

新审杂交水稻品种耐热性评价

刘友权, 王威 (四川幼儿师范高等专科学校, 四川绵阳 621000)

摘要 在定量高温和自然常温条件下以耐热性品种 N22 为对照, 研究了近年审定的适应四川生态区种植的 35 个杂交稻的耐热性。筛选出耐热品种 9 个, 并通过耐热指数将 35 个杂交水稻品种分为耐热能力不同的 4 类, 可为水稻生产布局提供科学依据。

关键词 杂交水稻; 抽穗开花期; 耐热性; 耐热指数

中图分类号 S511 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)02-0042-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.02.012



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Evaluation of Heat Resistance of Newly Approved Hybrid Rice Varieties

LIU You-quan, WANG Wei (Sichuan Preschool Educators College, Mianyang, Sichuan 621000)

Abstract Under the conditions of quantitative high temperature and natural normal temperature, the heat resistant variety N22 was used as a control to study the heat resistance of 35 hybrid rices that were approved in recent years and adapted to planting in the Sichuan ecological region. 9 heat resistant varieties were screened out, and 35 hybrid rice varieties were divided into 4 types with different heat-resistant abilities through the heat resistant index, which can provide a scientific basis for the layout of rice production.

Key words Hybrid rice; Flowering stage; Heat resistance; Heat resistance index

水稻是我国乃至世界上最重要的粮食作物之一。水稻在生长发育过程中会受到各种非生物胁迫的影响, 其中高温是对其生产影响最严重的因子之一。近年来, 随着全球气候的变暖, 我国南方稻区水稻生产遭受高温热害已成为常态, 并有日益严重的趋势。多年的研究结果证实, 水稻抽穗扬花期是高温敏感关键期, 并且以开花当日遭遇高温热害对水稻的影响最大^[1-4]。Jagadish 等^[5]研究表明, 在水稻抽穗扬花时, 持续 1 h 遭遇 35 ℃ 以上的高温热害就可以导致水稻不育。高温胁迫通过抑制水稻的花粉正常发育、影响水稻的颖花开放和花药开裂程度、阻碍传粉和受精等生理过程造成水稻结实率降低, 进而降低其水稻产量^[5-7], 严重时, 造成水稻大幅度减产甚至绝收, 如 2016 年 7 月底、8 月初, 重庆地区持续近 1 个月高温, 正值水稻抽穗开花期的高温敏感期, 造成很多水稻品种结实率只有 50%~60%, 个别品种甚至仅有 20%~30%, 致使水稻大幅度减产。此外, 高温还会通过引起支链淀粉的精细结构变化, 使糊化温度升高, 胶稠度变硬, 黏性、弹性变差、垩白粒米率和垩白度增加, 降低其外观品质和食味品质^[8]。前人采用定量高温条件下进行耐热性鉴定的方法已从生产上应用的杂交水稻品种中鉴定、筛选出一些耐热性强的水稻品种^[9-10]。但近年来, 由于联合体及绿色通道地开展, 品种审定渠道增多, 审定水稻品种呈爆发式增长。但在为品种审定提供科学依据的区域试验中, 品种耐热性并没有作为审定的必要条件, 审定的部分品种, 可能耐热性不强, 一旦在高温敏感期遭遇高温极端天气, 将对水稻生产造成不良影响。

川东南稻区为水稻生产高温热害区, 水稻生产常遭受高温热害, 为有效缓解极端高温天气对水稻生产的影响, 指导高温热害区内水稻生产布局, 笔者收集了 2015—2017 年通过国家长江上中游中籼迟熟组(其种植区域含四川平坝丘陵稻

区)审定及四川省品种审定委员会审定的部分杂交水稻品种, 在定量高温条件下进行耐热性鉴定。

1 材料与方法

1.1 供试品种与种植方法 供试品种为从市场上收集的近年来通过审定的适宜于四川稻区种植的 35 个杂交水稻品种(表 1), 以耐热品种 N22 作为耐高温对照。种植方法参照张林等^[11]的方法进行, 3 月 8 日播种于秧田, 4 月 15 日移栽, 以移栽至大田的水稻苗为常温对照, 对移栽至盆钵的水稻苗进行高温处理。常温对照每品种种植 3 行, 每行 8 丛, 栽培密度及田间管理同大田生产。盆栽所用盆钵规格为: 高 22 cm, 直径 18 cm。每盆装过筛的均匀干土 7 kg, 种植长势基本一致的秧苗 2 丛, 在分蘖期除去多余分蘖, 每丛保留 4~6 个长势良好的分蘖。每个品种种植 8 盆。

