

文章编号: 1007-6301 (2002) 02-163-10

# 河南省耕地和粮食灰色关联分析

李 茂

(中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

**摘要:** 收集整理 1949~1999 年河南省耕地、人口、粮食和复种指数等资料, 定量分析耕地的数量变化、质量状况和耕地减少的形式, 用一元线性回归法预测人口变化趋势, 对粮食生产与其影响因素进行灰色关联分析和相关分析, 提出外延式和内涵式开发耕地资源增产粮食的途径, 对粮食单产和耕地复种指数进行回归分析, 为粮食生产发展决策提供科学依据。

**关 键 词:** 灰色关联分析; 回归分析; 耕地; 粮食; 河南

**中图分类号:** S17      **文献标识码:** A

面临日益加剧的人口—资源—环境—发展问题, 国际地圈与生物圈计划 (IGBP) 和全球环境变化人文计划 (IHDP) 将土地利用/土地覆被变化 (LUCC) 列为全球变化研究的核心计划<sup>[1,2]</sup>。人口持续增长, 工业化、城市化快速发展, 对土地的需求压力愈来愈大, 土地资源的利用方式、数量和质量发生了巨大变化, 土地经济供给的稀缺性和不合理利用引起的土地退化和生态环境问题日益突出。土地是生存与发展的基础, 耕地是支撑社会发展的重要资源, 土地资源的高效持续利用和耕地保护成为人们关注的热点问题。

河南省是我国人口最多的省区; 耕地面积仅次于黑龙江省, 居全国第二; 粮食产量居全国前三位。人口增加、耕地减少、人均资源量小是河南省人地矛盾的突出表现, 人多地少, 粮食生产不稳定, 严重制约其社会经济持续稳定发展。随着人口增长和人民生活水平的提高, 工农业发展, 城市化快速推进, 为满足社会经济发展的需要, 一定数量的耕地仍将向非农用地转移。粮食是耕地密集型产品, 要增产粮食, 在提高单产的同时必须保证一定数量和质量耕地, 未来的粮食生产不容乐观。在实现工业化、城市化过程中保护有限的耕地资源, 保证粮食持续增长是社会经济可持续发展的全局性战略问题。定量分析河南省人口、耕地和粮食变化, 预测其变化趋势, 为今后发展提供科学依据, 具有重要的现实意义和长远意义。

## 1 耕地状况分析

### 1.1 耕地面积减少, 人均占有耕地少

河南省土地总面积  $1.67 \times 10^5 \text{ km}^2$ , 其中耕地为  $6\,825 \times 10^3 \text{ hm}^2$ , 土地垦殖率为 41.28%,

收稿日期: 2001-08; 修订日期: 2002-02

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (49971004); 中科院地理科学与资源研究所创新项目 (CXDG-AOO-03-01)

作者简介: 李茂 (1972-), 女, 中科院地理科学与资源研究所博士研究生。主要从事土地资源利用方面研究。E-mail: lm@igsnrr.ac.cn

远高于全国土地垦殖率的平均水平 (10%)。耕地中水田面积为  $485.4 \times 10^3 \text{hm}^2$ , 旱地面积为  $6340.5 \times 10^3 \text{hm}^2$ , 分别占耕地总面积的 7.1% 和 92.9%。

解放以后河南省耕地面积经历了先增后减的变化过程 (见图 1), 1999 年比 1949 年净减少  $519 \times 10^3 \text{hm}^2$ 。1949~1954 年, 耕地面积逐年增长, 从  $7344 \times 10^3 \text{hm}^2$  增长到  $9062 \times 10^3 \text{hm}^2$ , 平均年增长率为 4.69%, 1954 年是河南省耕地数量最多的年份。1955~1999 年, 耕地面积总体呈下降趋势, 1954~1970 年耕地减少的速度较快, 年变化率为 -1.12%, 1971~1999 年耕地减少的速度变慢, 年变化率为 -0.29%。耕地减少, 人口增长, 人均耕地面积急剧减少, 1949 年为  $0.176 \text{hm}^2$ , 1952 年达到  $0.205 \text{hm}^2$ , 1999 年降到  $0.073 \text{hm}^2$ , 低于全国平均水平。农作物播种面积和粮食作物播种面积与耕地面积变化基本同步, 只是在三年自然灾害时期出现较大波动, 70 年代以后在波动中有所上升。

