

文章编号: 1005-0906(2006)S1-0001-04

# 利用遗传突变基因改良特用玉米

## VIII. 爆裂玉米育种与应用技术探讨

秦泰辰, 邓德祥, 卞云龙

(扬州大学生物技术研究室, 扬州大学农学院杂种优势利用研究室, 江苏 扬州 225009)

**摘要:** 爆裂玉米引入我国已有数百年历史, 作为休闲食品在我国尚未普及。着重介绍了爆裂玉米的来源与国外研究简况和产业发展的概况。同时简要说明我国爆裂玉米的生产、研究进展。对爆裂玉米的种质资源和育种技术做了概要的论述。并对爆裂玉米品质进行了评述, 指出爆裂玉米品质应视为一种自然属性, 其改良重点在于适口性和芳香味。

**关键词:** 爆裂玉米; 种质资源; 育种; 应用技术

**中图分类号:** S513.032

**文献标识码:** A

## Application Genetic Mutant for Improvement of Particular Maize

### VIII. Discussion on Plant Breeding and Application Technology of Popcorn

QIN Tai-chen, DENG De-xiang, BIAN Yun-long

(Lab. of Biotechnology, Yangzhou University, Heterosis Research Lab. of Agriculture College,  
Yangzhou University, Yangzhou 225009, China)

**Abstract:** Many hundred years ago, the popcorn has been introduced in China. As a idle food for commercial company that it is not spreaded. The scientific investigation, production and development of popeorn has been comprehended in this paper. Meanwhile, the improvement germplasm and the technique for plant breeding of popcorn also has been evaluated. Finally, we must lay emphasis on the nice quality that was considering a natural kind characteristics of popcon. So that, the excellent mouth feel and flavour shall be outline in improving.

**Key words:** Prpcorn; Germplasm resoures; Breeding technology; Application technology

## 1 爆裂玉米研究简史

### 1.1 爆裂玉米国外研究概况

#### 1.1.1 爆裂玉米的来源与生产

爆裂玉米来源于美洲, 已为世人共识。但起源中心仍有争议。Goodman, M. M.(1988)指出, 在墨西哥玉米种群内, 有一不同的种群, 属圆锥形穗, 尖子粒种群, 多分布在墨西哥中部。其胚乳性状变化较大, 由强粉质型到爆裂型。但其植株性状(短柔毛的叶片、稀少分枝呈密集雄雌花穗和较弱的根系)是一致的。诸如 Cónico、Cónico Norteno、Chalquen 以及 Palomero Toluquen 等, 经分析这些种群还带有低纬度的种质。Nelson, Jr, O. E.(1960)指出, 上述 Palomero Toluquen

不像墨西哥其他玉米, 其第 4 染色体配子体位点有 *gal/gal* 基因型, 像 Mangelsdorf, P. C.(1974)所描述的 6 个系谱中某个系谱的祖先种群。该种群系谱的影响远达安地斯巴山脉的尖子粒爆裂玉米及其亲缘种。这说明爆裂玉米的起源中心是墨西哥, 佟屏亚也支持这一论点。爆裂玉米起源中心在南北低洼地区, 这又是一个起源中心的论点。Goodman, M.M. 在引证南美北部低洼地区如委内瑞拉、厄瓜多尔和哥伦比亚等国的玉米种质分析指出, 硬粒种或粉质种以及与其表型相似的爆裂种玉米比委内瑞拉和哥伦比亚的 Pira(白色, 雪茄型爆裂种, 穗粒很细)与哥伦比亚的 Pira Nararija(黄色, 雪茄型爆裂种, 植株高大, 迟熟)之间的亲缘关系尚未清楚。而 Mangelsdorf, P. C.(1974) 认为, Pira Narariga 是南美东部 Cateto 硬质种的祖先种(Goodman, M. M.院士也曾评述)。此外 Roberts, L. M.等对哥伦比亚西部和厄瓜多尔的种质 Chococnos 的穗形与来自委内瑞拉的种质 Chirimito、

收稿日期: 2006-03-02

作者简介: 秦泰辰(1928-), 男, 教授, 从事作物遗传育种教学及玉米遗传育种科研工作。Tel: 0514-7328062

E-mail: xiayang@yzu.edu.cn

Araguaito、Guaribero 和玻利维亚、秘鲁的 Enano 相比,发现彼此相同,但 Chococenos 植株高大,分蘖性强,迟熟,属于粉质种。所以认为 Chococenos 是一个典型生长在多雨地区的爆裂型玉米。Roberts 的论述是否可以作为爆裂玉米起源中心为南美的实例,还需商榷。

