

文章编号: 1007-6301 (2003) 05-0499-08

河北省粮食生产发展趋势及其地区差异

吴 凯¹, 袁 璋², 许越先²

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国农业科学院, 北京 100081)

摘 要: 河北省 2002 年粮食作物播种面积为 6484.4 千 hm^2 , 其中小麦占 37.8%, 玉米 39.7%; 粮食、棉花、油料的种植比例为 15.9: 1.0: 1.6。北部四地市粮食播面占全省的 23.3%, 南部七地市 76.7%。2002 年粮食总产 2435.8 万 t, 为 1949 年的 5.2 倍; 粮食单产 3756 kg/hm^2 , 为 1949 年的 5.8 倍; 人均粮食 362 kg , 为 1949 年的 2.4 倍。北部地区粮食总产占全省的 17.2%, 南部地区 82.8%。据回归分析与双向差分建模分析, 2010 年粮食总产可达 3087.5 万 t, 粮食单产 4478 kg/hm^2 , 人均粮食 460 kg 。据灰关联分析, 影响粮食总产的主要因子有: 粮食单产、农副产品收购价格总指数 (1978 年= 100)、农业机械总动力、农村用电量、农田化肥施用量与有效灌溉面积等。根据笔者预测, 若 2010 年农业机械总动力达 8989 万 kw , 农村用电量 240.8 亿 kwh , 农田化肥施用量 356.1 万 t, 有效灌面 4549.2 千 hm^2 , 则其粮食单产可达 4664 kg/hm^2 ; 若 2010 年仍保持 2000 年小麦播面所占比例 (0.387), 玉米播面所占比例达 0.439, 则其单产可达 4387 kg/hm^2 。

关 键 词: 河北省; 粮食; 回归分析; 双向差分建模; 灰关联分析

中图分类号: S17

河北省 2002 年人口为 6735 万人, 耕地面积 6125.1 千 hm^2 。2000 年农业总产值居全国第 5 位, 粮食总产全国第 6 位, 由此可见, 河北省粮食生产乃至农村经济在全国均有一定的地位^[1, 2]。

1 河北省农业种植结构的历年变化

1.1 粮食播面的历年变化

(1) 粮食播面

据 1949~ 2002 年资料分析^[1~ 5], 河北省粮食播面有先增后减的趋势。60 年代为 7252.2 千 hm^2 , 70 年代增至 8060.1 千 hm^2 , 80 年代有较大减少, 为 6871.1 千 hm^2 , 90 年代虽略有回升, 为 6970.2 千 hm^2 , 但 21 世纪初仍在减少。2002 年粮食播面为 1978 年的 81.6%, 北部占 23.3%, 南部 76.7% (表 1)。

(2) 小麦播面

1949~ 2002 年该省小麦播面有先增后减再增再减的趋势。60 年代为 1934.3 千 hm^2 , 70

收稿日期: 2003-07; 修订日期: 2003-08

作者简介: 吴凯 (1939-), 男, 江苏省盐城市人, 研究员, 主要从事水文水资源与农业水文等项研究。

1949~ 1977 年资料摘自黑龙港类型区宏观研究课题组 1989 年的研究成果。

年代增至 2548.3 千 hm², 80 年代降为 2430.9 千 hm², 90 年代虽有较大回升, 为 2586.6 千 hm², 但 21 世纪初又在减少。2002 年小麦播面为 1978 年的 80.5% (表 1)。

表 1 河北省作物播种面积的历年变化 (1949~ 2002)

Tab. 1 The change over the years of the sown area of crop in Hebei Province (1949~ 2002)

(播面: 千 hm²)

年份	作物播面	粮食播面			粮食所占%			棉花播面	棉花所占%	油料播面	油料所占%
		粮食	小麦	玉米	粮食	小麦	玉米				
1952	9071.4	7418.8	1586.4	1129.0	81.8	17.5	12.4	978.1	10.8	348.9	3.8
1978	9370.9	7949.4	3041.2	2236.2	84.8	32.5	23.9	576.6	6.2	300.2	3.2
1980	9013.9	7487.2	2760.2	2340.9	83.1	30.6	26.0	548.7	6.1	461.0	5.1
1985	8656.5	6492.7	2351.9	1749.5	75.0	27.2	20.2	850.3	9.8	749.8	8.7
1990	8786.7	6827.8	2508.3	2040.8	77.7	28.5	23.2	910.9	10.4	543.5	6.2
1995	8720.1	6829.5	2500.7	2290.8	78.32	8.7	26.2	700.6	8.0	604.5	6.9
2000	9024.4	6918.7	2678.8	2478.6	76.7	29.7	27.5	307.4	3.4	686.4	7.6
2002	8935.1	6484.4	2449.6	2577.4	72.6	27.4	28.8	407.4	4.6	642.0	7.2

