

# 基于 GIS 的陕西省耕地与人口空间变化分析

徐映雪,任志远,张文梅

(陕西师范大学旅游与环境学院, 陕西 西安 710062)

**摘 要:** 在地理信息系统(GIS)技术的支持下,根据陕西省各市、县的统计资料,分析了陕西省从上世纪 50 年代以来耕地和人口的相对变化率空间分布,并利用区域重心的概念及模型,计算出 1953 年至 2005 年主要年份的耕地重心及人口重心坐标,得到两者动态演变轨迹,对其变化趋势进行对比分析。结果显示,陕西省耕地和人口各自空间变化区域差异显著,但变化分布格局大致相同,陕南地区相对变化较小,陕北地区和关中地区中部部分区域相对变化较大。52 年来耕地分布重心向东北方向移动 11.67 km,人口分布重心向东北方向移动 17.35 km,两者整体走势相似,两重心之间的距离推近了 6.29 km。耕地面积与人口总数之间相关度不大,但耕地分布与人口分布呈高度正相关,人口重心的移动是导致耕地重心移动的主要原因之一。

**关键词:** 耕地重心;人口重心;动态演化

**中图分类号:** F830:C922    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1000-7601(2008)03-0216-06

面对当前日益严重的“人口—资源—环境”问题,如何寻求资源开发利用和人口增长之间的合理关系,使人口、资源与环境协调发展,已成为人类面临的紧迫问题。耕地是人类赖以生存、不可替代的宝贵资源,其动态变化是影响地区可持续发展的关键问题<sup>[1~3]</sup>,而人口的急剧增长是耕地减少的主要原因之一。因此,加强耕地和人口动态变化的研究对合理利用和保护耕地具有重要意义<sup>[4]</sup>。

陕西省位于我国中西部,地处内陆腹地,分跨黄河、长江两大流域,地貌南北狭长,东西窄短<sup>[5]</sup>。农业自然资源条件总体上较差,耕地资源分布不均,优质耕地垦殖指数高,后备资源贫乏。2005 年末全省实有耕地面积  $278.85 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,同 1953 年相比,净减少了  $176.62 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。耕地在减少,人口却在急剧增加,2005 年总人口达 3 720 万人,相当于 1953 年的 2 倍,人均耕地面积从  $0.282 \text{ hm}^2$  减少到了  $0.075 \text{ hm}^2$ ,已低于联合国粮食组织(FAO)规定的人均耕地  $0.08 \text{ hm}^2$  的警戒线。耕地与人口的变化趋势愈来愈引起人们的重视。本文充分利用陕西省的相关资料,引入相对变化率及区域重心的概念,研究该省近 50 年来耕地与人口的时空变化规律,定量分析区域差异的动态演化过程。

## 1 研究方法和资料获取

### 1.1 研究方法

本研究主要应用了 ArcView GIS3.3 及 ArcGIS9.0 等地理信息系统软件,以县(市)级行政单

位为统计单元,全面分析陕西省从 50 年代以来耕地和人口的时空变化规律。具体方法为:①建立资源数据库,包括陕西省 1953~2005 年统计数据尽可能全的 33 个年份的耕地和人口数据;②以 GIS 为技术平台,计算各个区域的耕地和人口相对变化率,生成空间分布图;③利用区域重心模型计算出各年的耕地和人口重心坐标,绘制移动散点图和重心迁移图。

### 1.2 资料获取

全省数据来源于《新中国五十五年统计资料汇编》,各市数据来源于《陕西省地市县历史统计资料汇编》和《陕西省统计年鉴》,部分数据取自《全国各省、自治区、直辖市历史统计资料汇编》。

## 2 耕地空间变化趋势分析

### 2.1 耕地变化区域差异

由于自然条件的区域差异及土地利用方式明显不同,经济发展和人口增长速度有差异,再加上历史的原因,陕西省各地区耕地变化表现出很大的区域差异性。对于耕地变化的区域差异,可以用各地区耕地的相对变化率来进行定量研究<sup>[6]</sup>。某地区某一特定土地利用类型相对变化率( $Rid$ )可用下式表示:

$$Rid = (K_2 / K_1) / (C_2 / C_1) \quad (1)$$

式中,  $K_1$ 、 $K_2$  分别为各地区某一特定土地利用类型研究期初及研究期末的面积;  $C_1$ 、 $C_2$  分别为全研究区某一特定土地利用类型研究期初及研究期末的面