1.2 耐热性试验 参照文绍山等^[12]的方法进行。在抽穗开花初期, 将室外盆栽长势相似的水稻移入人工气候室进行定量高温胁迫处理, 为保证结实率的准确性, 在移入前 1 d 的 17:00 后剪去已开放的颖花。定量高温胁迫温度设置如下: 14:00 时 39 ℃, 08:00 时 33 ℃, 从 8:00—14:00 每 1 h 升高 1 ℃, 从 14:00—21:00 每 1 h 降低 1 ℃, 其他时间段设定为 31 ℃, 日温差 8 ℃。相对湿度设为 80%。经定量高温胁迫 2 d 后, 去除未开放颖花, 移至自然条件下种植结实, 3 次重复, 每重复种 4 株。待水稻成熟后考种, 计算结实率。

1.3 数据处理与统计分析 以结实率降低率^[12]和耐热指数^[13]作为评价指标, 对经定量高温胁迫处理的材料和常温对照材料考种, 计算结实率。结实率降低率 = [(自然条件下结实率 - 高温胁迫结实率) / 自然条件下结实率] × 100。耐热指数 = (高温胁迫结实率 / 自然条件下结实率) × 100%。

2 结果与分析

2.1 定量高温胁迫后水稻品种的结实率 由图 1 可知, 在常温对照条件下, 测试品种的结实率均表现正常, 平均为 82.08%, 变幅为 76.5%~89.43%, 变异系数 3.48%。但经高温胁迫后, 其结实率均明显降低, 平均为 52.49%, 变幅为

作者简介 刘友权(1972—), 男, 四川盐亭人, 副教授, 硕士, 从事生物学教学研究。

收稿日期 2021-04-18; **修回日期** 2021-05-21

27.78%~76.73%, 变异系数 14.52%; 结实率降低率平均为 36.50%, 变异系数 15.67%。

表 1 供试杂交水稻品种
Table 1 The tested hybrid rice varieties

序号 Serial number	品种名称 Variety name	审定情况 Approval status	序号 Serial number	品种名称 Variety name	审定情况 Approval status
1	旌 8 优 727	2017 年川审	19	内 6 优 138	2016 年国审
2	金卓优 1 号	2017 年川审	20	鹏两优 713	2016 年国审
3	蓉 3 优 907	2017 年川审	21	旌 6 优 727	2016 年国审
4	锦花优 908	2017 年川审	22	Q6 优 28	2016 年国审
5	川优 1727	2017 年川审	23	G 优 429	2016 年国审
6	内 7 优 317	2016 年川审	24	繁优 609	2016 年国审
7	蓉 3 优 304	2016 年川审	25	成丰优 918	2016 年国审
8	泸优 727	2016 年国审	26	德香优 146	2016 年国审
9	内香 6 优 9 号	2015 年国审	27	内 5 优 768	2016 年国审
10	蓉 18 优 2348	2015 年国审	28	隆两优 534	2017 年国审
11	西大优 216	2015 年国审	29	旌 1 优华珍	2017 年国审
12	宜香优 196	2015 年国审	30	旌优 781	2017 年国审
13	蓉 3 优 533	2015 年国审	31	望两优华占	2017 年国审
14	川农优 3203	2015 年国审	32	晶两优 1125	2017 年国审
15	蜀优 217	2015 年国审	33	旌优华珍	2017 年国审
16	内 6 优 907	2016 年国审	34	深两优 5814	2017 年国审
17	德优 4923	2016 年国审	35	C 两优 0861	2017 年国审
18	龙优 450	2016 年国审	36	N22	耐高温对照

经方差分析,在常温对照条件下各参试水稻品种间结实率差异不显著($F=2.21$);在经定量高温胁迫处理后,各参试水稻品种间结实率差异达极显著水平($F=8.74$),表明各测试品种的耐热性有较大差异。经高温胁迫下,结实率降低率的变幅为 12.33%~65.53%,平均为 36.50%。其中锦花优

