

紫花苜蓿苗期耐盐性鉴定

张喜斌¹, 秦 楚¹, 麻冬梅², 许 兴²

(1. 宁夏大学 生命科学学院, 宁夏 银川 750021; 2. 宁夏大学 农学院, 宁夏 银川 750021)

摘 要:以 60 个国内外紫花苜蓿品种为试材,通过表型鉴定的方法筛选出耐盐、敏盐品种,并利用主成分分析和隶属函数法对初步筛选出品种的叶绿素含量、超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)、过氧化物酶(POD)活性及丙二醛(MDA)含量进行综合评价,根据综合评价值(D 值)对耐盐性进行强弱排序,以期为紫花苜蓿遗传群体的构建及耐盐性相关基因的发掘奠定基础。结果表明:在 150 mmol·L⁻¹ NaCl 胁迫下,‘Asi’>“兴平”>“秘鲁”>“草原 3 号”>国产苜蓿;在 300 mmol·L⁻¹ NaCl 胁迫下,“阿迪娜”>“巨能”>“巨能 7 号”>“抗旱 15”>“骑士 T”。筛选出了耐盐、敏盐的种质资源材料。

关键词:紫花苜蓿;水培;苗期;耐盐性

中图分类号:S 551⁺.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)22-0043-08

土壤盐渍化是人类面临的世界性问题,全球约 100 多个国家存在着不同类型的盐碱地,占陆地面积的 10%左右^[1],在我国 1 亿 hm² 耕地中就有近十分之一的土地是次生盐渍化土壤^[2]。随着生态环境的不断恶化和不合理的开发利用,盐碱化的土地面积仍在进一步不断扩大^[3]。因此如何开发利用盐碱地对提高土地利用率和现代农业发展具有非常重要的意义^[4-5]。通常的改良措施有工程改良、化学改良和物理改良;另一方面,可以通过种植耐盐碱植物对盐碱化土壤进行生物改良,培育耐盐品种是对盐碱地进行改良和利用的重要措施^[6]。正确选择和培育耐盐先锋植物是生物改良盐碱地的前提和基础。

紫花苜蓿(*Medicago sativa* L.)是多年生豆科牧草,其根系发达,具有较强抗逆性^[7-8],而且具

有产量高、草质好、营养丰富、适口性优良,无论青饲、青贮料、干草,还是放牧,紫花苜蓿都是最经济可靠的优质蛋白饲料来源,因而有“牧草之王”和“饲料皇后”之称^[9]。关于苜蓿耐盐性评价前人做过很多研究。近年来,国内外有关苜蓿耐盐性的研究主要集中在耐盐品种筛选方面。耿华珠^[10]、程云辉等^[11]、AI-KHATIB 等^[12]对不同苜蓿品种在不同盐处理浓度下的发芽率进行了研究,结果表明,苜蓿品种间耐盐性存在显著差异,初步筛选出了耐盐苜蓿品种。刘春华等^[13]采用 0.3% 和 0.4% 的 NaCl 浓度处理 69 个苜蓿品种,对其进行耐盐性鉴定,筛选出耐盐性差异较大的 10 个苜蓿品种。梁云媚等^[14]分析了不同盐浓度胁迫下对苜蓿种子萌发的影响,认为低盐浓度对苜蓿种子萌发有一定的促进作用,高盐浓度通常会导致种子萌发率降低。部分学者研究了苜蓿品种耐盐性的评价方法^[15-16]。但利用水培法鉴定苗期紫花苜蓿苗期的耐盐性研究不是很多。因此,该试验采用水培的方法对 60 个不同品种的紫花苜蓿进行了苗期的耐盐性鉴定,为紫花苜蓿耐盐种质资源开发提供参考依据。

第一作者简介:张喜斌(1989-),男,陕西宝鸡人,硕士研究生,研究方向为植物基因工程。E-mail: 1350302020@qq.com

责任作者:许兴(1959-),男,宁夏银川人,博士,教授,博士生导师,现主要从事植物抗逆生理等研究工作。E-mail: 495323582@qq.com

基金项目:宁夏自然科学基金资助项目(NZ15002)。

收稿日期:2017-07-10

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试的 60 份紫花苜蓿材料由甘肃农业大学曹致中老师惠赠,品种编号及名称见表 1。

