

谷子籽粒蛋白质、脂肪、千粒重的遗传变异

杨廷兵, 秦岭, 陈二影, 王海莲, 张华文, 刘 宾, 管延安

(山东省农业科学院作物研究所, 济南 250100)

摘要:以来自华北夏谷区、东北春谷区、西北高原早熟春谷区、西北高原中晚熟春谷区等4个主要谷子生态区的270个品种为材料, 包括育成品种220份和地方品种50份, 测定了籽粒千粒重、蛋白质和脂肪含量。结果表明: 270份谷子品种平均蛋白质含量(11.18 ± 1.14)%, 脂肪含量(4.00 ± 0.42)%, 千粒重(2.87 ± 0.28)g。育成品种的蛋白质含量显著低于地方品种蛋白质含量, 而育成品种和地方品种的脂肪含量、千粒重差异不显著; 不同生态区品种之间蛋白质含量、千粒重差异显著, 但脂肪含量差异不显著。西北早熟春谷区品种蛋白质含量平均最高、千粒重最大, 华北夏谷区品种蛋白质含量平均最低、千粒重最小; 蛋白质含量和千粒重显著正相关, 蛋白质含量、千粒重和生育期显著负相关。本研究报道了近30年来我国谷子主产区谷子品种的蛋白质、脂肪含量和千粒重的差异, 对于谷子品质育种具有借鉴意义; 研究认为谷子籽粒的蛋白质、脂肪含量和千粒重应作为品质育种的重要指标加以重视。

关键词:谷子; 蛋白质含量; 脂肪含量; 千粒重; 变异

Genetic Variations of Protein Content, Fat Content and TGW in Foxtail Millet (*Setaria italica* (L.) Beauv.) in China

YANG Yan-bing, QIN Ling, CHEN Er-ying, WANG Hai-lian, ZHANG Hua-wen, Liu Bin, GUAN Yan-an

(Crop Research Institute, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100)

Abstract: 270 foxtail millet cultivars from the North China summer-sowing region (NCSR), the northeast spring-sowing region (NSR), the northwest plateau early-maturing spring-sowing region (NESR) and the northwest plateau mid-late-maturing spring-sowing region (NMSR), including 220 improved cultivars and 50 landraces, were planted at Jinan in 2013. Thousand-grain weights (TGW) of foxtail millet cultivars were weighted. Crude protein and fat contents of kernels were measured by the kjeldah method and soxhlet extractor method, respectively. The average values of crude protein, crude fat contents and thousand-grain weight (TGW) of 270 foxtail millet cultivars were (11.18 ± 1.14)%, (4.00 ± 0.42)% and (2.87 ± 0.28) g, respectively. The average value of crude protein content of 220 improved cultivars with (10.93 ± 1.12)% was significantly lower than that of 50 landraces with (12.28 ± 1.16)%, while crude fat content and TGW of improved cultivars was no significant differences compared with that of landraces. Significant differences were observed for crude protein content and TGW of cultivars from different eco-regions, that of cultivars from NESR were the highest, and that of the NCSR were the lowest. The average value of crude fat content of cultivars from different eco-regions was no significant difference. Significantly positive correlation was observed between crude protein content and TGW, while significantly negative correlations were obtained among crude protein content, TGW and growth duration. This paper reported the main variation in protein content, fat content and TGW of foxtail millet from different eco-regions, which provided theoretical reference for quality breeding of foxtail millet. Protein content, fat content and TGW should be

收稿日期: 2017-01-15 修回日期: 2017-04-28 网络出版日期: 2017-08-14

URL: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20170814.0942.012.html>

基金项目:山东省现代农业产业技术体系创新团队专项资金(SDAIT-14-03); 山东省农业科学院科技创新重点项目(2014CXZ05-4); 山东省自然科学基金(ZR2014YL021); 现代农业产业技术体系专项(CARS-06)

第一作者主要从事谷子遗传育种与栽培技术研究。E-mail: ybyang_666@163.com

通信作者: 管延安, 主要从事谷子高粱遗传育种及栽培技术研究。E-mail: Yguan65@163.com

paid more attention on quality breeding of foxtail millet.

Key words: Foxtail millet; protein content; fat content; TGW; variation

谷子起源于中国,有 8000 多年的栽培历史^[1]。主要种植分布在我国北方的干旱和半干旱地区,至今仍是我国北方地区重要粮食作物之一。目前我国谷子主产区大体可分为东北春谷区、华北夏谷区、西北高原早熟春谷区、西北高原中晚熟春谷区。谷子具有生育期短,适应性广,耐干旱、耐贫瘠和耐贮藏等优点。

谷子籽粒脱壳后为小米,含有丰富的蛋白质、脂肪、维生素和微量元素^[2-3]。对于我国谷子品种资源蛋白质、脂肪含量的相关研究较多,李庆春等^[4]报告了国家作物种质资源库保存的 16981 份不同谷子品种资源小米蛋白质含量的普查结果,蛋白质含量为 13.18%,变异幅度 7.90% ~ 21.90%。古世禄等^[5]测定了来自全国 17 个省(市、自治区)具有代表性的 416 份中国谷子品种,蛋白质平均含量(11.73 ± 1.40)%,变幅 8.45% ~ 17.25%,80% 以上品种蛋白质含量在 10% ~ 14% 的区间。小米蛋白质中含有人体必需的氨基酸,必需氨基酸总量为 3262.8 mg/g,占氨基酸总量的 41.9%,以亮氨酸、苯丙 + 酪氨酸及缬氨酸的含量最高,异亮氨酸、苏氨酸和蛋 + 胱氨酸次之,赖氨酸的含量最低,小米的氨基酸相对比较均衡,优于其他粮食作物;蛋白质含量和各种氨基酸呈显著正相关,可以通过蛋白质含量估算各种氨基酸含量^[4-7]。

古世禄等^[8]对山西省谷子品种蛋白质、脂肪含量及其相互关系进行了研究,其蛋白质含量的分布近似常态分布;209 份材料蛋白质含量变幅 7.78% ~ 15.77%,平均为(11.45 ± 1.43)%;脂肪平均含量为(4.48 ± 1.85)%,变幅 2.38% ~ 5.99%,蛋白质、脂肪含量呈显著正相关,相关系数 0.7109。张敏等^[9]对黑龙江省种植的 11 个谷子品种进行品质分析,蛋白质含量在 9.63% ~ 14.09% 之间;脂肪含量在 3.10% ~ 4.90% 之间。

小米脂肪含量尽管不高,但含有丰富的亚油酸、亚麻酸和花生酸等人体必需脂肪酸,具有非常高的营养保健价值,其不饱和脂肪酸含量超过 80%。人体的必需亚油酸含量达 67% ~ 72%^[10-15],亚油酸是细胞组成成分及前列腺素的前体,对线粒体和细胞膜尤为重要,参与磷脂的合成,并与胆固醇的转运有密切关系,具有扩张血管,防止血栓形成的作用,并可以调节机体免疫系统,提高免疫力。亚油酸与亚麻酸对淋巴肉瘤具有很好的抑制作用,具有抗癌作用^[16]。

李荫梅等^[17]对夏谷蛋白质和农艺性状相关性进行了研究,通径分析表明与蛋白质相关的主要影响因子是千粒重、出米率。而岳增富^[18]对辽宁朝阳市 267 份谷子农家品种主要性状与蛋白质含量的相关性研究表明:株高、生育期与小米蛋白质含量呈正相关,千粒重与小米蛋白质含量无关。

