

文章编号 :1003-8701(2009)03-0008-04

# 中国粒用杂交高粱研究状况

高士杰,王 阳,李继洪,李 伟

(吉林省农业科学院作物所,吉林 公主岭 136100)

**摘 要:**中国粒用杂交高粱生产中应用的细胞质主要有  $A_1$  和  $A_2$  两种类型,两系法应用较少。不育系的细胞核有南非高粱核体系、中国高粱核体系、倾向南非高粱核体系和印度高粱核体系。恢复系的种质主要是中国高粱和倾向中国高粱类型。杂种优势利用模式由南非高粱 $\times$ 中国高粱、中国高粱 $\times$ 中国高粱,发展为倾向南非高粱 $\times$ 倾向中国高粱和印度高粱 $\times$ 倾向中国高粱。植株高度由高秆改良成中秆,使产量大幅度提高。温度是影响不育性的主要因子, $A_1$ 型不育系遇到低温寡照环境败育较重; $A_2$ 型不育系雌蕊败育轻,雄蕊遇高温可散出花粉,使不育系产生少量自交结实。目前生产中应用的杂交高粱植株偏高,株型不理想,抗性有待改良。

**关键词:**粒用杂交高粱;种质基础;杂优利用模式;育种现状

中图分类号:S514

文献标识码:A

## Current Situation of Studies on Grain Hybrid Sorghum in China

GAO Shi-jie, WANG Yang, LI Ji-hong, LI Wei

(Crop Research Institute, Academy of Agricultural Sciences of Jilin Province, Gongzhuling 136100, China)

**Abstract:** In China grain hybrid sorghum, there are two kinds of cytoplasm types  $A_1$  and  $A_2$  applied in production and less applied in two-line. The cell nucleus of male sterile line includes the Kafir nuclear system, the Kaoliang nuclear system, trend Kafir nuclear system and the Shallu nuclear system. The germplasm of r-line mainly belongs to the Kaoliang type and trend Kaoliang type. The used models of heterosis mainly are the Kafir  $\times$  Kaoliang, the Kaoliang $\times$  Kaoliang, trend Kafir  $\times$  trend Kaoliang, the Shallu  $\times$  trend Kaoliang. As the plant height changed from high to middle, crop yield increased a lot. The main factor influenced fertility is temperature. The pistil of  $A_1$ -CMS has no abortion when the temperature is low and sunlight is short. The pistil of  $A_2$ -CMS has little abortion and the stamen can shed pollen with high temperature which make a little self-seed. The hybrid sorghum plant has highly height, plant type is not ideal, and resistance should be improved.

**Key words:** Grain hybrid sorghum; Germplasm foundation; The used models of heterosis; Current situation of breeding

高粱是主要旱粮作物之一,也是重要粮饲作物和酿造原料。高粱光合效率高,生理优势强,具有抗旱、耐涝、耐盐碱、耐瘠薄等多重抗逆性<sup>[1]</sup>。高粱杂种优势现象早被人们所认识,但由于高粱两性花难于生产种子,不能被生产所利用。1954年,

美国高粱专家 Stephens 等人培育出世界上第一个可在生产中应用的核质互作型高粱雄性不育系 Tx3197A,为高粱杂种优势利用拉开了序幕。我国高粱育种工作者经过 50 年的努力,培育出多批优良杂交种,对高粱单产的提高发挥了巨大作用。总结过去,对进一步改进工作,明确育种目标,提高杂种优势水平是十分必要的。

## 1 粒用高粱杂交种主要性状表现及评述

收稿日期:2008-12-16

基金项目:国家科技支撑计划项目-高淀粉高粱新品种选育及产业化示范(2006BAD02B03)资助

作者简介:高士杰(1956-),男,博士,研究员,主要从事高粱遗传育种研究。

## 1.1 植株性状

依据目前参加国家区试的杂交种来看,叶片直立性差,多为下披型;植株偏高,耐密性较差,大部分杂交种植株高度在 180 cm 以上。人工收割品种高度应保持在 160~180 cm,机械收割品种高度在 140 cm 以下。优良的品种要具备耐密植,茎秆刚韧性好和株型好的特点<sup>[2]</sup>。

