

“稻清”减轻水稻穗期高温伤害的原因分析

Mohammad Rezaul Islam¹ 符冠富¹ 奉保华¹ 陶龙兴¹ 金丽华² 陈婷婷^{1*}

(¹ 中国水稻研究所/水稻生物学国家重点实验室, 杭州 310006; ² 巴斯夫(中国)有限公司, 上海 200137;

* 通讯作者: chentingting@caas.cn)

摘要:以粳型杂交稻品种常优 1 号为供试材料, 于抽穗开花期进行高温处理, 同时设置稻清不同药剂浓度处理, 研究了高温条件下喷施该药剂后水稻产量及其构成的变化, 并分析了其影响机理。结果表明, 高温胁迫显著降低了水稻结实率和千粒重, 因而显著降低产量。无论是高温胁迫还是在常温条件下, 喷施稻清均显著增加了水稻结实率和千粒重, 显著增加产量。稻清处理主要通过降低穗部温度, 提高颖花中抗氧化酶类活性, 进而有效清除活性氧自由基等过氧化物, 提高花粉粒育性、促进花药开裂和花粉粒萌发, 最终提高受精结实率和粒重, 显著降低高温带来的减产效应。

关键词:稻清; 水稻; 高温; 生理机制

中图分类号: S435.11.3¹

文献标识码: A

文章编号: 1006-8082(2018)03-0021-04

随着全球气候变暖, 极端高温天气频发, 对水稻生产的危害也不断增加^[1-2]。通过栽培等调控技术措施, 以及防护产品的研究应用, 缓解高温带来的水稻减产对促进农业生产可持续发展意义重大。稻清是巴斯夫公司通过多年研究专门为水稻田开发的防治稻瘟病的新型环保型杀菌剂, 其有效成分是甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂吡唑醚菌酯, 剂型为微囊悬浮剂, 新的剂型在保证吡唑醚菌酯防治稻瘟病优异的防效同时, 显著降低了常规剂型吡唑醚菌酯对水生生物的毒性, 使稻清成为唯一一个获准在水稻田安全使用的吡唑醚菌酯专利产品, 同时保持了吡唑醚菌酯系列产品所特有的施乐健功能, 能够提高水稻抗逆性, 促进健康生长, 提高产量。为了明确该产品调节水稻生长发育与减缓逆境伤害的机理, 笔者展开相关试验, 探索该药剂的应用对水稻抽穗开花期高温伤害的影响与机理, 也为该产品的推广应用提供理论与技术支撑。

1 材料与方法

1.1 供试材料与栽培条件

试验于 2016 年在中国水稻研究所富阳基地进行, 供试水稻品种为易受高温伤害的粳型杂交稻品种常优 1 号。供试水稻种植于塑料钵钵中, 每盆定量装干土 11 kg。土壤为取自同区域田间的青紫泥土, 有机质含量 36.1 g/kg, 全氮 2.70 g/kg, 全磷 0.62 g/kg, 全钾 20.4 g/kg, 碱解氮 239 mg/kg, 铵态氮 9.8 mg/kg, 速效磷 24.1 mg/kg, 速效钾 62 mg/kg, pH 值 6.5。5 月 22 日播种, 6 月

11 日移栽, 每盆 3 丛, 每丛 1 苗。在秧苗移栽后 2 周及 4 周分 2 次施入适量尿素, 水分管理及病虫害防治同常规大田生产。

1.2 试验设计

试验于开花至灌浆初期连续 10 d, 设置常温 (对照) 和高温 (41℃~45℃) 2 种温度处理。其中, 高温处理在可以实时监控温度和湿度的温室进行。供试药剂稻清由巴斯夫公司提供, 其主要成分是吡唑醚菌酯。于高温处理前 1 d 喷施稻清, 常温处理下设置不喷施和每 hm^2 喷施稻清 75 g 有效成分 2 种处理; 高温下药剂喷施设置每 hm^2 喷施 0、75、85 和 100 g 有效成分 4 种浓度梯度处理。每处理重复 5 盆, 喷施药液量为每 hm^2 675 L, 按大田和盆栽苗数折算每盆喷施药液量为 10 mL。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 考种计产

