

2003—2011年中国粮食增产的贡献因素分析

刘忠, 黄峰*, 李保国

(中国农业大学资源与环境学院农业部华北耕地保育重点实验室, 北京 100193)

摘要:理清2003年以来中国粮食产量增加的主要贡献因子及其贡献率,对于及时调整农业政策,保持和提升粮食生产能力有重要的意义。该文利用2003—2011年中国粮食及其各构成品种(根据国家统计局,粮食作物包括稻谷、小麦、玉米、薯类、豆类和其他谷物)的产量和播种面积数据,采用贡献因素分解的研究方法,研究了2003年以来中国粮食增产的作物和地区贡献,以及面积、单产和种植结构调整对于粮食增产的贡献率,并对各增产主力省区和主要粮食作物的增产贡献因素进行了分析,划定了增产主导类型。结果显示:研究期粮食增产全部来自3大粮食作物,其中玉米贡献了一半以上的增产量;杂粮、豆类和薯类总产均出现下降,其播种面积则分别下降了25.7%、17.4%和8.2%。地区贡献以黑龙江和河南最为突出,累积贡献率超过1/3;累积贡献率超过90%的13个省区,除新疆外其余都是粮食主产区。作为传统农区的四川,其粮食增产贡献率仅为1.6%,与山西、陕西和甘肃等非主产区基本相当;全国粮食增产的面积贡献率最大,达到46.3%,其次是单产贡献率(44.2%),结构调整的贡献率将近10%,其中一半以上来自豆类向稻谷和玉米的调整;稻谷、玉米和春小麦的增产为面积主导型,而冬小麦的增产为单产和面积共同作用型;除河南和安徽为单产主导型,吉林和河北为面积单产共同作用型,其他增产主力省区的增产类型均为面积主导型。综合来看,2003—2011年中国粮食增产是以面积增加主导的外延式增产方式。由于粮食消费结构和国际粮食贸易容量的限制,今后结构调整的潜力已经很小。因此,在稳定粮食播种面积的基础上,进一步提高粮食作物的单产水平是今后稳定和提高粮食生产能力的重要举措。研究结果可为今后农业政策的调整提供决策依据。

关键词:粮食, 作物, 生产, 增产, 贡献因素, 单产, 面积, 结构调整

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2013.23.001

中图分类号: S181

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2013)-23-0001-08

刘忠, 黄峰, 李保国. 2003—2011年中国粮食增产的贡献因素分析[J]. 农业工程学报, 2013, 29(23): 1—8.

Liu Zhong, Huang Feng, Li Baoguo. Investigating contribution factors to China's grain output increase in period of 2003 to 2011[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2013, 29(23): 1—8. (in Chinese with English abstract)

0 引言

改革开放以来,中国的粮食生产取得了长足的发展。从改革开放前1978年的3亿t,到2012年的5.9亿t,30多年粮食产量几近翻番。其间虽然经历了多次徘徊甚至下滑,但总体来说是波动上升的^[1-2]。

1998—2003年粮食产量的连续回落是改革开放以来最严重的一次粮食生产大滑坡。其间伴随了

耕地面积、粮食面积、粮食单产、粮食价格和人均粮食占有量“五下降”^[3]、生态脆弱区退耕还林^[4-7]以及粮价大幅波动下降等一系列重大事件和现象。针对粮食产量下滑,政府出台了一系列政策措施,如取消农业税、粮食补贴^[8]和托市收购^[9]等,来稳定粮食生产。之后粮食产量止跌回升,实现了2004年到2012年粮食产量9连增。

目前,中国的粮食生产进入了新的发展阶段。粮食生产格局发生了重大变化,粮食生产重心显著北移,并进一步向主产区和主要作物集中^[2,10]。传统的以人口-粮食相互影响的分布模式在新型粮食产区不再适用^[11]。但原有的影响粮食安全的压力持续存在。耕地数量的不断减少和质量的下降不但威胁着粮食播种面积的稳定和提升,也影响到粮食单产的上升潜力^[12-14];全球气候变化既影响了粮食生产的长期趋势又在左右着粮食生产的短期波动^[15-16];水资源短缺及其在各生产部分的激烈竞争成为限制粮食生产的主要因子^[17-18]。同时,随着经

收稿日期: 2013-06-21 修订日期: 2013-10-29

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金项目(2013QJ059),“十二五”国家科技支撑计划项目(2012BAD05B02),国家自然科学基金项目(41271532)。

作者简介: 刘忠(1970—),男,副教授,主要从事土地利用与信息技术研究。北京 中国农业大学资源与环境学院,100193。

Email: lzh@cau.edu.cn

*通信作者,黄峰(1972—),男,讲师,主要从事农业水资源利用研究。北京 中国农业大学资源与环境学院,100193。

Email: fhuang@cau.edu.cn

济的发展和水平的提高,食物消费需求 and 结构的变化对粮食产量和质量提出了更高的要求^[19-21]。而新的影响粮食生产的因素,如生物能源与粮食的争地^[22],国际市场与粮食贸易对国内粮食品种和市场的影响^[23],快速城镇化对土地利用变化的影响^[24]等开始显现效果。

上述影响因素显而易见地决定着粮食生产结构、面积和单产的提升空间。因此正确掌握 2003 年以来中国粮食产量增加的主要贡献因子及其贡献率,对于保持中国粮食生产水平,提升粮食生产能力,正确进行宏观调控有重要的意义。

1 数据与方法

1.1 数据

数据来自《中国统计年鉴 2004》、《中国统计年鉴 2012》和《中国农村统计年鉴汇编 1949—2004 年》。指标包括农作物总播种面积以及粮食作物、谷物、水稻、玉米、小麦、豆类和薯类的播种面积和产量,以及衍生的杂粮播种面积和产量数据。

