

酸、碱、盐胁迫下4种紫花苜蓿几项生理指标变化的比较研究

范可章¹, 朱茂英¹, 陈灵², 陈小红¹, 范海燕¹, 蔡健¹, 姜双林^{1*}

(1. 阜阳师范学院 生命科学学院, 安徽 阜阳 236041; 2. 阜阳市宁老庄高级职业中学, 安徽 阜阳 236036)

摘要: 为了解4种进口紫花苜蓿在逆境条件下幼苗生理响应特点,并比较其对逆境因子的敏感程度以推测其抗逆性,便于指导在我国的因地制宜种植,发挥最大生产性能,特进行比较试验研究。用H₂SO₄、NaOH、土壤浸出液分别配制pH为3、4、5、6、7、8、9、10、11、12的试剂;当pH为7时,用土壤浸出液配制NaCl浓度分别为0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%、0.6%的试剂;再配制pH分别为8、9、10、11、12,NaCl浓度分别相应为0.2%、0.3%、0.4%、0.5%、0.6%的试剂。分别种植4种苜蓿,检测生理指标,分析敏感性。结果:耐酸能力表现为:金皇后>飞马>阿尔冈金>维多利亚;耐碱能力表现为:飞马>阿尔冈金>金皇后>维多利亚;耐盐能力表现为:飞马>金皇后>阿尔冈金>维多利亚;耐盐碱能力表现为:飞马=阿尔冈金>金皇后>维多利亚。结论:根据4种紫花苜蓿的抗逆特点,分别选择合适的土壤种植。

关键词: 紫花苜蓿; 逆境胁迫; 生理响应; 比较研究

中图分类号: Q945 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2012)04-0516-06

Comparison of four alfalfa varieties' several physiological items change in reagents of the acid, alkali and salt

FAN Ke-Zhang¹, ZHU Mao-Ying¹, CHEN Ling², CHEN Xiao-Hong¹,
FAN Hai-Yan¹, CAI Jian¹, JIANG Shuang-Lin^{1*}

(1. School of Life Sciences, Fuyang Teachers College, Fuyang 236041, China;
2. Ninglaozhuang Vocational Senior High School, Fuyang 236036, China)

Abstract: The comparison test was set up to know the four foreign alfalfa varieties' physiology response under adversity conditions and confer their anti-intimidating traits according to their sensitivity to the adversity factors, and convenient for adjusting measures to local conditions and exerting its most productivity. Using vitriol and sodium hydroxide and lixivium from soil with different pH value reagents, the pH values were from 3 to 12, and there were ten steps altogether; when the pH value was 7 with different thickness of salt reagents, they were respectively 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.4%, 0.5% and 0.6%; once more, when the pH values were 8, 9, 10, 11, 12 respectively, with 0.2%, 0.3%, 0.4%, 0.5% and 0.6% salt thickness accordingly. Then four alfalfa varieties were planted, their physiology items were measured and to their sensitivity was analysed. The results showed that the character of acid-resistant: Gonden Empress > Grangeur > Algonquin > Victoria; the character of alkali-resistant: Grangeur > Algonquin > Gonden Empress > Victoria; the character of salt-resistant: Grangeur > Gonden Empress > Algonquin > Victoria; the character of

* 收稿日期: 2011-12-09 修回日期: 2012-03-09

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(31061160167); 安徽高校省级自然科学研究重点项目(KJ2010A209)[Supported by the National Natural Science Foundation of China(31061160167); Key Item of Anhui Provincial Natural Science Foundation of Higher Learning Institutions(KJ2010A209)]

作者简介: 范可章(1970-), 男, 安徽阜阳人, 硕士, 讲师, 从事生态学的教学与研究, (E-mail) fankezhang@126.com。

* 通讯作者: 姜双林, 男, 教授, 从事生态学教学与研究, (E-mail) JS28387@yahoo.com.cn。

salt and alkali-resistant; Grangeur=Algonquin>Gonden Empress>Victoria. Therefore, four alfalfa varieties should be plant them in different soil, according to their character of the anti-intimidating.

