

# 中国耕地资源与粮食增产潜力分析

陈印军, 易小燕, 方琳娜, 杨瑞珍

(中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081)

**摘要:**【目的】分析未来中国耕地数量和粮食增产潜力, 为国家粮食安全决策提供参考。【方法】以 1980/1996—2013 年耕地面积和粮食生产系列数据为样本, 应用时间序列预测方法, 基于中国第二次全国土地调查结果, 预测 2020 年全国耕地面积、耕地复种指数、粮食作物与非粮食作物面积比、粮食作物种植结构, 并从“高产示范区单产水平”、“品种区试单产水平”、趋势单产等多视角分析未来全国粮食增产潜力。【结果】到 2020 年, 全国耕地面积为  $1.32 \times 10^8 \text{ hm}^2$ , 粮食作物与非粮食作物面积占比为 66 : 34, 粮食作物播种面积为  $1.12 \times 10^8 \text{ hm}^2$ ; 从“高产示范区单产水平”看全国粮食总产有 68.9% 的增产潜力, 从“品种区试单产水平”看全国粮食总产有 35.5% 的增产潜力, 从趋势单产看 2020 年全国粮食总产潜力为  $6.34 \times 10^8$ — $6.53 \times 10^8 \text{ t}$ , 与 2013 年相比增产 5.3%—8.5%。【结论】未来中国耕地面积和粮食作物播种面积呈小幅减少之势, 但在粮食作物单产不断提高的拉动下, 未来中国粮食总生产能力继续呈上升之势。

**关键词:** 耕地资源; 复种指数; 粮食生产潜力; 粮食安全; 中国

## Analysis of Cultivated Land and Grain Production Potential in China

CHEN Yin-jun, YI Xiao-yan, FANG Lin-na, YANG Rui-zhen

(Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

**Abstract:** 【Objective】The purpose of this study is to reveal grain production potential and cultivated land resources and provide a reference for national food security decisions. 【Method】The time series forecasting method was used to forecast the arable land area, cropping index, food and non-food crops area ratio, crop planting structure in 2020 by using the cultivated land area and grain production series data in 1980/1996-2013 as sampled and based on the results of the second survey of land resources. Then the potential of the nation's grain yield increase was analyzed from the multi-angle of view the high-yield demonstration area, the unit-yield level in variety regional test. 【Result】By 2020, the national cultivated land area will be  $1.32 \times 10^8 \text{ hm}^2$ , grain crops and non-crops area will account for 66:34, grain crops acreage will be  $1.12 \times 10^8 \text{ hm}^2$ . The potential of national grain production will be 68.9% from high-yield demonstration area and 35.5% from regional trial variety. By 2020, the potential of national grain production will reach  $6.34 \times 10^8$ — $6.53 \times 10^8 \text{ t}$ , with 5.3%-8.5% increase compared to 2013. 【Conclusion】In the future, the cultivated land and grain crops area will be decreased, but the national total grain production capacity will be continued show a upward trend with the pulling of crop yield increasing.

**Key words:** cultivated land resources; multiple cropping index; grain production potential; food security; China

## 0 引言

【研究意义】中国是世界第一人口大国, 粮食安全事关国家和社会稳定大局。耕地是粮食生产的

基础, 在系统分析中国耕地资源状况、变化态势及未来耕地面积、耕地复种指数、粮食作物与非粮食作物面积比、粮食作物种植面积、粮食作物单产基础上, 进一步分析未来中国粮食增产潜力, 对制定国家粮食

收稿日期: 2015-08-17; 接受日期: 2016-01-04

基金项目: 国家科技支撑计划课题 (2012BAD05B01)、中国农业科学院科技创新工程协同新行动——东北黑土地保护

联系方式: 陈印军, E-mail: chenyinjun@caas.cn

安全决策具有重要启示意义。【前人研究进展】耕地资源及粮食增产潜力是一个热门话题,尤其是自莱斯特·R·布朗<sup>[1]</sup>提出“谁来养活中国”之后,耕地与粮食生产问题更是成为国内学术研究的热点领域,但以往人们研究中国耕地、耕地复种指数、粮食生产等问题多基于统计耕地面积<sup>[2-5]</sup>,或基于第一次全国土地调查结果<sup>[6-10]</sup>,或基于1990年土地利用概查数据<sup>[11]</sup>。关于中国粮食生产潜力到底有多大,目前没有一个统一的说法,张晋科等<sup>[12]</sup>根据105个农业生态小区的品种区试单产和2004年分区和全国粮食作物播种面积分析计算2004年全国耕地粮食总生产能力为 $9.20 \times 10^8$  t;党安荣等<sup>[13]</sup>基于气候生产潜力、土地生产潜力、社会生产潜力和分县粮食作物播种面积,计算全国粮食生产绝对潜力总值为 $8.87 \times 10^8$  t;戚世钧等<sup>[14]</sup>以粮食作物播种面积、化肥用量、粮食收购价格、受灾面积和灌溉面积为影响因素构建分析模型,预测到2030年全国粮食生产总量为 $6.23 \times 10^8$  t;卢布等<sup>[15]</sup>利用“农业综合预测法”分析预测2020年全国粮食总产可达到 $5.58 \times 10^8$ — $6.00 \times 10^8$  t;陈百明<sup>[16]</sup>基于第一次全国土地调查结果,分析预测到2030年全国耕地面积 $12\,470 \times 10^4$  hm<sup>2</sup>,粮食作物播种面积 $13\,090 \times 10^4$  hm<sup>2</sup>,粮食总产 $7.38 \times 10^8$  t;李国祥<sup>[17]</sup>在假设中国耕地保护到位、农民种粮积极性得到维护和激励、全国粮食播种面积不会下降的情况下,根据2006—2013年间主要粮食作物单产增长趋势预测2020年全国粮食生产能力为 $6.7 \times 10^8$ — $7.0 \times 10^8$  t。【本研究切入点】基于中国第二次土地调查结果,分析2020年全国耕地面积、耕地复种指数、粮食作物与非粮食作物面积比、粮食作物种植结构,并从“高产示范区单产水平”、“品种区试单产水平”、趋势单产等多视角分析未来全国粮食增产潜力。【拟解决的关键问题】将基于第一次全国土地调查的1996—2008年间的耕地面积数修正为基于第二次全国土地调查的耕地面积数,以实现数据标准的一致性;从多视角分析未来全国粮食增产潜力。

## 1 材料与方法

### 1.1 数据来源

耕地面积数据来源于国土资源部等部门公布数据,其中1996年耕地面积为第一次全国土地调查数据,来源于国土资源部、国家统计局、全国农业普查办公室《关于土地利用现状调查主要数据成果的公报》<sup>[18]</sup>;1997—2008年耕地面积为基于第一次全国土地调查的耕地面积数,来源于国土资源部《中国国土资源年

鉴/中国土地年鉴》;2009年耕地面积为第二次全国土地调查数据,来源于国土资源部、国家统计局、国务院第二次全国土地调查领导小组办公室《关于土地利用现状调查主要数据成果的公报》<sup>[19]</sup>;2010—2013年耕地面积为基于第二次全国土地调查的耕地面积数,来源于国土资源部2014中国国土资源公报<sup>[20]</sup>。

农作物播种面积、粮食作物播种面积、粮食作物产量等粮食生产数据来源于农业部历年《中国农业统计资料》。

### 1.2 耕地面积调整方法

本文采用的耕地面积数据来源于两次土地调查,其中1996—2008年期间的耕地面积基于第一次全国土地调查,2009—2013年期间的耕地面积基于第二次全国土地调查。两次土地调查所采用的标准与技术方法不同,其结果不能直接进行简单比较,为此本文将1996—2008年间的耕地面积调整为基于第二次全国土地调查的耕地面积数。根据第二次全国土地调查结果,2009年全国耕地面积为 $13\,538.5 \times 10^4$  hm<sup>2</sup>,比基于第一次全国土地调查逐年变更到2009年的耕地数据多出 $1\,358.7 \times 10^4$  hm<sup>2</sup>。以 $1\,358.7 \times 10^4$  hm<sup>2</sup>为差值,将基于第一次全国土地调查的1996—2008年的分年耕地面积数分别加上这一差值,得到基于第二次全国土地调查的各年度耕地面积数。

### 1.3 研究方法

本研究采用时间序列预测——趋势预测方法。以1980/1996—2013年数据列为观察值,绘制以时间T为横轴、时序观察值为纵轴的时序变化曲线,以多种常规趋势模型进行趋势拟合,选择拟合度高、未来趋势与国家政策调控相一致的1—2个模型对未来进行预测,预测年限为7年,即2014—2020年。

## 2 结果

### 2.1 中国耕地数量及其变化

2.1.1 现有耕地面积 中国到底有多少耕地?根据来源,目前有两套数据,一套是基于第一次全国土地调查数据;另一套是基于第二次全国土地调查数据。基于第一次全国土地调查结果,至2008年底,全国耕地面积为 $12\,171.6 \times 10^4$  hm<sup>2</sup>;根据第二次全国土地调查结果,2009年底全国耕地面积为 $13\,538.5 \times 10^4$  hm<sup>2</sup>,比基于第一次全国土地调查1996年耕地面积逐年变更到2009年耕地面积数多出 $1\,358.7 \times 10^4$  hm<sup>2</sup>,多出11.2% (注:并非实际拥有耕地数量的增

