

25份纤用工业大麻种质资源的筛选与综合评价

张雪¹, 安仕博¹, 张海燕¹, 韩祉君¹, 赵丹琪¹, 凤桐¹, 于翠香¹, 赵福顺^{1*},
肖靖^{1*}, 徐瑞²

(1. 吉林省农业科学院经济植物研究所, 长春 130033; 2. 长岭县巨宝山镇综合服务中心, 吉林 长岭 131500)

摘要:以25份纤用工业大麻种质资源为试材, 采用变异差异分析、相关性分析、主成分分析和聚类分析等方法, 计算各资源的综合得分, 研究了各试材的性状之间及品种之间的遗传多样性。变异分析结果表明, 25份工业大麻资源的遗传多样性丰富, 平均变异系数为21.73%, 雄株株高的变异最大, 变异系数为31.33%, 全麻率的变异系数仅为9.34%, 表明其遗传变异较为稳定。相关性分析表明, 9个性状间存在不同程度的相关性, 大部分为正相关, 其中, 株高与原茎公顷产量呈极显著正相关, 与全麻公顷产量呈显著正相关。主成分分析结果表明, 提取到2个主要成分, 累计贡献率达到72.711%, 基本覆盖了所有性状的大部分信息, 计算综合得分, 筛选出综合性状优良的资源3份, 分别为岚县麻、苍山汾3混种和苍山麻。聚类分析结果表明, 可以将25份工业大麻资源分成5类, 第4类和第5类工业大麻资源纤维产量较高, 可以进一步筛选作为提高纤维产量的优良亲本材料。试验结果表明: 参试材料遗传多样性较为丰富, 株高、茎粗、全麻率、原茎公顷产量是影响纤用工业大麻产量的主要性状。

关键词:工业大麻; 资源; 筛选; 综合评价

中图分类号: S563.3

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2025)03-0026-08

Comprehensive Evaluation and Screening of 25 Fiber Industrial Hemp Germplasm Resources

ZHANG Xue¹, AN Shibo¹, ZHANG Haiyan¹, HAN Zhijun¹, ZHAO Danqi¹, FENG Tong¹, YU Cuixiang¹,
ZHAO Fushun^{1*}, XIAO Jing^{1*}, XU Rui²

(1. Department of Economic Plants, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033; 2. Comprehensive Service Center of Jubaoshan Town, Changling County 131500, China)

Abstract: The genetic diversity among traits and varieties of 25 industrial hemp germplasm resources was studied by using variation and difference analysis, correlation analysis, principal component analysis and cluster analysis. The results of variation analysis showed that the genetic diversity of 25 industrial hemp resources was rich, the average coefficient of variation was 21.73%, the variation of male plant height was the largest which was 31.33%, and the coefficient of variation of total fiber content was only 9.34%, indicating that the genetic variation was relatively stable. Correlation analysis showed that there were different degrees of correlation among the 9 traits, and most of them were positive correlations. Among them, plant height had a very significant positive correlation with the yield of original stem hectare, and a significant positive correlation with the yield of total fiber hectare. The results of principal component analysis showed that the two main components were extracted, and the cumulative contribution rate reached 72.711%, which basically covered the most of the information of all characters. The comprehensive score was calculated, and three resources with excellent comprehensive characters were selected, namely Lanxian Flax, Cangshanfen 3 mixed species and Cangshan Flax. The results of cluster analysis showed that 25 industrial hemp resources could be divided into 5 categories, and the fiber yields of No. 4 and No. 5 industrial hemp resources were higher, which could be further screened as excellent parent materials to improve fiber yields. The genetic diversity of the tested materials was rich, and the main traits affecting the yield of industrial hemp were plant height, stem di-

收稿日期: 2024-07-25

基金项目: 国家麻类产业技术体系长春亚麻试验站项目(CARS-16-S02)

作者简介: 张雪(1987-), 女, 助理研究员, 硕士, 从事作物育种与栽培技术研究。

通信作者: 赵福顺, E-mail: zhfs1963@163.com

肖靖, E-mail: 15614180504@163.com

ameter, total fiber content and yield of original stem hectare.

