

土壤特性对棉铃虫 (*Helicoverpa armigera* Hübner) 发生的影响及发生程度分区

杨燕涛, 王东华, 朱明华

(江苏省南通市植保站, 通州 226300)

摘要: 统计分析表明, 土壤的多种理化性质与棉铃虫的发生程度间存在着密切的关系, 其中起主要作用的是土壤容重、砂粒含量和粘粒含量 3 个因子, 其直接通径系数依次为 -0.6521 、 0.6735 和 0.3456 。这些因子使土壤表现出不同的粘性, 决定了土壤的透气性、持水量和板结程度等, 从而影响到棉铃虫幼虫入土后蛹的存活率。用上述 3 个因子进行聚类分析, 可将南通市划分为 3 个棉铃虫发生区, 各区域在测报和防治上应进行区别对待。

关键词: 土壤特性; 棉铃虫; 发生程度分区

Effects of soil characteristics on the occurrence of *Helicoverpa armigera* (Hübner) and its region division

YANG Yan-Tao, WANG Dong-Hua, ZHU Ming-Hua (Plant Protection Station of Tongzhou, Tongzhou 226300, Jiangsu Province, China)

Abstract: It was observed that the occurrences of cotton bollworm (CBW), *Helicoverpa armigera* (Hübner), varied from place to place while CBW broke out in Tongzhou, Jiangsu Province. The amount of egg of the 4th generation tended to decrease from the eastern coastal regions to the mid-western regions, and then increased while approaching the western regions near the Yangtze River. This fact seems to be related to the distribution of soil type in this area. In order to prove this guess, a statistical analysis was made on the relationship between the physical characteristics of soil and the occurrence of CBW based on soil census and the CBW's occurrence data of the representative regions since 1999 in Tongzhou, Jiangsu Province. The results indicate that there are close relationships between the physical characteristics of soil and the occurrence of CBW. The factors, such as volume weight, total porosity, non-capillary porosity, capillary porosity, moisture-holding capacity, sand content, clay content, physical clay content, organic matter content and total nitrogen content of soil, are all significantly correlated with the amount of egg of the 4th generation. On the basis of results analyzed above, a step-wise regression analysis and a path analysis were carried out. The results show that the main soil factors that affect the survival rate of pupae are volume weight, sand content and clay content. The direct path coefficient is -0.6521 , 0.6735 and 0.3456 , respectively. These factors determine viscosity, aeration, water-holding capacity and hardness of soil, and may affect the survival rate of pupae after larva entering ground. A cluster analysis of the three above factors shows that Tongzhou can be divided into three regions: the solonchak one where CBW easily break out, the damp soil one which is suitable for CBW and the rice soil one where the conditions are unsuitable for CBW. And in the years while CBW broke out, in three above regions, the means of amount of egg of the 4th generation were 1345.9, 761.9 and 457.6, respectively. Because the occurrence of CBW varies with soil tex-

基金项目: 江苏省棉铃虫“九五”攻关(GB96513-3)资助项目

收稿日期: 1999-05-09; **修订日期:** 2000-06-10

作者简介: 杨燕涛(1964~), 男, 江苏通州人, 博士, 高级农艺师。主要从事棉花害虫预测预报研究。

ture, the local conditions should be considered while forecasting their occurrence and taking measures to control their harm to crops.

Key words: characteristic of soil; *Helicoverpa armigera* (Hübner); division of occurrence

文章编号: 1000-0933(2001)06-0959-05 中图分类号: Q968.1, S435.622.4 文献标识码: A

棉铃虫在通州市以第四代为主害代, 进入 90 年代以来已连续 6a 暴发。棉铃虫的重发与多种因子有关, 如气象因子、耕作制度及抗性的上升等^[1], 但棉铃虫蛹期的降雨是主要的限制因子, 尤其是三代蛹期的降雨, 如此期遇强降雨或连日降雨可造成幼虫入土后蛹的大量死亡, 而雨量低、雨日少的天气有利其发生^[2~4]。在棉铃虫暴发年份, 通州市不同地区的发生程度并不一致, 呈现从东部沿海至中西部卵量逐渐降低的趋势, 而至西部临江乡镇卵量又有所上升, 最高卵量与最低卵量之间差异悬殊。不仅在通州市, 在整个沿江地区也表现上述规律性的分布。由于在一个较小的区域内气候条件差异不大, 故其对棉铃虫发生量的地域分布不可能造成关键的影响^[1]。作者分析了本市各地的土壤资料, 发现棉铃虫的发生量分布与土壤类型及其理化性质有密切的相关性, 并据此进行了分区研究, 以期确立防治对策提供依据。