表 1 供试苜蓿品种编号及名称

Table 1 Number and name of alfalfa varieties

编号 No.	品种 Varieties	编号 No.	品种 Varieties
94	“WL343”	115	“皇后 2000”“Empress 2000”
32	“杂 11”“Za 11”	113	国产苜蓿 Domestic alfalfa
11	“和田”“Hetian”	17	“阿根廷”“Agengting”
58	“普列洛夫午”“Puliulovfuwu”	130	“巨能”“Juneng”
56	“英国一号”“Yingguoyihao”	118	“捷克林”“Jiekelin”
28	“旱胜”“Hansheng”	109	“中苜 3 号”“Zhongmu No. 3”
95	“骑士 2”“Qishi No. 2”	114	“陇东苜蓿”“Longdongmuxu”
89	“秘鲁”“Peru”	108	“骑士 3”“Qishi No. 3”
25	“Synb”	119	“阿尔冈金”“Aergangjin”
6	“1897 紫花”“1897 Zihua”	101	“甘农 7 号”“Gannong No. 7”
97	“肇东”“Zhaodong”	116	“敖汉”“Aohan”
30	“杂 23”“Za 23”	66	“兴平”“Xingping”
87	“80-69”	36	“抗旱 15”“Kanghan 15”
54	“波兰”“Bolan”	83	“渭南”“Weinan”
60	“兰花”“Lanhua”	16	“Gymn”
5	“陕北子洲”“Shanbeizizhou”	21	“斯大林格勒”“Stalingrad”
59	“日本”“Japan”	69	“荷兰向阳”“Helanxiangyang”
31	“伊盟”“Yimeng”	20	“80-70”
92	“骑士 T”“QishiT”	68	“罗马尼亚”“Luomaniya”
105	“岩石”“Yanshi”	91	“草原 2 号”“Caoyuan No. 2”
61	“2X1”	112	“工农一号”“Gongnong No. 1”
27	“75-43”	99	“勇士”“Yongshi”
29	“杂 20”“Za 20”	37	“兰热莱恩德”“Lanrelaiende”
55	“140 澳大利亚”“140 Austrilia”	65	“2X6”
10	“澳大利亚”“Austrilia”	18	“1209 苏联”“1209 Sulian”
24	“亚利桑那”“Arizona”	38	“猎人河”“Lierenhe”
90	“草原 3 号”“Caoyuan No. 3”	73	“抗旱 17”“Kanghan 17”
4	“东德”“Dongde”	67	“Natawakaba”
96	“阿迪娜”“Adina”	23	“Asi”
129	“巨能 7 号”“Juneng No. 7”	106	“甘农 8 号”“Gannong No. 8”

1.2 试验方法

随机挑取每个紫花苜蓿品种种子 20 粒,将供试种子均用酒精清洗 30 s,并用 0.1% HgCl₂ 溶液消毒 8 min,取出后用双蒸水冲洗 4~5 次,然后将种子整齐放入事先灭过菌且垫有滤纸的培养皿中用封口膜封口。将接有苜蓿种子的培养皿置

于人工气候室内(光照强度 LRH-250-GSLL、25℃、光照 12 h、黑暗 12 h、湿度 85%、CO₂ 浓度 0%)培养 7 d。7 d 后随机选取 5 株幼苗放入盛有 1/2 Hoagland 的平底试管中(13 cm×5 cm)缓苗 3 d,至第 4 天后用全营养液水培,每隔 1 周更换一次营养液。待幼苗生长至 20 d 后进行盐胁迫处理。初浓度用 150 mmol·L⁻¹ NaCl 处理 4 d,根据表型筛选出敏盐材料,用 300 mmol·L⁻¹ NaCl 处理 4 d,根据表型筛选出耐盐材料。

1.3 项目测定

叶绿素含量用 SPAD-520 测定仪测定叶绿素相对含量^[17];超氧化物歧化酶(SOD)活性采用氮蓝四唑(NBT)显色法测定^[18];丙二醛(MDA)含量采用巴比妥酸(TBA)显色法测定^[19];过氧化氢酶(CAT)活性采用紫外吸收法测定^[20];过氧化物酶(POD)活性采用愈创木酚法测定^[20]。所有指标均为 3 次重复,取平均值。

株高和根长在加入 NaCl 前测量记为 0 d,加入 NaCl 后第 4 天测量,每重复随机取 3 株苗,用刻度尺测量每株苗的株高和根长并计算平均值。

1.3.1 株高、根长的相对抑制率(R)计算

$R = (T - T_0) / T_0 \cdots (1)$,式中, T 为某盐胁迫条件下某指标的平均值, T_0 为对照下该指标的平均值^[21]。

1.3.2 单项指标耐盐性系数(STC)计算

耐盐性系数^[22](STC)=(不同质量分数下的平均测定值/对照测定值)×100…(2)。

1.3.3 综合指标的隶属函数值

$u(X_j) = (X_j - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$ 。 $j = 1, 2, \dots, n \cdots (3)$,式中, X_j 表示第 j 个综合指标, X_{\min} 表示第 j 个综合指标的最小值, X_{\max} 表示第 j 个综合指标的最大值^[22]。

