

基于地理探测器的河北省粮食产量影响因素研究

高 超

(唐山师范学院, 河北 唐山 063000)

摘 要:以河北省11个地级市的粮食产量作为研究对象,选取14个与粮食产量关系最密切的影响因子,利用地理探测器的因子探测和交互作用探测分析方法,对不同因子对粮食产量的影响进行分析,得出河北省11个地级市粮食产量的空间分异格局以及不同种类粮食产量的主要影响因素。结果显示:农作物总播种面积、耕地面积、农业机械化水平、农业技术人员、化肥施用量是粮食产量的显著影响因子。耕地面积、农作物播种面积和农林牧渔从业人员交互影响作用最强。农业机械使用中联合收割机的使用极大地影响了河北省粮食总产量。

关键词:粮食产量;影响因素;地理探测器;河北省

中图分类号:F326.11

文献标识码:A

文章编号:2096-5877(2020)03-0103-05

Studies on Influencing Factors of Grain Yield in Hebei Province Based on Geographical Detector

GAO Chao

(Tangshan Normal University, Tangshan 063000, China)

Abstract: Taking the grain yield of 11 prefecture level cities in Hebei Province as the research object, this paper selects 14 factors which are most closely related to the grain yield, and analyzes the influence of different factors on the grain yield by using the factor detection and interaction detection analysis method of geographical detector. The spatial distribution pattern of grain yield and the main influencing factors of different kinds of grain yield in prefecture level cities were analyzed. The results showed that: the total sown area of crops, cultivated land area, agricultural mechanization level, agricultural technicians, fertilizer application amount were the significant factors affecting grain yield. The interaction among cultivated land area, crop planting area and agricultural, forestry, animal husbandry and fishery practitioners was the strongest. In the use of agricultural machinery, the use of combine has greatly affected the total grain output of Hebei Province.

Key words: Grain yield; Influencing factor; Geographical detector; Hebei Province

粮食安全问题一直是政府和学术界关注的热点^[1],在人口持续增加、耕地面积快速减少的客观背景下,粮食问题更是一个突出的问题。研究不同地域粮食产量的分布特征及其影响因素,可以揭示一定空间范围内的粮食生产分布规律和趋势^[2]。关于粮食生产空间格局的研究,学者从不同尺度进行了研究。从全国尺度看,刘玉杰等研究发现南北方粮食生产格局发生改变^[3]。张落成分析了我国粮食生产的主要空间格局,结论是粮食生产集中于中部地区,北方的地位超越南

方^[4]。从区域尺度看,张利国等研究了鄱阳湖生态经济区粮食空间分异^[5],表明区域内粮食生产具有空间正相关性并分析了粮食生产差异的影响要素。胥亚男等对中原经济区县域粮食生产空间集聚格局进行了研究^[6],表明粮食增长空间分布具有随机性,空间集聚不明显。从省域角度看,王千等利用ESDA分析方法对河北省粮食生产空间格局进行了研究^[7]。黄国勤等对江西省粮食产量的市域差异程度进行测算,并得出省内粮食产量差异的变化格局^[8]。尚丽运用利用数据包络模型对陕西省粮食生产效率进行测算,并分析了影响陕西省粮食生产的主要因素^[9]。

河北省位于华北平原中部,是全国13个粮食主产省区之一。河北省是京津都市圈主要的粮食提供者^[10]。2016年,河北省粮食总产量为3 460.2

收稿日期:2019-01-03

基金项目:河北省文化与旅游厅课题(HB20-YB008)

作者简介:高 超(1982-),女,讲师,硕士,主要从事农村经济发展研究。

万t,占全国粮食总产量的5.59%,说明河北省在全国粮食生产中占有重要地位,对保障国家粮食安全具有重要意义。河北省粮食总产量增长迅速,从1990年的2 276.9万t增长到2016年的3 460.2万t,增加了1 183.3万t,较1990年增长51.96%。粮食单产方面,河北省粮食单位产量由1990年的3 334.7 kg/hm²,增加到2016年的5 468.6 kg/hm²。河北省作为我国主要的粮食产区,有必要研究其粮食产量的相关影响因素,为进一步增加粮食产量保证粮食供应做好准备。

