

上海杂交粳稻产业发展与展望

曹黎明 程 灿 周继华 储黄伟 牛付安 袁 勤

(上海市农业科学院作物育种栽培研究所,上海 201106)

摘要:概述了上海地区杂交粳稻的研究历史与应用现状。上海是最早开展杂交粳稻研究的地区之一,也是我国杂交粳稻种植比例最高的省市。在水稻产业发展的新形势下,上海杂交粳稻研究重点是高效应用分子技术辅助培育优质,特别是优质食味、适于全程机械化、抗病抗逆的强优势新组合,并提出了上海杂交粳稻种业发展的对策。

关键词:上海;杂交粳稻;产业;发展

粳米供应安全保障是中国今后粮食安全重点,也是未来国家粮食安全供需的主要矛盾。农业农村部韩长赋部长指出,确保国家粮食安全的核心是口粮,口粮供给的重点是稻米,稻米供给的关键是粳稻。全球粳米的生产国和出口国仅有中国、日本、韩国、美国、澳大利亚、埃及等少数几个国家^[1],全球粳稻种植比例 8.8%,总产占 14.2%。2007–2015 年国际市场稻米的贸易总量从 3200 万 t 增加到 4167 万 t,但是全年粳米贸易比例却从 10.9% 下降到 2015 年的 8.1%,仅 350 万 t 左右,不及中国粳米消费量的 5%。中国是世界上粳稻种植面积最大、总产量最高的国家,粳米的安全必须立足本国生产,国际可调节的空间极为有限。为了满足中国日益增长的粳米需求,近年来南方籼稻区改粳稻种植的比例越来越高。

水稻杂种优势利用是中国水稻育种的重大突破,杂交水稻的推广为中国粮食生产作出了巨大贡献,目前杂交籼稻已占中国籼稻面积的 80% 左右^[2]。全国的粳稻面积目前达 933.34 万 hm^2 左右,但杂交粳稻面积种植比例仅占粳稻生产面积的 5% 左右,未来发展空间和应用潜力很大。袁隆平院士就曾经指出,杂交粳稻是未来 30 年最有可能取得跨越性突破的领域。长江流域是中国粳稻的主产区之一,也是中国杂交粳稻种植比例最高的地区,位于长江下游的上海地区耕地面积逐年减少,要保障上海地区的粮食自给,必须通过农业科技创新,大力开展粳稻杂种优势利用研究,加快杂交粳稻组合的选育和应用。

1 中国杂交粳稻研究历史与应用现状

中国杂交粳稻研究始于 1965 年,云南农业大学

李铮友^[3]在云南高海拔粳稻台北 8 号田中发现天然自交不育株,用粳稻红帽缨为父本对该不育株进行核置换,育成滇型红帽缨粳稻不育系。滇型不育系现主要在云贵高原杂交粳稻区和浙江部分地区应用,是中国杂交粳稻产业中应用面积仅次于 BT 型的细胞质源。

1972 年中国从日本引进 BT 型细胞质源。1975 年辽宁农科院用籼粳架桥方法育成 C57 并与 BT 型不育系黎明 A 配组育成第 1 个大面积推广的黎优 57,实现三系配套,1980 年正式通过鉴定,成为中国第一个也是世界上第一个应用于生产的杂粳组合^[4–6]。除目前生产上大面积应用的 BT 型和滇型不育系外,还有野败型、里德型、红莲型杂交粳稻在研究和小面积应用。此外,中国也大量利用光敏核不育系配组两系杂交粳稻。1985 年中国育成第一个粳型光敏核不育系,主要来源于农垦 58S,湖北省 20 世纪 90 年代育成的 5088S、安徽省育成的 7001S 等都投入了生产应用。

