

切花月季‘萨蔓莎’和‘加布里拉’失水胁迫耐性的差异

张常青¹ 唐雪梅¹ 高俊平^{1*} 张 颢² 熊 丽²

(¹ 中国农业大学观赏园艺与园林系, 北京 100094; ² 云南省农业科学院花卉研究开发中心, 昆明 650205)

摘 要: 不同失水胁迫条件下的研究表明: 切花月季耐失水胁迫品种‘萨蔓莎’和不耐失水胁迫品种‘加布里拉’的瓶插寿命缩短百分比、鲜样质量损失率、相对电导率、花朵乙烯生成量都随胁迫程度的增加而增加, 叶片、花朵水势随胁迫程度的增加而下降, 萨蔓莎的变化幅度比加布里拉小。中度失水胁迫的叶片和花瓣 SOD、POD 活性高于轻度和重度胁迫。两个品种的叶片气孔阻力没有明显区别。瓶插期间, 相同失水胁迫时间, 萨蔓莎复水恢复能力比加布里拉强。讨论了月季切花上述参数与失水胁迫耐性之间的关系。

关键词: 月季; 切花; 采后; 生理; 失水胁迫

中图分类号: S 68 文献标识码: A 文章编号: 0513 353X (2002) 06-0556-05

鲜切花在包装、运输、销售等采后流通过程中, 易遭受失水胁迫而导致损失。研究表明, 当植物处于干旱等逆境条件时, 植物细胞内自由基平衡会遭到破坏, 自由基的增加会导致植物细胞的伤害, 首先是启动膜脂过氧化或膜脂脱脂作用, 破坏膜结构^[1]。SOD、POD 等是植物酶促防御系统的重要保护酶, 与植物的衰老、抗逆性等密切相关^[2,3]。月季是对失水胁迫十分敏感的切花, 不同品种的失水胁迫耐性差异很大。我们以瓶插寿命缩短百分比为划分基准, 将其划分为耐失水胁迫、中度耐失水胁迫和不耐失水胁迫品种^[4]。本试验以耐失水胁迫和不耐失水胁迫的月季切花为试材, 探讨其耐性差异的生理原因, 旨在为提高月季切花失水胁迫耐性提供依据。

1 材料与方法

切花月季 (*Rosa hybrida*) 耐失水胁迫品种萨蔓莎和不耐失水胁迫品种加布里拉取自中国农业科学院蔬菜花卉所温室。采收花枝长度 35 cm, 开花指数 2。取长 25 cm 的花枝, 留 3~4 片叶。两品种进行的轻、中、重度胁迫 (在 22~25℃, 相对湿度 30%~50% 条件下自然失水) 时间分别为 0、24、36、48 h 和 0、12、24、36 h。每项测定每个处理取花材 10 枝, 胁迫后复水瓶插。瓶插时白天日光灯补光 12 h (光强 $25.7 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), 其他条件同胁迫条件。

测量瓶插寿命、瓶插寿命缩短百分比和鲜样质量损失率。从瓶插之日起到花瓣出现萎蔫、弯颈或蓝变前一天的瓶插天数为瓶插寿命。胁迫后切花的瓶插寿命与对照的差值占对照切花瓶插寿命的百分率为瓶插寿命缩短百分比。胁迫后花枝鲜样质量损失量占胁迫前鲜样质量的百分率为鲜样质量损失率。瓶插期间定期取样, 每次取 3 枝 (单枝重复, 下同), 用 ZIZ-5 型水势测定仪测定叶片 (近离花朵第 3 片叶) 和花朵水势。用 MK3 型气孔仪测定第 1 叶位叶片气孔阻力。根据刘祖祺等^[5]的方法测定花瓣和叶片相对电导率及花瓣和叶片 SOD、POD 活性, 相同试验重复进行 2~3 次。

瓶插期间定期剪取花朵, 密闭在 200 mL 的玻璃瓶中, 每次取 3 枝。在室温下密闭 4~5 h, 然后

收稿日期: 2001-10-22; 修回日期: 2002-02-01

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (39870490); 云南省省校 (院) 合作项目 (99YN02)

