

营养钵基部浸泡盐液法 鉴定葡萄砧木的耐盐性及其生理响应^①

袁军伟, 刘长江, 韩斌, 郭紫娟, 赵胜建

河北省农林科学院 昌黎果树研究所, 河北 昌黎 066600

摘要: 以 12 个葡萄砧木品种的营养袋扦插苗为试材, 100 mmol/L NaCl 胁迫 21 d 后, 对盐害指数、新梢长度、叶片数、根数、根长、根的干鲜质量、新梢干鲜质量等生长指标以及 MDA, Pro, WSS, SOD 活性等生理指标进行测定。结果表明: 盐胁迫下, 不同葡萄砧木新梢和根系干鲜质量较对照均显著降低, 新梢鲜质量抗逆系数(ARC)与盐害指数呈极显著负相关($p < 0.01$), 新梢干质量 ARC、根系干质量 ARC 与盐害指数呈显著正相关($p < 0.05$), 根冠比 ARC 与盐害指数呈显著正相关($p < 0.05$), 叶片中 Pro 含量与盐害指数呈显著正相关($p < 0.01$); 最终确定 101-14 耐盐性强, 贝达, 110R, 8B, 5A 耐盐性中等, 山河 1 号, 5BB, 3309, 山河 3 号, 5C 耐盐性弱, SO4 和 188-08 耐盐性极弱。

关键词: 葡萄砧木; 耐盐; 生理响应; 聚类分析

中图分类号: S663.1

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2015)07-0044-08

盐害是农业生产上重要的逆境危害之一, 根据联合国教科文组织(UNESCO)和粮农组织(FAO)2008 年统计, 全世界盐碱地面积约 9.54 亿 hm^2 , 20% 的可灌溉农田不同程度地受到盐碱的威胁^[1]。我国是世界上盐碱地大国之一, 盐渍土面积大, 分布广泛, 现有各类盐碱地面积总计 9 913.3 万 hm^2 , 而且每年盐碱化和次生盐碱化都在不断加重^[2], 探索盐碱地种植模式成为盐碱地开发的当务之急^[3]。葡萄作为重要的经济果树之一, 对多种气候条件有较强的适应性, 尤其是近些年葡萄砧木的应用使葡萄的种植范围进一步扩大^[4]。研究葡萄砧木耐盐特性, 对开发利用盐碱土地资源有重要意义^[5]。以往研究中采用的方法多数采用水培试验^[6]和盆栽试验^[7], 由于水培条件不利于葡萄植株正常生长^[8], 盆栽试验存在盐浓度不易控制、处理样品少等问题, 本研究采用营养基质盐液下浸法^[9]对葡萄砧木耐盐材料进行鉴定, 具有盐浓度稳定、处理量大、利于植株正常生长等优点, 可为砧木资源的推广和砧木耐盐育种工作提供指导和理论依据。

1 材料与方法

1.1 试材培养

共选用 12 份葡萄砧木材料, 其中 5BB, SO4, 188-08, 5C, 5A, 8B 6 个品种来自 V. Berlandieri $\times$ V. Riparia 杂交组合, 101-14、3309 来自 V. Riparia $\times$ V. Rupestris 杂交组合, 贝达来自 V. Riparia $\times$ V. labrusca 杂交组合, 110R 来自 V. Berlandieri $\times$ V. Rupetris 杂交组合, 山河 1 号、山河 3 号来自 V. amurensis $\times$ V. Riparia 杂交组合。2011 年 3 月将粗度为 6~8 mm 的一年生休眠枝条两芽一段剪为扦插段, 在 26~28 $^{\circ}\text{C}$ 温床上催根, 2011 年 4 月将发芽生根后的待扦插段扦插入尺寸为直径 5 cm $\times$ 高 13 cm 的营养钵中, 营养基质配方为沙子: 蛭石: 珍珠岩: 草炭土 = 2: 2: 2: 1, 2011 年 5 月营养袋扦插苗

^① 收稿日期: 2014-10-15

基金项目: 农业部现代农业产业技术体系专项(CARS-30)。

作者简介: 袁军伟(1981-), 男, 河南焦作人, 硕士, 助理研究员, 主要从事葡萄育种研究。

通信作者: 赵胜建, 研究员, 硕士研究生导师。

长出 7~8 片叶时可作为试材. 所有试材均采自河北省农林科学院昌黎果树研究所葡萄砧木资源圃.

