

褐飞虱远距离向北迁飞的气象条件

江广恒 谈涵秋

沈婉贞

(南京农学院气象教研组)

(江苏农学院气象教研组)

程遐年 陈若篪

(南京农学院昆虫教研组)

摘要 根据1977、1978年自广西南宁至江苏淮安等地褐飞虱迁飞记录,通过天气图等气象资料分析,对我国东部地区褐飞虱的迁飞路径和有关气象条件进行了研究,初步得出褐飞虱向北迁飞的天气形势特点如下:

1. 春、夏季北迁的过程中,迁人地常在锋面或副热带高压两类不同的天气系统控制下;
2. 春、夏季的北迁,迁出地一般位于地面热低压系统的暖区和高空850毫巴图上的偏南气流,特别是西南气流的控制区域;
3. 温度、风速以及降水等气象要素是褐飞虱迁出、迁人及空中飞行的重要影响条件。

引 言

褐飞虱 (*Nilaparvata lugens* stål) 是我国水稻的重要害虫。在我国两广中部以北的广大稻区,常年冬季田间无稻苗,褐飞虱通常不能在当地过冬。每年春、夏季的初发虫源,主要是由热带终年发生地随气流渐次向北迁飞而来(程遐年、陈若篪等,1979)。1977、1978年在南、北各稻区进行迁飞跟踪观察及全国联合测报网的共同调查,证明这两年每年春、夏季有5次北迁,共11个迁飞峰。秋季又有3次向南回迁过程,共7个迁飞峰。褐飞虱在我国东部地区一年中能如此南北往返迁飞,与我国所处东亚地区的季风环流有密切关系。春、夏季的西南风与秋季的东北风对褐飞虱这类风载的小型迁飞性昆虫起着运载作用;而由副热带高压和大陆高压季节性的南北进退,推动着冷暖气团在我国各稻区的交汇所形成的锋面活动(日本研究者所称的“梅雨锋”与“秋雨锋”),为褐飞虱的迁飞及降落创造了条件(广西褐飞虱研究协作组,1979)。

自从1967年朝比奈、鹤冈在日本本州西南的海洋气象站(29°N、135°E)发现大群飞虱越海迁飞以来,关于褐飞虱远距离迁飞的气象条件相继有些报道(大久保 宣雄,1973;岸本良一,1972;板仓 博,1973;Kisimoto, R. 1973、1976、1977)。但由于日本地理条件的限制,对飞虱远距离迁飞的虫源,迁飞过程及其与天气条件的关系尚无比较全面系统的报道。1976年起,我们对褐飞虱迁飞过程中的气象条件进行了研究(江苏农学院、江苏省气象台,1977)。本文在此基础上,根据1977、1978年跟踪观察的结果和全国联合测报网提供的虫情资料,总结了这两年褐飞虱在我国南北迁飞过程中的天气条件,以求明确不同季节中褐飞虱迁出、飞行和迁入的气象指标,为开展异地测报提供依据。本

本文于1979年5月收到。

本文承邹钟琳教授指导并审阅文稿,特此致谢。

文首先阐明褐飞虱向北迁飞与东亚季风环流的关系(向南迁飞的气象问题,将另文发表)。

研 究 方 法

根据我们的研究(江苏农学院、江苏省气象台,1977;江苏农学院,1976),昆虫远距离向北迁飞必须具备大范围的高空水平输送气流和适宜的温度。褐飞虱大量迁飞的气温需在 16°C 以上。根据近年来各地飞机空中捕捉和高山网捕的资料表明,夏季褐飞虱迁飞时1500—2000米高度虫量最多(陈世煌等,1978)。由于地面风向和风速受地形影响较大,不能用来反映昆虫远距离迁飞的气流特征。因此,用平均高度为1500米的850毫巴等压面图,分析褐飞虱春、夏季北迁时的高空气象条件是适宜的。

除上述850毫巴图外,还根据褐飞虱长翅型成虫的“同期突发”现象,结合卵巢解剖和水稻生育期以确定迁入期和迁出期(程遐年、陈若饒等,1979)。此外,还采用地面、700毫巴(平均3,000米高度)和500毫巴(平均5,500米高度)图的资料进行对比分析,获得1977、1978年褐飞虱远距离迁飞的气象条件。

本文所引各地每次迁入、迁出峰期的地面气象资料,分别由各地或邻近的气象台、站提供;分析各次迁飞的天气形势所用的天气图由南京气象台提供。

分 析 结 果

一、褐飞虱北迁的天气图条件

褐飞虱的大量迁出和水稻黄熟收割的时间一致。入夏以后,我国双季早稻自南向北依次成熟,因而也相应地自南向北具备了褐飞虱的迁出虫源,但能否实现起飞迁出,则取决于迁出地当时天气系统的影响。

