

大闸蟹研究竞争力态势及热点分析

陈洁 钱蓉 吕凯 刘桂民

(安徽省农业科学院农业经济与信息研究所, 安徽 合肥 230001)

摘要: 大闸蟹是我国重要的经济水产动物, 利用 ITGInsight 软件及 Origin、Ucinet、VOSviewer 等工具, 选取大闸蟹领域 WOS 中的研究论文作为数据来源, 通过文献计量和可视化手段, 对研究区域、研究主体的竞争力、演化动态、机构、学者的合作关系网络及研究热点主题进行了分析。结果表明: 我国的科研竞争力优势明显且呈快速发展趋势, 上海海洋大学、华东师范大学、中国科学院、中国水产科学院和南京师范大学的学术生产力和影响力较强, 成永旭、吴旭干、陈立桥等是近 5 年大闸蟹领域研究的主力学者。从合作网络总体来看, 中国机构间的联系较多, 合作紧密, 国外机构间的合作相对较为松散; 国内学者合作多为同机构间或地缘合作, 跨机构的合作紧密度不够。分析表明: 大闸蟹的生态、进化与养殖研究、环境适应性研究、免疫机制及病害防控研究、遗传育种、种质资源创新与评价研究以及饮食营养与生长性能研究是热点主题方向。提出我国应提高产出质量和学术影响力, 不断加强国际间及跨机构的合作研究, 及时跟进热点前沿及发展演化趋势。

关键词: 大闸蟹; 中华绒螯蟹; 研究态势; 热点主题; 合作网络; 主题聚类

中图分类号: [S-9]

文献标志码: A

DOI: 10.19754/j.nyjjs.20251215033

大闸蟹 (*Eriocheir sinensis*), 又名中华绒螯蟹、毛蟹、螃蟹、河蟹等, 因其蟹足覆盖着密集的淡褐色刚毛, 且原产于中国, 故命名为“中华绒螯蟹”。近年来, 我国淡水养殖产量和甲壳类产量整体处于波动增长趋势, 其中, 大闸蟹在 2015 年之前产量逐年递增, 而 2016 年大闸蟹主产区由于洪灾及气候条件影响受灾严重, 产量下降近 10%, 见图 1。目前产量正处于较为平稳的恢复增长期。在我国, 大闸蟹分布广, 沿渤海、黄海、东海各省皆产, 在长江流域盛产^[1]。由图 2 可知, 江苏、湖北、安徽、辽宁、山东、黑龙江等省份是我国大闸蟹的主产区。其中江苏省由于自然资源等优势, 近 5 年淡水养殖产量均在 36 万 t 左右, 约占全国 50%。为落实长江流域重点水域禁捕工作部署, 保护长江流域水生生物资源, 2018 年底农业农村部调整长江流域专项捕捞管理制度, 提出自 2019 年 2 月 1 日起, 停止发放大闸蟹专项捕捞许可证^[2], 此后, 大闸蟹捕捞产量逐年降低。而大闸蟹是我国重要的经济水产动物, 营养丰富, 市场需求旺盛。因此, 如何进一步加快大闸蟹人工繁养技术升级, 提高产量, 意义重大。本文提炼总结全球大闸蟹

养殖领域的研究态势与热点, 以期为大闸蟹的科学的研究与产业发展提供支撑。

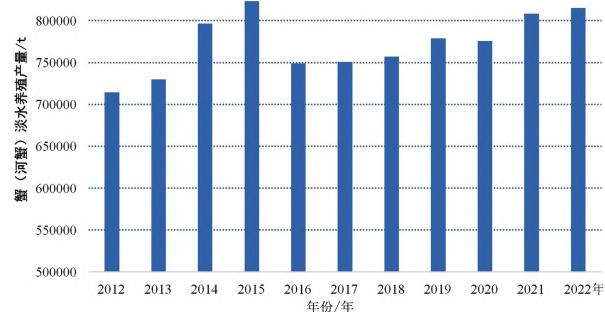


图 1 2012—2022 年我国大闸蟹淡水养殖产量数据图

选择 Web of Science (WOS) 作为全球大闸蟹领域研究态势的数据来源, 通过专家咨询确定检索式, 下载筛选数据集, 并利用 ITGInsight 软件对文献的国家、省(区、市)、机构、学者、关键词等字段进行清洗, 通过人工及软件的判断、合并和筛选, 最终确定不同字段的数据集合作为分析对象, 并运用 Excel、Origin、Ucinet、VOSviewer 等工具分析作图, 开展全球大闸蟹领域的研究竞争力分布、研究主体合作网

收稿日期: 2025-06-25

基金项目: 安徽省财政农业科技成果转化项目(项目编号: 2022ZH003, 2022ZH008); 安徽省农业科学院科研团队项目(项目编号: 2022YL040)

