

扁蓿豆和苜蓿种子萌发期抗旱性和耐盐性比较

鱼小军, 肖红, 徐长林, 景媛媛, 柴成燕

(甘肃农业大学草业学院/草业生态系统教育部重点实验室/中-美草地畜牧业可持续发展研究中心/甘肃省草业工程实验室, 兰州 730070)

摘要:为明晰扁蓿豆 [*Medicago ruthenica* (Linn.) Trautv.] 和苜蓿 (*Medicago varia* Martin.) 种子萌发期的抗旱性和耐盐性强弱, 以不同浓度的聚乙二醇 (PEG-6000) 和 NaCl 溶液模拟干旱和盐胁迫, 研究了不同程度干旱和盐浓度对采自甘肃景泰的扁蓿豆和苜蓿品种阿尔冈金 (*M. varia* Martin. cv. "Algonquin") 种子萌发和幼苗生长的影响。结果表明, 干旱胁迫和盐胁迫降低了扁蓿豆和苜蓿种子的发芽率、发芽指数、活力指数, 抑制了胚芽和胚根的生长。-0.3 ~ -0.9 MPa 和 -1.5 MPa 的 PEG 处理下苜蓿和扁蓿豆种子的相对发芽率间无显著差异, -1.2 MPa 的 PEG 胁迫下苜蓿种子的相对发芽率显著高于扁蓿豆。-0.3 ~ -1.2 MPa 的 PEG 胁迫下苜蓿种子的相对发芽指数均显著高于扁蓿豆, 其相对芽长无显著差异。NaCl 渗透势为 -0.9 ~ -1.5 MPa 时, 苜蓿种子的相对发芽率显著高于扁蓿豆; -0.3 ~ -1.2 MPa 的 NaCl 胁迫下苜蓿种子的相对发芽指数和相对活力指数均显著高于扁蓿豆。通过种子萌发期的相对发芽率、相对发芽指数、相对活力指数、相对胚根长和相对胚芽长 5 项指标, 应用隶属函数法对参试材料种子萌发期抗旱性和耐盐性进行综合评价的结果表明, 苜蓿品种阿尔冈金种子萌发期的抗旱性、耐盐性均强于来自景泰的扁蓿豆。此结果和人们以往对扁蓿豆和苜蓿的认识“扁蓿豆的抗旱性和耐盐性优于苜蓿”不一致。

关键词: 扁蓿豆; 苜蓿; 萌发期; NaCl; PEG; 隶属函数

Comparative Study on Drought Resistance and Salt Tolerance of *Medicago ruthenica* and *Medicago varia* at Seed Germination Period

YU Xiao-jun, XIAO Hong, XU Chang-lin, JING Yuan-yuan, CHAI Cheng-yan

(Pratacultural College, Gansu Agricultural University/Key Laboratory of Grassland Ecosystem of Ministry of Education/Sino-U. S. Centers for Grazing Land Ecosystem Sustainability, Lanzhou 730070)

Abstract: To clarify the drought resistance and salt tolerance of *Medicago varia* and *M. ruthenica* at seed germination period, the seed germination and seedling growth of *M. ruthenica* (collected from Jingtai) and *M. varia* (Algonquin) were studied by using different concentration of polyethylene glycol (PEG-6000) and NaCl solution to simulating drought and salt stress. The results showed that the both stress of NaCl and PEG decreased the germination percentage, germination index, vigor index of *M. ruthenica* and *M. varia* and inhibited the growth of plumule and radical. The differences of relative germination percentage between *M. varia* and *M. ruthenica* seeds were not significant under the PEG stress from -0.3 to -0.9 MPa and -1.5 MPa ($P > 0.05$), but the relative germination percentage of *M. varia* was significantly higher than that of *M. ruthenica* under -1.2 MPa ($P < 0.05$). The relative germination index of *M. varia* was significantly higher than that of *M. ruthenica* under PEG stress from -0.3 to -1.2 MPa, while the relative radical length were not significantly. The relative germination percentage of *M. varia* were significantly higher than that of *M. ruthenica* under the NaCl stress from -0.9 to -1.5 MPa, the relative germination index and relative vigor index of *M. varia* were significantly higher than that of *M. ruthenica* under the NaCl stress from -0.3 to -1.2 MPa. The comprehensive evaluation of the relative germination percentage, relative germination index, relative vigor index, relative plumule length and relative radical length of *M. ruthenica* (Jingtai) and *M. varia*

收稿日期: 2014-06-13 修回日期: 2014-08-28 网络出版日期: 2015-02-06

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20150206.1515.001.html>

基金项目: 甘肃省高校基本科研业务费资助

第一作者研究方向为牧草种质与草地生态。E-mail: yuxj@gsau.edu.cn

(Algonquin) was done by membership function method which indicated that the drought tolerance and salt tolerance of *M. varia* seed were stronger than that of *M. ruthenica*. This result is not consistent with past understanding of "drought resistance and salt resistance of *M. ruthenica* were stronger than that of *M. sativa* and *M. varia*".