1.2 方法

1.2.1 地区贡献率和作物贡献率

各省(自治区、直辖市,以下简称省区)以及粮食作物品种的增产贡献率通过以下公式计算

$$C_i = \frac{(Pt_i - Pb_i)}{\sum_{i=1}^k (Pt_i - Pb_i)} \quad (1)$$

式中, C_i 为地区 i 或粮食作物种类 i 的增产贡献率, Pt_i 为地区 i 或粮食作物种类 i 的目标年粮食产量, Pb_i 为地区 i 或粮食作物种类 i 的基年粮食产量。

1.2.2 粮食增产贡献因素及其贡献率计算

从粮食产量的构成来看,粮食产量的增减由粮食播种面积与粮食单产的变化共同决定。因此可以把粮食产量的提高分解为面积贡献和单产贡献。在中国粮食统计中,粮食是谷物、豆类和薯类 3 大类的总称,而谷物指稻谷、小麦和玉米 3 大高产粮食作物和其他谷物(杂粮)。统计指标上的粮食单产提高,一方面源于单个粮食作物单产的真实提高,另一方面是低产粮食作物向高产粮食作物调整而导致的数字上的提高。因此,单产贡献里实际上包含了结构变化的贡献。近年来的结构变化都是由低产粮食作物向高产粮食作物调整。由于缺乏实际的结构调整的数据,假定在粮食播种面积整体上升的前提下,播种面积下降的所有作物的下降面积全部转化为播种面积上升的所有作物的上升面积中。

由此,基年到目标年,粮食产量的变化量分解为由粮食播种面积变化贡献的产量、由粮食作物单产变化而贡献的产量以及由粮食种植结构变化所

产生的变化 3 部分。表达为

$$\Delta G = \Delta Gs + \Delta Gy + \Delta Gt \quad (2)$$

其中, ΔG 为作物产量变化量, kg; ΔGs 为作物播种面积变化贡献的产量, kg; ΔGy 为作物单产变化贡献的产量, kg; ΔGt 为粮食种植结构变化所贡献的产量, kg。

定义所有面积调减作物的总调减面积为 ΔSm , 所有面积增加作物的总增加面积为 ΔSa , 扣除结构调整调增的面积后,新增作物播种面积为 ΔSn , 则

$$\Delta Sm = \sum_{j=1}^m \Delta Sm_j \quad (3)$$

$$\Delta Sa = \sum_{i=1}^n \Delta Sa_i \quad (4)$$

$$\Delta Sn = St - Sb = \Delta Sa - \Delta Sm \quad (5)$$

$$\Delta Gt = \sum_{j=1}^m (Yt - Ym_j) \times \Delta Sm_j \quad (6)$$

式中, Ym_j 为第 j 种调减作物目标年的单产, kg/hm²; Yt 为调增作物目标年的加权平均单产, kg/hm²。即

$$Yt = \frac{\sum_{i=1}^n Ya_i \times \Delta Sa_i}{\sum_{i=1}^n \Delta Sa_i} \quad (7)$$

式中, Ya_i 为第 i 种面积增加作物的目标年单产, kg/hm²; ΔSa_i 为第 i 种调增作物的面积增加量, hm²。

面积和单产贡献的产量分别计算为

$$\Delta Gs = Yt \times \Delta Sn \quad (8)$$

$$\Delta Gy = \Delta G - \Delta Gs - \Delta Gt \quad (9)$$

由此, 3 部分的贡献率的计算公式如下

$$Cy = \frac{\Delta Gy}{\Delta G} \quad (10)$$

$$Cs = \frac{\Delta Gs}{\Delta G} \quad (11)$$

$$Ct = \frac{\Delta Gt}{\Delta G} \quad (12)$$

式中, Cy , Cs 和 Ct 分别代表单产贡献率、面积贡献率和结构调整贡献率, %。

1.2.3 地区单一作物产量贡献率的计算

在进行单一作物贡献因素贡献率计算时,由于不涉及其他作物,因此只考虑其面积贡献和单产贡献。

增产作物面积贡献率 Cs_i 的计算如下

$$Cs_i = \begin{cases} \min(Ya_i \times \Delta Sa_i, \Delta Pi), \Delta Sa_i > 0 \\ 0, \Delta Sa_i \leq 0 \end{cases} \quad (13)$$

式中, ΔPi 代表某一个省区作物 i 的增产量, kg。

增产作物单产贡献率 Cy_i 计算如下

$$Cy_i = \begin{cases} \min(\Delta Ya_i \times Sb_i, \Delta P_i), \Delta Ya_i > 0 \\ 0, \Delta Ya_i \leq 0 \end{cases} \quad (14)$$

式中, ΔYa_i 代表作物 i 的单产增量, kg/hm^2 ; Sb_i 为作物 i 基年的播种面积, hm^2 。

1.2.4 粮食增产主导类型划分

以某一因素贡献率大小划分地区和作物增产的主导类型为面积主导型、单产主导型和面积单产共同作用型。而面积、单产主导型又根据其贡献率的大小划分为以下几个主导级别:

较显式中, ΔSm_j 为第 j 种调减作物减少的面积, hm^2 ; ΔSa_i 为第 i 种面积增加作物增加的面积, hm^2 ; St 和 Sb 分别为目标年和基年的粮食作物播种面积, hm^2 。公式 (5) 说明, 播种面积增加的作物, 其播面的增加一部分是完全新增的面积, 另一部分是由于粮食种植结构调整, 由其他低产粮食作物调整过来的面积。

结构调整贡献的产量计算如下:

