

胡凯凤,张勇,董全中,等.大豆早熟优异种质资源的耐密性评价[J].黑龙江农业科学,2020(12):7-13,18.

大豆早熟优异种质资源的耐密性评价

胡凯凤,张勇,董全中,薛红,张明明,李薇薇,王磊,杨兴勇

(黑龙江省农业科学院克山分院,黑龙江齐齐哈尔161600)

摘要:为促进东北大豆密植高产栽培和耐密品种选育,以43份大豆资源为材料,设置45万和25万株·hm²两个密度处理,采用田间试验方法,调查盛粒期(R6)倒伏级别、成熟期(R8)倒伏级别及茎秆强度等性状,成熟期进行考种,包括株高、主茎节数、有效分枝数、底荚高、分枝位置、分枝长度、重心高度等指标,并进行小区测产。通过主成分分析,隶属函数法及聚类分析对43份大豆进行耐密性综合评价,筛选出相对耐密性优良大豆资源。结果表明:10个单项指标可转化为4个相对独立的综合指标,运用隶属函数法及聚类分析等方法将43份资源按耐密性强弱分为4类,黑河42及HLT8-黑河13两份材料为耐密品种,佳密豆6号等12份材料为较耐密品种,黑河30等20份材料为中间型品种,黑河37等9份材料为相对不耐密品种。

关键词:大豆;耐密性;隶属函数;主成分分析

大豆是我国重要的粮、油、饲兼用作物,近年供求矛盾日益突出,进口量持续增大^[1],而我国土地面积有限,挖掘高产潜力品种、提高单产是目前亟需解决的问题。大豆是密植作物,依靠群体实现产量的增加是重要的手段之一,密植增产也成为目前的主流栽培模式^[2]。大豆耐密性与倒伏性密切相关,密度增大到一定范围容易造成倒伏,大豆鼓粒期倒伏将导致光合产物在营养器官和生殖器官的分配比例失调,影响产量性状表现,致使大豆产量显著降低^[3]。一般来说耐密性好的品种抗倒伏能力强,高密度下能获得高产、稳产,而品种间差异较大,不抗倒伏品种会造成不同程度的减产^[4]。

近年来关于大豆密植研究的报道逐渐增加,元明浩等^[5]利用有限结荚习性大豆在不同种植密度下对一些农艺性状变化规律进行了探索分析,得出随着密度增加茎粗减小、分枝数减少、株高增高显著规律。郑伟等^[6]探索不同密度下两个大豆品种间光合生理指标差异,发现耐密品种在低密度下叶形指数往往较高,叶色值偏高,随着密度的增加叶柄增加幅度较小。李灿东等^[7]研究表明在同一密度下,不同结荚习性的大豆品种倒伏性与产量的相关性差异不大,证实了不同结荚习性均存在耐密性品种的事实。不同矮秆大豆品种随

着种植密度的增加,株高、粒数、单位面积产量、单株荚数和倒伏率变化趋势基本一致;高密度下多个农艺性状中倒伏率、重心高度及有效分枝数与产量最为密切相关。可见,与大豆耐密性相关指标较多,且各指标间存在不同相关性,目前大豆耐密性综合评价方法尚不明确。

本研究采用多元统计分析方法,对密植条件下43份大豆资源的10个相关农艺性状进行鉴定和分析,筛选出适宜密植的优良大豆种质资源,为东北大豆密植高产栽培和耐密品种选育提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

试验材料为黑龙江省农业科学院各分院及国家优异种质资源库提供的43份大豆资源群体材料(表1)。

1.2 方 法

1.2.1 试验设计 试验于2018年5月在黑龙江省齐齐哈尔市克山县进行,采用两个密度处理,分别为高密度45万株·hm²,常规密度25万株·hm²,每个密度设3次重复,试验采用3行区,2m行长,试验收获时全区收获。5月8日播种,机械开沟,人工精量双粒点播,田间管理同一般生产田。

1.2.2 测定项目及方法 在大豆生育期时进行相关农艺性状的调查:出苗期、花色、叶形、茸毛颜色、结荚习性、始花期(R1)、成熟期(R8)、盛粒期(R6)倒伏级别、成熟期(R8)倒伏级别,茎秆强度。倒伏级别判定参考邱丽娟等^[10]的方法。

