

不同胡麻资源苗期耐盐性评价及鉴定指标筛选

张艳萍¹, 叶春雷¹, 赵 瑛¹, 张运晖¹, 张敏敏¹, 赵 玮²

(1. 甘肃省农业科学院生物技术研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省农业科学院作物研究所, 甘肃兰州 730070)

摘要: 为了综合评价胡麻资源苗期耐盐性, 筛选出合理的胡麻苗期耐盐性鉴定指标, 为胡麻耐盐育种和栽培提供基础理论依据, 采用 300 mmol/L 的 NaCl 溶液对 10 份胡麻资源进行苗期胁迫处理, 分析胁迫对幼苗存活率、株高、地下部干重、地上部干重、生长速率、丙二醛、脯氨酸、叶绿素、超氧化物歧化酶和过氧化物酶等 10 项指标的影响, 结合相关性、主成分、聚类分析和回归分析方法进行综合评价。结果表明, 轮选 1 号、R40、DYMS 和陇亚 10 号具有相对较强耐盐性。筛选出生长速率和过氧化物酶 2 个鉴定指标为胡麻苗期耐盐能力鉴定的关键指标, 以这 2 个筛选指标计算出的耐盐性预测值与综合评价计算出的综合 Z 值之间极显著相关 ($R^2=0.982 2^{**}$), 表明该鉴定结果具有较高的准确性。将 10 份胡麻资源的苗期与萌发期耐盐性鉴定结果对比发现, 胡麻萌发期与苗期的耐盐性具有不完全的一致性。

关键词: 胡麻; 资源材料; 苗期; 耐盐性; 综合评价; 指标筛选

中图分类号: S565.9

文献标志码: A

文章编号: 1001-1463(2022)08-0058-07

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2022.08.014

Study on Evaluation and Parameter Screening of Seedling Salinity Tolerance of Linseed Germplasm Resources

ZHANG Yanping¹, YE Chunlei¹, ZHAO Ying¹, ZHANG Yunhui¹, ZHANG Minmin¹, ZHAO Wei²

(1. Institute of Biotechnology, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China; 2. Crop Research Institute, Gansu Academy of Agricultural Science, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract: In order to make a comprehensive evaluation on the salinity tolerance and to screen out reasonable salt-tolerance parameters at linseed seedling stage for salt-tolerance breeding and cultivation, in this study, the seedling of 10 linseed germplasm resources were treated with 300 mmol/L NaCl, survival rate, seedling height, root dry weight, shoot dry weight, growth rate, contents of malonaldehyde, proline, chlorophyll, superoxide dismutase and peroxidase were analyzed to study the effect of salt stress on the change of those parameters. Methods of correlation analysis, factor and principal components analysis, clustering analysis and stepwise regression analysis were combined to evaluate salinity tolerance comprehensively. The results showed that among 10 linseed materials, Lunxuan 1, R40, DYMS and Longya 10 were relatively strong in salt tolerance. Growth rate and content of peroxidase were screened out to be the key parameters for salt-tolerance identification of linseed resources at seedling. The predictive values of 2 key parameters showed a significant correlation with the comprehensive Z values ($R^2=0.982 2^{**}$), which indicated that the results were of high accuracy. By comparing the results of salt tolerance at seedling and germination stage of 10 linseed resources, it was found the salt tolerance of linseed was not completely consistent at germination stage and seedling stage.

Key words: Linseed; Germplasm resource; Seedling; Salinity tolerance; Comprehensive evaluation; Parameter Indicators screening

土壤盐渍化会使土壤板结, 导致肥力降低, 从而影响农作物的生长^[1]。我国目前盐碱地面积约占耕地的 10%左右^[2], 近年来盐碱化和次生盐

碱化的土壤面积还在不断增加^[3], 因此开发改良和高效利用盐渍土地已经成为学者研究的热点之一^[4]。胡麻 (*Linum usitatissimum*) 是我国重要的特

