

杜 敏, 郭 智, 顾克军, 等. 收获期对不同生育类型优良食味粳稻稻米品质的影响[J]. 江苏农业学报, 2023, 39(6): 1303-1311.
doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2023.06.005

收获期对不同生育类型优良食味粳稻稻米品质的影响

杜 敏¹, 郭 智², 顾克军³, 陈文超⁴, 张岳芳², 刘红江²

(1.江苏省农业科学院规划设计研究院, 江苏 南京 210014; 2.江苏省农业科学院农业资源与环境研究所, 农业农村部长江下游平原农业环境重点实验室, 江苏 南京 210014; 3.江苏省农业科学院粮食作物研究所, 江苏 南京 210014; 4.南京市耕地质量保护站, 江苏 南京 210036)

摘要: 本研究采用大田试验, 以南粳 2728、南粳 9108、南粳 3908 共 3 个水稻品种为供试材料, 设置提前 7 d 收获、适期收获以及延迟 7 d、14 d、21 d、28 d 收获 6 个处理, 研究了不同收获期对优良食味粳稻稻米品质的影响。结果表明: 水稻产量以南粳 3908 为最高, 主要原因是其单位面积穗数、每穗粒数和千粒质量较南粳 2728 显著提高, 单位面积穗数较南粳 9108 显著提高。稻米品质指标也以南粳 3908 最优。随着收获期的延迟, 3 个水稻品种稻米的整精米率、胶稠度、峰值黏度、热浆黏度、最终黏度、外观值、黏度、平衡度和食味值总体呈下降趋势, 硬度、垩白度、垩白粒率、峰值时间和糊化温度总体呈上升趋势。收获期延迟总体使稻米品质变劣, 但是收获期延迟 7 d 对南粳 3908 稻米品质无显著影响。因此, 生产上建议水稻应适期收获, 提前和延迟收获都会对稻米品质产生不利影响。

关键词: 适期收获; 优良食味粳稻; 产量; 稻米品质

中图分类号: S157.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-4440(2023)06-1303-09

Effects of harvest period on grain quality of *japonica* rice with good taste in different growth types

DU Min¹, GUO Zhi², GU Ke-jun³, CHEN Wen-chao⁴, ZHANG Yue-fang², LIU Hong-jiang²

(1.Planning and Design Institute, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China; 2.Institute of Agricultural Resources and Environment, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences/ Key Laboratory of Agro-Environment in Downstream of Yangtze Plain, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Nanjing 210014, China; 3.Institute of Food Crops, Jiangsu Academy of Agriculture Sciences, Nanjing 210014, China; 4.Nanjing Protection Station of Cultivated Land Quality, Nanjing 210036, China)

Abstract: In this study, three rice varieties, Nanjing 2728, Nanjing 9108 and Nanjing 3908 were selected as materials for field experiment. The effects of different harvest time on the quality of *japonica* rice with good taste were studied with six treatments, harvest at seven-day early, appropriate time, seven-day delay, 14-day delay, 21-day delay and 28-day delay. The results showed that yield of Nanjing 3908 was the highest, mainly because the panicles per square metre, grains per panicle and 1 000-grain weight were significantly higher than those of Nanjing 2728, and panicles per square metre was significantly higher than that of Nanjing 9108. Nanjing 3908 also had the best rice quality index. The head milled rice rate, gel consistency, peak viscosity, hot paste viscosity, final viscosity, appearance value, viscosity, balance degree and taste value of the three rice varieties

收稿日期: 2022-10-10

基金项目: 江苏省重点研发计划(现代农业)项目(BE2019377); 江苏省农业科技自主创新基金项目[CX(22)1002]; 水稻生物学国家重点实验室开放课题(20210404)

作者简介: 杜 敏(1994-), 女, 江苏宿迁人, 硕士, 研究实习员, 主要从事农业生态学、农村发展理论与政策研究。(E-mail) 1351567656@qq.com

通讯作者: 刘红江, (E-mail) Lihongjiang2004@sohu.com

showed an overall downward trend with the delay of harvest time. While the hardness, chalkiness, peak time, chalky grain rate and gelatinization temperature showed an overall upward trend with the delay of harvest time. The delayed harvest period generally made the rice quality worse. However, seven-day delay at the harvest period had no significant impact on the quality of Nanjing 3908. Therefore, it is recommended that rice should be harvested at appropriate time in

production, as both early and delayed harvesting have negative effects on rice quality.