加，而是调查标准和调查技术方法等差异的结果）；2013 年底全国耕地保有面积为  $13\,516.3\times 10^4\text{hm}^2$ 。

2.1.2 耕地面积变化趋势 表 1 反映了基于第一次全国土地调查的 1996—2008 年和基于第二次全国土地调查的 2009—2013 年全国耕地面积。由于是基于不同的调查标准与技术方法，2008 年与 2009 年间的耕地面积出现断崖式变化（图 1）。

表 2 反映了基于相同标准，即基于第二次土地调查的 1996—2013 年间的全国耕地面积数。从调整后的 1996—2013 年全国耕地面积变化趋势看，全国耕地面积呈逐年减少之势，不过减少幅度趋于缩小（图 2）。

表 1 1996—2013 年间全国耕地面积变化情况

Table 1 The changes of cultivated land area in 1996-2013 ( $\times 10^4\text{hm}^2$ )									
年份 Year	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
耕地 cultivated land	13003.9	12990.3	12964.2	12920.5	12824.3	12761.6	12593.0	12339.2	12244.4
年份 Year	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
耕地 Cultivated land	12208.3	12177.6	12173.5	12171.6	13538.5	13526.8	13523.9	13515.9	13516.3

1996—2008 年耕地面积基于第一次全国土地调查，2009—2013 年耕地面积基于第二次全国土地调查  
1996-2008 cultivated land based on the first national land survey, 2009-2013 cultivated land based on the second national land survey

表 2 基于第二次土地调查的 1996—2013 年全国耕地面积

Table 2 The cultivated land area based on the second national land survey in 1996-2013 ( $\times 10^4\text{hm}^2$ )									
年份 Year	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
耕地 cultivated land	14362.6	14349.0	14322.9	14279.2	14183.0	14120.3	13951.7	13697.9	13603.1
年份 Year	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
耕地 Cultivated land	13567.0	13536.3	13532.2	13530.3	13538.5	13526.8	13523.9	13515.9	13516.3

1996—2008 年间耕地面积经过调整成为基于第二次全国土地调查的数据  
1996-2008 cultivated land become adjusted based on the second national land survey data

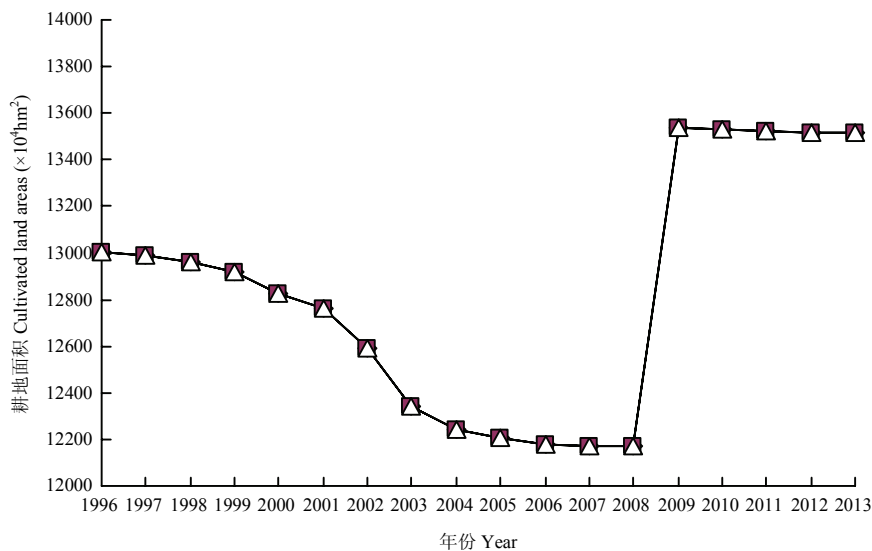


图 1 全国耕地面积变化情况（调整前）

Fig. 1 The changes of the national cultivated land area(before adjustment)

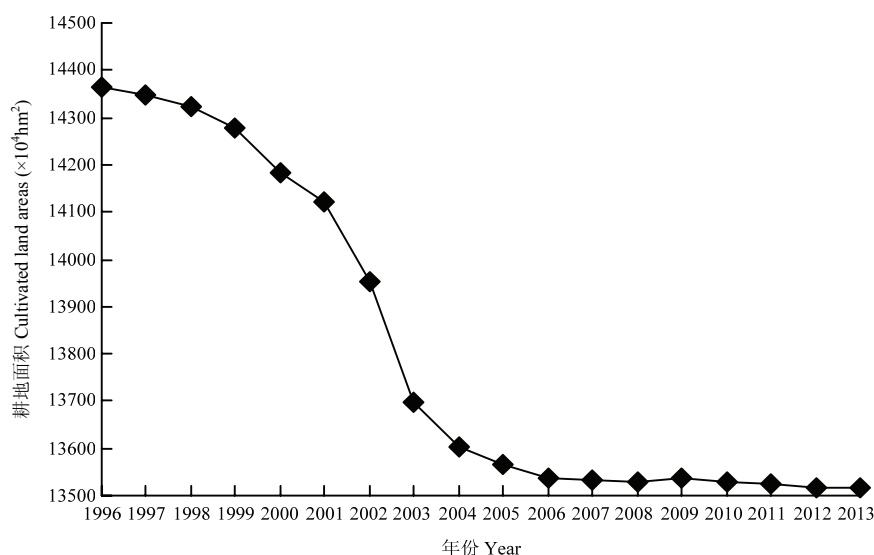


图 2 全国耕地面积变化情况（调整后）

Fig. 2 The changes of the national cultivated land area(after adjustment)

2.1.3 2020 年耕地面积预测 以经过调整后的 1996—2013 年全国耕地面积数据为样本,应用趋势模型进行拟合,其结果:

$$L_{T1} = -59.9571T + 14383.8679, R^2 = 0.8343.$$

$$L_{T2} = -403.1242\ln(T) + 14629.3798, R^2 = 0.8508;$$

$L_T$  为第  $T$  年耕地面积预测值,其中  $L_{T1}$  和  $L_{T2}$  分别代表两个拟合模型; $T$  为时间序号,首年为 1,下同。

以 2013 年底全国耕地面积为基数,对两种模型的拟合结果进行修正,2020 年全国年耕地面积预测结果分别为  $13\,090 \times 10^4 \text{hm}^2$  和  $13\,383 \times 10^4 \text{hm}^2$ ,取其均值为  $13\,236 \times 10^4 \text{hm}^2$ 。

## 2.2 耕地复种指数及其变化

2.2.1 现有耕地复种指数 耕地复种指数是指 1 年内在同一地块耕地上种植农作物的平均次数,实际上称之为“耕地种植指数”更为确切,但目前各种文献一般均用“耕地复种指数”这一名词,一般用百分数表示。耕地复种指数=全年农作物种植总面积/耕地总面积 $\times 100\%$ 。

中国的耕地复种指数到底是多少?目前没有一个统一的说法。过去,中国每年均发布来自于统计部门的耕地面积数,直至 1996 年。1996 年全国统计耕地面积为  $9\,546.7 \times 10^4 \text{hm}^2$ <sup>[21]</sup>,据此计算 1996 年全国耕地复种指数为 159.7%;根据 1980—1996 年间全国耕地复种指数变化趋势推测,至 2013 年全国耕地复种指数应该已上升至 173%。刘巽浩<sup>[5]</sup>1997 年基于全国统

计耕地面积预测 2010 年全国耕地复种指数(潜力)为 170%;闫慧敏等<sup>[22]</sup>基于多时相遥感信息分析获得 1996—2000 年间全国耕地复种指数均值为 142%;范炳龙等<sup>[23]</sup>基于 NDVI 曲线分析获得 1999、2000、2001、2002 年全国耕地复种指数分别为 156.8%、153.4%、157.7%和 151.1%。

1996 年后,中国不再发布统计耕地面积数,而是采用国土部门基于第一次全国土地调查的耕地面积数,直至 2008 年。根据第一次全国土地调查结果,1996 年全国耕地面积为  $13\,003.9 \times 10^4 \text{hm}^2$ ,据此计算的 1996 年全国耕地复种指数为 117.2%;2008 年全国耕地面积为  $12\,171.6 \times 10^4 \text{hm}^2$ ,耕地复种指数为 128.4%。

根据基于第二次全国土地调查的 2009—2013 年间全国耕地面积(表 1),2009 年全国耕地复种指数为 117.2%,2013 年为 121.8%。

上面的分析结果表明,数据来源不同,得到的耕地复种指数存在很大的差异。从实际用于种植农作物耕地的复种指数看,中国东北和西北大部分耕地的复种指数为 100%(即一年一熟);黄淮海平原大部分耕地的复种指数为 200%(冬小麦+夏玉米一年两熟),部分为 150%(二年三熟),部分为 100%(北部一熟区和中南部棉花产区);长江以南大部分耕地的复种指数为 200%(一年二熟),部分为 300%(一年三熟),少部分为 100%。一些遥感分析结果也证实了这一结论<sup>[23-25]</sup>。从遥感分析结果看<sup>[23]</sup>,全国实际用于种植农

作物的耕地复种指数在 150%以上。但根据基于第二次全国土地调查的 2013 年耕地面积,全国耕地复种指数只有 121.8%。这说明在全国总耕地面积中有部分耕地并未用于种植农作物,即有一部分耕地处于撂荒状态<sup>[26-28]</sup>,一部分用于种植花卉苗木、经济林果和其他绿化植物,还有一部分非农占用。所以,用基于第二次全国土地调查的耕地面积作分母计算得到的耕地复种指数明显低于实际用于种植农作物的耕地复种指数。因为我们平常所用的耕地面积是耕地总面积,而不是实际种植农作物的耕地面积,并且实际用于种植农作物的耕地面积数据也难以获得,所以本文采用国