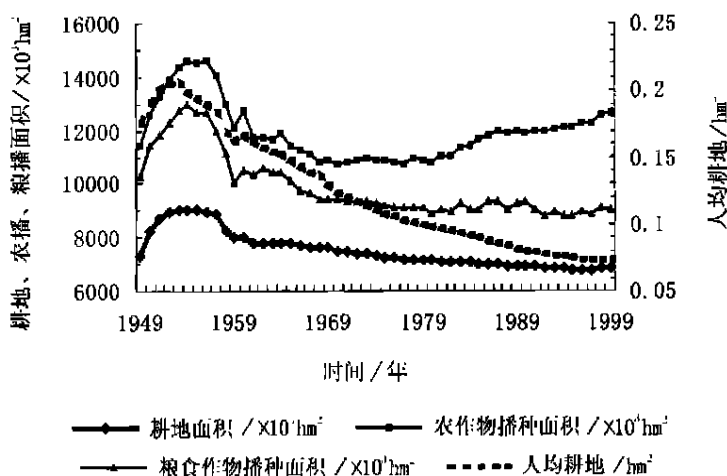


图 1 河南省耕地面积变化图

Fig. 1 The change of cultivated area in Henan Province

## 1.2 耕地利用条件较差

河南省耕地数量相对不足, 质量状况也不容乐观。土壤理化性质较差, 长期耕种过程中, 重用轻养, 用养失调, 有机肥投入严重不足, 相当部分耕地肥力不高; 机耕面积少, 耕作土层变浅变薄, 土壤板结; 大部分耕地 N、P、K 比例失调, 微量元素不足; 浅山丘陵区, 尤其是黄土丘陵区水土流失严重 (超过  $6 \times 10^4 \text{km}^2$ ), 黄泛区和黄河故道出现较严重沙化现象, 部分城市郊区耕地受到污染; 水利条件受到不同程度破坏, 地下水位下降较多; 现有坡耕地  $1438 \times 10^3 \text{hm}^2$ 。受以上条件的限制, 河南省耕地的利用水平相对较低。1999 年粮食单产为  $4709 \text{kg}/\text{hm}^2$ , 复种指数为 185%, 中低产田面积约占 75%。

## 1.3 耕地减少的主要形式

耕地的净变化量可以衡量耕地面积变化的程度。耕地增加面积包括开荒、围垦、废弃地利用等; 耕地减少面积构成分为 3 类: 三项建设 (包括国家建设、集体建设和农村个人建房) 占地、农业结构调整 (包括改园、改林、改牧、改鱼塘) 占地和灾害毁地等。耕地的净变化量即增加的耕地面积与减少的耕地面积之差。1955 年以来河南省耕地面积净减

少。非农建设占用的大多是城郊和交通沿线质量高、长期投入多、设施好、物化资本较高的优质农田; 而开垦荒地主要是生产力低、质量差、粮食产量低且不稳定的边际土地。耕地数量变化的同时耕地的粮食生产能力也在发生变化。根据国土资源部的土地统计资料<sup>[3]</sup>, “八五”期间国家建设占用耕地  $29.47 \times 10^3 \text{hm}^2$ , 为三项建设占用耕地总数的 61%, 其中以城镇建设用地和基础工程、基础产业用地为主 (见图 2)。城镇建设以外延式发展为主, 侵占大量耕地, 土地利用率较低。各类开发区、工贸小区在城郊盲目发展, 占用大量高产农田和菜地; 集体建设占用耕地  $15.68 \times 10^3 \text{hm}^2$ , 为三项建设占用耕地总数的 32%; 农村个人建房占用耕地  $3.31 \times 10^3 \text{hm}^2$ ; 农业内部结构调整占用耕地  $71.71 \times 10^3 \text{hm}^2$ , 为耕地占用总数的 57.75%, 其中园地占农业内部结构调整用地的 79.80%。

