

文章编号: 1000-0585(2002)03-0339-08

河北省粮食生产灰色关联动态分析

许月卿, 李秀彬

(中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要: 根据 1949~1998 年各县(市)的统计资料, 分析了河北省近 50 年粮食生产的变化历程和空间差异, 运用灰色系统理论对影响河北省粮食生产的诸因素进行关联动态分析, 量化了粮食总产量与诸因子的关联程度, 指出粮食单产、有效灌溉面积和粮食播种面积是影响河北省粮食生产的最重要因素, 并提出了实现河北省粮食生产可持续发展的基本途径, 为今后河北省农业可持续发展提供了参考依据。

关键词: 河北省; 粮食生产; 灰色关联分析

中图分类号: F329.9; S11⁺7 **文献标识码:** A

位于华北平原东部的河北省是全国重要的商品粮基地之一。随着国民经济的快速发展、人口数量的不断增长和消费水平的逐步提高, 对粮食的需求量越来越大。如何实现河北省粮食生产的持续发展, 是摆在全省人民面前一个严峻的问题^[1]。本文在分析近 50 年河北省粮食生产变化趋势的基础上, 运用灰色系统理论对影响河北省粮食生产诸因素进行关联分析, 量化了粮食产量与诸因子的关联程度, 为河北省制定粮食发展规划、促进粮食生产稳定增长提供了参考依据。

1 粮食生产变化趋势分析

1.1 粮食产量变化历程

根据《河北省统计年鉴》的资料, 1949 年全省粮食产量为 $469.5 \times 10^4 \text{t}$, 到 1998 年增加到 $2917.5 \times 10^4 \text{t}$, 共增加 $2448 \times 10^4 \text{t}$, 年均递增率 3.8%; 人均粮食产量由 1949 年的 152.14 kg 上升到 444.13kg, 增加 291.99kg (图 1)。从图 1 可看出, 全省粮食产量总体上呈波浪型上升趋势。50 年来全省粮食产量大致经过以下几个阶段:

1949~1958 年快速发展阶段。1949~1952 年为三年恢复时期, 粮食生产发展迅速。全省粮食产量由 1949 年的 $469.5 \times 10^4 \text{t}$ 上升到 1952 年的 $722.2 \times 10^4 \text{t}$, 平均每年增长 $84.2 \times 10^4 \text{t}$, 人均粮食产量由 1949 年的 152.14kg 上升到 1952 年的 236kg。从 1953 年开始执行第一个五年计划, 粮食生产稳步发展, 1958 年粮食产量达 $837.6 \times 10^4 \text{t}$, 人均粮食产量 224.4kg, 分别比 1949 年增长了 $368.1 \times 10^4 \text{t}$ 和 72.26kg。

1959~1963 年滑坡阶段。全省粮食产量由 1959 年的 $739.7 \times 10^4 \text{t}$ 下降到 1963 年的

收稿日期: 2001-09-15; 修订日期: 2002-02-25

基金项目: 中科院知识创新工程项目 (KZCX2-310-01-05) 和国家自然科学基金重点项目 (49831020)。

作者简介: 许月卿 (1972-), 女, 河北定州市人, 博士生。主要从事土地利用土地覆被变化研究。

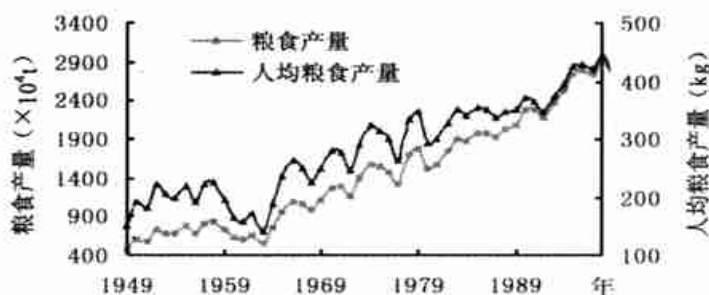


图1 河北省近50年粮食产量变化

Fig. 1 The changes of grain production in last 50 years in Hebei province

551.15 $\times 10^4$ t, 减少了 188.55 $\times 10^4$ t, 平均每年递减 37.71 $\times 10^4$ t, 人均粮食产量由 191.52 kg 下降到 1963 年的 139.32 kg, 比 1949 年的 152.14 kg 还下降 8.43 %。

