

开花期高温胁迫对不同水稻品种 花粉萌发和结实的影响

郭晶心¹, 曾文智^{1†}, 周宝津^{1†}, 卢浩荣^{1†}, 陈庚平^{1†}, 唐辉武¹, 周少川², 刘耀光¹
(1 华南农业大学 生命科学学院, 广东 广州 510642; 2 广东省农业科学院 水稻研究所, 广东 广州 510640)

摘要:以5个籼稻品种为材料,通过抽穗期高温处理和离体花粉萌发等试验,研究了开花期高温对水稻花粉萌发和结实的影响.结果表明,不同品种水稻对高温处理的敏感度明显不同,其中品种黄华占在高温处理4 d后的花粉萌发率达到70%以上,在高温处理7 d后小穗结实率仍保持50%左右,其他4个品种的花粉萌发率和小穗结实率都明显低于黄华占,由此认为,黄华占是一个耐热性较强的品种.

关键词:水稻; 开花期; 高温; 耐热性

中图分类号: S511

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2010)02-0050-04

Effect of High Temperature on Pollen Germination and Seed Setting of Rice During Heading Period

GUO Jing-xin¹, ZENG Wen-zhi^{1†}, ZHOU Bao-jin^{1†}, LU Hao-rong^{1†}, CHEN Geng-ping^{1†},
TANG Hui-wu¹, ZHOU Shao-chuan², LIU Yao-guang¹

(1 College of Life Science, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;

2 Rice Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China)

Abstract: Effect of high temperature on pollen germination and seed setting of five rice cultivars during heading period was investigated. The results showed that the pollen germination rate of Huanghuazhan under high temperature for 4 d was above 70%, and its seed setting rate under high temperature 7 d was about 50%, while the other cultivars had lower pollen germination rates and seed setting rates. Therefore, Huanghuazhan is a heat-tolerant cultivar.

Key words: rice; heading period; high temperature; heat-tolerant

水稻是我国最重要的粮食作物. 建国以来,我国育种学家通过培育水稻矮秆品种和杂交稻,以及正在实行的超级稻育种计划,使水稻产量得到大幅提高,为解决粮食安全作出了巨大的贡献. 然而全球工业化进程使“温室效应”不断加剧,地球平均气温不断升高,极端高温天气出现的频率大幅度增加,持续时间更长. 在许多地区,高温已成为影响农作物生长的主要因素之一^[1]. 近年来我国江淮以南以及西南稻区高温热害现象日益严重. 2003年7月下旬至8

月上旬,我国南方稻区出现了极端高温天气,部分稻区38℃以上的高温天气持续了20 d,最高气温达41.3℃. 此期正值中稻抽穗扬花期,水稻遭受严重的热害,给我国水稻产量造成了极大的损失^[2-3]. 由国家气象和农业部门联手进行的科学估算认为,到2030年,中国种植业产量因全球气候变暖在总体上可能会减少5%~10%,其中小麦、水稻和玉米三大作物均以减产为主. Peng等^[4]的研究结果表明,气象因素中的夜间温度对水稻产量的影响最大,适温以

收稿日期: 2009-04-30

作者简介: 郭晶心(1972—),女,副研究员,博士;通信作者: 刘耀光(1954—),男,研究员,博士, E-mail: ygliu@scau.edu.cn;

†对本文贡献相同

基金项目: 国家自然科学基金(30671178); 国家自然科学基金—广东联合基金(u0731007)

上每增高 1 °C,水稻产量将下降 10%。因此开展水稻耐热性研究对促进水稻持续、安全生产意义重大。

研究表明,水稻在孕穗期、抽穗扬花期和灌浆初期对高温较敏感,尤其以开花期的雄性器官对高温最为敏感。当日平均温度高于 32 °C,日最高温度高于 35 °C 时,花粉活力、花药开裂、花粉萌发和花粉管伸长等都受影响,导致受精结实率下降,是高温造成产量损失的最主要原因^[1,5]。本研究以 5 个水稻品种为材料,调查了开花期高温对水稻花粉萌发和结实的影响,以热敏感指数(常温和高温条件下结实率差值)评价各品种的耐热性差异,旨在进一步明确抽穗扬花期高温对水稻生长发育的危害,为耐热性水稻品种(种质)鉴定、选育、耐热相关基因的克隆,以及高温下水稻安全生产提供指导。

