

张清艳,周学超,刘迎春,等.大豆种质资源苗期耐盐碱性初评[J].山西农业科学,2026,54(1):81-87.

ZHANG Q Y, ZHOU X C, LIU Y C, et al. Preliminary evaluation of salt-alkali tolerance in soybean germplasm at the seedling stage [J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2026, 54(1): 81-87.

doi:10.26942/j.cnki.issn.1002-2481.2026.01.09

大豆种质资源苗期耐盐碱性初评

张清艳¹,周学超¹,刘迎春¹,魏云山¹,崔智慧¹,王晓磊¹,
康泽然¹,郭靖宇¹,张 岚²,胡海波¹

(1.赤峰市农牧科学研究所,内蒙古 赤峰 024000;2.巴林右旗农牧局,内蒙古 巴林右旗 025150)

摘 要:土壤盐碱化是影响大豆生长的重要非生物胁迫之一。为了选育优质、高产、耐盐碱大豆新品种奠定基础,通过对223份大豆种质资源的8种农艺性状进行遗传变异分析、相关性分析、耐盐碱综合评价和聚类分析,对不同大豆品种资源的耐盐碱性进行挖掘和鉴定。结果表明,在供试品种资源的8个主要农艺性状中,变异系数最大的是根干质量,为47.233%,最小的是SPAD值,为9.325%。聚类分析结果表明,在欧氏距离为4.5处可将223份种质材料聚为五大类:HF97、HF141、HF174等3份种质材料为高耐盐碱类型;HF99、HF148、HF169等7份种质材料为耐盐碱类型;HF18、KH9、HF146等32份种质材料为中耐盐碱类型;KH23、KH41、HF117等70份种质材料为盐碱敏感类型;其余111份种质材料均为盐碱极敏感类型。综合评价分析结果表明,HF174的D值最大,其耐盐碱能力最强,HF117的D值最小,其耐盐碱能力最弱。综上,研究结果明确了不同类型大豆种质资源间的差异性和相关性。

关键词:大豆;耐盐碱性;种质资源;农艺性状;遗传变异分析;聚类分析

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1002-2481(2026)01-0081-07

Preliminary Evaluation of Salt-alkali Tolerance in Soybean Germplasm Resources at the Seedling Stage

ZHANG Qingyan¹, ZHOU Xuechao¹, LIU Yingchun¹, WEI Yunshan¹, CUI Zhihui¹,
WANG Xiaolei¹, KANG Zeran¹, GUO Jingyu¹, ZHANG Lan², HU Haibo¹

(1.Chifeng Institute of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Chifeng 024000, China;

2.Bahrain Right Banner Agriculture and Animal Husbandry Bureau, Balin Right Banner 025150, China)

Abstract: Soil salinization is one of the important abiotic stresses affecting soybean growth. To lay the foundation for selection of excellent soybean parent and breeding for new soybean varieties with high quality, high yield, and salt-alkali tolerance, in this study, genetic variation analysis, correlation analysis, comprehensive salt-alkali tolerance assessment, and cluster analysis were conducted on eight agronomic traits of 223 soybean germplasm resources to explore and identify the salt-alkali tolerance of different soybean variety resources. The results showed that among the eight agronomic traits of the tested varieties, the coefficient of variation was highest for root dry weight at 47.233% and lowest for SPAD value at 9.325%. Cluster analysis indicated that the 223 germplasm materials could be grouped into five categories at a Euclidean distance of 4.5: The germplasm materials HF97, HF141, and HF174 were classified as highly salt-alkali tolerant types; seven materials such as HF99, HF148, and HF169 were identified as salt-alkali tolerant types; thirty-two materials such as HF18, KH9, and HF146 were categorized as moderately salt-alkali tolerant types; seventy materials such as KH23, KH41, and HF117 were characterized as salt-alkali sensitive types. Comprehensive evaluation analysis showed that HF174 had the largest D-

收稿日期:2025-02-20

基金项目:国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-04-CES11);生物育种国家科技重大专项(2023ZD0403204-01);内蒙古自治区“揭榜挂帅”项目(2023JBGS0006)

作者简介:张清艳,研究实习员,硕士,主要从事作物遗传育种研究,E-mail:1524406588@qq.com

通信作者:胡海波,副研究员,硕士,主要从事大豆遗传育种与分子生物学研究,E-mail:nmgghuhaibo@126.com

value, indicating the strongest salt-alkali tolerance, while HF117 had the smallest D-value, indicating the weakest salt-alkali tolerance, the remaining 111 germplasm materials were grouped into the extremely salt-alkali sensitive type. In conclusion, the research results further clarified the differences and correlations among different types of soybean germplasm resources.

