

杂交籼稻组合演替过程中植株农艺性状的变化

王丹英¹ 徐春梅¹ 袁江^{1,2} 魏兴华¹ 廖西元¹ 章秀福^{1,*}

(¹中国水稻研究所, 浙江 杭州 310006; ²南京农业大学 农业部南方作物生理生态重点开放实验室, 江苏 南京 210095; * 通讯联系人, E-mail: zhangxf169@sohu.com)

Changes in Agronomic Traits of Indica Hybrid Rice During Genetic Improvement

WANG Dan-ying¹, XU Chun-mei¹, YUAN Jiang^{1,2}, WEI Xing-hua¹, LIAO Xi-yuan¹, ZHANG Xiu-fu^{1,*}

(¹China National Rice Research Institute, Hangzhou 310006, China; ²Key Laboratory of Southern Crop Physiology and Ecology, Ministry of Agriculture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; * Corresponding author, E-mail: zhangxf169@sohu.com)

WANG Danying, XU Chunmei, YUAN Jiang, et al. Changes in agronomic traits of indica hybrid rice during genetic improvement. *Chin J Rice Sci*, 2010, 24(2): 157-161.

Abstract: In order to elucidate the changes of agronomic traits during genetic improvement, 23 typical indica hybrid rice combinations applied in the production in the middle and lower reaches of the Yangtze River during the last 30 years were used. All the hybrid rice combinations were grown in the same field, yield and morphological characters of single plant were compared, and correlation and path analyses among agronomic characteristics were conducted. During the 30 years of genetic improvement, the effective panicle number per plant was progressively decreased, which caused the decrease of grain yield and biomass per plant of hybrid rice combinations in spite of the slightly increased plant height, 1000-grain weight and number of grains per panicle. Although the transformation percentage of the matter in stem and sheath decreased after flowering, leaf photosynthetic capacity after flowering increased as well as panicle weight. Correlation and path analyses showed that although both biomass per plant and number of grains per panicle were significantly correlated with grain yield per plant, biomass per plant acted as the key factor affecting yield per plant. It is suggested that in rice high yield cultivation, panicle number was as important as large panicle, and tillering ability should not be neglected in breeding.

Key words: indica hybrid rice; genetic improvement; agronomic trait

王丹英, 徐春梅, 袁江, 等. 杂交籼稻组合演替过程中植株农艺性状的变化. *中国水稻科学*, 2010, 24(2): 157-161.

摘要: 以大面积推广的 23 个杂交籼稻组合为材料, 研究了品种更替过程中农艺性状的演变特征。结果表明, 在杂交籼稻组合的演替过程中, 单株有效穗数下降, 单株产量和生物量降低, 单茎的茎秆、叶片、穗重增加, 抽穗后叶片的光合能力增强。相关分析和通径分析表明, 生物量是影响单株产量的主要因素。在杂交稻的育种和栽培中, 强调单个有效穗的大穗优势的同时, 必须注重品种的分蘖发生能力, 建立适宜的群体密度以获取高产。

关键词: 杂交籼稻; 品种改良; 农艺性状

中图分类号: S31; S511.03

文献标识码: A

文章编号: 1001-7216(2010)02-0157-05

籼稻是我国水稻的主要生态类型。随着品种的遗传改良, 籼稻自 20 世纪 30 年代的高秆品种到现在的超级稻品种, 产量得到了提高, 特别是杂交水稻的成功培育和大面积推广为我国的粮食增产起了重要的作用^[1-3]。

水稻产量的突破很大程度上依赖于株型和农艺性状的改良。20 世纪 60 年代的矮化育种和 70 年代中期的杂交稻育种, 使水稻的农艺性状发生了很大的变化, 同时使水稻产量出现了两次重大飞跃。因此, 研究水稻品种演替过程中农艺性状的变化特征具有重要的理论价值和实践指导意义。目前关于小麦、玉米、水稻品种更替过程中农艺性状演变的研究已有大量报道^[4-7]。在水稻上的研究多集中在源库关系、物质积累与转运、群体结构、株型改良等方面, 研究了不同生态条件下水稻品种改良过程中的演变特征, 并针对性地提出了相应地区和生态型品