收稿日期: 2022-04-06; 修订日期: 2022-05-10

基金项目: 国家自然科学基金项目(31560347); 国家现代农业产业技术体系(CARS-14-2-23); 甘肃省知识产权计划项目(21ZSCQ026); 甘肃省农业科学院科研条件建设与成果转化重点研发计划项目(2021GAAS18); 兰州市人才创新创业项目(2021-RC-64); 兰州市引进国外智力成果示范推广基地; 兰州市产学研合作基地; 兰州市安宁区食药同源资源保护与利用(2022-JB-10)。

作者简介: 张艳萍(1978—), 女, 甘肃武威人, 副研究员, 主要从事植物抗逆生理研究工作。Email: 64929217@qq.com。

通信作者: 赵 玮(1976—), 男, 甘肃景泰人, 副研究员, 主要从事胡麻耐盐品种选育研究工作。Email: 308214921@qq.com。

色油料作物之一^[5-9]，但胡麻产业的发展面临着干旱与盐渍胁迫的双重挑战。实践证明，耐盐品种的选育和种植是开发利用盐碱地的有效途径之一^[10]，研究和分析盐胁迫对胡麻生长的影响，筛选出胡麻耐盐指标和培育耐盐碱的优良种质资源，将对胡麻产业的高效持续发展具有重要意义。

植物种子萌发期和幼苗期是决定其能否在盐渍胁迫下生存的关键时期^[11]。胡麻萌发期耐盐性综合评价和鉴定指标筛选在前期我们已做了研究和报道^[12]，郭瑞等^[13]研究了在中性盐和碱性盐胁迫下对亚麻的光合作用以及离子平衡等的影响，李文婷等^[14]开展了亚麻幼苗盐胁迫下的生理生化特性研究。已有的研究针对纤维用亚麻的较多，关于油用亚麻在幼苗时期耐盐性的综合评价以及鉴定指标筛选还未有系统的研究。我们从前期进行的萌发期耐盐性筛选的研究材料中选择了不同耐盐性的10份胡麻资源，对其苗期的10个指标开展了主成分分析、聚类分析和回归分析，综合评价了不同胡麻材料苗期耐盐能力，对比分析了10份胡麻资源萌发期和苗期的耐盐性的统一性，同时筛选出了苗期耐盐指标，以期为今后胡麻耐盐育种和栽培提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 供试材料

根据前期进行的胡麻萌发期耐盐性筛选试验中的表现，从不同胡麻表现类群中选取胡麻资源10份，其中STS引自加拿大，轮选1号、轮选3号由内蒙古农牧业科学研究院选育并提供，伊亚4号由新疆伊犁州农业科学研究所选育并提供，定亚5号由甘肃定西市农业科学院选育并提供，R40、R24、DYMS、R196、陇亚10号由甘肃省农业科学院作物研究所提供。

1.2 试验方法

试验于2019年9月在温度为25℃、湿度为60%、光照为15 000 lx、16 h光照/8 h黑暗的人工气候室进行。选用32孔穴育苗盘(上口径58 mm、下口径20 mm、深度110 mm)育苗，各参试材料均选取饱满的种子播种于装满新鲜蛭石的穴盘中，每穴播20粒。

采用单盐(NaCl)胁迫浓度筛选预实验，以确定适宜的单盐胁迫浓度。预实验选用陇亚10号和定

亚5号为指示品种，NaCl溶液浓度设置为0(CK)、50、100、150、200、250、300、350、400 mmol/L，测定存活率、株高、总鲜重、总干重和根干重，根据各指标状况(见表1)，确定适宜的胁迫浓度为300 mmol/L。

待幼苗长至8~10片真叶时每穴定苗15株，开始胁迫处理。每品种对照与胁迫处理各栽植8穴。做好标记后置于气候室进行培养。对照每穴浇灌50 mL Hoagland营养液，处理每穴浇灌50 mL用Hoagland营养液配制的300 mmol/L盐胁迫溶液，每隔4 d浇灌1次，培养15 d后测定存活率、株高、总鲜重、总干重和根干重等指标。

用直尺测量株高，用千分之一电子天平测量地下干重和地上干重。采用乙醇提取法测定叶绿素含量，采用茚三酮试剂显色法测定脯氨酸含量，采用氮蓝四唑法测定SOD酶活性，采用愈创木酚法测定POD酶活性，采用硫代巴比妥酸法测定丙二醛含量^[15]。

