

# 基于 LMDI 和 EMD 模型的中国玉米产量 变化及其波动性研究

李艳梅<sup>1,2</sup> 陈秧分<sup>3</sup> 刘玉<sup>1,4,†</sup> 高秉博<sup>1,4</sup>

1.北京市农林科学院,北京 100097; 2.北京市农林科学院植物营养与资源研究所,北京 100097; 3.中国农业科学院农业经济与发  
展研究所,北京 100081; 4.北京农业信息技术研究中心,北京 100097; †通信作者, E-mail: liuyu@nrcita.org.cn

**摘要** 采用对数平均迪氏分解模型(LMDI)、经验模态分解模型(EMD)和方差分解模型(VDM),系统分析1978—2012年中国玉米产量的变化趋势和波动特征。结果表明,35年间玉米产量增加 $1.50 \times 10^8$  t,东北区和黄淮海区的玉米生产优势进一步凸显;玉米播种面积效应和玉米单产效应分别为 $0.79 \times 10^8$ 和 $0.71 \times 10^8$  t,播种面积是中国玉米产量快速增加的主要因素。玉米产量以趋势增长为主,且存在3年左右的准周期波动,玉米单产波动是准3年周期波动的主要影响因素。从八大粮食产区看,黄淮海区玉米产量的波动量最大,其次为东北区和黄土高原区;黄淮海区、东北区和黄土高原区自身的产量波动及其相互间的正向联动作用是中国玉米产量波动的主要因素;黄淮海区和东北区的玉米产量波动量大且变化剧烈,应重点关注这两个区的玉米生产。

**关键词** 玉米产量;变化趋势;波动特征;LMDI模型;经验模态分解模型

**中图分类号** F326

## Evolutionary Trend of China's Corn Output and Its Fluctuation Characteristics Based on LMDI Model and EMD Model

LI Yanmei<sup>1,2</sup>, CHEN Yangfen<sup>3</sup>, LIU Yu<sup>1,4,†</sup>, GAO Bingbo<sup>1,4</sup>

1. Beijing Academy of Agricultural and Forest Science, Beijing 100097; 2. Institute of Plant Nutrition and Resource, Beijing Academy of Agricultural and Forest Science, Beijing 100097; 3. Institute of Agricultural Economics and Development, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081; 4. Beijing Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097;  
† Corresponding author, E-mail: liuyu@nrcita.org.cn

**Abstract** Based on logarithmic mean weigh division index method (LMDI), empirical mode decomposition method (EMD) and variance decomposition model (VDM), the evolutive trend and fluctuation characteristics of corn production in China during 1978–2012 was analyzed. The contribution difference to corn output fluctuation during eight grain production regions was revealed. The following results were obtained. Corn output increased by  $1.50 \times 10^8$  ton from 1978 to 2012, and the corn production advantage in Huang-Huai-Hai region and Northeast Region in China was further highlighted. It was estimated that the accumulated contribution values of corn sowing area and corn yield per hectare at national scale were  $0.79 \times 10^8$  ton and  $0.71 \times 10^8$  ton respectively, and corn sowing area was the major contributor to the increment of corn output. The residual trend of corn output showed a trend of gradual increase and the grain output has 3-year periodic oscillation. During the eight grain production regions in China, Huang-Huai-Hai Region played the prominent role in the total fluctuation, following by the Northeast Region and Loess Plateau Region. The self-fluctuations in the three regions and their positively mutual affect were the main factors of China's corn output fluctuation, including Huang-Huai-Hai Region, Northeast Region and Loess Plateau Region in China. For the high contribution ratio and drastic change, more attention should be paid to

Huang-Huai-Hai Region and Northeast Region in China.

**Key words** corn output; evolutive trend; fluctuation characteristics; logarithmic mean weigh division index method; empirical mode decomposition

玉米是食品原料、畜禽饲料和工业原料三位一体的基础性作物,在中国农业生产乃至国民经济中占有重要地位<sup>[1]</sup>。2007年,玉米超越水稻成为中国播种面积最大的作物,玉米产量也于2012年超越水稻居第一位。玉米播种面积和产量大规模扩张,并向北方和中部地区集中<sup>[2]</sup>,东北和华北地区的玉米生产优势进一步凸显<sup>[3]</sup>。伴随着玉米产量增长,生产稳定性差和年际间产量波动大成为当前中国玉米生产最突出的问题<sup>[4-5]</sup>。玉米产量的大幅度波动不仅影响玉米价格的稳定,还会传导给关联的下游产业,不利于社会经济的平稳发展<sup>[6]</sup>。因此,保障玉米产量的持续稳定增长,将成为政府和学术界重点关注的问题<sup>[7]</sup>。

中国玉米种植具有极强的地域差异性<sup>[8]</sup>,理清中国玉米产量变化以及产量波动的主要贡献因子,对于保持和提升玉米产量具有重要意义。一些学者采用贡献因素分解方法研究粮食增产的作物贡献和地区贡献<sup>[9-10]</sup>,但分解过程中的残差和“0”值问题对结果影响较大。对数平均迪氏分解方法(logarithmic mean weigh division index method, LMDI)能消除分解中的残差和“0”值问题,提高结果分析的准确程度,并已应用在中国分省、河南等的案例研究中<sup>[11-12]</sup>,但针对玉米的相关研究鲜有报道。国内学者也针对玉米产量波动开展了一些研究<sup>[13-15]</sup>。从现有文献看,国内研究区域集中在吉林省等玉米主产区,全国尺度玉米产量的波动特征及其地区差异的系统研究尚未展开,且多采用剩余法等传统的数理统计方法<sup>[16-17]</sup>,研究方法和指标的单一性使得研究结果不能相对综合地表述波动特征和波动周期,对玉米产量波动的复杂性尚未足够重视。1998年,Huang等<sup>[18]</sup>提出经验模态分解方法(empirical mode decomposition, EMD),能够获得玉米产量的 IMF 分量及趋势量,在揭示玉米产量波动规律、预测未来产量方面具有显著优势。

