



高佳缘,武新娟,唐贵,等.基于主成分和聚类分析的35份籽用型工业大麻种质综合评价[J].黑龙江农业科学,2023(9):19-24,25.

基于主成分和聚类分析的35份籽用型工业大麻种质综合评价

高佳缘¹,武新娟¹,唐贵¹,隋冬华¹,张冬雪¹,李鑫¹,孙伟¹,吴建忠²

(1. 黑龙江省农业科学院 乡村振兴科技研究所,黑龙江 哈尔滨 150023; 2. 黑龙江省农业科学院 草业研究所,黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要:为筛选出适宜绥化地区推广应用的优良籽用型工业大麻种质资源材料,对35份工业大麻种质资源的保苗率、株高、茎粗、分枝数、千粒重、干花叶产量和种子产量7个性状指标进行比较分析,应用主成分和系统聚类分析方法进行综合评价。结果表明,35份籽用工业大麻种质资源的种子产量变异最大,为50.54,株高变异最小,仅为6.38;各性状指标之间存在显著或极显著的相关性;通过主成分分析,提取了3个具有代表性且特征值大于1的主成分,累计贡献率为78.022%,并构建综合评价模型,对参试材料进行综合排序;最后应用系统聚类将35份籽用工业大麻种质分为3类,初步筛选出18份综合性状良好的育种材料。

关键词:籽用工业大麻;综合评价;主成分分析;系统聚类

工业大麻是指四氢大麻酚(THC)含量低于0.3%的大麻,其毒品成分含量低,不具备直接作为毒品利用和单独提取毒品的价值^[1]。黑龙江省的气候条件对于工业大麻的生长发育极为有利,目前黑龙江省工业大麻种植面积居全国首位,是我国工业大麻的主产区^[2-4]。工业大麻全身是宝,主要应用于药品、食品、化妆品和纺织品等行业。大麻籽粒含有丰富的油脂、蛋白质、碳水化合物和矿物质元素、维生素^[5],近年来对籽用或籽纤兼用型大麻新品种的选育及地区适应性的分析越来越重视。新品种如2019年黑龙江省农业科学院经济作物研究所选育的‘龙大麻4号’和‘龙大麻5号’、黑龙江省科学院大庆分院选育的‘汉麻7号’和2021年山西农业大学经济作物研究所审定的‘晋麻3号’等^[6-8],都是产量高、抗病强的优良品种;适应性品种的筛选如董晓慧等^[9]通过对15个籽用工业大麻品种主要性状和产量的分析比较,筛选出4个适宜黑龙江省第二积温带大面积生产的品种;高佳缘等^[10]通过对5个籽用工业大麻品种在黑龙江省半山区种植的适应性分析,得出2个最适品种可推广种植。

另外,筛选优质籽用型工业大麻种质资源是

创造育种材料、选育新品种的基础,研究通过对35份籽用型工业大麻种质资源的保苗率、株高、茎粗、分枝数、千粒重、干花叶产量和种子产量7个性状指标进行比较分析,运用变异分析、相关分析、主成分和系统聚类分析的方法进行综合评价,以期对籽用型工业大麻种质创新利用和优良品种选育提供有价值的材料。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2022年设在黑龙江省农业科学院乡村振兴科技研究所绥棱基地试验地内,具体位于47°02′32″N~48°05′51″N,126°59′E~128°02′59″E,海拔高度212 m。绥棱县属于典型的北温带大陆性气候。2022年4月—9月平均温度16.2℃,降雨量总和458.1 mm,无霜期155 d。土壤主要为黑壤土,肥力中等,秋翻、秋耙地,土壤基本理化性状为有机质含量34.68 g·kg⁻¹、碱解氮107.1 mg·kg⁻¹、速效磷34.85 mg·kg⁻¹、速效钾92.88 mg·kg⁻¹、pH6.42。

