

NaCl胁迫对野生苜蓿种子萌发特性的影响

梁维维, 张荟荟, 贾纳提, 朱昊, 李莉

(新疆畜牧科学院草业研究所, 新疆 乌鲁木齐 830000)

摘要:以2种野生牧草杂花苜蓿(*Medicago varia*)和黄花苜蓿(*M. falcata*)为试验材料,测定了NaCl浓度0、50、100、150、200 mmol/L处理下种子的发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数和苗长、胚根长等萌发指标,分析2种野生牧草种子萌发期耐盐性变化规律。结果表明:1)NaCl胁迫对2种野生苜蓿种子发芽都产生了抑制作用,高浓度NaCl胁迫对黄花苜蓿发芽率影响大,且高浓度下黄花苜蓿的发芽率高于杂花苜蓿。2)NaCl浓度为0~50 mmol/L时黄花苜蓿的发芽势低于杂花苜蓿,100~200 mmol/L时高于杂花苜蓿。3)杂花苜蓿和黄花苜蓿种子发芽指数在100 mmol/L时均较对照下降50%。对照活力指数黄花苜蓿种子是杂花苜蓿种子的2倍。4)2种野生苜蓿种子在NaCl胁迫下胚芽长和胚根长表现出不同的下降规律,NaCl胁迫对黄花苜蓿胚芽长度下降较杂花苜蓿大,但杂花苜蓿的胚根长下降较黄花苜蓿大。利用隶属函数对2种野生牧草萌发期各指标综合评价得出:黄花苜蓿的耐盐性较杂花苜蓿强,可用于盐渍化土壤的建植。

关键词:黄花苜蓿;杂花苜蓿;NaCl胁迫;萌发指标

中图分类号:S541 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2021)06-0105-06

DOI: 10.13817/j.cnki.cyyep.2021.06.015



土壤盐碱化,是世界性的生态和资源问题^[1],目前受到盐渍化威胁的全球耕地面积约为 9.5×10^8 hm²^[2],新疆位于我国西部地区,受封闭内陆盆地和干旱气候的影响,光照较长且昼夜温差较大,也成为了我国盐渍化土地较为集中的分布区之一^[3],土壤盐碱化问题已经成为新疆农牧业开发和持续发展的重大限制条件和障碍因素^[4]。土壤中盐浓度过高致使植物从土壤中吸收水分受到限制,造成植物生理干旱和营养亏

缺,抑制植物生长^[5-7]。苜蓿属植物是世界上种植面积较大的豆科牧草,是中等耐盐碱植物,在中度或轻度盐碱土壤中生长良好,苜蓿对盐渍化草地畜牧业的发展、盐碱土的改良和利用有着重要的作用^[8]。

苜蓿耐盐性的研究国内外大多集中在紫花苜蓿上,而关于黄花苜蓿和杂花苜蓿的耐盐性研究鲜有报道。大量研究证明黄花苜蓿具有许多紫花苜蓿所不具备的优良性状,是苜蓿属牧草育种和品种改良的重要基因源^[9]。秦峰梅^[10]研究结果表明黄花苜蓿在发芽百分数和发芽指数上比紫花苜蓿表现出更好的优势,具有更高的耐盐潜力。杂花苜蓿是紫花苜蓿与黄花苜蓿杂交种,它既有紫花苜蓿产量高、草质优、再生快、长势好的优点,又有黄花苜蓿抗寒、抗旱、抗逆性好的特点^[11]。近年来随着国家对野生牧草种质资源的重视,野生牧草种质资源收集数量急剧增加,在生态环境治理中表现出较强的适应性,被广泛应用于生态修复、环境保护方面。面对当前土壤盐碱化、新疆南疆地区饲草料紧缺等问题,新疆作为全国5大牧区之一,如何实现畜牧业更好地发展,挖掘适宜于当地气候条件的耐盐牧草品种是其中一项重要举措。

