

春谷子农艺和品质性状的变异分析

孙宇燕¹,李书田²,陈晓敏¹,刘斌²,张立媛²,王丹丹¹,郭世华¹

(1.内蒙古农业大学农学院,内蒙古 呼和浩特 010019; 2.内蒙古赤峰市农牧科学研究院,内蒙古 赤峰 024031)

摘 要:为有效利用糯谷子种质材料,以引进的 53 份谷子为材料,采用 SAS9.0 软件对其农艺和品质性状的变异进行分析。主要结果如下:农艺性状的变异幅度为 5.7%~36.08%,其中穗粒重的变异幅度最大(C.V 为 36.08%),生育日数的变异幅度最小(5.7%)。株高与穗长、节数呈极显著正相关,与叶片数、穗下节间长呈显著正相关,但与穗粒重呈显著负相关。穗越紧,穗下节间和穗毛越短。采用类平均法,在欧式距离 4.1148,将供试材料聚为八大类,其中第二、第三和第八类群共 25 份材料为高产潜力组合类型。非糯、低直链淀粉和糯质类型频率分别为 24.5%、60.4%和 0。丰谷 12、利谷 21 等 16 份材料的糊化温度为 70℃~74℃(碱消值在 4~5),频率为 30.2%。赤谷 10 号、利谷 21 等 29 份材料(频率 54.7%)的胶稠度大于 115 cm。

关键词:谷子;农艺性状;变异;品质性状

中图分类号:S331 **文献标志码:**A

Variation analysis on agronomic and quality traits in spring foxtail millet

SUN Yu-yan¹, LI Shu-tian², CHEN Xiao-min¹, LIU Bin², ZHANG Li-yuan², WANG Dan-dan¹, GUO Shi-hua¹

(1. Agricultural College, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot, Inner Mongolia 010019, China;

2. Chifeng Agriculture and Animal Husbandry Science Institute, Chifeng, Inner Mongolia 024031, China)

Abstract: In order to effectively utilize waxy millet germplasms, fifty-three millet strains were used for analysis on variation of agronomic and quality traits by SAS9.0 software. Main results were as follows: Variability range of agronomic traits were 5.7%~36.08%. Variability of grain weight per spike was the highest than that of the other thaits associated with variation coefficient of 36.08%, but that of mature days was the smallest with 5.7%. The plant height had significantly positive correlation with ear length, pitch numer, the numer of leaves, lenght of internode under spike, but had significantly negative correlation with grain weight. The more firm in ear firmness, the more there was short in lenght of internode under spike and ear hair length. The tested strains were divided into eight groups using class average method at euclidean distance 4.1148. Of which, the second, third and eighth groups had higher yield potential with 25 cultivars. The frequency of nonwaxy, low amylase content and waxy type were 24.5%, 60.4% and 0 respectively. The pasting temperature was 70℃~74℃ (shared 30.2%) in 15 millet strains such as in Fenggu 12, Ligu 21 and so on, associated with alkali value in 4~5. Gel consistency was above 115 cm (shared 54.7%) in 29 millet strains such as Chigu 10, Ligu 21 and so on.

Keywords: foxtail millet; agronomic traits; variation; quality traits

谷子是起源于我国的古老粮食作物,栽培历史悠久,主要分布在东北、华北、西北等地,以山西、河北和内蒙古等地区的种植面积最多^[1-2]。谷子也是内蒙古自治区粮饲兼用的主要杂粮作物,是全国谷子加工的主要原料供应地。种植区域主要分布在赤峰市、通辽市、兴安盟和乌兰察布市前山丘陵区。20 世纪 50 年老一代科技工作者利用不同生长形态的

谷子种质资源,成功地选育出昭农号、赤谷号系列品种。并发现显性核不育 *Ch* 基因、显性矮秆基因 *Dch*,为谷子育种提供了新的途径。

谷子具有抗旱、耐瘠薄和适应性强的特点,是我国北方地区主要的粮食作物之一。与其它大宗粮食比较,不仅营养丰富全面,还具有健脾胃、利睡眠等医疗功能,深受全国人民,尤其是中老年人的喜爱,

收稿日期:2014-03-20
基金项目:国家自然科学基金项目(31260328);内蒙古自治区自然科学基金项目(2014MS0321);内蒙古自治区科技计划项目(20140165)
作者简介:孙宇燕(1988—),女,硕士研究生,从事谷子品质育种研究。
通信作者:郭世华(1963—),男,教授,硕导,从事作物品质育种研究。E-mail: shguo988@163.com。

更是产妇补身催乳的必备食品。

小米中主要的可食部分是淀粉,含量在 50% ~ 60%之间,淀粉的结构和性质不仅在一定程度上决定了食品品质,而且直接影响到小米的加工工艺品质^[3]。直链淀粉含量是影响小米品质和食味的主要因素,它与米饭的膨胀性、柔韧性、光泽度、粘性有密切关系^[4-5]。对谷物加工性能及产品品质具有重要影响^[6]。谷子的野生型为粳谷类型,随着人们对糯性品种的偏爱和选择,部分粳型品种逐渐驯化为糯性品种。糯性谷子胚乳中直链淀粉含量低,支链淀粉含量高,米饭柔软、有光泽、粘度大且口感较好^[7]。本文针对内蒙古自治区消费市场需求和谷子品质对

