

棉花种子耐盐碱能力快速筛选研究

陈莹¹ 王萌¹ 王晓禹¹ 张红霞¹ 梁琪¹
那仁巴特¹ 马媛媛¹ 王方永² 罗宏海¹

(¹ 石河子大学农学院,新疆石河子 832003; ² 新疆农垦科学院棉花研究所,石河子 832000)

摘要:土壤盐碱化抑制棉种萌发是影响新疆棉花生产的关键障碍因子之一。棉种耐盐碱能力无损分级筛选,是实现盐碱地高产高效植棉最经济、有效的措施。以新疆大面积推广的41份棉花品种为材料,对棉种形态指标、贮藏物质含水量与发芽率进行测定分析。41份棉花品种被划分为3类:第Ⅰ类为高耐盐碱品种新陆中82号和新陆中68号,第Ⅱ类为耐盐碱品种冀杂708、源棉11号、新陆中67号、新陆中55号、富全668,其余品种分为第Ⅲ类,为敏盐碱品种。利用聚类分析、主成分分析和逐步回归等方法综合评价陆地棉萌发期耐盐碱能力,可为将来陆地棉品种种子耐盐碱能力的鉴定提供技术标准。

关键词:棉花;种子;萌发;盐碱;快速筛选

棉花是国计民生不可或缺的基础产品、基础产业^[1],对新疆和兵团经济社会稳定发挥着不可替代的重要作用。盐碱是影响农作物生长发育、产量的主要非生物胁迫因素之一^[2]。新疆被称为世界盐碱土的博物馆,是土壤积盐最重、盐碱化类型最多、土壤盐碱化分布面积最广的地区^[3]。棉花相对其他作物更耐盐碱,同时也是改良盐碱地的主要作物之一^[4]。因此,合理改良与开发利用新疆盐碱地植棉,成为新疆农业可持续发展中亟待解决的主要问题。

种子是植物得以保存的重要的传播者,也是植物生长发育的基础^[5]。影响种子耐盐碱能力的因素较多,其中遗传因素占主导作用^[6]。植物体内的遗传物质也会受盐碱胁迫影响,如小麦核酸含量会随胁迫浓度的增加而减少^[7]。几亿年来,随着时间、地理和气候的不断变化,种子植物种类逐渐增多,即使是同一种植物,也因为地理、气候等因子而发生变异和进化^[8]。种子大小变异是植物适应环境和进化的结果^[9],在对鹰嘴豆种子的分级研究中发现,小粒鹰嘴豆种子在低浓度NaCl胁迫下的发芽和生长速度较大粒种子快^[10]。时伟芳等^[11]发现小麦小粒种子活力高于大粒种子活力。种子的内在物质与种子的物理性质及种子品质有密切的关系^[12]。张丽^[13]研究发现,植物细胞通过增强蛋白质合成代谢能力,参

与渗透调节,从而适应盐胁迫环境。盐碱胁迫对植物代谢的影响主要包括脂类、蛋白质代谢。脂类物质在植物逆境耐受性方面起着重要作用^[14]。棉花蛋白质代谢受盐碱胁迫的影响主要表现为盐分抑制棉花对氮的吸收,同时降低棉株体内的氨基酸和蛋白质的合成速率^[15]。

盐碱胁迫对棉花的危害和棉花耐盐机理方面的研究报道已有很多,但关于棉种物理指标、种子贮藏物质指标与种子耐盐碱能力关系的研究鲜有报道。基于此,本研究以41份新疆棉种为试材,通过混合盐碱胁迫处理棉花种子,利用人工测定的方法、聚类分析、主成分分析和逐步回归,通过数学分析方法与棉种发芽率相结合,探讨棉花种质物理特性与种子耐盐碱能力关系,旨在为棉花种子的无损伤分级筛选奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料 试验材料为41份新疆棉种,品种名称和种子来源信息见表1。

1.2 试验设计 试验在新疆农业科学院人工气候室进行,人工气候室模拟大田条件下棉花种子萌发的环境,用复合盐碱溶液模拟盐胁迫条件,设4个盐碱浓度,混合盐碱溶液浓度分别为365mmol/L、390mmol/L、415mmol/L和465mmol/L。混合盐碱溶液的组成(表2)参考新疆图木舒克地区盐碱地土壤离子含量组成(表3),参照许艳超等^[16]的方法有所改进。

基金项目:国家重点研发计划(2020YFD1001000);第三师科技成果转化项目(KJ2022CG03)