1.2 处理方法

2011 年 5 月 31 日选择 7~8 片叶生长一致的营养袋扦插苗为试材, 分别放入长 2 m×宽 2 m×深 0.2 m 的盐池中, 营养钵底部有 3 个小孔, 利用营养基质毛细管作用向上运输盐水, NaCl 处理浓度为 100 mmol/L, 对照为自来水, 盐池内液面深度保持在 4 cm, 每天傍晚补充当天散失水分至 4 cm 刻度线, 每 3 d 更换一次盐水, 每品种设置 10 个重复.

1.3 测定指标

盐害指数: 盐胁迫处理后每 5 d 调查 1 次盐害症状, 计算盐害指数(SI). 盐害分级标准为^[10]: 0 级—无盐害症状; 1 级—轻度受害, 有少部分叶尖、叶缘或叶脉变黄; 2 级—中度盐害, 有大约 1/2 的叶尖、叶缘焦枯; 3 级—重度盐害, 大部分叶尖、叶缘焦枯或落叶; 4 级—极重度盐害, 枝枯、叶落、最终死亡.

盐害指数(SI) =
$$\frac{1 \times S1 + 2 \times S2 + 3 \times S3 + 4 \times S4}{4 \times \text{总株数}} \times 100\%$$

其中, S 为相应盐害级的株数.

生长指标: 盐胁迫 21 d 后测定幼苗的新梢长度、节数、叶片数、根数、根长、根的干质量鲜质量、茎段长粗、干鲜质量等生长指标.

生理指标: 盐胁迫 21d 后采新梢中部叶片用液氮速冻, -70 ℃ 保存, 用于生理指标测定: 丙二醛(MDA)含量、脯氨酸(Pro)含量、可溶性糖(WSS)含量、超氧化物歧化酶(SOD)活性的测定参考李合生等的方法^[11-12].

1.4 数据分析处理

抗逆系数^[13](ARC)=胁迫指标性状值/对照指标性状值. 利用 Excel 2003 和 SPSS 13.0 数据处理软件, 相关性分析和聚类分析.

2 结果与分析

2.1 盐胁迫对不同葡萄砧木幼苗盐害指数的影响

从表 1 可以看出, 100 mmol/L NaCl 胁迫处理后 6 d, 多数砧木的叶片开始出现盐害症状, 尤其 8B, 5C, SO4 症状出现最早, 随着胁迫时间的延长, 砧木盐害指数不断增加; 处理后 21 d, 101-14 受害较轻, 盐害指数只有 26.3, 而 188-08, 5BB, SO4 受害较重, 分别达到 82.5, 78.8 和 70.0, 其它砧木受害程度中等.

表 1 不同葡萄砧木在 100 mmol/L NaCl 盐胁迫下的盐害指数

品种	6 d	11 d	16 d	21 d	品种	6 d	11 d	16 d	21 d
101-14	0.0	0.0	12.5	26.3	山河 3 号	5.0	10.0	22.5	47.5
贝达	0.0	5.0	15.0	38.8	3309	5.0	17.5	22.5	48.8
110R	5.0	5.0	12.5	41.3	5C	10.0	15.0	37.5	52.5
8B	10.0	15.0	22.5	42.5	SO4	7.5	15.0	27.5	70.0
5A	2.5	5.0	17.5	45.0	5BB	2.5	27.5	42.5	78.8
山河 1 号	5.0	15.0	32.5	46.3	188-08	0.0	30.0	65.0	82.5

2.2 盐胁迫对葡萄砧木幼苗生长和干物质生产的影响

从图 1 到图 5 可以看出, 100 mmol/L NaCl 处理后 21 d, 不同葡萄砧木新梢和根系干鲜质量较对照不同程度地降低, 其中 SO4, 188-08, 山河 1 号在盐胁迫下新梢鲜质量下降明显, 分别下降了 79.4%, 74.2% 和 73.6%, 而 3309 只下降了 31.3%(图 1), 5C, 山河 3 号在盐胁迫下根系鲜质量较对照分别降低了 53.8% 和 60%, 而贝达只降低了 5%(图 2), 盐胁迫下 188-08, 山河 1 号新梢干质量较对照分别下降了 66.9% 和 69.9%, 而 3309 与对照相比只下降了 28.8%(图 3), 188-08, 5C 在盐胁迫下根系干质量较对照分别下降了 68% 和 68.8%, 而 101-14 只下降了 9.1%(图 4), 盐胁迫下根冠比较对照显著升高, 表明盐胁迫对新梢的伤害比对根系的伤害更大(图 5).

