

·学科进展与展望·

## 几个重要农业基础研究方向探讨

李云伏

(北京市农林科学院,北京 100089)

**[摘要]** 本文针对我国农业发展新阶段中存在的耕地数量减少和质量下降、生态环境恶化、资源利用的低效高耗、农业导致的面源污染严重、科技支撑后劲不足等问题,从我国农业作物育种基础研究、重大禽疫病的基础研究、设施农业的基础研究、精准农业中多源信息获取与诊断机理研究以及稻麦品质形成及无损监测机理研究几个重要农业基础研究方向进行了探讨,为增强科技对农业发展的长远支撑和农业可持续发展提供了重要的参考依据和研究取向。

**[关键词]** 农业,基础研究,发展方向

党的“十六大”提出全面建设小康社会和加快推进现代化建设的宏伟目标,农业发展又进入了一个关键的新时期。农业、农村和农民(“三农”)问题成为全党、全国工作的“重中之重”。当前我国农业面临的突出问题一是耕地数量减少和质量下降;二是生态环境严重恶化;三是资源利用的低效高耗;四是农业导致的面源污染严重;五是科技支撑后劲不足。面向世界农业科技前沿和我国未来全面建设小康社会对农业科技的需求,积极开展重大农业基础问题的研究,对于增强农业科技原始创新能力和科技对农业发展的长远支撑能力,提高农业综合生产能力和农业可持续发展能力,实现农业“高产、优质、高效、生态、安全”的发展目标具有重要意义。

### 1 农业作物育种基础理论研究

农业发展历史实践证明,作物优良品种的培育和推广是提高农产品产量、确保粮食安全和食物安全的最重要途径;也是改善农产品品质、提高农产品市场竞争力、促进产业结构调整、增加农民收入的重要措施。近年来,我国作物育种在理论上缺乏重大突破,育种材料的遗传基础狭窄,在多种优良性状、适应性广的优良基因的聚合和种质创新上处于徘徊局面。提高农作物的产量和品质是今后若干年内农作物育种的首要目标,在强调高产的基础上,重视品质、抗病性、抗逆性、资源高效利用和可持续发展是动植物育种新的重要目标,多种抗性基因的聚合正在成为提高动植物对生物和非生物逆境的抗性、

改善品种适应性和延长品种使用寿命的有效途径。

今后农作物育种基础研究的重点方向是:(1) 群体、个体和分子水平上品质、产量、抗性、适应性、资源高效利用等相关性状的遗传变异规律和遗传调控机制研究,重点是数量性状的数量遗传学和分子遗传学基础;(2) 围绕国家粮食安全与社会可持续发展的重大需求,利用现代分子生物学研究策略和手段,在分子、细胞、个体等不同水平上,开展与作物基因资源发掘、优异育种材料创制和优良品种培育等领域相关的基础和应用基础研究;(3) 应用高通量的功能基因组技术(如基因芯片、转录因子组、蛋白组研究技术等),开展重要农艺性状(产量、抗逆性、抗病性、营养高效和品质等)的功能基因组(新基因克隆与功能分析)和比较功能基因组研究,以作物种质资源为基础克隆重要农艺性状新基因并进行功能、表达和调控分析,剖析作物重要农艺性状的形成机制;(4) 综合运用基因组学、转录组学、蛋白质组学和代谢组学信息,预测和认识生物体各种性状的代谢、发育、分化和进化规律,为进行蛋白质、核酸的分子设计或品种设计提供信息平台,研究内容包括获取各种作物完整的基因组,建立主要农作物重要农艺性状基因的数据库和信息系统,发展基于功能基因信息的作物品种分子设计软件和方法等;(5) 杂种优势利用的基础理论研究,建立完善杂种优势利用的育种理论和技术方法体系,实现育种理论和技术研究的重大突破,加强两系杂种优势利用的基础研究,研究光温敏不育的遗传学基础,构

本文于2005年10月25日收到。

建两系杂种优势利用的理论体系。

## 2 重大畜禽疫病的基础研究

发展畜牧业的主要障碍是畜禽疫病。一些重大的畜禽传染病往往给一个国家或地区的国民经济带来致命性的打击。欧洲的“疯牛病”使英国的经济蒙受巨大的损失；香港“禽流感事件”造成感染者的死亡，香港政府被迫杀掉数百万只活鸡；1998—1999年马来西亚由 Nipah 病毒引起猪的脑炎，同时也引起 265 人发病，105 人死亡；1997 年口蹄疫给我国台湾地区的养猪业以毁灭性的打击；2000 年韩国和日本流行的口蹄疫也给这些国家的养殖业带来沉重打击；2000 年欧洲爆发口蹄疫，使英国损失了 590 亿英镑，首相大选推迟；1999—2000 年我国口蹄疫病大爆发，给我国的畜牧业也造成了巨大的经济损失。