本研究在分析中国 1978—2012 年玉米产量时空格局的基础上,采用 LMDI 模型,定量分析玉米产量变化的主要因素及其差异;综合采用 EMD 法、剩余法和方差分解法,分析中国玉米产量的波动特征及其波动贡献的地区差异,旨在为中国玉米

总产量的持续稳定增长以及玉米安全预警分析提供依据。

## 1 研究方法 with 数据来源

### 1.1 对数平均迪氏分解模型(LMDI)

玉米产量可以分解为玉米播种面积和玉米单产的乘积,本研究采用 LMDI 模型进行玉米产量变化的加法分解:

$$\begin{aligned} \Delta G_{\text{tot}} &= G^T - G^0 \\ &= \sum_{i=1}^m \Delta G_{Y,i} + \sum_{i=1}^m \Delta G_{S,i} \\ &= \sum_{i=1}^m \frac{G_i^T - G_i^0}{\ln G_i^T - \ln G_i^0} \ln \frac{Y_i^T}{Y_i^0} + \\ &\quad \sum_{i=1}^m \frac{G_i^T - G_i^0}{\ln G_i^T - \ln G_i^0} \ln \frac{S_i^T}{S_i^0} \\ &\quad (G_i^T \neq G_i^0, Y_i^0 \neq 0, S_i^0 \neq 0), \end{aligned} \quad (1)$$

式中:  $G^T$  和  $G^0$  分别表示时期  $T$  和基期的玉米总产量(t),  $\Delta G_{\text{tot}}$  表示玉米总产量变化(t),  $G_i^T$  和  $G_i^0$  分别表示  $i$  地区时期  $T$  和基期的玉米产量(t),  $Y_i^T$  和  $Y_i^0$  分别表示  $i$  地区时期  $T$  和基期的玉米单产(t/hm<sup>2</sup>),  $S_i^T$  和  $S_i^0$  分别表示  $i$  地区时期  $T$  和基期的玉米播种面积(hm<sup>2</sup>),  $\Delta G_{Y,i}$  和  $\Delta G_{S,i}$  分别表示  $i$  地区的玉米单产变化和播种面积变动导致的玉米产量变化(t),  $m$  为研究单元个数。由数据分析可知,1978—2012 年的  $G_i^T$  和  $G_i^0$  不存在相等的情况,而且八大粮食产区的玉米单产或者玉米播种面积不存在等于 0 的情况。

### 1.2 经验模态分解模型(EMD)

EMD 方法能够将时间序列数据分解成一系列本征模态函数(intrinsic mode function, IMF), EMD 分解实质是通过求包络线对数据不断进行移动平均的迭代过程,描述和计算方法参见文献[19-20]。由于时间序列数据的左(右)边界失去可以补充系统信息的左(右)侧点集的信息,因此在端点处会产生过大或过小振幅,进而影响 EMD 分解过程。本研究采用镜像对称延伸方法<sup>[21]</sup>较好地解决边界对于 EMD 分解过程中的上冲和下冲现象。本研究采用 EMD 法剔除玉米产量的长期变动趋势,构建波动量与波动指数模型<sup>[22]</sup>:

$$\Delta G_i^T = G_i^T - r_i^T, \quad (2)$$

$$FI_i^T = 100 \Delta G_i^T / r_i^T, \quad (3)$$

式中,  $\Delta G_i^T$  表示  $i$  地区在  $T$  年时的玉米产量波动量(t);  $FI_i^T$  表示  $i$  地区在  $T$  年时的玉米产量波动指数,  $FI_i^T$  越大则波动越剧烈, 反之则表示波动越弱;  $G_i^T$  表示  $i$  地区在  $T$  年时的玉米总产量(t);  $r_i^T$  表示  $i$  地区 EMD 分解趋势量在  $T$  年的趋势值(t)。

### 1.3 方差分解模型

根据方差分解法, 粮食产量波动的总方差可以分解为各波动分量的方差与协方差之和, 可用来揭示某种作物或某地区对总方差产生的贡献, 从而有效地确定波动来源<sup>[23]</sup>。本研究采用 EMD 模型将玉米产量分解为长期趋势项和波动项, 其中波动项构成方差分解的原始数据。

$$\begin{aligned} \text{Var}(G) &= \text{Var}\left(\sum_{i=1}^m G_i\right) \\ &= \sum_{i=1}^m \left| \text{Var}(G_i) + \sum_{i \neq j} \text{cov}(G_i, G_j) \right|, \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \text{TVCR}_i &= \text{VCR}_i + \text{CCR}_i = \frac{\text{Var}(G_i) + \sum_{i \neq j} \text{cov}(G_i, G_j)}{\text{Var}(G)} \\ &= \frac{\text{Var}(G_i)}{\text{Var}(G)} + \frac{\sum_{i \neq j} \text{cov}(G_i, G_j)}{\text{Var}(G)}, \end{aligned} \quad (5)$$

