

“一带一路”沿线国家粮食生产的时空格局分析

贾琨^{1,2}, 杨艳昭^{1,2,3}, 封志明^{1,2,3}

(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, 北京 100049;

3. 国土资源部资源环境承载力评价重点实验室, 北京 101149)

摘要: “一带一路”倡议是新时代下全球化发展的必然结果。粮食作为一种重要的战略资源, 其生产对“一带一路”沿线国家乃至全球粮食安全意义重大。通过对沿线国家粮食生产数量、结构等方面的深入剖析, 揭示了“一带一路”沿线国家近40年来粮食生产的时空格局。结果表明: (1) “一带一路”沿线国家是世界粮食的重要产区, 粮食产量占全球比例50%~60%左右, 1977-2016年粮食产量呈增长趋势, 单产是其粮食总产增长的主要影响因素。1995-2016年人均粮食产量有所提高但国别差异显著, 人粮关系逐步改善, 区域粮食保障程度整体增强。(2) “一带一路”沿线国家粮食生产存在明显的地域差异, 空间格局相对稳定, 中国、印度、俄罗斯是其主要粮食生产国, 东南亚和南亚国家的粮食产量普遍较高, 阿拉伯半岛国家的粮食产量相对较低。(3) 稻谷、小麦和玉米是“一带一路”沿线国家主要粮食作物, 稻谷对粮食总产变化的贡献最大, 1977-2016年玉米占比不断增加, 三大作物区域分布特征明显。

关键词: 粮食生产; 时空格局; 地域差异; “一带一路”沿线国家

粮食是人类赖以生存和发展的重要物质基础。长期以来, 世界各国都把保证粮食生产作为维护社会稳定、促进经济发展的首要任务^[1]。但由于自然条件和资源禀赋的巨大差异, 区域粮食现实生产水平和生产潜力存在明显的地域分异, 再加上人口和社会经济等因素的影响, 使全球粮食安全态势不容乐观^[2]。与此同时, 全球能源危机的加剧和生物质能源的开发, 全球贸易的复杂性与气候变化的不确定性等都进一步加剧了区域粮食安全风险^[3]。如何应对复杂多变的国际粮食形势成为各国日益关注的问题。粮食安全体现在粮食的生产、消费、贸易和库存等多个方面, 而粮食生产是根本问题^[4]。

2013年9月与10月, 习近平主席提出了“丝绸之路经济带”和“21世纪海上丝绸之路”的构想, 2015年3月, 国家发展和改革委员会、外交部和商务部联合发布了《推动共建丝绸之路经济带和21世纪海上丝绸之路的愿景与行动》, 由此“一带一路”倡议成为国内外各界密切关注的热点问题^[5-6]。“一带一路”倡议是顺应世界经济格局变化和经济全球化深入发展趋势的必然结果, 有利于进一步促进全球战略资源的优化配置。粮食资源是区域可持续发展的重要战略资源, 开展“一带一路”沿线国家粮食资源的相关研究, 对科学认识沿线国家粮食生产特征、制定中国与沿线国家粮食贸易合作战略、实现区域粮食安全具有重要的现实意义。

收稿日期: 2018-10-08; 修订日期: 2019-02-24

基金项目: 中国科学院战略性先导科技专项(XDA20010201); 国家自然科学基金项目(41430861)

作者简介: 贾琨(1991-), 男, 山东淄博人, 博士研究生, 主要从事资源开发与区域发展研究。

E-mail: jiak.17b@igsrr.ac.cn

通讯作者: 杨艳昭(1977-), 女, 辽宁朝阳人, 博士, 研究员, 主要从事资源开发与区域发展研究。

E-mail: yangyz@igsrr.ac.cn

目前,国内外学者基于不同时间序列和空间尺度,对区域粮食产量的时空特征^[7-10],粮食生产的驱动因子与影响因素^[11-14]、粮食生产潜力^[15]等诸多方面开展了较为深入的探讨,这为研究“一带一路”沿线国家粮食生产奠定了科学的方法论和技术支撑。近年来,有学者开始关注“一带一路”沿线国家农业与粮食生产的研究^[16-17],但长时间序列的粮食生产时空格局研究仍相对较少。鉴于此,本文基于联合国粮食及农业组织(FAO)的统计数据,定量分析“一带一路”沿线国家近40年来粮食生产的演变规律及主要影响因素,揭示其空间分布格局与区域发展差异,以期为中国和“一带一路”沿线国家实现粮食安全提供科学依据和决策支持。

1 研究方法 with 数据来源

1.1 概念界定与研究范围

粮食一般是指谷物、豆类和薯类的统称,但其概念有广义与狭义之分,国内外对其界定也存在差异。为了便于资料收集与国别比较,本文所讨论的粮食均采用FAO生产年鉴中的谷物(Cereals Total)概念,包括小麦、稻谷、玉米、高粱、大麦等15种作物。

“一带一路”是一个开放的国际区域经济合作网络,本文在参考相关研究^[18-19]的基础上,将研究范围确定为包括中国在内的65个国家,具体国家如表1所示。其中,巴林、新加坡和巴勒斯坦在FAO粮食生产年鉴中均无相关数据,文中不做讨论。

