

陕西省米脂县耕地动态变化与粮食安全研究

赵连武¹, 谢永生^{1,2}, 王继军^{1,2}, 刘涛¹, 何毅峰¹

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

摘要: 根据米脂县 1990—2007 年粮食生产的相关数据, 对该县耕地、人口和粮食生产动态变化以及粮食总产与其影响因素进行了灰色关联度分析。结果表明, 退耕还林还草工程是耕地总面积迅速减少的主要原因; 提高粮食单产保障粮食总产是实现粮食安全的最关键因子; 持续增长的人口造成耕地的承载压力越来越大, 并对该区实现粮食安全提出了更大的挑战。最后, 根据分析结果提出了增加科技投入, 提高单产, 保护耕地, 挖掘耕地潜力等措施以保障该区域的粮食安全, 为政府部门制定相关粮食安全政策提供科学的理论依据。

关键词: 耕地; 人口; 粮食; 灰色关联分析; 米脂县

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2009)04—0143—06

中图分类号: F302

Cultivated Land Dynamic Change and Grain Security in Mizhi County of Shaanxi Province

ZHAO Lian-wu¹, XIE Yong-sheng^{1,2}, WANG Ji-jun^{1,2}, LIU Tao¹, HE Yi-feng¹

(1. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Based on the correlation data of grain production in Mizhi County from 1990 to 2007, the grey correlation analysis is made to analyze grain production with the variation characteristics of the cultivated land, population, and other influencing factors. Results show that the program for the conversion from cropland to forest and grassland is the main reason for the cultivated land decrease. Improvement of unit yield and total grain production is the key factor to protect grain security. Population growth has a great influence on the bearing capacity of cultivated land and put forward a greater challenge to grain security in the area. To increase the grain yield, some suggestions are put forward, such as increasing science and technology input to enhance unit yield, protecting cultivated land, and excavating the potential of cultivated land. The study provides a scientific basis for government policy making.

Keywords: cultivated land; population; grain; grey correlation analysis; Mizhi County

粮食是人民生活、经济发展和社会稳定的基础, 是一个关系到国计民生的重要战略物资。粮食生产受社会、经济、政治、技术及自然资源等多种因素的制约, 其中耕地是实现粮食生产最重要的基础因素, 工业化、城市化进程的加快和经济高速发展将使原本稀缺的耕地资源不可逆转地部分流向非农业利用, 致使粮食供给能力受到很大的限制, 而人口却是一个持续扩大的增量, 并且随着人均粮食消费水平的不断提高, 粮食需求日益增加, 人地矛盾将更趋尖锐^[1-3]。由于耕地的分布、人口和粮食生产具有明显的区域性, 因此, 对区域人口、耕地和粮食问题的研究尤显重要^[4-8]。

米脂县位于黄土茆状丘陵区, 坡地多、平地少, 人

口密度 175 人/km², 人地矛盾突出, 土地利用不合理, 水土流失严重, 土壤肥力低。随着近年来退耕还林(草)工程的实施, 大量坡耕地急剧减少, 对当地的粮食生产及经济的发展产生了较大的影响。因此开展米脂县耕地、人口和粮食问题的研究对黄土丘陵沟壑区的粮食生产及当地经济的可持续发展具有重要意义。

1 米脂县自然概况

米脂县地处黄土高原腹部, 位于陕西省北部, 北承榆林, 南接绥德, 东靠佳县, 西邻横山、子洲。地理坐标东径 109°49'—110°29', 北纬 37°39'—38°5', 总面积 1 212 km², 东西长 59 km, 南北宽 47 km。全县辖 13

收稿日期: 2008-10-20

修回日期: 2009-03-08

资助项目: 国家科技支撑计划“黄土高原水土流失综合防治技术研究”(2006BAD09B10); 国家科技支撑计划项目(2006BAD15B01-03); 中国科学院知识创新重大项目“耕地保育与持续高效现代农业试点工程”(KSCX-YW-09-07)

作者简介: 赵连武(1982—), 男(汉族), 甘肃省白银市人, 硕士研究生, 研究方向为遥感与 GIS 应用。E-mail: zlw215@126.com。

通信作者: 谢永生(1962—), 男(回族), 陕西省宝鸡市人, 研究员, 主要研究方向为土地资源利用。E-mail: ysxie@ms.iswc.ac.cn。