较显著: 贡献率 55%~65%, 以*标识;

显著: 贡献率 65%~75%, 以**标识;

极显著: 贡献率 75%~85%, 以***标识;

绝对主导: 贡献率 >85%, 以****标识。

2 结果与讨论

2.1 不同粮食作物对粮食增产的贡献

不同粮食作物对粮食总产的贡献列于表 1。可以看出, 2003—2011 年粮食增产呈现出以下特征:

1) 3 大粮食作物增产, 其他作物减产。粮食增产全部来自于玉米、稻谷和小麦。杂粮、豆类和薯类均表现出 2003 年以来的下滑势头。对粮食增产贡献最大的是玉米, 贡献率超过一半, 稻谷的贡献率略高于小麦。减产的作物中杂粮的产量下滑幅度最大, 薯类和豆类下滑幅度基本相当。可见 2003-2011 年, 中国粮食生产进一步向 3 大高产粮食作物集中, 粮食生产的专业化和集约化水平有所提高。

2) 播种面积和单产对增产均有贡献。3 大粮食作物的增产, 一方面源于其 2003-2011 年播种面积的稳中有升 (图 1a), 另一方面源于其单产水平的持续上升 (图 1b)。其中玉米播种面积扩张明显, 上升了 39.4%。稻谷和小麦小幅上升, 分别增加了 13.4% 和 10.3%。稻谷和小麦的单产年际变化平稳, 表现出逐年稳步上升的态势, 2003—2011 年分别上升了 10.3% 和 23.0%。而玉米单产的波动性稍大, 但总体也是上升的, 2003—2011 年上升了 19.4%。

表 1 粮食增产的作物贡献

Table 1 Contribution of various crops to grain output increase

作物 Crops	产量贡献 Output contribution/ 10^4t	贡献率 Contribution rate/%	播面变化 Change of sown area/%	单产变化 Change of yield/%
稻谷 Rice	4034.53	28.7	13.4%	10.3%
小麦 Wheat	3091.29	22.0	10.3%	23.0%
玉米 Maize	7695.09	54.8	39.4%	19.4%
杂粮 Minor cereals	-310.27	-2.2	-25.7%	-2.3%
豆类 Soybeans	-219.10	-1.56	-17.4%	8.6%
薯类 Tubers	-240.27	-1.71	-8.2%	1.5%
总计 Total	14051.27	100.0		

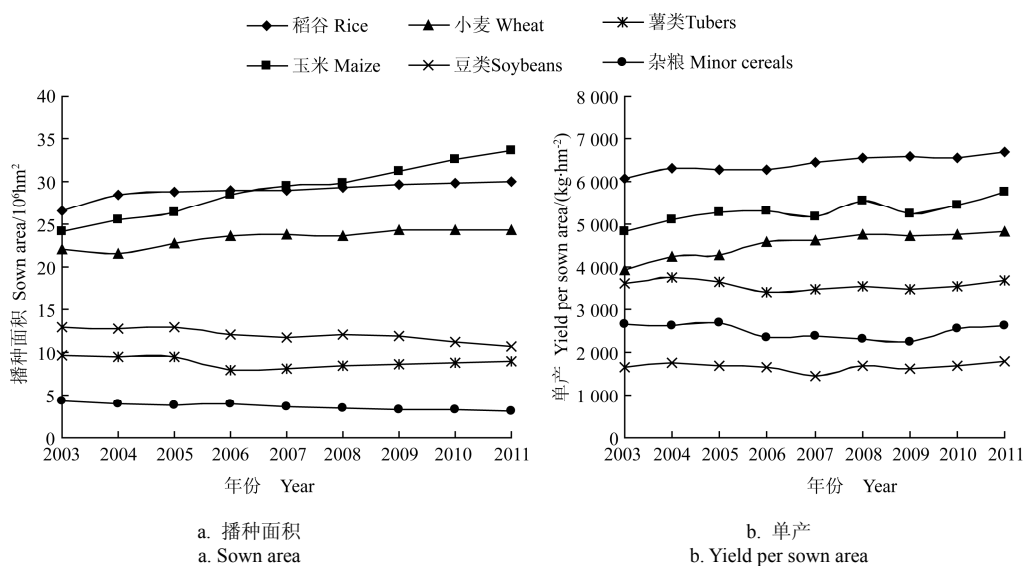


图 1 2003—2011 年粮食作物播种面积和单产变化

Fig.1 Changes of grain sown area and yield from 2003 to 2011

3) 粮食作物种植结构变化明显。具体表现为 3 大高产粮食作物调增、其他粮食作物调减, 粮食作物种植结构进一步向 3 大作物集中的态势(图 1a)。其中杂粮的播种面积逐年稳定下降, 从 2003 年到 2011 年下降了 25.7%。薯类表现出 2006 年猛烈下降以后的逐年回升态势, 与 2003 年相比, 2011 年薯类播种面积下降了 8.2%。豆类面积在 2008 年以后有加速下滑的迹象, 到 2011 年豆类播种面积下降了 17.4%。在面积缩减的同时, 这 3 类粮食作物并没有表现出明显的单产上升趋势(图 1b), 因此其面积下滑带来的产量减少不能被其上升不明显的单产水平相抵消, 因而表现为 2003-2011 年的产量下降。

可见, 2003-2011 年中国粮食增产是播种面积、单产以及种植结构调整 3 方面共同作用的结果。

2.2 单产、面积和结构调整对粮食增产的贡献率

在全国层面上, 所有增产省区所增产的粮食抵扣所有减产省区所减少的粮食后, 所表现出来的粮食产量净增长量, 有 46.3%是由播种面积增加(扣除结构调整面积)贡献的, 44.2%是由单产上升贡献的, 其余 9.5%由粮食种植结构调整贡献(表 2)。

