

# 基于国外期刊英文文献浅析芝麻研究现状与发展趋势

裴新涌<sup>1</sup>, 李春明<sup>2</sup>, 秦灵灵<sup>2</sup>

(1. 河南省农业科学院 农业经济与信息研究所, 河南 郑州 450002;

2. 河南省农业科学院 芝麻研究中心, 河南 郑州 450002)

**摘要:** 对 1984—2013 年国外科技期刊发表的芝麻相关英文文献进行了收集、整理和分析, 重点阐述了其年度变化、期刊类别和学科分布情况, 综述了国外芝麻相关各学科领域研究现状, 对今后我国芝麻种质资源、遗传育种、病害防控、高产栽培、精深加工等研究发展趋势进行了讨论与思考, 为芝麻生产与加工技术研发以及专业文献数据库建设提供参考。

**关键词:** 芝麻; 英文文献; 统计分析; 现状与趋势

**中图分类号:** S565.3 G353.11 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2014)05-0013-07

## Sesame Research Status and Development Trend Analysis on Basis of Foreign Periodical Literature in English

PEI Xin-yong<sup>1</sup>, LI Chun-ming<sup>2</sup>, QIN Ling-ling<sup>2</sup>

(1. Institute of Agricultural Economics and Information, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China;

2. Henan Sesame Research Center, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** The sesame research literatures in English from foreign journals between 1984 and 2013 were collected and analyzed in this paper. The annual change, periodical categories and subject distribution of sesame research literatures were described, and the present status of sesame research was summarized in different subjects. The future studies of sesame on germplasm resources, genetic breeding, disease control, high-yielding cultivation and product processing were discussed, so as to provide a reference for the development of sesame production, and processing technology, and sesame literature database construction.

**Key words:** sesame; English literature; statistical analysis; status and trend

芝麻是世界上重要的优质油料作物, 也是我国的特色农产品。我国芝麻因含油量高、籽粒纯白、口感好而享有盛誉, 在国际芝麻生产、贸易中具有重要地位。目前, 世界上有 65 个国家种植芝麻, 但主要分布在亚洲、非洲等发展中国家及欠发达地区, 芝麻生产和加工技术研发区域性较强, 技术资料交流较少。为综述国外芝麻科研信息, 系统收集、整理了 1984 年以来的国外芝麻相关英文文献, 分析了文献年代分布、期刊类型、学科分类以及动态变化等情况, 并按 7 个学科领域对芝麻相关文献进行了分类与评价; 在此基础上, 重点分析了国外芝麻种质资

源、遗传育种、病虫害防控、土壤肥料、耕作栽培、精深加工等学科领域的研究现状, 阐述了芝麻相关科研领域的发展方向, 旨在为芝麻科技工作者进一步开展创新性研究提供参考。

### 1 文献收集与统计分析

以 1984—2013 年 30 a 间公开发表的英文相关芝麻文献为研究对象, 收集文献包括英文文摘及全文文献, 主要以 ScienceDirect、SpringerLink、CAB 和万方外文文摘等全文和文摘数据库为数据来源, 检索了篇名和关键词中含有“sesame”、“sesamum”

收稿日期: 2013-12-22

基金项目: 国家芝麻产业技术体系建设项目(CARS-15)

作者简介: 裴新涌(1964-), 女, 河南项城人, 副研究员, 主要从事农业信息资源研究与管理工作。

E-mail: peixy@hnagri.org.cn

的英文文献,经整理与查重,筛选出英文芝麻文献 935 篇并进行了分析。

### 1.1 芝麻相关英文文献的年度变化

近 30 a 以来,有关芝麻的英文文献数量(图 1)及发表期刊的影响因子总体均呈逐年增加的趋势。特别是近 20 a,平均每年的英文文献为 37 篇,相当于前 10 a(1984—1993 年)平均文献数量的 1.9 倍,增长幅度较大,而 1994—2003 年与 2004—2013 年的文献数量仅相差 1 篇,分别为 368 篇和 369 篇。

