

我国水稻主栽品种演替分析

林海 李婷婷 童汉华 王志刚 王磊 鄂志国*

(中国水稻研究所水稻生物学国家重点实验室, 杭州 310006; 通讯联系人, E-mail: ezhiguo@caas.cn)

Analysis on Evolution of Major Rice Cultivars in China

LIN Hai, LI Tingting, TONG Hanhua, WANG Zhigang, WANG Lei, E Zhiguo*

(State Key Laboratory of Rice Biology, China National Rice Research Institute, Hangzhou 310006, China; *Corresponding author, E-mail: ezhiguo@caas.cn)

Abstract: 【Objective】Wide application of improved varieties is an important measure to develop high-yield, good quality and high-efficiency agriculture. It means that old varieties are replaced by new ones, namely, variety evolution. The insight into the evolution pattern of varieties not only helps understand the breeding history, but also provides a reference for breeding and supervision. We developed an algorithm for objective calculation of the replacement pattern of rice varieties in this study. 【Method】Based on the ASP. net platform and VB. net syntax, a program was compiled to analyze the rice variety data collected in SQL Server 2008 database, and the general rules of rice variety evolution in China in the past 30 years were obtained. 【Result】Program analysis shows that the average annual replacement rate of rice varieties is about 11.1% based on the area change algorithm, and 29.7% based on the variety number change algorithm. 【Conclusion】In rice production in China, the improved varieties have been replaced at a faster rate for a long time. The reasons for the high rate of varieties succession are analyzed, and some suggestions are put forward to improve the breeding efficiency.

Key words: major cultivars; cultivar evolution; rice

摘 要: 【目的】推广应用良种是发展高产优质高效农业的重要措施。良种推广意味着新品种代替老品种, 即品种演替。了解品种的演替规律, 不仅有助于了解育种历史, 而且对育种和监管也能提供参考。本研究拟开发一套客观计算品种演替规律的算法。【方法】基于 ASP.net 平台和 VB.net 语法, 编写程序算法, 对 SQL Server 2008 数据库中收录的品种数据进行分析, 得出过去 30 多年来我国水稻品种演替的一般规律。【结果】程序分析发现, 基于面积变化的算法, 得出水稻品种年均更替率约 11.1%, 基于品种个数变化的算法, 得出水稻品种年均更替率约 29.7%。【结论】我国水稻生产上, 育成品种长期保持了较快的更替速率。分析了品种更替速率快的原因, 并对今后提高育种效率提出了一些建议。

关键词: 主栽品种; 品种演替; 水稻

中图分类号: S502.2

文献标志码: A

文章编号: 1001-7216(2018)06-0565-07

品种演替, 或称品种更替, 是农业生产上品种改良的必然结果, 表现为在人为选择和自然环境的共同作用下, 随着时间推移一些老品种逐渐被一些新育成品种取代的过程。历史上水稻品种的更替, 常与一些关键种质的发掘和利用密切相关, 例如矮秆基因和雄性不育基因的利用。客观上受种植制度、气候、土壤条件和病虫害等因素影响, 反映了消费者解决温饱追求品质的需求。过去的 70 年, 水稻育种理论推陈出新、日益完善, 新品种更是层出不穷, 推动我国水稻育种和生产多次实现跨越式发展^[1-2]。及时总结经验, 掌握育成品种的系谱, 探索其内在的演替规律, 能帮助育种家发现育种过程

中的“闪光点”和问题, 对管理部门也能提供参考。

前人收集整理了两本关于水稻品种及其系谱的书籍^[1-2], 并建有多个数据库^[3-5], 这些都为品种演替分析积累了翔实的数据资料。另外, 学者们在品种演替分析方面做了有益的探索, 如程绪生等^[6]对建国以来渝东北地区水稻品种演替进行了详细分析; 汤圣祥等^[7]对中国常规稻品种的更替趋势进行了研究; 更多的则是对更替过程中品种性状变化趋势的判断^[8-13]。这些分析虽有一定的数据基础, 但没有客观的程序算法, 或以一些特大品种的更替史为划分依据, 将建国以来的常规稻归为 8 次换代^[7], 或以几个大的事件如“矮化育种”和“杂交稻推

收稿日期: 2018-09-20; 修改稿收到日期: 2018-10-11。

基金项目: 浙江省公益性技术应用研究计划资助项目(2016C32094); 中国农业科学院科技创新工程协同创新项目(CAAS-XTX2016006)。

表 1 1983—2016 年大面积应用的水稻品种的应用面积和推广年限分布

Table 1. Planting area of widely utilized rice varieties and their utilization years in China from 1983 to 2016.