种的改良途径^[5-15]。其中, 在粳稻上, 研究材料多为粳型常规稻^[10-12], 在籼稻上则混杂常规籼稻和杂交籼稻, 且多将杂交籼稻作为籼稻品种演替的一个阶段。如袁江等^[15-16]将南方稻区品种更替过程中大面积推广的早籼稻代表品种分为高秆、矮秆、矮抗和优越等 4 种类型, 研究早籼品种农艺性状和株型性状的演变特征; 杨建昌等^[17]将籼稻品种分为早期高秆、改良高秆、矮秆、半矮秆常规品种、半矮秆杂交稻和超级稻等 6 种类型来研究中籼品种的产量与株型演进特征。

我国的杂交稻自 1975 年攻克制种技术难关, 开

收稿日期: 2009-06-09; **修改稿收到日期:** 2009-09-07。

基金项目: 国家科技支撑计划资助项目(2006BAD02A13-3-1); 国家自然科学基金资助项目(30800674)。

第一作者简介: 王丹英(1975—), 女, 助理研究员。E-mail: wdanying@yahoo.com.cn。

始走向大面积生产,到目前已有20多年历史。在这期间,杂交稻组合不断更替,农艺性状也不断发生变化,然而,由于杂交稻组合种子保存困难,早期杂交稻组合种子难以寻觅,目前未见有纯粹研究杂交稻组合改良过程中农艺性状演变特征报道。本研究以我国历年杂交水稻主推组合为材料,研究我国杂交水稻组合改良过程中单株农艺性状的变化,以期对水稻品种改良及栽培提供理论和实践依据。

1 材料与方法

1.1 供试组合

根据1985—2004年全国农作物主要品种推广情况统计资料(全国农业技术推广服务中心),选择我国历代杂交水稻主栽组合21个,加上近几年育成的杂交水稻丰两优1号和内2优6号共23个杂交水稻组合作为本研究的材料。

由于所选的杂交水稻组合在长江中下游稻区均有很大的推广面积,在浙江均可作为杂交中籼正常生长,因而材料间具可比性。

1.2 试验设计

2007年冬季于海南种植各杂交亲本,2008年春季各组合配组生产出杂交稻种子。2008年5月25日将所生产的杂交稻组合种子同期播于浙江省富阳市中国水稻研究所试验基地,6月20日移栽,每组合种5行,每行6穴,种植密度为 $33\text{ cm} \times 33\text{ cm}$,单本插,3次重复。施N 180 kg/hm^2 ,P肥 75 kg/hm^2 (以 P_2O_5 计),K肥 180 kg/hm^2 (以 K_2O 计)。其中P肥为底肥一次性施入,K肥按基、蘖肥各50%分两次施入,N肥按基肥:分蘖肥:穗肥=5:3:2施入。其他栽培管理措施同一般大田。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 农艺性状

成熟期每组合随机选10株测量株高,调查10株的有效穗数,同时,每组合取平均穗数植株5株(剔除边行)用于考种,考查生物量、穗长、每穗粒数、结实率、千粒重等,每组合3次重复。

1.3.2 单茎干物质积累与转运

齐穗期和成熟期每组合选取大小均匀的稻茎20个,分为茎鞘、叶片和穗, 105°C 下杀青30 min后 80°C 下烘至恒重,称量。每组合3次重复。

1.4 数据分析

所有数据均在Excel、SPSS 11.0软件上进行分析和处理。

2 结果与分析

2.1 杂交稻农艺性状特征的演变

由表1可见,在我国杂交水稻品种演变过程中,单株有效穗数、单株产量、单株生物量和每穗粒数的变化较大,它们的变异系数分别为17.8%、17.3%、16.6%和13.2%;株高、千粒重的变化相对较小,变异系数分别为8.5%和8.6%;收获指数最为稳定,不同时期杂交稻组合间相差很小。

