

灌浆期气象因子对杂交中籼稻米碾米品质和外观品质的影响

徐富贤 郑家奎 朱永川 王贵雄

(四川省农业科学院水稻高粱研究所, 泸州 646000)

摘要 以‘II优7号’和‘4228A/江恢15’两个杂交中稻组合为材料,通过分期播种处理,研究了灌浆期气象因子与杂交中稻碾米品质和外观品质的关系。结果表明:在稻谷碾米品质和外观品质的5项指标中,显著受灌浆期气象因子影响的有整精米率、垩白粒率和垩白度3项指标,显著影响这3项指标的是齐穗后0~20 d 6个气象因子中的相对湿度、日均气温、日最低气温3个,齐穗后21~30 d的气象因子对米质的影响不显著。从总体上看,齐穗后0~20 d的日均气温和日最低气温低,相对湿度大,有利于提高整精米率,降低垩白粒率和垩白度。

关键词 杂交中稻 气象因子 碾米品质 外观品质

EFFECT OF ATMOSPHERIC PHENOMENA FACTORS ON THE MILLING QUALITY AND THE APPEARANCE QUALITY OF MEDIUM INDIA HYBRID RICE DURING THE PERIOD FROM FULL HEADING TO MATURITY

XU Fu-Xian ZHENG Jia-Kui ZHU Yong-Chuan and WANG Gui-Xiong

(Rice and Sorghum Research Institute, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Luzhou 646000, China)

Abstract Many studies on the susceptibility of grain quality to atmospheric factors during the period from full heading to maturity of inbred rice have been conducted, but there are few for hybrid midseason-rice. The grain yields of hybrid midseason-rice have been raised, but grain quality is very poor, especially the milling quality and appearance quality. This paper explores the relationship between the milling quality and appearance quality and meteorological factors during the period from full heading to maturity of hybrid midseason-rice, and provides theoretical and practical bases for good quality cultivation.

The experiment was conducted with 5 different sowing methods, using two hybrids (‘II you 7’ and ‘4228A/Jianghui 15’) in a randomized block design with 3 replications. Using correlation and path analysis, the results indicated that the rate of head rice, chalky rice and chalkiness among milling and appearance qualities were significantly affected by meteorological factors which include relative humidity, mean daily air temperature, minimum air temperature among meteorological factors in the period of 0-20 days after full heading, but those in the period of 21-30 days after full heading. Suitable meteorological conditions to increase head rice, decrease chalky rice and chalkiness were high relative humidity, lower mean daily air temperatures and minimum air temperature in the period of 0-20 days after full heading.

Key words Hybrid midseason-rice, Meteorological factor, Milling quality, Appearance quality

四川省、重庆市现有稻田 333 多万公顷,其中杂交中稻占 90% 以上。虽然目前杂交中稻产量已经达到较高水平,但高产与优质在某种程度上是一对矛盾,其碾米品质和外观品质普遍表现较差,特别是整精米率、垩白粒率和垩白度是急需改良的重要品质性状(廖伏明等,1999)。稻米品质除了受品种自身遗传基因的控制外,在很大程度上还受环境条件与农艺措施的影响。关于稻米品质与气象因素关

系已有较多研究,但多以常规稻品种或杂交粳稻组合为材料,研究单一气象因子对稻米品质的影响(徐富贤等,1994;王守海等,1990;唐湘如等,1991;杨联松等,1998)。因此,本文试图通过研究灌浆期综合气象因子对杂交中籼稻碾米品质和外观品质的影响,以期为我国南方稻区杂交中稻的优质高产栽培提供理论和实践依据。

1 材料和方法

1.1 供试地点

试验在四川省农业科学院水稻高粱研究所实验场的冬水田进行,稻田土质均匀,中上等肥力。试验处理因素以外的栽培管理措施与大面积生产相同。

1.2 试验设计

试验以目前南方稻区正大面积推广的中粳迟熟杂交中稻‘II 优 7 号’和‘4228A/江恢 15’两个品种为材料,全生育期分别为 152 d 和 158 d,代表了杂交中稻主要生育类型。分别于 3 月 9 日、3 月 29 日、4 月 18 日、5 月 8 日和 5 月 28 日共播种 5 期,地膜水育中苗秧,5 叶左右移栽,每公顷栽 22.5 万穴,每穴栽双株,本田每公顷施纯氮 120 kg(其中底肥 70%,追肥 30%),并配施相应磷钾肥作底肥。每个品种每一播种期小区种植面积 33.35 m²,重复 3 次,顺序排列。

