高粱蚜发生规律的研究

申秉温　刘松臣　马洪锡

（张家口地区坝下农业科学研究所）

高粱蚜〔Meeanaphio Aacchari (Zehntner)〕在张家口地区主要危害高粱，在适宜条件下形成毁灭性的危害，近10年来在1972、1975和1980年有三次大发生。1975年据估计全地区因高粱蚜危害减产粮食一亿斤左右。据此自1978年确立本课题，研究高粱蚜的发生规律，为找出安全、经济有效的防治方法提供依据。在研究中明确了以下几个问题：

一、越冬问题

高粱蚜的发生，在张家口地区是全周期性的。即到深秋产生性蚜、交配产卵，以卵越冬。它的产卵场所很广泛，但主要是产于高粱植株下部的叶鞘和枯叶上，其次分散产在多种杂草上，先是有翅蚜在秋季飞迁，在寄主植物上定居后，产生性蚜并产卵。在定居过程中，对某些植物喜食或不喜食，根据寄主植物的偏好性不同，在其上聚集和产卵的数量亦有所差异。据80年秋田间调查结果，晚秋季节高粱蚜在杂草上的分布，蚜数最多的是白草，它做为第一寄主可能性最大，其次是稗草、马唐、狗尾草、虎尾草和碱草上，这些草上均曾发现高粱蚜产下的越冬卵。除此之外，其他各种杂草都未发现有高粱蚜和它的卵。以上杂草除白草和碱草外，都是一年生草本，在次年卵孵化后须另寻其他寄主植物，所以做为冬寄主植物是有困难的。在白草及碱草的幼苗上，用高粱蚜干母曾做了大量接种工作，未获得成活的记录。至此，高粱蚜在田间的越冬环节，尚未完全得到确认。前人有高粱蚜在荻草上越冬的报道，在张家口地区未发现有该种植物的分布。1980年4月下旬，在田间扣笼罩的条件下，用高粱叶上的卵做虫源，以早播高粱幼苗做寄主，使自然发生危害。至6月3日检查，在高粱苗的基部潜伏有自卵孵化成活的高粱蚜干母。它的存活地点，据观察，在高粱苗的土平面下的根茎附近。此处很隐蔽，可保持较为稳定的小气候，能耐住早夏不利的环境——如高温、低温和大风等，显然高粱幼苗所给予的适宜条件，成为使初孵干母成活有效的护养者。在同一地方可见到许多白色蚜虫皮，是蚜虫在土缝内蜕皮时向上推出积成，露于地面外。至6月9日再检查时，已有胎生的干雌若虫。可见，高粱蚜卵在田间越冬孵化后，需要一个较为郁闭的环境，背风向阳，温度较高，并有适宜的寄主，才易于成活。根据此项观察结果，为高粱蚜在当地越冬的可能性，提供了有力的线索。

高粱蚜越冬卵的孵化情况，与环境条件有密切的关系，根据我们的研究有如下几点：

张国武同志参加了部分研究工作

（一）变温与恒温对卵的孵化率有不同的影响。自1979年10月中旬至1980年1月12日，从田间定期取高粱蚜卵，分别放在变温（18～22℃）及恒温下（21℃），其孵化情况如表1所示：

表1

日期	变温（18—22℃）			恒温（21℃）		
	总卵粒	孵化粒	孵化率%	总卵粒	孵化粒	孵化率%
10月中旬	2809	0	0	—	—	—
11月下旬	449	29	6.46	295	2	0.68
12月中旬	510	150	29.41	328	25	7.62
1月上旬	541	132	24.40	193	10	5.18
平均	—	—	20.73	—	—	4.49

从田间不同时间取样，随取样时间后延，孵化率有逐渐增加的趋势。其原因可能与卵孵化前须经低温锻炼的特性有关。在10月中旬自田间取回未经低温锻炼的卵，直接放于变温下（18—22℃）观察，在2,800粒卵中无一粒孵化，孵化率为0。其后在11月下旬，即严寒来临前取回的卵，在田间曾间歇感受0℃以下的低温，孵化率为6.46%。而在11月中旬以后至1月上旬取回的卵，经受年度的最低温（－22℃）的锻炼，孵化率可较前者提高3倍左右，达到24.4—29.4%。此外在不同时间内自田间取来的卵，用变温（18—22℃）和恒温(21℃)做比较，变温比恒温更有利于卵的孵化，变温中的平均孵化率为20.73%，恒温的为4.49%。可见，变温成为高粱蚜卵孵化前对温度条件的另一要求。