1 材料与方法

1.1 供试品种与种植

供试品种由广东省农业科学院水稻研究所周少川研究员提供,分别是籼稻品种双桂 36、新华占、黄华占、丰新占和广亲和品种 Dular。这 5 个品种的抽穗期很接近。2008 年 7 月 20 日播种,秧盘育秧,8 月 9 日移栽至盆钵,每盆 5 株,种植在华南农业大学实验基地,常规方法栽培管理。

1.2 高温处理

由于每个品种的始穗期稍有差异,高温处理在 2008 年 10 月 10—28 日间进行。同时期广州的自然天气情况为:日最高温度 32~35 °C,日最低温度 22~25 °C,日平均温度 26~29 °C,没有降水。

高温处理在华南农业大学生命科学学院的阳光型人工气候室(北京易盛泰和科技有限公司)进行。高温温度设定模仿了自然高温天气的变温条件,即包括了最低夜温 32 °C 和最高日温 38 °C,日平均温度 34 °C,具体如图 1 所示。气候室采用自然光,室内湿度 60%~80%。

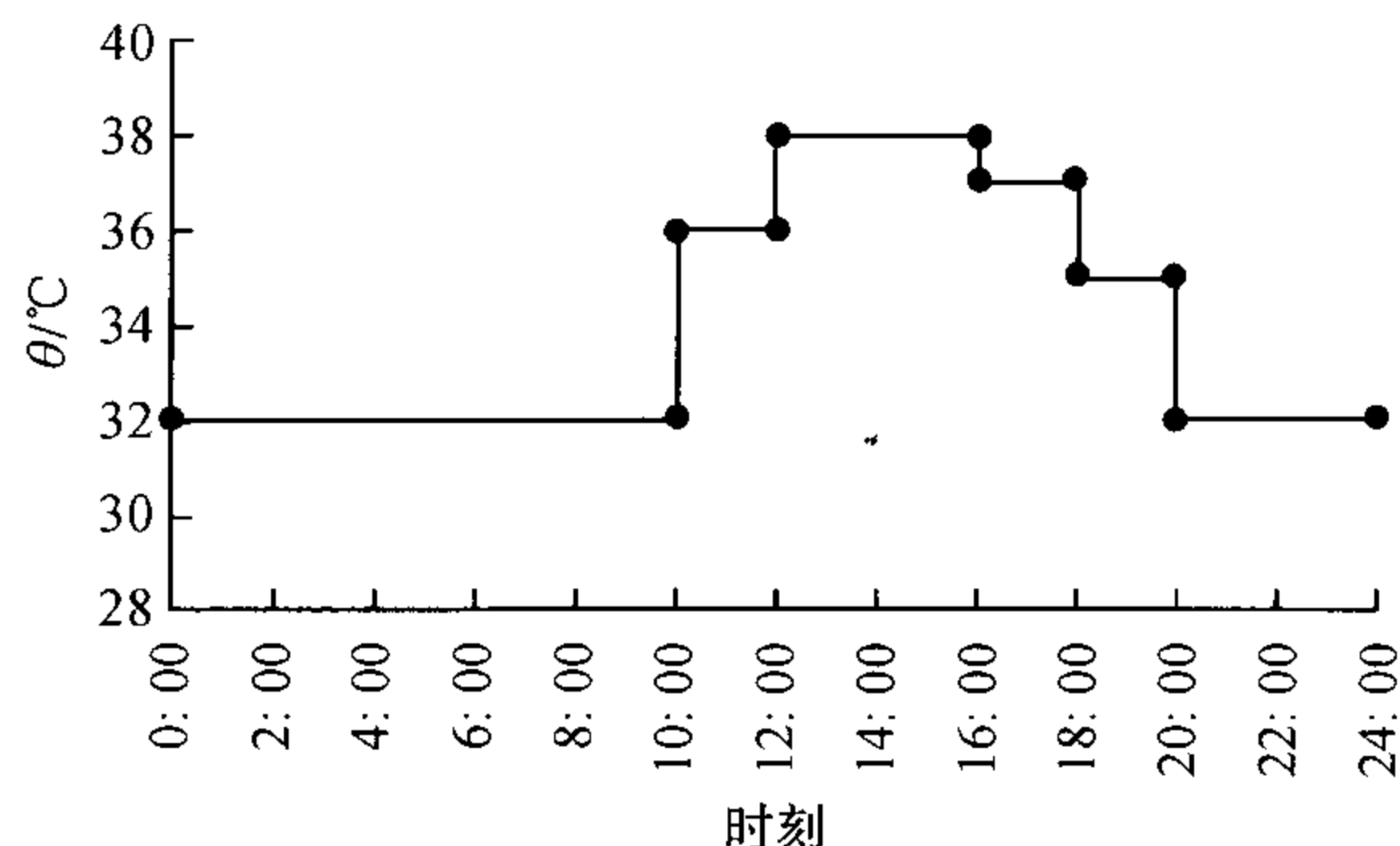


图 1 高温处理期间的温度设定

Fig. 1 Temperature setting for the heat-stress treatment

1.3 测定项目与方法

1.3.1 离体培养花粉萌发率调查 自 2008 年 10 月 10 日起,5 个水稻品种陆续抽穗。每个品种取 2 盆,在主穗刚抽出 1~5 朵颖花时放进人工气候室,于第 2 和 4 d 10:30 左右,观察花粉离体萌发情况。取同时期自然条件下的花粉作为对照。

花粉萌发液体培养基配制参见王胜华等^[6]: 20% 蔗糖 + 10% PEG4000 + 40 mg · L⁻¹ H₃BO₃ + 3 mmol/L Ca(NO₃)₂ + 10 mg · L⁻¹ V_{B1}。

在水稻开花前(大约是每天 10:30),将整个水稻花序剪下,放进有水的容器中,置于室温下(约 25 °C),当天要开的花会很快扬花。滴 1 滴培养基到凹玻片上,将凹玻片小心接在刚扬花的颖花(花药已经伸出颖壳,但尚未散粉)下面,轻轻抖动颖花使花粉散落到培养基上。室温下,3 min 后花粉开始萌发,15 min 后显微镜下观察花粉萌发情况,并做统计,以花粉管长度大于等于 1/2 花粉粒直径作为萌发花粉。每个品种取 3 个不同植株的穗,每穗观察 3~5 朵颖花,每张玻片观察 3 个视野,每视野至少 30 个花粉粒。按下式计算花粉萌发率:

$$\text{花粉萌发率} = \frac{\text{萌发花粉数}}{\text{总花粉数}} \times 100\%$$

1.3.2 结实率调查 每个品种取 2 盆,在主穗刚抽出 1~5 朵颖花时放进人工气候室,使整个穗的颖花在开花阶段都处于高温条件下,7 d 后取出,常温下生长至种子黄熟,取主穗统计结实率,以同时期自然条件下生长的水稻作为对照。每个品种取 3 个不同植株的主穗统计。按下式计算结实率:

$$\text{结实率} = \frac{\text{饱粒数}}{\text{饱粒数} + \text{空粒数}} \times 100\%$$

1.3.3 热敏感指数 按下式计算热敏感指数(Heat susceptibility index):

$$\text{热敏感指数} = \frac{\text{常温下结实率} - \text{高温下结实率}}{\text{常温下结实率}} \times 100\%$$

2 结果与分析

2.1 离体培养花粉萌发率

常温下黄华占和双桂 36 的离体培养花粉萌发率为 97%,新华占和 Dular 为 87%,在显微镜下可以看到花粉管很快从萌发孔突出伸长,表明花粉活力正常。然而在同样的试验条件下,丰新占的花粉萌发率只有 38%。本研究也尝试了其他的花粉萌发培养基和不同的培养条件,但未能改善(数据未给出)。

与常温相比,高温处理明显降低了 5 个品种的花粉萌发率。高温处理时间越长,花粉萌发率越低(图 2、3)。但降幅在品种间存在差异。黄华占和新

华占花粉耐热性较好,高温处理1 d花粉有约80%以上可以正常萌发,高温处理4 d后也有约70%的花粉萌发.双桂36和Dular的花粉对高温比较敏感,高温处理1 d花粉萌发率分别降低到约62%和42%,处理4 d降低到57%和30%.经高温处理1 d的丰新占花粉的萌发率只有15%,高温处理4 d花粉则完全不能萌发.尽管常温处理的丰新占培养花粉萌发率也较低,但其高温处理的花粉萌发率下降率最大,表明丰新占的花粉育性对高温最敏感.

