

隆文杰,王莉花. 苦荞种质资源表型多样性分析及强茎秆抗折力种质筛选[J]. 江苏农业科学,2025,53(19):88-94.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2025.19.011

苦荞种质资源表型多样性分析及强茎秆抗折力种质筛选

隆文杰,王莉花

(云南省农业科学院生物技术与种质资源研究所/云南省农业生物技术重点实验室/
农业农村部西南作物基因资源与种质创制重点实验室,云南昆明 650205)

摘要:为探明苦荞种质资源农艺性状的多样性,筛选茎秆抗折力强且综合性状优的种质,对来自云南的 72 份苦荞地方种质材料的株高、千粒重、单株粒数、生育日数等 15 个性状进行测定,以云荞 1 号为对照,通过相关分析、主成分分析、聚类分析和方差分析对 72 份苦荞进行综合评价和优异种质筛选。结果表明,参试材料整体遗传背景呈现较丰富的变异特征。在 15 项观测性状中,节间直径、千粒重及生育日数这 3 个性状的变异系数均未超过 10.0%,反映出这些性状的遗传稳定性较高;其余 12 个性状的变异系数均超过 10.0%,具有较强的遗传分化潜力。相关性分析结果表明,各性状与 3~8 个其他性状间存在显著或极显著相关关系,茎秆抗折力与株高、主茎分枝数、二次分枝数、单株粒数、千粒重及小区产量等主要农艺性状未呈现显著相关性。主成分分析显示,前 5 个主成分的累积贡献率达 79.18%,能够有效涵盖所测性状的核心遗传信息,根据主成分得分,筛选出综合性状优的材料 22 份,结合茎秆抗折力方差分析和主成分分析的结果,筛选出 4 份茎秆抗折力强且综合性状优的材料。聚类分析的结果表明,72 份苦荞种质材料在遗传距离 16.749 9 处聚为五大类群,筛选得到的优异种质主要处于第 V 和第 III 类群中。这些材料可用作茎秆抗折力强且综合性状优的苦荞新品种选育、构建茎秆抗折力的遗传规律分析以及基因定位群体的亲本材料。

关键词:苦荞;种质资源;茎秆抗折力;表型多样性;聚类分析;主成分分析

中图分类号:S517.037 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2025)19-0088-07

苦荞 (*Fagopyrum*) 为蓼科荞麦属的一年生双子叶草本植物^[1],其籽粒或植株中含有芸香苷等多种活性成分,在抗肿瘤、抗氧化及调节血脂等食疗与保健领域表现出显著功效^[2]。随着大众健康意识的不断提升,对苦荞产品的市场需求也持续上扬。但苦荞生产目前面临着严峻挑战,优质高产品种匮乏,而精准筛选出合适的优良亲本,是决定育种成效高低的核心前提条件。解析亲本农艺性状的表型多样性,是实现苦荞目标性状品种高效选育的必要前提^[3]。因此,开展种质资源表型多样性研究,对育种实践的科学开展具有关键支撑作用^[4-5]。

已有研究针对苦荞种质资源的表型及遗传特性,普遍采用多元统计分析方法开展系统性研究,包括变异系数测算、相关性分析、主成分降维

(PCA)、聚类分组及 Shannon - Wiener 多样性指数评估等。在此方法框架下,不同研究团队围绕种质筛选目标展开差异化探索。杨恩泽等以 162 份种质为对象,通过多性状综合评价筛选出 10 份综合性状优异的材料,为育种亲本选择提供了重要种质材料^[6]。李春花等在对 20 份苦荞品种的分析中,不仅发掘出高秆/矮秆、高产/大粒等特异性育种亲本,还鉴定出 4 份可直接应用于生产的矮秆高产型品种,凸显了表型分析在品种改良中的实践价值^[7]。贾瑞玲等针对干旱区 64 份种质,结合多样性指数与聚类分析,筛选出 7 份在抗倒、高产等目标性状上表现突出的优异种质,为干旱区育种提供了特异性材料^[8]。李春花等对 180 份荞麦种质的遗传多样性及表型聚类分析显示,14 份在矮秆、高产和大粒等关键农艺性状上具有显著优势的种质资源可作为优质育种亲本^[9]。

苦荞在生长过程中,特别是灌浆结实期易倒伏,影响生产潜力与品质。作物倒伏性与株高、重心高度、主茎节数、基部节间性状等一系列性状相关,其中基部节间性状与倒伏关系尤为密切,包含茎秆强度、节间长、茎壁厚度等。众多研究表明,茎秆基部第 2 节间在苦荞抗倒伏性中起着关键作用。

收稿日期:2025-05-13

基金项目:云南省农业联合专项(编号:202301BD070001-039);
2024 年云南省省级农业专项资金;国家科技资源共享服务平台(编号:NCGR-2025-030)。