通信作者:王方永,罗宏海

表 1 41 份棉种材料名称及来源

编号	品种	来源	编号	品种	来源
L1	新陆中 37 号	一师农科所	L22	新陆中 70 号	塔河种业
L2	新陆中 38 号	一师农科所	L23	新陆中 82 号	塔河种业
L3	新陆中 44 号	一师农科所	L24	塔河 2 号	塔河种业
L4	新陆中 55 号	一师农科所	L25	新陆中 67 号	三师农科所
L5	新陆中 81 号	一师农科所	L26	新陆中 78 号	三师农科所
L6	新陆中 82 号	一师农科所	L27	新陆中 82 号	三师农科所
L7	新陆中 68 号	一师农科所	L28	新陆中 87 号	三师农科所
L8	新陆中 88 号	一师农科所	L29	塔河 2 号	三师农科所
L9	冀杂 708	一师农科所	L30	富全 668	三师农科所
L10	源棉 11 号	一师农科所	L31	金垦 1565	新疆农垦科学院
L11	新陆中 96 号	一师农科所	L32	金垦 1402	新疆农垦科学院
L12	新陆中 42 号	闫氏种业	L33	金垦 1161	新疆农垦科学院
L13	新陆中 59 号	闫氏种业	L34	惠远 720	新疆农垦科学院
L14	新陆中 67 号	闫氏种业	L35	新陆早 60 号	新疆农垦科学院
L15	富全 138	富全种业	L36	新陆早 61 号	新疆农垦科学院
L16	富全 575	富全种业	L37	新陆早 74 号	新疆农垦科学院
L17	新陆中 56 号(20-1)	新疆西域绿洲种业	L38	新石 K24	新疆农垦科学院
L18	新陆中 56 号(914)	新疆西域绿洲种业	L39	新石 H12	新疆农垦科学院
L19	新陆中 55 号	新疆西域绿洲种业	L40	z1146	新疆农垦科学院
L20	新陆中 37 号	塔河种业	L41	K19	石河子农业科学院
L21	新陆中 62 号	塔河种业			

来源单位为供种单位,非选育单位

表 2 混合盐碱溶液组成

化合物	浓度(mol/L)
CaCl ₂	0.094
NaHCO ₃	0.012
Na ₂ SO ₄	0.170
K ₂ SO ₄	0.034
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.055
pH	7.80

表 3 图木舒克地区盐碱地成分

离子	土壤离子含量(mg/g)
Ca ²⁺	0.94
Cl ⁻	1.48
Na ⁺	1.03
HCO ₃ ³⁻	0.18
SO ₄ ²⁻	3.07
K ⁺	0.67
Mg ²⁺	0.33
pH	7.80

对 41 个供试品种,各选取籽粒饱满、种胚完整、无霉变、大小一致的种子,用 1% 次氯酸钠浸泡消毒 10min,用蒸馏水冲洗 4 次,将种子放在超净工作台处晾干,恢复至种皮表面无水分。蛭石与混合盐碱溶液以 1 : 3 的比例进行搅拌后放入发芽盒中,每个发芽盒摆放 40 粒种子,每个处理重复 4 次。气候室设定相对湿度 60%,温度 25~28 ℃,14h 光照 /10h 黑暗,光照强度 283μmol/m²s。第 7 天调查发芽数,胚芽长度大于棉种长度的 1/2 时视为发芽。

1.2 测试指标及方法 从 41 份供试品种中随机选取籽粒饱满、无霉变、无机械损伤的种子,使用考种仪(SC-A 型,中国)对种子外部形态进行测定,每个材料取 100 粒,重复 4 次,取平均值。棉种形态指标有面积(SA,单位为 mm²)、直径(D,mm)、宽(W,mm)、长(L,mm)、千粒重(SW,g)、长宽比(L/W)、周长(P,mm)、圆度(C)。

随机选取 1000 粒籽粒饱满、无霉变、无机械损伤的种子,去掉种子外壳,称取重量为千种仁重(KW,g),重复 4 次,取平均值。

使用近红外分析仪(DA7250,瑞典)对棉籽的含水量(S,%)、油分(Y,%)、蛋白含量(B,%)、粗蛋白含量(CB,%)进行测量,每个材料 20g,重复 4 次,取平均值。

发芽率(PG,%)=(发芽种子数/供试棉种数)×100

1.3 数据分析 试验数据采用 Excel 软件处理,采用 SPSS 19.0 进行聚类分析(组间联接法)、方差分析(Duncan's test)、主成分分析与回归分析(逐步回归),使用 Excel 进行绘图。