作者简介: 陈洁(1995-), 女, 硕士, 助理研究员。研究方向: 农业情报分析与研究; 钱蓉(1982-), 女, 硕士, 副研究员。研究方向: 农业信息化; 吕凯(1972-), 男, 硕士, 副研究员。研究方向: 农业科技文献研究; 刘桂民(1966-), 女, 本科, 研究员。研究方向: 信息管理。

络、热点主题与趋势研究。

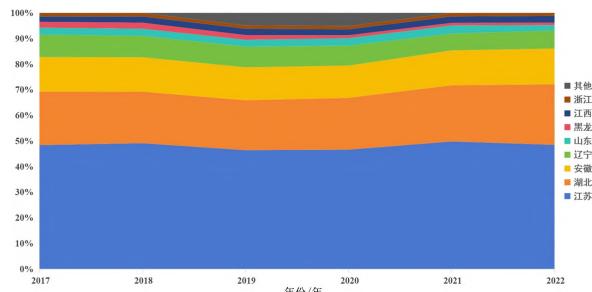


图2 2011—2021年我国大闸蟹淡水养殖产量分布图

1 大闸蟹研究领域竞争力分析

1.1 研究区域分布

选取全球大闸蟹养殖领域发文量>30篇,被引频次>600次的17个国家以及发文量>20篇,总被引次数>300次的13个省(区、市)作为研究区域的分析对象。

1.1.1 研究区域竞争力分析

通过数据对比发现,高竞争力国家之间差距较大,中国、美国、巴西和澳大利亚科研竞争力较强。由表2可知,中国在发文量和总被引频次上占据绝对优势,位列第1位且远超各个国家,美国位居第2位。比利时、德国、美国在篇均被引频次方面表现较好。

表1 全球大闸蟹养殖领域重点国家科研竞争力情况表

序号	国家	数量/篇	被引/次	篇均/次
1	中国	1380	21885	15.86
2	美国	592	19514	32.96
3	巴西	227	2926	12.89
4	澳大利亚	182	4756	26.13
5	日本	127	1926	15.17
6	英国	120	3105	25.88
7	德国	85	3012	35.44
8	南非	73	1451	19.88
9	比利时	51	2705	53.04
10	葡萄牙	51	1203	23.59
11	西班牙	51	972	19.06
12	阿根廷	50	771	15.42
13	意大利	49	916	18.69
14	马来西亚	49	773	15.78
15	加拿大	44	1364	31.00
16	法国	41	1044	25.46
17	智利	37	604	16.32

在研究省(区、市)分布中,上海、江苏、北京、浙江的发文量和被引频次均排名靠前,科研竞争

力优势明显。上海以8589次的总被引频次在各个省(区、市)中排名第1位,江苏以4955次排名第2位,与第1名差距较大。共有5个省(区、市)被引频次超过1000次。

表2 全球大闸蟹养殖领域重点省(区、市)科研竞争力情况表

序号	省(区、市)	数量/篇	被引/次	篇均/次
1	上海	504	8589	17.04
2	江苏	337	4955	14.70
3	北京	168	3652	21.74
4	浙江	116	1838	15.84
5	广东	72	1364	18.94
6	山东	56	472	8.43
7	辽宁	53	594	11.21
8	天津	48	905	18.85
9	四川	42	484	11.52
10	安徽	30	305	10.17
11	台湾	27	737	27.30
12	海南	25	452	18.08
13	湖北	24	461	19.21

1.1.2 研究区域趋势演化

中国和巴西的研究热度都于2009年开始提升,自此之后,中国在大闸蟹领域进入快速发展阶段,文章数量迅速增加,2022年较2009年增长了5倍以上;巴西自此之后进入稳步发展阶段,每年发文量较为稳定。美国从1998年开始29年来在大闸蟹领域的研究热度持续不断,年均发文量稳定在22篇左右,时间最长,波动较小。

上海、江苏、浙江、广东等5个省(区、市)文献产出总体呈波动增长趋势,且发文量集中在2018—2021年,均占据总发文量的40%~70%,是近5年大闸蟹领域研究的主力。辽宁和山东在2018年和2019年发文量达到最高,近2年文献产出呈下降趋势。

1.2 研究主体分布

选取全球大闸蟹养殖领域发文量>30篇,被引频次>500次的15个机构以及发文量>30篇,被引频次>500次的15位学者作为研究主体的分析对象。

1.2.1 研究主体竞争力分析

由图4可知,上海海洋大学、华东师范大学、中国科学院、中国水产科学院和南京师范大学位列第一象限,学术生产力和影响力均排名前5位。北卡罗来纳州大学及威廉和玛丽学院发文量相对较少,但篇均被引频次较高。

