

热带种质在北方早熟春玉米改良中的利用^{*}

苏 俊, 阎淑琴

(黑龙江省农科院玉米研究所, 哈尔滨 150086)

摘要: 选用甸骨 11A 及其导入比例不同热带种质的热导选系和热带种质占 25% 比例姊妹系共 9 份材料, 以早大黃、红玉米为测验种, 采用二因素试验设计, 测定了甸骨 11A 热导系杂交组合的产量和对照优势、农艺性状及自交系农艺性状。结果表明: 同一自交系在不同的测验种间表现不同。若用“甸骨 11A×早大黃”模式则采用 Evt5 导入甸骨 11A 选系效果较好; 若用“甸骨 11A×红玉米”模式, 则用 suwan1 导入甸骨 11A 选系杂交种产量高。suwan1 导入甸骨 11A 的比例以 12.5%~50% 为宜, 其中 25% 的导入比例综合效果较理想。在 suwan1 导入甸骨 11A 占 25% 的 3 个姊妹系间, 其杂交种产量和农艺性状及自交系本身的主要性状均有较大差异, 表明在导入遗传基础较广泛的热带种质的选系中, 保持一定数量的姊妹系是有益的。

关键词: 早熟春玉米; 热带种质; 遗传改良

中图分类号: S 513.03 文献标识码: A 文章编号: 1002-2767(2006)03-0003-05

Utiliazation of Tropic Germplasm in North Early—Matured Spring Maize Improvement

SU Jun, YAN Shu-qin

(Maize Research Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, 150086)

Abstract: Nine materials were selected including Dian 11 and its introduced lines with different tropic germplasm, different tropic germplasm proportion and the sister lines with 25 percentage tropic germplasm. Taking Zaodahuang and Hongyumi for test varieties, the yield, comparative predominance and agronomy traits of cross combinations of lines formed by introducing tropic germplasm into Dian 11 are tested through two-factor test design, agronomy traits of inbred lines were also tested. The results indicate that: same inbred line showed differently among different test varieties. To introduce Evt5 into Dian11 inbred lines could get good results if adopting the mode “Dian 11×Zaodahuang”, to introduce Suwan1 into Dian11 inbred lines could get high hybrid yield if adopting the mode “Dian 11×Hongyumi”, of the Suwan1 proportion in Dian11 from 12.5% to 75%, 12.5%~50% was moderate, 25% showed the best general results. There were significant differences among three sister lines (25% Suwan1) in their hybrids' yield, agronomy traits and main characteristics of inbred lines. It was benefit to contain some numbers of sister lines in inbred lines when introducing tropic germplasm with broad genetic background.

Key words: early-maturity spring maize; tropical germplasm; genetic improvement

优异的玉米种质是玉米杂种优势利用的基础。玉米种质遗传基础狭窄是世界玉米主产区普遍存在

的问题^[1,2]。玉米起源于南美洲, 大多数种质资源适应热带亚热带气候。而玉米主产区却在温带(其

* 收稿日期: 2006-02-09

基金项目: 国家 863 计划项目(2001AA241051); 黑龙江省科技攻关项目(GB01B102, GB04B103)

第一作者简介: 苏俊(1956—), 男, 黑龙江省鸡东县人, 研究员, 从事玉米遗传育种研究。Tel: 0451-86665731; E-mail: sujun336@126.com