908、旌 6 优 727 的结实率降低率均在 15%以内,与耐高温对照 N22 相当,表明其耐热性强。而结实率降低率较大的有金卓优 1 号、内 7 优 317、德优 4923、龙优 450、成丰优 918 等 5 个品种,均超过 60%,说明其高温敏感,耐热性差。

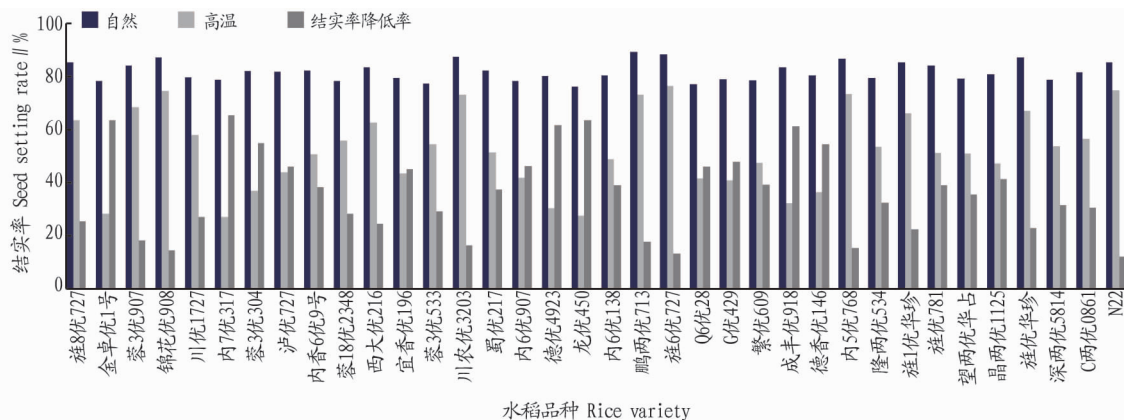


图 1 36 个水稻品种在常温、高温下的结实率及结实率降低率

Fig.1 Seed setting rate and reduction rate of seed setting rate of 36 rice varieties under high temperature and normal temperature

2.2 高温胁迫下水稻品种的耐热指数及耐热性评价 以高温行业标准(NY/T 2915—2016)作为耐热性的分级标准^[13]: 耐热指数 $\geq 95\%$ 为强耐热型品种,75% \leq 耐热指数 $< 95\%$ 为耐热型品种,55% \leq 耐热指数 $< 75\%$ 为中间型品种,35% \leq 耐热指数 $< 55\%$ 为不耐热型品种,耐热指数 $< 35\%$ 为极不耐热型品种。试验品种的分级结果如表 2。在该研究测试品种中,无极耐热型水稻品种。有 9 个耐热型水稻品种,占测试品种的 25.71%,分别为旌 6 优 727、锦花优 908、内 5 优 768、川农优 3203、鹏两优 713、蓉 3 优 907、旌 1 优华珍、旌优华珍、西大优

216,生产上可应用到高温易发区、高温轻发区和无高温区。而最多的为中间型品种,共 14 个,占测试品种的 40%,其耐热指数变幅为 58.42%~74.50%,可应用到高温轻发区和无高温区。而不耐热型、极不耐热型水稻品种分别有 11、1 个,在生产上,应当应用到无高温区,尽量避免应用到高温常发区。

3 结论与讨论

3.1 水稻耐热育种及其技术路线 研究结果表明,在 35 个水稻测试品种中,无极耐热型水稻品种,耐热型水稻品种仅 9 个(占测试品种的 25.71%),多数为中间型或不耐热水稻品

表 2 36 个水稻品种的耐热指数及耐热性评价

Table 2 Heat resistance index and heat resistance evaluation of 36 rice varieties