作者简介:隆文杰(1982—),男,重庆涪陵人,硕士,副研究员,主要从事玉米及杂粮种质资源研究。E-mail:lwj820313@163.com。

通信作者:王莉花,硕士,研究员,主要从事荞麦病虫害草害与育种研究。E-mail:wanglihua70@hotmail.com。

王允安研究指出,苦荞倒伏多发生在茎秆基部第 2 节,该节位的茎秆饱满度、茎粗、茎壁厚度、主茎分枝数及主茎节数等指标与倒伏率呈显著负相关^[10];汪灿等的研究表明,荞麦倒伏率与茎秆基部第 2 节间抗折力参数、茎壁厚度呈显著负相关,基部第 2 节间抗折力参数大、茎壁厚度大的品种抗倒伏能力强^[11];韦爽认为,茎秆基部第 2 节间机械强度可初步确定为评价苦荞抗倒的关键指标^[12];宋月等指出,第 2 节间长度、第 2 节间的机械强度等可作为评价苦荞品种抗倒性的主要指标^[13];王超等采用茎秆第 2 节间形态指标等对苦荞抗倒伏性进行评价筛选^[14]。综上,茎秆基部第 2 节间的形态、强度、抗折力等指标,以及与之相关的茎壁厚度、饱满度等因素,对于苦荞抗倒伏性评价及品种筛选具有重要意义。

当前苦荞优异种质筛选研究或基于遗传多样性进行综合表型评价,或仅对茎秆强度开展定向选择。然而,苦荞在实际生长过程中,既需要具备优良的综合性状以保障产量和品质,又需要强大的茎秆抗折力来应对诸如风雨等不利环境条件,避免倒伏造成的产量损失。目前,将综合性状优与强茎秆抗折力相结合进行种质筛选的研究尚显不足。为填补这一空白,本研究以来自云南的 72 份苦荞种质资源为对象,分析其农艺性状、第 2 节间茎秆抗折力及相关性状,在此基础上,筛选出既拥有优良综合性状,又具备强茎秆抗折力的优异种质材料,为苦荞的抗倒伏品种选育、遗传改良、遗传规律分析及基因定位工作提供坚实的种质材料基础,推动苦荞产业的可持续发展。

1 材料与方法

1.1 试验材料

参试材料为来自云南的 72 份苦荞地方种质;以遗传特性及农艺性状稳定的推广品种云荞 1 号作为材料筛选的对照品种(表 1)。

1.2 田间试验设计

试验在云南省农业科学院嵩明市试验基地(海拔 1 896 m;103.11°E,25.35°N)进行,于 2023 年 7 月播种,10 月收获。每份种质种植 3 个重复,每个重复种植 1 个小区,重复间采用随机区组设计。每个小区种植规格为 2.1 m×2.0 m(面积 4.2 m²),设 5 个种植行,行距 0.4 m,相邻小区间距 0.8 m。采用条播方式,每小区播种量为 500 粒。

表 1 参试材料

材料号	收集地	材料号	收集地	材料号	收集地
zy1	石屏县	zy26	鲁甸县	zy63	宁蒗县
zy2	罗平县	zy27	开远市	zy64	香格里拉
zy3	富民县	zy28	大关县	zy65	砚山县
zy4	禄劝县	zy29	永平县	zy66	澄江市
zy5	西盟县	zy30	会泽县	zy67	寻甸县
zy6	耿马县	zy31	剑川县	zy68	嵩明县
zy7	个旧市	zy33	墨江县	zy69	东川区
zy8	蒙自市	zy42	江川区	zy70	兰坪县
zy9	元江县	zy43	马关县	zy73	永德县
zy10	贡山县	zy45	澜沧县	zy74	广南县
zy11	永仁县	zy46	云龙县	zy77	姚安县
zy12	禄丰县	zy48	西盟县	zy78	兰坪县
zy13	巍山县	zy49	镇沅县	zy80	陆良县
zy14	华坪县	zy50	维西县	zy81	文山县
zy15	龙陵县	zy51	威信县	zy82	维西县
zy16	宣威市	zy52	华坪县	zy83	漾濞县
zy17	牟定县	zy54	德钦县	zy84	武定县
zy18	屏边县	zy55	德钦县	zy85	华宁县
zy19	师宗县	zy56	元江县	zy86	兰坪县
zy20	盈江县	zy58	富宁县	zy87	东川区
zy21	元阳县	zy59	德钦县	zy88	兰坪县
zy22	盈江县	zy60	维西县	zy89	麻栗坡县
zy23	鲁甸县	zy61	宁蒗县	zy90	南涧县
zy24	会泽县	zy62	宁蒗县	云荞 1 号	育成品种
zy25	景谷县				

