

# 全球中长期粮食供需趋势分析

顾国达,尹靖华

(浙江大学 经济学院,浙江 杭州 310002)



**摘要** 经济全球化背景下,世界粮食供需的扩张和收缩、国际粮食价格的波动,对于我国通过粮食贸易平衡国内粮食缺口具有重大影响。因此,非常有必要对全球中长期粮食供需趋势做出较为准确的估计。首先分析了粮食需求和粮食收益率的影响因素,发现人均收入、饮食结构、人口增速、粮食价格及生物能源的发展,决定了世界人均粮食需求的走势,而粮食收益率很大程度上受化肥密集度、土地开发程度、机械化程度和灌溉比例的影响。然后采用趋势外推和指数平滑等方法,在预测人均粮食需求和粮食收益率的基础上,基于联合国人口司中等人口增速的假设,预测了 2015—2050 年全球粮食供给和需求变化趋势。结果表明:未来粮食收益率期望增速降低,种植面积预期保持稳定,小麦和稻米人均需求预期稳定,玉米和大豆人均需求预期迅速上升,全球粮食供需预期基本平衡,但存在结构性失衡,稻米和大豆将出现缺口。

**关键词** 粮食供给; 粮食需求; 粮食安全; 供需平衡; 趋势预测

**中图分类号:**F 201 **文献标识码:**A **文章编号:**1008-3456(2014)06-0006-11

自 20 世纪 70 年代至今的近 50 年时间里,世界粮食供需伴随着世界经济的周期性变化以及受到气候环境等自然因素的冲击,经历了几轮的扩张与收缩。世界粮食价格也随着供需变化发生相应波动,其波动幅度呈现出越来越剧烈的态势。1989—2001 年玉米、小麦和大豆的实际价格降速为 4.4%~5.0%;但从 2002 年开始上升,2009 年比 2001 年分别高 45%、49%和 81%;2010—2012 年继续上涨。与此同时,随着经济的快速发展和城市化的推进,中国粮食需求进入快速增长阶段。我国玉米从 2009 年开始出现净进口;1996 年前净出口的大豆到 2011 年自给率只有 20%;未来 10 年玉米进口预期占全球玉米贸易增量的 1/2,大豆进口预期占全球大豆进口增量的 80%<sup>[1]</sup>。

由于中国粮食净进口量的不断扩大,对世界粮食供需波动所导致的价格波动也更为敏感。国内粮食耕种安排、粮食相关生产加工企业的生产及居民消费等,都会受到国际价格波动传导的重大影响。因此,对世界粮食供需趋势在总体上有一个较为准确的估计,有利于我国形成合理的通胀预期,优化粮食产业安排,实施更有针对性的粮食产业和贸易政

策,进而更大程度地确保我国的粮食安全。

## 一、文献回顾

现有研究认为世界粮食供需基本会处于一个紧平衡状态,可从需求预测、供给预测和预测方法等三方面进行归纳。

### 1. 需求预测

(1) 谷物需求继续增加,增速变慢。OECD/FAO<sup>[2]</sup>和 Alexandratos<sup>[3]</sup>等对世界谷物的需求预测(不含生物能源)结果相近,2015 年为 22.87 亿 t 和 23.79 亿 t,2030 年为 26.77 亿 t 和 28.31 亿 t,2050 年为 30.1 亿 t<sup>[2]</sup>。而 Nonhebel 等预期全球谷物需求(含生物质能源)将从目前的 28 亿 t 增至 2030 年的 55 亿 t;其中生物质原料需求增加 11 亿 t,口粮和饲料粮需求各增加 8 亿 t<sup>[4]</sup>。谷物需求增长率在未来将进一步降低<sup>①</sup>,预期未来 10 年内玉米需求年均增速为 1.8%,小麦为 1.9%,稻米为 1.0%<sup>[1]</sup>。

(2) 人口增速放慢。全球人口增速在 1960 年代中期达到最高(2%),过去 10 年约为 1.2%,预计未

收稿日期:2014-07-14

基金项目:国家社会科学基金项目“完善农产品进出口战略规划和调控机制研究”(09BJY072)。

作者简介:顾国达(1962-),男,教授,博士;研究方向:国际经济与贸易、产业经济管理。E-mail:guguoda@zju.edu.cn

来人口增速将减至1%;但未来10年全球人口仍要增至90亿人<sup>[4]</sup>,致使粮食需求增加。

(3)发展中国家将成为粮食需求主要增长点,但粮食安全前景堪忧。发展中国家饮食结构向肉类、鱼类等富含蛋白质和脂肪的食物转化<sup>[1,5]</sup>,发展中国家人口占世界人口的份额将于2021年超过82%,增加20亿人<sup>[1,4]</sup>,未来10年谷物需求预期从目前的13.5亿t增加至20.5亿t(含生物能源),其谷物净进口预计2015年为1.9亿t,2030年将达2.65亿t<sup>[3,34]</sup>。但2020年燃料乙醇生产将占美国玉米用量的1/3,生物柴油的生产预计占美国大豆油用量的1/5,意味着OECD国家很可能从谷物净出口者变为净进口者<sup>[3-4]</sup>,致使目前谷物进口占世界市场75%~80%的发展中国家粮食安全前景堪忧。

## 2. 供给预测

(1)世界整体有足够的生产潜力满足需求,但产量增速下降。OECD/FAO和Alexandratos等<sup>[3]</sup>对世界谷物的产量预测相近,2015年为24.16亿t和23.87亿t,2030年为26.79亿t和28.39亿t,2050年为30.12亿t<sup>[2]</sup>。世界粮食产量年均增速预期从1990—2010年的1.6%下降至2010—2021年的1.5%<sup>[6]</sup>。

(2)全球粮食产量增速未来10年将少于1.0%<sup>[1]</sup>。

(3)2010—2021年粮食种植面积预期增速为0.6%<sup>[6]</sup>,增加的主要区域是南美洲、前苏联和撒哈拉以南非洲<sup>[7]</sup>。

(4)发展中国家粮食未来10年可能增产50%,但面临较大的资源约束,粮食产量未来10年有望增产50%(至18.75亿t)<sup>[4]</sup>,2030年的可用耕地最多比1997—1999年增加13%(120百万hm<sup>2</sup>),灌溉用水预期比1997—1999年增加14%,但1/5的发展中国家将面临缺水<sup>[3]</sup>。

