

草地贪夜蛾防控研究文献计量可视化分析

康 钦^{1,2} 张正坤² 李启云^{2*} 石旺鹏^{1*}

(1. 中国农业大学植物保护学院昆虫学系, 北京 100193; 2. 吉林省农业科学院, 农业农村部东北作物有害生物综合治理重点实验室, 吉林省农业微生物重点实验室, 长春 130033)

摘要: 为系统分析草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 当前的研究动态和方向, 本文从 Web of Science 和 CNKI 中国知网下载相关数据, 采用文献计量学方法对 1920—2020 年在国内外期刊上发表的 1 222 篇关于草地贪夜蛾防治的文献进行统计分析。当前草地贪夜蛾相关研究文献处于逐年上升的趋势; 在外文文献中, 草地贪夜蛾相关文献自 20 世纪 80 年代以来, 发文量呈井喷式增长, 主要出自美国、巴西、墨西哥等美洲国家, 占比超过 60%, 相关高水平和有影响力的文献主要出自美国、英国、法国等西方发达国家, 研究热点主要是草地贪夜蛾与其主要寄主作物玉米以及苏云金芽胞杆菌 *Bacillus thuringiensis*、杆状病毒、真菌和转基因玉米等生防作用物之间的关系。草地贪夜蛾自 2019 年 1 月入侵我国后, 国内关于草地贪夜蛾防治的文献迅速增加, 中文文献有 148 篇, 但在国际性期刊上发表的文献较少, 研究内容主要以生防作用物、应急化学农药及主要为害作物玉米为对象。计量分析结果可为我国草地贪夜蛾的研究及绿色高效防治技术研发提供思路和方法。

关键词: 草地贪夜蛾; 研究进展; 数据库; 植物保护

Bibliometric visual analysis of literatures on the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*

KANG Qin^{1,2} ZHANG Zhengkun² LI Qiyun^{2*} SHI Wangpeng^{1*}

(1. Department of Entomology, College of Plant Protection, China Agricultural University, Beijing 100193, China;
2. Jilin Key Laboratory of Agricultural Microbiology; Key Laboratory of Integrated Pest Management on Crops in Northeast, Ministry of Agriculture and Rural Affairs; Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033, Jilin Province, China)

Abstract: In order to systematically analyze the research trend and direction on the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, a statistical analysis of 1 222 literatures on the data of *S. frugiperda* published in domestic and foreign journals from 1920 to 2020 was performed by employing the method of bibliometrics in the public databases CNKI and Web of Science. The results showed that the literatures on this pest had increased for years. For foreign literatures, the papers related to this pest has experienced a blowout growth since 1980s, mainly from American countries (the United States, Brazil, Mexico, etc.), accounting for more than 60% of the total. The relevant influential papers were mainly from western developed countries (the United States, United Kingdom, France, etc.). The research hotspots were focused on the relationship among *S. frugiperda*, its main host plant (maize) and the biological agents such as *Bacillus thuringiensis*, baculovirus, fungus, transgenic maize and so on. Since *S. frugiperda* invaded China and caused harm in January 2019, the literatures on the prevention and control of *S. frugiperda* has increased greatly. The number of Chinese literatures was 148 in 2019, among which the num-

基金项目: 国家重点研发计划(2019YFD0300100, 2017YFD02006), 吉林省农业科技创新工程(CXGC2017ZY016)

* 通信作者 (Authors for correspondence), E-mail: qyli@cjaas.com, wpshi@cau.edu.cn

收稿日期: 2020-04-08

ber of papers published in international journals was relatively small, mainly covering the topics of bio-control agents, emergency chemical pesticides and the main target crop maize. The results of bibliometrics visual analysis can provide new ideas and methods for the environment-friendly and efficient control and research of *S. frugiperda* in China.

Key words: fall armyworm; research progress; database; plant protection

草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 属鳞翅目 Lepidoptera 夜蛾科 Noctuidae 昆虫, 原产于美洲 (Todd & Poole, 1980), 1797年草地贪夜蛾在美国乔治亚州被记录为有害生物, 1912年夏天草地贪夜蛾严重暴发, 几乎席卷了整个美国 (Sparks, 1979), 因此美国、巴西、墨西哥等美洲国家对草地贪夜蛾的研究开展较早。草地贪夜蛾于2019年1月确认入侵我国云南省, 很可能成为我国周年循环发生的又一重大迁飞性害虫 (郭井菲等, 2019)。我国对草地贪夜蛾的研究较少, 因此对国内外防治草地贪夜蛾的相关文献进行归纳、总结和分析, 学习防治经验和技术对于我国实现草地贪夜蛾的绿色可持续防控具有重要意义。

文献计量学是用数学、统计学等计量分析方法研究文献和文献计量特征, 以探讨科学技术的现状和发展趋势的一门学科。通过对特定学科文献数量及变化进行动态分析, 可以反映出该学科或领域的产生和未来的发展趋势 (高俊宽, 2005)。通过文献计量制图和知识领域及科学文献可视化, 可以实现对科学领域演变理解, 尽管在数据收集、参数设置与调节上存在一定的主观性, 但仍可以从可视化中识别大量潜在信息, 并科学客观地捕捉该领域的最新发展状态 (Chen, 2017)。草地贪夜蛾在世界范围内已造成严重的经济损失, 有关草地贪夜蛾的各类研究都发展较快, 利用文献计量可视化方法可以明确其发展趋势并为我国草地贪夜蛾的科学防控提供新思路。

1 草地贪夜蛾文献计量分析

从 Web of Science (WoS) 核心合集数据库和中国知识基础设施工程 (China National Knowledge Infrastructure, CNKI) 期刊论文数据库下载防治草地贪夜蛾的相关文献并进行计量分析。首先, 在 WoS 核心合集数据库, 利用基本检索输入 “southern grassworm”、 “*Spodoptera frugiperda*”、 “fall armyworm”、 “*Laphygma frugiperda*” 或 “southern armyworm”, 检索时段为 1900 年 1 月 1 日—2020 年 4 月 7 日。其次, 根据李红梅等 (2019) 方法, 在 CNKI 期

