

江淮地区水稻耐热性鉴定技术研究

张德文, 汪婉琳, 张伟 (安徽省农业科学院水稻研究所, 安徽合肥 230031)

摘要 以 51 个水稻品种为试验材料, 采用田间自然高温、温室高温胁迫 2 种试验方法对 2018 和 2019 年安徽省中籼生产试验的耐热性进行了鉴定。结果显示, 两年均以智能玻璃温室胁迫处理鉴定的结果为最后的耐热性鉴定结果, 2018 年的 30 个供试材料中, 仅有 1 份材料的抗性级别达 1 级, 耐热性强, 占参试品种的 3.33%; 有 3 份材料的抗性级别达到 3 级, 耐热性较强, 占参试品种的 10.00%; 有 24 份材料的抗性级别为 5 级, 耐热性一般, 占参试品种的 80.00%; 仅有 2 份材料的抗性级别为 7 级, 耐热性较弱, 占参试品种的 6.67%。2019 年的 18 个供试材料中, 也是仅有 1 份材料的抗性级别达 1 级, 耐热性强; 3 个品种综合抗性级别达到 3 级, 耐热性较强; 10 个品种综合抗性级别为 5 级, 耐热性一般; 3 个品种综合抗性级别为 7 级, 耐热性较弱; 仅 1 个材料综合抗性级别为 9 级, 耐热性弱。

关键词 水稻; 耐热性; 鉴定技术; 温室高温胁迫; 田间自然高温

中图分类号 S511

文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)12-0020-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.12.006

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Study on Identification Technology of Rice Heat Tolerance in Jianghuai Region

ZHANG De-wen, WANG Wan-lin, ZHANG Wei (Rice Research Institute, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei, Anhui 230031)

Abstract With 51 rice varieties as the test materials, Indica production trial in 2018 and 2019 was carried out to determine the heat resistance under natural high temperature in the field and greenhouse high temperature stress. Results showed that in two years of 2018 and 2019, the results of stress treatment and identification in intelligent glass greenhouse were the final results of heat resistance identification. In 2018, only one of the 30 tested materials had a resistance level of 1, with strong heat resistance, accounting for 3.33% of the tested varieties; 3 materials had a resistance level of 3, with strong heat resistance, accounting for 10.00% of the tested varieties; and 24 materials had a resistance level of 5, accounting for 80.00% of the tested varieties; the resistance level of only 2 materials was 7, and the heat resistance was weak, accounting for 6.67% of the tested varieties. Among the 18 materials tested in 2019, only 1 of them had a resistance level of 1 with strong heat resistance; 3 varieties had a comprehensive resistance level of 3 with strong heat resistance; 10 varieties had a comprehensive resistance level of 5 with general heat resistance; 3 varieties had a comprehensive resistance level of 7 with weak heat resistance; only 1 material had a comprehensive resistance level of 9 with weak heat resistance.

Key words Rice; Heat tolerance; Identification technology; Greenhouse high temperature stress; Natural high temperature in the field

水稻是我国主要的粮食作物之一, 我国水稻种植面积 3 000 万 hm^2 左右, 年产稻谷 2 亿 t 以上, 粮食产量相对稳定^[1]。近年来, 工业化程度加剧及人类活动的增加导致全球气温逐渐上升, 高温热害天气频繁发生^[2]。我国长江流域每年都会出现持续性的高温天气, 这给杂交水稻的生产造成了严重危害^[3]。2006 年江淮地区和江苏南京地区再次受到了高温热害, 水稻受灾面积达 6.67 万 hm^2 ^[4]。2013 年 7 月 23 日—8 月 18 日, 安徽省江淮地区出现连续 27 d 以上日最高气温在 35 $^{\circ}\text{C}$ 以上的高温天气^[5]。2017 年 7 月 14—29 日、8 月 3—7 日出现了 2 轮连续的高温天气, 日均温在 32.01~34.93 $^{\circ}\text{C}$, 日最高温在 36.60~40.90 $^{\circ}\text{C}$; 此时正值水稻的孕穗期和抽穗扬花期, 安徽省水稻受灾面积达 20.00 万~26.67 万 hm^2 。安徽省农业科学院水稻研究所通过 10 年来的研究, 在水稻耐热性鉴定技术及耐热性技术研究方面取得了阶段性的成果。鉴于此, 笔者以 51 个水稻品种为试验材料, 采用田间自然高温、温室高温胁迫 2 种试验方法对 2018 和 2019 年水稻抽穗扬花期的耐热性进行鉴定^[6]。

