

华南稻区近 20 年水稻品种审定与保护现状分析

陈玉冲¹ 温国泉² 蒋显斌³

(¹ 广西农业科学院, 南宁 530007; ² 广西农业科学院农业科技信息研究所, 南宁 530007;

³ 广西农业科学院水稻研究所 / 广西水稻遗传育种重点实验室, 南宁 530007)

摘要:统计广东、广西、福建、海南四省(区)于 1999–2018 年通过审定以及申请植物新品种保护获得授权的水稻品种信息, 主要分析水稻品种的时空分布、类型分布以及第一选育单位等情况。华南稻区 1999–2018 年通过审定水稻品次数占当年全国品次数的百分比总体平稳, 年度占比平均值为 23.3%, 广东、广西、福建、海南分别为 10%、6.4%、5% 和 1.8%; 华南稻区获得植物新品种保护授权的水稻品次数占全国的 14.3%, 广东、广西、福建、海南分别为 4.6%、3.9%、5.0% 和 0.8%。常规稻占华南稻区审定水稻品种的 19.1%, 杂交稻占 77.7%; 获得授权水稻品种占比中, 常规稻(含恢复系、保持系等杂交稻亲本)占 45.6%, 杂交稻占 18.9%。三系杂交稻占审定水稻品种的 64.8%, 两系杂交稻占 12.9%; 获得授权的三系杂交稻占 15.9%, 两系杂交稻占 3.0%。三系不育系占审定水稻品种的 2.6%, 两系不育系占 0.5%; 三系不育系占授权品种的 18.5%, 两系不育系占 6.5%。通过审定水稻品种的第一选育单位为科研院所(含高校)为 69.2%, 种业公司为 29.1%, 政府机构为 0.7%, 个人为 1.0%; 获得植物新品种保护授权水稻品种的第一选育单位为科研院所(含高校)为 68.1%, 种业公司为 19.4%, 政府机构仅在 2003 年发生, 个人为 2.3%。以上数值均指不同年度占比汇总的 20 年平均值。华南稻区是全国水稻品种创新的重要区域, 为筑牢国家粮食安全提供了有效的科技支撑。杂交水稻在华南稻区审定品种中占主导地位, 三系法是近 20 年华南稻区最重要的水稻育种途径。华南稻区的水稻育种力量主要集中在科研单位, 2016 年后种业公司作为华南稻区水稻审定品种选育单位的份额大幅上升; 科研院所在华南稻区的水稻新品种保护工作中一直占主导地位。

关键词:华南; 水稻; 育种; 品种审定; 植物新品种保护

中国是水稻科技强国和稻米消费大国, 也是世界稻作起源地之一。中国科学院韩斌团队通过计算各样区栽培稻和野生稻种群之间基因组驯化相关多个位点的遗传距离, 发现中国南方珠江流域的广西可能是栽培稻起源地^[1], 该研究成果已于 2012 年 10 月发表在《Nature》杂志上。品种创新能力是国家农业核心竞争力的重要体现。品种和品种权信息具有很好的产业研究价值。对水稻品种信息进行整理和分析, 有助于我国的种业研发机构开展水稻育种和品种布局, 也是我国规划和实施种业强国战略的信息基础。程式华^[2]将全国稻区重新按整建制划分为华南稻区、长江上游稻区、长江中游稻区、长

江下游稻区、东北稻区、华北西北稻区等六大区。华南稻区主要包括广东、广西、福建、海南 4 个省(区), 跨热带和亚热带气候区, 已培育出一批具有自主知识产权和重大应用前景的突破性水稻品种^[3]。谢华安^[4]指出华南型超级稻品种已大面积推广应用, 并对今后华南稻区的超级稻研究提出“丰产、抗病、优质、广适”的综合提高研究策略。刘传光等^[5]对近 50 年来华南常规籼稻主栽品种的农艺性状进行主成分分析, 结果显示生物产量因子对产量的贡献最大。罗飞苑等^[6]的分析结果表明广东省的水稻育种力量主要集中在科研单位。对 2004–2014 年广西通过审定的感光杂交稻品种进行分析, 结果表明这些品种的产量水平没有提高, 但稻米品质总体表现出上升趋势^[7]; 稻瘟病抗性提高, 白叶枯病抗性改善不明显^[8]。邓国富等^[9]分析了广西改革开放 30 年来水稻育种取得的杂交水稻优质化育种和超级稻育种等主要成就和存在问题, 提出了“十二五”广西水稻育种的研究重点。粟学俊等^[10]分析了广

基金项目:国家重点研发计划项目(2018YFD020030602); 广西农业科技自筹经费项目(Z201926); 广西农业科学院基本科研业务专项(2015YT18, 桂农科 2018YM15); 广西水稻优质化育种研究人才小高地青年人才培养基金(水稻人才小高地 QN-3); 广西水稻遗传育种重点实验室开放课题(160-380-16-5, 2018-05-Z06-KF07)

