

# 发展我国特用玉米产业的意义、潜力与前景

宋周明

(北京农业大学,北京 100094)

**摘要** 特用玉米包括甜玉米、糯玉米、高油玉米、优质蛋白玉米和高直链淀粉玉米等。这些玉米都是近代科技的产物,来自普通玉米又高于普通玉米。它们都具有较高的遗传附加值,故也叫“增值”玉米,增加的价值通过加工或饲料试验从终端产品体现出来。文章简要介绍了这些玉米的性质、特征和用途,国外的发展现状和趋势。也分析了我国特用玉米目前的状况,存在问题以及发展潜力和前景,并提出了相应的措施和建议。

**关键词** 特用玉米 发展潜力

特用玉米是指普通玉米以外的各种玉米子粒类型。这些类型具有各自独有的内在遗传组成,表现出各具特色的子粒构造、营养成分、加工品质以及食用风味等特征,因而有着各自特殊的用途、加工要求和相应的销售市场。

传统的特用玉米有甜玉米、糯玉米、爆裂玉米。新近发展起来的特用玉米有优质蛋白玉米、高油玉米和高直链淀粉玉米等。这些新型特用玉米都是运用近代科技手段培育出来的。传统特用玉米通过近代科技的渗入也在不断改进和创新。和普通玉米相比特用玉米具有更高的技术含量和更大的经济价值,所以国外也把它们称作遗传增值玉米。

世界上特用玉米的培育与开发以美国最为先进,有众多种子公司从事此项工作。特用玉米的播种面积占美国玉米总面积的2%左右,大约为66.6万公顷。随着新型特用玉米的不断涌现,原有特用玉米新用途的继续开拓和市场的迅速发展,特别是受到“杜邦—费斯特”联合体在培育和拓展高油玉米市场的鼓舞,许多种子公司都在购置设备,招募人员,设立机构,投入了特用玉米的培育与开发。并且自发成立了全美特用玉米发展协会,以便沟通信息,协调产销等事宜。

传统的特用玉米在美国早已形成重要产业,每年创造数十亿美元的产值。以其花样繁多的产品不断满足着人们的消费需要。新兴的特用玉米发展迅速,应用领域也在不断扩大,并以前所未有的速度迅速发展,形成着新的产业。我国特用玉米育种由于起步晚、基础薄弱,加上财力不足,种质资源缺乏等诸多因素,和先进水平相比,自然存在着差距。但经过多年努力,在这一领域,也有了长足的进步,取得了不少较重要研究成果,在某些方面甚至有所突破和创新,达到或接近了世界先进水平,为我国特用玉米的发展奠定了基础。只是由于认识上或体制上的某些障碍,致使这些成果难以转化成为社会生产力。我国特用玉米至今尚无形成象样的产业。这对我国人民生活水平的提高以及整体国民经济的发展都产生了十分不利的影响。

为了在本世纪末实现1000亿斤粮食的增产指标,推广高产玉米良种自然是十分重要的。但在不影响玉米产量继续提高的前提下,适当规模发展不同类型的特用玉米,对改善我国人民的营养状况,促进畜牧业的全面繁荣、提高菜篮子质量,以及推动我国食品、

纺织、造纸、塑料等多项轻工业发展都有十分重要的意义。有可能为我国创造数以十亿乃至百亿计的经济收入。下面就几项重要的特用玉米在我国的现状及发展潜力谈谈个人的一点粗浅看法。

## 1 甜玉米

在西方,甜玉米作为一种大众化蔬菜早已进入千家万户。例如在美国,人均年消费新鲜甜玉米 3.2kg,冷冻甜玉米 1.2kg,罐头甜玉米 6.1kg<sup>[1]</sup>。所以美国甜玉米生产量和加工量均居世界首位。甜玉米年种植面积达 32 万公顷,其中有 14.2 万公顷用于罐头加工,8.8 万公顷用于速冻加工,8.9 万公顷用于鲜果市场销售。甜玉米创造的农产值超过 5 亿美元,在蔬菜作物中仅次于西红柿的产值。加工后产值可增加 300%~400%<sup>[2]</sup>。美国年产甜玉米罐头 70 多万吨,速冻甜玉米 45 万吨。有数家种子公司经营近 500 个各类甜玉米杂交种。甜玉米也在日本,南韩和我国的台湾省得到普及。仅台湾省每年种植甜玉米的面积就达 2 万多公顷<sup>[3]</sup>。

