

大麦引进种质资源表型的多样性与模糊聚类分析

解松峰^{1,4}, 欧行奇⁵, 张百忍⁴, 聂小军¹, 杜向红^{1,2}, 张宝军¹, 宋卫宁^{1,2,3}

(1. 西北农林科技大学 农学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 国家小麦改良中心杨凌分中心, 陕西 杨凌 712100;

3. 陕西省农业分子生物学重点实验室, 陕西 杨凌 712100; 4. 陕西省安康市农业科学研究所, 陕西 安康 725021;

5. 河南科技学院, 河南 新乡 453003)

摘要: 为了筛选优良大麦种质资源用于贫瘠化土壤开发及干旱与半干旱地区农业改良与建设, 采用主成分分析(Principal Components Analysis, PCA)和模糊聚类(Fuzzy Clustering, FC)分析方法对107份引进不同地区大麦品种(系)进行了农艺性状考察与评价, 并对各性状进行了相关分析, 比较它们的生长特点及在陕西地区的生长表现, 对其适应性进行评价比较。主成分分析结果表明: 5个综合主成分可代表大麦12个表型变量91.0268的原始数据信息量。利用模糊隶属函数度量D值进行WPGMA聚类, 可将107份材料划分为4类, 聚类结果可以较好地反映这些引进种质资源的选育和分布区域特点, 其中野生群体综合表现较好, 在品种的选育上有很高的利用价值; 通过主成分分析, 将相关性强的多个性状重新转化成几个新的独立并且有较强代表性的综合变量(性状), 结合模糊聚类的方法进行大麦表型的综合评价, 可以较好地揭示大麦品种(系)内和品种(系)间以及群体间的关系。

关键词: 大麦种质; 农艺性状; 主成分分析; 模糊聚类; 综合分析

中图分类号: S512.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2010)05-0005-10

大麦属于禾本科、小麦族、大麦属, 其中有31种, 普通大麦种是与小麦、燕麦和黑麦同属的麦类作物^[1]。它广泛分布在全世界^[2]。大麦作为啤酒工业的重要原料、畜牧的优质饲料和高原山地居民的主粮, 其加工品质及营养价值正日益受到重视, 栽培大麦的祖先是野生大麦, 而野生大麦在21世纪又将是一个新的基因资源^[3]。科学家在厄立特里亚新发现了一种具有令人惊讶的高度遗传多样性的大麦, 这可能有助于他们尝试培育出抗旱和抗病的大麦品种。但是科学家们也警告说, 如果厄立特里亚的种子保护措施不加以改善, 这一资源可能消失^[4]。野生二棱大麦除与作物混合生长在农田中外, 在耕地外的荒土上也有生长, 但是这样的群落不稳定。由于野生大麦是春性, 一年生, 种子在土壤里越冬, 翌年春季发芽生长, 它在荒土上的群落, 随时可能被消灭^[5], 而长期以来野生大麦群体对环境的适应被认为是一种特殊的遗传机制^[6], 而且野生大麦和其它作物没有杂交障碍^[7]。

在大麦栽培和野生种间有明显的表型差异, 从形态及品质特性上看有许多品种(系)非常适合于做亲本, 可以利用野生大麦抗病性强的特点将其作为大麦抗病育种的珍贵的原始材料, 进行亲本选配,

通过常规育种的方法可以将有用的野生种性状获得转移, 丰富了育种素材。本文就国外广泛采用的品种资源农艺性状进行主成分分析及聚类分析, 旨在了解品种资源的遗传差异性, 为亲本选配提供依据。

大麦种质资源的研究是一项基础性工作, 新品种的选育及其生产的发展, 很大程度上取决于对优异资源的占有量和对研究的深度, 对大麦种质资源的鉴定评价是为了更好地开发利用它们, 以发挥更大的作用, 尤其对优异大麦种质的正确评价, 深入了解, 无疑会大大加快育种进程。在植物育种改良和良种繁育中所遇到的主要性状多为数量性状, 而选择较好的目标性状往往会事半功倍, 单一指标不能可靠地反映特定品种或基因型的遗传本质, 一些学者在作物种质鉴定上提出采用总级别值法(同一品种各指标级别值相加)和隶属函数法等方法^[8]。但这些研究的评价指标较多, 由于基因多效和遗传连锁, 选择的多个数量性状间又有较强的相关性。故仅用简单的总级别值法和隶属函数法来对作物抗逆性进行评价则存在一定的局限性^[9]。在利用多个指标进行综合评判时, 各指标权重的确定常常受到研究者主观意志的影响, 从而造成研究结果的不一

收稿日期: 2010-03-10

基金项目: 教育部科技创新工程重大项目培育资金项目资助(707054); 高等学校学科创新引智计划资助(111-2-16); 国家“十一五”“863”计划-现代节水农业技术系统集成应用(2006AA100223); 陕北地区燕麦种植与利用示范(XTG-2009-29)

作者简介: 解松峰(1983-), 男, 河南虞城人, 硕士研究生, 主要从事作物遗传育种研究。E-mail: xiesongfeng123@yahoo.com.cn。

通讯作者: 宋卫宁(1958-), 教授, 博士生导师, 主要从事作物基因组学及遗传育种研究。E-mail: sweining2002@yahoo.com。

致。主成分分析可以准确地确定各指标权重,进而找出数目较少且能控制所有变量的主成分^[10],将多个变量通过线性变换以选出较少个数重要新变量,而且这些新变量在反映课题的信息方面尽可能保持原有的信息。本研究通过主成分分析从多个存在一定相关关系的变量中选出几个新的综合变量,后者可反映原有多个变量所提供的主要信息和原变量间的线性关系,不仅可使数据结构简化,而且使各主成分间相互独立。并以各贡献率为权重,结合隶属函数分析,求得各品系的综合评价值,在此基础上引进了聚类方法在各主成分组成的空间中进行分类,其结果能较好地反映各基因型对杨凌地区的适应能力。另外从群体的角度分析大麦种质资源表型的多样性。

1 材料与方法

1.1 试验材料

引进不同大麦种质资源,其中大麦品种 18 个(欧洲);DH 系 27 份(美国);野生群体 TBBS 20 份(以色列)、Karak 2 Mutah HS 21 份(约旦)、Karak 2 Mutah HS 17 份(约旦),共 107 份。

