

东北地区甜菜种质资源性状评价

兰 西¹, 解林昊¹, 宁艳东¹, 杨继峰², 吴 律¹, 智燕凤³, 阿拉坦其其格⁴,
张宇航^{1*}, 李咏梅^{1*}

(1. 吉林省农业科学院(中国农业科技东北创新中心), 长春 130033; 2. 兴安盟农牧科学院, 内蒙古 乌兰浩特 137400; 3. 兴安盟农村牧区社会事业服务中心, 内蒙古 乌兰浩特 137400; 4. 科尔沁右翼中旗农牧技术推广中心, 内蒙古 科右中旗 029400)

摘 要:本研究针对东北地区 104 份甜菜种质资源进行性状评价, 以期筛选出优异的种质资源, 并为甜菜种质资源的改良和新品种选育提供理论依据。将 22 个指标进行主成分分析、相关性分析、遗传多样性分析以及聚类分析。结果表明, 13 个质量性状, 遗传多样性指数为 0.05~1.07; 9 个数量性状变异系数为 8.02%~55.74%, 遗传多样性指数为 1.88~2.27。其中褐斑病变异指数最大, 生长势变异系数最小。通过主成分分析法将 22 个指标转化为 6 个主成分, 并通过聚类分析将 104 个甜菜种质资源分为 4 类。甜菜种质资源之间具有较大的遗传差异, 生长势、株高、叶柄宽、叶柄长、根沟深浅、根形、根皮色、叶色是影响甜菜表型差异与产量的重要因素, 可作为亲本筛选与种质资源评价的主要形态指标。

关键词:甜菜; 东北地区; 遗传多样性; 表型性状

中图分类号: S566.3

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2026)03-0013-07

Evaluation of Sugar Beet Germplasm Resources in Northeast China

LAN Xi¹, XIE Linhao¹, NING Yandong¹, YANG Jifeng², WU Lyu¹, ZHI Yanfeng³, ALATAN Qiqige⁴,
ZHANG Yuhang^{1*}, LI Yongmei^{1*}

(1. Jilin Academy of Agricultural Sciences(Northeast Agricultural Research Center of China), Changchun 130033; 2. Hinggan League Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Hinggan League, Ulanhot 137400; 3. Social Undertakings Service Center of Rural and Pastoral Areas, Hinggan League, Ulanhot 137400; 4. Horqin Right Wing Middle Banner Agricultural and Animal Husbandry Technology Extension Center, Horqin Right Middle Banner 029400, China)

Abstract: In this study, 104 sugar beet germplasm resources from Northeast China were evaluated with the aim of screening elite sugar beet germplasm and providing a theoretical basis for further germplasm improvement and breeding. Principal component analysis, correlation analysis, genetic diversity analysis and cluster analysis were performed on 22 traits. The results showed that the coefficients of variation for the 13 qualitative traits ranged from 0.96% to 99.04%, with genetic diversity indices ranging from 0.05 to 1.07, while the coefficients of variation for the 9 quantitative traits ranged from 8.02% to 55.74%, with genetic diversity indices ranging from 1.88 to 2.27. Among these traits, cercospora leaf spot exhibited the largest variation index, whereas growth vigor had the smallest coefficient of variation. The 22 traits were reduced to six principal components by principal component analysis, and the 104 sugar beet germplasm resources were classified into four groups by cluster analysis. There were large genetic differences among the sugar beet germplasm resources. Growth vigor, plant height, petiole width, petiole length, root furrow depth, root shape, root skin color and leaf color were identified as important factors affecting phenotypic variation and yield in sugar beet and can be used as major morphological indicators for parent selection and germplasm evaluation.

