

近年来我国农作物病虫气象研究概况

赵 圣 菊

(气象科学研究院农业气象研究所)

农作物病虫气象是研究农作物病虫与气象条件关系的学科。随着生产发展的需要,这一学科的研究,已经引起人们越来越多的关注和重视。近年来的研究表明,其中有不少是过去工作没有涉及到的或报道不多的新内容,这说明病虫气象的研究在广度和深度上都得到长足发展。目前研究的主要内容有两个方面:一是研究病虫发生消长和外界天气气候条件的关系;二是研究病虫的农业气象预测。本文对近年来农作物病虫气象研究的主要内容作一简要介绍,并相应地提供部分国内有关文献以供参考。

一、病虫发生消长和外界天气气候条件关系的研究

外界天气气候条件与病虫的发生消长有着密切的关系。它可以直接影响病虫的生长、发育、生存、繁殖,从而造成病虫不同的发生期、发生量和危害程度。也可以通过对寄主植物或其他生物(如天敌等)的作用,间接影响病虫的发生与消长。因此,研究病虫发生消长与外界天气气候条件的关系,掌握病虫气象规律,是病虫农业气象预测的重要基础。

近年来,我国植保工作者和农业气象工作者,在这方面做的工作主要有:

1. 关于病虫发生消长气象规律的研究

植保工作者对许多病虫的生物学特性都进行了测定^[1],为分析病虫发生消长的气象规律提供了科学依据。病虫发生消长气象规律的研究,对象十分广泛,不仅有多种粮食作物、经济作物、油料作物、果树、蔬菜等的主要病虫^[1-83,71-137],而且还有绿肥^[138]、热带作物^[84,85,139,140]等的主要病虫气象的研究。研究较多的有水稻螟虫、麦类赤霉病、粘虫、蝗虫、稻飞虱、稻纵卷叶螟、小麦锈病、稻瘟病、白叶枯病、棉铃虫、棉红铃虫、玉米螟等。其研究内容,有下面两个特点:

一是当地农业生产中亟待解决的病虫气象问题。六十年代中后期,由于农业改制,生产条件发生了重大变化,许多病虫发生消长规律也发生了很大变化。如安徽南陵县改制前,4—5月的雨量是影响当年发生量的重要因素。改制后,双季稻取代早中稻,在这一新的耕作制度下,三化螟种群数量年变化的规律也发生了很大变化。为摸清这一问题,高明昌首先分析了当地三化螟种群数量年变化的关键时期,其次分析了关键期内引起变化的主导因素。由于改制后,3代卵孵盛期和幼虫期,分别推迟到8月中旬和8月下旬至9月上旬。该时期正是当地气候上冷暖交替的转折时期,年度间差异往往很大,对三

化螟的影响也大不相同。这种影响掩盖了春季雨水的作用而处于主导地位,使该地区三化螟种群数量年变化的规律,发生了重大变化。通过分析,得到的8月中旬相对湿度、8月下旬至9月上旬平均气温两个指标,为预测次年三化螟种群数量的变动趋势提供了重要依据^[11]。

二是病虫气象规律的研究开始从定性进入定量。随着生物数学和电子计算机的应用,正在促进病虫发生动态模式化工作的发展,即用模式反映出病虫发生这个复杂的动态系统中最本质最有用的面貌和特征,它把与研究目的无关的或次要的细节略去了,以便能更好地找出主导因素,使客观规律简明地体现出来,这对深入掌握病虫发生消长的气象规律以及病虫的农业气象预测颇有裨益。

如湖北省由植保、气象两个学科,多个单位联合研究,建立的小麦赤霉病流行的统计学模式。他们通过大量的调查研究,对小麦赤霉病这一典型的气候型病害的流行规律进行了比较细致的分析,进而对该病流行的主导因素进行数学分析及建立模式。数学分析表明:小麦赤霉病的流行程度与感病期的雨量(R)、雨日(R_d)、相对湿度(R_h)成正相关,与日照时数(δ)成负相关。以上四变量与小麦赤霉病流行程度相关极为显著。说明该病的流行乃是感病期四要素交互影响、综合作用于病原和寄主的结果。将四要素综合值(Q)以数学式表示,

$$Q = \frac{R \cdot R_d \cdot R_h}{\delta}。$$

湖北省广济县20年 Q 值计算结果,其在数值上与各年实际病情基本一致。依各年 Q 值和小麦赤霉病发病率(Y)建立曲线回归方程: $Y = [\sin(47.72 \lg Q - 33.64)]^2$ 。经对武汉等地验证,说明其在该省具有普遍意义。因此该方程可作为小麦赤霉病流行程度的统计学模式。以此模式可以算出各地历年小麦赤霉病的发病率,这样就可以充分发挥气象资料序列长、比较完整的优势,弥补病情记载不全的缺陷,为使该病的统计预报趋向准确提供了有利条件。该模式说明,感病期雨湿条件通过影响病原和寄主的生态而左右赤霉病的流行程度,并且其综合值 Q 又是穗发病率的函数。同时, Q 值本身就是感病期内的综合性气候状态值, Q 又与实际发病率在数值上基本一致。这就充分说明, Q 值兼具植物病理学和天气气候学意义^[9]。

北京农业大学曾士迈教授在建立植物病害流行的数学模式方面也做了大量的工作^[184]。

2. 迁飞性害虫远距离迁飞气象规律的研究

粘虫、稻纵卷叶螟、稻飞虱迁飞规律的研究,曾被列为我国重点科研项目,成立了全国性的科研协作组。这些害虫的迁飞与天气气候条件关系的研究,是近年来研究较多的内容之一。另外,小地老虎^[188-189]、草地螟迁飞的气象规律,正在积极研究中。

① 粘虫迁飞规律的研究,开始于五十年代末期。1959年张宗炳提出粘虫迁飞的假说,认为东北地区的粘虫不在当地越冬,而是被大风从南方吹来的^[142]。这对粘虫迁飞规律的研究起到一定的推动作用。

马世骏教授在粘虫蛾迁飞的生理生态方面进行了大量的工作。研究认为:粘虫的飞翔力,由持续飞翔时间和振翅频率而定。持续飞翔时间以17℃时最长;振翅频率:当温度在9℃时反应迟缓,频率降至最低水平,在9—25℃时,频率随温度的上升而增高;25—30℃时,频率变化较小;30—35℃时频率随温度上升而降低。将飞翔时间和振翅频率的适宜温度综合考虑,大致可以认为:粘虫远距离迁飞的下限温度大约为10℃,适宜温度大约为17—20℃,上限温度大约为35℃^[144,145]。

林昌善教授等,在粘虫迁飞与气象条件关系方面做了大量工作。他们根据东北地区的粘虫极大可能不在本地越冬,而是每年随南、西南风大量迁飞的假说,利用气象资料分析了东北早春粘虫成虫的发生与风向的关系。认为无论由始现期或实增期来看,与地面或高空850 mb的南、西南风均有较高的符合率。他们还认为900—950 mb层很可能是粘虫蛾在早春成群地远距离自南方随气流迁入东北时,所通过最频繁的“空中走廊”。在早春温度较低风速较大的条件下,粘虫远距离迁飞的过程,很可能是被动地为气流所携带的过程。他们还认为:降落过程和运转过程不同,在一定程度上与粘虫本身的自主性降落有关^[146-149,152]。

还有一些单位也做了不少工作^[150,151]。

六十年代中期,科学工作者通过大量的各个方面的工作,已证实粘虫具有远距离迁飞危害的特性,明确了我国东部地区迁飞危害的路径及各地大发生世代的虫源^[149]。为进一步提高对粘虫迁飞规律的认识,七十年代末,又有一些单位对其迁飞的天气气候条件作进一步的分析研究。

如国家气象局气象科学研究院的同志,对粘虫起飞、运转(迁飞方向、区域、界限、高度、速度)、降落过程与天气气候条件的关系进行了研究。他们认为粘虫起飞不仅是由于内在的某种生物学原因主动升