收稿日期:2020-08-13

基金项目:国家重点研发计划(2016YFD0100201-29)。

第一作者:胡凯凤(1989-),女,硕士,研究实习员,从事大豆遗传育种研究。E-mail:hukafieng2009@126.com。

通信作者:杨兴勇(1965-),男,硕士,研究员,从事大豆遗传育种研究。E-mail:ksyxy@sina.com。

表1 供试大豆材料

Table 1 The tested soybean materials

序号 No.	品种名称 Varieties	序号 No.	品种名称 Varieties	序号 No.	品种名称 Varieties	序号 No.	品种名称 Varieties
1	绥农 26	12	合丰 47	23	黑河 7 号	35	黑河 9 号
2	佳密豆 6 号	13	合农 60	24	黑河 30	36	黑河 31
3	垦豆 40	14	克 14-758	25	黑河 43	37	黑河 51
4	绥农 52	15	黑河 38	26	黑河 42	38	黑科 56
5	吉密豆 2 号	16	黑河 48	27	华疆 4 号	39	HLT1-黑河 13
6	合丰 55	17	克 09-95	28	丰收 24	40	黑河 21
7	吉育 204	18	克 09-95 黄	29	黑河 53	41	黑河 37
8	Kariyutaka	19	HLT4-黑河 13	30	黑河 27	42	黑河 50
9	合丰 51	20	克交 09-343	31	黑河 45	43	克山 1 号
10	合农 76	21	MN0201	32	黑河 4 号		
11	中科毛豆 2 号	22	HLT8-黑河 13	33	黑河 18		

1.2.3 考种及测产 大豆成熟期进行取样,每份材料的小区中,随机取中间行中间位置的 5 株,进行室内考种。考种项目包括:单株平均粒重、茎秆强度、株高、主茎节数、有效分枝数、底荚高度、重心高度。全小区人工收获及脱粒,烘箱烘干至恒重,称量籽粒重量计产。

1.2.4 数据分析 采用 Excel 2010 进行数据整理分析,采用 SPSS 22.0 软件进行主成分、隶属函数分析及聚类分析,采用 t 检验方法进行性状指标显著性分析。相关计算方法如下:

耐密指数 = 高密处理性状值/常规处理性状值;

利用隶属函数将各指标性状在所提取的主成分上的得分值进行标准化: $F(x_i) = (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$; $i=1, 2, 3, \dots, n$; 其中 X_{\min} 和 X_{\max} 分别表示每个主成分上各性状指标得分值的最小值和最大值;

$\omega p = \lambda p / \sum_{p=1}^p \lambda p$; ωp 表示提取的第 p 个主成分的权重; λp 表示提取的主成分所对应的特征值;

$D = \sum_{p=1}^p (\omega p \times Fx_i)$; D 表示耐密处理响应因子综合值;

以 D 值进行聚类统计, $D = \sum_{p=1}^p (\omega p \times Fx_i)$ 并加以调整划分耐密等级。

2 结果与分析

2.1 高密度下各单项性状指标变化

与常规密度相比,高密度种植下大豆单株粒

重、茎秆强度、有效分枝数和主茎节数表现均为极显著下降;而小区产量、底荚高度、R6 倒伏级别和 R8 倒伏级别则为极显著上升;高密度下重心高度和株高上升幅度很小,无显著性。耐密指数显示有效分枝数、R6 倒伏级别和 R8 倒伏级别变动幅度较大,变异系数分别为 238.45%、107.59% 和 91.18%;底荚高度、单株粒重、小区产量、茎秆强度、重心高度、主茎节数变异系数较小,变异幅度为 5.65%~30.82%(表 2),说明不同性状的耐密指数变化幅度不尽相同,且规律不一致,利用单一性状的耐密指数来评价大豆的耐密性差异存在一定的片面性。

2.2 各性状指标耐密指数相关性分析

相关性分析可以揭示各性状指标间是否存在依存关系,判断相关关系的方向与强度^[11]。本研究通过对 10 个单项性状指标的相关性分析发现,各指标间存在不同程度的相关性。由表 3 可知,单株粒重(X1)与重心高度(X5)显著正相关;茎秆强度(X3)与 R6 倒伏级别(X9)、R8 倒伏级别(X10)之间为极显著负相关;重心高度(X5)与株高(X6)、主茎节数(X7)、底荚高度(X8)间极显著正相关;株高(X6)与主茎节数(X7)、底荚高度(X8)极显著正相关;其他性状间未达到显著水平,说明该案例中变量相关性很强,利用单项性状耐密指数不能有效评价大豆品种耐密性,只有将各单个性状的耐密数进行整合,利用多元分析方法才便于更加准确地评价大豆耐密性。

表 2 高、低密度水平下大豆主要性状指标变化

Table 2 Changes of main characters and indexes of soybean at high and low density