收稿日期:2020-09-23; **修回日期:**2021-04-14

基金项目:新疆特色牧草种质资源创新实验室(XJLY 18HW031);外源物质对氯化钠胁迫下野生牧草种子萌发及幼苗的抗性影响(2021D01A57);新疆典型牧草种质评价及枯草芽孢杆菌GB03、宏条形码技术在该体系中的应用(KY2020006)

作者简介:梁维维(1984-),女,硕士,高级实验师,主要从事牧草遗传育种工作。

E-mail:315221602@qq.com

贾纳提为通信作者。

E-mail:caoyuanjia@126.com

本研究对 2 份新疆野生苜蓿种质资源野生黄花苜蓿、野生杂花苜蓿进行种子萌发期和幼苗期耐盐能力的鉴定和评价,旨在了解 2 份野生苜蓿种质的耐盐状况,为今后新疆苜蓿种质资源的保护、生态修复利用和耐盐苜蓿品种选育提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

野生黄花苜蓿(*MedicagoM. falcata*)和野生杂花苜蓿(*M. varia*)种子来源于新疆畜牧科学院草业研究所新疆特色牧草种质资源创新实验室。野生黄花苜蓿 2018 年采自新疆玛纳斯县蝗虫鼠害预测预报防治中心试验基地, E 86°13′01.39″, N 43°90′51.58″, 海拔 1 343.11 m, 草地类型为荒漠草原。野生杂花苜蓿 2018 年采自新源县铁勒喀拉牧业村宏尔东, 海拔 920 m, E 83°26′11.79″, N 43°26′35.12″, 草地类型为低地草甸。

1.2 试验方法

试验于 2018 年 12 月进行,从试验材料中分别挑选籽粒饱满的种子 100 粒,砂纸打磨后置于边长 10 cm 的发芽盒中,铺设 2 层滤纸作为发芽床。将 5 mL 浓度为 0(CK)、50、100、150、200 mmol/L 的 NaCl 溶液分别注入发芽盒中,PE 封口膜密封,每处理重复 3 次。为了使 NaCl 溶液浓度在试验设计范围之内,每日称重补充蒸馏水并记录发芽数。将发芽盒放入相对湿度 60%,恒温 25 ℃ 的培养箱中,每 24 h 统计种子发芽数,以可见胚根突破种皮 2 mm 为发芽标准。连续记录 14 d 后,计算发芽率、发芽势和发芽指数。萌发结束测量苗长、胚根长、干重和鲜重。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 发芽指标测定 从培养的第 1 d 开始,每天观察并记录发芽种子的数量,至第 14 d 结束。萌发指标计算公式如下:

$$\text{发芽率} = (\text{试验种子萌发个数} / \text{待测种子总数}) \times 100\%$$

$$\text{发芽势} = (14 \text{ d 内发芽种子数} / \text{待测种子数}) \times 100\%$$

$$\text{发芽指数} = \sum(\text{第 } t \text{ 天种子萌发个数} / \text{相应的萌发天数 } t)$$

$$\text{活力指数} = \text{发芽指数} \times \text{幼苗生长势}$$

式中:幼苗生长势用萌发后幼苗平均长度表示。

1.3.2 生长指标测定 于萌发期结束从每个处理中随机选出 5 株幼苗,用直尺测量胚根长、苗长,用电子天平测量幼苗鲜重和干重,幼苗干重先 105 ℃ 烘 2 h 杀青,后 80 ℃ 烘至恒重。

1.3.3 抗旱性综合评价方法 采用隶属函数法对 2 种野生苜蓿耐盐性进行综合评价。

$$\text{隶属函数值 } X(\mu) = (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$$