注: 资料摘自文献 [1~ 6]

(3) 玉米播面

1949~ 2002 年该省玉米播面有逐年增加的趋势。60 年代为 1420.7 千 hm², 70 年代增至 1921.2 千 hm², 80 年代、90 年代、21 世纪初仍继续增长, 分别为 2009.0、2280.2 和 2533.1 千 hm²。2002 年玉米播面为 1978 年的 115.3% (表 1)。

1.2 作物种植结构的历年变化

据 1949~ 2002 年资料分析, 河北省粮食播面占作物播面的比例有先增后减的趋势, 2002 年比 1990 年减少了 5.1 个百分点, 比 1978 年减少了 12.2 个百分点, 但比 1952 年减少了 9.2 个百分点; 棉花播面所占比例有先减后增再减的趋势, 2002 年比 1990 年减少了 5.8 个百分点, 比 1978 年减少了 1.6 个百分点, 但比 1952 年减少了 6.2 个百分点; 油料播面所占比例有先减后增的趋势, 2002 年比 1990 年增加了 1.0 个百分点, 比 1978 年增加了 4.0 个百分点, 但比 1952 年增加了 3.4 个百分点。2002 年粮、棉、油的种植比例为 15.9: 1.0: 1.6 (表 1)。其中, 北部地区粮食播面占作物播面的 67.5%, 南部地区 73.8%; 北部棉花播面占 0.8%, 南部 6.0%; 北部油料播面占 9.2%, 南部 6.5%。

2 河北省粮食产量的时序变化及其预测模型

2.1 粮食产量的时序变化

(1) 粮食总产

据 1949~ 2002 年资料统计^[1,3,7], 河北省粮食总产在 1998 年以前有逐年增加的趋势, 但 1999~ 2002 年有所减少。50 年代为 717.1 万 t, 60 年代 838.3 万 t, 70 年代 1440.0 万 t, 80 年代 1855.5 万 t, 90 年代 2557.4 万 t, 21 世纪初有所减少。2002 年粮食总产为 1949 年的 5.2 倍。其中, 北部粮食总产占全省的 17.2%, 南部 82.8%。北部小麦产量占粮食总产的

18.5%, 南部 50.0%。北部玉米产量占粮食总产的 48.4%, 南部 41.0%。

(2) 粮食单产

1949~ 2002 年该省粮食单产的发展趋势与其粮食总产相似。50 年代为 956kg/hm², 60 年代 1149kg/hm², 70 年代 1833kg/hm², 80 年代 2715kg/hm², 90 年代 3664kg/hm², 21 世纪初 3734kg/hm²。2002 年粮食单产为 1949 年的 5.8 倍。

(3) 人均粮食

1949~ 2002 年该省人均粮食的变化趋势亦与其粮食总产相似。50 年代为 206kg, 60 年代 204kg, 70 年代 296kg, 80 年代 335kg, 90 年代 399kg, 21 世纪初有所减少。2002 年人均粮食为 1949 年的 2.4 倍。

2.2 粮食产量的预测模型

1) 方法概要

本文采用两种方法预测粮食产量: 回归分析与双向差分建模分析。

双向差分建模分析的要点是: 给定一维非负递增型时间序列, 通过累加得生成序列, 再按使向前差分预报误差和向后差分预报误差之和达最小的原理, 运用最小二乘估算该微分方程的系数, 建立预测模型, 对序列进行拟合和预测^[8]。其主要计算公式为

生成序列:

$$X^{(1)} = \{X_k^{(1)}\} = \sum_{j=1}^k X_j^{(0)}, k = 1, 2, \dots, N \quad (1)$$