1.3 测定项目

齐穗期至成熟期时段,各播种期处理的每一重复每 5 d 取 60~80 个稻穗,按常规方法测千粒重,成熟时收小区实产,并将每个品种不同播种期的 3 次重复的稻谷取样混匀,按国家质量技术监督局(1999)发布的主要粮食质量国家标准测定稻谷碾米品质和外观品质。

统计 7 月 9 日~9 月 25 日(试验各播种期处理齐穗至成熟期间)逐日的日照时数(h)、相对湿度(%)、降雨量(mm)、日均气温(℃)、日最高气温(℃)、日最低气温(℃)数据取自于与试验所在地相距 400 m 左右并处于同一海拔高度的泸州市气象站资料。

1.4 数据处理

首先对各播种期稻米的糙米率、整精米率、垩白粒率、垩白度、长宽比进行方差分析,然后将差异达显著水平的品质指标分别与各播种期齐穗后不同时间段的日照时数(h)、相对湿度(%)、降雨量(mm)、日均气温(℃)、日最高气温(℃)、日最低气温(℃)和籽粒灌浆速度进行相关分析与回归分析。

2 结果与分析

2.1 播种期对稻谷碾米品质和外观品质的影响

从试验结果表 1 看出,播种期对整精米率、垩白粒率和垩白度 3 项指标有显著影响,而且随着播种期的推迟,3 项指标均有变优的趋势;播种期对糙米率和长宽比两项指标的影响不显著。以上结果两个品种表现基本一致。

2.2 灌浆期气象因子对稻米整精米率和垩白的影响

将受播种期影响显著的整精米率、垩白粒率和垩白度 3 项指标(表 1)分别与灌浆期各时段的气象因子间的相关分析结果列于表 2,从表 2 中可见:

在 6 项气象因子中,日照(X_1 :0~10.3 h·d⁻¹)、相对湿度(X_2 :61.7%~93.9%)、日均气温(X_4 :21.71℃~31.41℃)、日最高气温(X_5 :23.95~36.93℃)和日最低气温(X_6 :20.49~27.40℃)5 项因子与整精米率、垩白粒率和垩白度间存在显著或极显著相关,而降雨量(X_3 :0~7.22 mm)的相关性则不显著。

就齐穗后不同时段的气象因子对稻米品质的影响而言,齐穗后 0~10 d、6~15 d、11~20 d、16~25 d

表 1 不同播种期条件下稻谷碾米品质和外观品质的表现
Table 1 Milling quality and appearance quality in different sowing period

品 种 Varieties	播种期 (月-日)SD	齐穗期 (月-日)FHD	糙米率 RB(%)	整精米率 HR(%)	垩白粒率 CR(%)	垩白度 Chalkiness(%)	长宽比 LBR
‘II 优 7 号’ ‘II-you 7’	3-09	7-09	79.58 ^a	30.94 ^c	73.25 ^a	47.96 ^a	2.55 ^a
	3-29	7-19	79.21 ^a	29.22 ^c	60.67 ^b	49.12 ^a	2.51 ^a
	4-18	8-01	80.46 ^a	40.12 ^b	42.67 ^c	36.20 ^b	2.58 ^a
	5-08	8-09	79.34 ^a	43.26 ^b	19.50 ^d	18.43 ^c	2.52 ^a
	5-28	8-26	80.09 ^a	49.24 ^a	11.54 ^e	9.27 ^d	2.54 ^a
‘4228A/江恢 15’ ‘4228A/Jiang ,H.15’	3-09	7-04	78.62 ^a	30.32 ^c	75.33 ^a	42.61 ^{ab}	2.63 ^a
	3-29	7-17	78.58 ^a	34.93 ^c	82.17 ^a	50.38 ^a	2.64 ^a
	4-18	7-31	79.00 ^a	38.37 ^b	72.50 ^b	31.69 ^{bc}	2.70 ^a
	5-08	8-08	79.34 ^a	41.69 ^b	48.53 ^c	26.84 ^{cd}	2.71 ^a
	5-28	8-25	78.91 ^a	47.16 ^a	32.75 ^d	19.61 ^d	2.68 ^a

同一品种同一列数据后跟有相同字母表示在 0.05 水平差异不显著 In each column for same variety , data followed the same letter indicate no significant difference at 0.05 level SD :Sowing date (month-day) FHD :Full heading dat(month-day) RB :Brown rice HR :Head rice CR :Chalky rice LBR :L/B ratio