空,而且需要借助上升气流才能升至某一高度空间,这样粘虫起飞可以说是主动加被动的。而降落过程主动性较为明显。在飞行过程中,如遇较强的下沉气流、降雨等不利条件,可促使粘虫迫降。粘虫远距离迁飞与东亚地区低层大气环流的季节性变化有密切的关系,通过地面气候锋带和 500 毫巴特征等高线位置、大气低层温度场、湿度场、气流场等与虫情资料分析,发现粘虫迁飞的方向和 1500 米上空流场的盛行风向一致;粘虫北迁南回区域随地面气候锋带和 500 毫巴特征等高线平均位置的季节性移动而移动;粘虫迁入的界限与西南气流到达或撤退的位置、800—1000 米高度的 10℃ 等温线及相对湿度为 50% 的等湿线位置相一致;粘虫迁飞的高度是受迁飞时温度条件的影响,表现在不同季节、不同纬度迁飞高度的差异上。粘虫迁飞的速度,当气温适宜,风速 5 米/秒时,粘虫自主飞行的速度为 5—6 米/秒。此外,粘虫迁飞还受地形的影响,随气流爬坡或下滑而运行,它不仅有水平迁飞,而且还有垂直迁飞^[154-158]。

中国农科院气象室和植保所分析了一代粘虫常发区越冬代成虫在 1 月、2 月、3 月、4 月迁入可能有的几条路径。同时分析 5 月上旬至 6 月上中旬一代成虫外迁可能有 3 条路径:① 随西南气流向东北各地迁飞;② 随东北气流向西南方向迁飞;③ 随东南气流向西北方向迁飞。其中以迁入东北各地为主^[158]。还有一些单位也做了不少工作^[159,161]。

② 稻纵卷叶螟的研究,全国有 40 多个单位对其起飞、运行、降落与气象条件的关系方面作了分析,一致认为季风环流是稻纵卷叶螟实现地理迁飞转移的运载工具,飞行方向取决于气流场的走向。对起飞腾空的过程存在两种看法,一是认为主动起飞,上升气流助动进入迁飞平流;另一种观点则认为上升气流速度很小,远远不足以借其升力在短时间内完成腾空过程,起飞完全是虫体本身的主动作用。降蛾的天气系统,以锋面天气(槽前锋后)吻合频率最高,达 0.5423,副高天气为 0.333,锋面距降蛾区两个纬距以内影响最为显著。其它如台风倒槽、风向辐散等天气条件也有利于降蛾。降蛾的动力多认为是下沉气流作用,辅以雨水拖带。此外不少单位提出起飞、降落(包括过路着陆)的时辰节律,可能与光照有关^[162-168]。

③ 褐稻虱的研究,它的远距离迁飞,也与我国地处东亚季风环流地区的特点密切相关。春、夏季副高缓慢增强北上,大陆高压逐渐减弱北退,褐稻

虱随暖湿西南气流由南向北迁飞。秋季大陆高压迅速东移南下,副高相应南压东去,褐稻虱随东北气流自北向南回迁。褐稻虱在起飞时,除能主动升空穿越靠近地面的边界层外,还需借助空气的对流运动。在高空运行时,要依靠大范围的水平气流输送。在运行过程中,如遇风的辐合、降雨、或下沉气流的作用,会被迫降落地面。在高压、低压、锋面等天气系统中,都是褐稻虱迁飞的气象条件。在高压系统中,如副高中心、副高脊区有明显的下沉气流,是构成褐稻虱降落的气流条件;而低压系统,如低压中心、低压槽区有明显的上升气流,是构成褐稻虱起飞的气流条件^[104,170-180,182,188]。

④ 白背飞虱的研究,它在高空是随气流走向被动运行的。西南农学院应用 850 毫巴和 700 毫巴的高空风向进行气流分析,绘制了各峰次的气流图,将全国各地北迁和南迁的迁飞路径归纳为 13 个主要流型。飞虱降落所对应的天气形势分析认为:雨日降虫发生在出现锋面、高空低槽或切变线、西南低涡、台风倒槽等降雨天气系统影响的时候,或者是出现在局部对流性降雨时,锋面影响时,降虫多数在锋后雨后,有时在锋前。夏季的非雨日降虫,是处于太平洋副高控制下的晴好天气^[181-185]。

此外,在病虫地理分布^[3,76-78,82,84,82,104]、天敌气象^[88,89]及病虫防治与气象^[86,87,70,141]等方面也做了不少工作。

上述研究,对进一步认识这些害虫的迁飞规律及进行农业气象预测提供了科学依据。

二、病虫农业气象预测的研究

只有对病虫发生危害的预测做得及时,准确,才能正确地拟定综合防治计划,及时采取必要的措施,经济有效地压低病虫的发生数量,保证农业的高产稳产。

如前所述,外界天气气候条件与病虫的发生消长有着密切的关系。实践证明,在掌握病虫气象规律的基础上,用前期气象因子、病虫因子,可以预测未来病虫发生情况。这是一条行之有效的途径,因此病虫的农业气象预测,是病虫测报工作的一个重要组成部分。

目前,病虫的农业气象预测,从内容上看,主要有:病虫发生期(流行期)预测;害虫发生量(发生程度)预测;病害流行程度预测;病虫分布区域预测。从预报时效上看,有长期趋势预测、中期预测和短期预测。其中以短期预测做得较多,中期预测

较少,长期预测尚不多见。从预测范围上看,有县、地、省或一个发生区的。从预测对象上看,不仅对多种粮食作物、经济作物的主要病虫开展农业气象预测服务,而且还对油料、果树、蔬菜、热带作物等的主要病虫进行农业气象预测服务。从技术方法上看,从以经验为基础的综合分析法,随着病虫资料的积累和研究工作的开展,又摸索出许多统计预报方法,使病虫的农业气象预测进入到以多种统计分析方法并举的阶段,并向着数学模式化发展。

下面按预测的主要内容分类,作一简要介绍:

(一) 病虫发生期(流行期)预测

即预测病虫的发生或危害(流行)时期;具有迁飞习性的害虫,预测其迁出或迁入本地田间的时期。在害虫发生期预测中,常将某一虫期(或龄期)的发生时期分为始见期、始盛期、高峰期、盛末期、终见期。高峰期有时又分为第一高峰和第二高峰等。准确的预测病虫发生时期,对于指导适时防治有着重要的意义。

预测发生期的方法很多,主要有:

1. 物候学方法:由于病虫的发生与气象等外界环境条件密切相关,而某种物候现象综合地反映了各种气象要素、环境条件的变化情况,所以病虫的发生与物候现象之间就有一定的联系。通过多年观察,分析这种联系的规律性,则可达到利用物候现象预测病虫发生的目的。如河南方城县对小地老虎就有“榆钱落,幼虫多,桃花一片红,发蛾到高峰”的简易而准确的测报方法。这种方法,简便易行,便于群众掌握,并有一定科学依据^[189,200]。

2. 有效积温法:该方法是以温度与害虫生长发育速度的密切相关为依据,采用 $N = N_1 + \frac{K}{T - C}$ 为预测式。其中 N 为预报某一虫期出现的日期, N_1 为前一虫期出现的日期, K 为两个虫期间的有效积温常数, C 为某一虫期的发育起点温度, T 为预报期内的平均气温。当测得害虫某一虫期(或龄期)的发育起点和有效积温之后,便可根据当地常年同期的平均气温,结合近期气象预报,对这种害虫下一虫期(或龄期)的发生期作出预测。国内就粘虫^[81,82,100]、三化螟^[124,223]、褐稻虱^[100]、玉米螟^[123]、萍灰螟和黑萍螟^[138]、稻苞虫^[196]、小地蚕^[197]、纵卷叶螟^[198]……等害虫的发育起点温度及有效积温常数进行了测定,并在发生期预测中应用,取得一定的效果。