存活率=(胁迫结束后成活株苗数/胁迫开始时株苗数)×100%

生长速率=[(胁迫结束时株高-胁迫开始前株高)/15 d]×100%

相对值=胁迫下的各指标测定值/对照的各指标测定值

1.3 数据处理

数据的基本处理采用Microsoft Excel 2007软件，数据方差分析、相关性分析、因子和主成分分析、聚类分析以及回归分析采用SPSS 22.0软件。

2 结果与分析

2.1 胡麻苗期盐胁迫浓度的确定

从表1可以看出，陇亚10号和定亚5号苗期经不同浓度的盐溶液胁迫处理后，在50 mmol/L处理下，除相对存活率外，其余指标均较CK有所上升。从盐浓度100 mmol/L开始，除相对存活率之外，其余各指标均较CK随着盐胁迫浓度的增大而减小。盐胁迫浓度为350 mmol/L时，2个品种的相对成活率均为0；盐浓度为250 mmol/L时，2个品种的各指标较对照降低30%~50%。盐胁迫浓度为300 mmol/L时，2个胡麻品种的多数指标较对照降低50%~60%，仅有相对根干重降低到

70%以上。需要考核的10个指标在这一浓度下都能够进行检测,故选择300 mmol/L作为本试验的处理浓度。

2.2 不同胡麻品种(系)苗期盐胁迫下各指标变化

10个胡麻品种(系)苗期的10个指标在盐胁迫

下均有不同程度的变化,其中5个生长指标均表现为不同程度的降低,5个生理指标除叶绿素外均有不同程度的增长(表2、表3)。根据盐胁迫前后各指标均值变化的幅度看,生长指标中变化较大的是存活率、地下部干重、生长速率,较CK分别

表1 NaCl胁迫浓度筛选预实验结果

NaCl浓度/(mmol/L)	陇亚10号					NaCl浓度/(mmol/L)	定亚5号				
	相对存活率	相对株高	相对总鲜重	相对总干重	相对根干重		相对存活率	相对株高	相对总鲜重	相对总干重	相对根干重
0(CK)	1.000 a	1.000 a	1.000 ab	1.000 a	1.000 ab	0(CK)	1.000 a	1.000 a	1.000 ab	1.000 a	1.000 ab
50	1.000 a	1.013 a	1.10 9a	1.047 ab	1.235 a	50	1.000 a	1.011 a	1.050 a	1.003 a	1.076 a
100	1.000 a	0.911 b	0.841 abc	0.721 abc	0.968 ab	100	1.000 a	0.820 b	0.813 bc	0.702 b	0.939 b
150	1.000 a	0.835 c	0.752 bcd	0.648 bc	0.767 ab	150	1.000 a	0.761 bc	0.726 c	0.619 b	0.727 b
200	1.000 a	0.814 c	0.746 bcd	0.681 c	0.665 ab	200	1.000 a	0.689 cd	0.651 cd	0.586 bc	0.571 b
250	0.687 b	0.642 d	0.586 cd	0.549 c	0.407 ab	250	0.680 b	0.563 d	0.501 d	0.505 cd	0.321 c
300	0.433 c	0.530 e	0.458 d	0.455 c	0.288 b	300	0.377 c	0.423 e	0.381 d	0.410 d	0.231 c
350	0 d					350	0 d				
400	0 d					400	0 d				

表2 盐胁迫下各指标的最大值和最小值

处理	参数	存活率/%	株高/cm	地下部干重/g	地上部干重/g	生长速率/%	丙二醛/($\mu\text{mol/g}$)	脯氨酸/($\mu\text{g/g}$)	叶绿素/(mg/L)	超氧化物歧化酶/(U/g)	过氧化物酶/($\text{U}/(\text{g}\cdot\text{min})$)
对照	最大值	100.00	21.54	0.22	0.33	60.23	17.59	22 961.06	183.34	70.49	7 940.00
	最小值	100.00	14.86	0.08	0.25	31.95	6.15	9 536.28	20.26	32.47	3 440.00
	均值	100.00	18.59	0.14	0.29	45.69	9.36	14 759.47	49.07	50.31	4 274.80
	标准差	0	2.49	0.05	0.10	10.38	2.89	2 479.29	22.19	12.99	1 071.85
NaCl胁迫	最大值	96.97	16.54	0.15	0.30	33.05	13.88	91 773.45	148.05	72.73	8 310.00
	最小值	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	均值	54.61	13.51	0.08	0.23	24.40	10.17	64 445.40	37.64	55.01	5 560.00
	标准差	34.75	4.94	0.04	0.08	10.06	3.96	26 917.65	45.77	17.92	2 237.40