## 1.2 穗性状

穗长一般在 25~35 cm。穗太长开花时间延长,不利灌浆,而且子粒成熟度有差异,粒大小也有差异。穗长究竟多长适宜,是应该考虑的问题。种植密度大的品种,穗也不必太长,一般认为 25 cm 为宜;较稀植的品种穗较大,长度相对较大些,一般不应超过 32 cm。穗太小不利于子粒分布,粒少影响产量。笔者认为穗长一般在 25~32 cm 即可。南方以散穗为好,以便防虫防霉。

## 1.3 生育期与产量性状

早熟区的杂交种生育期 118~128 d,区域试验产量 7 800~9 300 kg/hm<sup>2</sup>,生产试验产量 7 845~9 375 kg/hm<sup>2</sup>;晚熟区杂交种生育期 123~136 d,区域试验产量 7 380~8 475 kg/hm<sup>2</sup>,生产试验产量 7 050~8 625 kg/hm<sup>2</sup>。千粒重的变幅较大为 25~35 g,大粒与小粒相差近 10 g,一般以 30~35 g 较理想;应培育灌浆速度快的品种,印度高粱一般灌浆速度较快,要利用这一优点。穗粒重变幅 76~110 g 之间,按目前的种植密度穗粒重偏小,如果种植密度加大,穗粒重在 75 g 即可。

## 1.4 品质性状

早熟区培育的杂交种基本都是酿酒类型的品种,单宁含量偏高,淀粉含量相对较低,应适当降低单宁(0.5%~1.0%),提高淀粉含量。晚熟区的杂交种淀粉含量较高 72%~78%,单宁含量较适宜,但作为食用和饲用,应适当降低单宁含量,提高蛋白质和赖氨酸含量。

## 1.5 抗病虫性

在近两年通过鉴定的杂交种中,绝大部分品种的抗病性(抗丝黑穗病、叶斑病)和抗蚜性较强,但抗螟性较弱。

# 2 粒用杂交高粱的种质基础

## 2.1 不育系的细胞核类型

### 2.1.1 中国高粱细胞核体系

在中国高粱早熟区,由于该区气温低、无霜期短,Tx3197A 生育期长,不能直接利用。因此,以当地早熟地方品种测交转育,以期育成适应早熟

区种植的不育系。到 1964 年育成了矧 1A、矧 2A、红棒子 A、护 2A 等具有中国高粱细胞核的雄性不育系<sup>[3]</sup>,继而配制出一批杂交组合,从中选出吉杂 11、吉杂 22、吉杂 707 等杂交高粱用于生产。以后又转育出许多中国高粱类型的不育系,其中有代表性的是吉 2731A,用 2731A 组配出吉杂 26、吉杂 27、四杂 4 号等优良杂交种在生产中大面积推广。

中国高粱类型的不育系,熟期较早,适应性较强,但是再与中国高粱类型的恢复系杂交,优势相对较弱,同时也存在不同程度的两性花和单性花散粉问题,导致少量自交结实,影响杂交种的质量。

### 2.1.2 南非或倾南非高粱细胞核体系

Tx3197A 的细胞核来自南非高粱品种黑壳卡佛尔,3197A 引入我国后,在春播晚熟区直接用其作母本与中国高粱测配杂交种,其中应用于生产的有 60 多个,有代表性的如晋杂 5 号、忻杂 52、沈农 447 和铁杂 6 号等,为我国高粱产量的提高发挥了重要作用。辽宁省农科院高粱研究所于 1979 年,从美国引进 Tx622A 系列不育系<sup>[4]</sup>,经鉴定和测配,育成许多杂交种应用于生产,其中有代表性的如辽杂 1 号、锦杂 83、铁杂 8 号、沈杂 6 号和桥杂 2 号<sup>[5]</sup>等。622A 是美国得克萨斯农业和机械大学、得克萨斯农业试验站用 3197B 做母本,用 SCD-170-6(IS12661)做父本杂交选育的不育系。利用 3197B 和 622B 与其它高粱类型杂交培育出许多倾南非高粱类型的不育系,如熊岳 21A、营 4A、吉 1105A、TL169 系列不育系等。