收稿日期:2007-06-20

基金项目:国家自然科学基金(40371003);陕西师范大学研究生培养创新基金项目

作者简介:徐映雪(1984—),女,河南郑州人,硕士研究生,主要从事资源环境遥感和 3S 技术应用研究。E-mail:xyxgis@yahoo.com.cn

积。如果区域某种土地利用类型的  $Rid > 1$ , 则表示该区域这种土地利用类型变化较全区大。本研究在对全区 101 个县、市级行政单元耕地动态变化的数量指标进行计算的基础上, 以县为单位, 在 ArcView GIS3.3 软件的支持下, 生成了近 50 年陕西省耕地相对变化率空间分布图(图 1)。由图 1 可以看出, 陕西省各地耕地相对变化率分布的大致空间格局为: 陕南地区相对变化较小, 除了位于汉中的南郑县、汉台区和位于安康市的汉阴县、白河县之外,  $Rid$  皆小于 1, 耕地相对变化较全省平均值小。主要原因是虽然汉中、安康和商洛工业发展与城市建设需要占用一定数量的耕地, 但由于耕地占补平衡能得到有效落实, 且生态退耕面积不大, 所以耕地变化率相对较低。相对变化较大的区域集中在陕北地区中西部, 还有部分呈条带状分布在关中地区中部,  $Rid$  皆大于 1.15。据统计, 宝鸡市渭滨区的耕地变化率最大, 为 2.29, 居于全省之首。由于这些地区农业结构调整的力度较大, 部分耕地属于退耕还林的范围, 再加上撂荒、弃耕而减少的耕地, 使其变化率相对全省较大。如安康市白河县农民仅在 1999~2005 年间就撂荒近  $2.87 \times 10^3 \text{ hm}^2$ , 因迁移搬迁共造成  $392.56 \text{ hm}^2$  耕地弃耕<sup>[7]</sup>。

2.2 耕地分布重心及其动态演化

耕地面积重心变化是研究耕地空间变化的一个主要方面。本文采用人口地理学中常用的人口重心计算方法来计算耕地分布重心及变化。重心坐标一般以地图经纬度表示, 公式为:

$$X_t = \frac{\sum_{i=1}^n C_n X_i}{\sum_{i=1}^n C_n} \quad Y_t = \frac{\sum_{i=1}^n C_n Y_i}{\sum_{i=1}^n C_n} \quad (2)$$

式中,  $X_t$ 、 $Y_t$  分别为第  $t$  年耕地重心的经纬度坐标;  
 $C_n$  为第  $i$  市的耕地面积;  $X_i$ 、 $Y_i$  为第  $i$  市所在地的经纬度坐标<sup>[8]</sup>。

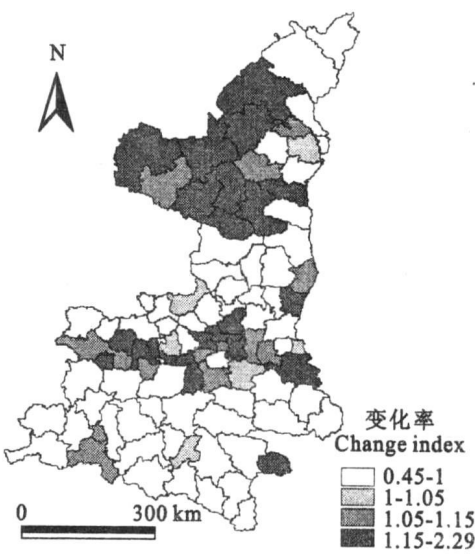


图 1 陕西省近 50 年耕地相对变化率空间分布  
Fig.1 The relative change index of the cultivated land use in Shaanxi Province during the past 50 years