## 3. 预测方法

目前,国内外关于世界粮食供需预测的研究范式基本上从最初的经验性分析、主观感受分析等定性分析为主<sup>[8-9]</sup>,逐渐过渡到以时间序列模型<sup>[10-12]</sup>、单方程计量模型<sup>[13-15]</sup>、联立方程模型<sup>[16-17]</sup>等为主流的定量分析。在预测方法上的不断演变是基于数学、计量经济学等学科的不断发展与进步,其方法主

要是考虑到数据有限性、结构差异、周期变化、外部冲击、城乡差异等因素的情况下,提高预测的准确性与可靠性。

现有预测方法中,定性分析主观性较强,预测的准确性与可靠性经常遭到质疑;单方程计量模型难以对整个系统的复杂性进行总体分析,在对变量间的相互影响进行量化时,存在累积性误差;联立方程组虽有效的解决了单方程模型存在的不足,但对众多变量的数据完整性要求很高;时间序列模型也存在着理论支撑有限、对时间序列数据的结构问题不能有效应对等缺陷。但从研究方法的简单性和准确性角度而言,时间序列模型简单易行,且对原数列信息进行了充分的挖掘与利用,在进行长期预测时没有累积性误差,在实际的预测运用中得到了较为精确的预测结果。本文选取时间序列模型进行预测。

对于全球粮食中长期供需趋势,FAO和美国农业部等国际组织的研究较为系统而深入,并就某些看法形成了基本共识。但我国学者较少从全球视角对未来粮食供需平衡做出预测,更多地关注中国未来粮食供需平衡问题。在经济全球化背景下,我国未来粮食安全对贸易途径的倚重程度加大,仅就我国的粮食供需情况探讨粮食安全问题将具有很大的局限性。因此,非常有必要对未来全球粮食供需波动趋势做出较为准确的预测,以便于更好的筹划粮食产业和贸易战略,确保未来粮食安全。

## 二、世界粮食供需现状

对历史趋势进行必要的回顾和总结,是确定预测方法、设定预测参数、比对预测结果的重要基础。本文对1961—2011年全球粮食供需变化趋势进行分析。数据来自FAOstat和USDA数据库。

### 1. 全球粮食供需量

以10年为间隔,选取1961—2011年全球粮食供需量进行比较,见表1。

由表1可知,1961—2011年间,玉米作为一种重要的饲料粮,其供需数量增速显著高于主要作为口粮的小麦和稻米;大豆作为一种重要的口粮和油料作物,供需绝对数量小于其他几种粮食,但相对增长速度较快。

表 1 全球粮食供需量

项目	1961	1971	1981	1991	2001	2011	1961—2011 年均增速/%
小麦产量/百万 t	220.049	344.778	446.249	543.663	587.316	681.219	4.22
小麦需求量/百万 t	213.526	315.609	418.831	517.291	564.920	699.350	4.55
玉米产量/百万 t	207.786	312.322	445.158	492.547	613.603	880.053	6.64
玉米需求量/百万 t	198.480	277.347	390.569	477.386	599.471	886.101	6.93
稻米产量/百万 t	147.300	211.317	272.932	345.298	399.57	465.822	4.49
稻米需求量/百万 t	133.291	200.127	252.498	311.845	372.292	481.177	5.22
大豆产量/百万 t	28.572	45.617	88.514	103.307	178.231	259.265	17.29
大豆需求量/百万 t	23.749	46.679	83.815	102.307	173.007	261.892	20.05

注:数据来源于 FAO 食物平衡表。

## 2. 人均粮食需求

人均粮食需求方面,玉米和大豆增加较快,小麦和稻米基本保持稳定(图 1)。人均小麦需求由 1961 年的 0.07 t 增至 2011 年的 0.10 t 左右。人均玉米需求由 0.065 t 升至 0.128 t。人均稻米需求从 1961 年的 0.043 t 上升为 2011 年的 0.069 t 左右。人均大豆需求从 1961 年的 0.007 t 增至 2011 年的 0.038 t。

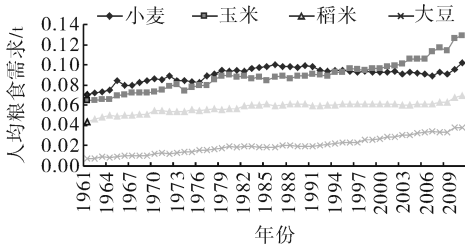


图 1 1961—2011 年全球人均粮食需求

## 3. 粮食种植面积变化

粮食种植面积方面,1961—2011 年小麦种植面积在 2 亿  $\text{hm}^2$  和 2.6 亿  $\text{hm}^2$  间徘徊,玉米种植面积由 1 亿  $\text{hm}^2$  逐渐增加到 1.7 亿  $\text{hm}^2$ ,稻米种植面积由 1.2 亿  $\text{hm}^2$  增至 1.58 亿  $\text{hm}^2$ ,大豆种植面积由 0.22 亿  $\text{hm}^2$  增至 1.02 亿  $\text{hm}^2$ (图 2)。随着人类生活水平的提高,小麦在粮食消费中的比重越来越少,而玉米和大豆因在乙醇和生物柴油领域的使用日益增加,导致小麦的种植面积逐渐被玉米和大豆所取代。在过去 10 年里,全球大豆种植面积增加了 37%,

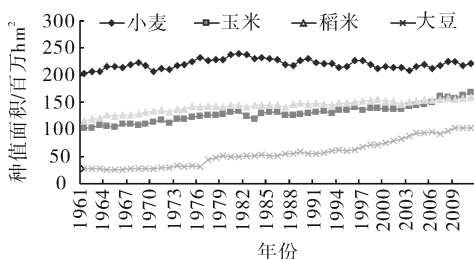


图 2 1961—2011 年全球粮食种植面积

玉米种植面积增加了 18%,而小麦的种植面积则减少了 8%。

## 4. 粮食收益率变化

粮食收益率方面,1961—2011 年玉米收益率最高,由 1.95  $\text{t}/\text{hm}^2$  快速上升至 5  $\text{t}/\text{hm}^2$  以上;而小麦、稻米和大豆收益率 1961—1980 年都在 2  $\text{t}/\text{hm}^2$  以下,1981—2000 年间都在 2.8  $\text{t}/\text{hm}^2$  以下,2000—2011 年间,小麦和稻米在 3  $\text{t}/\text{hm}^2$  左右,大豆约为 2.5  $\text{t}/\text{hm}^2$ (图 3)。全球粮食播种面积基本稳定,粮食收益率上升较快,表明全球粮食产量的增加来源主要是收益率,而非种植面积。

