

基于 RS 和 GIS 苏州市近 20 年来 城镇扩展对土壤资源的影响研究

檀满枝 陈 杰 张学雷

(土壤与农业可持续发展国家重点实验室(中国科学院南京土壤研究所) 南京 210008)

摘 要 随着城市化的加速发展,越来越多的土壤资源被侵占。本文借助 RS 和 GIS 技术,利用 1984、1995、2000、2003 年 4 期 TM 卫星遥感影像,采用多时相连续对比法对苏州市近 20 年来城镇扩展情况进行了分析;结合苏州市土壤图和全国第二次土壤普查数据,对苏州市近 20 年来城镇扩展占用土壤资源的情况进行了研究;并初步提出城镇扩展对粮食安全的影响。

关键词 城镇扩展; 土壤资源; 粮食安全; 苏州市

中国分类号 S157; P962

土壤作为一种支撑并维护生活的不可再生性自然资源,是人类生存和发展不可脱离的物质基础,是城市化发展的空间支撑基础和重要的非生物生态基础。我国属于土壤资源严重制约型国家,随着工业化和城市化的加速发展,土壤资源与土壤环境压力日益增长。城市建成区面积不断扩大、经济开发区与新城镇建立、城市交通网络建设、农业结构调整等造成我国原本就短缺的土壤资源快速衰减,不仅直接威胁农业生产和粮食安全,而且对生态环境造成难以逆转的影响。

迅速发展的数字遥感技术和 GIS 技术,为城市扩展提供了及时有效的监测技术手段。本文借助 RS 和 GIS 技术,利用 1984、1995、2000、2003 年 4 期 TM 卫星遥感影像,采用多时相连续对比法对苏州市近 20 年来城镇扩展情况进行了分析;并结合苏州市土壤图,对苏州市近 20 年来城镇扩展对土壤资源的影响进行了初步的研究。

1 研究区概况

苏州市位于长江三角洲中部、江苏省南部,东经 119°55'~121°20',北纬 30°47'~32°02'。境内河流纵横,湖泊众多,京杭运河贯通南北,望虞河、娄江、太浦河等连接东西,太湖、阳澄湖、昆承湖、淀山湖镶嵌其间。

苏州地为亚热带湿润季风海洋性气候,四季分

明,气候温和,雨量充沛;年平均气温 16℃,无霜期 230 天左右,日照 2000 h 以上,年降水量 1100 mm,3~8 月的降水量占全年雨量的 65%左右。

苏州 1983 年起实行市管县制,现辖常熟、张家港、昆山、太仓、吴县、吴江 6 个县级市,总面积 8488 km²,其中市区面积 392 km²,建成区 70 km²;总人口 573 万,其中市区 106 万,农业人口 405 万。

2 材料与方法

采用的信息源包括 1971 年 1:10 万苏州市地形图、1983 年 1:20 万苏州市土壤图、苏州市 4 期 TM 图像(1984 年、1995 年、2000 年和 2003 年)、1996、2001、2003 年苏州市统计年鉴以及 1988 年苏州市土壤志。

本研究通过屏幕矢量化方法获取各种空间数据,利用地理信息系统(GIS)软件,采用统一的坐标系统和投影参数,首先对地形图进行空间定位,然后配准遥感图像和土壤图,在此基础上进行矢量化处理,获取数据。依据地形图、土壤图和 4 期 TM 图像,结合实地调查,分析近 20 年来城镇扩展状况。我们能够得到 1984 年、1995 年、2000 年和 2003 年苏州市城镇建设用地图形数据库,1984~1995 年,1995~2000 年,2000~2003 年苏州市城镇扩展动态变化图形数据库。最后结合苏州市矢量化土壤图数据库,能够得到 1984 年,1984~1995 年,1995~2000