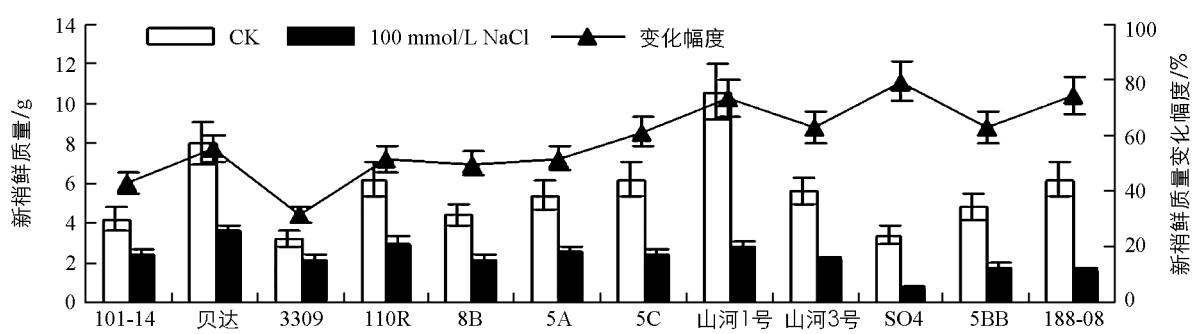


图 1 盐胁迫对不同葡萄砧木新梢鲜质量的影响

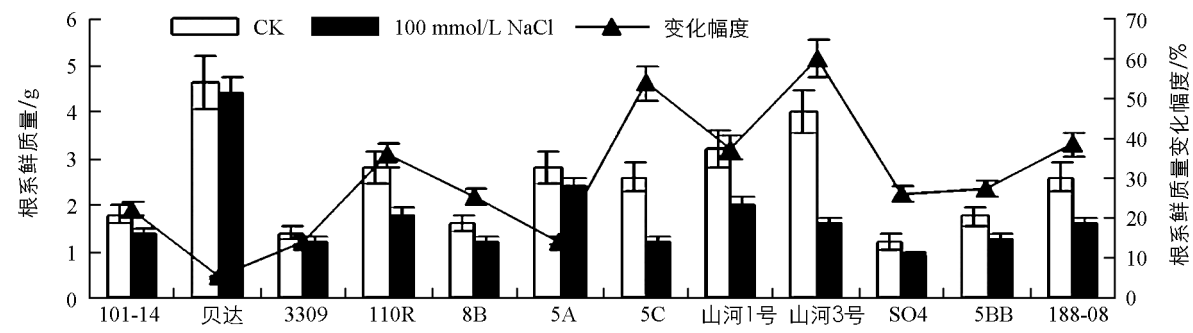


图 2 盐胁迫对不同葡萄砧木根系鲜质量的影响

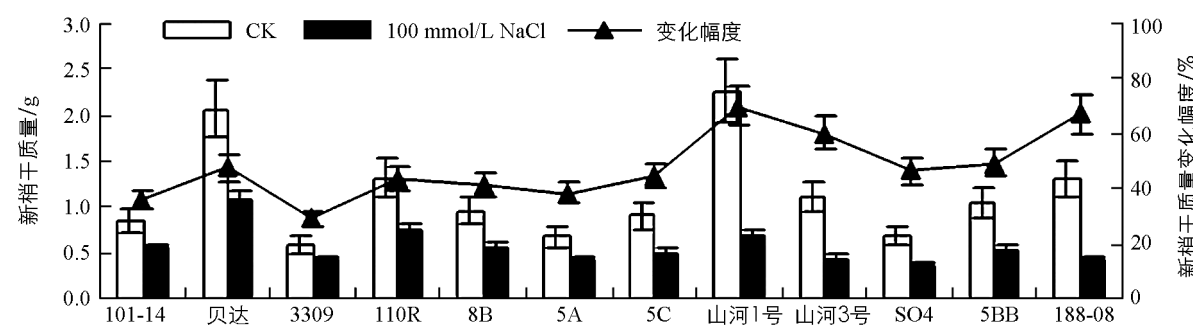


图 3 盐胁迫对不同葡萄砧木新梢干质量的影响

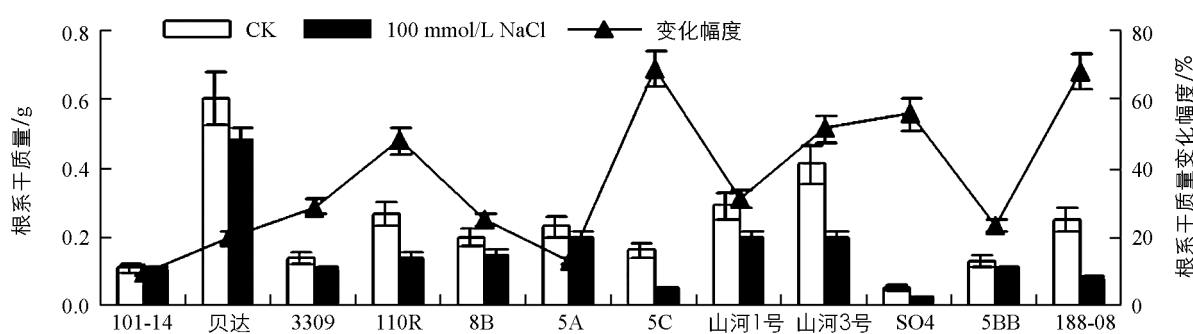


图 4 盐胁迫对不同葡萄砧木根系干质量的影响

2.3 耐盐性与葡萄砧木幼苗生长量抗逆系数以及相关性分析

从表 2 可以看出, 100 mmol/L NaCl 处理后 21 d, 新梢和根系生长量均较对照有不同程度地降低, 而根冠比较对照有不同程度地增加, 利用这些指标都与葡萄砧木盐害指数(SI)进行相关性分析如表 3 所示, 从表 3 可以看出, 新梢鲜质量 ARC 与盐害指数呈极显著负相关($p<0.01$), 新梢干质量 ARC、根系干质量

ARC 与盐害指数呈显著正相关($p<0.05$), 根冠比与盐害指数呈显著正相关($p<0.05$), 而根系鲜质量、新梢长度、叶片数、根长的 ARC 与盐害指数均未达到显著水平。

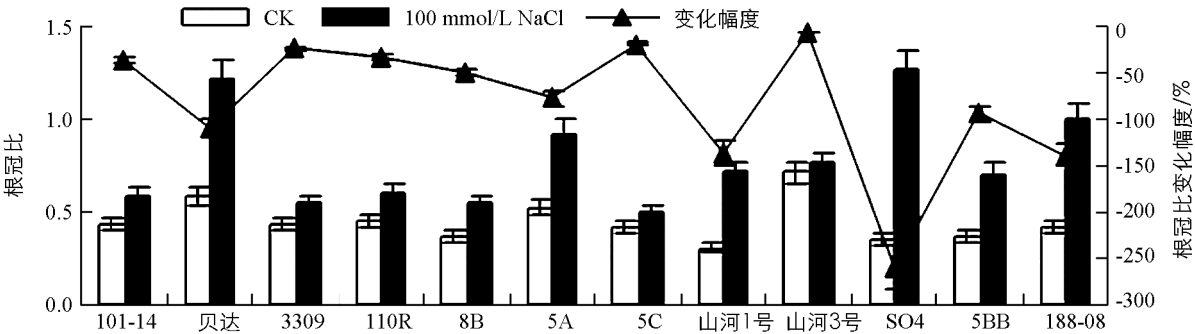


图 5 盐胁迫对不同葡萄砧木幼苗根冠比的影响

表 2 不同葡萄砧木 100 mmol/L NaCl 胁迫 21 d 生长抗逆系数 ARC

品种	新梢长度	叶片数	新梢鲜质量	新梢干质量	根数	根长	根系鲜质量	根系干质量	根冠比
101-14	0.567	0.813	0.571	0.640	0.814	0.987	0.778	0.909	1.36
贝达	0.582	0.760	0.450	0.527	0.636	0.982	0.950	0.800	2.11
3309	0.450	0.670	0.688	0.710	0.600	0.848	0.857	0.714	1.25
110R	0.505	0.817	0.484	0.561	0.773	0.921	0.643	0.519	1.33
8B	0.599	0.745	0.500	0.589	0.843	0.822	0.750	0.750	1.50
5A	0.521	0.778	0.481	0.617	0.600	0.961	0.857	0.870	1.78
5C	0.474	0.789	0.387	0.556	0.495	0.719	0.462	0.313	1.19
山河 1 号	0.435	0.664	0.264	0.301	0.690	0.870	0.625	0.690	2.37
山河 3 号	0.392	0.619	0.375	0.400	0.712	0.950	0.400	0.488	1.07
SO4	0.504	0.802	0.206	0.536	0.866	0.750	0.741	0.444	3.60
5BB	0.456	0.588	0.375	0.510	0.659	0.794	0.726	0.769	1.94
188-08	0.491	0.744	0.258	0.331	0.763	0.983	0.615	0.320	2.38