Keywords: soybean; salt-alkali tolerance; germplasm resources; agronomic trait; genetic variation analysis; cluster analysis

全球范围内气候连续高温干旱^[1-2],加之化肥过度使用、有机肥用量减少和水资源的不合理利用等原因^[3-4],土壤盐碱化导致耕地质量下降的问题日益突出。在华北、东北和西北的内陆干旱、半干旱地区约有全国盐碱地面积近1亿hm²,可利用的高标准农田日益减少^[5-7],随着土壤盐碱化的趋势逐年加剧,使粮食及其他经济作物产量降低、品质下降,土壤盐碱化已严重影响了干旱、半干旱地区农业的可持续发展,对整个生态环境的稳定性产生了严重的威胁^[8-10]。大豆含有丰富的蛋白质和脂肪,是获取蛋白及油脂的重要来源。充分利用我国现有的盐碱地,挖掘耐盐碱大豆种质资源,以及对现有的栽培品种进行筛选试种,将是开发利用盐碱地、扩容耕地资源、实现大豆单产提升及品质改善较为经济有效的方法之一^[11]。

目前,采用单盐及混合盐碱的研究取得了一定进展,中国农业科学院作物科学研究所对941份大豆种质资源在210 mmol/L NaCl条件下,经过芽期和苗期的筛选,获得21份1级耐盐品种^[12]。张彦威等^[13]在161份黄淮海地区的大豆种质资源中筛选出12个耐盐大豆品种,适合黄河三角洲轻度盐碱地区种植。那桂秋等^[14]对100份大豆种子分别进行了110 mmol/L NaCl和37.5 mmol/L Na₂CO₃处理,筛选获得7个高耐碱大豆品种,即5个高耐盐品种、2个既高耐碱又高耐盐大豆品种。曹帅等^[7]利用60 mmol/L NaHCO₃和Na₂CO₃混合盐对18个大豆品种进行耐盐碱处理,鉴定出4个大豆耐碱品种^[7]。徐玲秀^[15]在芽期、苗期和成株期应用NaHCO₃对142份大豆材料进行耐碱性筛选,获得4个耐碱品种。中国农业科学院作物科学研究所、山东省农作物种质资源中心等单位相继开展了少量大豆耐盐资源的筛选工作,进一步丰富了耐盐碱种质库^[16-18]。前人的研究基本以盐碱溶液模拟盐碱地进行相应的大豆苗期及全生育期的抗性筛选,在盐碱地直接进行筛选的研究较少。

本研究为了筛选出适宜在盐碱地直接利用的品种或抗性资源,选择在盐碱地直接播种,后续进

行相应苗期鉴定,可以直观观察其在大田真实盐碱胁迫下的反应及抗性差别,综合评判其在实际盐碱地中的抗性,以期挖掘到综合性状良好且可以直接利用的品种或资源。

1 材料和方法

1.1 供试材料

本试验所用自然群体材料共计223份,一部分由黑龙江省农业科学院牡丹江分院、辽宁省农业科学院、沈阳农业大学、东北农业大学、中国农业科学院、吉林省农业科学院提供,一部分为自育品系。

1.2 试验地概况

试验于2024年在赤峰市林西县大井镇东方红村进行,土壤类型为草甸土盐碱地,土壤含盐量为0.3%,pH值为8.8~9.2。

1.3 试验设计

采用随机区组设计,3次重复。2024年5月21日进行机械整地起垄、覆膜,同时采用人工点播方式播种。每个材料种植2行,行长4 m,宽行行距为60 cm,窄行行距为40 cm,株距为10 cm,种植密度约25万株/hm²,小区面积为4 m²(4 m×1 m)。播种前对每个小区各施用底肥20 kg,生长期按照一般大田管理。

1.4 农艺性状测定

在第2个三出复叶时期随机选取长势一致的5株大豆幼苗,移出土壤后用清水彻底洗净,再经滤纸吸除多余水分后立即测定株高、茎粗、根长、茎叶鲜质量和根鲜质量。随后再将大豆幼苗置于105℃的烘箱中杀青30 min,再经75℃烘干至恒质量,称量茎叶干质量和根干质量。

