

## 解析农业科技前沿，聚焦乡村农业振兴

师丽娟，周彤

(中国农业大学情报研究中心)

**摘要：**本文以三份权威报告所披露数据为基础，聚焦农业科学领域研究动态，解析前沿拟解决农业之核心问题。分析表明，当前农业领域前沿聚焦于作物育种共性关键技术的突破，根际生物学特性及其生长环境潜力的挖掘，现代农业所需物质条件装备的创新，生物技术前沿在动物领域的应用，农业多功能性的开发，建设和重现农业绿色本色六个方面。前沿紧密围绕现代农业发展，聚焦发展优质高产农业、保障农产品安全供给，推进绿色生态农业三大核心主题，实现相关领域的突破与创新。

**关键词：**农业领域；热点；前沿

伴随着学科间交叉会聚步伐的加快，科技创新成果层出不穷。基于海量数据和持续跟踪手段来揭示世界科技前沿动态，能够较为客观地反映相关学科的发展趋势。2018年，由中国农业科学院科技管理局、中科院科技战略咨询研究院和中国工程院战略咨询中心主导，分别从不同维度发布了农业领域的全球研究前沿报告。本文以上述三份权威报告披露的数据为基础，聚焦农业科学领域研究动态，解析前沿拟解决农业核心问题之所在，为相关人员了解国内外农业科学的前沿技术及发展趋势提供决策咨询，也为研究与开发人员提供综合的参考信息。

### 1 报告选用的数据源与研究方法

由中国农业科学院科技管理局、中国农业科学院农业信息研究所和科睿唯安（原汤森路透旗下知识产权与科技事业部）联合编著的《2017全球农业研究前沿》于2018年9月正式发布。《2017全球农业研究前沿》以科睿唯安基本科学指标数据库（Essential Science Indicators™，简称ESI）中农业、植物学和动物学两个大领域共1047个研究前沿为起点，从中遴选出该领域较为活跃或发展迅速的301个研究前沿，并以此作为农业研究前沿遴选的数据基础，再经过文献计量分析和领域专家的专业判断，最终遴选出14个农业研究前沿（见表1）。

10月，中科院科技战略咨询研究院、中科院文献情报中心与科睿唯安联合推出了《2018研究前沿》分析报告。报告基于ESI数据库中的10143个研究前沿，以文献计量学中的共被引分析方法为基础，遴选出2018年十大学科领域排名最前的100个热点前沿和38个新兴前沿。其中，农业、植物学和动物学领域居于前10的热点前沿（见表1）。

12月，中国工程院战略咨询中心、高等教育出版社及科睿唯安联合发布《全球工程前沿2018》报告。报告中工程研究前沿的基础素材主要包括两条途径：一是基于Web of Science核心合集的SCI期刊论文和会议论文数据，通过共被引聚类方法获得文献聚类主题；二是专家提名备选工程研究前沿。经上述定量与定性两种途径获得的前沿经过专家论证、提炼得到482个备选工程研究前沿，再经过问卷调查和多轮专家研讨，遴选得出每个领域10个左右工程研究前沿。工程开发前沿的基础素材也取自两条途径，一是科睿唯安基于Derwent Innovation专利检索平台，对9个领域53个学科组中被引频次

位于各学科组前5000的高影响力专利家族进行文本聚类，获得53张专利地图，领域专家从专利地图中解读出备选工程开发前沿；二是专家提名备选工程开发前沿。两种方式获得的415个备选开发前沿通过多轮专家研讨、问卷调查，获得每个领域10个左右工程开发前沿（见表2）。

三份报告中研究前沿的遴选、分析和解读，都是在宏观战略层面将定量分析与定性研究有机结合，文献数据分析专家与领域技术专家深度交互的基础上完成，尽管前沿识别结果存在一定差异，但遴选结果的不同并不影响对整个学科发展趋势的研判。

