

褐飞虱起飞行为与自身生物学 节律、环境因素同步关系的初步研究

陈若麓 程遐年

(南京农学院 昆虫教研组)

提 要

褐飞虱起飞的行为和日周期节律已于1978年作了观察。在春、夏季节,成虫通常于日出前或日落后出现起飞高峰,呈“晨、暮双峰起飞”型;晚秋由于温度下降,成虫一般于暖和的下午起飞,呈“日间单峰起飞”型。

室外调查和室内试验表明,褐飞虱长翅雌虫于卵巢发育至I级末,Ⅱ级初时迁移活动最盛。此时,雌虫翅的负荷小,含水量低,脂肪体发达,有利于起飞迁移。在施用保幼激素ZR-61D后,由于促进卵巢发育,增加翅的负荷等原因,其飞行活动明显下降。

食料条件是影响褐飞虱迁移的重要因素。在黄熟水稻上取食的雌虫,其起飞迁移百分率比取食孕穗水稻的为高。由此表明,迁移的长翅型成虫在适宜的食料条件下可直接进入繁殖阶段。种群密度、温度对起飞前期有明显的影响,而光照周期的影响不明显。

近年来,通过越冬调查,高山网捕,卵巢解剖及各地虫情和气象资料分析,证明褐飞虱具有远距离迁飞的习性,并提出褐飞虱在我国东半部地区远距离迁飞途径的假设⁽¹⁾。褐飞虱的迁飞过程包括起飞(迁出)、空间运行和降落(定居)三个阶段。在起飞、空间运行期间,由于食料恶化,停食和温度不宜的影响,雌虫体内保幼激素停滞释放,卵巢停滞发育,出现生殖“滞育”现象。降落定居后,在适宜的环境条件下,生殖“滞育”被解除,即进入定居繁殖⁽²⁾。本项工作的目的,在于通过褐飞虱迁移飞翔行为的观察,了解迁移飞翔与环境因素和自身生物学节律的同步关系,为探索褐飞虱迁移的生理机制,阐明褐飞虱的迁飞问题提供依据。

方法和结果

(一) 褐飞虱的起飞行为和起飞日周期的季节性变化

1、起飞行为:在双季早稻和单季中稻成熟期间,在田间自然情况下,对褐飞虱的起飞行为进行观察。

褐飞虱长翅成虫在起飞时，先自稻丛基部逐步上升至叶片端部或穗部静伏待飞，当在一定光强度的触发下，即猛烈蹬动离开寄主植物迅速向上空飞去。褐飞虱在晴朗、无风或风力小于二级的天气起飞，而在下雨或雾天很少起飞迁移。起飞飞行的轨迹，在晴朗无风的天气一般与地面相垂直；在有1—2级风力的条件下，则与地面成一锐角随风飞去(图1)。