1.3.4 各综合指标的权重

$W_j = P_j / j = \ln P_j$ 。 $j = 1, 2, \dots, n \cdots (4)$,式中, W_j 表示第 j 个综合指标在所有综合指标中的重要程度即权重, P_j 代表经主成分分析所得各品种第 j 个综合指标的贡献率^[22]。

1.3.5 各品种的综合耐盐能力的大小

$D = j = \ln[u(X_j) \times w_j]$ 。 $j = 1, 2, \dots, n \cdots (5)$,式中, D 值为各品种在盐胁迫条件下由综合指标评价所得的耐盐性综合评价值^[22]。

1.4 数据分析

数据整理用 Microsoft Excel 2003 软件,采用 IBM SPSS Statistics 19 软件对数据进行处理。

2 结果与分析

2.1 初步获得耐盐材料与敏盐材料

当盐浓度为 $150 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,60 个紫花苜蓿品种 300 个单株中有 8 个品种出现了叶

片发黄、植株萎蔫的现象,其余都正常生长,此时将这 8 个品种暂定为敏盐材料。当盐浓度为 $300 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,绝大多数单株出现叶片发黄、植株萎蔫的现象。只有 7 个品种正常生长,此时将这 7 个品种暂定为耐盐材料。在根据叶片的大小、株高、根的发达程度等,从上述筛选的材料中各选出 5 个品种进行下一步生理生化指标的鉴定(图 1~3)。

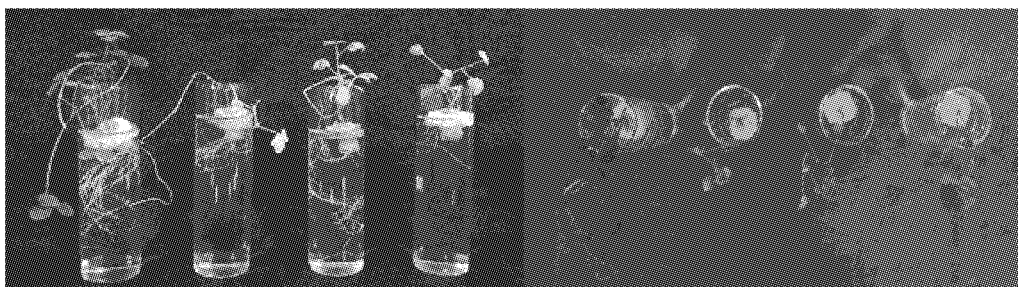


图 1 $150 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 胁迫下敏盐材料的筛选

Fig. 1 Screening of sensitive materials under $150 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl stress

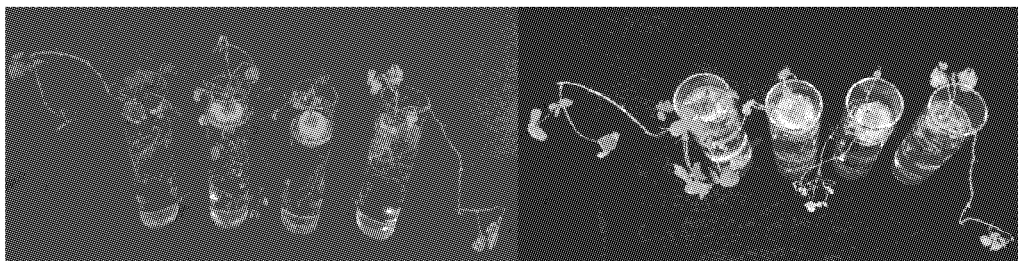


图 2 $300 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 胁迫下耐盐材料的筛选

Fig. 2 Screening of salt tolerant materials under $300 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl stress

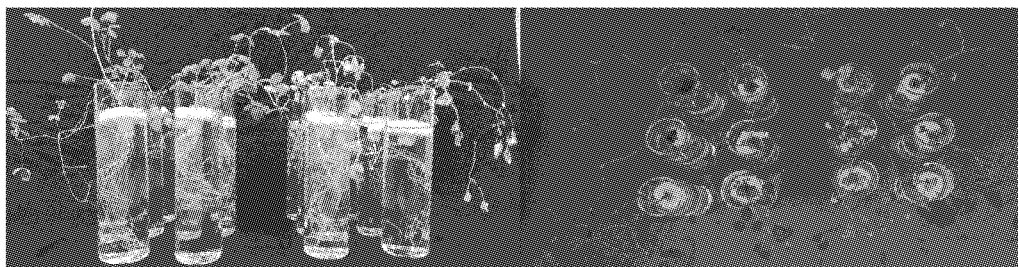


图 3 初步获得耐盐材料与敏盐材料

Fig. 3 Salt tolerant and salt sensitive materials

2.2 盐胁迫对幼苗株高及根长的影响

根据公式(1)计算株高、根长的相对抑制率。由表2可知,在 $150\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaCl胁迫下,5个苜蓿品种的株高及根长生长均受到了抑制。其中国产苜蓿的株高和根长相对抑制率的绝对值最大分别为0.099和0.278。其它4个品种的株高