表1 全球农业、植物学和动物学研究前沿

所属领域	热点前沿（中科院）	所属领域	研究前沿（农科院）
农业生物工程	CRISPR/Cas9 基因编辑技术在作物基因组编辑中的应用	农业生物工程	植物基因组编辑技术研究及其在作物育种中的应用
	作物产量相关性状的遗传网络分析		全基因组选择技术在作物育种中的应用
	植物中药用化合物生物合成的基因调控	作物学	全球作物模型改进及其与经济模型耦合
植物保护	斑翅果蝇的入侵生物学和防治策略	遗传育种学	十字花科作物功能基因组学与分子设计育种
植物生理	叶绿素荧光遥感在植物初级生产力模拟中的应用		碳3植物的碳4合成途径及高光效育种
食品营养与安全	食品和动物饲料中霉菌毒素污染及其毒性研究	作物学	作物根系研究技术及根系构型的优化设计
	纳米乳液研发及其在食品工业中的应用	生态学	植物与丛枝菌根真菌的共生机制与功能研究
生态学	根际微生物群落及其与植物间的互作		蜜蜂健康与农业生态安全
林业工程	林木树种混交对林分质量和生产力的影响	水产	基于生态系统水平的渔业资源评估与管理
水产	饲料添加剂对鱼类免疫力的增强作用		海洋酸化和暖化对海洋动物行为的影响
		农业工程	高光谱成像与传感器技术在农产品质量安全检测中的应用
			生物柴油的制备及其在农用动力机械中的应用
			生物炼制过程中木质纤维素生物质资源的降解转化研究
		植物保护	致瘿昆虫对寄主植物的调控机制

表2 全球工程研究前沿与开发前沿

学科	工程研究前沿（工程院）	学科	工程开发前沿（工程院）
农业生物工程	CRISPR/Cas9 农业生物基因编辑	作物学	作物转基因技术
作物育种	主要农作物分子设计育种		作物自交系与杂交新品种选育
作物学	作物营养供给与农业可持续发展	农业工程	农业设施中太阳能的高效利用
农业工程	智能农机装备		智能农机具的开发利用
林业工程	森林结构对森林碳循环的影响		农业废弃物与生物质能源转化
农业资源环境	全球气候变化与作物生产	林业工程	林业信息数据库构建与生态系统建设
	土壤重金属污染及对农作物的胁迫	动物医学	动物干细胞利用技术
	植物对生物与非生物胁迫反应机理		动物模型及动物基因组编辑
生态学	土壤菌群多样性与生物固氮	植物保护	高效低毒作物病害防治化合物研制
	植物多样性与全球生物安全		抗病基因的导入与抗病新品种利用

## 2 农业领域热点前沿解析

### 2.1 作物育种共性关键技术的突破

全球粮食安全形势不容乐观，高产始终是农业生产不懈追求的目标。在近代育种历史上，矮化育种和杂交育种曾使作物单产水平产生两次大的飞跃。近年来，分子生物学、基因组学、系统生物学、合成生物学等学科的发展和生物技术的不断进步，多学科联合推动了农业生物技术作物育种领域的革新。

一是分子设计育种技术（作物产量相关性状的遗传网络分析）。近年来，作物基因组测序的完成、基于PCR技术的分子标记的应用、各类突变体库和数据库的建立、第二代测序技术的发展等促使作物产量性状形成的分子机制及其遗传调控网络正成为新的研究前沿。分析表明，当前研究主要集中在如何控制水稻籽粒大小、宽度、形状、重量或株型等产量相关性状的基因及其遗传网络方面。

针对我国粮食安全的重大需求和生命科学的前沿领域，国家自然科学基金委员会2017年将“主要农作物产量性状的遗传网络解析”列为重大研究计划，要求以玉米、水稻为主要研究对象，综合应用生物学、农学及信息学等多学科交叉的手段，集中深入地探讨株型发育和籽粒形成这两个密切相关并影响作物产量性状的重要生物学过程的遗传及生理生化调控机理，进一步通过分析籽粒形成和株型发育过程中不同阶段生物学过程之间的互作关系，阐明影响作物产量性状的遗传调控网络，解析玉米、水稻株型发育（分蘖、株高、茎叶夹角、穗型等）和籽粒形成（花/穗建成、籽粒发育等）这两个影响作物产量性状且密切相关的重要生物学过程的分子遗传及生理生化调控网络，完善玉米、水稻产量性状分子设计育种理论，为我国主要农作物高产品种培育提供理论与技术支撑。

二是全基因组选择育种技术（全基因组选择技术在作物育种中的应用）。全基因组选择技术主要利用覆盖全基因组的高密度分子标记进行育种值预测，从而为选择优异的育种材料提供参考。该技术基于预测模型能够快速计算育种值，兼顾主效基因和微效基因效应，显著提高单位时间内的育种遗传增益，近年来逐渐受到了作物育种家的青睐，目前已在多个主要农作物的常规种、杂交种培育中得到应用，涉及抗病、产量及品质等重要性状。

