

# 农药暴露对人体健康损害研究的文献计量分析

张超<sup>1</sup>, 孙艺夺<sup>1</sup>, 李钟华<sup>2</sup>, 胡瑞法<sup>1</sup>, 蔡金阳<sup>\*,1</sup>

(1. 北京理工大学 管理与经济学院, 北京 100081; 2. 中国农药工业协会, 北京 100723)

**摘要:** 农药暴露对人体的健康损害已成为热点研究课题。对 Web of Science 平台中 Science Citation Index Expanded (SCI-E) 和 Social Sciences Citation Index (SSCI) 检索的 481 篇英文论文和中国知网 (CNKI) 收录的 46 篇中文论文进行了文献计量分析。农药暴露对健康损害的论文数量总体呈现上升趋势, 而以美国为代表的发达国家在该方面研究中占据主导地位。病例对照研究、队列研究和横截面研究是该方面最主要研究类型, 而 Logistic 回归和线性回归是被采用最多的定量研究方法。农药暴露对人体各个系统, 尤其是神经系统、循环系统和生殖系统的健康损害是主要研究领域, 也是 2011—2015 年的研究热点; 大量论文分析了农药暴露与癌症和死亡之间的关系。与发达国家相比, 中国在该方面的研究仍存在较大差距。

**关键词:** 农药暴露; 农药施用; 健康损害; 文献计量

中图分类号: R1; G35; S48; X592 文献标志码: A 文章编号: 1008-7303(2016)01-0001-11

## Bibliometric analysis on human health impairment induced by pesticide exposure

ZHANG Chao<sup>1</sup>, SUN Yiduo<sup>1</sup>, LI Zhonghua<sup>2</sup>, HU Ruifa<sup>1</sup>, CAI Jinyang<sup>\*,1</sup>

(1. School of Management and Economics, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China; 2. China Crop Protection Industry Association, Beijing 100723, China)

**Abstract:** Human health impairment induced by pesticide exposure has become a hot research topic. In this study, a bibliometric analysis on 481 English articles indexed by Science Citation Index Expanded (SCI-E) and Social Sciences Citation Index (SSCI) in Web of Science, and 46 Chinese articles indexed by China National Knowledge Infrastructure (CNKI) has been conducted. Generally, the number of articles about the health impairment induced by pesticide exposure is increasing, and the developed countries represented by the United States of America play a dominant role in this research field. The case-control study, the cohort study and the cross-sectional study are the three major research types, and Logistic regression and linear regression are the two most commonly adopted quantitative research methods. The impairment effect induced by pesticide exposure on all the human body systems, especially the nerve system, the reproductive system, and the circulatory system are the major research areas, which have also become the hot research issues during the period of 2011 to 2015. Substantial articles have also analyzed the correlations between pesticide exposure and the human cancer as well as death. It is noteworthy that there is a large gap between China and the developed countries in terms of

收稿日期: 2015-09-06; 录用日期: 2015-11-18.

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(71173014); 国家自然科学基金重大国际(地区)合作研究项目(71210004).

作者简介: 张超, 男, 博士研究生, E-mail: zhangchao9501@163.com; \*蔡金阳, 通信作者 (Author for correspondence), 男, 博士, 硕士生导师, 从事农业技术经济和农药暴露研究, E-mail: caijinyang@bit.edu.cn

the research performance in the field of the health impairment induced by pesticide exposure.

**Keywords:** pesticide exposure; pesticide use; health impairment; bibliometrics

长期以来, 农药施用有效地降低了由病虫害导致的农作物产量损失, 产生了较大的经济效益<sup>[1-3]</sup>。2012年, 中国通过施用农药防治病虫害挽回水稻和棉花产量损失分别达 10 472 万吨和 183 万吨, 分别占当年水稻和棉花总产量的 17.8% 和 26.8%<sup>[4]</sup>。与此同时, 大范围、大剂量<sup>[5]</sup>的农药施用也导致了诸多的负外部性<sup>[6-8]</sup>。其中, 农药暴露对农药施用者健康的负面影响逐渐引起广泛关注<sup>[9-11]</sup>。据统计, 全球每分钟就有 2~3 人因农药而中毒, 每年约有 2 万多农业劳动者因农药中毒而死亡, 主要集中在发展中国家<sup>[12-13]</sup>。美国每年在 10 万劳动者中就有 18 例和农药相关的疾病发生<sup>[14]</sup>。同时大量研究也表明, 农药施用导致的农药暴露不仅会增加急性农药中毒风险, 而且会对人体的健康产生慢性和长期的损害<sup>[10,15-16]</sup>。

全面准确地分析农药暴露对人体健康的损害, 可以为有效规范农民的农药施用行为、减少农药施用量和农药暴露时间及程度、改善人体健康状况提供数据支持。在过去几十年间, 国内外研究人员围绕农药暴露的健康损害进行了大量研究, 这使得农药暴露的健康损害研究逐渐发展成一个跨领域、跨学科的重要研究课题。采用文献计量学方法全面系统地回顾和总结已有研究成果的现状、特点和趋势, 可以为更深入开展农药暴露对人体健康损害的研究工作提供参考和依据。本文以可检索到的农药暴露对健康损害的研究论文为样本, 对这些论文的时空与期刊分布、研究力量与被引频次, 以及研究方法与领域等进行文献计量分析和总结, 并比较国内外关于该课题研究的差异。

