

温度对水稻抗褐飞虱特性的影响

王保菊^{1,2} 徐红星¹ 郑许松¹ 傅强³ 吕仲贤^{1,*}

(¹浙江省农业科学院 植物保护与微生物研究所, 浙江 杭州 310021; ²杭州师范大学 生命与环境科学学院, 浙江 杭州 310036; ³中国水稻研究所, 浙江 杭州 310006; * 通讯联系人, E-mail: luzxmh2004@yahoo.com.cn)

Effects of Temperature on Resistance of Rice to Brown Planthopper, *Nilaparvata lugens*

WANG Bao-ju^{1,2}, XU Hong-xing¹, ZHENG Xu-song¹, FU Qiang³, LU Zhong-xian^{1,*}

(¹Institute of Plant Protection and Microbiology, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, China; ²School of Life and Environment Science, Hangzhou Normal University, Hangzhou 310036, China; ³China National Rice Research Institute, Hangzhou 310006, China; * Corresponding author, E-mail: luzxmh2004@yahoo.com.cn)

WANG Baoju, XU Hongxing, ZHENG Xusong, et al. Effects of temperature on resistance of rice to brown planthopper, *Nilaparvata lugens*. *Chin J Rice Sci*, 2010, 24(4): 443-446.

Abstract: To investigate effect of temperature on the resistance characteristics of rice varieties with different resistance genes to rice brown planthopper (BPH), *Nilaparvata lugens* (Stål), the resistances of IR26 (*Bph1*) and IR36 (*bph2*) to Hangzhou population of BPH were monitored in greenhouse during 2007 and 2008 by using the Standard Seedling Screening Techniques (SSST) developed by the International Rice Research Institute (IRRI). The changes in resistances of IR26 and IR36 to BPH, soluble sugar and oxalic acid contents in 25-day-old rice plants of susceptible variety TN1 and resistant varieties IR26 and IR36 were detected at five temperatures (22 °C, 25 °C, 28 °C, 31 °C and 34 °C). The results showed that IR26 completely lost its resistance both at natural temperatures and at the five tested constant temperatures, IR36 still had medium level resistance under natural temperature. IR26 and IR36 showed a decreased trend in the resistance from 25 °C to 34 °C, and they fully lost the resistance at 31 °C and 34 °C. The highest resistance duration for both of IR26 and IR36 was recorded at 25 °C. The soluble sugar contents in plants of the three tested rice varieties increased with the increasing temperature, and the oxalic acid content decreased at the temperatures higher than 25 °C. Two-way ANOVA indicated the significant effects of temperature and rice variety on contents of soluble sugar and oxalic acid in rice plant.

Key words: *Nilaparvata lugens*; temperature; rice variety; resistance characteristics

王保菊, 徐红星, 郑许松, 等. 温度对水稻抗褐飞虱特性的影响. 中国水稻科学, 2010, 24(4): 443-446.

摘要: 为研究温度对水稻抗褐飞虱特性的影响,于2007年和2008年应用苗期集团筛选法(SSST)在杭州地区的自然条件下测定了抗性水稻品种IR26和IR36对田间褐飞虱的抗性,同时比较了不同温度(22℃、25℃、28℃、31℃和34℃)下IR26和IR36对褐飞虱的抗性、可溶性糖和草酸含量的变化。自然条件下,IR26已完全失去对杭州种群褐飞虱的抗性,而IR36仍具中等抗性。在25℃到34℃的范围内随着温度升高,IR26对褐飞虱抗性减弱,但22℃条件下抗性比25℃更弱。IR36在温度升高的条件下对褐飞虱的抗性总体呈降低趋势,在31℃和34℃下也已完全失去对褐飞虱的抗性。在22~25℃条件下,IR26和IR36的持抗期均在25℃下最长,分别为9d和11d。3个品种稻株中的可溶性糖含量均随温度升高而增加,而草酸含量则随温度升高先增加后下降,在25℃时为最大值。不同温度下及不同水稻品种之间稻株内可溶性糖和草酸的含量均有显著差异。

关键词: 褐飞虱; 温度; 水稻品种; 抗性特征

中图分类号: S433.1; S433.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-7216(2010)04-0443-04