目前中国杂交粳稻从生态区划分,主要有北方粳稻、长江流域杂交晚粳、江淮华北中粳、云贵高原粳稻等四大地区(表 1)。其中长江流域杂交晚粳是中国杂交粳稻影响最大、推广面积最广最大的地区,年推广面积在 20 万 hm^2 左右,主要有上海市农业科学院的花优 14、上海市闵行区农科所的秋优金丰、浙江宁波市农科所的甬优系列、中国水稻所的春优系列、江苏省农业科学院常熟农科所的常优系列等;云贵高原的杂交粳稻主要应用滇型杂交粳稻和两系杂交粳稻,包括云南省农业科学院的云光系列、云南农业大学的滇杂系列,年推广面积超过 6.67 万 hm^2 ;中粳主

表1 中国杂交粳稻应用现状

品种名称	生态稻区	选育单位	主要推广区域
花优 14	长江流域杂交晚粳	上海市农科院	上海及周边地区
秋优金丰	长江流域杂交晚粳	闵行区农科所	上海及周边地区
常优 2 号、常优 5 号等	长江流域杂交晚粳	常熟市农科所	江苏、浙江、上海等地
甬优 9 号、甬优 12 号、甬优 1538、甬优 2640 等	长江流域杂交晚粳	宁波市农科所	浙江、福建、江西等地
春优 84 等	长江流域杂交晚粳	中国水稻所	浙江及周边地区
云光 12 号、云光 109 等	云贵高原粳稻	云南省农科院	云南及周边地区
滇杂 31、滇杂 32、滇杂 46 等	云贵高原粳稻	云南农业大学	云南、贵州、四川
屈优 418	北方早粳	辽宁省稻作研究所	辽宁及周边地区
天隆优 619 等	江淮华北中粳	天隆科技有限公司	天津及周边地区
3 优 18	江淮华北中粳	天津市农科院	江苏、安徽、河南等地
9 优 418	江淮华北中粳	徐州市农科所	江苏、安徽、河南等地

要有黄淮稻区天津的天隆优系列、江苏省农业科学院徐州所的 9 优 418 等组合;北方早粳主要有辽宁农科院的屈优 418 等。

2 上海杂交粳稻研究历史与发展现状

上海市民历来喜欢以粳米为主食,自从 20 世纪 80 年代中后期籼改粳以来,上海郊区全部种植粳稻。20 世纪 90 年代水稻面积一直在 20 万 hm^2 以上,进入 21 世纪,随着城市工业化发展及种植业结构的调整,水稻种植面积不断下降,近年来水稻种植面积一直稳定在 10 万 hm^2 (150 万亩)左右(图 1)。虽然水稻总面积降低,但是水稻单产一直稳步提升,每 667 m^2 的产量从 90 年代初的 500kg 左右提高到 570kg 左右。上海良种覆盖、种子统供率持续保持高位水平。2004 年以来,以市主导品种和区县认定品种为主体的水稻优质高产良种覆盖率和种子统供率持续保持在 97% 以上。