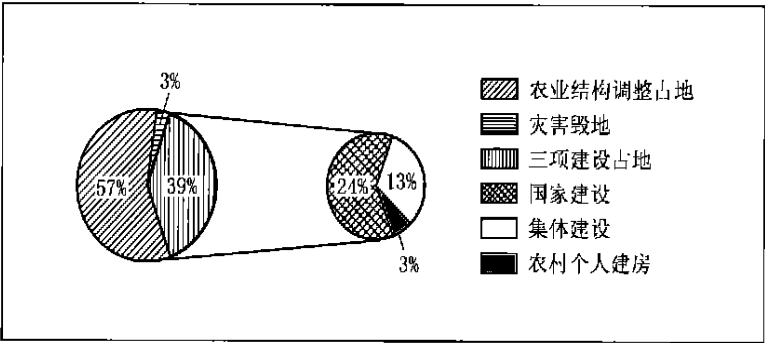


图 2 河南省耕地减少面积构成图

Fig. 2 The cultivated area loss in Henan Province

## 2 人口变化过程及其发展趋势

### 2.1 人口变化过程及现状

解放以来, 河南省人口数量除了 1960、1961 年略有下降以外, 几乎呈直线增长。1949 年人口规模为 4 174 万人, 占全国总人口的 7.71%, 1998 年为 9 387 万人, 占全国总人口的 7.46%, 人口年均增长率为 2.46%。河南省人口原来仅次于四川省, 是我国第二人口大省, 1997 年重庆市从四川省分出后, 河南省成为全国人口最多的省区。

### 2.2 人口发展趋势

河南省人口基本呈线性增长, 按目前人口发展趋势用一元线性回归预测法进行预测 (见图 3)。从典型年份对照可以看出, 预测值的误差小于 4%, 预测结果可信。从河南人口发展预测结果看, 2005 年河南人口将突破 1 亿大关, 2010 年将达到 1.06 亿。虽然人口自然增长率呈下降趋势, 但 1992 年之前始终高于全国平均水平。由于人口基数大, 人口增长规模仍然较大, 加上外来人口迁入, 河南未来人口规模将更加庞大。人口持续增长和生活水平提高对耕地和粮食的需求压力更大, 如何协调人口与耕地、粮食的关系, 保持社会经济可持续发展面临严峻挑战。

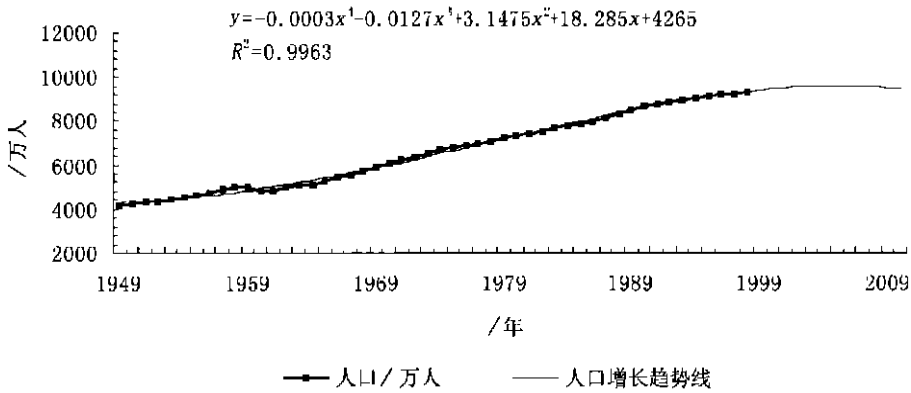


图 3 河南省人口变化图

Fig. 3 The changes of population in Henan Province

3 粮食问题分析

3.1 现状分析

河南省粮食生产波动较大(见图4), 1949~ 1960 年经历了先增后减的过程, 变化幅度不大, 1961 年以来总体呈上升趋势, 增长速度较快, 1949 年粮食总产量为  $713 \times 10^4 \text{t}$ , 1999 年为  $4\,253 \times 10^4 \text{t}$ , 增长了近 6 倍。1959 年之前粮食总产量增加主要靠扩大耕地面积, 之后主要靠提高单产<sup>[4]</sup>。粮食单产从 1949 年的  $692 \text{ kg/hm}^2$  增长到 1999 年的  $4\,709 \text{ kg/hm}^2$ , 增长了 6.8 倍。人均粮食拥有量的变化与粮食总产量的变化同步, 但是人口增长的速度比粮食增产的速度更快, 人均粮食拥有量的增长速度比粮食增产的速度慢一些。人均粮食拥有量从 1949 年的  $170.82 \text{ kg}$  增长到 1999 年的  $453.07 \text{ kg}$ , 增长了 2.65 倍。用粮食作物单位面积产量乘以复种指数, 反映耕地的粮食生产力现实水平, 再与全国同期的平均水平相比,