1.3 茎秆抗折力及相关性状测定

参照王允安等的方法^[10,12-13],于灌浆期从各小区随机选取 5 个单株,测定第 2 节间的茎秆抗折力、直径、长度、茎壁厚度、重心高度和茎秆鲜重。其中,采用浙江托普仪器有限公司生产的 YYD-1 型茎秆强度测定仪测定茎秆抗折力。设定 2 个支撑点间距为 1 cm,将待测节间水平架设于支点上,于节间中部施加垂直向下的压力直至断裂,所测得的最大力值即为该节间的抗折力(单位:N)。

1.4 农艺性状测定

待 70%~80% 苦荞籽粒成熟时记录生育日数,随后从各小区中心随机选取每份种质的 5 株植株,参照张宗文和林汝法的方法^[15]测定株高、单株粒数、单株粒重及千粒重等农艺性状,并按单株单独收获。收获后对种子进行自然风干处理,待风干约 15 d 后,测定千粒重、单株粒数及单株粒重,并以小区为单位,测定小区产量。

1.5 试验数据分析

利用 Excel 2007 完成数据整理及变异系数及综合主成分值计算, SPSS 24.0 进行标准化转换和相关性分析, OriginPro 2021 实施主成分分析、方差分析与聚类分析。其中, 聚类选用以欧氏(Euclidean) 距离作为遗传距离的沃德(Ward) 法进行操作。

2 结果与分析

2.1 表型性状的多样性分析

72 份苦荞种质材料的表型性状存在丰富的遗传变异(表 2)。生育日数、千粒重和节间直径 3 个性状的变异系数均低于 10.0%, 分别为 4.7%、7.9% 和 8.8%, 反映出其遗传稳定性较强; 而二次分枝数的变异系数最高, 达 30% 以上, 显示该性状的遗传分化程度明显高于其他指标。株高、重心高度、节间茎壁厚度、主茎节数、茎秆鲜重、节间长、茎秆抗折力、主茎分枝数、单株粒数、单株粒重、小区产量的变异系数在 10.9% ~ 27.3% 之间。

表 2 72 份苦荞种质表型性状的遗传变异情况

性状	最大值	最小值	平均值	标准差	变异系数 (%)
节间直径(mm)	6.7	4.6	5.7	0.5	8.8
节间长(cm)	7.2	2.8	5.0	1.1	22.0
重心高度(cm)	69.3	40.4	53.4	6.4	12.0
茎秆鲜重(g)	56.2	21.1	32.9	6.4	19.5
茎秆抗折力(N)	80.5	30.1	47.1	10.8	22.9
节间茎壁厚度(mm)	1.7	1.0	1.3	0.2	15.4
株高(cm)	152.9	79.2	123.8	13.5	10.9
主茎节数(节)	21.3	7.5	17.7	3.2	18.1
主茎分枝数(个)	16.5	5.4	8.9	2.1	23.6
二次分枝数(个)	9.1	0.0	2.5	2.0	80.0
单株粒数(粒)	611.2	159.1	350.1	81.6	23.3
单株粒重(g)	11.3	2.4	6.3	1.5	23.8
千粒重(g)	20.2	13.8	17.7	1.4	7.9
小区产量(kg)	1.8	0.5	1.1	0.3	27.3
生育日数(d)	89.0	73.7	81.5	3.8	4.7

2.2 表型性状的相关性分析

由表 3 可知, 每个性状均与其他 3 ~ 8 个性状存在显著或极显著相关性。其中, 小区产量与千粒重、单株粒重、单株粒数、主茎节数、株高及重心高度之间存在极显著正相关关系($P < 0.01$), 而与节间茎壁厚度表现出显著负相关($P < 0.05$); 生育日数与茎秆抗折力、主茎节数呈极显著正相关($P < 0.01$), 与主茎分枝数存在极显著负相关($P < 0.01$),

表 3 72 份苦荞种质农艺性状间的相关性分析结果

性状	相关系数													
	节间长	重心高度	茎秆鲜重	茎秆抗折力	节间茎壁厚度	株高	主茎节数	主茎分枝数	二次分枝数	单株粒数	单株粒重	千粒重	小区产量	生育日数
节间直径	0.338**	0.462**	0.646**	0.462**	0.455**	0.294*	0.018	0.180	-0.293*	-0.103	-0.173	-0.171	-0.125	0.040
节间长		0.554**	0.074	-0.411**	-0.277*	0.219	-0.208	0.033	-0.234*	-0.176	-0.157	0.103	0.052	-0.279*
重心高度			0.382**	-0.104	-0.155	0.746**	0.123	0.130	-0.454**	0.151	0.127	0.098	0.476**	-0.178
茎秆鲜重				0.572**	0.273*	0.354**	0.399**	-0.047	-0.073	0.071	0.040	-0.032	0.213	0.123
茎秆抗折力					0.601**	0.071	0.290*	0.073	-0.073	-0.030	-0.054	-0.108	-0.081	0.322**
节间茎壁厚度						-0.088	0.023	0.076	-0.089	-0.212	-0.240*	-0.161	-0.263*	0.085
株高							0.150	0.185	-0.305**	0.243*	0.230	0.066	0.413**	-0.264*
主茎节数								-0.672**	-0.007	0.148	0.156	0.027	0.320**	0.586**
主茎分枝数									-0.271*	-0.018	-0.032	0.036	-0.104	-0.364**
二次分枝数										0.370**	0.317**	-0.207	-0.169	-0.022
单株粒数											0.940**	0.071	0.407**	-0.139
单株粒重												0.383**	0.462**	-0.204
千粒重													0.397**	-0.264*
小区产量														-0.233*