表1 “一带一路”沿线国家
Table 1 Countries along the Belt and Road

六大区域	主要国别
中亚	哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦、乌兹别克斯坦、土库曼斯坦
中蒙俄	中国、蒙古、俄罗斯
东南亚	越南、老挝、柬埔寨、泰国、马来西亚、新加坡、印度尼西亚、文莱、菲律宾、缅甸、东帝汶
南亚	印度、巴基斯坦、孟加拉国、阿富汗、尼泊尔、不丹、斯里兰卡、马尔代夫
中东欧	波兰、捷克、斯洛伐克、匈牙利、斯洛文尼亚、克罗地亚、罗马尼亚、保加利亚、塞尔维亚、黑山、马其顿、波黑、阿尔巴尼亚、爱沙尼亚、立陶宛、拉脱维亚、乌克兰、白俄罗斯、摩尔多瓦
西亚/中东	土耳其、伊朗、叙利亚、伊拉克、阿联酋、沙特阿拉伯、卡塔尔、巴林、科威特、黎巴嫩、阿曼、也门、约旦、以色列、巴勒斯坦、亚美尼亚、格鲁吉亚、阿塞拜疆、埃及

1.2 数据来源

本文数据包括1977-2016年“一带一路”沿线国家的粮食总产量、播种面积、粮食单产以及小麦、玉米、稻谷等15种作物的相关数据,所需基础数据来源于联合国粮农组织FAOSTAT数据库,并且将收获面积等同于播种面积进行讨论,1995-2016年“一带一路”沿线国家人口数据则来自于世界银行数据库。

1.3 研究方法

影响粮食生产的表观要素主要是粮食播种面积和粮食单产水平,而人均粮食产量是衡量粮食安全水平的主要因子^[2]。基于数据的可得性和可比性,本文选取1977-2016年国别粮食总产、播种面积、粮食单产与人均粮食产量等指标,分析“一带一路”沿线国家粮食生产的历史演变规律及其关键影响因素,并揭示其空间分布格局。

其中,采用对数平均迪式分解法(LMDI)来定量剖析播种面积和单产水平对粮食总产的影响^[20],将粮食产量变化分解为:

$$\Delta P_i = \Delta P_{Si} + \Delta P_{Yi} \quad (1)$$

式中： ΔP_i 表示*i*区域粮食总产变化量； ΔP_{Si} 和 ΔP_{Yi} 分别表示播种面积和单产变化带来的粮食总产变化量，反映对粮食总产的贡献。将 ΔP_{Si} 、 ΔP_{Yi} 进一步分解：

$$\Delta P_{Si} = \frac{P_{ti} - P_{oi}}{\ln P_{ti} - \ln P_{oi}} \ln \frac{S_{ti}}{S_{oi}} \quad (2)$$

$$\Delta P_{Yi} = \frac{P_{ti} - P_{oi}}{\ln P_{ti} - \ln P_{oi}} \ln \frac{Y_{ti}}{Y_{oi}} \quad (3)$$

式中： P_{oi} 和 P_{ti} 分别表示*i*区域粮食作物期初和期末的产量； S_{oi} 和 S_{ti} 分别表示*i*区域期初和期末的播种面积； Y_{oi} 和 Y_{ti} 分别表示*i*区域期初和期末的作物单产。当某一因素符号为正时，该因素对粮食总产变化有正向效应，否则是负向效应。

2 结果分析

2.1 时序演变特征

2.1.1 粮食生产总体特征与主要影响因素

粮食总产量是衡量国家或地区粮食总体生产水平的主要指标^[21]。1977-2016年“一带一路”沿线国家粮食总产量总体呈持续增长态势，由1977年的8.09亿t增长到2016年的16.76亿t，增长达2.07倍。由图1可知，“一带一路”沿线国家粮食总产存在阶段性特征。其中，1977-1990年属于稳定增长期，期间实现增长3.51亿t，年均增长率2.8%。1991-2003年为波动增长期，期间实现增长0.58亿t，13年中有6年粮食产量有所下降。2004-2016年属于稳定增长阶段，期间实现增长4.02亿t，年均增长率2.3%。“一带一路”沿线国家对全球粮食贡献一直处于较高水平，粮食总产占全球比例稳定在50%~60%左右。由此可见，“一带一路”沿线国家是世界粮食重要产区，其粮食生产变化对世界粮食生产具有重要影响。

