

低层大气垂直运动对 粘虫起飞、降落的影响*

赵圣菊 卞林根
(中央气象局气象科学研究所)

本文根据昆虫生态学及运动学原理,初步探讨了粘虫迁飞的运动方程,进一步说明空气的垂直运动和粘虫起飞、降落的关系。因此我们运用大气运动的连续方程,对我国粘虫发生区低层大气的垂直运动,进行了大量的计算,再次证明上升气流对起飞有利,下沉气流对起飞不利,它的起飞不仅是由于内在的某种生物学原因主动升空,而且也还要借助于上升气流才能升至某一高度的空间,这就看出粘虫起飞是主动加被动的。而降落过程则主动性较为明显。

一、前言

粘虫(*Leucania separata* Walker)具有远距离迁飞的习性,它的迁飞有起飞、运转、降落三个主要过程。这三个过程与气象条件的关系,目前在国内研究尚少;在国外虽注意了对其运转过程的研究,但对起飞、降落过程的研究还不多。本文根据昆虫生态学及运动学原理,初步探讨了粘虫迁飞的运动方程,进一步说明空气的垂直运动和粘虫起飞、降落的关系。因此我们运用大气运动的连续方程,选用起飞、降落的8个实例(包括86个起飞日、138个降落日),对我国粘虫发生区低层大气的垂直运动,进行了大量的计算,并作出分析,为进一步认识粘虫迁飞规律和提高测报水平提供科学依据。

二、粘虫迁飞的运动方程

粘虫迁飞不仅是与内在的某种生物学原因有关,而且还与外界条件有密切的关系。因此认为粘虫起飞、运转、降落这三个过程,都是内因和外因综合作用的结果,也是粘虫本身所具有的飞翔能力和外界条件作用力互相作用的结果。从这一思路出发,本文根据昆虫生态学

和运动学原理,初步探讨了粘虫迁飞的运动方程 $W = \sqrt{|\vec{C} + \vec{B} + V\Delta\rho|} f$ 。

1. 粘虫在空间的受力情况及分析

1) 粘虫在空间展翅飞翔,受到空气的浮力,用 \vec{F} 表示。根据阿基米德定律

$$\vec{F} = \rho_1 V \vec{g} \quad (1)$$

ρ_1 是空气的重力密度, V 是粘虫体积。

* 本文得到马世骏教授、兰仲雄先生、李光博先生、廖洞贤研究员的热情指导并审阅。还得到廖飞鹏同志的帮助,特此致谢。本文所用虫情资料系由农业部病虫害测报总站、中国农科院植保所、吉林省农科院植保所、辽宁省农科院植保所、黑龙江省农科院植保所、四川省农科院植保所、山东省植保站、甘肃省农科院植保所、驻马店地区农科所、白城地区农科所、通化地区农科所、昭盟农科所、甘谷地区农科所、临洮地区农科所、徐州地区农科所、德州地区植保站、许昌地区农科所、南阳地区农科所提供,亦一并致谢。

2) 地球对粘虫的引力, 即向下的重力, 其方向和浮力方向相反, 用 \vec{A} 表示。

$$\vec{A} = \rho_2 V \vec{e} \quad (2)$$

ρ_2 是粘虫的重力密度, V 同上。

3) 粘虫升空时, 受到空气的阻力, 阻力方向和运动方向相反, 阻力用 \vec{d} 表示。根据物理学得出阻力表达式:

$$\vec{d} = -\lambda S W^2 \frac{\rho_1}{g} \vec{e} \quad (3)$$

其中: λ 是阻力系数, S 是粘虫有效受阻面积, W 是粘虫的上升速度, ρ_1 是空气的重力密度, g 是重力加速度, \vec{e} 为运动方向的单位向量。