Key words: alfalfa varieties; reagent stress; physiological response; comparison research

酸雨已成为严重威胁世界环境的问题之一,并由原先只发生在欧洲和北美等工业发达国家,扩大到发展中国家(黄婷等,2007)。我国酸雨区主要位于长江以南,覆盖四川、贵州、广东、广西、湖南、湖北、安徽、江西、浙江、江苏和青岛等省市部分地区,以西南、华南地区较为突出,同时,酸雨区面积在近年来有大幅扩大的趋势(王文兴,1994)。另外,全世界有近三分之一的土地是盐碱地(Velagalite 等,1989),我国有 2 700 万公顷,主要分布在西北、华北和东北干旱和半干旱地区(中国老年报,2006)。如何减轻酸雨和盐碱地对农业生产的胁迫,使废弃地得到改良和合理利用,是当前农业生产所面临和急需解决的课题。培育和利用抗逆性强的作物是开发利用盐碱地和酸雨区的最直接最有效的途径(陈托兄等,2008;陆静梅等,1998)。近年来,我国各地种草养畜发展较快,农民把草当粮种,以草换肉,取得可观经济效益,成为当前农业产业结构调整的发展趋势,优质牧草养畜,可以提高畜禽产品的产量和质量(黄婷等,2007)。紫花苜蓿有“牧草之王”的美称,更因其属多年生深根植物,又能固土、固氮及改善土壤物理性状而受到极大青睐,当前选择一些抗逆性强,丰产性能好的苜蓿品种显得尤其重要(杨玉海等,2005;刘晓宏等,2001)。苗期是植物生长过程中对环境胁迫较为敏感的时期,对植物后期生长具有重要影响,研究苗期对逆境的生理响应,并寻找耐受性的方法,是建立人工草地、增加草地产量的重要途径(覃凤飞等,2010)。维多利亚、阿尔冈金、飞马和金皇后是我国引进的 4 种国外优质苜蓿,为了解其抗逆境胁迫的差异性,便于指导在我国不同地理区域选择种植,发挥其最大生产性能以服务于我国的畜牧业,特进行试验研究,从其生理指标变化上进行抗逆性比较,以期为我国牧草种植和畜牧业发展积累基础性资料。

1 材料和方法

1.1 试验时间、地点

2010 年 12 月 2 日至 2011 年 1 月 16 日在阜阳师范学院植物生理实验室进行试验。

1.2 试验材料

1.2.1 试验用苜蓿种 4 种紫花苜蓿种子采购于合肥安徽省畜牧推广中心,见表 1。

表 1 试验用 4 品种紫花苜蓿秋眠级、产地及生产性能
Table 1 Fall dormancy(FD) scales, sources and productivity of the 4 tested alfalfa varieties

品名 Variety	秋眠级 FD scale	原产地 Source	生产性能 Productivity (kg/m ²)
维多利亚 Victoria	6	加拿大 Canada	12.7
飞马 Grandeur	3.8	美国 America	12.9
阿尔冈金 Algonquin	2	加拿大 Canada	7.5~13.2
金皇后 Gonden Empress	2~3	美国 America	8.9~11.9

1.2.2 器材和药品 光照培养箱,精密电子天平(0.0001 g),塑料花盆(上口径 8.5 cm,下口径 6.5 cm,内高 7.0 cm),DDB-303A 型便携式电导率仪(上海雷磁仪器厂),蛭石,氯化钠,硫酸,氢氧化钠等。

