

7-20-2021

Trends Observation: Development and Hot Research Field of International Modern Agriculture and Industrial Biotechnology

Recommended Citation

(2021) "Trends Observation: Development and Hot Research Field of International Modern Agriculture and Industrial Biotechnology," *Bulletin of Chinese Academy of Sciences (Chinese Version)*: Vol. 36 : Iss. 7 , Article 21.

DOI: <https://doi.org/10.16418/j.issn.1000-3045.20210623001>

Available at: <https://bulletinofcas.researchcommons.org/journal/vol36/iss7/21>

This Information & Observation is brought to you for free and open access by Bulletin of Chinese Academy of Sciences (Chinese Version). It has been accepted for inclusion in Bulletin of Chinese Academy of Sciences (Chinese Version) by an authorized editor of Bulletin of Chinese Academy of Sciences (Chinese Version). For more information, please contact lcyang@cashq.ac.cn, yjwen@cashq.ac.cn.

Trends Observation: Development and Hot Research Field of International Modern Agriculture and Industrial Biotechnology

7-20-2021

Trends Observation: Development and Hot Research Field of International Modern Agriculture and Industrial Biotechnology

Recommended Citation

(2021) "Trends Observation: Development and Hot Research Field of International Modern Agriculture and Industrial Biotechnology," *Bulletin of Chinese Academy of Sciences (Chinese Version)*: Vol. 36 : Iss. 7 , Article 21.

DOI: <https://doi.org/10.16418/j.issn.1000-3045.20210623001>

Available at: <https://bulletinofcas.researchcommons.org/journal/vol36/iss7/21>

This Information & Observation is brought to you for free and open access by Bulletin of Chinese Academy of Sciences (Chinese Version). It has been accepted for inclusion in Bulletin of Chinese Academy of Sciences (Chinese Version) by an authorized editor of Bulletin of Chinese Academy of Sciences (Chinese Version). For more information, please contact lcyang@cashq.ac.cn, yjwen@cashq.ac.cn.



Trends Observation: Development and Hot Research Field of International Modern Agriculture and Industrial Biotechnology

趋势观察：

国际现代农业与工业生物技术领域 发展态势与热点*

现代农业是以动植物为基础进行物质生产或服务的重要领域，也是满足人类社会对食物和工业原料需求的主要途径。工业生物技术领域则利用农业生产废弃物或非粮植物等可再生生物质资源为原料，利用生物体及其组成部分的功能，制造人类所需的能源、化工、医药、食品等各种产品。生物技术与数字技术等关键使能技术在农业与工业生物技术领域发展中发挥着重要作用，推动了生物农业、数字农业和合成生物制造等重点领域的创新发展，为最终实现联合国2030年可持续发展目标尤其是消除饥饿，实现粮食安全、改善营养和促进可持续消费和生产模式转型奠定了基础。

1 现代农业与工业生物技术领域总体态势

(1) 以数据为中心的“农业4.0”正在重塑农业产业。农业发展的历史实质上就是农业科技创新的历史，每一次科技的重大突破及其在农业中的应用，都带来了农业发展的新飞跃，推动了农业产业向高技术产业发展。从支撑产业的核心技术来看，当前发达国家农业已经进入以信息技术驱动的“农业4.0”时代。区块链、物联网、人工智能、机器人和大数据等

数字技术和智能技术将引领现代农业快速发展，推动农业生产全要素的数字化和快速应用。未来，农业生产将以数据为中心，通过传感器、物联网、云计算等技术，构建多源异构数据的综合采集、处理与分析平台，该平台最终通过专门的决策支持系统为农民提供行动建议，以及自动安排相关作业。

(2) 生物技术的应用引领物质生产向绿色化发展。农业生物技术和工业生物技术在推动现代农业与工业领域绿色发展方面，发挥着至关重要的作用。在农业领域，不断发展的农业生物技术为应对病虫害、环境退化、气候变化等挑战提供了新的替代方法，推动了农业第二次绿色革命的发展。以基因工程为核心的农业生物技术已成为全球发展最为迅速、应用最为广泛的生物技术。近年来涌现的基因编辑、表观遗传修饰等新一代生物技术使动植物育种更加高效、精准。在工业领域，以工业生物技术为核心的生物制造已进入加速发展期，生物炼制向更加清洁高效的第3代模式转型，技术迭代提速推动生物工具向更加精准、高效和规模化方向发展。未来合成生物制造有望革新化工、医药、能源等传统行业的生产模式，实现绿色生物工艺过程，

* 本文由中国科学院文献情报中心现代农业科技情报团队、中国科学院成都文献情报中心生物科技情报团队共同撰稿，执笔人包括：杨艳萍、李东巧、谢华玲、迟培娟、陈方、丁陈君