指标 Index	高密度处理 High density		常规密度处理 Conventional density		高低密度平均值 <i>t</i> 测验 The average value of <i>t</i> test under high and low density	耐密指数 Density index	
	平均值 Mean	变异系数 CV/%	平均值 Mean	变异系数 CV/%		平均值 Mean	变异系数 CV/%
	单株粒重/g	7.94	13.23	13.40		11.90	-16.72**
小区产量/kg	1274.47	8.96	1181.68	9.70	3.76**	1.08	10.39
茎秆强度	2.30	25.14	2.83	9.97	-6.92**	0.81	23.28
有效分枝数	0.09	298.40	0.45	111.40	-4.15**	0.09	238.45
重心高度/cm	50.80	12.78	48.12	15.48	1.78	1.06	9.39
株高/cm	89.48	12.65	87.85	15.91	0.60	1.02	7.12
主茎节数	14.26	13.26	15.53	15.32	-3.21**	0.91	5.65
底荚高度/cm	20.99	27.26	15.05	31.97	5.22**	1.44	30.82
R6 倒伏级别	3.00	51.43	1.47	45.54	5.99**	2.12	107.59
R8 倒伏级别	2.05	48.81	1.12	29.06	5.81**	1.88	91.18

注: * 和 ** 分别表示 $P < 0.05$ 和 $P < 0.01$ 的显著水平。下同。

Note: * and ** indicated significant difference at 0.05 and 0.01 level, respectively. The same below.

表 3 不同大豆品种各单项指标耐密指数的相关性分析

Table 3 Correlation analysis of the density resistance index of each individual index of different soybean varieties

项目 Items	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
X1	1									
X2	0.197	1								
X3	-0.232	0.063	1							
X4	0.054	0.035	0.195	1						
X5	0.256*	0.172	0.167	-0.025	1					
X6	0.172	0.182	0.16	0.162	0.679**	1				
X7	0.137	-0.151	0.004	0.097	0.496**	0.567**	1			
X8	-0.217	-0.058	0.092	-0.051	0.56**	0.462**	0.343*	1		
X9	0.038	-0.169	-0.497**	-0.314*	-0.171	-0.108	0.09	-0.014	1	
X10	0.045	0.019	-0.598**	-0.211	-0.198	-0.219	-0.011	-0.109	0.517	1

注: X1 为单株粒重; X2 为小区产量; X3 为茎秆强度; X4 为有效分枝数; X5 为重心高度; X6 为株高; X7 为主茎节数; X8 为底荚高度; X9 为 R6 倒伏级别; X10 为 R8 倒伏级别。

Note: X1 is grain weight per plant; X2 is plot yield; X3 is stem strength; X4 is effective branch number; X5 is gravity center high; X6 is plant high; X7 is main stem node number; X8 is height of pod; X9 is R6 lodging level; X10 is R8 lodging level.

2.3 主成分分析

利用 SPSS 22.0 软件对单株平均粒重、小区产量、茎秆强度、株高、主茎节数、有效分枝数、底荚高度、重心高度、R6 倒伏级别、R8 倒伏级别 10 个单项性状耐密指数进行主成分分析, 前 4 个主成分贡献率分别为 28.30%, 20.66%,

13.92%, 10.41%, 累计贡献率达 73.29%, 其特征值都大于 1(表 4), KMO 值为 0.68, 满足主成分个数的提取原则。

同时通过成分矩阵得知: 重心高度(0.860), 株高(0.842), 主茎节数(0.769) 底荚高度(0.711), 与第一主成分相关性较高, 说明第一

主成分基本反映了这4个指标的基本信息。

表4 主成分分析各综合指标系数、贡献率及特征向量

Table 4 Coefficient of the composite indicator principal component analysis, the contribution rate and the feature vector

项目 Items	主成分 Principle component				
	F1	F2	F3	F4	
特征值	2.83	2.07	1.39	1.04	
贡献率/%	28.30	20.66	13.92	10.41	
累计贡献率/%	28.30	48.96	62.89	73.29	
特征向量	重心高度	0.860	-0.133	0.267	-0.028
	株高	0.842	-0.148	0.14	0.143
	主茎节数	0.769	0.125	-0.282	0.251
	底荚高	0.711	-0.096	-0.138	-0.448
	茎秆强度	0.075	-0.834	-0.024	-0.113
	R8 倒伏级别	-0.131	0.802	0.034	-0.058
	R6 倒伏级别	0.008	0.792	-0.184	-0.142
	小区产量	0.023	-0.106	0.879	-0.003
	有效分枝数	0.021	-0.399	-0.211	0.681
	单株平均粒重	0.171	0.273	0.466	0.645