1.2 材料

供试材料为35份籽用型工业大麻种质资源:ZY01、ZY02、ZY03、ZY04、ZY05、ZY06、ZY07、ZY08、ZY09、ZY10、ZY11、ZY12、ZY13、ZY14、ZY15、ZY16、ZY17、ZY18、ZY19、ZY20、ZY21、ZY22、ZY23、ZY24(龙麻1号)、ZY25、ZY26、ZY27、ZY28、ZY29、ZY30、ZY31、ZY32、ZY33、ZY34、ZY35(龙大麻5号)。

收稿日期:2023-06-06

基金项目:黑龙江省农业科学院“农业科技创新跨越工程”专项(HNK2019CX09)。

第一作者:高佳缘(1984—),男,硕士,助理研究员,从事工业大麻种质资源收集与整理研究。E-mail:g446@163.com。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 5月11日播种。采用随机区组设计,3次重复,人工点播和条播种植方式,播种覆土后,统一镇压,小区长7.8 m 横跨24 垄(0.65 m 垄),小区宽3.1 m,小区面积24 m²,区间道2.5 m,组间道1.0 m。保证有效播种量为60 粒·m⁻²。

1.3.2 测定项目及方法 保苗率(%)= 收获时的成麻株数/出苗株数×100;

收获期每小区选取具有代表性的10个植株,测定株高、茎粗、有效分枝数,具体测定方法参照栗建光等^[11]的《大麻种质资源描述规范和数据标准》;

对小区实收测产,种子脱粒、晒干、清选后测定产量和千粒重;收获后全区植株自然风干,测定

干花叶产量。

1.3.3 数据分析 采用Excel 2007 软件统计数据,用SPSS 20.0 软件进行数据变异分析、相关性分析和主成分分析及系统聚类分析。

2 结果与分析

2.1 35 份籽用型工业大麻种质主要性状的差异比较

由表1 可知,35 份籽用型工业大麻种质资源在不同性状上变异各有不同,种子产量的变异幅度最大,变异系数为50.54%,其次是分枝数,变异系数为21.62%,然后是干花叶产量,变异系数为15.94%,保苗率、千粒重和茎粗的变异系数均超过10%,在11.54%~13.90%,株高的变异系数较小,仅为6.38%。

表 1 35 份籽用型工业大麻种质资源的主要性状

代号	保苗率/%	株高/cm	茎粗/cm	分枝数/个	千粒重/g	干花叶产量/ (kg·hm ⁻²)	种子产量/ (kg·hm ⁻²)
ZY01	70	242	1.7	34	14.1	830.7	1440.3
ZY02	88	220	2.3	38	15.8	1214.8	1696.1
ZY03	73	233	2.1	32	14.1	1177.2	590.5
ZY04	68	230	2.0	27	16.7	1030.7	1088.5
ZY05	86	220	2.3	33	16.1	1500.0	988.7
ZY06	68	249	1.6	25	15.0	1000.8	238.4
ZY07	91	210	2.4	41	18.1	1258.6	1702.8
ZY08	90	234	2.2	35	15.7	1000.6	1699.4
ZY09	95	238	2.2	39	14.5	1166.9	1720.2
ZY10	73	220	2.3	23	15.1	980.6	541.8
ZY11	90	230	2.4	36	13.2	1480.3	1733.6
ZY12	92	222	2.1	36	12.0	1365.2	1522.9
ZY13	89	212	2.0	36	14.1	1398.7	1330.1
ZY14	91	235	2.0	40	14.6	1500.3	2010.7
ZY15	90	241	2.0	33	14.3	1119.5	1695.2
ZY16	60	248	1.8	22	14.8	1004.4	506.6
ZY17	55	207	1.7	20	12.1	865.3	200.2
ZY18	81	211	2.3	28	16.4	990.5	780.6
ZY19	88	220	2.3	36	15.5	1240.7	600.4
ZY20	90	255	2.2	22	15.4	1210.1	532.9
ZY21	87	210	2.5	39	13.2	1124.3	1150.5
ZY22	72	233	2.2	32	16.1	1144.2	520.6
ZY23	88	208	2.2	44	12.0	1376.0	1900.7
ZY24	85	227	2.3	32	12.6	1250.8	859.5
ZY25	84	215	2.3	36	15.6	988.3	1230.8
ZY26	83	259	2.2	29	14.6	995.5	410.2

