

芝麻种质资源苗期耐盐性精准鉴定与种质发掘

章胤, 高媛, 黎冬华, 游均, 王林海, 李环, 周蓉, 杨力, 张艳欣

(中国农业科学院油料作物研究所/农业农村部油料作物生物学与遗传育种重点实验室, 武汉 430062)

摘要: 为推动芝麻耐盐碱育种进程, 本研究通过建立一种精准高效的芝麻苗期耐盐性鉴定评价方法, 并对 239 份材料进行苗期耐盐性鉴定以筛选极端材料。通过对 28 份耐盐性差异较大的品种进行试验, 从苗期开始在不同浓度的 NaCl 溶液 (0、70、140、210、280 和 350 mmol/L) 中进行胁迫生长。经过 3 周处理后测定生长生理指标, 确定最佳浓度为 210 mmol/L, 关键指标为相对株高和相对鲜重。对 D 值与 6 个性状耐盐系数进行回归分析, 得到回归方程: $D = -0.171 + 1.081X_1 + 0.253X_2$ 。以该回归方程对 239 份芝麻核心种质进行苗期耐盐性鉴定, 共划分为高耐盐、耐盐、中度耐盐、盐敏感、高度盐敏感共 5 个等级, 且筛选出了 5 份高耐盐种质和 42 份耐盐种质。通过对耐盐性鉴定结果与种质来源进行相关性分析, 芝麻品种耐盐性与来源地的土壤盐渍化程度存在关联。本研究为芝麻耐盐品种选育提供了方法和材料基础。

关键词: 芝麻耐盐性; 精准鉴定; 耐盐种质

Accurate Identification of Salt Tolerance in Sesame (*Sesamum indicum* L.) Germplasm Resources during Seedling Stage and Germplasm Exploration

ZHANG Yin, GAO Yuan, LI Donghua, YOU Jun, WANG Linhai, LI Huan, ZHOU Rong, YANG Li, ZHANG Yanxin

(Oil Crops Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement of Oil Crops, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Wuhan 430062)

Abstract: To expedite the process of salt-tolerant sesame breeding, this research established a precise and highly efficient method for identifying and evaluating the salt tolerance of sesame seedlings and screened extreme materials by conducting salt tolerance identification on 239 materials at the seedling stage. Through experiments on 28 varieties with considerable differences in salt tolerance, the seedlings were subjected to stress growth in NaCl solutions of different concentrations (0, 70, 140, 210, 280, and 350 mmol/L) from the seedling stage. After three weeks of treatment, growth and physiological indicators were measured to determine the optimal concentration and key indicators, based on which the salt tolerance of 239 core germplasm was identified. The results indicated that the optimal stress concentration for identifying the salt tolerance of sesame seedlings was 210 mmol/L, and the core indicators were relative plant height and relative fresh weight. Regression analysis was conducted on the D value and the salt tolerance coefficients of six traits, and the regression equation was obtained: $D = -0.171 + 1.081X_1 + 0.253X_2$. Using this regression equation to identify the salt tolerance of 239 sesame core germplasm during the seedling stage, they were classified into five grades: high salt tolerance, salt tolerance, moderate salt tolerance, salt sensitivity, and high salt sensitivity. Among them, 5 germplasm with high salt

tolerance and 42 germplasm with salt tolerance were selected. Through conducting a correlation analysis between salt tolerance identification results and germplasm sources, it was discovered that the salt tolerance of sesame varieties is associated with the degree of soil salinization in their source regions. This research provides a methodological and material foundation for the breeding of salt-tolerant sesame varieties.

Key words: sesame; salt tolerance; accurate identification; salt tolerant germplasm

芝麻作为中国传统五大油料作物之一，有着悠久的种植食用历史，广受人们喜爱。我国是世界芝麻第一消费国，但受限于种植面积与种植结构调整^[1]，自给率仅 30%，2022 年芝麻播种面积 $268 \times 10^3 \text{hm}^2$ ，较之 2015 年同比下降了 10.78%；2022 年我国芝麻产量 45.54 万吨（国家统计局，<https://www.stats.gov.cn/sj/ndsj/2022/indexch.htm>），而进口顺差为 96.43 万吨（中国海关，<http://stats.customs.gov.cn>），国内芝麻的供给率甚至不足 50%，中国芝麻的采购量占据全球芝麻采购量的 50%^[2]。我国盐渍化土地总面积超过 $3.7 \times 10^7 \text{hm}^2$ ，占比全国可利用土地面积的 4.88%，主要分布在内陆干旱地区及沿海地区，并且面积逐年增加^[3]。大部分作物在土壤含盐 0.3% 时便受到危害不能正常生长，芝麻具有耐盐碱、耐旱、耐瘠薄、生育期短等优良特性^[4]，在不与主粮和其他夏作物争地的条件下，利用盐碱地种植芝麻，通过扩大种植面积来提高总产量，是增加芝麻供给的有效途径。因此，开展芝麻耐盐优异种质资源发掘与利用，提升芝麻耐盐育种水平，对于实现盐碱地高效利用，保障我国芝麻供给安全具有重要意义。

土壤盐渍化是当前全球共同面临的问题^[5]，根据不同起因可分为土壤盐碱化与次生盐碱化，其实质是盐分在土壤中积聚，导致土壤质量下降的过程^[6]，这种土壤问题会导致作物产量下降甚至绝收，是当前农业发展的主要障碍^[7]。盐胁迫对农作物生长的主要负面影响有三点，一是土壤渗透势由于盐浓度升高而增加，使得植物吸水困难；二是 Na^+ 进入植物细胞内致使 Na^+/K^+ 失调从而导致离子毒害^[8]；三是盐害破坏植物体内抗氧化系统，进而影响植株的呼吸作用及光合作用，影响产量等^[9]。面对高盐环境的压力，植物主要通过维持离子平衡、抗氧化系统、渗透调节等方式避免盐胁迫侵害^[10]，具体表现在提升植株 Na^+/K^+ ^[11]，提高体内保护酶的活性，调节细胞内的无机和有机渗透^[12]等方式。关于植物的耐盐性研究，国内外诸多学者均已较深入研究，建立了多种植物的耐盐性鉴定方法，并开展了对应的耐盐作物种质资源评价工作，对如花生、大豆、油菜、向日葵等种质资源进行了耐盐性鉴定工作^[13-16]，在耐盐基因鉴定方面也有诸多报道^[17-19]，对植物的耐盐机理也已取得颇多进展^[20-22]。

当前，芝麻的耐盐性研究较之其他作物明显滞后，国内外对于芝麻的耐盐性鉴定方法仅有关于芝麻发芽期鉴定方法的报道，张玉娟等^[23]芝麻发芽期耐盐性进行了研究，得到芝麻发芽期的适宜胁迫浓度为 100 mmol/L NaCl，鉴定指标为相对成苗率等共 7 个指标。国内外对芝麻苗期及全生育期的耐盐性研究基本处于空白，可用的芝麻耐盐基因资源也鲜有报道，Zhang 等^[24]对芝麻 NAC 转录因子家族进行全基因组分析，鉴定出 87 个 *SiNAC* 基因，其中 15 个基因可能参与芝麻盐胁迫耐受性。但总体上芝麻耐盐育种与耐盐基因挖掘仍进展缓慢。本研究拟通过建立芝麻苗期耐盐性精准鉴定方法，对芝麻核心种质进行耐盐性鉴定分析，发掘耐盐优异种质，为后续芝麻耐盐性基础研究与遗传改良奠定方法和材料基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

从芝麻核心种质中选取 28 份耐盐性差异较大的种质建立苗期耐盐方法，其中有国内资源 21 份（来自内蒙古、黑龙江、河南等地），国外资源 7 份(来自美国、泰国等地)（表 1）；使用苗期耐盐性鉴定方法对 239 份芝麻核心种质进行耐盐性鉴定（详见 <https://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20240422003>，附表 1）。以上所有材料均由国家油料种质资源中期库提供。

表 1 苗期试验的 28 份种质信息

Table 1 28 germplasm information for seedling experiments

编号	种质库编号	名称	来源地	种皮颜色	编号	种质库编号	名称	来源地	种皮颜色
Code	Germplasm bank number	Name	Region	Seed coat color	Code	Germplasm bank number	Name	Region	Seed coat color
HN299	ZZM7562	白芝麻	湖北竹山	白色	HN614	ZZM1497	多棱芝麻	江西贵溪	浅灰色
HN301	ZZM7564	2015NS35-3	湖北武汉	白色	HN618	ZZM0437	新生一号	山东（德州）禹城	白色
HN302	ZZM7565	航芝二号	湖北武汉	白色	HN633	ZZM4016	白芝麻	贵州江口	白色
HN334	ZZM3312	芝麻 6 号	内蒙古敖汉旗	黄色	HN639	ZZM0699	老红芝麻	河南淅川	黄褐色
HN344	ZZM4190	激光一号	海南海口	褐色	HN650	ZZM2968	黑芝麻	广东遂溪	黑色
HN349	ZZM3517	油芝麻	安徽歙县	黑色	HN659	ZZM4033	黑芝麻	福建同安	黑色
HN385	ZZM1586	白芝麻	黑龙江肇源	白色	HN671	ZZM4300	黑芝麻	四川广元	黑色
HN404	ZZM4688	芝麻	内蒙古开鲁县	白色	HN716	WZM3141	82NO8NS	美国	白色
HN460	WZM5676	L-185	埃及	棕黄色	HN724	WZM4489	393-3Bo	泰国	黄色
HN463	WZM6351	697	尼泊尔	白色	HN725	WZM4495	Maeshae	缅甸	褐色
HN485	ZZM3838	芝麻(8131)	江西上饶	黄色	HN736	WZM5573	T9	越南	白色
HN513	ZZM0687	八大杈	河南宝丰	棕色	HN738	WZM5588	VDM18	越南	褐色
HN514	ZZM0711	黑芝麻	河南新县	白色	HN760	ZZM4790	襄黑芝 2078	湖北襄阳	黑色
HN551	ZZM3499	竹畈芝麻	安徽金寨	黄色	HN761	ZZM0902	阜阳四棱糙	安徽阜阳	黄色

1.2 试验步骤

在 2023 年 4 月至 5 月，于中国农业科学院油料作物研究所位于武昌的科研基地鉴定芝麻核心种质耐盐性鉴定。将各材料置于温室内发芽生长，针对每份待测材料，精心筛选出 180 颗饱满且无瑕疵的健康种子，随后这些种子被均匀植入预先准备好的育苗钵中，钵内基质由蛭石与营养土以 1:1 的比例精细混合而成。每个育苗钵内植入 10 粒种子，播种深度精确控制为 1 cm，以确保一致的发芽条件。所有育苗钵按照编号顺序排列为 1 至 28 号，每 28 个育苗钵为一组置于塑料盆中，共 18 个塑料盆，以 3×6 的规格摆放并分配为 6 个试验组，每组 3 个重复。所有育苗钵统一浇灌清水至基质达到其最大持水量，待种子发芽并生长至出现一对真叶时，进行间苗处理，每钵保留生长状况最健壮的 5 株幼苗。随后，对照组继续以清水灌溉，盐处理组则分别以浓度为 70、140、210、280 及 350 mmol/L 的盐溶液浇灌，每 5 d 进行一次浇灌，并在每次处理后 4 h 后排去多余盐溶液。每 7 d 对 6 个试验组进行轮换，每个试验组内的 3 个重复也进行轮