1.5 叶绿素含量测定

在第2个三出复叶时期随机选取5株大豆植株,使用SPAD叶绿素仪(SPAD-502PLUS)于9:00—11:30测量倒三功能叶的叶绿素含量(SPAD)。

1.6 数据分析

采用Excel软件录入并整理数据,采用SPSS

26.0 进行数据分析和作图。

2 结果与分析

2.1 农艺性状遗传变异分析

233 份大豆种质材料的 8 个农艺性状遗传变异分析结果如表 1 所示,变异系数最大的是根干质量,为 47.233%,最小的是 SPAD 值,为 9.326%。SPAD 值的最小值为 25.670,最大值为 42.670,分别是 HF117、KH9;株高的最小值为 11.800 cm,最大值为 26.630 cm,分别是 HF84、HF98,变异系数为 14.207%;根长的最小值为 6.630 cm,最大值为

25.170 cm,分别是 HF15、HF148,变异系数为 18.827%;茎粗的最小值为 2.770 cm,最大值为 5.200 cm,分别是 HF132、HF141,变异系数为 13.369%;茎叶鲜质量的最大值为 13.810 g,最小值为 2.200 g,分别是 HF141、HF197,变异系数为 37.506%;根鲜质量的最小值为 0.410 g,最大值为 2.420 g,分别是 HF197、HF132 和 HF141,变异系数为 33.722%;茎叶干质量的最小值为 0.420 g,最大值为 2.900 g,分别是 KH1、HF16,变异系数为 41.913%;根干质量的最小值为 0.040 g,最大值为 0.770 g,分别是 KH23、HF174。

表 1 223 份大豆种质材料农艺性状遗传变异分析
Tab.1 Genetic variation analysis of agronomic traits in 223 soybean germplasm materials

性状 Trait	最小值 Minimum	最大值 Maximum	平均值 Average	标准差 SD	变异系数/% CV
SPAD	25.670	42.670	35.017	3.266	9.326
株高/cm Plant height	11.800	26.630	19.791	2.812	14.207
根长/cm Root length	6.630	25.170	14.060	2.647	18.827
茎粗/cm Stem diameter	2.770	5.200	3.918	0.524	13.369
茎叶鲜质量/(g/株) Stem and leave fresh weight	2.200	13.810	5.681	2.131	37.506
根鲜质量/(g/株) Root fresh weight	0.410	2.420	1.025	0.345	33.722
茎叶干质量/(g/株) Stem and leave dry weight	0.420	2.900	1.135	0.476	41.913
根干质量/(g/株) Root dry weight	0.040	0.770	0.225	0.106	47.233

2.2 农艺性状相关性分析

由表 2 可知,SPAD 与株高呈极显著正相关($P<0.01$),与茎叶干质量呈显著正相关($P<0.05$);株高与茎粗、茎叶鲜质量、根鲜质量、茎叶干质量、根干质量均呈极显著正相关($P<0.01$);根长与茎叶鲜质量、根鲜质量、茎叶干质量、根干质量均呈极

显著正相关($P<0.01$);茎粗与茎叶鲜质量、根鲜质量、茎叶干质量、根干质量均呈极显著正相关($P<0.01$);茎叶鲜质量与根鲜质量、茎叶干质量、根干质量均呈极显著正相关($P<0.01$);根鲜质量与茎叶干质量、根干质量均呈极显著正相关($P<0.01$);茎叶干质量与根干质量呈极显著正相关($P<0.01$)。

表 2 种质材料农艺性状相关性分析
Tab.2 Correlation analysis of agronomic traits of germplasm materials

性状 Trait	SPAD	株高 Plant height	根长 Root length	茎粗 Stem di- ameter	茎叶鲜质量 Stem and leave fresh weight	根鲜质量 Root fresh weight	茎叶干质量 Stem and leave dry weight	根干质量 Root dry weight
SPAD	1							
株高 Plant height	0.317**	1						
根长 Root length	-0.046	0.088	1					
茎粗 Stem diameter	0.071	0.403**	0.121	1				
茎叶鲜质量 Stem and leave fresh weight	0.112	0.504**	0.176**	0.754**	1			
根鲜质量 Root fresh weight	-0.004	0.292**	0.352**	0.686**	0.792**	1		
茎叶干质量 Stem and leave dry weight	0.136*	0.514**	0.215**	0.705**	0.940**	0.742**	1	
根干质量 Root dry weight	0.097	0.409**	0.348**	0.654**	0.761**	0.782**	0.807**	1

注: *和**分别表示在 0.05、0.01 水平显著相关和极显著相关。
Note: * and ** indicated significant correlation at the 0.05 level and extremely significant correlation at the 0.01 level, respectively.