刊论文数据库, 检索式用主题 “草地贪夜蛾”、 “秋黏虫” 或 “秋粘虫”, 检索时段为 1970 年 1 月 1 日—2020 年 4 月 7 日; 最后, 利用 CiteSpace 5.6.R3 软件对发文量及合作网络、关键词共现和参考文献共被引进行可视化分析, 利用 SATI (刘启元和叶鹰, 2012) 在线分析处理数据文本得到高频作者、机构、文献来源和发表年等基础统计数据。

1.1 文献年代、国家、机构、作者及期刊分布

1.1.1 文献发表年份

通过对 WoS 核心合集数据库进行主题词检索, 得到发表于 1900—2020 年的有关草地贪夜蛾的文献 5 232 篇, 经过筛选、去重、数据处理后, 其中与草地贪夜蛾防治相关的文献为 1 022 篇, 主要集中在 20 世纪 80 年代以后, 近 10 年发文量增长迅速 (图 1)。

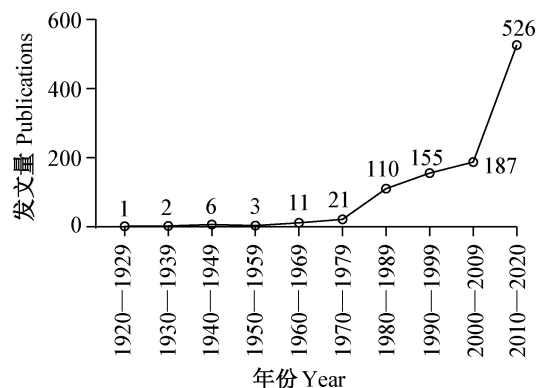


图 1 Web of Science 核心合集数据库中关于草地贪夜蛾防治的发文量

Fig. 1 The numbers of publications on control of *Spodoptera frugiperda* in the core collection database of Web of Science

在 CNKI 中经过筛选、除重, 获得 200 篇与草地贪夜蛾防治相关的中文文献, 发文量在 2019 年呈暴发式增长。草地贪夜蛾作为我国重大入侵害虫, 相关研究文献发表时间都集中在草地贪夜蛾自缅甸迁入我国云南省以后 (吴秋琳等, 2019), 随着相关研究的不断深入, 预测发文量会持续增加 (图 2)。

1.1.2 文献来源地域分布

对 WoS 核心合集数据库中检索到的关于草地贪夜蛾防控的英文文献进行分析, 发现草地贪夜蛾的原产地美洲发文量最多, 占比为 85.65%, 其次是

欧洲、亚洲、非洲和大洋洲,占比分别为6.40%、4.53%、3.09%和0.33%。草地贪夜蛾发文量排名前10位的国家中美洲国家最多,包括美国、巴西、墨西哥、阿根廷和哥伦比亚,其次是欧洲国家,包括西班牙、法国和英国,亚洲和非洲分别只有中国和肯尼亚排入前10。随着草地贪夜蛾自美洲迁入非洲、亚洲和大洋洲,各个大洲的国家对其研究都在逐渐深入(表1),各国之间的合作也在进一步加深,从草地贪夜蛾研究国家合作网络中发现美国发文量最多,且与其它

国家有一定的合作研究,研究成果的国际影响力也较高。中介中心性是国家合作网络中评价相关国家在合作网络中地位的重要指标,当中介中心性值越高,节点的重要性越大,节点大小代表国家的发文量,节点之间的连线表明国家之间的合作(Chen et al.,2014)。当前关于草地贪夜蛾研究国家合作网络中与美国和墨西哥合作的国家较多(图3),虽然我国在该研究领域比较活跃,但研究成果的国际影响力较低,这与我国开展此项研究时间较晚有关。

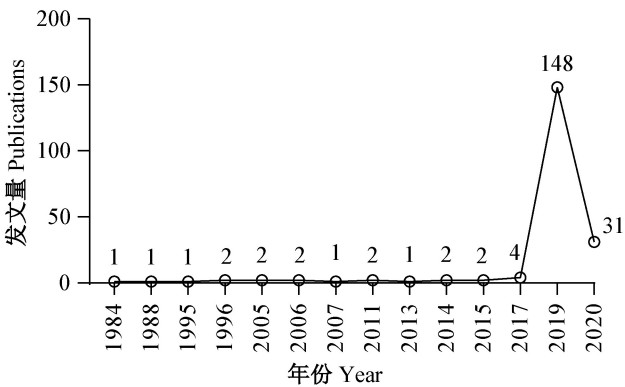


图2 CNKI数据库中关于草地贪夜蛾防治的发文量

Fig. 2 The numbers of publications on the of control *Spodoptera frugiperda* in CNKI database

表1 1920—2020年草地贪夜蛾发文量排名前10位的国家

Table 1 Top 10 countries in terms of publications on *Spodoptera frugiperda* in 1920—2020

大洲 Continent	国家 Country	发文量 Publication	中介中心性 Centrality	占比 Percentage/%
北美洲 North America	美国 USA	340	0.20	33.27
	墨西哥 Mexico	123	0.27	12.04
南美洲 South America	巴西 Brazil	257	0.04	25.15
	阿根廷 Argentina	29	0.00	2.84
	哥伦比亚 Colombia	20	0.01	1.96
欧洲 Europe	西班牙 Spain	24	0.10	2.35
	法国 France	12	0.00	1.17
	英国 United Kingdom	11	0.20	1.08
亚洲 Asia	中国 China	39	0.00	3.82
非洲 Africa	肯尼亚 Kenya	13	0.01	1.27

