

谷子育种中几个主要性状选育方法的探讨

程汝宏, 刘正理

(河北省农林科学院谷子研究所, 河北 石家庄 050031)

摘要: 丰产性状、品质性状、适应性是谷子品种的主要性状。在成功培育出冀谷 14 号、谷丰 1 号、谷丰 2 号、小香米、冀谷 18、冀谷 19 等高产、优质、广适新品种的基础上, 总结出在育种过程中对这些性状的有效选择方法, 对今后的谷子育种具有一定的接借鉴作用。

关键词: 谷子育种; 主要性状; 选择方法

中图分类号: S515. 01 文献标识码: A 文章编号: 1000- 7091(2003)院庆专辑- 0145- 05

Study on Selection Methods of Main Characters in Millet Breeding

CHENG Ru-hong, LIU Zheng-li

(Institute of Millet Crops, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Shijiazhuang 050031, China)

Abstract: Yielding ability, quality, regional adaptability are main characters of millet varieties. Base on successful in having bred several new varieties with high yielding, good quality, wide regional adaptability, the effective selection methods of those characters are reported in this paper.

Key words: Millet breeding; Main character; Selection methods

丰产性状、品质性状、适应性是谷子品种的主要性状, 也是育种突破的难点。“七五”以来, 我们先后育成了高产、广适的冀谷 11 号、冀谷 14 号、谷丰 1 号、谷丰 2 号, 优质、高产、广适的小香米、冀谷 18、冀谷 19 等夏谷新品种。在这些品种的培育过程中, 我们逐步探索出一套选择这些性状的有效方法。

1 丰产性状的选择

1.1 谷子的产量构成及相关性状的选择

谷子的产量构成因素包括单位面积有效穗数、穗粒数、千粒重, 由于谷子粒小, 不易计算穗粒数, 因此, 在千粒重相近的情况下, 可通过比较穗粒重间接比较穗粒数。通过冀谷 14 号、谷丰 1 号、谷丰 2 号等几个高产品种的选育研究表明, 我国谷子的产量潜力还很大, 在近期内, 提高上述产量构成三因素的某个、某两个或三者协调提高均能实现产量的提高。其中穗粒数、千粒重的提高难度较大, 提高单位面积有效穗数或三者协调提高最易实现丰产性的突破。

1.1.1 单位面积有效穗数的选择 对多年的河北省和国家夏谷新品种区域试验资料的分析统计结果表明, 在留苗密度 75.0 万株 / hm^2 的情况下, 较对照显著增产的夏谷品种有效穗数一般在 67.5 万 / hm^2 以上, 有效穗数低于 60 万 / hm^2 的品种基本上都较对照显著减产。因此, 通过提高有效穗数提高产量是行之有效的。

单位面积有效穗数属于数量性状, 受多个微效基因控制, 遗传力较低, 因此应在中高世代(F_3 以后)进行选择, 但在早代可通过对株型、株高、穗下茎节长度等与之密切相关的性状进行间接选择。一般情况下, 叶片上冲、中矮秆、分蘖、穗下茎节较短的类型成穗率较高。对成穗率的直接选择应采用加大选择压力和连续定向选择的方法, 一般自 F_4 开始, 各代加大种植密度, 选择成穗率高、结实性好、抗倒性强的类型。

1.1.2 单穗粒数和穗粒重的选择 单穗粒数和单穗重均属于数量性状, 受多个微效基因控制, 遗传力

较低,因此均应在中高世代(F_3 以后)进行选择,但与二者密切相关的穗长、穗粗、穗码数、码粒数遗传力较高,可在早代通过对这些性状的间接选择来提高单穗粒数和单穗重。研究表明,穗长、码数与穗粒重呈显著正相关。高品种一般为穗子中等偏长、粗穗、穗码数中等但码粒数较多的类型。

1.1.3 千粒重的选择 谷子千粒重一般在 2.0~4.0 g 之间,推广品种多数在 2.5~3.5 g 之间。 ≥ 3.0 g 称为大粒类型, < 2.0 g 为小粒类型。千粒重高低具有一定的地域性,在我国一般黄土高原和内蒙古高原的谷子品种子粒较大,华北夏谷区谷子品种以中小粒为主,推广品种千粒重一般在 2.5~2.8 g。千粒重具有较高的遗传力,可在早代选择。实践证明,华北夏谷区谷子千粒重的提高有很大潜力,通过选用大粒亲本和后代选择可以明显提高千粒重,而且能够选育出超亲的类型。