换。此外，每 3 d 内，对所有塑料盆内的育苗钵之间的位置进行外圈与中心的互换，以进一步平衡局部环境条件。经过 3 周的系统处理后，开始对试验材料进行生长状况调查与数据统计，以科学评估各材料的耐盐性能。

1.3 测定指标

电导率：用 14mm 打孔器对 210 mmol/LNaCl 浓度处理下所有品种的植株第二对真叶打孔取样，每叶片取 2 个孔，后置于装有等量单蒸水的 50 mL 离心管中，静置 3 h 后使用校正后的 Mettler Toledo FE30 电导率仪进行检测，之后对离心管高温灭活，再次测量电导率；

相对电导率：第一次测定电导率/高温灭活后电导率；

株高：用直尺插入基质，测量所有品种各株的地上部分高度；

相对株高：处理组株高/对照组株高；

鲜重：将植株地上部分剪断，每钵 5 株苗一同测量鲜重；

相对鲜重：处理组鲜重/对照组鲜重；

干重：鲜重样品放入烘箱内 105℃烘箱杀青 15 min, 再调烘箱温度至 80℃，烘至恒重, 称取干重。

相对干重：处理组干重/对照组干重；

含水率：干重/鲜重；

盐害系数：调查每份材料所有植株受盐害胁迫程度，并进行评分。0：完全健康的植株，没有观察到损伤；1：25%以下的叶片失绿，植株略显萎焉；2：25%-50%的叶片发黄，植株中度萎焉；3：50%-75%的叶片发黄，植株重度萎焉；4：75%以上的叶片发黄，基本凋亡。

$$\text{盐害系数计算公式：盐害系数} = \frac{\sum \text{耐盐评分} \times \text{该评分株数}}{\text{该品种株数总和}}$$

用 Excel2019 软件对数据进行整理计算，并通过 SPSS Statistics 24 软件进行数据的分析统计，对各项指标进行相关性分析、主成分分析，在此基础上采用隶属函数法进行耐盐性综合评价，再做出线性回归分析。利用以下公式计算每份种质的隶属函数值，得出每份材料的耐盐性综合评价值（D 值）。

$$\mu(X_j) = \frac{X_j - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

$$W_j = P_j / \sum_{j=1}^n P_j \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

$$D = \sum_{j=1}^n [\mu(X_j) W_j] \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

公式（1）为每份种质的各综合指标的隶属函数值， X_j 表示第 j 个综合指标； X_{\min} 和 X_{\max} 表示第 j 个指标的最小值和最大值；公式（2）计算综合指标的权重（ W 值）， W_j 表示第 j 个综合指标在所有指标

中的重要程度， P_j 代表各份材料的第 j 个综合指标的贡献率；最后用公式（3）计算各份材料的耐盐性综合评价价值 D 值。

获得 28 份材料的耐盐性综合评价价值 D 值后用 SPSS Statistics 24 软件将各指标与 D 值进行线性回归分析，获得可用于快速检测芝麻种质耐盐性综合评价价值 D 值的回归方程，此后使用 Origin 2022 软件对 239 份芝麻核心种质的 D 值进行聚类分析和正态分布检验，使用 ArcGIS 软件对芝麻核心种质来源地进行标注归类，以 Origin 2022 软件分析芝麻种质耐盐性与其来源地土壤盐碱性是否相关。

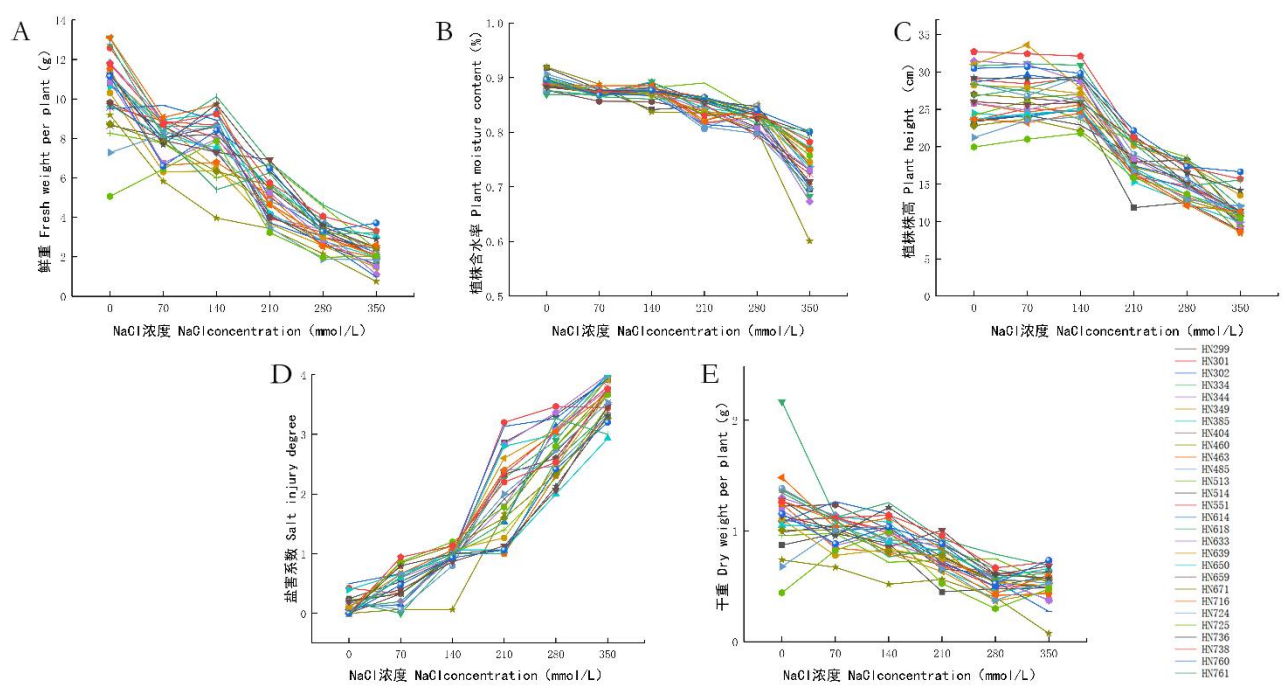
2.结果

2.1 芝麻苗期耐盐性鉴定适宜 NaCl 浓度的确定

为了通过表型性状确定芝麻苗期耐盐性鉴定的适宜 NaCl 浓度，将 28 份材料在不同浓度的 NaCl 胁迫下的各指标数据绘制折线图，可以明显看出 28 份芝麻材料对盐胁迫表现出不同程度的耐受能力（图 1，图 2）。由图 1 可以看出在低浓度胁迫（70、140 mmol/L）下大部分材料的株高、含水率与对照相比变化较少，鲜重存在下降，但部分品种（如图 2 中的 HN618）株高、鲜重明显高于对照，说明低浓度的 NaCl 胁迫对部分材料的苗期生长有一定促进作用，该浓度较低，不宜作为筛选浓度。而当 NaCl 处理浓度提升到 210 mmol/L 时，所有材料的各生长指标均出现显著下降。在 350 mmol/L 的 NaCl 胁迫下，所有材料的各指标值均受到明显抑制，多数材料（如图 2 中的 HN299）的指标值均显著下降，仅少数耐盐性较强材料（如图 2 中的 HN659）能够正常生长，多数材料叶片呈现枯黄，植株高度明显矮化，说明此时浓度过高。

图 1 不同浓度 NaCl 胁迫对芝麻苗期各指标的影响

Fig. 1 Effects of different NaCl concentrations on seedling germination of sesame



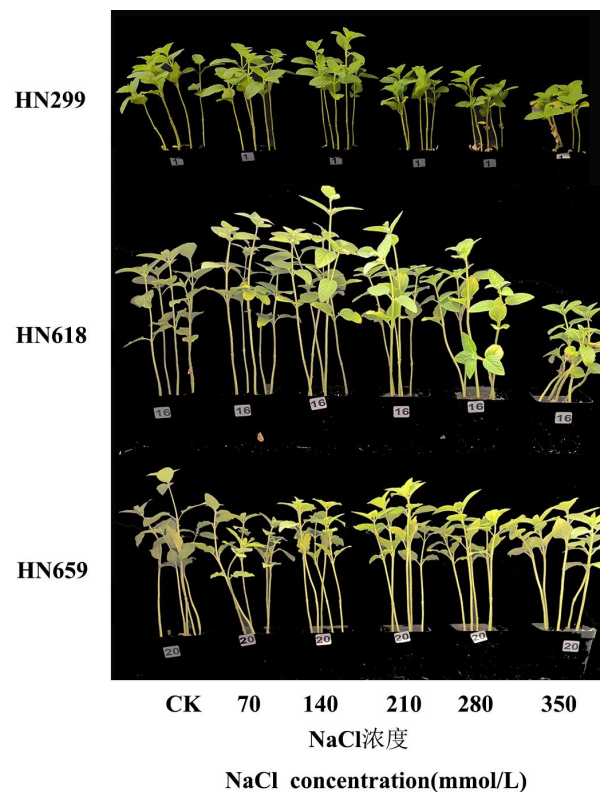


图 2 不同浓度 NaCl 胁迫下典型芝麻种质材料第 21 天生长状态的对比

Fig.2 The performance of typical sesame germplasm seedling at different NaCl concentrations for 21 d

进一步分析不同浓度 NaCl 胁迫对 28 份试验材料各生理指标影响的统计与方差分析（表 2），可以看出：在较低 NaCl 浓度（70 与 140 mmol/L）的处理下，各材料的株高、含水率相较于对照组虽展现出显著差异，但部分材料表现出株高或鲜重的提升，这表明该浓度范围内的盐胁迫效应相对温和，未对材料生长造成显著抑制。然而，当 NaCl 浓度提升至 210 mmol/L 时，植株的株高、鲜重及干重均显著下降，且所有分析指标均表现出显著差异，这反映了该浓度下不同材料间响应盐胁迫的广泛变异性和显著影响，说明 210 mmol/L 可能为关键阈值，在此浓度下盐胁迫效应显著加剧。进一步发现，在更高浓度的 NaCl 处理（280 和 350 mmol/L）下，所有评估指标与对照相比均存在显著差异，且绝大多数材料遭受了严重的胁迫影响，表明此浓度范围已超出多数材料的耐受极限，属于过高盐胁迫水平。综上所述，芝麻苗期进行耐盐性鉴定时，采用 210 mmol/L 的 NaCl 浓度作为评估标准最为适宜，能够有效区分不同材料的耐盐能力。