Key words: Industrial hemp; Resource; Screening; Comprehensive evaluation

大麻(*Cannabis sativa* L.)是大麻科一年生草本植物,是由野生大麻进化而来的重要经济作物之一,栽培历史悠久,在国内外均有栽培或野生种^[1]。工业大麻是一种传统的可加工为纺织纤维、造纸的天然原材料^[2-5],也可以被用于生产绳索^[6],工业大麻纤维有抑菌、防紫外线等功效,适宜用于军需品、婴儿衣物等。工业大麻即为四氢大麻酚(THC)含量低于0.3%的大麻品种^[7]。

目前,全球工业大麻需求量不断增加,欧盟和北美等国家种植工业大麻的面积逐年增加。2018年,我国工业大麻的播种面积为18 560 hm²,产量为106 200 t^[8]。我国种植工业大麻由于纬度、种植方法和地区政策的差异,形成了品种间的差异,黑龙江省以种植纤用工业大麻为主,云南省以种植药用工业大麻为主,山西省以籽用型工业大麻为主。由于工业大麻生产需要特殊管控,长期以来种质资源的交流程度较低^[9]。截至2020年12月,国家麻类种质资源中期库保存了大麻种质资源1 300余份^[10]。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^[11]。近10年来,工业大麻审(认)定的新品种逐年增多,但与其他作

物相比,仍相当匮乏。种质资源数量少是其原因之一^[12]。房郁妍等^[13]对13份工业大麻种质资源材料的18个性状进行聚类分析和主成分分析,将参试材料分为3个类群,主成分分析表明,叶片外形、大麻株茎、叶数及单叶小叶数是影响大麻分类的主要指标。PETIT等^[14]对123份大麻资源的28个性状进行分析,结果表明,这些性状间存在变异较大。有关叶长、叶宽、雌株茎粗、雄株茎粗等与纤维产量有关的性状的综合评价尚未有报道。因此,开展工业大麻种质资源农艺性状发展潜力及育种价值的综合评价是十分必要的。

本研究对25份纤用工业大麻资源的9个性状进行相关性分析、主成分分析及聚类分析,探究雌雄株的株高、茎粗等与纤维产量之间的关系,综合评价综合性状优良的纤用工业大麻品种,为纤用工业大麻优异资源的筛选、遗传改良及资源交流提供数据支撑。

1 材料与amp;方法

1.1 试验材料

供试材料为25份纤用工业大麻种质资源,由吉林省农业科学院经济植物研究所提供,详见表1。

表1 纤用工业大麻种质资源
Table 1 The germplasm resources of fibre industrial hemp

序号 No.	品种 Variety	序号 No.	品种 Variety
1	苍山汾3混种	14	绥化青冈
2	本地麻3	15	黑龙江黑河871
3	岚县麻	16	农安-3
4	苍山麻	17	山东平邑856
5	黑龙江加格达奇866	18	黑龙江安达869
6	公主岭大麻	19	山西线麻
7	河南滦州803	20	农安-1
8	农安-2	21	甘肃酒泉816
9	黑龙江肇州868	22	林口
10	农安农家品种	23	天水麻
11	庆麻1号(双城杏山)	24	嫩江
12	山西广灵852	25	大庆火麻1号
13	通榆		

1.2 试验设计

试验于2022年5月7日在吉林省长春市范家屯镇试验地(北纬43°43′,东经125°4′46″)进行,不设重复,小区长4 m,宽3 m,小区面积12 m²,共25个小区。正常田间管理,苗期喷施菊酯类药物防治跳甲等虫害。