千粒重决定了小米籽粒大小,是影响谷子商品性的重要农艺性状。人们通常喜欢大米粒,而且籽粒大出米率也高,所以谷子千粒重不仅是重要农艺性状,也是重要的品质指标。前人对谷子千粒重作为产量性状有一定研究^[19-21],而作为重要外观品质性状研究较少。

综上,尽管对谷子品种的蛋白质含量、脂肪含量和千粒重等研究报道较多,并对我国谷子地方品种和育成品种主要农艺性状的遗传多样性也有一定的研究^[22],然而对近几十年来我国谷子品种在蛋白质、脂肪以及千粒重等品质性状的遗传变化,以及不同生态区来源品种蛋白质、脂肪含量和千粒重遗传基础的差异,相关研究缺少。本研究通过对我国 30 多年来各生态区主要育成品种及部分地方品种蛋白质、脂肪、千粒重等性状的鉴定评价研究,旨在为谷子品质育种提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验材料来源于 4 个谷子生态区的 270 份谷子品种,包括近 30 年来各地育成品种 220 份,以及部分生产上仍在种植的地方品种 50 份。220 份育成品种中来自东北春谷区 45 份,华北夏谷区 96 份,西北高原中晚熟春谷区 39 份,西北高原早熟春谷区 40 份。50 份地方品种来自东北春谷区 1 份、华北夏谷区 20 份,西北高原中晚熟春谷区 16 份,西北高原早熟春谷区 13 份。

1.2 方法

2013 年种植在山东省农业科学院作物研究所济南试验基地。每个品种种植 2 行,3 m 行长,行距 0.5 m,每行约 60 株,3 次重复。观察记载成熟期,计算生育期。成熟后每小区收获约 50 穗,脱粒,称量千粒重,3 次重复。取 50 g 谷子籽粒用砻谷机脱壳 3 次,得糙米,粉碎用于蛋白质、脂肪的测定。

蛋白质测定采用凯氏定氮法,参照 GB 5009.5-

2010 食品安全国家标准食品中蛋白质的测定,小米中蛋白质含量 = $N \times 5.83$ 。

脂肪测定采用索氏抽提法,参照 GB/T 5512-2008 粮油检验粮食中脂肪含量测定。

1.3 数据分析与作图 数据统计分析利用 IBM SPSS Statistics 20, 作图利用 Excel 2010 和 Origin-

Pro9.1 软件。

2 结果与分析

2.1 蛋白质、脂肪、千粒重的频数分布

270 份谷子品种的来源、类型以及蛋白质含量、脂肪含量、千粒重见表 1。

表 1 270 份谷子品种详细信息

Table 1 Detail information of 270 foxtail millet cultivars

序号 No.	品种 Cultivar	生态区 Eco-region	品种 类型 Type	蛋白质含量 (%) Protein content	脂肪含量 (%) Fat content	千粒重 (g) TGW	序号 No.	品种 Cultivar	生态区 Eco-region	品种 类型 Type	蛋白质含量 (%) Protein content	脂肪含量 (%) Fat content	千粒重 (g) TGW
1	鲁金一号	NCSR	IC	10.07	3.81	2.63	32	冀谷 22	NCSR	IC	10.69	4.47	2.81
2	鲁金三号	NCSR	IC	11.23	4.43	2.89	33	冀谷 24	NCSR	IC	11.99	4.49	3.10
3	鲁金五号	NCSR	IC	9.98	4.44	2.79	34	冀谷 25	NCSR	IC	11.69	4.93	2.74
4	昌潍 62	NCSR	IC	12.16	4.36	3.06	35	冀谷 26	NCSR	IC	10.88	4.67	2.63
5	昌潍 74	NCSR	IC	12.03	4.46	2.86	36	冀谷 29	NCSR	IC	11.69	3.62	2.83
6	昌潍 69	NCSR	IC	11.21	4.87	2.43	37	冀谷 31	NCSR	IC	9.13	4.68	2.65
7	聊农一号	NCSR	IC	11.49	5.06	2.73	38	冀谷 32	NCSR	IC	10.40	5.02	2.91
8	聊农三号	NCSR	IC	11.27	4.17	2.91	39	金谷 1 号	NCSR	IC	9.76	3.67	2.82
9	聊农四号	NCSR	IC	10.61	4.43	2.24	40	小香米	NCSR	IC	9.37	4.96	2.75
10	鲁谷一号	NCSR	IC	11.28	4.27	2.77	41	冀香 1 号	NCSR	IC	10.59	4.53	2.80
11	鲁谷二号	NCSR	IC	10.73	4.34	2.77	42	冀创 1 号	NCSR	IC	9.54	4.22	2.41
12	鲁谷三号	NCSR	IC	11.26	4.13	3.02	43	冀谷 15	NCSR	IC	10.08	3.92	2.36
13	鲁谷四号	NCSR	IC	11.20	4.12	2.80	44	冀谷 17	NCSR	IC	10.38	3.77	2.85
14	鲁谷五号	NCSR	IC	9.42	4.39	2.77	45	衡谷 9 号	NCSR	IC	10.03	3.75	2.89
15	鲁谷六号	NCSR	IC	10.36	4.72	2.73	46	衡谷 10 号	NCSR	IC	9.25	4.20	2.72
16	鲁谷七号	NCSR	IC	10.82	4.00	3.28	47	青到老	NCSR	IC	10.74	4.59	2.07
17	鲁谷八号	NCSR	IC	9.94	4.28	2.87	48	青丰谷	NCSR	IC	9.87	3.67	2.57
18	鲁谷九号	NCSR	IC	10.53	4.46	2.82	49	沧谷 3 号	NCSR	IC	10.28	4.23	2.56
19	鲁谷 10 号	NCSR	IC	10.87	4.21	3.47	50	沧谷 4 号	NCSR	IC	9.22	4.06	2.50
20	济 8062 -8	NCSR	IC	9.57	4.09	3.04	51	保谷 18	NCSR	IC	9.05	4.02	2.57
21	冀谷 14	NCSR	IC	10.29	4.76	2.86	52	豫谷 1 号	NCSR	IC	8.87	3.91	2.48
22	济谷 12	NCSR	IC	9.56	4.61	3.02	53	豫谷 2 号	NCSR	IC	9.90	3.51	2.57
23	济谷 13	NCSR	IC	9.32	4.33	2.77	54	豫谷 3 号	NCSR	IC	9.21	4.45	2.66
24	济谷 14	NCSR	IC	10.70	4.55	2.71	55	豫谷 4 号	NCSR	IC	9.96	3.53	2.77
25	济谷 15	NCSR	IC	11.23	4.52	2.83	56	冀谷 11	NCSR	IC	9.60	4.19	2.79
26	谷丰 1 号	NCSR	IC	9.77	3.78	3.15	57	豫谷 6 号	NCSR	IC	9.07	3.71	2.55
27	谷丰 2 号	NCSR	IC	10.45	4.40	3.06	58	豫谷 7 号	NCSR	IC	8.94	3.39	2.68
28	冀谷 18	NCSR	IC	9.52	4.21	3.02	59	豫谷 8 号	NCSR	IC	10.34	3.63	2.61
29	冀谷 19	NCSR	IC	9.98	4.56	2.74	60	豫谷 9 号	NCSR	IC	9.47	3.46	2.80
30	冀谷 20	NCSR	IC	11.11	4.61	2.72	61	豫谷 11 号	NCSR	IC	10.01	3.92	3.04
31	冀谷 21	NCSR	IC	11.20	4.42	2.74	62	豫谷 12	NCSR	IC	9.86	3.92	2.81

