

# 东南亚稻米生产时空变化格局分析

封志明<sup>1,2,3</sup>, 肖池伟<sup>1,2</sup>, 杨艳昭<sup>1,2,3</sup>

1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101
2. 中国科学院大学资源与环境学院, 北京 100049
3. 国土资源部资源环境承载力重点实验室, 北京 101149

**摘要** 稻米是重要的基础战略物资,其生产关乎国计民生。基于FAO数据库,从区域及国家两个层次定量分析了1961—2014年东南亚稻米生产的时空格局及其演变特征,并借助LMDI模型探讨了稻米增产的贡献因素。研究表明,1961年以来东南亚稻米生产取得了长足发展,占世界稻米生产的近30%且呈上升趋势,东南亚稻米种植向中南半岛的泰国、越南推进;东南亚国家稻米增产受单产水平提升的影响较为显著。

**关键词** 稻米生产;时空格局;特征分析;贡献因素;东南亚

2010年以来,部分粮食出口大国限制粮食出口造成了粮食供应短缺,加之全球能源危机的加剧和生物质能源的开发导致国际粮价一度持续上涨,使得部分国家和地区出现了粮食危机,无形之中加剧了区域粮食安全风险。水稻作为最主要的粮食作物之一,滋养着世界近1/3人口,稻米的生产 and 贸易对保证粮食供应和社会稳定起十分积极的作用,已经成为国家社会经济发展的基础战略物质<sup>[1-3]</sup>。劳动力密集、土地资源丰富的东南亚蕴藏着富饶的稻米资源,稻米作为该区最主要的粮食来源,对经济发展和社会稳定的重要意义不言而喻。近年来,该区域已经成为国际社会关注的焦点区域。一方面,东南亚不仅是中国—东盟自由贸易区重要组成部分,更是21世纪海上丝绸之路的前沿阵地和重要枢纽。另一方面,随着美国实施“亚太稳

定”计划,日本“自由与繁荣之弧”战略的推行,印度“东向行动”战略的推进,欧盟和俄罗斯战略重心向亚太地区的转移,中南半岛及东南亚是全球包括美国、日本、印度、中国等大国角逐的竞技场<sup>[4-6]</sup>。在此地缘政治经济背景下,中国为谋求在该区域的话语权,未来同该区域的合作、交流与联系势必日益俱增。特别是近年来,中南半岛的越南、泰国两国的稻米种植势头强劲,对中国实施稻米生产/贸易的“走出去”和“引进来”战略、改善地缘环境具有重要现实意义。此外,稻米种植是东南亚最为典型的农耕风貌,其种植面积逐年攀升,东南亚稻米生产的时空变化及其增产因素研究可为中国的稻米种植布局、稻米进出口等提供借鉴。

目前,东南亚的稻米生产与种植引起了学界的广泛关注,相关学者从农业、地理、经济等不同角度对稻

收稿日期: 2017-12-15; 修回日期: 2018-01-04

基金项目: 国家自然科学基金项目(41430861, 41471453)

作者简介: 封志明, 研究员, 研究方向为资源开发与区域发展、资源科学综合研究的理论与方法, 电子邮箱: fengzm@igsrr.ac.cn; 杨艳昭(通信作者), 研究员, 研究方向为资源利用与区域可持续发展, 电子邮箱: yangyz@igsrr.ac.cn

引用格式: 封志明, 肖池伟, 杨艳昭. 东南亚稻米生产时空变化格局分析[J]. 科技导报, 2018, 36(3): 75-81; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2018.03.010

米种植的格局分布以及资源环境效应进行了剖析<sup>[7-10]</sup>。总体而言,已有研究取得了较为丰硕的成果,然而关于东南亚长时间序列稻米种植面积和产量的国别差异及其贡献因素研究不多。随着遥感技术的发展,遥感手段已广泛用于植被类型信息提取等研究<sup>[11-12]</sup>,但是囿于东南亚稻米种植的物候特征不明显(稻米一年到头均可播种/收割),东南亚稻米种植的空间特征及国别差异等诸多问题亟待厘清。此外,受卫星数据覆盖年代相对较短、热带光学影像雨季(5—10月)易受云影影响、图像解译存在一定的误差等限制,遥感技术在长时段农作物空间格局及其动态变化研究方面尚存在一定的困难。而统计数据一般基于行政单元,时间维可以覆盖几十年或百年,在分析农作物播种面积的数量、幅度和类型变化中得到了广泛应用<sup>[13]</sup>。

