

文章编号: 1005-0906(2006)01-0153-05

玉米瘤黑粉病的研究进展

鄂文弟, 王振华, 张立国, 张 林, 王 霞, 孙广权

(东北农业大学农学院, 哈尔滨 150030)

摘 要: 玉米瘤黑粉病是玉米生产的重要病害之一。系统地综述了国内外关于玉米瘤黑粉病的病原、症状和危害、防治措施、接种方法、评价标准、抗性资源和抗性遗传等方面的最新研究进展, 并探讨了该领域研究中存在的主要问题。我国应加强对玉米瘤黑粉病的抗源鉴定与抗性遗传研究, 为抗病育种及种质改良提供技术基础。

关键词: 玉米; 瘤黑粉病; 研究进展

中图分类号: S435.131.41

文献标识码: A

The Advances in the Research of Common Smut in Maize

E Wen-di, WANG Zhen-hua, ZHANG Li-guo, ZHANG Lin, WANG Xia, SUN Guang-quan

(College of Agronomy, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: Common smut of maize, which is caused by the fungus (*Ustilago maydis*), has been one of the serious diseases in maize. This paper introduced the disease effects on maize production, pathogen, protection measures, inoculation methods, evaluation standards, resistance resources and inheritance, and discussed the main problems in this field. It is suggested the germplasm identification of resistance to Common smut should be advanced in the future, which would provide technique base for maize breeding and germplasm improvement.

Key words: *Zea mays* L.; Common Smut; Research advance

玉米瘤黑粉病(Common Smut)是一种世界性的玉米病害, 主要发生在温暖干燥地区, 且春播区较夏播区更为严重。一般发病率为 5% ~ 10%, 可造成 30% ~ 80% 的产量损失。美国田间自然发病率为 1% ~ 5%, 流行年份超过 10%^[1], 德国田间自然发病率 1% ~ 3%, 1976 年发病率超过 50%, 损失严重^[2]。我国内蒙古巴林左旗中北部该病大流行, 发病面积达 1.3 万 hm², 田间发病率平均 20%, 种植感病品种的地块发病率高达 100%, 造成玉米严重减产甚至绝收^[3]。2000 年全国玉米发病面积 180 万 hm², 绝收 3 万 hm², 一般减产 10% ~ 30%。近年来, 由于玉米种植面积连年扩大、重迎茬地块增多、旱涝交替等气候异常现象, 使玉米瘤黑粉病的发生呈逐年上升趋势, 在某些地区该病已成为当地的主要玉米病害。

1 病原菌及冬孢子的生物学特性

收稿日期: 2005-03-11

作者简介: 鄂文弟(1980-), 女, 在读博士, 主要进行玉米遗传育种知识的学习和研究。Tel: 0451-55190021

王振华为本文联系作者。Tel: 0451-55190021

E-mail: zhenhuawang@263.net

1.1 病原菌特征特性

该病的病原菌为玉米瘤黑粉菌(*Ustilago maydis*), 属于担子菌亚门, 异宗配合。冬孢子萌发时, 产生有隔的担子。担子顶端或分隔处形成梭形的担孢子, 担孢子萌发形成侵入丝或以芽殖方式生出次生担孢子, 次生担孢子也能萌发形成侵入丝, 侵入寄主。

玉米瘤黑粉菌属于异宗配合的真菌。在其生活中, 有两种不同形态的细胞, 即单倍体细胞(担孢子)和双核菌丝体。单倍体细胞没有致病性, 在特定培养基上芽殖产生类似酵母的菌落, 在离体条件下易生长, 在侵染初期是专性寄生的, 若无寄主植物, 只能存活极短的时间。不同遗传型的单倍体细胞融合形成双核菌丝, 能在寄主体内迅速发育, 刺激寄主组织形成肿瘤, 然后通过细胞核融合, 产生双倍体的冬孢子^[4]。