成熟期调查各处理水稻每丛穗数, 收获后脱粒测定每穗粒数、结实率和千粒重。

1.3.2 穗部温度

采用红外热像仪 (Therma CAMTMS65) 于高温处理第 3 d 及第 6 d 拍照, 用软件分析水稻热成像图片, 计算水稻穗部温度^[3]。

1.3.3 花粉粒育性

收稿日期: 2018-03-02

表 1 稻清对高温条件下水稻产量及其构成因素的影响

处理	每盆穗数 (个)	每穗粒数 (粒)	结实率 (%)	千粒重 (g)	产量 (g/盆)	产量变幅 (%)
常温(CK)	19.3 a	157 a	80.6 b	28.4 b	69.4 b	/
常温+稻清 75	18.7 a	162 a	84.3 a	29.3 a	74.8 a	+7.9
高温	20.3 a	166 a	68.6 e	25.3 d	58.6 d	-15.5
高温+稻清 75	19.3 a	168 a	73.1 d	26.5 c	63.1 c	-9.0
高温+稻清 85	20.0 a	157 a	76.9 c	25.9 c	62.5 c	-9.9
高温+稻清 100	19.0 a	162 a	75.4 cd	26.2 c	60.6 cd	-12.6

同列数据后不同小写字母表示处理间在 0.05 水平差异显著。下同。

表 2 稻清对水稻花粉育性、花药开裂和受精率的影响

测定时间	处理	花粉可育率 (%)	花药开裂率(%)		
			孔裂率	纵裂率	开裂率
处理后 3 d	常温(CK)	86.3 b	38.1 ab	52.5 a	90.6 a
	常温+稻清 75	89.8 a	40.2 a	50.9 ab	91.1 a
	高温	75.6 d	29.7 c	40.3 c	70.0 c
	高温+稻清 75	83.5 c	35.2 b	47.2 b	82.4 b
	高温+稻清 85	80.8 cd	34.6 b	45.8 b	80.4 b
	高温+稻清 100	80.2 cd	33.1 b	42.5 c	75.6 bc
处理后 6 d	常温(CK)	83.7 b	36.0 bc	50.7 ab	86.7 b
	常温+稻清 75	87.8 a	41.5 a	52.8 a	94.3 a
	高温	70.6 d	25.9 d	39.5 c	65.4 d
	高温+稻清 75	82.5 bc	38.7 b	45.3 b	84.0 b
	高温+稻清 85	81.1 c	32.8 c	41.9 bc	74.7 c
	高温+稻清 100	80.2 c	34.1 c	40.2 c	74.3 c

于高温处理之后 3 d 和 6 d 取样进行花粉育性观察。采样时,取同期开花的稻穗上部、中部、下部 6 朵颖花,每朵颖花取 2 个雄蕊,混样观察花粉育性。用 1% I₂-KI 溶液进行染色后,在 200 倍显微镜下观察 3 个视野,每视野 30~50 个花粉粒,将不染或染色浅及部分染色,皱缩和空瘪的畸形花粉作为不育花粉,将染色深、饱满圆形花粉粒作为可育花粉^[4]。

1.3.4 花药开裂

在上午 8:00-9:00 取当日即将开放的固定粒位的小花 5 朵,2 个穗子 10 个颖花为 1 个样本,3 个重复,用镊子将颖壳剥掉,置于培养皿中,恒温箱培养 5 h (温度为 25℃,相对湿度为 70%)后在解剖镜下观察花药的开裂情况,统计孔裂率、纵裂率。

1.3.5 柱头花粉粒数及柱头花粉萌发率

高温处理之后 3 d 和 6 d,上午 10:00-11:00,取至少 50 个正在开放的颖花,摘取已授粉的柱头,用 0.1% 苯胺蓝染色 24 h,放于激光共聚焦显微镜下统计观察,计算柱头花粉粒数与柱头花粉粒萌发率^[4]。

1.3.6 抗氧化酶活力测定

于高温处理后 3 d 和 6 d,取当日开放的颖花,液氮速冻 2 min 后于-75℃条件下保存,测定过氧化物酶、

过氧化氢酶、超氧化物歧化酶活性和丙二醛含量^[5-7]。

1.3.7 统计分析

采用 SPSS 统计软件(Version 11.5)进行统计分析,用 Sigmaplot 软件作图。

2 结果与分析

2.1 稻清对水稻产量及构成因素的影响

由表 1 可以看出,各处理间每盆穗数与每穗粒数无显著性差异。常温条件下喷施稻清显著提高水稻结实率和千粒重,进而显著增加产量,增幅达 7.9%。高温处理下各处理水稻结实率和粒重较常温对照显著降低,因而产量显著下降。但喷施稻清有减少高温下水稻产量损失的作用,效果显著。