东南亚光温水热条件极其优越,加之土地资源丰富的、劳动力资源充足,为稻米种植带来了便利条件<sup>[14]</sup>。此外,东南亚毗邻全球粮食消费大国和进口最大国——中国(2014年),拥有广阔的需求市场。在当前发展形势下,美国、日本、印度和中国等域外大国纷纷将焦点和重心(投资、基建、贸易等)转入东南亚,国际市场对稻米的旺盛需求推动了东南亚稻米种植及再生产,具有正在成为“世界粮仓”的前景。毫无疑问,面对日益复杂的东南亚局势,从国家/地理区层面入手,分析区域内基础战略物质——稻米生产格局及其增产因素,对认识东南亚国家稻米生产特征及中国制定稻米贸易合作战略具有重要现实意义。

鉴于此,本研究从东南亚国家 54 年(1961—2014 年)以来稻米种植的角度出发,基于联合国粮食及农业组织(FAO)统计数据库,以国别/地理区为研究单元,在梳理东南亚国家稻米种植的基础上,分析与探讨东南亚国家稻米生产时空演变特征及稻米增产的主要因素。

## 1 研究区概况

东南亚由中国以南、印度以东、巴布亚新几内亚以西、澳大利亚以北的 11 个国家组成,分别是缅甸、老挝、泰国、越南、柬埔寨、马来西亚、新加坡、印度尼西亚、文莱、菲律宾、东帝汶(图 1)。习惯上,将前 5 个国家称为半岛国家(即中南半岛),将后 6 个国家称为海岛国家(即马来群岛大部分)。全区土地面积为 434.1 万 km<sup>2</sup>,

人口约为 6.33 亿(2015 年)。东南亚国家联盟是该区域最大的区域性组织,覆盖了除东帝汶外其他 10 个国家。

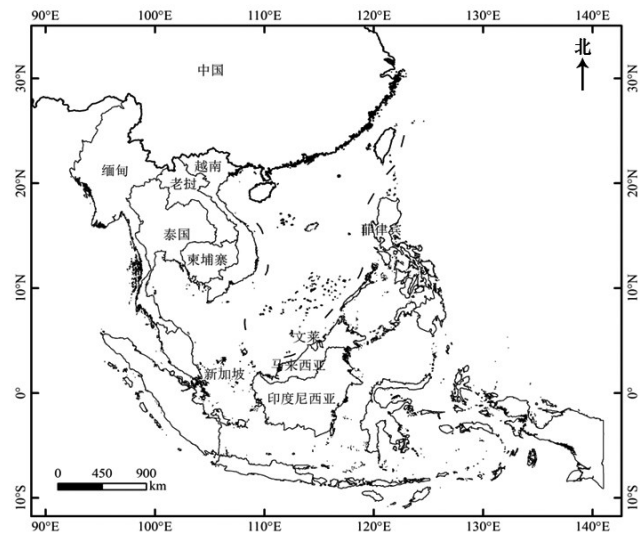


图 1 研究区地理区位示意

Fig. 1 Location map of the countries of Southeast Asian (SEA)

东南亚地处热带季风—雨林气候区,高温多雨,水资源丰富,十分适宜水稻生长,加之大部分地区土地肥沃,是世界著名的稻米产区(播种面积占全球近 30%),其稻米出口亦在国际市场上占有重要地位。东南亚的稻米主要种植在大河下游的三角洲、中游的河谷和沿海平原地区。特别是中南半岛地区光、温、水、热条件极其优越,有黄金半岛的美称<sup>[15]</sup>,发育有肥沃的河口三角洲,如红河三角洲、湄公河三角洲、湄南河三角洲和伊洛瓦底江三角洲等<sup>[14]</sup>,使泰国、越南和缅甸等成为世界上重要的稻米生产基地和稻米出口国<sup>[16]</sup>。其中,越南的河内、泰国的曼谷和缅甸的仰光并称为“世界三大米市”<sup>[17]</sup>。

## 2 数据来源与研究方法

### 2.1 数据来源与说明

根据联合国粮食及农业组织制定的 2010 年世界农业普查方案(World Programme for the Census of Agriculture, WCA2010),本研究中的稻米均采用 FAO 粮食生产年鉴中谷物(cereals total, 共 170 个品类)所包含的稻米(rice paddy)数据。基础数据来源于联合国粮食及农业组织统计年鉴(FAOSTAT, <http://faostat.fao.org>),时间跨度为 1961—2014 年。其中,稻米生产数据来自粮