1.3 试验设计

1.3.1 试剂配制 用硫酸和氢氧化钠配制 pH 梯度 10 级,用上海雷磁仪器厂生产的 pH S-25 型数显酸度计确定其值分别为 3、4、5、6、7、8、9、10、11、12。pH 为 7 时,用氯化钠配制盐度梯度 6 级,氯化钠浓度分别为 0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%、0.6%;pH 分别为 8、9、10、11、12 时,使其氯化钠浓度分别相应为 0.2%、0.3%、0.4%、0.5%、0.6%。为尽可能贴近自然土壤环境,配制以上各溶液的试剂采用大田土壤浸出液,制浸出液的土壤取自阜阳市西郊区黄豆茬地优质表土(pH 6.95~7.05)。

1.3.2 播种基质 播种基质采用轻质的蛭石(pH 中性)。把小花盆底部用双层滤纸垫上,然后倒入蛭石七八成满,播种前用以上所配试剂浸润相应基质,以形成相应的胁迫环境,并编号标记,按上面所设试剂类型为 1 大组,共设 4 大组,以分别播种 4 个紫花苜蓿品种。

1.3.3 播种 每个品种分别在各大组中按每盆播 100 粒种子。播时均匀撒于基质表面,再用解剖针来回划动,使种子陷于基质内。

1.3.4 培养 分别按编号排列,放于智能光照培养箱(Pax-250B)中培养,温度设置为 18 ℃,12 h 光照(8 000 lx),12 h 黑暗。播种后 18 d 取各组苜蓿叶片进行生理指标测定。

1.4 检测方法

1.4.1 SOD(超氧化物歧化酶)的检测 采用李和生等(2000)的氮蓝四唑(NBT)方法进行测量,以抑制NBT光化还原的50%为一个酶活性单位,以鲜重酶单位每克表示,即U/g。

1.4.2 电导率测定 采用电导法测相对电导率(张志良等,2003)。相对电导率(L)= $(S_1 - S_0)/(S_2 -$

$S_0)$, S_0 为空白电导率, S_1 为初始电导率, S_2 为置于沸水浴中 10 min 冷却后测得的电导率。

1.4.3 MDA(丙二醛)测定 采用张志良等(2003)的方法,计算公式如下: $MDA(\mu\text{mol/L}) = 6.45A_{532} - 0.56A_{450}$, $MDA(\mu\text{mol/g}) = MDA(\mu\text{mol/L}) \times V/W$ 。式中, V 为酶提取液使用量(mL), W 为样品鲜重(g)。

表 2 不同 pH 下 4 种苜蓿几项生理指标的变化

Table 2 The change of 4 alfalfas' several physiological items at different pH values

紫花苜蓿 Alfalfa	指标 Index	不同 pH 值 Different pH values									
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
维多利亚 Victoria	SOD bA	20	31	89	130	189	273	345	364	132	25
	MDA bA	14	10	5.5	6	4.5	5.7	8	11	15	14
	电导率 aA	19.7	16.5	17.4	14.1	15.6	12.3	14.2	16.4	15.1	18.3
阿尔冈金 Algonquin	SOD aA	21	37	390	347	223	267	318	390	398	97
	MDA abA	11	8.2	8	5.9	6.3	6.1	10	12	14	17
	电导率 aA	15.6	15.4	13.0	11.7	12.1	12.9	14.8	16.2	15.6	18.8
飞马 Grandeur	SOD aA	43	75	368	419	201	439	451	550	517	142
	MDA aA	13	9	12	7.9	5.1	7	9	12	11	15
	电导率 aA	21.6	18.1	11.7	13.3	12.8	12.9	13.6	16.8	15.4	13.9
金皇后 Gonden empress	SOD aA	40	130	421	309	236	297	446	389	165	53
	MDA abA	13	10	8.3	5.1	4.9	4.3	5.6	7.2	12	13
	电导率 aA	15.9	11.7	12.8	11.7	13.5	13.1	10.1	14.3	16.2	23.1

注: SOD 单位: U/g; MDA 单位: $\mu\text{mol/g}$; 大小写字母分别表示不同处理间的差异显著($P < 0.05$)或极显著($P < 0.01$)。下同。

Note: The unit of SOD is U/g; the unit of MDA is $\mu\text{mol/g}$; different capital and lowercase letters represent significant difference($P < 0.05$) and extremely significant difference($P < 0.01$) among treatments. The same below.

