

DOI:10.19462/j.cnki.zgzy.20241120001

200份亚麻材料的表型多样性分析及观赏潜力评价

姚丹丹¹ 宋喜霞¹ 姜卫东¹ 孙中义² 康庆华¹(¹黑龙江省农业科学院经济作物研究所,哈尔滨 150086; ²黑龙江省农业科学院生物技术研究所,哈尔滨 150086)

摘要: 亚麻作为园林景观植物在园林造景方面有很大的应用潜力,进行亚麻表型多样性分析并确定适宜进行园林造景的亚麻材料,能够为亚麻花卉的合理配植提供参考,为其在园林造景的科学合理性提供数据支撑。以新培育的200个亚麻品系为试验材料,测定其观赏性状指标,调查和统计花瓣色、花柱色、花药色、花丝色、株高、工艺长、分枝、蒴果等相关指标,进行表型多样性分析,同时结合园林造景特点,分析亚麻花卉在景观应用中的配置设计,探究亚麻作为园林景观植物的观赏潜力。结果表明,200份亚麻品系的8个观赏表型性状间的变异性较大;亚麻花色在主成分分析中贡献率最高,其中花瓣色和蒴果特征值较大;R型聚类分析将亚麻的8个性状聚为3类,观花性状聚为一类,观株性状聚为一类,观果性状聚为一类;Q型聚类分析将200份亚麻材料聚为6类,第I类群(176个亚麻品系)、第II类群(KJ054、KJ117、KJ118、KJ127、KJ138、KJ153、KJ154、KJ191、KJ192、KJ197)、第III类群(KJ002、KJ006、KJ007、KJ010、KJ014、KJ016)和第V类群(KJ094、KJ115、KJ189、KJ193、KJ199、KJ200)的亚麻材料表型性状表现优异,适合作观花或观株花卉。综上所述,200份亚麻材料具有丰富的表型多样性,在园林中有良好的应用前景,亚麻可作为一种观赏性与实用性相结合的新型园林花卉。

关键词: 亚麻;表型性状;多样性;聚类分析

Phenotypic Diversity Analysis and Ornamental Potential Evaluation of 200 Flax Materials

YAO Dandan¹, SONG Xixia¹, JIANG Weidong¹, SUN Zhongyi², KANG Qinghua¹(¹Institute of Industrial Crop, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086;²Institute of Biotechnology, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086)

亚麻(*Linum usitatissimum* L.)为亚麻科(Linaceae)亚麻属一年生草本植物,是重要的特色经济作物,工业对亚麻的需求每年都在增加^[1-3]。亚麻具有品种多样、颜色丰富、适应性强、生存能力强等优点,部分亚麻品种花卉呈现蓝色或紫色,蓝色和紫色花卉相对于其他色彩的花卉而言较为稀少,在园林景观中属于珍稀花卉,具有较高的园林花卉开发价值,应用前景广阔^[4-6]。

亚麻作为集经济和观赏于一体的植物,极适

合作为园林花卉应用于园林景观设计中。近年来,亚麻花卉的园林应用研究逐渐受到重视。桑利民等^[7-8]研究了纯蓝色花卉亚麻品种在园林景观中的应用,为亚麻作为园林观赏花卉提供了理论支撑。吴广文^[9]在关于波兰亚麻的考察报告中表明,波兰已开展亚麻花卉繁殖、亚麻盆栽改良等相关研究,证明了亚麻作为园林花卉的极大潜力。Rozhmina等^[10]对来自俄罗斯联邦麻类作物研究中心的一批亚麻种质进行了表型多样性分析,选取代表不同形态类型的406个样品,对各种农艺性状进行了深入定量评估,证实亚麻性状在观赏方面具有优势。叶剑秋^[11]论述了蓝色亚麻的繁殖与栽培特性,为蓝色亚麻在园林花卉中作为盆栽花材提供了数据参考。

