西北农业学报 2003,12(2):36～40
Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica

饲用玉米育种要求性状特征及研究进展

李向拓，吴权明，毛建昌
(西北农林科技大学农学院，陕西杨凌 712100)

摘 要：综述了饲用玉米的分类、特点、组织结构及其营养价值、饲用玉米的农艺性状和营养品质的检测方法，及当前饲用玉米的育种现状。提出了饲用玉米的育种目标应考虑：(1) 消化率高，即淀粉、可溶性碳水化合物及蛋白质含量高，而纤维素及木质素含量低；(2)茎叶多汁，茎杆汁液含糖 6%，全株粗蛋白含量在 7%以上，粗纤维含量在 30%以下；(3) 植株高大，适应性强，保绿性好，生育期适中；(4)适时收获，春播的生物量达 70～120 t/hm²，夏播的生物量达 45～60 t/hm²。

关键词：饲用玉米；营养品质；育种目标；性状特征
中图分类号：S513 **文献标识码**：A **文章编号**：1004-1389(2003)02-0036-05

Reasearch Progress and Demanded Characters of Forage Maize Breeding

LI Xiang-tuo, WU Quan-ming, MAO Jian-chang
(Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forest, Yangling Shaanxi 712100, China)

Abstract: This article gave a general description of the breeding of forage maize, classification, traits, organe stucture, nutritional value, agrinomic traits and the testing method of the maize stover nutritional quality, and concludes the breeding objective and present fact in China。Forage maize's breeding objective should include these follows: ① high digestibility, i. e. having high starch, soluble carbohydrate and protein content, low fiber and lignin content; ② the sugar content in stalk and leaf liquid is over 6%, the crude protein content excess 7%, the crude fiber is less than 30%; ③ plant is big, the period of keeping green is longer and having mid-growing period; ④ at harvest, biomass yield is over 70～120, 45～60 t/hm² in spring seeding and summer seeding respectively。

Key words: Forage maize; Nutritional quality; Breeding objective; Characters

青贮玉米能积累较高的能量，具有易贮存、易吸收等特点。在欧美国家中，玉米青贮饲料早已成为反刍家畜日粮中主要有效成分和幼兽育肥的强化饲料。发展青贮玉米是发展奶牛、肉牛、肉羊等食草家畜的有效措施，又能有效缓解人畜争粮的问题，当前，青贮玉米在我国也越来越受到重视。

1 饲用玉米

1.1 饲用玉米分类及特点

饲用玉米主要是指青贮玉米，即指在乳熟至蜡熟期收获，其秸秆、叶片极适合作青贮发酵的玉米。青贮饲用玉米是极好的牛羊饲料。根据不同的分类标准，饲用玉米可分为不同的种类。依据分蘖性强弱，可将饲用玉米分为分蘖型和独杆型：分蘖型青贮饲用玉米是指分蘖性强，茎叶丛生的一类玉米，此类型玉米单株绿色器官产量高，一般穗子较多，植株青穗比例高，蛋白质含量高，能有效地提高青贮饲料品质；而独杆型青贮饲用玉米基本无分蘖，一般植株高大，叶片繁茂，茎杆粗壮，果穗 1～2 个，此类型玉米单位面积上的高额绿色体产量主要是通过提高单株重及适当增加种植密度来实现的。依据用途的不同，可将饲用玉米分为专

收稿日期：2002-12-17 **修回日期**：2003-01-20
基金项目：国家 863 计划(2001AA241054)及陕西省农业攻关项目资助(2002K02－GH)
作者简介：李向拓(1975－)，男，河南濮阳人，在读博士，主要从事作物遗传育种研究。

用型和兼用型两类：专用型青贮饲用玉米一般不用作粮食，而主要是作牲畜的饲料；兼用型青贮饲用玉米具有较高的籽粒茎叶产量及活杆成熟性，既保证了较高的籽粒产量，又能保证青绿壮态的茎叶以供青贮。依据饲用对象，可将饲用玉米分为牛用、羊用、鸡用、猪用和鹿用玉米等[31,16]。