全基因组选择在作物育种研究上已经取得系列重要研究进展，包括建立各类测试和育种群体，研发系列预测模型，研究基因型与环境互作，解析基因效应与遗传力，阐明标记密度与连锁不平衡等多个方面，切实提高了全基因组选择育种研究的预测效率和准确度。但是，当前全基因组选择育种研究仍然存在一些亟待解决的重要问题，比如复杂数量性状预测困难、基因型与多环境间相互影响、表型鉴定精确度不够及成本过高等实际问题。另外，过多注重全基因组选择育种容易导致丢失农作物的遗传多样性的问题也应得到育种家关注。总之，上述问题将是下一步作物全基因组选择育种研究的重点方向，而针对更多农作物开展全基因组选择育种研究，改良具体生物性状将是未来几年的重要发展方向。

三是基因组编辑育种技术（CRISPR/Cas9基因编辑技术在作物基因组编辑中的应用）。基因组编辑技术可以实现对作物基因组的定点突变或编辑，并且最终植物中不含有外源DNA存在。它解决了常规育种需要进行多代杂交、所需时间长的问题，加快了育种进程；同时，由于人为增加突变效率、改变作物自然的进化过程，也增加了基因组编辑植物的环境安全和食用安全风险。可以说，基因组编辑技术是继转基因技术之后在生物遗传操作领域的又一颠覆性技术，近几年更是发展迅猛。基因编辑

技术已经发展更新了四代，分别是：ZFNs 编辑技术、TALENs编辑技术、MGN编辑技术和CRISPR/Cas9系统。CRISPR/Cas9系统相对于其他几类基因编辑工具而言，操作更加简便，敲除效率更高，基因的编辑更加精准，容易实现多基因编辑，可大大降低脱靶机率等优势，现已成为应用最广泛的基因组编辑技术，在作物遗传改良和品种培育上具有重大应用潜力。目前，CRISPR/Cas9技术已成功应用于多种作物如水稻、玉米、小麦、大豆、番茄、柑桔和蘑菇的重要农艺性状遗传改良。

**四是转基因育种技术（作物转基因技术）。**转基因技术除了转入新的外源基因外，还可以通过对生物体基因的加工、敲除、屏蔽等方法改变生物体的遗传特性，获得人们希望得到的性状。

转基因作物1996年始开始在全球商业化应用，至2015年已有26种转基因作物（不包括康乃馨、玫瑰和矮牵牛）的363个转化体获准商业化种植或环境释放。转基因第一代产品以抗病虫、耐除草剂、抗逆转基因作物为主，旨在提高作物抵抗生物胁迫或非生物胁迫的能力，进而提高作物产量；第二代以品质改良为主，包括提高作物的维生素、赖氨酸、油酸等营养成分含量，剔除过敏原及植酸、胰蛋白酶抑制因子、硫葡萄糖苷等抗营养因子，使转基因食品营养更丰富、更可口；第三代以功能型高附加值的转基因生物为主，如生物反应器、生物制药、生物燃料、化工原料、清除污染等特殊功能的改良为主，旨在拓展新型转基因生物在健康、医药、化工、环境、能源等领域的应用。未来转基因研发将以抗虫、抗逆和耐除草剂等增产为目的的品种改良逐渐发展为以增产和改善产品品质并重的品种改良，以及以工业、医药和生物反应器等为目的的品种改良。

**五是高光效育种技术（C3植物的C4合成途径及高光效育种）。**作物C4高光效育种技术（或称超级光合作用育种技术，或C3作物C4合成途径及高光效育种技术），专指在C3植物中实现类似玉米那样的C4光合作用（合成途径及解剖学结构），被列为科技部印发的《“十三五”农业农村科技创新专项规划》“农业重大科学与前沿技术”和农业部印发的《“十三五”农业科技发展规划》“前沿和颠覆性技术”。

虽然将类似C4的途径导入C3作物的叶肉细胞中能否改善C3作物的光和作用依然是一个有争议的课题，随着研究的不断深入及在水生生物单细胞中C4途径的发现，使得C3作物在胁迫条件（如干旱）下其类似C4的途径能够改善C3作物的光合作用成为一种可能；而且，C3作物中（如大豆）存在着有限的C4循环途径也表明，通过基因工程技术提高C3作物中C4途径酶的表达能力，是植物高光效育种的一个新的突破点。