1.2 测定的性状与方法

试验于 2008~2009 年在陕西杨凌西北农林科技大学农一站进行,材料按引进序号数据随机排列种植,田间管理同大田。每个材料种 4 行,行长 1.5 m,行距 30 cm,每行种 40 粒,播深 3~5 cm。于 2008 年 10 月 15 日播种,收获以正常成熟为准,2009 年 5 月~6 月收获。4 月~5 月进行田间调查,调查时同一品种(系)内随机取样,测量的农艺性状有株高、穗长、芒长、穗下节间长度、叶长、叶宽、叶面积、分蘖数、有效分蘖、主穗小穗数、主穗穗粒数、和千粒重,每个品种(系)选 10 株,取平均值。2009 年 6 月收获后采用《大麦种质资源描述规范和数据标准》^[11]中的调查方法与记载标准,每个品种(系)随机调查 5~10 株,进行室内考种,对主穗小穗数、主穗穗粒数、和千粒重农艺性状进行调查。

1.3 数据分析

作简单相关计算并检验;主成分表示相关性性状有优势,对相关性状进行重新转换,转成几个综合指标。

$$D = \sum_{j=1}^n [\mu(x_j) \times W_j] \quad (1)$$

$$\mu(x_j) = \frac{x_j - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (2)$$

$$W_j = \frac{r_j}{\sum_{j=1}^n |r_j|} \quad (3)$$

式中, D 为各品种(系)在处理条件下用综合指标评价的度量值; $\mu(x_j)$ 为第 j 个综合指标的隶属函数值; W_j 为指标权数,表示第 j 个综合指标在所有综合指标的重要程度; x_j 表示第 j 个指标值; $x_{\min}$ 表示某品种(系)第 j 个综合指标的最小值; $x_{\max}$ 表示第 j 个综合指标的最大值; r_j 为各品种第 j 个综合指标的重要程度(本试验以主成分分析的特征值即贡献率表示)。运用 DPS 数据处理软件(version3.01)的系统聚类法分析各品种的特异性,以欧氏距离作为品种间距离,以类平均法(UPGMA)进行聚类分析^[12]。

2 结果与分析

2.1 大麦种质资源表型的多样性与农艺性状的差异

这些性状是 UPOV 大麦指南中规定的测试性状^[13],也是通常用于区分品种的重要依据。稃型是大麦重要的亚种分类性状。据《大麦种质资源描述规范和数据标准》,三联小穗全部可育结实的为六棱大麦,包括通常所称的四棱大麦和六棱大麦。107 份供试大麦品种(系)中二棱大麦 70 份,六棱大麦 37 份。12 个主要农艺性状的变异范围及稳定性进行比较结果(上表)各性状变异系数从小到大依次为:株高<穗长<千粒重<叶长<芒长<穗下节长<分蘖数<叶宽<有效分蘖数<主穗小穗数<叶面积<主穗穗粒数,可以看出,以株高、穗长、千粒重,叶长和芒长的变异系数较低性状上表现差异不大,说明千粒重、株高、穗长、叶长和芒长的稳定性较好。而其余的各性状如分蘖数有效分蘖、叶宽、穗下节长主穗小穗数和穗粒数变异系数均较大,表明供试材料在这些性状上变异丰富,说明其稳定性差,因此选择时标准应当适当放宽。

2.2 简单相关分析

对 107 个材料每株穗数、穗粒数、千粒重等各 12 个性状间简单的相关系数列于下表个性状间进行简单相关分析,其相关系数列于下表 3。

2.3 主成分分析

对 20 个性状进行主成分分析的结果表明(表 4),根据累积贡献率 $\geq 85.00\%$ 的标准^[14,15],此项试验中有 5 个主成分入选,前 5 个主成分的累积贡献率达 91.0268%,已包含了大部分信息。因此,可用前 5 个主成分对这些品系进行综合评价。

表 1 大麦品种(系)与群体间各性状的平均数、标准差、变异系数差异

Table 1 Various characters on the average, standard deviation, coefficient of variation difference of barley varieties (lines) and groups

品种系 Variety (line) 项目 Item	大麦品种(18个) Barley varieties(18)			大麦 DH 系(28个) Barley DH lines(28)			野生自然群体 TBBS(21份) Wild natural groups TBBS (21)			野生自然群体 Karak 2 Mutah HS(22份) Wild natural groups Karak 2 Mutah HS (22)			野生自然群体 Mazeh Thahabiah HS(18份) Wild natural groups Mazeh Thahabiah HS(18)		
	Means	S	CV	Means	S	CV	Means	S	CV	Means	S	CV	Means	S	CV
株高 Plant height	93.243	8.721	0.094	99.194	8.943	0.090	109.294	7.042	0.064	109.189	6.195	0.057	110.078	6.890	0.063
穗长 Spike length	8.601	1.502	0.175	7.537	1.367	0.181	10.024	0.575	0.057	7.649	0.656	0.086	8.346	0.674	0.081
芒长 Awn length	9.977	1.628	0.163	10.331	1.447	0.140	17.741	1.412	0.080	12.770	1.437	0.113	15.344	1.365	0.089
穗下节长 Peduncle and extrusion	26.103	5.380	0.206	29.975	3.813	0.127	43.949	5.968	0.136	50.812	3.966	0.078	48.376	4.963	0.103
叶长 Flag leaf length	11.721	2.129	0.182	12.290	1.848	0.150	6.811	1.139	0.167	11.890	1.389	0.117	11.436	2.572	0.225
叶宽 Flag leaf width	1.231	0.570	0.463	1.236	0.156	0.126	0.440	0.085	0.193	0.798	0.262	0.328	0.728	0.216	0.296
叶面积 Flag leaf area	15.142	7.686	0.508	15.596	4.003	0.257	3.090	1.015	0.329	9.785	4.148	0.424	8.778	4.926	0.561
分蘖数 Tiller number	16.840	4.755	0.282	9.445	2.355	0.249	23.889	5.220	0.219	30.515	6.212	0.204	27.019	6.765	0.250
有效分蘖 Ratio of productive tiller	15.271	4.435	0.290	7.810	2.447	0.313	20.238	4.991	0.247	26.833	5.345	0.199	24.519	6.658	0.272
主穗小穗数 Number of main ears and spikelets	41.964	19.374	0.462	63.761	5.727	0.090	20.610	1.214	0.059	18.203	1.684	0.093	20.200	2.016	0.100
主穗穗粒数 Number of kernels per main ear	39.725	18.348	0.462	61.046	5.955	0.098	18.314	1.412	0.077	16.567	1.776	0.107	18.444	2.097	0.114
千粒重 1000-kernel weight	38.262	6.719	0.176	34.333	4.508	0.131	41.533	9.943	0.239	30.891	7.955	0.258	30.611	6.171	0.202

