

# 月季切花水分胁迫耐性差异与脯氨酸的关联性\*

赵志红 吴红芝

(云南农业大学园林园艺学院 昆明 650201)

**摘要:** 以瓶插寿命、弯颈率、复水率、鲜重损失率、花朵开放直径为衡量指标,筛选出水分胁迫耐性品种‘夏克拉’和敏感品种‘友谊’月季切花。并以耐性和敏感品种为材料,研究月季切花采后水分胁迫耐性与脯氨酸积累的关联性。结果表明:随着水分胁迫的加强,游离脯氨酸的累积显著增加,且水分胁迫耐性强的品种在轻度水分胁迫时游离脯氨酸累积量小于敏感的品种,但深度胁迫时其累积量则明显大于水分胁迫耐性弱的敏感品种。因此,脯氨酸的积累可作为月季切花水分胁迫耐性差异的筛选指标。

**关键词:** 月季切花品种;水分胁迫耐性;脯氨酸

中图分类号:S685.12 文献标识码:A 文章编号:1001-7488(2010)02-0074-06

## Relationship between Tolerance Difference to Water Stress and Proline Content in Cut Rose Cultivars

Zhao Zhihong Wu Hongzhi

(College of Landscape and Horticulture, Yunnan Agricultural University Kunming 650201)

**Abstract:** ‘Shakira’, a rose cultivar with strong tolerance to water stress and ‘Friendship’, a sensitive rose cultivar to water stress, were screened out from 12 cut rose cultivars which are popular in the current market, according to vase life, bent neck rate, water recovery rate, fresh weight loss and flowers diameter. The two cultivars were used to study the relationship between tolerance to water stress and accumulation of proline. The result showed that with the increasing of water stress, the content of free proline was significantly increased. The accumulation of proline in ‘Shakira’ was less than that of ‘Friendship’ under the light water stress, but became much higher than that of ‘Friendship’ with the severe water stress. Therefore, the accumulation of proline can be considered as the indicator of tolerance to water stress in the cut roses.

**Key words:** cut rose; tolerance to water stress; proline

月季(*Rosa hybrida*)切花作为世界四大切花之一,在国内外花卉市场占有非常重要的地位。随着月季切花生产向自然气候条件优越、劳动力成本低地区转移的发展趋势,月季切花远距离运输变得越来越普遍。目前国内外月季切花的远距离运输多采用没有任何水分补充措施的干运方式,水分胁迫引起的僵蕾、僵花、弯颈、萎蔫等质量损失成为限制月季切花远距离运输品质的主要因子之一(赵喜亭等,2008)。此外,月季切花从采收、预冷、包装以及贮藏等各个采后环节中,都有可能遭到不同程度的失水胁迫(Mayak *et al.*, 1971; 1985),制约了月季切花生产的发展(Zieslin, 1989; Urban *et al.*, 2002)。目前有关月季切花水分胁迫耐性机理的研究,主要集中在失水胁迫与抗氧化酶系统和非酶系统以及与内肽酶的变化之间的关联等方面(张常青等,2002;丛日晨等,2003a;

2003b;刘晓辉等,2005;赵喜亭等,2008),有关细胞渗透调节物质变化与水分胁迫耐性方面的研究尚未见报道。本试验通过对目前市场流行的12个月季切花品种水分胁迫耐性的比较,筛选出对水分胁迫耐性高和敏感的品种,并进一步研究耐性和敏感品种之间细胞渗透调节物质脯氨酸含量的差异,探索月季切花水分胁迫耐性机理,为月季切花耐性品种的筛选及长途运输保鲜技术的制定提供参考。

### 1 材料与方法

试验于2007年9月—2008年9月在云南农业大学鲜切花采后生理实验室进行。

#### 1.1 试验材料

供试的12个月季切花品种,由昆明杨月季园艺有限公司提供(表1)。采收时间为上午9:00,采收

收稿日期:2009-01-12。

基金项目:教育部春晖计划项目(KX140407)。

\*吴红芝为通讯作者。

长度 50 cm,开花指数为 2 级(马男等 2005)。

## 1.2 试验方法

1.2.1 水分胁迫处理 所有月季切花采收后插入自来水中运回实验室,按花枝长 45 cm,留取 3~4 片叶,下端浸入清水中 45° 斜面进行修剪。品种筛选共设 4 组水分胁迫处理,即胁迫 24 h(a),36 h(b),48 h(c)和对照(ck);筛选出来的水分胁迫耐性品种和敏感品种进行 7 组水分胁迫处理,即胁迫 6,12,18,24,30,36 h 和对照,每项测定每个处理取花材 10 支,重复 3 次,处理后复水瓶插观测,对照花材一直插养于水中作同样观测。各种水分胁迫处理花材在室温 22.5~27 °C(平均温度为 24.7 °C),相对湿度在 44%~64%(平均湿度为 56.7%)的条件下进行。胁迫后复水瓶插,瓶插时白天日光灯补光(光照强度为 25.7  $\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )。