表 2 不同浓度 NaCl 胁迫下 28 份芝麻种质在苗期各指标的统计分析

Table 2 Statistics of sesame seedling indexes under different NaCl concentrations

NaCl 浓度 (mmol/L)	鲜重	株高	盐害系数	含水量	干重
NaCl concentration	Fresh weight per plant	plant height	Salt injury degree	Plant moisture content	Dry weight per plant
0	10.42±1.76a	26.45±3.24a	0.11±0.14a	0.89±0.01a	1.19±0.44a
70	7.99±0.94b	26.69±3.05a	0.50±0.26b	0.87±0.01b	1.02±0.13b
140	7.84±1.41b	26.55±2.63a	0.97±0.14c	0.87±0.01b	0.97±0.17b
210	4.98±1.09c	18.14±2.31b	1.94±0.67d	0.84±0.02c	0.76±0.13c
280	3.16±0.67d	15.24±2.01c	2.76±0.41e	0.83±0.02d	0.54±0.11d
350	2.19±0.71e	11.41±2.11d	3.59±0.3f	0.74±0.0e	0.53±0.14d

不同小写字母表示在 $P<0.05$ 水平差异显著

Different letters in the same column for each variable indicates a significant difference at $P<0.05$ level

2.2 芝麻苗期耐盐鉴定评价指标的筛选

对 28 份材料在 210 mmol/L 的 NaCl 胁迫下测量其相对电导率，结果为 2.05 ± 0.75 ，使用 IBM SPSS24.0 对 210 mmol/L 的 NaCl 胁迫下芝麻各指标进行 KMO 和巴特利特球形度检验，Sig 值小于 0.05，各指标关联性较强，可以做相关性分析、主成分分析和隶属函数分析。对 210 mmol/L 的 NaCl 胁迫下 28 份芝麻材料的各指标进行上述分析。由相关性分析（图 3）可知，所有性状的测定指标至少与一个其他性状的测定指标显著正相关，各性状的耐盐系数值均存在相关性，其中相对株高、盐害系数、相对含水率、相对干重与相对鲜重之间的相关性在 0.05 水平上呈极显著，相关系数分别为 0.89**、-0.67**、0.66**、0.68**。对 28 份种质的各表型性状进行主成分分析，结果如表 3 所示，提取了累计贡献率大于 80.00% 的前两个主成分，第一主成分贡献率为 56.240%，第二主成分贡献率为 26.143%，前两个指标的累计贡献率为 82.383%，概括了原始指标的绝大部分信息，其中第一主成分包括相对鲜重、相对含水率、盐害指数等生长因子相关的指标，第二主成分包括了相对株高、相对干重、相对含水率两个指标。这 2 个主成分能够反映芝麻的苗期耐盐性。

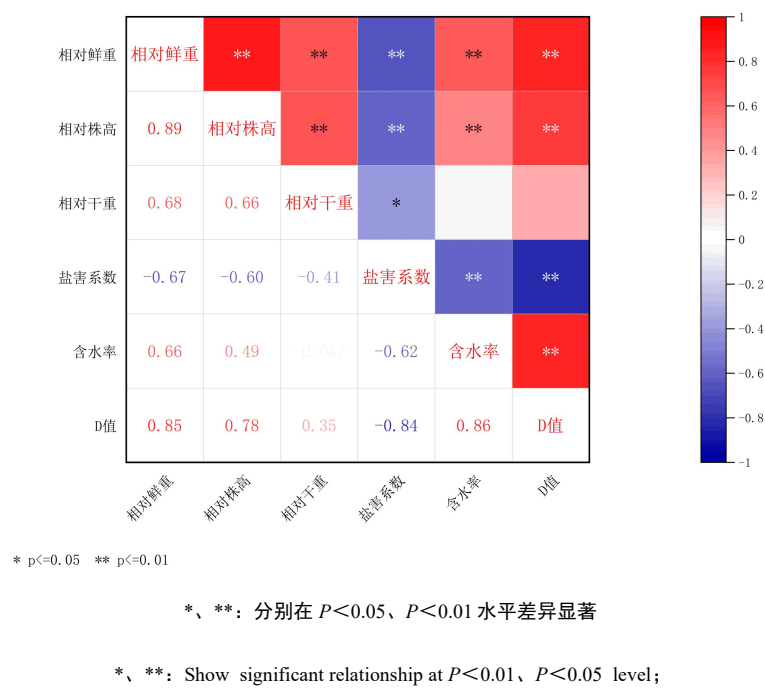


图 3 210 mmol/L 的 NaCl 胁迫下芝麻苗期各指标的相关性分析

Fig.3 Correlation analysis of various indicators during sesame seedling stage under 210 mmol/L NaCl treatment

表 3 2 个主成分的特征值、贡献率及特征向量

Table 3 Eigenvalue、contribution and eigenvectors of 2 principal component

项目 Item	相关系数 Correlation coefficient	主成分 1 PC1	主成分 2 PC2
特征值 Eigenvalue		3.374	1.569
贡献率 Contribution (%)		56.240	26.143

特征向量 Eigenvector	相对鲜重	0.284	-0.091
	相对株高	0.128	0.571
	盐害指数	-0.245	-0.111
	相对含水量	0.209	0.359
	相对干重	0.185	-0.451
	相对电导率	0.079	0.418

基于前两个主成分的综合指标值，对 28 份芝麻材料的耐盐性使用隶属函数法进行综合评价。两个综合指标的 W 值分别为 0.6826、0.3173，通过公式（3）计算在 210 mmol/L NaCl 胁迫下各份材料的耐盐性综合评价值 D 值（表 4）。

表 4 各份材料主成分值、权重、 $\mu(x)$ 值和 D 值

Table 4 Value of each variety's principal component , index weight , $\mu(x)$, and D value

材料编号	主成分 1	主成分 2	μ_1	μ_2	D 值	材料编号	主成分 1	主成分 2	μ_1	μ_2	D 值
Material Number	PC1	PC2			D -value	Material Number	PC1	PC2			D -value
HN299	-1.778	0.330	0.000	0.717	0.228	HN614	-0.887	-0.721	0.239	0.498	0.321
HN301	-1.732	-0.303	0.012	0.585	0.194	HN618	1.130	0.728	0.780	0.800	0.786
HN302	-0.260	0.018	0.407	0.652	0.485	HN633	0.091	-0.306	0.501	0.584	0.528
HN334	-0.620	1.621	0.310	0.987	0.525	HN639	0.258	0.469	0.546	0.746	0.610
HN344	-1.328	0.277	0.121	0.706	0.306	HN650	0.770	-0.609	0.683	0.521	0.632
HN349	-1.294	0.173	0.130	0.684	0.306	HN659	1.618	0.054	0.911	0.660	0.831
HN385	-0.865	0.017	0.245	0.652	0.374	HN671	0.985	0.452	0.741	0.743	0.741
HN404	-0.413	0.850	0.366	0.826	0.512	HN716	-0.777	0.115	0.268	0.672	0.396
HN460	-0.601	-1.120	0.316	0.414	0.347	HN724	0.115	-2.073	0.508	0.215	0.415
HN463	0.183	1.226	0.526	0.904	0.646	HN725	1.131	-3.103	0.780	0	0.533
HN485	-0.611	-0.490	0.313	0.546	0.387	HN736	1.048	1.684	0.758	1	0.835
HN513	1.951	-0.009	1	0.646	0.888	HN738	-0.319	-0.736	0.391	0.494	0.424
HN514	0.987	0.195	0.742	0.689	0.725	HN760	0.999	0.922	0.745	0.841	0.775
HN551	-0.044	0.437	0.465	0.740	0.552	HN761	0.260	-0.099	0.547	0.628	0.572

以 D 值作为核心指标，对 28 份种质材料的耐盐性能进行了强弱排序。其中， D 值的大小直接反映了材料的综合耐盐性水平， D 值越高，则表明该材料在盐胁迫环境下展现出的耐受性越强。通过排序分析，可以识别出 HN736 与 HN513 为具有高耐盐性的优异种质，其 D 值分别达到 0.835 与 0.888，明显于其他材料。相反，HN299 与 HN301 则表现出高度的盐敏感性，其 D 值分别为 0.228 与 0.194，处于相对较低的水平。为了进一步验证耐盐性评价标准的具体指标，对 D 值和各指标进行了相关性分析。结果表明， D 值与相对鲜重、相对株高、盐害指数以及相对含水率共 4 项关键生理生化指标之间，存在极显著的相关性。

为了确定耐盐性评价最佳指标，通过将 D 值作为因变量，以各单项指标作为自变量建立回归方程，得到： $D=-0.171+1.081X_1+0.253X_2$ ，其中 X_1 、 X_2 分别为相对鲜重、相对株高，方程决定系数 $R^2=0.819$ ， $F=29.641$ ，显著性 $P<0.05$ 。该方程可应用于测定其他品种的相对株高和相对鲜重指标以较快求得其他种质的耐盐系数，从而预测品种的耐盐性，以简化测量工作。

2.3 芝麻核心种质耐盐性评价

对 239 份苗期芝麻核心种质以 210 mmol/L 的 NaCl 溶液处理 3 周，按照 1.2 耐盐性鉴定的试验方法，调查相对株高和相对鲜重。随后以上述回归方程 $D=-0.171+1.081X_1+0.253X_2$ 计算品种 D 值，得到 D 值范围为 0.1287~0.6589，其平均值为 0.3740，变异系数为 29.21，说明 239 份种质在该浓度处理下耐盐性差异非常明显。参考《GB4882-2001 数据的统计处理和解释 正态性检验》^[25]对综合评价值进行正态检验，由于 $n < 2000$ ，故使用 Shapiro-Wilk 检验，得到 W 检验结果为 0.88，大于 0.05，符合正态分布（图 4）。

