

科技进步增产的“多年平均产量移动模型”的验证

黄治平¹, 郑宏艳¹, 刘书田¹, 米长虹¹, 李敬亚¹, 侯彦林^{1*}, 王 农¹, 蔡彦明¹,
王铄今², 侯显达³

(1.农业部环境保护科研监测所, 天津 300191; 2.北京农业信息技术研究中心, 北京 100089; 3.北京优雅施软件研发服务中心, 北京 100089)

摘 要:应用全国、31个省、6个典型地区和16个典型县的数据对科技进步增产的“多年平均产量移动模型”进行了系统性的验证和讨论。研究结果如下:(1)定义了用相邻10年平均单产之差表示科技进步对单产的贡献及其趋势,结论是科技进步是单产增加的主要驱动力;(2)分别定义了用每年单产与5、10、20年平均单产对比关系的概率作为短、中、长期单产稳定性的指标;稳定性研究结果表明国家级大于省级、省级大于地区级、地区级大于县级,不同省、不同地区、不同县之间稳定性差别比较大,这与境内气候的互补性和农田抗御自然灾害的能力有关;(3)就全国而言,越是经济发达的地区科技进步增产加速的时间越早;发达地区单产存在增加-下降-回升阶段,下降原因是经济快速发展初期高产农田被大量占用和(或)蔬菜、水果面积大量增加,回升原因是科技进步持续作用于中、低产田而使其单产得到稳步提高。

关键词:科技进步;粮食增产;多年平均产量移动模型;验证

中图分类号:S114 文献标志码:A 文章编号:2095-6819(2016)01-0102-05 doi: 10.13254/j.jare.2015.0191

引用格式:

黄治平, 郑宏艳, 刘书田, 等. 科技进步增产的“多年平均产量移动模型”的验证[J]. 农业资源与环境学报, 2016, 33(1): 102-106.

HUANG Zhi-ping, ZHENG Hong-yan, LIU Shu-tian, et al. The Verification of "Multi-Year Moving Average Yield Model" of Grain Production Increased by Science and Technology Progress[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2016, 33(1): 102-106.

The Verification of "Multi-Year Moving Average Yield Model" of Grain Production Increased by Science and Technology Progress

HUANG Zhi-ping¹, ZHENG Hong-yan¹, LIU Shu-tian¹, MI Chang-hong¹, LI Jing-ya¹, HOU Yan-lin^{1*}, WANG Nong¹, CAI Yan-ming¹,
WANG Shuo-jin², HOU Xian-da³

(1. Agro-Environmental Protection Institute, Ministry of Agriculture, Tianjin 300191, China; 2. Beijing Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100089, China; 3. Software Development and Service Center of Beijing Yours, Beijing 100089, China)

Abstract: The "multi-year moving average yield model" is considered to do with grain production increased by science and technology progress, which was verified and discussed by using the grain production data from 1949 to 2014, in 16 typical counties, 6 typical districts, and 31 provinces of China. The results showed as follows: (1) The contribution and the trend of the grain production increased by science and technology progress was defined by the minus data of the adjacent 10 years moving average yield, of which the main driving force was the scientific and technological progress; (2) As the index of yield of short, medium and long-term stability, the compared relation probability was defined respectively by the annual yield of 5 years moving average yield, 10 years moving average yield and 20 years moving average yield. The stability scale of nation was stabler than the scale of province, and the scale of province was stabler than the scale of district, and the scale of district was stabler than the scale of county. There was significant differences in stability between different provinces, different districts and different counties respectively, which was concerned to the complementarity of domestic climate and the ability of the farmland resistance to natural disasters. (3) To China, the more developed area, the earlier to accelerate grain production increased by science and technology progress. The yield of developed areas was also undergoing the stage of increasing - declining - recovering, and the reason of declining was the high yield farmland was occupied in early economic growth period, or large high yield farmland used for the vegetables and fruits. The reason of recovering was the science and technology progress had been applied to low yield farmland continuously and the grain production could be improved steadily.