谷子产业化开发的重要性,以引进的不同谷区谷子为材料,对其农艺性状和蒸煮品质性状的遗传变异进行分析,旨在为春谷子种质资源进一步利用和杂交亲本选配提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试 53 份材料引自中国农业科学研究院作物科学研究所和内蒙古赤峰市农牧科学研究院谷子研究所(见表 1)。包括东北春谷 17 份、西北春谷 13 份、华北平原夏谷 20 份和国外材料 3 份。

表 1 供试谷子材料一览表
Table 1 List of tested foxtail millet materials

编号 No.	品种名称 Name of variety	地区 Region	编号 No.	品种名称 Name of variety	地区 Region
1	赤谷 4 号 Chigu 4	赤峰 Chifeng	28	黄壳狗尾粟 Huangkegouweisu	淮河以南 South of the huaihe river
2	赤谷 5 号 Chigu 5	赤峰 Chifeng	29	黔南农家种 Qiannannongjiazhong	淮河以南 South of the huaihe river
3	赤谷 10 号 Chigu 10	赤峰 Chifeng	30	白根红粘 Baigenhongnain	华北平原 The north China plain
4	峰谷 12 号 Fenggu 12	赤峰 Chifeng	31	大叶青粘谷 Dayeqingniangu	华北平原 The north China plain
5	赤谷 10 - 224 Chigu10 - 224	赤峰 Chifeng	32	红粘谷(00008151) Hongniangu(00008151)	华北平原 The north China plain
6	09 - 221	赤峰 Chifeng	33	水里混 Shuilihun	华北平原 The north China plain
7	丰田 501 Fengtian501	赤峰 Chifeng	34	杏黄粘 Xinhuangnian	华北平原 The north China plain
8	鑫谷 10 号 Xingu 10	赤峰 Chifeng	35	小红谷 Xiaohonggu	华北平原 The north China plain
9	利谷 21 Ligu 21	赤峰 Chifeng	36	大红谷(00009836) Dahonggu(00009836)	华北平原 The north China plain
10	05 - 94130	黑龙江 Heilongjiang	37	红谷 Honggu	华北平原 The north China plain
11	龙谷 32 Longgu 32	黑龙江 Heilongjiang	38	粘谷 Niangu	华北平原 The north China plain
12	200106	吉林 Jilin	39	安革二号 Ange 2	华北平原 The north China plain
13	公矮 5 号 Gongai 5	吉林 Jilin	40	安革三号 Ange 3	华北平原 The north China plain
14	老来变 Laolai bian	东北平原 The northeast China plain	41	安革四号 Ange 4	华北平原 The north China plain
15	黄粘谷 Huangniangu	东北平原 The northeast China plain	42	安谷 30 Angu 30	华北平原 The north China plain
16	鸭子嘴 Yazizui	东北平原 The northeast China plain	43	安谷 346 - 11Angu346 - 11	华北平原 The north China plain
17	红粘谷(00000183) Huangniangu(00000183)	东北平原 The northeast China plain	44	一窝蚕谷子 Yiwocanguzi	华北平原 The north China plain
18	白槽皮 Baicaopi	东北平原 The northeast China plain	45	黑粘谷 Heiniangu	华北平原 The north China plain
19	红粘谷(00000537) Hongniangu(00000537)	东北平原 The northeast China plain	46	小红粘谷子 Xiaohongnianguzi	华北平原 The north China plain
20	牡丹黄粘谷 Mudanhuangniangu	东北平原 The northeast China plain	47	猫爪粘 Maozhaonian	内蒙高原 Inner Mongolia plateau
21	大白毛 Dabaimao	东北平原 The northeast China plain	48	大乌谷 Dawugu	内蒙高原 Inner Mongolia plateau
22	糜子壳 Mizike	东北平原 The northeast China plain	49	白米粘谷 Baiminiangu	内蒙高原 Inner Mongolia plateau
23	糜子亮 Miziliang	东北平原 The northeast China plain	50	小乌谷子 Xiaowuguzi	内蒙高原 Inner Mongolia plateau
24	白沙 Baisha	东北平原 The northeast China plain	51	Kogane(黄金) Kogane(huagjin)	外国 Foreign
25	粘上炕 Nianshangkang	东北平原 The northeast China plain	52	法谷 685 - 80 Fagu685 - 80	外国 Foreign
26	锦谷 5 号 Jingu 5	东北平原 The northeast China plain	53	法谷 51 - 81 Fagu51 - 81	外国 Foreign
27	狗尾粟 Gouweisu	淮河以南 South of the huaihe river			

1.2 方法

1.2.1 农艺性状测定 供试谷子材料于 2011 年 4 月 28 日播种于内蒙古农业大学教学农场,随机区组设计,2 行区,3 次重复,行长 2m。人工稀条播、间苗、定苗、中耕培土管理,锄草 3~4 次。4 叶期间苗,6 至 7 叶期定苗,结合浇水追施尿素,适时收获,并统计生育日数。成熟时每小区随机选取 5 株进行室内考种,调查株高、穗长、节数、叶片数、穗下节间长、穗重、穗粒重、千粒重、穗毛长短和穗的松紧度等 10 个农艺性状。目测穗毛长短和穗的松紧度,穗毛长短按长(9 mm 以上)、中(5~8 mm)、短(1~4 mm)记录,分析时分别标记为 1、2、3;穗的松紧度记为松、紧两种,分别标记为 1、2。千粒重测定时称量 200 粒重量,求 5 株的均值后再换算为千粒重。采用 SAS9.0 软件^[8]对供试材料进行农艺性状变异分析、相关性和聚类分析。