1.2 谷子丰产性状选择的实践

谷子产量的三因素之间是矛盾的统一体,当三者均处于较低水平时,提高三者之一、之二以及三者共同提高均能实现产量水平的提高。但当三者均达到较高水平时,三者间的矛盾就会表现出来。研究表明,单位面积有效穗数与穗粒数之间呈负相关,与千粒重则没有显著相关;穗粒数与千粒重呈极显著负相关。因此,在实际育种工作中,应根据主要农艺亲本的特点,选择与之性状互补的其他亲本。低代重点对千粒重和穗长等遗传力较高的性状进行选择,中高世代重点对成穗率进行选择,在大粒、大穗基础上,保持较高的成穗率,最终实现丰产的目标。

冀谷 14 号是我们选育的通过密植提高有效穗数夺高产的类型。该品种是采用陕西农家品种绿穗谷经 Co^{60} 辐射育成。绿穗谷具有根系发达、茎秆坚韧、抗倒性突出、成穗率高、抗多种病害等优点,但是植株偏高、熟期偏晚,我们根据 20 世纪 90 年代初期谷子主栽品种存在的密植后倒伏严重、抗病性差等问题,确定用绿穗谷作亲本,采用 Co^{60} 辐射的方法改造其在株高、熟期方面存在的缺点。在后代选择过程中,采用加大选择压力和连续定向选择的方法,以使目标性状充分表达,具体做法是自 M_4 代以后,种植密度由普通选种圃的 60 万株/hm² 提高到 90 万株/hm²,每个世代重点从成穗率高、抗倒性好的穗行中选择结实性好的单株,从而育成了成穗率高、适

宜密植、抗逆性突出的冀谷 14 号。该品种中秆、叶片半上冲、穗下茎节较短、耐密植、成穗率高,在统一留苗密度 75.0 万株/hm² 的情况下,有效穗数达 71.4 万/hm²,成穗率高达 95.2%,较对照冀谷 12 号增产 625.4 kg/hm² (13.46%),在留苗密度 90 万株/hm² 的密植示范田较对照增产 750~1500 kg/hm²。1994 年,经河北省农业厅组织专家现场实产验收,该品种在辛集市创造了 8 649 kg/hm² 的河北省谷子高产纪录。

谷丰 1 号是我们选育的分蘖型高品种,粒大、穗多为其高产的主要原因。20 世纪 80 年代中后期,我国谷子主产区旱灾频繁,生产上种植的主要是单秆型品种,自身调节能力差,稳产性不好,且子粒小,商品性不好,为此我们确定了选育株型紧凑、具有适当分蘖、大粒,通过亩穗数和千粒重共同提高夺高产的育种目标,通过对我国品种资源的研究发现,几乎不存在叶片上举株型的种质资源,其他目标性状也分散在不同的品种资源中,于是我们首先通过配制大量杂交组合创新出株型紧凑、适宜密植的中间材料 474,同时鉴定出河南农家品种大白谷具有分蘖特性、来源于谷子次生基因中心日本的日本早熟一号具有大粒的特性,于是利用这几个材料进行复交,选育出基本将目标性状聚合到一起的 921141,但是该品系仍存在晚熟的缺点,我们采用 N^+ 注入法对其进行处理,通过连续多代的定向选择,育成了符合育种目标要求的谷丰 1 号。该品种分蘖力强,且叶片特上冲,尤其是倒二叶,直到成熟仍保持上冲状态。在区域试验统一留苗 75.0 万株/hm² 的情况下,谷丰 1 号两年平均有效穗数 97.65 万/hm²,平均单株有效穗 1.3 个,弱分蘖的对照豫谷 1 号平均有效穗数 77.85 万/hm²,平均单株成穗 1.04 个,同期参试的其余 4 个单秆型品种平均穗数为 66.0~66.85 万/hm²,平均单株成穗 0.896 个。最终产量谷丰 1 号居第一位,较对照豫谷 1 号增产 9.05%。生产应用结果表明,谷丰 1 号具有良好的稳产性和丰产潜力,在缺苗 40% 左右时仍不会明显减产,在中低水肥地一般较单秆型和弱分蘖型品种增产 30% 左右,严重缺苗地块,单株平均成穗 3 个以上,最多单株成穗达 11 个,增产 50% 以上,最高单产达 9 153 kg/hm²。谷丰 1 号的育成改变了长期以来我国谷子育种界认为谷子分蘖不易成穗的观点,使分蘖成穗特性成为谷子高产稳产的重要指标。