表 2 大麦引进种质各表型性状间的差异

Table 2 Differences of phenotypic characteristics among the germplas introduced barley varieties

项目 Item	株高 Plant height	穗长 Spike length	芒长 Awn length	穗下节长 Peduncle and extrusion	叶长 Flag leaf length	叶宽 Flag leaf width	叶面积 Flag leaf area	分蘖数 Tiller number	有效分蘖 Ratio of productive tiller	主穗小穗数 Number of main ears and spikelets	主穗穗粒数 Number of kernels per main ear	千粒重 1000-kernel weight
平均值 Average	104.061	8.363	13.071	39.446	10.893	0.903	10.723	20.812	18.226	34.930	32.761	35.073
最大值 Maximum	120.667	11.150	20.633	63.150	19.500	3.160	34.580	48.000	46.000	81.400	78.400	55.200
最小值 Minimum	76.192	5.010	5.400	19.800	4.900	0.333	1.657	5.667	3.333	14.000	12.400	16.600
极差 Range	44.474	6.140	15.233	43.350	14.600	2.827	32.923	42.333	42.667	67.400	66.000	38.600
标准差 Standard deviation	10.051	1.386	3.301	10.987	2.742	0.426	6.600	9.494	8.682	20.907	20.447	8.203
变异系数 Variation coefficient	0.097	0.166	0.253	0.279	0.252	0.471	0.616	0.456	0.476	0.599	0.624	0.234
位次 Precedence	1	2	5	6	4	8	11	7	9	10	12	3

表 3 107 个品种(系)12 个性状间的相关系数—性状间的简单相关系数及检验结果

Table 3 Simple correlation coefficients and test results of 107 varieties (lines) in 12 components of characteristics

性状 Characters	株高 Plant height	穗长 Spike length	芒长 Awn length	穗下节长 Peduncle and extrusion	叶长 Flag leaf length	叶宽 Flag leaf width	叶面积 Flag leaf area	分蘖数 Tiller number	有效分蘖 Ratio of productive tiller	主穗 小穗数 Number of main ears and spikelets	主穗 穗粒数 Number of kernels per main ear	千粒重 1000- kernel weight
株高 Plant height	1	0.25 **	0.45 **	0.71 **	-0.08	-0.41 **	-0.30 **	0.42 **	0.42 **	-0.42 **	-0.42 **	-0.02
穗长 Spike length			0.41 **	0.11	-0.33 **	-0.37 **	-0.31 **	0.11	0.1	-0.27 **	-0.27 **	0.34 **
芒长 Awn length				0.59 **	-0.58 **	-0.72 **	-0.69 **	0.48 **	0.46 **	-0.65 **	-0.66 **	0.20 *
穗下节长 Peduncle and extrusion					-0.19 *	-0.53 **	-0.47 **	0.69 **	0.67 **	-0.69 **	-0.70 **	-0.20 *
叶长 Flag leaf length						0.63 **	0.80 **	-0.15	-0.13	0.41 **	0.42 **	-0.18
叶宽 Flag leaf width							0.95 **	-0.51 **	-0.49 **	0.74 **	0.74 **	-0.1
叶面积 Flag leaf area								-0.45 **	-0.42 **	0.69 **	0.70 **	-0.07
分蘖数 Tiller number									0.99 **	-0.77 **	-0.77 **	-0.12
有效分蘖 Ratio of productive tiller										-0.76 **	-0.76 **	-0.14
主穗小穗数 Number of main ears and spikelets											1.00 **	-0.07
主穗穗粒数 Number of kernels per main ear												-0.06
千粒重 1000-kernel weight												1

表 4 各性状主成分的特征向量及贡献率

Table 4 Eigenvectors and percentages of accumulated contribution of principal components

性状 Characters	因子 1 Component 1	因子 2 Component 2	因子 3 Component 3	因子 4 Component 4	因子 5 Component 5
株高 Plant height	0.227	0.1645	0.4554	0.5715 *	-0.2266
穗长 Spike length	0.1473	-0.3594	0.4922	0.0366	0.7633 *
芒长 Awn length	0.3172 *	-0.1921	0.0841	0.1478	-0.1276
穗下节长 Peduncle and extrusion	0.3088	0.2747	0.1177	0.3225 *	-0.1606
叶长 Flag leaf length	-0.2189	0.4462 *	0.3591	-0.1125	0.0146
叶宽 Flag leaf width	-0.3416 *	0.2067	0.1771	-0.102	0.0169
叶面积 Flag leaf area	-0.3259	0.2716	0.3358 *	-0.1025	0.0325
分蘖数 Tiller number	0.3138	0.329 *	0.0202	-0.3039	0.1277
有效分蘖 Ratio of productive tiller	0.3078	0.3453 *	0.0219	-0.3049	0.1413
主穗小穗数 Spikelet number of main ear	-0.3641 *	-0.0669	0.0156	0.2458	0.0363
主穗穗粒数 Number of kernels per main ear	-0.3657 *	-0.0638	0.022	0.236	0.0295
千粒重 1000-kernel weight	0.0205	-0.424	0.5047	-0.4596	-0.5329 *
特征值 Eigenvalue	6.3968	1.9908	1.078	0.8784	0.5792
贡献率(%) Contribution rate	53.3066	16.5899	8.9834	7.3203	4.8266
累计贡献率(%) Accumulated contribution rate	53.3066	69.8964	78.8799	86.2002	91.0268

注: * 表示某指标在各因子中的最大绝对值。Note: * means the biggest absolute value of each index in all factors.

