

山西重要黍稷种质资源品质性状的初步鉴定与评价

王 纶, 王星玉, 王海岗, 陈 凌, 王君杰, 曹晓宁, 刘思辰, 康国帅

(山西省农业科学院作物品种资源研究所/农业部黄土高原作物基因资源与种质创制重点实验室/杂粮种质资源发掘与遗传改良山西省重点实验室, 太原 030031)

摘要: 营养品质和口感品质是组成黍稷种质子粒品质的重要组成部分。粗蛋白和粗脂肪含量是组成营养品质的主要成分, 赖氨酸和可溶性糖含量是组成口感品质的主要成分。通过对山西省有代表性的 90 份黍稷种质的粗蛋白、粗脂肪、赖氨酸和可溶性糖的测定, 评价了参试黍稷种质资源的营养品质和口感品质。结果表明, 黍稷种质资源的粗蛋白平均含量为 11.88%, 粗脂肪平均含量为 3.69%, 赖氨酸平均含量为 0.19%, 可溶性糖平均含量为 2.04%。鉴定筛选出 7 份粗蛋白含量 13.00%、粗脂肪含量 4.00% 以上的高营养品质种质; 15 份赖氨酸含量 0.20% 以上、可溶性糖含量 2.00% 以上的口感品质优的种质; 3 份粗蛋白含量 13.00% 以上、粗脂肪含量 4.00% 以上、赖氨酸含量 0.20% 以上和可溶性糖含量 2.00% 以上的营养品质和口感品质均优的种质。营养品质和口感品质与不同类型种质的相关性分析表明, 稷的营养品质好于黍, 黍的口感品质好于稷, 红粒种质营养品质和口感品质最好, 白、褐、复色的种质居中, 黄粒的最差; 粒形和营养品质及口感品质相关不显著。研究结果为今后优质种质利用提供了参考依据。

关键词: 黍稷; 种质资源; 营养品质; 口感品质

Preliminary Appraisal of Important Proso Mille Germplasm Resources Quality Traits in Shanxi Province

WANG Lun, WANG Xing-yu, WANG Hai-gang, CHEN Ling, WANG Jun-jie,
CAO Xiao-ning, LIU Si-chen, KANG Guo-shuai

(Institute of Crop Germplasm Resources, Shanxi Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Crop Gene Resources and Germplasm Enhancement on Loess Plateau, Ministry of Agriculture / Shanxi Key Laboratory of Genetic Resources and Genetic Improvement of Minor Crops, Taiyuan 030031)

Abstract: Nutrition and taste quality are two main indexes of grain quality of proso millet. The content of crude protein and fat affects nutrition quality, while the content of lysine and soluble sugar influences taste quality. The nutrition and taste quality are appraised by testing and analyzing the crude protein, crude fat, lysine and soluble sugar of 90 proso millet accession from Shanxi province. Results show that the average contents of crude protein, crude fat, lysine and soluble sugar were 11.88%, 3.69%, 0.19% and 2.04% respectively. Some superior germplasm accession were screened out, such as 7 better nutritional quality germplasm accession with crude protein content and crude fat content more than 13.00% and 4.00% respectively; 15 better taste quality germplasm accession with higher lysine content of 0.20% and soluble sugar content of 2.00%; 3 germplasm accession with both better nutritional quality and taste quality germplasm with more than 13.00% of crude protein, 4.00% of crude fat, 0.20% of lysine and 2.00% of soluble sugar. Correlation analysis between nutrition quality and taste quality shows that hard proso millet is better than soft proso millet in nutritional quality and soft proso millet is better than hard proso millet in taste quality. Red grain germplasm is the best in both nutritional quality and taste quality, while the

收稿日期: 2016-03-28 修回日期: 2016-05-12 网络出版日期: 2016-12-14

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20161214.0901.004.html>

基金项目: 农业部作物种质资源保护与利用专项(2016NWB036-21); 国家黍稷种质资源平台(NICGR2016-027); 山西省农业科学院育种工程专项(16yzgc087)

第一作者研究方向为黍稷种质资源研究。E-mail: wanglun976pzs@sina.com

通信作者: 王星玉, 研究方向为黍稷种质资源研究。E-mail: 13935162331@139.com

yellow grain was the worst. There was no clear correlation among grain shape, nutritional quality and taste quality.

Key words: proso millet; germplasm resources; nutritional quality; taste quality

我国古代后魏末期杰出的农学家贾思勰著的《齐民要术》中写到“米味有美恶”。说明在 1500 多年前的我国古代先民们已经对“米类”作物品质的好坏就有所区分^[1]。到了今天,随着社会的进步、科学的发展以及人民生活水平的不断提高,“米味”的重要性也愈加明显。对于黍稷而言,影响其品质的主要成分有 4 项,即蛋白质、脂肪、赖氨酸和可溶性糖。其中蛋白质和脂肪作为人体必需的营养元素,其含量的高低直接影响着营养品质;赖氨酸和可溶性糖对口味的影响相对来说更加直接明显^[2]。通过测定,在众多的黍稷种质资源中,如果蛋白质、脂肪、赖氨酸和可溶性糖 4 项含量均高,说明其营养品质和口感品质均好,是比较完美的优质种质;如果蛋白质和脂肪含量相对较高,而赖氨酸和可溶性糖的含量相对较低,只能作为营养品质优的种质利用;如果赖氨酸和可溶性糖的含量相对较高,而蛋白质和脂肪含量相对较低,只能作为口感品质好的种质利用^[3-4]。

