



基于 CiteSpace 的中外大豆 2000—2020 年研究动态与热点比较分析

刘 婧,董天站,徐菊祯,隋 鹏

(中国农业大学 农学院,北京 100193)

摘 要:中国大豆生产近年来得到广泛关注,为探明中外大豆研究态势和我国大豆主产区研究差异,本研究从定量分析中国大豆生产贸易现状入手,采用文献计量学方法,以 2000—2020 年发表在中国知网和 Web of Science 数据库中大豆相关研究文献为研究对象,分析国际和国内大豆研究的发文量、期刊来源、文章被引情况,利用 CiteSpace 5. 7. R5 软件,探讨中外大豆研究热点差异和国内大豆生产发展前景。结果显示:国内外大豆研究热点主要涉及增产提质、品种选育、土壤养分、多样化种植对大豆的影响以及在气候变化条件下大豆的应对措施和响应机制等方面,相较而言,国外大豆的研究更侧重品质方面,我国大豆的研究则更关注产量。我国大豆的发展经历了由重点关注基因遗传和品质逐步扩展到大豆农艺特性和气候特征的动态变化,目前大豆的研究前沿集中在不同栽培管理措施对大豆农艺性状的影响和恶劣天气对大豆生长发育的影响等方面。我国对北方春大豆的研究多于黄淮海夏大豆,除共同关注的研究内容外,北方春大豆区更关注土壤肥力,黄淮海夏大豆区更关注水分利用。我国大豆总产量和种植面积在 2000—2015 年呈逐年波动减少态势,自 2016 年起逐步回升,但单产增加有限,促进单产的提升是增加我国大豆有效供给率的潜在途径。国外大豆研究年均发文量 332 篇,Web of Science 和中国知网数据库中国大豆年均发文量分别为 118 和 335 篇。国际大豆研究发文量排名前三的期刊依次为 *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *Journal of The American Oil Chemists Society*, *Food Chemistry*, 贡献率依次为 5. 34%、3. 64% 和 3. 61%; 国内大豆研究载文量排名前三的期刊依次为《大豆科学》《中国油料作物学报》《作物学报》,贡献率依次为 32. 02%、6. 17% 和 4. 07%。在我国大豆种植面积不断扩大的背景下,大豆相关研究尽管已得到较多关注,但在提升品质和促进单产方面还有待加强,未来还需继续深入。

关键词:大豆;北方春大豆;黄淮海夏大豆;CiteSpace;研究动态;研究热点

OSID:



Comparative Analysis of Research Dynamics and Hotspots of Chinese and Foreign Soybeans from 2000 to 2020 Based on CiteSpace

LIU Jing, DONG Tian-zhan, XU Ju-zhen, SUI Peng

(College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract: Soybean production in China has received extensive attention in recent years. In order to find out the research situation of soybeans at home and abroad and the research differences between the main soybean producing areas in my country, starting with a quantitative analysis of China's soybean production and trade status, the method of bibliometrics was used to publish relevant research literatures on soybean as the research object in CNKI and Web of Science database from 2000 to 2020. It analyzed the number of publications, journal sources, and citations of international and domestic soybean research, and used CiteSpace 5. 7. R5 software to discuss the differences in soybean research hotspots between China and foreign countries and the development prospects of domestic soybean production. The results showed that as follows: The research hotspots of soybean mainly involved in yield and quality improvement, variety breeding, soil nutrients, the effects of diversified planting on soybean, and the countermeasures and response mechanism of soybean under the condition of climate change. In comparison, the research on soybean in foreign countries paid more attention to quality, while the research on soybean in China paid more attention to yield. The development of soybean in China experienced a dynamic change from focusing on genetic inheritance and quality to gradually changing the agronomic and climatic characteristics of soybean. The current research frontiers of soybean were focused on the effects of different cultivation and management measures on agronomic traits of soybean and the effects of adverse weather on the growth and development of soybean. In China, the research on northern spring soybean was more than that on Huang-Huai-Hai summer soybean. In addition to the common research contents, soil fertility was more concerned in northern spring soybean region, and water use was more concerned in Huang-Huai-Hai summer soybean region. In China, total soybean production and planting area showed a trend of decreasing volatility year by year from 2000 to 2015, and gradually recovered from 2016, but the increase in unit yield was limited. Promoting the increase in unit yield was a potential way to increase the effective supply rate of soybeans in my country. The annual average

收稿日期:2021-09-17

基金项目:国家重点研发计划重点专项(2016YFD0300203)。

第一作者:刘婧(1998—),女,硕士研究生,主要从事区域大豆生产发展研究。E-mail:liudeng0106@163.com。

通讯作者:隋鹏(1971—),男,博士,教授,主要从事农作制度研究。E-mail:suipeng@cau.edu.cn。

number of foreign soybean research papers published was 332, and the annual average number of Chinese soybean research papers published by Web of Science and CNKI database was 118 and 335 respectively. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *Journal of the American Oil Chemists Society and Food Chemistry* was the top three of international soybean research publications, and the rates of contribution were 5.34%, 3.64% and 3.61% respectively. *Soybean Science*, *Chinese Journal of Oil Crop Sciences* and *Acta Agronomica Sinica* was the top three of soybean research in China, and the rates of contribution were 32.02%, 6.17% and 4.07% respectively. In the context of the continuous expansion of soybean planting area in China, although soybean-related research has received more attention, it still needs to be strengthened in improving quality and promoting unit yield, and it needs to be further deepened in the future.

Keywords: soybean; northern spring soybean; Huang-Huai-Hai summer soybean; CiteSpace; research dynamics; research hotspots

中国曾是世界上最大的大豆生产国和出口国^[1-2],但由于受到我国人口基数大、耕地面积少^[3]等客观因素的限制,以及对大豆重视程度不高、单产低^[4]等主观因素的制约,近年来大豆生产的发展速度较为缓慢,且随着人民生活水平的提高,人们对动物源蛋白需求日益增加,刺激养殖行业快速增长,进而导致我国每年进口大量的大豆^[2],2020 年大豆进口量高达 10 033 万 t。与此同时,由于国外大豆大量进口的冲击导致国内大豆的比较效益低,严重影响了农民种植大豆的积极性^[5]。大量的进口大豆在一定程度上会影响甚至是阻碍国内大豆产业的可持续发展^[6],因此,社会对大豆产业的发展重视程度逐年增高,2019 年我国农业农村部办公厅印发了《大豆振兴计划实施方案》的通知,明确表示要促进我国大豆生产恢复发展,增强我国大豆领域的科研实力是促进大豆生产恢复发展的重要途径之一^[2,7]。基于此,全面了解国内外大豆相关研究进展和科研产出概况,精炼热点主题,有助于了解大豆产业的发展态势,对于进一步加强我国大豆领域的科学研究能力具有重要意义。