从生育期的变化来看,除汕优63外,1985年前育成的杂交稻主栽组合的生育期基本在120 d左右,而1990年后,生育期长于135 d的组合数增多(表1)。这可能与我国水稻生产结构的改变有关。20世纪90年代后,我国双季稻播种面积所占的比例持续下降,而单季稻的播种面积和产量比重已分别由1994年的36.97%和40.83%上升到2002年55.90%和62.46%。在单季稻生产中,由于不存在茬口问题,生育期长短不再是品种选择的限制因素,同时由于生育期长的品种积累的生物量较多,产量也较高,因而近年杂交稻主栽组合中生育期长于130 d的组合比1985年前增多。

从图1和表1可以看出,1990年以后的杂交稻主栽组合的分蘖能力比1990年前的组合有所降低,特别是2000年以后育成的组合,单株有效穗低于18个,而1985年前主推组合一般单株有效穗在25个以上。

杂交水稻的株高有增高的趋势。1980年前后的主栽组合的株高多在100 cm上下,1990—2006年的杂交水稻主栽组合的株高在100~120 cm,多在110 cm左右。其中,最高的是汕优多系1号,达126.3 cm(图1,表1)。

千粒重随着年代的推移略有增加。1989年前的杂交稻主栽组合的千粒重未见有超过30 g的,而1990年之后相继有协优63、威优77和内2优6号等千粒重超过30 g的组合出现(图1,表1)。

每穗粒数随年代的推移,略有增加。相关分析表明,每穗粒数与组合的生育期呈显著正相关($r=0.756^{**}$),生育期越长,每穗粒数越多;1983—1998年育成的杂交水稻主栽组合的每穗粒数的变化较大,而1983年之前和1998年之后育成的组合的每穗粒数较稳定(图1,表1)。

杂交水稻单株产量和生物量的变化趋势相似,即随着年代的推移,呈略有下降的趋势。这主要是由于近期杂交稻主栽组合的分蘖能力较弱,单株有

表 1 不同时期杂交籼稻组合的农艺性状

Table 1. Agronomic traits of indica hybrid rice combinations.

组合 Combination	育成年份 Released year	生育期 Growth duration /d	单株有效穗数 No. of effective panicles per plant	株高 Plant height /cm	千粒重 1000-grain weight/g	每穗粒数 Grain number per panicle	单株生物量 Biomass per plant /g	收获指数 Harvest index	单株产量 Yield per plant /g
南优 2 号 Nanyou 2	1976	119	26.3	101.0	24.4	125.5	150.5	0.53	80.4
汕优 2 号 Shanyou 2	1977	125	25.6	102.0	25.7	134.0	184.5	0.54	99.8
汕优 3 号 Shanyou 3	1977	125	25.0	105.8	26.0	137.1	186.2	0.53	98.2
四优 3 号 Siyou 3	1978	125	25.0	100.8	28.8	145.7	195.8	0.54	105.1
汕优 6 号 Shanyou 6	1980	119	28.8	95.5	23.5	130.2	166.4	0.53	88.0
威优 6 号 Weiyou 6	1982	119	25.8	94.3	24.3	124.3	147.6	0.53	77.6
汕优 63 Shanyou 63	1983	138	28.8	102.3	24.2	116.8	156.9	0.52	81.0
威优 64 Weiyou 64	1984	118	27.8	115.8	28.8	156.6	248.0	0.55	137.5
汕优 64 Shanyou 64	1985	118	33.4	98.3	25.5	97.1	154.9	0.55	84.9
D 优 63 D you 63	1987	140	21.5	122.3	29.1	146.2	176.8	0.52	91.4
威优 46 Weiyou 46	1988	125	20.8	107.3	29.2	118.7	140.0	0.51	71.8
汕优桂 99 Shanyougui 99	1989	125	24.5	115.3	26.6	129.6	156.1	0.54	84.6
协优 63 Xieyou 63	1989	140	25.4	111.3	30.7	128.8	199.3	0.53	105.6
Ⅱ 优 63 Ⅱ you 63	1990	140	20.8	123.0	27.0	165.6	172.7	0.54	92.7
汕优 10 号 Shanyou 10	1990	125	27.0	106.8	25.8	119.2	181.5	0.50	90.2
协优 46 Xieyou 46	1990	140	20.8	109.3	28.5	138.3	152.3	0.54	81.8
汕优多系 1 号 Shanyouduoxi 1	1993	125	25.3	126.3	28.3	164.6	219.3	0.54	117.8
汕优 77 Shanyou 77	1993	119	32.5	109.5	27.8	112.2	196.3	0.52	101.6
威优 77 Weiyou 77	1994	119	23.0	108.0	30.9	106.0	141.0	0.54	75.4
金优 207 Jinyou 207	1998	118	21.8	102.3	25.8	127.6	148.0	0.56	82.9
两优培九 Liangyoupeijiu	1999	140	24.8	121.0	24.5	152.0	178.8	0.52	92.2
丰两优 1 号 Fengliangyou 1	2003	135	16.0	122.0	27.2	137.8	145.0	0.52	76.0
内 2 优 6 号 Nei 2 you 6	2006	140	15.3	109.8	31.8	144.6	130.1	0.54	70.2
平均 Average			24.6	109.1	27.1	133.0	170.8	0.5	90.7
变异系数 CV/%			17.8	8.5	8.6	13.2	16.6	2.6	17.3