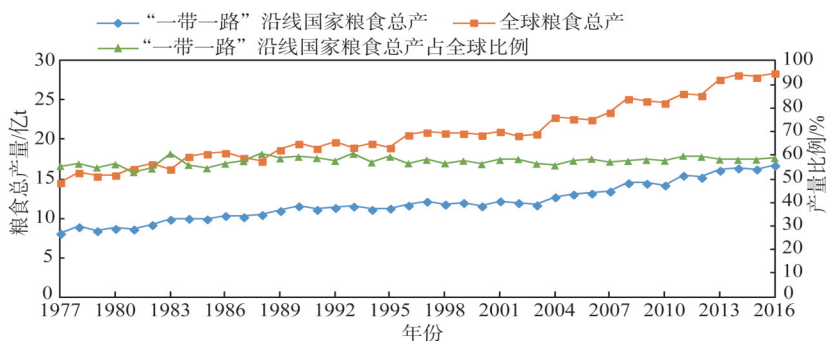


图1 1977-2016年“一带一路”沿线国家粮食总产量及占全球比例

Fig. 1 Changes of cereals production of countries along the Belt and Road and its proportion in the world during 1977-2016

人均粮食产量是表征区域人粮关系的重要指标^[22]。“一带一路”沿线国家人均粮食产量在1995-2016年间呈波动性增加。其中，2003年人均粮食产量最低，仅为292 kg，2016年人均粮食产量则达到最高，为364 kg。而同期人口数量则快速增长，增加近10亿人口（图2）。总体而言，“一带一路”沿线国家人均粮食产量有所提高，人粮关系趋于改善，但人口的不断增长对粮食生产提出了新的挑战。

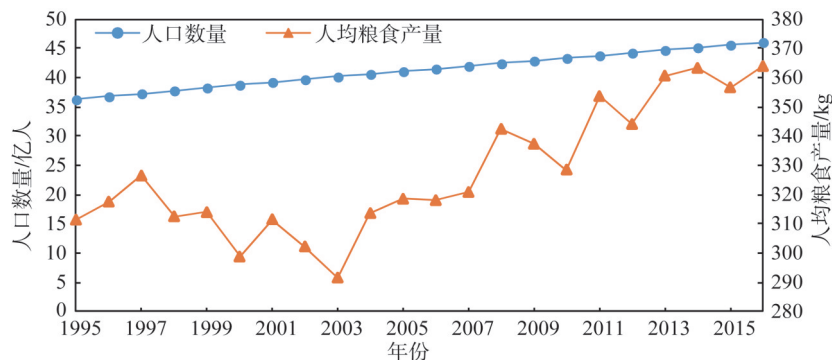


图2 1995-2016年“一带一路”沿线国家人口与人均粮食产量变化趋势

Fig. 2 Changes of population and per capita cereals production of countries along the Belt and Road during 1995-2016

采用LMDI模型计算1977-2016年“一带一路”沿线国家粮食播种面积和粮食单产对粮食总产量的贡献。研究表明,整体而言,粮食单产对粮食总产的贡献较大,其累积贡献与粮食总产量具有相似的变化趋势(图3)。1977-2016年,“一带一路”沿线国家粮食总产增加8.67亿t,其中,粮食单产以正效应为主,累积贡献9.25亿t。粮食播种面积总体表现为负效应,其累积贡献为-0.58亿t。由此可见,粮食单产提高是1977-2016年“一带一路”沿线国家粮食总产增长的主要因素。

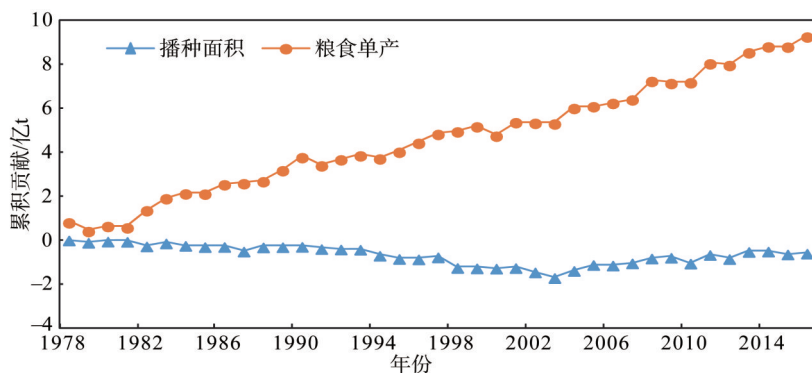


图3 1977-2016年“一带一路”沿线国家主要因素对粮食总产变化的累积贡献

Fig. 3 Accumulated effects of main indicators for cereals production changes of countries along the Belt and Road during 1977-2016

2.1.2 粮食作物结构演变规律

粮食作物结构对粮食生产具有重要影响。从不同粮食作物产量来看(图4),稻谷是“一带一路”沿线国家产量最高的作物,从1977年的3.14亿t增长到2016年的6.59亿t。小麦产量仅低于稻谷,从1977年的2.28亿t增长到2016年的4.87亿t。玉米是“一带一路”沿线国家第三大主要粮食作物,其产量从1977年的1.11亿t增长到2016年的4.14亿t。大麦、高粱、小米等其他作物的粮食产量均相对较低。1977-2016年,稻谷和小麦产量所占比例相对稳定,玉米所占比例整体呈增长趋势,三种作物占“一带一路”沿线国家粮食产量的比例较高且不断增加,1998年以后基本稳定在90%以上,是“一带