个乡镇),共有 396 个村民委员会。境内地形属黄土高原丘陵沟壑区,地势呈东西高、中间低,沟梁交错、沟壑纵横,地表破碎,质地松软,平均海拔 1 049 m。水系属黄河流域,无定河从西北向东南纵贯县境,境内流长 18.9 km,年平均径流量 $6.49 \times 10^7 \text{ m}^3$ 。气候属中温带半干旱大陆性季风气候区,年平均气温为 3.3℃,无霜期 165 d,日照约 2 800 h,最大冻土深度 104 cm,年平均降雨量为 440 mm,多集中在 7—9 月份^[9]。

2 耕地、人口、粮食和耕地压力指数动态分析

自 1990 年以来,米脂县农业生产有很大发展。但是,人口增长过快,工业化、城市化进程加快和经济高速发展,使稀缺的耕地资源不可逆转地部分流向非农利用。另外,自然灾害的破坏及生态退耕等因素的影响,使人均占有耕地大幅减少,特别是城镇和工矿附近更是突出。从表 1 可以看出,耕地面积、人均耕地面积下降幅度较大,而粮食总产和人均粮食占有量却有大幅增加。2007 年较 1990 年耕地净减少 5 823 hm^2 ,人均耕地面积减少 0.04 hm^2 ,粮食总产和人均占有粮分别增加 27 489 t 和 114.36 kg,是 1990 年的 1.70 倍和 1.57 倍,人口增长与耕地面积、粮食供给的矛盾日益突出。

2.1 耕地变化过程分析

米脂县是陕西省坡耕地比较集中的地区,是陕

西省的重点退耕区,其中 15°~25° 坡耕地和大于 25° 坡耕地比例分别占全县总耕地面积的 46.93% 和 11.92%^[10]。随着退耕还林工程的不断深入,该县的耕地压力随之增加。从图 1 可看出,近 18 a 来米脂县耕地面积总量减少并呈现出较为明显的阶段性。1990—1999 年耕地面积变化比较平稳;2000—2003 年由于退耕还林还草工程的实施、居民点及工矿和交通用地的扩张等因素的影响使耕地面积急剧减少,从 1999 年底的 33 230 hm^2 ,下降至 2003 年 22 947 hm^2 ;2003 年在米脂县政府的引导下县内全面实施“米袋子”工程,坚持不懈狠抓吨粮田、双千田等旱作农业高产田建设,坚持大规模、高标准的山水田林路的综合开发和退耕还林口粮田建设等项目的实施,耕地面积又开始缓慢回升至 2007 年的 27 258 hm^2 ,但总体呈下降趋势,与 1990 年相比共减少耕地 5 823 hm^2 ,年均净减少 323.5 hm^2 。

耕地减少,人口增加,其结果导致人均耕地面积迅速减少。1990 年人均耕地面积 0.169 hm^2 ,以后逐年降低,到 2003 年底降为历年来的最低水平 0.11 hm^2 ,而后又随着耕地面积的增加而回升至 2007 年的 0.13 hm^2 。粮食播种面积也随耕地总量的变化而波动,从 1990 年的 26 379 hm^2 降至 2007 年的 18 700 hm^2 ;2000—2003 年期间随着耕地面积的快速下降及农业结构调整而急剧减少,降至 2005 年的 16 531 hm^2 的最低水平。