耐热类型 Heat resistant type	分级 Grade	水稻品种 Rice variety	结实率 Seed setting rate//%		耐热指数 Heat resistance index//%	适合种植地区 Suitable planting area			
			常温处理 Normal temperature treatment	高温处理 High temperature treatment					
耐热型 Heat resistant type	II	N22(耐高温 CK)	85.44±2.31	74.91±1.15	87.67±0.05	高温易发区、高温轻发区和无高温区			
		旌 6 优 727	88.56±3.01	76.73±0.86	86.64±0.04				
		锦花优 908	87.35±2.71	74.64±0.85	85.45±0.04				
		内 5 优 768	87.02±1.89	73.49±1.32	84.45±0.03				
		川农优 3203	87.67±2.01	73.30±1.68	83.61±0.02				
		鹏两优 713	89.43±2.34	73.40± 1.89	82.07±0.05				
		蓉 3 优 907	84.25±1.69	68.71±1.57	81.56±0.03				
		旌 1 优华珍	85.62±2.70	66.28±2.55	77.41±0.01				
		旌优华珍	87.42±3.14	67.27±2.11	76.95±0.03				
		西大优 216	83.56±1.94	62.92±2.03	75.30±0.01				
		中间型 Intermediate type	III	旌 8 优 727	85.63±3.05		63.79±2.55	74.50±0.02	高温轻发区和无高温区
				川优 1727	80.01±1.88		58.15±1.57	72.68±0.02	
				蓉 18 优 2348	78.43±2.75		56.13±2.01	71.57±0.03	
				蓉 3 优 533	77.45±1.43		54.63±2.14	70.54±0.05	
C 两优 0861	81.68±2.50			56.65±3.05	69.36±0.03				
深两优 5814	78.95±1.69			53.96±1.42	68.35±0.01				
隆两优 534	79.59±3.25			53.68±2.44	67.45±0.02				
望两优华占	79.54±2.33			51.10±1.50	64.25±0.02				
蜀优 217	82.53±2.77			51.55±2.01	62.46±0.04				
内香 6 优 9 号	82.56±1.82			50.82±2.34	61.56±0.05				
旌优 781	84.41±3.41			51.27±2.64	60.74±0.05				
内 6 优 138	80.69±2.67			48.99±1.77	60.72±0.02				
繁优 609	78.62±2.54			47.55±2.31	60.48±0.04				
晶两优 1125	81.03±3.01			47.34±3.50	58.42±0.05				
不耐热型 Heat labile type	IV	宜香优 196	79.67±1.77	43.57±1.83	54.69±0.01	无高温区			
		Q6 优 28	77.39±3.12	41.71±0.99	53.89±0.03				
		泸优 727	81.91±2.41	44.08±2.56	53.82±0.04				
		内 6 优 907	78.45±2.66	42.06±2.37	53.60±0.05				
		G 优 429	79.16±1.91	41.09±1.92	51.91±0.01				
		德香优 146	80.71±1.15	36.58±2.10	45.32±0.05				
		蓉 3 优 304	82.34±3.42	36.98±2.36	44.91±0.05				
		成丰优 918	83.65±2.62	32.30±1.97	38.61±0.02				
		德优 4923	80.35±3.27	30.57±2.21	38.04±0.03				
		龙优 450	76.50±4.03	27.78±2.74	36.31±0.06				
		金卓优 1 号	78.53±2.76	28.51±2.59	36.30±0.04				
		极不耐热型 Extremely heat labile type	V	内 7 优 317	78.89±1.59		27.19±2.33	34.47±0.04	无高温区

种,这表明水稻耐热育种进展仍不明显,尚需继续加强。水稻育种家应将耐热性育种作为一个重点研究方向,并根据育种目标制定切实可行的技术路线:根据育种目标(创制耐热型水稻品种),在亲本选择过程中,至少一个亲本耐热能力较强;在材料选择过程中,在特定高温生态区及增强的选择压力下,结合育种目标强化对高温胁迫耐逆性定向选择;在配制的组合鉴定中,也应进行耐高温胁迫鉴定。

3.2 关于水稻生产品种布局 该研究鉴定出 9 个耐热型水稻品种,分别为旌 6 优 727、锦花优 908、内 5 优 768、川农优 3203、鹏两优 713、蓉 3 优 907、旌 1 优华珍、旌优华珍、西大优 216。在生产过程中,这些水稻品种应该布局到水稻生长中后期尤其是抽穗开花期易遭遇高温热害的地区(如川东南稻