为了了解我国黍稷种质资源营养品质和口感品质情况,本研究选择我国黍稷主产区山西省生产上长期利用、有代表性的黍稷种质 90 份^[5],包括糯性和粳性、不同粒色和不同粒形的种质,进行了子粒粗蛋白、粗脂肪、赖氨酸和可溶性糖含量的测定,并进一步分析了营养品质和口感品质与子粒糯性、粒色和粒形的关系。旨在为今后黍稷育种、生产和加工利用提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

山西省有黍稷种质资源 1192 份,本研究选取代表性的 90 份种质(表 1),来自山西省的 11 个市,包括大同市(14 份)、朔州市(11 份)、忻州市(25 份)、太原市(4 份)、吕梁市(8 份)、阳泉市(4 份)、晋中市(13 份)、临汾市(4 份)、长治市(11 份)、晋城市(1 份)、运城市(5 份)。90 份种质以粳糯性分类,糯性的黍种质 63 份,粳性的稷种质 27 份;以粒色分类,红粒种质 21 份,黄粒种质 34 份,白粒种质 14 份,褐粒种质 6 份,复色粒种质 15 份;以粒形分类,卵圆粒种质 61 份,长圆粒种质 8 份,球圆粒种质 21 份。

1.2 试验方法

1.2.1 测试种质的种植 供测试分析的 90 份种质,分别保存于国家种质资源长期库、中期库和山西省种质资源库中,于 2014 年统一种植在山西省农业科学院榆次东阳试验基地。每份种质种植面积 3 m²,以保证足量的试验用种。每份种质四周保持 50 cm 的相隔距离,以防止发生异交。播种前每 667 m² 施 1000 kg 羊粪、20 kg 过磷酸钙和 15 kg 尿素作为底肥。播深 5 cm,3 叶期间苗稀植,行距 20 cm,株距 10 cm。生育期间浇水 2 次,每次追施尿素 5 kg/667 m²。以保证子粒饱满。测试分析的种质以当年收获的风干样子粒脱壳粉碎后进行品质测定。

表 1 90 份黍稷种质资源的国编号、名称、来源和粗蛋白、粗脂肪、赖氨酸、可溶性糖的测试结果

Table 1 Accession number, variety name, origin and the test results of crude protein, crude fat, lysine, soluble sugar of 90 proso millet germplasm resources

序号 Code	国编号 Accession number	种质名称 Variety	来源 Origin	粗蛋白(%) Protein content	粗脂肪(%) Fat content	赖氨酸(%) Lysine content	可溶性糖(%) Soluble sugar content
1	00000872	白疙塔	大同市天镇县	11.04	4.23	0.206	1.88
2	00000878	紫龙带	大同市天镇县	9.23	3.81	0.188	1.84
3	00000883	二青黍	大同市天镇县	11.73	4.10	0.206	2.50
4	00000888	大青黍	大同市天镇县	9.88	4.12	0.184	2.21
5	00000864	金疙塔	大同市天镇县	11.40	4.04	0.204	1.96
6	00003157	糜子	大同市浑源县	11.30	3.84	0.178	1.90
7	00000491	红黍	大同市灵丘县	9.90	3.99	0.199	1.93
8	00000952	炸炸头	大同市灵丘县	12.59	2.49	0.193	2.40
9	00000947	十样精	大同市灵丘县	9.87	4.42	0.178	2.44

表 1(续)

