

食用菌杂交育种中的技术策略(下)

鲍大鹏

(上海市农业科学院食用菌研究所, 农业农村部南方食用菌资源利用重点实验室,
国家食用菌工程技术研究中心, 上海市农业遗传育种重点实验室, 上海 201403)

Technical Strategies in Cross Breeding of Edible Fungi(II)

BAO Dapeng

[Institute of Edible Fungi, Shanghai Academy of Agricultural Sciences; Key Laboratory of Edible Fungi
Resources and Utilization (South), Ministry of Agriculture and Rural Affairs, P.R.China; National
Engineering Research Center of Edible Fungi; Key Laboratory of Agricultural Genetics and Breeding
of Shanghai, Shanghai 201403, China]

7 品种系谱

食用菌的理性杂交育种技术体系并非用于指导单次育种活动或单个杂交品种的选育过程, 而是致力于构建一套完整的育种系统, 并推动一种科学育种理念的形成和发展。在该育种系统中, 品种系谱构成了核心要素, 它不仅是理性育种方法的直接展示, 也是推动杂交育种工作持续进行的关键物质基础。

7.1 品种系谱的价值

在主粮作物和园艺作物的育种实践中, 育种者都十分重视品种系谱分析, 认为品种系谱分析在育种实践中是一项很重要的基础性工作。通过品种系谱分析能够了解优质种质资源的应用情况, 把握杂交育种农艺性状改变动态, 为杂交亲本的选配提供理论指导, 避免育种亲本的单一化而带来后代多样性下降和生理病害易发等问题^[90]。此外品种系谱分析在骨干亲本追踪、揭示品种种质演化路径、洞悉杂交亲本组成、找出亲本选配规律等方面都具有十分重要的作用^[127]。

7.2 我国香菇品种系谱

香菇是我国栽培量最大、栽培区域最广泛的食用菌品种。据报道, 我国有较大栽培面积的香菇品种或者菌株约 150 个^[128], 然而对公开发表的文献中出现的香菇品种或菌株名称进行统计时发现, 有源可查的数量超过 200 个, 还有近 300 个缺少育种方式、培育单位和亲本等背景资料^[112]。这表明, 我国香菇菌种的名称众多而且凌乱。早在 2008 年, 针对香菇菌种混乱的情况, 有专家建议构建香菇主要栽培品种种质资源信息库^[128]。

笔者基于公开发表的文献以及走访调研结果, 对我国香菇主要品种系谱(图 5)进行分析。然而, 由于信息来源有限, 本次分析难免存在遗漏之处。笔者只是借此机会期望引起育种者在育种工作中重视系谱分析工作, 并能够共同完善我国香菇杂交育种系谱相关信息。

收稿日期: 2024-10-08 原稿; 2024-11-02 修改稿

基金项目: 国家自然科学基金(32372789); 山东重点研发计划(2022CXGC010610)

