

玉米鼠耳病及其介体二点叶蝉研究进展

李小珍, 刘映红*, 青 玲, 李雪燕

(西南大学植物保护学院, 重庆市昆虫学及害虫控制工程重点实验室, 重庆 北碚 400716)

摘要:玉米鼠耳病 (Maize wallaby ear disease, MWED) 是由介体昆虫二点叶蝉 *Cicadulina bipunctella* (Mats)、*Cicadulina bimaculata* (Evans) 以及 *Nesoclutha pallida* (Evans) 传播的一种重要系统性植物病害。该病最早发生在澳大利亚昆士兰, 20 世纪 80 年代以来在我国四川、贵州省和重庆市的多个县 (市) 爆发, 近年来又在日本九州、冲绳等地区发生, 均造成了严重的经济损失。玉米鼠耳病的发生发展与介体叶蝉源的生物学和生态学特性、传毒规律、玉米品种、玉米生育期、环境条件以及栽培措施等密切相关。因此, 切断传播途径、减少毒原、栽培抗性品种、选择合理的栽培措施是有效降低该病发生危害的重要措施。从玉米鼠耳病的发生发展、病原、介体二点叶蝉源的生物学和生态学特性、传毒规律以及防治措施等方面综述了国内外二点叶蝉及玉米鼠耳病的研究现状, 以期为玉米鼠耳病及其介体叶蝉的研究与防治工作提供参考。

关键词:二点叶蝉; 玉米鼠耳病; 传播

文章编号: 1000-0933(2006)04-1270-10 中图分类号: Q968.1 文献标识码: A

The research progress on maize wallaby ear disease and its vector leafhopper *Cicadulina bipunctella* (Mats)

LI Xiao-Zhen, LIU Ying-Hong*, QING Ling, LI Xue-Yan (Chongqing Key Laboratory of Entomology & Insect Control Engineering, College of Plant Protection, Southwest University, Chongqing 400716, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(4): 1270 ~ 1279.

Abstract: Maize wallaby ear disease (MWED), an important plant disease which was reported in Queensland, Australia for the first time, has broken out in Sichuan, Guizhou provinces and Chongqing district since the 1980s. In Nanchong Sichuan, the total area covered by MWED and the yield loss of maize is 10,600 hectares and 4,800,000 kg in 1988 respectively, and in Guizhou province it reached to 824 hectares in 1999. Subsequently, the disease has broken out in Chongqing district on several occasions and caused serious economic losses in the production of maize. The biological and ecological characteristics and the transmission of virus by *Cicadulina bipunctella* (Mats) as well as the development and control methods of MWED are reviewed in this paper.

MWED is transmitted effectively by three leafhoppers *C. bipunctella*, *C. bimaculata* (Evans) and *Nesoclutha pallida* (Evans). Plants with a severe infection have a stiff and erect appearance and develop numerous galls often covering all secondary veins on most or all leaves. These plants rarely recover, but die early or remain severely stunted and yield very little or no grain. Other than the leafhoppers transmitting MWED, the development of the disease is also influenced by temperature, humidity and maize varieties. The optimum conditions for the disease are $(28 \pm 1)^\circ\text{C}$, RH 75% ~ 90%, and most varieties are susceptible. The MWED disease index has a peak which lasts for almost 20 days from the last 10 days of May to the first 10 days of June in each year. It is still not clear whether the disease agent is a virus or an insect toxin.

C. bipunctella, the dominant species transmitting MWED in China, has 5 nymph instars and overwinters as adults. The population on gramineous crops and weeds shows such behavior as high preference to illumination and preference to green leaves.

基金项目:国家自然科学基金资助项目 (30070504)

收稿日期: 2005-01-31; **修订日期:** 2005-09-07

作者简介: 李小珍 (1975 ~), 男, 江西宁都人, 博士, 主要从事昆虫生态研究. E-mail: lxz342816@hotmail.com

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yhliu@swu.cq.cn

Foundation item: The project was supported by National Natural Science Foundation of China (No. 30070504)

Received date: 2005-01-31; **Accepted date:** 2005-09-07

Biography: LI Xiao-Zhen, Ph. D., mainly engaged in insect ecology. E-mail: lxz342816@hotmail.com

It has three generations per year in northern Sichuan and brings on the reduction of output for maize mainly by the overwintering generation and the first generation. The density of *C. bipunctella* in Nanchong Sichuan has two peaks and the spatial distribution of the population shows either clumped or uniform patterns during the period of maize growth. The temporal and spatial dynamics of the leafhopper are influenced by temperature, humidity as well as its host plants. *C. bipunctella* transmits MWED effectively except the 1st instar nymph. From adults the disease agent of MWED is passed to their offspring through eggs. The acquisition feeding period of *C. bimaculata* is 7d and the inoculation feeding period of *C. bipunctella* is approximately 10min. The transmission rate of adults is above 90%, and the capacity of transmission of the disease agent has two peaks which appears in the first 2 days and from the fourteenth to the sixteenth day of the adult period after eclosion.

Based on the research on MWED and its vector leafhopper, it is understood that virus original, susceptible maize varieties and vector leafhoppers are essential for the occurrence of the disease. When the three requirements are met, the disease will develop and spread rapidly. In order to decrease the losses caused by MWED, measures such as planting resistant varieties, controlling the quantity of vector leafhopper and reducing the disease agent should be addressed especially in areas with severe infection.

Key words: Maize wallaby ear disease(MWED); *Cicadulina bipunctella*(Mats); transmission

玉米鼠耳病(maize wallaby ear disease, MWED)是以二点叶蝉 *Cicadulina bipunctella* (Mats)为主要媒介传播的一种重要玉米病害。1910年 Tryon 首次报道玉米鼠耳病在澳大利亚昆士兰发生^[1], 1942年 Schindler 通过田间试验发现该病害是由介体叶蝉 *Cicadulina bimaculata* (Evans)取食引起, 由于发病植株的症状和袋鼠竖立的耳朵相似, 故称为“鼠耳病”^[2]。玉米鼠耳病在澳大利亚并非连年发生, 而是具有一定的间歇性和突发性^[3,4]。Agati 等和 Hughes 分别在菲律宾和新几内亚报导了“叶瘿病”, 病原由介体二点叶蝉传播, 病害症状与玉米鼠耳病相似^[5-7], 此外埃及和印度亦有类似鼠耳病病害的报道^[8]。近年来, 玉米鼠耳病在日本九州、冲绳等地区发生, 并有扩大危害的趋势, 严重影响草料玉米和甜玉米的生产^[9,10]。