区),以降低极端高温对水稻生产的危害。同时,那些耐高温能力相对较差的杂交稻品种,其本身仍具有很多优点,如单产较高、米质优、抗病性较强、适宜加工专用、适宜轻简化种植等,应根据其品种优势布局到相应生态区,以充分发挥其潜力,为农业生产发展、农业供给侧改革、乡村振兴作贡献。

3.3 耐热杂交稻品种鉴定 研究表明,在定量高温条件下杂交稻品种耐热性存在较大差异。从中长期角度出发,品种选育单位应加强耐热性研究;种子管理部门应加强水稻区域试验的耐热性鉴定,在高温生态区,将耐热性同抗病性一样,作为品种审定的必要指标。近期而言,农业农村部应组织具有鉴定条件单位,对已审定的杂交水稻品种进行耐热性

(下转第 108 页)

且在植物的整个生命周期内都起作用^[9]。而赤霉素在植物各时期的水平受许多小基因家族调控,其中 *SbGA20ox1* 基因和 *SbGA20ox3* 基因对于赤霉素水平有正调节作用,*SbGA2ox3* 基因对于赤霉素水平有负调节作用。

该研究表明,*SbGA20ox1* 基因在相同父本不同母本高粱组,拔节期的基因表达量很低,且除辽 2297 品种外均符合抽穗期>成熟期>拔节期规律。*SbGA20ox1* 基因在相同母本不同父本高粱组的 3 个时期,表达量差异不大,无明显规律。*SbGA20ox3* 基因在相同父本不同母本高粱组,除品种辽 2297 外的品种,拔节期的基因表达量最高,但各时期基因表达量的差异并不大。*SbGA20ox3* 基因在相同母本不同父本高粱组,除辽杂 35 外的高粱品种在拔节期的基因表达量最高。*SbGA2ox3* 基因在相同父本不同母本高粱组,拔节期的基因表达量偏低,除辽夏梁 1 号外,其余高粱品种基因表达量均符合抽穗期>成熟期>拔节期。*SbGA2ox3* 基因在相同母本不同父本高粱组,抽穗期的基因表达量很低,5 个高粱品种基因表达量均符合拔节期>成熟期>抽穗期。

参考文献

[1] 李明莹,李春阳,邢慧清,等.高粱抗丝黑穗病 SCAR 标记的建立[J].沈阳师范大学学报(自然科学版),2016,34(4):468-472.

[2] 邓小锋,彭秋,李青凤,等.高粱炭疽病抗性机理研究进展[J].贵州农业科学,2019,47(11):68-74.

[3] 张瑞栋,张壮,岳忠孝,等.播期对高粱营养与食味品质的调控效应[J].中国生态农业学报,2020,28(3):386-394.

[4] WANG Y L, SUN J Z, ALI S S, et al. Identification and expression analysis of *Sorghum bicolor* gibberellin oxidase genes with varied gibberellin levels involved in regulation of stem biomass[J/OL]. Industrial crops and products, 2020, 145 [2020-11-07]. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111951>.

[5] ADEBO O A. African sorghum-based fermented foods: Past, current and future prospects[J]. Nutrients, 2020, 12(4): 1111.

[6] THOMAS L L, ESPINOSA C D, GOODBAND R D, et al. Nutritional evaluation of different varieties of sorghum and the effects on nursery pig growth performance [J]. Journal of animal science, 2020, 98(5): 1-16.

[7] 江伟,韦杰,李宝生,等.不同原料酿造单粮白酒风味物质特异性分析[J].食品科学,2020,41(14):234-238.

[8] 艾雪莹. 种植密度和配置方式对高粱生长发育及微环境的影响[D]. 沈阳:沈阳农业大学,2019.

[9] 李佳衡. 高粱形态及生理特性对不同肥料的响应[D]. 沈阳:沈阳农业大学,2019.

[10] 寇兴凯,徐同成,宗爱珍,等.高粱的营养价值以及应用现状[J].安徽农业科学,2015,43(21):271-273.

[11] 高秀华,傅向东.赤霉素信号转导及其调控植物生长发育的研究进展[J].生物技术通报,2018,34(7):1-13.