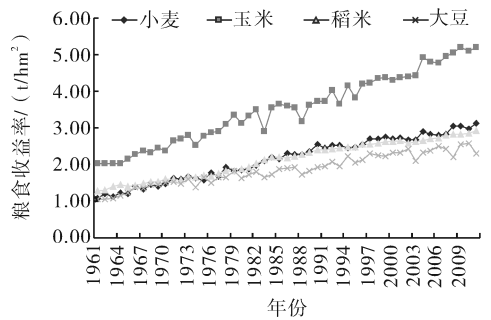


图 3 1961—2011 年全球粮食收益率

## 三、世界粮食供需影响因素分析

影响粮食供给与需求的因素很多,各因素之间又相互联系与作用。为简化分析,从社会经济因素角度进行研究,未考虑自然因素。

### 1. 粮食需求影响因素

粮食需求的宏观影响因素包括人口、城镇化进程、经济增长、工业化进程,微观影响因素包括粮食价格、收入增长、饮食结构、非食物商品价格、价格波动等<sup>[3,5]</sup>。本文以人口增速作为外生变量,对人均粮食需求的微观影响因素进行研究,解释变量包含人均收入、粮食需求结构<sup>②</sup>、粮食价格和人口增速,运用 OLS 法进行估计。1961—2011 年人均粮食需

求影响因素的描述性统计见表 2,世界粮食人均需求影响因素估计见表 3。

由表 3 可知:(1)1961—2011 年人均收入增加对玉米需求影响为正,对小麦、稻米和大豆需求影响为负;饲料和加工需求比重的增加,对玉米需求影响为正,对稻米需求影响为负;表明随着收入增加,饮食结构由口粮向着肉类和鱼类等富含蛋白质和脂肪的食物转化,进而令饲料粮需求上升,口粮需求减少。世界银行对未来经济增长的预测在 2000—2015 年间的人均收入增长速度上升为 1.9%,高于

1990 年代以来的 1.2%。在此情况下贫困率的变化对粮食安全至关重要。世界银行认为 2015 年绝对贫困线下的人口比例(按照每天 1 美元的标准)可能比 1990 年减半,贫困人口的数量将会从 1990 年的 12.7 亿人减少到 2015 年的 7.5 亿人。贫困的减少很大程度上是由于东亚和南亚的发展。到 2012 年东亚已减少了大约 4 亿贫困人口。只有撒哈拉以南非洲的预期收入增速变缓,其贫困人口预期将从 1990 年的 2.4 亿升至 2015 年的 3.45 亿,达到总人口的 1/5。

表 2 1961—2011 年人均粮食需求影响因素的描述性统计

项目	平均数	中位数	最大值	最小值	标准差
小麦人均需求/t	0.089 8	0.092 4	0.100 0	0.070 3	0.007 3
玉米人均需求/t	0.087 2	0.088 6	0.116 7	0.064 7	0.013 1
稻米人均需求/t	0.059 8	0.059 8	0.188 8	0.043 9	0.019 4
大豆人均需求/t	0.020 0	0.019 3	0.035 8	0.007 8	0.007 8
人均收入 GNI/美元	3 527.765 0	2 766.359 0	9 090.215 0	466.767 8	2 496.165 0
饲料需求占粮食需求比例	0.321 1	0.320 4	0.363 2	0.215 1	0.025 1
加工需求占粮食需求比例	0.092 4	0.089 1	0.179 5	0.042 8	0.035 6
小麦价格/(美元/t)	133.175 7	130.794 1	157.087 9	105.321 4	17.436 9
玉米价格/(美元/t)	124.737 9	121.359 9	139.483 1	108.631 8	9.041 5
稻米价格/(美元/t)	322.078 9	316.771 1	390.942 4	260.416 4	38.545 9
大豆价格/(美元/t)	256.934 5	249.765 3	319.360 2	223.610 6	24.580 0
人口增速	0.016 6	0.017 8	0.021 1	0.011 9	0.003 2

注:数据来源于 FAO stat、世界银行数据库;粮食价格采用 2004—2006 不变美元价格。

表 3 1961—2011 世界粮食人均需求影响因素估计

参数	小麦人均需求	玉米人均需求	稻米人均需求	大豆人均需求
C	-0.134 9 (-6.521 9)***	0.153 1 (8.875 7)***	0.702 2 (8.957 2)***	-7.134 2 (-12.173 1)**
人均收入	-1.19E-06 (-2.119 7)**	4.26E-06 (13.951 8)***	-7.58E-06 (-4.319 5)***	-6.368E-05 (-2.332 2)**
饲料需求比重	(1.659 2)*	0.025 6 (-9.619 0)***	-0.841 8	11.629 70 (9.551 4)***
加工需求比重				
小麦价格	0.000 2 (3.387 9)***		-0.000 4 (-1.825 3)*	
玉米价格		-0.000 3 (-3.724 3)***		0.018 4 (3.734 9)***
稻米价格	-0.000 1 (-3.158 0)***			
大豆价格	-0.000 3 (-6.203 7)***	-0.000 2 (-7.490 8)***	-0.001 1 (-7.562 3)***	
人口增速	2.712 8 (5.991 5)***			
AdjustedR <sup>2</sup>	0.864 6	0.978 1	0.703 8	0.904 3
F	62.202 7	536.809 5	29.512 5	152.293 0
P 值	0.000 0	0.000 0	0.00 00	0.000 0

注:\*\*\*、\*\*、\* 分别表示在 1%、5% 和 10% 水平上显著。

(2)人口增速对小麦人均需求影响为正。原因在于人口增速越快,导致人均收入增长越慢,令生活必需品口粮的需求增加。UN 预测 2000 年的 61 亿人口将会增长为 2015 年的 72 亿人口,到 2030 年变为 83 亿人口,到 2050 年变为 93 亿人口;预期 2010—2015 年间增长率为 1.1%,2025—2030 年间为 0.8%。因此,全球农产品需求的增长率也会相应变慢。FAO 预测 2020—2050 年间,人口年均增量将达 6 700 万,2045—2050 年间降为 4 300 万。人口增长几乎都源于发展中国家。到 2030 年东亚人口以每年 0.4% 的速度增加,撒哈拉以南非洲地区人口仍以 2.1% 速度增长;世界人口增量中的 1/3 会出生在撒哈拉以南非洲地区,到 2050 年这个数字会上升至 1/2。