1.2.2 水分胁迫评估指标的测定 1) 瓶插寿命与瓶插寿命缩短百分率 瓶插寿命指从瓶插之日起到花瓣出现萎蔫、弯头或蓝变前 1 天的天数。瓶插寿命缩短百分率指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。2) 花朵弯颈率与复水率 花朵弯头指花梗部弯软使花头弯下,是切花瓶插寿命结束标志。胁迫后弯颈率指胁迫后弯颈的花枝数占总花枝数的百分率。复水率指失水胁迫后在水中吸水恢复新鲜的花枝数占总花枝数的百分率。3) 鲜样质量损失率 鲜质量损失率(%)=(胁迫前鲜质量-胁迫后鲜质量)/胁迫前鲜质量 $\times 100\%$ 。4) 花朵直径 用游标卡尺测花朵的最大直径。每个处理测 10 支,取平均值。5) 脯氨酸含量 采用酸性茚

三酮显色法测定(叶尚红,2004)。胁迫期间定期取样,每次取 6 支,单枝重复。所有统计分析用 DPS3.01 分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同品种水分胁迫耐性比较

2.1.1 水分胁迫对瓶插寿命的影响 不同品种切花月季在水分胁迫过程中,随着胁迫时间的增加,瓶插寿命呈现缩短趋势,而瓶插寿命缩短百分比呈增加趋势。水分胁迫 24 h 后,阳光雄狮、雄狮和友谊等 3 个品种缩短了 5.8~6.4 天,缩短百分比为 50.9%~83.1%;托斯卡尼、雪山、往日情怀、皇家巴卡、惊喜、淑女和王后等 7 个品种瓶插寿命缩短了 1.8~4.5 天,缩短百分比为 13.4%~37.8%;夏克拉和冰清红等 2 个品种缩短最少,为 0.4~0.7 天,缩短百分比为 4.8%~7.0%。由此可见,水分胁迫对不同切花月季品种瓶插寿命的影响不同,有的品种瓶插寿命显著缩短,有的则变化很小。品种友谊的瓶插寿命缩短百分率最高,达 83.1%,显著高于变化仅 4.8%的夏克拉品种,说明不同的切花月季品种间存在着对水分胁迫耐性的差异。对夏克拉水分胁迫时间由 24 h 增加到 48 h,瓶插寿命缩短百分率由 4.8% 增加到 46.4%;其他品种也具有相同的趋势(表 1)。但在相同水分胁迫处理时间条件下,友谊的瓶插寿命缩短百分率大于夏克拉,这说明友谊是对水分胁迫敏感的品种;夏克拉更加耐水胁迫。

表 1 水分胁迫对不同月季切花品种瓶插寿命的影响<sup>①</sup>

Tab. 1 Effect of water stress on vase life of different cut rose cultivars

品种 Cultivar	瓶插寿命 Vase life/d				瓶插寿命缩短百分率 Vase life decreased/%			
	ck	24 h	36 h	48 h	ck	24 h	36 h	48 h
托斯卡尼 Toscanini	9.6	7.9	6.7	4.4	0.0Aa	17.7Bb	30.2Cc	54.2Dd
夏克拉 Shakira	8.4	8.0	6.5	4.5	0.0Aa	4.8Bb	22.6Cc	46.4Dd
冰清 Bing Qing	10	9.3	6.4	5.3	0.0Aa	7.0Bb	36Cc	47Dd
阳光雄狮 Sunny Leonidas	11.4	5.6	3.5	1.9	0.0Aa	50.9Bb	69.3Cc	83.3Dd
雪山 Avalanche	12.3	10.1	8.5	6.8	0.0Aa	17.9Bb	30.9Cc	44.7Dd
往日情怀 Wang Ri Qing Huai	11.9	7.4	5.3	3.1	0.0Aa	37.8Bb	55.5Cc	73.9Dd
皇家巴卡 Royal Baccara	10.5	9.0	7.2	3.8	0.0Aa	14.3Bb	31.4Cc	63.8Dd
雄狮 Leonidas	8.6	3.7	2.1	0.5	0.0Aa	57.0Bb	75.6Cc	91.2Dd
惊喜 Exciting	11.9	10.2	8.7	6.3	0.0Aa	14.3Bb	26.9Cc	47.1Dd
友谊 Friendship	7.7	1.3	0.0	0.0	0.0Aa	83.1Bb	100Cc	100Cc
淑女 Fragrant Lady	7.9	6.4	4.7	2.3	0.0Aa	19.0Bb	40.5Cc	70.9Dd
王后 King's Pride	13.4	11.6	9.5	5.7	0.0Aa	13.4Bb	29.1Cc	57.5Dd