* 通讯作者 Email: gaojpy@95777.com

取 1 mL 气样, 用日本岛津 GC-14A 气相色谱仪测定乙烯生成量。测定条件为柱温 50℃, 载气 (N₂) 流速为 50 mL·min⁻¹, 空气 500 mL·min⁻¹, H₂ 70 mL·min⁻¹。相同试验重复进行 2 次。

2 结果与分析

2.1 瓶插寿命、鲜样质量损失及叶片和花朵水势

萨蔓莎和加布里拉瓶插寿命缩短百分比、花枝鲜样质量损失率都随着胁迫程度的增加而增加 (表 1), 而叶片和花朵的水势随胁迫程度增加而下降 (表 2)。在 24 和 36 h 胁迫时间处理条件下, 萨蔓莎的瓶插寿命缩短百分比、鲜样质量损失率都明显低于加布里拉; 而花朵和叶片水势均高于加布里拉。这表明在相同失水胁迫条件下, 萨蔓莎水分亏缺程度较轻, 比加布里拉具有更强的失水胁迫耐性。

在瓶插复水第 1 天, 两品种花朵、叶片的水势都能迅速升高, 然后随瓶插时间的延长而下降。瓶插期间, 轻度胁迫的两品种水势变化动态和对照基本一致, 而中度、重度胁迫的切花瓶插后期水势明显低于对照, 没有观测到水势回升现象。相同胁迫时间, 萨蔓莎的叶片和花朵水势比加布里拉高。

表 1 失水胁迫处理对切花月季瓶插寿命和鲜样质量损失率的影响

Table 1 Effects of water deficit on vase life, fresh mass loss of cut rose (%)			
品 种 Cultivars	胁迫时间 Time of water deficit (h)	瓶插寿命缩短百分比 Decreased percentage of vase life	鲜样质量损失率 Fresh mass loss
萨蔓莎	0	0	0.0
Samantha	24	8	23.7
	36	52	30.8
	48	80	36.1
	48	90	42.6
加布里拉	0	0	0.0
Gabriella	24	4	16.5
	36	52	30.0
	48	90	42.6

注: 数据的标准误差在相应平均数的 20% 以内, 样本数 10。
Note: SE in the table was smaller than 20% of its mean, the value was the average of 10 replicates.

表 2 失水胁迫处理对切花月季及花朵和叶片水势的影响
Table 2 Effect of water deficit on water potential of flowers and leaves of cut rose (- MPa)

品 种 Cultivars	胁迫时间 Time of water deficit (h)	花 朵 Flowers				叶 片 Leaves			
		0 d	1 d	3 d	5 d	0 d	1 d	3 d	5 d
萨蔓莎	0	0.23	0.22	0.68	0.73	0.27	0.28	0.40	0.41
Samantha	24	2.90	0.32	0.75	0.84	2.00	0.22	0.47	0.66
	36	4.07	1.50	1.97	2.45	2.78	0.54	0.96	1.51
	48	4.42	1.55	2.43	2.77	3.51	0.56	1.02	1.78
	48	4.42	1.55	2.43	2.77	3.51	0.56	1.02	1.78
加布里拉	0	0.27	0.25	0.53	0.78	0.17	0.11	0.32	0.41
Gabriella	12	1.67	0.28	0.63	0.70	1.39	0.21	0.43	0.42
	24	3.15	0.73	0.88	1.07	2.34	0.22	0.75	0.81
	36	4.50	2.58	—	—	3.04	1.95	—	—
	36	4.50	2.58	—	—	3.04	1.95	—	—

注: 数据的标准误差在相应平均数的 20% 以内, 样本数 3。
Note: SE in the table was smaller than 20% of its mean, the value was the average of 3 replicates.

2.2 叶片气孔阻力

失水胁迫处理后, 萨蔓莎和加布里拉叶片气孔阻力都明显增加。在相同胁迫时间处理条件下, 两者的叶片气孔阻力没有明显差异。瓶插 5 d 后, 胁迫处理的萨蔓莎叶片气孔阻力明显低于对照; 而随胁迫程度的加大, 加布里拉叶片出现气孔阻力减小的时间要先于萨蔓莎 (表 3)。

2.3 叶片和花瓣相对电导率

萨蔓莎和加布里拉花瓣和叶片相对电导率都随胁迫程度的加大而增加, 相同胁迫时间处理条件下, 加布里拉均高于萨蔓莎 (表 4), 表明失水胁迫对加布里拉膜透性的影响更大。

