

文章编号: 1003-8701(2015)01-0104-05

辽宁省粮食综合生产能力限制因素分析及生产潜力预测模型

李胜贤, 曹敏建*

(沈阳农业大学农学院 沈阳 110866)

摘要: 分析辽宁省粮食生产能力限制因素, 并对生产潜力做出预测, 对保障粮食安全, 促进经济社会和谐发展具有重要意义。本文以 1979~2010 年的数据, 分析了影响粮食总产和单产的限制因子, 对各因子进行线性相关分析, 排序得出影响粮食产量的主、次和潜在因素, 根据统计分析结果, 结合辽宁省实际情况详尽分析了限制辽宁省粮食综合生产能力提升的主要症结, 并分别对历史数据采用线性回归、主因子逐步回归、相关分析等方法, 通过 DPS 软件, 构建逐步回归预测模型、逻辑斯蒂预测模型、幂函数预测模型、Gauss 模型预测模型、Cubics Ratio 预测模型等模型对未来粮食单产和总产出作出理论预测。

关键词: 粮食; 综合生产能力; 总产; 单产; 潜力预测; 限制因子

中图分类号: F316.11

文献标识码: A

DOI: 10.16423/j.cnki.1003-8701.2015.01.024

Analysis on Factors Limited Comprehensive Grain Production Capacity in Liaoning Province and Models for Predicting Production Potential

LI Sheng-xian, CAO Min-jian*

(College of Agronomy, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China)

Abstract: It is of great significance to analysis limited factors of grain production capacity and predict production potential in Liaoning Province in order to ensure food security and promote economic and social harmonious development. Based on data of 1979-2010, factors limited grain production and yield were analyzed in the paper. Meanwhile, linear correlations between these factors were analyzed, and main and minor or latent influencing factors found. According to the statistical results, a detailed analysis of the main problems limited the lift of comprehensive grain production capacity was done combined with the actual situation in Liaoning Province. By using linear regression, principal factor stepwise regression and correlation analysis to deal with the historical data, stepwise regression prediction model, logic model, Christian the power function model, Gauss model, Cubics prediction model for Ratio prediction model in Dps software were established to predict the grain yield and total production in the future.

Keywords: Grain; Comprehensive production capacity; Total production; Yield; Potential prediction; Limiting factor

2004 年底至 2005 年, 粮食(农业)综合生产能力作为一个崭新的名词频频出现, 杜青林和叶兴庆较早并初步给农业综合生产能力这个名词作出了定义。杜青林(2004)认为: 农业综合生产能力,

是在一定条件下可以稳定实现的农业综合产出水平和农业竞争力, 是社会生产力的重要组成部分, 是衡量一个国家、一个地区农业生产总体水平和农村经济实力的主要标志。叶兴庆(2005)认为: 粮食综合生产能力是在一定地区、一定时期和一定经济技术条件下, 由农业生产诸要素综合投入所形成的、可以相对稳定实现的农业综合产出水平。此外, 梁荣、赵予新等一大批学者也纷纷就这一新名词从不同角度和层次做出了自己的解释, 其中赵予新(2007)认为: 粮食综合生产能力是一个国家或地区在一定的资源状况、经济水

收稿日期: 2014-08-13

基金项目: 国家十二五科技支撑计划(2011BAD16B12、2012BAD04 B03)

作者简介: 李胜贤(1978-), 男, 讲师, 在读博士, 主要从事作物栽培耕作原理与农业可持续发展研究。

通讯作者: 曹敏建, 男, 教授, 博士生导师, E-mail: caominjian@163.com

平技术条件和制度保障等因素的作用下,一定时期内可以提供满足社会需要的粮食产品的最大潜在能力。梁荣(2005)认为:粮食综合生产能力农业综合生产能力是指一个国家或地区在一定时间内的农业生产各种要素相对稳定的综合产出的三大效益的合力。在我国加入WTO以后,粮食市场全面开放,其发展面临更多的不确定性和不稳定性。