注: *, ** 分别表示显著($P < 0.05$)、极显著相关($P < 0.01$)。

同时与节间长、株高、千粒重及小区产量呈现显著负相关($P < 0.05$)。茎秆抗折力与节间直径、节间茎壁厚度、茎秆鲜重、生育日数呈极显著正相关,与主茎节数呈显著正相关,与节间长呈极显著负相关。

2.3 表型性状的主成分分析

根据表 4 结果,前 5 个主成分构成总方差的主要贡献部分,累积解释方差达 79.18%。其中,PC1 特征值为 3.181(解释方差 21.21%),PC2 特征值 3.007(解释方差 20.05%),PC3 特征值 2.588(解释方差 17.25%),PC4 特征值 1.832(解释方差 12.21%),PC5 特征值 1.270(解释方差 8.47%),后 10 个特征值小于 1 的主成分因贡献度低被剔除,聚焦 PC1 ~ PC5 展开分析。

表 4 参试材料表型性状的主成分分析结果

主成分	特征值	方差贡献率 (%)	累计贡献率 (%)
PC1	3.181	21.21	21.21
PC2	3.007	20.05	41.26
PC3	2.588	17.25	58.51
PC4	1.832	12.21	70.72
PC5	1.270	8.47	79.18
PC6	0.878	5.85	85.04
PC7	0.607	4.05	89.09
PC8	0.506	3.37	92.46
PC9	0.394	2.63	95.08
PC10	0.222	1.48	96.56
PC11	0.193	1.28	97.85
PC12	0.138	0.92	98.77
PC13	0.102	0.68	99.45
PC14	0.078	0.52	99.97
PC15	0.005	0.03	100.00

载荷矩阵(表 5)显示,PC1 主要反映重心高度、株高和小区产量;PC2 的核心影响因子为节间直径、茎秆鲜重、茎秆抗折力、节间茎壁厚度及单株粒重;PC3 以主茎节数和单株粒数为主导指标;PC4 则由主茎分枝数与生育日数共同主导;节间长、二次分枝数和千粒重是 PC5 的主要指标。

由参试材料的主成分得分(表 6)可知,有 22 份材料的综合主成分得分高于对照品种云养 1 号,分别为 zy21、zy58、zy12、zy20、zy18、zy27、zy16、zy84、zy33、zy52、zy65、zy43、zy22、zy80、zy13、zy25、zy24、zy2、zy30、zy81、zy45、zy68。

2.4 茎秆抗折力方差分析和多重比较

由表 7 可知,茎秆抗折力在参试材料之间存在

表 5 主成分载荷矩阵

性状	载荷				
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
节间直径	0.220	0.404	-0.018	0.233	-0.270
节间长	0.237	0.022	-0.361	-0.177	-0.404
重心高度	0.482	0.120	-0.147	-0.138	-0.133
茎秆鲜重	0.271	0.344	0.229	0.073	-0.100
茎秆抗折力	-0.007	0.392	0.296	0.236	0.244
节间茎壁厚度	-0.104	0.355	0.123	0.330	0.136
株高	0.442	0.088	-0.044	0.003	0.009
主茎节数	0.103	0.121	0.457	-0.415	0.005
主茎分枝数	0.067	0.055	-0.344	0.427	0.275
二次分枝数	-0.161	-0.263	0.282	0.240	-0.408
单株粒数	0.231	-0.306	0.325	0.290	-0.152
单株粒重	0.254	-0.345	0.308	0.242	0.025
千粒重	0.183	-0.166	-0.044	-0.110	0.572
小区产量	0.390	-0.171	0.146	-0.145	0.253
生育日数	-0.196	0.242	0.245	-0.371	0.005