式中, $X^{(0)}$ 为非负递增型时间序列。

生成序列满足方程:

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} = b_0 x_0^{(1)} + b_1 x^{(1)} \quad (2)$$

式中, $x_0^{(1)} = 1$ 。

时间响应方程:

$$X_{k+1}^{(1)} = (X_1^{(1)} + \frac{b_0}{b_1}) \exp(b_1 \cdot k) - \frac{b_0}{b_1}, \quad k = 0, 1, \dots, N-1 \quad (3)$$

还原估计值:

$$\hat{X}_K^{(0)} = \hat{X}_K^{(1)} - \hat{X}_{K-1}^{(1)}, \quad k = 2, 3, \dots, N \quad (4)$$

(2) 预测成果

1) 回归分析

采用 1949~ 2002 年资料, 粮食产量与以 1949 年为起始年的时间序列 (t , 年) 的回归方程为

粮食总产 ($Y_{\text{总产}}$, 万 t):

$$Y_{\text{总产}} = 268.9552 + 45.4611t \quad (r = 0.970) \quad (5)$$

2010 年粮食总产将为 3087.5 万 t。

粮食单产 ($Y_{\text{单产}}$, kg/hm²):

$$Y_{\text{单产}} = 258.3920 + 68.0544t \quad (r = 0.971) \quad (6)$$

2010 年粮食单产将为 4478kg/hm²。

人均粮食 ($Y_{\text{人均}}$, kg):

$$Y_{\text{人均}} = 154.6925 + 4.9270t \qquad (r = 0.931)$$

(7)

2010 年人均粮食将为 460kg。

2) 双向差分建模分析

河北省 1949~ 2002 年粮食产量的双向差分建模分析成果见表 2。取 2002 年预测误差相对较小的 1987~ 2002 年系列的统计成果, 即粮食总产 3228.7 万 t、粮食单产 4563kg/hm²、人均粮食 446kg 作为该项分析的采用成果。

表 2 河北省粮食产量的双向差分建模分析 (1949~ 2002)

Tab. 2 The bilateral difference motelling analysis of grain yield in Hebei Province (1949~ 2002)
(总产: 万 t; 单产: kg/hm²; 人均: kg; 误差: %)

项 目	统计年限	模型参数		2010 年预测值	2002 年预测误差	RM SE
		b ₀	b ₁			
粮食总产	1949~ 2002	624.3989	0.030166	3961.2	27.8	183.24
粮食单产	1949~ 2002	807.3395	0.032534	5931	21.7	246.14
人均粮食	1949~ 2002	178.7133	0.016970	506	22.1	31.04
粮食总产	1978~ 2002	1608.5880	0.024096	3523.3	19.3	178.23
粮食单产	1978~ 2002	2343.2670	0.024039	5106	12.1	229.53
人均粮食	1978~ 2002	311.8513	0.012279	465	16.6	25.16
粮食总产	1987~ 2002	2153.9230	0.017309	3228.7	15.4	192.98
粮食单产	1987~ 2002	3159.5690	0.015700	4563	7.1	193.60
人均粮食	1987~ 2002	360.7899	0.009005	446	14.6	27.47

3) 综合分析成果

由上述回归分析与双向差分建模分析的对比资料可知, 双向差分建模 2010 年粮食总产比回归分析成果偏高 4.6%, 粮食单产偏高 1.9%, 人均粮食偏低 3.0%。这是因为双向差分建模适用于非负递增型时间序列, 而河北省粮食总产 1999~ 2002 年仅分别为 1998 年的 94.1%~ 83.5%, 这四年产量有所减少对应用该模型有较大的影响。就回归分析成果而言, 2010 年粮食总产预测值为 3087.5 万 t, 介于该省按 1992~ 2002 年增长速度(受 1999~ 2002 年产量减少的影响)与按 1988~ 1998 年增长速度的估算值 2831.7 万 t 与 3673.6 万 t 之间; 粮食单产预测值 4478kg/hm², 亦介于上述两个不同时段增长速度的估算值 4203kg/hm² 与 4793 kg/hm² 之间; 人均粮食预测值 460kg, 同样介于上述两个不同时段增长速度的估算值 397kg 与 485kg 之间。因此, 回归分析的成果是可以达到的, 并可作为本文综合分析的采用成果。

