

云南高油玉米的研究利用与发展对策*

赵自仙^{1,2}, 高祥护^{1,2}, 王云美^{1,2}, 孙家荣²,
杨克昌^{1,2}, 孔建华^{1,2}, 范正华^{1,2}, 白文睿^{1,2}

(1. 云南省农业科学院粮食作物研究所, 云南 昆明 650205;
2. 云南金瑞种业有限公司, 云南 昆明 650205)

摘要: 高油玉米是人工创造的一种新型玉米, 它把玉米的高产和优质结合起来, 既符合我国和云南省玉米的发展方向, 也符合世界玉米的发展趋势。近几年云南省选育出了一批优良高油玉米杂交种, 目前正在区域试验, 已表现出很好的应用前景, 为云南发展高油玉米生产提供了重要的物质基础及技术保障。

关键词: 高油玉米; 研究; 利用; 对策

中图分类号: S 513.024 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-390X(2004)06-0685-07

Research, Utilization and Developmental Countermeasures of High Oil Corn in Yunnan

ZHAO Zi-xian^{1,2}, GAO Xiang-kuo^{1,2}, WANG Yun-mei^{1,2}, SUN Jia-rong²,
YANG Ke-chang^{1,2}, KONG Jian-hua^{1,2}, FAN Zheng-hua^{1,2}, BAI Wen-rui^{1,2}

(1. Food Crops Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205, China;
2. Yunnan Jinrui Seed Co. Ltd, Kunming 650205, China)

Abstract: High oil corn(HOC) is a new type of corns made by human being, it combines high yield potential with the good quality, which is in accordance with the direction of current readjustment of the corn structure and also with the general tendency of the world corn development. High oil corn varieties with good performances in Yunnan regional trials have been attained in Yunnan in recent years, it showed good prospects in utilization, important foundations and technical supports have been provided for Yunnan HOC production.

Key words: high oil corn; research; utilization; countermeasures

玉米是云南主要的粮食和饲料作物,也是山区部分群众的主食之一,常年播种面积 100 万 hm^2 左右。2001 年云南省玉米种植面积 113.8 万 hm^2 ,单产 4 194 kg/hm^2 ,总产 477.3 万 t,在云南的粮食生产中占有重要的地位和作用。但是,玉米的科技含量和生产水平与全国先进省区相比还存在很大差距,要解决生产中存在的问题,选育和推广效价比

高的高油玉米是有效途径之一。

普通玉米全籽粒的含油量为 3% ~ 4%,超过 6% 即被称为高油玉米,自然界不存在高油玉米,是通过人工对玉米籽粒含油量进行遗传改良获得的。高油玉米不仅油份含量大大高于普通玉米,蛋白质、赖氨酸、色氨酸、 $V_A^{[1]}$, V_E 等含量上也高于普通玉米,是一种优质高能的粮食、饲料和工业原料,从