收稿日期: 2025-06-29

基金项目: 国家糖料产业技术体系项目(CARS-170703)

作者简介: 兰 西(1989-), 女, 助理研究员, 硕士, 主要从事甜菜栽培与育种研究。

通信作者: 张宇航, E-mail: zyh-asd@163.com

李咏梅, E-mail: lym@163.com

Key words: Sugar beet; Northeast China; Genetic diversity; Phenotypic trait

种质资源的遗传多样性评价是育种的基础,对新品种培育具有重要意义^[1]。我国甜菜缺少优异的种质资源和育种材料,针对现有资源进行评价的研究较多,Liu等^[2]对215份甜菜种质资源表型性状的遗传变异水平进行相关性分析、主成分分析和聚类分析,筛选出适用于能源甜菜、饲料甜菜或糖用甜菜品种选育的材料。张自强等^[3]对现有甜菜种质资源的16个农艺性状进行遗传变异分析、相关性分析和主成分分析,明确了甜菜种质资源主要农艺性状间的关系。兴旺等^[4]从12个国家的247份甜菜种质资源中筛选出15份丰产资源和15份高糖资源,可作为产量改良及提高含糖率的亲本材料。鄂圆圆等^[5]对华北区48份甜菜种质的农艺性状和产量性状进行了鉴定,综合评价了参试种质的丰产性、高糖性和抗病性,筛选出农艺性状较好的材料5份、较适宜机械化种植的材料4份、较抗褐斑病的材料17份、偏高产型材料1份、偏高糖型材料6份。陈丽等^[6]利用甜菜块根蔗糖可回收率、杂质指数、可回收蔗糖量3个综合指标,对162份甜菜种质资源的品质性状进行评价。邹奕等^[7]概述了甜菜种质资源在形态学、细胞学和DNA水平上的遗传多样性。陈柳宏等^[8]对东北地区205份甜菜种质资源的5个品质性状、18个农艺性状以及3种抗病性进行了分析,筛选出丰产优质以及综合抗病的甜菜种质。陈丽等^[9]以3个生态区的313份甜菜种质资源为试材,鉴定不同生态区甜菜主要种质资源的抗病性。邹锋康等^[10]综述了抗褐斑病甜菜种质资源的收集及保存。李王胜等^[11]对336份甜菜种质资源苗期的生理生化指标及15个表型指标进行了测定,并按耐旱程度分为5个类型。胡晓航等^[12]比较了14个品种(系)甜菜的氨基酸组分及含量,探讨其营养价值。

甜菜是重要的制糖作物之一,主要栽种于北方地区。我国甜菜产业发展比较落后,98%的品种来源于国外,已然成为“卡脖子”问题。本研究对104份甜菜种质资源和繁育材料的22个主要性状进行了遗传多样性分析、主成分分析和聚类分析,根据分析结果确定每个甜菜品种的特性,减少盲目配置杂交组合的弊端,为高糖、丰产材料的筛选和新品种培育提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试甜菜种质资源和繁育材料共计104份,由

吉林省农业科学院甜菜研究团队提供。其中糖用甜菜80份、叶用甜菜2份、红甜菜13份、饲料甜菜9份。

1.2 试验地点与方法

试验于2021—2022年,在吉林省公主岭市范家屯镇吉林省农业科学院经济植物研究所试验地(E 125°5', N 43°43')进行,海拔204 m,地势平坦,前茬为大豆,土质为黑钙土,耕层40 cm,肥力状况中等。

试验采用随机区组排列,3次重复,2行区,行长5 m,行距65 cm,株距20 cm,小区面积6.5 m²,小区理论株数50株,供试面积1 000 m²。

2021年5月初人工播种,播种后15 d出全苗,10月初起收。2022年4月初将2021年的甜菜根重新栽种,7月末采收种子。常规田间管理。

2021年5月23日—10月初进行18个营养生长指标的调查,2022年5月23日—8月初进行4个生殖生长指标的调查。每个品种随机调查10株。观测标准参照甜菜种质资源描述规范标准化整理及共享平台研究进行^[13]。

1.3 数据统计与分析

采用Excel 2019与IBM SPSS Statistics 19软件对分布频率、遗传多样性指数、变异系数、标准差、平均值、最大值、最小值进行统计。遗传多样性指数 $H' = -\sum p_i \times \ln p_i$, p_i 为某一性状第*i*级材料份数占总份数的百分比,ln为自然对数。将所有材料的每个性状利用数据的平均值和标准差进行10个等级的划分,每0.5σ为一级,σ为标准差^[13]。采用SPSS 19.0软件进行主成分分析,MEGA软件进行聚类分析。