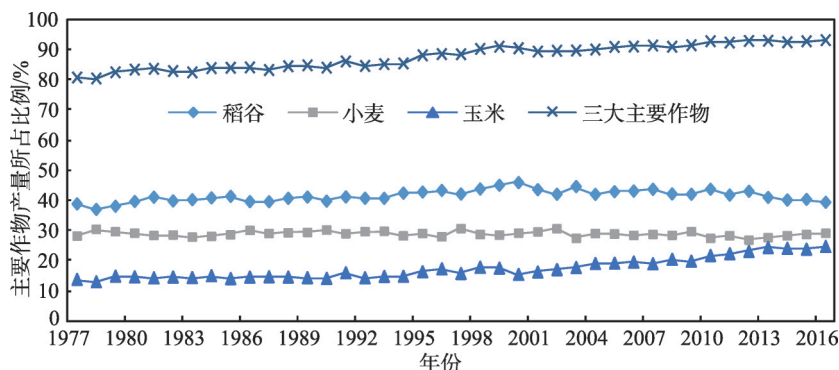


图4 1977-2016年“一带一路”沿线国家主要粮食作物产量变化趋势

Fig. 4 Production changes of main cereals of countries along the Belt and Road during 1977-2016

一路”沿线国家三大主要粮食作物。

从三大主要粮食作物的播种面积来分析(图5),小麦是“一带一路”沿线国家播种面积最大的,其次是稻谷和玉米。小麦、稻谷、玉米和其他作物的种植结构由1977年的33.90:27.90:10.46:28.74调整为2016年的34.86:32.95:18.59:13.60。三大主要粮食作物播种面积占沿线国家总播种面积的比例逐年增加,从期初的71%增长到86%,玉米种植比例增加最为显著。作物结构的调整与变化对“一带一路”沿线国家粮食生产具有直接影响。

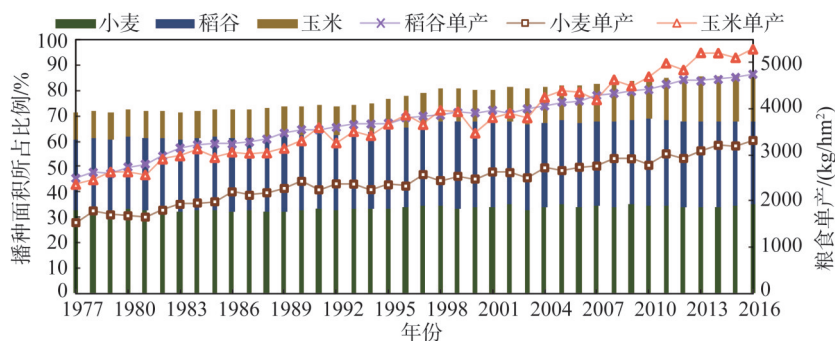


图5 1977-2016年“一带一路”沿线国家主要粮食作物播种面积及单产变化趋势

Fig. 5 Changes of harvest areas and yield of main cereals of countries along the Belt and Road during 1977-2016

从三大主要粮食作物的单产水平来分析(图5),稻谷、小麦和玉米的单产都呈增长趋势。其中,小麦的单产相对较低,玉米单产初期略低于稻谷,但其增速较快,波动性较强,2004年之后单产超过稻谷,成为三大主要粮食作物中单产最高的。

从三大主要粮食作物对粮食总产变化的贡献分析可知(图6),稻谷对粮食总产变化的累积贡献最大,为3.45亿t,小麦在初期贡献大于玉米,而从2010年开始玉米贡献逐渐超过小麦。稻谷、小麦与玉米三大作物对沿线国家粮食总产贡献为正效应,累积贡献9.07亿t,而其他作物贡献整体呈下降趋势。由此可见,稻谷、小麦与玉米对“一带一路”沿线国家粮食产量变化具有主导作用。进一步分析稻谷、小麦与玉米总产贡献可知,稻谷与小麦单产对其总产的贡献明显高于播种面积,其贡献比分别为6:1与40:1,而玉米单产对其总产的贡献略高于播种面积,比值为1.2:1。总体而言,单产变

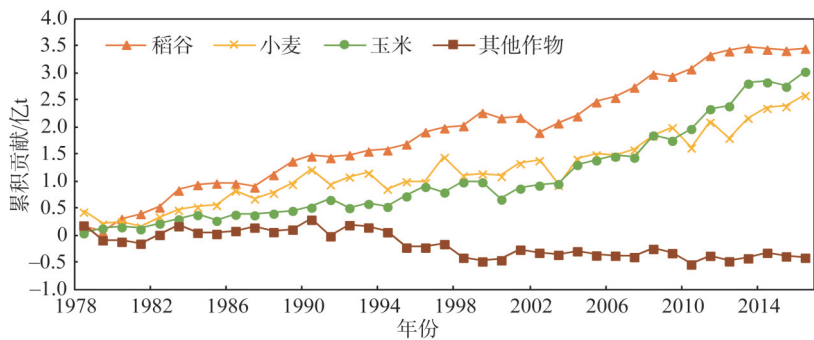


图6 1977-2016年“一带一路”沿线国家主要作物对粮食总产变化的累积贡献

Fig. 6 Accumulated effects of main cereals for production changes of countries along the Belt and Road during 1977-2016