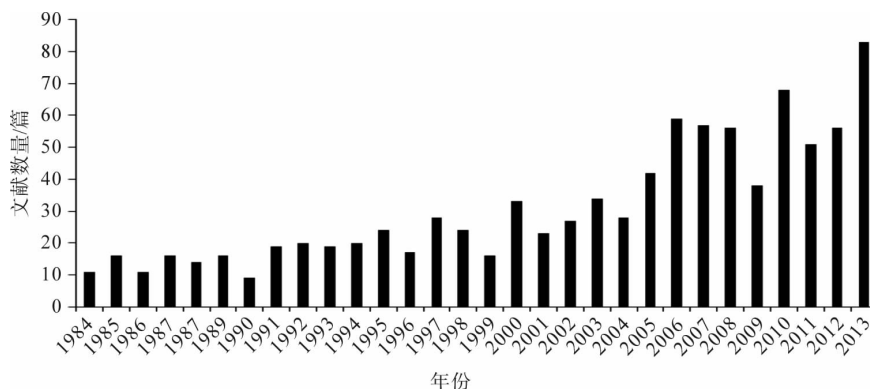


图 1 近 30 a 芝麻相关英文文献年度数量变化

由图 2 可以看出,近 30 a 来,种质资源、遗传与分子生物学、种质创新与新品种选育、病虫害防控、芝麻营养与加工和土壤肥料六大研究领域的论文数量不断增多,芝麻生育规律与栽培技术学科领域的论文数量则呈逐渐下降趋势。不同时期芝麻研究侧重的学科领域不同,1984—1993 年,相关研究论文主要集中在芝麻生育规律与栽培技术和芝麻营养与加工两大学科领域;1994—2003 年,随着国外公民保健意识的逐步增强,关于芝麻营养与加工领域的研究论文数量增加较快,同时,遗传与分子生物学和种质创新与新品种选育两大领域的论文数量增幅较大;2004—2013 年,种质资源、遗传与分子生物学和种质创新与新品种选育等三大学科领域的论文数量增加较快,重点研究内容集中在芝麻的核心种质资源、

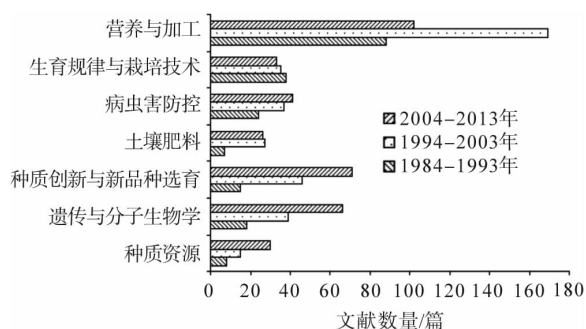


图 2 近 30 a 芝麻相关英文文献的年代变化

自国家芝麻产业技术体系建设启动以来,我国芝麻科研工作者紧跟大宗作物研究方向,追踪国际研究热点问题,积极与世界接轨,大力加强芝麻基础性研究工作,并取得了突出成绩,2009—2013 年,我国芝麻学者共计在国外科技期刊上发表英文版 SCI 收录论文 19 篇。其中,2009 年发表 1 篇,2011 年发表 3 篇,2012 年增加至 6 篇,2013 年增加到 9 篇。由此可见,近年来中国芝麻科技工作者对我国乃至世界芝麻产业的快速发展做出了积极贡献。

转录组与基因组、适于机械化收获的新品种选育等方面,而芝麻营养与加工领域论文数量降幅较大,其主要研究内容为芝麻素、芝麻蛋白等天然物质的提纯和功能验证以及开发芝麻素胶囊、芝麻蛋白粉等精深加工产品。

### 1.2 芝麻相关英文文献的学科分布

对 1984—2013 年的芝麻相关英文文献进行学科分类,将 935 篇文献分为 7 个学科领域(图 3),其中有关芝麻营养及加工类的研究论文最多(359 篇),占总研究论文数量的 38.4%,之后依次是有关芝麻种质创新与新品种选育(132 篇,14.1%)、遗传与分子生物学类(123 篇,13.2%)、芝麻生育规律与栽培技术类(106 篇,11.3%)、芝麻病虫害防控类(102 篇,10.9%)、土壤肥料(60 篇,6.4%)、种质资源(53 篇,5.7%)。

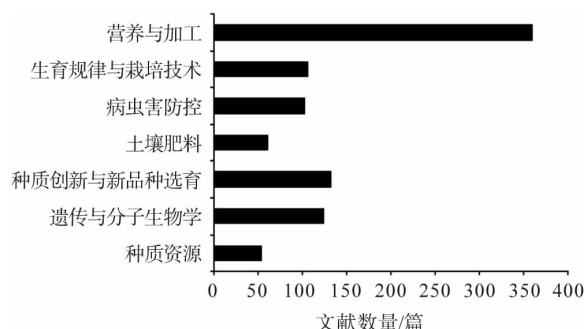


图 3 近 30 a 芝麻相关英文文献的学科分布

1.3 芝麻相关英文文献的期刊分布

近 30 a 的 935 篇英文芝麻文献公开发表在《Food Chemistry》、《Journal of Allergy and Clinical Immunology》等 160 种期刊上,其中研究性论文最多的前 15 种期刊见表 1,共发表相关研究论文 322 篇,占研究芝麻文献总数的 34.4%。芝麻相关英文文献研究内容主要集中在芝麻营养方面<sup>[1-2]</sup>,偏重于研究芝麻功能性物质提取纯化<sup>[3]</sup>、含量检测<sup>[4]</sup>、功能验证<sup>[5]</sup>及综合利用<sup>[6]</sup>等方面。2008 年以来,随着芝麻产业技术体系建设的不断深入,我国芝麻基础研究进展