20世纪80年代以来玉米鼠耳病在我国多个省(市)发生, 对玉米生产构成严重威胁, 并具有潜在蔓延和扩散的趋势。1988年玉米鼠耳病在四川省南充市的9个县(市)爆发, 面积达1.06万hm², 占玉米地总面积8%, 严重地块病株率达70%, 绝产152hm², 估计损失480万kg。仪陇县的日兴、新华, 南充的龙门、龙蟠, 南部的升中, 阆中的沙溪、石子等地发生较重; 邻近地区的三台、剑阁、苍溪、梓潼、广元、古蔺、夹江、乐至也有发生^[11]。1999年贵州省大方、纳雍、修文、息烽、开阳、桐梓等县也大面积爆发该病, 面积达820hm², 其中绝产面积达124hm²^[12]。2002~2003年重庆市长寿区、璧山县亦发生玉米鼠耳病, 部分田块绝收。本文结合前人的研究现状以及自然科学基金项目《叶蝉与循环病毒间的相互作用及循环传毒机制研究》的研究成果, 对玉米鼠耳病的发生规律、病原及其主要介体二点叶蝉的生物学和生态学、传播玉米鼠耳病的规律等方面进行了综述, 以便为玉米鼠耳病和二点叶蝉预测预报体系的建立以及综合防治策略的制定提供理论依据。

1 玉米鼠耳病的研究概况

1.1 传播方式和症状(图1)

玉米鼠耳病能够通过二点叶蝉 *C. bipunctella*、*C. bimaculata* 和 *Nesoclutha pallida* (Evans)3种叶蝉进行传播^[1,8,13]。在四川省南充地区以及重庆市璧山县仅发现二点叶蝉传播玉米鼠耳病, 未发现另外两种介体叶蝉, 因此未能证实这两种叶蝉在我国是否也能传播玉米鼠耳病。除此之外, 玉米鼠耳病不能通过种子、土壤、菟丝子以及其它媒介昆虫传播。

玉米被带毒二点叶蝉取食后, 能够表现出典型的鼠耳病症状。玉米鼠耳病严重发生后, 病株矮化, 节间缩短, 根系少而短(不足健株的1/2), 根脆、易断、易拔起。6叶期前受害的重病株成片枯死, 叶片短如姜叶状, 背面常有蜡泪状(或成耳突状)瘿瘤, 沿叶脉纵向排列, 严重病株的纵横交错排列成网状, 手摸有粗糙感。病株心叶变小, 变淡, 卷曲, 不开展呈“火炬状”, 或呈弓形弯曲。轻病株有一定的恢复能力, 重病株一般不抽雄穗, 个别抽出的雄穗短小, 花粉少或无花粉; 病株雌穗畸形, 少花丝或无花丝, 不结实或籽粒极少^[1,14,15]。除玉米外,

小麦、水稻和野燕麦等亦能表现出典型的鼠耳病症状,但并非所有的被带毒二点叶蝉取食过的禾本科植物都表现出相同的症状。高粱表现的症状较轻,对产量影响不大;白茅有病症,但能正常生长。玉米鼠耳病与玉米粗缩病的症状有很多相似之处,20 世纪 80 年代曾被误认为是玉米粗缩病。为便于识别,将二者的异同列表如下(表 1)。

1.2 发生条件及田间动态

玉米鼠耳病的发生除与介体叶蝉的传毒特性有关外,还与环境条件、玉米品种和生育期等密切相关。温度、湿度是影响玉米鼠耳病发生发展的重要因素之一。在 15~35℃条件下,玉米均可以表现出鼠耳病症状,28℃时病害潜伏期短,扩展蔓延速度快;低于 15℃或高于 35℃,玉米不能发病或发病较轻。田间相对湿度为 70%~80%时适宜玉米鼠耳病发生发展,雨水多、湿度大则不利于该病发生^[14]。玉米品种是影响玉米鼠耳病发生的另一重要因素。在同一栽培条件下,杂交一代比自交系抗病性强,“综 3”病株率为 79.4%,“42-1”病株率为 28.3%,它们配制的农大 65(综 3×42-1)病株率只有 5.6%;“MO17”病株率为 44.4%,“E28”病株率为 18.3%,它们配制的丹玉 13 号(MO17×E28)病株率只有 1.7%^[15]。贵州省修文县栽种的“贵毕 402”病株率为 61%~73%，“黔源 3 号”病株率为 11%;大方县调查的本地玉米品种(名称不详),重病地块病株率达 100%,植株全部死亡^[12]。松村正哉·德田诚研究发现,在日本玉米品种 30D44 和 30B88 对鼠耳病的抗性较强,品种 3081 和 3470 的抗性较弱^[16]。然而,我国生产上推广的大多数玉米品种都容易感染该病,目前还没有发现完全免疫的品种。玉米苗期对鼠耳病病害敏感,是导致玉米大量损失的主要

生育阶段;生长后期,抗病性增强,不适合该病的发展,且有一定的恢复能力,因此苗期是防虫治病的关键时期^[14, 17]。除此之外,玉米鼠耳病的发生发展还与病区的降水、光照、海拔高度、地势以及栽培措施等有关。因此,该病的发生危害不是单个因子作用引起的,而是多种因子共同作用的结果。

玉米在整个生育期间均可发生鼠耳病,苗期是发生该病的关键阶段。4 月上旬介体二点叶蝉从小麦或禾本科杂草迁往玉米幼苗,玉米鼠耳病开始发生;4 月上旬至 5 月上旬二点叶蝉在玉米上的数量增多,玉米幼苗的病情加重,病情指数呈指数增长,持续时间为 25~35d;5 月中旬至 6 月上旬二点叶蝉数量虽未增加,玉米病情仍然加重,呈逻辑斯蒂增长,持续时间为 20~25d;6 月中旬至玉米收获期间玉米处于成熟阶段,不适合玉米鼠耳病及二点叶蝉的发生,玉米呈恢复趋势^[18]。