2.2 花粉粒育性、花药开裂和花粉萌发

由表 2 可以看出,抽穗开花期高温处理显著降低了花粉可育率,花药孔裂率和纵裂率。无论是常温条件下还是高温条件下,稻清处理后花粉可育率和花药开裂率均显著增加。常温条件下喷施稻清能显著增加颖花柱头花粉粒数和柱头花粉粒萌发率;高温胁迫下,喷施稻清能显著减少高温引起的颖花柱头花粉粒数和柱头花粉粒萌发率的降低(图 1)。

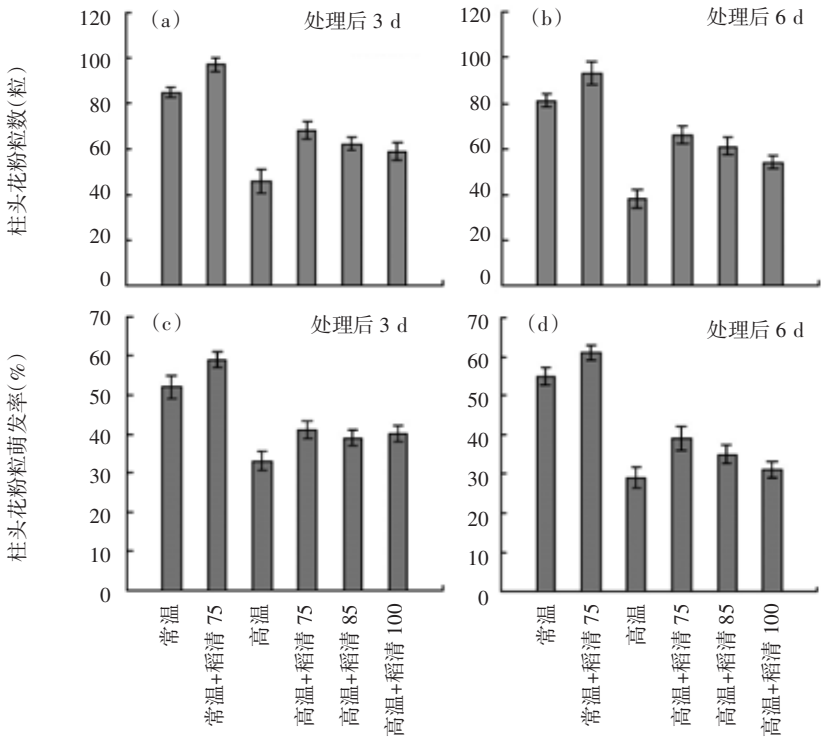


图1 稻清对水稻颖花柱头花粉粒数(a,b)和花粉粒萌发率(c,d)的影响

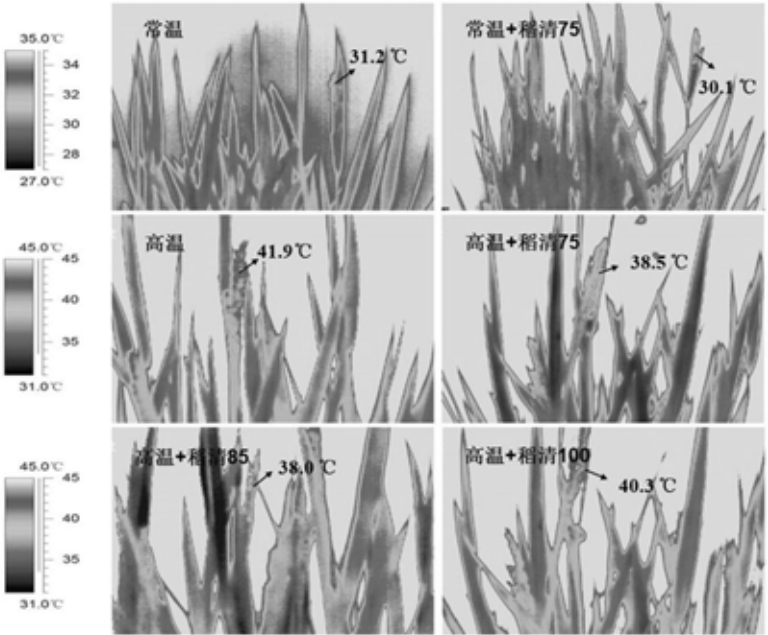


图2 稻清对水稻穗温的影响(处理后6 d)