* 收稿日期: 2004-06-28

基金项目: 云南省农业科学院科研项目资助。

作者简介: 赵自仙(1974-),女,云南姚安人,助理研究员,主要从事玉米遗传育种研究。

科技含量高、遗传增值多、用途广来判断,高油玉米有可能成为 21 世纪玉米的主要栽培类型^[2]。

1 国内外研究进展

1.1 国外育种成就

早在 1896 年伊利诺斯州农业试验站就以“布尔白”为材料进行了玉米籽粒含油量的遗传研究^[3],科学家们经过一百多年的努力,创造和发展了高油玉米新类型。美国从 20 世纪 40 年代开始,就有大批科学家从事高油玉米的研究,C M WOOD-WORTH 等人将当时流行的玉米自交系和伊利诺高油系(IHO)进行杂交,培育出了比来自交系高 50%~70%的高油自交系和第一批高油杂交种,含油量已达 6%~7%^[4,5]。早期的高油自交系直接或间接来自于 IHO,虽然含油量已达 15%~17%,但农艺性状差、配合力低及严重的近亲交配等缺点,以 IHO 为材料育出的组合利用价值不高,JUMP^[5]和宋同明^[6]也得出同样结论。到 1956 年,在 D E ALEXANDER 主持下,向这些不良农艺性状进行了挑战,后来又出现了核磁共振仪(NMR),从而伊利诺大学玉米实验室在较短时间内就选育出了 AlexhoC27, Alexho EliteC2 等一批高油玉米基础群体,丰富了高油玉米种质资源^[5]。20 世纪 70 年代后期,伊利诺大学从 Alexho C6 群体育成了 R806 高油系,该系与 B73 组配的杂交种含油量为 6.7%,比主推品种 B73 × MO17 含油量高 50% 以上,且籽粒产量相近。20 世纪 80 年代初,Pfister 种子开始生产和销售高油玉米杂交种,含油量也在 6.5%~7.0%之间,具有相当的竞争力,高油亲本也来自 Alexho。1989 年杜邦公司从伊利诺大学购买了全部高油种质的独家使用权,形成了高油玉米育、繁、推、销的一条龙体系,随后高油玉米在美国的发展速度很快,目前美国高油玉米的种植面积大约 66.7 万 hm^2 ,6 个大面积推广品种的平均含油量为 5.93%,预计高油玉米的种植面积可望占到玉米种植面积的 1/3 左右^[7]。现在,美国高油玉米基础群体 IHO 的含油量已达 20.9%,此外厄板钠高油群体 UHO 含油量也达 20.5%,目前美国杜邦公司发明 TOPCROSS 技术,培育出 TCBlend 类型的高油玉米,具有产量高、含油量高、抗逆性强等优点,深受玉米种植者欢迎。

除美国外,前苏联对高油玉米研究的同时,注意了对各国研究方法和研究成果的搜集工作。

1982~1985 年,在伏尔加格勒试验站,对来自世界 14 个国家的 150 个玉米品种群体进行了全面的研究和转育工作,先后育出了含油量为 7%~9.8% 的 K-18722, K-18728 等 5 个高油品种供生产上应用。南斯拉夫和原民主德国分别育出了地群 114,地群 436, P II 1191, P II 1219 等含油量在 7%~9.8% 的一批玉米品种。自从杜邦公司买断伊利诺大学高油玉米种质资源之后,除中国外,世界高油玉米的种质资源的创新工作基本处于停顿状态^[8]。

1.2 中国近期育种取得的成就

我国于 20 世纪 80 年代初才开始高油玉米育种,但发展很快。中国农业大学的宋同明教授是我国高油玉米研究的开拓者,首次发现玉米籽粒含油量的花粉直感现象,他领导的研究小组对从美国合法引进的高油玉米种质不断进行改良,并创造自己的新群体,成功建立了具有自主知识产权的高油玉米育种技术体系,使我国在这一领域的研究水平迅速超过美国,达到了世界领先水平^[7](见表 1)。中国农业大学已成为世界高油玉米种质的主要研发中心,引起了世界著名种子公司的关注,有的已经开始投资进行合作研究。经过近几年的努力,中国农业大学掌握的高油玉米群体的含油量又有很大提高(见表 2),还创造了我国独具知识产权的 BHO, AIHO 等群体,这些群体为我国高油玉米育种提供了丰富的种质基础。用这些群体选出的自交系已培育出一批高油玉米杂交种,其含油量一般在 8% 以上,特别是“高油 115”、“高油 298”等,其产量已与普通玉米持平,最高的含油量达 10% 以上,超过美国高油玉米杂交种水平。可以说,我国高油玉米育种已走到了世界的前列,代表了国际高油玉米的发展水平^[9]。目前,中国农科院、通化农科院等也在从事这方面的研究,不久的将来,我国高油玉米的产业化一定会出现欣欣向荣的景象。

1.3 高油玉米的油分形成和分布规律研究

1.3.1 高油玉米的油分形成

关于植物种子中脂肪酸的生物合成,已有很多研究报道。加拿大的 J. D. BEWLEY 认为,种子内储存的大多为中性脂肪酸,它们是脂类化合物,由甘油和长链单羧酸形成甘油三酯或三酰甘油。甘油三酯中有饱和及不饱和的脂肪酸,饱和脂肪酸都含偶数碳原子。甘油三酯储藏物多以离散的亚细胞器形式——油体存在^[10]。D. E. ALEXANDER 等