为了保证精度, 选取了陕西省各地市部分年份的耕地统计数据, 如 1953、1957、1962、1965、1970、1975、1979.....2005 等 33 个年份, 并计算出不同年份的耕地面积重心, 其结果如表 1 及图 2 所示。

表 1 陕西省近 50 年耕地重心移动情况  
Table 1 Movement of the cultivated land gravity in Shaanxi Province during the past 50 years

| 项目<br>Item          | 1953    | 1957    | 1964    | 1965    | 1970    | 1975    | 1979    | 1980    | 1981    | 1982    | 1983    |
|---------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 经度(°E)<br>Longitude | 108.826 | 108.834 | 108.828 | 108.832 | 108.835 | 108.842 | 108.841 | 108.843 | 108.848 | 108.848 | 108.846 |
| 纬度(°N)<br>Latitude  | 34.947  | 35.002  | 35.015  | 35.040  | 35.024  | 35.044  | 35.046  | 35.046  | 35.049  | 35.046  | 35.046  |
| 项目<br>Item          | 1984    | 1985    | 1986    | 1987    | 1988    | 1989    | 1990    | 1991    | 1992    | 1993    | 1994    |
| 经度(°E)<br>Longitude | 108.845 | 108.848 | 108.851 | 108.851 | 108.855 | 108.855 | 108.858 | 108.859 | 108.861 | 108.863 | 108.865 |
| 纬度(°N)<br>Latitude  | 35.050  | 35.047  | 35.051  | 35.053  | 35.054  | 35.058  | 35.064  | 35.070  | 35.074  | 35.078  | 35.082  |
| 项目<br>Item          | 1995    | 1996    | 1997    | 1998    | 1999    | 2000    | 2001    | 2002    | 2003    | 2004    | 2005    |
| 经度(°E)<br>Longitude | 108.865 | 108.867 | 108.867 | 108.869 | 108.867 | 108.869 | 108.863 | 108.884 | 108.883 | 108.873 | 108.876 |
| 纬度(°N)<br>Latitude  | 35.088  | 35.094  | 35.097  | 35.099  | 35.089  | 35.079  | 35.028  | 35.051  | 35.055  | 35.049  | 35.054  |

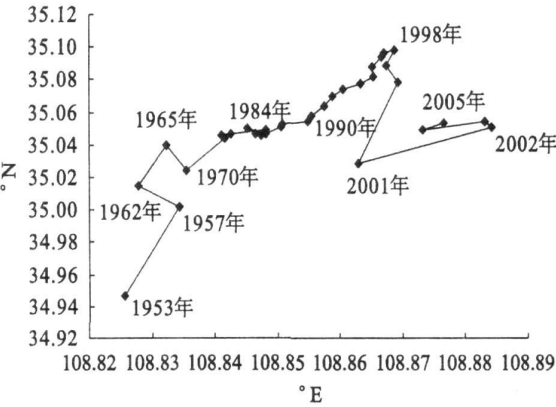


图 2 陕西省耕地重心移动散点图

Fig. 2 The sketch map of the moving of the cultivated land gravity center in Shaanxi Province

由表 1、图 2 可知,近 50 年来,陕西省耕地重心基本在  $108.826^{\circ}\sim 108.884^{\circ}\text{E}$ 、 $34.947^{\circ}\sim 35.099^{\circ}\text{N}$  之间变动,相对于陕西省几何中心 ( $108.795^{\circ}$ ,  $35.084^{\circ}$ ) 偏离不大。从 1953 年到 2005 年重心经向移动  $0.107^{\circ}$ ,纬向移动  $0.05^{\circ}$ ,利用 ArcView GIS 3.3 软件的距离量测工具可知 52 年间其在铜川市耀州区内移动了 11.67 km,年均移动 0.22 km。其间移动幅度大小不一,如 2001 年耕地重心往东北移动最快,经向移动  $0.107^{\circ}$ ,纬向移动  $0.05^{\circ}$ ,移动距离为 4.03 km。有些年份移动幅度非常小,有些年份还有反弹现象,即耕地重心往南、往西移动,如 1981 至 1985 年耕地重心呈徘徊状态,4 年间纬向仅增加  $0.002^{\circ}$ ,经向几乎不变。反弹最大的是 1998 至 2001 年,纬向反弹  $0.071^{\circ}$ 。耕地重心向东北方向移动的主要原因是东北部自然条件相对优越,适合农业耕作,扩大耕地面积的潜力较大。另外,部分人口的迁移也是导致耕地重心向东北移动的主要原因之一。

