

# NaCl 胁迫下苜蓿发芽期性状的相关性研究

高建明<sup>1</sup>, 桂枝<sup>1</sup>, 袁庆华<sup>2</sup>, 高俊杰<sup>1</sup>, 丛琳<sup>1</sup>

(1. 天津农学院 农学系 天津 300384; 2. 中国农业科学研究院 北京畜牧兽医研究所, 北京 100094)

**摘要:** 试验选用 20 个不同起源的苜蓿品种, 采用完全随机设计, 研究了 NaCl 胁迫下苜蓿发芽期苗重、胚芽重、胚根重、苗长、胚芽长、胚根长、发芽率及发芽势共 8 个性状间的相关性。结果表明: 按 8 个性状间的相关性, 可将其分为 3 类, 即发芽率性状(发芽率和发芽势)、重量性状(苗重、胚芽重和胚根重)及长度性状(苗长、胚芽长和胚根长)。其中, 3 类性状内部的各性状间大都存在较强的相关性; 而在 3 类指标之间, 仅有胚根重与根长和苗长存在相关性。因此, 任何一类(或一个性状都不能全面反映盐胁迫下苜蓿发芽期生长情况, 考虑到 8 个性状间的相关性和大批量筛选耐盐材料时试验操作的繁简程度, 选择发芽率、苗重和苗长作为评价指标较为合适。

**关键词:** 苜蓿; 氯化钠; 发芽期; 性状; 相关性

**中图分类号:** S 511<sup>+</sup>. 7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)04-0001-04

盐害是 21 世纪世界农业面临的重要难题<sup>[1]</sup>。目前, 我国约有盐碱地 667 万 hm<sup>2</sup>[2], 土壤盐渍化严重影响着农牧业生产。要解决这一问题, 除了土壤改良技术措施外, 选育抗盐(耐盐)的植物品种是一项具有长远经济效益的任务。紫花苜蓿(*Medicago sativa* L.)素有“牧草之王”的美誉, 具有耐旱、耐寒、耐瘠薄、适应性强、产量高、品质优、耐刈割、持久性好、经济效益高等特点<sup>[3]</sup>, 同时还可以调节土壤的酸碱性, 长期种植可促进土壤有机质、全氮在土壤表层的积累<sup>[4]</sup>, 是改良中轻度盐碱荒地的理想植物。因此, 有必要深入研究苜蓿的耐盐性, 加快苜蓿的耐盐育种进程。

Alkhatib 的研究表明紫花苜蓿在发芽期、苗期对盐比较敏感, 生长后期相对耐盐, 在早期进行耐盐筛选最为合适<sup>[5]</sup>。在对苜蓿芽期耐盐性进行评价时, 所用的评价指标有很多, 如: 发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数、成活率、胚根长、胚芽长、根长、鲜重, 以及膜透性、相对电导率的测定等<sup>[6-9]</sup>。其中, 使用最广泛的指标是发芽率和膜透性。同时, 生理生化指标也经常被用于耐盐性鉴定, 比如植株体内的含水量、脯氨酸含量、柠檬酸含量、有机酸含量、Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup> 含量和 Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> 等<sup>[10]</sup>。关于苜蓿发芽期耐盐性评价指标, 不同的研究有不同的结

论<sup>[11-12]</sup>。若材料的数目少, 可以选择尽可能多的指标, 以提高评价的准确性; 但是如果材料的数目很多, 对耐盐性鉴定指标的选择就应当遵循方法简单、经济的原则<sup>[13-14]</sup>。目前, 并没有研究提出用于苜蓿发芽期耐盐性评价的准确、简单、经济的指标或指标组合。

试验研究不同浓度的 NaCl 胁迫下苜蓿发芽期常见性状间的相关性, 进而选择较少的几个性状用于苜蓿发芽期耐盐性的评价, 为准确评价苜蓿发芽期耐盐性提供科学依据, 从而可减少筛选耐盐品种的工作量, 对苜蓿耐盐育种具有重要的意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