（二）不同阶段高粱蚜秕卵率的调查。1979年2月8日至6月13日，从高粱秸秆垛的表层，选择外露带高粱蚜卵的叶片，定期取样调查蚜卵的秕卵率，结果见表2：

表2

调查日期	旬平气温	旬平相对温度	旬平蒸发量	调查总卵数	秕卵数	秕卵率%
2月上旬				23	1	4.3
3月中旬				956	202	21
3月下旬				415	119	29
4月中旬	6.92	48	80	36	11	31
5月上旬	13.4℃	37%	107.5	322	131	41
5月中旬	14.9	42	99	527	265	50
5月下旬	21.1	33	146	647	459	71
6月上旬	18.9	59	77.9	510	406	89
6月中旬	21.2	51	89.6	214	170	79

表2资料说明，高粱蚜卵干秕死亡的原因，不在于低温，而是由于高温低湿所造成。如当年1月16日出现－22℃最低温，2月上旬观察，对卵的外形无影响，仍饱满有光泽，一般能正常孵化，秕卵率仅4.3%。在冬季及早春阶段（5月上旬以前），由于空气温度较低，蒸发量尚小，高粱蚜卵的死亡率发展较慢。至5月上旬以后，气温上升快，蒸发量加大，蚜卵的死亡率迅速上升。

表3

位置	卵总数	饱粒	占%	已孵	占%	秕粒	占%
垛顶	417	11	2.27	18	4.31	388	93.04
垛底	504	68	13.49	27	5.35	409	81.26

此外同是高粱叶上的卵粒，由于贮放在垛顶垛底位置环境不同，对孵化率也有

显著的影响。据1980年5月26日调查，结果如表3：

在垛底的卵粒，处于低温密闭的条件下，不仅孵化率高，卵的孵化期也有所延长，至5月底左右为孵化末期，较正常孵化期延长半个多月。据此估计，田间秸秆根茬上的越冬卵，在相对低温密闭条件下，可能成为早春虫源的一部分。

二、干母个体发育及代数观察

春季由高粱蚜卵孵出的干母，实行单个饲养，一般经过3次蜕皮（个别4次）变为成虫。干母若虫各虫龄的历期，据35头饲育观察统计，自卵孵出至第一次蜕皮前为一龄期，需6天，二龄期需4.2天，三龄期需5.1天，四龄期需4.4天，若虫期总长一般为12～28天，平均21天左右。据调查自一龄若虫开始至成虫死亡为止，整个生活期为40～69天，平均50天左右。干母变为成虫后就可以繁殖，开始胎生干雌，干母一生产仔数为30～114头，平均为72头左右，日产仔数平均为2.5头左右。一般产仔蚜的高峰日在初产仔后的15天左右。干母产生的干雌若蚜，经8.9—11天（见表4），可以变为成虫继续胎生小若蚜，干雌经2—3代繁殖，即生产有翅胎生雌蚜，开始向大田迁飞。

表4

干雌代数	调查头数	干雌若虫阶段（天）			干雌成虫寿命（天）		
		最长	最短	平均	最长	最短	平均
1	10	16	7	11	23	8	17.6
2	10	15	6	8.9	33	8	17.8

为了明确高粱蚜在我区发生的代数，从6月20日高粱蚜在高粱植株上定居时起，至9月下旬，在田间观测蚜虫发生的代数，并与用数学推算法产生的代数相互参照比较〔注〕结果见表5。

表5

日期	总有效积温（总积温—起点温度）	计算代数（用每代有效积温除）	田间观测代数
7/4--7/25	392.3日度	4.1代	5代
7/26—8/19	432.9日度	4.5代	4.5代
8/20—9/30	473.1日度	5代	5代
合计		13.6代	14.5代

通过7月4日至9月30日，田间实测代数为14.5代，用有效积温法推算为13.6代，两方法所得结果基本吻合，今后两种方法均可使用，但以数学推导法较为方便。

（注）实测代数法：在田间高粱植株上，用夹笼接虫，每笼一虫，每五天调查一次，当发现雌蚜产仔后就去掉老雌蚜，只留下一头若蚜，记做一代，为此一代代记录，并记载产仔日期及产仔数。