3 人口空间变化趋势分析

3.1 人口变化区域差异

与耕地变化区域差异的研究方法相似,人口变化的区域差异也可用公式(1)来计算其变化率。此时,  $K_1$ 、 $K_2$  分别为各地区研究期初及研究期末的人口数量;  $C_1$ 、 $C_2$  分别为全区域研究期初及研究期末的人口数量。若  $Rid > 1$ ,则表示该区域人口数量变化较全区大。同样以县为单位,在 ArcView GIS 中生成近 50 年陕西省人口相对变化率空间分布图(图 3)。

对比图 1 和图 3 可知,陕西省各地人口相对变化率分布的空间格局与耕地大致相似,陕南地区相

对变化较小,除了位于汉中的汉台区之外,  $Rid$  皆小于 1,人口相对变化较全省平均值小。相对变化较大的区域集中在陕北地区中西部,个别呈斑块状分布在关中平原中部,  $Rid$  皆大于 1.15。据统计,延安市宝塔区的人口变化率最大,为 2.09;黄龙县的人口变化率最小,仅为 0.54。形成这种格局的主要原因是陕西省省内迁移人口数在各地区之间分布十分不均衡,迁移数占总人口数的比例在各地区之间分布也不均衡。 $Rid$  较大的西安、榆林、延安等地迁移人口比例较高,反之  $Rid$  较小的汉中、安康等地迁移人口比例较低。经进一步分析可知,地理环境优越、经济发展水平较高、交通较发达的地区,如西安、渭南,其人口相对变化率明显大于地理环境较差、经济发展落后、交通欠发达的地区如汉中、商洛。榆林和延安本来属于陕西的落后地区,但人口相对变化率较高,究其原因主要在于改革开放后陕西省实施的扶贫攻坚措施——移民搬迁,异地脱贫,使得大量地处贫困落后山区的村民搬住条件较好的县内其它地区,造成近年来这些地区县内迁移量大大上升<sup>[9]</sup>。

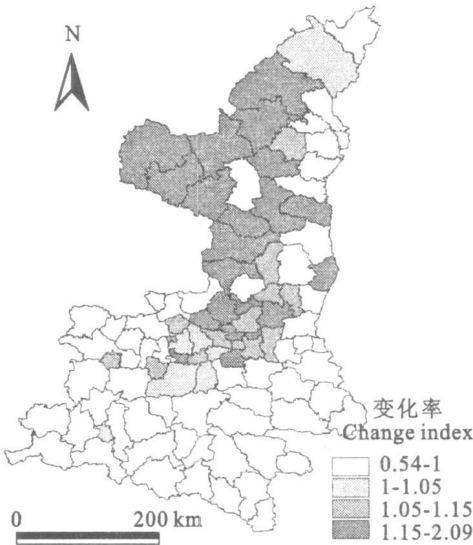


图 3 陕西省近 50 年人口相对变化率空间分布

Fig. 3 The relative change index of the population in Shaanxi Province during the past 50 years

3.2 人口分布重心及其动态演化

为了便于比较,选择与上述 33 个年份相对应的人口数据代入公式(2)(此时  $X_t$ 、 $Y_t$  分别为第  $t$  年人口重心的经纬度坐标;  $C_{it}$  表示第  $i$  市的人口数;  $X_i$ 、 $Y_i$  表示第  $i$  市所在地的经纬度坐标),可计算出各年的人口重心坐标,得到近 50 年来陕西省人口重