茎秆强度(-0.834), R8 倒伏级别(0.802), R6 倒伏级别(0.792)与第二主成分相关性较高,说明第二主成可以反映这3项指标的信息。

小区产量(0.879)与第三主成分相关性较高;则第三主成份可以反映该指标的信息。

有效分枝数(0.681),单株平均粒重(0.645)与第四主成分相关性较高,则第四主成分可以反映以上2个指标的信息。

这样将10个单项性状指标提取为4个相对独立的综合性状指标(F1~F4),具有较大的信息

表5 各品种综合指标值、权重、F(x)、D值及综合评价

Table 5 The value of each varieties comprehensive index, index weight, F(x), D value and comprehensive evaluation

品种 Varieties	F1	F2	F3	F4	F(x ₁)	F(x ₂)	F(x ₃)	F(x ₄)	D值	综合评价 Evaluation
绥农26	-0.388	1.790	-0.126	0.019	0.325	0.758	0.422	0.454	0.483	较耐密
佳密豆6号	2.568	-0.656	-0.429	1.427	0.900	0.203	0.362	0.772	0.585	较耐密
垦豆40	-0.959	-0.103	1.148	-0.368	0.213	0.328	0.673	0.367	0.354	中间型
绥农52	0.508	0.251	1.498	0.634	0.499	0.409	0.742	0.593	0.533	较耐密
吉密豆2号	-0.012	-0.179	2.808	-0.676	0.398	0.311	1.000	0.297	0.473	较耐密

代表性。用该4个综合指标对43份大豆进行进一步耐密性分析。

2.4 各品种耐盐性综合评价分析

2.4.1 隶属函数分析 根据公式 $F(x_i) = (X_i - X_{min}) / (X_{max} - X_{min})$ 计算每份材料各个综合指标的隶属函数值(表5)。对于同一综合指标 F1 而言,黑河45 $F(x_1)$ 值最大,为1.00,代表黑河45在F1这一指标中表现耐密性最好。而黑河7号 $F(x_1)$ 值为0,代表该品种在这一综合指标中表现耐密性最差。

2.4.2 权重确定 根据各综合指标贡献率大小(分别为28.30%、20.66%、13.92%和10.41%),应用公式4计算出4个综合指标的权重,分别为38.61%、28.19%、18.99%和14.20%(表5)。

2.4.3 综合评价及分类 D值表示各大豆品种综合耐密性强弱,D值越大说明品种耐密性越强,反之越差。如表5所示,黑河42的D值最大,为0.699,说明在43份材料中黑河42耐密性最强;而HLT4-黑河13的D值最小,为0.226,其耐密性最差。为了更好的根据D值对大豆耐密性强弱进行清晰的分级评价,本研究采用欧式距离组间平均联接法对D值进行聚类分析(图1),可以将43份大豆品种耐密性由强到弱分为4大类。第I类群有两份品种,分别为黑河42,HLT8-黑河13,耐密能力强,属于耐密类型,占全部品种的4.65%;第II类有12份品种,分别为佳密豆、合丰60等,耐密能力较强,属于较耐密类型,占全部品种的27.91%;第III类有20份品种,分别为黑河30、克09-95等,耐密能力一般,属于中间型,占全部品种的46.51%;第IV类有9份品种,分别为合丰42、MN0201等,耐密能力较差,属于不耐密类型,占全部品种的20.93%(图1)。