Key words: *Medicago ruthenica*; *Medicago varia*; seed germination period; NaCl; PEG; membership function

由于全球气候变暖、降雨量减少,干旱和土壤盐渍化成为制约当前农业发展的主要问题^[1]。目前,我国干旱、半干旱面积约占国土面积的 52.5%,且在 1 亿 hm^2 耕地中有 667 万 hm^2 盐渍化土壤,另外还有 0.346 亿 hm^2 盐碱荒地^[2],挖掘作物本身的抗逆性能力,筛选培育抗旱、耐盐新品种是开发利用干旱、盐渍化土壤的最有效途径。扁蓿豆 [*Medicago ruthenica* (Linn.) Trautv.] 属豆科苜蓿属植物,又名花苜蓿、野苜蓿、扁豆子、扁豆草、网果葫芦巴等,广泛分布于我国北方的高山草原、典型草原和荒漠化草原;具有抗旱、耐寒、耐贫瘠、耐践踏等优点,是一种营养价值和产量较高的优良牧草,与苜蓿遗传关系相对较近,是苜蓿育种的优选亲本之一^[3-5]。苜蓿 (*Medicago varia* Martin.) 是世界分布最广的豆科牧草,也是我国种植面积最大的牧草^[6-7]。

种子萌发是植物生长周期的关键时期,幼苗期是植物一生中敏感、脆弱而又非常关键的时期,极易受外界各种环境因子的影响而产生不同的响应^[8-10]。多种环境因子包括水分、光照和土壤盐分影响着种子萌发、幼苗建植和生长^[11-12]。目前,关于扁蓿豆和苜蓿种子萌发期的研究主要集中在苜蓿种子萌发期抗旱性和耐盐性^[7,13-15],但主要以不同苜蓿品种间的比较或分布于内蒙古的不同野生扁蓿豆材料间的比较,关于扁蓿豆和苜蓿种子萌发期抗旱性和耐盐性强弱的比较研究未见报道。本试验研究了不同渗透势的聚乙二醇(PEG,分子量为 6000)和 NaCl 溶液胁迫下来自景泰的扁蓿豆和苜蓿品种阿尔冈金 (*M. varia* Martin. cv. Algonquin) 种子萌发期的抗旱性和耐盐性,旨在探索 PEG 胁迫和盐胁迫对扁蓿豆和苜蓿种子萌发和幼苗生长的影响,比较其抗旱性和耐盐性的强弱,为牧草种质资源的评价、开发利用和抗旱、耐盐新品种的选育提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试扁蓿豆种子选用采集于甘肃景泰的扁蓿豆,根据本课题前期的研究,该材料为直立型;苜蓿种子选用萌发期中度抗旱、耐盐的杂花苜蓿阿尔冈金 (Algonquin)^[7,9],购于甘肃兴陇草业有限公司。

1.2 试验方法

由于扁蓿豆种子硬实率很高,严重影响种子的萌发,试验前所有种子均用浓硫酸(98%)破除硬实,处理 15~20 min 后用流水冲洗 10 min,再用蒸馏水冲洗 2 次,挑选饱满、大小和色泽一致的种子以供萌发试验。利用 PEG-6000 配制成渗透势为 -0.3、-0.6、-0.9、-1.2 和 -1.5 MPa 的溶液^[16],利用 NaCl 配制成渗透势为 -0.3、-0.6、-0.9、-1.2 和 -1.5 MPa 的 NaCl 溶液^[17]。在培养皿(直径 12 cm)中铺双层滤纸下垫一层脱脂棉,分别加入上述浓度溶液 10 mL,对照组用蒸馏水,每个培养皿中均匀置入 50 粒种子,每处理 4 次重复。萌发条件为 20℃ 恒温,8 h 光照(光照强度为 1000 lx),16 h 黑暗。发芽以胚根露白为标准,每天定时记录种子发芽数^[18-19],并用电子天平称量补充因蒸发散失的水分。胁迫 5 d 后,每培养皿抽取 10 株幼苗测其根长和芽长;胁迫 9 d 后结束试验,计算发芽率、发芽指数。

发芽率 (%) = 发芽种子数 / 供试种子数 × 100;

相对发芽率 (%) = 处理浓度发芽数 / 对照发芽数 × 100;

发芽指数 (GI) = $\sum G_t / D_t$ (G_t 为第 t 天的发芽数, D_t 为相应的发芽天数);

相对发芽指数 = 处理浓度发芽指数 / 对照发芽指数;

活力指数 (VI) = $GI \times S$ (GI 为发芽指数; S 为一定时期内的幼苗长度,即根长和芽长之和);