### 2.1.3 印度高粱细胞核体系

辽宁省农科院高粱研究所卢庆善于 1983 年从国际热带半干旱地区作物研究所(ICRISAT)先后引进一批高粱品种资源和育种材料,大大丰富了中国高粱种质资源,拓宽了高粱育种的遗传基础。在这批高粱材料中,鉴定后直接用于生产的当数 421A(原编号 SPL132A),该不育系育性稳定,配合力高,农艺性状好,抗高粱丝黑穗病 1、2、3 号生理小种<sup>[4]</sup>。用它组配出辽杂 4 号、辽杂 6 号、锦杂 94、辽杂 7 号<sup>[5]</sup>等通过品种审定推广,表现产量高,增产潜力大,抗病抗倒伏,稳产性好。山西省农科院高粱研究所利用印度高粱群体材料转育成 A<sub>2</sub>V4A<sup>[6]</sup>,与恢复系 1383-2 组配成中国第一个用于生产的 A<sub>2</sub>细胞质的杂交种。辽宁省农科院高粱研究所于 1986 年以 421B 为母本<sup>[5]</sup>,以 TAM428B 为父本杂交,经多代选拔回交转育成 7050A<sub>1</sub> 和 7050A<sub>2</sub> 组

配出辽杂 10 等高产杂交种。

## 2.2 生产中应用的细胞质类型

20 世纪 90 年代以前,几乎所有高粱杂交种都是以迈罗(Milo)细胞质为母本育成,因为只有能与迈罗细胞质互作产生完全不育性的品系,才能被用来作保持系,转育不育系加以利用。显然,恢复类型品种间就不能组配杂交种用于生产。这种细胞质的单一性造成了母本不育系资源的贫乏,也带来细胞质单一的脆弱性,也限制了种质资源的应用范围。因此,美国和印度等一些高粱遗传学家和育种家一直在寻找新的细胞质源,经过他们不懈努力终于发现了一些新的核质互作型雄性不育系。Schertz 等(1997)将最早发现的迈罗细胞质不育基因命名为  $A_1$ ,而将后来陆续发现的新细胞质不育基因命名为  $A_2$ 、 $A_3$  等,到目前已被确认的不同类型细胞质基因分别被称为  $A_1 \sim A_6$  以及 9E。1979 年后我国先后引进了这些不育细胞质基因。在中国,除  $A_1$  以外, $A_2$  型胞质引入较早,研究较多,于 20 世纪 90 年代初开始在生产中应用。当前粒用高粱在生产上应用的有  $A_1$  和  $A_2$  两种细胞质类型<sup>[7]</sup>,其他类型还未能应用,有待进一步研究。上世纪 90 年代山西育成晋杂 12,辽宁育成辽杂 10,吉林育成吉杂 80、吉杂 83、四杂 25 等  $A_2$  型高粱杂交种在生产中大面积应用。

$A_1$  型雄性不育系的生态适应性较差,挑旗期遇低温寡照易发生败育。 $A_2$  型不育系基本改变了  $A_1$  型不育系的缺点,它的主要优点是不败育或败育极轻,柱头较大,且生命力较强,抗性较好;主要缺点是挑旗抽穗期遇高温易出现个别两性花散粉,导致自交结实,影响纯度。

## 2.3 雄性不育恢复系的种质基础

### 2.3.1 中国高粱类型的恢复系

杂种优势利用初期,直接从中国高粱地方品种中测交筛选恢复系。对农家品种和当地推广品种进行了成百上千的测交筛选,从中筛选出许多优良恢复系,其中生产中应用最广、面积最大的是三尺三。

### 2.3.2 倾中国高粱类型的恢复系

①含南非高粱亲缘的恢复系 山西省吕梁地区农科所于 1969 年用  $^{60}\text{Co}-\gamma$  辐照晋杂 5 号种子,从后代中选出晋辐 1 号恢复系,后来其他单位以晋辐 1 号为亲本培育出许多恢复系,如沈 4003、铁恢 6、沈农 447 等。