1 研究方法和数据来源

1.1 研究方法

地理探测器是探测空间分异性及揭示空间分异机理的统计学方法。该方法基于以下假设:如果某个自变量对某个因变量有重要影响,那么自变量和因变量的空间分布应该具有相似性^[10]。地理探测器模型包括风险探测、因子探测、生态探测和交互探测四部分。河北省粮食产量存在空间差异,与粮食产量相关的影响因素也具有空间差异性,如果某种因素和粮食产量在空间差异具有相关性,这种因素对粮食产量的变化具有显著作用。本文借助地理探测器因子探测和交互探测方法研究河北粮食产量空间分布的不同影响因素。

因子探测模型如下:探测Y的空间分异性,以及探测某因子X多大程度上解释了属性Y的空间分异。用q值度量,表达式为:

$$q = 1 - \frac{\sum_{h=1}^L \sigma_h^2 N_h}{N \sigma^2}$$

式中:q是影响因子对粮食产量的探测力值;h=1, ..., L为变量各因子的分级,L为次级区域城市的个数; σ^2 是一级区域各城市粮食产量的方差, σ_h^2 为次级区域城市粮食产量的方差;N为一级区域城市数量; N_h 是次级区域城市数量;q的值域为[0, 1],值越大说明该因素对各城市粮食产量的影响越大。

地理探测器的交互作用探测可以识别不同风险因子之间的交互作用,评估因子共同作用时是否会增加或减弱对因变量Y的解释力,或这些因子对Y的影响是相互独立的。评估的方法是首先分别计算两种因子X₁和X₂对Y的q值:q(X₁)和q(X₂),并且计算它们交互时的q值:q(X₁∩X₂),并对q(X₁)、q(X₂)与q(X₁∩X₂)进行比较。

1.2 数据来源

本文选择河北省11个地级市的粮食产量作为研究对象,分析数据来源于《河北省经济统计

年鉴》(2017)。包括2017年河北省11个地级市的各种粮食作物产量数据及14个与粮食产量相关的影响因素数据和6个与农业机械化相关的农业机械数据。

2 河北省粮食产量空间格局分析

将每一个地级市的地理重心作为该市的地理位置,利用ArcGIS软件在地图中进行匹配,探索河北省11个地级市粮食产量的差异性。将河北省11个地级市的粮食作物产量由高到低均分为3级,分别形成高水平区、中水平区和低水平区,并确保每个级别的城市个数基本相等。

河北省粮食总产量呈现出中部南保定、石家庄、沧州邯郸最高,南部和东部唐山、邢台、衡水、张家口次之,北部秦皇岛、承德最低的空间形态。河北省的粮食作物,分为谷物、豆类和薯类三种,玉米是谷物中的最主要粮食品种。谷物生产的空间格局明显表现为中南部保定、石家庄、邢台、邯郸最高,东部廊坊、沧州、衡水、唐山次之,北部张家口、秦皇岛、承德最低的空间形态。玉米的产量和河北省粮食总产量表现出一致的空间格局。豆类产量空间分布相对均匀,在全省不同方向均有高产现象,但总体上看,主要集中在中部地区。高产的地区在张家口、唐山、保定、邢台四个不同方位的城市,秦皇岛、廊坊、石家庄、沧州次之,承德、邯郸、衡水产量最低。薯类的产量北部优势明显,承德、张家口、秦皇岛、保定产量高,东南部唐山、沧州、石家庄、邯郸次之,中部廊坊、邢台、衡水产量最低。

3 河北省粮食产量影响因素分析

3.1 因子探测分析

对河北省粮食产量的影响因子进行分析,选择14个因子指标,将每个影响因子按照其数值均匀分成3级,分别为高中低三个水平区,将其作为阈值进行探测分析。将14个因子值和粮食产量导入地理探测器模型,得出各因子对粮食产量的影响力值q值,q值越大表示该因子对粮食产量影响越大^[11],q值越小表示该因子对粮食产量影响越小。结果见表1。