较快,主要集中在芝麻种质资源、遗传图谱构建<sup>[7-8]</sup>、质量性状关联分析<sup>[9]</sup>、分子标记开发与应用<sup>[10]</sup>、基因组测序<sup>[11]</sup>、cDNA 文库构建<sup>[12]</sup>、突变体转录组分析<sup>[13]</sup>、基因表达及功能验证<sup>[14]</sup>、抗病耐渍机制研究<sup>[15]</sup>、芝麻素含量检测<sup>[16]</sup>等方面并取得了突出成绩,相关研究成果相继在 SCI 收录期刊上发表。2009—2013 年,我国芝麻科研工作者发表的 19 篇 SCI 论文中,影响因子高于 2.0 的有 13 篇,最高 10.28,研究内容主要集中在芝麻基因组、转录组、分子遗传图谱构建等方面,推动了芝麻分子生物学的快速发展。

表 1 近 30 a 发表芝麻相关英文文献数量居前 15 位的期刊

序号	期刊名称	影响因子(2013 年)	文献数量/篇	占总研究文献的比例/%
1	Food Chemistry	3.334	56	6.0
2	Journal of Allergy and Clinical Immunology	12.047	42	4.5
3	Toxicology	4.017	24	2.6
4	Pharmacology Biochemistry and Behavior	2.608	23	2.5
5	Reproductive Toxicology	3.141	22	2.4
6	Physiology & Behavior	3.160	20	2.2
7	Brain Research	2.879	19	2.0
8	Bioresource Technology	4.750	16	1.7
9	Journal of Food Engineering	2.276	16	1.7
10	Food and Chemical Toxicology	3.010	15	1.6
11	Hormones and Behavior	3.735	15	1.6
12	Phytochemistry	3.050	15	1.6
13	Food Research International	3.005	14	1.5
14	Plant Physiology and Biochemistry	2.775	13	1.4
15	Crop Protection	1.303	12	1.3

2 基于期刊文献的芝麻科研现状分析

2.1 芝麻科研发展概况

从芝麻相关英文文献来看,世界芝麻科研主要围绕种质资源、遗传育种、病害防控、耕作栽培、产品加工等五大学科领域,不同年代、不同国家研究的侧重点有所不同。20 世纪,世界芝麻研究进展较慢,印度、缅甸、苏丹、中国等主产国主要针对芝麻种质资源、品种改良、栽培技术进行了研究,旨在提高芝麻产量和品质,降低生产成本;而日本、韩国、美国、加拿大等主要消费国,对芝麻的研究偏重于芝麻营养、精深加工、天然功能性成分提取与利用等领域。进入 21 世纪,世界芝麻研究进展加快,芝麻主产国不仅拓宽了芝麻研究领域,而且研究日益加深。中国和印度作为世界上最主要的芝麻生产国,加大了对芝麻科研的投入力度,加强了基础研究,在芝麻分子生物学、品种遗传改良、栽培技术等方面取得了

较大进展;日本和韩国加大了芝麻天然功能性成分提取与纯化方面的研究,目前已研制出诸如芝麻素胶囊、芝麻蛋白粉等精深加工产品;美国、加拿大等发达国家在注重芝麻营养研究的同时,还加强了芝麻机械化生产相关技术的研究,选育出适于机械化收获的闭蒴型系列品种,完善了田间管理和收获机械,目前美国的芝麻生产已实现全程机械化。

2.2 芝麻种质资源研究

近 30 a 来,芝麻种质资源相关研究英文文献有 53 篇,内容主要包括资源收集与鉴定、特征特性描述、农艺性状鉴定、遗传多样性分析等方面的研究。目前,世界范围内收集的芝麻种质资源数量已有 2.1 万份,主要保存在印度、中国、韩国、美国、肯尼亚、委内瑞拉等国家,我国拥有种质资源 6 000 余份。20 世纪 80 年代以来,国内外学者从农艺性状、品质性状、抗病抗逆等方面对不同国家和地区的芝麻种质资源进行了鉴定与评价,筛选出一批优质、高