相比之下,我国甜玉米的发展却举步艰难。虽然上海梅林罐头厂 1982 年已试制成功甜玉米罐头,但至今全国甜玉米罐头年产量仍不到 3000 吨。国内中高档旅馆和饭店所需的甜玉米罐头及速冻制品不得不从国外进口。大部分中国人对甜玉米仍然是一无所知。

我国甜玉米育种虽然时间不长,但也相继育成了若干个普通甜玉米、超甜玉米和加强甜玉米杂交种,可用于罐头加工、速冻加工和鲜果市场,但因种种原因,均未进行可观规模的商品化生产。1994 年,北京辛普劳、肯德基等公司与北京农大联合引进美国罗杰斯种子公司的 4 个当代优良甜玉米杂交种做试验。在采收之前,由中外 16 名专家对田间表现和品质性状进行综合评定。结果是,在田间 6 个参数记分中,罗杰斯 4 个品种平均得 61.1 分,国内 3 个品种平均 88.9 分;在室内 6

个品质性状记分中,罗杰斯 4 个品种平均 71.7 分,国内 3 个品种平均 84.2 分。这个试验至少可以说明,我国的一部分甜玉米品种,已接近或达到了美国当代甜玉米杂交种水平。我国提供的品种,都是带有 se 基因的加强甜玉米。这种甜玉米是美国 80 年代后期才出现的第三代甜玉米新类型,目前占美国甜玉米面积的大约 20%<sup>[4]</sup>。在加强甜玉米基础上,我们又引进了与胚乳蛋白质层色泽有关的 7 对互补基因,育成了紫色和红色甜玉米类型,首次在世界上实现了商品杂交种的有色化。在品质优良的基础上又进行了遗传包装,增加了视觉的诱惑力。

我认为无论从改善我国城乡人民生活水平,丰富我国菜篮子需要或者从增加农民致富途径,开辟新的收入来源以及从出口创汇需要,都应当发展甜玉米产业。我国玉米播种面积 2000 万公顷,相当于美国的 3/5,若依美国甜玉米种植比例,应当种 20 万公顷。我国的自然条件很适合甜玉米生长,是甜玉米创高产优质的优良生态环境。加上甜玉米加工技术相对简单,以及广阔的国内外市场,在我国发展甜玉米产业应当是得天独厚的。只需国家在宏观上加以引导,在投资上给予一定的倾斜,甜玉米产业就有可能迅速发展起来,在未来 10~15 年内,使我国变成甜玉米生产和加工大国,形成数万亩播种面积和数十万吨加工能力,可以创造出数十亿元的产值。甜玉米有可能象万里同志预期的那样,走上中国人民的餐桌,并成为农民致富的新渠道和我国创汇的一项大宗商品。

## 2 糯玉米

我国是糯玉米的发源地,1909 年传入美国,最初只是出自好奇。二次大战期间,美国开始用糯玉米淀粉取代从东南亚进口的木薯淀粉应用于纺织工业。后来由于糯淀粉用途的不断发现,糯玉米播种面积也迅速扩大。目前美国有 6 个种子子公司从事糯玉米杂交种的培育和銷售,糯玉米的播种面积达 40 万公