1.2.2 品质性状测定 取适量的谷子经 6NS-14 型立式碾米机去壳,再将去壳的小米用粉碎机粉碎,过 80 目筛。

1) 糊化温度。

采用间接法测定碱消值来估算小米的糊化温度。碱消值测定方法为:选择 20 粒大小相同的米粒,均匀放在直径为 10 cm 的培养皿中,在每个培养皿中精确加入 1.7% 的 KOH 溶液 10 ml,米粒放置须均匀,有助于米粒的分散。4 个小时后根据米粒的糊化程度按表 2 记录得分情况^[9],并计算其碱消值,重复 3 次。

表 2 小米米粒糊化程度分级标准		
Table 2 Standard for degree of pasting in millet		
碱消化指数级别 Alkali digestion index level	米粒糊化状况 Rice gelatinized condition	得分 Score
1	米粒无影响,仍硬 Grain no effect, still hard	1
2	米粒膨胀变软 Rice is soft	2
3	米粒微破 Micro broken rice	3
4	米粒明显破裂,仍呈原形 Grain of apparent fracture, is still a prototype	4
5	米粒完全破裂,失去原形 Rice completely broke down and lost	5
6	米粒破裂成两片以上 Rice burst into more than two pieces	6

2) 胶稠度。

称取 0.1 g 米粉放于 18 cm 长的试管底部,加入 95% 乙醇 0.2 ml,使米粉充分湿润,加入 1.7% 的 KOH 2 mL,放入沸水浴中加热 15 min,注意沸腾的米

胶不超过试管的 2/3,否则要将试管稍微移出液面。15 min 后将试管取出,放入 0℃ 冰箱 20 min,取出试管,水平放置于实验台上,期间不要移动试管,一小时后测定米胶的长度,重复三次。

3) 直链淀粉含量。

参照韩俊华等^[10]和马加西等^[11]双波长法测定直链淀粉含量,稍有改动。标准曲线绘制:在 6 个 50 ml 的容量瓶中分别取配制好的 1 mg·ml⁻¹标准液 0.3、0.5、0.7、0.9、1.1 ml 和 1.3 ml,加入 30 ml 蒸馏水,使用 0.1 mol·L⁻¹的盐酸调节酸碱度使 pH 值达到 3.5 左右,加入 0.5 ml 的碘试剂,用蒸馏水定容到 50 ml,静置 20 min 后,使用紫外分光光度计测定波长 λ₁ 为 605 nm,λ₂ 为 474 nm 的吸光值,记为 A_{λ₁} 和 A_{λ₂},即可得到 ΔA_直 = A_{λ₁} - A_{λ₂}。以 ΔA_直 作为纵坐标,直链淀粉含量(mg·L⁻¹)为横坐标,绘制直链淀粉标准曲线,回归方程为 y = 0.0124x - 0.0317,相关性系数 R² = 0.9958,如图 1 所示。

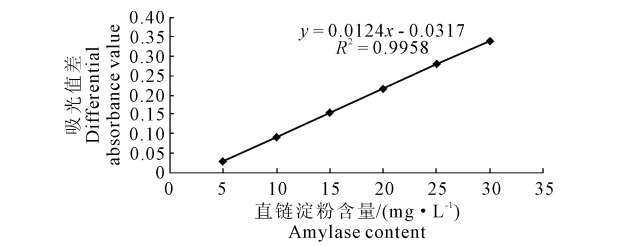


图 1 直链淀粉标准曲线图

Fig.1 Standard curve of amylose content

称取 0.1 g 米粉放于 50 ml 的容量瓶中,加入 0.5 mol·L⁻¹ 的 KOH 溶液 10 ml,放于沸水浴中加热 10 min,拿出后用蒸馏水定容到 50 ml,静置 10 min。取样液 20 ml 放在 50 ml 试管中,加入 10 ml 石油醚,盖上试管筛,间歇震动,10 min 后吸出石油醚,静置 15 min,重复三次。分别吸取两份脱脂后的样液 2.5 ml,一份作为空白液,一份作为待测样品。用 0.1 mol·L⁻¹ 的 HCl 调节其 pH 值,使其达到 3.5。在测定的样品中加入碘试剂 0.5 ml,在空白液中不加入碘试剂。静置 20 min 测定。选取的波长 λ₁ 为 605 nm,λ₂ 为 474 nm。重复三次。

2 结果与分析

2.1 谷子农艺性状变异分析

参试材料农艺性状基本统计分析见表 3。可以看出,不同材料农艺性状变异范围较大,为 5.7%~36.08%,其中生育日数的变异系数最低为 5.7%,其次为株高(10.13%),穗粒重最大,为 36.08%,说明参试品种间生育期差异不大,穗粒重差异较大。各

农艺性状的变异幅度由大到小依次为:穗粒重 > 穗重 > 穗毛长短 > 穗的松紧度 > 千粒重 > 穗下节间长 > 节数 > 穗长 > 叶片数 > 株高 > 生育日数。穗粒重、穗重、穗毛长短的变异系数较大,说明引进材料间产量潜力差异较大,而穗长、叶片数、株高的变异幅度较低。

