

模拟盐和干旱胁迫对 4 种藨草杂交后代种子萌发的影响

斯日古楞, 张玉霞, 韩雪梅, 田 甜, 王宏鹏, 胡 洁

(内蒙古民族大学 农学院, 内蒙古 通辽 024800)

摘要:以 YC10902、YC11101、YC11002、YC108 4 个品系为材料, 分别利用 100 mmol/L NaCl 模拟盐分胁迫、10% PEG-600 模拟干旱胁迫和交互处理后对相对发芽率、相对发芽指数、相对活力指数、根长和芽长等指标进行隶属度综合评价。结果表明: 盐胁迫不仅发生在藨草(*Phalaris arundinacea*)种子萌发早期, 苗后生长期也受到显著影响; 干旱胁迫主要发生在苗后生长期; 交互胁迫的影响最显著, 发生在苗后生长期, 尤以对胚芽的生长限制为主。在单一盐胁迫和干旱胁迫下 YC108 表现最好; 在交互处理下, YC11101 品系表现最好, YC108 仅次于 YC11101。试验表明 YC108 和 YC11101 品系在科尔沁地区具有良好的种植潜力。

关键词: 藨草; 杂交后代; 盐和干旱胁迫; 种子萌发

中图分类号: Q945.78; S56 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-5500(2019)04-0039-05

科尔沁地区位于北方的半干旱区域, 年均降水量 300~400 mm, 除气候干旱外, 土壤盐碱化也较严重。是该区作物生产和种植优良牧草的重要的制约因素^[1]。因此, 培育适应当地种植的牧草品种就显得尤为重要。藨草(*Phalaris arundinacea*) 在科尔沁地区有天然的分布, 培育对科尔沁地区干旱、盐碱的环境有适应性的新品种是此次研究的宗旨。藨草具有很高的经济价值和生态价值, 可作为新能源材料, 也可作为护坡、水体富营养化的指示植物。张永亮等^[2-5]对藨草抗盐碱性方面进行了研究, 并选育出‘通草 1 号’品种。在选育过程中, 藨草品系在抗碱方面都有较好的表现, 但抗盐方面表现都较差^[3-5]。试验对藨草杂交后代模拟干旱及盐胁迫条件下的萌发情况进行研究, 旨在为藨草耐盐性杂交后代的选育提供基础材料和科学依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

藨草杂交品系 YC10902、YC11101、YC11002、YC108 由内蒙古民族大学农学院提供。供试种子 2017 年采集于内蒙古民族大学科学技术园区, 待种子成熟后晾干清选后分别装入纸袋, 并在 4℃ 下冰箱保存备用。

1.2 试验方法

萌发试验在室温 25℃ 利用花盆培养法。花盆底径 20 cm, 内铺一层保鲜膜防止水分的渗漏, 沙子和蛭石 4:1 的比例混合装入花盆, 种子播种之前 400 mg/L GA₃ 浸种 24 h, 每盆播 50 粒种子, 播种深度 2 cm, 覆土后浇 4 种处理液 500 mL, 4 种处理分别为(水、100 mmol/L NaCl、10% PEG、100 mmol/L NaCl + 10% PEG), 每个处理 3 次重复。每天统计发芽数目, 试验周期 15 d。

1.3 测定指标

测定萌发(出苗)率、萌发(出苗)指数、活力指数、胚根和胚芽长。

萌发(出苗)率 = $(n/N) \times 100\%$

式中: n 为供试种子中萌发(出苗)的种子数; N 为供试种子数。

收稿日期: 2018-12-17; 修回日期: 2019-04-23

基金项目: 内蒙古自治区饲用作物工程研究技术中心开放课题(MDK2018035)资助

作者简介: 斯日古楞(1984-), 女, 内蒙古通辽人, 讲师, 研究方向为牧草种质资源利用与育种。

E-mail: sirinmg@163.com

萌发(出苗)指数= $\Sigma(Gt/Dt)$
式中: Gt 为供试种子中与 Dt 相对应每天萌发(出苗)的种子数; Dt 为萌发天数。

活力指数= $Gi \times Sx$
式中: Gi 为萌发指数; Sx 为根平均长度^[6]
胚根和胚芽长的测定是从每个处理的花盆内随机取 20 个正常生长的幼苗用直尺进行胚根和胚芽长的测量,不够 20 株的全部测量,取平均值^[7]。