相对活力指数 = 处理浓度活力指数 / 对照活力指数;

相对根长 = 处理浓度根长 / 对照根长;

相对芽长 = 处理浓度芽长 / 对照芽长^[20-22]。

1.3 耐旱性、耐盐性综合评价

应用隶属函数法对扁蓿豆和阿尔冈金苜蓿种子萌发期抗旱性和耐盐性进行综合评价。先利用公式 $X(\mu) = (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$ 计算每份材料的相对发芽率、相对发芽指数、相对活力指数、相对胚根长、相对胚芽长在不同 PEG 胁迫下的具体隶属函数值^[22]。式中, X 为参试植物某一抗旱指标的测定值, X_{\max} 和 X_{\min} 分别为所有材料中该指标的最大值和最小值,然后把每一指标在不同 PEG 胁迫下的隶属值累加求平均值,最后把每份材料各抗旱项指标隶属函数值累加求平均值,根据各材料平均隶

属函数值大小确定其抗旱性强弱,平均值越大,抗旱性越强;反之,抗旱性越弱。同理,利用扁蓿豆和阿尔冈金苜蓿种子萌发期的各耐盐性指标隶属值的大小评价其耐盐性强弱。

1.4 数据统计

所有数值均以平均值 ± 标准误表示,用 SPSS 18.0 统计软件进行差异显著性分析(LSD 法)。

2 结果与分析

2.1 PEG 胁迫对扁蓿豆和苜蓿阿尔冈金种子萌发和幼苗生长的影响

随着干旱胁迫的加剧,苜蓿阿尔冈金和扁蓿豆种子的相对发芽率呈下降趋势。-1.2 MPa 的 PEG 胁迫下苜蓿阿尔冈金种子的相对发芽率显著高于扁蓿豆($P < 0.05$)(表 1),-0.3 ~ -0.9 MPa 和 -1.5 MPa 的 PEG 处理下苜蓿阿尔冈金和扁蓿豆种子相对发芽率均无显著差异($P > 0.05$)。

-0.3 ~ -1.2 MPa 的 PEG 胁迫下苜蓿阿尔冈金种子的相对发芽指数均显著高于扁蓿豆($P < 0.05$),-1.5 MPa 的 PEG 胁迫下苜蓿阿尔冈金种子相对发芽指数与扁蓿豆无显著差异($P > 0.05$)。在 -0.3 MPa 和 -0.6 MPa 的 PEG 胁迫下苜蓿阿尔冈金种苗的相对活力指数显著高于扁蓿豆($P < 0.05$),当 PEG 渗透势为 -1.2 MPa 时,苜蓿阿尔冈

金和扁蓿豆种苗的相对活力指数均下降至 0.01。

-0.6 MPa 的 PEG 胁迫下苜蓿阿尔冈金幼苗的相对根长显著高于扁蓿豆($P < 0.05$),-0.3、-0.9 和 -1.2 MPa 的 PEG 胁迫下苜蓿阿尔冈金和扁蓿豆幼苗的相对根长均无显著性差异($P > 0.05$)。PEG 渗透势为 -0.3 MPa 时,扁蓿豆幼苗的相对根长显著高于 -0.6 ~ -1.2 MPa 的 PEG 胁迫下的相对根长($P < 0.05$),但在此胁迫下苜蓿阿尔冈金幼苗的相对根长与 -0.6 MPa 胁迫下的相对根长无显著性差异($P > 0.05$)。

-0.3 ~ -1.2 MPa 的 PEG 胁迫下苜蓿阿尔冈金与扁蓿豆幼苗的相对芽长均无显著性差异($P > 0.05$),-0.3 MPa 的 PEG 胁迫下苜蓿阿尔冈金与扁蓿豆幼苗的相对芽长均显著高于其他渗透势胁迫下的相对芽长($P < 0.05$)。

PEG 渗透势降低到 -1.5 MPa 时,苜蓿阿尔冈金和扁蓿豆幼苗的生长严重受到抑制,在 PEG 胁迫 5 d 时幼苗还未生长健全,故未测得芽长与根长。

2.2 扁蓿豆和苜蓿种子萌发期抗旱性综合评价

用模糊数学隶属函数法对扁蓿豆和苜蓿阿尔冈金种子的相对发芽率、相对发芽指数、相对活力指数、相对根长、相对芽长进行了综合评价,得到 2 种植物的隶属函数总平均值(表 2)。由表 2 可知,在种子萌发期,苜蓿阿尔冈金的抗旱隶属函数总平均

表 1 不同 PEG 渗透势胁迫下扁蓿豆和苜蓿阿尔冈金种子萌发期的各生长指标

Table 1 The growth index of *Medicago ruthenica* and *M. varia* (Algonquin) at seed germination period under different osmotic potential of PEG