(3)小麦价格对小麦需求的影响为正。表明作为生活必需品的小麦需求具有刚性;稻米和大豆价格对小麦需求影响为负,小麦和大豆价格对稻米需求影响为负,表明小麦、稻米和大豆互补性较强;大豆价格对玉米需求影响为负,玉米价格对大豆需求影响为正,表明二者间具有替代性和互补性;玉米价格对玉米需求影响为负,表明玉米的必需程度较小。Westcott 认为主要作物的名义价格在最近高点开始下跌之后,预期在未来 10 年上升,仍会停留在历史高位<sup>[1]</sup>。对于未来粮食实际价格变动路径,有两种不同的判断。一种观点认为未来粮食真实价格在未来 10 年将下行,但仍将高于 1980—2000 年和 2002 年的价格水平<sup>[16]</sup>。而另一种观点则认为未来粮食真实价格下跌的时代已经结束,实际粮食价格将围绕持平或上涨的趋势上下波动<sup>[18]</sup>。Regmi 等的研究表明,一般情况下,非食物商品价格变动引起消费者食物支出的改变,要小于食物价格变动时所导致的非食物支出的调整<sup>[5170]</sup>。因此,持平的或递增的实际食物价格,将导致国家经济增长速度放慢,给许多被贫困和饥饿困扰的国家带来严重困难<sup>[18]</sup>。此外,近 10 年来国际油价的大幅攀升刺激了生物能源的发展,令粮食价格的变动轨迹越来越像工业品价格的变动。Tweeten 等认为非食品的生物燃料需求会导致全球农产品需求每年额外增加 0.1 个百分点<sup>[18]</sup>。

以上因素将导致未来农产品需求预期增速放慢,由 1997—2015 年间的 1.6%,降至 2015—2030 年间的 1.4%;发展中国家农产品需求增长率由过去 30 年的 3.7%,降低为未来 30 年为 2%<sup>[19]</sup>。

## 2. 粮食供给影响因素

粮食生产的主要影响因素包括自然因素和社会经济因素等。Simelton 等选取了土地、劳动力、资本、国家收入水平、政府治理类型、农业环境保护关键区域等 6 个变量,代表影响粮食生产的社会经济因素<sup>[20]</sup>。其中,化肥消费量是关键的资本要素投入<sup>[21-22]</sup>。其他学者则研究了降雨量、温度、土壤湿度、灌溉水资源、全球变暖等自然因素对粮食生产的影响<sup>[23-25]</sup>。

全球粮食播种面积基本稳定,单位面积粮食收益率上升较快,表明全球粮食产量的增加来源主要是收益率,而非种植面积。因此,本文对单位面积粮食收益率的影响因素进行深入分析,将单位面积粮食收益率作为被解释变量,选择化肥密集度、土地开发程度、机械化程度、其他资本密集度和灌溉比例作为解释变量,运用 OLS 估计法,估计各因素对粮食收益率的影响。1975—2007 年粮食生产影响因素的描述性统计见表 4,全球粮食收益率影响因素模型估计见表 5。

由表 5 可知:①1975—2007 年间,单位面积耕地的化肥用量增加 1%,小麦收益率提高 0.23%,玉米收益率提高 0.43%,稻米收益率提高 0.11%。②单位面积耕地的土地开发资本密集度提高 1%,小麦、玉米、稻米和大豆的收益率分别提高 1.8%、2.6%、1.08% 和 2.59%。③单位面积耕地机械化资本密集度提高 1%,小麦和稻米的收益率分别提高 0.33% 和 0.53%;单位面积耕地机械化资本密集度提高 1%,玉米和大豆的收益率反而降低 1.28% 和 0.92%,原因在于机械化资本密集度与土地开发资本密集度存在多重共线性。在方程两边都除以时间变量以消除时间趋势,并将机械化资本密集度与土地开发资本密集度的交叉项引入模型进行估计,发现交叉项系数显著且符号为正,说明土地开发的资本投入对机械化资本投入具有增强效应。④单位面积耕地的灌溉比例提高 1%,小麦收益率提高 0.53%,稻米收益率提高 0.58%。

发展中国家未来 80% 的粮食产量增加将来自于密集作业,即更高的收益率、更高的复种指数、更短的休耕期<sup>[20]</sup>。全球范围内在增加土地资源、水资源投入和提高收益率方面的生产潜能足以满足有效需求。但种植面积扩大和作物密集度提高会令环境成本增加;环境成本的非内部化会阻碍农业研发投入,抑制未来收益率增长的潜力;土地和水资源的稀

缺性加剧,将对贫困和粮食安全造成严重影响。总 粮食收益率增速将减缓,仍存在家庭和国家层面的体而言,未来全球范围内粮食产量将能满足需求,但 粮食安全问题。

表 4 1975—2007 年粮食生产影响因素的描述性统计

变量	计算方法	平均数	中位数	最大值	最小值	标准差
化肥密集度/(kg/hm <sup>2</sup> )	氮、磷、钾肥消费量/耕地面积	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.000 0	0.000 0
土地开发程度/(千美元/hm <sup>2</sup> )	土地开发资本/耕地面积	1.023 3	1.050 8	1.081 5	0.867 9	0.060 9
机械化程度/(千美元/hm <sup>2</sup> )	机械化资本/耕地面积	0.739 9	0.745 8	0.798 3	0.606 1	0.045 3
其他资本密集度/(千美元/hm <sup>2</sup> )	其他资本存量/耕地面积	1.505 6	1.512 2	1.558 4	1.379 6	0.041 9
灌溉比例	灌溉土地面积/耕地面积	0.143 4	0.143 2	0.171 2	0.117 5	0.016 9

