

抽穗开花期温度对北方粳稻产量构成因素与食味品质的影响

蒋洪波, 马秀芳, 吕军, 沈枫, 吕桂兰, 唐志强, 李小婉 (辽宁省水稻研究所, 辽宁沈阳 110101)

摘要 [目的]探索北方粳稻产量构成因素及食味品质受抽穗开花期温度变化的影响。[方法]以 11 个北方粳稻品种为试材,研究了产量构成因素和食味品质在不同温度条件间的差异,并分析各温度条件下食味品质与产量构成因素的相关性。[结果]温度对产量构成因素的影响存在基因型差异;低温条件下对食味品质与常温条件下差异显著;常温处理稻米的食味品质与结实率显著相关,低温处理食味品质与结实率和单株产量均显著相关,高温处理食味品质与千粒重显著相关。[结论]在不同温度环境下可以选择相应的产量因子以实现食味品质和产量共同提高。

关键词 北方粳稻;抽穗开花期;温度;产量构成因素;食味品质;影响

中图分类号 S511.2² **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)18-064-03

稻米是我国 60% 以上人口的主食^[1]。随着我国经济社会的发展和人们生活质量的提高,消费者对稻米品质提出了更高的要求,北方粳米作为优质稻米的主力军越来越受到市场的青睐。影响稻米品质的因素很多,播种、移栽、生长环境、大田管理、收获时间、加工储藏每一个过程均可对稻米的品质产生影响^[2-3]。莫惠栋分析表明温度是对稻米品质影响比较大的环境因素,抽穗至成熟期阶段温度过高会使灌浆时间过短,子粒饱满度受到影响;温度过低会使垩白增加,蛋白含量降低,从而使水稻品质降低^[2]。刘博等研究表明始穗期至成熟期积温对水稻的产量性状和品质性状的影响较大^[4];从齐穗开始到齐穗后 20 d 左右是温度对稻米品质影响的关键时期,对稻米品质的形成具有决定作用,其余时期的影响则较弱^[5-7]。宋广树等研究了不同生育时期低温处理对水稻品质的影响,认为对稻米品质影响最大的时期是灌浆期,其次是抽穗期^[8]。

现今国内对稻米品质的评价主要从加工、外观、食味和营养等几个方面进行^[9-10]。其中食味品质是体现稻米口感好坏的最重要的指标,是影响消费者对稻米喜好的最大因素,也必将成为稻米品质改良的最终目标。食味品质为数量性状^[11-12],遗传机理较为复杂,也一直受到研究者的重视,有关的报道亦较多^[13-18],但绝大多数研究均是以直链淀粉含量、糊化温度和胶稠度等指标为参考依据^[17-23],仅从几个方面得出的结论鉴定稻米食味品质,结果难免会产生偏差,目前评价稻米的食味品质优劣主要有测定品质相关理化性状和人工直接品尝 2 种方法^[23-25],然而这 2 种方法存在前者不直观、后者不准确的缺点,且费时费力。米饭食味计(STA1A,佐竹公司)能快速测定米饭的外观、硬度、粘度、平衡及综合食味值,为米饭食味的测定提供了快捷、稳定的方法,目前也有研究者利用 STA1A 进行食味品质测定^[13-14]。水稻产量构成因素和品质性状存在一定程度的相关性^[26-27]。该试验以优质食味水稻品种为试材,研究了始穗后不同温度处理对食味品质与水稻产量构成因素的影响和相关性,以期在选育优质食味水稻品种过程中选择适应气

候变化的相关性提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 试验样品。供试样品 11 个,其中杂交粳稻组合 2 个(辽优 2106、辽优 5218),常规粳稻品种(系)9 个,分别为辽粳 9、辽粳 371、辽星 1、盐丰 47、宁粳 35、越光、秋田小町、辽 433、C14。