面积和单产的贡献特征迥异。单产的正向贡献面远远广于面积的正向贡献面。在研究时段内, 31 个省区中的大部分(27 个)省区 3 大谷物的单产是上升的, 即不管其粮食总产是增加还是减少, 大部分省区的单产贡献是正向的。而播种面积的正向贡献则更多地集中于粮食增产主力省区(主要是稻谷和小麦)。稻谷约有一半(16 个)省区播种面积上升, 而小麦播种面积上升的省区只有 13 个。因此, 对于稻谷和小麦来说, 面积的正向贡献更多地出现在增产省区中, 而减产省区则更多表现为面积的负向贡献。玉米相对而言在大部分省区(28 个)都是面积正向贡献。面积和单产正向贡献面的明显差别, 暗示在全国尺度所计算得到的面积贡献率是不同地区正负贡献率相抵之后的结果, 此结果与针对增产省区所得到的面积贡献率相比, 前者会显著小于后者, 这在 2.4 节的分析中也得到了印证。

在结构调整中, 豆类调减贡献的产量最多(表 2)。豆类调减贡献了结构调整增产的一半以上, 杂粮调减贡献了 26.4%, 薯类调减贡献了 19.3%。在豆类调减中, 黑龙江的调减面积占到豆类总调减面积的 18%, 河北、辽宁、山东和陕西调减的比例也都超过总调减面积的 6%, 上述 5 个省份累积调减比例占到总调减面积的将近一半。杂粮调减最明显的依然是黑龙江, 占到总调减面积的 29.6%。其次是内蒙古、安徽、河南和吉林。这 5 个省区累积调减面积占总调减面积的 55%。薯类调减比较明显

的是河南、安徽、湖北、江苏和山东, 这 5 个省调减面积累计占到总调减面积的 65%(表 3)。可见豆类和杂粮的调减以东北地区最为明显, 而薯类调减主要是在黄淮江淮地区。

表 2 粮食增产的贡献因子及其贡献率

Table 2 Contributors and their contribution rates to grain output increase

增产因素 Contributors	贡献率 Contribution rate /%
单产 Yield	44.2
面积 Sown areas	46.3
结构调整 Structure adjustment	9.5
豆类 Soybeans	5.2
杂粮 Minor cereals	2.5
薯类 Tubers	1.8

表 3 播种面积调减的地区占比

Table 3 Provincial shares in declined sown area of minor grain crops

地区 Regions	杂粮 Minor cereals	豆类 Soybeans	薯类 Tubers
黑龙江 Heilongjiang	29.56	17.95	2.60
内蒙古 Inner Mongolia	8.39	2.49	0.05
安徽 Anhui	7.84	1.81	15.22
河南 Henan	4.75	4.51	15.54
吉林 Jilin	4.71	5.31	2.64
四川 Sichuan	4.04	3.41	-
云南 Yunnan	3.59	-	-
江苏 Jiangsu	3.02	2.40	10.41
河北 Hebei	2.98	8.64	4.44
陕西 Shaanxi	2.95	6.53	-
山西 Shanxi	2.75	1.43	1.60
辽宁 Liaoning	2.67	8.43	3.07
湖北 Hubei	2.52	5.65	14.70
山东 Shandong	2.51	6.66	9.44
贵州 Guizhou	2.49	0.29	-
湖南 Hunan	2.28	5.14	7.51
广西 Guangxi	2.23	4.97	0.77
甘肃 Gansu	1.79	1.31	-
重庆 Chongqing	1.62	-	-
浙江 Zhejiang	1.50	2.91	1.88
江西 Jiangxi	1.43	1.26	6.07
福建 Fujian	0.93	1.69	-
宁夏 Ningxia	0.86	2.99	-
广东 Guangdong	0.82	1.22	0.04
新疆 Xinjiang	0.81	0.84	2.19
青海 Qinghai	0.31	0.29	0.78
天津 Tianjin	0.25	0.80	0.18
北京 Beijing	0.15	0.55	0.14
海南 Hainan	0.12	0.29	-
西藏 Tibet	0.08	0.13	0.26
上海 Shanghai	0.07	0.08	0.47

2.3 粮食增产的地区贡献

2011 年相比于 2003 年, 粮食产量增加的省份

共有 19 个。其中, 黑龙江是粮食增产量最大的省份, 单一省份贡献率超过 20%。河南紧随其后, 单一省份贡献率达到 15%。这 2 个省累积贡献率超过 35%。其他贡献较大的省份依次是内蒙古、山东、安徽、吉林、江苏、河北、江西、辽宁、湖南、湖北和新疆。这 11 个省区各自的贡献率在 3%~7% 之间。上述 13 个省份累计贡献率超过 90%, 是中国粮食增产的主力省区(图 2)。这 13 个省区中, 除新疆之外, 其他 12 个省区均为中国的粮食主产区。可见粮食主产区对中国粮食增产的贡献巨大。但值得注意的是唯一没有进入贡献 13 强的粮食主产省四川省, 贡献率仅为 1.6%, 与山西、陕西和甘肃等传统的非粮食主产省相当, 且低于新疆 3.1% 的贡献率。四川粮食生产地位的下降值得关注。