数学推算法：

基本公式：$T = CV + t$

T：环境温度 C：有效温（单位日度），V：发育速度（完成一个发育阶段所需日数（N）倒数 $V = \frac{1}{N}$），t 发育起点温度

这次计算时所用的公式：

$$\begin{cases} \Sigma T = C\Sigma V + Nt \cdots\cdots (1) \\ \Sigma TV = C\Sigma V^2 + t\Sigma V \cdots\cdots (2) \end{cases}$$

三、早期高粱蚜的迁飞及田间分布

在早夏季节，不论田间蚜卵残留基数的多少，高粱蚜开始向大田迁飞的数量都是很小的。根据1980—1982年在沙岭子调查结果，田间自然迁飞的初见时间，几乎都在6月下旬。例如1980年在大田6月21日始见，在黄色粘诱蚜板上6月21日及24日先后两次共诱到高粱蚜5头；1981年大田在6月19日始见，在诱蚜板上为7月11日1头；1982年大田在6月23日始见，在诱蚜板上6月23日1头。根据这些观察，在我地区可以归纳成在6月中旬末，高粱蚜的有翅蚜开始形成，6月下旬开始向大田飞迁。使用黄色粘诱蚜板测查，基本上可以反映高粱蚜向大田飞迁的开始时间，唯诱到的数量始终保持在低水平上，得不到发生的始、盛、末期和发生量的观测资料。

为了深入剖析高粱蚜在田间的发生和分布，于1980年7月12日，调查一块高粱地，北面邻近上一年高粱地的老地埂，其中可能有越冬虫源分布，南面是大路较空旷，调查时从邻近地埂的地边开始，每隔一米统计1次，每次调查50—60株，统计蚜虫分布情况见表6：

表6

调查点位置	带虫的叶片序数（自下而上）	带虫株数	合计	蚜虫数	合计
沿地边边行50株	1	2	10	26	143
	2	4		101	
	3	1		13	
	4	1		1	
	5	1		1	
	6			1	
自地边向里1米，50株	1	9	18	96	171
	2	3		33	
	3	3		21	
	6	3		21	
自地边向里2米，60株	1	4	22	336	1027
	2	12		642	
	3	4		46	
	4	2		3	
自地边向里3米，60株	5	3	6	3	6
	6	3		3	
自地边向里20米，60株	0	0		0	
同一块地另一边边行，85株	2	1	5	6	173
	3	1		133	
	6	2		21	
	7	1		13	

从这个调查数据中可以看出，高粱蚜初发生时，首先是在靠近草埂渠边的高粱田发生，深入田间3米左右，在此范围内往往先有有翅蚜降落，随后繁殖成为群落。高粱蚜为什么开始发生时地边虫较多，而地中央较少？其原因可能与虫源的分布与迁飞的习性有关。假定在地边渠埂杂草中有高粱蚜的越冬虫源，是就近迁飞转移的结果。此点仍有待进一步调查证实。高粱蚜群落在高粱植株上发生的位置，大部是距地面最近的1—3个可见叶上，这点可能与高粱蚜初发生阶段，经常潜伏在高粱幼苗的根茎处有关，在根际附近成活的高粱蚜，可就近爬至1—3可见叶上，到7月中旬1—3叶上的蚜虫虫口密度已大，借助爬行活动，分散在附近的植株上，形成点片发生状。用地中心和地边高粱植株上的蚜量做比较时，可以看出，在地边或株间宽阔处，有翅蚜飞聚较多，为害较重，在植株稠密处蚜量反少，这是高粱蚜在飞迁过程中又一特征。

四、虫情消长与气候条件的分析

为了探讨高粱蚜在田间的发生消长规律，从1980年7月3日开始，到9月17日结束，在高粱田间进行了定期定株系统观察，记载蚜虫繁殖数并与大气温湿条件结合分析。根据蚜虫在田间消长速率的变化，划分成7个阶段，剖析如表7：

表7

阶段	日　期	天数	平均单株蚜数	阶段平均虫口增长率%	阶段平均气温（℃）	阶段平均湿度%	温湿系数
一	7/3—8	6	25	1.1	21.70	62.17	2.86
二	7/9—16	8	145	49.07	24.40	72.87	2.98
三	7/17—28	12	835	23.06	23.62	65.91	2.79
四	7/29—8/12	15	6226	17.33	22.99	70.06	3.04
五	8/13—26	14	3428	—30.29	21.23	67.07	3.15
六	8/27—9/5	10	333	—17.44	17.64	71.10	4.03
七	9/6—17	12	33	—47.46	14.92	59.91	4.01