注:数据来源于 FAO stat;由于数据可得性,样本期为 1975—2007 年。

表 5 1975—2007 年全球粮食收益率影响因素模型估计

参数	小麦收益率	玉米收益率	稻米收益率	大豆收益率
C	4.642 0 (5.224 4)***	5.080 5 (3.341 0)***	3.557 7 (7.031 5)***	0.346 5 (6.348 7)***
化肥密集度	0.237 0 (2.699 5)**	0.433 5 (2.689 2)**	0.153 9 (2.950 1)**	
土地开发程度	1.883 7 (5.516 2)***	2.606 3 (11.339 8)***	1.153 5 (7.639 2)***	2.599 4 (14.669 7)***
机械化程度	0.331 9 (1.741 5)*	-1.285 9 (-5.409 4)***	0.427 7 (3.708 7)***	-0.921 2 (-5.407 8)***
其他资本密集度	-0.992 2 (-1.884 1)*			
灌溉比例	0.531 4 (4.769 4)***		0.583 5 (9.162 2)***	
Adjusted R <sup>2</sup>	0.9700	0.885 6	0.985 7	0.875 8
F	208.277 7	83.566 8	555.149 4	113.865 9
P 值	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0

注:\*\*\*、\*\*、\* 分别表示在 1%、5% 和 10% 水平上显著;所有变量取对数形式。

## 四、全球粮食供求趋势预测

### 1. 数据来源

全球粮食总需求来自 FAO 食物平衡表,包括口粮、饲料粮、种子用粮、加工食品和其他(含生物能源)需求 5 类。全球人口数量趋势来自联合国人口司。全球粮食产量、粮食平均收益率、粮食种植面积都来自 USDA 数据库。对于未来人口增长趋势有 3 种可能性,分别是中速增长、高速增长和低速增长。Tweeten 的研究表明,如果粮食需求只与人口成比例,且低速人口增长成为事实的话,那么粮食需求到 2025 和 2050 年将会只会比 2000 年增加 1/4;若在中速人口增长基础上进行预测,所有农产品需求(包含非食品需求)到 2025 年将是 2000 年产出的 143%,2050 年将会是 2000 年产出的 179%。因此,

采取中速人口增长假设更切合实际<sup>[18]</sup>。

### 2. 预测模型

(1) 粮食供给预测。本部分在分别预测收益率和种指面积的基础上得到粮食供给预测。

第一,粮食收益率预测。参考 Tweeten<sup>[18]</sup> 的研究方法<sup>③</sup>,本文构造的粮食供给预测趋势模型如下所示。

$$Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 T + \alpha_2 T^2 + \alpha_3 \log(T) + e_t \quad (1)$$

式(1)中, $Y_t$  代表被解释变量。技术进步是粮食供给增加的重要来源;技术变量应包括教育、管理、研究、信息系统和基础设施变量,但这些变量数据无法获得,其变化轨迹都随时间变动<sup>[18]</sup>,所以采用代理变量  $T$  来代表以上技术变量,采取年份减去 1900 的形式。解释变量形式包括一次、二次和对数形式。在此基础上对 1961—2011 年的全球粮食收益率进行估计,见表 6。

表 6 粮食收益率趋势外推模型

	小麦收益率	玉米收益率	稻米收益率	大豆收益率
常数项	-2.784 8 (-7.122 0)***	-5.831 4 (-36.821 1)***	-1.823 5 (-6.153 2)***	-0.508 0 (-6.150 6)***
$\alpha_1$	0.076 3 (8.210 5)***		0.059 3 (8.423 3)***	0.027 4 (28.781 4)***
$\alpha_2$	-0.000 2 (-3.970 9)***		-0.000 2 (-3.689 3)***	
$\alpha_3$		1.587 9 (44.535 0)***		
修正可决系数	0.982 3	0.974 4	0.985 8	0.941 9

注：\*\*\*表示在 1%水平上显著；根据模型的拟合程度，玉米收益率取对数形式。

小麦收益率、玉米对数收益率、稻米收益率和大豆收益率的时间变量  $t$  的系数都为正，表明全球平均粮食收益率随着技术进步而增大；同时，小麦和稻米收益率的时间变量  $t$  的二次形式系数为负，表明小麦和稻米收益率的增速随时间增加而变慢。4 个模型的修正可决系数都在 94%以上，表明整体拟合较好。

根据粮食收益率趋势外推模型，预测 2015—2050 全球粮食收益率(表 7)。结果表明，玉米收益率预测增速为 1.2%，大豆为 0.89%，稻米和小麦分别为 0.58%和 0.56%。这与 Tweeten<sup>[18]</sup>的预测结果一致<sup>④</sup>。2015、2020、2025 年的收益率预测与 USDA的预测非常接近<sup>⑤</sup>。

表 7 全球粮食收益率预测结果 t/hm<sup>2</sup>

年份	小麦收益率	玉米收益率	稻米收益率	大豆收益率
2015	3.160 5	5.490 5	3.006 8	2.641 3
2020	3.290 7	5.874 4	3.126 5	2.778 3
2025	3.410 2	6.267 8	3.238 7	2.915 2
2030	3.519 0	6.670 5	3.343 3	3.052 1
2050	3.847 3	8.372 3	3.686 4	3.599 8

第二，粮食种植面积预测。采用一次指数平滑、二次指数平滑和趋势外推法对全球粮食种植面积进行预测(表 8)。结果表明，3 种方法对小麦面积的预测结果一致；趋势模型和一次指数平滑法得到的大豆面积预测结果一致，二次指数平滑法得到的大豆面积结果略高；3 种方法预测的玉米和稻米种植面积结果差异较大。实际表明 1961—2011 年全球粮

表 8 全球粮食种植面积预测结果

百万 hm<sup>2</sup>

预测方法	粮食	2015	2020	2030	2050
趋势外推法	小麦	221.577 6	221.577 6	221.577 6	221.577 6
	玉米	185.012 9	213.229 1	296.673 0	605.870 2
	稻米	182.479 9	211.357 5	299.077 6	634.555 0
	大豆	106.450 7	115.443 8	133.434 0	169.418 3
一次指数平滑	小麦	218.536 8	218.536 8	218.536 8	218.536 8
	玉米	176.974 0	182.681 7	194.097 1	216.927 9
	稻米	173.094 5	178.570 5	189.522 5	211.426 5
	大豆	106.615 4	112.384 6	123.923 1	147.000 0
二次指数平滑	小麦	220.899 7	221.969 8	224.109 9	228.390 2
	玉米	182.968 8	200.365 9	235.160 2	304.748 6
	稻米	173.094 5	178.570 5	189.522 5	211.426 5
	大豆	110.265 6	119.299 8	137.368 2	173.505 1

