

基于系统动力模型的四川省粮食生产与消费趋势情景仿真^{*1}

汪希成 潘虹宇

(西南财经大学中国西部经济研究中心, 成都 611130)

【摘要】:主产区粮食的生产与消费预测对国家粮食安全的战略部署意义重大。已有文献在设计中长期预测模型中易出现忽视计量方法假设前提、检验过程及地区修正等问题,因而本文采用系统动力学模型,并在该类模型中创新性地添加动态料肉比、流动人口等修正因子,在对四川省未来粮食生产和消费趋势变化进行建模及检验的基础上,针对不同情景进行了模拟仿真。研究表明,未来四川省粮食产需缺口呈逐年扩大的趋势,而采取诸如减少粮食产后折损率和增强农业科技等措施虽能减缓粮食消费压力,但短期内在总量上仍旧不能改变粮食无法自足的现状,因此还需采取改变种植品种结构以应对未来粮食需求变化,正确引导膳食结构以及全面提升居民营养水准,来保障四川顺利实施粮食安全战略。

【关键词】:粮食生产; 粮食消费; 四川; 趋势预测; 系统动力学模型; 情景仿真

【中图分类号】:F326.11 **【文献标志码】**:A **【文章编号】**:1000-5315(2017)03-0070-10

一 引言

务农重本,国之大纲。粮食作为农业的基础产业,是人类生存之本,也是其他产业的发展之源。在中央政府的高度重视下,我国取得了粮食总量12年连增^①(自2003年历史低点始)的不俗成绩,但从品种结构可以发现,粮食总量的增加主要源于玉米产量的提高,而玉米的增产则是以牺牲大豆、薯类及油料作物的播种面积为代价,在该过程中口粮状况并未有太大改善。随着我国工业化和城市化的进一步推进,众多制约农业未来发展、影响我国粮食供求的因素也随之凸显。受能源及人力资本价格向下传导所致的粮食生产成本的居高不下,最终导致了国内外粮价倒挂及其不断加重的库存压力,加之进口粮从调剂余缺向大规模进口转变、耕地资源刚性需求向农业外部转移,以及为促进增产而过度开垦与过量施肥所致的生态调节功能被破坏等问题,使得我国粮食供求短期内难以改观,总体处于紧平衡状态现状。

粮食供求总量上的紧平衡对国内粮食流通体系提出了更高的要求。在我国粮食产销格局悄然变化、粮食流出地“集体北上”(能够大量调出粮食的省份为黑龙江、吉林、内蒙古、河南和安徽^[1])的局面下,未来跨地区运粮的担子将会更重。为保障大规模粮食的顺利流通,至少需要满足适宜的天气和运输条件并具备一定的粮食加工能力。在2008年的雪灾所导致的铁路公路运输能力大打折扣以及四川汶川地震时成都市所表现出的粮食加工能力(当年成都市粮食加工能力仅能满足常住人口的9.84%^[2]),均指出了我国

¹收稿日期:2017-02-08

基金项目:四川省社会科学研究重点研究基地项目“新常态下四川省粮食生产新动力研究”(SC15E093)。

作者简介:汪希成(1968—),男,新疆奎屯人,经济学博士,西南财经大学中国西部经济研究中心教授、硕士生导师,研究方向为粮食安全、农村公共品供给;潘虹宇(1992—),男,上海人,西南财经大学中国西部经济研究中心硕士研究生,研究方向为农业经济学。

粮食流通体系的脆弱性。就目前而言,由于国内粮食流通体系仍待完善,倘若爆发局部粮食危机,在铁路运力紧张、加工能力不足、有粮地区惜售等众多不利因素下,粮食危机地区将很可能积重难返,并伴随蔓延至更大范围的风险。

四川省既是中国西部唯一的粮食主产省和往西藏调粮的主要通道,又是人口、生猪饲养和酿酒大省,在全国粮食安全战略中的地位不容忽视。然而通过测算全国主要省市 2000-2015 年粮食贡献指数(PGI)^②,其结果显示,四川省虽然具备便利的农田水利基础和雨热同期的气候条件,但在 2015 年粮食贡献率却降至 0.92,位列 13 个主产区最末,表现大不如前;粮食总产量从 1996 年以前的全国首位下降至目前的第七位,生猪饲养、酿酒加工以及人口对粮食的大量需求导致四川省从粮食剩余区转变为粮食短缺区,每年需要从外省大量调粮才能满足基本需求^[3]。尽管 2014 年省政府就通过划定 90 个粮食生产核心区以保障粮食自给力,但 2015 年通过铁路“引粮入川”战略仍调入了粮食 1350 万吨,用以缓解省内粮食的需求压力;同时单产方面的表现也差强人意,自 2006 年后四川省粮食单产水平已连续多年低于全国平均水平,再加之粮食生产主体的老龄化致使农业新技术推广困难等多种因素,使四川省在未来粮食安全问题上面临严峻挑战。

粮食主产区是政府调整全国粮食生产结构工作的具体切入点,其自身的区域性粮食安全更应是保障国家粮食安全的前提条件。鉴于当前的粮食流通体系并不具备完全应对外部冲击的能力,在耕地刚性减少、全国粮食对外依存度已逾 10%等背景下^[4],即便粮食总量增产,区域性粮食安全问题仍现隐忧。因而深入分析并预测四川省粮食生产与消费的中长期发展趋势,对准确把握未来四川省粮食供需格局、优化粮食供需结构、推进粮食供给侧结构性改革、确保在粮食安全新战略下的四川省乃至国家层面的粮食安全,均有一定参考价值。