式中: X 为 2 种野生苜蓿某一指标的测定值, X_{\min} 、 X_{\max} 为 2 种野生牧草某一指标均值的最小值和最大值。如果某一指标与抗性指标呈负相关,则可以通过反隶属函数计算其抗旱性隶属函数 $X(v) = 1 - (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$,最后将每种野生牧草各个指标的隶属值累加求其平均值。根据平均隶属函数值大小排序,平均值越大则抗旱性越强^[12-13]。

1.4 数据统计与分析

采用 Excel 2003 对数据进行整理并绘制柱状图,采用 SPSS 17.0 软件进行方差分析处理,通过隶属函数法对 2 种野生材料进行综合评比。

2 结果与分析

2.1 NaCl 胁迫下 2 种野生苜蓿种子的发芽率和发芽势的变化

随 NaCl 溶液浓度的不断升高,2 种野生苜蓿种子发芽率基本呈现下降趋势(图 1),表明不同 NaCl 浓度对 2 种野生苜蓿种子发芽都产生了抑制作用。杂花苜蓿的发芽率在 0~100 mmol/L NaCl 浓度时无显著差异($P > 0.05$),当 NaCl 浓度达到 150 mmol/L 时,发芽率显著下降($P < 0.05$),降至 15% 以下。黄花苜蓿的发芽率在不同浓度 NaCl 胁迫下变化较为缓慢。NaCl 浓度 0~100 mmol/L 杂花苜蓿发芽率都高于黄花苜蓿,但是在 150~200 mmol/L 浓度黄花苜蓿发芽率高于杂花苜蓿发芽率,表明在低浓度 NaCl(0~100 mmol/L)条件下杂花苜蓿的发芽率高于黄花苜蓿,高浓度 NaCl(15~200 mmol/L)条件下黄花苜蓿的发芽率比杂花苜蓿高。

发芽势与发芽率的变化规律相似,随着 NaCl 浓度的升高,发芽势呈现下降趋势(图 2)。NaCl 浓度在 0~50 mmol/L 时,杂花苜蓿和黄花苜蓿的发芽势无显著差异($P > 0.05$),NaCl 浓度为 50 和 100 mmol/L 时,杂花苜蓿和黄花苜蓿的发芽势均差异显著($P <$