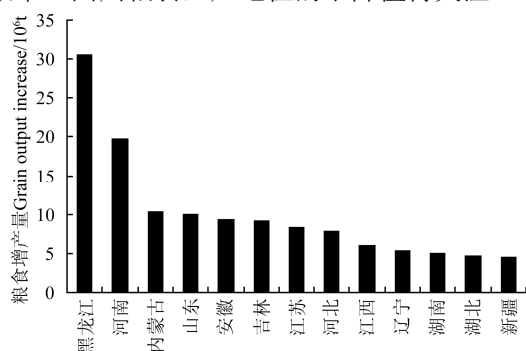


图 2 主力省区粮食增产量
Fig.2 Grain output increase in major provinces

13 个主力增产省区粮食产量的主要贡献作物有明显的区位特征(图 3)。东北农区的黑龙江、吉林和辽宁的增产作物以玉米和稻谷为主; 黄淮海农区的河南、山东和河北以小麦和玉米增产为主, 其中河南的稻谷增产量也相当可观; 长江中下游农区的安徽、江苏和湖北以小麦和稻谷为主; 江南农区的江西和湖南以稻谷为主; 新型农区中的内蒙古以玉米为主, 稻谷、小麦、杂粮、豆类 and 薯类也都增产, 是增产大省中唯一的所有粮食作物都增产的省区; 而新疆粮食增产主要以小麦为主。

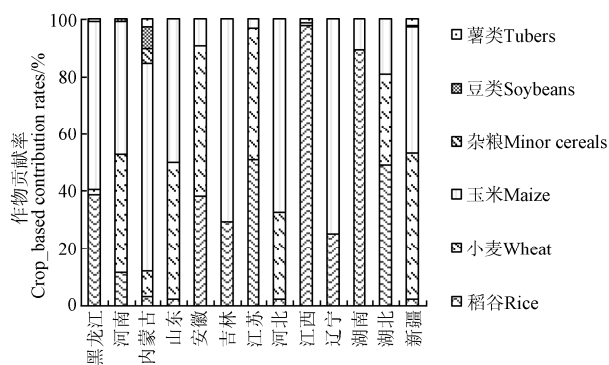


图 3 主力省区粮食增产作物贡献率
Fig.3 Crop-based contribution rates to grain output increase in major provinces

目前, 中国已经形成了以东北玉米稻谷优势区、黄淮海小麦玉米优势区、长江中下游小麦稻谷优势区、江南稻谷优势区和新型耕地扩张型粮食生产基地的大格局。显示中国粮食生产的区域化和专业化程度得以强化。在过去的 9 a 里, 除了四川盆地农区粮食生产地位下滑明显外, 各个主要农区都在稳定发展。

2.4 增产作物的空间格局特征

稻谷的产量贡献中, 黑龙江、江西、湖南、江苏和安徽 5 个省区累积贡献率超过 75%。其他贡献比较明显的省区还有吉林、湖北、河南和辽宁, 这些省区均为中国的粮食主产省区。其中以黑龙江最为突出, 单一省份贡献率达到 30.2%。

小麦的产量贡献中, 河南、安徽、山东、江苏和河北 5 省区累积贡献率超过 80%, 其他贡献教明显的省区还有新疆、湖北、内蒙古和黑龙江。其中河南贡献最大, 达到 26.9%, 安徽和山东两个省份贡献份额相当($\approx 18\%$)。

玉米的产量贡献中, 黑龙江、河南、内蒙古、吉林、山东、河北和辽宁 7 个省区累积贡献率超过 75%。其他贡献较明显的还有山西、新疆、云南、四川、甘肃和陕西。其中黑龙江最为突出, 单一省份贡献率达到 24.0%。河南其次, 达到 12.1%。内蒙古和吉林相当($\approx 9.5\%$)。

2.5 粮食增产主力省区及 3 大作物增产的主导因素

就单一地区单一作物品种而言, 产量增加不外乎面积贡献和单产贡献。以面积扩张为主的产量增长是外延式的产量增长方式, 而以单产提升为主的产量增长则代表了内涵式的产量增长方式。理清不同地区和作物产量增长的主导方式, 对于稳定和提升中国粮食生产水平, 有针对性地进行宏观调控有重要意义。

2.5.1 3 大作物增产的主导因素

从表 4 各列汇总的结果可以看出, 3 大粮食作物中稻谷和玉米的增产都属于面积主导型, 达到显著主导水平。稻谷增产贡献前 5 位的省区中, 除了安徽是单产主导外, 其他地区均为面积主导。尤其是贡献率最高的黑龙江, 为面积绝对主导类型。黑龙江的稻谷面积扩张主要依托丰富的后备耕地资源和结构调整。而江淮稻区稻谷面积的扩张则主要得益于复种指数的提高, 近年来双季稻的恢复性增长是这些省区稻谷面积扩大的主要原因。

位列玉米增产贡献前 7 位的省区中, 河南为单产主导型, 河北和吉林面积和单产主导性都不显著, 属于面积单产共同作用型, 其他 4 个都属于面积主导型。尤其是辽宁, 为面积绝对主导型。贡献率最大的黑龙江属于极显著面积主导型。玉米面积

的扩张一方面缘于耕地后备资源丰富地区的新增面积,而全国范围内玉米面积的扩张主要来源于作物种植结构的调整。以山西为例,山西位列玉米增产省区第 8 位。而山西省从 2003 年到 2011 年,只有玉米产量持续上升,其他粮食作物产量都在下滑。玉米产量的增长源于近年来玉米地膜覆盖和密植技术的大面积推广和杂粮及薯类面积的下降。

小麦中的冬小麦表现为单产和面积共同作用型,单产贡献稍大于面积贡献。小麦增产前 5 位的

省区中,河南、安徽和河北属于单产主导型,江苏属于面积主导型,而山东为面积和单产共同主导型。冬小麦的产量贡献特征显示中国冬麦主产区冬小麦播种面积的增加潜力有限,在播种面积达到近乎极限的情况下,要想达到持续增产,需要对单产给予更多的关注。春小麦明显不同于冬小麦,属于面积主导型,达到极显著主导水平。其中新疆为面积绝对主导型,内蒙古为面积极显著主导型。这两个地区均为中国后备耕地资源比较丰富的省区。