① 统计分析针对同一品种不同处理进行,大写字母表示有极显著差异( $P < 0.01$ ),小写字母表示有显著差异( $P < 0.05$ )。Statistics analysis is on the different treatments in one variety, capital letter means extremely significant difference ( $P < 0.01$ ), small letter means significant difference ( $P < 0.05$ ).

2.1.2 水分胁迫对不同月季切花弯颈率和复水率的影响 水分胁迫 24 h 时,夏克拉和皇家巴

卡弯颈率已达到 100%;托斯卡尼、冰清、雪山、友谊和王后未出现弯颈现象;阳光雄

狮'、'往日情怀'、'雄狮'、'惊喜'和'淑女'5个品种出现不同程度的弯颈现象,胁迫36 h时;往日情怀'、'惊喜'、'淑女'和'王后'4个品种弯颈率也达到100%,其他品种的弯颈率较24 h都有所增加,胁迫增加到48 h时;'雪山'的弯颈率仍为10%;友谊'的弯颈率为30%,其余10个品种的弯颈率都达到了70%以上。说明'夏克拉'和'皇家巴卡'的颈部较不耐失水;'雪山'和'友谊'的颈部耐失水程度较高(表2)。

表2 水分胁迫对不同月季切花弯颈率、复水率和鲜重损失率的影响<sup>①</sup>

Tab. 2 Effect of water stress to bent neck, water recovery, fresh weight loss of different cut rose cultivars

品种 Cultivar	弯颈率 Bent neck/%				复水率 Water recovery/%				鲜重损失率 Fresh weight loss/%			
	ck	24 h	36 h	48 h	ck	24 h	36 h	48 h	ck	24 h	36 h	48 h
托斯卡尼 Toscanini	0Aa	0Aa	30Bb	70Cc	100Aa	100Aa	40Bb	0Cc	0Aa	28.9Bb	43.7Cc	50.7Dd
夏克拉 Shakira	0Aa	100Bb	100Bb	100Bb	100Aa	100Aa	60Bb	10Cc	0Aa	25.0Bb	34.9Cc	44.2Dd
冰清 Bing Qing	0Aa	0Aa	20Bb	90Cc	100Aa	100Aa	60Bb	10Cc	0Aa	19.6Bb	31.4Cc	39.0Dd
阳光雄狮 Sunny Leonidas	0Aa	10Ab	80Bc	90Cd	100Aa	70Bb	20Cc	0Dd	0Aa	32.4Bb	49.4Cc	64.6Dd
雪山 Avalanche	0Aa	0Aa	10Bb	10Bb	100Aa	100Aa	50Bb	10Cc	0Aa	20.7Bb	35.9Cc	44.4Dd
往日情怀 Wang Ri Qing Huai	0Aa	70Bb	100Cc	100Cc	100Aa	90Bb	30Cc	0Dd	0Aa	25.9Bb	37.7Cc	52.3Dd
皇家巴卡 Royal Baccara	0Aa	100Bb	100Bb	100Bb	100Aa	90Bb	30Cc	0Dd	0Aa	29.1Bb	35.9Cc	47.4Dd
雄狮 Leonidas	0Aa	20Bb	80Cc	100Dd	100Aa	70Bb	30Cc	0Dd	0Aa	38.5Bb	57.1Cc	60.4Dd
惊喜 Exciting	0Aa	90Bb	100Cc	100Cc	100Aa	100Aa	40Bb	0Cc	0Aa	22.5Bb	36.9Cc	44.2Dd
友谊 Friendship	0Aa	0Aa	30Bb	30Bb	100Aa	50Bb	0Cc	0Cc	0Aa	38.9Bb	52.0Cc	60.1Dd
淑女 Fragrant Lady	0Aa	70Bb	100Cc	100Cc	100Aa	90Bb	30Cc	0Dd	0Aa	28.0Bb	34.9Cc	46.9Dd
王后 King's Pride	0Aa	0Aa	100Bb	100Bb	100Aa	100Aa	40Bb	10Cc	0Aa	17.3Bb	33.3Cc	40.1Dd

