

防控条锈病 守得麦满仓

康振生

小麦是中国重要的粮食作物，小麦稳产事关中国粮食安全大局。在小麦生产中，条锈病危害巨大。小麦条锈菌可以通过气流远距离传播，造成条锈病大规模流行并导致小麦大幅减产，严重威胁粮食安全。2020年9月，中国将小麦条锈病列为一类小麦病害防治对象，进行统防统治。10余年来，我们团队通过不懈研

究，证实有性生殖是小麦条锈菌变异产生新小种的主要途径，广泛分布的感病小穗(转主寄主)与小麦条锈菌有性生殖的常年发生，是导致中国西北越夏易变区条锈菌新小种策源地形成的根本原因。这一研究成果从源头上揭开了中国西北越夏易变区形成之谜，为国内小麦条锈病全面综合治理提供了科学依据。



作者康振生肖像画。

张武昌绘

研究聚焦新小种产生的途径

小麦条锈病是全球流行性病害。20世纪40年代至今，小麦条锈菌新小种不断出现，导致我国8批次的主体小麦品种丧失抗病性，造成病害全国大流行，最严重的年份小麦减产60亿公斤。

条锈菌是活体营养型真菌，其繁殖离不开活的寄主小麦。平原地区的小麦收获后，病原孢子随风飘至高海拔地区的晚熟小麦、禾本科杂草和自生小麦(收获时散落在田里的种子生长出来的小麦)，侵染存活度过夏天。当秋季小麦播种出苗后，又被风吹到秋苗上侵染，在小麦组织内存活或缓慢繁殖度过冬天。春季再随风吹到广大麦区造成病害流行。如此，周而复始形成病害的周年循环。

种植抗病小麦品种是防治条锈病的重要措施，但这些小麦品种往往在种植数年后丧失抗病性，成为感病品种。小麦品种为什么会丧失对条锈病的抗性呢?研究发现小麦条锈菌新小种的出现是根本原因，其迅速累积传播到其他小麦产区并发展为优势小种，造成了病害的流行。因此，条锈菌变异产生新小种的途径就成为条锈病研究的焦点。

发现变异的主要原因和侵染路径

我国研究人员早期调查研究发现，90%以上小麦条锈菌新小种首先在甘肃天水、陇南两市出现，而后随风传播到东部广大麦区造成大流行。因此，该地区被称为西北越夏易变区、新小种策源地和菌源基地。然而，长期以来，西北越夏易变区、新小种策源地等形成的根本原因一直未被揭示。

小麦条锈菌究竟是通过什么途径发生变异的呢?围绕这个根本问题，我们团队先后开展了大量研究工作，发现基因突变、异核重组(不同病原菌小种间的细胞核的交换重组)，以及病原菌对主要寄主(小麦和禾本科杂草)或环境逐渐适应而发生的变异，是造成小麦条锈菌变异的主要原因



康振生(中间持话筒者)在田间授课。

因。但是，长期以来，由于小麦条锈菌的有性循环阶段(与许多植物锈菌一样，小麦条锈菌存在无性繁殖和有性生殖阶段)一直没有被发现，有性生殖在条锈菌变异产生新小种中的作用，也一直是未知的。

随着2010年条锈菌进行有性生殖的寄主小穗(一种灌木)的确定，我们研究证实了条锈菌可通过多种方式完成有性生殖，发生高度变异。有性生殖产生的后代中有非常高比例的新小种，有的新小种毒性明显增强，具有强致病力，从而揭示了有性生殖是导致小麦条锈菌变异产生新小种的主要途径。与此同时，明确小麦条锈菌完成完整的繁殖(无性繁殖与有性生殖)过程复杂，一共产生5种不同类型的孢子，分别主要在小麦和感病小穗上完成。其中夏孢子主要侵染小麦，担孢子侵染小穗，在小穗上完成有性生殖产生孢子继而侵染小麦。

成功揭示条锈菌病害循环机理

既然小麦条锈菌在实验室内证实

可以进行有性生殖，那么在田间，野生感病小穗会不会传播病原菌到小麦上引发病害?若可以，那么侵染小穗的菌源来自哪里?通过对野生小穗和菌源进行处理，能不能减少条锈菌新小种的产生?带着这一连串的科学问题，经过10余年广泛的田间调查和大量的系统研究，我们发现我国西北越夏易变区等条锈病流行区，广泛分布着不同种类的小穗，而且春季小穗受锈菌侵染的现象是很常见的。通过研究不同年份和地区的多种野生小穗上的锈菌，我们在世界上率先且唯一地获得了自然条件下，小麦条锈菌侵染野生感病小穗完成有性生殖阶段的直接证据，这个阶段不仅春季在西北越夏易变区发生，而且秋季在西南流行区(如西藏)也会发生。这个重大发现，在小麦条锈病的研究中具有里程碑意义。