人认为,脂肪酸的生物合成途径是:月桂酸(12:0)→豆蔻酸(14:0)→软脂酸(16:0)→硬脂酸(18:0)→油酸(18:1)→亚油酸(18:2)^[11]。关于玉米的油分形成,L. A. APPLEQUIST 总结多种作物后,指出油分积累可分三个阶段:第一阶段,子粒含水率高,大量积累碳水化合物,为脂肪的形成和积累作物质准备;第二阶段,油分快速积累;第三阶段,油分只有少量增加,水分损失^[12]。E. LENG 等认为高油玉米胚及子粒内的含油量最大值出现在玉米达到生理成熟时,而子粒含油率的最大值出现在授粉后 45~48 d,胚的含油率最大值在授粉后 25~28 d,此后含油量的提高主要是胚持续增大的缘故^[13]。P. E. CURITS 等得出了与之相似的结论,认为玉米在子粒发育的早期,油分多集中在胚乳中,在授粉 20 d 后,油分主要集中于胚中^[3]。刘治先研究了高油玉米 Alexho 子粒生长期间含油量及脂肪酸的变化,指出授粉后 7 d 前,Alexho 油分积累很少,以后随子粒的生长,含油量迅速增加,进入线性增长阶段,35 d 后增长缓慢,成熟时含油量略有下降^[14]。郑飞也认为高油 1 号玉米子粒发育过程中,其含油量随子粒的发育不断提高,于授粉后 35 d 达最大值,而后开始下降^[15]。总之,多数学者认为子粒油分的积累呈“S”型曲线,但韩守良研究了高油 1 号和高油 6 号后发现,在授粉后 0~7 d 和成熟前 1 周之后,高油玉米子粒含油量有两次下降过程^[16]。

表 1 中美高油玉米种质资源比较

Tab.1 Comparison for high-oil corn germplasm between China and U. S. A

高油群体	中国		美国	
	选择周期	含油量/%	选择周期	含油量/%
IHO*	80	19	90	20.4
ASK	27	20.2	27	20.2
Syn. Do	13	15.21	4	7.6
RYD	14	13.11	5	7.2
Iowa 双穗*	-	-	2	5.9
AIHO	11	17.86	-	-
BHO	15	13.9	-	-
KYHHO	5	8.8	-	-

注: * 为农艺性状差

1.3.2 高油玉米的油分分布规律及与其它性状的相关性

高油玉米的特点是胚大、发育早而快,因而有一个较大的胚面。胚/粒比大,胚含油量高,玉米油

绝大部分(85%)集中在胚中^[3,17],因此,此性状可作为高油玉米育种的一个指标^[14,18]。

玉米果穗不同部位子粒的脂肪酸含量、组成也不相同。R. T. LAMBERT 研究发现,果穗中部子粒含油量高,然后依次为底部和顶部^[19]。JELLUM 进一步研究了果穗不同部位的子粒脂肪酸组成的差异,指出果穗顶部的子粒棕榈酸和亚油酸的含量高于底部,而油酸含量低于底部^[20]。

表 2 我国高油玉米群体进展

Tab. 2 Progress of high-oil corn population in China

群体名称	2000 年		2003 年	
	选择周期	含油量/%	选择周期	含油量/%
北农大高油	C15	13.9	C18	15.72
亚伊高油	C10	17.86	C13	20.43
抗病高油	C8	15.21	C11	18.71
瑞得高油	C10	13.11	C13	16.32
抗倒高油	C5	8.8	C9	12.07

在含油量与植株其它性状关系方面,D. E. ALEXANDER 指出,高油玉米子粒的含油量与子粒产量、蛋白质含量及抗病性无相关关系^[11]。R. RAMAN 等研究则认为,含油量与产量、株高、穗位高、穗长、穗粗呈正相关^[21],因此,这方面的研究尚待进一步深入。MISEVIC 等采用子粒含油率分别为 5%,7%,9% 的 3 个水平的 9 个杂交种,研究了它们的子粒脱水速率后指出,含油率高的品种成熟后子粒的脱水速率慢,收获时子粒含水率高,子粒含油率与收获时子粒含水率呈正相关^[22]。