作者简介: 鲍大鹏(1969—), 男, 博士, 研究员, 主要从事食用菌遗传育种研究。E-mail: 1610301025@qq.com

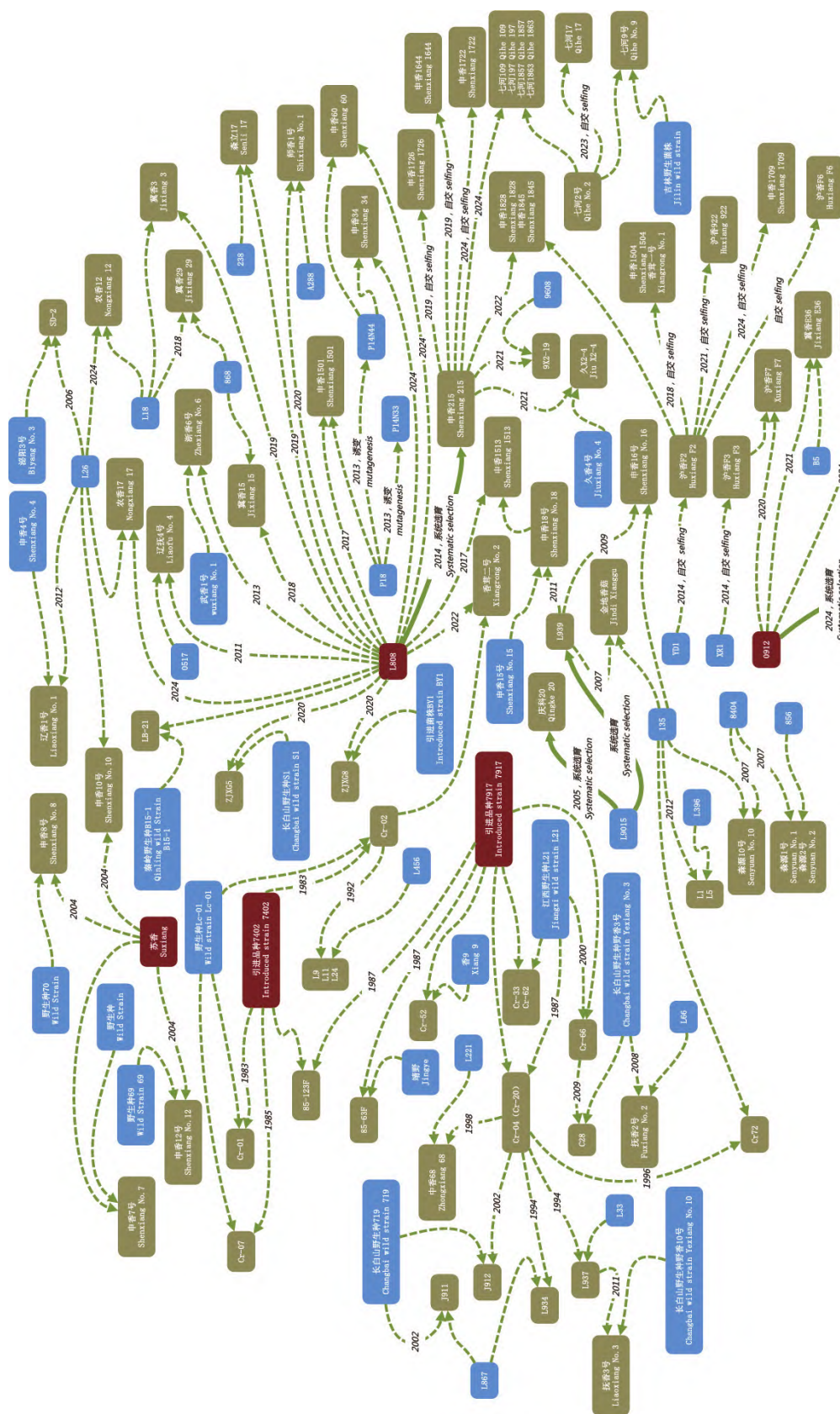


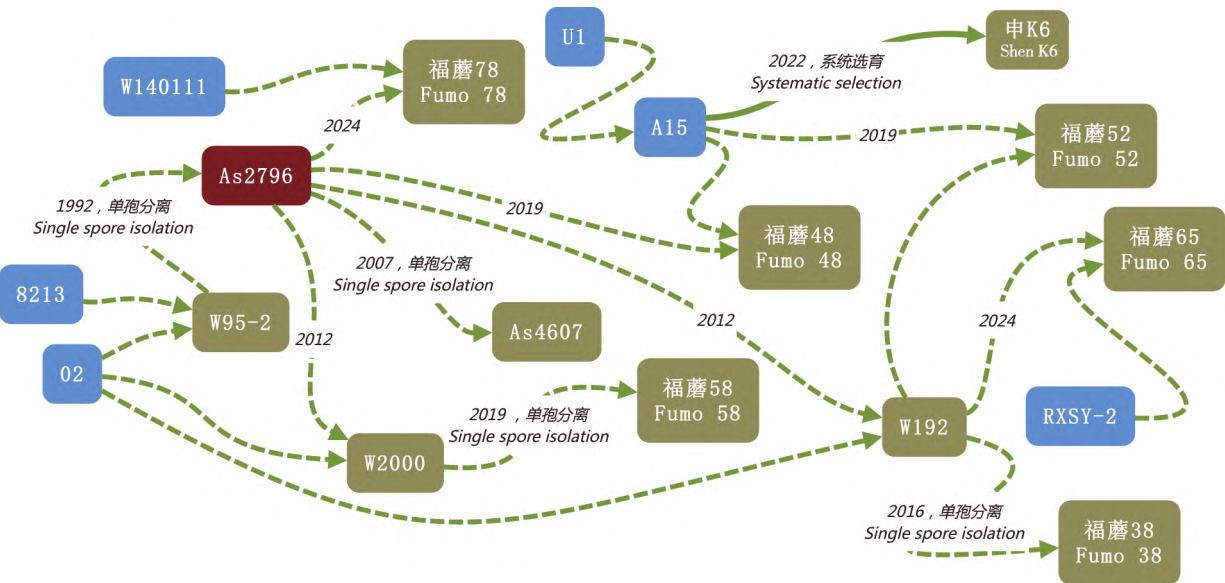
图5 我国香菇主要品种系谱

注:连接实线表示采用系统选育技术,连接虚线表示采用杂交育种技术;连接线上年份2000年之前多为论文发表时间,少数不详。
Notes: solid connection lines indicate adoption of systematic breeding technology, and dotted connection lines indicate adoption of cross breeding technology; time marked on connected lines is variety publication time (mostly before 2000) or variety identification time/new variety right acquisition time (mostly after 2000), and time for a few varieties is unknown.

7.3 我国双孢蘑菇品种系谱

双孢蘑菇作为我国重要的草腐菌栽培物种，长期以来一直是育种者的工作重点。双孢蘑菇虽然属于次级同宗结合食用菌，但是仍旧有极少数单孢分离菌株为同核体，可以用作杂交亲本。同时双孢蘑菇大多数单孢分离菌株是异核体菌株，其在形成担孢子的过程中发生自体杂交，因此可以从这些异核体菌株中选育出优良品种^[129]。

从20世纪70年代开始，我国育种者通过单孢杂交、单孢分离和系统选育创制出一系列的双孢蘑菇新品种，其中‘As2796’、‘W192’、‘福蘑58’等系列品种被广泛应用于设施化栽培和中小型工厂化栽培中^[46, 73-76]。笔者根据公开发表的文献信息，总结出我国双孢蘑菇主要品种系谱(图6)。



注：连接实线表示采用系统选育技术，连接虚线表示采用杂交育种技术；连接线上年份为品种认定或者新品种权获得时间，少数不详。

Notes: solid connection lines indicate adoption of systematic breeding technology, and dotted connection lines indicate adoption of cross breeding technology; time marked on connection lines is variety identification time or new variety right acquisition time, time for a few varieties is unknown.

图6 我国双孢蘑菇主要品种系谱
Fig. 6 Pedigree analysis of main *A. bisporus* varieties in China

7.4 日本典型香菇品种系谱

日本食用菌菌种企业主要包括森产业株式会社、北研株式会社、明治制果株式会社、富士种菌株式会社、KINOKKUSU株式会社、日本食用菌中心、秋山菌种研究所等^[78]。这些企业均开展香菇育种工作，并各自建立了独立的品种系谱。

笔者基于日本农林水产省官方网站的信息，系统梳理上述品种系谱之一的JMS系列香菇品种的杂交系谱(图7)。该系谱内容丰富详尽，记录了JMS系列香菇品种从1980年到2006年长达26年的育种历程和结果，系谱中品种之间关系清晰，为开展系谱研究提供了有价值的参考。JMS系列及其延伸的森系列香菇品种中在日本农林水产省登记的有20多个，其中不少为知名品种，如‘JMS 5K-6’、‘JMS XR-1’、‘JMS KV-92’、‘JMS 7L-5’、‘森XR-1号’等，至今仍在生产中发挥重要作用。

7.5 传承有序的品种系谱

传承有序的品种系谱是培育出食用菌优良品种的重要保障。品种系谱的形成本身就是大量有效育种实践积累的产物，分析品种系谱是开展有逻辑的理性杂交育种的基本前提。

8 品种系列

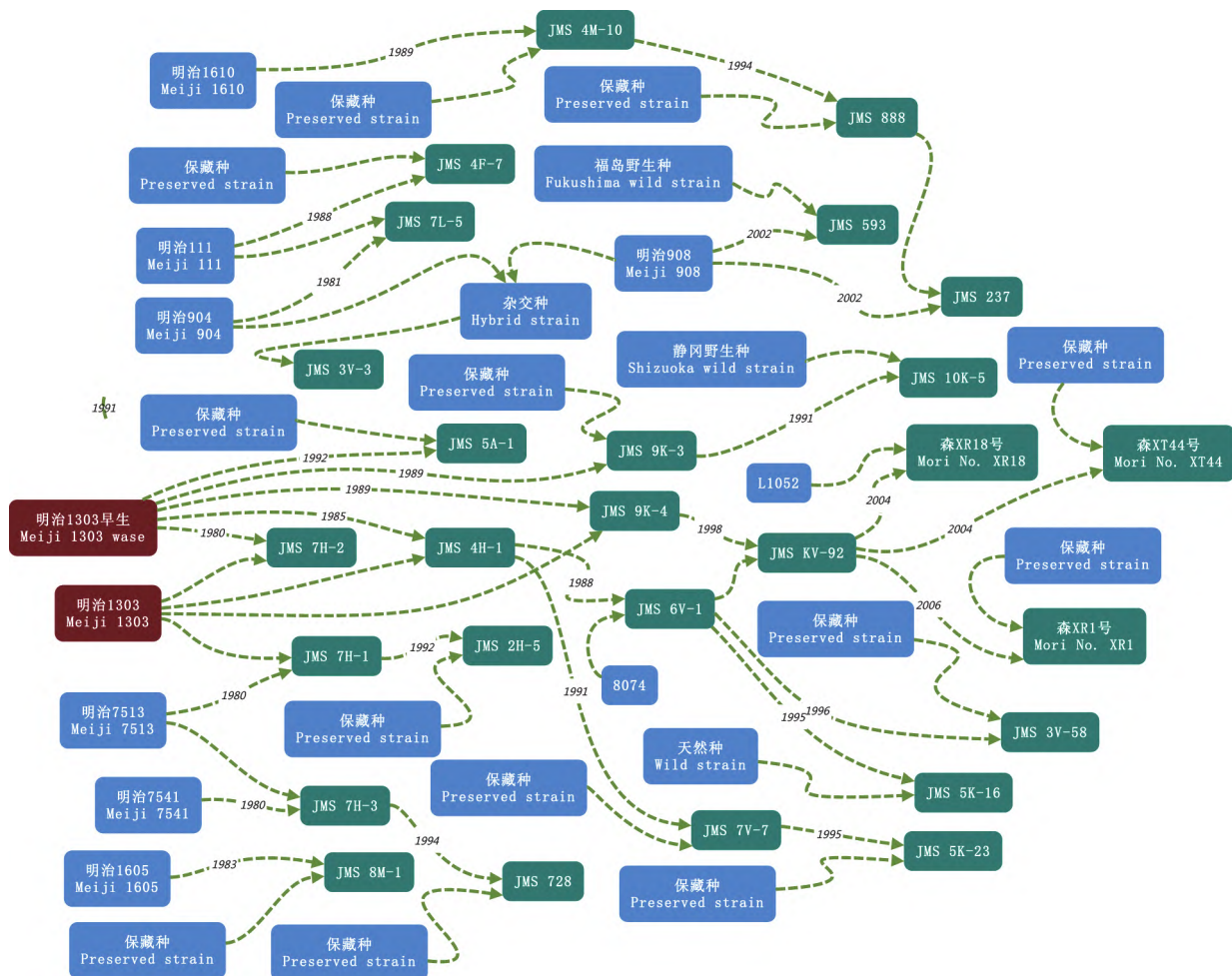
构建食用菌理性杂交育种体系，旨在提升育种工作对生产实践的服务水平与效率。因此，育种