表 3 供试材料农艺性状基本统计分析

Table 3 Basic statistical analysis of agronomic traits for tested materials

项目 Items	株高 Plant height /cm	穗长 Ear length /cm	节数 Pitch number	叶片数 Leaf number	穗下节间长 Long peduncle/cm	穗毛长短 Ear hair length /cm	穗松紧度 Ear firmness	穗重 Ear weight /g	穗粒重 Spike grain weight /g	千粒重 1000-grain weight /g	生育日数 Mature days /d
最大值 Max.	205.67	41.67	17	17	33.33	3.00	2.00	38.83	26.90	5.83	145
最小值 Min.	115.67	18.67	9	9	5.00	1.00	1.00	8.27	5.02	1.50	98
均值 Average	162.77	28.37	12.95	12.93	22.84	1.86	1.59	20.89	14.29	2.90	124.6
标准差 STDEV	16.49	4.84	1.75	1.75	5.49	0.58	0.41	6.88	5.16	0.72	7.2
变异系数 C.V%	10.13	17.07	13.5	13.5	24.04	30.94	25.4	32.94	36.08	24.83	5.7

2.2 谷子农艺性状之间的相关性

表 4 为供试材料各农艺性状之间的相关性,可以看出,株高与穗长、节数、叶片数、穗下节间长呈显著正相关,与穗粒重呈显著负相关。说明株高越高,穗长越长、节数越多、叶片数越多,但穗粒重越少。

穗的松紧度与穗重、穗粒重呈极显著正相关,与穗下节间长、穗毛长短呈不显著负相关,说明穗越紧,穗重与穗粒重越重,穗下节间越短,穗毛越短;育种中选用穗松紧度大、穗下节间和穗毛较短的类型利于提高产量。

表 4 供试谷子材料农艺性状相关系数

Table 4 The correlation coefficient among agronomic traits in tested millets

项目 Items	株高 Plant height	穗长 Ear length	节数 Pitch number	叶片数 Leaf number	穗下节间长 Long peduncle	穗重 Ear weight	穗粒重 Ear grain weight	千粒重 1000-grain weight	生育日数 Nature days	穗毛长短 Ear hair	穗松紧度 Ear firmness
株高 Plant height	1.00000										
穗长 Ear length	0.42168 * *	1.00000									
节数 Pitch number	0.31641 *	0.28644 *	1.00000								
叶片数 Leaf number	0.31641 *	0.28644 *	1.00000	1.00000							
穗下节间长 Long peduncle	0.27037	-0.02755	-0.32179 *	-0.32179 *	1.00000						
穗重 Ear weight	-0.30891 *	-0.12527	0.09338	0.09338	0.08172	1.00000					
穗粒重 Ear grain weight	-0.33483 *	-0.16516	0.00596	0.00596	0.16189	0.95217 * *	1.00000				
千粒重 1000-grain weight	0.12021	0.20828	0.17784	0.17784	-0.26743	0.19976	0.23756	1.00000			
生育日数 Nature days	0.07423	0.1393	0.15151	0.15151	-0.15641	-0.03687	-0.05963	-0.03964	1.00000		
穗毛长短 Ear hair	-0.08632	-0.10801	-0.14533	-0.14533	-0.03272	-0.13547	-0.23995	0.13414	-0.20327	1.00000	
穗松紧度 Ear firmness	-0.0502	-0.14014	0.26957	0.26957	-0.25054	0.42648 * *	0.37663 * *	0.06317	0.03806	-0.22617	1.00000

注: * 表示差异显著, * * 表示差异极显著,相关系数临界值 $R_{0.05} = 0.271, R_{0.01} = 0.351$ 。

Note: * Showed significant differences, * * showed very significant difference, the correlation coefficient threshold $R_{0.05} = 0.271, R_{0.01} = 0.351$.

2.3 谷子农艺性状聚类分析

使用 SAS9.0 对供试材料进行聚类分析(见图 2),在欧式距离为 4.1148 时将 53 份材料聚为八大类,各类群农艺性状均值见表 5。由表 5 可以看出,

第一类株高和穗长仅次于第六类法谷 685 – 80, 分别为 171.86 cm 和 29.88 cm, 千粒重最大为 0.66 g, 但与产量相关的穗重、穗粒重较低, 产量潜力一般, 平均生育期 124 d; 该类群包括 1、2、3、4、5、6、9、11、24、25、27、28、29、30、31 和 33 号等 16 份品种, 依次分

别为赤谷 4 号、赤谷 5 号、赤谷 10 号、峰谷 12 号、赤谷 10 – 224、09 – 221、利谷 21、龙谷 32、白沙、粘上炕、狗尾粟、黄壳狗尾粟、黔南农家种、白根红粘大叶青粘谷和水里混。