式中,  $\text{Var}(G)$  表示玉米波动的总方差;  $G_i$  和  $G_j$  分别表示  $i$  地区和  $j$  地区的玉米波动分量(t);  $\sum_{i \neq j} \text{cov}(G_i, G_j)$  表示  $i$  地区玉米波动分量的协方差;  $\text{TVCR}_i$  表示  $i$  地区玉米波动分量的总方差贡献率, 反映  $i$  地区玉米波动分量与其他波动分量共同作用对玉米产量波动的影响。  $\text{TVCR}_i > 0$ , 表示  $i$  地区的玉米波动分量能引起总波动, 其值越大表明引起的总波动越大;  $\text{TVCR}_i < 0$ , 表示  $i$  地区的玉米波动分量能减小总波动, 绝对值越大, 减小的总波动越大。  $\text{VCR}_i$  表示  $i$  地区玉米波动分量的方差贡献率, 反映该地区玉米波动分量的自身波动对玉米总产量波动的影响, 其值始终为正。  $\text{CCR}_i$  表示  $i$  地区的协方差贡献率,  $\text{CCR}_i > 0$ , 表示  $i$  地区的玉米波动分量与其

他波动分量相互作用放大了总波动, 反之则表示减小了总波动。

### 1.4 数据来源

本研究采用的数据包括全国及各省域(不包括香港、台湾和澳门) 1978—2012 年的玉米产量数据和播种面积数据。为了保证数据的完整性和一致性, 1978—2008 年的玉米产量数据和播种面积数据来源于《新中国农业六十年统计资料》, 2009—2012 年的数据来自相应年份的《中国统计年鉴》。在分析玉米产量波动的地区差异时, 依据“中国综合农业区划”方案<sup>①</sup>, 本研究将省域的玉米产量汇总为八大粮食生产区的产量。

## 2 结果与分析

### 2.1 玉米产量变化的时序特征

由图 1 可知, 1978—2012 年间, 玉米播种面积由  $19.96 \times 10^6 \text{ hm}^2$  波动性地增加到  $35.03 \times 10^6 \text{ hm}^2$ , 合计增加  $15.07 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 。其中, 11 个年份在减少, 合计减少  $-8.26 \times 10^6 \text{ hm}^2$ ; 23 个年份在增加, 合计增加  $23.33 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 。玉米产量总体上呈现增长趋势, 2012 年为  $2.06 \times 10^8 \text{ t}$ , 35 年间增加  $1.50 \times 10^8 \text{ t}$ , 占全国同期粮食总增加量的 52.55%, 玉米产量占粮食总产量的比重也相应地由 1978 年的 18.36% 提升到 2012 年的 34.87%。全国玉米单产呈现波动性增长趋势, 丰产年和歉产年交替出现。整体上, 玉米单产从 1978 年的  $2803 \text{ kg/hm}^2$  增至 2012 年的  $5870 \text{ kg/hm}^2$ , 增加  $3067 \text{ kg/hm}^2$ , 高于全国同期粮食单产的平均增幅。

本文采用 LMDI 模型计算 1978—2012 年间播种面积和单产对玉米总产量的贡献。由图 2 可知, 玉米播种面积对玉米总产量的贡献值逐渐增大, 特别是 2004 年以来玉米播种面积的效应均为正值, 并于 2009 年超越玉米单产效应, 成为全国玉米总产量快速上升的主要推动因素。35 年间, 玉米播种面积效应以正效应为主, 23 个年份为正效应, 合计  $1.14 \times 10^8 \text{ t}$ ; 11 个年份为负, 合计  $-0.35 \times 10^8 \text{ t}$ , 总效应为  $0.79 \times 10^8 \text{ t}$ 。玉米单产效应总体为正值( $0.71 \times 10^8 \text{ t}$ ), 且玉米单产效应的波动幅度明显大于播种面积效应的波动幅度。与其他作物产量增加不同, 玉米播种面积增加对玉米产量增加起到显著作用。特

① 八大粮食生产区包括东北区(辽、吉、黑)、黄淮海区(京、津、冀、鲁、豫)、长江中下游区(沪、苏、浙、皖、湘、鄂、赣、闽)、华南区(粤、桂、琼)、西南区(滇、黔、川、渝)、黄土高原区(晋、陕、甘、宁)、蒙新区(蒙、新)和青藏区(青、藏)。

