

我国水稻黑条矮缩病和玉米粗缩病研究进展

陈声祥 张巧艳

(浙江省农业科学院农业部病毒学与生物技术重点开放实验室,杭州 310021)

摘要: 上世纪60年代初我国华东和华北地区分别发现了水稻黑条矮缩病和玉米粗缩病,后来都分别发生了2次大流行,同时都以病害防治为目标分别开展了研究,探明了当地病害发生规律,提出了相应的防治方法,获得了不同程度的防病效果。80年代以来,水稻黑条矮缩病的发生报道仅限于华东地区局部地市,玉米粗缩病的发生涉及华北、东北、西北、西南和华中地区13个省市。根据各地对两病病原形态、寄主及症状、介体昆虫及传病特性等方面相似性的报道,提出了我国玉米粗缩病与水稻黑条矮缩病病原异同性问题。经近10年来对两病用生物学和分子生物学方法进行比较鉴定,证明我国玉米粗缩病和玉米黑条矮缩病病原同属水稻黑条矮缩病毒(RBSDV)。同时基本探明了水稻黑条矮缩病在浙江杂交稻区和华北玉米区的再次流行成灾的原因,提出了相应的防治措施,并有效地控制了病害的流行危害。

关键词: 水稻黑条矮缩病; 玉米粗缩病; 水稻黑条矮缩病毒; 病害流行; 病害防治

水稻黑条矮缩病与玉米粗缩病在我国几乎同在20世纪60年代初发现,前者先后于60年代中期和90年代在浙、沪、苏等省市稻、麦和玉米上发生2次大流行;后者分别于70年代和90年代在华北和西北等地区的玉米上局部流行成灾。由于病害名称、流行地区和受害作物不同,40余年来一直以水稻黑条矮缩病和玉米粗缩病分别进行防治研究,相互很少交流。从上世纪80年代以后根据我国对两病病原形态、寄主及症状、介体昆虫及传病特性等相似性的报道,提出了我国发生的玉米粗缩病和玉米黑条矮缩病病原的异同问题。近年来通过对河北和武汉玉米粗缩病与浙江水稻黑条矮缩病分离物在同等生物学和分子生物学实验条件下进行了比较鉴定,以及对苏北、华北和西北各地的玉米粗缩病分离物进行的基因组序列测定,结果均表明我国各地发生的玉米粗缩病病原同属水稻黑条矮缩病毒(RBSDV)。因此,为总结经验,促进学术交流,笔者对我国水稻黑条矮缩病和玉米粗缩病的研究进展进行了综述,以供参考。

1 发病概况

我国黑条矮缩病最早于1963年在浙江省余

姚县的早稻上发现,同时在上海市嘉定和奉贤县、江苏省苏州和镇江等专区的水稻上、扬州和南通等专区的玉米上有局部危害^[1~3]。1964~1966年浙江省发病面积达全省80%县市,在浙中玉米产区东阳县的玉米发病面积达1.47万hm²,占全县玉米播种面积80%,损失粮食1700万t。同期在山东省昌潍地区小麦上发生类似水稻黑条矮缩病的小麦“芦楂病”^[4]。1967年后浙江及华东地区发病迅速减轻,在20世纪70年代浙江病区难以找到水稻黑条矮缩病病株标本^[5]。1991~2002年浙江杂交稻区水稻黑条矮缩病又再次流行成灾,发病面积达11.79万hm²。

我国玉米粗缩病最早于1961年在河北省保定市郊发现,当时称为“玉米矮化病”,后根据其症状与意大利报道的玉米粗缩病相似,改称玉米粗缩病^[6,7]。70年代中期后该病渐渐成为河北省部分玉米产区主要病害之一,1977年石家庄地区发病面积8.3万hm²,其中1452hm²玉米绝产^[7]。80年代中后期发病较轻,到90年代又上升流行,成为华北、西北等地玉米上的重要病害之一^[8~12],根据1996年不完全统计,全国玉米发病面积233万hm²,绝收4万hm²,重病区一般病株

率 40% 左右,平均 10% ~ 30%^[9,10]。至今全国已报道玉米粗缩病发生省市有 13 个。其中河北省 1993 年玉米发病面积 40 万 hm^2 , 占全省种植面积 20%, 减产 6000 万 kg, 国家玉米主要制种基地之一的承德市发病率达 40% ~ 45%, 重病田发病率 90% 以上, 致使当时玉米供种困难^[8]; 山东省 1996 年发病面积 66.7 万 hm^2 , 株发病率达 30% 以上有 20 万 hm^2 , 改种和绝产的 2.4 万 hm^2 ^[11]; 江苏省北部 2000 年玉米发病面积 13.3 万 hm^2 , 重病田导致产量损失 70% ~ 100%^[12]。

