

1977-2018年水稻品种审定数据分析

吕 凤 杨 帆 范 滔 刘 京 李 乾 王林刚 龙晓波

(华智水稻生物技术有限公司,湖南长沙 410011)

摘要: 1977-2018年全国共审定水稻品种10628个,通过对审定品种的数量情况、品种类型、申请主体、亲本引用情况、农艺性状和品质性状等基本情况进行分析。结果表明:水稻品种数量在不断上升;籼稻占比大于粳稻,杂交稻快速发展;科研院所和种企是选育主体;亲本来源多,涌现大量优势亲本;多数农艺性状得到提高;品质性状如垩白度和垩白粒率降低;籼稻胶稠度增加,粳稻无明显变化。对2018年水稻品种的审定情况进行了分析:2018年国审水稻品种数为268个,其中以籼稻、杂交稻为主;优质米数量达到50.0%,抗稻瘟病数量为38个;2018年地方审定品种675个,优质米数量达24.6%,抗稻瘟病品种数为255个。对影响品种数量、品种类型、亲本选择、品种性状的因素进行分析,对未来育种目标进行了讨论。

关键词: 水稻;品种;数据;分析

水稻是我国近七成人口的主食,亦是全世界大约一半人口的主要粮食作物。我国是一个农业大国,近百年来,在全国水稻科研工作者的共同努力下,水稻研究不断创新进步,尤其是在丁颖、黄耀祥、袁隆平等一批优秀科学家的带领下,水稻先后经历矮化育种、杂种优势利用、超级稻研发和水稻功能基因组研究等重要阶段,促使水稻产量得到大幅提高^[1]。同时,由于人口数量增长、环境恶化、耕地面积减少、耕地质量下降等因素^[2],要求育种家们能够选育出广适性强、高产优质的水稻品种。因此通过对1977-2018年审定水稻品种数据进行分析,以初步解析中国近40年来水稻品种审定的总体趋

势规律以及相关性状的变化趋势,旨在为水稻新品种选育提供参考。

1 1977-2018年品种审定总体情况

1.1 品种审定数量呈上升趋势 1977-2018年共审定水稻品种10628个,其中通过国家审定的品种数为1349个,地方审定的品种数为9279个(图1)。审定品种数量呈现上升趋势,前20年审定的品种数量相对少,总计为796个,而后20年达9832个,特别是2005年之后每年审定品种总数都超过400个。水稻总审定品种数从1999年的104个增至2018年的943个,增长9倍。这主要得益于2000年《中华人民共和国种子法》颁布实施,该法对培育种业多

通信作者:龙晓波

- [2] 胥少东,郭新坡,申亚飞. 适宜机收玉米品种应具备的农艺性状及育种思路. 中国种业,2018(1): 50-51
- [3] 彭长俊,崔士友. 玉米育种技术体系的构建及有关问题的讨论. 农学报,2018,8(4): 1-7
- [4] Duvick D N, Smith J S C, Cooper M. Long-term selection in a commercial hybrid maize breeding program. Plant Breeding Reviews, 2004, 24(2): 109-151
- [5] 李明顺,谢传晓,张世煌. 提高玉米育种效率的技术途径与策略. 作物杂志,2007(1): 4-7
- [6] 曾孟潜. 近代玉米遗传育种研发中老前辈十条重要经验及其诠释 // 河南省郑州市农科院. 2012年全国玉米遗传育种学术研讨会暨新品种展示观摩会论文及摘要集,2012: 250-255
- [7] 丁佳琦,王红武,刘志芳,吴宇锦,王万龙,黄长玲. 玉米单交种和

自交系生理成熟后子粒脱水速率的研究. 作物杂志,2012(5): 26-29

- [8] 郭庆辰,康浩冉,刘洪泉,曹晓晴,窦秉德. 玉米育种存在问题及其浅析. 中国种业,2016(4): 4-9
- [9] 杜何为,戴景瑞,李建生. 玉米单倍体育种研究进展. 玉米科学,2010,18(6): 75-77
- [10] 倪向群,贾波,谢庆春. 玉米单倍体育种研究进展. 园艺与种苗,2012(4): 75-77
- [11] 胡丹东,赵久然. DNA分子标记技术及其在玉米育种中的应用. 甘肃农业大学学报,2017,42(6): 92-98
- [12] 韩根. 生物技术在玉米育种中的应用. 安徽农业科学,2012,40(15): 8406-8407

(收稿日期:2018-11-21)

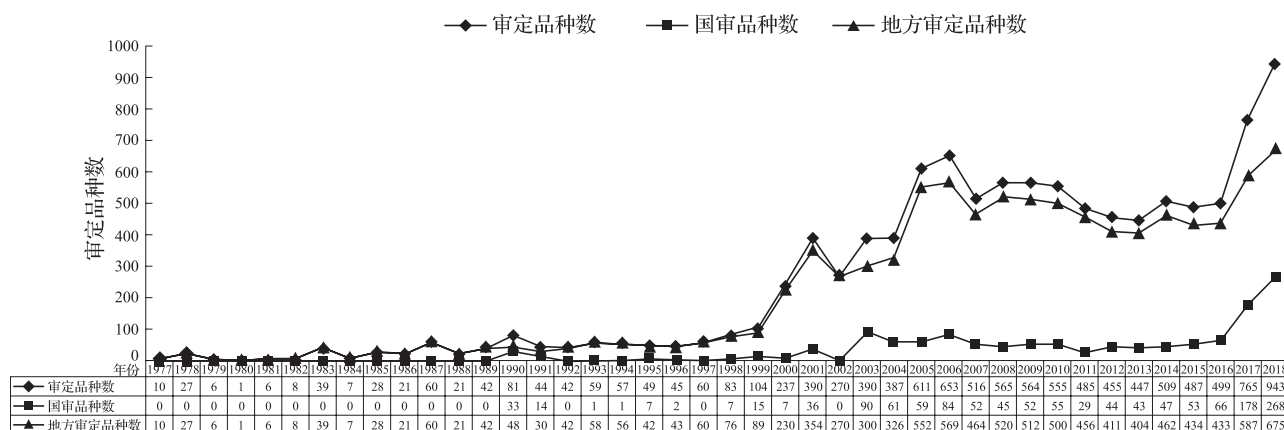


图1 1977-2018年水稻品种审定情况

元市场主体、激活种子市场发挥了重要作用,种业领域全面进入政企、事企分开发展的市场化阶段^[3]。2011-2015年由于品种审定标准提高了对抗性品质等方面的要求,种子市场收紧,经营主体数量逐渐减少,该时期水稻品种的审定数量有所下降,平均每年476.6个。2014年后,国家先后启用了品种审定的绿色通道和联合体试验渠道,品种试验的方式更加多元化,参试品种的数量因此迅速增加^[4]。因此推测在未来一段时期品种数量也将持续上升。

1.2 品种类型 水稻经历矮秆革命后,20世纪70

年代初期经历了三系杂交育种,90年代初期经历了两系杂交育种^[5]。从品种类型分析,粳稻审定数量所占比重下降(图2),从1977年的66.7%降至2018年的22.7%(不包含籼粳杂交稻);常规稻审定数量占比下降,但在2012-2014年常规稻比重有所回升,杂交稻比例有所下降,说明常规水稻育种又逐渐被重视(图3);杂交稻审定数量所占比重大幅度上升,其中三系杂交稻比例下降,两系杂交稻所占比重逐渐上升(图4)。整体而言,籼稻品种审定数量所占比重大于粳稻。