科学发展是有迹可循的,文献计量学可以通过可视化分析技术深度挖掘数据资源,利用图表的方式展现某一研究领域的发展脉络及研究热点^[8],是近年来常用的文献分析方法之一。Citespace 是由美国德雷赛尔大学陈超美教授研发的一种文献可视化分析软件^[9],主要基于共引分析理论和寻径网络算法等对某一特定领域的文献进行计量,通过绘制可视化图谱、建立节点之间的关联来分析相关研究对象的共现关系与共引关系,被广泛用于探索与分析特定领域的研究进展和研究前沿^[10]。基于文献计量方法分析大豆研究热点和动态的文章已有发表,主要涉及在对中国大豆耐盐研究现状^[11]、世界大豆研究动态^[12]、巴西大豆生产与科研现状^[13]、转基因大豆研究热点^[14]、中国大豆抗病虫害育种研究现状与发展趋势^[15]等方面,对中外大豆研究热点和国内大豆主产区的比较研究尚未涉及。

关键词共现图谱可以揭示某学科领域的研究热点,其突显词可以展示某一领域在某一时间段的研究前沿,以及研究前沿随时间的变化趋势。为更加深入了解我国大豆的生产动态及中外研究热点,

本研究从定量的角度出发,分析中国大豆的生产贸易及研究现状,借助中国知网(CNKI)和 Web of Science 的文献搜集功能以及 CiteSpace 可视化功能,应用关键词共现图谱和突显词分析方法,总结有关于中外大豆及我国大豆主产区研究热点,系统梳理 2000—2020 年北方春大豆和黄淮海夏大豆的相关研究成果。本研究将大数据和大豆生产紧密结合,首先明确大豆的生产和贸易现状,并基于此对大豆研究热点进行探索与分析,以期为中国大豆区域生产发展的研究提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

以《中国农村统计年鉴》(2001—2020)^[16]与国家统计局中我国年度生产贸易数据、中国知网与 Web of Science 数据库中的大豆相关研究文献为研究数据,研究对象为以内蒙古、黑龙江、吉林、辽宁、新疆^[17]5 个省份为主的北方春大豆区和以山西、河南、河北、安徽、山东和江苏 6 个省份为主的黄淮海夏大豆区^[18]。

1.2 方法

1.2.1 数据获取及限定整理 中国大豆的生产现状部分 2000—2019 年数据来源于《中国农村统计年鉴》(2001—2020)^[16](<https://data.cnki.net/yearbook/Single/N2020120306>),2020 年大豆播种面积和产量数据来源于国家统计局(http://www.stats.gov.cn/tjsj/sjjd/202012/t20201210_1808376.html)。

国际大豆研究文献可视化分析数据来源于 Web of Science (<https://www.webofscience.com/wos/alldb/basic-search>),检索时间为 2021 年 4 月 21 日。选择数据库为 Web of Science 核心合集集中的“高级检索”功能,分别以“TI = soybean AND AB = soybean AND AK = soybean NOT CU = China”“TI = soybean AND AB = soybean AND AK = soybean AND CU = China”“TS = Huanghuaihai plain soybean OR North China Plain soybean OR Henan soybean OR Hebei soybean OR Shandong soybean OR Anhui soybean OR Jiangsu soybean OR Shanxi soybean”和“TS = Northeast China Region soybean OR Inner

Mongolia soybean OR Liaoning soybean OR Jilin soybean OR Heilongjiang soybean OR Xinjiang soybean”进行检索,时间跨度选择 2000—2020 年,引文索引选择“SCI-EXPANDED”,文献类型选择“Article”,研究方向选择“agriculture OR food science technology OR plant sciences OR physiology orbiochemistry molecular biology OR biotechnology applied microbiology OR environmental sciences ecology OR entomology OR biodiversity conservation OR genetics heredity OR microbiology OR meteorology atmospheric sciences OR cell biology OR remote science”,分别检索出 7 022,2 521,145 和 225 篇文献,按照 CiteSpace 文件读取格式导出并进行 CiteSpace 去重处理,对最终分别获得的 6 972,2 479,96 和 165 篇文献进行可视化分析。中国大豆研究文献可视化分析数据来源于中国知网(<https://www.cnki.net/>),检索时间为 2021 年 4 月 7 日。选择学术期刊界面中的“高级检索”功能,分别以“大豆”“(华北平原+黄淮海平原+河北+山西+河南+山东+安徽+江苏)×大豆”“(东北地区+内蒙古+辽宁+吉林+黑龙江+新疆)×大豆”作为主题词进行检索,检索时间范围为 2000—2020 年,选择文献来源类分别为“SCI 来源期刊”“EI 来源期刊”“北大核心”“中文社会科学引文索引(CSSCI)数据库”“中国科学引文数据库(CSCD)”,学科为农作物,对分别检索出的 7 846,212 和 768 篇文献手动去除无关键词或不相关文献,按照 CiteSpace 文件读取格式导出,并进行 CiteSpace 转码处理,对最终分别获得的 7 031,189 和 668 篇文献进行可视化分析。

1.2.2 中国大豆生产与贸易现状分析 利用 SigmaPlot 12.5 软件绘制中国大豆 2000—2020 年生产与贸易逐年变化图,对播种面积和产量及进出口量进行分析。

1.2.3 国际和中国大豆研究现状分析 基于 Web of Science 和中国知网计量可视化功能,分析 2000—2020 年国际和中国大豆的年度发文量变化趋势,分别分析载文量排名前五的期刊及高被引论文的主要研究领域。

1.2.4 研究热点和趋势可视化分析 利用 CiteSpace5.7.R5 软件,基于 Web of Science 和中国知网数据库相关数据,设置 TopN = 30,分别绘制国际大豆相关研究关键词共现图谱和国内大豆相关研究关键词共现图谱,分析国际和中国大豆研究热点。

设置阈值 $g-index(k=25)$,绘制基于 Web of Science 数据库北方春大豆和黄淮海夏大豆产区大豆相关研究的关键词共现图谱;分别设置 TopN = 10 和 TopN = 50,绘制基于中国知网数据库的北方春大

豆和黄淮海夏大豆产区大豆相关研究的关键词共现图谱,分析北方春大豆产区 and 黄淮海夏大豆产区大豆研究热点。

利用 CiteSpace 的突显性探测功能,设置 $\gamma=1$,基于 Web of Science 和中国知网数据库相关数据制作中国大豆研究领域关键词突显表。