1.3 病原

玉米鼠耳病在澳大利亚昆士兰发生以来,病原一直是科研工作者探讨的主题,亦是研究该病的关键。早期,玉米鼠耳病被认为是由于玉米组织损伤而引起的“细胞增生”^[11],随后又认为是雨水过量或湿度过大引起的症状^[19, 20],直到发现这种玉米上的病害是由介体叶蝉取食引起时,才怀疑这是由介体叶蝉传播的植物病毒引起的,但并未证实此病害究竟是病毒还是昆虫毒素。

Grylls^[11]在电镜下对玉米鼠耳病介体叶蝉 *C. bipunctella* 唾液腺进行超薄切片观察,发现了带包膜的球状病

表 1 玉米鼠耳病和玉米粗缩病症状^[12]

Table 1 Symptoms of maize wallaby ear disease and maize rough dwarf disease

玉米鼠耳病 Maize wallaby ear disease	玉米粗缩病 Maize rough dwarf disease
6 叶期以前受害的重病株成片枯死 Plants with a severe infection wither before 6-leaf stage	重病株在 6 叶期以前枯死的,目前未见报道 Plants with a severe infection don't wither before 6-leaf stage
病株叶背面的“瘰瘤”沿叶脉纵向排列,严重发病植株的纵横交错成网状 Galls on the back of leaves cover longitudinally the veins; severe ones become meshy in the way of length and breadth	病株(包括重病株)叶背面“瘰瘤”沿叶脉纵向排列 Galls on the back of leaves cover longitudinally the veins (including severe ones)
病株叶片的叶肉横向皱缩像“泡泡纱布料” Leaf flesh corrugates transversely like seersucker gauze	病株叶片的叶肉不呈横向皱缩 Leaf flesh doesn't corrugate transversely
叶色浓绿不明显 The dark green of leaves is not obvious	叶色浓绿 Dark green leaves
叶缘向内卷 The edge of leaves curl entad	叶缘不向内卷 The edge of leaves don't curl entad
心叶变小,变淡,卷缩不开展,呈“火炬状”或“弓形”弯曲 Whorl leaves become small, light and curly which present the form of torch or the crook of arc	心叶不卷缩,不呈“火炬状”或“弓形”弯曲 Whorl leaves don't curl or present the form of torch or the crook of arc
轻病株有恢复能力 Plants with mild symptom have the ability to recover	轻病株恢复能力小 Plants with mild symptom rarely have the ability to recover

毒粒子,直径约为 85nm,电子密度中心直径为 45~50nm;同时在带病玉米及杂草的提取物中亦发现了相似的裸露的球状病毒粒子,直径约为 45nm。他认为带病玉米和杂草中的病毒粒体表面的包膜是在离心和纯化过程中脱去的,因此叶蝉唾液腺内的病毒粒子与带病玉米内提取出来的病毒粒子相同^[1]。随后,Reddy 等^[21]对玉米鼠耳病的病毒粒子作了进一步的研究,发现玉米鼠耳病病毒粒子是一种具有双层衣壳的 dsRNA 球状病毒,由 10 条 dsRNA 片段组成,在 PTE 和 Loenings 缓冲液中基因组相对分子量分别为 18.92×10^6 和 19.33×10^6 道尔顿^[21]。Hatta 等^[22]研究发现玉米鼠耳病病毒的 dsRNA 组分电泳图谱与玉米粗缩病毒(Maize rough dwarf virus, MRDV)和水稻黑条矮缩病毒(Rice black-streaked dwarf fijivirus, RBSDV)的非常相似,推测它们之间存在某种密切的联系^[22]。Guido boccardo 等^[23]亦发现介体叶蝉 *C. bimaculata* 体内的鼠耳病病毒与斐济病毒属(Fiji disease virus, FDV)病毒粒体的形态及细胞病理学特点等方面相似^[23],推测玉米鼠耳病病毒可能是斐济病毒属的一个成员。

然而,Maramorosch 等在菲律宾发现,*C. bipunctella* 取食后玉米表现出与鼠耳病相似的症状,并认为这种病害是由昆虫毒素引起的^[24]。Guido boccardo 等在 *C. bimaculata* 体内提取出鼠耳病病毒,但在带病植株中却未能提取出这种病毒^[23]。Hatta & Guido boccardo 等通过对叶蝉解剖,在光电显微镜下发现玉米鼠耳病瘿瘤是非维管组织细胞(主要是维管束鞘细胞)增生的结果,并没有发现病毒粒子以及与病毒相关的组织结构^[25, 26]。1983 年 Ofori & Francki 对介体取食后的玉米植株进行培养,发现玉米有一定的恢复能力,推测这种病害是由昆虫毒素引起的^[27]。我国邓先明等曾尝试从玉米病株中提纯玉米鼠耳病病毒,但因提取物纯度不高,杂质太多,负染电镜图上亦不能确定玉米鼠耳病病原。玉米鼠耳病病原究竟是一种病毒还是一种昆虫毒素,这个问题值得人们进一步研究探讨。

2 介体二点叶蝉的研究概况

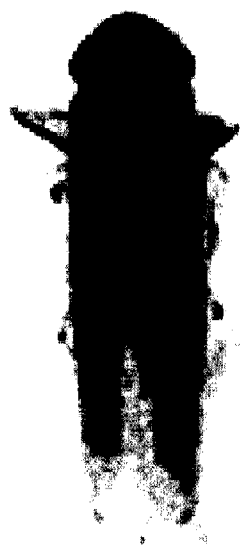
2.1 形态特征(图 1)

二点叶蝉属同翅目 Homoptera,叶蝉科 Cicadellidae,秧叶蝉亚科 Euscelinae,叶蝉属 *Cicadulina*,是我国传播玉米鼠耳病的主要种群。二点叶蝉成虫体长 3.0~3.5mm,头宽 0.7~1.2mm。体黄褐色,有光泽。头冠黄色,头冠前缘与颜面交接处有 1 对大而圆的黑斑。额及颜面暗黄色,端部黑褐色。头冠宽,前缘圆,中央比侧面稍长。前胸背板暗黄色,前缘色较浅。前翅透明,淡黄色,翅脉黄色,长于后翅,并伸出腹部。腹部背面有黄白相间的条纹,侧缘及腹面黄色。雌虫尾节合缝处黑色。卵长 0.8~1.2mm,宽 0.2~0.4mm。表面光滑,长圆桶形,香蕉状。初产时乳白色,渐变为乳黄色,接近孵化时为黄褐色或棕褐色。孵化端有 1 对黑色平齐的小眼点。若虫共 5 龄,各龄均为淡黄色。体扁平。触角刚毛状,短于体长,复眼黑色。老熟若虫体长 2.5~3.0mm,头宽 0.5~1.0mm。翅芽明显。3 龄若虫乳黄色,头部微红色,背部有红色条纹,其它龄期没有。3~4 龄腹部末端背面两侧有 2 个对称的黑色圆斑^[28, 29]。为便于识别,将二点叶蝉和其他相似叶蝉种类的形态特征作一比较(表 2)。