复水瓶插期间, 轻度胁迫的萨蔓莎和加布里拉花朵、叶片的相对电导率与对照相近; 瓶插中、后期的变化动态也与对照基本一致。中度和重度胁迫处理的两品种花瓣、叶片相对电导率降低的幅度较小, 并且整个瓶插期间都高于对照。重度失水胁迫处理后, 加布里拉花朵弯颈萎蔫, 部分叶片已干枯, 花瓣相对电导率为 44.6%, 失水胁迫已对花枝造成不可逆的伤害; 萨蔓莎的相对电导率始终低于加布里拉。

表 3 失水胁迫处理对切花月季叶片气孔阻力的影响
Table 3 Effect of water deficit on stomatal resistance
of leaves of cut rose (s·cm⁻¹)

品 种 Cultivars	胁迫时间 Time of water deficit (h)	瓶插天数 Vasing days			
		0	1	3	5
萨蔓莎 Samantha	0	10.8	10.2	9.0	13.7
	24	16.7	12.0	15.8	8.5
	36	13.6	11.3	10.3	8.8
	48	12.3	15.7	14.2	5.1
加布里拉 Gabriella	0	8.9	10.4	8.2	11.4
	12	12.9	11.8	12.1	8.4
	24	16.2	10.7	8.9	10.2
	36	12.2	12.1	8.5	7.1

注：数据的标准误差在相应平均数的 20% 以内，样本数 9。
Note: SE in the table was smaller than 20% of its mean; the value in the table was the average of 9 replicates.

2.4 花朵乙烯生成

失水胁迫处理的萨蔓莎和加布里拉乙烯生成量高于对照，并随胁迫程度的增加而增加（表 5）。瓶插期间，轻度胁迫处理的萨蔓莎和加布里拉乙烯生成量均在第 3 天开始升高，并在第 5 天达到高峰。萨蔓莎中度和重度胁迫处理瓶插前期乙烯生成量一直保持较高水平；加布里拉中度胁迫处理乙烯生成量一直保持较高水平，而重度胁迫处理在瓶插末期乙烯生成量降到最低点。这表明随着失水胁迫程度的增加，乙烯生成量增加的起始时间提前，乙烯生成量也逐渐提高。相同失水胁迫处理的萨蔓莎乙烯生成量比加布里拉低。

表 5 失水胁迫处理对切花月季花朵乙烯生成量的影响
Table 5 Effect of water deficit on flower ethylene
production of cut rose (nL·g⁻¹·h⁻¹)

品 种 Cultivars	胁迫时间 Time of water deficit (h)	瓶插天数 Vasing days			
		0	1	3	5
萨蔓莎 Samantha	0	0.25	0.13	0.15	0.46
	24	0.35	0.16	0.30	0.41
	36	0.43	0.50	0.51	0.31
	48	0.45	0.60	0.66	0.35
加布里拉 Gabriella	0	0.22	0.31	0.23	0.75
	12	0.44	0.22	0.54	0.83
	24	0.53	0.70	0.59	1.01
	36	0.88	0.77	0.99	0.53

注：数据的标准误差在相应平均数的 20% 以内，样本数 6。
Note: SE in the table was smaller than 20% of its mean; the value in the table is the average of 6 replicates.

2.5 叶片和花朵 SOD 活性

失水胁迫处理后，萨蔓莎和加布里拉花瓣、叶片的 SOD 活性变化趋势不同（表 6）。萨蔓莎在失水胁迫后，花瓣 SOD 活性明显高于对照，增加的幅度依次为：中度胁迫> 重度胁迫> 轻度胁迫；叶片 SOD 活性随着胁迫程度增加而降低，但轻度和中度胁迫 SOD 活性仍高于对照。瓶插第 3 天，与对照不同，中度和重度胁迫处理的叶片和花瓣 SOD 活性都有峰值出现。加布里拉在轻度、中度失水胁迫后，花瓣和叶片的 SOD 活性均高于对照，并且中度胁迫比轻度胁迫高；重度胁迫 SOD 活性低于对

表 4 失水胁迫处理对切花月季花瓣和叶片相对电导率的影响
Table 4 Effects of water deficit on relative electrolyte conductance
of petals and leaves of cut rose (%)