2 结果与分析

2.1 中国大豆生产与贸易现状分析

2.1.1 大豆播种面积和产量 自 2000 年起,我国大豆种植面积和产量均大体上呈现先减少后增加的趋势,种植面积和产量均在 2015 年表现最低,较 2000 年分别减少了 30% 和 24% (图 1A)。自 2016 年起,我国大豆种植面积和产量明显增加,2020 年播种面积和产量较 2015 年分别增加了 51% 和 66%,但单产仅增加了 10%。自 2011 年开始,种植大豆可得的净利润逐年波动减少,甚至达到负值(图 1B)。

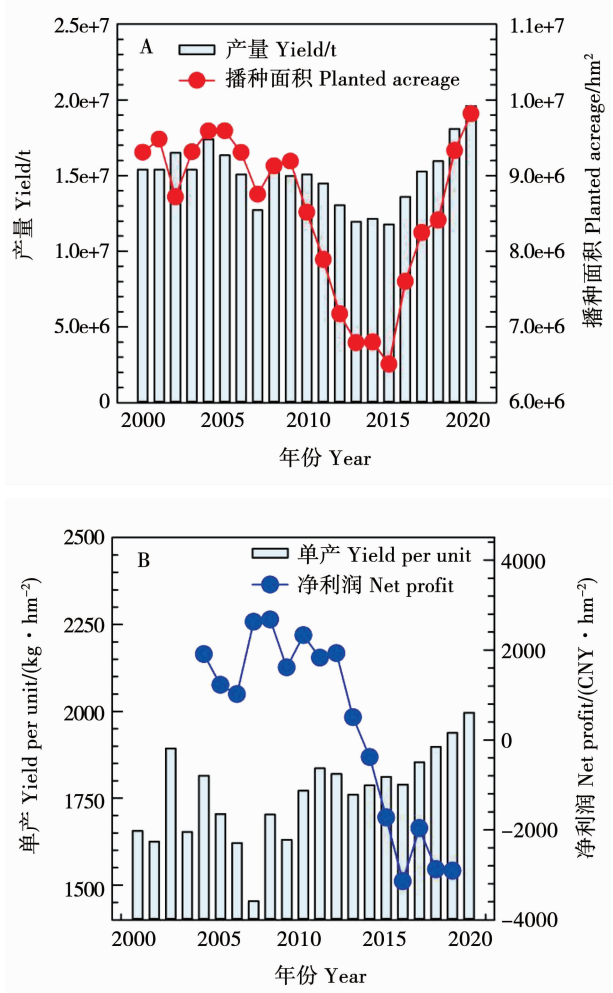


图 1 中国大豆播种面积和产量(A)、单位面积产量和净利润(B)逐年变化

Fig.1 The annual changes of soybean planted acreage and yield (A), yield per unit and net profit (B) in China

2.1.2 大豆进出口量 2000—2017 年我国大豆进口量呈现逐年波动增加的趋势,2017 年进口量达 9 553 万 t,是 2000 年的 9 倍,2018—2019 年的进口量较 2017 年略有降低,但仍高于 2000—2016 年,对外依存度较高(图 2)。

我国在每年大量进口大豆的情况下仍保持一定量的出口,但随着年份的增加波动减少,2019 年的出口量最低,仅有 11 万 t,而同年进口量高达 8 851 万 t,净进口量高达 8 840 万 t,是 2000 年的 9 倍(图 2)。

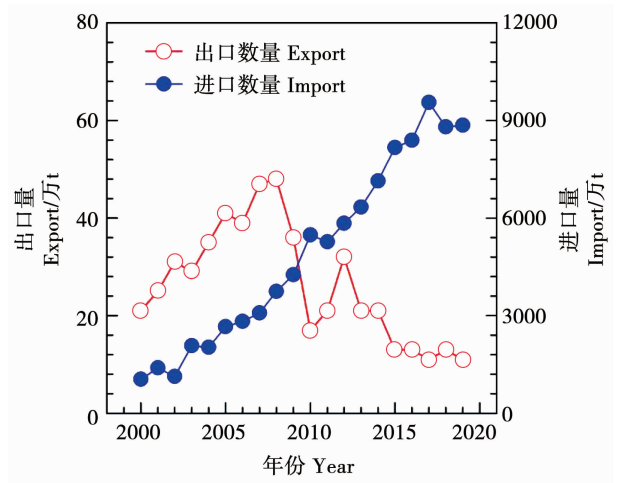


图 2 中国大豆进出口量逐年变化

Fig.2 The annual change of China's soybean import and export

2.2 大豆研究论文现状分析

2.2.1 年度发文量变化趋势 2000—2020 年国外学者在 Web of Science 数据库中发表的大豆相关研究论文数量年度变化趋势总体上有 2 个波动增长阶段:分别是 2000—2011 年和 2013—2020 年,年均发文量分别为 300 和 379 篇;2012 年发文量骤减,较 2011 年降低 21%(图 3)。年发文量超过 400 篇的有 3 年,分别是 2011、2019 和 2020 年,2019 年发文量最多,为 417 篇,较 2000 年增加 83%。

2000—2020 年中国学者在中国知网和 Web of Science 数据库中发表的大豆相关研究论文数量年度变化趋势从整体上可以分为 3 个阶段:2000—2010 年为快速增长期,年均发文量为 325 篇,2010 年的发文量是 2000 年的 6 倍,达到峰值;2011—2013 年为逐渐下降期,2013 年较 2011 年发文量减少了 14%;2014—2020 年为缓慢波动增长期,2020 年发文量为 668 篇,较 2014 年增加 16%。近 20 年内,国内对于北方春大豆区的关注高于黄淮海夏大豆区,年均发文量分别为 40 和 14 篇。

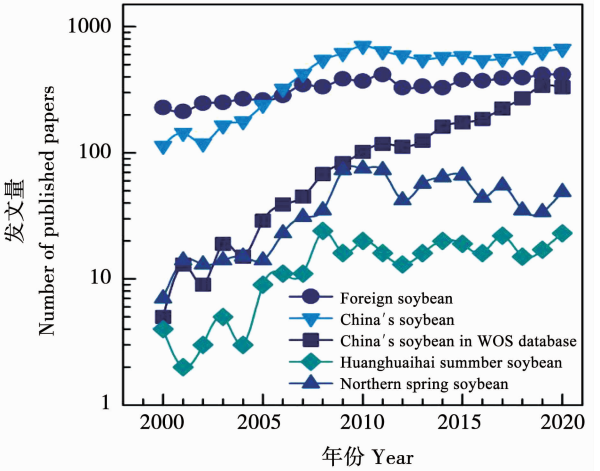


图 3 大豆相关研究发文量年度变化趋势

Fig.3 The annual variation trend of soybean related research publications

2.2.2 期刊来源与文章被引情况 Web of Science 数据库载文量排名前 5 的期刊主要来源于美国,其中 *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 发文量最高,为 372 篇,其次是 *Journal of The American Oil Chemists Society* 和 *Food Chemistry*,发文量均超过 250 篇,其中 *Food Chemistry* 五年影响因子最高,为 7.52(表 1)。