二 文献述评

国内外在对粮食供求预测内容上分为粮食消费预测和粮食生产预测,而在粮食消费预测中又主要分为定性和定量预测。定性预测中,布朗^[5]、程国强^[6]、马晓河^[7]等分别通过设定人口增长、人均粮食需求量以及粮食产量等影响因素来对我国未来的粮食供需趋势进行中长期定性预测分析。鉴于定性预测对研究者要求较高,而研究者自身的专业素质和研究态度却难以量化和衡量,因而在近年的粮食问题研究中,更多的研究者采用定量研究方法,用以规避外界对预测主观性的质疑。定量分析以时间序列预测为主,肖国安^[8]、高启杰^[9]、吕新业^[10]等均以此法对未来粮食的需求趋势进行测算。除此之外,国际研究机构所构建的世界银行模型、IMPACT 模型以及 CPPA 模型和国内中国农业科学院农业信息研究所的 CEMM 模型^[11]、浙江大学农业现代化与农村发展研究中心 CARMEM^{[12-13][14]141-158}均沿用了供需联立的思路。其他学者侧重从某个特定的影响因素展开,如向晶等^[15]以人口结构为切入点,在粮食消费预测模型中加入年龄和性别因素;骆建忠^{[16]89-106}、胡小平等^[17]以人均需求的营养目标视角切入,折算为人均用粮需求并结合人口总量的推测展开等。而在粮食生产预测方面,现有文献中运用系统学中灰色系统 GM(1, 1)模型和神经网络模型的研究较多,如周介铭等^[18]运用灰色系统分析法计算了影响粮食生产因素的关联度,模拟预测未来四川省的粮食产量;同时也有学者运用神经网络模型进行测算。

考虑到粮食供求系统的动态性及其影响因素间的交流与反馈,马永欢等^[19]结合耕地资源日渐稀缺以及人口增长和城市化发展的背景,主要通过调控包含人口自然增长率、城乡人均消费口粮以及各类肉禽蛋饲料转化率的变量集预测了我国粮食未来需求;王海燕等^[20]通过因果关系图构建了包括粮食总产量、粮食总消费量、总人口、粮价等 15 个系统变量集,根据变量集绘制流图并据此模拟出粮食的总消费量;徐建玲等^[21]在分解粮食安全系统后,侧重从粮食生产子系统、粮食消费子系统和人口子系统逐一分析,并设定不同的情景进行模拟;其他学者如李会宝^{[22]131-154}、丁毅^[23]等均在研究中采用了系统动力模型对粮食预测问题进行探讨。

多年来众多学者从不同的角度利用不同的方法对粮食供求预测问题进行了大量的研究,取得了丰硕的研究成果,但在采用定量方法预测中长期粮食趋势的研究中却仍存在以下不足。(1)忽视计量方法的假设。例如在粮食的中长期预测中,倘若直接采用历史样本回归,而未考虑到预测值的置信区间宽度随着时间的推移而扩大,从而导致预测能力下降;或者忽视模型隐含变量数量关系在历史期和预测期不变的前提,建立在现实中难以成立的假设,将会致使预测结果对现实指导的乏力。(2)忽视建模过程的检验。从现有部分资料来看,现有的研究缺少的并不是各种方法尝试性的运用以及伴随的预测结果,而是模型适用的合理性判断以及局限

性分析。(3) 忽视地区尺度的修正。在粮食供求预测的研究文献中,以全国甚至世界为背景的较多,然而研究对象过大致使该类研究的学术价值大于实际意义,而在以地区为对象的一些研究中,却存在忽视地区尺度对模型的适用性,而直接套用未加修正的模型数据得出预测结果,因而该类预测结果并不具备较好的地区代表性。

计量经济方法具备自身理论完整、短期预测准确以及建模简易灵活的优点,却对原始数据的完整度和外界环境的稳定性有着较高的要求。相较而言,以系统动力学模型为代表的系统结构型预测则强调系统结构及反馈行为,擅长于处理周期性和中长期预测,注重一般的动态趋势,而其局限在于短期预测和分配问题的精度较差。鉴于粮食中长期预测问题涉及的因素错综复杂,且相关研究中针对四川省的文献资料及预测结果较少,因而本文拟采用系统动力学方法构建适用于四川省的粮食消费与生产系统模型,并通过对不同情景下的预测仿真,旨在为四川省乃至国家的粮食宏观调控提供决策依据。

三 四川省粮食供求系统动力学模型构建

(一) 系统因素的修正

尽管在已有文献中,学者们针对粮食的供求情况构建了不同的系统动力学模型,但并不完全适用于四川省的粮食预测,其主要原因是,在进行省市一级的粮食测算时,不能忽视地区产业结构对粮食消费侧所带来的影响。粮食的消费用途主要分为口粮、饲料用粮、工业用粮和种子用粮、损耗等。随着社会经济的发展,居民的膳食标准也随着生活水平的提高而提高,全国肉类需求日益增长。四川省作为全国生猪养殖大省,饲料用粮占比近年来逐年上升,是粮食消费测算中不容忽视的部分,而已有研究中的粮食消费侧的模型中仅纳入了人均粮食消费指标。而对于四川省产业情况而言,实际饲料用粮会远远高于按照人均肉类消耗的测算。因而有必要在模型中首先将粮食消费系统按照用途结构区分为口粮、饲料用粮、工业用粮和种子用粮四部分。

首先考虑对粮食消费影响最大的存量因素——人口规模因素。常见的研究中采用常住人口作为衡量人口规模的唯一指标,测算出的粮食消费量远低于实际消费量,原因在于绝大多数粮食预测模型内部人口子系统中存在的缺陷——忽视了流动人口对粮食消费总量的影响。当一个地区具备一定的经济中心地位或者旅游热度,会导致该地区有着较大的流动人口,因而在仅仅采用常住人口数据对该地粮食消费进行预测时势必会低估实际的消费情况。四川省作为著名的旅游目的地和西南商贸重镇,每年都有大量的游客和流动人口入川,因而在测算四川省口粮实际消费时需根据流动人口情况对按照常住人口及人均粮食消费所计算出的口粮消费进行上调^③。

除了加入流动人口系数以外,人口规模存量自身系统也需要一定修正。就四川省常住人口而言,自2000年起一直在8100万上下徘徊,于2015年上升至8204万人,并没有像王学义等^[24]预计的那样会在2015年达到8904-9041万人。长期以来,四川省出生率高于死亡率,保持着一定的人口净增长率,但人口总数仍趋于稳定,因而在人口规模系统中除出生率和死亡率以外,仍存在能对人口规模产生显著影响的不可忽视的因素。鉴于此,本文在构建人口系统部分时加入环境承载力作为综合因子对人口规模的流出侧进行修正,其原理是当人口增加到一定数量时,由于环境不能提供足够的资源以致人们为寻求更好发展而流失,由此构建成一个负反馈回路,即当人口达到一定数量超过环境承载力后会引发人口的流失,进而使总人口始终得到控制。