面积和总产分别占世界的 80%、90%), 在生产上仅利用了少数几类种质。如美国上世纪 40~80 年代以前主要利用的是 Read 和 Lancaster 两个优势群及之间的杂优模式。近年来我国生产上应用的主要种质塘四平头、旅大红骨、Read、Lancaster 四大类群及其间的杂优模式^[3~7]。黑龙江省地处我国北方早熟春玉米区最北端, 纬度高(45°~48°N), 日照长, 无霜期短(95~135 d), 有效活动积温少(1 900~2 800℃), 玉米生育期间昼夜温差大, 前期气温低, 中期雨热同季, 后期多有早霜发生。受特殊生态条件的影响, 玉米种质资源匮乏问题尤为突出, 一是适于该地区的种质资源本来就有限; 二是外来种质直接利用可能性小, 风险大, 改良利用的难度大。玉米种质遗传基础狭窄导致两方面问题: 一是育种进展缓慢, 育成有突破性的品种少; 二是在生产上有诱发突发性病害的危险, 给玉米生产带来了潜在性的遗传脆弱性, 使玉米生产处于一种危险中。种质资源狭窄是限制我国玉米育种和可持续生产发展的重要因素, 为了缓解种质遗传基础狭窄的矛盾, 拓宽和丰富我国玉米育种优良素材, 玉米育种者作了大量研究。育种实践表明利用外来种质是拓宽我国现有玉米种质遗传基础, 丰富我国玉米种质资源的重要途径^[4]。热带亚热带玉米种质在长期的进化中形成了广泛丰富的遗传变异, 具有抗逆性强, 根系发达, 叶片浓绿, 持绿期长等优良遗传特性^[4, 8, 9]。引入这些优异玉米种质, 建立新的玉米杂优模式是我国玉米育种取得突破性进展的基础^[10], 但由于热带亚热带玉米种质在温带存在强烈的光温反应, 产生各种不适应, 直接利用有一定的难度^[9, 11]。热带种质导入研究已列入攻关计划, 就其利用进行了广泛研究, 并取得一定进展。但由于研究方法 & 地域条件等不同, 报道的结果也不尽一致, 尚有一些问题需进一步探讨^[3, 11]。如光反应问题, 类群划分及杂优模式问题等。黑龙江省农科院自上世纪 90 年代以来就开展了热带亚热带种质在北方早熟春玉米育种中的利用研究, 做了大量工作, 并取得了一定进展。利用热带种质导入选育的自交系及杂交种已在生产上应用。本文以当地骨干自交系甸骨 11A 导入热带种质育成的稳定自交系为材料, 就导入热带种质的种类、导入的比例及导入热带种质姊妹系间的配合力及主要农艺性状的变化等问题进行了初步研究。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1991 年与云南省农科院作物所和广西省农科

院玉米所合作, 用甸骨 11A 等 16 份当地骨干自交系为母本, 热带种质 suwan1、墨黄 9 号、辐苏 1 号、Evt5 等为父本开展了热带种质的异地导入工作。次年对获得的热带种质导入材料, 分别与其父本、母本在海南岛育种基地各回交一次, 获得了父、母本的 BC1 种子, 之后在黑龙江省农科院将甸骨 11A 等当地骨干系再次回交获得当地种质(母本)的 BC2 种子。将获得的导入不同热带种质及热带种质占不同比例(分别占 75%、50%、25%、12.5%)的基础材料, 在黑龙江省农科院玉米育种圃进行自交系的选育。在自交系稳定后进行病害鉴定及配合力测定。选用自交系甸骨 11A 导入热带种质育成的稳定自交系为材料, 其中包括导入不同的热带种质, 导入 suwan1 的不同比例及导入 suwan1 占 25%比例的姊妹系。测验种选用自交系红玉米和早大黄。2002 年以甸骨 11A 和甸骨 11A 的 9 份热导改良系为母本, 2 个测验种为父本, 组配 20 个杂交种。以甸骨 11A×红玉米(龙单 5 号)作红玉米为测验种的对照品种, 甸骨 11A×早大黄(嫩单 3 号)作早大黄为测验种的对照品种。这两个测验种均与甸骨 11A 有较强杂种优势, 嫩单 3 号、龙单 5 号都曾是当时当地主栽品种之一。

表 1 试验材料来源

材料代号	来源	热带种质 占比例(%)
RD1	(甸骨 11A×墨黄 9)×甸骨 11A	25
RD2	(甸骨 11A×Evt5)×甸骨 11A	25
RD3	(甸骨 11A×辐苏 1)×甸骨 11A	25
RD4	(甸骨 11A×suwan1)×suwan1	75
RD5	甸骨 11A×suwan1	50
RD6	[(甸骨 11A×suwan1)×甸骨 11A] - 1	25
RD7	[(甸骨 11A×suwan1)×甸骨 11A] - 2	25
RD8	[(甸骨 11A×suwan1)×甸骨 11A] - 3	25
RD9	甸骨 11A×suwan1)×甸骨 11A×甸骨 11A 12.5 甸骨 11A(CK)	

1.2 试验设计

按二因素随机区组设计, 以改良自交系(9 个材料)和测验种(2 份)为试验因素。组配的 18 个杂交组合及 2 个对照共 20 个杂交种, 随机区组设计, 三次重复。每小区 2 行, 行长 4.5 m, 行距 70 cm, 株距 30 cm。2003 年在黑龙江省农科院试验地种植, 以小区为单位进行田间性状调查及室内考种。调查主要性状: 株高、穗位高、出苗至散粉日数、出苗至抽丝日数。室内考种: 穗长、穗粗、行粒数、粒行数、百粒