实践的根本指导原则是创制一系列具有自主知识产权的新品种,以满足不同栽培地域、不同生产模式和不同消费市场对食用菌新品种的需求。

8.1 我国食用菌品种系列

我国食用菌栽培产业地域广泛,自然环境多样,栽培模式因地制宜。这对栽培品种的多样性提出了更高的要求,也对选育的新品种的系列性有更高的要求。

在我国食用菌育种实践中,许多食用菌都形成不同的品种系列。香菇有‘Cr’系列(福建省三明市真菌研究所)^[52]、‘申香’和‘沪香’系列(上海市农业科学院食用菌研究所)^[32, 53-55, 112]、‘农香’系列(福建农林大学菌物研究中心)^[59-60]、‘森源’系列(湖北省远安县食用菌研究所、湖北省宜昌森源食用菌有限责任公司)^[57]、‘华香’系列(华中农业大学)^[112]、‘庆科’系列(浙江省庆元县食用菌科研中心)^[112]、‘冀香’系列(河北省科学院生物研究所)^[110]。金针菇有‘上研’系列(上海市农业科学院食用菌研究所)^[66]、‘川金’系列(四川省食用菌研究所)^[62-64]、‘农万金’系列(福建农林大学生命科学学院菌物研究中心、福建万辰生物科技集团股份有限公司)^[69]。双孢蘑菇有‘As2796系列’、‘W192系列’、‘福蘑’系列(福建省农业科学院食用菌研究所)^[46, 73-76, 129]。灵芝有‘沪农灵芝’系列(上海市农业科学院食用菌研究所)^[130-131]、‘仙芝’系列(浙江寿仙谷医药股份有限公司、吉林农业大学食用菌教育部工程研究中心)^[132-133]。



注:连接虚线表示采用杂交育种技术,标注在连接线上的时间为菌种登录成功的时间。

Notes: dotted connection lines indicate adoption of cross breeding technology, and time marked on connection lines is the registration time of the corresponding strain.

图7 JMS系列香菇品种系谱(1980—2006)

Fig. 7 Pedigree of the JMS series *L. edodes* varieties (1980-2006)

8.2 日本食用菌品种系列

2023年底,笔者获赠一本日本食用菌菌种协会汇编的2024年度食用菌菌种销售目录。该目录共登记11家菌种公司销售的香菇、滑菇(*Pholiota microspora*)、糙皮侧耳(*Pleurotus ostreatus*)、金针菇、斑玉蕈、灰树花(*Grifola frondosa*)、毛木耳(*Auricularia cornea*)、荷叶离褶伞(*Lyophyllum decastes*)、猴头菌(*Hericium erinaceus*)、肺形侧耳(*P. pulmonarius*)、榆黄蘑(*P. citrinopileatus*)、晚生扇菇(*Panellus serotinus*)、长齿类小齿菌(*Mycoleptodonoides aitchisonii*)、砖红韧伞(*Hypholoma sublateritium*)、柳松菇(*Agrocybe cylindrica*)、绣球菌(*Sparassis crispa*)等十几种食用菌的品种。其中香菇登记数量最多,达79种。销售香菇品种较多的种业公司分别是森产业株式会社(19种)、菌兴香菇合作社(14种)和北研株式会社(12种)。滑菇品种登记数量次之,有33种。金针菇和斑玉蕈品种登记数量相对较少,分别有13种和10种,可能是因为这两类食用菌在日本工厂化栽培程度较高,企业都有自主研发的专用品种,所以销售的品种种类数量较少。

从该销售目录中可以看出,香菇作为日本最重要的食用菌,其品种分类非常细致,充分满足不同栽培环境和市场需求。从栽培方式来看,有分别适合段木栽培和代料栽培的品种;从香菇销售方式来看,有适合鲜销和干销品种之分;从栽培季节来看,有秋冬型、冬春型、春型、春秋型、夏秋型和周年型品种之分;从温型来看,有低温型、中低温型、中温型、中高温型、高中温型、高温型之分。虽然这些品种分类不完全适用于我国生产实际情况,但说明栽培产业的发展必然会促进种业的精准化发展。

目前,日本的香菇品种主要有JMS系列、MoRino系列(森产业株式会社)、菌兴系列(菌兴香菇合作社)、HS系列(北研株式会社)、KB系列(和歌山县香菇企业工会)、KX系列(KINOKKUSU株式会社)、秋山系列(秋山菌种研究所)等^[78]。近年来,日本香菇年产量约9万吨^[29]。通过分析日本食用菌菌种协会销售的香菇品种数量(79个),可以推断日本香菇万吨产能至少有8个品种支撑。我国香菇2022年总产量近1300万吨^[5]。我国可查证育种方式和培育单位的香菇菌种有200余个^[112],即使这些香菇菌种全部同时投入生产,我国香菇产业万吨产能也仅有0.15个品种或菌种支撑,仅为日本的五十分之一。中国和日本的香菇产业各具特色,但我国香菇栽培地域更广泛、栽培方式更多样,由此可见,支撑我国香菇产业高质量发展的品种数量远远不够。

8.3 丰富多样的品种系列

丰富多样的品种系列是培育出食用菌优良品种的直观体现。优良品种具备多样性和系列性,可以满足不同生产目的、不同栽培条件的需求。培育出系列品种也是对科学育种路径的一种检验。

9 种质资源

在九个技术策略中,种质资源虽在最后阐述,但其重要性和基础性地位不容忽视。没有种质资源,理性杂交育种体系将无从谈起,杂交实践亦将失去其源泉。食用菌种质资源的挖掘与利用,绝非单纯的野生食用菌采集活动,需要科学的理念和方法作为指导。

9.1 我国食用菌野生种质资源

种质资源不仅是开展食用菌科学研究和促进食用菌产业发展的重要物质基础^[134],也是杂交育种实践的重要物质载体。我国多种多样的自然环境中蕴藏着遗传多样性极高的食用菌种质资源。自20世纪80年代起,随着食用菌产业的发展,全国许多地方都开始重视调查食用菌种质资源^[135]。迄今为止,已经发现我国共有1662个大型真菌分类单位,其中1020个具有食用价值^[136],至少有192个食用菌物种能够实现人工栽培^[137]。我国丰富多样的种质资源,为我国成为食用菌新品种的创新强国提供坚实的物质条件。如果能够掌握和运用科学理性的育种技术策略,一定会加速实现这个目标。

我国主要的栽培食用菌物种,如香菇、双孢蘑菇、糙皮侧耳、金顶侧耳(*P. citrinopileatus*)、黑木耳、金针菇、草菇(*Volvariella volvacea*)、银耳(*Tremella fuciformis*)、灵芝等,其野生资源和栽培品种资源状况都被系统总结和分析^[138]。近年来,还从全基因组水平对广泛栽培的香菇^[139-141]、金针菇^[94-96]、双孢蘑菇^[142]、灵芝^[143]、黑木耳^[144]等物种开展种质资源遗传多样性研究。这些研究成果为食用菌杂交育种实践中育种目标的实现、品种系谱的构建、骨干亲本的追溯、杂交路径的选定等工作,提供科学的指导作用。

根据遗传和环境互作理论^[119],在选育适合当地自然环境的优良杂交品种时,应该考虑选用当地的野生品种作为杂交亲本。野生品种历经漫长的自然选择与演化,通过不断重复散发孢子、萌发、杂交、淘汰、适者生存、再次散发孢子的循环过程,逐渐累积了适应当地气候条件的独特生物性状。

我国浙江龙庆景地区的“剥花法”对香菇野生种质资源产生的深远影响非常值得关注。该方法在树种选择、场地选择、剥口形成及环境控制等多个环节上,都形成了一系列的技艺规范。这些技艺规范在长期应用过程中,无疑对香菇种质资源施加了持续的选择压力。这种压力促使孢子在人为剥花刀口营造的微环境中更易于萌发并定殖,进而增加交配形成双核体的概率,或使适应剥花季节生长条件的种质获得更多生长机会,从而释放出更多孢子。因此,历经近千年的稳定选择与持续压力,“剥花法”必定推动了当地香菇种质资源的适应性进化,从而孕育出独具特色的香菇“地方品种”。