1964 ~ 1987 年持续发展阶段。期间, 全省粮食产量上了 4 个台阶, 由 1964 年的 747.4 $\times 10^4$ t 上升到 1966 年的 1094.7 $\times 10^4$ t, 1974 年的 1568.55 $\times 10^4$ t, 1987 年的 1920.2 $\times 10^4$ t。这一阶段是河北省历史上粮食生产持续发展最好的时期。

1988 ~ 1998 年再创新高阶段。1988 年粮食产量突破 2000 $\times 10^4$ t, 达 2022.54 $\times 10^4$ t, 人均粮食产量 349 kg; 1998 年粮食产量达到 2917.5 $\times 10^4$ t, 人均粮食产量 444.1 kg, 创历史最高水平。

1.2 粮食产量空间变化分析

由于水、热、土资源的地区差异, 农业基础和社会经济条件的不同, 河北省各地粮食生产变化表现出很大差异。图为河北省各县(市) 1949 ~ 1998 年年均粮食递增率分布示意图。从图中可以看出, 近 50 年来, 河北省各县(市) 之间的年均粮食生产递增率最大相差达 4.4 倍以上, 其中, 年均递增率超过 5.3 % 和低于 3.2 % 的县(市) 分别有 17 个和 25 个, 约占河北省总县(市) 数的 11.5 % 和 16.9 %; 介于 3.2 % ~ 4.2 % 和 4.2 % ~ 5.3 % 之间的县(市) 分别有 48 个和 58 个, 约占 32.4 % 和 39.2 %。在区域分布上, 年均递增率超过 5.3 % 的县(市) 主要分布在农业基础雄厚、灌溉条件好的山前平原如唐山、秦皇岛和南部平原的保定、石家庄、邯郸地区。其中位于太行山山麓平原的栾城县和元氏县的年均递增率最大, 达 7.9 % 和 7.4 %; 小于 4.2 % 的县(市) 主要分布在自然条件差、干旱缺水的张家口、承德和太行山山地丘陵地区以及东部的

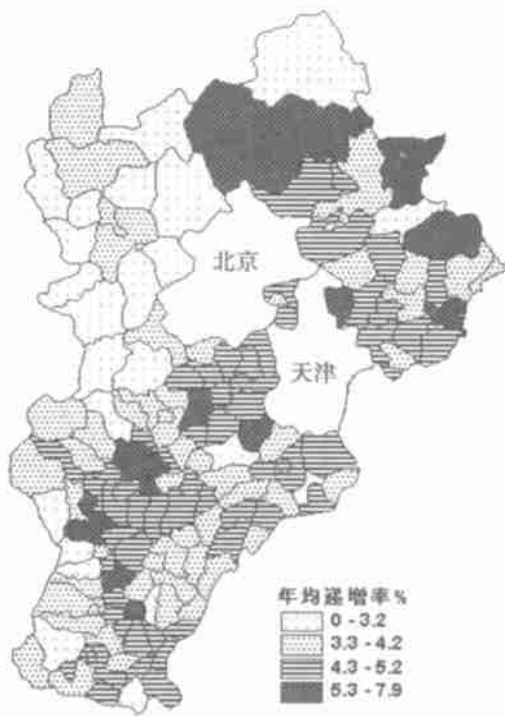


图2 河北省近50年年均粮食递增率分布示意图

Fig. 2 Sketch map showing the spatial difference of grain increase rate by degrees of Hebei province during 1949 ~ 1998

