

土地利用变化对粮食产量与环境效应的影响*

——以黑龙江省双城市为例

张久明^{1,4} 谷思玉^{1**} 赵 军² 孟 凯³

(1. 东北农业大学 哈尔滨 150030; 2. 中国科学院东北地理与农业生态研究所黑土生态黑龙江省重点实验室 哈尔滨 150081; 3. 黑龙江大学 哈尔滨 150080; 4. 黑龙江省农业科学院土壤肥料研究所 哈尔滨 150086)

摘 要 以 1986 年和 2000 年 1:10 万陆地卫星解译数据为基础, 结合统计数据, 利用地理信息系统的空间分析功能, 分析了 14 年来双城市土地利用变化情况及其对粮食产量和环境效应的影响。结果表明: 双城市旱田面积、草地面积和水域面积在逐年减少, 分别减少 1841.15hm²、3030.25hm² 和 70.86hm²; 城镇用地、居民用地、林地和水田面积呈增加趋势, 分别增加 581.78hm²、363.91hm²、1103.5hm² 和 2934.77hm²; 双城市粮食产量趋于一种起伏的上升状态, 由 1982 年 37.3 万 t 上升到 2001 年 135.3 万 t, 最高年份 1998 年粮食产量为 165.1 万 t; 从双城市 1957~2000 年的年均气温和降水分析得出, 年均气温上升, 年均降水量减少。

关键词 土地利用 生态效应 粮食产量 地理信息系统

Effects of land use changes on grain yield and environment—A case study from Shuangcheng City, Heilongjiang Province. ZHANG Jiu-Ming^{1,4}, GU Si-Yu¹, ZHAO Jun², MENG Kai³ (1. Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China; 2. The Key Lab of Black Soil Ecology of Heilongjiang Province, Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, Chinese Academy of Sciences, Harbin 150081, China; 3. Heilongjiang University, Harbin 150080, China; 4. Soil and Fertilizer Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China), *CJEA*, 2007, 15(2): 178~180

Abstract The land use changes of Shuangcheng City and their impacts on grain yield and environment were discussed by using the spatial analysis function of GIS on the basis of Landsat data in the years of 1986 and 2000 combined with the statistic data. The results show that the areas of cropland, meadow and water decrease annually, they were 1841.15hm², 3030.25hm² and 70.86hm² less in 2000 than those in 1986, while the areas of town, countryside, woodland and paddy increased by 581.78hm², 363.91hm², 1103.5hm² and 2934.77hm² in 2000, respectively. The grain yield presented an undulated increasing tendency, which was 373 thousand ton in 1982, and 1353 thousand ton in 2001, with the highest yield, 1651 thousand ton in 1998. The annual average temperature was rising and the mean precipitation was decreasing from 1957 to 2001.

Key words Land use, Ecological effect, Grain yield, GIS

(Received Aug. 6, 2005; revised Sept. 28, 2005)

1 研究区域概况与研究方法

双城市位于黑龙江省西南部, 地处北纬 45°08′~45°43′, 东经 125°41′~126°42′, 属松嫩平原, 境内无山, 三面环水, 中温带大陆性季风气候, 年均气温 3.5~4.5℃, 年降雨量 400~600mm, 6~8 月份降雨量占年降雨量的 60%~70%, 年无霜期 135~145d。本研究数据来源为 1986 年和 2000 年 1:10 万陆地卫星解译数据, 统计数据来源于 1981~2002 年黑龙江统计年鉴和 1995~2001 年双城市国民经济统计年鉴。土地利用分类根据中国《土地利用现状调查技术规程》, 以土地用途、利用方式、覆盖特点和生态类型为分类依据。将 2 期解译数据按照 Albert 双标准等积圆锥投影方式作坐标投影转换。利用 SUPERMAP 的 GIS 分析平台, 对数据进行叠置量算和统计分析, 从而建立马尔柯夫模型分析双城市土地利用的变化过程。

马尔柯夫模型是生态研究中非常有用的随机模型。在模型中, 其基本形式是表示在特殊的时间间隔从一

* 黑土生态黑龙江省重点实验室和中国科学院知识创新工程项目(INF105-SDB-1-28)资助

** 通讯作者

收稿日期: 2005-08-06 改回日期: 2005-09-28

空间到另一空间转移的概率矩阵,性质是根据事件的目前状况来预测其将来各个时刻(或时期)变动状况的一种预测方法,且系统未来时刻的情况只与现在有关,与过去的历史无直接关系。利用马尔柯夫模型可以定量说明土地利用的变化,揭示不同地类之间相互转化的状况^[1~4]。马尔柯夫转移矩阵模型表达如下:

$$A_{ij} = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} & \cdots & A_{1n} \\ A_{21} & A_{22} & A_{23} & \cdots & A_{2n} \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} & \cdots & A_{3n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ A_{n1} & A_{n2} & A_{n3} & \cdots & A_{nn} \end{pmatrix} \quad (1)$$