指标 Index	种名 Species	PEG 渗透势 (MPa) Osmotic potential of PEG				
		-0.3	-0.6	-0.9	-1.2	-1.5
相对发芽率 (%) Relative germination percentage	苜蓿 <i>M. varia</i>	94.97 ± 1.51aA	86.93 ± 2.23aA	40.70 ± 1.90aB	26.13 ± 2.46aC	18.59 ± 6.53aC
	扁蓿豆 <i>M. ruthenica</i>	97.78 ± 3.74aA	72.78 ± 7.93aB	38.89 ± 6.38aC	16.67 ± 2.65bD	16.11 ± 1.06aD
相对发芽指数 Relative germination index	苜蓿 <i>M. varia</i>	0.83 ± 0.04aA	0.47 ± 0.02aB	0.14 ± 0.01aC	0.07 ± 0.01aCD	0.04 ± 0.02aD
	扁蓿豆 <i>M. ruthenica</i>	0.71 ± 0.03bA	0.30 ± 0.02bB	0.10 ± 0.02bC	0.04 ± 0.01bD	0.04 ± 0.01aD
相对活力指数 Relative vigor index	苜蓿 <i>M. varia</i>	0.57 ± 0.03aA	0.20 ± 0.03aB	0.04 ± 0.01aC	0.01 ± 0aC	-
	扁蓿豆 <i>M. ruthenica</i>	0.44 ± 0.01bA	0.12 ± 0.02bB	0.03 ± 0.01aC	0.01 ± 0aC	-
相对胚根长 Relative radicle length	苜蓿 <i>M. varia</i>	0.88 ± 0.07aA	0.72 ± 0.02aAB	0.57 ± 0.12aBC	0.41 ± 0.06aC	-
	扁蓿豆 <i>M. ruthenica</i>	0.74 ± 0.04aA	0.36 ± 0.07bB	0.35 ± 0.03aB	0.29 ± 0.01aB	-
相对胚芽长 Relative plumule length	苜蓿 <i>M. varia</i>	0.69 ± 0.02aA	0.43 ± 0.05aB	0.28 ± 0.03aC	0.19 ± 0.04aC	-
	扁蓿豆 <i>M. ruthenica</i>	0.61 ± 0.04aA	0.39 ± 0.08aB	0.25 ± 0.03aBC	0.18 ± 0aC	-

同列不同小写字母表示同一处理下扁蓿豆和紫花苜蓿间差异显著($P < 0.05$);同行不同大写字母表示同一材料在不同处理间差异显著($P < 0.05$);“-”表示幼苗未生长良好。下同

Different lower-case letters within the same column show significant different at 0.05 level between *Medicago ruthenica* and *M. varia* (Algonquin), while different capital within the same line show significant different at 0.05 level, “-” represent seedling didn’t grow well. The same as below

值明显高于扁蓿豆,表明苜蓿阿尔冈金种子萌发期的抗旱性强于扁蓿豆。

2.3 NaCl 胁迫对扁蓿豆和苜蓿阿尔冈金种子萌发和幼苗生长的影响

−0.3 MPa 的 NaCl 胁迫下,扁蓿豆种子的相对

发芽率高于苜蓿阿尔冈金(表 3),当 NaCl 渗透势为 −0.9 ~ −1.5 MPa 时,苜蓿阿尔冈金种子的相对发芽率显著高于扁蓿豆($P < 0.05$)。随着盐胁迫的加剧,扁蓿豆种子的相对发芽率迅速下降;当 NaCl 为 −1.5 MPa 时,扁蓿豆种子的相对发芽率为 0。

表 2 扁蓿豆和苜蓿阿尔冈金种子萌发期抗旱性各指标隶属函数值及综合评价值

Table 2 The value of subordinate function and comprehensive evaluation of the growth index of drought resistance of *Medicago ruthenica* and *M. varia* (Algonquin) seeds at germination period

种名 Species	隶属函数值 Value of subordinate function					平均隶属函数值	排序 Ranking
	相对发芽率	相对发芽指数	相对活力指数	相对胚根长	相对胚芽长		
苜蓿 <i>M. varia</i>	0.547	0.344	0.353	0.596	0.431	0.454	1
扁蓿豆 <i>M. ruthenica</i>	0.396	0.253	0.246	0.240	0.348	0.297	2

表 3 不同 NaCl 渗透势胁迫下扁蓿豆和苜蓿阿尔冈金种子萌发期的各生长指标

Table 3 The growth index of *Medicago ruthenica* and *M. varia* (Algonquin) at seed germination period of different osmotic potential of NaCl