饲用玉米的新鲜茎叶富含维生素，是多汁的青饲料，特别是在吐丝至乳熟期收获的鲜茎叶营养价值最高，与一般饲料相比较具有以下特点：①茎叶产量高，可溶性碳水化合物丰富，营养生长期长，光合效率高，蛋白质含量高，木质素和纤维素含量低，茎杆粗壮，抗倒伏能力强，耐密性好；②适口性好，所含营养易于消化和吸收。饲用玉米的茎杆大部分是全株青贮，茎杆经贮藏发酵后，可使茎杆软化，通过微生物发酵，茎杆可产生一定量的芳香族化合物，具有酒香味，柔软多汁，使得牲畜食欲旺盛，获得较高的出栏率。③可作为全年常备饲料。一般到冬季，大部分饲草均已枯黄，使得饲料供应发生困难，饲用玉米的选育是解决这一问题的有效途径之一。

1.2　饲用玉米的组织结构及营养价值

饲用玉米的营养价值与组织结构的物质组成密切相关。饲用玉米的营养价值主要包括消化率、纤维素、木质素和蛋白质含量，可作为青贮玉米品系的重要选择指标。饲用玉米的消化率与饲用玉米的纤维素、木质素及蛋白质也有着密切的关系。细胞壁中的木质素与消化率呈负相关，并且在生长阶段叶龄及杂交种也对此产生影响。除植株本身条件外，细胞壁的发育也受到生长环境的调节，细胞壁组成也影响到纤维素的消化性[19]。具有低水平细胞壁消化率的玉米自交系重组，可能使饲用玉米自交系的纤维素含量增加，并且增加了细胞壁中所有可测得组分的含量[28]。

器官物质被消化能力及细胞壁的被消化能力可用反应液在体外小室内进行观测。器官物质消化率与中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维及木质素含量间存在着负相关性[14,28,29]，总磷含量与细胞壁消化率相关性比它与器官物质的消化率之间的相关性强。通过多元逐步回归，细胞壁的消化率和器官物质的消化率可用灰分、木质素及总磷含量来表示，也可用灰分、中性洗涤纤维、木质素或总磷来表示。青贮阶段前，自交系茎杆决定了器官物质消化能力和细胞壁消化率的遗传变化，这一变化规律与纤维含量（中性/酸性洗涤纤维）及其化学组成的变化规律一样[28]。其中，中性洗涤纤维起着重要作用，降低中性洗涤纤维含量可能是改善饲用玉米消化性的有效途径之一[29]。通过遗传选择，提高纤维消化率或降低非消化性纤维的沉积，同样可以改善饲用玉米的营养价值。一般而言，具有褐色中脉的玉米突变体，其酸性洗涤木质素沉积少，且此类玉米的纤维消化率高于普通玉米[17]。但该类型抗倒性较差且产量较低，在生产上不易利用。通过消化率相关性状的观测，特别是自交系消化率的中亲值，可有效地预测杂交种的表现。故育种家可进行自交系选择而得到有较高消化力的饲用玉米[9]。在消化特征中，酸性洗涤木质素在青贮收获杂交种与青贮或籽粒收获自交系间存在着较高的相关系数。对于籽粒产量，自交系可在青贮或籽粒收获时进行初步选择；而其消化性特征，最好是于可青贮时收获。研究表明，在可青贮时收获，其自交系和杂交种的产量特征与消化特征的相关系数达到显著水平；若自交系在籽粒成熟时收获，杂交种在可青贮时收获，一般情况下两者消化性特征相关性较弱；同样，产量特征亦然[15]。根据酸性纤维沉积量可进行全消化性营养的计算。除全消化性营养、酸性洗涤纤维和中性洗涤纤维外，其它消化性的性状均受到杂交种的影响[30]。