2 结果与分析

2.1 甜菜种质资源质量性状分析

由表1可知,13个质量性状共检测到43个变异类型。下胚轴色、叶缘形、叶面形、根沟深浅、根皮色的变异类型最多,分别有4个。遗传多样性指数最高的为叶缘形与根头大小(1.07);最小的为叶丛型(0.05)。在13个质量性状中下胚轴颜色以红色为主,占57.69%,其次为混色,占37.50%,绿色占3.85%,黄色仅占0.96%;叶形以舌形为主,占78.84%,犁铧形与柳形分别占10.58%;叶色中绿色占86.53%,粉红色占9.62%,紫红仅占3.85%;叶缘形中小波占53.85%,中波占28.85%,全缘占14.42%,大波仅占2.88%;叶面形大部分为波浪,

表 1 甜菜种质资源质量性状分布频率及遗传多样性分析
Table 1 Analysis of the distribution and diversity of quality character of sugar beet varieties

性状 Character	描述 Character description level	品种份数 Number of varieties	分布频率/% Distribution frequency	遗传多样性指数(H') Genetic diversity index
下胚轴色	绿	4	3.85	0.86
	红	60	57.69	
	混	39	37.50	
	黄	1	0.96	
叶形	舌形	82	78.84	0.29
	犁铧形	11	10.58	
	柳形	11	10.58	
叶色	绿	90	86.53	0.48
	粉红	10	9.62	
	紫红	4	3.85	
叶缘形	全缘	15	14.42	1.07
	大波	3	2.88	
	中波	30	28.85	
	小波	56	53.85	
叶面形	微皱	34	32.69	1.02
	波浪	58	55.77	
	平滑	7	6.73	
	多皱	5	4.81	
叶柄色	淡绿	90	86.54	0.39
	粉红	14	13.46	
叶丛型	直立型	1	0.96	0.05
	斜立型	103	99.04	
	匍匐型	0	0.00	
根形	圆锥形	24	23.08	0.97
	楔形	20	19.23	
	纺锤形	60	57.69	
根头大小	大	37	35.58	1.07
	中	43	41.35	
	小	24	23.07	
根沟深浅	无	2	1.92	0.83
	不明显	3	2.88	
	浅	33	31.73	
	深	66	63.47	
根皮色	白	88	84.62	0.56
	粉红	7	6.73	
	黄	1	0.96	
	红	8	7.69	
根皮光滑度	光滑	7	6.73	0.88
	较光滑	39	37.50	
	不光滑	58	55.77	
种株株型	单茎型	8	7.69	0.90
	多茎型	56	53.85	
	混合型	40	38.46	

占 55.77%, 微皱占 32.69%, 平滑与多皱分别占 6.73% 与 4.81%; 叶柄色中淡绿与粉红分别占 86.54% 与 13.46%; 叶丛型中直立型占 0.96%, 斜立型占 99.04%; 根形中纺锤形占 57.69%, 圆锥形与楔形分别占 23.08% 与 19.23%; 根沟深浅中深的占 63.47%, 浅的占 31.73%, 不明显的占 2.88%, 无占 1.92%; 根皮色以白色为主, 占 84.62%, 红与粉红分别占 7.69% 与 6.73%, 黄色仅占 0.96%; 根皮光滑度中大部分为不光滑, 占 55.77%, 较光滑与光滑分别占 37.50% 与 6.73%; 种株株型以多茎型为主, 占 53.85%, 混合型占 38.46%, 单茎型占 7.69%。将 13 个质量性状的遗传多样性指数排序为: 叶缘形>根头大小>叶面形>根形>种株株型>根皮光滑度>下胚轴色>根沟深浅>根皮色>叶色>叶柄色>叶形>叶丛型。