化同样是“一带一路”沿线国家三大主要粮食作物总产变化的主要因素。

2.2 空间分布格局与地域特征

区域粮食产量的变化可以反映粮食生产区域格局的变化。“一带一路”沿线国家在地形、气候、社会经济发展以及土地利用方式等方面都存在一定的差异，其粮食生产也存在明显的地域特征。从总产量来看（表2），中国和印度的粮食产量远远高于其他国家，在2016年占总产比例分别为34.76%和17.58%，其次是俄罗斯、印度尼西亚、乌克兰，5个国家粮食总产累积占比69.09%，是“一带一路”沿线国家的主要粮食生产国。2016年粮食播种面积前五位的国家分别是印度、中国、俄罗斯、印度尼西亚和哈萨克斯坦，总计占比64.81%。进一步分析可知，中国、印度和俄罗斯的粮食产量与播种面积都较高，是“一带一路”沿线国家重要的粮食生产国。

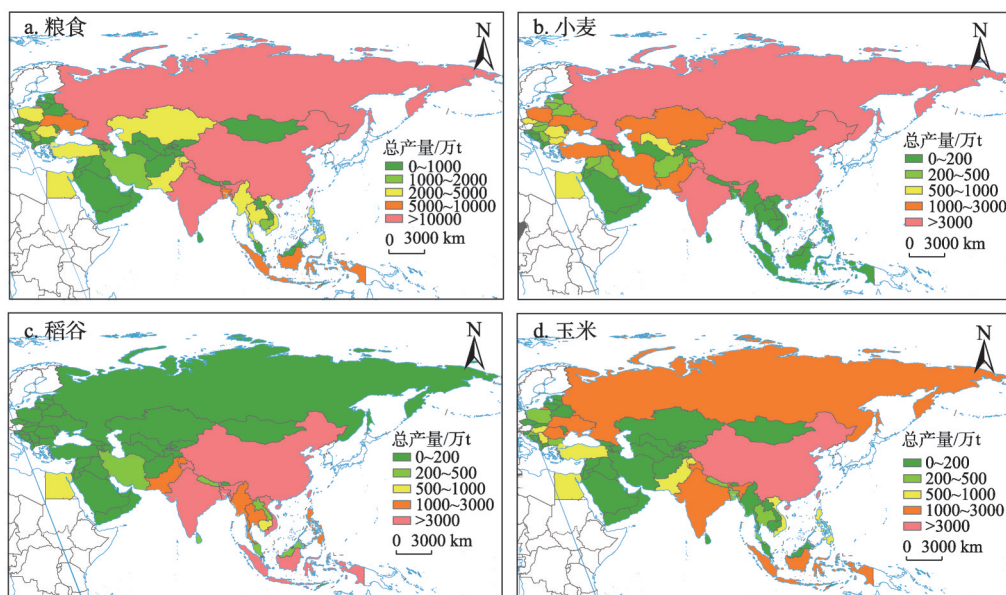
从2016年粮食产量空间分布来看（图7），整体而言，位于“一带一路”沿线东部的中国、印度、俄罗斯是明显的粮食高产区，位于东南亚和南亚相关国家的粮食产量也较高。而由于常年气候干旱，水资源缺乏，阿拉伯半岛附近的国家粮食产量普遍相对较低。此外，部分中亚国家和蒙古国的粮食产量也较低。

就各类粮食作物的空间格局来看（图7），小麦主要产区是中国、印度、俄罗斯、乌克兰、哈萨克斯坦等国家，阿拉伯半岛小麦产量较低，东南亚许多国家则基本没有小麦种植。受稻谷生长对降水和热量的较高需求等因素影响，稻谷主要分布在东亚、东南亚

表2 1977-2016年“一带一路”沿线国家主要粮食生产国基本情况

Table 2 Cereals production and harvest areas of main countries along the Belt and Road during 1977-2016

国家	粮食产量/亿t					份额/%		播种面积/亿hm ²					份额/%	
	1977 年	1987 年	1997 年	2007 年	2016 年	期初	期末	1977 年	1987 年	1997 年	2007 年	2016 年	期初	期末
“一带一路” 沿线国家	8.09	10.20	12.17	13.47	16.76	100.00	100.00	4.51	4.28	4.19	4.08	4.21	100.00	100.00
中国	2.43	3.59	4.46	4.58	5.83	30.05	34.76	0.97	0.90	0.93	0.86	0.97	21.59	22.96
俄罗斯	—	—	0.87	0.80	1.18	—	7.03	—	—	0.48	0.40	0.44	—	10.56
印度	1.38	1.56	2.23	2.60	2.95	17.06	17.58	1.04	0.99	1.00	1.01	0.98	23.02	23.40
印度尼西亚	0.27	0.45	0.58	0.70	0.98	3.34	5.83	0.11	0.13	0.14	0.16	0.18	2.43	4.29
哈萨克斯坦	—	—	0.12	0.20	0.20	—	1.22	—	—	0.14	0.15	0.15	—	3.60
乌克兰	—	—	0.34	0.29	0.65	—	3.89	—	—	0.14	0.13	0.14	—	3.33