续表 5

品种 Varieties	F1	F2	F3	F4	F(x ₁)	F(x ₂)	F(x ₃)	F(x ₄)	D 值	综合评价 Evaluation
合丰 55	-1.519	1.067	0.460	0.682	0.104	0.594	0.537	0.604	0.395	中间型
吉育 204	0.120	0.250	0.814	0.687	0.423	0.409	0.607	0.605	0.480	较耐密
Kariyutaka	-0.128	0.172	0.578	1.703	0.375	0.391	0.561	0.835	0.480	较耐密
合丰 51	1.548	0.209	-1.149	-1.470	0.702	0.399	0.220	0.118	0.443	较耐密
合农 76	-0.471	-1.195	0.510	-0.706	0.308	0.081	0.547	0.290	0.287	不耐密
中科毛豆 2 号	0.060	-0.855	-0.376	1.633	0.412	0.158	0.372	0.819	0.391	中间型
合丰 47	-1.371	1.275	-0.461	-0.531	0.133	0.641	0.356	0.330	0.345	中间型
合农 60	1.514	-1.057	1.592	1.863	0.695	0.112	0.760	0.871	0.569	较耐密
克 14-758	0.299	-1.341	0.112	-1.556	0.458	0.048	0.469	0.098	0.294	不耐密
黑河 38	-0.527	-0.088	-0.212	-0.459	0.297	0.332	0.405	0.346	0.334	中间型
黑河 48	-0.613	0.721	-1.556	-0.341	0.281	0.516	0.140	0.373	0.333	中间型
克 09-95	0.304	-0.363	0.484	-0.498	0.459	0.269	0.542	0.337	0.404	中间型
克 09-95(黄)	-1.239	-0.501	-0.026	-0.365	0.159	0.238	0.441	0.367	0.264	不耐密
HLT4-黑河 13	-0.706	-1.037	-1.309	-0.274	0.263	0.117	0.188	0.388	0.226	不耐密
克交 09-343	-0.641	0.276	-0.199	-0.263	0.275	0.415	0.407	0.390	0.356	中间型
MN0201	-0.305	-0.992	-0.430	-0.035	0.341	0.127	0.362	0.442	0.299	不耐密
HLT8-黑河 13	0.812	2.133	1.809	0.866	0.558	0.836	0.803	0.646	0.695	耐密
黑河 7 号	-2.054	0.460	1.019	0.617	0.000	0.456	0.647	0.589	0.334	中间型
黑河 30	0.068	1.428	-2.156	-0.049	0.413	0.676	0.022	0.439	0.416	中间型
黑河 43	0.697	-0.385	-0.900	-0.587	0.536	0.264	0.269	0.317	0.378	中间型
黑河 42	1.467	2.856	-0.817	1.067	0.686	1.000	0.285	0.691	0.699	耐密
华疆 4 号	0.422	1.448	-0.277	-0.465	0.482	0.680	0.392	0.345	0.501	较耐密
丰收 24	-0.658	-0.789	1.110	-0.439	0.272	0.173	0.665	0.351	0.330	中间型
黑河 53	-0.055	0.028	-0.413	-0.439	0.389	0.358	0.365	0.351	0.371	中间型
黑河 27	0.178	0.994	-0.966	-1.035	0.435	0.578	0.256	0.216	0.410	中间型
黑河 45	3.079	-1.026	0.066	-1.098	1.000	0.119	0.460	0.202	0.537	较耐密
黑河 4 号	-0.025	-0.146	-0.564	0.240	0.395	0.319	0.335	0.504	0.378	中间型
黑河 18	-0.173	0.168	-0.010	0.437	0.366	0.390	0.445	0.549	0.414	中间型
合丰 42	0.219	-1.207	-0.077	-1.109	0.443	0.078	0.431	0.199	0.304	不耐密
黑河 9 号	-0.061	-0.227	-0.558	0.088	0.388	0.300	0.337	0.470	0.365	中间型
河 31	-0.527	0.158	0.742	-0.885	0.297	0.388	0.593	0.250	0.372	中间型
黑河 51	0.001	-0.133	-0.006	-1.285	0.400	0.322	0.445	0.160	0.353	中间型
黑科 56	0.059	0.678	0.504	-0.066	0.411	0.506	0.546	0.435	0.467	较耐密
HLT1-黑河 13	-1.109	-0.896	0.281	0.828	0.184	0.148	0.502	0.637	0.299	不耐密
黑河 21	-0.213	-1.390	-0.631	1.662	0.359	0.036	0.322	0.825	0.328	中间型
黑河 37	-0.953	-1.550	-2.265	2.436	0.214	0.000	0.000	1.000	0.227	不耐密
黑河 50	-0.341	-0.392	0.032	-1.991	0.334	0.263	0.453	0.000	0.289	不耐密
克山 1 号	1.124	0.150	0.344	0.100	0.619	0.386	0.514	0.472	0.513	较耐密
权重					38.61	28.19	18.99	14.20		