我国传统“剥花法”栽培地区主要分布于福建、江西、安徽、广东、广西、贵州、湖北、湖南、四川、云南、陕西、甘肃、浙江等省、自治区^[145]。我国历史上形成了闽菇、赣菇、徽菇、处蕈、北江菇、都柳江香菇、京山花菇、滇川名菇等8种各具商品性状特点的地方名菇^[146]。这些历史名菇的形成与所产地长期开展“剥花法”对香菇种质的影响一定存在关联性。

香菇野生种质资源可以分为北方品系和南方品系两大生态类群。北方品系朵大肉厚,多属低温性品系。南方品系朵小肉薄,多属高温性品系。在这两大类群之间,存在众多的中间类群^[147]。这些中间类型主要包括徽菇(分布于安徽省皖南山区:祁门、东至、宁国、休宁、歙县、黟县等地),赣菇(分布于江西省修水、武陵、景德镇、钢鼓、婺源、九江、于都、尤南、安远、瑞金、信丰、赣州等地),浙菇(分布于浙江省龙泉、庆元、景宁、云和、泰顺等地),汀菇(分布于福建省龙岩、永定、武平、上杭、长汀、连城、清流、宁化、明溪等地),北江菇(分布于广东省粤北山区:怀集、前源、南雄、始兴、阳关、平和、平远等地),鄂菇(分布于湖北省神农架附近山区:房县、保康、商漳、兴山、即阳、恩施、鹤峰、京山、随州等地),川菇(分布于四川省天全、室兴、达县、广元、石柱、绵阳等地),滇菇(分布于云南省楚雄、禄劝、武定、曲端、阳通、丽江等地),陕菇(分布于陕西省汉中、留坝、宁强、安康等地)^[146]。这些地区与香菇“剥花法”栽培地区高度重合,反映出“剥花法”带来的选择压力可能对香菇野生种质产生影响。笔者将上述这些地名从参考文献中提取并罗列出来,希望在新的发展阶段,能够更深入系统地对这些区域的野生香菇种质资源进行收集和研究。这些资源都是自然界长期演化的产物,是我国香菇产业永继发展、成为香菇育种大国的坚实物质基础。近年来,随着香菇栽培区域的不断扩大,栽培品种的种质随着孢子的扩散对野生香菇种质库产生的基因污染值得关注,因此,应对香菇丰富的野生种质资源进行抢救性保护。

在杂交育种实践中,当地种质资源的适应性变异可以通过基因重组方式引入到优良的商业栽培品种中,以增强商业栽培品种的地方适用性。当地种质资源与引进种质资源往往可形成有效互补效应,通过相互融合提升创制新型骨干亲本的机会^[91]。在我国食用菌育种实践中,已有利用当地野生种质资源改进栽培品种特性、创制优良食用菌品种的案例^[28]。

9.2 食用菌栽培种质资源的价值

在注重野生种质资源收集的同时,也需要重视对栽培种质资源的收集工作^[134]。食用菌栽培品种

都是通过克隆繁殖的方式实现菌种传代和扩繁,在这个过程中,由于受到光线、微量化合物、自身代谢产物、DNA 修复能力等多种因素的综合影响,菌种的菌丝细胞在有丝分裂阶段会产生不同概率的自发突变。这些突变的积累,会导致食用菌菌种出现劣化、退化等生理现象^[148],但也会出现小概率的种性回复、性状优化等正向突变。栽培品种中发生的小概率正向突变值得重视。通过组织分离可以筛选和纯化出优异正向突变体,从而维护种性的稳定,并有望培育出更优质的食用菌品种。尽管组织分离技术的生理、遗传等方面的原理尚待深入解析,但其在育种工作中的价值已广受认可^[149]。组织分离不仅被作为一种行之有效的菌种复壮路径,而且育种者还利用组织分离成功选育出众多有价值的食用菌新品种,如香菇品种‘241-4’^[150]和‘215’^[114]。

9.3 广泛收集的种质资源

广泛收集的种质资源是培育出食用菌优良品种的重要物质基础。自然界漫长的演化过程中产生了丰富的遗传多样性,这为达成各种育种目标提供了可能性。因此,拥有种质资源就意味着掌握了育种的未来。

10 结语

10.1 食用菌理性杂交育种体系的内在逻辑

笔者阐述构建食用菌理性杂交育种体系的九个重要技术策略。这些技术策略在食用菌杂交育种实践中展现出清晰的内在逻辑性(图8)。

种质资源是育种的物质基础;育种目标是育种实践的出发点和落脚点;骨干亲本是实现育种目标的首要支撑点;杂交理念是杂交育种实践需要遵循的基本指导原则;杂交路径是综合运用种质资源和骨干亲本以实现育种目标的技术体现;杂交代际是重要技术参数,确保了杂交育种实践的有效性和效率;杂交代际是保障达成育种目标的关键技术策略,是贯彻杂交路径的必然产物;品种系列是杂交育种实践的直接成果,也是服务产业发展的重要表现;品种系谱是在长期杂交育种实践中综合运用多种技术策略而形成的品种间关系,体现了理性杂交育种体系的实施成果。

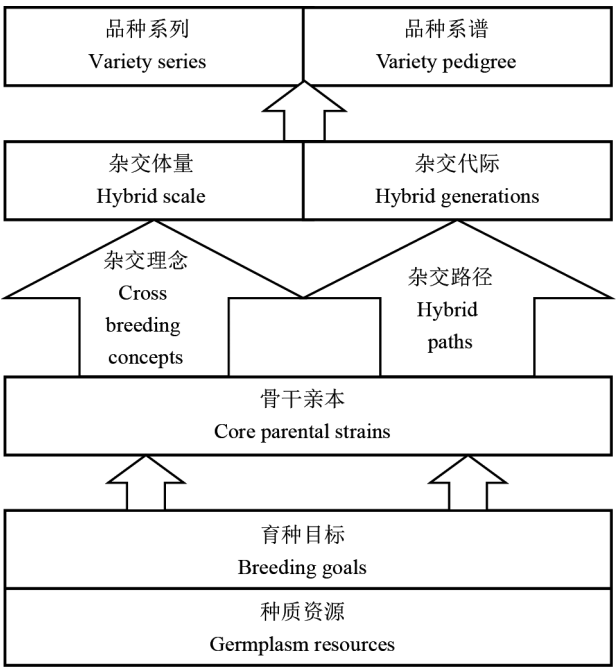


图8 食用菌理性杂交育种体系中九个技术策略关系
Fig. 8 Schematic diagram showing relationships of the nine technical strategies in the rational cross breeding system of edible fungi

食用菌理性杂交育种体系目前处于初步理论框架的构建阶段,其中部分观点和推论可能尚未得到所有研究者的认同。笔者期望大家在食用菌杂交育种研究中能够思考和检验这些理念,在育种实践中不断修正错误、丰富认知、完善理论。

10.2 构建食用菌理性杂交育种体系的意义

我国食用菌产业已经过较长时期的高速发展,正进入转型发展的新阶段^[47]。我国食用菌总产量已超过全球总产量的90%^[151],成为全球食用菌生产的主要国家,同时,世界食用菌产业创新的重心正在不可逆转地向中国转移^[152]。在作物育种领域,分子生物学与基因工程技术相结合的分子育种,以及生物技术与信息技术融合驱动的智能设计育种,正在引领现代种业技术升级和促进产业变革^[153]。在这一历史背景下,进一步提高我国食用菌育种技术水平,构建一个系统而完善的理论体系,已成为时代发展的必然要求。