1.5 统计分析

试验数据用统计软件 DPS 进行分析,以了解差异显著性。

2 结果与分析

2.1 不同 pH 值下苜蓿生理指标

表 2 表明,在不同 pH 即酸碱胁迫下,4 种紫花苜蓿 SOD 活性、MDA 产生量及其叶片相对电导率都在发生相应变化,具体分析如下:当 pH 值低于 7 时,即在酸性条件下,维多利亚 SOD 活性平均值为 67.5 U/g,MDA 产生量平均值为 8.88 $\mu\text{mol/g}$,相对电导率平均值为 16.93;阿尔冈金 SOD 活性平均值为 198.75 U/g,MDA 产生量平均值为 8.28 $\mu\text{mol/g}$,相对电导率平均值为 13.93;飞马 SOD 活性平均值为 226.25 U/g,MDA 产生量平均值为 10.48 $\mu\text{mol/g}$,相对电导率平均值为 16.18;金皇后 SOD 活性平均值为 225 U/g,MDA 产生量平均值为 9.1 $\mu\text{mol/g}$,相对电导率平均值为 13.03。总的看来,飞马和金皇后 SOD 活性平均值相当,稍大于

阿尔冈金,维多利亚 SOD 活性平均值最小,金皇后叶片电导率最小,维多利亚叶片电导率最大,再结合不同 pH 值下各苜蓿各检测值的变化特点,可以看出,维多利亚在弱酸时 SOD 活性开始下降,其它 3 种在弱酸刺激下,SOD 活性升高,在极端酸胁迫下 SOD 活性才急剧下降,综合考虑 4 种紫花苜蓿耐碱能力大小应是:金皇后 > 飞马 > 阿尔冈金 > 维多利亚。当 pH 值高于 7 时,即在碱性条件下,维多利亚 SOD 活性平均值为 227.58 U/g,MDA 产生量平均值为 10.74 $\mu\text{mol/g}$,相对电导率平均值为 15.26;阿尔冈金 SOD 活性平均值为 294 U/g,MDA 产生量平均值为 11.82 $\mu\text{mol/g}$,相对电导率平均值为 15.66;飞马 SOD 活性平均值为 419.8 U/g,MDA 产生量平均值为 10.8 $\mu\text{mol/g}$,相对电导率平均值为 14.52;金皇后 SOD 活性平均值为 270 U/g,MDA 产生量平均值为 8.42 $\mu\text{mol/g}$,相对电导率平均值为 15.36。由此可推测 4 种紫花苜蓿耐碱能力大小顺序是:飞马 > 阿尔冈金 > 金皇后 > 维多利亚。

统计分析表明,不同 pH 值胁迫下,维多利亚在 SOD 活性上与其它 3 种差异显著($P < 0.05$),MDA

表 3 pH7 时不同盐浓度下 4 种苜蓿几项生理指标的变化
Table 3 The change of 4 alfalfas' several physiological items in different salt thickness at pH7

紫花苜蓿 Alfalfa	指标 Index	pH 为 7 时不同盐浓度 Different salt thickness at pH7 (%)					
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
维多利亚 Vitorial	SOD cB	238	209	438	497	108	98
阿尔冈金 Algonquin	MDA bA	6	5	9	15	19	19
	电导率 bA	15.3	17.1	16.9	18.5	20.1	24.6
飞马 Grandeur	SOD aA	212	313	409	572	317	103
	MDA abA	4.3	5.7	7.1	13	15	16
金皇后 Gonden empress	电导率 aA	14.9	15.6	14.9	13.8	16.6	19.9
	SOD aA	189	249	759	753	478	315
维多利亚 Vitorial	MDA aA	4.5	5	6.4	7.3	12	15
	电导率 aA	13.2	12.9	14.5	13.6	14.7	15.3
阿尔冈金 Algonquin	SOD bAB	201	320	402	660	415	112
	MDA aA	5.4	5.9	6.6	7.5	13	12
飞马 Grandeur	电导率 aA	14.3	14.9	13.6	12.8	16.9	17.4
	SOD aA	189	249	759	753	478	315