2 结果与分析

2.1 不同棉花品种棉种形态指标统计 由表 4 可知,41 个棉花品种的圆度为 0.57、面积为 23.39mm²、周长为 19.83mm、长宽比为 1.80、长为 7.31mm、直径为 5.44mm、宽为 4.12mm、千粒重为 82.76g、千种仁重为 48.74g。变异系数最大的是千种仁重,变化范围在 39.23~58.87g 之间,而圆度的变异系数最小,统计值在 0.54~0.60 之间,变异系数仅为 2.55%。面积、千粒重、千种仁重的变异系数分别为 6.29%、7.54%、9.19%,表明 41 份棉花品种的大小差异较大,大小不均。圆度、周长、长宽比、长、直径、宽的变异系数均低于 5%,说明圆度、周长、长宽比、长、直径、宽等 6 个形态指标在 41 份棉花品种间较稳定。

表 4 41 份棉花种子形态指标描述统计

指标	极大值	极小值	平均值	变异系数(%)
圆度 C	0.60	0.54	0.57 ± 0.01	2.55
面积 SA (mm ²)	26.84	20.07	23.39 ± 1.47	6.29
周长 P (mm)	21.81	18.17	19.83 ± 0.75	3.78
长宽比 L/W	1.95	1.64	1.80 ± 0.07	3.70
长 L (mm)	8.31	6.56	7.31 ± 0.34	4.61
直径 D (mm)	5.83	5.04	5.44 ± 1.29	3.12
宽 W (mm)	4.44	3.85	4.12 ± 1.55	3.05
千粒重 SW (g)	96.47	69.88	82.76 ± 0.61	7.54
千种仁重 KW (g)	58.87	39.23	48.74 ± 4.48	9.19

2.2 不同棉花品种的贮藏物质与含水量 根据表 5 可知,所有供试品种的含水量为 7.56%,粗蛋白含量 27.35%,蛋白含量 8.62%,油分含量 16.18%,此外,

不同品种的同一种性状以及各个性状间都存在较大差异,变异系数处于 5.11%~22.88% 之间。其中蛋白含量的变异系数最大,变幅在 3.28%~11.66% 之间,蛋白含量可能影响棉种的耐盐碱能力,而含水量的变异系数最小,变幅在 6.2%~8.23% 之间,说明含水量在品种间稳定。

表 5 41 份棉花种子贮藏物质与含水量描述统计 (%)

指标	极大值	极小值	平均值	变异系数
含水量 S	8.23	6.2	7.56 ± 0.39	5.11
粗蛋白 CB	35.77	18.8	27.35 ± 5.08	18.59
蛋白 B	11.66	3.28	8.62 ± 1.97	22.88
油分 Y	18.36	13.84	16.18 ± 0.92	5.68

2.3 不同品种资源耐盐碱级别的分类 由图 1 可知,在 365mmol/L、390mmol/L、415mmol/L 和 465mmol/L 盐碱条件下种子萌发受到抑制,随浓度的增加发芽率平均降低 30.62%、48.39%、97.14%。在 465mmol/L 浓度盐碱胁迫下只有 L6 种子萌发,其余种子均无法萌发,说明此浓度盐碱混合胁迫是新疆棉花品种所能承受的最大胁迫浓度。在 365mmol/L 浓度盐碱胁迫下,L6、L7、L10、L9、L19、L14、L30、L11 和 L27 的发芽率均分别是 44.25%、36.25%、20%、16%、15%、15%、13.75%、11.25%、11.25%,其中 L6、L7、L9、L10、L11 均来自一师农科所,说明地理位置或生态环境影响棉种生长发育,从而影响耐盐碱能力。

根据棉种在 365mmol/L、390mmol/L、415mmol/L 和 465mmol/L 混合盐碱浓度下的发芽率将 41 份供试材料进行聚类分析,采用组间联接法将供试材料分成 3 类(表 6),第 I 类为高耐盐碱品种 L6 和 L7;第 II 类为耐盐碱品种 L9、L10、L14、L19 和 L30;其余品种分为第 III 类,为盐碱敏感品种。

2.4 棉花种子耐盐碱性能与种子基础表型特征指标相关性 对 365mmol/L 混合盐碱浓度下棉种的 13 个物理指标(面积、直径、宽、长、千粒重、长宽比、千种仁重、周长、圆度、蛋白含量、粗蛋白含量、含水量、油分含量),使用 Pearson 相关分析筛选出盐碱条件下与发芽率极显著相关的指标,筛选出面积、直径、宽、长、长宽比、周长、圆度、蛋白含量、粗蛋白含量共 9 个指标。由表 7 可知,盐碱发芽率与棉种的面积、直径、长、长宽比、周长呈极显著负相关,与