1.4 栽培措施与子粒含油量

玉米的含油量除受遗传因素影响外,还受环境及栽培措施等的影响。

1.4.1 播期

韩守良认为:子粒和胚的含油率、胚油分占子粒油分的百分比均随播期的推迟而提高;早播子粒中油酸及饱和脂肪酸含量高,晚播则亚油酸和不饱和脂肪酸含量高;不同播期条件下,油酸和亚油酸百分含量呈极显著负相关^[16],但播期的适宜尺度需进一步研究。

1.4.2 种植密度

密度对子粒的含油量也有影响,郑飞指出:高油 1 号玉米在不同密度条件下子粒含油量有显著差异,这种差异是由于在不同密度条件下子粒的发育不同引起的,低密度有利于子粒的发育,从而导

致含油量高,高密度则相反。不同密度对高油 1 号玉米子粒的油酸、亚油酸含量影响较大,低密度有利于亚油酸含量的提高,高密度则有利于油酸含量的提高。陈立萍研究了春、夏播不同密度条件下高油 115 玉米子粒脂肪酸变化规律之后得出与之相同的结论。

1.4.3 施肥期

不同施肥期对玉米子粒产量和含油量影响方面,秋菊认为,底肥处理由于前期营养条件好,干物质积累多,后期粒重与胚重高,成熟时胚/粒比最大,子粒含油量最高,油品质最好;子粒发育初期是决定子粒含油量高低的关键时期;穗肥能形成粒大、粒重,从而产量最高,但子粒含油量低于底肥处理;拔节肥产量不如穗肥,含油量不如底肥,且易倒伏。建议在生产上采用底肥和穗肥合理施用,可提高高油玉米的品质和产量^[12]。

1.4.4 营养元素

关于营养元素对于高油玉米产量和品质的影响。LANG 等指出,玉米子粒含油率随土壤中 N 素水平的提高而增加^[23]。WELTH 研究了营养元素对于油产量和油百分含量的影响,认为分别施 N, P, K 提高含油量 8%, 3% 和 2%, 油产量提高 43%, 54% 和 11%^[24]。蒋钟怀等研究了营养元素对高油 1 号玉米生长发育及品质的影响,结论为 N, P, K 配合施用好,可以提高子粒产量、油产量和含油率^[25]。朱兴华等对高油 1 号玉米也进行研究,认为平衡供给养分,高油 1 号表现为叶片 N 含量高,叶绿素含量增加,光合速率高^[17]。刘开昌等研究表明:在同等地力水平下,高油玉米植株磷含量和磷总吸收量显著高于普通玉米,植株磷吸收量与油分产量和蛋白质产量均呈显著正相关;与籽粒含油率、蛋白质含量也呈显著正相关,与淀粉含量呈负相关^[26]。

1.4.5 其它因素的影响

在其它方面,韩守良认为子粒含油量、亚油酸百分含量与子粒发育期间的日均气温呈显著负相关,而与此期的日温差呈极显著正相关,油酸的百分含量规律与上述情况正相反^[16]。傅绍清对我国玉米子粒脂肪酸的含量进行了研究,认为我国玉米亚油酸和不饱和脂肪酸含量有北方省(区)高、南方省(区)低的趋势;油酸、饱和脂肪酸含量的趋势与之相反^[27]。说明脂肪酸组成与温度有关,与 J. D. BEWLY 关于可在种子发育期间用温度来诱导脂肪

酸比例改变的观点相符^[10]。

子粒产量与子粒含油量方面的研究,有两种不同观点。MISEVIC 和 EIROUBY 经长期研究后都认为,子粒产量与含油率呈负相关^[28]。宋同明对高油玉米子粒与普通玉米子粒进行比较研究,发现高油玉米的粒重比普通玉米粒重降低了 33.1%^[29]。MILLER 则认为在一定范围内含油率的提高不会造成减产^[30], 中国农业大学等单位培育出一系列高油且高产品种的事实证明了这一点。

2 云南省高油玉米发展现状

2.1 杂交种选育进展

因引进的温带种质高油玉米在云南的适应性和抗病性较差,至今在大面生产上的应用几乎还是一片空白,“九五”末期,云南省农业科学院粮作所从解决此问题入手,注重从引进的热带、亚热带种质中选择大胚材料,力求利用生态型间高油种质进行杂交,取得产量和含油量上的双突破。近来选育出的“珍油玉 1 号”、“珍油玉 2 号”在产油量和产量上均超过“高油 115”和“会单 4 号”(见表 3),抗病性强。特别珍油玉 2 号在云南省玉米区试预试中,7 个试点平均单产 8 763 kg/hm², 平均较相邻对照兴黄单 892 增产 2.8%, 居 63 个参试种第 6 位,在河北试种表现产量高,抗病性强,品质好。