土部门发布的基于第二次全国土地调查的耕地面积数计算耕地复种指数,即 2009 年全国耕地复种指数为 117.2%,2013 年为 121.8%。

**2.2.2 耕地复种指数变化趋势** 前面的分析结果表明,数据来源不同,计算所得耕地复种指数存在很大差异。本文以基于第二次全国土地调查修正后的 1996—2013 年全国耕地面积(表 2)和农业部历年农作物播种面积为依据,计算获得 1996—2013 年间全国耕地复种指数(表 3)。结果表明全国耕地复种指数呈逐年增长之势,1996—2013 年间共上升了 15.7 个百分点,平均每年递增 0.92 个百分点。

表 3 基于第二次全国土地调查的 1996—2013 年全国耕地复种指数

Table 3 Multiple cropping index of cultivated land based on the second national land survey in 1996-2013

年份 Year	耕地面积 Cultivated land area (×10 <sup>4</sup> hm <sup>2</sup> )	农作物播种面积 Crop acreage (×10 <sup>4</sup> hm <sup>2</sup> )	复种指数 Multiple cropping index (%)
1996	14362.6	15244.5	106.1
2000	14183.0	15642.4	110.3
2005	13567.0	15548.7	114.6
2009	13538.5	15863.9	117.2
2010	13526.8	16067.5	118.8
2011	13523.9	16228.3	120.0
2012	13515.9	16341.6	120.9
2013	13516.3	16462.7	121.8

**2.2.3 2020 年耕地复种指数预测** 以 1996—2013 年间全国耕地复种指数(表 3)为样本,应用趋势模型进行拟合,其结果:

$M_T=0.8734T+105.3354$ ,  $R^2=0.9646$  ( $M_T$  为第  $T$  年耕地复种指数,  $T$  为时间序号,首年为 1)。以 2013 年耕地复种指数为基数,对拟合结果进行修正,2020 年全国耕地复种指数预测结果为 127.9%。

2.3 粮食作物与非粮食作物比例关系及其变化

**2.3.1 粮食作物与非粮作物种植构成现状** 2013 年全国农作物播种总面积为  $16\,462.7\times10^4\text{hm}^2$ <sup>[29]</sup>,其中粮食作物播种面积  $11\,195.6\times10^4\text{hm}^2$ ,非粮作物播种面积  $5\,267.1\times10^4\text{hm}^2$ ,分别占农作物总面积的 68.0%和 32.0%。

**2.3.2 粮食作物与非粮作物种植构成变化趋势** 全国粮食作物面积占比总体上呈下降趋势。全国粮食作物播种面积占农作物播种总面积的比重从 1980 年的 80.0%下降至 2013 年的 68.0%(表 4 和图 3),共下

表 4 1980—2013 全国粮食作物与非粮食作物占比变化情况

Table 4 The changes of national grain and non-grain crops area and proportion in 1980-2013

年份 Year	农作物总面积 Crop acreage (×10 <sup>4</sup> hm <sup>2</sup> )	粮食作物面积 Grain crops area (×10 <sup>4</sup> hm <sup>2</sup> )	非粮作物面积 Non-grain crops area (×10 <sup>4</sup> hm <sup>2</sup> )	粮食作物占农作总面积比重 The proportion of grain crops (%)	非粮作物占农作总面积比重 The proportion of non-grain crops (%)
1980	14561.8	11647.3	2914.5	80.0	20.0
1990	14836.2	11346.6	3489.6	76.5	23.5
2000	15642.4	10846.3	4796.1	69.3	30.7
2003	15241.5	9941.0	5300.5	65.2	34.8
2010	16067.5	10987.6	5079.9	68.4	31.6
2013	16462.7	11195.6	5267.1	68.0	32.0

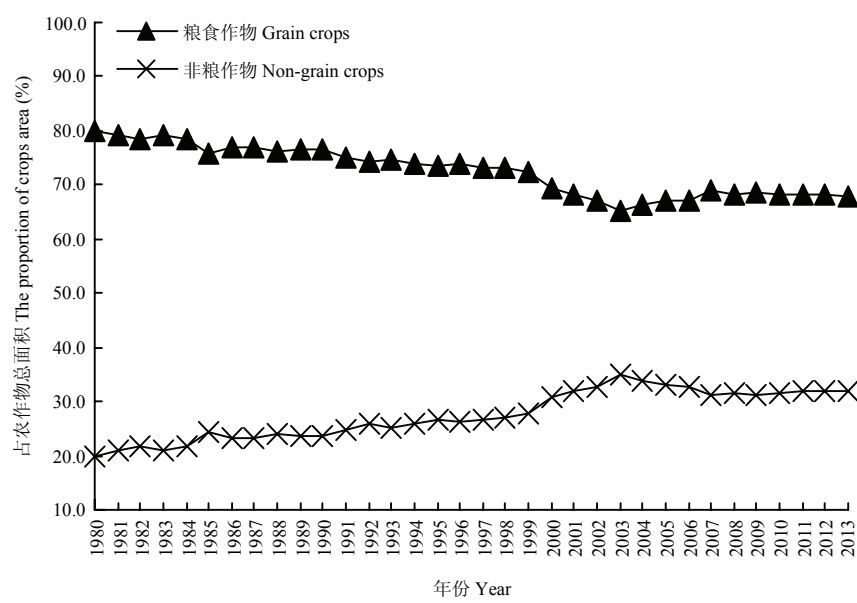


图 3 1980—2013 年全国粮食作物与非粮作物面积占比变化情况

Fig. 3 The area proportion changes of national grain and non-grain crops in 1980-2013

降了 12 个百分点，年均下降 0.36 个百分点；全国非粮作物播种面积占农作物播种总面积的比重从 1980 年的 20.0% 上升至 2013 年的 32.0%，上升了 12 个百分点。

粮食作物面积占比存在波动现象。从分阶段看，粮食作物播种面积占比在 1980—2003 年间下降幅度较大，尤其是 1999—2003 年间以年均 1.79 个百分点的幅度下降，2003 年粮食作物播种面积占比下降至 65.2%，创历史最低点；2003—2007 年间粮食作物播种面积占比恢复性上升，从 2003 年的 65.2% 上升至 2007 年的 68.8%；2007 年后，粮食作物播种面积占比再次呈逐步下降之势，不过下降幅度变缓，2007—2013 年间年均下降 0.14 个百分点。但随着近年粮改饲在各地的推动，粮食作物播种面积占比下降幅度会趋于扩大。

2.3.3 2020 年粮食作物与非粮作物种植构成预测 以

1980—2013 年间的粮食作物播种面积占农作物播种总面积比重数为样本，应用趋势模型进行拟合，其结果：

$$P_{T1}=0.00658T^2-0.64836T+81.23550, R^2=0.88727.$$

$$P_{T2}=-0.41794T+79.85299, R^2=0.87067.$$

$P_T$  为第  $T$  年粮食作物播种面积占农作物播种总面积比重，其中  $P_{T1}$  和  $P_{T2}$  分别代表两个拟合模型； $T$  为时间序号，首年为 1。

至 2020 年，全国粮食作物播种面积占比为 65.0% 和 66.9%，均值为 66.0%，与 2013 年相比下降 2 个百分点，但较 2003 年（新中国成立以来粮食作物面积占比最低年份）高 0.8 个百分点；全国非粮食作物播种面积占比将上升至 34.0%；粮食作物与非粮食作物播种面积占比为 66 : 34。

2.4 粮食作物种植结构及其变化

2.4.1 粮食作物种植结构现状 表 5 反映了 2013 年

表 5 全国粮食作物种植面积及构成（2013 年）

Table 5 National grain crops area and proportion in 2013

项目 Project	粮食 Grain	水稻 Rice	小麦 Wheat	玉米 Corn	高粱 Sorghum	谷子 Millet	马铃薯 Potato	大豆 Soybean	其他 Others
面积 Area (×10 <sup>4</sup> hm <sup>2</sup> )	11195.6	3031.2	2411.7	3631.8	58.2	71.6	561.5	679.1	750.5
占比 Proportion(%)	100.0	27.1	21.5	32.4	0.5	0.6	5.0	6.1	6.7

占比是指各作物播种面积占粮食作物总面积比重；数据来源于中华人民共和国农业部《2013 中国农业统计资料》<sup>[20]</sup>  
The proportion of crop sown area refers to the proportion of each crop the total area; data from the People's Republic of China Ministry of Agriculture, 2013 China Agricultural Statistics<sup>[20]</sup>



全国粮食作物种植构成情况。结果表明，按种植规模，玉米、水稻和小麦分别为中国第一、第二和第三大粮食作物，其播种面积分别占全国粮食作物播种总面积的 32.4%、27.1%和 21.5%；大豆和马铃薯分别为第四和第五大粮食作物，其播种面积分别占粮食作物播种总面积的 6.1%和 5.0%。

**2.4.2 粮食作物种植结构变化趋势** 表 6 和图 4 反映了 1980—2013 年间全国主要粮食作物播种面积占粮食作物播种总面积比重变化趋势（图 4 中的其他为除了玉米、水稻、小麦、大豆、马铃薯之外的其他粮食作物面积比重，包括了表 6 中的高粱和谷子），结果表明：