Keywords: science and technology progress; grain production increased; multi-year moving average yield model; verification

收稿日期: 2015-08-11

基金项目: 中国农业科学院科技创新工程(2015-cxgc-hy1)

作者简介: 黄治平(1972—),男,博士,副研究员,主要从事农业数据挖掘与资源生态研究。E-mail: bjhuangzp@126.com

*通信作者: 侯彦林 E-mail: bjyours@sina.com

粮食产量预测包括短期、中期、长期生产潜力预测和当年估产2部分,笔者基于粮食产量历史数据建立了粮食生产潜力预测和估产的理论、方法,并应用一些案例进行了初步验证^[1-5],本文应用全国、31个省(省、直辖市、自治区,以下简称省)、6个典型地区和16个典型县(县、市、区,以下简称县)数据对其中的科技进步增产的“多年平均产量移动模型”进行了系统性的验证和讨论。

1 材料与方法

1.1 数据来源

从统计年鉴中整理出全国、31个省、6个典型地区和16个典型县多年粮食单产数据,建立数据库,数据项包括行政单元名称、年代、单产、总产、播种面积等指标。

1.2 科技进步增产的“多年平均产量移动模型”

笔者研究表明,中国气候对粮食产量影响周期为8~14年,平均为10年,这与太阳黑子活动周期10年左右相吻合;就全国平均而言,当取10年移动平均单产时,剔除掉气候影响因素的效果最好。因此,以10年为中心建立科技进步增产的“多年平均产量移动模型”^[1],具体可以取5、10年和20年平均单产作散点图,后一年的数值分别减去前一年的数值之差就是近似的5、10年和20年的科技进步增产产量,年限取的越长,气候影响因素就越小。

2 结果与分析

2.1 国家级粮食单产支撑线和安全线的确定

图1为全国1949—2014年期间以 n 分别为步长5、10、20年移动平均单产散点图。从图1可以看出,随着 n 值的增大,曲线逐步稳定和平滑,这表明, n 值太大时,反映最近产量变化趋势的信息减少。

就全国而言,1949—1970年,粮食单产累计增加量增长缓慢,说明科技进步的作用不大;从1971年开

始粮食单产累计增加量加速增长,说明科技进步成为提高单产的主要驱动力;除1960—1963、2000(其5年平均单产在每年单产之下)、2001年和2002年外,每年单产都在5年和10年平均单产线之上,说明科技支撑单产的作用较为明显,由此可以确定5年平均单产线是国家级粮食单产的支撑线和安全线。

2.2 科技进步对国家级和省级粮食单产贡献的验证

可以以 $n=10$ 年为基准,将国家和各省从1949—2014年的后一年的10年平均单产减去前一年的10年平均单产作为单产变化趋势,其差值为正,说明科技进步对产量是正作用,正值越大,说明科技进步对单产的贡献率越大;差值为零,说明科技进步对单产没有贡献;差值为负,说明科技进步对单产是负作用。从1949年开始,差值为负的年份极少。而一般情况下,科技进步对单产的贡献不能为负,这时单产下降的原因可能是高产农田被大量占用和(或)蔬菜、水果种植面积大幅增加,而种植粮食的中、低产农田比例上升导致单产下降是经济发达地区单产下降的主要原因之一。限于篇幅,国家和各省(市、县)的单产变化趋势表省略。

为更好地分析科技进步对单产的贡献,现定义以下概念和标准。

科技进步贡献率加速年份的定义:连续3至5年的5年平均单产高于对应年的10年平均单产的起始年即为科技进步贡献率的加速年。

科技进步贡献率短期、中期和长期稳定性分级方法见表1。

根据上述概念和标准,国家级和省级的加速年和概率分级见表2。表2结果说明:国家级及省级科技进步贡献率加速时间排序:北京、上海、山西、江苏、广东、西藏(6个)>天津>广西>吉林、浙江、安徽、福建、江西、陕西、宁夏、海南(10个)>全国、河北、辽宁、黑龙江、山东、河南、湖北、湖南、四川、贵州、云南、甘肃、青海、重庆(14个)>内蒙古、新疆。国家级和省级科技