指标 Index	种名 Species	NaCl 渗透势(MPa) Osmotic potential of PEG				
		−0.3	−0.6	−0.9	−1.2	−1.5
相对发芽率(%) Relative germination percentage	苜蓿 <i>M. varia</i>	96.48 ± 0.82aA	86.93 ± 2.51aAB	83.42 ± 6.17aB	49.75 ± 3.70aC	8.04 ± 2.84aD
	扁蓿豆 <i>M. ruthenica</i>	99.44 ± 2.92aA	81.67 ± 7.98aB	42.22 ± 3.85bC	33.33 ± 2.40bC	0bD
相对发芽指数 Relative germination index	苜蓿 <i>M. varia</i>	0.98 ± 0.08aA	0.54 ± 0.03aB	0.39 ± 0.02aC	0.18 ± 0.02aD	0.02 ± 0.01aE
	扁蓿豆 <i>M. ruthenica</i>	0.70 ± 0.01bA	0.36 ± 0.05bB	0.14 ± 0.01bC	0.09 ± 0bC	0bD
相对活力指数 Relative vigor index	苜蓿 <i>M. varia</i>	0.76 ± 0.06aA	0.31 ± 0.02aB	0.11 ± 0.01aC	0.02 ± 0aC	−
	扁蓿豆 <i>M. ruthenica</i>	0.44 ± 0.01bA	0.13 ± 0.01bB	0.04 ± 0bC	0.01 ± 0bC	0
相对胚根长 Relative radicle length	苜蓿 <i>M. varia</i>	0.78 ± 0.09aA	0.57 ± 0.03aB	0.42 ± 0.02aBC	0.29 ± 0.02aC	−
	扁蓿豆 <i>M. ruthenica</i>	0.74 ± 0.01aA	0.44 ± 0.01bB	0.22 ± 0.03bC	0.18 ± 0.01bC	0
相对胚芽长 Relative plumule length	苜蓿 <i>M. varia</i>	0.78 ± 0.02aA	0.57 ± 0.02aB	0.27 ± 0.02aC	0.13 ± 0bD	−
	扁蓿豆 <i>M. ruthenica</i>	0.62 ± 0.01bA	0.35 ± 0.03bB	0.25 ± 0.03aC	0.17 ± 0aD	0

−0.3 ~ −1.5 MPa 的 NaCl 胁迫下,苜蓿阿尔冈金种子的相对发芽指数均显著高于扁蓿豆($P < 0.05$);随着盐胁迫的加剧,苜蓿阿尔冈金和扁蓿豆种子的相对发芽指数均呈下降趋势,且扁蓿豆种子的下降比苜蓿阿尔冈金更迅速;当 NaCl 渗透势为 −1.5 MPa 时,扁蓿豆种子的相对发芽指数已下降至零。−0.3 ~ −1.2 MPa 的 NaCl 胁迫下苜蓿阿尔冈金种子的相对活力指数显著高于扁蓿豆($P < 0.05$)。

−0.3 MPa 的 NaCl 胁迫下,苜蓿阿尔冈金与扁蓿豆幼苗的相对根长无显著性差异($P > 0.05$), −0.6 ~ −1.2 MPa 的 NaCl 胁迫下,苜蓿阿尔冈金幼苗的相对根长均显著高于扁蓿豆($P < 0.05$)。

随着 NaCl 胁迫的加剧,苜蓿阿尔冈金和扁蓿豆幼苗的相对芽长均呈显著下降趋势($P < 0.05$), −0.3 MPa 和 −0.6 MPa NaCl 胁迫下苜蓿阿尔冈金

幼苗的相对芽长显著高于扁蓿豆($P < 0.05$); −1.2 MPa 的 NaCl 胁迫下,扁蓿豆幼苗的相对芽长显著高于苜蓿阿尔冈金($P < 0.05$)。

渗透势为 −1.5 MPa 的 NaCl 胁迫 5 d 后苜蓿阿尔冈金的幼苗还未生长良好,扁蓿豆种子的萌发也严重受到抑制,所以未测得该条件下的根长和芽长。

2.4 扁蓿豆和苜蓿种子萌发期耐盐性综合评价

采用模糊数学隶属函数法,对供试扁蓿豆和苜蓿阿尔冈金种子的相对发芽率、相对发芽指数、相对活力指数、相对根长和相对芽长进行隶属函数值计算,得出扁蓿豆和苜蓿阿尔冈金种子萌发期耐盐性隶属函数总平均值,对来自景泰的扁蓿豆和苜蓿阿尔冈金萌发期耐盐性进行综合评价。由表 4 可知,苜蓿阿尔冈金种子萌发期的综合耐盐性强于来自景泰的扁蓿豆。

表 4 扁蓿豆和苜蓿阿尔冈金种子萌发期耐盐性各指标隶属函数值及综合评价值
Table 4 The value of subordinate function and comprehensive evaluation of the growth index of salt tolerance of *Medicago ruthenica* and *M. varia* (Algonquin) seeds during germination period