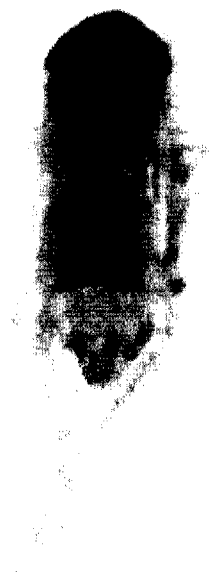
2.2 寄主与生活习性

二点叶蝉的寄主均仅限于禾本科作物及禾本科杂草。禾本科作物主要有玉米 *Zea mays* L.、小麦 *Triticum aestivum* L.、高粱 *Sorghum vulgare* Pers.、水稻 *Oryza sativa* L.、小米 *Setaria italica* (L.) Beauv 和大麦 *Hordeum vulgare* L.等;禾本科杂草有野燕麦 *Avena fatua* L.、马唐 *Cigitaria adscendens*、狗尾草 *Setarea viridis*、苋草 *Arthraxon* Beauv.、白茅 *Imperata cylindrical* (Linn. Bearv.)、画眉草 *Eragrostis* 和白羊草 *Bothrichloa ischaemum* 等^[32, 33]。选择双子叶植物普通烟(*Nicotiano tabacum* L.)、苋色黎(*Chenopodium amaranticolor*)、矮牵牛(*Peturnia hybrida*)、番茄(*Lycopersicon esculentum*)和假酸浆(*Nicandra physaoides*)等作为二点叶蝉的寄主,结果该虫在 7d 内全部死亡,植株亦未表现出与鼠耳病有关的症状。

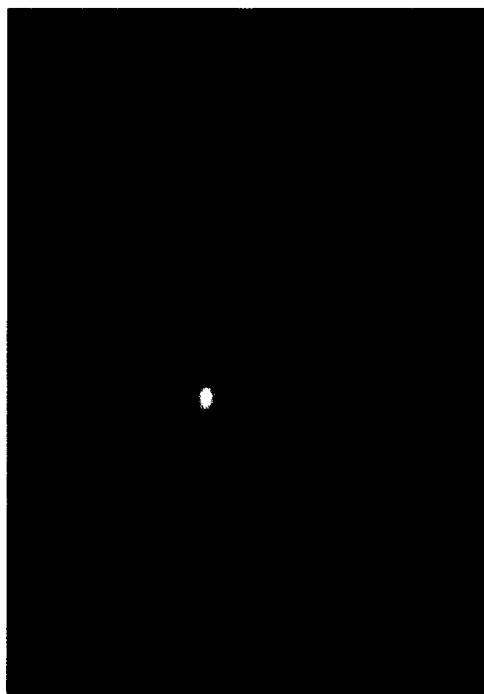
二点叶蝉喜欢温暖干燥向阳的环境,有特定的群居、羽化、交配及产卵等习性。成虫在天气晴朗、温度较高时活跃,清晨傍晚或遇风雨时活动能力减弱,正午时分活动能力最强。该虫喜好在寄主叶片背光处活动,小麦抽穗后,在剑叶背光面弯曲区内栖息,玉米背面虫口数量较多,叶鞘上较少,表现出一定的群居特性。二点



成虫 Adult



若虫 Nymph



卵 Egg



玉米鼠耳病症状 The symptom of MWED

图 1 二点叶蝉形态及玉米鼠耳病症状

Fig. 1 The morpha of *C. bipunctella* and the symptom of MWED

叶蝉多在早晨和上午羽化,以 9:00~11:00 时最多。羽化 1~2d 后,活动能力增强,并开始交配,交配 1~2d 后即开始产卵。卵一般成行产在寄主叶片正面主脉两侧,每行几粒到十几粒不等,散产的较少。产卵时,雌成虫的产卵瓣刺进叶肉组织,将卵产在其中,以获得足够的养料和水分。若虫常聚集在叶背或心叶,避免强光直射。大龄若虫活泼善跳,受惊时能敏捷地作横向跳跃逃逸,叶片枯黄后能向新鲜嫩绿的叶片转移,存活率较高;低龄若虫活动能力弱,常随叶片枯死而死亡^[28, 32]。

表 2 二点叶蝉与近似种类的形态特征^[30, 31]

