

2000—2019年全球猪肉贸易格局演变 及其对中国的启示 ——基于复杂贸易网络分析视角

李天祥^{1,2}, 刘星宇¹, 王容博¹, 朱晶^{1,2}

(1. 南京农业大学经济管理学院, 南京 210095; 2. 南京农业大学中国粮食安全研究中心, 南京 210095)

摘要: 基于2000—2019年全球猪肉贸易数据, 采用复杂网络分析方法, 研究了全球猪肉贸易网络格局演变及中国猪肉贸易网络特征, 并进一步探讨了中国扩大猪肉进口的潜在贸易伙伴选择问题。研究表明: 过去近20年来, 全球猪肉贸易网络核心国相对固定, 猪肉贸易网络呈“碎片化”特征。目前中国已经成为全球第一大猪肉进口国, 且进口呈现北美、西欧、南美“三足鼎立”的来源格局。未来中国扩大猪肉进口, 潜在的贸易伙伴可选范围比较广泛。一方面可以继续巩固和深化同德国、西班牙、美国、巴西等传统贸易伙伴之间的合作关系, 另一方面也可以积极拓展朋友圈, 增加从意大利、比利时等其他出口国及泰国、越南等周边国家的进口, 以打造更加多元高效的猪肉进口网络。

关键词: 猪肉贸易; 复杂网络; 进口格局; 粮食安全

“猪粮安天下”。猪肉是中国重要的“菜篮子”商品和民生产品, 猪肉消费量占到中国肉类消费总量的60%以上, 保障猪肉的充足供应对于保证消费者福利、维护粮食安全、维持社会稳定都具有高度重要的意义^[1-3]。自2018年8月非洲猪瘟疫情首次在中国爆发以来, 国内生猪产业遭遇巨大冲击。国家统计局数据显示, 2017—2019年, 中国生猪出栏量由7.02亿头下降到5.44亿头, 减少22.5%; 猪肉产量由5451.8万t下降到4255.3万t, 减少21.9%。受生猪出栏量和猪肉产量大幅下滑等因素的影响, 国内猪肉市场供求形势趋紧, 推动全国猪肉平均价格持续高涨。根据布瑞克农业数据库提供的监测数据, 2018年8月至2020年8月, 全国集贸市场零售白条猪月度均价由22.82元/kg上涨至54.77元/kg, 增长近1.4倍。尽管随后国内猪肉价格在波动中有所下滑, 但依然维持在高位, 远超非洲猪瘟疫情爆发之前的水平。

在国内猪肉供求紧张、价格高企的背景下, 扩大猪肉进口成为缓解中国猪肉供应短缺的重要途径^[2,4], 尤其是非洲猪瘟疫情爆发之后, 中国猪肉出口骤减而进口猛增, 逆差急剧扩大。联合国商品贸易数据库(UN Comtrade)数据显示, 2008—2019年, 中国猪肉及其制品净进口量由71.7万t增加至299万t, 增长3倍以上; 净进口额由4.1亿美元扩大至59.8亿美元, 增长约14倍。海关总署最新发布的公报也表明, 2020年1-12月, 中国猪肉及猪杂碎进口总量已经突破573万t, 进口金额超过148亿美元。中国猪肉进口屡创

收稿日期: 2020-12-22; 修订日期: 2021-02-07

基金项目: 国家社会科学基金重大项目(20ZDA102)

作者简介: 李天祥(1989-), 男, 湖北黄冈人, 博士, 副研究员, 主要从事粮食安全与农产品贸易研究。

E-mail: txl0428@njau.edu.cn

通讯作者: 朱晶(1969-), 女, 江苏南京人, 博士, 教授, 主要从事农业经济、农产品贸易和粮食安全研究。

E-mail: crystalzhu@njau.edu.cn

新高,未来有可能继续保持强劲增长势头^[5]。

总体而言,在多重因素的综合作用下,当前扩大猪肉进口对中国来说是必要的,且在今后较长时期内或将成为常态。一方面,扩大猪肉进口有助于补充国内的猪肉供应、缓解供需紧张的压力;另一方面,考虑到肉品和饲料粮之间的替代关系,扩大猪肉进口将在一定程度上缓解我国的饲料粮进口压力,有助于更好地实现“谷物基本自给,口粮绝对安全”的粮食安全保障目标。然而,需要特别注意的是,未来非洲猪瘟疫情发展的未知性、新冠肺炎疫情的全球蔓延性以及国际政治经济局势走向的不确定性等,都将给全球猪肉市场和贸易带来巨大挑战,也会给中国猪肉进口带来较大的风险和压力。在此背景下,准确把握全球和中国猪肉贸易发展的趋势与特征,科学分析优化中国猪肉进口来源结构、建立高效稳定的进口供应体系的可行性及可能的途径,无疑是非常值得研究和讨论的重大问题。

目前,关注中国猪肉贸易及贸易网络格局的研究和文献相对较少。胡向东等^[6]基于局部均衡方法构建了猪肉市场模型并对中国猪肉贸易的未来状况进行模拟,认为中国猪肉消费和进口均具备较强的增长潜力。高海秀等^[7]通过对中国与世界重要生猪生产国产业竞争力的比较分析,发现中国生猪产业已丧失要素成本优势,平均总成本显著高于主要竞争对手。赵亮等^[8]分析了中美猪肉产业互补性及双边猪肉贸易的影响因素,认为中美两国猪肉贸易潜力较大。肖海峰等^[9]运用AIDS模型探究中国肉类进口格局及其影响因素,发现中国猪肉进口存在明显的“大国效应”,进口易陷入“量价齐增”的怪圈。Yu等^[10]基于GTAP模型模拟中国肉类供求变化的结果表明,未来中国肉类进口需求将随着收入水平提高、劳动力成本上升而持续扩大。这些文献大多侧重于对中国猪肉产品国际竞争力与进口潜力的分析,但对于中国猪肉贸易现状及扩大猪肉进口的方式选择等则讨论较少。

本文拟采用复杂网络分析方法,基于2000—2019年的贸易数据,在测度全球猪肉贸易网络结构及中国猪肉进口来源分布特征的基础上,探讨中国扩大猪肉进口的潜在贸易伙伴选择问题。复杂网络分析是由图论和拓扑学推导出来并通过多种指标测度现实系统网络结构特征和探究动态时空演化规律的数学分析方法^[11],已被广泛借鉴到社会学、经济学和国际贸易学等领域^[12-14]。该方法可以从贸易往来关系、贸易强度、网络异质性等多维度来刻画全球猪肉贸易格局演变及中国的地位变迁,从而有助于从全局视角分析错综复杂的猪肉贸易关系,为今后我国进一步扩大猪肉进口、保障进口的可靠性和稳定性提供参考启示。

本文首先是基于复杂网络分析方法构建世界猪肉贸易网络并说明相关的数据处理方法;其次是对猪肉贸易网络测度结果的分析,包括全球猪肉贸易网络结构的时空变迁及中国猪肉贸易网络的特征分析;最后总结主要的研究发现,讨论及提出相关政策建议。

1 研究方法与数据来源

1.1 世界猪肉贸易网络模型构建

在复杂网络分析方法中,世界贸易网络由各个存在贸易关系的国家之间相互连接、交织而成,即以国家为贸易网络节点、以国家间的进出口关系为节点连线。本文将世界各猪肉贸易参与国节点以 V 来表示,并设 $V_i=[V_i] (i=1, 2, \dots, n)$ 为猪肉出口国, $V_j=[V_j] (j=1, 2, \dots, n)$ 为猪肉进口国;将国家之间的猪肉贸易关系即复杂网络的边,用邻接矩阵 A 来表示,即 $A=[a_{ij}] (i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, n)$ 。其中,若第 t 年 i 国与 j 国存在猪肉贸