成永旭以127篇发文量和2056次被引位列第1

位，吴旭干、王群和陈立侨紧随其后；李二超、宋林生和王玲玲的篇均被引频次较高。这 15 位高竞争力学者均来自中国，分别隶属于 4 个机构，华东师范大

学拥有 7 位高竞争力学者；其次为上海海洋大学和南京师范大学，各拥有 3 位。中国科学院大闸蟹领域的研究学者在篇均被引频次方面占据较强优势。

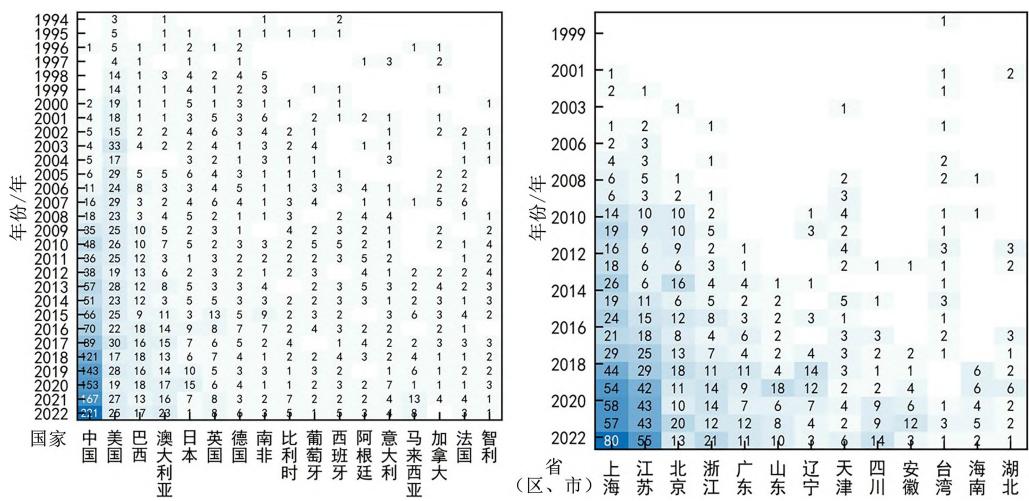


图3 全球大闸蟹养殖领域国家及省（区、市）热点分布图

表 3 全球大闸蟹养殖领域重点机构科研竞争力情况表

序号	机构英文	机构中文	数量/篇	被引/次	篇均/次	国家
1	Shanghai Ocean University	上海海洋大学	270	3678	13.62	中国
2	East China Normal University	华东师范大学	191	3732	19.54	中国
3	Chinese Academy of Sciences	中国科学院	178	4128	23.19	中国
4	Chinese Academy of Fishery Sciences	中国水产科学研究院	159	1815	11.42	中国
5	Nanjing Normal University	南京师范大学	100	2014	20.14	中国
6	Nanjing Agricultural University	南京农业大学	89	664	7.46	中国
7	Flinders University, southern Australia	弗林德斯大学	69	1268	18.38	澳大利亚
8	Ningbo university	宁波大学	58	828	14.28	中国
9	University of Chinese Academy of Sciences	中国科学院大学	49	849	17.33	中国
10	Universidade de Sao Paulo	圣保罗大学	46	636	13.83	巴西
11	Institute of Freshwater Fisheries, Jiangsu Province	江苏省淡水水产研究所	45	678	15.07	中国
12	North Carolina University	北卡罗来纳州大学	43	2500	58.14	美国
13	Stellenbosch University	斯泰伦博什大学	36	756	21.00	南非
14	The College of William and Mary	威廉和玛丽学院	32	1247	38.97	美国
15	Zhejiang University	浙江大学	32	646	20.19	中国

