

苦荞资源农艺性状因子聚类分析

李瑞国¹, 高冬丽¹, 柴岩¹, 胡银岗^{1,2}, 高金锋¹, 安守强¹

(1. 西北农林科技大学农学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 陕西省农业分子生物学重点实验室, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 采用因子与聚类分析方法, 对搜集的 53 个苦荞资源的 12 个农艺性状进行了因子分析, 筛选前 6 个因子(其贡献率达到 80.17%)为综合指标, 进一步进行系统聚类分析研究。分析结果表明, 在遗传距离为 7.46 时, 可以把苦荞资源聚成宽粒类、抗倒类、粮用类、大粒非抗倒类和以及厚壳类等 5 个类别。研究结果对筛选优异苦荞资源, 提高苦荞产量和品质具有重要的指导意义。

关键词: 苦荞; 农艺性状; 因子分析; 聚类分析

中图分类号: S517 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2007)06-0080-05

苦荞是我国西部干旱、高寒地区重要的栽培作物, 也是无霜期较长地区的救荒填闲作物^[1]。近些年, 随着对苦荞研究的深入, 苦荞特有的营养与药用价值正在逐渐为人们所认识。我国有着丰富的苦荞资源, 但由于研究利用相对落后, 品种改良步伐缓慢, 生产中优质高产品种较少, 限制了其进一步利用。陕西省是我国苦荞的主要产区之一, 本省南北地域狭长, 纬度跨度较大, 特异的地域特点, 决定了苦荞资源规律性繁复。研究表明, 陕西省的苦荞资源多为中晚熟、中高秆为主、中大粒类品种^[2]。因此, 本文通过对陕西重要的苦荞资源农艺性状研究, 筛选优异种质资源, 旨在为改良苦荞品种, 提高苦荞产量和品质, 促进产区农民增收提供理论依据。

因子分析是一种多元统计分析方法, 它把大量的相关性性状综合为少数几个因子性状群, 但可以再现原性状与因子群之间的相关关系, 可使育种者在选育过程中把握少数几个因子进行选择 and 改良, 以提高选择效率和鉴定的准确性。因子分析方法在水稻^[3]、大豆^[4]、小麦^[5]、辣椒^[6]、甘蔗^[7,8]等作物上的应用已有报道, 但在荞麦上的应用报道甚少。本文在对苦荞主要农艺性状进行因子分析的基础上, 进一步结合聚类分析, 将供试的地方品种资源划分成不同的类别, 为苦荞种质资源的筛选鉴定及利用提供參考。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2006 年在陕北榆林市进行。材料选用

课题组搜集的陕西省苦荞资源, 品种编号及来源如表 1 所示。实验点地力中等, 肥力均匀, 每小区面积 10 m^2 ($2\text{ m} \times 5\text{ m}$)。于 7 月初播种, 条播, 行距 0.5 m; 依据成熟期适时收获。

1.2 调查记载项目

调查的性状包括 7 个数量性状(株高、主茎分枝、主茎节数、单株粒重、千粒重、生育日数、皮壳率)和 7 个形态性状(株型、茎色、叶色、花色、籽粒颜色、籽粒形状、抗倒性)。在成熟期, 分别取 20 株测定株高、主茎分枝、主茎节数; 取 20 株脱粒称重, 取平均值计算单株粒重; 在成熟期记载株型、茎色、抗倒性; 在现蕾期、开花期分别记载叶色、花色。成熟期取 500 粒种子称量, 误差不超过 0.5 g, 取平均值, 计算千粒重; 取 10~20 g 成熟风干种子研碎去粉后称重计算皮壳率。籽粒颜色、形状室内考种时记载。

1.3 数据转化分析

形态性状数值化(用连续整数表示)后参与统计分析。譬如苦荞叶色有深绿、浅绿两种, 分别以 1、2 代表; 茎色有红、浅红和绿色, 分别以 1、2、3 代表, 其他形态性状同样处理。