2.2 甜菜种质资源数量性状分析

由表 2 可知, 104 份甜菜资源材料的 9 个数量

性状的变异系数为 8.02%~55.74%, 平均为 26.02%。遗传多样性指数(H')为 1.88~2.27。其中变异系数最大的为褐斑病(55.74%), 遗传多样性指数为 1.61。变异系数最小的为生长势(8.02%), 遗传多样性指数最低的也是生长势(1.88)。遗传多样性指数最高的为叶柄长(2.27), 变异系数为 18.30%。供试材料中平均叶柄宽为 1.57 cm, 变异系数为 23.24%, 遗传多样性指数为 2.10; 平均株高为 48.7 cm, 变异系数为 14.24%, 遗传多样性指数为 2.23; 平均含糖率为 17.26%, 变异系数为 9.52%, 遗传多样性指数为 2.09; 平均结实密度为 20.99 粒/cm, 变异系数为 23.34%, 遗传多样性指数为 1.96; 平均千粒重为 22.24 g, 变异系数为 40.87%, 遗传多样性指数为 1.98; 平均产量为 30 296.49 kg/hm², 变异系数为 40.95%, 遗传多样性指数为 1.99。遗传多样性指数排序为: 叶柄长>株高>叶柄宽>含糖率>产量>千粒重>结实密度>生长势>褐斑病。

表 2 甜菜种质资源数量性状分析

Table 2 Diversity analysis of quantitative traits of sugar beet

性状 Trait	最小值 Minimum value	最大值 Maximum value	平均值 Mean value	标准差 Standard deviation	变异系数/% Coefficient of variation	遗传多样性指数(H') Genetic diversity index
生长势	3.00	5.00	4.49	0.36	8.02	1.88
叶柄宽/cm	0.30	3.00	1.57	0.35	23.24	2.10
叶柄长/cm	7.00	50.00	22.63	4.08	18.30	2.27
株高/cm	15.00	76.00	48.70	7.09	14.24	2.23
含糖率/%	3.00	23.00	17.26	1.42	9.52	2.09
结实密度/粒·cm ⁻¹	10.20	46.70	20.99	4.90	23.34	1.96
千粒重/g	5.10	55.70	22.24	9.09	40.87	1.98
产量/kg·hm ⁻²	323.25	65 632.80	30 296.49	9.67	40.95	1.99
褐斑病/0~5 级	0.50	2.00	1.22	0.68	55.74	1.61

2.3 甜菜种质资源主成分分析

从表 3 可以看出, 6 个主成分的累计贡献率为 67.99%, 包含了大部分指标的信息。第 1 主成分特征值为 6.06, 贡献率为 27.56%, 其中主要包含产量(0.612)、含糖率(0.772)、结实密度(0.601)、生长势(0.535)、叶柄宽(0.831)、叶柄长(0.739)、株高(0.860)指标, 基本上代表的是甜菜产量相关性性状; 第 2 主成分的特征值为 3.56, 贡献率为 16.19%, 主要包括根皮色(0.631)、叶色(0.646)、叶柄色(0.669), 基本上代表了甜菜颜色相关性性状; 第 3 主成分的特征值为 1.66, 贡献率为 7.54%, 主要性状包括根形(0.388)、根皮色(0.145)、根皮大小(0.148)、根皮光滑度(0.445), 基本代表了甜菜根部外观的性状; 第 4

主成分的特征值为 1.40, 贡献率为 6.34%, 主要包括叶缘形(0.634)、种株株型(0.292), 基本代表了甜菜植株外观性状; 第 5 主成分的特征值为 1.18, 贡献率为 5.38%, 主要包括叶丛型(0.710), 代表了甜菜叶丛性状; 第 6 主成分的特征值为 1.10, 贡献率为 4.98%, 特征值较高的叶形(0.421)、叶面形(0.452), 代表了甜菜叶片形态相关性性状。

