

基于知识图谱的玉米病虫害研究可视化分析

曹丽英¹, 邸玉琦¹, 陈 帅²

(1. 吉林农业大学, 长春 130118; 2. 吉林省经济信息中心, 长春 130000)

摘要:使用知识图谱的方法对农业领域的玉米病虫害文献分布、发展现状、研究分布和研究热点进行分析,方便清晰地了解国内玉米病虫害研究的发展热点与前沿演化趋势。本文基于CNKI数据库搜集2000~2019年该领域相关文献数据,利用可视化软件CiteSpace 5.5所带的计量分析功能,从作者、机构、关键词和合作关系等方面绘制知识图谱,通过对玉米病虫害相关文献数据进行分析,更加直观地揭示当前中国玉米病虫害的发展现状、前沿和热点,提高追踪科学研究前沿的效率,更加有效地获取相关信息,从而为日后相应工作的开展提供有益参考和借鉴。

关键词:玉米;病虫害;CiteSpace;知识图谱;可视化

中图分类号:S435.13

文献标识码:A

文章编号:2096-5877(2022)01-0145-06

Visualization Analysis of Maize Disease and Insect Pests Based on Knowledge Map

CAO Liying¹, DI Yuqi¹, CHEN Shuai²

(1. Jilin Agricultural University, Changchun 130118; 2. Jilin Economic Information Center, Changchun 130000, China)

Abstract: Knowledge map was used to analyze the literature distribution, development status, research distribution and research hotspots of maize diseases and insect pests in the agricultural field, so as to facilitate a clear understanding of the development hotspots and frontier evolution trend of maize diseases and insect pest research in China. Based on CNKI database, this paper collected relevant literature data in this field from 2000 to 2019. By using the quantitative analysis function of visualization software CiteSpace 5.5, it drew a knowledge map from the aspects of authors, institutions, keywords and cooperative relations, and analyzed literature data related to maize diseases and insect pests. More intuitively, it reveals the current development status, frontier and hot spots of maize diseases and insect pests in China, improves the efficiency of tracking the frontier of scientific research, and obtains relevant information more effectively, so as to provide beneficial reference for the development of corresponding work in the future.

Key words: Maize; Plant diseases and insect pest; CiteSpace; Knowledge map; Visualization

了解我国玉米病虫害的研究现状及前沿热点问题,可以有效丰富我国相关研究,提高研究水平,推动玉米病虫害相关理论与实践发展。计量学方法CiteSpace(可视化文献分析工具)可对文献进行直观分析,如文献数量、期刊来源、研究者分布情况、热点问题出现频率、研究趋势等,便于从整体上把握玉米病虫害的研究走向^[1]。运用

CiteSpace对CNKI玉米病虫害相关文献进行知识图谱分析,可以直观深入探测玉米病虫害最前沿研究,了解学术动态,整合先进学术资源,从而为国内同类研究提供有力的支持。本研究对玉米病虫害的研究前沿进行跟踪,分析当前国内玉米病虫害研究的发展现状、前沿和热点,运用可视化分析软件CiteSpace对其研究热点以及合作网络等进行分析,以求直观了解玉米病虫害的研究现状,为玉米病虫害研究提供参考借鉴。

1 数据来源与研究方法

CiteSpace软件是美国Drexel大学陈超美教授应用Java语言开发的一款信息可视化工具,运用

收稿日期:2019-12-29

基金项目:国家自然科学基金项目(U19A2061);吉林省发展和改革委员会创新能力建设项目(2021C044-4);2021年度吉林省教育厅科学研究项目(JJKH20210337KJ)

作者简介:曹丽英(1978-),女,副教授,博士,研究方向:数据挖掘及计算机农业应用。

可视化分析软件可以通过绘制知识图谱的方式显示一个学科或知识域在一定时期发展的趋势与动向,梳理某一研究领域的演进脉络、前沿热点以及发展趋势等^[2-4]。本研究主要运用 CiteSpace 5.5 知识图谱软件对玉米病虫害研究领域的前沿热点和发展趋势进行可视化分析,并将结果以知识图谱的方式呈现出来,以直观展示我国玉米病虫害领域的研究动态及发展趋势。