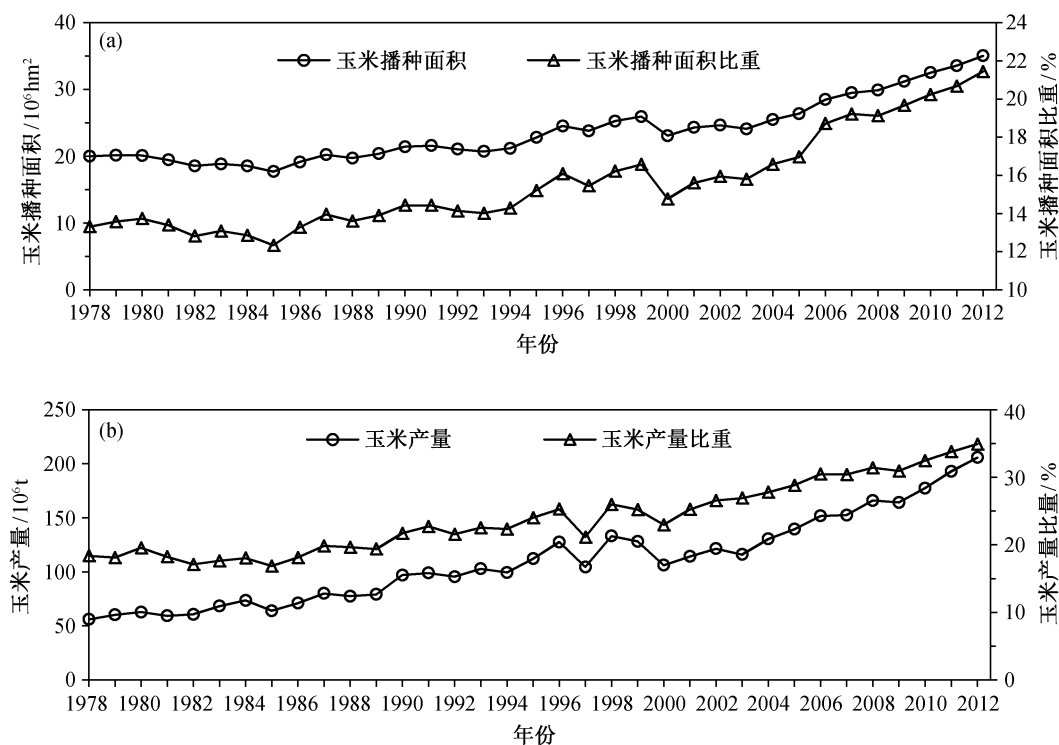


图 1 1978—2012 年玉米播种面积(a)和产量(b)及其所占比重  
Fig. 1 Changes of corn sowing area (a) and corn output (b) in China from 1978 to 2012

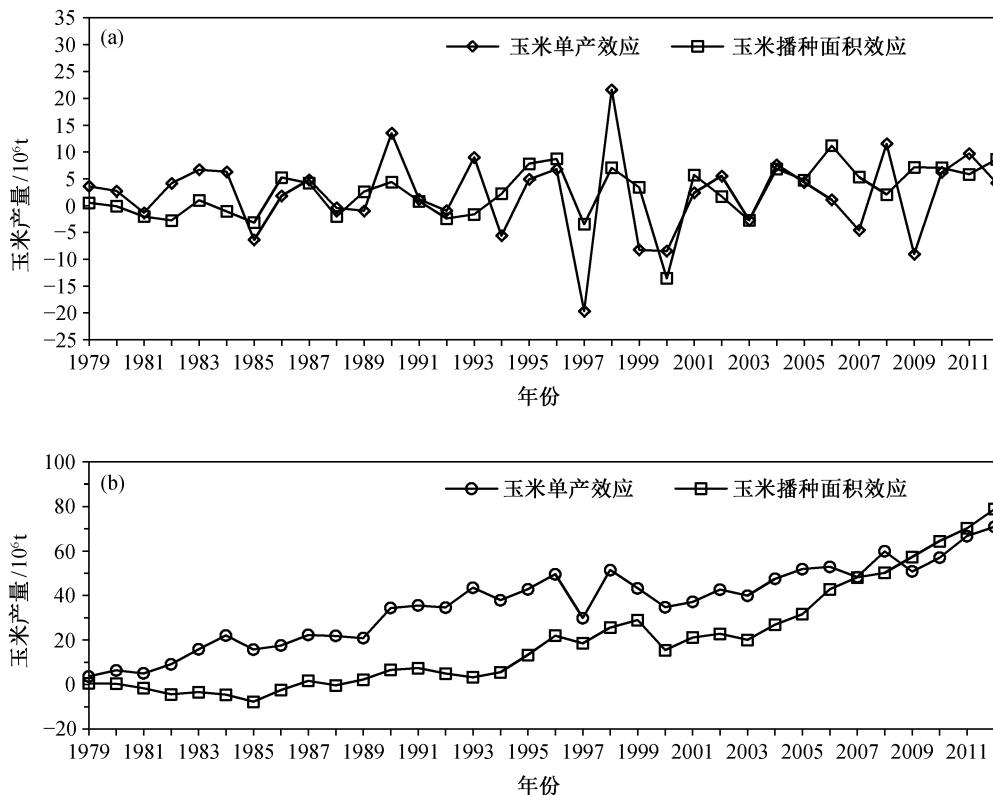


图 2 玉米播种面积和玉米单产对中国玉米总产量的逐年贡献(a)和累计贡献(b)  
Fig. 2 Accumulated effects of corn sowing area (a) and corn yield per hectare for corn output (b) in China from 1978 to 2012

别是1994 年以来, 玉米播种面积的贡献明显大于玉米单产的贡献, 在一定程度上说明中国玉米生产的科技贡献率提升较慢。在耕地面积有限的情况下, 通过推广玉米生产全程机械化、加快玉米新品种培育、改善玉米生产条件等措施提高玉米单产, 是保障未来一段时间中国玉米产量增长的重要途径<sup>[24]</sup>。

### 2.2 玉米产量变化的空间分异特征

1978—2012 年间, 八大粮食生产区的玉米产量都在增加, 东北区和黄淮海区增加最显著, 分别增加  $5084.22 \times 10^4$  t 和  $3878.30 \times 10^4$  t, 合计占研究期间玉米增加量的 59.88%; 蒙新区、黄土高原区和西南区的玉米增加量也比较大, 分别为  $2223.00 \times 10^4$ ,  $1495.57 \times 10^4$  和  $1154.31 \times 10^4$  t; 长江中下游区、青藏区和华南区的玉米增加量较小。总体而言, 35 年间中国玉米增加量呈现“北高南低”的特征, 黄淮海区和东北区的玉米生产优势进一步凸显, 中国玉米生产重心进一步北移。由图 3 可知, 1978—2012 年各分解因素的区域差异显著。8 个粮食产区的玉米