3. 统计学方法:是从统计学原理出发,研究病虫发生及气象历史资料,寻找预报对象与前期气象

因子、病虫本身的某些参数的相关关系,建立预测模式或指标进行预报。近年来在实践中摸索出许多预报方法,如列联表法、多因子综合相关法、分栏统计法、二级条件频率差法、相似分析、指标交叉法、真值图法、一元回归、多元回归、逐步回归、积分回归……等,应用于粘虫^[100,101,201-208,183],三化螟^[112,119,191,211,213,214,217,226],小麦锈病^[100,101,218,103],玉米螟^[100,101,103],粟灰螟^[100,103],大豆造桥虫^[100,103],小地老虎^[190,103],黄地老虎^[100,128,103],警纹地老虎^[234],棉铃虫^[100,103],棉红铃虫^[215],麦秆蝇^[210],草地螟^[216],稻秆潜蝇^[120],桃小食心虫^[136],褐稻虱^[105,106]……等病虫发生期预测。这些方法一般也适用于害虫发生量(发生程度)及病害流行程度预测。这些方法中以回归分析方法运用最为普遍。如国家气象局气象科学院的同志,建立的一代粘虫发生区越冬蛾迁入期的长期预测模式。他们根据粘虫具有远距离迁飞的特性,越冬蛾主要来自华南冬季危害地区,其迁出期的迟早,与外界天气气候条件有密切的关系,因此通过对华南冬季粘虫发生时期的气象要素进行相关普查,找出影响一代粘虫发生区越冬蛾迁入期迟早的关键因子,采用逐步回归方法,建立可供应用的长期预测模式^[201]。用同样思路建立的二代粘虫发生区一代蛾迁入期的长期预测模式,都得到好的结果^[205]。他们还用海温预测粘虫发生期,可以延长预报时效,效果较好^[203,204]。

4. 天气学方法:是指通过天气图这一预报工具,对各种天气系统,如高压区、低压区、脊线、槽线、各种锋面和天气区以及高空流场、温度场等与病虫发生期关系的分析,所作的预报而言的。这种预报方法主要是随着近年来研究迁飞性害虫和远距离传播的病害而发展起来的。在我国先是对蝗虫、粘虫,近年来又对稻纵卷叶螟、飞虱类等害虫的迁飞进行了研究,发现与天气系统、高空气流有关,运用天气图不仅可以预测发生期^[87,102,109,170,210,104,181,221,145-148],也可预测发生量。如稻纵卷叶螟的迁飞测报,是由迁出区提供发生基数、发育进度和迁出峰期的情报,由迁入区结合天气形势预报,分析降蛾条件,预测迁入时期及降蛾的可能性,从而估计发生程度趋势。这样做效果较好,在防治上也发挥了积极作用。

还有一些单位用发育进度推算法、经验指标法作发生期预报的^[191,189]。

(二) 害虫发生量(发生程度)预测

即预测害虫的发生数量、田间虫口密度及发生

程度。准确地预测害虫发生量和发生程度,对于决定防治的方法和规模极为重要。

各地植保、气象工作者在反复实践的过程中,摸索了许多预测方法,主要有:

1. 经验指数预测法:用来估计害虫未来的数量消长趋势。如温雨系数、温湿系数、气候积分指数……等。经验指数是在分析影响害虫发生主导因子的基础上,进一步根据历史资料统计分析得来的。例如,根据北京7年资料分析得出:月平均气温及相对湿度是华北地区影响棉蚜季节性消长的主导因素,然后进一步计算出两者的变动关系:当温湿系数 $E=2.5-3.0$ ($E=\frac{R}{T}$, $R=5$ 日平均相对湿度, $T=5$ 日平均温度)时,对棉蚜增殖有利,会造成猖獗危害^[189]。

2. 生物气候图法:对于那些以气候为其数量变动主导因素的害虫,可通过绘制生物气候图,找出各年季节性气候变动对其发生量的影响,从而进行发生量的预报。

通常绘制生物气候图是以当地月(旬)总降雨量或相对湿度为纵座标,月(旬)平均气温为横座标,将各月(旬)的雨量或相对湿度在图上标点,并依次各点用实线相连,便绘成一个多边不规则的封闭曲线图,即称生物气候图。

在实际应用时要根据多年或多地点资料,分别制成生物气候图,分析出不同发生程度的年份或地点的各种模式的生物气候图;再根据当年中长期天气预报或实测资料,制成当年生物气候图,与历史上的各种模式图相比较,根据历史上气候图相似的年份害虫所发生的程度,来作当年害虫可能发生趋势预报^[189]。

3. 统计学方法:统计学预报方法很多,预测发生期的方法,一般也适用于发生量预测。以各种回归方法应用最为广泛,目前已广泛应用于蝗虫^[191,226],粘虫^[189-191,201-204,206,207,227-230,232,234-236,238,240,89],三化螟^[191,111,114,117,213,217,239],稻秆潜蝇^[120],褐飞虱^[106,220],白背飞虱^[231],麦秆蝇^[122,210,237],草地螟^[216],玉米螟^[190,193],粟灰螟^[190,193],棉铃虫^[233,193,190],大豆造桥虫^[190,193],小地老虎^[190,193],黄地老虎^[190,193],……等害虫的发生量预测,建立了各种各样的数学模式。如马世骏、丁岩钦建立的东亚飞蝗的夏蝗和秋蝗种群动态的数学模式,首先他们依据各个虫期内种群密度变动与各主导因子间的关系,分阶段建立了5个线性回归预测式,即① 上代(秋

蝗)成虫生殖力和气象因子的预测式;② 秋蝗卵的干瘪率和气象因子的预测式;③ 秋蝗卵霉烂死亡率和气象因子的预测式;④ 秋蝗卵在密度因子作用下的死亡率预测式;⑤ 蝗蛹在密度因子作用下的死亡率预测式。分析得出以上各阶段回归预测式后,再拟合组建夏蝗成虫的联合数学模式。在实际工作中,只要实测得有关参数代入模式中,即可预测夏蝗成虫的发生数量,估算出种群数量的变化趋势^[226,192]。

又如国家气象局气象科学院的同志用前期气象因子、环流因子、虫情因子、海温建立的一代、二代粘虫发生量、发生程度的长期预测模式^[201-204,206,227-229]、以及其它许多单位建立的预测模式,都取得较好的结果。

4. 天气学方法:同前^[162,169,170,97,104,181,146-148]。

(三) 病害流行程度预测

预测病害流行程度的方法主要有:

1. 物候学方法:如苏州地区的经验,当大元麦始穗后12天左右,气象条件适宜时,便可能发生赤霉病^[218]。

2. 经验指标法:吉林省农科院通过资料分析得出:决定玉米大斑病重、中、轻病年的关键因素,与当年6—8月的雨量多少密切相关,尤其与6—7月雨量关系更为密切。如6、7月雨量均超过80毫米,雨日较多,8月雨量适中,可能属重病年。如6、7月雨量和雨日均少,尤其7月雨量在40毫米以下,即便8月雨量适中,仍可能属轻病年^[222]。

3. 农谚法:湖北省根据农谚“越冬干了苗,叫花子丢了瓢”进行分析,从上一年11月和12月雨量找指标,预报小麦赤霉病^[3]。

4. 环流分析法:根据病害的流行取决于感病期内一种特定的天气气候特征,而天气气候特征的变化又取决于这段时期的大气环流形势和特定的天气系统,这样就有可能通过前期环流分析,找出预报指标,从而预测病害的流行程度。这种方法适用于“气候型病害”。

如湖北省小麦赤霉病长期预报协作组,通过对小麦赤霉病感病期的前期环流特征的分析,认为小麦感病期的天气气候特征及该病的流行是与前期天气过程和环流的变化有着系统的规律性的联系的。这就为该病流行趋势的长期预报提供了依据。他们根据前期环流指标,以逐步回归建立预测模式。他们将病害、气象要素、和大气环流三者结合起来研究,似能反映病害农业气象预测发展的一种趋势和开辟