褐飞虱 *Nilaparvata lugens*(Stål)属于迁飞性、r-对策害虫。20世纪70年代前,在大多数亚洲水稻生产国它仅是水稻生产上的次要害虫。然而,随着耕作制度的改变、高产品种的推广、肥水条件的改善以及农药的大面积使用,其危害区域逐年扩大,暴发频率逐渐增加,危害程度日趋加重,现已成为威胁我国水稻生产的主要害虫之一[1-3]。目前,褐飞虱的防治主要依赖于化学杀虫剂的使用,而长期连续不合理使用化学杀虫剂产生了褐飞虱再增猖獗和抗药性等生态问题[4]。培育和种植抗虫水稻品种是控制褐飞虱危害最为经济有效的方法之一[5]。20世纪60年代以来,亚洲各国十分重视抗褐飞虱水稻品种的选育工作。国际水稻研究所(IRRI)培育出的一系列抗褐飞虱品种(IR系列)曾在东南亚国家大面积推广并发挥了重要作用。IR26(具有抗褐飞虱基因 *Bph1*)和IR36(具有抗褐飞虱基因 *bph2*)的推广曾一度有

效地控制了褐飞虱的危害,取得了显著的经济效益和生态效益[6]。

1850年以来地表温度最高的12年中有11年出现在1995年至2005年间,1956年到2005年间的地表温度的增温速率接近于1906年至2005年间增温速率的2倍[7]。气候模型模拟结果也显示,如不加以控制,人类活动导致的温室气体排放增加将会引起明显的全球变暖[8]。农业是对气候变化最敏感的领域之一,全球变暖将会对农业产生直接和间接的影响。我国专家预测,如不采取适当措施,2030—2050

收稿日期: 2009-08-05; **修改稿收到日期:** 2009-09-23。

基金项目: 农业公益性行业科研专项资助项目(200803003); 浙江省自然科学基金重点资助项目(Z3080437); 浙江省重大科技专项和优先主题计划资助项目(2008C1207-2)。

年,当温度升幅达2~3℃时,我国粮食可能减产5%~10%。气候变化导致的大气中温室气体浓度增加、中波射线辐射增强、温度变化都将会影响水稻的生长和褐飞虱的种群增长,最终影响褐飞虱的危害程度^[8-9]。2005年以来,褐飞虱在我国南方稻区频繁暴发,其危害达到了空前的程度^[10]。温度对褐飞虱生物学特征的影响已有许多报道^[11-12],但对水稻品种抗虫性影响的研究还很少。本文主要研究温度与水稻品种对褐飞虱的抗性特性之间的关系,以期对抗性品种的培育和合理应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

水稻品种:感虫对照台中在来1号(TN1),抗虫品种IR26和IR36,均由国际水稻研究所提供。

褐飞虱:2007年8月采自杭州稻田,在养虫室内用TN1苗连续饲养,2~3龄若虫供试验用。

将露白的TN1、IR26和IR36种子分别播于小瓷钵内(直径为9cm),每钵种4株。将播好种子的盆钵置于5个恒温培养箱(22℃、25℃、28℃、31℃和34℃)内培养,光周期为16h光照/8h黑暗,正常肥水管理。每个品种每个温度下设置3个重复。25d后将整株稻苗取样,保鲜袋密闭包装后保存在-20℃下,用于植株中可溶性糖和草酸含量测定。

1.2 方法

1.2.1 自然条件下IR26和IR36对褐飞虱的抗性

采用国际水稻研究所推荐的标准苗期集团筛选法(SSST)^[13],于2007年和2008年7-8月对杭州地区自然条件下IR26和IR36的褐飞虱抗性进行了鉴定。在育苗盆(45cm×30cm×10cm)内铺3~4cm深的细干土,木模印行,行深约0.5cm,行距4cm,行长8cm。水稻种子浸种、催芽,露白后播种,每行播1个品种,各15粒,细土覆盖,灌水。TN1、IR26和IR36相间排列,每个品种3行,共10盆。播后育苗盆置于室温下,每天浇水保持湿度。当秧苗长到2叶1心时,清除杂草,剔除弱苗,每行保留10株壮苗,每株接入6~8头2~3龄褐飞虱若虫。每行保留的10株壮苗为1个重复,每品种共30个重复。当感虫对照品种TN1受害达到7级时,按照国际水稻研究所的水稻苗期抗性评价标准^[13],开始查苗并记载稻苗存活情况,统计死亡率。其后每天调查1次,直至TN1病级达到9级。通过稻苗死亡率和稻苗受害状况评价各水稻品种苗期抗性级别。