2 病原研究

我国水稻黑条矮缩病病原最早于 1964 ~ 1966 年由华东地区稻麦病毒性矮缩病协作组成员根据病毒形态、寄主症状、介体昆虫及传病特性等初步认定为水稻黑条矮缩病毒 (RBSDV)^[13~15]。1981 年用电镜观察到河北省保定玉米粗缩病病原形态和大小类似于 60 年代华东地区发生的水稻黑条矮缩病毒, 完整的病毒直径 70 ~ 75 nm, 除去外壳直径 65 nm^[16]。1993 年从不同感病阶段玉米叶脉中观察到水稻黑条矮缩病毒 (RBSDV) 粒子为 50 ~ 55 nm 球状, 在水稻病株榨出液中的病毒粒子为直径 70 ~ 85 nm 的球状, 中央区电子密度高, 外周有 20 ~ 25 nm 透明圈, 在病毒提纯液中的病毒粒子呈六角形, 直径 70 nm^[5]。后来在感病初期的玉米叶脉细胞中发现病毒粒子先在靠细胞壁的病毒基质周边出现, 后随着病叶症状的发展, 病毒粒子似从胞间连丝向毗邻细胞扩展, 在细胞内先在病毒基质周边向内扩增, 直至布满病毒基质, 接着病毒粒子成串地排列在豆荚状囊膜里, 然后豆荚状囊膜消失, 最终形成晶格状排列。在病叶叶脉中的病毒粒子出现豆荚状囊膜分隔前用灰飞虱无毒虫饲毒的可以获毒和传毒, 而后者不能^[17]。近年来据河北保定和武汉玉米粗缩病分离物与浙江水稻黑条矮缩病分离物在同等条件下进行生物学和分子生物学比较鉴定结果, 表明其寄主范围及相互关系, 主要寄主症状、介体昆虫及传病特性、病原形态都相同, 三者基因组片段 $S_7 \sim S_{10}$ 的核苷酸和氨基酸序列的同源性分别为 94.0% ~ 99.0% 和 96.3% ~ 100%, 与日本 RBSDV 的亲缘关系很近, 与意大利 RBSDV 的关系稍远^[18~20]。同时根据对山东、河北、江苏和山西玉米粗缩病分离物基因组 S_7 、 S_9 和 S_{10} 的序

列测定结果, 均表明其病原属 RBSDV^[21~26]。比较河北玉米粗缩病分离物与浙江水稻黑条矮缩病分离物基因组 ($S_1 \sim S_{10}$) 全序列测定结果, 进一步证明我国玉米粗缩病和水稻黑条矮缩病病原同为水稻黑条矮缩病毒 (RBSDV), 病毒全基因组 10 个片段共有 29142 个核苷酸 (或碱基对) 组成, 每个片段末端均具有一段该种属特性的相同保守序列 5'-AAGUUUUU……CAGCUNNGUC-3'^[20,21]。

3 寄主、症状及相互关系

水稻黑条矮缩病和玉米粗缩病的寄主有禾本科植物 57 种, 其主要寄主范围及其相互关系相同^[13,27]。在我国自然发病的寄主作物有水稻、玉米、小麦、大麦、高粱、小米、黍、燕麦等, 禾本科杂草寄主有稗、马唐、画眉草、狗尾草、看麦娘、早熟禾、罔草等。上述寄主经人工接种均能互为毒源、相互传播, 其中以玉米最为感病, 可作为 RBSDV 是否存在的指示作物。但由于玉米不是其介体昆虫灰飞虱的适生寄主, 且其人工饲毒的获毒率也在 8.2% 以下, 因此在自然界玉米病苗作为本病流行的侵染源的作用不大, 但作为该病毒种群的生存和发展中的寄主作用不可忽视^[17]。水稻黑条矮缩病和玉米粗缩病在禾本科植物上的症状相似, 其特征是始病叶以上茎叶短缩而叠层、色泽浓绿、质地僵硬、剑叶短宽而平展, 在叶背、叶鞘或茎基生腊泪状脉肿, 先腊白色后变黑褐色。分蘖期病株的分蘖矮化丛生、心叶扭曲、边缘有曲折^[13,27]。