单产效应均为正值, 黄淮海区的玉米单产效应最显著(累计为  $2278.22 \times 10^4$  t), 占研究期间玉米总增加量的 15.22%; 东北区次之( $1894.74 \times 10^4$  t), 但年际间的波动剧烈, 玉米品种多乱杂、气象条件影响、施肥方法不科学、耕作栽培管理粗放等因素限制了玉米单产的提升<sup>[25]</sup>; 黄土高原区、蒙新区、长江中下游区、西南区的玉米单产效应在  $400 \times 10^4 \sim 850 \times 10^4$  t 之间; 华南区和青藏区的正向效应不显著, 分别为  $188.27 \times 10^4$  和  $0.96 \times 10^4$  t。与玉米单产效应相比, 玉米播种面积效应的贡献相对较大, 且年际间的波动较小。其中, 东北区的玉米播种面积效应最显著, 累计为  $3189.48 \times 10^4$  t, 占研究期间玉米总增加量的 21.31%, 是研究期间玉米产量快速提升的主要因素; 黄淮海区和蒙新区次之, 分别为  $1661.74 \times 10^4$  和  $1600.09 \times 10^4$  t, 分别占研究期间玉米增加量的 11.10% 和 10.69%; 黄土高原区的玉米播种面积正向效应也显著, 为  $897.60 \times 10^4$  t; 华南区和青藏区的正向效应不显著, 分别为  $44.37 \times 10^4$  和  $18.15 \times 10^4$  t。

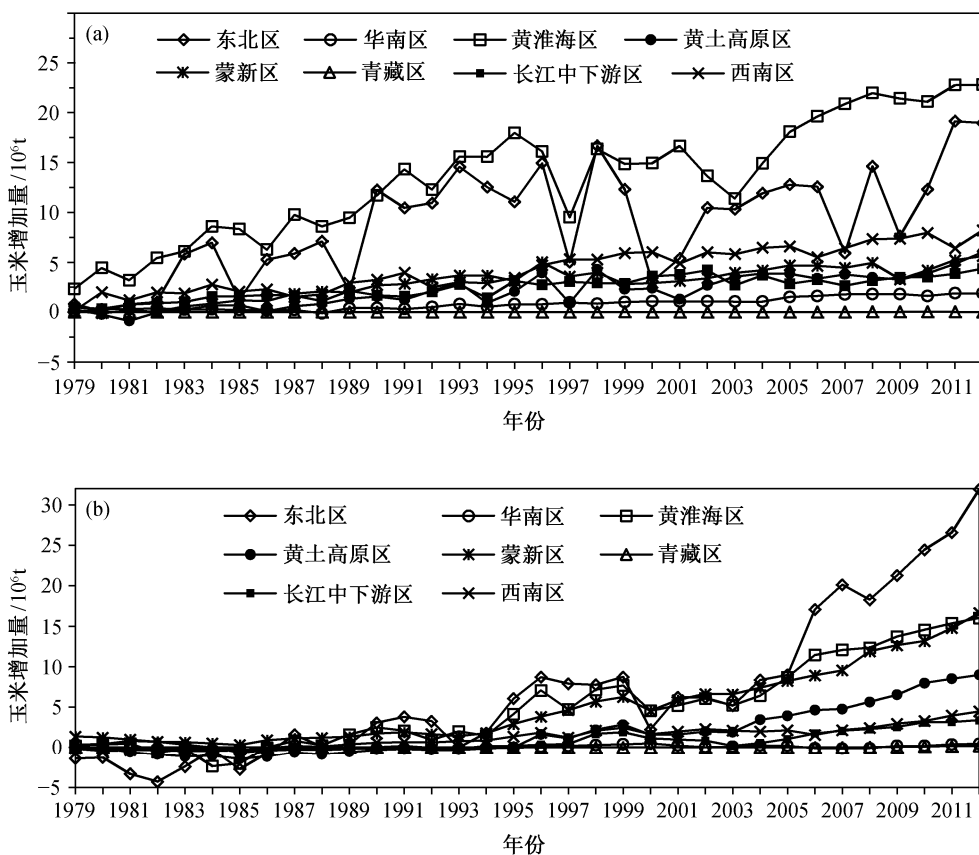


图 3 八大粮食产区玉米单产(a)和玉米播种面积(b)对玉米总产量的累计贡献

Fig. 3 Accumulated effects of corn yield per hectare (a) and corn sowing area (b) for corn output during eight grain production region in China

### 2.3 玉米产量波动的时间序列 EMD 分析

由图 4 可以看出,趋势分量  $R$  表明 1978 年以来中国玉米总产量一直以较高的速度增长,尤其是 2003 年以来呈现快速增长趋势,大致可以划分为 1978—1997 年“波动性增加”、1998—2002 年“徘徊不前”以及 2003 年以来“快速增长”3 个阶段。IMF 分量表示的是一个准 3 年的周期性振荡,对总方差的贡献率仅为 2.11%,并且 2000 年以来 IMF 分量的波动幅度变小,说明 IMF 分量对中国玉米产量波动的影响程度在下降。研究期间玉米波动量介于  $-1362.08 \times 10^4 \sim 1409.58 \times 10^4$  t 之间,平均值为  $58.09 \times 10^4$  t; 19 个年份的波动量为正值,1996 年和 1998 年的玉米波动量在  $1000 \times 10^4$  t 以上; 16 个年份的波动量为负值,1997 年和 2000 年的玉米波动量在  $-1000 \times 10^4$  t 以下。中国玉米产量波动指数介于  $-11.55\% \sim 11.86\%$  之间,平均值为 0.56%,波动指数介于  $-5\% \sim 5\%$  和  $-2\% \sim 2\%$  之间的年份分别为 20 年和 11 年; 1996 和 1998 年的玉米波动指数在 10% 以上,1997 的玉米波动指数低于  $-10\%$ 。总体而言,中国玉米产量的波动量呈现先上升后下降的趋势;波动指数的变化幅度不大,基本上维持在  $-5\% \sim 5\%$  之间。