食种植面积保持平稳，1970—1990 年均增速为 0.5%，1990—2011 为 0.4%；理论研究表明现未来灌溉农业增长将主要来源于现有土地收益率的提高，而非种植面积的扩大<sup>[19]</sup>，在预测长期粮食供应

时假设净作物面积变化为 0 更切合实际<sup>[18]</sup>。因此将预测数量较低、增速较小的一次指数平滑法的结果，作为下文预测全球粮食产量的基础。与 USDA 的预测相比<sup>[27]</sup>，2015—2023 年小麦和大豆面积结果

略低,玉米面积相近,稻米面积较高<sup>⑥</sup>。4种粮食种植面积2015—2020年预期增速为0.51%,2020—2030年为0.49%,2030—2050年为0.47%,接近USDA(2012)的预测<sup>[6]</sup>,略高于Tweeten<sup>[18]</sup>的结论<sup>⑦</sup>。

第三,粮食产量预测。在粮食收益预测和粮食种植面积预测的基础上,得到全球粮食产量预测(表9)。2015—2050年小麦产量预期增速为0.62%,玉米为1.50%,稻米为0.65%,大豆为1.04%。4类粮食总产量预期2015年为24.39亿t,2020年为25.69亿t,2030年为28.24亿t,2050年为33.08亿t。这与OECD/FAO<sup>[2]</sup>的预测相近<sup>⑧</sup>。与USDA预测结果相比<sup>[26]</sup>,小麦和大豆产量略低,玉米产量接近,稻米产量略高<sup>⑨</sup>。

表9 全球粮食产量预测 百万t

年份	小麦	玉米	稻米	大豆
2015	690.682 8	959.141 3	513.882 5	275.512 4
2020	719.133 1	1 026.201 0	534.334 5	289.795 1
2030	769.024 0	1 165.282 0	571.378 3	318.360 6
2050	840.766 7	1 462.565 0	630.025 2	375.491 7

(2)粮食需求预测。采用二次指数平滑法预测人均小麦、稻米和大豆需求,采用Holt Winters非季节平滑法预测人均玉米需求(表10)。结果表明,2015—2050年小麦人均需求预期降速为0.19%,玉米、稻米和大豆的人均需求预期增速分别为0.67%、0.52%和1.23%。

表10 全球粮食人均需求量 t

年份	小麦	玉米	稻米	大豆
2015	0.089 9	0.119 7	0.064 9	0.036 6
2020	0.089 0	0.123 7	0.066 6	0.038 8
2030	0.087 3	0.131 7	0.070 0	0.043 4
2050	0.083 8	0.147 8	0.076 8	0.052 4

表11 全球粮食需求预测 百万t

年份	小麦	玉米	稻米	大豆
2015	658.301 5	876.97 76	475.019 2	267.894 9
2020	686.795 3	954.934 6	513.596 5	299.681 7
2030	735.121 3	1 110.322 0	589.461 5	365.289 5
2050	800.035 2	1 412.330 0	733.385 4	500.507 1

在人均需求预测和中等人口增速假设的基础上,得到全球小麦、玉米和稻米的需求量(表11)。结果表明,2015—2050年小麦需求预期增速为0.62%,玉米为1.74%,稻米为1.55%,大豆为2.48%;谷物需求预期增速将延续历史趋势降低<sup>⑩</sup>,

2015—2020年为1.44%,2021—2030年为1.30%,2031—2050年为1.05%。4类粮食总需求预期2015年为22.78亿t,2020年为24.55亿t,2030年为28.00亿t,2050年为34.46亿t。这与FAO(2011)<sup>[20]</sup>对世界粮食总需求预测结果一致。与USDA预测结果相比<sup>[26]</sup>,小麦和玉米的需求预测略低,稻米和大豆需求预测相近<sup>⑩</sup>。

(3)供需平衡结果。在粮食供给和需求预测的基础上,得到粮食供需平衡结果(表12)。

表12 粮食供需平衡预测结果 百万t

年份	2015	2020	2030	2050
小麦产量	690.682 8	719.133 1	769.024 0	840.766 7
小麦需求	658.301 5	686.795 3	735.121 3	800.035 2
小麦缺口	32.381 3	32.337 8	33.902 7	40.731 5
玉米产量	959.141 3	1 026.201 0	1 165.282 0	1 462.565 0
玉米需求	876.977 6	954.934 6	1 110.322 0	1 412.330 0
玉米缺口	82.163 7	71.266 4	54.960 0	50.235 0
稻米产量	513.882 5	534.334 5	571.378 3	630.025 2
稻米需求	475.019 2	513.596 5	589.461 5	733.385 4
稻米缺口	38.863 3	20.738 0	-18.083 2	-103.360 2
大豆产量	275.512 4	289.795 1	318.360 6	375.491 7
大豆需求	267.894 9	299.681 7	365.289 5	500.507 1
大豆缺口	7.617 5	-9.886 6	-46.928 9	-125.015 4

①全球粮食供需总量预期基本平衡,2050年预计出现1.37亿t总量缺口,与现有研究对未来全球粮食供需趋势的预测基本一致。OECD/FAO预测全球谷物(小麦、稻米和粗粮)2015年盈余1.29亿t,2030年盈余0.02亿t,2050年盈余0.02亿t<sup>[2]</sup>;USDA预期全球小麦、玉米、稻米和大豆的总量2015/2016年盈余0.016亿t,2020/2021年供需平衡,2023/2024年缺口0.04亿t<sup>[26]</sup>。②未来全球小麦供需预期基本平衡,2015年和2020年供给盈余期望保持在0.32亿t,2030年为0.34亿t,2050年为0.40亿t,远远高于USDA的预测结论。USDA预期全球小麦2015/2016年盈余1.74百万t,2020/2021年缺口0.19百万t,2023/2024年缺口0.67百万t<sup>[26]</sup>。③玉米供需预期基本平衡,2015年供需盈余预计为0.82亿t,2020年为0.71亿t,2030年为0.55亿t,2050年为0.50亿t,与USDA的预测趋势相反。USDA预期全球玉米2015/2016年盈余12.66百万t,2020/21年缺口1.37百万t,2023/24年缺口6.3百万t<sup>[26]</sup>。④稻米供需预测在2015和2020年基本平衡,2030年出现0.18亿t的