由上表可知,第一主成分的特征值 $\lambda_1 = 6.3968$, 对总遗传贡献率最大,为 53.3066%。对应特征向量中,主穗粒数和小穗数的向量绝对值相对较大,因此把第一主成分成为穗粒因子。第二主成分的特征值 $\lambda_2 = 1.9908$,对总遗传方差贡献率为 8.9834%。对应特征向量中,以叶长值较大,其次是有效分蘖,再次是分蘖数等,而故把第二主成分作为叶长因子,而千粒重、穗长、芒长等则为一定的负值,说明供试材料中,植株叶片长的有效分蘖数较多,随着叶长的增加,有效分蘖数增加,穗下节长、株高也有一定的增加,而千粒重、穗长、芒长有减少的趋势,因此第二主成分较高最好。第三主成分的特征值 $\lambda_3 = 1.078$,对总遗传贡献率达 8.9834%。对应特征向量中,以千粒重的值最大,其次是穗长。因此可把第三主成分称为粒重因子。第四主成分的特征根 $\lambda_4 = 0.8784$,对总遗传贡献率为 7.3203%。在第四主成分的特征向量中,株高值最大,其次是穗下节长。表明供试材料中随着株高的增加,穗下节长小穗、穗粒、芒长、穗长有一定程度的增加,而千粒重分蘖,叶面积有减少的趋势。故称第四主成分为株高因子。第五主成分的特征向量中,穗长的值最大,可把其称为穗长因子。

根据上述分析,入选材料应是第一主成分值适中偏高,第二、三主较高,第四主成分适中偏低,第五主成分适度,即选择千粒重较高,有效穗、成穗率、穗长和分蘖数适中,株高偏低材料。

2.4 农艺性状度量值的模糊聚类

根据材料各性状数据标准化后计算出各品种指标的模糊隶属函数值(公式 2),以第 j 个综合指标在所有综合指标中的重要程度作为权数(公式 3)与之相乘,分品种(系)求和后,即得到度量值(D 值)(公式 1), D 为各品种各性状的隶属函数加权平均值,本研究以各材料的综合评价值(D 值)(表 5),采用类平均法对 107 个大麦材料的特异性进行模糊聚类分析比较,建立品种树状聚类图(图 1)。结果表明,在遗传距离 0.1 水平上可将供试材料划分为四类进行。聚入第一类的有 Steptoe、Morex 等 37 份(I);聚入第二类的包括 Clipper、Plana、Harrington 等 8 份(II);聚入第三类的包括 Tbbs62-73 等 29 份(III);聚入第四类的包括 Tbbs52 等 33 份(IV)。聚类分析结果表明,野生种群可以聚为不同的类型,但不能绝对把各个群体分开,聚在一类的不同野生种质因为有相同或相似的遗传背景;同时由于不同种质间遗传本质并不相同而聚为不同的类型,或许因为取材的地点和跨度不同。利用欧氏矩阵进行聚类分析表明:栽培大麦品种(系)遗传距离最大值是 0.3123,最小值是 0.0002,平均 0.077371;野生大麦群体 TBBS 遗传变幅 0.5445~0.0001,平均 0.10126;野生群体 Karak 遗传变幅 0.5634~0.0001,平均 0.140732;野生群体 Mazeth 变幅是 0.6137~0.0001 平均 0.139171。欧氏距离越大,表明各性状差异越大即是多样性越高,本项研究表明群体内的遗传变异要大于群体间。

表 5 各材料综合指标值、权重、隶属函数值、综合评价值

Table 5 Synthesized index value, weighing, subjection function value, synthesized evaluation value of each material

材料 Material	CI(1)	CI(2)	CI(3)	CI(4)	CI(5)	$\mu(1)$	$\mu(2)$	$\mu(3)$	$\mu(4)$	$\mu(5)$	综合评价值 Synthesized evaluation value
Morex	-0.3980	0.2132	1.4157	0.3226	0.2422	0.2876	0.4810	0.4977	0.7342	0.6429	0.3983
Steptoe	-0.3849	0.3325	1.3113	0.0737	-0.0266	0.2936	0.5703	0.4142	0.5301	0.3583	0.3784
Clipper	0.3962	0.1400	1.0214	-0.5728	0.0018	0.6569	0.4262	0.1824	-0.0000	0.3885	0.5009
Harrington	0.0155	-0.0940	1.4130	-0.1681	0.3323	0.4798	0.2510	0.4956	0.3318	0.7382	0.4415
Schooners	0.0981	-0.1152	1.0813	-0.1250	0.1493	0.5182	0.2351	0.2303	0.3672	0.5445	0.4275
KHEMus	0.1938	0.0175	0.8154	-0.3993	-0.0492	0.5628	0.3345	0.0176	0.1423	0.3344	0.4214
Barbican	-0.7608	0.3612	1.4253	0.2672	0.2130	0.1189	0.5918	0.5054	0.6887	0.6119	0.3152
Grimmett	0.0874	-0.1659	1.0233	-0.2471	-0.1368	0.5133	0.1972	0.1839	0.2670	0.2418	0.3890
KERABya	-0.4110	0.0967	0.9815	0.1119	0.1417	0.2815	0.3938	0.1505	0.5614	0.5364	0.3251
KoRv	0.0374	-0.0212	1.3114	-0.1352	0.4772	0.4900	0.3055	0.4143	0.3588	0.8916	0.4597
Plana	0.2283	-0.1621	1.2738	0.0574	0.3067	0.5788	0.2000	0.3842	0.5167	0.7111	0.4926
Prior	0.3918	-0.0720	1.3267	0.1542	-0.0072	0.6548	0.2675	0.4266	0.5961	0.3789	0.5423
Sloop	0.0435	-0.1195	0.8301	-0.2417	-0.0478	0.4929	0.2319	0.0294	0.2714	0.3359	0.3735
Ta Barley	0.0509	0.2349	1.1957	-0.0265	0.1574	0.4963	0.4972	0.3218	0.4479	0.5531	0.4784

