

GIS支持下的陕西省粮食生产时空变异研究*

张应龙¹, 谢永生^{1,2}, 文曼¹, 赵暄¹, 江青龙¹

(1. 西北农林科技大学资源环境学院 杨凌 712100; 2. 中国科学院水利部水土保持研究所 杨凌 712100)

提 要: 综合应用变异系数、重心迁移模型、比较优势模型以及统计学和GIS分析方法,探讨了1980-2009年陕西省粮食生产时空格局演进过程。结果表明:陕西省粮食生产总体变化显著,粮食产量呈波动增长趋势,但粮食种植面积不断减少将危及区域粮食安全;根据粮食产量高低和生产稳定性特征,将陕西省分为高产低变型(宝鸡、咸阳、渭南、汉中)、低产低变型(安康、商洛)、高产高变型(西安)、低产高变型(榆林、延安、铜川)四个粮食类型区;各地区人均粮食产量差异较大,铜川、西安和商洛粮食紧缺,宝鸡、咸阳、渭南和榆林粮有盈余,延安、汉中和安康粮食基本自给;粮食生产总体分布不均衡,南北差异较大,重心移动的阶段性明显,总体呈“北上东进”的移动趋势;各类粮食作物具有比较优势的区域分布具有一定规律,小麦、玉米和大豆、稻谷生产具有优势的地区分别在关中、陕北、陕南。研究结果以期在粮食安全背景下的区域粮食生产宏观布局与优化以及农业的结构调整提供较为科学的决策依据。

关键词: 陕西省; 粮食生产; 时空变异; 地理信息系统

中图分类号: F329.9; K902

文献标识码: A

粮食关乎国计民生,社会的发展与稳定,粮食安全成为世界各国的核心政策。近年来,国内外粮食的生产和消费格局正发生着重大的改变,粮食的供求关系趋于紧张,粮食价格持续上涨^[1],粮食生产的直接投入成本和生态成本不断增加^[2],农民增产不增收的矛盾日益涌现,农业生态环境不断恶化,粮食安全形势十分严峻。陕西是一个经济欠发达省份,但在西部大开发过程中却起着带头作用,如何充分发挥其自身在经济开发中的桥头堡作用,对整个西北地区的经济发展和人民生活水平的提高有重大影响,而稳定区域农业生产和粮食安全对保证陕西省的社会、经济持续发展起着至关重要的作用^[3]。随着产业结构调整和城市化水平的提高,农地利用方式变化显著,给粮食生产带来了较大冲击,加之区域人口不断增加,人与粮食之间的矛盾更为突出。

对于陕西省粮食安全问题的研究成果较多^[4-6],大多从粮食的生产面积、产量变化、单产变化等角度出发。文中从时间(1980-2009年)和空间(全省和各地级行政单元)尺度,综合运用变异系数、重心迁移模型、比较优势模型以及统计学和GIS分析方法对陕西省近30a粮食生产的时空变异和地域格局特征进行深入探讨,以期在粮食安全背景下的区域粮食生产宏观布局与优化以及农业的结构调整提供较为科学的决策依据。

1 陕西省概况

陕西省(105°29'E-111°15'E, 31°42'N-39°35'N)地处中国内陆腹地,黄河中游,全省总面积为 $20.58 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。其地域狭长(南北长约870km,东西宽200-500km),地势南北高、中间低,有高原、山地、平原和盆地等多种地形,从北到南可以分为陕北高原(榆林和延安)、关中平原(西安、咸阳、宝鸡、铜川、渭南、杨凌示范区)、陕南秦巴山地(汉中、安康和商洛)三个地貌区,其中高原 $926 \times 10^4 \text{ hm}^2$,山地面积为 $741 \times$

* 收稿日期: 2011-7-15。

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2011BAD31B01); 水利部公益性行业科研专项经费项目(200901051_021001036)资助。

作者简介: 张应龙(1987-),男,湖南省衡山县人,硕士研究生,研究方向为GIS资源环境监测与评价。

E-mail: yinglongzhang@126.com

通讯作者: 谢永生(1960-),男,回族,河南省开封市人,研究员,主要从事水土保持、土地资源及环境评价等方面研究。

E-mail: ysxie@ms.iswc.ac.cn

10^4hm^2 , 平原面积 $391 \times 10^4\text{hm}^2$ 。陕西横跨三个气候带, 南北气候差异较大。陕南属北亚热带气候, 关中及陕北大部属暖温带气候, 陕北北部长城沿线属中温带气候。全省年平均气温 13.7°C , 自南向北、自东向西递减: 陕北 $7-12^\circ\text{C}$, 关中 $12-14^\circ\text{C}$, 陕南 $14-16^\circ\text{C}$ 。1 月平均气温 $-11-3.5^\circ\text{C}$, 7 月平均气温是 $21-28^\circ\text{C}$, 无霜期 $160-250\text{d}$, 极端最低气温是 -32.7°C , 极端最高气温 42.8°C 。年平均降水量 $340-1240\text{mm}$ 。降水南多北少, 陕南为湿润区, 关中为半湿润区, 陕北为半干旱区^[7]。

由于地理、气候条件复杂, 地形以山地和高原为主, 平原面积小, 农业基础设施较差, 而且受气候影响较大, 粮食生产不稳定, 粮食产量波动较大。陕西省粮食作物品种繁多, 全国大部分粮食作物都能种植, 主要粮食作物有小麦、玉米、水稻和豆类, 其次还有薯类和糜谷。从粮食作物品种分布来看, 陕北以玉米、豆类、糜谷以及薯类等杂粮为主, 关中以小麦和玉米为主, 陕南以水稻、小麦和玉米为主。而从粮食作物的季节分布来看, 夏粮以小麦为主, 秋粮以玉米、稻谷、糜谷、薯类以及豆类为主。近年来随着农业的发展和农业产业结构的调整, 种植业生产逐渐向区域化和专业化方向发展, 除粮食生产外, 各地区还形成了各具特色的其他主导产业, 例如关中地区的果、油、菜, 陕南的茶、桑、药、菌以及陕北地区的烟、果、薯、豆等^[8]。