衡水、沧州地区, 其中小于 3.2 % 的县 (市) 主要分布在北部张家口地区和山地丘陵地区, 占河北省总县 (市) 数的 16.9 %。

2 粮食生产影响因素灰色关联动态分析

2.1 灰色关联分析的建模机理

灰色关联分析是灰色系统分析的主要内容之一, 用来分析系统中母因素与子因素的关系密切程度, 从而判断引起该系统发展的主要和次要因素^[2,4]。其关联度计算步骤如下:

(1) 给出原始数据列。参考数据列为 $X_0(k) = \{x_0(1), x_0(2), \dots, x_0(n)\}$

m 个比较数列为:

$$X_1(k) = \{x_1(1), x_1(2), \dots, x_1(n)\}$$

$$X_2(k) = \{x_2(1), x_2(2), \dots, x_2(n)\}$$

...

$$X_m(k) = \{x_m(1), x_m(2), \dots, x_m(n)\}$$

(2) 对上述原始数据分别进行均值法或初值法无量纲化计算。本文采用初值法进行计算, 得到参考数列 $Y_i(k)$ ($i=0$); 比较数列 $Y_j(k)$, $j=1, 2, \dots, m$, $k=1, 2, \dots, n$

(3) 求参考数列 $Y_i(k)$ 与比较数列 $Y_j(k)$ 之间各时刻绝对差值 $_{ij}(t_k)$, $k=1, 2, \dots, n$

$$_{01} = |y_0(k) - y_1(k)| = \{ \quad _1^{(1)} \quad _1^{(2)} \quad \dots \quad _1^{(n)} \}$$

$$_{02} = |y_0(k) - y_2(k)| = \{ \quad _2^{(1)} \quad _2^{(2)} \quad \dots \quad _2^{(n)} \}$$

.....

$$_{0m} = |y_0(k) - y_m(k)| = \{ \quad _m^{(1)} \quad _m^{(2)} \quad \dots \quad _m^{(n)} \}$$

(4) 从绝对差值序列中找出最大绝对差值 \max 和最小绝对差值 \min 。

(5) 求关联系数, 其公式为:

$$_{ij}(k) = \frac{\min_j \min_k |y_i(k) - y_j(k)| + \max_j \max_k |y_i(k) - y_j(k)|}{|y_i(k) - y_j(k)| + \max_j \max_k |y_i(k) - y_j(k)|} \quad (1)$$

式中 $_{ij}(k)$ 是第 k 个时刻比较数列和参考数列的关联系数。

(6) 求关联度

$$r_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n _{ij}(k) = \frac{1}{n} \{ _{ij}(1) + _{ij}(2) + \dots + _{ij}(n) \} \quad (2)$$

(7) 列出关联序。

2.2 粮食产量影响因素的动态关联分析

根据灰色系统分析方法的思路和要求, 以及河北省现有粮食生产资料情况, 采用 1978~1998 年序列资料作为基础, 通过对河北省粮食生产影响因素的定性判断, 从中选择 8 个影响粮食总产量的主要因子: x_1 —有效灌溉面积 ($\times 10^3 \text{ hm}^2$), x_2 —单产 (kg/hm^2), x_3 —化肥施用量 (折纯 $\times 10^4 \text{ t}$), x_4 —受灾面积 ($\times 10^3 \text{ hm}^2$), x_5 —农村用电量 ($\times 10^8 \text{ kwh}$), x_6 —农业机械总动力 ($\times 10^4 \text{ kw}$), x_7 —粮食播种面积 ($\times 10^3 \text{ hm}^2$), x_8 —粮食收购价格指数, x_0 —粮食总产量 ($\times 10^4 \text{ t}$)。选取以上变量的 1978~1998 年数据作为样本 (表 1), 根据灰色建模理论和程序, 建立河北省粮食生产灰色系统模型, 经计算运行后得