续表 5

TapgolboRi	-1.0165	0.6787	0.9074	0.2068	-0.0360	-0.0000	0.8295	0.0912	0.6392	0.3484	0.2301
Triumph	-0.4786	0.3484	1.2883	0.4395	0.0432	0.2501	0.5822	0.3958	0.8300	0.4323	0.3813
5824 barley (Drought sensitive)	-0.6523	0.0583	1.0252	0.0345	0.5797	0.1693	0.3650	0.1854	0.4980	1.0000	0.2771
TOKAK barley (Drought Tolerant3)	-0.1696	0.2807	1.5329	-0.0919	-0.0946	0.3938	0.5315	0.5915	0.3943	0.2864	0.4327
DH - 22	-0.4674	0.0530	1.1811	0.3719	0.1004	0.2553	0.3611	0.3101	0.7746	0.4928	0.3343
DH - 30	-0.3178	0.0611	0.8203	0.4024	0.0191	0.3249	0.3672	0.0215	0.7996	0.4067	0.3452
DH - 36	-0.5136	0.2715	1.2964	0.5910	-0.0023	0.2338	0.5246	0.4024	0.9542	0.3841	0.3694
DH - 38	-0.4462	0.2590	1.2809	0.6468	0.1308	0.2652	0.5152	0.3900	1.0000	0.5250	0.3959
DH - 40	-0.2331	0.0246	0.9692	0.5190	0.0005	0.3643	0.3398	0.1406	0.8952	0.3871	0.3816
DH - 41	-0.5320	0.1319	1.2510	0.4962	-0.1549	0.2253	0.4201	0.3661	0.8765	0.2226	0.3269
DH - 46	-0.5280	-0.0375	0.9887	0.2382	-0.1719	0.2271	0.2933	0.1563	0.6650	0.2046	0.2662
DH - 48	-0.4279	0.1838	1.1179	0.5131	0.0222	0.2737	0.4590	0.2596	0.8904	0.4100	0.3629
DH - 50	-0.4322	0.1440	0.8811	0.2738	-0.1732	0.2717	0.4292	0.0702	0.6942	0.2032	0.3108
DH - 54	-0.4263	0.2555	0.9604	0.3550	-0.3296	0.2744	0.5126	0.1336	0.7608	0.0377	0.3305
DH - 68	-0.7068	0.2236	0.8763	0.2411	-0.1092	0.1440	0.4888	0.0663	0.6674	0.2709	0.2480
DH - 66	-0.5798	-0.0973	1.0888	0.3656	0.1568	0.2030	0.2485	0.2363	0.7694	0.5524	0.2787
DH - 75	-0.5949	0.1864	0.9334	0.1685	-0.0587	0.1960	0.4609	0.1120	0.6078	0.3244	0.2759
DH - 77	-0.3685	-0.1825	1.0079	0.2952	-0.2173	0.3013	0.1847	0.1716	0.7117	0.1565	0.2926
DH - 82	-0.5629	0.0537	1.4338	0.2850	-0.1259	0.2109	0.3616	0.5122	0.7033	0.2533	0.3099
DH - 89	-0.4320	0.1952	0.8920	-0.0259	-0.0068	0.2718	0.4675	0.0789	0.4484	0.3793	0.3083
DH - 94	-0.5869	0.0449	1.1950	0.4076	0.2224	0.1998	0.3550	0.3213	0.8039	0.6219	0.3110
DH - 116	-0.5393	0.1808	1.0565	0.2327	-0.3214	0.2219	0.4567	0.2104	0.6605	0.0464	0.2895
DH - 126	-0.5751	0.0799	1.6063	0.6378	0.3672	0.2053	0.3812	0.6502	0.9927	0.7752	0.3748
DH - 127	-0.5889	0.2137	1.7121	0.4338	-0.0033	0.1988	0.4814	0.7347	0.8254	0.3830	0.3633
DH - 132	-0.2907	0.0569	0.9830	0.2800	-0.0726	0.3375	0.3640	0.1517	0.6993	0.3097	0.3516
DH - 135	-0.4598	0.2345	1.0721	0.2650	0.0772	0.2588	0.4969	0.2230	0.6869	0.4682	0.3442
DH - 137	-0.4325	0.1010	0.7933	0.3815	-0.0786	0.2715	0.3970	0.0000	0.7825	0.3034	0.3104
DH - 140	-0.3776	0.1540	1.2207	0.4388	-0.3139	0.2971	0.4367	0.3418	0.8294	0.0543	0.3569
DH - 141	-0.3218	0.2704	1.0955	0.4251	-0.2020	0.3230	0.5238	0.2416	0.8183	0.1728	0.3834
DH - 142	-0.5702	0.0907	1.5218	0.6044	0.2385	0.2075	0.3893	0.5826	0.9653	0.6390	0.3615
DH - 144	-0.6066	0.0791	1.4202	0.4103	0.1077	0.1906	0.3806	0.5014	0.8061	0.5005	0.3218
DH - 149	-0.3207	0.1469	1.1845	0.5661	0.1848	0.3235	0.4313	0.3128	0.9338	0.5821	0.4049
TBBS 52	1.0587	0.2288	0.9934	0.2213	0.2992	0.9649	0.4926	0.1600	0.6511	0.7032	0.7603
TBBS 54	0.8728	-0.1172	1.1755	0.2370	0.0042	0.8785	0.2337	0.3056	0.6640	0.3909	0.6613
TBBS 55	0.8738	0.1514	1.1532	0.1757	-0.0289	0.8789	0.4347	0.2878	0.6137	0.3560	0.6906
TBBS 56	0.8781	-0.0904	1.4515	0.2174	-0.2076	0.8809	0.2537	0.5264	0.6480	0.1669	0.6750
TBBS 57	0.8657	0.0051	1.3206	0.0111	0.0234	0.8752	0.3252	0.4216	0.4787	0.4113	0.6737
TBBS 58	0.9255	-0.0247	1.6664	0.1980	-0.2145	0.9030	0.3029	0.6982	0.6320	0.1595	0.7122
TBBS 59	0.8323	-0.2038	1.4909	0.2237	-0.0188	0.8596	0.1688	0.5579	0.6531	0.3667	0.6612
TBBS 60	0.9682	-0.1177	1.4226	0.5125	0.0910	0.9228	0.2333	0.5032	0.8899	0.4828	0.7297
TBBS 62	0.6622	-0.3366	1.3760	0.0054	-0.0580	0.7805	0.0694	0.4660	0.4741	0.3252	0.5711
TBBS 63	0.9159	-0.3693	1.3288	0.0317	-0.0722	0.8985	0.0449	0.4282	0.4956	0.3101	0.6329
TBBS 64	0.8343	-0.1033	1.3291	0.0695	0.0284	0.8606	0.2441	0.4285	0.5267	0.4166	0.6552
TBBS 65	1.1342	-0.0773	1.4259	0.5129	-0.0203	1.0000	0.2635	0.5059	0.8902	0.3650	0.7745
TBBS 66	0.9342	-0.0291	1.3114	0.3474	-0.0791	0.9070	0.2996	0.4143	0.7545	0.3028	0.7034
TBBS 67	0.8319	-0.0943	1.1768	0.3091	0.2933	0.8594	0.2507	0.3067	0.7231	0.6969	0.6744
TBBS 68	0.8661	-0.4293	1.5351	0.3308	-0.2525	0.8754	-0.0000	0.5932	0.7409	0.1193	0.6371