国外学者应用遗传工程和分子生物学技术研究发现, 玉米瘤黑粉菌具有 a、b 两个位点, 分别控制着单倍体细胞间的融合过程, 以及双核菌丝的致病性和有性生殖的完成过程, 从而进行生活周期的转换。a 位点有两个等位基因 *a1* 和 *a2*, 控制单倍体细胞间的融合; b 位点有 33 个复等位基因, 决定双核

菌丝的致病性和有性生殖。两个单倍体细胞只有在 a 位点上不相同,才能形成双核菌丝,而双核菌丝细胞只有在 b 位点上不相同才有致病性和有性生殖的能力^[5]。

玉米瘤黑粉病菌有生理小种的分化,存在多个生理小种,除玉米外还能侵染两种大刍草,目前国内的研究报道较少。

1.2 冬孢子生物学特性

玉米瘤黑粉菌的冬孢子没有休眠期,干燥后,在自然状态下能存活较长时间,保存在室内 4 年仍有 20% 的萌发率,但在饲料青贮过程中几周内就会丧失活力。玉米瘤黑粉菌的冬孢子在 10~40℃ 范围内均可以萌发,最低温度为 5~10℃,最高温度为 35~38℃,最适温度为 25~30℃,萌发率可达 40.0%~64.7%。在自然条件下,分散的冬孢子不易长期存活,但集结成块的冬孢子无论在地表或土内存活期都很长。担孢子和次生担孢子萌发最适温度为 20~26℃,最高为 40℃,侵入最适温度为 26~35℃。担孢子和次生担孢子对不良环境的耐力也较强,在干燥的条件下 5 周才死亡,这对病害的传播和传染具有重要作用。

刘正坪等(1998)研究认为,酸性条件有利于冬孢子的萌发,而中性和碱性条件不利于其萌发。冬孢子萌发的最适 pH 值为 3~5,而且水浸不利于冬孢子萌发,但是最适酸性条件的促进作用能够掩盖水浸条件的抑制作用;冬孢子在连续光照、连续黑暗和 2 h/12 h 光暗交替处理等光照条件下均能够较好地萌发,其中在自然光周期条件下(即 2 h/12 h 光暗交替处理)萌发最好;有机氮素(ASP)比无机氮素($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$)更有利于冬孢子的萌发;双糖(蔗糖)比单糖(葡萄糖)更有利于冬孢子的萌发。因此,玉米植株表面的外渗物中可能因含有某些糖类和有机酸等物质,有利于玉米瘤黑粉病菌冬孢子的初侵染和生长期间的再侵染,甜玉米易感病可能与此有关。另外,冬孢子萌发对相对湿度要求比较严格,只有相对湿度大于 90% 时才能萌发,而且氧气有利于冬孢子的萌发^[5]。

2 症状与危害

2.1 症状

玉米瘤黑粉病是局部侵染病害,被侵染的组织因病菌代谢物的刺激而形成瘤。其最显著的特征是所有地上部分都可以产生菌瘿,如植株的气生根、茎、叶、叶鞘、雄花及雌穗等幼嫩组织均可发病,而且幼株的分生组织也可以感染病菌使地下部分产

生菌瘿。在幼苗株高达 30 cm 左右发病,多在幼苗基部或根茎交界处产生菌瘿,造成幼苗扭曲矮缩,叶鞘及心叶破裂紊乱,严重的造成早枯。若植株在拔节前后感病,叶片或叶鞘上可出现菌瘿,叶片上的较小,多如豆粒大小,常从叶片基部向上成串密生。在茎或气生根上的菌瘿大小不等,一般如拳头大小。雄花主梗上产生菌瘿后,主梗向菌瘿的相反方向曲折,而雄花大部分或个别小花形成圆形的角状菌瘿。雌穗侵染后,多在果穗上半部或个别子粒上形成菌瘿,严重的全穗变成较大的肿瘤。菌瘿外包有由寄主表皮组织形成的薄膜,未成熟时呈白色发亮或淡红色,有光泽,内部含有白色松软组织,受轻压常有水流出,随着冬孢子的形成而呈现灰白色或黑色。病瘤直径一般在 3~15 cm。当菌瘿成熟后,外膜破裂散出大量黑粉,即冬孢子(或称厚垣孢子)。若细胞迅速成熟,菌瘿的发育受阻而呈现小而硬的形态,不产生或只产生少量的冬孢子。一般同一植株上可多处生瘤,有的在同一位置有数个病瘤堆聚在一起。受害的植株茎秆多扭曲,变得矮小,果穗变小甚至空秆。