在人口规模存量的流入侧,需要考虑“二孩政策”所带来的影响,因此本文在生育率部分引入生育政策影响因子。政策的第一阶段是2013年末推行的“单独二孩”政策,实际情况表明,“单独二孩”政策并没有如翟振武^[25]估计出现人口井喷,达到每年新增100-200万新生儿,而是仅仅导致总和生育率提升了不足0.06。于是,在2016年初政策进入了第二阶段即“全面二孩”时期。尽管“全面二孩”能够释放出很多生育意愿,但可以明确的是,出生率并不能因此就保持稳定增长。一方面,这些意愿由于诸多原因并不能完全转化为实际的生育数量,并且扩大的政策窗口中的夫妇大多已逾适合生育的年纪;另一方面,该生育意愿是对现存夫妇生育意愿总存量的一次性释放,后续的新增夫妇能否继续填补政策窗口还不得而知。而鉴于当年计划生育政策实施的累积效应和随社会经济平均受教育年限的增长,新婚夫妇自身群体的萎缩和生育意愿的下降等,都将导致政策窗口的逐步缩小,“二孩政策”的第二阶段所期望的政策效果较之其第一阶段,并不能过分乐观。

在考虑受人口规模情况影响最大的口粮消费部分时,加入城乡结构便于对实际口粮消费情况进行更精确推算。一般研究表明,农村居民从事更多体力劳动,因而相较于城镇居民会消耗较多的粮食,但就目前城镇化进程而言,大量农村劳动力在获得城镇居民身份之后仍是高负荷的体力劳动者,因此通过城镇化率对城乡结构的具体描述,并对城镇口粮消耗的上调能够更精准地测算口粮的实际消费。

除上述部分的系统修正以外,本文还引入工业化率,用以对饲料用粮系统中的料肉比进行动态描述。现有文献涉及饲料用粮中的料肉比时,都依照各自不同的标准并设定为固定参数,如胡小平等^[17]在测算时直接采用国际标准化生产的料肉比测算饲料用粮需求。虽然社会经济的发展与农业科技的进步会使畜牧业的养殖生产不断趋于专业化与标准化,但现阶段仍存在一定规模的畜禽分户散养形式,会在日常养殖工作中采用泔水、米糠等代替饲料,因而与传统养殖方式相比,运用标准化生产的料肉比会导致预测的饲料用粮结果偏高。鉴于此,本文不再选择固定的肉料比参数,而是通过工业化程度对料肉比进行动态描述。其中工业化程度选用工业化率^④来衡量,而传统饲养的料肉比与工业化饲养的料肉比数据则采用梅艳^[14]在中国饲料粮研究报告中所整理出的资料。

(二) 构建思路及参数设定

针对上述提出的系统因素修正思路,尝试构建系统动力学模型。由于粮食库存数据不易获取,因而本文摒弃粮食自给率转而使用粮食净增长量作为最终衡量指标,而粮食净增长量由粮食实际生产量和粮食实际消费量组成。

粮食实际生产侧方面,最终产量由单产、播种面积和粮食折损率构成。其中粮食单产的推算中,引用全要素生产率的柯布-道格拉斯(cobb-douglas)生产函数进行分析。传统的生产函数公式为 $Y = AK^{\alpha}L^{\beta}$,其中Y表示产出,A为随科技进步使得粮食生产水平变化的生产转换因子,K为资本投入,L为劳动投入, α 和 β 分别代表资本投入和劳动投入的弹性系数。由于四川省农村劳动力普遍过剩,传统生产函数中的劳动因素对粮食单产影响不大。因此,在剔除劳动因素后对影响粮食产量的资本因素进行分解,最终选用单位农机投入(P)和单位化肥投入(F)等构成四川粮食单产的关系式:

$$Y = A_i P^{\gamma} F^{\delta} e^{ui}$$

根据2015年农业部关于印发《到2020年化肥使用量零增长行动方案》,本文将在预测模型的2020-2030年间维持化肥2020年施用水平不变。至于粮食损耗率方面,汪希成等认为已有文献存在对粮食损耗率低估的可能,而实际损耗率应在5%左右波动^[26]。

粮食实际消费侧方面,受资源禀赋、产业基础的影响,四川省饲料用粮不能与人均肉类消耗混淆,因此本文通过粮食消费的四大用途构建消费侧模型。直接口粮消费主要受到人口规模和人均粮食消费量的影响,其中人口规模存量通过出生率、死亡率两大流量以及环境承载因子、生育政策因子等辅助变量共同决定,人均粮食消费量方面则假定城镇人均粮食消费和农村人均粮食消费为常数,通过城镇化率对总人口规模的描述最后确认直接口粮消费;作为第二大粮食消费用途的饲料用粮,采用动态化的料肉比辅以七大主要畜牧产品产量(生猪、牛肉、羊肉、禽肉、禽蛋、奶制品和水产品)推算;工业用粮方面,以唐华俊等^[27]所给出的年人均工业用粮在2009年达到82.82kg的数据为基础,2006年至2008年的历时数值通过全国工业用粮的年均增速11.3%倒推,鉴于未来不会再出现为消耗陈粮而再现井喷式的用粮增长,因而四川省在2009年后的工业用粮增幅将不会超过全国平均水平;粮食消费侧中占比最少的种子用粮部分,采用近年全国层面的每单位耕地用种粮的平均水平,结合未来四川省播种面积的趋势情况进行推测。最后依照上述分析,绘制出四川省粮食生产与消费情况系统动力学流程图(见图1)。

