

不同温度下浸水对褐飞虱生存、繁殖及其寄主的影响

吕仲贤,俞晓平,郑许松,陈建明

(浙江省农业科学院植物保护研究所,杭州 310021)

摘要 不同温度下浸水对褐飞虱卵孵化、若虫存活率、成虫取食和繁殖及其寄主水稻的影响研究结果表明,在相对低温 22℃ 和 21~26℃ 的自然变温条件下,产卵后立即浸水对浙江和广西 2 个褐飞虱种群的卵孵化影响均不明显,而在产卵后 4d 浸水对浙江种群的卵孵化有显著的抑制作用。28℃ 浸水 5d 和 35℃ 浸水 1d 后卵孵化率显著下降且孵化进程延长。卵浸水后的初孵若虫的存活率随卵浸水时间的延长明显下降。稻株浸水对其体内所含的昆虫必需氨基酸影响较大,其总量减少,而稻株内可溶性糖含量却显著增加,导致褐飞虱在浸水稻株上的若虫生存率、成虫取食量和繁殖力均明显下降。

关键词 褐飞虱;浸水;孵化率;昆虫必需氨基酸;可溶性糖

The effects of submerging rice plants on the survival and fecundity of brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål at different temperatures

LU Zhong-Xian, YU Xiao-Ping, ZHENG Xu-Song, CHEN Jian-Ming (Institute of Plant Protection, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, China)

Abstract This paper dealt with the effects of submerging rice plants on the hatchability, survival rate, feeding rate and fecundity of brown planthopper (BPH), *Nilaparvata lugens* Stål, at different temperatures. The physiological change of rice plants resulted from submerging was studied for revealing the impact of nutrient change of rice plant on BPH growth. The results showed that the egg hatchability of BPH collected from both Zhejiang and Guangxi Provinces was not significantly changed under the submerging treatment within 2 day after oviposition at a constant temperature 22℃ or variable temperatures ranging from 21℃ to 26℃. An obviously low hatchability was found after 4-day submerging using 4-day-old eggs of BPH collected in Zhejiang Province. The hatchability decreased significantly and the duration of hatching extended obviously after submerging rice plant for 5 days and 1 day at 28℃ and 35℃, respectively. The survival rate of newly hatched nymph decreased with the increase of the submerging duration of rice plant bearing BPH eggs at 28℃. The reduction of some essential amino acids content and the increase of the resolvable sugar in submerged rice plant may cause the decrease of nymphal survival, feeding amount and fecundity of BPH. It implied an indirectly adverse effect of submerging on the growth and reproduction of BPH through the nutrient change of rice plant.

Key words *Nilaparvata lugens* Stål; submerge; hatchability; essential amino acids for insects; resolvable sugar

文章编号:1000-093X(2000)04-0177-07 中图分类号:Q958 文献标识码:A

基金项目:国家自然科学基金(39570483)和“九五”国家重点科技攻关(96-005-01-01)资助项目
广西种群褐飞虱由广西农科院植保所黄凤宽先生提供,特此致谢。

收稿日期:1998-04-18;修订日期:1999-10-07

作者简介:吕仲贤(1963~),男,浙江省东阳市人,副研究员。从事昆虫生态学和生理学研究。

褐飞虱(*Nilaparvata lugens* Stål)是我国和其它亚洲国家水稻上的主要害虫之一,属迁飞性、r-对策害虫^[1,2]。每年6月下旬至7月上、中旬从我国南方迁入长江中下游稻区^[3],主要为害单季稻和双季晚稻。褐飞虱迁入期间正值长江中下游梅雨季节,雨天温度偏低而晴天温度较高,气温变化较大^[4]。由于此时的褐飞虱种群数量相对较少,褐飞虱卵又产在水稻植株基部的叶鞘内,整个胚胎发育过程都在植株组织内进行。因此,温度和浸水不仅能直接影响褐飞虱卵的孵化而且还有可能通过改变水稻植株体内营养成分间接影响卵的生长发育和若虫的存活来抑制其种群的增长,温度和浸水可能是控制褐飞虱种群的关键因子之一。虽然许多研究证明浸水对褐飞虱生存繁殖和种群增长等的影响较大^[5,6],但很少就不同温度浸水对褐飞虱的直接作用和通过其寄主作物的间接影响展开深入的研究。为了综合评价浸水对褐飞虱种群增长的作用,本文着重研究了温度和浸水处理对褐飞虱种群的协同和交互作用,以期对该虫的准确预测和合理防治提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

