

干旱胁迫下外源物质对黄瓜幼苗的影响

徐小芳¹, 罗庆熙², 闫 杰², 张凤龙¹

(1. 重庆三峡职业学院 重庆 万州 404001; 2. 西南大学 重庆 北碚 400715)

摘 要:用水杨酸、草酸、脯氨酸对黄瓜种子进行浸种处理以及对黄瓜幼苗进行叶面喷施处理, 研究其幼苗在干旱胁迫下体内 SOD、CAT、MDA、Pro、电导率以及叶片水势的变化及其与外源物质的关系, 为减轻干旱对黄瓜幼苗的伤害采取措施提供理论依据。结果表明: 浓度为 1.0、2.0、4.0 mmol/L 水杨酸浸种处理可以显著改善幼苗的生长状况, 使植株低矮、粗壮, 对形成黄瓜壮苗有积极的促进作用; 水杨酸、草酸和脯氨酸对黄瓜种子进行浸种处理, 在干旱胁迫下, 水杨酸 2.0 mmol/L 浸种处理能提高黄瓜幼苗的耐旱性, 随干旱胁迫时间的延长, 黄瓜叶片电解质的渗出增加, CAT 活性增强, MDA 含量增加, 叶片水势降低; 水杨酸、草酸和脯氨酸在黄瓜幼苗四叶一心期进行叶面喷施处理, 水杨酸 0.1 mmol/L 能显著缓解干旱胁迫对幼苗造成的伤害, 草酸 5 mmol/L 喷施处理效果次之, 以上处理均能提高黄瓜幼苗的耐旱性; 水杨酸、草酸和脯氨酸叶面喷施处理具有时效性, 其有效处理在 3 d 之内作用效果明显, 提高了黄瓜幼苗的耐旱性, 在喷施药剂处理的第 5 天, 作用效果明显减弱, 喷施药剂的第 7 天, 几乎完全没有作用; 水杨酸可以提高黄瓜幼苗的耐旱性, 使其保护酶活性提高, 增加 Pro 含量, 减少 MDA 积累对膜造成的伤害。

关键词: 水杨酸; 草酸; 脯氨酸; 耐旱性; 黄瓜

中图分类号: S 642.203.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2009)02-0012-06

黄瓜需水量大且对水分反应特别敏感, 干旱是夏、秋季节黄瓜育苗生产中存在的主要问题。外源物质具有作用面广、应用领域多、用量小、见效快、效益高等特点, 同时既能促进植物的生长发育, 又能延缓、抑制植物生长发育。因此, 在干旱胁迫下, 如果能找到一种提高黄瓜的耐旱性, 对黄瓜生长发育影响小的外源物质及其配比浓度, 将对黄瓜夏、秋季节育苗生产具有重要意义。逆境条件下, 草酸及脯氨酸对蔬菜作物膜透性、氧化酶活性的影响鲜见报道, 而水杨酸在抗逆性方面的研究, 虽然有部分研究, 但多集中在抗病性、抗寒性方面上, 对抗干旱方面研究甚少, 外源物质间的比较则更少见报道^[1-3]。该试验采用水杨酸、草酸、脯氨酸 3 种外源物质对黄瓜种子进行浸种处理以及对黄瓜幼苗进行叶面喷施处理, 研究其幼苗在干旱胁迫下体内 SOD、CAT、MDA、Pro、电导率以及叶片水势的变化及其与外源物质的关系, 为减轻干旱对黄瓜幼苗的伤害采取措施提供理论依据。探索水杨酸、草酸、脯氨酸在提高黄瓜耐热性、耐旱性方面的生理机制, 并为进一步探索逆境信号物质的混用提供一些参考。

1 材料与方法

第一作者简介: 徐小芳(1957-), 女, 重庆沙坪坝人, 本科, 副教授, 主要从事蔬菜栽培方向研究工作。E-mail: cqxuxf@163.com。
收稿日期: 2008-09-23

1.1 试验材料

所用黄瓜品种为“白丝条”, 重庆市种子公司提供。

1.2 试验方法

1.2.1 浸种处理 完全随机设计。水杨酸、草酸、脯氨酸分别设定 3 个浓度梯度(见表 1), 在室温 20℃条件下对黄瓜种子进行浸种处理。浸种时间为 12 h, 然后用蒸馏水冲洗干净, 分别用纱布包好放在培养皿中催芽。露白后播种于 72 孔育苗盘, 每盘 3 个处理 3 次重复。育苗基质为园土和草炭(体积比 1:1)。