所的数据采用 DPS 数据处理软件进行分析。其基本过程: 数值标准化→因子分析(初始因子载荷矩阵→方差极大正交旋转因子载荷矩阵→斜交参考因子相关矩阵→斜交参考因子得分值)→数值标准化→聚类分析。

2 结果与分析

2.1 数量性状与形态性状表现

表 2 列出了参试苦荞材料 7 个数量性状的基本

收稿日期: 2007-05-17

基金项目: 科技部科技支撑计划(2006BAD02B06); 教育部西部地区特色植物种质资源数据平台建设项目; 陕西省攻关(2006K01-G17-01); 西北农林科技大学育种专项

作者简介: 李瑞国(1979—), 男, 山东聊城人, 硕士研究生, 主要从事荞麦资源分析研究。E-mail: riverli1234@163.com。

*通讯作者: 柴岩, 教授, 长期从事小宗粮豆品种资源、遗传育种、栽培技术及产业化开发研究。E-mail: chai-yan@163.com。

情况。可以看到,陕西苦荞资源数量性状变异系数最大的是单株粒数,达到了 42.14,其他依次是株高、主

茎分枝、主茎节数、千粒重、皮壳率和生育日数,分别为 18.53、14.60、12.58、12.16、11.85 和8.39。

表 1 苦荞资源编号及来源

Table 1 Code and origin of Tartary Buckwheat accessions

编号 Code	来源 Origin	编号 Code	来源 Origin	编号 Code	来源 Origin
181	靖边 Jingbian	207	陇县 Longxian	240	汉阳 Hanyang
183	靖边 Jingbian	209	宝鸡 Baoji	241	旬阳 Xunyang
184	靖边 Jingbian	210	太白 Taibai	243	白河 Baihe
185	定边 Dingbian	211	留坝 Liuba	245	安康 Ankang
186	定边 Dingbian	212	佛坪 Foping	248	紫阳 Ziyang
191	子洲 Zizhou	213	略阳 Lveyang	249	平利 Pingli
192	清涧 Qingjian	214	勉县 Mianxian	256	兰皋 Langao
193	志丹 Zhidan	215	汉中 Hanzhong	257	兰皋 Langao
195	志丹 Zhidan	216	西乡 Xixiang	258	兰皋 Langao
196	延安 Yan'an	218	西乡 Xixiang	263	镇坪 Zhenping
197	甘泉 Ganquan	220	宁强 Ningqiang	264	洛南 Luonan
198	黄龙 Huanglong	223	宁强 Ningqiang	265	商县 Shangxian
200	华县 Huaxian	224	宁强 Ningqiang	267	丹凤 Danfeng
202	蓝田 Lantian	225	宁陕 Ningshan	268	柞水 Zhashui
203	铜川 Tongchuan	230	宁陕 Ningshan	269	商南 Shangnan
204	旬邑 Xunyi	231	宁陕 Ningshan	270	山阳 Shanyang
205	永寿 Yongshou	232	宁陕 Ningshan	271	镇安 Zhen'an
206	长安 Chang'an	238	石泉 Shiquan		

表 2 苦荞资源数量性状

Table 2 Quantitative characters of Tartary Buckwheat accessions

项目 Item	株高 Plant height (cm)	主茎分枝 Plant branch	主茎节数 Node number of branch	单株粒重(g) Seeds weight/plant	千粒重(g) 1000—grains weight	生育日数 Days to mature (d)	皮壳率(%) Peel percentage
最大值 Max	132.00	6.30	23.40	12.80	22.00	98	31.00
最小值 Min	50.00	2.60	12.20	2.10	15.00	66	19.00
极值 Extremum	82.00	3.70	11.20	10.70	7.00	32	12.00
平均值 Mean value	100.90	5.00	16.70	5.60	18.10	77	23.80
标准差 Standard deviation	18.70	0.74	2.10	2.36	2.21	6.46	2.81
变异系数(%) Variation coefficient	18.53	14.60	12.58	42.14	12.16	8.39	11.85