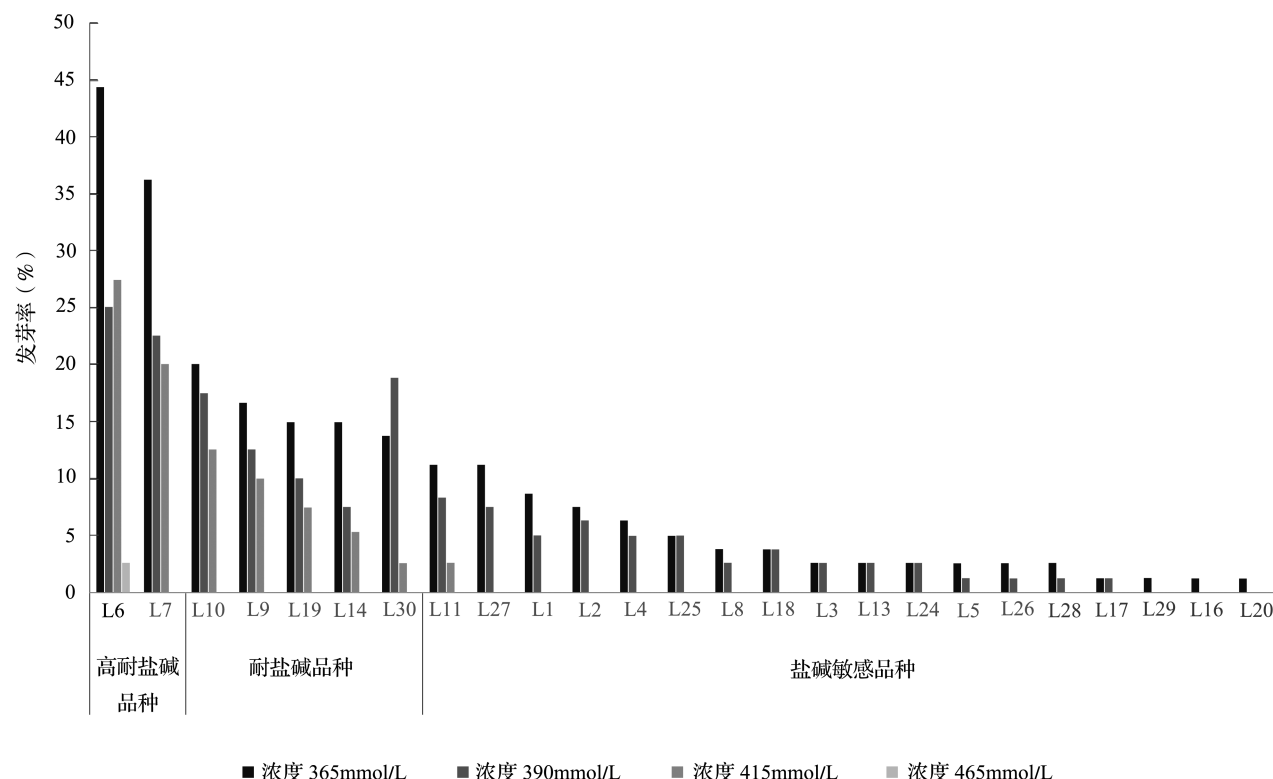


图1 不同浓度混合盐碱胁迫下棉籽的发芽率

表6 41份品种聚类分析结果

类别	材料数量	材料名称及编号
I	2	新陆中 82 号(L6)、新陆中 68 号(L7)
II	5	冀杂 708 (L9)、源棉 11 号(L10)、新陆中 67 号(L14)、新陆中 55 号(L19)、富全 668 (L30)
III	34	新陆中 37 号(L1)、新陆中 38 号(L2)、新陆中 44 号(L3)、新陆中 55 号(L4)、新陆中 81 号(L5)、新陆中 88 号(L8)、新陆中 96A (L11)、新陆中 42 号(L12)、新陆中 59 号(L13)、富全 138 (L15)、富全 575 (L16)、新陆中 56 号(L17)、新陆中 56 号(L18)、新陆中 37 号(L20)、新陆中 62 号(L21)、新陆中 70 号(L22)、新陆中 82 号(L23)、塔河 2 号(L24)、新陆中 67 号(L25)、新陆中 78 号(L26)、新陆中 82 号(L27)、新陆中 87 号(L28)、塔河 2 号(L29)、金垦 1565 (L31)、金垦 1402 (L32)、金垦 1161 (L33)、惠远 720 (L34)、新陆早 60 号(L35)、新陆早 61 号(L36)、新陆早 74 号(L37)、新石 K24 (L38)、新石 H12 (L39)、z1146 (L40)、K19 (L41)