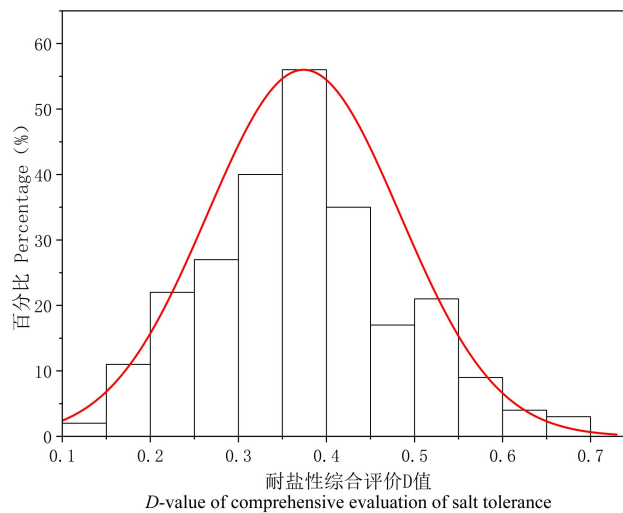
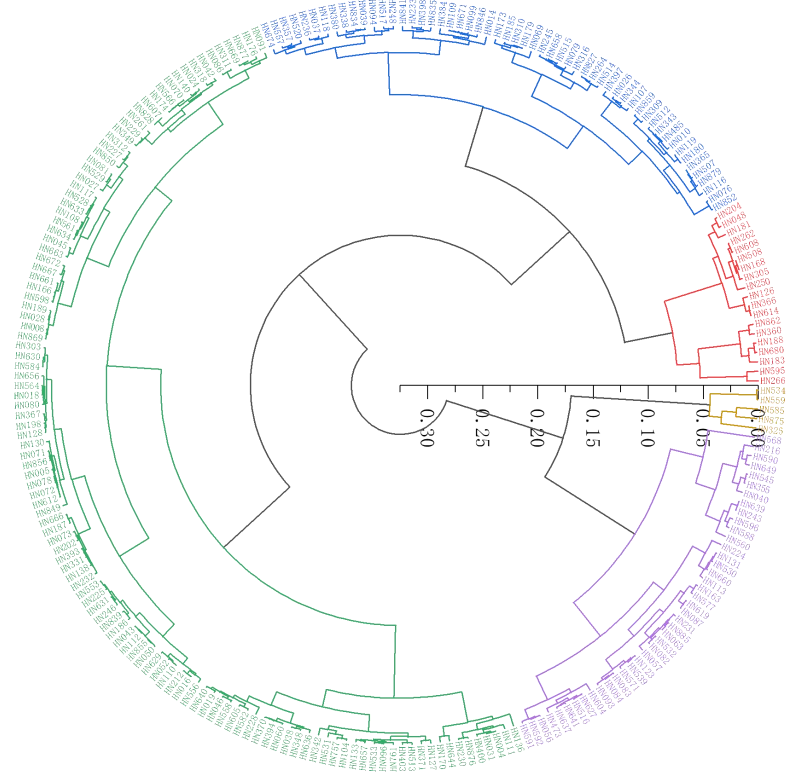


图 4 核心种质群体耐盐性综合评价值（ D 值）正态分布图

Fig. 4 Normal distribution of D -value of core collection

根据综合评价值（ D 值）对苗期 239 份芝麻种质进行耐盐性聚类分析（图 5），可将这些材料分为高耐盐、耐盐、中度耐盐、盐敏感和高度盐敏感共 5 个类群（详见 <https://doi.org/10.13430/j.cnki.jjpr.20240422003>，附表 1），其中高耐盐材料 5 份（ D 值范围为 0.129~0.222，占 2.09%）、耐盐材料 42 份（ D 值范围为 0.231~0.317，占 17.57%）、中度耐盐材料 128 份（ D 值范围为 0.319~0.484，占 53.56%）、盐敏感材料 55 份（ D 值范围为 0.484~0.585，占 23.01%）和高度盐敏感材料 20 份（ D 值范围为 0.613~0.659，占 8.4%）。



红色：高度盐敏感材料；蓝色：盐敏感材料；绿色：中度耐盐材料；紫色：耐盐材料；黄色：高耐盐材料

Red: Extremely salt-sensitive material; blue: Salt-sensitive material; green: Medium tolerant material; purple: Salt-tolerant material; yellow: Highly salt-tolerant material

图 5 239 份芝麻核心种质的聚类分析

Fig.5 Cluster analysis of 239 sesame germplasms

根据以上聚类结构，分别对上述高耐盐、耐盐、中度耐盐、盐敏感、高度盐敏感材料赋值 1、2、3、4、5，并依照其来源地是否为盐碱地，分为盐碱地来源与非盐碱地来源（详见 <https://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20240422003>，附表 1）。对种质耐盐等级和种质来源地进行交叉列联表分析及卡方检验（表 5），可得 $\chi^2=15.647$ ， $P=0.004$ ，在 $P<0.05$ 水平下有显著性差异。这反映了在芝麻这种作物上，不同地理位置的芝麻品种耐盐性与该地土壤盐碱化程度是正相关的。

表 5 239 份芝麻核心种质耐盐等级与种植来源的交叉列联表

Fig. 5 Cross tabulation of salt tolerance levels and planting sources for 239 sesame germplasm samples

耐盐等级	来源地类别		
Salt tolerant level	Various of origin		
	非盐碱地	盐碱地	总计
高耐盐	18	2	20
High salt tolerance			
耐盐	45	10	55
Salt tolerance			
中等耐盐	98	20	118
Medium tolerance			
盐敏感	24	18	42
Salt sensitivity			

高度盐敏感	3	2	5
Salt extremely sensitive			
总计 Total	188	52	240

2.4 芝麻耐盐性等级划分

根据 239 份核心种质 *D* 值的聚类分析将其划分为 5 类（高耐盐、耐盐、中度耐盐、盐敏感、高度盐敏感）后，查看每个等级内材料的相对株高和相对鲜重值，发现相对鲜重指标有较强差异和规律（表 6），依据相对鲜重将芝麻苗期耐盐性划分为 5 个等级（表 7）。

表 6 210 mmol/L NaCl 处理下 5 个耐盐等级材料苗期相对鲜重的描述性统计

Table 6 Descriptive statistics of relative fresh weight of 5 salt tolerant materials during seedling stage under 210 mmol/L NaCl

treatment					
不同耐盐等级	最小值	最大值	平均值	标准差	变异系数
Various salt tolerance grades	Min.	Max.	Average	SD	CV
高度盐敏感	0.190	0.297	0.269	0.028	0.102
Salt extremely sensitive					
盐敏感	0.292	0.377	0.340	0.023	0.069
Salt sensitive					
中度耐盐	0.369	0.513	0.435	0.036	0.083
Medium tolerance					
耐盐	0.515	0.606	0.550	0.024	0.044
Salt tolerance					
高耐盐	0.620	0.672	0.650	0.020	0.030
High salt tolerance					

表 7 芝麻苗期耐盐性鉴定评价标准

Table 7 Evaluation criteria for salt tolerance identification during sesame seedling stage

苗期耐盐性等级	苗期相对鲜重（%）
Salt tolerance level during seedling stage	Relative fresh weight during seedling stage
高耐盐	60.0~100.0
耐盐	50.0~59.9
中度耐盐	37.0~49.9
盐敏感	30.0~36.9
高度盐敏感	0.0~29.9

3 讨论

3.1 填补芝麻苗期耐盐性鉴定方法的空缺

近年来，针对耕地面积短缺，培育耐盐经济作物被已提上日程.耐盐性研究和遗传改良在水稻、小麦^[26-27]等诸多作物中已经取得了较大进展。一些作物相继建立了耐盐性的鉴定方法和评价标准，比如对于花生，制定了农业行业标准《NY/T 3061-2016 花生耐盐性鉴定技术规程》^[28]，其中规定以 0.5% NaCl（约合 85 mmol/L）作为鉴定浓度；河北省则制定了针对油葵的地方标准《DB13/T 2493-2017 油葵耐盐性鉴定技术规程》^[29]，建议使用含盐量为 6g/kg 的土壤进行鉴定；李俊萍等^[30]对玉米苗期进行研究得到的最佳胁迫

浓度为 0.5% NaCl（约合 85 mmol/L），并认为株高是玉米苗期耐盐鉴定的核心指标。本研究建立了以 210 mmol/L NaCl 作为筛选浓度的芝麻苗期耐盐性鉴定方法，与其他作物的方法有所不同，这可能与不同作物对盐胁迫的耐受能力有差异相关。本研究发现相对株高、相对鲜重与耐盐性关系较为密切，与其他作物报道相类似。芝麻耐盐性方面的研究正处于快速发展阶段，本研究首次建立了适用于芝麻苗期的耐盐性鉴定评价方法，为将来制定综合评价芝麻耐盐性的技术规程奠定了基础。

3.2 测量苗期耐盐性较于发芽期更适于实际生产

本研究所用的部分试验材料与张玉娟等^[23]在芝麻发芽期使用材料有重叠，但发芽期的耐盐性与苗期耐盐性并不完全一致。如 HN460 在发芽期表现为高度盐敏感，但在苗期却表现为耐盐，也有在发芽期表现为耐盐，苗期却表现为对盐敏感的材料，如 HN716。但是在盐碱地实际生产中，耕种前对耕地进行灌溉会改变土壤盐分的时空分布，使得土壤表层含盐量先降后增^[31-32]，从实际应用的角度来看，苗期耐盐性的强弱对作物全生育期的生产更为关键。不同时期的耐盐性具有差异的现象在其他作物中也有报道，李玉骁等^[16]研究认为向日葵部分种质在不同阶段的耐盐性有差异，张鹏等^[14]在大豆中也发现不同时期大豆品种耐盐性存在显著差异，花生中也存在同样现象^[13]。作物在不同时期的耐盐性存在差异可能与其在不同时期的耐盐机制以及影响因素不同有关，发芽期的种子萌发需要吸水膨胀，种子的活力受到种皮厚度、种子吸水能力等因素的影响，种子的能量代谢易发生紊乱，ATP 含量显著降低^[33]，吸水能力强的种子可以通过渗透调节抵御盐胁迫，而在苗期，植物根部除面临渗透胁迫导致的吸水困难外，还会面临如 Na⁺等离子积累导致的离子毒害，而植物通过转运蛋白调节 Na⁺/K⁺比以维持离子稳态，即选择性排出 Na⁺、选择性吸收 K⁺，从而提升植物的耐盐性^[34]。本研究中发现的苗期耐盐性与发芽期耐盐性表现差异较大的品种，可以作为之后深入探究芝麻不同时期耐盐机理的重要材料。此外，不同时期耐盐性的差异也说明种质资源的耐盐性评价不能片面的以单一时期耐盐性作为判断依据，需要综合多个时期的鉴定结果才能较全面的反映其耐盐性。

3.3 芝麻对盐胁迫的耐受力与其地理来源高度相关

在本研究中，共有 239 份来自于中国各地的芝麻核心种质，对其耐盐性与来源信息进行相关性分析，发现不同地理位置的芝麻品种耐盐性与该地土壤盐碱化程度呈现正相关。该现象在其他植物中也有报道，Yong 等^[35]在热带植物基因组研究进展中发现在海边广泛分布的椰子，基因组中鉴定出最多的反向转运蛋白基因及离子通道基因。有大量研究也证明，反向转运蛋白正向影响植物的耐盐性^[36]。这可能是由于植物在受到盐胁迫选择压力时会演化多种结构与生理生化途径，其次生基因组也会经历相应演化。故芝麻耐盐基因与对盐胁迫的耐受能力很可能与其生存环境相关，来源于盐碱地的芝麻种质，在长期驯化与人工选择的过程中，逐渐增强了对盐碱胁迫的耐受能力。本研究中不同产地来源的芝麻可以作为之后深入研究芝麻耐盐基因与代谢网络演化规律的材料，以加深对盐基因组的研究。