4) 空气抬升或下沉的附加力用 \vec{B} 表示。

由牛顿定律知: 粘虫获得的抬升或下沉的附加力, 等于粘虫的质量 m 和粘虫获得的加速度 $\frac{\partial W}{\partial t}$ 的乘积。

$$\text{所以: } \vec{B} = m \cdot \frac{\partial W}{\partial t}$$

$$W = -\left(\frac{\partial u^*}{\partial x} + \frac{\partial v^*}{\partial y}\right) \text{ 其推导见后。}$$

$$\vec{B} = -m \cdot \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial u^*}{\partial x} + \frac{\partial v^*}{\partial y} \right) \quad (4)$$

其中: $\vec{u}^* = \int_{Z_s}^Z \vec{u} dZ$, $\vec{v}^* = \int_{Z_s}^Z \vec{v} dZ$, u 是风在 x 方向上的水平分量, v 是风在 y 方向的水平分量。

$B > 0$ 为抬升力, $B < 0$ 为下沉力。

5) 粘虫的飞翔力 \vec{C} 由飞翔持续时间和振翅频率而定¹⁾, 据研究²⁾, 飞翔力随温度、蛾龄、光亮度而异, 因此飞翔力可看作温度、蛾龄、光亮度的函数, 用 $\vec{C}(T, O, L)$ 表示。飞翔力 \vec{C} 可写成:

$$\vec{C} = cp \cdot m \cdot \Delta \vec{V}(T, O, L) / t \quad (5)$$

其中: cp 是升力系数, m 是粘虫质量, $\Delta \vec{V}$ 是垂直方向的速度增量, t 是时间。

2. 方程的求解

根据粘虫在空气中的受力情况, 应用运动学原理, 建立粘虫在铅直方向运动的微分方程。

$$m \frac{d\vec{w}}{dt} = \vec{C} + \vec{B} + \vec{d} + \vec{F} + \vec{A} \quad (6)$$

其中: m 同上, $\frac{d\vec{w}}{dt}$ 是粘虫在铅直方向上的加速度。假定粘虫在地面起飞时, 具有匀

1) 马世骏 1963 粘虫蛾迁飞的生理生态背景. 科学通报 9:65—69

2) 黄冠辉、侯无危 1966 粘虫蛾飞翔研究 1. 飞翔持续时间和振翅频率. 昆虫学报15(2):97—99.

速运动 (假定有一定误差) 即 $\frac{d\vec{w}}{dt} = 0$ 。

$$\vec{C} + \vec{B} + \vec{d} + \vec{F} + \vec{A} = 0 \quad (7)$$

$$\text{令 } \vec{F} + \vec{A} = V\Delta\rho \quad (8)$$

将方程(3)、(8)代入方程(7), 得

$$\frac{\lambda S W^2 \rho_1}{g} \vec{e} = \vec{C} + \vec{B} + V\Delta\rho \quad (9)$$

$$W = \sqrt{|\vec{C} + \vec{B} + V\Delta\rho|} \cdot \frac{g}{\lambda S \rho_1} \quad (10)$$

$$\text{令 } \frac{g}{\lambda S \rho_1} = f$$

$$W = \sqrt{|\vec{C} + \vec{B} + V\Delta\rho|} \cdot f \quad (11)$$

方程(11)考虑了粘虫本身的飞翔力和外界条件作用力的影响。方程中 f 、 $V\Delta\rho$ 近似为一常数, $V\Delta\rho$ 对粘虫的上升速度起阻碍作用, 其量很小。因此, 飞翔力和气流的附加力对粘虫的上升速度起主导作用。在方程中可看出: C 总是大于0, 当 $B > 0$ 有抬升力作用时, 粘虫可以升空, 说明抬升力对它有一个附加力作用, 对升空有利。当 $B < 0$ 有下沉力作用时, 粘虫要升空需克服这个力, 显然对升空不利, 这时若粘虫升空即 $W > 0$, 必须有 $(C - B) > 0$, 那么 $C > B$, 就是粘虫的飞翔力大于下沉力的作用才能升空, 否则就不能升空。降落时, 当 $B < 0$ 或 $B > 0$ 时, 粘虫都能降落, 可以看出: 它降落的飞翔力大于上升的飞翔力, 很容易克服空气的抬升力而降落到地面, 下沉力有利于降落, 较强的下沉力能造成迫降。