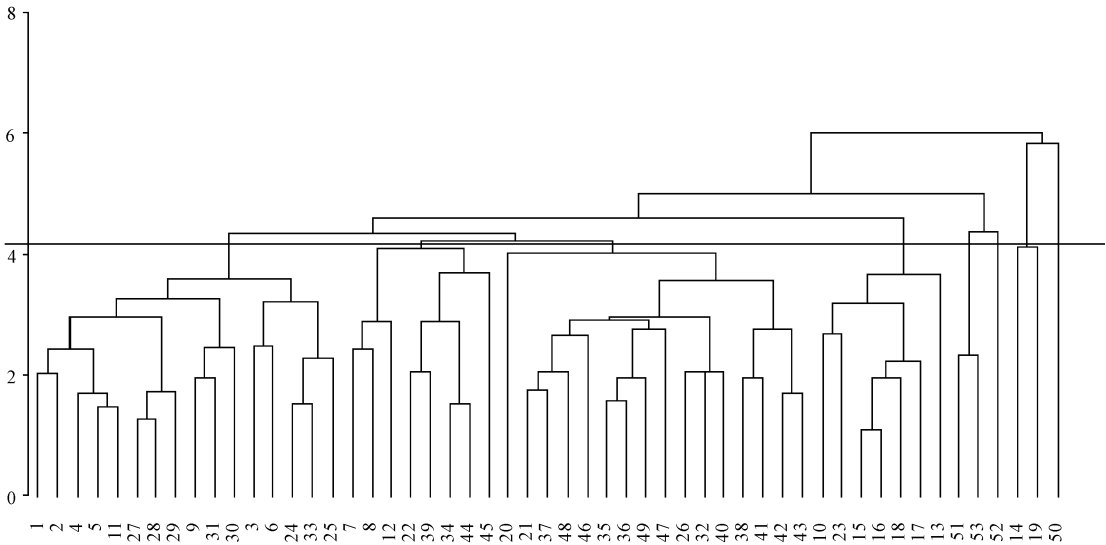


图 2 供试材料农艺性状聚类图

Fig.2 Cluster graph for agronomic traits in tested materials

表 5 参试材料各类群农艺性状统计

Table 5 Statistical table of agronomic traits for each group in tested millet materials

组群 Group	株高 Plant height /cm	穗长 Ear length /cm	节数 Pitch number	叶片数 Leaf number	穗下节 间长 Long peduncle/cm	穗重 Ear weight /g	穗粒重 Ear grain weight /g	千粒重 1000-grain weight /g	生育日期 Nature days /d	穗毛长短 Ear hair /cm	穗松紧度 Ear firmness
1	171.86	29.88	13	13	21.66	12.69	7.59	0.67	124	2.13	1.56
2	157.79	29.04	15	15	18.96	24.24	16.93	0.57	128	2.13	1.75
3	163.9	29.58	13	13	26.33	24.59	16.94	0.57	123	2.13	1.56
4	140.29	21.62	11	11	22.10	21.97	15.91	0.57	122	2.43	1.71
5	154.67	23.17	12	12	22.50	16.03	10.70	0.52	140	1.50	1.50
6	176.67	41.67	12	12	20.00	14.30	8.30	0.57	145	2.00	1.00
7	159.00	21.33	9	9	30.83	11.92	9.20	0.45	111	3.00	1.00
8	142.50	29.50	9	9	25.00	34.35	28.45	0.50	120	1.00	1.00

第二、第三和第八类群共 25 份材料为高产潜力组合类型, 它们的株高和穗长稍低于第一类, 但穗重、穗粒重较高, 生育期 120 ~ 128 d, 其中第八类小乌谷子穗重最大为 34.35 g。

第二类群有 7、8、12、22、34、44、39 和 45 号八份品种, 分别为丰田 501、鑫谷 10 号、200106、糜子壳、杏黄粘、一窝蚕谷子、安革二号和黑粘谷。

第三类群有 20、21、37、48、46、35、36、49、47、26、32、40、38、41、42 和 43 号 16 份品种, 依次分别为牡丹黄粘谷、大白毛、红谷、大乌谷、小红粘谷子、小红

谷、大红谷(00009836)、白米粘谷、猫爪粘、锦谷 5 号、红粘谷(00008151)、安革三号、粘谷、安革四号、安谷 30 和安谷 346 – 11。第八类群为 50 号小乌谷子。

第四类株高较低, 产量潜力居中, 该类株高平均为 140.29 cm, 穗重 21.97 g。包括 10、23、15、16、18、17 和 13 号 7 份品种, 分别为 05 – 94130、糜子亮、黄粘谷、鸭子嘴、白槽皮、红粘谷(00000183)和公矮 5 号。

第五、六、七类为低产潜力组合类型, 平均穗重为 11.92 ~ 16.03 g。其中第六类法谷 685 – 80 株高和穗

长最大,生育期最长为 145 d。第五类有 51 和 53 号 2 份品种,即 Kogane(黄金)和法谷 51 – 81。第七类有 14 和 19 号 2 个品种,即老来变和红粘谷(00000537)。

2.4 糊化温度变异分析

谷子主要组成部分是淀粉,淀粉粒加热吸收大量水分迅速膨胀,此不可逆过程使小米粘度增加,此时所处温度就是小米的糊化温度。吸收水分多少和蒸煮时间直接影响小米的糊化温度。糊化温度常采用间接法(碱消值法)测定。彭锁堂等^[9]根据碱消值大小,将小米糊化温度分为三个级别,见表 6。

表 7 为供试材料的碱消值,可以看出,4、5、8、9、17、27、28、30、34、35、37、42、44、45、48、53 等 16 份品种的糊化温度为 70℃ ~ 74℃(碱消值 4 – 5),频率最高为 30.2%,依次分别为峰谷 12、赤 10 – 224、鑫谷 10 号、利谷 21、红粘谷(00000183)、狗尾粟、黄壳狗

尾粟、白根红粘、杏黄粘、小红谷、红谷、安谷 30、一窝蚕谷子、黑粘谷、大乌谷、法谷 51 – 81。只有 32 号红粘谷的糊化温度大于 75℃(碱消值为 1 – 3);糊化温度小于 69℃(碱消值为 6 – 7)的材料也仅有两份(09 – 221 和 200106)。