2.2 危害

瘤黑粉病对玉米的危害主要是在受病部位形成菌瘿,因侵染部位的差异,减产幅度不同。若胚珠被侵染,则会导致绝产;若其它部位被侵染,造成菌瘿和果穗竞争光合产物,消耗大量的植株养分或使植株空秆不结实,这是间接损失^[6]。病株的减产程度因植株感病时期、菌瘿的形成部位、数量和大小而异,如早期发病,常引起植株矮化或死亡。据吉林省 1973 年对吉双四号、维尔 42 和黄马牙等品种的测定结果,果穗以下茎部感病,平均减产约 20%;果穗以上茎部感病,减产约 40%;果穗上、下部茎都感病,减产约 60%;果穗感病,减产约 80%。通常只要发病就会植株矮小,果穗子粒小且不饱满,严重影响玉米的产量和品质,从而制约玉米生产。

3 发病规律及防治措施

3.1 发病规律

病菌冬孢子在田间土壤、地表和病残体上以及混在粪肥中越冬,这些带菌的土壤和病残体均可成为初侵染源。种子表面带菌对该病的远距离传播有一定作用。越冬的冬孢子在适宜的条件下萌发产生担孢子和次生担孢子,它们经风雨传播至玉米的幼嫩器官上,萌发并直接穿透寄主表皮或经由伤口侵入。在玉米的整个生育期可进行多次再侵染,在抽穗期前后一个月内为玉米瘤黑粉病的盛发期。除担

孢子和次生担孢子萌发产生侵入丝侵入寄主外,冬孢子也可萌发产生芽管侵入寄主。

大量研究指出,在植物体营养生长期,由于昼夜平均气温和生育期持水量而建立的天气综合指数与病害的发生之间存在着正相关关系($r=0.94$),潮湿的气候是侵染的必要条件。施用动物粪便增加黑粉病的发病率,而磷酸化肥可以降低发病率。单独增加钾肥可增加发病率,这是因为降低了木髓中的糖分,增加了氮的含量;另外,玉米品种间发病差异很大,一般马齿型品种较硬粒型品种抗病,早熟种较晚熟种发病轻,甜玉米易感病,果穗苞叶紧密、苞叶长而厚的较抗病,而苞叶短小、包裹不严的则感病,而且春播比夏播易感病。一般山区和丘陵地带比平原地区发病重、发病早、病瘤大,特别是果穗或植株中部发病对产量影响最大^[10]。

3.2 防治措施

控制玉米瘤黑粉病的主要方法是使用抗病品种,这是最经济有效的防治方法。其次,要注意减少菌源,彻底清除田间病株残体,带到田外深埋;进行秋深翻整地,把地面上的菌源深埋地下,减少初侵染源,同时病瘤必须及时割除,避免用病株沤肥,粪肥要充分腐熟。第3,实行3年以上轮作制,减少病菌侵染机会,适当推迟玉米播期也可以降低侵染机会。第4,应加强栽培管理,注意氮、磷、钾肥合理搭配,不偏施氮肥,防治植株徒长,增加玉米自身的抗病能力;在缺少磷、钾的土壤上,增施磷钾肥,适当施用含锌和含硼的微量元素对该病有明显的防治效果;及时防治玉米螟可以减少侵染机会。同时使用化学药剂防治,可以采用5%粉锈宁拌种,用量为种子量的0.4%;颗粒剂防治效果最好,在玉米心叶末期撒施烯唑醇与辛硫磷复配颗粒剂,对玉米瘤黑粉病和玉米螟有较好的防治效果^[7]。但由于玉米瘤黑粉病初侵染时间长,而药剂残效期短,所以喷药防治该病效果不是很理想。