关于爆裂玉米起源的时期,考古学方面的论据表明,按照玉米化石的遗迹,用  $C^{14}$  测定,距今 4 000 ~ 4 400 年 (Beadle, G. W. 1980 年依据在墨西哥城 Bellas Artes 处 70 公尺深的岩心中发现 14 粒玉米化石,估计花粉粒存在时间距今达 2 500 ~ 8 000 年之久,而 Sears, P. B 对化石花粉年代作了质疑,认为这些化石花粉是公元前 2000 年左右的。),此期,原始爆裂玉米 Chapalote 或其近亲类型 Nal-Tel 都被印第安人栽种了。

爆裂型玉米学名为 *Zea mays everta*, 1933 年前苏联库列索夫将栽培玉米划分为 8 群,这种分类迄今有其局限性了。Anderson, E 等 (1942) 首先提出 Race (有译为“小种”、“亚种”与“宗”) 概念,以利玉米种群的分类。在 80 年代初, Hallauer, A. R. 等 (1981) 依据 Wellhausen 等的研究,把全世界归类的 300 个 Race, 经检测合并成 150 个 Race, 其中美洲占 130 个,欧洲为 11 个,剩下的 9 个分布在亚洲的其他地区。其中约 10% 的 Race 属爆裂玉米,不到 40% 的是粉质型,约 30% 的 Race 为硬粒型,多于 20% 的为马齿型(上述百分比的类别中约 30% 为甜质玉米)。可见,爆裂玉米在演化过程占有特定的意义。

从上述爆裂玉米的来历,爆裂玉米的栽种历史可以追溯到远古。据佟屏亚等论述,墨西哥的印第安人主食是未经发酵的玉米饼,印第安语称 tortilla。制作方法:玉米粒置石灰中浸泡,将已搓去皮的子粒磨成玉米粉,揉和制成玉米面团,压扁放在炙热的金属器皿上烘烤食用。秘鲁人的做法:用野生玉米或驯化初期的玉米(爆裂型玉米),用其坚硬角质的子粒在火上爆破或“爆裂”,这样就使坚硬的、难以咀嚼的子粒做成了鲜嫩的、滋味甘美且香的食物。

在哥伦布发现美洲新大陆之前,其他世界范围内几乎不知道有爆裂玉米。但爆裂玉米种植的历史已经久远。考古学家依据出土文物计算数千年地层的序列,可以窥见公元前 9000 年至公元 1500 年墨西哥埃布拉州太和坎谷地古代印第安人对玉米的驯化和改良的进程。佟屏亚曾举例说明在太和坎谷地印第安人(约在公元前 3400 ~ 5000 年)的食物变化,栽培植物占 14%,从出土的玉米穗显示出已具有栽培品种的特性,随同出土的还有供作加工坚硬玉米

子粒的石磨、磨棒和石杵等工具。这就是爆裂玉米早已问世的佐证。

早在 19 世纪,美国已将爆裂玉米当作庭院植物种植,1880 年爆裂玉米已投入商业化经营,1912 年美国商业化经营的种植面积已达 7 700  $hm^2$ 。主要品种是 White Rise, 最早进入工业化加工的爆裂玉米品种叫 Spanish。在 1934 年,第一个爆裂玉米杂交种 Minhybrid250,适应美国北部玉米带种植。随后还有 Minhybrid251 和 252、Kansas hybrid 1 ~ 4 号、Purdue hybrid p20、p38、p202 等。

### 1.1.2 国外爆裂玉米种植的面积、产量及产业化进展

目前,爆裂玉米生产地域主要在美国。早年种植的面积难以查考。Jugenheimer, R. W 报道,美国 1971 年播种后收获爆裂玉米面积为 6 946  $hm^2$ ,产量已达 3 692  $kg/hm^2$ 。在 1988 ~ 1990 年收获面积分别为 72 270、93 200 和 101 580  $hm^2$ ,相差甚多。产量分别为 2 820、3 922 和 3 701  $kg/hm^2$ ,差异甚微。商业化爆裂玉米生产基地在美国主要有 9 个州,即 Iowa、Indiana、Nebraska、Illinois、Ohio、Kansas、Kentucky、Missouri 和 Michigan。以 Kansas 州单位面积产量最高,超过 5 000  $kg/hm^2$ 。进入 21 世纪爆裂玉米的面积已达 14 万  $hm^2$  左右。