易关系, 则 $a_{ij}(t)=1$, 否则 $a_{ij}(t)=0$ 。猪肉的进出口方向为边的方向, 猪肉出口国所在节点的外向流出为出口, 进口国所在节点的流入为进口。若两国之间存在贸易关系, 复杂网络便建立一条从节点 i 至节点 j 的边, 由此形成世界猪肉贸易的动态有向复杂网络。进一步地, 还可以引入猪肉贸易流量来定义边的权重, 用以测度国与国之间贸易关系强度。权重矩阵用 W 表示, $W=[W_{ij}]$ ($i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, n$), 若第 t 年两国存在贸易关系, $W_{ij}(t)$ =双边贸易额, 此时复杂网络建立的是一条从 i 点到 j 点赋权的边。 V 、 A 、 W 与年份集合 T 共同构成本文所研究的全球猪肉贸易网络结构, 记为 $G=(V, A, W, T)$ 。

1.2 复杂贸易网络测度指标

复杂网络测度指标可以分为中心性指标和连通性指标两大类。其中, 中心性指标用以描述网络节点地位及其影响力, 而连通性指标以整体网络作为研究对象, 能够反映贸易网络密度及其结构特征。此外, 在整体网络结构特征分析的基础上, 本文将进一步应用社团划分方法将整体网络划分为内部密切联系的若干社团, 以更好地呈现贸易网络的区域分布特征。

(1) 中心性

贸易网络节点中心性常用中心度、中心势和点强度三类指标衡量, 它们分别从节点贸易联系、节点特征差异、贸易额等三个不同的角度来描述节点在网络中的角色及地位特征。

中心度包括点度中心度、接近中心度和中介中心度三个指标。点度中心度是指一国存在的进、出口贸易伙伴数量, 主要反映一国是否拥有广阔的出口市场或广泛的进口来源。接近中心度是指一国与其他国家之间的接近程度, 可以衡量网络节点的中心地位。中介中心度则是指在一国对于非相邻国家之间贸易联系的控制和制约能力, 如果国家之间某一产品的贸易往来均需要通过某个国家, 则该国在贸易网络中具有较高的中介地位, 对其他国家具备较强的控制能力。这三个指标的具体含义及计算公式如表1所示^[15]:

表1 复杂网络中心度衡量指标含义及公式

Table 1 Measurement indices and meanings of complex network centrality

指标	含义	公式
点度中心度	某一时间段与节点有直接贸易联系的国家数量, 分为节点出度和节点入度, 分别表示经济体在某一时间段出口目的国(地区)的数量和进口来源国(地区)的数量	$K_i^{out} = \sum_{j=1}^n a_{ij}$ 与 $K_i^{in} = \sum_{j=1}^n a_{ji}$ 分别表示节点出度与节点入度
接近中心度	表示节点居于中心程度, 其标准化数值越接近1, 表示节点在世界猪肉贸易网络中居于更重要地位; 其中, 出度中心度越大, 则节点出口辐射力越强, 而入度中心度越大表示节点进口整合能力越强	$C_{AP}^{-1} = \sum_{j=1}^n d_{ij}$, d_{ij} 表示节点 i 和 j 之间的捷径距离(捷径包含线数)
中介中心度	以经过某个节点的最短路径数目来刻画节点重要性的指标, 越接近1, 表示节点中介地位越强, 在贸易中承担重要的“桥梁”作用	$C_{AB} = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \frac{g_{jk}(i)}{g_{jk}}$, $j \neq k \neq i$, $g_{jk}(i)/g_{jk}$ 表示 i 处于点 j 和 k 之间捷径上概率

对应三个中心度指标, 中心势可以分为点度中心势、接近中心势和中介中心势三种, 分别表示网络中各贸易国之间点度中心度、接近中心度和中介中心度特征的差异程度。三个中心势指标均可以刻画一个网络所具有的中心趋势。本文以点度中心势来表示贸易网络中各国之间拥有贸易伙伴数量的差异程度, 进而反映整体贸易网络进出口市场集中程度。其中, 出度中心势越大代表各出口国拥有的目的市场数量差异明显、核心出口国较为集中; 入度中心势越小则代表各进口国的贸易伙伴差异较小、进口来源国相对集中。

与中心度和中心势指标主要是基于双边有无贸易关系来衡量贸易网络结构不同, 节

点强度指标将国家之间的双边贸易额作为网络中边的权重,可进一步清晰地反映贸易网络节点间的紧密程度及贸易增长状况。

(2) 连通性

连通性指标主要分为两类,一类是衡量节点间关联程度的指标,即网络密度;另一类是衡量网络信息传递效率的指标,包括聚类系数、特征途径长度等。

网络密度以网络结构中某一节点“实际存在的边数”与“可能存在的边数”之比表示,衡量的是网络中各参与者之间的关联程度和紧密性^[16]。其取值范围为[0, 1],越接近0表示国家间贸易关联程度越小、贸易联系越分散。

聚类系数表示一个国家的贸易伙伴国之间的密切程度,取值范围为[0, 1]。其中,越接近1表示该国的伙伴国之间聚集程度越高、经济体贸易连通性越好。特征途径长度用网络中所有可能存在贸易关系的国家间最短路径平均数表示,分值越小表示国家间贸易运输成本越低、贸易传输效率越高。

(3) 社团结构

除整体网络结构特征分析以外,进一步采用Louvain社区发现法将世界猪肉贸易网络划分为由内部紧密连接的国家组成的若干网络集团,以在庞大的复杂网络中找出贸易关系密切的国家集团,更具体地呈现世界猪肉贸易网络空间格局。Louvain算法基于模块度函数,模块度可衡量网络分化程度,取值范围为[-1, 1],取值越大表示社团分化越明显。模块度指数的表达式为^[17]:

$$Q = \frac{1}{2m} \sum_{ij} \left[w_{ij} - \frac{s_i s_j}{2m} \right] \delta(v_i, v_j) \quad (1)$$

式中: Q 为模块度,表示社区内节点连边的比例与随机情况下的边数占比期望之差; s_i 和 s_j 分别表示节点 i 和 j 的所有贸易流量之和; m 为整个网络贸易流量总和; $\delta(v_i, v_j)$ 表示 i 、 j 两国是否从属同一贸易集团,如果两国从属同一贸易集团,则 $\delta(v_i, v_j)=1$,否则为0。

1.3 数据来源

参照Nti等^[18]的分类方法,本文中的猪肉及制品主要指的是《商品名称及编码协调制度的国际公约》(简称HS编码)中的冷冻冷鲜猪肉(HS0203)、猪杂碎(HS020630、HS020641、HS020649)以及加工肉(HS020910、HS021011、HS021019、HS160100、HS160241、HS160242、HS160249)。将这些编码的贸易数据加总得到猪肉贸易数据,数据来源于联合国商品贸易数据库(UN Comtrade),时间跨度为2000—2019年。考虑到全球猪肉贸易数据中存在少量非常小的数值,表明一些国家之间的贸易网络连接可能十分“边缘化”,为使全球猪肉贸易网络表达更为清晰,本文取100美元为阈值,忽略100美元以下的贸易关系。经测算,这些忽略掉的贸易关系占全球猪肉贸易总额的比例不足4%,可以认为其对全球猪肉贸易网络的影响并不大。

2 结果分析

2.1 全球猪肉贸易网络结构特征及其演化

2000—2019年,全球猪肉贸易规模快速增长,猪肉出口量由782.8万t增至1820.1万t,年均增长4.5%;猪肉贸易额由140.6亿美元增加到492.5亿美元,年均增长6.8%。随着全球猪肉贸易规模不断扩大,参与贸易的主体也逐渐增多,贸易网络结构也变得越来越复

杂。2000—2019年，全球参与猪肉贸易的主体由222个增至231个，贸易联系由2443条增长到3243条，分别增长了4.0%和32.8%。在此演变过程中，全球猪肉贸易网络核心节点相对固定，节点间贸易联系呈区域性集中加强的态势，形成具有显著地理特征的组团格局。

2.1.1 全球猪肉贸易参与国众多,猪肉贸易网络呈“碎片化”特征

从贸易节点中心度和网络连通性指标的时间演化特征来看（表2），全球猪肉贸易网络表现出节点出度与入度结构不对称、整体网络密度低等特征，但其聚类系数较大、平均特征途径长度较短，符合“小世界”网络的特点。具体而言：