由于方程仅考虑了主要因子, 目前尚缺乏必要的试验手段和大量的观测数据, 定量计算有一定困难, 但可用方程(11)来定性分析垂直气流对粘虫起飞、降落的影响。

二、空气垂直运动的计算方法

计算垂直运动的方法很多, 本文根据廖洞贤等的方法¹⁾, 计算了粘虫起飞、降落过程低层大气的垂直速度。

在 (x, y, z) 坐标系中, 由于所计算的高度不高, 空气密度变化不大, 故略去空气的可压缩性, 连续方程可写为:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = -\frac{\partial w}{\partial z}$$

其中: u, v, w 各是沿 x, y, z 方向的风的分量。

在垂直方向积分得:

1) 廖洞贤, 王两铭, 王超, 张光智, 张建春 1980 一个直接用观测资料计算大范围散度, 温度和垂直速度的方案, 气象学报 39(4):309-318

$$w = w_s - \int_{Z_s}^Z \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) dZ$$

其中： w 和 w_s 分别为 Z 和 Z_s 高度的垂直速度，单位为厘米/秒。

在地势起伏地区， $w_s = \vec{V}_s \cdot \vec{V}Z_s$ (2)

其中： Z_s 是地面海拔高度， \vec{V}_s 是地面风速。

在地势平坦地区 $w_s = 0$,

$$\text{故 } w = - \left(\frac{\partial}{\partial x} \int_{Z_s}^Z u dZ + \frac{\partial}{\partial y} \int_{Z_s}^Z v dZ \right) \quad (3)$$

$$\text{即 } w = - \left(\frac{\partial u^*}{\partial x} + \frac{\partial v^*}{\partial y} \right)$$

$$u^* = \int_{Z_s}^Z u dZ \quad v^* = \int_{Z_s}^Z v dZ$$

当 $w < 0$ 为下沉气流， $w > 0$ 为上升气流。

根据(1)、(2)、(3)式便可在求得各层散度之后，自下而上一层一层地计算出各层的垂直速度。

本文计算的高度为地面至海拔2,000米，包括地面至500米、500至1,000米、1,000至1,500米、1,500至2,000米4层。

三、低层大气垂直运动对粘虫起飞的影响

根据上述分析和研究认为¹⁾：上升气流对粘虫起飞有利，下沉气流对起飞不利。为了进一步证实这一结论，本文选用不同季节、不同地区迁出（起飞）的4个典型实例，根据诱蛾资料，计算了迁出期（共86个起飞日）空气的垂直速度。由于粘虫起飞高峰常在傍晚，因此用19时观测的高空风资料进行计算。并用粘虫实际发生情况进行验证。

1. 春夏过渡期黄淮流域一代成虫迁出（起飞）二例

我们以驻马店地区为代表，根据该地区农科所1978、1979年的诱蛾资料，计算了一代成虫迁出盛期空气的垂直速度（见表1）。

表1 1978、1979年驻马店地区一代成虫迁出盛期空气的垂直速度（厘米/秒）

1978年	500米—	1,000—	1,500—	2,000—	1979年	500米—	1,000—	1,500—	2,000—
	地面	500米	1,000米	1,500米		地面	500米	1,000米	1,500米
5月22	0.13	-0.29	-0.70	-0.15	6月3	0.15	0.72	1.42	2.06
23	0.32	0.89	1.57	1.27	4	-0.73	-1.82	-2.67	-4.16
24	0.42	0.67	0.32	-0.10	5	0.46	0.99	0.89	0.35
25	0.03	-0.37	-0.68	-0.69	6	-0.50	0.23	1.03	3.15
26	0.34	0.68	0.95	1.20	7	-0.38	-0.94	-1.70	-2.66
27	0.10	0.44	0.70	0.51	8	-0.17	-1.80	-4.15	-6.36
28	0.36	0.35	-0.50	-1.44	9	0.88	2.86	3.55	2.95
29	0.93	2.76	3.43	3.10	10	-0.45	-1.56	-2.24	-2.49