产、抗病、抗逆优异种质;借助表型性状对芝麻种质资源遗传多样性进行评价<sup>[17]</sup>;利用 RAPD、SRAP、SSR、ISSR、AFLP 等分子标记开展了不同地区种质资源的聚类分析和遗传多样性研究<sup>[18-19]</sup>,结果表明,芝麻栽培种遗传基础较为狭窄,资源的遗传多样性与地理来源之间相关性不显著,这些结论为有目的地开展新品种选育提供了理论依据和重要信息。20 世纪 90 年代末,世界范围内构建了不同地区的芝麻核心种质库,主要包括含有 343 份核心种质的印度芝麻核心种质库<sup>[17]</sup>、含有 453 份核心种质的中国芝麻核心资源库<sup>[20]</sup>、含有 475 份芝麻资源的韩国核心种质库<sup>[21]</sup>、含有 172 份核心种质的以色列芝麻核心种质库<sup>[22]</sup>以及含有 103 份芝麻材料的地中海地区核心种质<sup>[23]</sup>。

### 2.3 芝麻遗传与分子生物学研究

遗传研究是品种改良的理论基础,相对于大宗作物而言,芝麻的遗传与分子生物学研究较为薄弱。1984 年以来,相关研究的英文文献有 123 篇,主要包括对芝麻株高、株蒴数、蒴果长、蒴粒数、千粒重等性状遗传规律的研究,认为芝麻单株蒴数、蒴粒数和千粒重是最重要的产量构成因素,其中单株蒴数对芝麻产量影响最大,二者之间呈极显著正相关,其次是千粒重。近年来,国内外利用六世代群体研究发现,芝麻生育期、株高、分枝数、株蒴数、蒴粒数、千粒重、单株产量、含油量、粒色等数量性状具有加性-显性-上位性主基因和微效多基因共同控制的复杂遗传特点;芝麻种子休眠性状由包括 1 个显性主效基因在内的多基因控制。在抗病耐渍性状遗传研究方面,认为芝麻对枯萎病的抗病性受 1~2 对显性或隐性基因控制而且存在多基因互作效应<sup>[24]</sup>;茎点枯病抗性受显性多基因控制,且抗源具有多样性<sup>[25]</sup>;耐渍性与茎秆茸毛量、种皮色、根系活力等有一定关系,受多基因控制<sup>[26]</sup>;耐渍性强的品种往往根系发达,生活力旺盛<sup>[27]</sup>。2003 年韩国学者首次公布了芝麻 EST 序列,近年来国内外芝麻转录组研究进展迅速,开发了大量的 SSR、SNP、In/Del 等芝麻特异性分子标记。2009 年我国学者基于 SSR、SRAP、RSAMPL 等分子标记建立了世界首张芝麻遗传图谱,对重要产量、品质、抗病抗逆等性状进行了 QTL 定位;同时通过关联分析也检测到一些与株型、果轴长、含油量、蛋白质含量、抗枯萎病等紧密相关的 SSR 标记<sup>[28]</sup>。这些研究结果为进一步开展芝麻分子标记辅助选择育种奠定了基础。

### 2.4 芝麻种质创新与新品种选育

芝麻品种改良一直是芝麻科研的重要方向,也是推动芝麻生产快速发展的关键因素。20 世纪 80 年代以来,相关研究的英文文献有 132 篇,主要涉及种质创新、育种方法、新品种选育等方面的研究。中国、印度、美国、韩国等国家通过<sup>60</sup>Co 辐射、EMS 处理等理化诱变开展了芝麻新种质创制,获得了早熟、闭蒴、多毛、多蒴、雄性不育、有限开花习性、抗旱等优异芝麻新种质,并在此基础上选育出一批优质高产、抗病抗逆芝麻新品种。我国学者利用同源四倍体栽培种与野生种杂交,结合早期胚培养建立了芝麻远缘杂交技术体系,通过连续 6 代回交转育,获得大量远缘杂交后代,成功地将野生种优良性状基因导入栽培种,其中抗病耐渍、雄性不育材料在育种中具有较大应用价值。国内外学者以茎尖为外植体建立了芝麻植株再生技术体系,以子叶为外植体建立了子叶不定芽诱导技术体系,探索出高频率诱导下胚轴愈伤组织植株再生的条件,利用农杆菌介导的方法对芝麻野生种和栽培种进行了遗传转化研究,成功获得了芝麻转基因植株<sup>[29-32]</sup>。目前,印度、缅甸芝麻主产国的品种均以分枝、单花四棱类型为主,平均单产分别为 335.2 kg/hm<sup>2</sup>、394.9 kg/hm<sup>2</sup>;中国主要是单杆、三花四棱类型,平均单产 1 224.5 kg/hm<sup>2</sup> (FAO, 2012)。中国和印度在芝麻杂种优势利用方面走在前列,利用芝麻核不育系选育出优质高产杂交种;美国 SESACO 公司育成了适于机械化收获的闭蒴型芝麻系列品种,已大面积应用于生产。中国的芝麻育种工作一直走在世界前列,目前共选育出芝麻新品种 131 个,其中通过系统选育 36 个、杂交育种 76 个、辐射育种 10 个、杂交种 9 个。