选择粗蛋白含量高的单株有利于提高饲用玉米的产量，同样，株高、叶片数目及单株叶面积对饲料产量也有一定的影响[25]。粗蛋白在籽粒和叶子中含量较高，而茎杆、苞叶及穗轴均低于 3%。蛋白质产量与籽粒和饲料干物质产量皆呈正相关，与每株穗数呈负相关[5]。有人提出粗蛋白含量并非重要的选择性状，但对于籽粒产量的选择可作为适宜的次级性状，其选择作用大于其它选择指数[35]，它的含量可通过近红外光谱仪测定和体外消化率测定来得到。

1.3　饲用玉米的农艺性状

饲用玉米自交系可以根据其农艺性状进行选择，这是由于一些农艺性状与饲用玉米秸秆品质间存在着一定的相关性。有人提出，无论是生物学产量，还是根和茎杆的倒伏性均与饲用玉米的饲用价值特点无关，所以通过选育可使青贮饲用玉米的生产力、抗倒性及饲用价值同时得到改善[8]。不同细胞质对全株玉米的营养质量影响不同，影响株草质量的细胞质可显著影响到全株玉米的营养质量[14,37]。降低细胞壁组分的沉积并提高细胞

壁消化能力，可以提高全株玉米的营养质量[37]。研究表明，下披松散型玉米品系是一种可提高饲用玉米营养价值的有用种质资源，该类型玉米自交系的组织具有较低水平的酸性洗涤纤维、中性洗涤纤维、木质素和多木糖。但也有试验表明，选择下披松散型玉米不一定能改善它的饲用质量[13]。由于此类性状比较复杂且各性状的遗传力较低，故在饲用玉米中进行全消化干物质产量的选择比较困难。有人提出茎杆直径可作为选择高产优质饲用玉米品系的一个直观简单的选择指标。茎杆直径有一定的遗传力，并与产量的相关性较好，且与饲用玉米营养品质无负相关性。经过连续群体选择，发现每代皆可使茎杆直径扩大4%，同时可提高草重及穗重；但在第3轮选择之后，穗重增重趋于停止，生物量增加，使得全消化干物质产量提高；经5代连续选择后，茎杆直径增加了28%，但又不影响株草的消化率，最明显的质量变化是中性洗涤纤维含量增加。可见，茎杆直径能作为改善全消化干物质产量的性状间接选择的指标[11,12,23]，但茎杆直径是一个数量性状，是受多个基因控制，故茎杆直径的选择应与仪器分析的结果相结合。

饲用玉米的绿色粗饲料产量与株高、叶片数目及穗叶面积相关性达显著水平。株高通过每株叶片数目、叶茎比及穗叶面积间接地影响绿色粗饲料产量[18]。在绿色粗饲料产量中，主要显性基因的作用比较突出，但附加基因的互作对后代的绿色粗饲料产量有显著正向作用。主效基因和附加基因的互作也可起到同样的作用[26]。在不同类型玉米杂交试验中，硬粒型与马齿型的杂交种一般干物质含量低。也有人指出，两者的杂交有利于提高株草和穗子的干物质产量[27,32]。散粉期、叶片数目、穗位高及穗高/株高的遗传力逐个下降。开花天数、产草量与全消化干物质产量间存在着正向附加遗传相关性，全消化干物质产量与茎杆直径、株高之间存在显著相关性，但营养品质特征与农艺性状及产量特征无相关性[23]。通过近缘种质分析表明，叶面积、叶片数目及收获指数的改良能有效提高饲料产量[34]。有研究指出，多籽粒玉米的青贮干物质指数、干物质和中性洗涤纤维的总消化率优于多叶玉米，但多叶玉米的乳脂率及淀粉肠道总消化率均较高[21]，用果穗比可有效地选择多籽粒玉米。

2 饲用玉米秸秆营养品质的检测方法

常用的饲料品质分析方法有近红外光谱分析和体外小室消化法等，而玉米秸秆的分析却无统一的方法。前者可有效地了解到体外干物质消化率、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维、木质素、淀粉、可溶性碳水化合物、蛋白质及灰分含量，同时又可估计非淀粉和不可溶性碳水化合物的体外消化情况。体外消化率主要受细胞壁和收获时全株淀粉含量的影响[6,7]。株草可食用干物质的消化力与籽粒在全株中的比例呈正相关，通过尼龙袋消化率或纤维成分沉积可评价不同玉米杂交种的营养价值[36]。