基金项目: 财政部和农业农村部:国家麻类产业技术体系项目(CARS-16-E04);黑龙江省农业科学院农业科技创新跨越工程(CX24ZH03)

通信作者: 康庆华

因此,研究亚麻观赏表型性状对推动亚麻在园林花卉中的应用至关重要。

近年来很多学者也对亚麻资源表型多样性进行了研究^[12-13],但对于亚麻观赏性方面的研究仍较少。对亚麻观赏表型多样性进行分析,可为确定亚麻花卉选育方向提供关键依据。本研究对200份亚麻品系的表型多样性进行分析,并讨论不同亚麻类群适宜的景观设计,以期对现有亚麻种质资源特性进行挖掘,为亚麻作为园林观赏花卉的栽培和选育提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料 供试材料为200份亚麻品系,命名为KJ001~KJ200,由黑龙江省农业科学院经济作物研究所选育并提供。试验地点为黑龙江省肇源县亚麻试验田(45°50'N,126°51'E),该地区气候属中温带大陆性气候。

1.2 试验方法 各小区种植面积4m²(2m×2m),播种密度约2000粒/m²,共10行区,平均行距20cm,种植密度均匀,田间管理工作按常规方式进行。

1.3 性状指标测定 测量花瓣色、花柱色、花药色、花丝色、株高、工艺长、分枝、蒴果等主要观赏性状,设置4次重复,去除最大值和最小值后计算平均值。指标测定依据NY/T 3759—2020《农作物优异种质资源评价规范 亚麻》及《亚麻种质资源描述规范和数据标准》^[14]。采用等级编码方法对性状进行处理,表型性状及其赋值标准见表1。

1.4 数据分析 利用Excel进行数据统计和制图,利用SPSS 20.0数据处理系统对数据进行处理,对200个亚麻品系的8种性状观测值采用R型聚类分析方法和Q型聚类分析方法进行分组(测量范围采用平方欧式距离,标准化方法使用Z得分法),并绘制聚类分析图。

表1 亚麻表型性状及其测量方法和赋值规则

性状	测量方法或赋值规则
花瓣色	白色=1;粉色=2;浅蓝色=3;紫色=4
花柱色	白色=1;蓝色=5
花药色	蓝色=5;橘黄色=6;浅灰色=7
花丝色	白色=1;蓝色=5
株高	自植株子叶痕至顶端的高度,以cm表示
工艺长	自植株子叶痕至第1个分枝基部间的距离,以cm表示
分枝	在植株主茎顶部所着生的一次分枝的个数
蒴果	在植株主茎上着生的全部含种子的蒴果数

2 结果与分析

2.1 亚麻性状变异分析 200份亚麻品系的8个观赏表型性状分析表明,极差最大的为株高和工艺长,均达到70.00cm;其次是蒴果,为27.00个,表明这些性状具有较高的多样性(表2)。花瓣色、花药色、花柱色和花丝色的极差均小于10.00,相对集中。参试亚麻品系8个主要观赏性状的变异系数在9.40%~37.91%之间,变异程度整体上较大,表明200份亚麻品系资源类型较为丰富,可为亚麻新品种选育提供丰富的基础材料。花瓣色、分枝和蒴果变异系数均在30.00%以上,分别为34.96%、35.58%和37.91%;变异系数最小的为花柱色,花药色的方差高于花柱色和花丝色;200份亚麻品系在作观花用途时,其花朵性状变异程度依次为花瓣色>花药色>花丝色>花柱色。

2.2 主成分分析 在主成分分析中,当特征值≥1或累计贡献率>85%时,该主成分具有代表性。由表3、表4可知,前4个主成分的累计贡献率为86.502%,这4个主成分能够表达8个表型性状的主要遗传信息,而其他主成分的特征值均小于1,