表 1 (续)

代号	保苗率/%	株高/cm	茎粗/cm	分枝数/个	千粒重/g	干花叶产量/ (kg·hm ⁻²)	种子产量/ (kg·hm ⁻²)
ZY27	73	225	2.3	30	14.1	1104.8	650.3
ZY28	91	236	2.0	43	13.1	1300.4	1437.2
ZY29	66	228	2.5	18	10.2	1103.7	334.8
ZY30	91	243	2.5	39	15.5	1230.3	1121.3
ZY31	81	208	2.3	40	15.2	996.4	1107.6
ZY32	84	211	2.0	40	13.5	1466.8	1266.8
ZY33	62	242	1.7	26	12.2	888.4	534.9
ZY34	61	220	1.9	25	11.5	1060.4	633.1
ZY35	91	246	1.8	25	12.3	1111.5	855.8
平均	81	228	2.1	32	14.3	1156.5	1046.7
变异系数/%	13.90	6.38	11.54	21.62	11.99	15.94	50.54

2.2 35 份籽用型工业大麻种质主要性状的相关性

由表 2 可知,35 份籽用型工业大麻种质保苗率与分枝数、千粒重、干花叶产量和种子产量呈极

显著正相关关系;分枝数与千粒重呈显著正相关关系;千粒重与干花叶产量和种子产量呈极显著正相关关系;干花叶产量和种子产量呈极显著正相关关系。

表 2 35 份籽用型工业大麻种质资源主要性状的相关性分析

性状	保苗率	株高	分枝数	千粒重	茎粗	干花叶产量	种子产量
保苗率	1						
株高	-0.033	1					
分枝数	0.480**	-0.332	1				
千粒重	0.703**	-0.330	0.336*	1			
茎粗	0.239	0.016	0.241	0.222	1		
干花叶产量	0.630**	-0.204	0.333	0.549**	-0.025	1	
种子产量	0.690**	-0.212	0.200	0.794**	0.141	0.506**	1

注:**表示在 0.01 水平(双侧)上极显著相关,*表示在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

2.3 35 份籽用型工业大麻种质主要性状的主成分提取

对 35 份籽用型工业大麻种质资源主要性状进行无量纲标准化处理后,进行主成分分析,计算主成分特征值和方差贡献率及累计贡献率。由

表 3 可知,前 3 个成分特征值大于 1,且累计贡献率为 78.022%,说明这 3 个因子对试验中种质资源性状全部信息的解释率近 80%,所以认为可以提取前 3 个因子,作为主成分进行分析。

表 3 35 份籽用型工业大麻种质主成分的特征值和贡献率

主成分	初始特征值			提取平方和载入		
	合计	方差的贡献率/%	累积方差的贡献率/%	合计	方差的贡献率/%	累积方差的贡献率/%
1	3.309	47.266	47.266	3.309	47.266	47.266
2	1.084	15.484	62.750	1.084	15.484	62.750
3	1.069	15.272	78.022	1.069	15.272	78.022
4	0.756	10.802	88.824			
5	0.428	6.120	94.944			
6	0.185	2.648	97.592			
7	0.169	2.408	100.000			

由表 4 可知,主成分 1 中保苗率、千粒重、种子产量和干花叶产量载荷较高且均为正向作用,说明这 4 个性状对资源的综合评价贡献率较大;主成分 2 中株高和茎粗表现为载荷值较高的正向作用;主成分 3 中株高和分枝数的载荷绝对值较高,其中株高为正向作用,分枝数则为负向作用。

表 4 35 份籽用型工业大麻种质资源性状的
主成分载荷矩阵

植物学性状	1	2	3
保苗率	0.479	0.196	0.191
株高	−0.198	0.571	0.594
分枝数	0.313	0.043	−0.568
千粒重	0.488	−0.024	0.093
茎粗	0.151	0.764	−0.389
干花叶产量	0.407	−0.222	0.216
种子产量	0.455	−0.016	0.286