效穗数少于早期杂交稻组合。

从收获指数看，不同时期杂交稻主栽组合的收获指数接近，未见明显差异。

2.2 杂交籼稻农艺性状间的相关分析

杂交籼稻农艺性状间的相关分析表明，单株产

量与每穗粒数呈显著正相关，与单株生物量呈极显著正相关(表 2)。

由于单株生物量与每穗粒数和单株有效穗数呈显著正相关，每穗粒数与单株有效穗数呈显著负相关，与株高呈极显著正相关(表 2)，因子间的相关

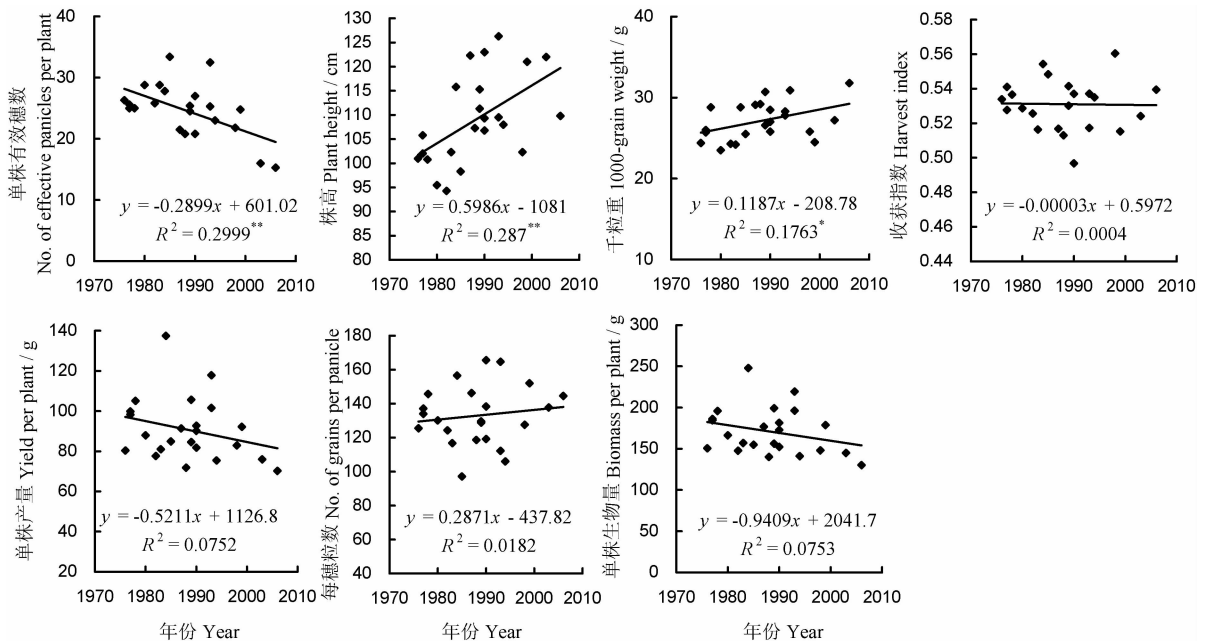


图 1 杂交籼稻组合农艺性状随育成年份的回归

Fig. 1. Agronomic traits of 23 indica hybrid rice combinations released in different years.