年, 2000~2003 年城镇扩展占用土壤资源图形数据库, 统计分析得出不同年份城镇扩展所占用的土壤类型和面积。

3 结果与讨论

3.1 城镇扩展情况

根据 1984 年、1995 年、2000 年和 2003 年苏州市城镇建设用地图形数据库和 1984~1995 年, 1995~2000 年, 2000~2003 年 3 期苏州市城镇扩展动态变化图形数据库, 经过空间分析与统计分析, 得出苏州市近 20 年来城镇扩展情况, 见表 1。

表 1 1984~2003 年苏州市城镇扩展面积 (单位: hm^2)

Table 1 Expansion of Suzhou City from 1984 to 2003

	年代		
	1984~1995	1995~2000	2000~2003
初期面积	17843.64	32812.59	52196.30
扩展面积	14968.95	19383.71	38695.59
年均扩展面积	1360.82	3876.74	12898.53
相对年扩展率 (%)	7.6	11.8	24.7

注: 年均扩展面积=(末期面积-初期面积)/(末期年-初期年); 相对年扩展率(%)=年均扩展面积/初期面积 \times 100%

1984~2003 年间, 随着城市化和工业化水平的不断提高, 苏州市城镇建设用地面积不断扩大。全市城镇建设用地总面积从 1984 年的 17843.64 hm^2 扩大到 2003 年的 90891.89 hm^2 。1984、1995、2000、2003 年城镇建设用地面积比例为 1:1.84:2.93:5.09。自 1984 年以来, 苏州市平均每年城镇用地数量也在不断增大(表 1)。具体表现在城镇建设用地年均扩展面积不断扩大, 1984 年以前年均扩展面积相对较小, 1984 年以后, 尤其是 2000 年以后年均扩展面积急剧增加, 2000~2003 年的 3 年间平均每年扩展了 12898.53 hm^2 。苏州全市 1984~1995 年, 1995~2000 年, 2000~2003 年间平均年扩展面积比例为 1:2.85:9.48。由此可见, 20 年来, 苏州全市城市化面积呈不断增长的态势, 而且可以看出, 增长的趋势越来越明显、增幅越来越大。

各时期相对年扩展率也呈现不断增长的态势, 1984~1995 年、1995~2000 年、200~2003 年相对年扩展率分别为 7.6%、11.8%、24.7%。1984~1995 年间城镇建设用地面积基数小且期间年限长, 年均扩展面积和相对年扩展率均较小, 说明城镇建设用地扩展处于缓慢增长阶段; 1995~2000 年间年均扩

展面积为 1984~1995 年间的 2.85 倍, 相对年扩展率也比 1984~1995 年间相对年扩展率稍许增大; 到 2000~2003 年间, 年均扩展面积已达 1984~1995 年间扩展面积的 9.48 倍, 与 1995~2000 年间年均扩展面积相比也增加了 3 倍多, 相对年扩展率也比 1995~2000 年间增大许多, 可见城镇建设用地扩展至此已处于高速增长阶段。

3.2 城镇扩展对土壤资源的影响

以城镇扩展图为输入图(input), 土壤图为覆盖图(overlay), 二者相交(intersect), 输出的图形就是各个时期城镇扩展侵占土壤类型图形数据库。根据此图形数据库, 统计归纳出城镇扩展侵占各种土壤类型的面积和质量等级(图 2~4)。

3.2.1 城镇扩展侵占的土壤类型及面积 表 2 显示的是苏州市 1984~2003 年城镇扩展占用的土壤类型及面积。

3.2.2 城镇扩展侵占土壤资源的质量等级 苏州市共分布有 5 个土类, 8 个亚类, 31 种土属。根据土壤图统计, 苏州市水稻土占普查土壤总面积的 81.59%, 潴育型水稻土占总土壤面积的 56%^[1]。各类土壤的理化特性的选择是根据苏州市全国第二次土壤普查土属一级的典型剖面数据。本文选定了 8 个评价项目: 土体构型选用耕层厚度, 物理性质选用质地和容重 2 项, 化学性质选用 pH 值、有机质、全 N、全 P 和全 K 5 项指标。