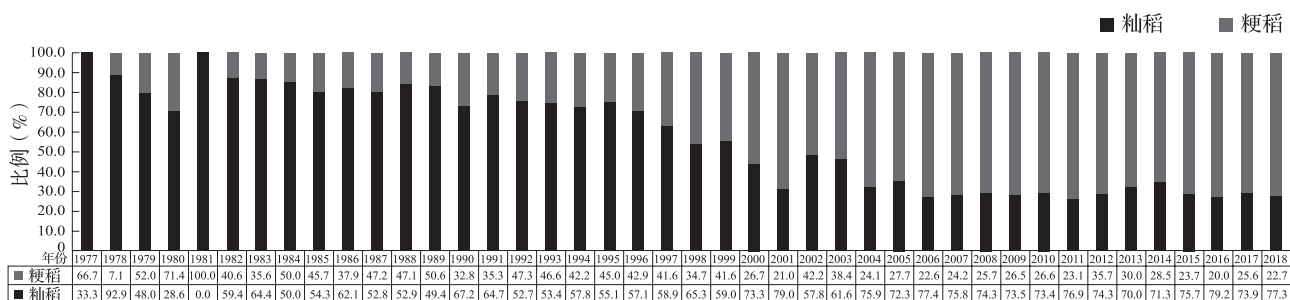


图2 籼稻和粳稻的占比图

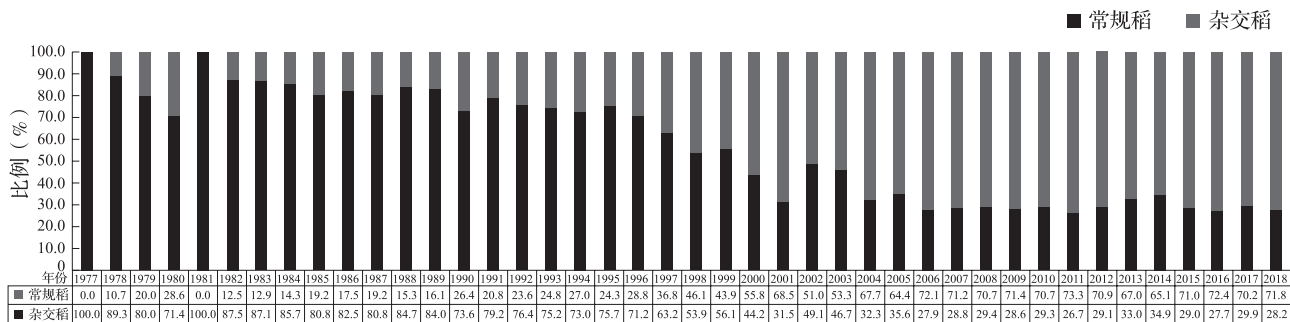


图3 常规稻和杂交稻的占比图

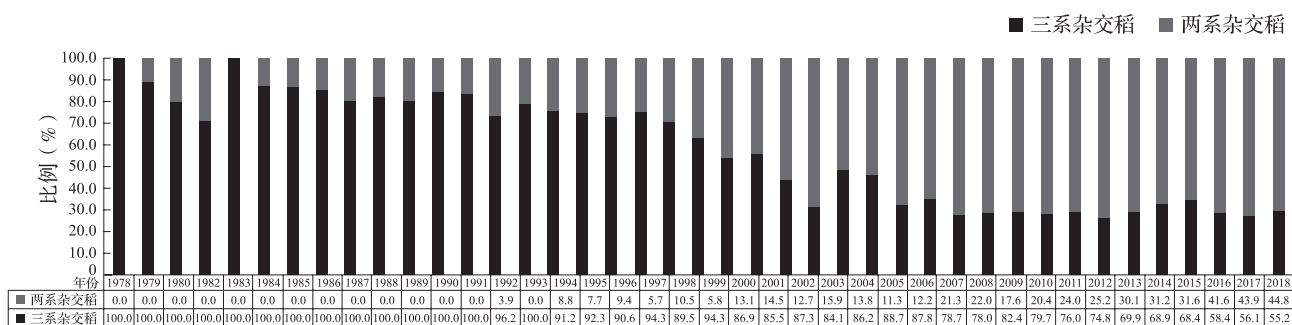


图4 三系杂交水稻和两系杂交水稻的占比图

1.3 品种来源多层次化

1.3.1 科研院所类 通过对水稻品种审定主体的统计发现(图5),科研院所方面,广东省农业科学院水稻研究所申请的水稻品种达687个,领先于中国水稻研究所的372个和福建省农业科学院的284个。

此排名中大部分是省级和国家级的研究机构,但也发现市级单位如通化市农业科学研究院以129个排第10位。黄华占是广东省农业科学院水稻研究所选育的,该品种被多个省审定,具有优良的耐热性、广适性和耐肥抗倒性,提高了蒸煮和外观品质^[6]。

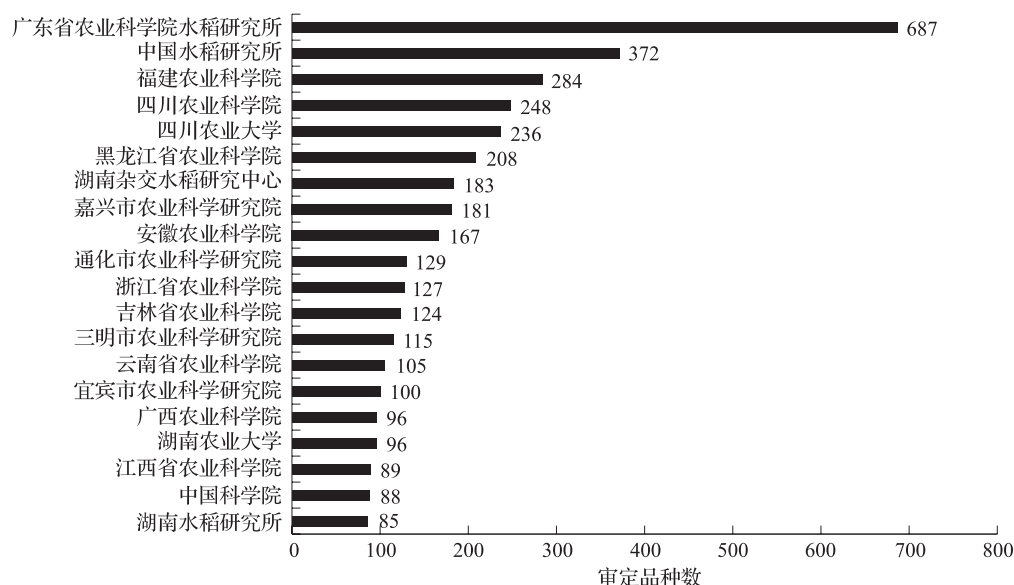


图5 科研院所审定品种情况

1.3.2 企业类 企业作为审定主体的前20强排名中(图6),隆平高科可谓一枝独秀。在前20强中,有4家属于隆平高科,其审定的水稻品种数目总计达600个,遥遥领先于其他企业。

1.4 亲本引用情况 对1977-2018年通过审定的品种的系谱进行分析(表1),发现作为亲本被使用次数最多的材料是明恢63,累计被使用422次。在此排行中最早作为亲本被引用参与审定的材料是珍汕97A,参审品种是汕优2号,审定的时间为1978年;最近一次作为亲本材料育成的品种参与审定时

间为2018年,跨度40年,可谓经久不衰。

对父本使用情况进行统计(表2),作为父本被使用次数最多的材料是明恢63,是我国人工制恢工作中第一个取得突破的优良恢恢复系。该品种恢复谱广、恢复力强、配合力强,具有优良的综合农艺性状,抗稻瘟病且制种产量高。它不仅是我国杂交水稻组合配组中应用最广、持续应用时间最长、效益最显著的恢恢复系,还是我国新恢恢复系选育中贡献最大的优良种质^[7-8]。虽然华占2008年作为亲本材料参与品种审定,但仅仅11年时间就已被引用179次,