4 结论

本研究确定了芝麻苗期耐盐性鉴定的适宜浓度为 210 mmol/L, 相对鲜重、相对株高、相对干重、盐害系数、电导率、相对含水率共 6 个指标与芝麻耐盐性关系密切, 建立了芝麻苗期耐盐性精准鉴定方法和耐盐性分级评价标准。239 份芝麻核心种质材料的耐盐性综合评价值呈正态分布, 耐盐性与种质来源的地域呈极显著相关。

参考文献

- [1] 杨涓,黄凤洪.中国芝麻产业现状与存在问题、发展趋势与对策建议.中国油脂,2009,34(1):7-12
Yang M, Huang F H. Situation,problem,development trend and suggestion of sesame industry in China. China Oils and Fats ,2009,34(1):7-12
- [2] 秦灵灵,苗红梅,张战有,段迎辉,张海洋.世界芝麻生产现状与发展趋势分析.中国油脂,2024,49(3):1-5
Qin L L, Miao H M, Zhang Z Y, Duan Y H, Zhang H Y. Development status and tendency analysis of the world sesame production. China Oils and Fats,2024,49(3):1-5
- [3] 赵英,王丽,赵惠丽,陈小兵.滨海盐碱地改良研究现状及展望.中国农学通报,2022,38(3):67-74
Zhao Y, Wang L, Zhao H L, Chen X B. Research status and prospects of saline-alkali land amelioration in the coastal region of China. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2022,38(3):67-74
- [4] 宫慧慧,赵逢涛,裴伟,孟庆华.芝麻种质资源及相关分子生物学研究进展.植物遗传资源学报,2016,17(3):517-522
Gong H H, Zhao F T, Pei W, Meng Q H. Advances in sesame(*Sesamum indicum* L.) germplasm resources and molecular biology research . Journal of Plant Genetic Resources , 2016,17(3):517-522
- [5] Shrivastava P, Kumar R. Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. Saudi Journal of Biological Sciences, 2015,22(2):123-131
- [6] 杨劲松,姚荣江,王相平,谢文萍,张新.中国盐渍土研究: 历程、现状与展望.土壤学报,2022,59(1):10-27
Yang J S, Yao R J, Wang X P, Xie W P, Zhan X. Research on salt-affected soils in China: history, status quo and prospect.Acta Pedologica Sinica,2022,59(1):10-27
- [7] 杨少辉,季静,王罡.盐胁迫对植物的影响及植物的抗盐机理.世界科技研究与发展,2006(4):70-76
Yang S H, Ji J, Wang G. Effects of salt stress on plants and the mechanism of salt tolerance. World Sci-Tech Research and Development.2006(4):70-76
- [8] 王萌,刘文君,鲁雪莉,陈庆山,杨明亮,吕波,徐宗昌.大豆种质资源萌发期耐盐性评价和耐盐机理解析.中国农学通报,2023,39(26):8-16
Wang M, Liu W J, Lu X L, Chen Q S, Yang M L, Xu Z C. Soybean germplasm resources at germination: salt tolerance evaluation and mechanism analysis, Chinese Agricultural Science Bulletin
- [9] 黎远东,江海霞,谢丽琼.植物盐胁迫适应性机制研究进展.植物遗传资源学报,2022,23(6):1585-1593
Li Y D, Jiang H X, Xie L Q. Review of plant adaptation mechanism to salt stress. Journal of Plant Genetic Resources , 2022,23(6):1585-1593
- [10] 薛天源,鲁金春子,何思晓,余忆,陈敬东,文静,沈金雄,傅廷栋,曾长立,万何平.286 份甘蓝型油菜种质苗期耐盐碱性综合评价.植物遗传资源学报,2024,25(3):356-372
Xue T Y, Lu J C Z, He S X, Yu Y, Chen J D, Wen J, Shen J X, Fu T D, Zeng C L, Wan H P. comprehensive evaluation on saline-alkali tolerance of 286 *Brassica napus* germplasm at seedling stage . Journal of Plant Genetic Resources ,2024,25(3):356-372
- [11] 杨辉,白天亮,朱春艳,冯培媛,宋佳伟,刘晓刚,李培富,罗成科,田蕾.盐胁迫下水稻种质资源 Na⁺、K⁺平衡和 SKC1 单倍型分析.植物遗传资源学报,2023,24(4):1085-1096
YANG H, BAI T L, ZHU C Y, Feng P Y, Song J W, Liu X G, Li P F, Luo C K, Tian L. Analysis of Na⁺ and K⁺ homeostasis and SKC1 haplotype of rice germplasm accessions under salt stress . Journal of Plant Genetic Resources, 2023,24(4):1085-1096
- [12] 乔慧萍,李建设,雍立华,艾凤舞.植物盐胁迫生理及其适应性调控机制的研究进展.宁夏农林科技,2007(3):34-36, 24
Qiao H P, Li J S, Yong L H, Ai F W. Research progress on plant salt stress physiology and its adaptive regulatory mechanisms. Ningxia Agricultural

[13] 慈敦伟,张智猛,丁红,宋文武,符方平,康涛,戴良香.花生苗期耐盐性评价及耐盐指标筛选.生态学报,2015,35(3):805-814

Ci D W, Zhang Z M, Ding H, Song W W, Fu F P, Kang T, Dai L X. Evaluation and selection indices of salinity tolerance in peanut seedling. Acta Ecologica Sinica, 2015,35(3):805-814

[14] 张鹏,徐晨,徐克章,张治安,李大勇,季平,冯引弟.大豆品种耐盐性的快速鉴定法及不同时期耐盐性的研究.中国油料作物学报,2013,35(5):572-578

Zhang P, Xu C, Xu K Z, Zhang Z A, Li D Y, Ji P, Feng Y D. Fast identification method of salt-tolerance and research on salt-tolerance at different stages of soybean cultivars. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2013,35(5):572-578

[15] 申玉香,李洪山,封功能,徐华,程秀珠.油菜苗期耐盐性差异与耐盐指标选择.江苏农业科学,2018,46(24):85-87

Shen Y X, Li H S, Feng G N, Xu H, Chen X Z. Differences in Salt Tolerance of Rapeseed Seedlings and Selection of Salt Tolerance Indicators. Jiangsu Agricultural Sciences

[16] 李玉骁,汪磊,汪魏,李军,邱雪瑞,朱梓榕,王玲,吴佳俊,谭美莲.向日葵种质资源的耐盐性评价.植物遗传资源学报,2024,25(9):1480-1492

Li Y X, Wang L, Wang W, Li J, Wu X R, Zhu Z R, Wang L, Wu J J, Tan M L. Salt tolerance evaluation of sunflower germplasm resources. Journal of Plant Genetic Resources, 2024,25(9):1480-1492

[17] 董明,再吐尼古丽·库尔班,吕芑,杜瑞恒,叶凯,侯升林,刘国庆.高粱苗期耐盐性转录组分析和基因挖掘.中国农业科学,2019,52(22):3987-4001

Dong M, Kuerban Z T N G L, Lu P, Du R H, Ye K, Hou S L, Liu G Q. Transcriptome Analysis and Gene Mining of Salt Tolerance in Sorghum Seedlings (*Sorghum bicolor* L. Moench). Scientia Agricultura Sinica, 2019,52(22):3987-4001

[18] 高超升,袁嘉志,植健怡,程玉汉,董利东,程群.大豆 ERF 耐盐基因的鉴定和驯化分析.植物遗传资源学报,2024,25(1):30-38

Gao C S, Yuan J Z, Zhi J Y, Chen Y H, Dong L D, Chen Q. Identification and domestication analysis of ERF salt tolerance genes in soybean. Journal of Plant Genetic Resources, 2024,25(1):30-38

[19] 李艳肖,张春兰,徐兴源,陈艳秋,向殿军,刘鹏.基于转录组学的蓖麻耐盐基因的挖掘.植物遗传资源学报,2023,24(6):1778-1794

Li Y X, Zhang C L, Xu X Y, Chen Y Q, Xiang D J, Liu P. Transcriptomics-assisted mining of salt-tolerant genes in *ricinus communis*. Journal of Plant Genetic Resources, 2023,24(6):1778-1794

[20] 陈思蓉,李晨,孙炳蕊.水稻耐盐分子机制研究进展.广东农业科学,2023,50(12):29-42

Chen S R, Li C, Sun B R. research progress on molecular mechanism of salt tolerance in rice. Guangdong Agricultural Sciences, 2023,50(12):29-42

[21] 董菁,张春宵,刘学岩,金峰学,刘文平,吴委林,李晓辉.玉米苗期根部比较转录组分析揭示耐盐性差异机制.玉米科学,2023,31(6):30-40

Dong J, Zhang C X, Liu X Y, Jin F X, Liu W P, Wu W L, Li X H. Comparative transcriptome analysis of maize seedling root reveals the different mechanism of salt tolerance. Journal of Maize Sciences, 2023,31(6):30-40

[22] 刘伟,龙子轩,张兴民,顾文媛,池小娜,王玉萍.外源水杨酸影响蚕豆幼苗耐盐性的生理机制.甘肃农业大学学报,2024,59(2):36-44, 53

Liu W, Long Z X, Zhang X M, Gu W Y, Chi X N, Wang Y P. Physiological mechanism of exogenous salicylic acid on salt tolerance of *Vicia faba* seedlings. Journal of Gansu Agricultural University, 2024,59(2):36-44, 53

[23] 张玉娟,游均,刘爱丽,黎冬华,于景印,王燕燕,周琮,宫慧慧,张秀荣.芝麻发芽期耐盐性鉴定方法研究及耐盐候选基因的挖掘.中国农业科学,2018,51(12):2235-2247

Zhang Y J, You J, Liu A L, Li D H, Yu J Y, Wang Y Y, Zhou R, Gong H H, Zhang X R. Screening method for salt tolerance in sesame (*Sesamum indicum* L.) and identification of candidate salt-tolerant genes. Scientia Agricultura Sinica, 2018,51(12):2235-2247

[24] Zhang Y J, Li D H, Wang Y Y, Zhou R, Wang L H, Zhang Y X, Yu J Y, Gong H H, You J, Zhang X R. Genome-wide identification and comprehensive analysis of the NAC transcription factor family in *Sesamum indicum*. PLoS One. 2018,13(6): e0199262.