爆裂玉米在美国产业化进展迅速。农产品带有商业性的工业化生产,一般有 3 个领域:其一,农产品自身的大规模低耗高效生产;其二,商业化规模较大且具有适度加工;其三,产品销售渠道畅通,有相应的消费市场。就爆裂玉米来说,第一个领域包括种质改良研究单位、种子公司(供应杂交种)、种植农户、肥料公司、农药公司、爆裂玉米收获加工和包装公司以及营销种子经营商等。第二个领域包括爆破玉米机制造公司、微波炉公司、玉米花调味公司、玉米花加工公司、包装公司、运输公司等。第三个领域包括销售公司(打通销售渠道,销售点的布局、调整,信息传播等)、广告公司、攻关公司(调查消费动态与需求、产品的质量反馈、争夺消费市场等)。这 3 个领域是一个整体,要统一协调、配合。而且玉米花加工企业要与有关公司配合,安排、协调每年爆裂玉米播种面积,以免受到自然灾害等因素影响造成爆裂玉米产量的不足或过剩。

## 1.2 我国爆裂玉米生产及研究简况

### 1.2.1 我国爆裂玉米的引进与发展

爆裂玉米可能在 16 世纪随着硬粒型玉米同时引入我国,在 400 余年的零星栽种也形成了各种类别,由于稀少,价值不高,未能引起人们的关注。但是,作为爆米花食用,民间传承历史久远。在抗日战

争期间,由于食物短缺,爆玉米花常为摊贩兜售的食品。80年代以前全国各地也有作为休闲食品出售的爆玉米花。70年代末期,香港的美国石油公司下属的代理商看中了中国市场,把美国的爆裂玉米杂交种和玉米爆花机械打入内地,市场上出现了为群众喜爱的爆玉米花,受到人们的青睐,尤其在一些大城市(如上海、广州和北京)爆玉米花很受群众喜欢。此后,玉米育种研究单位(沈阳农业大学、中国农科院、四川及上海农科院等)与商家急速跟上,我国育成的爆裂玉米品种与改制的爆玉米花相继上市,在一些中、小城市商贩边爆边卖的场景较为普遍。由于小规模生产与经营管理工作未能跟上,爆玉米花的质量难以保证,尤其小商贩生产的产品,质量更难以达到标准。当微波炉爆粒玉米进入家庭,未能达到美国那种“火爆”现象,是值得思考的。进入90年代,外资企业在我国建立多家爆裂玉米食品加工企业,多数生产微波爆裂玉米花,以适应家庭的需求,但规模不大,影响企业的拓展。

### 1.2.2 我国爆裂玉米产业现状

爆裂玉米产业化生产在我国刚刚起步,而消费者对爆玉米花的需求也不同,这就决定产业化规模、生产方式与经营途径也不同。在一些大城市,针对重视爆裂玉米品牌和对品质要求较高层次的消费者,应从爆裂玉米杂交种抓起,保证有纯净的种子供给及其优良的加工品质,同时建立商业化的生产产业,达到规模适度、营销得法、管理有序的要求。但从目前市场供销现状来分析,上述现代化产业受到种种因素的制约,难以完善。例如有的企业开始建立优质爆裂玉米原料生产基地以替代进口的原料,因资金投入短缺、管理水平较差和政府支持力度等原因,爆裂玉米的生产难以达到优质化、规范化,更谈不上创建品牌和优良质量。

随着市场经济的发展,营养的休闲食品,将要进入我国百姓的生活。爆裂玉米是纯净的天然营养健康食品,其市场的前景必将得到我国商家的共识,与育种专家、食品营养专家携手并进,在增产的同时改进种子质量,统一品质标准,促使爆米花产品多样、口味各殊,提高适口性。同时,改良加工机械,降低生产成本,以物美价廉的产品供应社会。

## 2 爆裂玉米种质资源与育种方法

### 2.1 爆裂玉米的种质资源研究

Brunson, A. M.早在1940年指出,爆裂玉米可分米粒型与珍珠型两类,还将其分为3种亚型(subtypes),即Jap Hulless(短型穗和长子粒)、Laby Finger