表2 杂交籼稻组合农艺性状的简单相关

Table 2. Coefficients of correlations among agronomic traits of indica hybrid rice combinations.

性状 Trait	单株有效穗数 No. of effective panicles per plant	株高 Plant height	千粒重 1000-grain weight	每穗粒数 Grain number per panicle	单株生物量 Biomass per plant	收获指数 Harvest index
株高 Plant height	-0.420*	1.000				
千粒重 1000-grain weight	-0.469*	0.397	1.000			
每穗粒数 Grain number per panicle	-0.431*	0.645**	0.169	1.000		
单株生物量 Biomass per plant	0.424*	0.324	0.092	0.467*	1.000	
收获指数 Harvest index	-0.009	-0.100	0.130	0.175	0.081	1.000
单株产量 Grain yield per plant	0.401	0.303	0.113	0.486*	0.987**	0.232

*, ** 分别达 0.05 和 0.01 显著水平。

*, ** Significant at 0.05 and 0.01 levels, respectively.

性可能会掩盖每个因子对产量的作用。为进一步明确各个因子对产量的影响,进行了通径分析。结果表明,单株生物量与单株产量的直接通径系数达 1.012,单株生物量通过单株有效穗数和每穗粒数的间接通径系数分别为-0.021和-0.013,每穗粒数与单株产量的直接通径系数仅为-0.031,每穗粒数通过单株有效穗数、株高、单株生物量的间接通径系数分别为 0.021、-0.002 和 0.473,说明生物量是影响产量的主要因素,每穗粒数是通过生物量才与产量呈显著相关的。

2.3 杂交稻抽穗后单个有效穗的物质积累与转运

Engledow^[18]首次将作物的产量分解为穗数、每穗粒数和粒重 3 个因素,应用于品种特性的比较和改良。松岛等^[19]进一步将产量分解为 4 个因素,

即穗数、每穗粒数、结实率和粒重,其中后 3 个因素均与单个有效穗的生长有关,所以水稻产量构成可简单地理解为与有效穗数和单个有效穗的生长状况有关。

在以株为单位分析了杂交籼稻组合演变过程中穗数的变化后,进一步以单茎为单位分析其茎、叶、鞘和穗的物质积累与转运。图 2 显示了杂交籼稻组合演变过程中单茎的物质积累和转运情况。1976—1989 年育成的品种齐穗期单茎的茎鞘干质量随育成年份持续增加,1989 年后则相对稳定;叶干质量和穗干质量则随品种育成年份推移持续增加。单个有效穗较大的茎鞘干质量和叶干质量说明近期育成的杂交籼稻组合在齐穗期即已建立较强的光合基础,齐穗期水稻的穗干质量主要是枝梗和稻谷颖壳