依据各评价因素对土壤质量影响的程度进行分级, 得出评价因素分值^[2](表 3)。在土壤质量评价中, 各因子的权重分析采用 AHP 法—多层次综合分析法^[3, 4]。各评价因素指数是评价因素分值与权重的乘积, 各单项评价指数相加得出各土属评价的指数和, 再根据各类土属评价总指数进行归纳排列(表 4)。

苏州市 1984~2003 年城镇扩展占用土壤资源各质量等级的土壤类型及其面积统计分析见表 5, 从中可以看出城镇扩展主要是占用了 I 类土壤资源面积。其中 1984~1995 年城镇扩展共占用 I 类土壤资源面积 10818.87 hm^2 , II 类土壤资源面积 3678.05 hm^2 。III 类土壤资源面积 42.17 hm^2 ; 1995~2000 年城镇扩展共占用 I~III 类土壤资源面积分别为 13702.51、4233.75、213.4 hm^2 ; 2000~2003 年城镇扩展共占用 I~III 类土壤资源面积分别为 26278.07、11216.15、366.58 hm^2 。

表 2 1984~2003 年苏州市城镇扩展侵占的土壤类型及面积 (单位: hm^2)
Table 2 Soil types and areas occupied by the expansion of Suzhou City from 1984 to 2003

土属	1984~1995 年				1995~2000 年				2000~2003 年			
	市级	县级市	乡镇	总面积	市级	县级市	乡镇	总面积	市级	县级市	乡镇	总面积
白土	3.77	79.43	184.18	267.38	-	150.42	46.25	196.67	37.96	597.86	401.10	1036.92
白蚰土	-	-	41.43	41.43	-	-	61.41	61.41	-	-	85.67	85.67
草渣土	-	-	-	-	-	-	76.11	76.11	-	52.44	-	52.44
潮泥土	-	57.21	615.27	672.48	-	-	-	-	-	415.97	549.49	965.46
粗骨土	-	0.28	35.85	36.13	12.02	1.93	272.04	285.99	207.41	2.42	186.30	396.13
粉沙土	-	-	144.77	144.77	-	44.44	172.05	216.49	-	144.15	279.93	424.08
湖成白土	-	-	3.25	3.25	-	-	419.03	419.03	-	-	444.82	444.82
潮沙土	-	-	-	-	-	-	51.66	51.66	50.54	123.00	60.90	234.44
黄刚土	-	60.96	6.30	67.26	-	19.24	38.54	57.78	-	104.17	13.20	117.37
黄泥土	1587.67	1911.49	2886.73	6385.89	3340.38	934.54	5003.26	9278.18	2974.63	3153.63	6298.85	12427.11
黄沙土	-	-	-	-	-	-	2.66	2.66	-	-	30.99	30.99
沙土	-	-	-	-	-	68.36	-	68.36	-	0.48	443.89	444.37
黄松土	70.15	504.77	2790.36	3365.28	112.07	787.30	2117.00	3016.37	1695.48	2187.71	7251.60	11134.79
夹沙土	-	-	1134.21	1134.21	-	-	332.56	332.56	-	12.89	2893.03	2905.92
青泥土	107.25	119.65	253.73	480.63	253.93	7.95	324.44	586.32	110.27	97.60	158.88	366.75
青沙土	-	-	3.51	3.51	-	-	28.10	28.10	-	5.56	32.27	37.83
青紫泥	3.99	22.20	218.50	244.69	23.64	16.65	1076.51	116.80	51.27	309.87	590.32	951.46
沙夹垅	-	-	-	-	-	499.93	492.66	992.59	-	427.02	1567.94	1994.96
垅泥	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	160.25	160.25
石板土	-	-	0.74	0.74	-	-	58.62	58.62	196.18	-	1.30	197.48
乌泥土	4.21	-	1.37	5.58	158.57	-	91.45	250.02	191.02	-	45.39	236.41
乌散土	-	-	90.68	90.68	26.44	-	59.20	85.64	64.71	-	272.74	337.45
乌沙土	-	-	225.76	225.76	-	-	129.30	129.30	-	195.55	334.68	530.23
乌栅土	-	1026.73	306.47	1333.20	0.06	579.67	248.31	828.04	87.19	1472.24	763.79	2323.22
水耕灰潮土	-	-	36.22	36.22	-	-	0.57	0.57	-	-	24.25	24.25
沼泽土	-	-	-	-	-	-	4.79	4.79	-	-	-	-
棕色石灰土	-	-	-	-	-	-	14.60	14.60	-	-	-	-