3 饲用玉米的育种目标及现状

3.1 饲用玉米的育种目标

优良饲用玉米品种的选育应根据养殖业对饲料的基本要求进行。饲用玉米的育种目标主要应考虑以下几点：①植株高大，茎叶繁荣，抗倒、抗病虫及不早衰，耐密植，适应性强，保绿性好，生育期适中；②茎叶多汁，茎杆汁液含糖6%，全株粗蛋白含量在7%以上，粗纤维含量在30%以下；③在乳线下降到半乳线时收获，春播，生物量达70～120 t/hm^2，夏播，生物量达45～60 t/hm^2；并且干物质多；④籽粒产量适中，品质好；⑤对牲畜适口性好，消化率高，即淀粉、可溶性碳水化合物及蛋白质含量高，而纤维素及木质素含量低[1,2,4]。

3.2 饲用玉米选育方法

饲用玉米的选育方法与普通玉米基本相似。多穗和茎叶繁荣，保绿性好，生物产量高可作为饲用玉米的直观、宏观选择性状。对于褐色中脉玉米bm3突变体，应选择修饰型基因加以利用，进而提高杂交种的抗倒性和产量。在自交系的选育上，今后，应注意高赖氨酸、高油及高蛋白等方面材料的选育，并充分利用新选育出的具有高营养、高能量的高抗材料，进而组配出优质高产的饲用玉米新组合。

Thomas Lubberstedt 等(1998年)提出饲用玉米杂交种应该测定籽粒和饲料的表现，并把高干物质产量和高消化率相结合；现在，饲用玉米育种应充分利用现有的选育方法，在主要育种材料中发现饲料产量高而且消化率高的可利用遗传变异（Argillier 等，1995；Barriere 等，1992；Geiger 等，1992）[33]。为了提高秸秆消化率，Lee

和 Brenbaker（1984 年）作出了利用玉米的褐色中脉突变体的尝试，Boudet 和 Grima－Pettenati（1996 年）进行了木质化的转基因工程，结果都失败了[10,22]。有人将分子标记用于预测杂种优势和类群间饲用品质的杂种表现，但其效果不明显[20,24]。

另外，气侯、种植密度及土壤水分等都可影响到饲用玉米的营养品质，故在育种选择过程中，应使自交系满足这些方面的需要，使之营养价值得到充分的表现，以便于自交系的进一步选择。

3.3 饲用玉米育种现状

20 世纪 80 年代前，我国无专用型青贮玉米。自 1985 年北京市品种育种委员会审定了京多 1 号后，相继出现了辽原 1 号、科多 4 号、龙牧一号、太多一号和沪青 1 号等新品种。这些品种的饲料产量普遍提高了 15%～40%，且品质得到了改善[3]。

随着农业种植结构体制调整力度的加大和畜牧业的快速发展，选育并推广专用型青贮饲料玉米新品种势在必行。这对于推进我国农业种植业的结构调整和大幅度提高农民收入以及向高效、优质、可持续发展农业转变都有着重要意义。

参考文献：

[1] 李德新. 浅谈青贮玉米育种目标的选定[J]. 黑龙江畜牧科技，1994，2：56～57.

[2] 李晓亮. 我国特用型玉米育种的进展及综合利用[J]. 安徽农学通报，1998，4(1)：29～32.

[3] 盛良学，贺喜全. 我国优质饲用玉米育种研究进展[J]. 杂粮作物，2002，22(3)：134～137.

[4] 王忠孝. 山东玉米[M]. 北京：中国农业出版社，1999，12.

[5] Alliprandini L F, Batista LAR. Contribution of plant components to silage and grain production in baazilian maize cultivars[J]. Acta Agronomica Hungarica, 1998, 46(4): 363～375.