1.4 数据处理

1.4.1 各项指标 耐盐系数=盐处理值/对照值;耐旱系数=PEG 处理值/对照值;交互作用影响系数=交互处理值/对照值。
1.4.2 不同处理下的隶属函数评价 采用模糊数学中隶属法进行综合评价。按照公式 $F_{ij} = (X_{ij} - X_{jmin}) / (X_{jmax} - X_{jmin})$,计算各品种每个指标在各种处理时的隶属值。
式中: F_{ij} 为 i 品种 j 性状指标测定的具体隶属值, X_{ij} 为 i 品种 j 性状的萌发指数值, X_{jmin} 和 X_{jmax} 分别为所有品种的 j 性状中萌发指数值的最小、最大值;最大

值取 1,最小值取 0。求出各品种每个性状指标在所有处理下的平均值,计算各品种 5 个性状指标的平均值,即该品种的具体隶属度。然后用隶属度大小进行排序。

1.4.3 数据处理 采用 DPS 15.0 统计分析软件进行方差分析,样本间的差异显著性用 Duncan 检验。

2 结果与分析

2.1 NaCl 处理对不同品种种子萌发的影响

不同藪草杂交后代之间,发芽率、发芽指数、根长、芽长、活力指数的耐盐系数变异范围较大,用单一指标判断各材料的耐盐性,其结果并不完全一致。从根长和芽长分析,YC11101 的耐盐系数最大,YC11002 和 YC10902 的耐盐系数较小;活力指数,YC108 的耐盐系数最大;YC11101 的发芽率耐盐系数最高;YC108 的发芽指数耐盐系数最高。因为单个指标对萌发的影响评价并不完全,所以利用隶属函数对其进行综合评价,以隶属度排序其耐盐性为:YC108> YC10902> YC11101>YC11002(表 1)。

表 1 NaCl 处理下的各项指标耐盐系数及隶属度

Table 1 Different salt tolerance indexes and membership degrees of <i>Phalaris arundinacea</i> L. hybrid under NaCl treatment						
品种编号	发芽率	发芽指数	根长	芽长	活力指数	隶属度
YC10902	0.33 ^A	0.41 ^A	0.67 ^A	0.28 ^A	0.01 ^A	0.50 ^A
YC11002	0.51 ^A	0.14 ^A	0.56 ^A	0.43 ^A	0.09 ^A	0.42 ^A
YC11101	0.97 ^B	0.12 ^A	0.93 ^A	0.67 ^A	0.05 ^A	0.43 ^A
YC108	0.55 ^A	0.70 ^B	0.71 ^A	0.61 ^A	0.12 ^B	0.75 ^B

注:同列不同大写字母表示同一指标下不同品种相比差异极显著($P<0.01$),下同

2.2 干旱处理对不同品种种子萌发的影响

在 PEG-600 模拟干旱处理下,5 个指标在耐旱系数上存在较大变异差异。从单一指标上分析,YC11101 在根长、芽长和发芽率的耐旱系数上均有最高值;从发芽

指数和活力指数的耐旱系数,YC108 最高;而 YC10902 的发芽率、芽长和活力指数的耐旱系数都最低,4 个品系没有极显著的差异。从耐旱隶属度排序为:YC108> YC11101> YC11002> YC10902(表 2)。

表 2 干旱处理下的各项指标耐旱系数

Table 2 Different drought tolerance indexes and membership degrees of <i>Phalaris arundinacea</i> L. hybrid under PEG treatment						
品种编号	发芽率	发芽指数	根长	芽长	活力指数	隶属度
YC10902	0.54 ^A	0.17 ^A	0.47 ^A	0.14 ^A	0.12 ^A	0.40 ^A
YC11002	0.55 ^A	0.14 ^A	0.82 ^B	0.71 ^B	0.13 ^A	0.49 ^A
YC11101	0.59 ^A	0.16 ^A	0.90 ^B	0.83 ^B	0.27 ^A	0.53 ^A
YC108	0.88 ^B	0.12 ^A	0.97 ^B	0.74 ^B	0.14 ^A	0.54 ^A

2.3 交互胁迫处理对不同品种种子萌发的影响

在盐和干旱交互处理下, YC11101 的根长、芽长和活力指数的耐胁迫系数最大, YC11002 的则最小; YC108 的发芽率耐盐胁迫系数最高, YC10902 的发芽率耐胁迫系数最低; YC11002 的发芽指数耐盐胁迫系数

最高, YC108 的发芽指数耐胁迫系数最低, YC11101 与其他 3 个品系有极显著的差异。因为单个指标对萌发的影响评价不完全, 所以利用隶属函数对其进行综合评价, 以隶属度排序其耐胁迫程度为: YC11101 > YC108 > YC10902 > YC11002 (表 3)。