表 1(续)

序号 No.	品种 Cultivar	生态区 Eco-region	品种 类型 Type	蛋白质含量 (%) Protein content	脂肪含量 (%) Fat content	千粒重 (g) TGW	序号 No.	品种 Cultivar	生态区 Eco-region	品种 类型 Type	蛋白质含量 (%) Protein content	脂肪含量 (%) Fat content	千粒重 (g) TGW
63	豫谷 13	NCSR	IC	9.15	4.26	2.76	101	晋谷 45 号	NMSR	IC	11.12	3.85	2.46
64	豫谷 14	NCSR	IC	8.96	4.19	2.75	102	晋谷 46 号	NMSR	IC	9.74	4.61	2.70
65	豫谷 15	NCSR	IC	9.38	3.14	2.90	103	晋谷 48 号	NMSR	IC	10.44	3.87	2.48
66	豫谷 16	NCSR	IC	9.22	3.26	2.88	104	晋谷 51	NMSR	IC	10.89	3.73	3.06
67	豫谷 17	NCSR	IC	9.90	3.53	2.90	105	大同 29 号	NESR	IC	10.64	4.27	3.33
68	豫谷 18	NCSR	IC	9.63	3.53	2.72	106	大同 32 号	NESR	IC	9.62	3.89	3.21
69	豫谷 19	NCSR	IC	10.62	3.91	2.95	107	晋谷 25 号	NESR	IC	10.26	4.13	3.36
70	93-15	NCSR	IC	9.95	3.69	2.98	108	晋谷 31 号	NESR	IC	9.79	3.94	3.69
71	气死稗谷	NCSR	L	11.06	4.05	2.58	109	晋谷 33 号	NESR	IC	11.09	4.37	3.10
72	晋谷 30 号	NMSR	IC	10.24	3.28	2.53	110	晋谷 37 号	NESR	IC	13.78	3.87	3.72
73	晋谷 32 号	NMSR	IC	10.14	3.40	2.54	111	晋谷 39 号	NESR	IC	9.15	3.30	3.61
74	晋谷 35 号	NMSR	IC	9.99	3.49	2.61	112	陇谷 3 号	NESR	IC	11.13	4.26	3.44
75	长农 35 号	NMSR	IC	11.02	3.71	2.84	113	陇谷 4 号	NESR	IC	11.49	3.94	3.38
76	长农 36 号	NMSR	IC	11.64	3.87	2.70	114	陇谷 5 号	NESR	IC	12.90	3.97	3.25
77	长谷 4 号	NMSR	IC	10.74	4.02	2.75	115	陇谷 6 号	NESR	IC	11.40	3.65	3.09
78	长生 04	NMSR	IC	10.66	4.24	2.45	116	陇谷 7 号	NESR	IC	10.84	4.38	2.72
79	长谷 1 号	NMSR	IC	9.40	4.33	2.44	117	陇谷 8 号	NESR	IC	11.27	3.91	3.18
80	长农 0302	NMSR	IC	12.81	3.75	2.59	118	陇谷 9 号	NESR	IC	11.69	4.17	3.22
81	长农 38	NMSR	IC	11.27	3.82	2.93	119	陇谷 10 号	NESR	IC	10.90	4.09	2.70
82	长生 18	NMSR	IC	10.34	3.91	2.35	120	陇谷 11 号	NESR	IC	11.23	4.11	3.08
83	长农 41	NMSR	IC	11.32	3.22	3.08	121	什社黄毛谷	NESR	L	13.96	4.58	2.88
84	长农 39	NMSR	IC	10.83	3.71	2.60	122	陇粟 2 号	NESR	IC	14.07	4.26	3.08
85	长生 06	NMSR	IC	10.57	3.76	2.70	123	等身齐	NESR	L	14.74	3.63	2.88
86	长农 40	NMSR	IC	10.86	4.47	3.13	124	巩昌谷	NESR	L	12.93	3.27	3.22
87	长生 07	NMSR	IC	10.15	3.62	2.69	125	通渭黄腊头	NESR	L	13.12	4.64	2.90
88	晋谷 20	NMSR	IC	10.72	3.52	2.85	126	金裹银	NESR	L	16.25	3.52	3.37
89	晋谷 21	NMSR	IC	10.38	3.82	3.07	127	陇南场 60 黄	NESR	L	11.70	3.67	3.49
90	晋谷 24	NMSR	IC	9.99	4.01	2.70	128	内 99112	NESR	IC	10.55	4.08	3.08
91	晋谷 29	NMSR	IC	10.29	4.12	2.84	129	内 99142	NESR	IC	10.61	4.10	2.53
92	晋谷 40	NMSR	IC	10.91	3.64	2.66	130	内 99156	NESR	IC	11.97	4.23	2.78
93	余三	NMSR	L	10.47	3.91	2.84	131	内 99169-3	NESR	IC	11.39	3.95	2.94
94	吕谷 2 号	NMSR	IC	11.96	4.44	2.76	132	内 2000-38	NESR	IC	11.54	3.55	3.05
95	汾选 3	NMSR	IC	10.69	3.67	2.78	133	内 1160	NESR	IC	11.85	4.18	2.84
96	青珍珠	NMSR	IC	11.50	3.99	2.75	134	内 1103	NESR	IC	10.84	4.70	2.76
97	晋谷 34 号	NMSR	IC	11.06	4.21	3.13	135	内 9967	NESR	IC	10.80	4.72	2.86
98	晋谷 36 号	NMSR	IC	10.72	3.98	2.67	136	内 9999	NESR	IC	12.23	4.15	2.70
99	晋谷 41 号	NMSR	IC	12.18	3.92	2.37	137	滑谷子 180	NESR	IC	11.53	4.62	3.06
100	晋谷 42 号	NMSR	IC	10.48	3.43	2.29	138	内大毛谷	NESR	L	12.83	4.71	3.36

表 1(续)