由表 3 可见,53 份苦荞资源的形态指标中,株型全部是紧凑型,花色全部是淡绿色,未参与后面的数据统计分析;茎色以浅红色为主,有 38 个,占 71.7%,红色 11 个,绿色 4 个,分别占 20.8%和 7.5%;叶色以绿色为主 48 个占 90.6%,浅绿色有 5 个,占 9.4%;籽粒颜色较多有 5 种:灰色 24 个,棕色 19 个,褐灰色 7 个,黑色 2 个,褐色 1 个,分别占 45.3%、35.8%、13.2%、3.8%、1.9%;籽粒形状以长形为主有 48 个,占 90.6%,宽粒形有 5 个占 9.4%;抗倒性方面,抗倒性强、中、弱分别有 43、4 和 6 个,占 81.1%、7.5%和 11.3%。由此可见,陕西

省苦荞资源类型丰富多样,可以为苦荞育种提供各种类型的原始资源材料。

2.2 农艺性状因子分析

12 个农艺性状的前 6 个因子特征值、特征值的累计贡献率和初始因子载荷矩阵列于表 4。可以看出,前 6 个因子特征值的累计贡献率达到了80.2%,所包含的要素信息量可以反映出 12 个农艺性状原始特征参数的大部分信息。此外,12 个性状的共同度仅 2 个介于 0.6000~0.7000 之间,其它的都介于 0.7414~0.9211 之间,表明 6 个因子对这 12 个性状有较好的代表性。

表 3 苦荞资源形态性状

Table 3 Shape characters of Tartary Buckwheat accessions			
性状 Traits	表型 Phenotype	各样本本数 No. of Samples	所占比例(%) Percentage
株型 Plant shape	紧凑 Compact	53	100
花色 Flower color	淡绿 Light green	53	100
茎色 Stem color	红色 Red	11	20.8
	浅红 Pale red	38	71.7
	绿色 Green	4	7.5
叶色 Leaf color	绿色 Green	48	90.6
	浅绿 Pale green	5	9.4
籽粒形状 Seed shape	长形 Long	48	90.6
	宽形 Broad	5	9.4
籽粒颜色 Seed color	灰色 Gray	24	45.3
	棕色 Umber	19	35.8
	褐灰 Slumberous	7	13.2
	黑色 Black	2	3.8
	褐色 Brown	1	1.9
抗倒性 Lodging resistance	强 Good	43	81.1
	中 Common	4	7.5
	弱 Poor	6	11.3

方差极大旋转是使因子载荷矩阵中各因子载荷值的总方差达到最大,并以此作为因子载荷矩阵简化的准则。6个因子的方差极大旋转因子载荷矩阵

表 4 苦荞资源农艺性状初始因子载荷矩阵

Table 4 Primary factor loading matrix for agronomic characters of Tartary Buckwheat accessions								
性状 Traits	因子 1 F.1	因子 2 F.2	因子 3 F.3	因子 4 F.4	因子 5 F.5	因子 6 F.6	共同度 Common degree	特殊方差 Specific variance
株高 Plant height	0.3527	0.7860	0.1471	-0.2990	0.0235	0.0924	0.8622	0.1378
主茎分枝 Plant branch	0.6246	0.2069	0.2071	0.0264	-0.3773	-0.3617	0.7497	0.2503
主茎节数 Node number of branch	0.4120	0.3701	0.5011	-0.4189	0.2569	0.3131	0.8974	0.1026
单株粒重 Seeds weight/plant	0.3141	0.6125	-0.1735	0.0545	0.3255	-0.2165	0.6596	0.3404
千粒重 1000-grains weight	0.8024	-0.0377	-0.2872	0.0829	-0.0346	0.0752	0.7414	0.2586
生育日数 Days to mature	0.7253	-0.3230	-0.1321	0.1708	-0.0260	0.0268	0.6784	0.3216
皮壳率 Peel percentage	-0.2597	0.6714	0.0199	0.2285	-0.4446	-0.2619	0.8370	0.1630
茎色 Stem color	-0.2991	0.2385	-0.6781	-0.4072	-0.1469	0.2298	0.8464	0.1537
叶色 Leaf color	-0.4992	-0.0762	0.7617	0.0456	0.0019	-0.0221	0.8378	0.1623
粒色 Seed color	-0.2048	0.3918	0.0189	0.5689	-0.2645	0.5759	0.9211	0.0790
粒形 Seed shape	0.1100	0.2287	-0.0601	0.6869	0.4761	-0.0304	0.7675	0.2325
抗倒性 Lodging resistance	-0.7296	0.3072	-0.2552	-0.0759	0.2728	-0.2242	0.8222	0.1778
特征值 Eigenvalue	2.9452	2.0920	1.5551	1.3260	0.9070	0.7954	—	—
累计贡献率 Cumulative rate	0.2454	0.4198	0.5494	0.6599	0.7354	0.8017	—	—