20 个苜蓿品种, 其中 10 个国外引进品种、4 个国内育成品种、6 个地方品种。苜蓿品种的来源详见表 1。

### 1.2 试验方法

NaCl 浓度设 0‰(CK)、2‰、4‰、6‰、8‰、10‰、12‰ 共 7 个水平。试验按照国际种子检验规程进行, 采用滤纸法, 即发芽床为滤纸。首先在 90 mm 玻璃培养皿平放 2 层 8.5 mm×8.5 mm 滤纸, 然后随机选取 50 粒种子, 均匀放置于滤纸上, 加入 6 mL 适当浓度的 NaCl 溶液或蒸馏水, 用 Parafilm 膜封口, 最后置恒温培养箱内, 25℃ 恒温培养 7 d。第 4 天统计发芽的种子数, 胚根至少在 2 mm 以上、有明显子叶的种子视为正常发芽。第 7 天再次统计发芽数, 并随机选取 10 株苗(不足 10 株的全部测定), 对苗重(W)、胚芽重(SW)、胚根重(RW)、苗长(L)、胚芽长(SL)、胚根长(RL)进行测定。发芽势和发芽率按下式计算: 发芽势(G)=(第 4 天正常发芽的粒数/培养皿中苜蓿种子总数)×100%。发芽率(V)=(第 7 天全部正常发芽的粒数/培养皿中苜蓿种子的总数)×

**第一作者简介:** 高建明(1971-), 男, 甘肃白银人, 博士, 副研究员, 现主要从事饲草作物育种方面的研究工作。

**通讯作者:** 桂枝(1973-), 女, 硕士, 副教授, 现从事环境生物学的教学工作。E-mail: anne.gui@eyou.com.

**基金项目:** 农业部科技计划资助项目(07-1); 天津农学院科学发展基金资助项目(D2008-002)。

**收稿日期:** 2009-11-20

100％。相对发芽率＝(发芽率/ 对照发芽率)× 100％。

2 次重复的平均值作为某一品种在一定 NaCl 浓度下的

试验为完全随机区组设计, 2 次重复, 所有性状均取

测定值。

表 1

不同苜蓿品种的产地和来源

Table 1

Habitat and origin of different alfalfa varieties

品种	起源地	种子来源	品种	起源地	种子来源	品种	起源地	种子来源
Cultivars	Crigin area	Source of seed	Cultivars	Crigin area	Source of seed	Cultivars	Cigin area	Source of seed
WL323	美国	C	奥兰加	新西兰	A	阳高	山西(地方)	A
飞马	美国	C	英国(3)	英国	A	紫花	内蒙(地方)	A
金皇后	美国	C	紫花	保加利亚	A	甘农 3 号	甘肃(育成)	B
101 号	美国	A	保定	河北(地方)	A	中苜 1 号	北京(育成)	A
阿尔冈金	加拿大	C	陇东	甘肃(地方)	B	公农一号	吉林(育成)	A
瓦洛	加拿大	A	新疆大叶	新疆(地方)	B	新牧 2 号	新疆(育成)	A
WL202 G3057	加拿大	A	渭南	陕西(地方)	A			

注 A-中国农业科学院北京畜牧兽医研究所; B-甘肃农业大学草业学院; C-北京克劳沃集团。

Note: A-Chinese Academy of Agricultural Sciences; B-Pratacultural College of Gansu Agricultural University; C-Beijing Clover Group.

