

温度和氮肥对褐飞虱存活、生长发育和繁殖的交互作用*

郑许松¹ 陈桂华² 徐红星¹ 吕仲贤^{1**}

(¹ 浙江省农业科学院植物保护与微生物研究所, 杭州 310021; ² 浙江省金华市植物保护站, 浙江金华 321017)

摘要 在实验室条件下,研究了不同温度(20℃、23℃、26℃、29℃和32℃)和氮肥水平(不施氮 0 kg·hm⁻²,高氮 250 kg·hm⁻²)对褐飞虱存活、发育和繁殖的影响和交互作用。结果表明:在20℃~29℃范围内,随着温度的升高,褐飞虱的卵孵化率和若虫存活率提高,卵和若虫历期缩短,成虫寿命缩短,同时产卵量增加;32℃时,褐飞虱卵孵化率和若虫存活率降低,卵和若虫历期延长,成虫生殖力降低;在不同温度下,高氮植株上的褐飞虱卵孵化率和若虫存活率、成虫生殖力均明显高于低氮稻株上的褐飞虱,同时高氮植株上褐飞虱的卵和若虫历期明显短于低氮稻株上的褐飞虱,说明施用高水平氮肥提高了褐飞虱对逆境条件的生态适应性;温度和氮肥对褐飞虱卵存活率、若虫历期和产卵量的交互作用显著,表明全球气候变暖 and 长期施用高水平氮肥很可能是近年来褐飞虱猖獗暴发的重要原因。

关键词 褐飞虱 温度 氮肥 交互作用

文章编号 1001-9332(2009)05-1171-05 中图分类号 S435.1 文献标识码 A

Interactive effects of temperature and nitrogen fertilizer on the survival, development, and reproduction of brown planthopper *Nilaparvata lugens*. ZHENG Xu-song¹, CHEN Guihua², XU Hong-xing¹, LÜ Zhong-xian¹(¹Institute of Plant Protection and Microbiology, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, China; ²Jinhua Plant Protection Station, Jinhua, 321017, Zhejiang, China). -*Chin. J. Appl. Ecol.* 2009 20(5): 1171-1175.

Abstract: A laboratory study was made on the interactive effects of temperature (20℃, 23℃, 26℃, 29℃, and 32℃) and nitrogen fertilization level (0 and 250 kg·hm⁻²) on the survival, development, and reproduction of brown planthopper (BPH) *Nilaparvata lugens*. With increasing temperature from 20℃ to 29℃, the egg hatchability, nymphal survival, and adult fecundity of BPH increased and the developmental duration of all stages shortened; while at 32℃, it was in adverse. At all test temperatures, the BPH on rice plants treated with 250 kg N·hm⁻² had higher egg hatchability, nymphal survival and adult fecundity, and shorter developmental duration of eggs and nymphs, compared with no nitrogen fertilization, which suggested that high level nitrogen fertilization enhanced the ecological adaptability of BPH to stress conditions. There were significant interactive effects of temperature and nitrogen fertilizer on the egg hatchability, nymphal duration, and adult fecundity of BPH, implying that global warming and long-term high level application of nitrogen fertilizer could be responsible for the outbreaks of BPH in recent years.

Key words: *Nilaparvata lugens*; temperature; nitrogen fertilizer; interactive effects.

褐飞虱(*Nilaparvata lugens*)属迁飞性暴发性害虫,是我国和东南亚水稻生产国的最主要害虫之一^[1]。近年来,褐飞虱在我国南方稻区频繁暴发,造成严重损失。尤其是2005—2006年,褐飞虱的发生

与危害达到了空前的程度。据统计,2005年浙江省第5代褐飞虱大发生和特大发生面积有66.7万hm²,占水稻总种植面积的86%,绝收的面积达5333hm²,造成直接水稻产量损失120万t^[2]。2006年全国褐飞虱的发生面积达1667万hm²(农业部全国农业技术推广服务中心内部资料)。氮肥的大量施用,被认为是导致褐飞虱种群密度大幅度提高的主要原因之一^[3-5]。人们为了追求高产而追加氮肥的使用