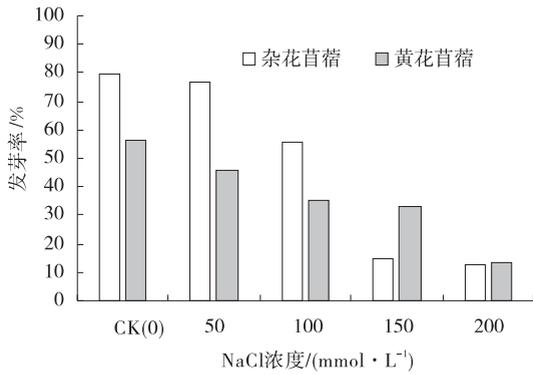


图 1 不同 NaCl 浓度下 2 种野生苜蓿种子的发芽率

Figure 1 Effects of different NaCl concentration on seed

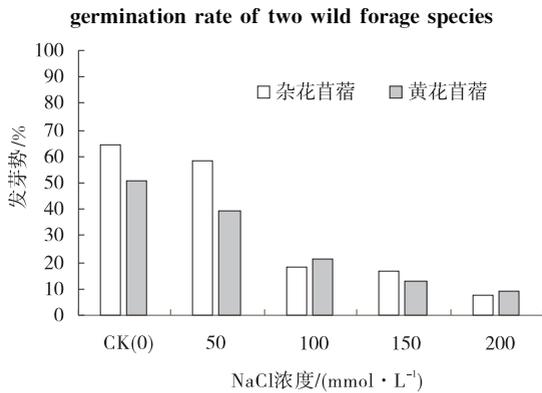


图 2 不同 NaCl 浓度下 2 种野生苜蓿种子的发芽势

Figure 2 Effects of NaCl concentration on seed germination

potential of two wild forage species

0.05), 杂花苜蓿从 58% 下降到 18%, 黄花苜蓿从 39.33% 下降到 21.33%。可以看出低浓度的 NaCl 胁迫对 2 种野生牧草种子的发芽势都产生了影响,但并不显著。当 NaCl 浓度达到 100 mmol/L 时, 2 种野生牧草种子发芽势都显著下降, 且杂花苜蓿对 NaCl 胁迫更为敏感。另外 0~50 mmol/L 时黄花苜蓿的发芽势低于杂花苜蓿, 在 100~200 mmol/L 时的发芽势高于杂花苜蓿, 说明黄花苜蓿比杂花苜蓿更耐 NaCl 胁迫。

2.2 NaCl 胁迫下 2 种野生苜蓿种子发芽指数及活力指数的变化

杂花苜蓿种子发芽指数在 NaCl 浓度 0 和 50 mmol/L 时差异不明显, 当 NaCl 浓度达到 100 mmol/L 时发芽指数显著降低 ($P < 0.05$), 此时的发芽指数较对照下降 50%。黄花苜蓿种子发芽指数在 NaCl 浓度 0 和 50 mmol/L 之间差异显著, 当 NaCl 浓度达到 100 mmol/L 时发芽指数较对照降低 50% (图 3)。

杂花苜蓿种子的活力指数变化趋势较为平缓, 黄花苜蓿种子的活力指数在 NaCl 浓度为 0~50 mmol/L

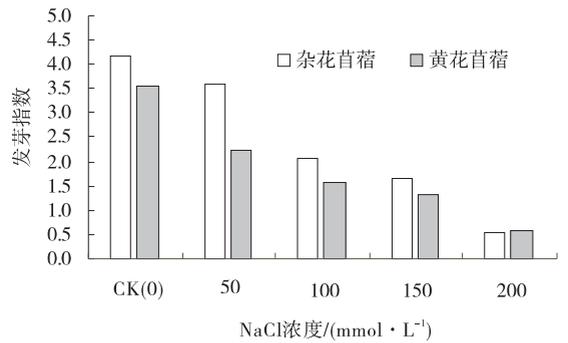


图 3 不同 NaCl 浓度下 2 种野生苜蓿种子的发芽指数

Fig. 3 Effects of different NaCl concentration on germination

index of two wild forage species

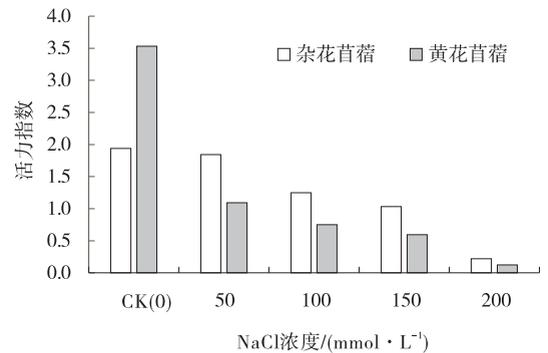


图 4 不同 NaCl 浓度下 2 种野生苜蓿种子的活力指数

Fig. 4 Effects of NaCl concentration on seed vigor index

of two wild forage species

时变化较大, 之后趋于平缓。对照种子活力指数黄花苜蓿是杂花苜蓿的 2 倍, NaCl 浓度为 50~200 mmol/L 时杂花苜蓿种子活力指数高于黄花苜蓿。黄花苜蓿种子活力指数在 0 mmol/L 时为 3.53, 50 mmol/L 时为 1.10, 比对照降低了 31.2% (图 4)。说明黄花苜蓿种子活力对 NaCl 胁迫的敏感性比杂花苜蓿更强。