表2 亚麻主要观赏性状变异分析

项目	花瓣色	花柱色	花药色	花丝色	株高(cm)	工艺长(cm)	分枝	蒴果
最小值	1.00	1.00	2.00	1.00	55.00	30.00	1.00	3.00
最大值	7.00	2.00	4.00	2.00	125.00	100.00	11.00	30.00
极差	6.00	1.00	2.00	1.00	70.00	70.00	10.00	27.00
平均值	5.25	1.96	3.65	1.94	96.32	71.62	5.21	12.43
标准差	1.84	0.18	0.75	0.24	11.53	10.79	1.85	4.71
方差	3.37	0.03	0.56	0.06	132.94	116.37	3.44	22.19
变异系数(%)	34.96	9.40	20.49	12.30	11.97	15.06	35.58	37.91

贡献率幅度平缓,不具代表性。主成分1的特征值为2.343,贡献率为29.287%,花瓣色、花药色和花柱色这3个性状的载荷值较高,这一主成分表达的是亚麻花色情况。主成分2特征值为2.126,贡献率为26.574%,株高、工艺长和分枝这3个性状的载荷值较高,这一主成分表达的是亚麻植株形态特征。主成分3特征值为1.262,贡献率为15.771%,花丝色性状的载荷值较高,这一主成分主要表现亚麻花朵的内部形态,对花卉景观设计影响不大。主成分4特征值为1.190,贡献率为14.869%,蒴果性状的载荷值较高,这一主成分主要表现亚麻的果实情况。

表3 亚麻表型性状的特征值、贡献率及累计贡献率

主成分	特征值	贡献率(%)	累计贡献率(%)
1	2.343	29.287	29.287
2	2.126	26.574	55.862
3	1.262	15.771	71.632
4	1.190	14.869	86.502
5	0.514	6.427	92.929
6	0.331	4.142	97.071
7	0.150	1.876	98.947
8	0.084	1.053	100

表4 亚麻表型性状主成分载荷矩阵

性状	主成分			
	1	2	3	4
花瓣色	0.831	0.246	0.382	-0.146
花柱色	0.721	0.234	-0.441	0.217
花药色	0.764	0.215	0.485	-0.179
花丝色	0.601	0.080	-0.615	0.311
株高	-0.250	0.913	-0.142	-0.191
工艺长	-0.269	0.845	-0.253	-0.243
分枝	-0.168	0.619	0.426	0.383
蒴果	-0.155	0.163	0.205	0.866

2.3 R型聚类分析 对亚麻8个表型性状进行R型聚类分析,由图1可知,当欧式距离 $L1=20$ 时,200份亚麻品系的8个表型性状可聚为3大类,第I类包含株高、工艺长和分枝3种性状;第II类仅有蒴果1种性状;第III类包含花瓣色、花药色、花柱色和花丝色4种性状。第I类中株高和工艺长优先聚为一类,分枝单独一类,表明亚麻株高和工艺长相互间影响较大,而分枝数量主要与亚麻种植密度有关,在景观设计中可对亚麻进行丛植,观赏性更佳。第II类中仅有蒴果,表明蒴果变化与其他表型性状关联不大,因此在园林景观设计,进行亚麻观果景观设