1.1.3 文献来源机构、作者及期刊分布

从WoS核心合集数据库中可以看出,发文量排名前10位的机构中包含美国的路易斯安那州立大学和内布拉斯加大学2所大学、美国陶氏益农和美国孟山都2家农业公司以及美国农业部农业研究局,包含巴西的圣保罗大学、维索萨联邦大学、拉夫拉斯联邦大学和贝南博古联邦大学4所大学。其中,发文量最多的为美国农业部农业研究局,占比为3.76%(表2)。从CNKI期刊论文数据库中可以看出中国农业科学院的中文发文量较多,占比约10.00%,

华南农业大学位居第二,其地处草地贪夜蛾主要入侵区(吴秋琳等,2019),对草地贪夜蛾的关注度较高。

在WoS核心合集数据库中,Wiseman BR发表文献最多,为43篇(表3),其所属机构为美国农业部农业研究局。发表草地贪夜蛾研究论文最多的英文期刊是Journal of Economic Entomology(表4),占比约为13.41%。

1.2 草地贪夜蛾文献研究热点可视化分析

1.2.1 全部文献的高频次关键词分析

利用CiteSpace软件进行关键词共现分析,提取

关于草地贪夜蛾的研究热点,选取每一年中出现频次最高的前30个关键词,构建当年的关键词共现网络,然后将各年的网络合成,得到草地贪夜蛾防治关键词共现网络图谱(图4~5)。

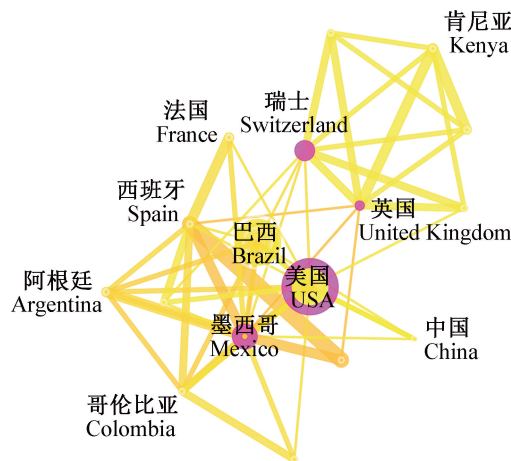


图3 1920—2020年草地贪夜蛾研究国家合作网络图谱

Fig. 3 International collaboration map on *Spodoptera frugiperda* in 1920—2020

图谱中节点之间连线的粗细表明共现强度的大小,节点的大小与分析对象出现的频次成正比,节点出现紫色外圈表明具有较大的中心度。CiteSpace设置: Node Types设置为Country; Selection Criteria设置为Top N=30; 其它均为默认。The thickness of the lines between the nodes in the graph shows the intensity of the co-occurrence. The size of the nodes is proportional to the frequency of the objects in the graph. The purple outer ring on the node indicates a large degree of center. CiteSpace settings: Node Types set as Country; Selection Criteria set as Top N=30; others are default settings.

表2 关于草地贪夜蛾防治发文量排名前10位的机构

Table 2 Top ten institutions in terms of publications on the control of *Spodoptera frugiperda*

机构 Institution	发文量 Publication	占比 Percentage/%
美国农业部农业研究局 Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture	62	3.76
巴西圣保罗大学 Universidade de Sao Paulo, Brazil	55	3.34
巴西维索萨联邦大学 Universidade Federal de Vicosa, Brazil	48	2.91
美国路易斯安那州立大学 Louisiana State University, USA	43	2.61
巴西拉夫拉斯联邦大学 Universidade Federal de Lavras, Brazil	37	2.25
墨西哥国立理工学院 Instituto Politecnico Nacional	29	1.76
美国陶氏益农公司 Dow AgroSciences	28	1.70
美国内布拉斯加大学 University of Nebraska, USA	24	1.46
美国孟山都公司 Monsanto Company	24	1.46
巴西贝南博古联邦大学 Universidade Federal Rural Pernambuco, Brazil	23	1.40

通过对国外文献关键词共现性分析发现,草地贪夜蛾相关的研究热点是生物防治物苏云金芽胞杆菌 *B. thuringiensis* 和杆状病毒、转基因抗虫玉米及主要寄主作物玉米等(图4)。在中文文献中,草地贪夜蛾的研究热点是其主要寄主作物玉米、天敌生物和应急化学药剂等(图5)。

表3 关于草地贪夜蛾防治发文量排名前10位的作者
Table 3 Top ten authors in terms of publications on the control of *Spodoptera frugiperda*

作者 Author	发文量 Publication	占比/% Percentage
Wiseman BR	43	0.89
Omoto C	34	0.71
Huang FN	28	0.58
Head GP	23	0.48
Williams WP	23	0.48
Isenhour DJ	21	0.44
Davis FM	21	0.44
Bernardi O	18	0.37
Bernardi D	16	0.33
Caballero P	15	0.31

表4 关于草地贪夜蛾防治发文量排名前10位的期刊
Table 4 Top ten journals in terms of publications on the control of *Spodoptera frugiperda*

期刊 Source	发文量 Publication	占比/% Percentage
Journal of Economic Entomology	138	13.41
Florida Entomologist	107	10.40
Southwestern Entomologist	32	3.10
Journal of Invertebrate Pathology	31	3.01
Pest Management Science	31	3.01
Environmental Entomology	29	2.81
Journal of Entomological Science	28	2.72
Crop Protection	25	2.42
Neotropical Entomology	21	2.04
PLoS ONE	21	2.04