* 农业部公益性行业科研专项(200803003)和浙江省自然科学基金项目(Z308437, Y307493)资助。

** 通讯作者。E-mail: luzxmh2004@yahoo.com.cn

2008-09-26 收稿, 2009-02-13 接受。

量,实际使用量普遍大大超过需要量^[6]。1995—1999年中国所有的氮肥消耗中,占总耕地面积21%的水稻消耗了37%的氮肥量,高达 $180 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,大大高出了世界平均水平 $103 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ^[7]。研究表明,高氮对褐飞虱的存活、生长和繁殖都有明显的促进作用^[8]。温度作为昆虫生命系统中的一个重要环境因子,通过对发育速率、存活率和生殖力的作用而显著影响到种群的增长能力^[9]。全球变暖气温升高也被认为是近年褐飞虱大发生的主要原因^[10],但目前相关的研究还较少。尤其是高水平氮肥和全球变暖对褐飞虱猖獗的交互作用还未见报道。为此,本文研究了氮肥和温度两个影响因素对褐飞虱的生长、发育和繁殖的影响和交互作用,以期为褐飞虱的猖獗机理研究及其治理提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

试验用褐飞虱种群采自杭州郊区稻田,在玻璃房内用水稻(*Oryza sativa*)品种TN1稻苗饲养1代后供试。

1.2 水稻品种及氮肥水平

供试的水稻品种为TN1。把TN1种子分别播在两个不同施氮水平的水泥槽内,施氮水平分别为不施氮(N_0 , $0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)和高氮(N_{250} , $250 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)。取45日龄分蘖期的稻苗用于试验。每15 d播种1个批次,并按不同氮肥水平施肥。

1.3 稻株含氮量的测定

叶绿素含氮测定仪(SPAD-502,日本佳能公司出品)是一种可靠、简便、快速和非破坏性的叶片叶绿素含量测定仪器,根据其数据可以准确地估测植株的含氮量。在使用稻苗前,在9:00—12:00,随机在不同施氮水平的水泥槽中选取稻苗。取稻苗最顶端的前展叶,叶片中部和上下各3 cm处沿中脉测定叶绿素含量(以SPAD值显示),以平均值表示该叶片的相对含氮量。所有稻株都测定SPAD值并用标签标明。稻苗在每次更换使用前都要测定SPAD值,选择SPAD值接近的稻苗供试验用。

1.4 若虫发育历期和存活率试验

在光照培养箱内进行相关试验。设定20℃、23℃、26℃、29℃和32℃5个恒定温度($\pm 0.5 \text{ }^\circ\text{C}$),光周期为14L:10D。不同温度和氮肥下褐飞虱若虫发育历期及存活率的测定采用单苗单虫饲养观察法。具体方法:将12 h内初孵的若虫单头饲养于小试管(直径2 cm,高18 cm),内置45日龄的TN1稻

苗1株,并加入1 ml左右的木村B水稻营养液,以供水稻生长和保持管内的湿度。用棉花封口,以防褐飞虱逃逸。各温度下各施氮水平处理的初始若虫数均为100头。定时更换稻苗、添加营养液和更换试管,以保持饲养稻苗的鲜嫩和试管的干净。每天8:00和20:00时定时观察每头褐飞虱的蜕皮情况,记录各龄期的发育和死亡情况,直到所有存活试虫都羽化到成虫为止。最后统计褐飞虱若虫发育历期和存活率。

1.5 卵历期和孵化率试验

每一大试管中接入各温度下3头3日龄的怀卵雌成虫,在不同施氮水平的45日龄TN1稻株上产卵,产卵24 h后除去成虫,将产过卵的稻苗移到各温度下进行培养。每天记录孵化若虫数,直至连续2 d没有若虫孵化为止。当若虫孵化结束后,双筒镜下考查未孵化卵量,统计卵历期和孵化率(存活率)。

