

二棱皮大麦籽粒蛋白质含量的差异性与稳定性分析

宋志航,洪益,朱娟,吕超,郭宝健,王菲菲,许如根

(植物功能基因组学教育部重点实验室/江苏省作物基因组学与分子育种重点实验室/江苏粮食作物现代产业技术协同创新中心/
扬州大学农业科技发展研究院,江苏扬州 225009)

摘要:为了解二棱皮大麦品种籽粒蛋白质含量的差异性与稳定性,以来源不同的334份二棱皮大麦品种(系)为材料,测定了6个环境下成熟籽粒的蛋白质含量。结果表明,二棱皮大麦籽粒蛋白质含量在品种(系)间、试点间及试点与品种(系)交互间均存在显著差异。依据10级分类分布频次法则,籽粒蛋白含量均主要分布在3~8级,趋于正态分布。通过计算籽粒蛋白质含量BILPs值及AMMI模型分析 D_i 值,筛选到稳定性好的高蛋白质品种(系)浙大96-6和华大麦8,稳定性好中等蛋白质品种(系)川52209和Nasonijo,以及稳定性好的低蛋白质品种(系)区146V025W和9919(中国新疆)。

关键词:二棱皮大麦;籽粒蛋白质含量;差异性;稳定性

中图分类号:S512.3;S311

文献标识码:A

文章编号:1009-1041(2025)06-0818-14

Variability and Stability Analysis of Protein Content in Two-Rowed Hulled Barley

SONG Zhihang, HONG Yi, ZHU Juan, LÜ Chao, GUO Baojian, WANG Feifei, XU Rugen

(Key Laboratory of Plant Functional Genomics of the Ministry of Education/ Jiangsu Key Laboratory of Crop Genomics and Molecular Breeding/ Jiangsu Co-Innovation Center for Modern Production Technology of Grain Crops/ Yangzhou University Institutes of Agricultural Science and Technology Development, Yangzhou, Jiangsu 225009, China)

Abstract: In order to understand the variability and stability of grain protein content in two-rowed hulled barley, 334 varieties (lines) from different sources were used as materials to determine the grain protein content under six environments. The results showed that there were significant differences in grain protein content among varieties (lines), environments, and the interaction between trial sites and varieties (lines). According to the 10-class frequency distribution rule, the protein content of grains in each environment was mainly distributed in grades 3–8, which tended to be normally distributed. By calculating the BILPs value of grain protein content and analyzing the D_i value of AMMI model, two stability varieties (lines) with high protein content were selected: Zhejiang 96-6, and Hua-damai 8; two stability varieties (lines) with medium protein content were selected: Chuan 52209 and Nasonijo; and two stability varieties (lines) with low protein content were selected: Qu 146V025W and 9919 (Xinjiang, China).

Keywords: Two-rowed hulled barley; Grain protein content; Variability; Stability

大麦(*Hordeum vulgare* L.)具有耐干旱、耐盐碱、早熟、用途广等特点,且营养丰富,是世界上第四大禾谷类作物^[1-2]。蛋白质是人类和动物赖以生存的必需营养物质^[3],植物蛋白是人类和动

物获取蛋白质的主要途径之一^[4],豆类、禾本科等作物籽粒及营养器官均含有丰富的蛋白质^[5],蛋白质含量是影响作物籽粒营养品质的重要因素^[6]。根据用途不同,大麦可分为饲用、啤用和食

用等类型^[7],不同用途大麦对籽粒蛋白质含量的要求不同。用于啤酒酿造的大麦籽粒蛋白含量 10.5%~12.5% 范围时,其麦芽的浸出率高,出酒率高,啤酒质量好^[8];籽粒蛋白含量过低,会影响啤酒的泡沫和营养价值;蛋白质含量过高时,浸麦时间长、吸水 and 发芽不均匀,酿造麦汁中含氮化合物过高且啤酒易混浊^[9];饲用或食用大麦籽粒蛋白质含量则越高越好,籽粒蛋白质含量过低会影响适口性和营养价值^[10],优质大麦的籽粒蛋白含量一般要求高于 13%^[11]。大麦籽粒蛋白质含量属于由多个基因控制的数量性状^[12],主要受到遗传因素决定,也受栽培技术等因素影响^[13]。生态环境条件对大麦籽粒蛋白质含量的影响显著^[14]。吕潇等^[15]研究表明,大麦生育后期的日平均气温和月平均日照时数与大麦籽粒蛋白质含量均呈正相关;生育后期的月平均降水量与其呈负相关。沈会权等^[16]研究认为,增加氮肥施用量后,籽粒蛋白质含量提高;相同施氮量下,氮肥后移会增加籽粒蛋白质含量。张雪峰等^[17]提出,播期不同会造成籽粒蛋白质含量的差异。Jaradat 等^[18]和巨苗苗等^[19]研究得出,来源不同的大麦品种籽粒蛋白质含量存在显著性差异,中国春大麦区及冬大麦区的黄淮区的大麦籽粒蛋白质含量较高。

关于大麦籽粒蛋白质含量的差异性与稳定性研究已有不少报道,但以往研究中通常混有不同类型的大麦品种,同一环境条件下,大麦籽粒蛋白质含量受品种的棱型、皮裸、成熟度等因素的影响。因此,本研究以来源不同的 334 份二棱皮大麦品种(系)为材料,测定其不同年份及不同试点的完熟籽粒蛋白质含量,分析其差异性与稳定性,筛选出大麦籽粒蛋白质(高、中、低)含量稳定的二棱大麦种质,为不同用途二棱大麦品种的选育提供种质资源。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

以 334 份来源不同的二棱皮大麦品种(系)为材料(表 1)。

1.2 试验设计

2021 年 10 月 28 日将参试材料种植于扬州大学试验农场(E2201)、盐城南洋试验农场(E2202)、盐城大中农场农科所(E2203)、盐城临海农场农科所(E2204)。2022 年 10 月 28 日将参

试材料种植于扬州大学试验农场(E2301)和盐城大中农场农科所(E2302),均采用穴播方式,每穴 8 粒,行长 2 m,行距 40 cm,穴距 40 cm,每行 5 穴,3 次重复。施肥情况与田间管理均按照当地农场情况进行。根据成熟期不同,完熟后按品种分期收获、脱粒、晒干、扬净,用于籽粒蛋白质含量测定。

1.3 籽粒蛋白质含量测定

每品种按田间种植重复各取样 40 g 左右,用 FOSS Infratec™ NOVA 型(FOSS,丹麦)近红外谷物分析仪测定籽粒蛋白质含量。

1.4 数据分析

1.4.1 描述性统计

采用 SPSS 26.0 和 R 语言进行试验数据的分析,计算各品种(系)籽粒蛋白质含量的最大值、最小值、均值、变异系数和标准差,并进行方差分析与相关性分析。

1.4.2 遗传多样性

根据参试材料籽粒蛋白质含量的平均值 μ 和标准差 σ ,按每 0.5σ 为一级,划为 10 级,从第 1 级($S_X < \mu - 2\sigma$)到第 10 级($S_X > \mu + 2\sigma$),计算每一级相对频率 P_X ,从而得到遗传多样性指数 H' (Shannon Wiener diversity index)。计算公式为 $H' = -\sum P_X \ln P_X$ (式中 P_X 为籽粒蛋白质含量第 X 级别材料份数占总份数的百分比)^[20]。

1.4.3 稳定性分析

AMMI 模型计算公式如下:

$$y_{dek} = \mu + \alpha_d + \beta_e + \sum_{r=1}^n \theta_n \gamma_{dn} \delta_{dn} + \rho_{de} + \epsilon_{def}$$

$$D_d = \sqrt{\sum_{r=1}^n W_n \gamma_{dn}^2}$$

$$D_e = \sqrt{\sum_{r=1}^n W_n \delta_{dn}^2}$$

式中, y_{dek} 是第 d 个品种(系)的籽粒蛋白质含量在第 e 个环境下第 k 重复表型值; μ 为籽粒蛋白质含量的平均值; α_d 为第 d 个品种(系)的基因型主效应; β_e 为第 e 个环境的环境主效应; θ_n 为基因型和环境互作下第 n 个主成分特征值; γ_{dn} 为基因型和环境互作下第 n 个主成分的基因型得分; δ_{dn} 为基因型和环境互作下第 n 个主成分的环境得分; ρ_{de} 为残差; ϵ_{def} 为试验误差; D_d 和 D_e 分别代表品种(系)的稳定性参数和品种(系)对环境的判别能力; W_n 是每个主成分所解释的变异占全部主成分所解释变异的百分比,即权重^[21]。

表 1 334 份参试品种(系)基本信息和 D_i 值及不同环境下籽粒蛋白质含量
Table 1 Basic information table, D_i value and grain protein content of 334 tested varieties(lines)