根据我们的研究,褐飞虱的北迁过程,多数发生在副热带高压脊线以北至切变线之间的偏南气流中,这也就是虫子北迁的运载气流。褐飞虱在副高脊线北侧3—4个纬距的地区大量迁出,而其迁飞降落终止于切变线附近。一次迁飞过程,主降范围在离迁出地300—700公里的地区。随着副高脊线和切变线的北移,迁出区、主降区和零星波及区,也逐渐向北推移。

例如1977年6月8—12日第5次北迁,迁出地为北回归线以南的两广南部稻区、北部湾沿岸(21° — 22°N)等地。主迁高峰日为6月8—10日,这时 110°E 的副高脊线位于 17° — 18°N ,在迁出地南方约4个纬距。这次迁飞主降到距迁出地五百多公里的永福($24^{\circ}58'\text{N}$, $110^{\circ}06'\text{E}$)和郴州一带,10日波及到江西乐安($27^{\circ}24'\text{N}$, $115^{\circ}48'\text{E}$)等地,最北到达歙县,为歙县当年褐飞虱的始见期。在850毫巴图上(图1与图2),迁出地和迁入地的分布是:9日主要迁出地和主降区,都处于副高西北部外围、切变线南部的西南气流中,迁飞方向和图上风向一致,而迁入地靠近切变线,特别是波及区和边缘区更是如此。在地面图上,迁出地处在单纯暖空气的控制下,而10日永福、郴州出现主降时,处在静止锋雨区中,11日波及到乐安降落时,虫子落在锋面附近,甚至在边缘降落地区的歙县,也位于静止锋附近。

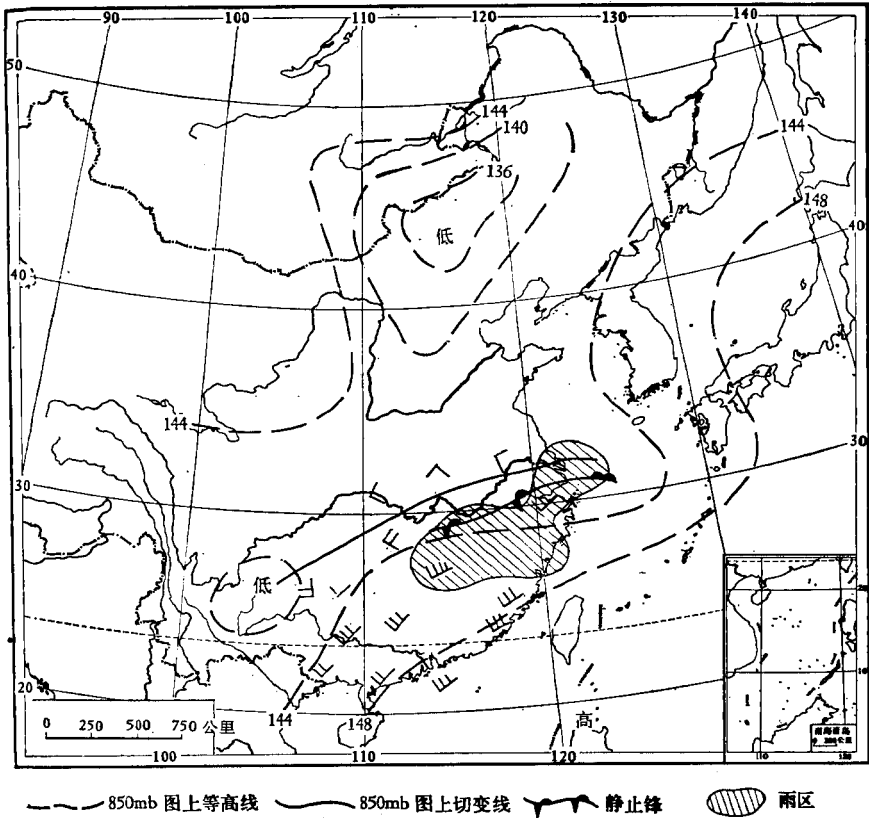


图 1 1977 年 6 月 9 日 20 时地面和 850 毫巴天气图

概括 1977 年我国东半部地区褐飞虱有 5 次自南向北的迁飞过程,可以简述如下:

4 月中、下旬—5 月初,出现第一次北迁(有两次迁入峰),是由 19°N 以南的终年繁殖区(海南岛南部和中南半岛中部的热带地区)迁来,主降在 20—23°N 间的两广南部珠江流域和闽南等地。这时迁入地的地面处在西南低压的东部或东南部,高空受孟加拉湾气流控制或处在中南半岛低槽前部,吹一致的西南风。

5 月中、下旬—6 月初,出现第二次北迁(有两次迁入峰),是由海南岛北部和中南半岛同纬度地区迁到我国两广南部与南岭地区。这些地方由于蒙古高压南下,冷锋越过南岭抵达广西中部,锋后有大片雨区,高空处于副高边缘的西南气流中;下旬迁入地受冷高压控制,天气晴到多云,南岭附近有一条冷锋,并伴随一东西向雨区,两广一带受重庆附近的低压影响,多云到阴天,高空副高位置偏东,本区处于西南气流之中。