1.3 数据处理

利用SPSS 26和Excel 2023软件进行数据统计、整理与分析。利用ChiPlot进行图表绘制。

变异系数计算公式: $Cv(X)=SD/Mean \times 100\%$,式中SD为标准偏差,Mean为平均值。

2 结果与分析

2.1 纤用工业大麻种质资源各指标的变异分析

由于数量级差别较大,为消除试验材料间的

差异,使用标准化后的数据使品种间各指标处于同一数量级别,消除使用原始数值带来的突出数值较高的指标在综合分析中的作用、相对削弱数值水平较低指标的作用等问题。

由表2可知,25份纤用工业大麻资源农艺性状与产量性状差异较大,变异幅度为9.34%~31.33%,说明各材料间存在较大变异。其中,雄株株高的变异最大,变异系数为31.33%,依次是叶宽、雌株株高、雌株茎粗、全麻公顷产量、雄株茎粗、原茎公顷产量、叶长、全麻率。所有性状的平均变异系数为21.73%。叶长、雄株茎粗、原茎公顷产量和全麻率的变异系数低于平均值,其中,全麻率的变异系数仅为9.34%。

表2 25份纤用工业大麻种质资源主要性状分析

Table 2 The main traits analysis of 25 fiber industrial hemp resources

参数 Parameter	最小值 Min.	最大值 Max.	平均值 Mean	标准差 SD	变异系数/% CV
叶长	10.00	19.67	14.49	2.24	15.46
叶宽	7.33	21.00	11.71	3.50	29.86
雄株株高/cm	169.00	450.00	263.76	82.64	31.33
雌株株高/cm	182.00	434.00	271.08	67.57	24.93
雌株茎粗/mm	5.12	15.41	9.87	2.39	24.25
雄株茎粗/mm	7.92	17.20	11.47	2.19	19.13
原茎公顷产量/kg	6 275.00	11 817.00	8 770.96	1 648.08	18.79
全麻率/%	17.10	25.50	20.48	1.91	9.34
全麻公顷产量/kg	1 080.21	2 510.79	1 804.03	405.42	22.47

2.2 纤用工业大麻种质资源农艺性状相关性分析

由表3可知,25份纤用工业大麻资源各主要性状间存在不同程度的相关性。其中,叶长和叶宽与

全麻率呈负相关,相关系数分别为-0.18和-0.11,说明叶长越长、叶越宽全麻率越低;雌株株高与全麻率呈负相关,相关系数为-0.07,说明雌株株高

表3 主要性状相关性分析

Table 3 Correlation analysis of main trait

性状 Trait	叶长 Leaf length	叶宽 Leaf breadth	雄株株高 Male height	雌株株高 Female height	雌株茎粗 Female stem diameter	雄株茎粗 Male stem diameter	原茎公顷产量 Original stem hectare yield	全麻率 Total hemp rate	全麻公顷产量 Fiber yield
叶长	1								
叶宽	0.547**	1							
雄株株高	0.326	0.814**	1						

续表3

Table 3 continued

性状 Trait	叶长 Leaf length	叶宽 Leaf breadth	雌株株高 Male height	雌株株高 Female height	雌株茎粗 Female stem diameter	雄株茎粗 Male stem diameter	原茎公顷 产量 Original stem hect- are yield	全麻率 Total hemp rate	全麻公顷 产量 Fiber yield
雌株株高	0.403*	0.762**	0.911**	1					
雌株茎粗	0.383	0.459*	0.473*	0.286	1				
雄株茎粗	0.293	0.677**	0.852**	0.744**	0.644**	1			
原茎公顷产量	0.336	0.415*	0.562**	0.576**	0.492*	0.426*	1		
全麻率	-0.178	-0.111	0.111	-0.074	0.282	0.106	0.259	1	
全麻公顷产量	0.193	0.295	0.492*	0.438**	0.506**	0.389**	0.923	0.605	1

注：“*”表示在0.05级别(双尾)，相关性显著，“**”表示在0.01级别(双尾)，相关性显著。

Note: *indicates that at the 0.05 level (double tail), the correlation is significant, **indicates that at the 0.01 level (double tail), the correlation is significant.