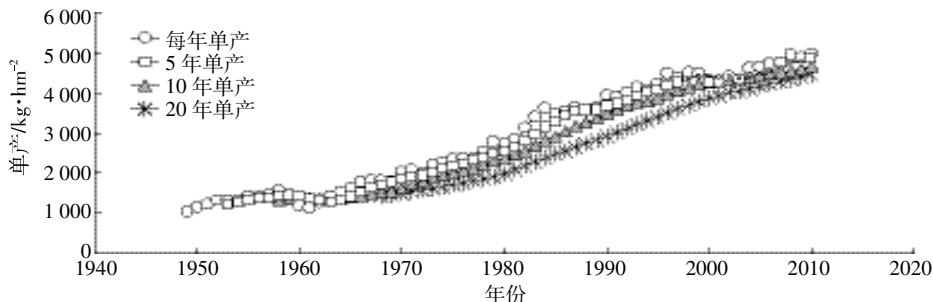


图1 全国粮食单产和多年平均单产散点图(1949—2014年)

Figure 1 The scatter diagram of yield and the multi-year moving average yield in China(1949—2014)

进步贡献率稳定性见表3。

2.3 科技进步对地区级粮食单产贡献的验证

参照 2.2 验证方法,对 6 个典型地区的案例进行

了验证,见表 4。6 个典型地区分别隶属于吉林省、山东省、甘肃省、浙江省、湖北省、贵州省,代表我国 6 个主要气候和粮食产区。表 4 结果表明:典型地区科技

表 1 科技进步贡献率短期、中期和长期稳定性分级标准

Table 1 The stability grading standards of science and technology progress contribution rate of short-term, medium-term and long-term period

项目	尺度	高度稳定	中度稳定	稳定	不稳定	极不稳定
短期(单产<5 年)	国家、省级和地区级	$P^a \leq 15\%$	$15\% < P \leq 20\%$	$20\% < P \leq 25\%$	$25\% < P \leq 30\%$	$P > 30\%$
	县级 ^b	$P \leq 20\%$	$20\% < P \leq 25\%$	$25\% < P \leq 30\%$	$30\% < P \leq 35\%$	$P > 35\%$
中期(单产<10 年)	国家、省级和地区级	$P \leq 10\%$	$10\% < P \leq 15\%$	$15\% < P \leq 20\%$	$20\% < P \leq 25\%$	$P > 25\%$
	县级	$P \leq 15\%$	$15\% < P \leq 20\%$	$20\% < P \leq 25\%$	$25\% < P \leq 30\%$	$P > 30\%$
长期(单产<20 年)	国家、省级和地区级	$P \leq 5\%$	$5\% < P \leq 10\%$	$10\% < P \leq 15\%$	$15\% < P \leq 20\%$	$P > 20\%$
	县级	$P \leq 10\%$	$10\% < P \leq 15\%$	$15\% < P \leq 20\%$	$20\% < P \leq 25\%$	$P > 25\%$

注: P 为概率; a 指每年单产低于对应年的 5 年平均单产的概率小于或等于 15% 为高度稳定,其他以此类推; b 指由于县级尺度较小,受气象灾害、农民种田积极性、政策等各种因素的影响较大,因此其稳定性的标准适当放宽,下同。

表 2 国家级和省级的科技进步贡献率加速年和概率

Table 2 The accelerating years of science and technology progress contribution rate and probability in short-term, medium-term and long-term period in China and 31 provinces