## 1 文献来源

本文所采用的研究论文包括英文和中文论文, 其中: 英文论文来源于 Web of Science 检索平台中的 Science Citation Index Expanded (SCI-E) 和 Social Sciences Citation Index (SSCI) 网络数据库, 主题检索式为 “TS=((pesticide\* OR insecticide\* OR fungicide\* OR bactericide\* OR herbicide\*) AND (use OR usage\* OR application\* OR apply\* OR spray\* OR exposure\*) AND ((health

impairment\*) OR (health AND damage\*) OR (harm AND health)OR illness\* OR ill\* OR (health AND injur\*))”, 文献语言为 English, 文献类型为 Article, 检索时间跨度为所有年份; 中文论文来源于中国学术期刊网络数据总库 (中国知网, CNKI), 主题检索式为 “SU=('农药'+杀虫剂'+杀菌剂'+除草剂')\*(‘施用'+使用'+喷洒'+暴露)\*(‘健康'+损害'+病)’”, 并把检索范围限制为核心期刊, 检索时间跨度不限。需要说明的, 为了保证检索到的研究论文的学术水准, 本文仅考虑 SCI-E、SSCI检索和中文核心期刊发表的论文。上述检索日期为 2015年7月18日。根据上述检索式共检索到 2 948 篇英文论文和 1 786 篇中文论文, 经过进一步识别、筛选并剔除不相关论文后, 最终获得 481 篇英文论文和 46 篇中文论文构成有效研究样本。将上述 527 篇中英文论文的题目、发表年份、目标研究区域、发文期刊、研究机构、资助机构、作者、被引频次、研究类型、研究方法、研究领域以及关键词等关键数据和信息导入 Excel构建文献信息数据库。

## 2 论文的时空与期刊分布

### 2.1 论文发表的年度变化

1972年, *Nature*刊登了农药暴露对人体健康损害的研究论文“职业有机氯农药暴露对肝微粒体酶活性的影响”<sup>[17]</sup>, 此后直到 1992年, 公开发表在 SCI-E 和 SSCI 期刊上的相关论文仅为 17 篇, 年均不到 1 篇, 表明农药暴露引发的中毒事件及对健康的损害在那段时期尚未引发广泛关注。1993年以后, 关于农药暴露对人体健康损害的中英文研究论文数量总体呈现上升趋势 (图 1)。其中, 英文论文数量在 1993年首次达到 5 篇, 2004年首次达到 21 篇, 此后基本保持在 20 篇以上 (2010年除外); 2014年迅速增加至 61 篇, 几乎为 2004年的 3 倍。表明此时农药暴露对人体健康的损害已受到高度关注, 并成为热点研究课题<sup>[10]</sup>。最早发表的中文论文出现在 1992年, 与英文论文形成鲜明对比的是, 历年中文论文数量却一直保持在个位数, 远少于英文论文数量。

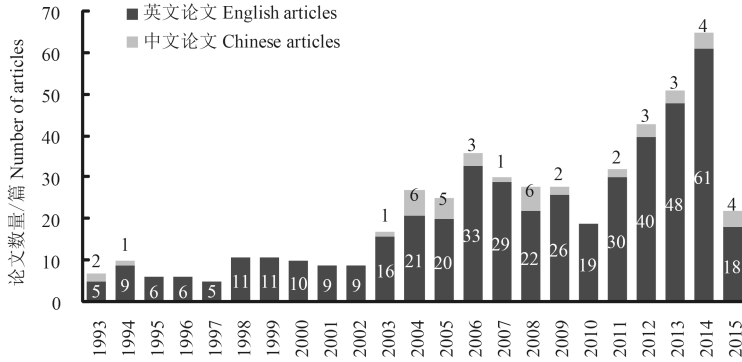


图1 1993—2015年农药暴露对健康影响的SCI-E/SSCI和中文核心期刊论文数量

Fig. 1 Number of articles about the health effect of pesticide exposure published in SCI-E/SSCI and Chinese core journals (1993–2015)

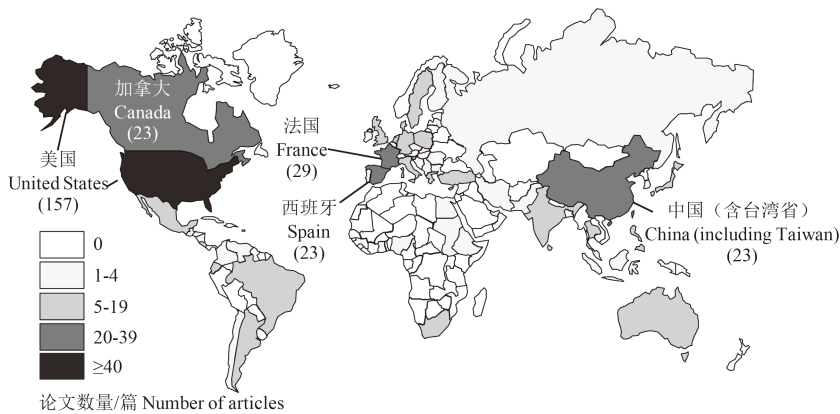
### 2.2 主要目标研究区域

以美国为代表的发达国家成为主要的目标研究区域(图2)。其中: 157篇英文论文以美国为目标研究区域, 占有英文论文数量的32.6%; 其次, 法国、加拿大和西班牙的论文分别为29、23和23篇, 分别占6.0%、4.8%和4.8%; 以中国(含台湾省1篇)为目标研究区域的英文论文数量为23篇, 是在英文论文中作为目标研究区域最多

的发展中国家, 但与美国相比存在巨大差距; 英文论文数量超过10篇的国家还包括巴西、墨西哥、意大利、丹麦、荷兰以及英国。相比而言, 以非洲国家为目标研究区域的论文很少, 甚至根本没有。

### 2.3 主要发文期刊

农药暴露对健康损害的英文论文主要发表在发达国家的期刊上, 但不同期刊发表论文的数量



注: 以中国为目标研究区域的23篇论文中, 包括1篇以中国台湾省为目标研究区域。

Note: An article with Taiwan Province (China) as the subject research region is among the 23 articles with China as the subject research region.