2.3 NaCl 胁迫对 2 种野生苜蓿幼苗的影响

野生黄花苜蓿和杂花苜蓿的苗长和胚根长都随着 NaCl 浓度的增加而减少 (表 1)。黄花苜蓿种子的苗长在 0 和 50 mmol/L 时差异显著 ($P < 0.05$), 50、100、150、200 mmol/L 时的苗长比对照分别降低了 50.5%, 50.5%, 60.6%, 78.8%。杂花苜蓿苗长在 0~200 mmol/L 时变化均不显著, 在 50、100、150、200 mmol/L 时分别比对照降低了 4.92%, 16.4%, 24.6%, 29.5%。黄花苜蓿胚根长在 100~150 mmol/L 时差异显著 ($P < 0.05$), 其他浓度间差异不显著。50、100、150、200 mmol/L 时的胚根长比对照分别降低了 7.2%, 15.5%, 67.3%, 73.6%。杂花苜蓿的胚根长在

各浓度之间都差异显著($P < 0.05$), 50、100、150、200 mmol/L 处理的胚根长比对照分别降低了 38.9%, 49.5%, 72.6%, 81.1%。由此可以看出 NaCl 胁迫对胚根长的抑制作用大于苗长, 杂花苜蓿对盐浓度的敏感性较黄花苜蓿大。

2.4 NaCl 胁迫对 2 种野生苜蓿种子幼苗鲜重和干重的影响

2 种野生苜蓿种子幼苗鲜重、干重随着 NaCl 浓度的增加出现下降的趋势(表 2)。黄花苜蓿幼苗鲜重、干重表现为先升高后降低趋势, 分别在 50、100 mmol/L 时

达到最大值(0.147、0.008 3 g), 较对照分别增加了 24.6%、23.9%。杂花苜蓿幼苗鲜重、干重随着 NaCl 浓度的升高而降低, 50、100、150、200 mmol/L 浓度下鲜重较对照分别降低了 2.91%、15.53%、32.04%、52.43%, 干重较对照分别降低了 4.76%、20.63%、25.40%、31.75%。

2.5 2 种野生苜蓿种子萌发过程中的耐盐性评价

利用隶属函数对 2 种野生苜蓿种子的发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数、苗长、胚根长、鲜重、干重进行综合评价(表 3), 黄花苜蓿的耐盐性较杂花苜蓿强(表 3)。

表 1 NaCl 胁迫下 2 种野生牧草的幼苗长度

Table 1 Effects of salt stress on seedling length of two wild forage species

NaCl 浓度/ (mmol · L ⁻¹)	黄花苜蓿		杂花苜蓿	
	苗长/cm	胚根长/cm	苗长/cm	胚根长/cm
0(CK)	0.99 ± 0.28 ^a	4.13 ± 0.35 ^a	0.61 ± 0.02 ^a	4.75 ± 0.55 ^a
50	0.49 ± 0.06 ^b	3.83 ± 0.36 ^a	0.58 ± 0.09 ^a	2.90 ± 0.70 ^b
100	0.49 ± 0.07 ^b	3.49 ± 0.24 ^a	0.51 ± 0.09 ^a	2.40 ± 0.20 ^{bc}
150	0.39 ± 0.04 ^b	1.35 ± 0.14 ^b	0.46 ± 0.17 ^a	1.30 ± 0.53 ^{cd}
200	0.21 ± 0.06 ^b	1.09 ± 0.18 ^b	0.43 ± 0.01 ^a	0.90 ± 0.40 ^d

注: 同列不同小写字母表示同一植物不同 NaCl 浓度间差异显著($P < 0.05$), 下同

表 2 NaCl 胁迫下 2 种野生牧草幼苗的鲜重和干重

Table 2 Effects of salt stress on fresh and dry weight of seedlings of two wild forage species