推广年限 Utilization years	大品种个数 Major variety No.	占比 Percentage to the total/%	推广面积 Growing area / (×10 ⁴ hm ²)	大品种个数 Major variety no.	占比 Percentage to the total/%
1	1211	31.77	<10	2720	71.35
2~3	969	25.42	10~29	626	16.42
4~6	785	20.59	30~59	225	5.90
7~9	417	10.94	60~99	103	2.70
10~14	300	7.87	100~159	61	1.60
15~19	95	2.49	160~259	39	1.02
20~24	32	0.84	260~419	16	0.42
25~29	2	0.05	420~669	13	0.34
≥30	1	0.03	≥670	9	0.24

广”作为依据进行划分^[6],不是对全局数据的整体分析,具有明显的主观性。

先前,我们以国家水稻数据中心下的品种及其系谱数据库为基础,编写骨干亲本算法,提出了评选骨干亲本的原则和方法,并评选出我国 20 世纪下半叶用于水稻育种的骨干亲本^[14]。本研究以该数据库为来源(截至 2018 年 9 月 1 日,收录有 9287 份审定品种资料和 1.68 万份大面积应用品种推广记录),编写品种演替分析算法,以年度间的品种面积变化和品种数目变化为切入点,对其进行程序处理,从而得出两种品种更替率,并对影响更替速率的因素进行分析,对今后提高育种效率也提出了一些建议。

1 材料与方法

1.1 数据来源

从“国家水稻数据中心”网站的“中国水稻品种及其系谱数据库”(http://www.ricedata.cn/variety/)筛选 1983 年以来我国生产上大面积应用的品种 4038 份,其中,常规稻品种 2214 份,杂交稻组合 1824 份,提取大面积应用品种的年度推广记录 16 848 条。大面积应用是指年推广面积在 6666.67 hm²(10 万亩)以上。

1.2 品种演替程序设计

基于微软 ASP. net 框架,利用 VB. net 语言,开发水稻品种演替分析程序,程序有两种算法,一种是基于应用面积的变化(下文简称“面积算法”);一种是基于品种数目的变化(下文简称“数目算法”)。具体地,面积算法以 1983—2016 年的每一年作为观察起始年,如以 1983 年作为起始年,先通过 SQL 查询语句从数据库中获取起始年的大面积品种,包括品种个数及其应用面积之和;接着,依

次获得起始年的大面积品种在后面各年份的应用面积,分别计算出与起始年的面积差,再除以起始年的面积,得到每年的淘汰率;最终,形成一个品种面积更替率的上三角矩阵。品种数目更替率算法与面积算法类似,但最后跟起始年比较的是品种个数,不是面积。

2 结果与分析

2.1 大面积应用品种及其推广年限

1983—2016 年间,在生产上得到大面积应用的品种共有 4038 个,除去 2015 年开始推广且 2016 年仍在推广的品种 226 个,对剩下的 3812 个品种进行分析。从应用面积看,累计应用面积低于 10 万 hm²的占绝大多数,有 2720 个,占 71.35%;面积在 10 到 100 万 hm²的品种合计 954 个,占 25.03%;面积超过 100 万 hm²的品种只有 138 个,占 3.62%,包括面积超过 670 万 hm²的特大品种 9 个,分别是汕优 63、汕优 64、威优 64、浙辐 802、空育 131、冈优 22、汕优 2 号、汕优 6 号和 II 优 838(表 1)。

从应用年限看,仅推广 1~3 年的品种占多数,合计 2180 个,占 57.19%;推广 4~6 年的品种 785 个,占 20.59%;推广 7~9 年的品种有 417 个,占比 10.94%;推广 10~19 年的品种 395 个,占 10.36%;而推广 20 年以上的品种只有 35 个,占 0.92%(表 1)。其中,推广 25 年以上的“特长寿”品种 3 个,分别为汕优 63、秋光(日本引进)和特优 63。也就是说,绝大多数品种在推广很短的年数后即被淘汰。

2.2 大面积应用品种年均推广面积和品种数量

1983—2016 年间,每年大面积应用品种的合计面积变化幅度不大,多数年份在 2300 万 hm²左右波动,变异系数仅 6.21%。总面积最小的是 1995 年,为 1976.67 万 hm²;最大的是 1990 年,为 2696.47

表 2 1983—2016 年间大面积应用的水稻品种的数量和面积

Table 2. Number and growing area of widely used varieties in China from 1983 to 2016.