图2 农药暴露对健康影响的SCI-E/SSCI论文的目标研究区域

Fig. 2 Subject research regions of articles about the health effect of pesticide exposure published in SCI-E/SSCI journals

差别较大。在1972—2015年间, 481篇英文论文发表在158种国际学术期刊上, 而发文量≥5篇的期刊仅有27种, 有多达90种期刊只发表了1篇论文。发文量≥10篇的英文期刊(9种)以及发文量≥3篇的中文期刊(3种)见表1。其中: 发文量最多的是 *Environ Health Perspect*, 高达39篇; 其次, *Occup Environ Med* 和 *Am J Epidemiol* 分别发表25和23篇。在9种发文量较多的英文

期刊中, 美国占5种, 英国、荷兰、芬兰和瑞士各1种。《中国公共卫生(学报)》是发文数量最多的中文期刊。

### 3 研究力量与被引频次

#### 3.1 主要研究和资助机构

从事农药暴露对健康损害研究的研究机构主要来自于发达国家, 而美国处于主导地位。总体

表1 农药暴露对健康影响论文的主要SCI-E/SSCI和中文核心期刊

Table 1 Major SCI-E/SSCI and Chinese core journals publishing articles about the health effect of pesticide exposure

期刊 Journal	论文篇数/篇 Number of articles	出版地 Publishing country
<i>Environ Health Perspect</i>	39	美国 United States
<i>Occup Environ Med</i>	25	英国 United Kingdom
<i>Am J Epidemiol</i>	23	美国 United States
<i>Environ Res</i>	19	美国 United States
<i>NeuroToxicology</i>	14	荷兰 Netherlands
<i>J Occup Environ Med</i>	12	美国 United States
<i>Scand J Work Environ Health</i>	12	芬兰 Finland
<i>Am J Ind Med</i>	11	美国 United States
<i>Int J Cancer</i>	10	瑞士 Switzerland
中国公共卫生(学报) <i>Chin J Public Health</i>	10	中国 China
环境与职业医学 <i>J Environ Occup Med</i>	4	中国 China
环境与健康杂志 <i>J Environ Health</i>	3	中国 China

而言, 481 篇英文论文的研究机构共有 671 家, 其中第一研究机构为 254 家; 46 篇中文论文的研究机构共有 40 家, 其中第一研究机构为 24 家。但是, 英文发文量  $\geq 5$  篇的仅 56 家, 占有研究机构的 8.3%, 而仅发表 1 篇英文论文的研究机构多达 449 家, 占比高达 74.4%。相比而言, 中国研究机构的发文量远低于发达国家, 其中, 中英文论文总数  $\geq 5$  篇的仅为 7 家。

农药暴露对人体健康损害研究的SCI-E/SSCI和中文核心期刊论文的主要研究机构情况见表2。发文量  $\geq 15$  篇的研究机构仅有 5 家, 其中美国 4 家, 西班牙 1 家, 而以美国国立卫生研究院发表

论文数量最多, 达 61 篇, 仅略低于排在第 2 位的美国加利福尼亚大学 (35 篇) 和第 3 位的美国疾病预防控制中心 (31 篇) 论文数量的总和。与之形成鲜明对比的是, 包括中国在内的所有发展中国家的研究机构的发文量均未超过 10 篇。

其中, 围绕农药暴露对人体健康影响的SCI-E/SSCI和中文核心期刊论文的主要第一研究机构情况如表3所示。发文量  $\geq 10$  篇的第一研究机构全部来自于美国, 分别为美国国立卫生研究院、美国加利福尼亚大学以及美国北卡罗来纳大学。在中国: 上海交通大学是发展中国家发文量最多的第一研究机构, 共发表了 7 篇研究论文, 其中

表2 农药暴露对健康影响的SCI-E/SSCI和中文核心期刊论文的主要研究机构

Table 2 Major research agencies contributing to the articles about the health effect of pesticide exposure published in SCI-E/SSCI and Chinese core journals

研究机构 Research agency	论文数量/篇 Number of articles
美国国立卫生研究院 National Institutes of Health, United States	61
美国加利福尼亚大学 University of California, United States	35
美国疾病预防控制中心 Centers for Disease Control and Prevention, United States	31
美国爱荷华大学 University of Iowa, United States	18
西班牙格拉纳达大学 University of Granada, Spain	17
中国上海交通大学 Shanghai Jiao Tong University, China	8(1)
中国华中科技大学 Huazhong University of Science and Technology, China	7(6)
中国江苏省常州市疾病预防控制中心 Changzhou Center for Disease Control and Prevention, China	7(6)
中国南京医科大学 Nanjing Medical University, China	7(6)

注: 括号外是中英文论文总数, 括号内是中文论文数。

Note: Figures outside and inside the parentheses are the numbers of Chinese and English articles, and the numbers of Chinese articles only, respectively.

表3 农药暴露对健康影响的SCI-E/SSCI和中文核心期刊论文的主要第一研究机构

Table 3 Major first research agencies contributing to the articles about the health effect of pesticide exposure published in SCI-E/SSCI and Chinese core journals

第一研究机构 First research agency	论文数量/篇 Number of articles
美国国立卫生研究院 National Institutes of Health, United States	31
美国加利福尼亚大学 University of California, United States	24
美国北卡罗来纳大学 University of North Carolina, United States	11
中国上海交通大学 Shanghai Jiao Tong University, China	7(1)
中国华中科技大学 Huazhong University of Science and Technology, China	6(6)
中国江苏省常州市疾病预防控制中心 Changzhou Center for Disease Control and Prevention, China	6(6)

注: 括号外是中英文论文总数, 括号内是中文论文数。

Note: Figures outside and inside the parentheses are the numbers of Chinese and English articles, and the numbers of Chinese articles only, respectively.