序号 Code	国编号 Accession number	种质名称 Variety	来源 Origin	粗蛋白(%) Protein content	粗脂肪(%) Fat content	赖氨酸(%) Lysine content	可溶性糖(%) Soluble sugar content
10	00003196	轮精糜	大同市怀仁县	11.09	3.84	0.192	2.16
11	00003199	黄糜子	大同市怀仁县	12.70	2.61	0.213	3.26
12	00000905	支黄黍	大同市阳高县	10.66	3.50	0.188	2.46
13	00000894	二白黍	大同市浑源县	11.59	3.96	0.175	2.26
14	00003216	小青黑糜	大同市左云县	11.51	3.94	0.201	2.10
15	00000937	马鸟黍	朔州市朔城区	12.16	4.44	0.188	2.18
16	00000925	高粱黍	朔州市朔城区	13.02	4.05	0.224	2.41
17	00000928	小日期白黍	朔州市朔城区	9.42	4.48	0.171	2.14
18	00000927	八米白	朔州市朔城区	9.26	4.60	0.168	2.13
19	00001050	大白黍	朔州市平鲁区	11.41	4.00	0.197	2.27
20	00001057	青间黍	朔州市平鲁区	11.84	3.66	0.201	1.84
21	00001021	稗黍	朔州市应县	11.86	4.00	0.202	1.97
22	00001033	一点青黍子	朔州市应县	10.84	4.53	0.193	1.97
23	00001020	黄落黍	朔州市应县	10.87	2.74	0.181	2.36
24	00001036	紫鹅蛋	朔州市应县	11.03	3.83	0.202	1.93
25	00001000	小红黍	朔州市山阴县	11.41	4.00	0.197	2.27
26	00001176	大红粘糜	忻州市五台县	11.95	4.07	0.240	2.35
27	00001180	小齐黄粘糜子	忻州市五台县	10.87	4.62	0.181	1.95
28	00001184	气死风粘糜	忻州市五台县	12.50	4.56	0.202	2.09
29	00003329	蚂蚱眼子	忻州市五台县	12.8	4.21	0.188	1.37
30	00001192	灰粘糜	忻州市五台县	12.12	3.35	0.183	2.42
31	00001177	红糜子	忻州市五台县	11.48	3.82	0.212	2.36
32	00001178	紫秆大糜子	忻州市五台县	10.66	4.77	0.187	2.25
33	00001179	大齐黄	忻州市五台县	10.30	3.86	0.193	2.15
34	00003325	大白硬糜	忻州市五台县	9.63	3.82	0.176	1.79
35	00003280	大红糜子	忻州市河曲县	13.44	4.02	0.183	1.89
36	00003281	60天小红糜	忻州市河曲县	13.09	4.05	0.191	1.85
37	00001095	牛心黍子	忻州市河曲县	11.95	4.78	0.201	1.64
38	00001099	曲峪小白黍	忻州市河曲县	10.62	4.57	0.162	2.96
39	00001102	灰黍子	忻州市河曲县	12.66	3.48	0.176	2.24
40	00001105	一点红黍子	忻州市河曲县	12.11	3.12	0.218	1.93
41	00001094	小黄黍子	忻州市河曲县	13.91	4.02	0.202	2.03
42	00003290	准旗大红糜	忻州市保德县	13.68	3.24	0.156	1.84
43	00003292	峪杂1号	忻州市保德县	12.45	3.87	0.219	2.03
44	00003316	小青糜子	忻州市五寨县	12.77	4.57	0.210	1.55
45	00003311	大黄糜子	忻州市五寨县	15.19	4.25	0.232	2.01
46	00001083	黄罗黍	忻州市代县	11.51	4.01	0.190	1.84
47	00001089	笨篱白	忻州市代县	11.09	4.87	0.195	1.84
48	00003331	黄罗伞糜	忻州市宁武县	10.87	4.44	0.178	1.68
49	00001144	灰脸蛋黍	忻州市偏关县	12.93	4.19	0.187	2.92

表 1(续)

序号 Code	国编号 Accession number	种质名称 Variety	来源 Origin	粗蛋白(%) Protein content	粗脂肪(%) Fat content	赖氨酸(%) Lysine content	可溶性糖(%) Soluble sugar content
50	00001171	大黄黍	忻州市岢岚县	12.56	3.70	0.183	1.43
51	00001199	红软黍	太原市尖草坪区	12.32	3.57	0.186	1.86
52	00001197	大红软糜	太原市尖草坪区	13.02	2.98	0.222	2.31
53	00001200	疙都红糜子	太原市尖草坪区	13.45	3.03	0.215	3.12
54	00001205	金软黍	太原市阳曲县	12.16	3.86	0.213	2.23
55	00001352	成熟红	吕梁市汾阳市	13.02	4.16	0.187	1.88
56	00003406	糜子	吕梁市汾阳市	11.52	4.43	0.187	1.83
57	00001386	软白糜	吕梁市柳林县	11.95	4.33	0.233	2.06
58	00003431	白硬糜子	吕梁市柳林县	11.52	4.83	0.192	1.98
59	00003410	驴驼川	吕梁市中阳县	10.62	3.91	0.189	2.29
60	00003401	硬糜子	吕梁市离石区	11.09	3.89	0.196	1.52
61	00001349	小红软糜	吕梁市方山县	11.59	4.17	0.214	2.04
62	00003402	黑虻蚤	吕梁市文水县	12.16	3.96	0.180	1.65
63	00001237	黄黍	阳泉市城区	11.47	3.43	0.170	1.46
64	00001278	一点红	阳泉市昔阳县	12.93	4.54	0.210	2.26
65	00001271	黑黍	阳泉市平定县	11.73	4.28	0.200	2.64
66	00001268	黍子	阳泉市盂县	10.44	4.50	0.195	2.11
67	00001243	二红黍	晋中市榆次区	11.95	4.17	0.203	1.85
68	00001244	大红黍	晋中市榆次区	12.88	3.94	0.202	2.47
69	00001251	小黑黍	晋中市榆次区	10.12	4.07	0.172	2.58
70	00001295	老来红	晋中市寿阳县	12.18	4.67	0.210	2.18
71	00001293	黄黍子	晋中市寿阳县	11.41	4.04	0.188	2.63
72	00003380	黑糜子	晋中市太谷县	12.70	4.73	0.201	1.86
73	00001316	鸡爪红	晋中市太谷县	11.62	4.56	0.201	2.05
74	00001284	硬地黄	晋中市平遥县	12.12	3.76	0.186	2.41
75	00001283	扫帚糜	晋中市平遥县	10.84	3.85	0.180	1.76
76	00003387	大黄芽	晋中市介休市	11.86	4.15	0.199	1.90
77	00001331	狗尾蛋	晋中市介休市	10.22	3.66	0.195	2.01
78	00001340	白骷髅	晋中市榆社县	13.52	4.77	0.200	1.84
79	00001313	边梅黍	晋中市和顺县	13.04	3.65	0.210	1.89
80	00003492	紫脖子硬糜	临汾市襄汾县	12.34	3.46	0.194	2.45
81	00001474	珍珠连软糜	临汾市襄汾县	11.43	3.29	0.174	2.88
82	00003494	楼里秀	临汾市曲沃县	11.05	3.68	0.169	1.99
83	00003506	柿黄硬糜	临汾市浮山县	10.95	3.22	0.173	1.35
84	00001439	千斤黍	长治市襄垣县	11.27	3.63	0.194	1.99
85	00003481	六松天	晋城市沁水县	11.05	3.27	0.174	1.24
86	00001574	红黍子	运城市闻喜县	12.38	3.32	0.208	2.76
87	00001581	白软黍	运城市闻喜县	10.22	5.04	0.202	2.37
88	00001575	金红黍	运城市闻喜县	13.99	3.02	0.219	2.40
89	00003540	夏县糜子	运城市夏县	15.39	1.58	0.207	1.83
90	00001566	白软黍	运城市万荣县	12.31	3.43	0.188	1.92