出河北省粮食总产和 8 个主要因素的动态关联结果（表 2 和表 3）。

表 1 1978 ~ 1998 年河北省粮食生产统计数据

Tab. 1 The statistical data of grain production during 1978 ~ 1998

指标	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₀
1978	3660.2	2031.6	65.3	1475	24.3	1083.2	7949.3	100	1615
1979	3670.8	2292.4	71	2534	26.7	1206.2	7762.7	102.5	1779.5
1980	3622.3	2033.5	74.7	2721	32.2	1254.7	7487.2	103.7	1522.5
1981	3547.9	2154.4	73.1	2517	35.5	1287.6	7310.5	101.3	1575
1982	3561.1	2529.3	88.3	1947	35.4	1355.5	6926.9	101.5	1752
1983	3576.6	2752.3	101.8	2869	41.5	1587.5	6903.2	100.9	1900
1984	3584.8	2089.5	112.5	3017	41.1	1830.3	6655.9	101.3	1870
1985	3572.7	3028.9	110.4	2210	40.9	1995.1	6492.7	110	1966.5
1986	3554	2878.9	115.3	4087	47.6	2222	6827.3	105	1965.5
1987	3605.7	2870.9	116.5	3421	50.2	2407	6687.9	105.7	1920
1988	3629.2	3037.2	125.6	2988	53.3	2563	6659	110.8	2022.5
1989	3682.5	3059.8	135.6	3135	60.5	2708	6760.5	122.3	2068.6
1990	3758.5	3334.7	145.2	1689	58.8	2822.2	6827.8	91.1	2276.9
1991	3839.5	3337.3	160.7	2446	65.5	2849.5	6798	98.1	2268.7
1992	3885.6	3298.6	163.5	3191	78.1	2955.2	6625.9	118.2	2185.6
1993	3931	3380.7	193.6	3155	85.1	3188.7	7040.5	116	2380.2
1994	3962.9	3710.1	219.3	2570	101.84	3783.7	6801.7	147.4	2523.5
1995	4040	4010.6	220.7	2187	118.51	4336.4	6829.5	143.7	2739
1996	4248.2	3908.4	259.3	3373	150.02	5133.4	7137.3	108.4	2789.5
1997	4322.6	3868.9	262.4	3369	161.32	5808.7	7099.4	92.5	2746.7
1998	4388.1	3993.4	270.2	2466	167.37	6263.9	7305.7	93.4	2917.5

注：数据来源参考文献 [3]

表 2 1978 ~ 1989 年粮食总产量和影响因素的灰色关联分析

Tab. 2 Grey correlation analysis of grain production and factors during 1978 ~ 1989

年份	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈
1979	0.887014	0.966999	0.981594	0.557717	0.996036	0.98517	0.861089	0.909978
1980	0.943045	0.930296	0.794276	0.462741	0.670161	0.782771	0.998901	0.891785
1981	0.992445	0.901159	0.843435	0.515152	0.615334	0.784458	0.933224	0.953641
1982	0.874096	0.829093	0.743952	0.767637	0.676238	0.823465	0.784476	0.917531
1983	0.795834	0.813362	0.670098	0.502684	0.593851	0.728806	0.716061	0.822666
1984	0.813173	0.857228	0.578992	0.46677	0.592892	0.593636	0.707884	0.842905
1985	0.762826	0.739804	0.621567	0.734619	0.625335	0.554492	0.659632	0.868486
1986	0.759478	0.795247	0.586091	0.333333	0.511552	0.48219	0.684453	0.823052
1987	0.792237	0.775996	0.566208	0.407318	0.469745	0.429191	0.690928	0.854908
1988	0.748684	0.762	0.536533	0.501119	0.452217	0.410906	0.652017	0.843338
1989	0.73873	0.775246	0.494025	0.47914	0.39124	20.389225	0.643497	0.93068
关联度	0.82796	0.831494	0.674252	0.520748	0.599509	0.633119	0.757469	0.878088
关联序	3	2	5	8	7	6	4	1