马铃薯面积占比小幅上升，从 1980 年的 2.1%上升至 2013 年的 5.0%。

玉米面积占比大幅上升，从 1980 年的 17.2%上升至 2013 年的 32.4%。

水稻面积占比小幅下降，从 1980 年的 29.0%下降至 2013 年的 27.1%。

小麦面积占比经过上升（从 1980 年的 24.8%上升至 1992 年的 27.6%）、下降（从 1992 年的 27.6%下降至 2004 年的 21.3%）、小幅上升（从 2004 年的 21.3%上升至 2007 年的 22.5%）、缓慢下降（从 2007 年的 22.5%下降至 2013 年的 21.5%），总体上呈下降之势。

大豆面积占比从小幅上升（从 1980 年的 6.2%上

表 6 全国粮食作物种植面积及构成变化情况（1980—2013 年）

Table 6 The changes of national grain crops area and proportion in 1980-2013

年份 Year	粮作面积 Grain area (×10 <sup>4</sup> hm <sup>2</sup> )	粮食作物面积构成 The area proportion of grain crops (%)									
		水稻 Rice	小麦 Wheat	玉米 Corn	高粱 Sorghum	谷子 Millet	马铃薯 Potato	大豆 Soybean	其他 Others		
1980	11647.3	29.0	24.8	17.2	2.3	3.3	2.1	6.2		15.1	
1990	11346.6	29.1	27.1	18.9	1.4	2.0	2.5	6.6		12.4	
2000	10846.3	27.6	24.6	21.3	0.8	1.2	4.4	8.6		11.6	
2010	10987.6	27.2	22.1	29.6	0.5	0.7	4.7	7.8		7.4	
2011	11057.3	27.2	21.9	30.3	0.5	0.7	4.9	7.1		7.4	
2012	11120.5	27.1	21.8	31.5	0.6	0.7	5.0	6.4		6.9	
2013	11195.6	27.1	21.5	32.4	0.5	0.6	5.0	6.1		6.8	

数据来源于中华人民共和国农业部 1980—2013 年历年《中国农业统计资料》，中国农业出版社出版

Note: Data from the People's Republic of China Ministry of Agriculture 1980--2013 calendar year Chinese agricultural statistics, Chinese Agriculture Publishing House.

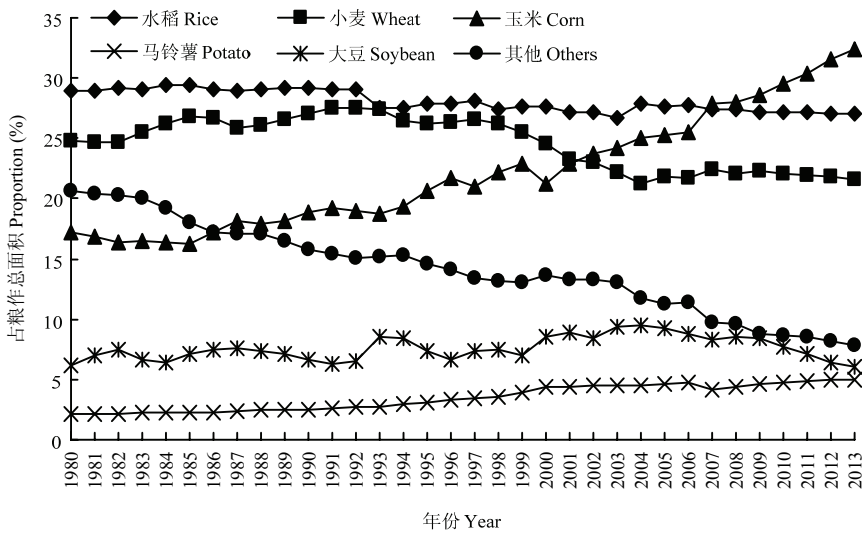


图 4 1980—2013 年间全国粮食作物种植构成变化趋势

Fig. 4 The changes in constitute of national grain crops in 1980-2013

升至 2003 年和 2004 年的 9.4%)，转向明显下降（从 2004 年的 9.4%下降至 2013 年的 6.1%）。

谷子、高粱与其他粮食作物面积占比大幅下降，从 1980 年的 20.7%下降至 2013 年的 7.9%。

**2.4.3 2020 年粮食作物种植构成预测** 以 1980—2013 年间的全国粮食作物种植构成数据为样本，应用趋势模型进行拟合，其结果：

水稻： $P_{T\text{稻}}=0.00095559T^2-0.10843T+29.59646$ ， $R^2=0.75974$ （ $P_{T\text{稻}}$ 为第 T 年水稻播种面积占粮食作物播种总面积比重，T 为时间序号，首年为 1。其他类同），预测 2020 年全国水稻面积比重为 26.8%。

小麦： $Y_{T\text{麦}}=-0.16183T+27.44345$ ， $R^2=0.56545$ ，预测 2020 年全国小麦面积比重为 20.5%。但考虑到近年棉区部分棉花面积被小麦替代，小麦面积比重下降幅度将会缩小。综合考虑，将 2020 年全国小麦面积比重预测结果提升至 21.0%（略低于 2013 年的 21.5%）。

玉米： $P_{T\text{玉}}=-3E-06T^5+0.0003T^4-0.0098T^3+0.1564T^2-0.8006T+17.752$ ， $R^2=0.9902$ ，预测 2020 年全国玉米面积比重为 34.5%（包括青贮玉米面积）。

大豆： $P_{T\text{豆}}=-0.00219T^2+0.12938T+6.40419$ ， $R^2=0.55774$ （数据经 5 年滑动平均处理），预测 2020 年全国大豆面积比重为 6.0%。

马铃薯： $P_{T\text{薯}}=1.94084e^{0.030661T}$ ， $R^2=0.94200$ ，预测 2020 年全国马铃薯面积比重为 6.2%。

## 2.5 粮食作物单产及其变化

**2.5.1 粮食作物单产现状** 2013 年全国粮食作物平均单产为 5 377 kg·hm<sup>-2</sup>，其中水稻 6 717 kg·hm<sup>-2</sup>，小麦 5 056 kg·hm<sup>-2</sup>，玉米 6 016 kg·hm<sup>-2</sup>，马铃薯 3 418 kg·hm<sup>-2</sup>，大豆 1 760 kg·hm<sup>-2</sup>。以水稻单产最高，玉米单产次之，大豆单产最低。

**2.5.2 粮食作物单产变化趋势** 全国粮食作物单产总体上呈上升之势。1980—2013 年，全国粮食作物平均单产从 2 734 kg·hm<sup>-2</sup>上升至 5 377 kg·hm<sup>-2</sup>，增长了 96.6%，年均递增 80.1 kg·hm<sup>-2</sup>；水稻单产从 4 126 kg·hm<sup>-2</sup>上升至 6 777 kg·hm<sup>-2</sup>（2012 年），增长了 64.3%，年均递增 82.9 kg·hm<sup>-2</sup>；小麦单产从 1 878 kg·hm<sup>-2</sup>上升至 5 056 kg·hm<sup>-2</sup>，增长了 169.2%，年均递增 96.3 kg·hm<sup>-2</sup>；玉米单产从 3 073 kg·hm<sup>-2</sup>上升至 6 016 kg·hm<sup>-2</sup>，增长了 95.8%，年均递增 89.2 kg·hm<sup>-2</sup>；马铃薯单产（干重，5 kg 鲜薯折 1 kg 干薯。下同）从 1 871 kg·hm<sup>-2</sup>上升至 3 418 kg·hm<sup>-2</sup>，增长了 82.7%，年均递增 46.9 kg·hm<sup>-2</sup>；大豆单产从 1 096 kg·hm<sup>-2</sup>上升至 1 836 kg·hm<sup>-2</sup>（2011 年），增长了 67.5%，年均递增 23.9 kg·hm<sup>-2</sup>（图 5）。

从分阶段看，全国粮食单产增势趋缓。1980—1984 年，粮食作物单产年均增长了 218.5 kg·hm<sup>-2</sup>，年均递增 7.2%。其中水稻单产年均增长 311.7 kg·hm<sup>-2</sup>，年均递增 6.8%；小麦单产年均增长 272.9 kg·hm<sup>-2</sup>，年均递增 12.1%；玉米单产年均增长 221.3 kg·hm<sup>-2</sup>，年均递增 6.5%；马铃薯单产年均增长 87.0 kg·hm<sup>-2</sup>，年均递增