在中国知网数据库选取载文量排名前 5 的期刊,分析发现由黑龙江省农业科学院主办的《大豆科学》发文量最多,为 2 251 篇;其次是由中国农业科学院油料作物研究所主办的《中国油料作物学报》发文量为 434 篇;再次是由中国科学技术协会主管,中国作物学会、中国农业科学院作物科学研究所和中国科技出版传媒股份有限公司共同主办的《作物学报》,发文量为 286 篇(表 1)。

Web of Science 数据库文章从论文被引情况来看,引用次数最高的两篇论文分别发表在 *Field Crops Research* 和 *Applied Catalysis A-General* 中,被引次数分别为 451 和 450,其中 *Field Crops Research* 是农学领域权威的期刊之一,五年影响因子为 6.19。被引次数排名第一的文章主要研究的是种子科学与技术方面的内容(表 2)。

在中国知网数据库文章从来源期刊所在地上来看,有关于大豆研究的期刊所在地主要集中在东北地区。从论文被引情况来看,引用率最高的 5 篇论文主要集中在《大豆科学》上,被引量均超过 220 次,分别排在第 3、4 名。排名第 1 的高被引论文来自《作物学报》,被引次数达 270,是遗传方面的研究之一,其余论文研究内容均属于栽培耕作方面(表 2)。

表 1 2000—2020 年 Web of Science 和中国知网数据库中研究文献载文量排名前 5 的期刊
Table 1 The ranked top five sources of research papers in Web of Science and CNKI databases from 2000 to 2020

排序 Rank	Web of Science				中国知网 CNKI		
	期刊名称 Journal name	载文量 Papers number	出版国家 Publishing country	五年影响因子 5-year impact factor	期刊名称 Journal name	载文量 Papers number	2020 年综合影响因子 Combined impact factors in 2020
1	Journal of Agricultural and Food Chemistry	372	美国	5.27	大豆科学	2251	0.79
2	Journal of The American Oil Chemists Society	254	美国	2.30	中国油料作物学报	434	1.45
3	Food Chemistry	252	英国	7.52	作物学报	286	1.73
4	Frontiers in Plant Science	159	瑞士	6.61	作物杂志	235	1.41
5	Journal of Animal Science	113	美国	2.91	中国农业科学	213	2.44

表 2 2000—2020 年 Web of Science 和中国知网数据库引用量排名前 5 的论文
Table 2 The ranked top five highly cited papers in Web of Science and CNKI databases from 2000 to 2020

排序 Rank	Web of Science				中国知网 CNKI			
	被引次数 Citation number	作者 Author	题目 Title	刊名(年/期) Journal name (Year/Period)	被引次数 Citation number	作者 Author	题目 Title	刊名(年/期) Journal name (Year/Period)
1	451	BORRAS L, et al	Seed dry weight response to source-sink manipulations in wheat, maize and soybean; A quantitative reappraisal	Field Crops Research (2004/02 - 03)	270	文自翔等	中国栽培和野生大豆农艺品质性状与 SSR 标记的关联分析 I. 群体结构及关联标记	作物学报 (2008/07)
2	450	SUPPES G J, et al	Transesterification of soybean oil with zeolite and metal catalysts	Applied Catalysis A-General (2004/02)	264	李春格等	大豆连作对土体和根际微生物群落功能的影响	生态学报 (2006/04)
3	436	NOUREDDINI H, et al	Immobilized Pseudomonas cepacia lipase for biodiesel fuel production from soybean oil	Bioresource Technology (2005/07)	229	杨文钰等	发展套作大豆, 振兴大豆产业	大豆科学 (2008/01)
4	362	FEARNSIDE P M	Soybean cultivation as a threat to the environment in Brazil	Environmental Conservation (2001/01)	222	罗庆云等	大豆苗期耐盐性鉴定指标的检验	大豆科学 (2001/03)
5	349	ZHOU Q Y, et al	Soybean WRKY-type transcription factor genes, GmWRKY13, GmWRKY21, and GmWRK-Y54, confer differential tolerance to abiotic stresses in transgenic Arabidopsis plants	Plant Biotechnology Journal (2008/05)	214	李隆等	小麦大豆间作条件下作物养分吸收利用对间作优势的贡献	植物营养与肥料学报 (2000/02)

2.3 大豆研究热点及趋势可视化分析

2.3.1 国外大豆研究热点分析 利用 CiteSpace 软件,设置 TopN = 30,分析得到节点为 118 个,网络密度为 0.018 8 的国外大豆相关研究关键词共现图谱(附图 1)。国外大豆研究涉及蛋白质、产量、大豆油、大豆异黄酮、品质、基因表达等方面,研究了关于大豆生产的一般问题、大豆栽培育种问题、大豆

加工问题。在关键词出现频次方面,大豆、栽培大豆、蛋白质、生长、产量、大豆油、大豆异黄酮、品质出现的频次较高,其中产量的中介中心性高达 1.09,说明产量在大豆研究中的重要性。值得注意的是,小麦和玉米作为关键词出现的频次均大于 150,说明多样化种植是国外大豆的研究热点之一(表 3)。

表 3 Web of science 数据库国外大豆研究文章中出现频次前 20 名关键词

Table 3 The ranked top 20 in frequency of foreign soybean research keywords in Web of Science database							
关键词 Keyword	出现频次 Frequency	中介中心性 Centrality	首次出现年份 Year of first occurrence	关键词 Keyword	出现频次 Frequency	中介中心性 Centrality	首次出现年份 Year of first occurrence
soybean	3548	0.13	2000	expression	273	0.41	2000
glycine max	728	0.82	2000	soybean meal	265	0.35	2000
protein	641	0.07	2000	seed	262	0.00	2000
growth	587	0.29	2000	gene	225	0.20	2000
yield	577	1.09	2000	resistance	224	0.17	2001
plant	412	0.96	2000	cultivar	214	0.10	2002
soybean oil	398	0.10	2000	temperature	208	0.00	2000
identification	357	0.20	2001	soil	184	0.11	2000
isoflavone	333	0.26	2003	wheat	181	0.31	2001
quality	279	0.43	2002	corn	172	0.04	2000

2.3.2 中国大豆研究热点分析 利用 CiteSpace 软件,设置阈值 TopN = 30,分别分析得到基于 Web of Science 数据库,节点为 868、网络密度为 0.007 9 以及基于中国知网数据库,节点为 291、网络密度为 0.008 1 的国内大豆相关研究关键词共现图谱(附图 2 和 3)。