| 品种(系) Varieties(lines) | 来源 Source | 类型 Evolutionary types | D_i | 蛋白质含量 Protein content/% | | | | | |
|-----------------------------|------------------|--------------------------|-------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | E2201 | E2202 | E2203 | E2204 | E2301 | E2302 |
| 扬引大麦 Yangyindamai | 日本 Japan | Breeding line | 1.63 | 7.17 | 18.08 | 15.71 | 15.94 | 14.29 | 16.55 |
| Beyewion | 澳大利亚 Australia | / | 2.01 | 6.17 | 16.30 | 14.51 | 14.87 | 13.05 | 14.56 |
| Lalxdner | 澳大利亚 Australia | / | 1.90 | 6.50 | 15.76 | 13.39 | 13.13 | 13.15 | 15.96 |
| Baudin | 澳大利亚 Australia | Cultivar | 2.47 | 6.49 | 14.42 | 11.85 | 13.82 | 12.32 | 13.20 |
| Schooner | 澳大利亚 Australia | Cultivar | 1.64 | 6.27 | 14.32 | 12.66 | 14.09 | 12.55 | 14.19 |
| Gairdner | 澳大利亚 Australia | Cultivar | 3.06 | 8.03 | 16.11 | 13.89 | 15.51 | 14.63 | 15.77 |
| Frankin | 澳大利亚 Australia | Cultivar | 1.87 | 5.19 | 14.20 | 13.40 | 14.14 | 13.05 | 14.33 |
| T98189 | 澳大利亚 Australia | Breeding line | 1.69 | 5.85 | 14.53 | 12.65 | 13.34 | 12.69 | 15.45 |
| 丹麦 2 Danmai 2 | 丹麦 Denmark | Breeding line | 1.60 | 5.73 | 16.23 | 12.40 | 13.15 | 12.16 | 14.37 |
| Krona | 丹麦 Denmark | Cultivar | 1.13 | 6.45 | 15.12 | 12.86 | 14.42 | 12.21 | 15.54 |
| Chunlot | 丹麦 Denmark | Cultivar | 1.55 | 6.92 | 14.60 | 13.28 | 14.32 | 12.60 | 14.55 |
| Alexis | 德国 Germany | Cultivar | 1.95 | 6.96 | 14.60 | 13.20 | 14.45 | 12.15 | 16.78 |
| 德 1(99) De1 (99) | 德国 Germany | Breeding line | 1.24 | 6.36 | 15.08 | 14.12 | 13.90 | 12.50 | 14.93 |
| 德 4(99) De4 (99) | 德国 Germany | Breeding line | 1.85 | 5.76 | 13.13 | 11.69 | 12.63 | 11.11 | 11.46 |
| 99 德 2 99 De 2 | 德国 Germany | Breeding line | 1.62 | 6.28 | 13.59 | 13.31 | 14.66 | 11.92 | 14.04 |
| 德舍-2 Deshe-2 | 德国 Germany | Breeding line | 1.77 | 6.15 | 14.53 | 14.12 | 14.56 | 13.14 | 14.54 |
| 法引一号 Fayinyihao | 法国 France | Breeding line | 1.70 | 6.04 | 13.82 | 13.01 | 12.69 | 11.66 | 14.08 |
| 法引二号 Fayinerhao | 法国 France | Breeding line | 1.13 | 6.26 | 15.20 | 13.23 | 13.69 | 11.92 | 14.26 |
| Scarlet-2 | 法国 France | Breeding line | 1.64 | 6.03 | 13.56 | 13.96 | 13.70 | 11.91 | 16.57 |
| Scarlet-1 | 法国 France | Breeding line | 0.98 | 6.16 | 14.58 | 12.52 | 12.83 | 11.01 | 14.94 |
| 99 法 9 99 fa 9 | 法国 France | Breeding line | 1.52 | 7.58 | 14.35 | 13.78 | 15.29 | 12.13 | 17.38 |
| Riviera | 法国 France | Cultivar | 1.39 | 4.68 | 13.82 | 13.62 | 13.94 | 12.16 | 15.96 |
| 96AC20-30 | 加拿大 Canada | Breeding line | 1.06 | 6.62 | 18.91 | 15.01 | 14.95 | 12.95 | 16.96 |
| 95AcB-1 | 加拿大 Canada | Breeding line | 2.33 | 6.23 | 13.79 | 14.99 | 13.20 | 12.55 | 16.35 |
| 弗格斯 Fugesl | 加拿大 Canada | Cultivar | 2.30 | 7.00 | 14.05 | 14.03 | 14.20 | 13.46 | 16.20 |
| Harrington | 加拿大 Canada | Cultivar | 1.11 | 7.55 | 15.91 | 14.51 | 15.74 | 14.21 | 16.81 |
| Bowman | 美国 United States | Cultivar | 1.86 | 7.01 | 18.93 | 15.12 | 16.33 | 13.80 | 16.65 |
| 美 41/I Mei 41/I | 美国 United States | Breeding line | 2.35 | 7.11 | 13.78 | 12.65 | 13.63 | 12.52 | 15.19 |
| Z122V024W | 美国 United States | Breeding line | 1.26 | 7.16 | 17.49 | 15.80 | 15.11 | 13.17 | 16.69 |
| Z145V006W | 美国 United States | Breeding line | 1.96 | 6.31 | 14.67 | 11.73 | 14.34 | 11.53 | 15.58 |
| 美 43/I Mei 43/I | 美国 United States | Breeding line | 1.87 | 6.81 | 15.39 | 12.25 | 13.24 | 11.84 | 15.76 |
| Z112V021W | 美国 United States | Breeding line | 1.88 | 6.56 | 13.64 | 11.93 | 13.80 | 12.15 | 14.66 |
| 美 18/I (132) Mei 18/I (132) | 美国 United States | Breeding line | 0.58 | 6.00 | 14.59 | 12.98 | 14.52 | 13.88 | 17.04 |
| Z204V021W | 美国 United States | Breeding line | 2.53 | 6.39 | 15.70 | 14.27 | 15.26 | 11.73 | 13.80 |
| 区 025Q009R Qu 025Q009R | 美国 United States | Breeding line | 3.14 | 7.51 | 15.16 | 12.80 | 14.39 | 12.88 | 17.45 |
| 区 027Q090R Qu 027Q090R | 美国 United States | Breeding line | 1.67 | 8.01 | 14.33 | 15.24 | 14.46 | 12.41 | 15.39 |
| 区 036Q029R Qu 036Q029R | 美国 United States | Breeding line | 1.65 | 6.36 | 16.51 | 13.97 | 14.40 | 13.18 | 14.69 |
| 区 032Q084R Qu 032Q084R | 美国 United States | Breeding line | 1.55 | 5.81 | 13.76 | 12.11 | 13.26 | 11.83 | 13.75 |
| BCB70 | 美国 United States | Breeding line | 1.67 | 7.15 | 15.70 | 13.48 | 15.02 | 13.71 | 15.38 |
| Z133V069W | 美国 United States | Breeding line | 1.70 | 6.60 | 15.49 | 11.76 | 14.48 | 11.60 | 14.89 |
| 区 0230062R Qu 0230062R | 美国 United States | Breeding line | 1.67 | 6.35 | 14.76 | 10.91 | 12.30 | 10.38 | 13.95 |
| 区 023Q038R Qu 023Q038R | 美国 United States | Breeding line | 1.04 | 6.24 | 15.02 | 11.69 | 13.33 | 12.23 | 16.00 |
| B1215 | 美国 United States | Breeding line | 2.18 | 5.88 | 14.73 | 11.74 | 13.83 | 12.09 | 17.00 |
| 区 025Q050R Qu 025Q050R | 美国 United States | Breeding line | 2.42 | 6.63 | 15.59 | 13.19 | 13.99 | 12.22 | 17.42 |
| Z160U007V | 美国 United States | Breeding line | 2.30 | 5.84 | 15.01 | 11.54 | 12.56 | 11.90 | 15.93 |
| 区 027Q106R Qu 027Q106R | 美国 United States | Breeding line | 2.07 | 6.45 | 16.90 | 14.04 | 13.37 | 13.59 | 15.98 |
| BCB99 | 美国 United States | Breeding line | 1.83 | 6.59 | 18.15 | 14.68 | 14.90 | 11.68 | 17.33 |
| Z197u004V | 美国 United States | Breeding line | 1.84 | 6.36 | 13.50 | 12.01 | 12.91 | 11.87 | 14.98 |
| Z164u036V | 美国 United States | Breeding line | 1.55 | 6.23 | 13.91 | 11.74 | 13.59 | 10.62 | 15.36 |

(续表 1 Continued table 1)

| 品种(系) Varieties(lines) | 来源 Source | 类型 Evolutionary types | D_i | 蛋白质含量 Protein content/% | | | | | |
|---------------------------|--------------------|--------------------------|-------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | E2201 | E2202 | E2203 | E2204 | E2301 | E2302 |
| Z224V001W | 美国 United States | Breeding line | 2.42 | 6.53 | 15.45 | 11.87 | 13.78 | 10.45 | 16.52 |
| 美 97-1455 Mei 97-1455 | 美国 United States | Breeding line | 1.84 | 7.49 | 15.50 | 11.55 | 13.38 | 11.44 | 16.59 |
| Z03150247 | 美国 United States | Breeding line | 2.53 | 6.70 | 13.70 | 12.31 | 13.70 | 12.62 | 15.75 |
| Z03ZR0105 | 美国 United States | Breeding line | 2.19 | 5.40 | 16.40 | 12.35 | 13.71 | 11.16 | 16.64 |
| Z019q008r | 美国 United States | Breeding line | 3.23 | 6.28 | 15.12 | 14.54 | 12.70 | 11.97 | 17.57 |
| Z0055003T | 美国 United States | Breeding line | 5.77 | 6.07 | 14.48 | 12.70 | 12.69 | 11.86 | 19.87 |
| Z044R037Q | 美国 United States | Breeding line | 1.26 | 6.00 | 12.82 | 13.39 | 12.45 | 12.09 | 16.10 |
| Z022Q038R | 美国 United States | Breeding line | 3.38 | 5.82 | 13.36 | 11.85 | 11.10 | 11.12 | 15.77 |
| Z026Q204R | 美国 United States | Breeding line | 2.08 | 7.88 | 15.96 | 13.74 | 14.76 | 12.94 | 16.21 |
| Z020L037L | 美国 United States | Breeding line | 0.67 | 6.04 | 13.88 | 12.55 | 13.63 | 11.33 | 14.80 |
| Z021Q118R-2 | 美国 United States | Breeding line | 3.53 | 6.36 | 14.34 | 12.40 | 13.57 | 10.34 | 17.82 |
| Z027S136T | 美国 United States | Breeding line | 1.94 | 6.21 | 14.90 | 12.25 | 12.97 | 11.12 | 15.91 |
| Z035S082T | 美国 United States | Breeding line | 0.85 | 6.66 | 14.21 | 12.67 | 13.90 | 10.61 | 15.09 |
| 区 146V025W Qu 146V025W | 美国 United States | Breeding line | 0.26 | 6.44 | 15.25 | 12.26 | 14.05 | 11.19 | 15.19 |
| Z068R0555 | 美国 United States | Breeding line | 1.37 | 6.71 | 14.57 | 12.60 | 11.94 | 12.30 | 15.56 |
| Z037R0385 | 美国 United States | Breeding line | 2.61 | 6.27 | 15.07 | 12.53 | 13.42 | 12.76 | 16.50 |
| Z044R0435 | 美国 United States | Breeding line | 3.50 | 6.11 | 13.55 | 11.09 | 12.52 | 12.36 | 15.69 |
| Z0065033T | 美国 United States | Breeding line | 1.96 | 6.32 | 15.05 | 11.92 | 12.51 | 12.12 | 14.45 |
| Z027S078T | 美国 United States | Breeding line | 1.88 | 6.51 | 14.73 | 12.16 | 13.51 | 11.84 | 15.94 |
| Z01650187 | 美国 United States | Breeding line | 3.44 | 6.31 | 13.04 | 11.27 | 13.06 | 10.89 | 16.50 |
| Z025Q106R | 美国 United States | Breeding line | 0.80 | 7.23 | 14.29 | 14.00 | 14.19 | 12.40 | 15.53 |
| Z026Q059R | 美国 United States | Breeding line | 2.04 | 7.45 | 13.72 | 13.07 | 14.14 | 13.20 | 16.62 |
| Z023Q076R | 美国 United States | Breeding line | 1.33 | 6.07 | 12.91 | 11.65 | 12.80 | 10.28 | 12.97 |
| Z023Q026R | 美国 United States | Breeding line | 1.44 | 6.31 | 13.02 | 11.69 | 13.28 | 11.09 | 13.82 |
| Z035P056Q | 美国 United States | Breeding line | 2.30 | 6.08 | 13.12 | 11.76 | 12.49 | 11.89 | 13.31 |
| 美丽黄金 Meilihuangjin | 日本 Japan | Cultivar | 1.35 | 6.53 | 17.45 | 14.43 | 14.66 | 12.72 | 16.90 |
| 富士二条 Fushiertiao | 日本 Japan | Cultivar | 1.64 | 6.22 | 13.94 | 11.77 | 14.58 | 12.68 | 15.30 |
| 甘木二条 Ganmuertiao | 日本 Japan | Cultivar | 0.93 | 6.79 | 15.87 | 15.10 | 14.97 | 11.42 | 15.83 |
| 九州二条 9 号 Jiuzhouertiao 9 | 日本 Japan | Cultivar | 1.09 | 7.67 | 18.19 | 15.43 | 15.43 | 11.75 | 15.93 |
| 关东二条 19 Guandongertiao 19 | 日本 Japan | Cultivar | 1.67 | 7.33 | 16.38 | 13.26 | 15.50 | 12.63 | 15.15 |
| 苏引麦 2 号 Suyinmai 2 | 日本 Japan | Cultivar | 0.65 | 6.78 | 16.55 | 15.61 | 14.87 | 12.46 | 16.47 |
| 盐引 1 号 Yanyin 1 | 日本 Japan | Cultivar | 0.85 | 7.02 | 15.51 | 12.04 | 13.39 | 11.23 | 15.09 |
| 2004-日引 1 号 2004-riyin 1 | 日本 Japan | Breeding line | 0.46 | 6.98 | 16.29 | 16.52 | 15.25 | 12.17 | 15.21 |
| 2004-日引 3 号 2004-riyin 3 | 日本 Japan | Breeding line | 0.54 | 0.10 | 14.97 | NA | 14.74 | 11.40 | 15.91 |
| Nasonijo | 日本 Japan | Cultivar | 0.01 | 5.10 | 16.17 | 15.82 | 14.54 | 11.87 | 15.40 |
| Harrinonijo | 日本 Japan | Cultivar | 0.75 | 7.28 | 17.17 | 16.11 | 15.49 | 13.76 | 17.43 |
| 苏引 Suyin 27 | 日本 Japan | Cultivar | 1.34 | 7.73 | 16.37 | 15.58 | 15.08 | 13.07 | 16.56 |
| Alva | 瑞典 Sweden | Cultivar | 2.92 | 5.91 | 15.57 | 11.35 | 14.02 | 12.03 | 16.28 |
| Roland | 瑞典 Sweden | Cultivar | 2.88 | 8.04 | 18.65 | 15.10 | 18.20 | 13.13 | 16.13 |
| Spanish landrace-352 | 西班牙 Spain | Breeding line | 1.19 | 5.60 | NA | 11.43 | 14.61 | 10.36 | 14.58 |
| M-22 匈 12 M-22 xiong 12 | 匈牙利 Hungary | Cultivar | 2.68 | 7.21 | 15.89 | 12.14 | 13.14 | 11.28 | 17.21 |
| 法瓦维特 Fawaweite | 匈牙利 Hungary | Cultivar | 2.36 | 7.42 | 15.90 | 12.24 | 15.74 | 11.90 | 16.61 |
| S-4 | 叙利亚 Syria | Breeding line | 1.77 | 8.12 | 14.65 | 13.39 | 15.31 | 12.23 | 17.63 |
| 7204 | 英国 United Kingdom | Breeding line | 1.78 | 6.65 | 18.57 | 17.65 | 17.42 | 12.89 | 17.20 |
| 08 京 318 08 jing 318 | 中国北京 Beijing China | Breeding line | 0.64 | 6.83 | 17.11 | 14.32 | 15.75 | 12.35 | 16.39 |
| 08 京 345 08 jing 345 | 中国北京 Beijing China | Breeding line | 2.55 | 6.39 | 15.18 | 11.23 | 14.19 | 12.42 | 15.45 |
| 空诱 2 号 Kongyou 2 | 中国北京 Beijing China | Cultivar | 1.96 | 8.36 | 19.28 | 17.40 | 16.75 | 14.18 | 18.87 |
| 莆大麦 8 号 Pudamai 8 | 中国福建 Fujian China | Cultivar | 0.85 | 7.54 | 18.05 | 17.23 | 16.12 | 14.15 | 16.96 |
| 莆大麦 9 号 Pudamai 9 | 中国福建 Fujian China | Cultivar | 1.78 | 6.81 | 17.88 | 15.18 | 14.71 | 11.17 | 15.91 |
| 闽麦 02 Minmai 02 | 中国福建 Fujian China | Cultivar | 1.57 | 8.17 | 17.69 | 13.64 | 14.56 | 11.90 | 17.28 |