1 辽宁省粮食综合生产能力限制因子相关分析

根据粮食综合生产能力的概念和内涵,结合毕红杰(2010)等人的研究成果,设计了辽宁省粮食综合生产能力的5个子系统(自然资源、投入现状、农业基本建设、科技因素、产出水平)13个评价指标(耕地水平、水资源、受灾程度、化肥施用水平、农机动力水平、劳动力、投资水平、灌溉水平、机械水平、电力水平、科技发展水平、单产、总产)。

1.1 影响粮食总量生产因子的相关分析

现定义Y为粮食生产总量(10 000 t),X₁为粮食作物播种面积(1000 km²),X₂为粮食单产(kg/km²),X₃为农业劳动力的数量(10 000 人),X₄为有效灌溉面积(1000 km²),X₅为农业机械总动力(10 000 kW),X₆为机耕面积(1000 km²),X₇为化肥施用量(10 000 t),X₈为受灾面积(1000 km²),X₉为农村用电量(亿kW·h),X₁₀为技术发展水平。

b₁、b₂、b₃、b₄、b₅、b₆、b₇、b₈、b₉、b₁₀分别为X_i(i=1, 2, …, 10)的弹性系数,即各要素对粮食生产总量的贡献额,μ为随机误差项。

其中X₁₀技术发展水平,采用美国经济学家斯诺的中性技术进步模型求得,由于1993年国家固定资产投资制度发生改变,经济类型划分变动,农业固定资产投资数据从1995年开始重新统计,因此,只能计算1995年以来的技术水平,其技术水平模型为:

$$Y=A(t)L^{1-\varepsilon}K^{\varepsilon}$$
或
$$A(t)=(\frac{Y}{L})^{1-\varepsilon}\cdot(\frac{k}{Y})^{-\varepsilon}$$

式中Y、L、K分别代表t时刻的农业总产值、农业劳动力和农业固定资产,A(t)为t时刻的技术水平,表示对生产技术水平、经营管理水平和服务水平的综合评价,A(t)值越大,水平越高。将数据输入计算机得出1995~2010年技术水平变化如图1,农业技术发展水平除了1998年以外,其余各年是逐年增加的,呈直线增长趋势(虚线为回归趋势线)。

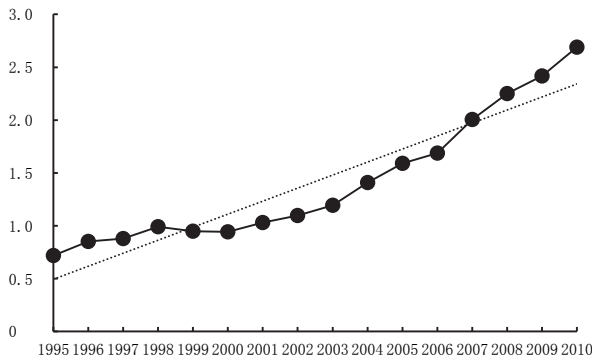


图1 1995~2010年农业技术发展水平回归线

研究各个限制因子对粮食总产量的主、次和潜在因素,对1995~2010年16年统计数据进行线性相关分析,得到相关系数(表1)。

表1 粮食总产与各因子相关系数列表

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀
X ₂	0.15									
X ₃	-0.05	0.48*								
X ₄	-0.15	0.37	0.94**							
X ₅	0.34	0.32	0.78**	0.79**						
X ₆	0.68**	0.20	0.29	0.34	0.80**					
X ₇	-0.07	-0.88**	-0.25	-0.14	-0.08	-0.04				
X ₈	0.41	0.24	0.60*	0.62**	0.95**	0.89**	-0.09			
X ₉	0.37	0.14	0.66**	0.74**	0.94**	0.84**	0.07	0.91**		
X ₁₀	0.44	0.30	0.64**	0.66**	0.97**	0.91**	-0.11	0.98**	0.94**	
Y	0.52*	0.87**	0.38	0.29	0.53*	0.58*	-0.75**	0.53*	0.39	0.56*