6篇为英文论文; 其次, 华中科技大学和江苏省常州市疾病预防控制中心, 分别发表了6篇中文论文。

农药暴露对人体健康损害研究的SCI-E/SSCI和中文核心期刊论文的主要资助机构情况见表4。可以看出: 在农药暴露对人体健康损害研究的所有资助机构中, 美国、法国等发达国家机构仍处于主导地位。367家资助机构对481篇英文论文的研究和发表提供了资金资助, 而46篇中文论文的资助机构为27家, 但资助英文论文数 $\geq 10$ 篇和中文论文数 $\geq 5$ 篇的机构均分别只有5家。美国国立卫生研究院资助的论文数量为127篇, 比排在第2位的美国环境保护局和排在第3位的美国疾病预防控制中心几乎均超出100篇, 成为核心资助机构; 同时, 只有上述3家机构资助的论文

数量超过了20篇。但是, 没有任何一家发展中国家机构资助的英文论文在20篇以上。中国国家自然科学基金委员会资助论文总数为20篇, 其中9篇为中文论文。

### 3.2 主要作者

研究农药暴露对健康损害的作者众多, 但高产作者较少。发表上述527篇中英文论文的作者共有2098位, 其中, 英文论文作者(含中国作者)1981位, 中文论文作者126位, 每篇论文平均作者数量约为4位, 有1592位作者分别仅参与了1篇论文。发文量 $\geq 20$ 篇的高产作者仅有5位(图3A)。Alavanja发表的论文最多, 达到31篇, 其次是Hoppin和Blair, 分别为30篇和29篇(图3A)。

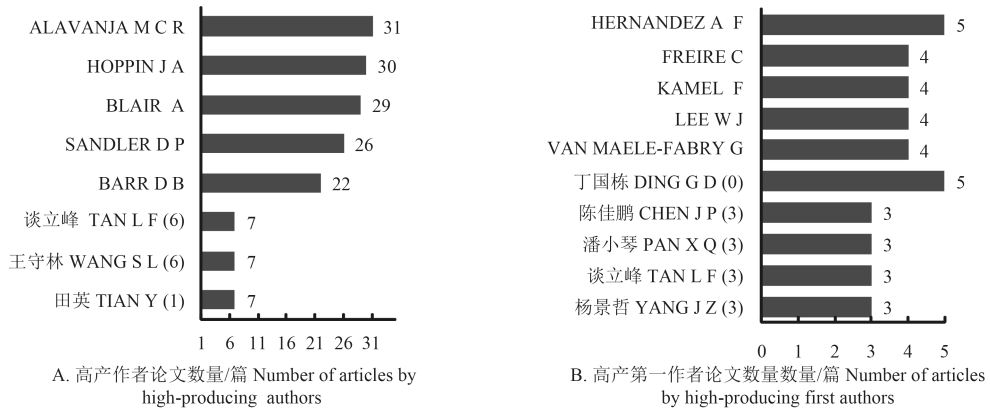
表4 农药暴露对健康影响的SCI-E/SSCI和中文核心期刊论文的主要资助机构

Table 4 Major funding agencies contributing to the articles about the health effect of pesticide exposure published in SCI-E/SSCI and Chinese core journals

基金资助机构 Funding agency	论文数量/篇 Number of articles
美国国立卫生研究院 National Institutes of Health, United States	127
美国环境保护局 Environmental Protection Agency, United States	32
美国疾病预防控制中心 Centers for Disease Control and Prevention, United States	26
欧盟 European Union	17
法国国家卫生与医学研究所 National Institute of Health and Medical Research, France	11
中国国家自然科学基金委员会 National Natural Science Foundation, China	20(9)
中国科学技术部 Ministry of Science and Technology, China	6(0)
中国河北省科技厅 Department of Science and Technology, Hebei, China	5(5)
中国江苏省常州市科技局 Changzhou Municipal Bureau of Science and Technology, Jiangsu, China	5(5)
中国江苏省科技厅 Department of Science and Technology, Jiangsu, China	5(5)

注: 括号外是中英文论文总数, 括号内是中文论文数。

Note: Figures outside and inside the parentheses are the numbers of Chinese and English articles, and the numbers of Chinese articles only, respectively.



注：条形图旁的数字是中英文论文总数，左侧括号内数字是中文论文数。

Note: Figures beside the bars and inside the parentheses are the numbers of Chinese and English articles, and the numbers of Chinese articles only, respectively.

图3 农药暴露对健康影响的SCI-E/SSCI和中文核心期刊论文的高产作者

Fig. 3 High-producing authors of articles about the health effect of pesticide exposure published in SCI-E/SSCI and Chinese core journals

对第一作者进行统计(图3B)显示: Hernandez和丁国栋作为第一作者均发表了5篇英文论文;其次是Freire、Kamel、Lee和van Maele-Fabry,均发表4篇英文论文;4位中国作者作为第一作者分别发表了3篇中文论文。对第一作者和不考虑排顺的作者统计结果差别较大,在发文量 $\geq 20$ 篇的高产作者中无一作为第一作者的发文量 $\geq 3$ 篇(图3)。

### 3.3 被引频次

总被引频次 $\geq 150$ 次或年均被引频次 $\geq 15$ 次的英文论文,以及总被引频次 $\geq 20$ 次或年均被引频次 $\geq 2.5$ 次的中文论文被定义为高被引论文。据此,在上述527篇中英文论文中仅有12篇英文论文和6篇中文论文为高被引论文(表5)。其中,*Environ Health Perspect*成为发表高被引论文最多的期刊。481篇英文论文的平均总被引频次为27次,年均被引频次为2.7次。Gorell于1998年在*Neurology*第50卷第5期发表的论文总被引频次最高,达395次;而Bouchard于2011年发表在*Environ Health Perspect*第119卷第8期上的论文年均被引频次最高,达24.80次。相比于英文论文,中文论文的影响存在明显差距,46篇中文论文的平均总引用频次和年均被引频次分别仅为8次和0.97次。从发表时间来看,9篇高被引英文论文和所有6篇高被引中文论文均发表在2000年及以后,发表在2000年之前的仅有3篇英文论文。

## 4 研究类型、方法、领域与热点

### 4.1 主要研究类型

病例对照研究(case-control study)、队列研究(cohort study)和横截面研究(cross-sectional study)是研究农药暴露对健康损害的3种最主要研究类型。对527篇中英文论文的统计结果(图4)显示:采用病例对照研究的论文数量为148篇,占527篇论文的比例为28.1%,比横截面研究和队列研究的论文数量分别多出10篇和31篇;后两者占527篇论文的比例分别为26.2%和22.2%。