1.2.2 粗蛋白 每份测试种质 100 g,先用脱壳机脱壳,再用粉碎机磨粉加工,制成测试用标准粉样。采用 GB/T 2905-1982 谷类、油料作物种子半微量凯氏法测定粗蛋白质含量。平行测定结果在 15% 以下时其相对相差不得大于 3%;结果在 15% ~ 30% 时,相对相差不得大于 2%。否则重新测定,测定结果取 2 次平行测定值的算术平均值,以%表示,精确到 0.01%。

1.2.3 粗脂肪 方法同 1.2.2 制成标准粉样,采用 GB/T2906-1982 谷类、油料作物索氏脂肪提出法测定。平行测定结果相对相差不得大于 2%,否则重复测定,测定结果取 2 次平行测定值的算术平均值,以%表示,精确到 0.01%。

1.2.4 赖氨酸 方法同 1.2.2 制成标准粉样,采用 GB/T4801-1984 谷类子粒染料结合赖氨酸(DBL)法测定。平行测定结果相对相差不得大于 0.03%,以%表示,否则重测,测定结果取 2 次平行测定结果的算术平均值,精确到 0.01%。

1.2.5 可溶性糖 以标准粉样 2.50 g,采用美国进口的 Agilent 1200 高效液相色谱仪测定。可溶性糖的提取:用 80% 的乙醇浸提黍稷样品中的可溶性糖,用铁氰化钾和醋酸锌溶液处理,Seapak C₁₈ Cartridges 过滤,除去蛋白质、色素等。

色谱分析:用高效液相色谱进行分离分析。利用保留时间进行定性,用内标法进行定量分析,得出可溶性糖的含量。

$$\text{计算公式: } D = \frac{M \times V_2}{V_1 \times m} \times 100\%$$

式中 D —可溶性糖(干基);

M —所进样品量中某种可溶性糖的含量(μg);

V_1 —进样量体积(mL),本试验为 10 mL;

V_2 —最终体积(mL),本试验为 10 mL;

m —样品重量(g),本试验为 2.5 g。

平行测定可溶性糖的相对相差不超过 8%,否则重新测定,测定结果取 2 次平行测定值的算术平均值,以%表示,精确到 0.01%^[6]。

1.2.6 营养品质优、口感品质优和双优的标准 营养品质优的标准是粗蛋白含量 13.00% 以上、粗脂肪含量达 4.00% 以上;口感品质优的标准是赖氨酸含量 0.20% 以上、可溶性糖含量达 2.00% 以上;双优的标准是粗蛋白含量达 13.00% 以上、粗脂肪含量达 4.00% 以上、赖氨酸含量达 0.20% 以上、可溶性糖含量达 2.00% 以上。

2 结果与分析

2.1 90 份种质资源粗蛋白、粗脂肪、赖氨酸和可溶性糖含量分析

2.1.1 粗蛋白含量 90 份测试种质的粗蛋白含量结果表明(表 1 和表 2),不同黍稷种质资源的粗蛋白含量不同。其中,来自运城市的夏县糜子(00003540)粗蛋白质含量最高,为 15.39%,来自大同市天镇县的紫龙带(00000878)含量最低,为 9.23%,所有种质粗蛋白质平均含量为 11.88%。从粗蛋白不同含量区间的频率分布可以看出,含量在 10.00% ~ 11.99%

表 2 黍稷种质资源粗蛋白、粗脂肪、赖氨酸和可溶性糖的鉴定分析结果

Table 2 Crude protein, crude fat, lysine and soluble sugar contents of proso millet germplasm resources