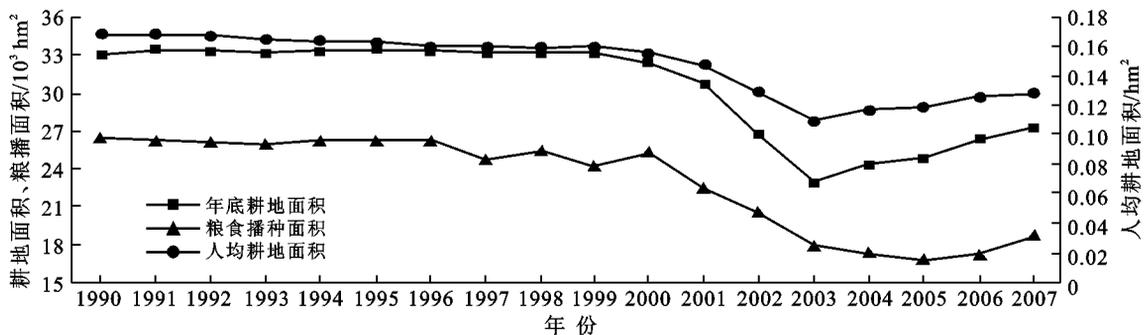


图 1 1990—2007 年米脂县耕地面积、粮食播种面积和人均耕地面积变化

表 1 米脂县耕地面积和粮食总产量变化

年份	耕地面积/ hm^2	人口/ 10^4 人	人均耕地(hm^2 /人)	粮食总产量/t	人均粮食(kg/人)
1990	33 081	19.57	0.169	39 277	200.69
2000	32 410	20.85	0.155	60 000	287.71
2007	27 258	21.19	0.129	66 766	315.05

2.2 人口变化过程分析

从图 2 可以看出近 18 a 来米脂县的总人口在波动中不断增加。

从 1990 年的 195 714 人增加到 2007 年的 211 923 人,年均净增 2 315 人,有明显的阶段性,第一阶段为较快的增长阶段(1990—1996 年),从 1990

年的 195 714 人增至 1996 年的 207 415 人,净增 11 717 人,年均净增 2 702 人;第二阶段为较平稳的发展阶段(1997—1999 年),由于自然增长率比较低,总人数变化不大;第三阶段为波动增加阶段(2000—2007 年),在 2002 年和 2005 年有较明显的波动,总人数有所下降,且在 2002 年出现了自 1997 年以来的

人口最低,总人数为 207 163 人。这是因为随着社会经济的发展和当地生活条件的限制,外出务工的人比较多,迁出人口较多而造成的。人口的自然增长率先下降至 1999 年的最低点 0.87‰,后又再在波动中回升到 2007 年的 7.61‰两个阶段,因此,应该严格控制人口数量。

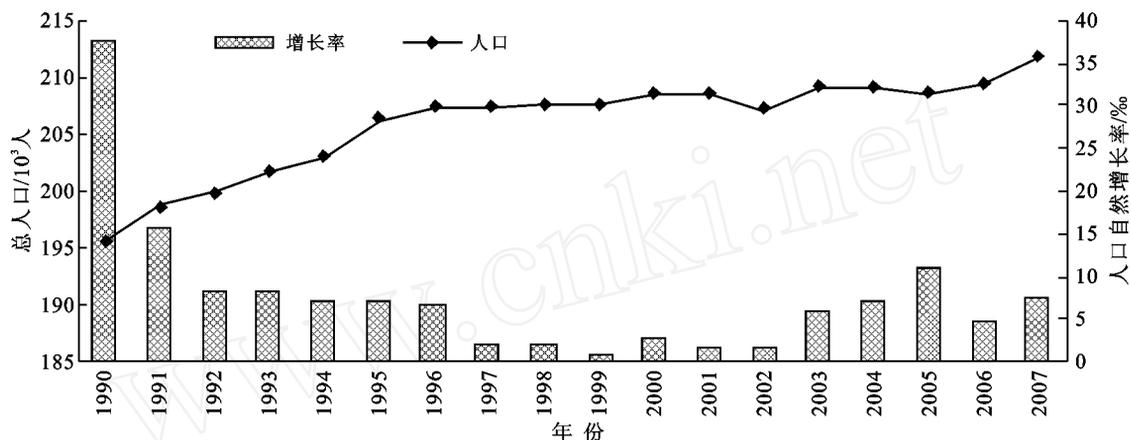


图2 1990—2007 米脂县人口变化

2.3 粮食产量变化过程分析

米脂县的耕作土壤由于长期受水土流失、土壤次生盐渍化、土壤瘠薄化、干燥化和有机肥料投入不足的影响,造成全区大部分耕地质量较差,中低产田面积较大,自然灾害和农业生产比较效益低下,以及弃耕等原因,严重的影响了当地粮食的生产。近 18 a 来米脂县粮食总产、单产和人均粮食产量波动幅度很大(图 3)。

粮食总产量从 1990 年的 39 277 t 增加到 2007

年 66 766 t,增产 27 489 t,平均每年增产 1 527.17 t。粮食单产随总产的波动而波动,粮食单产由 1990 年的 1 488.95 kg/hm² 提高到 2007 年的 3 570.37 kg/hm²,在 1999 年因遭连续大旱灾害,粮食单产降到近年来的最低 555.49 kg/hm²,而后随粮播面积的增加和高产田的建设,高效农药化肥的合理施用以及作物新品种引入等农业投入的不断加大,粮食单产在波动中增加,2004 年粮食单产达到 3 724.02 kg/hm²,是 18 a 来粮食单产最高的一年。