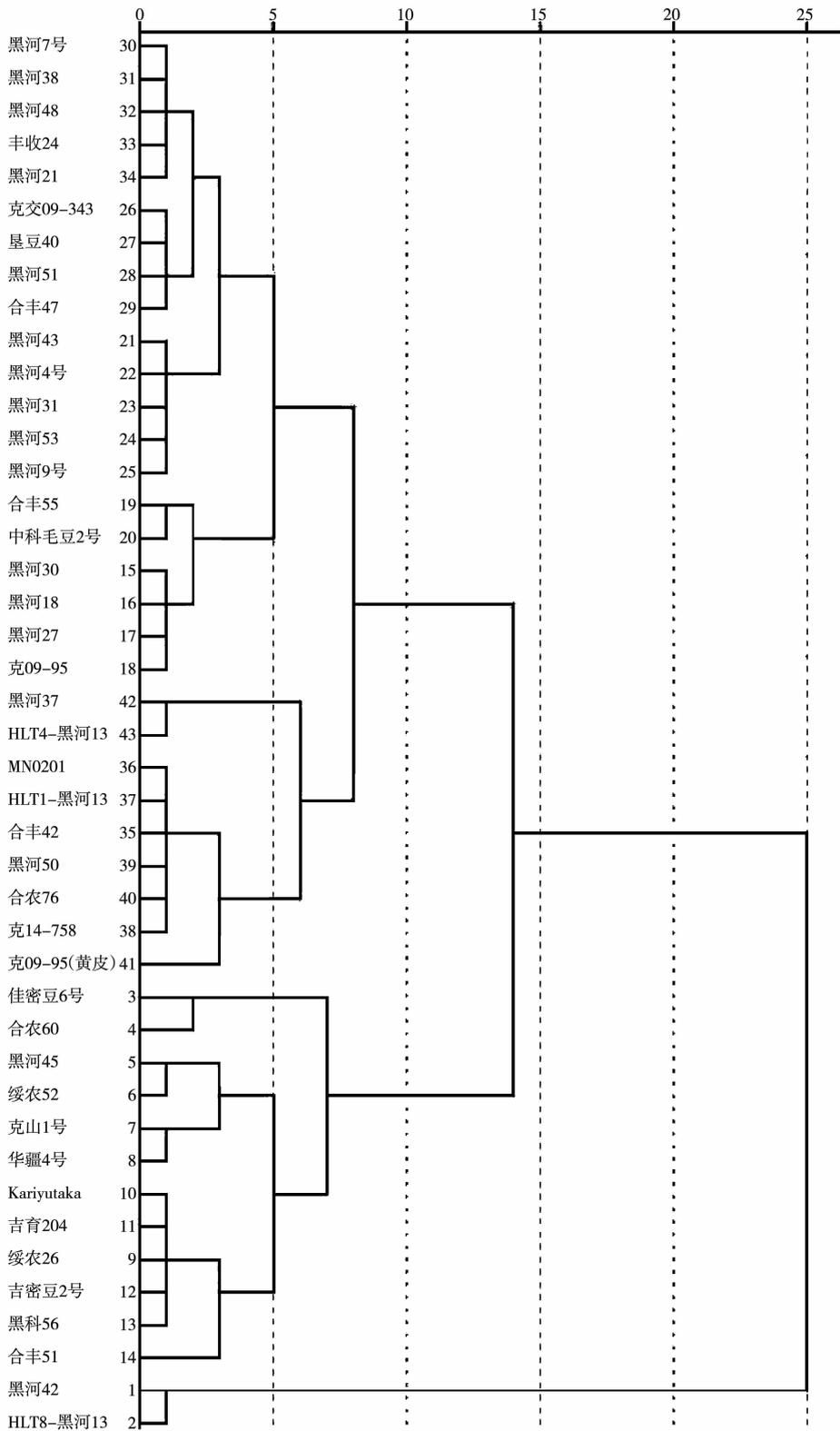


图1 43份品种聚类分析树状图

Fig. 1 Dendrogram analysis of 43 varieties

3 结论与讨论

本研究主要针对东北第 2~5 积温带优异品种进行研究,将 43 份大豆资源按耐密性划分为 4 类,其中,黑河 42 及 HLT8-黑河 13 两份品种表现为耐密,佳密豆 6 号等 12 份大豆品种表现为较耐密,黑河 30 等 20 份大豆品种表现为中间型,合丰 42 等 9 份大豆品种表现为不耐密。