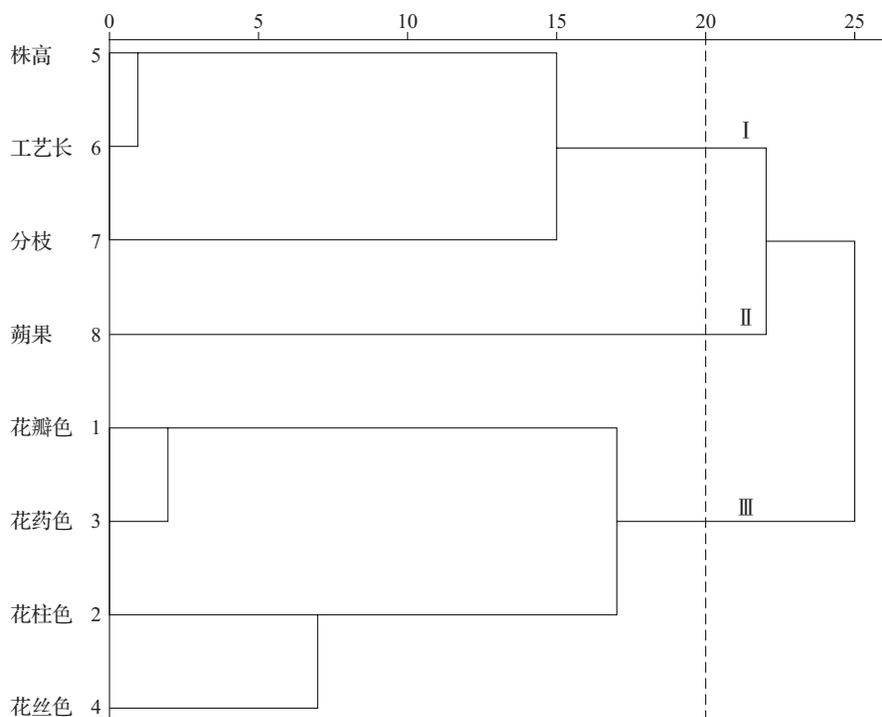


图1 亚麻表型性状的R型聚类分析

计时无需重点考虑其他表型对亚麻蒴果的影响;第 III 类中的花瓣色和花药色性状最先聚为一类,其次是花柱色与花丝色,表明这 4 个性状之间的相关程度较高。

2.4 Q 型聚类分析 在全面分析表型性状的基础上,依据变异分析、主成分分析、R 型聚类分析结果,对 200 份亚麻品系的测试性状进行 Q 型聚类分析(表 4)。当欧式距离 $L1=10$ 时,所有品种可分为 6 个类群,第 I 类群包含 176 份亚麻品系,占比 88.00%;主要特征是花瓣色为紫色和浅蓝色,花柱色和花丝色均为蓝色,花药色为橘黄色和蓝色,花色整体为蓝色和紫色,属于园林花卉中的稀有花色;株高正常偏高(平均值 97.95cm)、工艺长偏高(平均值 73.41cm)、分枝较多(平均值 5.20 个)、蒴果较少(平均值 12.39 个),总体适合作观花及观株花卉,不适用于作观果花卉。

第 II 类群包含 10 份亚麻品系,占比 5.00%;主要特征是花瓣色为紫色和浅蓝色,花药色、花丝色和花柱色均为蓝色,观赏性较好;株高相对偏低(平均值 67.80cm)、工艺长最低(平均值 43.90cm)、分枝较少(平均值 3.70 个)、蒴果较少(平均值 11.20 个),总体适合作为园林景观适栽材料。

第 III 类群包含 6 份亚麻品系,占比 3.00%;主要特征是花瓣色为紫色和浅蓝色,花药色和花柱色均为蓝色,花丝色为白色,花朵整体较为独特,可以作为花坛点缀或大面积丛植;株高最高(平均值 103.83cm)、工艺长最高(平均值 73.83cm)、分枝较多(平均值 6.83 个)、蒴果正常(平均值 13.00 个),总体适合作观株花卉。

第 IV 类群有 1 份亚麻品系,占比 0.50%;主要特征是花瓣色为粉色,花柱色和花药色为黄色和橘黄色,花丝色为蓝色,园林用可作为其他花卉的点缀;株高正常偏低(平均值 83.00cm)、工艺长偏低(平均值 45.00cm)、分枝最多(平均值 8.00 个)、蒴果最多(平均值 20.00 个),粉色花朵较为常见,但蒴果较多,可作观果花卉,或可在布置花镜、花坛和花带时搭配使用。

第 V 类群包含 6 份亚麻品系,占比 3.00%;主要特征是花瓣色、花柱色和花丝色为白色,花药色为橘黄色和浅灰色;株高正常偏高(平均值 93.83cm)、工艺长偏高(平均值 71.67cm)、分枝较多(平均值 5.50 个)、蒴果较少(平均值 11.17 个),总体上在园林景观设计中可以作为花镜的点缀。