缺口,2050年存在1.03亿t的缺口。与USDA的预测趋势相反。USDA预期全球稻米2015/2016年缺口1.33百万t,2020/2021年盈余1.58百万t、2023/2024年盈余0.97百万t<sup>[26]</sup>。⑤全球大豆供需预测在2015年基本平衡,预测缺口在2020年为0.09亿t,2030年为0.46亿t,2050年为1.25亿t。与USDA的预测趋势一致。USDA预期全球大豆2015/2016年盈余4.91百万t,2020/2021年盈余1.70百万t,2023/2024年盈余1.54百万t<sup>⑥</sup>。

## 五、结 论

本文分析了粮食供需的重要影响因素,采用趋势外推和指数平滑等方法,在预测人均粮食需求和粮食收益率的基础上,基于中等人口增速假设,预测了2015—2050年全球粮食供需变化趋势,结果表明:①收益率方面,未来玉米收益率预测增速为1.2%,大豆为0.89%,稻米和小麦分别为0.58%和0.56%;小麦收益率预期在3.16~3.84t,玉米为5.49~8.37t,稻米为3.00~3.68t,大豆为2.64~3.59t。②种植面积方面,4种粮食种植面积2015—2020年预期增速为0.51%,2020—2030年为0.49%,2030—2050年为0.47%。小麦种植面积预期稳定在218.53百万hm<sup>2</sup>,玉米为176.97~216.92百万hm<sup>2</sup>,稻米为173.09~211.42百万hm<sup>2</sup>,大豆为106.61~147.00百万hm<sup>2</sup>。③人均需求方面,2015—2050年小麦人均需求预期降速为0.19%,玉米、稻米和大豆的人均需求预期增速分别为0.67%、0.52%和1.23%。小麦人均需求预期由0.089t减少至0.083t;稻米人均需求预期为0.065~0.076t;玉米人均需求预期为0.114~0.147t;大豆人均需求为0.036~0.052t。④产量方面,2015—2050年小麦产量预期增速为0.62%,玉米为1.50%,稻米为0.65%,大豆为1.04%。小麦产量预期为690.68~840.76百万t,玉米产量预期为959.14~1462.56百万t,稻米产量预期为513.88~630.02百万t,大豆产量预期为275.51~375.49百万t。⑤需求方面,2015—2050年小麦需求预期增速为0.62%,玉米为1.74%,稻米为1.55%,大豆为2.48%。小麦需求预期为658.30~800.03百万t,玉米需求预期为876.97~1412.33百万t,稻米需求预期为475.02~733.38百万t,大

豆需求预期为267.89~500.51百万t。⑥供需平衡方面,2015—2030年全球粮食供需总量预期基本平衡,2050年预计出现总量缺口;存在结构性失衡,稻米和大豆将出现缺口。小麦供需盈余预期为0.32~0.40亿t;玉米预期盈余由0.82亿t减至0.50亿t,稻米预期由盈余0.38亿t转为1.03亿t缺口;大豆由盈余0.07亿t转为1.25亿t缺口。

## 参 考 文 献

- [1] WESTCOTT P C, TROSTLE R. Long-term prospects for agriculture reflect growing demand for food, fiber, and fuel [EB/OL]. (2012-09-07) [2014-03-10]. <http://www.ers.usda.gov>.
- [2] OECD-FAO. Agricultural Outlook; 2009- 2018 [R]. 15th edition, Organization for Economic Co-operation and Development, 2009:119-133.
- [3] ALEXANDRATOS N, BRUINSMA J. World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision [EB/OL]. (2012-06-01) [201-03-10]. <http://www.fao.org/economic/esa>.
- [4] NONHEBEL S. Global food supply and the impacts of increased use of biofuels[J]. Energy, 2012, 37 (8) :115-121.
- [5] REGMI A, MEADE B. Demand side drivers of global food security[J]. Global Food Security, 2013 (2):166-171.
- [6] Interagency Agricultural Projections Committee. USDA agricultural projections to 2021 [EB/OL]. (2013-11-10) [2014-03-10]. <http://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/index.htm>
- [7] Interagency Agricultural Projections Committee. USDA Agricultural Projections to 2018 [EB/OL]. (2011-09-10) [2014-03-15]. [http://www.usda.gov/oce/commodity/archive\\_projections](http://www.usda.gov/oce/commodity/archive_projections).
- [8] 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):1-6.
- [9] 梅方权. 21世纪前期中国粮食的发展目标和战略选择[J]. 粮食科技与经济, 1999(4):4-8.
- [10] 杨蕾. 中国粮食供需平衡分析[D]. 淄博: 山东理工大学商学院, 2009:13-36.
- [11] 吕新业. 2020年我国粮食供需预测分析[J]. 农业经济问题, 2012(10):11-18.
- [12] 邵鲁. 我国粮食供求价格波动与安全问题的实证分析[D]. 吉林: 吉林大学经济学院, 2009:44-48.
- [13] MASUDA T, GOLDSMITH P D. World soybean production: area harvested, yield, and long-term projections [J]. International Food and Agribusiness Management Review, 2009, 12 (4):143-162.
- [14] 陈秀凤, 秦富. 我国农村居民食物消费研究[J]. 江西农业学报, 2006(6):162-165.