大豆产量与诸多因素有关,除了环境以外,还包括有效结荚数、茎粗、倒伏率、株高、底荚高、有效分枝数和病虫害等。产量的高低是衡量一个品种优劣的重要指标,在高密度下仍能保持高产、稳产,才是耐密性品种的优良表现^[12]。大豆是密播作物,对密度有自我调控能力,但是随着密度的增加,大豆单株自我调节能力呈减弱的趋势。宋微微^[13]得出随着密度增大,单位面积有效结荚数与粒数均增加,单株粒数、单株有效结荚数、单株籽粒重均呈减少趋势;密度对于构成产量因素相关的农艺性状的影响不尽相同。张晓艳等^[14]认为,随着种植密度的增加,大豆的株高和干物重会明显提高,但节数、茎粗及光合速率则会显著减少。李莉等^[15]得出不同种植密度对百粒重、株高、单株荚数、分枝数及单株粒数影响较大。一般来说,随着密度的增加,倒伏趋势会明显加重^[16],李灿东等^[17]研究表明倒伏率、重心高度及有效分枝数与大豆产量密切相关,是评价大豆材料与品种耐密性的重要指标,与本试验结果部分一致,高密度下倒伏率及有效分枝数变异幅度最大。

近几年来,同时利用主成分分析和聚类分析研究玉米^[18]、小麦^[19]、高粱^[20]、水稻^[21]等作物的报道较多,在大豆上也有报道。汪明华等^[22]选取黄淮地区 35 份品种,根据 12 个性状指标进行主成份分析及聚类分析,通过主成分分析得出 2 个主成分,提供了 69.915% 信息量,系统聚类后将 35 份品种分为 5 大类。赵银月等^[23]基于 10 个农艺性状的聚类分析将 44 个大豆品种按照耐荫性强弱分为了强耐荫、中等耐荫和弱耐荫 3 大类群。

本试验利用主成分分析、聚类分析和隶属函数分析等多元分析方法综合评价了 43 份大豆资源耐密能力,大豆品种耐密性主要由上述 4 个综合指标共同决定。根据 4 个综合指标值的贡献率求出其相应的隶属函数值,并依据各综合指标的权重进行加权,得到不同大豆品种耐密植能力的综合评价价值(D 值),能克服单个指标的片面性,更全面科学地反映品种的耐密能力。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国海关总署,中华人民共和国农业农村部公告.第 149 号[J].中国对外经济贸易文告,2019(59):19-20.
- [2] 刘念析,董志敏,厉志,等.不同矮秆大豆品种的耐密性研究[J].农学报,2020,10(1):1-6.
- [3] 谢甫锦,董钻,王晓光,等.大豆倒伏对植株性状和产量的影响[J].大豆科学,1993(1):81-85.
- [4] 吕书财.密度对大豆冠层光合有效辐射和抗倒伏特性的影响[D].哈尔滨:东北农业大学,2017.
- [5] 元明浩,杨翠莲.不同密度下有限分枝型矮秆耐密大豆产量因素变化规律[J].安徽农业科学,2009,37(18):8408-8410.
- [6] 郑伟,谢甫锦,郭泰,等.种植密度对不同耐密性大豆品种特性的影响[J].大豆科学,2015,34(2):255-259.
- [7] 李灿东,郭泰,王志新,等.大豆倒伏性对耐密性及产量的影响[J].黑龙江农业科学,2019(8):1-3.
- [8] 刘念析,董志敏,厉志,等.不同矮秆大豆品种的耐密性研究[J].农学通报,2020,10(1):1-6.
- [9] 李灿东,郭泰,王志新.大豆耐密性状与产量的相关分析[J].大豆科学,2019,38(6):862-867.
- [10] 邱丽娟,常汝镇,刘章雄,等.大豆种质资源描述规范和数据标准[M].北京:中国农业出版社,2006.
- [11] 管志勇,陈发棣,滕年军,等.5 种菊花近缘种属植物的耐盐性比较[J].中国农业科学,2010,43(4):787-794.
- [12] 郑伟,韩旭东,郭泰,等.种植密度对黑龙江省不同年代育成大豆品种产量和品质的影响[J].种子,2015,34(2):77-80.
- [13] 宋微微.密度对大豆田间微气候、群体建成及产量品质的影响[D].大庆:黑龙江八一农垦大学,2009.
- [14] 张晓艳,郑殿峰,冯乃杰,等.密度对大豆群体碳氮代谢相关指标及产量、品质的影响[J].干旱地区农业研究,2011,29(3):128-132.
- [15] 李莉,万正煌,陈宏伟,等.不同群体密度对绿豆农艺性状和产量的影响(英文)[J].Agricultural Science & Technology,2010,11(7):62-65.
- [16] 周蓉,陈海峰,王贤智,等.大豆产量和产量构成因子及倒伏性的 QTL 分析[J].作物学报,2009,35(5):821-830.
- [17] 李灿东,郭泰,王志新,等.大豆耐密性状与产量的相关分析[J].大豆科学,2019,38(6):862-867.
- [18] 郑云霄,刘文斯,赵永锋,等.玉米种质资源的抗倒伏性评价及鉴定指标筛选[J].植物遗传资源学报,2019,20(6):1588-1596.
- [19] 彭智,李龙,柳玉平,等.小麦芽期和苗期耐盐性综合评价[J].植物遗传资源学报,2017,18(4):638-645.
- [20] 范娜,白文斌,彭之东,等.粒用高粱耐盐种质资源鉴定与评价[J].干旱地区农业研究,2018,36(3):72-78.
- [21] 刘宝海.黑龙江梗稻育种亲本主要农艺及品质性状的筛选及类群划分[J].植物遗传资源学报,2018,19(4):790-806.
- [22] 汪明华,李佳佳,陆少奇,等.大豆品种耐高温特性的评价方法及耐高温种质筛选与鉴定[J].植物遗传资源学报,2019,20(4):891-902.
- [23] 赵银月,詹和明,代希茜,等.云南间作大豆耐荫性综合评价及鉴定指标筛选[J].中国油料作物学报,2019,41(1):81-91.