1 研究方法

1.1 土壤类型的划分及土壤主要理化性状的测定

所有土壤资料均来自通州市土壤普查结果, 由通州市土肥站提供。土壤类型按全国各省制定的分类系统进行分类; 理化性状的测定限定在耕作层, 土深 0~20cm。主要项目的分析方法: 土壤容重和孔隙度用环刀法; 有机质用 0.4N 重铬酸钾法; 全氮用硫酸钾-硫酸铜-硒粉法; 机械分析用比重计法; 持水量用烘干法或用酒精灼烧法。

1.2 土壤理化性状与四代棉铃虫发生程度之间关系分析

选取棉铃虫观测数据齐全且具代表性的乡镇进行分析。卵量数据取 1990 年来各暴发年份的平均值, 土壤性状数据为各类型土壤某一性状的加权平均值。将各性状分别与卵量进行相关分析, 并在此基础上选择相关显著的因子进行逐步回归分析和通径分析, 以明确影响棉铃虫化蛹成活率的主要土壤因子及其作用大小。以上分析在 DPS 统计软件上进行^[5]。

1.3 以土壤属性对棉铃虫发生程度进行分区

对上述分析得出的主要土壤因子进行聚类分析, 将具有相近土壤特征的乡镇进行归并, 进而确立棉铃虫发生程度的土壤区划, 并与棉铃虫发生实况相比较。聚类分析采用系统聚类分析中的离差平方和法, 在 DPS 平台上进行。

2 结果与分析

2.1 通州市土壤类型的地域分布及主要土壤特征

通州市地处长江三角洲平原, 东临黄海, 西接长江, 版图呈“T”字形, 东西跨度 76.29km, 南北长 49.66km。在汉代以前还是一片汪洋, 后经江淮冲积、海相沉积, 水下沙洲逐步升高露出水面, 相互并连成陆, 变成桑田。由于成陆时间的先后以及地形、母质、气候和人类活动等不同成土条件的影响, 通州市自西向东、自北向南分布着多种类型的土壤, 并具有一定的分布规律。全市土壤可划分为潮土、盐土、水稻土 3 个土类, 其中盐土集中分布在通东滨海平原, 占总耕地面积的 21.47%; 潮土分布在通中、通西的古沙洲平原和沿江近代长江冲积平原, 占全市耕地面积的 66.05%; 水稻土主要分布在西部刘桥、石港地区古河汉湖相沉积平原, 占全市耕地面积的 12.48%。从东至西, 为盐土-潮土-水稻土分布带; 从南至北, 为潮土-水稻土分布带, 土类、亚类的地域性分布十分明显。盐土除盐分含量较高外, 其它理化性状同潮土相似。上述两个土类中, 由于砂粒和粘粒含量等不同, 又可划分为粘性不同的多个亚类、土属和土种, 其中盐土中的粘性滨海盐土和潮土中的黄泥土粘性很高。水稻土的粘性总体上大于盐土和潮土。在盐土区, 从东到西土壤盐分含量逐渐降低同时粘性土比例增加。在潮土区域的中西部, 分布有一定比例的黄泥土, 而且往西比例增加。各土类、土属的分布有相互渗透现象。

2.2 土壤性质与棉铃虫发生量的关系

在作物布局上,南通市南部为特种经济作物区,东部为旱粮棉区,中西部为稻棉轮作区,棉铃虫卵量自东向西逐渐降低。由于棉铃虫在土壤中化蛹,不同性质的土壤可能会影响到蛹的成活率,尤其是降雨后,由于理化性质不同,土壤含水量、通气性、板结程度就有差异,对棉铃虫化蛹、羽化的影响也就不同。为研究两者的相关性,选取了土壤容重(g/cm^3)、总孔隙度%、非毛细管孔隙度%、毛细管孔隙度%、田间持水量%、砂粒(粒径 $>0.05\text{mm}$)含量%、粗粉粒(粒径 $0.05\sim0.01\text{mm}$)含量%、粘粒(粒径 $<0.001\text{mm}$)含量%、物理性粘粒(粒径 $<0.01\text{mm}$)含量%、有机质含量%和全氮%等11个土壤因子测量数据进行分析,各性状与4代棉铃虫总卵量的关系见表1,表中 y 为4代百株累计卵量。