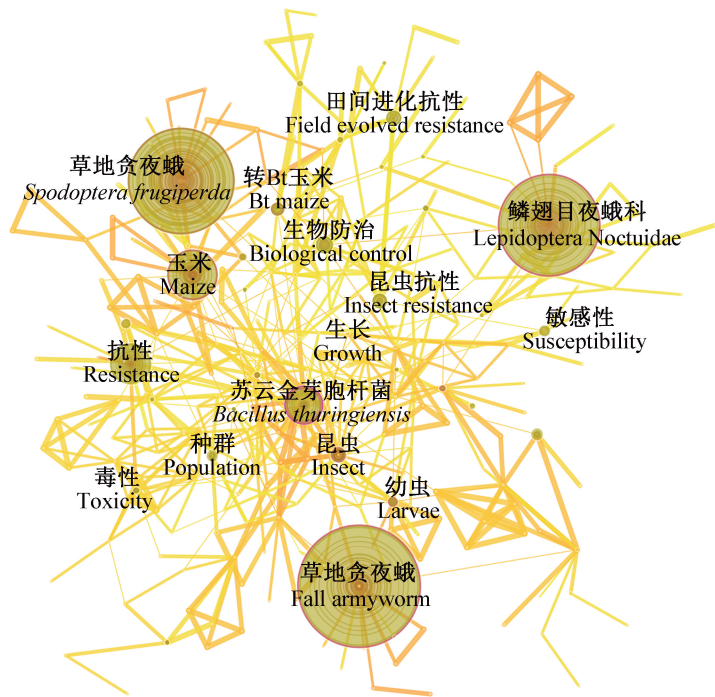


图4 1920—2020年 Web of Science核心合集数据库有关草地贪夜蛾防控研究高频次关键词共现网络图谱
Fig. 4 Co-occurrence network map on the high-frequency keywords on the control of *Spodoptera frugiperda* in Web of Science collection database in 1920—2020

图谱中节点之间连线的粗细表明共现强度的大小,节点的大小与分析对象出现的频次成正比,节点出现紫色外圈表明具有较大的中心度。CiteSpace设置: Node Types设置为keyword; Selection Criteria设置为Top N=30; pruning设置为pathfinder、pruning sliced networks、pruning the merged network; 其它均为默认。The thickness of the lines between the nodes in the graph shows the intensity of the co-occurrence. The size of the nodes is proportional to the frequency of the objects in the graph. The purple outer ring on the node indicates a large degree of center. CiteSpace settings: Node Types set as keyword; Selection Criteria set as Top N=30; pruning set as pathfinder, pruning sliced networks, pruning the merged network; others are default setting.

1.2.2 原产地和入侵地文献的高频次关键词分析

为进一步了解在原产地美洲及入侵地关于草地贪夜蛾的研究热点,将 WoS 核心合集数据库中关于各大洲的防治文献进行分类,经过数据筛选和处理得到原产地美洲的相关防治草地贪夜蛾文献874篇,入侵地的相关防治草地贪夜蛾文献96篇。在原产

地美洲及入侵地发表的草地贪夜蛾防治文献中,选取每一年中出现频次最高的前30个关键词,构建当年的关键词共现网络,然后将各年的网络合成,形成草地贪夜蛾防治关键词共现网络图谱(图6~7)。在 原产地美洲的相关研究主要集中在以苏云金芽胞杆菌为主的转基因作物对草地贪夜蛾的控制作用、草

地贪夜蛾对其的抗性及其治理和利用寄生性天敌或病毒等防治草地贪夜蛾的效果等方面(图6),与WoS核心合集数据库总数据样本处理结果相似,主要是因为美洲的发文量占比高,且研究时间较长,在国际上有一定的影响力。入侵地相关研究内容集中在以

草地贪夜蛾细胞系Sf9为模式探讨苏云金芽胞杆菌杀虫蛋白、印楝素及杀虫剂的活性及致病机理、主要寄主作物玉米及转基因玉米对草地贪夜蛾的田间防效评价和生物防治资源的初步研发(图7)。

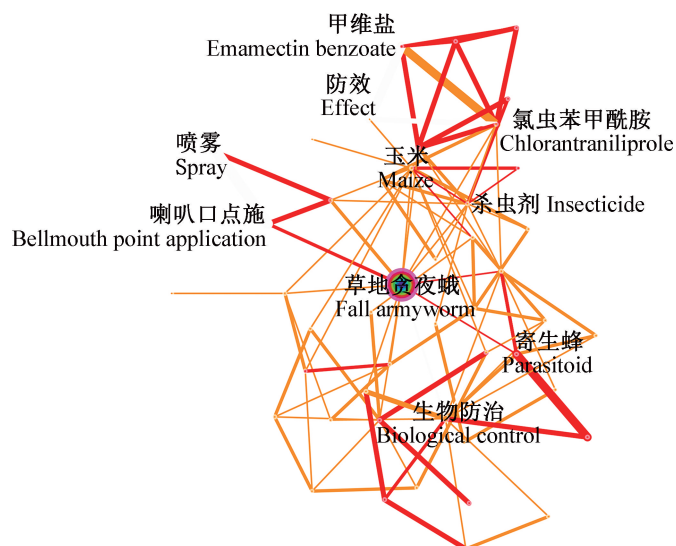


图5 1984—2020年CNKI数据库有关草地贪夜蛾防治研究高频次关键词共现网络图谱

Fig. 5 Co-occurrence network map on the high-frequency keywords on the control of *Spodoptera frugiperda* in CNKI database in 1984—2020

图谱中节点之间连线的粗细表明共现强度的大小,节点的大小与分析对象出现的频次成正比,节点出现紫色外圈表明具有较大的中心度。CiteSpace设置: Node Types设置为keyword; Selection Criteria设置为Top N=30; 其它均为默认。The thickness of the lines between the nodes in the graph shows the intensity of the co-occurrence. The size of the nodes is proportional to the frequency of the objects in the graph. The purple outer ring on the node indicates a large degree of center. CiteSpace settings: Node Types set as keyword; Selection Criteria set as Top N=30; others are default settings.

