6% a year, and the change in land use was characterized by decrease in cultivated land and increases in water surface and construction land; the change in acreage of cultivated land was related to its geographic and topographic factors; the utilization intensity of the plantation of cultivated land has been declining with fluctuation; and the plantation has been changing from the grain-based cropping system to a grain-cash crop-based cropping system. Economic development, population growth, agricultural structural readjustment and policies were the main driving forces of the change. In the end of the paper, some suggestions are set forth.

Key words: Variations in cultivated land utilization, Driving forces, Sustainable utilization, Around Taihu Lake