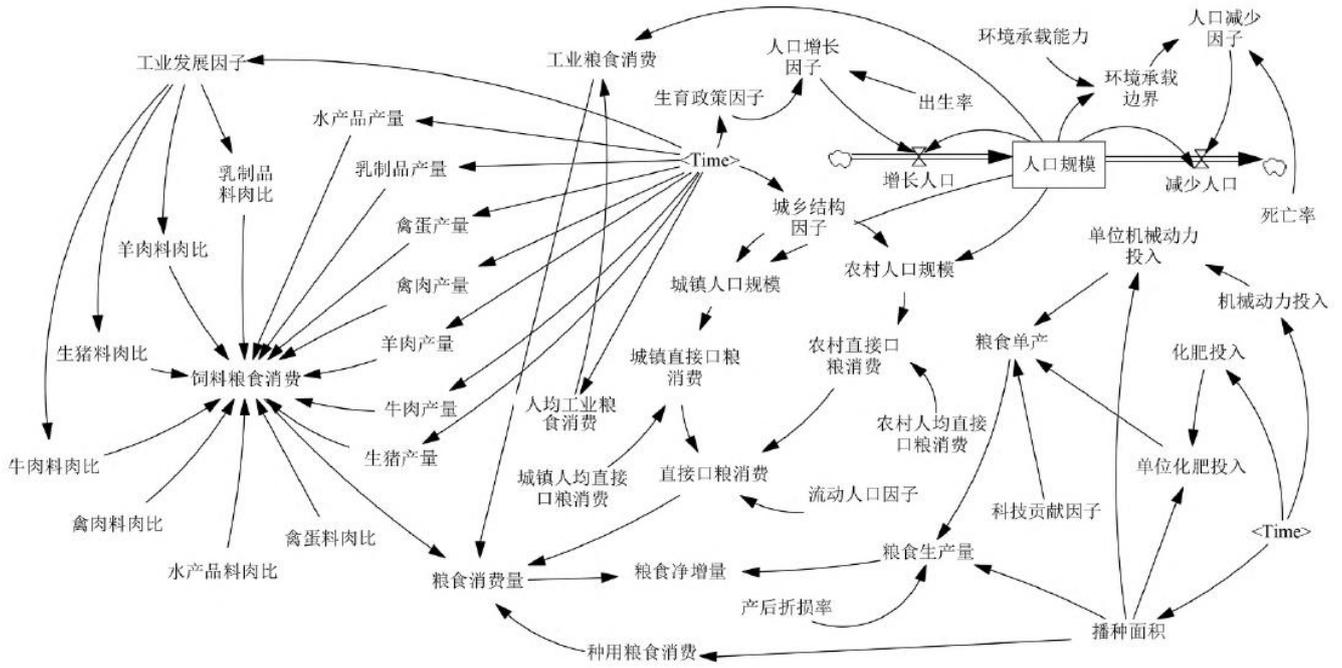


图 1. 四川粮食生产与消费情况系统动力学流图

四川省粮食生产与消费系统动力模型中的各变量的初始值分别来自于历年四川省统计年鉴、历年中国畜牧业统计年鉴、中国经济信息网数据库及布瑞克大宗农产品数据库, 并通过统计回归、趋势外推及表函数形式对参数进行处理, 模型中部分主要方程参见表 1。

图 1.四川粮食生产与消费情况系统动力学流图

表 1.模型中部分主要方程

变量名称	方程及逻辑关系式	单位	变量名称	方程及逻辑关系式	单位
人口规模	人口规模 = INTEG(增长人口 - 减少人口, 8169)	万人	牛肉料肉比	牛肉料肉比 = 2.5 * 工业发展因子 + 1.5 * (1 - 工业发展因子)	Dmnl
增长人口	增长人口 = 人口规模 * 增长因子	万人	城乡结构因子	城乡结构因子 = [(2000, 40) - (2050, 80)], (2006, 33.00), (2015, 47.56), (2020, 55.90), (2025, 64.24), (2030, 72.58)]	Dmnl
减少人口	减少人口 = 人口规模 * 减少因子	万人	城镇人口规模	城镇人口规模 = 人口规模 * 城乡结构因子 / 100	万人
人口增长因子	增长因子 = 生育率 + 生育政策因子	Dmnl	农村人口规模	农村人口规模 = 人口规模 * (100 - 城乡结构因子) / 100	万人
人口减少因子	人口减少因子 = IF THEN ELSE (环境承载边界 >= 0, 死亡率, 死亡率 * (1 - 环境承载能力))	Dmnl	流动人口因子	流动人口因子 = 0.15	Dmnl
粮食单产	粮食单产 = 科技贡献因子 * EXP (-0.169921 + 0.105195 * LN(单位机械动力投入) + 0.134816 * LN(单位化肥投入))	万吨/千公顷	直接口粮消费	直接口粮消费 = (城镇直接口粮消费 + 农村直接口粮消费) * (1 + 流动人口因子)	万吨
产后折损率	产后折损率 = 0.057	Dmnl	饲料粮食消费	饲料粮食消费 = 生猪产量 * 生猪料肉比 + 牛肉产量 * 牛肉料肉比 + 羊肉产量 * 羊肉料肉比 + 禽蛋产量 * 禽蛋料肉比 + 禽肉产量 * 禽肉料肉比 + 乳制品产量 * 乳制品料肉比 + 水产品产量 * 水产品料肉比	万吨

粮食生产量	粮食生产量 = 播种面积 * 粮食单产 * (1 - 产后折损率)	万吨	工业粮食消费	工业粮食消费 = 人均工业粮食消费 * 人口规模 / 1000	万吨
粮食消费量	粮食消费量 = (直接口粮消费 + 饲料粮食消费 + 工业粮食消费 + 种用粮食消费)	万吨	种用粮食消费	种用粮食消费 = 0.008905 * 播种面积	万吨
生猪料肉比	生猪料肉比 = 3.5 * 工业发展因子 + 2.5 * (1 - 工业发展因子)	Dmnl			

四 四川省粮食生产与消费系统情景仿真

(一) 模型的测试与检验

完成上述分析后,本文运用 Vensim PLE 软件进行建模,并设置模型初始时间=2006,结束时间=2030,时间步长=1,时间单位为年。在运行模型得出结论之前,还需采用科学的检验方法对所建模型进行测试,John D. Stermamt 归纳了 12 种测试方法,但全面的测试既不便于操作也没有必要,一般模型能通过心智模型测试、积分误差测试及极端情况测试以保证模型一定的可信度,本文将对所建模型进行逐一检验。

心智模型测试就是查看系统模拟的行为与已存在数据的吻合程度,如果模型的心智测试不能通过,就难以让人对该模型的预测产生信任,因此心智模型测试是最直接、最基础的测试。本文通过录入模型的初始值和方程得到仿真数值,通过选取重要变量的仿真值并与其历史值对比,用以测试模型是否达到了较好的拟合效果。这里的测试以模型中唯一的积分量——人口规模为例,测试结果见表 2。

表 2.四川省人口规模心智测试对比

年份	历史值	仿真值	相对误差
2006	8169.0	8169	0
2007	8127.0	8135.14	0.00100
2008	8138.0	8104.76	-0.00408
2009	8185.0	8077.48	-0.01314
2010	8042.0	8052.97	-0.01093
2011	8050.0	8030.93	-0.00237
2012	8076.2	8011.1	-0.00808
2013	8107.0	8041.31	-0.00810
2014	8140.2	8068.69	-0.00878
2015	8204.0	8093.48	-0.01347