含量上与飞马差异显著 ($P < 0.05$), 与另两种有差异, 但不显著, 电导率上, 四者差异不显著。

2.2 pH7 时不同盐浓度下苜蓿生理指标

表 3 表明, 在低盐胁迫下, 4 种紫花苜蓿 SOD 活性随盐浓度的增高而增高, 说明 4 种紫花苜蓿都有通过增加 SOD 活性来抵御盐胁迫造成生理伤害的能力, 但各苜蓿品种 SOD 活性增加幅度不一样, 极端盐浓度下, 不同苜蓿品种 SOD 活性的表现也不一致, MDA 产生量及叶片相对电导率也各有差异, 具体分析如下: 维多利亚 SOD 活性平均值为 264.7 U/g, 盐浓度大于 0.4% 时, SOD 活性水平急剧下降, MDA 平均值为 12.2 $\mu\text{mol/g}$, 盐浓度大于 0.3% 时, MDA 大量增加, 叶片相对电导率平均值为 18.75, 盐浓度大于 0.4% 时, 电导率水平急剧上升; 阿尔冈金 SOD 活性平均值为 321 U/g, 盐浓度大于 0.4% 时, SOD 活性水平急剧下降, MDA 平均值为 10.18 $\mu\text{mol/g}$, 盐浓度大于 0.3% 时, MDA 大量增加, 叶片相对电导率平均值为 15.95, 盐浓度大于 0.4% 时, 电导率水平有明显上升; 飞马 SOD 活性平均值为 457.2 U/g, 盐浓度大于 0.4% 时, SOD 活性水平急剧下降, 但盐浓度为 0.6% 时, SOD 活性水平还维持较高水平, MDA 平均值为 8.37 $\mu\text{mol/g}$, 盐浓度大于 0.4% 时, MDA 大量增加, 叶片相对电导率平均值为 14.03, 盐浓度大于 0.5% 时, 电导率水平有上升趋势; 金皇后 SOD 活性平均值为 351.7 U/g, 盐浓度大于 0.4% 时, SOD 活性水平急剧下降, 但盐浓度为 0.5% 时, SOD 活性水平还维持较高水平, MDA 平均值为 8.4 $\mu\text{mol/g}$, 盐浓度大于 0.4% 时, MDA 大量增加, 叶片相对电导率平均值为

为 14.98, 盐浓度大于 0.4% 时, 电导率水平急剧上升。根据对各苜蓿品种在不同盐浓度下 SOD 活性水平、MDA 含量及叶片相对电导率的分析, 以及它们对不同盐浓度反应的程度, 可推测 4 品种苜蓿的抗盐性大小顺序为: 飞马 > 金皇后 > 阿尔冈金 > 维多利亚。

统计分析表明, 在不同盐浓度下, 维多利亚 SOD 活性与飞马差异极显著 ($P < 0.01$), 与阿尔冈金和金皇后差异显著 ($P < 0.05$), 阿尔冈金与金皇后表现类似; MDA 含量上, 飞马与金皇后表现类似, 与维多利亚差异显著 ($P < 0.05$); 电导率上, 维多利亚与其它 3 种差异显著 ($P < 0.05$)。