表2 全球猪肉贸易网络格局测度指标测度结果

Table 2 Results of measurement indices in global pork trade network pattern

分类	测度指标	2000年	2003年	2006年	2009年	2012年	2015年	2018年	2019年
节点 中心性	平均点度	11.0	11.5	12.1	12.8	13.5	14.2	14.0	14.1
	出度中心势/%	56.8	53.1	53.5	58.4	55.0	58.0	57.2	57.1
	入度中心势/%	21.4	18.9	13.3	15.0	16.0	17.4	18.8	18.3
网络 连通性	网络密度	0.050	0.051	0.054	0.056	0.059	0.062	0.061	0.062
	平均聚类系数	0.547	0.530	0.526	0.513	0.553	0.549	0.590	0.598
	平均特征途径长度	2.399	2.473	2.536	2.377	2.373	2.275	2.273	2.229

一是全球猪肉贸易的参与国增多，但进出口国家结构明显不对称。2000—2019年，各国平均拥有的贸易伙伴数量由11个增加至14个，反映出各参与国贸易伙伴增多的趋势。然而，猪肉贸易网络出度和入度中心势呈现不对称性且差距略有扩大。出度中心势始终在0.53~0.59之间波动，而入度中心势分值则不到0.2。以2019年为例，全球猪肉进口国（地区）共有231个，出口国（地区）共有110个。其中，主要猪肉出口国，例如法国、巴西、德国、意大利等，拥有的出口目的国（地）数量均超过145个；其他一些猪肉出口国，例如肯尼亚、约旦、印度等65个国家和地区，拥有的出口目的国（地）数量则均不足20个。相比之下，猪肉进口国的进口来源地数量差异较小，约有134个国家的进口来源地数量集中在10~44个之间，占同年进口国总数量的58%。这表明全球猪肉贸易网络呈现猪肉出口国相对集中而进口国相对分散的特征，出口国的目的市场差异较大而进口国的来源市场差异则相对较小。

二是国家之间的贸易联系较为分散，全球猪肉贸易呈现“碎片化”特征。从网络连通性指标可以看出，2019年网络密度分值为0.062，仅略高于2000年的0.050，全球猪肉贸易网络密度变化并不十分显著。这意味着各国的贸易伙伴相对集中，国家之间的猪肉贸易联系始终较为分散，因而猪肉贸易联系尚未交织成密集网络，全球猪肉贸易呈现“碎片化”特征。

三是全球猪肉贸易网络局部聚类性趋于紧密，且贸易效率有所提高。2000—2019年，全球猪肉贸易网络的平均聚类系数整体呈增长趋势，且维持在0.5以上，表明越来越多贸易参与国之间的“朋友圈”存在重叠。同时，全球猪肉贸易网络平均特征途径长度呈现缩短倾向，且逐渐趋近于2，这意味着贸易参与国之间仅需通过一个中间国便可实现网络连通，反映出世界猪肉贸易网络具备较高的贸易实现效率。

2.1.2 全球猪肉贸易网络核心国相对固定,国家地位由“中介”转为“中心”

考虑到节点中心性和网络连通性指标仅关注参与国之间贸易关系的存在性，而忽略

了国家间的贸易规模，本文进一步借助加权贸易网络测度网络节点的强度及其中心性以更好地描述世界主要猪肉贸易国的地位变迁。

(1) 核心贸易国相对固定，贸易地位存在一定波动

表3给出了部分年份猪肉贸易参与国（地区）进出口额排名情况。从中可以看出，全球猪肉贸易网络核心出口国与主要进口国相对固定，但贸易地位排名上存在一定的波动。从出强度来看，世界猪肉贸易核心出口国主要有德国、美国、丹麦、西班牙、加拿大、荷兰等。其中，丹麦和荷兰的贸易地位均有所下降，德国和西班牙的贸易地位则有所增强，而美国的贸易地位相对稳定。从入强度来看，中国、日本、德国、英国、法国、意大利等猪肉进口规模位于世界前列。其中，日本、德国、英国的进口贸易地位相对稳定，中国的进口贸易地位则明显提升。

表3 全球猪肉贸易节点强度排名前八位的经济体的演变情况
Table 3 Evolution of the top 8 economies in the global pork trade node strength

排名	2000年		2006年		2012年		2018年		2019年	
	出强度	入强度	出强度	入强度	出强度	入强度	出强度	入强度	出强度	入强度
1	丹麦	日本	丹麦	日本	德国	日本	德国	日本	德国	中国
2	荷兰	德国	德国	英国	美国	德国	美国	中国	西班牙	日本
3	美国	英国	美国	德国	丹麦	俄罗斯	西班牙	英国	美国	英国
4	比利时	意大利	荷兰	意大利	西班牙	英国	丹麦	德国	荷兰	德国
5	加拿大	美国	西班牙	俄罗斯	荷兰	意大利	荷兰	意大利	丹麦	意大利
6	法国	法国	加拿大	法国	加拿大	中国	加拿大	中国香港	加拿大	法国
7	德国	中国香港	比利时	美国	比利时	法国	波兰	韩国	意大利	墨西哥
8	西班牙	墨西哥	法国	韩国	法国	中国香港	意大利	法国	波兰	波兰

(2) 核心贸易国中介地位整体下滑，出口国中心地位普遍提升

从节点中介中心度与接近中心度的时空变异特征来看（表4），猪肉核心贸易国中介中心性下降，但出口国接近中心性明显提高。这意味着尽管出口国对贸易网络的控制能力减弱，但由于自身中心地位的提升，核心出口国依然能够保持强势影响力。进一步地横向比较发现，各国中介中心度分值普遍较低且排名前十的国家主要为出口核心国，包括美国、加拿大等北美国家和法国、荷兰、德国等欧洲国家。其中，美国中介中心性长期居于首位且远超其他国家，反映出美国在世界猪肉贸易中发挥显著的“桥梁”作用，对全球贸易网络具备绝对控制力。需要注意的是，在全球猪肉贸易网络“碎片化”格局下，美国的贸易控制能力有下滑趋势，由2000年的0.132逐渐降至2019年的0.056。另一方面，与中介中心度的下降趋势相反，多数核心出口国的接近中心度分值呈现增长趋势。其中，巴西2006—2019年出口影响力明显增强，接近中心度排名由第8位上升至第2位。整体而言，猪肉出口国中介地位的下滑削弱了自身贸易控制能力，而各出口国中心地位的普遍提升则加剧了国家间的竞争，这有可能为中国等猪肉进口国家提升本国在全球猪肉贸易中的掌控力带来契机。

2.1.3 全球猪肉贸易网络体现出组团趋势,贸易集团成团具备地理相近性

全球猪肉贸易的网络结构特征与核心节点特征表明世界猪肉贸易呈现多核心分布的卖方市场格局。为进一步明确猪肉贸易的组团分布特点，本文以2018年全球猪肉有向贸易网络为例，对其进行网络社团划分。具体而言，基于Louvain社团划分算法可将全球猪