通信作者:蒋显斌

西水稻品种审定存在问题,提出感温品种的种植区域应为建议性的而非限制性等建议。黄达彪等^[11]分析了2001–2010年福建省审定水稻品种,结果表明三系法杂交稻组合占87.5%,二系法杂交稻组合占8.6%,常规稻品种占3.9%,三系法是当前福建省水稻育种主要方法。福建省从传统育种逐步转变为商业育种,由过去的注重数量向数量、质量和效益三者并重^[12]。当前海南水稻种业市场具有品种繁多、种子库存量大、需求锐减等特点,指出海南水稻育种的发展方向是优质稻和超级稻^[13]。邹婉依等^[14]分析了我国水稻知识产权保护现状,结果表明中国的杂交水稻研究具有世界领先技术优势。倪建平^[15]对1999–2011年我国水稻品种权进行了统计和分析,结果表明水稻品种权的申请量和授权量都快速增长,但尚存在品种权审查速度较慢等问题。陈红等^[16]分析了水稻新品种保护和品种推广的数据,指出我国水稻育种目前存在企业参与育种创新动力不足等问题。尽管华南稻区的水稻育种取得一系列重大成果,也有研究对华南稻区育种实践进行了多方面的总结,但对近年来的品种审定和品种权信息进行系统分析的研究并不多见。品种权保护工作对水稻种业具有较强的现实意义,是保持和发展我国农业科技创新活力的有力保障。加大培育我国水稻育种自主创新能力,争取以绝对优势取得与掌握当前和未来水稻种业市场的品种权,从而“把饭碗掌握在中国人自己手上”。本研究针对华南稻区广东、广西、福建、海南4个省(区)自育水稻品种审定情况和获得植物新品种保护授权情况进行统计分析,研究结果可为育种科研提供数据支持。

1 材料与方法

1.1 数据来源 通过审定的水稻品种信息主要来源于国家水稻数据中心的“中国水稻品种及其系谱数据库”(http://www.ricedata.cn/variety/index.htm),并根据各地种子管理局(总站、站)、种子协会官网发布的品种审定信息做了部分补充,统计分析了第一育种单位所在地为广东、广西、福建、海南4省(区)于1999–2018年通过国家审定和广东、广西、福建、海南品种审定的水稻品种。获得植物新品种保护授权的水稻品种信息主要来源于农业农村部科技发展中心官网的“农业植物新品种权数据库”(http://www.nybkjzxx.cn/p_pzbh/pzbh.aspx),删除了重复项和一

些错误项,并依据国家水稻数据中心的记录做了部分补充,统计分析了数据库内品种权人所在省份为广东、广西、福建、海南4省(区),于1999–2018年申请并获得品种权授权的水稻品种。以上数据更新至2019年4月初。

1.2 统计方法 水稻品种的时空分布中的百分比数据指1999–2018年各年份华南稻区以及广东、广西、福建、海南四省(区)通过品种审定或获得植物新品种保护授权的水稻品种次数占各年份全国水稻品种次数的比例。水稻品种类型分布中,百分比数据均指1999–2018年各年份不同类型水稻品种次数占当年华南稻区通过审定或获得授权的品种次数的比例。其中,按农业农村部科技发展中心官网的“农业植物新品种权数据库”,获得授权水稻品种中的常规稻部分包括了一般意义上的常规稻,也包括了恢复系和保持系等杂交稻亲本。如无特别说明,品种审定数据统计的为品种次数,对于一个品种多省审定的情况不作区分。

2 结果与分析

2.1 水稻品种的时空分布 在时间分布上,华南稻区1999–2018年通过审定水稻品种次数占当年全国品种次数的百分比总体平稳,部分年度差异比较大,平均值为23.3%,最大值32.1%发生在2001年,最小值7%发生在2002年;在空间分布上,广东、广西、福建、海南的平均数分别为10%、6.4%、5%和1.8%(图1)。

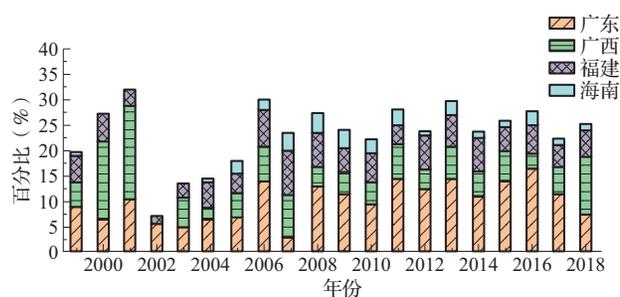


图1 华南稻区1999–2018年通过审定水稻品种的时空变化

华南稻区1999–2018年获得植物新品种保护授权的水稻品种次数占全国的百分比,在时间分布上,前几年持续上升后趋于相对平稳,平均值为14.3%,最大值25.7%发生在2005年,最小值0发生在1999年和2018年;在空间分布上,广东、广西、福建、海南的平均数分别为4.6%、3.9%、5.0%和0.8%(图2)。