2 数据来源和分析方法

2.1 数据来源

文中研究 1980-2009 年陕西省粮食生产的空间分异与格局特征, 所需全省和各地区(地市级行政单元) 30 a 的粮食产量数据来源于陕西省统计年鉴, 部分参考数据来源于中国统计年鉴。空间数据方面, 陕西省行政区划地理数据从国家基础地理信息系统下载处理获得, 其现势性为 1997 年。由于研究时段内有行政区划的调整, 为了便于数据的统一分析和比较, 将杨凌示范区的数据归入咸阳进行统计分析, 此过程中并没有造成数据的缺失。数据的分析操作是在 ArcGIS 9.3 和 Microsoft Excel 2007 环境下进行的。

2.2 分析方法

2.2.1 变异系数法

粮食产量的波动对于粮食安全是一个很重要的指标, 它是反映一个国家或地区粮食生产的健康与稳定水平。为便于比较, 文中采用变异系数法来反映各地区粮食产量的波动变化情况。变异系数(v)表示标准差与平均值之比, 表示总体的波动程度, 可定义为^[9]:

$$v = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}{\bar{x}} \times 100\%$$

2.2.2 粮食生产重心迁移模型

重心的概念源于物理学, 是指在空间上存在某一点, 在该点的前后左右各方向上的力量对比保持相对均衡。1874 年, 美国学者弗·沃尔克把重心的方法引入到人口问题的研究之中, 分析了美国西部开发和阳光地带崛起所引起的美国人口分布变化情况。从已有的研究成果来看, 在研究尺度上主要集中在全国层面上的重心迁移研究, 在研究内容上主要侧重在人口、经济、产业、土地资源利用等经济社会重心的研究^[10]。

重心模型是研究区域及其产业发展过程中要素空间变动的重要分析工具。由于区域产业的发展是要素集聚与扩散的过程, 各要素的重心位置处于不断变动之中, 要素重心的移动反映了区域产业发展的空间轨迹。区域粮食生产的空间变化趋势可以通过其分布重心的变化情况来反映。对于粮食生产分布均衡的区域来说, 其粮食生产重心就是该区域的几何重心, 粮食生产分布不均衡的粮食重心位置可以通过一定数学模型计算得出。设某个区域由 n 个统计单元构成, 第 i 个统计单元的中心坐标为 (x_i, y_i) , M_i 为该统计单元的粮食生产产量, 基于此, 构建区域粮食生产的重心坐标如下。

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i \times M_i)}{\sum_{i=1}^n M_i} \quad Y = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i \times M_i)}{\sum_{i=1}^n M_i}$$

2.2.3 比较优势分析方法

各地区粮食作物的比较优势主要取决于区域自然资源、市场需求、种植制度、种植习惯以及生态环境等诸多因素的共同作用^[11]。计算粮食作物比较优势的方法很多, 主要有要素比率分析法、线性规划和投入产出表、专家调查法模糊评估、国内资源成本分析法以及显示性比较优势指数法^[12]。本文采用如下改进的显示性比较优势指数法计算某种粮食作物的生产比较优势指数(Revealed Comparative Advantage In-

dex ,RCA) [13]。

$$RCA_{ij} = (X_{ij}/X_i) / (W_j/W)$$

式中: RCA_{ij} 为第 i 个地区第 j 种粮食作物生产的比较优势指数, X_{ij} 和 X_i 分别为第 i 个地区第 j 种粮食作物的总产量和第 i 个地区粮食的总产量, W_j 和 W 分别为全省第 j 种粮食作物的总产量和全省粮食的总产量。该指数反映了不同区域之间同一种粮食作物的生产能力和同一区域内不同粮食作物之间的生产能力的相对优势。当 $RCA_{ij} > 1$, 说明第 i 个地区第 j 种粮食作物在整个区域内具有生产优势; 当 $RCA_{ij} < 1$, 说明第 i 个地区第 j 种粮食作物在整个区域内处于生产劣势; 当 $RCA_{ij} = 1$, 则表明与区域平均水平相比, 第 i 个地区第 j 种粮食作物既没有生产优势, 也不存在生产劣势, 即处于区域的平均生产水平。文中分析了主要粮食作物(小麦、玉米、稻谷和大豆)的区域比较优势, 以期为区域粮食作物优势产业区的划分和布局提供参考。

3 结果与分析

3.1 陕西省粮食生产的时间变异特征

1980 - 2009 年, 陕西省的粮食生产总体变化显著, 粮食总产量和人均粮食产量都呈较明显的波动增长趋势, 近 30 a 陕西省的粮食总产量与人均粮食产量分别为 $1032 \times 10^4 t$ 和 $371 kg$, 人均粮食产量基本和全国平均水平 ($370 kg$, 根据中国统计年鉴计算得出) 持平。且由于人口的年际变化不是很大, 人均粮食产量与粮食总产量有趋同的变化特征。

1980 年以来, 陕西省粮食生产大致经历了以下 4 个阶段(图 1、图 2): 1) 粮食生产低水平阶段(1981 年以前), 这期间虽然粮食的播种面积大, 但由于单位面积产量低下, 1980 和 1981 年陕西省的粮食总产量分别只有 $757 \times 10^4 t$ 和 $750 \times 10^4 t$, 年平均粮食总产量仅有 $754 \times 10^4 t$, 为近 30 a 陕西省粮食产量最低水平。2) 粮食生产平缓增长阶段(1982 - 1992 年), 粮食播种面积和单位面积产量变化的波动性小, 粮食总产量缓慢增长, 1982 年粮食总产量为 $925 \times 10^4 t$, 到 2009 年达到 $1032 \times 10^4 t$, 增幅为 11.6%。这一阶段的年均粮食总产量为 $1000 \times 10^4 t$, 相比第一阶段的平均水平增加了 $246 \times 10^4 t$ 。3) 粮食生产波动变化阶段(1993 - 1998 年), 也是近 30 a 陕西省粮食生产波动变化最大的几年, 一共出现了 3 次大波峰(1993、1996、1998 年), 这 3 年的粮食总产量分别达到了 $1216 \times 10^4 t$ 、 $1217 \times 10^4 t$ 和 $1303 \times 10^4 t$ 。4) 粮食生产恢复平稳阶段(1999 - 2009 年), 经历了之前的较大波动, 从 1999 年起陕西省的粮食生产逐渐恢复到第二阶段的水平。11 a 间平均粮食总产量为 $1074 \times 10^4 t$, 略大于第二阶段的 $1000 \times 10^4 t$, 只不过变化的波动性稍强于第二阶段, 第二阶段和第四阶段粮食总产量的变异系数分别为 4.69% 和 6.43%。