1.1.2 试验仪器。米饭食味计(STA1A,佐竹公司),米饭硬度黏度计(RHS1A,佐竹公司)。

1.2 试验设计

1.2.1 灌浆期温度处理。试验于 2011 年在辽宁省水稻研究所试验地进行。4 月 18 日播种,5 月 21 日移栽,田间管理同生产田。7 月 30 日在试验田内每个材料选长势一致的稻株各取 27 穴,分别带土移栽到直径 30 cm 的塑料桶中,每桶各 3 穴。试验分高温、低温和常温对照 3 个处理,3 次重复,在各品种的始穗期分别随机抽取 3 桶进行高温和低温处理。高温处理在温湿可控的玻璃温室内进行,温度为(38 ± 0.2)℃,每天 8 h,连续 20 d;低温处理在温光可控的人工气候室内进行,温度为(15 ± 0.2)℃,低温处理每天 8 h,光照每天 14 h,连续 20 d;常温对照与温度处理的水肥等管理保持一致,10 月 4 日收获进行室内考种和性状测定。

1.2.2 米饭食味测定。称取精米 30 g,放入不锈钢罐中,用流水冲洗,直到洗米水不混浊为止,然后沥尽余水,再加水至总重 70.5 g,米水质量比为 1:1.35,浸泡 30 min 后加盖。将不锈钢罐放入沸腾的电饭锅内蒸煮 30 min,保温 10 min。取冷却至室温的米饭 8.0 g 装入专用不锈钢试样圆环内,再用压饭器压成饭饼作为测定饭样。将测定饭样放到测定槽中插入米饭食味计测定外观、硬度、粘度、平衡、食味。每试材测定 3 个饭样,每个饭样的正反面各测 1 次(计 2 次)。然后应用米饭硬度黏度计测定供试样品的硬度、黏度、平衡性和弹性。

1.3 测定项目 室内考种指标包括穗数、穗长、成粒数、秕粒数、千粒重、单株产量等。食味测定指标包括外观、硬度、粘度、平衡、弹性、食味等。

1.4 数据处理 数据采用 Excel 进行录入和整理,采用 SPSS17.0 进行数据分析。

基金项目 辽宁省自然科学基金项目(2014027017)。

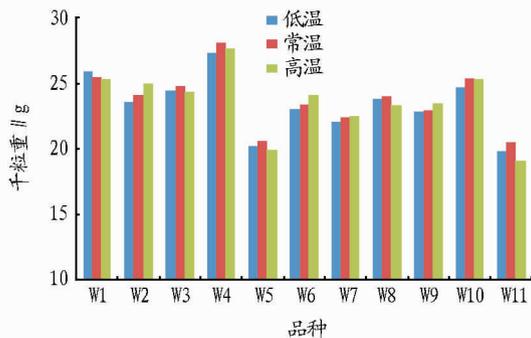
作者简介 蒋洪波(1979-),男,安徽颍上人,助理研究员,硕士,从事水稻分子育种研究。

收稿日期 2015-05-08

2 结果与分析

2.1 产量构成因素对温度的响应特征

2.1.1 千粒重。从图 1 可以看出,抽穗开花期高温和低温处理对千粒重的影响存在品种间基因型差异。高温影响辽优 5218 的干物质积累,千粒重随温度升高而下降;而辽优 2006、C14、辽星 1 和辽粳 9 正好相反,高温对干物质积累有利,千粒重增加,低温处理对辽粳 9 无影响;其余品种则均在常温下千粒重最高,高温和低温处理下千粒重均会下降。其中 2 个生育期较长的品种辽 433 和越光降幅最为明显。

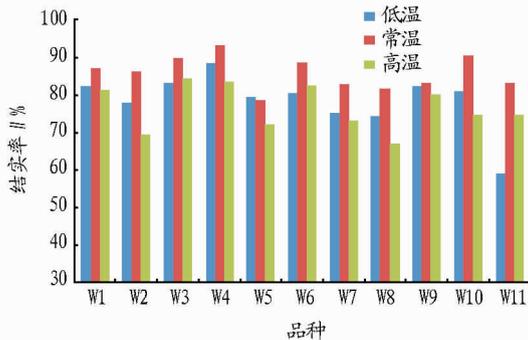


注:W1 为辽优 5218;W2 为辽优 2006;W3 为秋田小町;W4 为宁粳 35;W5 为辽 433;W6 为 C14;W7 为辽星 1;W8 为盐丰 47;W9 为辽粳 9;W10 为辽粳 371;W11 为越光。