(续表1 Continued table 1)

| 品种(系) Varieties(lines) | 来源 Source | 类型 Evolutionary types | D_i | 蛋白质含量 Protein content/% | | | | | |
|----------------------------|--------------------------|--------------------------|-------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | E2201 | E2202 | E2203 | E2204 | E2301 | E2302 |
| 蒲麦1号 Pumai 1 | 中国福建 Fujian China | Cultivar | 0.50 | 6.37 | 18.16 | NA | 16.37 | 13.69 | 18.20 |
| 莆大麦4号 Pudamai 4 | 中国福建 Fujian China | Cultivar | 1.83 | 8.42 | 18.57 | 17.05 | 17.11 | 14.89 | 20.67 |
| 莆大麦7号 Pudamai 7 | 中国福建 Fujian China | Cultivar | 2.03 | 8.53 | 18.22 | 16.17 | 17.17 | 12.84 | 17.54 |
| 莆大麦5号 Pudamai 5 | 中国福建 Fujian China | Cultivar | 1.43 | 7.23 | 17.98 | 14.54 | 14.89 | 12.26 | 17.94 |
| 甘啤6-诱变-1 Ganpi 6-youbian-1 | 中国甘肃 Gansu China | Breeding line | 2.95 | 7.12 | 16.46 | 13.22 | 14.54 | 11.91 | 18.63 |
| 甘啤6-诱变-2 Ganpi 6-youbian-2 | 中国甘肃 Gansu China | Breeding line | 4.19 | 7.39 | 15.61 | 13.10 | 15.44 | 12.76 | 21.40 |
| 驻7-115 Zhu 7-115 | 中国河南 Henan China | Breeding line | 1.17 | 5.35 | 19.01 | 16.98 | 18.26 | 13.45 | 18.70 |
| 驻大麦3号 Zhudamai 3 | 中国河南 Henan China | Cultivar | 1.91 | 6.86 | 18.51 | 15.89 | 16.28 | 12.46 | 17.78 |
| 驻大麦5号 Zhudamai 5 | 中国河南 Henan China | Cultivar | 2.68 | 6.34 | 20.57 | 16.30 | 16.29 | 12.18 | 17.50 |
| 驻大麦7号 Zhudamai 7 | 中国河南 Henan China | Cultivar | 1.18 | 7.35 | 19.88 | 16.82 | 16.28 | 12.34 | 17.29 |
| 驻20057-9 Zhu 20057-9 | 中国河南 Henan China | Breeding line | 2.31 | 7.73 | 20.62 | 17.07 | 16.62 | 12.91 | 19.44 |
| 驻05-043-2-1 Zhu 05-043-2-1 | 中国河南 Henan China | Breeding line | 0.93 | 7.88 | 17.92 | 14.53 | 16.15 | 13.09 | 17.64 |
| 驻06049-1 Zhu 06049-1 | 中国河南 Henan China | Breeding line | 2.56 | 6.43 | 17.69 | 15.47 | 16.68 | 11.63 | 16.42 |
| 驻97022 Zhu 97022 | 中国河南 Henan China | Breeding line | 0.69 | 7.30 | 19.08 | 15.62 | 19.60 | 12.10 | 16.90 |
| 驻2005-7-9 Zhu 2005-7-9 | 中国河南 Henan China | Breeding line | 3.12 | 8.01 | 20.72 | 15.22 | 16.41 | 12.82 | 15.22 |
| 驻3 Zhu 3 | 中国河南 Henan China | Cultivar | 1.44 | 7.64 | 18.21 | 15.89 | 17.18 | 13.40 | 18.14 |
| 驻7 Zhu 7 | 中国河南 Henan China | Cultivar | 2.23 | 8.36 | 18.29 | 14.23 | 17.44 | 13.48 | 16.74 |
| 周选1号 Zhouxuan 1 | 中国河南 Henan China | Cultivar | 2.09 | 8.39 | 20.01 | 17.85 | 19.45 | 16.18 | 21.69 |
| 垦啤麦10号 Kenpimai 10 | 中国黑龙江 Heilongjiang China | Cultivar | 1.47 | 6.64 | 16.18 | 14.59 | 14.82 | 11.28 | 16.83 |
| 垦啤麦11号 Kenpimai 11 | 中国黑龙江 Heilongjiang China | Cultivar | 1.81 | 4.93 | 15.53 | 13.11 | 14.79 | 11.74 | 17.12 |
| 红10-911 Hong 10-911 | 中国黑龙江 Heilongjiang China | Breeding line | 1.33 | 6.27 | 15.54 | 13.32 | 14.16 | 11.81 | 16.48 |
| 垦啤3 Kenpi 3 | 中国黑龙江 Heilongjiang China | Cultivar | 0.91 | 6.61 | 15.42 | 12.68 | 14.38 | 11.26 | 16.23 |
| 红07-456 Hong 07-456 | 中国黑龙江 Heilongjiang China | Breeding line | 1.51 | 7.57 | 18.49 | 15.34 | 17.22 | 12.37 | 17.56 |
| 红08-718 Hong 08-718 | 中国黑龙江 Heilongjiang China | Breeding line | 0.34 | 6.25 | 16.19 | 13.09 | 14.89 | 11.47 | 15.18 |
| 红09-784 Hong 09-784 | 中国黑龙江 Heilongjiang China | Breeding line | 1.59 | 7.64 | 14.66 | 13.63 | 14.86 | 12.13 | 17.30 |
| 鄂大麦6号 Edamai 6 | 中国湖北 Hubei China | Cultivar | 2.19 | 7.50 | 18.50 | 15.90 | 17.44 | 12.85 | 17.43 |
| 鄂大麦9号 Edamai 9 | 中国湖北 Hubei China | Cultivar | 2.07 | 7.47 | 17.47 | 15.58 | 16.38 | 13.48 | 15.52 |
| 鄂大麦934 Edamai 934 | 中国湖北 Hubei China | Breeding line | 1.40 | 6.34 | 16.69 | 14.50 | 15.06 | 11.69 | 16.27 |
| 鄂大麦263 Edamai 263 | 中国湖北 Hubei China | Breeding line | 1.67 | 7.45 | 16.91 | 14.42 | 15.00 | 11.16 | 15.33 |
| 鄂大麦105 Edamai 105 | 中国湖北 Hubei China | Breeding line | 0.92 | 6.88 | 16.37 | 14.66 | 15.51 | 11.96 | 16.51 |
| 鄂大麦072 Edamai 072 | 中国湖北 Hubei China | Breeding line | 1.33 | 7.52 | 18.74 | 15.67 | 16.95 | 13.82 | 19.02 |
| 鄂单303 Edan 303 | 中国湖北 Hubei China | Breeding line | 3.15 | 7.23 | 19.06 | 16.51 | 17.31 | 12.71 | 17.22 |
| 华2 Hua 2 | 中国湖北 Hubei China | Cultivar | 0.60 | 8.68 | 17.69 | 16.76 | 16.55 | 14.50 | 17.27 |
| 华5 Hua 5 | 中国湖北 Hubei China | Cultivar | 1.67 | 7.37 | 19.18 | 15.82 | 15.49 | 13.16 | 15.99 |
| 华6 Hua 6 | 中国湖北 Hubei China | Cultivar | 0.55 | 6.49 | 17.33 | 14.27 | 14.54 | 11.91 | 16.24 |
| 华7 Hua 7 | 中国湖北 Hubei China | Cultivar | 1.67 | 7.17 | 19.15 | 16.40 | 16.53 | 14.03 | 16.83 |
| 华8 Hua 8 | 中国湖北 Hubei China | Cultivar | 0.54 | 8.30 | 20.35 | 16.82 | 17.11 | 15.10 | 18.61 |
| 华9 Hua 9 | 中国湖北 Hubei China | Cultivar | 1.01 | 7.29 | 19.96 | 16.01 | 15.73 | 13.43 | 17.15 |
| 鄂97434 E 97434 | 中国湖北 Hubei China | Breeding line | 1.16 | 8.09 | 16.63 | 14.83 | 14.74 | 12.44 | 16.20 |
| 鄂68231 E 68231 | 中国湖北 Hubei China | Breeding line | 1.93 | 6.33 | 17.27 | 15.39 | 15.79 | 14.31 | 15.73 |
| 华2419 Hua 2419 | 中国湖北 Hubei China | Breeding line | 1.80 | 8.62 | 21.56 | 17.47 | 17.08 | 15.97 | 17.83 |
| 鄂麦32380 Emai 32380 | 中国湖北 Hubei China | Breeding line | 1.57 | 6.89 | 18.98 | 15.38 | 16.59 | 14.04 | 17.72 |
| 32122 | 中国湖北 Hubei China | Breeding line | 1.61 | 8.25 | 17.96 | 16.65 | 18.33 | 13.90 | 18.64 |
| 鄂大麦9706 Edamai 9706 | 中国湖北 Hubei China | Breeding line | 1.34 | 8.89 | 19.02 | 16.57 | 17.41 | 14.24 | 18.13 |
| 创大麦3号 Chuangdamai 3 | 中国湖北 Hubei China | Cultivar | 1.56 | 9.00 | 16.94 | 16.17 | 16.19 | 14.51 | 18.02 |
| 华大麦5号 Huadamai 5 | 中国湖北 Hubei China | Cultivar | 1.82 | 6.71 | 18.78 | 14.98 | 16.20 | 14.79 | 16.99 |
| 华2328 Hua 2328 | 中国湖北 Hubei China | Breeding line | 2.66 | 7.26 | 19.98 | 14.66 | 16.83 | 13.91 | 16.10 |

(续表 1 Continued table 1)