更重要的是，我们发现春季，西北越夏易变区野生感病小穗受侵染生成病原菌孢子后，释放孢子，随风可以传播到麦田，在适宜的温、湿度条件下萌发、侵染小麦，引发条锈病。这样，条锈菌变异新小种的孢子就在小麦上“落地生根”了，并且通过不断繁殖扩大其覆盖范围。

自然条件下，小麦条锈菌能够侵染小穗完成有性生殖循环，表明有存活的孢子(冬孢子)来源，然而小麦收获后(冬孢子残存在受侵小麦组织内)，要经历炎热的夏天、多雨的秋天、寒冷的冬天，至翌年春天，具有活力的冬孢子源仍然传播到小穗上，萌发产生担孢子侵染小穗。那么冬孢子是在哪里存活的呢?带着刨根问底的执着精神，我们研究发现冬孢子有三个来源，其一是田间小麦只要受小麦条锈菌侵染，便可产生冬孢子；其二是堆积的麦块内小麦病残体上的冬孢子；其三是禾本科杂草寄主秋天产生并越冬存活的冬孢子。这一研究结果填补了我国小麦条锈病病害循环的研究空白，改写了原有教科书的内容，对制定新策略防控小麦条锈病具有重要的指导意义。

找到从源头防控条锈菌方法

证实了小麦条锈菌新小种的主要来源，那么，通过处理小穗能不能降

低小麦条锈菌有性生殖产生新小种的概率呢?带着这些猜想，我们团队经过田间试验证实，通过给发病的野生小穗喷洒杀菌剂，邻近麦田的小麦条锈菌新小种的类型、比例明显减少。据此，推广应用这个措施，会降低小麦品种抗病性过快丧失的风险，从而相应地延长抗病小麦品种的使用年限，同时也会减少麦田杀菌剂的使用量，保护生态环境安全。

此外，在春季野生小穗生长新叶前，及时处理小穗附近的麦垛，清理带菌的枯死杂草，减少随风传播到小穗上的冬孢子，可以有效干扰小麦条锈菌在小穗上的有性生殖。这些都是降低小麦条锈菌新小种产生概率的有效措施，也是小麦条锈菌源头防控的重要环节。

开辟抗病小麦育种新途径

目前，使用杀菌剂是防治小麦条锈病常用的化学手段，但利用抗病小麦品种进行防控，仍然是科学界推崇的。2022年，国际学术期刊《细胞》报道了我们团队最新的研究成果：发现了小麦中协助小麦条锈菌侵染的“真凶”——感病基因，并通过基因编辑技术将其敲除，使得小麦不被条锈菌侵染。这项研究成果开辟了抗病小麦育种新途径，为实现经济、高效、绿色防控条锈病提供了新方法。

根据这些研究成果，我们团队制定了“减、压、阻”为指导策略的新的小麦条锈病综合防控技术体系。通过在不同小麦条锈病流行区合理布局种植抗病小麦品种、杀菌剂辅助防治、越夏寄主和感病小穗处理、禾本科杂草寄主处理，以及冬孢子菌源清除等措施，降低西北越夏易变区、菌源基地等新小种的产生速率，压低菌源量，阻截病原菌从源头向东部主产麦区的传播。此项技术体系已被我国农业技术推广中心采纳并在病害主要流行区进行推广示范应用。未来，我们继续围绕小麦条锈菌继续开展相关研究，为中国和国际小麦条锈病的可持续绿色防控和小麦生产安全贡献力量。

(作者为中国工程院院士、中国植物学会第十七届理事会副理事长、西北农林科技大学教授，获得国家科学技术进步奖一等奖等重要奖项)

科技名家笔谈

中国科协科学技术传播中心、陈嘉庚科学奖基金会与本报合作推出

甘肃绿电首次进京

本报北京电(记者潘俊强)近日，记者从首都电力交易中心了解到，随着甘肃送北京首笔绿电交易顺利完成，即日起，来自甘肃的风电光伏等绿色电力将首次送入北京，这也是北京首次通过市场化交易方式引入西北绿电。

今年8月，首都电力交易中心积极拓展绿电进京渠道，持续提升绿电交易规模，与甘肃电力交易中心通力协作，通过“e-交易”平台实现了甘肃送北京绿电首次成功交易。来自北京的30家电力用户和甘肃的142家新能源发电企业达成了此次交易，预成交电量2597万千瓦时。该笔交易完成后，来自甘肃地区的风电、光伏等绿色电力将通过超高压输电通道源源不断输送至北京电网。