表 4 增产粮食作物的面积、单产和地区贡献率

Table 4 Contribution rate of sown area and yield of various crops to grain output increase in different provinces

地区 Regions	稻谷 Rice			小麦 Wheat			玉米 Maize			总计 Total		增产主导 Dominant factor
	面积 Area	单产 Yield	地区 Region	面积 Area	单产 Yield	地区 Region	面积 Area	单产 Yield	地区 Region	面积 Area	单产 Yield	
黑龙江 Heilongjiang [#]	95.0	5.0	27.7	37.1	62.9	2.0	80.1	19.9	23.8	85.0	15.0	面积****
河南 Henan	42.8	57.2	5.3	36.6	63.4	25.5	38.5	61.5	12.0	38.2	61.8	单产*
内蒙古 Inner Mongolia [#]	60.5	39.5	0.7	81.9	18.1	2.8	88.7	11.3	9.6	86.9	13.1	面积****
山东 Shandong	38.2	61.8	0.6	53.1	46.9	16.5	68.6	31.4	7.3	60.5	39.5	面积*
安徽 Anhui	38.0	62.0	9.6	33.0	67.0	17.6	83.1	16.9	1.3	39.6	60.4	单产*
吉林 Jilin	44.4	55.6	6.9				52.3	47.7	9.3	50.0	50.0	
江苏 Jiangsu	73.6	26.4	10.4	57.5	42.5	12.7	0.0	100.0	0.4	63.9	36.1	面积*
河北 Hebei	28.2	71.8	0.4	42.0	58.0	7.9	52.2	47.8	7.3	48.5	51.5	
江西 Jiangxi	63.1	36.9	13.4				79.0	21.0	0.1	63.2	36.8	面积*
辽宁 Liaoning	79.2	20.8	3.5				98.4	1.6	5.8	93.5	6.5	面积****
湖南 Hunan	82.3	17.7	11.5				35.9	64.1	0.8	77.4	22.6	面积***
湖北 Hubei	66.6	33.4	6.3	77.8	22.2	5.5	96.4	3.6	1.4	75.9	24.1	面积***
新疆 Xinjiang [#]	29.7	70.3	0.2	95.8	4.2	7.1	92.3	7.7	2.6	92.7	7.3	面积****
总计 Total	71.2	28.8	96.5	45.3 82.7 [#]	54.7 17.3 [#]	97.6	69.5	30.5	81.7	65.5	34.5	面积**
增产主导 dominant factor	面积**			#面积***			面积**					

注: *表示较显著 (55%~65%); **表示显著 (65%~75%); ***表示极显著 (75%~85%); ****表示绝对主导 (>85%); #表示春小麦区。
Note: * expresses light significance(55%~65%), ** expresses significance (65%~75%), *** expresses dominant (>85%), # expresses spring wheat.

2.5.2 增产主力省区增产的主导因素

从表 2 各行汇总的结果可以看出,大部分主力省区 (9 个) 表现为面积主导的增产类型。其中黑龙江、内蒙古、辽宁和新疆表现为面积绝对主导的增产类型; 湖南和湖北表现为面积极显著主导的增产类型; 山东、江苏和江西为面积较显著主导的增产类型。表现出单产主导的只有河南和安徽, 均为较显著主导。吉林和河北 3 大谷物增产中面积和单产的贡献基本相当。

汇总 13 个主力增产省区的 3 大谷物增产贡献, 总体表现为面积显著主导的增产特征。由于本小结讨论的是单一的粮食作物, 不涉及粮食作物结构调整所带来的不同粮食作物播种面积的相互转化。因此本小结中增产主力省区 3 大谷物总的面积贡献率实际上包含了结构调整的贡献率。假定主力省区结构调整贡献率与全国结构调整贡献率相同, 则在减掉 9.5 个百分点的结构贡献率后, 主力省区 3 大谷物的面积贡献率为 56.0%。依然表现为面积主导的增产特征。也就是说, 2003—2011 年的粮食增产整

体表现为外延式为主的增产方式。

3 结论与讨论

2003 年以来的粮食连续增产为中国粮食安全提供了有力的保障。但如何巩固粮食生产能力, 保持粮食生产持续健康稳定地增长, 依然是政策制定者和相关研究人员值得讨论的问题。总结本文的结果, 可以看出 2003 年以来中国粮食增产具有以下特点:

1) 粮食增产以面积扩张为主, 单产增加为辅。面积的扩张主要以北方耕地后备资源相对丰富的东北黑龙江和内蒙古以及西北地区的新疆为主。经过连续多年的播种面积扩张, 这些地区后备耕地资源扩张的潜力已经大大降低, 而该地区今后粮食生产能否继续稳定增长也面临着水资源能否满足的考验。

2) 2003 年以来的粮食增产伴随着粮食种植结构的较大调整。具体表现为杂粮、豆类和薯类的全面退缩以及玉米的大面积扩张。由于小杂粮、豆类和薯类的单产相比 3 大粮食作物要低很多。因此, 由于种植结构的变化而导致的粮食增产也占了相

当的比例。当前 3 大粮食作物的比例已经高达 82%。随着人民生活水平的提高和国际粮食市场的容量限制, 保持适当比例的小杂粮以及豆类 and 薯类是非常有必要的, 因此今后继续调减其他粮食作物, 扩大 3 大粮食作物的空间已经不大。