1.6 成虫寿命和繁殖力的测定

将同一温度下当日羽化的雌雄成虫配对后置于大试管稻苗上进行产卵量测定。对每个温度和氮肥处理重复测定褐飞虱产卵量30次。采取每天镜检的方式,调查每头雌虫的每日产卵量。产卵前雄虫出现死亡时,则追加雄虫,以保证雌虫能交配。在调查卵量的同时,记录雌虫、雄虫的死亡时间,得到雌雄成虫的寿命。

1.7 数据分析

用SPSS 13.0 for Windows进行试验数据分析。对氮肥和温度的交互作用进行双因素方差分析(two way ANOVA)。数据分析前,先进行适当的数据转换,以满足方差分析的要求,其中对百分数进行反正弦转换。

2 结果与分析

2.1 温度和氮肥对褐飞虱生长发育的影响

褐飞虱的卵和若虫历期在20℃~29℃范围内随着温度的上升而缩短(图1),但32℃时卵历期和若虫历期均比26℃和29℃时长。从卵和若虫历期看,褐飞虱在不同温度下的发育速率为 $29 \text{ }^\circ\text{C} > 26 \text{ }^\circ\text{C} > 32 \text{ }^\circ\text{C} > 23 \text{ }^\circ\text{C} > 20 \text{ }^\circ\text{C}$ 。取食高氮处理的稻株使褐飞虱的卵和若虫历期在不同温度水平上均比同温度不施氮处理明显缩短。其中高氮稻株上褐飞虱卵历期比不施氮处理缩短了0.27~0.93 d。高氮处理若虫历期比不施氮处理缩短的幅度达12.89%~19.49%。29℃下若虫历期缩短1.79 d,而在20℃时缩短了3.73 d。方差分析表明(表1),温度和氮肥

表 1 温度和氮肥对褐飞虱卵和若虫历期交互作用的双因素方差分析

Tab. 1 Two-way ANOVA of egg and nymphal durations of BPH at different temperatures and nitrogen regimes

| 处 理 Treatment | 卵历期 Egg duration | | | 若虫历期 Nymphal duration | | |
|-----------------------------------|------------------|---------|--------|-----------------------|----------|--------|
| | MS | F | P | MS | F | P |
| 温度 Temperature | 70.278 | 188.715 | <0.001 | 1977.178 | 1294.620 | <0.001 |
| 氮肥 Nitrogen | 8.719 | 23.412 | <0.001 | 915.839 | 599.675 | <0.001 |
| 温度 × 氮肥 Temperature × nitrogen | 0.244 | 0.656 | 0.625 | 15.208 | 9.958 | <0.001 |

对褐飞虱卵历期和若虫历期的影响均达显著水平 ($P < 0.001$), 温度和氮肥对褐飞虱卵历期交互作用不显著 ($P = 0.625$), 而对褐飞虱若虫历期的交互作用达到显著水平 ($P < 0.001$).

2.2 温度和氮肥对褐飞虱存活的影响

褐飞虱的卵存活率和若虫存活率在 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 29\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内随着温度的上升而明显增高, $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $29\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下卵和若虫存活率很接近, 但 $32\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下的卵和若虫存活率则明显降低, 仅高于 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 处理. 取食高氮处理稻株的褐飞虱卵和若虫存活率均要高于同温度不施氮处理 (图 2). 高氮处理的卵存活率比不施氮处理提高 $6.32\% \sim 13.65\%$, 其中 $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $29\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下高氮处理比不施氮处理分别高 13.65% 和 12.24% . 高氮处理的若虫存活率比不施氮处理提高 $2.03\% \sim 10.85\%$. 方差分析表明 (表 2), 温度和氮肥对褐飞虱的卵和若虫存活率的影响均达极显著水平 ($P < 0.001$), 其中, 温度和氮肥对褐飞虱卵存活率的交互作用极显著 ($P < 0.001$), 而对若虫存活率的交互作用不显著 ($P = 0.207$).