表 5 35 份籽用型工业大麻种质资源性状主成分因子综合得分

代号	Y ₁	Y ₂	Y ₃	综合得分	排序
ZY14	2.32	0.10	1.70	1.76	1
ZY07	2.75	1.05	−1.47	1.59	2
ZY11	2.17	−0.62	0.65	1.32	3
ZY09	1.64	0.69	0.89	1.31	4
ZY23	2.50	−2.00	0.53	1.22	5
ZY28	1.45	−0.28	1.58	1.13	6
ZY30	1.50	1.26	−0.14	1.13	7
ZY02	1.85	0.41	−0.46	1.11	8
ZY08	0.93	1.20	0.11	0.82	9
ZY12	1.45	−1.34	1.07	0.82	10
ZY05	1.46	0.20	−0.67	0.79	11
ZY13	1.42	−0.90	0.30	0.74	12
ZY32	1.54	−1.39	0.41	0.74	13
ZY15	0.57	0.68	1.29	0.73	14
ZY21	1.37	−1.00	−1.14	0.41	15
ZY19	0.80	0.28	−0.98	0.35	16
ZY25	0.69	0.35	−1.23	0.25	17
ZY31	0.81	−0.18	−1.48	0.17	18

代号	Y ₁	Y ₂	Y ₃	综合得分	排序
ZY24	0.28	−0.80	0.02	0.02	19
ZY20	−0.83	1.72	0.48	−0.07	20
ZY35	−1.18	0.03	1.86	−0.35	21
ZY26	−1.35	1.63	0.48	−0.40	22
ZY22	−0.70	0.90	−0.83	−0.41	23
ZY18	−0.25	0.53	−1.97	−0.43	24
ZY03	−0.83	−0.04	−0.05	−0.52	25
ZY01	−1.48	0.58	1.27	−0.53	26
ZY04	−1.14	1.08	−0.59	−0.59	27
ZY27	−0.71	−0.22	−0.92	−0.66	28
ZY10	−1.41	0.20	−1.65	−1.14	29
ZY06	−2.99	1.06	0.97	−1.41	30
ZY16	−3.05	0.83	0.49	−1.59	31
ZY34	−2.35	−1.79	0.06	−1.77	32
ZY33	−3.20	−0.43	1.03	−1.82	33
ZY29	−2.25	−1.88	−0.83	−1.90	34
ZY17	−3.79	−1.91	−0.78	−2.82	35

2.5 35 份籽用型工业大麻种质的聚类分析

通过欧氏距离进行聚类分析,采用组间平均联接得到 35 份籽用型工业大麻种质资源的系统聚类图,由图 1 可以看出,当欧氏距离为 16 左右时,可以将材料分为三大类,第一类为综合性状较为优良的种质资源,共有 18 份,该类群体保苗率高、株高、茎粗适中,分枝数较多,籽粒饱满且产量高,生产和育种潜力均较大;第二类为综合性状略

2.4 35 份籽用型工业大麻种质资源的综合评分

根据表 4 的载荷矩阵,其主成分表达式如下:

$$Y_1 = 0.479X_1 - 0.198X_2 + 0.313X_3 + 0.488X_4 + 0.151X_5 + 0.407X_6 + 0.455X_7$$
$$Y_2 = +0.196X_1 + 0.571X_2 + 0.043X_3 - 0.024X_4 + 0.764X_5 - 0.222X_6 - 0.016X_7$$
$$Y_3 = 0.191X_1 + 0.594X_2 - 0.568X_3 + 0.093X_4 - 0.389X_5 + 0.216X_6 + 0.286X_7$$

以 3 个主成分对应的特征值占所提取主成分总的特征值之和的比例作为权重,计算出主成分的综合模型: $Y=0.606Y_1+0.198Y_2+0.196Y_3$ 。

根据综合模型即可计算出综合主成分值,见表 5。35 份籽用型工业大麻种质资源依据得分能够很好地衡量综合表现,排序居前的种质可考虑在生产或者育种上适当加以利用。

差的种质资源,共 14 份,该类群体保苗率低,株高和茎粗生长不均衡,分枝数少,籽粒小,干花叶产量和种子产量均较低,不适合推广生产或作为育种材料;第三类为综合性状很差的种质资源,共 3 份,分别为 ZY06、ZY17 和 ZY29,种子产量极低,不超过 $400\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,作为籽用型工业大麻种质资源基本性状就不合格,所以建议直接放弃该资源。