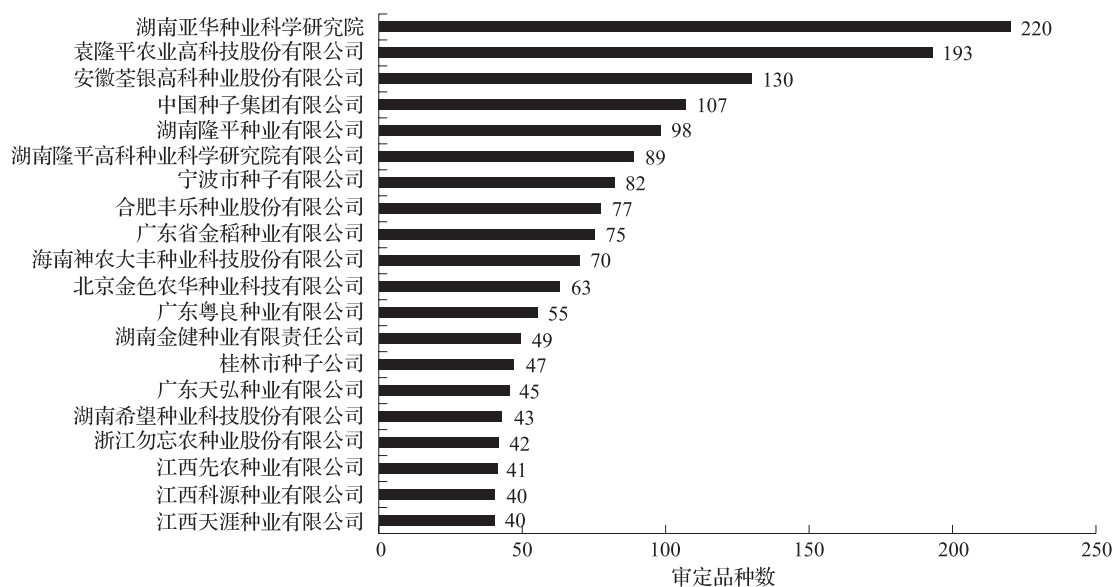


图6 企业审定品种情况

表1 亲本使用前十排名

亲本名称	累计引用	初次被引用年份	对应品种	最近被引用年份	对应品种
明恢 63	422	1985	汕优 63	2009	晚籼 98
Ⅱ-32A	360	1991	Ⅱ 优 64	2018	黄达 A
金 23A	332	1998	金优桂 99	2018	顺 1A
珍汕 97A	316	1978	汕优 2 号	2018	昌 287A
蜀恢 527	311	2000	冈优 527	2017	荃优 527
中 9A	212	2001	中 9 优 207	2018	荆楚 818A
龙特甫 A	188	2000	特优 63	2018	特优 1617
华占	179	2008	天优华占	2018	吉田优华占
Y58S	175	2006	Y 两优 1 号	2018	Y 两优 911
培矮 64S	149	1996	两优培特	2016	明 S

表2 父本使用前十排名

父本	累计引用	初次被引用年份	对应品种	最近被引用年份	对应品种
明恢 63	422	1985	汕优 63	2009	晚籼 98
蜀恢 527	311	2000	冈优 527	2017	荃优 527
华占	179	2008	天优华占	2018	吉田优华占
桂 99	139	1989	汕优桂 99	2009	泰丰优桂 99
扬稻 6 号	122	1999	两优培九	2018	中香糯 17
明恢 86	99	2000	汕优明 86	2015	花 2 优 86
多系 1 号	97	1998	汕优多系 1 号	2013	特优 1 号
先恢 207	88	2003	金优 207	2015	玖两优 3 号
辐恢 838	85	1995	Ⅱ 优 838	2015	竞优 838
绵恢 725	81	1999	冈优 725	2013	深两优 725

华占现象已经十分明显(表3)。华占作为直接引用父本审定的品种总数为138个,2008–2012年为13个,这属于华占刚开始作为父本的阶段,仅使用三系

杂交育种法进行选育;2013–2018年这6年间,华占现象凸显,作为直接父本审定的品种为125个,增长近10倍,国家审定数与前一阶段相比超过10倍,

同时也出现运用两系杂交育种法育成的品种。将华占育成的品种主要性状的统计值与同期所有品种比较发现,2013–2018年每667m²产量超出总平均值11.18kg,两阶段的亩有效穗数也超出总平均值(表4)。对于育种家而言,华占已被列入优势父本

的选择队列。

不育系方面,Ⅱ-32A是作为不育系审定最多品种的材料,累计达360次(表5)。最早以其作为母本审定的品种Ⅱ优63,出现在1990年,最晚出现在2018年审定品种潢达A的系谱中(Ⅱ-32A/潢达B)。

表3 以华占作为直接父本审定的品种情况

年份	审定品种总数	国家审定数	地方审定数	三系杂交稻	两系杂交稻
2008–2012	13	3	10	13	0
2013–2018	125	34	91	71	54

表4 主要农艺性状的表现

年份	产量(kg/667m ²)	亩有效穗数(万)	穗实粒数	千粒重(g)	结实率(%)
2008–2012	520.52(-7.51)	19.3(1.3)	153.6(17.7)	24.5(-2.1)	77.8(-2.3)
2013–2018	562.84(11.18)	19.9(2.2)	144.9(2.7)	24.0(-2.4)	81.4(-0.5)

括号内数值为较总平均值增减量

表5 不育系使用前十排名

母本	累计引用	初次被引用年份	对应品种	最近被引用年份	对应品种
Ⅱ-32A	360	1990	Ⅱ优63	2018	潢达A
金23A	332	1998	金优桂99	2018	顺1A
珍汕97A	316	1978	汕优2号	2018	昌287A
中9A	212	2001	中9优207	2018	荆楚818A
龙特甫A	188	2000	特优63	2018	特优1617
Y58S	175	2006	Y两优1号	2018	Y两优911
博A	154	1990	博优64	2018	博优8798
协青早A	152	1985	协优64	2016	旺A
冈46A	152	1992	冈优12	2015	冈优952
培矮64S	149	1996	两优培特	2016	明S

1.5 珍汕97A作为直接母本引用情况 在这些广泛应用的亲本中,珍汕97A是较早用于母本使用的材料,目前仍在用,而华占是2008年作为父本使用的材料,历经10年榜上有名。对直接引用珍汕97A为母本审定的品种进行分析,结果显示从1978年开

始出现以珍汕97A为直接母本配组选育的品种,其中1987年选育的品种占总审定品种的18.3%,由此可见珍汕97A在当时发挥了重要的作用(图7)。

在华智育种管家系谱查询功能中,检索到以珍汕97A作为直接母本的品种数为256个(图8)。

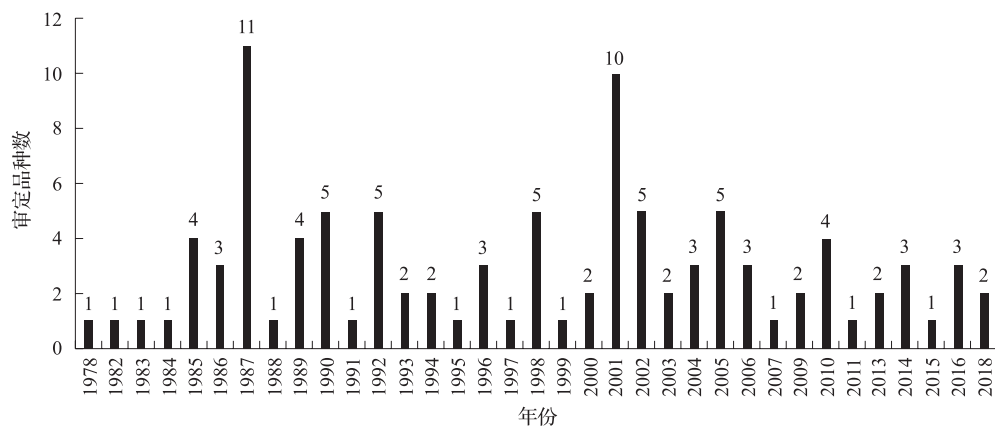
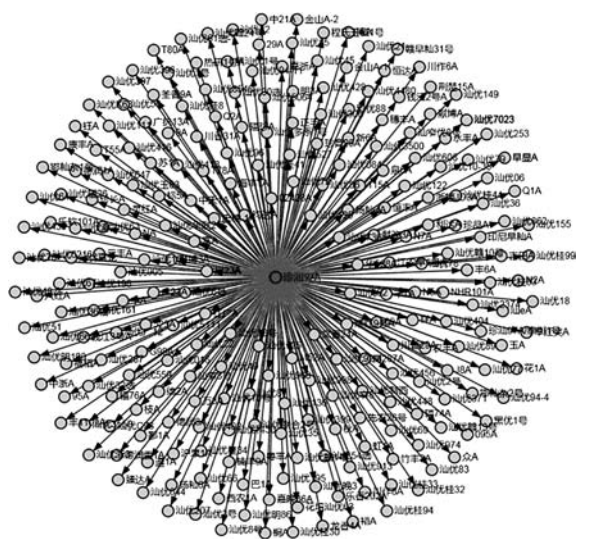