表 3 1990 ~ 1998 年粮食总产量和影响因素的灰色关联分析

Tab. 3 Grey correlation analysis of grain production and factors during 1990 ~ 1998

年份	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈
1991	0.968858	0.994433	0.87641	0.633974	0.869403	0.983319	0.999026	0.906787
1992	0.913696	0.963941	0.824879	0.457109	0.679953	0.899713	0.986725	0.698623
1993	0.999327	0.961216	0.730998	0.487518	0.660675	0.902546	0.982156	0.774409
1994	0.935535	0.994574	0.660611	0.65438	0.556468	0.771029	0.874669	0.605567
1995	0.859372	0.999661	0.711682	0.894905	0.490609	0.701123	0.79426	0.676364
1996	0.891905	0.936465	0.582581	0.503416	0.371089	0.568561	0.813161	0.95692
1997	0.932942	0.944322	0.565674	0.498151	0.337336	0.478783	0.82451	0.803836
1998	0.873005	0.90325	0.574518	0.814103	0.333333	0.454776	0.787346	0.753425
关联度	0.92183	0.962233	0.690919	0.617945	0.537358	0.719981	0.882732	0.771991
关联序	2	1	6	7	8	5	3	4

2.2.1 单产是影响河北省粮食生产的首要因素 粮食产量在很大程度上依赖于粮食作物播种面积和单产。50 年来，由于不断加大科学技术的投入，河北省单位面积粮食产量大幅度提高，由 1949 年的 648.2kg/hm² 增加到 1978 年的 2031.6kg/hm²，到 1998 年的 3993.4 kg/hm²，先后增加了 2.13 倍和 96.56 %；同期粮食总产量由 1949 年的 469.5 × 10⁴t 增加到 1978 年的 1615 × 10⁴t，到 1998 年的 2917.5 × 10⁴t，先后增长 2.44 倍和 80.65 %，二者几乎同步（图 3）。随着科学技术水平的不断发展，尤其是种子工程的逐步施实，单产对粮食产量的作用越来越大，在 80 年代粮食产量和单产的关联度为 0.83，到 90 年代上升为 0.96，其关联序由 80 年代的第 2 位上升到 90 年代的第 1 位。今后随着人口增加和耕地面积进一步减少，应进一步加大科技投入，提高单位面积粮食产量，以保证粮食生产的持续发展。

2.2.2 有效灌溉面积对粮食产量的影响不断加大 50 年来全省始终把搞好农田水利建设作为重要工作来抓，先后建成了一大批防洪、排涝、灌溉等工程设施。到 1998 年，全省共建成大中型水库 1000 多座，总库容超过 100 × 10⁸m³。机电井达 89 × 10⁴眼，比 1978 年增长 60.2 %；机电井配套率达到 94.9 %；农用排灌机械由 1978 年的 89.1 × 10⁴台发展到 1998 年的 262.3 × 10⁴台，增长 194.4 %。农田水利工程建设的加强使灌溉条件明显改善。1998 年有效灌溉面积 4338.1 × 10³hm²，比 1949 年增长 4.7 倍，比 1978 年增长 19.9 %；有效灌溉面积占耕地面积的比重由 1949 年的 10.6 % 上升到 1998 年的 67.7 %，比 1978 年提高 57.1 %。关联分析表明，灌溉面积与全省粮食总产量显著相关，其关联度在 80 年代为 0.82，90 年代上升为 0.92，其关联序也由 80 年代的第三位上升为 90 年代的第二位，说明该省在灌溉方面仍然存在较大的粮食增产潜力。

2.2.3 粮食播种面积是影响粮食产量的重要因素 随着经济建设及工业化进程的加快和人口的增加，全省耕地面积锐减，粮食播种面积不断下降。1978 年河北省粮食播种面积为 7949.3 × 10³hm²，到 1998 年下降到 7305.7 × 10³hm²，20 年间下降了 643.6 × 10³hm²，