续表 2

TBBS 69	0.6619	- 0.0033	0.9579	0.4124	0.3009	0.7804	0.3189	0.1316	0.8078	0.7049	0.6305
TBBS 71	0.8317	- 0.0113	1.2518	0.0891	0.1106	0.8594	0.3129	0.3667	0.5427	0.5036	0.6668
TBBS 72	0.8932	- 0.0322	1.1329	0.1710	0.2034	0.8879	0.2973	0.2716	0.6098	0.6018	0.6819
TBBS 73	0.6815	- 0.2919	1.1747	0.1686	0.2110	0.7895	0.1029	0.3050	0.6079	0.6098	0.5924
TBBS 74	0.8596	0.0803	1.0387	0.3963	0.3079	0.8723	0.3815	0.1963	0.7946	0.7124	0.7014
TBBS 75	0.8146	- 0.3047	1.3711	0.1551	- 0.1088	0.8514	0.0933	0.4620	0.5968	0.2713	0.6236
Karak 2 Mutah HS 2	0.6200	0.8254	1.0641	- 0.0760	0.0880	0.7609	0.9393	0.2165	0.4073	0.4797	0.6964
Karak 2 Mutah HS 4	0.6388	0.5811	0.9313	- 0.0535	0.0427	0.7697	0.7564	0.1104	0.4258	0.4317	0.6566
Karak 2 Mutah HS 5	0.7924	0.5941	1.1570	0.2846	0.0291	0.8411	0.7661	0.2908	0.7030	0.4173	0.7395
Karak 2 Mutah HS 7	0.7527	0.9065	1.0403	0.3087	0.1469	0.8226	1.0000	0.1975	0.7228	0.5420	0.7703
Karak 2 Mutah HS 8	0.9339	0.8186	1.0734	0.1444	0.0402	0.9069	0.9342	0.2240	0.5880	0.4290	0.7935
Karak 2 Mutah HS 9	0.5599	0.6821	1.2825	0.1040	0.1450	0.7330	0.8320	0.3912	0.5549	0.5399	0.6927
Karak 2 Mutah HS 10	0.8584	0.7417	1.0914	0.0503	0.0043	0.8718	0.8766	0.2384	0.5109	0.3911	0.7556
Karak 2 Mutah HS 11	0.8438	0.5815	0.9592	0.0490	- 0.0277	0.8650	0.7567	0.1327	0.5098	0.3572	0.7175
Karak 2 Mutah HS 12	0.6809	0.3526	1.0931	0.0642	- 0.0265	0.7892	0.5853	0.2398	0.5223	0.3584	0.6535
Karak 2 Mutah HS 13	0.7880	0.5205	1.4927	- 0.0521	- 0.0733	0.8391	0.7111	0.5593	0.4270	0.3089	0.7269
Karak 2 Mutah HS 14	0.4746	0.3693	1.3504	0.0151	- 0.1421	0.6933	0.5978	0.4455	0.4820	0.2361	0.6102
Karak 2 Mutah HS 15	0.5738	0.5387	0.9411	0.3653	- 0.1099	0.7394	0.7247	0.1182	0.7692	0.2702	0.6529
Karak 2 Mutah HS 16	0.7730	0.6036	1.1068	0.3786	- 0.1918	0.8321	0.7732	0.2507	0.7801	0.1835	0.7254
Karak 2 Mutah HS 18	0.8515	0.5782	1.0220	0.1394	0.0300	0.8685	0.7542	0.1829	0.5840	0.4183	0.7333
Karak 2 Mutah HS 19	0.7194	0.6033	1.0347	0.3898	- 0.1191	0.8072	0.7730	0.1931	0.7893	0.2604	0.7099
Karak 2 Mutah HS 20	0.5016	0.5430	1.4337	0.0382	- 0.1634	0.7059	0.7279	0.5121	0.5010	0.2136	0.6482
Karak 2 Mutah HS 21	0.4435	0.5058	1.3967	0.1877	- 0.3652	0.6789	0.7000	0.4825	0.6235	- 0.0000	0.6229
Karak 2 Mutah HS 22	0.4062	0.6276	1.7140	- 0.1658	- 0.0220	0.6615	0.7912	0.7363	0.3337	0.3632	0.6503
Karak 2 Mutah HS 24	0.7380	0.6134	1.0258	0.2749	- 0.0482	0.8158	0.7805	0.1859	0.6951	0.3355	0.7120
Karak 2 Mutah HS 27	0.7580	0.6701	1.1975	0.3568	- 0.2171	0.8251	0.8230	0.3233	0.7622	0.1568	0.7347
Karak 2 Mutah HS 28	0.6407	0.6048	1.1082	0.4434	0.1650	0.7705	0.7741	0.2518	0.8333	0.5611	0.7139
Karak 2 Mutah HS 31	0.6788	0.4251	1.2562	0.2679	- 0.0477	0.7883	0.6396	0.3702	0.6893	0.3361	0.6880
Mazeh Tahabiah HS 1	0.6760	0.2970	1.2764	0.3552	- 0.0904	0.7870	0.5437	0.3863	0.7609	0.2909	0.6747
Mazeh Tahabiah HS 2	0.7114	0.4351	1.1026	0.3338	0.0753	0.8034	0.6471	0.2473	0.7434	0.4662	0.6974
Mazeh Tahabiah HS 3	1.0600	0.8009	1.3616	0.0312	0.0945	0.9655	0.9210	0.4544	0.4952	0.4865	0.8437
Mazeh Tahabiah HS 9	0.7000	0.3687	1.1422	0.3519	0.0141	0.7981	0.5974	0.2790	0.7582	0.4014	0.6860
Mazeh Tahabiah HS 12	0.8131	0.5536	1.2356	0.1653	- 0.0028	0.8507	0.7358	0.3537	0.6052	0.3836	0.7362
Mazeh Tahabiah HS 13	0.8094	0.6147	1.3840	0.2294	0.0461	0.8490	0.7815	0.4724	0.6578	0.4353	0.7622
Mazeh Tahabiah HS 14	0.6845	0.5894	1.1613	0.4524	- 0.0562	0.7909	0.7626	0.2942	0.8406	0.3271	0.7161
Mazeh Tahabiah HS 22	0.7444	0.2018	0.9629	0.3169	0.0408	0.8188	0.4725	0.1356	0.7295	0.4297	0.6604
Mazeh Tahabiah HS 23	0.8108	0.3083	1.1301	0.3529	- 0.0378	0.8496	0.5521	0.2694	0.7590	0.3465	0.7042
Mazeh Tahabiah HS 24	1.0347	0.4015	1.2530	0.4554	- 0.2538	0.9537	0.6220	0.3676	0.8431	0.1180	0.7822
Mazeh Tahabiah HS 25	0.4711	0.4523	1.2475	0.3011	0.0698	0.6917	0.6600	0.3632	0.7165	0.4604	0.6432
Mazeh Tahabiah HS 26	0.6920	0.4895	1.0473	0.2524	0.0783	0.7944	0.6878	0.2031	0.6766	0.4694	0.6899
Mazeh Tahabiah HS 29	0.6456	0.2039	1.2638	0.0662	- 0.0349	0.7728	0.4740	0.3762	0.5240	0.3496	0.6368
Mazeh Tahabiah HS 30	0.6194	0.3954	0.8915	0.0664	0.0356	0.7607	0.6174	0.0785	0.5241	0.4242	0.6303
Mazeh Tahabiah HS 34	0.5317	0.2503	0.9279	0.0648	- 0.0419	0.7199	0.5087	0.1077	0.5228	0.3422	0.5851
Mazeh Tahabiah HS 39	0.5708	0.4462	1.3093	0.4155	0.2888	0.7380	0.6554	0.4127	0.8103	0.6921	0.6943
Mazeh Tahabiah HS 40	0.6228	0.4498	1.0878	0.3221	0.0702	0.7622	0.6581	0.2355	0.7337	0.4608	0.6730
Mazeh Tahabiah HS 42	0.4300	0.7442	2.0438	- 0.0266	- 0.0082	0.6726	0.8785	1.0000	0.4478	0.3778	0.7087
权重 Weighing						0.5856	0.1823	0.0987	0.0804	0.0530	