Key words: suitable harvest period; *japonica* rice with good taste; yield; rice quality

多年来,无论从播种面积还是单产来看,水稻均是中国第一大粮食作物,其产量的稳步提高保证了国家粮食安全^[1]。新世纪以来,伴随社会经济的快速发展和人民生活水平的不断提高,优质绿色生态大米的市场需求日益旺盛^[2],特别是 2019 年“中央一号文件”提出推进农业生产由提高产量向提质增效转变,为优质稻米产业的发展提供了广阔的空间^[3]。广大水稻产业科研工作者和生产经营者顺应时代的发展,通过选用优良食味品种^[4-5],选择及构建优良产地环境条件^[6-7];在培育壮秧的基础上,开展优质绿色标准化生产^[8-9];稻季设定肥料施用量及肥料运筹比例^[10-11],增施有机肥^[12]和中、微量元素肥料^[13];对水稻病虫草害开展物理、生物和生态防控等综合防控措施^[14-15],在保证水稻产量的前提下,提高稻米的安全品质和食味品质。并通过加工、包装和销售优质大米,有力推进了水稻增产、农民增收、农业增效^[16]。但随着土地流转,水稻实行规模化种植以来,由于稻谷晒场以及烘干设备等配套设施的不完善,较大比例的水稻在成熟后不能及时收获,除对下茬作物的适期播种带来不利影响外^[17],其对稻米品质也可能产生不利影响。目前为止,关于收获时间对优良食味水稻稻米品质影响的研究报道较少。本研究于 2020 年在江苏省扬中市油坊镇江苏紫江生态农业有限公司试验田,通过设置不同收获时间,研究 3 个不同生育类型粳稻品种稻米品质的变化趋势,以期能确定水稻成熟后适宜的收获时间段,为水稻产业的提质增效提供理论支撑。

1 材料与方法

1.1 研究地点

试验地位于江苏省扬中市油坊镇江苏紫江稻麦

种植家庭农场(32°09'N,119°51'E),2020 年稻季平均气温 24.9℃,全年日照时数 2 000 h,无霜期 217 d,年降雨 110 d,总降雨量 1 060 mm,采用小麦-水稻轮作模式。土壤质地为黄砂土,理化性质如下:全氮含量 1.34 g/kg,总磷含量 0.48 g/kg,速效氮含量 45.37 mg/kg,速效磷含量 33.21 mg/kg,速效钾含量 115.92 mg/kg,有机质含量 20.83 g/kg,容重 1.25 g/cm³,pH 6.81。

1.2 试验设计

设置二因素裂区试验,主区为水稻品种,3 个供试品种分别为南粳 2728(中熟中粳)、南粳 9108(迟熟中粳)、南粳 3908(早熟晚粳)。副区为水稻收获时间,参考供试品种育成者公布的水稻生育期,并结合移栽日期以及水稻生育后期的田间实际调查结果,推断水稻的预期收获时间,设置了提前 7 d 收获、适期收获以及延迟 7 d、14 d、21 d、28 d 收获 6 个副因素。本试验合计 18 个组合,每个组合重复 3 次,每个组合 666.7 m²。于 2020 年 6 月 12 日采用机插秧,行距 0.30 m、穴距 0.12 m,3~4 株/穴。所有处理均采用常规施肥,化学氮肥(N)、磷肥(P₂O₅)、钾肥(K₂O)施肥量依次为 270.0 kg/hm²、67.5 kg/hm²、135.0 kg/hm²。氮肥:40%基肥、30%分蘖肥、30%穗肥;磷肥:100%基肥;钾肥:50%基肥、50%穗肥。基肥、分蘖肥和穗肥分别于 6 月 10 日、6 月 18 日及不同水稻品种的倒 4 叶抽出时施用。田间水浆管理及杂草和病虫害防治参照当地水稻高产栽培技术规范。不同水稻品种生育期情况如表 1 所示。

表 1 不同生育类型水稻品种生育期情况

Table 1 Growth period of rice varieties with different growth types in 2020

品种	播种期 (月-日)	移栽期 (月-日)	抽穗期 (月-日)	成熟期 (月-日)	生育期 (d)
南粳 2728	05-24	06-12	08-17	10-13	143
南粳 9108	05-24	06-12	08-22	10-18	148
南粳 3908	05-24	06-12	09-01	10-28	158

1.3 测定内容与方法

1.3.1 水稻产量 在水稻成熟期,选择田间长势均衡的 100 穴,计算平均穗数;选取穗数接近平均值的植株 5 穴,脱粒、水漂,统计饱粒、秕粒数和千粒质量,并计算出理论产量。

1.3.2 稻米品质 将收获的稻谷风干,置留 3 个月后砻谷、碾米,按照优质稻谷国家标准《GB/T 17891-2017》,测定整精米率、精米率和糙米率;使用大米外观品质检测仪(北京东孚久恒仪器技术有限公司产品,型号 JMW12)测定稻米的长、宽、垩白面积、垩白粒率、垩白度和米粉的胶稠度;用米粒食味计 SATAKE[佐竹机械(苏州)有限公司产品,型号 RLTA10C]测定稻米蛋白质及直链淀粉含量^[18]。

1.3.3 稻米淀粉黏滞特性 稻米淀粉黏滞特性用 RVA 黏度测定仪(瑞典波通 Perten 仪器公司产品)测定出峰值黏度(PV)、热浆黏度(TV)、最终黏度(FV)、糊化温度(PaT)和峰值时间(PeT)。崩解值=PV-TV;消减值=FV-PV;回复值=FV-TV^[19]。

1.3.4 米饭食味值 称 30.0 g 精米,以米:水=

1.00:1.25 的体积比添加去离子水,常温浸泡 0.5 h,以米饭食味计[佐竹机械(苏州)有限公司产品,型号 STA 1A]检测米饭的外观值、硬度、黏度及综合食味值等^[20]。