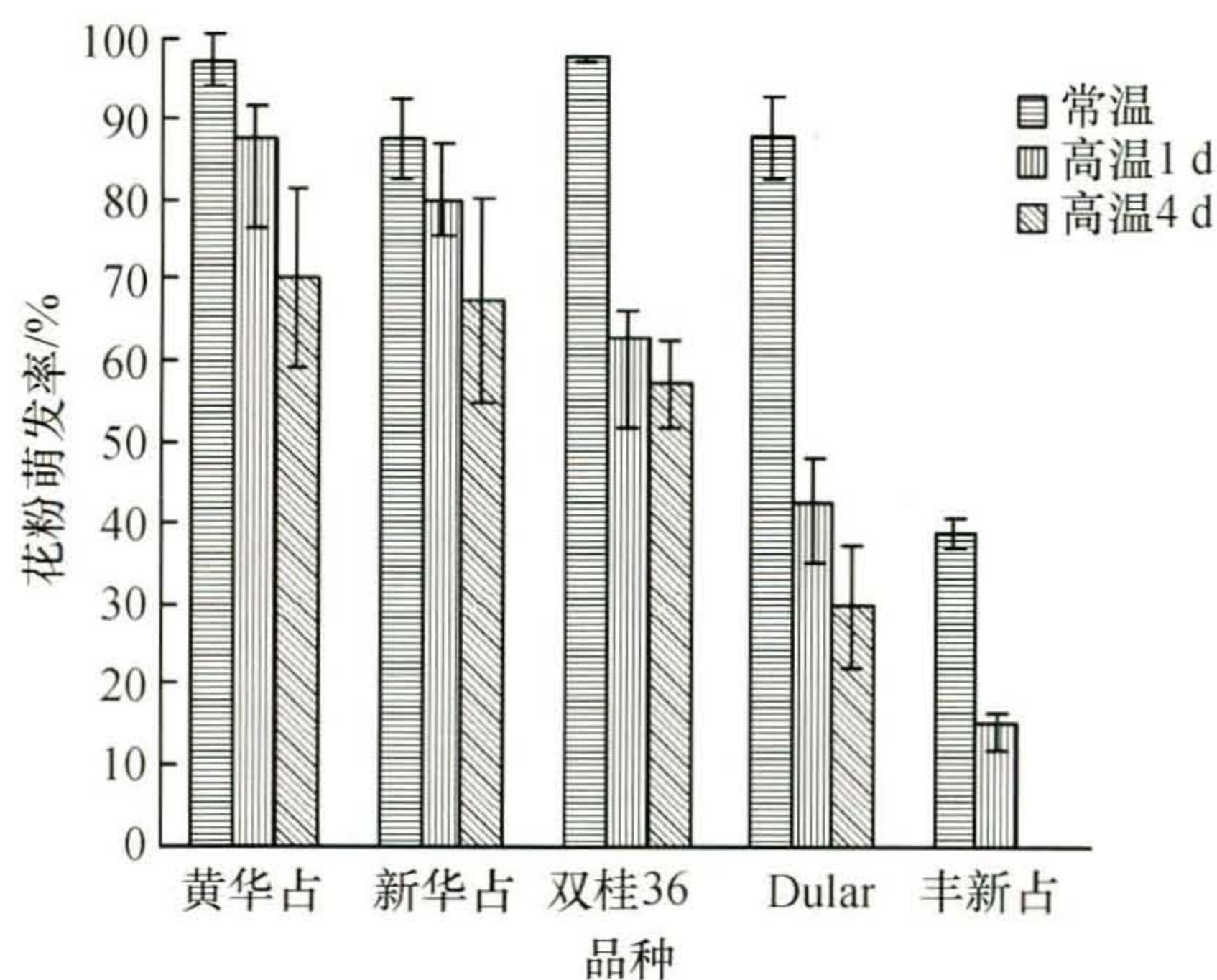
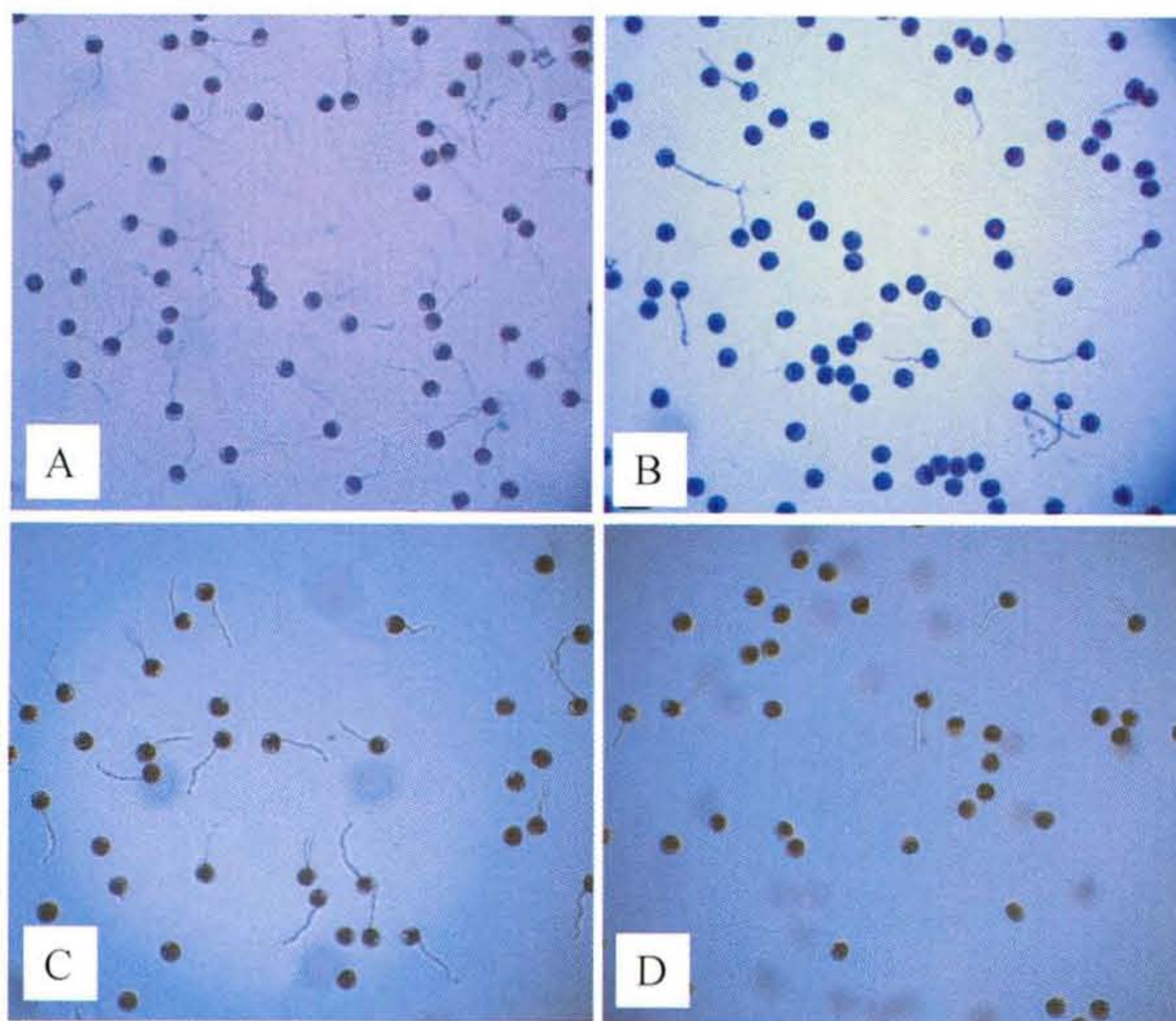