年份 Year	品种数 Variety No.	杂交稻数量 No. of hybrid combinations	常规稻数量 Conventional variety No.	总面积 Total area /($\times 10^4$ hm ²)	单个品种平均面积 Area per variety	杂交稻面积 Hybrid variety area/ ($\times 10^4$ hm ²)	杂交稻面积占比 Percentage of hybrid rice planting area to the total / %
1983	263	32	231	2140.27	8.14	545.73	25.50
1984	291	38	253	2244.43	7.71	800.87	35.68
1985	294	29	265	2213.00	7.53	728.60	32.92
1986	312	35	277	2224.56	7.13	805.40	36.20
1987	271	31	240	2128.93	7.86	900.20	42.28
1988	277	41	236	2379.60	8.59	1214.27	51.03
1989	271	42	229	2366.53	8.73	1191.87	50.36
1990	301	61	240	2696.47	8.96	1572.07	58.30
1991	245	60	185	2165.13	8.84	1364.60	63.03
1992	310	75	235	2511.73	8.10	1492.13	59.41
1993	309	75	234	2190.73	7.09	1282.47	58.54
1994	330	94	236	2219.33	6.73	1285.47	57.92
1995	292	97	195	1976.67	6.77	1349.47	68.27
1996	364	131	233	2342.33	6.43	1464.53	62.52
1997	415	159	256	2470.13	5.95	1567.80	63.47
1998	445	182	263	2449.47	5.50	1510.27	61.66
1999	410	178	232	2250.93	5.49	1394.40	61.95
2000	443	204	239	2331.13	5.26	1406.33	60.33
2001	467	217	250	2255.47	4.83	1431.67	63.48
2002	469	219	250	2210.93	4.71	1429.93	64.68
2003	470	231	239	2011.40	4.28	1321.47	65.70
2004	487	257	230	2232.60	4.58	1466.67	65.69
2005	619	363	256	2273.07	3.67	1485.93	65.37
2006	689	430	259	2429.33	3.53	1518.13	62.49
2007	694	414	280	2398.47	3.46	1473.73	61.44
2008	726	460	266	2397.33	3.30	1488.53	62.09
2009	754	478	276	2512.47	3.33	1438.47	57.25
2010	737	469	268	2367.33	3.21	1336.80	56.47
2011	775	497	278	2331.80	3.01	1320.67	56.64
2012	804	550	254	2358.33	2.93	1353.93	57.41
2013	814	531	283	2356.33	2.89	1259.80	53.46
2014	856	561	295	2373.13	2.77	1267.00	53.39
2015	819	528	291	2311.47	2.82	1213.80	52.51
2016	818	527	291	2309.80	2.82	1201.93	52.04

万 hm²。虽然总面积在各年度间变幅不大，但也存在常规稻和杂交稻此消彼长的过程。从 1983—1991 年的 9 年间，杂交稻面积快速上升，占比从 25.50% 升到 63.03%，此后至 2008 年的 18 年间一直维持在这个水平，波动较小，2009 年后有少许回落，逐步降低到 2016 年的 52.04%(表 2,图 1)。因此，从面积上看，20 世纪 80 年代，长江流域及以南，存在一个杂交稻大范围迅速替换常规稻的过程，而最近的 8 年，又存在常规稻小幅替换杂交稻的过程。

与总面积变幅不大形成鲜明对比的是，同期的年度间大面积应用品种的个数变化巨大，变异系数高达 42.77%，最少的年份 1991 年只有 245 个，最多的年份 2014 年多达 856 个，且有随时间推移有逐渐增加的趋势，尤其近 5 年都维持在 800 个以上。与此对应的是，大面积应用品种每年的平均应用面积有逐渐下降的趋势，从 20 世纪 80 年代及 90 年代初的平均 8.16 万 hm²，逐步下降，最近 5 年更是

低于 3.0 万 hm²，平均只有 2.85 万 hm²(表 2)。需要指出的是，年度间大面积应用品种数变幅大，主要是因杂交稻品种数变化大引起的。从 20 世纪 80 年代初的 30 个左右逐步增加到近些年的 539 个以上，增幅 17 倍，而同期常规稻品种数在各年度间较为平稳。近些年，每年大面积应用品种数在增加，从侧面反映了我国水稻品种更替速率在加快。

2.3 大面积应用品种演替规律

基于大面积应用品种年度间播种面积的此消彼长，我们设计了品种演替分析程序。通过运行程序，得到一个按年度排列的品种面积更替率上三角矩阵(表 3，右上)。程序算法上，以 1983 年作起始年为例，该年大面积应用品种有 263 个，它们合计推广了 2140.27 万 hm²(表 2)，1 年后的 1984 年，上年度的 263 个大面积品种还剩 192 个，合计推广了 2034.93 万 hm²，两者之差 105.34 万 hm²除以 1983 年的面积即算得单年的品种更替率约为 4.9%，以此