心的时空演化情况(表 2、图 4)。

表 2 陕西省近 50 年人口重心移动情况  
Table 2 Movement of the population gravity center in Shaanxi Province during the past 50 years

| 项目<br>Item          | 1953    | 1957    | 1962    | 1965    | 1970    | 1975    | 1979    | 1980    | 1981    | 1982    | 1983    |
|---------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 经度(°E)<br>Longitude | 108.688 | 108.692 | 108.702 | 108.705 | 108.702 | 108.700 | 108.700 | 108.701 | 108.702 | 108.703 | 108.704 |
| 纬度(°N)<br>Latitude  | 34.412  | 34.434  | 34.484  | 34.490  | 34.490  | 34.488  | 34.484  | 34.487  | 34.489  | 34.495  | 34.497  |
| 项目<br>Item          | 1984    | 1985    | 1986    | 1987    | 1988    | 1989    | 1990    | 1991    | 1992    | 1993    | 1994    |
| 经度(°E)<br>Longitude | 108.706 | 108.707 | 108.708 | 108.709 | 108.712 | 108.716 | 108.719 | 108.721 | 108.721 | 108.723 | 108.725 |
| 纬度(°N)<br>Latitude  | 34.502  | 34.505  | 34.508  | 34.511  | 34.514  | 34.520  | 34.532  | 34.537  | 34.540  | 34.543  | 34.547  |
| 项目<br>Item          | 1995    | 1996    | 1997    | 1998    | 1999    | 2000    | 2001    | 2002    | 2003    | 2004    | 2005    |
| 经度(°E)<br>Longitude | 108.726 | 108.725 | 108.726 | 108.726 | 108.726 | 108.724 | 108.724 | 108.725 | 108.725 | 108.726 | 108.725 |
| 纬度(°N)<br>Latitude  | 34.551  | 34.553  | 34.554  | 34.554  | 34.555  | 34.562  | 34.563  | 34.565  | 34.567  | 34.568  | 34.567  |

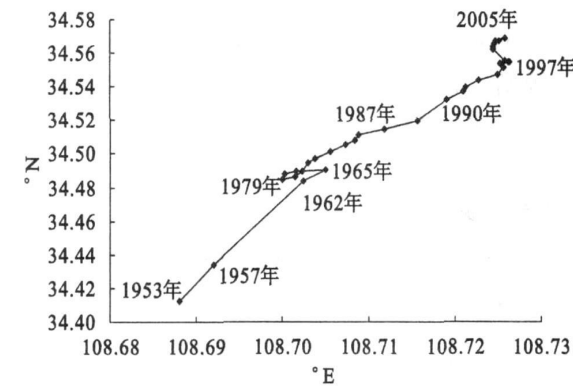


图 4 陕西省人口重心移动散点图

Fig. 4 The sketch map of the moving of the population gravity center in Shaanxi Province

由表 2、图 4 可知,近 50 年来,陕西省人口重心基本在 108.688°~108.726°E、34.412°~34.567°N 之间变动,与耕地重心相比,远远偏离了陕西省的几何中心,呈现出不均衡性。1953 年至 2005 年人口重心较为缓慢、稳定地向东北方向移动,经向移动 0.037°,纬向移动 0.155°,合 17.35 km,年均移动 0.33 km。重心的位置 1953 年为咸阳城区西北部,到 2005 年跨越咸阳城区推移到泾阳县西南部。其间移动幅度大小不一,如 1989 年人口重心往东北移动最快,经向移动 0.003°,纬向移动 0.012°,移动距离为 0.89 km。1998 年至 2005 年移动幅度较小,年

均仅移动 0.23 km,1965 年至 1979 年有轻微的反弹现象。人口重心向东北迁移受社会经济等因素的影响较大,主要是随着城市化进程的加快和经济开放程度的加深,农村人口向城镇的迁移。

4 耕地与人口重心变化对比分析

由图 5 可知,在东西方向上,人口重心变化较为平稳,说明陕西省人口在其东西部各地市中的变化不大。耕地重心偏离了人口重心,相对于人口重心来说呈现不均衡性。从耕地重心走向看,从 50 年代初到 90 年代末一直趋于平衡发展,从 2000 年以来区域差距才逐渐拉大。在南北方向上,耕地重心也偏离了人口重心,呈现不均衡性,但整体走势与人口重心相似,均向高纬度方向移动,近几年向低纬回归。(图 6)