1.2.3 文献共被引分析

基于WoS核心合集数据库中1920—2020年发表的关于草地贪夜蛾防控的1022篇文献,利用CiteSpace的Reference功能进行文献共被引分析。首先,选取每一年中被引次数最高的前30篇引文,构建当年的共被引网络图谱;然后,将获得的各年的网络图谱进行合成,每个聚类的标签用该聚类引文中被引文献的关键词作为主题词进行标记,最终得到草地贪夜蛾防治文献共被引网络图谱(图8)。其中,#0为草地贪夜蛾对转Bt基因抗虫作物的抗性治理,主要包括适当的作物管理、抗性监测、开发包含2个或2个以上不同Bt蛋白基因作物以及在高抗情况下使用杀虫剂等措施;#6为楝树,是关于评价印楝素、生长抑制剂以及精油等对草地贪夜蛾的影响;#7为转基因玉米,是关于评价其对草地贪夜蛾幼虫及蛹的毒力;#10为有害生物综合治理,是关于利用多种措施综合防治草地贪夜蛾,以减少杀虫剂的用量和使用频次。

2 草地贪夜蛾防治技术进展

从英文文献分析发现在草地贪夜蛾原产地美洲主要采用农业防治、转基因作物、天敌资源利用及科学用药等措施来控制草地贪夜蛾。由于草地贪夜蛾入侵我国时间较短,当前主要采用化学防治为主的应急防控措施。本文将从最高被引文献分析相关技术内容,包括生物防治、农业防治和化学防治技术等。

2.1 生物防治

2.1.1 天敌昆虫

利用寄生性天敌防治草地贪夜蛾被引频次最高的是1993年发表在Journal of Chemical Ecology上的“An elicitor in caterpillar oral secretions that induces corn seedlings to emit chemical signals attractive to parasitic wasps”,第一作者为美国农业部的Turlings TCJ,该文主要报道了草地贪夜蛾取食玉米后,可诱导玉米释放萜烯类化合物来吸引多种绒茧蜂和侧沟茧蜂等天敌,直接和间接保护植物免受害虫为害(Turlings et al., 1993)。

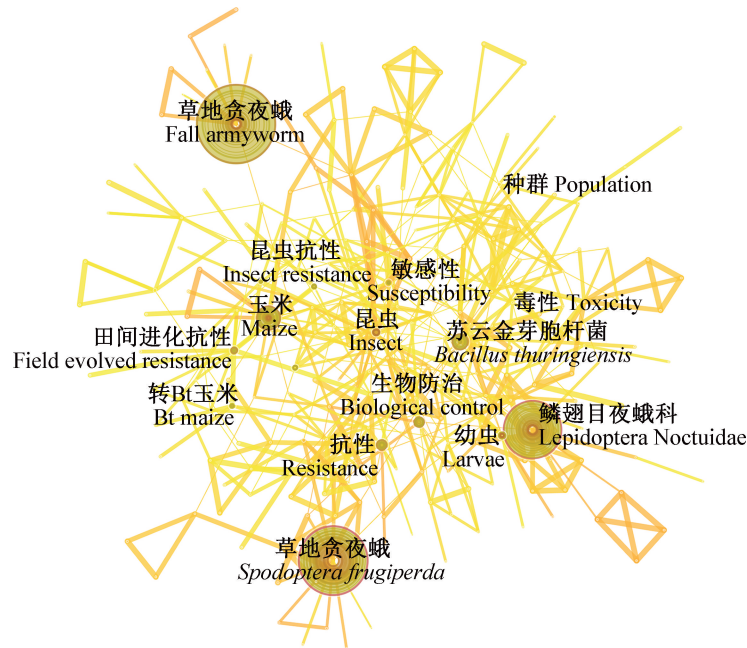


图6 1920—2020年Web of Science核心合集数据库关于原产地美洲草地贪夜蛾防治的关键词共现网络图谱

Fig. 6 Co-occurrence network map on the keywords on the control of *Spodoptera frugiperda* in native America in Web of Science collection database in 1920—2020

图谱中节点之间连线的粗细表明共现强度的大小,节点的大小与分析对象出现的频次成正比,节点出现紫色外圈表明具有较大的中心度。CiteSpace设置: Node Types设置为keyword; Selection Criteria设置为Top N=30; pruning设置为pathfinder、pruning sliced networks、pruning the merged network; 其它均为默认。The thickness of the lines between the nodes in the graph shows the intensity of the co-occurrence. The size of the nodes is proportional to the frequency of the objects in the graph. The purple outer ring on the node indicates a large degree of center. CiteSpace settings: Node Types set as keyword; Selection Criteria set as Top N=30; pruning set as pathfinder, pruning sliced networks, pruning the merged network; others are default setting.

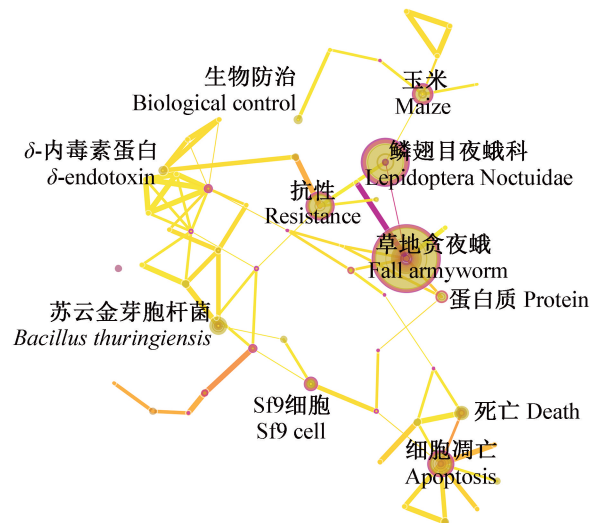


图7 2000—2020年Web of Science核心合集数据库关于入侵地草地贪夜蛾防治的关键词共现网络图谱

Fig. 7 Co-occurrence network map on the keywords on the control of *Spodoptera frugiperda* in invaded areas in Web of Science collection database in 2000—2020

图谱中节点之间连线的粗细表明共现强度的大小,节点的大小与分析对象出现的频次成正比,节点出现紫色外圈表明具有较大的中心度。CiteSpace设置: Node Types设置为keyword; Selection Criteria设置为Top N=30; pruning设置为pathfinder、pruning sliced networks、pruning the merged network; 其它均为默认。The thickness of the lines between the nodes in the graph shows the intensity of the co-occurrence. The size of the nodes is proportional to the frequency of the objects in the graph. The purple outer ring on the node indicates a large degree of center. CiteSpace settings: Node Types set as keyword; Selection Criteria set as Top N=30; pruning set as pathfinder, pruning sliced networks, pruning the merged network; others are default setting.