4 接种方法

玉米瘤黑粉菌在玉米生育期内可多次侵染,大约100多年以前,人们就开始了人工接种方法的研究。根据研究目的的不同,接种的方法很多,作者将其归纳为以下几种方法。

4.1 注射法

Ф.Е.Немлиенкой И.Е.Сиденко(1967)提出,在抽丝后第7天,将2~3 mL浓度为0.2%的厚垣孢子水溶液用注射器注入玉米果穗的总苞下面来查明玉米对瘤黑粉的生理学特性。Nuberg I.K.等(1986)将冬

孢子在昼夜24℃的胡萝卜培养基中进行培养,然后用水稀释至每毫升 1×10^6 个孢子,当植株长至10~11片完全叶时,将20 mL的接种菌分两次注入植株的茎节处,间隔6 d,然后调查发病率,以判断品种的抗性水平。Thakur R.P.(1989)认为,通过向叶轮或幼苗注射孢子悬浮液通常导致出现病瘤、生长点坏死或幼苗死亡。通过组织培养进行孢子的分离,形成 10^6 孢子/mL的悬浮液。然后用培养基平均数法确定分离菌的亲合性,根据不同的实验要求将等体积的可亲和孢子株系混合。接种时,使用皮下注射器向叶轮或第6~8节的叶鞘至茎秆注射2 mL孢子悬浮液,因为这些部位是幼穗生长发育的部位^[8]。Pope D.D.和 McCarter S.M.(1992)在比较不同接种部位效果的实验中也采用注射接种法。在抽雄前7 d即花丝长5~10 cm而且保持湿润时接种,将配有浸润管的50 mL注射器通过软管与一2 L的装有菌液的绝缘储存罐相连,在外壳组织由中线针刺伤口将菌液注入完整的幼穗中央。注意针头是弯的,而浸润管的一端要堵住,以防止果穗组织的阻塞从而促进菌液扩散^[9]。Valverde, M.E.等(1993)通过对甜玉米杂交种接种,系统研究了关于黑粉产生的具体环节。当果穗抽丝约3~6 cm时,用手动喷射枪向花丝通道注射8 mL孢子悬浮液,每隔2~4 d接种1次。在接种后14~21 d菌丝细胞长大,病瘤重量增加约250%~500%,最高达到280~600 g,而且发病率达45%~50%^[10]。

4.2 喷施法

Сиденко И.Е.(1965)在玉米生育期中的大量易感时期,用浓度为0.05%~0.5%的带有厚垣孢子悬浮液的2倍剂量喷洒来进行人工接种。根据孢子的萌发力决定喷洒次数,第1次选择在开花前,第2次在大喇叭口期(或花的柱头完全张开时),并认为这种方法主要用于对育种材料田间水平抗性的评价。在抗病育种的研究中,Вилкова Н.А.(1989)指出,在病害的易感时期,用浓度为0.1%~0.2%的悬浮液以2倍剂量喷洒植株来进行人工接种,积累瘤黑粉菌,发现并不能破坏组织中的免疫因素,并且是完全有效的抗病选择方法。Pataky J.K.(1991)曾从病株上收集病瘤,置于温室风干,与沙子细致混匀,然后采用沙流吹击使第6~8节叶鞘受伤,将混合的菌孢子撒在受伤部位,或者将孢子悬浮液涂抹在伤口上^[11]。

4.3 毒土法

李晓丽等(2002)在进行玉米瘤黑粉病药剂防治研究的过程中,以20 g玉米瘤黑粉病瘤与10 kg细土混合,于6月22日播种时撒在每穴种子的上面,

然后将玉米瘤黑粉病菌 200 g、厩肥浸渍液 500 mL、赤霉素 10 mg/kg 和沙土 10 kg 混合制成菌土,于 7 月 29 日往玉米心叶内撒菌土进行再次人工接种,8 月 5 日在玉米心叶末期撒复配成的颗粒剂,收获前调查发病率和被害率,并计算防治效果。