2.4 甜菜种质资源聚类分析

结合 13 个质量性状、2 个数量性状(含糖率、产量), 将 104 个甜菜品种分为 4 个类群(图 1, 表 4)。第一类群 32 个品种, 包括叶用甜菜、部分糖用甜菜。主要特征为: 叶形为舌形, 叶缘形为小波, 叶面形为波浪形, 根形为楔形, 根沟深, 产量

表3 甜菜种质资源主成分分析
Table 3 Principal component characteristic values of sugar beet germplasm resource traits

指标 Test index	主成分 Principal component					
	1	2	3	4	5	6
特征值	6.06	3.56	1.66	1.40	1.18	1.10
贡献率/%	27.56	16.19	7.54	6.34	5.38	4.98
累积贡献率/%	27.56	43.75	51.29	57.63	63.01	67.99
叶形	-0.039	-0.160	-0.496	-0.394	0.284	0.421
叶缘形	-0.188	0.064	-0.455	0.634	-0.009	-0.067
叶面形	-0.223	-0.425	0.266	0.169	0.007	0.452
根形	0.003	0.414	0.388	-0.170	-0.154	0.183
根沟深浅	-0.316	0.594	-0.182	0.100	0.083	0.271
根皮色	-0.601	0.631	0.145	-0.009	-0.094	0.031
下胚轴色	-0.486	-0.017	0.142	-0.093	0.147	-0.190
叶色	-0.614	0.646	0.077	0.146	-0.092	0.117
种株株型	0.285	-0.243	0.378	0.292	-0.526	-0.109
根头大小	-0.504	-0.398	0.148	0.319	0.129	0.278
根皮光滑度	-0.377	-0.053	0.445	-0.535	0.037	-0.194
叶柄色	-0.619	0.669	0.084	0.123	-0.113	0.082
产量	0.612	0.417	-0.208	-0.295	-0.030	0.023
含糖率	0.772	-0.480	-0.090	0.070	-0.102	0.169
结实密度	0.601	0.269	0.350	-0.038	0.312	0.225
千粒重	-0.521	-0.193	-0.418	-0.161	-0.239	-0.302
生长势	0.535	0.666	-0.106	0.142	0.141	0.058
叶柄宽	0.831	0.182	0.316	0.189	0.080	-0.086
叶柄长	0.739	0.408	-0.132	0.046	-0.104	-0.155
褐斑病	-0.414	0.268	-0.091	-0.001	0.137	-0.261
株高	0.860	0.319	-0.086	-0.017	-0.010	-0.098
叶丛型	-0.085	-0.112	0.204	0.276	0.710	-0.366

39 327.30 kg/hm²,含糖率 15.76%,该类群主要表现为高产、高糖;第二类群 29 个品种,包括饲料甜菜、部分糖用甜菜,糖用甜菜以二倍体材料为主。主要特征为:叶形为舌形,叶缘形为中波,叶面形为微皱,根形为纺锤形,根沟深,产量 36 602.85 kg/hm²,含糖率 15.06%,该类群主要表现为高产、含糖率中等;第三类群 30 个品种,包括饲料甜菜、食用甜菜、部分糖用甜菜,糖用甜菜包含二倍体和四倍体。主要特征为:叶形为舌形,叶缘形为小波,叶面形为波浪与微皱为主,根形为圆锥形,根沟浅,产量 35 340.75 kg/hm²,含糖率 11.16%,该类群含糖率最低,产量排名第三;第四类群 13 个品种,包括部分糖用甜菜,以单粒材料居多。主要特征为:叶形为舌形,叶缘形为小波,叶面形为波浪为主,根形为纺锤形,根沟深,产量 29 076.00 kg/hm²,含糖率 15.18%,该类群主要表现为产量低,含糖率排名第三。