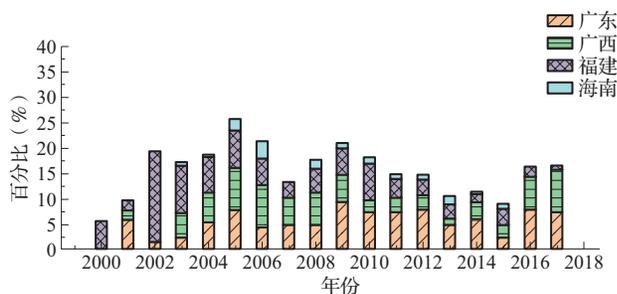


图2 华南稻区 1999-2018 年获得授权水稻品种的时空变化

2.2 水稻品种的类型分布 通过审定水稻品种按不同类型分类的比例如下:常规稻,平均值为 19.1%,最大值 37.8% 发生在 1999 年,最小值 11.9% 发生在 2007 年;杂交稻,平均值为 77.7%,最大值 83.3% 发生在 2002 年,最小值 62.2% 发生在 1999 年(图 3);

不育系,平均值为 4.1%,最大值 15.6% 发生在 2007 年,最小值 0 发生在 1999-2004 年(即从 2005 年华南稻区开始有水稻不育系参加并通过品种审定),中位数为 4.3%,众数 0 发生在 1999-2004 年。

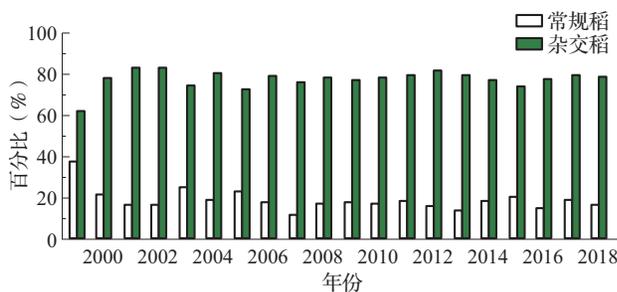
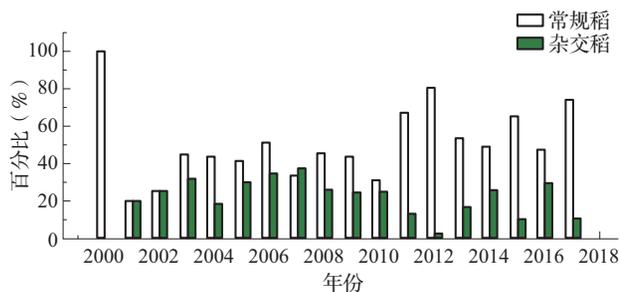


图3 华南稻区 1999-2018 年通过审定水稻品种的类型变化

获得授权水稻品种按不同类型分类的比例如下:常规稻(含恢复系、保持系等杂交稻亲本),平均值为 45.6%,最大值 100% 发生在 2000 年,最小值 0 发生在 1999 年和 2018 年(1999 年华南稻区尚无水稻品种申请植物新品种保护,2018 年华南稻区申请植物新品种保护的水稻品种数据统计时尚未获得授权);杂交稻,平均值为 18.9%,最大值 37.0% 发生在 2007 年,最小值 0 发生在 1999 年、2000 年和 2018 年(图 4);

不育系,平均值为 25.0%,最大值 60.0% 发生在 2001 年,最小值 0 发生在 1999 年、2000 年和 2018 年,中位数为 24.3%。



授权品种数据库中的常规稻包括常规水稻和恢复系、保持系等杂交稻亲本

图4 华南稻区 1999-2018 年获得授权水稻品种的类型变化

通过审定杂交水稻品种按不同类型分类的比例如下:三系杂交稻,平均值为 64.8%,最大值 77.8% 发生在 2002 年,最小值 56.8% 发生在 1999 年;两系杂交稻,平均值为 12.9%,最大值 21.4% 发生在 2017 年,最小值 5.4% 发生在 1999 年(图 5)。在 1999 年、2002 年、2003 年、2005 年,华南稻区通过审定的三系杂交稻品种数量超过两系杂交稻的 10 倍,之后这个倍数逐步降低,近 5 年降至 3 倍左右,20 年平均值为 6.2 倍(图 5)。