图7 珍汕97A作为直接母本审定的品种情况



此图由华智育种管家检索生成

图8 珍汕 97A 作为母本的品种系谱图

2 近 40 年审定品种的性状表现情况

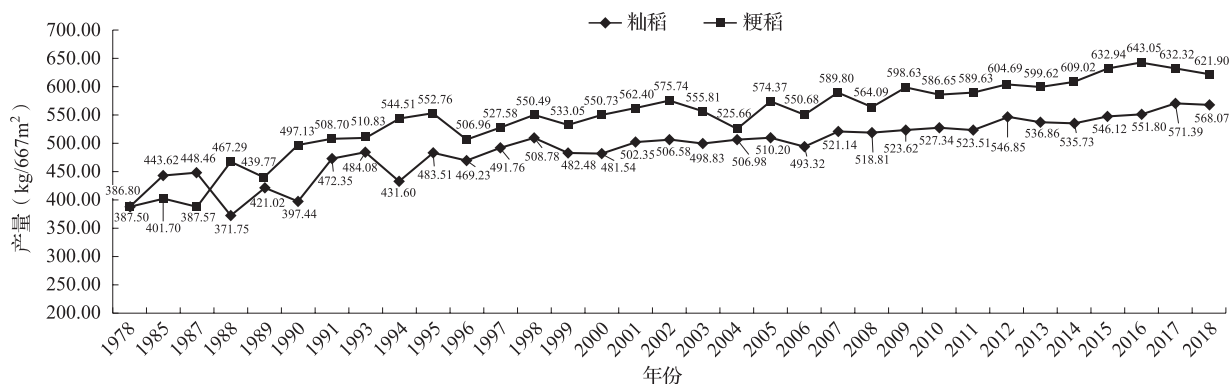
2.1 农艺性状变化

2.1.1 品种产量在稳步增长 如图 9 所示,审定的水稻、粳稻品种产量呈稳步增加趋势。粳稻品种每

667m² 平均产量在 2012 年突破 600kg, 粳稻审定品种平均产量在 2016 年突破 550kg, 并处于稳步增长趋势, 预计不久后将突破 600kg。

2.1.2 株高表现出增长趋势 由于水稻矮秆革命, 在此期间育成的品种株高在 80.0~90.0cm 之间, 在这期间重要的遗传资源有桂朝 2 号等。而后株高表现出增长趋势, 粳稻平均株高增至 113.5cm, 粳稻平均株高增至 102.0cm。整体而言, 粳稻的平均株高要高于粳稻(图 10)。

2.1.3 平均穗长增加 穗长是典型的数量性状, 是影响水稻产量的重要因子之一。通过对审定品种的穗长进行统计分析, 发现粳稻穗长平均在 20.0cm 以上, 从 1978 年的 20.2cm 增至 2018 年的 24.1cm; 粳稻平均穗长从 1978 年的 14.0cm 增至 2018 年的 17.7cm (图 11)。我国北方第一个育成的粳型超级稻品种沈农 265, 其穗长为 19.0~20.0cm。科研工作者对其穗部性状进行了相关研究, 并定位了多个控制穗部相关的 QTL。由于穗部性状的遗传基础复杂, 克隆的基因/QTL 相对较少, 能够应用到育种上的基因/QTL 更少^[9]。



对于审定品种性状表现数据少于 5 个的年份, 可能会对结果造成较大误差, 所以没有进行分析, 因此会出现年份不全和不一致的情况。下同

图9 水稻审定品种的平均产量情况

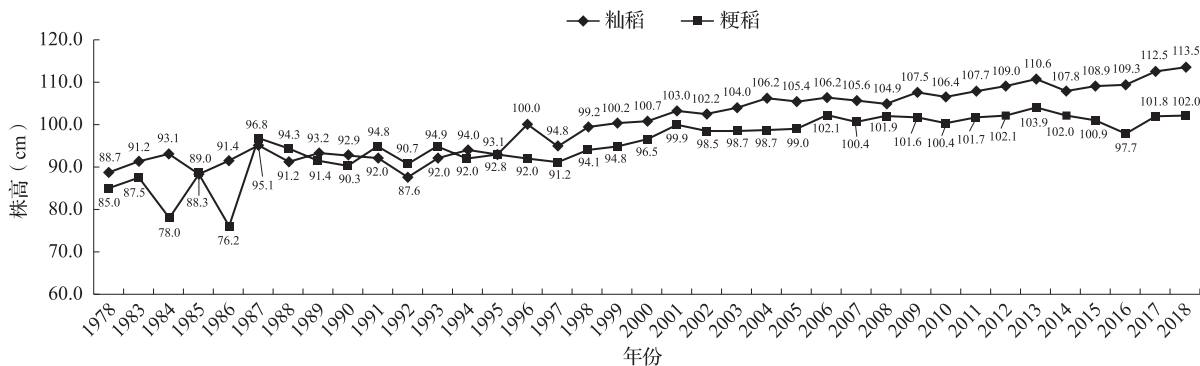


图10 水稻审定品种的平均株高情况

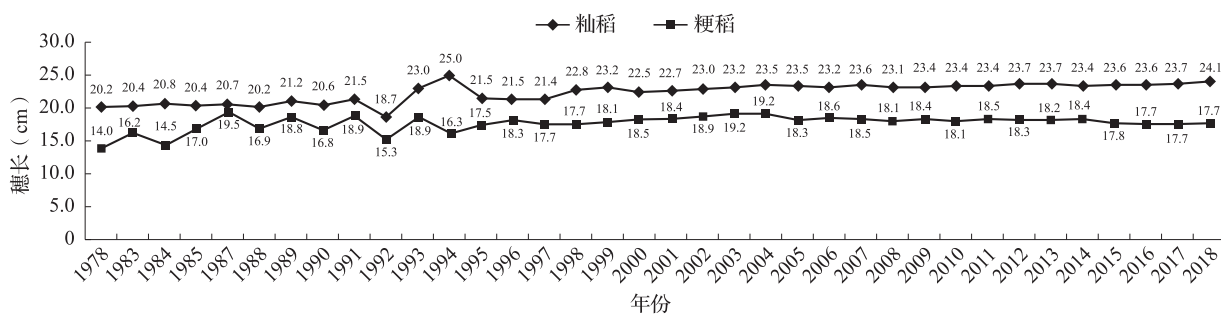


图 11 水稻审定品种的穗长情况

2.1.4 亩有效穗数表现出减少趋势 亩有效穗数是直接影响水稻产量的因素。在统计中发现(图 12), 粳稻亩有效穗数在 1989–2000 年间变化较大, 可能是由于在这阶段出现有效穗数两极化现象, 例如, 出现凤稻 9 号高有效穗数的品种, 从而导致变化无规律; 2000 年后亩有效穗数大部分在 20 万穗以上, 在 2014–2018 年趋于稳定。籼稻亩有效穗数出现减少