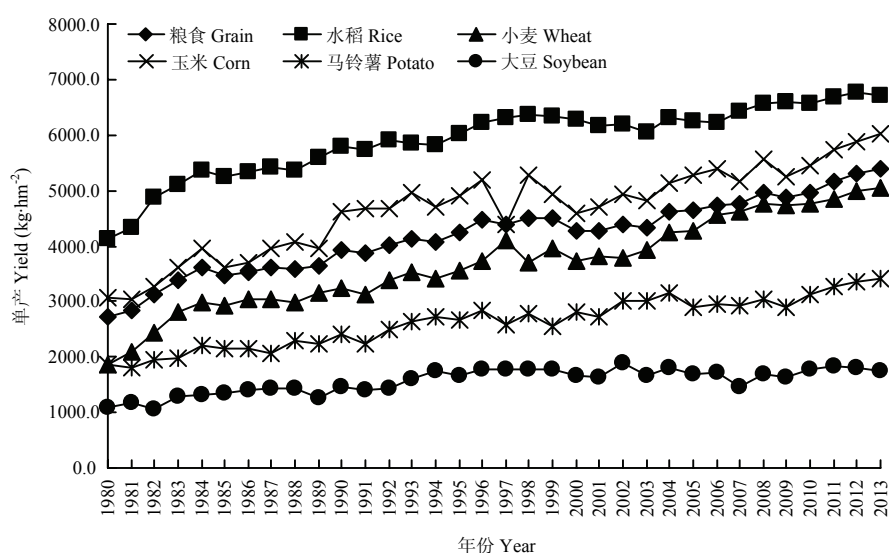


图 5 1980—2013 年间全国主要粮食作物单产变化趋势

Fig. 5 The changes in yield of national grain crops in 1980-2013



4.4%; 大豆单产年均增长  $58.6 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ , 年均递增 5.0%。1984—1998 年, 粮食作物单产年均增长了  $63.9 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ , 年均递增 1.6%。其中水稻单产年均增长  $71.0 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ , 年均递增 1.2%; 小麦单产年均增长  $65.2 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ , 年均递增 1.9%; 玉米单产年均增长  $93.6 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ , 年均递增 2.1%; 马铃薯单产年均增长  $39.4 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ , 年均递增 1.6%; 大豆单产年均增长  $32.3 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ , 年均递增 2.1%。1998—2013 年, 粮食作物单产年均增长了  $58.3 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ , 年均递增 1.2%。其中水稻单产年均增长  $29.3 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ , 年均递增 0.4%; 小麦单产年均增长  $79.2 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ , 年均递增 1.8%; 玉米单产年均增长  $49.9 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ , 年均递增 0.9%; 马铃薯单产年均增长  $43.2 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ , 年均递增 1.4%; 大豆单产年均增长  $4.1 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ , 年均递增 0.2%。

**2.5.3 2020 年粮食作物单产趋势预测** 以 1980—2013 年的全国粮食作物单产数据为样本, 应用趋势模型进行拟合, 其结果:

粮食作物单产:  $Y_{T\text{粮}1} = -0.6154T^2 + 86.921T + 2911.6$ ,  $R^2 = 0.9458$ , 预测 2020 年粮食作物单产为  $5\,675 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ;  $Y_{T\text{粮}2} = 65.383T + 3040.8$ ,  $R^2 = 0.9394$ , 预测 2020 年粮食作物单产为  $5\,845 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。 $Y_{T\text{粮}}$  为第  $T$  年粮食作物单产, 其中  $Y_{T\text{粮}1}$  和  $Y_{T\text{粮}2}$  分别代表两个拟合模型;  $T$  为时间序号, 首年为 1。其他类同。

水稻单产:  $Y_{T\text{稻}1} = 4125.1T^{0.1356}$ ,  $R^2 = 0.9634$ , 预测 2020 年水稻单产为  $6\,980 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ;  $Y_{T\text{稻}2} = 60.416T + 4853.9$ ,  $R^2 = 0.8473$ , 预测 2020 年水稻单产为  $7\,255 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

小麦单产:  $Y_{T\text{麦}1} = 1774.4T^{0.2698}$ ,  $R^2 = 0.9353$ , 预测 2020 年小麦单产为  $5\,320 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ;  $Y_{T\text{麦}2} = 80.562T + 2270.1$ ,  $R^2 = 0.9492$ , 预测 2020 年小麦单产为  $5\,625 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

玉米单产:  $Y_{T\text{玉}1} = 2726.6T^{0.1999}$ ,  $R^2 = 0.8957$ , 预测 2020 年玉米单产为  $6\,245 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ;  $Y_{T\text{玉}2} = 74.043T + 3365.1$ ,  $R^2 = 0.8628$ , 预测 2020 年玉米单产为  $6\,545 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

大豆单产:  $Y_{T\text{豆}1} = 231.54\ln(T) + 965.45$ ,  $R^2 = 0.7708$ , 预测 2020 年大豆单产为  $1\,895 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ;  $Y_{T\text{豆}2} = 18.69T + 1241.6$ ,  $R^2 = 0.6721$ , 预测 2020 年大豆单产为  $2\,005 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

马铃薯单产:  $Y_{T\text{薯}1} = 42.963T + 1871.6$ ,  $R^2 = 0.9222$ , 预测 2020 年马铃薯单产为  $3\,726 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ;  $Y_{T\text{薯}2} = 0.0319T^3 - 2.0704T^2 + 80.553T + 1714.5$ ,  $R^2 = 0.931$ , 预测 2020 年马铃薯单产为  $3\,855 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

## 2.6 未来全国粮食增产潜力

**2.6.1 2020 年全国粮食作物播种面积** 农作物播种面积 = 耕地面积  $\times$  耕地复种指数, 粮食作物播种面积 = 农作物播种面积  $\times$  粮食作物面积占比。根据前面对 2020 年全国耕地面积、耕地复种指数、粮食作物面积占比预测结果, 2020 年全国农作物播种面积 =  $13236 \times 10^4 \text{ hm}^2 \times 127.9\% = 16929 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 与 2013 年相比增加  $466 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 增加 2.8%; 2020 年全国粮食作物播种面积 =  $13236 \times 10^4 \text{ hm}^2 \times 127.9\% \times 66.0\% = 11173 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 与 2013 年相比减少  $23 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 减少 0.20%。

根据前面对 2020 年全国粮食作物种植构成的预测结果, 2020 年全国各主要粮食作物播种面积分别为:

水稻面积 =  $11173 \times 10^4 \text{ hm}^2 \times 26.8\% = 2994 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 较 2013 年减少  $37 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。

小麦面积 =  $11173 \times 10^4 \text{ hm}^2 \times 21.0\% = 2346 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 较 2013 年减少  $66 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。

玉米面积 =  $11173 \times 10^4 \text{ hm}^2 \times 34.5\% = 3854 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 较 2013 年增加  $222 \times 10^4 \text{ hm}^2$  (包括青贮玉米种植面积; 较 2015 年增加  $42 \times 10^4 \text{ hm}^2$ )。

大豆面积 =  $11173 \times 10^4 \text{ hm}^2 \times 6.0\% = 670 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 较 2013 年减少  $9 \times 10^4 \text{ hm}^2$  (较 2015 年增加  $40 \times 10^4 \text{ hm}^2$ )。

马铃薯面积 =  $11173 \times 6.2\% = 693 \text{ hm}^2 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 较 2013 年增加  $132 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。

## 2.6.2 未来全国粮食总产量增产潜力

(1) 从“高产示范区单产水平”看全国粮食总增产潜力

粮食总产量增产潜力: 根据各地高产示范结果, 全国粮食作物单产可以提升至  $9\,100 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ , 以 2020 年全国粮食作物播种面积预测结果  $11\,173 \times 10^4 \text{ hm}^2$  为基数, 全国粮食总的生产能力为  $10.17 \times 10^8 \text{ t}$ , 与 2013 年相比, 增产  $4.15 \times 10^8 \text{ t}$ , 增产 68.9%。

水稻增产潜力: 根据中国水稻所朱德峰研究员提供的资料, 全国水稻高产试验产量为  $9\,870 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ , 以 2020 年全国水稻面积预测结果  $2\,994 \times 10^4 \text{ hm}^2$  为基数, 全国水稻总的生产能力为  $2.96 \times 10^8 \text{ t}$ , 与 2013 年相比, 增产  $0.92 \times 10^8 \text{ t}$ , 增产 44.9%。

小麦增产潜力: 根据中国农业科学院作物科学研究所赵广才研究员提供的资料, 2014 年全国 2 350 个小麦高产创建万亩示范片平均单产为  $8\,085 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ , 以 2020 年全国小麦面积预测结果  $2\,346$

×10<sup>4</sup> hm<sup>2</sup> 为基数, 全国小麦总的生产能力为 1.90 ×10<sup>8</sup> t, 与 2013 年相比, 增产 0.68×10<sup>8</sup> t, 增产 55.5%。

玉米增产潜力: 根据各地玉米高产创建结果, 玉米单产可提升至 10 500 kg·hm<sup>-2</sup> 以上, 以 2020 年全国玉米面积预测结果 3 854×10<sup>4</sup> hm<sup>2</sup> 为基数, 全国玉米总的生产能力为 4.05×10<sup>8</sup> t, 与 2013 年相比, 增产 1.87 ×10<sup>8</sup> t, 增产 85.6%。

大豆增产潜力: 根据东北和黄淮海区高产示范结

果, 大豆单产可达到 3 450 kg·hm<sup>-2</sup>, 以 2020 年全国大豆面积预测结果 670×10<sup>4</sup> hm<sup>2</sup> 为基数, 全国大豆总的生产能力为 0.23×10<sup>8</sup> t, 与 2013 年相比, 增产 0.11×10<sup>8</sup> t, 增产 92.6%。

马铃薯增产潜力: 以荷兰等先进国家实际达到的产量 9 000 kg·hm<sup>-2</sup> 为提升潜力, 以 2020 年全国马铃薯面积预测结果 693×10<sup>4</sup> hm<sup>2</sup> 为基数, 全国马铃薯总的生产能力为 0.62×10<sup>8</sup> t (鲜薯 3.1×10<sup>8</sup> t), 与 2013 年相比, 增产 0.43×10<sup>8</sup> t, 增产 228.3%。

表 7 根据“高产示范区单产水平”分析全国粮食总产增产潜力

Table 7 The production potential analysis of national grain according to high-yield demonstration area yields