食数据库(Production/Crops)中的历年稻米产量(rice total)。此外,东南亚国家边界矢量数据来源于全球行政区划数据库(GADM database of Global Administrative Areas, <http://www.gadm.org>)。在对获取的数据进行分析之前均进行了核算单位、核算口径等的归一化处理。

## 2.2 研究方法

从稻米产量的构成来看,稻米总产的变动主要是由稻米种植面积和单位面积产量共同变化决定的<sup>[18]</sup>,因此稻米总产量的提高可分解为播种面积贡献和单产贡献两个方面<sup>[19]</sup>。其中,以种植面积扩大为主导的增产方式称为外延式增产,而以单产提升为主导的增产方式称为内涵式增产<sup>[20]</sup>。借鉴粮食增产贡献因素分析方法,利用LMDI模型对稻米产量(total yield,  $TY$ )的种植面积(planting area,  $PA$ )和单产水平(yield per unit area,  $YPA$ )的贡献率(contribution rate,  $CR$ )进行分析<sup>[21]</sup>。

$$CR_{PA_i} = \frac{\frac{TY_{ii} - TY_{0i}}{\ln TY_{ii} - \ln TY_{0i}} \ln \frac{PA_{ii}}{PA_{0i}}}{\Delta TY_i} \times 100\% \quad (1)$$

$$CR_{YPA_i} = \frac{\frac{TY_{ii} - TY_{0i}}{\ln TY_{ii} - \ln TY_{0i}} \ln \frac{YPA_{ii}}{YPA_{0i}}}{\Delta TY_i} \times 100\%$$

式中,  $CR_{PA_i}$  和  $CR_{YPA_i}$  分别为  $i$  国种植面积和单产水平对稻米增产的贡献率,其中,  $TY_{0i}$ 、 $TY_{ii}$  分别为  $i$  国期初(1961年)和期末(2014年)的稻米产量,  $PA_{0i}$ 、 $PA_{ii}$  分别为  $i$  国期初和期末的稻米播种面积,  $YPA_{0i}$ 、 $YPA_{ii}$  分别为  $i$  国期初和期末的稻米单产量,  $\Delta TY_i$  为  $i$  国稻米总产量增量。

为进一步厘清种植面积和单产水平对东南亚稻米增产的贡献程度,参考相关研究<sup>[22]</sup>,结合东南亚国家的  $CR$  值,对其稻米变动进行分析。当  $CR \leq 0.3$ ,表明种植面积或单产对总产的贡献轻微显著;当种植面积或单产对总产的贡献较显著时,  $0.3 < CR \leq 0.5$ ;当  $0.5 < CR \leq 0.7$  时,表明种植面积或单产对总产的贡献一般显著;  $CR > 0.7$ ,则表明种植面积或单产对总产的贡献显著。

## 3 结果与分析

### 3.1 稻米生产特征

#### 3.1.1 总体特征

1961—2014年,东南亚稻米生产取得了长足发展(图2)。54年间,区内稻米种植面积由期初的2848.4万  $\text{hm}^2$  增加到期末的4875.6万  $\text{hm}^2$ ,增加了2027.2万  $\text{hm}^2$ ,

年均增长率为1.1%,平均种植面积占全世界的26.1%;相应的,稻米总产量增加达3.6倍,由期初的4600.9万  $\text{t}$  增加到期末的20989.4万  $\text{t}$ ,年均增长率为2.8%,平均占全球总产量的22.9%。以每隔10年为时间跨度进一步分析发现,东南亚稻米生产具有明显的阶段性波动特征。稻米种植面积与总产量的增长率均呈现“先增后减再增”的波动趋势,其中,20世纪90年代增长幅度最大(面积与产量增幅分别为17.5%、35.6%),20世纪80年代增长幅度最小(面积与产量增幅分别为4.1%、24.0%)。值得注意的是,在21世纪前15年里,该区稻米种植面积与产量几乎成直线增加,年际波动非常小。