新的前景^[3]。

5. 统计学方法:是目前病害流行程度预测中广为采用的方法。除前面提到的外,还有多因子综合点聚图、判别分析、时间序列、气候分型相似、奇异点相似、在回归分析中还有事件概率回归、权重参数回归……等,以线性回归运用最多。在病害预测中,以麦类赤霉病流行程度预测做得比较普遍^[3,8,9,10,14,241-259],如江苏省淮南多数气象台站,有东台、溧水、无锡、盐城、海安、苏州、吴县、常熟、昆山、滨海、盱眙、江阴……等,自1977年以来,开展三麦赤霉病的农业气象预报,基本正确,每年每县就节省工本费10—15万元左右,很受各地领导和群众的欢迎^[241]。除此外,还运用于小麦锈病^[10,101,254,193]、水稻白叶枯病^[191,255,258]、稻瘟病^[191,256,257]、棉苗病害^[101,259]、油菜白粉病^[262]、大白菜霜霉病^[58]、茎用芥菜病毒病^[263]、橡胶树白粉病^[260,261]……,已建立了不少预测模式,取得一定成效。

(四) 病虫分布区域(包括害虫的世代分布)预测

即预测病虫的分布区域或发生面积、迁飞性害虫,对其迁飞途径、方向和降落地区范围的预测。预测方法主要有:

1. 有效积温法:用于害虫的世代分布预测。在知道一地的全年有效积温 A 和某种害虫完成一个世代所需的有效积温 K 以后,可用下式求得这种害虫在该地一年内可发生的世代数 M : $M = \frac{A}{K}$ 。许多单位

位用此法预测粘虫^[82,81,77,78]、三化螟^[124,112,226,212]、纵卷叶螟^[198]、褐稻虱^[100,104]、玉米螟^[128]……等害虫的世代分布。与实际发生情况大致吻合。

2. 天气学方法:主要用于迁飞性害虫如粘虫、飞虱、稻纵卷叶螟……等的迁飞方向、途径、降落地区的预测。如褐稻虱在高压系统中(副高中心、副高脊区……)有明显的下沉气流,是其降落的气流条件。因此根据迁出期的高空气流场、温度场、垂直速度场及天气形势,可以确定褐稻虱的迁飞路径及主降地区^[170]。

3. 指标分析法:如湖北省小麦赤霉病长期预报协作组,根据赤霉病流行指标 $Q = \frac{R \cdot Rd}{S}$ 公式,选取全省各地代表台站35个,求得 Q 值,非常明显。 Q 值由南往北递减,这与该省小麦赤霉病历史发生的分布规律也是一致的。分析结果,可把31°N线作为该省南北赤霉病流行机率 and 强度差异的一条具有

农业气候意义的分界线。可见 Q 值可以预测赤霉病的分布区域。

从上述病虫农业气象预测的情况看,近年来,在技术方法上有了较大的提高,统计预报得到较广泛的应用,向着数学模式化发展。一些单位为提高预报准确率,增强服务效果,在预报因子选择上,注意了从不同侧面选取生物学、生态学意义较为明显,彼此独立性较强、相关较好而又稳定的气象因子、环流因子、海温、以及病虫本身的某些参数等作为预报因子。为考虑预报时效,尽量选取长、中期预报因子,以便尽早做出长中期预报,再以短期作订正,做到长中短结合。在预报时,注意了应用多种预报方法综合判断,并将统计预报方法与农谚、自然物候及其它预报方法结合起来综合使用,并做到点面结合,切磋会商,以提高预报准确率。一些单位还注意了预测模式的退化,随着新资料的增加,必须不断外延,对方程重新计算,使方程吸收最新信息,不能年年不变地使用。

目前病虫农业气象预测中,有三种思路:一是根据前期气象因子做出所需时段的天气预报,再根据天气预报结果作病虫预报,这是一种间接预报,病虫预报准确与否依赖于天气预报。二是在分析病虫发生消长与天气气候条件关系的基础上,寻找前期气象因子及病虫因子,直接作病虫预报。三是根据病虫本身的历史资料,寻找历史演变规律作出预报。显然后两种思路优于前者,因此应提倡作直接预报。

病虫农业气象预报,还应注意经济效益的收集,有的单位只作了粗略统计,就可看出经济效益十分显著。因此应加强对预报成败的经济效益分析的研究,使人们明确病虫预测预报工作在国民经济中的重要意义,从而更进一步地推动病虫预测预报研究的发展。

结 束 语

我国地域辽阔,气候错综复杂,适于各种病虫发生危害,为适应“四化”建设的需要,农作物病虫气象的研究,必将深入广泛开展。近年来的实践证明,植保、气象两个学科,在理论上和实践上的结合,使这一服务项目和科研课题有了新的突破,得以引向迅速发展。随着生物数学、数理生物学,特别是系统分析和系统科学的引入,高速电子计算机的应用,又为我们提供了基本工具,这对人们对于病虫及其环境条件间的相互关系规律的认识,从定性的或描述性

的科学,朝着定量的预测的科学方向发展,将起着强大的推动作用。可以预期,病虫农业气象预测的数学模式化工作,将会象雨后春笋般地出现,无论在种类上、方法上、时效上、以及准确率上,一定会有较大的提高,并在生产实践中,越来越起到其应有的作用,为病虫气象这一边缘学科的发展开辟广阔的前景。