谷丰 2 号是我们选育的通过单位面积有效穗

数、穗粒数和千粒重三者协调提高实现丰产的高产品种。该品种的母本是大粒抗倒伏的育种中间材料95307,父本是大穗、成穗率较高的8337(鲁谷10号)。在后代选育过程中,我们在F₂,F₃注重选择大粒、大穗的类型,F₄以后主要选择成穗率高的类型,从而育成了大穗、大粒、成穗率较高的谷丰2号。该品种在国家和河北省区域试验中,平均穗长分别为18.7 cm和19.6 cm,穗粒重分别11.2 g和12.1 g,千粒重分别为3.04 g和3.15g,在同期参试品种中穗子最长、单株产量最高、子粒最大。同时,该品种成穗率也较高,在国家和河北省区域试验中,单位面积有效穗数分别为66.5万/hm²和71.47万/hm²,分居第二和第一位。在国家区域试验中平均单产5693.9 kg/hm²,较对照豫谷5号增产14.36%。在河北省区域试验中平均单产5876.9 kg/hm²,较对照冀谷14号增产11.53%。2002年9月,经河北省科技厅组织专家现场测产,谷丰2号小面积单产达9105.6 kg/hm²。

2 品质性状的选择

2.1 与谷子品质相关的性状及选择指标

谷子的品质性状包括营养品质、外观品质、食味品质、蒸煮品质、环境敏感性等。

2.1.1 营养品质 谷子具有营养全面平衡、易消化等优点,是孕妇、儿童和病人的良好营养食物。目前,由于肉蛋奶等蛋白源供应丰富,而且蛋白质含量高的小米往往食味品质欠佳,因此,目前谷子育种中一般不将高蛋白质、高脂肪作为育种目标,谷子育种的目的是进一步提高小米的特色保健营养成分。与小麦、水稻、玉米等粮食作物相比,谷子最突出的优点是含有丰富的V_{B1},V_{B2},V_A和微量元素硒(Se),这些成分具有提高人体免疫力、防治皮肤病、克山病、大骨节病和癌症等作用。因此,应将V_{B1},V_{B2},V_A和微量元素Se作为谷子营养品质的主攻目标。我国谷子品种小米含硒平均为71 μg/kg,维生素平均含量为V_{B1}6.3~7.1 mg/kg,V_{B2}0.9~1.08 mg/kg,V_A81 IU。近期保健谷子品种的技术指标为:自然栽培条件下,小米含硒100 mg/kg以上;含V_{B1}8 mg/kg以上,V_{B2}1.2 mg/kg以上,V_A100 IU以上。

在育种过程中,营养品质的提高主要依靠目标性状强的亲本之间杂交,通过基因的累加效应来实现,后代选育应在综合性状好的前提下,依靠化验分析来选择。

2.1.2 外观品质 外观品质包括小米色泽、色泽一致性、腹沟深浅、碎米多少等。优质品种要求色泽鲜艳(金黄、鲜黄、桔黄)或具有特殊色泽(乳白、青、灰等),色泽一致性好,腹沟浅、碎米少。外观品质是消费者能直接评价并首要选择的指标,因此,外观品质优劣是谷子品质育种成败的关键之一。

通常所说小米色泽是指谷子去壳后的果皮色泽,属于质量性状,其遗传规律见表1。小米色泽应在F₂开始选择,通过多代自交实现纯合。

表1 谷子米色(果皮色)遗传

相对性状	F ₁ 表现	F ₂ 分离比例	资料来源
白米对黄米	白米	3:1	李先闻,1936
果皮黑色对黄色	黑色	9:7	Darmency,1987
种皮黑色对黄色	黑色	9:7	Till,1990
果皮灰色对黄色	黄色	13:3,11:5	Till,1990
果皮黄色对青色	黄色	4:1	王润奇,1999