2.3 不同盐碱混合胁迫下苜蓿生理指标

表 4 的检测数据表明, 在不同盐浓度中加入碱的因子, 胁迫程度显然增加了, 不同苜蓿品种之间耐受性差异也明显的表现出来, 具体分析如下: 维多利亚 SOD 活性平均值为 154.4 U/g, MDA 平均值为 10 $\mu\text{mol/g}$, 叶片相对电导率为 11.22, 在 pH 为 9、盐浓度为 0.3% 时, SOD 活性急剧下降, MDA 值升高, 叶片相对电导率虽略有下降, 但维持高位, 在 pH 为 10、盐浓度为 0.4% 时, 叶片相对电导率则急剧上升; 阿尔冈金 SOD 活性平均值为 302 U/g, MDA 平均值为 9.6 $\mu\text{mol/g}$, 叶片相对电导率为 14.66, 在 pH 为 10、盐浓度为 0.4% 时, SOD 活性急剧下降, 但还有较高水平, MDA 值升高, 叶片相对电导率升高; 飞马 SOD 活性平均值为 307.6 U/g, MDA 平均值为 8.6 $\mu\text{mol/g}$, 叶片相对电导率为 14.14, 在 pH 为 10、盐浓度为 0.4% 时, SOD 活性急剧下降, 但还有较高水平, MDA 值升高, 叶片相对

电导率升高;金皇后 SOD 活性平均值为 213 U/g, MDA 平均值为 4.82 $\mu\text{mol/g}$, 叶片相对电导率为 10.76, 在 pH 为 9 时、盐浓度为 0.3% 时, SOD 活性

急剧下降, MDA 值升高, 叶片相对电导率升高。综合比较分析, 4 种紫花苜蓿的耐盐碱大小顺序应为: 飞马=阿尔冈金>金皇后>维多利亚。

表 4 不同盐碱混合胁迫下 4 种苜蓿几项生理指标变化

Table 4 The change of 4 alfalfas' several physiological items in different salt and alkali thickness

紫花苜蓿 Alfalfa	指标 Index	pH 8 (盐 Salt 0.2%)	pH 9 (盐 Salt 0.3%)	pH 10 (盐 Salt 0.4%)	pH 11 (盐 Salt 0.5%)	pH 12 (盐 Salt 0.6%)
维多利亚	SOD bcB	397	286	89	0	0
Vitorial	MDA aA	14	17	19	0	0
	电导率 abA	17.1	15.9	23.1	0	0
阿尔冈金	SOD aA	587	434	313	176	0
Algonquin	MDA aA	10	12	11	15	0
	电导率 aA	16.3	17.1	18.7	21.2	0
飞马	SOD aA	595	460	343	140	0
Grandeur	MDA abA	8	11	11	13	0
	电导率 aA	15.8	16.4	18.6	19.9	0
金皇后	SOD bAB	412	470	183	0	0
Gonden empress	MDA bB	6.1	7	11	0	0
	电导率 abA	15.1	17.5	21.2	0	0

统计分析表明, 混合盐碱胁迫下, 维多利亚 SOD 活性与阿尔冈金和飞马差异极显著 ($P < 0.01$), 金皇后与阿尔冈金和飞马差异显著 ($P < 0.05$); 在 MDA 含量上, 金皇后与其它 3 种差异极显著 ($P < 0.01$); 电导率上, 阿尔冈金与飞马类似, 维多利亚与金皇后类似。值得注意的是, 金皇后和维多利亚, 在极端盐碱条件下, 个体死亡, 生理指标值无法测出, 所以平均值相对小, 而维多利亚 MDA 平均含量相对高于金皇后, 也说明其受害程度高于金皇后。

3 结论与讨论

3.1 苜蓿幼苗 SOD 活性随逆境胁迫程度而变化

SOD 是普遍存在于植物体内的一种清除超氧阴离子 ($\text{O}_2^{\cdot-}$) 自由基的酶, 可淬灭超氧负离子 $\text{O}_2^{\cdot-}$ 的毒性, 终止由它启动的一系列自由基连锁反应所造成的生物毒损伤。不受逆境影响时, SOD 维持在一定水平, 受逆境影响时, SOD 活性加强, 抗逆性强的品种表现尤其明显。从检测数据可以看出, 胁迫程度加强, SOD 活性加大, 胁迫程度再进一步加大, SOD 活性受到抑制, 甚至急剧降低, 很可能是极端因子造成活性蛋白酶失活的结果, 有待进一步研究。