图 3 河北省近 50 年粮食产量和单产变化
Fig. 3 The changes of grain production and per hectare grain production in the last 50 years of Hebei province

年均下降 $32 \times 10^3 \text{hm}^2$ 。粮食播种面积的减少, 直接影响了粮食生产的稳定。从关联分析结果来看, 播种面积与粮食产量的关联度在 80 年代为 0.76, 90 年代上升为 0.88, 其关联序由 80 年代的第四位上升到 90 年代的第三位, 说明粮食播种面积对粮食产量的制约作用不断加大。

2.2.4 粮食价格对粮食生产影响极大 在改革初期, 价格政策对河北省的粮食生产曾起过相当大的作用, 它对水稻的贡献率达 22%, 对其它粮食生产的贡献率达 27%。在改革后期由于粮食价格的提高远远低于生产资料价格的增长, 挫伤了农民的种粮积极性, 部分耕地抛荒或转为其它用地, 粮食生产受到严重影响^[5~7]。从关联分析结果看, 粮食价格与粮食产量的关联序由 80 年代的第一位下降到 90 年代的第四位。目前, 中国的粮食价格已接近甚至超过世界市场价格, 从长远来看, 特别是中国加入 WTO 后, 再通过提高粮价增加粮食产量困难重重^[8]。因此, 价格政策的运用应从生产资料成本入手, 通过提高粮食农业生产资料的生产效益, 降低生产资料成本和价格来实现^[9]。

2.2.5 化肥、农机动力和农村用电量反映了粮食生产的现代化水平 化肥曾经在全省粮食增产的重要因素, 增施 1kg 化肥可增加 4kg 粮食。从关联分析结果看, 粮食产量和化肥显著相关, 其关联度在 80 年代和 90 年代分别为 0.67 和 0.69。但由于受到边际效益递减规律的作用, 化肥在促进粮食增产方面的能力逐渐下降。化肥和粮食产量的关联序由 80 年代的第五位下降到 90 年代的第六位。

1998 年全省农业机械总动力达 $6263.9 \times 10^4 \text{kW}$, 比 1978 年增长 4.8 倍, 顷均耕地拥有农机总动力达 9.7kW。全省机耕面积 $5041.2 \times 10^3 \text{hm}^2$, 比 1952 年的 $2.1 \times 10^3 \text{hm}^2$ 增长 2458 倍, 比 1978 年增长 30.5%。机耕面积占耕地比重由 1952 年的 0.03% 上升到 1998 年的 77.7%, 机收面积、机播面积从无到有迅速发展。从关联分析结果看, 农业机械总动力的投入与粮食产量的关联度在 80 年代为 0.63, 随着全省产业化的推进, 农业机械总动力与粮食产量的关联度不断增大, 90 年代上升到 0.72, 其关联序由 80 年代的第六位上升到 90 年代的第五位。

农村用电量和粮食产量的关联度比较低, 80 年代为 0.59, 90 年代降为 0.53, 其关联序由 80 年代的第七位降到 90 年代的第八位。

2.2.6 受灾面积对粮食生产的影响不可忽视 从河北省 50 多年来粮食生产的历史情况看, 每次粮食产量下降都与各种自然灾害有关, 尤其以旱涝灾害对粮食减产的影响最明显。据 1950~1990 年资料统计, 河北省受旱面积占耕地面积 10% 以上的年份有 33 年, 平均每年成灾面积 $464 \times 10^3 \text{hm}^2$, 因旱灾减产粮食 $436.1 \times 10^8 \text{kg}$ 。全省洪涝灾面积共 $19391 \times 10^3 \text{hm}^2$, 平均每年涝灾成灾面积 $473 \times 10^3 \text{hm}^2$, 因涝灾减产粮食 $136.46 \times 10^8 \text{kg}$ 。从受灾面积和粮食生产关联程度变化来看, 其关联序由 80 年代的第八位上升到 90 年代的第七位。因此, 必须重视改善生态环境, 改善农田小气候, 加强水利建设, 提高抗灾能力, 保证粮食生产的稳定发展。