3 河北省粮食总产影响因子分析及其增产措施

3.1 粮食总产影响因子分析

1) 方法概要

粮食总产影响因子分析亦用两种方法: 相关分析与灰关联分析。

据 1980~ 1999 年统计资料^[2,3,6], 参照有关文献^[9~ 11], 本文用作分析的影响因子有: 复种指数、粮食播面、粮食单产、小麦播面占粮食播面的比例、玉米播面占粮食播面的比例

农业机械总动力、农作物成灾面积、有效灌溉面积、农田化肥施用量(折纯)、农村用电量、农副产品收购价格总指数(1978 年= 100)等。灰关联分析的要点是: 以粮食总产与 11 个影响因子组成 12 个灰因子数列, 通过数据预处理, 以粮食总产为参考序列, 求其余序列与其之间的关联度和关联序。其主要计算公式为

数据预处理(采用均值化变换):

$$X_i^{(1)}(k) = X_i^{(0)}(k) / \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m X_i^{(0)}(k)$$

(8)

关联系数:

$$\zeta_j(k) = \frac{\Delta_{\min} + \eta \Delta_{\max}}{\Delta_{ij}(k) + \eta \Delta_{\max}}$$

(9)

式中, $\eta= 0.5$ 。

关联度:

$$r_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^m \zeta_j(k)}{m} \quad j = 1, 2, \dots, m$$

(10)

2) 分析结果

1980~ 1999 年河北省粮食总产影响因子的灰关联分析与相关分析成果见表 3。从灰关联分析来看, 影响粮食总产的因子主要有: 农业机械总动力(1980~ 1999 年灰关联序居首位)、有效灌面(1980~ 1999 年灰关联序居第 2 位)、粮食单产(90 年代灰关联序由 80 年代的第 9 位上升至第 2 位)、农田化肥施用量(90 年代灰关联序由 80 年代的第 10 位上升至第 3 位)。从相关分析来看, 影响粮食总产的因子主要有: 粮食单产($r= 0.9819$)、农田化肥施用量($r= 0.9794$)、农副产品收购价格总指数($r= 0.9442$)、农业机械总动力($r= 0.9431$)、农村用电量($r= 0.9364$)、有效灌面($r= 0.9298$)。综合灰关联分析和相关分析, 影响粮食总产的因子主要有: 粮食单产、农副产品收购价格总指数、农业机械总动力、农村用电量、农田化肥施用量和有效灌溉面积等。

表 3 河北省粮食总产影响因子的灰关联分析与相关分析(1980~ 1999)

Tab. 3 The gray relational analysis and the correlational analysis between grain yield and its affect factors in Hebei Province (1980~ 1999)

影响因子	1980~ 1989			1990~ 1999			1980~ 1999		
	灰关联度	灰关联序	<i>r</i>	灰关联度	灰关联序	<i>r</i>	灰关联度	灰关联序	<i>r</i>
复种指数	0.6898	4	- 0.1997	0.5189	11	0.7712	0.6089	9	0.6528
粮食播面	0.6843	5	- 0.8851	0.5362	10	0.7944	0.7168	3	0.1468
粮食单产	0.6314	9	0.9889	0.6613	2	0.9679	0.5952	10	0.9819
小麦播面占	0.6903	3	0.2484	0.6344	5	0.0755	0.5872	11	0.5783
玉米播面占	0.6571	7	- 0.6805	0.6066	6	0.9131	0.6962	4	0.7312
农业机械总动力	0.5772	11	0.8787	0.7315	1	0.9076	0.7446	1	0.9431
农作物成灾面积	0.6764	6	- 0.0442	0.5769	8	0.2495	0.6667	5	- 0.0075
有效灌面	0.6544	8	0.3591	0.6493	4	0.8884	0.7238	2	0.9298
农田化肥施用量	0.6096	10	0.9609	0.6591	3	0.9439	0.6227	7	0.9794
农村用电量	0.7116	1	0.8507	0.6060	7	0.9289	0.6337	6	0.9364
收购价格总指数	0.6971	2	0.7869	0.5510	9	0.8809	0.6154	8	0.9442