4 介体昆虫及传病特性

4.1 介体昆虫

在我国传播水稻黑条矮缩病和玉米粗缩病的介体昆虫主要是灰飞虱 *Laodelphax striatellus* Fallén, 白脊飞虱 *Unkanodes sapporonus* Matsumura 和白带飞虱 *Chilodephax albifacia* Matsumura 也能传播, 但在我国发生稀少, 测试传毒率在 4.2% 以下, 且其循环期长, 在病害流行中作用很小^[13,28]。

灰飞虱属温带区害虫, 在我国分布广泛, 以华北冬麦区和长江中下游稻区发生较多, 在华南仅在早稻上和较高海拔地区发生。其发生世代受地理和气候制约, 一年发生代数, 在我国自北向南逐步由 3 代增至 8 代, 在 45℃ 以上的呼伦贝尔盟为 3 代, 在 40℃ 以上的辽宁盘锦以 4 代为

主,北纬 40 ~ 32℃ 间的天津、北京、甘肃、宁夏和新疆南部等地为 5 代,云南中部虽纬度较低(25℃ 左右),但因其海拔高,年发生 5 代,北纬 32 ~ 28℃ 间的长江流域以 6 代为主,北纬 27 ~ 25℃ 的闽北发生 7 代,北纬 25℃ 以下的闽南发生 8 代^[28~32]。

灰飞虱的寄主主要为禾本科植物,但在十字花科的荠菜、莎草科的三棱草等杂草上也能产卵繁殖。最适合寄主是水稻、小麦、大麦、稗草、看麦娘,其次是燕麦、狗牙根、罔草、马唐、画眉草、千金子、李氏禾、三棱草和芦苇等。玉米、小米、高粱、苏丹草和雀稗等为非适生寄主,可见成虫在其上探食活动,但很少产卵和孵化^[28~32]。

4.2 传病习性

灰飞虱的迁移活动与其取食和产卵繁殖密切相关,长翅型成虫选择黄绿色和幼嫩的寄主植物下部叶鞘或叶片中脉上产卵繁殖,在寄主处于分蘖至孕穗期孵化的若虫,多发育成繁殖力较强的短翅型成虫,就地繁殖下一代虫。在寄主处于抽穗期孵化的若虫,随着寄主的衰老,逐渐从植株下部迁移到穗头上取食,多数发育成为长翅型成虫,就近迁移到四周幼嫩和黄绿色的寄主上取食和繁殖,其中带毒虫将毒源寄主上的病毒扩散传播。长翅型成虫的迁飞时间在晴天有 2 个迁飞高峰,第 1 个在上午日出后露水干时,第 2 个在下午日落前 1 ~ 2h 内,以后一个高峰虫数为多。田间飞行高度一般在离地面 8m 以下,以 7m 上下捕捉到的虫数为多。也可随气流飞到高空、高山和近海海面^[28]。

灰飞虱对 RBSDV 亲和性个体为 40% ~ 83.3%,平均 56%。灰飞虱无毒虫靠吸汁获毒,获毒时间最短 1h,多数为 24 ~ 48h。一般虫龄低,吸毒时间长的获毒率高。吸汁获毒的最低温度为 8℃ 左右。病毒在虫体内的循环期为 8 ~ 35 天,在适温条件下,循环期随气温升高而缩短。传毒时间,在平均气温 24℃ 时最短 2h,48h 可充分传毒,传毒最低温度在 4 ~ 5℃。保毒虫经 -7 ~ 0℃ 持续 15 天冷处理后仍能正常传病。灰飞虱无毒虫一经带毒后能终身传毒,不经卵传染。保毒虫多数为短期间歇传毒^[13,28]。在“麦-单、双季稻”栽培区,从麦、看麦娘和罔草等寄主上发生的灰飞虱第 1 代带毒虫是早稻发病的主要侵染源,是单季稻发病的初侵染源;从早稻及稗草和马唐等杂草

上发生的第 2、3 代带毒虫是双季晚稻发病的主要侵染源,是单季晚稻的再次侵染源^[13,28]。在“小麦-玉米”种植区,小麦上发生的第 1 代灰飞虱带毒虫是造成玉米粗缩病流行的主要侵染源^[7,8,12,32]。

5 寄主作物对病毒的敏感性

根据 1965 年华东地区稻麦病毒性矮缩病协作组试验,用已知带毒率为 70% 的保毒灰飞虱每苗 1 虫接种 3 叶期幼苗,结果玉米(二郎早)发病率最高为 70.0%,其次是水稻(农垦 58)60.0%,大麦(尺八)33.3%,小米 33.3%,小麦(南大 2419)26.7%,高粱 14.2%。