笔者提出的食用菌理性杂交育种体系,是对我国过去四十余年杂交育种实践的综合概括与理论提炼,旨在形成与客观规律相符的科学认识,构建一种理性育种技术范式思维。这些策略不直接涉及具体的育种技术操作,也不为某一特定食用菌品种提供详细的育种指南。笔者期望这种范式思维能够在长期的杂交育种实践中发挥四个方面的积极作用:首先,增强杂交育种实践过程中的理性程度,提高育种成果的预见性;其次,增强育种实践的确定性,降低杂交育种结果的不确定性,提高育种效率与成功率;再次,成为杂交育种实践中积累知识、构建知识系统的共同前提;最后,为衡量杂交育种实践提供重要的参考价值,作为评估育种成效的标尺、评判育种成功的依据,以及评价育种成果的基准。

在作物新品种培育领域,基于传统遗传学亲本杂交的育种2.0时代,正在经历分子育种的3.0时代,加速向“生物技术+人工智能+大数据”为特征的育种4.0时代迈进^[154]。然而在食用菌育种领域,育种2.0时代是一个不可略过的发展阶段。在可预见的未来,通过杂交育种方法创制出大量新品种,仍将是食用菌育种的关键任务。但是,随着对食用菌遗传背景的深入解析,以及对调控农艺性状功能基因的广泛挖掘和精确定位,食用菌育种实践将朝着精准高效育种这一更高水平的终极目标不断迈进。

10.3 食用菌杂交育种的技术策略和科学问题

在食用菌学科建设中,遗传研究为育种实践提供了坚实的科学基础,育种实践是遗传研究的重要目标。

为推动我国食用菌产业高质量可持续发展,需要建立育种理论、育种技术和菌种管理等三大体系。这些任务的完成需要食用菌遗传学、育种学、栽培学等学科的努力,通过开展大量应用基础研究,不断积累更加丰富的科学知识^[155]。这不仅是我国食用菌产业发展的需求,也是蓬勃发展的食用菌学科所肩负的历史使命。

杂交育种技术策略与科学问题,是食用菌理性杂交育种体系的重要基础。近年来,笔者基于双核体生物学特性,深入剖析了一系列科学问题^[6, 89, 134, 156]。这些问题主要包括交配型的多样性及其遗传学基础、种质资源多样性评价及其育种价值、遗传距离在杂种优势预测中的精准度、配合力分析及其育种价值、兼性配合担子菌的配子体高效选配、配子体杂交的遗传多态性分析、远缘杂交的遗传学机制及其育种价值、F1代农艺性状分离规律的解析、分子标记辅助选择技术的有效应用、食用菌地方品种种质资源的遗传特性研究、杂交优势和近交衰退的遗传学基础、细胞质遗传对农艺性状影响的机制、细胞核雄性角色和雌性角色的生物学意义分析、双核体协同作用的分子调控机制、有性单核体和无性单核体的育种价值、单核体和双核体的相互转换路径分析、单单杂交和双单杂交中细胞核行为分析、细胞核活跃度对杂交子稳定性影响的遗传学机制等18个方面。

笔者提出的9个杂交育种技术策略与上述这些科学问题紧密相连,比如杂交育种路径的选择和双核体细胞核的活跃度就存在密切关联性。现代组学揭示,食用菌双核体独特的细胞结构——一个细胞内含两个核及两套信息传递系统,这一发现不仅对传统生物学理论中“一个细胞一个核,一套信息传递系统”提出了挑战,而且引发了对双核体细胞核间协调性、优势细胞核与基因簇表达水平等问题的深入思考,同时促进了杂交育种中细胞核适配性、优良性状聚集与纯化、性状重组优化等育种理论的构建。

笔者所探讨的食用菌理性杂交育种技术策略虽然是基于育种实践的高度凝练与总结,但其有效性仍需通过广泛的育种实践进行检验、反馈与调整。这可能需要一代人甚至几代人的不懈努力与持续探索,通往食用菌种业强国的道路必然漫漫修远。

道阻且长,但是行则将至,为则可成。未来虽远但是可期,前方曲折却总有希望。愿本文能为我国食用菌种业强国建设贡献绵薄之力。

参考文献

- [1] 李玉.把种子牢牢攥在自己手里[N].人民日报,2022-06-09(9).
- [2] 张金霞.我国食用菌种业问题与技术创新的挑战[J].食药用菌,2021,29(5):365-368.
- [3] 鲍大鹏,谭琦.我国食用菌产业发展面临的重大科学问题和技术问题[J].食药用菌,2024,32(4):217-225.
- [4] 鲍大鹏.食用菌杂交育种中的科学问题[J].食用菌学报,2020,27(4):1-24.
- [5] 中国食用菌协会.2022年度全国食用菌统计调查结果分析[J].中国食用菌,2024,43(1):118-126.
- [6] 鲍大鹏,徐建平,潘迎捷,等.异宗配合食用真菌双核体和单核体相关概念辨析[J].食用菌学报,2024,31(4):1-11.
- [7] 马兴林,崔铁英,徐安波,等.对我国玉米育种目标的思考与讨论[J].农业科技通讯,2019(7):4-6.
- [8] 边银丙.食用菌遗传育种学[M].北京:高等教育出版社,2022.
- [9] 张金霞.中国食用菌菌种学[M].北京:中国农业出版社,2011.
- [10] 杨文建,王柳清,胡秋辉.我国食用菌加工新技术与产品创新发展现状[J].食品科学技术学报,2019,37(3):13-18.
- [11] 杨璐敏,邓雅元,熊永生,等.食用菌休闲食品研究进展[J].中国食用菌,2024,43(3):86-90.
- [12] 王瑞霞,贾身茂.我国香菇栽培技术的发展进程[J].食药用菌,2020,28(5):362-364.
- [13] 洪震.日本香菇品种段木栽培试验[J].食用菌,1980,2(4):18-19.
- [14] 何园素,王日英,左丽云,等.锯木屑栽培香菇[J].上海农业科技,1978(S1):1-7.
- [15] 何园素,孙华瑜,李慧玲,等.香菇品种对比试验小结[J].上海农业科技,1978(S1):7-13.
- [16] 吴学谦,陈士瑜.中国香菇栽培技术的变革与发展[J].浙江林业科技,2002,22(3):14-18.
- [17] 黄秀治,蔡衍山.香菇杂交育种[J].食用菌,1981,3(4):14-15.
- [18] 福建省微生物学会.三明真菌研究所培育出Cr-01、Cr-02香菇优良新菌株[J].食用菌科技,1983,2(3):49.
- [19] 贾亚妮.提高香菇“冰菇”产量的技术[J].食用菌,1997,19(2):27.
- [20] 赵玉莲,吴邦仁,吕明亮.优质香菇新品种“L808”品种特性与栽培管理要点[J].浙江食用菌,2010,18(4):24-25.
- [21] 张少泽,李九英,班新河,等.香菇品种L808周年栽培技术[J].食用菌,2012,34(4):35-36.
- [22] 黄年来.中国食用菌产业的现状和展望[J].中国食用菌,1998,17(5):3-5.
- [23] 丁荣辉.中国香菇地位与北上趋势及捷径的研究[J].中国食用菌,1998,17(2):10-11.
- [24] 程琳琳,张俊飏.中国食用菌主要品种时序演进及空间差异——以香菇和平菇为例[J].华中农业大学学报(社会科学版),2015(5):48-58.
- [25] 鄢定明,赵照林.香菇产业版图的变迁与培植理论的新认识[J].食用菌,2019,41(2):1-2.
- [26] 许益财,焦言英,李艳秋,等.香菇单孢杂交新品种“抚香一号”选育[J].食用菌,2003,25(3):10-11.
- [27] 姜涛,张忠伟,李广瑞,等.香菇新品种C28品种特性及栽培技术要点[J].食用菌,2009,31(4):30.
- [28] 宋莹,刘娜,杨瑞恒,等.利用地域野生资源创制地方适栽的优质香菇新品种[J].菌物学报,2020,39(6):1109-