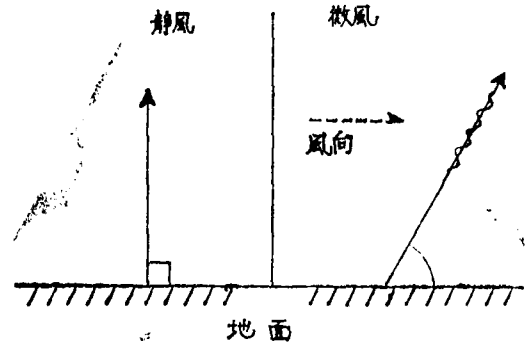


图1 褐飞虱起飞飞行的轨迹

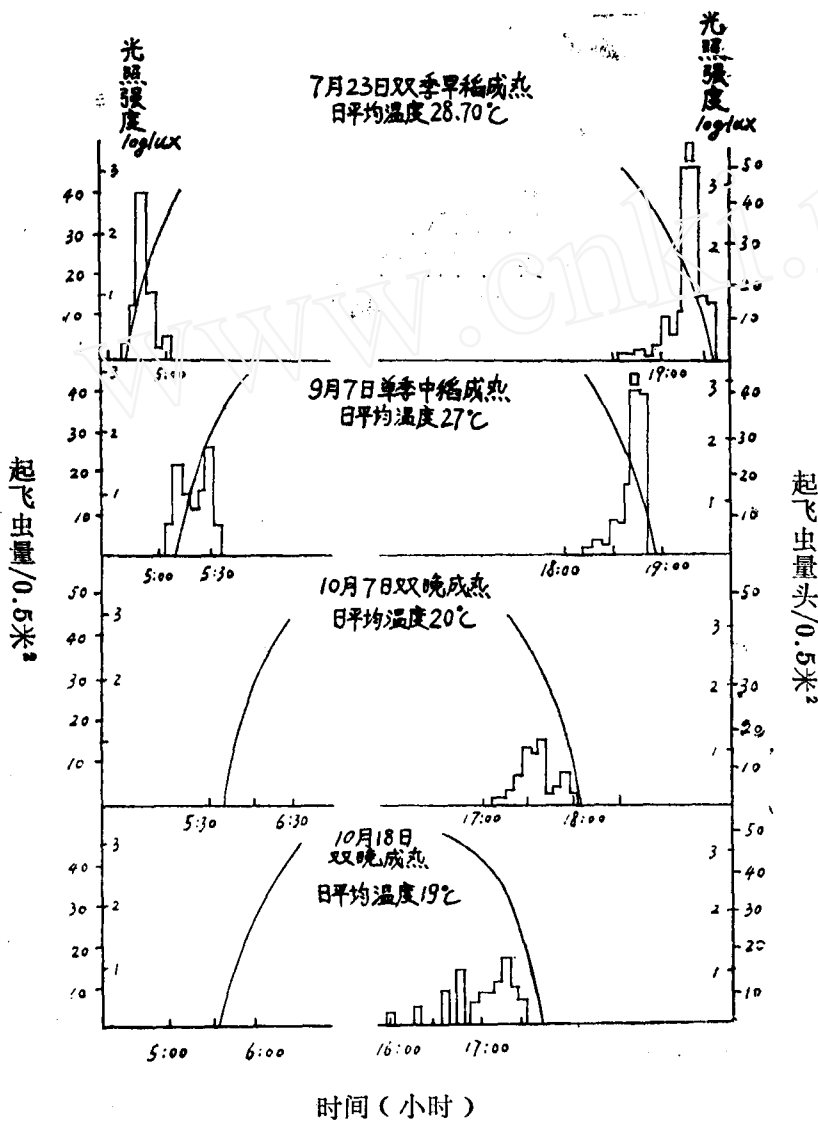


图2 不同季节褐飞虱起飞日周期

2、起飞日周期的季节性变化：1978年7—10月，在室外大纱笼(4.6×2.7×2米³)内，系统观察褐飞虱在双季早稻、单季中稻和双季晚稻成熟期间起飞迁移的日周期。在大纱笼顶部网壁上选取两个样点，每个样点为0.5平方公尺，观察记录飞入样点内的虫量，同时测定纱笼内的光照强度。在每一季水稻成熟期间连续观察3—4天。

所得结果表明，褐飞虱起飞迁移的日周期有明显的季节性变化特点，在夏季和早秋(7—9月)，当日平均温度在25℃以上，于日出前和日落后起飞，属于“晨暮双峰起飞”型。在这期间，褐飞虱起飞飞行对光照强度的反应十分敏感，一般在光照强度14—100 lux 之间出现起飞盛期，在20—

30 lux 之间出现起飞高峰。在晚秋(10月)由于温度逐渐下降,褐飞虱起飞逐渐为温度所控制,在日平均温度19℃下,早晨及傍晚的温度较低(11—16℃),褐飞虱的晨、暮起飞受到抑制,一般都集中在暖和的下午飞行,属于“日间单峰起飞”型(图2)。

(二) 褐飞虱起飞迁移与自身生物学节律的关系

1、雌成虫日龄和卵巢发育:以往研究发现在褐飞虱迁出期间,田间I级卵巢的雌虫比例很高。这是否由于雌虫卵巢停滞发育并陆续外迁的结果,为进一步阐明

这一关系,在室内纱笼内将初羽化的雌成虫按单株虫量8—9头接于黄熟期水稻上(品种为原丰早)。每一处理为30—40头雌虫,5头雄虫。于每天日出前,日落后观察起飞飞行虫量(飞行个体随即从纱笼中移除),按褐飞虱日龄统计飞行百分率。另外,在同样条件下,饲养100头雌虫,在每天观察时间内抽取10—15头雌虫解剖其卵巢发育进度。

在夏季双季早稻成熟期间,褐飞虱长翅型雌虫于羽化后24小时出现起飞,在羽化后36小时出现起飞高峰。对照雌虫卵巢发育进度,褐飞虱雌虫大量起飞的时间,都座落于卵巢I级后期至II级初期。在羽化60小时以后,由于食料条件迅速恶化,也有少量III级卵巢的个体出现起飞扩散。