棉种宽呈显著负相关,而与圆度、蛋白含量、粗蛋白含量呈极显著正相关;棉种的面积与长、宽、直径、周长呈极显著正相关,而与圆度、蛋白含量、粗蛋白含量呈极显著负相关;棉种的直径与长、宽、周长呈极显著正相关;棉种的长与长宽比、周长呈极显著正相关,与圆度、蛋白含量、粗蛋白含量呈极显著负相关;

千粒重与千种仁重呈极显著正相关,与油分含量显著负相关;棉种的周长与圆度、蛋白含量、粗蛋白含量呈极显著负相关;棉种的圆度与蛋白含量、粗蛋白含量呈极显著正相关;棉种的蛋白含量与粗蛋白含量呈极显著正相关。

2.5 棉花种子物理指标与种子发芽率回归建模 由表 8 公因子方差比可知,9 个变量的公因子方差比提取量均大于 0.65,说明表中指标提取量较为充分,可用于后续分析。棉种的形态指标面积、周长、长、直径、宽提取量分别为 0.99、0.97、0.97、0.99、0.98;圆度的提取量最少,为 0.68;棉种贮藏物质蛋白、粗蛋白的提取量为 0.79、0.71,小于外部形态指标。

由表 9 可知,棉种的物理指标前 2 个主成分 C_1 、 C_2 贡献率分别为 70.28%、18.40%,累计贡献率已到达 88.68%,涵盖所有指标的的基本信息,所以,将由这 2 个相互独立的主成分代替原本的 9 个物理单项指标。圆度(C)、面积(SA)、周长(P)、长宽比(L/W)、长(L)、直径(D)、宽(W)、蛋白含量(B)、粗蛋白含量(CB)的线性组合,其中变量均已标准化。分别为:

$$C_1 = -0.09C + 0.11SA + 0.12P + 0.06(L/W) + 0.11L + 0.11D + 0.08W - 0.10B - 0.10CB$$

表7 365mmol/L 盐碱胁迫下棉种发芽率与棉种物理指标的相关性

	PG	SA	D	W	L	SW	L/W	KW	P	C	B	CB	S	Y
PG	1													
SA	-0.69**	1												
D	-0.70**	1**	1											
W	-0.40*	0.86**	0.86**	1										
L	-0.81**	0.90**	0.90**	0.57**	1									
SW	-0.10	0.07	0.07	0.02	0.11	1								
L/W	-0.55**	0.28	0.27	-0.22	0.64**	0.13	1							
KW	-0.23	0.15	0.15	0.04	0.23	0.96**	0.24	1						
P	-0.76**	0.97**	0.97**	0.74**	0.96**	0.04	0.45*	0.15	1					
C	0.71**	-0.55**	-0.55**	-0.24	-0.71**	-0.06	-0.57**	-0.17	-0.64**	1				
B	0.76**	-0.67**	-0.66**	-0.34	-0.81**	-0.07	-0.61**	-0.16	-0.74**	0.74**	1			
CB	0.62**	-0.70**	-0.70**	-0.40*	-0.79**	0.19	-0.58**	0.09	-0.75**	0.54**	0.68**	1		
S	0.13	0.03	0.03	0.06	-0.02	-0.01	-0.05	0.08	0.01	0.16	-0.12	-0.05	1	
Y	0.08	-0.04	-0.04	-0.07	-0.04	-0.39*	0.018	-0.35	-0.07	-0.04	0.04	0.05	-0.14	1

* 和 ** 分别表示在 0.05、0.01 水平(双侧)上显著相关

表8 各公因子方差比

信息提取阶段	C	SA	P	L/W	L	D	W	B	CB
初始	1	1	1	1	1	1	1	1	1
提取	0.68	0.99	0.97	0.90	0.97	0.99	0.98	0.79	0.71

表9 种子物理特性主成分分析

主成分	各指标特征向量									特征值	贡献率 (%)	累积贡献率 (%)
	C	SA	P	L/W	L	D	W	B	CB			
1	-0.09	0.11	0.12	0.06	0.11	0.11	0.08	-0.10	-0.10	6.32	70.28	70.28
2	0.05	0.04	0.01	-0.09	-0.01	0.04	0.08	0.04	0.02	1.65	18.40	88.68