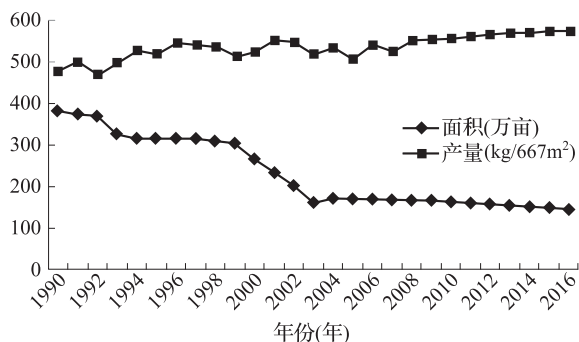


图1 上海市历年来粳稻种植面积及单产

在杂交粳稻研究上,上海于 1971 年用普通野生稻的红芒野生稻为原始材料,同北方的早粳品种杂交,1973 年育成京引 59、农垦四号等野栽型雄性不育系,经过测配,初步实现了上海地区野栽型粳稻三系配套^[7]。1977 年开始,上海市农业科学院作物育种栽培研究所利用国内多种细胞质源不育系分别与粳 7623、7624、7696 等恢复系组配,成功选育得 BT 型杂交粳稻组合黎杂 23 (黎明 A × 粳 7623),但因熟期晚、抗病性不佳没有推广。1985 年利用自选优质米品种寒丰成功转育了 BT 型不育系寒丰 A,之后还转育了 8204A 等一批 BT 型不育系,同时利用籼粳架桥等方式育成了一批强优势粳稻恢复系 R1027、R161、申恢 1 号、申恢 254、R192 等,育成了杂交粳稻组合寒优 1027、8 优 161、申优 1 号、申优 693 等^[8]。上海市闵行区农科所用不育系寒丰 A 和恢复系湘晴 4144 组配的晚熟杂交粳稻寒优湘晴,于 1989 年通过上海市品种审定,由于米质优、优势突出成为主推品种,目前依然是郊区优质米专用杂交稻组合之一。之后上海市农业科学院作物育种栽培研究所育成的优质、高产兼顾的强优势杂交粳稻组合 8 优 161 在长三角地区产生了巨大影响,获得 1999 年度上海市科技进步一等奖。

上海杂交粳稻自 20 世纪 90 年代起近 20 年

种植面积一直稳定在 2 万 ~ 3.33 万 hm^2 , 占上海水稻面积的 10%~30%, 杂交粳稻种植比例 20 年来一直处于全国最高水平。随着上海实施粮油作物统一供种政策, 上海杂交粳稻发展迎来了新的发展机遇。2006 年闵行区农科所培育的秋优金丰通过上海市品种审定^[9], 2008 年上海市农业科学院培育的优质、强优势杂交粳稻品种花优 14 通过上海市品种审定^[10], 2 个组合米质优, 主要指标达国家《优质稻谷》标准 1 级, 适口性佳、抗性佳, 抗倒性强, 田间病虫害轻。其中花优 14 累计推广面积近 13.34 万 hm^2 , 是我国推广面积最大的杂交粳稻组合之一。2010 年上海杂交粳稻种植面积 1.25 万 hm^2 左右, 占水稻总面积的 11.9%, 到 2017 年杂交粳稻种植面积 3.73 万 hm^2 左右, 种植比例达到了 40.7% (图 2)。2017 年上海郊区杂交粳稻主栽品种主要是花优 14、秋优金丰等, 推广面积分别为 2.57 万 hm^2 和 1.03 万 hm^2 。

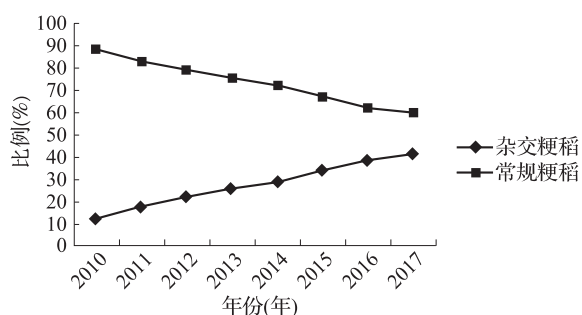


图 2 2010-2017 年上海市杂交粳稻种植比例

近年上海市农业科学院选育的早熟、优质杂交粳稻新组合申优 26 等, 品质、生育期等重要性状得到优化, 熟期较生产主栽组合提早 8d 左右, 米质达到国标 1 级米标准, 且适宜机械化制种和生产, 目前已在浙江、江西、安徽等地示范种植。

3 上海杂交粳稻产业发展展望

3.1 上海杂交粳稻育种

3.1.1 现代分子生物技术 随着现代分子生物学技术的飞速发展, 当前世界作物育种研究已从传统的常规育种进入现代分子生物育种阶段。分子标记辅助选择育种是当前发展最快、应用最广泛的分子生物育种技术之一。由于分子标记是 DNA 水平上遗传多样性的直接反映, 因此将分子标记应用于杂交粳稻育种能显著提高育种效率^[11]。目前

分子生物育种主要以聚合酶链式反应为基础的分子标记的应用为主, 如简单序列重复 (SSR, simple sequence repeats) 等, 但以生物信息学和二代基因组测序技术为基础的标记以其位点丰富、检测通量高等优点越来越受到育种家的青睐, 如单核苷酸多态性 (SNP, single nucleotide polymorphisms) 等。上海粳稻杂种优势利用应充分发挥分子技术的优势, 与传统育种的亲本改良、有利基因的定向导入等结合起来, 建立高效的现代分子生物育种技术体系。