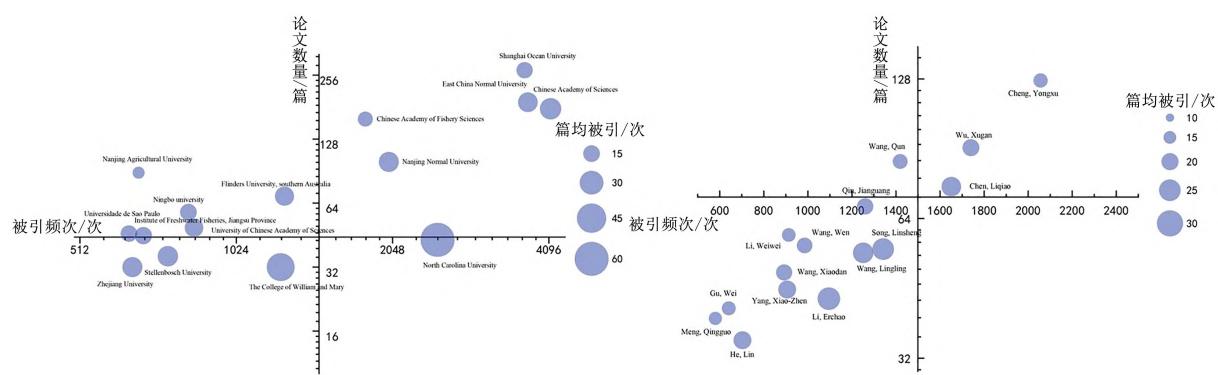


图 4 全球大闸蟹养殖领域主要研究主体科研竞争力分布图

表4 全球大闸蟹养殖领域重点学者科研竞争力情况表

序号	学者	数量/篇	被引/次	篇均/次	所属机构
1	成永旭	127	2056	16.19	上海海洋大学
2	吴旭干	91	1740	19.12	上海海洋大学
3	王群	85	1419	16.69	华东师范大学
4	陈立侨	75	1651	22.01	华东师范大学
5	秦建光	68	1260	18.53	华东师范大学
6	李伟微	59	913	15.47	华东师范大学
7	王文	56	985	17.59	南京师范大学
8	宋林生	55	1342	24.40	中国科学院
9	王玲玲	54	1251	23.17	中国科学院
10	王晓丹	49	892	18.20	华东师范大学
11	杨筱珍	45	906	20.13	上海海洋大学
12	李二超	43	1095	25.47	华东师范大学
13	顾伟	41	641	15.63	南京师范大学
14	孟庆国	39	580	14.87	南京师范大学
15	何琳	35	703	20.09	华东师范大学

1.2.2 研究主体趋势演化

总体来看,高竞争力机构的研究主要集中在近5年,占据总发文量的50%以上。其中,上海海洋大学在2022年发文量达到49篇,是所有机构年发文的最高值,2018—2021年的年发文量也均超过30篇,远超其他机构;除此之外,只有华东师范大学、中国科

学院、中国水产科学与南京农业大学4个机构的年发文量超过15篇以上。

成永旭、吴旭干、陈立侨、秦建光、王晓丹和杨筱珍等6位学者文献产出总体呈波动增长趋势,且发文量集中在2018—2022年,均占据其总发文量的60%以上,是近5年大闸蟹领域研究的主力学者。其中,成永旭在2018年和2021年2次发文量超过20篇,达到所有学者年发文的最高值;此外,吴旭干、陈立侨、秦建光和王晓丹近3年来的发文量也曾达到10篇以上。宋林生和王玲玲在2013年和2018年发文量较为突出,近3年文献产出明显下降;顾伟、孟庆国在2017年发文量达到最高,近5年文献产出呈明显下降趋势。

2 大闸蟹研究领域研究合作关系分析

2.1 研究机构合作分析

选取发文量>10篇的87个机构作为分析对象,得出6个机构合作网络。聚类图中的节点大小和发文数量呈正相关,节点之间连线的粗细程度和国家之间合著数量呈正相关。共有2个单核心的合作群体,3个双核心合作群体和1个无核心合作群体。总体来看,中国机构间的联系较多,合作紧密,国外机构间的合作相对较为松散。

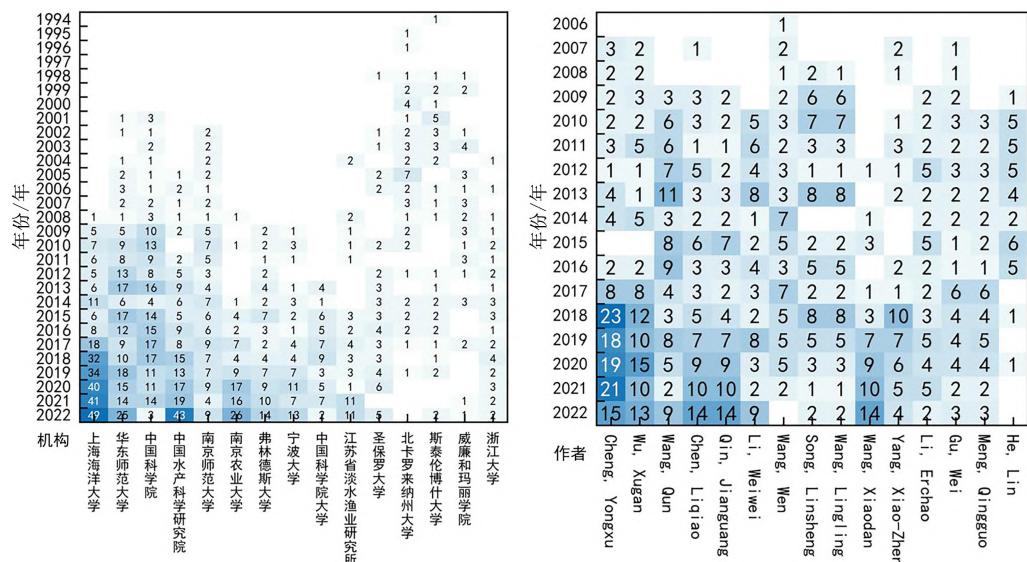


图5 全球大闸蟹养殖领域机构及学者热点分布图

2.1.1 单核心合作群体

粉色合作群体共包含13个机构,中国科学院占据绝对核心地位,影响力明显。由图6可知,中国科学院、青岛海洋科学与技术试点国家实验室、大连海洋大学、中国科学院大学4个机构之间的连线均较