| 品种(系) Varieties(lines) | 来源 Source | 类型 Evolutionary types | D_i | 蛋白质含量 Protein content/% | | | | | |
|-------------------------------|--------------------|--------------------------|-------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | E2201 | E2202 | E2203 | E2204 | E2301 | E2302 |
| 扬农啤 2 号 Yangnongpi 2 | 中国江苏 Jiangsu China | Cultivar | 1.13 | 6.01 | 18.34 | 15.61 | 17.68 | 14.54 | 16.89 |
| 扬饲麦 3 号 Yangsimai 3 | 中国江苏 Jiangsu China | Cultivar | 1.82 | 8.35 | 16.99 | 15.45 | 16.97 | 13.80 | 16.69 |
| 扬农啤 4 号 Yangnongpi 4 | 中国江苏 Jiangsu China | Cultivar | 2.92 | 7.59 | 17.69 | 15.14 | 16.00 | 11.94 | 14.67 |
| 扬农啤 6 号 Yangnongpi 6 | 中国江苏 Jiangsu China | Cultivar | 1.91 | 8.05 | NA | 16.00 | 16.34 | 13.32 | 16.62 |
| 扬农啤 7 号 Yangnongpi 7 | 中国江苏 Jiangsu China | Cultivar | 1.75 | 7.38 | 16.89 | 15.61 | 15.82 | 13.04 | 15.90 |
| 扬农啤 8 号 Yangnongpi 8 | 中国江苏 Jiangsu China | Cultivar | 3.16 | 7.72 | 17.53 | 15.35 | 15.86 | 11.68 | 14.29 |
| 扬农啤 9 号 Yangnongpi 9 | 中国江苏 Jiangsu China | Cultivar | 2.56 | 8.13 | 17.55 | 15.39 | 15.66 | 11.91 | 15.28 |
| 扬农啤 10 号 Yangnongpi 10 | 中国江苏 Jiangsu China | Cultivar | 5.12 | 8.41 | 18.53 | 17.47 | 17.89 | 13.39 | 14.80 |
| 苏啤 3 号 Supi 3 | 中国江苏 Jiangsu China | Cultivar | 5.10 | 7.93 | 19.87 | 16.62 | 19.11 | 13.74 | 15.61 |
| 苏啤 4 号 Supi 4 | 中国江苏 Jiangsu China | Cultivar | 1.81 | 7.98 | 17.57 | 16.91 | 18.50 | 14.11 | 18.04 |
| 苏啤 6 号 Supi 6 | 中国江苏 Jiangsu China | Cultivar | 1.50 | 7.39 | 16.22 | 15.50 | 15.76 | 12.09 | 16.58 |
| 苏啤 7 号 Supi 7 | 中国江苏 Jiangsu China | Cultivar | 2.27 | 7.62 | 17.67 | 16.11 | 17.10 | 13.84 | 16.44 |
| 盐 99175 Yan 99175 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 2.84 | 6.84 | 17.91 | 16.18 | 17.00 | 12.06 | 17.05 |
| 盐 08191 Yan 08191 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 0.85 | 7.29 | 16.74 | 15.17 | 15.93 | 13.18 | 17.74 |
| 盐 03174 Yan 03174 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 2.09 | 7.44 | 17.32 | 16.97 | 16.81 | 13.08 | 17.68 |
| 盐 06218 Yan 06218 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 1.80 | 7.53 | 16.77 | 15.27 | 16.43 | 11.61 | 17.24 |
| 盐 04234 Yan 04234 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 4.62 | 9.32 | 16.62 | 17.76 | 17.96 | 12.09 | 16.61 |
| 盐 05023 Yan 05023 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 2.96 | 5.76 | 14.11 | 14.06 | 13.25 | 13.13 | 17.36 |
| 盐麦 2 号 Yanmai 2 | 中国江苏 Jiangsu China | Cultivar | 2.92 | 7.84 | 16.55 | 16.64 | 15.89 | 12.34 | 15.72 |
| 盐鉴 09-03 Yanjian 09-03 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 1.80 | 7.67 | 18.43 | 16.43 | 17.86 | 14.37 | 17.08 |
| 盐鉴 09-75 Yanjian 09-75 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 3.57 | 7.14 | 19.85 | 16.47 | 18.42 | 13.58 | 17.99 |
| 盐 10J-56 Yan 10J-56 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 3.25 | 7.54 | 18.29 | 16.06 | 17.68 | 12.45 | 16.01 |
| 盐 10J-10 Yan 10J-10 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 2.61 | 8.13 | 17.48 | 16.15 | 18.04 | 11.75 | 16.17 |
| 苏农 14 Sunong 14 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 0.15 | 5.43 | 16.68 | 14.73 | 15.66 | 13.36 | 17.17 |
| 连 87-34-2 Lian 87-34-2 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 4.09 | 5.25 | 17.41 | 17.68 | 17.11 | 12.33 | 16.06 |
| 连 9015 Lian 9015 | 中国江苏 Jiangsu China | Cultivar | 1.17 | 6.93 | 15.92 | 14.37 | 14.52 | 11.83 | 14.60 |
| 扬选 1 号 Yangxuan 1 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 2.72 | 6.69 | 17.77 | 15.65 | 16.62 | 11.46 | 15.93 |
| 扬选 2 号 Yangxuan 2 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 3.16 | 7.92 | 19.37 | 16.77 | 16.68 | 12.87 | 15.73 |
| 盐 137 Yan 137 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 2.56 | 7.02 | 18.62 | 16.59 | 17.16 | 13.82 | 16.75 |
| 扬选 4 号 Yangxuan 4 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 2.42 | 7.94 | 17.69 | 16.35 | 17.91 | 15.11 | 16.57 |
| 扬选 5 号 Yangxuan 5 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 1.34 | 8.02 | 18.75 | 15.52 | 17.17 | 14.95 | 17.18 |
| 扬选 6 号 Yangxuan 6 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 2.62 | 9.85 | 19.12 | 17.85 | 17.54 | 15.70 | 17.88 |
| 扬选 7 号 Yangxuan 7 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 1.12 | 9.50 | 18.50 | 18.28 | 18.64 | 16.42 | 19.17 |
| 扬选 8 号 Yangxuan 8 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 1.37 | 8.66 | 18.01 | 16.15 | 15.98 | 13.89 | 16.99 |
| 扬选 9 号 Yangxuan 9 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 3.30 | 8.15 | 18.14 | 18.05 | 16.64 | 12.60 | 18.09 |
| 扬选 10 号 Yangxuan 10 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 0.88 | 8.60 | 17.82 | 17.09 | 16.76 | 13.62 | 18.17 |
| 扬选 11 号 Yangxuan 11 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 1.55 | 7.95 | 17.47 | 16.71 | 16.33 | 13.89 | 17.24 |
| K96294 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 1.45 | 7.43 | 16.37 | 15.87 | 16.22 | 14.12 | 15.82 |
| K94294 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 0.49 | 7.07 | 16.30 | 14.70 | 16.65 | 13.97 | 17.42 |
| 盐选 1 号 Yanxuan 1 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 1.95 | 7.43 | 16.08 | 15.40 | 16.14 | 13.67 | 15.38 |
| 苏 B0905 Su B0905 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 1.69 | 7.44 | 14.25 | 14.56 | 14.65 | 13.09 | 15.98 |
| 单 138 Dan 138 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 0.96 | 8.72 | 16.58 | 16.27 | 16.41 | 13.96 | 17.22 |
| 扬辐 9985 Yangfu 9985 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 2.20 | 8.61 | 16.22 | 14.18 | 14.98 | 12.30 | 17.57 |
| 苏农 21 Sunong 21 | 中国江苏 Jiangsu China | Cultivar | 1.19 | 8.46 | 16.68 | 14.20 | 14.39 | 12.52 | 16.12 |
| 苏 K53(连) Su K53(lian) | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 1.88 | 8.71 | 16.49 | 15.93 | 15.73 | 13.30 | 16.44 |
| 96-7122(农科院 2-6) | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 2.95 | 10.21 | 16.64 | 16.82 | 15.88 | 14.68 | 17.43 |
| 苏引麦 3 号(花 9430) Suyinmai 3 | 中国江苏 Jiangsu China | Cultivar | 2.53 | 9.00 | 18.50 | 17.11 | 16.11 | 14.16 | 16.55 |
| 扬选 12 号 Yangxuan 12 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 6.31 | 8.20 | 19.64 | 18.95 | 18.09 | 12.79 | 14.87 |
| 丰农啤 1 号 Fengnongpi 1 | 中国江苏 Jiangsu China | Cultivar | 2.29 | 7.10 | 16.53 | 17.52 | 16.74 | 15.98 | 17.62 |
| 扬选 13 号 Yangxuan 13 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 1.93 | 8.08 | 15.48 | 14.16 | 15.09 | 12.78 | 15.05 |

(续表1 Continued table 1)

| 品种(系) Varieties(lines) | 来源 Source | 类型 Evolutionary types | D_i | 蛋白质含量 Protein content/% | | | | | |
|--|-----------------------|--------------------------|-------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | E2201 | E2202 | E2203 | E2204 | E2301 | E2302 |
| 扬选 14 号 Yangxuan 14 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 2.77 | 8.73 | 17.68 | 16.94 | 16.50 | 14.23 | 16.14 |
| 扬选 15 号 Yangxuan 15 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 2.04 | 8.14 | 18.17 | 16.56 | 15.96 | 13.11 | 16.92 |
| 苏农 22 Sunong 22 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 1.72 | 9.46 | 17.75 | 15.69 | 16.50 | 14.63 | 16.39 |
| 扬农啤 5 号 Yangnongpi 5 | 中国江苏 Jiangsu China | Cultivar | 1.52 | 8.39 | 17.32 | 16.47 | 15.82 | 13.72 | 17.18 |
| 扬农啤 11 号 Yangnongpi 11 | 中国江苏 Jiangsu China | Cultivar | 1.38 | 8.29 | 18.38 | 16.00 | 17.28 | 13.44 | 18.46 |
| 扬农啤 12 号 Yangnongpi 12 | 中国江苏 Jiangsu China | Cultivar | 2.99 | 10.05 | 18.55 | 17.37 | 17.81 | 13.14 | 18.43 |
| 沪 1154 Hu 1154 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 1.64 | 8.46 | 19.36 | 18.68 | 16.76 | 14.29 | 17.11 |
| 扬 0187 Yang 0187 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 1.51 | 9.20 | 18.86 | 16.94 | 17.88 | 14.97 | 18.02 |
| 1430R | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 2.24 | 12.00 | 19.99 | 14.14 | 17.40 | 14.96 | 18.57 |
| 矮秆-1 Aigan-1 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 1.16 | 7.29 | 17.01 | 14.68 | 15.70 | 14.17 | 16.89 |
| 泰兴 9425 Taixing 9425 | 中国江苏 Jiangsu China | Cultivar | 2.24 | 8.53 | 16.67 | 15.57 | 16.05 | 13.39 | 15.36 |
| 苏农 6472 Sunong 6472 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 1.25 | 7.13 | 16.69 | 13.98 | 14.06 | 12.61 | 16.81 |
| 扬啤 1 号 Yangpi 1 | 中国江苏 Jiangsu China | Cultivar | 3.35 | 8.20 | 16.35 | 14.43 | 15.08 | 12.44 | 14.30 |
| 优质 1 号 Youzhi 1 | 中国江苏 Jiangsu China | Cultivar | 1.20 | 5.11 | 20.93 | 17.16 | 18.69 | 15.51 | 18.99 |
| 苏农 91-712 Sunong 91-712 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 2.54 | 8.86 | 20.43 | 17.68 | 19.03 | 15.21 | 18.50 |
| 91 单 2 91 dan 2 | 中国江苏 Jiangsu China | Cultivar | 2.01 | 8.08 | 15.39 | 14.82 | 15.49 | 12.28 | 16.42 |
| 通麦 10 号 Tongmai 10 | 中国江苏 Jiangsu China | Cultivar | 1.99 | 8.62 | 16.35 | 15.30 | 15.76 | 13.72 | 16.63 |
| 扬选 16 号 Yangxuan 16 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 1.04 | 8.01 | 17.82 | 16.27 | 15.94 | 13.58 | 17.06 |
| 苏花 2 号 Suhua 2 | 中国江苏 Jiangsu China | Cultivar | 1.38 | 7.81 | 16.63 | 16.16 | 15.72 | 14.85 | 17.19 |
| 如东 6109 Rudong 6109 | 中国江苏 Jiangsu China | Cultivar | 0.46 | 7.54 | 16.90 | 15.51 | 16.05 | 13.67 | 17.13 |
| 如东 5218 Rudong 5218 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 1.87 | 8.23 | 16.93 | 16.06 | 14.85 | 12.37 | 16.43 |
| 扬引 02 Yangyin 02 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 1.70 | 6.87 | 15.06 | 14.24 | 15.36 | 13.39 | 17.70 |
| 扬选 7 号 Yangxuan 17 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 1.74 | 7.03 | 16.72 | 16.35 | 16.34 | 12.91 | 17.62 |
| QS | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 1.91 | 7.35 | 17.51 | 17.14 | 15.84 | 14.05 | 17.50 |
| 苏农 16 Sunong 16 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 1.13 | 8.92 | 17.24 | 15.89 | 16.16 | 14.25 | 18.17 |
| 扬选 18 号 Yangxuan 18 | 中国江苏 Jiangsu China | Breeding line | 0.03 | 5.59 | 17.78 | 16.64 | 17.15 | 13.13 | 16.95 |
| 蒙古国草麦 Mengguguocaomai | 中国内蒙古 Neimenggu China | Landrace | 1.47 | 6.41 | 14.57 | 12.90 | 15.00 | 11.67 | 16.68 |
| 蒙啤麦 4 号 Mengpimai 4 | 中国内蒙古 Neimenggu China | Cultivar | 2.24 | 6.43 | 13.27 | 12.06 | 11.92 | 11.75 | 15.78 |
| 10PJ-24 | 中国内蒙古 Neimenggu China | Breeding line | 0.87 | 6.53 | 13.71 | 13.22 | 14.19 | 12.02 | 15.57 |
| 农大 08-02 Nongda 08-02 | 中国内蒙古 Neimenggu China | Breeding line | 2.30 | 7.61 | 18.91 | 17.82 | 18.73 | 15.05 | 18.16 |
| 农大 08-17 Nongda 08-17 | 中国内蒙古 Neimenggu China | Breeding line | 2.02 | 7.09 | 18.12 | 17.36 | 17.82 | 13.01 | 18.94 |
| 农牧 27 Nongmu 27 | 中国内蒙古 Neimenggu China | Breeding line | 3.51 | 6.93 | 13.48 | 12.88 | 13.19 | 11.56 | 17.51 |
| 农牧 48 Nongmu 48 | 中国内蒙古 Neimenggu China | Breeding line | 3.12 | 7.92 | 13.94 | 12.90 | 15.33 | 12.29 | 16.57 |
| 昆仑 2 号 Kunlun 2 | 中国青海 Qinghai China | Cultivar | 2.09 | 5.96 | 15.22 | 12.13 | 14.65 | 11.79 | 16.41 |
| 青啤 19 Qingpi 19 | 中国青海 Qinghai China | Breeding line | 2.99 | 6.15 | 12.77 | 12.28 | 13.33 | 11.35 | 16.74 |
| 酿造二条 Niangzaoertiao | 中国陕西 Shaanxi China | Landrace | 2.27 | 5.70 | 15.59 | 15.39 | 14.67 | 11.52 | 16.26 |
| 中国陕西酿造 2 条 Zhongguoshaxianxiangzao 2 tiao | 中国陕西 Shaanxi China | Landrace | 1.47 | 6.92 | 15.11 | 15.53 | 14.60 | 12.10 | 16.49 |
| 花 96-22 Hua 96-22 | 中国上海 Shanghai China | Breeding line | 2.25 | 8.23 | 18.96 | 18.16 | 17.11 | 14.37 | 18.51 |
| 花 30 Hua 30 | 中国上海 Shanghai China | Cultivar | 1.57 | 7.56 | 20.50 | 16.55 | 17.40 | 14.43 | 17.26 |
| 沪麦 8 号 Humai 8 | 中国上海 Shanghai China | Cultivar | 0.96 | 7.12 | 16.98 | 15.35 | 15.43 | 13.17 | 17.07 |
| 花 11 Hua 11 | 中国上海 Shanghai China | Cultivar | 2.74 | 7.86 | 18.28 | 17.76 | 18.75 | 14.09 | 18.93 |
| 花 22 Hua 22 | 中国上海 Shanghai China | Cultivar | 0.96 | 7.54 | 17.13 | 17.59 | 17.09 | 14.56 | 17.80 |
| 沪 01-2946 Hu 01-2946 | 中国上海 Shanghai China | Breeding line | 2.71 | 7.98 | 18.72 | 17.02 | 18.92 | 13.42 | 20.42 |
| 花大麦 6 号 Huadamai 6 | 中国上海 Shanghai China | Cultivar | 2.37 | 7.32 | 18.92 | 15.29 | 15.16 | 13.47 | 19.15 |
| 花大麦 7 号 Huadamai 7 | 中国上海 Shanghai China | Cultivar | 2.68 | 7.21 | 17.43 | 15.55 | 15.15 | 14.53 | 19.51 |
| 川农啤麦 1 号 Chuannongpimai 1 | 中国四川 Sichuan | Cultivar | 2.03 | 7.39 | 16.33 | 13.94 | 15.20 | 11.83 | 17.95 |