3 讨论与结论

针对 104 份甜菜资源的 13 个质量性状及 9 个数量性状的分析表明,质量性状中遗传多样性指数 0.05~1.07,最高的为叶缘形与根头大小,最小的为叶丛型。数量性状间的变异系数 8.02%~55.74%,遗传多样性指数 1.88~2.27,变异系数最大的为褐斑病,最小的为生长势;遗传多样性指数最低的是褐斑病,最高的为叶柄长。通过主成分分析将 22 个指标转化为 6 个主成分,通过聚类分析将 104 份甜菜种质资源分为 4 个类群,并根据特征值和贡献率将株高、叶柄色、株型、叶缘形、叶形等确定为影响甜菜表型差异与产量的重要因素,为今后的亲本筛选与资源评价提供了重要的理论依据。利用植物学性状对甜菜种质资源进行评价和筛选已有相关报道,Peng 等^[14]对 129 份甜菜种质

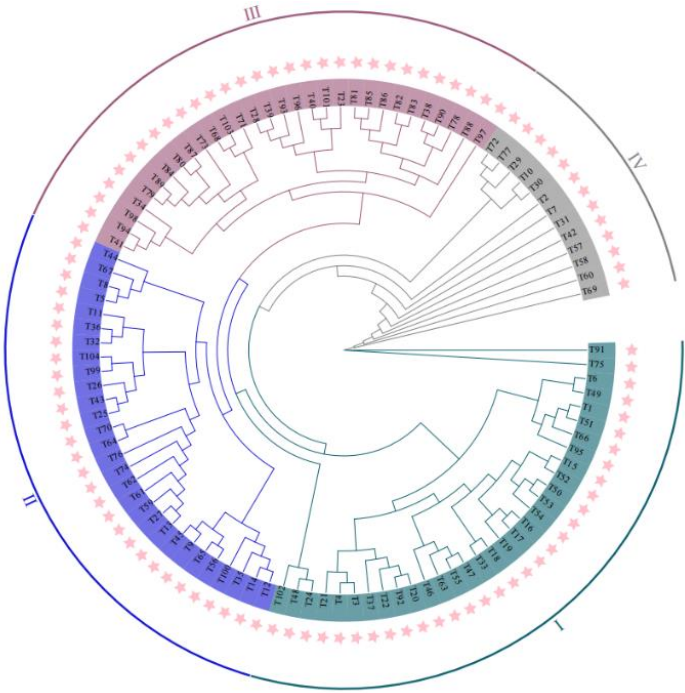


图 1 104 个甜菜种质资源聚类分析图
Fig.1 Cluster analysis of 104 beet germplasm resources

表 4 各类群性状表现
Table 4 Performance of various group traits

类群 Group	粒型 Particle type	叶形 Leaf shape	叶缘形 Leaf margin shape	叶面形 Leaf surface shape	根形 Root shape	根沟深浅 Depth of root furrow	产量/kg·hm ⁻² Yield	含糖率/% Sugar content	根头大小 Size of the root	根皮色 Root bark color
I	多粒	舌	小波	波浪	楔形	深	39 327.30	15.76	大	白
II	单粒	舌	中波	微皱	纺锤	深	36 602.85	15.06	中	白
III	多粒	舌	小波	波浪/微皱	圆锥	浅	35 340.75	11.16	小	白/红
IV	单粒	舌	小波	波浪	纺锤	深	29 076.00	15.18	中	白

资源的遗传多样性、群体结构进行了分析,筛选出优质育种资源。Wang等^[15]对306个主要品种和育种系的种质材料进行了基因组重测序,确定了6个重要农艺性状相关的基因。付增娟^[16]对抗丛根病的31份甜菜种质资源的14个形态指标进行形态学、生理生化和分子标记的综合鉴定与评价。崔平等^[17-19]通过国外引进和交换筛选出的甜菜优异种质资源进行鉴定和分析,从中筛选出适合本地区种植的丰产、高糖、抗病性稳定的优异种质资源。陈彦云等^[20]对甜菜杂交组合品种进行了多个性状的综合评估,与大田生产示范相结合,进行甜菜耐丛根病品种选育。

本研究将104个甜菜种质资源通过聚类分析分为4个类群,具有一定参考价值。其将叶用甜菜归为第一类,食用甜菜归为第三类,第二类和第三类均包含部分饲料甜菜,证明饲料甜菜具有一定的多样