粗,合作关系明显。绿色合作群体共包含7个机构,华东师范大学的点度中心度和接近中心度均高于其他机构,在群体中具有较强影响力。华东师范大学与南澳福林德斯大学的连线达到69次,为所有合作群体中连线最多。此外,群体中各个机构的连线次数都相

对较多,团队虽然较小但合作非常紧密。

2.1.2 双核心合作群体

黄色合作群体中,上海海洋大学和中国水产科学院的点度中心度接近,且远远领先于其他机构,形成双核心,共包含17个机构。群体中各个机构的联系差异较大。其中,中国水产科学院与南京农业大学和上海海洋大学的连线分别为55次和34次,线条较粗,合作紧密。红色合作群体多为国外机构,共包含16个节点。其中,圣保罗大学和圣玛利亚联邦大学的点度中心度和接近中心度并列第1位,形成双核心,除了影响力较高的2个机构外,群体中其他机构的连线均在2~4次,合作紧密程度相对差异不大。紫色合作群体共包含11个机构,虽然江苏省淡水水产研究所的发文量相对不多,但是其点度中心度和接近中心度均与南京师范大学非常接近,在群体中占据重要地位。此外,江苏海洋生物资源创新中心与南京师范大学的连线高达26次,合作较为紧密。

2.1.3 无核心合作群体

蓝色合作群体中各个机构的中心度差异不大,没有较为突出的核心主导机构。由美国国家海洋和大气管理局、史密森尼环境研究中心、阳光海岸大学、北卡罗来纳州立大学等23个机构组成,是最大的合作群体,且均为国外机构。由图6可知,该群体中各个节点之间的联系多为1~2次,>2次的连线较少,整体合作网络不够联通。

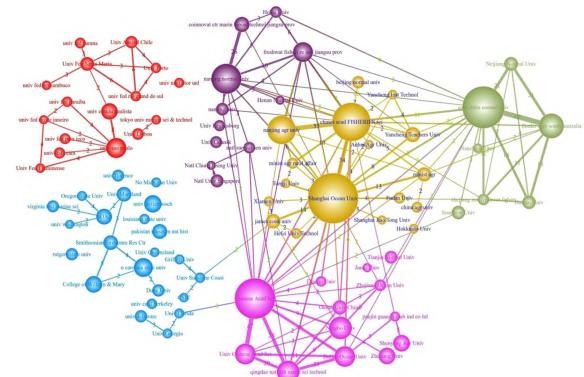


图6 全球大闸蟹养殖领域机构合作关系图(发文量>15篇)

2.2 研究学者合作分析

选取发文量>10篇的130位学者作为分析对象,可以将大闸蟹养殖领域分为9个学者合作网络,见图7。其中,有4个超过15位学者的大型合作群体。

2.2.1 深蓝色合作群体

深蓝色合作群体大部分是由来自华东师范大学的学者组成,包括陈立侨、李二超、秦建光、王晓丹等学者。该群体包含学者较多,各个作者之间的连线均

值高达15次,且大部分学者的点度中心度和接近中心度都较高。由图7可以看出,该群体在4个合作网络中学者之间的合作最为紧密。

2.2.2 浅蓝色合作群体

浅蓝色合作群体的学者人数最多,共计29名,但其合作主要集中在几个高发文量的作者中,连线超过15次的只有4名,整体来看合作相对松散。群体中学者主要来自于上海海洋大学。其中,吴旭干、成永旭、杨筱珍等学者主要围绕大闸蟹的品质育种^[3-5]、营养繁殖学^[6,7]等领域开展研究。

2.2.3 红色合作群体

红色合作群体中王文占据重要地位,其与顾伟、孟庆国的连线较粗,联系相对紧密,主要围绕大闸蟹颤抖病等各种疾病的致病机理^[8]、监测诊断技术^[9]及防治方法^[10,11]等研究方向;群体中其他合作学者均地处南京,包含江苏省淡水水产研究所的葛家春、潘建林、许志强;中国水产科学研究院淡水渔业研究中心徐钢春、苏胜彦等学者。由此可见,地缘因素会促使学者产生合作倾向。