栽培品种改良基础上的优异性状特点^[18],应是野生大麦遗传变异的研究重点。本研究主要集中在引进大麦种质资源农艺性状变异的特点,如株高、穗长、穗下节长、芒长、叶长、叶宽、叶面积、小穗数、穗粒数、千粒重等,栽培大麦的祖先野生种有很高的变异,可这些特点却没有被育种者利用,其中发现了一些矮杆品系如 5824 barley、Mazeh Thahabiah HS30 株高只有 76 cm,等,通过杂交的方法可以将一些野生种有益的性状获得转移,用以改善栽培大麦。在这项研究中表现的多样性和变化水平要高于栽培大麦品种(系)。其中约旦野生大麦变异较大,这也和我们的预料一样,因为约旦被认为是野生大麦起源和多样性中心之一^[18-22]。

3.2 主成分分析和聚类分析在作物品种资源上的应用已逐步深入

Seal^[23],奥野忠一等^[24]认为采用当时医学上已开始应用的主成分分析法来研究作物中由多个相关数量性状控制的遗传变异,进而根据遗传差异来选配亲本比较适宜;1969 年桥口和森岛^[25]提出了估算表现型主成分中遗传成分贡献率的方法;Hussaini, SH 等^[26]对 640 个印度河非洲鸭脚栗(*Eleusine coracana*(L.) Gaertn.) 品种进行了主成分分析,并划分了 12 个组,多元遗传分析在大麦上的研究开展得较晚。1975 年,Chaudhary B D^[27]对大麦的亲本和 F1 代进行了分析,发现亲本间的差异于其杂种的产量没有一致关系,与大多数研究的结果不太一致。1980 年 Singh D^[28]等研究认为品种地理差异与遗传差异不相关,用作亲本的材料应该具有较大遗传差异和较好的性质,以及较高的丰产潜力;沈前华^[29,30]在对大麦品种进行聚类分析研究时认为选择的数量性状必须具有代表性,遗传上稳定性或生态上有特殊意义并结合主成分分析来选择亲本,这样对不同来源大麦品种(系)进行综合性状评价和选择,与实际生产结果相符。魏亦农等^[31]运用主成分分析选择出有效指标,对国内外 37 个二棱啤酒大麦品种资源农艺性状的聚类分析和主成分分析。因分析的样本数及采用的方法等不同,结果也有所不同,但它最终反映了作物品种的遗传特性,在一定程度上反映品种间的差异,为品种资源的分析研究及育种亲本的选择提供一定的理论依据。本研究分析了 107 个引种大麦资源,结果表明可分 4 类。通过聚类分析也表明,遗传的差异不能只看地理差异,许多品种地理上差异很大,但遗传差异不大,例如 Khe-mus(美属维尔京群岛),TObarley(土耳其),Harrington(加拿大)。

3.3 大麦种质的主要特点及适应性

引进野生麦类资源主要来自低纬度,高海拔的中东地区如约旦、以色列等,(海拔 $\leq 1\ 500\text{ m}$),其气候是高温干燥少雨,40%地区常年降水量低于 300 mm,又多集中在秋季和早春,而夏季几乎无雨(POLcarda,1985)。该生态环境使野生大麦易形成旱生型、冬性、穗和籽粒的浅色型等性状。引进种质资源以二棱、六棱的品种(系)为主,其他多种表型特征并存。12 个农艺学性状的变异系数均大于 10%,表明引进材料存在广泛的遗传多样性,可以从中筛选优异种质资源作为品种改良材料。棱型是大麦重要的亚种分类性状,多数研究者认为,二棱大麦分蘖力强、穗粒数少、千粒重高、抗逆性好、植株较矮;六棱大麦则穗粒数多、千粒重少、抗性差^[32,33]。本研究则从最基本的外在形态特征方面分析了表型差别,认为二棱大麦的叶长、叶宽、千粒重极显著大于六棱大麦。另外本研究主要从形态特征和主要农艺性状方面进行考察鉴定,对资源材料尚缺乏全面了解,今后要广泛收集国内外不同类型的种质资源,加强种质资源的管理、鉴定和保存工作,尤其是品质鉴定、抗性鉴定和遗传性鉴定等方面工作,为小麦育种提供亲本材料和依据,更好地发挥大麦种质资源的作用。

参考文献:

- [1] Bothmer R, Jacobsen N, Baden C, et al. Anecogeographical study of the genus *Hordeum*. Systematic and Ecogeographic Studies of Crop Genepools[R]. Rome: IPGRI, 1995.
- [2] Bothmer R, Jacobsen N, Baden C, et al. An ecogeographical study of the genus *Hordeum*[R]. Rome: IPGRI, 1991.
- [3] Ellis R P, Forster B P, Robinson D, et al. wild barley: a source of genes for crop improvement in the 21st century? [J]. Journal of Experimental Botany, 2000, 51: 9—17.
- [4] Fischbeck G. Diversification through breeding[A]. Bothmer R, Hintum T, Knüpfer H, Sato K. Diversity in barley (*Hordeum vulgare*) [C]. Amsterdam Elsevier Science, 2003: 29—52.
- [5] 徐廷文. 中国栽培大麦的起源与进化[J]. 遗传学报, 1982, 9(6): 440—446.
- [6] Nevo E, Appelbaum-Elkaher I, Garty J, et al. Natural selection causes microscale allozyme diversity in wild barley and a lichen at 'Evolution Canyon' Mt. Carmel Israel[J]. Heredity, 1997, 78: 373—382.
- [7] Asfaw Z, Bothmer R. Hybridization between landrace varieties of Ethiopian barley (*Hordeum vulgare* ssp. *vulgare*) and the progenitor of barley (*H. vulgare* ssp. *spontaneum*) [J]. Hereditas, 1990, 112: 57—64.
- [8] 钮福祥, 华希新, 郭小丁, 等. 丁成伟甘薯品种抗旱性生理指标厦其综合评价初探[J]. 作物学报, 1996, 22: 392—398.
- [9] 周广生, 梅方竹, 周竹青, 等. 小麦不同品种耐湿性生理指标综合评价及其预测[J]. 中国农业科学, 2003, 36: 1378—1382.
- [10] 易燕明. 用灰色关联分析和主成分分析方法对旱灾等级进行综合评估[J]. 广东气象, 1998, 4(增 2): 33—35.
- [11] 张京, 刘旭. 大麦种质资源描述规范和数据标准[M]. 北