1.4 数据分析

用 Excel 2007 进行数据整理并作图,用 SPSS 19.0 进行数据间的多重比较和相关性分析。

2 结果与分析

2.1 2020 年水稻生长季日平均温度

2020 年水稻生长季日平均温度如图 1 所示,从 2020 年 5 月 1 日至 11 月 1 日,平均温度为 24.9℃;其中,8 月平均气温达到 30.1℃,8 月 15 日日均气温最高,为 33.6℃。8 月 17 日南粳 2728 抽穗,8 月 22 日南粳 9108 抽穗,9 月 1 日南粳 3908 抽穗(表 1)。8 月 17 日至 8 月 25 日,日均气温均超过 29℃,可能会对水稻的抽穗灌浆产生不利影响。而从 9 月 1 日直至水稻收获,仅在 9 月 8 日日均气温为 28.6℃,其余时间日均气温均未超过 28℃。

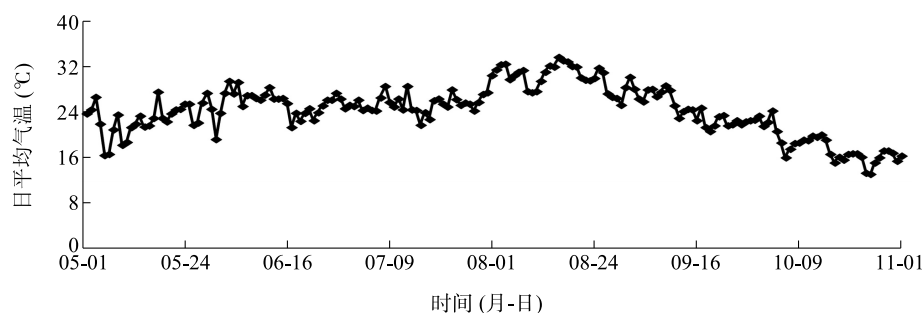


图 1 2020 年水稻生长季日平均温度

Fig.1 Daily average temperature of rice growing season in 2020

2.2 不同水稻品种产量及其构成因素

不同生育类型水稻品种产量及其构成因素如表 2 所示。从水稻产量看,南粳 3908 较南粳 9108 和南粳 2728 产量分别提高 11.46% 和 21.58%,且 3 个品种间的产量差异显著。从单位面积穗数看,南粳 3908 较南粳 9108 单位面积穗数显著提高 6.85%,较南粳 2728 显著提高 6.36%。从每穗粒数看,南粳 3908 较南粳 9108 每穗粒数提高 2.26%,较南粳 2728 显著提高 8.90%。从结实率看,南粳 3908 较南粳 9108 和南粳 2728 结实率分别提高 1.00% 和 1.79%,但 3 个品种间结实率无显著差异。从千粒质量看,南粳 3908 较南粳 9108 千粒质量提高

1.06%,较南粳 2728 显著提高 3.17%。结果说明,南粳 3908 相较于南粳 2728 产量显著提高,主要是因为南粳 3908 单位面积穗数、每穗粒数和千粒质量相较于南粳 2728 显著提高,结实率对其产量提高的贡献较小。南粳 3908 相较于南粳 9108 产量显著提高,主要是因为南粳 3908 相较于南粳 9108 单位面积穗数显著提高,每穗粒数、千粒质量和结实率对其产量提高的贡献较小。

2.3 收获期对优良食味粳稻米品质的影响

2.3.1 加工品质 不同收获期的稻米加工品质如表 3 所示。从糙米率看,不同收获期的南粳 2728 糙米率差异不显著,但是南粳 9108 收获期延迟 7 d,14

d、21 d 和 28 d 较适期收获糙米率显著降低,南粳 3908 收获期延迟 28 d 较提前 7 d、适期、延迟 7 d、14 d 糙米率显著降低。从精米率看,3 个水稻品种延迟收获精米率均呈逐渐降低的趋势。从整精米率看,3

个水稻品种延迟收获整精米率均呈逐渐降低的趋势。但是南粳 3908 延迟收获 7 d 对稻米的加工品质无显著影响。以上结果说明,延迟收获会使稻米加工品质变劣。

表 2 不同生育类型水稻品种产量及其构成因素

Table 2 Yield and component factors of rice varieties with different growth types

品种	单位面积穗数 (m^2)	每穗粒数 (个)	结实率 (%)	千粒质量 (g)	产量 (g/m^2)
南粳 2728	366.7b	112.3b	89.6a	24.96b	921.1c
南粳 9108	365.0b	119.6ab	90.3a	25.48a	1004.8b
南粳 3908	390.0a	122.3a	91.2a	25.75a	1119.9a