Table 2 Morphometrics of *C. bipunctella* and its relative species

叶蝉种名 Specific name	体色 Color	头部 Head	胸部 Thorax	腹部 Abdomen	外生殖器 Genitalia
二点叶蝉 <i>Cicadulina bipunctella</i> Mats	黄褐色,有光泽 yellowish-brown with luster	头冠前缘与颜面交接 处有 1 对大而圆的黑 斑 Joint of crown's anterior margin and face with a pair of big and round black spots	前胸背板暗黄色;前翅 透明淡黄色,无斑点, 翅脉淡黄色 Pronotum dark yellow and forewings transparent with yellowish veins	腹部背面有黄白相间的 条纹,侧缘及腹面黄色 Abdomen with alternately yellow and white bands in the dorsal side, and yellow in the lateral margin and ventral side	雌虫尾节合缝处黑色 Pygofer of females shows black in the suture
三点叶蝉 <i>Cicadula maculata</i> Pruthi	淡黄褐微带绿 色 Yellowish- brown with light green	头冠有 3 个黑色大斑, 顶端 1 个较圆,二复眼 间 2 个长形横置 Crown with 3 big black spots, the upper one round and the others between the eyes transverse	前胸背板前缘有不规 则的褐色小点,小盾片 二基侧角处有 1 黑斑 Anterior margin of pronotum with some irregular brown dots and each basal angle of scutellum with a dark spot	腹部背、腹面黑褐色,雌 虫尾节黄褐色 Abdomen darkish-brown in the dorsal and ventral sides, pygofer of female yellowish-brown	雄虫下生殖板宽大,端 部外侧有 6~7 根长刚 毛,阳基端部尖细向外 侧伸出 Subgenital plate of males shows wide and has 6~7 long setae in the end; phallus taper and protrude
棉叶蝉 <i>Empoasca biguttula</i> Ishida	淡黄绿色 Yellowish-green	头冠近前缘有 2 个黑 色小点,黑点周围环绕 白色环 Crown near anterior margin with 2 small dark spots around white annuli	前胸背板前缘域有 3 个白色斑点,后域基部 1 个;前翅爪片末端有 1 黑斑 Pronotum with 3 white spots in the anterior area and one in the base of posterior area; forewings with a dark spot in the end of clavus	腹部背、腹面黄绿色 Dorsal and ventral sides of abdomen yellow-green	——
小绿叶蝉 <i>Empoasca flavescens</i> Fabricius	绿色,死后淡黄 色 Green but yellowish after death	头冠前缘有 2 个褐色 小斑,基域中央有灰白 色线纹 Anterior margin of crown with 2 small brown spots and the median of basal area with grayish-white veins	前胸背板前域有灰白 色斑点,小盾片中域具 灰白小斑 Anterior area of pronotum and median of scutellum with grayish- white spots	腹部背面黄绿色,末端淡 青绿色 Dorsal side yellow- green, and apex pallid green	雄虫下生殖板基部宽, 端部圆,向上弯,表面 密生刺毛 Subgenital plate of males wide in the base, apex round, curved upwards and covered numerous spines

2.3 发生动态与危害规律

二点叶蝉自然种群具有复杂的数量和空间动态。李小珍等^[4]研究表明,在我国四川省南充市玉米生育期间,该种群在数量动态变化过程中有两个明显高峰,第一个发生在 5 月上中旬,另一个在 6 月底至 7 月初,以第一个高峰为主。影响二点叶蝉种群数量动态的原因主要有温度和寄主。李雪燕等^[35]研究表明,二点叶蝉种群生长发育的最适温度区间为 25~32℃,在这个温度区间内,内禀增长率为 0.0631~0.0463,种群数量扩大;低于 15℃或高于 35℃,均不利于该种群数量的增长^[35]。李小珍等^[33]研究表明,在 7 种禾本科寄主植物玉米、小麦、高粱、水稻、小米、大麦及虻子草 *Leptochloa panacea* (Reta.) Ohwi 中,玉米是二点叶蝉生长发育的最佳寄主^[33]。四川省南充市 5 月份的温度和寄主植物均适合二点叶蝉种群的生长发育,导致种群数量扩大,虫口密度升高。二点叶蝉种群的空间格局表现为扩散→聚集→再扩散→再聚集的总趋势,4 月中下旬之前,种群呈均匀分布;5 月份,种群呈聚集分布;6 月上旬有一个扩散高峰,下旬后又开始聚集^[34]。这种空间格局与二点叶蝉种群的虫态特征密切相关,当种群处于成虫阶段时,由于具有较强的扩散能力,种群呈均匀分布;若虫

的扩散能力弱,若虫阶段、若虫与成虫混合发生阶段时呈聚集分布^[34]。此外,二点叶蝉种群的数量和空间动态亦受到田间杂草种类、禾本科作物种植格局和环境湿度、降雨、光照以及海拔高度等的影响。

在四川省南充市玉米鼠耳病病区,二点叶蝉 1 年发生 3 代,以成虫越冬,越冬代和第 1 代对春玉米的危害较重,第 2 代较轻。11 月中下旬,二点叶蝉成虫从白羊草、画眉草、白茅等禾本科杂草上迁移到小麦幼苗上生活,并以成虫在小麦及某些禾本科杂草上越冬,但因气温低,小麦未能表现出明显的玉米鼠耳病症状。4 月上中旬小麦进入蜡熟期,叶片开始老化,二点叶蝉越冬代成虫陆续转移到小麦无效分蘖、野燕麦和早播春玉米幼苗上取食,导致玉米幼苗发生鼠耳病,并在玉米叶片、茎秆等部位产卵。5 月上中旬小麦进入蜡熟收割期,玉米幼苗上二点叶蝉成虫增加,同时第 1 代若虫孵化,二点叶蝉各虫态均在玉米上取食,加重了玉米鼠耳病发生的程度。第 1 代成虫出现在 5 月下旬至 6 月上旬,在为害春玉米的同时,亦危害二季玉米。6 月中旬春玉米抽穗后,部分二点叶蝉转移到二季玉米苗上取食,无二季玉米则转移到马唐、狗尾草、自生麦苗、野燕麦上生活,并在相应的寄主上产下第 2 代卵。第 2 代成虫发生在 7 月上旬以后,主要生活在禾本科杂草上,此时春玉米接近收获,二季玉米已经长成,对玉米的危害不明显。第 3 代即越冬代,若虫期主要发生在禾本科杂草马唐和狗尾草上,10 月上旬狗尾草和马唐上的二点叶蝉开始向地边的荻草、白羊草、臭草、画眉草上转移。11 月上旬虫量减少,二点叶蝉逐渐向小麦幼苗上迁移,完成全年生活周期^[28, 32, 36]。

3 二点叶蝉传播玉米鼠耳病的特性

3.1 获毒与接种

刘映红等研究表明介体二点叶蝉能够通过卵将玉米鼠耳病病原传给子代,在相同条件下子代若虫的传毒效率(90.48%)略低于亲代若虫的传毒效率(93.65%)^①。Grylls^[1]对玉米鼠耳病的另外两种介体叶蝉 *C. bimaculata* 和 *N. pallida* 进行研究,发现这两种介体叶蝉亦具有卵传性,从分离出的少量脱毒叶蝉中发现,它们的获毒时间为 7~14d^[1]。因此,这 3 种介体叶蝉不经过饲毒就可以获得母代的玉米鼠耳病病原。