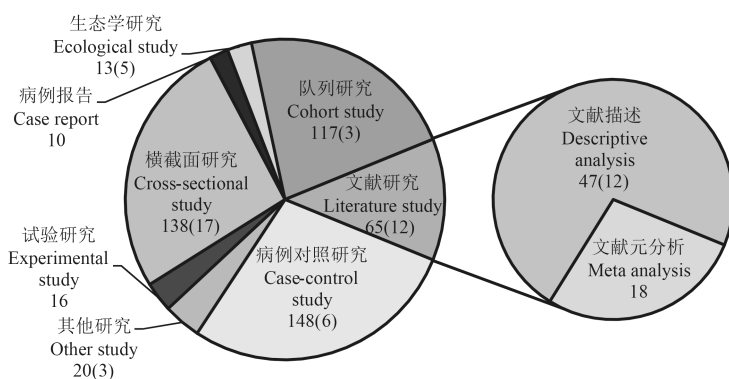
除上述3种最主要的研究类型之外,文献研究也是比较重要的一种研究类型,相关论文共有65篇(图4)。其中:文献的描述性分析论文为47篇,而文献的元分析论文18篇;此外,部分论文采用了试验研究(16篇)、病例报告(10篇)、生态学研究(13篇)以及其他研究(20篇)等类型。

需要说明的是,在481篇英文论文中,病例对照研究、队列研究和横截面研究的论文数量均超过了剩余其他研究类型的英文论文数量之和(图4)。然而,对于中文论文而言,横截面研究和文献研究所占比例远超过其他研究类型,而且中文论文的文獻研究全部是描述性分析,而非元分析等定量方法(图4)。这从一个侧面说明,国内在农药暴露对健康研究方面的研究水平与发达国家还存在较大差距,单一的研究设计以及有限的研究方法选择成为限制国内该方面研究取得较多高水平论文的主要因素。

表5 农药暴露对健康影响的SCI-E/SSCI和中文核心期刊的高被引论文

Table 5 Highly cited articles about the health effect of pesticide exposure published in SCI-E/SSCI and Chinese core journals

年份 Year	第一作者 First author	期刊 Journal	卷(期) Vol. (No.)	总被引频次 Total citations	年均被引频次 Annual citations
1998	GORELL J M	<i>Neurology</i>	50 (5)	395	21.94
1992	SEMCHUK K M	<i>Neurology</i>	42 (7)	278	11.58
2004	KAMEL F	<i>Environ Health Perspect</i>	112 (9)	222	18.50
1990	BROWN L M	<i>Cancer Res</i>	50 (20)	219	8.42
2007	ESKENAZI B	<i>Environ Health Perspect</i>	115 (5)	217	24.11
2004	WHYATT R M	<i>Environ Health Perspect</i>	112 (10)	212	17.67
2004	ESKENAZI B	<i>Environ Health Perspect</i>	112 (10)	188	15.67
2006	ASCHERIO A	<i>Ann Neurol</i>	60 (2)	168	16.80
2003	ALAVANJA M C R	<i>Am J Epidemiol</i>	157 (9)	166	12.77
2000	PRIYADARSHI A	<i>NeuroToxicology</i>	21 (4)	163	10.19
2011	BOUCHARD, M F	<i>Environ Health Perspect</i>	119 (8)	124	24.80
2011	RAUH V	<i>Environ Health Perspect</i>	119 (8)	96	19.20
2004	高仁君 GAO R J	农药学学报 <i>Chin J Pestic Sci</i>	6 (3)	63	5.25
2008	常娜 CHANG N	华北煤炭医学院学报 <i>J North China Coal Med College</i>	10 (2)	28	3.50
2006	杨志清 YANG Z Q	中国农学通报 <i>Chin Agric Sci Bull</i>	22 (1)	27	2.70
2008	仇小强 QIU X Q	中国公共卫生 <i>Chin J Public Health</i>	24 (5)	23	2.88
2008	姚新民 YAO X M	环境与职业医学 <i>J Environ Occup Med</i>	25 (4)	21	2.63
2012	陈晓雯 CHEN X W	卫生软科学 <i>Soft Sci Health</i>	26 (6)	19	4.75



注: 括号外是中英文论文总数, 括号内是中文论文数。

Note: Figures outside and inside the parentheses are the numbers of Chinese and English articles, and the numbers of Chinese articles only, respectively.

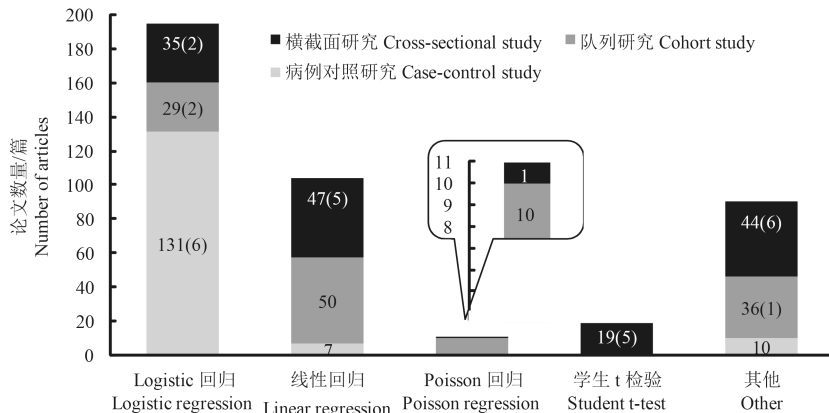
图4 农药暴露对健康影响的SCI-E/SSCI和中文核心期刊论文的研究类型

Fig. 4 Research types of articles about the health effect of pesticide exposure published in SCI-E/SSCI and Chinese core journals

## 4.2 主要研究方法

Logistic 回归和线性回归是农药暴露对健康损害的论文中采用最多的研究方法。本文对病例对照研究、队列研究以及横截面研究的定量方法进行了总结。绝大部分研究论文同时采用了多种定量分析方法, 但是本文只统计其中直接分析农药

暴露对健康损害时采用的定量方法。结果(图5)显示: Logistic 回归在 195 篇研究论文中得到采用, 同时也在病例对照研究中采用最多, 共有 131 篇病例对照研究论文采用了 Logistic 回归; 相比而言, 队列研究和横截面研究采用 Logistic 回归方法较少, 相关论文数量分别为 29 篇和 35 篇, 分别



注：括号外是中英文论文总数，括号内是中文论文数。

Note: Figures outside and inside the parentheses are the numbers of Chinese and English articles, and the numbers of Chinese articles only, respectively.