测定内容	变异区间(%)	数量及次数分布					
Teste ingredients	The variation range	Numbers and frequency					
粗蛋白 Protein content	9.23 ± 0.41 ~ 15.39 ± 1.23	≥12.00%		10.00% ~ 11.99%		≤9.99%	
		数量	占比(%)	数量	占比(%)	数量	占比(%)
		36	40.00	47	52.22	7	7.78
粗脂肪 Fat content	1.58 ± 0.29 ~ 5.04 ± 0.67	≥4.00%		2.01% ~ 3.99%		≤2.00%	
		数量	占比(%)	数量	占比(%)	数量	占比(%)
		46	51.11	43	47.78	1	1.11
赖氨酸 Lysine content	0.156 ± 0.03 ~ 0.240 ± 0.05	≥0.20%		0.18% ~ 0.19%		≤0.17%	
		数量	占比(%)	数量	占比(%)	数量	占比(%)
		36	40.00	38	42.22	16	17.78
可溶性糖 Soluble sugar content	1.24 ± 0.11 ~ 3.26 ± 0.34	≥3.00%		2.00% ~ 2.99%		≤1.99%	
		数量	占比(%)	数量	占比(%)	数量	占比(%)
		2	2.20	47	52.20	41	45.60

之间的种质数量最多,为47份,占鉴定种质的52.22%,其次是含量 $\geq 12.00\%$ 以上的种质,数量为36份,所占比例为40.00%。含量 $\leq 9.99\%$ 以下的种质数量最少,为7份,所占比例为7.78%。根据中国预防医学院营养与食品卫生研究所1991年颁布的我国主要粮食作物的营养分析结果,蛋白质平均含量黍稷米为12.1%、小米为9.0%、大米为7.8%、高粱米为10.4%、玉米糝为7.9%、大麦为10.2%、小麦标粉为11.2%、青稞为10.2%^[7]。和这些粮食作物相比,黍稷蛋白质含量是最高的。

2.1.2 粗脂肪含量 90份黍稷种质资源中,粗脂肪含量最高的为运城市闻喜县的白软黍(00001581),含量为5.04%。最低的为运城市夏县的夏县糜子(00003540),含量为1.58%,粗脂肪平均含量为3.69%。其中,含量 $\geq 4.00\%$ 的种质数量最多,为46份,占鉴定种质的51.11%,含量在2.01%~3.99%的数量次之,为43份,占鉴定种质的47.78%, $\leq 2.00\%$ 的种质极少,只有1份,占鉴定种质的1.11%(表1和表2)。说明黍稷种质资源的粗脂肪含量基本上在2.00%以上^[8-9]。

2.1.3 赖氨酸含量 黍稷种质资源赖氨酸的含量相对很低,赖氨酸含量最高的种质是忻州市五台县的大红粘糜(00001176),含量为0.240%,其次为吕梁市柳林县的软白糜(00001386)和忻州市五寨县的大黄糜子(00003311)。赖氨酸的平均含量为0.19%。赖氨酸含量的次数分布与粗蛋白的次数分布基本一致,以含量居中的0.18%~0.19%的种质数量最多,为38份,占42.22%。 $\geq 0.20\%$ 种质的数量和比例次之,数量为36份,占40%。只是在赖氨酸含量 $\leq 0.17\%$ 的种质数量和比例(16份,17.8%),大于粗蛋白 $\leq 9.99\%$ 种质的比例(7.78%),说明赖氨酸含量的次数分布与粗蛋白含量的次数分布是密切相关的(表1和表2)。

2.1.4 可溶性糖含量 黍稷种质资源中可溶性糖含量是决定口感品质的一项重要指标,可溶性糖含量高的种质,口感甘甜,适口性好。黍稷种质资源中可溶性糖最高与最低含量相差2.02%(表1和表2)。在次数分布中和粗蛋白及赖氨酸的分布一致,也以含量居中(2.00%~2.99%)的种质最多,为47份,占52.20%。与粗蛋白、赖氨酸和粗脂肪不同的是,在次数分布中含量最低的种质,粗蛋白、赖氨酸和粗脂肪的种质数量最少,比例最低,分别是粗蛋白7份,占7.78%,赖氨酸16份,占17.78%,粗脂肪只有1份,占1.16%。而可溶性糖含量最低的种质,数

量和比例较高,为41份,占45.60%,含量 $\geq 3.00\%$ 的种质数量和比例极少,只有2份,占2.20%(表2)。这2份种质分别是大同市怀仁县的黄糜子(00003199),含量3.26%,是鉴定中可溶性糖含量最高的种质,其次是太原市尖草坪区的圪都红糜子(00001200),可溶性糖含量3.12%。可溶性糖的平均含量为2.04%。

2.2 筛选出的优质种质

2.2.1 营养品质优的种质 粗蛋白和粗脂肪含量是决定黍稷种质资源营养品质优劣的主要指标^[10],通过测定,筛选出7份粗蛋白含量13.00%以上、粗脂肪含量4.00%以上的营养品质优的种质,分别是大黄糜子(00003311)、小黄黍子(00001094)、大红糜子(00003280)、60天小红糜(00003281)、高粱黍(00000925)、白骷髅(00001340)、成熟红(00001352),占鉴定种质的7.78%。按黍稷种质资源营养品质的常规规律来看,粗蛋白含量高的情况下,粗脂肪含量低;粗脂肪含量高的情况下,粗蛋白含量低。粗蛋白和粗脂肪含量双高的情况并不多见。但忻州五寨县的大黄糜子不仅粗蛋白的含量达到15.19%,而且粗脂肪的含量也高达4.25%,高出平均含量(3.69%)0.56%。晋中市榆社县的白骷髅黍子粗蛋白含量达13.52%,粗脂肪含量也高达4.77%,高出平均含量1.08%,因此,这7份种质是黍稷种质资源中稀有珍贵的遗传资源材料。从这些黍稷种质的来源地来看,7份种质中有4份来自忻州市,占优质种质的57.14%,而且其中的3份来自忻州市的河曲县,占优质种质的42.86%。另外3份营养品质优的种质,分别来自朔州市朔城区、晋中市榆社县和吕梁市汾阳市。而在7份高营养品质的种质中有5份是糯性的黍,占71.43%,有2份是粳性的稷,占28.57%。