## 2.2 根际生物学特性及其生长环境潜力的挖掘

充分发挥作物的生物学特性及其生长环境潜力挖掘，提高养分和水分利用效率，是解决粮食安全问题、保护生态环境的重要途径。

**一是作物根系研究技术及根系构型的优化设计。**近年来国际上已开发了精确模拟植物根系与地上部构型及功能的三维模型，并应用此类模型对根系进行评估与设计，对优选低成本构建根系、高效利用土壤水分。

当前研究主要集中在用于室内和大田的高通量根系表型技术，三维根系功能结构模型，以及作物抗逆与高效利用土壤水分和养分的根系表型筛选。由于目前开发的高通量根系表型技术主要在室内应用，所获得的根系表型与大田条件下的表型有较大差异，因而开发可客观反映大田条件下根系表型的高通量技术将未来该前沿的研究热点。采用高通量根系表型研究技术、高精度的根系模型使得计算量极大增加，这可随高性能计算等技术的发展而解决。由此筛选出根系表型指标并基于模型优化设计低

成本构建与维持、高效获取土壤水肥资源的根系构型，与基因组的研究成果结合，可选育能适应未来气候变化的高产作物新品种。

**二是根际微生物群落及其与植物间的互作。**根际微生物号称植物的第二基因组，与植物的生长和健康密切相关。根际微生物生态过程受植物生理过程影响的同时，其对植物生长也产生了不同程度的影响，根际微生物既可以通过养分竞争、拮抗作用和诱导系统抗性等机制抑制土壤病原菌促进植物生长，也可以通过病原菌的积累导致植株大量死亡，这使得根际微生物与植物间的相互作用成为研究热点之一。

近年来，很多研究揭示了根际微生物中的典型功能类群，如共生根瘤菌、菌根真菌以及致病菌作用植物生长、健康的机制，包括植物根际微生物群落的界定、结构、变异、组装机理、多样性、遗传力及功能等，植物种类涉及拟南芥、水稻、大豆、玉米、大麦、葡萄、毛白杨、龙舌兰等。但根际微生物群落水平如何影响植物生长发育过程鲜有报道，其主要难点在于根际微生物组成复杂、多样，且与植物生长和健康密切相关，往往不是单个微生物种群，这将是本领域今后需要重点突破的方向。

**三是土壤菌群多样性与生物固氮研究。**根际是微生物活跃的关键地带，固氮微生物群落的竞争与协同作用共同促进了根际环境的稳定及养分循环过程。当前生物固氮基础理论研究主要围绕着诱发非豆科作物结瘤的最佳条件和提高共生固氮效能，包括诱导根瘤菌侵入主要农作物共生结瘤的有效方法及根瘤菌导入非豆科宿主细胞的途径、共生部位和共生理理等。在应用基础研究中，主要是通过生物技术手段改造固氮微生物和现有的农作物，使新的固氮菌与新的农作物更容易形成共生固氮关系，提高固氮效能等。

总体来看，关于固氮功能微生物的研究对固氮菌群落组成及其分布特征的关注较多，但聚焦固氮菌种间相互关系、群落构建过程及其驱动因子的较少，这也是该领域今后需重点关注的点。

**四是植物与丛枝菌根（AM）真菌的共生机制与功能研究。**不同AM真菌的功能“互补效应”有利于共生体对环境资源的获取；同样，AM真菌与植物间的“选择效应”也可以增强共生体对植物群落的贡献。而且，不同生境条件下AM真菌的结构和功能会受到本地环境条件的显著影响，植物与AM真菌的共生机制也会发生改变。因此，AM真菌与植物间物质交换的机理仍需进一步阐明，特别是从进化的角度，结合目前广泛关注的CO<sub>2</sub>浓度升高、全球变暖、无机肥料的大量施用，以及人类干扰等问题开展深入的研究，在生态系统尺度上揭示全球变化和人类活动背景下菌根共生体的生态功能及其对环境变化的适应机制具有重要的现实意义。