为验证上述试验结果,在室外大纱笼内,在褐飞虱迁移飞行期间连续收集和解剖飞行雌虫个体,所得结果为飞行个体的卵巢几乎都属于I级后期——II级初期,而III级卵巢的个体比例始终很少(图3)。由此表明,在褐飞虱雌成虫的生活期间,只有在特定的发育阶段才出现强烈的迁移行为,这种明显的生物学节律包含着复杂的生态关系和生理机制。

2、雌虫体重,水分和脂肪含量:昆虫在迁移时体内有特别丰富的脂肪体和较小的翅膀负荷⁽⁴⁾。在褐飞虱雌虫卵巢发育过程中,其身体重量和脂肪体数量的变化也是明显的。在室内用成熟期盆栽水稻系统饲养同一日龄的成虫,按雌虫各级卵巢的发育历期,分期收集同一日龄的雌虫,进行体重,水分和脂肪含量的测定。体重由分别称取30头雌虫求得,水分含量系将称过鲜重的雌虫置60℃恒温箱内烘至恒重进行测定;脂肪含量用索氏脂肪抽提器以乙醚回流提取,每次提取样品为400头。此外,在室内大纱笼内收集起飞飞行的雌虫个体,进行相应的测定。

所得结果表明,初羽化的雌虫由于未经飞行前期的取食阶段,体重最轻,体内脂肪含量最少,但水分含量最高。经取食后,体重逐渐增加,当卵巢发育达I级末、II级初期时,体内水分最少,脂肪积聚含量最高,因而体重增加不甚明显。卵巢发育至II级时,体内脂肪含量开始下降,水分又复上升,体重随之增加。在卵巢发育达III、IV级,这时由于成熟卵粒形成,体重迅速上升,脂肪含量继续下降,水分则相应增加(表1)。这就进一步证明褐飞虱长翅型雌虫在卵巢发育至I级末和II级初期时,其体重较轻,脂肪积聚最多,正是适

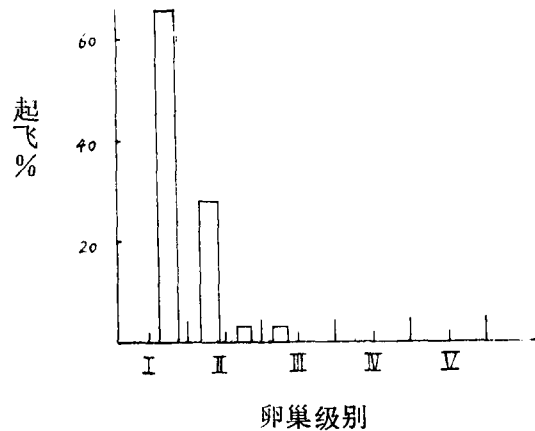


图3 褐飞虱起飞迁移时雌虫卵巢发育状况

表1 褐飞虱长翅雌虫起飞迁移与体重、水份、脂肪含量的关系

卵巢发育级别	平均体重 (mg)	含水%	平均脂肪含量 (mg)	备注
I 级初	2.02	67.8	0.140	* 起飞迁移
I 级末——II 级初	2.27	55.1	0.502	
II 级	2.3—2.56	59	0.480	
III 级	2.89	65.4	0.468	
IV 级	3.91	65.2	0.432	

于起飞迁移的时期。

3、保幼激素的控制作用：在激素对卵巢发育的控制试验中⁽²⁾，证明保幼激素具有促进雌虫卵巢发育的作用。为进一步明确保幼激素与起飞迁移的关系，将初羽化雌虫饲养于用0.1%ZR-619处理的水稻上。每一处理接雌虫30—40头（每株8—9头），雄虫5头，重复2次，并设对照。处理后每天于起飞飞行时间观察起飞数量，并随即将起飞虫体移除。试验结束后检查残留虫量，统计起飞虫量和居留虫量的比例。

试验结果表明，褐飞虱长翅型雌虫在接触保幼激素后，除在处理后12小时出现部分个体提前起飞以外，在整个处理期间起飞数量明显减少，而居留数量明显增高。不论是在黄熟期水稻还是孕穗期水稻处理中均表现一致（图4、图5）。