越高，全麻率越低。叶长与叶宽呈极显著正相关，与雌株株高呈显著正相关，相关系数分别为0.55和0.40；叶宽与雄株株高、雌株株高、雄株茎粗呈极显著正相关，与雌株茎粗、原茎公顷产量呈显著正相关；雄株株高与雌株株高、雄株茎粗、原茎公顷产量呈极显著正相关，与雌株茎粗呈显著正相关；雌株株高与雄株茎粗、原茎公顷产量呈极显著正相关，与全麻公顷产量呈显著正相关；雌株茎粗与雄株茎粗、全麻公顷产量呈极显

著正相关，与原茎公顷产量呈显著正相关；雄株茎粗与原茎公顷产量呈显著正相关；原茎公顷产量与全麻公顷产量呈极显著正相关；全麻率与全麻公顷产量呈极显著正相关，相关系数为0.60。

2.3 纤用工业大麻种质资源农艺性状主成分分析

由表4和表5可知，通过对25份纤用工业大麻种质资源的9个农艺性状进行分析，提取到2个主要成分，贡献率分别为53.089%和19.622%，累计贡献率达到72.711%，基本覆盖了所有性状

表4 总方差解释

Table 4 Total variance explanation

成分 Component	初始特征值 Initial eigenvalue			提取载荷平方和 Extraction of sum of the load squares		
	特征值 Eigenvalue	贡献率/% Rate of contribution	累积/% Accumulation	特征值 Eigenvalue	贡献率/% Rate of contribution	累积/% Accumulation
	1	4.778	53.089	53.089	4.778	53.089
2	1.766	19.622	72.711	1.766	19.622	72.711
3	0.897	9.963	82.675			
4	0.779	8.660	91.334			
5	0.439	4.875	96.209			
6	0.228	2.536	98.746			
7	0.073	0.815	99.561			
8	0.038	0.428	99.989			
9	0.001	0.011	100.000			

注：提取方法为主成分分析法，下同。

Note: The extraction method is principal component analysis, the same below.

表5 主成分得分系数矩阵
Table 5 Score coefficient matrix of principal component

	成分1 Composition 1	成分2 Composition 2
Zscore(雄株株高)	0.911	-0.175
Zscore(雌株株高)	0.850	-0.303
Zscore(雄株茎粗)	0.840	-0.156
Zscore(叶宽)	0.810	-0.416
Zscore(原茎公顷产量)	0.770	0.382
Zscore(全麻公顷产量)	0.705	0.650
Zscore(雌株茎粗)	0.682	0.208
Zscore(叶长)	0.516	-0.351
Zscore(全麻率)	0.202	0.843

的大部分信息,因此提取2个主成分。其中,第一主成分旋转后的特征值为4.778,方差贡献率为53.089%,雄株株高、雌株株高和雄株茎粗具有较高的正载荷,因此,可以把 F_1 称为株高因子。第二主成分旋转后特征值为1.766,方差贡献率为19.622%,全麻率和全麻产量具有较高的正载荷,因此,可以把 F_2 称为产量因子。

计算25份纤维工业大麻资源的主成分值,2个主成分的得分系数方程如下所示。

$$F_1=0.236 1X_1+0.370 6X_2+0.416 8X_3+0.388 9X_4+0.312X_5+0.384 3X_6+0.352 3X_7+0.092 41X_8+0.322 5X_9,$$

$$F_2=0.264 1X_1-0.313X_2-0.131 7X_3-0.228X_4+0.156 5X_5-0.117 4X_6+0.287 5X_7+0.634 4X_8+0.489 1X_9,$$

根据2个主成分的F值,计算各资源的综合得分,并按照综合得分进行排序。

$$F=0.536 6F_1+0.177 5F_2+0.116 3F_3,$$

2个主成分得分与排名如表6所示。 F_1 (株高因子)主成分得分较高的前5名依次为岚县麻、苍山麻、苍山汾3混种、本地麻3和天水麻。说明这些资源的株高较高,为株高较高的纤维工业大麻。 F_2 (产量因子)主成分得分较高的前5名依次为天水麻、林口、黑龙江肇州868、嫩江和山西线麻。说明这些资源的出麻产量较高,为高纤维产量的工业大麻。依据F值的大小对各材料进行综合评价,排名前3名的依次为岚县麻、苍山汾3混种和苍山麻。

表6 25份纤维工业大麻资源的得分与排名
Table 6 The score and rank of 25 fiber industrial hemp resources