序号 No.	品种 Cultivar	生态区 Eco-region	品种 类型 Type	蛋白质含量 (%) Protein content	脂肪含量 (%) Fat content	千粒重 (g) TGW	序号 No.	品种 Cultivar	生态区 Eco-region	品种 类型 Type	蛋白质含量 (%) Protein content	脂肪含量 (%) Fat content	千粒重 (g) TGW
139	内金香玉	NESR	L	12.81	4.33	3.42	177	燕谷 18 号	NSR	IC	11.21	3.93	3.25
140	内小香玉	NESR	L	10.62	4.65	2.89	178	朝谷 58 号	NSR	IC	11.77	4.58	2.99
141	内 T01	NESR	IC	11.37	4.13	2.88	179	朝谷 59 号	NSR	IC	11.71	3.92	3.50
142	内 4	NESR	IC	10.27	4.26	2.92	180	公矮 2 号	NSR	IC	9.85	4.22	2.59
143	内 K97 混 2	NESR	IC	11.15	4.43	3.09	181	公矮 3 号	NSR	IC	12.50	4.45	2.82
144	延谷 2 号	NMSR	IC	11.14	3.70	2.94	182	公矮 5 号	NSR	IC	11.26	4.70	2.91
145	延谷 11 号	NMSR	IC	10.55	4.40	2.91	183	公矮 6 号	NSR	IC	11.60	3.71	3.12
146	延谷 12 号	NMSR	IC	11.11	4.14	2.94	184	公矮 8 号	NSR	IC	11.68	4.22	3.07
147	延谷 13 号	NMSR	IC	11.90	4.35	2.99	185	公谷 60	NSR	IC	10.44	3.75	3.00
148	秦谷 3 号	NMSR	IC	13.13	4.05	3.16	186	公谷 63	NSR	IC	10.90	3.60	3.02
149	毛剪谷	NMSR	L	13.14	4.23	3.36	187	公谷 65	NSR	IC	9.99	3.28	2.83
150	大齐白头	NCSR	L	14.02	4.65	3.09	188	公谷 66	NSR	IC	9.84	3.17	2.92
151	延红龙爪	NMSR	L	12.42	4.02	3.36	189	公谷 67	NSR	IC	12.00	3.91	2.94
152	延老黄谷	NMSR	L	11.47	4.54	2.79	190	公谷 68	NSR	IC	10.75	3.06	3.12
153	延绿穗谷	NMSR	L	12.37	4.01	3.00	191	公谷 69	NSR	IC	11.26	3.73	2.82
154	延农家种	NMSR	L	11.53	4.36	2.91	192	公谷 70	NSR	IC	10.86	3.11	2.75
155	赤谷 4 号	NESR	IC	11.72	4.02	2.96	193	公谷 72	NSR	IC	13.08	3.74	2.95
156	赤谷 5 号	NESR	IC	12.73	3.28	2.82	194	公谷 73	NSR	IC	11.37	3.82	3.01
157	赤谷 6 号	NESR	IC	12.91	4.00	3.19	195	公谷 74	NSR	IC	11.12	3.60	2.63
158	赤谷 7 号	NESR	IC	12.10	4.46	2.93	196	公谷 75	NSR	IC	9.89	3.92	2.75
159	赤谷 8 号	NESR	IC	11.54	3.81	2.79	197	九谷 8	NSR	IC	10.26	3.65	2.75
160	赤谷 9 号	NESR	IC	12.16	3.90	3.41	198	九谷 10	NSR	IC	10.31	4.22	2.62
161	赤谷 10 号	NESR	IC	11.92	4.46	3.46	199	九谷 11	NSR	IC	12.80	4.20	2.90
162	龙谷 25	NSR	IC	11.27	4.87	2.92	200	九谷 13	NSR	IC	10.89	4.15	2.92
163	龙谷 26	NSR	IC	14.30	4.10	2.30	201	九谷 15	NSR	IC	10.42	3.75	2.82
164	龙谷 27	NSR	IC	12.19	4.84	2.86	202	M1508	NCSR	IC	10.94	3.76	2.74
165	龙谷 28	NSR	IC	11.09	4.59	2.81	203	郑 07-1	NCSR	IC	11.40	4.13	2.79
166	龙谷 29	NSR	IC	10.24	4.11	2.57	204	京安 7505	NCSR	IC	12.38	4.11	2.87
167	龙谷 30	NSR	IC	10.16	4.28	2.81	205	保 213	NCSR	IC	11.53	3.92	3.17
168	龙谷 31	NSR	IC	13.22	4.48	2.92	206	K1174	NCSR	IC	11.60	4.15	3.30
169	龙谷 32	NSR	IC	11.56	3.69	3.29	207	衡 200475	NCSR	IC	11.00	3.80	2.98
170	龙谷 33	NSR	IC	11.53	3.98	3.13	208	济 0506	NCSR	IC	10.52	4.48	2.87
171	龙谷 34	NSR	IC	11.86	3.69	3.08	209	掖 83-1	NCSR	IC	11.19	3.84	3.20
172	朝谷 12 号	NSR	IC	10.09	3.66	2.68	210	WR1	NCSR	IC	12.82	4.17	2.85
173	朝谷 13 号	NSR	IC	10.73	3.73	2.78	211	长 08D5-12	NMSR	IC	12.13	4.00	2.67
174	朝谷 14 号	NSR	IC	11.81	4.11	2.76	212	红腿谷	NMSR	L	12.84	3.92	3.02
175	朝谷 15 号	NSR	IC	9.79	3.61	3.01	213	超早 2 号	NCSR	IC	12.84	3.84	2.56
176	燕谷 16 号	NSR	IC	11.02	3.82	2.79	214	超早 3 号	NCSR	IC	10.74	3.90	2.92

表 1(续)

序号 No.	品种 Cultivar	生态区 Eco-region	品种 类型 Type	蛋白质含量 (%) Protein content	脂肪含量 (%) Fat content	千粒重 (g) TGW	序号 No.	品种 Cultivar	生态区 Eco-region	品种 类型 Type	蛋白质含量 (%) Protein content	脂肪含量 (%) Fat content	千粒重 (g) TGW
215	超早 4 号	NCSR	IC	12.10	3.85	2.47	243	疙毛黄	NMS	L	10.73	3.80	2.98
216	麦谷 1 号	NCSR	IC	9.85	4.54	2.79	244	沙谷	NCS	L	12.05	3.37	2.95
217	矮 88	NCSR	IC	10.44	4.46	2.91	245	子目齐	NCS	L	11.30	3.36	2.99
218	抗锈 2 号	NCSR	IC	12.40	4.22	2.59	246	济丰 39	NCS	IC	10.56	3.28	2.61
219	美大头	NCSR	L	11.82	4.34	2.48	247	1066A	NCS	IC	9.88	3.84	3.03
220	鹅羊谷	NMSR	L	13.96	4.38	3.12	248	济 8787	NCS	IC	9.70	3.66	2.78
221	小红谷	NCSR	L	12.49	4.33	2.72	249	鉴 61	NES	IC	12.41	3.02	3.16
222	95-54	NCSR	IC	11.18	3.19	2.52	250	饿死驴	NMS	L	11.68	3.31	3.04
223	东方亮	NESR	L	12.61	3.84	3.19	251	狼尾巴	NMS	L	13.14	4.25	2.83
224	丝子白谷	NCSR	L	11.93	3.39	2.70	252	小白谷	NCSR	L	13.07	3.70	3.06
225	黑粘谷	NCSR	L	11.18	3.46	2.66	253	红根谷	NCSR	L	13.13	4.01	2.80
226	猪屎粘谷	NCSR	L	12.30	3.98	2.33	254	大青桔	NCSR	L	10.28	3.50	2.38
227	安 03-1603	NCSR	IC	9.15	3.56	3.10	255	小穗黄	NCSR	L	11.88	3.97	2.75
228	安 04-5173	NCSR	IC	11.65	3.66	2.61	256	七月黄	NMSR	L	11.61	3.78	2.75
229	锦谷 12	NSR	IC	11.46	3.44	3.21	257	谷上谷	NMSR	L	12.41	4.00	3.25
230	安立绿谷	NCSR	IC	14.34	3.69	2.29	258	红苗大白	NSR	L	11.37	3.85	3.16
231	复 532	NCSR	IC	10.98	3.25	2.83	259	豫谷 5 号	NCSR	IC	10.57	3.60	2.71
232	安阳剑谷	NCSR	IC	12.10	3.53	2.34	260	郑 10	NCSR	IC	9.78	3.85	2.75
233	气死雀粘谷	NES	L	11.27	3.27	2.60	261	嫩选 10	NSR	IC	11.83	4.14	2.71
234	临淄红谷	NCS	L	13.12	4.07	2.35	262	嫩选 11	NSR	IC	10.44	3.76	3.21
235	黄谷	NMS	L	11.49	4.23	3.06	263	嫩选 16	NSR	IC	14.69	3.60	3.31
236	龙山红谷	NCS	L	11.76	4.14	2.35	264	大同 27	NESR	IC	14.69	3.78	4.10
237	山西乌谷	NMS	L	10.95	3.75	2.68	265	大同 30	NESR	IC	10.40	4.03	3.20
238	东路阴天旱	NCS	L	11.29	3.46	2.58	266	夏谷 2 号	NMSR	IC	12.53	4.59	2.60
239	东路阴天旱	NCS	L	11.96	3.26	3.22	267	山西红谷	NMSR	L	12.94	4.56	2.70
240	金乡菠菜根	NCS	L	11.85	3.79	2.51	268	黄金谷	NESR	L	12.06	4.51	2.90
241	菠菜根	NCS	L	14.01	3.55	2.67	269	黄金苗	NESR	L	11.17	3.21	3.08
242	黑粘谷	NCS	L	12.89	3.42	2.50	270	公矮 4 号	NSR	IC	12.30	3.59	3.16