表 1 浸种处理试验因素及水平

处理物质	对照	水杨酸	草酸	脯氨酸浓度
Materials	Control	Salicylic acid	Oxalic acid	Proline
浓度 Concentration	0	1.0 2.0 4.0	10 20 30	1.0 1.5 2.0
/ mmol·L ⁻¹				

1.2.2 叶面喷施 浸种及催芽, 露白后将黄瓜种子播入 10 cm×15 cm 的营养钵中。幼苗长至四叶一心时进行叶面喷施处理, 水杨酸、草酸、脯氨酸分别设定 3 个浓度梯度(见表 2), 喷施时液滴要细小、均匀, 药液用量以喷施叶片湿润为度。

1.2.3 干旱胁迫 浸种处理: 黄瓜幼苗长至两叶一心时, 采用 25% 的 PEG-6000 进行干旱胁迫, 根据 Michel 等的公式配制 PEG-6000 溶液, 试验温度为 20℃, 计算 Ψs 为 -0.8 MPa。每株浇灌 20 mL PEG-6000 溶液, 干

旱胁迫时间分别为 24、48、72 h; 叶面喷施处理分别于喷施药剂 1、3、5、7 d 后, 用 25% 的 PEG-6000 进行干旱胁迫 根据 Michel 等的公式配制 PEG-6000 溶液, 试验温度为 25℃, 计算 Ψ_s 为 -0.7 MPa。每株浇灌 40 mL PEG-6000 溶液。干旱胁迫 24 h; 测定指标相对电导率、过氧化氢酶 (CAT)、丙二醛 (MDA)、黄瓜幼苗叶水势。

表 2 叶面喷施处理试验因素及水平

处理物质	对照	水杨酸			草酸			脯氨酸浓度		
Materials	Control	Salicylic acid			Oxalic acid			Proline		
浓度 Concentration / mmol · L ⁻¹	0	0.05	0.1	0.2	1	5	10	0.1	0.5	1.0

1.3 分析方法

1.3.1 幼苗生长指标的测定 分别在黄瓜幼苗一叶一心期和两叶一心期用直尺和游标卡尺测定株高及茎粗。

1.3.2 生理生化指标的测定 利用阿贝折射仪测定植物组织水势; 用磺基水杨酸法测定脯氨酸 (Pro) 含量; 用硫代巴比妥酸 (TBA) 法测定丙二醛 (MDA) 含量; 氮蓝四唑 (NBT) 法测定超氧化物歧化酶 (SOD) 含量; 用高锰酸钾滴定法测定过氧化氢酶 (CAT) 含量; 以及进行电解质相对渗漏量的测定。

1.4 数据分析

数据用 Microsoft Excel 和 SPSS11.0 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 外源物质对干旱胁迫下幼苗叶片细胞膜透性的影响

2.1.1 水杨酸、草酸、脯氨酸浸种处理对干旱胁迫下黄瓜幼苗叶片细胞膜透性的影响 由图1可知, 干旱胁迫

24 h, 水杨酸浸种处理的黄瓜幼苗电导率低于其他处理及对照, 其它 2 种药剂浸种处理的叶片电导率与对照差异不显著。干旱胁迫 48 h, 所有药剂浸种处理的电导率均小于对照的电导率, 其中 1.0、2.0 mmol/L 水杨酸浸种处理的电导率与其他处理及对照达到差异极显著。干旱胁迫 72 h, 2.0 mmol/L 水杨酸浸种处理的电导率最低, 与对照差异极显著。结果显示, 经 2.0 mmol/L 水杨酸浸种处理后, 叶片耐干旱能力较强, 细胞受损伤程度较低, 细胞膜的破坏程度也相应降低, 电解质的渗出减少, 相对电导率相应降低, 黄瓜叶片的生理机能一定程度上得到提高。各处理及对照的叶片电导率均随胁迫时间的延长而增大, 其中干旱胁迫 48 h 与干旱胁迫 72 h 的电导率数值差异较大。

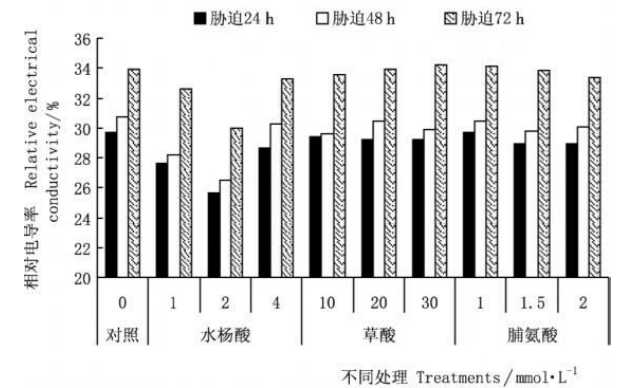


图 1 外源物质浸种处理对干旱胁迫下黄瓜幼苗叶片中相对电导率的影响

Fig.1 Effect of exogenous materials seed soaking on relative electrical conductivity in leaves of cucumber seedling under drought stress