$C_2=0.05C+0.04SA+0.01P-0.09(L/W)-0.01L+0.04D+0.08W+0.04B+0.02CB$

根据主成分分析可知,第1和第2主成分的贡献率 α 分别为 0.7028 与 0.1840,并作为权数,可构建 $F=C_1\alpha_1+C_2\alpha_2$ 的综合模型,既 $F=0.7028C_1+0.184C_2$ 。采用逐步回归分析法,构建综合评价 F 值和发芽率与各物理因子指标的回归方程: $F=0.29+0.12L-0.07CB+0.10W-0.06B+0.09SA+0.07P-0.15C$ 。根据方程可以看出对综合值 F 影响较大的是棉种的长、粗蛋白含量、宽、蛋白含量、面积、周长和圆度,其中棉种的宽、长、面积和周长呈极显著正相关($P<0.01$),而棉种的圆度和蛋白含量呈极显著负相关($P<0.01$);发芽率 $PG=50.19-23.75L+223.81C$,根据方程得出,影响发芽率的主要指标是棉种圆度

和长,且与棉种的长呈极显著负相关,与棉种的圆度呈极显著正相关,说明发芽率随棉种长度的增大而降低,随圆度增大而增大($0.54mm<L<0.60mm$, $6.56<C<8.31$)。两模型的拟合度较高,较为准确。

3 讨论与结论

种子的形态特征可以作为植物分类的主要标准之一,种子形态对于种子的鉴定具有重要意义^[17]。在不同的生理环境下,种子形态也会有所不同^[18]。种子的饱满度会响应植物的生长发育以及生物量^[19]。种子的分类依据包括:种子大小、种子颜色、表面纹饰^[20]等。种子的贮藏物质积累受海拔、气温、降水、外界环境和地理位置不同的影响^[21]。由于环境条件差异光合同化产物向种子中贮藏物的分配和转化也就不同。本研究发现,41 份供试品种

为新疆大面积种植品种,范围分布广泛,盐碱条件、地理和气候等方面存在较大差异。在不同区域中,41份棉花品种蛋白含量、千粒重、种仁重变幅较大,个体差异较大,即使是同一品种在不同的地区仍存在差异。说明棉种形态和贮藏物质以及饱满度受地理环境等因子影响较大。

在NaCl胁迫下小种子的发芽指数均高于大种子^[10],种子大小影响水分吸收,进而影响品种的生长参数。时伟芳等^[11]研究表明逆境条件下小麦小粒种子活力高于大粒种子活力,小麦小粒种子的吸水速率比大粒种子快。本研究表明365mmol/L盐碱胁迫下的发芽率与棉种的面积、直径、长、周长等呈极显著负相关,说明相对较小的棉花品种的耐盐碱能力更强,可能是由于盐碱形成渗透屏障,从而抑制水分吸收,而小种子萌发所需水分较少,更易萌发。

棉花是耐盐碱能力较强的经济作物之一^[22],但目前研究多集中在单盐^[23-24]或单碱^[25]的研究中,自然界中的盐碱更多是以混合的形式出现^[26]。因此,棉花耐盐碱鉴定工作面临巨大挑战。从早期的直接鉴定:田间盐池鉴定^[27]、产量比较^[28]、形态观察,到后来的间接鉴定法都涉及很多生理生化指标以及 Na^+ 、 K^{+4} 等含量的测定。存在耗时长、成本高、可操作性不强等缺点。而种子无损检测在优化农作物生产成本中则起着重要作用^[29],同时,使用耐盐碱能力强的种子是在盐碱地农业生产获得丰产的先决条件之一。因此,本研究通过将棉种的耐盐碱能力与棉种贮藏物质和形态特征关联,分析方法也从单一的系统聚类法^[30]、隶属性函数^[31]和主成分^[32]分析法,变成结合上述方法,通过相关性分析剔除与发芽率相关性差的指标,再使用主成分分析筛选,最后构建完整的回归方程,达到对棉花品种耐盐碱能力的快速筛选。

盐碱条件下与发芽率极显著相关的指标有面积、直径、宽、长、长宽比、周长、圆度、蛋白含量、粗蛋白含量共9个指标,其中棉种的长与圆度对发芽率的影响大于其他的指标。由于指标间的关系太弱,棉种的千粒重、千种仁重、含水量与油分含量未能与发芽率建立理想的回归模型。构建的回归方程: $\text{PG}=50.19-23.75\text{L}+223.81\text{C}$,棉种的长与圆度可作为棉种耐盐碱能力筛选的参照指标。