式中, A_{ij} 为研究时段内土地利用类型 i 在研究时段内转化为土地利用类型 j 的面积,转移矩阵 i 行表示起始状态的 i 土地利用类型转换为终止状态其他类型的面积, j 列表示起始状态的其他类型转换为终止状态 j 土地利用类型的面积。 $\sum_{i=1}^n A_{ij} = A_i$ 即 i 行元素之和为土地利用类型 i 在研究时段内的初始面积, $\sum_{j=1}^n A_{ij} = A_j$ 即 j 列元素之和为土地利用类型 j 在研究时段末的面积, A_{ii} 即为第 i 类土地利用类型在研究时段内没有发生类型变化的面积数。该时段转移概率矩阵中的元素 P_{ij} 用土地利用类型 i 在研究时段内转化为土地利用类型 j 的面积占起始状态土地利用类型 i 的面积百分比来表示,即:

$$P_{ij} = A_{ij} / A_i \quad (2)$$

式中, P_{ij} 为研究时段内土地利用类型 i 转化为土地利用类型 j 的转移概率, A_{ij} 为土地利用类型 i 转化为 j 的面积, A_i 为土地利用类型 i 在研究时段内的初始面积。同理该转移概率矩阵有每行元素之和等于 1 的性质。在分析土地利用的同时,根据双城市各种统计年鉴的相关数据,讨论了土地利用变化对粮食产量和生态环境的影响。本研究得出的马尔柯夫转置矩阵见表 1,概率矩阵见表 2,土地利用结构变化见表 3。

表 1 双城市 1986~2000 年土地利用类型之间转换矩阵

Tab.1 Land use conversion matrix in Shuangcheng City from 1986 to 2000

土地利用类型/hm ²	旱田/hm ²	水田/hm ²	林地/hm ²	城镇用地/hm ²	农村居民点/hm ²	水域/hm ²	牧草地/hm ²	沼泽地/hm ²
Land use types	Farmland	Paddy	Forest	Town	Residential area	Water	Grassland	Wetland
旱田	231959.94	2710.72	722.51	550.85	363.91	0	174.32	0
水田	0	4832.2	0	0	0	0	0	0
林地	0	0	46524.5	0	0	41.71	0	0
城镇用地	0	0	0	1644.70	0	0	0	0
农村居民点	0	0	0	0	16929.70	0	0	0
水域	101.67	10.90	0	0	0	1602.81	0	0
牧草地	2579.50	213.15	380.99	30.93	0	0	8345.03	0
沼泽地	0	0	0	0	0	0	0	2661.99
合计	234641.11	7766.97	47628	2226.48	17293.61	1644.52	8519.35	2661.99

表 2 双城市 1986~2000 年土地利用类型之间转移概率矩阵

Tab.2 Land use conversion probability matrix in Shuangcheng City from 1986 to 2000

土地利用类型	旱田/%	水田/%	林地/%	城镇用地/%	农村居民点/%	水域/%	牧草地/%	沼泽地/%
Land use types	Farmland	Paddy	Forest	Town	Residential area	Water	Grassland	Wetland
旱田	98.08	1.15	0.31	0.23	0.15	0.00	0.07	0.00
水田	0.00	100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
林地	0.00	0.00	99.91	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00
城镇用地	0.00	0.00	0.00	100	0.00	0.00	0.00	0.00
农村居民点	0.00	0.00	0.00	0.00	100	0.00	0.00	0.00
水域	5.92	0.64	0.00	0.00	0.00	93.44	0.00	0.00
牧草地	22.33	1.85	3.29	0.27	0.00	0.00	72.25	0.00
沼泽地	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100

表 3 双城市 1986~2000 年土地利用结构变化

Tab.3 The amount of land use conversion in Shuangcheng City from 1986 to 2000

土地利用类型	1986 年面积/hm ²	2000 年面积/hm ²	变化量/hm ²	百分比/%
Land use types	Area in 1986	Area in 2000	Changing	Percent
旱田	236482.26	234641.11	-1841.15	-0.78
水田	4832.20	7766.97	2934.77	60.73
林地	46524.50	47628.00	1103.50	2.37
城镇用地	1644.70	2226.48	581.78	35.37
农村居民点	16929.70	17293.61	363.91	2.15
水域	1715.38	1644.52	-70.86	-4.13
牧草地	11549.60	8519.36	-3030.24	-26.24
沼泽地	2661.99	2661.99	0	0

2 结果与分析

2.1 双城市土地利用结构变化

双城市旱田面积是由其他地类转入和转出到其他地类两部分组成。转出大于转入,因此该市旱田面积是减少的。由表 1 和表 2 可知,旱田面积的增加是由 101.67hm² 水域和 2579.50hm² 牧草地转入而来,而旱田面积的