限于水平,遗漏错误在所难免,盼读者指正。

参 考 文 献

- [1] 中国农作物病虫害编辑委员会编, 中国农作物病虫害(上、下册), 1979年农业出版社出版。
- [2] 马世骏, 昆虫动态与气象, 1957年科学出版社出版。
- [3] 湖北省小麦赤霉病长期预报协作组, 湖北省小麦赤霉病流行的统计学模式及长期预报方法的研究, 中国农业科学 1983.(1), 71—77。
- [4] 付厚渝, 倪国俗, 湖北省小麦赤霉病的农业气候特征及模糊区划, 1981(打印稿)。
- [5] 夏禹甸、肖庆璞等, 小麦赤霉病发生规律的研究, 植物病理学报, 1956.2(2), 187—200。
- [6] 湖北省农科院植保所, 小麦赤霉病流行规律及长期预报探讨, 湖北农业科学, 1979.(11), 27—32。
- [7] 福建省小麦赤霉病研究协作组, 小麦赤霉病流行规律研究初报, 麦类赤霉病研究资料选编, 1976。
- [8] 严明富、张国淳, 麦类赤霉病的流行因素与测报, 植物保护, 1981.(2)。
- [9] 湖南省气象局观象台, 温湿度与赤霉病, 气象, 1977.(4)。
- [10] 石鹏皋、何祥照、李开林, 赤霉病流行的气候条件及长期预报, 气象, 1982.(9)。
- [11] 中国农科院江苏分院, 麦类赤霉病的发生和防治, 中国植物保护科学, 1961, 科学出版社出版。
- [12] 浙江省农科院植保所, 1973—1977年麦类赤霉病研究总结, 1977年麦类赤霉病科研资料选编(浙江)。
- [13] 缪申, 夏凉与赤霉病大流行, 气象, 1978.(11)。
- [14] 江苏省气象台气象台, 三麦赤霉病气候分析与预报, 江苏农业科学, 1975.(2)。
- [15] 湖南省气象局观象台, 小麦赤霉病发生发展与气象条件的关系, 湖南气象科技, 1976.(1)。
- [16] 上海市气象局业务组, 麦类赤霉病发病程度的气候条件, 气象, 1978.(4)。
- [17] 厦门市气象台, 小麦赤霉病的气象指标探讨, 厦门气象简讯, 1979.(12)副刊。
- [18] 北京市农科所气象室, 1973年北京地区小麦叶锈病发生的农业气象条件初步分析, 北京市农业科技, 1973.增刊(1)。
- [19] 临夏回族自治州气象局预报组, 临夏地区小麦锈病气象条件分析和预报, 甘肃气象通讯, 1975.(5)。
- [20] 甘肃成县气象哨, 成县地区小麦锈病的初步分析, 武都气象, 1977.(2)。
- [21] 河北省宁晋县气象站, 关于冬小麦发生锈病的调查情况, 1975(油印本)。
- [22] 胡吉禄, 小麦白粉病的发生与气候关系的初步研究, 安徽农业科学, 1982.(1)。
- [23] 石鹏皋、万景辉, 小麦白粉病的研究概况, 湖北农业科学, 1983.(1)。
- [24] 周广和、张向才, 从预测预报谈小麦黄矮病发生流行规律, 植物保护, 1982.(1)。
- [25] 吴县农业局、吴县农科所, 小麦白粉病发生规律的初步研究, 病虫测报参考资料, 1980.(2), 66—70。
- [26] 朱玉盛, 对水稻白叶枯病发生气象条件的初步分析, 江西气象科技, 1979.(3)。
- [27] 曹俊义, 气象条件与杂交晚稻的白叶枯病, 广西气象, 1981.(4)。
- [28] 湘潭农科所等, 白叶枯病发病因素的初步探讨, 湘潭农业科技, 1979.(3)。
- [29] 醴陵县白兔潭病虫测报站, 水稻纹枯病发生危害规律和防治措施, 病虫测报, 1982.(4), 11—13。
- [30] 嘉定县气象台, 早稻纹枯病气象条件分析, 1981(油印本)。
- [31] 广西农学院农业气象教研组, 早稻田田间小气候特征与纹枯病研究初报, 1974.(油印本)。
- [32] 益阳地区农业局, 水稻细菌性褐条病, 农业科技通讯, 1983.(2)。
- [33] 曹俊仪等, 气候因子与三江稻瘟病流行初探, 广西气象, 1982.(5)。
- [34] 华中农学院, 稻瘟病在流行病学上的气象因子, 1977(打印本)。
- [35] 矫江, 水稻的绵腐病, 黑龙江农业科学, 1983.(3) 63—64。
- [36] 龚航莲、彭爱莉, 稻曲病发生与防治的初步研究, 江西农业科学, 1983.(7), 5—6。
- [37] 东乡县植保站, 水稻褐色叶枯病的发生与防治, 江西农业科学, 1983.(2), 12。
- [38] 龚家伟, 水稻黑色叶枯病, 农业科技通讯, 1983.(7)。
- [39] 高士秀, 后期稻穗预流的气候条件, 上海农业科技, 1983.(4), 23—24。
- [40] 庞福全、黄新, 玉林地区水稻纹枯病综合防治试验初报, 广西农业科学, 1983.(1), 39。
- [41] 嘉兴地区水稻紫鞘黄叶病研究协作组, 水稻紫鞘黄叶病的发生、危害及药剂防治的研究, 浙江农业科学, 1983.(2), 77。
- [42] 郎进宝, 影响稻曲病发病的因素调查, 浙江农业科学, 1983.(3), 138。
- [43] 灵武县气象站、农技站, 1979年春小麦黄叶病大流行情况的调查报告, 宁夏气候, 1980.(8)。
- [44] 河南林县泽下公社气象哨, 玉米大小斑病的发生与气象条件的关系, 林县气象, 1977.(1)。
- [45] 程广生, 关于玉米大斑病发生流行与气象关系的研究, 吉林农业科学, 1983.(3)。
- [46] 山东栖霞县大柳家公社气象哨, 地瓜茎线虫病发生及防治与温湿关系的初步探讨, 山东气象, 1977.(3)。
- [47] 张绍祖, 蚕豆立枯病的发生和防治, 1982.(3), 31—33。
- [48] 沈其益、陈其燠, 我国棉花枯萎病和黄萎病研究工作的进展, 中国农业科学, 1982.(1), 1—7。
- [49] 藉秀琴等, 棉花黄矮病消长与温度关系的分析, 农业科技通讯, 1980.(3)。
- [50] 徐润成等, 病虫害气候模拟实验室的研制, 江苏农业科学, 1982.(3)。

- [51] 瑞昌县农业局植保站,油菜菌核病的发生规律与防治对策,1983.(2),16—17。
- [52] 陈映琦,梨黑斑病发生规律及其防治,江苏农业科学,1982.(4)。
- [53] 温秀云,葡萄炭疽病发生规律与防治的研究,山东农业科学,1983.(1),40—43。
- [54] 景学富等,苹果腐烂病的发生与冻害的关系,辽宁农业科技,1979.(4),16—18。
- [55] 王世伟、二板桥园艺场,昆明地区苹果银叶病的发生与防治,云南科技,1983.(1)。
- [56] 柴天蓉、曲俭绪,昆明地区梨黑星病的发生规律和防治措施,云南科技,1983.(1)。
- [57] 曹振乾、季开元,无锡地区西瓜病害的发生和防治,江苏农业科学,1983.(5),43—45。
- [58] 翁才祥,大白菜霜霉病气候分析与预报,江苏农业气象科技,(1980)。
- [59] 刘宗樊,白菜“干烧心”病害调查研究初报,天津农业科学,1979.(4)。
- [60] 北京市农科院气象室,秋黄瓜疫病发生发展与气象条件关系,北京市农业气象科技,1977.(9)。
- [61] 陈殿奎等,春大棚黄瓜霜霉病的发生与温湿度的调查,农业科技资料,1978.(2)。
- [62] 翁祖信、蒋兴祥,黄瓜疫病发生规律与综合防治,中国农业科学,1982.(3)。
- [63] 威海市果树园艺场气象哨,苹果生育和病虫害的发生发展与气象条件的关系,山东气象,1977.(4),24—25。
- [64] 郑志时,橡胶季风性落叶病及割面条溃疡病,热带农业科技通讯,1979.(1)。
- [65] 林更生,番木瓜花叶病及其预防,热带作物科技,1983.(3)。
- [66] 张家望,喷洒农药的天气条件,益阳气象科技,1983.(3),40—41。
- [67] 山东莱阳县照旺庄果园气象哨,掌握气象条件防治病虫害,气象,1977.(3)。
- [68] 张效良等,棉蚜流行性蚜霉菌的利用研究 II,发生和流行规律的研究,陕西农业科技,1983.(3)。
- [69] 彰武县气象站等,瓢虫治蚜虫的气象条件,1976.(11—12),25。
- [70] 河南省农科院植保所,氧化乐果对棉蚜的防效与温度关系,1977.5(打印稿)。
- [71] 马世骏,东亚飞蝗在中国的发生动态,昆虫学报,1958.B(1),1—40。
- [72] 马世骏等,中国东亚飞蝗蝗区的研究,科学出版社出版,1963。
- [73] 楼亦槐,沿淮黄区水涝与飞蝗发生关系的初步调查及其在防治措施上探讨,昆虫学报,1959.9(2),101—115。
- [74] 李光博、王鸿、赵圣菊、曹淑琴,麦田小气候对第一代粘虫发生数量影响的研究,植物保护学报,1963.2(1),57—62。
- [75] 中国农业科学院植保所病虫测报组,粘虫发生规律的研究概况,植保科技,1973.(1),25—35。
- [76] 中国农科院植保所粘虫组,粘虫越冬及迁飞规律的研究,1979(单行本)。
- [77] 赵圣菊,我国粘虫地域分布的气候分区,气象科学技术集刊,(1982).3。
- [78] 李淑华,我国粘虫气候区划及迁飞路径,1980年中国农科院气象室科学研究年报。
- [79] 蒲蛰龙等,高温对粘虫影响的实验生态研究,1962(油印本)。
- [80] 郭祥光,南方粘虫之研究 III,气象因素在粘虫发生中的作用,1963年广东省动物学会论文集。
- [81] 郭祥光等,南方粘虫之研究 IV,粘虫的发育起点,有效积温常数测定及其研究方法、计算方法的比较,昆虫学报,1964.13(2)。
- [82] 林昌善、郑臻良,有效温度法则在我国粘虫发生地理学上的检验,昆虫学报,1958.8(1)。
- [83] 刘南欣等,光周期对粘虫生长发育的影响研究初报,1964(油印本)。
- [84] 郭祥光,粘虫的迁飞发生区及其分布的数学模式,植物保护学报,1979。
- [85] 吉林省农科院植保所害虫组,粘虫成虫、卵、幼虫发育与温湿度关系的试验,植保科技,1974.(2)。
- [86] 徐州地区农科所,徐州地区粘虫发生规律及其防治,植保科技,1974.(2)。
- [87] 黑龙江省农科院植保所,二代粘虫发生消长危害的探讨,1979(油印本)。
- [88] 廖承雄、胡适连,晚稻粘虫回迁与风及卵巢发育的关系,1979(油印本)。
- [89] 临沂地区植保站,临沂地区一代粘虫发生规律及预测预报,1979(油印本)。
- [90] 昭盟农科所,气象因素对粘虫发生消长的影响,1978(油印本)。
- [91] 四川省农科院、峨眉县植保站,峨眉山一代粘虫迁飞与气象因子关系的研究,1981(油印本)。
- [92] 赵圣菊,模糊相似优先选择法在粘虫气候分区中的应用,气象科学技术集刊,1982.(3)。
- [93] 邯郸地区气象局,关于1975年粘虫大发生与气象条件的关系调查总结,河北省气象工作情况,1975.(2)。
- [94] 甘肃临夏州气象局,粘虫发生发展的气象条件,气象,1977.(5)。
- [95] 杨振东,甘肃粘虫发生消长与气候,1978年甘肃省气象局气科所科研成果报告汇编。
- [96] 湖南省稻纵卷叶螟科研协作组,稻纵卷叶螟发生规律的研究,中国农业科学,1981.(5),9—16。
- [97] 全国稻纵卷叶螟联合测报网,我国稻纵卷叶螟发生动态及其预测预报,中国农业科学,1981.(5),17—24。
- [98] 徐州地区农科所,稻纵卷叶螟的发生规律和综合防治探讨,江苏农业科技,1976.(4)。
- [99] 南宁市气象台农业气象试验站,南宁市郊区稻纵卷叶螟发生发展与气象条件关系的研究,农业气象试验研究资料选集第四集(1978)。
- [100] 罗盛富、黄志农,稻纵卷叶螟生物学特性的研究,昆虫知识,1983.20(1)。
- [101] 浦城县病虫测报站,气候因子对稻纵卷叶螟生殖潜力的影响,福建农业科技,1975.(4)。
- [102] 湖南华容县景港公社农科站,气象条件对稻纵卷叶螟影响的初步探讨,湖南气象科技,1976.(3)。
- [103] 李桂瑞,早稻纵卷叶螟的发生与气象因素关系的观察,科学实验通讯,1983.(1)。
- [104] 丁德峻,褐稻虱生育气候条件研究,农业气象,1980。