表 3 外源物质叶面喷施处理对干旱胁迫下黄瓜幼苗叶片中相对电导率的影响

处理 Treatments	相对电导率 Relative electrical conductivity/ %			
/ mmol · L ⁻¹	喷施药剂后 1 d After spray 1 day	喷施药剂后 3 d After spray 3 day	喷施药剂后 5 d After spray 5 day	喷施药剂后 7 d After spray 7 day
对照	27.59aA	28.25aA	27.76aA	28.44a
水杨酸 0.05	26.45abAB	26.61bcAB	27.48aAB	28.23a
水杨酸 0.1	24.18bB	25.38cB	26.92bBC	28.66a
水杨酸 0.2	25.52abAB	27.44abAB	27.73aA	28.99a
草酸 1	26.44abAB	26.56bcAB	27.72aA	28.43a
草酸 5	26.3abAB	27.31abAB	26.68bC	28.09a
草酸 10	25.74abAB	27.15abAB	27.64aA	28.22a
脯氨酸 0.1	26.31abAB	26.68bcAB	27.64aA	28.47a
脯氨酸 0.5	26.75aAB	26.63bcAB	27.58aAB	27.91a
脯氨酸 1.0	26.52abAB	26.72bcAB	27.82aA	28.42a

2.1.2 水杨酸、草酸、脯氨酸叶面喷施处理对干旱胁迫下黄瓜幼苗叶片细胞膜透性的影响 由表 3 可知, 在喷施药剂 1 d 后进行干旱胁迫, 药剂喷施处理的叶片相对电导率均低于对照, 其中 0.1 mmol/L 水杨酸喷施处理的叶片电导率极显著低于对照, 其它处理与对照差异不

显著。喷施药剂 3 d 后进行干旱胁迫, 药剂喷施处理的叶片相对电导率低于对照处理, 其中脯氨酸叶面喷施处理的叶片相对电导率较低, 差异显著。0.1 mmol/L 水杨酸叶面喷施处理叶片相对电导率最低, 与对照差异极显著。喷施药剂 5 d 后进行干旱胁迫, 0.1 mmol/L 水杨

酸、5 mmol/ L 草酸喷施处理的叶片相对电导率极显著高对照, 其它处理与对照差异不显著。喷施药剂 7 d 后进行干旱胁迫, 各处理与对照差异不显著。

如表 3 所示, 喷施药剂后在不同时间进行干旱胁迫 0.1 mmol/ L 水杨酸处理在 5 d 内对叶片电导率的数值均有降低作用, 且与对照差异显著, 说明该处理能降低黄瓜幼苗细胞膜的相对透性, 对黄瓜幼苗细胞膜有一定的保护作用, 喷施后 7 d 进行干旱胁迫, 与对照无显著性差异。并且随着喷施药剂时间的延长, 电导率的数值呈现增加的趋势, 说明 0.1 mmol/ L 水杨酸叶面喷施处理具有明显的时效性。其它处理对提高幼苗的耐旱性无明显作用。

2.2 外源物质对干旱胁迫下黄瓜幼苗叶片 CAT 活性的影响

2.2.1 水杨酸、草酸、脯氨酸浸种处理对干旱胁迫下黄瓜幼苗叶片 CAT 活性的影响 由表 4 可知, 在各胁迫时间, 水杨酸浸种处理的叶片 CAT 活性高于其它药剂处理及对照, 2.0 mmol/ L 水杨酸浸种处理的 CAT 活性最高, 在 3 个时间测定点与对照均达到差异极显著。在胁迫条件下草酸、脯氨酸浸种处理的叶片 CAT 活性与对照差异不显著, 说明这 2 种药剂浸种处理在干旱条件下对提高叶片 CAT 活性无明显作用。如表 4 所示, 随着干旱胁迫时间的延长, 各处理及对照的 CAT 活性均呈现出增加的趋势, 并且胁迫前期增加趋势平缓, 胁迫后期 CAT 活性增加趋势急剧。试验结果表明, 2.0 mmol/ L 水杨酸浸种处理的叶片 CAT 活性在胁迫期间始终保持较高的水平, 而 CAT 是植物体内重要的保护酶系, 在清除生物自由基上起着重要作用, 可减免胁迫条件对幼苗的伤害, 所以该处理提高了幼苗耐旱性。