褐飞虱 不同地理种群的褐飞虱分别于1997年5~7月采自我国南方的广西壮族自治区南宁市和长江三角洲的浙江省杭州市田间。在室内用感虫水稻品种TN1隔离群养1~2代后供试验用。

饲料 感虫水稻品种TN1分期分批播种,于3叶期移植到水泥槽。取60日龄左右的TN1稻苗,去分蘖、外叶鞘和部分须根,确保稻苗发育正常并无褐飞虱卵存在,用木村B水稻培养液培养备用。

1.2 方法

1.2.1 自然变温条件下浸水对褐飞虱卵孵化的影响 将3叶期水稻苗移栽到小盆钵(直径9cm,高8cm)中,60日龄时除去稻株外叶鞘并洗清,保证稻株上无褐飞虱卵和其它天敌存在。用聚乙烯笼罩(直径8cm,高40cm,上端用100目尼龙纱封口)罩住盆钵后接入5只怀卵短翅雌虫。产卵2d后去虫,设去虫后立即浸水和去虫后4d浸水两个处理。在自然变温(气温为21~26℃)条件下分别浸水1~5d后取出孵化。每天调查若虫孵化数,直至连续2d内检查无若虫孵出。在双筒解剖镜下解剖稻株,调查未孵化的卵量。重复5次。

1.2.2 不同温度下浸水对褐飞虱卵孵化的影响 在培养有1根60日龄无虫TN1稻株的试管(直径3.0cm,高20.0cm)中注入1.5cm深的木村B水稻培养液。每试管接入2只怀卵短翅雌虫并用脱脂棉在外叶鞘顶部封口后放入28±1℃的光照培养箱内产卵, L:D=12:12。产卵2d后除去雌虫,试管中注满水。处理为:28℃不浸水,22℃、28℃和35℃分别浸水1、3、5d。每个处理5次重复。当每个处理结束时放水,注入1.5cm深的木村B水稻培养液后将试管移入28±1℃的光照培养箱中让褐飞虱卵自然孵化。逐日检查初孵若虫数,当连续2d未见初孵若虫时,解剖稻株,调查未孵化的卵量。根据卵孵化进程计算卵孵化速率,卵孵化速率为产卵与卵孵化高峰期(50%卵孵化日)的时间间隔。

1.2.3 不同温度下卵浸水对初孵若虫生存力的影响 分别将上述试验中第1、3和5天孵化的初孵若虫接入培养有1根60日龄TN1苗的小试管中,在28±1℃的光照培养箱内饲养,调查若虫的存活情况。

1.2.4 稻株浸水对若虫生存率、成虫取食量和产卵量的影响

生存率 把浸水处理后的60日龄的稻株罩入聚乙烯笼内,每笼各接初孵若虫10只,10d后调查若虫存活数,计算存活率。每处理10个重复。

取食量 60日龄的稻株经浸水处理后,在稻株茎基部固定一只石蜡薄膜(Parafilm)取食袋,每袋接入一头初羽短翅雌虫,48h后移去虫子,称蜜露量以代表相对取食量。每处理20个重复。

产卵量 在浸水处理后的单株稻株主茎套一两端开口的大玻璃管(2.5cm×16.5cm),每管各接初羽短翅雌雄成虫1对,棉团封口,产卵96h后移去虫子,齐泥剪下稻株,在双筒解剖镜下解剖稻株调查卵量。每处理10个重复。

1.2.5 浸水对稻株内游离氨基酸和糖含量的影响 游离氨基酸测定 取经浸水处理后的稻株,分别剪取基部5cm长的主茎,放入塑料袋并立即置于-28℃的超低温冰箱保鲜。称取鲜样1g,剪碎,用80%乙醇溶液抽提30min,加入4%的磺基水杨酸,90℃水浴加热10min,经1500r/min离心15min后,提取上清液,在日立氨基酸自动分析仪上分析,洗脱液采用钠盐缓冲系统。