[6] Argillier O, Barriere Y, Dardinne P, *et al.* Genotypic variation for in vitro critera and relationship eith vivo digestibility in forage maize hybrids[J]. Plant Breeding, 1998, 117(5): 437～441.

[7] Arigillier O, Barriere Y, Hebert Y. Genetic variation and selection criterion for digestibility traits of forage maize[J]. Euphytica, 1995, 82(2): 175～184.

[8] Arigiller O, Hebert Y, Barriere Y. Relationships between biomass yield grain production lodging susceptobility and feeding value in silage maize[J]. Maydica, 1995, 40(2): 125～136.

[9] Arigillier O, Mechin V, Barriere Y. Inbred line evaluation and breeding for digestibility related traits in forage maize[J]. Crop Sci, 2000, 40: 1596～1600.

[10] Bouder A M, Grima-Pettenati J. Lignin genetic engineering[J]. Molecular breeding, 1996, 2: 25～39.

[11] Casanas F, Bosch L, Almirall A, *et al.* Correlated response in forage yield and quality of the lancaster bariety of maize through selection in the stalk diameter[J]. Maydica, 1998, 43(4): 243～249.

[12] Casanas F, Bosch L, Sanchez E, *et al.* Indirect selection for total digestible dry matter yield in forage maize stem diameter[J]. Genetics and breeding for crop quality and resistance, 1999: 367～374.

[13] Falkner L K, Coor J G, Ostrander B M, *et al.* Lax leaf maize cell wall composition and nutritional value[J]. Journal of the science of food and garicultuer, 2000, 80(2): 255～262.

[14] Ferrer A, Caaanas F, Verdu AM. Breeding for yield and nutritive value in forage maize: an easy criterion for stover quality and genetic analysis of lancaster variety[J]. Euphytica, 1991, 53(1): 61～66.

[15] Gurrath P A, Dhillon B S, Pollmer W G, *et al.* Utility of inbred line evaluation in hybrid breeding for yield and stover digesibolity in forage maize[J]. Maydica, 1991, 36(1): 65～68.

[16] Jadhuo S B, Chandrameni, Tiwari C M, *et al.* Efficiency of utilisation of energy from maize and broken rice based diets in old white leghorn and Rhode Island red laying hens[J]. British Poultry science, 1999, 40(2): 275～283.

[17] Jha P B, Ghosh J, Nirada RBP. Genetic variabiability and charaxter association in fodder maize[J]. Journal of research birsa agricutural university, 1998, 10(2): 139～143.

[18] Jung H G, Mertens D R, Buxton D R. Forage quality variation among maize inbreds: in vitro fiber digestion kinetics and prediction with NIRs[J]. Crop Sci, 1998, 38(1): 205～210.

[19] Jung H G, Russelle M P. Light source and nutrient regime effects on fiber composition and digestibility of forage[J]. Crop Sci, 1991, 31: 1065～1070.

[20] Jurgen Boppenmaizer, Albrecht E, Melchinger E, *et al.* Genetic diversity for RFLPs in European maize inbred: I[J]. Crop Sci, 1992, 32: 895～902.

[21] Kuche C S. 不同杂交青贮玉米对肉牛和奶牛饲用价值的评定[J]. 国外畜牧科技，1999，26(4)：15～18.

[22] Lee M H, Godsialk E B, Lamkey K R, *et al.* Association of RFLP among maize inbreds with the agronomic performance of their crosses[J]. Crop Sci, 1989, 29: 1067～1071.

[23] Mas M T, Bosch L, Casanas F, *et al.* Semiexotic population of corn Mo17 x Across 8443 laposta as a base for forage breeding[J]. Maydica, 1998, 43(4): 291～300.

[24] Melchinger A E. Use of RFLP markers for analysis of genetic relationships among breeding materials and prediction of hybrid performance[J]. International Crop Sci, 1993: 621～628.

[25] Mohammad Basheeruddin, Reddy M B. Shaik Mohammad Correlation coefficient and path analysis of component chanacters as influenced by the environment in forage maize [J]. Crop Research Hisar,1999,17(1):85~89.