- 1116.
- [29] 曹斌, 张月吟, 高博. 全球香菇产业发展历史、现状及趋势 [J]. 食用菌学报, 2024, 31(3): 1-20.
- [30] 李玉, 尚晓冬, 宋春艳, 等. 香菇菌棒传统生产模式与工厂化生产模式的比较 [J]. 食药用菌, 2017, 25(2): 138-140.
- [31] 边银丙. 以“集中制棒, 专业服务, 分散出菇”生产模式推动香菇产业转型升级的探讨 [J]. 食药用菌, 2023, 31(4): 219-223.
- [32] 张美彦, 于海龙, 章炉军, 等. 香菇‘申香 1644’的选育报告 [J]. 菌物学报, 2022, 41(7): 1134-1136.
- [33] 管中显, 张辉, 党兴仁. 香菇爆发性出菇的防控措施 [J]. 食药用菌, 2018, 26(4): 265-266.
- [34] 孙波, 赵会长, 周洪英, 等. 香菇工厂化生产研究进展 [J]. 北方园艺, 2024(18): 122-128.
- [35] 曹斌, 高博, 李媛媛. 我国香菇市场供需结构的主要特征、问题与对策建议 [J]. 食药用菌, 2023, 31(5): 294-301.
- [36] 王彬, 张明, 倪立颖, 等. 我国香菇加工产品市场发展现状与趋势 [J]. 食药用菌, 2023, 31(4): 229-233.
- [37] 章炉军, 李巧珍, 谭琦, 等. 香菇新品种‘沪香 922’ [J]. 园艺学报, 2023, 50(S2): 101-102.
- [38] 王琦, 张立娟, 王玥玮, 等. 香菇柄营养成分分析及高值化利用研究 [J]. 食品研究与开发, 2019, 40(15): 199-203.
- [39] 黄良水, 金群力. 我国金针菇产业发展现状与前景展望 [J]. 浙江农业科学, 2011, 52(6): 1252-1256.
- [40] 郭美英. 我国金针菇新品种的选育 [J]. 食用菌学报, 1997, 4(1): 8-14.
- [41] 刘启燕, 戚俊, 王卓仁, 等. 我国金针菇工厂化生产现状与思考 [J]. 中国食用菌, 2021, 40(12): 83-88.
- [42] 徐珍, 尚晓冬, 苏蓉, 等. 杂交选育工厂化生产的金针菇菌株 [J]. 食用菌学报, 2008, 15(4): 26-30.
- [43] 李晓, 李玉. 中国工厂化瓶栽白色金针菇竞品分析 [J]. 中国食用菌, 2014, 33(2): 20-24.
- [44] 景雪梅, 王雷, 刘晖, 等. 浅黄色金针菇工厂化生产菌株的杂交选育 [J]. 食药用菌, 2022, 30(3): 215-220.
- [45] 董浩然, 于海龙, 姜宁, 等. 中国食用菌工厂化生产发展现状及趋势 [J]. 食药用菌, 2024, 32(1): 1-9.
- [46] 陈美元, 廖剑华, 郭仲杰, 等. 双孢蘑菇新品种‘福蘑 48’ [J]. 园艺学报, 2023, 50(S1): 83-84.
- [47] 鲍大鹏, 邹根, 裴晓东, 等. 中国食用菌产业实现高质量现代化发展的路径探讨 [J]. 食用菌学报, 2022, 29(6): 103-110.
- [48] 肖世俊, 姜楠, 彭炳, 等. 基于大数据和人工智能的灵芝数字化育种 [C]//中国菌物学会 2023 年学术年会论文摘要, 福州: 中国菌物学会, 2023: 140.
- [49] 吕作舟, 刘巧云. 我国香菇育种的回顾与展望 [J]. 中国食用菌, 1996, 15(1): 5-7.
- [50] 潘迎捷, 汪昭月, 龚胜萍, 等. 食用菌育种中的对称杂交和非对称杂交 [J]. 食用菌, 1993, 15(1): 2-3.
- [51] 潘迎捷, 汪昭月, 白韵琴, 等. 食用菌育种中的有性杂交与无性杂交 [J]. 食用菌, 1994, 16(1): 2-3.
- [52] 谭琦, 潘迎捷, 黄为一. 中国香菇育种的发展历程 [J]. 食用菌学报, 2000, 7(4): 48-52.
- [53] 谭琦, 潘迎捷, 陈明杰, 等. 香菇申香 10 号菌种的选育与推广 [J]. 食用菌学报, 2000, 7(3): 6-10.
- [54] 宋春艳, 刘德云, 尚晓冬, 等. 香菇杂交新品种‘申香 16 号’ [J]. 园艺学报, 2010, 37(11): 1887-1888.
- [55] 张美彦, 于海龙, 尚晓冬, 等. 香菇新品种‘申香 1513’ [J]. 园艺学报, 2018, 45(S2): 2777-2778.
- [56] 陈文良. 香菇新品种 L₉₃₄ 和 L₉₃₇ 的培育 [J]. 华北农学报, 1994, 9(4): 111-115.
- [57] 王群, 徐年声. 森源一号二号香菇菌株的选育 [J]. 食用菌, 1999, 21(1): 16-17.
- [58] 张根伟, 马宏, 刘振国, 等. 香菇新品种‘冀香 15’ [J]. 园艺学报, 2019, 46(S2): 2828-2829.
- [59] 刘新锐, 杨彬, 谢宝贵, 等. 香菇新品种‘农香 2 号’ [J]. 园艺学报, 2014, 41(5): 1041-1042.
- [60] 李昕霖. 香菇新品种“农香 152”的选育 [J]. 中国食用菌, 2022, 41(2): 10-14.
- [61] 张忠伟, 刘俊杰, 魏立敏, 等. 香菇新品种辽抚 4 号 (0912) 选育技术报告 [C]//第十届全国食用菌学术研讨会论文汇编. 北京: 中国菌物学会, 2014: 8.
- [62] 王波, 唐利民, 姜邻, 等. 川金 2 号金针菇菌株选育初报 [J]. 食用菌, 2001, 23(3): 11-12.
- [63] 王波, 鲜灵, 高俭, 等. 早熟白色金针菇优良品种川金 5 号选育 [J]. 中国食用菌, 2013, 32(4): 15-16.
- [64] 王波. 金针菇新品种‘川金 33’的选育和栽培应用 [J]. 食药用菌, 2018, 26(1): 38-39.
- [65] 王瑞娟, 陆欢, 徐珍, 等. 单孢杂交选育金针菇新品种‘上研 1820’ [J]. 菌物学报, 2023, 42(2): 597-608.
- [66] 陆欢, 刘建雨, 张丹, 等. 金顶侧耳和金针菇三个新品种的选育报告 [J]. 菌物学报, 2024, 43(5): 160-164.
- [67] 刘新锐, 谢宝贵, 江玉姬, 等. 早熟金针菇新品种‘农金 6 号’ [J]. 园艺学报, 2014, 41(2): 397-398.