基金项目 安徽省重点研究和开发计划面上项目“优质香软米水稻种质创制及新品种选育”(201904a06020019); 安徽省重点研究和开发计划国际科技合作项目“适宜孟加拉品质抗性需求的杂交水稻新品种选育及推广”(201904b11020029)。

作者简介 张德文(1972—), 男, 安徽合肥人, 副研究员, 硕士, 从事水稻特性鉴定技术和杂交水稻机械化制种技术研究。

收稿日期 2020-03-25

1 材料与方法

1.1 试验材料 试验共采用 51 个水稻品种, 其中丰两优 4 号、徽两优 6 号、盐恢 559 为对照, 2018 年选用 32 个水稻品种, 2019 年选用 20 个水稻品种。

1.2 试验方法 2018—2019 年, 在安徽省种子管理总站的支持下, 采用田间自然高温、温室高温胁迫 2 种试验方法对供试品种抽穗扬花期的耐热性进行鉴定。

1.2.1 利用田间自然高温进行鉴定。 利用江淮地区 7 月中旬—8 月中旬的自然高温条件, 采用分期播种方法进行田间自然鉴定。试验材料湿润育秧, 大田人工栽插, 每个品种分 3 期; 播种时间安排在 4 月 15 日—5 月 5 日, 每期间隔 10 d, 5 叶期左右移栽, 栽插规格为 16.7 cm $\times$ 26.7 cm, 每个品种栽 3 $\times$ 10 株, 单本栽插, 肥水管理和病虫害防治按照常规大田生产进行。大田温度、湿度利用 DSR-TH 数字化温湿度记录仪(购自 ZOGLAB Microsystem Co., Ltd.), 每 5 min 进行 1 次实时记录。水稻抽穗时, 按见穗期对分蘖分别挂牌; 成熟时按见穗期不同将挂牌分蘖进行分类, 分别考察结实率^[7]。

1.2.2 利用智能温室高温胁迫进行鉴定。

1.2.2.1 样本种植。 在智能温室内进行高温胁迫处理, 于 5 月 5 日播种, 5 叶期左右移栽, 每个品种栽 4 盆(选用直径 30 cm、高 20 cm 的塑料盆, 每盆装 1 kg 基质+3 kg 自然风干土), 秧龄 25 d 左右, 每盆栽 4 株。

1.2.2.2 高温胁迫处理。 选取当天开始抽穗一致的单穗, 挂牌标记; 每日 09:30 前将处于同一时期的 2 盆样本移入智

能温室,连续在温室内进行 5 d 高温胁迫处理,每天处理 5 h,满足水稻品种耐热性鉴定所需的高温条件。处理后第 6 天 09:30 前,将所有处理后的样本移出温室,在自然条件下生长至成熟。另外 2 盆在自然条件下生长,作为对照处理。高温处理结束后,所有植株在自然条件下生长至成熟。

1.2.2.3 温度与时间。41.0℃≥ $T_{\max}$ ≥39.0℃且 $T_{\min}$ ≥29.0℃,或 T_{ave} ≥33.0℃,各时间段的温度设置如下:07:01—09:30 为 32.5℃,09:31—14:30 为 40.0℃,14:31—17:00 为 36.5℃,17:01—21:00 为 32.0℃,21:01—7:00 为 29.0℃,其中滞回温度为 1.0℃。