和根长的相对抑制率的绝对值均小于国产苜蓿。

从表3可以看出,在 $300\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaCl胁迫下,5个苜蓿品种的株高及根长生长均受到了抑制,其中“巨能7号”根长相对抑制率的绝对值最小为0.027,“阿迪娜”株高的相对抑制率的绝对值最小为0.031。

表2 $150\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaCl胁迫对各品种间株高、根长相对抑制率的影响

Table 2 Effect of $150\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaCl stress on the inhibition rate of plant height and root length of different alfalfa cultivars

品种 Varieties	根长 Root length		相对抑制率 Inhibition rate	株高 Plant height		相对抑制率 Inhibition rate
	T	T ₀		T	T ₀	
国产苜蓿 Domestic alfalfa	7.3	8.1	-0.099	4.4	6.1	-0.278
“秘鲁” ‘Peru’	6.8	7.2	-0.055	5.7	6.7	-0.149
“草原3号” ‘Caoyuan No. 3’	5.9	6.2	-0.048	4.7	5.9	-0.203
“兴平” ‘Xingping’	6.7	7.4	-0.095	5.3	5.7	-0.070
‘Asi’	6.5	7.1	-0.085	4.3	5.8	-0.258

表3 $300\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaCl胁迫对各品种间株高、根长相对抑制率的影响

Table 3 Effect of $300\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaCl stress on the inhibition rate of plant height and root length of different alfalfa cultivars

品种 Varieties	根长 Root length		相对抑制率 Inhibition rate	株高 Plant height		相对抑制率 Inhibition rate
	T	T ₀		T	T ₀	
“阿迪娜” ‘Adina’	7.8	8.1	-0.037	6.3	6.5	-0.031
“巨能7号” ‘Juneng No. 7’	7.2	7.4	-0.027	5.2	5.9	-0.119
“巨能” ‘Juneng’	6.3	6.9	-0.086	5.8	6.6	-0.121
“抗旱15” ‘Kanghan 15’	6.9	7.6	-0.092	6.1	6.9	-0.116
“骑士T” ‘Qishi T’	8.1	9.1	-1.110	6.9	7.5	-0.080

2.3 各单项指标的耐盐性系数及相关分析

指标的相对值可以消除品种之间的固有差异,与绝对值相比更能准确的反映出植物耐盐能力的大小。由公式(2)计算出各测试指标的耐盐性系数。从表4、5可以看出,在 $150\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaCl胁迫下耐盐材料的叶绿素含量和SOD、POD活性与对照(CK)相比均有所降低($\text{STC}<1$)。而CAT、MDA与对照(CK)相比均有所上升($\text{STC}>1$)。但各品种间的各单项指标变化幅度不尽相同。说明只用各品种间的各单项指标的耐盐性系数不能准确的反映出它们之间的耐盐性。

通过形态生理学指标间的相关性分析可揭示出各指标间是否存在依存关系及相关关系的方向与强度^[22]。由表6、7可以看出,各指标之间存在

不同程度的相关性,说明它们之间所提供的信息发生相互重叠。为弥补单项指标耐盐性评价的不足,需在此基础上进一步利用多元化的统计方法进行分析。

表4 $150\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaCl胁迫下
敏盐材料生理指标的耐盐性系数

Table 4 Salt tolerance coefficient (STC) of physiological indexes of sensitive materials under $150\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaCl stress

品种 Varieties	叶绿素 Chlorophyll	POD	SOD	CAT	MDA
“秘鲁” ‘Peru’	0.839	0.885	0.929	1.382	1.179
国产苜蓿 Domestic alfalfa	0.822	0.883	0.892	1.133	1.155
“草原3号” ‘Caoyuan No. 3’	0.712	0.886	0.928	1.185	1.151
“兴平” ‘Xingping’	0.727	0.913	0.922	1.258	1.145
‘Asi’	0.683	0.947	0.926	1.405	1.239