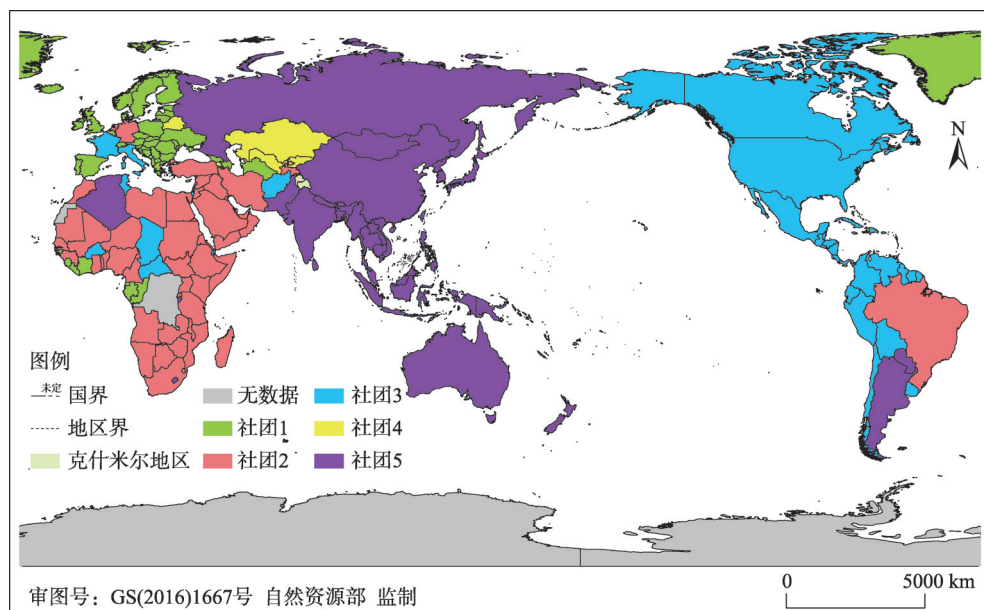
表4 全球猪肉贸易中心性排名前十位的经济体的演变情况

Table 4 Evolution of the top 10 economies in the global pork trade centrality

指标	年份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
中介中心度	2000	美国	法国	德国	荷兰	南非	丹麦	英国	西班牙	澳大利亚	意大利
		0.132	0.05	0.046	0.036	0.033	0.031	0.031	0.027	0.021	0.02
	2006	美国	荷兰	巴西	加拿大	意大利	英国	法国	德国	南非	西班牙
		0.105	0.043	0.039	0.033	0.033	0.032	0.031	0.028	0.027	0.025
	2012	美国	法国	西班牙	德国	荷兰	英国	意大利	阿联酋	南非	中国
		0.071	0.044	0.044	0.041	0.037	0.025	0.023	0.023	0.022	0.019
	2018	美国	德国	荷兰	英国	西班牙	意大利	法国	中国	俄罗斯	阿联酋
		0.054	0.032	0.031	0.031	0.029	0.025	0.024	0.021	0.021	0.016
	2019	美国	法国	荷兰	加拿大	德国	阿联酋	意大利	俄罗斯	英国	中国
		0.056	0.032	0.03	0.024	0.024	0.024	0.021	0.021	0.021	0.018
接近中心出度	2000	法国	丹麦	荷兰	美国	意大利	德国	英国	西班牙	加拿大	比利时
		0.706	0.706	0.691	0.652	0.646	0.639	0.616	0.604	0.604	0.594
	2006	荷兰	丹麦	意大利	法国	德国	西班牙	美国	巴西	加拿大	英国
		0.682	0.678	0.672	0.66	0.654	0.647	0.634	0.615	0.605	0.598
	2012	法国	德国	荷兰	西班牙	意大利	丹麦	美国	巴西	加拿大	比利时
		0.707	0.707	0.698	0.694	0.694	0.684	0.668	0.64	0.624	0.619
	2018	意大利	德国	西班牙	荷兰	法国	巴西	美国	丹麦	比利时	英国
		0.719	0.717	0.706	0.699	0.699	0.689	0.676	0.663	0.657	0.634
	2019	法国	巴西	德国	意大利	荷兰	西班牙	美国	丹麦	英国	比利时
		0.728	0.723	0.719	0.719	0.708	0.706	0.687	0.676	0.646	0.637
接近中心入度	2000	美国	德国	英国	中国香港	阿联酋	法国	荷兰	俄罗斯	南非	瑞士
		0.263	0.256	0.254	0.254	0.254	0.253	0.253	0.253	0.253	0.251
	2006	美国	中国香港	俄罗斯	阿联酋	英国	荷兰	中国	德国	波兰	日本
		0.235	0.233	0.233	0.233	0.231	0.23	0.23	0.229	0.229	0.229
	2012	中国香港	德国	美国	中国	阿联酋	荷兰	英国	新加坡	法国	西班牙
		0.261	0.258	0.258	0.258	0.257	0.256	0.256	0.256	0.255	0.255
	2018	中国香港	阿联酋	越南	美国	新加坡	德国	荷兰	英国	中国	澳大利亚
		0.252	0.248	0.247	0.246	0.246	0.245	0.245	0.245	0.244	0.244
	2019	中国香港	美国	越南	德国	中国	澳大利亚	阿联酋	新加坡	巴拿马	意大利
		0.212	0.209	0.209	0.208	0.208	0.207	0.207	0.207	0.207	0.206

肉贸易网络划分为西欧国家集团、非洲地区集团、环东太平洋国家集团、中亚地区集团、环西太平洋国家集团等5个社团（图1），其模块度指数 Q 为0.215，表明社团分化较为明显。

社团1由西欧国家主导，是贸易规模最大、涉及贸易关系最多的集团，也是世界猪肉的主要出口区域。其中，英国、西班牙、丹麦、波兰、比利时出口额均超过10亿美元。该社团成员国的猪肉出口占到世界猪肉出口总额48.4%，与其建立的贸易关系占到全球猪肉贸易网络联系的45.2%，且该社团内部之间的贸易联系占比达52%。此外，该社团内也存在较多世界主要猪肉进口国。其中，进口额超过1亿美元的国家数量占集团内部进口国总量的56.4%，包括欧洲的奥地利、阿尔巴尼亚、塞浦路斯及非洲的刚果民主共和国、科特迪瓦等。



注：本图基于自然资源部标准地图服务系统下载的标准地图制作，底图无修改，下同。

图1 2018年全球猪肉贸易社团划分

Fig. 1 Global pork trading communities in 2018

社团2是以德国—荷兰—巴西为核心的贸易集团，涉及非洲、西亚、欧洲及南美洲的33个国家或地区。该社团内成员国的猪肉出口量占全球出口总量28.3%，出口贸易联系占比达21.8%。其中，德国与荷兰分别是排名第一和第二的核心节点，各自掌握社团内20.3%和19.2%的贸易联系，出口大国巴西则为第三核心节点。同时，除南非外，社团2中的非洲国家多为猪肉净进口国。

社团3以加拿大、美国、法国、意大利四大发达国家为核心，成员国主要分布于美洲地区。该社团成员进出口贸易量较大，约占全球猪肉贸易总量的19.0%。其中，主要出口国为加拿大，其同社团内其他成员的贸易联系占比达43%，猪肉主要流向美国、乌拉圭、墨西哥等国。此外，社团3的成员国与社团1和社团2的成员国之间的猪肉贸易联系比较密切。社团1和社团2是社团3成员国重要的猪肉出口目的地，同时社团1也是社团3成员国关键的猪肉进口来源。

社团4仅包含哈萨克斯坦、白俄罗斯、亚美尼亚、吉尔吉斯斯坦和乌兹别克斯坦五个国家，进出口贸易额占比最小，分别为0.65%和0.23%。白俄罗斯为该社团中的主要出口国，是哈萨克斯坦猪肉的重要进口来源。

社团5是涉及范围最广、分布国家最多的贸易集团，跨越五大洲、由50个国家组成，是世界主要猪肉进口贸易区域之一，成员国进口额占全球贸易总额27.1%。该社团内部贸易联系密切，进口联系比例达40.4%，但贸易份额较小，仅为3.4%。这些国家猪肉进口主要来源于社团1，份额超过8.0%。与社团1国家分布特征相反，该社团呈进口国多核心分布特征，进口节点包括中国、日本、澳大利亚、菲律宾、韩国、俄罗斯等。其中，中国香港为社团内重要转口贸易地，是国家间贸易联系的重要纽带。

2.2 中国猪肉贸易网络特征

中国自2008年起由猪肉净出口国转为净进口国，且进口规模持续扩大。2008—

2019年,中国猪肉及制品进口量占全球猪肉贸易量的比例由6.9%增长为17.2%。中国目前已经成为世界第一大猪肉进口国,猪肉在进出口贸易网络结构方面表现出如下特征:

2.2.1 中国出口交易能力下降,进口交易能力提升

如表5所示,从中国猪肉贸易节点强度及其排名情况可以看出,中国在世界猪肉贸易网络中的参与程度较高,出强度和入强度的排名均比较靠前,但猪肉进出口贸易额走势差异明显。2000—2007年,中国猪肉出口处于高涨期,出口额持续增加,由1.9亿美元增长至7.6亿美元,排名由全球第14位提升至第11位。同期中国猪肉进口贸易较为低迷,多数年份进口额不足2亿美元。至2008年,受高致病性疫病蓝耳病和饲料粮价格上涨等因素的影响,中国首次出现猪肉供需缺口,导致出口量骤减而进口量大增。此后,随着国内肉类消费需求持续增长,中国猪肉进口交易能力不断提升,尤其是非洲猪瘟疫情在中国爆发以后,猪肉进口增长迅猛。2010—2019年,中国猪肉进口额由10.0亿美元增长至65.5亿美元,增长超过5.5倍,并一举成为世界第一大猪肉进口国。