在 2000—2020 年,我国大豆的相关研究从产量水平、蛋白质含量、生长发育、遗传转化、基因表达以及农艺性状等方面展开。发表在中国知网数据库的大豆研究相关文章中,关键词产量出现的频次最高,其次是野生大豆、农艺性状、品质、玉米、转基

因大豆、遗传多样性、间作、干旱胁迫。其中,关键词产量的中介中心性最高,为 0.69;其次是品质,为 0.59(表 4)。

发表在 Web of Science 数据库中的文章关注大豆基因表达的研究居多,关键词鉴定、表达、蛋白质、生长和植物出现的频次最高。其中,关键词生长的中介中心性最高,为 0.17(表 4)。

值得关注的是,不论是在中国知网数据库还是在 Web of Science 数据库中,产量和品质都是学者高度关注的研究热点。

表 4 Web of science 和中国知网数据库中国大豆研究文章中出现频次前 10 名关键词

Web of science				中国知网 CNKI			
关键词 Keyword	出现频次 Frequency	中介中心性 Centrality	首次出现年份 Year of first occurrence	关键词 Keyword	出现频次 Frequency	中介中心性 Centrality	首次出现年份 Year of first occurrence
soybean	1131	0.01	2000	大豆	4307	0.42	2000
identification	257	0.00	2002	产量	761	0.69	2000
expression	250	0.00	2002	野生大豆	263	0.32	2000
protein	231	0.04	2001	农艺性状	226	0.14	2000
growth	221	0.17	2001	品质	163	0.59	2000
plant	219	0.04	2000	玉米	158	0.15	2002
arabidopsis	212	0.02	2002	转基因大豆	155	0.01	2003
gene	186	0.08	2002	遗传多样性	125	0.14	2000
glycine max	168	0.08	2003	间作	111	0.29	2000
yield	149	0.04	2001	干旱胁迫	94	0.11	2005

2.3.3 北方春大豆区研究热点分析 利用 CiteSpace 软件,设置阈值 g-index (k = 25) 和 TopN = 10, 分别得到基于 Web of Science 数据库,节点为 413、网络密度为 0.012 8 和基于中国知网数据库,节点为 550、网络密度为 0.007 的北方春大豆相关研究关键词共现图谱(附图 4 和 5)。

自 2000 年以来,北方春大豆的研究就产量、农艺性状、遗传改良、品种选育、品质、气候变化及土壤等方面展开。发表在中国知网数据库大豆相关研究中产量、高产、农艺性状、野生大豆、遗传改良、

品种等关键词出现频次最高,分别为 108,26,25,25,24 和 22 次。早在 2000 年就开始关注大豆品种选育方面的研究,2001 年开始关注大豆产量的研究,2004 年开始关注大豆高产的研究,排名前十的关键词主要集中在遗传育种方面(表 5)。

发表在 Web of Science 数据库中的大豆相关研究关键词产量、温度、土壤、影响、气候变化的频次最高,分别为 14,12,12,12 和 10 次,2000—2010 年较关注气候变化和土壤研究,从 2011 年开始主要关注大豆产量研究(表 5)。

表 5 Web of Science 和中国知网数据库北方春大豆研究文章中出现频次前 10 名关键词
Table 5 The ranked top 10 in frequency of northern spring soybean research keywords in Web of Science and CNKI databases

Web of science				中国知网 CNKI			
关键词 Keyword	出现频次 Frequency	中介中心性 Centrality	首次出现年份 Year of first occurrence	关键词 Keyword	出现频次 Frequency	中介中心性 Centrality	首次出现年份 Year of first occurrence
soybean	34	0.40	2005	大豆	429	0.88	2000
yield	14	0.16	2011	产量	108	0.55	2001
temperature	12	0.16	2012	高产	26	0.14	2004
soil	12	0.19	2001	农艺性状	25	0.37	2006
impact	12	0.14	2008	野生大豆	25	0.21	2004
climate change	10	0.05	2008	遗传改良	24	0.19	2006
China	9	0.10	2003	品种	22	0.48	2000
nitrogen	9	0.10	2010	遗传多样性	20	0.27	2008
black soil	8	0.12	2003	品质	18	0.40	2002
northeast China	8	0.09	2009	选育	15	0.25	2000

2.3.4 黄淮海夏大豆区大豆研究热点 利用 CiteSpace 软件,设置阈值 g-index (k = 25) 和 TopN = 50,分别得到基于 Web of Science 数据库,节点为 326、网络密度为 0.017 和基于中国知网数据库,节点为 464、网络密度为 0.008 9 的黄淮海夏大豆相关研究关键词共现图谱(附图 6 和图 7)。

发表在中国知网数据库中的大豆相关研究关键词中野生大豆、选育、遗传多样性、栽培技术、产量出现的频次最高,分别为 23,17,16,15 和 14 次,多集中在遗传育种方面。“野生大豆”和“遗传多样性”早在 2000 年就开始研究,“栽培技术”于 2006 年才首次出现。此外,关键词“产量”的中介中心性

最高,为 0.59(表 6)。

发表在 Web of Science 数据库中的大豆相关研究关键词“土壤”出现频次最高,共出现 18 次,其次为“管理”“大豆”“鉴定”“玉米”“产量”“气候变化”等。出现次数排名前十的关键词多集中在栽培管理方面,首次出现的年份在 2005 年(表 6)。

综合来看,黄淮海地区大豆的研究涉及土壤、产量、田间管理、品种选育、遗传、栽培技术、种植制度、气候变化等领域。值得注意的是,相较于北方春大豆区,黄淮海夏大豆区多研究冬小麦与夏大豆的轮作体系,同时也涉及到了玉米和大豆间作系统。

表 6 Web of Science 和中国知网数据库中黄淮海夏大豆研究关键词出现频次排名前 10 名

Web of science				中国知网 CNKI			
关键词 Keyword	出现频次 Frequency	中介中心性 Centrality	首次出现年份 Year of first occurrence	关键词 Keyword	出现频次 Frequency	中介中心性 Centrality	首次出现年份 Year of first occurrence
soil	18	0.19	2005	大豆	92	0.73	2000
management	16	0.05	2005	野生大豆	23	0.30	2000
soybean	14	0.07	2005	选育	17	0.08	2006
identification	13	0.23	2005	遗传多样性	16	0.52	2000
maize	13	0.08	2012	栽培技术	15	0.07	2006
yield	11	0.00	2014	产量	14	0.59	2002
climate change	11	0.17	2013	农艺性状	9	0.40	2000
cropping system	9	0.09	2010	小麦	8	0.16	2007
water	8	0.19	2010	品种	8	0.08	2005
wheat	7	0.06	2013	聚类分析	8	0.07	2003