近年来，首都电力交易中心不断拓展绿电进京来源，加强与新能源富余省份、沙漠大型风电光伏基地协作，深入挖掘省间通道富裕空间，通过平台聚合等方式创新开展省间绿电集中竞价交易，持续扩大交易规模。

在“双碳”背景下，北京市加快推进能源绿色低碳转型，持续扩大外调绿电规模，积极推进市场化交易，促进绿电绿证消费。今年上半年，北京市完成市场化绿电交易较去年同期增长6.5倍，绿电供应更加充足，企业购买更加便利。

加快研究型数字人才培养

中国数据要素新锐学者项目启动

本报上海电(记者沈文敏)近日，“数炬计划——中国数据要素新锐学者项目(DTP)”启动会在上海数据交易所举行。

DTP是国内理论学术界和行业实践领域首面向数据要素理论研究的奖励计划。该计划旨在更好发挥数字人才支撑数字经济的基础性作用，加快推动形成新质生产力，由上海数据交易所联合大数据流通与交易技术国家工程实验室、同方知网数字出版技术股份有限公司共同启动。以优秀论文作为基础，评选出数据要素领域具有代表性的新锐学者，为其理论研究提供案例、实践及课题经费、奖励等方面支持，为中国骨干研究型数字人才的培养和研究成果质量提升作出贡献。

将数据纳入生产要素是中国的重大理论创新，从全球范围来看，数据要素市场还是个新生事物，缺少可借鉴的理论支撑和实践经验。基于国家对数据要素的战略擘画，以及超大市场规模、海量数据资源、丰富应用场景，我国极有机会在数据要素市场建设实践和理论研究上有重大突破和引领，极有机会在全球数据要素理论方面构建起中国的自主知识体系。根据中国知网的初步统计分析，自2020年以来，已有约2500名国内学者累计发表数据要素方面的论文成果超过1.4万篇。

2024船舶与海洋工程创新与合作国际会议召开

本报哈尔滨电(记者祝大伟)近日，2024船舶与海洋工程创新与合作国际会议在哈尔滨工程大学召开。来自20多个国家知名高校、研究机构、行业企业的300余名专家学者参加会议，共同推动国际船舶与海洋工程领域的创新研究成果在工业领域的转化与应用。

本次会议由哈尔滨工程大学与武汉理工大学共同主办，共设船舶与海洋工程力学、船舶与海洋工程设计与制造、绿色船舶与海洋能源、智能船舶与无人系统理论与方法、海洋环境声学及水下信息技术5个分会场，与会专家学者开展专题报告，就联合工业项目进行合作洽谈，展开深度交流与合作。

船舶与海洋工程创新与合作国际组织于2015年成立，是由哈尔滨工程大学牵头，与英国思克莱德大学、法国船级社、中国大连理工大学、法国南特中央理工大学等全球高校、企业联合倡议成立。

自成立以来，该组织吸引了海内外60多家成员单位，培育、促成了众多多边、双边合作，面对人类开发深远海资源带来的技术挑战，聚焦船舶与海洋工程装备数字化、网络化、智能化、无人化、绿色化的发展新方向，推动联盟成员单位实现共同发展。

2024世界机器人大会举行

本报北京电(记者王昊男)近日，2024世界机器人大会在北京亦庄(北京经济技术开发区)举行。本届大会以“共育新质生产力，共享智能新未来”为主题，将聚焦前沿技术、产业动向和创新成果，举行持续3天的主论坛及26场专题论坛，同期还将举办2024世界机器人博览会和2024世界机器人挑战赛。

“天工”实现全球首个全尺寸纯电驱人形机器人的拟人奔跑后再亮新技能，Walker S Lite已进汽车智能工厂实训“打工”，全球首款搭载人工智能深度学习技术的骨科手术机器人首次发布，软体机器人突破工业应用领域瓶颈……在2024世界机器人博览会现场，多个首发首创新品发布。据了解，本届博览会突出技术创新与应用成效，共有169家企业600余件创新产品参展，其中首发新品60余款，27款人形机器人集中亮相。大赛方面，4大赛事共吸引十余个国家的7000余支队伍、13000余名选手现场竞技。

机器人是实现新时代首都高质量发展的战略性先导性产业之一。去年，北京机器人产业总收入超200亿元，企业数量超400家，其中专精特新“小巨人”企业50家、居全国首位。当前，机器人产业已进入新一轮变革机遇期，驱动人类社会加速进入智能时代。北京将坚持产品创新和场景示范双驱动、产业协同和生态优化共联动，全力打造全球机器人产业高地。



一款人形机器人在2024世界机器人大会展示炒菜。新华社记者 张晨霖摄



▲作者康振生(右)在实验室指导学生开展科研。



▲作者康振生在麦田查看条锈病防治情况。