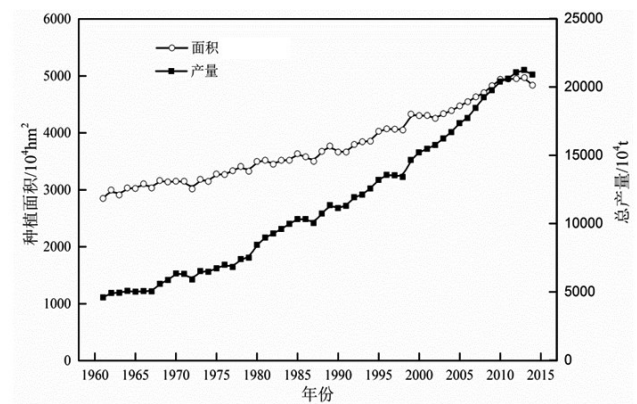


图2 1961—2014年东南亚国家稻米种植面积与总产量增长情况

Fig. 2 Temporal changes of rice total production and planting area in SEA during 1961—2014

此外,就单位面积产量来看,过去54年间东南亚的稻米平均单产水平逐步提高,由1961年的1.6  $\text{t}/\text{hm}^2$  提高到2014年的3.7  $\text{t}/\text{hm}^2$ ,提高2.1  $\text{t}/\text{hm}^2$ ,其中老挝单产水平提升最快(3.8倍),单产稳居该区第1,达5.8  $\text{t}/\text{hm}^2$ 。从增长速度来看,54年间稻米单产年均增速(1.6%)高于同期播种面积(1.1%)的增长率,显示出较快的增长速度。分析发现,东南亚稻米单产水平与同期世界水平提高(1.5倍)相比存在一定的差距,这同时也说明了随着科技的进步,未来该区稻米单产水平进一步提升的空间巨大。整体而言,东南亚的稻米生产相对稳定,且商品化程度较高,对于维护区域与世界粮食安全起到了积极的作用,加之区内劳动力密集与耕地面积广阔,极具“世界稻仓”的潜力。

#### 3.1.2 国别特征

播种面积的波动式增长是造成总产阶段性增长的

主要原因,可以反映粮食生产区域格局的变化状况。就国家层面而言,因东南亚各国的自然条件、资源禀赋、人口规模和经济发展水平等存在绝对差异,过去54年各国稻米种植比例差异非常突出。多年来,印尼的稻米种植生产在东南亚国家中处于绝对优势地位,稻米种植面积平均比例为22.6%;泰国稻米种植面积比例居于次位,越南稻米总产量比例自20世纪90年代反超泰国后稳居第2位。从图3可以看出,1961—2014年,除新加坡因未有稻米种植外,文莱、东帝汶、马来西亚与老挝4国稻米种植面积比例极小且稳定,其他6国的稻米种植比例均表现出波动的态势。其中印尼和泰国稻米种植面积比例有不同程度的上升,增幅分别为17.6%、3.4%;柬埔寨、菲律宾、缅甸和越南减幅分别为17.0%、12.9%、6.7%与3.7%。

就地理区域而论,半岛国家的稻米种植面积比例(59.0%~64.5%)整体高于海岛国家的相应水平(35.5%~40.9%),且半岛国家的稻米种植比例波动幅度也小于海岛国家的相应水平。中南半岛5国历年稻米种植总面积均超出海岛国家种植总面积的20%~30%,相应产量在期初与期末前者高出后者达10%~25%。特别地,1961—2014年中南半岛稻米平均单产水平(2.4 t/hm<sup>2</sup>)略低于海岛国家相应水平(2.5 t/hm<sup>2</sup>),但自20世纪末以来前者的单产水平持续高于后者,领先近20%。整体而言,中南半岛的稻米种植面积比例和产量比例呈下降趋势,对应的海岛国家则表现出上升的态势,但中南