[26] Mohammad Basheeruddin, Reddy M B. Shaik Mohammad Genetic amalysis of forage yild and related agronomic characters in maize[J]. Crop Reseach Hisar,1999,17(2):219~225.

[27] Moreno-Gonzalez J, Marinez I, Brichette I. Breeding potential of European flint and U. S. corn belt dent maize populations for forage use[J]. Crop Sci,2000,40:1588~1595.

[28] Marvin H J P, Krechting C F, Loo-EN-Van, *et al*. Relationship between cell wall digestibility and fibre composition in maize[J]. Journal of the sience of food and agriculture,1995,69(2):215~221.

[29] Redfearn D D, Buxton D R, Hallauer A R, *et al*. Forage quality characeristics of inbred corn lines and their derived hybrids U. S[J]. Dairy forage research center research summaries 1997,3:14~15.

[30] Roth G W. Hybrid quality and yield differences for corn silage in pennsylvania[J]. Journal of production agriculture,1994,7(1):50~54.

[31] Sauber T E, Stahly T S, Williams N H, *et al*. Effect of growth genotype and dietary amino acid regimen on the lactational performance of sows[J]. Journal of Animal Science,1998,76(4):1098~1111.

[32] Seitz G, Melchinger A E, Geiger H H, *et al*. Reciprocal differences for forage traits in single and three-way crosses of maize[J]. Plant Breeding, 1995,114(3):231~234.

[33] Thomas Lubberstedt, Albrecht E, Melchinger A E, *et al*. QTL mapping in testcrosses of flint lines of maize: III [J]. Crop Sci,1998,38:1278~1289.

[34] Torrecillas M G, Broccli M, Bortoia L M. Breeding of maize for silage: yield components in genotypes with different degree of improvement[J]. Maize genetic cooperation newsletter,2000(74):45.

[35] Utz H F, Melchinger A E, Seitz G, *et al*. Economic aspects of breeding for yield and quality traits in forage: II Derivation and evaluation of selection indics [J]. Plant breeding,1994,112(2):110~119.

[36] Verbic J,Stekav J M A, Resnik-cepon-M. Rumen degradacion characteristics and fibre composition of various morphological parts of different maize hybrids and possible consequinece for breeding[J]. Animal feed science and technology,1995,(54):133~148.

[37] Wolf D F, Coors J G, Alvrecht K A. Agronomic evalutions of maize genotypes selected for extreme fiber concentrations[J]. Crop Sci,1993,33:1353~1365.

渭南棉花高产栽培技术推广

西北农林科技大学、大荔县农业局、大荔县埝桥乡农技站等单位共同完成，夏志明副研究员主持的原陕西省农发办(1996—2000年)项目“渭南棉区棉花高产栽培技术推广”获陕西省2001年农业技术推广三等奖。

该成果的技术创新点主要体现在以下几个方面：

1、推广了高产新品种“秦远四号”，在推广的同时在“秦远四号”中系选出了产量、色泽、叶型等性状优于“秦远四号”的新优系“D96-2”，引繁了“陕2234”和“陕4080”。

2、引进示范推广了转基因抗虫棉新品种(系)，“美33B”、“荷棉3号”，“新高抗5号”、“陕7359”等，解决了生产中棉铃虫难防治的重大障碍；围绕良种配套良法，示范推广了棉花简化促早栽培技术。

3、改地膜棉打孔放苗为翻膜放苗，提出了覆膜前和翻膜前在窄行和宽行分期化学除草新技术。

4、结合系统化调改棉花五步整枝为早熟品种只打顶，中熟品种也只需抹裤腿和打顶尖。

5、改盐碱地地膜平覆为窄行起垅沟播覆膜；改棉田只重施氮磷肥为稳氮，增磷钾，补微肥；改棉田立体种植上的一促到底为以促为主与适时适量化调相结合。明确了麦收后植棉覆膜可平衡地温和土壤水分，促进棉花早发早熟，并可抗旱节水，改棉铃虫防治上的单纯化学防治为综合防治。

(西北农林科技大学推广处 胡俊鹏供稿)