2.3 聚类分析

使用 SPSS 26.0 对大豆资源耐盐碱综合评价 D 值进行聚类分析(图 1),当欧氏距离为 4.5 时,可将 223 份种质材料聚为 5 个类型:HF97、HF141、HF174 等 3 份种质材料为高耐盐碱类型;HF99、HF148、HF169、HF61、HF19、HF16、HF98 等 7 份

种质材料为耐盐碱类型;HF18、KH9、HF146、HF5、HF13、HF76、HF150 等 32 份种质材料为中耐盐碱类型;KH23、KH41、HF117、HF59、HF132、HF191、HF194、HF84、HF197 等 70 份种质材料为盐碱敏感类型;其余 111 份种质材料均为盐碱极敏感类型。

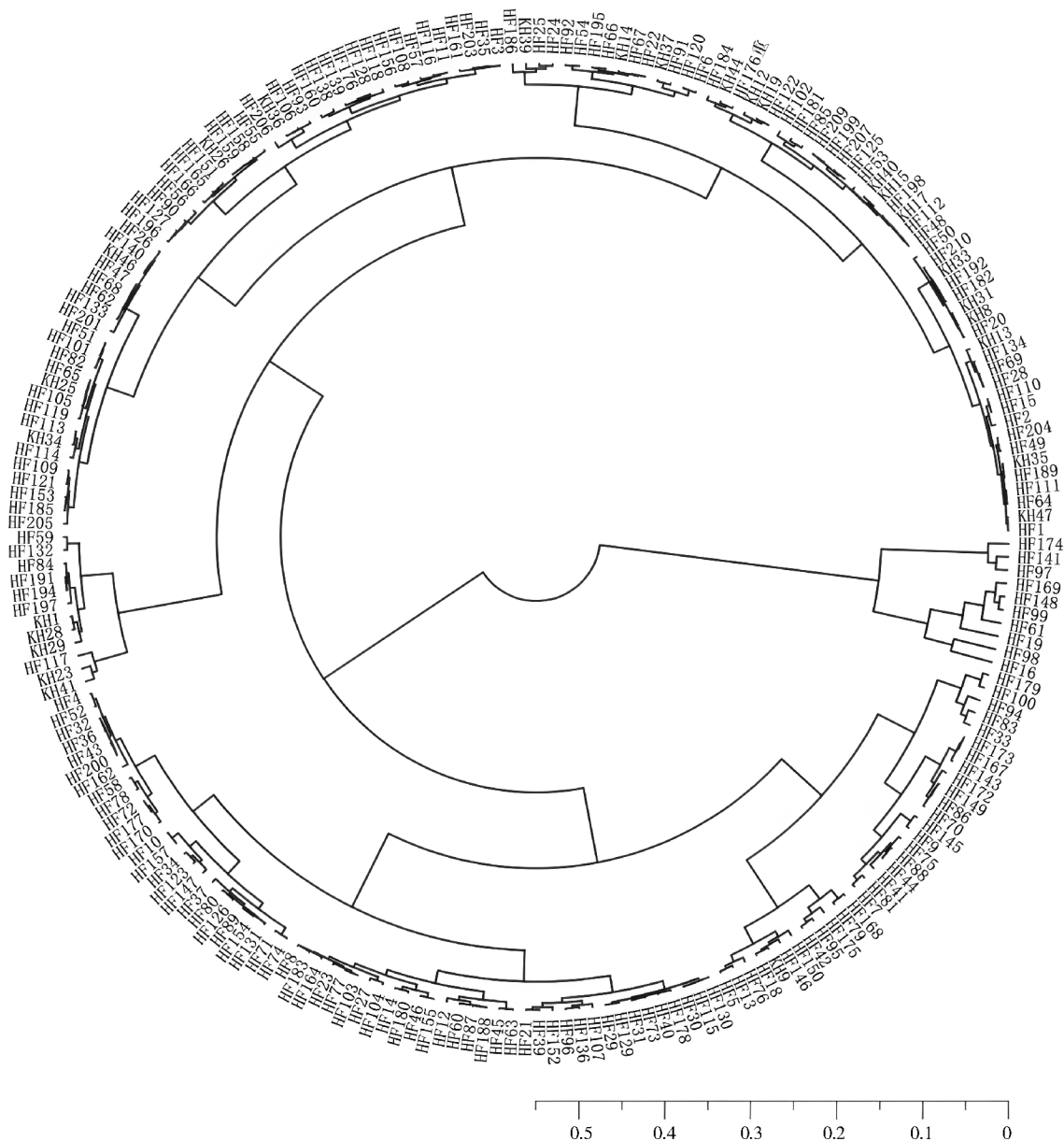


图 1 223 份大豆资源聚类分析
Fig.1 Cluster analysis of 223 soybean resources

2.4 综合评价

使用 SPSS 26.0 进行主成分分析,得出 223 份种质材料耐盐碱综合评价 D 值(图 2),并根据 D 值的大小评价各品种耐盐碱能力的强弱,D 值越大,

其耐盐碱能力越强,反之越弱。HF174 的 D 值最大,为 0.793,其耐盐碱能力最强。HF117 的 D 值最小,为 0.147,其耐盐碱能力最弱。D 值大于 0.5 的种质材料共有 40 份,耐盐碱能力较强。