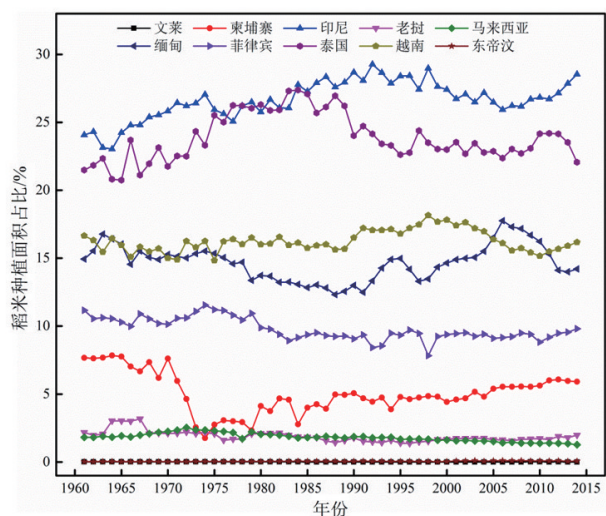


图3 1961—2014年东南亚10国(新加坡未种植稻米除外)稻米种植面积比例变化情况

Fig. 3 Proportions of national rice planting area in SEA during 1961—2014

半岛的稻米种植仍然更具优势。上述变化充分说明在耕作面积刚性减少的情况下,单产水平的提高对总产的贡献更大,通过提高单产在东南亚更具现实意义。

### 3.1.3 空间分布特征

稻米总产量是衡量国家或地区稻米总体生产水平的主要指标<sup>[23]</sup>,就空间分布而言,东南亚稻米的空间分布具有明显的区域性特征。过去54年间,东南亚国家的稻米总产均取得了较快的发展,国别间的相对差距有所缩小,但绝对差距仍在扩大。

1961—2014年,东南亚国家(新加坡除外)稻米产量稳定占区内总量10%以上的国家有4个(半岛国家3个,海岛国家1个),印尼、泰国、越南、缅甸4国的稻米产量占该区的85%以上(表1)。54年以来,中南半岛5国历年稻米产量约占东南亚产量的60%,高出马来群岛5国稻米产量约20%,其产量优势十分明显。此外,中南半岛5国总人口却比海岛国家(6国)人口少1~1.5亿,中南半岛5个国家的稻米生产表现更为稳定。这正好说明了中南半岛比马来群岛在稻米种植上更具发展潜力且后劲十足。具体看来,印尼堪称本区最大的稻米生产国(表1),2013年稻米产量已突破7000万t,其历年稻米产量占东南亚的约1/3,但其产量占比至20世纪末期开始逐年下降;泰国曾是该区第二大稻米生产国,其稻米产量在期初和印尼的差距极小,但20世纪70年代以后两者差距逐渐拉大,到20世纪末初期被越南反超而位列第3;越南目前的稻米产量稳居东南亚第2位,因其持续较快的增长速度,于20世纪末正式超过越南;缅甸的稻米产量处于持续缓慢的增长态势,多年平均占比稳定在14%左右;在其余6个国家中,大多国家的稻米份额都保持在0~9%,其中尤以文莱产量及份额均最小,不足0.01%。此外,老挝的稻米产量虽然份额较少,但因其基数较小且热区资源丰富,稻米生产显示了极强的后劲(6.4倍),未来稻米生产地位将进一步提升。

## 3.2 稻米增产贡献因素分析

### 3.2.1 整体贡献因素分析

从整个东南亚来看(表2),过去54年东南亚稻米总产以单产驱动为主,种植面积对总产有一定的促进作用。分析发现,稻米总产增长与单产水平的波动基本一致,反映了稻米单产水平的提升往往造成相应总产呈现内涵式变化。

### 3.2.2 国别差异分析

就国家层面而言,从东南亚各国水稻贡献可以看

表1 1961—2014年东南亚国家稻米生产基本情况

Table 1 Basic data of SEA rice production in recent 54 years (1961—2014)

国家	1961年 产量/万t	1971年 产量/万t	1981年 产量/万t	1991年 产量/万t	2001年 产量/万t	2011年 产量/万t	2014年 产量/万t	期初份 额/%	期末 份额/%
越南	899.7	1044.7	1241.5	1962.2	3210.8	4239.8	4497.4	19.6	21.4
泰国	1015.0	1374.4	1777.4	2040.0	2803.4	3612.8	3262.0	22.1	15.5
缅甸	683.4	817.5	1414.7	1320.4	2191.6	2900.9	2642.3	14.9	12.6
柬埔寨	238.3	273.2	149.0	240.0	409.9	877.9	932.4	5.2	4.4
老挝	54.0	81.1	115.5	122.4	233.5	306.6	400.2	1.2	1.9
印尼	1208.4	2019.0	3277.4	4468.8	5046.1	6575.7	7084.7	26.3	33.8
菲律宾	391.0	532.5	791.1	967.3	1295.5	1668.4	1896.8	8.5	9.0
马来西亚	108.9	181.7	201.9	192.6	209.5	257.6	264.5	2.4	1.3
东帝汶	1.7	1.1	3.2	6.7	5.4	9.8	8.9	0.0	0.0
文莱	0.5	0.4	0.3	0.1	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0