顷之多<sup>[5]</sup>。

糯玉米的胚乳淀粉几乎全由枝链片粉所组成,这种淀粉的分子量比直链淀粉小10多倍,食用消化率比普通玉米高20%以上。还具有较高的粘滞性和适口性。加温处理后的糯玉米淀粉,具有较高的膨胀力(是普通淀粉的2.7倍)和透明性。这些优良特性赋予糯玉米宝贵的价值和广泛的用途。在美国,糯玉米主要有两大用途。在工业方面,主要利用经过化学改性的糯玉米淀粉作为增稠剂、乳化剂、粘着剂、悬浮剂而广泛用于香肠、汤羹罐头、甜玉米糊状罐头、凉拌菜佐料、冷冻食品和各类快餐方便食品的加工部门。改性糯淀粉也广泛用于造纸工业、纺织工业和粘着剂工业。美国糯玉米淀粉产量占整个湿磨淀粉产量的8%~10%。年生产能力大约为160万吨至203万吨<sup>[5]</sup>。价格比普通玉米淀粉高1倍以上。由于糯玉米具有比普通玉米高得多的消化率,因而也有较高的饲料转化率,一系列的养猪、养肉牛、奶牛、养羊和养鸡试验,都证明使用糯玉米的优越性<sup>[6-8]</sup>。喂养糯玉米的乳牛,不仅产奶量提高,奶中的奶油含量也有所提高。喂养糯玉米的羔羊日增重比普通玉米高20%,饲料效率高14.3%<sup>[6]</sup>。饲养糯玉米的育肥肉牛,饲料效率比普通玉米高10%以上<sup>[6]</sup>。许多美国的牲畜饲养场和奶牛场都在用糯玉米来取代普通玉米。

近年来我国已有一些育种单位开始了糯玉米育种工作,并有一些杂交种育成。由于控制糯玉米的基因 $wx$ 仅仅是改变了玉米胚乳淀粉的性质,对产量并无太大影响,所以新育成的糯玉米杂交种丰产潜力都很高,例如北农大育成的白糯1号和白糯2号,单产可达9000~11250kg/hm<sup>2</sup>。

我国的糯玉米生产和加工都处于空白状态。这是很不正常的,原因也是多方面的。不过我认为,在我国大面积的发展糯玉米,并进行深加工,形成自己的产业,实在是势在必行。不仅糯玉米淀粉对整个食品工业多个部

门品质的提高有重要作用,对我国纺织工业、造纸工业以及粘着剂工业的发展都是必需的,需要量很大,而且发展糯玉米也有助于推动我国养牛等饲养业的发展。除此之外,在我国发展糯玉米生产,还有一个特殊的有利条件,就是我国人民有着传统的食用糯性食品的习惯,善于制作花样繁多、美味可口的糯性食品或点心。不过我国过去主要是以糯米或糯米粉为原料。由于糯米产量低,价格昂贵,所以一般人平常很难享用。糯玉米淀粉与糯米淀粉性质相似,在大多数情况下,可以取代糯米粉,这样,成本就会大大降低。一旦糯玉米在我国发展起来,糯玉米食品自然就会进入千家万户,成为大众化食品。我国食品加工业,利用这种廉价优质原料将会创造出更多花色的商业产品。

根据我国优越的自然条件和巨大的需要,加上国家在宏观上的引导与鼓励,在未来10年之内,糯玉米播种面积发展到20~33.3万公顷(占玉米总面积的1%~1.7%)是可能的。很可能有一天,我国糯玉米面积会超过美国。与糯玉米有关的糯淀粉深加工工业,食品工业和一系列相关工业也会发展起来。我国畜牧业的发展也会得到新的动力。这不仅有利于我国人民生活的改善,也将创造数以十亿计的农产值和工业产值。

### 3 高油玉米

高油玉米是经过玉米遗传育种学家数十年的努力才创造出来的一种高附加值玉米类型,其突出特点是含油量高。普通玉米含油量为4%~5%,美国正在销售的高油玉米达6.5%~7%,新育成的高油玉米杂交种含油量已达8.5%<sup>[9]</sup>。我国正推广的高油玉米含油量都在7%~9%之间,而且10%含油量的杂交种也已进入示范阶段<sup>[10]</sup>。

和普通玉米相比,高油玉米具有多方面的优越性。首先高油玉米使玉米本身从单纯的粮食或饲料作物变成了油粮、或油饲兼用作物。例如,以我国已经育成的高油玉米含

油量计算,每 500kg 玉米含有 35 ~ 50kg 玉米油,这相当于 175 ~ 200kg 大豆和 88 ~ 125kg 油菜籽的含油量,而油分提取后的 450 ~ 465kg 产品仍可作工业原料、粮食或饲料。玉米有很高的生产潜力,每公顷高油玉米的产量有可能超过大部分油料作物的产油量,而油分以外的产品,无论数量或质量都有可能超过其他大部分粮食作物。