性,在4个类群中均有糖用甜菜,表明糖用甜菜资源类型丰富,其次为饲料甜菜、食用甜菜、叶用甜菜。

文中甜菜资源材料聚类分析中发现第一类群中产量与含糖率最高;第二类群产量排第二,含糖率排第三;第三类群产量排第三,含糖率排第四;第四类群产量排第四,含糖率排第二;这与崔平等^[19]研究结果,甜菜块根产量与含糖率呈显著负相关的结论不一致,可能与所选材料以及外界条件因素有关。

104个甜菜品种间存在明显的遗传差异,是重要的种质资源和繁育材料。从各类群性状的表现可以看出,含糖量高的种质资源根形整体呈楔形,这与我们实际生产中所观察的结果相一致。第三类群中包含了全部红甜菜品种,红甜菜含糖量低,导致该类群含糖量最低,这与生产实际结果相一致。因此,在甜菜育种实践中,可在第一

类群体中优先选择高产、高糖种质,再结合长势、株高、叶柄健壮的植株,同时兼顾根沟浅、根形好、色泽优良的种质选育亲本;褐斑病抗性可进行独立评价,不必与产量、品质性状强行绑定,以提高育种效率与精准度。

参考文献:

- [1] LIU D L, TAN W B, WANG H, et al. Genetic diversity and genome-wide association study of 13 agronomic traits in 977 *Beta vulgaris* L. germplasms[J]. BMC Genomics, 2023, 24(1): 413.
- [2] LIU D L, WANG X Q, LI W S, et al. Genetic diversity analysis of the phenotypic traits of 215 sugar beet germplasm resources[J]. Sugar Tech, 2022, 24(6): 1790-1800.
- [3] 张自强, 王良, 白晨, 等. 104份甜菜种质资源主要农艺性状分析[J]. 作物杂志, 2019(3): 29-36.
ZHANG Z Q, WANG L, BAI C, et al. Analysis on main agronomic traits of 104 sugar beet germplasm resources[J]. Crops, 2019(3): 29-36. (in Chinese)
- [4] 兴旺, 崔平, 潘荣, 等. 不同国家甜菜种质资源遗传多样性研究[J]. 植物遗传资源学报, 2018, 19(1): 76-86.
XING W, CUI P, PAN R, et al. Study on genetic diversity of sugar beet germplasm resources from different countries[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2018, 19(1): 76-86. (in Chinese)
- [5] 鄂圆圆, 白晨, 张惠忠, 等. 华北区甜菜种质资源的收集、鉴定、评价[J]. 内蒙古农业科技, 2015, 43(1): 17-18, 46.
E Y Y, BAI C, ZHANG H Z, et al. Collection, identification and evaluation of sugar beet germplasm resources in North China[J]. Inner Mongolia Agricultural Science and Technology, 2015, 43(1): 17-18, 46. (in Chinese)
- [6] 陈丽, 赵春雷, 李彦丽, 等. 甜菜种质资源品质性状鉴定与评价[J]. 中国农学通报, 2019, 35(23): 23-28.
CHEN L, ZHAO C L, LI Y L, et al. Identification and evaluation of quality traits of sugar beet germplasm resources[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2019, 35(23): 23-28. (in Chinese)
- [7] 邹奕, 吴则东, 兴旺, 等. 甜菜种质资源遗传多样性研究进展[J]. 中国糖料, 2018, 40(5): 73-76, 80.
ZOU Y, WU Z D, XING W, et al. Research progress on genetic diversity of sugar beet germplasm resources[J]. Chinese Sugar Crops, 2018, 40(5): 73-76, 80. (in Chinese)
- [8] 陈柳宏, 赵春雷, 王希, 等. 我国东北地区 205 份主要甜菜种质资源的鉴定与评价分析[J]. 植物遗传资源学报, 2022, 23(1): 92-105.
CHEN L H, ZHAO C L, WANG X, et al. Identification and evaluation analysis of 205 main sugar beet germplasm Resources in Northeast China[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2022, 23(1): 92-105. (in Chinese)
- [9] 陈丽, 赵春雷, 李彦丽, 等. 中国甜菜主要种质资源抗病性鉴定与评价[J]. 中国农学通报, 2020, 36(26): 14-21.
CHEN L, ZHAO C L, LI Y L, et al. Identification and evaluation of disease resistance of main sugar beet germplasm resources in China[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2020, 36(26): 14-21. (in Chinese)