2.2.2 水杨酸、草酸、脯氨酸叶面喷施处理对干旱胁迫

下黄瓜幼苗叶片 CAT 活性的影响 由表 5 可知, 喷施药剂后 1 d 和喷施药剂后 3 d 进行干旱胁迫, 水杨酸叶面喷施处理的黄瓜叶片 CAT 活性极显著高于对照, 草酸和脯氨酸喷施处理与对照差异不显著。喷施药剂 5 d 后进行胁迫, 0.1 mmol/ L 水杨酸叶面喷施处理的叶片 CAT 活性最高, 极显著高于对照。喷施药剂 7 d 后进行干旱胁迫, 水杨酸喷施处理的叶片 CAT 活性高于对照, 但差异不显著, 其它处理与对照也没有显著差异。试验结果表明, 0.1 mmol/ L 水杨酸喷施处理在喷施药剂后不同时间内进行干旱胁迫, 随喷施时间的延长, 叶片 CAT 活性逐渐降低, 其他药剂处理及清水对照在喷施后随时间延长叶片 CAT 活性没有明显的递减规律。试验结果表明: 在喷施药剂 5 d 内, 0.1 mmol/ L 水杨酸喷施处理对提高幼苗 CAT 活性, 能够缓解干旱对幼苗的伤害, 药效不能持续到喷施后的第 7 天。

表 4 外源物质浸种处理对干旱胁迫下黄瓜幼苗叶片中 CAT 活性的影响

Table 4 Effect of exogenous materials seed soaking on CAT activity in leaves of cucumber seedling under drought stress

处理 Treatments / mmol * L ⁻¹	CAT 活性 CAT activity/ mg * g ⁻¹ * min ⁻¹		
	胁迫 24 h Stress 24 hour	胁迫 48 h Stress 48 hour	胁迫 72 h Stress 72 hour
对照	215.89bB	222.36bB	225.61bB
水杨酸 1.0	220.46bB	224.98bB	230.66B
水杨酸 2.0	229.53aA	235.78aA	239.49aA
水杨酸 4.0	219.45bB	224.97bB	225.97bB
草酸 10	217.16bB	222.19bB	225.16bB
草酸 20	216.47bB	222.72bB	226.25bB
草酸 30	216.55bB	223.44bB	226.59bB
脯氨酸 1.0	215.67bB	224.17bB	225.43bB
脯氨酸 1.5	216.35bB	223.35bB	226.97bB
脯氨酸 2.0	215.37bB	223.59bB	226.93bB

表 5 外源物质叶面喷施处理对干旱胁迫下黄瓜幼苗叶片中 CAT 活性的影响

Table 5 Effect of exogenous materials spray on CAT activity in leaves of cucumber seedling under drought stress

处理 Treatments / mmol * L ⁻¹	CAT 活性 CAT activity/ mg * g ⁻¹ * min ⁻¹			
	喷施药剂后 1 d After spray 1 day	喷施药剂后 3 d After spray 3 day	喷施药剂后 5 d After spray 5 day	喷施药剂后 7 d After spray 7 day
对照	215.55dD	216.19cC	217.03bcB	216.06bA
水杨酸 0.05	223.15bB	218.99bB	217.5bcB	217.11abA
水杨酸 0.1	242.23aA	231.67aA	221.18aA	218.2aA
水杨酸 0.2	221.2bBC	218.41bB	219.04bAB	216.67abA
草酸 1	216.71cCD	216.72cC	216.8cB	216.54bA
草酸 5	216.88cCD	216.37cC	216.77cB	215.99bA
草酸 10	216.36cCD	216.23cC	216.01cB	216.96abA
脯氨酸 0.1	215.6dD	216.43cC	216.15cB	215.95bA
脯氨酸 0.5	216.61cCD	216.49cC	217.05bcB	216.18bA
脯氨酸 1.0	217.37cCD	216.24cC	216.73cB	217.33abA

2.3 外源物质对干旱胁迫下黄瓜幼苗叶片 MDA 含量的影响

2.3.1 水杨酸、草酸、脯氨酸浸种处理对干旱胁迫下黄瓜幼苗叶片 MDA 含量的影响 由图 2 可知, 干旱胁迫

24 h, 水杨酸浸种处理的黄瓜幼苗叶片 MDA 含量低于其他处理及对照, 其中 2.0 mmol/ L 水杨酸浸种处理叶片中 MDA 含量最低, 与对照差异达到极显著。胁迫 48 h, 水杨酸浸种处理的 MDA 含量较低, 其中 2.0 mmol/ L