项目 Project	面积 Area (×10 <sup>4</sup> hm <sup>2</sup> )	单产 Yield (kg·hm <sup>-2</sup> )	总产 Production (×10 <sup>8</sup> t)	总产增量 Increment	
				(×10 <sup>8</sup> t)	(%)
粮食 Grain	11173	9100	10.17	4.15	68.9
水稻 Rice	2994	9870	2.96	0.92	44.9
小麦 Wheat	2346	8085	1.90	0.68	55.5
玉米 Corn	3854	10500	4.05	1.87	85.6
大豆 Soybean	670	3450	0.23	0.11	92.6
马铃薯 Potato	693	9000	0.62	0.43	228.3

面积为 2020 年预测数, 单产为高产示范区单产, 总产增量为与 2013 年实际产量对比增加量, 马铃薯产量为干重 (5 kg 鲜薯折 1 kg 干薯)  
The area is 2020 forecast, the yield of high-yield demonstration area yield, total yield in increments of 2013 compared with the actual increase in production volume, the potato production is dry potato weight (1kg dry potato is 5 kg fresh potato weight)

(2) 从“品种区试单产水平”看全国粮食总产增产潜力粮食总产量增产潜力: 根据各地试验结果, 就全国而言, 与品种区试产量相比粮食作物平均单产有 35%—50%的提升潜力<sup>[30-31]</sup>, 以 36%的提升潜力计算, 全国粮食作物单产可以提升至 7 300 kg·hm<sup>-2</sup>, 以 2020 年全国粮食作物播种面积预测结果 11 173×10<sup>4</sup> hm<sup>2</sup>

为基数, 全国粮食总的生产能力为 8.16×10<sup>8</sup> t, 与 2013 年相比, 增产 2.14×10<sup>8</sup> t, 增产 35.5%。

水稻增产潜力: 根据中国水稻所朱德峰研究员提供的资料, 全国水稻平均试验产量为 8 505 kg·hm<sup>-2</sup>, 以 2020 年全国水稻面积预测结果 2 994×10<sup>4</sup> hm<sup>2</sup> 为基数, 全国水稻总的生产能力为 2.55×10<sup>8</sup> t, 与 2013 年

表 8 根据“品种区试单产水平”分析全国粮食总产增产潜力

Table 8 The production potential analysis of national grain according to regional trial variety yield

项目 Project	面积 Area (×10 <sup>4</sup> hm <sup>2</sup> )	单产 Yield (kg·hm <sup>-2</sup> )	总产 Production (×10 <sup>8</sup> t)	总产增量 Increment	
				(×10 <sup>8</sup> t)	(%)
粮食 Grain	11173	7300	8.16	2.14	35.5
水稻 Rice	2994	8505	2.55	0.51	24.8
小麦 Wheat	2346	6570	1.54	0.32	26.3
玉米 Corn	3854	8100	3.12	0.94	43.2
大豆 Soybean	670	2700	0.18	0.06	50.8
马铃薯 Potato	693	6000	0.42	0.23	118.8

面积为 2020 年预测数, 单产为品种区试单产, 总产增量为与 2013 年实际产量对比增加量, 马铃薯产量为干重 (5 kg 鲜薯折 1 kg 干薯)  
The area is 2020 forecast, the yield for the variety regional test yield, total output in increments of 2013 compared with the actual increase in production volume, the potato production is dry potato weight (1kg dry potato is 5 kg fresh potato weight)

相比，增产  $0.51 \times 10^8 \text{ t}$ ，增产 24.8%。

小麦增产潜力：根据品种区试结果，小麦单产有 30% 的增产潜力，全国小麦单产可提升至  $6\ 570 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ，以 2020 年全国小麦面积预测结果  $2\ 346 \times 10^4 \text{ hm}^2$  为基数，全国小麦总的生产能力为  $1.54 \times 10^8 \text{ t}$ ，与 2013 年相比，增产  $0.32 \times 10^8 \text{ t}$ ，增产 26.3%。

玉米增产潜力：根据品种区试结果，玉米单产有 35% 的增产潜力，全国玉米单产可提升至  $8\ 100 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ，以 2020 年全国玉米面积预测结果  $3\ 854 \times 10^4 \text{ hm}^2$  为基数，全国玉米总的生产能力为  $3.12 \times 10^8 \text{ t}$ ，与 2013 年相比，增产  $0.94 \times 10^8 \text{ t}$ ，增产 43.2%。

大豆增产潜力：根据东北和黄淮海区品种区试结果，大豆单产可达到  $2\ 700 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ，以 2020 年全国大豆面积预测结果  $670 \times 10^4 \text{ hm}^2$  为基数，全国大豆总的生产能力为  $0.18 \times 10^8 \text{ t}$ ，与 2013 年相比，增产  $0.06 \times 10^8 \text{ t}$ ，增产 50.8%。

马铃薯增产潜力：以国外马铃薯主要生产国的大田实际单产  $6\ 000 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  为提升潜力，以 2020 年全国马铃薯面积预测结果  $693 \times 10^4 \text{ hm}^2$  为基数，全国马铃薯总的生产能力为  $0.42 \times 10^8 \text{ t}$ （鲜薯  $2.1 \times 10^8 \text{ t}$ ），与 2013 年相比，增产  $0.23 \times 10^8 \text{ t}$ ，增产 118.8%。

（3）从趋势单产看全国 2020 年粮食总产增产潜力  
粮食总产量增产潜力：单产趋势预测结果，到 2020 年全国粮食作物单产可提升至  $5\ 675\text{—}5\ 845 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ，以 2020 年全国粮食作物播种面积预测结果  $11\ 173 \times 10^4 \text{ hm}^2$  为基数，全国粮食总的生产能力为  $6.34 \times 10^8\text{—}6.53 \times 10^8 \text{ t}$ ，与 2013 年相比，增产  $0.32 \times 10^8\text{—}0.51 \times 10^8 \text{ t}$ ，增产 5.3%—8.5%。

水稻增产潜力：单产趋势预测结果，到 2020 年全国水稻单产可提升至  $6\ 980\text{—}7\ 255 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ，以 2020 年全国水稻面积预测结果  $2\ 994 \times 10^4 \text{ hm}^2$  为基数，全国水稻总的生产能力为  $2.09 \times 10^8\text{—}2.17 \times 10^8 \text{ t}$ ，与 2013 年相比，增产  $0.05 \times 10^8\text{—}0.13 \times 10^8 \text{ t}$ ，增产 2.4%—6.5%。

小麦增产潜力：单产趋势预测结果，到 2020 年全国小麦单产可提升至  $5\ 320\text{—}5\ 625 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ，以 2020 年全国小麦面积预测结果  $2\ 346 \times 10^4 \text{ hm}^2$  为基数，全国小麦总的生产能力为  $1.25 \times 10^8\text{—}1.32 \times 10^8 \text{ t}$ ，与 2013 年相比，增产  $0.03 \times 10^8\text{—}0.10 \times 10^8 \text{ t}$ ，增产 2.3%—8.2%。

玉米增产潜力：单产趋势预测结果，到 2020 年全国玉米单产可提升至  $6\ 245\text{—}6\ 545 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ，以 2020 年全国玉米面积预测结果  $3\ 854 \times 10^4 \text{ hm}^2$  为基数，全国玉米总的生产能力为  $2.41 \times 10^8\text{—}2.52 \times 10^8 \text{ t}$ ，与 2013 年相比，增产  $0.23 \times 10^8\text{—}0.34 \times 10^8 \text{ t}$ ，增产 10.4%—15.7%。  
需要说明的是，随着各地玉米品种结构的调整，未来青贮玉米比重会快速提升，一部分籽粒玉米将转变为青贮玉米，如以 8% 的籽粒玉米转变为青贮玉米计，那么到 2020 年玉米籽粒实际生产能力为  $2.26 \times 10^8 \text{ t}$ ，较 2013 年增产 3.7%。

大豆增产潜力：单产趋势预测结果，到 2020 年全国大豆单产可提升至  $1\ 895\text{—}2\ 005 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ，以 2020 年全国大豆面积预测结果  $670 \times 10^4 \text{ hm}^2$  为基数，全国大豆总的生产能力为  $0.13 \times 10^8 \text{ t}$ ，与 2013 年相比，增产  $0.01 \times 10^8 \text{ t}$ ，增产 5.8%—11.9%。

马铃薯增产潜力：单产趋势预测结果，到 2020 年全国马铃薯单产可提升至  $3\ 726\text{—}3\ 855 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ，

表 9 根据趋势预测单产分析 2020 年全国粮食总产增产潜力  
Table 9 The production potential of the national grain according to trend forecasting yield

项目 Project	面积 Area ( $\times 10^4 \text{ hm}^2$ )	单产 Yield ( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )	总产 Production ( $\times 10^8 \text{ t}$ )	总产增量 Increment	
				( $\times 10^8 \text{ t}$ )	(%)
粮食 Grain	11173	5675-5845	6.34-6.53	0.32-0.51	5.3-8.5
水稻 Rice	2994	6980-7255	2.09-2.17	0.05-0.13	2.4-6.5
小麦 Wheat	2346	5320-5625	1.25-1.32	0.03-0.10	2.3-8.2
玉米 Corn	3854	6245-6545	2.41-2.52	0.23-0.34	10.4-15.7
大豆 Soybean	670	1895-2005	0.13	0.01	5.8-11.9
马铃薯 Potato	693	3726-3855	0.26-0.27	0.07-0.08	35.9-40.6