NCSR;华北夏谷区;NSR;东北春谷区;NESR;西北高原早熟春谷区;NMSR;西北高原中晚熟春谷区;IC;育成品种;L;地方品种;;TGW;千粒重;下同

NCSR;North China summer-sowing region, NSR;Northeast spring-sowing region, NESR;Northwest plateau early-maturing spring-sowing region, NMSR;Northwest plateau mid-late-maturing spring-sowing region, IC;Improved cultivar, L;Landraces, TGW;Thousand-grain weight. The same as below

2.1.1 蛋白质含量分布 270 个谷子品种小米蛋白质含量呈右偏态分布(图 1A)。蛋白质平均含量(11.18 ± 1.14)%,变幅 8.87%~16.25%,变异系数 11.08%。蛋白质含量低于 10%的品种有 50 份,占 18.5%;161 份材料蛋白质含量 10%~12%,占

59.6%;38 份材料蛋白质含量 12%~13%,12 份材料蛋白质含量介于 13%~14%,占 4.4%;蛋白质含量高于 14%的品种中地方品种 9 份,其中来自西北早熟春播地方品种金裹银,蛋白质含量最高。

2.1.2 脂肪含量分布 270 个品种脂肪含量基本

呈正态分布(图 1B),平均含量(4.00 ± 0.42)%,变幅 3.02%~5.06%,变异系数 10.55%。6 个品种脂肪含量低于 3.2%,3.2%~3.6% 的品种有 37 份,占 13.7%;3.6%~4.0% 的品种 92 份,占 34.1%;4.0%~4.4% 的材料 80 份,占 29.6%;介于 4.4%~4.8% 的品种 48 份,占 17.8%;高于 4.8% 的材料有 7 份,占 2.59%。

2.1.3 千粒重的分布 270 份品种的千粒重整体

基本呈正态分布(图 1C),千粒重均值(2.87 ± 0.28)g,变幅 2.07~4.10 g,变异系数 9.96%。千粒重低于 2.4 g 的品种有 13 份,2.4~2.6 g 之间的品种有 28 份;2.6~2.8 g、2.8~3.0 g 之间的材料分别有 74、73 份,共计 54.4% 的品种千粒重介于 2.6~3.0 g 之间;3.0~3.2 g 的品种 49 份,占 18.1%;3.2~3.4 g 的品种有 22 份,占 8.15%;千粒重大于 3.4 g 的材料有 11 份。

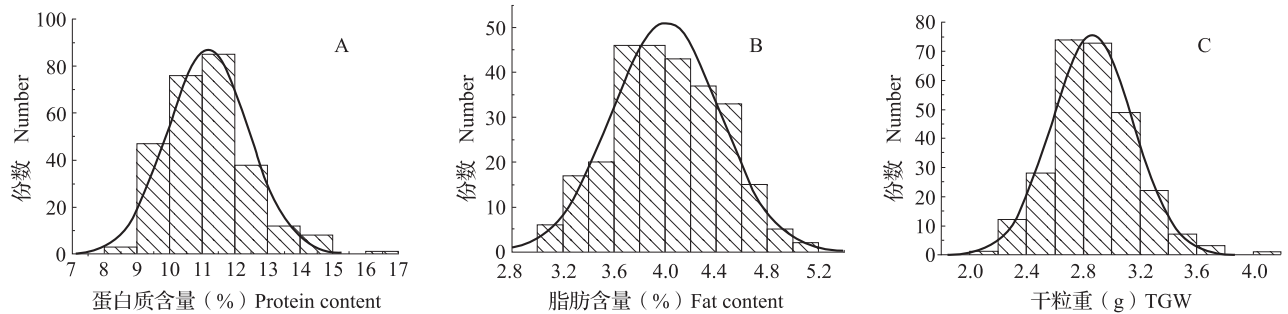


图 1 270 份谷子品种蛋白质、脂肪含量和千粒重的频数分布表

Fig.1 Frequency distribution histogram of protein,fat content and TGW of 270 foxtail millet cultivars

2.2 不同生态区来源品种蛋白质、脂肪含量和千粒重差异

不同生态区来源谷子蛋白质含量、脂肪含量和千粒重差异如表 2。

蛋白质含量均值差异显著,西北高原早熟春谷区品种蛋白质含量均值最高,显著高于其他生态区品种;华北夏谷区品种蛋白质含量最低,均值(10.78 ± 1.20)%;东北春谷区品种和西北高原中、晚熟春谷区品种平均蛋白质含量分别为(11.32 ± 1.10)%、(11.29 ± 1.01)%,差异不显著。西北高

原早熟春谷区品种蛋白质含量变幅最大,而西北中、晚熟春谷区变幅最小。华北夏谷区蛋白质含量变异系数最大(11.16%),东北春谷区变异系数最小(9.73%)。脂肪含量均值差异不显著,华北夏谷区脂肪含量变幅最大,变异系数最大。不同生态区来源品种千粒重差异显著,西北春谷早熟区千粒重最高(3.11 ± 0.11)g,其次为东北春谷区(2.92 ± 0.23)g,西北中晚熟春谷区和华北夏谷区品种平均千粒重分别为(2.80 ± 0.25)g、(2.76 ± 0.24)g,没有显著差异。

表 2 不同生态区来源品种小米蛋白质、脂肪、千粒重差异

Table 2 The differences on protein,fat content and TGW of foxtail millet cultivars from different eco-regions

生态区 Eco-region	品种数 Number	蛋白质含量(%) Protein content			脂肪含量(%) Fat content			千粒重(g) TGW		
		均值	变异范围	变异系数	均值	变异范围	变异系数	均值	变异范围	变异系数
		Mean \pm SD	Range	(%) CV	Mean \pm SD	Range	(%) CV	Mean \pm SD	Range	(%) CV
东北春谷区 NSR	46	11.32 ± 1.10 b	9.79~14.69	9.73	3.92 ± 0.43 a	3.06~4.87	10.83	2.92 ± 0.23 b	2.30~3.50	7.80
华北夏谷区 NCSR	116	10.78 ± 1.20 c	8.87~14.34	11.16	4.04 ± 0.45 a	3.14~5.06	11.15	2.76 ± 0.24 c	2.07~3.47	8.63
西北中、晚熟 春谷区 NMSR	55	11.29 ± 1.01 b	9.40~13.96	10.93	3.96 ± 0.35 a	3.22~4.61	8.80	2.80 ± 0.25 c	2.29~3.36	8.95
西北早熟春 谷区 NESR	53	11.81 ± 1.36 a	9.15~16.25	9.90	4.04 ± 0.42 a	3.02~4.72	10.50	3.11 ± 0.31 a	2.53~4.10	9.94