图 1 千粒重对灌浆期温度的响应

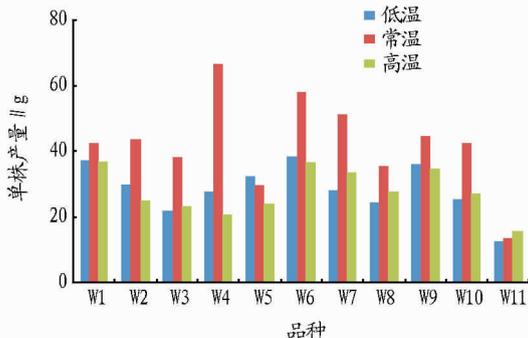
2.1.2 结实率。由图 2 可知,除辽 433 外,其余品种的结实率在高温和低温处理下与对照相比均会降低,低温处理下越光的结实率降幅最大,达 29.2%,高温处理下辽优 2006 结实率降幅最大,达 19.4%。而无论高温和低温处理,辽粳 9 的结实率降幅均为最小,仅为 3.5% 和 1.1%。

2.1.3 单株产量。从图 3 可以发现,除辽 433 和越光外,高温和低温处理对其余品种的单株产量均有影响。其中宁粳 35 的单株产量降幅最大,高温处理下降幅为 68.7%,低温处理为 58.1%;辽优 5218 降幅最小,高、低温处理下降幅分别为 12.6% 和 12.2%,辽粳 9 次之;辽 433 和越光的生育期较长,越光在高温处理下的单株产量最高,常温和低温处理下的产量依次降低,而辽 433 则与之相反,高温处理下的单株产量最低,常温和低温处理下的产量依次升高。



注:W1 为辽优 5218;W2 为辽优 2006;W3 为秋田小町;W4 为宁粳 35;W5 为辽 433;W6 为 C14;W7 为辽星 1;W8 为盐丰 47;W9 为辽粳 9;W10 为辽粳 371;W11 为越光。

图 2 结实率对灌浆期温度的响应



注:W1 为辽优 5218;W2 为辽优 2006;W3 为秋田小町;W4 为宁粳 35;W5 为辽 433;W6 为 C14;W7 为辽星 1;W8 为盐丰 47;W9 为辽粳 9;W10 为辽粳 371;W11 为越光。

图 3 单株产量对灌浆期温度的响应

2.2 食味品质对灌浆期温度的响应特征 由表 1~2 可知,与高温相比,低温对稻米食味品质的影响更大,低温处理与常温对照间的外观、硬度、粘度、平衡性和食味值的差异均达到显著程度。除辽 433 和辽优 5218 外,所有品种外观、粘度、平衡性和食味值变化均为对照 > 高温 > 低温,且对照和低温处理间的差异达到显著水平。辽 433 低温处理下的外观、粘度、平衡性和食味值均高于高温处理的相应值;盐丰 47 高温处理下的外观、平衡性和食味值最大,而辽优 5218 高温处理和对照平衡性均值相等。除此之外,其余针对米饭的硬度,