面积为 2020 年预测数，单产为趋势预测 2020 年可能达到的产量，总产增量为与 2013 年实际产量对比增加量，马铃薯产量为干重（5 kg 鲜薯折 1 kg 干薯）

The 2020 forecast area, yield trend forecast 2020 production could reach, total production capacity in increments of 2013 compared with the actual increase in production volume, the potato production is dry potato weight (1kg dry potato is 5 kg fresh potato weight)

以 2020 年全国马铃薯面积预测结果  $693 \times 10^4 \text{ hm}^2$  为基数, 全国马铃薯总的生产能力为  $0.26 \times 10^8$ — $0.27 \times 10^8 \text{ t}$  (鲜薯  $1.30 \times 10^8$ — $1.35 \times 10^8 \text{ t}$ ), 与 2013 年相比, 增产  $0.07 \times 10^8$ — $0.08 \times 10^8 \text{ t}$ , 增产 35.9%—40.6%。

### 3 讨论

#### 3.1 耕地面积调整问题

本文采用的耕地面积基于两次土地调查, 其中 1996—2008 年各年度的耕地面积基于第一次全国土地调查的 1996 年耕地面积数据, 2009—2013 年分年度耕地面积基于第二次全国土地调查的 2009 年耕地面积数据, 在不进行处理的情况下, 2008 年与 2009 年间耕地面积出现断崖式变化 (图 1), 两个阶段之间的耕地面积数据不能直接进行变化趋势的比较分析。为此, 本文对 1996—2008 年耕地面积进行了处理, 将其调整为基于第二次全国土地调查的结果。

基于第一次全国土地调查的分年度耕地面积是在 1996 年耕地调查面积的基础上, 减去耕地面积净减数, 即 1997 年耕地面积 = 1996 年耕地调查数 - 1997 年耕地净减面积; 1998 年耕地面积 = 1996 年耕地调查数 - 1997 年耕地净减面积 - 1998 年耕地净减面积; 依次类推。按此方法, 推算出 2009 年基于第一次全国土地调查数据的耕地面积, 比第二次全国土地调查多出的  $1\,358.7 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 并非实际拥有耕地数量的增加, 而是受调查标准、调查技术方法等方面的影响。因此, 将基于第一次全国土地调查的 1996—2008 年的分年度耕地面积数分别加上  $1\,358.7 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 即为基于第二次全国土地调查的分年度耕地面积数据。本文所采用的处理方法未见他人采用, 尽管显得简单, 但其结果反映了耕地的变化趋势。

#### 3.2 耕地复种指数

人们普遍认为目前全国耕地复种指数应在 150% 左右, 甚至高于 150%, 然而根据基于第二次全国土地调查的耕地面积计算的 2013 年全国耕地复种指数只有 121.8%。之所以会出现偏差, 是因为基于第二次全国土地调查的耕地面积中, 有部分耕地并未用于种植农作物, 即有一部分耕地处于撂荒状态, 一部分用于种植花卉苗木、经济林果和其他绿化植物, 还有一部分非农占用。所以用基于第二次全国土地调查的耕地面积作分母计算得到的耕地复种指数明显低于实际的耕地复种指数。因为没有法定的实际用于种植农作

物的耕地面积的数据, 所以本文采用基于第二次全国土地调查的耕地总面积数计算耕地复种指数。实际上, 人们平常所说的耕地面积均为整体耕地总面积, 而非实际种植农作物的耕地面积。

#### 3.3 未来玉米和马铃薯种植面积变化趋势

中国玉米种植面积持续增加, 尤其是 2003—2013 年间更是以年均  $122.5 \times 10^4 \text{ hm}^2$  的幅度快速增长。据国家统计局的调查结果, 2014 年和 2015 年全国玉米种植面积分别为  $3\,712.3 \times 10^4 \text{ hm}^2$  和  $3\,811.7 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 较 2013 年又有明显增长。由于国内玉米价格明显高于国际市场价格, 并且玉米库存积压问题日益突出, 社会上出现了放松玉米生产和大量进口廉价玉米的呼声, 农业部和有关部门也提出压缩玉米种植面积。笔者对世界上总人口超过 1 亿的 11 个人口大国粮食供需情况分析结果表明, 各人口大国不仅重视稻米的自给 (11 个人口大国中 6 个国家稻米自给率大于 100%, 3 个国家稻米自给率为 95%—99%), 同样也重视玉米的自给 (11 个人口大国中 6 个国家玉米自给率大于 100%, 2 个国家玉米自给率为 90%—98%)。重视稻米自给, 主要是为了保障口粮供给安全; 重视玉米自给, 主要是为了保障肉蛋奶等畜产品供给安全。中国玉米主产区玉米生长季正是雨热丰富季, 具有发展玉米生产的优势, 中国不应放松玉米生产, 生产成本高的问题应通过技术与管理措施来解决。为此, 本文预测到 2020 年全国玉米种植总面积仍较 2015 年小幅增加 (增加 1.11%), 但增加的将主要是青贮玉米, 而籽粒玉米种植面积有可能减少。

改革开放以来, 中国马铃薯种植面积和总产量一直呈上升趋势, 随着马铃薯主粮化技术的逐步成熟, 马铃薯发展步伐将进一步加快。为此, 马铃薯增产潜力遥遥领先其他粮食作物。

#### 3.4 粮食增产潜力

粮食增产潜力是一种潜在的增产能力, 本文 2020 年粮食总产量也是可能达到的产量, 是指在必要的情况下能够实现这一产量目标。

最近, 中国粮食出现了一个奇特的现象——“三量齐增”, 即生产量、进口量、库存量均处于历史高位。在此情况下, 压缩国内粮食种植规模减轻财政负担、进口低价粮食替代国内高价粮食、进口粮食就是进口水资源和耕地资源的呼声再起。的确, 进口粮食就是进口水和耕地, 可以解决中国水资源和耕地资源的短缺问题, 在国际市场粮食价格较低的情况下适度

进口一些粮食是可行的。但是, 作为一个拥有近 14 亿人口的大国, 如果放弃了“确保谷物基本自给, 口粮绝对安全”的基本目标, 大量进口粮食, 必将拉动国际粮食价格的大幅上涨。2007—2008 年国际市场谷物价格快速上涨、各个谷物出口国纷纷限制甚至是禁止本国谷物出口, 一些经济落后的国家则因无力支付高昂的购粮费用, 又无力在国内实施价格补贴, 以致国内食品价格暴涨, 而发生严重骚乱或暴动的情景<sup>[32]</sup>有可能再次发生。为此, 必须实施以我为主、立足国内、确保产能、适度进口、科技支撑的国家粮食安全战略, 到 2020 年中国粮食产能应保持在  $6.3 \times 10^8$  t 以上。

## 4 结论

研究表明, 未来全国耕地面积小幅减少, 但因耕地复种指数提升, 农作物播种总面积将小幅增加; 由于粮食作物面积占比下降, 未来粮食作物的播种面积小幅减少。未来全国粮食仍有明显的增产潜力, 从“高产示范区单产水平”看, 全国粮食总产约有 68.9% 的增产潜力, 从“品种区试单产水平”看, 全国粮食总产约有 35.5% 的增产潜力; 从趋势单产看, 到 2020 年全国粮食总产潜力为  $6.34 \times 10^8$ — $6.53 \times 10^8$  t。

## References

- [1] Brown L R. *Who Will Feed China: Wak-up Call for A Small Planet*. W.W.Norton & Company, Inc, 1995.
- [2] 赵松乔. 我国耕地资源的地理分布和合理开发利用. 自然资源, 1984(1): 13-20.  
Zhao S Q. Geographic distribution and rational development and utilization of arable land resources in China. *Natural Resources*, 1984(1): 13-20. (in Chinese)
- [3] 王先进. 我国耕地的现状、发展趋势及对策. 科技导报, 1989(4): 42-45.  
Wang X J. China's cultivated land: Its presnt state and future. *Science & Technology Review*, 1989(4): 42-45. (in Chinese)
- [4] 张建平. 我国耕地资源的流失与对策建议. 科技导报, 1996(9): 55-58.  
Zhang J P. Drain on China's cultivated land resources and its solutions. *Science & Technology Review*, 1996(9): 55-58. (in Chinese)
- [5] 刘巽浩. 论我国耕地种植指数(复种)的潜力. 作物杂志, 1997(3): 1-3.  
Liu X H. The potential of arable land planted index in China. *Crops*, 1997(3): 1-3. (in Chinese)
- [6] 张士功. 中国耕地资源的基本态势及其近年来数量变化研究. 中国农学通报, 2005, 6(21): 374-378.  
Zhang S G. The basic situation of cultivated land resources in China and its quantitative change in recent years. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2005, 6(21): 374-378. (in Chinese)
- [7] 陈国南. 2000 年我国耕地资源的可能变化及其对策. 自然资源, 1987(1): 1-6.  
Chen G N. Possible changes and countermeasures of arable land resources in 2000 in China. *Natural Resources*, 1987(1): 1-6. (in Chinese)
- [8] 陈印军, 易小燕, 方琳娜, 李倩倩. 中国耕地资源及其粮食生产能力分析. 中国农业资源与区划, 2012, 33(6): 4-10.  
Chen Y J, Yi X Y, Fang L N, Li Q Q. Analysis for arable land resources and its grain production capacity in China. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2012, 33(6): 4-10. (in Chinese)
- [9] 魏洪斌, 吴克宁, 赵华甫, 辛亮亮. 未来 10 年我国耕地数量质量变化对区域粮食产能影响研究. 广东农业科学, 2014(19): 213-219.  
Wei H B, Wu K N, Zhao H F, Xin L L. Research on the impact of cultivated land quantity and quality change on grain productivity of China in the next 10 years. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2014(19): 213-219. (in Chinese)
- [10] 陈印军, 肖碧林, 方琳娜, 马宏岭, 杨瑞珍, 易小燕, 李倩倩. 中国耕地质量状况分析. 中国农业科学, 2011, 44(17): 3557-3564.  
Chen Y J, Xiao B L, Fang L N, Ma H L, Yang R Z, Yi X Y, Li Q Q. The quality analysis of cultivated land in China. *Scientia Agricultura Sinica*, 2011, 44(17): 3557-3564. (in Chinese)
- [11] 刘彦随, 王介勇, 郭丽英. 中国粮食生产与耕地变化的时空动态. 中国农业科学, 2009, 42(12): 4269-4274.  
Liu Y S, Wang J Y, Guo L Y. The spatial-temporal changes of grain production and arable land in China. *Scientia Agricultura Sinica*, 2009, 42(12): 4269-4274. (in Chinese)
- [12] 张晋科, 张凤荣, 张琳, 张迪, 吴初国, 孔祥斌. 中国耕地的粮食生产能力与粮食产量对比研究. 中国农业科学, 2006, 39(11): 2278-2285.  
Zhang J K, Zhang F R, Zhang L, Zhang D, Wu C G, Kong X B. Comparison between the potential grain productivity and the actual grain yield of cultivated lands in mainland China. *Scientia Agricultura Sinica*, 2006, 39(11): 2278-2285. (in Chinese)
- [13] 党安荣, 阎守邕, 周艺. 地理信息系统支持下的中国粮食生产潜力研究. 遥感学报, 1999, 3(3): 225-229.