表 2 气象因子与稻米主要品质间的相关系数
Table 2 Effect of meteorological element on main rice quality

齐穗后 AHFD (d)	性状 Character	' II 优 7 号 ' ' II-you 7 '						' 4228A/江恢 15 ' ' 4228A/Jiang .H. 15 '					
		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆
0 ~ 10	X ₇	- 0.89 *	0.94 *	0.70	- 0.93 *	- 0.90 *	- 0.94 *	- 0.81	0.71	0.50	- 0.85	- 0.81	- 0.89 *
	X ₈	0.85	- 0.92 *	- 0.81	0.91 *	0.86	0.93 *	0.94 *	- 0.92 *	- 0.58	0.98 **	0.94 *	0.99 **
	X ₉	0.91 *	- 0.98 **	- 0.48	0.96 **	0.94 *	0.98 **	0.88 *	- 0.88 *	- 0.70	0.91 *	0.86	0.93 *
6 ~ 15	X ₇	- 0.81	0.91 *	0.31	- 0.93 *	- 0.91 *	- 0.93 *	- 0.97 **	0.99 **	0.31	- 0.99 **	- 0.97 **	- 0.97 **
	X ₈	0.86	- 0.95 *	- 0.35	0.98 **	0.95 *	0.99 **	0.88 *	- 0.93 *	0.29	0.95 *	0.96 **	0.95 *
	X ₉	0.83	- 0.90 *	0.17	0.95 *	0.94 *	0.96 **	0.80	- 0.92 *	- 0.28	0.91 *	0.88 *	0.91 *
11 ~ 20	X ₇	- 0.91 *	0.93 *	0.35	- 0.96 **	- 0.96 **	- 0.95 *	- 0.99 **	0.98 **	0.35	- 0.99 **	- 0.99 **	- 0.98 **
	X ₈	0.99 **	- 0.97 **	- 0.39	0.99 **	0.99 **	0.97 **	0.87 *	- 0.80	- 0.22	0.88 *	0.91 *	0.86
	X ₉	0.94 *	- 0.90 *	- 0.21	0.95 *	0.95 *	0.92 *	- 0.80	- 0.85	- 0.32	0.88 *	0.89 *	0.89 *
16 ~ 25	X ₇	- 0.94 *	- 0.96 **	0.63	- 0.94 *	- 0.94 *	- 0.97 **	- 0.93 *	0.95 *	0.60	- 0.92 *	- 0.92 *	- 0.92 *
	X ₈	0.94 *	- 0.98 **	0.47	0.95 *	0.95 *	0.93 *	0.88 *	- 0.83	- 0.32	0.81	0.84	0.78
	X ₉	0.95 *	- 0.97 **	0.63	0.94 *	0.94 *	0.90 *	0.92 *	- 0.89 *	- 0.62	0.91 *	0.91 *	0.90 *
21 ~ 30	X ₇	- 0.68	0.61	- 0.71	- 0.65	- 0.65	- 0.77	- 0.66	0.54	- 0.41	- 0.76	- 0.70	- 0.77
	X ₈	0.73	- 0.74	0.58	0.71	0.72	0.85	0.53	- 0.49	0.82	0.50	0.47	0.45
	X ₉	0.63	- 0.59	0.74	0.59	0.59	0.73	0.72	- 0.65	0.76	0.65	0.65	0.55

X₁:日照时数 Sunning hours X₂相对湿度 Helative humidity X₃降雨量 Amount of precipitation X₄:日均气温 Mean daily air temperature X₅:日最高气温 Maximum air temperature X₆:日最低气温 Minimum air temperature X₇:整精米率 Head rice X₈:垩白粒率 Chalky rice X₉:垩白度 Chalkiness ANFD :After full heading date $r_{5\ 0.05} = 0.88^*$, $r_{5\ 0.01} = 0.96^{**}$