2.2.2 口感品质优的种质 赖氨酸和可溶性糖的含量是决定黍稷种质资源口感品质好坏的主要指标^[11]。经测定,赖氨酸含量0.20%以上、可溶性糖含量2.00%以上口感品质优的种质有15份,分别是小青黑糜(00003216)、二青黍(00000883)、黄糜子(00003199)、金软黍(00001205)、大红软糜(00001197)、圪都红糜子(00001200)、金红黍(00001575)、白软黍(00001581)、红黍子(00001574)、大红粘糜(00001176)、红糜子(00001177)、小红软糜(00001349)、软白糜(00001386)、大红黍(00001244)、黑黍(00001271),占鉴定种质的16.67%。在口感品质优的15份种质中,可溶性糖含量3.00%以上,赖

氨酸含量 0.20% 以上的种质有 2 份,分别是大同市怀仁县的黄糜子(可溶性糖含量居 15 个种质的首位,为 3.26%,赖氨酸含量为 0.213%)、太原市尖草坪区的疙都红糜子(可溶性糖含量达 3.12%,赖氨酸含量达 0.215%),是此次品质鉴定中口感品质最突出的 2 份种质。除此之外,忻州市五台县的大红粘糜,赖氨酸含量最高(0.240%),可溶性糖含量也较高(2.35%),粗脂肪含量(4.07%)也达到营养品质优的标准,只是粗蛋白含量稍偏低(11.95%),但未影响到其良好的适口性表现。五台大红粘糜,别名大红袍、大红黍子,在当地种植历史悠久,久负盛名,至今每年种植面积达 330 hm²左右,其中五台东冶镇种植的口感最佳,是当地群众的待客佳品^[12]。还有运城市闻喜县的白软黍,在口感品质都达标的情况下,粗脂肪的含量最高,达到 5.04%,使得口感品质更佳,再加之皮壳薄,出米率高,在当地也享有盛誉。从种质的来源地来看,以大同市、太原市和运城市的种质最多,均达到 3 份,其次是忻州市和吕梁市,均达到 2 份,最后是晋中市和阳泉市各有 1 份。各地口感品质优的种质的多少,与当地群众把黍稷作为主要的杂粮作物,在多年的种植中不断地择优选择,有着密切的关系。

2.2.3 营养品质和口感品质双优的种质 达到营养

表 3 黍和稷营养品质和口感品质的平均含量

Table 3 The average contents of nutrition quality and taste quality of soft and hard proso millet

类型 Type	种质数(份) No.	粗蛋白(%) Protein content	粗脂肪(%) Fat content	赖氨酸(%) Lysine content	可溶性糖(%) Soluble sugar content
糯性的黍 Soft Proso millet	63	11.71 ± 1.1	3.56 ± 0.36	0.196 ± 0.01	2.18 ± 0.73
粳性的稷 Hard Proso millet	27	12.05 ± 1.3	3.82 ± 0.42	0.191 ± 0.02	1.89 ± 0.34

2.3.2 与粒色的关系 黍稷的粒色分为红、黄、白、褐、灰(生产上种植极少,未作统计)、复色(2 种以上颜色)等。不同粒色的黍稷种质营养品质和口感品质也有差异,从表 4 可以看出,红粒的种质粗蛋白含量最高,在 12.00% 以上,其他粒色的种质均在 11.00% ~ 12.00% 之间。白粒种质的粗蛋白含量最低,但粗脂肪含量最高,复色粒种质和褐粒种质粗脂肪含量也都在 4.00% 以上,均达到优质种质中高脂肪含量的标准。根据高营养品质标准(粗蛋白含量在 13.00% 以上,粗脂肪含量 4.00% 以上),5 种粒色种质的平均含量均未达到高营养品质标准。但 5 种粒色种质中,红粒种质和白粒种质在粗蛋白或粗

品质和口感品质双优的种质相对较少,必须同时达到营养品质和口感品质的标准,即粗蛋白含量 13.00% 以上,粗脂肪含量 4.00% 以上,赖氨酸含量 0.20% 以上,可溶性糖含量 2.00% 以上。本研究筛选出 3 份双优种质,分别是忻州市五寨县的大黄糜子、忻州市河曲县的小黄黍子和朔州市朔城区的高粱黍。

2.3 黍稷种质资源营养品质和口感品质与不同类型种质的关系

鉴定分析的 90 份种质中,以粳糯性、不同粒色、不同粒形分类,分别统计不同类型种质的粗蛋白、粗脂肪、赖氨酸和可溶性糖的平均含量,从而找出黍稷种质资源营养品质和口感品质与粳糯性、粒色和粒形的内在联系。