(续表 1 Continued table 1)

| 品种(系) Varieties(lines) | 来源 Source | 类型 Evolutionary types | D_i | 蛋白质含量 Protein content/% | | | | | |
|----------------------------|---------------------|--------------------------|-------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | E2201 | E2202 | E2203 | E2204 | E2301 | E2302 |
| 西南 86-911 Xinan 86-911 | 中国四川 Sichuan China | Breeding line | 1.97 | 8.82 | 18.14 | 16.67 | 18.04 | 14.57 | 21.20 |
| 川 52209 Chuan 52209 | 中国四川 Sichuan China | Breeding line | 0.00 | 6.96 | 17.34 | NA | 15.60 | 12.63 | NA |
| ZDM5454 | 中国西藏 Xizang China | Landrace | 0.79 | 7.62 | 19.34 | 14.45 | 15.53 | 13.58 | 20.08 |
| ZYM742 | 中国西藏 Xizang China | Landrace | 0.80 | 11.82 | 17.00 | 14.15 | 15.50 | 13.37 | 18.47 |
| ZYM0952 | 中国西藏 Xizang China | Landrace | 4.14 | 8.18 | 14.89 | 14.47 | 12.81 | 13.61 | 14.47 |
| ZYM743 | 中国西藏 Xizang China | Landrace | 1.03 | 5.63 | 15.49 | 14.72 | 14.49 | 12.05 | 17.03 |
| 新 3109 Xin 3109 | 中国新疆 Xinjiang China | Breeding line | 3.54 | 6.38 | 13.82 | 12.47 | 13.96 | 12.05 | 18.44 |
| 新啤 1 号 Xinpi 1 | 中国新疆 Xinjiang China | Cultivar | 4.12 | 5.90 | 13.72 | 11.32 | 12.70 | 11.32 | 17.26 |
| 新啤 3 号 Xinpi 3 | 中国新疆 Xinjiang China | Cultivar | 4.81 | 6.50 | 14.75 | 12.32 | 13.73 | 11.52 | 19.92 |
| 新啤 4 号 Xinpi 4 | 中国新疆 Xinjiang China | Cultivar | 1.92 | 6.08 | 13.99 | 11.20 | 12.45 | 10.39 | 14.86 |
| 9919(中国新疆) | 中国新疆 Xinjiang China | Landrace | 0.37 | 5.95 | 13.55 | 10.45 | 13.21 | 10.84 | 15.96 |
| 保大麦 14-J22 Baodamai 14-J22 | 中国云南 Yunnan China | Breeding line | 2.10 | 7.38 | 16.40 | 12.73 | 14.57 | 13.19 | 16.91 |
| 保大麦 14-J12 Baodamai 14-J12 | 中国云南 Yunnan China | Breeding line | 2.89 | 7.08 | 16.00 | 13.42 | 15.76 | 14.48 | 18.27 |
| 保大麦 14-J10 Baodamai 14-J10 | 中国云南 Yunnan China | Breeding line | 0.72 | 6.71 | 15.40 | 12.42 | 14.91 | 12.74 | 16.71 |
| 保大麦 14-J31 Baodamai 14-J31 | 中国云南 Yunnan China | Breeding line | 1.58 | 5.63 | 15.53 | 12.85 | 13.88 | 12.66 | 15.52 |
| 保大麦 14-J29 Baodamai 14-J29 | 中国云南 Yunnan China | Breeding line | 2.66 | 6.52 | 17.49 | 14.60 | 15.38 | 12.65 | 19.13 |
| 保大麦 14-J20 Baodamai 14-J20 | 中国云南 Yunnan China | Breeding line | 3.39 | 6.01 | 17.08 | 13.44 | 15.22 | 12.14 | 18.78 |
| 保大麦 13-J10 Baodamai 13-J10 | 中国云南 Yunnan China | Breeding line | 4.29 | 7.10 | 15.25 | 13.87 | 14.12 | 12.93 | 19.70 |
| 风大麦 16 号 Fengdamai 16 | 中国云南 Yunnan China | Cultivar | 3.14 | 6.19 | 14.94 | 12.64 | 13.85 | 11.32 | 17.85 |
| 风大麦 15 号 Fengdamai 15 | 中国云南 Yunnan China | Cultivar | 2.37 | 5.95 | 14.41 | 12.72 | 14.29 | 12.20 | 17.03 |
| 风大麦 17 号 Fengdamai 17 | 中国云南 Yunnan China | Cultivar | 1.53 | 8.29 | 15.83 | 14.71 | 16.03 | 13.33 | 19.41 |
| 风大麦 6 号 Fengdamai 6 | 中国云南 Yunnan China | Cultivar | 3.31 | 5.51 | 14.14 | 11.13 | 11.63 | 12.16 | 14.87 |
| 风大麦 7 号 Fengdamai 7 | 中国云南 Yunnan China | Cultivar | 2.47 | 5.77 | 15.29 | 12.92 | 14.27 | 11.79 | 17.20 |
| 风大麦 9 号 Fengdamai 9 | 中国云南 Yunnan China | Cultivar | 4.06 | 6.62 | 17.51 | 12.92 | 14.40 | 12.66 | 19.51 |
| 风大麦 10 号 Fengdamai 10 | 中国云南 Yunnan China | Cultivar | 1.59 | 6.01 | 15.80 | 13.12 | 11.82 | 11.83 | 16.43 |
| 风大麦 11 号 Fengdamai 11 | 中国云南 Yunnan China | Cultivar | 3.51 | 6.44 | 16.42 | 13.01 | 13.37 | 12.01 | 18.34 |
| 风大麦 12 号 Fengdamai 12 | 中国云南 Yunnan China | Cultivar | 2.39 | 5.83 | 14.50 | 12.64 | 13.43 | 11.94 | 16.64 |
| 风大麦 13 号 Fengdamai 13 | 中国云南 Yunnan China | Cultivar | 3.22 | 6.95 | 15.85 | 14.77 | 14.62 | 12.70 | 19.76 |
| 风大麦 14 号 Fengdamai 14 | 中国云南 Yunnan China | Cultivar | 4.45 | 5.69 | 15.18 | 13.22 | 14.39 | 12.32 | 19.50 |
| 云啤 9 号 Yunpi 9 | 中国云南 Yunnan China | Cultivar | 2.43 | 5.83 | 13.93 | 12.83 | 13.32 | 11.50 | 16.65 |
| 云啤 11 号 Yunpi 11 | 中国云南 Yunnan China | Cultivar | 3.40 | 6.00 | 18.14 | 13.79 | 14.04 | 12.33 | 18.42 |
| 云啤 12 号 Yunpi 12 | 中国云南 Yunnan China | Cultivar | 1.66 | 6.42 | 15.63 | 12.34 | 14.06 | 12.35 | 14.36 |
| 云啤 14 号 Yunpi 14 | 中国云南 Yunnan China | Cultivar | 2.85 | 6.64 | 13.08 | 11.43 | 12.32 | 12.26 | 14.29 |
| 云啤 15 号 Yunpi 15 | 中国云南 Yunnan China | Cultivar | 1.29 | 5.52 | 14.67 | 11.81 | 12.65 | 10.72 | 14.73 |
| 云啤 17 号 Yunpi 17 | 中国云南 Yunnan China | Cultivar | 1.92 | 6.47 | 17.41 | 11.93 | 13.18 | 11.70 | 15.89 |
| 云啤 4 号 Yunpi 4 | 中国云南 Yunnan China | Cultivar | 2.11 | 7.14 | 15.44 | 12.38 | 13.19 | 11.93 | 14.20 |
| 云啤 1 号 Yunpi 1 | 中国云南 Yunnan China | Cultivar | 1.43 | 4.52 | 14.31 | 14.21 | 13.27 | 10.91 | 14.82 |
| 浙皮 3 号 Zhepi 3 | 中国浙江 Zhejiang China | Cultivar | 1.62 | 8.74 | 19.93 | 17.50 | 17.47 | 13.87 | 18.76 |
| 浙皮 2 号 Zhepi 2 | 中国浙江 Zhejiang China | Cultivar | 1.20 | 7.97 | 19.05 | 15.79 | 16.50 | 12.51 | 17.38 |
| 浙皮 1 号 Zhepi 1 | 中国浙江 Zhejiang China | Cultivar | 1.79 | 7.23 | 23.44 | 16.18 | 16.55 | 12.85 | 17.13 |
| 浙皮 4 号 Zhepi 4 | 中国浙江 Zhejiang China | Cultivar | 2.28 | 8.08 | 19.18 | 17.19 | 16.91 | 15.01 | 17.12 |
| 浙皮 6 号 Zhepi 6 | 中国浙江 Zhejiang China | Cultivar | 1.85 | 11.43 | 19.19 | 17.83 | 18.14 | 15.40 | 17.64 |
| 浙皮 7 号 Zhepi 7 | 中国浙江 Zhejiang China | Cultivar | 2.70 | 7.30 | 18.38 | 16.63 | 17.27 | 13.05 | 17.17 |
| 浙原 18 Zheyuan 18 | 中国浙江 Zhejiang China | Cultivar | 2.33 | 6.66 | 18.54 | 15.57 | 15.03 | 12.58 | 15.26 |
| 浙秀 22 Zhexiu 22 | 中国浙江 Zhejiang China | Cultivar | 0.68 | 7.98 | 16.62 | 15.24 | 15.49 | 13.50 | 16.05 |
| 浙啤 33 Zhepi 33 | 中国浙江 Zhejiang China | Cultivar | 2.00 | 7.51 | 17.22 | 16.05 | 16.37 | 13.73 | 15.97 |