2.3.5 中国大豆研究发展趋势 突显词可以展示某一领域在某一时间段的研究前沿,以及研究前沿随时间的变化趋势,利用 CiteSpace 的突显性探测功能,设置 $\gamma = 1$,得到 Web of Science 和中国知网数据库中国大豆研究领域关键词突显表(表 7)。近 20 年以来,我国大豆的研究热点主要集中在栽培领域中,其中农艺性状的突显强度最高,为 10.99。在 Web of Science 数据库中,突显强度大于 12 的关键词依次为候选基因(14.38)、提纯(14.28)、代谢(12.43)。突显词自 2007 年开始出现,2007—2008 年出现的突显词持续时间长,主要为食品加工及基

因遗传方面的内容。2012 年玉米成为研究的热点内容,持续了 4 年;2016 年对土壤的研究进入了热潮;2017 年农艺性状成为研究者关注的热点。在中国知网数据库中,2001 年开始出现突显词,突显强度大于10 的关键词有 7 个,依次为套作(14.10)、SSR(13.18)、生物学信息(12.95)、遗传(11.92)、大豆幼苗(10.76)、脂肪(10.75)、光合特性(10.67)。蛋白质、脂肪、水分利用效率、大豆幼苗等是 2012 年以前热点研究的内容,2013 年之后套作、光合特性、干旱等栽培耕作学领域的内容成为热点研究(表 7)。

表 7 Web of Science 和中国知网数据库中国大豆研究领域关键词突显表

Web of Science			中国知网 CNKI		
关键词 Keyword	突显强度 Strength	持续年份 Duration year	关键词 Keyword	突显强度 Strength	持续年份 Duration year
purification	14.28	2007—2013	遗传	11.92	2001—2008
genetic diversity	10.21	2008—2014	蛋白质	7.98	2001—2005
soybean oil	9.86	2008—2017	脂肪	10.75	2003—2010
extraction	7.28	2011—2012	SSR	13.18	2006—2010
soybean meal	6.82	2012—2014	水分利用效率	9.00	2007—2011
corn	8.79	2012—2015	相关分析	8.13	2007—2009
metabolism	12.43	2013—2018	大豆幼苗	10.76	2009—2012
sequence	6.92	2014—2016	胚尖	7.94	2011—2014
glycinesoja	6.93	2016—2017	转基因大豆	9.27	2012—2013
<i>Arabidopsis thaliana</i>	10.27	2016—2018	干物质积累	8.81	2013—2015
soil	8.23	2016—2018	套作	14.10	2014—2020
accumulation	7.69	2017—2018	生物信息学	12.95	2014—2020
agronomic trait	10.99	2017—2020	光合特性	10.67	2015—2020
diversity	8.27	2017—2020	主成分分析	8.51	2015—2020
candidate gene	14.38	2018—2020	干旱	8.24	2015—2020

3 讨论

就我国大豆目前生产现状而言,自 2016 年农业部发布关于促进大豆生产发展的指导意见后,总产量开始回升且逐年增长,这得益于种植面积的大幅度增加和单产的不断提高,但单产增加幅度有限,净利润仍为负值。增加农民收入是提高种植积极性以及保障粮食安全的重要途径^[19],基于此,国家出台了补贴政策来提高农民的种植积极性,如 2019 年黑龙江省财政厅等八部门印发的《黑龙江省 2019 年玉米、大豆和稻谷生产者补贴工作实施方案》,明确表示大豆生产者补贴标准高于玉米生产者补贴标准 200 元以上,2019 年种植面积较 2018 年增加 11%,说明政府补贴可以有效促进农民的种植积极性。但我国大豆种植较为分散且多为种植小户,种植者感知和处理信息能力较弱,基层执行能力有待提高,大豆补贴政策的效果有限^[20-21],寻找符合我国种植现状且可持续促进农户种植积极性的多样化补贴政策有助于大豆种植业的发展^[22]。进出口方面,高进低出的现状不仅意味着需求量和总产量的增减,还说明了我国大豆消费结构的变化和生产地位降低^[23],大豆对外依存度高是加大我国粮食安全风险的重要因素^[24]。除此之外,相较于国际,非转基因大豆是我国的优势,但产量不高是我国的劣势,应加大对我国大豆科学研究的力度,提升我国大豆的科学研究水平,保障大豆的生长安全^[22]。

在发文量方面,国外学者和中国学者发表在 Web of Science 数据库中大豆相关研究论文数量整体呈现上升趋势,且 2020 年中国学者发表论文数量占 80%,说明我国大豆研究在国际领域已占有一定地位。期刊来源和文章被引方面,在中国知网数据库中,《大豆科学》是载文量最高的期刊,载文量占研究总量的 32%,其主办单位位于我国大豆播种面积最大、总产最高的黑龙江省,从某种程度上说明了期刊服务的地域性和专业性。被其收录的文章在高被引论文中排名第 3 和第 4,说明《大豆科学》在大豆研究领域具有引领作用,高被引排名前 5 的论文 80% 为栽培耕作领域的内容,体现了栽培耕作领域的丰硕研究成果。在 Web of Science 数据库中,载文量排名前 5 的期刊多出自于美国。美国是世界大豆的主产国和出口国,科研实力雄厚,具备完整的生产管理体系^[25],而我国大豆研究学术影响力有待加强,产业链体系相对薄弱,在国际市场中缺乏话语权^[26]。对于此,我国应该认清客观现实,探索中国大豆产业特色发展道路。

国内外大豆研究热点方面,相较于产量,国外

学者更注重对品质的研究,蛋白质作为关键词出现的频次高于产量;中国学者发表在 Web of Science 数据库的文章中,“蛋白质”作为关键词出现的频次也高于“产量”,说明国际上更注重对大豆品质的研究。中国学者发表在中国知网数据库中大豆相关论文,“产量”作为关键词出现的频次最多,说明国内更注重对产量的研究,这与我国目前大豆的生产现状相符。虽然在政府的引导下,我国大豆面积逐年回升,但单位面积产量较世界平均水平还具有较大差距,有很大的增长空间^[27],提高单产是增加我国大豆自给率的有效途径。在大豆研究领域发展趋势中,提高大豆单产将是未来急需突破的研究内容,同时,未来应持续关注如何应对极端天气如干旱对大豆生产造成的影响。2015—2020 年,通过改变栽培管理措施来调控大豆农艺性状是大豆研究的前沿之一。在目前大豆生产中,田间管理粗放是普遍存在的问题,部分种植户通过增加种植密度获得高产,但是过度增加种植密度会使通风透光性变差,影响大豆的光合作用,因此,加强对种植户的专业技术指导对于增加大豆潜在产量也十分重要^[28]。