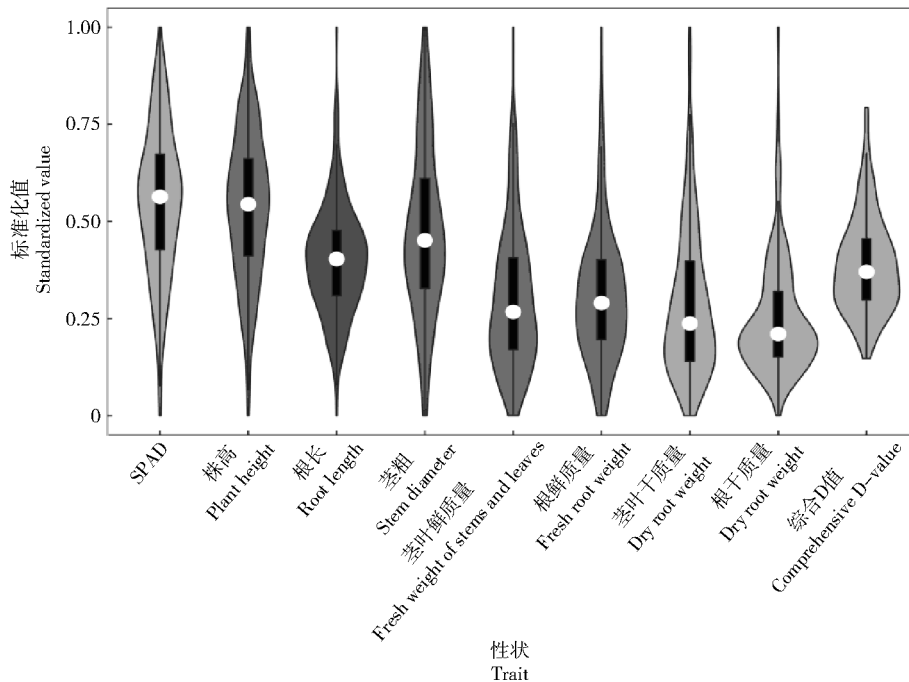


图2 223份种质材料主成分得分及D值

Fig.2 Principal component scores and d-values for 223 germplasm materials

3 结论与讨论

土壤盐碱化对大豆品质和产量影响十分严重,筛选耐盐碱大豆品种是提升大豆产能和改善品质的重要手段之一。目前,已筛选出很多耐盐碱大豆资源,在盐胁迫类型^[19-21]、生育时期^[16,22]、筛选规模^[19,23-24]、筛选场所等方面均有研究报道^[19,25],马野夫^[26]筛选出耐盐碱大豆品种铁豆119号、沈农豆38号;林海波^[27]筛选出耐盐碱大豆品种铁豆127、铁豆133等;林峰等^[24]筛选出高耐盐大豆品种东农69、垦丰14等;刘欣玥等^[28]鉴定出高耐盐大豆品种中黄685、黑农94、东生104等。我国大豆生态环境条件多样化,拥有丰富的大豆资源,在适宜的生态区域内筛选大豆品种群体,其品种来源也极为广泛且差异显著。因此,持续开展大豆资源耐盐碱性工作是获取耐盐碱大豆品种的重要途径。

大豆苗期阶段受盐碱胁迫会导致死苗缺苗,最终影响产量。因此,本研究选择在苗期阶段进行耐盐评价与筛选,这与孔令功^[29]研究一致。本试验在室外盐碱地筛选耐盐碱大豆种质资源,盐碱胁迫伴随大豆整个生育期,只是胁迫强度的轻重会受到自然降雨、光照的影响,与孙现军等^[11]、孔令功^[29]在实验室内筛选耐盐碱大豆品种的方法不同,