(续表 1 Continued table 1)

| 品种(系) Varieties(lines) | 来源 Source | 类型 Evolutionary types | D_i | 蛋白质含量 Protein content/% | | | | | |
|--------------------------------|---------------------|--------------------------|-------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | E2201 | E2202 | E2203 | E2204 | E2301 | E2302 |
| 浙皮 9 号 Zhepi 9 | 中国浙江 Zhejiang China | Cultivar | 0.51 | 6.53 | 22.75 | 16.16 | 16.70 | 12.75 | 16.16 |
| 浙皮 10 号 Zhepi 10 | 中国浙江 Zhejiang China | Cultivar | 1.47 | 7.40 | 16.87 | 15.91 | 15.99 | 12.50 | 17.42 |
| 秀麦 11 Xiumai 11 | 中国浙江 Zhejiang China | Cultivar | 0.90 | 7.02 | 18.24 | 15.79 | 16.98 | 12.74 | 17.46 |
| 嘉-6 Jia-6 | 中国浙江 Zhejiang China | Cultivar | 1.35 | 7.14 | 17.81 | 15.52 | 16.45 | 13.49 | 17.50 |
| 嘉-8 Jia-8 | 中国浙江 Zhejiang China | Cultivar | 1.91 | 8.36 | 19.01 | 17.38 | 17.19 | 13.62 | 16.75 |
| 浙 07-6 Zhe 07-6 | 中国浙江 Zhejiang China | Breeding line | 0.58 | 7.98 | 17.83 | 15.40 | 16.82 | 14.14 | 18.43 |
| 浙农大 7 号 Zhenongda 7 | 中国浙江 Zhejiang China | Cultivar | 2.70 | 9.18 | 18.30 | 17.39 | 18.40 | 15.15 | 17.51 |
| 浙 08-91 Zhe 08-91 | 中国浙江 Zhejiang China | Breeding line | 1.80 | 6.51 | 18.06 | 15.24 | 14.29 | 12.51 | 16.08 |
| 浙 08-121 Zhe 08-121 | 中国浙江 Zhejiang China | Breeding line | 1.36 | 6.91 | 17.80 | 15.15 | 14.80 | 13.23 | 16.02 |
| 嘉-10 Jia-10 | 中国浙江 Zhejiang China | Cultivar | 2.68 | 8.97 | 19.14 | 15.14 | 16.47 | 12.29 | 17.14 |
| 浙大 09-048 Zheda 09-048 | 中国浙江 Zhejiang China | Breeding line | 2.56 | 8.34 | 20.51 | 17.50 | 16.62 | 13.01 | 18.52 |
| 浙 5819 Zhe 5819 | 中国浙江 Zhejiang China | Breeding line | 0.95 | 7.57 | 19.62 | 15.37 | 15.35 | 12.62 | 17.36 |
| 黄岩洋大麦 Huangyanyangdamai | 中国浙江 Zhejiang China | Landrace | 3.99 | 6.36 | 14.55 | 11.02 | 11.85 | 11.49 | 17.64 |
| 萧山立夏黄 Xiaoshanlixiahuang | 中国浙江 Zhejiang China | Landrace | 0.58 | 7.26 | 18.24 | 14.72 | 15.55 | 12.65 | 16.21 |
| 浙 08-192 Zhe 08-192 | 中国浙江 Zhejiang China | Breeding line | 0.55 | 7.25 | NA | 14.85 | 15.37 | 13.31 | 17.31 |
| 浙大 09-55 Zheda 09-55 | 中国浙江 Zhejiang China | Breeding line | 1.37 | 7.34 | 17.54 | 15.13 | 14.16 | 12.95 | 17.44 |
| 浙大 09-36 Zheda 09-36 | 中国浙江 Zhejiang China | Breeding line | 1.13 | 8.58 | 19.63 | 18.02 | 18.75 | 15.50 | 19.62 |
| 浙皮 8 号 Zhepi 8 | 中国浙江 Zhejiang China | Cultivar | 1.56 | 7.38 | 16.22 | 15.14 | 14.86 | 12.21 | 15.68 |
| 余姚红大麦 Yuyaohongdamai | 中国浙江 Zhejiang China | Landrace | 2.17 | 7.20 | 16.06 | 13.25 | 15.25 | 13.93 | 15.86 |
| 镇海混杂种 Zhenhaihunzazhong | 中国浙江 Zhejiang China | Landrace | 2.17 | 7.82 | 16.02 | 15.33 | 16.00 | 13.22 | 16.94 |
| 黄岩野大麦 Huangyanyedamai | 中国浙江 Zhejiang China | Landrace | 1.60 | 7.24 | 17.12 | 14.65 | 15.53 | 13.88 | 18.53 |
| 天台二棱大麦 Tiantaierlengdamai | 中国浙江 Zhejiang China | Landrace | 1.26 | 7.72 | 18.92 | 14.84 | 17.14 | 12.63 | 17.92 |
| 秀麦 3 号 Xiumai 3 | 中国浙江 Zhejiang China | Cultivar | 1.60 | 5.73 | 13.44 | 15.32 | 17.55 | 13.15 | 18.48 |
| 浙大 8 号 Zheda 8 | 中国浙江 Zhejiang China | Cultivar | 1.47 | 8.12 | 19.39 | 17.26 | 18.00 | 13.96 | 18.97 |
| 草麦 Caomai | 中国浙江 Zhejiang China | Landrace | 1.85 | 7.65 | 17.69 | 15.43 | 17.36 | 15.94 | 20.19 |
| 义乌二棱大麦 Yiwuerlengdamai | 中国浙江 Zhejiang China | Landrace | 0.76 | 5.74 | 17.85 | 14.73 | 17.87 | 15.28 | 20.34 |
| 乐清洋大麦 Leqingyangdamai | 中国浙江 Zhejiang China | Landrace | 1.25 | 7.75 | 18.02 | 15.77 | 16.88 | 15.69 | 18.86 |
| 江山二棱大麦 Jiangshanerlengdamai | 中国浙江 Zhejiang China | Landrace | 2.76 | 7.29 | 18.76 | 14.75 | 16.24 | 16.54 | 20.46 |
| 玉环猪尾巴 Yuhuanzhuweiba | 中国浙江 Zhejiang China | Landrace | 3.42 | 6.68 | 15.69 | 12.43 | 14.50 | 14.82 | 16.66 |
| 嘉-1 Jia-1 | 中国浙江 Zhejiang China | Cultivar | 0.95 | 5.19 | NA | 15.75 | 17.73 | 15.08 | 18.28 |
| 浙 9343 Zhe 9343 | 中国浙江 Zhejiang China | Breeding line | 1.75 | 7.64 | 15.11 | 14.26 | 15.73 | 13.18 | 16.40 |
| 浙 7082 Zhe 7082 | 中国浙江 Zhejiang China | Breeding line | 1.45 | 6.90 | 17.33 | 17.93 | 16.72 | 13.22 | 17.11 |
| 浙 96-30 Zhe 96-30 | 中国浙江 Zhejiang China | Breeding line | 0.53 | 7.82 | 17.88 | 15.03 | 15.96 | 13.15 | 17.10 |
| 浙 01-41 Zhe 01-41 | 中国浙江 Zhejiang China | Breeding line | 2.68 | 8.37 | 20.38 | 17.42 | 17.89 | 14.60 | 17.14 |
| 浙 01-39 Zhe 01-39 | 中国浙江 Zhejiang China | Breeding line | 2.82 | 7.06 | 18.56 | 16.73 | 16.42 | 14.28 | 16.70 |
| 早熟 3 号 Zaoshu 3 | 中国浙江 Zhejiang China | Cultivar | 1.72 | 7.08 | 17.77 | 14.17 | 14.57 | 14.13 | 14.86 |
| 浙 01-40 Zhe 01-40 | 中国浙江 Zhejiang China | Breeding line | 2.75 | 7.25 | 20.91 | 17.24 | 18.05 | 16.12 | 17.71 |
| 浙 01-3 Zhe 01-3 | 中国浙江 Zhejiang China | Breeding line | 3.79 | 8.81 | 17.50 | 17.55 | 18.86 | 14.50 | 16.67 |
| 浙 98-26 Zhe 98-26 | 中国浙江 Zhejiang China | Breeding line | 3.03 | 7.48 | 17.65 | 16.38 | 17.28 | 14.60 | 15.82 |
| 浙 99-14 Zhe 99-14 | 中国浙江 Zhejiang China | Breeding line | 3.25 | 7.75 | 18.72 | 15.69 | 18.03 | 14.52 | 16.04 |
| 秀 79-2(429) Xiu 79-2(429) | 中国浙江 Zhejiang China | Breeding line | 0.70 | 7.43 | 17.73 | 14.91 | 15.69 | 13.35 | 14.85 |
| 科品 4 号 Kepin 4 | 中国浙江 Zhejiang China | Cultivar | 1.89 | 7.30 | 17.08 | 13.57 | 14.03 | 13.22 | 16.86 |
| 浙大 9 号 Zheda 9 | 中国浙江 Zhejiang China | Cultivar | 2.75 | 7.58 | 19.51 | 16.74 | 17.80 | 14.22 | 17.36 |
| 浙大 96-6 Zheda 96-6 | 中国浙江 Zhejiang China | Breeding line | 0.35 | 0.12 | 19.81 | 17.27 | 18.22 | 15.98 | 19.64 |
| 浙 35-21 Zhe 35-21 | 中国浙江 Zhejiang China | Breeding line | 2.10 | 8.80 | 20.27 | 17.05 | 19.00 | 14.82 | 19.06 |
| 余姚向天 2 棱 Yuyaoxiangtian 2 leng | 中国浙江 Zhejiang China | Landrace | 1.90 | 8.13 | 20.91 | 17.29 | 18.96 | 14.77 | 17.90 |

2 结果与分析

2.1 大麦籽粒蛋白质含量的差异性

不同试点 334 份大麦材料籽粒蛋白含量如表 1 和表 2 所示,6 个试点大麦籽粒蛋白含量平均值变化范围为 10.75%~16.28%,同一试点籽粒蛋白含量在参试品种(系)间均存在较大的差异,不同点参试品种(系)籽粒大麦含量的变异系数不相同,最高为 12.83%,最低为 8.88%。方差分析结果(表 3)显示,大麦籽粒蛋白质含量在品种(系)间、试点间及品种(系)与试点互作间的差异均达极显著水平,说明大麦籽粒蛋白质含量既受遗传因素控制,也受生态条件影响。

由表 4 可知,6 个试点籽粒蛋白质含量的遗传

表 2 不同试点大麦籽粒蛋白质含量

| 试点 Site | 最小值 Min./% | 最大值 Max./% | 平均值 Mean/% | 标准差 SD | 变异系数 CV/% |
|---------|------------|------------|------------|--------|-----------|
| E2201 | 8.22 | 15.25 | 10.75e | 1.30 | 12.09 |
| E2202 | 12.55 | 21.04 | 16.28a | 1.79 | 11.02 |
| E2203 | 10.45 | 18.95 | 14.72c | 1.89 | 12.83 |
| E2204 | 11.10 | 19.60 | 15.46b | 1.72 | 11.14 |
| E2301 | 8.98 | 14.39 | 11.23d | 1.07 | 9.53 |
| E2302 | 11.21 | 18.92 | 14.56c | 1.29 | 8.88 |

同列不同小写字母代表试点不同下 0.05 水平差异显著。

Different lowercase letters in the same rows represent significant differences between different sites at 0.05 level.

表 3 大麦籽粒蛋白质含量的方差分析(F 值)

| 变异来源 Variation source | 自由度 df | 蛋白含量 Grain protein content |
|-----------------------|--------|----------------------------|
| 品种 Variety | 333 | 10.605** |
| 试点 Site | 5 | 1 837.574** |
| 品种×试点 Variety×Site | 1 651 | 2.162** |

* : $P < 0.05$; ** : $P < 0.01$ 。下同。The same in belows.