不论是北方春大豆区,还是黄淮海夏大豆区,提高产量和选育优良品种都是 2000—2020 年的研究中关注的热点。种业创新及优良品种的有效推广是促进大豆单产提高的可靠途径^[29],缺乏创新育种是目前在品种选育方面存在的突出问题^[30]。由于两个主产区的地理位置和气候特点的差异,北方春大豆是一年一熟制,黄淮海夏大豆区是一年两熟制,因此两个主产区所采用的栽培技术不同。近年来,我国大豆生产布局发生了明显变化,东北春大豆产区种植面积逐渐扩张,黄淮海产区逐渐减少^[27],研究学者对北方春大豆区尤其是东三省和内蒙古的关注度较高。同时,气候变化和土壤也是两个主产区关注的热点内容,全球气候变暖给我国大豆的生产造成了严重的经济损失^[31],如何应对气候变化给大豆生产带来的影响是关键。值得注意的是,氮在北方春大豆研究中出现的频次较高,说明土壤肥力是北方春大豆区研究的热点之一;水分在黄淮海夏大豆研究中出现的频次较高,严重的地下水超采使黄淮海平原成为世界上最大的“漏斗区”,作为重要的粮食生产基地,农业节水是减少地下水开采的重要举措^[32],如何提高水分利用效率,保障农业用水可持续是近年来黄淮海地区研究的热点。

4 结论

我国大豆生产在政策扶持下,自 2016 年起种植面积和总产量逐年回升,改变了 2000—2015 年下降

的总态势,但单产增加率不高,总产量不能满足国内需求,进口高需求的态势依旧不能改变,需要通过学术研究来提升我国大豆的科研力量,现有可视化结果表明:从发文量上看,我国大豆研究在国际领域已占有重要地位,Web of Science 数据库中, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 载文量最高,载文量排名前五的期刊 60% 来自美国;中国知网数据库中,《大豆科学》是我国大豆研究领域较为权威的期刊,贡献率为 32%。2000—2020 年,国内外学者对大豆的研究涉及大豆种植管理、增产提质、品种选育、气候变化、基因表达和加工等方面。大豆的产量和品质是国内外学者共同关注的内容,相较而言,国外学者更注重品质,未来我国还需继续加强对大豆品种创新及应对气候变化方面的研究,因地制宜的制定不同区域不同品种的栽培管理措施。就我国大豆的研究而言,北方春大豆区的关注度高于黄淮海夏大豆区,除关注产量外,受不同区域自然条件及社会条件的制约,北方春大豆区还较关注土壤肥力,黄淮海夏大豆区较关注水分。黄淮海夏大豆区作为我国高蛋白大豆生产的优势区,研究力度有待进一步提升。近 20 年以来,我国大豆研究累积科研产出高,但学术影响力有待提高,未来还需进一步加强有关大豆单产增加和品质提升方面的研究,发挥自身优势,提高有效自给率。

参考文献

[1] 林大燕,温珺,朱晶. 世界大豆出口格局变迁研究[J]. 上海经济研究, 2017(10): 115-127. (LIN D Y, WEN J, ZHU J. Study on the change of world soybean export pattern[J]. Shanghai Journal of Economics, 2017(10): 115-127.)

[2] 查霆,钟宣伯,周启政,等. 我国大豆产业发展现状及振兴策略[J]. 大豆科学, 2018, 37(3): 458-463. (ZHA T, ZHONG X B, ZHOU Q Z, et al. Development status of China's soybean industry and strategies of revitalizing[J]. Soybean Science, 2018, 37(3): 458-463.)

[3] 王伟忠. 简论我国大豆生产中存在的问题及对策[J]. 农村实用科技信息, 2012(4): 90. (WANG W Z. The problems and countermeasures in soybean production in China are briefly discussed[J]. Rural Practical Science & Technology Inform, 2012(4): 90.)

[4] 毕井泉. 我国大豆产业发展缓慢的原因及政策建议[J]. 宏观经济管理, 2003(5): 32-34. (BI J Q. Reasons and policy suggestions for slow development of soybean industry in China[J]. Macroeconomic Management, 2003(5): 32-34.)

[5] 石楠,郭恬,卢俊玮. 大豆产业发展的困境及出路探析[J]. 湖南农业科学, 2020(9): 88-90. (SHI N, GUO T, LU J W. Discussion on the predicament and future of soybean industry development [J]. Hunan Agricultural Sciences, 2020(9): 88-90.)

[6] 孙慧敏,张玉冰. 粮食安全视角下我国粮食贸易问题及对策研究[J]. 粮食问题研究, 2020(6): 13-16. (SUN H M, ZHANG Y B. Research on China's food trade issues and countermeasures based on the perspective of food security [J]. Grain Issues Research, 2020(6): 13-16.)

[7] 谷强平,周静,杜吉到. 基于贸易视角的中国大豆产业安全分析[J]. 大豆科学, 2015, 34(2): 314-319. (GU Q P, ZHOU J, DU J D. China's soybean industry safety analysis based on the perspective of trade[J]. Soybean Science, 2015, 34(2): 314-319.)

[8] 徐顽强,关欣,吴剑平. “双一流”建设的热点主题与知识演进——基于 CNKI(2016—2020 年)的文献计量与可视化分析[J]. 中国高校科技, 2021(5): 4-9. (XU W Q, GUAN X, WU J P. Hot topics and knowledge evolution of “Double First-class” Construction: Based on CNKI (2016-2020) literature metrology and visualization analysis [J]. Chinese University Science & Technology, 2021(5): 4-9.)

[9] CHEN C M. CiteSpace II: Detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature[J]. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 2006, 57(3): 353-359.

[10] 陈悦,陈超美,刘则渊,等. CiteSpace 知识图谱的方法论功能[J]. 科学学研究, 2015, 33(2): 242-253. (CHEN Y, CHEN C M, LIU Z Y, et al. The methodology function of CiteSpace mapping knowledge domains[J]. Studies in Science of Science, 2015, 33(2): 242-253.)

[11] 王宁,李云霞,张以民,等. 基于文献计量分析我国大豆耐盐研究现状[J]. 大豆科学, 2013, 32(5): 708-710. (WANG N, LI Y X, ZHANG Y M, et al. Research progress of soybean salt tolerance in China based on bibliometrics[J]. Soybean Science, 2013, 32(5): 708-710.)