此外，许多人畜共患的重大疫病，如血吸虫病、狂犬病、乙型脑炎、链球菌病、流感等均与动物的带毒、带菌、带虫有关，使这些病在动物和人之间相互传播，对人类身体健康构成严重威胁。2003 年 SARS 的爆发给我国乃至全球经济造成巨大损失；2004 年初在亚洲禽流感严重爆发的情况下，我国先后有 16 个省（市、自治区）发生禽流感，给畜牧经济和饲料工业带来了重大打击。联合国粮农组织总干事雅克·迪乌夫在参加曼谷粮食安全地区会议时表示，禽流感严重打击了亚洲国家的家禽养殖业，不但对家禽养殖业造成了“灾难性”的打击，而且对粮食安全和食品安全构成了威胁。因此加强重大畜禽疫病的基础理论和防治技术的研究具有特殊重要的意义。

山东省农业科学院家禽研究所 1997—2002 年流行病学调查结果表明：我国畜禽传染性疫病种类高达 202 种，其中家禽疫病 85 种，且 70% 是传染性疫病；在近两万多个家禽病例中，病毒病是疫病发生的主体，占 68%，细菌病占 15%，其他病占 17%（含球虫病）；在所有疫病中，禽流感、新城疫（ND）、传染性支气管炎（IB）、大肠杆菌和慢性呼吸道病等比重最大。由于基础研究薄弱，对动物群发病病原本质和生命活动规律缺乏认识，很多重大畜禽疫病还没有从根本上攻克。

今后研究的重点是主要畜禽疫病病原的大分子结构和功能，在个体、细胞、分子三个水平上了解病原的生命活动本质，分析致病基因、免疫基因的功能及其调控机理；了解病原及其大分子与动物宿主的相互作用，阐明这些病原在我国境内的流行态势和

遗传变异规律，力争在病原遗传演化、感染和免疫机理三方面获得重大突破；建立相关动物群发病分子病原理论，最终为我国动物群发病防疫政策制定、防检技术建立、新型兽药和生物制品研究开发提供新的技术支撑；加强重大人畜共患传染病基础理论研究，揭示重大疫病在动物和人之间生存与传播的关系和流行规律，重点是口蹄疫病、动物流感病毒、动物流行性乙型脑炎病毒、动物冠状病毒。

## 3 设施农业的基础研究

设施农业可以在一定程度上摆脱自然环境条件对作物生产的季节性限制，显著增强农业的抗灾、减灾与反季节生产能力，为蔬菜、花卉等园艺产品的周年均衡供应和大田作物的优质高产提供重要保证。发达国家设施农业的发展，主要是系统掌握了植物生长发育规律及其与环境条件的关系，在此基础上应用高新技术进行调控。目前，设施农业的总体发展趋势是，从单纯工业控制技术的移植应用，向以作物生理为基础的控制方向发展；由单因子静态控制向多因子动态复合控制方向发展；从单纯依据经验控制向以植物生长发育规律和作物生长发育模型为基础的精准控制方向发展；现代生物工程和信息技术的应用正在成为现代可控环境农业发展的主流；以作物与环境相互作用机理为主线的作物模型研究和作物信息无损检测与诊断研究正朝着更加综合的方向发展，以此为基础的系统动态优化控制机理研究已成为现代可控环境农业基础研究的热点。

我国设施农业面积目前已经达到 210 万公顷，约占全世界总量的 70% 以上，经过 20 多年的科研与生产实践，在理论与技术研究方面均取得了大量科研成果，初步建立了符合我国自然环境与资源特点的设施农业生产技术体系。与世界发达国家相比，我国设施农业仍然存在着 15—20 年的差距。主要原因是基础与理论创新研究工作力度相对薄弱，特别是生物环境系统对作物的生育过程、产量与品质形成、病害的侵袭过程、有害化学物质生成与富集过程的影响，作物对逆境生态条件与环境胁迫的适应机理以及生物环境系统动态复合优化调控机理等关键性基础性科学问题还没有得到深刻认识和理解，基础研究的缺乏对技术发展的瓶颈限制效应日趋明显。因此，加强设施农业基础理论研究对我国设施农业的持续高效发展具有重要意义。