对粮食总产量影响较大的因子排序依次是:机械收割面积(0.85)、机械播种面积(0.82)、农作物总播种面积(0.82)、有效灌溉面积(0.82)、耕地面积(0.80)、农业技术人员(0.75)、化肥使用量(0.73)、农林牧渔总产值(0.57)、农用机械总动力

表 1 2016年河北省粮食产量影响因素因子探测

	粮食总产量		谷物总产量		玉米总产量		豆类总产量		薯类总产量	
	q	q 排序	q	q 排序	q	q 排序	q	q 排序	q	q 排序
年均温度 X_1	0.40	11	0.40	12	0.35	14	0.18	8	0.72	1
年降水量 X_2	0.26	14	0.29	14	0.38	12	0.19	5	0.13	9
日照 X_3	0.39	12	0.43	11	0.46	11	0.33	2	0.01	14
农用机械总动力 X_4	0.57	9	0.72	8	0.71	6	0.17	9	0.53	2
耕地面积 X_5	0.80	5	0.59	9	0.56	9	0.23	4	0.03	12
机械播种面积 X_6	0.82	2	0.85	5	0.78	5	0.38	1	0.25	8
机械收割面积 X_7	0.85	1	0.85	4	0.81	4	0.19	6	0.28	6
化肥使用量 X_8	0.73	7	0.93	1	0.90	1	0.09	12	0.32	5
农村用电量 X_9	0.52	10	0.72	6	0.73	8	0.13	10	0.53	2
有效灌溉面积 X_{10}	0.82	4	0.91	2	0.89	2	0.02	14	0.28	6
农作物总播种面积 X_{11}	0.82	3	0.65	7	0.64	10	0.09	11	0.03	12
农业技术人员 X_{12}	0.75	6	0.87	3	0.88	3	0.04	13	0.39	4
农林牧渔总产值 X_{13}	0.57	8	0.57	10	0.65	7	0.18	7	0.04	11
农林牧渔从业人员 X_{14}	0.33	13	0.33	13	0.35	13	0.24	3	0.08	10

(0.57)、农村用电量(0.52)。对于粮食总产量影响较小的因子是:年降水量(0.26)、农林牧渔从业人员(0.33)、日照(0.39)、年均温度(0.40)。由此可知,粮食产量影响较大的因子机械收割面积、机械播种面积、农作物总播种面积、有效灌溉面积、耕地面积、农业机械化水平以及技术水平,经济发展水平、从业人员以及地域面积等因素对于粮食产量的影响较小。

对谷物产量影响较大的因子依次是:化肥使用量(0.93)、有效灌溉面积(0.91)、农业技术人员(0.87)、机械收割面积(0.85)、机械播种面积(0.85)、农村用电量(0.72)、农用机械总动力(0.72)、农作物总播种面积(0.65)、农林牧渔总产值(0.57)。对谷物产量影响较小的因子依次是:年降水量(0.29)、农林牧渔从业人员(0.33)、年均温度(0.40)、日照(0.43)。由此可知,对谷物产量影响较大的因素与对粮食总产量影响较大的因素基本上相同,但也存在差异,对于谷物产量影响较大的是化肥使用量、有效灌溉面积、农业机械化程度以及农业技术人员。而对于谷物产量影响较小的因素主要是经济因素、年均温度以及农林牧渔从业人员。而对于谷物产量影响最小的因素主要是年降水量、农林牧渔从业人员、年均温度和日照。

对玉米总产量影响较大的因子是:化肥使用量(0.90)、有效灌溉面积(0.89)、农业技术人员(0.88)、机械收割面积(0.81)。由此可知,对玉米产量影响较大的因素与谷物产量的影响因子基本

相同。

对豆类总产量所有因子的影响力都没有超过0.50,影响较大的因子依次是:机械播种面积(0.38)、日照(0.33)、农林牧渔从业人员(0.24)、耕地面积(0.23)。对豆类产量影响较小的因子是:有效灌溉面积(0.02)、农业技术人员(0.04)、化肥使用量(0.09)、农作物总播种面积(0.09)。由此可知,豆类产量影响因子与粮食产量和谷物产量的影响因子不同,机械播种面积、日照、农林牧渔从业人员、耕地面积对豆类产量影响较大。