序号 No.	品种 Variety	F_1		F_2		综合得分 Composite score	综合排名 Comprehensive ranking
		得分 Score	排名 Ranking	得分 Score	排名 Ranking		
1	苍山汾3混种	4.47	3	0.58	9	2.50	2
2	本地麻3	2.69	4	-1.30	23	1.21	5
3	岚县麻	5.05	1	-0.75	18	2.58	1
4	苍山麻	4.50	2	-0.39	15	2.35	3
5	黑龙江加格达奇866	-3.62	25	-2.59	25	-2.40	25
6	公主岭大麻	-1.31	19	-1.56	24	-0.98	21
7	河南溱州803	-0.78	15	-0.51	16	-0.51	15

续表 6

Table 6 continued

序号 No.	品种 Variety	F ₁		F ₂		综合得分 Composite score	综合排名 Comprehensive ranking
		得分 Score	排名 Ranking	得分 Score	排名 Ranking		
8	农安-2	0.91	6	0.40	10	0.56	6
9	黑龙江肇州 868	-0.67	13	1.89	3	-0.02	10
10	农安农家品种	-1.23	18	-1.22	21	-0.88	19
11	庆麻 1 号(双城杏山)	-0.11	9	0.68	8	0.06	9
12	山西广灵 852	0.22	7	1.24	6	0.34	8
13	通榆	-1.64	22	-0.79	19	-1.02	22
14	绥化青冈	-1.69	23	-0.33	13	-0.96	20
15	黑龙江黑河 871	-0.54	12	-0.05	11	-0.30	14
16	农安-3	-1.57	21	-1.24	22	-1.06	23
17	山东平邑 856	-0.90	16	-0.24	12	-0.53	17
18	黑龙江安达 869	-2.10	24	-0.89	20	-1.29	24
19	山西线麻	0.19	8	1.35	5	0.34	7
20	农安-1	-0.77	14	-0.59	17	-0.52	16
21	甘肃酒泉 816	-0.24	10	-0.36	14	-0.19	12
22	林口	-1.12	17	1.91	2	-0.26	13
23	天水麻	2.30	5	2.45	1	1.67	4
24	嫩江	-0.52	11	1.40	4	-0.03	11
25	大庆火麻 1 号	-1.52	20	0.92	7	-0.65	18

2.4 纤用工业大麻资源的农艺性状的聚类分析

利用 SPSS 26 采用平方欧氏距离法对 25 份纤用工业大麻资源进行聚类分析,结果如图 1 所示。在距离为 10 时,可以将 25 份工业大麻资源分成 5 类,第 1 类包括 15 个资源,遗传关系复杂,以黑龙江黑河、庆麻 1 号和农安-1 为主,多为黑龙江省资源和吉林省资源,叶长、叶宽、雄株株高、原茎公顷产量差异较大;第 2 类包括 4 个资源,以山西广灵、林口为主,雄株株高、雌株株高、原茎公顷产量差异较大,全麻率差异较小;第 3 类包括 1 个资源,为黑龙江加格达奇 866,该资源雄株株高为 169 cm,原茎公顷产量为 6 317 kg,产量性状较差;第 4 类包括 4 个资源,以苍山麻、苍山汾 3 混种和岚县麻为主,雄株株高、雌株株高、原茎公顷产量差异较小,雌株茎粗、雄株茎粗、全麻率和全麻公顷产量差异较大,表现性状良好;第 5 类包括 1 个

资源,为天水麻,该资源雌株茎粗和雄株茎粗数值较大,原茎公顷产量、全麻公顷产量数值较大,产量性状较好。因此,可根据不同性状的需求综合选取相对应的优异纤用工业大麻种质资源。

3 结论与讨论

3.1 结论

本研究对 25 份纤用工业大麻种质资源的株高、茎粗、叶长、叶宽等主要农艺性状进行差异分析,其中,雄株株高的变异最大,变异系数为 31.33%,说明其具有丰富的遗传多样性和选育潜力,全麻率的变异系数最小,仅为 9.34%,说明其遗传较稳定,选育潜力相对较小;叶长、叶宽、雄株株高、雌株株高、雌株茎粗、雄株茎粗、原茎公顷产量、全麻率和全麻公顷产量 9 个性状间存在显著或极显著相关性;通过主成分分析,提取 2 个