该方法更加贴合了大豆在盐碱地的自然生长情况。

农艺性状的变异系数体现某性状变量的聚散程度,当变异系数大于10%,表明该性状遗传变异丰富,在种质个体间存在较大差距,具有较大的遗传改良潜力^[30]。本研究中223份大豆种质材料的变异系数为9.326%~47.233%,根干质量变异系数最大,这与徐宗昌等^[31]研究一致,其次是茎叶干质量,而SPAD变异系数最小,进行遗传改良的可能性较低。由于农艺性状研究受到人为、气候环境和供试材料等多重因素影响,其稳定性、变异性难以与前人研究结果完全相同。

聚类分析可作为选配杂交亲本理论依据之一。本研究对223份大豆种质资源的耐盐碱综合评价D值进行聚类分析,当欧氏距离为4.5时,参试资源分为5个类型,3个大豆品种为高耐盐碱类型,7个大豆品种为耐盐碱类型,32个大豆品种为中耐盐碱类型,70个大豆品种为盐碱敏感类型,111个大豆品种为盐碱极敏感类型。耐盐碱材料约占整个223份资源的14.4%,与前人栽培大豆耐盐碱鉴定比例(2.10%~8.84%)不同^[13-14,32-33]。试验结果具有一定局限性,今后应在不同生态区域、不同年份、不同性状指标、不同重复的基础上进行全面、系统、深入地研究,更加精准地鉴定出更多

的耐盐碱大豆种质资源,为耐盐碱大豆育种提供优异的亲本材料,为大豆生产提供优良的耐盐碱品种。

本研究利用农艺性状指标对 223 份种质材料耐盐碱能力进行评价,结果表明,HF174 的 D 值最大,为 0.793,其耐盐碱能力最强;HF117 的 D 值最小,为 0.147,其耐盐碱能力最弱。根据种质材料综合评价 D 值进行聚类分析,在欧氏距离为 4.5 处可将 223 份种质材料聚为 5 大类,HF97、HF141、HF174 为高耐盐碱类型。下一步将进行多点、多年、多重复区域试验,以增加本方法评价的准确性。本研究结果可为选育优质、高产、耐盐碱大豆新品种提供参考依据。

参考文献:

- [1] 朱治佳,袁明,韩冬伟,等. 黑龙江省松嫩平原西部大豆品种耐盐碱适应性试验[J]. 农业科技通讯,2023(4):93-96.
ZHU Z J, YUAN M, HAN D W, et al. Experimental study on saline-alkali tolerance adaptability of soybean varieties in the western Songnen plain of Heilongjiang province[J]. Bulletin of Agricultural Science and Technology, 2023(4):93-96.
- [2] 刘睿敏,马学军,刘文瑜,等. 盐碱胁迫下藜麦种质幼苗生理特性及耐盐碱性评价[J]. 干旱地区农业研究,2023,41(6):17-26.
LIU R M, MA X J, LIU W Y, et al. Response of seedling growth and physiological characteristics of quinoa germplasm to saline-alkali stress and evaluation of saline-alkali tolerance[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2023,41(6):17-26.
- [3] 周伟,余忠浩,孙思思,等. 耐盐碱高粱亲缘关系分析及农艺性状评价[J]. 种子,2023,42(9):73-79.
ZHOU W, YU Z H, SUN S S, et al. Genetic relationship analysis and agronomic traits evaluation of salt-alkali tolerant sorghum[J]. Seed, 2023,42(9):73-79.
- [4] 王晓春,杨天辉,王川,等. 复合盐碱胁迫对苜蓿种子萌发的影响及耐盐碱性评价[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版),2023,44(3):112-119.
WANG X C, YANG T H, WANG C, et al. Effect of complex salt-alkali stress on the seed germination and evaluation of saline-alkaline tolerance of alfalfa[J]. Journal of Yangzhou University (Agricultural and Life Science Edition), 2023,44(3):112-119.
- [5] 朱治佳,袁明,韩冬伟,等. 大豆耐盐碱研究进展[J]. 现代化农业,2023(7):2-5.
ZHU Z J, YUAN M, HAN D W, et al. Research progress on saline-alkali tolerance in soybean[J]. Modernizing Agriculture, 2023(7):2-5.
- [6] 任鹏飞,尚丽霞,蔡勤安,等. 植物耐碱性研究进展及其在大豆中的应用展望[J]. 大豆科学,2019,38(6):977-985.
REN P F, SHANG L X, CAI Q A, et al. Research progress of plant alkali tolerance and its application prospect in soybean[J]. Soybean Science, 2019,38(6):977-985.
- [7] 曹帅,杜仲阳,向殿军,等. 18 份大豆品种耐盐碱性筛选与综合鉴定[J]. 大豆科学,2019,38(3):344-352.
CAO S, DU Z Y, XIANG D J, et al. Salt and alkaline tolerance screening and comprehensive identification of eighteen soybean varieties[J]. Soybean Science, 2019,38(3):344-352.
- [8] WANG T Y, XUN H W, WANG W, et al. Mutation of *GmAITR* genes by CRISPR/Cas9 genome editing results in enhanced salinity stress tolerance in soybean[J]. Frontiers in Plant Science, 2021,12:779598.
- [9] YU Z J, NIU L, CAI Q N, et al. Improved salt-tolerance of transgenic soybean by stable over-expression of AhBADH gene from *Atriplex hortensis*[J]. Plant Cell Reports, 2023,42(8):1291-1310.
- [10] 李晓婷,胡畅丽,李鑫,等. 花生萌发期耐盐性鉴定及耐盐种质筛选[J]. 花生学报,2022,51(4):35-43.
LI X T, HU C L, LI X, et al. Identification and screening of salt-tolerance peanut cultivars during germination stage[J]. Journal of Peanut Science, 2022,51(4):35-43.
- [11] 孙现军,胡正,姜雪敏,等. 大豆种质资源苗期耐盐性鉴定评价与筛选[J]. 作物学报,2024,50(9):2179-2186.
SUN X J, HU Z, JIANG X M, et al. Identification, evaluation and screening of salt-tolerant of soybean germplasm resources at seedling stage[J]. Acta Agronomica Sinica, 2024,50(9):2179-2186.
- [12] 盖如玉. 大豆种质资源的耐盐性鉴定和多样性分析[D]. 北京:中国农业科学院,2007.
GAI R Y. Salt-tolerance evaluation and genetic diversity analysis on soybean germplasm resources[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2007.
- [13] 张彦威,刘国峰,李伟,等. 黄淮海地区大豆种质资源耐盐性鉴定[J]. 山东农业科学,2018,50(11):33-36.
ZHANG Y W, LIU G F, LI W, et al. Identification on salt tolerance of soybean germplasms in Huang-Huai-Hai Region[J]. Shandong Agricultural Sciences, 2018,50(11):33-36.
- [14] 那桂秋,寇贺,曹敏建. 不同大豆品种种子萌发期耐盐碱性鉴定[J]. 大豆科学,2009,28(2):352-356.
NA G Q, KOU H, CAO M J. Salt and alkaline tolerance evaluation of different soybean varieties at germination stage[J]. Soybean Science, 2009,28(2):352-356.
- [15] 徐玲秀. 大豆种质资源不同生育时期耐碱性评价[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2018.
XU L X. Evaluation of alkaline tolerance of soybean germplasm resources at different growth stages[D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2018.
- [16] 刘谢香,常汝镇,关荣霞,等. 大豆出苗期耐盐性鉴定方法建立及耐盐种质筛选[J]. 作物学报,2020,46(1):1-8.
LIU X X, CHANG R Z, GUAN R X, et al. Establishment of screening method for salt tolerant soybean at emergence stage and screening of tolerant germplasm[J]. Acta Agronomica Sinica, 2020,46(1):1-8.
- [17] 蒲艳艳,李娜娜,宫永超,等. 山东大豆育成品种种子萌芽期耐盐性鉴定[J]. 中国农学通报,2018,34(16):7-13.
PU Y Y, LI N N, GONG Y C, et al. Salt tolerance of Shandong soybean improved varieties at germination stage[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2018,34(16):7-13.