- (4), 1981. (1).
- [105] 江苏省气象台, 温度与褐稻虱发育的统计分析, 气象, 1978. (8).
- [106] 芮庆宝, 高保宗, 褐稻虱发生危害与气象条件的关系及中期预测方法, 农业气象, 1983. (1).
- [107] 刘芹轩、吕万明、张桂芬, 白背飞虱的生物学和生态学研究, 中国农业科学, 1982. (3).
- [108] 朱金城, 白背飞虱的发生规律, 昆虫知识, 1974. 11 (4).
- [109] 首章北, 褐稻虱发育起点及有效积温常数的研究, 昆虫知识, 1983. (2).
- [110] 罗盛富, 黄志农, 稻纵卷叶螟生物学特性研究, 昆虫知识, 1983. (1).
- [111] 高明昌, 三化螟种群数量年变化的主导因素和预测探讨, 昆虫知识, 1983. (2).
- [112] 蔡先梅、杨武, 三化螟世代分布、发生期与温度的关系, 广西农业气象试验研究资料选辑第四集 (1978).
- [113] 广西农学院气象教研组气象站, 水稻三化螟蛾第一代发生期与气象因子的关系分析, 广西农业气象试验研究资料选辑第四集 (1978).
- [114] 陈恩旺, 三化螟虫与天气, 气象科技资料, 1975. (5).
- [115] 桂阳县雷平公社气象哨, 水稻病虫发生发展与温湿度条件的关系, 湖南郴州气象科技简报, 1975. (5).
- [116] 河北涿县小邵村大队气象哨, 水稻病虫害发生发展的气象条件分析, 气象, 1975. 6 期。
- [117] 四川平昌县西兴中学气象哨, 三化螟发生的温度指标, 气象, 1977. (8).
- [118] 朱玉盛, 丘陵山区气候与水稻害虫研究初报, 江西气象科技, 1981. (4).
- [119] 丁岩钦, 《昆虫种群生态学原理与应用》, 科学出版社, 1980 年出版。
- [120] 燕维祥等, 稻秆潜蝇发生情况及预测预报的探讨, 昆虫知识, 1981. 18 (5).
- [121] 韩云龙, 小麦蚜虫生消与气象条件关系的分析, 农业气象, 1981. (2).
- [122] 杨文彬, 河套灌区麦秆蚜发生的气象条件及其预报, 农业气象, 1981. (4).
- [123] 汪廷魁, 玉米螟虫态历期和有效积温的研究, 中国农业科学, 1981. (4), 72—80。
- [124] 林郁、祝兆祺、胡家骥等, 三化螟有效积温的研究 I, 各虫态历期的发展零点和有效积温, 昆虫学报, 1959. 9 (5), 423—435。
- [125] 山东文登县口子公社气象哨, 红蜘蛛发生的气象条件, 气象, 1977. (4).
- [126] 柳学生, 一代虫源和主要气象要素与二代棉铃虫发生的关系, 河北科技情报, 1983. (3).
- [127] 韩书欣, 小地老虎发生主导因子的分析, 植物保护, 1982. 8 (6)。
- [128] 张圭桢等, 气象因子影响黄地老虎羽化盛期的初步研究, 新疆气象, 1982. (2)。
- [129] 甘肃省气象局气科所, 甘肃地老虎发生消长与气候, 1978. 8 (打印稿)。
- [130] 徐树云, 烟蚜消长与气象因素, 植物保护, 1982. 8 (5)。
- [131] 叶青, 甘薯小象甲发生规律和综合防治的研究, 福建农业科技, 1983. (3)。
- [132] 陈根富, 十字花科蔬菜害虫的发生特点及防治意见, 福建农业科技, 1983. (1)。
- [133] 唐巧, 广西桂南地区白粉蝶的发生消长及群迁与气象条件的关系, 农业气象, 1983. (1)。
- [134] 威海市果树园艺场气象哨, 苹果生育和病虫害发生发展与气象条件的关系, 山东气象, 1977. (4)。
- [135] 刘国惠, 桃小食心虫越冬出土的气象条件及其预报方法, 营口气象科技, 1979. (1)。
- [136] 魏同, 温湿度对桃小食心虫发生数量的影响, 气象, 1979. (6)。
- [137] 高与桢, 柑桔红蜘蛛的生态与药剂防治的研究, 福建农业科技, 1983. (4)。
- [138] 朱钟麟、蹇守法, 萍灰螟、黑萍螟发生规律的探讨——有效积温常数的测定及应用, 中国农业科学, 1982. (3)。
- [139] 王纪文, 茶角盲蝽蟊在茶树上发生危害研究初报, 热带作物科技, 1983. (4)。
- [140] 宋多魁、于美蓉, 紫胶虫候进展与热量条件初报, 广西农学院学报, 1982. (2)。
- [141] 文登县口子公社气象哨, 小麦蚜虫的发生防治与气象, 山东气象, 1978. (2)。
- [142] 张宗炳, 粘虫的随风迁移的假说及越冬问题, 黑龙江省农科所粘虫越冬问题讨论会发言 1959。
- [143] 李光博、王恒祥、胡文绣, 粘虫季节性迁飞危害假说及标记回收试验, 植物保护学报, 1964. 3 (2), 101—110。
- [144] 马世骏, 粘虫蛾迁飞的生理生态背景, 科学通报, 1963. (9), 65—68。
- [145] 黄冠辉、侯无危, 粘虫蛾飞翔研究 II, 飞翔持续时间和振翅频率, 昆虫学报, 1966. 15 (2), 96—103。
- [146] 林昌善、孙金如、陈瑞鹿, 粘虫发生规律的研究 I, 东北春季粘虫发生与风的关系, 昆虫学报, 1963. 12 (3), 243—261。
- [147] 林昌善、夏曾铤, 粘虫发生规律的研究 III, 粘虫蛾迁飞与气流场的关系及其运行可能形式的探讨, 高等学校自然科学学报, 生物学版, 1964. (2), 93—112。
- [148] 林昌善, 粘虫发生规律的研究 IV, 与粘虫蛾远距离迁飞降落过程有关的气象物理因素的分析, 植物保护学报, 1963. 2 (2), 111—122。
- [149] 林昌善、张宗炳, 粘虫发生规律的研究 V, 粘虫季节性远距离迁飞的一个模式, 植物保护学报, 1964. 3 (2), 93—99。
- [150] 蒲蛰龙、邬祥光, 南方粘虫之研究, 年周期迁飞及季节性生境转移的节律, 中国昆虫学会 1962 年学术讨论会会刊, 84—85。
- [151] 广西玉林农试站、中南昆虫研究所粘虫组, 粘虫迁飞习性的观察, 1962 年中国昆虫学会学术讨论会会刊, 85—86。
- [152] 林昌善, 有关粘虫迁飞的一些问题, 中国昆虫学会 1962 年学术讨论会会刊, 86—87。
- [153] 中国农业科学院气象室、植保所, 一代粘虫常发区成虫迁飞的气象条件, 中国农业科学院气象室科学研究报告, 1980。
- [154] 赵圣菊、卞林根, 粘虫起飞、运转、降落和气象条件的关系, 气象科学技术集刊, 1981, 第一期 198—206。