表5 中国猪肉贸易节点度与节点强度及其排名演变情况

Table 5 Evolution of the node degree and node strength rankings in China's pork trade

分类	指标	2000年	2003年	2007年	2008年	2009年	2010年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年
节点度	出度	55	70	64	50	57	54	52	56	51	52	56	40
	出度排名	13	12	14	18	15	16	17	17	18	19	17	29
	入度	27	32	37	33	38	33	44	39	38	36	36	42
	入度排名	10	10	7	12	7	12	4	9	9	11	12	5
节点强度	出强度/亿美元	1.9	4.8	7.6	6.7	6.7	8.0	11.2	9.3	8.1	9.0	8.0	5.7
	出强度排名	14	11	11	14	14	14	12	12	15	15	15	18
	入强度/亿美元	1.1	1.96	4.7	10.8	5.2	10.0	24.7	27.4	58	43.8	36.1	65.5
	入强度排名	22	20	18	9	19	11	5	3	1	2	2	1

2.2.2 中国出口市场相对集中,进口呈现“三足鼎立”的来源格局

由表5中国猪肉的出入度数值及其排名演变特征可知,从2010年起,中国猪肉出度排名进入稳定期,多数年份贸易伙伴国数量超过50个。进一步地,结合表6中国猪肉主要出口市场及其份额的年际变动情况可知,前6大中国猪肉出口目的地占中国猪肉出口的比例长期维持在90%以上,尤其是中国香港和日本一直都是中国猪肉主要的出口市场,且市场份额占比还在进一步增加。2003—2019年,中国对香港地区和日本的猪肉出口额占中国猪肉出口总额的比例由53.5%增加至81.2%。

另一方面,相较于出口伙伴数量变化的稳定态势,中国猪肉入度值及排名的波动则比较大。2000—2014年,中国进口来源国数量由27个增加至44个,入度排名由第10位上升至第4位;2014—2018年,入度数值持续减小,由44降至36。2019年,由于中国猪肉进口需求猛增,进口来源伙伴数量出现反弹,达到42个。整体而言,尽管近年来中国猪肉进口的依赖性不断增强,但进口来源国的数量却不升反降。

为更加形象地描绘中国猪肉进口贸易格局演变规律,本文分别绘制了2008年(猪肉进口首次超过出口)、2014年(节点入度达峰值)、2019年(猪肉进口额居世界第一)中国猪肉的入强度层级分布图(图2~图4)。可以看出,中国猪肉进口来源由北美和欧洲两大中心逐渐转变为北美、南美及欧洲三大中心。2008年,中国猪肉进口核心来源地较少,主要以美国、加拿大、丹麦和法国等北美及欧洲国家为主。2014年,中国自欧洲进

表6 中国猪肉主要出口市场及其份额变化情况
Table 6 Evolution of the main pork export markets of China

排名	2003年		2008年		2013年		2018年		2019年	
	国家/地区	份额/%	国家/地区	份额/%	国家/地区	份额/%	国家/地区	份额/%	国家/地区	份额/%
1	中国香港	34.9	中国香港	46.0	中国香港	55.7	中国香港	58.7	中国香港	49.6
2	日本	18.6	日本	35.8	日本	25.3	日本	20.7	日本	31.6
3	俄罗斯	17.5	吉尔吉斯斯坦	4.0	菲律宾	4.1	菲律宾	5.5	中国澳门	4.6
4	朝鲜	11.9	新加坡	2.9	中国澳门	3.7	新加坡	3.7	新加坡	3.7
5	新加坡	6.0	中国澳门	2.7	马来西亚	3.2	中国澳门	3.6	朝鲜	3.4
6	马来西亚	3.8	马来西亚	2.5	新加坡	3.0	马来西亚	2.5	菲律宾	1.7
合计		92.7		93.9		95.0		94.7		94.6

注：根据UN Comtrade提供数据整理而成，下同。

口猪肉的来源地增多，新增挪威、瑞典等国家，同时自欧洲国家进口猪肉的市场份额增大，德国、西班牙、法国等逐渐成长为中国猪肉新的重要进口来源国，占中国猪肉进口的比例分别达到15.3%、11.7%和6.4%。2019年，巴西、智利等南美洲国家发展成为中国猪肉又一重要进口区域，占中国猪肉进口的比例分别提升到9.3%和3.8%。总体而言，中国猪肉进口逐渐形成北美、欧洲、南美“三足鼎立”的来源分布格局，主要进口来源国包括西班牙、德国、美国、丹麦、巴西、荷兰、加拿大、法国等社团1和社团3国家，这些国家在中国猪肉市场所占的份额保持在90%左右。

2.2.3 主要出口国对中国市场依赖性较低,中国扩大进口的贸易伙伴可选范围广泛

本文借助HM指数进一步分析贸易网络邻点国对中国市场的依赖程度，并通过高依赖性国家与中国主要进口来源国（地区）的分布对比，以明确中国同现有贸易伙伴国

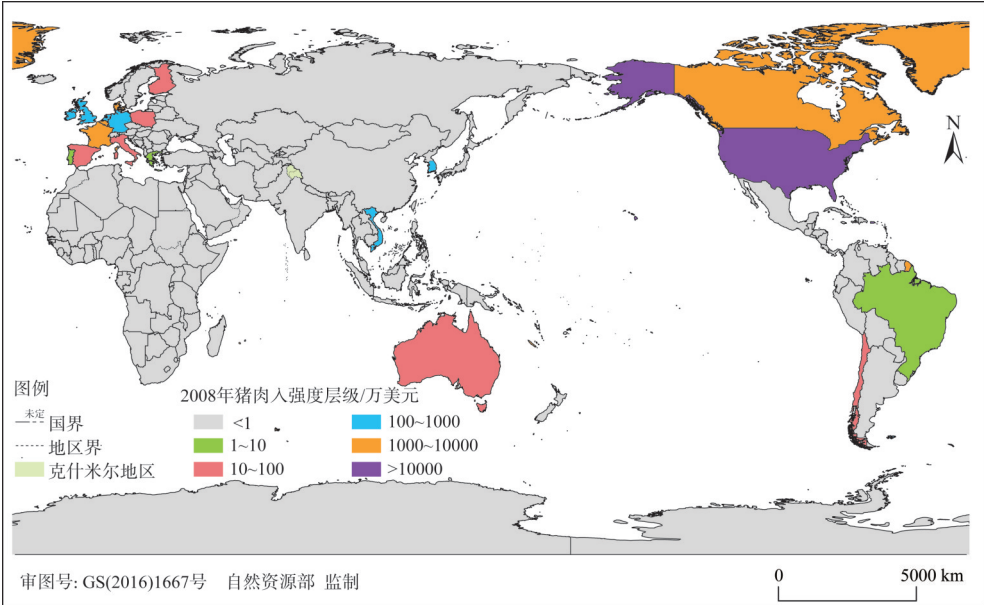


图2 2008年中国猪肉入强度层级分布
Fig. 2 A hierarchical distribution map of China's pork in-intensity in 2008