趋势, 可能与环境等其他因素有关。

2.1.5 每穗实粒数增加 从图 13 可知, 籼稻和粳稻的每穗实粒数都处于增加趋势, 籼稻从 1989 年的 92.0 粒增加到 2018 年的 139.1 粒, 粳稻从 1989 年的 98.5 粒增加到 2018 年的 124.3 粒。总体而言, 籼稻的穗实粒数增长要大于粳稻增长速率, 最终籼稻的穗实粒数要大于粳稻的穗实粒数。

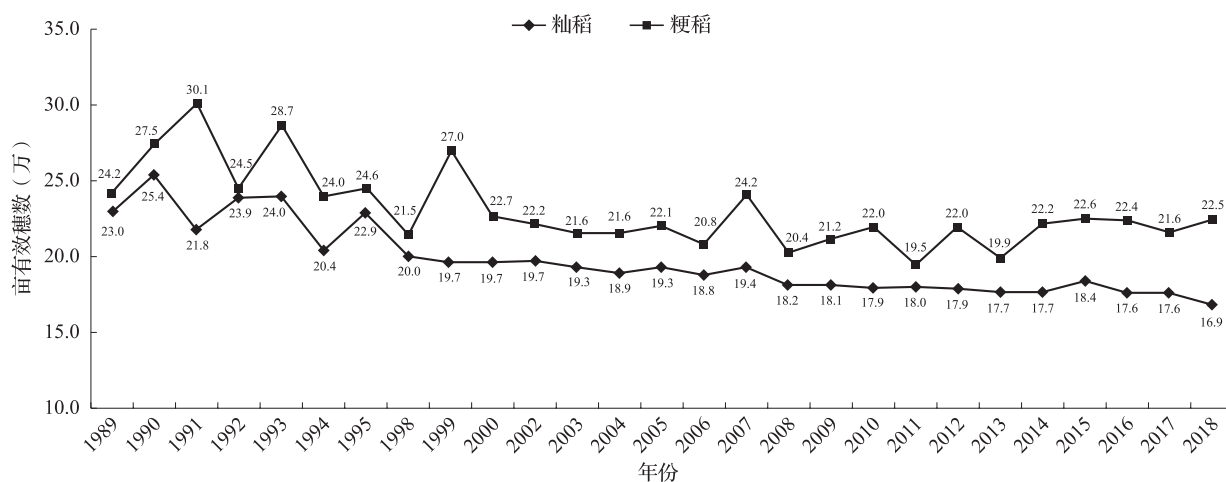


图 12 水稻审定品种的亩有效穗数情况

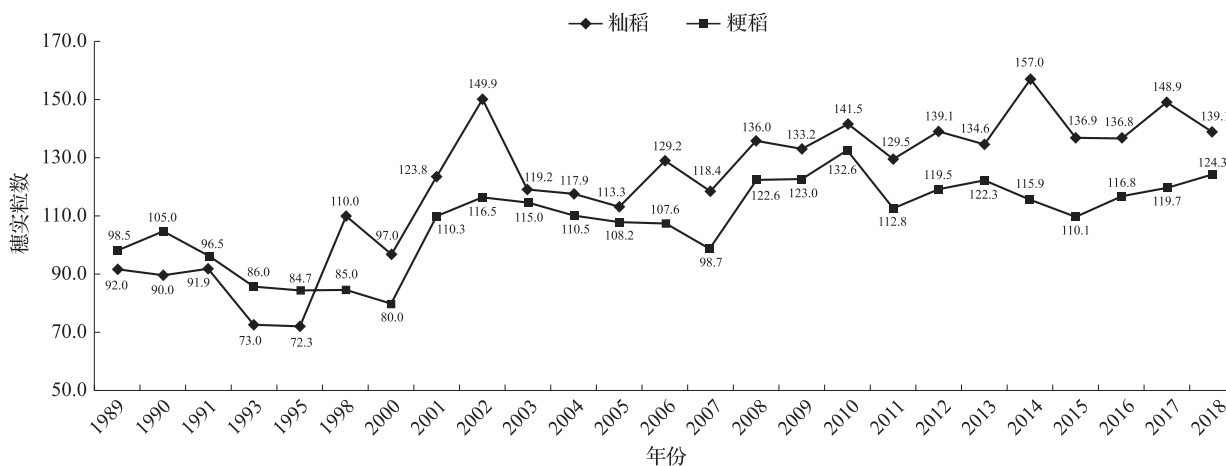


图 13 水稻审定品种的每穗实粒数情况

2.1.6 结实率 粳稻结实率从1989年的82.3%增至2018年的87.4%；籼稻结实率出现同比下降。粳稻结实率平均高于籼稻4.6%（图14）。

2.1.7 千粒重 籼稻千粒重从1983年的23.5g增至2018年的26.1g；粳稻变化不明显，整体处于25.0~27.0g之间（图15）。

2.2 审定品种的品质性状

2.2.1 碾米品质 碾米品质主要包括糙米率、精米率和整精米率。根据统计数据发现籼稻和粳稻的糙米率、精米率和整精米率未发生变化，处于相对稳定状态。粳稻的3个性状统计值都高于籼稻（图16~17）。