见表 5。该矩阵与初始因子载荷矩阵相比,因子中重要变量的载荷值明显增大,表明方差极大旋转后的主因子生物学意义更加明显。

从表 5 可见,对因子 1 起主作用的是千粒重、生育日数和抗倒性三个性状,对因子 2 起主作用的是株高和主茎节数,对因子 3 起主作用的是茎色和叶色,对因子 4 起作用的性状是单株粒重和籽粒形状,对因子 5 起主作用的是主茎分枝和皮壳率,对因子 6 起主作用的是粒色。表明千粒重、生育日数和抗倒性之间有较强的连锁遗传性,株高和主茎节数、茎色和叶色、单株粒重和籽粒形状、主茎分枝和皮壳率之间也有较大的连锁遗传性。在应用选择育种材料时可以依据各个性状之间的连锁关系,选择部分性状,大大提高选材的效率和准确性。

主因子间相关系数反映了对一个因子起直接作用的性状与对另一个因子起直接作用的性状之间的间接相关性。由表 6 可以看出,因子 2 与因子 5 的相关性系数绝对值最大,为 0.5008,表明因子 2 与因子 5 所承载的性状之间的间接相关性较大,亦即株高、主茎节数和主茎分枝、皮壳率之间间接相关性较大,因子 3 与因子 4 之间和因子 1 与因子 6 之间的相关系数也比较大,分别为 0.4915 和 0.4700,表明承载于因子 3 的性状茎色、叶色和承载于因子 4 的性状单株粒重、粒形存在较大间接相关性,承载于因子 1 和因子 6 的性状千粒重、生育日数、抗倒性和粒色之间存在较大间接相关性。

表 5 方差极大正交旋转因子载荷矩阵
Table 5 The factor loading matrix after varimax rotation

性 状 Traits	因子 1 F.1	因子 2 F.2	因子 3 F.3	因子 4 F.4	因子 5 F.5	因子 6 F.6
株高 Plant height	0.0352	0.8293	−0.1732	0.1235	−0.3535	0.0547
主茎分枝 Plant branch	0.5269	0.2194	0.1965	−0.0322	−0.5947	−0.1752
主茎节数 Node number of branch	0.1037	0.9108	0.1865	−0.0554	0.1364	−0.0266
单株粒重 Seeds weight/plant	0.0546	0.4011	−0.2204	0.5931	−0.2805	−0.1297
千粒重 1000—grains weight	0.8051	0.1285	−0.2048	0.1773	−0.0095	−0.0567
生育日数 Days to mature	0.7999	−0.0658	0.0413	0.0975	0.1118	−0.1027
皮壳率 Peel percentage	−0.3107	0.0297	−0.0716	0.0912	−0.7992	0.2956
茎色 Stem color	−0.2530	0.0069	−0.8594	−0.1925	0.0130	0.0810
叶色 Leaf color	−0.5321	0.0376	0.6966	−0.2346	0.0238	0.1113
粒色 Seed color	−0.0746	0.0044	−0.0157	0.1323	−0.1242	0.9393
粒形 Seed shape	0.0564	−0.0721	0.1634	0.8229	0.0437	0.2310
抗倒性 Lodging resistance	−0.8041	−0.1375	−0.2970	0.2391	−0.0599	−0.0880
特征值 Eigenvalue	2.6795	1.7735	1.5397	1.2643	1.2489	1.1147
累计贡献率 Cumulative rate	0.2233	0.3711	0.4994	0.6048	0.7088	0.8017