- [68] 刘新锐, 杨志超, 肖淑霞, 等. 高产金针菇新品种‘农金7号’[J]. 园艺学报, 2018, 45(6): 1219-1220.
- [69] 李博, 岑光红, 邱怡, 等. 金针菇‘农万金8号’、‘农万金9号’和斑玉蕈‘农万真1号’的选育报告[J/OL]. 菌物学报, 2024; 1-10. (2024-07-11) [2024-09-01]. <https://link.cnki.net/doi/10.13346/j.mycosystema.240139>.
- [70] 李金鑫, 王楠, 李开盛, 等. 斑玉蕈‘Finc-B-7’的选育报告[J]. 菌物学报, 2020, 39(6): 1190-1192.
- [71] 李佳欢, 金文松, 孙淑静, 等. 斑玉蕈‘闽真5号’的选育报告[J]. 菌物学报, 2022, 41(2): 321-323.
- [72] 刘芳, 江玉姬, 蔡鹏, 等. 真姬菇新品种‘农万真2号’的选育[J]. 食用菌学报, 2021, 28(6): 53-60.
- [73] WANG Z S, LIAO J H, LI F G, *et al.* Studies on breeding hybrid strain AS2796 of *Agaricus bisporus* for canning in China[J]. Mushroom Science XIV, 1995, 14(1): 71-79.
- [74] 廖剑华. 双孢蘑菇杂交新菌株W192选育研究[J]. 中国食用菌, 2013, 32(2): 11-14.
- [75] 廖剑华, 肖淑霞, 李洪荣, 等. 双孢蘑菇新品种W 2000生物学特性与高产栽培技术研究[J]. 福建轻纺, 2013(8): 14-18.
- [76] 陈美元, 廖剑华, 蔡志欣, 等. 双孢蘑菇新品种‘福蘑52’[J]. 园艺学报, 2022, 49(S1): 97-98.
- [77] HASEBE K. The breeding and cultivation of edible mushrooms[J]. Agricultural Biotechnology, 2021, 5(12): 6-12.
- [78] 张清洋, 朱星考, 陈丽, 等. 日本香菇授权品种现状及其启示[J]. 中国种业, 2020(3): 23-27.
- [79] 张清洋, 白雪霏, 朱姝蕊, 等. 日本金针菇品种权研究[J]. 食药菌, 2020, 28(4): 241-247.
- [80] 董慧, 章炉军, 张美彦, 等. 中国香菇主栽品种遗传多样性的SSR分析及指纹图谱构建[J]. 微生物学通报, 2017, 44(6): 1427-1436.
- [81] 赵建民, 周钰芳. 食用菌专利侵权判定中的难点问题——以全国首例微生物专利侵权案件为例[J]. 食药菌, 2022, 30(3): 191-196.
- [82] 邓毅泮. UPOV公约框架下我国植物新品种权保护研究[J]. 中国种业, 2024(10): 8-13.
- [83] 尚怀国, 冷杨, 黄晨阳. 我国食用菌种业高质量发展的建议[J]. 种子, 2022, 41(9): 146-148.
- [84] 李媛媛, 韩威威, 韩瑞玺. 食用菌知识产权保护探讨[J]. 中国种业, 2020(8): 12-14.
- [85] 凌云燕, 张明哲, 赵瑞琳. 基于MNP分子标记的香菇商业菌株演化关系及其在品种精准鉴定中的应用[C]// 中国菌物学会2023年学术年会论文摘要. 北京: 中国菌物学会, 2023: 44.
- [86] 吕志文, 杨环, 魏传正, 等. 金针菇MNP分子标记菌株鉴别技术建立[J]. 菌物学报, 2024, 43(1): 22-38.
- [87] 魏传正, 王朦, 张鹏, 等. 基于二代测序技术的MNP标记鉴别刺芹侧耳菌株[J]. 食用菌学报, 2023, 30(1): 1-9.
- [88] 张贵合, 马林. 高职院校食用菌生产与加工技术专业现状调研及分析[J]. 食药菌, 2023, 31(2): 91-96.
- [89] 鲍大鹏. 基于中国食用菌产业发展的食用菌学科建设探讨[J]. 菌物研究, 2020, 18(3): 139-148.
- [90] 庄巧生. 中国小麦品种改良及系谱分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [91] 李永祥, 王天宇, 黎裕. 主要农作物骨干亲本形成与研究利用[J]. 植物遗传资源学报, 2019, 20(5): 1093-1102.
- [92] 汤圣祥, 王秀东, 刘旭. 中国常规水稻品种的更替趋势和核心骨干亲本研究[J]. 中国农业科学, 2012, 45(8): 1455-1464.
- [93] 李振声. 我国小麦育种的回顾与展望[J]. 中国农业科技导报, 2010, 12(2): 1-4.
- [94] XIAO B L, BANG F, JING L, *et al.* Genetic diversity and breeding history of winter mushroom (*Flammulina velutipes*) in China uncovered by genomic SSR markers[J]. Gene, 2016, 591(1): 227-235.
- [95] 沈颖越, 金群力, 蔡为明, 等. 基于重测序信息的金针菇菌株资源遗传多样性及群体结构分析[J]. 菌物学报, 2020, 39(6): 1016-1028.
- [96] 高利慧, 鲍大鹏, 徐珍, 等. 基于遗传多样性构建金针菇的核心种质群体及分子身份证[J]. 菌物学报, 2021, 40(12): 3214-3230.
- [97] 刘晓斌, 冯邦, 李静, 等. 基于基因组SSR标记对中国金针菇的遗传多样性和育种历史研究[C]// 中国菌物学会2016年学术年会论文摘要集, 北京: 中国菌物学会, 2016: 95-96.
- [98] 郭美英. 金针菇杂交育种研究[J]. 食用菌, 1993, 15(4): 4-6.
- [99] 郭美英. 金针菇杂交优良菌株的初步研究[J]. 食用菌, 1988, 10(3): 9-10.
- [100] 马士和. 我国金针菇遗传育种的研究现状与展望[J]. 中国食用菌, 1997, 16(4): 3-5.
- [101] 黄瑞贞, 魏润黔, 王镭. 金针菇品种比试验初报[J]. 食用菌, 1988, 10(6): 7-8.
- [102] 陈德明, 徐玉芬, 归武球, 等. 金针菇新品种——沪菌3号的选育研究和应用[J]. 上海农业科技, 1990(5): 35-