### 2.3 用现代物质条件装备农业，助力农业现代化发展

**一是智能农机装备的开发利用。**农用装备控制技术的智能化，重点是各种传感器、通信系统、图像处理及计算机视觉等信息化技术的深入与扩展。主要包括：①农业专用传感器：研究农业传感器的新原理、新方法和新技术，多传感器信息融合测量理论与技术方法，农业传感器网络。②农业生物仪器：研究开发动植物生命信息传感器与仪器，精细育种装备及信息化技术产品，动植物微生理信息检测设备。③智能化农机装备：研究精准变量控制技术、导航技术和作业状态实时监控技术，开发支持精准作业的农业智能装备。④农业机器人：研究农业机器人仿生学原理，基础部件设计方法，路径优化、智能控制与决策支持算法，开发典型作业机器人系统。在满足当前不同层次需求的同时，智能装备数字化设计与仿真系统、智能装备测试平台、微机电系统农业传感器、农业机器人、智能导航控制技术，以及将物联网、大数据、云计算与云服务等技术融入智能农业装备设计将是未来智能农业

装备研究的主要方向。

二是高光谱成像与传感器技术在农产品质量安全检测与食品加工中的应用。随着高光谱成像技术和传感器技术的不断发展和成熟，以及系统数据处理性能的提升和成本的降低，光学成像技术已代替传统人工或仪器检测方法，为农产品现代化加工流程中的自动控制和分级管理与监控提供信息支持，在农产品无损检测中得到越来越广泛的应用，对于食品加工和检测具有重要意义。

#### 2.4 紧盯生物技术前沿，创新动物育种与遗传疾病治疗

一是动物干细胞利用技术。干细胞在研究哺乳动物个体发生发育规律的研究中具有极大的价值，不仅是研究细胞分化的理想手段，也是研究基因功能的首选细胞和生产转基因动物的主要途径之一，在动物医学基础研究及疾病治疗等方面具有广泛的应用前景。在胚胎干细胞方面，根据细胞分化特点建立更有效的培养体系、加强胚胎干细胞体外诱导分化、提高家畜胚胎干细胞分离水平、加速干细胞在医学上的应用是需重点关注的方向。

二是动物模型及动物基因组编辑。随着基因组学、基因组编辑技术的迅速发展以及显微注射技术、体细胞克隆技术的广泛应用，分子编写育种（BMW）可以高效创制新的遗传标记并对其进行快速验证，也可以对基因组进行精确到分子水平的编写并定向培育新品种。其结果不仅能打破生殖隔离、跨物种引入新的性状，更可以对物种内个体间基因组进行精确到单个碱基的插入、删除和替换，培育出更多的动物模型。RNA引导的CRISPR-Cas核酸酶（CRISPR-Cas RGNs）等新一代基因组编辑技术的兴起又极大地推进了基因功能研究的进展，在构建人类疾病动物模型以及探索新型疾病治疗方案方面有着重要的意义。

#### 2.5 强化农业多功能性，推进农产品与食品安全

**畜牧业方面：**食品与动物饲料中霉菌毒素污染及其毒性研究。霉菌毒素作为霉菌的次级代谢产物，被世界公认为是食品 and 家畜饲料中的有害物质。霉菌毒素的种类很多，不同种类的霉菌毒素在化学结构上有差别，其生物学特性也不尽相同。虽然反刍动物瘤胃能够将部分霉菌毒素降解为无毒或低毒物质，但草料中的多种霉菌毒素仍能引起反刍动物生产力的下降和毒素中毒。目前，研究多集中于反刍动物混合日粮中单一霉菌毒素的影响，多种霉菌毒素同时作用的影响鲜有涉及。开发生产行之有效的粗饲料及深入探究全混合日粮霉菌毒素脱毒策略，降低霉菌毒素对人类及动物健康威胁方面的研究是该领域今后重点关注的点。