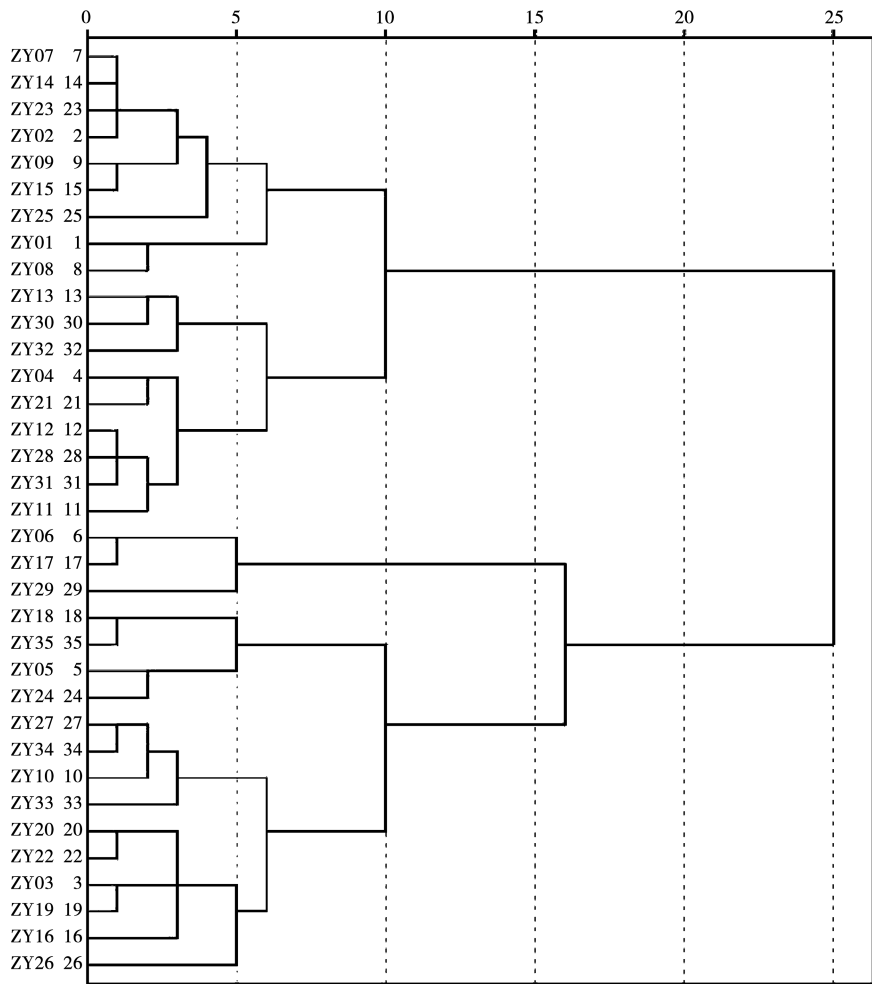


图 1 35 份籽用型工业大麻种质资源的系统聚类分析

3 讨论

种质资源多样性的高低直接影响着品种的改良效果,优良新品种的选育需要建立在优良基因的发现和利用上^[12]。变异系数的大小表示以平均数为准的变异程度,种质资源多样性分析中性状指标的变异系数越大,代表其选育潜力越大^[13-15]。冯旭平等^[16]对 20 份工业大麻资源主要农艺性状综合分析得出,种子产量的变异系数为 20.68%,说明此表型性状离散程度较高,材料间存在着丰富的变异,而株高的变异系数为 7.28%,相对较低,说明该性状遗传稳定性较高,这与本研究结果一致。

相关性分析可以衡量两个变量之间的相关程度,常可以借助它来研究不便直接观察的性状^[17-19]。王庆峰等^[20]在对 22 份工业大麻的评价与鉴定中,分析了主要农艺性状之间的相关性,得出分枝习性、分枝数、株高、茎粗与小区籽粒产量呈正相关关系,叶长、叶宽与小区籽粒产量存在负