根据陕西省 1953 年和 2005 年的耕地和人口重心坐标,在 ArcGIS9.0 软件中生成重心迁移图(图 7)。经距离量算可知 1953 年耕地与人口重心相距 61.45 km,2005 年两者相距 55.16 km,50 年来推进了 6.29 km。

用表 1 和表 2 数据作的耕地重心经度和人口重心经度之间、耕地重心纬度和人口重心纬度之间的相关系数分别为 0.918 和 0.871,说明耕地重心与人口重心移动呈高度正相关。

我们又用全区耕地面积与全区人口数据作相关分析,其相关系数仅为 0.089,这说明陕西省耕地面

积与人口总数之间的关系不那么密切,但耕地分布与人口分布密切相关,人口重心的移动是导致耕地

重心移动的主要原因之一。

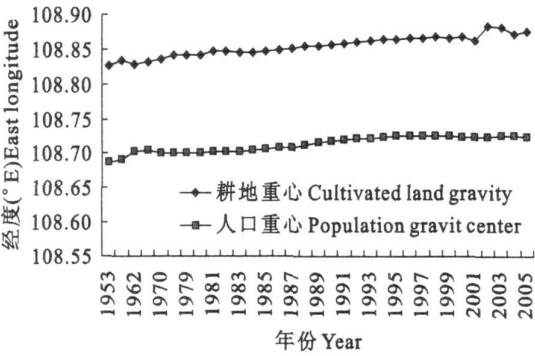


图 5 陕西省耕地和人口重心变化对比(东西方向)  
Fig.5 The movement contrast of the cultivated land and population gravity center in Shaanxi Province(in the direction of longitude)

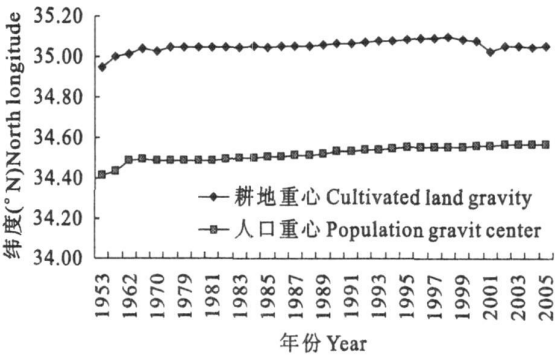


图 6 陕西省耕地和人口重心变化对比(南北方向)  
Fig.6 The movement contrast of the cultivated land and population gravity center in Shaanxi Province(in the direction of latitude)

推近了 6.29 km。

3) 陕西省耕地面积与人口总数之间相关度不大,但耕地分布与人口分布呈高度正相关,人口重心的移动是导致耕地重心移动的主要原因之一。

4) 由于本底资料有限,本研究以行政单元为基础进行耕地与人口空间变化趋势分析,具有一定的局限性。在今后的研究工作中,有待于以自然单元为基础进行分析。

参考文献:

[1] 任志远. 土地利用变化及驱动因素分析——以内蒙古准格尔旗为例[J]. 干旱区研究, 2003, 20(3): 202—205.  
[2] 贾宝全, 王 成, 马玉峰. 赤峰市松山区土地利用动态变化及其原因分析[J]. 干旱区研究, 2004, 21(3): 235—239.  
[3] 叶长盛, 董玉祥. 珠江三角洲小城镇耕地动态变化研究[J]. 农业系统科学与综合研究, 2006, 22(2): 117—124.  
[4] Eric F. Lambin. Modeling and monitoring land-cover change processes in tropical regions[J]. Progress in physical Geography, 1997, 21(3): 375—393.  
[5] 赵敏宁, 马智民, 王彦丽, 等. 陕西省耕地数量变化及其驱动力研究[J]. 咸阳师范学院学报, 2006, 21(2): 51—55.  
[6] 王秀兰, 包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨[J]. 地理科学进展, 1999, 18(1): 81—86.  
[7] 谭术魁. 中国耕地撂荒问题研究[M]. 北京: 科学出版社, 2004. 45—46.  
[8] 任志远, 李 晶, 王晓峰. 城郊土地利用变化与区域生态安全动态[M]. 北京: 科学出版社, 2006. 127—130.  
[9] 胡守贤. 21 世纪陕西人口与可持续发展研究[R]. 西安: 陕西省人口普查办公室, 2003. 53—58.