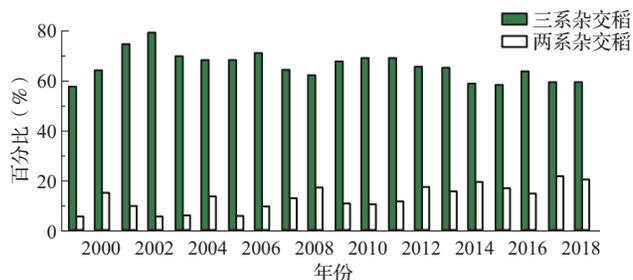


图5 华南稻区 1999-2018 年通过审定杂交水稻品种的类型变化

获得授权杂交水稻品种按不同类型分类的比例如下:三系杂交稻,平均值为 15.9%,最大值 31.6% 发生在 2003 年,最小值 0 发生在 1999 年、2000 年和 2018 年;两系杂交稻,平均值为 3.0%,最大值 9.7% 发生在 2008 年,最小值 0 发生在 1999 年、2000 年、2001 年、2003 年、2004 年、2005 年、2012 年、2013 年、2015 年、2018 年(图 6)。在华南稻区有杂交稻申请并于之后获得品种权保护的 17 个年份中,有 7 个年份只有三系杂交稻而无两系杂交稻(图 6)。

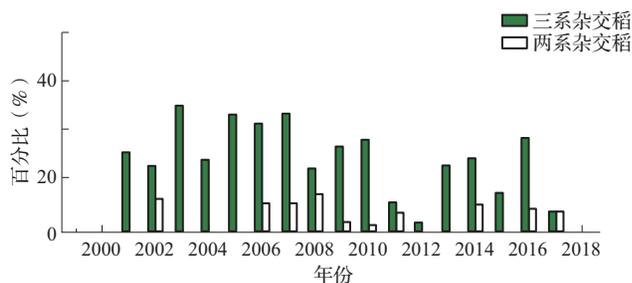


图6 华南稻区1999-2018年获得授权杂交水稻品种的类型变化

通过审定水稻不育系按不同类型分类的比例如下:三系不育系,平均值为2.6%,最大值11%发生在2007年,最小值0发生在1999-2004年;两系不育系,平均值为0.5%,最大值2.3%发生在2013年,最小值0发生在1999-2004年、2008年、2009年、2011年、2012年、2014年、2017年(图7)。在华南稻区,2005-2018年有水稻不育系通过审定,在这14年中有6个年份只有三系不育系而无两系不育系;在另外8个年份,三系不育系通过审定的数量是两系不育系的4.1倍(图7)。

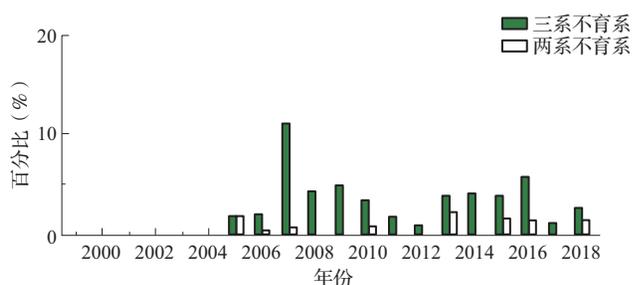


图7 华南稻区1999-2018年通过审定水稻不育系类型变化

获得授权水稻不育系按不同类型分类的比例如下:三系不育系,平均值为18.5%,最大值42.3%发生在2010年,最小值0发生在1999年、2000年和2018年;两系不育系,平均值为6.5%,最大值40%发生在2001年,最小值0发生在1999年、2000年、2008年、2017年、2018年(图8)。在华南稻区有水稻不育系申请并于之后获得品种权保护的17个年份中,有2个年份只有三系不育系而无两系不育系;另外15个年份,三系不育系是两系不育系的4.9倍(图8)。

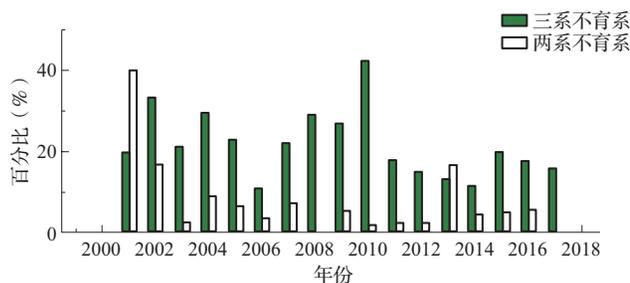


图8 华南稻区1999-2018年获得授权水稻不育系类型变化

2.3 水稻品种的第一选育单位情况 通过审定水稻品种的第一选育单位按不同性质分类的比例如下:科研院所(含高校),平均值为69.2%,最大值100%发生在2002年,最小值34.1%发生在2018年;种业公司,平均值为29.1%,最大值65.9%发生在2018年,最小值0发生在2002年;政府机构,平均值为0.7%,最大值5.4%发生在1999年,最小值0发生在2002年、2004年、2005年、2008-2018年;个人,平均值为1.0%,最大值5.8%发生在2007年,最小值0发生在1999-2005年、2012年、2016-2018年(图9)。