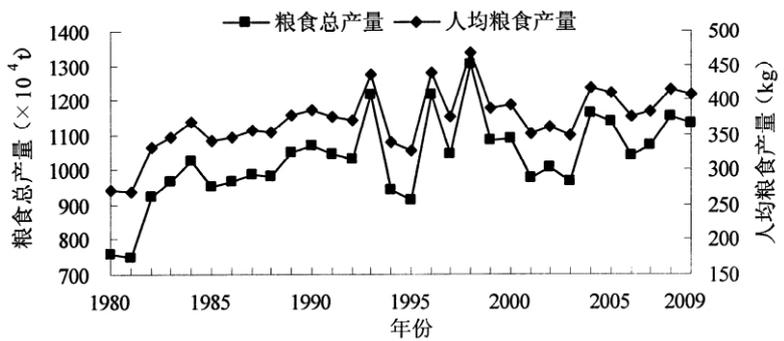


图 1 1980 - 2009 年陕西省粮食总产量与人均粮食产量变化
Fig. 1 Changes of total grain output and output per capita in Shaanxi province from 1980 to 2009

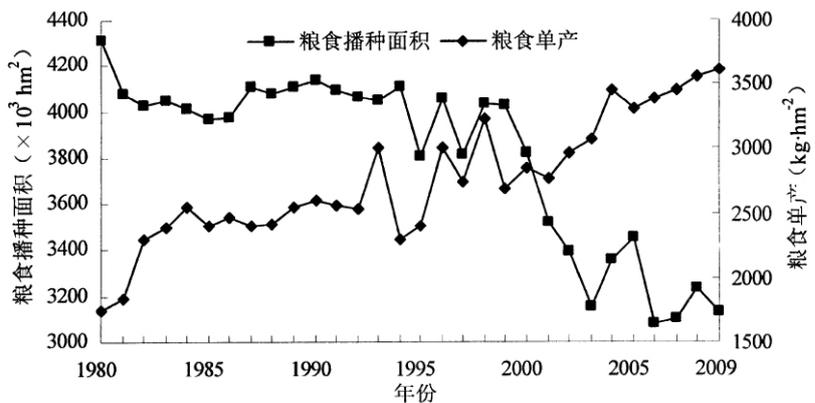


图 2 1980 - 2009 年陕西省粮食播种面积和单产变化
Fig. 2 Changes of grain planting area and grain yield per hectare in Shaanxi province from 1980 to 2009

由此可以得出,未来陕西省的年粮食总产量将大致维持在 $1000 \times 10^4\text{t}$ 的水平,人均粮食产量在 350 - 400kg。根据有关粮食供需平衡划分的研究^[14],从省域尺度来看,陕西省属于粮食基本自给区。但考虑到粮食播种面积的逐渐减少,而未来粮食的单位面积产量提高的空间不大,加之人口的不断增加,未来陕西省的粮食生产将会面临供需紧张的局面,形势不容乐观,有关部门应该加强耕地的管理以及农业结构的调整,保证区域的粮食安全。

3.2 陕西省粮食生产稳定性分析

陕西省各地区 1980 - 2009 年多年平均粮食产量数据和变异系数曲线表明(图 3),各地区间的粮食生产水平差异很大,其中铜川地区产量最低($18.48 \times 10^4\text{t}$),咸阳地区最高($179.20 \times 10^4\text{t}$),其次渭南、西安、宝鸡、汉中地区的产量也都在 $100 \times 10^4\text{t}$ 以上,处于陕西省两极的安康、榆林、延安、商洛地区的粮食产量基本维持在 $60 - 90 \times 10^4\text{t}$ 水平。各地区粮食生产的年际变化率差别较大,变异系数的变化区间在 9.60% - 32.77%,咸阳地区最小,榆林地区最大。若结合粮食生产水平和年际变化特征,文中以粮食产量的平均值($108.48 \times 10^4\text{t}$)和变异系数的平均值(16.03%)

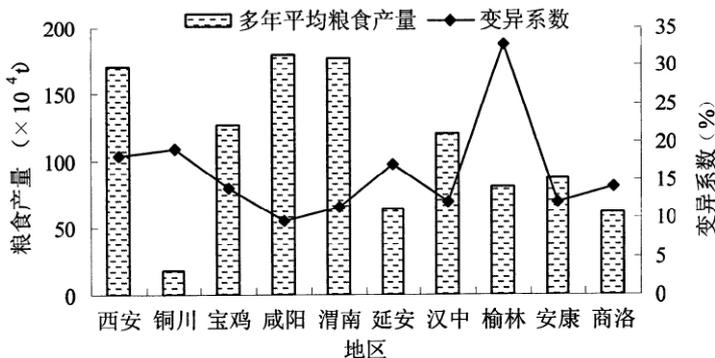


图 3 陕西省各地区 1980 - 2009 年多年平均粮食产量与变异系数曲线

Fig. 3 Multiyear mean grain yield and coefficient of variation curve of each area in Shaanxi province from 1980 to 2009

作为分类阈值,将全省的粮食生产情况分为 4 种类型(图 4): 1) 高产低变型,这是粮食生产最为稳定且生产水平较高的区域,定位为陕西省的粮食主产区,对维持省内的粮食供需平衡起到至关重要的作用,包括宝鸡、咸阳、渭南、汉中 4 个地区。2) 低产低变型,安康和商洛属于此种类型,粮食生产能力有限,但是年际变化也不大,定位为陕西省粮食自给自足区域; 3) 高产高变型,只有西安属于此种类型,该地区多年平均粮食产量达到 $170.54 \times 10^4\text{t}$,但同时变异系数高达 18.14%,该地区地处关中平原,具有优良的土地资源和自然条件,但由于城镇化建设和经济发展对粮食生产的冲击,呈现出较大的波动性,预计未来变化还会加大。4) 低产高变型,榆林、延安以及铜川 3 个地区属于此种类型,受自然条件的限制,粮食产量不高,但由于近些年国家退耕还林还草工程的实施以及这些区域农业结构的调整,粮食生产的变化较大。