**水产养殖方面：**包括，①基于生态系统水平的渔业资源评估与宏观管理。基于渔业资源评估的单渔种管理并不能降低渔业对生态系统的影响，各种生态系统模型的构建和发展推动了对水域生态系统的结构和功能深入理解和认知，因此，生态系统水平的渔业管理得到了广泛关注。当前研究主要包括数据有限性渔业资源评估、渔业资源评估模型的稳健性诊断与提升，和生态风险评估。如何进一步整合并应用生态风险评估和渔业资源评估策略，实现对当前渔业管理策略与措施的完善，已成为实现EBFM亟待解决的新问题。②海洋酸化和暖化对海洋动物行为的影响。鉴于海洋酸化和暖化对海洋生态系统结构和功能的重要影响，该领域一直是国际研究的前沿和热点。其中海洋酸化和暖化对海洋动物影响的研究主要集中在对其幼体扩散与运输、规避敌害、摄食、洄游、繁殖和栖息地选择等方面。近年来，对海洋动物在不同层次（包括基因、个体、群落和生态系统水平）和不同学科之间交叉的研究持续成为热点。未来关于海洋酸化和暖化对海洋动物行为的影响，探索行为生理学、化学生态学和分子行为学的交叉研究，解析海洋酸化和暖化对海洋动物行为影响及其反馈机理；揭示海洋酸化和暖化

如何通过改变海洋动物的行为对其种群动态，乃至生态系统结构和功能产生影响。

**林业工程方面：**重视森林、保护生态已经成为国际社会的广泛共识和各国发展的重大战略。林业信息化通过整合现有林业资源数据、转变传统的林业管理工作方式，可以有效增强林业资源监管能力，进一步提高林业工作管理水平及社会化服务能力。随着信息科技的进步，林业信息化还应深化遥感、定位、通信技术全面应用，探索建立天空地一体化监测预警评估体系，实时掌握生态资源状况及动态变化，及时发现和评估重大生态灾害、重大生态环境损害情况。此外，综合运用大系统、大样地、定位观测、视频监控、北斗导航、自动传感、人工智能等先进技术，推进森林、湿地、荒漠化土地与野生动植物栖息地调查监测业务与空间技术的深度融合，完善沙尘暴灾害监测预警。

## 2.6 推进绿色生态农业，重现农业绿色本色

一是治理农药化肥等农业生产复合性污染，改善产地生产条件和生态环境，保障农业资源和环境资源可持续开发利用，实现环境资源安全。由于化肥、农药长期不合理且过量使用，畜禽粪便、农作物秸秆和农田残膜等农业废弃物不合理处置，造成农业面源污染日益严重，加剧了土壤和水体污染，以及农产品质量安全风险。其中，土壤重金属污染影响植物生理生态过程、植物产量和品质，导致农产品重金属超标，做好高效低毒作物病害防治化合物研制的深入研究是今后工作的一个重要方向。

二是以生物质能源、生物基产品和生物质原料为主要内容，拓展农业功能，促进资源高效利用。

①生物柴油的制备及其在农用动力机械中的应用。生物柴油制备技术涉及生物、化学、环境等多门学科，将这些技术应用于生物柴油制备，可以有效提高生物柴油的生产效率，降低成本，有利于生物柴油的产业化发展。由于传统的液体催化剂存在诸多缺点和不足，固体催化剂值得大力研究和发展。目前在固体催化剂的研究方面，我国的科研人员已经取得了许多突破，但仍存在催化剂寿命短、稳定性差、重复利用率不高等问题，距离工业化还有一定距离，因此开发出性能更好的固体催化剂是我国未来生物柴油发展的重要方向。此外，采用全细胞脂肪酶催化制备生物柴油拥有化学催化剂无法比拟的环境友好性和低能耗性，直接加氢法生物柴油制备技术还可以利用现有的石油化工中的加氢设备直接进行生产，这些新技术是未来生物柴油发展的一个重要方向。

②生物炼制过程中木质纤维素生物质资源的降解转化研究。针对解除木质素的抗降解屏障作用，现在大致分为两个方法：一是从上游方面通过遗传基因工程手段，降低能源植物细胞壁中木质素的含量；二是从下游方面探求高效的预处理方法脱除或者改性木质素，降低木质素对后期纤维素酶酶解的影响。基于自然界中高效的木质纤维素转化的方法，建立仿生的预处理方式和酶解方式，或许会成为解除木质素抗降解屏障实现生物乙醇生产前沿发展的新突。

## 3 前沿拟解决的核心问题

总体来看，上述农业前沿紧密围绕现代农业发展，聚焦发展优质高产农业、保障农产品安全供给，推进绿色生态农业三大核心主题，实现相关领域的突破与创新：

一是用现代科学技术改造农业，发展高产优质高效农业。

**粮食生产方面：**①通过现代生物技术提高单位土地生产率，以提高土地单产水平，即高产。首先是基于分子生物学、基因组学与合成生物学等学科的发展和生物技术的不断进步，多学科联合创新作物育种理论和技术，实现农作物高产抗病品种培育；第二，通过作物自身生物学特性及生长环境潜力