### 2.5 芝麻土壤肥料研究

芝麻肥水高效利用理论研究是制定高产稳产栽培措施的基础。近 30 a 来相关研究的英文文献有 60 篇,内容主要集中在芝麻需肥需水规律、施肥技术以及芝麻对营养元素的吸收利用、营养生理等方面。印度、苏丹、埃及、尼日利亚等国家开展了肥水互作、氮磷钾互作效应及增产机制的研究,在此基础上确定了不同地区的最佳施肥量,同时发现,有机肥、生物菌肥、微量元素肥料等可以有效降低芝麻病害的发生,显著提高芝麻蛋白质和脂肪含量<sup>[33-34]</sup>。但是,与其他大宗作物相比,有关芝麻土壤肥料的研究仍显薄弱,在芝麻对营养元素的吸收、转运及利用机制方面研究较少。

## 2.6 芝麻病虫害防控研究

芝麻病害是影响产量和品质的重要因素,病害的发生与防控效果关系到芝麻的稳产性。国内外学者一直高度重视芝麻病虫害的防控研究。近30 a来相关研究的英文文献有102篇,内容主要集中在病原菌分离与鉴定、致病机制、病虫害防控等方面。印度、苏丹、缅甸等国家开展了化学、生物及农业综合防治技术研究,制定了病虫害防治技术。尼日利亚学者发现,使用有机肥能提高芝麻产量,有效防控芝麻病害发生,牛粪、羊粪和家禽粪肥3种有机肥中以施用 $2.5\text{ t/hm}^2$ 家禽粪肥效果最佳<sup>[33]</sup>。以色列和埃及学者研究发现,用多种杀菌剂混施或特定的有机酸和矿物盐浸种可有效防治由菜豆壳孢菌引起的芝麻病害<sup>[35-36]</sup>。我国在芝麻主产区建立了芝麻病虫害发生系统观察网络,明确了芝麻枯萎病、茎点枯病等主要病害的发生规律;建立了芝麻枯萎病、茎点枯病病原菌分离与致病性鉴定技术体系和渍害鉴定技术体系,明确了芝麻不同主产区主要病、虫、草、渍害综合防控关键技术。

## 2.7 芝麻生育规律与栽培技术研究

关于芝麻生育规律、产量构成、栽培生理等产量形成重要因素的研究一直是栽培领域研究的热点。近30 a来,相关研究的英文文献有106篇,内容主要涉及芝麻生长发育及其影响因素、耕作方式、播期及田间管理技术、生物及非生物胁迫等方面的研究。日本学者研究认为,日照时数、气温和土壤温度等环境因子对芝麻生长发育及籽粒营养成分含量有不同程度的影响,短日照处理可使芝麻提早开花,降低始蒴高度;叶片质量和芝麻素含量随光周期的延长而增加。印度、苏丹、孟加拉国、土耳其、尼日利亚等国家对芝麻播期与密度、化学除草、配方施肥、叶面施肥、病虫草害防控、间作套种等技术进行了研究,形成了实用的栽培技术,提高了芝麻种植水平。伊朗学者研究认为,盐碱逆境胁迫能降低芝麻发芽率及幼苗生长速度,提高脯氨酸含量,降低叶片气孔导度,提高叶温<sup>[37]</sup>。但有关芝麻高产机制、机械化种植技术的研究较少。

## 2.8 芝麻营养与加工技术研究

芝麻营养和加工研究是延长芝麻产业链、增加产品附加值、提升产品国际竞争力的基础。1984年以来,国外学者共发表相关研究的英文论文359篇,内容主要集中在芝麻营养成分及功能验证,水洗脱皮,芝麻香油、冷榨芝麻油、芝麻素提取等加工技术及工艺方面。欧洲和美国在芝麻加

工研究方面,重点开展以保持芝麻中天然脂溶性营养成分不被破坏为核心的技术体系研究,主要生产冷榨油、多功能营养保健油脂,并将芝麻饼粕添加于焙烤食品中,以满足调制食品风味的需要;在生产工艺中,特别强调芝麻精选和脱皮技术,以提高油脂和蛋白质产品的质量。中国、日本、韩国在芝麻加工研究方面,重点开展以高温加热生产具有特殊香味芝麻油为核心的技术体系研究,主要生产不同香型的芝麻香油,芝麻酱、芝麻粉等佐餐食品原料;在生产工艺中,特别强调香味的控制,以提高油脂和蛋白质的口感。英国、印度、土耳其等国家学者开展了各类蛋白酶对不同芝麻蛋白的水解作用研究。中国、日本、南韩拥有芝麻素生产技术,日本已大量生产芝麻素,用作保健品和化妆品的原料。