表3 盐胁迫下各指标的变化

指标	变异系数/%		较对照增加均值	较对照变化率/%	变异系数较对照增加/百分点	均值 T 检验
	对照	NaCl胁迫				
存活率	0	63.64	-45.39	45.39	63.64	4.13**
株高	13.39	36.59	-5.08	27.33	23.20	4.06**
地下部干重	36.12	55.15	-0.06	42.86	19.03	4.82**
地上部干重	35.42	37.24	-0.06	20.69	1.83	3.24**
生长速率	22.72	41.25	-21.29	46.60	18.52	7.11**
丙二醛	30.84	38.99	0.81	8.65	8.15	0.69
脯氨酸	16.80	41.77	49 685.93	336.64	24.97	-5.89**
叶绿素	45.22	52.22	-11.43	23.29	7.00	2.02
超氧化物歧化酶	25.83	32.57	4.70	9.34	6.74	0.99
过氧化物酶	25.07	40.24	1 285.20	30.06	15.17	4.02**

① **表示 $P < 0.01$, *表示 $P < 0.05$, 下表同。

降低了45.39%、42.86%、46.60% ($P < 0.01$)；生理指标中变化较大的是脯氨酸，较CK增长了336.64% ($P < 0.01$)。其次，生长指标中株高和地上部干重较CK分别降低了27.33%、20.69% ($P < 0.01$)；生理指标中，过氧化物酶较CK增长了30.06% ($P < 0.01$)，丙二醛和超氧化物歧化酶较CK有所增长但差异不显著，叶绿素较CK有降低但差异不显著。从变异系数看，盐胁迫之后均较CK有不同程度的增加，说明各指标对盐胁迫都有不同程度的敏感性，其中存活率对该浓度的盐胁迫表现最为敏感，较CK的变异系数增加63.64个百分点；其次是株高、地下部干重、生长速率、脯氨酸和过氧化物酶表现敏感，较CK的变异系数分别增加23.20、19.03、18.52、24.97、15.17个百分点。

2.3 各指标间的相关性

从胡麻苗期10个指标相对值间的相关性分析结果(表4)可以看出，超氧化物歧化酶除与存活率、脯氨酸和叶绿素等指标之间无相关性外，其余指标之间均存在显著或极显著的正相关。其中存活率与脯氨酸、叶绿素的相关系数分别达到0.901**、0.909**，株高与地下部干重、地上部干重、生长速率、丙二醛和叶绿素的相关系数达到0.938**、0.995**、0.972**、0.916**和0.905**，地下部干重与地上部干重、生长速率、丙二醛、脯氨酸和叶绿素的相关性达到0.923**、0.967**、0.902**、0.966**和0.973**，地上部干重与生长

速率、丙二醛的相关性达到0.965**、0.941**，生长速率与丙二醛、脯氨酸和叶绿素的相关性达到0.921**、0.929**和0.963**，脯氨酸和叶绿素的相关性达到0.968**。

2.4 因子分析

用SPSS 22.0软件对胡麻苗期盐胁迫下的10个指标的相对值进行因子分析，根据分析方法中的2条重要原则^[15]，10个指标转换成了2个主成分综合指标(表5)。第一主成分的贡献率为85.122%，第二主成分的贡献率为8.638%，涵盖了原10个指标93.760%的信息量。分析表6数据，第一主成分在存活率、地下部干重、地上部干重、生长速率等指标上具有较高的载荷量，以胡麻苗期生长的情况为主，可称为生长因子；第二主成分在超氧化物歧化酶、脯氨酸、叶绿素、丙二醛等指标上具有较高的载荷量，以胡麻苗期植株体内生理变化的情况为主，可称为生理因子。