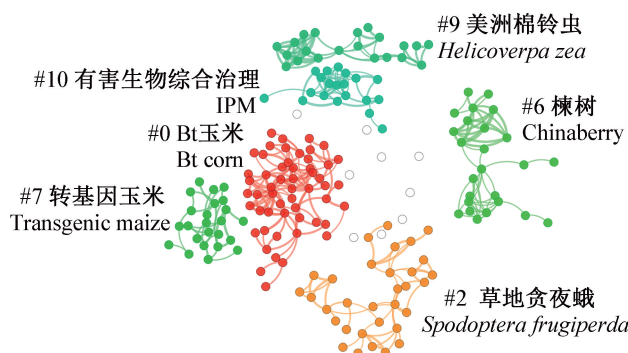


图8 1920—2020年 Web of Science核心合集数据库关于草地贪夜蛾防治文献共被引网络图谱

Fig. 8 Co-citation analysis map of the publications on the control of *Spodoptera frugiperda* in Web of Science core collection database in 1920—2020

CiteSpace设置: Node Types 设置为 Reference; Selection Criteria 设置为 Top N=30; 聚类标签设置为 keyword 提取; 其它均为默认。CiteSpace settings: Node Types set as Reference; Selection Criteria set as Top N=30; remarkable keywords in each cluster; others are default settings.

利用捕食性天敌防治草地贪夜蛾被引频次最高的是2000年发表在 Behavioral Ecology and Sociobiology 上的“Does cannibalism in *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera : Noctuidae) reduce the risk of predation?”,第一作者为英国农业和食品研究委员会的 Chapman JW, 该文报道证明草地贪夜蛾幼虫群体数量越大, 伴随其的捕食性天敌如地蜈蚣和甲虫的数量也显著增加, 而捕食性天敌数量与单株草地贪夜蛾幼虫数量的关系不明显, 对于生活在大群体中的草地贪夜蛾幼虫来说, 被捕食的风险更大 (Chapman et al., 2000)。

2.1.2 昆虫病原微生物

关于草地贪夜蛾病原真菌的论文被引频次最高的是1994年发表在 Journal of Invertebrate Pathology 上的“Infecitivity of propagules of *Paecilomyces fumosoroseus* during in-vitro development to *Spodoptera frugiperda*”, 第一作者为法国农业科学研究所的 Fargues J, 该文报道了虫生真菌玫烟色拟青霉 *Paecilomyces fumosoroseus* 不同类型的繁殖体体外发育对草地贪夜蛾的侵染性 (Fargues et al., 1994)。

关于草地贪夜蛾病原细菌的论文被引频次最高的是1996年发表在 Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 上的“Vip3A, a novel *Bacillus thuringiensis* vegetative insecticidal protein with a wide spectrum of activities against lepidopteran insects”, 第一作者为瑞士西巴-盖吉公司的 Estruch JJ, 该文报道了从草地贪夜蛾和其它鳞翅目害虫中分离得到新杀虫基因, 其蛋白质对草地贪夜蛾和其它鳞翅目昆虫的幼虫具有杀虫活性 (Estruch et al., 1996)。

关于草地贪夜蛾病原线虫的论文被引频次最高的是1994年发表在 Fundamental and Applied Nematology 上的“*Steinernema-Riobravus* N-SP (Rhabditiida, Steinernematidae) from Texas”, 第一作者为美国农业部农业研究局的 Cabanillas HE, 该文报道了美国德克萨斯州格兰德河谷发现的一种新的可有效控制草地贪夜蛾的病原线虫——斯氏线虫 *Steinernema* (Cabanillas et al., 1994)。

关于草地贪夜蛾病毒的论文被引频次最高的是1999年发表在 Journal of Economic Entomology 上的“Selection of a nucleopolyhedrovirus for control of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae): structural, genetic, and biological comparison of four isolates from the Americas”, 第一作者为纳瓦拉大学的 Escribano A, 该文报道了核型多角体病毒 *Nuclear polyhedrosis virus* 对草地贪夜蛾幼虫的致病性 (Escribano et al., 1999)。

2.1.3 信息素

关于草地贪夜蛾信息素利用的论文被引频次最高的是1986发表在 Journal of Chemical Ecology 上的“Sex pheromone of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) identification of components critical to attraction in the field”, 第一作者为美国农业部的 Tumlinson JH, 该文报道了草地贪夜蛾性信息素主要成分及其不同比例的诱捕效果 (Tumlinson et al., 1986)。

2.2 农业防治

关于草地贪夜蛾农业防治论文被引频次最高的是2010年发表在 Journal of Economic Entomology 上的“Discovery and characterization of field resis-

tance to Bt maize: *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Puerto Rico”,第一作者为美国陶氏益农公司的 Storer NP, 该文报道了转基因玉米产生的 Cry1F 蛋白在波多黎各田间对草地贪夜蛾的敏感性下降(Storer et al., 2010)。

2.3 化学防治

关于草地贪夜蛾化学防治的论文被引频次最高的是 2013 年发表在 PLoS ONE 上的“Investigating the molecular mechanisms of organophosphate and pyrethroid resistance in the fall armyworm *Spodoptera frugiperda*”, 第一作者为英国洛桑研究所的 Carvalho RA, 该文报道了草地贪夜蛾对拟除虫菊酯和有机磷农药的抗药性机制(Carvalho et al., 2013)。