6 月中、下旬,出现第三次北迁(有三次迁入峰),是由两广南部稻区主迁到南岭以北并波及长江沿岸以至江淮之间。开始湖南有一闭合低压,长江中、下游两岸有大片雨区,随之皖南和苏南受静止锋影响而有连阴雨,岭南处于暖低压中,多云到阴天;下旬初迁入地受静止锋影响,江南有大片雨区;月底江淮一带有一静止锋,江南为一东西向雨区。本区高空北侧有一切变线,吹西南风,中旬江淮之间受一闭合低压和切变线影响,长江中、下游吹一致的西南风,下旬长江一线为切变线控制,江南吹西南风。

7 月上、中旬,出现第四次北迁(有三次迁入峰),是由南岭南、北稻区主迁到长江中、

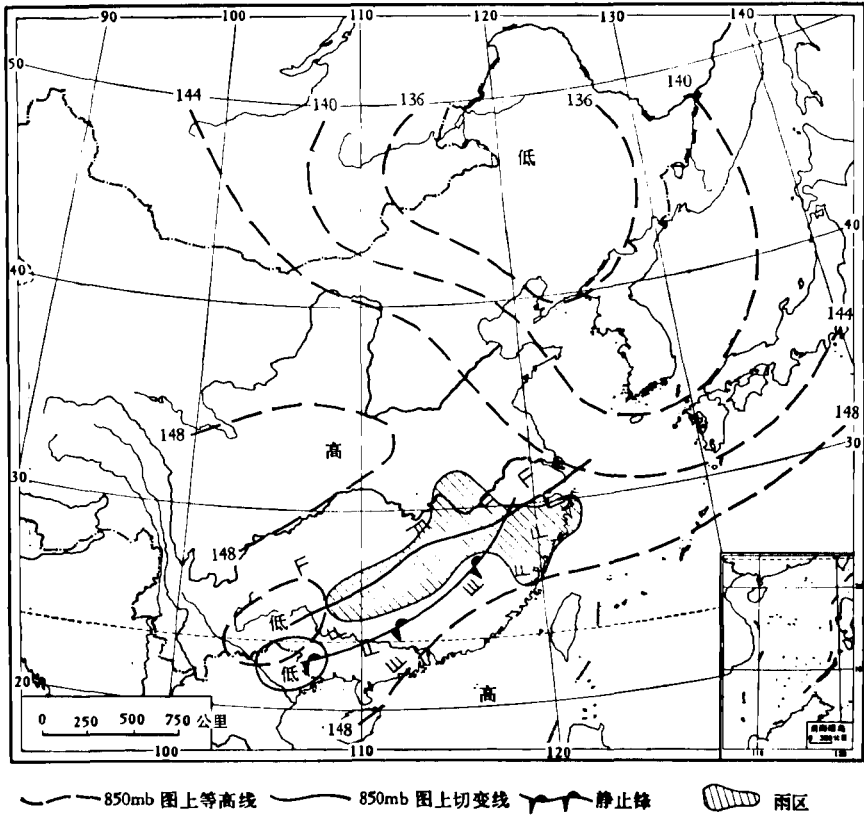


图 2 1977 年 6 月 10 日 20 时地面和 850 毫巴天气图

下游地区并波及淮河流域。湘赣北部和苏皖南部的沿江地区，处于低压前部或高压外围的雨区中，高空处于西南低槽前部或切变线南侧的西南气流中。

7 月底—8 月初，出现第 5 次北迁(有一次迁入峰)，是由岭北和沿江江南区的南部迁到江淮之间和淮北稻区。沿江北部和沿淮地区受西南倒槽和副高外围影响，为阴雨或多云天气；8 月初受台风外围和低压倒槽外围影响为多云天气。迁入地区高空 7 月底处于切变线南侧或副高西北侧的西南气流中；8 月初江淮流域主要受切变线和副高西南部的东南气流影响。

1978 年褐飞虱北迁过程和 1977 年相似，但也有其特点：即副高脊线北跳现象比 1977 年出现得早，且副高强盛(长江中、下游出现“空梅”)。在副高脊西南部的东南气流中，虫子大量迁飞，使我国东经 110° 附近和以西地区，灯下虫量比 1977 年多几倍到几十倍(如 1978 年 6 月下旬)。在 7 月下旬上述偏西地区的高山网也出现了大量褐飞虱。