(三) 影响褐飞虱起飞迁移的生态因素

1、食料因素：水稻成熟与褐飞虱长翅型成虫的大量迁飞转移存在着明显的同步关系。以往的研究证明，食料条件恶化是引起褐飞虱长翅型雌虫卵巢发育停滞的重要因素。为进一步明确食料条件与起飞迁移的关系，在室内黄熟期和孕穗期水稻（品种原丰早）上饲养初羽化的成虫。每处理接长翅型雌虫30头（每株8—9头），雄虫5头，重复一次。接虫后定时观察起飞虫量，并在试验结束后检查居留数量。

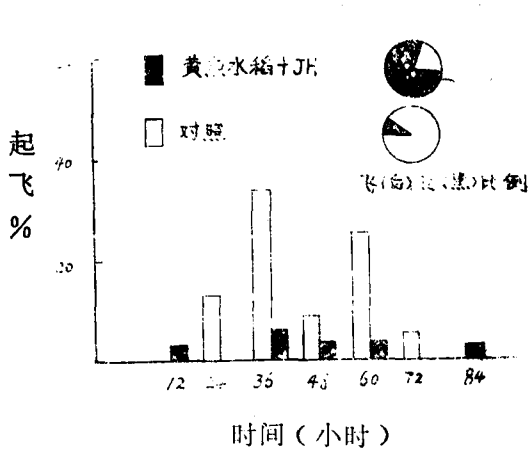


图4 保幼激素ZR-619对褐飞虱起飞的控制作用

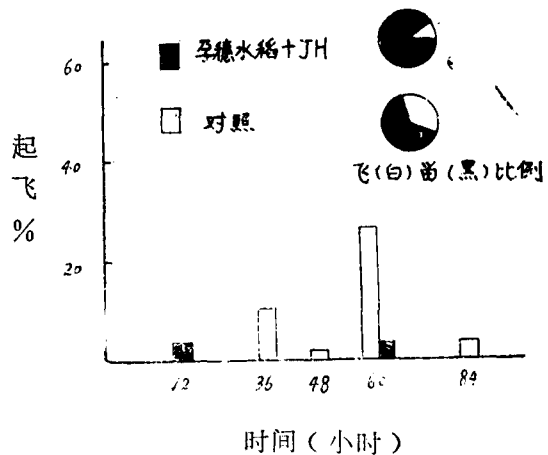


图5 保幼激素ZR-619对褐飞虱起飞的控制作用

在试验中发现,凡取食黄熟水稻的长翅型雌虫,起飞百分率很高,居留比例很低,而取食孕穗期水稻的则相反(图6)。由此证明,褐飞虱起飞迁移与食料条件的恶化,雌虫卵巢发育的停滞有着一致的不同步关系。同时还表明,迁移型的长翅型成虫当食料条件适宜时,可以直接定居繁殖。

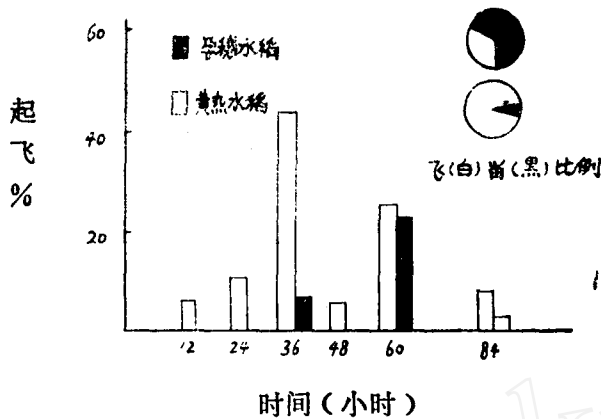


图6 食料因素对褐飞虱起飞迁移的影响

2、种群密度:在自然条件下,褐飞虱种群密度的高低是引起食料条件迅速恶化的重要条件。文献提出,当褐飞虱繁殖至第三或第四世代时,由于种群的高度拥挤和食料缺乏,出现长翅型成虫大量迁出。本项试验在室内模拟条件下,在黄熟水稻上设立单株虫口7—8头和40头的两组实验种群,定时观察起飞迁移的数量。

在高密度实验种群组中,食料条件迅速恶化,褐飞虱长翅型成虫提前起飞,起飞盛期集中,而在低密度实验种群组中,食料恶化程度进展较慢,起飞较迟,起飞盛期延续时间较长(图7)。在试验结束后,两组处理的残留虫量相仿。这证明,褐飞虱长翅型成虫的起飞迁移主要受食料条件所决定,种群密度直接影响食料条件的恶化程度,从而间接影响起飞期的早迟。