在适宜条件下,带毒介体二点叶蝉取食感病玉米后可诱导植株发生鼠耳病。刘映红等测定了二点叶蝉的接毒时间,发现接毒时间短于 10min 时,玉米不发病;大于 10min 以上时可以传毒致病,并且随着时间的延长,玉米发病率与病情指数均相应增高;1h 至 2h 之间,病情指数和发病率上升速度最快;接毒时间达到 2h 以后,随着时间的增长,发病率和病情指数变化不明显^①。Grylls 认为 *C. bimaculata* 发育正常的成虫和若虫,接毒时间为 1~2d^[1]。这表明介体二点叶蝉和 *C. bimaculata* 的接毒时间不同,对于其中的原因未作进一步研究。介体叶蝉的数量对接毒效率的影响不甚明显,单头与多头介体叶蝉 *C. bimaculata* 若虫或成虫取食 1~2d 后,玉米鼠耳病的发病率变化不大^[1]。

3.2 传毒效率

二点叶蝉具有较高的传毒效率。李祥坤等试验表明,在我国二点叶蝉自然种群的传毒效率达到 90% 以上^[32]。刘映红等研究进一步表明,二点叶蝉成虫的传毒效率达 96.67%,室内饲养 10~12 代后的传毒效率降低到 93.33%^①。Grylls 对澳大利亚病区的介体叶蝉 *C. bimaculata* 种群进行研究,发现成虫的传毒效率为 80%~85%,后代个体的传毒效率亦达到 75% 以上^[1]。从中可以看出,介体二点叶蝉和 *C. bimaculata* 的传毒效率存在一定的差异,这可能与介体叶蝉的种类有关。室内饲养 10~12 代后,二点叶蝉成虫的传毒能力有下降趋势。室内饲养过程中,温度、湿度和光照等条件稳定,食料较自然环境单一,在这种环境条件下生活,一定程度上引起了种群的退化,表现在二点叶蝉个体减小、体重和繁殖能力下降,导致其持毒性和传毒能力下降。

二点叶蝉的传毒效率与性别、虫态以及叶蝉种类等关系密切。对于四川省南充市采集的二点叶蝉种群,雌虫的传毒效率大于雄虫,室内饲养种群雌成虫的传毒效率为 93.33%,雄成虫的为 91.30%。二点叶蝉的传毒效率与虫态有密切关系,4 龄若虫传毒能力最强,其次分别为成虫、5 龄若虫、3 龄若虫、2 龄若虫和初孵若虫^①。对于澳大利亚介体叶蝉 *C. bimaculata* 种群,成虫的传毒效率低于国内二点叶蝉种群的传毒效率。就同

① 刘映红.介体二点叶蝉与玉米鼠耳病的关系研究(西南农业大学博士后研究报告),西南农业大学,2004

一介体叶蝉种群,在不同地区其传毒效率是否会发生变化,目前尚未探讨。

3.3 成虫的传毒特点与病害的潜伏期

二点叶蝉成虫从羽化直至死亡,为终生间歇传毒,即开始传毒后,可连续数天传毒,再间隔一段时间,再行传毒,呈周期变化。二点叶蝉羽化为成虫前 1d 传毒效率较低;死亡前 1~3d 往往不能传毒或传毒较弱。传毒时间和间歇时间随个体而异,但连续致病时间最长一般不超过 5d,间歇时间最长一般不超过 3d。平均传毒天数为 12.10d,传毒天率为 0.62。二点叶蝉成虫传毒有两个高峰,第 1 个是刚羽化为成虫时,传毒效率为 95%;第 2 个是第 14~第 16 天间,为 89%。在 1~14d 之间,有一个较低的波谷,传毒效率仅为 45%;在第 14 天之后,虽然也有波峰,但变幅较小(图 2)。因此,二点叶蝉成虫的传毒特性随存活时间的变化而变化,总体上表现为从高到低的传毒特性^①。

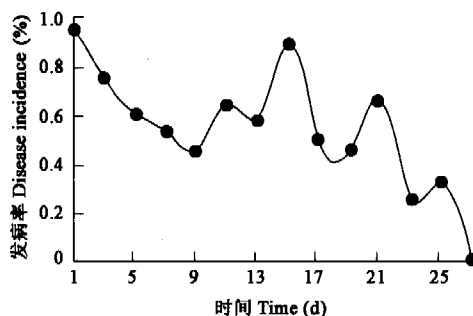


图 2 二点叶蝉成虫传毒效率的动态变化

Fig.2 The dynamic change of the transmission rate of the *C. bipunctella* adults

玉米鼠耳病是一种系统性植物病害。刘映红等研究发现,玉米鼠耳病的潜伏期受温度的影响较大,在适宜温度(28~31℃)、光周期(14L:10D)条件下玉米鼠耳病的潜伏期为 4~5d,低于 15℃时不发病,35℃时潜伏期达到 8~9d^①。Grylls 对玉米鼠耳病在不同寄主作物上的潜伏期进行了研究,发现在玉米上时为 7d,水稻和小麦上时均为 13~17d,高粱上则为 12~21d,黑麦 *Secale cereale* L. 上达到 28d^[1]。因此,玉米鼠耳病在不同温度条件下和不同寄主作物上的潜伏期存在较大的差异。

4 玉米鼠耳病及其介体叶蝉的防治

根据二点叶蝉和玉米鼠耳病田间发生现状及发生条件,可采取以下措施控制二点叶蝉及玉米鼠耳病的发生扩大和危害。一是因地制宜筛选出适于病区栽种的抗病玉米品种,以降低玉米产量损失。二是改变冬季种小麦、夏季种玉米这种传统的种植方式,可以采用冬季种植双子叶植物如蚕豆,或者夏季种红薯等,切断介体二点叶蝉的周年循环寄主。三是人工或采用针对禾本科杂草的除草剂清除田间杂草,消灭二点叶蝉的野生寄主,尤其是野燕麦、看麦娘和荩草等,抑制介体叶蝉的田间数量。四是选择能够抑制昆虫生长发育,对叶蝉防治效果好,对天敌安全,高效、低毒、低残留的新型选择性杀虫剂优乐得和扑虱灵,减少二点叶蝉田间种群数量。五是用促芽、壮根、治虫、防病的玉米种子剂或种衣剂处理种子,促根壮苗,防治玉米鼠耳病和其他病虫害,采用地膜育苗提早播种期,隔离保护种苗不受介体叶蝉侵染^[37, 38]。综合运用以上防治措施,对降低病区介体叶蝉数量以及抑制玉米鼠耳病的发生发展能起到一定的作用。