1) 赵圣菊、卞林根 1980 粘虫起飞、运转、降落和气象条件的关系。中央气象局气象科学院院刊第一期。

表 1 1978、1979年驻马店地区一代成虫迁出盛期空气的垂直速度(厘米/秒)

1978年	500米—	1,000—	1,500—	2,000—	1979年	500米—	1,000—	1,500—	2,000—
	地面	500米	1,000米	1,500米		地面	500米	1,000米	1,500米
30	0.63	1.83	3.00	3.95	11	-0.10	-0.47	-0.68	-0.64
31	0.66	2.13	2.49	2.29	12	0.44	0.90	0.73	0.19
6月1	-0.08	-0.15	-0.24	-0.27	13	-0.79	-2.10	-2.63	2.51
2	0.53	1.16	1.58	1.27					
3	-0.05	-0.53	-1.30	-2.23					
4	-0.76	-1.51	-1.27	-1.35					

可以看出: 1978年5月22日至31日, 基本上为上升气流, 6月1日后, 除2日外, 其余为下沉气流。1979年情况则不同, 下沉气流的日数居多。

根据表1, 并统计了上升气流和下沉气流的日数及蛾量占盛期日数及蛾量的百分率(见表2)。可以看出: (1) 1978年驻马店地区, 在迁出盛期的14天中, 就有11天为上升气流,

表 2 空气垂直运动和粘虫起飞的关系

年代	迁出盛期日数	上升气流			下沉气流		
		日数	日数占百分率 %	蛾量占百分率 %	日数	日数占百分率 %	蛾量占百分率 %
1978	14	11	78.6	84.9	3	21.4	15.1
1979	11	4	36.4	52.4	7	63.6	47.6
相差			-42.2	-32.5		+42.2	+32.5

占78.6%, 其蛾量占84.9%, 这说明适宜粘虫起飞的日数占绝大多数, 因此大部分蛾子能够顺利迁出; (2) 1979年情况相反, 在迁出盛期的11天中, 下沉气流的日数及蛾量所占百分率上升到63.6%及47.6%, 比1978年增加42.2%及32.5%。这说明不适宜粘虫起飞的日数大幅度增加, 因此迁出的蛾量比1978年大大减少。

其次, 从1978、1979年黄淮流域一代发生区迁出盛期的空气垂直运动分布情况看, 也有显著的差别。现以1978年5月26日(图1)及1979年6月7日(图2)为例进行分析。图1表