2.3.1 与糯性、粳性的关系 黍米是糯性的、粉质,淀粉以支链淀粉为主,稷米是粳性的、角质,淀粉以直链淀粉为主。二者在营养品质和口感品质上有所不同。由表 3 可知,从营养品质来看,稷的蛋白质和脂肪的平均含量均高于黍,分别高 0.34% 和 0.26%,说明稷的营养品质好于黍;从口感品质来看,赖氨酸和可溶性糖的含量黍高于稷,分别高 0.005% 和 0.29%,说明黍的口感品质要好于稷,尽管差别较小,但在生活实践中人们也会明显感到黍的适口性要好于稷。

脂肪的含量中均有一项较高,相对而言,这 2 种粒色的种质在营养品质中相对突出,在黄、褐、复色 3 种粒色中,复色粒和褐粒种质明显比黄粒种质的营养品质好。从口感品质来看,红粒种质最优,不论赖氨酸含量还是可溶性糖的含量均达到优质的标准。说明红粒种质在口感品质方面也最突出。综合营养品质和口感品质,红粒种质不仅粗蛋白含量最高,而且赖氨酸和可溶性糖的含量达到口感品质优的标准,说明红粒种质不论在营养品质还是口感品质方面均表现优异。这在生产实践中也能明显地反映出来,如农民喜欢种植红粒的品种,而且外贸收购中也只收购红粒的品种^[13]。除红粒种质外,白、褐、复色粒

种质在4项的品质鉴定中,均有粗脂肪和可溶性糖2项达优质标准,而黄粒的种质只有1项可溶性糖达标,说明白、褐、复色的种质营养品质和口感品质又比黄粒种质的好。

2.3.3 与不同粒形种质的关系 黍稷种质的粒形分为卵圆、长圆和球圆3种。从表5可知,子粒卵圆的种质粗蛋白含量最高,长圆的种质粗脂肪含量最

高,球圆的种质可溶性糖含量最高,赖氨酸的含量相差极其微小。从营养品质来看,长圆的种质粗脂肪含量达优,相对来说营养品质好于卵圆和球圆形的种质。从口感品质来看,卵圆和球圆的种质可溶性糖的含量达优,相比之下好于长圆形的种质。但粒形之间的差异很小,因此,粒形与营养品质和口感品质相关不显著。

表4 黍稷不同粒色种质的营养品质和口感品质的平均含量

Table 4 The average contents of nutrition quality and taste quality of different seed color germplasm of proso millet grain

粒色 Seed color	种质数量 No.	粗蛋白(%) Protein content	粗脂肪(%) Fat content	赖氨酸(%) Lysine content	可溶性糖(%) Soluble sugar content
红 Red	21	12.35 ± 1.10	3.82 ± 0.81	0.200 ± 0.092	2.14 ± 0.58
黄 Yellow	34	11.77 ± 0.74	3.72 ± 0.72	0.194 ± 0.096	2.02 ± 0.70
白 White	14	11.01 ± 0.82	4.24 ± 0.54	0.191 ± 0.014	2.15 ± 0.28
褐 Brown	6	11.91 ± 0.76	4.03 ± 0.80	0.195 ± 0.025	2.14 ± 0.33
复色 Multicolor	15	11.88 ± 0.88	4.22 ± 0.67	0.192 ± 0.084	2.07 ± 0.24

表5 黍稷不同粒形种质的营养品质和口感品质的平均含量

Table 5 The average contents of nutrition quality and taste quality of different grain shape germplasm of proso millet

粒形 Seed shape	种质数量 No.	粗蛋白(%) Protein content	粗脂肪(%) Fat content	赖氨酸(%) Lysine content	可溶性糖(%) Soluble sugar content
卵圆 Globose	61	11.87 ± 0.7625	3.86 ± 0.3633	0.195 ± 0.01125	2.09 ± 0.3633
长圆 Ovate	8	11.64 ± 0.6453	4.05 ± 0.4258	0.196 ± 0.01432	1.79 ± 0.2437
球圆 Long round	21	11.79 ± 0.5846	3.92 ± 0.3825	0.192 ± 0.0120	2.20 ± 0.5825

3 讨论

衡量黍稷子粒品质有3方面标准,即营养品质、口感品质和商品品质。商品品质可以通过直观的形式鉴别出来,而营养品质和口感品质需要通过特定的测试才能鉴定出来。本研究只对黍稷种质的营养品质和口感品质做了鉴定分析。粗蛋白和粗脂肪是营养品质的鉴定指标,赖氨酸和可溶性糖是口感品质的鉴定指标。在本次测试的90份种质中,营养品质优的种质共有7份,其中来自忻州市4份,朔州市、晋中市、吕梁市各1份。忻州市的4份中,有3份来自河曲县,该县无霜期短,以干旱丘陵地为主,是“全国黍稷之乡”,有史以来就是黍稷的主产区,黍稷在当地人们的生活中发挥着重要作用,从古到今一直保持着以粳性的“稷米酸粥”、“稷米捞饭”为主要的传统饮食,同时,也把糯性的黍做成油炸糕,作为待客的最上乘的佳品。“稷米酸粥”是河曲县的独创饮食,把稷米浸泡后发酵,在酵母菌的作用下,做成酸粥,酸甜可口,在地下劳作时,既止渴又充饥。