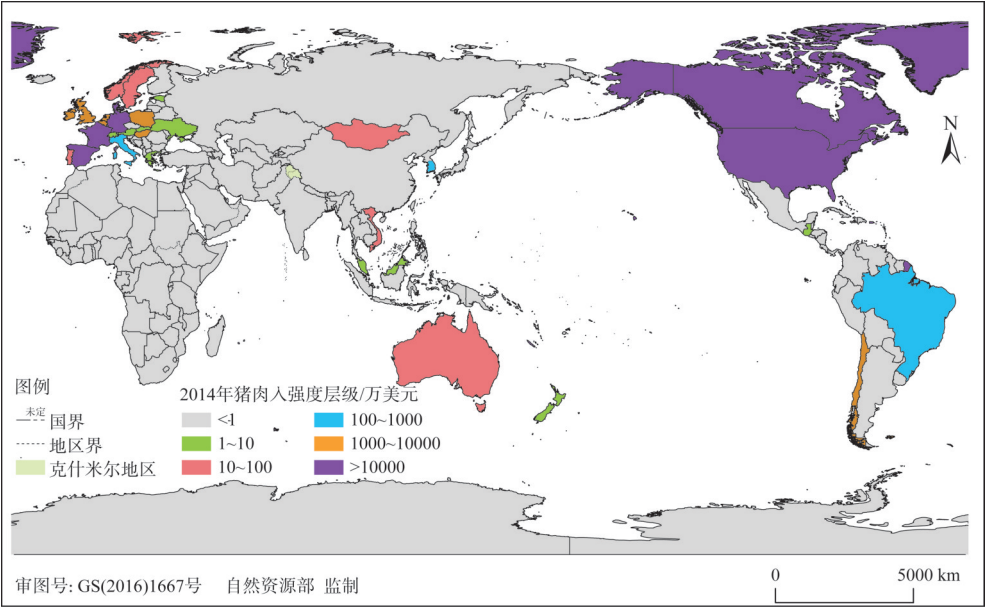


图3 2014年中国猪肉入强度分布层级

Fig. 3 A hierarchical distribution map of China's pork in-intensity in 2014

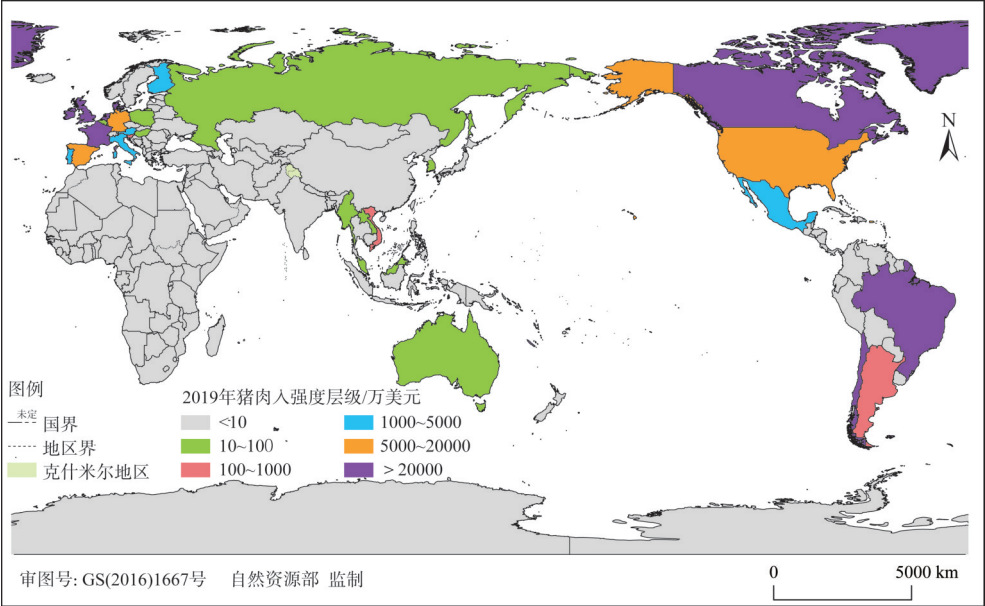


图4 2019年中国猪肉入强度分布层级

Fig. 4 A hierarchical distribution map of China's pork in-intensity in 2019

（地区）的猪肉贸易潜力。公式如下^[19]：

$$HM=\frac{W_{ij}}{S_i^{out}}\times\left(1-\frac{W_{ij}}{S_j^{in}}\right) \tag{2}$$

式中： HM 表示出口国*i*对进口市场*j*的依赖程度； S_i^{out} 和 S_j^{in} 分别表示*i*国出强度和*j*国入强度。 HM 指数取值范围为 $[0, 1]$ ，越接近1表明对*j*国依赖性越强。

从表7贸易网络邻点国（地区）对中国市场的依赖程度排名可以看出，尽管有部分猪肉出口国（地区）对中国市场的依赖程度正在不断提升，但是中国主要的猪肉进口来源国（地区）对中国市场的依赖程度其实并不高。2003年，猪肉出口国（地区）对中国市场依赖性普遍较低，除中国香港、日本和越南之外，其他国家和地区HM指数均不超0.1。2013年，各个伙伴国（地区）的市场依赖指数差距有所缩小且依赖程度显著提升。其中，中国与刚果、新加坡、韩国及冰岛的HM指数均超过0.3。2019年，受非洲猪瘟疫情影响，中国加大自周边国家进口猪肉的力度，成为老挝、缅甸、蒙古国等国猪肉出口的主要目的地，推动这些国家对中国市场的依赖程度显著增强。总体而言，对中国市场高度依赖的国家多数为世界猪肉贸易网络社团5的成员。例如，2019年，老挝、缅甸、蒙古国对中国猪肉市场的依赖程度指数分别为0.89、0.50和0.36，但这些国家合计对中国猪肉出口的总金额不到100万美元，占中国同年进口总额的比例不足0.02%。与之相反，中国的主要猪肉进口来源国，即社团1和社团3国家占据中国猪肉进口市场的大部分份额，但其对中国市场的依赖程度却相对有限。以2019年为例，中国前3大猪肉进口来源国西班牙、德国、美国占中国猪肉进口市场的份额达61.9%。然而，这些国家对中国市场依赖度指数却均不足0.04。其中，西班牙对中国的猪肉出口额为16.1亿美元，约占该国猪肉出口总额的23.2%；德国对中国的猪肉出口额为13.4亿美元，约占该国猪肉出口总额的17.8%；美国对中国的猪肉出口额为11.0亿美元，约占该国猪肉出口总额的15.5%。这表明在与这些世界主要猪肉出口国的贸易往来中，中国进口占这些国家猪肉出口的比例其实并不高，未来中国仍有一定潜力扩大从这些国家的猪肉进口。

表7 猪肉贸易网络邻点国（地区）对中国HM指数及其排名
Table 7 HM Index and its rankings of neighboring countries in China's pork market

排名	2003年		2008年		2013年		2018年		2019年	
	国家/地区	指数	国家/地区	指数	国家/地区	指数	国家/地区	指数	国家/地区	指数
1	中国香港	0.255	中国香港	0.324	刚果	0.678	缅甸	0.941	老挝	0.891
2	日本	0.142	越南	0.076	新加坡	0.414	巴西	0.216	缅甸	0.500
3	越南	0.112	韩国	0.076	韩国	0.409	韩国	0.171	蒙古	0.362
4	中国澳门	0.029	中国澳门	0.048	冰岛	0.300	智利	0.166	智利	0.108
5	马来西亚	0.013	美国	0.045	中国香港	0.298	英国	0.156	芬兰	0.072
6	加拿大	0.009	法国	0.032	智利	0.107	法国	0.134	阿根廷	0.053
7	美国	0.008	丹麦	0.018	美国	0.080	中国香港	0.132	巴西	0.044
8	丹麦	0.005	加拿大	0.016	英国	0.078	加拿大	0.119	墨西哥	0.041

进一步通过对近五年来中国猪肉进口来源地的分布情况与世界主要猪肉出口国的平均出强度层级分布状况（图5）的比较，可以发现，仍有部分主要出口国目前尚不是中国重要的猪肉进口来源地，在中国猪肉进口市场所占份额较小，表明中国在扩大从这些国家的猪肉进口方面仍有一定的潜力可以挖掘（表8）。这些具备合作潜力的国家主要是社团1和社团3的猪肉出口国，包括意大利、比利时、波兰、奥地利、墨西哥、匈牙利、俄罗斯、捷克、葡萄牙、斯洛伐克、瑞典、白俄罗斯等。其中，2019年，意大利的猪肉出口额为20.0亿美元，占世界猪肉出口总额的4.1%，但其对中国猪肉出口仅为1124.3万美元，不足中国猪肉进口总额的0.2%；比利时和波兰的猪肉出口额均达到19亿美元，占世界猪