[12] 杨光明,李锁平,韩天富. 基于 SCI-EXPANDED 的世界大豆研究动态分析[J]. 大豆科学, 2014, 33(2): 232-248. (YANG G M, LI S P, HAN T F. Global soybean research dynamic analysis based on SCI-EXPANDED database [J]. Soybean Science, 2014, 33(2): 232-248.)

[13] 杨光明,江红,孙石,等. 巴西大豆生产与科研现状分析[J]. 中国食物与营养, 2014, 20(12): 25-28. (YANG G M, JIANG H, SUN S, et al. Analysis of Brazil's soybean production and scientific research status[J]. Food and Nutrition in China, 2014, 20(12): 25-28.)

[14] 程景民,卞亚楠. 基于 CiteSpace 的转基因大豆研究热点分析[J]. 中国农业信息, 2016(24): 72-74. (CHEN J M, BIAN Y N. Research hotspots of transgenic soybean based on CiteSpace [J]. China Agricultural Informatics, 2016(24): 72-74.)

[15] 刘锋,黎香兰,南虹,等. 中国大豆抗病虫害育种研究的文献计量与可视化分析[J]. 农业图书情报学刊, 2018, 30(5): 70-74. (LIU F, LI X L, NAN H, et al. Bibliometric and visual analysis on soybean breeding for pest resistance in China [J]. Journal of Library and Information Sciences in Agriculture, 2018, 30(5): 70-74.)

[16] 国家统计局农村社会经济调查司. 中国农村统计年鉴 (2001—2020) [M]. 北京: 中国统计出版社, 2001-2020. <https://data.cnki.net/yearbook/Single/N2020120306>. (The National Bureau of Statistics of Rural Social Economic Investigation

Department. China Rural Statistical Yearbook (2001-2020)[M]. Beijing: China Statistical Publishing House, 2001-2020. <https://data.cnki.net/yearbook/Single/N2020120306>.)

[17] 王连铮, 罗赓彤, 王岚, 等. 北疆春大豆中黄35公顷产量超6吨的栽培技术创建[J]. 大豆科学, 2012, 31(2): 217-223. (WANG L Z, LUO G T, WANG L, et al. Development of soybean cultivation technology with the yield over 6 tonnes per hectare for soybean cultivar Zhonghuang 35 in northern Xinjiang Province[J]. Soybean Science, 2012, 31(2): 217-223.)

[18] 赵景云, 王建立, 刘志强. 黄淮海大豆生产中存在问题及对策[J]. 农业科技通讯, 2017(7): 4-5. (ZHAO J Y, WANG J L, LIU Z Q. Problems and countermeasures in soybean production in Huang-Huai-hai [J]. Bulletin of Agricultural Science and Technology, 2017(7): 4-5.)

[19] 喻志军. 我国粮食安全、农民收益与粮食价格政策的关系分析[J]. 商业经济研究, 2021(10): 185-188. (YU Z J. Analysis on the relationship between grain security, farmers' income and grain price policy in China[J]. Journal of Commercial Economics, 2021(10): 185-188.)

[20] 田聪颖, 肖海峰. 目标价格补贴与生产者补贴的比较: 对我国大豆直补方式选择的思考[J]. 农业经济问题, 2018(12): 107-117. (TIAN C Y, XIAO H F. Comparison between target price subsidy and producer subsidy: Reflection on the selection of China's soybean direct subsidy [J]. Issues in Agricultural Economy, 2018(12): 107-117.)

[21] 侯荣娜, 戴旭宏. 中美贸易战视角下振兴东北地区大豆产业发展的政策选择[J]. 农村经济, 2019(12): 26-32. (HOU R N, DAI X H. Policy choice of revitalizing soybean industry development in northeast China from the perspective of China-United States trade war [J]. Rural Economy, 2019(12): 26-32.)

[22] 刘力宇. 中美贸易战下国际大豆价格波动、影响及中国策略[J]. 价格月刊, 2019(1): 23-26. (LIU L Y. Price fluctuation and the impact of international soybean under the Sino-US trade war and strategy of China [J]. Prices Monthly, 2019(1): 23-26.)

[23] 石慧, 王思明. 大豆在中国的历史变迁及其动因探究[J]. 农业考古, 2019(3): 32-39. (SHI H, WANG S M. Research on historical development and motivations of soybeans in China[J]. Agricultural Archaeology, 2019(3): 32-39.)

[24] 杜晓燕. 中美大豆产业发展比较分析及其启示[J]. 经济研究导刊, 2016(8): 127-128. (DU X Y. Comparative analysis of soybean industry development between China and America and its enlightenment [J]. Economic Research Guide, 2016(8): 127-128.)

[25] 潘月红, 逯锐, 迟凤玲. 美国大豆生产分析及展望[J]. 中国食物与营养, 2011, 17(11): 15-18. (PAN Y H, LU R, CHI F L. Analysis and prospect of soybean production in the United States [J]. Food and Nutrition in China, 2011, 17(11): 15-18.)

[26] 石慧, 王思明. 相对优势地位的转变: 中美大豆发展比较研究[J]. 中国农史, 2018, 37(5): 56-62. (SHI H, WANG S M. Shift of status: Comparative study on the development of soybean in China and the United States[J]. Agricultural History of China, 2018, 37(5): 56-62.)

[27] 司伟, 韩天富. “十四五”时期中国大豆增产潜力与实现路径[J]. 农业经济问题, 2021(7): 17-24. (SI W, HAN T F. China's soybean yield increase potential and realization path during the “14th Five – Year Plan” Period[J]. Issues in Agricultural Economy, 2021(7): 17-24.)

[28] 肖卫东, 杜志雄. 中国大豆产业发展: 主要问题、原因及对策建议[J]. 全球化, 2019(5): 105-118. (XIAO W D, DU Z X. Development of China's soybean industry: Main problems, reasons and suggestions[J]. Globalization, 2019(5): 105-118.)

[29] 司伟, 李东阳. 品种推广对中国大豆单产的影响研究[J]. 农业技术经济, 2018(5): 4-14. (SI W, LI D Y. Does variety extension affect China's soybean yield? [J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2018(5): 4-14.)

[30] 陈锡文. 切实保障国家食物供给安全[J]. 农业经济问题, 2021(6): 4-7. (CHEN X W. Ensure the safety of China's food supply[J]. Issues in Agricultural Economy, 2021(6): 4-7.)

[31] CHEN S, CHEN X, XU J. Impacts of climate change on agriculture: Evidence from China [J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2016, 76: 105-124.

[32] 艾慧, 郭得恩. 地下水超采威胁华北平原[J]. 生态经济, 2018, 34(8): 10-13. (AI H, GUO D E. Groundwater overextraction threatens the North China Plain [J]. Ecological Economy, 2018, 34(8): 10-13.)