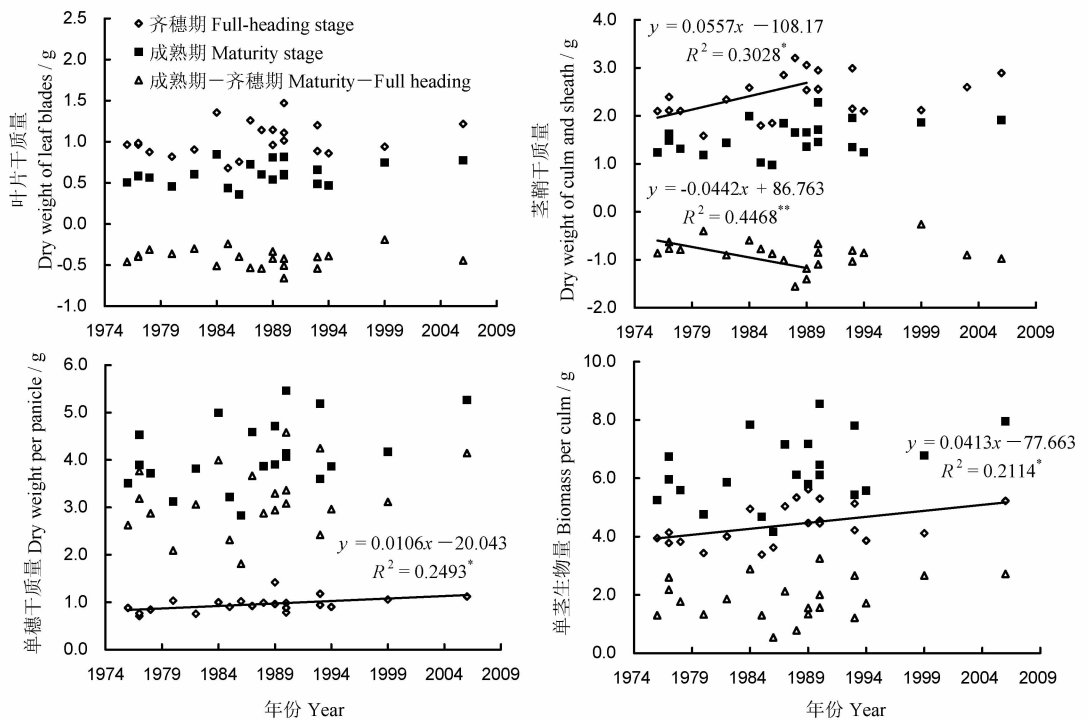


图2 杂交籼稻组合单茎抽穗后的物质积累与转运

Fig. 2. Dry matter accumulation in a culm after heading for indica hybrid rice combinations.

的干质量,此时穗重说明其库容量越大。

在成熟期,单茎的茎鞘、叶和穗均随着品种育成年份的推移持续增加,表明近期杂交稻组合逐渐向壮秆、大(重)穗发展。

从开花后单个有效穗干物质量的变化情况看,可以1989年为界分为两段。1989年前育成的组合开花后茎鞘干质量减轻幅度随组合育成时间的推移而增加,即有较多的茎鞘贮藏碳水化合物转运到籽粒中。从茎鞘表观物质输出率看,1986—1989年育成的威优46、汕优桂99、协优63和汕优10号等组合开花后单茎的茎鞘干质量下降40%以上,比其他组合高22%~35%。1989年后育成的组合以两优培九为特例,开花后其茎鞘干质量仅减轻15.3%,远低于其他品种。

开花后单穗干质量的增加主要来自花后叶片的光合作用和茎鞘开花前贮藏的碳水化合物的转运。由图2可见,随组合育成时间的推移,开花后杂交籼稻的单穗干质量持续增加,但茎鞘贮藏碳水化合物的转运量1990年后育成的组合低于1986—1989年育成的组合,因而1990年后育成组合其籽粒所积累的同化产物中来自花后的光合作用的比例相对较高,茎鞘转运所占的比例较低。这说明杂交籼稻在演替过程中,开花后叶片的光合作用能力增强,水稻产量的形成由前期的同时依赖茎鞘贮存物质的转运和花后物质积累来提高产量,发展到主要依靠后者获取高产。

3 讨论

Peng等^[6-7]从生物量和收获指数的角度研究了菲律宾不同年代育成品种产量差异的原因,通过回归分析认为1980年以前产量的增加主要是收获指数的增加,而1980年以后产量的增加主要归功于生物量的提高。其研究基于不同的水稻类型,所得结果与水稻生产上发生的两次革命:高秆变矮秆,常规稻变杂交稻吻合。本研究的材料均为杂交稻,研究结果表明,在杂交稻的演替过程中,收获指数相对稳定,在收获指数难有突破情况下,生物量是影响杂交籼稻组合产量的主要因素。