表5 主成分的特征值以及贡献率

处理	主成分	特征值	贡献率 /%	累计贡献率 /%
NaCl胁迫	1	8.512	85.122	85.122
	2	0.864	8.638	93.760

2.5 耐盐性综合评价

对各因子经过分析，获得2个主成分的特征向量矩阵(表7)，从而获得主成分的得分公式，如下：

表4 各指标相对值的相关系数^①

测定指标	RSR	RSH	RRDW	RSDW	RGR	RMDA	RPRO	RCHL	RSOD	RPOD
RSR	1.000									
RSH	0.719*	1.000								
RRDW	0.857**	0.938**	1.000							
RSDW	0.694*	0.995**	0.923**	1.000						
RGR	0.829**	0.972**	0.967**	0.965**	1.000					
RMDA	0.672*	0.916**	0.902**	0.941**	0.921**	1.000				
RPRO	0.901**	0.882**	0.966**	0.861**	0.929**	0.814**	1.000			
RCHL	0.909**	0.905**	0.973**	0.895**	0.963**	0.877**	0.968**	1.000		
RSOD	0.310	0.816**	0.674*	0.837**	0.696*	0.760*	0.629	0.607	1.000	
RPOD	0.719*	0.815**	0.784**	0.806**	0.787**	0.683*	0.802**	0.804**	0.709*	1.000

① RSR为相对存活率，RSH为相对株高，RRDW为相对地下部干重，RSDW为相对地上部干重，RGR为相对生长速率，RMDA为相对丙二醛，RPRO为相对脯氨酸，RCHL为相对叶绿素，RSOD为相对超氧化物歧化酶，RPOD为相对过氧化物酶，下表同。

表6 各因子载荷矩阵

处理	主成分	RSR	RSH	RRDW	RSDW	RGR	RMDA	RPRO	RCHL	RSOD	RPOD
NaCl胁迫	1	0.979	0.623	0.802	0.795	0.761	0.585	0.479	0.491	0.154	0.611
	2	0.151	0.765	0.571	0.590	0.624	0.732	0.849	0.862	0.967	0.600

表7 特征向量矩阵

处理	主成分	RSR	RSH	RRDW	RSDW	RGR	MDA	RPRO	RCHL	RSOD	RPOD
NaCl胁迫	1	0.285	0.334	0.337	0.336	0.332	0.316	0.326	0.333	0.260	0.293
	2	-0.580	0.168	-0.045	-0.116	0.215	0.168	-0.224	-0.224	0.666	0.044

$$Z_1=0.285X_1+0.334X_2+0.337X_3+0.336X_4+0.332X_5+0.316X_6+0.326X_7+0.333X_8+0.260X_9+0.293X_{10} \quad ①$$

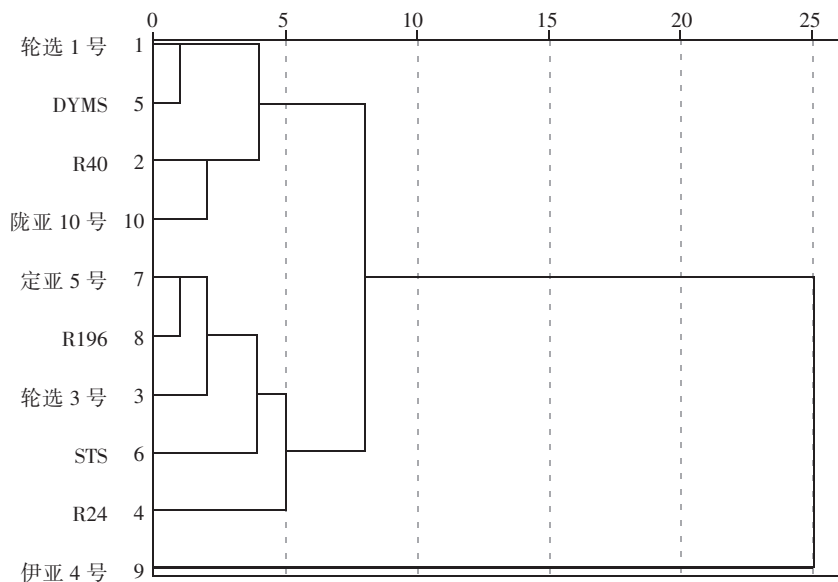
$$Z_2=-0.580X_1+0.168X_2-0.045X_3-0.116X_4+0.215X_5+0.168X_6-0.224X_7-0.224X_8+0.666X_9+0.044X_{10} \quad ②$$