育成的“ZOL-1”,“ZOL-2”等热带血缘高油自交系(原种少,含油量待测)抗病性好、配合力和自身产量高,籽粒外观胚面大小与中国农业大学的“GY237”,“GY220”相当,用其组配的“珍油玉 5, 7, 8 号”等后备组合已进入省区试阶段,有望在较短时间内用于大面生产。

2.2 三利用模式研究

所谓三利用是指 3 个遗传效应的综合利用,即:通过高油玉米杂交种和不育普通玉米杂交种间种植或混合种植,在当代直接利用高油玉米杂交种的花粉直感增油效应、杂交的子粒增重效应和不育胞质的增产效应的一种高油玉米生产模式。选用目前云南推广面积最大的普通玉米杂交种“会单 4 号”和具有自主知识产权的强优势普通杂交种“云试 5 号”,与引进的“高油 115”、“高油 298”和“高油 4515”3 个高油组合进行授粉者试验,结果(见表 4)表明:授粉者对普通玉米油份提高的作用相当显著,提高幅度为 39.4% ~ 66.8%, 平均增油 49.1%。不同授粉者提高幅度不同,“云试 5 号”

的授粉者以“高油 115”对含油量的提高幅度最大,提高 2.58 个百分点,增加油份 66.8%;“会单 4 号”的授粉者以“高油 4515”对含油量的提高最大,提高了 2.05 个百分点,增加油份 52.0%。以特定搭配组合(云试 5 号×GY115) F_1 为例,在“云试 5 号”不减产的基础上,500 kg 玉米籽粒可增加油份 500

kg×2.58%=12.9 kg,以每 kg 玉米油 8 元计,可增加经济效益 103.20 元,如果真正体现高油玉米的优质优价,那么农民和加工企业都可获得好的经济效益。但因引进组合产量低、抗病性差,现在正采用自育组合作为授粉者进行研究。

表 3 高油玉米杂交种与“会单 4 号”的产量、含油量和抗病性比较

Tab.3 Comparison in yield, oil content and resistance between Huidan4 and high oil hybrids

品种名称	产量		油份含量		产油量/ (kg·hm ⁻²)	病害(级)		粒型色
	kg/hm ²	较 CK(±%)	%	较 CK(±%)		大斑	小斑	
珍油玉 1 号	11 721.0	+11.45	7.35	+86.5	861.0	0.5	0	橙马
珍油玉 2 号	11 496.0	+9.30	6.26	+58.9	720.0	0.5	0	黄中硬
高油 115	9 528.0	-9.4	6.16	+56.4	583.5	1	0	黄中
高油 4515	7 900.5	-24.9	6.66	+69	522.0	2	0	黄马
高油 298	8 767.5	-16.6	8.64	+119.3	757.5	1	0	黄中马
会单 4 号(CK)	10 516.5		3.94		414.0	0	0	黄中马

表 4 普通玉米高油化试验油份含量测定结果

Tab.4 Oil testing results for normal corn pollinated by HOC

品种或搭配者组合	油份含量/%	油份提高百分点	油份提高/%
会单 4 号	3.94		
(会单 4 号×GY115) F_1	5.54	1.6	40.6
(会单 4 号×GY4515) F_1	5.99	2.05	52.0
(会单 4 号×GY298) F_1	5.39	1.45	36.8
云试 5 号	3.86		
(云试 5 号×GY115) F_1	6.44	2.58	66.8
(云试 5 号×GY4515) F_1	5.38	1.52	39.4
(云试 5 号×GY298) F_1	6.13	2.27	58.8
平均		1.91	49.1

2.3 种质创新

发展高油玉米的主要障碍是种质资源狭窄。快速创造出多个遗传背景的高油玉米种质资源,是保证高油玉米继续发展的先决条件^[14]。作者育成的一批热带血缘高油自交系综合性状好,有望在将来发挥重要作用。另外,在杂种优势群互不交叉的原则下,组建了 4 个高油玉米基础群体,已进入 C₂ 轮选择,丰富了高油玉米的种质资源。