研究结果同时表明,单株生物量与有效穗数和每穗粒数呈显著正相关($r=0.424^*$ 和 0.467^*),有效穗数的下降是导致近期育成的杂交籼稻组合生物量较低的重要原因。在种植密度较稀的情况下,虽然当代的杂交籼稻单个有效穗的穗干质量在增加,但是由于单株有效穗数和生物量的下降,导致单株的产量降低。因此,在杂交稻组合培育中过于强调重穗对实现群体产量潜力的提升是不利的。事实上,目前生产上推广的超级稻品种出现示范田产量很高,而农民田产量不高,甚至低于普通水稻的情

况,或许与超级稻品种自身的生育特性及农艺性状有关。因此,超级稻品种栽培中应强调群体产量潜力,即在保证适宜种植密度的前提下,通过大穗、重穗获得高产。而从超级稻品种的培育上,需同时考虑单株产量潜力与单茎生产潜力的结合,即穗粒兼顾型品种更有利于高产稳产,有利于生产上现实产量的实现。

参考文献:

- [1] 林世成, 闵绍楷. 中国水稻品种及系谱. 上海: 上海科学技术出版社, 1991: 10-48.
- [2] 程式华, 李 建. 现代中国水稻. 北京: 金盾出版社, 2007: 197-201.
- [3] 王丹英, 邵国胜, 徐春梅, 等. 我国杂交水稻主栽品种的演变. 中国稻米, 2008(2): 1-3.
- [4] Sergio F L, Alfredo G C, Maria E O. Genetic gains in grain yield and related physiological attributes in Argentine maize hybrids. *Field Crops Res*, 2006, 95: 383-397.
- [5] Brancourt-Hulmel M, Doussinault G, Lecomte C, et al. Genetic improvement of agronomic traits of winter wheat cultivars released in France from 1946 to 1992. *Crop Sci*, 2003, 43: 37-45.
- [6] Peng S B, Cassman K G, Virmani S S, et al. Yield potential trends of tropical rice since the release of IR8 and the challenge of increasing rice yield potential. *Crop Sci*, 1999, 39: 1552-1559.
- [7] Peng S B, Laza R C, Visperas R M, et al. Grain yield of rice cultivars and lines developed in the Philippines since 1966. *Crop Sci*, 2000, 40: 307-314.
- [8] 程式华, 黄超武. 华南地区水稻品种发展中产量及有关性状的演变研究. 华南农业大学学报, 1988, 9(1): 17-29.
- [9] 杜 永, 王 艳, 王学红, 等. 黄淮地区不同梗稻品种株型、产量与品质的比较分析. 作物学报, 2007, 33(7): 1079-1085.
- [10] 武志海, 徐克章, 赵颖君, 等. 吉林省47年来梗稻品种遗传改良过程中某些农艺性状的变化. 中国水稻科学, 2007, 21(5): 507-512.
- [11] 王丹英, 章秀福, 李 华, 等. 利用农垦58衍生系研究浙江省晚梗产量和植株形态的改良. 中国农业科学, 2007, 40(12): 2903-2909.
- [12] 黄育民, 陈启锋, 李义珍. 我国水稻品种改良过程库源特征的变化. 福建农业大学学报, 1998, 27(3): 271-278.
- [13] 江立庚, 王维金, 徐竹生. 粳型水稻品种物质生产与产量演变规律的研究. 华中农业大学学报, 1995, 14(6): 549-554.
- [14] 陈培峰. 不同年代籼稻品种产量的差异及其原因分析[D]. 扬州: 扬州大学, 2006.
- [15] 袁 江, 王丹英, 丁艳锋, 等. 早籼稻品种遗传改良进程中株型的演变特征. 中国水稻科学, 2009, 23(3): 277-281.
- [16] 袁 江, 王丹英, 廖西元, 等. 早籼稻品种更替过程中农艺性状的演变特征. 作物学报, 2008, 34(11): 2041-2045.
- [17] 杨建昌, 王 朋, 刘立军, 等. 中籼水稻品种产量与株型演进特征研究. 作物学报, 2006, 32(7): 945-955.
- [18] Engledow F L, Wadham S M. Investigations on yield in the cereals. *J Agric Sci Came*, 1923, 13: 390-439.
- [19] 松岛省三. 稻作的理论与技术. 庞 诚, 译. 北京: 农业出版社, 1981.