对薯类总产量影响较大的因子是:年均温度(0.72)、农村用电量(0.53)、农用机械总动力(0.53)。其他影响较大的因子为:农业技术人员(0.39)、化肥使用量(0.32)、机械收割面积(0.28)、有效灌溉面积(0.28)、机械播种面积(0.25)。影响较小的因子依次是:日照(0.01)、农作物总播种面积(0.03)、耕地面积(0.03)、农林牧渔总产值(0.04)、农林牧渔从业人员(0.08)。由此可知,薯类产量与粮食产量、谷物产量和豆类产量不同,影响最大的因子是年均温度这一自然因素指标,影响较小的因子主要是日照、农作物总播种面积和耕地面积。

3.2 因子交互作用探测分析

地理探测器的交互作用可以在此基础上探测两驱动因子之间的交互作用。对影响河北省粮食产量的14个指标进行两两交互探测,若 $q(X_1 \cap X_2) < \min(q(X_1), q(X_2))$,为非线性减弱,用字母FJ表示;若 $\min(q(X_1), q(X_2)) < q(X_1 \cap X_2) < \max(q(X_1),$

$q(X_2)$),为单因子非线性减弱,用字母DFJ表示;若 $q(X_1 \cap X_2) > \max(q(X_1), q(X_2))$,为双因子增强,用字母SZ表示;若 $q(X_1 \cap X_2) = q(X_1) + q(X_2)$,两因子独立,用字母DL表示;若 $q(X_1 \cap X_2) > q(X_1) + q(X_2)$,为非线性增强,用字母FZ表示。结果见表2。

表2 河北省粮食产量影响因素的交互探测

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14
X1		0.78	0.78	0.86	0.96	0.94	0.96	0.83	0.85	0.89	0.89	0.83	0.78	0.79
X2	FZ		0.51	0.64	0.97	0.93	0.91	0.89	0.61	0.85	0.92	0.85	0.63	0.53
X3	SZ	SZ		0.73	0.96	0.95	0.97	0.92	0.68	0.88	0.89	0.88	0.67	0.51
X4	SZ	SZ	SZ		0.94	0.88	0.89	0.88	0.81	0.88	0.95	0.86	0.79	0.89
X5	SZ	SZ	SZ	SZ		0.87	0.90	0.96	0.92	0.93	0.87	0.93	0.97	0.90
X6	SZ	SZ	SZ	SZ	SZ		0.87	0.91	0.86	0.88	0.92	0.88	0.92	0.97
X7	SZ	SZ	SZ	SZ	SZ	SZ		0.91	0.88	0.91	0.95	0.90	0.91	0.97
X8	SZ	SZ	SZ	SZ	SZ	SZ	SZ		0.77	0.88	0.95	0.78	0.89	0.86
X9	SZ	SZ	SZ	SZ	SZ	SZ	SZ	SZ		0.85	0.89	0.77	0.84	0.70
X10	SZ	SZ	SZ	SZ	SZ	SZ	SZ	SZ	SZ		0.90	0.85	0.85	0.92
X11	SZ	SZ	SZ	SZ	SZ	SZ	SZ	SZ	SZ	SZ		0.88	0.92	0.87
X12	SZ	SZ	SZ	SZ	SZ	SZ	SZ	SZ	SZ	SZ	SZ		0.85	0.83
X13	SZ	SZ	SZ	SZ	SZ	SZ	SZ	SZ	SZ	SZ	SZ	SZ		0.77
X14	FZ	SZ	SZ	SZ	SZ	SZ	SZ	SZ	SZ	SZ	SZ	SZ	SZ	