3.3 陕西省粮食供需平衡变化与现状

对进入 21 世纪以来陕西省各地区的人均粮食绝对变化量(图 5)进行分析表明,相对于 2000 年,2009 年全省有 5 个地区的人均粮食产量下降或基本维持不变,5 个地区有所增加,且各个地区变化的幅度不同。人均粮食增加最多的是榆林地区,高达 239kg,其次是渭南,增加了 103kg,这两个地区增长的幅度相对较大,而宝鸡、咸阳、延安地区的增长都在 100kg 以下,增长幅度不大。人均粮食减少最多的是西安地区,减少了 35kg,相对于增长的变化率,人均粮食的减少率较小,汉中、商洛地区的减少量也都分别只有 25kg 和 33kg。安康和铜川两地近 10a 的人均粮食产量基本变化不大,相对稳定。

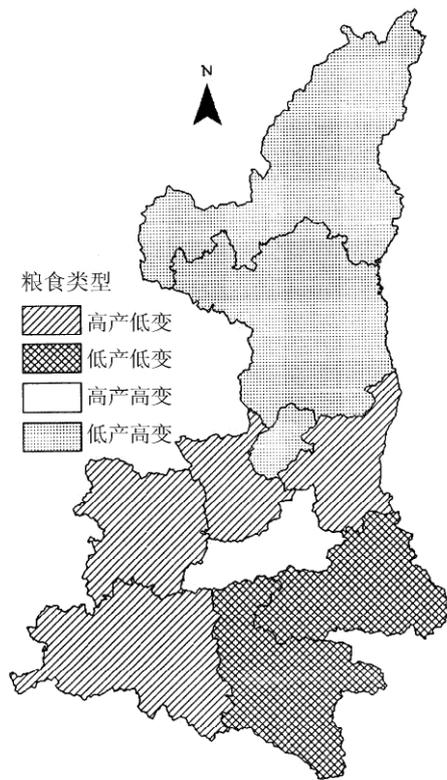


图 4 陕西省不同粮食生产类型区分布图

Fig. 4 Map of different types of food production in Shaanxi Province

在人均粮食产量变化分析的基础上,以 2009 年陕西省各地区人均粮食产量为对象进一步分析当前粮食的供需平衡现状(图 6)。根据相关研究^[14],一般将各地区人均粮食产量低于 150kg 的地区划分为严重缺粮区,150kg - 300kg 为一般缺粮区,300kg - 400kg 为基本自给区,400kg - 600kg 为一般余粮区,高于

600kg 为重要余粮区。分析表明 铜川、西安、商洛地区属于一般缺粮区 3 个地区的人均粮食产量分别只有 277kg、259kg、282kg; 延安、汉中、安康 3 个地区能实现粮食的基本自给; 宝鸡、咸阳、渭南、榆林 4 个地区则属于一般余粮区 对维持省内的粮食供需平衡和粮食安全起到一定作用。

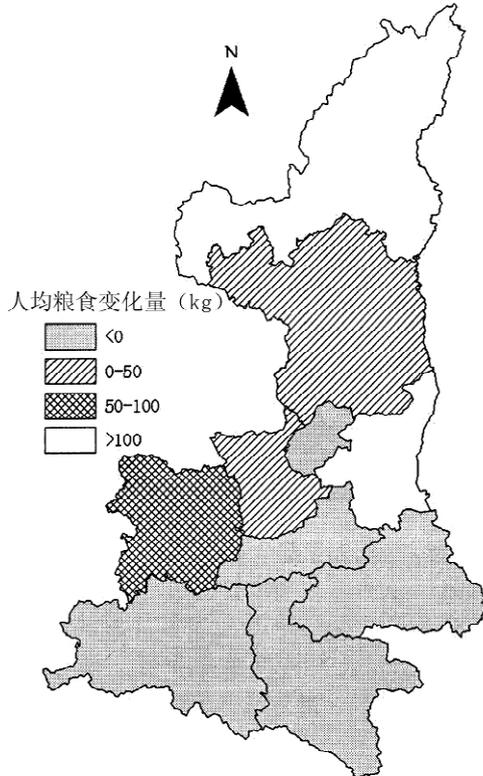


图 5 2000 年来人均粮食变化量及其空间分布
Fig. 5 Change of grain possession per capita and its spatial distribution since 2000

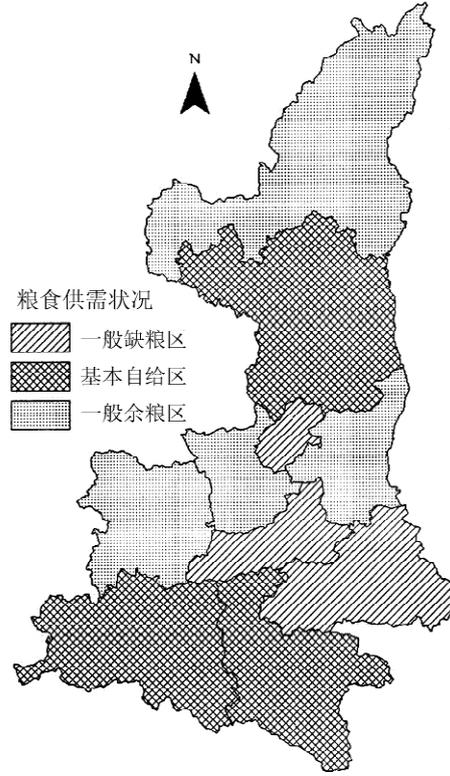


图 6 2009 年人均粮食空间分布特征
Fig. 6 Spatial distribution of grain possession per capita in 2009

3.4 陕西省粮食生产重心时空格局演进过程

为了准确直观地分析陕西省粮食生产的时空变异特征 ,文中以地级行政单位为基本统计单元 利用粮食生产重心模型计算陕西省 1980 - 2009 年 30 个时间点的粮食生产重心 利用 ArcGIS 9.3 制作出陕西省粮食生产重心与几何中心位置比较图以及粮食重心迁移轨迹图(图 7、图 8) ,并统计出时段内不同年份间的重心移动距离和方向(表 1) 。

(1) 粮食重心偏离几何中心。陕西省粮食生产重心总体偏离其几何中心较远。陕西省的几何中心位于铜川境内(108°51'9.5"E 35°7'58.5"N) ,1980 - 2009 年陕西省粮食生产重心一直位于咸阳东南部地区 ,且大致呈直线分布。粮食重心和几何中心的最近距离是 42. 841km(2009 年) ,最远距离为 87. 551km(1991 年) 。粮食生产重心与几何中心相离较远 表明陕西省粮食生产的分布相对不均衡 ,南北差异较大。