注：本图基于国家测绘地理信息局标准地图服务网站下载审图号为GS(2016)1666号的标准地图制作，底图无修改，下同。

图7 2016年“一带一路”沿线国家粮食总产量空间分布

Fig. 7 Distribution of cereals production in countries along the Belt and Road in 2016

和南亚的国家，其中，中国、印度、印度尼西亚、孟加拉国、越南、缅甸、泰国等国家产量较高。玉米在“一带一路”沿线国家的种植范围较为广泛，中国、乌克兰、印度、印度尼西亚和俄罗斯等国家产量较高，中亚、西亚国家玉米产量相对较低。

基于数据可得性，进一步分析2006-2016年近十年来“一带一路”沿线国家粮食产量的空间格局与变化。研究发现，2006年与2016年沿线国家粮食总产量的空间分布具有一致性（图7a、图8a），粮食总产量空间格局相对稳定。中国、印度、俄罗斯以及东南亚和南亚相关国家的粮食产量仍然较高，而阿拉伯半岛附近国家粮食产量仍相对较低。从增产幅度（用 F 表示）来看，以2006-2016年“一带一路”沿线国家整体增产幅度（ $F_{总}=27\%$ ）为基准，将各国粮食增产幅度划分为高速增产、快速增产、稳定增产、缓慢增产、绝对减产5个级别（表3）。2006-2016年“一带一路”沿线国家粮食产量大多以增加为主，稳定增产的国家居多，也有13个国家粮食产量有所下降。其中，立陶宛、乌克兰与蒙古等国家粮食增产幅度较大，而中国、印度、俄罗斯等粮食生产大国也处在稳定增长与快速增长阶段，对“一带一路”沿线粮食增产具有重要的影响。

从2016年“一带一路”沿线各国的人均粮食产量分析可知（图9），由于人口数量较少，立陶宛、塞尔维亚、乌克兰等中东欧国家的人均粮食产量普遍较高，而西亚大多数国家由于粮食产量较低，其人均粮食产量相对较低。“一带一路”沿线国家人均粮食产量在1000 kg以上的有8个国家，人均粮食产量低于100 kg的有13个国家。此外，中国、印度虽然属于粮食生产大国，但是由于人口规模大，其人均粮食产量在“一带一路”沿线各国中位于中下水平。总体而言，“一带一路”沿线各国人均粮食产量国别差异明显。

(2) 尽管粮食产量整体不断增长,“一带一路”沿线国家粮食生产格局存在明显的地域差异。中国、印度与俄罗斯是粮食生产大国,东南亚与南亚国家的粮食产量普遍较高,阿拉伯半岛国家得粮食产量相对较低。2006-2016年粮食产量空间格局相对稳定,约80%的国家实现粮食增产。而从沿线国家人均粮食产量来看,位于中东欧的国家人均粮食产量普遍较高,位于西亚的国家人均粮食产量相对较低,国别差异显著。

(3) “一带一路”沿线国家各种粮食作物的比例不断变化,稻谷、小麦和玉米一直占据主导地位,是“一带一路”沿线国家三大主要的粮食作物,且稻谷对粮食总产变化的贡献最大。1977-2016年,稻谷、小麦产量占比相对稳定,而玉米产量与种植面积所占比例不断增加,单产水平较高且增长较快,这将对未来粮食作物结构产生重要影响。此外,稻谷、小麦和玉米三大主要作物在空间上具有明显的区域分布特征,小麦产量较高的国家主要包括中国、印度、俄罗斯等,水稻主要分布在东亚、东南亚与南亚的国家,玉米产量较高的国家则主要包括中国、乌克兰、印度等。

过去近40年来,单产是“一带一路”沿线国家粮食产量变化的主要影响因素,单产水平的提升对提高未来粮食产量具有重要意义。为保证“一带一路”沿线国家粮食持续健康生产,应进一步摸清区域资源配置,重点加强基础设施建设,不断提高耕地质量,并促进农业科技成果转化,提升粮食生产能力。而人均粮食产量一定程度上反映了区域粮食自给能力,结合各国粮食生产总量与作物结构,将为各国有计划、有重点地确定粮食贸易策略提供参考,有助于在互利共赢中实现共同发展,保障区域粮食安全。

基于数据可获取性等原因,本文仅对“一带一路”沿线国家粮食产量、播种面积、单产水平和作物结构等影响粮食生产的表观因素进行了定量分析。事实上,区域自然条件、全球气候变化、农业技术水平、粮食贸易、政策偏向等都对粮食生产具有重要影响,深入探讨上述因素与粮食生产间的相互关系,将进一步为区域粮食生产提供科学依据与决策支持。粮食生产潜力作为区域粮食研究的重要命题,是科学研判区域粮食增产潜力的重要内容,已有学者尝试采用全球农业生态区域方法探讨了“一带一路”沿线国家的粮食生产潜力,并进一步分析了其粮食贸易趋势^[16,23]。在此基础上,深入开展粮食资源增产潜力及其区域格局的研究,将为“一带一路”沿线国家粮食生产及相关研究提供量化依据。此外,水土资源作为农业生产的核心资源,直接关系着区域粮食生产能力。“一带一路”沿线覆盖范围广,水土资源区域差异明显,开展水土资源对区域粮食生产的限制性和适宜性分析与评价,将是“一带一路”沿线国家粮食安全研究的重要组成部分。