图 7 陕西省近 50 年耕地与人口重心迁移图  
Fig.7 The sketch map of the moving of the cultivated land and population gravity center in Shaanxi

5 结 论

1) 从 20 世纪 50 年代以来,陕西省耕地和人口各自空间变化区域差异显著,但两者空间变化分布格局大致相同。总体来说,陕南地区相对变化较小,陕北地区 and 关中地区中部部分区域相对变化较大。

2) 52 年来,陕西省耕地分布重心向东北方向移动 11.67 km, 人口分布重心向东北方向移动 17.35 km, 两者整体走势相似, 两重心之间的距离

Analysis of the spatial change of cultivated land and population  
in Shaanxi Province based on GIS

XU Ying-xue, REN Zhi-yuan, WANG Min  
(College of Tourism and Environment, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710062, China)

**Abstract:** According to the statistical and survey data at provincial and county levels, the relative change index of the cultivated land and population in Shaanxi Province during the last 50 years are discussed based on GIS technology. Taking the conception and model of the regional gravity center and adopting the data collecting from 1953 to 2005, the cultivated land and population gravity centers are calculated and their dynamic evolvement is analyzed. At the same time, contrastive analysis is made of the dynamic evolvement tendencies of the two gravity centers. The results showed that the differences of spatial changes between cultivated land and population in Shaanxi Province are significant. However, the change distribution pattern is basically identical. There is little relative change in southern Shaanxi, while it is volatile in northern Shaanxi and central Shaanxi plain. The cultivated land gravity moves 11.67 km to northeast during the past 52 years, and the population gravity moves 17.35 km to northeast. The whole trends of them are alike and the distance between two canters of gravity pushes 6.29 km close. Relevance degree is not big between cultivated area and population, but the distributions of cultivated land and the population are to be highly related. The movement of the population gravity is one of the main reasons which cause the movement of the cultivated land gravity.

**Keywords:** cultivated land gravity center; population gravity center; developing evolvement

(上接第 215 页)

[28] Tsegaye T, Stone J F, Reeves H E. Water use characteristics of wided-spaced furrow irrigation[J]. Soil Sci Soc AMJ, 1993, 57: 240—245.

[29] Kang S, Zhang L, Hu X, et al. An improved water use efficiency for hot pepper grown under controlled alternate drip irrigation on partial roots[J]. Scientia Horticulturae, 2001, 89: 257—267.

[30] Dorji K, Behboudian M H, Zegbe J A. Water relations, growth, yield and fruit quality of hot pepper under deficit irrigation and partial rootzone drying [J]. Scientia Horticulturae, 2005, 104: 137—149.

Growth, dry mass and yield response of cotton under partial  
rootzone irrigation in arid area

WANG Ting-ting<sup>1,2</sup>, TANG Li-song<sup>1</sup>  
(1. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Urumuqi 830011, China;  
2. Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** To investigate whether partial rootzone irrigation could save water and maintain economic yield, a field experiment on cotton under arid conditions was designed. Three treatments were applied as: alternative furrow irrigation (AFI), fixed furrow irrigation (FFI) and conventional furrow irrigation (CFI). The results showed that when the amount of irrigation was reduced by 30%, PRI (AFI and FFI) produced comparable numbers of opened bolls and yields of seed cotton. The seed cotton yields of AFI and FFI were 92% and 84% of that of CFI, respectively. The seed cotton yield before frost of AFI was 12% higher than that of CFI. PRI developed less leaf area, shorter plants and less dry mass of leaf, boll and stem than CFI, but the boll numbers per plant were not significantly different. The conclusion was that AFI could maintain comparable amount of seed cotton and maintain economic yield under less irrigation water.

**Keywords:** partial rootzone irrigation; cotton; dry mass; yield