第一阶段：（7月3—8日）高粱蚜数量稀少，单株有蚜数维持在25头左右，对作物为害很轻，温度较低，平均气温为21.7℃，蚜量增长很慢。经常受高温及风雨影响而出现起伏。

第二、三阶段：（7月9日—28日）温度迅速增高，平均达23.62—24.4℃。温湿系数保持在3以下，成为较适宜的发生条件，因此虫口平均增长率较高，为23.06—49.07%，蚜虫数分别较前一阶段猛增4—5倍。自7月中旬起，形成大批有翅蚜并开始飞散。在7月26日调查，有翅蚜多降落在高粱植株的第7—14叶上。原来在飞散的初期，蚜虫的分布局限于下部第1—6叶上，现已向上发展延及顶叶，有蚜株率达100%，有蚜叶率为85—92%，但从蚜数的分布看，单株虫量往往畸多畸少，，以定株调查结果为例，单株蚜量最多的为4,105头，最少的为197头，相差20倍，平均每株有蚜1,231头。据统计，在20株中，单株有蚜900头以下的有14株，1,000—2,000头的有3株，4,000头左右的有3株。所以在7月底发生的特点是有少量植株，聚集大量蚜虫为害，是即窝子蜜阶段，是全田普治适期的指标。

第四阶段：（7月29日—8月12日）气温较高，平均达23℃，尽管湿度偏高，温湿系数为3.04，蚜虫数量仍呈持续不断的增长，成为全年蚜量的最高峰，平均单株有蚜1,000头左右，最高者近1万头，有翅蚜进入盛发阶段，有翅型雏蚜也随蚜虫的增殖而加多，约占总数的7—9%。有翅蚜的大量出现，为蚜虫迅速普及提供条件。值得注意的是蚜虫增殖与流油密切相关，在7月底8月初，由于蚜虫急剧增殖，若蚜迅速长大，从而继续繁殖，需要吸收大量营养汁液，而进入流油高峰，在此时对作物的危害最大，如疏于防治，不及时消灭蚜虫以制止流油，就会使高粱植株耗尽营养，枯萎死亡。

第五、六、七阶段：（8月13日—9月17日）气温逐渐下降，由温和至冷凉，三个阶段的平均气温分别是21.2℃、17.6℃、14.9℃，温湿系数由3.15至4.03，蚜虫从顶盛

期向消亡期转化，对作物的直接为害已经不重。这个阶段的特点是蚜虫繁殖率低，产仔量减缩，所以叶上所见全是大蚜虫，小蚜虫特别少，加之气温低、攀附不牢，再经过风吹振动之后，大小蚜虫自动落下，所以蚜虫数量越来越少，其增长率都是负值。

从以上七个阶段来看，高粱蚜的生育数量，个体的增长与为害轻重，都和温度有密切关系，其相关系数r＝0.8910（p＜0.01），如表7所示，平均温度在24.4℃时，虫口增长率最高，达49.07%；23℃左右时，虫口增长率为17.33—23.06%；21℃左右时，蚜虫虫口逐渐下降，增长率为－30.2%；14—17℃时，蚜虫数急剧收缩，增长率为－17.44—－47.41%。相对湿度只在温度决定性影响下起调节作用，一般是在65%以上有抑缓作用，65%以下有促进作用。

由于高粱蚜的迅速发展与高温条件有密切关系，在第一至第五阶段（7月中旬至8月下旬），是高温酝育蚜虫，在一年内决定发生盛衰的关键时期。就旬平均气温的高低讲，7月中旬至8月中旬也就是全年温度最高的几个旬，用这几个旬的温度湿度，可以预测高粱蚜的发生为害程度，此从张家口地区近11年（1972—1982年）高粱蚜发生情况和张家口气象台的气象资料相对照可以得到证实（气象资料从略，编者）：1972、1975和1980年是三个高粱蚜发生严重的年份，此四年七中、七下、八上、八中4旬气温平均值分别比多年平均值（1961—1982年）高0.46℃、1.58℃和1.33℃，此4旬的湿度平均值分别比多年平均值低10.22%、5.71%和11.12%，因此温湿系数分别是2.525、2.617和2.397，显著低于温湿系数多年平均值（3.026）。1973、1977、1978、1981和1982年是发生较轻的年份，它们的4旬平均气温分别是22.03、22.18、22.37和22.32℃，接近于多年平均值22.72℃，湿度都较高(67.1—72.5%)、温湿系数也较大(3.006—3.143)。1974、1976和1979年是发生轻微的年份，它们的4旬温度较多年平均值低0.57—1.41℃，同时它们的相对湿度高于多年平均值4.93—7.23%，所以温湿系数都是最高的，分别是3.431、3.520和3.339。