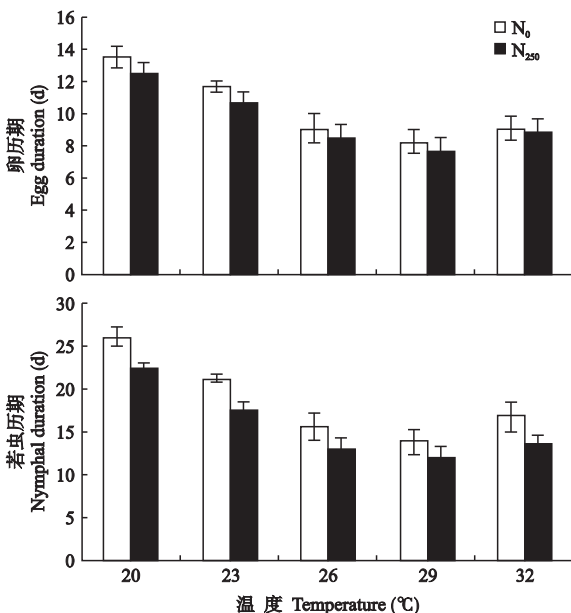


图 1 不同温度和氮肥处理下褐飞虱的卵历期和若虫历期
Fig. 1 Egg and nymphal durations of BPH at different temperatures and nitrogen regimes.

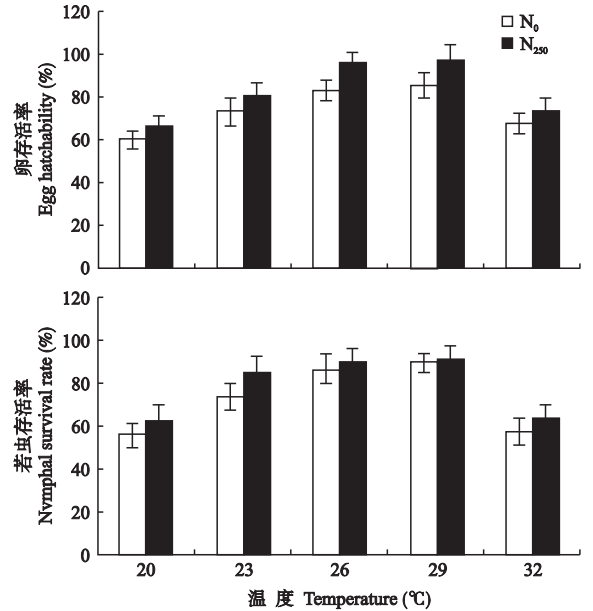


图 2 不同温度和氮肥处理下褐飞虱的卵存活率和若虫存活率

Fig. 2 Egg hatchability and nymphal survival of BPH at different temperatures and nitrogen regimes.

2.3 温度和氮肥对褐飞虱成虫寿命和繁殖的影响

$20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 26\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下, 褐飞虱的单雌产卵量随温度的上升而明显上升, $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时产卵量最高, $29\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时的产卵量略低于 $26\text{ }^{\circ}\text{C}$, 而 $32\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时褐飞虱产卵受到抑制, 产卵量高于 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 而低于 $23\text{ }^{\circ}\text{C}$. 成虫的寿命则随着温度的上升而缩短, $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时寿命最长, $32\text{ }^{\circ}\text{C}$ 寿命最短. 氮肥对褐飞虱产卵的促进作用十分显著. 在各个温度下, 高氮处理的褐飞虱单雌产卵量比不施氮处理高出 $21.29\% \sim 65.07\%$, 其中尤以 $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $29\text{ }^{\circ}\text{C}$ 最为显著, 平均单雌产卵量分别提高 165.25 和 130.50 粒. 同时氮肥处理还明显延长了褐飞虱成虫寿命, 各温度下高氮处理的褐飞虱成虫寿命比不施氮处理延长 $2.75 \sim 4.38$ d (图 3). 方差分析表明 (表 3), 温度和氮肥分别对褐飞虱产卵和成虫寿命的有极显著影响 ($P < 0.001$), 温度和氮肥对褐飞虱产卵的交互作用显著 ($P = 0.013$), 而对成虫寿命的影响不显著 ($P = 0.985$).