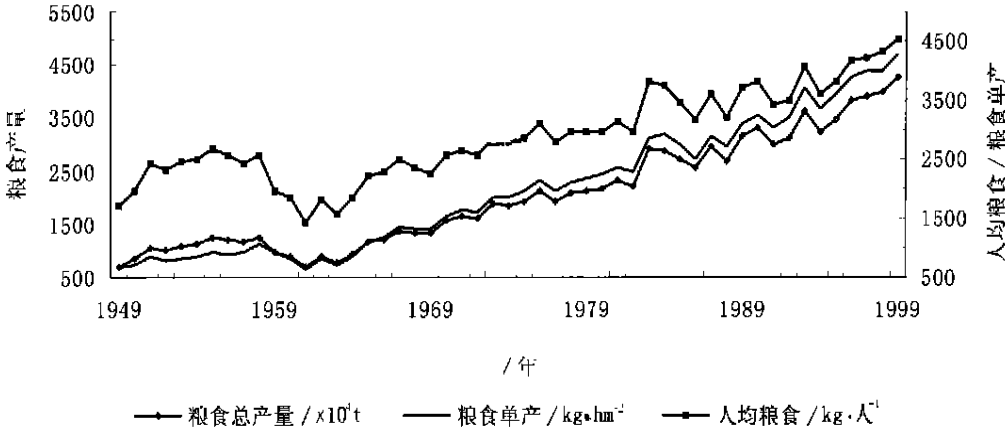


图 4 河南省粮食生产变化图

Fig. 4 The change of grain yield in Henan Province

得出耕地的粮食生产力相对指数，河南省 1949 年耕地粮食生产力相对指数为 0.82，低于全国平均水平，1999 年耕地粮食生产力相对指数为 1.05，略高于全国平均水平。

3.2 粮食产量影响因素灰色关联分析

人口增长、耕地减少、农业生态环境恶化、农业投入不足、种粮经济效益低等都对粮食生产有影响。粮食生产系统是一个复杂的巨系统，影响粮食产量的因素包括播种面积、水利、肥料、土壤、种子、劳力、气候、耕作技术和政策环境等。灰色系统的关联理论从系统内多因素中确定主要因素进行优势比较，研究系统内主要因素随时间变化的同步程度，定量分析系统内部结构之间的联系和系统动态发展趋势<sup>[5~7]</sup>。为深入分析河南粮食问题，计算粮食总产量与其影响因素的灰色关联度，确定主要影响因素，为解决粮食问题提供科学依据。

通过定性判断，选择 11 个影响粮食总产量的因素，包括粮食作物播种面积、粮食单位面积产量、小麦和玉米播种面积占粮食作物播种面积的比例（反映农作物结构调整的影响）、农业机械总动力、有效灌溉面积、旱涝保收农田面积、农用化肥施用折纯量、农村用电量、粮食收购价格分类指数和农作物成灾面积等。根据灰色系统建模理论，采用《河南农村统计年鉴》和《河南统计年鉴》的统计资料，建立灰色关联模型，分析这些影响因素对河南省粮食总产量的影响（见表 1）。

表 1 河南省粮食总产量影响因素灰色关联分析、相关分析  
Tab.1 The degree of grey incidence and correlation coefficients  
between grain yield and its affect factor in Henan Province

影响因素	1980~ 1989		1990~ 1999		相关系数	双向有效检验
	灰色关联度	关联序	灰色关联度	关联序		
粮食作物播种面积	0.7637	4	0.8699	5	- 0.108	0.660
粮食单位面积产量	0.9422	1	0.9435	1	0.994**	0.000
小麦播种面积占粮食作物播种面积的比例	0.8252	2	0.8982	3	0.860**	0.000
玉米播种面积占粮食作物播种面积的比例	0.7491	7	0.8732	4	0.771**	0.000
农业机械总动力	0.7959	3	0.7151	9	0.909**	0.000
有效灌溉面积	0.6876	9	0.9163	2	0.830**	0.000
农作物成灾面积	0.7508	6	0.7795	8	0.852**	0.000
旱涝保收农田面积	0.7019	8	0.8692	6	0.938**	0.000
农用化肥施用折纯量	0.5696	11	0.6887	10	0.904**	0.000
农村用电量	0.6384	10	0.5926	11	- 0.055	0.822
粮食收购价格分类指数	0.7548	5	0.8014	7	- 0.575*	0.034