2.3 穗部温度

高温处理后3 d测定可知,常温和高温条件下,各稻清喷施与未喷施处理间水稻穗温没有显著差异。处理后6 d测定结果表明,在高温胁迫条件下,喷施稻清

的各处理其穗温较未喷施处理约降低1.6℃~3.9℃(图2)。表明稻清能有效降低水稻穗部温度,从而减轻高温对植株的伤害。

2.4 颖花抗氧化酶活性

高温处理后,颖花中各种抗氧化酶,包括过氧化物酶、过氧化氢酶和超氧化物歧化酶活性均显著下降。而高温条件下喷施稻清后,上述酶类的活性虽然不能恢复至常温对照水平,但较高温未喷稻清处理则显著增加(图3,a~f)。丙二醛含量测定结果则相反,高温显著增加颖花中丙二醛含量。喷施稻清则显著降低常温和高温条件下颖花中丙二醛的含量(图3,g和h)。

3 小结与讨论

在本试验条件下,高温胁迫显著降低了水稻结实率和千粒重,因而显著降低产量。喷施稻清后,无论是常温条件下还是高温胁迫条件下,都显著增加结实率和千粒重,显著增加产量。有研究表明,花粉可育率和花药开裂率与花粉的受精结实率有极显著的相关性^[8-9]。表明穗期高温胁迫通过影响花药的开裂和影响花粉的育性,进而影响花粉的受精结实。而喷施稻清条件下水稻花粉可育率和花药开裂率较高是该处理结实率提高的重要原因。另外,喷施稻清条件下柱头花粉粒数和花粉粒萌发率的增加也有利于结实率的提高。

高温胁迫下水稻颖花温度显著增加,喷施稻清则能有效降低穗部温度从而缓解高温对颖花的伤害。通常植物体内有一系列清除活性氧、过氧化物等伤害的抗氧化酶类,包括超氧化物歧化酶、过氧化氢酶、过氧化物酶等^[10]。喷施稻清能显著提高颖花中抗氧化酶类活性,进而有效清除活性氧自由基等过氧化物对细胞的伤害,增强细胞代谢活性,有利于提高花粉粒育性、促进花药开裂和花粉粒萌发,最终提高受精结实率、粒重和产量。