区域	加速年份	单产<5 年	单产<10 年	单产<20 年	区域	加速年份	单产<5 年	单产<10 年	单产<20 年
		概率 $P/\%$					概率 $P/\%$		
全国	1966	9.68	8.77	0.00	河南	1966	12.90	8.77	0.00
北京	1958、2008	33.87	21.05	21.28	湖北	1966	14.52	7.02	0.00
天津	1963、2005	24.19	14.04	4.26	湖南	1966	22.58	14.04	0.00
河北	1966、2005	17.74	12.28	0.00	广东	1958	22.58	17.54	19.15
山西	1958、2004	29.03	15.79	6.38	广西	1964	29.03	12.28	0.00
内蒙古	1967	27.42	17.54	4.26	四川	1966、2008	22.58	15.79	2.13
辽宁	1966	35.48	21.05	8.51	贵州	1966、1993	30.65	24.56	10.64
吉林	1965	27.42	21.05	4.26	云南	1966	20.97	12.28	0.00
黑龙江	1966、2006	32.26	28.07	6.38	西藏	1958	25.81	7.02	0.00
上海	1958、2010	27.42	15.79	6.38	陕西	1965	27.42	12.28	0.00
江苏	1958、2008	14.52	8.77	2.13	甘肃	1966	24.19	12.28	0.00
浙江	1965、1994	22.58	15.79	0.00	青海	1966	29.03	17.54	6.38
安徽	1965、2001	25.81	14.04	4.26	宁夏	1965	27.42	12.28	0.00
福建	1965	17.74	5.26	0.00	新疆	1967	20.97	17.54	8.51
江西	1965	17.74	12.28	0.00	海南	1965、2008	25.81	12.28	0.00
山东	1966	17.74	10.53	0.00	重庆	1966、1994	32.26	21.05	2.13

表 3 国家级和省级科技进步贡献率短期、中期和长期稳定性结果

Table 3 The stability results of science and technology progress contribution rate of short-term, medium-term and long-term period in China and 31 provinces

项目	短期	中期	长期
高度稳定	全国、江苏、河南、湖北	全国、江苏、河南、湖北、福建、西藏	全国、天津、河北、内蒙古、吉林、江苏、浙江、安徽、福建、江西、山东、河南、湖北、湖南、广西、四川、云南、西藏、陕西、甘肃、宁夏、海南、重庆
中度稳定	河北、福建、江西、山东	河北、江西、山东、天津、安徽、湖南、广西、云南、陕西、甘肃、宁夏、海南	山西、辽宁、黑龙江、上海、青海、新疆
稳定	天津、浙江、湖南、广东、四川、云南、新疆、甘肃	浙江、广东、四川、新疆、山西、内蒙古、上海、青海	贵州
不稳定	山西、内蒙古、吉林、陕西、青海、宁夏、西藏、上海、安徽、广西、海南	北京、辽宁、吉林、贵州、重庆	广东
极不稳定	辽宁、黑龙江、北京、贵州、重庆	黑龙江	北京

表 4 典型地区的科技进步贡献率加速年和概率

Table 4 The accelerating years of science and technology progress contribution rate and probability of 6 typical districts

项目	吉林市	泰安市	天水市	丽水市	黄冈市	遵义市
加速年份	1958	1988、2007	1988、2002	1995	1965、2004	1966、1977
概率 P/%	单产<5 年 33.33	22.58	22.58	25.00	30.65	31.15
	单产<10 年 29.09	19.23	15.38	22.22	17.54	26.79
	单产<20 年 11.11	6.25	12.50	0.00	2.13	10.87

注:泰安市、天水市和丽水市从 1979 年开始计算。

进步贡献率加速时间排序:吉林市>黄冈市>遵义市>泰安市、天水市>丽水市。典型地区科技进步贡献稳定性见表 5。

2.4 科技进步对县级粮食单产贡献的验证

参照 2.2 验证方法,对 2.3 中 6 个典型地区的 16 典型县的案例进行了验证,见表 6。表 6 结果表明,科技进步贡献率加速时间排序:桦甸市、红安县、英山县、罗田县>永吉县、正安县>遵义县、习水县>宁阳县、新泰县、甘谷县、武山县>东平县>青田县、云和县。典型县的科技进步贡献率稳定性见表 7。

3 讨论

3.1 关于单产增加的驱动力分析

影响粮食单产主要有 3 个驱动力,一是科技进

表 5 典型地区科技进步贡献率短期、中期和长期稳定性结果

Table 5 The stability results of science and technology progress contribution rate in short-term, medium-term and long-term period of 6 typical districts

项目	高度稳定	中度稳定	稳定	不稳定	极不稳定
短期	/	/	泰安市、天水市、丽水市	/	吉林市、黄冈市、遵义市
中期	/	/	泰安市、天水市、黄冈市	丽水市	吉林市、遵义市
长期	丽水市、黄冈市	泰安市	吉林市、天水市、遵义市	/	/