注：\* 表示在 0.01 的显著性水平上有较好的相关性；\*\* 表示在 0.05 的显著性水平上有较好的相关性。

3.2.1 粮食单位面积产量对粮食生产的影响

建国以来河南省粮食单位面积产量波动较大，总体呈增长趋势，平均水平有很大提高。

李茂. 河南省耕地减少相关分析及其对策研究, 2001。

1949~1996 年一直低于全国平均水平, 最近几年与全国平均水平相当。从灰色关联分析的结果可以看出, 80 年代和 90 年代粮食单产与粮食产量的灰色关联度高, 关联序均居首位, 是影响粮食总产量的首要因素。

### 3.2.2 农田水利建设对粮食生产的影响

加强农田水利建设, 发展灌溉是粮食稳产高产的重要物质基础。有效灌溉面积占耕地面积的比重增加, 1949 年为  $431.33 \times 10^3 \text{hm}^2$ , 占耕地面积的 5.87%; 1980 年为  $3\,536.23 \times 10^3 \text{hm}^2$ , 占耕地面积的 30.02%; 1999 年为  $4\,648.78 \times 10^3 \text{hm}^2$ , 占耕地面积的 68.10%。80 年代有效灌溉面积经历了从降低到提高的变化过程, 90 年代逐年提高。从灰色关联分析的结果可以看出, 从 80 年代到 90 年代, 有效灌溉面积与粮食总产量关联度有很大提高, 灰色关联序从第 9 上升到第 2。旱涝保收面积、农作物成灾面积与粮食总产量关联度略有提高, 关联序略有变化。1985~1999 年, 旱涝保收农田面积从  $2\,512 \times 10^3 \text{hm}^2$  扩大到  $3\,625 \times 10^3 \text{hm}^2$ , 平均每年旱灾受灾面积为  $3\,127.33 \times 10^3 \text{hm}^2$ , 成灾面积为  $2\,183.99 \times 10^3 \text{hm}^2$ , 旱灾成灾率达 69.84%; 水灾受灾面积为  $983.96 \times 10^3 \text{hm}^2$ , 成灾面积为  $698.94 \times 10^3 \text{hm}^2$ , 水灾成灾率达 71.03%。由于水利基础设施较薄弱, 旱涝灾害频繁, 农业生产抵御自然灾害的能力弱, 粮食生产生态条件差, 改善灌溉条件, 粮食增产的潜力较大。

### 3.2.3 农作物结构调整对粮食生产的影响

粮食品种结构调整是促进粮食增产的重要措施之一, 从 1980 年到 1999 年, 小麦和玉米占粮食作物播种面积的比重分别由 44% 上升到 55%、19% 上升到 24%, 灰色关联度增大, 小麦播种面积占粮食作物播种面积的比重与粮食总产量关联序由 80 年代的第 2 下降为 90 年代的第 3, 玉米播种面积占粮食作物播种面积的比重与粮食总产量关联序由 80 年代的第 7 上升为 90 年代的第 4, 说明粮食品种结构调整对粮食增产的作用变化, 增加小麦播种面积比重对粮食产量的影响在减少, 增加玉米播种面积比重对粮食产量的影响在增大。

### 3.2.4 粮食作物播种面积对粮食生产的影响

随着人口增长, 工业化、城市化进程加快, 耕地面积减少, 粮食播种面积减少和波动, 影响粮食产量增长和稳定。1949~1954 年, 粮食播种面积迅速增长, 1955~1969 年迅速下降, 70 年代以来, 有所波动变化不大。从灰色关联分析结果来看, 粮食作物播种面积与粮食产量的关联度提高, 关联序由第 4 下降为第 5, 粮食作物播种面积对粮食产量的影响减小。

### 3.2.5 农业现代化对粮食生产的影响

农业机械总动力和化肥施用量可以反映农业现代化水平。由于河南省粮食生产农户分散, 组织化程度低, 经营规模小, 制约农业机械化水平的提高, 农业机械化对粮食产量的影响较小, 从 80 年代到 90 年代, 灰色关联度下降, 灰色关联序从第 3 位下降到第 9 位, 农业机械化对粮食产量的影响在下降。随着农业产业化的推进, 农业机械化对粮食产量的影响将增大。增加农用化肥施用量是促进粮食增产的重要措施之一。80 年代以来, 化肥施用量逐年增加, 1990 年化肥施用折纯量约为 1980 年的 3 倍, 1999 年约为 1990 年的 2 倍, 化肥施用量与粮食产量的灰色关联序略有上升, 化肥施用量对粮食产量的影响不大。近年来, 以化肥为代表的土地替代型的边际产量下降, 化肥单位用量报酬呈递减趋势。农村用电量对粮食生产的影响较小, 灰色关联度较小。