同一列数字后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。

表 3 不同收获期对稻米加工品质的影响

Table 3 Effects of different harvest periods on rice processing quality

品种	收获期	糙米率 (%)	精米率 (%)	整精米率 (%)
南粳 2728	提前 7 d	83.24a	72.34b	68.24b
	适期	83.84a	74.20a	72.54a
	延迟 7 d	83.44a	73.54a	70.14b
	延迟 14 d	83.48a	71.48b	68.48b
	延迟 21 d	83.84a	71.51b	63.06c
	延迟 28 d	83.72a	71.34b	61.73d
南粳 9108	提前 7 d	85.20ab	74.95a	71.11a
	适期	85.67a	74.00a	70.91a
	延迟 7 d	84.16b	72.74a	65.78b
	延迟 14 d	84.53b	68.84b	59.77c
	延迟 21 d	84.18b	69.48b	56.38d
	延迟 28 d	83.67c	67.42b	52.45e
南粳 3908	提前 7 d	83.82a	72.16c	70.73b
	适期	84.22a	75.73a	73.53a
	延迟 7 d	84.20a	74.75a	72.61a
	延迟 14 d	84.09a	74.75a	69.38c
	延迟 21 d	81.68ab	73.23b	68.35c
	延迟 28 d	79.83b	71.05d	66.27d

同一品种同一列数字后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。

2.3.2 外观品质 不同收获期水稻稻米外观品质如表 4 所示。收获期延迟或提前对南粳 2728 和南粳 9108 的整精米长、整精米宽及整精米长宽比均无明显影响。仅收获期提前 7 d 使南粳 3908 的整

精米长、整精米宽显著降低,但显著提高了其整精米长宽比。3 个水稻品种皆在适期收获时稻米的垩白粒率和垩白度最低,其中南粳 3908 的垩白粒率和垩白度最低,随着收获期的延迟稻米的垩白粒率和垩白度均有增加的趋势。这可能与品种的生态适应性有关,南粳 3908 为早熟晚粳,适应在本地种植,而南粳 2728 和南粳 9108 适宜种植在江苏的长江以北地区。以上结果说明,收获期延迟对 3 个水稻品种稻米的粒型影响不大;但延迟收获使稻米的垩白粒率和垩白度提高,致使稻米的外观品质趋劣。3 个品种中,以南粳 3908 的外观品质最好,且南粳 3908 收获期延迟 7 d 和 14 d 外观品质下降不显著。

2.3.3 蒸煮食味品质与营养品质 不同收获期稻米蒸煮食味品质与营养品质如表 5 所示。适期收获时蛋白质含量以南粳 2728 最高,南粳 3908 最低,收获期提前或延迟对 3 个水稻品种稻米的蛋白质含量没有显著影响。3 个品种稻米的胶稠度均在适期收获时最长,其中南粳 3908 最长,随着收获期的延迟稻米的胶稠度均有逐渐变短的趋势。收获期延迟对 3 个水稻品种稻米的直链淀粉含量无显著影响,收获期提前对南粳 2728 和南粳 9108 稻米的直链淀粉含量无显著影响,但南粳 3908 收获期提前 7 d 较适期、延迟 7 d、14 d、21 d 和 28 d 稻米的直链淀粉含量显著降低。以上结果说明,虽然收获期延迟对 3 个水稻品种稻米直链淀粉和蛋白质含量均无明显影响,但稻米的胶稠度缩短,使稻米的蒸煮食味品质变劣。但是收获期延迟 7 d 对 3 个水稻品种稻米的胶稠度均无显著影响。

表 4 不同收获期对稻米外观品质的影响

Table 4 Effects of different harvest time on appearance grain quality of rice

品种	收获期	整精米长 (mm)	整精米宽 (mm)	整精米长宽比	垩白粒率 (%)	垩白度 (%)
南粳 2728	提前 7 d	4.56a	2.51a	1.82a	31.09d	16.56b
	适期	4.57a	2.52a	1.81a	23.41e	9.60d
	延迟 7 d	4.52a	2.52a	1.79a	28.54d	13.60c
	延迟 14 d	4.52a	2.50a	1.81a	34.76c	18.61b
	延迟 21 d	4.50a	2.52a	1.79a	40.13b	22.51a
	延迟 28 d	4.47a	2.50a	1.79a	51.72a	25.07a
南粳 9108	提前 7 d	4.47a	2.66a	1.69a	21.79b	8.97b
	适期	4.37a	2.59a	1.69a	15.84c	6.99c
	延迟 7 d	4.43a	2.64a	1.68a	24.23b	10.62b
	延迟 14 d	4.47a	2.65a	1.69a	31.25a	15.26a
	延迟 21 d	4.45a	2.67a	1.68a	31.30a	15.57a
	延迟 28 d	4.46a	2.65a	1.68a	34.98a	16.95a
南粳 3908	提前 7 d	4.50b	2.50b	1.80a	18.40a	5.43a
	适期	4.69a	2.75a	1.71b	8.61c	2.64c
	延迟 7 d	4.66a	2.75a	1.70b	11.21bc	2.97c
	延迟 14 d	4.67a	2.76a	1.70b	12.98bc	3.30c
	延迟 21 d	4.67a	2.75a	1.70b	14.33ab	3.87bc
	延迟 28 d	4.66a	2.76a	1.69b	15.22ab	4.03bc

同一品种同一列数字后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。

表 5 不同收获期对稻米蒸煮食味品质与营养品质的影响

Table 5 Effects of different harvest time on cooking and eating quality and nutritional quality of rice