表 6 参试材料的主成分得分

材料号	得分					综合主成分得分
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	
zy21	2.008	3.328	2.773	1.029	-0.776	2.060
zy58	0.847	2.059	1.321	3.811	0.588	1.686
zy12	0.040	1.686	2.250	1.412	2.796	1.444
zy20	2.942	1.110	1.410	0.230	-0.107	1.400
zy18	1.963	2.604	0.040	-0.334	0.087	1.152
zy27	1.287	2.954	-0.169	-0.303	0.036	1.013
zy16	-0.244	0.948	2.869	0.448	0.941	0.969
zy84	3.517	0.910	-0.652	0.164	-1.177	0.930
zy33	3.363	0.296	0.310	-1.220	-0.164	0.838
zy52	1.594	-0.495	1.135	1.208	0.917	0.833
zy65	1.672	1.135	0.507	-0.543	0.480	0.813
zy43	2.369	1.779	-2.419	2.514	-1.581	0.776
zy22	3.857	-0.077	-0.418	-1.400	0.145	0.722
zy80	1.538	1.243	-0.189	-0.362	0.332	0.665
zy13	2.307	-1.437	1.614	0.522	-0.224	0.662
zy25	1.067	2.408	0.648	-1.206	-1.849	0.653
zy24	0.678	1.923	0.102	-1.032	1.064	0.645
zy2	-0.562	0.822	1.900	0.444	0.250	0.567
zy30	1.313	1.210	-0.368	-0.801	0.646	0.523
zy81	3.959	0.342	-1.750	-1.426	-0.234	0.521
zy45	-0.336	0.287	1.137	0.198	2.101	0.485
zy68	-0.525	1.180	0.984	0.051	0.968	0.484
云养 1 号	1.417	-3.383	2.893	3.541	-2.257	0.458
zy85	-2.288	3.243	-0.050	0.760	1.238	0.447
zy31	1.381	-0.070	1.116	-0.056	-1.649	0.410

表 6(续)

材料号	得分					综合主成分得分
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	
zy51	1.140	-3.319	1.644	3.908	-0.921	0.327
zy9	-0.105	-1.417	2.719	0.546	0.051	0.295
zy29	1.064	-0.676	0.670	-0.534	0.908	0.274
zy23	0.507	-0.799	1.240	0.517	-0.194	0.263
zy26	1.043	0.004	0.185	-0.296	-1.520	0.113
zy73	1.446	-0.048	-0.035	-1.085	-0.896	0.104
zy7	0.177	-0.291	0.522	-1.400	1.862	0.071
zy49	-1.723	0.625	1.310	0.707	-0.283	0.061
zy60	-4.212	2.493	1.799	1.182	-0.165	0.060
zy42	0.912	-0.271	-0.697	-0.892	1.237	0.018
zy77	0.002	0.410	-0.004	-0.624	0.074	0.015
zy90	-1.432	2.229	-0.930	0.025	0.229	0.007
zy3	1.267	-2.153	0.868	-0.729	0.646	-0.060
zy5	-2.266	0.646	1.460	-0.324	0.836	-0.086
zy56	-1.286	-0.780	1.172	0.679	0.631	-0.114
zy15	-0.879	-0.616	1.311	-0.925	0.735	-0.170
zy19	0.907	-0.675	-0.159	-1.843	0.565	-0.186
zy50	-4.051	3.482	0.064	-0.147	0.134	-0.198
zy48	-2.068	2.176	0.057	-0.699	-1.015	-0.207
zy89	-0.425	-0.093	-2.042	0.904	1.967	-0.233
zy88	0.564	0.604	-3.748	1.437	0.032	-0.287
zy59	-0.669	0.878	-0.398	-0.786	-1.177	-0.291
zy28	0.242	-1.889	-0.889	2.025	-0.019	-0.297
zy87	0.430	1.085	-4.424	1.804	-0.063	-0.302
zy74	-0.169	-1.150	0.271	-0.985	0.527	-0.373
zy86	-1.590	1.754	-2.572	0.990	-0.644	-0.458
zy1	0.932	-0.465	-4.695	2.454	0.308	-0.480
zy66	0.151	0.014	-1.265	-1.880	0.325	-0.487
zy14	-0.355	-1.095	-0.219	-1.145	0.489	-0.544
zy10	-1.813	-2.166	2.608	0.508	-1.544	-0.552
zy82	-0.270	0.853	-1.549	-1.330	-1.809	-0.592
zy17	-1.093	-2.470	1.156	0.329	0.077	-0.607
zy83	-0.189	-0.861	-0.352	-0.313	-2.014	-0.609
zy4	-1.427	-0.055	0.144	-1.543	-0.390	-0.644
zy67	1.067	-1.891	-0.837	-1.651	-0.245	-0.656
zy46	-2.376	-0.084	-1.284	0.738	0.738	-0.745
zy11	-1.156	-1.934	-0.888	0.067	2.212	-0.746
zy8	-0.343	-2.761	0.290	-1.541	1.833	-0.769
zy78	0.030	-0.504	-1.879	-1.553	-0.559	-0.828
zy55	-4.205	2.721	0.465	-1.542	-2.863	-0.880
zy6	-0.827	-2.397	0.107	-1.699	1.349	-0.923
zy64	-0.956	-1.596	-0.956	-1.150	-0.667	-1.117
zy63	-0.515	-2.755	-0.501	-1.097	-0.119	-1.127
zy69	-1.754	-2.203	-3.530	2.500	0.981	-1.306