5 问题与对策

玉米鼠耳病自 20 世纪 80 年代发生以来,病区的防治工作取得了一定的成绩。但由于玉米鼠耳病发生的复杂性,该病害仍连年发生,还存在回升甚至爆发的可能性。其中存在的主要问题是:①未能揭示玉米鼠耳病病原的本质以及我国该病的来源。有些学者认为玉米鼠耳病是由介体叶蝉传播的一种植物病毒,而另一些则认为是昆虫毒素,该病原究竟来源于何时何地,均有待于进一步确定。②在我国二点叶蝉是玉米鼠耳病的主要介体,目前对二点叶蝉种群的发生危害规律、扩散趋势、地理分布以及生态条件与介体叶蝉发生的关系等问题的研究还不够深入,对二点叶蝉及玉米鼠耳病发生发展尚无法作出准确预测。③筛选抗病品种是降低玉米鼠耳病发生的重要手段,但目前对生产上主栽品种的抗病性,缺乏清楚的了解,有待进一步研究哪些品种适合在病区栽培。④化学农药对二点叶蝉有较好的防治效果,但需进一步研究二点叶蝉的抗药性,化学药剂对天敌的杀伤以及对环境的污染等。

① 刘映红.介体二点叶蝉与玉米鼠耳病的关系研究(西南农业大学博士后研究报告),西南农业大学,2004

目前,玉米鼠耳病仅在我国西南部分地区爆发,而大部分地区尚未发生。因此有必要将玉米鼠耳病列为我国对内检疫性病害,并采取必要措施对四川、重庆及贵州地区的玉米及相关产品进行检疫,杜绝引起玉米鼠耳病的病原和该病害的介体叶蝉传入我国其它玉米产区。同时,密切关注四川、重庆及贵州地区玉米鼠耳病的流行动态,并加强对此病害的研究,以防范该病害在我国其它玉米产区发生与流行。

References:

- [1] Grylls N E. Leafhopper transmission of a virus causing maize wallaby ear disease. *Annals of Applied Biology*, 1975, 79: 283 ~ 296.
- [2] Schindler A J. Insect transmission of "wallaby ear" disease of maize. *Journal of the Australian Institute of Agricultural Science*, 1942, 8: 35 ~ 37.
- [3] Veitch R. Report of director plant industry. Report of the department of agriculture and stock, Queensland for 1942 ~ 1943, 1946: 5 ~ 9.
- [4] Anon. Plant Pathology. Report. Department of Agriculture, New South Wales for 1958. 69.
- [5] Agati J A, Calica C. The leaf gall disease of rice and corn in the Philippines. *Philippine Journal of Agriculture*, 1949, 14: 31 ~ 40.
- [6] Agati J A, Calica C. Studies on the host range of the rice and corn leaf gall virus. *Philippine Journal of Agriculture*, 1950, 15: 249 ~ 260.
- [7] Hughes C G. The disease of *Saccharum* in New Guinea. Queensland Bureau of Sugar Experiment Stations Technical Communication, 1953. 1.
- [8] Deng X M, Liu G Z. Occurrence and research of maize rough dwarf virus (MRDV) and maize wallaby ear virus (MWEV). *Foreign Agriculture—Plant Protection*, 1994, 7 (3 ~ 4): 15 ~ 18.
- [9] Kawano S. Occurrence of maize leafhopper gall disorder induced by the feeding of the leafhopper, *Cicadellidae bipunctella* (Matsumura) (Hemiptera: Cicadellidae) in Okinawa, Japan. *Bulletin of Okinawa Agricultural Experimental Stations*, 1994, 15: 51 ~ 57.
- [10] Tokuda M, Matsumura M. Effect of temperature on the development and reproduction of the maize orange leafhopper *Cicadulina bipunctata* (Melichar) (Homoptera: Cicadellidae). *Applied Entomology and Zoology*, 2005, 40(2): 213 ~ 220.
- [11] Deng X M. Studies on the occurrence and systematical control of maize wallaby ear disease in northern Sichuan. The study on plant virus and virus control. Beijing: Agricultural Science and Technology Press of China, 1997. 228 ~ 235.
- [12] Ling D F, Peng L J, Li M, *et al.* Study on symptom identification and causes of disease of MWEV. *Journal of Southwest Agricultural University*, 2000, 19 (4): 262 ~ 265.
- [13] Ohata S. The occurrence of maize wallaby ear disease caused by the feeding of leafhopper, *Cicadulina bipunctata* (Melichar) (Homoptera, Cicadellidae). *Grassland Science*, 1993, 39: 120 ~ 123.
- [14] Li X Z, Liu Y H, Li X Y. Occurrence and control of maize wallaby ear disease. *Journal of Maize Sciences*, 2004, 12 (4): 89 ~ 91.
- [15] Wang K Y. Relationships of the occurrence of maize wallaby ear disease and different ecological factors. The study on plant virus and virus control. Beijing: Agricultural Science and Technology Press of China, 1997. 258 ~ 260.
- [16] Matsumura M, Tokuda M. A mass rearing method using rice seeding for the maize orange leafhopper *Cicadulina bipunctata* (Melichar) (Homoptera: Cicadellidae) and a simple method for evaluating varietal resistance of maize to maize wallaby ear disease. *Kyushu Plant Protection Research*, 2004, 50: 35 ~ 39.
- [17] Wang F Y. The systematical control technology and large area demonstration of MWED. The study on plant virus and virus control. Beijing: Agricultural Science and Technology Press of China, 1997. 254 ~ 257.
- [18] Li X Z, Liu Y H, Zhou L F, *et al.* The epidemic development of maize wallaby ear disease and maize damage losses assessment, *Chinese Journal of Applied Ecology*, in press.
- [19] Blackford P W. Report of the department of agriculture and stock Queensland for 1936 ~ 1937, 1938. 36.
- [20] Simmonds J H. Report of the department of agriculture and stock Queensland for 1938, 1939. 36.
- [21] Reddy D V R, Grylls N E, Black L M. Electrophoretic separation of dsRNA genome segments from maize wallaby ear virus and its relationship to other phytoreoviruses. *Virology*, 1976, 73 (1): 36 ~ 42.
- [22] Hatta T, Francki R I B. Enzyme cytochemical identification of single-stranded and double-stranded RNAs in virus-infected plant and insect cells. *Virology*, 1978, 88: 105 ~ 117.
- [23] Guido boccardo, Hatta T, Francki R I B, *et al.* Purification and some properties of reovirus-like particles from leafhoppers and their possible involvement in wallaby ear disease of maize. *Virology*, 1980, 100: 300 ~ 313.
- [24] Maramorosch K, Calica C A, Agati J, *et al.* Further studies on the maize and rice leaf galls induced by *Cicadulina bipunctella*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 1961, 4: 86 ~ 89.
- [25] Hatta T, Boccardo G, Francki R I B. Anatomy of leaf galls induced by reoviridae and by wallaby ear disease. *Physiological Plant Pathology*, 1982, 20 (1): 43 ~ 46.
- [26] Hatta T, Francki R I B. Anatomy of virus-induced galls on leaves of sugarcane infected with Fiji disease virus and the cellular distribution of virus particles.