相关关系。本研究对所测定 7 个性状指标的相关性分析发现,各指标之间也存在显著或极显著的相关性,其中种子产量与保苗率、千粒重和干花叶产量均表现为极显著正相关。

想要科学合理地评价籽用型工业大麻优劣,需综合考虑多项主要指标,主成分分析可以将一些有联系又相对独立的指标,利用少数的变量进行概括,从而准确地对其综合评价^[21-24]。于跃等^[25]通过对 198 份大麻种质资源的 14 个农艺和品质性状进行主成分分析,简化出 6 个主要成分,累计贡献率近 70%,反映了大麻种质资源大部分的性状信息。本研究通过主成分分析,提取了 3 个主成分,其累计贡献率近 80%,同样基本包含了测定指标的主要信息;之后应用系统聚类将 35 份籽用型工业大麻种质分为 3 类,其中第一类群体 18 份材料,表现为综合性状良好且种子产量高,可作为育种材料加以利用;同时研究发现主成分综合因子排名前 18 的种质资源中,有 16 个资源在系统聚类分析中被聚为第一类,此结果充分证明所测

定 7 个性状指标的代表性以及主成分分析的准确性。

18 份优质资源中排名前 8 的材料综合得分大于 1,从主要性状数值看,种子产量、干花叶产量、保苗率和千粒重均表现较好,可以加以充分利用作为籽用工业大麻的育种资源,选育新品种。对于试验中另外 17 份种质资源的利用,可以选择性状突出的材料作为亲本以改良后代的单一性状,如利用 ZY26 和 ZY06 改善株高,利用 ZY29 和 ZY27 改善茎粗,利用 ZY22 改善千粒重等。

4 结 论

试验中 35 份籽用型工业大麻种质资源的种子产量变异系数最大,高达 50.54%,说明这一性状具有丰富的遗传多样性和发展潜力,而植株株高的变异系数最小,仅 6.38%,说明其遗传较为稳定,选育潜力相对较低;保苗率、株高、茎粗、分枝数、千粒重、干花叶产量和种子产量 7 个性状指标之间存在显著或极显著的相关性;通过主成分分析,提取了 3 个具有代表性且特征值大于 1 的主成分,累计贡献率为 78.022%,构建评价模型计算综合主成分值将参试材料进行排序,得到它们综合表现的直观评价结果;最后应用系统聚类将 35 份籽用工业大麻种质分为 3 类,初步筛选出 18 份综合性状良好的育种材料。

参考文献:

[1] 向伟,马兰,刘佳杰,等.工业大麻生产全程机械化技术研发现状与展望[J].中国麻业科学,2021,43(6):320-332.

[2] 韩承伟,姜颖,孙宇峰,等.黑龙江省籽用型工业大麻的应用及高产栽培关键技术[J].黑龙江农业科学,2023(4):121-124.

[3] 解林昊,张雪,王庆峰,等.九个纤用型工业大麻品种比较试验[J].黑龙江农业科学,2022(11):19-21.

[4] 车野,郭丽,王明泽,等.我国工业大麻发展现状及存在的问题[J].黑龙江农业科学,2022(9):105-110.

[5] 闫博巍.工业大麻(*Cannabis sativa* L.)种子的营养品质及潜在功能[J].中国麻业科学,2022,44(5):304-312.

[6] 张利国.纤维型工业大麻新品种龙大麻 4 号选育报告[J].中国麻业科学,2023,45(3):102-105.

[7] 董晓慧,景玉良,郭丽,等.雌雄异株工业大麻杂交育种试验

研究[J].安徽农业科学,2020,48(11):32-33.

[8] 康红梅,赵铭森,孔佳茜,等.籽用工业大麻“晋麻 3 号”新品种选育[J].中国麻业科学,2022,44(4):219-224.

[9] 董晓慧,魏中华,单大鹏,等.黑龙江省第二积温带 15 个籽用型工业大麻品种比较分析[J].园艺与种苗,2022,42(9):62-63,87.

[10] 高佳缘,唐贵,武新娟,等.五个工业大麻品种在黑龙江省半山区种植的适应性评价[J].黑龙江农业科学,2022(11):15-18.