表 5 300 mmol · L⁻¹ NaCl 胁迫下耐盐材料生理指标的耐盐性系数

Table 5 Salt tolerance coefficient (STC) of physiological indexes of tolerant materials under 300 mmol · L⁻¹ NaCl stress

品种 Varieties	叶绿素 Chlorophyll	POD	SOD	CAT	MDA
“巨能 7 号” ‘Juneng No. 7’	0.877	0.933	0.923	1.129	1.186
“阿迪娜” ‘Adina’	0.842	0.887	0.955	1.241	1.255
“巨能” ‘Juneng’	0.924	0.906	0.957	1.229	1.216
“抗旱 15” ‘Kanghan 15’	0.873	0.947	0.893	1.109	1.313
“骑士 T” ‘Qishi T’	0.885	0.873	0.882	1.152	1.205

表 6 150 mmol · L⁻¹ NaCl 胁迫下敏盐材料生理指标的相关系数矩阵

Table 6 Correlation coefficient matrix of physiological indexes of sensitive materials under 150 mmol · L⁻¹ NaCl stress

指标 Index	叶绿素 Chlorophyll	POD	SOD	CAT	MDA
叶绿素 Chlorophyll	1.000				
POD	-0.725	1.000			
SOD	-0.450	0.318	1.000		
CAT	-0.166	0.607	0.668	1.000	
MDA	-0.347	0.761	0.301	0.772	1.000

表 7 300 mmol · L⁻¹ NaCl 胁迫下耐盐材料生理指标的相关系数矩阵

Table 7 Correlation coefficient matrix of physiological indexes of salt tolerant material under 300 mmol · L⁻¹ NaCl stress

指标 Index	叶绿素 Chlorophyll	POD	SOD	CAT	MDA
叶绿素 Chlorophyll	1.000				
POD	0.053	1.000			
SOD	0.076	-0.105	1.000		
CAT	0.048	-0.691	0.834	1.000	
MDA	-0.361	-0.403	-0.162	-0.156	1.000

2.4 主成分分析

主成分分析可在损失较少信息的前提下,把较多的测试指标转化为少量综合指标,有效的浓缩数据和简化指标,以弥补单项指标耐盐性评价的不足^[21]。对 5 个单项指标的耐盐性系数进行主成分分析。由表 8 可知,在 150 mmol · L⁻¹ NaCl 胁迫下敏盐材料的第一个指标 CI₁ 的贡献率达到 61.613%;从表 9 可以看出,在 300 mmol · L⁻¹ NaCl 胁迫下耐盐材料的前 3 个指标 CI₁、CI₂、CI₃

的贡献率分别为 44.382%、25.556%、20.178%,累计贡献率达 90.125%,其余可忽略不计。这样就简化了数据量,并代表了原始指标携带的绝大部分信息。

表 8 150 mmol · L⁻¹ NaCl 胁迫下敏盐材料综合指标系数及贡献率

Table 8 Comprehensive indexes(CI_x) coefficient and contribution rate of salt sensitive materials under 150 mmol · L⁻¹ NaCl stress

指标 Index	CI ₁
特征根 Eigen values	3.081
贡献率 Contributive ratio/%	61.613
累计贡献率 Cumulative contributive ratio/%	61.613
特征向量 Eigenvector	叶绿素 0.661
	POD 0.885
	SOD 0.669
	CAT 0.839
	MDA 0.842

表 9 300 mmol · L⁻¹ NaCl 胁迫下耐盐材料综合指标系数及贡献率

Table 9 Comprehensive indexes(CI_x) coefficient and contribution rate of salt tolerant material under 300 mmol · L⁻¹ NaCl stress

指标 Index	CI ₁	CI ₂	CI ₃
特征根 Eigen values	2.219	1.278	1.009
贡献率 Contributive ratio/%	44.382	25.556	20.178
累计贡献率 Cumulative contributive ratio/%	44.382	69.938	90.125
特征向量 Eigenvector	叶绿素 0.205	-0.754	0.499
	POD -0.676	0.064	0.683
	SOD 0.774	0.328	0.494
	CAT 0.930	0.322	0.085
	MDA -0.506	0.702	0.204

2.5 品种综合分析

2.5.1 隶属函数分析

根据公式(3)计算各品种综合指标的隶属函数值 u(X_j)。由表 10 可知,对于同一个综合指标 CI₁ 可知在 150 mmol · L⁻¹ NaCl 胁迫下敏盐材料中国产苜蓿的 u(X_j)最小为 0,说明此品种在 CI₁ 中表现为耐盐性最弱。由表 11 可知,对于同一个综合指标 CI₂ 在 300 mmol · L⁻¹ NaCl 胁迫下耐盐材料中“阿迪娜”的 u(X_j)最大为 1,说明此品种在 CI₂ 中表现为耐盐性最强。