3 草地贪夜蛾研究趋势分析

人类对草地贪夜蛾的认知有 200 多年, 尽管在美洲近年来尚未构成大的灾害, 但是自其入侵非洲和亚洲以来造成了较大的经济损失, 非洲玉米毁种面积占总播种面积的 5%~6%, 2018 年其在非洲造成的经济损失高达 10 亿~30 亿美元(杨普云和常雪艳, 2019)。2019 年初入侵我国, 威胁到我国玉米、甘蔗、高粱、小麦、花生、大豆等主要农作物的生产安全(姜玉英等, 2019)。由于适宜生境和季风气候使得我国南方成为草地贪夜蛾长期的虫源地并可向北迁飞, 加之目前的小农户种植方式、非抗虫作物品种、滥用化学农药和病虫害防治模式等都可能使草地贪夜蛾对我国多种作物造成危害(马千里等, 2019)。

原产地美洲对草地贪夜蛾的防治进展主要分为 2 个阶段, 20 世纪期间以化学防治为主, 对草地贪夜蛾的防治效果显著, 而大量长期使用单一农药, 导致该虫的抗药性增加, 对草地贪夜蛾的防治效果下降(Yu et al., 2003)。20 世纪 90 年代以来, 随着转基因作物的出现和有害生物综合治理(integrated pest management, IPM)的实施, 逐渐替代化学防治成为草地贪夜蛾的主要防治手段。近年来寄生性天敌、昆虫病毒、信息素等生物防治技术进展明显(唐璞等, 2019), 对草地贪夜蛾的防治研究已经从传统的化学防治走向对环境、生态友好的科学用药、生物防治、农业防治和物理防治等领域(杨普云等, 2019)。

自草地贪夜蛾入侵我国以来, 农业相关部门就展开了针对草地贪夜蛾的应急防控, 研究者们同期开展了主要化学药剂和生物农药对草地贪夜蛾的毒力评价、抗药性测定、混配药效等研究(杨学礼等, 2019)。吴孔明(2020)提出中国草地贪夜蛾防控工作“两步走策略”, 即在近年内实施以化学防治、物理

防治、生物防治和农业防治为主的综合防治, 旨在解决短期内生产上草地贪夜蛾为害的应急管控问题, 然后通过现代农业信息和生物技术创新与应用, 力争在 3~5 年的时间内构建和实施以精准监测预警、迁飞高效阻截和种植 Bt 玉米为核心的综合防治技术体系。综合世界范围内草地贪夜蛾的防治研究成果和学科发展趋势, 认为草地贪夜蛾的防控策略和技术及主要研发趋势包括 8 点, 一是抗草地贪夜蛾基因的筛选和编辑及转基因抗虫作物的培育; 二是高效、广谱和抗逆的防治草地贪夜蛾的生物制剂筛选与遗传改良; 三是防治草地贪夜蛾的重要植物、动物和微生物的代谢产物筛选及其表达调控网络改造; 四是绿色高效防治草地贪夜蛾生物制剂的生产工艺与新剂型研究; 五是防治草地贪夜蛾生物载体优化和智能化纳米材料创制; 六是生物制剂与化学合成制剂的相互作用机制及协调应用技术研究; 七是以信息和智能技术为基础的草地贪夜蛾的发生发展迁移规律研究和监测预警研究; 八是多种配套综合防治草地贪夜蛾新技术体系建立与应用研究等。

综合分析草地贪夜蛾的文献发现, 有关的害虫防控策略和技术都是以天敌-害虫-作物之间的关系为基础, 明确天敌对草地贪夜蛾的控制作用、作物对草地贪夜的抗性和草地贪夜蛾对天敌的防御及对寄主作物的适应性, 才能找到科学有效的控制策略和技术。因此今后应加强草地贪夜蛾及其主要天敌生物和寄主作物的生物学特性研究, 明确它们之间的关系, 集中攻关草地贪夜蛾的绿色防控理论和技术, 为草地贪夜蛾的绿色可持续治理提供技术支撑, 以保障国家粮食安全。

参 考 文 献 (References)

- CABANILLAS HE, POINAR GO Jr., RAULSTON JR. 1994. *Steinernema riobravis* n. sp. (Rhabditida: Steinernematidae) from Texas. Fundamental and Applied Nematology, 17(2): 123-131
- CARVALHO RA, OMOTO C, FIELD LM, WILLIAMSON MS, BASS C. 2013. Investigating the molecular mechanisms of organophosphate and pyrethroid resistance in the fall armyworm *Spodoptera frugiperda*. PLoS ONE, 8(4): e622684
- CHAPMAN JW, WILLIAMS T, MARTINEZ AM, CISNEROS J, CABBALLERO P, CAVE RD, GOULSON D. 2000. Does cannibalism in *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) reduce the risk of predation? Behavioral Ecology and Sociobiology, 48(4): 321-327
- CHEN CM. 2017. Science mapping: a systematic review of the literature. Journal of Data and Information Science, 2(2): 1-40
- CHEN CM, DUBIN R, KIM MC. 2014. Emerging trends and new developments in regenerative medicine: a scientometric update (2000-2014). Expert Opinion on Biological Therapy, 14(9):