表2 1961—2014年东南亚国家稻米增产贡献统计

Table 1 Statistics of rice total yield increase factors from 1961 to 2014 in SEA

国家	种植面积		单产	
	贡献率/%	贡献类型	贡献率/%	贡献类型
东帝汶	73.2	显著	26.8	轻微显著
印尼	39.5	较显著	60.5	一般显著
文莱	24.5	轻微显著	75.5	显著
菲律宾	25.3	轻微显著	74.7	显著
马来西亚	32.6	较显著	67.4	一般显著
老挝	21.7	轻微显著	78.3	显著
柬埔寨	25.7	轻微显著	74.3	显著
缅甸	34.6	较显著	65.4	一般显著
泰国	48.9	较显著	51.1	一般显著
越南	31.0	较显著	69.0	一般显著

出(表2),1961—2014年,除新加坡因未有稻米种植外,各国稻米增产贡献的差异较突出。就空间分布来说,统计发现印尼、越南和泰国3国的稻米增产虽然受单产驱动主导,但相较于其他单产驱动国而言,其贡献率偏低(表2)。分析表明,在种植面积贡献较为占优的背景下,即过去54年间上述3国稻米种植面积稳定占东南亚稻米总种植面积的65%以上,此外受水、热资源丰富,土地资源相对充足等因素的影响,3国稻米总产表现出持续增长的态势。从1961—2014年数量变化看,就种植面积贡献而言,有4个国家轻微显著,有5个国家较显著,仅东帝汶表现出种植面积贡献显著的特征(表2)。分析发现,虽然东帝汶土地面积狭小,但近54年来其稻米种植面积扩展速度在东南亚最大,达3.4倍;就种植面积贡献而论,除东帝汶的单产贡献轻微显

著外,其他东南亚国家的单产贡献CR值均在一般显著水平及以上。值得注意的是老挝在东南亚的单产贡献率位居区内第1,其显著性最强,这与老挝稻米单产提升水平居东南亚之首(近4倍)密切相关。

## 4 结论

以FAO数据库中稻米生产(种植面积、单产、总产)为基础数据,分析了1961—2014年东南亚国家稻米生产时空格局及其贡献因素,结论如下。

1) 1961—2014年,东南亚稻米生产取得了长足发展,稻米种植面积与产量占世界的近30%且呈上升趋势,其中稻米总产量增加3.6倍,稻米种植面积增加2027.2万 $\text{hm}^2$ ;过去54年东南亚稻米种植面积及总产存在明显的“先增后减再增”的阶段性波动特征。

2) 1961年以来,中南半岛的稻米种植比例呈下降趋势,海岛国家则表现出上升的态势,但前者的稻米种植仍然更具优势且其稻米种植波动幅度小于后者。中南半岛(61.7%)比马来群岛(38.3%)在稻米种植上更具发展潜力且后劲十足,单产驱动东南亚稻米种植向中南半岛的泰国和越南两国推进。

3) 从稻米总产贡献因素来看,东南亚国家稻米增产的主要驱动因素是稻米单产(泰国、印尼),少部分国家表现为种植面积(柬埔寨等);整体而言,稻米产量水平越高的国家,其稻米总产波动越小,粮食生产更为稳定。

尽管农作物种植结构中稻米种植所占比例对区域稻米生产有一定的影响,但稻米种植面积和稻米单位

面积产量等表现因素仍然是导致稻米总产波动的主要原因。萦绕在稻米种植中的问题主要涉及“种什么”“怎么种”等,核心问题即稻米种植的空间分布格局。因而,准确厘定稻米种植的面积及其空间分布尤为关键,为优化稻米种植的格局提供数据基础。目前,遥感监测作为快速提取地物类型的手段应用广泛。然而,囿于东南亚水稻“不违农时”的特征不明显(即年内均可种植和收割)和热带光学影像雨季易受云雾的影响<sup>[24]</sup>,给利用遥感影像基于物候特征监测其水稻种植分布及动态变化带来了较大困难,相关研究成果明显少于同为全球粮食主产区的中国和东北亚。本研究基于长时间序列的统计数据,对认识东南亚稻米种植的宏观特征具有重要作用,为后续开展东南亚稻米的遥感监测提供了研究基础。未来应致力于探索基于遥感监测东南亚稻米的技术方法,继而厘清该区稻米种植的时空分布格局及变化,以期为区域稻米种植制定策略。