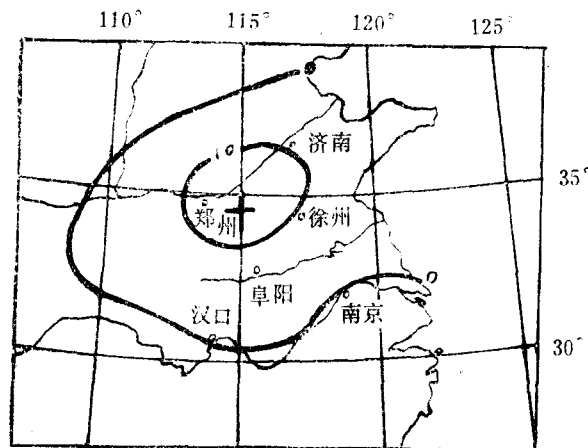


图 1 1978年5月26日19时1500米垂直速度分布图

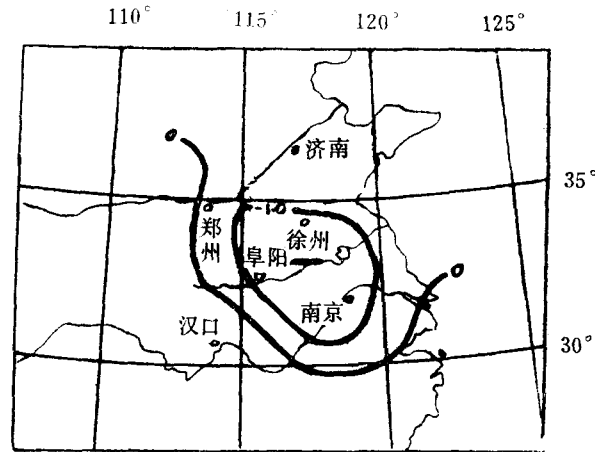


图2 1979年6月7日19时1500米垂直速度分布图

明一代区均为上升运动区, 上升运动的最大中心位于郑州、许昌一带。这说明一代区均为上升气流控制, 有利于粘虫起飞。图2情况相反, 为下沉运动区, 下沉运动最大中心在阜阳、徐州附近。这说明该区为下沉气流控制, 不利于粘虫起飞。

3. 从实际发生情况看, 也如此。1978年一代发生区属中等偏轻年, 1979年属中等偏重年, 但迁入二代区的蛾量, 1979年远远低于1978年(表3), 如公主岭1978年一代总诱蛾量为5867头, 79年为182头, 仅为78年蛾量的3.1%。以上9地平均, 79年蛾量仅为78年蛾量的27.2%。产生这一现象的原因, 从表1、2及图1、2中, 不难找出答案。我们认为: (1)1978年黄淮流域一代成虫迁出盛期, 由于上升气流的日数占绝大多数, 大部分的蛾子可顺利迁出, 因此二代区诱到的蛾子也多; (2)1979年情况却不一样, 在迁出盛期, 下沉气流的日数居多, 也就是不利于粘虫起飞的日数较多, 虫源基数虽大于78年, 但实际迁出的蛾量较少, 因此二代区诱到的蛾量亦少。

表3 二代区1978、1979年一代成虫诱蛾量比较

地点 年代	公主岭	白城	通化	沈阳	天水	甘谷	临洮	昭盟	成都	平均
1978	5,867	5,964	1,783	678	5,889	1,592	4,280	2,855	2,177	
1979	182	1,580	385	108	2,160	263	1,083	343	1,673	
79年占78年%	3.1	26.0	32.8	15.9	36.6	16.5	25.3	12.0	76.8	27.2

无论从点或面的资料分析, 还是从实际发生情况看, 都可以证明上升气流对粘虫起飞有利, 下沉气流对起飞不利。

2. 秋季东北二代成虫迁出(起飞)2例

一般年份, 东北二代成虫羽化后, 便向南方回迁, 不在当地为害。根据观测研究, 1970—1978年, 只有1972、1976、1977、1978年发生为害。我们以哈尔滨为代表, 根据黑龙江省农科院植保所关于《二代粘虫发生消长危害的探讨》一文中表2的虫情资料, 选算了1974年及

1978年二代成虫发蛾期间空气的垂直速度(见表4。为简便起见,上升气流以↑个表示、下沉气流以↓表示,以下同)。可以清楚的看到:1974年以上升气流的日数为主,而1978年则以下沉气流的日数居多。

表4 哈尔滨地区二代成虫发蛾期空气的垂直速度

年	月/日	7/5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1974								↓	↑	↑	↑	↓	↑	↓	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↑	↑	↑
1978		↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓	↑	↑	↓	↓	↓	↑	↓	↓	↑	↑	↑	↓
	27	28	29	30	31	8/1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13					
	↑	↑	↓	↓	↑																		
	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓

根据表4进一步统计了发蛾期及其盛期上升气流和下沉气流的日数及蛾量,占发蛾期及盛期的百分率(见表5)可以看出:

表5 空气垂直运动对起飞的影响

年	月/日	发蛾期						盛期					
		上升气流日			下沉气流日			上升气流日			下沉气流日		
		日数	占全代日数百分率%	占全代蛾量百分率%	日数	占全代日数百分率%	占全代蛾量百分率%	日数	占盛期日数百分率%	占盛期蛾量百分率%	日数	占盛期日数百分率%	占盛期蛾量百分率%
1974	14	66.7	80.5	7	33.3	19.5	4	80.0	94.3	1	20.0	5.7	
1978	10	25.0	34.5	30	75.0	65.5	4	26.6	21.5	11	73.4	78.5	
相差		-41.7	-46.0		+41.7	+46.0		-53.4	-72.8		+53.4	+72.8	