本文的主要目的是分析玉米病虫害在国内研究发展的现状,根据需求设置检索条件,由于硕博学位论文、会议论文以及图书等主要内容绝大多数均在不同期刊发表,为避免数据重复,保证分析对象的唯一性,本文主要以期刊论文作为分析对象,而核心期刊是某学科的主要期刊,专业情报信息量大,质量高,能够代表专业学科发展水平并受到本学科读者重视的专业期刊^[5]。为保证数据的全面性,本文选用 CNKI 中国全部期刊数据库作为来源期刊进行数据的检索和选取,检索主题为“玉米病虫害、玉米病害、玉米虫害”,时间跨度为 2000~2019 年。通过主题检索共得到中文期刊论文 2 081 篇,经剔除报道等非学术性文献资源,最终确定 1 407 篇有效文献,其中核心期刊 88 篇(包含 EI 期刊 6 篇),数据查询截止时间为 2019 年 8 月 20 日。

2 玉米病虫害研究基本情况

2.1 年度趋势分析

通过对玉米病虫害研究领域的时间分布特征分析,可以看出该领域的整体发展态势以及受关注程度。图 1 是根据中国知网近 11 年(2019 年数据不全)来的全部期刊和核心期刊发文量绘制的折线图,文献数量越多,对该领域的研究也就越深入,说明玉米病虫害研究仍然受到研究人员的

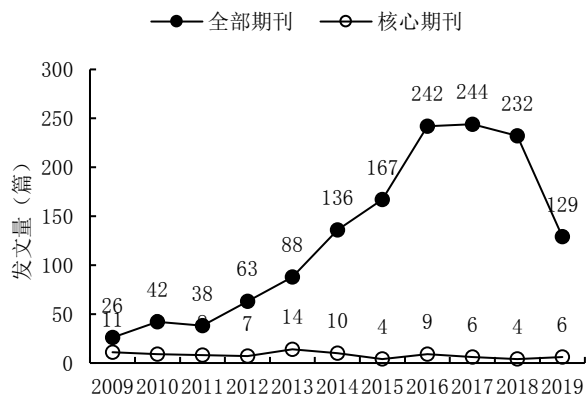


图 1 玉米病虫害研究文献的时间分布图

关注和重视。从图 1 折线(全部期刊)可以看出,玉米病虫害研究大致可以分为三个阶段:第一阶段为萌芽阶段(2009~2011 年),学者们开始关注玉米病虫害研究的重要性;第二阶段为迅速发展阶段(2011~2016 年),学者对玉米病虫害研究进行全面、大量的工作,科研产出急速增加;第三阶段为发展平稳阶段(2016~2018 年),近三年学者们对玉米病虫害研究的关注度基本持平,达到近年来研究最高热度。由于数据查询截止时间为 2019 年 8 月 20 日,这一年的期刊不能完全统计,故不能完全表示这一年的发文情况。从图 1 折线(核心期刊)中可以分为两个阶段,第一阶段为 2009~2014 年,第二阶段为 2014~2019 年,第一阶段发文量比第二阶段相对多一些,但是整体核心期刊发文量比较低,说明在玉米病虫害领域中文献的质量有待提高^[6]。

2.2 核心作者分布

文献的作者是玉米病虫害研究传播的直接主体,作者的发文量可反映出作者对相关研究的深入程度,通过对发文作者及其合作网络的结构特征分析,可以反映出该领域的核心作者群及其合作关系。为了更加清楚地了解玉米病虫害研究领域核心作者的分布情况,将 1 407 篇有效文献数据转换后导入 CiteSpace 软件,运用 CiteSpace 工具对该研究领域进行作者合作网络分析。在 CiteSpace 软件中将 NodeTypes 选为 Author,将时间切片设为“3”,将选择标准设为“top50”,对图谱标签的阈值 Selection Criteria (c, cc, ccv) 设为:2,2,20;4,3,20;3,3,20,运行后得到作者之间的合作关系,共有 1 353 个节点,1 532 条连线,网络密度为 0.001 7。节点圆形越大代表频次越高,表示作者在该领域更重要^[7]。结果表明,我国玉米病虫害研究已经形成若干研究团队,且多围绕核心作者展开,比较突出的有姜玉英、刘杰等,陈桂芬、曹丽英、于合龙等,还有王黎明、郑兴权等专家学者组成的研究团队,形成玉米病虫害研究的核心力量。从合作强度来看,核心研究团队内部合作强度较大,但研究团队之间仍然处于独立研究阶段,如果不同研究群体和研究团队之间能够增加沟通交流,将更有利于玉米病虫害研究的可持续发展。