①: 统计分析针对同一品种不同处理进行,大写字母表示有极显著差异( $P < 0.01$ ),小写字母表示有显著差异( $P < 0.05$ )。 statistics analysis is on the different treatments in one variety, capital letter means extremely significant difference ( $P < 0.01$ ), small letter means significant difference ( $P < 0.05$ ).

2.1.3 水分胁迫对不同月季切花鲜重损失率的影响 如表2所示,水分胁迫处理后,随着水分胁迫加深,鲜重损失率逐渐增加。胁迫24 h后,鲜重损失率最小的是'王后',为17.3%;最大的是'友谊',为38.5%;'夏克拉'为25.0%;胁迫36 h后,鲜重损失率最小的是'冰清',为31.4%;最大的是'雄狮',为57.1%;'友谊'为52.0%;'夏克拉'为34.9%;胁迫48 h后,切花鲜重损失率较胁迫36 h有增加,但变化不大,可能是切花已经在胁迫36 h后,水分已经损失较多,到胁迫48 h时,切花已没有多少水分,鲜重损失率变化较小。表明在相同失水胁迫条件下;'王后'、'夏克拉'、'冰清'等品种水分亏缺程度较轻,比'友谊'、'雄狮'等品种更具有强的失水胁迫耐性。

2.1.4 水分胁迫对不同月季切花花朵直径的影响 如图1所示,月季切花经胁迫处理后,促进了切花开放,瓶插第1天花径比对照高。经24 h胁迫处理后;'阳光雄狮'、'雄狮'和'友谊'3个品种瓶插天数较之对照明显缩短,花朵直径与对照差异明显,无法开到最大花径,一些样品出现僵蕾现象,而'夏克

拉'等其余9个品种基本可以达到完全开放;36 h后;'托斯卡尼'、'阳光雄狮'、'雄狮'和'友谊'4个品种呈现僵花现象;48 h后,'友谊'和'雄狮'完全不能复水,瓶插天数缩短明显,花朵不能开放,出现了明显的僵花现象,失水胁迫已对花枝造成不可逆的伤害。'夏克拉'、'冰清'、'惊喜'、'淑女'和'王后'5个品种的对照与3组水分胁迫处理花径变化趋势比较相似,先增加,当花朵直径增加到一定大小时,保持花朵直径大小几乎不改变的状态,直到花朵萎焉。因此;'夏克拉'等品种耐水分胁迫能力强于'友谊'等品种。

通过以上的不同品种水分胁迫耐性比较可知:品种'夏克拉'是其中最耐胁迫的品种;'友谊'是最敏感的品种。

2.2 水分胁迫时'夏克拉'和'友谊'切花中脯氨酸含量的变化

随着水分胁迫程度的增加,耐性品种和敏感品种花朵、叶片的游离脯氨酸含量总体是呈逐渐递增,但是达到一定水分胁迫程度后又下降的趋势,且均比对照高,但耐性不同的品种游离脯氨酸积累情况

差异十分明显(图 2)。敏感品种‘友谊’在水分胁迫 12 h 后,花朵、叶片的游离脯氨酸含量迅速上升;水分胁迫 18 h 时,花朵脯氨酸含量达到最大值(191  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ );叶片脯氨酸含量在水分胁迫 24 h 时达到最大值(208.7  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ),随后迅速下降。耐性品种‘夏克拉’花朵、叶片的游离脯氨酸含量,随水分胁迫程度的加深持续增加,当水分胁迫 36 h 时,

其含量已远远高于‘友谊’,说明耐性品种细胞的渗透调节能力更大,水分胁迫耐性更强。耐性品种‘夏克拉’和敏感品种‘友谊’经过水分胁迫处理后,叶片、花朵中游离脯氨酸的含量均大于对照,说明月季切花在受到水分胁迫时,游离脯氨酸的积累量与其水分胁迫耐性之间存在正相关性。