种名 Species	隶属函数值 Value of subordinate function					平均隶属函数值	排序 Ranking
	相对发芽率	相对发芽指数	相对活力指数	相对胚根长	相对胚芽长		
苜蓿 <i>M. varia</i>	0.653	0.430	0.381	0.562	0.475	0.500	1
扁蓿豆 <i>M. ruthenica</i>	0.516	0.262	0.185	0.359	0.340	0.332	2

3 讨论

植物的抗逆性往往随生育期而异,植物在逆境中的定植决定于萌发条件和幼苗的抗逆性。牧草种子萌发和幼苗生长阶段对土壤水分和盐分的变化较敏感,随着牧草生长,抗旱、耐盐能力逐渐增强,所以种子萌发和幼苗阶段的抗逆性强弱是影响草地建植成败的关键^[23-24]。大量研究表明^[13-17,25-26],利用不同渗透势的聚乙二醇和 NaCl 溶液模拟干旱和盐胁迫来鉴定不同植物的抗旱性、耐盐性是一种比较可靠的方法。为准确比较扁蓿豆和苜蓿种子萌发期的抗旱和耐盐性,本试验以不同渗透势 PEG-6000 和 NaCl 溶液模拟干旱和盐胁迫对采自甘肃景泰的扁蓿豆和中度抗旱、耐盐的杂花苜蓿阿尔冈金种子萌发期的抗旱性、耐盐性进行了研究,研究结果显示, -0.3 ~ -1.2 MPa 的 PEG 胁迫下苜蓿阿尔冈金种子的相对发芽指数均显著高于扁蓿豆, -0.3 ~ -1.2 MPa 的 NaCl 胁迫下苜蓿阿尔冈金种子的相对发芽指数和相对活力指数均显著高于扁蓿豆,当胁迫 5 d 时, -1.5 MPa 的 PEG 胁迫下扁蓿豆和苜蓿阿尔冈金幼苗的生长严重受到抑制, -1.5 MPa 的 NaCl 胁迫下扁蓿豆的萌发已严重受到抑制。这些结果表明,萌发期的苜蓿阿尔冈金种子耐受的干旱和盐胁迫浓度均高于扁蓿豆。

干旱胁迫是水分渗透效应,而盐胁迫包括离子效应和渗透效应^[27-29]。本研究结果显示, -0.9 ~ -1.2 MPa 的 NaCl 胁迫下扁蓿豆和苜蓿阿尔冈金种子的相对发芽率均高于等渗透势 PEG 胁迫下的相对发芽率,但在 -1.5 MPa 的 PEG 和 NaCl 胁迫下,扁蓿豆和苜蓿的萌发均受到了严重的抑制,并且 NaCl 胁迫下的抑制更严重;相反, -0.9 ~ -1.2 MPa NaCl 胁迫下扁蓿豆和苜蓿阿尔冈金种苗的胚根生长均缓于等渗透势的 PEG 处理(表 1、表 3)。此结果与阎顺国等^[27]对星星草(*Puccinellia tenuiflora*)的研究结果一致。这可能由于无机盐小分子在水溶液中可以解离为相应的离子,渗透进入细胞,降低了细

胞水势,增加了种子对水分的吸收量,从而提高了种子的萌发能力。另外,盐胁迫有离子毒害作用,植物在盐胁迫后,质膜会发生一系列的协变,其透性、运输、离子流等都会受到影响而发生变化,从而损害膜的正常生理功能,进而影响细胞的代谢作用,使得细胞的生理功能受到不同程度的破坏^[27,30-31],最终使扁蓿豆和苜蓿阿尔冈金种苗胚根的生长受到抑制。

关于苜蓿属植物间种子萌发期的耐旱性和耐盐性已有相应的报道,赵丽丽等^[32]采用聚乙二醇溶液模拟干旱胁迫,以黄花苜蓿作对照,对扁蓿豆 4 个品系种子萌发期的抗旱性进行了研究,通过对种子相对发芽率、相对发芽势、相对发芽指数等综合分析,初步得出扁蓿豆 4 个品系的抗旱性高于黄花苜蓿(*Medicago falcate*)。张俊叶等^[33]以不同浓度的复盐(71% NaCl + 3% CaCl₂ + 4% MgSO₄ + 22% K₂SO₄)溶液对几种豆科牧草萌发期的耐盐性进行了比较,根据初萌时间、发芽率下降百分比、发芽指数、活力指数、平均发芽速度、相对发芽率、相对发芽势和耐盐指数 8 个指标,应用隶属函数法确定扁蓿豆苗期耐盐性强于黄花苜蓿,弱于中苜 3 号紫花苜蓿。史万光等^[34]以不同浓度的 NaCl 溶液对扁蓿豆 4 个品系种子萌发期的耐盐性进行了研究,以黄花苜蓿为对照,依据种子发芽率、相对发芽率、发芽势、活力指数和半致死浓度,得出扁蓿豆 4 个品系萌发期的耐盐性高于黄花苜蓿。本研究采用隶属函数法,利用相对发芽率、相对发芽指数、相对活力指数、相对胚根长、相对胚芽长共 5 个单项指标对来自甘肃景泰的扁蓿豆和苜蓿阿尔冈金萌发期耐旱性、耐盐性进行了综合评价,得出苜蓿阿尔冈金种子萌发期的抗旱性、耐盐性均强于扁蓿豆。