第 VI 类群仅 1 份亚麻品系,占比 0.50%;主要

表 4 亚麻 Q 型聚类分析及表型性状平均值

类群	品系	株高 (cm)	工艺长 (cm)	分枝	蒴果
I	KJ001、KJ003、KJ004、KJ005、KJ008、KJ009、KJ011、KJ012、KJ013、KJ015、KJ017、KJ018、KJ019、KJ020、KJ021、KJ023、KJ024、KJ025、KJ026、KJ027、KJ028、KJ029、KJ030、KJ031、KJ032、KJ033、KJ034、KJ035、KJ036、KJ037、KJ038、KJ039、KJ040、KJ041、KJ042、KJ043、KJ045、KJ046、KJ047、KJ048、KJ049、KJ050、KJ051、KJ052、KJ053、KJ055、KJ056、KJ057、KJ058、KJ059、KJ060、KJ061、KJ062、KJ063、KJ064、KJ065、KJ066、KJ067、KJ068、KJ069、KJ070、KJ071、KJ072、KJ073、KJ074、KJ075、KJ076、KJ077、KJ078、KJ079、KJ080、KJ081、KJ082、KJ083、KJ084、KJ085、KJ086、KJ087、KJ088、KJ089、KJ090、KJ091、KJ092、KJ093、KJ095、KJ096、KJ097、KJ098、KJ099、KJ100、KJ101、KJ102、KJ103、KJ104、KJ105、KJ106、KJ107、KJ108、KJ109、KJ110、KJ111、KJ112、KJ113、KJ114、KJ116、KJ119、KJ120、KJ121、KJ122、KJ123、KJ124、KJ125、KJ126、KJ128、KJ129、KJ130、KJ131、KJ132、KJ133、KJ134、KJ135、KJ136、KJ137、KJ139、KJ140、KJ141、KJ142、KJ143、KJ144、KJ145、KJ146、KJ147、KJ148、KJ149、KJ150、KJ151、KJ152、KJ155、KJ156、KJ157、KJ158、KJ159、KJ160、KJ161、KJ162、KJ163、KJ164、KJ165、KJ166、KJ167、KJ168、KJ169、KJ170、KJ171、KJ172、KJ173、KJ174、KJ175、KJ176、KJ177、KJ178、KJ179、KJ180、KJ181、KJ182、KJ183、KJ184、KJ185、KJ186、KJ187、KJ188、KJ190、KJ194、KJ195、KJ196、KJ198	97.95	73.41	5.20	12.39
II	KJ054、KJ117、KJ118、KJ127、KJ138、KJ153、KJ154、KJ191、KJ192、KJ197	67.80	43.90	3.70	11.20
III	KJ002、KJ006、KJ007、KJ010、KJ014、KJ016	103.83	73.83	6.83	13.00
IV	KJ044	83.00	45.00	8.00	20.00
V	KJ094、KJ115、KJ189、KJ193、KJ199、KJ200	93.83	71.67	5.50	11.17
VI	KJ022	90.00	60.00	7.00	20.00

特征是花瓣色为粉色,花柱色为白色,花药色橘黄色,花丝色为蓝色;株高正常(平均值 90.00cm)、工艺长正常(平均值 60.00cm)、分枝正常偏多(平均值 7.00 个)、蒴果最多(平均值 20.00 个)。鉴于该类群花色整体较杂,且粉色花卉在园林中较为常见,园林造景中讲究色彩纯净,富于层次变化,因此该类群不建议作为园林花卉。