NaCl 浓度/ (mmol · L ⁻¹)	黄花苜蓿		杂花苜蓿	
	鲜重/(g · 5 株 ⁻¹)	干重/(g · 5 株 ⁻¹)	鲜重/(g · 5 株 ⁻¹)	干重/(g · 5 株 ⁻¹)
0(CK)	0.118 ± 0.015 ^{ab}	0.006 7 ± 0.000 6 ^{ab}	0.103 ± 0.010 0 ^a	0.006 3 ± 0.001 5 ^a
50	0.147 ± 0.022 ^a	0.007 7 ± 0.001 5 ^{ab}	0.100 ± 0.009 1 ^a	0.006 0 ± 0.001 0 ^a
100	0.130 ± 0.022 ^{ab}	0.008 3 ± 0.001 5 ^a	0.087 ± 0.002 1 ^{a b}	0.005 0 ± 0.001 7 ^a
150	0.084 ± 0.018 ^b	0.005 3 ± 0.000 6 ^{bc}	0.070 ± 0.006 4 ^b	0.004 7 ± 0.000 6 ^a
200	0.076 ± 0.025 ^b	0.003 3 ± 0.000 6 ^c	0.049 ± 0.002 0 ^c	0.004 3 ± 0.000 6 ^a

注: 鲜重和干重均为 5 株幼苗总重

表 3 野生牧草各测定指标隶属函数综合评价

Table 3 The value of membership function and comprehensive evaluation of each determination index in two pasture species

材料	发芽率	发芽势	发芽指数	活力指数	苗长	胚根长	鲜重	干重	平均隶属值	排序
杂花苜蓿	0.526	0.446	0.512	0.322	0.392	0.402	0.334	0.392	0.41575	2
黄花苜蓿	0.364	0.336	0.362	0.322	0.39	0.488	0.634	0.592	0.436	1

3 讨论

种子萌发是植物生活史的关键环节, 种子萌发对荒漠地区植物的种群更新及植被恢复都具有重要意

义^[14]。发芽势和发芽率是检测种子生活力的重要指标, 通过种子发芽速度、整齐度、发芽数量和幼苗健壮的潜势反映出种子活力和抵御逆境胁迫的能力。不同植物在种子萌发时期的耐盐性变化趋势不同, 研究发现当 NaCl 浓度超过 50 mmol/L 和 0.6% 时, 会分别显

著抑制羊草种子^[15]和垂穗披碱草种子的发芽率^[16]。但也有研究表明,低浓度盐胁迫对波伐早熟禾种子^[17]、紫花苜蓿种子^[18]、结缕草种子^[19]的萌发有促进作用,同时随着盐浓度的增加会抑制种子的萌发。本试验结果显示,在NaCl胁迫下2种野生苜蓿种子发芽率、发芽势都呈现下降趋势,表明不同NaCl浓度对2种野生苜蓿种子发芽率都产生了抑制作用,但是在不同的胁迫浓度区间2种野生苜蓿的发芽率、发芽势不同,杂花苜蓿的发芽率在NaCl浓度为0~100 mmol/L、发芽势在0~50 mmol/L时都高于黄花苜蓿,黄花苜蓿的发芽率在NaCl浓度为150~200 mmol/L、发芽势为100~200 mmol/L时比杂花苜蓿高,表明轻度NaCl胁迫明显延长2种野生苜蓿种子萌发时间,且2种野生苜蓿种子萌发对NaCl胁迫的耐受能力不同,黄花苜蓿的耐受力大于杂花苜蓿。

发芽指数、活力指数是衡量种子活力的重要指标,数值越高说明种子的活力越高,萌发所需要的时间越短,幼苗越健壮,可以预示在自然状态下种子能够更快萌发出苗并建植生长^[20]。本研究结果表明随着NaCl浓度的增加2种野生苜蓿种子的发芽指数和活力指数都降低,当NaCl浓度达到100 mmol/L时黄花苜蓿和杂花苜蓿的发芽指数都较对照降低了50%,这与李源^[21]、张秀玲^[22]的研究结果基本一致。黄花苜蓿种子的活力指数在0~50 mmol/L之间变化较大,活力指数从3.53降至1.10,降低了31.2%,之后变化趋于平缓,杂花苜蓿种子活力指数变化一直较为平缓,这王晓航^[23]研究结果相一致。