水稻对 RBSDV 的敏感期在 1 叶至分蘖盛期。最易感病期,杂交水稻(汕优 10 号)在 1 ~ 5 叶期,常规稻(绍糯 119)在 1 ~ 6 叶期。在水稻感病生育期侵入 1 天以上的带毒灰飞虱量与其后期(抽穗成熟)发病率呈极显著正相关,其相关回归方程为:常规水稻(绍糯 119) $y_1 = 6.7706x + 1.3587$ (y_1 :株病率, x :带毒虫量, $r = 0.9477^{**}$);杂交水稻(协优 914) $y_2 = 18.0462x + 0.6910$ (y_2 :株病率, x :带毒虫量, $r = 0.9685^{**}$)。式中 y_2 的斜率约为 y_1 的 2.7 倍,正好与病区杂交稻播种密度约为常规稻的 1/3、其每苗感受的带毒虫数及感病机率约为常规稻的 3 倍相一致。

根据 1965 年浙江省东阳玉米所试验结果,玉米(金黄后)对 RBSDV 的敏感期为 1 ~ 11 叶期,在此期间用带毒虫定位接种心叶的发病率分别为 97.5% ~ 92.5%,12 叶龄后发病剧降为 36.1%,抽雄为 2.5%,吐丝期接种无病。后来用灰飞虱带毒虫接种不同生育期玉米,也表明玉米对 RBSDV 的易感生育期在 11 叶龄之前^[7,33]。根据玉米生长发育阶段,玉米在 7 ~ 8 叶期是叶片快速生长期,在 10 叶之前节间生长缓慢,到第 11 ~ 12 叶期是节间迅速生长期(即拔节期),也如水稻寄主一样,对 RBSDV 的敏感期限在拔节之前。但从田间调查研究表明,玉米最感病生育期是在 1 ~ 7 叶生长嫩绿期^[12,34~36]。

6 病害发生流行因素

6.1 病害消长与耕作制度和栽培方式大变革密切相关

水稻黑条矮缩病于 1963 ~ 1966 年在浙江省

第1次大流行正是当时由50年代的单季稻改制成为双季连作稻,致使原来在杂草上少量发生的病毒由灰飞虱在早稻上经2代繁殖扩大数十倍后,传到连作晚稻和秋玉米上造成大量发病危害。如当时重病区东阳县灯下灰飞虱的诱集数量由改制前的49~120头/年上升到1963~1966年的8072~13770头/年,增幅达67~115倍,相应的晚稻上水稻黑条矮缩病由难找到发病率上升为11.9%~13.5%^[37]。60年代后期至70年代,由“二熟制”改为“三熟制”(春粮或绿肥-早稻-晚稻),冬作改迟熟的小麦为早熟的大麦或绿肥,结果在大麦和绿肥收获和早稻插秧等精耕细作中,将处于若虫期的灰飞虱第1代虫基本杀灭,阻止了水稻发病的初侵染,病害自然得到控制。后来在80年代中期起又恢复“小麦-单、双季稻”混栽制,实行少耕或免耕等栽培方式,改翻耕麦为稻板麦,又有利于病害侵染循环和毒源逐年累积上升,于是到90年代又第2次发生水稻黑条矮缩病大流行^[38,39]。

华北玉米粗缩病,在上世纪70年代初次流行也正是当地推广玉米与小麦套种和间作的“三种三收”方式有密切关系,后来将春播玉米提前到4月中旬,麦垅套播玉米推迟到麦收前数天,推广麦收后毁茬播种玉米等栽培方式后发病渐渐减轻。但到90年代为提高玉米单产尽可能延长生育期,又恢复原来与小麦套种间作,同时推行免耕法,致使野生毒源增多,有利于灰飞虱发生和对病毒的传播,因此在90年代又再次发生玉米粗缩病大流行^[8,32,33~36]。

6.2 感病品种大面积稀植栽培加剧了发病程度

20世纪90年代浙江省杂交水稻绝产的直接原因是杂交水稻的播种密度稀少,仅为常规水稻的1/3~1/11,其单位面积稻苗的感病率为常规稻的3~11倍。又本病对寄主为系统侵染,而杂交稻多为单本(多分蘖)插秧,一旦得病造成大田整穴水稻矮化不穗而绝产。但常规稻为多本(5株左右)插秧,健苗有补偿作用,因此病轻而损失小。玉米区每 hm^2 种植玉米一般不到4.5万株,每株玉米苗承受灰飞虱第1代带毒虫量相当于每 hm^2 麦株数与每 hm^2 玉米数的倍数,因此小麦上轻微的发病率通过灰飞虱传播到玉米上的发病率可能扩大数倍以至数十倍以上,致使玉米严重发病受害^[38]。