注:表格左下部分表示影响因子两两交互作用的类型,FZ代表非线性增强,SZ代表双因子增强。右上部分为影响因子两两交互的q值

由表2可知,影响因子两两之间均为增强关系,包括双因子增强和非线性增强,不存在独立及减弱的关系。因子交互影响的值越大说明他们的交互影响力越强。 X_1 与 X_5 、 X_7 的交互值影响因子达到了0.96,说明年均温度与耕地面积和机械收割面积具有相互增强的关系。 X_2 与 X_5 因子的交互值为0.97,说明年降水量与耕地面积之间也具有相互增强的作用。 X_3 与 X_5 、 X_6 、 X_7 的相互作用值均在0.95以上,说明日照与土地耕种面积具有较大相关性。从交互值看,相关性增强最大的影响因子是 X_5 、 X_{11} 、 X_{14} ,这说明河北省粮食产量的影

响因素中,耕地面积、农作物播种面积和农林牧渔从业人员是影响河北粮食生产的主要影响因子。

3.3 农业机械因子影响分析

从因子探测结果可知,河北省农业机械化水平对粮食总产量的影响显著,有必要进一步分析河北省常用的农机设备对粮食产量的影响状况。选取大中型拖拉机、小型拖拉机、排灌用电动机、排灌用柴油机、联合收割机、农用水泵6种常用农机的使用情况作为因子,将每种农机的数量分别分为高中低3级,并进行因子探测分析(见表3)。

表3 2016年河北省粮食产量农业机械因子探测

	粮食总产量		谷物总产量		玉米总产量		豆类总产量		薯类总产量	
	q	q 排序	q	q 排序	q	q 排序	q	q 排序	q	q 排序
大中型拖拉机	0.73	2	0.75	3	0.75	3	0.17	5	0.13	5
小型拖拉机	0.44	6	0.44	6	0.43	6	0.24	2	0.25	4
排灌用电动机	0.73	2	0.84	2	0.81	2	0.04	6	0.28	3
排灌用柴油机	0.59	5	0.64	5	0.65	5	0.20	3	0.69	1
联合收割机	0.78	1	0.90	1	0.86	1	0.34	1	0.53	2
农用水泵	0.64	4	0.72	4	0.71	4	0.19	4	0.13	6

由表3可知,河北省粮食总产量影响较大的农机依次是:联合收割机、排灌用电动机、大中型拖拉机、农用水泵、排灌用柴油机、小型拖拉机。而从粮食作物的种类看农机的使用,谷物、玉米

的农机影响因素和粮食总产量的农机影响排序完全一致。豆类作物产量影响较大的农机依次是:联合收割机、小型拖拉机、排灌用柴油机、农用水泵、大中型拖拉机、排灌用电动机。薯类产量影

响较大的农机:排灌用柴油机、联合收割机、排灌用电动机、小型拖拉机、大中型拖拉机、农用水泵。由此可知:河北粮食生产中,联合收割机的影响最为显著,对玉米、谷物作物大中型农业机械在粮食生产、运输中起到重要作用,对豆类和薯类,小型运输工具起到更大的作用。

4 结论与建议

4.1 结论

(1)影响河北省粮食产量的最显著因子依次是机械收割面积、农作物总播种面积、有效灌溉面积、耕地面积、农业机械化水平、农业技术人员、化肥使用量。

(2)河北粮食生产的主要影响因子中,耕地面积、农作物播种面积和农林牧渔从业人员几个因子交互影响作用最强。

(3)河北省农业机械对粮食产量的影响,联合收割机的使用极大地影响了河北省粮食总产量。

4.2 建议

(1)集约利用耕地。河北粮食产量的最主要影响因子均与耕地面积有关,因此,提高河北省粮食产量必须保证足够的耕地面积和农作物总播种面积。政府可以通过制定政策,不断地改善土地的利用方式,对土地进行分等定级,提高耕地集约利用程度来增加粮食产量。

(2)提高农业机械化水平。农业机械化水平对河北省粮食产量影响显著。政府应加大农机购置的补贴或提高农机贷款额度,增加农民购置农机的积极性,不断增加农业机械的使用面积。培养农业技术人员,加强对农民种植的科学指导,

进行科技种植,增加粮食产量。

(3)合理使用化肥。化肥使用量与河北省粮食产量也具有显著的相关性。土壤的肥沃程度很大程度上来源于施肥量。但是如果长期过度使用化肥,很容易造成土地营养成分的改变和土壤板结。需要科学使用化肥,进行精准施肥。