通过表2可以发现,人口规模的历史值与仿真值的相对误差能控制在正负2%以内。本文在逐一对变量做心智测试后发现,除饲料用粮的仿真数据偏大以外,其他模型中辅助变量的相对误差均能保持较低水平。与统计数据饲料用粮相比,通过肉料比和农牧产品产量所得的仿真结果,与统计数据存在一定程度的阶跃。究其原因,是因为饲料粮的消费量是企业及个体养殖户的市场行为,而粮食局作为政府部门一般无法完全掌握企业购买或者进口的饲料粮数量。粮食局统计的数据一般来源于政府设立的粮食批发中心的数据。也就是说,粮食局只能掌握企业及个体养殖户从粮食批发中心购买了多少饲料粮而无法了解具体的企业及个体养殖户的实际市场购粮数量,因此粮食局统计中的饲料用粮数据较实际将偏小,而模型的仿真数值能得到合理的解释,进而意味着模型能够通过心智测试检验。

积分误差测试的主要用途是检测当时间间隔变化时,模拟曲线的过渡是否合理。由于本文模型所涉及时间参数一致,因而在调整时间间隔后,系统行为曲线仍能保持不变。极端情况测试通常用于检验在把模型中某个变量或某几个变量设置为极值后,是否会出现无意义值,若出现则表明系统模型中至少存在一个方程,由于不能对极端情况作反应而不具备系统稳健性。这里以单产方程为例,假设在极端A情况下,农机投入和化肥投入均无限趋近于0(因为对数而不能取0),模拟发现在几乎完全不投入农机与化肥等生产要素的情况下,模型仍能保持一个极低的单产值,是现实中可能出现的系统行为反应,符合现实实际粮食单产不可能为负数的设定。其他变量在设置为极值后同样具有意义,因此认为模型通过极端情况测试。

(二)四川省粮食生产与消费的情景仿真

1. 当下情景仿真

假设当下粮食生产与消费情景在未来中长期发展中无较大波动,保持系统的惯性运行,可以得到当下情景的仿真结果:总的来看,四川省的粮食净增长在未来中长期会保持负值,且在外界环境不作任何改变的情况下,到2030年四川省粮食的产需缺口还会被不断拉大至2000万吨以上。其原因在于粮食实际产量所维持缓慢稳步增长远不足以弥补增长迅速的粮食实际消费需求。

粮食实际生产方面,影响产量的单产保持逐年增长,而在现有耕地情景下播种面积随科技进步所引起复种指数的增长而缓慢增加。在保持粮食折损率不变的情况下,估计至2030年四川省粮食产量能达到3500万吨左右。总体而言,四川省粮食生产受农业劳

动力素质、农业科技转化率、粮食耕地等制约因素的影响,产量仅保持 0.7%的年均增速。

相较而言,粮食实际消费量增长则较快,截至 2030 年将消耗约 5500 万吨粮食,主要由直接口粮消费和饲料用粮消费这两大食物类粮食消费组成,占总消费约 80%,其中以饲料用粮为四川省粮食消费需求增长的主要动因。伴随着畜牧产品饲养的工业化、规范化和标准化以及居民实物消费结构向畜牧产品等蛋白质食物的升级,四川省畜牧产品的产量和料肉比均顺势上涨,进而引起饲料粮消费量的节节攀升,呈现出刚性增长态势。预计在 2030 年攀升至约 2543 万吨左右,超过同时期口粮 700 万吨,取代直接口粮消费成粮食消费结构中占比最大的一部分。与同期饲料粮食消费量相比,口粮的直接消费量则逐年降低,将从现在将近 2000 万吨下降至 2030 年的 1850 万左右,降至粮食实际总消费量的 1/3。究其原因在于不断增长的城镇化率,据测算 2020 年四川省城镇化率将达 55.8%,这与韩立达等^[28]预测基本相当,预计在 2030 年四川省城镇化率将触及 70%大关。而城镇化率的提升意味着未来将有更多人从参与农业生产的农村居民转变为从事非农行业的城镇居民。一方面,城市居民在食物结构上会摄取更多的高能量畜牧产品和较少的低碳水化合物的谷物,因而在膳食结构升级的道路上会减少直接口粮的需求而对畜牧产品提出更高的要求;另一方面,随着从事粮食生产的劳动者减少,未来保障粮食安全的重任将可能更向政府倾斜。

工业用粮作为粮食消费结构中第三大粮食用途,在近些年提出的保障食物用粮安全的战略下,工业用粮的发展势必会得到控制,仅能维持常态增长。而从仿真结果来看工业粮食消费在未来的消费结构中的比重几乎不变(维持在 20%以下);种子用粮主要受播种面积的影响,在不改变现有耕地政策及复种指数的情境下,预计未来种子用粮保持约每年不足 60 万吨的消耗。生产与消费两侧的差值将致使四川长期处于粮食无法完全自给的境况,这也是由四川省农牧产业结构所决定,因而需要通过外调粮食来满足省内的粮食消耗。

2. 二孩政策的消费促进效果比较

有关研究认为,二孩政策的放开将可能成为推动粮油食品消费的驱动因素,对于该政策具体能对粮食消费产生多大的促进效果却鲜有文献分析。因此,本文在模型建立初始就在政策生效年加入了生育政策因子。如若去掉该生育政策因子,则可以对二孩政策对四川省粮食消费促进效果进行对比。于是,本文在控制其他变量不变的同时,去掉生育政策因子对模型的影响,得到未实施二孩政策的粮食消费情况(见图 2)。可以看出,在不推行“二孩政策”的情景下,未来粮食消费在总量上较之推行“二孩政策”稍有减少,截至 2030 年约降低 150 万吨的粮食消费。结果显示,二孩政策的推行对粮食总消费量约有年均 1.85%增长率的促进。尽管二孩政策会加大四川省粮食的供求缺口,但在人口老龄化等社会问题趋重的背景下,二孩政策的放开在所难免,因而需寻求在生产侧方面的补偿。