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.20210623001

修改稿收到日期：2021年6月22日

进而引发新一轮产业变革。

2 主要国家战略举措与特点

世界主要国家根据自身资源禀赋和经济基础，纷纷出台相关战略举措以确保自身绿色、可持续的物质生产与供应，并已形成了各具特色的发展道路。

(1) 美国：重视生物技术、数字技术在农业与工业领域的全方位应用，以保持其国际领先地位。美国自然资源禀赋好，实行大规模农场生产与经营，是全球最大的农产品出口国。近年来，美国把农业列为国家优先发展领域，重视应用生物技术与数字技术提高农业生产效率。未来10年，美国在农业领域重点聚焦种业、畜牧业、食品科技、土壤科学、农业水分高效利用、数据科学和系统科学七大优先方向，以及系统认知分析、新一代传感器、农业食品信息学、基因组学与精准育种、微生物组五大突破性技术。由于其国内农产品供大于求，美国也重视生物质能的开发与利用，并以能源需求带动生物精炼等增值产业的发展。美国能源部、农业部和国防部等机构都出台了相关重大计划，推动生物基产业创新发展。

(2) 欧洲各国：以绿色理念引领农业与工业可持续发展。欧洲多数国家已基本解决粮食供给问题，关注纯天然、无污染和高品质的农产品生产。欧洲国家重视将绿色理念植入现代农业和工业领域，引领社会经济可持续发展。2020年5月，欧盟发布了《从农田到餐桌》（*From Farm to Fork*）和《欧盟2030年生物多样性》（*The EU 2030 Biodiversity Strategy*）战略，重点加强有机农业，强制性限制和减少农药、化肥的使用，促进粮食系统向可持续转型。同时，欧洲各国重视生物经济发展，利用可再生资源 and 先进技术实现低碳经济增长。目前，欧洲多国已发布生物经济战略，英国还建立了多元的合成生物学中心网络，大力推进合成生物产业的发展。

(3) 韩国、日本、以色列等国重视高值产业的

发展。韩国、日本、以色列是严重依赖粮食进口的国家。由于自然资源禀赋差，这些国家非常重视利用高新技术突破土地、水等资源束缚，选择高度集约化与高值化的农业发展道路。韩国在2019年发布的《未来农业科技战略》（*미래농업을 위한 과학기술 전략*）中提出以智能农业和农业生物技术推动农业全产业链高值化发展；日本重视生物与信息技术产业的融合，重点聚焦先进生物制造等新一代生物产业技术的发展；以色列则重视人工智能技术与基因编辑技术的结合使用。

3 现代农业与工业生物技术重点领域态势与热点

3.1 农业生物技术应用与发展使动植物育种和疫病防治更加精准、绿色

(1) 动植物基因组学研究和优异基因挖掘是分子设计育种的基础，也是动植物育种领域的前沿与热点。近期，水稻、猪等重要物种的基因组测序与重测序取得重要进展，从而为后续动植物重要性状分子机理解析奠定了基础。同时，光合作用效率、氮肥高效利用等性状遗传调控机制研究取得了多项突破，这为动植物遗传改良提供了重要基因资源。其中，中国科学院遗传与发育生物学研究所傅向东团队发现的赤霉素信号传导新机制为可持续农业发展提供了一种新的育种策略，相关研究成果于2020年2月7日以封面文章发表在 *Science* 上；中国科学院分子植物科学卓越创新中心郭房庆团队发现了能使水稻增产8.1%—21.0%的D1蛋白合成新途径，相关研究成果于2020年4月20日发表在 *Nature Plants* 上。总体而言，中国在育种领域的基础研究，尤其是水稻生物学和作物基因组学等方面优势明显。*Nature Plants* 评论指出，植物科学领域的巨大进步使中国农业科学重新走在世界前沿。

(2) 基因编辑等新品种技术及产品蓬勃发展，全球基因编辑产品监管尚未达成共识。在育种技术开发方面，以CRISPR为代表的基因编辑技术不断升级

改造,进一步提高了动植物育种的精准度和效率。此外,基因编辑技术与无融合生殖、单倍体诱导等其他传统育种技术的结合,进一步丰富了育种工具的类型。在产品培育方面,基因编辑技术已经应用于小麦、水稻等15种植物,以及牛、羊、猪等农业动物的研究中。同时,基因编辑产品商业化进程不断加快,首款基因编辑高油酸大豆油已于2019年在美国上市销售。目前,基因编辑产品监管备受关注,各国在基因编辑产品监管方面的进展不一,全球尚未就此达成共识。尽管基因编辑技术在育种中具有巨大应用前景,但由于欧美国家掌控了基因编辑技术的核心专利并已初步形成了从基础研究到技术开发服务再到育种应用等完整的产业技术链布局,未来我国相关产业的发展面临较大威胁。

(3) 新型生物防疫制品的研发与应用促进动植物疫病防治更加绿色化。在植物病虫害防治方面,RNAi农药和生物信息素等新型生物制剂是安全、有效、廉价和可持续的新型农药替代品,它能使植物虫害防治更具针对性和可持续性,可比传统农药获得更好的保护效果和更高的收益。目前,基于RNAi技术的多款产品已获得美国环保署批准作为杀虫剂使用。欧盟生物基产业联盟(BBIJU)投入640万欧元,利用昆虫性信息素开发生物防治技术,并推进其商业化应用。在动物防疫方面,非洲猪瘟病毒结构解析与组装机制研究、非洲猪瘟候选疫苗与禽流感疫苗均取得突破,这为重大动物疫病的绿色防控奠定了重要基础。