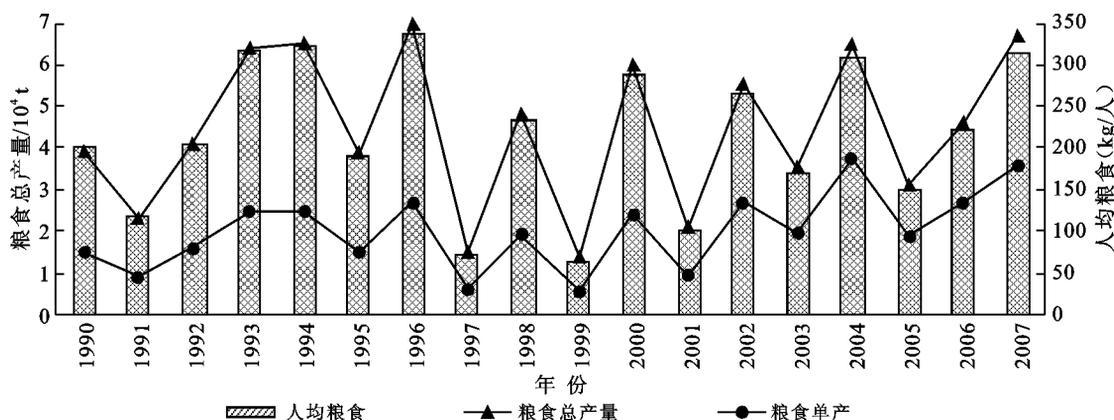


图3 米脂县粮食总产、人均粮食和单产变化

从图 3 也可看出米脂县人均粮食占有量很不稳定,这是因为该县虽说人口持续增加,但其增加幅度远远没有粮食总产的波动幅度大,因此人均粮食产量随着粮食总产的变化而同步波动。1990 年全县人均粮

食占有量为 200.69 kg/人,1996 年人均粮食占有量达到 18 a 来的最高水平 336.42 kg/人,而 1999 年的人均粮食占有量是 1990 年以来最低的一年,仅 64.82 kg/人。随着生态退耕、人口数的持续增加及农业结构调

整,使人均粮食占有量随总产量的变化而波动,但总体呈增加的趋势,于 2007 年增至 315.05 kg/人。

2.4 耕地压力指数动态分析

基于耕地、人口和粮食的动态情况分析,为了进一步研究米脂县的粮食安全问题,采用蔡运龙^[11]等提出的为保障一定区域食物安全而需保护的耕地数量底线的最小人均耕地面积及耕地压力指数函数测度米脂县粮食安全程度,函数式如下。

(1) 最小人均耕地面积(S_{min})。是在一定区域范围内,一定食物自给水平和耕地生产力条件下,为了满足人口正常生活的食物消费所需的耕地面积。

$$S_{min} = (G_r / (p \cdot q \cdot k))$$

式中: S_{min} ——最小人均耕地面积($hm^2/人$); G_r ——人均食物需求量($kg/人$); p ——作物产量(kg/hm^2); q ——作物播种面积占总播种面积之比(%); k ——复种指数(%),它是一年中各个季节的实际总播种面积除以耕地面积求得的^[11]。

(2) 耕地压力指数:最小人均耕地面积与实际人均耕地面积之比。

$$= S_{min} / S_a$$

式中: $——$ 耕地压力指数; S_a ——实际人均耕地面积($hm^2/人$),是区域可耕地总面积与人口数量的函数。耕地压力指数可以衡量一个地区耕地资源的稀缺和冲突程度,给出了耕地保护的阈值,可作为耕地保护的调控指标,也是测度粮食安全程度的指标,即

当 $= 1$ 时,表示实际耕地面积等于最小人均耕地面积,即耕地压力平衡,此时粮食供需平衡,但此时必须防止耕地流失,在提高耕地的物质投入水平和生产能力的情况下合理引导耕地的用途转移。当 > 1 时,实际人均耕地面积小于最小人均耕地面积,表明耕地承受巨大的压力,粮食供给小于需求,需防止出现粮食不安全问题。当 < 1 时,实际人均耕地面积大于最小人均耕地面积,耕地压力较轻,粮食处于安全状态,此时可以适度转移耕地用途以保证生态环境,调整农业种植结构以保证保持耕地的综合生产力^[11]。