2.5.2 权重确定

根据公式(4)计算可知,在 150 mmol · L⁻¹ NaCl 胁迫下综合指标的权重(w_j)为 1。在 300 mmol · L⁻¹ NaCl 胁迫下综合指标的权重(w_j)分别为 0.492、0.284、0.224(表 10、11)。

表 10 150 mmol · L⁻¹ NaCl 胁迫下敏盐材料个品种综合指标值、权重、 $u(X_j)$ 、D 值
Table 10 Value of esch variety's comperehensive index(CI_x), index weight, $u(X_j)$, D value of salt sensitive materials under 150 mmol · L⁻¹ NaCl stress

品种 Varieties	CI_1	$u(X_1)$	D 值 D value
“秘鲁”‘Peru’	-0.033	0.503	0.503
国产苜蓿 Domestic alfalfa	-2.810	0.000	0.000
“草原 3 号”‘Caoyuan No. 3’	-0.489	0.421	0.421
“兴平”‘Xingping’	-0.006	0.508	0.508
‘Asi’	2.707	1.000	1.000
权重 Weight(w_j)		1.000	

2.5.3 D 值的确定

由公式(5)计算可知,在 150 mmol · L⁻¹ NaCl 胁迫下,敏盐材料国产苜蓿的 D 值最小为 0。在 300 mmol · L⁻¹ NaCl 胁迫下,耐盐材料“阿迪娜”的 D 值最大为 0.834(表 10、11)。

表 11 300 mmol · L⁻¹ NaCl 胁迫下耐盐材料个品种综合指标值、权重、 $u(X_j)$ 、D 值
Table 11 Value of esch variety's comperehensive index(CI_x), index weight, $u(X_j)$, D value of salt tolerant materials under 300 mmol · L⁻¹ NaCl stress

品种 Varieties	CI_1	CI_2	CI_3	$u(X_1)$	$u(X_2)$	$u(X_3)$	D 值 D value
“巨能 7 号”‘Juneng No. 7’	-0.459	-0.681	0.220	0.472	0.109	0.636	0.405
“阿迪娜”‘Adina’	1.228	1.685	-0.499	0.926	1.000	0.420	0.834
“巨能”‘Juneng’	1.502	-0.676	1.177	1.000	0.111	1.000	0.748
“抗旱 15”‘Kanghan 15’	-2.213	0.642	0.527	0.000	0.607	0.752	0.340
“骑士 T”‘Qishi T’	-0.057	-0.970	-1.449	0.580	0.000	0.000	0.285
权重 Weight(w_j)				0.492	0.284	0.224	

2.5.4 各品种综合评价

经主成分分析及隶属函数,由公式(5)计算得出。在 150 mmol · L⁻¹ NaCl 胁迫下,敏盐材料中国产苜蓿的 D 值最小为 0.000,说明在 150 mmol · L⁻¹ NaCl 胁迫下“秘鲁”的耐盐性最低,5 个品种的耐盐性强弱为‘Asi’>“兴平”>“秘鲁”>“草原 3 号”>国产苜蓿。在 300 mmol · L⁻¹ NaCl 胁迫下耐盐材料中“阿迪娜”的 D 值最大为 0.834,说明在 300 mmol · L⁻¹ NaCl 胁迫下“阿迪娜”的耐盐性最高,5 个品种的耐盐性强弱为“阿迪娜”>“巨能”>“巨能 7 号”>“抗旱 15”>“骑士 T”。

3 讨论

该研究在总结前人研究的基础上,首先采用表型鉴定对 60 个不同品种的供试材料进行初步筛选,用 150 mmol · L⁻¹ NaCl 处理筛选出敏盐

材料;用 300 mmol · L⁻¹ NaCl 处理筛选出耐盐材料,将初步获得的材料进行下一步的试验。该研究结果显示,经盐处理后所有的供试材料株高的生长及根的生长均受到了不同程度的抑制,叶绿素含量,SOD、POD 活性均出现了不同程度的下降,而 CAT 活性、MDA 含量均有不同程度的上升。各单项指标对盐胁迫的响应程度不同,依据任何一个单项指标不能准确、直观地评价其耐盐性,因此要进行多指标综合评价其耐盐性强弱^[22]。

该试验用主成分分析法把 5 个指标耐盐性系数值进行转换,在 150 mmol · L⁻¹ NaCl 胁迫下,敏盐材料可将 5 个指标的耐盐性系数值转化为 1 个综合指标值;在 300 mmol · L⁻¹ NaCl 胁迫下耐盐材料可将 5 个指标的耐盐性系数值转化为 3 个综合指标值。然后运用隶属函数法求出各品种的耐盐性综合评价值(D 值),由 D 值可以准确的反