品种	收获期	蛋白质含量 (%)	胶稠度 (mm)	直链淀粉 含量 (%)
南粳 2728	提前 7 d	8.68a	74.44c	9.83a
	适期	8.70a	78.37a	10.31a
	延迟 7 d	8.85a	77.26ab	10.25a
	延迟 14d	8.78a	76.62b	10.12a
	延迟 21 d	8.67a	74.40c	10.20a
	延迟 28 d	8.54a	72.72d	10.21a
南粳 9108	提前 7 d	8.27a	75.53c	10.09a
	适期	8.27a	80.95a	10.32a
	延迟 7 d	8.12a	79.40ab	10.55a
	延迟 14 d	8.18a	78.31b	10.41a
	延迟 21 d	8.17a	75.28c	10.46a
	延迟 28 d	8.21a	74.37c	10.67a
南粳 3908	提前 7 d	8.15a	77.07d	8.72b
	适期	8.08a	84.16a	10.02a
	延迟 7 d	8.05a	82.85ab	10.16a
	延迟 14 d	7.88a	81.40b	10.28a
	延迟 21 d	7.85a	78.93c	10.24a
	延迟 28 d	8.03a	75.43d	10.29a

同一品种同一列数字后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。

2.3.4 RVA 谱特征值 不同收获期的稻米 RVA 谱特征值如表 6 所示。3 个水稻品种稻米的峰值黏度和热浆黏度均在适期收获时最高,随着收获期的推迟,稻米的峰值黏度和热浆黏度呈下降的趋势。3 个水稻品种稻米的最终黏度均是在适期收获时最高,随着收获期的延迟,稻米的最终黏度均呈现下降的趋势。延迟收获对 3 个水稻品种稻米的崩解值、消减值和回复值影响较小。稻米的峰值时间是米粉样品到达峰值黏度的时间长度,耗时越短,表明稻米淀粉粒的膨胀性越好。3 个水稻品种稻米的峰值时间均是在适期收获时最短,并且随着收获期的延迟呈延长的趋势。稻米的糊化温度指稻米样品的成糊温度,糊化温度越低,说明稻米在蒸煮过程中加热吸水膨胀性越好。3 个水稻品种稻米的糊化温度均是在适期收获时最低,随着收获期的推迟,稻米的糊化温度表现为逐渐升高的趋势。综上,延迟收获期使 3 个水稻品种的峰值黏度、热浆黏度和最终黏度降低;使稻米的峰值时间延长、糊化温度升高;对稻米的崩解值、消减值及回复值总体影响不明显。总体而言,延迟收获使稻米品质变劣。但相较于适期收获,

收获期延迟 7 d 对南粳 3908 的 RVA 谱特征值无显著影响。

表 6 不同收获期对稻米 RVA 谱特征值的影响

Table 6 Effects of different harvest time on RVA spectrum characteristic values of rice

品种	收获期	峰值黏度	热浆黏度	最终黏度	崩解值	消减值	回复值	峰值时间 (min)	糊化温度 (℃)
南粳 2728	提前 7 d	2 717.5b	1 457.3a	1 827.2a	1 260.2b	-890.4a	369.8a	5.51abc	85.35a
	适期	2 869.5a	1 505.5a	1 835.8a	1 364.0a	-1033.7b	330.3a	5.20c	82.80b
	延迟 7 d	2 735.1b	1 392.7b	1 815.0a	1 342.4a	-920.1ab	422.3a	5.34bc	83.80b
	延迟 14 d	2 698.3bc	1 382.7b	1 805.7a	1 315.7ab	-892.7a	423.0a	5.41abc	84.85a
	延迟 21 d	2 689.8bc	1 376.5bc	1 788.7a	1 313.3ab	-901.1ab	412.2a	5.58ab	85.43a
	延迟 28 d	2 631.5c	1 327.7c	1 730.5a	1 303.8ab	-901.0ab	402.8a	5.77a	85.32a
南粳 9108	提前 7 d	2 771.8c	1 541.3ab	1 827.3ab	1 230.5b	-944.5a	286.0a	5.93a	76.25a
	适期	2 914.7a	1 579.0a	1 854.3a	1 335.7a	-1 060.3b	275.3a	5.61b	74.98a
	延迟 7 d	2 856.8b	1 543.5ab	1 821.3ab	1 313.3a	-1 035.5b	277.8a	5.97a	75.56a
	延迟 14 d	2 826.8bc	1 523.3ab	1 794.3b	1 303.5a	-1 032.5b	271.0a	6.07a	75.19a
	延迟 21 d	2 799.0bc	1 495.8b	1 747.3c	1 303.2a	-1 051.7b	251.5a	5.99a	76.25a
	延迟 28 d	2 775.6c	1 477.7b	1 732.7c	1 297.9a	-1 042.9b	255.0a	6.03a	76.03a
南粳 3908	提前 7 d	2 876.8bc	1 589.2a	1 843.8bc	1 287.7a	-1 033.0a	254.7b	6.21a	77.46a
	适期	2 928.2a	1 595.5a	1 886.2a	1 332.7a	-1 042.0a	290.7ab	5.75b	73.69c
	延迟 7 d	2 916.2ab	1 573.3ab	1 872.2ab	1 342.8a	-1 044.0a	298.8a	6.04ab	74.03bc
	延迟 14 d	2 859.2c	1 553.5bc	1 844.0bc	1 305.7a	-1 015.2a	290.5ab	6.27a	73.34c
	延迟 21 d	2 842.8c	1 540.9c	1 809.5c	1 301.8a	-1 033.3a	268.6ab	6.33a	75.08b
	延迟 28 d	2 788.1d	1 497.1d	1 767.7d	1 291.1a	-1 020.5a	270.6ab	6.41a	74.44bc