图2 不同温度处理下各水稻品种的花粉萌发率

Fig. 2 Rice pollen germination rates under different temperature



A 常温黄华占;B 常温丰新占;C 高温4 d黄华占;D 高温1 d丰新占

图3 不同温度处理水稻品种黄华占和丰新占的花粉萌发

Fig. 3 Pollen germination of Huanghuazhan and Fengxin under different temperature

2.2 结实率和热敏感指数

常温下5个水稻品种的小穗结实率均在80%以上,其中黄华占最高,为97%,最低的丰新占也有83%.开花期经7 d高温处理显著降低了5个品种的结实率.其中黄华占仍保持50%的结实率,双桂36、

新华占和Dular约为30%,丰新占的结实率只有4% (图4、5).

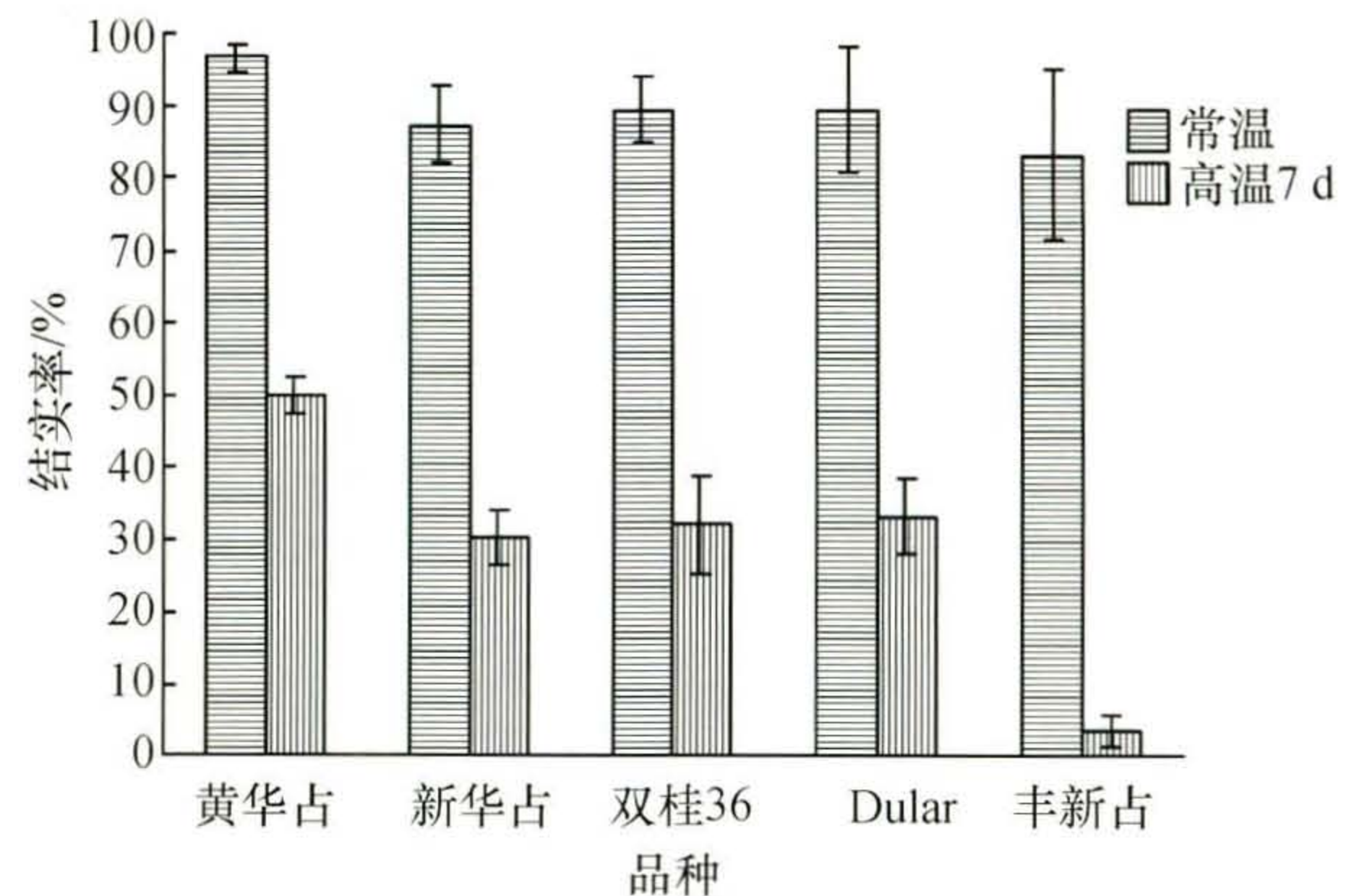
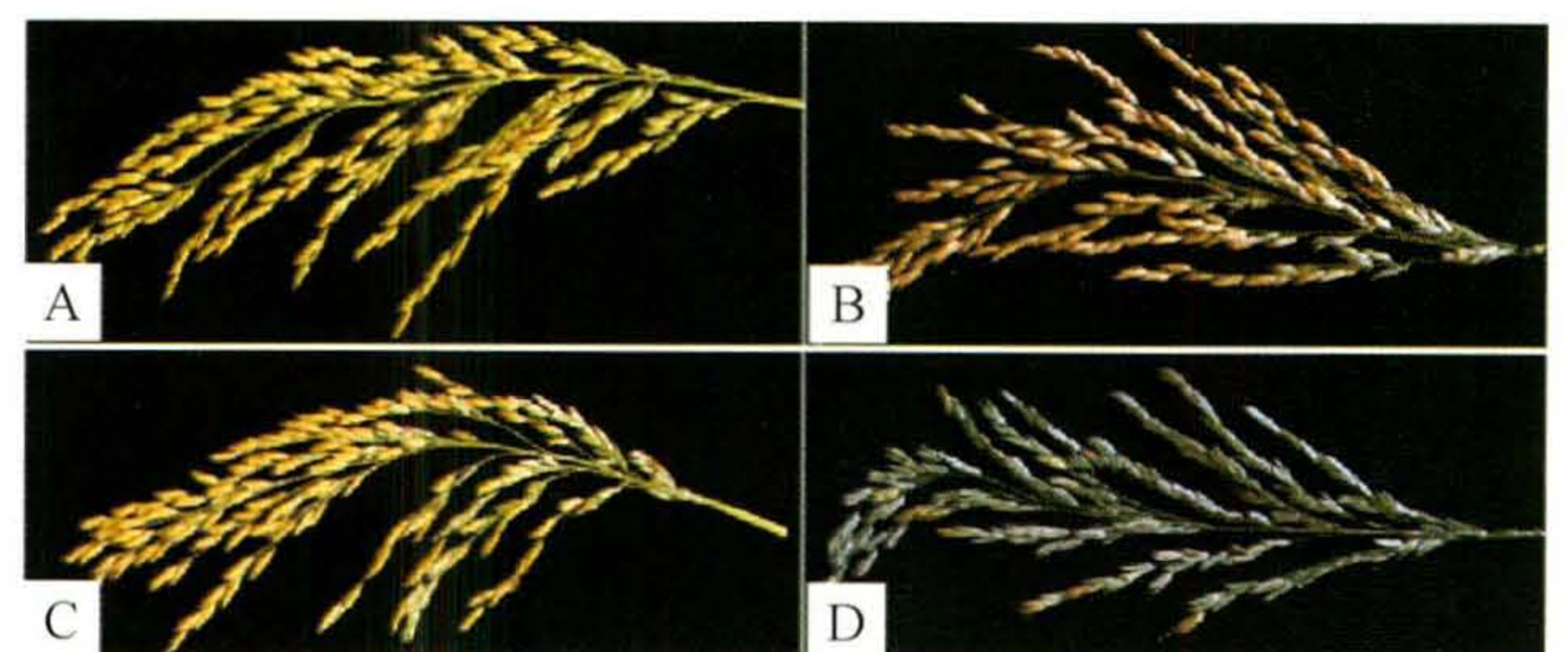