- 1295–1317
- ESCRIBANO A, WILLIAMS T, GOULSON D, CAVE RD, CHAPMAN JW, CABALLERO P. 1999. Selection of a nucleopolyhedrovirus for control of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae): structural, genetic, and biological comparison of four isolates from the Americas. *Journal of Economic Entomology*, 92(5): 1079–1085
- ESTRUCH JJ, WARREN GW, MULLINS MA, NYE GJ, CRAIG JA, KOZIEL MG. 1996. Vip3A, a novel *Bacillus thuringiensis* vegetative insecticidal protein with a wide spectrum of activities against lepidopteran insects. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 93(11): 5389–5394
- FARGUES J, MANIANIA NK, DELMAS JC. 1994. Infectivity of propagules of *Paecilomyces fumosoroseus* during *in vitro* development to *Spodoptera frugiperda*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 64(3): 173–178
- GAO JK. 2005. Application of bibliometrics methods in scientific evaluation. *Document, Informaiton & Knowledge*, (2): 14–17 (in Chinese) [高俊宽. 2005. 文献计量学方法在科学评价中的应用探讨. 图书情报知识, (2): 14–17]
- GUO JF, HE KL, WANG ZY. 2019. Biological characteristics, trend of fall armyworm *Spodoptera frugiperda*, and the strategy for management of the pest. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 56(3): 361–369 (in Chinese) [郭井非, 何康来, 王振营. 2019. 草地贪夜蛾的生物学特性、发展趋势及防控对策. 应用昆虫学报, 56(3): 361–369]
- JIANG YY, LIU J, XIE MC, LI YH, YANG JJ, ZHANG ML, QIU K. 2019. Observation on law of diffusion damage of *Spodoptera frugiperda* in China in 2019. *Plant Protection*, 45(6): 10–19 (in Chinese) [姜玉英, 刘杰, 谢茂昌, 李亚红, 杨俊杰, 张曼丽, 邱坤. 2019. 2019年我国草地贪夜蛾扩散为害规律观测. 植物保护, 45(6): 10–19]
- LI HM, WAN M, GU R, LIU LL, NIE FY, WANG ZY, ZHANG F. 2019. Bibliometric analysis on research progress of the invasive insect pest fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. *Plant Protection*, 45(4): 34–42 (in Chinese) [李红梅, 万敏, 顾蕊, 刘路路, 聂凤英, 王振营, 张峰. 2019. 基于文献计量学的重大入侵害虫草地贪夜蛾的研究动态分析. 植物保护, 45(4): 34–42]
- LIU QY, YE Y. 2012. A study on mining bibliographic records by designed software SATI: case study on library and information science. *Journal of Information Resources Management*, 2(1): 50–58 (in Chinese) [刘启元, 叶鹰. 2012. 文献题录信息挖掘技术方法及其软件SATI的实现: 以中外图书情报学为例. 信息资源管理学报, 2(1): 50–58]
- MA QL, WU JYZ, SONG ZX, WANG RF, WANG YQ, LÜ YY, LIU BJ, CHENG DM, XU HH, ZHANG ZX. 2019. Comparative analysis of the harm trend of *Spodoptera frugiperda* in China with that in the United States. *Journal of Environmental Entomology*, 41(5): 929–936 (in Chinese) [马千里, 吴吉英子, 宋紫霞, 王瑞飞, 王勇庆, 吕怡颖, 刘本菊, 程东美, 徐汉虹, 张志祥. 2019. 与美国对比分析草地贪夜蛾在我国的危害发展趋势. 环境昆虫学报, 41(5): 929–936]
- SPARKS AN. 1979. A review of the biology of the fall armyworm (Lepidoptera, Noctuidae). *Florida Entomologist*, 62(2): 82–87
- STORER NP, BABCOCK JM, SCHLENZ M, MEADE T, THOMPSON GD, BING JW, HUCKABA RM. 2010. Discovery and characterization of field resistance to Bt maize: *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Puerto Rico. *Journal of Economic Entomology*, 103(4): 1031–1038
- TANG P, WANG ZZ, WU Q, LIU YQ, SHI M, HUANG JH, CHEN XX. 2019. The natural enemies of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* and their application in biological control programs. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 56(3): 370–381 (in Chinese) [唐璞, 王知知, 吴琼, 刘银泉, 时敏, 黄健华, 陈学新. 2019. 草地贪夜蛾的天敌资源及其生物防治中的应用. 应用昆虫学报, 56(3): 370–381]
- TODD EL, POOLE RW. 1980. Keys and illustrations for the armyworm moths of the noctuid genus *Spodoptera* Guenée from the western hemisphere. *Annals of the Entomological Society of America*, 73(6): 722–738
- TUMLINSON JH, MITCHELL ER, TEAL PEA, HEATH RR, MENGELKOECH LJ. 1986. Sex pheromone of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith): identification of components critical to attraction in the field. *Journal of Chemical Ecology*, 12(9): 1909–1926
- TURLINGS TCJ, MCCALL PJ, ALBORN HT, TUMLINSON JH. 1993. An elicitor in caterpillar oral secretions that induces corn seedlings to emit chemical signals attractive to parasitic wasps. *Journal of Chemical Ecology*, 19(3): 411–425
- WU KM. 2020. Management strategies of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in China. *Plant Protection*, 46(2): 1–5 (in Chinese) [吴孔明. 2020. 中国草地贪夜蛾的防控策略. 植物保护, 46(2): 1–5]
- WU QL, JIANG YY, WU KM. 2019. Analysis of migration routes of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) from Myanmar to China. *Plant Protection*, 45(2): 1–6, 18 (in Chinese) [吴秋琳, 姜玉英, 吴孔明. 2019. 草地贪夜蛾缅甸虫源迁入中国的路径分析. 植物保护, 45(2): 1–6, 18]
- YANG PY, CHANG YX. 2019. The occurrence, influence and control strategies of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* in Asia and Africa. *China Plant Protection*, 39(6): 88–90 (in Chinese) [杨普云, 常雪艳. 2019. 草地贪夜蛾在亚洲、非洲发生和影响及其防控策略. 中国植保导刊, 39(6): 88–90]
- YANG PY, ZHU XM, GUO JF, WANG ZY. 2019. Strategy and advice for managing the fall armyworm in China. *Plant Protection*, 45(4): 1–6 (in Chinese) [杨普云, 朱晓明, 郭井非, 王振营. 2019. 我国草地贪夜蛾的防控对策与建议. 植物保护, 45(4): 1–6]
- YANG XL, LIU YC, LUO MZ, LI Y, WANG WH, WAN F, JIANG H. 2019. It was the first time that the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* was found in Jiangcheng County of Yunnan Province. *Yunnan Agriculture*, (1): 72 (in Chinese) [杨学礼, 刘永昌, 罗茗钟, 李依, 王文辉, 万飞, 姜虹. 2019. 云南省江城首次发现迁入我国西南地区的草地贪夜蛾. 云南农业, (1): 72]
- YU SJ, NGUYEN SN, ABO-ELGHAR GE. 2003. Biochemical characteristics of insecticide resistance in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 77(1): 1–11

(责任编辑:李美娟)