(2) 粮食重心迁移总体规律。陕西省 1980 - 2009 年粮食生产重心总体表现为" 北上东进" ,30a 间粮食生产重心向北偏东 18°方向移动了 23. 108km ,其中 ,向北移动较为明显 移动的空间距离为 21. 938km ,而向东移动的距离相对较小 ,只有 7. 260km。

(3) 重心转移的阶段性的。1980 - 2009 年期间 ,陕西省粮食生产重心累计移动 318. 031km ,年均移动 10. 601km ,但不同时期其转移的速度和方向不同 ,以 1991、1994、2001 年为界 ,大体可以分为四个阶段。1) 由东北向西南移动阶段(1980 - 1991 年) ,该段时期粮食生产重心总体上由东北向西南迁移。1980 - 1981 年 粮食重心先向北偏东 1°方向移动了 12. 052km。1981 - 1983 年 粮食重心向南偏西 6°方向移动 25. 270km。1983 - 1991 年粮食重心则经历了南北方向上的交替迁移。从 1980 和 1991 年两个时间点来看 粮食重心向南偏西 19°方向移动了 24. 349km。2) 由西南向东北移动阶段(1991 - 1994 年) 粮食生产重心持续向东北偏北方向移动 ,与第一阶段相比 ,东西方向和南北方向的转移都达到整个近 30a 的最大值且发生了逆转 ,历史性地向北向东迁移。相对于 1991 年 ,1994 年陕西省粮食生产的重心向北偏东 30°方向上移动了 37. 014km ,这也是四个阶段中转移的最大距离 ,同时转移的速度也是最快的 ,达到 12. 338km

• a⁻¹。发生这一转变的主要原因在于陕北地区的粮食产量在全省所占的比重有所提高,从 1991 年的 9.79% 上升到 1994 年的 17.72%,而关中和陕南地区的粮食产量所占比重则从 61.60% 和 28.61% 下降到 59.01% 和 23.27%。3) 由东北向西南移动阶段(1994 - 2001 年),粮食重心再次发生逆转,由东北向西南方向移动,7 年间向南移动 30.096km,向西移动了 0.308km。移动的方向与上一阶段恰好相反,移动距离也比较大,相对于 1994 年,2001 年的粮食重心在南偏西 1° 方向上移动了 30.098km。这期间,陕北地区的粮食产量所占比重从 17.72% 下降到 10.34%,关中和陕南地区粮食所占比重则分别从 59.01% 和 23.27% 增加到 63.10% 和 26.56%。4) 由西南向东北移动阶段(2001 - 2009 年),粮食生产重心重新回到向北向东转移的变化之中,只不过相对于第二阶段,迁移速度有所下降,这表明各个地区粮食产量变化的幅度相对变小。这个阶段,关中地区的粮食产量在全省所占比重基本变化不大,而陕北地区 2009 年所占的比重从 2001 年的 10.34% 增加到 16.86%,陕南地区从 26.56% 减少到 19.51%,这种变化从而导致了陕西省粮食重心的转移。

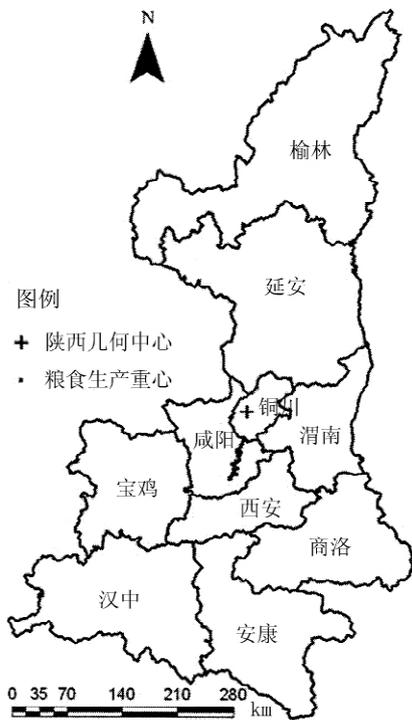


图 7 1980 - 2009 年陕西省粮食生产重心和几何中心位置比较

Fig. 7 Comparison of grain production gravity center and geometric center of Shaanxi province from 1980 to 2009

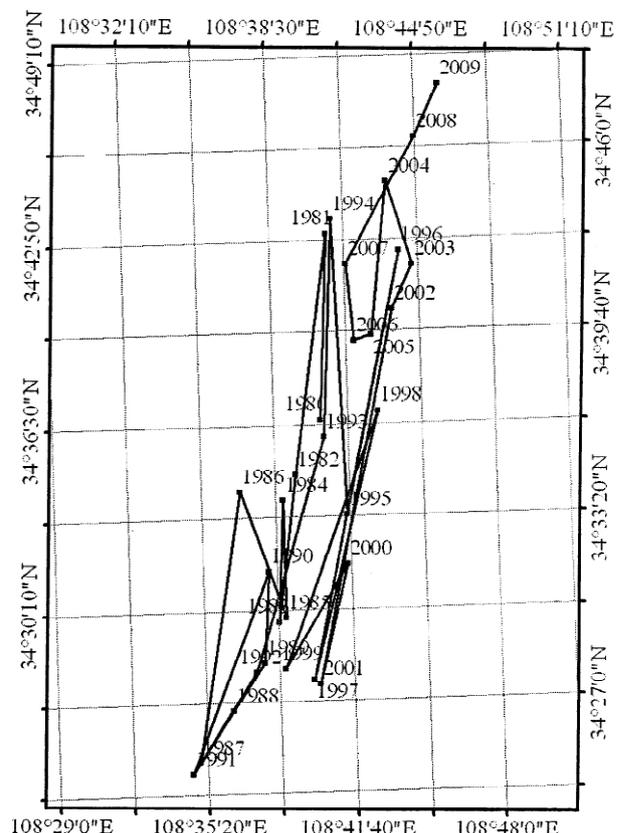


图 8 1980 - 2009 年陕西省粮食生产重心迁移

Fig. 8 The track of grain production gravity center of Shaanxi province from 1980 to 2009

3.5 基于比较优势的主要粮食作物区域格局分析

按照比较优势理论,即使某些地区所有粮食作物总产量和人均粮食产量都不占有绝对优势,但其某种粮食作物也应该具有相对优势。文中计算陕西省各地级单元 2000 - 2009 年各年的小麦、玉米、水稻和大豆 4 种主要粮食作物生产比较优势指数,并计算各种作物的平均值。按照计算结果,综合整理得出 21 世纪初期陕西省各地区粮食生产具有比较优势的作物(表 2)以及主要作物的区域比较优势图(图 9)。