图4 5个水稻品种经开花期高温处理后的结实率

Fig. 4 Rice seed setting rate under heat-stress treatment



A 常温黄华占;B 常温丰新占;C 高温7 d黄华占;D 高温7 d丰新占

图5 黄华占和丰新占在常温和开花期高温处理后的结实情况

Fig. 5 Seed setting of Huanghuazhan and Fengxin under different temperature

根据公式计算了5个品种的小穗结实率热敏感指数.黄华占最低,为48.4%,丰新占最高,为96%,新华占、双桂36和Dular,分别为65.2%、64.1%和62.8%.说明黄华占在开花期高温胁迫下结实率下降程度最低,是5个品种中耐热性最好的,而丰新占的育性对高温最敏感.

3 讨论

3.1 水稻花粉离体培养萌发条件

水稻花粉的离体培养萌发率是衡量花粉活力的一个重要指标.研究表明,水稻花粉的生活力很弱,离体后对环境极为敏感,往往很快失去活力^[6].本研究发现,在相同的液体培养基培养条件下,不同的花粉采集方法对花粉萌发的影响很大.将当天开放的颖花在花药刚伸出颖壳时采集花粉进行离体培养,其花粉萌发率最高,最能够真实反映一个品种的花粉活力.

本研究所采用的花粉离体萌发条件,对大部分水稻品种都是适合的.然而由于不同水稻品种的遗

传基础不同,花粉自身的生理状况和萌发特性也有所差别.在相同的培养条件下丰新占的花粉萌发率很低,只有38%.统计数据表明,丰新占在常温下的结实率为83%,这说明其花粉是正常可育的,推测丰新占低花粉萌发率是由于本试验所用的花粉萌发条件(培养基组成等)不适合其特殊的花粉萌发要求造成的,因此还需要摸索适于丰新占的花粉离体萌发条件.