表 3 盐害指数和葡萄砧木生长 ARC 的相关性分析

	SI	新梢鲜质量	新梢干质量	根系鲜质量	根系干质量	根冠比	新梢长度	叶片数	根数	根长
SI	1	-0.702**	-0.522*	-0.257	-0.504*	0.555*	-0.369	-0.364	0.127	-0.277
新梢鲜质量	-0.702**	1	0.797**	0.440	0.564*	-0.710**	0.286	0.077	-0.220	0.222
新梢干质量	-0.522*	0.797**	1	0.540*	0.444	-0.348	0.437	0.358	-0.120	-0.153
根系鲜质量	-0.257	0.440	0.540*	1	0.717**	0.246	0.627*	0.218	0.054	0.225
根系干质量	-0.504*	0.564*	0.444	0.717**	1	-0.164	0.427	-0.099	0.016	0.336
根冠比	0.555*	-0.710**	-0.348	0.246	-0.164	1	0.091	0.136	0.392	-0.194
新梢长度	-0.369	0.286	0.437	0.627*	0.427	0.091	1	0.658**	0.346	0.199
叶片数	-0.364	0.077	0.358	0.218	-0.099	0.136	0.658**	1	0.239	0.098
根数	0.127	-0.220	-0.120	0.054	0.016	0.392	0.346	0.239	1	0.151
根长	-0.277	0.222	-0.153	0.225	0.336	-0.194	0.199	0.098	0.151	1

** 在 0.01 水平上显著相关. * 在 0.05 水平上显著相关.

2.4 不同葡萄砧木幼苗叶片对盐胁迫的生理响应

从表 4 可以看出, 100 mmol/L NaCl 胁迫 21 d 后不同品种葡萄砧木叶片中各生理指标有显著差异, 表明不同葡萄砧木对盐胁迫的生理响应有较大差异. 叶片中 MDA 含量山河 1 号最高, 为 3.06 $\mu\text{g/g}$ 外,

而 188-08 含量最低, 为 0.35 $\mu\text{g/g}$; Pro 含量 5BB 叶片中最高, 为 19.25 $\mu\text{g/g}$, 而 101-14 最低, 为 6.06 $\mu\text{g/g}$; WSS 含量不同品种之间差异不显著; 叶片中 SOD 活性山河 1 号最高, 为 225.64 IU/g, SO4 最低, 为 120.14 IU/g.

表 4 100 mmol/L NaCl 胁迫 21 d 后葡萄砧木叶片各生理指标

品种	MDA/ ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)	Pro/ ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)	WSS/ %	SOD/ ($\text{IU} \cdot \text{g}^{-1}$)	品种	MDA/ ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)	Pro/ ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)	WSS/ %	SOD/ ($\text{IU} \cdot \text{g}^{-1}$)
101-14	0.76	6.06	2.52	143.88	5C	0.80	7.36	3.52	143.52
贝达	0.78	8.31	3.50	182.98	山河 1 号	3.06	14.40	2.96	225.64
3309	0.75	10.59	3.08	206.79	山河 3 号	0.69	14.80	2.38	211.61
110R	0.53	10.03	2.78	172.54	5BB	1.33	19.25	3.18	161.52
8B	1.08	8.22	3.69	172.35	SO4	0.94	12.59	3.46	120.14
5A	1.21	11.18	2.94	165.87	188-08	0.35	13.06	2.97	183.66

2.5 盐胁迫下生理指标和葡萄盐害指数的相关性分析

从表 5 可以看出, 100 mmol/L NaCl 胁迫 21 d 后葡萄砧木叶片中 Pro 含量与盐害指数呈显著正相关 ($p<0.05$), 说明叶片中 Pro 含量也可以作为葡萄砧木耐盐性评价的重要指标, MDA 含量、SOD 活性、WSS 含量与盐害指数相关系数均未达到显著水平, 可以作为参考指标.

表 5 100 mmol/L NaCl 胁迫 21 d 后葡萄砧木叶片各生理指标和葡萄盐害指数的相关性分析

	SI	MDA	Pro	WSS	SOD
SI	1	−0.053	0.660**	0.197	−0.177
MDA	−0.053	1	0.346	0.053	0.381
Pro	0.660**	0.346	1	−0.195	0.299
WSS	0.197	0.053	−0.195	1	−0.346
SOD	−0.177	0.381	0.299	−0.346	1

* * 在 0.01 水平上显著相关.

2.6 不同葡萄砧木耐盐性综合评价体系

通过相关性分析, 选取盐害指数、新梢鲜质量、新梢干质量、根系干质量、根冠比的抗逆系数 ARC 和盐胁迫后叶片中 Pro 含量为评价指标, 利用 SPSS 软件进行主成分分析和聚类分析, 得到不同葡萄砧木的主成分值、耐盐力排序(表 6)和不同葡萄砧木耐性盐聚类分析树状图(图 6), 从表 6 和图 6 可以看出 101-14 聚为一类, 耐盐性强, 贝达, 110R, 8B, 5A 聚为一类, 耐盐性中等, 山河 1 号, 5BB, 3309, 山河 3 号, 5C 聚为一类, 耐盐性弱, SO4, 188-08 聚为一类, 耐盐性极弱.