减少主要转为水田、林地、城镇用地、农村居民点和牧草地,分别占 1.15%、0.31%、0.23%、0.15% 和 0.07%;水田面积的增加主要来自旱田、水域和牧草地,分别为 2710.72hm²、10.90hm² 和 213.15hm²;林地面积呈增加趋势,增加的面积主要来自 0.31%旱田和 3.29%的牧草地;城镇用地面积的增加主要来自旱田和牧草地,分别为 550.85hm² 和 30.93hm²;农村居民点面积的增加全部来自于旱田,面积为 363.91hm²,占原旱田面积的 0.15%。牧草地面积呈减少趋势,减少的部分主要有 22.33%转为旱田,1.85%转为水田,3.29%转为林地和 0.27%转为城镇用地。

由表 3 可知,1986 年到 2000 年双城市旱田面积下降 0.78%,水田面积上升 60.73%,林地面积上升 2.37%,城镇用地面积上升 35.37%,农村居民点面积上升 2.15%,水域面积下降 4.13%,牧草地面积减幅最大,下降 26.24%,沼泽地面积基本未发生变化。

2.2 土地利用变化对粮食产量的影响

双城市粮食产量趋于一种起伏的上升状态,由 1982 年的 37.3 万 t 上升到 2001 年 135.3 万 t,最高年份 1998 年粮食产量达到 165.1 万 t。1986~2000 年间双城市旱田面积不断减少,但粮食产量却呈增加趋势,这可能与种植结构、粮食单产提高有很大关系。双城市水资源由地表水和地下水两部分组成。地表水资源一部分为境内地面径流量,另一部分为过境的江河水。该市地下水资源比较丰富,全市可开采的地下水资源总量为 1.83 亿 m³,年开采量为 0.3 亿 m³,占可开采量的 16.4%,丰富的水资源可为作物生长提供充足的水分。化肥的施用和农业机械的利用等也是影响粮食产量的重要因素。双城市化肥施用总量 1995 年达到了最大值 5.8 万 t,随后又有下降的趋势,到 2001 年为 4.1 万 t。这表明当地政府认识到生态农业的重要性,粮食增产应结合有机农业、精耕细作等措施并加强对土地的合理利用来实现。双城市为雀巢咖啡的原材料生产基地,对化肥和农药的施入标准有严格的限制,这也促进了化肥施入量的合理性。通过调查发现双城市农用机械由以往的集体保有转向个人保有,这就导致大中型农业机械转向小型机械。1984 年双城市拥有小型拖拉机 1416 台而 2001 年则达到 10519 台,为 1984 年的 7.4 倍。

2.3 土地利用变化对环境效应的影响

1986~2000 年双城市水域面积因被旱田和水田占用而呈减少趋势,其减少会给生态环境带来很大的负面影响。自 1986~2000 年近 14 年中双城市防护林面积增加近 1103.5hm²,这种绿色屏障对防风固土、蓄水保墒、抗旱防涝起了重要作用。农村居民点和城镇用地面积增加,而旱田面积和牧草地面积减少,农村居民点和城镇面积增加的直接原因是由人口增加所致,人口的增加会带来一系列生态环境的负面影响。根据 1957~2000 年双城市年均气温的回归分析表明,该市气温上升了 0.8℃,而年均降水量呈下降趋势(图略)。这种变化既与大环境的影响有关,也和区域生态环境变化有关。

3 小 结

1986~2000 年双城市旱田面积、草地面积和水域面积逐年减少,城镇用地、居民用地、林地和水田面积呈增加趋势。水域和牧草地面积的减少会对区域生态环境带来一定的负面影响,自 1957~2000 年双城市年均气温呈上升趋势而年降水量呈下降趋势。粮食产量呈上升趋势但尚不稳定,受自然环境的影响较大。利用 GIS 分析 14 年来双城市土地利用变化,对双城市生态环境效应和农业的发展会有一个比较清晰的量化的认识,从而会为双城市在调整景观尺度上的土地利用方式,加强生态环境建设提供科学依据^[5]。

参 考 文 献

- 1 于兴修,杨桂山,李恒鹏.典型流域土地利用覆被变化及其景观生态效应——以浙江省西苕溪流域为例.自然资源学报,2003,18(1):13
- 2 王思远,刘纪元,张增祥,等.近 10 年中国土地利用格局及其演变.地理学报,2002,57(5):523~530
- 3 徐 岚,赵 羿.利用马尔柯夫过程预测东陵区土地利用格局的变化.应用生态学报,1993,4(3):272~277
- 4 刘海燕.GIS 在景观生态学研究中的应用.地理学报,1995,50(增刊):105~111
- 5 罗为检,王克林,刘 明.土地利用及其格局变化的环境生态效应研究进展.中国生态农业学报,2003,11(2):150~152