根据米脂县的实际情况,设定当地人均粮食需求量为 350 kg/人;粮食自给率为 100%;在陕北黄土丘陵区为单季生产,所以米脂县不考虑复种指数;由于米脂县的粮食作物总产量变化起伏很大,仅用某一年的数值不能真实反映该县的粮食生产状况,因此,将 1990—1998 年和 2000—2007 年的粮食作物总产量的年平均值作为退耕前和退耕后的粮食作物总产量。所得数值分别除以 1990—1998 和 1999—2007 年的粮食作物播种面积平均值得到粮食单产。最后通过公式 1—2 计算得出米脂县最小人均耕地面积及耕地压力指数 值的变化(表 2)。从表中可以看出,退耕前后米脂县的实际人均耕地面积均小于最小人均耕地面积,耕地压力指数 值非常大均超过 1.6,并且随着退耕的实施有所增大,在人均粮食 350 kg 的标准下,米脂县处于极度不安全状态,因此米脂县的粮食安全问题不容忽视,粮食供需矛盾非常严峻。

表 2 米脂县退耕前后最小人均耕地面积

年份	/ %	G_r (kg/人)	p /($kg \cdot hm^{-2}$)	q / %	S_{min} ($hm^2/人$)	S_a ($hm^2/人$)	
1990—1998	100	350	1 733.80	76.74	0.263 1	0.164 0	1.604 3
1999—2007	100	350	2 186.86	74.36	0.215 2	0.131 9	1.631 5

注: S_{min} ——最小人均耕地面积($hm^2/人$); $——$ 食物自给率(%); G_r ——人均食物需求量($kg/人$); p ——作物产量(kg/hm^2); q ——作物播种面积占总播种面积之比(%); $——$ 耕地压力指数。

3 粮食产量影响因素灰色关联分析

农业是本质性灰色系统^[12-13],根据灰色关联的思路,选取米脂县 1990—2007 年的粮食作物播种面积(X_1)、粮食单产(X_2)、农用化肥施用量(X_3)、有效灌溉面积(X_4)及农业机械总动力(X_5)为影响的主要因素,建立米脂县粮食生产灰色关联模型。无量化处理采用初值化,取分辨系数 $= 0.5$ 。应用 DPS 数据分析软件计算其关联度,根据灰色理论和计算步骤,得到农业总体水平的关联度及关联序(表 3)。

从分析结果可以看出,粮食总产量与影响粮食生

产的上述相关因子的相关性都非常强,其关联顺序为:粮食单产(X_2) > 有效灌溉面积(X_4) > 化肥施用量(X_3) > 粮播面积(X_1) > 农业机械总动力(X_5);粮食单产是影响粮食总产量的首要因素,粮食总产量在很大程度上依赖于粮食单产的变化;有效灌溉面积位居第二位,这是因为水资源是保证粮食生产的重要条件,水利是农业的命脉,特别在米脂这样的旱作农业区,加强农田水利建设,发展农用灌溉,是粮食稳产高产的重要物质基础;代表农业技术的化肥使用量在粮食生产中起着不可忽视的作用,化肥是仅次于水的最重要的物质投入,对作物的单产影响很大;粮播面积在粮食生产

中也占有比较重要的地位,粮播面积是粮食生产的基础条件;农业机械总动力与粮食的生产的相关性没有上述其它因子明显,但这并不表明它在粮食生产中不重要,而是由于当地的自然条件和生产条件及经济发

展水平的制约,使得农业机械的优势没有充分的体现出来,米脂县粮食生产农户分散,组织化程度低,规模经营小,土地集约化利用水平不高而造成的,制约了农业机械化水平的提高和产业化的推进。

表3 粮食总产量灰色关联分析结果

项目	粮播面积(X_1)	粮食单产(X_2)	化肥施用量(X_3)	有效灌溉面积(X_4)	农业机械总动力(X_5)
关联度	0.713 1	0.861 3	0.723 6	0.739 6	0.667 4
关联序	4	1	3	2	5