表 6(续)

材料号	得分					综合主成分得分
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	
zy62	-2.829	-1.976	0.490	-0.307	-2.078	-1.421
zy61	-2.948	-1.356	-2.314	1.311	-0.032	-1.438
zy54	-1.660	-2.283	-0.535	-1.510	-1.025	-1.482
zy70	-1.458	-2.945	-0.844	-0.747	-1.078	-1.550

极显著差异。均值多重比较结果(表 8)显示,zy58、zy16、zy45、zy68 的茎秆抗折力极显著($P < 0.01$)高于对照品种云荞 1 号,其他 68 个材料的茎秆抗折力与对照品种差异不显著。

2.5 聚类分析

基于欧氏遗传距离的沃德聚类分析显示,72 份参试苦荞种质在遗传距离 16.749 9 水平上可划分为 5 个类群(I~V,图 1):类群 I(10 份种质)以主茎分枝数多、生育期短为典型特征;类群 II(8 份种质)呈现重心低、茎秆抗折力强、节间茎壁厚度大、株高矮及生育期长的复合特性;类群 III(23 份种质)兼具节间短、二次分枝数多、单株粒数与粒重高及小区产量突出的优势表型;类群 IV(17 份种质)主要表现为节间长度显著偏长、主茎分枝数较少;类群 V(15 份种质)主要特征是节间较粗、重心高度较高、鲜茎秆较重、株高较高、主茎节数较多、千粒重较重。

主成分综合得分高于对照品种的 22 份材料主要集中于第 V 类群(14 份),其次是第 III 类群(7 份),只有 1 份处于第 I 类群,第 II 和 IV 类群则不包括上述材料;茎秆抗折力极显著高于对照品种的 4 份材料中,有 1 份处于第 V 类群(zy58),3 份处于第 III 类群(zy16、zy45、zy68)。

3 讨论与结论

据白史且等的研究,当变异系数高于 10% 时,意味着个体间存在较大差异^[16-17]。在 72 份苦荞种质材料的 15 个表型性状中,千粒重与生育日数的变异系数均未超过 10.0%,其表型稳定性显著高于其他性状。这一结果与李瑞国等的研究结论一致,表明苦荞的生育期(生育日数)和千粒重相较于其他农艺指标,具有更高的遗传稳定性^[18-19]。然而,株高、重心高度、节间茎壁厚度、主茎节数、茎秆鲜重、节间长、茎秆抗折力、主茎分枝数、单株粒数、单株粒重、小区产量、二次分枝数的变异系数均超过了 10.0%。这表明上述这些性状具有丰富的遗传多样

表 7 参试材料茎秆抗折力的方差分析结果(0.01 水平)

变异来源	自由度(df)	平方和(SS)	均方差(MS)	F 值	P 值
材料号	72	120 483.897 41	1 673.387 46	5.281 65	<0.000 1
重复	1	146.283 95	146.283 95	0.461 71	0.497 07
模型	73	120 623.869 69	1 652.381 78	5.215 35	<0.000 1
误差	655	207 524.125 15	316.830 73		
修正整体	728	328 147.994 84			

表 8 茎秆抗折力多重比较结果(0.01 水平)