## 3 我国芝麻产业技术研发趋势

从近30 a芝麻相关英文文献论述结果分析,与其他大宗作物相比,芝麻科研工作较为滞后、深度不够。综合芝麻各研究领域文献信息,针对目前芝麻产前、产中、产后技术研究现状,对未来我国芝麻产业技术研发趋势进行了讨论与思考。

### 3.1 芝麻种质资源与遗传学研究

我国芝麻种质资源收集与评价起步较早,但拥有的国外资源较少,评价技术体系不够完善,优异资源利用率低。今后需要加强国外及我国边缘地区芝麻种质资源收集,不断完善我国芝麻种质资源库,加强芝麻优良种质筛选和优异基因挖掘。同时,加快芝麻基因组和功能基因组研究步伐,促进芝麻重要性状的遗传规律及分子机制研究;深入开展株高、果节长度、开花结蒴习性、蒴果及籽粒大小、产量及产量构成因素、含油量及脂肪酸组分、蛋白质含量、芝麻素含量以及抗病抗逆等重要性状遗传规律研究,为芝麻分子育种提供坚实的理论 and 材料基础。

### 3.2 芝麻种质创新与新品种选育

近年来,国内外学者虽然利用理化诱变、远缘杂交、转基因等方法创造出一大批具有优异特性的芝麻新种质,但能够用于解决芝麻抗病耐渍性差、杂交制种难、现有品种不能适应机械收获等关键生产问题的资源十分缺乏。根据目前我国生产中对芝麻品种的需求,今后应加强早熟、耐密植、抗病耐渍、有限生长习性、闭蒴、抗倒、雄性不育等种质的创制,为新一轮的品种选育奠定材料基础。

目前,我国芝麻单产处于国际领先地位,近 5 a 平均已达  $1\,334.5\text{ kg/hm}^2$ ,远远高于世界平均水平。但是,在生产中仍需要加强高产稳产、适于高密度种植、机械化收获的新品种选育,加强杂交制种技术的改进与应用。在育种方法上,应根据芝麻生育特点和育种技术的新进展,将常规杂交、回交育种与分子设计育种技术相结合,建立切实可用的芝麻分子标记辅助选择育种平台;实施优异基因资源的合理组配,将产量、品质、抗病抗逆等多个目标性状优良基因聚合于一体,选育出高产稳产芝麻新品种。

### 3.3 芝麻病害防控技术研究

我国芝麻生产主要集中在黄淮、江淮、华南一年两熟制地区,生育期间常受渍害和病害等胁迫,渍害发生往往引起病害加重,导致产量大幅度下降。我国芝麻病害主要包括枯萎病、茎点枯病、青枯病及叶部病害等类型。一般年份病害发病率为  $10\% \sim 15\%$ ,严重时可能造成绝收;重茬种植时常发病较重,严重影响着我国芝麻生产的可持续快速发展。目前,由于国内外对芝麻主要病害、渍害发生规律和芝麻抗病耐渍机制研究较少,缺乏成熟的渍涝害、病害防控技术。因此,应集中力量从理论上重点开展芝麻病渍害发生规律及抗病耐渍机制、防控技术研究,并将关键技术组装配套建立综合防控技术体系,为实现芝麻高产稳产奠定基础。

### 3.4 芝麻栽培生理与种植技术研究

20 世纪 60 年代以来,我国虽然对芝麻生长发育、干物质积累规律进行过系统观察,生产上也积累了一些高产栽培技术,但对芝麻高产机制、平衡施肥、病虫害渍害防控、机械化种植仍缺乏深入研究,在机械化种植、合理密植等方面仍缺乏成熟、规范的技术。特别是在近年来农村外出务工人员增加、劳动力减少的情况下,生产上缺乏芝麻轻简化高产高效种植技术,直接导致芝麻种植面积下滑,严重影响我国芝麻生产在世界上的地位。因此,今后应加强芝麻高产机制和生长发育模型等基础性研究,在此基础上深入开展抗旱育种、抗病耐渍、机械化种植、间作套种等技术研究,建立规范化高产稳产高效生产技术体系,降低生产成本、提高种植效益。