参考文献(References):

- [1] 孙振远. 世界粮食问题概论. 北京: 农业出版社, 1986. [SUN Z Y. Introduction to World Food Problems. Beijing: Agricultural Press, 1986.]
- [2] 赵霞, 封志明, 杨艳昭. 1991年至2007年全球粮食生产的时空演变特征与地域格局. 资源科学, 2010, 32(5): 907-916. [ZHAO X, FENG Z M, YANG Y Z. An evaluation of world cereals production in recent 50 years from a view of spatial-temporal patterns and regional differences. Resources Science, 2010, 32(5): 907-916.]
- [3] 封志明, 肖迪伟, 李鹏. 中国—东盟自由贸易区粮食生产与贸易的时空格局演变. 自然资源学报, 2017, 32(6): 937-950. [FENG Z M, XIAO C W, LI P. Spatio-temporal pattern changes of cereal production and trade in China-ASEAN Free Trade Area. Journal of Natural Resources, 2017, 32(6): 937-950.]
- [4] 封志明, 李香莲. 耕地与粮食安全战略: 藏粮于土, 提高中国土地资源的综合生产能力. 地理学与国土研究, 2000, 16(3): 1-5. [FENG Z M, LI X L. Cultivated land and food security strategy: Storing grain in the soil, improve the comprehensive production capacity of land resources in China. Geography and Land Research, 2000, 16(3): 1-5.]

- [5] 刘卫东. “一带一路”战略的科学内涵与科学问题. 地理科学进展, 2015, 34(5): 538-544. [LIU W D. Scientific understanding of the Belt and Road Initiative of China and related research themes. Progress in Geography, 2015, 34(5): 538-544.]
- [6] 杜德斌, 马亚华. “一带一路”: 中华民族复兴的地缘大战略. 地理研究, 2015, 34(6): 1005-1014. [DU D B, MA Y H. One Belt and One Road: The grand geo-strategy of China's rise. Geographical Research, 2015, 34(6): 1005-1014.]
- [7] 杨艳昭, 吴艳娟, 封志明. 非洲粮食产量波动时空格局的量化研究. 资源科学, 2014, 36(2): 361-369. [YANG Y Z, WU Y J, FENG Z M. Spatial-temporal patterns and regional differences of cereals production fluctuation in Africa. Resources Science, 2014, 36(2): 361-369.]
- [8] 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. [LIU H Y, ZHANG M Y, LIN Z S. Multiple time scales analysis of grain output in Jiangsu province after the Founding of Our People's Republic. Resources Science, 2004, 26(1): 107-112.]
- [9] 李新旺, 王树涛, 门明新, 等. 基于 EMD 的河北省粮食产量波动及其成因的时空多尺度分析. 自然资源学报, 2009, 24(1): 1994-2004. [LI X W, WANG S T, MEN M X, et al. Analysis on the fluctuation of grain output in Hebei province and its causes at multi-time and space scale based on empirical mode decomposition method. Journal of Natural Resources, 2009, 24(1): 1994-2004.]
- [10] 程叶青, 张平宇. 中国粮食生产的区域格局变化及东北商品粮基地的响应. 地理科学, 2005, 25(5): 513-520. [CHENG Y Q, ZHANG P Y. Regional patterns changes of Chinese grain production and response of commodity grain base in Northeast China. Scientia Geographica Sinica, 2005, 25(5): 513-520.]
- [11] 卢李朋, 张杰, 姜朋辉, 等. 甘肃省粮食产量变化的驱动分析及趋势预测. 经济地理, 2013, 33(4): 125-131. [LU L P, ZHANG J, JIANG P H, et al. Driven analysis and trend forecasting changes in grain production in Gansu province. Economic Geography, 2013, 33(4): 125-131.]
- [12] 倪超, 雷国平. 黑龙江省粮食产量变化及驱动因素分析. 干旱区资源与环境, 2013, 27(5): 14-19. [NI C, LEI G P. Dynamic change and driving force of grain production in Heilongjiang province. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2013, 27(5): 14-19.]
- [13] 封志明, 孙通, 杨艳昭. 2003-2013 年中国粮食增产格局及其贡献因素研究. 自然资源学报, 2016, 31(6): 895-907. [FENG Z M, SUN T, YANG Y Z. Study on the spatiotemporal patterns and contribution factors of China's grain output increase during 2003-2013. Journal of Natural Resources, 2016, 31(6): 895-907.]
- [14] 刘影, 肖池伟, 李鹏, 等. 1978-2013 年中国粮食主产区“粮—经”关系分析. 资源科学, 2015, 37(10): 1891-1901. [LIU Y, XIAO C W, LI P, et al. Relationship of grain output and economic development from 1978 to 2013 in the major grain producing area of China. Resources Science, 2015, 37(10): 1891-1901.]
- [15] 刘洛, 徐新良, 刘纪远, 等. 1990-2010 年中国耕地变化对粮食生产潜力的影响. 地理学报, 2014, 69(12): 1767-1778. [LIU L, XU X L, LIU J Y, et al. Impact of farmland changes on production potential in China during recent two decades. Acta Geographica Sinica, 2014, 69(12): 1767-1778.]
- [16] 孙致陆, 李先德. “一带一路”沿线国家粮食发展潜力分析. 华中农业大学学报: 社会科学版, 2017, 37(1): 32-43. [SUN Z L, LI X D. Study on grain development potential of "One Belt and One Road" areas. Journal of Huazhong Agricultural University: Social Sciences Edition, 2017, 37(1): 32-43.]
- [17] 李富佳, 董锁成, 原琳娜, 等. “一带一路”农业战略格局及对策. 中国科学院院刊, 2016, 31(6): 678-688. [LI F J, DONG S C, YUAN L N, et al. Study on agriculture patterns and strategy of the Belt and Road. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2016, 31(6): 678-688.]
- [18] 邹嘉龄, 刘卫东. 2001-2013 年中国与“一带一路”沿线国家贸易网络分析. 地理科学, 2016, 36(11): 1629-1636. [ZOU J L, LIU W D. Trade network of China and countries along "Belt and Road Initiative" areas from 2001 to 2013. Scientia Geographica Sinica, 2016, 36(11): 1629-1636.]
- [19] 江东, 付晶莹, 郝蒙蒙, 等. “一带一路”沿线资源环境与社会发展特征分析. 石家庄: 河北科学技术出版社, 2018. [JIANG D, FU J Y, HAO M M, et al. Analysis on the Characteristics of Resources, Environment and Social Development along the Belt and Road Initiative. Shijiazhuang: Hebei Science and Technology Press, 2018.]
- [20] 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. 自然资源学报, 2014, 29(10): 1709-1720. [LIU Y, GAO B B, PAN Y C, et al. Investigating contribution factors to China's grain output increase based on LMDI model during the period of 1980-2010. Journal of Natural Resources, 2014, 29(10): 1709-1720.]
- [21] 辛良杰, 李秀彬, 谈明洪. 中国区域粮食生产优势度的演变及分析. 农业工程学报, 2009, 25(2): 222-227. [XIN L J, LI X B, TAN M H. Changes of comparative advantages of regional grain production in China. Transactions of the