1) 1974年在发蛾期间,上升气流的日数及蛾量,占全代的66.7%及80.5%;在盛期占80.0%及94.3%。无论从发蛾期或盛期看,上升气流的日数及蛾量所占百分率,均远远超过下沉气流的。也就是说,适宜粘虫起飞的天数占绝对优势,因此大部分蛾子能够顺利迁出,仅少部分存留当地,所以没有发生为害。

2) 1978年情况相反,从发蛾期看,下沉气流的日数及蛾量,占全代百分率的75.0%及65.5%,在盛期占73.4%及78.5%,比74年分别提高了41.7%、46.0%和53.4%、72.8%。无论从发蛾期或盛期看,均以下沉气流的日数及蛾量占优势;和1974年相比,下沉气流的日数及蛾量均大幅度增加。也就是说不适宜粘虫起飞的日数较多,因此回迁的蛾量较少,存留的蛾量较多,构成三代发生为害的虫源。

上述四个典型实例的分析结果,进一步证明了上升气流对粘虫起飞有利,下沉气流对起飞不利。这与方程(11) $W = \sqrt{C + B + V \Delta \rho} \cdot f$ 的判断完全一致。从而可以看出,它的起飞不仅是由于内在的某种生物学原因使其生动升空,而且也还要借助于上升气流才能升至某一高度的空间,如无上升气流的支助,则起飞难以实现。因此认为粘虫起飞是主动加被动的。

四、低层大气垂直运动对粘虫降落的影响

粘虫随气流迁飞至某一地区, 究竟是什么原因使其降落? 研究认为¹⁾: 在正常情况下, 在下沉气流中可以降落, 在上升气流中同样也能降落, 主动性较为明显。这一看法, 也有待于进一步证实。

我们选用不同季节、迁入不同地区的四个典型实例, 根据诱蛾资料, 计算了迁入(降落)期(共 138 个降落日)空气的垂直速度。由于粘虫常在黎明前后降落, 因此用 07 时观测的高空风资料, 计算空气的垂直速度。

1. 春季粘虫迁入黄淮流域一代区一例。根据徐州地区农科所 1978 年越冬代成虫的诱蛾资料, 计算了 3 月 15 至 4 月 30 日空气的垂直速度(见表 6)。

2. 春夏过渡期迁入东北、西南西北二代发生区二例。根据辽宁省农科院植保所、四川省农科院植保所 1978 年一代成虫的诱蛾资料, 计算了 5 月 22 日至 6 月 18 日和 5 月 25 日至 6 月 26 日空气的垂直速度(见表 6)。