建议今后对以下几个方面加强研究：（1）作物生长发育与环境因素相互关系及其调控机理。包括

主要作物的生育特性、产量与品质性状的关键生态环境制约因素及其调控机理；主要病害发生、流行与危害的环境诱发机制及其调控机理；农药残留物降解与有害代谢产物生成和富集过程的环境调控机理。(2) 环境因子胁迫对作物生长发育的影响。主要作物对环境系统胁迫效应的生理反应与适应机理以及环境胁迫所致生理障碍的克服途径；作物对不良气象生态条件和极端生产环境的适应机理与途径；作物的生态适应性与生产潜力。(3) 作物—环境—措施系统综合调控机理。环境系统对主要作物生育过程、产量与品质、矿物营养吸收特性作用过程的系统模型；田间作物关键生育信息的无损测量与诊断机理；基于植物语言与作物模型的生物环境系统动态优化控制途径与机理。

#### 4 精准农业中多源信息获取与诊断机理研究

有关精准农业技术系统的研究仅有 20 多年的历史，但其发展非常迅速。随着“3S”等高新技术的不断成熟，精准农业已在小麦、棉花、玉米等大田作物的生产管理中逐步得到推广应用，提高了水资源利用效率，减轻了化肥和农药对农田环境的污染。我国是一个农业大国，肥水资源严重短缺已制约我国农业的可持续发展，精准农业应用潜力巨大。

对地观测和信息获取技术发展迅猛。航天平台已发展到第三代遥感卫星，遥感传感器空间分辨率已达到 0.61 m，预计 2005 年即将在俄罗斯发射的“DMC+4”是面向北京发射的商业小卫星，可提供 32 m 分辨率 600 km 幅宽的多光谱影像和 4 m 分辨率 24 km 幅宽的全色影像，将主要用于农业和林业资源监测及植被长势、病虫害监测等，进而把握作物估产和粮食安全。航空平台也相继制成光谱范围在可见光和近红外的超光谱成像仪(HSI)；中国科学院上海技术物理研究所研制的机载实用型模块化成像光谱仪 OMIS 和机载推扫式高光谱成像仪 PHI 已在国内、日本、马来西亚等地应用于植被和土壤信息获取，收到了较好的效果。在地面平台快速获取作物长势信息的光传感变量施肥技术及配套变量施肥机方面，国外已开发出光传感作物冠层信息获取系统，利用光学原理监测作物长势以推算作物体内营养状况，依据与此产品配套提供的施肥试验模型即可完成测定地块所需的施肥处方量，可将传感器与变量施肥机集成在一起实现液态肥料的变量喷洒，定位和作业精度可以达到 1 m<sup>2</sup>。

对地观测和信息获取的硬件发展很快，航空遥

感平台获取的“面状信息”与地面“点状信息”的融合，必将为精准农业技术的实施提供可靠和廉价的数据源基础。这既为精准农业技术的发展提供了机遇，反过来也向农业基础理论研究提出科学问题和挑战。我国现有的相关基础理论储备十分薄弱，如何解读、应用这些海量信息，提高对作物和土壤的诊断能力？我国农业经营规模和生产水平参差不齐，面向精准农业的“数据源”多种多样，如何融合这些数据源并进行知识挖掘？这些问题已成为制约精准农业实施的“瓶颈”。

建议针对我国精准农业实施中不同类型用户的多层次需求，围绕精准变量肥水处方的多源信息获取与诊断决策，开展基础理论与方法研究。包括田间多源信息的快速获取、分析与诊断的理论基础；作物碳氮营养和水分的遥感监测机理研究；作物精准变量施肥决策模型和算法研究；作物精准灌溉决策模型和算法研究；基于多源数据的精准变量肥水决策支持系统研究。在基于无损测试技术快速获取作物长势、营养和农田环境等数据的基础上，研究作物营养及水分胁迫特征信息的提取和诊断方法，建立精准变量肥水优化机理、算法和模型，通过多源信息融合，建立基于多源数据的作物碳氮营养和水分诊断方法与精准变量肥水决策支持系统。

开展该项基础研究工作可以在很大程度上弥补人类“眼”和“手”的功能局限，帮助农学家站在更高的层面上了解和把握作物长势及其赖以生长的农田环境的动态变化，提高对作物和土壤信息的判断解读能力并依据相关的机理进行调优栽培，从而大幅度提高农田作业的管理决策水平，真正实现农业和农产品的“优质、高产、高效、生态、安全”生产。