重、平均单穗粒重。计算产量对照优势：
对照优势=100×(某组合产量值-对照产量值)/对照产量值

2 结果与分析

2.1 杂交组合产量和对照优势分析

表 2 列出了产量方差分析结果, 杂交组合间的方差达到极显著, 由此说明组合间产量存在显著差异。表 3 列出了杂交组合平均单穗粒重和对照优势。组合平均单穗粒重 140.7~219.3 g, 对照优势-19.9%~26.8%。对照品种嫩单 3 号、龙单 5 号平均单穗粒重分别为 175.7 g 和 146.4 g。用早大黄的作测验种的组合, 比对照嫩单 3 号产量高的组合有 5 个, 对照优势 2.0%~24.8%, 比对照产量低的组合有 4 个, 对照优势-19.9%~-5.2%。其中

RD2×早大黄(正对照优势)、RD4×早大黄(负对照优势)与对照嫩单 3 号差异显著, 其它组合均不显著。用红玉米作测验种的组合比对照龙单 5 号增产的有 6 个, 对照优势 2.5%~26.8%, 比龙单 5 号减产的有 3 个, 对照优势-10.4%~-6.5%, 其中 RD7×红玉米(正对照优势)、RD1×红玉米(正对照优势), RD4×红玉米(负对照优势)与对照龙单 5 号

表 2 杂交组合产量方差分析

变异来源	DF	SS	MS	F
区组间	2	264.8	132.4	0.95
组合间	19	22789.1	1199.4	8.62
测验种间	1	1588.3	1588.3	11.41**
自交系间	9	9841.8	1093.5	7.86**
自交系×测验种间	9	11359.0	1262.1	9.07**
误差	38	5288.5	139.2	

表 3 杂交组合平均单穗粒重和对照优势

早大黄					红玉米				
材料代号	平均单穗粒重(g)	对照优势(%)	平均单穗粒重(g)	对照优势(%)	材料代号	平均单穗粒重(g)	对照优势(%)	平均单穗粒重(g)	对照优势(%)
RD1	179.2	2.0	181.0	13.6	RD6	163.6	-6.9	172.7	8.4
RD2	219.3	24.8	149.0	-6.5	RD7	186.9	6.4	202.0	26.8
RD3	191.2	8.8	142.7	-10.4	RD8	166.6	-5.2	163.3	2.5
RD4	140.7	-19.9	146.4	-8.1	RD9	182.6	3.9	165.8	4.1
RD5	160.6	-8.6	181.3	13.8	甸骨 11A (CK)	175.7		146.4	

差异达显著, 其它组合差异均不显著。

2.2 杂交组合材料来源分析

2.2.1 不同的导入材料选育的自交系间 由表 2 可知 2 个测验种之间的产量差异显著。说明同一自交系与不同测验种的杂种优势有很大差异。RD1×红玉米产量对照优势 13.6%与对照龙单 5 号差异显著, 而 RD1×早大黄的对照优势只有 2.0%, 与对照嫩单 3 号差异不显著。RD2×早大黄产量对照优势 24.8%与嫩单 3 号差异显著, 而 RD2×红玉米产量的对照优势为-6.5%, 但差异不显著。RD3×早大黄的对照优势 8.8%, RD3×红玉米的对照优势-10.4%。但二者与对照差异均不显著。RD4、RD5、RD6、RD7、RD8、RD9 均是导入 suwan1 的选系, 除 RD4 外其它几个系与红玉米组合均表现正对照优势, 且 RD7 组合与对照差异显著; 而与早大黄的对照优势分别为-19.9%、-8.6%、-6.9%、6.4%、3.9%, RD4 负优势与对照差异显著, 其它与对照差异均不显著。由此可以看出 suwan1 和墨黄 9 号导入甸骨 11A 的选系与红玉米有较强杂种优势, 而与早大黄表现优势不强或较弱; Evt 导入甸骨 11A 的选系与早大黄表现较强的正优势, 而与红玉米则表现为负优势; 辐苏 1 号导入甸骨 11A 的选系