注:“/”表示数据空,下同。

表 6 典型县的科技进步贡献率加速年和概率

Table 6 The accelerating years of science and technology progress contribution rate in short-term, medium-term and long-term period and probability of 16 typical counties

区域	加速年份	单产<5 年	单产<10 年	单产<20 年
		概率 P/%		
永吉县	1965、2006	30.00	20.00	11.11
桦甸市	1958	46.67	34.55	22.22
东平县	1991、2006	40.74	27.27	0.00
宁阳县	1988、2007	22.22	13.64	0.00
新泰县	1988、2008	37.04	31.82	8.33
甘谷县	1988、2003	25.81	23.08	12.50
清水县	1988、2002	12.90	7.69	0.00
武山县	1988、2002	29.03	19.23	12.50
青田县	1994	25.00	22.22	0.00
云和县	1994、2007	43.75	29.63	11.76
红安县	1958、2006	33.87	22.81	17.02
英山县	1958、2005	33.33	21.82	8.89
罗田县	1958、1972、2006	22.95	16.07	4.35
遵义县	1966、1977、2007	31.15	26.79	10.87
正安县	1965、1976	35.00	29.09	17.78
习水县	1966、1981	33.93	29.41	4.88

步,其对粮食增产起持续正向驱动作用;二是气候,其不构成单产持续增加的驱动力,对粮食增产主要起到正、反 2 个方面的波动性驱动作用,但不排除全球气候变化可能使某些地区单产持续增加;三是社会等其他因素,如经济快速发展过程中,高产农田被占用、蔬菜地和水果地等面积大幅增加、农民种田积极性下降等,其对粮食增产均起到反向驱动作用。

3.2 关于单产增速时间与经济状况关系的分析

就中国而言,越是经济发达的地区科技进步增产加速的时间越早;发达地区单产存在增加-下降-回升 3 个阶段,下降原因是经济快速发展初期高产农田被大量占用和(或)蔬菜、水果种植面积大幅增加,回升原因是科技进步持续作用于中、低产田而使其单产得到稳步提高。

表 7 典型县科技进步贡献率短期、中期和长期稳定性结果

Table 7 The stability results of science and technology progress contribution rate in short-term, medium-term and long-term period of 16 typical counties

项目	短期	中期	长期
高度稳定	清水县	清水县、宁阳县	东平县、宁阳县、新泰县、清水县、青田县、英山县、罗田县、习水县
中度稳定	宁阳县、青田县、罗田县	永吉县、武山县、罗田县	永吉县、甘谷县、武山县、云和县、遵义县
稳定	永吉县、甘谷县、武山县	甘谷县、青田县、红安县、英山县	红安县、正安县
不稳定	红安县、英山县、遵义县、正安县、习水县	东平县、云和县、遵义县、正安县、习水县	桦甸市
极不稳定	桦甸市、东平县、新泰县、云和县	桦甸市、新泰县	/

3.3 关于科技进步贡献率对单产稳定性的分析

(1)全国尺度上,不管短期、中期还是长期,科技进步对粮食增产都是稳定的,其主要原因是全国大尺度气候条件对粮食单产的影响具有很强的互补性,基本剔除了气候对单产的影响,使科技进步成为粮食单产持续增加的主要驱动力。

(2)每年单产与5年移动平均单产的短期波动分析结果:稳定以上的省有15个,其中有12个省处于湿润半湿润地区,河北绝大部分地区处于半湿润和湿润地区,新疆和甘肃主要为灌溉农业,非灌溉农业权重小,受降雨等气候因素较小;不稳定和极不稳定的有16个省,其中北方省占绝大部分,说明降雨是单产短期不稳定性的主要影响因素,而北京、上海和重庆则主要受经济快速发展、高产农田被占用的影响,海南受蔬菜种植面积大幅度增加的影响,贵州受自然灾害影响较大。