式中的 X 为因子分析中的各原始变量标准化后相对应的变量, X_1 为相对存活率, X_2 为相对株高, X_3 为相对地下部干重, X_4 为相对地上部干重, X_5 为相对生长速率, X_6 为相对丙二醛, X_7 为相对脯氨酸, X_8 为相对叶绿素, X_9 为相对超氧化物歧化酶, X_{10} 为相对过氧化物酶。根据 2 个主成分的特征值以及 Z_1 、 Z_2 的值, 可得各胡麻资源苗期耐盐综合得分公式: $Z=8.512Z_1+0.864Z_2$ 。依据耐盐综合得分公式, 可计算出各胡麻资源苗期的耐盐综合 Z 值, 进而对 10 份胡麻资源苗期的耐盐性进行排序(表8)。

表8 耐盐性排序

编号	供试材料	NaCl胁迫 Z 值	耐盐性排序
1	轮选1号	23.50	1
2	R40	14.12	3
3	轮选3号	1.95	5
4	R24	-9.15	9
5	DYMS	20.62	2
6	STS	-1.40	8
7	定亚5号	2.64	6
8	R196	2.18	7
9	伊亚4号	-64.07	10
10	陇亚10号	9.60	4

经过聚类分析(图1), 在欧式距离为 5 时可将 10 份胡麻材料聚成 4 类。第一类 4 份, 分别为轮



(重定比例的距离集群组合)

图1 系统聚类分析 [使用平均联接(组间)的谱系图]

选1号、DYMS、R40和陇亚10号，Z值介于9~24。其中轮选1号和DYMS的Z值在20以上，分别为23.50、20.62，属于相对耐盐材料；R40和陇亚10号的Z值20以下，分别为14.12、9.60，属于相对较耐盐材料。第二类4份，Z值在-2和3之间，分别为定亚5号、R196、轮选3号、STS，属于相对中等耐盐材料。第三类1份，为R24，Z值为-9.15，属于相对盐敏感类型。第四类1份，为伊亚4号，Z值为-64.07，属于相对高度盐敏感类型。

2.6 回归分析

以耐盐综合Z值作为因变量，各指标的相对值作为自变量进行逐步回归分析，获得多元线性逐步回归方程： $Z = -62.707 + 87.641X_5 + 19.468X_{10}$ ($R^2 = 0.982$)。式中 X_5 、 X_{10} 分别代表相对生长速率和相对过氧化物酶。回归模型经回归系数测验和决定系数验证，均达到极显著水平，表明在盐胁迫下，胡麻苗期的生长速率和过氧化氢酶活性等指标可作为其耐盐能力鉴定的关键指标。

3 结论与讨论

已有研究表明，作物在受到盐碱胁迫时，会通过改变其生长形态和调控生理生化的响应机制来应对^[16-17]。但作物耐盐碱特性是受多因子影响的复杂性状^[18]，仅选用单项指标来衡量是不够科学和准确，因此我们选择5个生长指标和5个生理生化指标进行研究，其中5个生长指标均受到极显著的抑制影响，而生理生化指标的丙二醛、脯氨酸、SOD酶和POD酶都有上升，叶绿素有所下降。丙二醛的上升说明盐胁迫已经造成植物细胞膜的损伤^[19]，脯氨酸的极显著上升说明其已经成为保护植物的主要渗透调节物质，保护了大分子物质，清除自由基^[20]；SOD和POD等活性氧酶的增加同样是缓解植物氧化伤害^[21]；盐胁迫下植物细胞吸收了过量盐分，体内的叶绿素合成就会受到抑制，故而含量下降。各指标相互作用，协同保护植物，以达到应对盐害的目的。

本研究采用近年来得到广泛认可的综合评价方法抗逆系数法、主成分分析法。该方法许多作物的鉴定上都得到了理想的结果，如在高粱耐盐性^[22]、绿豆耐碱性^[23]、胡麻抗旱性^[24]、谷子抗逆性^[4]。在胡麻萌发期耐盐性综合评价中也得到