6.3 冬春气候变暖和不合理使用农药增加了介体昆虫的越冬基数和传毒代灰飞虱的发生量

浙江省兰溪和临海等5个重病县市近10年冬春月平均气温比前30年平均明显上升,特别是影响灰飞虱越冬若虫羽化为成虫的2月份各县平均气温分别提高1.13~1.59℃,在各县市大流行年份又分别提高1.5~3.6℃,促使灰飞虱越冬若虫的存活力和羽化力提高,致使决定春玉米和早稻发病的第1代灰飞虱带毒虫量比常年增加3~7倍,结果造成当地病害大流行^[38]。江苏省射阳县1992和1993年冬季气温偏低,小麦上第1代灰飞虱虫量不足15万头/ hm^2 ,当年玉米发病很轻,而1998年冬季气温偏高,小麦上第1代灰飞虱虫量高达900万头/ hm^2 ,致使当年玉米粗缩病的发病率高达60%~95%^[12]。

浙江省病区在上世纪90年代常用三唑磷农药防治早稻二化螟。但该农药能刺激灰飞虱产卵繁殖,促使早稻后期第3代灰飞虱虫量上升,增长了病害传播速率。近年使用的稻田除草剂对看麦娘的杀灭效果虽好,但促使了耐药性强并易感病的阔草的滋长,在稻区病害侵染循环中可替代小麦寄主的作用。此外,对病害缺乏认识,甚至误诊,使其逐年自然上升并流行。通常怀疑本病为种子问题而错过及时预防良机^[33,38,39]。

7 灰飞虱带毒虫检测技术

灰飞虱带毒虫检测被认为是灰飞虱传播病毒病测报的技术关键,对于灰飞虱传带RBSDV已建立了较完善的带毒虫检测技术体系。它包括:①改进了的生物接种法,即在测定中一律采用成虫在2~3叶龄水稻或玉米苗上连续接种6天,尽量缩小循环期和间歇传毒的影响,同时观察被接种寄主到孕穗期,排除潜育期的影响;②用病玉米茎叶提纯液制备抗血清,建立DAS-ELISA法,与生物接种法比较阳性符合率为90%~100%,灵敏度提高100倍以上;③分子检测法,一是RT-PCR法,用病毒基因组部分片段核苷酸序列为引物,以供试灰飞虱的核酸为模板,经PCR扩增,然后用凝胶电泳分析,对显示有RBSDV特异条带的虫号确认为带毒虫,与生物接种法比较,其阳性虫符合率为90%~100%,灵敏度为1000倍以上^[40],二是用DIG标记PCR法,其灵敏度虽比前者低,但特异性较强^[41];④相关回归法,即用传毒

代灰飞虱的生物测定带毒率与其寄主作物发病率的极显著相关性,建立了灰飞虱带毒率的相关回归预测模型: $y_{(\text{带毒率})} = 0.3630 + 0.4870x_{(\text{发病率})}$ ($n = 15$, $r = 0.9315^{**}$),该模型经 8 次重复检验,计算值与实测值吻合程度达 86.9% ~ 100%^[42],便于农户实际操作应用。

8 病害测报

对由昆虫为介体传播的植物病毒病至今尚无有效药物治疗,只能采取预防办法,其中对病害测报是个关键。对水稻黑条矮缩病的测报,目前我国是依据寄主的发病程度与其感病生育期侵入的带毒虫量呈极显著正相关的结论而设计的^[37]。水稻黑条矮缩病株发病率的预测模式为: $R = n \cdot v \cdot t / S$,式中 R 为发病株率(%), n 为传毒代虫量(头/ m^2), v 为灰飞虱带毒率(%), t 为每头带毒虫传播病株数(株/头,其实验常数 $t_{(\text{苗})}$ 为 6~7 株/头, $t_{(\text{分蘖苗})}$ 为 2~2.5 株/头), S 为单位面积苗数(株/ m^2)。根据上述模式推导出适期治虫防病的指标模式为: $n = R \cdot S / v \cdot t$,式中 R 、 S 和 t 可为已知数,防病指标(n)与单位面积寄主苗数成正比,与灰飞虱带毒率(v)成反比。这对播种密度低的玉米和杂交水稻的治虫防病要求高,难度大,相应播种密度高的常规水稻和麦子的治虫防病比较容易。同时说明决定寄主发病轻重的是其感病生育期的带毒虫量,与无毒虫数没有直接关系。上述测报模式经浙江省杂交稻病区 8 年次应用验证,准确率达 80% ~ 95%^[42]。