- Dang A R, Yan S Y, Zhou Y. A GIS based study on the potential grain productivity of China. *Journal of Remote Sensing*, 1999, 3(3): 225-229. (in Chinese)
- [14] 戚世钧, 牛彦绍. 中国粮食生产潜力及未来粮食生产研究. 郑州粮食学院学报, 2000, 21(1): 13-17.
- Qi S J, Niu Y S. Study on the production potentiality and the future grain production of Chinese cereals and grains. *Journal of Zhengzhou Grain College*, 2000, 21(1): 13-17. (in Chinese)
- [15] 卢布, 吴凯, 陈印军, 肖碧林, 陈学渊, 王小平, 王勇, 万富世. 2020 年我国区域粮食生产潜力及实现途径. 中国软科学, 2009, (S1): 188-192.
- Lu B, Wu K, Chen Y J, Xiao B L, Chen X Y, Wang X P, Wang Y, Wan F S. Grain product potentials and implementing routes of China's grain eco-regions in 2020. *China Soft Science*, 2009, (S1): 188-192. (in Chinese)
- [16] 陈百明. 中国土地资源现状、未来变化趋势与粮食生产潜力. 人类环境杂志, 1999, 28(8): 682-686.
- Chen B M. The existing state, future change trends in land-use and food production capacities in China. *AMBIO*, 1999, 28(8): 682-686. (in Chinese)
- [17] 李国祥. 2020 年中国粮食生产能力及其国家粮食安全保障程度分析. 中国农村经济, 2014(5): 4-12.
- Li G X. The grain production capacity and food security analysis in 2020 in China. *Chinese Rural Economy*, 2014(5): 4-12. (in Chinese)
- [18] 中华人民共和国国土资源部, 中华人民共和国国家统计局, 全国农业普查办公室. 关于土地利用现状调查主要数据成果的公报. (2011-08-04)[2015-08-17][http://www.mlr.gov.cn/zwgk/tjxx/201108/t20110804\\_916414.htm](http://www.mlr.gov.cn/zwgk/tjxx/201108/t20110804_916414.htm), 2011.
- Ministry of Land and Resources of the People's Republic of China, National Bureau of Statistics of the People's Republic of China. Bulletin on the survey results of the primary data of land use, (2011-08-04)[2015-08-17][http://www.mlr.gov.cn/zwgk/tjxx/201108/t20110804\\_916414.htm](http://www.mlr.gov.cn/zwgk/tjxx/201108/t20110804_916414.htm), 2011. (in Chinese)
- [19] 中华人民共和国国土资源部, 中华人民共和国国家统计局, 国务院第二次全国土地调查领导小组办公室. 关于第二次全国土地调查主要数据成果的公报 (2013-12-30)[2015-08-17]. [http://www.mlr.gov.cn/zwgk/zytz/201312/t20131230\\_1298865.htm](http://www.mlr.gov.cn/zwgk/zytz/201312/t20131230_1298865.htm), 2013.
- Ministry of Land and Resources of the People's Republic of China, National Bureau of Statistics of the People's Republic of China, Communique on the second national land survey results of the primary data. (2013-12-30)[2015-08-17] [http://www.mlr.gov.cn/zwgk/zytz/201312/t20131230\\_1298865.htm](http://www.mlr.gov.cn/zwgk/zytz/201312/t20131230_1298865.htm), 2013. (in Chinese)
- [20] 中华人民共和国国土资源部. 2014 中国国土资源公报. (2015-04-22)[2015-08-17] <http://www.mlr.gov.cn/zwgk/tjxx/>, 2015.
- Ministry of Land and Resources of the People's Republic of China. *China Land and Resources Communique 2014*, (2015-04-22)[2015-08-17] <http://www.mlr.gov.cn/zwgk/tjxx/>, 2015. (in Chinese)
- [21] 中华人民共和国农业部. 中国农业统计资料 (1996). 北京: 中国农业出版社, 1997.
- Ministry of Agriculture of People's Republic of China. *Chinese Agricultural Statistics in 1996*. Beijing: China Agriculture Press, 1997. (in Chinese)
- [22] 闫慧敏, 刘纪远, 曹明奎. 近 20 年中国耕地复种指数的时空变化. 地理学报, 2005, 60(4): 559-566.
- Yan H M, Liu J Y, Cao M K. Remotely sensed multiple cropping index variations in China during 1981-2000. *Acta Geographica Sinica*, 2005, 60(4): 559-566. (in Chinese)
- [23] 范炳龙. 复种指数遥感监测方法研究[D]. 北京: 中国科学院遥感应用研究所, 2003.
- Fan B L. Study on remote sensing methods for monitoring multiple cropping index[D]. Beijing: Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, 2003. (in Chinese)
- [24] 唐鹏钦, 姚艳敏. 基于小波去噪 NDVI 数据的耕地复种指数提取技术研究[D]. 北京: 中国农业科学院研究生院, 2010.
- Tang P Q, Yao Y M. Estimating the multiple cropping index of the Huang-huai-hai Plain based on wavelet transform of time-series SPOT VGT/NDVI Datasets[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2010. (in Chinese)
- [25] 唐鹏钦, 姚艳敏, 吴文斌, 杨鹏. 基于遥感技术的耕地复种指数研究进展. 中国农业资源与区划, 2001, 31(2): 21-27.
- Tang P Q, Yao Y M, Wu W B, Yang P. Progress in multiple crop index based on remote-sensing technologies. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2001, 31(2): 21-27. (in Chinese)
- [26] 梁逢超. 阳城县耕地撂荒情况与思考. 农业技术与装备, 2014(20): 57-59.
- Liang F C. The arable land fallow situation and Reflections in Yangcheng county in China. *Agricultural Technology & Equipment*, 2014(20): 57-59. (in Chinese)
- [27] 冯彬. 资中县撂荒耕地现状及对策. 四川林勘设计, 2014(3): 28-30.
- Feng B. The abandoned arable land situation and countermeasures in Zizhong county in China. *Sichuan Forestry Exploration and Design*, 2014(3): 28-30. (in Chinese)
- [28] 李赞红, 阎建忠, 花晓波, 辛良杰, 李秀彬. 不同类型农户撂荒及其影响因素研究——以重庆市 12 个典型村为例. 地理研究, 2014,



33(4): 721-734.

Li Z H,Yan J Z, Hua X B, Xin L J, Li X B. Factors influencing the cultivated land abandonment of households of different types: A case study of 12 typical villages in Chongqing Municipality. *Geographical Research*, 2014, 33(4): 721-734. (in Chinese)

[29] 中华人民共和国农业部. 中国农业统计资料(2013 年). 北京: 中国农业出版社, 2014.

Ministry of Agriculture of People's Republic of China. *Chinese Agricultural Statistics in 2013*. Beijing: China Agriculture Press, 2014. (in Chinese)

[30] 张蕾, 陈阜. 持续提高粮食单产应取综合对策. 农民日报, 2009-04-15(第 3 版).

Zhang L, Chen F. Sustained increase grain yields should take an integrated approach. *Farmer Daily*, 2009-04-15(3). (in Chinese)

[31] 陈阜. 世界粮食日里话“安全”. 光明日报/科技周刊, 2010-10-18(第 10 版).

Chen F. The security in the world food day. *Guangming Daily*, 2010-10-18(10). (in Chinese)

[32] 陈印军, 王勇, 卢布, 肖碧林, 杨瑞珍, 高志强. 国际谷物供需形势及我国谷物发展对策. 中国软科学, 2009, (3): 1-10.

Chen Y J, Wang Y, Lu B, Xiao B L, Yang R Z. The Position of world cereal and the countermeasure of China. *China Soft Science*, 2009, (3): 1-10. (in Chinese)

(责任编辑 杨鑫浩)