表 3 土壤质量评价指标等级划分及权重表

Table 3 Grading and weighting of indices for evaluation of soil quality

土壤因子	0		1		2		3		4		权重
	指标	分数	指标	分数	指标	分数	指标	分数	指标	分数	
耕层厚度 (cm)	>17	5	15~17	4	13~15	3	10~13	2	<10	1	0.12
pH	6~7	5	7~7.5	4	7.5~8	3	8~8.5	2	>8.5	1	0.09
			5.5~6.0		5.5~5.0		4.5~5.0		<4.5		
容重 (g/cm^3)	1~1.1	5	1.1~1.2	4	1.2~1.3	3	>1.3	2	<1	1	0.10
土壤质地	-	-	中壤	4	重壤	3	轻壤	2	轻粘土	1	0.13
有机质 (g/kg)	2.5~3.5	5	2.5~2	4	1.5~2	3	1~1.5	2	<1 >3.5	1	0.12
全 N (g/kg)	>0.2	5	0.15~0.2	4	0.125~0.15	3	0.1~0.125	2	<0.1	1	0.17
全 K (g/kg)	>2.5	5	2~2.5	4	1.5~2	3	1.0~1.5	2	<1	1	0.14
全 P (g/kg)	>0.2	5	0.15~0.2	4	0.1~0.15	3	0.075~0.1	2	<0.075	1	0.13

表 4 土壤质量等级划分表

Table 4 Grading of soil quality

土壤质量等级	评价指数	土壤类型	占全市土壤总面积 (%)
	>3.65	白土、湖成白土、黄泥土、黄松土、青泥土、乌沙土、乌散土	59.0
	3.65~3.00	潮泥土、粗骨土、粉沙土、粉沙白土、岗黄土、潮沙土、黄刚土、夹沙土、青沙土、垆泥、青紫泥、沙夹垆、沙土、乌泥土、乌栅土、沼泽土、水耕灰潮土	39.3
	3.00~1.54	白蚬土、草渣土、黄沙土、石板土、水耕堆叠土、棕色石灰土	1.7

表 5 1984~2003 年苏州市城镇扩展占用土壤资源质量

Table 5 Quality of soil resources occupied by the expansion of Suzhou City from 1984 to 2003