参考文献:

- [1] 殷培红,方修琦,马玉玲,等. 21世纪初中国粮食短缺地区的空间格局和区域差异[J]. 地理科学, 2007, 27(4): 463-472.
- [2] 尚 丽. 基于DEA模型的陕西省粮食生产效率评价及影响因素研究[J]. 东北农业科学, 2018, 43(5): 47-54.
- [3] 刘玉杰,杨艳昭,封志明. 中国粮食生产的区域格局变化及其可能影响[J]. 资源科学, 2007, 29(2): 8-14.
- [4] 张落成. 我国粮食生产布局变化特点及其成因分析[J]. 长江流域资源与环境, 2000, 9(2): 222-228.
- [5] 张利国,鲍丙飞,董 亮. 鄱阳湖生态经济区粮食单产时空格局演变及驱动因素探究[J]. 经济地理, 2018(2): 154-161.
- [6] 胥亚男,李二玲,屈艳辉,等. 中原经济区县域经济发展空间格局及演变[J]. 经济地理, 2015(4): 33-39.
- [7] 王 千,金晓斌,阿依吐尔逊·沙木西,等. 河北省粮食产量空间格局差异变化研究[J]. 自然资源学报, 2010, 25(9): 1525-1625.
- [8] 黄国勤,刘 顺. 江西省粮食产量市域差异性及其空间格局分析[J]. 农学学报, 2012(11): 59-67.
- [9] 王 千,金晓斌,周寅康,等. 县级粮食生产效率空间聚集格局演变分析——以河北省为例[J]. 水土保持通报, 2011, (6): 234-238.
- [10] 王劲峰,徐成东. 地理探测器:原理与展望[J]. 地理学报, 2017, 72(1): 116-134.
- [11] 叶妍君,齐清文,姜莉莉,等. 基于地理探测器的黑龙江垦区农场粮食产量影响因素分析[J]. 地理研究, 2018, 37(1): 171-182.

(责任编辑:王 昱)

(上接第91页)

- [6] 刘宇宝,闫述乾. 基于DEA的甘肃省农业投入—产出效率分析[J]. 资源开发与市场, 2015, 31(3): 305-307.
- [7] 付争艳,王艺桥,王瑞彬,等. 河南省农业生产效率的DEA分析[J]. 河南农业大学学报, 2014, 48(6): 790-794.
- [8] 闫晓冉,王媛媛,丁继国,等. 基于DEA模型的黄冈市农业生产效率评价[J]. 湖北农业科学, 2014, 53(4): 981-983.
- [9] 肖 瑶,张小雪,樊嘉琦,等. 石家庄市栾城区农地经营模式与农业生产效率的关系[J]. 中国农业大学学报, 2019, 24(2): 172-182.
- [10] 杨彩艳,齐振宏,黄炜虹,等. 农业社会化服务有利于农业生产效率的提高吗?—基于三阶段DEA模型的实证分析[J]. 中国农业大学学报, 2018, 23(11): 232-244.

- [11] 白建华,杨文凤,央青卓嘎. 基于数据包络分析的高原地区青稞种植效率评价—基于427户青稞种植户的入户调查[J]. 东北农业科学, 2019, 44(3): 64-70.
- [12] 高 强,李凌超,丁慧媛. 农户兼业对农业生产效率的影响研究—基于山东省胶州市调查数据的分析[J]. 山东经济, 2011, 27(6): 56-61.
- [13] 余玉敏,陈万旭,朱丽君,等. 河南省农业生产效率测度及影响因素[J]. 水土保持研究, 2018, 25(5): 262-268.
- [14] 舒坤良,杨 宁,孙 旭,等. 科技创新推进吉林省农业现代化的思路与对策[J]. 东北农业科学, 2018, 43(6): 44-48.
- [15] 常春水,宿桂红. 吉林省粮食生产技术效率的测算及影响因素[J]. 贵州农业科学, 2014, 42(10): 275-278.

(责任编辑:王 昱)