注:*p<0.05,**p<0.01

按照粮食总产与其他因子相关系数的大小依次排序得,X₂>X₇>X₆>X₁₀>X₅=X₈>X₁>X₉>X₃>X₄,即单

产>化肥施用量>机耕面积>科学技术水平>农机总动力=受灾面积>种植总面积>农村用电量>农

业劳动力>有效灌溉面积。按照显著水平看单产和化肥施用量与粮食总产量极显著相关,机耕面积、科学技术水平、农机总动力、受灾面积和种植总面积与粮食总产量显著相关,其中农机总动力和受灾面积相关系数一样,其余三个因子“农业用电量、农业劳动力和有效灌溉面积”与粮食总产量密切相关,但是达不到显著水平。

因此,通过逐步相关分析得出以下结论:辽宁省粮食总产量与单产水平和化肥施用量呈极显著相关,与机耕面积、科学技术水平、农机总动力、受灾面积和种植总面积显著相关,与其他因子相关但不显著。各因子与总量相关程度排序如下:单产>化肥施用量>机耕面积>科学技术水平>农机总动力=受灾面积>种植总面积>农村用电量>农业劳动力>有效灌溉面积。

将各个因子进行逐步回归法分析,得到回归方程:

$$Y=-1247.37+0.25X_1+0.22X_2+2.51X_7$$

(相关系数 $R=0.9739$, $R^2=0.9485$, 调整后的 $R'=0.9673$)。

其中Y表示粮食总产量, X_1 表示作物总播种面积, X_2 表示粮食作物平均单产, X_7 表示化肥施用量,经检验方程有效,方程的决定系数 $R^2=0.9485$,接近1,这说明粮食总播种面积、粮食单产和化肥施用量与粮食总产量密切相关。为了更好地说明模型中三个相关因子密切程度,对回归模型进行偏相关和通径分析得到通径系数为0.948 49,得表2。

表2 模型方程偏相关回归检验

	偏相关	t 检验值	p-值
$r(y, X_1)=$	0.5680	2.3907	0.0326
$r(y, X_2)=$	0.9587	11.6823	0.0001
$r(y, X_7)=$	0.6605	3.0472	0.0093

可见相关因子X与粮食总产量Y密切程度为: $X_2>X_7>X_1$,即粮食单产>化肥施用量>粮食播种总面积。说明在这三个主要因子中,作物单产影响粮食作物总产程度最大,且极显著,粮食播种面积最小,显著水平为0.0326,化肥施用量影响粮食作物总产程度介于单产和播种总面积之间,极显著影响总产量。

为了避免在回归过程中出现伪回归,再利用灰色关联度的方法检验线性回归分析是否一致,通过关联系数,进一步对时间序列数据进行几何

关系的比较,即关联对分析,并将关联度排序,设分辨系数 ρ 取0.25,令 $\Delta_{\min}$ 值取0,不设母序列(互为母序列),输入计算机得出总产和其他因子的关联序(最大差值 $\Delta_{\max}=1.091\ 79$):

单产>种植总面积>化肥施用量>科学技术水平>劳动力>有效灌溉面积>农机总动力>机耕面积>受灾面积>农业用电量。

两种不同的方法分析了粮食总产与各因子的相关性,共性的结果是,粮食总产与单产、化肥施用量、科学技术水平、农机总动力、农村用电量、种植总面积密切相关,尤其与单产和化肥施用量极显著相关,与科学技术水平、农机总动力、农村用电量、种植总面积显著相关。

1.2 影响粮食单产能力因子的相关分析

定义Y为粮食单位面积产量(kg/km^2),定义 X_1 为农业劳动力的数量(k), X_2 为有效灌溉面积($1000\ \text{km}^2$), X_3 为农业机械总动力($10\ 000\ \text{kW}$), X_4 为化肥施用量(t), X_5 为受灾面积($1000\ \text{km}^2$), X_6 为平均温度($^{\circ}\text{C}$), X_7 为总日照时数(h); X_8 为年降水量(mm), X_9 为农村用电量(亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$), X_{10} 为机耕面积($1000\ \text{km}^2$), X_{11} 为技术发展水平,首先用主成因偏相关的方法回归分析单产与各因素相关性和显著性。

b_i ($i=1, 2, \cdots, 11$) 分别为 X_i ($i=1, 2, \cdots, 11$) 的弹性系数。

其中 X_5 为受灾面积(km^2), X_6 为平均温度($^{\circ}\text{C}$), X_7 为总日照时数(h); X_8 年降水量(mm)属于不可控自然资源因素, X_{10} 技术发展水平属于不可控政策科技因素,其余属于可控因素。