### 2.4 中国玉米总产量波动的成因分析

由图 5(a)可知,玉米总产量的 IMF 分量与玉米单产的 IMF 分量的峰谷基本吻合,波形一致,波动基本上同步,两者呈现显著的正相关关系。由图 5(b)可知,2003 年以前玉米播种面积的 IMF 分量与玉米总产量的 IMF 分量峰谷基本上一致,两者波动基本同步;但 2003 年后玉米播种面积与玉米总产量的 IMF 分量的峰谷相反,且玉米播种面积的 IMF 分量波动幅度越来越小,对玉米总产量的影响程度在降低。因此,玉米单产波动是研究期间中国玉米总产量准 3 年周期波动的主要影响因素。

各生产区玉米产量的波动指数及方差贡献率计算结果(表 1)表明,从玉米产量的趋势量看,蒙新区、西南区、长江中下游区和华南区的玉米产量趋势增长明显,趋势量的方差贡献率在 90% 以上;黄土高原区和黄淮海区的趋势增长也较明显,方差贡献率分别为 89.34% 和 88.04%; 东北区玉米趋势量的方差贡献率最低(65.36%),表明该地区的玉米波动剧烈,主要是因为东北区玉米生产以雨养为主,农业基础设施建设相对滞后,玉米产量受年际间气象条件的影响大<sup>[3,24]</sup>。在总方差贡献率上,黄淮海区的总贡献率最大(38.77%);东北区次之(35.30%);

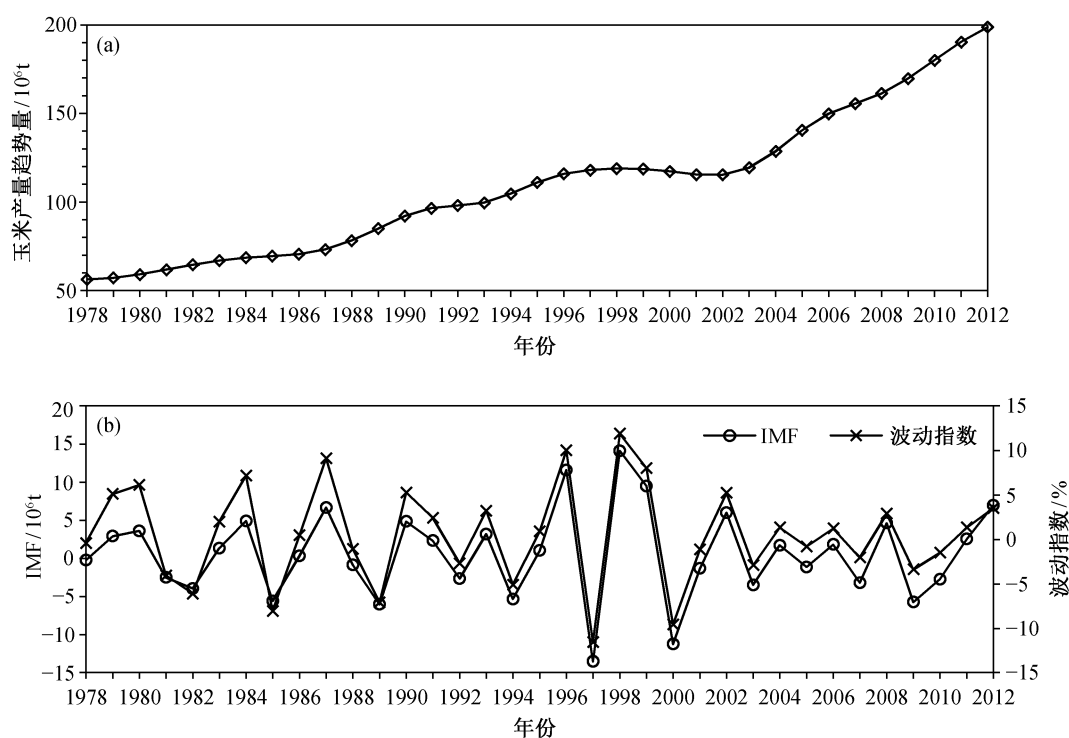


图 4 1978—2012 年中国玉米总产量的趋势量、波动量和波动指数

Fig.4 Residual trend, fluctuation quantity and fluctuation index of annual grain output in China from 1978 to 2012