3 高油玉米的利用优势

高油玉米作为高附加值产品,与加工、饲养业相结合将更能充分体现这种附加效益。

3.1 提取玉米油,发展加工、畜牧养殖业

玉米油是优质油^[17](见表 5),有“健康保健油的美称”,在市场上十分畅销。优质玉米油含有 86% 的不饱和脂肪酸,其中 56% 为亚油酸,人体吸收率可达 97% 以上。另外,玉米油中含有一种天然抗氧化剂——V_E,V_E 具有增强人体免疫力、软化血管、降低胆固醇、抗衰老、美容等功能,同时对安胎助产也有良好的功效,因而玉米油具有良好的医疗、保健功能。在美国,年人均玉米油占有量已超过 1.5 kg,成为不可缺少的食用油,我国作为世界玉米生产大国,1999~2000 年玉米油产量仅为 10.2 万 t 左右,至今人们仍然很难食到这种宝贵的植物油,云南人均食用玉米油几乎为零。

以已育成的高油玉米含油量来看,种植 1 hm² 高油玉米相当于种植 1 hm² 油料作物加 1 hm² 粮食或饲料作物。按 2001 年云南玉米总产 477.3 万 t 计算,如果种植含油量为 7% 的高油玉米,则全省可产玉米油 33.4 万 t,这相当于 167 万 t 大豆或 83.4 万 t 油菜籽的含油量,既有利于解决云南省粮、油、饲争地的矛盾,缓解食用油不足的局面,又可带动玉米加工业的发展。玉米是 C₄ 作物,有很高的产量潜力,油份提取后剩余的产物数量多且含有较高的蛋白质和赖氨酸,用作饲料,饲口性和营养价值大大高于普通玉米。

2002 年,云南省畜牧业产值接近 230 亿元,农民的农产品收入中,畜产品占 38%,畜牧业已成为云南省农业和农村经济发展的支柱产业。“十五”

期间,云南省把畜牧业增产、农民增收作为目标,农业结构调整作为一个重点,促进农村经济的发展。玉米是世界饲料之王,混合饲料加工需要高蛋白、高油等优质玉米。我们育成的几个高油玉米,粮、油、青贮(饲)兼用,适合社会 and 市场需求,应用前景广阔。

表 5 主要植物油中脂肪酸成份

Tab. 5 Compositions of fatty acid for some staple vegetable oil

油种类	棕榈酸 /%	硬脂酸 /%	油酸 /%	亚油酸 /%	亚麻酸 /%	芥子酸 /%
玉米油	11.1	2.0	24.1	61.9	0.8	0.0
菜籽油	4.0	1.5	17.0	13.0	9.0	41
大豆油	11.5	3.9	24.6	52	8.0	0.0
花生油	11.4	3.3	54.7	25.7	0.0	0.0
芝麻油	7.5	4.8	39.4	44.9	1.8	0.0
棉籽油	25.0	2.8	17.1	52.7	0.0	0.0

高油玉米不仅含油量高,而且蛋白质、必需氨基酸也高于普通玉米,营养成分自然高于普通玉米(表 6)。玉米油的热值是淀粉的 2.5 倍,高油玉米作饲料,无论喂猪、鸡等单胃动物还是喂牛、羊等反刍动物,其在干物质摄入量、体重增加量和奶牛产奶量上都高于普通玉米,含油量越高,饲料用量越低,高油玉米饲料可以节约蛋白质补充物。1999 年,吉林德大公司 4 000 只肉鸡的饲养试验表明,高油玉米饲料饲养组在生长速度,肉质等方面明显优于普通玉米饲料。同时,由于高油玉米省去了普通玉米饲料添加油脂工序,避免了添加不均匀等问题,节省了饲养成本。亚洲最大的酒精生产企业——黑龙江华润集团也以高油玉米进行了中试,对 700 t 高油玉米的加工试验表明,高油玉米也具有明显的效益,即便是扣除农民的加价费(一般 50 元/t 左右),其利润仍十分可观。