品 种 Cultivars	胁迫时间 Time of water deficit (h)	花 瓣 Petals				叶 片 Leaves			
		0 d	1 d	3 d	5 d	0 d	1 d	3 d	5 d
萨蔓莎 Samantha	0	21.6	24.9	26.8	29.8	13.7	15.7	15.6	18.1
	24	25.0	23.5	25.0	27.2	29.5	14.8	15.7	16.5
	36	29.9	26.5	26.2	32.4	39.3	20.2	19.0	17.5
	48	35.5	25.9	26.2	35.6	43.3	29.3	19.3	19.6
加布里拉 Gabriella	0	18.4	20.1	22.7	24.4	16.8	18.6	19.7	21.2
	12	22.0	22.8	23.7	26.3	32.8	17.6	20.0	21.1
	24	27.4	25.1	25.3	27.0	51.7	22.1	22.0	23.5
	36	44.6	39.1	—	—	59.2	32.5	24.8	26.4

注：数据的标准误差在相应平均数的 20% 以内，样本数 6。
Note: SE in the table was smaller than 20% of its mean; the value in the table was the average of 6 replicates

表 6 失水胁迫处理对切花月季花瓣和叶片 SOD 活性的影响
Table 6 Effects of water deficit on SOD activities of petals
and leaves of cut rose (U·mg⁻¹·pro)

品 种 Cultivars	胁迫时间 Time of water deficit (h)	花 瓣 Petals				叶 片 Leaves			
		0 d	1 d	3 d	5 d	0 d	1 d	3 d	5 d
萨蔓莎 Samantha	0	101.5	145.1	68.6	118.0	46.8	47.0	38.5	46.0
	24	130.4	76.2	80.6	88.8	56.0	46.2	38.7	39.2
	36	217.4	51.2	108.9	78.9	48.0	31.9	51.3	30.0
	48	148.8	55.6	94.4	42.3	38.8	30.3	42.7	32.3
加布里拉 Gabriella	0	153.8	184.5	104.2	163.6	28.8	17.5	30.8	32.6
	12	160.9	103.0	142.6	197.3	32.3	19.6	24.4	29.0
	24	171.6	126.5	171.3	108.3	36.3	23.7	19.5	24.8
	36	110.0	96.4	—	—	24.7	18.7	—	—

注：数据的标准误差在相应平均数的 20% 以内，样本数 9。
Note: SE in the table was smaller than 20% of its mean; the value in the table is the average of 9 replicates.

照。复水瓶插第 1 天, 花瓣和叶片 SOD 活性都降低, 随后轻度、中度失水胁迫的花瓣有所增加; 而叶片在瓶插中后期 SOD 活性则始终低于对照。

24 h 胁迫处理的萨蔓莎和加布里拉, 花瓣、叶片 SOD 活性均高于对照, 但萨蔓莎比加布里拉增加的幅度大; 36 h 胁迫处理的萨蔓莎花瓣、叶片 SOD 活性仍高于对照, 但加布里拉花瓣、叶片的 SOD 活性都下降, 并低于对照。

2.6 叶片和花朵 POD 活性

失水胁迫处理后, 萨蔓莎和加布里拉花瓣、叶片的 POD 活性变化趋势也不一致 (表 7)。萨蔓莎在失水胁迫后, 花瓣 POD 活性明显高于对照, 因胁迫程度不同, 增加的幅度依次为: 中度胁迫> 重度胁迫> 轻度胁迫; 叶片 POD 活性随着胁迫程度增加而降低, 但都高于对照。在复水瓶插第 1 天, 轻度、中度及重度失水胁迫的叶片和花瓣 POD 活性都有所降低, 并低于对照; 第 3 天叶片和花瓣 POD 活性增加, 并高于对照; 第 5 天中度、重度胁迫的 POD 活性下降。加布里拉在轻度、中度失水胁迫后, 花瓣和叶片的 POD 活性均高于对照, 并且中度胁迫比轻度胁迫高; 重度胁迫 POD 活性低于对照。复水瓶插第 1 天, 花瓣和叶片 POD 活性都降低, 随后轻度胁迫的花瓣、叶片 POD 活性随瓶插天数增加而增加; 中度胁迫的花瓣第 3 天出现峰值, 叶片到第 5 天 POD 活性才达最大值; 重度胁迫花叶枯萎, POD 活性明显降低。