与早大黄的杂种优势为正值, 与红玉米则为负值。由此看出, 在热带种质资源的利用之初, 首先应对其作必要的评价, 明确其杂优类群及模式, 有目的、有计划地进行导入, 避免盲目性, 提高育种效率。从本试验结果来看, 将热带种质导入地方早熟自交系甸骨 11A 时, 若用甸骨 11A×红玉米模式则导入 suwan1 效果较好, 而用甸骨 11A×早大黄模式则导入 Evt5 比较理想。

2.2.2 导入不同比例热带种质的选系间 RD4~RD9 均是将 suwan1 导入甸骨 11A 的选系, 其导入比例分别为 75%、50%、25%、12.5%。由以上结果可知, 导入 suwan1 的甸骨 11A 选系与红玉米有较强杂种优势, 与早大黄则优势较弱或负优势。RD4 (热带种质占 75%), 与早大黄、红玉米的对照优势均为负值, 且 RD4×早大黄与对照差异显著。RD5 (热带种质 suwan1 占 50%)与早大黄测交表现为负向对照优势, 但差异不显著, 而与红玉米测交则表现为正向对照优势、且差异显著。RD6、RD7 和 RD8 中均含有 25%的 suwan1, 与早大黄测交的对照优势有正、有负, 但与对照差异均不显著; 与红玉米测交的对照优势均为正值, 且 RD7 的测交组合与对照差异显著。RD9 (含 12.5%的 suwan1) 的所有测交组合

均呈正向对照优势,但与对照差异不显著。从以上结果可以看出,与红玉米杂交时,suwan1 导入甸骨 11A 的适宜比例为 12.5%~50%,其中以 25%的导入比例杂种优势最高。

2 2 3 姊妹系之间 RD6、RD7、RD8 均是 suwan1 种质占 25%比例的姊妹系。从产量统计结果看,其与早大黄的对照优势分别为-6.2%、-5.2%、6.4%,差异不显著。与红玉米的对照优势分别为 2.5%、8.4%、26.8%,而 RD7 与对照差异显著。由此可以看出,其姊妹系间的产量有较大差异。因此,在导入热带种质选育自交系时,保持一定数量的姊妹系,有利于获得配合力较高的选系。

2.3 杂交组合农艺性状分析

从表 4 可以看出同一性状不同自交系的杂交组合间(与红玉米测验种的组合)有较大差异。株高 253.0~308.5 cm,穗位高 92.3~135.3 cm,穗长 19.2~23.9 cm,穗粗 4.6~5.6 cm,穗行数 12.3~15.7 行,行粒数 36.0~43.5 个,百粒重 30.4~40.5 g,出苗至散粉日数 63.7~75.0 d,出苗至抽丝

表 4 杂交组合主要农艺性状平均值

材料代号	株高 (cm)	穗位 (cm)	穗长 (cm)	穗粗 (cm)	穗行数 (行)	行粒数 (个)	百粒重 (g)	出苗至散粉 日数(d)	出苗至抽丝 日数(d)
RD1	279.5	121.0	20.3	4.6	14.0	41.5	35.4	66.3	68.7
RD2	265.3	100.7	23.9	5.6	15.7	43.5	40.5	70.3	71.7
RD3	274.5	100.3	21.6	4.6	14.0	41.3	36.0	68.3	67.7
RD4	308.5	135.3	20.3	4.7	12.7	38.0	30.4	75.0	77.0
RD5	286.0	126.0	19.2	4.6	12.7	36.0	35.4	70.7	72.3
RD6	253.8	113.7	23.1	4.8	14.7	40.2	40.4	67.3	68.3
RD7	271.0	110.3	22.4	4.8	13.8	42.4	38.2	69.0	71.0
RD8	263.8	96.7	19.8	5.0	15.3	38.7	32.4	63.7	66.3
RD9	253.0	92.3	20.1	4.7	12.3	37.3	34.2	65.3	65.3
甸骨 11A (CK)	243.0	84.3	19.4	4.5	13.5	39.2	36.5	63.3	64.2

丝日数 66.3~71.0 d。

2.4 育成自交系主要性状分析

由表 4 可以看出,育成的 9 个自交系主要农艺性状有较大差异。表现为株高 162.6~215.7 cm,穗位 57.3~103.8 cm,穗长 14.7~18.6 cm,穗粗 3.7~4.3 cm,穗行数 10.7~16.0 行,行粒数 21.6~34.0 个,百粒重 21.5~30.7 g,出苗至散粉日数 59.0~77.0 d,出苗至抽丝日数 62.0~79.0 d。丝黑穗接种发病率 5.0%~20.5%,茎腐病接种病情指数 0%~20.9%,大斑病接种发病 0~1.5 级。甸骨 11A 导入热带种质选系与甸骨 11A 性状有了较大变化。主要变化为:熟期延后,抗病性增强,散粉期延长 2.0~13.0 d,抽丝期延长 2.0~19.0 d,大斑病降