同一品种同一列数字后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。

2.3.5 稻米综合食味值 不同收获期稻米综合食味值如表 7 所示。3 个水稻品种稻米的外观值、黏度和平衡度均在适期收获时最高,随着收获期的延迟,稻米的外观值、黏度和平衡度呈降低的趋势。南粳 2728 和南粳 9108 稻米的硬度均在适期收获时最低,南粳 3908 稻米的硬度在收获期延迟 7 d 时最低,随着收获期的延迟,3 个水稻品种的稻米硬度呈增加的趋势。3 个水稻品种稻米的食味值均在适期收获时最高,随着收获期的延迟,稻米食味值呈下降的趋势。结果说明,延迟收获期增加了稻米的硬度,降低了稻米的外观值、黏度、平衡度和食味值,使稻米综合食味品质变低。但延迟 7 d 收获,对南粳 9108 和南粳 3908 稻米综合食味值无显著影响。

3 讨论

不同水稻品种的稻米品质主要受自身遗传特性影响,同时还受播栽方式和肥料运筹等栽培措施,以及温度、光照、水分等环境条件的影响^[21-27]。本研究中 3 个水稻品种同属南粳系列,具有较为相似的遗传背景,食味品质优良。已有研究结果表明,与常规粳稻比较,南粳系列稻米具有蛋白质含量低、胶稠度长、直链淀粉含量低、糊化温度低、综合食味值较高等特点^[19]。郎有忠等^[28]研究结果表明,适当延长水稻的生育期,稻米的整精米率、垩白率、蛋白质含量、直链淀粉含量等指标更优,米质更好。本研究结果表明,南粳 2728 和南粳 9108 由于生育期偏短,抽穗扬花期在 8 月中旬

前后,试验地点该时间段温度较高,水稻的授粉和前期的灌浆结实都受到影响。高温除了影响水稻的产量,还会影响稻米品质^[29]。段骅等^[30]的研究结果也表明,受高温胁迫时,稻米的整精米率低,

胶稠度短,垩白度、蛋白质含量、糊化温度和回复值高,米质变劣。实际生产中,当水稻抽穗期遇到高温胁迫,可以通过增加灌水量以及适当增施氮肥等措施来缓解高温带来的负面影响^[31]。

表 7 不同收获期对稻米食味品质的影响

Table 7 Effects of different harvest time on eating quality of rice

品种	收获期	外观值	硬度	黏度	平衡度	食味值
南粳 2728	提前 7 d	6.97c	6.37c	6.38bc	6.57b	70.01cd
	适期	8.40a	5.59e	8.03a	8.23a	76.13a
	延迟 7 d	7.31b	6.14d	6.63b	6.73b	73.44b
	延迟 14 d	6.22d	6.89a	5.98cd	5.79c	70.89c
	延迟 21 d	6.32d	6.64b	5.69de	5.92c	68.38de
	延迟 28 d	6.23d	6.81ab	5.36e	5.73c	67.61e
南粳 9108	提前 7 d	8.01a	6.28ab	8.03a	7.92b	77.70b
	适期	8.28a	5.67c	8.47a	8.37a	80.83a
	延迟 7 d	8.23a	5.71c	8.27a	8.13ab	80.93a
	延迟 14 d	8.14a	5.80c	8.23a	8.28a	80.20a
	延迟 21 d	8.13a	6.09b	8.22a	8.16ab	78.86ab
	延迟 28 d	8.19a	6.37a	8.06a	7.87b	77.07b
南粳 3908	提前 7 d	7.58b	6.51a	7.51c	7.46c	76.87c
	适期	8.39a	5.81d	8.43a	8.31a	82.72a
	延迟 7 d	8.33a	5.77d	8.51a	8.27ab	81.60ab
	延迟 14 d	8.18a	6.03cd	8.38a	8.11ab	79.80b
	延迟 21 d	8.00ab	6.14bc	7.85b	7.75bc	79.47b
	延迟 28 d	8.03ab	6.36ab	7.48c	7.58c	76.79c

同一品种同一列数字后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。

关于收获期对水稻生长发育和稻米品质的影响,已有前人研究表明,晚收增加水稻倒伏的风险,降低千粒质量,影响水稻产量^[32];晚收会增加水稻机械收获作业时的损失率^[33],最终影响水稻产量及经济效益^[34]。关于收获期对稻米品质影响的研究结果表明,提前收获影响了水稻的成熟度,并通过影响稻米的蛋白质组成和淀粉结构而影响稻米品质,使综合食味值降低^[35],与本研究结果基本一致。关于延迟收获对粳稻品种稻米品质影响的研究结果表明,随着收获期持续后延,稻米的加工和外观品质变劣,胶稠度也呈显著变短的趋势,稻米品质变差^[36];该研究还发现,通过对大量水稻品种进行筛选,在发现不影响水稻产量和米质,耐迟收水稻品种的同时,水稻生育后期结合延时淹水灌溉,能够有效降低稻米中的镉含量,提