的挖掘,提高土地单产水平。②通过用现代物质条件来装备农业,提升农业机械化水平,进而提高农业劳动生产率,即高效。农机装备作为提升农业生产效率、实现农业机械化的必备工具,对实现我国的农业现代化发展,加快农业转型升级、促进农业增产增效有着十分重要的作用。

**动物生产方面:**多学科联合创新动物育种理论与技术,做好家畜优良品质培育,实现家畜疾病预防、诊断和药物研发。①CRISPR文库的应用使动物基础研究中大规模的基因组编辑和筛选成为现实。利用精准CRISPR/Cas9基因编辑系统实现基因组精确修饰,可高效制备哺乳动物疾病模型。②对携带遗传疾病模型的基因进行定点修正,用以遗传疾病治疗。构建全基因组CRISPR文库,结合相关药物筛选手段对细胞进行筛选,进一步推断药物靶点相关基因。

### 二是调整和优化农业生产结构,保障农业供给体系高质量。

建设现代农业,不仅要着眼于耕地,而且还要兼顾山海与林草,推动肉蛋奶鱼、果菜菌菇全面发展,实现农产品供需结构平衡、产品质量安全可靠。重点关注领域包括,①推行健康养殖方式,加强饲料安全管理与研究,从源头上把好养殖产品质量安全关。②加大动物疫病防控力度,建立和完善动物标识及疫病可追溯体系。③加强水产养殖品种病害防治,提高健康养殖水平。④加大林业资源培育及高效利用技术创新力度,提升林木育种水平,保障林业生产与生态安全。

### 三是推进绿色生态农业发展,重现农业绿色本色。

农业资源长期透支、过度开发,农业面源污染加重、农业生态系统退化,引发的生态环境等一系列问题,已成为社会关注的焦点。推进农业绿色发展就是要大力推广绿色生产技术,加快农业环境突出问题治理,积极发展环境友好型农业,重现农业绿色的本色。包括,①保障农业资源和环境资源可持续开发利用,实现环境资源安全。重点治理农药化肥等农业生产复合性污染,改善产地生产条件和生态环境,实现农业生态安全。②以生物质能源、生物基产品和生物质原料为主要内容,拓展农业功能,促进资源高效利用。

## 4 结论与讨论

三农问题是国计民生的根本问题。乡村振兴战略规划(2018—2022年)提出,深入实施“藏粮于地、藏粮于技”战略,提高农业综合生产能力,保障国家粮食安全和重要农产品有效供给,要把中国人的饭碗牢牢端在自己手中。像中国这样的人口大国,要实现饭碗稳稳的掌握在自己手里,粮食问题必须自己解决且为第一要务。依托现代生物技术手段实现动植物种质资源改良、通过揭示作物根茎叶的生物学特性及生长环境潜力的挖掘实现作物高产、利用现代信息技术提升农业装备信息化水平,上述前沿从不同的维度对夯实农业综合生产能力、保障粮食有效供给提供了有力的保证。此外,农业可持续发展能力也是建设现代农业重点关注的领域之一。以生态环境友好和资源永续利用为导向,农业研究前沿在促进资源高效利用,打造农业绿色生产方式方面均有涉猎。在林业、畜牧及水产领域,研究前沿与提高农业供给体系的整体质量和效率方向保持一致,为优化农业生产布局,推进农业生产结构调整方面提供了理论支撑。

整体来看,通过持续跟踪全球最重要的科研和学术论文,研究分析论文被引用模式和聚类,特别是成簇高被引论文频繁被共同被引用的情况,藉此发现研究前沿、揭示科学研究脉络,一定程度上为研究人员提供了一个独特的视野,也为服务国家重大战略提供了参考方向。

### 参考文献

- [1] 中国农业科学院科技管理局, 中国农业科学院农业信息研究所, 科睿唯安. 2017全球农业研究前沿 [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2018.
- [2] 中科院科技战略咨询研究院, 中科院文献情报中心, 科睿唯安. 2018研究前沿 [R]. 2018.
- [3] 中国工程院战略咨询中心, 高等教育出版社, 科睿唯安. 全球工程前沿2018 [R]. 2018.