2.3 机构分析

发文机构合作网络既能反映出机构间的科研实力对比,也能从网络中看出知识的流动状况。为明确食品安全治理研究领域的机构合作状况,以发文机构为主要分析对象,运用 CiteSpace 软件

功能,将参数区的 NodeTypes 选为 Institution,并设置相应的参数后,运行得到食品安全治理研究机构之间的合作关系,共有节点 1 466 个,连线 371 条,网络密度为 0.000 3。节点越大表明机构发文量越多,结果显示,吉林农业大学发文量最高,紧接着是全国农业技术推广服务中心和中国农业科学院,组成玉米病虫害研究最核心的机构,但是节点分布比较散,各节点之间连线较少,说明玉米病虫害研究领域的研究机构合作性不强,结果显示分别由吉林农业大学、全国农业技术推广服务中心、中国农业科学院和云南农业大学为核心组成几个较大的研究群体,但是更多机构没有形成较强的合作群体,各机构间还缺乏深入合作和交流,我国玉米病虫害研究的机构合作性还有待加强^[8]。

2.4 期刊来源分布

对某一研究领域的文献来源期刊进行统计,能够把握该领域的主要核心刊物,方便研究者选择高质量的期刊进行阅读和成果推广,提升这一领域的研究水平。本文对玉米病虫害研究领域的期刊来源进行计量分析,表 1 列出的是全部期刊来源发文量在 40 以上和核心期刊来源发文量在 3 以上的期刊。从表中可以看出玉米病虫害研究领域发文量 100 以上的期刊为《农业与技术》167 篇,《农民致富之友》131 篇,《吉林农业》100 篇;核心期刊发文量 5 以上的期刊分别为《植物保护》11 篇、《中国植保导刊》10 篇、《江苏农业科学》5 篇。《中国农业信息》和《玉米科学》等构成玉米病虫害研究最具生产力的期刊,由此可看出我国玉米病虫害研究领域文献质量还有待提高。

表 1 玉米病虫害研究全部期刊与核心期刊发文量统计表

序号	全部期刊来源	发文量	占比(%)	序号	核心期刊来源	发文量	占比(%)
1	农业与技术	167	15.95	1	植物保护	11	12.5
2	农民致富之友	131	12.51	2	中国植保导刊	10	11.36
3	吉林农业	100	9.55	3	江苏农业科学	5	5.68
4	中国农业信息	77	7.35	4	玉米科学	4	4.55
5	农技服务	70	6.69	5	安徽农业大学学报	4	4.55
6	现代农业科技	66	6.30	6	农业工程学报	3	3.41
7	农业开发与装备	58	5.54	7	湖北农业科学	3	3.41
8	种子科技	52	4.97	8	农业机械学报	3	3.41
9	农家参谋	50	4.78	9	作物杂志	3	3.41
10	北京农业	49	4.68	10	广东农业科学	3	3.41
11	乡村科技	46	4.39	11	农机化研究	3	3.41
				12	中国农业科技导报	3	3.41
				13	吉林农业大学学报	3	3.41

注:以上统计的为发文量 40 篇以上的全部期刊、发文量 3 篇以上的核心期刊

3 玉米病虫害研究前沿热点分析

3.1 研究热点

关键词是论文内容的提示符,是一篇文章的核心和精髓,也是对文章主题的高度概括,它对于作者想表达的文献主题具有很强的代表性意义,因此高频次出现的关键词经常被文献计量学者用来预测一个研究领域的研究热点。本文运用 CiteSpace 软件对玉米病虫害领域的 1 407 篇文献关键词进行分析,探讨玉米病虫害领域的前沿热点问题。在 CiteSpace 软件中将 NodeTypes 选为 Keyword,时间段设为 2009~2019 年,时间切片设为 1,节点选取阈值设定为前 50 (Top50),使用 cosine 方法计算关系强度,利用寻径网络(Pathfinder)+