### 参考文献(References)

- [1] 封志明, 张蓬涛, 宋玉. 粮食安全: 西北地区退耕对粮食生产的可能影响[J]. 自然资源学报, 2002, 17(3): 299-306.  
Feng Zhiming, Zhang Pengtao, Song Yu. Food security: The impact of land conversion from farmland to forest or grassland on grain production in Northwest China[J]. Journal of Natural Sciences, 2002, 17(3): 299-306.
- [2] 李鹏, 姜鲁光, 封志明, 等. 鄱阳湖区粮食供给功能的空间格局分析[J]. 自然资源学报, 2011, 26(2): 190-200.  
Li Peng, Jiang Luguang, Feng Zhiming, et al. Spatial pattern of food provision service in Poyang Lake Region, China[J]. Journal of Natural Sciences, 2011, 26(2): 190-200.
- [3] 肖池伟, 刘影, 李鹏. 近20年江西省水稻生产优势与时空变化分析[J]. 农业现代化研究, 2015, 36(5): 727-735.  
Xiao Chiwei, Liu Ying, Li Peng. Comparative advantage and its spatiotemporal changes of rice production in Jiangxi Province in past 20 years[J]. Research of Agricultural Modernization, 2015, 36(5): 727-735.
- [4] 肖池伟, 李鹏, 封志明. 1976年—2013年老挝主要农作物种植结构时空演变特征分析[J]. 世界地理研究, 2017, 26(6): 31-39.  
Xiao Chiwei, Li Peng, Feng Zhiming. Spatio-temporal changes of primary crops in Laos during 1976-2013[J]. World Regional Studies, 2017, 26(6): 31-39.
- [5] Kitchen N. Executive summary: The new geopolitics of Southeast Asia[M]. London: London School of Economics and Political Science, 2012.
- [6] 肖池伟, 封志明, 李鹏. 1961—2013年全球橡胶生产时空演变特征[J]. 地理科学进展, 2016, 35(10): 1228-1236.  
Xiao Chiwei, Feng Zhiming, Li Peng. Spatiotemporal changes of global rubber production during 1961-2013[J]. Progress in Geography, 2016, 35(10): 1228-1236.
- [7] Manjunath K R, More R S, Jain N K, et al. Mapping of rice-cropping pattern and cultural type using remote-sensing and ancillary data: A case study for South and Southeast Asian countries[J]. International Journal of Remote Sensing, 2015, 36(24): 6008-6030.
- [8] Qiu Yongfu, Jiao Xiaozhen, Hu Dehui, et al. Development and application of EST-SSR to evaluate the genetic diversity of Southeast Asian Rice Planthoppers[J]. Journal of Asia-Pacific Entomology, 2016, 19(3): 625-629.
- [9] Hergoualc'H K, Verchot L V. Greenhouse gas emission factors for land use and land-use change in Southeast Asian Peatlands [J]. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 2014, 19(6): 789-807.
- [10] Bridhikitti A, Overcamp T J. Estimation of Southeast Asian rice paddy areas with different ecosystems from Moderate-Resolution Satellite Imagery[J]. Agriculture Ecosystems & Environment, 2012, 146(1): 113-120.
- [11] Alston J M, Beddow J M, Pardey P G. Agricultural research, productivity, and food prices in the long run[J]. Science, 2009, 325(5945): 1209-1210.
- [12] Canisius F, Turrall H, Molden D. Fourier analysis of historical NOAA time series data to estimate bimodal agriculture[J]. International Journal of Remote Sensing, 2007, 28(24): 5503-5522.
- [13] 夏天, 吴文斌, 周清波, 等. 基于地理回归的农作物播种面积统计数据空间化方法[J]. 自然资源学报, 2016, 31(10): 1773-1782.  
Xia Tian, Wu Wingbin, Zhou Qingbo, et al. Spatialization of statistical crop planting area based on geographical regression [J]. Journal of Natural Sciences, 2016, 31(10): 1773-1782.
- [14] 吕婷婷, 刘闯. 中国珠江三角洲与东南亚四大三角洲多熟种植制度的时空格局研究[J]. 资源科学, 2009, 31(10): 1662-1669.  
Lü Tingting, Liu Chuang. Spatio-temporal distributions of multiple cropping systems in the pearl river delta of China and four deltas in Southeast Asia[J]. Resources Science, 2009, 31(10): 1662-1669.
- [15] Charles F K. Golden Peninsula: Culture and adaptation in Mainland Southeast Asia[M]. Hawaii: University of Hawaii Press, 1977.
- [16] 吴崇伯. 东南亚国家的粮食生产与粮食政策[J]. 东南亚南亚研究, 2012(3): 32-36.  
Wu Chongbo. On grain production and food policies in