水杨酸浸种处理与其他处理及对照差异显著。胁迫 72 h, 水杨酸浸种处理及草酸浸种处理的叶片 MDA 含量低于对照, 其中 2.0 mmol/L 水杨酸、4.0 mmol/L 水杨酸处理黄瓜叶片中 MDA 与对照差异极显著, 其它处理与对照差异不显著。图 2 表明, 随着干旱胁迫时间的延长, 黄瓜幼苗叶片中 MDA 的含量呈现明显的递增趋势。经水杨酸浸种处理的叶片 MDA 含量低于对照, 其中 2.0 mmol/L 水杨酸处理与对照有显著差异, 由此可见, 在水分胁迫条件下, 水杨酸浸种处理可以降低幼苗叶片 MDA 含量, 降低了因细胞膜脂过氧化而对细胞造成的伤害, 从而提高其抗旱性。草酸、脯氨酸对干旱条件下的幼苗叶片 MDA 含量并无显著影响, 可见 试验浓度范围内的草酸、脯氨酸黄瓜幼苗的细胞膜脂过氧化作用无明显抑制作用。

表 6 外源物质叶面喷施处理对干旱胁迫下黄瓜幼苗叶片中 MDA 含量的影响

Table 6 Effect of exogenous materials spray on MDA content in leaves of cucumber seeding under drought stress		MDA 含量 MDA content/ $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{FW}$			
处理 Treatments		喷施药剂后 1 d After spray 1 day	喷施药剂后 3 d After spray 3 day	喷施药剂后 5 d After spray 5 day	喷施药剂后 7 d After spray 7 day
对照	/mmol $\cdot\text{L}^{-1}$	0.0044abAB	0.0045 ab cA	0.0045abA	0.0045a
水杨酸 0.05		0.0039bB	0.0043 cA	0.0045abA	0.0046a
水杨酸 0.1		0.0033dC	0.0039 dB	0.0039cB	0.0045a
水杨酸 0.2		0.0041bcAB	0.0043bcA	0.0044bA	0.0046a
草酸 1		0.0045abA	0.0044 ab cA	0.0045aA	0.0047a
草酸 5		0.0045aA	0.0046 ab A	0.0046abA	0.0047a
草酸 10		0.0044abAB	0.0045 ab cA	0.0045abA	0.0045a
脯氨酸 0.1		0.0046aA	0.0044 ab cA	0.0046aA	0.0046a
脯氨酸 0.5		0.0045aA	0.0046 aA	0.0046aA	0.0046a
脯氨酸 1.0		0.0046aA	0.0044 ab cA	0.0045abA	0.0045a

2.3.2 水杨酸、草酸、脯氨酸叶面喷施处理对干旱胁迫下黄瓜幼苗叶片 MDA 含量的影响 由表 6 可知, 喷施 1 d 后进行干旱胁迫, 水杨酸喷施处理的 MDA 含量显著低于对照, 草酸、脯氨酸处理与对照差异不明显。喷施 3 d 后进行胁迫, 水杨酸喷施处理的 MDA 含量较低, 其中 0.1 mmol/L 水杨酸喷施处理的叶片 MDA 含量极显著低于对照。喷施 5 d 后进行干旱胁迫, 多数药剂处理与对照无显著性差异, 只有 0.1 mmol/L 水杨酸喷施处理的叶片 MDA 含量极显著低于对照。喷施药剂 7d 后进行干旱胁迫, 各处理与对照差异不显著。如表 6 所示, 水杨酸叶面喷施处理在喷施后不同时间内进行干旱胁迫, 随喷施时间的延长, 叶片 MDA 含量逐渐增大。其他处理随时间的延长, 叶片 MDA 含量无明显变化。其中 0.1 mmol/L 水杨酸喷施处理的叶片 MDA 含量显著低于对照, 说明该处理在喷施药剂 5 d 内, 能够抑制由干旱胁迫引起的膜脂过氧化, 维持细胞膜的正常生物学功能。