1.2.2 不同温度下IR26和IR36对褐飞虱的苗期抗性

方法同1.2.1,略有修改。播种后将育苗盆(40cm×30cm×8.5cm)分别置于22℃、25℃、28℃、31℃和34℃恒温培养箱中,每个温度下各2盆共10盆。当感虫对照品种TN1受害达到9级时,按照水稻对褐飞虱苗期抗性评价标准^[13],开始每天查苗并记载稻苗的存活情况,统计死亡率,直至IR26和IR36的死亡率也达到90%时结束,比较IR26和IR36的持抗性。

1.2.3 稻株可溶性糖含量测定

采用蒽酮比色法^[14]测定可溶性糖含量。将各处理稻苗样品烘干至恒重,取0.1g左右放入大试管中,加入15mL蒸馏水,沸水浴20min,取出冷却,过滤入100mL容量瓶中,用蒸馏水冲洗残渣数次,定容。取待测样品提取液1.0mL

加蒽酮试剂5mL,将各管快速摇动混匀后,沸水浴10min,取出冷却后测OD₆₂₀。同时用无水葡萄糖(分析纯)作标准曲线,计算各样品中可溶性糖的含量。

1.2.4 稻株草酸含量测定

采用三氯化钛显色法^[15]测定草酸含量。取稻苗1g,剪碎后充分研磨,用20mL超纯水冲洗至50mL三角瓶中,加1/3体积活性炭,摇匀后静置30min脱色,脱色后离心分离活性炭,一次脱色不完全时可重复脱色直至溶液呈无色或略呈乳白色。取上清液2mL,于4℃、3000r/min下离心15min。取0.5mL上清液,加40μL3%三氯化钛(10%稀盐酸配制),加超纯水至1mL,取300μL,测OD₄₀₀。同时用草酸(分析纯)作标准曲线,计算各样品中草酸的含量。

1.3 数据统计与分析

用Excel 2007和SPSS 13.0 for Windows进行试验数据分析和统计。对不同温度下和不同水稻品种之间稻株内可溶性糖和草酸含量的差异性进行双因子方差分析。

2 结果与分析

2.1 自然条件下IR26和IR36对褐飞虱的抗性

2007年和2008年抗性监测结果显示,IR26对褐飞虱杭州种群的抗性为9级,与感虫品种TN1相同,表明IR26对杭州种群褐飞虱已完全失去抗性(图1)。而2008年IR36对杭州种群褐飞虱的抗性为3级,略高于2007年的5级,即IR36对褐飞虱仍具有中等抗性。

2.2 不同温度下IR26和IR36对褐飞虱的苗期抗性

在25℃~34℃条件下,IR26和IR36对褐飞虱的苗期抗性级别均随着温度升高而增高,品种抗虫性随之下降(表1)。且在31℃和34℃时,两者对褐飞虱抗性级别均为9级,即已完全失去对褐飞虱的抗性。在25℃和28℃时,IR36的抗性高于IR26。而在22℃低温条件下,IR36和IR26的抗性级别均为9级,即抗性丧失。

在25℃~34℃条件下,IR26和IR36的持抗期均随温度升高而缩短,且均在25℃时最长,分别为9d和11d。

2.3 不同温度下稻株中的可溶性糖含量

3个水稻品种中的可溶性糖含量随着温度(22℃~34℃)升高均呈增加趋势(图2)。不同温度和不同水稻品种间可溶

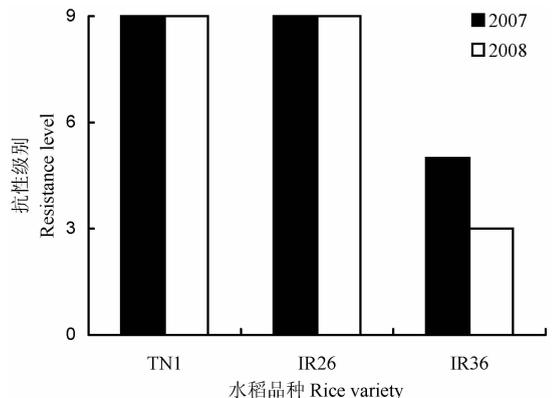


图1 自然条件下水稻品种对褐飞虱的抗性
Fig. 1. Resistance of TN1, IR26 and IR36 to brown planthopper under natural temperature.

表 1 不同温度下水稻品种苗期对褐飞虱的抗性

Table 1. Seedling resistance of rice varieties to brown planthopper at different temperatures.