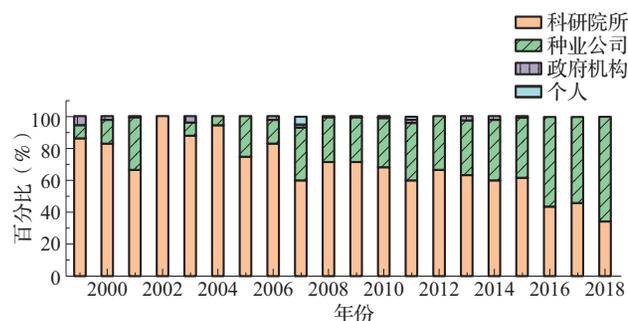


图9 华南稻区1999-2018年通过审定水稻品种的第一选育单位情况

获得植物新品种保护授权水稻品种的第一选育单位按不同性质分类的比例如下:科研院所(含高校),平均值为68.1%,最大值100%发生在2000年,最小值0发生在1999年和2018年;种业公司,平均值为19.4%,最大值46.5%发生在2014年,最小值0发生在1999年、2000年、2018年;政府机构,在2003年申请的1个水稻品种权保护并于之后获授权,占当年华南稻区授权水稻品种数的2.6%;个人,平均值为2.3%,最大值6.5%发生

在 2008 年,最小值 0 发生在 1999–2002 年、2005 年、2016–2018 年(图 10)。华南稻区,在科研院所和种业公司均有品种申请并于之后获得品种权保护的 17 个年份(2001–2017 年),科研院所获得授权水稻品种数量按年份比例平均是种业公司的 5.1 倍,最高年份(2003 年)科研院所是种业公司的 17 倍,2002–2004 年这 3 年都超过了 10 倍,近 10 年种业公司的比例上升并于 2014 年达到最高(与科研院所的授权品种数基本持平),近 5 年科研院所与种业公司授权品种数的年度比值平均值是 2.9 倍(图 10)。

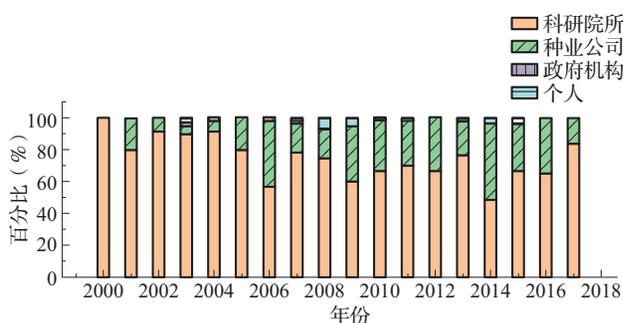


图 10 华南稻区 1999–2018 年获得授权水稻品种的第一选育单位情况

3 讨论

新中国的品种管理制度可简单分为新中国成立后不久、2000 年《中华人民共和国种子法》(以下简称《种子法》)颁布实施、2016 年《种子法》新修订实施 3 个阶段^[17]。新《种子法》的颁布实施,开通了品种审定绿色通道和联合体试验,更好地满足了品种试验需求^[17]。本研究结果表明,2016 年后,种业公司作为华南稻区水稻审定品种的第一选育单位的份额大幅上升,超过了一半,2018 年占到了 65.9%。

本研究结果表明,华南稻区的常规稻和杂交稻在审定品种中的比例自 2000 年后已渐趋于稳定,近 80% 为杂交稻,近 20% 为常规稻,这一比例与吕凤等^[18] 对全国品种审定数据基本一致。但综合考虑全国范围中粳稻的高常规稻比例和华南稻区为籼稻种植区等因素,说明华南稻区的常规稻比例可能略高于全国籼稻种植区平均值,也说明了杂交水稻在华南稻区审定品种中的主导地位。这一结论与石学彬等^[19] 对 2005–2016 年国家审定水稻品种的分析

结果基本一致,他们的研究结果显示常规籼稻仅占通过审定籼稻品种的 3.3%,也与林海等^[20] 的水稻品种类型比例研究结果较为一致,他们的研究结果显示籼型常规稻占 2012–2017 年全国审定籼稻品种的 9.1%。在授权品种中,由于恢复系和保持系等杂交稻亲本归入常规稻而使数据变得较为复杂。