2.2.4 浅紫色合作群体

浅紫色合作群体以来自华东师范大学的王群、李伟微为核心,还包含上海海洋大学的李嘉尧、竹攸汀,河海大学的金兴坤等其他机构学者,群体内的各个学者之间的连线较为均衡,差异不大。主要研究涉及大闸蟹精子存活率^[12,13]、雄性生殖系统发育^[14]等生殖生物学和分子免疫学^[15,16]方面的研究。

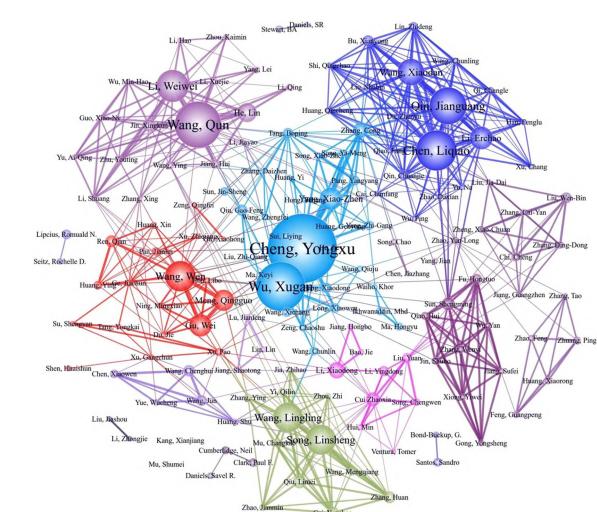


图7 全球大闸蟹养殖领域学者合作关系图(发文量>10篇)

3 大闸蟹研究领域研究热点主题分析

下载大闸蟹养殖领域的论文全部关键词,对同义、近义的关键词进行清理及合并,做人工确认,利

用 VOSviewer 对清理后的关键词聚类, 得出全球大闸蟹养殖领域热点研究主题聚类图, 可分为 5 个研究热点主题, 分别为大闸蟹的生态、进化与养殖研究方向 (红色聚类)、大闸蟹的环境适应性研究方向 (绿色聚类)

聚类)、大闸蟹的免疫机制及病害防控研究方向 (黄色聚类)、大闸蟹的遗传育种、种质资源创新与评价研究方向 (蓝色聚类)、大闸蟹的饮食营养与生长性能研究方向 (橘色聚类), 见图 8。

表 5 全球大闸蟹养殖领域研究热点主题聚类关键词表

聚类	颜色	权重较高的关键词
1	红色	甲壳纲、蟹、河口、十足目、幼虫、短尾下目、淡水蟹、保护、入侵、生存、大眼幼虫、无脊椎动物、虾、分散、分类学、生物多样性、心型仿招潮蟹、欧洲青蟹、小龙虾、亚马逊、巴西、生态学、淡水、生活史、生物入侵、铠甲虾科、南美洲、生物地理学、多样性、系统地理学、引进物种、热带的、幼虫扩散、异尾下目、螃蟹种群、新种、个体发生、迁移、种群动态、流动、系统学
2	绿色	盐度、红树林、缺氧、重金属、鱼、生物累积、分布格局、食物网、捕食、沉淀物、栖息地、渗透调节、镉、盐沼、底栖群落、水银、风险评估、生态系统功能、湿地、喂养、生物放大作用、温度、铜、富营养化、铅、微塑料、锌、气候变化、耗氧量、金属、微量元素、污染物、毒性、浮游动物、砷
3	黄色	免疫力、先天免疫、氧化应激、抗氧化能力、免疫反应、消化酶、mRNA 表达、血细胞、抗微生物肽、抗氧化剂、细胞凋亡、蛋白质组、嗜水气单胞菌、肠道菌群、肠、抗菌活性、脂质代谢、虾青素、非特异性免疫、给料方式、幼蟹、抗病性、抗脂多糖因子、吞噬作用、氧化损伤、C 型凝集素、活性氧、模式识别受体、消化率、肝胰腺坏死、二尖梅奇酵母、病原相关分子模式、抗菌免疫、线粒体基因组
4	蓝色	生殖、基因表达、细菌、性腺、RNA 干扰、形态学、卵巢发育、蜕皮期、RNA 序列、生殖力、脂肪酸组成、生理学、性别比例、精子发生、中华绒螯蟹螺原体、成熟过程、卵黄蛋白原、组织学、免疫相关基因、实时荧光定量聚合酶链反应、生物化学成分、血蓝蛋白、微核糖核酸、早熟的、睾丸、克隆、实时定量 PCRper、卵子发生、生殖生物学、性别决定、两性异形、cDNA 克隆、原位杂交
5	橘色	生长性能、肝胰腺、转录组、稳定同位素、脂肪酸、饮食、新陈代谢、氨基酸、鳃、磷脂、营养品质、肌肉、营养、胆固醇、能量代谢、蛋白质、胃内容物、体成分、血淋巴、游离氨基酸、眼柄、葡萄糖、褪黑素、类胡萝卜素、矿物、蜕皮、比较转录组