运载气流的存在是褐飞虱迁飞的必要条件，根据 1978、1979 年的褐飞虱标放回收试验，湖南郴州于 1978 年 6 月 27 日回收到广东东莞标放的红色标记褐飞虱 1 头，1979 年 7 月 2 日回收到广东新兴标放的绿色标记褐飞虱 2 头，江西南昌于 1977 年 7 月 25 日回收到广西永福标放的绿色标记褐飞虱 1 头。分析其迁飞路径，发现与回收当天的 850 毫巴图上的气流方向基本一致，这表明褐飞虱的空中飞行确是靠气流运载的。

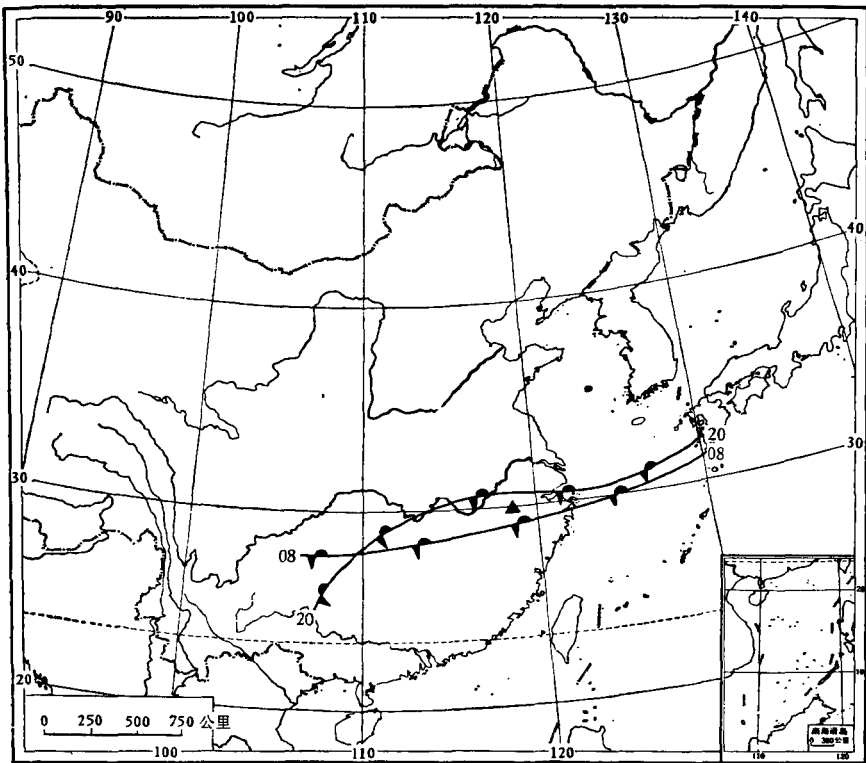
二 褐飞虱北迁迁人的天气型

由上可知,迁入地的天气图条件与锋面、雨区的出现相联系,与高空的副高、槽线、脊线、切变线的影响分不开。根据 1977、1978 年春、夏季褐飞虱北迁过程中迁入地的天气图条件,一般可分为两种主要的天气型。

(一) 锋面天气型

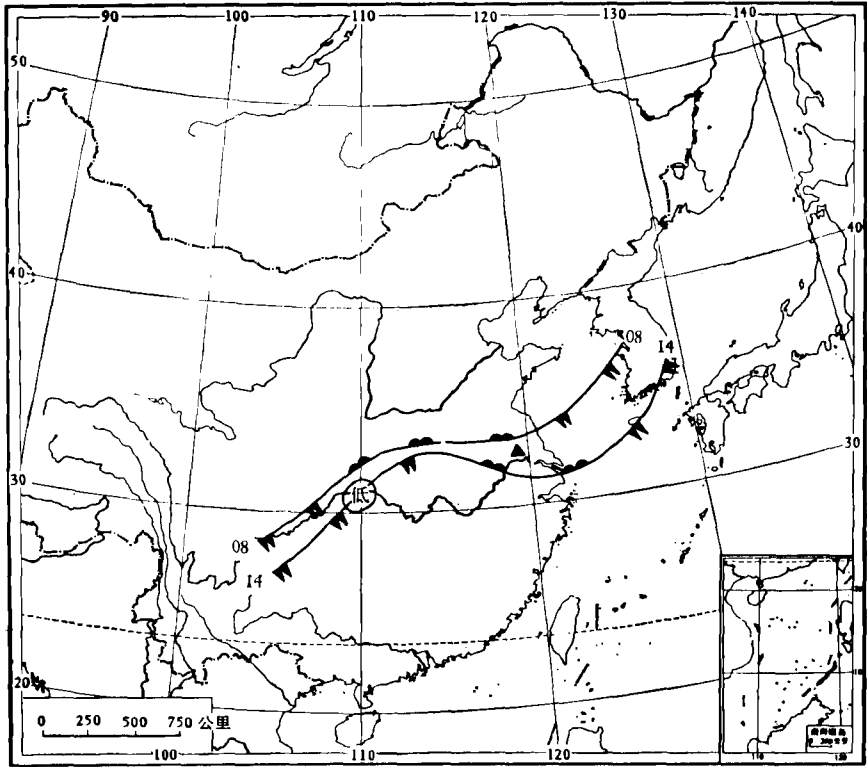
1977 年已阐明(江苏农学院、江苏省气象台, 1977)在梅雨期间,当迁入地处于“槽前锋后”的天气形势下,由于高空具有从虫源方向来的水平运载气流,以及近地面有下沉气流存在,迫使褐飞虱降落。另外还在如下两种锋面天气形势下也同样出现迁入。一种是当迁入地处于锋面南侧暖区和高空位于副高西侧槽前的西南气流中。在这种天气形势下出现褐飞虱迁入时,一般都伴随降水过程,主要来自低纬的暖湿空气,在抵达锋面附近后,受锋面的抬升作用和锋面附近低压系统辐合作用影响而产生降水,迫使褐飞虱降落地面。