图 5 农药暴露对健康影响的SCI-E/SSCI和中文核心期刊论文的研究方法

Fig. 5 Research methods of articles about the health effect of pesticide exposure published in SCI-E/SSCI and Chinese core journals

仅相当于病例对照研究论文数量的 22.1% 和 26.7%。线性回归分别在 7 篇病例对照研究论文、50 篇队列研究论文以及 47 篇横截面研究论文中得到应用。除上述两种最主要的定量研究方法之外，Poisson 回归在 10 篇队列研究论文和 1 篇横截面研究论文中也得到应用 (图 5)。此外，学生  $t$  检验仅被 19 篇横截面研究论文采用 (图 5)。相比于 Logistic 回归和线性回归，学生  $t$  检验在横截面研究论文中的应用较少。

### 4.3 主要研究领域

关于农药暴露对健康损害的研究论文几乎涉

及到人体的各个系统，其中农药对人体神经系统、生殖系统和循环系统的影响是 3 个最主要的研究领域，同时农药暴露与癌症和死亡的关系也受到了较为广泛的关注。除 47 篇文献描述性论文外，本文对提出明确结论的 480 篇中英文论文涉及的研究领域进行了归纳。农药暴露的神经毒性是最主要的研究领域之一。本文统计结果 (图 6) 显示，共有 123 篇论文分析了农药暴露与周围神经传导障碍、认知障碍、智能障碍、帕金森氏症等神经功能障碍和疾病之间的关系。第 2 个研究领域是农药暴露的生殖毒性，共有 105 篇论文 (其

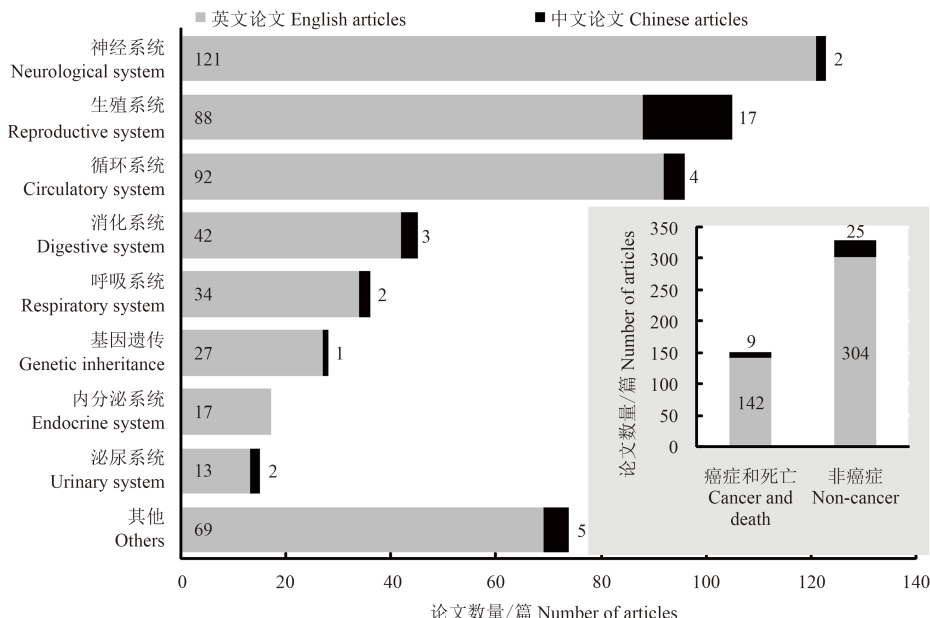


图 6 农药暴露对健康影响的SCI-E/SSCI和中文核心期刊论文的研究领域

Fig. 6 Research areas of articles about the health effect of pesticide exposure published in SCI-E/SSCI and Chinese core journals



中, 英文论文 88 篇, 中文论文 17 篇) 分析了农药暴露对于人体生殖器官、胎儿发育和成长、生殖激素和生殖功能的损害效应(图 6)。第 3 个研究领域是农药暴露对人体心血管、血液和淋巴等循环系统损害的研究, 相关研究论文共计 96 篇(图 6)。

除上述 3 个最主要的研究领域外, 农药暴露对消化系统、呼吸系统、内分泌系统以及泌尿系统的损害效应也得到了一定程度的关注, 相关论文数量依次为 45、36、17 和 15 篇(图 6)。需要说明的是, 部分论文并未明确地把农药暴露对人体某个特定系统或器官的损害作为研究对象。例如: 28 篇论文从细胞层面上分析了农药暴露对人体基因的伤害; 分析农药暴露对胆碱酯酶活性影响的论文也较多(图 6)。农药暴露是否会导致人体患癌症或者导致人体死亡, 也受到了较多论文的关注。在 480 篇中英文论文中, 有 151 篇论文分析了急性或慢性农药暴露对人体患癌症和死亡风险的影响(图 6), 其中淋巴瘤和白血病是最受关注的两类癌症。此外, 部分论文同时研究了农药暴露对人体多个系统的损害效应。