1.2.2.4 湿度。相对湿度控制在 60%~70%。

1.2.3 性状考察及耐热性评价。

1.2.3.1 田间自然高温条件下供试材料性状考察及耐热性评价。对于利用田间自然高温进行鉴定的材料,根据 DSR-TH 数字化温湿度记录仪实时记录的大田温度数据确定高温胁迫、常温条件下的结实率。以见穗期日均温在 32℃以上、最高温在 35℃以上且持续时间在 5 d 以上为受到高温胁迫的标准,并以这部分分蘖的平均结实率作为高温胁迫条件下的结实率;以其他非高温时间段的最高结实率为常温条件下的结实率。大田条件下耐热性的评价采用相对耐热系数 HT(供试材料与耐高温对照品种在高温条件下的结实率比值)指标进行衡量;其中耐高温对照品种应选用生产上的主推品种,其适温结实率≥85%、田间高温结实率≥70%、温室高温结实率≥50%,江淮地区耐高温试验材料以丰两优 4 号为对照品种。

1.2.3.2 温室高温胁迫条件下供试材料性状考察及耐热性评价。智能温室高温处理后的材料在抽穗 20 d 后,从每个品种高温处理和自然生长的样本中各取 20 个单穗,调查其结实率。温室条件下耐热性评价也采用相对耐热系数 HT(供试材料与耐高温对照品种在高温条件下的结实率比值)。

1.2.3.3 供试材料耐热性综合评价。

(1)相对耐热系数(HT)。计算公式如下:

$$HT = \frac{HT_x}{HT_{CK}}$$

式中, HT_x 为鉴定品种高温结实率,单位%; HT_{CK} 为耐热对照品种高温结实率,单位%。

(2)分级标准。对供试材料的开花期耐热性综合评价以 2 种条件(大田条件和盆栽条件)下相对耐热系数的最低值(即综合相对耐热系数)为评价指标;并按表 1 的分级标准对供试品种的开花期耐热抗性进行分级(1、3、5、7、9)。

2 结果与分析

2.1 2018 年安徽中粳品种耐热性鉴定试验结果 2018 年由于在江淮地区没有持续 5 d 以上、平均温度 33℃(最高温度 39℃)以上的高温天气出现,所以根据水稻耐热性鉴定流程和鉴定标准,当年只能以智能玻璃温室胁迫处理鉴定的结果为最后的耐热性鉴定结果。

2018 年试验中所用的高温敏感型对照徽两优 6 号在智能玻璃温室条件下常温结实率为 89.60%,高温结实率仅为

31.23%;与耐高温对照丰两优 4 号相比,其耐热性鉴定级别为 7 级(表 2),说明徽两优 6 号耐高温性较弱,这与该品种在实践生产中的耐热性表现相一致。

表 1 水稻品种抽穗扬花期耐高温性的分级评价标准

Table 1 The standard of grading method for heat tolerance of rice varieties at heading and flowering stages

耐热性级别 Grade of heat tolerance	相对耐热系数(HT) Relative coefficient of heat tolerance	耐热性 Heat tolerance
1	$HT \geq 1.10$	强(HR)
3	$0.90 \leq HT < 1.10$	较强(R)
5	$0.70 \leq HT < 0.90$	一般(MR)
7	$0.50 \leq HT < 0.70$	较弱(MS)
9	$HT < 0.50$	弱(S)