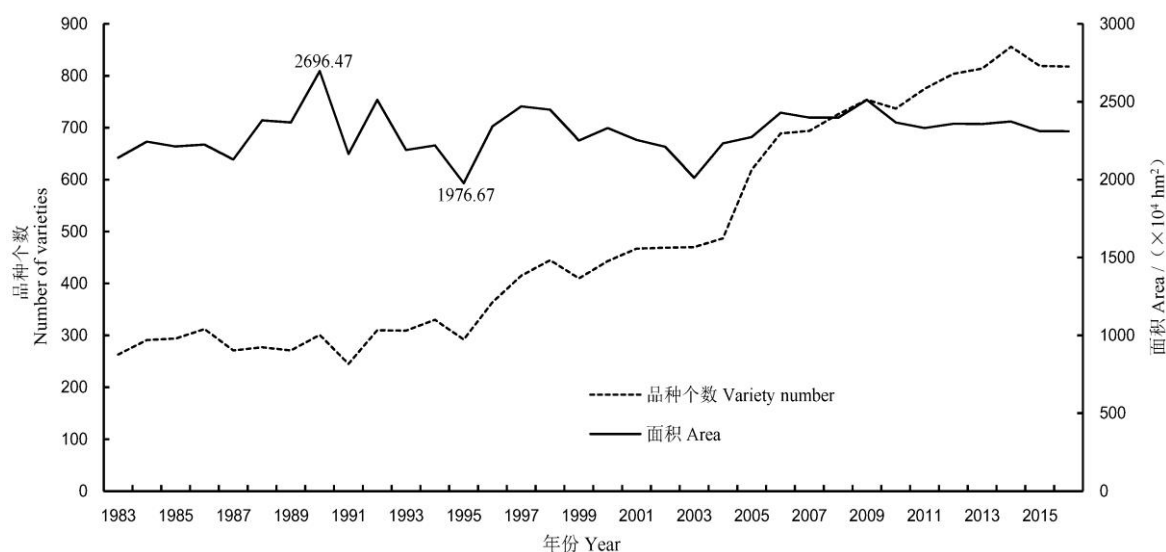


图1 1983—2016我国每年大面积应用的水稻品种的数量和面积

Fig. 1. Number and area of major rice varieties in China from 1983 to 2016.

类推, 1985至2016年的每一年, 都跟1983年作比较, 从而算得第2、3直至33年的品种更替率。值得注意的是, 单年的品种更替率列表中, 有4个年份的更替率为负数, 如1987年到1988年的-3.7%, 1991年到1992年的-2.4%, 这说明了上一年度的大面积品种在第2年度的推广面积得到进一步扩大。此外, 我们计算了1983—2015年间随年份推移得到的平均更替率, 即年平均更替率11.1%, 两年平均更替率19.8%, 三年平均更替率增加到29.9%(也就是说, 推广3年后, 有近三成的面积换上了其他品种), 品种更替率达到90%以上, 即起始年的应用面积有九成被其他品种替换, 平均需要13年(表3)。

与上述算法类似, 但不以播种面积作为指标, 只考虑年度间大面积应用品种的数量增减, 我们也开发了相应的品种演替分析程序, 并同样得到一个品种数目更替率下三角矩阵(表3, 左下)。可以看到, 本算法只考虑品种个数增减得到的更替率, 跟上述基于面积变化得到的更替率, 差异较大, 尤其表现在更替的早些年份。具体地, 年平均更替率29.7%, 也就是说, 推广1年后, 就有近三成的品种被更替, 两年平均更替率38.9%, 三年平均更替率47.1%。在品种推广的前11年, 品种数目更替率均高于品种面积更替率, 且越是推广早期两者差异越大; 推广12年后, 品种面积更替率均高于或等于品种数目更替率, 且两者差异逐年缩小。当然, 所有的品种最终都会被新品种更替, 两种算法下的更替率都会达到100%。

两种算法的结果虽有差异, 但它们从不同角度

反映了我国近30年来水稻品种更替的一些特点。单纯基于品种数变化得到的更替率, 即品种数目更替率(年均更替率29.7%), 从育种的角度, 反映了育种家新育成品种的更新状况, 也从侧面反映了我国水稻种子市场的竞争非常激烈。而基于面积变化得到的更替率, 即品种面积更替率(年均更替率11.1%), 反映了生产上大面积应用品种的更新状况。

3 讨论

3.1 品种更替速率快

品种改良, 在提高稻谷产量、改善稻米品质、增强病虫害抗性和适应轻简化栽培等方面一直发挥着举足轻重的作用。因此, 不断选育出适应性广的高产优质品种并快速推广应用, 成为育种家追求的首要目标。新育成品种层出不穷, 品种更替速率快, 多数品种甚至未能得到推广, 表现在: 1) 审定品种数量多, 而生产上真正大面积应用的少。1983—2015的33年间, 我国省级以上审定通过了7474个品种(审定次数8882次, 不含认定), 同期在生产上大面积应用的品种只有2948个, 实际应用率不足39.5%, 而累计应用面积超过50.0万 hm^2 的品种更是凤毛麟角, 只有275个, 占比3.7%。2) 生产上应用的品种, 表现为更替速率快。如前文的品种演替率分析所述, 以应用面积算, 生产上的品种, 在推广3年后就有近三成被淘汰, 而推广13年后淘汰率高达90.7%; 而以品种数算, 仅推广1年后就有近三成被淘汰。而同为水稻生产大国的日本,

Table 3. Annual replacement rates of growing area(upper diagonal matrix) and variety number(lower diagonal matrix) for major rice varieties in China from 1983 to 2016.