(1) 小麦生产的比较优势格局。陕西省小麦生产具有比较优势的地区主要集中在关中的 5 个地区。2009 年该地区小麦的播种面积占陕西省的 83.7%,小麦产量占 89.9%,在播种面积和产量两方面都具有明显优势,属于该省的小麦主产区,且 5 个地区之间的比较优势相对均衡,比较优势指数都在 1 - 1.5 之间。

(2) 玉米生产的比较优势格局。玉米生产具有优势的地区在陕北、关中、陕南地区都有分布,陕北地区优势更明显,榆林和延安地区的玉米生产比较优势指数分别为 1.73 和 1.58,其他的西安、铜川以及商

洛分别只达到 1.05、1.12 和 1.21。2009 年这 5 大玉米生产优势区的播种面积只占全省的 39.4%，产量占 43.9%。这也就表明，陕西省各地区的玉米生产相对比较均衡，优势区和非优势区相差并不是很大。

(3) 稻谷生产的比较优势格局。稻谷生产具有比较优势的地区主要分布在陕南地区，这主要受自然条件的影响。汉中和安康地区稻谷生产的比较优势特别明显，比较优势指数分别为 7.68 和 3.89，而其他地区都在 0.3 以下，渭南地区更是接近于 0。2009 年两大稻谷生产优势地区的播种面积占全省的 93.9%，产量占全省稻谷总产的 93.5%。

(4) 大豆生产的比较优势格局。大豆生产具有比较优势的地区主要分布在陕西的南北部，优势较为明显的为延安、榆林、商洛三地区，它们的比较优势指数分别达到了 4.27、3.98 和 3.59，而铜川和安康地区的大豆生产比较优势相对不明显，其优势指数分别只有 1.26 和 1.20。这 5 个地区 2009 年大豆的种植面积占全省的 73.2%，产量占全省的 73.5%。

4 结论

文中综合运用变异系数、重心迁移模型、比较优势模型以及统计学和 GIS 分析方法，深入探讨了陕西省 1980 年以来粮食生产的时空变异和地域格局特征，得出以下主要结论：

(1) 1980 - 2009 年，陕西省的粮食生产总体变化显著，粮食总产量、单位面积产量以及人均粮食产量都呈较明显的波动增长趋势，近 30 a 陕西省的粮食总产量与人均粮食产量分别为 $1032 \times 10^4 t$ 和 371kg，区域粮食基本实现自给自足，但粮食的播种面积在逐年减少，未来区域的粮食安全问题让人担忧。

(2) 陕西省各地区 1980 - 2009 年多年平均粮食产量数据分析表明，区域内粮食生产水平差异很大，其中铜川地区产量最低 ($18.48 \times 10^4 t$)，咸阳地区最高 ($179.20 \times 10^4 t$)，而各地区粮食生产的年际变化差别较大，变异系数的变化区间在 9.60 - 32.77%，咸阳地区最小，榆林地区最大。根据各地区粮食产量的 高低 和 生产 稳定性 特征，将陕西省分为高产低变型(宝鸡、咸阳、渭南以及汉中)、低产低变型(安康和商洛)、高产高变型(西安)、低产高变型(榆林、延安以及铜川)四个粮食类型区。

(3) 2000 - 2009 年人均粮食产量变化分析表明，增加最多的是榆林地区，高达 239kg，减少最多的是西安地区，减少了 35kg。从 2009 年各地区人均产量来看，铜川、西安、商洛地区属于一般缺粮区，3 个地区的人均粮食产量分别只有 277kg、259kg、282kg；延安、汉中、安康 3 个地区能实现粮食的基本自给；宝鸡、咸

表 1 1980 - 2009 年陕西省粮食生产重心变动

Tab. 1 The movement of grain production gravity center in Shaanxi province

| 起止时间(a) | | 移动距离(km) | | | 移动 |
|----------------|----------------|-----------|--------|--------|---------|
| t ₁ | t ₂ | 南北分量 | 东西分量 | 直线距离 | 方向 |
| 1980 | 1981 | 12.051 | 0.182 | 12.052 | 北偏东 1° |
| 1981 | 1982 | -15.644 | -1.738 | 15.740 | 南偏西 6° |
| 1982 | 1983 | -9.481 | -0.957 | 9.530 | 南偏西 6° |
| 1983 | 1984 | 7.851 | 0.168 | 7.853 | 北偏东 1° |
| 1984 | 1985 | -7.531 | 0.274 | 7.536 | 南偏东 2° |
| 1985 | 1986 | 8.012 | -3.050 | 8.573 | 北偏西 21° |
| 1986 | 1987 | -17.565 | -2.320 | 17.717 | 南偏西 8° |
| 1987 | 1988 | 3.421 | 2.104 | 4.016 | 北偏东 32° |
| 1988 | 1989 | 3.116 | 1.917 | 3.659 | 北偏东 32° |
| 1989 | 1990 | 5.946 | 0.193 | 5.949 | 北偏东 2° |
| 1990 | 1991 | -13.208 | -4.677 | 14.012 | 南偏西 19° |
| 1991 | 1992 | 6.654 | 3.978 | 7.752 | 北偏东 31° |
| 1992 | 1993 | 15.272 | 4.149 | 15.826 | 北偏东 15° |
| 1993 | 1994 | 14.131 | 0.239 | 14.133 | 北偏东 1° |
| 1994 | 1995 | -19.131 | 1.287 | 19.174 | 南偏东 4° |
| 1995 | 1996 | 17.189 | 3.129 | 17.472 | 北偏东 10° |
| 1996 | 1997 | -27.887 | -5.123 | 28.353 | 南偏西 10° |
| 1997 | 1998 | 17.450 | 3.896 | 17.880 | 北偏东 13° |
| 1998 | 1999 | -16.746 | -5.724 | 17.698 | 南偏西 19° |
| 1999 | 2000 | 6.851 | 3.881 | 7.874 | 北偏东 30° |
| 2000 | 2001 | -7.822 | -1.653 | 7.995 | 南偏西 12° |
| 2001 | 2002 | 24.316 | 4.286 | 24.691 | 北偏东 10° |
| 2002 | 2003 | 2.920 | 1.264 | 3.182 | 北偏东 23° |
| 2003 | 2004 | 5.355 | -1.718 | 5.624 | 北偏西 18° |
| 2004 | 2005 | -9.979 | -0.803 | 10.012 | 南偏西 5° |
| 2005 | 2006 | -0.394 | -1.136 | 1.202 | 南偏西 5° |
| 2006 | 2007 | 4.963 | -0.579 | 4.996 | 北偏西 7° |
| 2007 | 2008 | 8.348 | 4.284 | 9.384 | 北偏东 27° |
| 2008 | 2009 | 3.479 | 1.506 | 3.791 | 北偏东 23° |
| 1980 | 2009 | 21.938 | 7.258 | 23.108 | 北偏东 18° |