4 个时段都有显著影响,仅齐穗后 21 ~ 30 d 对米质的影响不显著。究其原因,籽粒充实在齐穗后 20 d 以内完成较多,齐穗后 20 ~ 30 d 的灌浆进度明显减慢(表 3)。如‘II 优 7 号’的 5 个播种期处理齐穗后第二十天籽粒重分别达到其最大重的 99.04%、98.99%、93.55%、89.87%、89.83%；4228A/江恢 15’的 5 个播种期处理齐穗后第二十天籽粒重分别达到其最大重的 99.32%、95.05%、97.28%、95.52%、91.63%。而整精米率与籽粒灌浆期的灌浆速度呈显著负相关(‘II 优 7 号’的 $r = - 0.9297^*$ ；4228A/江恢 15’的 $r = - 0.8793^*$)，垩白粒率、垩白度分别与灌浆速度呈显著或极显著正相关(‘II 优 7 号’的 r 值分别为 0.9495 ($p < 0.05$) 和 0.8982 ($p < 0.05$)；‘4228A/江恢 15’的 r 值分别为 0.9134 ($p < 0.05$) 和 0.9951 ($p < 0.01$))。表明齐穗后 21 ~ 30 d 气象因子对稻米品质的影响不显著,可能与该时段籽粒已基本饱满,灌浆速度较慢有关。

2.3 灌浆期影响稻米整精米率、垩白粒率和垩白度的关键气象因子

综合上述试验结果,在稻谷碾米品质和外观品质的 5 项指标中,显著受灌浆期气象因子影响的有整精米率、垩白粒率和垩白度 3 项指标(表 1),而且显著影响这 3 项指标的是齐穗后 0 ~ 20 d 6 个气象因子中的日照(X₁)、相对湿度(X₂)、日均气温(X₄)、

日最高气温(X₅)和日最低气温(X₆)，齐穗后 21 ~ 30 d 的气象因子对米质的影响不显著(表 2)。为进一步探明影响稻米品质的主控气象因子,特用‘II 优 7 号’和‘4228A/江恢 15’两个组合各 5 个播种期处理的共 10 组数据,分别进行齐穗后 0 ~ 20 d 的日照(X₁)、相对湿度(X₂)、日均气温(X₄)、日最高气温(X₅)和日最低气温(X₆)对整精米率(X₇)、垩白粒率(X₈)和垩白度(X₉)的通径分析。从通径分析结果表 4 可见：

1)气象因子对整精米率(X₇)的直接效应表现为日均气温(X₄)>日最低气温(X₆)>日照(X₁)>相对湿度(X₂)>日最高气温(X₅)，间接效应(总和)表现为日均气温(X₄)>日最低气温(X₆)>日最高气温(X₅)>日照(X₁)>相对湿度(X₂)。表明整精米率主要受日均气温和日最低气温的制约,提高整精米率要求齐穗后 0 ~ 20 d 的日均气温和日最低气温较低(整精米率与日均气温和日最低气温的相关系数分别为 - 0.9438 ($p < 0.01$) 和 - 0.9409 ($p < 0.01$))。

2)20 气象因子对垩白粒率(X₈)的直接效应表现为日最低气温(X₆)>相对湿度(X₂)>日照(X₁)>日均气温(X₄)>日最高气温(X₅)，间接效应(总和)表现为相对湿度(X₂)>日最高气温(X₅)>日均气温(X₄)>日照(X₁)>日最低气温(X₆)，除相对湿度(X₂)外表现为直接效应大的则间接效应小。说明相

表 3 不同生态条件下的籽粒灌浆进程
Table 3 The 1000-grain weight in different days after full heading under different ecological condition

组合 Varieties	播种期 (月·日) SD	齐穗期 (月·日) FHD	齐穗后不同日数的千粒重(g) The 1000-grain weight in different days after full heading							
			0	5	10	15	20	25	30	35
‘ II 优 7 号 ’ ‘ II-you 7 ’	3-09	7-09	3.41	14.49	25.14	26.71	27.51	27.57	27.98	27.65
	3-29	7-19	4.12	13.30	22.99	24.67	26.51	27.40	27.89	27.73
	4-18	8-01	3.52	7.02	19.17	26.09	27.20	27.70	27.96	27.84
	5-08	8-09	3.71	12.35	19.37	21.02	28.81	26.34	27.02	27.00
	5-28	8-26	3.46	8.73	14.15	19.03	23.88	25.19	26.06	26.32
‘ 4228A/江恢 15 ’	3-09	7-04	3.26	16.31	20.61	28.10	30.01	30.23	30.30	30.20
‘ 4228A/Jiang H.15 ’	3-29	7-17	3.77	6.38	23.39	26.51	28.37	29.36	29.66	29.50
	4-18	7-31	3.63	5.49	18.04	21.46	26.06	27.76	28.87	28.80
	5-08	8-08	3.54	5.25	15.86	23.77	26.18	28.61	29.13	29.18
	5-28	8-25	3.61	8.83	14.81	19.89	25.00	27.65	27.71	27.83