	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	平均	
100	100	100	100	100	99.9	99.9	99.9	99.9	99.8	99.7	99.5	99.3	99.0	98.5	97.9	97.0	96.0	94.6	92.9	90.7	88.1	84.9	81.2	76.8	71.5	65.0	57.6	49.2	39.8	29.9	19.8	11.1	平均		
2016	100	100	99.9	100	99.9	99.9	99.9	99.8	99.6	99.5	99.1	98.8	98.1	97.6	96.4	94.9	92.3	90.3	86.0	82.4	77.3	73.1	68.6	65.6	56.7	55.7	41.3	41.7	38.8	34.9	24.1	11.7	4.9	1983	
	100	100	99.9	100	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	99.7	99.5	99.2	98.8	98.3	97.6	96.3	94.3	91.6	89.7	85.2	80.9	75.0	69.4	65.1	60.3	49.6	46.2	27.8	32.5	26.7	24.1	17.0	10.8	1984	
	27.2	100	100	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	99.8	99.6	99.4	99.0	98.7	98.2	97.5	96.2	94.2	91.0	88.8	84.7	80.1	73.9	67.9	63.5	58.7	47.0	42.3	22.9	26.4	20.2	17.5	10.7	1985		
2014	27.3	36.8	100	100	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	99.8	99.6	99.4	99.1	98.6	98.2	97.5	96.3	94.4	91.7	89.5	84.7	79.6	73.4	67.8	60.7	54.2	40.4	36.4	12.7	18.5	8.8	14.4	1986	
	2013	24.6	35.7	43.1	99.8	100	100	99.9	99.9	99.9	99.9	99.7	99.6	99.3	98.9	98.4	97.8	97.1	95.5	92.8	89.8	87.2	82.0	76.3	70.0	64.5	56.2	49.7	33.9	28.4	0.9	7.6	-3.7	1987	
	2012	24.3	33.7	44.5	50.5	99.8	100	100	99.9	99.9	99.9	99.9	99.7	99.6	99.4	99.2	98.6	98.0	97.2	96.5	94.8	92.8	88.7	85.9	81.2	76.5	70.1	65.6	57.7	51.3	35.1	32.4	3.7	10.8	1988
2011	23.5	31.9	40.9	51.1	56.9	99.8	100	100	99.9	99.9	99.9	99.7	99.4	99.2	98.7	98.4	97.3	96.2	95.3	93.9	93.0	90.6	87.2	83.3	80.1	73.6	67.3	60.8	58.0	48.4	42.2	25.7	23.6	-3.7	1989
	2010	22.5	30.4	38.2	45.6	55.5	61.2	99.8	99.9	99.9	99.9	99.5	99.2	98.8	98.2	97.8	96.5	95.5	94.5	93.1	92.3	89.9	86.4	82.2	78.5	71.5	65.0	58.5	55.5	45.3	39.0	22.6	25.8	1990	
	2009	25.9	33.2	41.8	47.8	53.7	61.9	66.9	99.9	99.9	99.8	99.8	99.3	99.1	98.5	98.0	97.4	95.9	94.5	93.0	91.2	90.1	86.9	81.8	76.2	71.0	60.4	50.7	41.4	39.3	26.8	19.0	-2.4	1991	
2008	24.0	35.8	41.6	49.9	55.5	60.3	68.9	72.2	99.9	99.9	99.5	99.7	99.3	99.0	98.4	97.7	97.0	95.5	94.1	92.8	90.9	89.9	86.3	80.8	75.7	70.0	58.8	47.4	39.5	41.3	24.9	18.7	1992		
	2007	22.5	32.7	43.5	48.7	56.3	61.1	66.3	72.9	76.4	99.6	99.7	99.4	99.5	99.0	98.5	97.8	97.1	96.5	94.6	92.9	91.1	89.1	87.8	83.4	76.5	71.1	63.1	49.7	35.8	25.9	29.3	10.7	1993	
	2006	29.2	35.4	45.3	54.7	57.9	64.9	68.8	72.9	77.5	81.0	99.6	99.8	99.4	99.6	98.8	98.1	97.4	96.6	95.9	93.8	91.8	89.4	86.7	85.1	78.9	71.0	64.6	54.6	37.5	23.2	12.9	20.9	1994	
2005	22.5	33.4	39.1	49.1	57.4	60.7	66.9	71.6	75.1	79.2	83.5	99.4	99.6	99.1	99.1	98.3	97.5	96.7	95.4	94.4	91.6	89.2	85.1	81.3	79.2	71.1	62.1	50.3	37.9	22.5	11.5	3.9	1995		
	2004	22.2	30.8	37.4	43.5	53.0	61.0	64.3	70.4	75.8	78.2	82.1	85.8	99.5	99.4	98.8	98.8	97.6	96.4	95.2	93.0	91.3	88.5	84.5	81.2	76.2	74.3	66.0	55.4	43.9	34.4	18.2	8.7	1996	
	2003	24.5	32.3	38.5	44.5	51.5	59.1	65.7	68.5	74.0	78.9	81.1	84.7	87.4	97.8	97.7	96.6	96.7	95.0	93.5	91.2	89.5	87.8	84.7	80.3	76.0	69.5	67.4	58.5	48.8	37.1	27.8	14.1	1997	
2002	28.6	37.1	43.9	50.3	54.4	60.6	68.9	72.9	74.4	79.3	84.0	85.5	88.3	90.6	98.5	98.4	96.9	95.7	93.5	91.9	89.2	86.7	84.3	80.5	75.1	69.7	62.0	60.0	48.7	38.6	24.3	15.8	1998		
	2001	32.5	40.5	46.3	51.4	55.5	60.0	65.5	73.2	77.9	79.0	83.3	87.6	89.1	91.6	92.3	97.4	97.2	95.5	94.2	91.4	89.2	86.0	82.2	78.8	74.2	66.8	59.3	48.7	46.7	33.9	25.5	11.3	1999	