- [155] 赵圣菊、卞林根, 低层大气垂直运动对粘虫起飞降落的影响, 生态学报, 1981.1(2), 136—146。
- [156] 赵圣菊, 东亚地区低层大气环流的季节性变化与粘虫远距离迁飞, 生态学报, 1981.1(4), 315—326。
- [157] 赵圣菊, 粘虫迁飞与气象条件关系的研究, 科学通报, 1982.(11), 692—695。
- [158] 赵圣菊, 粘虫迁飞之谜, 气象知识, 1982.(4)。
- [159] 杨振东, 粘虫的春季迁飞及附图, 甘肃省气象局气科所科研成果报告汇编, 1978。
- [160] 杨振东, 粘虫的迁飞与气象, 甘肃省气象局气科所科研成果报告汇编, 1982。
- [161] 廖承雄、胡适连, 从有关气象因素分析晚稻粘虫回迁的降落条件, 1981(油印本)。
- [162] 全国稻纵卷叶螟研究协作组, 我国稻纵卷叶螟迁飞规律研究进展, 中国农业科学, 1981.(5), 1—8。
- [163] 张孝羲、陆自强等, 稻纵卷叶螟迁飞途径的研究, 昆虫学报, 1978.23(2), 130—140。
- [164] 李国柱等, 稻纵卷叶螟迁飞北回归区的初步分析, 昆虫知识, 1983.(1)。
- [165] 广西稻纵卷叶螟研究协作组, 稻纵卷叶螟迁飞规律研究简报, 广西农业科技, 1978.(4), 46—49。
- [166] 江苏农学院, 稻纵卷叶螟的迁飞特性, 江苏农学院科技简报, 1980.(4), 34—41。
- [167] 广西农科院稻纵卷叶螟研究组, 稻纵卷叶螟迁飞规律在测报上的初步应用, 广西农业科学, 1983.(2), 30—32。
- [168] 江苏临海农场, 稻纵卷叶螟和稻飞虱迁飞的初步探讨, 昆虫知识, 1976.(1), 11—13。
- [169] 宋祥燕, 稻纵卷叶螟蛾迁飞规律的初步分析和迁入期、迁飞量的预报尝试, 农业气象预报文集, 1983, 气象出版社出版。
- [170] 全国褐稻虱科研协作组, 我国褐稻虱迁飞规律研究的进展, 中国农业科学, 1981.(2), 52—59。
- [171] 蔡先梅, 广西地区褐稻虱迁飞规律与气象条件初步分析, 农业气象, 1979.(1), 74—79。
- [172] 邝禹州, 褐稻虱迁飞规律研究—1979年迁入期航捕情况, 农业气象, 1980.(1), 49—50。
- [173] 芮庆宝: 褐稻虱迁入发生的气象条件及预报方法, 安徽气象, 1982.(2)。
- [174] 广东省农科院植保稻飞虱组等, 褐稻虱迁飞规律研究报告, 广东农业科学, 1979.(3)。
- [175] 程遐年、陈若簏, 稻褐飞虱迁飞规律的研究, 昆虫学报, 1979.22(1)。
- [176] 全国褐稻虱科研协作组, 高山捕虫网在研究褐稻虱迁飞规律及测报中的作用, 昆虫知识, 1981.18(6)。
- [177] 江广恒、谈函秋、沈婉贞, 褐稻虱远距离向南迁飞的气象条件, 昆虫学报, 1982.25(2)。
- [178] 江广恒、谈函秋、沈婉贞, 褐稻虱远距离向北迁飞的气象条件, 昆虫学报, 1982.24(3), 251—261。
- [179] 江苏农学院植保系、江苏省气象局气象台, 1976年江苏省褐稻虱迁飞问题的探讨, 江苏农业科学, 1977.(4)。
- [180] 广西褐稻虱科研协作组, 褐稻虱在广西越冬和迁飞规律的研究, 昆虫知识, 1979.16(1)。
- [181] 全国白背飞虱科研协作组, 白背飞虱迁飞规律的初步研究, 中国农业科学, 1981.(5), 25—31。
- [182] 汪毓才、胡国文、谢明霞, 我国白背飞虱和褐飞虱迁飞路径的气流分析, 植物保护学报, 1982.9(2)。
- [183] 邓望喜, 褐飞虱及白背飞虱空中迁飞规律的研究, 植物保护学报, 1981.8(2), 73—80。
- [184] 朱仲庭, 信阳地区水稻白背飞虱迁入的气象条件及预报探讨, 河南气象, 1981.(3)。
- [185] 四川、贵州、云南三省稻飞虱科研协作组, 我国西南稻区白背飞虱、褐飞虱的迁飞和发生特点, 植物保护学报, 1982.9(2), 179—186。
- [186] 杨振东, 小地老虎的迁飞与气象, 气象科研报告, 1982.2。
- [187] 南京农学院昆虫专业, 小地老虎越冬与迁飞问题室内研究初步结果, 1982(油印本)。
- [188] 河南省农科院植保所地下害虫组, 1980年小地老虎研究报告, 1980(油印本)。
- [189] 张孝羲、程遐年、耿济国, 害虫测报原理和方法, 1979年农业出版社出版。
- [190] 山东省农作物病虫测报站, 农业病虫数理统计预报, 1980年山东科学技术出版社出版。
- [191] 农业部农作物病虫测报总站, 我国农作物主要病虫测报办法, 1981年农业出版社出版。
- [192] 耿济国, 数学模型与病虫测报, 江苏农业科学, 1983.(1), 32—35, (2), 34—35。
- [193] 华尧南, 统计预报在农作物病虫测报中的应用, 山东农业科学, 1979.(2), 20—26。
- [194] 曾士迈, 植物病害流行的数理分析入门, 北京农业大学1977年植病流行病学讲义初稿。
- [195] 鄯祥光、马世骏, 昆虫生态学的常用数学分析法, 1963。
- [196] 陆惠霖、姚光富、张天文、万正, 一字纹稻苞虫的研究1, 有效积温检验, 昆虫学报, 1959.9(2), 137—148。
- [197] 南京农学院, 小地蚕卵及幼虫发育有效积温的测定及有效温度法则在小地蚕发生期预测应用上的讨论, 南京农学院科学研究专刊: 小地蚕研究论文集(一)。
- [198] 黄彤文, 试用异地有效积温预测稻纵卷叶螟的发生期, 病虫测报参考资料, 1981.(3)。
- [199] 河南许昌地区农科所, 粘虫卵期有效积温及其在测报中的应用, 1979(油印本)。
- [200] 江苏盐城县秦南中学物候观测小组, 物候与虫害, 气象, 1976.(11—12)。
- [201] 赵圣菊, 一代粘虫发生区越冬代蛾量及迁入期长期预测模式初探, 科学通报, 1983.(9)。
- [202] 赵圣菊, 用气象因子组建一代粘虫发生区越冬代蛾量及迁入期预测模式初探, 生态学报, 1983.(4)。
- [203] 赵圣菊, 用海温预测第一代粘虫发生量和发生期的初步探讨, 海洋学报, 1984.(1)。
- [204] 赵圣菊, 用海温作第一代粘虫发生量和发生期长期预测的初步探讨, 气象科技, 1983.(5)。
- [205] 赵圣菊、周朝东, 二代粘虫发生区一代成虫迁入期中长期预测模式的探讨, 科学通报, 1984.(2)。
- [206] 赵圣菊, 一代粘虫发生区3月下旬至4月降水趋势环流特征的初步分析和预报, 农业气象科学, 1982.2(1)。
- [207] 李淑华, 上海地区粘虫越冬代蛾量及盛蛾期的预报, 1981(打印稿)。