### 3.5 芝麻营养与加工技术研究

我国对芝麻营养及功能物质的研究相对滞后,产品加工主要集中在传统香油、芝麻酱、脱皮芝麻等初级产品加工方面,在精深加工方面,芝麻素、芝麻蛋白等天然成分提取技术与国外相比差距较大,而且至今尚无规模化企业投产。随着国内外市场对芝

麻产品质量和功能性要求的提高,今后需要规范芝麻香油生产技术,统一产品质量标准;深入开展冷榨芝麻油、芝麻蛋白、芝麻素等产品精深加工技术研究,建立芝麻香油、冷榨芝麻油、芝麻蛋白、芝麻素生产技术体系及工艺,提高我国芝麻加工水平和产品在国际市场上的竞争力。

#### 参考文献:

- [1] Emmanuel-Ikpeme C, Eneji C, Igile G. Nutritional and organoleptic properties of wheat (*Triticum aestivum*) and beniseed (*Sesame indicum*) composite flour baked foods[J]. Journal of Food Research, 2012, 1(3): 84-91.
- [2] Akbulut M, Saricoban C, Ozcan M M. Determination of rheological behavior, emulsion stability, color, and sensory of sesame pastes (Tahin) blended with pine honey [J]. Food and Bioprocess Technology, 2012, 5(5): 1832-1839.
- [3] Wang C, Li B, Ao J. Separation and identification of zinc-chelating peptides from sesame protein hydrolysate using IMAC- $\text{Zn}^{2+}$  and LC-MS/MS[J]. Food Chemistry, 2012, 134(2): 1231-1238.
- [4] Lee E, Choe E. Changes in oxidation-derived off-flavor compounds of roasted sesame oil during accelerated storage in the dark[J]. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 2012, 1(1): 89-93.
- [5] Farhoosh R, Tavassoli-Kafrani M H, Sharif A. Assaying antioxidant characteristics of sesame seed, rice bran, and bene hull oils and their unsaponifiable matters by using DPPH radical-scavenging model system[J]. Journal of Agricultural Science and Technology, 2013, 15(2): 241-251.
- [6] Achouri A, Boye J I. Thermal processing, salt and high pressure treatment effects on molecular structure and antigenicity of sesame protein isolate[J]. Food Research International, 2013, 53(1): 240-251.
- [7] Wang L H, Zhang Y X, Li P W, et al. HPLC analysis of seed sesamin and sesamol variation in a sesame germplasm collection in China[J]. Journal of the American Oil Chemists' Society, 2012, 89: 1011-1020.
- [8] Zhang Y X, Wang L H, Li D H, et al. Construction of a high-density genetic map for sesame based on large scale marker development by specific length amplified fragment (SLAF) sequencing[J]. BMC Plant Biology, 2013, 13(1): 141.
- [9] Wei W L, Zhang Y X, Lü H X, et al. Association analysis for quality traits in a diverse panel of Chinese sesame (*Sesamum indicum* L.) germplasm[J]. Journal of Integrative Plant Biology, 2013, 55(8): 745-758.
- [10] Wang L H, Zhang Y X, Qi X Q, et al. Development and