表 1 不同温度处理对食味品质的影响

品种	外观			硬度			粘度			平衡			食味		
	对照	低温	高温	对照	低温	高温									
辽优 5218	7.2	6.6	7.1	6.1	6.2	6.1	7.2	6.5	7.1	7.2	6.7	7.2	73.9	70.3	73.5
辽优 2006	6.7	5.3	5.4	6.3	6.9	6.9	6.7	5.3	5.6	6.8	5.3	5.5	71.2	61.8	63.2
秋田小町	7.0	4.3	6.2	6.1	7.4	6.5	7.0	4.6	6.2	7.1	4.4	6.3	72.8	56.0	67.9
宁粳 35	6.5	5.7	6.3	6.3	6.8	6.4	6.3	5.4	6.2	6.5	5.6	6.3	69.2	63.6	68.0
辽 433	5.9	5.3	5.1	6.7	7.0	7.1	6.0	5.6	5.4	6.0	5.4	5.2	66.2	62.5	61.6
C14	6.4	5.0	5.4	6.4	7.0	6.9	6.4	5.0	5.5	6.5	5.1	5.4	69.3	60.3	62.8
辽星 1	4.9	4.1	4.5	7.1	7.4	7.4	5.0	4.1	4.7	5.0	4.1	4.6	59.7	54.3	57.2
盐丰 47	4.0	3.3	4.2	7.8	7.8	7.4	4.8	3.3	4.3	4.2	3.3	4.3	54.8	49.1	55.4
辽粳 9	5.1	3.7	4.0	7.0	7.7	7.5	5.2	3.8	4.0	5.2	3.7	4.0	61.1	51.7	53.7
辽粳 371	6.0	4.2	4.6	6.6	7.6	7.4	6.1	4.6	5.0	6.1	4.3	4.7	66.6	55.5	58.2
越光	4.2	2.7	3.3	7.6	8.3	7.8	4.8	3.2	3.7	4.4	2.8	3.4	56.0	46.2	50.2

辽优 5218 高温处理和对照值相等, 低于低温处理; 辽优 2006 和辽星 1 高温和低温处理值相等, 大于对照; 盐丰 47 低温处理和对照值相等, 大于高温处理; 辽 433 高温 > 低温 > 对照; 其余品种均遵循低温 > 高温 > 对照的规律。

表 2 不同温度处理间食味品质差异显著性

处理	外观	硬度	粘度	平衡	食味
对照	5.81a	5.73a	5.95a	5.91a	65.5a
低温	4.56b	7.28b	4.67b	4.61b	57.4b
高温	5.10ab	7.04ab	5.25ab	5.17ab	61.1ab

注: 同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著 ($P < 0.05$)。

表 3 常温下产量构成因素与食味品质的相关性

	外观	硬度	粘度	平衡	食味	结实率	千粒重
硬度	-0.992**						
粘度	0.983**	-0.954**					
平衡	0.999**	-0.989**	0.987**				
食味	0.999**	-0.988**	0.987**	1.000**			
结实率	0.626*	-0.649*	0.597	0.622*	0.614*		
千粒重	0.550	-0.550	0.534	0.537	0.533	0.836**	
单株产量	0.453	-0.509	0.345	0.434	0.432	0.592	0.691*

注: * 表示在 0.05 水平 (双侧) 上显著相关。 ** 表示在 0.01 水平 (双侧) 上显著相关。

表 4 低温处理产量构成因素与食味品质的相关性

	外观	硬度	粘度	平衡	食味	结实率	千粒重
硬度	-0.989**						
粘度	0.982**	-0.954**					
平衡	0.998**	-0.986**	0.989**				
食味	0.998**	-0.984**	0.990**	1.000**			
结实率	0.671*	-0.663*	0.618*	0.653*	0.650*		
千粒重	0.541	-0.543	0.453	0.517	0.510	0.732*	
单株产量	0.655*	-0.698*	0.602	0.653*	0.649*	0.640*	0.268

注: * 表示在 0.05 水平 (双侧) 上显著相关。 ** 表示在 0.01 水平 (双侧) 上显著相关。

表 5 高温处理产量构成因素与食味品质的相关性

	外观	硬度	粘度	平衡	食味	结实率	千粒重
硬度	-0.992**						
粘度	0.991**	-0.972**					
平衡	0.999**	-0.989**	0.994**				
食味	0.999**	-0.988**	0.996**	0.999**			
结实率	0.552	-0.581	0.503	0.529	0.530		
千粒重	0.649*	-0.649*	0.606*	0.635*	0.626*	0.429	
单株产量	0.227	-0.189	0.192	0.217	0.211	0.189	0.249