表 6 小米糊化程度分级

Table 6 The grade table of pasting in millet

碱消化指数级别 Alkali digestion index level	糊化程度 Degree of gelatinization	糊化温度范围 Gelatinization temperature range
1 – 3	高糊化温 High gelatinization temperature	≥ 75℃
4 – 5	中等糊化温度 Medium gelatinization temperature	70℃ ~ 74℃
6 – 7	低糊化温度 Low gelatinization temperature	≤ 69℃

表 7 供试谷子碱消值和胶稠度一览表

Table 7 The list of alkali value and gel consistency in tested millet

编号 No.	品种名称 Name of cultivars	碱消值 Alkali value	胶稠度/mm Gel consistency	编号 No.	品种名称 Name of cultivars	碱消值 Alkali value	胶稠度/mm Gel consistency
1	赤谷 4 号 Chigu 4	5.38	73.0	28	黄壳狗尾粟 Huangkegouweisu	4.13	96.5
2	赤谷 5 号 Chigu 5	5.55	103.5	29	黔南农家种 Qiannannongjiazhong	5.53	131.0
3	赤谷 10 号 Chigu 10	5.36	135.5	30	白根红粘 Baigenhongnian	4.03	110.5
4	峰谷 12 号 Fenggu12	4.76	103.0	31	大叶青粘谷 Daqingyeniangu	5.45	135.0
5	赤 10 – 224 Chi10 – 224	4.50	138.5	32	红粘谷(00008151) Hongniangu(00008151)	2.00	135.5
6	09 – 221	6.00	123.5	33	水里混 Shuilihun	5.68	125.5
7	丰田 501 Fengtian501	5.60	104.5	34	杏黄粘 Xinhuangnian	4.20	110.5
8	鑫谷 10 号 Xingu10	4.73	83.0	35	小红谷 Xiaohonggu	4.80	123.0
9	利谷 21 Ligu 21	4.96	115.5	36	大红谷 Dahonggu	5.20	129.5
10	05 – 94130	5.79	142.0	37	红谷 Honggu	4.55	146.5
11	龙谷 32 Longgu32	5.65	147.0	38	粘谷 Niangu	5.08	96.5
12	200106	6.00	143.5	39	安革二号 Ange2	5.25	117.5
13	公矮 5 号 Gongai5	5.83	158.5	40	安革三号 Ange3	5.50	141.0
14	老来变 Laolaibian	5.91	95.5	41	安革四号 Ange4	5.58	131.5
15	黄粘谷 Huangniangu	5.13	132.5	42	安谷 30 Angu30	4.97	118.0
16	鸭子嘴 Yazizui	5.20	93.0	43	安谷 346 – 11 Angu346 – 11	5.18	101.5
17	红粘谷(00000183) Hongniangu(00000183)	4.90	100.0	44	一窝蚕谷子 Yiwofengguzi	4.65	107.5
18	白槽皮 Baicaopi	5.33	89.0	45	黑粘谷 Heiniangu	4.93	127.5
19	红粘谷(00000537) Hongniangu(00000537)	3.57	107.0	46	小红粘谷子 Xiaohongnianguzi	3.98	124.0
20	牡丹黄粘谷 Mudanhuangniangu	5.70	128.0	47	猫爪粘 Maozhaonian	5.49	104.5
21	大白毛 Dabaimao	5.28	111.5	48	大乌谷 Dawugu	4.45	121.0
22	糜子壳 Mizike	5.05	121.5	49	白米粘谷 Baiminiangu	5.38	125.5
23	糜子亮 Miziliang	5.43	99.5	50	小乌谷子 Xiaowuguzi	5.08	110.0
24	白沙 Baisha	5.63	92.5	51	Kogane(黄金) Kogane(Huangjin)	5.28	115.5
25	粘上炕 Nianshangkang	5.38	112.0	52	法谷 685 – 80 Fagu685 – 80	5.82	77.5
26	锦谷 5 号 Jingu5	5.57	145.0	53	法谷 51 – 81 Fagu51 – 81	5.00	100.0
27	狗尾粟 Gouweisu	4.80	116.5				

2.5 胶稠度变异分析

4.4%的米胶在冷却时所表现的粘稠程度称为胶稠度。胶稠度反映米饭的柔软性。胶稠度越大,米粥口感越好。所以胶稠度被认为是评价谷子品质的良好指标。胶稠度分为三类,米胶长度 ≥ 61 mm、41~60 mm和 ≤ 40 mm分别称为软胶稠度、中等胶稠度和硬米胶稠度。胶稠度大小与直链淀粉含量密切相关,米胶浓度、试剂浓度和温度也对其有一定影响。

表 7 为各参试品种的米胶长度,可以看出,参试品种米胶稠度均大于 60 mm,为软胶稠度。依据河北省地方标准,胶稠度大于 115 mm 为优质品种。供试材料中,赤谷 4 号的米胶长度最小,为 73 mm;公矮 5 号的最大,为 158.5 mm。其中 3、5、6、9、10、11、12、13、15、20、22、26、27、29、31、32、33、35、36、37、39、40、41、42、45、46、48、49、51 等 29 份材料的胶稠度大于 115 mm,占参试品种的 54.7%,它们分别为赤谷 10 号、赤 10-224、09-221、利谷 21、05-94130、龙谷 32、200106、公矮 5 号、黄粘谷、牡丹黄粘谷、糜子壳、锦谷 5 号、狗尾粟、黔南农家种、大叶青粘谷、红粘谷