玉米油由于含有较高比例的不饱和脂肪酸和维生素 E 等,有软化血管和降低血压等作用,因而是一种理想的保健油。美国 1986 年玉米油产量已达 61 万吨<sup>[5]</sup>,而我国统计数据表明,年产量不超过 2 万吨,我国市场上销售的玉米油,大部分从国外进口,价格十分昂贵。

除油分之外,高油玉米还具有相对较高的蛋白质含量、赖氨酸含量和类胡萝卜素含量(表 1)。这些成分不仅对人类和单胃动物的营养改进具有重要的价值,对于家禽乃至反刍动物的饲养也有重要意义。国内外许多喂养试验表明,高油玉米带来的效益是十分可观的。例如据杜帮公司估计,每公斤高油玉米的额外增值可达 2 ~ 2.3 美分,折合人民币 0.16 ~ 0.19 元<sup>[11]</sup>。伊利诺大学以不同含油量的玉米作肉鸡饲养试验,发现含油量每提高 1%,单位饲料增重可提高 1.6%<sup>[12]</sup>。我国长春农科院的肉鸡饲养试验表明,以高油玉米配合饲料与正大鸡饲料相比,每养 1 只鸡可节约 1.5 元人民币<sup>[13]</sup>。据杜帮公司专家和美国伊利诺大学教授估计,高油玉米在美国有可能扩展到全部玉米播种面积的 30%。

表 1 高油玉米与普通玉米组成成分比较

| 玉米含油量<br>(%) | 蛋白质<br>(%) | 赖氨酸<br>(%) | 粗能量<br>(Kcal/kg) | 类胡萝卜素<br>(mg/kg) |
|--------------|------------|------------|------------------|------------------|
| 4.3(ck)      | 8.6        | 0.24       | 3987             | 26.3             |
| 6.0          | 9.6        | 0.26       | 4222             | 26.7             |
| 8.5          | 8.9        | 0.25       | 4324             | 28.5             |
| 11.3         | 10.3       | 0.28       | 4448             | 34.0             |
| 13.0         | 11.1       | 0.30       | 4669             | 31.5             |

我国的高油玉米育种并不比美国落后。已经有一批含油量在 7% ~ 9% 的杂交种育成,丰产潜力与农艺性状都与普通玉米相近。已有个别杂交种含油量达到 10%。只是由于缺少强大加工业的带动,特别是优质优价等政策问题没有很好解决。农民不能从高油玉米生产中得到实惠,所以高油玉米在我国发展仍然面临重重困难。但我认为随着愈来愈多的玉米进入畜禽饲料和加工领域,高油玉米在我国发展的潜力是巨大的,前景也十分光明。如果有 20% 的播种面积改种高油玉米并进行各种加工,在不影响玉米继续增产的前提下,可额外增产玉米油 100 万吨以上,相当于 200 万公顷油菜籽的产油量。这个目标若能实现,我国的食用油短缺的局面就会大大缓解,而且会带来畜牧业的全面兴旺,大大提高我国菜蓝子的质量和数量。额外增加的产值可达 50 亿元以上。

#### 4 优质蛋白玉米

优质蛋白玉米也曾叫高赖氨酸玉米。因为赖氨酸是人和单胃动物不能合成而又必须的一种主要氨基酸,因而在食品或饲料中,缺少这种氨基酸后果就十分严重。恰恰玉米子粒胚乳蛋白质中就缺少这种氨基酸,因而被看作是一种劣质蛋白质。1964 年麦茨等人在对玉米胚乳缺陷型突变体的分析中,发现了一个 O<sub>2</sub> 隐性基因,纯合体可使玉米蛋白质中赖氨酸含量提高 70%,因而大大改善了玉米蛋白质的营养价值<sup>[14]</sup>。这一激动人心的发现曾经被认为是玉米品质育种的一场“革命”。美国在 60 ~ 70 年代,几乎所有种子子公司,都开展了高赖氨酸玉米的育种工作,高赖氨酸玉米也曾发展到十分可观的面积,但当时因用作配合饲料赖氨酸来源的大豆价格相对较低,加上 O<sub>2</sub> 基因引起的软胚乳的弱点,产量相对下降和易感病虫害等问题,多数种子子公司和研究机构先后中断了这个项目<sup>[15]</sup>。