3、温度作用:褐飞虱在春、夏季节随着早稻的成熟,逐代逐区地借风力由南向北迁移。

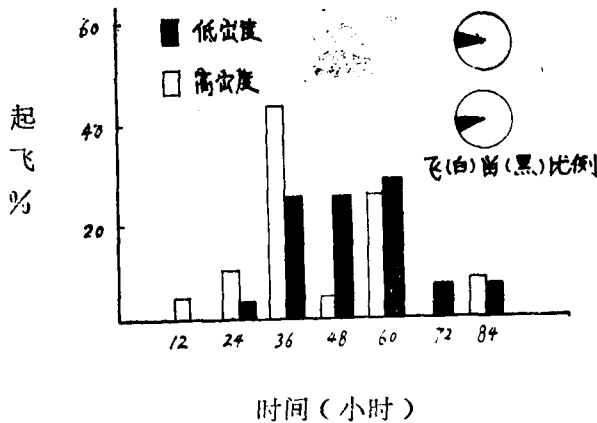


图7 不同种群密度与起飞迁移的关系

在秋季随中、晚稻的成熟，又随当时风向由北向南回迁。为明确不同迁飞季节，温度对起飞迁移的影响作用，在室内模拟春、夏向北迁移和秋季向南回迁时的温度条件，分别在温度28—30℃及23℃的条件下，以黄熟期水稻饲养初羽化的长翅型雌成虫30—40头（每株接虫8—9头），定期观察起飞迁移的数量。

从图8看出，在高温条件下，褐飞虱起飞迁移期明显提早，于羽化后24小时开始出现起飞迁移，36小时出现起飞高峰。但在温度23℃条件下，则分别为36小时和60小时。从迁移和居留比例看出，温度对迁移和居留比例则无明显影响。

4、光照时间：以往研究表明，春、夏长光照和秋季短光照对褐飞虱长翅型雌虫卵巢发育无明显影响。本项试验模拟不同季节的自然光照时间，即在室内分别在15小时光照加9小时黑暗和12小时光照加12小时黑暗两种条件下，饲养初羽化的长翅型雌虫，定期检查起飞迁移数量。