(00008150)、水里混、小红谷、大红谷、红谷、安革二号、安革三号、安革四号、安谷 30、黑粘谷、小红粘谷子、大乌谷、白米粘谷、Kogane(黄金)等。

2.6 直链淀粉含量变异分析

直链淀粉含量是影响小米蒸煮品质的重要因素。表 8 为供试材料的直链淀粉含量,可以看出,18 号品种白槽皮的直链淀粉含量最高,为 32.37%,39 号安革二号的直链淀粉含量最低,为 5.92%。日本农业资源国立研究院 Nakayama 等^[12]依据直链淀粉含量将 154 份地方品种划分为非糯(17.0%~31.9%)、低直链淀粉(7.8%~16.0%)和糯质(0~3.5%)三种类型。按此标准,本试验赤谷 4 号、龙谷 32 等 13 份材料为非糯类型,占参试品种的 24.5%;赤谷 5 号、峰谷 12 等 32 份材料为低直链淀粉类型,占 60.4%,未检测到糯性品种。按照河北省地方标准,优质品种的直链淀粉含量在 14%~16%之间,包括赤谷 5 号、鑫谷 10 号、红粘谷(00000537)、水里混、安革三号、小红粘谷子、Kogane(黄金)等 7 份,频率为 13.2%。

表 8 供试谷子直链淀粉含量一览表
Table 8 The list of amylase content in tested millet

编号 No.	品种名称 Name of cultivars	直链淀粉含量/% Amylase content	编号 No.	品种名称 Name of cultivars	直链淀粉含量/% Amylase content
1	赤谷 4 号 Chigu 4	19.79	28	黄壳狗尾粟 Huangkegouweisu	13.34
2	赤谷 5 号 Chigu 5	15.27	29	黔南农家种 Qiannannongjiazhong	6.08
3	赤谷 10 号 Chigu10	13.02	30	白根红粘 Baigenhongnian	10.76
4	峰谷 12 号 Fenggu12	9.79	31	大叶青粘谷 Daqingyeniangu	8.66
5	赤 10-224 Chi10-224	13.18	32	红粘谷(00008151) Hongniangu(00008151)	8.34
6	09-221	13.98	33	水里混 Shuilihun	15.27
7	丰田 501 Fengtian501	10.76	34	杏黄粘 Xinhuangnian	8.02
8	鑫谷 10 号 Xingu10	14.95	35	小红谷 Xiaohonggu	11.40
9	利谷 21 Ligu 21	6.89	36	大红谷 Dahonggu	8.98
10	05-94130	10.11	37	红谷 Honggu	19.63
11	龙谷 32 Longgu32	19.79	38	粘谷 Niangu	11.73
12	200106	17.85	39	安革二号 Ange2	5.92
13	公矮 5 号 Gongai5	8.82	40	安革三号 Ange3	14.63
14	老来变 Laolaibian	6.56	41	安革四号 Ange4	18.18
15	黄粘谷 Huangniangu	24.15	42	安谷 30 Angu30	12.53
16	鸭子嘴 Yazizui	16.89	43	安谷 346-11 Angu346-11	12.85
17	红粘谷(00000183) Hongniangu(00000183)	11.89	44	一窝蚕谷子 Yiwofengguzi	13.50
18	白槽皮 Baicaopi	32.37	45	黑粘谷 Heiniangu	8.82
19	红粘谷(00000537) Hongniangu(00000537)	15.76	46	小红粘谷子 Xiaohongnianguzi	15.11
20	牡丹黄粘谷 Mudanhuangniangu	13.82	47	猫爪粘 Maozhaoonian	6.56
21	大白毛 Dabaimao	12.05	48	大乌谷 Dawugu	30.60
22	糜子壳 Mizike	17.85	49	白米粘谷 Baiminiangu	12.37
23	糜子亮 Miziliang	18.34	50	小乌谷子 Xiaowuguzi	21.24
24	白沙 Baisha	7.53	51	Kogane(黄金) Kogane(Huangjin)	14.79
25	粘上炕 Nianshangkang	9.79	52	法谷 685-80 Fagu685-80	11.89
26	锦谷 5 号 Jingu5	16.24	53	法谷 51-81 Fagu51-81	25.44
27	狗尾粟 Gouweisu	21.56			

3 讨论与结论

闫锋等^[13]对 38 份品系和 3 份育成品种的株高、穗长、生物产量、节数、穗重、穗粒重、千粒重等 7 个农艺性状进行基本统计分析,参试材料的变异系数存在较大差异。其中节数、株高、千粒重的变异系数较低,穗重、生物产量、穗长的变异系数中等,穗粒重的变异系数较大。本试验穗粒重、穗重的变异系数较大,节数、株高的变异系数较低,与闫锋结果相近,但千粒重的变异系数居中,可能是由于参试材料来源不同,其适应性不同,导致籽粒饱满度和成熟度对千粒重的影响。谷子育种中,对变异系数小的指标要适当卡紧,而对变异系数大的指标可以放松,发挥性状选择增益较大的优势。袁峰^[14]对 13 份品种的 10 个农艺性状进行相关性分析表明,穗重与穗粒重呈显著正相关,这与本试验的结果相同。闫锋等^[15]对 41 份谷子种质资源的 7 个农艺性状进行相关分析表明:穗粒重与穗重、生物产量呈极显著正相关,与穗长呈显著正相关,穗重、生物产量和穗长三者之间相互呈极显著正相关且遗传力较高。因此,可以通过对穗重、生物产量和穗长的选择来间接提高穗粒重,进而达到提高单位面积产量的目的。本研究穗粒重与穗长呈不显著负相关,与株高显著负相关,可能与田间栽培和鸟食籽粒有关。栾素荣等^[16]对 12 个西北区谷子中晚熟品种进行试验表明,对谷子产量影响较大的有穗粒重、单穗重、出谷率和穗粗。因此,高产品种要通过间接选择穗重、穗粒重和千粒重来实现。