3 实现粮食生产持续发展的基本途径

3.1 不断依靠科技进步, 努力提高粮食单产

耕地面积减少和人口增长的双重压力, 使河北省粮食生产只能走主攻单产之路。全省人口 1949 年为 3086×10^4 人, 到 1998 年增加到 6569×10^4 人, 50 年净增人口 3483×10^4 ,

增长了 112.8 %；人均耕地由 1949 年的 0.235hm^2 下降到 1998 年的 0.098hm^2 ，减少了 0.137hm^2 。目前，全省中低产田面积约占耕地面积的 71.5 %，旱地面积占耕地面积的 48.64 %，严重制约着粮食产量的进一步提高。因此，今后要继续加大农业科技投入，保护优质高产耕地，大力改造中低产田，科学施肥，培肥地力，推广“稳氮、增磷、配钾、补施微肥”的科学施肥技术，使化肥的利用率由目前 30 ~ 35 % 提高到 40 % 以上；广辟肥源，大力发展优质高产的绿肥作物和其它养地作物，提高粮食产量。依靠科技进步，大力培育和推广优良品种及其配套适用技术，建立良种基地，并做好良种、配套工作。继续作好新技术、新试剂的引进、试验、示范工作，为粮食生产的发展提供新的科技储备。

3.2 切实保护耕地，稳定粮食播种面积

首先要采取有效措施，严格控制非农业占地，尤其是优质耕地，建立基本农田保护区，将耕地保护逐步纳入法制轨道，确保耕地总量动态平衡。其次，加强耕地的开发复垦工作。据调查，全省可开发复垦的后备土地资源总面积为 $246.5 \times 10^4\text{hm}^2$ ，其中可开垦为耕地的有 $19.55 \times 10^4\text{hm}^2$ ，占可开发后备土地总面积的 7.93 %；可开发为林果地的有 $200.26 \times 10^4\text{hm}^2$ ，占总量的 81.24 %；可辟为牧草地的有 $23.81 \times 10^4\text{hm}^2$ ，占总量的 9.66 %；可开发为养殖和其它用途的有 $2.88 \times 10^4\text{hm}^2$ ，占总量的 1.17 %^[10]。可见，通过对后备土地资源的开发利用和内部挖潜，减轻非农建设和农业结构调整对耕地资源的压力，从而稳定粮食播种面积。再次，加强耕地集约开发利用，增加农业科技、物质投入，实现农业机械化、电气化、化学化和水利化，提高耕地利用效率。

3.3 大力推广间作套种技术，提高复种指数

应以国家计划和社会需求为导向，大力推广间作套种技术，提高粮食作物复种指数，争取每年提高 1 个百分点以上，以稳定粮食播种面积，实现粮食作物与其它作物的面积、产量双增长。小麦是河北省的主要粮食作物，是适合间作套种的主体作物，应大力推广麦棉、麦油、麦菜等间作套种，尽快实行一年两熟或两年三熟的种植制度。同时，全省要因地制宜，发挥区域优势，调整作物布局，发展生态农业，变粮食 - 经济作物二元结构为粮食 - 饲料 - 经济作物三元种植结构。这样既增产粮食，又扩大饲料来源，可以大幅度地提高土地产出率，缓解发展畜牧业对粮食的需求。