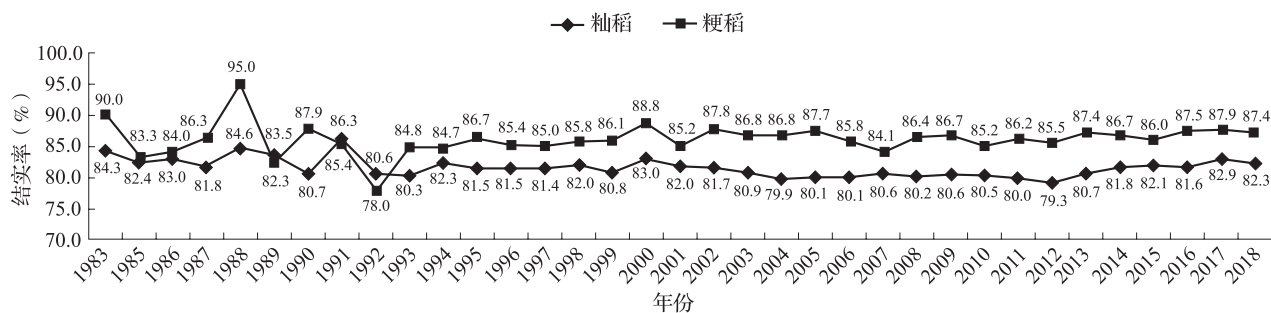


图14 水稻审定品种的结实率情况

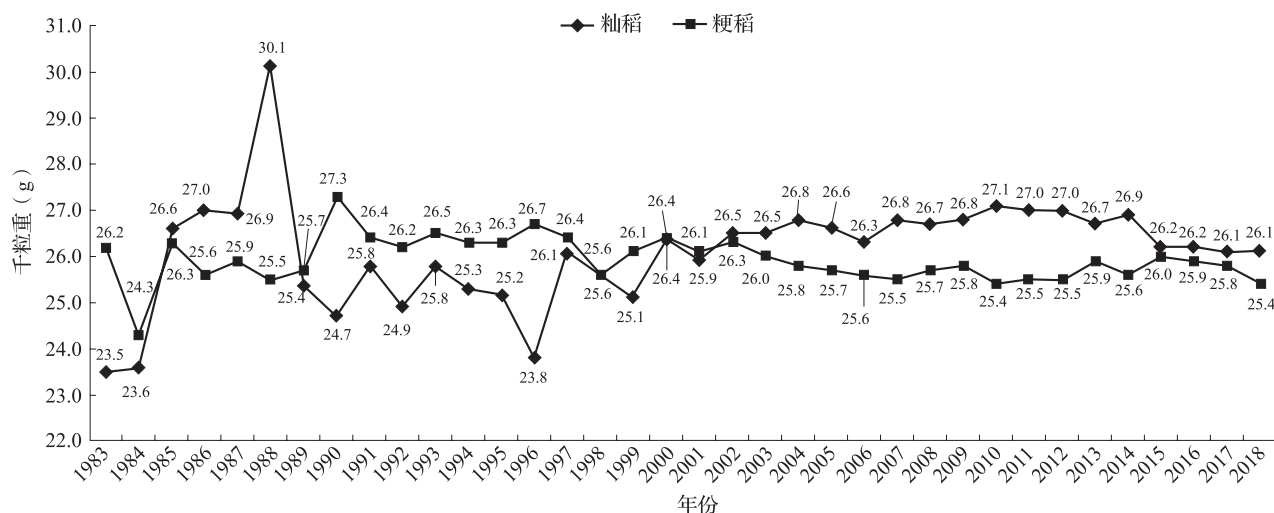


图15 水稻审定品种的千粒重情况

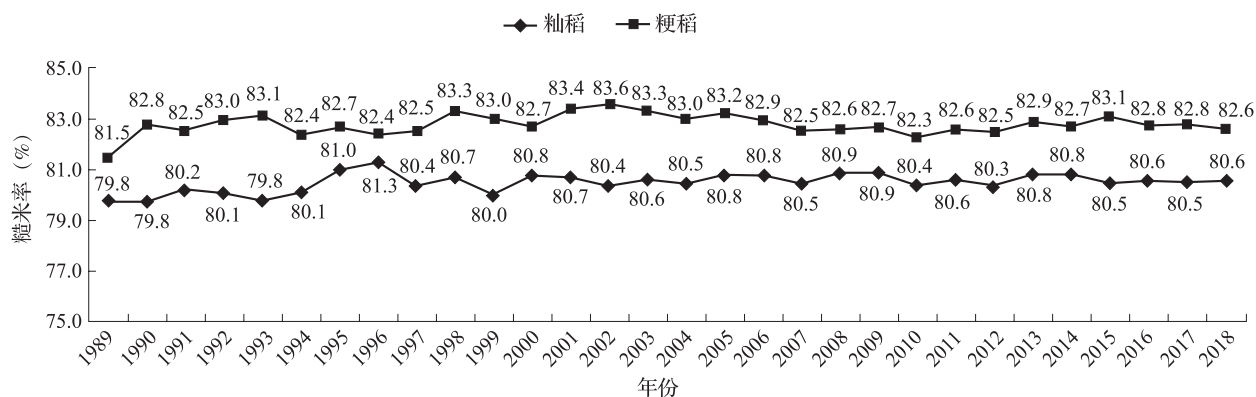


图16 水稻审定品种的糙米率情况

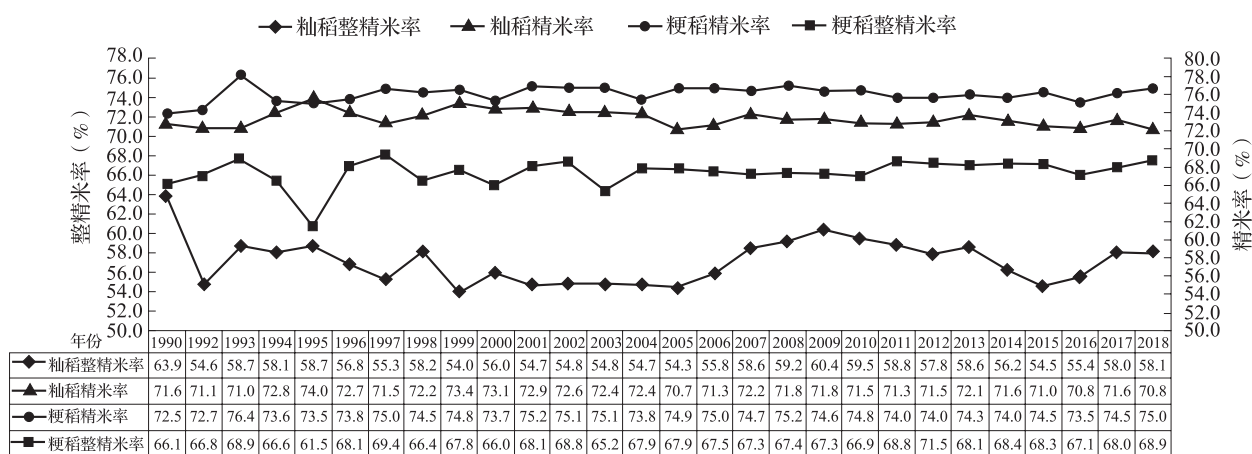


图 17 水稻审定品种的精米率和整精米率情况

2.2.2 外观品质

2.2.2.1 垩白度和垩白粒率 在现阶段水稻不再只是追求产量,而要侧重于保证质量。高产、优质是作物育种永远不变的目标。垩白度是影响水稻外观的重要因素,从统计结果分析,籼稻和粳稻的垩白度都处于下降趋势,籼稻的垩白度从 1997 年的 23.6% 下降到 2018 年的 4.6%;粳稻的垩白度从 1997 年

的 4.2% 下降到 2018 年的 2.9%。籼稻垩白粒率从 1997 年的 67.8% 下降到 2018 年的 23.2%,下降近 3 倍;粳稻垩白粒率在 2000–2007 年间出现不同程度的增长,最终还是处于下降趋势。籼稻的垩白粒率下降最为显著。整体而言,籼稻的垩白度和垩白粒率要高于粳稻,但籼稻的垩白度和垩白粒率下降速率要高于粳稻(图 18)。

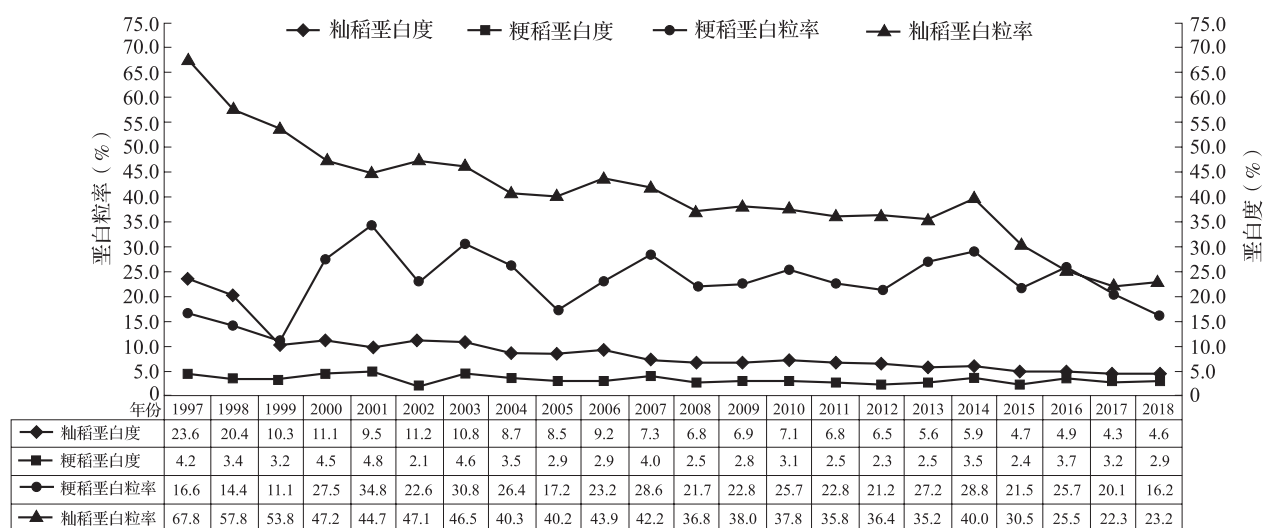


图 18 水稻审定品种的垩白度和垩白粒率情况

2.2.2.2 透明度 从图 19 中可知,籼稻的透明度高于粳稻透明度,粳稻透明度处于 1.0~1.6 之间,籼稻透明度处于 1.0~2.5 之间。

2.2.3 蒸煮品质

2.2.3.1 胶稠度 胶稠度影响大米的蒸煮,从而影响大米的食用品质。籼稻胶稠度从 1987 年的

43mm 增加到 2018 年的 72mm,增加 29mm;粳稻胶稠度未发生明显变化。整体上看,粳稻胶稠度要高于籼稻,但最后趋于一致(图 20)。

2.2.3.2 碱消值和直链淀粉含量 籼稻碱消值变化复杂,在 1993–1996 年、1998–2001 年、2006–2010 年、2017–2018 年处于增长状态,其他年间处于降低状