注: * 表示在 0.05 水平 (双侧) 上显著相关。 ** 表示在 0.01 水平 (双侧) 上显著相关。

3 结论与讨论

由于全球气候变暖^[28], 近年来极端天气事件频发, 对农业的影响越来越大^[29], 温度反常现象势必会对水稻的生长、产量和品质的形成以及品种的适宜种植区域等产生重要的影响, 如何评价其影响以及在育种上应采取怎样的应对措施, 已经成为北方优质稻米品种选育的重要课题。

水稻在抽穗期很容易遇到高温和低温等极端天气, 该试验通过对 11 个优质水稻品种在抽穗开花期进行高温和低温处理, 研究温度变化对北方粳稻食味品质的影响, 以及食味品质与产量构成因素之间的关系。结果表明, 温度对产量构成因素的影响存在品种间基因型差异; 与高温相比, 低温对食味品质的影响更大, 与常温下的稻米食味品质之间的差异达到显著水平; 常温下稻米的食味品质与结实率显著相关, 在低温处理下除粘度和单株产量不相关外, 食味品质与结实

率与单株产量均显著相关, 高温处理下食味品质与千粒重显著相关。因此, 在低温环境中结实率和产量较高的品种能较好地保持产量和品质的统一, 而在高温环境中千粒重较大的品种稻米则有可能获得较好的品质。

2.3 产量构成因素与食味品质的相关性分析 由表 3~5 可知, 在 3 种温度条件下, 米饭外观、粘度、平衡性和食味值彼此之间均呈极显著正相关, 米饭的硬度与外观、粘度、平衡性和食味值呈极显著负相关。不同温度处理下, 食味品质与产量构成因素之间的相关性有所不同。常温条件下, 米饭外观、硬度、平衡性和食味值均与结实率呈显著相关; 低温条件下, 米饭外观、硬度、粘度、平衡性和食味值均与结实率呈显著相关, 外观、硬度、平衡性和食味值均与单株产量呈显著相关; 而高温条件下, 米饭外观、硬度、粘度、平衡性和食味值均与千粒重呈显著相关。

参考文献

- [1] 贺梅, 张文忠, 宋冬明, 等. 不同储藏温度及储藏时间对稻米品质的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 2007, 38(4): 472-477.
- [2] 莫惠栋. 我国稻米品质的改良[J]. 中国农业科学, 1993, 26(4): 8-14.
- [3] 王丹英, 章秀福, 朱智伟, 等. 食用稻米品质性状间的相关性分析[J]. 作物学报, 2005, 31(8): 1086-1091.
- [4] 刘博, 韩勇, 李建国, 等. 环境因子对水稻品质形成的影响[J]. 北方水稻, 2009, 39(3): 10-12.
- [5] 程方民, 丁元树, 朱碧岩. 稻米直链淀粉含量的形成及其与灌浆结实期温度的关系[J]. 生态学报, 2000, 20(1): 646-652.
- [6] 张桂莲, 张顺堂, 王力, 等. 抽穗结实期不同时段高温对稻米品质的影响[J]. 中国农业科学, 2013, 46(14): 2869-2879.

(下转第 70 页)

处理长定株高与第4次喷药当天株高具有高度一致性,也表现出同样的矮化效果规律性。

表7 应季栽培中不同植物生长调节剂及不同浓度下郁金香株高的变化

处理//mg/L	首药株高 \bar{x}_1 cm	长定株高 \bar{x}_2 cm	株高差 d cm	株高差 d/\bar{x}_1 首药株高
蒸馏水	5.10	20.57	15.47	3.03
多效唑 175	5.00	11.87	6.87	1.37
多效唑 200	5.17	11.10	5.93	1.19
烯效唑 175	5.07	8.87	3.80	0.76
烯效唑 200	5.03	11.43	6.40	1.27