映出不同品种的耐盐性强弱。在 $150 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 胁迫下,国产苜蓿的 D 值最小为 0.000,说明在 $150 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 胁迫下国产苜蓿的耐盐性最低;在 $300 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 胁迫下,品种“阿迪娜”的 D 值最大为 0.834,说明在 $300 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 胁迫下“阿迪娜”的耐盐性最高。

不同紫花苜蓿品种在不同生长阶段其耐盐性不同,且由于植物的耐盐机理是一个由多基因控制的性状^[23],因此,通过仅仅对单项指标进行研究不能够有效准确地评价出其耐盐性^[24]。紫花苜蓿苗期耐盐性鉴定结果是其耐盐性强弱的重要参考指标,但是要筛选出适用于实际生产的耐盐品系,还需要更加接近大田生产的实际田间进行试验。不能单一的测定苗期的耐盐性,需要结合实际生产测定紫花苜蓿各个生长时期,多种指标相结合的综合评价方法才会更加准确的筛选出耐盐性材料。

参考文献

- [1] 吴凤萍,韩清芳,贾志亮. 4 个白花苜蓿品系种子萌发期耐盐性研究[J]. 草业科学,2008,25(8):57-62.
- [2] 王春梅,张茜,张怀山,等. 野大麦耐盐性研究进展[J]. 中国草食动物科学,2013(5):48-52.
- [3] MUNNS R, TESTER M. Mechanisms of salinity tolerance[J]. Annual Review of Plant Physiology,2008,59:651-681.
- [4] 翟凤林,曹鸣庆. 植物的耐盐性及其改良[M]. 北京:中国农业出版社,1989:1-24.
- [5] MUNNS R. Comparative physiology of salt and water stress[J]. Plant, Cell & Environment,2002,25(20):239-250.
- [6] 杨青川,康俊梅,郭文山,等. 轮回选择培育紫花苜蓿耐盐新品系[J]. 中国畜牧兽医,2008,35(5):9-12.
- [7] 耿华珠,黄文惠,刘自学,等. 中国苜蓿[M]. 北京:中国农业出版社,1995:1-5.
- [8] 李岩,徐智明,朱德建,等. 10 个美国苜蓿品种生长和营养特性比较[J]. 草原与草坪,2015,35(1):89-91.
- [9] 谢振宇,杨光穗. 牧草耐盐性研究进展[J]. 草业科学,2003(8):11-17.
- [10] 耿华珠. 苜蓿耐盐鉴定初报[J]. 中国草地,1990(2):67-69.
- [11] 程云辉,周卫星,王永霞,等. 沿海滩涂盐渍化地上几种耐盐牧草的筛选实验[J]. 江苏农业科学,2003(3):61-63.
- [12] AL-KHATIB M M, MCENILLY T, COLLINS J C. Between and within culture variability in salt tolerance in lucerne, *Medicago sativa* L. [J]. Genetic Resource and Crop Evaluation,1994,41:159-164.
- [13] 刘春华,张文淑. 六十九个苜蓿品种耐盐性及其耐盐生理指标的研究[J]. 草业科学,1993,10(6):16-22.
- [14] 梁云媚,李燕,多立安,等. 不同盐胁迫对苜蓿种子萌发的影响[J]. 草业科学,1998,15(6):21-25.
- [15] 孙启忠,王育青. 关于苜蓿抗旱性的几个问题[J]. 牧草与饲料,1992,13(2):31-34.
- [16] 易津,王学敏,谷安琳,等. 驼绒藜属牧草种苗耐盐性评价及生理基础研究[J]. 草地学报,2003,11(20):110-116.
- [17] 刘子恒,唐延林,常静,等. 水稻叶片叶绿素含量与吸收光谱变量的相关性研究[J]. 中国农学通报,2009(15):68-71.
- [18] 刘家尧,刘新. 植物生理学实验教程[M]. 北京:科学出版社,2004:90-91.
- [19] 郝再斌,苍晶,徐仲. 植物生理学实验[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2004:106-108.
- [20] 邓峰美,冯光,王树人. 生物体系中过氧化物(LPO)测定方法现状及其研究进展[J]. 生物医学工程学报,2001,18(4):633-637.
- [21] 王瑞峰,王铁梅,金晓明,等. 11 个审定苜蓿品种种子萌发期耐盐性评价[J]. 草业科学,2012(2):213-218.
- [22] 戴海芳,武辉,阿曼古丽·买买提阿力,等. 不同基因型棉花苗期耐盐性分析及其鉴定指标筛选[J]. 中国农业科学,2014(7):1290-1300.
- [22] 齐国昌,余春磊,张鹏飞,等. 青稞苗期耐盐性鉴定及评价[J]. 麦类作物学报,2014(7):950-956.
- [23] FLOWER T J. Improving crop salt tolerance[J]. Journal of Experimental Botany,2004,55(396):307-319.
- [24] 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(1):1-7.