材料号	均值(N)	显著性	材料号	均值(N)	显著性
zy58	97.03	A	zy10	42.66	EFGHIJKLMNO
zy16	76.93	AB	zy51	40.94	FGHIJKLMNO
zy45	69.61	BC	zy13	40.88	FGHIJKLMNO
zy68	69.44	BC	zy22	40.86	FGHIJKLMNO
zy12	64.05	BCD	zy17	39.26	GHIJKLMNO
zy50	63.977	BCD	zy86	38.90	GHIJKLMNO
zy90	63.12	BCDE	zy30	38.75	GHIJKLMNO
zy60	60.70	BCDEF	zy81	38.60	GHIJKLMNO
zy56	58.82	BCDEFG	zy6	38.52	GHIJKLMNO
zy85	58.76	BCDEFG	zy29	38.44	GHIJKLMNO
zy48	58.51	BCDEFGH	zy70	38.42	GHIJKLMNO
zy15	57.25	BCDEFGHI	zy66	38.16	GHIJKLMNO
zy52	57.18	BCDEFGHI	zy61	37.95	HIJKLMNO
zy9	56.66	BCDEFGHI	zy46	37.60	IJKLMNO
zy49	56.44	BCDEFGHI	zy31	37.16	IJKLMNO
zy65	56.36	CDEFGHI	zy82	36.97	IJKLMNO
zy21	56.36	CDEFGHI	zy67	35.28	JKLMNO
zy24	54.02	CDEFGHIJ	zy25	35.12	JKLMNO
zy89	52.37	CDEFGHIJK	zy23	34.77	JKLMNO
zy2	51.02	CDEFGHIJKL	zy19	33.90	JKLMNO
zy5	50.85	CDEFGHIJKL	zy26	33.88	JKLMNO
zy43	50.54	CDEFGHIJKL	zy77	33.72	JKLMNO
zy14	50.35	CDEFGHIJKL	zy1	33.68	JKLMNO
zy69	50.19	CDEFGHIJKLM	zy42	33.50	JKLMNO
zy55	48.54	DEFGHIJKLMN	zy64	32.64	KLMNO
zy73	48.25	DEFGHIJKLMN	zy80	32.38	KLMNO
zy11	47.34	DEFGHIJKLMNO	zy63	31.89	KLMNO
zy3	47.32	DEFGHIJKLMNO	zy54	31.36	LMNO
zy4	46.77	DEFGHIJKLMNO	zy84	31.28	LMNO
zy87	46.56	DEFGHIJKLMNO	zy28	31.148	LMNO
zy20	46.30	DEFGHIJKLMNO	zy62	30.63	LMNO
zy7	45.79	DEFGHIJKLMNO	zy59	29.73	MNO
zy88	45.63	DEFGHIJKLMNO	zy74	29.72	MNO
zy8	45.35	DEFGHIJKLMNO	zy78	29.29	NO
云 1	43.87	DEFGHIJKLMNO	zy83	28.46	NO
zy27	43.77	DEFGHIJKLMNO	zy33	27.22	O
zy18	43.14	EFGHIJKLMNO			

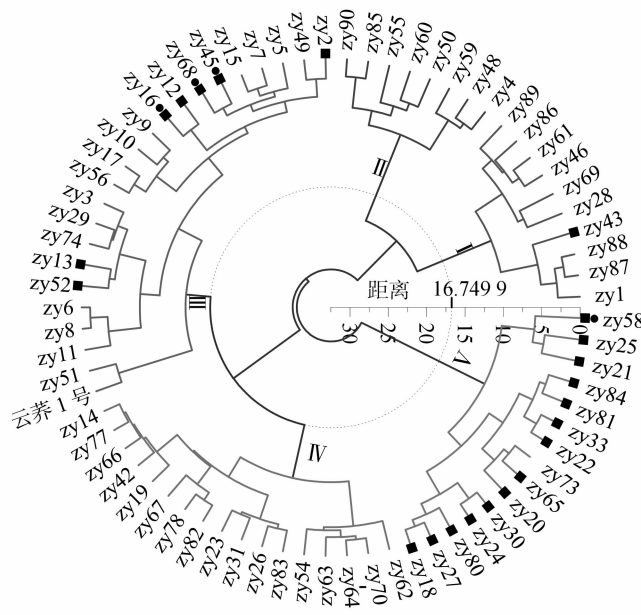
注:不共享字母表示差异极显著。

性,且不同种质之间存在较大的差异。

以往研究表明,若 2 个性状呈极显著相关,如对其中一个性状加以改良时,另一个性状也会随之受到影响^[20-21]。特别是当 2 个性状间的相关系数大于 0.707 时,能够用其中一个性状来描述另一个性状,并且可以据此推测其变异情况^[22]。本研究中,单株粒数与单株粒重的相关系数高达 0.940,二者存在极显著正相关,此结果与李春花等的研究发现^[3]一致。据此推断,在品种改良过程中,针对单株粒数或单株粒重任一性状开展定向选择,可对另一性状产生协同提升效应,进而有望显著提高选育效率。此外,本研究关注的茎秆抗折力与主要的农艺性状(株高、主茎分枝数、二次分枝数、单株粒数、单株粒重、千粒重、小区产量)无显著相关,说明选育出茎秆抗折力强且综合性状优的材料是有可能的。本研究中就以云莽 1 号为对照材料,结合主成分分析和茎秆抗折力方差分析,筛选出 22 份综合性状较好的材料,其中 4 份的茎秆抗折力极显著大于对照品种,可作为强茎秆抗折力亲本材料。