3.2 粮食增产措施

如前所述, 河北省粮食单产 90 年代 $3664\text{kg}/\text{hm}^2$, 为 50 年代的 3.8 倍。但与全国其他地区相比, 该省粮食单产仅为河南省的 91.9%、山东省的 73.9%, 全国平均水平的 87.0%^[9]。因此, 该省粮食单产尚有一定的发展潜力。

1) 改善农业生产条件, 提高粮食单产

要提高粮食单产, 除了引进良种等措施外, 必须改善农业生产条件。

采用 1978~ 2002 年资料, 农业生产条件与以 1978 年为起始年的时间序列 (t , 年) 的回归方程为

农业机械总动力 ($Y_{\text{农机}}$, 万 kw):

$$Y_{\text{农机}} = -104.0800 + 275.5508t \quad (r = 0.956) \quad (11)$$

2010 年农业机械总动力可达 8989 万 kw。

农村用电量 ($Y_{\text{农电}}$, 亿 kw h):

$$Y_{\text{农电}} = -10.3230 + 7.6092t \quad (r = 0.946) \quad (12)$$

2010 年农村用电量可达 240.8 亿 kw h。

农田化肥施用量 ($Y_{\text{化肥}}$, 万 t):

$$Y_{\text{化肥}} = 34.1980 + 10.2315t \quad (r = 0.978) \quad (13)$$

2010 年农田化肥施用量可达 371.8 万 t。化肥超量使用, 会给土壤、作物造成污染。为此, 需适量施肥 (华北平原约为 $380\text{kg}/\text{hm}^2$ ^[12])。若以 1978 年以来最大作物播面 (9370.9千 hm^2) 来估算, 则需化肥 356.1 万 t, 暂以此作为 2010 年预测值。

有效灌面 ($Y_{\text{灌面}}$, 千 hm^2):

$$Y_{\text{灌面}} = 3346.0510 + 41.7410t \quad (r = 0.919) \quad (14)$$

2010 年有效灌面可达 4723.5 千 hm^2 。1996 年该省耕地面积为 6498.8 千 hm^2 , 耕地灌溉率 64.1%, 若以耕地灌溉率 70.0% 为上限, 则 2010 年有效灌面采用 4549.2 千 hm^2 。

若以粮食单产 ($Y_{\text{单产}}$, kg/hm^2) 为因变量, 以农业机械总动力、农村用电量、农田化肥施用量、有效灌面为自变量, 则其复相关关系为

$$Y_{\text{单产}} = 4660.9390 + 0.1931Y_{\text{农机}} - 14.2715Y_{\text{农电}} + 17.1210Y_{\text{化肥}} - 0.9656Y_{\text{灌面}} \quad (r = 0.983) \quad (15)$$

2010 年, 若 $Y_{\text{农机}} = 8989$ 万 kw, $Y_{\text{农电}} = 240.8$ 亿 kw h, $Y_{\text{化肥}} = 356.1$ 万 t, $Y_{\text{灌面}} = 4549.2$ 千 hm^2 , 则粮食单产可达 $4664\text{kg}/\text{hm}^2$ 。

2) 进行农业结构调整, 提高粮食单产

据 1978~ 2002 年资料, 该省 80 年代小麦播面占粮食播面的比例为 0.354, 90 年代 0.371, 上升了 1.7 个百分点。由于水资源的限制, 2010 年小麦所占比例应不再增加, 并假定采用 2000 年值 (0.387)。80 年代玉米播面所占比例 0.292, 90 年代 0.327, 上升了 3.5 个百分点。若以 1987 年为起始年 (t , 年), 则玉米播面所占比例 ($P_{\text{玉米}}$) 的回归方程为

$$P_{\text{玉米}} = 0.2710 + 0.0070t \quad (r = 0.948) \quad (16)$$

2010 年玉米播面所占比例可达 0.439。

1987~ 2002 年粮食单产 ($Y_{\text{单产}}$, kg/hm^2) 和小麦播面所占比例 ($P_{\text{小麦}}$) 与玉米播面所占比例 ($P_{\text{玉米}}$) 的复相关关系为

$$Y_{\text{单产}} = 688.7978 + 976.6406P_{\text{小麦}} + 7562.7080P_{\text{玉米}} \quad (r = 0.751) \quad (17)$$