在玉米粗缩病(玉米水稻黑条矮缩病)的测报模式中,还引入了影响传毒代灰飞虱发生量的当年 5 月份雨量因子,其预测模式为: $y_1 = 0.692 + 0.93v_1 + 0.314v_2 + 0.059v_{18}$, $y_2 = 0.263 + 1.10v_1 + 0.069v_{18}$,式中 v_1 为灰飞虱虫量, v_2 为灰飞虱带毒率, v_{18} 为 5 月份雨量, y_1 和 y_2 模型经 1996~1999 年在河北省中部玉米粗缩病区检验,准确率达 75% 以上^[43]。

9 病害防治

9.1 稻区水稻黑条矮缩病的防治

20 世纪 60 年代中期浙、沪、苏地区对水稻黑条矮缩病的防治方法主要采取以压缩“小麦-单季稻”面积,扩种“大麦(或绿肥)-双季稻”,并在上下季作物交错期开展用杀虫剂“治前作,保后

作”的适期治虫防病措施,在当时集体生产经营条件下能有效地控制发病流行^[13,14]。90 年代在病害流行的“小麦-单、双季稻”栽培区,则采用冬作改小麦为蔬果等非寄主作物,改双季稻为单季稻的办法来阻止灰飞虱和 RBSDV 在小麦和早稻上经 3 代扩增传播;在带毒灰飞虱迁移向稻田传病之际对处于感病生育期(1 叶至分蘖盛期)的稻苗进行适期治虫防病^[39,44]。适期治虫防病的指标为 $n \geq R \cdot S / v \cdot t$,式中要求控制的发病率(R)、单位面积苗数(S)和每头带毒虫传播病苗数(t)均为可已知数,防病指标(n)高低与灰飞虱的带毒率(v)成反比,当 $v < 3\%$ 时,对常规稻可不必用农药治虫防病,但对杂交水稻和玉米作物,因其播种密度低,一般采用适期重点挑治。对于已经发病的杂交水稻,则采用适期“掰孽补缺”的办法,可以避免因病严重减产或绝产^[45],大面积防病效果为 80.29% ~ 93.15%。

9.2 玉米粗缩病(玉米上水稻黑条矮缩病)防治

上世纪 70 年代华北玉米粗缩病首次流行,对玉米粗缩病的防治措施主要有三条,一是“治麦保秋”,即在小麦上第 1 代灰飞虱盛发期用农药杀虫,以压低致使玉米发病的传染源,再在玉米出苗后至 6 月下旬每隔 7 天对玉米地喷农药保苗 1 次;二是调整玉米播种期,使玉米感病生育期避开从小麦上发生的第 1 代灰飞虱成虫发生期;三是结合玉米定苗拔除病株^[7,8]。90 年代玉米粗缩病第 2 次流行期的防病方法主要是采取避病措施,即春玉米尽量提早在 4 月播种,有条件可盖上薄膜,夏玉米适当推迟到 6 月中旬,错过第 1 代灰飞虱成虫盛发期,以达到避病目的;其次是适当调整种植业结构,改进栽培方式,如冬作改小麦为非寄主作物,减少玉米与小麦套种间作;再次是采用农药拌种和在第 1 代灰飞虱发生期用药保护处于感病期的玉米苗^[8,33~36],大田防病效果一般在 70% ~ 90%。

10 展望

我国水稻黑条矮缩病的研究虽已取得了显著进展,但从生产和科技发展需要来看,还有以下问题值得深入研究:①我国是否存在着玉米粗缩病毒?我国以往报道的玉米粗缩病和水稻黑条矮缩病是分别根据意大利的 MRDV 和日本的 RBSDV 定名的。我国处于北半球该病分布带的广阔中间地区,在病毒基因组结构及功能和发病生态等方面

是否也存在着从欧洲→西亚→东亚的病毒种系演化关系? ② 继我国首次完成 RBSDV 基因组全序列测定后,宜再深入研究其基因组结构和功能关系,并结合研究病毒与灰飞虱亲和性分子机制及寄主生长发育与病毒感染的关系,探明直接影响寄主发病的灰飞虱带毒虫率的波动原因及寄主在苗期感病而到拔节后变为抗病的机理,为进一步开展植物抗病毒基因工程研究提供基础理论。③ 病害测报方法有待改进和完善。对现有关于“寄主感病生育期与传毒代灰飞虱发生期的相遇程度是引起寄主发病轻重的重要原因”的研究结论虽已有共识,但对其中玉米感病生育期的划分还存在 6 叶与 11 叶之前的不同看法,这对玉米适期防病的效果关系重大。④ 研究 RBSDV 在寄主植物上引起肿瘤的机制很有意义。RBSDV 在玉米上产生肿瘤明显,但在籼稻和小麦上不明显,其原因值得探究。