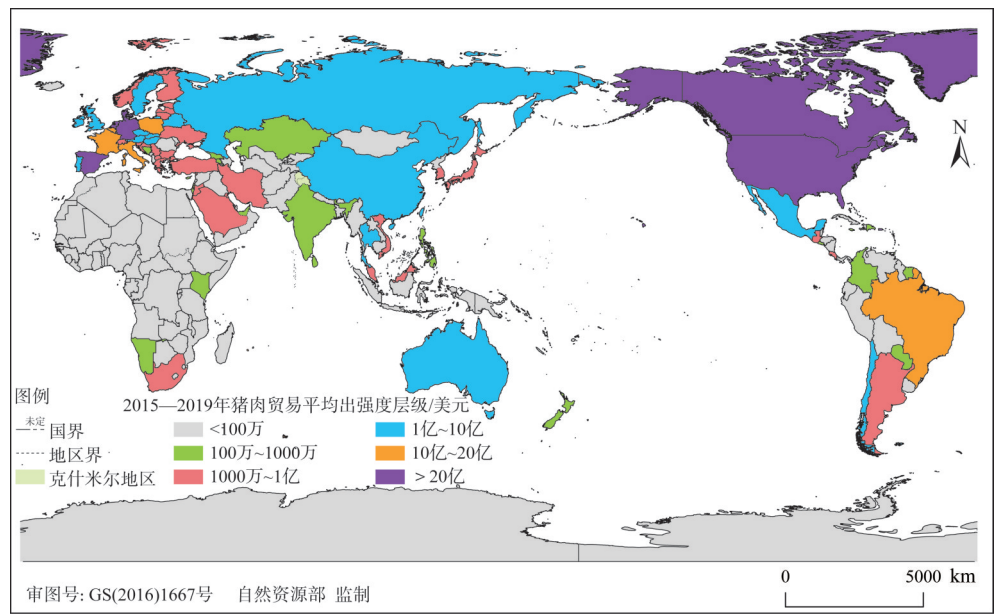


图5 2015—2019年全球猪肉贸易平均出强度层级分布

Fig. 5 A hierarchical distribution map of average out-intensity in global pork trade during 2015-2019

表8 2019年部分具备合作潜力的国家的猪肉贸易情况

国家	出口总额/ 亿美元	对中国的 出口额/亿美元	出口额占全球 出口总额比例/%	对中国出口额占 本国出口总额比例/%	对中国出口额占 中国总进口额比例/%
意大利	20.0	1124.2	4.07	0.56	0.17
比利时	19.2	37.6	3.91	0.02	<0.01
波兰	19.1	29.4	3.88	0.02	<0.01
奥地利	9.8	4382.0	1.98	4.49	0.67
墨西哥	7.4	8745.2	1.49	11.88	1.34
匈牙利	6.0	22.8	1.22	0.04	<0.01
俄罗斯	2.5	16.5	0.52	0.07	<0.01
捷克	2.3	5.4	0.47	0.02	<0.01
葡萄牙	1.7	1669.3	0.34	9.79	0.25
斯洛伐克	1.5	0	0.31	0	0
瑞典	1.1	7.0	0.23	0.06	<0.01
白俄罗斯	1.1	0	0.22	0	0
泰国	1.5	2.16	0.31	0.01	<0.01
越南	0.66	365.9	0.13	5.51	0.06
菲律宾	0.16	10.7	0.03	0.66	<0.01
马来西亚	0.09	0	0.02	0	0

肉出口总额的3.9%，但其对中国猪肉出口则分别仅为37.6万美元和29.4万美元，不足中国猪肉进口总额的0.01%。此外，部分社团5国家，如泰国、越南、马来西亚、菲律宾等虽然并不是全球猪肉出口大国，但其猪肉出口的数量也较为可观，且对中国市场的依赖程度并不高。例如，泰国2019年猪肉出口额达1.5亿美元，占世界猪肉出口总额的

0.3%,但其对中国猪肉出口却仅为2.2万美元,不到其猪肉出口总额的0.02%。总体而言,中国同上述国家在猪肉贸易方面仍有较大的潜力可以挖掘,今后中国如果能够凭借地缘优势扩展同这些国家的猪肉贸易关系,或将有助于提升中国猪肉贸易的掌控能力、缓解国内猪肉供应紧张的局面。

3 结论与讨论

3.1 结论

本文基于复杂贸易网络视角,利用过去近20年来的贸易数据,测度和分析了全球猪肉贸易网络结构及其演化特征,并探讨了中国在其中的地位变化及扩大猪肉进口的潜在贸易伙伴选择问题。研究发现:

第一,随着全球猪肉贸易规模不断扩大,贸易参与主体逐渐增多,贸易网络结构也变得越来越复杂,并呈现出如下特征:(1)全球猪肉贸易出口国呈集中趋势,进出口国家结构呈现不对称性;(2)国家之间的猪肉贸易联系较为分散,猪肉贸易网络呈“碎片化”特征;(3)全球猪肉贸易核心国相对固定,且核心出口国中心地位有所提升,包括德国、美国、西班牙、加拿大等,国家之间的竞争较为激烈;(4)全球猪肉贸易网络可划分为五个社团,且从社团分布来看猪肉贸易更倾向于发生在地缘优势明显的国家之间。

第二,中国的猪肉贸易,尤其是进口贸易发展迅速,在全球猪肉贸易中的地位不断提高。中国猪肉出口的目的地呈现集中的态势,而进口的来源地则表现为北美、欧洲、南美“三足鼎立”的格局。目前中国已经成为全球第一大猪肉进口国,进口主要来源于西班牙、德国、美国、丹麦、巴西、荷兰、加拿大、法国等社团1和社团3国家,这些国家在中国猪肉市场所占的份额保持在90%左右。

第三,未来中国在扩大猪肉进口方面,潜在的贸易伙伴的可选范围比较广泛。(1)考虑到在与西班牙、德国、美国、丹麦、巴西、荷兰、加拿大、法国等社团1和社团3中的主要猪肉出口国的贸易往来中,中国的猪肉进口在这些国家的猪肉出口中所占的比例目前并不高,扩大从这些国家的猪肉进口仍有一定的潜力可以挖掘;(2)还有一些主要猪肉出口国,例如意大利、比利时、波兰、奥地利、墨西哥等当前并非中国猪肉进口的重要来源国,在中国猪肉进口市场所占的份额较小,表明中国也存在一定的深化与这些国家猪肉贸易合作的潜力;(3)部分社团5国家,如泰国、越南、菲律宾、马来西亚等虽然并不是全球猪肉出口大国,但其猪肉出口的数量也较为可观,且对中国市场的依赖程度并不高,考虑到这些国家在同中国开展猪肉贸易合作方面具有一定的地缘优势,今后也有可能发展成为中国重要的猪肉进口来源。

3.2 讨论

受非洲猪瘟疫情等多重因素的影响,中国猪肉进口持续增长。未来中国扩大猪肉进口或将常态化,对国际猪肉市场的依赖程度可能进一步提高。本文的研究结论对于今后中国增强对全球猪肉贸易网络的掌控能力、维护国家粮食安全将具有重要启示:

其一,面对非洲猪瘟疫情造成的国内猪肉供应短缺局面,今后一段时期内扩大猪肉进口是必要且有意义的。首先,随着中国经济增长、居民收入水平提高与膳食结构升级持续,肉类消费需求有望继续快速增加,扩大猪肉进口是缓解国内肉类供应不足的重要途径。其次,考虑到猪肉与饲料粮之间的替代关系,扩大猪肉进口能够一定程度上缓解国内粮食进口的压力,有助于更好地实现“谷物基本自给,口粮绝对安全”的粮食安全

保障目标。再次,相比部分粮食产品,例如大豆进口不得不高度依赖美国、巴西、阿根廷等特定国家和市场^[20,21],猪肉进口可以选择的来源地及潜在的贸易伙伴更加广泛。若能利用好全球猪肉出口国众多且为了竞争市场而激烈争夺的契机,积极主动地扩大猪肉进口、调整猪肉进口来源布局,构建多元、稳定、高效的猪肉进口来源网络,这对于中国分散粮食集中进口的风险、提升在全球猪肉市场中的掌控能力以更好地保障国家粮食安全无疑将是有益的。