3) 粮食增产的单产贡献不容小觑。尽管在过去的 9 连增中面积扮演了最主要的角色, 但单产的贡献也占了相当的比例。尤其是小麦, 其单产贡献率超过面积贡献率。持续稳定的科技投入和基础设施建设是保持单产稳定增长的必要手段。由于小麦的单产水平低于稻谷和玉米, 因此目前小麦的单产水平继续表现出一定的潜力, 而稻谷和玉米则已显得提升乏力。保持持续稳定的科技投入是提高粮食作物单产水平的基本手段。而通过兴修水利、提升农业装备等具有长效作用的政策机制以及农业技术推广, 可以促成科研成果的迅速转化, 提高综合配套技术的示范推广效果, 缩小现实产量和科研产量的差距, 从而进一步提高粮食作物的单产。

4) 对增产主力省区 3 大谷物增产的贡献因素分析中, 其面积贡献率 (56%) 大于全国层面面积对粮食增产的贡献率 (46.3%), 暗示了减产省区及减产作物的产量减少中面积同样是主导贡献因素。进一步显示了政策因素对于稳定粮食播种面积的重要作用。因而, 稳定粮食种植面积是当前稳定粮食产量, 防止出现粮食生产大滑坡的基本前提。

当前, 中国农村酝酿着新的变革。原有的政策性好面临着释放完毕的境况, 新的发展瓶颈初露端倪。如何在新一轮农村改革中通过机制创新, 继续刺激粮食生产, 是当前需要认真研究的问题。东中部地区城镇化和新型农村建设以及农村土地流转及其带来的家庭农场新动向的出现, 或许是今后中国粮食生产一个新的增长点。

[参 考 文 献]

- [1] 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, 41(1): 5—18.
Lu Wencong, Qi Huibo, Li Yuanlong. The tendency of China's grain supply and demand under globalization[J]. Journal of Zhejiang University: Humanities and Social Sciences, 2011, 41(1): 5—18. (in Chinese with English abstract)
- [2] 张军, 覃志豪, 李文娟, 等. 1949—2009 年中国粮食生产发展与空间分布演变研究[J]. 中国农学通报, 2011, 27(24): 13—20.
Zhang Jun, Qin Zhihao, Li Wenjuan, et al. Change of grain production and its spatial distribution in China during the 1949—2009 periods[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2011, 27(24): 13—20. (in Chinese with English abstract)
- [3] 王玉斌. 中国粮食产量波动研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2006.
Wang Yubin. Study on China's Grain Output Fluctuations[D]. Beijing: China Agricultural University, 2006. (in Chinese with English abstract)
- [4] Uchida Emi, Rozelle Scott, Xu Jintao. Conservation Payments, Liquidity Constraints and Off-farm Labor: Impact of the Grain for Green Program on Rural Households in China[A]. Yin Runsheng. An integrated Assessment of China's Ecological Restoration Programs[C]// Springer Netherlands, 2009: 131—157.
- [5] Sun Danfeng, Li Hong, Dawson R, et al. Characteristics of steep cultivated land and the impact of the Grain-for-Green policy in China[J]. Pedosphere, 2006, 16(2): 215—223.
- [6] Xu Zhigang, Xu Jintao, Deng Xiangzheng, et al. Grain for Green versus grain: Conflict between food security and conservation set-aside in China[J]. World Development, 2006, 34(1): 130—148.
- [7] 刘忠, 李保国. 退耕还林工程实施前后黄土高原地区粮食生产时空变化[J]. 农业工程学报, 2012, 28(11): 1—8.
Liu Zhong, Li Baoguo. Spatial and temporal changes in grain production before and after implementation of Grain for Green project in Loess Plateau region[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2012, 28(11): 1—8. (in Chinese with English abstract)
- [8] 刘永芳. 中国粮食补贴政策效应分析[J]. 世界农业, 2013(1): 133—136.
Liu Yongfang. Analysis of effect of grain subsidy policy in China[J]. World Agriculture, 2013(1): 133—136. (in Chinese with English abstract)
- [9] 朱满德. 中国粮食宏观调控的成效和问题及改革建议[J]. 农业现代化研究, 2011, 32(4): 390—394.
Zhu Mande. Effects, problems and reform proposals for China grain macro regulation-control[J]. Research of Agricultural Modernization, 2011, 32(4): 390—394. (in Chinese with English abstract)
- [10] 屈宝香, 张华, 李刚. 中国粮食生产布局与结构区域演变分析[J]. 中国农业资源与区划, 2011, 32(1): 1—6.
Qu Baoxiang, Zhang Hua, Li Gang. Analysis of the evolution on the layout and structure of regional food production in China[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2011, 32(1): 1—6. (in Chinese with English abstract)
- [11] 刘忠, 李保国. 基于土地利用和人口密度的中国粮食产量空间化[J]. 农业工程学报, 2012, 28(9): 1—8.
Liu Zhong, Li Baoguo. Spatial distribution of China grain output based on land use and population density[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2012, 28(9): 1—8. (in Chinese with English abstract)
- [12] 陈百明, 周小萍. 中国粮食自给率与耕地资源安全底线的探讨[J]. 经济地理, 2005, 25(2): 145—148.
Chen Baiming, Zhou Xiaoping. Analysis on the grain self-sufficient ratio and the safe baseline of cultivated land in China[J]. Economic Geography, 2005, 25(2): 145—148. (in Chinese with English abstract)
- [13] Yang Hong, Li Xiubin. Cultivated land and food supply in China[J]. Land Use Policy, 2000, 17(2): 73—88.
- [14] Verburg Peter H, Chen Youqi, Veldkamp Tom A. Spatial explorations of land use change and grain production in China[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2000, 82(1/3): 333—354.
- [15] 殷培红, 方修琦, 张学珍, 等. 中国粮食单产对气候变化的敏感性评价[J]. 地理学报, 2010, 65(5): 515—524.
Yin Peihong, Fang Xiuqi, Zhang Xuezheng, et al. Identification of the susceptible regions to climate change impact on grain yield per unit area in China[J]. Acta