表 2 2018 年不同水稻品种耐热性比较

Table 2 Comparison of the heat tolerance of different rice varieties in 2018

品种名称 Cultivar name	自然结实率 Natural seed set rate//%	高温结实率 High temperature seed set rate//%	HT	级别 Grade
18SB01	85.34	40.34	0.73	5
18SB02	86.36	48.30	0.87	5
18SB03	86.61	44.34	0.80	5
18SB04	89.77	63.74	1.15	1
18SB05	93.78	42.12	0.76	5
18SB06	92.84	43.68	0.79	5
18SB07	86.11	45.33	0.82	5
18SB08	82.66	40.66	0.73	5
18SB09	85.03	43.65	0.79	5
18SB10	85.34	39.96	0.72	5
18SB11	90.06	42.69	0.77	5
18SB12	84.06	27.79	0.50	7
18SB13	87.69	45.91	0.83	5
18SB14	90.50	60.05	1.08	3
18SB15	92.18	48.49	0.87	5
18SB16	87.95	38.05	0.69	7
18SB17	87.95	42.81	0.77	5
18SB18	80.94	41.24	0.74	5
18SB19	90.77	54.47	0.98	3
18SB20	89.53	44.51	0.80	5
18SB21	90.01	39.71	0.72	5
18SB22	91.81	45.20	0.81	5
18SB23	93.30	48.78	0.88	5
18SB24	89.95	44.41	0.80	5
18SB25	93.43	57.55	1.04	3
18SB26	88.67	46.71	0.84	5
18SB27	93.68	44.29	0.80	5
18SB28	89.47	42.23	0.76	5
18SB29	86.92	41.90	0.75	5
18SB30	88.52	45.63	0.82	5
丰两优 4 号 Fengliangyou 4 (CK1)	89.53	55.50	1.00	3
徽两优 6 号 Huiliangyou 6 (CK2)	89.60	31.23	0.56	7

综合试验中供试水稻材料考种数据,耐热性鉴定结果如下:在 30 个供试材料中(对照除外),仅有 1 份材料 18SB04 的抗性级别达 1 级,耐热性强,占参试品种的 3.33%;有 3 份

材料(18SB14、18SB19 和 18SB25)的抗性级别达到 3 级,耐热性较强,占参试品种的 10.00%;有 24 份材料(18SB01、18SB02、18SB03、18SB05、18SB06、18SB07、18SB08、18SB09、18SB10、18SB11、18SB13、18SB15、18SB17、18SB18、18SB20、18SB21、18SB22、18SB23、18SB24、18SB26、18SB27、18SB28、18SB29 和 18SB30)的抗性级别为 5 级(Ⅱ优 838 的抗性级别也为 5 级),耐热性一般,占参试品种的 80.00%;仅有 2 份材料(18SB12 和 18SB16)的抗性级别为 7 级,耐热性较弱,占参试品种的 6.67%;没有 1 份材料的抗性级别为 9 级(表 2)。

2.2 2019 年安徽中粳品种耐热性鉴定试验结果 2019 年在江淮地区依然没有出现连续 5 d 平均温度达到 33 ℃(最高温度 39 ℃)以上的高温天气,因此鉴定结果仍然以智能温室胁迫处理为准。2019 年试验中所用的耐热对照品种丰两优 4 号的表现:未经高温处理的结实率为 90.0%,经过高温处理的结实率仅为 65.3%。高温敏感型对照改用盐恢 559,其表现为:未经高温处理的结实率为 88.9%,经过高温处理的结实率仅为 26.9%;与耐高温对照丰两优 4 号相比,其耐热性鉴定级别为 9 级,说明耐高温性很差,这与该品种在生产实践中的耐热性表现相一致。

根据供试水稻材料玻璃温室模拟高温条件下的考种数据,水稻品种耐热性鉴定结果如下:在中粳迟熟组 18 个品种中,9SBCR10 耐热性优于对照丰两优 4 号,综合抗性级别达到 1 级,耐热性强;9SBCR07、9SBCR09、9SBCR04 共 3 个品种综合抗性级别达到 3 级,耐热性较强;9SBCR17、9SBCR11、9SBCR03、9SBCR05、9SBCR06、9SBCR14、9SBCR18、9SBCR12、9SBCR08、9SBCR16 共 10 个品种综合抗性级别为 5 级,耐热性一般;9SBCR01、9SBCR02、9SBCR13 共 3 个品种综合抗性级别为 7 级,耐热性较弱;9SBCR15 综合抗性级别为 9 级,耐热性弱(表 3)。