容重和孔隙度表示土壤松紧程度和孔隙状况,砂粒和粘粒含量刻划了土壤的粘性程度。容重越小、孔隙度越高,土壤越疏松,持水量也越低;土壤质地越粘重,其保水保肥能力越强,有机质含量越高,也越容易板结;土壤沙性越重,水就越易向深层渗漏。从表1可知,砂粒含量、总孔隙度、非毛细管孔隙度与卵量呈极显著相关;粗粉粒含量与卵量相关不显著;其它各项指标均与卵量呈极显著负相关。表明粘重土壤因透气性差、孔隙度小、含水量高及易板结从而使棉铃虫入土蛹容易死亡,而且羽化的蛾子也不容易出土;相反,沙性土由于较疏松、水易渗漏而对蛹影响较小,羽化的蛾子也容易出土。

虽然多数因子与4代卵量关系密切,但很多属性同土壤类型连带出现,因子之间有高度的相互依赖性,故须进一步分析起主要作用的关键因子。经逐步回归分析,有3个因子入选回归方程,分别是容重、砂粒含量和粘粒含量,偏相关系数依次为 -0.8326 、 0.7332 、 0.5124 ,复相关系数 $R=0.9719$, F 值 $=62.42$,达显著或极显著水平。分析结果表明在11个性状中的上述3个性状对变量 Y 的贡献最大,事实上,土壤其它各项性状基本上可由这3个性状衍生而来。为了进一步明确各因子的作用大小,进行了通径分析,结果见表2。

表1 土壤特性与棉铃虫4代卵量的相关回归关系

Table 1 Relationship between the characteristics of soil and the egg amount of the 4th generation of cotton bollworm

土壤属性 Characteristic of soil	相关系数 r Correlation coefficient	回归方程 $y=a+bx$ Regression equation
容重(g/cm^3) Volume weight	-0.9357^{**}	$Y=46512.2-34005.6x$
总孔隙度(%) Total porosity	0.8461^{**}	$Y=-19591.5+416.1x$
非毛细管孔隙度(%) Non-capillary porosity	0.8958^{**}	$Y=-702.8+145.4x$
毛细管孔隙度(%) Capillary porosity	-0.8439^{**}	$Y=8139.3-190x$
持水量(%) Moisture-holding capacity	-0.8964^{**}	$Y=9675.4-303.6x$
砂粒含量(%) Sand content	0.9019^{**}	$Y=1868.4+203.1x$
粗粉粒含量(%) Coarse powder content	0.2901	
粘粒含量(%) Clay content	-0.7903^{**}	$Y=4568.6-245.3x$
物理性粘粒含量(%) Physical clay content	-0.7905^{**}	$Y=5483.3-146.5x$
有机质含量(%) Organic matter content	-0.7813^{**}	$Y=2916.4-1552.3x$
全氮(%) Total nitrogen content	-0.7288^{**}	$Y=3287.2-24462.9x$

从表2可知,土壤砂粒含量对棉铃虫的直接作用最大,通径系数达 0.6735 ,是起关键影响的因子;土壤容重的通径系数略低于砂粒含量,并且是一种负的作用;粘粒含量的直接作用较小,但却是一种正的作用。在间接关系中,容重与砂粒含量相互间通过对方对棉铃虫发生量的通径系数都比较大,表明该两因子起着相辅相成的重要作用;粘粒含量通过容重和砂粒含量也有较大的负间接作用,揭示出该因子主要通过另外两因子在起作用,从而使相关系数与通径系数符号相反,表现出较强的负相关关系。通径分析的决定系数 $SD=0.9445$,达极显著水平,剩余通径系数 $Pe=0.2356$,表明所有已知自变量对因变量的影响程度非常高,占 94.45% ;而不明因子和误差所造成的影响只占 5.55% 。