### 3.2.6 粮食收购价格对粮食生产的影响

近 20 年来, 随着农业生产资料价格上涨, 粮食生产成本提高, 而粮食收购价格在波动中有所下降, 粮价偏低, 种粮只能是微利或亏本, 农民对种粮没有积极性; 中间环节多, 即使提高粮价, 农民得到的实惠不多, 何况提高粮价刺激粮食生产的空间较小, 从灰色关联分析来看, 粮食收购价格分类指数与粮食产量的关联序有所下降。

综观近 20 年来河南省粮食生产的变化过程, 对粮食总产量和以上 11 个影响因素进行相关分析 (见表 1), 可以看出水旱灾害受灾面积、粮食播种面积、粮食收购价格指数与粮食总产量的相关系数均为负, 这些因素对粮食生产造成不利影响; 粮食单产、化肥施用量、农业机械总动力、农村用电量、小麦播种面积、玉米播种面积、旱涝保收面积、有效灌溉面积与粮食总产量的相关系数均为正, 增加物质投入、科技进步和农作物结构调整, 促进粮食单产提高, 对粮食生产有利。

## 4 粮食增产的途径

随着人口增加和生活水平的提高, 对粮食的需求量不断增大。增产粮食的途径主要有两个:

### 4.1 耕地资源的外延式开发, 靠扩大耕地面积来增产粮食

虽然增加粮食播种面积对粮食增产的潜力很大, 但是在现实情况下耕地面积减少, 粮食播种面积增加的空间很小, 从图 1 可以看出, 近三十年来, 粮食播种面积一直徘徊不前。

河南省耕地资源有限, 后备资源不足。根据原国土资源部 1996 年完成的全国土地详查<sup>[4]</sup>, 河南省有耕地后备资源  $214.67 \times 10^3 \text{ hm}^2$ , 假定垦殖率为 0.6, 可开垦耕地  $128.80 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 。即使将所有耕地后备资源都开垦成耕地, 人均耕地仅增加  $0.002 \text{ hm}^2$ ; 质量好、易开发的土地都已开发, 剩余的耕地后备资源数量有限, 质量较差, 开发难度大、成本高, 受水热条件或风沙盐碱等因素限制, 开发可能引起严重的生态环境问题。另外不适宜耕作的坡耕地应尽快退耕还林、还草, 保护好农业生态环境。因此靠外延式开发耕地资源, 扩大耕地面积来增产粮食潜力不大。

### 4.2 耕地资源的内涵式开发, 靠提高单位面积产量来增产粮食

解放以后, 河南省耕地的生产力水平有了较大提高, 60 年代以来, 粮食总产量的提高主要靠单产水平的提高。但是粮食单产与高产还存在较大差距。高产田约占 1/4, 中低产田约占 3/4, 随着科技进步、优良高产品种的培育、资金物质投入的增加, 通过科学使用化肥、提高灌溉效率、控制病虫害等, 粮食单产提高的潜力很大。

#### 4.2.1 提高粮食单产

90 年代, 河南省粮食平均单产为  $3\,987 \text{ kg/hm}^2$ , 山东省为  $4\,961 \text{ kg/hm}^2$ , 全国为  $4\,210 \text{ kg/hm}^2$ , 河南省粮食单产平均水平处于中等偏低水平, 通过增加对粮食生产的物质、科技投入, 提高单产水平的潜力很大。

目前河南省农业投入严重不足, 固定资产投资用于农业基本建设的投资比重偏低, 1999 年农业基本建设投资仅占全社会固定资产投资的 0.22%, 真正用于粮食生产的更少, 造成农业基础设施落后, 水利失修, 农业生产条件不好, 加上频繁的水旱灾害, 引起粮食生产的波动。物质投入对河南省粮食增产效果明显, 处于有效促增阶段, 随着物质投入的增加, 边际效应将随之增加, 这说明物质投入还不够, 有待于进一步加强。科技进步对粮食增产