3.1.2 优质杂交粳稻育种 水稻生产已由单一追求高产向高产与优质并重, 甚至优质主导的方向转变。杂交粳稻产量优势较为明显, 今后更应以优质和适宜机械化生产为主要目标, 兼顾抗性育种等指标。稻米品质是一个综合概念, 包含外观品质、碾磨品质、营养品质和蒸煮食味品质, 其中蒸煮食味品质是其中最重要的一项。牛付安等^[12]通过对上海市粳稻品种品质性状的主成分分析和聚类分析发现, 上海市粳稻品种的蒸煮品质已经达到了较高的水平, 但外观品质总体较差。因此, 上海杂交粳稻育种应通过在恢复系 (不育系) 中导入香味、低直链淀粉、低垩白率等米质有关的优良基因, 在改良杂交粳稻三系亲本蒸煮食味品质的同时, 加强对垩白等外观品质的改良, 再利用聚合优质基因的亲本材料交叉配组, 培育优质、强优势杂交粳稻新组合。

3.1.3 适宜机械化直播 杂交粳稻生产不仅要有优质、强优势新组合, 还要依赖于种子生产和现代栽培技术的不断完善, 其中最主要的是解决全程机械化制种技术和现代农机、农艺配套栽培技术。上海用工成本高, 水稻生产机械化水平相对较高。在杂交粳稻育种过程中, 应力争培育出父母本花期、花时相遇良好、开花习性好、易于机械化制种和苗期分蘖力强、灌浆速度快、抗倒性强、水肥管理简便、用种量少、易于机械化生产 (机插秧、机直播) 的杂交粳稻组合, 则可以加快推进水稻生产全程机械化, 破解农业生产面临的谁来种地、怎么种地的难题。

3.1.4 粳籼交杂种优势利用 杂交粳稻由于亲本来源范围较窄, 其优势不如杂交籼稻, 一直是影响杂梗发展的主要问题。目前生产上应用的杂交粳稻组合,

一般比常规水稻增产 10% 左右,产量优势相对杂交籼稻还不够。因此有必要进一步利用籼粳交杂种优势,创制优质、强优势杂交粳稻三系亲本材料及新组合。在杂交粳稻亲本中导入籼稻的有利基因,扩大其遗传背景,提高育种水平。通过创制偏籼型粳稻恢复系或不育系与粳稻亲本杂交配组,有效提升杂交粳稻的产量、抗性、品质等潜力,培育生育期适宜、品质优良的杂交粳稻新组合。上海重视籼粳交杂交水稻产业的发展,近年来培育出了早丰优 69、浦优 22^[13]等一批强优势籼粳交新组合,这些组合的产量有了大幅度提高,但是生产中籼粳交组合的应用还存在制种产量不高、稻米品质不佳,特别是食味品质改良难度更高、稻米不耐储藏、影响后茬水稻生产整齐度等多方面的问题需要解决。

3.2 上海杂交粳稻种业发展对策 上海水稻产业围绕优质、高效、生态的发展理念,突出生态环境保护、全程机械化生产以及地产优质大米产业化发展三大重点,以保护生态、改善品质和提升效率为目标,努力提升上海水稻机械化、产业化生产水平。

3.2.1 加强优质杂交粳稻种质创新 培育适宜机械化种植和机械化制种的优质,特别是优良食味的强优势杂交粳稻组合。在产量优势的基础上,充分发挥分子育种的技术优势,导入优良食味基因,重点培育适宜机械化直播和机械化高产制种的优质食味杂交粳稻组合,在南方粳稻区和南方籼稻改粳稻区域示范推广,满足区域优良粳米供应的市场需求。选育适宜消费市场稻米品质高端化新品种,实现由为市场生产稻谷到为市场提供高品质大米的转变。