多样性指数都比较相近,多样性指数高,说明该群体的遗传多样性丰富。从大麦籽粒蛋白质含量各等级频次分布图(图 1)可知,6 个试点籽粒蛋白质含量平均值虽存在较大的差异,但从群体籽粒蛋白质含量分布来看,各试点籽粒蛋白质含量均集中分布在 3~8 级范围内,均近似于正态分布,说明该群的遗传多样性丰富且相对稳定。

2.2 不同试点大麦籽粒蛋白质含量的相关性

由表 5 可知,籽粒蛋白质含量在不同试点间的相关性均达到极显著水平,其相关系数的变化范围为 0.389~0.820。除 E2302 与其他 5 个试点间的相关系数较小外,其余试点间的相关系数均在 0.600 以上,说明参试品种(系)籽粒蛋白质含量在不同试点的差异比较一致。

表 4 不同试点大麦籽粒蛋白质含量的遗传多样性指数

| 试点 Site | H' |
|---------|------|
| E2201 | 2.06 |
| E2202 | 2.09 |
| E2203 | 2.07 |
| E2204 | 2.10 |
| E2301 | 2.06 |
| E2302 | 2.06 |
| 均值 Mean | 2.07 |

表 5 不同试点间籽粒蛋白质含量相关性

| 试点 Site | E2201 | E2202 | E2203 | E2204 | E2301 | E2302 |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| E2201 | 1 | | | | | |
| E2202 | 0.614** | 1 | | | | |
| E2203 | 0.710** | 0.735** | 1 | | | |
| E2204 | 0.711** | 0.789** | 0.820** | 1 | | |
| E2301 | 0.628** | 0.618** | 0.629** | 0.678** | 1 | |
| E2302 | 0.389** | 0.473** | 0.407** | 0.488** | 0.478** | 1 |

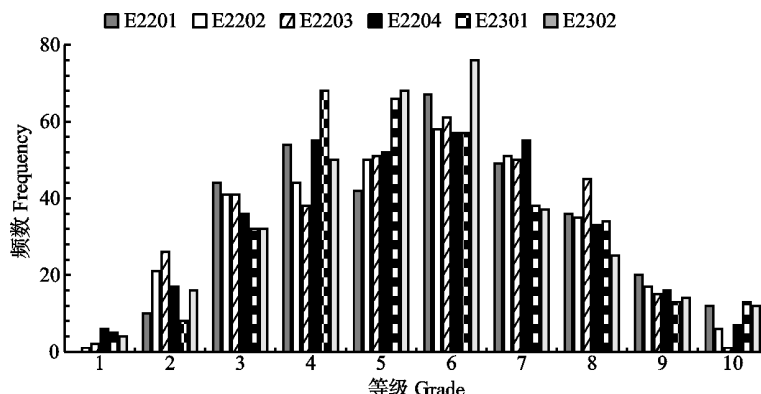


图 1 大麦籽粒蛋白质含量的等级频次分布

Fig. 1 Frequency distribution of barley grain protein content by grade

2.3 大麦籽粒蛋白质含量稳定性分析

利用 AMMI 模型对 334 份品种(系)与环境之间的交互作用中的主成分的显著性进行 F 值检验,结果如表 6 所示,4 个籽粒蛋白质含量的交互乘积项(交互主成分)均达到极显著水平,累计贡献率达到 91.10%。由图 2 可知不同试点对籽粒蛋白质含量的判别能力存在一定差异,其中 E2302 对品种(系)籽粒蛋白含量稳定性的判别能力最强。

根据图 3 显示,多数参试品种(系)籽粒蛋白质含量的稳定性 D_i 值集中处于 2 附近,其稳定性处于中等水平;部分品种(系)的 D_i 值接近于 0,其籽粒蛋白质含量比较稳定,部分品种(系)的 D_i 值很大,其籽粒蛋白质含量极不稳定。

如表 7 所示,根据显著 IPCA 得分计算大麦籽粒蛋白质含量的稳定性参数 D_i 。川 52209、

Nasonijo、扬选 18 号、苏农 14、区 146V025W、红 08-718、浙大 96-6、9919(中国新疆)、如东 6109、2004-日引 1 号、K94294、蒲麦 1 号等品种(系)的籽粒蛋白质含量的 D_i 值小,稳定性较好。

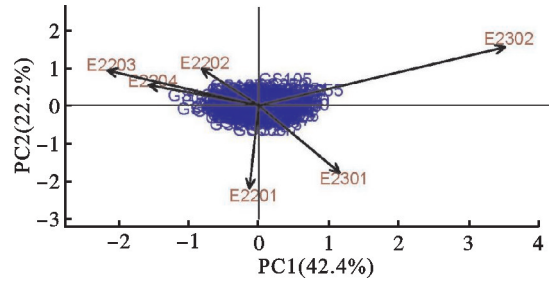


图 2 大麦籽粒蛋白质含量双标图

Fig. 2 Double-plotted plot of barley grain protein content

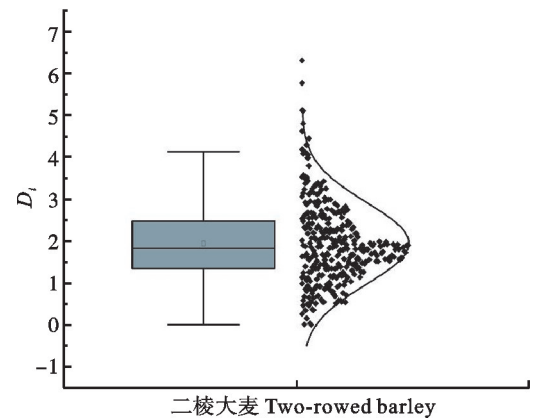


图 3 大麦籽粒蛋白质含量的稳定性

Fig. 3 Stability of protein content in barley grains

表 6 大麦籽粒蛋白质含量的 AMMI 模型分析 (F 值)
Table 6 AMMI model analysis of barley grain protein content (F value)

| 交互主成分 IPCA | 自由度 df | 籽粒蛋白质含量 Grain protein content |
|---|--------|----------------------------------|
| IPC1 | 337 | 3.87 ** |
| IPC2 | 335 | 2.04 ** |
| IPC3 | 333 | 1.28 ** |
| IPC4 | 331 | 1.18 ** |
| 累计贡献率 Cumulative contribution rate/% | | 91.10 |

表 7 部分品种(系)的 D_i 值及籽粒蛋白质含量
Table 7 D_i value and grain protein content of some varieties (lines)

| 品种(系) Variety(lines) | 来源 Source | 类型 Type | D_i | 蛋白质含量 Grain protein content/% |
|----------------------------------|---------------------------|---------------|-------|----------------------------------|
| 川 52209 Chuan 52209 | 中国四川 Sichuan, China | Breeding line | 0.00 | 13.13 |
| Nasonijo | 日本 Japan | Cultivar | 0.01 | 13.15 |
| 扬选 18 号 Yangxuan 18 | 中国江苏 Jiangsu, China | Breeding line | 0.03 | 14.54 |
| 苏农 14 Sunong 14 | 中国江苏 Jiangsu, China | Breeding line | 0.15 | 13.84 |
| 区 146V025W Qu 146V025W | 美国 United States | Breeding line | 0.26 | 12.39 |
| 红 08-718 Hong 08-718 | 中国黑龙江 Heilongjiang, China | Breeding line | 0.34 | 12.84 |
| 浙大 96-6 Zheda 96-6 | 中国浙江 Zhejiang, China | Breeding line | 0.35 | 15.17 |
| 9919(中国新疆) 9919(Xinjiang, China) | 中国新疆 Xinjiang, China | Landrace | 0.37 | 11.66 |
| 如东 6109 Rudong 6109 | 中国江苏 Jiangsu, China | Cultivar | 0.46 | 14.47 |
| 2004-日引 1 号 2004-riyin 1 | 日本 Japan | Breeding line | 0.46 | 13.74 |
| K94294 | 中国江苏 Jiangsu, China | Breeding line | 0.49 | 14.35 |
| 蒲麦 1 号 Pumai 1 | 中国福建 Fujian, China | Cultivar | 0.50 | 14.56 |
| 浙皮 9 号 Zhepi 9 | 中国浙江 Zhejiang, China | Cultivar | 0.51 | 15.18 |
| 浙 96-30 Zhe 96-30 | 中国浙江 Zhejiang, China | Breeding line | 0.53 | 14.49 |
| 华 8 Hua 8 | 中国湖北 Hubei, China | Cultivar | 0.54 | 16.05 |
| 2004-日引 3 号 2004-riyin 3 | 日本 Japan | Breeding line | 0.54 | 11.42 |
| 华 6 Hua 6 | 中国湖北 Hubei, China | Cultivar | 0.55 | 13.46 |
| 浙 08-192 Zhe 08-192 | 中国浙江 Zhejiang, China | Breeding line | 0.55 | 13.62 |
| 萧山立夏黄 Xiaoshanlixiahuang | 中国浙江 Zhejiang, China | Landrace | 0.58 | 14.11 |
| 美 18/I (132) Mei 18/I (132) | 美国 United States | Breeding line | 0.58 | 13.17 |

3 讨论

大麦籽粒蛋白质含量是决定大麦籽粒专用品质的重要指标之一。卢广等^[22]研究表明,野生大麦品种的籽粒蛋白质含量显著高于栽培大麦品种,且其籽粒蛋白质含量的变异系数高于栽培大麦品种,其遗传多样性更丰富。中国大麦种质资源以六棱地方品种为主,马得全等^[23]分析了865份中国野生大麦的籽粒蛋白质含量,其变化范围为7.8%~17.43%,陆炜等^[24]对295份大麦籽粒蛋白质含量进行分析,其变化范围为5.6%~19.3%。目前生产应用的啤酒大麦以二棱皮大麦为主,但不同品种的啤酒品质差异较大,籽粒蛋白质含量是影响二棱皮大麦专用性的重要指标。为推进二棱皮大麦专用性品种的选育,本研究测定分析了334份来源不同的二棱大麦品种(系)不同试点的籽粒蛋白质含量,认为二棱大麦品种(系)间籽粒蛋白质含量存在显著差异,这与王礼焦等^[25]的研究结果一致。不同试点间的籽粒蛋白质含量平均值存在显著性差异。环境与品种(系)间存在显著交互作用,这与陈晓东等^[26]的研究结果一致。这表明二棱大麦籽粒蛋白质含量受到遗传因素和环境因素的共同影响。生态条件对大麦籽粒蛋白质含量有很大的影响^[14],不同试点之间因为降水含量不同籽粒蛋白质含量存在差异。汪军妹等^[27]的研究表明,在大麦生育后期,降雨量越多,籽粒蛋白质含量越低;籽粒蛋白质含量与日平均气温和月平均日照时数呈正相关。王爽等^[28]研究认为,施氮量在灌浆后期显著影响籽粒蛋白质含量,施氮量与籽粒蛋白质含量呈正相关。筛选出在不同生态条件下籽粒蛋白质含量相对稳定的品种,可以为不同用途的大麦新品种选育提供优质的遗传资源。

吴为人^[29]、张译等^[30]提出的一种基于主效基因可加互作可乘(AMMI)模型广泛应用于水稻^[31]、小麦^[32]、玉米^[33]、大麦^[34-35]及其他作物^[36-37]的品种稳定性分析。大麦籽粒蛋白质含量是数量基因控制的性状,存在显著的加性效应和互作效应^[38]以及细胞质效应^[39]。本研究发现,334份大麦品种(系)籽粒蛋白质含量的平均值在不同试点间存在显著的差异,但同一试点的籽粒蛋白质含量在群体内变化及变异系数基本相对一致,籽粒蛋白质含量等级主要分布在3~8级之间,且分布频次相近,说明大麦籽粒蛋白质含量主

要受遗传差异影响,环境条件对大麦籽粒蛋白质含量的影响相对较小。

根据优质啤酒大麦国家标准^[40],将籽粒蛋白质含量小于12.5%的品种划为低蛋白质含量类型,将籽粒蛋白质含量高于13.5%的品种划为高蛋白质含量类型,介于中间含量的品种划为蛋白质含量中等类型。本研究将不同环境下籽粒蛋白质含量进行BLUPs值计算,结合 D_i 值对品种(系)进行筛选,其中川52209和Nasonijo为籽粒蛋白质含量中等的品种(系),其在不同环境下的平均籽粒蛋白质含量分别为13.13%和13.15%;浙大96-6和华8为籽粒蛋白质含量高且稳定性好的品种(系),其在不同环境下的平均籽粒蛋白质含量分别为15.17%和16.05%,优质饲料品种扬饲麦3号^[41]在不同环境下的平均籽粒蛋白质含量为14.71%,均低于筛选出的品种(系),故浙大96-6和华8可作为高蛋白食用或饲用大麦品种选育的遗传资源;区146V025W和9919(中国新疆)为籽粒蛋白质含量低且稳定的品种(系),在不同环境下的平均籽粒蛋白质含量分别为12.39%和11.69%,优质啤酒大麦扬农啤7号^[42]在不同环境下的平均籽粒蛋白质含量为14.11%,高于筛选出的两个品种(系)的籽粒蛋白质含量,因此,区146V025W和9919(中国新疆)可以作为优质啤酒大麦品种选育的有利遗传资源。

参考文献:

- [1]张琳. 中国大麦供给需求研究[D]. 北京:中国农业科学院, 2014.
ZHANG L. Study on the supply and demand of barley in China [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2014.
- [2]董文斌. 大麦品质性状的差异性及籽粒品质与麦芽品质的相关性分析[D]. 扬州:扬州大学, 2018.
DONG W B. Difference of barley quality traits and correlation analysis between grain quality and malt quality [D]. Yangzhou: Yangzhou University, 2018.
- [3]FRIEDMAN M. Nutritional value of proteins from different food sources: A review [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1996, 44(1): 6.
- [4]赵海鹏. 大麦籽粒蛋白质含量 $QGpc$. $ZiSc-2H$ 位点的精细定位研究[D]. 兰州:甘肃农业大学, 2020.
ZHAO H P. Fine mapping of $QGpc$. $ZiSc-2H$ locus of protein content in barley grains [D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2020.
- [5]DE RON A. Grain legumes (handbook of plant breeding 10) [M] Series: Handbook on Plant Breeding. New York, Dordrecht, 2015.