的作用显著。据分析,粮食增量中科技作用占 23%,但在不同阶段波动较大。“六五”期间为 58%，“八五”期间为 25%<sup>[8]</sup>。

干旱是限制河南省粮食生产发展的重要因素之一,通过加强农田基本建设,改善生产条件,修建水库、水坝、水渠等水利设施,增加灌溉面积,增强防御自然灾害的能力,尤其是抗旱能力,提高旱涝保收率,促进粮食稳产高产、持续发展,再加上大区开发,商品粮基地建设,不断提高粮食商品率,改造中低产田,改良品种,增加投入,提高科学种田水平等,提高粮食单产,将实现粮食生产水平的大幅度提高。

#### 4.2.2 农业结构调整

调整粮食作物与经济作物的比重,保证一定比例的耕地用于种植粮食。在粮食作物内部,适当调整高产粮食作物的比重。在小麦、玉米和水稻三种主要粮食作物中,水稻播种面积和产量所占比重很小,小麦、玉米增产对粮食增产起重要作用。以小麦和玉米增产为突破口,以吨粮田开发和中低产田改造为龙头措施的科技兴粮战略将促进粮食增产。90 年代,小麦播种面积逐渐增加,平均为  $4\,835 \times 10^3 \text{ hm}^2$ ,约占粮食播种面积的 54%,产量有所波动,平均为  $1\,865 \times 10^4 \text{ t}$ ,占粮食总产量的 53%;玉米播种面积有所波动,平均为  $2\,029 \times 10^3 \text{ hm}^2$ ,约占粮食播种面积的 23%,产量有所波动,平均为  $1\,865 \times 10^4 \text{ t}$ ,占粮食总产量的 26%,玉米的增产潜力较大,通过农作物结构调整,适当扩大玉米播种面积,同时以吨粮田开发为重点实现集约化持续增产,以中低产田改造为重点实现均衡增产,努力提高单产,粮食总产量将有很大提高。

#### 4.2.3 提高复种指数

面对人口增加,耕地减少,人均耕地逐年减少,人地矛盾日益突出的局面,改革耕作制度,提高耕地复种指数,充分开发利用有限的耕地资源,提高单位面积的利用率和产出率是缓解人地矛盾、提高土地承载力的重要措施之一。从图 5 可以看出,建国以来河南省的耕地复种指数始终高于全国平均水平,尤其是 80 年代以来增长较快。

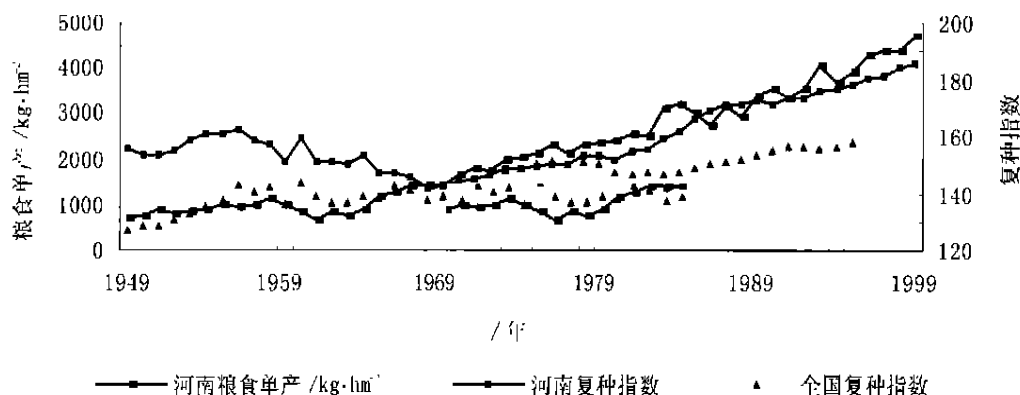


图 5 河南省耕地复种指数变化图

Fig. 5 The change of multiple cropping index in Henan Province

根据 1949~1999 年的资料,对耕地复种指数 ( $MCI$ ) 与粮食单位面积产量 ( $Y$ ) 进行回归分析,得出回归方程为:



$$Y = -10\,420.29 + 78.99 * MCI$$

相关系数  $R = 0.781^{**}$ ,  $F = 76.512^{**}$ 。表明耕地复种指数与粮食单产呈正相关, 随着耕地复种指数的提高, 粮食单产有显著增加。在生产实践中, 当光、热、水等自然资源和劳力、水利设施、作物品种、肥料、农膜、农药、资金等社会经济资源充分时, 采取措施, 改善生产条件, 增加物质投入, 发展间混套作, 增加复种面积, 提高复种指数, 将提高对太阳辐射、日照时数、10℃积温和降水的利用率, 增加作物产量<sup>[9]</sup>。在一定范围内粮食单产随着复种指数的提高而提高, 即使粮食播种面积变化不大, 粮食总产量随着复种指数的提高而提高。但是通过提高复种指数增加粮食产量有一定限度, 当复种指数超过当地气候条件的许可范围时, 不但不能增产, 反而造成减产, 即所谓的“三三得九不如二五得十”。根据朱自玺的计算, 在常年情况下河南省的临界(最优)复种指数在145%~180%范围内<sup>[10]</sup>。目前河南省的实际复种指数均已达到或超过临界(最优)复种指数, 未来靠提高复种指数增产粮食的弹性空间不是很大。

## 5 结论

河南省是我国的人口、耕地和粮食生产大省, 人多地少, 粮食生产不稳定, 严重制约着社会经济持续稳定发展。人口持续增长, 非农建设和农业结构调整占用大量耕地, 粮食生产总体呈增长趋势, 但波动较大。1949~1959年粮食总产量增加主要靠扩大耕地面积, 1960~1999年主要靠提高单产。灰色关联分析表明, 粮食单产对粮食总产量的影响最大, 其次是有效灌溉面积、农作物结构调整等, 相关分析表明耕地复种指数与粮食单产呈显著正相关。耕地数量有限, 增产粮食靠外延式开发耕地资源的潜力不大, 内涵式开发潜力巨大, 增加物质投入和科技投入, 提高单产, 改善农业水利设施, 注重结构调整, 提高复种指数是提高粮食总产的有效途径。

## 参考文献:

- [1] 李秀彬 全球环境变化研究核心——土地利用/土地覆被变化的国际研究动向[J]. 地理学报, 1996, 51(6): 553-557.
- [2] Turner I L, Skole D, Sanderson S et al Land-use and land-cover change science/research plan[M]. IGBP Report No. 35 and HDP Report No. 7. Stockholm: IGBP, 1995.
- [3] 李元主 编 生存与发展[M]. 北京: 中国大地出版社, 1997.
- [4] 林毅夫 我国主要粮食作物单产潜力与增产前景[J]. 中国农业资源与区划, 1995(3): 4-7.
- [5] 李宪文 等 国内外耕地利用与保护的理论基础及其进展[J]. 地理科学进展, 2001(4): 305-312.
- [6] 刘思峰 等 灰色系统理论及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [7] 陈亚宁 等 自然灾害的灰色关联灾情评估模型及应用研究[J]. 地理科学进展, 1999(2): 158-162.
- [8] 胡海燕 等 河南省粮食增产潜力及可行性分析[J]. 农业技术经济, 1996(3): 10-12.
- [9] 牟正国 中国耕作制度[M]. 北京: 农业出版社, 1993.
- [10] 朱自玺, 艾敬贤, 周月玲 等 河南省种植制度气候分析与区划[J]. 耕作与栽培, 1986(1, 2): 76-81.

## Gray Incidence Analysis between Cultivated Area and Grain Yield and its Affecting Factors of Henan Province

L I M ao

(Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, CA S, Beijing 100101 China)

**Abstract:** Cultivated area, population, and grain yield in Henan Province during the past 50 years are discussed in this paper based on statistical and survey data. It is found that (a) the general trend of net cultivated area loss started in 1955 which got continued; (b) the population in Henan Province will increase to  $1 \times 10^8$  in 2005 and  $1.06 \times 10^8$  in 2010; (c) total grain yield and grain yield per capital have increased in a fluctuant way since 1960; (d) grain yield per capital, effective irrigated area, and crop pattern have more effects on total grain yield based on gray incidence analysis and correlation analysis approach; and (e) multiple cropping index (MCI) of cultivated area in Henan Province is higher than national average standard, and the higher MCI, the more grain yield based on Regression analysis.

**Key words:** Gray incidence analysis; Regression analysis; Cultivated area; Grain Yield; Henan Province