在育种配制杂交组合时,除了考虑亲本本身的性状特点外,还需考虑亲本间的遗传距离,尽量选用遗传距离较远的材料。为了防止苦荞杂交育种时杂交组合亲本选配出现盲目状况,对 72 份苦荞种质材料进行了聚类分析。这 72 份苦荞种质材料能够聚类成五大类,其中,主成分综合得分高于对照品种的 22 份材料主要集中于第 V 类群(14 份),其次是第 III 类群(7 份),只有 1 份处于第 I 类群,第 II 和 IV 类群则不包括上述材料;茎秆抗折力极显著高于对照品种的 4 份材料中,有 1 份处于第 V 类群(zy58),3 份处于第 III 类群(zy16、zy45、zy68),因此苦荞杂交亲本应优先从第 V 类群(主成分综合值优势显著)与第 III 类群(包含茎秆抗折力突出的种质)中选择具有优良特性的种质,通过跨类群组合(如 V × III)可协同提升综合性状与茎秆抗折力,避免同类群内遗传冗余。

综合本研究对 72 份苦荞种质资源的表型分析



标■的是主成分综合值高于对照品种的材料，标●的是茎秆抗折力极显著高于对照品种的材料
图1 参试材料的聚类分析结果

结果,可明确其变异较为丰富,筛选出 22 份综合性状较好的材料,其中包括 4 份强茎秆抗折力材料,可用作茎秆抗折力强且综合性状优的苦荞新品种选育的亲本材料,也可用作构建茎秆抗折力的遗传规律分析、基因定位群体的亲本材料。

参考文献:

[1]林汝法. 中国荞麦[M]. 北京:中国农业出版社,2005:13.
 [2]林汝法. 苦荞举要[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2013: 273 - 275.
 [3]李春花,陈葵坤,黄金亮,等. 苦荞种质资源遗传多样性分析及抗霜霉病种质筛选[J]. 南方农业学报,2020,51(4):740 - 747.
 [4]李春花,尹桂芳,王艳青,等. 云南苦荞种质资源主要性状的遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报,2016,17(6):993 - 999, 1007.
 [5]梁诗涵,李 境,周 达,等. 中国苦荞主产区苦荞种质形态性状的遗传多样性分析[J]. 分子植物育种,2020,18(21):7254 - 7266.
 [6]杨恩泽,谢 锐,韩平安,等. 内蒙古 162 份苦荞资源表型性状的遗传多样性及综合评价[J]. 作物杂志,2024(2):15 - 22.
 [7]李春花,加央多拉,吴 晗,等. 苦荞农艺性状遗传多样性分析及综合评价[J]. 作物研究,2022,36(4):363 - 368.
 [8]贾瑞玲,赵小琴,南 铭,等. 64 份苦荞种质资源农艺性状遗传多样性分析与综合评价[J]. 作物杂志,2021(3):19 - 27.
 [9]李春花,加央多拉,陈葵坤,等. 苦荞种质资源性状评价及优异资源筛选[J]. 干旱地区农业研究,2021,39(6):19 - 27.
 [10]王允安. 苦荞抗倒伏特性的初步研究[D]. 太原:山西大学,

2016:23,27.
 [11]汪 灿,阮仁武,袁晓辉,等. 荞麦茎秆解剖结构和木质素代谢及其与抗倒性的关系[J]. 作物学报,2014,40(10):1846 - 1856.
 [12]韦 爽. 不同苦荞品种植株性状与抗倒伏的关系研究[D]. 贵阳:贵州师范大学,2015:8.
 [13]宋 月,向达兵,黄后兵,等. 苦荞品种抗倒性鉴定及评价方法的研究[J]. 作物杂志,2017(6):65 - 71.
 [14]王 超,代 邹,朱先洲,等. 苦荞抗倒伏高产品种筛选[J]. 乡村科技,2022,13(15):88 - 91.
 [15]张宗文,林汝法. 荞麦种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京:中国农业出版社,2007.
 [16]白史且,苟文龙,张新全,等. 假俭草种群变异与生态特性的研究[J]. 北京林业大学学报,2002,24(4):97 - 101.
 [17]董博文,李继东,郑先波,等. 山茱萸种质资源表型性状多样性及相关性分析[J]. 经济林研究,2014,32(2):163 - 166.
 [18]李瑞国,高冬丽,柴 岩,等. 苦荞资源农艺性状因子聚类分析[J]. 干旱地区农业研究,2007,25(6):80 - 84.
 [19]高金锋,张慧成,高小丽,等. 西藏苦荞种质资源主要农艺性状分析[J]. 河北农业大学学报,2008,31(2):1 - 5,20.
 [20]侯元凯,黄 琳,周忠惠. 文冠果果实性状相关性研究[J]. 林业科学研究,2011,24(3):395 - 398.
 [21]郑 冉,黎瑞源,吕 丹,等. 苦荞重组自交系群体籽粒黄酮含量与产量性状分析[J]. 广西植物,2021,41(2):216 - 224.
 [22]Skinner D Z, Bauchaun G R, Auricht G, et al. A method for the efficient management and utilization of large germplasm collections [J]. Crop Science,1999,39(4):1237 - 1242.