1.3 数据处理

使用 SPSS11.5 对 20 个品种 8 个性状进行简单相

关分析和多 维尺度分析 (Multidimensional Scaling,

MDS)。其中,多维尺度分析使用程序 Multidimensional

Scaling (PROXSCAL), 并 使 用 Euclidean distance 和

Weighted Euclidean 尺度模型, 最后产生多维尺度空间匹

配图以显示性状间的关系。

表 2

不同盐浓度下各性状间的简单相关系数

Table 2

Simple correlation coefficient of different characters in different NaCl stress

NaCl 浓度 Concentration/ %	G-V	G-W	G-SW	G-RW	G-L	G-SL	G-RL	V-W	V-SW	V-RW
0	0.9776 **	0.2741	0.1402	0.3083	0.0998	0.0112	0.1386	0.2838	0.1854	0.2466
2	0.9727 **	—0.2180	—0.3363	0.0544	0.0172	—0.0676	0.0729	—0.3229	—0.3971	—0.0406
4	0.9824 **	—0.0893	—0.2564	0.1776	0.0889	—0.0880	0.1953	—0.0833	—0.2354	0.1607
6	0.9106 **	0.2058	—0.0453	0.4084	0.3447	0.1118	0.4207	0.2794	0.0273	0.4551
8	0.7187 **	0.1943	—0.0764	0.4552 *	0.3420	0.2438	0.3468	0.2682	0.1961	0.2434
10	0.8823 **	0.5017	0.1560	0.8143 **	0.6422 **	0.6484 **	0.5640 **	0.3550	0.0930	0.6029 **

续表 2

NaCl 浓度 Concentration/ %	V-L	V-SL	V-RL	W-SW	W-RW	W-L	W-SL	W-RL	SW-RW
0	0.0960	0.0368	0.1075	0.8726 **	0.4735 *	0.2148	0.2637	0.0604	—0.0171
2	—0.0558	—0.1151	—0.0006	0.7809 **	0.6633 **	<b>0.4693 *</b>	0.4084	0.4001	0.0506
4	0.1204	—0.0245	0.1998	0.8428 **	0.7005 **	<b>0.5727 **</b>	0.4008	0.5961 **	0.2064
6	0.3438	0.1825	0.3869	0.8416 **	0.7969 **	<b>0.5291 *</b>	0.4068	0.5374 *	0.3444
8	0.2404	0.3116	0.1635	0.8549 **	0.7493 **	<b>0.4598 *</b>	0.4510 *	0.3952	0.2971
10	0.3329	0.4352	0.2305	0.8943 **	0.7247 **	0.4002	0.3917	0.3593	0.3398

续表 2

NaCl 浓度 Concentration/ %	SW-L	SW-SL	SW-RL	RW-L	RW-SL	RW-RL	L-SL	L-RL	SL-RL
0	0.2517	0.4013	—0.0207	—0.0141	—0.1837	0.1610	0.7503 **	0.7549 **	0.1328
2	0.1270	0.3936	—0.0914	0.5982 **	0.1814	0.7491 **	0.7964 **	0.9045 **	0.4624 *
4	0.2857	0.3219	0.2139	0.6624 **	0.3019	0.8001 **	0.8549 **	0.9349 **	0.6150 **
6	0.1762	0.2175	0.1411	0.7227 **	<b>0.4639 *</b>	0.7762 **	0.8627 **	0.9725 **	0.7211 **
8	0.0515	0.2555	—0.0730	0.7806 **	<b>0.5058 *</b>	0.8207 **	0.8294 **	0.9475 **	0.6072 **
10	0.0801	0.1357	0.0361	0.7178 **	<b>0.6144 **</b>	0.6995 **	0.8846 **	0.9565 **	0.7101 **

注 \*表示显著( $P<0.05$ ), \*\*表示极显著( $P<0.01$ ).

Note: Significantly different at the 0.05( \*) and 0.01( \*\*) levels respectively.