- [15] PRABAKARAN K, SIVAPRAGASAM C, JEEVAPRIYA C, et al. Forecasting cultivated areas and production of wheat in India using ARIMA model [J]. Golden Research Thoughts, 2013, 3(3): 1-7.
- [16] 陆文聪, 黄祖辉. 中国粮食供求趋势变化预测: 基于区域化市场均衡模型[J]. 经济研究, 2004 (8): 94-104.
- [17] BALDOS U L C, HERTEL T W. Looking back to move forward on model validation: insights from a global model of agricultural land use[J]. Environmental research letters, 2013(8): 1-8.
- [18] TWEETEN L, THOMPSON S R. Long-term global agricultural output supply-demand balance and real farm and food price [EB/OL]. (2008-02-02) [2014-03-10]. <http://ideas.repec.org/p/ags/ohswps/46009.html>.
- [19] FAO. World agriculture towards 2015/2030 summary report [EB/OL]. (2002-01-10) [2014-03-09]. <http://www.fao.org/docrep/004/y3557e/y3557e00.htm>.
- [20] SIMELTON E, FRASER E D G, TERMANSEN M. The socio-economics of food crop production and climate change vulnerability: a global scale quantitative analysis of how grain crops are sensitive to drought [J]. Food Security, 2012(3): 3-6.
- [21] TENKORANG F, LOWENBERG D J. Forecasting long-term global fertilizer demand [J]. Nutrient Cycling in Agro-ecosystems, 2009, 83(3): 233-247.
- [22] ACHEAMPONG K, DICKS M R. Fertilizer demand for biofuel and cereal crop production in the United States [EB/OL]. (2012-02-07) [2014-03-09]. <http://purl.umn.edu/119798>.
- [23] HUEY L L. The impact of climate change on global food supply and demand, food prices, and land use [J]. Paddy Water Environ, 2009(7): 321-331.
- [24] FURUYAJ, KOBAYASHI S. Impact of global warming on agricultural product markets: stochastic world food model analysis [J]. Sustain Science, 2009 (4): 71-79.
- [25] HANJRA M A, QURESHIM E. Global water crisis and future food security in an era of climate change [J]. Food Policy, 2010, 35 (10): 365-377.
- [26] Interagency Agricultural Projections Committee. USDA agricultural projections to 2023 [EB/OL]. (2014-02-01) [2014-03-11]. [www.ers.usda.gov/topics/farm-economy/agricultural-baseline-projections.aspx](http://www.ers.usda.gov/topics/farm-economy/agricultural-baseline-projections.aspx).

## 注 释:

- ① 谷物需求增长率在 20 世纪 70 年代为 2.5%, 20 世纪 80 年代为 1.9%, 20 世纪 90 年代后降为 1%。
- ② 饲料粮占粮食消费量比例越高, 表明饮食结构由主食向肉类的转化程度越高; 加工需求占粮食消费量比例越高, 表明粮食的非食用需求越大。
- ③ Tweeten 采用自回归模型估计并将粮食价格确定后, 将作物收益率  $Y_t$  设定为期望价格  $P^*$ , 作物种植面积  $A_t$ , 技术变量  $T$  和随机扰动项  $e$  的函数; 发现该经验模型估计失效, 时间趋势的影响完全覆盖了价格和种植面积的影响; 后采用多种形式, 包括面积、价格、一阶差分、自回归项、期望及调整模型, 都没能改善对作物收益率的预测; 大多数情况下只有时间的线性或二次函数形式较好。
- ④ Tweeten 预测未来收益率增速为 2025 年玉米 1.18%, 大豆 0.8%, 小麦 0.73%; 2050 年玉米 0.81%, 大豆 0.67%, 小麦 0.62%。
- ⑤ USDA 预测小麦、玉米、稻米和大豆收益率 2015/2016 年为 3.15 t、5.52 t、3.01 t、2.62 t; 2020/21 年为 3.25 t、5.84 t、3.09 t、2.77 t; 2023/24 为 3.31 t、6.05 t、3.14 t 和 2.86 t。
- ⑥ USDA(2014) 的小麦面积预测 2015/2016 年为 225.69 百万  $hm^2$ 、2020/2021 年为 228.13 百万  $hm^2$ 、2023/2024 年为 230.24 百万  $hm^2$ , 玉米为依次对应为 178.47、182.80、185.85 百万  $hm^2$ , 稻米为 161.14、163.52、164.39 百万  $hm^2$ , 大豆为 112.63、119.35、124.90 百万  $hm^2$ 。
- ⑦ Tweeten(2008) 对全球六种主要粮食作物面积增速的预测为 2025 年为 0.36%、2050 年为 0.33%; USDA(2012) 对 2010—2021 年谷物和油籽种植面积预期为 0.6%。
- ⑧ OECD/FAO 对全球谷物(小麦、稻米和粗粮)2015 年的产量预测为 24.16 亿 t, 2018 年的产量预测为 25 亿 t, 2030 年的产量预测为 26.79 亿 t, 2050 年的产量预测为 30.12 亿 t。
- ⑨ USDA(2014) 对全球小麦产量 2015/2016 年预测为 713.04 百万 t, 2020/2021 年为 742.21 百万 t, 2023/2024 年为 763.41 百万 t; 玉米为依次对应为 990.92、1068.26、1123.60 百万 t; 稻米为 485.32、505.59、515.88 百万 t; 大豆为 295.75、330.64、357.18 百万 t。
- ⑩ FAO 数据显示全球谷物需求增速 20 世纪 70 年代为 2.5%, 20 世纪 80 年代为 1.9%, 20 世纪 90 年代后为 1%。
- ⑪ FAO(2012) 对世界谷物(小麦、大米和粗粮)的需求预测(不含生物能源)2015 年为 22.87 亿 t, 2030 年为 26.77 亿 t, 2050 年为 30.1 亿 t。

⑫USDA(2014)对全球小麦需求量 2015/2016 年预测为 711.29 百万 t,2020/2021 年为 742.40 百万 t,2023/2024 年为 764.14 百万 t;玉米依次对应为 978.26、1070.29、1129.9 百万 t;稻米为 486.65、504.01、514.94 百万 t;大豆为 291.84、328.94、355.64 百万 t。

## Analysis on Mid and Long-term Global Food Supply and Demand

GU Guo-da ,YIN Jing-hua

(College of Economics, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang, 310002)

**Abstract** Under economic globalization, the expansion and contraction of world' food supply and demand, and international grain price fluctuations, have a great influence on China to fill its domestic food gap through trade. Therefore, it is very necessary to accurately estimate the long-term global food supply and demand trends. This paper first analyzes the factors that influence the demand for food and grain yield and finds that per capita income, dietary structure, population growth, food prices and the development of bioenergy determine the future trend of the world demand for food. ; while grain yield is affected to a great extent by the fertilizer concentration, degree of land development, mechanization degree and the influence of irrigation rate. Based on the estimation of per-capita food demand and grain yields, this paper then adopts trend extrapolation and exponential smoothing model to estimate changing tendency of food supply and demand from 2015 to 2050 in accordance with UN population division's hypothesis of moderate population growth. The result shows that grain yields growth will be lower in the future, harvested areas will be stablized, wheat and rice demand per capita will be also stablized and corn and soybean demand per capita will remarkably be increasing. In summary, the global food supply will be basically equal to demand, but structural imbalance still exists and there will be rice and soybean gap.

**Key words** food supply; food demand; food safety; food balance; trend prediction

(责任编辑:金会平)