4 结论及对策

4.1 结论

通过米脂县 18 a 来的耕地面积、人均耕地面积、粮播面积、人口、粮食总产和粮食单产以及人均粮食占有量的分析可以看出,米脂县耕地总面积、人均耕地面积和粮播面积经历了很大的变化,尤其是在 1999—2003 年实施退耕还林还草以来,耕地面积大幅减少,人均耕地面积和粮食播种面积也大幅下降,可见生态退耕是耕地面积急剧下降的主要原因,在 2003 年之后因实施退耕还林,口粮田建设才有所回升,至 2007 年耕地总面积回升到 27 258 hm^2 ;而人口总数(2001, 2002 和 2005 年除外)均呈上升趋势,且随着时间的推移继续增加,区域人口密度继续增大;粮食总产和粮食单产及人均粮食占有量在 2005 年之前非常不稳定,波动很大,2005 年之后稳定增长。从耕地面积和粮食生产情况可以看出,退耕还林还草工程的实施不是造成粮食生产波动的主要原因,而人口数对人均耕地和人均占有量有较大的影响,且随人口密度增大使得耕地资源的压力越来越大。

从粮食产量和影响粮食产量的因素进行相关分析可以看出,米脂县的粮食生产总量跟粮食单产水平和有限灌溉面积及化肥的使用量的相关性很高,米脂县水资源短缺和耕地资源肥力较低等因素的限制,使得化肥使用量和有效灌溉面积对粮食总产的相关性非常密切;而农业机械总动力与粮食的生产的相关性不是很明显,这是由于当地的自然条件和生产条件的限制,土地集约化利用水平不高而造成的。

4.2 对策

4.2.1 合理、有效地控制人口数量,提高劳动力的素质 人口过多致使人口本身的问题不断产生,同时加重了人口与耕地、粮食之间的矛盾^[14-15]。庞大的人口基数和人口增长惯性的存在,必将使米脂县的人口

数量在一定时期内继续持续增长。只有采取有效措施将人口控制在规划目标内,才能减轻人口对耕地和粮食的压力。同时加大对基础教育的投入,通过各种途径进行教育和宣传,开设实用劳动技术培训,培养有知识、有技术的新一代劳动者,提高劳动者的劳动技能和科技素养,以发展高附加值的现代化农业,缓解人口和耕地的压力^[16]。

4.2.2 实行科学种田,挖掘粮食的增产潜力 在粮食总产与其相关因子的灰色关联分析中可以看出,粮食单产在粮食生产中的重要作用。在耕地面积不可能大幅扩大的限制条件下,米脂县增产粮食的主要途径是稳定粮食播种面积、提高粮食单位面积产量,提高土地的生产率,加大农业科技投入,加快农业技术改造的步伐,发展节水农业,挖掘耕地潜力,提高单产能力。依靠科技进步,推进“科教兴粮”战略,大力推广粮食作物优良品种的“绿色工程”、改进栽培管理技术实施地膜覆盖的“白色工程”、改良土壤耕作制度的“黑色工程”、防止病虫害鼠害的“植保工程”以及科学施肥、节水灌溉的“技术工程”;运用计算机和信息技术改变粮食生产的高度分散、生产规模小、时空变异大、量化规范化程度差、稳定性和可控性低等弱质性,提高粮食产品的科技含量;因土地质量和作物种类的不同对其施肥结构进行调整,不断调整氮、磷、钾及微量元素的施肥比例,推广平衡施肥技术^[17];并且在发展经济的同时,要注重生态环境的保护,努力发展生态农业,使得经济效益与生态效益并行发展^[18]。

4.2.3 保护耕地资源,加强基本农田建设,完善粮食市场 根据米脂县目前的物质条件和技术水平,要解决 20 多万人口的吃饭问题并使粮食总产量稳中有增,就必须要有有一定的种植面积作保障。随着生态退耕工作完成,米脂县耕地资源减少速度将会有所减慢。但是由于社会经济的快速发展,经济建设的需要,耕地面积仍有可能继续减少,并且由于短期内人