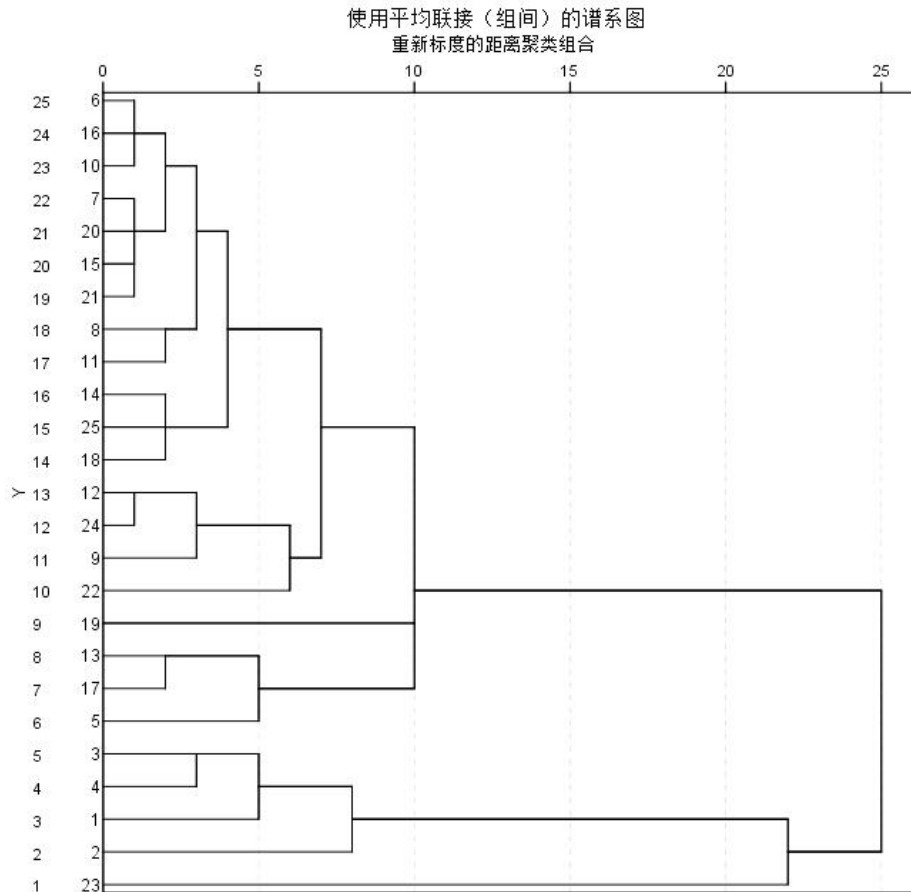


图1 25份纤用工业大麻种质资源的聚类分析

Fig.1 Cluster analysis of 25 fiber industrial hemp germplasm resources

具有代表性且特征值大于1的主成分,累计贡献率达到72.711%,通过构建模型计算综合得分并将参试材料进行排序,得到参试材料的综合表现;采用平方欧式距离法对25份纤用工业大麻资源进行聚类分析分成5类,初步筛选出3份遗传多样性丰富、综合表现良好的育种材料。

3.2 讨论

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^[15-18]。本研究对25份纤用工业大麻资源的雄株株高、雌株株高、雄株茎粗等主要农艺性状进行差异性分析,结果表明,雄株株高的变异最大,变异系数为31.33%,说明材料间存在着丰富的变异,全麻率的变异系数仅为9.34%,说明该性状遗传较稳定。茎粗、株高与大麻产量呈显著正相关,这与张利国等^[19]、陆于等^[20]、唐慧娟等^[21]、董晓慧等^[22]的研究结论相符,雄株株高和茎粗影响工业大麻的产量,这对纤用工业大麻育种有着重要的指导意义。冯旭平等^[23]对20份工业大麻材料进行主成分分析,得出分枝、种子大小、株高、粒质量和种子圆度可作为其评价的主要指标。本研究采用主