表 6 斜交参考因子相关矩阵
Table 6 The factor relation matrix of promax rotation

因子 1 F.1	因子 2 F.2	因子 3 F.3	因子 4 F.4	因子 5 F.5	因子 6 F.6
1	0.2361	−0.1224	0.2738	−0.2454	−0.4700
—	1	−0.1290	0.2762	−0.5008	−0.2873
—	—	1	−0.4915	0.2768	0.3140
—	—	—	1	−0.4232	−0.3138
—	—	—	—	1	0.2759

2.3 聚类分析

正交旋转因子载荷矩阵仍保持各因子之间的联系,每个因子均属综合变量,可以通过各供试材料因子得分的差异,对供试材料进行聚类。利用斜交参考因子得分值,数据标准化后计算品种间的欧氏距离,用离差平方和法进行系统聚类,遗传距离为7.46时,可以把品种分为 5 类。

第一类:包括 181(靖边)、224(宁强)、200(华县)、206(长安)和 223(宁强);本类材料粒形较宽的,属宽粒类。

第二类:分为三亚类,亚类一包括:195(志丹)、202(蓝田)、211(留坝)、268(柞水)、271(镇安),亚类二包括:209(宝鸡)、256(兰皋)、245(安康)、265(商县)、241(旬阳)、243(白河)、249(平利),亚类三包括:203(铜川)、205(永寿)、207(陇县)、215(汉中)、231(宁陕)、258(兰皋)、210(太白)、263(镇坪)、264(洛南);此类抗倒性较强,属抗倒类。

第三类:分为三亚类,亚类一包括:183(靖边)、184(靖边)、204(旬邑)、198(黄龙)和 225(宁陕),亚

类二包括:238(石泉)、267(丹凤)、269(商南)、248(紫阳)、257(兰皋)和 270(山阳),亚类三包括:185(定边)和 186(定边);本类皮壳率最低 22.1%,说明该类材料皮壳较薄,易于加工利用,属粮用类。

第四类:包括 191(子洲)、192(清涧)、196(延安)、193(志丹)和 197(甘泉),该类材料大部分是抗倒性较弱的材料,但是主茎分枝较多,平均 6.0,千粒重最大 20.6g,属大粒非抗倒性类。

第五类:两亚类,亚类一包括:212(佛坪)、214(勉县)、213(略阳)、230(宁陕)、220(宁强)和 232(宁陕),亚类二包括 216(西乡)、240(汉阳)和 218(西乡),本类材料皮壳率达到 27.7%,表明皮壳较厚,可以应用倒荞麦皮壳加工上,属厚皮壳类。

3 结论与讨论

柴岩^[9]等对陕西荞麦资源进行了初步的搜集、整理分析后认为,陕西苦荞资源粒色以棕、灰色为主,生育期、千粒重随纬度增加而增大。张小燕等^[10]对荞麦株高、开花期、千粒重和产量等 4 个农艺性状进行了聚类分析,把供试材料分为不同的四类。罗定泽等^[11]对苦荞栽培居群进行了聚类 and 主成分分析,但是主成分分析结果只是指出苦荞居群的五个主分变量,结果未为聚类分析所用。

因子分析利用指标间的相关性可以把多个复杂的性状因子简化合并为少量的主因子,进而用主因子反映各变量之间的相关性。本研究利用因子分析结果进行聚类分析,用有限的几个因子反映更多的性状差异和联系,更为准确的把材料分为不同的 5