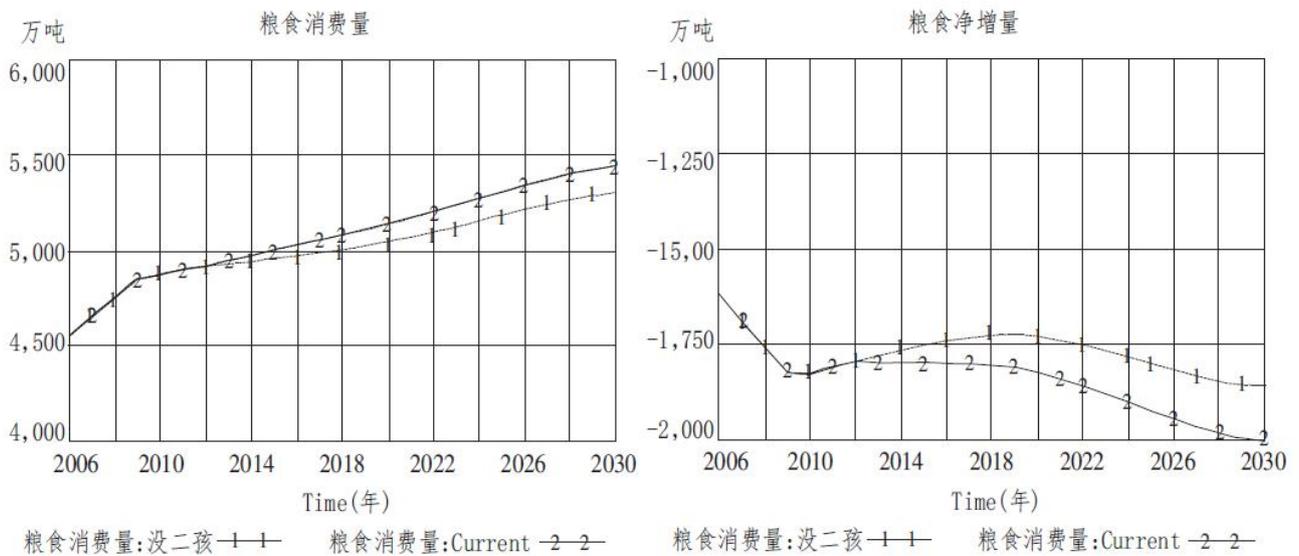


图 2.二孩政策对粮食消费量及净增量的促进效果

3. 减少粮食产后折损情景仿真

粮食产后折损问题是抑制四川省粮食供给量不可忽视的因素之一^[29]。高比例的粮食折损率出现在粮食产后的收获、贮藏、运输及加工等每一个环节中,而粮食产后折损一方面浪费了大量资源(如耕地、水资源及人力物资的投入),另一方面增加了粮食调入或进口的依存度,有悖于实现粮食安全新战略。由于四川省总体自然气候阴雨潮湿,部分地区仍采用较为落后的人工收割、脱粒、干燥,并无法在贮藏和运输过程中做到低温、干燥、防虫、防霉等措施,使得粮食产后损耗保持较高水平。

因此,倘若四川省提高农机化水平以减少在收获、脱粒环节的不必要折损,通过整合各方资源完备粮食贮备体系,降低收获损耗的同时达到“藏粮于科技”的粮食储备要求,应当是提高粮食有效生产的最直接途径。本文在保持其他参数不变的情况下,通过改变粮食产后综合折损率进行情景仿真。在此情景中,设置折损率为 2%,得到仿真结果如下:(1)产量趋势不会变化(见图 3),仍维持缓慢平稳增长,到 2030 年粮食有效实际生产将达到 3577.86 万吨,产量较折损率更改前增长 135.08 万吨。(2)粮食净增长方面,截至 2030 年仍有逾 1500 万吨的缺口,这说明仅仅改善粮食产后各环节的损耗仍无法摆脱需要大量引入粮食的大环境,因此需要从其他方面改善以增加粮食的总产出。

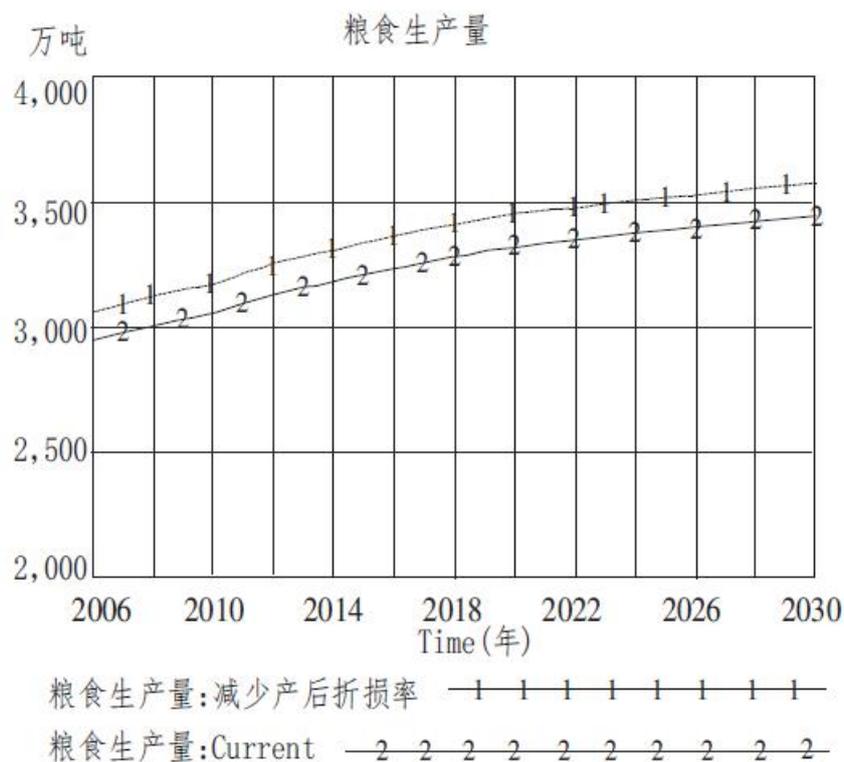


图 3. 减少粮食产后折损情景下的产量

4. 增强农业科技进步情景仿真

科技作为第一生产力,是我国农业现代化的重要支撑和推动现代农业发展的主要力量,同时也是保障四川粮食增产的根本出路。“十二五”期间,四川省一方面逐步完善农业科技创新和服务体系,另一方面育成并研发了众多农牧作物新品种,全省农业科技进步贡献率达 55%^[30]。尽管取得了不错的成效,但仍与农业科技较为先进的地区存在差距。因此,假定四川省政府加大对农业科技及基础建设的财政投入,行动上立足于提高农业科技自主创新能力和成果转化应用水平,再辅以政策上的有效引导,并支持农业科技创新要素向农业生产集聚,四川省每年的粮食单产能在上一年的单产基础上增长 0.5%。在保持其他参数不变的情况下进行情景仿真,我们可以看出粮食单产将随科技进步逐年提升,并最终促进粮食总产量在播种面积不变的情况下增产 11.8%,于 2030 年攀升至 3849.05 万吨(见图 4)。因而相比于当下情景,完善科技农业的发展机制,加强农业技术的革新与推广,对达到粮食增产的目的有着不容忽视的作用。但同时也能看出仅是粮食单产的提升对于四川省粮食总产格局的改变仍显乏力,耕地约束仍然是四川粮食增产最大的瓶颈。