温度 Temperature /°C	TN1 死亡率 TN1 mortality /%	IR26			IR36		
		死亡率 Mortality /%	抗性级别 Resistance scale	持抗期 Resistance duration/d	死亡率 Mortality /%	抗性级别 Resistance scale	持抗期 Resistance duration/d
34	100	93.3	9	0	96.7	9	0
31	100	88.5	9	1	89.2	9	1
28	100	67.8	7	2	50.6	5	6
25	100	52.4	7	9	20.0	3	11
22	100	85.7	9	3	84.6	9	4

表 2 不同温度下水稻植株中可溶性糖和草酸含量的方差分析

Table 2. ANOVA of soluble sugar and oxalic acid contents in rice plants at different temperatures.

处理 Treatment	可溶性糖含量 Soluble sugar content			草酸含量 Oxalic acid content		
	均方 MS	F	P	均方 MS	F	P
温度 Temperature	0.126	8.090	<0.001	0.039	30.956	<0.001
水稻品种 Rice variety	0.097	6.257	0.006	0.005	3.650	0.034
温度×水稻品种 Temperature × Rice variety	0.006	0.949	0.495	0.016	13.123	<0.001

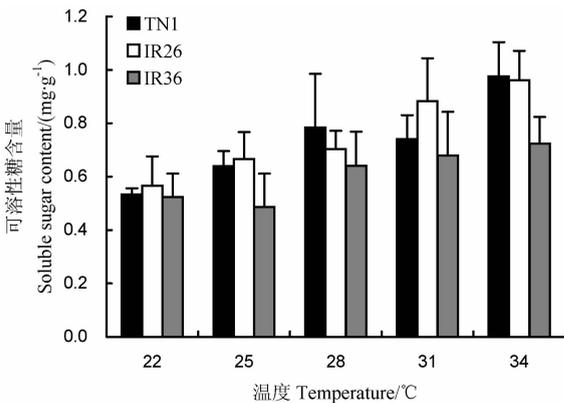


图 2 不同温度下稻株中的可溶性糖含量

Fig. 2. Soluble sugar contents in rice plants at different temperatures.

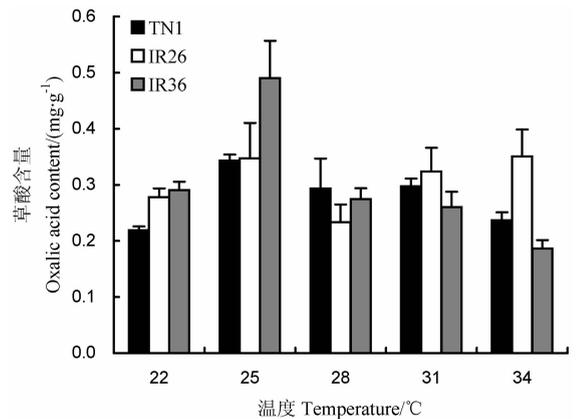


图 3 不同温度下稻株中的草酸含量

Fig. 3. Oxalic acid contents in rice plants at different temperatures.

性糖含量有显著性差异。温度与品种交互作用对可溶性糖含量的影响不显著(表 2)。TN1 和 IR26 中可溶性糖含量无显著差异,且明显高于 IR36。

2.4 不同温度下稻株中的草酸含量

IR36 的草酸含量在 25°C 时最高,且比同温度下 TN1 和 IR26 中的含量要高。不同水稻品种、不同温度以及两者的交互作用对稻株中草酸含量均有显著影响(图 3、表 2)。

3 讨论

2005 年褐飞虱在我国南方稻区突然暴发,高峰虫量超历史水平,引起大面积“虱烧”,仅浙江省该虫造成的直接水稻产量损失就达 120 万 t^[16]。2006 年和 2007 年褐飞虱再度暴发,证实了大量使用农药的化学防治方法只会导致褐飞虱产生抗药性,并不能解决其暴发成灾问题^[1]。抗性品种的培育和推广再一次受到关注。全球气候变暖特别是暖冬及“夏凉