5 抗性评价

5.1 病级划分方法

目前有报道的病级划分方法仅有摩尔达维亚玉米高粱研究所采用喷施人工接种法,在子粒完全成熟末期对地上部植株器官的发病程度进行了分级评价的报道。他们认为,应用这一分级标准,可以系统地衡量发病程度,并且可以提供可靠的比较基础^[12]。其标准为:0 级—在植株体上没有发病症状;0.1 级—在叶子上有少量的病孢或各种突起物,有时带有花青素的颜色;1 级—叶子、茎秆、穗状花序、基本果穗上部、不成熟的果穗或枝丫上的果穗等部位出现病孢或大量各种形状的突起物(直径约 0.1 ~ 1 cm);2 级—在叶子、茎秆、穗状花序、总苞和果穗上部等部位出现有规律的 2 ~ 5 cm 的突起物;3 级—在茎秆甚至果穗上有直径为 10 ~ 15 cm 的突起物;4 级—在茎秆上出现比果穗上都大的突起物;5 级—在果穗上有大突起物;6 级—损害较大而死亡的植株。

5.2 发病程度的表示方法

玉米瘤黑粉病发病程度的表示方法主要有发病率、发病程度和病情指数 3 种方法。Nuberg I.K. 等(1986)研究澳大利亚不同品种对玉米瘤黑粉病的田间表现时,采用了田间发病率和被害率,但多数学者用病情指数来表示发病程度^[12]。

(1)发病率(DI, Disease Incidence):以 D/N 比值来衡量,其中 D 表示植株所产生的病斑数($D > 1$),N 表示小区的总株数。若计算局部发病率,则 D 的值就是在这一定部位所产生的菌斑数(如果穗、雄花以及叶片等)。由于被侵染的植株不是很多,而且各个小区的总株数不同,数据经反正弦转换分析得 $DI = 0.5 \{ \arcsin[D/(N+1)]^{1/2} + \arcsin[(D+1)/(N+1)]^{1/2} \}$,估计得 $DI\% = 100 \sin^2(DI-4)\%$ (N 的范围在 50 左右)。

(2)发病程度(或被害率,DSR, Disease Severity Rating): $DSR = [\sum_{i=1}^m (X_i \times C_i)] \times 100/D$

其中:m 为发病的器官数或田间视觉估计病斑的大小分级数; X_i 为某一特定部位病斑数或病斑的具体大小分级; C_i 为对某一特定部位或等级的发病程度的经验系数。

(3)病情指数:病情指数($\%$) = $\sum(a \delta / NK) \times 100$

其中:a 为感病植株数量, δ 为感病等级,N 为统计的植株总数,K 为统计的最高发病等级。

5.3 抗性评价

Грисенко, Дудка 等(1980)认为,玉米抗瘤黑粉病的评价统计方法尽管可靠,但是对于大量育种材料的评价却十分复杂。他们认为,根据植株被害率确定田间抗性用于遗传研究较为合理。具体标准为,植株被害率小于 2%,高抗(HR);植株被害率 2.1% ~ 10%,抗病(R);植株被害率 10.1% ~ 15%,中抗(MR);植株被害率 15.1% ~ 30%,感病(S);植株被害率大于 30%,高感(HS)。同时他们也提出了将菌液注入到玉米总苞下面的人工接种法是研究果穗生理特性的抗性评价方法,即被损害果穗在 5% 以下,为高抗(HR);被损害果穗 6% ~ 25%,为抗病(R);被损害果穗 26% ~ 50%,为中抗(MR);被损害果穗 51% ~ 75%,为感病(S);被损害果穗 75% 以上,为高感(HS)。王晓鸣、戴法超(2002)根据病株率将玉米黑粉病划分为 1 ~ 9 级:1 级,病株率 0 ~ 1.0%,表现高抗(HR);3 级,病株率 1.1% ~ 5.0%,表现抗(R);5 级,病株率 5.1% ~ 10.0%,表现中抗(MR);7 级,病株率 10.1% ~ 40.0%,表现感(S);9 级,病株率 40.1% ~ 100%,表现高感(HS)^[13]。但需要注意的是,在进行遗传研究时,对于不同年份和不同地点必须考虑到环境因素的作用,在没有统计带菌玉米植株本身存在的相关基因类型时,不能机械地用于育种实践中。总的来说,关于抗性评价的方法目前还十分有限,从而限制了抗性资源的评价和相关的遗传研究。