- 京:中国农业出版社,2005:17—24.
- [12] 裴鑫德.多元统计分析及应用[M].北京:北京农业大学出版社,1991:89—188.
- [13] UPOV. Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability(barley)[M]. Geneva: Publication, 1994:1—34.
- [14] 唐启义,冯明光.实用统计分析及其 DPS 数据处理系统[M].北京:科学出版社,2002:249—255,280—284.
- [15] 荣廷昭,潘光堂,黄玉碧.数量遗传学[M].北京:中国科学技术出版社,2003.
- [16] 李正玮,廖 黍.不同穗型类群的生态特征及其在栽培和育种上的意义[J].中国农业科学,1981,5:57—63.
- [17] Ceccarelli S. Diversity for morphological and agronomic characters in *Hordeum vulgare* ssp [J]. Spontaneum C. Koch. Genetica Agraria, 1987,41(2):131—141.
- [18] Vanhala TK, Van Rijn CPE, Buntjer J, et al. Environmental, phenotypic and genetic variation of wild barley (*Hordeum spontaneum*) from Israel[J]. Euphytica, 2004,137:297—309.
- [19] Harlan J R, Zohary D. Distribution of wild wheats and barley[J]. Science,1966,153:1074—1080.
- [20] Jana S, Pietrzak L N. Comparative assessment of genetic diversity in wild and primitive cultivated barley in center of diversity[J]. Genetics,1988,119:981—990.
- [21] Badr A, Mueller K, Schaefer-Pregl E I, et al. On the origin and domestication history of barley (*Hordeum vulgare*)[J]. Mol Biol Evol, 2000,17:499—510.
- [22] Baek H J, Beharav A, Nevo E. Ecological-genomic diversity of microsatellites in wild barley, *Hordeum spontaneum*, populations in Jordan[J]. Theor Appl Genet, 2003,106:397—410.
- [23] Seal H. Multivariate Statistical analysis for biologist[M]. London: Butler and Isner, 1964:209.
- [24] 奥野忠一.多变量解析法[M].东京:日科技连,1971:156—226.
- [25] Hashiguchi S, Morishima H. Estimation of genetic contribution of principal components to individual variates concerned[J]. Biometrics,1969,25(1):9—16.
- [26] Hussaini S H, Goodman M M, Timothy D H. Multivariate analysis and the geographical distribution of the world collection of Finger Millet[J]. Crop Sci, 1977,17:257—263.
- [27] Chaudhary B D, Singh V. Genetic divergence in some Indian and exotic barley varieties and their hybrids[J]. Indian J Genetics, 1975, 35:409—413.
- [28] Singh D, Kumar P, Chauhan B P S. Genetic divergence for some quantitative characters in barley[J]. Indian J Genet Plant Breed, 1980,40(2):391—395.
- [29] 沈前华.大麦品种数量性状的聚类分析研究[J].南昌大学学报(理科版),1997,21(4):302—305.
- [30] 沈前华.大麦品种数量性状多元遗传分析及其应用研究[J].江西农业学报,1995,7(2):101—108.
- [31] 魏亦农,曹连清.二棱啤酒大麦品种资源农艺性状的聚类分析和主成分分析[J].种子,2003,22(3):69—70.
- [32] 杨文新,沈秋泉,杨建明.大麦赤霉病抗性研究及抗原开拓[J].类作物学报,2002,22(2):91—93.
- [33] 许如根,吕 超,缪丽霞.大麦杂种优势利用研究Ⅲ.大麦异棱型和同棱型 F1 杂种的优势特征[J].作物学报,2005,31(12):1537—1543.

Phenotypic diversity analysis and fuzzy clustering in barley germplasm resources introduced from abroad

XIE Song-feng^{1,4}, OU Xing-qi⁵, ZHANG Bai-ren⁴, NIE Xiao-jun¹, DU Xing-hong^{1,2},
ZHANG Bao-jun¹, SONG Wei-ning^{1,2,3}

(1. College of Agronomy, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Yangling Branch of China Wheat Improvement Center, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. Shaanxi Key Lab of Molecular Biology for Agriculture, Yangling, Shaanxi 712100, China; 4. Ankang Institute of Agricultural Sciences, Ankang, Shaanxi 725021, China; 5. He'nan Institute of Science and Technology, Xinxiang, He'nan 453003, China)

Abstract: In order to select fine barley germplasm resources for the development of poor soils and improvement of agriculture in arid and semiarid areas, principal component analysis (PCA) and fuzzy clustering analysis (FC) are used to study and evaluate the agronomic traits of 107 barley varieties (lines) introduced from abroad. Correlation analysis is also carried out among various traits to compare their growth characteristics and adaptability in Shaanxi Province, in a view to make rational utilization of these germplasm resources. The results show that the five integrated principal components can represent 91.0268 of original data information of 12 phenotypic variables of barley. The 107 materials of barley germplasm can be divided into 3 categories by using fuzzy membership function values WPGMA clustering metric D, and the clustering results can reflect soundly regional characteristics of breeding and distribution of these germplasm resources, of which the wild groups perform better and have a high value in use of cultivar selection. Through PCA, the multiple traits with strong correlation are re-converted into several new independent ones which have a strong representation of the integrated variables (traits). To make comprehensive evaluation of the phenotype of barley in combination with fuzzy clustering method can better reveal relationships among barley varieties (lines) and groups.

Keywords: barley germplasm; agronomic characters; principal component analysis; fuzzy clustering; comprehensive analysis