#### 4.4 近 5 年关键词分析与主要研究热点

作为研究论文的重要组成部分, 关键词高度概括了相关研究内容, 反映了相关领域的研究热

点和前沿<sup>[18-19]</sup>。为了更好地理解和把握近几年来农药暴露对健康影响的发展趋势和热点, 本文对 2011—2015 年发表的 197 篇英文论文和 16 篇中文论文的关键词进行了深入分析。除 32 篇论文未设置关键词外, 最终共计得到 181 篇论文的 939 个中英文关键词。在排除 pesticide use、pesticide exposure、human health、农药、农药暴露、农药施用等没有特殊指代性, 以及 case-study、cohort study、病例对照研究、队列研究、线性回归等指代研究类型或方法的关键词的基础上, 为了有效整合并提炼相同或近似关键词的承载信息, 本文对剩余所有关键词进行了归并, 出现频次最高的关键词见表 6。通过对这些高频关键词进行分析, 发现在 2011—2015 年间, 有关农药暴露对人体健康影响的研究论文主要围绕生殖毒性、神经毒性、有机磷农药暴露、癌症或肿瘤、有机氯农药暴露、血液和淋巴系统毒性、基因遗传毒性以及内分泌系统毒性等 8 个方面进行(表 6)。

从具体研究领域看, 近 5 年来的论文主要分析了农药暴露对人体生殖系统、神经系统、血液和淋巴系统、内分泌系统以及基因遗传等方面的损害效应, 尤其是农药暴露的生殖毒性和神经毒性方面的研究已成为最受关注的研究热点(表 6)。从农药暴露角度看, 有机磷和有机氯农药暴露的

表 6 农药暴露对健康影响的SCI-E/SSCI和中文核心期刊论文的高频关键词

Table 6 Frequently key words of articles about the health effect of pesticide exposure published in SCI-E/SSCI and Chinese core journals

关键词分类 Classification of key words	代表性关键词举例 Examples of representative key words	频次 Frequency
生殖毒性 Reproductive toxicity	birth defects, birth weight, prenatal exposure, reproductive health, semen quality, 乳腺癌	98(8)
神经毒性 Neurotoxicity	nerve conduction study, neurotoxicity, Parkinson's disease, Alzheimer's disease, 神经发育	93(2)
有机磷农药暴露 Organophosphate pesticide exposure	organophosphate, organophosphorus, glyphosate, chlorpyrifos, 有机磷农药	53(2)
癌症或肿瘤 Cancer or tumor	cancer risk, carcinogenesis, prostate cancer, ocular melanoma, non-Hodgkin's lymphoma, leukemia	51(4)
有机氯农药暴露 Organochlorine pesticide exposure	organochlorine, DDT, 六六六, 有机氯农药	32(10)
血液和淋巴系统毒性 Hematological and lymphatic toxicity	lymphoma, aplastic anemia, blood, hematological indices	31
基因遗传毒性 Genotoxicity	genotoxic effects, genotoxicity, genotoxicity risk, paraoxonase, DNA adducts	31(1)
内分泌系统毒性 Endocrine toxicity	endocrine disruptors, endocrine dysfunction, thyroid hormones	21

注: 括号外是中英文关键词总频次, 括号内是中文关键词频次。

Note: Figures outside and inside the parentheses are the total frequencies of Chinese and English key words, and the frequencies of Chinese key words only, respectively.

受关注程度远高于其他农药(表 6)。这可能与较多有机磷农药仍然被广泛使用有关, 尽管部分高毒或剧毒有机磷农药在很多国家被禁止使用<sup>[20]</sup>; 类似地, 有机氯农药毒性也较高, 但也仍被广泛使用<sup>[21-22]</sup>。此外, 近 5 年来, 农药暴露与癌症或肿瘤之间的关系已成为另一个研究热点(表 6), 尽管不同论文所涉及的癌症类型有所不同<sup>[23]</sup>。需要指出的是, 尽管农药暴露导致癌症发生的病理机制尚不完全清楚, 但是大量研究论文的结果肯定了两者之间存在显著性关联<sup>[24]</sup>。

## 5 国内外研究比较

2012 年中国农药使用总量高达 181 万吨, 每公顷播种面积的农药施用量也达到了 11.1 kg, 高居世界第一位<sup>[25]</sup>。但是, 与发达国家, 尤其是美国的研究相比, 国内关于农药暴露对健康影响的研究论文存在巨大差距。第一, 以中国为目标研究区域的论文数量偏少。在 481 篇英文论文中, 仅有 23 篇论文以中国(含台湾省)为目标研究区域, 不仅远远少于以美国为目标研究区域的论文数量, 如果不考虑关于台湾省的 1 篇论文, 甚至少于法国、加拿大和西班牙。尽管中文论文数量为 46 篇, 但是其中 12 篇是文献研究。第二, 国内在该研究领域的高产研究机构和作者不多, 而且少数高产研究机构和作者的发文量也明显少于发达国家的高产机构和作者。这说明, 国内研究机构和人员在该研究领域并未形成较强的研究合力和竞争力。第三, 国内作者发表的英文和中文论文的被引用情况和影响力也较发达国家作者的论文存在较大差距。不论是总被引频次还是年均被引频次, 国内作者发表的论文均偏低, 在该领域未能形成较大的学术影响力。第四, 中文论文的研究设计、方法和领域均较为单一。其中, 横截面研究和文献研究占绝对主导地位, 而病例对照研究和队列研究论文明显偏少; 且研究领域主要为农药暴露的生殖毒性, 而极大忽视了对农药暴露的神经毒性、循环系统毒性、消化系统毒性和呼吸系统毒性等方面的分析。同时, 从近 5 年的研究热点可以看出, 中文论文对有机磷农药暴露的健康影响分析也十分欠缺。总而言之, 国内关于农药暴露对人体健康损害的研究, 无论从论文数量还是质量上看, 均与发达国家的研究存在较大差距, 这和国内大量施用农药且农药中毒事

件高发频发的现状是不相称的。

## 6 总结与展望

综上所述, 农药暴露对健康损害的论文数量总体呈现上升趋势, 而以美国为代表的发达国家在该方面研究中占据主导地位。病例对照研究、队列研究和横截面研究是农药暴露对人体健康损害的最主要研究类型, 而 Logistic 和线性回归则是最主要的定量研究方法。该方面的研究论文涉及了农药暴露对人体各个系统的健康损害; 其中, 农药暴露的神经毒性、生殖毒性和循环系统毒性及其与癌症和死亡的关系是主要研究领域, 并成为近 5 年的研究热点。此外, 大量论文研究了有机磷和有机氯农药暴露的健康损害。