[25] 中华人民共和国国家标准委.GB/T 4882-2001 数据的统计处理 and 解释 正态性检验.北京:国家质量技术监督局,2001

Standardization Administration of the People's Republic of China. GB/T 4882-2001 Statistical interpretation of data - Normality tests. Beijing: The state bureau of quality and technical supervision, 2001

[26] 林兵,赵步洪.水稻耐盐碱生理机制与遗传改良的研究进展.江苏农业科学,2022,50(16):37-43, 238

Lin B, Zhao B H. Research progress on the physiological mechanism and genetic improvement of salt alkali tolerance in rice. Jiangsu Agricultural Sciences, 2022,50(16):37-43, 238

[27] 吴运荣,林宏伟,莫肖蓉.植物抗盐分子机制及作物遗传改良耐盐性的研究进展.植物生理学报,2014,50(11):1621-1629

Wu Y R, Lin H W, Mo X R. Research progress in the mechanism of plant salt tolerance and genetic engineering of salt resistant crops. Plant Physiology Journal, 2014,50(11):1621-1629

[28] 中华人民共和国农业农村部.NY/T 3061-2016 花生耐盐性鉴定技术规程.北京: 2016

Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. NY/T 3061-2016 Code of practice for identifying of peanut salt tolerance. Beijing: 2016.

[29] 河北省质量技术监督局.DB13/T 2493-2017 油葵耐盐性鉴定技术规程.石家庄: 2017

Hebei Provincial Bureau of Quality and Technical Supervision. DB13/T 2493-2017 Technical specification for salt tolerance identification of oil sunflower. Shijiazhuang: 2017

[30] 李俊萍,王秀萍,刘素娟,鲁雪林,吴哲.玉米苗期耐盐性鉴定评价方法研究.中国农学通报,2022,38(18):28-34

Li J P, Wang X P, Liu S J, Lu X L, Wu Z. Salt tolerance of maize at seedling stage: Identification and evaluation method. Chinese Agricultural Science Bulletin,2022,38(18):28-34

[31] 冉圣宏,陈文玲,刘韬韬.灌溉方式对玛纳斯河中游灌区棉花生长季棉田土壤含盐量的影响.灌溉排水学报,2015,34(11):11-17

Ran S H, Chen W L, Liu T T. The effect of irrigation methods on the soil salinity of cotton fields during the growing season in the irrigation area of the middle reaches of the Manas River. Journal of Irrigation and Drainage,2015,34(11):11-17

[32] 王拯,张胜全,宋科,孙艳刚,李慧,陈兆波.滨海盐碱地土壤盐分迁移与小麦玉米周年生长管理.中国种业,2022,(4):54-57

Wang Z, Zhang S Q, Song K, Sun Y G, Li H, Chen Z B. Salt migration in coastal saline alkali soil and annual growth management of wheat and corn. China Seed Industry, 2022, (4):54-57

[33] 王宁,霍飞超,张逸彬,石建斌,许庆华,严根土,刘晓红.棉花种子萌发期耐盐机理初探.中国棉花,2023,50(5):7-11

Wang N, Huo F C, Zhang Y B, Shi J B, Xu Q H, Yan G T, Liu X H. A preliminary exploration on the mechanism of salt tolerance in cotton cultivars during seed germination. China Cotton,2023,50(5):7-11

[34] 王瀚祥,李广存,徐建飞,王万兴,金黎平.植物耐盐机理研究进展.作物杂志,2022,(5):1-12

Wang H X, Li G C, Xu J F, Wang W X, Jin L P. Research progress on salt tolerance mechanism of plants. Crops ,2022, (5):1-12

[35] Yong X, Peng W X, Hai K F. The genome draft of coconut (*Cocos nucifera*). Gigascience.2017,6(11):1-11

[36] Apse M P, Aharon G S, Snedden W A, Blumwald E. Salt Tolerance Conferred by Overexpression of a Vacuolar Na⁺/H⁺ Antiport in *Arabidopsis*. Science,1999,285(5431):1256-1258

附表 1 239 份芝麻种质资源苗期耐盐性评价

Table S1 Evaluation of Salt Tolerance for 239 sesame Germplasm Resources at the Seedling Stage

品种号	名称	来源地	来源地类别	综合评价 D 值	苗期耐盐性评价	
Variety	Name	Region	Source	Comprehensiv	Evaluation about	
number			classifica	e evaluation	seedling stage	
			tion	D-value		
HN266	白芝麻	辽宁葫芦岛	Huludao, Liaoning	非盐碱地	0.128728	Extremely sensitive
HN595	转角楼	陕西铜川	Tongchuan, Shanxi	非盐碱地	0.135698	Extremely sensitive
HN183	黄芝麻	重庆云阳	Yunyang, Chongqin	非盐碱地	0.161996	Extremely sensitive
HN680	白芝麻	江西赣州	Ganzhou, Jiangxi	非盐碱地	0.166291	Extremely sensitive
HN188	芝麻	重庆云阳	Yunyang, Chongqin	非盐碱地	0.167603	Extremely sensitive
HN360	白芝麻	江西吉安	Jian, Jiangxi	非盐碱地	0.173699	Extremely sensitive
HN862	白芝麻	山东潍坊	Weifang, Shandong	盐碱地	0.176523	Extremely sensitive
HN614	芝麻	江西鹰潭	Yingtang, Jiangxi	非盐碱地	0.199388	Extremely sensitive
HN366	芝麻	山西临汾	Linfen, Shanxi	非盐碱地	0.199729	Extremely sensitive
HN126	四方芝麻	河南郑州	Zhenzhou, Henan	非盐碱地	0.202459	Extremely sensitive
HN250	黑芝麻	广西来宾	Laibin, Guangxi	非盐碱地	0.206394	Extremely sensitive
HN305	瓮溪白芝麻	山东济宁	Jining, Shandong	盐碱地	0.209627	Extremely sensitive
HN168	黑芝麻	安徽六安	Liuan, Anhui	非盐碱地	0.210831	Extremely sensitive
HN508	驻 044	山东日照	Rizhao, Shandong	非盐碱地	0.21096	Extremely sensitive
HN608	芝麻	湖北天门	Tianmen, Hubei	非盐碱地	0.212168	Extremely sensitive
HN262	芝麻	辽宁锦州	Jinzhou, Liaoning	非盐碱地	0.212352	Extremely sensitive
HN181	芝麻	重庆巫山	Wushan, Chongqin	非盐碱地	0.216642	Extremely sensitive
HN048	芝麻	湖北武汉	Wuhan, Hubei	非盐碱地	0.220986	Extremely sensitive
HN204	芝麻	江西赣州	Ganzhou, Jiangxi	非盐碱地	0.222237	Extremely sensitive
HN852	芝麻	云南曲靖	Qujing, Yunnan	非盐碱地	0.231023	Sensitivity
HN076	芝麻	河南驻马店	Zhumadian, Henan	非盐碱地	0.231456	Sensitivity
HN116	芝麻	湖北武汉	Wuhan, Hubei	非盐碱地	0.236999	Sensitivity
HN879	芝麻	云南南华	Nanhua, Yunnan	非盐碱地	0.23867	Sensitivity
HN507	芝麻	山东济宁	Jining, Shandong	盐碱地	0.239299	Sensitivity
HN365	鄂芝 3 号	吉林四平	Siping, Jilin	非盐碱地	0.23956	Sensitivity
HN180	芝麻	重庆巫山	Wushan, Chongqin	非盐碱地	0.242107	Sensitivity
HN119	芝麻	河南郑州	Zhenzhou, Henan	非盐碱地	0.242167	Sensitivity
HN010	芝麻	四川巴中	Bazhong, Sichuan	非盐碱地	0.244059	Sensitivity
HN485	2006XF03	江西上饶	Shangrao, Jiangxi	非盐碱地	0.244831	Sensitivity
HN343	2006XF04	海南琼中	Qiongzhong, Hainan	盐碱地	0.244947	Sensitivity
HN512	2006XF05	河南许昌	Xuchang, Henan	非盐碱地	0.245656	Sensitivity
HN309	2006AA02	安徽宣城	Xuancheng, Anhui	非盐碱地	0.248152	Sensitivity
HN859	07B56	重庆云阳	Yunyang, Chongqin	非盐碱地	0.248916	Sensitivity
HN107	平奥 9 号	湖北武汉	Wuhan, Hubei	非盐碱地	0.253462	Sensitivity
HN344	2186	海南海口	Haikou, Hainan	盐碱地	0.254544	Sensitivity
HN026	2292	湖南岳阳	Yueyang, Hunan	非盐碱地	0.255128	Sensitivity
HN397	2659	湖南怀化	Huaihua, Hunan	非盐碱地	0.256948	Sensitivity
HN514	2789	河南信阳	Xinyang, Henan	非盐碱地	0.262242	Sensitivity
HN264	2873	辽宁锦州	Jinzhou, Liaoning	非盐碱地	0.262827	Sensitivity
HN827	2926	湖北孝感	Xiaogan, Hubei	非盐碱地	0.263051	Sensitivity
HN316	2927	辽宁阜新	Fuxin, Liaoning	盐碱地	0.26652	Sensitivity
HN079	2971	湖北武汉	Wuhan, Hubei	非盐碱地	0.268001	Sensitivity
HN515	3376	河南周口	Zhoukou, Henan	非盐碱地	0.268784	Sensitivity
HN658	汾芝 7 号	湖南株洲	Zhuzhou, Henan	非盐碱地	0.269062	Sensitivity
HN245	中芝 26	福建漳州	Zhangzhou, Fujian	盐碱地	0.269657	Sensitivity