3.2 苜蓿幼苗 MDA 的产生与 SOD 活性有关

植物器官在逆境条件和衰老时, 往往发生膜脂过氧化作用, 丙二醛 (MDA) 是其产物之一, 通常将

其作为膜脂过氧化指标, 表示细胞膜脂过氧化程度和植物对逆境条件反应的强弱。检测数据表明, 不同品种紫花苜蓿在逆境胁迫下都表现出一个共同点, 即在胁迫加大的起始, SOD 活性加强, MDA 的含量并未增高, 随胁迫进一步加强, SOD 活性加强的幅度减慢, MDA 的含量出现增高趋势, 在较极端的胁迫条件下, SOD 因消耗或因极端胁迫而钝化, 其活性急剧下降, 而这时 MDA 的含量大量增加, 可见, SOD 活性与 MDA 的含量有此消彼长的关系。

3.3 相对电导率体现了苜蓿幼苗组织的受损程度

相对电导率的变化能反映植物受逆境伤害时细胞膜功能受损程度, 损害程度大, 细胞膜透性增大, 细胞内的盐类或有机物质将不同程度的渗出, 从而引起组织浸泡液相对电导率发生变化。试验表明, 在胁迫程度较低的情况下, 各苜蓿叶片浸泡液相对电导率维持在一定的水平, 随胁迫加大, 相对电导率出现一定的变化, 有变大的趋势, 在极端胁迫下, 各品种苜蓿相对电导率都加大, 相应地表现为植株生物量变小, 叶展收缩, 侧根变无等。这时 MDA 的检测值增高, MDA 能与膜中蛋白质结合, 引起蛋白质分子内和分子间交联, 蛋白质分子发生聚合, 进而细胞膜系统遭到破坏 (Huff, 1982), 是造成组织浸泡液相对电导率增大的原因, MDA 还能使叶绿素降解, 从而降低光合作用 (Uphem, 1986), 是植物生物量变小的原因。所以, 通过测定植物组织浸泡液相对电导率并结合 MDA 含量, 在一定程度上可以推

测植物的受胁迫状态。

3.4 通过生理指标的检测比较来推测苜蓿幼苗的抗逆性是可行的

检测数值表明,胁迫程度加强,组织浸泡液电导率增高,MDA 的检测值也变大,且伴随 SOD 活性的急剧降低,植物受伤害程度加大。从 4 种紫花苜蓿各自的抗逆性特点分析,电导率和 MDA 数值的变化与 SOD 活性变化在实质上是一致的,但从 4 种紫花苜蓿之间进行抗逆性比较,则表现出参差差异,基本可以反映出它们的抗逆性大小。植物耐盐方面有研究表明,植物的耐盐性主要依赖膜系统的稳定性,即盐胁迫下仍能保持膜系统的完整性,以维持对离子的选择吸收和其它功能(Greenway 等,1980)。耐盐植物细胞内膜系统稳定性较高,而不耐盐植物的膜系统盐稳定性较差(Munns 等,1986)。植物体内存在膜保护系统,由一系列酶来完成,这一保护酶系统实际上是一个抗氧化系统,SOD 是其中主要的抗氧化酶(Fridovich,1976;翁笑燕等,2007)。可见,检测植物在逆境条件下 SOD 活性的大小,在一定程度上可推测其抗氧化系统的强弱。MDA 是膜脂氧化的产物之一,其含量可反映植物遭受逆境伤害的程度,相对电导率的变化体现出植物细胞膜系统遭到破坏的程度(Huff,1982)。在不同逆境条件下,把检测所得的 SOD 活性、MDA 含量和相对电导率变化三者相互结合并比较应对,进而可推断其抗逆性大小。如试验中飞马的表现,逆境条件下 SOD 活性强表现为抗逆积极,MDA 稳定表现为有害物质产生的少,相对电导率低表现为膜系统受害程度低,因而可判断飞马有较强的抗逆性。