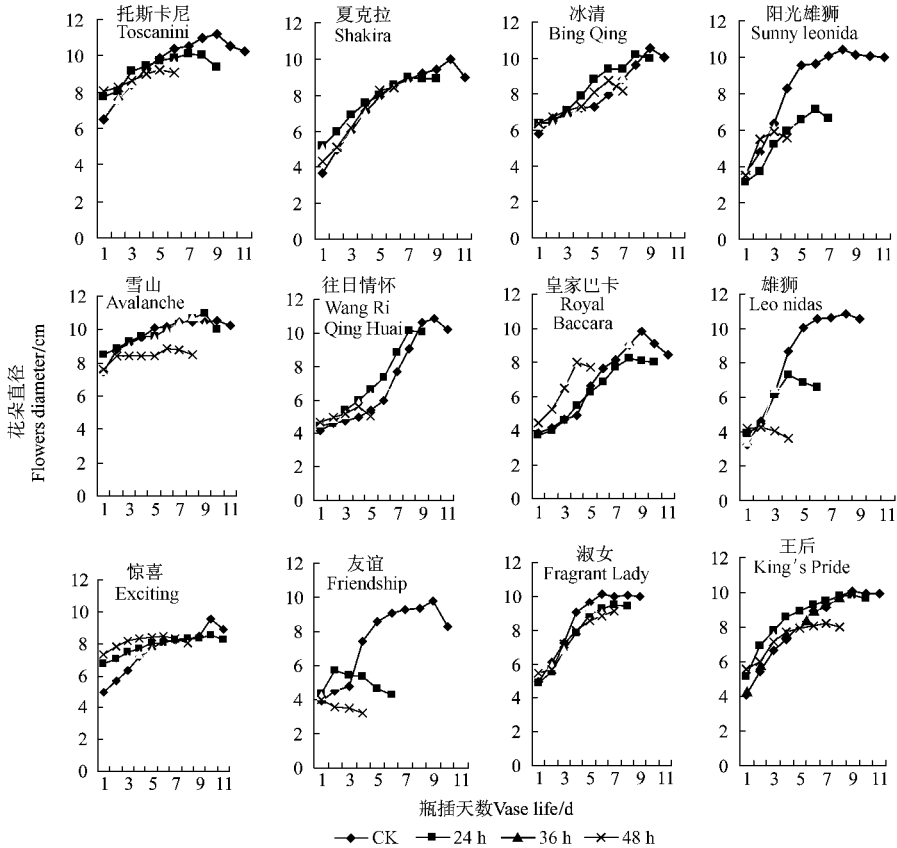


图 1 水分胁迫对不同月季切花品种花朵直径的影响

Fig. 1 Effects of water stress on flowers diameter of different cut rose cultivars

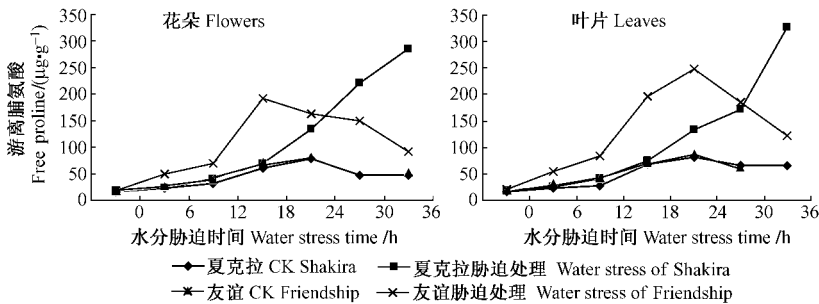


图 2 水分胁迫对月季切花脯氨酸的影响

Fig. 2 Effects of water stress on proline accumulation of cut rose cultivars

6 h 胁迫处理的‘夏克拉’和‘友谊’,花朵、叶片游离脯氨酸的含量均高于对照,但‘友谊’比‘夏克拉’增加的幅度大,说明敏感品种‘友谊’对水分胁迫非常敏感,轻度失水即需大量积累脯氨酸以调

节水分平衡,而 36 h 胁迫处理后;夏克拉‘花朵、叶片中游离脯氨酸含量比‘友谊’增加的幅度大。总之,在轻度水分胁迫时,敏感品种积累更多的游离脯氨酸,耐性品种则反之,积累量较少;深度水分胁迫