- Physiological Plant Pathology, 1976, 9: 321 ~ 330.
- [27] Ofori F A, Francki R I B. Evidence that maize wallaby ear disease is caused by an insect toxin. *Annals of Applied Biology*, 1983, 103: 185 ~ 189.
- [28] Li X Z, Liu Y H. The Biological characteristics and artificial rearing of *Cicadulina bipunctella* (Mats). *Journal of Southwest Agricultural University (Natural science)*, 2004, 26 (2): 143 ~ 145.
- [29] Webb M D. Species recognition in *Cicadulina* leafhoppers (Hemiptera: Cicadellidae), vectors of pathogens of Gramineae. *Bulletin of Entomological Research*, 1987, 77: 683 ~ 712.
- [30] Guo Z Z. Agriculture and forestry insect fauna of Guizhou (vol. 1). Guiyang: Guizhou People's Publishing House, 1987.
- [31] Li Z Z, Wang L M. Agriculture and forestry insect fauna of Guizhou (vol. 4). Guiyang: Guizhou Science and Technology Publishing House, 1991.
- [32] Li X K, Deng X M, Liang Y H, *et al.* A study on two vector leafhoppers *Cicadulina bipunctella* (Mats) and *Bacelufha punctata* (thunbery) for MWEV. *Journal of Southwest Agricultural University*, 1996, 18 (6): 6 ~ 8.
- [33] Li X Z, Liu Y H, Tian Y. Effects of six plants on the development and fecundity of *Cicadulina bipunctella*. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15 (8): 1431 ~ 1434.
- [34] Li X Z, Liu Y H, Zhao Z M, *et al.* Temporal and spatial dynamics of *Cicadulina bipunctella* natural populations. *Zoological Research*, 2004, 25 (3): 221 ~ 226.
- [35] Li X Y, Liu Y H, Wei J. Effect of temperature on developments survival and reproduction of *Cicadulina bipunctella* (Homoptera: Cicadellide). *Journal of Southwest Agricultural University (Natural science)*, 2004, 26 (1): 35 ~ 39.
- [36] Catindig J L A, Barrion A T, Litsinger J A. Plant host range and life history of the orange leafhopper *Cicadulina bipunctata* (Melichar) (Homoptera: Cicadellidae). *Philippine Entomology*, 1996, 10: 163 ~ 174.
- [37] Pang Q M. The study on preventing MWED by seedling nursing with film. The study on plant virus and virus control. Beijing: Agricultural Science and Technology Press of China, 1997. 261 ~ 263.
- [38] Tan W Z. The resistant identification of different varieties in northern Sichuan. *Research advances of plant virus*. Beijing: China Agriculture Press, 1996. 288 ~ 291.

参考文献:

- [8] 邓先明, 刘光珍. 玉米粗缩病(MRDV)和鼠耳病(MWEV)的发生和研究简况. *国外农学-植物保护*, 1994, 7 (3~4): 15 ~ 18.
- [11] 邓先明. 川北地区玉米鼠耳病的发生和系统控制研究初报. *植物病毒与病毒病防治研究*. 北京: 中国农业科技出版社, 1997. 228 ~ 235.
- [12] 林代福, 彭丽娟, 李明, 等. 玉米鼠耳病症状识别与发病因素调查. *山地农业生物学报*, 2000, 19 (4): 262 ~ 265.
- [14] 李小珍, 刘映红, 李雪燕. 玉米鼠耳病的发生与防治. *玉米科学*, 2004, 12 (4): 89 ~ 91.
- [15] 王开源. 玉米鼠耳病发生与不同生态因素的关系. *植物病毒与病毒病防治研究*. 北京: 中国农业科技出版社, 1997. 258 ~ 260.
- [17] 王凤元. 玉米鼠耳病系统控制技术研究及大面积示范. *植物病毒与病毒病防治研究*. 北京: 中国农业科技出版社, 1997. 254 ~ 257.
- [18] 李小珍, 刘映红, 周利飞, 等. 玉米鼠耳病消长规律及玉米受害损失测定. *应用生态学报*, (待发表).
- [28] 李小珍, 刘映红. 二点叶蝉的生物学特性及人工饲养. *西南农业大学学报(自然科学版)*, 2004, 26 (2): 143 ~ 145.
- [30] 郭振中. 贵州农林昆虫志(卷1). 贵阳: 贵州人民出版社, 1987.
- [31] 李子忠, 汪廉敏编著. 贵州农林昆虫志(卷4). 贵阳: 贵州科技出版社, 1991.
- [32] 李祥坤, 邓先明, 梁映红, 等. 玉米鼠耳病传毒叶蝉研究. *西南农业大学学报*, 1996, 18 (6): 6 ~ 8.
- [33] 李小珍, 刘映红, 田艳. 六种寄主植物对二点叶蝉生长发育和繁殖的影响. *应用生态学报*, 2004, 15 (8): 1431 ~ 1434.
- [34] 李小珍, 刘映红, 赵志模, 等. 二点叶蝉自然种群的时空动态. *动物学研究*, 2004, 25 (3): 221 ~ 226.
- [35] 李雪燕, 刘映红, 魏劲. 温度对二点叶蝉的发育存活及繁殖的影响. *西南农业大学学报(自然科学版)*, 2004, 26 (1): 35 ~ 39.
- [37] 庞清明. 地膜育苗预防玉米鼠耳病研究. *植物病毒与病毒病防治研究*. 北京: 中国农业科技出版社, 1997. 261 ~ 263.
- [38] 谭万忠. 不同品种(系)对川北玉米鼠耳病的抗性鉴定. *植物病理学研究进展*. 北京: 中国农业出版社, 1996. 288 ~ 291.