同列中不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。下同

Values followed by a different lowercase letter are significantly different at the 0.05 probability level. The same as below

2.3 不同生态区品种蛋白质、脂肪、千粒重的频率分布差异

2.3.1 蛋白质含量频率分布差异 不同生态区品种蛋白质含量的频率分布有一定差异(图2)。西北早熟春谷区来源品种中蛋白质含量 11.0% ~ 12.0% 的品种数最多,有 20 份,占 37.7%;蛋白质含量 12.0% ~ 13.0%、10.0% ~ 11.0% 之间的品种份数分别有 12 份、11 份,分别占 22.6%、20.8%;蛋白质含量高于 13.0% 的品种有 7 份,占 13.2%。华北夏谷区蛋白质含量 9.0% ~ 10.0% 之间的份数最多,有 35 份,占 30.2%;蛋白质含量 10.0% ~ 11.0%、11.0% ~ 12.0% 各有 30 份,分别占本生态区品种的 25.9%;有 3 个品种蛋白质含量低于 9.0%。东北春谷区和西北中、晚熟春谷区蛋白质含量 10.0% ~ 12.0% 之间的品种份数分别有 32 份、38 份,分别占各自生态区的 69.6%、69.1%,其他范围内的品种数则相对较少。

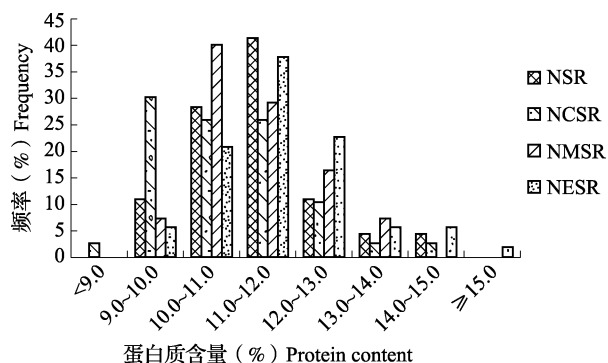


图2 不同生态区品种蛋白质含量的频率分布

Fig.2 Frequency distribution of protein content of foxtail millet cultivars from different eco-regions

2.3.2 脂肪含量频率分布差异 不同生态区品种脂肪含量频率分布有一定差异(图3)。东北春谷区有 23 个品种脂肪含量 3.6% ~ 4.0%,占本生态区的 50%;脂肪含量 4.0% ~ 4.4% 之间的品种有 10 个,占 21.7%。西北高原中、晚熟春谷区脂肪含量 3.6% ~ 4.0%、4.0% ~ 4.4% 的品种有 23 个、18 个,分别占 41.8%、32.7%;而西北高原早熟春谷区的品种有 14 个、20 个,分别占 26.4%、37.7%。华北夏谷区的品种脂肪含量 3.6% ~ 4.0%、4.0% ~ 4.4% 都有 32 个,共占 55.2%,脂肪含量 3.2% ~ 3.6%、4.4% ~ 4.8% 的品种分别有 20 个、25 个,分别占 17.2%、21.6%。华北夏谷区的品种脂肪含量频率分布呈正态分布,而东北春谷区、西北中晚熟春谷区峰度较大,西北早熟春谷区脂肪含量频率分布偏左。

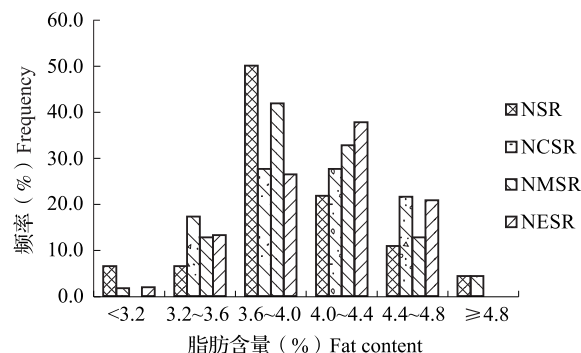


图3 不同生态区脂肪含量的频率分布

Fig.3 Frequency distribution of fat content of foxtail millet cultivars from different eco-regions

2.3.3 千粒重频率分布差异

不同生态区之间千粒重频率分布存在差异(图4)。西北高原早熟春谷区有 45 个品种千粒重大于 2.8 g,占 84.9%,千粒重大于 3.4 g 的品种有 9 个;东北春谷区 46 个品种有 33 个品种千粒重大于 2.8 g,占 71.7%,千粒重介于 2.6 ~ 2.8 g 的品种有 10 个。而华北夏谷区、西北中晚熟春谷区千粒重 2.6 ~ 2.8 g 之间的品种数最多,分别为 38 个、19 个,分别占 32.6%、34.5%;而大于 2.8 g 的品种分别有 51 个、26 个,分别占本生态区的 44.0%、47.3%,千粒重小于 2.6 g 的品种分别有 27 个、10 个,占本生态区总数的 23.3%、18.2%。

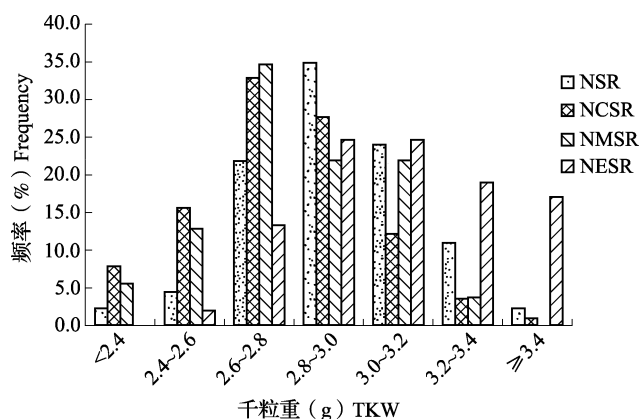


图4 不同生态区千粒重含量的频率分布

Fig.4 Frequency distribution of TGW of foxtail millet cultivars from different eco-regions

2.4 地方品种与育成品种蛋白质、脂肪含量和千粒重的差异

地方品种蛋白质含量(12.28 ± 1.16)% 显著高于育成品种的蛋白质含量(10.93 ± 1.12)%;地方品种蛋白质含量最低值、最高值大于育成品种蛋白质含量的最低值、最高值,育成品种变异系数略高于

地方品种变异系数。地方品种脂肪含量均值(3.93 ± 0.44)%和育成品种脂肪含量均值(4.02 ± 0.42)%差异不显著;育成品种脂肪含量变幅略大于地方品种脂肪含量,而育成品种脂肪含量变异系数小于地方品种脂肪含量变异系数。地方品种千粒重均值(2.89 ± 0.30)g和育成品种千粒重均值(2.86 ± 0.28)g差异不显著;育成品种千粒重变幅大于地方品种千粒重变幅,而育成品种变异系数略小于地方品种变异系数(表3)。

表 3 地方品种与育成品种的蛋白质、脂肪含量和千粒重的差异

Table 3 The differences on protein,fat content and TGW of landraces and improved cultivars