3 讨论与结论

亚麻具有广泛的环境适应能力和良好的抗逆性,在园林造景方面潜力巨大,黑龙江省作为亚麻之乡,拥有丰富的亚麻资源,可进一步培育适宜园林造景的亚麻新品种,用于林下地被、护坡湿地及水生景观等^[15]。对亚麻表型性状多样性进行分析,可为亚麻在园林景观设计方面的应用提供参考。在景观设计中,观花亚麻和观株亚麻要做到层次分明、各具特色,才能吸引更多游客观赏。熟悉和掌握亚麻主要观赏性状,对提高亚麻园林造景应用及品种创新具有重要意义。因此,为更好地了解亚麻在园林应用中的生长特性,做好在园林方面亚麻育种中目标性状的筛选工作,本研究对 200 份亚麻品系进行了表型多样性分析。

研究表明,当某一性状变异系数 $\geq 10\%$ 时,所选材料间差异显著^[16-18]。本研究中 200 份亚麻品系的表型性状的变异系数在 9.40%~37.91% 之间,差异较大,多样性程度丰富。王莉等^[19]研究新疆地区亚麻性状变化时发现,株高过高将影响亚麻工艺长和蒴果数。潘慧云^[20]对 230 份亚麻材料进行表型鉴定,探索了农艺和品质性状的相关性,发现工艺长度与株高的相关性最大。本研究中 200 份亚麻品系表型性状中株高和工艺长的变异系数为 11.97% 和 15.06%,在主成分分析中株高、工艺长和分枝这 3 个性状的载荷值较高,且聚为一类,表明工艺长、株高和分枝直接关联性较大,并相互影响。200 份亚麻品系表型性状在花瓣色和花药色间差异较大,不同个体间变异丰富,类型广泛,可以为亚麻在园林方面的高效利用和选育适宜园林造景的亚麻新品种提供丰富的遗传变异材料。本研究主成分分析将亚麻的 8 个表型性状分为 4 个主成分因子,第 1 主成分为花瓣色、花药色和花柱色因子,主要表达亚麻花色情况,花色独特的亚麻更适合作为园林观赏花卉。Q 型聚类分析将 200 份亚麻品系分为 6 个类群,结

合主成分分析,第 I 类群亚麻材料花色为蓝色和紫色,株高正常偏高,但蒴果较少,不适于作观果花卉,可作观花及观株花卉;第 II 类群花瓣色为紫色和浅蓝色,其他部位均为蓝色,颜色纯净,适合作观花花卉;第 III 类群花瓣色为紫色和浅蓝色,花丝色为白色,花朵整体较为独特,适合作观花及观株花卉;第 IV 类群粉色花朵较为常见,但蒴果较多,仅可作观果花卉,品种较为单一;第 V 类群花朵颜色整体为白色,株高正常偏高可作观花和观株花卉;第 VI 类群表现较差,不适宜作为选育亚麻园林花卉的目标亲本,但可作为其他种质资源进行筛选或拓展。

综上所述,200 份亚麻品系中,第 I 类群、第 II 类群、第 III 类群和第 V 类群表型性状表现优异,花色为蓝色、紫色和白色,属于园林花卉中的稀有花色,适合作观花或观株花卉,可以作为园林适栽优良材料。亚麻既有经济作用又具有观赏作用,可作观花、观果和观株兼备类型,可与建筑小品、乔木树木或其他园林植物配置,布置花镜、花坛和花带,亦或独立构成景观空间^[21-22]。但不同栽培环境对亚麻花卉观赏应用的影响较大,在实际生产应用中,应根据不同地区的环境及气候条件进行景观配置,促进亚麻向园林应用方面发展。