迫时,耐性品种持续积累,脯氨酸含量显著高于敏感品种,敏感品种的脯氨酸积累比耐性品种的反应更快,但耐性品种脯氨酸积累反应的时间更长,具有更强的水分胁迫调节能力。

### 3 结论与讨论

#### 3.1 不同品种水分胁迫耐性比较

月季切花品种种类繁多,品种之间水分胁迫耐性存在着较大的差异(唐雪梅等,1997),贮藏和远距离运输宜选用水分胁迫耐性强的品种,敏感品种只能用于就近销售。瓶插寿命是评价切花品质的重要指标(熊运海,2000),依唐雪梅等(1999)方法,将目前市场流行的12个月季切花新品种的耐失水胁迫能力进行分类;阳光雄狮'、'雄狮'和'友谊'等3个品种为不耐失水胁迫品种;托斯卡尼'、'雪山'、'往日情怀'、'皇家巴卡'、'惊喜'、'淑女'和'王后'7个品种为中度耐失水胁迫品种;夏克拉'和'冰清'2个品种,为耐失水胁迫品种。本试验结果与其划分基本一致。

各种切花失水胁迫后能够恢复的极限不同,相同失水胁迫程度对不同切花月季品种的影响不同;不同失水胁迫程度对同一品种花材的开放和衰老影响也不同,表现为失水胁迫程度较轻时能够恢复,程度较重时无法恢复(唐雪梅等,1997)。在月季切花流通中,赵喜亭等(2005)用快速、便捷的花枝复水恢复率作为衡量品种间的失水胁迫耐性的判断指标。'夏克拉'水分胁迫时虽然弯颈现象严重,但复水瓶插后,它的复水能力很强。依据赵喜亭等(2005)以复水率为失水胁迫耐性指标,进一步说明'夏克拉'的耐失水能力高于其他品种。

鲜重损失率是表示植物水分亏缺程度的指标(张常青等,2002)。正常瓶插条件下月季切花花枝鲜重先逐渐增加,达到最大值后再逐渐降低。但是当失水量超过吸水量时花朵开放受到影响,失水量超过一定程度时花朵无法正常开放,出现僵花、僵蕾、萎蔫、弯头等现象,严重降低切花采后品质(高俊平等,1995)。本试验表明在相同失水胁迫条件下;夏克拉'、'冰清'、'雪山'和'王后'4个品种水分亏缺程度较轻,比'阳光雄狮'、'雄狮'和'友谊'3个品种具有更强的失水胁迫耐性。月季切花随着胁迫时间的延长,鲜重损失率逐渐增加,瓶插寿命缩短。

花朵直径由小变大继而变小,反映了花朵由初开、盛开至萎蔫衰老的进程(白双义等,2001)。经水分胁迫处理瓶插后;夏克拉'、'冰清'、'惊喜'、

'淑女'和'王后'5个品种在不同水分胁迫时间下的变化趋势比较相似,花朵直径由小变大,当花径增大到一定程度时,月季切花达到盛花状态,随后一直保持开放状态,其花径不变小,直至萎蔫;而'阳光雄狮'、'雄狮'和'友谊'等3个品种水分胁迫处理后花径大小变化剧烈,瓶插寿命明显缩短。可见月季品种对水分胁迫耐性的差异也能反映在花朵直径的变化上,因此'夏克拉'等5个品种耐水分胁迫能力强于'阳光雄狮'等3个品种。

#### 3.2 不同水分胁迫耐性月季切花与脯氨酸的关联性

脯氨酸是植物体内的1种重要渗透调节物质,对干旱胁迫反应较敏感。脯氨酸的积累是植物对水分亏缺的生理反应,累积数量的多少可作为衡量作物抗旱力的生理指标。试验结果表明:月季切花在失水不太严重时,游离脯氨酸积累少的品种耐失水胁迫,游离脯氨酸积累多的不耐失水胁迫。失水严重时,耐失水胁迫品种脯氨酸积累的时间长,含量继续增多,即敏感品种'友谊'比耐性品种'夏克拉'在水分胁迫下的脯氨酸积累反应更快,而耐性品种'夏克拉'反应的持续时间较长。这与王启明等(2005)用大豆(*Glycine max*)苗和汤章成等(1986)用高粱(*Sorghum*)研究的结果是一致的。至于引起这种差异的原因可能是由于失水胁迫耐性不同的月季切花品种存在着对失水胁迫反应敏感程度不同的脯氨酸代谢调节机制。耐性品种'夏克拉'和敏感品种'友谊'经过水分胁迫处理后,叶片、花朵中游离脯氨酸的含量均大于对照。因此,在失水胁迫时,月季切花中游离脯氨酸的含量与其失水胁迫耐性存在有一定的正相关性,可以作为筛选水分胁迫耐性品种的生理指标之一。