参 考 文 献 (References)

- 1 朱凤美,肖庆璞,王法明,等. 江南稻区新发生的几种稻病. 植物保护,1964,2(3):100-102
- 2 陈伦. 余姚县水稻黑条矮缩病的初步调查. 浙江农业科学,1964,(3):123-127
- 3 陈鸿逵. 浙江省稻、麦、玉米的几种病毒病及其防治. 浙江农业科学,1966,(4):168-169
- 4 山东省小麦“芦楂”病调查组. 山东昌潍地区小麦“芦楂”病考察报告. 植物保护,1965,3(5):181-183
- 5 陈声祥,余舰斌,秦文胜,等. 温州市郊杂交水稻矮化病研究 I. 传播介体、寄主、症状及病原形态. 中国病毒学,1993,8(4):373-378
- 6 刘国熔,张绪振,孙庆玲,等. 玉米病害“矮化病”调查简报. 河北农业学报,1964,3(4):62-63
- 7 陈巽祯,杨满昌,刘信义,等. 玉米粗缩病发生规律及综合防治研究. 华北农学报,1986,1(2):90-97
- 8 苗洪芹,陈巽祯. 河北玉米粗缩病的发生和防治. 植物保护,1997,23(6):17-18
- 9 李常保,宋建成,姜丽君. 玉米粗缩病及其研究进展. 植物保护,1999,25(5):34-37
- 10 陈景堂,池节敏,刘克增,等. 玉米粗缩病 (MRDV) 研究现状及展望. 玉米科学,2000,8(3):76-78
- 11 王寿伦,邹振润,郭振中,等. 山东省玉米病毒病严重发生情况考察报告. 玉米科学,1997,(5):61-65
- 12 周益军,程兆榜,范永坚,等. 江苏玉米粗缩病发生规律和防治技术研究. 面向 21 世纪植物保护发展战略. 北京:农业出版社,2001,1141-1143
- 13 阮义理,陈声祥,林瑞芬,等. 水稻黑条矮缩病的研究. 浙江农业科学,1984,(4):185-187
- 14 陈声祥,林瑞芬,阮义理. 我国大陆水稻病毒病研究进展. 植物保护,1984,10(5):3-4
- 15 中国科学院上海生化所病毒组. 水稻黑条矮缩病病原体研究 I. 传毒灰飞虱体内类似病毒质粒. 中国科学,1974,(2):158-167
- 16 龚祖坝,沈菊英,陈巽祯,等. 我国禾谷类病毒的病原问题 VIII. 玉米粗缩病病原研究. 生物化学与生物物理学报,1981,13(1):55-59
- 17 陈声祥,洪健,吕永平,等. RBSDV 在玉米叶脉细胞里的感染状态与灰飞虱传毒活力的关系. 中国病毒学,2004,19(2):153-157
- 18 张恒木,雷娟利,陈剑平,等. 浙江和河北发生的一种水稻、小麦、玉米矮缩病是水稻黑条矮缩病毒引起的. 中国病毒学,2001,16(3):246-251
- 19 Zhang H M, Chen J P, Lei J L, *et al.* Sequence analysis shows that a dwarf disease on rice, wheat and maize in China is caused by rice black-streaked dwarf virus. European Journal of Plant Pathology, 2001, 107:563-567
- 20 Zhang H M, Chen J P, Adams M J. Molecular characterization of segments 1 to 6 of rice black-streaked dwarf virus from China provides the complete genome. Archives of Virology, 2001, 146:2331-2339
- 21 Wang Z H, Fang S G, Yu J L, *et al.* Sequence analysis of complete genome of rice black-streaked dwarf virus isolated maize with rough dwarf disease. Virus Genes, 2003, 27(2):163-168
- 22 王朝辉,周益军,范永坚,等. 江苏省水稻黑条矮缩病毒的 S110 的 cDNA 克隆序列分析. 中国病毒学,2002,17(2):142-144
- 23 邓文生,杨希才,张满玉. 玉米粗缩病基因组第七组分 cDNA 克隆及序列分析. 微生物学报,2000,(40):489-494
- 24 方守国,于嘉林,冯继东,等. 水稻黑条矮缩病毒基因组 S3 全长 cDNA 的克隆及序列分析. 农业生物技术学报,2001,9(4):311-315
- 25 李春波,钟永旺,张旭东,等. 水稻黑条矮缩病毒第 9 基因片段的克隆表达. 微生物学报,2003,43(3):330-334
- 26 钟永旺,周洁,李毅,等. 水稻黑条矮缩病毒第 7 号基因片段的 cDNA 克隆. 微生物学报,2003,43(4):442-447
- 27 杨本荣,马巧月. 玉米粗缩病的寄主范围研究. 植物病理学报,1983,13(3):1-8
- 28 阮义理,蒋文烈,林瑞芬. 稻病毒病介体昆虫灰飞虱的研究. 昆虫学报,1981,24(3):283-289
- 29 夏温澍. 武昌灰稻虱的初步研究. 昆虫学报,1962,11(2):105-117
- 30 浦茂华. 苏南灰稻虱的初步研究. 昆虫学报,1963,12(2):117-136
- 31 蔡邦华,黄复生,冯维熊,等. 华北稻区灰飞虱的研究. 昆虫学报,1964,13(4):552-571
- 32 李济宸,高立起,李青松. 灰飞虱发生规律研究. 北京农业科学,1988,16(6):24-27
- 33 钱幼亭,孙晓平,刘艳. 我国玉米粗缩病发生现状和综合防治策略探讨. 中国有害生物论文集. 北京:农业出版社,1996