6 关于抗病资源和抗病遗传

选育和推广抗病品种是有效防治玉米瘤黑粉病的关键措施。50 年代推广的农家品种、品种间杂交种、顶交种和双交种,多数具有一定的抗黑粉病的能力。朱小阳等(1994)认为,坊杂 2 号、春杂 2 号、双跃 4 号、双跃 80 等品种为抗病,农家品种野鸡红、小青稞、金顶子等较抗病,而 C103、吉 63、77、E28 等自交系较为抗病^[14]。苏俊等(1996)鉴定认为,黑龙江省农科院选育的龙抗 37、龙抗 297、龙抗 80A、罗吉、RL3、龙抗 1、龙抗 40B 和龙抗 11 等自交系抗病性较强,而且均兼抗茎腐病、大斑病、小斑病和丝黑穗病^[15]。张坪等(1996)鉴定认为,玉米自交系 Mo17、Va35、黄早四、日 75-2322 和 A619^h 抗瘤黑粉病,而且兼抗大斑病、小斑病、丝黑穗病和玉米螟^[16]。但我国玉米瘤黑粉病的抗源鉴定工作尚未系统全面开展,缺乏对骨干自交系及品系抗病性的系统鉴定。

因此,应加强抗病材料的筛选和鉴定工作,这是进行抗病遗传育种工作的基础。

关于玉米抗瘤黑粉病的遗传研究和报道较少,不同来源和地区的玉米种质对瘤黑粉病的抗性遗传差异较大,尽管控制抗病基因的数目还不确定,Christensen(1963)曾认为,该性状是寡基因遗传的,并且用一套寡基因的加性-显性模型就确定了不同分离群体的类型。一些有关易位系的研究只是初步证明了抗病基因在染色体上的区域,但是尚没有足够的证据发现某一主效单基因的作用^[17]。多数学者认为,该病的抗病性属于多基因控制的数量性状遗传。Villanueva 等(1996)曾研究了 7 个玉米自交系的发病率和发病程度的配合力,结果表明,发病率、发病程度和每株黑粉菌量的一般配合力和特殊配合力均达到显著程度,同时发病率的加性方差和显性方差相近,而发病程度的加性方差高于显性方差^[18]。Lubberstedt 等(1998)用 4 个欧洲硬质玉米群体利用 RFLP 标记采用复合区间作图法进行了玉米抗瘤黑粉病的 QTL 分析,每个群体分别构建了包含 89、151、104 和 122 个 RFLP 标记位点的图谱,分别检测到 5~10 个 QTL,共解释了 39%~58%的表现型差异,19 个不同的 QTL 彼此分开地分布在 10 条染色体上,除个别 QTLs 间表现出基因的上位效应,多数的 QTLs 表现出显著的显性效应和加性效应,同时存在环境互作。由于 4 个群体基因型不同,各个群体的发病率显著不同,其抗病性遗传力超过 0.69^[19]。

参考文献:

- [1] Shurtleff M C. Compendium of corn diseases. (2nd edn) American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota. 1971. 45-46.
- [2] Zscheischler J, Estler M C, Gro B, et al. Mais. Anbau und Verwertung. DLG-Verlag, Frankfurt/Main, 1979. 51-52.
- [3] 李春民,徐雅洁,于俊香,等. 2000 年巴林左旗玉米瘤黑粉病大发生的原因及防治对策[J]. 内蒙古农业科技,2001,(5):42-43.
- [4] Holliday R. In Handbook of Genetics. 1974, 1: 575-595.
- [5] 刘正坪,赵占军. 玉米瘤黑粉病菌冬孢子生物学特性研究[J]. 现代化农业,1998,(1):12-13.
- [6] Nuberg I K, Allen R N, Collesse J M, et al. Field reactions of maize varieties commonly grown in Australia to boil smut caused by *Ustilago zaea*. Aust. J. Exp. Agric., 1986, 26: 481-487.
- [7] 李晓丽,李凤岭,臧少先,等. 玉米瘤黑粉病药剂防治研究[J]. 河北职业技术师范学院学报,2002, 16(2):12-14.
- [8] Thakur R P. Smut gall development in adult corn plants inoculated with *ustilago maydis*. Plant Disease, 1989, 11: 921-925.
- [9] Pope D D, McCarter S M. Evaluation of inoculation methods for inducing common smut on corn ears. Phytopathology, 1992, 82(9): 951-954.
- [10] Valverde M E, Moghaddam P F, Zavala Gallardo M S, et al. Yield and quality of huitlacoche on sweet corn inoculated with *ustilago maydis*. HortScience. Alexandria, Va. The American Society for Horticultural Science, 1993, 28(8): 782-785.
- [11] Pataky J K. Production of huitlacoche [*Ustilago maydis* (DC) Corda] on sweet corn. Hortscience, 1991, 26(11): 1374-1377.
- [12] А. И. ЮРКУ, доктор биологических, Е. М. ЮРКУ-СТРЭЙСТАРЬ. Методы оценки кукурузы на устойчивость к пузырчатой головне кукурузы и сорго, 1999, 6: 19-22.
- [13] 王晓鸣,戴法超,廖琴,等. 玉米病虫害田间手册[M]. 北京:中国农业出版社,2002. 102.
- [14] 朱小阳,吴全安,于香云,等. 玉米抗病育种的回顾与反思[A]. 周洪生. 玉米遗传育种——第二届全国中青年玉米遗传育种研讨会论文集[C]. 济南:山东科学技术出版社,1994. 145-154.
- [15] 苏俊,张瑞英,张坪,等. 玉米自交系和杂交种抗茎腐病鉴定及其抗性遗传关系的研究[A]. 苏俊. 黑龙江玉米遗传育种研究与进展[C]. 哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,1996. 80-87.
- [16] 张坪,钟占贵. 玉米自交系抗玉米螟鉴定及其分析[A]. 苏俊. 黑龙江玉米遗传育种研究与进展[C]. 哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,1996. 111-117.
- [17] Christensen J J. Corn smut caused by *ustilago maydis*. Am. Phytopathol Soc Monogr. 1963.
- [18] Villanueva Verduzco, Clemente, Molina Galan, et al. Combining abilities of huitlacoche (*Ustilago maydis*) incidence and severity on maize. 16, Plant Breeding Congress, (Proceedings). 1996. 227.
- [19] Lubberstedt T, Klein D, Melchinger A E. Comparative QTL mapping of resistance to *ustilago maydis* across four populations of European flint maize. Theor-appl-genet. 1998, 97 (8): 1321-1330.

告 读 者

《玉米科学》编辑部存有 1992~2004 年部分过刊,数量有限,欲购从速。1995~2000 年各年期刊已不全,2001~2005 年各年期刊较全(除增刊外)。具体如下:

1. 1992~2000 年共计 14 期,合计 50 元;2001~2005 年共计 24 期,合计 200 元。
2. 《国内外玉米生产及科研概况调研报告文集》,定价 10 元。
3. 《全国玉米科学学术报告会论文集》,定价 28 元。
4. 《吉林玉米》,定价 36 元。

以上价格包含邮费,有邮购者请从邮局汇款至本刊编辑部,并注明购买的名称、年份及详细地址。联系电话:0434-6283137,地址:吉林省公主岭市科贸西大街 303 号《玉米科学》编辑部收,邮编:136100。