3.2 数字技术助力农业生产管理更加高效、智能,引领生物合成进入智能设计时代

(1) 大田作物生产管理和畜禽养殖更加高效。在数据采集方面,传感系统实现了物物相连,使数据采集更加实时便捷。例如,德国拜耳公司旗下的气候公司(Climate Corporation)已开发了全球首个田间感应器网络,为其引领数字农业市场奠定了重要基础。在大田作物管理方面,大数据结合智能技术提高了作物

生产率。美国微软公司等开发的人工智能播种应用程序(APP)使试验点作物产量平均增长10%—30%。在畜禽养殖方面,人工智能技术使畜禽养殖更加便捷和高效。英国推出了5G智能奶牛项圈,实现了对奶牛健康状况的实时监测。在产业方面,欧美农业跨国公司凭借敏锐的洞察力,纷纷加强数字农业业务布局。其中,拜耳公司是率先在业内将大数据应用到农业领域的企业,并通过系列并购成为数字农业行业的标杆。目前,拜耳公司将农业大数据业务作为其核心业务发展,并仍在不断拓展数字农业平台市场,以期打造覆盖全球的农业生产数据王国。

(2) 农业机械装备更加智能化、集约化。当前,智能农机装备不断推陈出新。例如,草莓采摘机器人、跨物种收获机器人、无人驾驶拖拉机等集高精度定位、大数据分析、智能识别等技术于一体,大幅提高了农业自动化水平和生产效率。植物工厂发展快速,受到各国广泛关注。英国加强资助新一代植物工厂种植技术研究,新加坡拟筹建室内植物工厂,日本商业化运营的植物工厂超过120家,我国也紧跟步伐并取得了重要进展。总体而言,贯穿于农业生产全过程的农业机械装备本质上是一个技术密集型的产业。由于我国农机装备粗放式发展,并一直依靠引进国外农机技术体系,导致目前与美国等发达国家在动力换挡、液压控制、农机可靠性等方面存在代差。

(3) 生物合成进入智能设计时代。目前,研究人员在从基因、蛋白质、生物体设计到生物制造过程研发等方面取得了多项重要进展。其中,美国华盛顿大学和斯坦福大学利用计算机程序设计出首个人造抗癌蛋白;美国伊利诺伊大学开发出集人工智能设计、构建、测试和学习于一体的工程化平台,并完成了番茄红素生物制造实证。

3.3 工业生物技术应用范围和深度不断扩展,为经济社会重大挑战提供绿色解决方案

(1) 基于细胞工厂、体外酶分子机器等技术制

造的新型生物制造产品不断涌现。研究人员已经在细胞培养肉、大麻素及其衍生物的生物全合成、二氧化碳/氮气转化成生物柴油、人造叶绿体等方面取得重大突破，为未来农业、工业、医药、能源等行业创新发展提供了更多可能。其中，来自德国马普学会地球微生物学研究所和法国波尔多大学的研究人员将菠菜的“捕光器”与9种不同生物体的酶结合起来，制造了人造叶绿体，并利用光和该系统实现了二氧化碳的固定，相关研究成果于2020年5月8日发表在 *Science* 杂志上。

(2) 生物制造产品还有望为解决社会重大挑战提供绿色解决方案。当前，塑料污染成为全球性威胁，全球已有50多个国家和地区推出禁用、限用或管控不可降解塑料使用的政策和法规；其中，我国也在2020年初出台更具体且严格的新版“限塑令”。工业生物技术在解决上述重大挑战方面大有作为。其中，法国图卢兹大学开发出的新型水解酶能以较低成本在10小时内水解90%的饱和聚酯（PET）塑料；中国科学院青岛生物能源与过程研究所、理化技术研究所在酶降解PET塑料、海水降解塑料等方面的研究也取得进展。同时，可降解生物塑料和生物基塑料的研

发与量产均已取得较好进展，从而为未来部分替代传统石油基塑料产品奠定了重要基础。

4 未来展望

(1) 依据自身资源禀赋选择适合我国国情的农业现代化发展道路。我国幅员辽阔，自然环境复杂多样化，不同区域农业发展的条件差异大。因此，我国不应盲目照搬国外农业发展模式，需因地制宜确定各地区农业产业发展方向。同时，应以创新驱动促进农业发展方式转变，持续加快生物技术、数字技术等关键使能技术在农业中的应用，推进农业可持续发展，保障我国粮食安全与营养。

(2) 掌握生物经济发展的战略主动权。当前，主要发达国家掀起新一轮全球科技和产业竞赛，以抢占下一轮经济增长的战略制高点。美国视生物经济为关系到经济繁荣和国家安全的重要议题，将生物技术纳入进出口管制清单并试图遏制我国生物技术快速崛起。因此，我国应重视生物技术自主创新，增强生物制造核心技术能力，推动生物技术产品研发与应用，从而保障我国生物产业安全。

■ 责任编辑：文彦杰