口还会增加,实际人均耕地面积逐渐减少成了不可逆转趋势。因此,在现代化建设过程中应尽量避免占用或少占用耕地资源,控制人口增长速度等措施来减缓实际人均耕地面积的减少,稳定粮食作物播种面积^[18]。并且由于米脂县耕地受坡度、水分、养分等条件严重制约的农地,水土流失严重,随着农业技术的进步,应采取工程措施加快改造中低产田,加强对基本农田的建设,开发后备耕地资源,提高耕地蓄水保墒的能力,这样就为粮食生产起到极大的推动作用。同时,要进一步完善粮食市场,制定合理的粮食收购价格体系,以调动农民的生产积极性,根据粮食市场的信号反应来调节供求关系,努力完善政府的粮食储备以及危险管理制度等^[17]。在有条件的地区适度扩大粮食生产的经营规模,加速农业机械化的推广应用,把以农户为单位的小规模经营引入商品化、集约化、社会化大生产的轨道,形成生产、加工、销售一体化,实现粮食产品的深度开发,增加粮食产品的附加值,提高粮食生产比较利益^[19]。

4.4.4 建立粮食安全预警机制,防止出现粮食危机

通过对各乡镇的人口数量、经济发展水平、粮食生产水平及消费水平的监测汇总分析,建立全县的粮食安全预警机制,重点对退耕区的耕地动态变化和粮食生产及粮食供求状况进行动态监测,使退耕区的粮食主管能够及时监测该区域的粮食生产状况,防止因退耕而发生的粮食生产危机^[20]。

[参 考 文 献]

- [1] 余振国,胡小平.我国粮食安全与耕地的数量和质量关系研究[J].地理与地理信息科学,2003,19(5):45-49.
- [2] 傅泽强,蔡运龙,杨友孝,等.中国粮食安全与耕地资源变化的相关分析[J].自然资源学报,2001,16(4):313-319.
- [3] 葛向东,张侠,彭补拙,等.耕地存量临界警戒和耕地非农占用成本的警度修正方法初探[J].地理科学,2002,22(4):166-170.
- [4] 李晶,任志远,周自翔.区域粮食安全性分析与预测[J].资源科学,2005,27(4):89-94.
- [5] 李秀彬.中国近20年来耕地面积的变化及其政策启示[J].自然资源学报,1999,14(4):229-233.
- [6] 何艳芬,张柏,马超群.吉林省耕地动态变化及其对粮食生产的影响[J].资源科学,2004,26(4):119-125.
- [7] 李茂.河南省耕地和粮食灰色关联分析[J].地理科学进展,2002,21(3):163-172.
- [8] 许月卿,李秀彬.河北省粮食生产灰色关联动态分析[J].地理研究,2002,21(3):339-346.
- [9] 米脂县人民政府网.米脂县基本县情[OL]. [2007-05-15]. http://www.mizhi.gov.cn/article/2007/0515/article_1.html.
- [10] 张小燕,杨改河.中国西北地区退耕还林还草研究[M].北京:科学出版社,2005:216-220.
- [11] 蔡运龙,傅泽强,戴尔卓.区域最小人均耕地面积与耕地资源调控[J].地理学报,2002,57(2):127-133.
- [12] 邓聚龙.灰色预测与决策[M].修订版.武汉:华中理工大学出版社,2002.
- [13] 冯晓森,于江海,梁彦庆.河北省人口耕地粮食系统动态分析预测[J].河北师范大学学报:自然科学版,2005,29(1):101-105.
- [14] 刘新平.21世纪前期长江流域粮食产业发展对策[J].中国人口·资源与环境,2001,11(1):92-95.
- [15] 吕兴霞,裴家常.重庆市人口对耕地和粮食资源的压力研究[J].重庆师范学院学报:自然科学版,2001,18(2):66-70.
- [16] 蒋海荣,孙武,史铁丑,等.东方市人口耕地粮食系统平衡研究[J].资源开发与市场,2007,23(3):239-241.
- [17] 兰玉杰,王光宇.我国粮食系统的灰色关联分析与发展对策[J].农业系统科学与综合研究,1999,15(1):57-60.
- [18] 蔡文春,杨德刚.新疆耕地和粮食灰色关联分析[J].干旱区资源与环境,2007,21(11):54-58.
- [19] 任桂镇,赵先贵,巢世军,等.陕西省耕地压力时空变化规律分析及预测[J].农业系统科学与综合研究,2008,24(2):139-142.
- [20] 郝静,曹明明.陕北黄土丘陵沟壑区退耕还林对粮食安全的影响:以榆林市米脂县为例[J].干旱区资源与环境,2008,22(8):165-169.