对合并后的网络进行裁剪(Pruning the merged network)的方法展开裁剪。得到 730 个关键词,连线 1 623 条,网络中心度为 0.006 1,其中频次高于 10 次的关键词有 42 个。节点的中心性反映的是某一个节点在这一个网络结构中的“中心”也就是桥梁的作用,它代表占据其他两个节点之间最短路径的能力。一个节点的中心度越高,说明它具有能够承担起更多节点相互之间的联络能力^[9]。从表 2 可以看出病虫害、玉米等关键词频次比较高,是因为在玉米病虫害研究领域它们是必不可少的主题关键词。属于基础词汇的一类词,对于分析玉米病虫害研究领域的热点及前沿意义不大,所以在以下的分析中把这些基础词汇从高频关键词中剔除出来。除此之外,频次排在前几位

表2 玉米病虫害研究高频关键词(频次≥40)

序号	频次	中心性	年份	关键词
1	834	0.47	2009	病虫害
2	810	0.51	2009	玉米
3	464	0.43	2009	防治
4	345	0.21	2010	栽培技术
5	172	0.16	2010	防治技术
6	137	0.1	2009	防治措施
7	91	0.06	2010	高产技术
8	66	0.13	2009	发生特点
9	50	0.09	2009	综合防治
10	45	0.04	2009	防治方法

的是防治、栽培技术、防治技术、防治措施等,频次都在100以上,中心性的值也比较大,是研究人员高度关注的重点,表示对玉米病虫害的防治方面极为重视,以求在病虫害发生之前得到治理。其次为高产技术、发生特点等关键词,说明玉米栽培技术和高产量在玉米病虫害研究中也极为重要。

为了深入分析关键词之间的联系程度,研究玉米病虫害领域的研究热点,本文对关键词共现图进行聚类分析,使用对数似然率算法(LLR)从关键词中抽取聚类名称,生成关键词共现聚类图谱,其中,Modularity和Silhouette是网络模块化程度的两个重要指标,模块值Modularity用来衡量一个网络能在多大程度上被拆分成相互独立的模块,值在0~1之间,值越大,表示网络中模块越独立,通常该值需大于0.3;平均轮廓值Silhouette用来评估聚类本质的不确定性,值在-1~1之间,值越接近1,则说明模块越独立,一般该值需大于0.5说明聚类结果可以令人信服。本研究聚类结果显示Modularity $Q=0.7257 > 0.3$, Mean Silhouette $=0.7973 > 0.5$,说明该学术网络聚类结构合理,网络中的各模块之间存在一定联系的同时还具有较高的独立性^[10-11]。

本次分析共导出18个关键词聚类标签,根据图谱各聚类名称以及每个聚类中的关键词和相关文献,可以将我国食品安全治理研究的热点归结如表3所示3个方面:(1)栽培技术:聚类标识词为:#0栽培技术、#1玉米、#10甜玉米、#13苗期、#16青贮玉米、#20南繁栽培技术区,主要对玉米种植品种的选择以及栽培过程中所需技术进行阐述,以求在栽培过程中减少病虫害的发生,提高玉米产量^[12-17]。(2)防治措施:#2吉林省、#3产量、#4防治措施、#5防治技术、#6防治对策、#7综合防治、#8农业防治、#9玉米螟、#12绿色防控。为提高玉米产量和确保玉米优质,整合玉米病虫害防治策

略,详细介绍玉米常见病虫害的综合防治技术及其要点,通过协调使用农业、生物、物理、化学防治措施,将重大病虫害危害控制在经济水平以下^[18-25]。(3)算法分析:聚类标识词为:#14病虫害识别、#15图像分割、#17图像处理。通过图像来识别病虫害的种类及发展在病虫害研究显得尤为重要,通过图像分割算法和改进算法能够更加细致地体现病害外部形态特征和较完好的保留病害区域颜色纹理信息,为病虫害研究提供科学的帮助^[26-28]。