- [18] 张新草,薛项潇,姜深,等.大豆种质发芽期耐盐碱性鉴定及指标筛选[J].西北农业学报,2020,29(3):374-381.
ZHANG X C, XUE X X, JIANG S, et al. Identification of mixed saline-alkali tolerance and screening of indicators in soybean at germination stage[J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2020, 29(3):374-381.
- [19] 韩毅强,高亚梅,杜艳丽,等.大豆耐盐碱种质资源鉴定[J].中国油料作物学报,2021,43(6):1016-1024.
HAN Y Q, GAO Y M, DU Y L, et al. Identification of saline-alkali tolerant germplasm resources of soybean during the whole growth stage[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2021, 43(6):1016-1024.
- [20] 张春兰,曹帅,满丽莉,等.不同基因型大豆耐盐性筛选与综合鉴定[J].内蒙古民族大学学报(自然科学版),2019,34(4):342-349.
ZHANG C L, CAO S, MAN L L, et al. Screening and comprehensive identification of salt tolerance of soybean genotypes[J]. Journal of Inner Mongolia University for Nationalities (Natural Sciences), 2019, 34(4):342-349.
- [21] 滕卫丽,史飞飞,林峰,等.大豆种质耐盐性全基因组关联分析[J].东北农业大学学报,2023,54(4):1-13.
TENG W L, SHI F F, LIN F, et al. Genome-wide association analysis of alkali tolerance traits in soybean germplasm[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2023, 54(4):1-13.
- [22] 姜奇彦,胡正,张辉,等.大豆种质资源耐盐性鉴定与研究[J].植物遗传资源学报,2012,13(5):726-732.
JIANG Q Y, HU Z, ZHANG H, et al. Evaluation for salt tolerance in soybean cultivars (*Glycine max* L. Merrill)[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2012, 13(5):726-732.
- [23] 邵桂花.大豆种质资源耐盐性田间鉴定方法[J].作物杂志,1986(3):36-37.
SHAO G H. Field identification method for salt tolerance in soybean germplasm resources[J]. Crops, 1986(3):36-37.
- [24] 林峰,赵慧艳,史飞飞,等.大豆种质资源苗期耐盐鉴定及遗传多样性分析[J].植物遗传资源学报,2024,25(6):945-956.
LIN F, ZHAO H Y, SHI F F, et al. Identification of salt-tolerant germplasm resources in soybean seedlings and genetic diversity analysis[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2024, 25(6):945-956.
- [25] 王萌,刘文君,鲁雪莉,等.大豆种质资源萌发期耐盐性评价和耐盐机理解析[J].中国农学通报,2023,39(26):8-16.
WANG M, LIU W J, LU X L, et al. Soybean germplasm resources at germination: salt tolerance evaluation and mechanism analysis[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2023, 39(26):8-16.
- [26] 马野夫.24份大豆品种耐盐碱性筛选与鉴定[J].安徽农业科学,2024,52(14):25-27.
MA Y F. Screening and identification of 24 soybean varieties for salt and alkalinity tolerance[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2024, 52(14):25-27.
- [27] 林海波.大豆品种耐盐碱鉴定与筛选研究[J].安徽农业科学,2023,51(16):22-25.
LIN H B. Identification and screening of salt and alkali tolerance of soybean varieties[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2023, 51(16):22-25.
- [28] 刘欣玥,郭潇阳,王欣茹,等.大豆萌发期耐盐性鉴定方法建立及耐盐大豆资源筛选[J].作物学报,2024,50(8):2122-2130.
LIU X Y, GUO X Y, WANG X R, et al. Establishment of screening method for salt tolerance at germination stage and identification of salt-tolerant germplasms in soybean[J]. Acta Agronomica Sinica, 2024, 50(8):2122-2130.
- [29] 孔令功.大豆种质资源苗期耐盐性鉴定与耐盐材料筛选[J].湖北植保,2017(1):36-40.
KONG L G. Identification of salt tolerance at seedling stage and screening of salt-tolerant materials in soybean germplasm resources[J]. Hubei Plant Protection, 2017(1):36-40.
- [30] FU W, FAN J, WANG S, et al. Woody peat addition increases soil organic matter but its mineralization is affected by soil clay in the four degenerated erodible soils[J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2021, 318:107495.
- [31] 徐崇昌,鲁雪莉,姜奇彦,等.50份黄淮产区大豆种质资源苗期耐盐性评价[J].中国油料作物学报,2025,47(4):851-860.
XU Z C, LU X L, JIANG Q Y, et al. Evaluation on salt tolerance of 50 soybean germplasm resources at seedling stage in Huang-Huai producing area[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2025, 47(4):851-860.
- [32] 肖鑫辉,李向华,王克晶.渤海湾津唐沿海野生大豆(*Glycine soja*)种群高盐碱胁迫反应[J].植物遗传资源学报,2010,11(3):290-297.
XIAO X H, LI X H, WANG K J. Response of the population of wild soybean(*Glycine soja*) in the Bohai Bay littoral bestriding Tianjin and Tangshan areas to high salinity soil stress[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2010, 11(3):290-297.
- [33] 罗教芬.大豆种质资源抗盐碱鉴定[J].大豆科学,1993,12(1):89.
LUO J F. Identification of saline-alkali tolerance in soybean germplasm resources[J]. Soybean Science, 1993, 12(1):89.