3.2 可操作性强,布局灵活

玉米的含油量是微效多基因控制的数量性状,它不同于高赖氨酸、高淀粉等含量是由隐性单基因控制的质量性状,大田生产中即使不隔离种植,油分下降也不大,相反还可提高普通玉米的含油量。如果与不育普通玉米混合种植,可使普通玉米的油分和产量得以提高。高油玉米外观表现为胚比普通玉米大,在没有仪器测定的情况下,也能直观体现优质优价。

如果以提取玉米油或作青贮饲料为主要用途,宜分布在交通发达、运输方便、临近加工厂的地区;

若收获籽粒作饲料或粮食,区域布局不受限制,根据品种特性,在适宜区域都可以种植。

表 6 普通玉米和高油玉米的营养成分比较

Tab. 6 Nutritive compositions of normal corn and HOC

成分	普通玉米	高油玉米 1	高油玉米 2
含油量/%	3.6	6.5	8.6
蛋白质/%	7.9	8.4	8.9
蛋氨酸/%	0.17	0.2	0.21
胱氨酸/%	0.2	0.2	0.21
赖氨酸/%	0.25	0.29	0.33
精氨酸/%	0.39	0.44	0.48
代谢能 1/(kcal·kg ⁻¹)	3 272.4	3 436.5	3 513.4
代谢能 2/(kcal·kg ⁻¹)	3 364.2	3 519.6	4 035.5

4 发展云南高油玉米的对策

4.1 增加投入,加大杂交种培育力度

高油玉米,需要有关部门从农业结构战略性调整的高度出发,建立健全必要的行政领导体系和技术指挥体系,对全省进行统筹规划与指导,组织有关行业的力量进行协作开发,各级科研单位和推广部门应积极配合,做好宣传推广,同时积极开展对农民的培训。

发展高油玉米的核心是选育出适应市场需求的高油玉米杂交种。但现在投入的研究经费少,还未配置先进设备,仅能靠目测法选择大胚高油材料,严重制约了发展速度。如果加大资金投入,将以新品种的选育为龙头,利用现有的良好基础和建立起来的育、繁、推、销一体化体系,短期内在高油玉米的研究与开发上取得飞跃是可能的。

4.2 加强基础研究,进行种质创新与扩增

云南高油玉米育种工作相对滞后,几乎还没开展高油玉米的基础研究。在今后一段时间内,高油玉米的栽培研究应在以下几个方面加强。首先,大力加强高油玉米油分形成机制的研究,从分子水平明确油分形成机理、油分形成的关键步骤和催化反应的关键酶及其调控原理;明确高油玉米的肥料吸收利用特点等,为生产上采取合理的栽培技术措施提供理论依据。其次,加强高油玉米的高产栽培综合配套技术研究。再次,加强高油玉米综合利用的研究。

对育种来说,仅引进是不够的,还要进行种质创新与扩增。现阶段,高油玉米的种质资源相对狭窄,且因没有长期足够的资助,很难培育出遗传类型丰富的高油玉米群体,难于满足育种工作不断提

高的要求及高油玉米持续发展的需要。

4.3 制定优惠政策,鼓励产业化经营

根据统一规划,一些县、市或地区可以从自身的实际情况出发,制定出科学合理、行之有效的高油玉米开发政策。创造良好的投资环境,鼓励开发商创办高油玉米综合开发企业,形成种植业、养殖业、加工业和各种相关行业齐头并进的发展势头,从而促进农业生产的良性循环,既有利于农业增产、农民增收,又有利于贫困山区农民的脱贫致富。

[参考文献]