态;粳稻碱消值相对比较稳定,未出现大变化。籼稻和粳稻的直链淀粉含量处于下降趋势,籼稻直链淀粉含量从1989年的20.9%降为2018年的16.7%;粳

稻直链淀粉含量从1989年的17.2%降至2018年的15.7%。籼稻直链淀粉含量要高于粳稻直链淀粉含量(图21)。

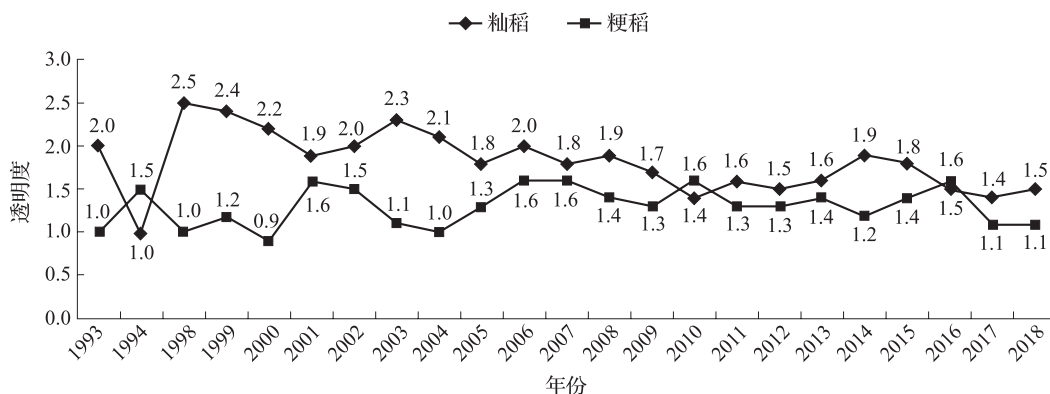


图19 水稻审定品种的透明度情况

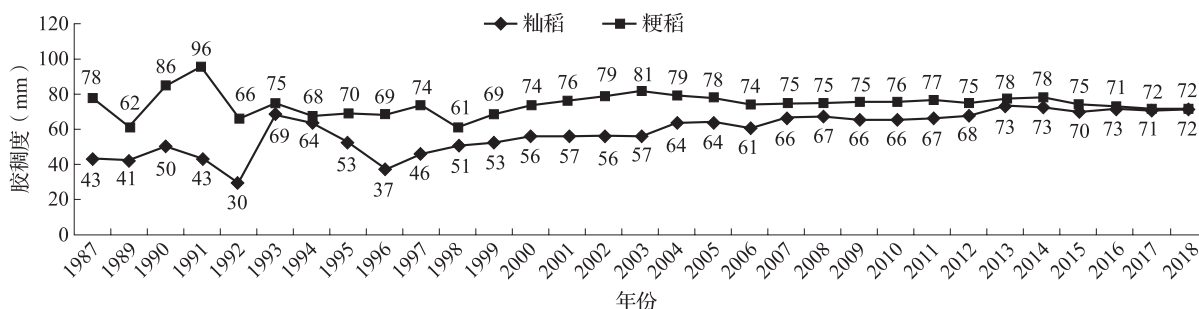


图20 水稻审定品种的胶稠度情况

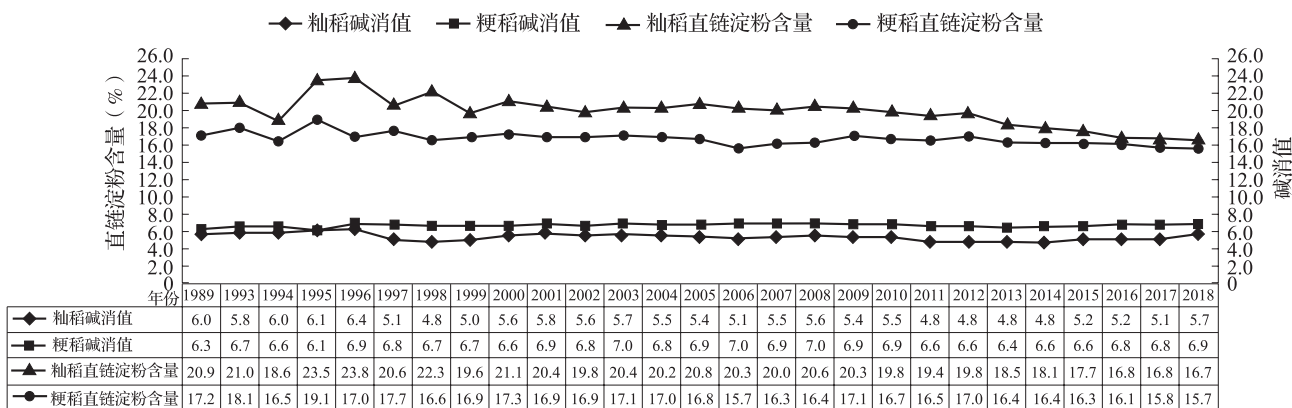


图21 水稻审定品种的碱消值和直链淀粉含量

3 2018年水稻审定品种基本情况

3.1 国审水稻品种基本情况

3.1.1 国审水稻品种组成情况 2018年9月18日国家农业农村部公布了2018年的国家农作物

审定名单,其中有268个水稻品种通过了国家审定,这是历年来数量最多的一年。在这些水稻品种中,籼稻228个,占85.1%;杂交稻234个,占87.3%(图22)。

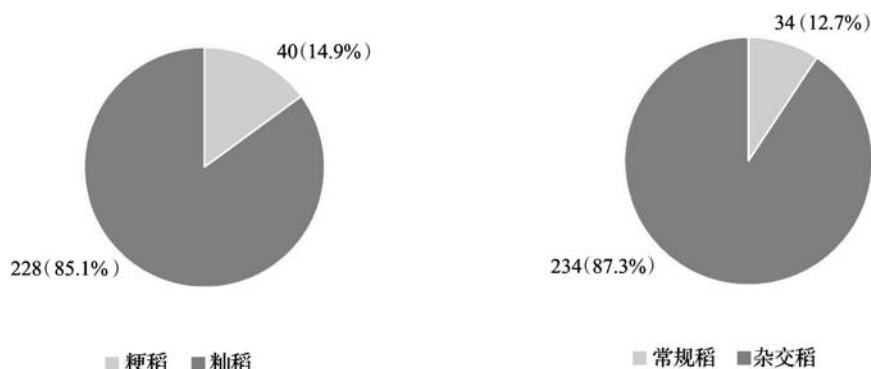


图 22 2018 年国审稻品种构成情况

3.1.2 性状表现 对 2018 年通过国审的水稻品种的农艺性状、经济性状和米质性状等进行统计,统计结果反映了我国目前国审品种在各项主要指标上的平均水平(表 6)。同时表明籼稻和粳稻在多项指标上存在明显差异。

3.1.3 优质米情况 自 2011 年起国家对水稻品质标准要求提高,原农业部制定《食用稻品种品质》等相关标准并不断完善。2018 年通过国家审定的 268 个水稻品种中,达到优质米部标的有 134 个,占比 50%。