Identification of Salt Tolerance of Alfalfa in Seedling Stage

ZHANG Xibin¹, QIN Chu¹, MA Dongmei², XU Xing²

(1. School of Life Science, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021; 2. School of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021)

Abstract: 60 domestic and foreign alfalfa varieties were used as test materials, screening of salt tolerant and salt sensitive varieties by means of phenotypic identification, and using principal component analysis and the method of membership function of screened varieties of chlorophyll content,

doi:10.11937/bfyy.20171398

不同光周期对浮萍生长及淀粉积累的影响

陈晓仪, 杨千叶, 赵琦

(成都大学 药学与生物工程学院, 四川 成都 610106)

摘要:以新型能源植物浮萍为试材,采用4种不同光周期处理:12 h 光期+12 h 暗期(L12/D12);16 h 光期+8 h 暗期(L16/D8);20 h 光期+4 h 暗期(L20/D4);24 h 光期+0 h 暗期(L24/D0),研究了不同光周期对浮萍生长及淀粉积累的影响。结果表明:延长光照时间可以加快浮萍干物质的积累,以上4个处理其生物量分别为2.93、3.32、3.70、4.39 g;也可促进浮萍淀粉的积累,淀粉含量分别为7.00%、8.64%、14.25%和19.75%。此外,不同光周期会影响叶绿素含量及净光合速率;淀粉代谢关键酶ADPG 焦磷酸化酶(AGPase)、可溶性淀粉合成酶(SSS)、 α 和 β 淀粉酶(α , β -amylase)的活性均发生变化。综合以上结果得出,在全光照(L24/D0)条件下浮萍干物质和淀粉积累效果最佳。

关键词:浮萍;淀粉;生物量;光周期

中图分类号:S 555⁺.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)22-0050-05

随着人们对能源需求的不断增长,导致化石能源日趋匮乏,生态环境问题日益增多。在这样的情况下,研究者越来越关注可再生或可持续性的清洁能源的开发与利用^[1]。浮萍科(Lemnaceae)

植物,通常简称浮萍,共有5个属约40个种,在世界各地均有分布^[2]。其具有环境适应性强、生长速度快、干物质积累量大等特点^[3]。据估算,每年1 hm² 浮萍大约积累淀粉28 t^[4]。近年来,浮萍已被成功地转化为生物乙醇,转化效率达到25.8%,其乙醇浓度达到30.8 g·L⁻¹^[5],而且浮萍乙醇理论产量约为玉米的8倍^[6-7]。因此,浮萍被认为是最具有发展潜力的战略性新型非粮生物原料之一,有望解决部分燃料乙醇产业化发展所面临的淀粉原料瓶颈问题。植物的生长发育受外界环境(如光、温度、重力、水分和矿物质等)的影响,并以光的影响最大,其中光周期对植物的生长发育产生着重要的影响。该试验以经过人工筛选具有积累高淀粉能力的浮萍为试材,研究不同光

第一作者简介:陈晓仪(1990-),女,四川眉山人,硕士研究生,研究方向为药用植物天然产物及食品加工与安全。E-mail: xiaoyichen_cdu@foxmail.com.

责任作者:赵琦(1981-),男,四川成都人,博士,副教授,硕士生导师,现主要从事药用植物天然产物等研究工作。E-mail: zhaoqi@cdu.edu.cn.

基金项目:成都大学人才引进计划资助项目(2081915053)。

收稿日期:2017-07-10

superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and peroxidase (POD), malondialdehyde (MDA) comprehensive evaluation. According to the comprehensive evaluation value (D value) of salt tolerance in order to laid the foundation for the construction of the genetic groups and the related genes of salt tolerance. The results showed that in 150 mmol·L⁻¹ under the stress of NaCl, 'Asi' > 'Xingping' > 'Peru' > 'Caoyuan No. 3' > domestic alfalfa; in 300 mmol·L⁻¹ under NaCl stress, 'Adina' > 'Juneng' > 'Juneng No. 7' > 'Kanghan 15' > 'Qishi T'. The germplasm resources of salt tolerance and salt tolerance were screened.

Keywords: alfalfa; hydroponics; seedling stage; salt tolerance