参考文献

- [1] 党占海. 亚麻产业现状及其发展对策. 农产品加工, 2008 (7): 20-21
- [2] 赵利, 党占海, 李毅, 张建平, 谢小龙, 王溪森, 胡延萍. 亚麻籽的保健功能和开发利用. 中国油脂, 2006, 31 (3): 71-74
- [3] 黄海浪, 张水华. 亚麻籽的营养成分及其在食品工业中的应用. 食品研究与开发, 2006, 27 (6): 147-149
- [4] 李运琦. 几种蓝色草本花卉在北方园林中的应用. 中国花卉园艺, 2017 (10): 30-31
- [5] 宁惠娟, 张晶晶, 邵锋, 吴晓舟, 范义荣. 蓝色花卉在杭州园林中的应用. 西北林学院学报, 2011, 26 (3): 173-176
- [6] 庄利生. 蓝色系花卉在园林中的应用研究. 中国城市经济, 2011 (5): 305-307
- [7] 桑利民, 徐桂真, 郭元章, 乔海明, 张建平, 张学敏, 张玲. 亚麻作为城市花园景观花卉应用初报. 中国麻业科学, 2015, 37 (1): 50-53
- [8] 桑利民, 肖秋玲, 张学敏, 张建平. 亚麻园林景观应用. 中国花卉园艺, 2016 (14): 54-55
- [9] 吴广文. 关于波兰亚麻的考察报告. 黑龙江农业科学, 2008 (1): 100-101
- [10] Rozhmina T, Bankin M, Samsonova A, Kanapin A, Samsonova

最符合条件的理想品种,其次是 g7 和 g9,以上 3 个品种的理想指数优于对照品种。g10 和 g6 与对照品种位于同一位次圆环中,故 g8、g7、g9、g10、g6 皆认为是优于(或不逊色于)对照的理想品种。

3 讨论与结论

本研究结合 AMMI 模型和 GGE 双标图对 2023 年浙江大学科企水稻联合体长江中下游单季晚粳组水稻区域试验产量数据进行了综合分析。在丰产性上,两者结论基本一致。在稳产性上,两种分析方法结论存在较明显差异。以对照品种为参照,两种模型各自选取出参照品种之上(包含)的理想品种,可以发现两种模型的交集品种,即丰产稳产的理想品种,包括常优 20-16 (g10)、嘉两优 8538 (g6) 和华糯优 205 (g9)。理想品种常优 20-16 (g10) 和华糯优 205 (g9) 广适性更好,且两者适宜种植的区域较一致,适宜在安徽省铜陵市、江苏省无锡市、湖北省宜昌市和荆州市附近区域种植。本研究利用 AMMI 模型 Di 值计算时,采用了改进后的显著主成分轴加权算法,理论上对于品种稳定性评价更为准确可靠。同时,结合了 GGE 双标图各功能图的直观性展现,综合判断出本试验的理想品种,并分析了各参试品种适宜种植的区域及理论上该生态区最适宜种植的品种。以上结论将为后期挖掘固定生态区存在推广潜力的品种,及新品种的精准推广提供客观科学的理论依据。

(上接第 88 页)

- M. A comprehensive dataset of flax (*Linum uitaissimum* L.) phenotypes. *Data in Brief*, 2021, 37: 1-6
- [11] 叶剑秋. 国际流行花卉系列 组合盆栽花材系列 蓝亚麻. *园林*, 2007, 24 (6): 25-25
- [12] 陈英. 胡麻种质资源数量性状的多元统计分析. *中国油料作物学报*, 2016, 38 (6): 730-736
- [13] 伊六喜, 高风云, 周宇, 贾霄云, 张辉, 王树彦, 侯建华, 斯钦巴特尔. 胡麻种质资源表型性状的鉴定与分析. *中国油料作物学报*, 2020, 42 (3): 411-419
- [14] 王玉富, 粟建光. 亚麻种质资源描述规范和数据标准. 北京: 中国农业出版社, 2006
- [15] 康庆华, 姚丹丹, 宋喜霞, 姜卫东, 孙中义, 陈晓艳, 邱财生, 朱炫, 陈洪生, 刘继忠. 亚麻新品种华亚 6 号及其栽培观赏应用. *中国种业*, 2023 (8): 115-116, 119
- [16] 李祥栋, 潘虹, 陆秀娟, 魏心元, 陆平, 石明, 练启仙. 薏苡属种质资源的主要表型性状多样性研究. *植物遗传资源学报*, 2019, 20 (1):