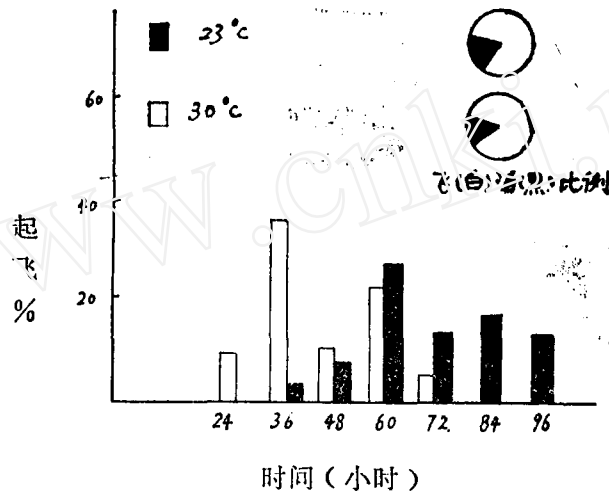


图8 温度对起飞迁移的影响

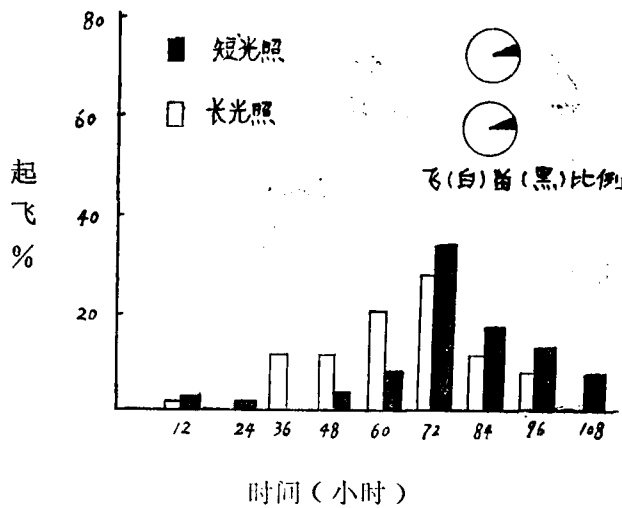


图9 光照时间与起飞迁移的关系

所得结果表明,在温度22℃时,褐飞虱起飞高峰都座落于羽化后72小时。光照时间对起飞迁移无明显的影响。

讨 论

一些风载型迁移昆虫在起飞迁移时都是主动升入上空,穿越靠近地面的空气边界层然后随气流迁移。褐飞虱在边界层内也具有主动控制起飞飞行轨迹的习性,当穿越边界层以后,其飞行轨迹由气流所控制。但在各地褐飞虱迁出期的观察中,发现在有利于迁出的条件下,当地诱虫灯下诱得虫量很少,这可能与褐飞虱主动升空后立即被气流带走有关。在不利于起飞或在高空被迫降至地面空气层后,在近地面迁移扩散时才出现趋光反应,灯下出现明显的高峰。

褐飞虱的起飞迁移前期,在不同季节中有很大的变动,但从雌性生殖系统发育的指标来看,其起飞迁移时间都座落于卵巢发育的Ⅰ级末——Ⅱ级初期。这时翅的负荷相对较轻,能量积聚十分充足,明显表现出在生物学和生理上的同步关系。

此外,昆虫迁移尚受体液因素和神经生理因素所控制。在体液因素中激素成分的变化,以及对神经反应阈值的影响是十分重要的。在以保幼激素控制褐飞虱起飞迁移的试验中,当在保幼激素处理后12小时,有部分个体提前出现起飞(图6、7)。这可能由于这些个体接受少量保幼激素的刺激所致,而大部分个体可能由于血淋巴中保幼激素很快达到促进卵巢发育的浓度,其起飞迁移受到抑制,致居留的比例很高。关于激素对飞行的控制作用有待今后作进一步的探讨和研究。

在试测中发现,食料条件是影响褐飞虱长翅型成虫起飞迁移或停居繁殖的主要因素。温度、群体密度等仅影响起飞时间和历期。光照时间的长短对起飞迁移无明显影响,这与自然实际情况是一致的。

参 考 文 献

- (1)程遐年、陈若麓等,1979,褐飞虱迁飞规律的研究。昆虫学报22(1):1—21.
- (2)陈若麓、程遐年等,1979,褐飞虱卵巢发育及其与迁飞的关系。昆虫学报22(3):280—87.
- (3)Ohkubo, N. 1971, Diurnal periodicity of flight behaviour of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* stål, in the 4th and 5th emergence periods. Jap. J appl. Ent. Zool. 15: 8—16.
- (4)Johnson, C. G. 1963, Physiological factors in insect migration by flight. Nature. Lond. 198: 423—27.
- (5)Kennedy, J. S. 1961, A turning point in the study of insect migration. Nature. Lond. 189: 785—91.
- (6)Rankin, M. A. 1978, Hormonal control of insect migratory behavior. "Evolution of insect migration and diapause" pp. 5—32. (Edited by Hugh Dingle) Springer-Verlag New York. Heidelberg Berlin.

THE TAKE-OFF BEHAVIOR OF BROWN
PLANTHOPPER (*NILAPARVATA LUGENS*
STÅL) AND ITS SYNCHRONOUS RELATIONS
TO THE BIOLOGICAL RHYTHM AND
ENVIRONMENTAL FACTORS

Chen Ruo-chi

Cheng Xia-nian

ABSTRACT

The daily take-off periodicity of the brown planthopper and its seasonal variations were observed in 1978. Adults moved up to the top of rice plant from the base when they were going to migrate, and then flighted straight away. In summer and autumn the mass take-off of adults occurred before sunrise and sunset, presenting a bimodal crepuscular type, while in late autumn, it occurred in the afternoon, presenting a unimodal day type.

Some biological and environmental factors relating to the take-off of brown planthopper were examined. The migrants were found to have immature ovaries, less wing-loading, hypertrophic fat bodies and less water content. After application of JH ZR-619, owing to the acceleration of ovarian development and increased wing-loading, the flighting activity was decreased significantly.

The food condition is an important factor affecting the take-off. The take-off percentage of females feeding on yellow mature rice was higher than that of females feeding on spike formation rice. This indicated that macropterous females (the migratory type) under suitable condition, might fall directly into the setting and breeding stage. The population density and the temperature had marked effect on the pre-take-off period, but not on take-off percentage, while photoperiod had no marked effect on the migratory take-off in our experiment.