2.1.3 食味品质 食味品质是小米品质的最重要指标,也是消费者最重视的指标。食味品质可采用两种方法进行评价和选择,一是蒸煮品尝直接评价,二是通过间接指标进行评价。

蒸煮品尝直接评价的方法是,以已知优质品种为对照,各品种用相同的米和水,用相同的灶具和相同的时间进行蒸煮,然后根据米粥香味、粘稠度、口感、及冷却后回生情况等多个项目进行评分,总分达到或超过优质对照者为优质类型。

间接评价指标包括直链淀粉含量、糊化温度(碱消指数)和胶稠度。直链淀粉含量较低的,米饭粘性大、柔软、有光泽;直链淀粉含量高的(25%以上),米饭干燥、蓬松、色泽暗、适口性差,且有回生现象。直链淀粉含量中等偏低的(14%~17%),一般米饭既保持蓬松又柔软可口,且有光泽。胶稠度是通过3.3%~4%冷米胶延伸的长度来反映米胶软硬的。米胶长度小于80 mm的为硬,80~120 mm的为中,大于120 mm为软。一般情况下,胶稠度软的适口性较好。目前育种中一般要求胶稠度大于115 mm。

育种实践表明,提高食味品质应首先选用优质亲本,但杂种后代普遍存在超亲现象,双亲亲缘关系越远,出现超亲的几率越高。后代选育应在综合性状好的前提下,在F₄以后就应进行食味品质检测或直接蒸煮品尝。

2.1.4 蒸煮品质 蒸煮品质是指小米蒸饭或煮粥所需的时间。一般人们欢迎蒸煮需时短、耗能少的类型。蒸煮品质可以通过蒸煮来实测,目前,一般要

求优质品种的蒸煮时间在 15 min 左右。蒸煮品质也可通过测试糊化温度来间接衡量。糊化温度是淀粉在热水中开始做不可逆膨胀的温度范围,它与适口性无关,但可以衡量小米的蒸煮品质。目前多用碱消指数来测定糊化温度,碱消指数低的糊化温度高,蒸煮一般需时较长。目前多数品种的碱消指数在 2.0~ 3.0 之间。在实际工作中我们发现,碱消指数有时并不能完全代替实际的蒸煮测试,有些品种如豫谷 1 号和豫谷 2 号,两者的碱消指数分别为 2.1 和 3.4,但实际蒸煮试验,豫谷 1 号却比豫谷 2 号蒸煮省时 5 min 以上。因此,间接测试只是反映可能的趋势,一般要求碱消指数 2.0 以上即可,应尽可能进行实际的蒸煮测试。

2.1.5 环境敏感性 品质性状的环境敏感性是指优质品种在不同土质、气候、水肥条件下品质差异的程度。传统的“四大贡米”对环境表现敏感,必须在特定区域种植才表现优质。1990 年通过河北省审定的冀特 2 号(金谷米)也对环境较敏感,在同属石家庄地区的赵县和无极县两地种植品质差异极显著,在赵县表现为一级优质米,在无极则品质明显变劣,甚至不如普通品种。但有些优质品种如豫谷 1 号对环境表现不敏感,在各地均表现优质。当前的优质育种,应努力培育出品质性状对环境不敏感的类型,以适应大面积推广和大批量开发的需要。实践证明,在高世代采用异地同步鉴定的方法,可选育出品质性状对环境不敏感的类型。具体做法是, F₄ 及以后各代在 3 种以上不同环境条件下对品质性状的稳定性进行大群体的鉴定筛选,从中筛选出在不同环境条件下均表现优质且综合性状较好的类型。

2.2 谷子品质性状选择的实践

根据上述原则,1997 年以来,我们先后育成了综合品质较好、产量较高、煮粥省火的小香米和冀谷 18(原名冀优 1 号)等优质高产夏谷新品种。特别是最近育成的冀谷 19(原名冀优 2 号),该品种米色鲜黄,煮粥粘香省火,商品性、适口性均好。经农业部谷物品质监督检测中心检测,小米含直链淀粉 15.84%,胶稠度 120 mm,碱消指数 2.3, V_{BI} 6.3 mg/kg,粗蛋白质 11.3%,粗脂肪 4.24%,2003 年在“全国第五届优质食用粟品质鉴评会”上,评分居第一名,荣获“一级优质米”称号。2002 年该品种参加国家谷子品种试验,平均单产 5 367 kg/hm²,较高产对照豫谷 5 号增产 9.82%。该品种 1 级高抗抗倒伏、1 级高度耐旱,高抗谷瘟病和褐条病,抗谷锈病、纹枯病、白发病。此外,目前生产上的推广品种基本