将各个因子与单产构建方程模型得到:

$$Y=-218.73+3.80X_1+1.18X_2-0.05X_3+3.13X_4-1.25X_5+14X_6+0.65X_7+0.09X_8-0.76X_9+0.12X_{10}+30.69X_{11}$$

模型相关系数 $R=0.9278$, 决定系数 $R^2=0.8607$, 调整相关 $R'=0.8763$ 。

对模型各因子进行相关显著分析得,单产与受灾面积呈极显著负相关,与农业劳动力数量呈显著相关,其他因子相关性达不到显著水平,顺序依次是有效灌溉面积、农机总动力、技术发展水平、年平均气温、农村用电量、化肥施用量、机耕面积、年日照总时数、年降水量,各因子与单产相互关系不明确,笔者进一步使用灰色相关分析的方式分析粮食单产Y和粮食单产限制因子X的关联度,并根据关联度将主成分 X_i ($i=1, 2, \cdots, 11$)与Y的相关性排序得到,Y粮食单产和其他因

子的关联序,从关联序列表中得知,粮食单产关系最大因素排在前五位的依次是:农业劳动力、有效灌溉面积、农机总动力、机耕面积和技术发展水平,关联度均达到0.7以上,而五个因素均认为是可控的,因此,可以断定说,单产是可以通过人为努力得以提高的,排在后六位的依次是年平均气温、农村用电量、年降水量、化肥施用量、年日照总时数,尽管位置比较靠后,但与单产的关联度均在0.6以上,关联度很高,说明各影响因子与单产关系紧密,但程度尚达不到显著水平。

2 制约粮食综合生产能力提高的原因分析

2.1 资源约束矛盾日益突出

耕地资源是粮食综合生产能力的载体,没有耕地资源,粮食综合生产能力就无从谈起,分析表明,粮食单产、播种面积是影响粮食总量的主要因素之一。在城市化进程加快、工业化和城市化的高速发展,非农占地仍将继续,耕地数量下降已呈不可逆转之势,致使耕地面积绝对的减少,另一方面,耕地质量不断下降也成为影响粮食综合生产能力的重要原因。总之,辽宁省宜耕后备土地资源日趋匮乏,扩大粮食播种面积的空间极为有限。

2.2 农田水利基础建设薄弱

辽宁省农业固定资产投资一直较为平稳,直至2004年农业固定资产投资开始逐步增长,相对于农业固定资产投入的农业生产总值却一直保持快速增长趋势,增长速率远大于农业固定资产投资增长速率,作为粮食综合生产能力关键因素的农业基础设施建设在与粮食总产各个影响因素相关分析中,作为农业基础设施建设中的有效灌溉面积这一指标与粮食总产的相关系数仅为0.29,说明我省粮食总产更多的是靠天吃饭,没有充分发挥农业基础设施抵御不利气候的能力。

2.3 自然灾害、病虫害频发

自然灾害虽有不确定性与不可预见性,但从关联度分析看,1995年以来受灾面积对辽宁省粮食总产的影响具有相对稳定、波动性小的特点,对粮食总量影响极显著,实际上各种自然灾害对粮食生产的影响,不仅体现在粮食作物的直接减产上,而且通过对耕地数量、质量的毁损,动摇了粮食生产持续发展的基础,削弱了区域粮食生产能力,增加了粮食生产风险。