可溶性总糖含量测定 稻株浸水后随机取样,样品放入110℃的烘箱内杀青30min,而后放入60℃恒温

箱内烘至恒重。每处理称取干样 0.2g ,分别用 5ml 80% 乙醇溶液抽提 1h ,经 15000r/min 离心后 ,加活性碳脱色 ,过滤后用 50ml 容量瓶定容 ,最后用蒽酮法测定可溶性糖量。以葡萄糖作标准试样。

2 结果

2.1 自然变温条件下浸水对褐飞虱卵孵化的影响

表 1 不同地理种群褐飞虱卵在自然变温条件下浸水后的卵孵化率(%)

Table 1 The egg hatchability of BPH submerged at variable temperatures

浸水时间(d) Duration submerged	1	2	3	4	5
产卵后立即浸水 ^①					
浙江种群 ZJ	97.19a	97.80a	97.04a	95.31a	92.58a
广西种群 GX	100a	98.82a	98.38a	97.37a	96.01a
产卵后 4d 浸水 ^②					
浙江种群 ZJ	86.58a	86.38a	72.73ab	61.95b	59.75b
广西种群 GX	84.84a	79.11a	75.28a	73.27a	75.06a

在 21 ~ 26℃ 相对较低的温度条件下 ,产卵后立即浸水对浙江和广西种群的褐飞虱卵孵化率均无明显的影响 ,其孵化率均在 92% 以上。但是 ,产卵后 4d 浸水对卵孵化率的影响明显 ,卵孵化率随浸水时间的延长而明显降低。特别是浙江种群在浸水 4d 和 5d 后的孵化率只有 60% 左右 ,与浸水 1d 和 2d 差异显著。

2.2 不同温度下浸水对褐飞虱卵孵化的影响

试验结果(表 2)表明 ,浸水对 2 个地理种群的卵孵化影响趋势相同。在 22℃ 低温条件下 ,虽然卵孵化率均随浸水时间的延长而下降 ,但浸水对卵孵化影响不显著。28℃ 条件下浸水 1 ~ 3d 对 2 个种群的卵孵化率影响不明显 ,但在浸水 5 天时两个种群的卵孵化率均显著下降。在 35℃ 高温条件下浸水 1d 2 个种群的孵化率均显著下降 ,特别是浙江种群其卵孵化率还不到对照的一半。浸水 3d 以后 2 个种群的卵均不能孵化 ,经解剖观察表明 ,未孵化的卵均处于发育的眼点期。

不论温度高低 ,浸水均明显延长了褐飞虱种群卵孵化的时间 ,孵化高峰期随浸水时间的增加而推迟。特别是 35℃ 高温下浸水对卵孵化速率的影响更明显。

表 2 褐飞虱卵在不同温度下浸水后的孵化率(%)和孵化速率(d)

Table 2 The hatchability and hatching rate of eggs submerged at different temperatures

温度 T(℃)	22				28				35		
浸水时间(d) Duration submerged	1	3	5	0	1	3	5		1	3	5
卵孵化率 Hatchability											
浙江种群 ZJ	99.6a	93.7a	81.9a	98.4a	97.5a	92.2a	73.6b	47.5c	0		0
广西种群 GX	98.4a	96.7a	85.0a	98.8a	96.8a	83.6a	46.8c	68.1b	0		0
卵孵化速率 Time from oviposition to 50% eggs hatched											
浙江种群 ZJ	8.33	9.33	10	8.33	8.33	9.33	10	10	/		/
广西种群 GX	8.67	9.0	9.67	8.33	8.33	9.0	11.33	9.67	/		/

2.3 不同温度下卵浸水对初孵若虫生存的影响

褐飞虱卵在 28℃ 浸水以后 ,初孵若虫的存活率随浸水时间的延长而明显下降。在相同浸水处理情况下 ,孵化早的若虫存活率略比后孵化的若虫存活率高 ,不浸水卵孵化出的初孵若虫也与浸水处理者趋势相同(图 1)。

2.4 稻株浸水对褐飞虱若虫生存率、成虫取食量和产卵量的影响

植株浸水时间对褐飞虱取食影响明显 ,随着浸水时间的增加褐飞虱在其上的取食量明显减少。但不同浸水时间的褐飞虱取食量差异不显著。不浸水和浸水 1d 处理后褐飞虱的产卵量分别是 80.4 和 76.2 粒/雌 ,