墨西哥的国际小麦玉米改良中心(CIM-MYT),通过回交和轮回选择等程序,积累了

O<sub>2</sub> 基因的一系列修饰基因,使之变成了接近普通玉米表现型的硬质或半硬质胚乳,但继续保持高赖氨酸含量,这种玉米取名为优质蛋白玉米(QPM)<sup>[16]</sup>。

我国高赖氨酸玉米以及后来的优质蛋白玉米在李竞雄先生的倡导和支持下,经过 10 多年的联合攻关,已经取得重大突破,不仅在产量上提高了三个台阶,从“六五”计划产量低于普通玉米 5%~8%,到“七五”基本实现与普通玉米杂交种产量持平,至“八五”的个别品种超过普通玉米产量,最高达 10%~20%之多。更重要的是,我国的优质蛋白玉米已经从“六五”的完全软胚乳杂交种过渡到了目前的半硬质或全硬质胚乳杂交种。与 O<sub>2</sub> 软胚乳相连系的缺点,基本上得到克服。我国优质蛋白玉米的育种水平,已处于世界前列。并正以其全新的面貌迎接 21 世纪。

优质蛋白玉米的蛋白质品质与脱质奶相当,因而具有比普通玉米高得多的营养价值。以这种玉米养猪,不仅可大大节省饲料,而且增重率超过普通玉米 30%以上<sup>[17]</sup>。发展优质蛋白玉米,并和相应的饲料工业相结合,对促进我国的养猪业发展具有难以估量的意义。优质蛋白玉米用作粮食,对改善以玉米为主食地区人民的营养状况,防止营养缺乏症也有重要意义。

上述情况说明,在我国不仅有必要,而且有可能以较大的规模推广优质蛋白玉米杂交种。据推算,若 10%的玉米栽培面积改种优质蛋白玉米,并且用作养猪,仅节约豆饼一项,价值就超过 20 亿元。

## 5 高直链淀粉玉米

普通玉米平均含有大约 27% 直链淀粉和 73% 的枝链淀粉。隐性突变基因 *ae* 可把直链淀粉提高到 55%~65%<sup>[18]</sup>。有试验表明,通过积累 *ae* 修饰基因的轮回选择技术,可使直链淀粉含量提高到 80%以上<sup>[19]</sup>。目前美国只有卡斯汤姆农场种子(Custom Farm Seed)公司生产高直链淀粉玉米杂交种。高

直链玉米淀粉在工业上的应用也十分广泛,已发展到 30 多个领域。其中最具有潜力和最有前途的领域可能是利用这种淀粉,取代聚苯乙烯,生产可降解塑料。这种塑料有可能大量应用于包装工业和农用薄膜加工业。

美国对高直链淀粉玉米的研究已有 40 年的历史,但由于与 *ae* 基因相联系的某些农艺性状和加工方面的缺陷,高直链淀粉玉米的播种面积十分有限。也只有两家大型玉米湿磨厂生产玉米直链淀粉。我国直链淀粉主要依靠进口,而进口价格又十分昂贵(每吨 2000~2500 美元)。

我国农用塑料薄膜需要量很大。在不少地区,地薄覆盖已成为提高粮食或蔬菜产量的关键措施之一,但大量的废塑料膜、塑料容器等遗留在田间,造成日益严重的白色污染和永久性的“白色灾难”。为了保护我国的环境,国家应及早采取紧急措施,发展可降解塑料,这就需要从源头抓起。

我国高直链淀粉玉米的育种,可能有个别单位在无引导、无支持情况下作些零散工作,尚无杂交种育成。但这项工作对我国未来塑料工业和许多轻工产品的发展意义都十分重大。必须尽快组织力量进行攻关,把品种培育、淀粉加工和新型可降解塑料产品的研制紧密结合起来,才有可能事半功倍,在较短的时间内作出成绩。