2.4 农业规模小,机械化水平低

经相关分析表明,农业机械总动力与粮食产量呈显著正相关,相关系数达0.6301。说明机械化水平越高,粮食产量也会相应增长。建立和发展规模农业,是农业可持续发展、实现农业现代化的必由之路。然而,土地承包到户以后,大型农机具发展缓慢,一家一户只有小型手扶拖拉机或畜耕机械,达不到深耕深松的要求,造成现有耕地越种越薄。现行土地流转方式的随意性和不稳定性,抑制了土地向种田能手户集中,不利于提高粮食单产和稳定总产。因此,现行土地的利用方式,不同程度地制约规模经营的发展,进而影响粮食产量的提高。

2.5 科技投入低,推广服务体系不完善

科技水平与粮食单产和粮食总产都存在密切的关联度,科技水平与粮食总产在诸多因子中排在第四位,相关系数为0.56,达显著相关,与单产的相关系数0.70,排在单产影响因子的第五位,然而辽宁省农业科研投资仅占农业总产值的0.18%左右,低于全国平均水平。

2.6 比较收益低,种粮积极性不高

在粮食生产中农业劳动力的投入占有重要的位置,农业劳动力在诸多因子中排序第一,显著影响粮食单产水平,而事实上在目前市场经济下,农民作为理性的经济人,其行为决策依据是追求最大经济效益,与从事非农产业和经济作物种植的效益相比,粮食种植比较收益仍然偏低。部分地区出现了青壮年劳动力大多外出务工,甚至出现只留妇女、老弱在家种地的现象,这样的劳动力人群势必阻碍了农业快速发展。

3 辽宁省粮食综合生产能力的预测分析

3.1 辽宁省粮食单产预测

按照前面构建的模型对于单产潜力分别采用逐步回归预测模型、单产逻辑斯蒂预测模型、单产幂函数预测模型、单产渐进回归预测模型、单产Gauss模型预测模型、单产Cubics Ratio预测模型等6种模型分别预测2011~2050年单产潜力。

从平均单产预测值看,由单产逐步回归预测模型预测的单产水平增加最快,以2010年平均单产 5500 kg/km^2 为基础,2030年达 8000 kg/km^2 ,2050年达到现在水平的3倍,即 $15\ 000\text{ kg/km}^2$,分析目前单产实际情况,30年后使粮食单产水平翻一番,这是极为困难甚至是不可能实现的,因此,仅用单产逐步回归预测模型就不合适,但这不能说

明单产回归逐步预测模型不可靠,这是因为单产回归逐步预测模型受到了农业劳动力、有效灌溉面积、机耕面积、科学技术发展水平、化肥施用量等关键影响因子预测结果的制约,预测结果也仅仅是一种理论性的数据预测,而实际生产过程中,不但受到自然资源的限制和制约,同时受到种植结构的制约,比如全部粮食作物仅种植玉米,那么平均单产 $15\ 000\text{ kg/km}^2$ 的水平现在就可以实现,如果全部种植水稻,甚至会远超过这一水平。

由逻辑斯蒂、幂函数、渐进回归、Gauss 和 Cubics Ratio 五个单产一元非线性预测模型预测值分析,其中逻辑斯蒂、幂函数预测模型预测到 2035 年平均单产水平为 6500 kg/km^2 左右,即 25 年后单产每公顷可增加 1000 kg ,即每亩增加 70 kg 左右,按照目前的生产水平这是完全可以实现的,到 2050 年平均单产再增加 200 kg/km^2 ; Gauss 和 Cubics Ratio 预测结果很相似,仍旧按照 2010 年 5500 kg/km^2 的标准,按照 Gauss 和 Cubics Ratio 预测结果,30 年后的单产水平和现在没有大的区别,仍旧徘徊在 6000 kg/km^2 左右,实际上按照辽宁省统计数据 2008 年我省就已经突破平均单产 6000 kg/hm^2 的大关,按照 Gauss 和 Cubics Ratio 预测结果,辽宁省粮食单产水平在以后的 30 年中没有质的飞跃和量的变化,这不符合历史发展规律和社会的发展实际,因此笔者否定 Gauss 和 Cubics Ratio 预测模型;在五个单产预测模型中渐进回归预测模型预测结果与实际发展最为相符,仍旧按照 2010 年 5500 kg/km^2 的标准,该预测模型预测 2013 年辽宁省单产开始进入 6000 kg/km^2 的时代,并稳定在 6000 kg/km^2 以上,到 2020 年达到 6500 kg/km^2 ,2030 年进入 7000 kg/km^2 时代,2050 年达到 8000 kg/km^2 ,2080 年可能达到 $10\ 000\text{ kg/km}^2$,单产渐进回归预测模型比逐步回归预测模型预测值低,比其他四种预测结果微高,符合目前发展状况,因此根据 6 种预测模型,结合渐进回归模型预测结果,预测辽宁省平均单产水平的三个阶段即 2020 年达到 6500 kg/km^2 、2030 年进入 7000 kg/km^2 时代,2050 年可以达到 8000 kg/km^2 。