扁蓿豆在适应性和抗性方面优于苜蓿,如果将扁蓿豆与苜蓿杂交,有希望培育出在产量性状、品质性状方面比扁蓿豆高,而且抗逆性比苜蓿强的新种质、育种新材料和抗逆新品种^[7,35]。李鸿雁等^[35]以 6 种豆科牧草的成熟叶片为材料,采用石蜡制片法和光学显微技术测定了叶片上表皮厚度、叶片下表

皮厚度、叶片厚度、维管束直径、栅栏组织厚度、海绵组织厚度、栅海比、叶片栅栏组织结构紧密度和叶片海绵组织结构疏松度等抗旱相关的解剖结构特征参数,并进行统计分析和抗旱性综合评价,得出 6 种豆科牧草的综合抗旱能力表现为扁蓿豆 > 百脉根 > 黄花苜蓿 > 二色胡枝子 > 紫花苜蓿 > 野火球。很多文献^[5,35-36]指出,扁蓿豆在适应性、抗旱性和耐盐性方面优于紫花苜蓿。本研究结果表明,在萌发期中度抗旱、耐盐的苜蓿品种阿尔冈金,其萌发期的抗旱性和耐盐性,比来自甘肃景泰的扁蓿豆强。这一研究结果与“扁蓿豆的抗旱性和耐盐性优于苜蓿”^[36]的结论相反,因苜蓿和扁蓿豆有很多的品种或材料,要彻底比较研究清楚 2 个物种种子萌发期的抗旱、耐盐性强弱,是一项大的研究课题,需要进一步系统、深入的研究。一般来说,植物的抗旱性和耐盐性是一个复杂的现象,并随个体的发育阶段而变化^[37-38]。对本研究结果合理的解释可能是,在种子萌发期的抗旱性和耐盐性方面,供试苜蓿阿尔冈金优于扁蓿豆;生育期的后端,扁蓿豆的抗旱性和耐盐性优于苜蓿阿尔冈金。要证实这一点,还需要进行其他生育期扁蓿豆和苜蓿抗旱性和耐盐性强弱的比较研究。另外,扁蓿豆有很多野生居群,苜蓿有很多品种和材料,要证明扁蓿豆和苜蓿中的哪种种质更抗旱和耐盐,需要进行更多材料的参试比较研究。