SD Sowing date (Month-day) FHD Full heading date (Month-day)

表 4 齐穗后 0-20 d 主要气象因子对稻米整精米率、垩白粒率和垩白度的通径分析
Table 4 Path analysis of main atmospheric phenomena factors after full heading on head rice, chalky rice and chalkiness

品质指标 Q	气象因子 ME	相关系数 r	直接效应 Direct effect	间 接 效 应 Indirect effect					
				总和 Total	X ₁ →Y	X ₂ →Y	X ₄ →Y	X ₅ →Y	X ₆ →Y
X ₇	X ₁	-0.9312	-1.3472	0.4160		-1.0574	4.0549	-0.2103	-2.3712
	X ₂	0.9429	1.0735	-0.1306	1.3270		-4.0646	0.2073	2.3997
	X ₄	-0.9438	4.0833	-5.0271	-1.3378	-1.0686		-0.2108	-2.4099
	X ₅	-0.8415	-0.2385	-0.6030	-1.1879	-0.9331	3.6104		-2.0924
	X ₆	-0.9409	-2.4197	1.4758	-1.3202	-1.0647	4.0669	-0.2062	
X ₈	X ₁	0.9122	0.2397	0.6725		-0.7044	0.2216	0.0639	1.0914
	X ₂	-0.9105	0.7151	-1.6256	-0.2361		-0.2221	-0.0629	-1.1045
	X ₄	0.9225	0.2231	0.6994	0.2380	-0.7118		0.0640	1.1092
	X ₅	0.8321	0.0720	0.7601	0.2113	-0.6216	0.1973		0.9631
	X ₆	0.7990	1.1137	-0.3147	0.2349	-0.7092	0.2222	-0.0626	
X ₉	X ₁	0.9272	-3.9312	4.8584		-0.1429	9.0152	-0.1531	-3.8608
	X ₂	-0.9614	0.1451	-1.1065	3.8724		-9.0369	0.1509	3.9071
	X ₄	0.9528	9.0785	-8.1257	-3.9038	-0.1446		-0.1535	-3.9238
	X ₅	0.4086	-0.1736	0.5822	-3.4663	-0.1261	8.0271		-3.8525
	X ₆	0.9556	-3.9397	4.8953	-3.8526	-0.1439	9.0420	-0.1502	

ME : Meteological elements Q Quality index r Correlation X₁ X₂ X₄ ~ X₆ X₈ X₉ 同表 2 See Table 2

对湿度是垩白粒率的主控因子,垩白粒率低要求齐穗后 0 ~ 20 d 有较高的相对湿度(垩白粒率与相对湿度的相关系数为 -0.9105 ($p < 0.01$))。

3) 气象因子对垩白度(X₉)的直接效应表现为日均气温(X₄) > 日最低气温(X₆) > 日照(X₁) > 最高气温(X₅) > 相对湿度(X₂),间接效应(总和)表现为(X₄) > 日最低气温(X₆) > 日照(X₁) > 相对湿度(X₂) > 日最高气温(X₅)。表明日均气温和日最低气温是垩白度的主控因子,降低稻米垩白度要齐穗后 0 ~ 20 d 的日均气温和日最低气温较低(垩白度与日均气温和日最低气温的相关系数分别为 0.9528 ($p < 0.01$)、0.9556 ($p < 0.01$))。

3 讨 论

种植季节对稻米米质的影响,主要表现为随着播种季节的推迟,米质有变优的趋势(徐富贤等, 1994)。但不同水稻类型间的表现有一定差异:常规籼稻稻米品质主要受抽穗至成熟期的温度影响,如王守海等(1990)以 7 个常规早籼品种为材料的分期播种试验表明,灌浆成熟期温度 3 指标(日均气温、最高气温和最低气温)对整精米率的直接通径系数最大。唐湘如等(1991)以广陆矮 4 号为材料的研究结果认为,种植季节对米粒长和粒形的影响不大,但可改变垩白大小和透明度。闵绍楷(1981)、赵式英

(1982)认为,种植季节对米质的影响原因在于早期播种的灌浆成熟期气温较高,高温使垩白面积增加,透明度下降。杂交粳稻稻米品质则同时受温度和光照的作用,如杨联松等(1998)研究了抽穗至成熟期的温度、光照对杂交中粳80优121稻米品质的影响,结果表明,播种季节对中粳80优121的糙米率、整精米率、垩白度、透明度有显著影响,其影响的第一因素为日均温,光照为第二因素。