表 2 温度和氮肥对褐飞虱卵存活率和若虫存活率交互作用的双因素方差分析

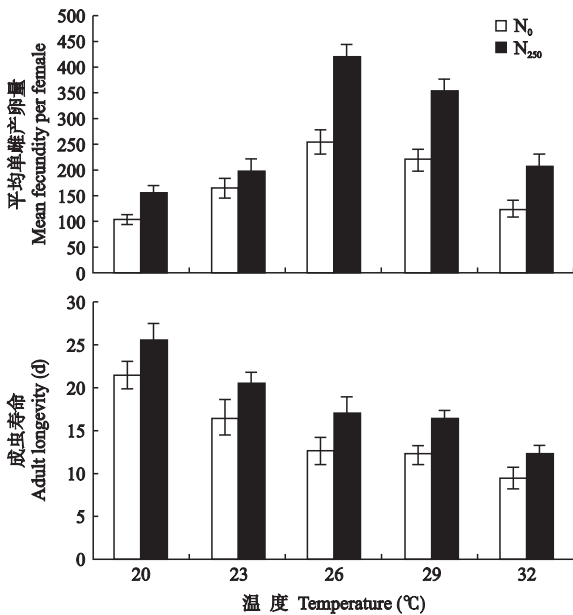
Tab. 2 Two-way ANOVA of egg hatchability and nymphal survival of BPH at different temperatures and nitrogen regimes

| 处 理 Treatment | 卵存活率 Egg hatchability | | | 若虫存活率 Nymphal survival | | |
|-----------------------------------|-----------------------|--------|--------|------------------------|---------|--------|
| | MS | F | P | MS | F | P |
| 温度 Temperature | 0.812 | 65.937 | <0.001 | 0.333 | 139.266 | <0.001 |
| 氮肥 Nitrogen | 0.763 | 61.927 | <0.001 | 0.065 | 27.087 | <0.001 |
| 温度 × 氮肥 Temperature × nitrogen | 0.074 | 6.041 | <0.001 | 0.004 | 1.627 | 0.207 |

表 3 温度和氮肥对褐飞虱产卵量和成虫寿命交互作用的双因素方差分析

Tab. 3 Two-way ANOVA of fecundity and adult longevity of BPH at different temperatures and nitrogen fertilizer regimes.

| 处 理 Treatment | 产卵量 Oviposition | | | 成虫寿命 Adult longevity | | |
|-----------------------------------|-----------------|--------|--------|----------------------|--------|--------|
| | MS | F | P | MS | F | P |
| 温度 Temperature | 121930.45 | 36.343 | <0.001 | 373.019 | 20.196 | <0.001 |
| 氮肥 Nitrogen | 175219.2 | 52.226 | <0.001 | 300.313 | 16.260 | <0.001 |
| 温度 × 氮肥 Temperature × nitrogen | 11488.075 | 3.424 | 0.013 | 1.656 | 0.090 | 0.985 |

图 3 不同温度和氮肥处理下褐飞虱的产卵量和成虫寿命
Fig. 3 Fecundity and adult longevity of BPH at different temperatures and nitrogen fertilizer regimes.

3 讨 论

由于温室气体浓度的增加,全球气候正经历一次以变暖为主要特征的显著变化.自 20 世纪 90 年代以来,气温升高趋势明显,气候模型分析预测未来百年全球年平均气温将上升 1.4 °C ~ 5.8 °C^[11].相对于 1961—1990 年平均水平,据预测我国 2020 年的平均气温将上升 1.3 ~ 2.1 °C,2050 年将上升 2.3 °C ~ 3.3 °C^[12-14].温度是影响昆虫生长发育的关键因素.温度升高时,昆虫的发育率将增快,最终影响到种群增长.因此,研究气候变暖对水稻主要害虫褐飞虱生长、发育和繁殖及其在水稻上的猖獗和危害

的影响具有重要的现实意义.