3. 秋季迁入华北三代区一例。根据德州地区植保站 1976 年二代成虫的诱蛾资料, 计算了 7 月 21 日至 8 月 20 日空气的垂直速度(见表 6)。

表 6 越冬代、一代、二代粘虫成虫降落期间空气的垂直运动及逐日诱蛾量

徐 洲	1978年	3/15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4/1	2	3	4	5	6	7
	垂直运动	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓	↑	↓	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑
	诱蛾量	4	3	71	23	8	0	47	4	4	54	117	166	4	113	64	23	6	4	2	46	10	23	7	48
徐 洲	1978年	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
	垂直运动	↓	↑	↓	↓	↑	↑	↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↑	↓	↓	↑	↓	↓	↑	↓	↓	
	诱蛾量	11	12	7	256	273	109	109	76	40	129	82	100	12	5	1	13	33	58	36	2	7	2	1	
沈 阳	1978年	5/22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	6/1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	14	15
	垂直运动	↓	↑	↓	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↑	↑	↑	↓	↓	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↑	↑
	诱蛾量	1	2	1	1	0	201	32	26	47	57	11	12	96	56	16	61	26	9	34	129	17	0	3	1
沈 阳	1978年	16	17	18																					
	垂直运动	↑	↓	↑																					
	诱蛾量	5	7	4																					
成 都	1978年	5/25	26	27	28	29	30	31	6/1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	垂直运动	↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓	↑	↓	↓	↓	↑	↑	↑	↓	↑	↑	↓	↑
	诱蛾量	17	67	31	41	20	54	229	170	56	23	74	66	40	85	33	54	105	136	48	72	255	39	79	30
成 都	1978年	18	19	20	21	22	23	24	25	26															
	垂直运动	↑	↓	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓															
	诱蛾量	25	60	46	29	49	28	16	25	29															

1) 赵圣菊、卞林根 1980 粘虫起飞、运转、降落和气象条件的关系。中央气象局气象科学研究所院刊第一期。

续表

德 洲	1976年	7/21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	8/1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	垂直运动	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↑	↑	↑	↓	↑	↑	↓	↓	↓	↑	↓	↓	↑	↓	↓	↑	↓	↓
	诱蛾量	16	2	2	65	35	29	38	25	18	15	26	245	752	92	121	65	58	71	26	13	8	7	13	23
德 洲	1976年	14	15	16	17	18	19	20																	
	垂直运动	↓	↑	↓	↑	↑	↓	↓																	
	诱蛾量	14	3	1	5	6	15	7																	

根据表6, 进一步统计了上升气流和下沉气流的日数及蛾量和所占百分率, 以及最大蛾峰日在上升气流和下沉气流日出现次数(见表7)。

表7 空气垂直运动和粘虫降落的关系

项目 地点	降落 日数	上升气流		下沉气流		降落 蛾量	上升气流		下沉气流		最大蛾 峰次数	上升气流		下沉气流			
		日数	所占%	日数	所占%		蛾量	蛾量	所占%	蛾量		所占%	次数	次数	所占%	次数	所占%
徐洲	47	14	29.8	33	70.2	2231	893	40	1338	60	2	1	50	1	50		
沈阳	27	19	70.4	8	29.6	855	670	78.4	185	21.6	2	0	0	2	100		
成都	33	16	48.5	17	51.5	2131	986	46.3	1145	53.7	2	1	50	1	50		
德洲	31	16	51.6	15	48.4	1817	584	32.1	1233	67.9	1	0	0	1	100		
平均			47.1		52.9			49.2		50.0			25.0		75.0		

从表6、表7中可以清楚的看到:

1) 由于迁入(降落)的季节、地点不同, 迁入期间低层大气的垂直运动情况也不同。越冬代成虫在徐州降落期间, 下沉气流的日数较多, 占70.2%, 在下沉气流中降落的蛾量亦多, 占60%; 一代成虫在沈阳降落期间, 上升气流的日数较多, 占70.4%, 在上升气流中降落的蛾量占78.4%。各例情况虽有差别, 但就以上四个迁入期的平均情况看, 下沉气流和上升气流的日数及蛾量均在50%左右。最大蛾峰日在下沉气流及上升气流中均可出现, 但在下沉气流日出现的比例较大, 占75.0%。可以看出: 在正常情况下, 粘虫在下沉气流中可以降落, 在上升气流中同样也能降落。这说明粘虫在降落过程, 主动向下的力较强, 很容易克服气流抬升力的作用而降落到地面, 与方程(11)判断一致。进一步证实了它主要是由于内在的某种生物学原因使其降落, 主动性较明显。

2) 但并不排除粘虫在起飞过程中, 如遇高压前部强烈的下沉气流、降雨……等迫使其降落, 这时外因就起主导作用了。我们计算了几个降落中心空气的垂直速度, 几乎都有下沉运动中心相配合。如1978年4月15日在许昌、南阳一带, 有一个降落中心。该日07时1,500米垂直速度分布图(见图3), 可以看出: 青岛——徐州——汉口一线的东南方为上升运动区, 西北方为下沉运动区, 下沉运动的最大中心在许昌、南阳一带。850毫巴高空图上该区处于槽后脊前。说明下沉运动中心能迫使粘虫降落, 与方程(11)的判断仍然相同。