24 h 失水胁迫处理的萨蔓莎和加布里拉, 花瓣和叶片 POD 活性均高于对照, 但萨蔓莎比加布里拉增加的幅度大; 36 h 胁迫处理的萨蔓莎花瓣、叶片 POD 活性仍高于对照, 但加布里拉花瓣、叶片的 POD 活性都下降, 并低于对照。

表 7 失水胁迫处理对切花月季花瓣和叶片 POD 活性的影响

Table 7 Effects of water deficit on POD activities of petals and leaves of cut rose						(U·mg ⁻¹ pro)			
品 种 Cultivars	胁迫时间 Time of water deficit (h)	花 瓣 Petals				叶 片 Leaves			
		0 d	1 d	3 d	5 d	0 d	1 d	3 d	5 d
萨蔓莎 Samantha	0	134.5	179.6	92.7	150.3	136.5	135.8	123.5	167.4
	24	404.7	115.8	138.9	167.4	316.7	192.1	177.4	169.3
	36	494.3	116.6	206.4	107.3	227.5	158.0	211.6	122.5
	48	398.3	112.2	109.6	91.0	207.5	145.8	173.4	95.6
加布里拉 Gabriella	0	215.4	233.3	276.9	230.4	179.4	114.3	201.8	206.2
	12	246.6	160.2	251.1	266.9	252.5	148.4	168.3	217.2
	24	289.1	199.7	256.5	179.9	178.9	155.9	155.3	195.4
	36	175.3	125.0	—	—	150.2	125.0	—	—

注: 表中所有数据的标准误差在相应平均数的 20% 以内, 样本数 9。
Note: SE in the table was smaller than 20% of its mean; the value in the table is the average of 9 replicates.

3 讨论

Heith 等指出植物的抗旱性由植株的保水力和对失水的忍耐力决定^[6]。水势和鲜样质量损失率是表示植物水分亏缺程度的指标。本试验中耐失水胁迫品种萨蔓莎和不耐失水胁迫品种加布里拉都经过 24、36 h 胁迫处理后, 萨蔓莎的花枝鲜样质量损失率较低, 花朵和叶片水势下降的幅度小; 瓶插期间, 萨蔓莎水势一直高于加布里拉。这说明萨蔓莎保水能力和补偿水分损失的能力较强。但在相同胁迫时间处理下, 两者的叶片气孔阻力没有明显差异, 与萨蔓莎水分亏缺程度明显低于加布里拉不一致。因此这两个品种保水能力的差异可能由非气孔因素来调节, 还有待进一步研究。进一步比较经过相同胁迫时间处理后两个品种花瓣和叶片的相对电导率, 萨蔓莎明显低于加布里拉。试验中失水胁迫 36 h, 加不里拉花瓣相对电导率增加了 142.4%, 花朵弯颈萎蔫, 部分叶片已干枯, 失水胁迫已对花枝造成不可逆的伤害。花瓣和叶片浸出液相对电导率反映的是在失水胁迫时细胞膜的透性, 电导率越高, 膜破坏越严重, 透性就越大^[7]。试验结果进一步说明了萨蔓莎有更强的保水复水能力。

当切花遭到胁迫时, 乙烯生成量增加, 进而促进衰老进程。胁迫诱导乙烯生成一般只有 10~30 min 的滞后期, 数小时后达到高峰, 然后逐渐降低^[8]。本试验也得到相似的结果。不耐失水胁迫品种加布里拉的乙烯生成量要高于耐失水胁迫品种萨蔓莎, 瓶插期间峰值出现的时间也提前, 衰老进程更快。