了较准确的验证^[12]。我们通过因子分析以及回归分析，在10个指标中最终确定出生长速率和过氧化氢酶活性作为胡麻苗期耐盐性室内快速鉴定的关键指标，进行预测值的耐盐性排序验证（仅6、7、8之间排序有的互换）和与耐盐综合Z值的相关性验证（ $R^2 = 0.982$ 2**），表明筛选出的2个指标对胡麻苗期耐盐性的预测具有较高的准确性。

植物的抗逆性会随着不同的生育期出现差异^[25]，而且植物在逆境中的定植不但取决于萌发条件，幼苗时期的抗逆性也很关键^[26]。赵玮等^[12]在对胡麻萌发期和苗期耐盐性研究中发现，萌发期筛选浓度为100 mmol/L、苗期筛选浓度为300 mmol/L时，苗期能够耐受的盐浓度明显高于萌发期。有研究曾证实，作物萌发期的耐盐性与植株生长后期的耐盐性一致，如高粱^[27]、玉米^[28]、粟米^[29]，但也有研究表明萌发期的耐盐性与植株生长后期的耐盐性无关联，比如小麦和水稻等^[30]。于是我们从胡麻萌发期耐盐性鉴定中评价为强、中、弱耐盐性的材料中抽取了10份材料继续进行苗期耐盐性鉴定评价，探究胡麻萌发期和苗期耐盐性的关系。发现萌发期表现较强耐盐性的轮选1号、R40和DYMS在苗期鉴定出依旧有较强的耐盐性；萌发期表现中等偏耐盐性的陇亚10号和伊亚4号在苗期鉴定出陇亚10号表现为较强耐盐性，伊亚4号却表现为高度盐敏感性；萌发期表现中等偏盐敏感性的R196和轮选3号在苗期鉴定出中等耐盐性；萌发期表现盐敏感性的STS和R24在苗期鉴定出STS表现为中等耐盐性，R24仍表现为盐敏感性；萌发期表现高度盐敏感性的定亚5号在苗期鉴定表现出中等耐盐性的特性。综上所述，胡麻萌发期的耐盐性与苗期的耐盐性具有不完全的一致性，各个生育期的耐盐性有待进一步研究。

参考文献：

- [1] 程亚雄, 武佩琪, 曹晓雪, 等. 生菜和菜薹耐盐性鉴定方法建立及耐盐种质初期筛选[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(9): 164-173.
- [2] 贾敬敦, 张 富. 依靠科技创新推进中国盐碱地资源可持续利用[J]. 中国农业科技导报, 2014, 16(5): 1-7.