成分分析方法,综合考虑多项指标,并对其综合评价,根据综合得分筛选出5份综合性状优良的材料,分别为岚县麻、苍山汾3混种、苍山麻、天水麻和本地麻3,它们可以作为杂交育种的亲本材料。对25份纤用工业大麻进行遗传多样性分析,并进行综合评价,可以很好地为育种工作者提供单一性状或多性状的优异亲本材料,并找到适宜于本地区种植的工业大麻品种。

参考文献:

- [1] ELMA M J S, ZHANG Q Y, STEFANO A, et al. New developments in fiber hemp(*Cannabis sativa* L.) breeding[J]. Industrial Crops and Products, 2015, 68(3): 32-41.
- [2] ELISOHLY M A, SLADE D. Chemical constituents of marijuana: the complex mixture of natural cannabinoids[J]. Life Sciences, 2005, 78(5): 539-548.
- [3] CLARKE R C, MERLIN M D. Cannabis domestication, breeding history, present-day genetic diversity, and future prospects [J]. Critical Reviews in Plant Sciences, 2016, 35(5-6): 293-327.
- [4] 高金虎,赵铭森,冯旭平,等.不同密度和行距配置对工业大麻生长及产量的影响[J].中国农业大学学报,2019,24(7):37-43.
GAO J H, ZHAO M S, FENG X P, et al. Effects of plant density