参考文献

- [1] 刘文静,范永胜,董彦琪,屈涛,朱坤,刘翼成,魏芳. 我国棉花生产现状分析及建议. 中国种业,2022(1): 21-25
- [2] 马盼盼,赵曾强,祝建波,孙国清. 棉花耐旱耐盐碱生理和分子机制研究进展. 中国农业科技导报,2021,23(2): 27-36
- [3] 邵华伟,孙九胜,胡伟,王新勇,罗广华. 新疆盐碱地分布特点和成因及改良利用技术研究进展. 黑龙江农业科学,2014(11): 160-164
- [4] Ashraf J, Zuo D, Wang Q, Malik W, Zhang Y, Abid M A, Chen H, Yang Q, Song G. Recent insights into cotton functional genomics: progress and future perspectives. Plant Biotechnology Journal, 2018, 16(3): 699-713
- [5] 詹振楠,马青,王文娟,纳伟. 混合盐碱胁迫对黑果枸杞种子萌发的影响. 江苏农业科学,2018,46(24): 119-122
- [6] Rodriguez-Urbe L, Highbie S M, Stewart J M D, Wilkins T, Lindemann W, Sengupta-Gopalan C, Zhang J. Identification of salt responsive genes using comparative microarray analysis in Upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Plant Science, 2011, 180(3): 461-469
- [7] 谈建康,安树青. 钠盐胁迫对小麦叶片核酸损伤和多胺积累的影响. 农业环境科学学报,2004(3): 428-431
- [8] 刘天雄,陈进红,何秋伶,祝水金. 基因型和环境对转基因抗虫杂交棉种子品质的影响. 科技通报,2013,29(3): 88-95
- [9] Hammond D S, Brown V K. Seed size of woody plants in relation to disturbance, dispersal, soil type in wet neotropical forests. Ecology, 1995, 76(8): 2544-2561
- [10] Kaya M, Kaya G, Kaya M D, Atak M, Saglam S, Khawar M K, Ciftci C Y. Interaction between seed size and NaCl on germination and early seedling growth of some Turkish cultivars of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Journal of Zhejiang University (Science B: An International Biomedicine & Biotechnology Journal), 2008, 9(5): 371-377
- [11] 时伟芳,贾佳,冯鹏飞,谢宗铭,杨丽明,王建华,孙群. 春小麦种子物理指标与种子活力关系的初步分析. 中国农业大学学报,2016, 21(7): 1-12
- [12] 胡晋. 种子生物学. 北京: 高等教育出版社, 2005
- [13] 张丽. 3种白刺对盐胁迫的响应及耐盐机理研究. 北京: 中国林业科学研究院, 2010
- [14] Hassanein A M. Alterations in protein and esterase patterns of peanut in response to salinity stress. Biologia Plantarum, 1999, 42(2): 241-248
- [15] 郭慧娟. 不同盐碱胁迫下棉花离子组响应特征及离子稳态机制研究. 石河子: 石河子大学, 2019
- [16] 许艳超,韦洋洋,李振庆,蔡小彦,王玉红,王星星,张振梅,王坤波,刘方,周忠丽. 复合盐碱胁迫下半野生棉苗期耐盐性综合评价及其关键生理指标的变化. 棉花学报,2018,30(3): 231-241
- [17] 霍鸿浩,杨占南,罗世琼,张曲玲,韦小芳,赵铨,扶蝶. 黄花蒿种子形态与幼苗生长的地源差异及相关性. 西南农业学报,2020,33(9): 2055-2061
- [18] 栗宏林,张志翔,张鑫. 小桐子不同产地种子性状及苗期生长差异

不同基因型水稻花药培养效果的比较研究

赵沙沙 潘高峰 陈 波 房振兵 潘秀才 田永宏

(襄阳市农业科学院,湖北襄阳 441057)

摘要:为了筛选到花药培养效果好的水稻材料,选取常规籼稻、籼粳杂交稻、粳型杂交稻和粳型杂交稻4种不同类型的水稻材料进行花药培养,比较它们在花药培养过程中的愈伤组织诱导率和花药培养效果,建立高效花药培养再生体系。结果表明,禾香1号和福稻99愈伤组织诱导率较高,分别为3.01%和1.55%,可作为水稻花培育种的优良亲本。以玉晶91为亲本配制杂交组合并进行花药培养,结果表明玉晶91与某些亲本间具有较好的花药培养配合力和杂种优势,在水稻花培育种中具有一定的潜在利用价值。粳型材料中,甬优1526、组合圣稻18-15//春江041/武运粳24、中浙粳18/鄂香2号和香1号/17J42均不适合作为水稻花药培养育种的材料。甬优2640的花药培养愈伤组织诱导率和绿苗分化率均较高,可以在水稻花培育种和DH群体创建中加以利用。这对创制新的种质资源、构建DH群体和培育新品种具有十分重要的意义。