- Geographica Sinica, 2010, 65(5): 515—524. (in Chinese with English abstract)
- [16] Simelton Elisabeth, Fraser Evan D G, Termansen Mette, et al. Typologies of crop-drought vulnerability: an empirical analysis of the socio-economic factors that influence the sensitivity and resilience to drought of three major food crops in China (1961–2001)[J]. Environmental Science and Policy, 2009, 12(4): 438—452.
- [17] 杨贵羽, 汪林, 王浩. 基于水土资源状况的中国粮食安全思考[J]. 农业工程学报, 2010, 26(12): 1—5.
Yang Guiyu, Wang Lin, Wang Hao. Thinking of food security in China based on regional water resources and land cultivation[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2010, 26(12): 1—5. (in Chinese with English abstract)
- [18] 李保国, 黄峰. 1998—2007 年中国农业用水分析[J]. 水科学进展, 2010, 21(4): 575—583.
Li Baoguo, Huang Feng. Trends in China's agricultural water use during recent decade using the green and blue water approach[J]. Advances in Water Science, 2010, 21(4): 575—583. (in Chinese with English abstract)
- [19] Gould Brian W, Villarreal Hector J. An assessment of the current structure of food demand in urban China[J]. Agricultural Economics, 2006, 34(1): 1—16.
- [20] Gale H. Frederick, Huang Kuo. Demand for Food Quantity and Quality in China[R]. USDA Economic Research Report No. 32. Available at SSRN: <http://ssrn.com/abstract=1739091>, 2007.
- [21] Ma Hengyun, Huang Jikun, Fuller Frank, et al. Getting rich and eating out: consumption of food away from home in urban China[J]. Canadian Journal of Agricultural Economics, 2006, 54(1): 101—119.
- [22] Yang Hong, Zhou Yuan, Liu Junguo. Land and water requirements of biofuel and implications for food supply and the environment in China[J]. Energy Policy, 2009, 37(5): 1876—1885.
- [23] Yang Jun, Qiu Huanguang, Huang Jikun, et al. Fighting global food price rises in the developing world: The response of China and its effect on domestic and world markets[J]. Agricultural Economics, 2008(s1), 39: 453—464.
- [24] Chen Jie. Rapid urbanization in China: A real challenge to soil protection and food security[J]. Catena, 2007, 69(1): 1—15.

Investigating contribution factors to China's grain output increase in period of 2003 to 2011

Liu Zhong, Huang Feng^{*}, Li Baoguo

(Key Laboratory of Arable Land Conservation (North China) of Ministry of Agriculture, College of Resource and Environment, China Agriculture University, Beijing 100193, China)

Abstract: China's grain output has continued to increase since 2003. Identifying contributing and driving factors and quantifying their contribution rates to the increase of grain output (IGO) will help to make a correct agriculture policy to maintain or improve the grain production capacity. Using the statistics of outputs, sown areas, and yield (output of per unit sown area) of grain production and its composition crops (i.e. rice, maize, wheat, soybeans, tubers, and minor cereals according to National Bureau of Statistics of China), this paper analyzed the contributors and their contribution rates to IGO from crops and regional aspects. Furthermore, an algorithm was constructed to divide driving factors into sown area, yield, and adjustment of grain structure. The driving types of IGO were delineated according to the contribution rate of sown areas and yield for regions and crops. The results showed that the IGO were all from rice, wheat, and maize, which were considered as high yield crops compared to other grain crops. The largest crop contributor was maize, with a contribution rate of more than 50%. The output of minor cereals, soybeans, and tubers all declined during the period of 2003–2011, with the reduction rate of 25.7%, 17.4%, and 8.2% on sown areas for minor cereals, soybeans, and tubers respectively. Heilongjiang and Henan were the largest region contributors, whose cumulative contribution rate reached up to 35%. The top 13 provinces with the cumulative contribution rate more than 90% were mostly the major grain-producing provinces, except for Xinjiang. As a traditional major grain producing province, the contribution rate of IGO in Sichuan was just 1.6%. This value was roughly in line with the values of Shanxi, Shaanxi, and Gansu, which were all non-major grain producing provinces. At the national scale, the sown area of grain was the strongest driving factor, with a contribution rate of 46.3%, followed by yield, contributing 44.2% to IGO. Adjustment of grain structure contributed the remaining 9.5%, more than half of it coming from conversion of sown areas from soybeans to maize and rice. With respect to crops, the IGO in rice, maize, and spring wheat were mainly driven by the sown areas. The driving factors of the IGO in winter wheat were sown areas and yield, with yield slightly larger than sown area. At the regional scale, the sown area was the dominant factor to drive IGO in most of the main contribution provinces. Yield per unit sown area became the major driving factor only in Henan and Anhui. The contribution of sown area and yield were almost equal in Jilin and Hebei. Overall, China's IGO in the period of 2003–2011 belonged to the type of sown-area dominance. Henceforth, the potential of sown areas adjustment from low-yield crops to high-yield crops is limited by the consumption patterns of grains and the capacity of the international trade in grain. Therefore, in addition to stabilizing the sown areas of grain crops, improving grain yield is another important strategy to further stabilize and increase grain production capacity. The results will be able to provide a decision-making basis for China's agricultural policy adjustments.

Key words: grain, crops, production, increase of grain output, contribution factors, yield, sown areas, adjustment of grain structure

(责任编辑: 刘丽英)