- 34 刘延年,李枫绛,岳越法,等. 玉米粗缩病发生与播种期关系. 山西农业科学,1998,26(1):42-44
- 35 李济宸,李桂珍,苑凤瑞. 玉米粗缩病的防治. 北京农业科学,1999,17(2):23-25
- 36 成长庚,赵阳,林付根,等. 玉米粗缩病播种期避病研究. 玉米科学,2000,8(3):81-82
- 37 陈声祥. 水稻病毒病的流行预测. 水稻病毒病(修订本). 北京:农业出版社,1985,141-161
- 38 陈声祥,关惠玲,廖璇刚,等. 水稻黑条矮缩病毒在浙中的回升流行原因分析. 浙江农业科学,2000,(6):287-289
- 39 祝增荣,吴惠珍,廖璇刚,等. 灰飞虱传播的水稻黑条矮缩病流行及治理. 跨世纪农业发展研究. 北京:中国环境科学出版社,1998,458-464
- 40 吕永平,雷娟利,金登迪,等. 水稻黑条矮缩病毒的 RT-PCR 检测. 浙江农业学报,2002,14(2):117-119
- 41 王朝辉,周益军,范永坚,等. RT-PCR-DIG 标记的 cDNA 探针和 SDS-PAGE 检测水稻黑条矮缩病毒. 南京农业大学学报,2001,24(4):24-28
- 42 汪恩国,陈克松,林凌伟,等. 水稻黑条矮缩病季节性流行规律及灰飞虱带毒率估测模型研究. 科技通报,2000,16(增刊):7-11
- 43 苗洪芹,陈巽祯,曹克强,等. 玉米粗缩病的流行因素与预测模型. 河北农业大学学报,2003,26(2):60-64
- 44 林凌伟,董国坤,汪恩国. 水稻黑条矮缩病传毒昆虫的防治实践与研究. 昆虫知识,2001,38(6):426-428
- 45 罗三蜀,董国坤. 连作杂交晚稻耕犁补栽适期研究. 浙江农业科学,2002,(6):300-302

Advance in researches on rice black-streaked dwarf disease and maize rough dwarf disease in China

CHEN Sheng-xiang ZHANG Qiao-yan

(Key Laboratory of Virology and Biotechnology of Agricultural Ministry, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, China)

Abstract: In the early of 1960's, rice black-streaked dwarf disease and maize rough dwarf disease had been found separately in the rice field of Yuyao in Zhejiang Province and in the maize field of Baoding in Hebei Province of China. They have prevailed twice during past forty years. Through the studies of control methods of these diseases, their development rules have been known and the technique to control them has also been practiced in the disease-prone area. Afterwards these diseases were under controlled. Since the late of 1980's, rice black-streaked dwarf disease has only occurred in the local districts of east-China and maize rough dwarf disease has increasingly become epidemic in the 13 provinces of China. According to the similar reports about their viral shapes, host ranges and symptoms, vectors and transmission properties, the pathogenies of these two diseases were suspected of a same virus. During recent ten years, the researches on rice black-streaked dwarf disease and maize rough dwarf disease with biological and molecular biological methods have showed that the pathogenies of these two diseases both are belonging to *rice black-streaked dwarf virus* (RBSDV).

Key words: Rice black-streaked dwarf disease; maize rough dwarf disease; *Rice black-streaked dwarf virus*; disease epidemic; control of disease