等级	行政单位	年代	类型	面积 (hm ²)
市		1984~1995	白土、黄泥土、黄松土、青泥土	1768.84
		1995~2000	白土、黄泥土、黄松土、青泥土、乌散土	3732.82
		2000~2003	白土、黄泥土、黄松土、青泥土、乌散土	4883.05
县		1984~1995	白土、黄泥土、黄松土、青泥土	2615.34
		1995~2000	白土、黄泥土、黄松土、青泥土	1880.21
		2000~2003	白土、黄泥土、黄松土、青泥土、乌沙土	6232.35
乡		1984~1995	白土、黄泥土、黄松土、青泥土、乌散土、乌沙土	6434.69
		1995~2000	白土、湖成白土、黄泥土、黄松土、青泥土、乌沙土、乌散土	8098.48
		2000~2003	白土、湖成白土、黄泥土、黄松土、青泥土、乌散土、乌沙土	15162.67
市		1984~1995	青紫泥、乌泥土	8.20
		1995~2000	粗骨土、青紫泥、乌栅土	194.29
		2000~2003	粗骨土、潮沙土、青紫泥、乌泥土、乌栅土	587.43
县		1984~1995	潮泥土、粗骨土、黄刚土、青紫泥、乌栅土	1167.38
		1995~2000	潮泥土、粗骨土、粉沙土、黄刚土、青紫泥、沙夹垆、乌泥土、沙土、乌栅土	1230.22
		2000~2003	潮泥土、粗骨土、粉沙土、潮沙土、黄刚土、沙土、夹沙土、青沙土、青紫泥、沙夹垆、乌栅土	3017.77
乡		1984~1995	潮泥土、粗骨土、粉沙土、湖成白土、黄刚土、夹沙土、青沙土、青紫泥、水耕灰潮土、乌泥土、乌栅土	2502.47
		1995~2000	潮泥土、粗骨土、粉沙土、潮沙土、黄刚土、夹沙土、青沙土、青紫泥、沙夹垆、水耕灰潮土、乌泥土、乌栅土、沼泽土	2809.24
		2000~2003	潮泥土、粗骨土、粉沙土、潮沙土、黄刚土、沙土、夹沙土、青沙土、青紫泥、沙夹垆、垆泥、乌泥土、乌栅土、水耕灰潮土	7610.95
市		1984~1995	-	-
		1995~2000	-	-
		2000~2003	石板土	196.18
县		1984~1995	-	-
		1995~2000	-	-
		2000~2003	草渣土	52.44
乡		1984~1995	白蚬土、石板土	42.17
		1995~2000	白蚬土、草渣土、黄沙土、石板土、棕色石灰土	213.40
		2000~2003	白蚬土、草渣土、黄沙土、青沙土、石板土	117.96

4 小结

研究表明：

(1) 苏州市近20年来城镇扩展共占用I类土壤资源总面积为50800 hm²，II类土壤资源总面积为19100 hm²，III类土壤资源总面积为600 hm²。

(2) 城镇扩展占用的土地多是高产农田，为城市周围公路沿线大面积质量优等的土壤资源，即地势平坦、水源充足、土壤肥沃的水田、高质量的郊区菜地和熟耕地。

(3) 长江三角洲地区人口增长和人均收入水平迅速提高，粮食需求大幅度增长，而维系粮食生产的土壤资源数量和质量在原本已经趋于紧张的情况下，随着现代化和工业化的进程加速而进一步恶化，如无重大措施调整，土壤资源数量和质量变化趋势

有可能从根本上危及粮食安全保障^[5]。

参考文献

- 1 江苏省土壤普查办公室. 江苏省苏州市土壤志, 苏州市土壤普查办公室, 1985
- 2 戴旭. 农业土地评价的理论与方法. 北京: 科学出版社, 1995
- 3 于东升, 史学正. 土壤适宜性的多层次模糊综合评判. 见: 冯光, 张昌全, 史学正, 吴克宁主编. 土地资源持续利用与信息技术. 北京: 中国大地出版社, 1998, 114 ~ 119
- 4 石常蕴, 周惠珍. GIS技术在土地质量评价中的作用-以苏州市水田为例. 土壤学报, 2001, 38 (3): 248 ~ 255
- 5 田光进, 庄大方, 刘明亮. 近10年中国耕地资源时空变化特征. 地球科学进展, 2003, 18 (1): 30 ~ 36

RS-AND-GIS-BASED ASSESSMENT OF IMPACT OF URBANIZATION ON SOIL RESOURCES IN SUZHOU CITY IN THE LAST 20 YEARS

TAN Man-zhi CHEN Jie ZHANG Xue-lei

(State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture (Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences), Nanjing 210008)

Abstract More and more of the soil resources were occupied by the rapid urbanization in the Yangtse Delta. Based on the basic data of the TM images of four different periods, 1984, 1995, 2000 and 2003. This paper studies and analyzes the expansion of Suzhou City in the last 20 years using the method of multi-source information integration and multi-phase-successive-comparison with the aid of the technology of RS and GIS. Combined with the soil map of Suzhou and the data of the Second National Soil Survey, the results are used in exploring how much of the soil resources has been occupied by the expansion of the city. And impact of the expansion on safety of food supply is forecast.

Key words Expansion of urbanization, Soil resources, Food supply safety, Suzhou City