3.2 研究前沿

时区图节点展示的是关键词首次出现的年份,节点越大表示该关键词发文量越大多,在一定程度上可以表示领域的研究前沿,本文在CiteSpace选择节点类型为“keyword”,术语类型设置为“bust terms”,运行CiteSpace,生成玉米病虫害研究前沿时区图,并检测到9个突变关键词(表4)。通过前沿时区图可以看到2009~2019年间玉米病虫害研究前沿的发展趋势:2009~2015年主要研究内容为玉米病虫害的防治技术以及防治方法,病虫害防治成为玉米病虫害研究的大热关键词;2016~2018年玉米栽培新技术突然涌现出来,可以看出这一阶段研究重点在新技术的开发和使用;2019年主要研究内容为玉米病虫害研究的算法分析,这一时期“红外光谱”“深度学习”“卷积神经网络”等关键词涌现,说明这一时期的前沿热点已转至充分利用高新技术为玉米病虫害研究提供信息科技方面的支持研究^[11, 29]。

突现词是指一个变量在短期内发生显著变化的值,能够代表着未来的学术前沿^[30]。从表4中突变强度可以看出,在玉米病虫害研究中,栽培技术和新技术是最大的前沿热点,也是从2017~2019年一直在热点研究的关键词,值得学界重点关注。紧接着突变强度为3以上的为发生特点(2010~2011年)、防治对策(2014~2015年)、常见病虫害(2016~2017年)、夏玉米(2009~2011年)、施肥(2009~2011年)和专家系统(2019~2014年),括号中代表的是突显开始和结束的年份,表明在这个时间区间内,该关键词为当时的研究热点,由此可以看出研究前沿并不是一成不变的,随着时效性和话题性而改变。从突变时间来看,近年来玉米病虫害的研究热点关键词为“栽培技术”“新技术”以及“绿色防控技术”。

4 结 论

本研究运用CiteSpace软件以分时、多元、动态

表3 玉米病虫害研究热点及代表文献

聚类分类	聚类ID	节点数	剪切值	聚类标签	主要文献
栽培技术	0	104	0.924	栽培技术	王刚,2018,玉米种植现状与新技术应用的效率,江西农业
	1	64	0.984	玉米	马盼盼,2014,高温干旱对玉米吐丝、灌浆期的影响及应对措施,农业科技通讯
	10	26	0.923	甜玉米	安瞳昕,2011,甜玉米间作蔬菜对主要病虫害的控制作用研究,云南农业大学学报(自然科学版)
	13	16	0.958	苗期	潘进红,2015,北方春玉米中后期病虫害发生“一喷三防”技术及实施效果,现代农业科技
	16	9	0.994	青贮玉米	张运锋,2010,楚雄地区玉米新品种试验初报,湖南农业科学
	20	5	0.999	南繁栽培技术区	郑肖兰,2019,南繁区玉米弯孢霉叶斑病菌的鉴定及其生物学特性研究,热带农业科学
	2	62	0.942	吉林省	吴清,2014,玉米病虫害绿色防控技术推广应用,吉林农业
防治措施	3	50	0.915	产量	井亚莉,2012,玉米病虫害的发生与防治,吉林农业
	4	47	0.89	防治措施	刘俊,2011,通榆县玉米病害的危害症状及发生特点,吉林农业
	5	46	0.871	防治技术	张海剑,2010,8种种衣剂防治玉米苗期病虫害药效评价,河北农业科学
	6	44	0.82	防治对策	罗开明,2014,浅谈勐朗镇玉米生产现状及发展对策,农民致富之友
	7	38	0.908	综合防治	雷卫平,2019,玉米高效种植及病虫害防控技术,现代农业研究
	8	33	0.953	农业防治	吕文秀,2012,近几年常发生的几种玉米病害的识别与防治,吉林农业
	9	33	0.921	玉米螟	姚万义,2011,玉米主要病虫害综合防治技术,农业科技与装备
	12	25	0.965	绿色防控	许建华,2016,玉米栽培技术要点及病虫害防治措施,吉林农业
	14	15	0.923	病虫害识别	陈桂芬,2019,基于迁移学习与卷积神经网络的玉米植株病害识别,智慧农业
	算法分析	15	13	0.998	图像分割
17		6	0.999	图像处理	王守志,2011,基于并行点火PCNN的玉米病害彩色图像分割方法,农业机械学报