- characterization of 59 polymorphic cDNA-SSR markers for the edible oil crop *Sesamum indicum* (Pedaliaceae) [J]. American Journal of Botany, 2012, 99(10): 394-398.
- [11] Zhang H Y, Miao H M, Wang L, et al. Genome sequencing of the important oilseed crop *Sesamum indicum* L. [J]. Genome Biology, 2013, 14(1): 401.
- [12] Ke T, Dong C H, Mao H, et al. Analysis of expression sequence tags from a full-length-enriched cDNA library of developing sesame seeds (*Sesamum indicum*) [J]. BMC Plant Biology, 2011, 11(1): 180.
- [13] Wu K, Liu H Y, Zuo Y, et al. Histological and transcriptional characterization of a novel recessive genic male sterility mutant in sesame (*Sesamum indicum* L.) [J]. Acta Physiologiae Plantarum, 2014, 36(2): 421-431.
- [14] Wang L H, Zhang Y X, Qi X Q, et al. Global gene expression responses to waterlogging in roots of sesame (*Sesamum indicum* L.) [J]. Acta Physiologiae Plantarum, 2012, 34(6): 2241-2249.
- [15] Wei W, Qi X Q, Wang L H, et al. Characterization of the sesame (*Sesamum indicum* L.) global transcriptome using illumina paired-end sequencing and development of EST-SSR markers [J]. BMC Genomics, 2011, 12(1): 451.
- [16] Wang L H, Zhang Y X, Li P W, et al. Variation of sesamin and sesamol contents in sesame cultivars from China [J]. Pakistan Journal of Botany, 2013, 45(1): 177-182.
- [17] Cho Y I, Park J H, Lee C W, et al. Evaluation of the genetic diversity and population structure of sesame (*Sesamum indicum* L.) using microsatellite markers [J]. Genes & Genomics, 2011, 33(2): 187-195.
- [18] Kim D H, Zur G, Danin-Poleg Y, et al. Genetic relationships of sesame germplasm collection as revealed by inter-simple sequence repeats [J]. Plant Breeding, 2002, 121(3): 259-262.
- [19] Bisht I S, Mahajan R K, Loknathan T R, et al. Diversity in Indian sesame collection and stratification of germplasm accessions in different diversity groups [J]. Genetic Resources and Crop Evolution, 1998, 45(4): 325-335.
- [20] Zhang X R, Zhao Y Z, Cheng Y, et al. Establishment of sesame germplasm core collection in China [J]. Genetic Resources and Crop Evolution, 2000, 47(3): 273-279.
- [21] Kang C W, Kim S Y, Lee S W, et al. Selection of a core collection of Korean sesame germplasm by a stepwise clustering method [J]. Breeding Science, 2006, 56(1): 85-91.
- [22] Mahajan R K, Bisht I S, Dhillon B S. Establishment of a core collection of world sesame (*Sesamum indicum* L.) germplasm accessions [J]. SABRAO Journal of Breeding and Genetics, 2007, 39(1): 53-64.
- [23] Yol E, Uzun B. Inheritance of number of capsules per leaf axil and hairiness on stem, leaf and capsule of sesame (*Sesamum indicum* L.) [J]. Australian Journal of Crop Science, 2011, 5(1): 78-81.
- [24] 王文泉, 柳家荣. 芝麻对枯萎病抗性遗传的初步研究 [J]. 河南农业大学学报, 1993, 27(1): 84-89.
- [25] 李贵生, 张应转. 芝麻茎点枯病抗病性早代遗传研究初报 [J]. 中国油料, 1984(1): 12-17.
- [26] 柳家荣, 屠礼传, 徐如强, 等. 芝麻的耐涝性与基因型及根系活力的关系 [J]. 华北农学报, 1993, 8(3): 82-86.
- [27] 王文泉, 郑永战, 梅鸿献, 等. 芝麻对涝害的反应及适应性变异 II. 模拟涝害胁迫下芝麻基因型间的光合生理变化及其对生长调节剂的反应 [J]. 中国油料作物学报, 2000, 22(2): 48-52.
- [28] Wei L B, Zhang H Y, Zheng Y Z, et al. A genetic linkage map construction for sesame (*Sesamum indicum* L.) [J]. Genes & Genomics, 2009, 31(2): 199-208.
- [29] Chattopadhyaya B, Banerjee J, Basu A, et al. Shoot induction and regeneration using internodal transverse thin cell layer culture in *Sesamum indicum* L. [J]. Plant Biotechnology Reports, 2010, 4(2): 173-178.
- [30] 苗红梅, 琚铭, 魏利斌, 等. 芝麻愈伤组织诱导与植株再生体系的建立 [J]. 植物学报, 2012, 47(2): 162-170.
- [31] 魏利斌, 马琴, 琚铭, 等. 芝麻子叶基因转化受体系统的建立 [J]. 分子植物育种, 2011, 6(5): 1025-1030.
- [32] Yadav M, Chaudhary D, Sainger M, et al. Agrobacterium tumefaciens-mediated genetic transformation of sesame (*Sesamum indicum* L.) [J]. Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC), 2010, 103(3): 377-386.
- [33] Haruna I M, Abimiku M S. Yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) as influenced by organic fertilizers in the southern Guinea Savanna of Nigeria [J]. Sustainable Agriculture Research, 2012, 1(1): 66-69.
- [34] Omar M R, Gomaa E Z, Aly A A, et al. Differential antagonism of *Bacillus* spp. against isolates of *Macrophomina phaseolina* [J]. Romanian Biotechnological Letters, 2013, 18(5): 8703-8714.
- [35] Cohen R, Omari N, Porat A, et al. Management of *Macrophomina* wilt in melons using grafting or fungicide soil application; Pathological, horticultural and economical aspects [J]. Crop Protection, 2012, 35: 58-63.
- [36] Aal A E A, Abd-El-Kader D A, Khedr, M A, et al. Induction of resistance in sesame plants against charcoal rot disease by some chemical inducers [J]. Zagazig Journal of Agricultural Research, 2012, 39(2): 189-202.
- [37] Bahrami H, Razmjoo J. Effect of salinity stress (NaCl) on germination and early seedling growth of ten sesame cultivars (*Sesamum indicum* L.) [J]. Journal of Organic Systems, 2012, 7(1): 14-19.