2.4 外源物质对干旱胁迫下黄瓜幼苗叶片水势的影响

2.4.1 水杨酸、草酸、脯氨酸浸种处理对干旱胁迫下黄瓜幼苗叶片水势的影响 由表 7 可知, 干旱胁迫下不同

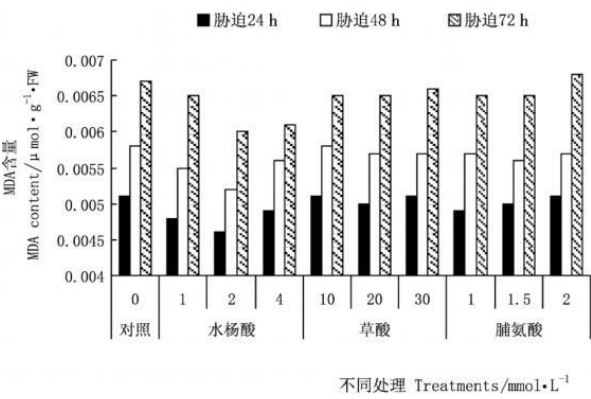


图 2 外源物质浸种处理对干旱胁迫下黄瓜幼苗叶片中 MDA 含量的影响

Fig. 2 Effect of exogenous materials seed soaking on MDA content in leaves of cucumber seeding under drought stress

表 7 外源物质浸种处理对干旱胁迫下黄瓜幼苗叶片水势的影响

Table 7 Effect of exogenous materials seed soaking on water potential in leaves of cucumber seeding under drought stress		叶片水势 Water potential/MPa		
处理 Treatments		胁迫 24 h	胁迫 48 h	胁迫 72 h
/mmol $\cdot\text{L}^{-1}$		Stress 24 hour	Stress 48 hour	Stress 72 hour
对照		-0.4725bB	-0.5276bA	-0.5861bB
水杨酸 1.0		-0.4579abAB	-0.5139abA	-0.574bAB
水杨酸 2.0		-0.4409aA	-0.5066aA	-0.5602aA
水杨酸 4.0		-0.4677bAB	-0.5213abA	-0.5846bAB
草酸 10		-0.475bB	-0.5277bA	-0.5797bAB
草酸 20		-0.4701bAB	-0.5237bA	-0.5837bAB
草酸 30		-0.4725bB	-0.5188abA	-0.5788bAB
脯氨酸 1.0		-0.4652bAB	-0.5246bA	-0.5822bAB
脯氨酸 1.5		-0.4774bB	-0.5253bA	-0.5837bAB
脯氨酸 2.0		-0.4798bB	-0.5261bA	-0.5846bAB

浓度的水杨酸浸种处理对黄瓜幼苗叶水势均有不同程度的影响, 其中 2.0 mmol/L 水杨酸浸种处理黄瓜叶片的水势最高, 与对照差异显著, 说明该处理明显阻止干旱条件下黄瓜叶水势的降低, 在一定程度上提高了黄瓜叶片对干旱胁迫的耐受性。随着干旱胁迫时间的延长, 胁迫程度的加深, 各处理及对照的叶水势均呈现降低的趋势。

2.4.2 水杨酸、草酸、脯氨酸叶面喷施处理对干旱胁迫下黄瓜幼苗叶片水势的影响 由表 8 可知,喷施药剂1 d 后进行胁迫和喷施药剂 3 d 后进行胁迫,水杨酸喷施处理的叶片水势较高,其中 0.1 mmol/L 水杨酸喷施处理的叶片水势显著高于对照。其它处理与对照无显著性差异。喷施药剂 5 d 后和喷施药剂 7 d 后进行干旱胁迫

迫,药剂处理与对照差异不明显。随着土壤含水量的降低,植物叶水势随之下降。试验浓度范围内水杨酸能阻止干旱条件下叶水势的降低。在喷施水杨酸后进行胁迫,随喷施时间的延长,同一组处理叶片水势递减,说明药效逐渐减弱。在喷施后 5 d,叶片水势与对照已无明显差异。

表 8 外源物质叶面喷施处理对干旱胁迫下黄瓜幼苗叶片水势的影响

Table 8		Effect of exogenous materials spray on water potential in leaves of cucumber seedling under drought stress			
处理 Treatments		叶片水势 Water potential/MPa			
/mmol·L ⁻¹	喷施药剂后 1 d After spray 1 day	喷施药剂后 3 d After spray 3 day	喷施药剂后 5 d After spray 5 day	喷施药剂后 7 d After spray 7 day	
对照	-0.4748cB	-0.4756bA	-0.4723a	-0.473a	
水杨酸 0.05	-0.4632abAB	-0.4674abA	-0.4707a	-0.4717 a	
水杨酸 0.1	-0.4591aA	-0.4624aA	-0.4698a	-0.4732 a	
水杨酸 0.2	-0.4624abAB	-0.4706abA	-0.4764a	-0.4732 a	
草酸 1	-0.469b cAB	-0.4748bA	-0.4739a	-0.4746 a	
草酸 5	-0.4739cB	-0.4748bA	-0.4731a	-0.4725 a	
草酸 10	-0.4748cB	-0.474bA	-0.474a	-0.475a	
脯氨酸 0.1	-0.4748cB	-0.4748bA	-0.474a	-0.4753 a	
脯氨酸 0.5	-0.4764cB	-0.4756bA	-0.4756a	-0.477a	
脯氨酸 1.0	-0.4756cB	-0.474bA	-0.4748a	-0.4758 a	