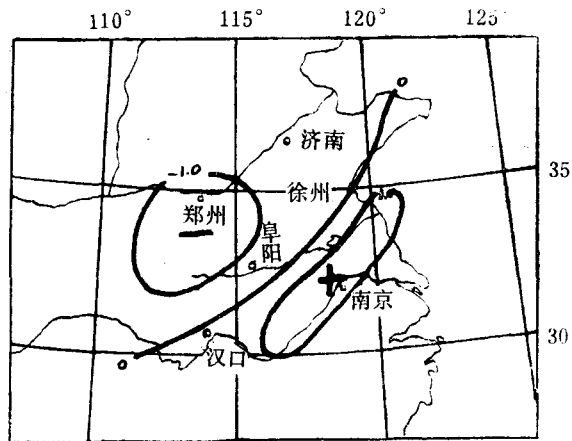


图 3 1978年4月15日07时1,500米垂直速度分布图

五、小结和讨论

1. 本文根据昆虫生态学和运动学原理, 初步探讨了粘虫迁飞的运动方程, 进一步说明了空气的垂直运动和粘虫起飞、降落的关系。由于粘虫的生物学特性和气象条件的关系比较复杂, 方程中仅考虑了几个主要因子, 目前又缺乏必要的试验手段和大量的观测数据, 定量计算有一定的困难, 但可用方程(11) $W = \sqrt{|\vec{C} + \vec{B} + V\Delta\rho|} \cdot f$ 作定性的判断。建议有关单位组织力量, 进行必要的观测试验, 积累资料, 以便进一步研究我国迁飞性害虫的迁飞规律, 及改进预测预报和防治对策, 为发展我国昆虫生态学和生物工程学作出新贡献。

2. 通过上述分析进一步证明了粘虫在起飞过程有一定的主动升空的飞翔力, 气流上升时, 有利于升空, 下沉时, 它必须克服这个力才能升空, 否则不能起飞。可以看出, 它的起飞不仅是由于内在的某种生物学原因使其主动升空, 而且也还要借助于上升气流, 才能升至某一高度的空间, 因此认为粘虫起飞是主动加被动的。在降落过程, 主动降落的飞翔力要比主动升空的能力大得多, 很容易克服气流抬升力的作用而降落到地面, 可以看出: 在降落过程主动性较为明显。下沉气流有利于降落, 较强的下沉气流能造成迫降, 这时外因就起主导作用了。

3. 计算空气垂直速度的方法很多, 我们认为廖洞贤等的方法较为简便, 能计算 1,500 米以下低层大气的垂直速度, 可满足研究粘虫的需要; 测站海拔高度不一致时, 考虑了地形的影响; 可直接使用观测资料进行计算。

EFFECT OF VERTICAL MOTION IN LOWER ATMOSPHERE LAYER ON ASCENDING AND DESCENDING MOVEMENT OF ARMY WORN

Zhao Shengju Bian Lingen

(Academy of Meteorological Science, Central Meteorological Bureau)

The equation of *Leucania's* migratory flight was studied primarily according to the principle of insect-ecology and kinematics. Thus the relationship between the vertical motion of atmosphere and the ascending and the descending movement of *Leucania* has been explained further in the article. A good deal of calculations for vertical motion in lower atmosphere layer in the appearance area of *Leucania separata* Walker have been done with the equation of continuity. The results showed once again that the upward current is beneficial to the ascending movement of *Leucania*. While the downdraft is unfavorable. *Leucania's* flying up to the sky is not only due to certain internal cause of biology, and with the aid of the upward current can the *Leucania* fly upwardly to a certain height. This shows that the factor of ascending movement *Leucania* is a connection of activeness and passiveness. However, the activeness is much clearer in the process of descending movement.