需要说明的是, 国内对于该领域的研究与发达国家的研究相比存在较大差距。此外, 由于不同地区农药的暴露条件迥异, 而且不同论文采用的农药暴露衡量标准和健康指标并非完全一致, 甚至差异较大, 所以在某种程度上不同论文的结论并不能简单地对比。因此, 对农药暴露与人体健康损害关系的研究论文的主要结论进行更进一步的系统性回顾和综述, 对于继续深入研究农药暴露的健康损害具有重要意义, 这也是下一步研究的重要方向。

## 参考文献(Reference):

- [ 1 ] COPPER J, DOBSON H. The benefits of pesticides to mankind and the environment[J]. *Crop Prot*, 2007, 26(9): 1337-1348.
- [ 2 ] POPP J, PETŐ K, NAGY J. Pesticide productivity and food security: a review[J]. *Agron Sustain Dev*, 2013, 33(1): 243-255.
- [ 3 ] VERGER P J P, BOOBIS A R. Reevaluate pesticides for food security and safety[J]. *Science*, 2013, 341(6147): 717-718.
- [ 4 ] 中华人民共和国农业部. 中国农业年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2013.  
Ministry of Agricultural of the People's Republic of China. *China agricultural yearbook*[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2013.
- [ 5 ] HUANG J K, QIAO F B, ZHANG L X, et al. Farm pesticide, rice production, and human health in China[R]. Ottawa, Canada: International Development Research Center, 2001.
- [ 6 ] CARVALHO F P. Agriculture, pesticides, food security and food safety[J]. *Environ Sci Policy*, 2006, 9(7-8): 685-692.
- [ 7 ] SKEVAS T, STEFANOUC S E, LANSINK A O. Do farmers internalise environmental spillovers of pesticides in production?[J]. *J Agric Econ*, 2013, 64(3): 624-640.
- [ 8 ] SNELDER D J, MASIPQUEÑA M D, de SNOO G R. Risk

- assessment of pesticide usage by smallholder farmers in the Cagayan Valley (Philippines)[J]. *Crop Prot*, 2008, 27(3-5): 747-762.
- [9] ANTLE J M, PINGALI P L. Pesticides, productivity, and farmer health: a Philippine case study[J]. *Am J Agric Econ*, 1994, 76(3): 418-430.
- [10] HU R F, HUANG X S, HUANG J K, et al. Long-and short-term health effects of pesticide exposure: a cohort study from China[J]. *PLOS ONE*, 2015, 10(6): e0128766.
- [11] QIAO F B, HUANG J K, ZHANG L X, et al. Pesticide use and farmers' health in China's rice production[J]. *Chin Agric Econ Rev*, 2012, 4(4): 468-484.
- [12] KISHI M, HIRSCHHORN N, DJAJADISASTRA M, et al. Relationship of pesticide spraying to signs and symptoms in Indonesian farmers[J]. *Scand J Work Environ Health*, 1995, 21(2): 124-133.
- [13] World Health Organization. Public health impact of pesticides used in agriculture[M]. Geneva: World Health Organization, 1990.
- [14] CALVERT G M, PLATE D K, DAS R, et al. Acute occupational pesticide-related illness in the US, 1998-1999: surveillance findings from the SENSOR-pesticides program[J]. *Am J Ind Med*, 2004, 45(1): 14-23.
- [15] ALAVANJA M C R, SAMANIC C, DOSEMECI M, et al. Use of agricultural pesticides and prostate cancer risk in the agricultural health study cohort[J]. *Am J Epidemiol*, 2003, 157(9): 800-814.
- [16] KAMEL F, HOPPIN J A. Association of pesticide exposure with neurologic dysfunction and disease[J]. *Environ Health Perspect*, 2004, 112(9): 950-958.
- [17] HUNTER J, MAXWELL J D, STEWART D A, et al. Increased hepatic microsomal enzyme activity from occupational exposure to certain organochlorine pesticides[J]. *Nature*, 1972, 237(5355): 399-401.
- [18] MAO Ning, WANG M H, HO Y S. A bibliometric study of the trend in articles related to risk assessment published in Science Citation Index[J]. *Hum Ecol Risk Assess*, 2010, 16(4): 801-824.
- [19] LI J F, WANG M H, HO Y S. Trends in research on global climate change: a Science Citation Index Expanded-based analysis[J]. *Global Planet Change*, 2011, 77(1-2): 13-20.
- [20] KARAMI-MOHAJERI S, NIKFAR S, ABDOLLAHI M. A systematic review on the nerve-muscle electrophysiology in human organophosphorus pesticide exposure[J]. *Hum Exp Toxicol*, 2014, 33(1): 92-102.
- [21] GUO H, JIN Y L, CHENG Y B, et al. Prenatal exposure to organochlorine pesticides and infant birth weight in China[J]. *Chemosphere*, 2014, 110: 1-7.
- [22] IMAI K, YOSHINAGA J, YOSHIKANE M, et al. Pyrethroid insecticide exposure and semen quality of young Japanese men[J]. *Reprod Toxicol*, 2014, 43: 38-44.
- [23] WEICHENTHAL S, MOASE C, CHAN P. A review of pesticide exposure and cancer incidence in the agricultural health study cohort[J]. *Environ Health Perspect*, 2010, 118(8): 1117-1125.
- [24] ALAVANJA M C R, ROSS M K, BONNER M R. Increased cancer burden among pesticide applicators and others due to pesticide exposure[J]. *CA Cancer J Clin*, 2013, 63(2): 120-142.
- [25] 中华人民共和国农业部. 2013年中国农业发展报告[M]. 北京: 中国农业出版社, 2013.
- Ministry of Agricultural of the People's Republic of China. 2013 China agricultural development report[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2013.

(责任编辑: 金淑惠)