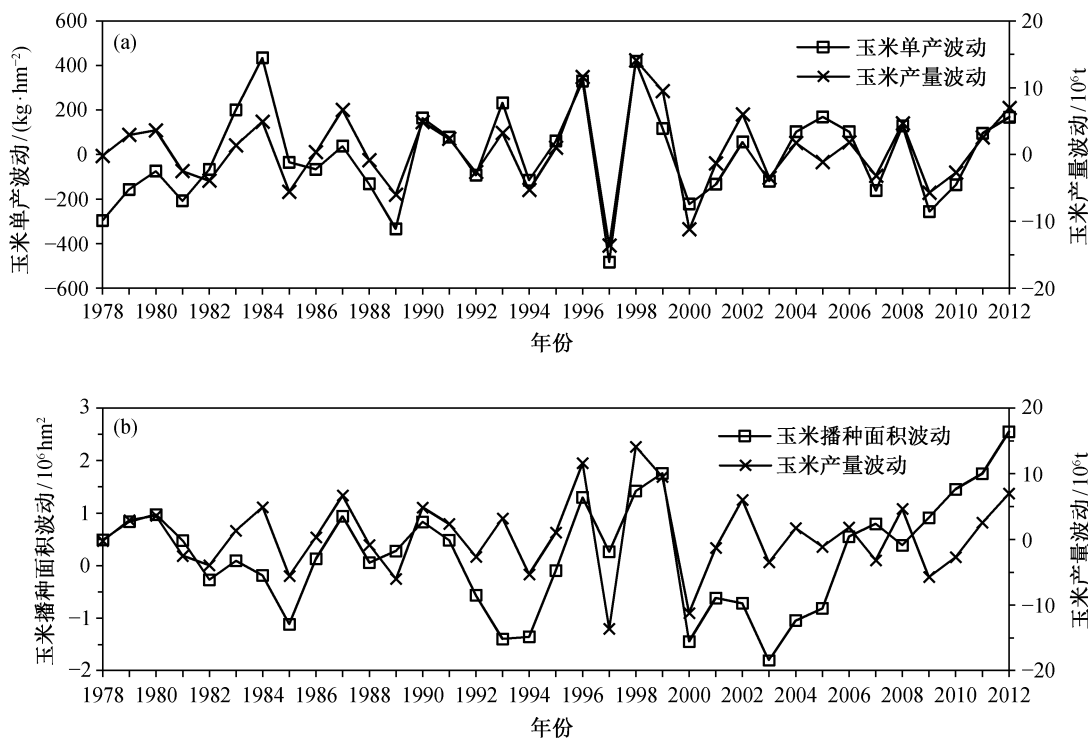


图 5 中国玉米产量的 IMF 分量与玉米单产(a)、玉米播种面积(b)的 IMF 分量

Fig. 5 IMF of corn output and IMF of corn output per hectare (a) and corn sowing area (b) in China

表 1 中国不同粮食产区玉米产量波动对总产量波动的方差和协方差及其贡献率

Table 1 Variance and covariance contribution rate of corn output fluctuations in different grain production regions %

地区	趋势量 $R$ 贡献率	方差贡献率	协方差贡献率	总贡献率	玉米产量比重	
					1978 年	2012 年
长江中下游区	94.47	0.37	-1.08	-0.71	5.73	5.83
东北区	65.36	32.17	3.12	35.30	32.28	33.51
华南区	90.97	0.06	0.82	0.88	1.95	1.66
黄淮海区	88.04	28.84	9.93	38.77	30.20	27.08
黄土高原区	89.37	4.53	11.49	16.02	11.98	10.53
蒙新区	96.93	1.20	6.94	8.14	2.74	11.56
青藏区	84.48	0.00	0.06	0.06	0.00	0.10
西南区	95.06	1.07	0.47	1.54	15.11	9.73

西南区、华南区和青藏区的总贡献率不足 2%。在方差贡献率上,东北区和黄淮海区自身的产量波动解释了 61.01% 的玉米总产量波动,而其他产区的产量波动只引起 7.17% 的玉米产量波动,影响较小。其中,东北区的方差贡献率最大(32.17%),黄淮海区次之(28.84%),黄土高原区的影响也较大(4.53%)。产区间的协方差占总方差的 31.75%,表明产区之间玉米产量波动的正向联动效应也是引起

中国玉米产量波动的重要因素。黄土高原区、黄淮海区和蒙新区玉米产量波动的协方差贡献率分别为 11.49%、9.93% 和 6.94%,表明这 3 个区的玉米产量波动有较强的同向变化趋势,是引起玉米产量波动的重要地区;其他几个粮食产区的协方差贡献率均在 1% 以下。

由图 6 可知,东北区的总方差贡献率多数年份在 35% 以上,但近年来下降趋势明显;1978—2002

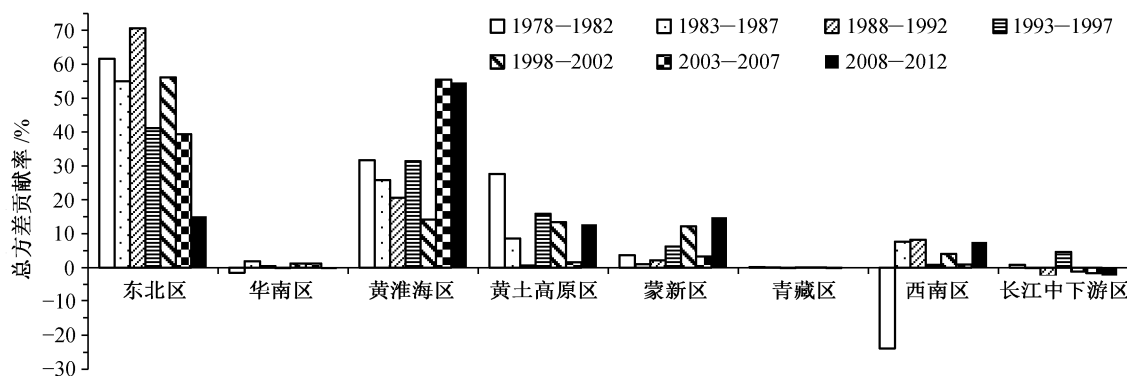


图 6 不同粮食产区玉米产量波动对全国玉米总产量波动的总方差贡献率变化

Fig. 6 Dynamic total variance contribution of the corn fluctuation during eight grain production regions in China

年间黄淮海区的总方差贡献率相对稳定,基本上维持在25%~35%之间,但2003年后的上升趋势明显,并超越东北区成为中国玉米产量波动影响最大的区;黄土高原区的总方差贡献率呈现波动下降趋势,1983年以来的总方差贡献率均在16%以下。随着玉米产量比重的快速上升,蒙新区玉米产量的波动量也呈现波动性上升趋势;此外,西南区、华南区、长江中下游区和青藏区的总方差贡献较小且较稳定,对中国玉米产量的波动影响较小。总体而言,东北区和黄淮海区是中国玉米产量波动的主要贡献地区,黄淮海区和蒙新区是中国玉米产量波动贡献度高且上升趋势明显的地区,应重点关注。

#### 4 结论与讨论

本研究基于 LMDI 模型和 EMD 模型系统分析 1978—2012 年间中国玉米产量的变化趋势及其波动特征,揭示播种面积和单产对玉米总产量的贡献,并识别出不同时段以及不同地区玉米生产的波动特征及其地区贡献,可以为未来实施差别化的玉米生产策略提供数据支撑。