- 37.
- [103] 黄大斌, 郑木华, 江智才. 白金针菇“8909”特性与栽培[J]. 福建农业科技, 1990, 21(6): 27-28.
- [104] 李育岳, 汪麟. 金针菇白色株FV088特性研究[J]. 食用菌, 1991, 13(1): 18-19.
- [105] 周启明, 姜昌卫, 吴杏芳. 金针菇F21的特性及栽培技术[J]. 中国食用菌, 1993, 12(6): 28-29.
- [106] 谢宝贵, 江玉姬, 吴文礼. 金针菇子实体颜色的遗传规律研究[J]. 菌物学报, 2004, 23(1): 79-84.
- [107] 张丹, 王瑞娟, 徐珍, 等. 金针菇新品种‘上研1号’[J]. 园艺学报, 2017, 44(S2): 2701-2702.
- [108] 黄年来. 关于食用菌的品种和品种登记制度[J]. 中国食用菌, 1992, 11(5): 3-4.
- [109] KITAMOTO Y, NAKAMATA M, MASUDA P. Production of a novel white *Flammulina velutipes* by breeding[M]//CHANG S T, BUSWELL J A, MILES P G (eds.). Genetics and Breeding of Edible Mushrooms. London: CRC Press, 1993: 65-86.
- [110] 张根伟, 刘振国, 马宏, 等. 中熟硬质香菇新品种“冀香3号”杂交育种研究[R]. 石家庄: 河北省生物研究所, 2019.
- [111] 戴璐, 张怀荣, 霍文严, 等. 香菇新菌株森立17选育[J]. 食用菌, 2019, 41(2): 40-41.
- [112] 宋晓霞, 李传华, 谭琦, 等. 中国香菇部分栽培菌株来源汇总[J]. 菌物研究, 2015, 13(3): 146-154.
- [113] 赵立强, 王立安, 张金秀, 等. 香菇新品种师香1号杂交育种研究[R]. 石家庄: 河北师范大学, 2020.
- [114] 上海市农业技术推广服务中心. 上海市农作物审(认)定品种2014—2021[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2023.
- [115] 杨庆尧. 日本食菌的生产和经营技术[J]. 食用菌, 1983, 5(1): 22-23.
- [116] 宋春艳, 刘德云, 章炉军, 等. 香菇高产新品种‘申香18号’[J]. 园艺学报, 2012, 39(6): 1219-1220.
- [117] 徐珍, 尚晓冬, 谭琦. 金针菇杂交新品种‘金针菇G1’[J]. 园艺学报, 2011, 38(8): 1621-1622.
- [118] TOMOYUKI K, SHIGEYUKI T, HIROSHI K, et al. Breeding of a new enokitake mushroom (*Flammulina velutipes*) variety ‘Shinano-Early’ (Chokin No.17) and it’s characteristics[J]. Bulletin of the Nagano Vegetable and Ornamental Crops Experiment Station, 2017, 16:31-37.
- [119] 徐建平, 王汉臣, 胡殿明. 基因型和环境互作在食用菌育种中的潜力和应用[J]. 食用菌学报, 2018, 25(2): 1-22.
- [120] 宋晓霞, 宋春艳, 赵妍, 等. 异源细胞质对香菇转色和出菇规律的影响[J]. 食用菌学报, 2021, 28(6): 18-23.
- [121] 黄年来. 金针菇杂交育种的基本知识[J]. 食用菌科技, 1984, 3(2): 42-45.
- [122] 李巧珍, 章炉军, 尚晓冬, 等. 基于BSA技术的香菇高多糖相关的分子标记开发与验证[C]//第十二届药用真菌学术研讨会论文集. 北京: 中国食用菌协会, 2023.
- [123] 刘飞, 张明哲, 曹槟, 等. MNP分子标记在食用菌品种精准鉴定中的应用与前景分析[J/OL]. 菌物研究, 2024:1-9. (2024-03-05)[2024-10-04]. <https://doi.org/10.13341/j.jfr.2023.1647>.
- [124] 房裕东, 韩天富. 作物快速育种技术研究进展[J]. 作物杂志, 2019(2): 1-7.
- [125] 王泽生, 廖剑华, 陈美元, 等. 双孢蘑菇杂交菌株As2796家系的分子遗传研究[J]. 菌物系统, 2001, 20(2): 233-237.
- [126] TERASHIMA K. Breeding of shiitake mushroom cultivated with wood logs[J]. Agricultural Biotechnology, 2021, 5(12): 13-17.
- [127] 姜志强, 贾东峰, 廖光联, 等. 中国育成的猕猴桃品种(系)及其系谱分析[J]. 中国南方果树, 2019, 48(6): 142-148.
- [128] 边银丙. 我国香菇栽培种质资源与种质资源信息库建设[J]. 浙江食用菌, 2008, 16(1): 12-15.
- [129] 王泽生, 廖剑华, 陈美元, 等. 双孢蘑菇遗传育种和产业发展[J]. 食用菌学报, 2012, 19(3): 1-14.
- [130] 余香霖, 张赫男, 谭贻, 等. 高多糖含量灵芝新品种‘沪农灵芝4号’选育[J]. 食用菌学报, 2024, 31(4): 55-63.
- [131] 杨宝珠, 张劲松, 冯杰, 等. 高产三萜灵芝新菌株‘沪农灵芝5号’的选育[J]. 食用菌学报, 2024, 31(2): 34-41.
- [132] 张蕾, 王瑛, 朱惠照, 等. 赤灵芝新菌株“仙芝2号”的选育[J]. 食用菌学报, 2014, 21(1): 15-20.
- [133] 徐靖, 王瑛, 黄庆, 等. 灵芝新品种‘仙芝3号’的选育[J]. 食用菌学报, 2021, 28(3): 39-46.
- [134] 鲍大鹏. 我国食用菌遗传学的发展及展望[J]. 菌物学报, 2021, 40(4): 806-821.
- [135] 戴玉成, 周丽伟, 杨祝良, 等. 中国食用菌名录[J]. 菌物学报, 2010, 29(1): 1-21.
- [136] WU F, ZHOU L W, YANG Z L, et al. Resource diversity of Chinese macrofungi: edible, medicinal and poisonous

- species[J]. Fungal Diversity, 2019, 98(1): 1-76.
- [137] 侯娣, 杨瑞恒, 鲍大鹏. 我国食药食用菌驯化栽培物种名录[J]. 微生物学杂志, 2023, 43(6): 62-74.
- [138] 张金霞, 赵永昌. 食用菌种质资源学[M]. 北京: 科学出版社, 2016: 344-353.
- [139] 张丹, 庄振, 季英磊, 等. 设施化专用香菇种质资源挖掘[J]. 菌物学报, 2022, 41(11): 1889-1904.
- [140] 沈秀芬, 章炉军, 张美彦, 等. 利用 InDel 标记分析中国香菇菌株的遗传多样性与群体结构[J]. 菌物学报, 2021, 40(9): 2266-2281.
- [141] 杨瑞恒, 吴莹莹, 宋春艳, 等. 基于公共数据库信息对中国野生香菇种质资源地理分布的再分析[J]. 菌物学报, 2018, 37(3): 335-351.
- [142] 李洪荣, 廖剑华, 陈美元, 等. 双孢蘑菇种质资源生物学特性分析[C]//中国菌物学会第六届会员代表大会(2014 年学术年会)暨贵州省食用菌产业发展高峰论坛会议摘要. 北京: 中国菌物学会: 2014, 101.
- [143] 徐晓兰, 陈体强, 兰进, 等. 赤芝全基因组 SSR 位点的筛选及种质资源遗传多样性分析[J]. 世界中医药, 2020, 15(5): 677-682.
- [144] 尹莉岚, 姚方杰, 石晨阳, 等. 基于 SSR 标记的野生黑木耳种质资源遗传多样性研究[J]. 食用菌学报, 2022, 29(4): 1-9.
- [145] 张寿橙. 中国香菇的砍花法栽培(连载)[J]. 中国食用菌, 1993, 12(3): 13-15.
- [146] 张寿橙, 赖敏男. 中国香菇栽培历史与文化[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1993.
- [147] 黄年来. 提高香菇品质的主要技术措施[J]. 中国食用菌, 1991, 10(3): 4-8.
- [148] 甘颖, 陈杰, 林俊彬, 等. 食用菌菌种退化机制及其保藏方法研究进展[J/OL]. 菌物研究, 2024: 1-9. (2024-03-15) [2024-10-03]. <https://link.cnki.net/doi/10.13341/j.jft.2024.1668>.
- [149] 王卓仁. 组织分离法在食用菌选择育种工作中的应用与实践[C]//首届全国食用菌中青年专家学术交流会议论文集. 北京: 中国菌物学会, 中国食用菌协会, 2006: 3.
- [150] 吴克甸, 吴学谦, 周知群, 等. 香菇新菌株 241-4 的选育研究[J]. 浙江食用菌, 1994, 2(5): 13-16.
- [151] 谭琦. 食用菌栽培发展历程[J]. 食用菌学报, 2024, 31(5): 1-8.
- [152] 鲍大鹏, 潘迎捷, 谭琦. 中国食用菌产业发展基本面的认识及其启迪[J]. 菌物研究, 2022, 20(3): 160-165.
- [153] 李新海, 路明, 郑军, 等. 作物种业发展趋势与对策分析[J]. 中国农业科技导报, 2022, 24(12): 1-7.
- [154] 齐学礼, 陈艳艳, 王永霞, 等. 中国作物育种先进技术的研发现状与发展建议[J/OL]. 分子植物育种, 2024: 1-11. (2024-01-03) [2024-10-27]. <https://link.cnki.net/urlid/46.1068.S.20240102.1707.020>.
- [155] 鲍大鹏, 谢宝贵. 我国食用菌遗传学中一些值得关注的研究方向[J]. 菌物学报, 2020, 39(6): 971-976.
- [156] 鲍大鹏. 担子菌类食用真菌双核体生物学性质研究进展及其启迪[J]. 菌物学报, 2024, 43(4): 14-29.

[中文编辑] 朱丽娜

[英文编辑] 费理文

>>>快 评

食用菌育种学科体系从理论建设到实践应用

《食用菌杂交育种中的技术策略》一文分为上下两篇, 分别于《食用菌学报》2024 年第 6 期和 2025 年第 1 期发表。该文深入探讨了我国食用菌育种实践中的核心问题, 创造性地提出了建立理性杂交育种体系的九大技术策略, 涵盖了明确育种目标、构建品种系谱、优化杂交路径与体量、设计多代际杂交等多个方面。文章提出的理性杂交育种体系具有极强的系统性, 为食用菌育种提供了科学框架, 提升了育种实践的可预见性与成功率。文章不仅总结了当前育种实践的经验, 还指出了改进的方向, 为育种者提供了切实可行的操作指南。这对提升我国食用菌育种整体水平, 具有重要的现实意义。通过全面、深入的策略总结, 文章为解决当前育种技术瓶颈问题提供了具体路径, 将有力推