(3)每年单产与10年移动平均单产的中期波动分析结果:稳定以上的省有25个,占总数的80.65%,说明粮食中期单产稳定性的主要原因是科技持续进步。

(4)每年单产与20年移动平均单产的长期波动分析结果:稳定以上的省有29个,占总数的93.55%,说明粮食长期单产稳定性的主要原因是科技持续进步,而且作用极强。不稳定的只有北京和广东,其主要原因是城市发展持续占用高产农田。

(5)从地区级和县级尺度结果分析来看,长期都是稳定的,说明科技进步支撑作用极强,而中期和短期不稳定的地区占50%左右,主要原因是地区级尺度气候条件互补性较差。

(6)总体来看,粮食单产稳定性国家级大于省级、省级大于地区级、地区级大于县级;省级稳定性短期主要受降雨影响,中期稳定性为科技进步起支撑作用,长期的不稳定性受地区经济快速发展的影响;不同省、不同地区、不同县之间稳定性差别比较大,这与境内气象条件互补性的强弱和农田抗御自然灾害的能力有关。

4 结论

(1)定义了用相邻10年平均单产之差表示科技进步对单产的贡献及其趋势,结论是科技进步是单产增加的主要驱动力;

(2)分别定义了用每年单产与5、10、20年平均单产对比关系的概率作为短期、中期、长期单产稳定性的指标;稳定性研究结果表明国家级大于省级、省级

大于地区级、地区级大于县级,不同省、不同地区、不同县之间稳定性差别比较大,这与境内气候的互补性和农田抗御自然灾害的能力有关;

(3)就全国而言,越是经济发达的地区科技进步增产加速的时间越早。发达地区单产存在增加-下降-回升阶段,下降原因是经济快速发展初期高产农田被大量占用和(或)蔬菜、水果面积大量增加,回升原因是科技进步持续作用于中、低产田而使其单产得到稳步提高。

参考文献:

- [1] 侯彦林,郑宏艳,刘书田,等.粮食产量预测理论、方法及其应用Ⅰ.科技进步增产理论、模型及其应用[J].农业资源与环境学报,2014,31(3):205-211.
HOU Yan-lin, ZHENG Hong-yan, LIU Shu-tian, et al. The theory, method and its application of the grain yield forecast I: Theory, model and its application of scientific and technological progress in increasing grain yield[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2014, 31(3):205-211.(in Chinese)
- [2] 郑宏艳,刘书田,王铎今,等.粮食产量预测理论、方法与应用Ⅱ.粮食生产潜力短期预测理论、模型及其应用[J].农业资源与环境学报,2014,31(3):212-219.
ZHENG Hong-yan, LIU Shu-tian, WANG Shuo-jin, et al. The theory, method and its application of grain field forecast II: The theory, method and its application of short-term forecast of the grain yield potential[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2014, 31(3):212-219.(in Chinese)
- [3] 刘书田,王铎今,米长虹,等.粮食产量预测理论、方法与应用Ⅲ.粮食生产潜力中、长期预测理论、模型及其应用[J].农业资源与环境学报,2014,31(3):220-226.
LIU Shu-tian, WANG Shuo-jin, MI Chang-hong, et al. The theory, method and its application of grain yield forecast III: The theory, method and its application of medium and long-term forecast of the grain yield potential[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2014, 31(3):220-226.(in Chinese)
- [4] 米长虹,王农,黄治平,等.粮食产量预测理论、方法与应用Ⅳ.粮食估产理论、模型及其应用[J].农业资源与环境学报,2014,31(3):227-232.
MI Chang-hong, WANG Nong, HUANG Zhi-ping, et al. The theory, method and its application of grain yield forecast IV: Theory, method and its application of grain yield estimation[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2014, 31(3):227-232.(in Chinese)
- [5] 黄治平,蔡彦明,王铎今,等.粮食产量预测理论、方法与应用Ⅴ.粮食潜力实现率及其评价方法[J].农业资源与环境学报,2014,31(3):233-236.
HUANG Zhi-ping, CAI Yan-ming, WANG Shuo-jin, et al. The theory, method and its application of grain yield forecast V: The conversion rate of grain yield potential and its evaluation[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2014, 31(3):233-236.(in Chinese)