盐分胁迫不仅对植物种子的萌发产生影响,而且也会抑制幼苗的生长。植物从种子转化到幼苗的过程中所需的物质及能量是由种子中贮藏的有机物提供,在种子萌发过程中幼苗长度、鲜重、干重等指标能体现出植物种苗转化状况^[19]。李海燕等^[24]研究表明盐分对胚根生长的影响大于胚芽,王景瑞等^[20]通过对4种一年生草本植物种子进行盐胁迫萌发试验表明,胚芽长、胚根长均随盐分胁迫的加剧呈递减趋势。本研究结果表明随着NaCl浓度的升高,2种野生苜蓿种子苗长、胚根长不断减小,且对胚根长的抑制作用大于苗长,同一浓度对比发现,杂花苜蓿对盐浓度的敏感性较黄花苜蓿大。2种野生苜蓿种子幼苗鲜重、干重随着NaCl浓度的增加总体表现为下降的趋势,黄花苜蓿幼苗鲜重、干重表现为先升高后降低趋势,杂花苜蓿幼苗

鲜重、干重则表现为降低趋势,这与何建军、杨志的研究结果相一致。

4 结论

1) 高浓度NaCl胁迫对野生黄花苜蓿发芽率影响大,但是高浓度下黄花苜蓿的发芽率高于杂花苜蓿。

2) 野生黄花苜蓿在低浓度(0~50 mmol/L)时发芽势低于野生杂花苜蓿,在高浓度(100~200 mmol/L)时发芽势高于野生杂花苜蓿,说明野生黄花苜蓿比杂花苜蓿更耐盐。

3) NaCl胁迫下野生黄花苜蓿种子发芽指数、活力指数与对照相比均显著降低。

4) 2种野生苜蓿种子在NaCl胁迫下胚芽长和胚根长表现出不同的下降规律,NaCl胁迫对野生黄花苜蓿胚芽长度影响较野生杂花苜蓿大,下降幅度也较大。在NaCl胁迫下野生杂花苜蓿的胚根长下降幅度较野生黄花苜蓿大。利用隶属函数对2种野生苜蓿萌发期各指标进行综合评价得出:野生黄花苜蓿的耐盐性较野生杂花苜蓿强,可用于盐渍化土壤的建植。

参考文献:

- [1] 傅家瑞. 种子生理[M]. 北京:农业出版社,1992:63—67.
- [2] 柴艳,孙宗玖,李培英,等. 新疆狗牙根种质芽期耐盐性综合评价[J]. 草业学报,2017,26(8):154—167.
- [3] 艾瓦努尔. 新疆水资源开发与生态环境保护建设初探[J]. 干旱环境监测,2001,3(1):43—47.
- [4] 寇云玲. 杂交榛耐盐碱性品种(系)筛选研究[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2013.
- [5] 倪星. 紫花苜蓿种质资源的耐盐性综合评价研究[D]. 银川:宁夏大学,2016.
- [6] Munns R. Comparative physiology of salt and water stress [J]. Plant Cell and Environment, 2002, 25(2): 239—250.
- [7] 余叔文,汤章成. 植物生理与分子生物学[M]. 北京:科学出版社,1998.
- [8] 谷振宏. 盐胁迫对不同苜蓿品种萌发的影响[J]. 河南农业,2016,27:41—43.
- [9] 王俊杰. 中国黄花苜蓿野生种质资源研究[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2008.
- [10] 秦峰梅,张红香,颜宏,等. 盐胁迫对黄花苜蓿发芽及幼苗生长的影响[J]. 草业学报,2010,19(4):71—78.
- [11] 刘荣霞. 杂花苜蓿杂种优势遗传分析[D]. 兰州:甘肃农业大学,2009.
- [12] 刘贵河,郭郁频,任永霞,等. PEG胁迫下5种牧草饲料作物种子萌发期的抗旱性研究[J]. 种子,2013,32(1):15

-19.