2 结果与分析

因 NaCl 浓度为 12％时, 很多品种的 8 个性状没有

得到数据, 故在下文略去与 12％有关的数据和分析, 仅

对 NaCl 浓度在 0％~ 10％的结果进行统计分析。以

NaCl 浓度为自变量, 性状测定值为应变量按品种进行二

次曲线拟合, 结果所有品种所有性状的方程都达到了显

著( $P<0.05$ )或极显著水平( $P<0.01$ )(数据略), 表明所

有性状都受到了 NaCl 的胁迫, 且在高于某一浓度时, 随

NaCl 浓度的升高而降低。

2.1 简单相关

2.1.1 重量性状间的相关性 从表 2 可知, 在不同

NaCl 浓度时, 苗重与胚芽重的相关系数达到极显著水

平, 最小为 0.7809(0％), 最大为 0.8943(10％), 平均为

0.8479。这说明盐胁迫下苗重和胚芽重间存在强的相关

性。苗重与胚根重的相关系数在 NaCl 浓度为 0% 时达显著水平, 在其它浓度时均为极显著水平, 最大值为 0.7969(6%), 最小值仅为 0.4735(0%), 平均为 0.6847, 表明 NaCl 胁迫下苗重和胚根重间也存在相关性, 但程度略低于苗重与胚芽重间的相关性。而在不同的 NaCl 浓度下, 胚芽重和胚根重的均不显著, 说明 NaCl 胁迫下胚芽重和胚根重间不存在相关性。

2.1.2 长度性状间的相关性 在 6 个 NaCl 浓度下, 苗长和胚根长的相关系数最大为 0.9725(6%), 最小为 0.7549(0%), 平均为 0.9118, 且均达到极显著水平, 这说明 NaCl 胁迫下苗长和胚根长的相关性极强。同样, 在全部 6 个 NaCl 浓度下苗长和胚芽长的相关系数均达到极显著水平, 最大为 0.8846(10%), 最小为 0.7503(0%), 平均为 0.8297, 这说明 NaCl 胁迫下苗长和胚芽长的相关性强。胚芽长与胚根长间在 NaCl 浓度为 0% 时不显著, 在 2% 时显著, 其它浓度是均达极显著水平, 这说明在 NaCl 浓度较高时, 二者间存在相关性。

2.1.3 发芽势和发芽率的相关性 发芽率和发芽势的相关系数, 最大为 0.9824(4%), 最小为 0.7187(8%), 平均为 0.9074, 且 6 个 NaCl 浓度下二者的相关性均达到极显著水平。这说明 NaCl 胁迫下发芽率和发芽势的相关性极强。

2.1.4 重量性状与长度性状的相关性 3 个重量性状与 3 个长度性状间, 根重与总长在 NaCl 浓度为 0% 时相关系数不显著, 大于 0% 时均为极显著, 且平均为 0.6963, 表明在 NaCl 胁迫下两者性状间存在中等的相关性。根重与根长间相关性类似于根重与总长间。在 NaCl 浓度为 2%、4%、6% 和 8% 时, 苗重与苗长的相关系数达到显著或极显著水平, 但相关系数较小, 而 NaCl 浓度为 0% 和 10% 时不显著, 表明 NaCl 胁迫下两者间相关性不确定, 可能存在弱的相关性。类似的情况还出现在根重和苗长之间。在所有 NaCl 浓度下, 其它性状间相关系数大都不显著, 表明它们间不存在相关性。

2.1.5 重量、长度性状与发芽率和发芽势的相关性 由表 2 可知, 重量、长度性状与发芽率和发芽势间的相关系数只在个别 NaCl 浓度下才达到显著或极显著的水平, 这说明它们之间不存在相关性。

2.2 多维尺度分析

在不同盐浓度下的多维尺度空间匹配图(图略)与总的多维尺度空间匹配图(图 1)基本相似, 从总的多维尺度空间匹配图要看出, 8 个性状大致分为 3 个区域, 其所反映的性状间的相互关系与简单相关分析的结果极为相似。其中, 发芽率、发芽势集中于一个区域, 3 个长度性状集中于一个区域, 而 3 个重量性状则散布在一个较大的区域内。这表明发芽势、发芽率的相关性强, 苗长、根长和芽长 3 个性状的相关性强, 而苗重、胚芽重和