日数 65.3~77.0 d。其主要农艺性状与对照相比,株高、穗位增加的幅度分别为 10.0~65.5 cm 和 8.0~51.0 cm,散粉和抽丝期均延后,分别延后 0.4~11.7 d和 1.1~12.8 d。导入不同的热带种质其杂交组合主要性状也各有特点:导入 Evt 的 RD2 表现为穗粗、行多、粒大;导入 suwan1 的 RD7 表现穗长、粒大。导入 suwan1 不同比例间如 RD4~RD9,株高变化 253.0~308.5 cm,穗位 92.3~135.3 cm,穗长 19.2~22.4 cm,穗粗 4.6~5.0,穗行数 12.3~15.3 行,行粒数 36.0~42.4 个,百粒重 30.4~40.2 g,出苗至散粉日数 63.7~75.0 d,出苗至抽丝日数 65.3~77.0 d。随着导入比例的增大,植株株高、穗位高增加,散粉及抽丝期延后,散粉和抽丝期最大差距 9.3 d和 12.7 d。RD5、RD9、RD10 是导入 suwan1 占 25%的姊妹系,其主要性状也有较大变化,主要表现为:株高 253.8~271.0cm,穗位 96.7~113.7 cm,穗长 19.8~23.1 cm,穗粗 4.8~5.0 cm,穗行数 13.8~15.3 行,行粒数 38.7~40.2 个,百粒重 32.4~40.4 g,出苗至散粉日数 63.7~67.3 d,出苗至抽

低了 1.5~3.0 级,茎腐病病情指数降低 21.5%~38.2%。甸骨 11A 是黑龙江省上世纪 70~80 年代应用的骨干自交系之一,生育期短,配合力高。但其存在的主要问题是抗大斑病和茎腐病。自 1985 年玉米大斑病的大发生之后,育种工作者都致力于改良其抗性,将抗大斑病基因转入甸骨 11A,其大斑病的抗性有所提高。但随着大斑病生理小种的变化,其大斑病的抗性未根本解决。从本试验的结果和笔者经验初步认为导入热带种质可以基本解决甸骨 11A 不抗大斑病的问题,随着热带种质导入比例的增加,其抗病性增强,叶片持绿性好,生育期延后,这在无霜期较短的早熟春玉米区,其应用将会受到一定限制。

表 5 育成自交系农艺性状

材料 代号	株高 (cm)	穗位 (cm)	穗长 (cm)	穗粗 (cm)	穗行数 (个)	行粒数 (行)	百粒重 (g)	散粉期 (d)	抽丝期 (d)	病害接种鉴定结果		
										丝黑穗 (%)	茎腐病病情 指数(%)	大斑 病级
RD1	185.0	63.5	15.3	4.2	12.3	28.3	30.4	67	69	8.6	10.0	0.5
RD2	148.5	50.0	18.1	4.3	16.0	30.0	30.7	70	72	6.4	4.9	0.5
RD3	185.4	58.2	14.2	4.0	14.3	26.4	21.5	66	68	10.5	17.7	0.5
RD4	215.7	103.8	18.6	3.7	12.0	26.8	23.8	77	79	20.5	0	0
RD5	191.0	81.3	14.7	3.9	12.7	30.1	27.1	70	72	14.6	6.9	0
RD6	175.8	88.5	16.9	3.8	14.3	27.5	28.8	66	67	11.5	9.6	1.0
RD7	162.6	62.7	17.5	3.9	12.7	34.0	30.2	68	70	7.0	8.9	0.5
RD8	192.0	70.1	15.6	4.3	14.0	28.2	23.1	60	64	10.5	16.7	1.0
RD9	187.6	57.3	15.8	3.8	10.7	21.6	26.3	59	62	5.0	20.9	1.5
甸骨 11A (CK)	174.0	67.2	15.2	3.7	10.3	20.1	27.4	57	60	8.5	38.2	3.0

3 结果与讨论

本试验就甸骨 11A 的 9 个热导自交系进行了研究, 试验结果初步认为:

3 1 同一热导系在不同的杂优模式中表现不同。甸骨 11A 的改良首先根据选用的杂种优势模式选用不同的热带种质, 若用甸骨 11A×红玉米模式则导入 suwan1 为好, 若用甸骨 11A×早大黄模式则导入 Evt5 更佳。

3 2 从杂交组合的产量表现及主要农艺性状和亲本自交系的综合表现看, 热带种质的导入比例应在 12.5%~50%之间, 其中以占 25%的比例综合效果较理想。关于导入热带种质的比例, 也有许多不同看法^[1, 7, 12]。张世煌先生^[13]组织了一个热带种质由南到北逐步驯化的工作, 热带种质与温带种质遗传距离较远, 若能通过逐步的驯化使其适应温带生态条件, 或许可能形成新的种质类群或杂优模式, 这是最理想的。但就黑龙江省特殊的生态条件来看, 这种方法尚有很大难度。采用异地导入, 本土选育是目前黑龙江省利用热带种质较理想的途径。导入较大比例的外来种质, 对于种质的创新是有利的。但生育期长, 光温反应强烈仍是主要限制因素, 控制导入比例是目前突破限制的手段。

3 3 本试验选用的 3 个姊妹系(RD6、RD7、RD8), 其杂交组合产量及主要农艺性状均有较大差异。因此在导入遗传基础较广泛的热带种质的选系过程中, 保持一定数量的姊妹系是有益的。这与吴景峰等^[14]的结论相一致。

从本试验结果看: 甸骨 11A 的热导选系其产量配合力有正向、也有负向, 这与导入热带种质及杂优模式的选用有直接关系。就 suwan1 导入甸骨 11A 与红玉米有较强优势来看, 除 RD4 熟期较晚、产量较低外, 其它几个组合的产量与对照相比均有不同

程度提高, 其中有 2 个达到显著水平。与甸骨 11A 相比, suwan1 导入甸骨 11A 的选系与红玉米杂交其产量配合力有较大提高, 熟期也都相对延迟, 基本解决了甸骨 11A 不抗大斑病的问题。由此可见, 利用热带种质改良黑龙江早熟春玉米区骨干自交系是可行的。

参考文献:

[1] 哈洛威, A R. 中国农业科学院作物育种栽培研究室. 玉米轮回选择的理论与实践[M]. 北京: 农业出版社, 1989 125-135

[2] 周洪生. 21 世纪我国玉米遗传育种及玉米生产的发展战略[J]. 玉米科学, 1996, 4(4): 1-5

[3] 陈彦惠. 玉米热带、亚热带种质资源利用的现状 & 展望[J]. 河南农业大学学报, 1999, 33(2): 202-206

[4] 刘纪麟. 玉米育种学[M]. 北京: 农业出版社, 1991

[5] 曾三省. 中国玉米杂交种的种质基础[J]. 中国农业科学, 1990, 23(4): 1-9

[6] 王懿波, 王振华, 陆利行, 等. 中国玉米种质基础、杂种优势群划分与杂优模式研究[J]. 玉米科学, 1998, 6(1): 1-9

[7] 刘治先, 张发军, 孟昭东, 等. 热带亚热带玉米种质的利用研究进展[J]. 山东农业科学, 2000, (4): 49-51

[8] 郭海鹰, 王玉杰, 刘家云, 等. 热带和亚热带高原种质的研究与利用[J]. 玉米科学, 1995, 3(2): 9-11

[9] 刘承建, 张莉萍, 潘光堂, 等. CIMMYT 玉米种质群体主要农艺性状的遗传变异和光周期敏感性[J]. 西南农业学报, 1999, 12(3): 30-40

[10] 胡学安, 吴凤兰, 魏良明, 等. 热带、亚热带玉米种质的研究与利用[J]. 国外农学—杂粮作物, 1999, 19(3): 4-9

[11] 潘兴明. 热带亚热带玉米种质的利用[M]. 新疆: 新疆科技卫生出版社(K)、云南: 云南科技出版社, 2003 166-168

[12] 王河成, 段运平, 石红卫. 热带亚热带种质不同导入量对玉米自交系配合力的影响[J]. 玉米科学, 1995, (3): 9-11

[13] 李新海, 李明顺, 袁力行, 等. 热带亚热带玉米种质的研究和利用[J]. 中国农业科学, 2000, 33(增刊): 20-26

[14] 吴景锋. 导入热带种质小群体选系的配合力研究[J]. 作物学报, 1991, 17(6): 424-429