3 讨论

3.1 药剂处理时期的选择

2.0 mmol/L 水杨酸浸种处理能提高黄瓜幼苗的耐旱性,而 0.1 mmol/L 水杨酸叶面喷施处理能显著缓解干旱胁迫对幼苗造成的伤害,但从经济、省力角度方面考虑,以种子期处理为佳。至于浸种处理所诱导出的耐旱性一直可以保持到哪一生理期,还有待于进一步研究。

3.2 黄瓜壮苗与抗性的关系

水杨酸溶液浸种后,可使黄瓜幼苗的茎粗增加,降低株高,茎粗/株高值提高了 30%以上。说明水杨酸浸种对形成黄瓜壮苗有积极的促进作用。壮苗的形成,对幼苗抵抗干旱的影响奠定了很好的基础。

3.3 外源物质的时效性

浸种处理后,待黄瓜幼苗长至两叶一心期分别进行干旱胁迫,水杨酸 2.0 mmol/L 浸种处理能显著提高幼苗的耐旱性。外源药剂叶面喷施处理后,分别在喷施后 1、3、5、7 d 进行干旱胁迫,水杨酸 0.1 mmol/L 处理在喷施后 3 d 内能显著缓解干旱对幼苗造成的伤害,喷施后第 5 天作用明显减弱,而在第 7 天,药效几乎完全丧失。即叶面喷施有效药剂的作用时间为 3 d。比较浸种处理与叶面喷施处理二者之间的差异,可以看出,浸种处理药效可以持续到幼苗两叶一心期,时间为 5 d 左右,而喷施处理则只能维持 3 d 的药效。不同处理方式药效时间长短的差异还需要做进一步的研究。在实际生产中,如果采用叶面喷施的方式提高植物的抗逆能力,建议每 5 d 喷施 1 次,以持续保持药效,达到减缓胁迫伤害的作用。

3.4 脯氨酸与植物抗逆性

持续 3 d 干旱胁迫的过程中,对照及各药剂处理的黄瓜幼苗叶片的脯氨酸含量均不断增加,这与前人的研究结果相一致^[4]。该试验采用脯氨酸浸种及叶面喷施处理,通过结果分析,2 种处理与对照均未达到显著差异。这与前人提出的外源脯氨酸可以缓解胁迫作用是不一致的^[5]。原因可能是试验采用的脯氨酸药剂的浓度低,配制过程中容易产生较大的误差,另外药剂的纯度也对误差的产生有较大影响。

3.5 水杨酸与逆境

对黄瓜幼苗四叶一心期进行叶面喷施处理,水杨酸 0.1 mmol/L 能显著提高幼苗的抗逆性。由此可以推测,水杨酸提高植物的抗性因不同植物种类而异,即使同种植物,也可能因品种的不同而有差异。

3.6 草酸与植物抗逆性

草酸浸种及叶面喷施处理,浸种处理在提高黄瓜幼苗抗性方面与对照无显著差异,而叶面喷施 5 mmol/L 草酸能提高幼苗的耐旱性。所以,可以推测,外源草酸处理可能通过引起胞内外 Ca²⁺ 重新分布,进而作为某种信号诱导植物发生一系列生理生化变化,改善植物的抗性,这还有待于进一步的研究证实。

3.7 提高耐旱性的有效药剂浓度

水杨酸 2.0 mmol/L 浸种处理能提高黄瓜幼苗的耐旱性,叶面喷施 0.1 mmol/L 水杨酸能显著缓解干旱胁迫对幼苗造成的伤害,即同一浓度同时提高了幼苗的耐旱性。可能的原因是,植物对各种逆境的抵抗有其共性,不同逆境可以引起相似的细胞胁迫或细胞微环境的改变。植物对不同逆境的抗性之间存在密切的联系,一种或几种抗逆方式可保护植物免受几种或多种逆境的危害。