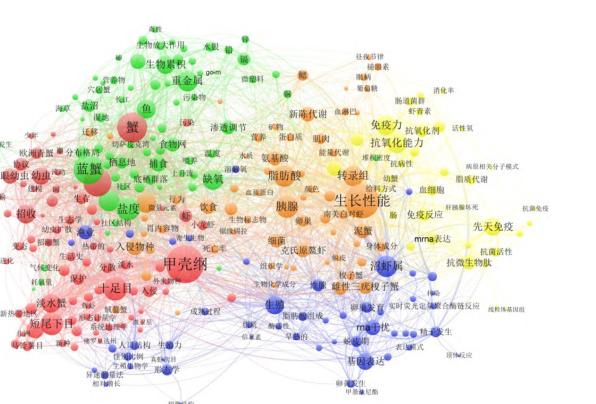


图 8 全球大闸蟹养殖领域热点研究主题聚类图

3.1 大闸蟹的生态、进化与养殖研究方向

红色聚类的研究集中于大闸蟹的生物学分类、涉及入侵生物学、生物地理学、生态学和环境科学等。包括研究大闸蟹在甲壳纲十足目中的分类地位, 以及其他蟹类、类群、物种的分类差异和进化关系; 研究大闸蟹的生物多样性、遗传多样性, 幼虫种群扩散规律, 以及其对种群动态和分布的影响; 研究大闸蟹的地理分布模式, 探索地理因素对其分布和多样性的影响; 研究大闸蟹的生态学角色, 如栖息地偏好、迁徙模式, 在底栖生态环境中大闸蟹的生态位, 在河口和淡水生态系统中的角色、食物网关系等; 评估外来

物种如欧洲青蟹等对大闸蟹的影响, 以及入侵物种的生态学和管理策略; 研究大闸蟹的生活史, 包括幼体阶段 (如大眼幼虫) 的发育和变态过程。

3.2 大闸蟹的环境适应性研究方向

绿色聚类的研究集中于大闸蟹的环境适应性研究, 涉及环境科学、生态学、毒理学等。包括监测大闸蟹的行为模式、生长环境; 研究大闸蟹在红树林和盐沼等特定栖息地的生态角色和适应机制; 研究重金属 (如镉、铅、铜、锌等)、微塑料、微量元素、砷和水银等污染物对大闸蟹的影响, 以及在不同污染环境下的生物累积和生物放大作用; 研究其对不同环境因素 (如盐度、温度、氨、pH、溶解氧) 的响应及适应性, 研究缺氧、气候变化、耗氧量变化等因素对大闸蟹生理功能的影响。

3.3 大闸蟹的免疫机制及病害防控研究方向

黄色聚类的研究聚焦于大闸蟹的免疫反应、疾病抗性等。研究大闸蟹的免疫学特性, 包括先天免疫反应、抗微生物肽的作用, 以及对特定病原体的防御机制; 研究大闸蟹的抗氧化机制、能量代谢、细胞凋亡、病理学变化, 以及生理健康; 研究微生物群落对大闸蟹健康的影响, 以及肠道菌群与宿主之间的相互作用。

3.4 大闸蟹的遗传育种、种质资源创新与评价研究方向

蓝色聚类的研究聚焦于大闸蟹的遗传育种和种质资源创新与评价,涉及生殖生物学、生理学、遗传学、生长发育、基因表达等。研究大闸蟹的生殖和发育过程,如卵子和精子的发育、变态过程、个体发育、生殖周期、交配行为以及繁殖策略等;研究分子生物学技术在大闸蟹繁殖、发育和性别决定研究中的应用;研究大闸蟹在不同环境压力或营养条件下的基因表达变化,分析大闸蟹在不同生长阶段或环境压力下的基因表达模式、RNA 干扰机制、调控基因表达的情况、功能基因的识别等;分析大闸蟹遗传多样性和群体遗传结构,了解不同种群间的基因流动。

3.5 大闸蟹的饮食营养与生长性能研究方向

橘色聚类的研究聚焦于大闸蟹的养殖技术、饲料技术、营养学等方面。研究大闸蟹的食性和营养,包括通过胃内容物,了解其食物选择和摄食习性;对不同营养成分的需求;营养物质(如葡萄糖、虾青素、类胡萝卜素)在其生理过程中的作用。研究大闸蟹的健康和品质,分析其肌肉和其他组织的蛋白质、脂肪酸等成分组成,对健康、品质、风味和营养价值的影响等。研究大闸蟹的能量代谢途径和代谢率,包括消化酶和抗氧化酶的活性、磷脂等脂类成分对大闸蟹脂代谢的影响,以及脂类在营养和能量代谢中的作用。