注：当重心从北向南或从东往西移动时移动距离的分量为负值，反之则为正值。

表 2 2000 - 2009 年陕西省各地区平均生产比较优势作物

Tab. 2 The average comparative advantage crops in all regions of Shaanxi province from 2000 to 2009

| 地区 | 生产比较优势作物 | |
|----|----------|----------|
| 陕北 | 延安 | 玉米 大豆 |
| | 榆林 | 玉米 大豆 |
| | 铜川 | 小麦 玉米 大豆 |
| 关中 | 西安 | 小麦 玉米 |
| | 宝鸡 | 小麦 |
| | 咸阳 | 小麦 |
| 渭南 | 小麦 | |
| 陕南 | 商洛 | 玉米 大豆 |
| | 安康 | 大豆 稻谷 |
| | 汉中 | 稻谷 |

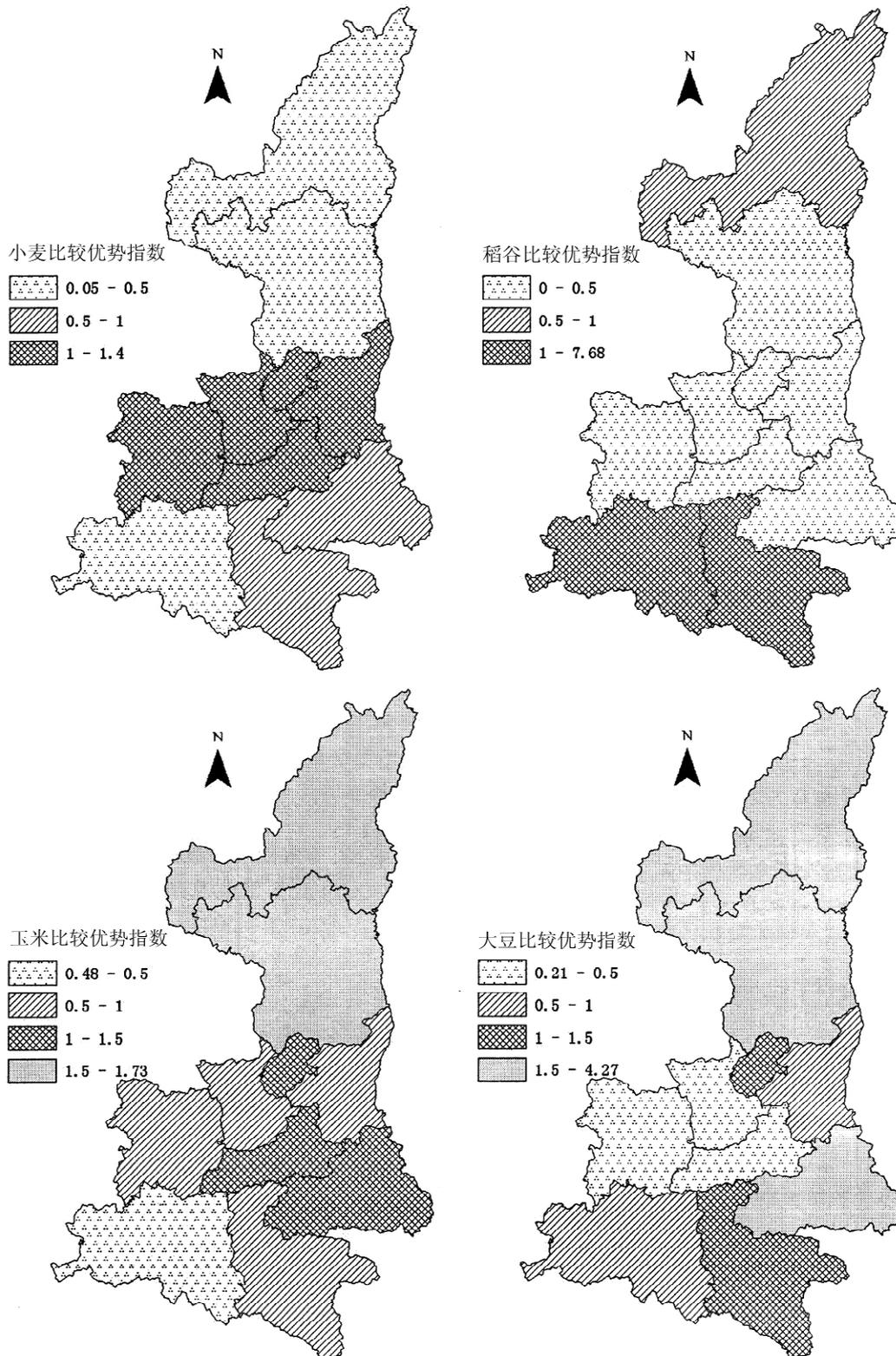


图 9 陕西省主要粮食作物生产的平均比较优势指数(2000 - 2009 年)

Fig.9 The average comparative advantage index of major grain crops in Shaanxi province from 2000 to 2009

阳、渭南、榆林 4 个地区则属于一般余粮区,对维持省内的粮食供需平衡和粮食安全起到一定作用。

(4) 1980 - 2009 年粮食生产重心迁移分析表明,陕西省粮食生产的总体分布相对不均衡,南北差异较大。重心移动的阶段较为明显,大致先后经历了从东北向西南再从西南向东北的两次往返移动,但总体

呈现出“北上东进”的移动规律和趋势。

(5) 主要粮食作物的比较优势分析表明,小麦生产具有比较优势的地区主要集中在关中的 5 个地区,玉米生产具有优势的地区在陕北、关中、陕南地区都有分布,陕北地区优势尤为明显,汉中和安康地区稻谷生产的比较优势特别明显,大豆生产优势较为明显的为延安、榆林、商洛三地区,这些在某种程度上能为省域层面粮食作物优势产业区的划分和未来粮食布局提供一些参考依据。