表4 玉米病虫害研究突显词列表

序号	突变词	突变强度	突变开始时间(年)	突变结束时间(年)	2009~2019年
1	栽培技术	20.1715	2017	2019	
2	新技术	6.9058	2017	2019	
3	发生特点	3.9735	2010	2011	
4	防治对策	3.5302	2014	2015	
5	常见病虫害	3.4609	2016	2017	
6	夏玉米	3.2255	2009	2011	
7	施肥	3.1314	2009	2011	
8	专家系统	3.1015	2009	2014	
9	绿色防控技术	2.5524	2017	2019	

化的视角对十多年来CNKI上玉米病虫害研究学科领域的研究文献进行信息的挖掘和整理,用知识图谱的方式展现玉米病虫害领域的文献数量时间演变、重要研究作者、核心研究机构的分布以及他们之间的合作关系;并用术语分析共现网络图谱和突显词列表识别当前玉米病虫害领域的研究前沿及发展趋势;绘制作者、机构合作图谱以及关键词聚类图谱和关键词时间演进图谱,分析各个时期研究关键词的演变路径,识别当前玉米病虫害研究热点的演进过程等^[31]。研究结果表明:(1)我国玉米病虫害研究当前正处于一个快

速发展的时期,年发文量也基本处于一个稳步上升的趋势,但是核心文献数量相对较少,文献质量不高;从核心作者来看,我国玉米病虫害研究已经形成若干研究团队,且多围绕核心作者展开,但是仅限核心研究团队内部合作强度较大,研究团队之间仍然处于独立研究阶段;从研究机构来看:吉林农业大学、全国农业技术推广服务中心、中国农业科学院和云南农业大学为核心组成几个较大的研究群体,但是更多的机构没有形成较强的合作群体,各机构间还缺乏深入的合作和交流,我国玉米病虫害研究的机构合作性还有

待加强。(2)通过对玉米病虫害研究的关键词分析,可以看出玉米病虫害的研究热点主要为栽培技术、防治措施以及算法分析,对玉米病虫害发生的预防、治疗以及病虫害图像的采集起到关键性作用;同时通过突显词和时区图展示可以看出玉米病虫害的研究前沿为栽培技术及绿色防控技术,该领域的经典文献研究方向也基本与这些研究热点相吻合,它们将继续为现在及今后的研究提供有意义的参考价值和研究方向。

从本文的理论和实证分析结果来看,知识图谱可以较好地综合当前一些关于研究前沿发现的主流观点和理论,能够更加直观地呈现玉米病虫害研究的现状以及学科发展演进脉络,帮助研究者发现研究领域的最新进展,对于研究关于玉米病虫害的知识基础和科学前沿具有一定的辅助作用,为进一步分析玉米病虫害研究主题的新兴趋势和热点问题提供一定的参考。但目前该学科还存在研究前沿和热点缺乏深入化探索、研究主题比较单一、相关学术成果影响力不够等问题。因此在后续的研究中应不断提高研究者自身水平,进一步增强我国玉米病虫害研究领域的延伸发展,为适应新时期中国学科建设发展而努力^[32]。

参考文献:

- [1] QIU H, LIU L. A Study on the Evolution of Carbon Capture and Storage Technology Based on Knowledge Mapping[J]. *Energies*, 2018,11(5): 1103.
- [2] GU J, SINGH R, LIU X, et al. Active control of electromagnetically induced transparency analogue in terahertz metamaterials [J]. *Nature Communications*, 2012,3(1): 1-6.
- [3] CHEN C. 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):359-377.
- [4] CHEN C, IBEKWE-SANJUAN F, HOU J. The Structure and Dynamics of Co-Citation Clusters: A Multiple-Perspective Co-Citation Analysis[J]. *Computer Science*, 2010, 61(7): 1386-1409.
- [5] 崔洁,林钢.我国“核心期刊”遴选现状及《总览》作为学术评价标准的缺憾[J].*无锡商业职业技术学院学报*, 2005, 5(4): 107-109.
- [6] 陈丽萍,蔡亮,李光华,等.基于CiteSpace的储热技术研究进展与趋势[J].*材料导报*, 2019, 33(9): 1505-1511.
- [7] 任晓松,孙天美,赵国浩.中国碳排放研究热点演化知识图谱分析[J].*科技管理研究*, 2018, 38(10): 235-243.
- [8] 钱凤魁,王卫雯,张靖野,等.基于CiteSpace的土地利用领域研究态势分析[J].*农业工程学报*, 2016, 32(S2): 344-351.
- [9] 李彬彬,许明祥,巩晨,等.国际土壤质量研究热点与趋势—基于大数据的CiteSpace可视化分析[J].*自然资源学报*, 2017, 32(11): 1983-1998.
- [10] 巢传宣,龙溪虎.大数据时代下思想政治教育创新研究的动态与思考—基于CNKI文献的统计分析[J].*新余学院学报*, 2019, 24(2): 69-75.
- [11] 肖获昱.基于CiteSpace的图书馆智库服务研究可视化分析[J].*图书馆工作与研究*, 2018(11): 94-99.
- [12] 安瞳昕,代平,吴伯志,等.甜玉米间作蔬菜对主要病虫害的控制作用研究[J].*云南农业大学学报(自然科学版)*, 2011, 26(4): 449-453.
- [13] 马盼盼,胡占菊,高岭巍.高温干旱对玉米吐丝、灌浆期的影响及应对措施[J].*农业科技通讯*, 2014(6): 155-156.
- [14] 潘进红.北方春玉米中后期病虫害发生“一喷三防”技术及实施效果[J].*现代农业科技*, 2015(5): 170-173.
- [15] 王刚.玉米种植现状与新技术应用的效率[J].*江西农业*, 2018(16): 54.
- [16] 张运锋,黄光和,樊应虎,等.楚雄地区玉米新品种试验初报[J].*湖南农业科学*, 2010(15): 24-25.
- [17] 郑肖兰,郑行恺,赵爽,等.南繁区玉米弯孢霉叶斑病菌的鉴定及其生物学特性研究[J].*热带农业科学*, 2019, 39(3): 44-50.
- [18] 刘俊.通榆县玉米病害的危害症状及发生特点[J].*吉林农业*, 2011(3): 111.
- [19] 张海剑,石洁,耿亚玲.8种种衣剂防治玉米苗期病虫害药效评价[J].*河北农业科学*, 2010, 14(3): 15-17.
- [20] 雷卫平.玉米高效种植及病虫害防控技术[J].*现代农业研究*, 2019(1): 42-43.
- [21] 吕文秀.近几年常发生的几种玉米病害的识别与防治[J].*吉林农业*, 2012(8): 65.
- [22] 许建华.玉米栽培技术要点及病虫害防治措施[J].*吉林农业*, 2016(24): 36.
- [23] 吴清.玉米病虫害绿色防控技术推广应用[J].*吉林农业*, 2014(17): 88.
- [24] 井亚莉.玉米病虫害的发生与防治[J].*吉林农业*, 2012(8): 64.
- [25] 姚万义.玉米主要病虫害综合防治技术[J].*农业科技与装备*, 2011(8): 10-12.
- [26] 陈桂芬,赵姗姗,曹丽英,等.基于迁移学习与卷积神经网络的玉米植株病害识别[J].*智慧农业*, 2019, 1(2): 34-44.
- [27] 温长吉,王生生,于合龙,等.基于改进蜂群算法优化神经网络的玉米病害图像分割[J].*农业工程学报*, 2013, 29(13): 142-149.
- [28] 王守志,何东健,韩金玉.基于并行点火PCNN的玉米病害彩色图像分割方法[J].*农业机械学报*, 2011, 42(11): 148-153.
- [29] Lin Z, Wu C, Hong W. Visualization analysis of ecological assets/values research by knowledge mapping[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2015,35(5):142-154.
- [30] Li X, Ma E, Qu H. Knowledge mapping of hospitality research - A visual analysis using CiteSpace[J]. *International Journal of Hospitality Management*, 2017,60:77-93.
- [31] 王可山,刘嘉莹,崔艳媚.我国食品安全治理研究的前沿热点和动态趋势[J].*北京行政学院学报*, 2019(4): 35-44.
- [32] 叶金珠,单初.基于知识图谱的国内食品安全研究可视化分析[J].*安徽农业科学*, 2018, 46(2): 177-180.

(责任编辑:王昱)