25 °C ~ 30 °C 是褐飞虱存活、发育和繁殖的适宜范围,30 °C 以上则对褐飞虱的种群增长不利^[9,15].本文研究结果与此相似,22 °C ~ 32 °C 范围内,褐飞虱的生态适应性呈抛物线趋势.在适温范围内随着温度的升高,褐飞虱的卵历期和若虫历期缩短,成虫寿命缩短,同时产卵量增加.高温则降低褐飞虱的卵孵化率、延长卵和若虫历期、降低若虫存活率和成虫生殖力.较多的研究已表明,气候变化背景下随着气温的升高,昆虫繁殖力增强,发育速率加快,种群数量提高,发生世代增加^[16-18].全球变暖在过去 20 年里使水稻产区气温上升很快,全年平均气温升高,尤其是秋季气温的偏暖非常有助于褐飞虱的发生.与此同时,水稻产区夏季极端高温天数近年来也呈持续增加的趋势,这对褐飞虱种群增长是有抑制作用的.但在实际生产中,水稻不同品种和栽培方式造成了田间小环境的较大差异,对褐飞虱的发生产生不同的影响.株型高大的高产水稻新品种(如超级稻)及直播密植的栽培方式,大大降低了稻田小环境的温度.据浙江金华市植保站 2007 年的试验资料(未发表),气温最高的 7—8 月,超级稻“两优培九”稻田中稻丛基部平均温度是 27.6 °C,温度保持在褐飞虱适宜生长的 25 °C ~ 30 °C,仅少数几天稻丛基部的最高温度短时间内达到过 30 °C ~ 32 °C.这使褐飞虱在超级稻田中持续高温的夏季依然能保持高存活率和种群增长能力,为褐飞虱的暴发积累了虫口基数.由此可见,全球变暖以及水稻新品种的推广对褐飞虱种群增长有重要的推进作用.

植物体内的氨基酸组成与昆虫所需的氨基酸成分有很大的区别^[19].植物组织的氮含量从汁液中的

0.0002%(体积比)到幼体、正在成长的组织和贮存器官的7.0%(干重比),而植食性昆虫组织的含氮量高达7%~14%^[20],因此,为了最大程度地获得氮营养以克服氮资源的限制,昆虫不得不利用富氮植物和器官。寄主植物的氮含量是植食昆虫种群增长的一个重要限制因子^[20]。本研究表明,在高含氮植株上的褐飞虱若虫存活率、成虫生殖力和卵孵化率均明显高于在低氮稻株上的褐飞虱。稻株较高的含氮量有助于提高褐飞虱对高温的耐性。这表明全球变暖的情况下,长期施用高水平氮肥将有助于提高褐飞虱对气候的抗逆能力。同时,研究证明在实验室条件下,温度和氮肥两个外界条件对褐飞虱的生长发育和繁殖存在交互作用,其中温度和氮肥对褐飞虱卵存活率、若虫历期和产卵量的交互作用达到显著水平,这对合理解释近年来褐飞虱频繁猖獗有着重要的意义。全球气候变暖和施用高水平氮肥的交互作用很可能是近年褐飞虱猖獗暴发的重要原因。当然,其中机理还有待进一步深入研究。