- [208] 郭祥光, 饶绮珍, 粘虫在发生期上的地理分布特点及其在预测上的应用, 病虫测报, 1982.(4)。
- [209] 梁金初, 简单投票法预报病虫高峰期, 气象, 1980.(3)。
- [210] 北京农业大学麦杆蝇研究组, 春麦区麦杆蝇测报新技术的应用, 病虫测报参考资料, 1981.(1)。
- [211] 程士芳, 三化螟(初盛蛾)发生期类型的预报方法, 江西气象科技, 1980.2。
- [212] 程士芳, 应用积温法预报三化螟的初盛期, 农业气象, 1981.2。
- [213] 蔡先梅, 三化螟的异地预测, 农业气象, 1981.1。
- [214] 黄朝东, 用气象因子统计预测水稻三化螟蛾发生期的阶段总结, 1981.8(单行本)。
- [215] 嘉定县气象站, 应用气象资料预测红铃虫化蛹发蛾期的分析, 1981(打印稿)。
- [216] 巴盟农试站病虫组, 积分回归在草地螟发生期和发生量分析中的应用, 1983(打印稿)。
- [217] 无锡气象站, 聚类分析在农作物病虫预报中的应用, 1980(油印本)。
- [218] 北京市农科所气象室, 锈病流行时期预报, 《农业气象预报情报方法》, 1980。
- [219] 胡森, 稻纵卷叶螟的降落天气条件及迁入主峰期的预测, 昆虫知识, 1983.(3), 98—103。
- [220] 湖南省农科院测报组, 褐稻虱测报技术及综合防治试验总结, 全国水稻稻纵卷叶螟综合防治研究资料选编第一辑(1975—1976)。
- [221] 李湘阁, 作物病虫害数理统计预报方法, 1979(打印稿)。
- [222] 张颖实, 农作物病虫气象预报综述, 辽宁气象科技情报, 1980.(1), 34—40。
- [223] 吕锡祥, 农业害虫的发生规律和防治原理, 1965, 中国青年出版社出版。
- [224] 蔡耘音, 棉田警纹地老虎的中短期测报, 新疆农业科技, 1983.(1)。
- [225] 黎仲英, 三化螟发生世代与发生时期的回归分析及其在测报上的作用, 昆虫知识, 1982.(5)。
- [226] 马世骏、丁岩钦、李典谟, 东亚飞蝗中长期数量预测的研究, 昆虫学报, 1965.14(4), 319—335。
- [227] 赵圣菊, 用海温作临沂地区第一代粘虫数量长期预报的初步探讨, 科学通报, 1983.(19)。
- [228] 赵圣菊、周朝东, 二代粘虫发生区一代成虫迁入量长期预测模式的探讨, 科学通报, 1984.(2)。
- [229] 赵圣菊、周朝东, 二代粘虫发生程度长期预测模式的探讨, 气象, 1983.(11)。
- [230] 胡开宗、何大愚, 粘虫预测预报研究, 云南农业科技, 1983.(2)。
- [231] 朱明华、龚泽明, 白背飞虱迁入虫源与发生程度的关系探讨, 昆虫知识, 1983.(4)。
- [232] 蔡家彬, 组建第一代粘虫数量动态预报方程初试, 病虫测报资料, 1981.(2)。
- [233] 张近光, 棉铃虫年发生量长期预报多因子相关试测, 昆虫知识, 1981.(5)。
- [234] 郭祥光, 粘虫生态型的相关模型南方第五次发生区的预测方案, 1979(油印本)。
- [235] 峨眉农业局, 粘虫相关回归分析及循环周期在测报上的应用, 1979(油印本)。
- [236] 郭祥光, 粘虫的异地预测方法, 1980(油印本)。
- [237] 李茂德, 麦杆蝇发生量趋势预报, 内蒙古气象, 1982.(2)。
- [238] 奉贤县病虫测报站、气象站, 应用气象因子与粘虫迁入量, 预测发生程度的探讨, 1981(油印本)。
- [239] 张尚志、张遵雄, 三化螟中长期统计预测初步研究, 植物保护学报, 1982.9(1)。
- [240] 冯祥和、张爱萍、赵玉文, 忻定盆地二代粘虫生命表研究初报, 1981(油印本)。
- [241] 江苏省气象局农业气象处, 江苏麦类赤霉病流行程度的统计预报方法, 农业气象预报方法研究选编, 1980。
- [242] 奉贤县气象站, 三麦赤霉病流行程度长期预报方法探讨, 农业气象预报方法研究选编, 1980。
- [243] 无锡县气象站, 指标交叉法预报麦类赤霉病, 1980(油印本)。
- [244] 吴长春, 小麦赤霉病发病的气象条件及其预报, 贵州气象, 1982.(6)。
- [245] 严明富、章强华, 大小麦赤霉病预测预报的研究, 病虫测报参考资料, 1980.(2), 45—49。
- [246] 章强华, 麦类赤霉病流行电算模拟模型的设想, 病虫测报参考资料, 1981.(2), 7—14。
- [247] 上海农科院植保所, 麦类赤霉病的预测预报, 1979(讨论稿)。
- [248] 福州市农科所植保组, 用相对湿度气象因子预测小麦赤霉病, 福建农业科技, 1978.(6)。
- [249] 缪申, 夏凉与赤霉病大流行, 气象, 1978.(11)。
- [250] 周光普, 小麦赤霉病半月—5—10气候预测式的探讨, 安徽农业科技, 1981.(1)。
- [251] 张汉林, 麦类赤霉病的长期预报方法, 气象, 1982.(2)。
- [252] 苏州地区农科所气象组, 用前期气象因子预测小麦赤霉病流行方法的探讨, 江苏农业科学, 1980.(5)。
- [253] 方伯仲, 小麦赤霉病的气象预报方法, 益阳气象科技, 1981.(2)。
- [254] 北京市农科院气象室, 北京地区小麦锈病的预报方法, 气象科技资料(北京), 1976.(1)。
- [255] 张成碗、何明、罗显芝, 水稻白叶枯病发生流行的预测, 病虫测报参考资料, 1981.(1)。
- [256] 罗云义, 晚稻穗瘟流行程度的预测方法, 病虫测报, 1982.(3)。
- [257] 熊尚玖, 水稻穗颈瘟复回归预测式的初步研究, 病虫测报参考资料, 1981.(2)。
- [258] 李承武, 晚稻白叶枯病的预报, 湖南气象科技情报, 1982.(5)。
- [259] 周振立, 利用气象因子分档统计法预测棉苗病害, 陕西农业科技, 1982.(2)。
- [260] 范会雄, 应用三变数偏回归法进行橡胶树白粉病预测, 热带作物科技, 1983.(4)。
- [261] 肖陈保、陈武兴, 湛江垦区橡胶白粉病预测预报探讨, 热作科技通讯, 1979.(1)。
- [262] 刘智奎, 油菜白粉病与叶期预测, 植物保护, 1981.(2)。
- [263] 李新予, 茎用芥菜病毒流行程度的测报及综合防治, 植物保护, 1981.(2)。