胚芽重的相关性则较弱。此外, 在 8 个性状中, 胚根重外于图的中心位置, 且与 3 个长度性状距离最近, 可能存在紧密的关系。

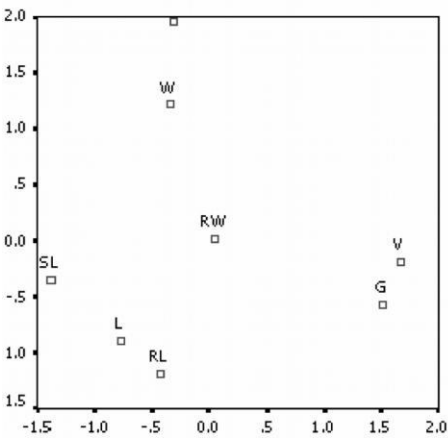


图 1 多维尺度空间匹配(Stress=0.0337, RSQ=0.9663)  
Fig. 1 Multidimensional scale space matching

3 讨论

多维尺度法是一种基于研究对象间的相似性将研究对象在一个低维的(一般小于等于二维)的空间形象地表示出来, 并进行聚类分析的图示法<sup>[9]</sup>。试验中采用多元尺度法所得到的各变量间的关系不仅与采用简单相关分析方法所得到的各变量的关系相一致, 而且在多维尺度空间匹配图中, 长度性状、重量性状以及发芽率和发芽势被清楚地被分为 3 组, 各变量间的相互关系也一目了然。

评价种子萌发期耐盐性时应该采用何种指标, 不同的研究人员有不同的看法。马春平等人认为幼苗重和幼苗高可作为鉴定苜蓿种子萌发期耐盐性的指标<sup>[9]</sup>, 韩清芳等<sup>[12]</sup>、张力君等<sup>[16]</sup>人认为应同时兼顾胚根和胚芽的生长情况。但是作为一个耐盐的品种或材料, 它在盐胁迫下的发芽率(或发芽势)也是不容忽视的。例如 Rumbaugh M D 等人就通过考察发芽率和发芽势评价了 761 个品种(材料)的芽期耐盐性<sup>[17]</sup>。试验对发芽率等 8 个性状的关系进行了研究, 结果发现 8 个指标被分为 3 类, 即发芽率性状(发芽率和发芽势)、重量性状(苗重、胚芽重和胚根重)及长度性状(苗长、胚芽长和胚根长)。其中, 3 类性状内部的各个性状间除苗重和根重外均相关, 且大都存在很强的相关性; 而在 3 类指标之间, 仅有胚根重与根长和苗长存在相关性。该试验中任何一类(或一个)指标都不能全面反映 3 类指标在 NaCl 胁迫下苜蓿发芽期生长情况, 只能从中至少各选一个指标来反映它们各自的变化情况, 考虑到试验中所发现的 8 个性状间的相关性和大批量筛选耐盐材料时试验操作的繁简程度, 选

择发芽率、苗重和苗长作为评价指标较为合适。

当苜蓿种子在盐碱条件下萌发时, 由于外界的渗透压较大, 胚根很难从外界吸取水分, 容易因生理干旱而死亡。因此, 根的生长应该是反映芽期耐盐性的重要指标之一。如 Muller D A 就认为根的生长应为评价苜蓿种子萌发期耐盐性的指标之一<sup>[18]</sup>。试验结果表明, 胚根重在多维尺度空间匹配图中处于中心位置, 但仅与根长和苗长存在相关性, 这表明是否可以将根的生长作为苜蓿萌发期耐盐性的评价指标之一, 还有待进一步的研究。

### 参考文献

[1] Flowers T J. Salinisation and horticultural production[J]. *Scientia Horticulturae*, 1999, 78: 1-4.  
[2] 李小峰, 王静, 刘亚丽. 浅层地下咸水的有效利用是胚根治天津市土地盐渍化的有效途径[J]. *海河水利*, 2001(增刊): 6-9.  
[3] 耿华珠, 吴永敷, 曹致中. 中国苜蓿[M]. 北京: 农业出版社, 1995: 1-10.  
[4] 张国盛, 黄高宝. 种植苜蓿对黄绵土表土理化性质的影响[J]. *草业学报*, 2003, 20(10): 39-41.  
[5] Al-khatib-M, Neneilly T, Collins J C. The potential of selection and breeding for improved salt tolerance in lucerne[J]. *Ephytica*, 1993, 65: 43-51.  
[6] Al-khatib-M, Neneilly T, Collins J C. Between and within culture variability in salt tolerance in Lucerne[J]. *Genetic Resources and Crop Evaluation*, 1994, 41: 159-164.