3.2 辽宁省粮食总产预测

粮食总产量的增加依靠农作物种植面积和单产水平的提高而增加,通过分析辽宁省农作物播种面积在未来的时间里不会有太大的变化,因此,总产的增加只能依靠单产的提高而提高。辽宁省农作物播种面积保持在 420 万 km^2 水平不变,

但是种植结构是可以调整变化的,按照 1980 ~ 2010 年辽宁省粮食作物播种面积预测分析未来辽宁省粮食作物播种面积的发展变化水平,辽宁省粮食种植面积历史上限出现在 1980 年,受改革开放和家庭联产责任制的激励人们种地热情增高,面积最大,下线出现在 2003 年,受到当年非典的影响严重,20 世纪 90 年代以来,粮食种植面积出现逐渐缓慢降低的趋势,直到 2003 年达到历史最低,2004 年开始随着中央一号文件的出台,国家对农业、农村和农民为主的三农问题高度重视,粮食种植面积开始逐渐恢复,2010 年前后达到 310 万 km^2 ,并开始徘徊在 300 万 km^2 左右,预测未来 30 年辽宁省粮食种植面积应该会稳定在 300 万 km^2 以上,最高不会超过 400 万 km^2 ,呈波动变化。

根据辽宁省单产渐进回归预测模型和辽宁省粮食种植面积预测下限 3000 km^2 、上限 4000 km^2 ,对辽宁省 2011 ~ 2050 年粮食总产情况预测得出,总产在未来随着单产的增加会缓慢增加,到 2025 年总产可以突破 2000 万 t ,2050 年可以达到 2500 万 t ,如果不考虑生产性粮食需求,仅探讨刚性粮食消费,辽宁省未来 50 年内可以满足自身粮食需求,并可出现 500 余万 t (100 亿斤) 的盈余。

但是,随着粮食消费由低质向优质转化的趋势将更加明显,人们在追求高产的同时,会越来越重视品质,这是未来粮食生产面临的又一重要挑战。就粮食生产而言优质和高产很难兼得,而粮食消费却要求既高产更要优质。所以,必须依靠科技进步,增加科技投入,利用现代高新技术培育出更多更好的优质高产新品种,处理好粮食数量与质量的关系,以适应新的消费需求,这将是农业生产部门一项长期战略任务。

参考文献:

- [1] 韩大鹏,曹敏建. 辽宁省粮食生产主要影响因素灰色关联分析及可持续发展对策研究[J]. 中国农学通报,2005(10): 381-401.
- [2] 李胜贤,曹敏建. 中国规模农业发展初探[J]. 农机化研究,2007(9):1-4.
- [3] 邵立民. 提高我国粮食综合生产能力实现现代农业“十化”目标[J]. 中国农业信息,2011(8):4-8.
- [4] 陈根生,王圣辉,等. 提高峡江粮食综合生产能力探析[J]. 安徽农学通报,2011,17(8):7,9.
- [5] 提升粮食综合生产能力确保国家粮食安全-国家发展改革委有关负责人就《全国新增 1000 亿斤粮食生产能力规划(2009 ~ 2020 年)》答记者问[J]. 中国农垦,2010(2):23-25.
- [6] 夏显力,甘奇慧,党夏宁,等. 我国粮食综合生产能力提升的制约因素及技术措施和保障机制[J]. 农业现代化研究,2010,31(5):513-518.