品种类型 Type	品种数 Number	蛋白质含量(%)Protein content			脂肪含量(%)Fat content			千粒重(g)TGW		
		均值	变幅	变异系数	均值	变幅	变异系数	均值	变幅	变异系数
		Mean ± SD	Range	(%) CV	Mean ± SD	Range	(%) CV	Mean ± SD	Range	(%) CV
地方品种 Landraces	50	12.28 ± 1.16a	10.28 ~ 16.26	9.46	3.93 ± 0.44a	3.21 ~ 4.71	11.27	2.89 ± 0.30a	2.33 ~ 3.49	10.52
育成品种 Improved cul- tivars	220	10.93 ± 1.12b	8.87 ~ 14.69	10.21	4.02 ± 0.42a	3.02 ~ 5.06	10.37	2.86 ± 0.28a	2.07 ~ 4.10	9.84

2.5 不同生态区来源品种生育期的差异

在华北夏谷区栽培条件下,不同生态区来源品种平均生育期存在显著差异(表4)。其中来自西北中晚熟春谷区平均生育期最长,而来自西北早熟春谷区品种平均生育期最短,二者相差6.7 d。华北夏谷区品种平均生育期比东北春谷区品种平均生育期长1.3 d。

表 4 不同生态区来源品种生育期的差异

Table 4 The differences on growth duration of foxtail millet cultivars from different eco-regions

生态区 Eco-region	品种数 Number	生育期(d) Growth duration	
		均值 Mean ± SD	变异范围 Range
东北春谷区 NSR	46	84.7 ± 2.4c	79 ~ 90
华北夏谷区 NCSR	116	86.0 ± 2.5b	79 ~ 92
西北中、晚熟春谷区 NMSR	55	89.9 ± 4.5a	81 ~ 96
西北早熟春谷区 NESR	53	83.2 ± 1.5d	79 ~ 86

2.6 蛋白质、脂肪含量、千粒重和生育期相关性分析

由表5可知,小米蛋白质含量和脂肪含量相关不显著,和千粒重显著正相关,和谷子生育期显著负相关;脂肪和千粒重、谷子生育期不显著负相关;籽粒千粒重和谷子生育期显著负相关。

表 5 蛋白质含量、脂肪含量、千粒重和生育期相关性分析

Table 5 Correlation of protein, fat content, TGW and growth duration

项目 Item	蛋白质含量 Protein content	脂肪含量 Fat content	千粒重 TGW	生育期 Growth duration
蛋白质含量 Protein content	1	0.035	0.236 **	-0.235 **
脂肪含量 Fat content	0.035	1	-0.035	-0.105
千粒重 TGW	0.236 **	-0.035	1	-0.250 **

*, ** 代表显著(P<0.05)、极显著(P<0.01)相关

*, **:Significant differences at P<0.05 and P<0.01 ,respectively

3 讨论

3.1 蛋白质含量

本研究来自不同生态区主要育成品种以及部分地方品种蛋白质平均含量(11.18 ± 1.14)%,与古世禄等^[5]测定的全国17个省、市、自治区416个中国谷子品种蛋白质平均含量为(11.73 ± 1.40)%结果相近,也与郝明杰等^[23]对796等份谷子品种蛋白质含量的测定结果相近,其蛋白质平均含量为11.62%,变异系数为8.92%。杨春等^[7]测定近年来育成的27个谷子品种蛋白质含量,平均值12.91%;李庆春等^[4]报告了储于国家作物种质资源数据库中16981份我国不同品种小米的蛋白质含量(13.18%),以及刘三才等^[24]测定112份来自不同生态区的谷子品种资源,蛋白质含量平均15.8%,都略高于本研究结果,测定结果的差异可能

与测定方法、材料来源和种植环境不同有关^[25]。

西北高原早熟春谷区品种蛋白质平均含量显著高于其他生态区来源品种的蛋白质平均含量,华北夏谷区品种蛋白质平均含量最低,这与何继红等^[26]报道的来自西北高原早熟春谷区甘肃的 199 份谷子地方品种蛋白质平均含量 14.34%,高于全国平均值 11.42% 的结果基本一致。西北早熟区谷子品种在山东夏播条件下,抽穗早,生育期明显缩短,灌浆时间短;西北高原中晚熟春谷区品种生育期一般比华北夏谷区品种长,抽穗时间晚于华北夏谷区品种;东北春谷区品种抽穗时间和夏谷区品种接近,生育期一般比华北夏谷区品种略短;这说明谷子抽穗开花后的灌浆持续时间可能是影响谷子籽粒蛋白质含量高低的重要原因,灌浆时间长,光合产物形成的碳水化合物相对较多,灌浆时间短,碳水化合物相对少,蛋白质含量的比例相对高。

谷子育成品种的蛋白质平均含量显著低于地方品种蛋白质平均含量,这和朱志华等^[27]对“十五”收入国家种质库,主要来源于贵州、北京等地的谷子种质材料蛋白质含量的测定结果近似。育成品种蛋白质含量低于地方品种平均含量,可能由于育种家对其他重要性状的选择而间接影响了籽粒的蛋白质含量。比如谷子的抗倒伏性是近几十年来育种家重点选择的性状,绿叶保持型品种存在生育期延长的特点,而本研究也证明谷子生育期和籽粒蛋白质含量显著负相关($r = -0.235, P < 0.01$)。这与古世禄等^[8]对山西省谷子品种蛋白质含量与生育期相关性研究,以及那海智等^[28]对黑龙江省谷子品种小米蛋白质与谷子生育期研究一致,即小米蛋白质含量和谷子生育期呈显著负相关。

蛋白质含量和千粒重显著正相关,所以在谷子育种中通过选择大粒品种可能会提高籽粒蛋白质含量,这和李荫梅等^[17]通过通径分析研究的结果基本一致,他们认为提高谷子千粒重即选用较大粒品种可以提高小米的蛋白质含量。本研究中来自西北早熟春谷区的品种就是蛋白质含量高、千粒重大的一类品种,而来自华北夏谷区的品种籽粒相对较小、蛋白质含量低,也说明这些品种本身存在遗传基础的差异。

3.2 脂肪含量

270 份谷子品种脂肪含量基本呈正态分布,育成品种和地方品种差异不显著,不同生态区来源的品种之间小米脂肪含量差异不显著,这和朱志华的研究结果一致^[27]。

小米中的脂肪酸多是优质脂肪酸,谷子脂肪含量的高低不仅影响小米的营养品质,而且对小米的外观品质也有重要影响;人们一般比较喜欢色泽明亮、油润的小米,认为这样的小米营养价值高。因此,脂肪含量也应作为谷子品质改良的重要目标。

在国家“十三五”谷子糜子产业体系发展规划中,也提出应选择部分低脂肪含量的品种,延长小米的货架期,以适应谷子主食化发展的需要,这反映了谷子育种目标的多样化,以满足市场对谷子品种专门化的需求。

尽管育成品种和地方品种脂肪含量均值之间差异不显著,不同生态区品种间脂肪含量差异也不显著,但品种之间仍有较大差异,这为根据育种目标选择多样化的品种提供了可能。

3.3 千粒重

270 份品种的千粒重整体呈正态分布,育成品种和地方品种的千粒重差异不显著。

不同生态区品种之间千粒重差异显著,来源于西北高原早熟春谷区的品种籽粒千粒重最高,华北夏谷区品种和西北高原中晚熟春谷区品种籽粒千粒重均值较低。在华北夏谷区栽培条件下,西北高原早熟春谷区的品种通常穗码密度稀,且抽穗早,生育期短;而来源于华北夏谷区、西北中晚熟春播区的品种通常抽穗期比西北春播早熟区品种晚,生育期长;这种现象主要是不同生态类型品种之间遗传基础的差异所致;而研究表明千粒重和生育期显著负相关,也印证了该现象。