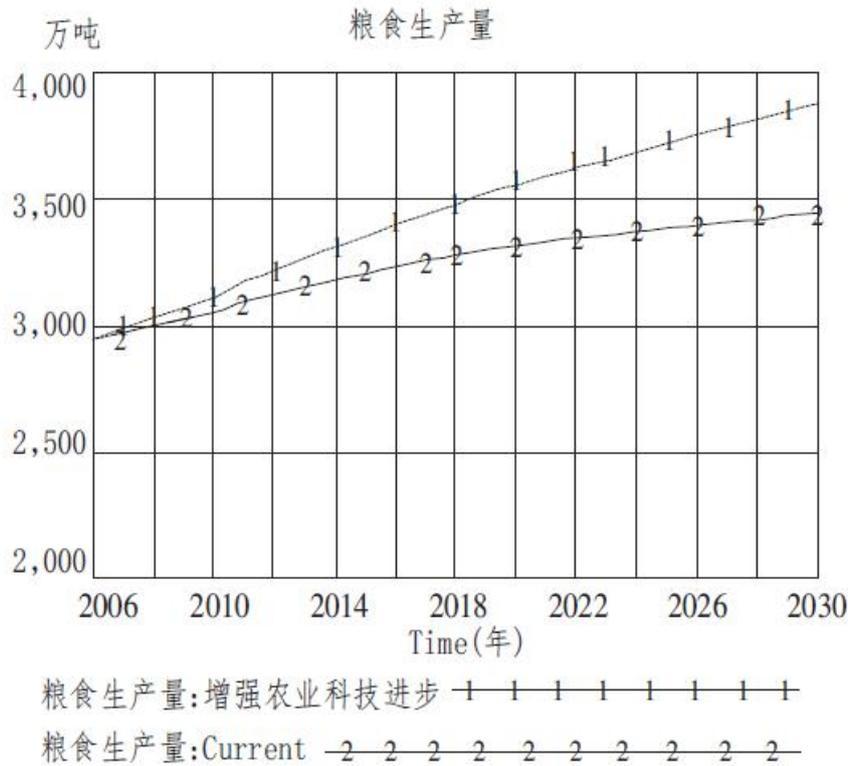


图 4. 增强农业科技进步情景下产量

五 结论与建议

(一) 结论

深入了解并预测粮食主产区的生产与消费趋势,有助于全国粮食安全战略的即时调整。由于粮食系统本身具有不容忽视的动态性、反馈性等特征,因而本文选用系统动力学理论建立模型,结合四川省情况进行参数修正与情景仿真后,得到以下结论。

1. 在当下情景下,四川省粮食实际消费量和产量都将持续上涨,并呈现供需缺口不断扩大的趋势特点。消费侧方面,直接口粮消费比重略有下降,至 2030 年约产生 1847.98 万吨口粮需求缺口,占粮食总消费量的 1/3;而饲料粮食消费将成为未来四川省粮食消费量增长的主要驱动因素,其比重也将超过直接口粮消费,占到总消费量逾 40%;工业粮食消费保持缓慢的增长态势,至 2030 年将接近 1000 万吨;种用粮食消费仍将在粮食用途结构中占比最末,在耕地面积基本不变的条件下仍仅占到总消费比重 1%左右。粮食生产侧方面,如不突破诸如产后折损、农业科技滞后等条件的约束,2030 年四川粮食生产量将达到 3442.78 万吨,未来四川省粮食市场仍将长期处于入不敷出的境况。

2. 鉴于粮食实际消费需求难以更改,二孩政策的实施所增加的粮食供给负担需要从其他方面来进行补偿。从已有的两个生产方面的情景仿真来看,减少粮食产后折损率和增强农业科技进步两组情景均具备填补二孩政策所带来的消费增长的能力,但短期内在总量上仍旧不能改变粮食无法自足的现状,需要进一步从其他因素上考虑开发粮食的增产潜力。

(二) 建议

综上所述,本文认为四川省为保障顺利实施粮食安全战略,应做好以下几点工作。

1. 改变种植品种结构, 应对未来需求变化。毋庸置疑, 饲料用粮消费将逐步成为未来四川省粮食消费量的主力军, 因而根据粮食消费结构的变化实时调整粮食种植的品种结构是保障四川省粮食安全工作的重点。结合“川粮优化工程”重点推广达到国标一、二级标准的优质稻品种, 以满足口粮消费。在水稻单产水平提高的前提下, 由于口粮消费的下降, 可置换出一部分土地, 扩大玉米种植面积, 稳定小麦、马铃薯种植。同时, 结合山区和牧区实际, 转变长期以来以生猪饲养为主的耗粮型养殖结构, 大力发展草食性畜牧业, 以满足居民消费结构升级对动物性蛋白的需要。作为传统的粮食主产区, 尽管达到完全自给有着诸多困难, 但仍应根据消费需求, 立足长远地适当调整粮食种植的品种结构, 做好四川省粮食生产市场的宏观调控工作。

2. 增强农业科技进步, 减少粮食产后折损。科技进步是突破资源和市场对我国农业双重制约的根本出路。未来四川省可以通过强化农业科技自主创新能力, 加快农业科技成果孵化与转化, 逐步完善农业科技创新体系建设等, 来促进粮食产量的有效提高。经本文模拟证实, 通过提高粮食生产者认识, 加强如烘干设备等基础设施建设, 减少虫、鼠、霉等对粮食的损害, 以降低粮食“从田间到餐桌”中各流通环节环节的折损, 同样具备粮食增产的功能。