参考文献:

- 中华人民共和国国务院新闻办公室. 2006. 中国老龄事业的发展(白皮书)[N]. 中国老年报,2006-12-13
- 李和生,孙群,赵世杰,等. 2000. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社:167-171
- 张志良,瞿伟菁. 2003. 植物生理学实验指导[M]. 第 3 版. 北京:高等教育出版社:213-214
- Chen TX(陈托兄),Chen XB(陈小兵),Hao WJ(郝文军),*et al.*. 2008. Influence of salinity on seed germination of alfalfa(盐分对紫花苜蓿品种萌发的影响)[J]. *Northern Hortic*(北方园艺), (12):38-40
- Fridovich I. 1976. Free Radical in Biology[M]. New York:New York Academic Press:239
- Greenway H, Munne R. 1980. Mechanisms of salt tolerance in non-halophytes[J]. *Ann Rev Plant Physiol*, **31**:149-190
- Huang T(黄婷),Dong ZR(董召荣),Song H(宋贺),*et al.*. 2007. Effects of simulated acid rain on seed germination and seedling physiological characteristics of *Medicago sativa*(模拟酸雨对紫花苜蓿种子萌发及幼苗生理特性的影响)[J]. *Seed*(种子), **26**(4):21-24
- Huff A. 1982. Peroxides-catalysed oxidation of chlorophyll by hydrogen peroxide[J]. *Phytochemistry*, **21**:261-265
- Lu JM(陆静梅),Liu YL(刘友良),Hu P(胡波),*et al.*. 1998. The discover of china wild soybean's salt gland(中国野生大豆盐腺的发现)[J]. *Sci Bull*(科学通报), **43**(19):2 074-2 077
- Liu XH(刘晓宏),Hao MD(郝明德). 2001. Function of long period planting alfalfa to soil nitrogen(长期种植苜蓿对土壤氮素营养的作用)[J]. *Chin J Ecol-Agric*(中国生态农业学报), **9**(2):82-84
- Munns R, Termaat A. 1986. Whole plant responses to salinity [J]. *Austr J Plant Physiol*, (13):143-160
- Qin FF(覃凤飞),Shen YX(沈宜新),Zhou JG(周建国),*et al.*. 2010. Seedling morphology and growth responses of nine *Medicago sativa* varieties to shade conditions(遮阴条件下 9 个紫花苜蓿品种苗期形态及生长响应)[J]. *Acta Pratacult Sin*(草业学报), **19**(3):2 004-2 011
- Upem BL. 1986. Photooxiditive reactions in chloroplast thylakoids; Evidence for a Fentotype reaction Promoted by superoxide or ascorbate[J]. *Photosynth Res*, **8**:235-247
- Velagalite RR, Marsh S. 1989. Influence of host cultivars and bradyrhizobium strains on the growth and symbiotic performance of soybean under salt stress[J]. *Plant Soil*, **119**(1):133-138
- Weng XY(翁笑燕),Zhang MQ(张木清),Ruan MH(阮妙鸿). 2007. Relationship between calcium and the activities of antioxidant enzymes in sugarcane seedlings under water stress(水分胁迫下钙对甘蔗幼苗抗氧化酶活性的影响)[J]. *Chin Agric Sci Bull*(中国农学通报), **23**(7):273-279
- Wang WX(王文兴). 1994. Study on the origin of acid rain formation in china(中国酸雨成因研究)[J]. *Chin Environ Sci*(中国环境科学), **14**(5):323-329
- Yang YH(杨玉海),Jiang PA(蒋平安),Ai EK(艾尔肯),*et al.*. 2005. Effects of planting alfalfa to soil improvement(种植苜蓿对土壤肥力的影响)[J]. *Arid Land Geogr*(干旱区地理), **28**(2):248-251