表 3 交互胁迫处理下的耐盐旱系数及隶属度

Table 3 Different tolerance indexes and membership degrees of *Phalaris arundinacea* L. hybrid under interactive treatment

品种编号	发芽率	发芽指数	根长	芽长	活力指数	隶属度
YC10902	0.12 ^A	0.77 ^B	0.40 ^A	0.54 ^A	0.28 ^A	0.51 ^B
YC11002	0.17 ^A	0.95 ^B	0.36 ^A	0.35 ^A	0.22 ^A	0.29 ^A
YC11101	0.16 ^A	0.41 ^A	0.85 ^B	0.82 ^B	0.53 ^B	0.57 ^B
YC108	0.79 ^B	0.21 ^A	0.54 ^A	0.67 ^A	0.47 ^B	0.56 ^B

3 讨论

3.1 盐分对种子萌发的影响

盐胁迫对植物的影响涉及到植物生长发育的各方面, 包括种子萌发, 营养生长和生殖发育。试验中盐胁迫的不利影响不仅出现在藜草种子萌发初期, 在苗后生长期也有显著的影响。盐胁迫给植物带来渗透胁迫、离子毒害、营养元素的亏缺和氧化应激等危害^[8]。高盐浓度导致植物从土壤中吸收水分受到限制且在细胞壁积累的钠离子可迅速导致细胞死亡^[9]。离子毒害主要体现在生物化学反应中的 Na⁺ 和 K⁺ 置换以及 Na⁺ 和 Cl⁻ 结合引起的蛋白质构象变化。K⁺ 是代谢酶辅助因子, 也是 tRNA 与核糖体结合合成蛋白质所需的离子^[10-11], 如被 Na⁺ 取代, 不仅造成离子毒害和渗透胁迫, 导致植物代谢失衡, 更可造成氧化损伤^[12]。从而测定植物耐盐性的指标也与盐胁迫危害相关联。在植物种子萌发期主要测定发芽率、发芽指数、活力指数、根长和芽长等指标; 生长后期主要采用各个受胁迫部分中渗透调节物质、保护酶类系统和离子浓度等测定。王晓龙等^[13]对 5 种禾本科牧草种子萌发期及幼苗进行盐胁迫的试验, 从发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数、耐盐指数等方面对其进行了评价。赵明德等^[14]对青藏高原 4 种牧草的耐盐性评价试验中, 其渗透调节物质、保护酶系统和根长芽长等特征在处理前后都发生了显著的变化。辛慧慧等^[15]在评价披碱草属 3 种牧草的耐盐性时测定了与渗透胁迫调节相关的生理指标, 这些指标在处理前后也出现了显著的变化。陈彬等^[16]对 5 种禾本科牧草耐盐性的研究中, 采用测

定细胞保护酶类作为评价指标, 对 5 个品种做出了耐盐性强弱的排序。还有报道将上述这些指标做主成分分析, 将数个达到累计贡献率达 80% 以上的指标作为主成分进行重点研究和评价。试验材料在模拟盐胁迫下, 随处理时间的延长, 根长、芽长、发芽率等指标都有不同程度的变化, 根长有显著变化的是 YC11002, 芽长有显著变化的是 YC10902, 发芽率有显著变化的是 YC10902, 说明虽然盐胁迫浓度及时间都相同, 但是各个品系对盐胁迫的应答却不尽相同。盐胁迫主要限制品系 YC11002 的胚根延长, 而对品系 YC10902 的影响主要表现在限制胚芽的伸长, 而胚根在种子萌发过程中深入土壤中吸收水分及营养, 以供种子进一步的萌发; 胚芽伸出土壤后进行光合作用以维持新生机体所需的碳水化合物, 因此, 胚根和胚芽的生长受到限制后植株就难以继续存活。

3.2 干旱对种子萌发的影响

干旱在科尔沁地区作为牧草生产的主要限制因素之一, 不仅影响植物的生长发育, 还降低牧草的生产及再生, 甚至导致植物的死亡。植物对干旱胁迫的响应主要表现在形态结构的变化、水分亏缺、细胞膜系统受损、光合作用的变化、渗透调节物质的变化、抗氧化酶活性的变化以及植物激素类物质的变化等方面。对于种子萌发期的干旱危害主要表现在对种子发芽特征的影响, 降低发芽率和出苗整齐一致度。研究从根长、芽长、发芽率等指标分析, 品系 YC10902 是对干旱胁迫最敏感的材料, 其他 3 个品系根长、芽长和发芽率等指标也随着处理时间的延长有不同程度的下降。与其他学者研究结果相同, 姜生秀等^[17]对 2 种沙冬青种子进