HN069	中芝 27	湖北武汉	Wuhan, Hubei	非盐碱地	0.273832	Sensitivity
HN179	中芝 29	重庆万州	Wanzhou, Chongqin	非盐碱地	0.276976	Sensitivity
HN310	驻 H2	安徽铜陵	Tonglin, Anhui	非盐碱地	0.277069	Sensitivity
HN185	舆芝 19	重庆巫溪	Wuxi, Chongqin	非盐碱地	0.277735	Sensitivity
HN173	中芝 30	安徽宿州	Suzhou, Anhui	非盐碱地	0.279562	Sensitivity
HN014	中芝 31	四川广元	Guangyuan, Sichuan	非盐碱地	0.282772	Sensitivity
HN846	中芝 32	安徽安庆	Anqin, Anhui	盐碱地	0.285838	Sensitivity
HN099	中芝 33	河南驻马店	Zhumadian, Henan	非盐碱地	0.286524	Sensitivity
HN671	中芝 34	四川广元	Guangyuan, Sichuan	非盐碱地	0.286745	Sensitivity
HN109	H16	湖北武汉	Wuhan, Hubei	非盐碱地	0.286957	Sensitivity
HN384	赣芝 11 号	黑龙江大庆	Daqin, Heilongjiang	盐碱地	0.28973	Sensitivity
HN835	鄂芝 8 号	陕西渭南	Weinan, Shanxi	盐碱地	0.291723	Sensitivity
HN398	濯芝 22	福建龙岩	Longyan, Fujian	非盐碱地	0.293022	Sensitivity
HN233	郑芝 16 号	贵州铜仁	Tongren, Guizhou	非盐碱地	0.293592	Sensitivity
HN841	郑芝 17 号	湖北随州	Suizhou, Hubei	非盐碱地	0.295226	Sensitivity
HN248	郑芝 22 号	福建漳州	Zhangzhou, Fujian	盐碱地	0.297188	Sensitivity
HN517	郑太芝 1 号	安徽宣城	Xuancheng, Anhui	非盐碱地	0.298054	Sensitivity
HN094	周芝 10 号	湖北武汉	Wuhan, Hubei	非盐碱地	0.299831	Sensitivity
HN039	驻芝 21 号	湖北武汉	Wuhan, Hubei	非盐碱地	0.301658	Sensitivity
HN834	舆芝 19 号	山西忻州	Xinzhou, Shanxi	非盐碱地	0.302068	Sensitivity
HN338	舆芝 20 号	重庆巫山	Wushan, Chongqin	非盐碱地	0.302782	Sensitivity
HN380	皖芝 5 号	黑龙江佳木斯	Jiamusi, Heilongjiang	非盐碱地	0.304452	Sensitivity
HN118	皖芝 11 号	河南郑州	Zhenzhou, Henan	非盐碱地	0.306282	Sensitivity
HN037	皖芝 13 号	河南驻马店	Zhumadian, Henan	非盐碱地	0.307377	Sensitivity
HN236	皖芝 15 号	贵州铜仁	Tongren, Guizhou	非盐碱地	0.308411	Sensitivity
HN520	芝麻	湖北随州	Suizhou, Hubei	非盐碱地	0.31078	Sensitivity
HN357	茅庵芝麻	江西抚州	Fuzhou, Jiangxi	非盐碱地	0.311775	Sensitivity
HN557	舒茶黑	湖北宜昌	Yichang, Hubei	非盐碱地	0.312648	Sensitivity
HN674	望元芝麻	内蒙古通辽	Tongliao, Neimenggu	盐碱地	0.314326	Sensitivity
HN091	芝麻	山西吕梁	Lvliang, Shanxi	盐碱地	0.317081	Medium tolerance
HN176	黑芝麻	重庆奉节	Fengjie, Chongqin	非盐碱地	0.319252	Medium tolerance
HN877	褐驼子	湖南常德	Changde, Hunan	非盐碱地	0.320274	Medium tolerance
HN669	短果白	四川美姑	Meigu, Sichuan	非盐碱地	0.320642	Medium tolerance
HN311	暴白粒	安徽滁州	Chuzhou, Anhui	非盐碱地	0.323684	Medium tolerance
HN086	中果白	湖北武汉	Wuhan, Hubei	非盐碱地	0.323909	Medium tolerance
HN042	褐暴麻	湖北武汉	Wuhan, Hubei	非盐碱地	0.326085	Medium tolerance
HN318	紫三花	新疆吐鲁番	Tulufan, Xinjiang	盐碱地	0.327206	Medium tolerance
HN024	白花麻	湖南益阳	Yiyang, Hunan	非盐碱地	0.328017	Medium tolerance
HN140	芝麻	安徽合肥	Hefei, Anhui	非盐碱地	0.328803	Medium tolerance
HN070	黄芝麻	湖北武汉	Wuhan, Hubei	非盐碱地	0.329971	Medium tolerance
HN566	黄秆芝麻	云南玉溪	Yuxi, Yunnan	非盐碱地	0.32999	Medium tolerance
HN174	紫麻	重庆巫溪	Wuxi, Chongqin	非盐碱地	0.329996	Medium tolerance
HN607	弋阳白	湖北荆门	Jinmen, Hubei	非盐碱地	0.332368	Medium tolerance
HN828	红芝麻	湖北武汉	Wuhan, Hubei	非盐碱地	0.332516	Medium tolerance
HN261	白陂黑芝麻	辽宁铁岭	Tieling, Liaoning	盐碱地	0.335781	Medium tolerance
HN229	白芝麻	贵州铜仁	Tongren, Guizhou	非盐碱地	0.336956	Medium tolerance
HN349	芝麻	安徽黄山	Huangshan, Anhui	非盐碱地	0.338027	Medium tolerance
HN312	芝麻	湖北仙桃	Xiantao, Hubei	非盐碱地	0.342095	Medium tolerance
HN227	方田芝麻	湖南怀化	Huaihua, Hunan	非盐碱地	0.343079	Medium tolerance
HN850	芝麻	湖南永顺	Yongshun, Hunan	非盐碱地	0.3441	Medium tolerance
HN081	白芝麻	湖北武汉	Wuhan, Hubei	非盐碱地	0.347286	Medium tolerance
HN529	芝麻	陕西安康	Ankang, Shanxi	盐碱地	0.347808	Medium tolerance

HN027	芝麻	湖南岳阳	Yueyang, Hunan	非盐碱地	0.349072	Medium tolerance
HN117	白芝麻	河南漯河	Luohe, Henan	盐碱地	0.352062	Medium tolerance
HN528	芝麻	陕西渭南	Weinan, Shanxi	盐碱地	0.352469	Medium tolerance
HN633	芝麻	贵州铜仁	Tongren, Guizhou	非盐碱地	0.352774	Medium tolerance
HN108	芝麻	湖北武汉	Wuhan, Hubei	非盐碱地	0.353315	Medium tolerance
HN561	黑芝麻	江西上饶	Shangrao, Jiangxi	非盐碱地	0.354032	Medium tolerance
HN634	黑芝麻	贵州荔波	Libo, Guizhou	非盐碱地	0.354138	Medium tolerance
HN045	白芝麻	湖北武汉	Wuhan, Hubei	非盐碱地	0.355902	Medium tolerance
HN663	黑芝麻	云南永仁	Yongren, Yunnan	非盐碱地	0.356564	Medium tolerance
HN672	芝麻	四川攀枝花	Panzhihua, Sichuan	盐碱地	0.3596	Medium tolerance
HN667	蒜瓣子	四川雷波	Leibo, Sichuan	非盐碱地	0.360603	Medium tolerance
HN661	八大杈	云南楚雄	Chuxiong, Yunnan	非盐碱地	0.361637	Medium tolerance
HN166	四角	安徽安庆	Anqing, Anhui	非盐碱地	0.362181	Medium tolerance
HN598	小八杈	重庆万州	Wanzhou, Chongqin	非盐碱地	0.362297	Medium tolerance
HN189	芝麻	重庆巫溪	Wuxi, Chongqin	非盐碱地	0.364749	Medium tolerance
HN028	白芝麻	贵州铜仁	Tongren, Guizhou	非盐碱地	0.364863	Medium tolerance
HN008	鸭壳芝麻	四川达州	Dazhou, Sichuan	非盐碱地	0.365343	Medium tolerance
HN869	芝麻	广西贺州	Hezhou, Guangxi	非盐碱地	0.365446	Medium tolerance
HN303	八股杈	河北廊坊	Langfang, Hebei	盐碱地	0.369191	Medium tolerance
HN630	叶三	广西来宾	Laibin, Guangxi	非盐碱地	0.369948	Medium tolerance
HN584	芝麻	安徽滁州	Chuzhou, Anhui	非盐碱地	0.37002	Medium tolerance
HN656	芝麻	湖南株洲	Zhuzhou, Hunan	非盐碱地	0.370977	Medium tolerance
HN564	芝麻	贵州遵义	Zunyi, Guizhou	非盐碱地	0.371486	Medium tolerance
HN018	混生黑	四川巴中	Bazhong, Sichuan	非盐碱地	0.37154	Medium tolerance
HN080	灰芝麻	湖北武汉	Wuhan, Hubei	非盐碱地	0.371963	Medium tolerance
HN367	白芝麻	山西运城	Yuncheng, Shanxi	盐碱地	0.372523	Medium tolerance
HN198	激光一号	江西上饶	Shangrao, Jiangxi	非盐碱地	0.372946	Medium tolerance
HN128	白芝麻	河南驻马店	Zhumadian, Henan	非盐碱地	0.373174	Medium tolerance
HN130	油芝麻	河南驻马店	Zhumadian, Henan	非盐碱地	0.375403	Medium tolerance
HN071	黑芝麻	湖北武汉	Wuhan, Hubei	非盐碱地	0.376376	Medium tolerance
HN856	大阳黄芝麻	安徽池州	Chizhou, Anhui	非盐碱地	0.376575	Medium tolerance
HN005	芝麻	四川巴中	Bazhong, Sichuan	非盐碱地	0.377094	Medium tolerance
HN078	八杈	湖北武汉	Wuhan, Hubei	非盐碱地	0.37716	Medium tolerance
HN072	白芝麻	湖北武汉	Wuhan, Hubei	非盐碱地	0.377196	Medium tolerance
HN612	分杈芝麻	湖南岳阳	Yueyang, Hunan	非盐碱地	0.377435	Medium tolerance
HN849	黄芝麻	湖北十堰	Shiyan, Hubei	非盐碱地	0.379691	Medium tolerance
HN666	黑芝麻	四川达州	Dazhou, Sichuan	非盐碱地	0.382581	Medium tolerance
HN187	大叶三	重庆巫山	Wushan, Chongqin	非盐碱地	0.382643	Medium tolerance
HN073	毛芝麻	湖北武汉	Wuhan, Hubei	非盐碱地	0.383858	Medium tolerance
HN202	黑芝麻	江西上饶	Shangrao, Jiangxi	非盐碱地	0.384251	Medium tolerance
HN393	白芝麻	贵州贞丰	Zhenfeng, Guizhou	非盐碱地	0.384873	Medium tolerance
HN331	田湾红芝麻	辽宁阜新	Fuxin, Liaoning	盐碱地	0.385113	Medium tolerance
HN138	白芝麻	安徽合肥	Hefei, Anhui	非盐碱地	0.3856	Medium tolerance
HN232	芝麻	贵州铜仁	Tongren, Guizhou	非盐碱地	0.38625	Medium tolerance
HN553	芝麻	安徽宣城	Xuancheng, Anhui	非盐碱地	0.38957	Medium tolerance
HN225	八花麻	湖南怀化	Huaihua, Hunan	非盐碱地	0.389881	Medium tolerance
HN631	芝麻(8131)	浙江丽水	Lishui, Zhejiang	盐碱地	0.390631	Medium tolerance
HN246	芝麻	福建三明	Sanming, Fujian	非盐碱地	0.390877	Medium tolerance
HN839	新编五号	安徽宣城	Xuancheng, Anhui	非盐碱地	0.392162	Medium tolerance
HN186	黄芝麻	重庆巫溪	Wuxi, Chongqin	非盐碱地	0.39327	Medium tolerance
HN043	八大杈	湖北武汉	Wuhan, Hubei	非盐碱地	0.395084	Medium tolerance
HN112	黑芝麻	湖北武汉	Wuhan, Hubei	非盐碱地	0.395347	Medium tolerance