	2000	31.4	40.6	48.1	53.7	57.3	61.9	65.7	70.0	76.7	81.5	82.6	86.2	89.6	91.2	93.7	94.6	98.0	97.7	95.8	94.2	91.6	88.6	85.2	80.2	75.6	69.2	60.0	52.0	39.1	36.5	23.5	15.8	2000	
1999	32.2	40.5	47.8	53.9	58.3	60.5	64.4	69.5	73.7	79.3	82.4	84.4	87.1	91.0	92.2	94.4	95.1	95.7	95.6	93.4	91.3	88.2	84.9	81.9	75.6	70.4	63.6	51.6	43.8	29.2	27.4	13.1	2001		
	1998	31.5	41.6	49.2	56.6	60.7	64.7	67.6	70.1	74.6	78.7	83.4	85.6	87.4	89.9	93.3	94.4	96.0	96.9	94.8	93.9	91.5	89.1	85.8	81.4	78.0	70.1	63.7	55.5	41.8	33.2	16.4	17.8	2002	
	1997	30.6	42.2	51.6	56.6	63.6	66.3	69.9	73.3	74.5	78.1	81.9	86.0	87.7	89.2	91.8	94.7	94.7	96.1	97.1	92.7	91.2	87.2	83.2	79.1	73.7	68.9	58.5	50.7	40.5	25.2	15.6	-1.0	2003	
1996	28.3	35.2	45.9	54.4	59.6	66.2	69.2	72.0	74.7	78.0	80.8	83.5	86.5	88.5	90.4	92.3	95.9	96.4	97.8	98.6	91.9	90.2	86.9	83.9	79.1	73.1	68.2	56.0	46.5	36.9	21.7	14.2	2004		
	1995	32.9	39.4	43.8	53.1	63.0	66.8	70.2	73.3	75.7	79.1	79.8	81.8	87.0	89.4	91.8	92.5	93.8	96.9	97.6	98.3	98.6	83.1	78.6	72.8	67.0	60.3	53.5	39.3	26.0	16.0	5.8	2005		
	1994	45.5	39.7	47.0	55.5	62.4	69.1	71.5	75.8	77.9	80.0	81.8	84.2	85.5	89.1	90.3	91.8	93.9	95.2	97.6	98.2	99.1	99.1	83.7	80.6	75.2	69.1	62.6	55.5	48.1	34.8	21.3	13.2	2006	
1993	30.7	49.8	46.3	52.8	61.2	65.0	74.8	74.1	77.7	79.9	80.9	83.5	85.4	86.4	90.0	90.6	92.6	94.5	95.5	97.1	98.1	99.0	99.0	78.8	74.9	68.2	60.6	53.4	44.8	36.4	22.4	9.5	2007		
	1992	29.7	36.5	54.5	51.0	57.1	64.2	69.4	77.1	77.4	81.0	81.9	84.9	84.8	86.8	87.1	90.3	91.6	93.5	95.5	95.8	97.4	97.7	99.0	99.4	74.0	69.9	63.2	52.8	45.0	35.2	27.0	13.9	2008	
	1991	22.9	38.4	40.4	55.5	55.1	62.9	67.3	72.2	80.0	82.0	84.5	84.9	85.3	87.3	90.2	90.2	92.7	93.9	95.1	96.7	96.3	98.0	99.2	99.6	69.0	63.7	55.8	45.7	36.7	26.3	16.6	2009		
1990	40.9	44.9	55.8	56.8	68.8	68.8	73.4	77.7	80.7	85.4	85.7	88.0	88.4	88.7	89.7	91.7	91.4	93.7	94.0	96.0	97.0	97.7	98.7	99.3	99.7	99.3	58.8	50.9	40.5	29.4	21.0	12.7	2010		
	1989	29.9	48.7	54.2	63.1	65.3	74.2	74.9	77.9	81.9	83.0	87.8	88.2	90.0	90.8	91.1	91.1	93.7	93.7	95.6	97.0	97.4	97.8	98.9	99.6	99.6	99.6	53.4	44.8	33.1	20.9	12.8	2011		
	1988	36.1	41.2	57.4	61.7	68.2	71.1	77.3	79.1	82.7	85.9	87.0	91.3	92.1	93.9	94.6	94.9	95.3	96.8	97.5	97.8	98.2	98.6	99.3	99.6	99.6	100	100	99.6	43.5	34.0	22.7	11.2	2012	
1987	36.2	46.1	50.2	63.8	66.1	72.3	74.5	81.5	82.7	84.9	86.7	88.2	92.6	93.0	94.5	95.2	95.2	95.6	97.0	97.4	98.9	98.9	99.3	99.3	99.3	99.3	100	99.6	99.6	32.9	22.0	11.9	2013		
	1986	43.9	54.5	63.8	66.3	74.0	76.3	81.1	84.0	87.5	88.5	90.1	90.7	92.0	95.2	95.5	96.5	97.1	97.1	97.1	98.4	98.7	99.0	99.4	99.7	99.7	99.7	100	100	99.7	100	22.5	12.7	2014	
	1985	37.8	45.9	56.5	65.0	67.7	77.2	78.6	82.7	84.4	88.4	89.5	90.8	91.8	92.2	95.2	95.2	96.3	96.6	96.9	97.6	98.6	99.0	99.3	99.3	99.3	99.3	99.3	99.7	99.7	100	100	13.5	2015	
1984	32.6	45.0	53.3	62.2	71.8	72.2	81.8	82.8	85.9	86.9	90.7	91.1	93.5	93.8	94.5	96.2	95.9	96.2	97.3	97.3	98.3	98.3	99.0	99.3	99.7	99.7	99.7	99.7	100	99.7	100	100	100	2016	
	1983	27.0	35.7	51.7	57.8	66.9	74.9	75.3	82.9	84.8	89.0	91.6	93.2	94.7	95.1	95.4	96.6	96.2	97.0	97.3	97.0	97.7	98.1	98.9	98.9	99.6	99.2	99.6	100	99.6	100	100	33		
	年份Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32		
平均	29.7	38.9	47.1	54.2	60.5	65.9	70.7	75.0	78.6	81.9	84.4	86.6	88.8	90.7	92.3	93.4	94.6	95.6	96.6	97.2	97.8	98.3	98.9	99.3	99.5	99.5	99.6	99.6	99.8	99.9	99.9	100	100		