②含亨加利高粱亲缘的恢复系 为培育杂交优势强的恢复系,利用中国高粱与亨加利高粱或

含亨加利高粱亲缘品系杂交,培育出吉 7313、吉 7384、忻梁 7 号、晋梁 5 号和唐恢 10 等。

## 3 中国粒用杂交高粱优势利用模式

根据我国不同时期推广的杂交高粱,大体可划分为 4 种杂优模式<sup>[8]</sup>。

### 3.1 南非高粱×中国高粱杂种优势利用模式

中国高粱春播晚熟区直接利用引进的 3197A 与当地高粱品种组配出遗杂号和原杂号第一批杂交高粱。这批杂交种由于植株太高,倒伏不稳产,限制了推广应用。20 世纪 70 年代初期开始了中秆杂交种选育,利用中国矮秆品种三尺三作恢复系,与 3197A 组配成晋杂 5 号为代表的晋杂号和忻杂号应用于生产,使中国杂交高粱生产迈上一个新台阶。

### 3.2 中国高粱×中国高粱杂种优势利用模式

春播早熟区由于 3197A 生育期长不能直接利用,因此,应用中国高粱保持类型材料转育不育系,再与中国高粱杂交选配杂交种。利用这些新转育的不育系组配出一批杂交高粱用于生产,其中有代表性的如:吉杂 11 和吉杂 709 等。

### 3.3 倾南非高粱×倾中国高粱杂种优势利用模式

由于利用中国高粱品种转育的不育系再与中国高粱恢复系组配杂交种优势不强,产量不突出。于是采取杂交方式选育不育系和恢复系。不育系选育主要以 3197B 和 622B 为亲本,与其它类型材料杂交选择倾南非高粱类型的不育系,如熊岳 21A、营 4A 和 TL169 系列不育系等。利用这些不育系再与杂交选育的倾中国高粱类型的恢复系杂交育成熊杂 2 号、铁杂 10 等。

### 3.4 印度高粱×倾中国高粱杂种优势利用模式

20 世纪 80 年代辽宁省农科院从国际热带半干旱地区作物研究所引进印度高粱材料后,全国对印度高粱的研究利用越来越多。辽宁省农科院首先用 421A 与矮四杂交育成辽杂 4 号,山西省农科院用印度高粱群体材料转育成  $A_2V4A$ , 以为母本育成晋杂 12, 吉林省农科院以其为母本育成吉杂 80; 后来辽宁省农科院高粱所以 421B 为母本,以 428B 为父本杂交选育出 7050A 和 352A, 辽宁育成辽杂 10, 吉林育成吉杂 83。原吉林省四平市农科院用 TAM428A 育成四杂 25, 近年我国高粱早熟区和晚熟区在生产中推广的杂交高粱大多是印度高粱×倾中国高粱杂优利用模式<sup>[8]</sup>。

### 4 两系杂交高粱研究情况

湖南省农科院 1988 年从 Tx3197A 与湘白糯高粱回交转育后代材料中发现了育性对温光敏感的材料后,开始了两系法高粱杂种优势利用研究。先后育成了糯高粱两用不育系湘糯梁 S-1、湘糯梁 2S 以及两系组合湘两优糯梁 1 号、兴湘梁 2 号等。相对三系法而言,两系法省去了保持系,简化了育种程序,组配更自由,易育成强优势组合,不过种子生产受一定的地域和时间限制。已育成的两系杂交组合具有优质、高产、矮秆、生育期适中、再生能力强等特点,特别适合机械化收割及南方各地再生栽培<sup>[9]</sup>。目前两系杂交高粱生产中的面积较小,主要受自然条件限制。

参考文献:



(上接第 2 页)

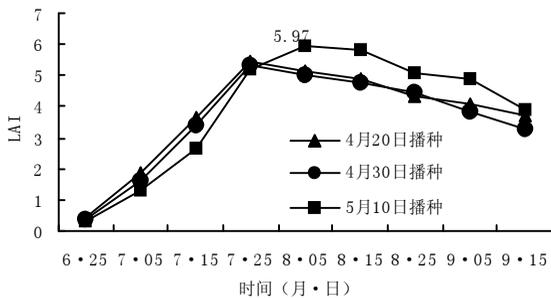


图 1 30 cm× 13.3 cm 密度下播期对 LAI 的影响

对图 1 和图 2 的对比分析表明,30 cm× 13.3 cm 密度下叶面积指数最大值为 5.97,30 cm× 16.7 cm 密度下叶面积指数最大值仅为 5.25,说明适当地增大插秧密度,更容易获得较大的叶面积指数,有利于光合作用的充分进行。