1978—2012 年间,玉米播种面积效应为  $0.79 \times 10^8$  t,对玉米总产量的贡献值逐渐增大,成为全国玉米总产量快速上升的主要推动因素;玉米单产效应为  $0.71 \times 10^8$  t,玉米单产引起的玉米产量变化在玉米总产量中的贡献呈现下降趋势。各粮食产区玉米产量变化的贡献效应差异显著,玉米播种面积效应和玉米单产效应的共同作用使东北地区和黄淮海区的产量明显增加,玉米的优势产区逐步形成。

1978—2012 年间中国玉米总产量以趋势增长为主,存在准 3 年的周期性波动,但对玉米产量变

化的影响不大;玉米波动量先增加后下降,但波动指数基本在-5%~5%之间变化。从地区看,黄淮海区的玉米波动量最大,其次为东北区和黄土高原区;黄淮海区、东北区和黄土高原区三大玉米产区自身的产量波动及其相互间的正向联动是中国玉米产量波动的主要因素。35 年间西南区玉米产量比重下降 5.38 个百分点,东北区和黄淮海区是中国玉米产量波动贡献度高且变化剧烈的地区,应重点关注这三个区的玉米生产。

本研究仅仅从玉米播种面积和玉米单产两方面分析了玉米总产量波动的成因。实际上,玉米总产量的波动成因还应从气候因素、科技进步因素、政策因素和种植制度变迁等方面进行深入探讨。同时,EMD 模型和 LMDI 模型对于时序数据的长度、数据质量和构成等因素依赖性较大,由此造成的不确定性等问题在后续的研究中有待进一步解决。

#### 参考文献

- [1] 曹阳,杨婕,熊伟,等. 1961—2010 年潜在干旱对我国夏玉米产量影响的模拟分析. 生态学报, 2014, 34(2): 1-9
- [2] 郭庆海. 中国玉米主产区的演变与发展. 玉米科学, 2010, 18(1): 139-145
- [3] 徐志宇,宋振伟,邓艾兴,等. 近 30 年我国主要粮食作物生产的驱动因素及空间格局变化研究. 南京农业大学学报, 2013, 36(1): 79-86
- [4] 刘会玉,张明阳,林振山. 建国以来江苏省粮食产量变化的多时间尺度分析. 资源科学, 2004, 26(1): 107-112
- [5] 韩长赋. 玉米论略. 农业经济问题, 2012(6): 4-9

- [6] 赵俊晔, 张峭. 我国玉米自然灾害风险区识别研究. 自然灾害学报, 2013, 22(1): 29-37
- [7] 胡小平, 星焱. 新形势下中国粮食安全的战略选择: “中国粮食安全形势与对策研讨会”综述. 中国农村经济, 2012(1): 92-96
- [8] 邵飞, 陆迁. 基于 Nerlove 模型的中国不同区域玉米供给反应研究. 经济问题, 2011(7): 73-76
- [9] 刘忠, 黄峰, 李保国. 2003—2011 年中国粮食增产的贡献因素分析. 农业工程学报, 2013, 29(23): 1-8
- [10] 金涛, 陆建飞. 江苏粮食生产地域分化的耕地因素分解. 经济地理, 2011, 31(11): 1886-1890
- [11] 金涛. 中国粮食生产时空变化及其耕地利用效应. 自然资源学报, 2014, 29(6): 911-919
- [12] 刘玉, 潘瑜春, 任旭红, 等. 基于 LMDI 的粮食生产因素分解模型及实证分析: 以河南省为例. 北京大学学报: 自然科学版, 2014, 50(5): 887-894
- [13] 王洪丽, 杨双, 王军, 等. 吉林省玉米产量波动分析. 玉米科学, 2011, 19(5): 134-136
- [14] 张建平, 王春乙, 杨晓光, 等. 温度导致的我国东北三省玉米产量波动模拟. 生态学报, 2009, 29(10): 5516-5522
- [15] 张继权, 范长波. 吉林省梨树县玉米产量波动与气候灾害定量分析. 农业系统科学与综合研究, 1993, (4): 289-292
- [16] 祝美群, 白人朴. 改革开放以来我国粮食生产波动的分析. 中国农业大学学报, 2000, 5(4): 6-10
- [17] 钟甫宁. 稳定的政策和统一的市场对我国粮食政策的影响. 中国农村经济, 1995(7): 44-47
- [18] Huang N E, Shen Z, Long S R, et al. The empirical mode decomposition and the Hilbert spectrum for nonlinear and nonstationary time series analysis. Proceedings of the Royal Society of Land A, 1998, 454: 903-955
- [19] Du X F, Li Z J, Bi F R, et al. Source separation of diesel engine vibration based on the empirical mode decomposition and independent component analysis. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2012, 25(3): 557-563
- [20] Ivan M C, Richard G B. Empirical mode decomposition based time frequency attributes // Proc 69th SEG Meeting. Houston, 1999: 73-91
- [21] 陈宝柱, 吕琳, 张洪华. 一种提取数据包络的方法. 船电技术, 2011, 31(5): 37-39
- [22] 卫荣, 张江涛, 张云博, 等. 河南省玉米生产循环波动分析. 河南农业大学学报, 2012, 46(4): 463-468
- [23] Hazell P B R. Sources of increased instability in Indian and US cereal production. American Journal of Agricultural Economics, 1984, 88(3): 302-311
- [24] 国家玉米产业技术体系. 我国玉米增长潜力、方向与保障措施. 作物杂志, 2013(4): 1-3
- [25] 王崇桃, 李少昆, 韩伯棠. 玉米产量潜力实现的限制因素的参与式评估. 中国软科学, 2006(7): 53-59