4 结语

本研究以全球范围内大闸蟹的研究论文为对象,揭示了中国在该领域的科研竞争力具有较强优势,研究合作主要集中在我国内部,与国外机构间的合作相对较为松散,且学者合作也多为同机构间或地缘合作,跨机构的合作紧密度不够。因此,我国应该持续保障大闸蟹领域的学术生产力,并逐步提升产出的质量和影响力;需要构建跨国家、跨机构、跨学科的合作研究,实现大闸蟹研究的交叉与融合,推动学术创新;在后期研究中应及时跟进热点前沿及发展演化趋势,并将研究结果应用于大闸蟹产业领域,探索更加广泛的应用价值。

参考文献

- [1] 沈嘉瑞,戴爱云.《中国动物图谱》甲壳动物(第二册) [M].北京:科学出版社,1964: 1-142.
- [2] 农业农村部关于调整长江流域专项捕捞管理制度的通告 [EB/OL]. http://www.moa.gov.cn/govpublic/CJB/201812/t20181229_6165854.htm. 2018-12-29.
- [3] He J, Wu X G, Li J Y, et al. Comparison of the culture performance and profitability of wild-caught and captive pond-reared Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) juveniles reared in grow-out ponds: Implications for seed selection and genetic selection programs [J]. *Aquaculture*, 2014, 434: 48-56.
- [4] 吴旭干,赵亚婷,何杰,等. 低盐度海水和淡水对大闸蟹性腺发育及交配行为的影响 [J]. *动物学杂志*, 2013, 48 (04): 555-561.
- [5] Xuan F J, Wu X G, Liu N G, et al. Reproductive potential of individual male Chinese mitten crabs *Eriocheir japonica sinensis* in a local pond-reared broodstock: Implications for parent crab selection and sex ratio optimization [J]. *Aquaculture Research*, 2018, 49 (11): 3498-3507.
- [6] 赵亚婷,吴旭干,常国亮,等. 饲料中 DHA 含量对大闸蟹幼蟹生长、脂类组成和低氧胁迫的影响 [J]. *水生生物学报*, 2013, 37 (06): 1133-1144.
- [7] Wang Q J, Wu X G, Long X W, et al. Nutritional quality of different grades of adult male Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis* [J]. *Journal of food science and technology-mysore*, 2018, 55 (3): 944-955.
- [8] Zhu H X, Liu P, Du J, et al. Identification of lysophospholipase protein from *Spiroplasma eriocheiris* and verification of its function [J]. *Microbiology-sgm*, 2017, 163 (2): 175-184.
- [9] Guo Y, Zhang L, Yang Y, et al. Development and application of the MIRA and MIRA-LFD detection methods of *Spiroplasma eriocheiris* [J]. *Journal of Invertebrate Pathology*, 2023, 201: 7.
- [10] Meng Q G, Gu W, Bi K, et al. Spiralin-like protein SLP31 from *Spiroplasma eriocheiris* as a potential antigen for immunodiagnosis of tremor disease in Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* [J]. *Folia microbiologica*, 2010, 55 (3): 245-250.
- [11] Guo Y, Ma Y B, Endri H, et al. Protective effect of chicken egg yolk immunoglobulin (IgY) against *Spiroplasma eriocheiris* infection in Chinese mitten crab [J]. *Aquaculture*, 2023, 572: 739488.
- [12] Wang Y L, Sun W J, He L, et al. Morphological alterations of all stages of spermatogenesis and acrosome reaction in Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* [J]. *Cell & Tissue Research*, 2015, 360 (2): 401-412.
- [13] He L, Jiang H, Cao D, et al. Comparative Transcriptome Analysis of the Accessory Sex Gland and Testis from the Chinese Mitten Crab (*Eriocheir sinensis*) [J]. *Plos One*, 2013, 8 (1): e53915.
- [14] He L, Wang Q, Jin X K, et al. Transcriptome Profiling of Testis during Sexual Maturation Stages in *Eriocheir sinensis* Using Illumina Sequencing [J]. *Plos One*, 2012, 7 (3): e33735.
- [15] Jin X K, Guo X N, Li S, et al. Association of a Hepatopancreas-Specific C-Type Lectin with the Antibacterial Response of *Eriocheir sinensis* [J]. *Plos One*, 2013, 8 (10): e76132.
- [16] Nan X Y, Jin X K, Song Y, et al. Effect of polystyrene nanoplastics on cell apoptosis, glucose metabolism, and antibacterial immunity of *Eriocheir sinensis* [J]. *Environmental Pollution*, 2022, 311: 119960.

(责任编辑 王东印)