另一种是迁入地上空处于槽线或切变线前,锋面南北往复移行通过本地时,地面空气不稳定,升降运动剧烈,也出现迁入峰。例如,歙县在 1977 年 6 月 27—30 日出现第一次迁入峰,27 日静止锋由南往北移经该地时(图 3),当天晚上预测灯下诱得褐飞虱 21 头,这种迁入的天气型为“锋面北抬型”。又如扬州在 7 月 9—11 日出现第一次迁入峰,10 日



—▲— 静止锋 ▲ 歙县

图 3 “锋面北抬型”迁入时的静止锋位置(1977 年 6 月 27 日 08 时和 20 时)



冷锋 暖锋 ▲ 扬州

图 4 “锋面南压型”迁入时的锋面位置(1977年7月10日08时和14时)

表 1 1978年我国褐飞虱北迁迁入峰期的天气形势特点

迁飞过程	峰次	峰期(月/日)	迁入主降区	天气系统		500毫巴图上 120°E副高脊线 纬度(N)	迁入天气型
				地面	850毫巴		
M ₂	f ₃	5/15—20	两广、南岭	静止锋或冷锋附近	切变线附近或以南	12°—16°	锋面型
	f ₄	5/28—30	同上	冷锋附近或西南 低压东部	切变线附近或以南, 或处于西南倒槽东部	16°—13°	锋面型 其它型
	f ₅	6/7—8	同上	静止锋或冷锋附近	切变线附近或槽前	19°	锋面型
M ₃	f ₆	6/15—19	南岭、岭北	冷锋或静止锋附近 或以北,或处于 大陆高压东南部	切变线附近或大 陆冷高压和西南倒 槽之间	22°—20°	锋面型 其它型(少量)
	f ₇	6/26—7/3	同上	副高脊西北部,少数 处于低压南部或东部	副高脊西北部或 西部	30°—23°	副高型
M ₄	f ₈	7/8	沿江	大陆低压东南部	副高脊西北部	32°	副高型
	f ₉	7/14—16	同上	冷锋或静止锋以 北,或附近	切变线或槽线附 近,或以南	28°、29°	锋面型
M ₅	f ₁₀	7/19—22	同上	副高脊西南部, 或受低压槽影响	副高脊西南部, 或槽线附近	32°—34°	副高型 锋面型(少量)
	f ₁₁	8/9—12	同上	静止锋或冷锋附 近,或冷锋以南	槽前附近或副高 脊西南部	29°—32° (但副高脊东撤)	锋面型 副高型(少量)

表中 M₂ 表示第 2 次迁飞, f₃ 表示第 3 个峰次, 余类推。

08—14 时之间,暖锋由北往南经过该地(图 4),当天预测灯下虫量达 20 头,这种迁入的天气型为“锋面南压型”。锋面天气型在 1977 年 8 个定点的 153 天迁入期中,约占 60%;在 1978 年迁入主降区出现的次数,约占总次数的 55%。表 1 为 1978 年迁入峰期的天气形势特点。

(二) 副高(脊)天气型

在褐飞虱迁入时,850 毫巴等压面图上受副高脊控制吹西南风,有下沉气流。而在地面主要为低压系统控制,有时也受副高脊控制。为低压系统控制时,近地面白天热对流较强,有时有对流雨。这种天气型在 1977 年 8 个点 153 天迁入期中约占 1/3;在 1978 年迁入主降区出现的次数约占总次数的 35%。例如歙县 7 月 7—14 日出现迁入峰时,10 日前高空处于副高西部脊区,吹西南风。副高脊线在 26—27°N,地面处于锋面低压槽前。7 月 9 日灯下诱得长翅型成虫 542 头,为当年迁入期的最大峰值。7 月 9 日 08 时和 20 时(图 5)冷锋已北伸到淮北和东北,歙县主要受低压系统控制,为南—西南风,1—2 米·秒⁻¹;在 850 毫巴图上,8 日 20 时为西南风,12 米·秒⁻¹,到 9 日 20 时为西风,8 米·秒⁻¹,处在副高脊区;在 500 毫巴图上(图 6),歙县同样处在副高脊区的范围内,有较强的下沉气流,迫使北迁的大量褐飞虱降落地面。