其二,在扩大猪肉进口和多元化进口来源渠道的同时,应努力提高贸易风险的防范能力和贸易摩擦的应对能力,增强猪肉进口风险的预警和管控。当今世界处于百年未有之大变局与百年未遇之大疫情交汇之际,非洲猪瘟疫情发展的未知性、新冠肺炎疫情的全球蔓延性及单边主义和贸易保护主义抬头背景下国际政治经济局势走向的不确定性等,都极大增添了全球猪肉贸易供应链和中国猪肉进口面临的风险性与不确定性。因此,应进一步强化猪肉进口的风险预警和防控体系建设,既要加强对全球猪情和粮情的实时监控,特别是重点区域猪肉供求、价格和疫病等信息的收集与监测,也要加强对国际供应网络、运输通道和运输关键节点的监控以及入境食品安全检验检疫的执法力度,确保猪肉进口买得到、运得来、食得安。

参考文献(References):

- [1] MASON-D'CROZ D, BOGRD J R, HERRERO M, et al. Modelling the global economic consequences of a major African swine fever outbreak in China. *Nature Food*, 2020, 1(4): 221-228.
- [2] 韩一杰, 刘秀丽. 中国猪肉价格波动对其他部门产品价格及CPI的影响测算. *中国农村经济*, 2011, 27(5): 12-20. [HAN Y J, LIU X L. Calculation of the influence of Chinese pork price fluctuation on product price and CPI in other departments. *Chinese Rural Economy*, 2011, 27(5): 12-20.]
- [3] 冯明. 猪肉价格波动的非对称性及其对CPI的影响. *统计研究*, 2013, 30(8): 63-68. [FENG M. The asymmetric volatility of pork price and its impact on CPI. *Statistical Research*, 2013, 30(8): 63-68.]
- [4] 朱增勇, 李梦希, 张学彪. 非洲猪瘟对中国生猪市场和产业发展影响分析. *农业工程学报*, 2019, 35(18): 206-211. [ZHU Z Y, LI M X, ZHANG X B. Analysis on effects of African swine fever on China's pig market and industry development. *Transactions of the CSAE*, 2019, 35(18): 206-211.]
- [5] United States Department of Agriculture Foreign Agricultural Service. USTR and USDA release report on agricultural trade between the United States and China. <https://www.usda.gov/media/press-releases>, 2020-10-23.
- [6] 胡向东, 王明利, 石自忠. 基于市场模型的中国猪肉供需分析. *中国农村经济*, 2015, 31(4): 14-28. [HU X D, WANG M L, SHI Z Z. Supply and demand analysis of Chinese pork based on market model. *Chinese Rural Economy*, 2015, 31(4): 14-28.]
- [7] 高海秀, 王明利, 石自忠. 中国生猪产业国际竞争力比较. *西北农林科技大学学报: 社会科学版*, 2020, 20(1): 145-152. [GAO H X, WANG M L, SHI Z Z. International competitiveness of China's pig industry. *Journal of Northwest A&F University: Social Science Edition*, 2020, 20(1): 145-152.]
- [8] 赵亮, 徐泽华, 陶红军, 等. 中美猪肉产业互补性对双边猪肉贸易的影响分析. *中国畜牧杂志*, 2020, 56(3): 111-116. [ZHAO L, XU Z H, TAO H J, et al. The U.S.-China pork trade complementarity and its impact on bilateral pork trade. *Chinese Journal of Animal Science*, 2020, 56(3): 111-116.]
- [9] 田聪颖, 肖海峰. 贸易开放背景下中国肉类进口市场格局研究: 基于产品异质性的实证分析. *国际贸易问题*, 2017, 43(9): 130-141. [TIAN C Y, XIAO H F. Chinese meat import demand estimation under trade liberalization: Based on product heterogeneity. *Journal of International Trade*, 2017, 43(9): 130-141.]
- [10] YU W S, CAO L J. China's meat and grain imports during 2000-2012 and beyond: A comparative perspective. *Journal of Integrative Agriculture*, 2015, 14(6): 1101-1114.
- [11] WATTS D J, STROGATZ S H. Collective dynamics of "small-world" networks. *Nature*, 1998, 393(6684): 440-442.
- [12] 彭澎, 程诗奋, 陈闪闪, 等. 全球液化石油气运输网络贸易社区特征及其演化分析. *自然资源学报*, 2020, 35(11): 2687-2695. [PENG P, CHENG S F, CHEN S S, et al. Global liquefied petroleum gas trading communities: An analysis from the perspective of maritime transportation network. *Journal of Natural Resources*, 2020, 35(11): 2687-2695.]
- [13] 马远, 徐俐俐. "一带一路"沿线国家天然气贸易网络结构及影响因素. *世界经济研究*, 2017, 36(3): 109-122, 136.

- [MA Y, XU L L. Network structure and influence factors of gas trade about the countries along "the Belt and Road". *World Economy Studies*, 2017, 36(3): 109-122, 136.]
- [14] 周墨竹, 王介勇. 基于复杂网络的全球稻米贸易格局演化及其启示. *自然资源学报*, 2020, 35(5): 1055-1067. [ZHOU M Z, WANG J Y. Implications from pattern and evolution of global rice trade: A complex network analysis. *Journal of Natural Resources*, 2020, 35(5): 1055-1067.]
- [15] 刘军. 社会网络分析导论. 北京: 社会科学文献出版社, 2004: 116-130. [LIU J. *An Introduction to Social Network Analysis*. Beijing: Social Sciences Academic Press, 2004: 116-130.]
- [16] WOLFE A W. Social network analysis: Methods and applications. *Contemporary Sociology*, 1995, 91(435): 219-220.
- [17] NEWMAN M E J. Modularity and community structure in networks. *PNAS*, 2006, 103(23): 8577-8582.
- [18] NTI F K, KUBERKA L, JONES K. Impact of retaliatory tariffs on the U.S. pork sector. *Choices*, 2019, 34(4): 1-8.
- [19] 张雨佳, 张晓平, 龚则周. 中国与“一带一路”沿线国家贸易依赖度分析. *经济地理*, 2017, 37(4): 21-31. [ZHANG Y J, ZHANG X P, GONG Z Z. Trade interdependency between China and countries along "the Belt and Road". *Economic Geography*, 2017, 37(4): 21-31.]
- [20] 王祥, 强文丽, 牛叔文, 等. 全球农产品贸易网络及其演化分析. *自然资源学报*, 2018, 33(6): 940-953. [WANG X, QIANG W L, NIU S W, et al. Analysis on global agricultural trade network and its evolution. *Journal of Natural Resources*, 2018, 33(6): 940-953.]
- [21] 司伟, 张猛. 中国大豆进口市场: 竞争结构与市场力量. *中国农村经济*, 2013, 29(8): 29-39. [SI W, ZHANG M. China's soybean import market: Competitive structure and market power. *Chinese Rural Economy*, 2013, 29(8): 29-39.]

Dynamics of global pork trade networks during 2000-2019 and its implications for China: A complex network analysis

LI Tian-xiang^{1,2}, LIU Xing-yu¹, WANG Rong-bo¹, ZHU Jing^{1,2}

(1. College of Economics and Management, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China;

2. China Food Security Research Center, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: Based on the trade data from 2000 to 2019, this paper uses a complex network analysis method to evaluate the dynamics of global pork trade networks and to identify the characteristics of China's pork networks. Moreover, the issue of potential trade partners for China to expand its pork imports in the future has been discussed. The results show that, while the trade links between the countries involved in global pork trade are relatively "scattered" during the past two decades, the core players in the global pork trade networks are relatively fixed. China, as the No.1 pork importing country in the world, has been playing an increasingly important role in the global pork trade networks. As China's pork imports volume grows, North America, Western Europe and South America have been turning into China's main source of imports, and showing a "tripartite" source pattern. To expand its pork imports in the future, China could have a wide range of potential pork trading partners judging from the current global trade networks. On the one hand, China could deepen the trade relations with its traditional pork trade partners, i.e., Germany, Spain, the USA and Brazil. On the other hand, China could seek for new trade partners, for example, expanding pork imports from Italy and Belgium, as well as other neighboring countries such as Thailand and Vietnam.

Keywords: pork trade; complex networks; import pattern; food security