2.3 南通市棉虫发生程度的土壤分区

在南通市植棉区共选取了15个具代表性的乡镇作为样本进行分区研究,其中2~6号样本取自东部

沿海早粮棉区,暴发年 4 代卵量很高;11~12 号样本取自西北部水稻老种植区,历年卵量都较低;其它 8 个样本隶属中西部粮棉轮作区。卵量一般介于上述两个地区。这些乡镇都有较为系统的 4 代棉铃虫观测资料,每一个乡镇的土壤性状数据均由该乡镇各个土种的相应数据根据分布面积加权平均而来。由于土壤容重、砂粒含量及粘粒含量 3 个因子对棉铃虫发生程度起着关键的影响,故可用于聚类分析进行分区。上述 3 个因子的 15 组数据经 DPS 处理后得到图 1 所示的谱系图。

表 2 主要土壤性状与棉铃虫发生程度的通径分析

Table 2 Path analysis of main characteristic of soil to the occurrence degree of cotton bollworm

因子 <i>i</i> Factor	直接通径系数 $P_{i \rightarrow y}$ Direct path coefficient	间接通径 Indirect path	
		通过因子 <i>j</i> Factor passed by	通径系数 $P_{i \rightarrow j \rightarrow y}$ Path coefficient
容重 Volume weight	-0.6521	砂粒含量 Sand content	-0.5608
砂粒含量 Sand content		粘粒含量 Clay content	0.2772
粘粒含量 Clay content	0.6735	容重 Volume weight	0.5429
	0.3456	粘粒含量 Clay content	-0.3145
		容重 Volume weight	-0.5230
		砂粒含量 Sand content	-0.6130
决定系数 Determinative coefficient $SD=0.9445$			
剩余通径系数 Residual path coefficient $Pe=0.2356$			

根据聚类谱系图,可将 15 个样本分为 3 类,各类的土壤总体属性与通州市土类分布及 4 代棉铃虫卵量分布有着明显的对应关系。

第 1 类包括 5 个样本(2,6,4,5,3),为棉铃虫沿海盐土暴发区,隶属东部沿海乡镇,土壤类型为盐土中的沙性滨海盐土、壤性滨海盐土和粘性滨海盐土,而且沙性土所占比例较高,适于棉铃虫化蛹成活,暴发年份卵量很高。第 2 类包括 7 个样本(1,8,9,13,7,14,10),为棉铃虫潮土适生区,隶属中部内陆和西部沿江乡镇,土壤类型以潮土中的夹沙土、高沙土为主,部分乡镇有一定比例的壤性滨海盐土和粘性滨海盐土以及水稻土中的夹沙土,对棉铃虫化蛹羽化影响较小。第 3 类包括 3 个样本(11,15,12),为棉铃虫水稻土抑制区,隶属西北部种稻历史较长的乡镇,土壤类型主要为水稻土和潮土中的黄泥土,对棉铃虫化蛹有较大影响,尤其是土壤浸水后可造成入土蛹大量死亡。

从表 3 可见,棉铃虫实际发生程度与土壤分区结果相吻合,证明分区是可靠的。

3 小结与讨论

3.1 通州市棉铃虫以第 4 代为主害代,1、2、3 代并不构成明显的为害但能逐代累积虫源,在适宜的气候条件下 4 代可暴发为害。因棉铃虫在土中化蛹,所以气候条件主要通过土壤对棉铃虫的发生产生影响,因降雨造成土壤过高湿度可致入土幼虫和蛹大量死亡。不同性质的土壤对棉铃虫蛹的成活和成虫的正常羽化出土的影响有差异,在干旱的情况下这种差异比较小,而在一定的降雨量和土壤湿度范围内,这种差异就会被放大,这是造成不同土壤分布区棉铃虫发生程度不一致的主要原因。从近年发生实况看,夏季干旱少雨的年份不同地区之间棉铃虫发生程度的差异比较小,反之差异就大。以上事实也是进行棉铃虫分区的主要依据。