表 6 不同砧木的主成分值和耐盐力排序

品种	F1	F2	F3	F4	Ft	耐盐排序	耐盐分类
101-14	1.416 369	0.409 853	0.681 037	0.147 691	0.989 227	1	强
贝达	1.173 464	0.451 614	−1.721 4	−0.115 52	0.560 34	2	中
110R	0.559 133	0.278 676	1.614 635	−0.444 75	0.516 41	3	中
8B	0.537 614	1.088 61	−0.148 61	0.299 625	0.491 022	4	中
5A	0.679 642	0.058 08	0.186 178	−0.107 38	0.422 998	5	中
山河 1 号	0.343 26	−0.685 93	−0.664 76	0.008 676	0.026 182	6	弱
5BB	−0.460 8	0.737 468	−0.235 5	0.291 575	−0.163 52	7	弱
3309	−0.810 1	0.048 266	1.719 451	1.321 747	−0.168 24	8	弱
山河 3 号	0.278 577	−2.155 54	0.272 79	−1.656 28	−0.269 08	9	弱
5C	−0.472 7	−0.939 87	−1.063 73	1.904 075	−0.379 94	10	弱
SO4	−1.6084 2	1.485 382	−0.477 01	−1.565 69	−0.914 25	11	极弱
188-08	−1.636 03	−0.776 6	−0.163 11	−0.083 79	−1.111 15	12	极弱

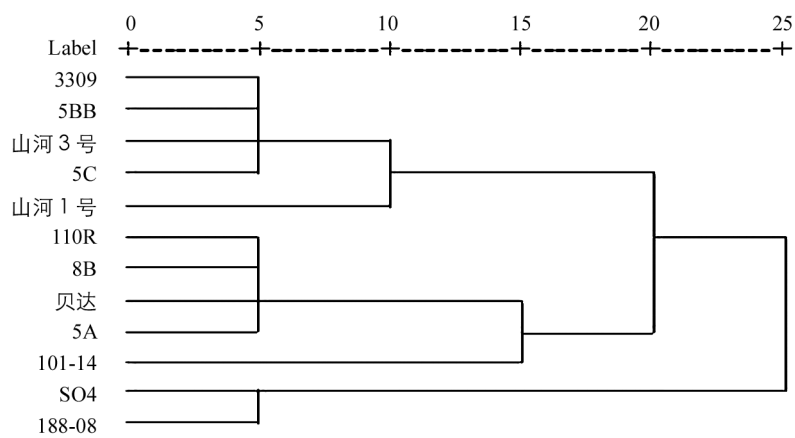


图 6 不同葡萄砧木耐性盐聚类分析树状图

3 讨 论

D. Belew、ALIZADEH M、UPRETI K K 等研究表明,盐胁迫条件下,葡萄砧木幼苗生长明显受到抑制,表现为新叶数减少,根长、株高和干物质积累均有不同程度降低,但降幅因砧木不同而有显著差异^[14-16]. 试验结果研究中,新梢鲜质量 ARC 与盐害指数呈极显著负相关($p<0.01$),新梢干质量 ARC、根系干质量 ARC 与盐害指数呈显著正相关($p<0.05$),根冠比与盐害指数呈显著正相关($p<0.05$),表明新梢干鲜质量、根系干质量适宜作为耐盐性评价的指标,而根系鲜质量、根长、根数、新梢长、叶片数虽然也有一定的相关性,但未达到显著水平,可以作为参考指标.

Pro 是最有效的渗透调节物质之一,当遭遇盐胁迫时,脯氨酸的合成迅速响应并形成短期积累^[17, 18],也有研究表明,盐胁迫下脯氨酸大量积累,且不同种类存在差异^[19],如高浓度盐胁迫下,耐盐苹果属植物耐盐品种 Pro 含量影响小,而敏感品种 Pro 大量增加^[20],总之 Pro 的积累是盐胁迫的结果还是植物耐盐原因仍是个有争议的问题,本研究也发现脯氨酸大量积累,且其变化量与耐盐性呈显著负相关.说明脯氨酸是盐胁迫下盐伤害的一种表现,可以作为葡萄耐盐性的评价指标,和张亚冰等的研究结果不一致^[21],这可能是由于处理方法和采样时期不同造成的,对于 Pro 在耐盐鉴定中的作用还需要深入的研究.盐胁迫下叶片中 SOD 活性、MDA 含量和 WSS 含量与耐盐性相关性不显著,不适宜作为葡萄耐盐性评价的指标,这与段才绪等的研究基本一致^[22].