- Southeast Asian countries[J]. *Southeast Asian and South Asian Studies*, 2012(3): 32-36.
- [17] 王子昌. 越南农业政策变革与粮食生产[J]. *东南亚研究*, 2008(6): 17-22.
- Wang Zichang. Vietnam's agricultural policies and the world rice structure[J]. *Southeast Asian and South Asian Studies*, 2008(6): 17-22.
- [18] 杨艳昭, 吴艳娟, 封志明. 非洲粮食产量波动时空格局的定量化研究[J]. *资源科学*, 2014, 36(2): 361-369.
- Yang Yanzhao, Wu Yanjuan, Feng Zhiming. Spatial-temporal patterns and regional differences of cereals production fluctuation in Africa[J]. *Resources Science*, 2014, 36(2): 361-369.
- [19] 金涛, 陶凯俐. 江苏省粮食生产时空变化的耕地利用因素分解[J]. *资源科学*, 2013, 35(4): 758-763.
- Jin Tao, Tao Kaili. Factor decomposition and temporal-spatial variation of grain production in Jiangsu[J]. *Resources Science*, 2013, 35(4): 758-763.
- [20] 陈丽, 郝晋珉, 艾东, 等. 黄淮海平原粮食均衡增产潜力及空间分异[J]. *农业工程学报*, 2015, 31(2): 288-297.
- Chen Li, Hao Jinmin, Ai Dong, et al. Balanced yield increasing potential of grain and its spatial differentiation in Huang-Huai-Hai Plain[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2015, 31(2): 288-297.
- [21] 刘玉, 高秉博, 潘瑜春, 等. 基于LMDI模型的中国粮食产量变化及作物构成分解研究[J]. *自然资源学报*, 2014, 29(10): 1709-1720.
- Liu Yu, Gao Binbo, Pan Yuchun, et al. Investigating contribution factors to China's grain output increase based on LMDI model during the period 1980 to 2010[J]. *Journal of Natural Resources*, 2014, 29(10): 1709-1720.
- [22] 孙通, 封志明, 杨艳昭. 2003—2013年中国县域单元粮食增产格局及贡献因素研究[J]. *自然资源学报*, 2017, 32(2): 177-185.
- Sun Tong, Feng Zhiming, Yang Yanzhao. Study on spatiotemporal patterns and contribution factors of China's grain output increase at the county level during 2003—2013[J]. *Journal of Natural Resources*, 2017, 32(2): 177-185.
- [23] 赵霞, 封志明, 杨艳昭. 1961年至2007年全球粮食生产的时空演变特征与地域格局[J]. *资源科学*, 2010, 32(5): 907-916.
- Zhao Xia, Feng Zhiming, Yang Yanzhao. An evaluation of world cereals production in recent 50 years from a view of spatial-temporal patterns and regional differences[J]. *Resources Science*, 2010, 32(5): 907-916.
- [24] Asner G P. Cloud cover in landsat observations of the Brazilian Amazon[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2001, 22(18): 3855-3862.

## Spatial and temporal pattern changes of rice production in Southeast Asian

FENG Zhiming<sup>1,2,3</sup>, XIAO Chiwei<sup>1,2</sup>, YANG Yanzhao<sup>1,2,3</sup>

1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

2. College of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

3. Key Laboratory of Carrying Capacity Assessment for Resource and Environment, Ministry of Land and Resources, Beijing 101149, China

**Abstract** Rice is an important strategic material and its production also relates to national economy and people's livelihood. Investigation on the changes in rice production and its driving factors in traditional rice production regions is of great importance in enhancing food provision function, ensuring regional and national grain security and proclaim contributions factors. Taking the Southeast Asia (SEA) as a study area and using LMDI method and the rice production data of 1961—2014 at regional and national scales from the Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database (FAOSTAT), we analyze the spatial and temporal patterns and change of rice production, and we further investigate the main influencing factors of these changes. The results are as follows. Since 1961, the SEA total rice production has achieved great development, the rice production of SEA accounting for about 30% of global output and showing an overall increasing trend. Meanwhile, rice plantations of the SEA have generally expanded northward from the countries of ISEA to the counterparts in MSEA (especially Thailand and Vietnam). The main contribution factor affecting rice production was unit rice yield in the SEA.

**Keywords** rice production; spatiotemporal pattern; analysis of characteristics; contribution factors; Southeast Asia(SEA) ●



(责任编辑 傅雪)