(下转第 18 页)

Harbin, 150086, China)

Abstract: The paper discussed the difference of anti-lodging characters of maize hybrids differing in maturities in Heilongjiang province, so as to provide reference for the anti-lodging cultivation and breeding in black soil area. In the experiment, sixteen maize hybrids differing in maturities were used as test materials; four early maturity hybrids, three medium maturity hybrids and nine late maturity hybrids, the planting density was 60 000 plants per hectare. And eight stalk morphological characters were investigated, such as plant height, ear height, internode length, diameter, quality, density, puncture strength and breaking force. For maize hybrids differing in maturities, the results showed that plant height, ear height and ear height coefficient increased with the delay of maturities, and the changing tendency was late maturity hybrids > medium maturity hybrids > early maturity hybrids. Ear-height coefficients of early, medium and late maturity maize hybrids were 0.33, 0.39 and 0.43, respectively. The first, second and third internode lengths and diameters of early maturity maize hybrids were significantly different from those of medium and late hybrids, while the difference between the medium and late hybrids was not significant. The internode qualities of the first and second internode and the internode densities of the first and fifth internode of early maturity maize hybrids were significantly higher than those of medium and late hybrids. The means of internode quality and density of all nodes under ear were as follows: late maturity hybrids > early maturity hybrids > medium maturity hybrids. In terms of the different internodes of the stalk, with the increase of internode position, the internodes diameter, density, puncture strength and breaking force decreased. The internode quality and length of medium and late maturity hybrids showed a single peak curve, and the maximum value appeared at the fifth internode and sixth internode. In general, early maturity hybrids were lower plant height and ear height, higher internode quality, density and puncture strength than the medium and late maturity hybrids, so it was conducive to stalk anti-lodging resistance. While the medium and late maturity hybrids were less internode length, higher internode diameter, and stronger breaking force than early maturity hybrids. Therefore, the stalk anti-lodging resistance of maize hybrids differing in maturities needs comprehensive evaluation.

Keywords: maize; stalk; lodging; maturity; hybrids

(上接第 13 页)

Evaluation on Density Tolerance of Early-maturing Superior Germplasm Resources of Soybean

HU Kai-feng, ZHANG Yong, DONG Quan-zhong, XUE Hong, ZHANG Ming-ming, LI Wei-wei, WANG Lei, YANG Xing-yong

(Keshan Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar 161600, China)

Abstract: In order to promote the high-yield and high-density cultivation of soybean in northeast China, 43 main varieties of soybeans were treated under two different planting density conditions in a field experiment of 450 000 and 250 000 plants per hectare. The lodging grade at peak grain stage (R6), lodging grade at maturity stage (R8) and stem strength were investigated. Plant height, main stem node number, effective branch number, bottom pod height, branch position, branch length, barycenter height and so on were measured during the mature period. Then we carried out a plot production test. Through principal component analysis, subordinate function method and cluster analysis, forty-three samples of soybean were evaluated, and the relative density-tolerant soybean resources were selected. The results showed that 10 individual indexes could be transformed into 4 relatively independent comprehensive indexes, and 43 resources were divided into 4 categories according to the density-tolerance by using the methods of membership function and cluster analysis, 13 varieties such as Heihe 42 and HLT8-Heihe 13 had high density-resistance, 12 varieties including Jiamidou No. 6 showed higher density-tolerant, twenty varieties including Heihe 30 were medium towards density-tolerant stress, while nine varieties including Heihe 37 were not density-tolerant.

Keywords: soybean; density tolerance; membership function; principal component analysis