1995 年,袁隆平在湖南中稻现场会上宣布两系法杂交水稻研究成功,1996 年两系法杂交稻占杂交水稻种植面积的 0.92%^[21]。2001 年以后,两系法杂交稻进入快速发展期^[22]。2013 年,两系法杂交稻占杂交水稻种植面积的 33.59%,已成为杂交水稻的重要组成部分^[21]。本研究结果显示,华南稻区通过审定的三系杂交稻与两系杂交稻的比值年度间动态虽呈降低走势,近 5 年降至 3 左右,但这一比值仍然高于 2012–2017 年全国水稻品种审定数据,全国数据中三系杂交籼稻是两系杂交籼稻的 1.7 倍^[20];也高于 2005–2016 年国家审定品种审定数据,国审品种中三系杂交籼稻与两系杂交籼稻的比值为 1.9 倍^[19],国审两系杂交稻品种数在 2013 年和 2015 年占国审杂交稻品种的 54.3% 和 52.4%,已经超过了三系杂交稻品种数^[23]。本研究结果说明,三系法是近 20 年华南稻区最重要的水稻育种途径。这一结论与罗飞苑等^[6] 对广东审定水稻品种的分析结果基本相符,他们的研究结果显示 2005–2009 年广东通过审定的三系杂交稻品种占审定总数的 49.03%,占审定杂交稻总数的 78.29%,与黄达彪等^[11] 对 2001–2010 年福建水稻审定品种所得出的结论一致,也与唐清杰等^[24] 报道的进入 21 世纪后海南水稻品种进入三系杂交稻为主、两系杂交稻为辅的发展阶段相符。本研究结果表明,在植物新品种保护工作上,华南稻区的科研院所获得授权的水稻品种数量远大于种业公司。这一结果与陈红等^[16] 对全国水稻品种权申请主体进行分析后得出科研所在我国水稻育种领域占主导地位的结论相符。

华南稻区在超级稻育种^[4,25]、优质育种^[9,26]、基因组育种^[27]、抗病虫育种^[28]、野生稻育种利用^[29–30]、航天育种^[31]、香稻育种^[32–33]、亚种间杂种优势利用^[34] 等多个领域均获得了一系列一流水平的创新性成果。华南稻区的光温充足,但并不利于优质稻米的形成。华南稻区的育种家克服了重重困难,在水稻优质化育种上取得了突破。以广西为例,广西

农业科学院水稻研究所在 20 世纪 90 年代开始杂交水稻优质化育种工作,育成秋优 1025、美优 998、百优 838^[28]、丰田优 553、万太优 3158^[35] 等多个优质杂交稻品种,实现了华南杂交水稻优质化育种的重大突破^[9]。

4 小结与展望

4.1 小结 通过对华南稻区近 20 年来的水稻品种审定和品种权信息进行统计分析发现,华南稻区培育出了一大批在生产上大面积推广应用的水稻品种,这些品种的育成和应用为华南乃至全国的粮食安全提供了有力的科技支撑,是全国水稻品种创新的重要区域。近 20 年的统计结果表明,杂交水稻在华南稻区审定品种中占主导地位,但常规稻也仍在水稻生产中继续发挥着它的重要作用;两系法杂交稻在全国快速发展,在华南稻区的比例也在增长,但三系法仍是华南稻区近 20 年最重要的水稻育种途径,两系法是华南杂交水稻发展中的重要组成部分和未来发展方向。由于多年的技术和人才优势累积,华南稻区的水稻育种力量仍然集中在科研院所,但也可以看到,在政策引导下,2016 年后种业公司作为华南稻区水稻审定品种选育单位的份额大幅上升。品种权是育种核心创新能力的重要体现。科研院所在华南稻区的水稻新品种保护工作中一直占主导地位,为水稻品种的原始创新和重大突破提供了主要源泉,引领着未来水稻科技发展的方向。

4.2 展望 发掘水稻优异种质资源,促进育种创新 广大水稻育种工作者在主导品种的影响下,对优良亲本持续改良利用,培育出综合农艺性状表现优秀的系列品种在生产上大面积应用,实现了大品种的常青化,但也不可避免地加重核心种质的同质化,水稻核心亲本深度利用与品种同质化的矛盾日益突出。派生品种过多,无疑对我国育种自主科技创新能力提出了更严峻的挑战。华南稻区拥有多样性丰富的优异水稻种质资源,具有得天独厚的育种优势。但与我国其他稻区一样,华南稻区同样存在水稻优良种质资源的发掘和利用滞后、育种重大突破性进展缓慢、遗传背景趋同化现象明显等问题。随着遗传资源日益成为战略性稀缺资源,在建立健全遗传资源产权保护制度以及实质性派生品种制度的同时,加大水稻优良种质资源的发掘和利用力度,对促