3.4 加强农田基本建设，提高农业综合生产能力

必须增加农业生态建设投入，加强以农田水利为重点的农田基本建设，提高有效灌溉面积和旱涝保收率，改善农田生产条件，增强抗御自然灾害的能力。植树造林，提高森林覆盖率，重点在基本农田保护区“四旁”营造农田防护林，减少风沙危害，改善农田小气候。各种工业建设项目必须遵守国家关于建设项目环境保护管理的规定，制定切实可行的基本农田环境保护方案。将布局分散零乱的村镇工业进行集中，加强对排污的控制。实行农田林网化是提高农业生态环境质量的基本措施。

4 结论

以上运用灰色系统理论，对粮食产量及其 8 个影响因子进行了灰色关联动态分析。结果表明，8 个影响因子和粮食产量呈显著相关，其中粮食单产、有效灌溉面积和粮食播种面积是影响河北省粮食产量的最重要因子。

本文根据河北省各县市近 50 年长序列粮食统计资料，对全省粮食数量的变化过程、

空间差异和影响粮食生产各因素的灰色关联分析并对实现粮食生产可持续发展的途径进行了初步探讨。未来应着眼于更可靠数据的积累,在全省和各分区粮食生产潜力等方面开展更深入细致的研究。

参考文献:

- [1] 郭造强. 河北省粮食生产能力的思考. 中国农业资源与区划, 2000, 21(3): 34 ~ 36.
- [2] 邓聚龙. 灰色系统理论教程. 武汉: 华中理工大学出版社, 1990.
- [3] 河北省人民政府办公厅. 等编. 新河北五十年. 北京: 中国统计出版社, 1999.
- [4] 段学军. 长江流域粮食生产影响因素灰色关联分析. 农业系统科学与综合研究, 2000, 16(1): 30 ~ 34.
- [5] 党安荣. 等. 中国粮食生产发展的时序变化研究. 地理研究, 1998, 17(3): 242 ~ 248.
- [6] 刘新平. 等. 21 世纪前期长江流域粮食产业发展对策. 中国人口. 资源与环境, 2001, 11(1): 92 ~ 95.
- [7] 张落成. 我国粮食生产布局变化特点及其成因分析. 长江流域资源与环境, 2000, (2): 221 ~ 228.
- [8] 傅泽强. 中国食物安全的定量评估. 地理研究, 2001, 20(5): 555 ~ 563.
- [9] 王铮, 郑一萍. 全球变化对中国粮食安全的影响分析. 地理研究, 2001, 20(3): 282 ~ 289.
- [10] 河北省土地管理局. 河北省土地资源. 北京: 科学技术出版社, 2000.

Grey dynamic analysis of grain production in Hebei Province

XU Yue-qing, LI Xiu-bin

(Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: Based on the statistical data at provincial and county levels from 1949 to 1998, the dynamic change of grain production and regional differences are discussed. In the last 50 years, the total grain production took on an increasing trend on the whole. In the period of 1949 ~ 1998, the total grain production increase was 24480 thousand tons with an annual average increase of 489.6 thousand tons and the per capita grain production increase was 320.8 kilograms. Because of the differences in natural conditions and agricultural history, the spatial difference in grain production increase is very notable. The regions with higher annual average increase rate of grain production are mainly distributed in the piedmont plains where irrigation conditions and agricultural base are better such as Shijiazhuang, Handan, Xingtai, Baoding. However, the regions with low annual average increase rate of grain production are mainly located in the mountainous and hilly areas such as Zhangjiakou, Chengde and the eastern plain with poor natural conditions. According to the grey system theory, factors affecting grain production are analyzed and correlative degree between factors and grain production is quantitatively measured. The results show that per unit area grain yield, effective irrigated area and grain sown area are the most important factors that affect grain production. Moreover, the countermeasures to realize the sustainable development of grain production are discussed such as relying on scientific progress to increase per unit area grain yield, protecting arable land and stabilizing grain sown area, popularizing technology of intercropping and improving multi-crop index, strengthening capital construction of farmland and enhancing the synthetic ability of agricultural production. This paper provides a scientific basis for sustainable agricultural development in Hebei Province.

Key words: Hebei Province; grain production; grey analysis