3 结论与讨论

(1) 应季栽培中,对郁金香琳马克的矮化效果大小依次是:烯效唑 175 mg/L 处理 > 多效唑 200 mg/L 处理 > 烯效唑 200 mg/L 处理 > 多效唑 175 mg/L 处理 > 蒸馏水处理。反季栽培时,有延缓剂的处理中,烯效唑 175 mg/L 也是矮化效果最佳的生长延缓剂种类与浓度组合。

(2) 植物生长延缓剂对郁金香琳马克的矮化效果明显,但种类、浓度及施用时机不同,则矮化效果不同。郁金香琳马克自然生长株高可达 45 ~ 55 cm^[10],但在本次研究中,无论反季还是应季栽培,有植物生长延缓剂的处理最终长定株高都没超过 12.00 cm。而且,不同延缓剂及不同用量的矮化效果不同。反季栽培中由于赤霉素应用不当,造成首药时株高不一致,致使植物生长延缓剂对郁金香琳马克矮化效果无规律可循,且造成蒸馏水矮化效果最佳的假象,但仍然可以很清楚地看到烯效唑 175 mg/L 处理是全部延缓剂与浓度组合中矮化效果最好的。而郁金香琳马克应季与反季矮化栽培中表现出来的上述差异,则正好说明,植物生长延缓剂施用时机对提升矮化效果也是个关键因素。此外,可能存在更好的矮化郁金香的植物生长调节剂种类和浓度。所以,郁金香矮化栽培中应重视筛选延缓剂种类、浓度及施用时机。

(3) 郁金香琳马克自然生长株高可达 45 ~ 55 cm^[10],但在本次研究中,反季栽培时蒸馏水处理的长定株高只有 11.57 cm,说明反季栽培这项措施本身对其具有非常明显的矮化效果。但应季栽培时蒸馏水处理的长定株高也不过 20.57 cm,虽比反季栽培时高了 9.00 cm,但比琳马克自然长定株高也矮了 50% 多,因此“反季栽培可矮化郁金香”这个结论还不能断然提出。此次反季栽培对郁金香的矮化作用中可能还包含别的因素,比如生境变化等,有待进一步研究。

(4) 反季栽培中,种球休眠的破除方法也有待进一步优化,可考虑用赤霉素溶液均匀浸泡法取代喷洒法,以使全部种球获得一致的破除休眠效果,便于掌握矮化处理时机。反季栽培中,郁金香未能开花(其实是未能分化花芽)也是需要进一步解决的问题。通过研究找到反季栽培中既能矮化郁金香,又能使其充分发挥观赏价值的方法、药剂、浓度及施用时机。