### 参 考 文 献

- 白双义,刘青林. 2001. 月季切花不同品种衰老征兆及瓶插寿命的比较. 园艺学报, 28(4): 364-366.
- 蔡永平, 聂凡, 张鹤英, 等. 2000. 水杨酸对月季切花的保鲜效果和生理作用. 园艺学报, 27(3): 228-230.
- 丛日晨, 赵喜亭, 刘晓辉, 等. 2003a. 月季切花采后花瓣内肽酶活性的变化. 园艺学报, 30(2): 232-235.
- 丛日晨, 赵喜亭, 高俊平. 2003b. 失水胁迫对切花月季'贝拉米'内肽酶的影响. 园艺学报, 30(3): 352-354.
- 高俊平, 孙自然. 1995. 我国远距离流通中减少损耗的基本途径. 北京农业大学学报(增刊) 21: 84-88.
- 刘晓辉, 朱旭晖, 赵喜亭, 等. 2005. 两个切花月季品种花朵开放和衰老对乙烯的反应及其与内肽酶的关联. 中国农业科学, 38(3): 589-595.
- 马男, 蔡蕾, 高俊平, 等. 2005. 外源乙烯对月季(*Rosa hybrida*)切

- 花花开放的影响与乙烯生物合成相关基因表达的关联. 中国科学 C 辑: 生命科学, 35(2): 104 - 114.
- 汤章成, 王育启, 吴亚华, 等. 1986. 不同抗旱品种高粱苗中脯氨酸累积的差异. 植物生理学报, 12(2): 154 - 162.
- 唐雪梅. 1997. 月季切花不同品种水分胁迫耐性差异的生理研究. 北京: 中国农业大学硕士学位论文.
- 唐雪梅, 高俊平, 孙自然, 等. 1999. 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, 26(1): 41 - 48.
- 王启明, 马原松. 2005. 不同抗旱品种大豆苗中脯氨酸累积的差异. 商丘职业技术学院学报, 2(4): 63 - 64.
- 熊运海. 2000. 干藏过程中月季切花衰老的生理机制初探. 西南师范大学学报: 自然科学版, 25(2): 164 - 168.
- 叶尚红. 2004. 植物生理生化试验教程. 昆明: 云南科技出版社.
- 余红英, 邓世媛, 尹国强, 等. 2004. 保水剂对月季切花生理生化特性的影响研究初报. 广东农业科学, 3(3): 28 - 29.
- 张常青, 唐雪梅, 高俊平, 等. 2002. 月季切花'萨蔓莎'和'加布里拉'失水胁迫耐性的差异. 园艺学报, 29(6): 556 - 560.
- 赵喜亭, 丛日晨, 单宁伟, 等. 2005. 切花月季失水胁迫耐性差异与内肽酶活性的关联. 园艺学报, 32(5): 854 - 860.
- 赵喜亭, 丛日晨, 刘晓静, 等. 2008. 失水胁迫对月季花瓣内肽酶活性的诱导及对花朵衰老进程的影响. 中国农业科学, 41(2): 516 - 524.
- Mayak S, Halevy A H. 1971. Water stress as the cause of failure of flower bud opening in Iris. Journal of American Society Horticultural Science, 96: 482 - 483.
- Mayak S, Borochoy A, Tirosh T. 1985. Transient water stress in carnation flowers: Effect of Amino-oxyacetic acid. Journal of Experimental Botany, 166: 800 - 806.
- Urban L, Six S, Barthélémy L, et al. 2002. Effect of elevated CO<sub>2</sub> on leaf water relations, water balance and senescence of cut roses. Journal of Plant Physiology, 159(7): 717 - 723.
- Zieslin N, Kohl H C, Kofranek Jr A M, et al. 1978. Changes in the water status of cut roses and its relationship to bent-neck phenomenon. Amer Soc Hort Sci, 103(2): 176 - 179.
- Zieslin N. 1989. Postharvest control of vase life and senescence of rose flowers. Acta Horticulture, 261: 257 - 264.

(责任编辑 王艳娜)