进水稻育种创新、推动我国农业科技发展具有重要意义。

利用水稻育种新技术,提高育种效率 我国的水稻功能基因组研究处于国际领先地位,如何将基因组研究成果快速转化为育种创新优势,培育出更多符合华南稻区市场需求的优良水稻品种,这是保持和提升华南水稻种业竞争力的重大问题,也是保障我国粮食安全、促进华南现代水稻产业健康发展的重大议题。近年来出现的基因组编辑技术为水稻的定向突变提供了有效的途径。目前,水稻基因组编辑研究已经取得了很大突破,在无融合生殖、单倍体诱导、产量、米质、抗病、耐盐碱、抗旱、耐冷、抗除草剂、镉低积累等多个方面都有了重大进展。虽然我国的基因编辑监管政策尚不明确,但基因组编辑技术应用在水稻育种上已是大势所趋。转基因技术在育种中有着打破物种界限,利用优良基因和目的基因功能明确序列等独有优势。中国的转基因水稻虽然没有进入到产业化阶段,但也在转基因水稻研发和安全评价等方面取得了一系列标志性成果,在转基因水稻育种领域具备了一流的国际竞争能力,为我国在全球转基因作物种业的育种竞争储备了强大的技术力量。随着分子生物学的快速发展,SSR、SNP 等各种各样的分子标记越来越多地应用在水稻育种中,成为了一种重要的育种工具。现在大规模、高通量的基因芯片也进入水稻育种领域。可以预见,分子标记辅助选择、全基因组育种、分子设计育种将在水稻复杂性状的选择和叠加中发挥越来越大的作用。同时,随着大数据和人工智能技术发展迅猛,目前已有研究将图像处理和机器学习等技术应用于高通量植物表型鉴定,有理由相信智慧育种也将逐步成为现实,到时水稻育种效率将进一步提高。

顺应水稻绿色生产需求,加快育种进程 随着生产力的发展,绿色、优质、高产、高效成为新时期水稻育种的主要目标。2017 年,为适应农业供给侧结构性改革、绿色发展和农业现代化新形势对品种审定工作的要求,国家农作物品种审定委员会对《主要农作物品种审定标准(国家级)》进行了修订,按照高产稳产、绿色优质和特殊类型三类,分别制定了相应的审定标准。2018 年我国各地审定的高产稳产和绿色优质品种大幅度增加,但目前我国粮食生产绿色技术储备不足的问题仍然比较突出。适宜机

插、直播、再生稻等轻简化生产的品种储备不足,具备养分高效利用等绿色性状指标的品种缺乏。2019年“中央一号文件”也明确提出要调整优化农业结构,大力发展紧缺和绿色优质农产品生产,推进农业由增产导向转向提质导向,深入推进优质粮食工程。华南稻区作为我国重要的水稻品种创新和种植区域,必须加大适宜机插、直播、再生稻等轻简化生产的水稻品种以及具备养分高效利用等绿色性状指标品种的研发力度,优化水稻品种结构,进一步提高华南稻区的稻米品质和产量,推进粮食生产的绿色、高效发展。