都明显高于褐飞虱在浸水 5d 处理后植株上的产卵量。在不浸水和浸水 1d 处理后,褐飞虱若虫的生存率分别为 68% 和 61%,明显高于浸水 5d 的生存率(表 3)。

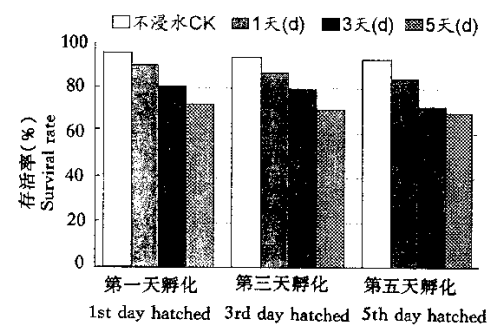


图 1 28℃卵浸水后初孵若虫的存活率

Fig.1 Survival rate of newly hatched nymph with different submerging duration

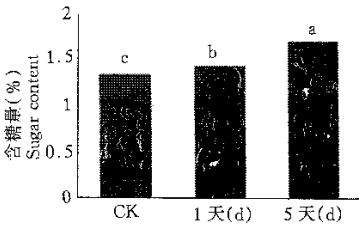


图 2 稻株浸水后体内总含糖量

Fig.2 The sugar content in submerged rice plant

2.5 浸水对稻株体内营养成分的影响

稻株内各昆虫必需氨基酸含量在浸水后的变化结果(表 4)表明,稻株内游离氨基酸总量与浸水时间呈负相关。而在各种氨基酸中,蛋氨酸、异亮氨酸、亮氨酸和精氨酸含量变化受浸水的影响较大,但浸水后含量的增加或减少因氨基酸种类的不同而有明显的差异。

TN1 植株不浸水、浸水 1d 和浸水 5d 处理后的可溶性总糖量差异显著,浸水 1d 和 5d 后可溶性总糖分别比对照增长 6.72% 和 26.12%(图 2)。

3 讨论

浸水对褐飞虱种群的影响是多方面的,主要可分为直接和间接作用两种。首先,浸水直接对褐飞虱卵的孵化有明显的抑制作用^[5,6]。本文进一步证实了这一结果。浸水时的温度、浸水时间和浸水时卵的发育时期均会对卵孵化产生较大影响,如在相对低温 22℃ 和 21~26℃ 自然变温条件下,产卵后立即浸水对卵孵化的影响并不明显,而产卵 4d 再浸水则对浙江种群的卵孵化有影响,在 28℃ 时浸水卵孵化率则与浸水时间有关,浸水 5 天时明显抑制了卵的孵化。但是在 35℃ 高温下浸水对褐飞虱卵孵化的抑制极为显著。浸水在影响卵孵化的同时也延长了卵孵化的进程。浸水对卵的影响主要是水中的氧气含量太低而影响了卵的正常代谢,卵发育阶段越高,代谢越旺盛,需要的氧气量则越多,浸水对卵的影响也就越大,这就是产卵后 4d 浸水的卵的孵化率比产后立即浸水的卵的孵化率更低和受浸水时间影响更大的根本原因。根据本研究结果证明褐飞虱卵对浸水的最敏感期为卵发育的眼点期。其次,浸水通过对稻株体内的营养成分如昆虫必需氨基酸和可溶性糖含量等的影响而间接对褐飞虱种群产生作用。浸水后对稻株内昆虫必需氨基酸如蛋氨酸、异亮氨酸、亮氨酸和精氨酸等的含量影响较明显,浸水时间越长必需氨基酸总量下降越明显,同时也使稻株内可溶性糖含量上升 27%。许多研究表明,游离氨基酸对褐飞虱的生长发育极为重要^[7],氨基酸含量下降对褐飞虱的生长发育不利。被认为对褐飞虱生长发育较重要的昆虫必需氨基酸蛋氨酸^[7]和赖氨酸^[8]含量在浸水后均下降,特别是蛋氨酸含量在浸水后比不浸水下下降了 50% 左右。而稻株内合适的糖含量有利褐飞虱的生长发育,过高和过低均不利于褐飞虱的生长发育^[9]。从而导致取食浸水后水稻的褐飞虱的取食量、生存率和繁殖力明显下降。综上所述,浸水的直接和间接作用均能导致褐飞虱种群数量下降。因此,在水稻生长过程中,可以通过适时和适量淹水来抑制褐飞虱种群数量上升。