为了进一步阐明副高脊中有下沉气流,我们也进行了理论计算。以郴州 1977 年 7 月 4 日为例,无论是 08 时还是 20 时,在 500、1,000 和 1,500 米各高度均为下沉气流,其速度

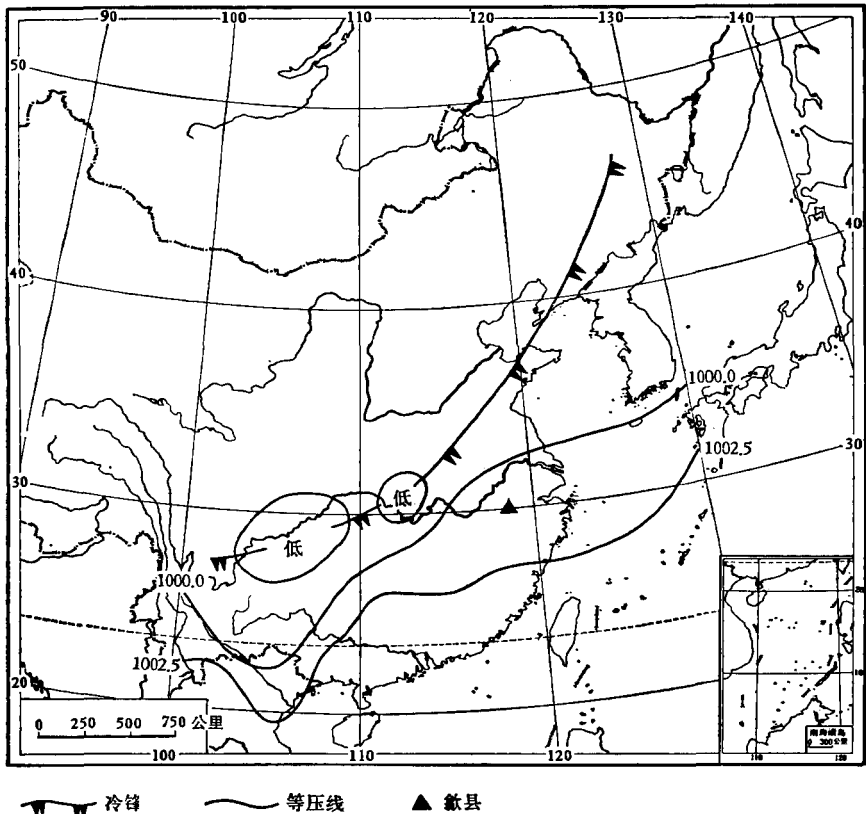
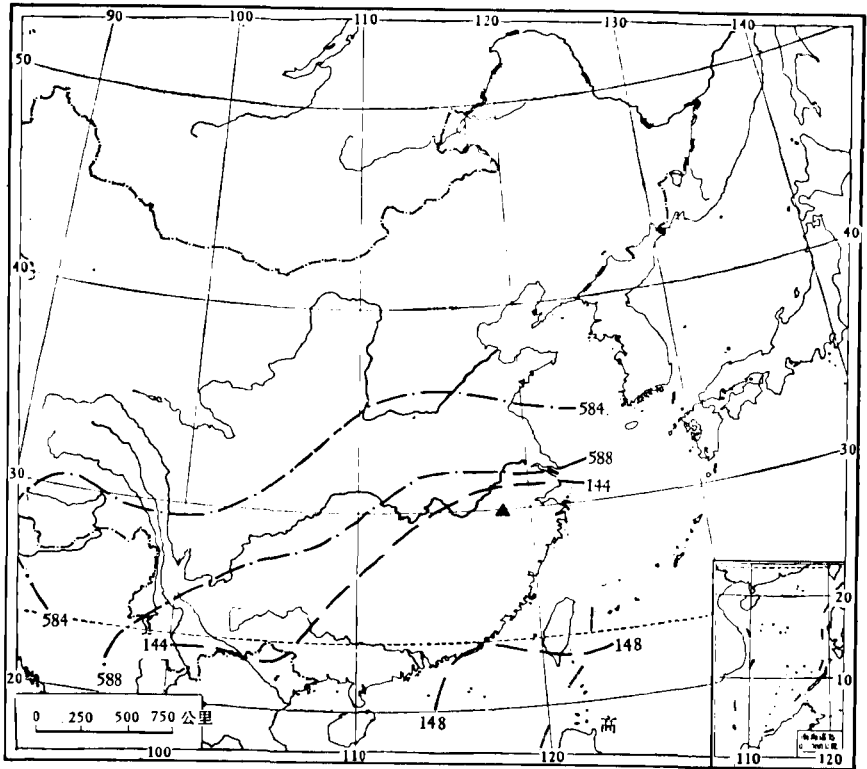