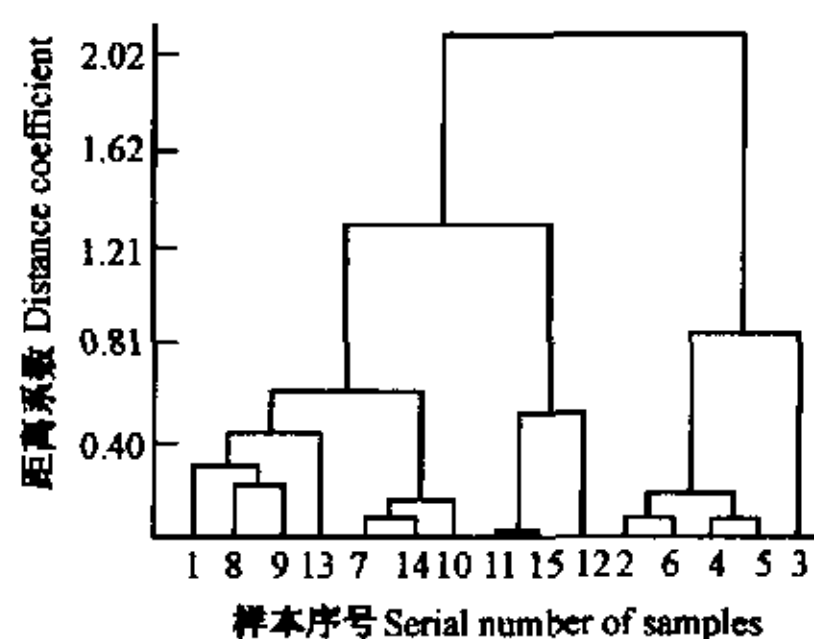


图 1 通州市棉铃虫发生程度土壤区划的系统聚类分析谱系图

Fig. 1 Dendrogram of systematic clustering on soil properties related to the degree of occurrence of cotton bollworm in Tongzhou

表3 不同发生区域棉铃虫4代百株累计卵量
Table 3 The accumulated egg's amount per 100 plants of the 4th generation of cotton bollworm in different regions

区域名称 Name of region	主要土壤特性 Main characteristics of soil			卵量 No. of egg	
	容重(g/cm ³) Volume weight	砂粒含量% Sand content	粘粒含量% Clay content	幅度 Range	平均 Average
沿海盐土暴发区 Solonchak region where CBW easily break out	1.29	15.18	13.89	953.2~1799.9	1345.9
中西部潮土适生区 Damp soil region suitable for CBW	1.31	13.25	15.15	486~879.3	761.9
西北部水稻土抑制区 Rice soil region unsuitable for CBW	1.34	10.83	17.22	399.5~512	457.6

3.2 鉴于棉铃虫发生程度因土质的差异而存在着区域性,因此在测报和防治策略的制定上就应做到因地制宜。目前市级测报点位于中部潮土区,测报结果只能直接用于本区范围,在沿海和西北部地区应用应进行适当校正,最好在上述两地区增设测报点,以提高测报准确性。在防治策略上,东部沿海地区3代棉铃虫的防治上应增加力度,以压低4代基数,同时,4代用药次数也应适当增加;中西部地区应以化防为主,结合其它农业防治措施进行防治;在土壤粘重地区,应充分利用土壤对化蛹不利这一因素,在干旱年份结合棉田抗旱进行灌水灭蛹。

参考文献

- [1] 杨燕涛,王东华,朱明华.江苏沿江棉区棉铃虫暴发频率上升的内外因子及治理对策.植物保护21世纪展望,1998,530~533.
- [2] 张孝羲,王荫长.棉铃虫猖獗因子的研究——土壤含水量与化蛹、羽化的关系.昆虫知识,1980,17(1):9~12.
- [3] 吴子江.大田土壤含水量与棉铃虫蛹期数量变动规律的相关分析.昆虫知识,1992,29(2):77~79.
- [4] 杨燕涛,王东华,朱明华.土壤水分与棉铃虫化蛹的关系及对下代发生的影响研究.棉花学报,1998,10(4):210~215.
- [5] 唐启义,冯明光著.实用统计分析及其计算机处理平台.北京:农业出版社,1997.146~184.