谷子糊化温度的高低受直链淀粉含量的影响,还与淀粉结构、淀粉粒组分、淀粉微晶结构和胚乳硬度有关。彭锁堂等^[9]对四大名米之一“沁州黄小米”的糊化温度、胶稠度、直链淀粉含量进行测定表明,沁州黄小米优质的原因在于具有中等偏低的直链淀粉含量和糊化温度,以及中等偏高的米胶长度。至今,国内外对谷子优质品种没有明确的界定。一般参照执行河北省地方标准,即胶稠度大于 115 mm,碱消值大于 3,直链淀粉含量在 14% ~ 16% 的品种为优质品种。本文不同谷区参试材料多数属于中等糊化温度。就碱消值大小来说,除红粘谷(00008151)外,其余材料均大于 3,符合河北地方标准优质品种指标。本试验符合上述三项指标的材料为赤谷 5 号、鑫谷 10 号、红粘谷(00000537)、水里混、安革三号、小红粘谷子和 Kogane(黄金)等 7 份。如果按照 Nakayama^[12]的划分标准,本试验检测到非糯和低直链淀粉含量材料分别为 13 和 32 份,未检测到直链淀粉含量在 0 ~ 3.5% 之间的糯质品种,说明

参试材料缺少真正的糯质类型,但也不能排除实验方法、实验误差和仪器设备的因素,有必要在今后的实验中进一步完善和验证。

通过本试验研究,在品质育种中,应综合考虑农艺和品质性状进行杂交亲本选配,或直接选择优良类型示范推广。试验的不足之处是谷子灌浆后期受到麻雀的为害,尽管采取了一些措施,但势必影响穗重、穗粒重等产量相关性状的考种结果,准备下年采用防鸟网棚解决。

综合分析可知,农艺和品质性状均好的材料为 5、8、29、38、39、40、42、43 和 45,对应的品种为赤谷 10 - 224、鑫谷 10 号、公矮 5 号、黔南农家种、粘谷、安革二号、安革三号、安谷 30、安谷 346 - 11 和小红粘谷子。

参 考 文 献:

[1] 张超,张晖,李翼新.小米的营养以及应用研究进展[J].中国粮油学报,2007,22(1):51-55.

[2] 林汝法,柴岩,廖琴,等.中国小杂粮[M].北京:中国农业科学技术出版社,2002:91-107.

[3] Crosbie, G B. The relationship between starch swelling properties, paste viscosity and boiled noodle quality in wheat flour[J]. Journal of Cereal Sciences, 1991,13(2):145-150.

[4] 刁现民.谷子生物技术研究成果与未来方向[J].河北农业科学,2005,9(4):61-68.

[5] 李荫梅.谷子育种学[M].北京:中国农业出版社,1997:396-400.

[6] 朱志华,李为喜,刘芳,等.谷子种质资源品质性状的鉴定与评价[J].杂粮作物,2004,24(6):329-331.

[7] 程方明,杨宝平,吴平.小样品稻米直链淀粉含量的简易测定法[J].植物生理学通讯,2001,37(1):45-47.

[8] 裴喜春.SAS 及应用[M].北京:中国农业出版社,2007.

[9] 彭锁堂,薛光文,董淑英.沁州黄谷子优质机理分析研究[J].山西农业大学学报,1999,20(1):13-15.

[10] 韩俊华,张爱霞,罗敏,等.“张杂谷”系列谷子品种淀粉含量的分析与评价[J].河北工业科技,2012,29(1):23-26,34.

[11] 加列西·马那甫,景伟文,削合来提·再丁.双波长法测定谷类和豆类作物籽粒中直链和支链淀粉含量[J].新疆农业科学,2010,47(3):564-568.

[12] Nakayama H, Afzal M, Okuno K. Intraspecific differentiation and geographical distribution of Wx alleles for low amylose content in endosperm of foxtail millet, *Setaria italica* (L.) P[J]. Beauv, Euphytica, 1998,102:289-293.

[13] 闫锋,崔秀辉,李清泉,等.谷子农艺性状的遗传多样性分析[J].湖南农业科学,2010,(3):8-9,12.

[14] 袁锋,杨慧卿,王军,等.谷子产量相关性状的主成分分析[J].河北农业科学,2010,14(11):112-114.

[15] 闫锋,崔秀辉,李清泉,等.谷子主要农艺性状的遗传参数分析[J].黑龙江农业科学,2010,(3):28-29.

[16] 栾素荣,王占廷,李青松.谷子产量与主要农艺性状的灰色关联度分析[J].河北农业科学,2010,14(11):115-116,118.