综合以上观察结果，高粱蚜发生的生态条件，在7月中旬至8月中旬内，旬平均气温以23.5—25℃是适发温度，在这个范围内温度越高发生程度越烈。但超过26℃以后，是否对高粱蚜的生长发育有抑制作用，尚有待进一步证实。旬平均气温19—22℃对高粱蚜的发生有抑制作用，在这个范围内温度愈低发生程度愈轻。在发生季节内也可看到，湿度的高低对虫口的发育同样也起着抑促作用，表现在温湿系数上，湿度高时，温湿系数即大，据1972—1982年的高粱蚜发生盛衰和气象资料可以看出，在7月中旬至8月中旬这4个旬内，平均温湿系数2.428—2.617为适宜发生的指标，被害即严重；温湿系数3.1—3.143为不适宜发生的指标，高粱蚜发生较轻；温湿系数3.313—3.431为抑制发生指标，高粱蚜的发生程度将是轻微，甚至对产量无影响，温湿系数与发生程度呈高度负相关，相关系数r＝－0.9497（p＜0.01）。

在高粱蚜的发生末期，即第六、七阶段（8月下旬至9月中下旬），因适应秋凉环境的需要，体色有变化，由白黄色高粱蚜中产生紫色或灰色型蚜，较耐低温，它在总蚜数中所占的比例随温度的下降而增加，故与平均气温之间的关系呈高度负相关（相关系数r＝－0.7522，p＜0.02），据1981年8月26日观察，此时平均气温从23℃下降至19℃左右，温湿系数为3.5。在这样条件下，白黄色的高粱蚜因受低温影响，虫口数量急剧

减退；而此时在白黄色型蚜中，个别出现紫色型及灰色型蚜，能适应较低温度，它的虫口逐渐单独增殖，代替原来的白黄色型蚜而成主要的蚜虫，至9月中下旬，温度再次下降到14.5—15.1℃，温湿系数达到4.68—4.50时，灰色型蚜的虫口反而出现急剧上升的趋势，但至10月中下旬严霜以后，高粱植株枯死，蚜虫也随之死亡。

五、高粱蚜秋季产卵与气候因素的分析

高粱蚜在田间产卵的时间，据观察一般发生在秋收前后，即9月中、下旬。我们根据高粱蚜近4年（1979—1982）在田间的产卵情况（大体上1979、1980两年产卵早而多，1981和1982年产卵迟而少）从气候上予以分析对比，结果如表8：

表8

年份	旬平均最低气温			产卵情况	
	9月中旬	9月下旬	10月上旬	迟早	多少
1979	9.1	2.41	3.2	早	多
1980	7.0	3.27	6.5	早	中
1981	6.52	7.86	1.18	迟	少
1982	8.38	7.0	4.36	迟	少

高粱蚜的产卵与旬平均最低温度有密切关系，在旬平均最低温度降低到4℃左右时，能刺激蚜虫分化产生性蚜，交配产卵准备越冬。这个温度出现越低，对蚜虫的刺激作用越大，性蚜分化的比例多，产卵量高。如1979年9月下旬的旬平均最低温为2.4℃，其中有三天最低温度出现0—1.5℃，当年在高粱收割前即已开始产卵，凡被害的高粱叶片上均有卵，高者达数百粒以至上千粒，蚜卵在杂草上也极易找到。1980年是高粱蚜大发生年份，9月下旬旬平均最低温为3.3℃，其中有3天最低温度出现0.7——0.8℃，当年也在高粱收获前开始见卵，随后10月上旬温度又转高为6.5℃，不利于性分化及产卵，故卵量低于1979年，100株高粱上只能找到200粒左右的卵。1981和1982年均属轻发生年，产卵量亦少，主要由于这两年秋季温度高，在9月下旬平均最低温仍达7.0—7.86℃，1981年10月上旬旬平均最低温度为1.18℃，极端最低温达到－4℃，使刚分化的雌雄蚜产卵甚少而冻死。1982年10月上旬旬平均最低温为4.36℃，极端最低温只有1天达到2℃，对蚜虫性分化刺激力量弱，推迟了产卵雌蚜的形成，故产卵量极少。在1982年10月8日，在郭磊庄公社附近高粱秆上调查，在220个蚜虫中，雏型雄蚜8个，占总数的0.3%，产卵雌蚜29个，占13.2%，其余83.1%都是孤雌生殖的雌蚜，不能产卵，当时仅发现10几粒卵，说明产卵才刚刚开始，但气候条件急转直下，在10月中旬的后半期，连连出现低温，将高粱蚜直接冻死而不产卵。