- and row spacing on the growth and yield of industrial hemp[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2019, 24(7): 37–43. (in Chinese)
- [5] AMADUCCI S, SCORDIA D, LIU F H, et al. Key cultivation techniques for hemp in Europe and China[J]. *Industrial Crops and Products*, 2015, 68: 2–16.
- [6] TERENCE M M, NAHUM B Y, TAYLOR R E, et al. Hemp in ancient rope and fabric from the Christmas Cave in Israel: Talmudic background and DNA sequence identification[J]. *Journal of Archaeological Science*, 2011, 38(10): 2579–2588.
- [7] GAO C S, XIN P F, CHENG C H, et al. Diversity analysis in *Cannabis sativa* based on large-scale development of expressed sequence tag-derived simple sequence repeat markers[J]. *PLOS One*, 2014, 9(10): e110638.
- [8] 熊和平, 朱爱国, 陈继康. 2018–2021 国家麻类产业技术发展报告[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2022: 3.
- XIONG H P, ZHU A G, CHEN J K. National flax industry technology development report 2018–2021[M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2022: 3. (in Chinese)
- [9] 赵浩含, 陈继康, 熊和平. 中国工业大麻种业创新发展策略研究[J]. *农业现代化研究*, 2020, 41(5): 765–771.
- ZHAO H H, CHEN J K, XIONG H P. Research on the innovative development strategies of industrial hemp seed industry in China[J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2020, 41(5): 765–771. (in Chinese)
- [10] 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.
- YU Y, SUN J, ZHANG J, et al. Comprehensive evaluation on agronomic and quality traits of 198 hemp germplasm resources[J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2021, 22(4): 1021–1030. (in Chinese)
- [11] KEYLOCK C J. Simpson diversity and the Shannon–Wiener index as special cases of a generalized entropy[J]. *Oikos*, 2005, 109(1): 203–207.
- [12] 高金虎, 吴晓宇, 赵铭森, 等. 30 份工业大麻种质资源表型性状的遗传多样性分析[J]. *种业导刊*, 2022(3): 7–13.
- GAO J H, WU X Y, ZHAO M S, et al. Genetic diversity analysis of 30 industrial hemp germplasm resources based on phenotypic traits[J]. *Journal of Seed Industry Guide*, 2022(3): 7–13. (in Chinese)
- [13] 房郁妍, 张利国, 郑楠, 等. 大麻种质资源农艺性状的聚类分析、相关性分析及主成分分析[J]. *黑龙江农业科学*, 2018(10): 18–21.
- FANG Y Y, ZHANG L G, ZHENG N, et al. Agronomic characteristics and correlation analysis of cannabis germplasm resources[J]. *Heilongjiang Agricultural Sciences*, 2018(10): 18–21. (in Chinese)
- [14] PETIT J, SALENTIEN E M J, PAULO M, et al. Genetic variability of morphological, flowering, and biomass quality traits in hemp(*Cannabis sativa* L.)[J]. *Frontiers in Plant Science*, 2020, 11: 102.
- [15] 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.
- SU S, LI Z J, NI J W, et al. Diversity analysis on characters of spikes and fruits of *Idesia polycarpa*[J]. *Journal of Plant Resources and Environment*, 2021, 30(2): 35–44. (in Chinese)
- [16] 余莉, 张时龙, 李清超, 等. 主成分分析在芸豆品种筛选中的应用[J]. *东北农业科学*, 2016, 41(1): 91–96.
- YU L, ZHANG S L, LI Q C, et al. Application of principal component analysis in the screening of kidney bean varieties[J]. *Journal of Northeast Agricultural Sciences*, 2016, 41(1): 91–96. (in Chinese)
- [17] 亢玲, 董艳, 张维军, 等. 宁夏春小麦种质资源淀粉糊化特性研究[J]. *东北农业科学*, 2023, 48(6): 35–38.
- KANG L, DONG Y, ZHANG W J, et al. Study on starch pasting properties of spring wheat germplasm resources in Ningxia[J]. *Journal of Northeast Agricultural Sciences*, 2023, 48(6): 35–38. (in Chinese)
- [18] 李振姣, 王孟, 井苗, 等. 榆林市不同谷子品系农艺性状分析[J]. *东北农业科学*, 2023, 48(1): 19–22.
- LI Z J, WANG M, JING M, et al. Analysis on agronomic characters of different millet varieties in Yulin[J]. *Journal of Northeast Agricultural Sciences*, 2023, 48(1): 19–22. (in Chinese)
- [19] 张利国, 张效霏, 房郁妍, 等. 大麻纤维产量构成因素的相关分析初报[J]. *黑龙江农业科学*, 2014(1): 31–33.
- ZHANG L G, ZHANG X F, FANG Y Y, et al. Preliminary study about coelevation analysis of yield component factors of hemp fiber[J]. *Heilongjiang Agricultural Sciences*, 2014(1): 31–33. (in Chinese)
- [20] 陆于, 罗倪生, 吕咏梅. 大麻植株主要农艺性状与麻皮产量关系的初步探讨[J]. *安徽农业科学*, 1982(1): 88–90.
- LU Y, LUO N S, LYU Y M. A preliminary study on the relationship between the main agronomic traits of cannabis plants and the yield of hemp bark[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 1982(1): 88–90. (in Chinese)
- [21] 唐慧娟, 臧巩固, 程超华, 等. 工业大麻产量和品质性状的对应分析[J]. *作物杂志*, 2018(2): 52–55.
- TANG H J, ZANG G G, CHENG C H, et al. Correspondence analysis of yield and quality traits of industrial hemp(*Cannabis sativa* L.)[J]. *Crops*, 2018(2): 52–55. (in Chinese)
- [22] 董晓慧, 单大鹏, 姜辉, 等. 24 个纤用工业大麻品种(系)比较试验及主要性状与产量关系分析[J]. *农业科技通讯*, 2022(3): 108–112.
- DONG X H, SHAN D P, JIANG H, et al. Comparative experiments of 24 industrial hemp varieties (lines) for fiber use and analysis of the relationship between main traits and yield[J]. *Bulletin of Agricultural Science and Technology*, 2022(3): 108–112. (in Chinese)
- [23] 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评价与评价[J]. *山西农业科学*, 2023, 51(5): 494–501.
- FENG X P, KANG H M, ZHAO M S, et al. Comprehensive analysis and evaluation of the main agronomic traits of industrial hemp germplasm resources[J]. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 2023, 51(5): 494–501. (in Chinese)

(责任编辑:王昱)