关键词:水稻;花药培养;基因型;愈伤组织诱导率;分化率

花药培养是一种快速获得单倍体植株的常规技术,是产生单倍体植株和创制新的种质资源的重要途径^[1-2]。1968年日本学者新关(Niizeki)和大野(Oono)首次利用水稻花药培养技术获得了单倍体植株^[3]。中国于20世纪70年代开始水稻花药培养研

究,在水稻花药培养技术体系的构建、新的种质资源创制、新品种培育上取得了很大的发展^[4]。采用常规育种方法耗时长、效率低,而水稻花药培养技术诱导产生的单倍体,表现出双亲性状的各种重组类型,通过人工处理或自然加倍,在当代就可以获得稳定的二倍体植株^[5],有效缩短育种周期,提高选择效率,加快育种进程^[6]。将花药培养技术与常规育种技术相结合,可以快速改良水稻品质、产量、抗病性和生育

基金项目:湖北省农业科技创新中心重大科技研发项目(2020-620-000-002-01);湖北省重点研发计划项目(2020BBB053)
通信作者:田永宏

- 研究. 干旱区资源与环境, 2010, 24 (2): 204-208
- [19] 喻方圆, 刘远. 聚乙二醇渗透处理对马尾松种子活力的影响. 南京林业大学学报, 2000, 40 (1): 38-40
- [20] 褚小兰, 曹岚. 5种地锦草的种子形态电镜扫描比较. 时珍国医国药, 2000, 11 (8): 707-708
- [21] 焦冬英, 杨春, 蔡传涛, 蔡志全. 不同海拔高度对星油藤叶片特性、植株生长及种子成分的影响. 热带作物学报, 2016, 37 (2): 365-371
- [22] 戴海芳, 武辉, 阿曼古丽·买买提阿力, 王立红, 麦麦提·阿皮孜, 张巨松. 不同基因型棉花苗期耐盐性分析及其鉴定指标筛选. 中国农业科学, 2014, 47 (7): 1290-1300
- [23] 李阳, 陈静, 刘绍东, 沈倩, 张思平, 葛常伟, 刘瑞华, 马慧娟, 万素梅, 庞朝友. 外源褪黑素对盐胁迫下棉花幼苗生长及光合特性的影响. 新疆农业科学, 2021, 58 (8): 1418-1426
- [24] 孙文君, 江晓慧, 付媛媛, 申孝军, 高阳, 王兴鹏. 盐胁迫对棉花幼苗叶片叶绿素荧光参数的影响. 灌溉排水学报, 2021, 40 (7): 23-28
- [25] 于玉梅, 严青青. 不同品种海岛棉苗期根系耐盐碱性比较. 农村科技, 2021, 418 (4): 16-17

- [26] 罗廷彬, 任巍, 谢春虹. 新疆盐碱地生物改良的必要性与可行性. 干旱区研究, 2010, 33 (1): 46-48
- [27] 孙小芳, 刘友良. 棉花品种耐盐性鉴定指标可靠性的检验. 作物学报, 2001, 9 (6): 794-801
- [28] 中国农业科学院棉花研究所. 中国棉花遗传育种学. 济南: 山东科学技术出版社, 2003
- [29] Finch-Savage W E, Clay H A, Lynn J R, Morris K. Towards a genetic understanding of seed vigour in small-seeded crops using natural variation in *Brassica oleracea*. Plant Science, 2010, 179 (6): 582-589
- [30] 张锦伟, 许键, 杨改刚, 谭学林. 用不同浓度 NaCl 溶液筛选水稻苗期耐盐抗旱材料. 西南农业学报, 2004 (S1): 81-84
- [31] 张国新, 王秀萍, 鲁雪林, 刘雅辉. 隶属函数法鉴定水稻品种耐盐性. 安徽农学通报, 2011, 17 (1): 36-37
- [32] 解松峰, Kansaye A, 杜向红, 聂小军, 方桂英, 杨建涛, 李康, 张保军, 宋卫宁. 30份引进大麦品种(系)苗期耐盐性综合分析. 草业科学, 2010, 27 (4): 127-133

(收稿日期: 2022-05-31)