(有较多小穗)以及子粒8行的亚型。

爆裂玉米的爆裂性受遗传基因型与外界环境共同影响。子粒水分含量是影响子粒爆裂性的关键因素。Eldredge, J. C.报道,子粒含水量在13.5%~15%可产生较高爆裂值,以含水量在14%时为最高值。

试验表明,爆裂玉米的爆裂性是受基因控制的遗传性状,属数量遗传。用爆裂玉米与普通玉米杂交,子代显现爆裂子粒的比率较高,遗传力在70%~90%(依据爱啞华大学硕士论文与普渡大博士论文的报道)。Weaver, B. L.等研究指出,爆裂性是受遗传控制的,他们用一个遗传基础狭窄的白粒皮薄的爆裂玉米群体,采用改良混合选择的方法,经过15代的选择使爆裂值由22.2上升到35.8。

Nelson, O. E.在1952年发现爆裂玉米杂交不育性,这是由等位基因( $Ga^s$ 、 $Ga$ 、 $ga$ )控制的,基因位于第4染色体。这种不育性可以分成3类:杂交不育、部分不育和可育。同时说明依据这3类遗传特性可生产杂交种。

爆裂玉米种质资源应追溯到美洲印第安人部落,早在数百年前印第安人用火烘烤爆裂玉米食用,这些留下的品种作为今天的种质资源。19世纪早期的种质有:White Rice、Jap Hulless、Queen Golden、South American、Spanish以及Supergold或Yellow Pearl。其中Jap Hulless是个古老的异花授粉品种,具有极好的优良品质和膨爆性,缺陷为产量低和抗倒伏性差;South American属大粒、黄色珍珠类型,具有较高产量和膨爆性。

在爆裂玉米商业化进程中,三交种应用的优越性受到关注,对种质的选育为育种者所关切。对于马齿型玉米优良性状的转育用以改良爆裂玉米,采用不同育种方法取得良好的效果,扩大了种质资源。1972年Henderson, C. R.把从Indiana、Kansan和Minnesota发放的爆裂玉米自交系的名录公开公布,说明爆裂玉米中较优良的自交系已广泛用于生产。

近年,普渡大学、依阿华州立大学等单位,对发放的综合品种开展了轮回选择,以达到改良群体创造新的种质。群体改良的效应已证实是扩增新种质的有效途径,爆裂玉米新种质的问世又是一项新的佐证。

面临爆裂玉米种质资源狭窄、贫乏的处境,育种者们应从原始爆裂品种、国内外的爆裂品种种质、生产上应用的杂交种以及组成的综合品种和新的群体,按照育种目标制定育种计划,一定能育成商业化需求的自交系和杂交种。

### 2.2 爆裂玉米的育种技术



爆裂玉米育种目标从市场经济来看极为明确,要适应消费者作为休闲食品的需求。依据这个目标,一是保证作为原料生产的爆裂玉米杂交种具有低耗、优质和高产性且符合卫生食品的要求。高产是首位,要求农艺性状优良,因此农业技术措施应跟上。二是品质。加工品质是第一位的,即爆米花的花形、膨胀倍数、爆花率与色泽;食用品质指皮渣较少、无硬质芯、香脆酥甜、风味可口;商品品质,如粒型整齐、色泽多样、花形美观。营养品质是对育种者更高的要求,蛋白质含量的组分要合理,赖氨酸含量要高。在品质方面,爆裂玉米花加工工艺技术与加工机械都与品质关联。另外,应不含农药残毒,属绿色食品。

育种技术要依据爆裂玉米的遗传特点、种质资源与市场需求,选用优良爆裂玉米品种与优质玉米品种,采用回交改良法育种是可取的方法。从长远来看做好爆裂玉米育种,应从3方面考虑:第一,利用优质、高产的原始爆裂品种与马齿型优良杂交种进行杂交,在子代经测配选择二环系;第二,利用优良的综合品种或组建优良群体也可引进国外群体,采用半姊妹和全姊妹方法进行轮回选择,从中选择爆裂玉米优异的自交系。第三,依据爆裂玉米杂交种繁殖的种群,划分优势群以探求爆裂玉米的组配杂交模式,避免盲目组配杂交种。

生产上利用单交种或是三交种,应视组合产种量的实际情况而定。雄性不育化制种早在40年代就用T型不育系产生爆裂玉米杂交种。为了提高制种质量和产量,目前C型与Y<sub>H-1</sub>型不育系皆可选用。