4 结论

水杨酸、草酸和脯氨酸对黄瓜种子进行浸种处理,在干旱胁迫下,水杨酸 2.0 mmol/L 浸种处理能提高黄瓜幼苗的耐旱性,随干旱胁迫时间的延长,黄瓜叶片电解质的渗出增加,CAT 活性增强,MDA 含量增加,叶片水势降低。

水杨酸、草酸和脯氨酸在黄瓜幼苗四叶一心期进行叶面喷施处理,水杨酸 0.1 mmol/L 能显著缓解干旱胁迫对幼苗造成的伤害,草酸 5 mmol/L 喷施处理效果次之,以上处理均能提高黄瓜幼苗的耐旱性。

水杨酸、草酸和脯氨酸叶面喷施处理具有时效性,其有效处理在 3 d 之内作用效果明显,提高了黄瓜幼苗的耐旱性,在喷施药剂处理的第 5 天,作用效果明显减弱,喷施药剂的第 7 天,几乎没有作用。

水杨酸可以提高黄瓜幼苗的耐旱性,使其保护酶活性

提高,增加 Pro 含量,减少 MDA 积累对膜造成的伤害。

参考文献

[1] 孙海燕,罗兵,吴佳平.茶多酚对干旱胁迫下黄瓜幼苗生理特性的影响[J].安徽农业科学,2007,35(36):11751-11752,11767.
[2] 周秀杰,赵红波,马成仓.硅对严重干旱胁迫下黄瓜幼苗叶绿素荧光参数的影响[J].华北农学报,2007,22(5):79-81.
[3] 翟胜,梁银丽,王巨媛.干旱半干旱地区日光温室黄瓜水分生产函数的研究[J].农业工程学报,2005,21(4):136-139.
[4] 许祥明,叶和春,李国凤.脯氨酸代谢与植物抗渗透胁迫的研究进展[J].植物学通报,2000,17(6):536-542.
[5] 刘学师,任小林,苗卫东.游离脯氨酸与植物抗旱性[J].河南职业技术学院学报,2002,30(3):35-37.

(致谢:西南大学宋明教授、张兴国研究员、刘朝贵副教授、李成琼副研究员、张盛林副研究员、宋洪元副教授、汤清林老师、苏承刚老师、孟加明老师等在试验的设计和implement中提供宝贵的建议和意见,在此一并致谢)

Effects of Exogenous Materials on the Physiological Characteristics of Cucumber Seedlings under Drought Stress

XU Xiao-fang¹, LUO Qing-xi², YAN Jie², ZHANG Feng-long¹

(1. Chongqing Three Gorges Vocational College, Wanzhou, Chongqing 404001, China; 2. College of Horticulture and Landscape Architecture of Southwest University, Beibei, Chongqing 400715, China)

Abstract: This experiment used the salicylic acid, the oxalic acid and the proline to carry on the cucumber seeds soaking process as well as the leaf surface spurted process, studied its seedling to force in the arid forces in the lower part of the body SOD, CAT, MDA, Pro, the conductivity as well as appearance of the water in the leaf change and its with the exogenous material relations, for reduced the drought took the measure to the cucumber seedling's injury to provide the theory basis. The results showed that in experimental density scope, 1.0 2.0 4.0 mmol/L salicylic acid seed soaking that can improve the seedling the growth condition remarkably, cause the plant low and sturdy, and form the positive promoter action; Salicylic acid, the oxalic acid and the proline carried on to the cucumber seed soaking process. In drought resistance, salicylic acid 2 mmol/L soaking seed process can enhance the drought resistance of the cucumber seedling, and along with stress the time lengthening, the cucumber leaf electrolyte seeped out increasingly, the CAT activeness strengthened, the MDA content increased, the leaf appearance of the water reduced; Salicylic acid, the oxalic acid and the proline carried on the leaf surface in the cucumber seedling period of four leaves. Salicylic acid 0.1 mmol/L can alleviate remarkably the injury of drought stress which created to the seedling. Oxalic acid 5 mmol/L was next, the above processes can enhance the drought resistance of the cucumber seedling; Salicylic acid, the oxalic acid and the proline processes had time effect. The effective effect within three days was obvious, enhanced drought resistance of the cucumber seedling. The fifth days of processing, the function obviously weakened, and seventh days, that did not have the function nearly; Salicylic acid may enhance drought resistance and made its protection enzyme activity to enhance, increased the Pro content, reduced MDA accumulation to injury to the membrane.

Key words: Salicylic acid; Oxalic acid; Proline; Drought resistance; Cucumber (*Cucumis sativus* L.)