图 5 “副高天气型”迁入时的地面天气形势简图(1977 年 7 月 9 日 20 时)



—— 850mb 图上等高线 —— 500mb 图上等高线 ▲ 歙县

图6 “副高天气型”迁入时的850毫巴和500毫巴形势简图(1977年7月9日20时)

在 $0.06-2.10$ 厘米·秒⁻¹ 之间。

此外,尚有一些其它天气型,在1977、1978年约占10%左右。其中主要的形势特征是在850毫巴图和地面图上均处于西南低压东部,此时往往东南沿海地区有西伸的高压脊或另有高压中心,也就是主降区处于东高西低的气压形势。

通过三年来对多点的迁入峰期、虫量和天气图的分析,可以认为褐飞虱的迁入以锋面天气型居多,特别在始见或零星迁入阶段或一次迁飞过程的迁入波及区,这种类型是最常见的。随着季节的推移,副高天气型逐渐增多。总之,可以认为高空西南风或偏南风形成的水平运载气流和近地下层下沉气流的并存,或者是和降雨并存,乃是褐飞虱北迁过程中迁入的基础条件。

三、褐飞虱北迁的气象要素

当然,随着不同季节、不同地区和不同天气型的出现,各地气象要素值和迁入有密切关系。根据迁入期几个气象要素——温度、风和降水与迁入的虫量资料,初步获得下列结果:

1. 温度: 在850毫巴图上各地迁入始见期和零星迁入期的气温多在 15°C 以上,但1977年4月2—3日南宁气温在 $9-13^{\circ}\text{C}$ 时,也曾出现零星迁入(灯下虫量合计3头),而在主要迁入峰期,依据南宁、永福、郴州、南昌、歙县和扬州等地资料,850毫巴图上的气温

都在 16℃ 以上,其中绝大多数峰期出现在 18℃ 以上,而主降期间,气温则多在 20℃ 以上(表 2)。褐飞虱在始见期和零星迁入期,地面气温一般在 20℃ 以上,而高峰期一般达 25℃ 以上,迁入虫量超过 50 头/盏的高峰日,地面气温都在 25℃ 以上

表 2 各地迁入虫量多于 50 头/盏的峰值出现时地面和 850 毫巴图上气温*

地 点		南 宁	永 福	郴 州		南 昌			歙 县	扬 州
峰值(头/盏)		71	232	474	415	121	118	110	542	61
温度(℃)	地面	25.2	27.3	27.1	29.8	31.8	27.5	29.1	30.0	27.4
	850 毫巴	18.0	20.5	21.5	21.5	22.5	20.0	22.0	>20.0	20.0

* 850 毫巴图上气温,取 08 和 20 时的平均值,以下同此。

2. 风: 在 850 毫巴图上, 10 米·秒⁻¹以上的西南风,有利于褐飞虱的迁入(表 3)。各地在出现迁入峰时,在 850 毫巴图上,当天或前一天大多出现西南风激增现象,风速≥10 米·秒⁻¹,这表明褐飞虱的迁入量随 850 毫巴高空西南风速的加强而增多。地面风向则因地形影响没有一定的变化规律,而风速变化于 0.0—6.0 米·秒⁻¹之间。据郴州、乐安、歙县和扬州等地的资料,出现迁入峰时绝大多数的风速≤3 米·秒⁻¹。

表 3 褐飞虱迁入时 850 毫巴的风向和风速(米·秒⁻¹)*

项 目	风 向		西南—南西南—南的风速		
	西南—南西南—南	其 它	≥10	<10	不 明
天(次)数	131	22	92	36	3
%	85.6	14.4	70.2	27.5	2.3

* 风向是 8 个测站 153 天(次)的综合结果,风速是指一日中偏南风的最大风速。

3. 降水: 根据 8 个测站 25 个迁入峰的 153 天迁入期中,有 88 天出现降水(不包括降水量为 0.0 的天数),占 57.5%,其中锋面降水占 92%。春季以后,随着锋面雨区北移,褐飞虱也不断向北迁飞。

由于褐飞虱零星迁入阶段,一般都受锋面天气型控制,天气很不稳定,温度偏低,降水频繁。而当褐飞虱出现大量迁入的主降期间,一般都受副高天气型控制,此时梅雨结束,转入盛夏。天气晴稳,温度较高,降水偏少。