以上文献对常规籼稻和粳稻稻谷的部分碾米品质和外观品质与抽穗至成熟期的主要气象因子间进行了研究,但对籼型杂交中稻特别是抽穗至成熟期间具体时段的气象因子对米质影响方面的研究则极少。因此,本文以‘II优7号’和‘4228A/江恢15’两个杂交中稻组合为材料,通过分期播种处理,对灌浆期不同时间段的6个气象因子与杂交中稻稻米碾米品质和外观品质的5个指标间的关系进行了全面系统的研究。结果表明,在稻谷碾米品质和外观品质的5项指标中,显著受灌浆期气象因子影响的有整精米率、垩白粒率和垩白度3项指标(表1),与前人在常规籼稻和粳稻上的研究结论一致;不同之处是进一步明确显著影响这3项指标的是齐穗后0~20 d 6个气象因子中的相对湿度、日均气温、日最低气温(表4),齐穗后21~30 d的气象因子对米质的影响不显著(表2)。从总体上看,齐穗后0~20 d的日均气温(22.2~24.0℃)和日最低气温(20.49~21.93℃)低,相对湿度(89.6%~93.9%)大,有利于提高整精米率和降低垩白粒率和垩白度。因此在籼型杂交中稻的优质栽培上,应把齐穗后0~20 d的日均气温、日最低气温和相对湿度3项气象指标作为确定播种期的重要依据。

有关灌浆期气温影响整精米率机理方面的文献资料极少,我们认为灌浆期气温影响整精米率的原

因是杂交中稻齐穗后20 d以内的日均温越高,籽粒灌浆速率越快,籽粒形成的垩白面积越大,淀粉粒间的空隙越大,籽粒充实度越差,其抗折力越弱,加工时整精米率越低(另有专文报道)。本文对杂交中稻品质与气象因素间关系进行了定性研究,但水稻品质受气象因素的影响程度与品种身品质状况有关(沈波,2000)。因此,尚有待加强水稻品种身品质状况与气象因素关系的定量研究。

参 考 文 献

- Liao, F. M. (廖伏明), K. L. Zhou (周坤炉) & H. H. Yang (阳和). 1999. Studies on grain quality of three-line indica hybrid rice. *Hybrid Rice (杂交水稻)*, **146**: 35 ~ 38. (in Chinese)
- Min, S. K. (闵绍楷). 1981. Evaluation and improvement for grain quality of rice. *Foreign Agriculture—Rice (国外农学—水稻)*, **3**: 113 ~ 123. (in Chinese)
- Quality and Technology Control Bureau of China (国家质量技术监督局). 1999. National quality standards for main grain crop. 1 ~ 11. (in Chinese)
- Shen, B. (沈波). 2000. Observation on the starch development in endosperm of early indica rice during chalkiness formation with scanning electronic microscope. *Chinese Journal of Rice Science (中国水稻科学)*, **144**: 225 ~ 228. (in Chinese)
- Tang, X. R. (唐湘如) & T. Q. Yu (余铁桥). 1991. Effects of temperature on rice quality and some biological and milking ripening period. *Journal of Hunan Agricultural College (湖南农学院学报)*, **171**: 1 ~ 9. (in Chinese)
- Wang, S. H. (王守海), Z. G. Li (李泽宫) & L. J. Wu (吴李君). 1990. Effect of climatic conditions on milling quality of early indica during ripening. *Journal of Anhui Agricultural Sciences (安徽农业科学)*, **4**: 293 ~ 297. (in Chinese)
- Xu, F. X. (徐富贤) & S. Hong (洪松). 1994. Review on effect of environmental factors on rice quality. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences (西南农业学报)*, **72**: 101 ~ 105. (in Chinese)
- Yang, L. S. (杨联松), M. Sun (孙明) & P. H. Zhang (张培红). 1998. Effect of temperature and light on grain quality of medium japonica hybrid rice ‘80 you 121’. *Hybrid Rice (杂交水稻)*, **136**: 23 ~ 25. (in Chinese)
- Zhao, S. Y. (赵式英). 1982. Chalky of rice. *Foreign Agriculture—Rice (国外农学—水稻)*, **6**: 43 ~ 46. (in Chinese)

责任编辑:张大勇 责任编辑:张丽赫