3.2 水稻耐热指标的探讨

高温对水稻整个生长发育过程都会产生影响.人们通过分析不同耐热性水稻品种在高温逆境下外部形态、经济学性状、生理生化特性上的差异,确定了各种与耐热相关的指标作为品种耐热性的鉴定依据^[7].水稻在抽穗扬花期对高温最为敏感,高温热害主要是通过影响水稻雄性育性而降低结实率.有研究提出水稻花粉的离体萌发率、在柱头上的萌发率以及柱头上的花粉数可以作为水稻对高温胁迫的抗性指标在生产上加以利用^[8].

本研究中水稻品种新华占、双桂36和Dular在高温下的结实率相似,约为30%,而高温处理后的花粉离体培养萌发率相差近40%,说明某些水稻品种高温下的离体培养花粉萌发率和结实率的相关性不是很强.而高温下的结实率反映了水稻颖花开放、散粉和受精的综合受害程度,由此计算的热敏感指数可以作为品种耐热性的重要指标.

3.3 水稻耐热品种的鉴定与利用

随着温室效应的影响,高温对水稻的整个生长发育过程的危害日益增加,尤其在抽穗开花期对高温特别敏感,是受高温危害最严重的时期.研究表明,在水稻开花期35℃的高温持续3d以上,会严重影响散粉和花粉管的伸长,导致不能受精,结实率下降明显^[9-10].

研究表明,水稻耐热性是由多对基因控制的,表现出数量性状的特点,不同生长发育时期的耐热遗传基础存在差异^[11].水稻耐热性研究以筛选鉴定耐热种质为基础,尤其应注重对开花期耐热性的调查和鉴定.在生产实践中,已经发现黄华占具有优良的耐热性^[12].进一步研究发现,黄华占对减数分裂期的

高温胁迫有良好的耐受性^[13].本研究结果表明,黄华占在孕穗期、抽穗扬花期都有优良的耐受高温的能力,适合于进一步开展耐热的遗传和分子机理研究.

参考文献:

- [1] 张桂莲,陈立云,雷东阳,等.水稻耐热性研究进展[J].杂交水稻,2005,20(1):1-5.
- [2] 黄义德,曹流俭,武立权,等.2003年安徽省中稻花期高温热害的调查分析[J].安徽农业大学学报,2004,31(4):385-388.
- [3] 周少川,李康活.华南一季中晚稻育种战略与研究进展[J].广东农业科学,2006(2):15-17.
- [4] PENG Sao-bing, HUANG Jian-liang, SHEEHY J E, et al. Rice yields decline with higher night temperature from global warming[J]. Proc Natl Acad Sci USA, 2004, 101(27): 9971-9975.
- [5] 上海植物生理研究所.高温对早稻开花结实的影响及其防治:Ⅲ:早稻开花结实对高温伤害的敏感期[J].植物学报,1977,19(2):126-130.
- [6] 王胜华,陈放,周开达,等.水稻花粉的离体萌发[J].作物学报,2000,26(5):609-612.
- [7] 马晓娣,彭惠茹,汪矛,等.作物耐热性的评价[J].植物学通报,2004,21(4):411-418.
- [8] 徐海波,王光明,傀溟,等.高温胁迫下水稻花粉粒性状与结实率的相关分析[J].西南农业大学学报,2001,23(3):205-207.
- [9] 王加龙,陈信波.水稻耐热性研究进展[J].湖南农业科学,2006,6:23-26.
- [10] 陈秀晨,朱启升,王世梅.水稻耐热性研究进展[J].安徽农业科学,2008,36(30):13068-13070.
- [11] 曹立勇,赵建根,占小登,等.水稻耐热性的QTL定位及耐热性与光合速率的相关性[J].中国水稻科学,2003,17(3):223-227.
- [12] 周少川,李宏,黄道强,等.早中晚稻兼用型优质稻核心种质黄华占的优良性状与育种效应分析[J].中国农业科技导报,2008,10(6):77-83.
- [13] 曹云英,段骅,杨立年,等.减数分裂期高温胁迫对耐热性不同水稻品种产量的影响及其生理原因[J].作物学报,2008,34(12):2134-2142.

【责任编辑 李晓卉】