- CSAE, 2009, 25(2): 222-227.]
- [22] 封志明, 杨艳昭, 张晶. 中国基于人粮关系的土地资源承载力研究: 从分到县到全国. 自然资源学报, 2008, 23(5): 865-875. [FENG Z M, YANG Y Z, ZHANG J. The land carrying capacity of China based on man-grain relationship. Journal of Natural Resources, 2008, 23(5): 865-875.]
- [23] 孙致陆, 贾小玲, 李先德. 中国与“一带一路”沿线国家粮食贸易演变趋势及其虚拟耕地资源流量估算. 华中农业大学学报: 社会科学版, 2019, 39(1): 24-32. [SUN Z L, JIA X L, LI X D. The variation trend of grain trade and estimation on the virtual arable land resource flows between China and the countries along the Belt and Road. Journal of Huazhong Agricultural University: Social Sciences Edition, 2019, 39(1): 24-32.]

An evaluation of the Belt and Road cereals production from a view of spatial-temporal patterns

JIA Kun^{1,2}, YANG Yan-zhao^{1,2,3}, FENG Zhi-ming^{1,2,3}

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

2. 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: The "Belt and Road" Initiative is the inevitable result of globalization in the new era. As an important strategic resource, food production research is of great significance to regional and global food security. By a quantitative analysis of cereals production, planting area, yield and planting structure, the spatial-temporal patterns and regional differences of countries along the "Belt and Road" were revealed based on time-series data of nearly 40 years. The results showed that: (1) The countries along the "Belt and Road" were important cereals production areas, and the production accounted for 50% to 60% of the world total. A constant growth trend of cereals production was showed during 1977- 2016. Per capita cereals production has increased with much difference at country level during 1995-2016, which means the man-grain relationship has been gradually improved and the regional food security has increased. (2) There were obvious regional differences in cereals production in countries along the "Belt and Road", and the spatial pattern was relatively stable. China, India and Russia were high cereals production countries. Cereals production in countries in Southeast and South Asia was generally high, while that in the Arabian Peninsula was relatively low. (3) Rice, wheat and maize were major cereal crops in countries along the "Belt and Road", and rice contributed the most to the total production. The proportions of rice and wheat were relatively stable, but that of maize was increasing. Meanwhile, the regional distribution characteristics of the three major crops were also obvious.

Keywords: cereal production; spatial-temporal pattern; regional difference; countries along the Belt and Road