- [3] 严琳玲, 张瑜, 王文强, 等. 18份银合欢种质萌发期耐盐性综合评价[J]. 种子, 2020, 39(9): 70-75.
- [4] 韩飞, 诸葛玉平, 娄燕宏, 等. 63份谷子种质的耐盐综合评价及耐盐品种筛选[J]. 植物遗传资源学报, 2018, 19(4): 685-693.
- [5] 杨学, 李柱刚. 亚麻学[M]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 2009.
- [6] 赵宝颢, 杨继忠, 李雨阳, 等. 适宜会宁县半干旱区旧膜穴播的胡麻品种筛选试验[J]. 甘肃农业科技, 2021, 52(6): 63-69.
- [7] 杨继忠, 俞华林, 李雨阳, 等. 白银市胡麻新品种多点区域试验初报[J]. 甘肃农业科技, 2021, 52(2): 19-24.
- [8] 李晓蓉, 黄铮, 徐美蓉, 等. 43份甘肃胡麻资源的脂肪及脂肪酸组成分析[J]. 甘肃农业科技, 2021, 52(2): 25-30.
- [9] 李小燕, 张雷, 牛芬菊, 等. 9个胡麻新品种(系)在榆中县旱地的引种试验初报[J]. 甘肃农业科技, 2021, 52(1): 65-69.
- [10] 郭文芳, 农万廷, 李刚强, 等. 植物耐盐碱基因工程研究进展[J]. 生物技术通报, 2015, 31(7): 11-17.
- [11] 刘自刚, 王志江, 方圆, 等. NaCl胁迫对白菜型冬油菜种子萌发和幼苗生理的影响[J]. 中国油料作物学报, 2017, 39(3): 351-359.
- [12] 赵玮, 齐燕妮, 张建平, 等. 胡麻资源萌发期耐盐综合性评价[J]. 植物研究, 2019, 39(6): 955-963.
- [13] 郭瑞, 李峰, 周际, 等. 亚麻响应盐、碱胁迫的生理特征[J]. 植物生态学报, 2016, 40(1): 69-79.
- [14] 李文婷, 姜丽, 计巧灵, 等. 盐胁迫下两个亚麻品种幼苗的生理生化特性[J]. 生物技术, 2009, 19(2): 26-29.
- [15] 唐启义. DPS数据处理系统: 实验设计、统计分析 & 数据挖掘[M]. 2版. 北京: 科学出版社, 2010.
- [16] KOYAMA M L, LEVESLEY A, KOEBNER R M. Quantitative trait loci for component physiological traits determining salt tolerance in rice[J]. Plant Physiology, 2001, 125(1): 406-422.
- [17] FALSTER D S, WESTOBY M. Plant height and evolutionary games[J]. Trends in Ecology and Evolution, 2003, 18(7): 337-343.
- [18] 付鸾鸿, 于崧, 于立河, 等. 不同基因型燕麦苗期耐盐碱性分析及其鉴定指标的筛选[J]. 干旱地区农业研究, 2019, 37(3): 23-30.
- [19] 袁军伟, 李敏敏, 尹勇刚, 等. 不同砧木嫁接的赤霞珠葡萄对盐胁迫的生理响应[J]. 中国农业大学学报, 2019, 24(8): 48-59.
- [20] 金荷仙, 沈徐悦, 陈蓉蓉, 等. NaCl胁迫对白玉兰形态及生理特性的影响[J]. 植物研究, 2021, 41(4): 596-603.
- [21] 高帆, 谢玥, 沈妍秋, 等. 外源褪黑素对氯化钠胁迫下美味猕猴桃实生苗抗氧化酶和渗透调节物质的影响[J]. 浙江农林大学学报, 2018, 35(2): 291-297.
- [22] 孙璐, 周宇飞, 汪激, 等. 高粱品种萌发期耐盐性筛选与鉴定[J]. 中国农业科学, 2012, 45(9): 1714-1722.
- [23] 徐宁, 陈冰嫄, 王明海, 等. 绿豆品种资源萌发期耐碱性鉴定[J]. 作物学报, 2017, 43(1): 112-121.
- [24] 罗俊杰, 欧巧明, 叶春雷, 等. 重要胡麻栽培品种的抗旱性综合评价及指标筛选[J]. 作物学报, 2014, 40(7): 1259-1273.
- [25] 刘虎俊, 郭有祯, 王继和, 等. 二十八个冷季型草坪草品种的耐盐性比较[J]. 草业学报, 2001, 10(3): 52-59.
- [26] 余玲, 王彦荣, 孙建华. 环境胁迫对布顿大麦种子萌发及种苗生长发育的影响[J]. 草业学报, 2002, 11(2): 79-84.
- [27] AZHAR F M, MC NEILLY T. Variability for salt tolerance in sorghum bicolor (L.) moench under hydroponic conditions[J]. Journal of Agronomy and Crop Science, 1987, 159(4): 269-277.
- [28] MAITI R K, AMAYA L E D, CARDONA S I, et al. Genotypic variability in maize cultivars (*Zea mays* L.) for resistance to drought and salinity [J]. Journal of Plant Physiology, 1996, 148(6): 741-744.
- [29] KEBEBEW F, MC NEILLY T. Variation in response of accessions of minor millets, *Pennisetum americanum* (L.) Leeke (pearl millet) and *Eleusine coracana* (L.) Gaertn (finger millet), and *Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter (tef), to salinity in early seedling growth[J]. Plant and Soil, 1995, 175(2): 311-321.
- [30] 田伯红, 王素英, 李雅静, 等. 谷子地方品种发芽期和苗期对NaCl胁迫的反应和耐盐品种筛选[J]. 作物学报, 2008, 34(12): 2218-2222.