### 3 爆裂玉米的品质

#### 3.1 爆裂玉米品质的自然属性

从远古人类开发大自然的进程中,爆裂玉米在漫长的进化过程中,形成了符合人类生存需求的天然品质属性。按类型分:颜色分为黄、白二种,但由于基因突变,颜色还有紫、红、黑、蓝与花斑等数种;粒型有米粒状与珍珠状两类,还有一些特异状观赏子粒型;子粒大小亦分为大粒、中粒与小粒,但子粒大小与商业化要求有关,也与加工品质有关。子粒的皮层与加工品质也有关联。再如,子粒加工后的爆裂特性、形成的玉米花的形状、爆花率以及各种特殊的香味,都是极为重要的品质属性。

#### 3.2 爆裂玉米品质改良

爆裂玉米的品质,从特种玉米的要求来说尤显重要。利用爆裂玉米的种质资源与育种技术提高品质,可着重考虑两个问题:

第一是适口性。作为休闲食品的爆裂玉米,与当前琳琅满目、花样翻新的膨化食品相抗,必须要有特色。爆裂玉米已具备了膨化食品的“特性”,例如,酥脆味甘、口感软松、渣芯极少、入口易化等。第二是香味改良。爆米花香型的种类,在美国出售的商品达数十余种,可以产生米香、茶叶香、酯香、酚香、荞麦香、莲子香、咖啡香、橘子香、苹果香、八角香、枣子香、紫兰花香、茉莉花香、莴苣笋香与芹菜香等繁多的芳香气味。如此繁多的香型,再与爆米花的色彩相配合,形成各种色、香、味配合的产品。

爆裂玉米的香味改良是一项复杂的研究项目,开展爆裂玉米香型机制研究,在开拓我国爆米花产业上,可借鉴水稻米香改良原理和技术,把爆裂玉米加工香型的技术推向一个新的领域。

#### 参考文献:

- [1] 佟屏亚,赵国磐.玉米史话[M].北京:农业出版社,1988.
- [2] 佟屏亚.为杂交玉米做出贡献的人[M].北京:农业出版社,1994.
- [3] 史振声.美国爆裂玉米的历史和发展[J].玉米科学,2001,4(2): 8-10.
- [4] 黄其煦.美洲中部原始农业起源[J].农业考古,1981,(2):113-121.
- [5] 李金华,等.水稻粤丰B的香味遗传分析与SSR标记定位[J].分子植物育种,2006,4(1):54-58.
- [6] 史振声.我国爆裂玉米科研和产业现状与发展战略[J].玉米科学,2002,10(3):3-6.
- [7] 翟凤林,等.作物品质育种[M].北京:农业出版社,1991.
- [8] Anderson E, cutler H C. Race of *Zea mays*. I. Their recognition and classification[J]. Mo. Bot. Gard. Ann., 1942, 29: 69-88.
- [9] Ashnun R B. Registration of HpxD-2 popcorn(maize) germplasm[J]. Crop Sci., 1987, 27: 13-18.
- [10] Beadle G W. The ancestry of corn[J]. Scientific American, 1980, 242: 112-119.
- [11] Eldredge J C. Better popping popcorn[J]. Iowa Farm Science, 1949, 3 (9): 6-7.
- [12] Jugenheimer R W. Corn improvement, seed production and uses[M]. John Wiley Sons, Inc, 1976.
- [13] Hallauer A R, Miranda J B. Quantitative genetics in maize breeding [M]. The Iowa state Univ. Press. First edition. 1982.
- [14] Henderson G B. Maize Research and Breeders Manual 7. III Foundation seeds[M]. 1972.
- [15] Mangelsdorf P C. Corn, its origin, evolution and improvement[M]. Harvard Univ. Press, Cambridge. MA. 1974.
- [16] Nelson Jr. O E. The fourth chromosome gametophyte factor in some contrat and south American races[J]. MGN: 1960, 34: 114-116.
- [17] Nelson O E. Non-reciprocal cross- sterility in Maize[J]. Genet., 1952, 37: 101-124.
- [18] Roberts L M, et al. Race of maize in clolombia[M]. NSA-NRC. Washington DC. 1957. 510.
- [19] Sears P B. Fossil maize pollen in Mexico[J]. Science, 1984, 216: 932-934.