参考文献

- [1] Sogawa K. Windborn displacements of the rice planthoppers related to seasonal weather patterns in Kuysu District. *Bulletin of the Kushu National Agricultural Experimental Station*, 1995, **28**: 219-278
- [2] Lu J-F (陆剑飞), Huang G-Y (黄国洋). Analysis on the key factors causing the outbreak of brown planthopper in Zhejiang Province and its countermeasures. *Pesticide Science and Administration* (农药科学与管理), 2006, **27**(1): 42-43 (in Chinese)
- [3] Gallagher KD, Kenmore PE, Sogawa K. Judicial use of insecticides deter planthopper outbreaks and extend the role of resistant varieties in Southeast Asian rice// Denno RF, Perfect TJ, eds. *Planthoppers: Their Ecology and Management*. London: Chapman & Hall, 1994: 559-614
- [4] Li R-D (李汝铎), Ding J-H (丁锦华), Hu G-W (胡国文), et al. *The Brown Planthopper and Its Population Management*. Shanghai: Fudan University Press, 1996 (in Chinese)
- [5] Cheng J-A (程家安), Zhu Z-R (祝增荣). Analysis on the key factors causing the outbreak of brown planthopper in Yangtze area, China in 2005. *Plant Protection* (植物保护), 2006, **32**(4): 1-4 (in Chinese)
- [6] Dobermann A, Fairhurst T. *Rice: Nutrient Disorders and Nutrient Management*. London: Oxford Graphic Printer Pte Ltd., 2000: 13-39
- [7] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2001. *Statistical Databases [EB/OL]*. (2001-05-16)[2008-02-08]. <http://www.fao.org>
- [8] Lu ZX, Heong KL, Yu XP, et al. Effects of plant nitrogen on ecological fitness of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål, in rice. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 2004, **7**(1): 97-104
- [9] Li R-D (李汝铎). Population growth of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål, as influenced by temperature. *Acta Phytophylacica Sinica* (植物保护学报), 1984, **11**(2): 101-108 (in Chinese)
- [10] Zhai B-P (翟保平), Cheng J-A (程家安). Summary of the 2006 symposium on two rice migratory insect pests. *Chinese Bulletin of Entomology* (昆虫知识), 2006, **43**(4): 585-588 (in Chinese)
- [11] Houghton JT, Ding YH. *Climate Change: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001
- [12] Qin D-H (秦大河), Chen Y-Y (陈宜瑜), Li X-Y (李学勇). *Climate and Environment Changes in China*. Beijing: Beijing Scientific Press, 2005 (in Chinese)
- [13] Gao X-J (高学杰), Ding Y-H (丁一汇), Zhao Z-C (赵宗慈). Climate change due to greenhouse effects in China as simulated by a regional climate model. part II. *Climate change. Acta Meteorologica Sinica* (气象学报), 2003, **61**(1): 29-38 (in Chinese)
- [14] Xu Y (徐影), Ding Y-H (丁一汇), Zhao Z-C (赵宗慈). Scenario of temperature and precipitation changes in northwest China due to human activity in the 21st century. *Journal of Glaciology and Geocryology* (冰川冻土), 2003, **25**(3): 327-330 (in Chinese)
- [15] Krishnaiah NV, Rama Prasad AS, Raghavendra R, et al. Effect of constant and variable temperatures on biological parameters of rice Brown Planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål). *Indian Journal of Plant Protection*, 2005, **33**: 181-187
- [16] Lawton JH. From physiology to population dynamics and communities. *Functional Ecology*. 1991, **5**: 155-161
- [17] Li S-H (李淑华). Effect of global warming to diseases and insect pests and its countermeasures. *Chinese Journal of Agrometeorology* (中国农业气象), 1993, **14**(1): 41-44 (in Chinese)
- [18] Zhang R-J (张润杰), He X-F (何新风). Potential effects of climate change on agricultural insect pests. *Chinese Journal of Ecology* (生态学杂志), 1997, **16**(6): 36-40 (in Chinese)
- [19] Broadway RM, Duffey SS. Plant proteinase inhibitors: Mechanism of action and effect on the growth and digestive physiology of larval *Heliothis zea* and *Spodotera exiqua*. *Journal of Insect Physiology*, 1986, **32**: 827-833
- [20] Mattson Jr WJ. Herbivory in relation to plant nitrogen content. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1980, **11**: 119-161

作者简介 郑许松,男,1973年生,助理研究员。主要从事水稻害虫综合治理研究工作。E-mail: zhengxusong@yahoo.com.cn

责任编辑 肖红