表 3 褐飞虱在浸水稻株上的生存率、取食量和产卵量

Table 3 The nymphal survival rate, adult feeding and fecundity on submerged rice plant

浸水时间(d)	生存率(%)	蜜露量(mg/2d)	产卵量(粒)
Duration submerged	Survival rate	Honeydew excreted	No. of eggs laid
(CK)	68.0a	37.2a	80.4a
1	61.0a	31.5a	76.2a
5	48.8a	14.4a	40.0a

同一列内数据后跟有相同字母的表示在 0.05 水平差异不显著。

Data followed by the same letters were not significant difference at 5%

表 4 浸水后水稻植株内昆虫必需氨基酸含量的变化
Table 4 The essential amino acids for insects in submerged rice plant

浸水时间(d) Duration submerged	氨基酸含量(mg/kg) Content of amino acids			氨基酸变化率(%) Variable rate	
	α(CK)	1	5	1	5
苏氨酸 The	609.6	540.9	456.5	- 11.27	- 25.11
缬氨酸 Val	48.8	48.6	25.3	- 0.41	- 48.16
蛋氨酸 Met	12.7	7.0	5.5	- 44.88	- 56.69
异亮氨酸 Ile	24.4	40.0	23.1	+ 63.93	- 5.33
亮氨酸 Leu	45.2	65.8	30.8	+ 45.58	- 31.86
苯丙氨酸 Phe	37.9	45.4	23.6	+ 19.79	- 37.73
组氨酸 His	144.5	145.6	151.7	+ 0.76	+ 4.98
赖氨酸 Lys	51.7	49.7	50.5	- 3.87	- 2.32
精氨酸 Arg	373.7	180.6	156.8	- 51.67	- 58.04
总含量 Total	1348.5	1123.6	923.8		

褐飞虱在我国大多数水稻产区不能越冬,每年 5~6 月份从主要虫源地——中南半岛随西南气流迁入我国南部^[10],在水稻上繁殖 1 代后由南往北迁入我国水稻主产区长江中下游。本研究结果表明采自我国南方稻区广西南宁市和长江三角洲的浙江省杭州市的 2 个地理种群的褐飞虱对浸水的反应基本一致,这对准确把握虫源地褐飞虱种群数量的动态变化以及预测迁入地褐飞虱的发生量和发生期具有极其重要的作用。

参考文献

[1] 巫国瑞,等.影响褐飞虱猖獗和为害的因素.生态学报,1984,14(2):157~166.

[2] Sogawa K. Windborn displacements of the rice planthoppers related to the seasonal weather patterns in Kuyshu district. *Bull. Kuyshu Natl. Agric. Exp. Stn.* 1995, 28(4):219~278.

[3] 程遐年,等.褐飞虱迁飞研究.昆虫学报,1979,22(1):1~22.

[4] 李汝铎,等主编.褐飞虱及其种群管理.上海:复旦大学出版社,1996.

[5] 俞晓平,巫国瑞.高温和浸水对褐飞虱繁殖和生存的影响.浙江农业科学,1991,5:239~241.

[6] 曾宪森,王乾超.水分对褐飞虱卵发育影响的试验.昆虫知识,1984,22(2):49~51.

[7] 丁锦华,都健.褐飞虱对游离氨基酸的利用.昆虫知识,1990,27:65~67.

[8] 张增全,顾金炎.褐稻虱饲料稻株中数种氨基酸的营养效应.昆虫学报,1985,28(1):15~21.

[9] Koyama K. Nutritional physiology of the brown rice planthopper *Nilaparvata lugens* (Hemiptera: Delphacidae). I. Effect of sugars on nymphal development. *Appl. Ent. Zool.* 1985, 20(3):292~298.

[10] 巫国瑞,等.褐飞虱和白背飞虱灾害的长期预测.中国农业科学,1997,30(4):25~29.