3.2.2 完善杂交粳稻全程机械化制种技术体系 杂交粳稻生产不仅要有优质、强优势新组合,还要依赖于种子生产和现代栽培技术的不断完善,其中最主要的是解决全程机械化制种技术和现代农机农艺配套栽培技术。近年来,在设施粮田建设的基础上,上海因地制宜建立了较为完善的全程机械化杂交粳稻制种技术体系,集成机械化插秧、机械化植保、机械化辅助授粉等繁制种关键技术,建立杂交粳稻全程机械化制种技术体系,在繁制种过程中解决播种、栽插、赶粉、收割等全程机械化环节技术配套。建成了一批全程机械化制种基地,制种产量水平每 667m² 可达到 175kg 左右,高产制种基地可达

250kg。

3.2.3 建立优质杂交粳稻绿色生产技术体系 围绕优质杂交粳稻产业化开发,开展配套生产技术的集成和示范,结合品种特征特性,在粮食作物茬口模式、精确定量化栽培、新肥料和新技术应用、生态种植、耕地质量保护等方面开展技术研究和集成,努力提高肥料利用率,减少化学肥料投入量,降低面源污染。加强水稻机械化穴播、机械化施肥、高效植保机械研发和示范推广,形成农机农艺配套技术规范,进一步提升粮食机械化生产水平。

3.2.4 建立优质杂交粳稻稻米产业化生产体系 以优质稻米产业化、规模化、品牌化建设为重点,继续开展优质稻米原粮贮运保鲜、稻米加工以及产品质量追溯体系等技术的研究,着力扶持一批地产化优质稻米生产加工企业,力争初步构建起上海市优质稻米产业化发展框架,以及周年供应技术模式,不断提高上海市优质稻米产业化生产水平。

参考文献

- [1] 方福平. 中国及世界粳稻生产现状 [J]. 世界农业, 2005 (12): 22-23, 36
- [2] 汤述翥, 张宏根, 梁国华, 等. 三系杂交粳稻发展缓慢的原因及对策 [J]. 杂交水稻, 2008 (1): 1-5
- [3] 李铮友. 水稻杂种优势利用 [M]. 北京: 农业出版社, 1977: 29-44
- [4] 王才林, 汤玉庚. 我国杂交粳稻育种的现状与展望 [J]. 中国农业科学, 1989 (5): 8-13
- [5] 杨振玉, 李志彬, 东丽, 等. 中国杂交粳稻发展与展望 [J]. 科学通报, 2016, 61 (35): 3770-3777
- [6] 袁勤, 倪林娟, 曹黎明, 等. 杂交粳稻的选育与应用(综述) [J]. 上海农业学报, 2002, 18 (1): 25-28
- [7] 上海市农科院作物所. 野栽型水稻三系选育总结 [J]. 上海农业科技, 1977 (S1): 7-8, 13
- [8] 袁勤, 曹黎明, 徐峰, 等. 长江流域杂交晚粳恢复系的选育与利用 [J]. 上海农业学报, 2006, 22 (4): 132-135
- [9] 曹月琴, 曹国兴, 周云英, 等. 高产优质杂交粳稻“秋优金丰”的选育与应用 [J]. 上海农业科技, 2007 (1): 24-25
- [10] 程灿, 周继华, 曹黎明, 等. 优质杂交粳稻新组合花优 14 的选育 [J]. 杂交水稻, 2010 (S1): 212-213
- [11] 牛付安, 程灿, 周继华, 等. 分子标记在杂交粳稻育种上的应用现状与展望 [J]. 中国稻米, 2015, 21 (1): 18-23
- [12] 牛付安, 程灿, 周继华, 等. 上海市粳稻品种品质性状的主成分分析和聚类分析 [J]. 上海农业学报, 2014, 30 (1): 26-30
- [13] 陈天明, 王冬翼, 戴国忠, 等. 粳籼交超高产组合“浦优 22”的选育与应用 [J]. 上海农业学报, 2014, 30 (2): 108-111

(修回日期: 2018-07-23)