失水胁迫引起生物膜受损伤的现象已被许多学者证实, 但损伤机理尚不清楚。近年来, 部分学者应用生物自由基伤害学说认为干旱增加植物体内的活性氧含量, 如 $O_2^{\cdot -}$ 、 H_2O_2 、 HO^{\cdot} 等, 促进膜脂过氧化作用或膜脂脱脂反应^[9]。植物组织耐脱水能力与自身维持活性氧代谢平衡的能力有关, 即与活性氧清除剂 SOD、POD 和 CAT 活性有关^[2,3,10]。本试验 24 h 胁迫处理的萨蔓莎和加布里拉, 花瓣和叶片 SOD 和 POD 活性均高于对照, 但萨蔓莎比加布里拉增加的幅度大; 36 h 胁迫处理的萨蔓莎花瓣和叶片的 SOD 和 POD 活性仍高于对照, 但加布里拉花瓣和叶片的 SOD 和 POD 活性都下降, 并低于对照。这表明萨蔓莎具有较强的失水胁迫耐性, 可能是由于其在受到失水胁迫时, 具有较强的保水能力, 能维持较高的 SOD、POD 等保护酶活性, 以减轻细胞膜的损伤。因此, 在月季切花保鲜剂中添加自由基清除剂, 是否能提高保护酶活性, 提高切花的失水胁迫耐性, 有待进一步研究。

参考文献:

- 1 王建华, 刘鸿先, 徐 同. 超氧化物歧化酶 (SOD) 在植物逆境和衰老生理中的作用. 植物生理学通讯, 1989, (1): 1~7
- 2 McCord J M, Fridovich I. Superoxide dismutase and enzymic function for erythrocyte perin (Hemocuprein). J. Biol. Chem., 1969, 244 (22): 6049~6055
- 3 Huysse Van R B. Some molecular aspects of plant peroxidase biosynthetic studies. Ann. Rev. Plant Physiol., 38: 205~219
- 4 唐雪梅, 高俊平, 艾光艳, 等. 切花月季品种失水胁迫耐性差异及忍耐极限初探. 园艺学报, 1999, (1): 41~48
- 5 刘祖祺, 张石城主编. 植物抗性生理学. 北京: 中国农业出版社, 1994. 371~382
- 6 Heith D, Kramer P J. Drought tolerance of pine seedlings under various climatic conditions. For. Sci., 1975, 21: 72~82
- 7 Mayak S, Borochoy A, Triosh T. Transient water stress in carnation flowers: effect of aminoxyacetic acid. J. Expt. Bot., 1985, 36: 800~806
- 8 Yang S T, Hoffman N E. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. Ann. Rev. Plant Physiol., 1984, 35: 155~189
- 9 王宝山. 生物自由基与植物膜伤害. 植物生物学通讯, 1988, (2): 12~16
- 10 Shinazaki K, Sakaki T, Kondo N, et al. Active oxygen participation in chlorophyll destruction and lipid peroxidation in SO_2 fumigated leaves. Plant & Cell Physiol., 1980, 21: 1193~1198

Physiological Bases of Difference Related to Water Deficit Tolerance of Cut Rose cv. Samantha and Gabriella

Zhang Changqing¹, Tang Xuemei¹, Gao Junping¹, Zhang Hao², and Xiong Li²

(¹Department of Ornamental Horticulture and Landscape Architecture, China Agricultural University, Beijing 100094, China;

²Research and Development Center of Flowers, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205, China)

Abstract: In our previous work, 17 commercial cultivars of cut rose (*Rosa hybrida*) were classified into three levels of tolerance to water deficit by measuring the vase life decrease after 24 h water deficit, at 22~25 °C and 40%~60% relative humidity. In this paper, Samantha, a cultivar with strong tolerance to water deficit, and a weak one, Gabriella, were used to determine their vase life, fresh mass loss, water potential of flowers and leaves, leaf stomatal resistance, relative electrolyte conductance, flower ethylene production, SOD and POD activities of petals and leaves under water deficit. The results showed that as prolonging the time of water deficit, the decreased percentage of vase life, fresh mass loss, relative electrolyte conductance and flower ethylene production increased, while water potentials of flowers and leaves decreased in both cultivars; and more remarkable changes were obtained in cv. Gabriella than in Samantha. SOD and POD activities of petals and leaves were higher in medium range of water deficit than in light and heavy ones. And no remarkable difference of leaf stomatal resistance was found between the two cultivars. Samantha showed a higher abilities to recover from the same water deficit than Gabriella during vasing period. Finally the relationships were discussed between the test parameters of petals and leaves and water deficit tolerance of cut roses.

Key words: Rose; Cut rose; Postharvest; Physiology; Water deficit