3.1.4 抗性情况 病虫害抗性方面:抗稻瘟病品种比例相对较高,有 38 个,占比为 14.2%;抗白叶枯病品种为 8 个,抗褐飞虱品种为 2 个。

3.2 地方审定品种基本情况

3.2.1 地方审定水稻品种组成情况 对地方审定品种进行统计分析,发现与国审品种组成相似,但所占比例不同,杂交稻 435 个,占 64.4%,常规稻为

240 个,占 35.6%;籼稻占 70.7%,粳稻占 27.7%,籼粳稻占 1.6% (图 23)。

表 6 2018 国审水稻品种性状统计

性状	籼稻	粳稻
株高 (cm)	116.4	104.7
千粒重 (g)	26.5	25.1
穗总粒数	187.7	151.9
产量 (kg/667m ²)	609.09	641.17
结实率 (%)	82.8	86.6
亩有效穗数 (万)	16.7	23.6
穗长 (cm)	24.6	18.0
长宽比	3.1	2.0
整精米率 (%)	60.7	70.0
胶稠度 (mm)	72.1	69.3
垩白度 (%)	4.6	3.1
垩白率 (%)	21.6	16.6
直链淀粉含量 (%)	16.3	15.9

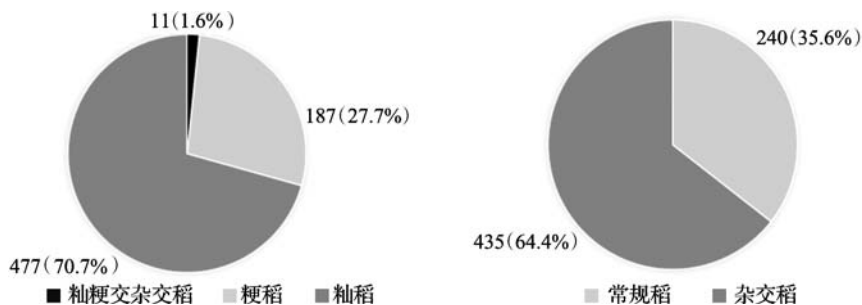


图 23 2018 年地方审定品种组成情况

3.2.2 性状表现 通过对籼稻、粳稻及籼粳稻的性状进行统计分析(表 7),发现籼稻外观性状如平均垩白度和垩白粒率高于粳稻;农艺性状如亩有效穗

数、结实率、整精米率、产量低于粳稻;千粒重、穗长、长宽比要高于粳稻。籼粳稻大部分性状处于籼稻和粳稻之间。

表 7 2018 年地方审定品种的性状表现情况

性状	籼稻	粳稻	籼粳杂交稻
株高 (cm)	112.0	101.4	117.4
千粒重 (g)	25.9	25.5	25.8
穗总粒数	187.7	151.9	252.1
产量 (kg/667m ²)	550.18	616.70	595.24
结实率 (%)	82.1	87.6	81.7
亩有效穗数 (万)	17.0	22.1	14.6
穗长 (cm)	23.7	17.7	22.7
长宽比	3.2	1.8	2.9
整精米率 (%)	56.6	68.7	67.7
胶稠度 (mm)	71	73	69
垩白度 (%)	4.6	2.9	3.5
垩白粒率 (%)	24.6	16.1	22.0
直链淀粉含量 (%)	16.8	15.7	15.3

3.2.3 优质米情况 对 2018 年地方审定水稻品种的米质进行分析,发现达到部标优质米的品种数为 166 个,占 24.6%,该比值低于国审品种部标优质米。

3.2.4 抗性情况 对 2018 年地方审定水稻品种的抗病性进行统计,发现有 255 个品种具有抗稻瘟病特性,占 37.8%;其他抗性品种数量相对较少,抗白叶枯病品种 71 个,抗稻曲病品种 57 个,抗纹枯病品种 76 个,抗条纹叶枯病品种 43 个。

4 讨论

综合分析近 40 年我国水稻审定品种的基本情况,发现水稻审定品种在持续增长,产量得到大幅提高,品质在不断提升;种子企业、科研院所等机构也在不断为我国自主研发提供重要的技术和生产服务。这无疑得益于国家政策的优化、科技的创新和育种家持之以恒的精神。农业农村部副部长余欣荣也表示,目前,在水稻等大宗作物用种上,中国已经实现了全部自主选育^[10]。

长达近百年的研究工作中,育种家不仅需要考虑产量,更要加大对品质、抗性的研究力度,对功能水稻也展开了重要的研究。我国水稻生产不仅要满足国家粮食安全的需要,也要应对极端气候频发、耕地面积减少的情况,这就需要在水稻新品种选育过程中重点选育兼具高产、优质、多抗、广适、适宜机械化、易制种等多种性状的品种。如今,种业正处于“生物技术+信息化”的变革阶段,我国应加大研发投入,吸引更多的科研人才投入到育种中,加快成果转化速度,推动产业化转化和开发。同时,结合分子育种技

术辅助水稻育种,可缩短育种年限,达到精准育种。

根据图 3 可知,杂交稻所占比例在增长,表明杂交优势的利用在快速发展,出现籼稻和粳稻亚种间的优势利用是必然的结果;结合表 7,籼粳杂交稻表现出分别优于籼稻和粳稻的表现,例如穗总粒数要高于两者,产量均值高于籼稻,垩白度和垩白粒率都要低于籼稻。2018 年审定的籼粳杂交稻有甬优系列,如甬优 7753、浙甬稻中嘉优 9 号等,猜测在未来会出现更多籼粳杂交稻。但是需要注意应建立父母本杂种优势群,避免群内配组。育种实践上,育种家利用籼粳交育种时,要充分考虑遗传稳定性、抗病性、米质及环境敏感性等性状;在杂种优势利用中应多侧重于结实率、亩有效穗数、米质和抗病性等性状^[11]。

本文使用的数据统计和图片来自华智育种管家数据中心^[12],原始数据来自国家水稻数据中心^[13]。数据截止到 2018 年 10 月 30 日。

参考文献

- [1] 方富平,程式华. 水稻科技与产业发展. 农学学报,2018,8 (1): 92-98
- [2] 王越. 我国稻谷生产安全的挑战与应对. 贵阳:贵州大学,2016
- [3] 张宁宁. 开放环境下中国种业发展研究. 北京:中国农业大学,2015
- [4] 石学彬,刘康. 我国农作物品种审定制度变革与现代种业发展刍议. 农业科技管理,2018 (3): 62-65
- [5] 王月华,何虎,潘晓华. 我国水稻育种技术发展历程回顾. 江西农业学报,2012 (2): 26-28
- [6] 周少川,李宏,黄道强,卢德城,李康活,周德贵,赖穗春,王志东. 早中晚兼用型广适性优质稻新品种黄华占的选育及其应用研究. 中国农业科技导报,2010 (12): 12-17
- [7] 谢华安. 明恢 63 的选育与利用. 福建农业学报,1998 (4): 1-6
- [8] 吴方喜,蔡秋华,朱永生,张建福,谢华安. 籼型杂交稻恢复系明恢 63 的利用与创新. 福建农业学报,2011,26 (6): 1101-1112
- [9] 张喜娟,姜树坤,李红娇,李伟娟,徐正进,陈温福. 粳型超级稻品种‘沈农 265’穗部和穗颈维管束性状的 QTL 剖析. 植物生理学通讯,2008,44 (5): 907-913
- [10] 陈丽娜. 加快种业创新发展,构建新时代种业发展新格局. 农村工作通讯,2018 (10): 5-10
- [11] 姜健,李金泉,徐正进. 水稻籼粳杂交育种研究进展. 吉林农业科学,2003,28 (1): 9-14
- [12] 华智水稻生物技术有限公司. 华智育种管家. <https://www.wisebreeding.com>
- [13] 国家水稻数据中心. 中国水稻品种及其系谱数据库. <http://www.ricedata.cn/variety/index.htm>

(收稿日期: 2018-11-30)