5 讨论

综上所述,陕西省粮食生产的时空不稳定性特征较为明显。当前,陕西省正处于快速城镇化和工业化的大环境之中,采取相关举措以保障区域粮食安全十分必要。

(1) 未来一段时间粮食单产能够增长的空间已经很小,而随着粮食播种面积的不断下降,粮食生产将会逐步下滑。随着陕西省经济近些年的持续发展,建设项目大量的增加,建设占用耕地的数量迅速增多,农业用地与非农业用地之间的矛盾日益凸显,加之陕西省优等耕地的数量少,水资源和气候条件时空分布不平衡,粮食生产受自然条件的限制较为严重,因此,保护好耕地,提高复种指数,加大科技投入力量以提高单位面积粮食产量,充分利用良好的自然资源条件,是维持区域粮食稳定生产的重要途径。

(2) 农业结构的调整和农业补贴政策对粮食生产的地域格局变化有着重要的影响。退耕还林还草工程实施以来,导致耕地面积的减少,粮食产量有所降低。种粮补贴的发放以及粮食价格的保护政策,显著提高了农民种粮的积极性,粮食的播种面积有所提升,粮食产量有所提高。足以为得,相关农业政策的导向力很强,未来加大农业的补贴力度,刺激增加现有耕地的粮食种植面积是稳定粮食生产的重要方面。

(3) 根据因地制宜的原则,制定不同层面相关农业政策,促使陕西省粮食生产形成更加明确合理的区域分工。根据自然、社会条件的优劣,各个地区的自身优势粮食作物应该明确种植规模,关中平原地区作为粮食生产的主体,应该逐步扩大粮食生产的能力,确保在维持区域的粮食安全中发挥中间作用,陕南地区由于拥有较好的气候条件,在某种程度上要上升为第二粮食供给区,而陕北地区在加强生态环境建设的同时也应该适度发展粮食生产,以能够实现粮食基本自给为目标。

参考文献

- [1]王介勇,刘彦随. 1990-2005年中国粮食产量重心演进格局及其驱动机制[J]. 资源科学, 2009, 31(7): 1188-1194.
- [2]李晓,谢永生,张应龙,等. 黄土高原沟壑区粮食生产中的生态成本[J]. 应用生态学报, 2010, 21(12): 3168-3174.
- [3]马彩虹,赵先贵. 人口-耕地-粮食互动关系与区域可持续发展-以陕西省为例[J]. 干旱区资源与环境, 2006, 20(2): 50-54.
- [4]杨忍,任志远,徐茜,等. 陕西省粮食安全时空变化及预测研究[J]. 中国生态农业学报, 2009, 17(4): 770-775.
- [5]陈秀端. 陕西省粮食安全区域差异及驱动因素分析[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(8): 116-120.
- [6]吕晓虎,赵景波. 陕西省粮食安全定量评价研究[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(2): 219-225.
- [7]陕西省统计局. 陕西统计年鉴(2008)[Z]. 北京: 中国统计出版社, 2008.
- [8]马超群,何艳芬. 建国以来陕西省粮食生产及其作物结构变化[J]. 长安大学学报(社会科学版), 2008, 10(2): 82-86.
- [9]邓国,王昂生,周玉淑,等. 中国粮食产量不同风险类型的地理分布[J]. 自然资源学报, 2002, 17(2): 210-215.
- [10]张兴榆,黄贤金,赵雲泰,等. 近10年江苏省土地利用重心与经济重心迁移轨迹对比分析[J]. 长江流域资源与环境, 2011, 20(1): 14-20.
- [11]张晓群,陈宝峰. 平顶山市主要农作物的比较优势分析[J]. 中国农业大学学报, 2003, 8(4): 86-89.
- [12]翟荣新,刘彦随. 20世纪90年代以来粮食生产的区域格局变动[J]. 中国农业资源与区划, 2008, 29(6): 49-54.
- [13]黄静波,赖伟娟. 广东省出口产业比较优势分析[J]. 国际贸易问题, 2004(1): 61-67.
- [14]殷培红,方修琦,马玉玲,等. 21世纪初我国粮食供需的新空间格局[J]. 自然资源学报, 2006, 21(4): 625-632.

Temporal and spatial variability of grain production in Shaanxi based on GIS

ZHANG Yinglong¹, XIE Yongsheng^{1,2}, WEN Man¹, ZHAO Xuan¹, JIANG Qinglong¹

(1. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling 712100, P. R. China;

2. Institute of Soil and Water Conservation, CAS & MWR, Yangling 712100, P. R. China)

Abstract: Based on the coefficient of variation, center of gravity migration model, comparative advantage model, statistical methods and GIS techniques, the change of grain production in Shaanxi province from 1980 to 2009 was discussed. The study showed that the overall grain production changed significantly in Shaanxi province, The total grain yield, unit area grain yield and grain yield per capita increased all, but the grain planting area decreased continuously, and the grain security will be threatened. According to the level of grain production and stability characteristics of the grain production, in this study the author divided Shaanxi into four regions of grain production, it including high output and stable regions, such as Baoji, Xianyang, Weinan and Hanzhong, low output and stable regions, such as Ankang and Shangluo, high output but unstable region, such as Xi'an, low output and unstable region, such as Yulin, Yan'an and Tongchuan. There were large diversities in grain production per capita among different regions, and there were grain shortage in Tongchuan, Xi'an and Shangluo. The grain reserves in Baoji, Xianyang, Weinan and Yulin were sufficient, the grain self supply ability regions were Yan'an, Hanzhong and Ankang. The overall distribution of grain production was not balanced, and there was big difference between northern and southern of Shaanxi province. The grain output center of gravity moved remarkably from the southwest to the northeast of Shaanxi province, and there were four obvious movement stages. We analyzed the regional comparative superiorities of some major crops, it was showed wheat production had an advantage in the Guanzhong Plain, corn and soybean had an advantage in northern shaanxi, and paddy had an advantage in southern Shaanxi. The results of this research aimed at providing more scientific basis for decision making in the distribution and further optimization of grain production, adjustment of agricultural structure under the context of the grain security.

Key words: Shaanxi province; grain production; temporal and spatial variability; GIS