## 6 结 语

建立起巨大的品种齐全的特用玉米产业,是我国经济发展的必然趋势,是时代的要求,也是我们难得的机遇。它是一个艰巨的系统工程。涉及到特用玉米育种、特用玉米生产、特用玉米系列或专项深加工,以及食品、化工、饲料加工等多个行业和整个饲养业。从播种面积而言,各种特用玉米因市场需要不同而有很大差别,但都需要有一个相当的发展。总体来看,在未来 10 年或更长的时间内,发展到玉米总面积的 1/3 是有可能做到的。若做到这一点,仅额外增加的农产

值就可以超过百亿元,而终端产品的产值可达数百亿元。

特用玉米产业的发展并非容易的事,既要吸取国外先进经验,引进专门技术,更要创造我们自己的发展道路。使国家行为与国内外市场需求相结合。只有国家主管部门充分认识到在我国发展特用玉米的重要性,并进行宏观指导,资金倾斜,制定合理政策,并充分利用我国的有利条件。特用玉米产业完全可能以国外难以相比的速度在我国发展起来。

### 参 考 文 献

- 1 U.S. Department of Agriculture, 1988. Agricultural statistics, U.S. Government Printing Office, Washington, DC.
- 2 Kaukis, K. and Davis, D. W., 1986. Sweet corn breeding, In Baset, M. J. (ed.) Breeding Vegetable Crops, AVI Pub. Westport, CT.
- 3 Tracy, W. F., 1994. Sweet Corn, P. 147 - 187. In Specialty Crops, CRC Press, Inc.
- 4 Pataky, J. K., 1995. Disease resistance in sweet corn, P. 158 - 164. In 31 Annual of Illinois Corn Breeders school, Univ. of Ill. at Urbana - Champaign.
- 5 Watson, S. A. 1988. Corn marketing, processing and utilization, P. 885 - 940. In Sprague, G. F. and Dudley, J. W. (ed) Corn and Corn Improvement, Am. Soc. of Ag. Inc. Madison, Wisconsin.
- 6 Mc Donald, T. A., 1973. Waxy corn feeding trial results, P. 98 - 107. In proceedings of the 28th Corn Sorghum Research Conference, ASTA, Washington, D. C.
- 7 Braman, W. L., 1972, Influence of waxy corn and nitrogen source on feed lot performance of steers fed all concentrate diets, J. Anim Sci., 35 (Abstr.): 260.
- 8 Preston, R. L., Zuber, M. S., and Pfander, W. H., 1964. High amylose corn for lambs, J. Animal Sci. 23: 1182.
- 9 Alexander, D. E., 1988. Breeding special nutritional and industrial types, P. 869 - 880. In Sprague, G. F. and Dudley, J. W. (ed) Corn and Corn Improvement, Am. Soc. of Ag. Inc. Madison, Wisconsin.
- 10 宋同明.《高油玉米》.1992,北京农业大学出版社.
- 11 Goss, J. R. and Kerr, P. S., 1992. Challenges and opportunities for identity preserved varieties. P. 82 - 92. In Proceeding of the 47 Annual Corn & Sorghum Industry Research Conference.
- 12 Han, Y., Parsons, C. M. and Alexander, D. E., 1987. The nutritive value of high - oil corn for poultry. J. Poul. Sci. 66: 103.
- 13 Mertz, E. T., Bates, L. S., and Nelson, O. E., 1964. Mutant gene that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. Science 145: 279.
- 14 Briggs, R. W., 1995. Progress in breeding opaque - 2 high - lysine hybrids over the past thirty years. P. 129 - 149. In the Proceedings of 31 Annual Illinois Corn Breeders' school. University of Illinois at Urbana - Champaign.
- 15 Vasal, S. K., 1975. Use of genetic modifiers to obtain normal - type kernels with the opaque - 2 gene. P. 197 - 216. In Proceedings of the CIMMYT - Purdue Symposium on Protein Quality in Maize, El Batán Mexico.
- 16 Maner, J. H., 1975. Quality protein maize in swine nutrition P. 58 - 82. In Proceedings of the CIMMYT - Purdue Symposium on Protein Quality in Maize, El Batán Mexico.
- 17 Vineyard, M. L., and Bear, R. P., 1952. Amylose content, Maize Genetics Cooperation Newsletter 26: 5.
- 18 Zuber, M. S., et al. 1958. Breeding high amylose corn. Agron J. 50: 9.