HN855	白芝麻	安徽宣城	Xuancheng, Anhui	非盐碱地	0.395703	Medium tolerance
HN050	小籽黄	湖北武汉	Wuhan, Hubei	非盐碱地	0.395884	Medium tolerance
HN629	白芝麻	广西来宾	Laibin, Guangxi	非盐碱地	0.3987	Medium tolerance
HN052	乌脚粘	湖北武汉	Wuhan, Hubei	非盐碱地	0.399407	Medium tolerance
HN110	白芝麻	湖北武汉	Wuhan, Hubei	非盐碱地	0.399583	Medium tolerance
HN212	叶叶三	江西抚州	Fuzhou, Jiangxi	非盐碱地	0.401911	Medium tolerance
HN016	芝麻	四川绵阳	Mianyang, Sichuan	非盐碱地	0.401938	Medium tolerance
HN556	蝗芝麻	重庆云阳	Yunyang, Chongqin	非盐碱地	0.404175	Medium tolerance
HN640	芝麻	河南驻马店	Zhumadian, Henan	非盐碱地	0.416612	Medium tolerance
HN019	白芝麻	湖南益阳	Yiyang, Hunan	非盐碱地	0.417278	Medium tolerance
HN046	五撮连	湖北武汉	Wuhan, Hubei	非盐碱地	0.418351	Medium tolerance
HN558	四方芝麻	湖北十堰	Shiyan, Hubei	非盐碱地	0.418927	Medium tolerance
HN605	芝麻	湖北荆门	Jinmen, Hubei	非盐碱地	0.420037	Medium tolerance
HN582	独山黑	安徽六安	Liuan, Anhui	非盐碱地	0.420797	Medium tolerance
HN228	多枝麻	湖南张家界	Zhangjiajie, Hunan	非盐碱地	0.423252	Medium tolerance
HN370	麻麻麻	贵州铜仁	Tongren, Guizhou	非盐碱地	0.426669	Medium tolerance
HN394	麻芝麻	海南定安	Dingan, Hainan	盐碱地	0.42678	Medium tolerance
HN060	褐芝麻	湖北武汉	Wuhan, Hubei	非盐碱地	0.427206	Medium tolerance
HN038	六角白芝麻	湖北武汉	Wuhan, Hubei	非盐碱地	0.428692	Medium tolerance
HN348	紫长麻	安徽亳州	Bozhou, Anhui	非盐碱地	0.428733	Medium tolerance
HN636	芝麻	河北邯郸	Handan, Hebei	盐碱地	0.430125	Medium tolerance
HN342	八杈芝麻	贵州望谟	Wangmo, Guizhou	非盐碱地	0.432976	Medium tolerance
HN531	白芝麻	陕西咸阳	Xianyang, Shanxi	盐碱地	0.435743	Medium tolerance
HN757	三根枪	河北石家庄	Shijiazhuang, Hebei	盐碱地	0.438101	Medium tolerance
HN104	白芝麻	河南驻马店	Zhumadian, Henan	非盐碱地	0.438434	Medium tolerance
HN133	霸王鞭	安徽合肥	Hefei, Anhui	非盐碱地	0.440222	Medium tolerance
HN657	芝麻	湖南邵阳	Shaoyang, Hunan	非盐碱地	0.441178	Medium tolerance
HN533	黄池芝麻	陕西宝鸡	Baoji, Shanxi	盐碱地	0.44188	Medium tolerance
HN096	芝麻	湖北武汉	Wuhan, Hubei	非盐碱地	0.442249	Medium tolerance
HN761	芝麻	安徽阜阳	Fuyang, Anhui	盐碱地	0.442947	Medium tolerance
HN403	芝麻	四川广元	Guangyuan, Sichuan	非盐碱地	0.443911	Medium tolerance
HN513	芝麻	河南平顶山	Pingdingshan, Henan	盐碱地	0.44456	Medium tolerance
HN371	黑芝麻	福建福州	Fuzhou, Fujian	盐碱地	0.446152	Medium tolerance
HN127	芝麻	河南周口	Zhoukou, Henan	非盐碱地	0.44791	Medium tolerance
HN170	小黑子	安徽安庆	Anqin, Anhui	非盐碱地	0.452472	Medium tolerance
HN644	叶三角	江苏南京	Nanjing, Jiangsu	非盐碱地	0.455761	Medium tolerance
HN230	四轮子	贵州锦屏	Jinping, Guizhou	非盐碱地	0.460074	Medium tolerance
HN876	芝麻	湖南张家界	Zhangjiajie, Hunan	非盐碱地	0.460272	Medium tolerance
HN400	发芝麻	云南临沧	Lincang, Yunnan	非盐碱地	0.462753	Medium tolerance
HN031	芝麻	广西柳州	Liuzhou, Guangxi	盐碱地	0.463514	Medium tolerance
HN004	多棱芝麻	四川达州	Dazhou, Sichuan	非盐碱地	0.463583	Medium tolerance
HN111	大八杈	湖北武汉	Wuhan, Hubei	非盐碱地	0.466136	Medium tolerance
HN136	白芝麻	安徽合肥	Hefei, Anhui	非盐碱地	0.470479	Medium tolerance
HN591	白芝麻	陕西榆林	Yulin, Shanxi	盐碱地	0.483716	Salt tolerance
HN592	尚宁矮芝麻	陕西宝鸡	Baoji, Shanxi	盐碱地	0.484447	Salt tolerance
HN056	六棱芝麻	湖北襄阳	Xiangyang, Hubei	非盐碱地	0.484503	Salt tolerance
HN473	白芝麻	江西上饶	Shangrao, Jiangxi	非盐碱地	0.488865	Salt tolerance
HN637	黑芝麻	河北衡水	Hengshui, Hebei	盐碱地	0.490648	Salt tolerance
HN641	三股权	新疆吐鲁番	Tulufan, Xinjiang	盐碱地	0.491108	Salt tolerance
HN516	小八杈	河南驻马店	Zhumadian, Henan	非盐碱地	0.491636	Salt tolerance
HN627	老红芝麻	贵州兴仁	Xingren, Guizhou	盐碱地	0.491983	Salt tolerance
HN604	叶二三	湖北咸宁	Xianning, Hubei	非盐碱地	0.495387	Salt tolerance

HN093	芝麻	湖北武汉	Wuhan, Hubei	非盐碱地	0.501267	Salt tolerance
HN084	龙山芝麻	湖北武汉	Wuhan, Hubei	非盐碱地	0.501852	Salt tolerance
HN083	雒荣串麻	湖北武汉	Wuhan, Hubei	非盐碱地	0.502086	Salt tolerance
HN571	岱山黑芝麻	河南周口	Zhoukou, Hunan	非盐碱地	0.503428	Salt tolerance
HN539	芝麻	湖北咸宁	Xianning, Hubei	非盐碱地	0.504476	Salt tolerance
HN123	湖口芝麻	河南郑州	Zhenzhou, Henan	非盐碱地	0.50462	Salt tolerance
HN057	黑芝麻	湖北武汉	Wuhan, Hubei	非盐碱地	0.508163	Salt tolerance
HN082	芝麻	湖北武汉	Wuhan, Hubei	非盐碱地	0.509801	Salt tolerance
HN532	白芝麻	陕西安康	Ankang, Shanxi	盐碱地	0.510039	Salt tolerance
HN063	麻芝麻	湖北武汉	Wuhan, Hubei	非盐碱地	0.511088	Salt tolerance
HN885	芝麻	四川攀枝花	Panzhihua, Sichuan	盐碱地	0.511147	Salt tolerance
HN231	芝麻	贵州遵义	Zunyi, Guizhou	非盐碱地	0.512145	Salt tolerance
HN087	黑芝麻	湖北武汉	Wuhan, Hubei	非盐碱地	0.515193	Salt tolerance
HN619	黑芝麻	山东潍坊	Weifang, Shandong	盐碱地	0.515409	Salt tolerance
HN577	芝麻	河南南阳	Nanyang, Henan	盐碱地	0.519028	Salt tolerance
HN163	中芝10	山东泰安	Taian, Shandong	盐碱地	0.519694	Salt tolerance
HN113	冀芝1号	江西赣州	Ganzhou, Jiangxi	非盐碱地	0.522552	Salt tolerance
HN660	阜阳四棱糙	福建三明	Sanming, Fujian	非盐碱地	0.523587	Salt tolerance
HN530	观音麻	陕西延安	Yanan, Shanxi	盐碱地	0.524261	Salt tolerance
HN131	对角芝麻	河南驻马店	Zhumadian, Henan	非盐碱地	0.524863	Salt tolerance
HN224	褐芝麻	湖南永顺	Yongshun, Hunan	非盐碱地	0.530008	Salt tolerance
HN560	白芝麻	上海川沙	Chuansha, Shanghai	盐碱地	0.540218	Salt tolerance
HN588	黄芝麻	陕西西安	Xian, Shanxi	盐碱地	0.543945	Salt tolerance
HN596	转珠联—1	重庆奉节	Fengjie, Chongqing	非盐碱地	0.545704	Salt tolerance
HN243	黄芝麻	福建南平	Nanping, Fujian	非盐碱地	0.548847	Salt tolerance
HN639	芝麻	河南南阳	Nanyang, Henan	盐碱地	0.549034	Salt tolerance
HN040	芝麻	湖北武汉	Wuhan, Hubei	非盐碱地	0.556339	Salt tolerance
HN355	芝麻	湖南岳阳	Yueyang, Hunan	非盐碱地	0.559757	Salt tolerance
HN545	宁国黄芝麻	辽宁沈阳	Shenyang, Liaoning	盐碱地	0.559904	Salt tolerance
HN649	大演黑	广西柳州	Liuzhou, Guangxi	盐碱地	0.563043	Salt tolerance
HN590	白花麻	陕西渭南	Weinan, Shanxi	盐碱地	0.565552	Salt tolerance
HN216	大青秸	江西吉安	Jian, Jiangxi	非盐碱地	0.569887	Salt tolerance
HN568	黑芝麻	海南儋州	Danzhou, Hainan	盐碱地	0.584662	Salt tolerance
HN325	黑芝麻	江西九江	Jiujiang, Jiangxi	盐碱地	0.612981	High tolerance
HN875	双湖芝麻	湖南岳阳	Yueyang, Hunan	非盐碱地	0.628747	High tolerance
HN585	芝麻	安徽芜湖	Wuhu, Anhui	盐碱地	0.642254	High tolerance
HN559	芝麻	湖北宜昌	Yichang, Hubei	非盐碱地	0.658303	High tolerance
HN534	本地芝麻	陕西咸阳	Xian, Shanxi	盐碱地	0.658913	High tolerance