3 小结

2019 年下半年安徽省农业科学院邀请全国农业技术推广服务中心和安徽省种子管理总站等相关专家对“一季粳稻品种耐热性鉴定技术规程”进行了专家论证,认为该技术规程科学可行,安徽省农业科学院水稻研究所将从 2020 年正季开始正式对企业开展中稻粳稻品种的耐热性鉴定工作;课题组申报的安徽省“一季粳稻品种耐热性鉴定技术规程”地方标准也获得评审通过,于 2020 年 1 月 25 日实施,标准号 DB34/T 3484—2019。

鉴定一个水稻品种的耐热性时,高温处理时期是一个重要的影响因素,除了抽穗扬花期遇高温对水稻结实率影响较大之外,孕穗期与灌浆期遇高温对结实率也有一定的影响^[8-9],但由于这 2 个时期影响程度没有抽穗扬花期对结实率表现明显,且抽穗期鉴定时抽穗时期不容易界定,因此作

为水稻耐热性鉴定的方法,选用处理时期为抽穗扬花期较为适宜。其次,籼稻与粳稻对高温敏感程度差异^[10]、昼夜温差对于水稻高温热害的影响等耐热性技术方向的研究,特别是处理时期、湿度对于水稻高温热害的影响等问题还需要开展进一步研究。

表 3 2019 年不同水稻品种耐热性比较
Table 3 Comparison of the heat tolerance of different rice varieties in 2019

品种名称 Cultivar name	自然结实率 Natural seed set rate // %	高温结实率 High temperature seed set rate // %	HT	级别 Grade
9SBCR01	88.6	45.0	0.69	7
9SBCR02	75.2	36.0	0.55	7
9SBCR03	86.8	50.6	0.78	5
9SBCR04	84.2	60.3	0.92	3
9SBCR05	76.3	49.0	0.75	5
9SBCR06	75.6	48.4	0.74	5
9SBCR07	81.6	60.4	0.93	3
9SBCR08	85.0	46.0	0.70	5
9SBCR09	88.9	62.7	0.96	3
9SBCR10	86.2	71.8	1.10	1
9SBCR11	85.0	53.8	0.82	5
9SBCR12	79.3	46.4	0.71	5
9SBCR13	82.4	34.3	0.53	7
9SBCR14	78.5	46.9	0.72	5
9SBCR15	83.0	29.9	0.46	9
9SBCR16	86.3	45.8	0.70	5
9SBCR17	87.3	55.4	0.85	5
9SBCR18	78.8	46.6	0.71	5
丰两优 4 号 Fengliangyou 4 (CK1)	90.0	65.3	1.00	3
盐恢 559 Yanhui 559 (CK2)	88.9	26.9	0.41	9

参考文献

[1] 吴媛媛.我国水稻生产现状及发展趋势[J].新农业,2018(7):27-28.
[3] 杨许琴.水稻高温热害防御对策[J].农技服务,2015,32(7):137.
[2] 秦叶波,张慧.水稻高温热害发生规律及防御措施[J].浙江农业科学,2015,56(9):1362-1365.
[4] 陈砚涛,霍延风.安徽省江淮地区水稻高温热害发生规律及其对产量结构的影响[J].安徽农业科学,2017,45(19):190-194.
[5] 杨太明,陈金华.江淮之间夏季高温热害对水稻生长的影响[J].安徽农业科学,2007,35(27):8530-8531.
[6] 李培德,周雷,李珍连,等.耐热水稻种质资源的筛选与初步评价[J].湖北农业科学,2019,58(24):20-22,26.
[7] 肖本泽,赵爽,龚耀,等.水稻分蘖田间耐热性鉴定方法[J].华中农业大学学报,2011,30(5):539-544.
[8] 周俊杰.孕穗期高温对水稻生长发育和产量形成的影响研究[D].南京:南京农业大学,2017.
[9] 刘奇华,孙召文,信彩云,等.孕穗期施硅对高温下扬花灌浆期水稻干物质转运及产量的影响[J].核农学报,2016,30(9):1833-1839.
[10] 张祖建,王晴晴,郎有忠,等.水稻抽穗期高温胁迫对不同品种受粉和受精作用的影响[J].作物学报,2014,40(2):273-282.