秋暖”的温度格局会提高褐飞虱生殖力,加快发育速度,从而加剧褐飞虱的暴发程度^[1]。温度变化改变了水稻、害虫和天敌之间的关系,从而影响整个生态系统,最终表现为害虫的猖獗。从本研究结果可以看出温度升高也会对水稻的抗性产生影响,IR26 和 IR36 的抗性从 25°C 起随温度升高而减弱,特别是在自然条件下具中等抗性的 IR36,在 31°C 和 34°C 下与感虫品种 TN1 一样抗性也完全丧失。因此,可以推测全球气候变化导致的气温升高可能会导致现有抗性品种的抗性降低或丧失。而极端气候中的低温同样会降低水稻的抗性水平,其抗性下降的机制还有待于进一步研究。这就要求水稻育种部门在培育高产新品种的同时应兼顾水稻品种耐高温以及高温下的抗虫性问题。不同温度下稻株中可溶性糖含量的差异极显著,随着温度升高可溶性糖含量也显著增加,可能是由于高温时,光合作用的关键酶 Rubisco 活化酶活性增高,RuBP 羧化酶活性增高,提高同化二氧化碳的

能力,使得叶片中光合产物总量增加^[17]。Yoshihara等^[18]报道草酸含量与褐飞虱的取食行为有关,草酸含量的增加会导致褐飞虱的取食量减少。本研究结果表明22℃到34℃范围随着温度升高草酸含量先增加后减少,25℃时为最高值,从而水稻的抗虫性较高。从本研究结果可以看出,过高的温度可能导致水稻抗虫性的减弱,超低温度可能导致水稻光合能力下降。不过,温度变化对水稻体内生理生化影响是个十分复杂的过程,还需进一步研究。

参考文献:

- [1] 程家安,朱金良,祝增荣,等. 稻田飞虱灾变与环境调控. 环境昆虫学报, 2008, 30(2): 176-182.
- [2] 程遐年,吴进才,马飞. 褐飞虱研究与防治. 北京: 中国农业出版社, 2003: 96-101.
- [3] Peng S, Tang Q, Zou Y. Current status and challenge of rice production in China. *Plant Prod Sci*, 2009, 12(1): 3-8.
- [4] 姜辉,林荣华,刘亮,等. 稻飞虱的危害及再猖獗机制. 昆虫知识, 2005, 42(6): 612-615.
- [5] 陈峰,傅强,罗举,等. 苗期抗性不同的水稻品种成株期对褐飞虱的抗性. 中国水稻科学, 2009, 23(2): 201-206.
- [6] 吕仲贤,俞晓平,陶林勇,等. 水稻新品种(系)对褐飞虱抗性的评价. 中国农业科学, 2002, 35(2): 225-229.
- [7] IPCC. Observed changes in climate and their effects//IPCC. Climate Change 2007: Synthesis Report of the IPCC Fourth Assessment Report. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2007: 8-15.
- [8] Peng S, Ingram K T, Neue H U, et al. Climate Change and Rice. Manila, Philippines: International Rice Research Institute, 1995: 1-374.
- [9] Alam S N, Cohen M B. Durability of brown planthopper, *Nilaparvata lugens*, in rice variety IR64 in greenhouse selection studies. *Entomol Exp Appl*, 1998, 89: 71-78.
- [10] 郑许松,陈桂华,徐红星,等. 温度和氮肥对褐飞虱存活、生长发育和繁殖的交互作用. 应用生态学报, 2009, 20(5): 1158-1162.
- [11] 冯从经,戴华国,武淑文. 褐飞虱高温条件下应激反应及体内保护酶系活性的研究. 应用生态学报, 2001, 12(3): 409-413.
- [12] 刘泽文,韩召军,王荫长,等. 温度对褐飞虱抗/感吡虫啉系种群生长的影响. 昆虫知识, 2004, 43(1): 47-50.
- [13] IRRI. Standard Evaluation System for Rice. Los Baños, Philippines: International Rice Research Institute, 2002: 56.
- [14] 王强盛,甄若宏,丁艳锋,等. 稻鸭共作条件下水稻植株的壮秆效应及生理特征. 应用生态学报, 2008, 19(12): 2661-2665.
- [15] 展海军,周长智,张立,等. 啤酒中草酸含量的测定. 酿酒科技, 2006(4): 102-104.
- [16] 陆剑飞,黄国洋. 浙江省褐飞虱暴发成灾的原因与治理对策. 农药科学与管理, 2006, 27(1): 42-44.
- [17] 汤日圣,郑建初,陈留根,等. 高温对杂交水稻籽粒灌浆和剑叶某些生理特性的影响. 植物生理与分子生物学报, 2005, 31(6): 657-662.
- [18] Yoshihara T, Sogawa K, Pathak M D, et al. Oxalic acid as a sucking inhibitor of the brown planthopper in rice. *Entomol Exp Appl*, 1980, 27: 149-155.