近年来,国内外学者对利用不同方法对葡萄砧木品种进行了耐盐性分类鉴定,曹建东利用一次加盐法盆栽法结合生理指标评价认为 5BB 具有较强的耐盐性,山河系、SO4 的耐盐性居中,赤霞珠耐盐性最弱^[23];周志文利用盆栽实验结合形态鉴定得到耐盐性强砧木品种有 1103P,耐盐性弱的有洛特、北醇、420A、道格,耐盐性中等的有 5BB、SO4、河岸葡萄、无毛^[24];ALPER DARDENIZ 等通过沙培试验结合生长量指标认为 41B 耐盐性最强,140R、1103P 其次,5BB 最弱^[25]. 以往研究多以少数几个葡萄砧木品种为试材,品种、来源、生长状态、盐胁迫方法、评价指标均存在差异,以致耐盐鉴定结果存在较大差异,准确性、可应用性较差.本研究采用营养基质盐液下浸法对 12 个生产上具有代表性的葡萄砧木品种进行鉴定,具有盐浓度稳定、处理量大、利于植株正常生长等优点,并综合利用盐害指数、生长量指标抗逆系数、叶片生理指标等进行综合评价,得出的结论更准确有效,101-14 耐盐性强,贝达,110R,8B,5A 耐盐性中等,山河 1 号,5BB,3309,山河 3 号,5C 耐盐性弱,SO4,188-08 耐盐性极弱.试验中只考虑到 NaCl 的影响,而生产实际中盐碱土成分比较复杂,复合离子对葡萄的影响还有待进一步深入开展.

4 结 论

1) 本研究对盐胁迫下 9 个生长指标、4 个生理指标与盐害指数进行相关分析,筛选出鉴定葡萄砧木耐

盐性相关较强的评价指标为:盐害指数、新梢鲜质量、新梢干质量、根系干质量、根冠比的抗逆系数 ARC 和叶片中 Pro 含量。

2) 鉴定了葡萄砧木的耐盐性. 101-14 耐盐性强, 贝达, 110R, 8B, 5A 耐盐性中等, 山河 1 号, 5BB, 3309, 山河 3 号, 5C 耐盐性弱, SO4, 188-08 耐盐性极弱。

3) 本试验采用营养基质盐液下浸法, 具有盐分控制稳定, 处理量大, 操作简单等优点, 结合盐害指数、生长量指标、生理指标, 利用主成分分析方法进行综合评价, 既考虑了各指标的重要性, 又考虑到各指标间的相互关系, 评价结果准确可靠。

参考文献:

- [1] MUNNS R, M TESTER. Mechanisms of salinity tolerance [J]. Ann Rev Plant Biol, 2008, 59: 651—681.
- [2] 李 彬, 王志春, 孙志高, 等. 中国盐碱地资源与可持续利用研究 [J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(2): 154—158.
- [3] 赵靖明, 孙 凡, 姚小华, 等. NaCl 胁迫对薄壳山核桃幼苗生长及光合生理特性的影响 [J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2012, 37(12): 93—97.
- [4] WALKER R B, DOUGLAS T J. Effect of Salinity on Uptake and Distribution of Chloride, Sodium and Potassium Ions in Citrus Plants [J]. Aust J Agr Res, 1983, 34(2): 145—153.
- [5] R R WALKER, D H BLACKMORE, P R CLINGELEFFER, et al. Rootstock Effects on Salt Tolerance of Irrigated Field-Grown Grapevines (*Vitis vinifera* L. cv. Sultana). I. Yield and Vigor Inter-Relationships [J]. Austral J Grape and Wine Res, 2002(8): 3—14.
- [6] 樊秀彩, 刘崇怀, 潘 兴, 等. 水培条件下葡萄砧木对氯化钠的耐性鉴定 [J]. 果树学报, 2004, 21(2): 128—131.
- [7] 李会云, 郭修武. 盐胁迫对葡萄砧木叶片保护酶活性和丙二醛含量的影响 [J]. 果树学报, 2008, 25(2): 240—243.
- [8] KEVIN F, WALKER M A. Breeding Salinity Tolerant Grape rootstocks [G]. Proceedings of the 2nd Annual National Viticulture Research Conference. University of California, Davis, 2008: 23—24.
- [9] 袁军伟, 马爱红, 郭紫娟, 等. 葡萄砧木抗逆性鉴定方法探讨 [J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2011(11): 66—75.
- [10] 刘崇怀, 沈育杰, 陈 俊. 葡萄种质资源描述规范和数据标准 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2006: 101—105.
- [11] 李合生, 孙 群, 赵世杰, 等. 植物生理生化实验原理和技术 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2003: 167—169.
- [12] 谢英赞, 何 平, 王朝英, 等. 外源 Ca^{2+} , SA, NO 对盐胁迫下决明幼苗生理特性的影响 [J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2013, 35(3): 36—43.
- [13] 张卫星, 赵 致, 朱德峰, 等. 水分和 N 胁迫下玉米杂交种的抗逆性及综合评价 [J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(5): 17—24.
- [14] D BELEW, T ASTATKIE, M N MOKASHI, et al. Effects of Salinity and Mycorrhizal Inoculation (*Glomus fasciculatum*) on Growth Responses of Grape Rootstocks (*Vitis* spp.) [J]. S Afr J Enol Vitic, 2010, 31(2): 82—88.
- [15] ALIZADEH M, SINGH S K, PATEL V B, et al. In Vitro Responses of Grape Rootstocks to NaCl [J]. Biologia Plantarum, 2010, 54(2): 381—385.
- [16] UPRETI K K, MURTI G S R. Response of Grape Rootstocks to Salinity: Changes in Root Growth, Polyamines and Abscissic Acid [J]. Biologia Plantarum, 2010, 54(4): 730—734.
- [17] 武维华. 植物生理学 [M]. 北京: 科学出版社, 2008: 451—454.
- [18] 赵福庚, 刘良友, 章文华. 大麦幼苗叶片脯氨酸代谢及其与耐盐性的关系 [J]. 南京农业大学学报, 2002, 25(2): 7—10.
- [19] DELAINEY A J. Proline Biosynthesis and Osmo Regulation in Plants [J]. Plant, 1993(4): 215—223.
- [20] 杨洪兵, 韩振海, 许雪峰. NaCl 和等渗聚乙二醇等渗对苹果属植物游离脯氨酸含量的影响 [J]. 植物生理学通讯, 2005, 41(2): 157—162.
- [21] 张亚冰, 刘崇怀, 孙海生, 等. 葡萄砧木耐盐性与丙二醛和脯氨酸关系的研究 [J]. 西北植物学报, 2006, 26(8): 1709—1712.
- [22] 段才绪, 何 平, 谢英赞, 等. 盐胁迫对决明种子萌发和幼苗生理特性的影响 [J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2013, 38(2): 73—78.

- [23] 曹建东. 9 个葡萄砧木和品种的抗寒性及耐盐性鉴定 [D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2010.
- [24] 周志文. 葡萄种植资源的耐盐性鉴定及其生理基础的研究 [D]. 泰安: 山东农业大学, 2003.
- [25] ALPER D, NURAY M M, HAMIT A. Determination of Salt Tolerance of Some American Grape Rootstocks [J]. Bangladesh J Bot, 2006, 35(2): 143—150.

Evaluating the Salt Tolerance of Grape Rootstocks by Base Soaking of the Plants with Salt Solution

YUAN Jun-wei, LIU Chang-jiang, HAN Bin,
GUO Zi-juan, ZHAO Sheng-jian

*Changli Research Institute of Fruit Trees; Hebei Academy of Agricultural and
Forestry Sciences, Changli Hebei 066600, China*

Abstract: Twelve grape rootstock varieties cultured in nutrition pots were treated with NaCl at 100 mM by base soaking for 21 days, and growth indicators (salt injury index, shoot length, leaf number, root number, root length, and fresh and dry weight of the roots and shoots) and physiological indicator (MDA, Pro, WSS and SOD) were recorded. Based on adversity resistance coefficient (ARC) and cluster analysis, the salt tolerance of these varieties were comprehensively evaluated. Compared with the untreated control, the dry and fresh weight of the shoots and roots of all varieties significantly declined under salt stress. Salt injury index (SI) was in a highly significant negative correlation with ARC of shoot fresh weight ($p < 0.01$), in significant positive correlation with ARC of dry weight of shoots and roots and of root/shoot ratio ($p < 0.05$), and in a highly significant positive correlation with proline content in the leaves ($p < 0.01$). The variety 101-14 showed high tolerance to salt stress, Beta, 110R, 8B and 5A showed medium tolerance to salt stress, AR1#, 5BB, 3309, AR3# and 5C were shown to be sensitive to salt stress, and SO4 and 188-08 were highly sensitive to salt stress.

Key words: grape rootstock; salt tolerance; physiological response; cluster analysis

责任编辑 欧 宾