[12] 邢丹,黄勇兰,赵洪,等.参薯赤霉素途径基因的克隆与表达分析[J].分子植物育种,2020,18(6):1755-1761.

[13] 安迪.赤霉素对兔眼蓝莓生长发育的影响研究[D].杭州:浙江农林大学,2018.

[14] 陈子奇. 利用钝化内源赤霉素策略创制半矮秆玉米[D].哈尔滨:哈尔滨师范大学,2019.

[15] GAO S J, XIE X Z, YANG S G, et al. The changes of GA level and signaling are involved in the regulation of mesocotyl elongation during blue light mediated de-etiolation in *Sorghum bicolor* [J]. Molecular biology reports, 2012, 39(4): 4091-4100.

[16] RODRÍGUEZ M V, MENDIONDO G M, CANTORO R, et al. Expression of seed dormancy in grain sorghum lines with contrasting pre-harvest sprouting behavior involves differential regulation of gibberellin metabolism genes[J]. Plant and cell physiology, 2012, 53(1): 64-80.

[17] 高华晨. 不同高粱品种抗氧化指标及内源激素分析[D]. 沈阳:沈阳师范大学,2019.

[18] 郑月英,魏胜娟,董书圣,等.梅山猪前体脂肪细胞的分离培养及分化相关基因的表达规律研究[J].畜牧与兽医,2017,49(6):9-14.

[19] EMAMVERDIAN A, DING Y L, MOKHBERDORAN F. The role of salicylic acid and gibberellin signaling in plant responses to abiotic stress with an emphasis on heavy metals[J]. Plant signaling & behavior, 2020, 15(7):1-10.

(上接第 44 页)

鉴定、分类,发布已审定杂交水稻的生产布局图,以指导水稻生产。在农业主管部门没有组织实施鉴定之前,品种选育单位或开发公司,也应该对所选育或开发的品种进行鉴定,了解其“种性特点”,将品种销售到最适宜的区域,以防极端高温对水稻生产造成损失。

参考文献

[1] MATSUI T, OMASA K, HORIE T. The difference in sterility due to high temperatures during the flowering period among japonica-rice varieties[J]. Plant Prod Sci, 2001, 4(2): 90-93.

[2] 杨永杰,符冠富,熊杰,等.高温对水稻的影响及水稻耐热性测评方法研究[J].中国稻米,2012,18(1):39-40.

[3] 王志刚,王磊,林海,等.水稻高温热害及耐热性研究进展[J].中国稻米,2013,19(1):27-31.

[4] 王伍梅,王辉,杜士云.水稻耐热性评价方法研究进展[J].安徽农业科学,2021,49(10):20-27.

[5] JAGADISH S V K, CRAUFURD P Q, WHEELER T R. High temperature

stress and spikelet fertility in rice (*Oryza sativa* L.) [J]. J. Exp. Bot., 2007, 58(7): 1627-1635.

[6] 张桂莲,刘思言,张顺堂,等.抽穗开花期不同高温处理对水稻开花习性和结实率的影响[J].中国农学通报,2012,28(30):116-120.

[7] MATSUI T, KOBAYASHI K, KAGATA H, et al. Correlation between viability of pollination and length of basal dehiscence of the theca in rice under a hot-and-humid condition [J]. Plant Prod Sci, 2005, 8(2): 109-114.

[8] 李祥洲,任昌福,陈晓玲.水稻亚种间杂种一代籽粒充实的气温条件研究[J].作物学报,1996,22(2):247-250.

[9] 熊洪,徐富贤,朱永川,等.四川杂交水稻品种耐高温特性研究[J].中国稻米,2011,17(3):1-4.

[10] 胡声博,张玉屏,朱德峰,等.杂交水稻耐热性评价[J].中国水稻科学,2012,26(6):751-756.

[11] 张林,熊洪,徐富贤,等.西南杂交水稻抽穗开花期耐热性筛选[J].中国稻米,2014,20(3):44-47.

[12] 文绍山,张林,焦峻.抽穗开花期耐热性水稻恢复系种质的筛选[J].贵州农业科学,2018,46(3):7-10.

[13] 郭晓艺,熊洪,张林,等.杂交水稻恢复系和杂交组合的耐热性评价[J].中国生态农业学报,2018,26(9):1343-1354.