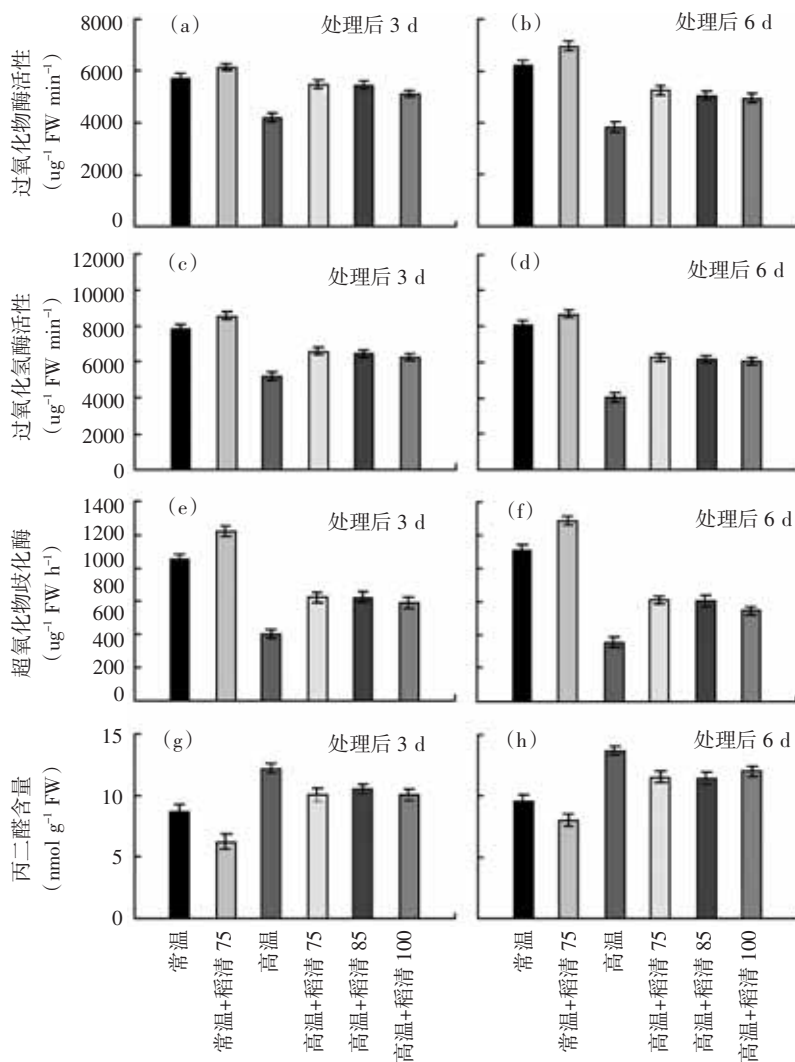


图3 稻清对水稻颖花抗氧化酶活性(a-f)和丙二醛含量(g,h)的影响

参考文献

- [1] 石春林, 骆宗强, 江敏, 等. 减数分裂期高温对水稻穗粒数影响的定量分析 [J]. 中国水稻科学, 2017, 31(6): 658-664.
- [2] 符冠富, 张彩霞, 杨雪芹, 等. 水杨酸减轻高温抑制水稻颖花分化的作用机理研究 [J]. 中国水稻科学, 2015, 29(6): 637-647.
- [3] Fu G, Feng B, Zhang C, et al. Heat stress is more damaging to superior spikelets than inferiors of rice (*Oryza sativa* L.) due to their different organ temperatures [J]. *Front Plant Sci*, 2016, doi: 10.3389/fpls.2016.01637.
- [4] Zhang C, Fu G, Yang X, et al. Heat stress effects are stronger on spikelets than on flag leaves in rice due to differences in dissipation capacity [J]. *J Agro Crop Sci*, 2015, doi:10.1111/jac.12138.
- [5] 王学奎. 植物生理生化试验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 167-170.
- [6] Berry J, Bjorkman O. Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher plants [J]. *Ann Rev Plant Physiol*, 1980, 31: 491-543.
- [7] 赵世杰, 许长成, 邹琦, 等. 植物组织中丙二醛测定方法的改进 [J]. 植物生理学通讯, 1994, 30(3): 207-210.
- [8] 张桂莲, 陈立云, 张顺堂, 等. 高温胁迫对水稻花器官和产量构成要素及稻米品质的影响 [J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2007, 33(2): 132-136.
- [9] 郑建初, 盛婧, 汤日圣, 等. 南京和安庆地区高温发生规律及高温对水稻结实率的影响 [J]. 江苏农业学报, 2007, 23(1): 1-4.
- [10] 王贺正, 马均, 李旭毅, 等. 水分胁迫对水稻结实期活性氧产生和保护系统的影响 [J]. 中国农业科学, 2007, 40(7): 1379-1387.

Physiological Mechanisms Involved in “Daoqing” Alleviating the Damage on Rice under Heat Stress

Mohammad Rezaul Islam¹, FU Guanfu¹, FENG Baohua¹, TAO Longxing¹, JIN Lihua², CHEN Tingting^{1*}

(¹ China National Rice Research Institute/ State Key Laboratory of Rice Biology, Hangzhou 310006, China; ² BASF China Co. Ltd., Shanghai 200137, China; *Corresponding author: chentingting@caas.cn)

Abstract: In order to find out the effects of the agent “Daoqing” on grain yield and its components of rice under heat stress, an experiment was conducted by using japonica hybrid rice Changyou 1 as material. The heat stress treatment was applied at the flowering stage, and meanwhile the agent was sprayed with different concentrations. The results showed that, heat stress significantly decreased the seed setting rate, grain weight and grain yield of rice. The agent “Daoqing” significantly increased the seed setting rate, grain weight and grain yield whether under normal or heat stress condition. The increased grain yield was mainly due to the decreased panicle temperature, increased activities of antioxidant enzymes, the decreased reactive oxygen species and peroxides. Moreover, the fertility and germination of pollen was increased, slip of the anther was enhanced, and finally resulted in the reduced damage of heat stress to rice production.

Key words: daoqing; rice; heat stress; physiological mechanism