从以上调查可以得出结论，高粱蚜必须要有低温刺激，才能实现性分化。低温的指标以旬平均最低温为2.4—3.27℃左右为宜，其中应有连续3天极端最低温度在0℃左右。高粱蚜的产卵必须在9月下旬进行，过早气温有回升，过晚到10月上、中旬气候有骤变，进入严霜季节，都会影响蚜虫的成活和产卵，所以9月下旬能否出现适当低温，促使蚜虫性分化；是影响高粱蚜产卵多少的关键因素。

小　结

（一）高粱蚜的卵越冬，产卵场所除高粱叶及根茬叶鞘外，以白草秋季聚蚜数量

大，产卵多。但因用高粱蚜干母在田间接种未获成活，因此确认白草是高粱蚜的第一寄主，尚须做进一步的观察。高粱蚜卵在孵化前须经0℃以下低温锻练，在变温条件下，可较恒温提高其孵化率，卵在高温低湿条件下死亡率较高。

（二）田间有翅蚜虫最早出现日期在6月下旬左右。根据观察高粱田边3米左右范围内，迁飞蚜降落较多，最早聚集场所在高粱植株下部1—3叶上。

（三）通过饲育观察，明确高粱蚜干母发育的龄期、日数和生育力；用有效积温可以计算出高粱蚜繁殖代数。

（四）虫情消长与气候条件的关系，根据虫情分析，在高粱蚜盛发阶段内（7月中旬至8月中旬），旬平均温湿系数为衡量或预测高粱蚜发生盛衰的标准，其中以2.428—2.617为适宜发生的指标，被害将严重；以3.1—3.143为不适宜发生的指标，发生较轻；以3.313—3.431为抑制发生的指标，发生程度较轻。到高粱蚜发生末期（8月下旬至9月中下旬），因形成灰色蚜，较适应低温，其发生程度不再受以上指标的限制。

（五）高粱蚜产卵的气候条件，要求在9月下旬出现适当低温，即旬平均最低气温2.4—3.3℃，其中有连续3天最低气温为0℃左右，可以刺激性分化，产生雌雄蚜，交配产卵越冬。如不能适时出现低温，将严重影响高粱蚜在田间的产卵数量。

（上接第55页）

温室白粉虱种群猛长的基础，使天敌和害虫保持平衡繁衍，达到压低害虫种群的目的。

四、小结

以生物防治为主的综合治理是今后控制温室白粉虱增殖的主要方向。协调其它措施，如处理温室（低温冷冻-17℃经48小时和药剂熏蒸）、培育“无虫苗”，苗期用药消灭潜在虫源，成株期整枝打杈、摘除老叶，用黄板或黑光灯诱杀，狠压虫口密度等，在适宜的温、湿度环境条件下，适时适量释放丽蚜小蜂，使天敌和害虫在种群数量之间一直能以低密度的水平，保持一定平衡状态，可以把害虫控制在经济为害水平以下。

（上接第 28 页）

主 要 参 考 文 献

（1）《玉米遗传育种学》编写组，《玉米遗传育种学》科学出版社 1979.7。

（2）山东农学院农学系玉米育种科研小组，对预见性的组配强优势玉米杂交组合问题的探讨，《全国玉米杂种优势利用研究协作会议资料选编》 1973.9

（3）郭伟：根据玉米亲本性状选配优势单交组合的初步分析，《黑龙江农业科学》 1981年6期。

（4）黄森坤、苏若秋：玉米抗病性鉴定方法的研究，《河北农学报》 1981年6卷2期。

（5）河南省新乡地区农业科学研究所编：《玉米育种和良种繁育》农业出版社 1978.7。