[7] Ben Chanbane A. Salt tolerance variability of wild alfalfa during germination[J]. *Investigation Agraria: production protection vegetables*, 1993, 8(1): 29-35.  
[8] 耿华珠. 苜蓿耐盐鉴定初报[J]. *中国草地*, 1990(2): 67-69.  
[9] 马春平, 崔国文. 10 个紫花苜蓿品种耐盐性的比较研究[J]. *种子*, 2006, 25(7): 50-53.  
[10] 王玉民, 刘艳芝, 王中伟, 等. 我国苜蓿耐盐性研究现状及评述[J]. *吉林农业科学*, 2005, 30(6): 47-49.  
[11] 刘卓, 徐安凯, 王志锋. 13 个苜蓿品种耐盐性的鉴定[J]. *草业科学*, 2008, 25(6): 51-55.  
[12] 韩清芳, 李崇巍, 贾志宽. 不同苜蓿品种种子萌发期耐盐性的研究[J]. *西北植物学报*, 2003, 23(4): 597-602.  
[13] 白玉娥, 易津, 谷安琳, 等. 八种胚根茎类禾草种子耐盐性研究[J]. *中国草地*, 2005, 27(3): 55-59.  
[14] 齐冰洁, 易津, 赖草属牧草种子及幼苗耐盐性生理基础的研究[J]. *干旱区资源与环境*, 2004, 15(增刊): 412-416.  
[15] 余锦华, 杨维权. 多元统计分析与应用[M]. 广州: 中山大学出版社, 2001.  
[16] 张力君, 易津, 于颖杰, 等. 偃麦草属 4 种牧草种子萌发的基本特性[J]. *内蒙古农牧学院学报*, 1995, 16(2): 68-73.  
[17] Rumbaugh M D, Pendery B M. Germination salt resistance of alfalfa (*Medicago sativa* L.) germplasm in relation to subspecies and centers of diversity[J]. *Plant and Soil*, 1990, 124: 47-51.  
[18] Muller D A. Germination and root growth of 4 osmoconditioned cool-season grasses[J]. *RangeManag*, 1996, 49: 117-120.

## Correlative Study of Characters of Alfalfa in Germination Period under the Salt Stress

GAO Jian-ming<sup>1</sup>, GUI Zhi<sup>1</sup>, YUAN Qing-hua<sup>2</sup>, GAO Jun-jie<sup>1</sup>, CONG Lin<sup>1</sup>

(1. Department of Agriculture, Tianjin Agricultural University, Tianjin 300384; 2. Institute of Animal Science of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100094)

**Abstract:** Using a completely randomized block design, 20 alfalfa varieties which had different origin were selected to study the correlations among 8 characters of germination period under the treatments with the different salt stress. These 8 characters included germination, germinating energy, seedling weight, shoot weight, root weight, seedling length, shoot length and root length. The results showed that 8 characters could be classified to 3 groups: the germination character (germination and germinating energy), the weight character (seedling weight, shoot weight and root weight), and the length character (seedling length, shoot length and root length). A great correlation was usually found between character pair belonged to the same group whereas among characters from the different groups, only two pairs, root weight / root length and root weight/ seedling length, showed correlations. In conclusion, any group or any characters can not represent the germinating situation of alfalfa seeds under the salt stress. Considering the correlations among 8 characters revealed by the study and the simplification of work, 3 characters, including germination, seedling weight and seedling length, are a good combination to be used to evaluate the resistance of alfalfa to salt in germination period.

**Key words:** alfalfa; NaCl; germination period; character; correlation