- [6] BEECHER B, SMIDANSKY E D, SEE D, *et al.* Mapping and sequence analysis of barley hordoinolines [J]. *Theoretical and Applied Genetics*, 2001, 102(6): 833.
- [7] 陈明贤, 张国平. 全球大麦发展现状与中国大麦产业发展分析[J]. 大麦与谷类科学, 2010, 27(4): 1.
CHEN M X, ZHANG G P. The status of global barley development and analysis of barley industrialization in China [J]. *Barley and Cereal Sciences*, 2010, 27(4): 1.
- [8] 卢良恕. 中国大麦学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996.
LU L S. *China barley science* [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1996.
- [9] 樊超凤. 大麦籽粒蛋白质含量 QTL 定位与候选基因克隆[D]. 北京: 中国农业大学, 2018.
FAN C F. QTL Mapping of protein content in barley grain and cloning of candidate genes [D]. Beijing: China Agricultural University, 2018.
- [10] 黄志仁, 周美学, 黄友圣. 大麦籽粒蛋白质含量的配合力研究[J]. 遗传学报, 1991, 18(3): 263.
HUANG Z R, ZHOU M X, HUANG Y S. Combining ability analysis for protein content in barley grain [J]. *Acta Genetica Sinica*, 1991, 18(3): 263.
- [11] 张宇, 司二静, 孟亚雄, 等. 不同来源大麦材料的农艺性状和籽粒蛋白质含量及群体遗传结构分析[J]. 麦类作物学报, 2015, 35(7): 940.
ZHANG Y, SI E J, MENG Y X, *et al.* Analysis on agronomic traits, grain protein content and population structure of barley germplasm from different geographical origins [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2015, 35(7): 940.
- [12] 高文翔, 黄志仁. 大麦籽粒主要营养品质性状的遗传研究[C]. 中国大麦文集第三集, 中国农业科技出版社, 1992: 84.
GAO W X, HUANG Z R. Genetic study of the main nutritional quality traits of barley grains [C]. The third collection of Chinese barley anthology, China Agricultural Science and Technology Press, 1992: 84.
- [13] 靳正忠. 大麦籽粒蛋白质及其组分含量的基因型与环境效应研究[D]. 石河子: 石河子大学, 2005.
JIN Z Z. Genotype and environmental effects of protein and its components in barley grains [D]. Shihezi: Shihezi University, 2005.
- [14] 吕超, 张新忠, 金能, 等. 环境对大麦籽粒啤酒用品质性状的影响[J]. 浙江农业学报, 2010, 22(5): 644.
LÜ C, ZHANG X Z, JIN N, *et al.* Effects of environment on grain characters related with malting quality of barley [J]. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 2010, 22(5): 644.
- [15] 吕潇, 林澄菲, 杨铮, 等. 中国大麦品种资源蛋白质含量的生态分析[C]. 中国大麦文集第三集, 中国农业科技出版社, 1992: 42.
LÜ X, LIN C F, YANG Z, *et al.* Ecological analysis of protein content of barley varieties in China [C]. The Third Collection of Chinese Barley Writings, China Agricultural Science and Technology Press, 1992: 42.
- [16] 沈会权, 陈晓静, 陈和, 等. 氮肥用量及运筹对不同啤酒大麦产量和啤酒品质的影响[J]. 大麦与谷类科学, 2008(2): 29.
SHEN H Q, CHEN X J, CHEN H, *et al.* Effect of N-fertilizer dosage and application on yield and quality of different malting barley [J]. *Barley and Cereal Sciences*, 2008(2): 29.
- [17] 张雪峰, 靳正忠, 齐军仓, 等. 播期对大麦籽粒蛋白质及其组分含量的影响[J]. 种子, 2010, 29(7): 12.
ZHANG X F, JIN Z Z, QI J C, *et al.* Effects of sowing date on protein and its components contents in barley grain [J]. *Seed*, 2010, 29(7): 12.
- [18] JARADAT A A. Grain protein variability among populations of wild barley (*Hordeum spontaneum* C. Koch.) from Jordan [J]. *Theoretical and Applied Genetics*, 1991, 83(2): 164.
- [19] 巨苗苗, 费希同, 林源, 等. 不同种源大麦籽粒功能成分及蛋白质含量变异分析[J]. 安徽农学通报, 2014, 20(17): 39.
JU M M, FEI X T, LIN Y, *et al.* Variation analysis of functional components and protein content in barley seeds from different provenances [J]. *Anhui Agricultural Science Bulletin*, 2014, 20(17): 39.
- [20] 郭辉, 陈灿, 张宗琼, 等. 广西药用野生稻重要农艺性状遗传多样性分析[J]. 热带作物学报, 2024, 45(5): 906.
GUO H, CHEN C, ZHANG Z Q, *et al.* Genetic diversity analysis of important agronomic characters of *Oryza officinalis* wall ex G. watt from Guangxi, China [J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2024, 45(5): 906.
- [21] 洪益, 朱娟, 于国琦, 等. 大麦籽粒大小的遗传多样性与稳定性评价[J]. 麦类作物学报, 2022, 42(1): 68.
HONG Y, ZHU J, YU G Q, *et al.* Evaluation on genetic diversity and stability of barley grain size [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2022, 42(1): 68.
- [22] 卢广, 周羽, 沈辉, 等. 野生大麦和栽培大麦籽粒性状及蛋白质含量的多样性分析[J]. 华中农业大学学报, 2021, 40(3): 113.
LU G, ZHOU Y, SHEN H, *et al.* Diversity of kernel traits and grain protein content of wild and cultivated barley [J]. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 2021, 40(3): 113.
- [23] 马得全, 李雁勤. 中国野生大麦蛋白质和淀粉含量研究[C]. 中国大麦文集第三集, 中国农业科技出版社, 1992: 11.
MA D Q, LI Y Q. Study on protein and starch content of wild barley in China [C]. The third collection of Chinese barley anthologies, China Agricultural Science and Technology Press, 1992: 11.
- [24] 陆炜, 孙立军, 张京, 等. 我国大麦品种蛋白质、赖氨酸、淀粉含量[C]. 中国大麦文集第二集, 中国农业科技出版社, 1991: 37.
LU W, SUN L J, ZHANG J, *et al.* Protein, lysine and starch contents of barley varieties in China [C]. China Barley Anthology, China Agricultural Science and Technology Press, 1991: 37.
- [25] 王礼焦, 徐大勇. 啤酒大麦品种资源酿造品质特性鉴定结果

- 及评价[J]. 大麦科学, 1999, 16(3): 14.
- WANG L J, XU D Y. Identification results and evaluation of brewing quality characteristics of beer barley variety resources [J]. *Barley Science*, 1999, 16(3): 14.
- [26] 陈晓东, 赵斌, 季昌好, 等. 不同地理来源大麦种质蛋白质含量分析[J]. 中国农学通报, 2013, 29(3): 76.
- CHEN X D, ZHAO B, JI C H, *et al.* Analysis of protein content of barley germplasm from different geographical origins [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2013, 29(3): 76.
- [27] 汪军妹, 张国平. 大麦籽粒蛋白质含量的研究进展[J]. 大麦科学, 1999, 16(3): 9.
- WANG J M, ZHANG G P. Advance in studies on grain protein content in barley [J]. *Barley Science*, 1999, 16(3): 9.
- [28] 王爽, 李赢, 吕超, 等. 施氮量和密度对大麦籽粒蛋白质含量及组分的影响[J]. 分子植物育种, 2019, 17(11): 3788.
- WANG S, LI Y, LÜ C, *et al.* Effects of nitrogen fertilizer and density on protein accumulation and content of barley grain (*Hordeum vulgare* L.) [J]. *Molecular Plant Breeding*, 2019, 17(11): 3788.
- [29] 吴为人. 对基于 AMMI 模型的品种稳定性分析方法的一点改进[J]. 遗传, 2000, 22(1): 31.
- WU W R. An improvement on the method of variety stability analysis based on the AMMI model [J]. *Hereditas (Beijing)*, 2000, 22(1): 31.
- [30] 张泽, 鲁成, 向仲怀. 基于 AMMI 模型的品种稳定性分析[J]. 作物学报, 1998, 24(3): 304.
- ZHANG Z, LU C, XIANG Z H. Analysis of variety stability based on AMMI model [J]. *Acta Agronomica Sinica*, 1998, 24(3): 304.
- [31] 曹元元, 丁逸帆, 左示敏, 等. 基于 GGE 双标图和 AMMI 模型对江苏省水稻区试品种的丰产性和稳定性分析[J]. 种子, 2021, 40(6): 38.
- CAO Y Y, DING Y F, ZUO S M, *et al.* Analysis of yielding ability and stability of rice varieties tested in Jiangsu Province based on GGE biplot and AMMI model [J]. *Seed*, 2021, 40(6): 38.
- [32] 乔祥梅, 黄锦, 程加省, 等. 利用 AMMI 模型分析旱地小麦新品种云麦 70 的稳定性及适应性[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(34): 38.
- QIAO X M, HUANG J, CHENG I, *et al.* Application of AMMI model analysis stability and adaptability of dryland new wheat variety Yunmai 70 [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2015, 43(34): 38.
- [33] 张泽志, 舒忠泽, 唐光顺, 等. 基于 AMMI 模型的玉米新品种稳定性和适应性分析[J]. 耕作与栽培, 2021, 41(6): 69.
- ZHANG Z Z, SHU Z Z, TANG G S, *et al.* Analysis of stability and adaptability of new corn varieties based on AMMI model [J]. *Tillage and Cultivation*, 2021, 41(6): 69.
- [34] 颜昌兰, 白文琴, 鄂超, 等. 青稞品种稳定性及适应性的 AMMI 模型分析[J]. 干旱地区农业研究, 2016, 34(2): 157.
- YAN C L, BAI W Q, GUO C, *et al.* AMMI model analysis on the stability and adaptability of highland barley variety [J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2016, 34(2): 157.
- [35] 李诚, 艾尼瓦尔, 李兰珍, 等. AMMI 模型对啤酒大麦品种稳定性的分析[J]. 种子, 2005, 24(10): 73.
- LI C, AINI W E, LI L Z, *et al.* Analysis of stability of malting barley varieties by AMMI model [J]. *Seed*, 2005, 24(10): 73.
- [36] 董晓月, 荆建国, 聂红民, 等. 基于 AMMI 模型的花生品种产量稳定性及试点代表性分析[J]. 辽宁农业科学, 2022(6): 1.
- DONG X Y, JING J G, NIE H M, *et al.* Analysis of yield stability and site discriminability of the peanut cultivars based on AMMI model [J]. *Liaoning Agricultural Sciences*, 2022(6): 1.
- [37] 董云, 王毅, 漆燕玲, 等. 应用 AMMI 模型分析评判甘肃省春油菜区试品种的稳定性和适应性[J]. 西北农业学报, 2010, 19(7): 74.
- DONG Y, WANG Y, QI Y L, *et al.* Application of AMMI model to analysis stability and adaptability of spring rape in variety regional trial of Gansu Province [J]. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica*, 2010, 19(7): 74.
- [38] 孙东发, 徐廷文, 刘熔山, 等. 大麦籽粒蛋白质含量的若干遗传特性分析[J]. 大麦科学, 1990, 7(1): 4.
- SUN D F, XU T W, LIU R S, *et al.* Analysis for some genetic qualities of grain protein content in barley [J]. *Barley Science*, 1990, 7(1): 4.
- [39] 任喜峰, 孙东发. 大麦杂交组合蛋白质及部分农艺性状的遗传分析[J]. 湖北农业科学, 2008, 47(4): 397.
- REN X F, SUN D F. Genetic analysis of protein content and some agronomic traits in annual wild barley from Qing-Tibetan Plateau [J]. *Hubei Agricultural Sciences*, 2008, 47(4): 397.
- [40] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 中华人民共和国国家标准: GB/T 7416-2008, 啤酒大麦[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. National Standard of the People's Republic of China: GB/T 7416-2008, malting barley [S]. Beijing: Standards Press of China, 2008.
- [41] 许如根, 吕超, 黄志仁. 大麦新品种扬饲麦 3 号的选育[J]. 大麦科学, 2002, (3): 38.
- XU R G, LÜ C, HUANG Z R. Breeding of new barley variety Yangjimai No. 3 [J]. *Barley Science*, 2002, (3): 38.
- [42] 许如根, 吕超, 汤在祥, 等. 优质高产啤酒大麦新品种扬农啤 7 号的特征特性及选育过程[J]. 大麦与谷类科学, 2010, 27(2): 54.
- XU R G, LÜ C, TANG Z X, *et al.* The breeding and characters of new malting barley variety with high yield and quality [J]. *Barley and Cereal Sciences*, 2010, 27(2): 54.