参考文献

- [1] 邓伟, 张新明. 中国水稻种业发展历程研究. *中国种业*, 2022 (11): 1-10
- [2] 许乃银, 荣义华, 李健, 付永红, 梅汉成. GGE 双标图在陆地棉高产稳产和适应性分析中的应用——以长江流域棉区国审棉花新品种‘鄂杂棉 30’为例. *中国生态农业学报*, 2017, 25 (6): 884-892
- [3] 严威凯, 盛庆来, 胡跃高, Hunt L A. GGE 叠图法—分析品种 × 环境互作模式的理想方法. *作物学报*, 2001, 27 (1): 21-28
- [4] 岳海旺, 韩轩, 魏建伟, 郑书宏, 谢俊良, 陈淑萍, 彭海成, 卜俊周. 基于 GYT 双标图分析对黄淮海夏玉米区域试验品种综合评价. *作物学报*, 2023, 49 (5): 1231-1248
- [5] Yue H W, Jiang X W, Wei J W, Xie J L, Chen S P, Peng H C, Bu J Z. A study on genotype × environment interactions for the multiple traits of maize hybrids in China. *Agronomy Journal*, 2021, 113 (6): 4889-4899
- [6] 王磊, 程本义, 鄂志国. 基于 GGE 双标图的水稻区试品种丰产性、稳产性和适应性评价. *中国水稻科学*, 2015, 29 (4): 408-416
- [7] 汪洲涛, 苏炜华, 阙友雄, 许莉萍, 张华, 罗俊. 应用 AMMI 和 HA-GGE 双标图分析甘蔗品种产量稳定性和试点代表性. *中国生态农业学报*, 2016, 24 (6): 790-800
- [8] Agyeman A, Parkes E, Peprah B B. AMMI and GGE biplot analysis of root yield performance of cassava genotypes in the forest and coastal ecologies. *International Journal of Agricultural Policy & Research*, 2015, 3 (3): 222-232
- [9] 吴为人. 对基于 AMMI 模型的品种稳定性分析方法的一点改进. *遗传*, 2000, 22 (1): 31-32
- [10] 赵长延, 段维, 朱志锋, 马宗兴, 柳延涛, 刘胜利, 万素梅. 基于 AMMI 模型和 GGE 双标图对油用向日葵多点试验稳定性和适应性分析. *干旱区资源与环境*, 2023, 37 (11): 123-131
- [11] 王丹, 程星, 许国震, 谢文芳, 李华, 岳云霞, 戴妙飞, 苏丽娜, 郝晓昭. 国审小麦品种濮麦 116 产量特性分析. *中国种业*, 2024 (6): 146-152

(收稿日期: 2024-11-15)

229-238

- [17] 李炜, 毕影东, 刘森, 王玲, 邸树峰, 刘建新, 樊超, 杨光, 梁文卫, 来永才. 寒地野生大豆表型性状的评价和聚类分析. *中国种业*, 2021 (12): 73-79
- [18] 周生坛, 陆艳鹏, 郭瑞军, 杨涛, 刘荣, 李冠, 王栋, 季一山, 王晨瑜, 黄宇宁, 宗绪晓. 鹰嘴豆种子表型性状多样性评价. *中国种业*, 2019 (1): 54-59
- [19] 王莉, 冯贝贝, 张龔, 张正, 陈晓露, 谢丽琼. 新疆地方种亚麻艺术性状多元统计分析. *分子植物育种*, 2021, 19 (2): 640-646
- [20] 潘慧云. 亚麻表型性状与 SSR 标记的关联分析. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2019
- [21] 陈庆堂. 园林工程中花境植物配置及栽植要点研究. *福建建材*, 2021 (11): 68-70
- [22] 李向, 朱娟, 杜军, 普春红, 贵红霞. 浅析花坛的应用与设计. *现代园艺*, 2018 (17): 131-132

(收稿日期: 2024-11-20)