- [10] 邹锋康, 丁广洲, 贾海伦, 等. 甜菜褐斑病及种质资源抗性研究进展[J]. 中国糖料, 2019, 41(4): 63-69.
ZOU F K, DING G Z, JIA H L, et al. Research progress on sugar beet cercospora leaf spot and resistance of germplasm resources[J]. Chinese Sugar Crops, 2019, 41(4): 63-69. (in Chinese)
- [11] 李王胜, 王雪倩, 尹希龙, 等. 甜菜种质资源苗期耐旱性综合评价[J]. 作物杂志, 2022(6): 54-60.
LI W S, WANG X Q, YIN X L, et al. Comprehensive evaluation of drought tolerance of sugar beet germplasm resources at seedling stage[J]. Crops, 2022(6): 54-60. (in Chinese)
- [12] 胡晓航, 吴玉梅, 王哲玮. 不同品种(系)甜菜氨基酸主成分分析与营养综合评价[J]. 中国农学通报, 2016, 32(27): 69-75.
HU X H, WU Y M, WANG X W. Principal component analysis of amino acids and comprehensive nutritional evaluation of different sugar beet varieties(lines)[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2016, 32(27): 69-75. (in Chinese)
- [13] 崔平. 甜菜种质资源描述规范标准化整理及共享平台研究[J]. 中国糖料, 2006(4): 19-23.
CUI P. Research on standardized arrangement and sharing platform of sugar beet germplasm resources description specifications[J]. Chinese Sugar Crops, 2006(4): 19-23. (in Chinese)
- [14] PENG F, PI Z, LI S G, et al. Genetic diversity and population structure analysis of excellent sugar beet(*Beta vulgaris* L.) germplasm resources[J]. Horticulturae, 2024, 10(2): 120.
- [15] WANG L, ZHANG Z Q, HAN P G, et al. Association analysis of agronomic traits and construction of genetic networks by resequencing of 306 sugar beet(*Beta vulgaris* L.) lines[J]. Scientific Reports, 2023, 13(1): 15422.
- [16] 付增娟. 甜菜抗丛根病种质资源的鉴定与评价[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2008.
- [17] 崔平, 潘荣. 甜菜优异种质资源创新利用与评价[J]. 中国糖料, 2005(4): 30-33, 41.
CUI P, PAN R. Innovative utilization and evaluation of excellent sugar beet germplasm resources[J]. Chinese Sugar Crops, 2005(04): 30-33+41. (in Chinese)
- [18] 崔平. “甜菜优异种质资源创新评价与利用研究”通过鉴定[J]. 中国糖料, 2003(3): 22.
CUI P. “The research on innovative evaluation and utilization of excellent sugar beet germplasm resources ” passed appraisal[J]. Chinese Sugar Crops, 2003(3): 22. (in Chinese)
- [19] 崔平, 李雅华, 潘荣, 等. 甜菜优异种质异地鉴定综合评价分析[J]. 中国糖料, 2003(2): 13-15.
CUI P, LI Y H, PAN R, et al. Comprehensive evaluation and analysis of ex-situ identification for excellent sugar beet germplasm resources[J]. Chinese Sugar Crops, 2003(2): 13-15. (in Chinese)
- [20] 陈彦云, 曹君迈, 黄丽红. 灰色关联度分析在甜菜抗病育种中的应用[J]. 宁夏大学学报(自然科学版), 2002(3): 272-274.
CHEN Y Y, CAO J M, HUANG L H. Application of grey correlation degree analysis in disease resistance breeding of sugar beet[J]. Journal of Ningxia University(Natural Science Edition), 2002(3): 272-274. (in Chinese)

(责任编辑:范杰英)