蛋白质含量、脂肪含量和千粒重都是数量性状,易受环境条件的影响,华北夏谷区栽培条件和春谷区品种来源地生态环境存在较大差异,春谷区来源品种的蛋白质含量、脂肪含量和千粒重受到的影响较大。本研究在华北夏谷区栽培条件下,对来自不同生态区品种的蛋白质含量、脂肪含量和千粒重进行了比较研究,研究结果反映了品种在同一栽培条件下遗传基础的差异,对华北夏谷区品质育种有一定的参考意义。

参考文献

- [1] Lu H, Zhang J, Liu K B, et al. Earliest domestication of common millet (*Panicum miliaceum*) in East Asia extended to 10,000 years ago [J]. Proc Natl Acad Sci USA, 2009, 106 (18): 7367-7372
- [2] Verma S, Srivastava S, Tiwari N. Comparative study on nutritional and sensory quality of barnyard and foxtail millet food products with traditional rice products [J]. J Food Sci Technol, 2015, 52

- (8), 5147-5155
- [3] 薛月圆, 李鹏, 林勤保. 小米的化学成分及物理性质的研究进展[J]. 中国粮油学报, 2008, 23(3): 199-203
- [4] 李庆春, 吴舒致. 不同品种小米中蛋白质含量的普查与评价[J]. 中国粮油学报, 1993(S1): 9-13, 18
- [5] 古世禄, 刘厦. 中国谷子蛋白质氨基酸组成的研究[J]. 华北农学报, 1989, 4(1): 8-15
- [6] 李庆春, 黎裕, 曹永生, 等. 小米蛋白质含量和氨基酸组成及其蛋白质品质的评价[J]. 中国粮油学报, 1994, 9(4): 7-13, 16
- [7] 杨春, 栗红瑜, 邓晓燕, 等. 小米蛋白质的氨基酸组成及品质评价分析[J]. 农产品加工: 学刊, 2008(12): 8-10
- [8] 古世禄, 刘子坚, 李凌雨. 山西省谷子品种蛋白质、脂肪含量及其相互关系的研究[J]. 华北农学报, 1986, 2(4): 15-20
- [9] 张敏, 李延东, 马金丰, 等. 黑龙江小米地方品种的品质分析[J]. 食品科学, 2009, 30(13): 41-43
- [10] 刘发敏, 喻尚其, 唐章林, 等. 我国小米脂肪酸含量研究[J]. 西南农业大学学报, 1997, 19(4): 57-60
- [11] 刘俊英, 谢国莉, 危晴, 等. 小米中脂肪酸的 GC-MS 法测定及营养价值分析[J]. 食品研究与开发, 2012, 33(2): 165-168
- [12] 田映, 张辰. 气相色谱法测定小米中的脂肪酸组成[J]. 中国卫生检验杂志, 2009(12): 2998-3005
- [13] 李红, 司俊玲, 杜文娟, 等. 谷子油的理化性质及脂肪酸组成分析[J]. 中国油脂, 2015, 40(9): 86-88
- [14] 霍权恭, 范璐, 毕艳兰, 等. 小米油脂成分研究[J]. 中国油脂, 2006, 31(1): 63-64
- [15] 李艳福, 赵文杰, 冯光柱, 等. 小米细糠油的提取与分析[J]. 粮油加工, 2009(7): 49-50
- [16] 陈琼华. 多不饱和脂肪酸的生化、生理、病理和药理[J]. 中国药科大学学报, 1982(1): 57-66
- [17] 李荫梅, 凌莉. 夏谷品质与主要农艺性状的相关性分析[J]. 华北农学报, 1989, 4(S1): 44-50
- [18] 岳增富. 谷子主要性状与蛋白质含量相关性分析[J]. 杂粮作物, 2002(5): 257-258
- [19] 郭德仁. 谷子双亲主要性状与 F₁ 代相关及优势指数优势率的研究[J]. 黑龙江农业科学, 1985(5): 6-9
- [20] 刘晓辉. 谷子千粒重遗传的双列分析[J]. 吉林农业科学, 1989(4): 33-35
- [21] 刘晓辉, 王秀华. 谷子生产潜力的基础研究 II. 外界环境对不同类型谷子品种千粒重的影响[J]. 吉林农业科学, 2002, 27(1): 8-12
- [22] 田伯红. 谷子地方品种和育成品种的遗传多样性研究[J]. 植物遗传资源学报, 2010, 11(2): 224-228
- [23] 郝明杰, 于志承, 王振普. 赤峰市谷子品种蛋白质、脂肪、赖氨酸含量及其相互关系浅析[J]. 内蒙古农业科技, 2013(4): 35, 77
- [24] 刘三才, 朱志华, 刘为喜, 等. 谷子品种资源微量元素硒和蛋白质含量的测定与评价[J]. 中国农业科学, 2009, 42(11): 3812-3818
- [25] 赵淑玲, 李洪, 王殿瀛, 等. 生态环境对谷子蛋白质、脂肪和淀粉含量的影响[J]. 华北农学报, 1990, 5(4): 48-53
- [26] 何继红, 杨天育, 吴国忠. 甘肃省谷子地方品种营养品质的分析与评价[J]. 植物遗传资源学报, 2002, 3(1): 41-44
- [27] 朱志华, 李为喜, 刘方, 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
- [28] 那海智, 吴秀兰, 赵铁男. 试论谷子蛋白质、脂肪含量与物候期的相关关系[J]. 黑龙江农业科学, 1982(4): 14-16

欢迎订阅 2018 年《植物遗传资源学报》

《植物遗传资源学报》是中国农业科学院作物科学研究所和中国农学会主办的学术期刊。本刊为中国科技核心期刊、全国中文核心期刊、中国科学引文数据库(CSCD)核心期刊,被国内多家数据库收录,被 CA 化学文摘(美)(2014)收录,荣获 2015 年度中国自然资源学会高影响力十佳期刊。据《中国科技期刊引证报告》(核心版)统计:2016 年影响因子 1.181,在农艺学类期刊中排名第 3。据 CNKI《中国学术期刊影响因子年报》统计:2016 年复合影响因子 1.495,在 48 种农艺学类期刊排名第 4,期刊综合影响因子 1.256。

本刊报道内容为有关植物遗传资源基础理论研究、应用研究方面的研究成果、创新性学术论文和高水平综述或评论。如种质资源的考察、收集、保存、评价、利用、创新,信息学、管理学等;起源、演化、分类等系统学;基因发掘、鉴定、克隆、基因文库建立、遗传多样性研究。

双月刊,定价 68 元,全年 408 元。全国各地邮局均可订阅,邮发代号:82-643。国内连续出版物号 CN11-4996/S,国际连续出版物号 ISSN1672-1810。本刊编辑部常年办理订阅手续,如需邮挂每期另加 3 元。

地址:北京市中关村南大街 12 号《植物遗传资源学报》编辑部

邮编:100081

电话:010-82105794;010-82109494

网址:www.zwyczy.cn

E-mail:zwyczyxb2003@163.com;zwyczyxb2003@caas.cn;zwyczyxb2003@sina.com

微信 ID:植物遗传资源学报

作者 QQ 群:372958240