#### 5 稻麦品质形成及无损监测机理研究

水稻和小麦是我国两大主导作物。加入 WTO 后，我国农产品参与国际竞争所面临的压力越来越大，在国内市场上也日益受到国外同类农产品的冲击，农产品品质问题已凸显出来。尤其是传统大宗粮食作物水稻和小麦，由于专用型品种缺乏、标准化种植水平低、品质监测手段落后等原因，导致稻麦籽粒品质的稳定性差、品质指标变化大。这一问题不仅已严重制约了粮食作物生产的发展，不利于农业增收和农民致富，而且可能对我国未来的粮食安全带来较大的负面影响。2002 年全国稻米品质普查结果表明，目前我国主栽品种达到国标(GB/T17891—1999)三级优质米的达标率仅为 43.1%，

若按农业部颁布的优质米标准(NY122-86)衡量,达标率则更低;2003年全国优质专用小麦面积占全国小麦收获面积的38%,但据国家粮食总局2002年全国优质小麦品质测报结果表明,在检测的全部样品中,有82.7%的国产优质小麦未达到国家优质小麦标准。

优质稻麦生产贯穿于产前、产中、产后三个环节。发达国家主要是通过“产前”选用优质品种,“产中”采取规模化、标准化种植管理和产品品质形成的田间监测,“产后”根据品质检测结果分类收购和加工来实现全程品质质量保证。近年来,我国显著加大了对优质品种选育、区划的重视程度和投入力度,对稻麦优质生产发挥了巨大的推动作用,但对优质稻麦标准化高产优质栽培及品质的实时监测、预报及籽粒品质的质量控制的研究投入较少。总体表现在两个方面:一是对优质稻麦籽粒品质形成机理及生态调节机制的认识目前尚不够深入,因而难于建立优质稻麦标准化生产技术体系和品质监测指标体系;二是传统的生理生化室内检测方法虽然精度较高,但速度慢、代表性差、信息量小,而对于稻麦籽粒品质形成过程的大范围实时监测研究尚处于起步阶段,现有的理论与技术基础研究严重滞后,无法为之提供必要的技术支撑,已成为我国优质稻麦产业化发展过程中面临的一大难题。

目前存在的问题集中表现为如下4个方面:  
(1)对稻麦蛋白质、可溶性糖、木质素、纤维素含量等的无损测试机理及其相互关系还缺乏系统研究;  
(2)田间微气象因素对作物品质的影响十分重要,但目前田间微气象因素对作物品质形成的影响机理

及其定量遥感理论与方法的研究都十分不足;(3)对于作物生理生化的研究相对较多,而对于作物光学机理研究十分薄弱,对作物反射光谱、荧光发射光谱的机理与作用的认识不足,使生物信息获取手段受到很大的限制;(4)作物农学生理知识、作物对象的精确定量描述是信息获取和定量分析的基础,但迄今对作物模型与信息模型如遥感模型的融合机理及方法的研究十分薄弱,制约了作物信息在农业上的广泛应用。

建议围绕稻麦籽粒品质形成过程及无损监测机理这一关键科学问题,根据稻麦器官和冠层碳氮等主要生化组分代谢运转规律及其与籽粒品质形成的内在机理,明确敏感反映稻麦籽粒品质性状的生理生化指标、发育形态指标和生态环境指标;根据稻麦植株器官和冠层反射与发射特征光谱的实时监测,运用系统分析方法和数学建模技术,构建物理学、数学、作物生理学、生态学等多学科交叉,揭示和阐明稻麦籽粒品质形成过程的光谱响应及无损监测机理,提出稻麦品质预测的计量算法理论和模型,为建立稻麦调优栽培及品质诊断技术体系提供依据。

开展该项基础研究工作对于稳定粮食生产、推进优质高效农业和农业信息化,为区域化和标准化优质高效安全稻麦生产的管理决策提供理论基础与技术储备,提升我国现代农业生产的技术层次,增强我国优质专用小麦和优质稻谷的国际竞争力,使我国的优质作物生产和监测基础研究在国际相关前沿领域形成特色与优势,增强我国优质专用小麦和优质稻谷的国际市场竞争力,具有重大的理论价值和重要的战略意义。

## STUDY OF SEVERAL AGRICULTURAL BASIC RESEARCH DIRECTIONS IN CHINA

Li Yunfu

(Beijing Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Beijing 100089)

**Abstract** In order to solve the problems such as quantity and quality decreasing of plantation, ecological environment deterioration, high consumption of resources but low efficiency, serious pollution by agriculture and lack of science and technology support in agriculture, the basic researches of Chinese agriculture breeding theory, serious birds epidemic diseases, protected agriculture, multiple information acquisition methods and diagnosis mechanism in precision farming and quality formation of wheat and rice and their mechanism of non destructive monitoring were studied in this paper, and the results could provide reference frames and research directions to strengthen the support of science and technology to agriculture and its sustainable development.

**Key words** agriculture, basic research, direction