行干旱胁迫后,其种子萌发率、发芽势、日相对发芽率受到不同程度的抑制,萌发进程推迟,胚芽长和胚根长也受到抑制,萌发种子含水量下降;谭春燕等^[18]利用相对发芽率、相对发芽势、种子抗旱指数、幼苗活力指数、幼苗活力抗旱指数、种子萌芽抗旱指数、储藏物质转运率等指标将 20 份春大豆材料分为强、弱、中 3 个耐干旱等级;李伟等^[19]利用 PEG-600 模拟干旱对小麦品种进行抗旱性评价,得出随着 PEG 浓度的提高 4 个小麦品种种子发芽势、发芽率、萌发抗旱指数、叶片长度均随 PEG 浓度增加而逐渐降低;程波等^[20]对内蒙古半干旱地区经常种植的 5 种苜蓿品种种子的抗旱性进行评价,结果表明不同渗透势的 PEG 溶液对 5 种紫花苜蓿种子的萌发均有抑制作用,且抑制效果随着渗透势的降低而增强。

3.3 交互作用对种子萌发的影响

大田生产中干旱和盐分影响往往同时存在,研究两者的交互作用对种子的萌发比研究单个因素对种子萌发的影响更具有科学意义。宗莉等^[21]在研究干旱、盐分和发芽温度对黑果枸杞种子萌发的影响研究中报道,在单因素干旱和盐分胁迫条件下 3 个因素对黑果枸杞种子的萌发有极显著的抑制作用,在干旱和盐交互处理中,对种子有显著的抑制作用,三者的影响程度大小排序为 PEG> NaCl> 温度。试验中单因素在发芽率、根长等方面有显著影响,而交互作用在发芽指数、活力指数方面有显著影响,而对于芽长,单因素和交互胁迫之间无显著差异。这说明干旱或者盐分胁迫在种子萌发的具体指标上具有更强的抑制作用。除了研究交互作用对种子萌发的指标外,学者们常利用一些生理生化指标来表示胁迫的影响。于振旭等^[22]在研究干旱和盐分交互胁迫对桑树部分生理生化指标的影响研究中发现干旱是影响桑树光合作用、蒸腾作用和 SOD 等生理生化性状的主导因子,而土壤盐分的影响作用不明显;但盐分与干旱交互胁迫,会加重对桑树渗透调节功能的影响。杨树德等^[23]也利用叶片相对含水量(RWC),膜脂过氧化产物(MDA)和抗氧化酶活力(SOD,POD,CAT)及渗透调节物含量(脯氨酸,可溶性蛋白)等指标来研究干旱和盐分交互胁迫作用对 16 种冬小麦品种的生理调节差异性。

4 结论

种子萌发不仅要具备自身的条件还需要适宜的环

境因素,而干旱和盐分等外部环境因素是常见的逆境条件。种子往往通过形态特征的变化或调节参与特定生理生化反应的物质来应对逆境,这些物质包括膜脂过氧化物、抗氧化酶和渗透调节物质。从单一处理的隶属度排序分析,YC108 品种(系)在盐和干旱单独胁迫情况下,均有较好的表现。在交互处理的隶属度综合评价下 YC11101 有最好的表现,YC108 仅次于 YC11101。除此之外,藎草种子萌发指数低与其种子具有休眠性也相关^[24],其次藎草无性繁殖能力较强,这也可能是影响其种子繁殖不利的因素。

参考文献:

- [1] 娜日苏,梁庆伟,杨秀芳,等. 13 个燕麦品种在科尔沁沙地的生产性能评价[J]. 黑龙江畜牧兽医,2018(1):136—141.
- [2] 张永亮,聂微微,任秀珍,等. 复盐胁迫下二种藎草 K^+ 、 Na^+ 吸收与运输的特点[J]. 中国草地学报,2010,32(3):28—32.
- [3] 张永亮,骆秀梅,张浩,等. 行距与氮肥对通草 1 号藎草生长特性的影响[J]. 中国草地学报,2014,36(1):44—48.
- [4] 骆秀梅,张永亮. 复盐胁迫对 2 种藎草苗期生长的影响[J]. 内蒙古民族大学学报(自然科学版),2011,26(5):538—540.
- [5] 姜 澜,张永亮,扈延成. 施肥对苏打碱土胁迫下藎草生长与 Na^+ 、 K^+ 含量的影响[J]. 内蒙古民族大学学报(自然科学版),2016,31(2):126—132.
- [6] 郭晋梅,刘娟,董宽虎. PEG 胁迫对白羊草种子萌发的影响[J]. 中国草地学报,2015,37(2):58—62.
- [7] 王传旗,徐雅梅,梁莎,等. 西藏野生老芒麦种子萌发对温度和水分的响应[J]. 作物杂志,2017(6):165—169.
- [8] 杨冬爽. 基于代谢组学的野大豆耐盐机制研究[D]. 长春:东北师范大学,2017:2—6.
- [9] 杜莉莉,於丙军. 栽培大豆和滩涂野大豆及其杂交后代耐盐性、农艺性状与籽粒品质分析[J]. 中国油料作物学报,2010,32(1):77—82.
- [10] 杨光宇,王洋,马晓萍,等. 野生大豆种质资源评价与利用研究进展[J]. 吉林农业科学,2005,30(2):61—63.
- [11] 高运来,姚丙晨,刘春燕,等. 黑龙江省主栽大豆品种遗传多样性的 SSR 分析[J]. 植物学报,2009,44(5):556—561.
- [12] 李娜娜,张煜,王俊峰,等. 栽培大豆种质资源耐盐性的研究进展[J]. 中国农学通报,2011,27(27):6—11.
- [13] 王晓龙,李红,闫利军,等. 5 种禾本科牧草种子萌发及幼苗耐盐性鉴定[J]. 种子,2016,35(8):27—31.

- [14] 赵明德,刘攀,杨冲,等.盐胁迫对青藏高原多年生牧草幼苗生理指标的影响[J].生态科学,2018,37(3):123—130.
- [15] 辛慧慧,王慧君,蔡云.盐胁迫对披碱草属 3 种牧草幼苗生理指标的影响[J].新疆畜牧业,2017,(6):29—31.
- [16] 陈彬,秦楚,张喜斌.盐胁迫下五种禾本科牧草幼苗生理生化变化研究[J].2016,57(11):11—13.
- [17] 姜生秀,严子柱,吴昊.PEG-6000 模拟干旱胁迫对 2 种沙冬青种子萌发的影响[J].西北林学院学报,2018,33(5):130—136.
- [18] 谭春燕,陈佳琴,朱星陶,等.干旱胁迫下 20 份春大豆材料的种子活力及抗旱性评价[J].种子,2018,37(7):75—77.
- [19] 李伟,闫文利,刘旭,等.干旱胁迫对 4 份小麦品种种子萌发及幼苗形态的影响[J].农业科技通讯,2018(7):119—122.
- [20] 程波,胡生荣,高永,等.模拟干旱胁迫下 5 种紫花苜蓿萌发期抗旱性的评估[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2019,47(1):56—58.
- [21] 宗莉,甘霖,康玉茹,等.盐分、干旱及其交互胁迫对黑果枸杞发芽的影响[J].干旱区研究,2015,32(3):499—503.
- [22] 于振旭,王延平,王华田,等.干旱和盐分交互胁迫对桑树部分生理生化性状的影响[J].蚕业科学,2014,40(6):0987—0994.
- [23] 杨树德,周瑞莲,左进城,等.不同冬小麦对盐处理和干旱胁迫交互作用响应的差异性分析[J].中国沙漠,2012,32(4):948—954.
- [24] 斯日古楞,王明玖,刘雪骄,等.2 个品种藜草种子破眠方法的比较[J].东北林业大学学报(自然科学版),2014,42(5):47—51.

Effect of salt and drought on seed germination of *Phalaris arundinacea* L. hybrid

Siriguleng, ZHANG Yu-xia, HAN Xue-mei, TIAN Tian,
WANG Hong-peng, HU Jie

(School of Agronomy, Inner Mongolia University for Nationalities, Tongliao 024800, China)

Abstract: For breeding new varieties suitable for planting in Horqin area, we analyzed the salt and drought stress affection on four varieties (YC10902, YC11101, YC11002 and YC108) of *Phalaris arundinacea* L. seed germination and late period. Relative germination rate, relative germination index, relative vigor index and plumule and radicle length were comprehensively evaluated by using 100 mmol/L NaCl to simulate salt stress, 10% PEG-600 to simulate drought stress and interactive treatment. The results showed that salt stress not only occurred in seed early germination but also in late seedling period; The drought stress mainly occurred in the late seedling growth. The most significant effect of interaction stress was occurred in the late seedling period, especially in limited the growth of the radicle. Under single treatment of drought and salt, YC108 got the optimal performance, while, under drought and salt interactive treatment YC11101 got the optimal performance followed by the YC108. Therefore, YC108 and YC11101 strains are considered to have good planting potential in Horqin region.

Key words: *Phalaris arundinacea* L. hybrid; salt and drought stress; seed germination