升稻米安全性^[36]。本研究结果表明,3 个水稻品种延迟收获,稻米品质均有变劣的趋势;特别是南粳 2728 和南粳 9108 延迟收获时,多数品质指标下降显著;但南粳 3908 延迟 7 d 收获,米质下降不显著。在东北地区盐碱地条件下的研究结果表明,稻米在适期收获条件下适口性好、食味值高,与本研究结果基本一致;但适当延迟收获可改善稻米的外观品质,降低其垩白度和垩白粒率^[37],这可能与水稻灌浆结实期东北地区温度相对较低有关。前人研究结果表明,水稻抽穗灌浆期的最适日均气温在 22~28 ℃,较低或较高的温度会导致水稻灌浆速度过慢或过快,使得籽粒不饱满或垩白增加,最终影响粒质量和稻米品质^[38]。本研究中南粳 2728 和南粳 9108 由于抽穗较早,抽穗灌浆期温度较高,稻米品质受到影响,水稻植株容易

出现早衰^[39-40],推迟收获会进一步影响其稻米品质。而南粳 3908 由于抽穗较晚,在抽穗灌浆期有效避开了高温的不利影响,提高了稻米品质。

4 结 论

3 个优良食味水稻品种间比较,产量以南粳 3908 为最高,主要原因是其单位面积穗数和每穗粒数相对较高。3 个品种中总体也以南粳 3908 稻米品质最优;从收获期看,收获期提前或延迟均会对稻米品质带来不利影响,但收获期延迟 7 d 对南粳 3908 稻米品质无显著影响。因此,生产上为了保证稻米品质,建议水稻要尽量采取适期收获。由于南粳 9108 和南粳 2728 属于中粳水稻品种,本研究地处江苏省长江以南地区,并不是其最适种植区,影响了其高产和优质潜力的发挥。为此,下一步应选择在南粳 9108 和南粳 2728 适宜种植区,研究不同收获期对其产量和品质的影响,为实际生产提供更具针对性的决策建议。

参考文献:

- [1] 罗锡文,廖娟,胡炼,等.提高农业机械化水平促进农业可持续发展[J].农业工程学报,2016,32(1): 1-11.
- [2] 张庆,郭保卫,胡雅杰,等.不同氮肥水平下优质高产软米粳稻的产量与品质差异[J].中国水稻科学,2021,35(6): 606-616.
- [3] 熊若愚,解嘉鑫,谭雪明,等.不同灌溉方式对南方优质食味晚粳稻产量及品质的影响[J].中国农业科学,2021,54(7): 1512-1524.
- [4] 陈梦云,李晓峰,程金秋,等.秸秆全量还田与氮肥运筹对机插优质食味水稻产量及品质的影响[J].作物学报,2017,43(12): 1802-1816.
- [5] 马中涛,马会珍,崔文培,等.成熟度对优良食味水稻南粳 9108 产量、品质的影响[J].江苏农业学报,2020,36(6): 1353-1360.
- [6] ARCAND M M, LYNCH D H, VORONEY R P, et al. Residues from a buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) green manure crop grown with phosphate rock influence bioavailability of soil phosphorus[J]. Canadian Journal of Soil Science, 2010, 90: 257-266.
- [7] YE X, LIU H, LI Z, et al. Effects of green manure continuous application on soil microbial biomass and enzyme activity [J]. Journal of Plant Nutrition, 2014, 37: 498-508.
- [8] 张洪程,龚金龙.中国水稻种植机械化高产农艺研究现状及发展探讨[J].中国农业科学,2014,47(7): 1273-1289.
- [9] 胡雅杰,邢志鹏,龚金龙,等.钵苗机插水稻群体动态特征及高产形成机制的探讨[J].中国农业科学,2014,47(5): 865-879.
- [10] ZHU D W, ZHANG H C, GUO B W, et al. Effects of nitrogen level on yield and quality of japonica soft super rice[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2017, 16(5): 1018-1027.
- [11] ZHOU W, LYU T F, ZHANG P P. Regular nitrogen application increases nitrogen utilization efficiency and grain yield in indica hybrid rice[J]. Agronomy Journal, 2016, 108: 1951-1961.
- [12] XIE Z J, TU S X, SHAH F, et al. Substitution of fertilizer-N by green manure improves the sustainability of yield in double-rice cropping system in south China[J]. Field Crops Research, 2016, 188: 142-149.
- [13] ZHANG M, TANG S, HUANG X, et al. Selenium uptake, dynamic changes in selenium content and its influence on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in rice (*Oryza sativa* L.) [J]. Environmental and Experimental Botany, 2014, 107: 39-45.
- [14] 刘某承,白艳莹,曹智,等.稻田病虫害生态防控模式及其在西南地区的应用[J].中国生态农业学报,2012,20(6): 734-738.
- [15] 戈林泉,胡中卫,吴进才.大豆、玉米与水稻配置对稻田寄生蜂的影响[J].应用昆虫学报,2013,50(4): 921-927.
- [16] 王曦,张磊,陆建飞.我国稻米产业融合发展的研究进展[J].中国稻米,2021,27(3): 1-5.
- [17] 湛洁,吕腾飞,王志强,等.青菜/油菜茬口下水稻栽植方式对温光资源利用和产量的影响[J].应用生态学报,2022,33(2): 405-414.
- [18] 陶钰,姚宇,王坤庭,等.穗肥氮素用量与结实期遮光复合作用对常规粳稻品质的影响[J].作物学报,2022,48(7): 1730-1745.
- [19] 赵春芳,岳红亮,黄双杰,等.南粳系列水稻品种的食味品质与稻米理化特性[J].中国农业科学,2019,52(5): 909-920.
- [20] 马兆惠,张维本,程海涛,等.通过养分管理调控水稻胚乳成分提高稻米食味品质[J].植物营养与肥料学报,2022,28(1): 45-57.
- [21] 魏杰,吴传万,尹航,等.外源硒、钙对优质食味粳稻产量、品质及稻米硒、钙含量的影响[J].江苏农业学报,2022,38(5): 1162-1170.
- [22] 刘欣宇,曹盼,林永锋,等.餐厨堆肥对水稻产量、稻米品质及水土环境的影响[J].江苏农业科学,2022,50(20): 253-257.
- [23] 宋维民,王丽艳,郭永霞,等.秸秆还田条件下固氮蓝藻复合菌剂与促生细菌 SM13 对水稻产量及稻米品质的影响[J].南方农业学报,2021,52(3): 762-768.
- [24] 陈莹莹,胡星星,陈京都,等.氮肥水平对江苏早熟晚粳稻食味品质的影响及其品种间差异[J].作物学报,2012,38(11): 2086-2092.
- [25] 姚宇,邢志鹏,陶钰,等.粒叶比对优质粳稻稻米品质的影响[J].江苏农业学报,2022,38(4): 865-874.
- [26] 蒋明金,徐文波,王荣基,等.减氮对机插杂交粳稻产量和稻米品质的影响[J].南方农业学报,2022,53(1): 104-114.
- [27] 谢裕林,于雅洁,董明辉,等.茎鞘非结构性碳水化合物积累运转与稻米品质对播期和行距配置的响应[J].江苏农业科学,2022,50(8): 93-100.