参考文献

- 梅莉娟. 中国郁金香属植物物候特征及居群形态分化[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2006.
- 张达, 王军红, 王豫颖, 等. 矮化大豆突变的 GA₃ 调控[J]. 大豆科学, 2008, 27(3): 456 - 460.
- 何文芳. 多效唑对水培郁金香的矮化作用研究[J]. 园艺与种苗, 2013(5): 44 - 46.
- 丁华侨, 刘建新, 王炜勇, 等. 不同植物生长延缓剂对姜荷花的矮化效果[J]. 浙江农业科学, 2013(5): 559 - 562.
- 屈连伟. 荷兰郁金香产业发展历史及瓦赫宁根大学郁金香育种研究现状[J]. 北方园艺, 2013(24): 185 - 190.
- 彭镇华. 矮化型郁金香的培育方法: 北京, CN101228845[P]. 2008 - 07 - 30.
- 罗栋, 王雁, 刘秀贤, 等. 植物生长延缓剂浸种对地涌金莲的矮化效应[J]. 林业科学研究, 2008, 21(6): 847 - 851.
- 汪良驹, 孙文全, 李友生. PP₃₃₃ 对水仙花的矮化效应及其生理机制初探[J]. 园艺学报, 1990, 17(4): 15 - 18.
- 徐萍. 郁金香品种倍性及杂交研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2014.
- 钱黎君. 郁金香[EB/OL]. (2012 - 10 - 24) <http://wenku.baidu.com>.
- 明道绪. 田间试验与统计分析[M]. 3版. 北京: 科学出版社, 2013.
- NORMITA C. Effect of temperature during grain development on stability of cooking quality components in rice[J]. Japanese Journal of Breeding, 1989, 39: 292 - 306.
- LIN C J, LI C Y, LIN S K, et al. Influence of high temperature during grain filling on the accumulation of storage proteins and grain quality in rice (*Oryza sativa* L.) [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2010, 58: 10545 - 10552.
- 朱碧岩, 黎杰强, 程方民, 等. 稻米直链淀粉含量形成动态及结实期温度的影响[J]. 华南师范大学学报: 自然科学版, 2001(1): 94 - 98.
- 郑先哲, 赵学笃, 陈立. 稻谷干燥温度对稻米食味品质影响规律的研究[J]. 农业工程学报, 2000, 16(4): 126 - 128.
- 曹萍, 吕文彦, 裴忠友. 提高蒸煮与食味品质鉴定准确性, 优化稻米品质[J]. 辽宁农业科学, 2002(5): 33 - 35.
- 中华人民共和国农业部. NY20 - 1986 优质食用稻米[S]. 北京: 中国标准出版社, 1986.
- 中华人民共和国农业部. NY147 - 1986 米质测定方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1988.
- 胡梅桦, 周佳民, 孙丁贺, 等. 湖南省水稻新品种产量构成因子与稻米品质性状的相关性研究[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(6): 11780 - 11781.
- 王贵江, 刘宝海. 栽培密度对水稻产量及食味品质影响的相关性研究[J]. 黑龙江农业科学, 2004(6): 5 - 7.
- WATSON R T. Climate change[R]. IPCC. Third, Assessment. Repor. Geneva: IPCC, 2001: 184.
- LOBEL D B, ASNER G P. Climate and management contributions to recent trends in U. S. agricultural yields [J]. Science, 2003, 299(14): 1032 - 1033.

(上接第 66 页)

- 龚金龙, 张洪程, 胡雅杰, 等. 灌浆结实期温度对水稻产量和品质形成的影响[J]. 生态学杂志, 2013, 32(2): 482 - 491.
- 宋广树, 孙忠富, 王夏, 等. 不同生育时期低温处理对水稻品质的影响[J]. 中国农学通报, 2011, 27(18): 174 - 179.
- 中国农业年鉴编辑委员会. 中国农业年鉴[M]. 北京: 农业出版社, 1992.
- 祁亢, 李玉福, 朱建华, 等. 关于发展水稻优质米生产的意见及制定优质米标准的研究[J]. 辽宁农业科学, 1985(5): 47 - 49.
- POONI H S, KUMAR I, KHUSH G S. Genetic control of amylase content in diallel set of rice crosses[J]. Heredity, 1993, 71: 603 - 613.
- SHI C H, ZHU J, ZANG R C, et al. Genetic and heterosis analysis for cooking quality traits of indica rice in different environments[J]. Theor Appl Genet, 1997, 94(1/2): 294 - 300.
- 夏明, 于亚辉, 郑杰杰, 等. 北方粳稻米饭食味与品质性状的相关性分析[J]. 现代农业科技, 2012(9): 372 - 373.
- 张三元, 张俊国, 杨春刚, 等. 不同生长环境对稻米食味品质的影响[J]. 吉林农业科学, 2008, 33(6): 1 - 4, 24.
- 于洪兰, 王伯伦, 王术, 等. 不同类型水稻品种的产量与食味品质的关系比较[J]. 作物杂志, 2009(1): 46 - 49.
- HE P, LI S G, QIAN Q, et al. Genetic analysis of rice grain quality[J]. Theoretical and Applied Genetics, 1999, 98: 502 - 508.
- 刘宜柏, 黄英金. 稻米食味品质的相关性研究[J]. 江西农业大学学报, 1989, 11(4): 1 - 5.
- BRIONE V P. Changes in physic chemical properties of starch of developing rice grain [J]. Cereal Chem, 1968, 45: 351 - 357.