参考文献

- [1] Yang J Y, Zheng W, Tian Y, et al. Effects of various mixed salt-alkaline stresses on growth, photosynthesis, and photosynthetic pigment concentrations of *Medicago ruthenica* seedlings [J]. *Photosynthetica*, 2011, 49: 275-284
- [2] 牛东玲, 王启基. 盐碱地治理研究进展[J]. *土壤通报*, 2002, 32(6): 449-455
- [3] 李小安. 低温吸胀对不同扁蓿豆种子发芽特性的影响[J]. *青海大学学报: 自然科学版*, 2011, 29(2): 62-64
- [4] 李志勇, 李鸿雁, 石凤翎, 等. 中国扁蓿豆遗传多样性的 ISSR 分析[J]. *植物遗传资源学报*, 2012, 13(1): 48-51, 56
- [5] 韩海波, 师文贵, 王晓娜, 等. 扁蓿豆野生资源形态特征研究[J]. *植物遗传资源学报*, 2011, 12(5): 721-726
- [6] 穆怀彬, 伏兵哲, 德英. PEG-6000 胁迫下 10 个苜蓿品种幼苗期抗旱性比较[J]. *草业科学*, 2011, 28(10): 1809-1814
- [7] 彭湖. 8 个紫花苜蓿品种的耐盐性研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2010
- [8] Miller T. Effects of emergence time on survival and growth in an early old-field plant community [J]. *Oecologia*, 1987, 72: 272-278
- [9] Omami E N, Haigh A M, Medd R W, et al. Changes in germinability, dormancy and viability of *Amaranthus retroflexus* as affected by depth and duration of burial[J]. *Weed Res*, 1999, 39: 345-354
- [10] 王桔红, 陈文, 张勇, 等. 贮藏条件对河西走廊四种旱生灌木种子萌发的影响[J]. *生态学杂志*, 2011, 30(3): 477-482
- [11] Baskin C C, Baskin J M. Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination [M]. San Diego: Academic Press, 1998: 399
- [12] 王桔红, 陈文, 马瑞君. 不同盐胁迫对唐古特白刺种子萌发和幼苗生长的影响[J]. *西北师范大学学报*, 2014, 50(1): 92-97
- [13] 伏兵哲, 兰剑, 李小伟, 等. PEG-6000 干旱胁迫对 16 个苜蓿品种种子萌发的影响[J]. *种子*, 2012, 31(4): 10-14
- [14] 肖红, 徐长林, 鱼小军, 等. 不同产地扁蓿豆种子萌发期抗旱性综合评价[J]. *干旱地区农业研究*, 2014, 32(5): 73-77, 265
- [15] 张建文, 徐长林, 鱼小军, 等. 9 个野生扁蓿豆种子萌发期耐盐性研究[J]. *中国草地学报*, 2014, 36(5): 83-88
- [16] Michel B E, Kaufmann M R. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000 [J]. *Plant Physiol*, 1973, 51: 914-916
- [17] 曾幼玲, 蔡忠贞, 马纪, 等. 盐分和水分胁迫对两种盐生植物盐爪爪和盐穗木种子萌发的影响[J]. *生态学杂志*, 2006, 25(9): 1014-1018
- [18] 宋松泉, 程红焱, 姜孝成. 种子生物学[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 96
- [19] 鱼小军. 草类植物种子实验技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2013: 56
- [20] 宋松泉, 程红焱, 龙春林, 等. 种子生物学研究指南[M]. 北京: 科学出版社, 2005: 57
- [21] 姚晓华, 吴昆仑. PEG 预处理对青稞种子萌发、幼苗生长和抗旱性的影响[J]. *中国农业大学学报*, 2013, 19(6): 80-87
- [22] 王兰芬, 武晶, 景蕊莲, 等. 绿豆种质资源芽期抗旱性鉴定[J]. *植物遗传资源学报*, 2014, 15(3): 498-503
- [23] 龚明, 刘友良, 丁念诚, 等. 大麦不同生育期的耐盐性差异[J]. *西北植物学报*, 1994, 14(1): 1-7
- [24] Tobel K, Zhong L P, Qiu G Y Y, et al. Characteristics of seed germination in five non-halophytic Chinese desert shrub species [J]. *J Arid Env*, 2001, 47: 191-201
- [25] 陈文, 马瑞君, 王桔红. 盐和 PEG 模拟干旱胁迫对沙米种子萌发及幼苗生长的影响[J]. *干旱地区农业研究*, 2012, 30(4): 114-119
- [26] 王俊娟, 叶武威, 王德龙, 等. PEG 胁迫条件下 41 份陆地棉种质资源萌发特性研究及其抗旱性综合评价[J]. *植物遗传资源学报*, 2011, 12(6): 840-846
- [27] 阎顺国, 沈禹颖. 生态因子对碱茅种子萌发期耐盐性影响的数量分析[J]. *植物生态学报*, 1996, 20(5): 414-422
- [28] Almansouri M, Kinet J M, Lutts S. Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) [J]. *Plant and Soil*, 2001, 231(2): 243-254
- [29] 卢艳敏, 苏长青, 李会芬. 不同盐胁迫对白三叶种子萌发及幼苗生长的影响[J]. *草业学报*, 2013, 22(4): 123-129
- [30] Levitt J. Response of plants to environmental stress [M], 2nd Ed. New York: Academic Press, 1980
- [31] 王晓栋, 石凤翎. 17 份红豆草种质材料种子萌发期耐盐性研究[J]. *种子*, 2008, 27(7): 38-41
- [32] 赵丽丽, 王照兰, 杜建材, 等. 扁蓿豆不同种质材料种子萌发期抗旱性比较[J]. *种子*, 2007, 26(12): 13-16
- [33] 张俊叶, 张力君, 赵青山, 等. 几种豆科牧草种子萌发期的耐盐性[J]. *中国草地学报*, 2012, 34(4): 116-120
- [34] 史万光, 王照兰, 杜建材, 等. 扁蓿豆不同品系种子发芽期耐盐性鉴定[J]. *中国草地学报*, 2008, 30(1): 40-44
- [35] 李鸿雁, 李志勇, 师文贵, 等. 6 种豆科牧草叶片解剖性状与抗旱性关系研究[J]. *西北植物学报*, 2010, 30(10): 1989-1994
- [36] 黄迎新, 周道玮, 岳秀泉, 等. 扁蓿豆研究进展[J]. *草业科学*, 2007, 24(12): 34-39
- [37] Demir I, Mavi K. Effect of salt and osmotic stresses on the germination of pepper seeds of different maturation stages [J]. *Braz Arch Biol Technol*, 2008, 51(5): 897-902
- [38] 陈新, 宋高原, 张原文, 等. PEG-6000 胁迫下裸燕麦萌发期抗旱性鉴定与评价[J]. *植物遗传资源学报*, 2014, 15(6): 1188-1195