- [28] 郎有忠, 窦永秀, 王美娥, 等. 水稻生育期对籽粒产量及品质的影响[J]. 作物学报, 2012, 38(3): 528-534.
- [29] 谭 江, 黎用朝, 潘孝武, 等. 高温天气对水稻开花结实和品质的影响[J]. 应用与环境生物学报, 2013, 19(6): 935-940.
- [30] 段 骅, 傅 亮, 剧成欣, 等. 氮素穗肥对高温胁迫下水稻结实和稻米品质的影响[J]. 中国水稻科学, 2013, 27(6): 591-602.
- [31] ZAKARIA S, MATSUDA T, TAJIMA S, et al. Effect of high temperature at ripening stage on the reserve accumulation in seed in some rice cultivars[J]. Plant Production Science, 2002, 5(2): 160-168..
- [32] 王 丹, 吕小红, 付立东, 等. 不同收获期对水稻茎秆抗倒伏性状的影响[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(9): 61-63.
- [33] 王桂民, 易中懿, 陈 聪, 等. 收获时期对稻麦轮作水稻机收损失构成的影响[J]. 农业工程学报, 2016, 32(2): 36-42.
- [34] 景德道, 周为华, 钱华飞, 等. 晚收迟播对稻麦周年产量及经济效益的影响[J]. 麦类作物学报, 2014, 34(11): 1566-1571.
- [35] 马中涛, 马会珍, 崔文培, 等. 成熟度对优良食味水稻南粳 9108 产量、品质的影响[J]. 江苏农业学报, 2020, 36(6): 1353-1360.
- [36] 曾晓珊, 汤国华, 谢红军, 等. 耐迟收水稻品种的筛选及其在淹水降镉中的应用[J]. 中国农业学报, 2021, 54(17): 3651-3572.
- [37] 李 旭, 毛 艇, 张 睿, 等. 辽宁滨海稻区分期收获对水稻产量及品质的影响[J]. 湖北农业科学, 2014, 53(8): 1750-1752, 1768.
- [38] 滕中华, 智 丽, 吕 俊, 等. 灌浆期高温对水稻光合特性、内源激素和稻米品质的影响[J]. 生态学报, 2010, 30(23): 6504-6511.
- [39] JAGADISH S V K, MUTHURAJAN R, OANE R, et al. Physiological and proteomic approaches to address heat tolerance during anthesis in rice (*Oryza sativa* L.) [J]. Journal of Experimental Botany, 2010, 61(1): 143-156.
- [40] 闫浩亮, 王 松, 王雪艳, 等. 不同水稻品种在高温逼熟下的表现及其与气象因子的关系[J]. 中国水稻科学, 2021, 35(6): 617-628.

(责任编辑: 成纾寒)