都是黄粒类型,而冀谷 19 子粒浅褐色,非常易于识别,便于解决以往优质品种收购中存在的掺杂、使假等难题。冀谷 19 在商品性、适口性、丰产性、抗逆性、适应性均达到较高水平,该品种的育成使夏谷品质育种迈上了一个新台阶,目前,该品种已成为河北金谷农业科技有限公司优质小米开发的骨干品种。

冀谷 19 母本为矮秆、抗倒伏的矮 88,父本为抗病性好、适口性较好的青丰谷,1994 年夏配制杂交组合,经 8 个世代南繁北育于 2000 年选育而成,该品种在适口性、商品性、丰产性三个方面均实现了超亲。其选育过程和方法如下:1994 年冬在海南岛种植 F₁,1995 年夏在石家庄种植 F₂,由于两亲本亲缘关系较远、形态特征差异大,因此 F₂ 出现多种超亲类型,选出 5 个小米商品性好、穗大、结实性好的优异单株。1996 年夏经小米商品性、丰产性、抗旱性、抗倒性、熟期、结实性等性状的综合鉴定,确定 2 个重点株系,并从中筛选出 16 个综合表现突出的单株。1996 冬在海南种植 F₄,淘汰 4 个光温反应敏感的株系。1997 年 F₅ 扩大群体种植,在抗病性、抗旱性、抗倒性、小米商品性鉴定的基础上,重点对小米适口性、丰产性进行鉴定,从 12 个株系中鉴定出 3 个表现突出的株系,并从中选出 18 个优异单株。1998 年夏 F₆ 通过综合鉴定,筛选出 98660,98665,98669 等 5 个性状基本稳定、综合表现优良的株系(表 2)。

表 2 1998 年冀谷 19 不同株系综合鉴定结果

株系 代号	直链淀粉 (%)	胶稠度 (mm)	碱消指数 (级)	产量 (kg/hm ²)	抗倒性 (级)	谷锈病 (级)	谷瘟病 (级)
98660	16.12	116	2.5	6 334.5	1	2	1
98665	15.68	122	2.1	6 175.5	1	1	1
98669	15.28	125	2.3	6 594.0	1	1	1
98671	16.26	118	2.8	6 768.0	2	1	1
98672	17.03	127	2.3	6 037.5	1	1	1

1999~ 2000 年经过 2 年 5 地的异地鉴定,98669 表现区域适应性好、在不同环境条件下均表现优质、各项指标均达到目标(表 3)。

2001 年 98669 参加夏谷新品系产量比较试验,单产 6 177.5 kg/hm²,居第一位,较对照冀特 2 号增产 15.2%,2002 年取名为冀优 2 号,并参加国家谷子品种试验,在华北夏谷区组试验中平均单产 5 367 kg/hm²,9 点次试验 8 点增产,平均较高产对照豫谷 5 号增产 9.82%。2003 年命名为冀谷 19。

表 3 98669(冀谷 19)异地品质鉴定结果

品质指标	1999 年			2000 年		
	石家庄	南宫	赞皇	石家庄	深州	易县
直链淀粉(%)	15.68	15.72	14.81	15.29	14.9	14.66
米胶长度(mm)	125	126	131	126	129	132
碱消指数(级)	2.3	2.3	2.6	2.5	2.5	2.6

冀谷 19 在多种环境条件下,直链淀粉、糊化温度、碱消指数等主要品质指标稳定,煮粥粘香省火,仅需 13~ 15 min,较金谷米省时 10 min,并克服了金谷米、四大贡米产量低且必须在特定区域种植才表现优质的不足。