除上述褐飞虱迁入的气象条件外,根据 8 个测站褐飞虱迁出天气形势特点的资料,我们对其北迁过程中迁出的天气图条件作了初步分析。迁出地天气形势的共同特点是:在地面天气图上,绝大多数在大陆低压系统的东或东南部,或锋面南侧,即处于暖空气中,受热低压系统控制;在 850 毫巴图上,处在高压西部或低压槽前,为西南气流控制;在 500 毫巴图上,120°E 副高脊线开始减弱南撤,下沉气流相对减弱,上升气流相对加强,近地面暖空气热对流发展。至于气象要素值,褐飞虱迁出时,850 毫巴高度上的气温,都在 20℃ 以上,地面气温的日平均值在 29℃ 以上;风况除 850 毫巴图上受西南风控制外,地面风向以偏南风最多,一般风速在 2 米·秒⁻¹以下,极少数在 4 米·秒⁻¹以上;当褐飞虱迁出时,不出现连续的阴雨天气。

总之,在副高影响下,500 毫巴图上迁出地一般处于副高减弱,即副高脊线南移的情

况下;在850毫巴图上,迁出地气温高于迁入地气温,但都处于槽前或副高脊区西部的西南气流中;在地面图上,迁出地都处在暖区,热对流旺盛,褐飞虱受暖空气上升运动的挟带离开地面进入高空后,在上空西南气流的运载下向北飞行,途中遇到槽线、切变线、脊线、锋面冷区或雨区时,具备降落条件即下坠地面,成为迁入地的虫源。

讨 论

从上面分析可以看出,春、夏季褐飞虱向北远距离迁飞和大型天气系统的分布变化与移行有密切关系。但由于迁飞路径上常有中、小天气系统的存在和自然地理条件(地形、水域等)的影响,各地水平输送气流和虫量是不同的,甚至相邻地区也会有截然不同的现象。同时,褐飞虱开始起飞如何升空?升空的高度多少?主动升空同上升气流如何配合等等,均有待进一步探讨。我们初步认为褐飞虱的主动升空由其生理需要、饲料状况恶化以及光、温条件的诱发所决定。这时,只有当它克服近地层空气的粘滞阻力和重力的影响而到达某一边界高度,并受大气垂直气流的牵引上升到水平运载气流的轨道时,才能开始远距离迁飞。这一边界层的厚度及大气结构、昆虫种类、形状和大小等的关系,尚须深入研究。

参 考 文 献

- 广西褐飞虱研究协作组 1979 褐稻虱在广西越冬情况和迁飞规律的研究。昆虫知识 16(1): 1—10。
 江苏农学院植保系昆虫教研组 1976 昆虫的扩散和迁移。昆虫知识 13(1): 28—30。
 江苏农学院植保系、江苏省气象局南京气象台 1977 1976年江苏省褐飞虱迁飞问题的探讨。江苏农业科技 4: 50—7。
 陈世煌、王士槐、邹运鼎 1978 褐飞虱的高空迁飞观察。昆虫知识 15(6): 165—70。
 程遐年、陈若镜等 1979 稻褐飞虱迁飞规律的研究。昆虫学报 22(1): 1—21。
 大久保、宣雄 1973 飞虱宙吊飞翔的实验研究。日本应用动物昆虫学会誌 17(1): 10—18。
 坂仓 博 1973 昭和48年南方定点に飞来したウンカ类と气象との关系。植物防疫 27(12): 7—10。
 岸本良一 1972 ウンカ类の长距离移动。植物防疫 26(8): 10—16。
 Kisimoto, R. 1973 Long distance migration of planthoppers *Sogatella furcifera* and *Nilaparvata lugens*. Symposium on Rice Insects, 201—16。
 Kisimoto, R. 1976 Synoptic weather conditions inducing long-distance immigration of planthopper, *Sogatella furcifera* Horvath and *Nilaparvata lugens* Stål. Ecological Entomology 1(2): 95—109。
 Kisimoto, R. 1977 Brown planthopper migration. Brown planthopper Symposium IRRRI.

**THE RELATION BETWEEN LONG-DISTANCE NORTHWARD
MIGRATION OF THE BROWN PLANTHOPPER (*NILAPARVATA
LUGENS STÅL*) AND SYNOPTIC WEATHER CONDITIONS**

JIANG GUANG-HENG TAN HAN-QIU

(*Nanking Agricultural College*)

SHEN WAN-ZHEN

(*Kiangsu Agricultural College*)

CHENG XIA-NIAN CHEN RUO-CHI

(*Nanking Agricultural College*)

Synoptic analyses of long-distance migration of the brown planthopper *Nilaparvata lugens* Stål in southeastern part of China in 1977 and 1978 have shown the following characteristics:

(1) The immigratory areas in the northward migration in spring-summer are often controlled by the frontal zone and the subtropical high, and they may be divided into frontal zone controlled type and subtropical high controlled type.

(2) The emigratory areas in the northward migrating process in spring-summer are located in the warm sector of warm low on surface and in partial southern air stream on 850 mb isobaric chart, especially in the region controlled by SW air stream.

(3) The meteorological factors, such as temperature, wind velocity and rainfall etc. have important influence upon the emigration, immigration and migratory process of the brown planthopper.