- [1] HAAN Y, PARSONS C M, ALEXANDER D E. The Nutritive Value of high oil corn for poultry[J]. Poultry Sci., 1987, 66: 103 - 111.
- [2] 宋同明. 我国高油玉米育种及其发展趋势[J]. 中国农业科技导报, 2001, 3(3): 40 - 43.
- [3] CURTIS P E. Developmental changes in oil and fatty acid content of maize strains varying in oil content[J]. Crop Sci., 1968, (8): 689 - 693.
- [4] 刘仁东, 杨秀梅, 徐家舜. 我国高油玉米的发展前景展望[J]. 作物杂志, 1995, (3): 1 - 5.
- [5] 宋同明, 苏胜宝, 陈绍江, 等. 高油玉米前途光明[J]. 玉米科学, 1997, 5(3): 73 - 77.
- [6] 宋同明. 高油玉米的培育与改良[J]. 作物杂志, 1991, (3): 12 - 14.
- [7] 陈绍江. 高油玉米发展回顾与展望[J]. 玉米科学, 2001, 9(4): 80 - 83.
- [8] 魏国才. 高油玉米育种发展及黑龙江省研究现状[J]. 中国林副特产, 2003, (1): 27 - 28.
- [9] 陈绍江. 从高油玉米之成功看我国玉米育种之创新[J]. 中国农业科技导报, 2001, 3(1): 59 - 63.
- [10] BEWLY J D. 种子生理知识讲座[J]. 种子, 1989, (3): 75 - 77.
- [11] ALEXANDER D E, LAMBERT R J. Relationship of kernel oil content to yield in maize[J]. Crop Sci., 1968, 8: 273 - 274.
- [12] 秋菊. 施肥期对夏播高油玉米产量和品质的影响[D]. 北京: 中国农业大学, 1997.
- [13] LENG E R. Changes in weight, germ ration, and oil content during kernel development in high-oil corn (*Zea Mays* L.)[J]. Crop Sci., 1967, 7: 333 - 334.
- [14] 刘治先. 高油玉米 Alexho 子粒生长期间含油率及其脂肪酸的变化[J]. 作物杂志, 1988, (4): 34 - 36.
- [15] 郑飞. 高油玉米子粒糖类、含油率、脂肪酸组成及其与密度的关系[D]. 中国农业大学, 1996.
- [16] 韩守良. 高油玉米子粒含油率、脂肪酸组成、酯酶同工酶活性变化规律及其气象条件关系的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 1995.
- [17] 宋同明. 高油玉米[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1992.
- [18] 刘开昌, 胡昌浩, 董树亭, 等. 高油、高淀粉玉米籽粒主要品质成分积累及其生理生化特性[J]. 作物学报, 2002, 28(4): 492 - 498.
- [19] LAMBERT R T. Effect of kernel position on oil content in corn[J]. Crop Sci., 1967, 7: 143 - 144.
- [20] JELLUM M D. Fatty acid composition of corn oil as influenced by kernel position on ear[J]. Crop Sci., 1967, 7: 593 - 595.
- [21] RAMAN R, SARKAR K R, DALJIT SINGH. Correlations and regressions among oil content, grain yield, and yield components in maize[J]. Indian J. Agric. Sci., 1983, 53(5): 285 - 288.
- [22] MISEVIC D, ALEXANDER D E, Dumanovic J, et al.. Grain moisture loss rate of high-oil and standard-oil maize hybrid[J]. Agron. J., 1988, 80(5): 841 - 845.
- [23] LANG A L, PENDLETON J W, DUNCAN G H. Influence of population and nitrogen levels on yield and protein and oil contents of nine corn hybrids[J]. Agron. J., 1956, 48: 284 - 289.
- [24] WELTH L E. Effects of N, P and K on the percent and yield of oil in corn[J]. Agron. J., 1969, 61: 890 - 891.
- [25] 蒋钟怀, 王经武, 王瑞舫, 等. 营养元素对高油1号玉米生长发育及子粒品质影响的研究[J]. 中国农业科学, 1990, 23(3): 37 - 43.
- [26] 刘开昌, 胡昌浩, 董树亭, 等. 高油玉米需磷特性及磷素对籽粒营养品质的影响[J]. 作物学报, 2001, 27(2): 267 - 272.
- [27] 傅绍清, 胡述楫, 胡人为, 等. 我国玉米子粒脂肪酸含量的研究[J]. 作物学报, 1992, 18(3): 222 - 229.
- [28] 霍仕平, 晏庆九. 玉米子粒含油量的研究及其育种进展[J]. 玉米科学, 1994, 2(3): 75 - 77.
- [29] 宋同明. 抓住机遇, 积极发展高油玉米[J]. 种子世界, 1993, (1): 15 - 16.
- [30] MILLER P A, BRIMHALL B. Factors influencing the oil and protein content of corn grain[J]. Agron. J., 1951, 43: 305 - 311.