3 适应性选择

谷子品种光温反应比较敏感,尤其是对光照长度反应敏感,一般不能跨生态区种植。高纬度、高海拔的品种引种到低纬度、低海拔地区生育期缩短,产量水平降低;反之,则生育期延长,有的不能正常成熟甚至不能抽穗。传统的谷子育种,针对谷子地区敏感性强的特点,从每个生态区特定的生态条件出发,制定适宜本区的育种目标,认为谷子育种是特定的生态条件下特定的生态类型的改造和不断完善,育种目标实质上是一个具体的生态目标。因此,从亲本到分离世代,均在当地进行定向选择,以在本生态区表现好坏做为取舍的唯一标准。采用这种方法育成的谷子品种,有其区域适应性强的优点,表现在本区生长良好;但跨区种植适应能力往往较差,从而使其推广范围受到限制。即使在本区,一旦生态条件改变或遇上灾害性天气,则导致大幅度减产。因此,应培育适应性广、能够跨区大面积种植的谷子品种,使新品种发挥最大效益。

选育光温反应不敏感的品种应首先选用光温反应不敏感的亲本,在此基础上,辅以正确的选择方法。山西省农科院谷子研究所研究表明,有 8.1% 的品种对短光照不敏感,25.6% 的品种对长光照不敏感,12.5% 的品种对长短光均不敏感,对光温综合反应不敏感的品种也占有一定比例。这表明,尽管谷子具有光温敏感特性,但仍存在着一些相对不敏感的类型。这为培育适应性广泛的谷子品种提供了材料基础。在育种方法上,一般可采用两种方法,一是采用李东辉等提出的“动态育种法”,即跨生态区对后代进行交替选择;另一种办法是就地进行遮光

14 h 短日照处理或加光 16 h 长日照处理,处理条件下的出苗至抽穗日数与自然条件下出苗至抽穗的日数之比值称为光反应度,光反应度越接近于 1,说明光反应越不敏感,其适应性越广。

在育种实践中,我们常利用冬春南繁或温室加代将上述两种方法结合使用。由于夏谷生育期仅 85 d 左右,我们可以利用我国辽阔的地域,在不同的积温带一年种植 3 季谷子,即 6~ 9 月在石家庄,10 月至次年 1 月在海南岛,2~ 5 月在广西南宁。由于三地光温条件相差很大,可以很容易鉴定品种的适应性,在三地均表现突出的类型一般都具有良好的区域适应性。河北省农林科学院谷子研究所采用上述方法曾育成了适应性广泛的冀谷 11 号、冀谷 14、金谷米、小香米、冀谷 18(冀优 1 号)等品种,这些品种除了主要适宜华北夏谷生态区夏播种植外,还能跨生态区在晋中、蒙南、辽南、陕北、新疆等春谷区春播种植并获得高产,例如,小香米在内蒙古赤峰市最高单产达 8 512.5 kg/hm²,冀优 1 号在西北春谷区域试验中平均单产 4 380.9 kg/hm²,与春谷对照产量持平,其中在河北承德、内蒙赤峰、山西汾阳、太原试点表现较好,最高单产达 7 932 kg/hm²。冀谷 11 号、冀谷 14 号、金谷米甚至可在哈尔滨、吉林种植。

参考文献:

[1] 李东辉,程汝宏. 谷子动态育种及其应用[A]. 李东辉主编. 谷子新品种选育技术[M]. 北京:天则出版社,1990. 1- 5.

[2] 李荫梅. 谷子育种学[M]. 北京:中国农业出版社,1997. 370- 416.

[3] 王润奇,高俊华,毛丽萍,等. 谷子粳糯、矮秆及青米性状基因的染色体定位[J]. 云南大学学报,1999, 21(增刊):111- 112.

[4] 程汝宏,籍贵苏,李香月. 夏谷高产育种单株选择模式[J]. 华北农学报,1996, 11(1): 123- 127.

[5] 王殿瀛,郭桂兰,王玉文,等. 谷子品种光反应特性研究[J]. 粟类作物,1986, (2): 42- 47.

[6] 刘晓辉,杨明. 谷子生产潜力的基础研究—⑤谷子不同类型品种库源关系的比较[J]. 吉林农业科学,2002, 3(27): 7- 10.

[7] 程汝宏,刘正理. 夏谷新品种冀谷 14 号的选育[J]. 河北农业科学,1998, 2(2): 16- 20.