参考文献

- [1] Huang X H, Kurata N, Wei X H, Wang Z X, Wang A H, Zhao Q, Zhao Y, Liu K Y, Lu H Y, Li W J, Guo Y L, Lu Y Q, Zhou C C, Fan D L, Weng Q J, Zhu C R, Huang T, Zhang L, Wang Y C, Feng L, Furuumi H, Kubo T, Miyabayashi T, Yuan X P, Xu Q, Dong G J, Zhan Q L, Li C Y, Fujiyama A, Toyoda A, Lu T T, Feng Q, Qian Q, Li J Y, Han B. A map of rice genome variation reveals the origin of cultivated rice. *Nature*, 2012, 490 (7421): 497-501
- [2] 程式华. 长江流域稻区杂交水稻发展战略 // 朱英国. 杂交水稻发展战略研究. 武汉: 湖北科学技术出版社, 2017: 60-69
- [3] 国家水稻产业技术体系. 华南稻区水稻产业可持续发展战略 // 国家水稻产业技术体系. 中国现代农业产业可持续发展战略研究 - 水稻分册. 北京: 中国农业出版社, 2017: 191-213
- [4] 谢华安. 华南型超级稻育种及其技术研究进展. 沈阳农业大学学报, 2007, 38 (5): 714-718
- [5] 刘传光, 周汉钦, 冯道基, 周新桥, 陈达刚, 李丽君, 李巨昌, 张桂权, 陈友订. 影响华南稻区常规籼稻产量水平的主要农艺性状分析. 中国水稻科学, 2012, 26 (2): 182-188
- [6] 罗飞苑, 杨海燕, 肖昕. 2005~2009年广东省审定的水稻品种产量分析. 中国稻米, 2010, 16 (6): 43-46
- [7] 莫海玲, 唐梅, 孙富, 罗同平, 潘文兴. 近年广西审定感光杂交稻品种的产量和品质分析. 杂交水稻, 2015, 30 (6): 75-78
- [8] 莫海玲, 唐梅, 孙富, 罗同平, 潘文兴, 于松保. 近十年广西审定感光型杂交稻品种的主要病害抗性水平及育种方向分析. 南方农业学报, 2015, 46 (2): 194-198
- [9] 邓国富, 韦昌联, 陈仁天. 广西近 30 年水稻育种的主要成就、问题与展望. 杂交水稻, 2010, 25 (S1): 75-78
- [10] 粟学俊, 陈彩虹, 梁曼玲. 广西水稻育种和品种审定问题探讨. 广西农业科学, 2010, 41 (10): 1033-1035
- [11] 黄达彪, 陈美容, 周卫营, 白玉洁, 杨小飞, 蔡华镇, 张敏, 曹榕平, 许镜炜, 李毓, 王乃元. 2001~2010年福建水稻品种现状分析. 福建农业学报, 2011, 26 (2): 206-210
- [12] 周鹏, 涂诗航, 郑家团. 福建省水稻育种与种业融合发展商榷. 中国种业, 2019 (5): 52-54
- [13] 周华, 杨毅, 郭向荣, 杨俊军, 陈晓慧, 李雄, 赵威. 海南水稻种业市场特点及水稻育种发展方向. 杂交水稻, 2015, 30 (2): 1-5, 68
- [14] 邹婉依, 宋敏. 我国水稻育种成果的知识产权保护分析. 中国发明与专利, 2018, 15 (7): 12-17
- [15] 倪建平, 李黎红, 陈乾. 我国水稻新品种权保护现状与改进建议. 中国稻米, 2011, 17 (6): 21-24
- [16] 陈红, 吕波, 刘伟, 郑金贵. 基于植物新品种保护视角下的中国水稻育种现状与对策. 福建农业学报, 2011, 26 (2): 304-308
- [17] 李荣德, 郭利磊, 史梦雅, 张笑晴, 张毅. 我国品种管理制度发展现状、问题与建议. 种子, 2018, 37 (5): 63-66, 105
- [18] 吕凤, 杨帆, 范滔, 刘京, 李乾, 王林刚, 龙晓波. 1977-2018年水稻品种审定数据分析. 中国种业, 2019 (2): 29-40
- [19] 石学彬, 赵珩, 刘世家. 我国水稻育种创新趋势与发展对策: 基于近 12 年国家审定水稻品种信息. 江苏农业科学, 2019, 47 (5): 9-12
- [20] 林海, 王志刚, 鄂志国, 庞乾林. 2017 年我国审定的水稻品种基本特性分析. 中国稻米, 2018, 24 (6): 1-7
- [21] 胡忠孝, 田妍, 徐秋生. 中国杂交水稻推广历程及现状分析. 杂交水稻, 2016, 31 (2): 1-8
- [22] 牟同敏. 中国两系法杂交水稻研究进展和展望. 科学通报, 2016, 61 (35): 3761-3769
- [23] 曾波, 李爱宏, 吕海霞. 近年来中国水稻品种审定和推广应用的几个特点. 湖北农业科学, 2017, 56 (21): 4035-4039, 4055
- [24] 唐清杰, 严小微, 孟卫东. 海南水稻生产现状分析及发展对策. 杂交水稻, 2015, 30 (1): 1-5
- [25] 邓国富. 广西超级稻研究现状及育种对策. 广西农业科学, 2006, 37 (3): 218-220
- [26] 周少川, 王重荣, 赵雷, 李宏, 黄道强, 王志东, 陈宜波, 吴玉坤. 丰八占衍生系列优质杂交稻恢复系的系谱和育种利用. 杂交水稻, 2019, 34 (1): 6-13
- [27] 刘耀光, 李构思, 张雅玲, 陈乐天. CRISPR/Cas 植物基因组编辑技术研究进展. 华南农业大学学报, 2019, 40 (5): 38-49
- [28] 陈彩虹, 粟学俊, 梁曼玲, 阎勇, 蔡涛. 一级优质米杂交稻新组合百优 838 的选育及应用. 南方农业学报, 2011, 42 (1): 33-36
- [29] 卢永根, 刘向东, 陈雄辉. 广东高州普通野生稻的研究进展. 植物遗传资源学报, 2008, 9 (1): 1-5
- [30] 莫永生, 蔡全全, 韦政, 蒋德书, 黎志方, 张加强, 王传之. 利用野生稻选育水稻恢复系研究. 杂交水稻, 2009, 24 (3): 10-13, 16
- [31] 陈志强, 周丹华, 郭涛, 王慧. 水稻航天生物育种研究进展. 华南农业大学学报, 2019, 40 (5): 195-202
- [32] 王丰, 李金华, 柳武革, 廖亦龙, 朱满山, 刘振荣, 黄慧君, 黄德娟. 一种水稻香味基因功能标记的开发. 中国水稻科学, 2008, 22 (4): 347-352
- [33] 郑家团, 杨德卫, 董炼飞, 游晴如, 郑狄, 涂诗航, 周鹏. 香型水稻的遗传和育种现状. 福建农业学报, 2012, 27 (10): 1134-1138
- [34] 张桂权. 5G 水稻的演变和发展. 华南农业大学学报, 2019, 40 (5): 211-216
- [35] 周维永, 陈韦韦, 戴高兴, 梁海福, 周萌, 陈仁天, 邓国富. 早晚兼用型超级稻新组合万太优 3158. 杂交水稻, 2019, 34 (3): 80-82

(收稿日期: 2020-01-06)