2010 年, 若 $P_{\text{小麦}} = 0.387$, $P_{\text{玉米}} = 0.439$, 则粮食单产可达 4387 kg/hm^2 。

综上所述, 回归分析、双向差分建模分析与灰关联分析均可用于粮食产量序列的模拟与预测。据分析, 该省 2010 年粮食总产可达 3087.5 万 t, 粮食单产 4478 kg/hm^2 , 分别为 2002 年的 1.27、1.19 倍。

参考文献

- [1] 河北省人民政府办公厅, 河北省统计局, 河北省社会科学院等编. 河北经济年鉴. 北京: 中国统计出版社, 2003.
- [2] 国家统计局. 中国统计年鉴. 北京: 中国统计出版社, 2001.
- [3] 国家统计局编. 改革开放十七年的中国地区经济. 北京: 中国统计出版社, 1996.
- [4] 国家统计局农村社会经济调查总队. 新中国五十年农业统计资料. 北京: 中国统计出版社, 2000.
- [5] 中国农业年鉴编辑委员会编. 中国农业年鉴. 北京: 中国农业出版社, 2002.
- [6] 河北省人民政府办公厅, 河北省统计局编. 新河北五十年(1949~1999). 北京: 中国统计出版社, 1999.
- [7] 国家统计局国民经济综合统计司编. 新中国五十年统计资料汇编. 北京: 中国统计出版社, 1999.
- [8] 魏凤英, 曹鸿兴著. 长期预测的数学模型及其应用. 北京: 气象出版社, 1990.
- [9] 李 茂. 河南省耕地和粮食灰色关联分析. 地理科学进展, 2002, 21(2): 63~172.
- [10] 畅建霞, 黄 强, 王义民, 薛小杰. 基于耗散结构理论和灰色关联熵的水资源系统演化方向判别模型研究. 水利学报, 2002, 11: 107~112.
- [11] 夏 军. 水文非线性系统理论与方法. 武汉: 武汉大学出版社, 2002.
- [12] 吴 凯, 谢贤群. 黄淮海平原化肥用量的时间序列分析及其对农业发展的正负效应. 农业环境保护, 2002, 21(6): 516~518, 523.

The Development Tendency and the Regional Differences of Grain Production in Hebei Province

WU Kai¹

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CA S, Beijing 100101)

YUAN Zhang², XU Yuexian²

(2. Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

Abstract The sown area of grain crops was 6484.4×10^3 hectares, in which the rate was 37.8% for wheat, 39.7% for maize, and the proportion among grain, cotton and oil crops was 15.9:1.0:1.6 in Hebei Province in 2002. The rate of the sown area of grain between the region and the province was 23.3% for the North Hebei Area, and 76.7% for the South Hebei Area in 2002. The ratio between the level in 2002 and in 1949 was 5.2 for the total yield of grain, which was 2435.8×10^4 tons in 2002; 5.8 for the per unit area yield of grain, which was 3756 kg per hectare in 2002; 2.4 for the per capita yield of grain, which was 362 kg in 2002. The rate of grain total yield between the region and the province was

17.2% for the North Hebei Area, and 82.8% for the South Hebei Area in 2002. According to the regression analysis and the bilateral difference modelling analysis, the grain yield in 2010 will be 3087.5×10^4 tons for the total yield, 4478 kg per hectare for the per unit area yield, and 460 kg for the per capita yield. On the basis of the gray relational analysis, the main factors affecting total yield of grain are: the per unit area yield, the general purchasing price index of farm produce and sideline products, the total power of agricultural machinery, the electricity consumed in rural area, the consumption of chemical fertilizer in farm land, and the effective irrigated area. According to our estimation, if the total power of agricultural machinery is 8989×10^4 kw, the electricity is consumed 240.8×10^8 kwh, the consumption of chemical fertilizer 356.1×10^4 tons, and the effective irrigated area 4549.2×10^3 hectares in 2010, the per unit area yield of grain will be 4664 kg per hectare; if the rate of the sown area is 0.387 for wheat, and 0.439 for maize, the per unit area yield will be 4387 kg per hectare.

Key words: Hebei Province; grain; regression analysis; bilateral difference modelling; gray relational analysis