### 3 结论与讨论

适当地推迟播种期对沈农 265 产量的影响不明显(从 4 月 20 日推迟到 4 月 30 日),如果播种过晚,沈农 265 会首先满足自身的基本营养生长,具体表现是叶面积不能够及时减小,导致生殖生长的时间明显缩短而影响子粒的灌浆过程,产量大幅度降低。研究表明,沈农 265 在盘锦地区的播种期下限应该在 5 月 1 日至 5 月 10 日之间。差异显著性分析表明,推迟播种期会使结实率和公顷有效穗数均有不同程度的降低,而每穗粒数和千粒重受播种期的影响较小。由此可见,采用有效措施提高结实率和公顷有效穗数是实现晚育晚插条件下获得较高产量的关键所在。

[1] 卢庆善. 高粱学[M]. 北京:中国农业出版社,1999.  
 [2] 高士杰,刘晓辉,李继洪,等. 我国粒用高粱育种现状、问题及对策[J]. 作物杂志,2006(3):13-15.  
 [3] 李公德. 高粱育种四十年[C]. 吉林省农科院四十年,1988:36-43.  
 [4] 卢庆善,孙毅,华泽田. 农作物杂种优势[M]. 北京:中国农业出版社,2002:303.  
 [5] 裴淑华,等. 辽宁省农作物品种志[M]. 沈阳:辽宁科技出版社,1999,116-120.  
 [6] 李团银,柳青山,张福耀,等. 新型 A2 细胞质高粱杂交种晋杂 12 号选育及利用研究[J]. 中国农业科学,1999,32(1):102-104.  
 [7] 刘晓辉,高士杰,李伟,等. 吉林省杂交高粱雄性不育系的种质基础[J]. 杂粮作物,2003,23(6):326-327.  
 [8] 高士杰,刘晓辉,郭中校,等. 中国杂交高粱的种质基础及优势利用模式研究[J]. 中国农学通报,2005,21(10):106-108.  
 [9] 汤文光,刘海军,曾贤杰,等. 我国高粱育种研究进展[J]. 作物研究,2002(4):208-210.

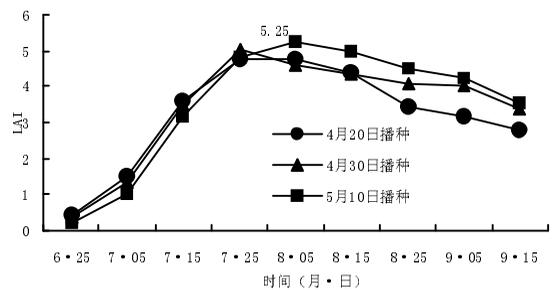


图 2 30 cm× 16.7 cm 密度下播期对 LAI 的影响

播种期对群体叶面积的影响主要表现为:生育前期(本试验中 7 月 25 日前的任意时间),早播种小区的叶面积一直大于晚播种小区的叶面积,主要原因是晚播种小区的生长时间短,干物质积累较少,表现出叶面积较小。本研究表明,增加插秧密度可提高叶面积指数。以上分析表明,晚育晚插的情况下应该重视生育前期肥料的施用,使群体能够快发猛长,提高生育前期的光能利用率,以获得较高的产量。

参考文献:

[1] 陈温福,徐正进,张龙步,等. 水稻超高产育种研究进展与前景[J]. 中国工程科学,2002,4(1):31-35.  
 [2] 高日玲. 水稻大苗晚栽节水栽培技术[J]. 耕作与栽培,2006(2):49.  
 [3] 鄢章林,何畅. 不同播种期对优质稻产量和碾米品质的影响研究[J]. 西昌农业科技,2005(2):23-26.  
 [4] 杨雅惠,汪汉林,邹应斌. 播种期对杂交水稻生育期和产量的影响[J]. 耕作与栽培,2004(3):18-24.  
 [5] 陈温福,徐正进,张龙步. 水稻超高产育种生理基础[M]. 沈阳:辽宁科学技术出版社,2004:1-2.