[11] 栗建光,戴志刚.大麻种质资源描述规范和数据标准[M].北京:中国农业出版社,2006.

[12] KEYLOCK C J. Simpson diversity and the Shannon-Wiener index as special cases of a generalized entropy[J]. Oikos, 2005,109(1):203-207.

[13] 苏上,李振坚,倪建伟,等.山桐子果穗和果实性状多样性分析[J].植物资源与环境学报,2021,30(2):35-44.

[14] 周安悦,田青.甘肃省豆科植物表型性状多样性综合分析[J].甘肃农业大学学报,2023,58(2):155-168.

[15] 何亚萍.西瓜种质抗旱性鉴定及遗传多样性分析[D].咸阳:西北农林科技大学,2022.

[16] 冯旭平,康红梅,赵铭森,等.工业大麻种质资源主要农艺性状综合分析与评价[J].山西农业科学,2023,51(5):494-501.

[17] 杨慧卿,王根全,郝晓芬,等.山西谷子品种主要农艺性状的相关和主成分分析[J].农学学报,2020,10(10):19-23.

[18] 芮文婧,王晓敏,张倩男,等.番茄 353 份种质资源表型性状遗传多样性分析[J].园艺学报,2018,45(3):561-570.

[19] 肖永锋,黄梅,于福来,等.艾纳香种质资源表型性状遗传多样性分析[J].福建农业学报,2021,36(2):157-167.

[20] 王庆峰,张雪,李庆鹏,等.工业大麻种质资源农艺性状初步评价[J].农业与技术,2020,40(10):34-38.

[21] 黄晨晨,宋晓,黄绍敏,等.基于主成分分析和聚类分析的磷高效品种筛选和评价[J].中国土壤与肥料,2021(6):292-299.

[22] 张帆,付锦涛,陈梦茹,等.基于主成分分析和聚类分析的 14 份马铃薯种质资源的品质评价[J].种子,2022,41(12):85-92.

[23] 杜世坤,赵宝颢,赵振宁,等.间作用大豆亲本的相关性、主成分及聚类分析[J].分子植物育种,2022,20(1):266-275.

[24] 王俊花,邵林生,闫建宾,等.基于主成分分析的糯玉米杂交组合农艺性状综合评价[J].山西农业科学,2022,50(7):938-944.

[25] 于跃,孙健,张静,等.198 份大麻种质资源农艺及品质性状综合评价[J].植物遗传资源学报,2021,22(4):1021-1030.

Comprehensive Evaluation of 35 Seed-Using Industrial Hemp Resources Based on Principal Component Analysis and Cluster Analysis

GAO Jiayuan¹, WU Xinjuan¹, TANG Gui¹, SUI Donghua¹, ZHANG Dongxue¹, LI Xin¹, SUN Wei¹, WU Jianzhong²

(1. Institute of Rural Revitalization Science and Technology, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150023, China; 2. Pratacultural Science Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China)



马凤捷,杨春胤,宿翠翠,等. 蚯蚓粪和微生物菌剂互作对蜜瓜生长和土壤养分的影响[J]. 黑龙江农业科学,2023(9):25-34.

蚯蚓粪和微生物菌剂互作对蜜瓜生长和土壤养分的影响

马凤捷^{1,2,3},杨春胤¹,宿翠翠^{1,2,3},张 靖^{1,2,3},王振龙^{1,2,3},施志国^{1,2,3},刘 强^{1,2,3}

(1. 甘肃农业工程技术研究院,甘肃 武威 730006; 2. 甘肃省特种药源植物种质创新与安全利用重点实验室,甘肃 武威 733006; 3. 武威市农田土壤改良与耕地保育技术创新中心,甘肃 武威 733006)