可见,忻州市河曲县之所以出现多个高营养的黍稷优质种质,与当地悠久的饮食习惯和人工择优选择的结果相关^[14],这些营养品质优的种质,由于粗蛋白含量高,赖氨酸的含量也相应较高,在口感品质的表现上,也往往是比较好的,所以才出现了忻州市河曲县黍稷营养品质优质种质比较相对集中的现象。直到现在,河曲县的小黄黍子、大红糜和60天小红糜这3份高营养、高品质种质,经过多年人为的穗选留种,仍然是当地黍稷生产的主栽品种,在当地人民生活中发挥着不可替代的作用。

与高营养品质种质数量相比,此次鉴定筛选出的口感品质优的种质数量较大,共鉴定筛选出15份种质,其中大同市、太原市、运城市数量最多,均为3份,忻州市、吕梁市均为2份,晋中市和阳泉市各1份。究其原因,与人们在长期食用过程中,侧重于适口性的选择是分不开的。本次测试结果表明,营养品质和口感品质双优的种质出现在营养品质优的7份种质中,分析原因可能是由于黍稷种质的营养品质和口感品质二者共同构成黍稷种质的品质,二者

相辅相成,另外,赖氨酸是粗蛋白的组成部分,赖氨酸含量与粗蛋白含量密切相关。但是,双优的 3 份种质只出现在营养品质优的种质中,而口感品质优的种质中没有 1 份双优的种质。这可能与制定的高营养品质和高口感品质的标准有关。

黍稷种质资源的营养品质和口感品质与不同类型的黍稷种质也有一定关系。粳性的稷营养品质含量高于黍;而糯性的黍口感品质的含量高于稷。在不同粒色的黍稷种质资源中,红粒的种质不论是营养品质还是口感品质均优于其他粒色的种质。不同粒形的黍稷种质在营养品质和口感品质的表现各不相同,但总体相差不显著。参与此次品质鉴定的黍稷种质资源,均为多年来的黍稷生产用种,基本涵盖了各种类型的黍稷种质,但在粒色中缺少灰粒的种质,灰粒的种质由于进化程度很低,在生产上逐步淘汰,因此,此次鉴定的结果仍具有代表性^[15]。只是在营养品质鉴定的项目中除粗蛋白和粗脂肪鉴定项目外,还应增加淀粉,即碳水化合物的鉴定内容,特别是在黍稷种质资源中,由于存在糯性的黍和粳性的稷的区分,增加支链淀粉和直链淀粉的鉴定项目,能更加全面地说明黍和稷在营养品质上存在的差异和各自所占的优势^[16]。对黍稷种质资源营养品质和口感品质与不同类型种质关系的研究,可为今后在不同类型黍稷种质资源的利用中提供参考依据,从而更大地发挥不同类型种质在营养品质和口感品质中的优势。

本研究鉴定筛选出 7 份粗蛋白含量 13.00% 和粗脂肪含量 4.00% 以上的营养品质优的种质;鉴定

筛选出 15 份赖氨酸含量 0.20% 以上和可溶性糖含量 2.00% 以上的口感品质优的种质;鉴定筛选出 3 份营养品质和口感品质均优的种质,以供今后黍稷育种、生产和加工利用。

参考文献

- [1] 王星玉. 山西省黍稷品种资源研究[M]. 北京:农村读物出版社,1985;28-60
- [2] 王正银,胡尚钦,孙彭. 作物营养与品质[M]. 北京:中国农业出版社,1999;28-60
- [3] 王星玉. 中国黍稷优异种质的筛选利用[M]. 北京:中国农业出版社,1995;1-5
- [4] 王星玉,温琪汾,王纶,等. 中国黍稷优异种质资源评价利用研究[J]. 植物遗传资源学报,2000,1(3):43-47
- [5] 王星玉. 中国黍稷品种资源目录[M]. 北京:农村读物出版社,1985;56-99,190-215
- [6] 王星玉,王纶. 黍稷种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京:中国农业出版社,2006;50-52
- [7] 中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所. 食物成分表[M]. 北京:人民卫生出版社,1959
- [8] 王星玉. 我国黍稷(糜)品种资源的品质研究[J]. 种子通讯,1986(2):22-27
- [9] 王星玉,刘为红,李士和,等. 中国黍稷品种资源营养品质研究[J]. 华北农学报,1992,7(1):42-46
- [10] 王纶,王星玉,温琪汾,等. 中国黍稷种质资源蛋白质和脂肪含量的鉴定分析[J]. 植物遗传资源学报,2007,8(2):165-169
- [11] 王星玉. 中国黍稷品种资源特性鉴定集[M]. 北京:中国农业出版社,1990;1-8
- [12] 王星玉,魏仰浩. 中国黍稷品种志[M]. 北京:中国农业出版社,1990;50-51
- [13] 柴岩. 糜子[M]. 北京:中国农业出版社,1999;94-99
- [14] 郑殿生,方嘉禾. 高品质小杂粮作物品种及栽培[M]. 北京:中国农业出版社,2001;113
- [15] 王星玉. 中国黍稷[M]. 北京:中国农业出版社,1996;46-59
- [16] 庾正平,王星玉. 山西省农作物品种志[M]. 太原:山西科学教育出版社,1985;274-323