- [13] 程波,胡生荣,高永,等. PEG 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):53-59.
- [14] 曾彦军,王彦荣,萨仁,等. 几种旱生灌木种子萌发对干旱胁迫的响应[J]. 应用生态学报,2002,13(8):953-956.
- [15] 马红媛,梁正伟. 盐分、温度及其互作对羊草种子发芽率和幼苗生长的影响[J]. 生态学报,2008,28(10):4710-4717.
- [16] 张小娇,祁娟,曹文侠. 盐分、温度及其互作对垂穗披碱草种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 中国草地学报,2014,36(1):24-30.
- [17] 白小明,王靖婷,贺佳圆,等. 8 个野生早熟禾种子萌发期耐盐性研究[J]. 草地学报,2013,21(3):546-555.
- [18] 韩德梁,韩烈保,周晓静. 中苜 1 号紫花苜蓿耐盐性研究[J]. 种子,2008,27(6):1-4.
- [19] 张学勇,陈忠林,刘强,等. 盐胁迫对结缕草和高羊茅种子萌发的影响[J]. 种子,2012,31(9):4-7.
- [20] 寇江涛. 盐胁迫下紫花苜蓿种子萌发对外源 2,4-表油菜素内酯诱导的生理响应[J]. 草原与草坪,2020,40(5):8-14.
- [21] 李源,朱倩倩,许咏梅. NaCl 胁迫对几种典型耐盐经济作物种子萌发的影响[J]. 中国土壤与肥料. 2020,(2):226-231.
- [22] 张秀玲,李瑞利,石福臣. 盐胁迫对野大豆种子萌发特性的影响[J]. 种子,2007,26(8):21-23.
- [23] 王晓航,李海涛,宋宇鹏,等. 不同盐胁迫对泽泻种子萌发的影响[J]. 种子,2020,12(39):103-106.
- [24] 李海燕,丁雪梅,周婵,等. 盐胁迫对三种盐生禾草种子萌发及其胚生长的影响[J]. 草地学报,2004,12(1):45-50.

Comparative study on seed germination characteristics of two wild *Medicago* species under NaCl stress

LIANG Wei-wei, ZHANG Hui-hui, JIA Na-ti, ZHU Hao, LI Li

(Grass Industry Research Institute of Xinjiang Animal Science Academy, Urumqi 830000, China)

Abstract: This study studied seed germination and seedling growth of two *Medicago* species, *Medicago varia* and *M. falcate*, including seed germination rate, germination potential, germination index and vigor index, seedling length and radicle length under five NaCl concentrations (0, 50, 100, 150, and 200 mmol/L). The results showed that seed germination of both wild alfalfa species was inhibited by NaCl stress. Seed germination rate of *M. varia*, under low NaCl concentration was lower than that of *M. falcate*, while greater than *M. falcate* under high NaCl concentration. Seed germination potential of *M. falcate* was lower than that of *M. varia* L at 0 and 50 mmol/L NaCl, while was higher at 100, 150 and 200 mmol/L. Seed germination index of both *M. varia* and *M. falcate* decreased by 50% at 100 mmol/L compared with the control. Seed vigor index of *M. falcate* was twice higher than that of *Medicago varia* in the nil-NaCl control. Germ length and radicle length of two wild alfalfa seedlings showed different response to increasing NaCl stress. The germ length of *M. falcate* reduced more than that of *M. varia*, in response to NaCl stress. However, the radicle length of *M. varia* decreased more than that of *M. falcate*. *Medicago falcate* had better salt tolerance than *M. varia* based on the membership function for the comprehensive evaluation of the indicators at the germination stage. Therefore, *M. falcate* could be planted in saline soil.

Key words: *Medicago falcate*; *Medicago varia*; NaCl stress; germination index