摘要:为了缓解民勤蜜瓜种植上存在的连作障碍问题,以民勤蜜瓜银蒂为试验材料,采用大田试验,选用新型改良材料蚯蚓粪、根际促生菌、EM 微生物菌剂,设置 5 种施肥处理,分别为 OPE、OP、OE、O、CK,测定蜜瓜生长指标、产量、营养品质、土壤养分和酶活性,探讨蚯蚓粪有机肥和微生物菌剂配施在民勤蜜瓜栽培中的应用效果。结果表明,蚯蚓粪和微生物菌剂配施能够增加蜜瓜株高、茎粗、最大叶面积;蚯蚓粪和微生物菌剂配施显著提高土壤微生物活性,增加土壤酶活性,脲酶、过氧化氢酶、碱性磷酸酶表现为成熟期酶活性较开花期酶活性高;多酚氧化酶和硝酸还原酶活性则是开花期酶活性高于成熟期;蚯蚓粪和微生物菌剂配施显著提高蜜瓜土壤有机质含量(4.45%~25.62%),微生物碳、微生物氮含量均呈现增加的趋势,表现为 OPE 和 OP 处理含量最高,对其余养分的影响较小;蚯蚓粪和微生物菌剂配施能够显著提高蜜瓜维生素 C 含量、可溶性蛋白含量和可溶性糖含量,降低蜜瓜有机酸含量和硝酸盐含量,产量较对照增加了 8.93%~29.59%。利用隶属函数综合评价分析各处理间改良效果,综合评价指数排序 OPE 处理得分最高,其次是 OP、OE、O 和 CK,蚯蚓粪和两种微生物菌剂配施效果最好,蚯蚓粪和单一菌剂配施效果次之,单施蚯蚓粪效果较差,根际促生菌剂 EM 微生物菌剂效果好。

关键词:蚯蚓粪;微生物菌剂;蜜瓜;品质;土壤酶活性

蜜瓜(*Cucumis melo* L.),植物分类上属于葫芦科(Cucurbitaceae)甜瓜属,俗称甜瓜、香瓜等。蜜

瓜在国内外市场享有较高的盛誉,蜜瓜果肉中富含人体所需维生素,糖类物质、碳水化合物,蛋白质等,含水量丰富,是夏季清热解暑的水果佳品^[1-2]。近年民勤县蜜瓜种植面积保持在 1.33 万 hm²,产量达 50 万 t,产值达 16 亿元,已成为甘肃省乃至西北地区最大的厚皮甜瓜核心产区和全国优质蜜瓜核心产区^[3]。但长期种植导致土壤出现养分不均衡、土传病害频发、微生物群落结构不稳定,蜜瓜出现裂瓜、糖度低、酸度高、产量和品质不稳定等问题,已成为民勤蜜瓜产业发展的重要限制因

收稿日期:2023-06-16

基金项目:甘肃省青年科技基金项目(22JR5RA791);甘肃省科技技术项目-民生科技专项-社会发展专题(21CX6FA028);甘肃省软科学基金项目(23JRZH346)。

第一作者:马凤捷(1993—),女,硕士,研究实习员,从事土壤资源评价及可持续利用研究。E-mail:2550663071@qq.com。

通信作者:刘强(1971—),男,博士,研究员,从事作物栽培研究。E-mail:9446140877@qq.com。

Abstract: In order to screen excellent seed-using industrial hemp germplasm resources suitable for popularization and application in Suihua Area, seven characters of 35 industrial hemp germplasm resources were compared and analyzed, including seedling survival rate, plant height, stem diameter, number of branches, 1 000-grain weight, dry mosaic yield and seed yield. At the same time, the resources were comprehensively evaluated by principal component analysis and systematic cluster analysis. The results showed that the coefficient of variation of seed yield of 35 seed industrial hemp germplasm resources was the largest, which was 50.54, and the coefficient of variation of plant height was the smallest, which was only 6.38. There was a significant or extremely significant correlation among all the traits. Through principal component analysis, three representative principal components with eigenvalues greater than 1 were extracted, with a cumulative contribution rate of 78.022%, and a comprehensive evaluation model was constructed to sort the tested materials comprehensively. Finally, 35 seed-using industrial hemp germplasm were divided into 3 categories by systematic clustering, and 18 breeding materials with good comprehensive characteristics were preliminarily screened out.

Keywords: seed-using industrial hemp; comprehensive evaluation; principal component analysis; systematic clustering