3. 正确引导膳食结构, 全面提升营养水准。四川省作为产酒大省, 具有深厚的饮酒文化, 但从营养及耗粮食角度来看, 酒属于营养报酬率低的产品, 相较而言, 水产品及乳制品则拥有其他农产品所无法比拟的高营养低粮耗的优点。因而通过引导人们膳食结构向正确的方向升级, 一方面能提升居民营养水准, 另一方面又能减少未来粮食的供需缺口。

注释:

①根据国家统计局关于 2016 年粮食产量的公告, 因粮食播种面积调减和结构调整, 2016 年粮食产量比 2015 年减少了 0.8%。

$$PGI_j = \frac{g_j / G_0}{p_j / P_0}$$

②粮食贡献指数计算: 公式 $PGI_j = \frac{g_j / G_0}{p_j / P_0}$, 其中, g_j 表示第 j 个主产区当年粮食产量, G_0 表示当年全国粮食总产量; p_j 表示第 j 个主产区的当年常住人口总数, 而对应的 P_0 则表示当年全国总人口数; 最后 PGI_j 表示第 j 个主产区的粮食贡献率。粮食贡献率越大表明该主产区对全国粮食生产的贡献越大。

③2015 年四川省流动人口 1539.41 万人, 占总人口约 16%。因此在模型中采取上调 15% 作为上调系数方案, 在加入系数后口粮实际消费量能与历史数值拟合较好。

④工业化率(工业化率是指工业增加值占全部生产总值的比重)在 2007 年后不再作为统计指标出现, 本文所使用的工业化程度指标用历史工业化率的趋势外推数值描述。

参考文献:

- [1] 魏后凯, 王业强. 中央支持粮食主产区发展的理论基础与政策导向[J]. 经济学动态, 2012, (11): 49-55.
- [2] 毛学峰, 刘靖, 朱信凯. 中国粮食结构与粮食安全: 基于粮食流通贸易的视角[J]. 管理世界, 2015, (3): 76-85.
- [3] 马永欢, 牛文元, 汪云林, 周立华. 我国粮食生产的空间差异与安全战略[J]. 中国软科学, 2008, (9): 1-9.
- [4] 谢莲碧, 张义佼. 战略产业观下粮食安全问题研究[J]. 四川师范大学学报(社会科学版), 2012, (6): 61-66.
- [5] 莱斯特·R·布朗. 谁来养活中国——中国未来的粮食危机[J]. 贡光禹, 译. 未来与发展, 1995, (4): 7-11.

-
- [6] 程国强, 陈良彪. 中国粮食需求的长期趋势[J]. 中国农村观察, 1998, (3):1-11.
- [7] 马晓河. 我国中长期粮食供求状况分析及对策思路[J]. 管理世界, 1997, (3):154-166.
- [8] 肖国安. 未来十年中国粮食供求预测[J]. 中国农村经济, 2002, (7):9-14.
- [9] 高启杰. 城乡居民粮食消费情况分析与预测[J]. 中国农村经济, 2004, (10):20-32.
- [10] 吕新业, 胡非凡. 2020年我国粮食供需预测分析[J]. 农业经济问题, 2012, (10):11-18.
- [11] 张玉梅, 李志强, 李哲敏, 许世卫. 基于 CEMM 模型的中国粮食及其主要品种的需求预测[J] 中国食物与营养, 2012, (2):40-45.
- [12] 陆文聪, 黄祖辉. 中国粮食供求变化趋势预测:基于区域化市场均衡模型[J]. 经济研究, 2004, (8):94-104.
- [13] 陆文聪, 祁慧博, 李元龙. 全球化背景下的中国粮食供求变化趋势[J]. 浙江大学学报(人文社会科学版), 2011, (1):5-17.
- [14] 梅燕. 中国粮食供求区域均衡变化研究:模型构建与模拟分析[D]. 杭州:浙江大学, 2008.
- [15] 向晶, 钟甫宁. 人口结构变动对未来粮食需求的影响[J]. 中国人口·资源与环境, 2013, (6):117-121.
- [16] 骆建忠. 基于营养目标的粮食消费需求研究[D]. 北京:中国农业科学院, 2008.
- [17] 胡小平, 郭晓慧. 2020年中国粮食需求结构分析及预测——基于营养标准的视角[J]. 中国农村经济, 2010, (6):4-15.
- [18] 周介铭, 彭文甫. 影响四川省粮食生产因素的灰色分析与粮食产量预测[J]. 四川师范大学学报(自然科学版), 2005, (5):350-353.
- [19] 马永欢, 牛文元. 基于粮食安全的中国粮食需求预测与耕地资源配置研究[J]. 中国软科学, 2009, (3):11-16.
- [20] 王海燕, 刘鲁, 杨方延, 麻珺. 基于 SD 的粮食预测和政策仿真模型研究[J]. 系统仿真学报, 2009, (5):3079-3083.
- [21] 徐建玲, 丁毅, 刘洪辞. 基于系统动力学的江苏粮食安全情景分析[J]. 中央财经大学学报, 2014, (5):95-104.
- [22] 李会宝. 中心城市粮食安全研究[D]. 天津:天津大学, 2012.
- [23] 丁毅. 基于系统动力学的中国粮食产量安全预测与仿真[J]. 粮食经济研究, 2015, (2):33-45.
- [24] 王学义, 曾祥旭. 四川生育水平估计与未来人口总量预测研究[J]. 理论与改革, 2009, (5):50-54.
- [25] 翟振武. “单独二孩”符合现阶段国情[N]. 经济日报, 2013-12-3(2).

-
- [26] 汪希成, 吴昊. 我国粮食供求结构新变化与改革方向[J]. 社会科学研究, 2016, (4):130-135.
- [27] 唐华俊, 李哲敏. 基于中国居民平衡膳食模式的人均粮食需求量研究[J]. 中国农业科学, 2012, (11):2315-2327.
- [28] 韩立达, 牟雪淞, 闫俊娟. 省域城镇化水平实证研究——以四川省为例[J]. 经济问题探索, 2015, (9):88-95.
- [29] 何安华, 刘同山, 张云华. 我国粮食产后损耗及其对粮食安全的影响[J]. 中国物价, 2013, (6):79-82.
- [30] 李俊霞, 舒长斌, 刘俊豆. 四川农业科技发展现状及对策建议[J]. 四川农业科技, 2015, (9):5-7.