品种更替速率则低许多,如1956年育成的越光,在1979年种植面积达顶峰,且数十年来一直保持首位,2008年占到播种面积的37.2%^[15]。

品种更替速率快、应用率不高,从正面理解说明我国水稻育种效率高,出品种多,遗传背景丰富,但从另一个角度理解则是缺乏“突破性”的品种。如何把握一个合适的度,即更替速率维持在什么样的水平最好?这确实是一个仁者见仁、智者见智的重要问题。

3.2 推动品种更替的因素分析

新品种的选育和应用是粮食安全生产的战略保障。本研究基于历年大品种应用面积的统计数据,编写程序进行分析后发现,20世纪80年代以来,全国范围内,水稻上老品种的消亡和新品种的推广总体上是一个连续不断的过程,鲜有更替完成后更替率接近0的相对“静止”状态(表3)。是什么因素推动我国水稻品种以较高速率进行更替?外因上看,这与国家大力投入和种业公司推动这两个因素的双重影响分不开。首先,育成品种多反映了国家对整个农业的巨大投入,尤其是育种相关的科研项目,大投入必然导致多产出;其次,更替快说明了我国种业的市场化程度高,越来越多的大中型种业公司参与进来,竞争加剧,必然导致品种优中选优,更新加快。

然而,我们更关注的是内在因素,即种植制度、环境胁迫以及消费者需求等方面对品种更替速率的影响。首先,种植制度对品种更替影响大,如20世纪90年代之前的杂交稻快速更替常规稻,近些年双季稻面积的回升,部分稻区“粳改粳”,都对品种更替产生重大影响。其次,环境胁迫对品种更替有影响,体现在对品种的抗性需求。如汕优63,因为产量高且稻瘟病抗性好,在生产上迅速获得推广并持续30年,成为我国第一大品种;又如空育131,因耐低温特性,在北方迅速获得推广且数年位居常规稻面积第一;近些年,我国极端高温天气频发,耐热性评价发现近年育成的杂交稻组合的耐热性已明显优于早期组合^[16]。最后,人们的需求发生改变,过去只要求吃饱,现在则是要吃得好,对大米品质提出了更高的要求,表现在审定或大面积应用品种中优质稻的比例在升高。

当然,我们的分析是基于全国的数据进行的,得出的的是一个一般的或全局的规律,不同稻区或不同省份,以及不同的品种类型(如将粳型和粳型分开,或将常规稻和杂交稻分开),或者某个具体的大品种,结果可能不完全一致。另外,如果进一步叠

加审定或大面积应用品种的产量、品质和抗性等数据,会得到更精确的因素及其贡献率。

3.3 提高水稻育种效率的建议

关于品种更替,我们发现我国水稻品种的更替速率相对较快,这与政府对水稻育种的大力支持息息相关。这对农户来说确实是一件好事,永远有足够多的品种可供选择。然而,反过来,它也说明了品种的同质化现象日趋严重。而另一方面,近些年极端气候如高温、洪涝和干旱等日益频繁出现,部分稻区因缺水造成土壤盐渍化加剧。因此,育种上,建议考虑加大对一些特异种质的选育,如耐旱、耐低温或耐盐碱等。这些种质,不要求产量出众,但非生物胁迫抗性一定要出类拔萃。同时,为了推动特异种质的选育,政府除了进一步加大对科研单位的育种投入外,建议各省或国家品种区试,可以增设这方面的评价工作,同时将更多的生产上应用品种的评价工作交给企业或政企合作来完成。

参考文献:

- [1] 林世成, 闵绍楷. 中国水稻品种及其系谱. 上海: 上海科学技术出版社, 1991: 1-8.
Lin S C, Min S K. Rice Variety and Their Genealogy in China. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1991: 1-8. (in Chinese)
- [2] 万建民. 中国水稻遗传育种与品种系谱(1986-2005). 北京: 中国农业出版社, 2009: 1-22.
Wan J M. Rice Genetic Breeding and Variety Genealogy in China. Beijing: China Agriculture Press, 2009: 1-22. (in Chinese)
- [3] 曹永生, 方涛. 国家农作物种质资源平台的建立和应用. 生物多样性, 2010, 18(5): 454-460.
Cao Y S, Fang W. Establishment and application of national crop germplasm resources infrastructure in China. *Biodiv Sci*, 2010, 18(5): 454-460. (in Chinese with English abstract)
- [4] 鄂志国, 王磊. 中国水稻品种及其系谱数据库. 中国水稻科学, 2011, 25(5): 565-566.
E Z G, Wang L. Construction of database for Chinese rice varieties and their genealogy. *Chin J Rice Sci*, 2011, 25(5): 565-566. (in Chinese with English abstract)
- [5] 胡忠孝, 贺军, 李喜梅, 徐秋生, 黄婧, 李亦群. 中国杂交水稻品种资源数据库的构建. 杂交水稻, 2013, 28(6): 1-6.
Hu Z X, He J, Li X M, Xu Q S, Huang J, Li Y Q. Construction of Chinese hybrid rice variety and germplasm resource database. *Hybrid Rice*, 2013, 28(6): 1-6. (in Chinese with English abstract)
- [6] 程绪生, 邹小红, 王丹丹. 建国以来渝东北地区水稻品种演替分析与展望. 中国稻米, 2017, 23(1): 69-72.
Cheng X S, Zou X H, Wang D D. Analysis of rice

- varieties evolution and prospect in northeast of Chongqing. *China Rice*, 2017, 23(1): 69-72. (in Chinese with English abstract)
- [7] 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. 中国农业科学, 2012, 45(8): 1455-1464.
Tang S X, Wang X D, Liu X. Study on the renewed tendency and key backbone-parents of inbred rice varieties (*O. sativa*) in China. *Sci Agric Sin*, 2012, 45(8): 1455-1464. (in Chinese with English abstract)
- [8] 王朋, 张志高, 周义东, 孙杰. 品种更替对中熟粳稻氮素吸收的影响. 中国稻米, 2016, 22(5): 82-84.
Wang P, Zhang Z G, Zhou Y D, Sun J. Evolution characteristics of nitrogen absorption for mid-season japonica rice cultivars. *China Rice*, 2016, 22(5): 82-84. (in Chinese)
- [9] 李云. 我国常规籼稻品种更替过程中根系特性和物质积累与转运的演变及与产量性状的关系. 江西农业学报, 2015, 27(9): 1-5.
Li Y. Evolutions of Root system characteristics and substance accumulation and transfer of rice in replacement course of conventional indica rice varieties in China, and their relations to yield traits. *Acta Agric Jiangxi*, 2015, 27(9): 1-5.
- [10] 朱广龙. 长江中游主要水稻历史品种演替进程中产量表现及其生理基础. 武汉: 华中农业大学, 2016: 1-10.
Zhu G L. Yield performance and associated physiological basis of historical rice varieties evolved in the middle of Yangtze River Basin in China. Wuhan: Huazhong Agriculture University, 2016: 1-10. (in Chinese with English abstract)
- [11] 王之旭. 辽宁省水稻品种更替过程中生理与产量性状的演替规律研究. 北京: 中国农业科学院, 2009.
Wang Z X. Physiological trait and yield performance of historical rice varieties evolved in Liaoning Province. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Science, 2009. (in Chinese with English abstract)
- [12] 王丹英. 水稻品种演替过程中植株形态与氮肥利用效率的变化. 北京: 中国农业科学院, 2008.
Wang D Y. The change of plant type and nitrogen use efficiency during rice cultivar improvement. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Science, 2008. (in Chinese with English abstract)
- [13] 张志才, 王云川. 江苏省籼稻品种更替过程中产量性状的变化特征. 中国稻米, 2006(3): 16-18.
Zhang Z C, Wang Y C. The change of yield traits during indica rice cultivar improvement in Jiangsu. *China Rice*, 2006(3): 16-18. (in Chinese)
- [14] 孙宗修, 鄂志国, 王磊, 朱德峰, 张玉屏, 胡国成, 刘文真, 付亚萍. 对中国水稻骨干亲本评定方法的探索. 作物学报, 2014, 40(6): 973-983.
Sun Z X, E Z G, Wang L, Zhu D F, Zhang Y P, Hu G C, Liu W Z, Fu Y P. Exploring assessment method of Chinese rice backbone parents. *Acta Agron Sin*, 2014, 40(6): 973-983. (in Chinese with English abstract)
- [15] 陈志德, 王才林, 赵凌. 日本水稻育种的现状与借鉴. 江苏农业科学, 2010(6): 5-7.
Chen Z D, Wang C L, Zhao L. Situation and experience of rice breeding in Japan. *Jiangsu Agric Sci*, 2010(6): 5-7. (in Chinese)
- [16] 胡声博, 张玉屏, 朱德峰, 林贤青, 向镜. 杂交水稻耐热性评价. 中国水稻科学, 2012, 26(6): 751-756.
Hu S B, Zhang Y P, Zhu D F, Lin X Q, Xiang J. Evaluation of heat resistance in hybrid rice. *Chin J Rice Sci*, 2012, 26(6): 751-756. (in Chinese with English abstract)