

分根区交替灌溉对百合鲜切花生理变化和质量的影响

周 琼¹, 李伏生^{1,2}, 黄文君¹, 覃冬梅¹

(1. 广西大学农学院, 南宁 530005; 2. 中国农业大学中国农业水问题研究中心, 北京 100083)

摘 要: 研究了分根区交替灌溉(APRI)和施用钾肥对亚洲型百合鲜切花质量及其瓶插期间生理变化的影响。结果表明, 采收时 APRI 处理的切花形态指标与常规均匀灌溉(CI)之间差异不明显, 但一般优于部分根干燥灌溉(PRD)。此外, APRI 处理的切花寿命比 CI 处理延长 1~1.5 d。切花当天和瓶插期间 APRI 处理的切花百合叶片和花被片中淀粉和可溶性糖含量高于 CI 和 PRD 处理, 且 APRI 可减缓瓶插期间鲜切花叶片中可溶性糖、淀粉含量的下降。此外, 施用适量钾肥提高百合叶面积、叶片数、株高以及延长切花寿命 1~1.5 d; 且能增加采收时鲜切花叶片和花被片中可溶性糖和淀粉含量, 但降低花被片中丙二醛(MDA)含量, 还可减缓瓶插期间鲜切花叶片和花被片中可溶性糖、淀粉含量的下降和 MDA 含量的升高。上述结果表明, 分根区交替灌溉和施用钾肥有利于糖的积累, 并在一定程度上减缓丙二醛的积累, 这将可能延缓亚洲型黄百合切花的衰老和提高切花的品质。

关键词: 亚洲型黄百合; 鲜切花; 分根区交替灌溉; 钾肥; 质量

中图分类号: S682.2⁺5; S607⁺.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2007)03-0033-06

分根区交替灌溉(APRI)是康绍忠等提出的一种节水灌溉技术^[1]。该技术提出以来, 国内外学者通过盆栽、田间和应用等方面的试验, 从作物的生长发育、生理生态到土壤水分、养分的运移规律作了系统的研究, 并且研究由传统的丰水高产型转向节水优产型灌溉, 以提高水分利用率为核心, 研究重点由重视产量转向既重视产量更重视品质^[2]。通过对农作物和果树的研究结果表明, APRI 技术可以达到大量节水的目的而产量保持同等水平或略有下降, 且可促进糖分向果实运移, 保证果实生长, 提高口味和品质^[3]。

近年来在桃树、梨树、苹果树和葡萄等果树上结合气象资料、土壤水分、根茎液流、果实产量和品质以及根系补偿效应等进行了试验研究。周军等研究不同灌溉方式对葡萄叶片行为和果实品质的影响结果表明, 交替灌溉显著提高葡萄果皮花萼苷的含量, 供试 2 个品种果实中铁含量都是交替灌溉处理最高^[4]。APRI 处理土壤水分剖面分布是上低下高型, 即可利用少量地下水, 又不会产生深层渗漏; 交替灌水使水果个数明显增加, 产量提高, 耗水量相对减少^[5]。Gu 等以常规滴灌和分根

区交替滴灌相比较, 首次在美国研究了 APRI 对酿酒葡萄水分利用、植株生长、矿物质含量、产量以及浆果内容物的影响及其适应性。研究结果表明, APRI 处理气孔导度、蒸腾速率、植株侧向生长和修剪量都相对减小, 相同灌水量时灌水方式并不影响植株生长; 不同灌水量交替灌溉处理的葡萄产量和果实内容物含量没有显著差异^[6]; Zegbe 等发现 APRI 处理技术能使西红柿早熟, 颜色较红且固形物含量高, 并促进糖分向果实运移, 保证果实生长, 提高口味和感官品质^[7]。Loveys 等的结果表明, 分根区交替滴灌处理的水分利用效率比一般滴灌提高 58.97%, 需水量减少了 46.0%, 而产量仅减少了 13.8%, 但葡萄和葡萄酒品质大大改善^[8]。Claudia 等的结果表明, 采用 APRI 技术能保持植株水势与充分灌溉相当, 但可以降低气孔开度而不明显降低光合产物, 使水分利用效率提高 1 倍^[9]。Tiago 等的结果表明 APRI 可使葡萄水分利用效率提高 80%, 而产量基本相当^[10]。土耳其的 Kirda 等连续 2 年研究了温室条件下西红柿 PRD 以及其他常规水分亏缺对产量的影响, 结果表明应用 APRI 技术可节水 50%而产量稍有下降, 相同灌水量条件下 APRI 处理比其他亏缺灌溉处理的产量高 7%~10%, 而其水分利用效率比充分灌溉处理提高了 44.66%~56.31%, 商品果产量在品质不变的情况下则增加了 10%~27%^[11]。在甘肃河西民勤沙漠绿洲区连续 3 年进行的地膜玉米隔沟交替灌溉试验结果表明, 采用交替隔沟灌水方式, 在同等灌水量水平下, 可增产 2.85%~3.96%, 而同等产量下交替隔沟灌溉比常规灌溉可节水 33.3%以上^[12]。从上述可知, 目前 APRI 对农作物和果树的生长、产量和品质、水分利用等的影响试

第一作者简介: 周琼, 女, 1967 年生, 硕士, 主要从事植物营养与肥料利用理论与技术研究。
通讯作者: 李伏生, 男, 1963 年生, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事植物营养与肥料利用理论与技术研究。
基金项目: 国家自然科学基金重点项目, 编号: 50339030; 广西大学校基金, 编号: x051014。
收稿日期: 2006-10-18

验已有较多报道,但尚未见到该技术对花卉特别是百合切花的研究和应用报道。此外,研究表明百合是喜钾作物,百合地上茎叶和鳞茎的平均 $N:P_2O_5:K_2O$ 比例分别为 $1:0.29:1.59$ 和 $1:0.34:1.56$,并且含 K_2O 比例最高时期均在生长中后期,且适量施用 K 肥有利于鲜切花的保鲜^[13]。该研究在温室盆栽条件下,探讨了分根区交替灌溉和施用钾肥对亚洲型黄百合鲜切花质量及其瓶插期间生理变化的影响,以期对切花百合优质栽培提供新的灌溉和施肥管理方式。

1 材料与方法

盆栽试验在广西大学农业资源与环境实验室温室内进行。供试土壤采自广西大学农场果园的第四纪红色粘土发育的赤红土,经风干、碾碎,并过 3 mm 孔径的筛。该土壤 pH 为 4.75,碱解氮(N)15.1 mg/kg,速效磷(P)4.52 mg/kg,速效钾(K)44.03 mg/kg,田间持水量为 28%,质地为重粘土。供试作物为亚洲型黄百合(*Lilium* spp.),品种为 Mirella。

该试验为改善百合的生长环境,在土壤中加入部分砂,其粘土砂子比为 3:1(重量比)。采用口径 30 cm,深 20 cm 的聚乙烯塑料盆为栽培容器。盆中间用塑料薄膜隔开,以阻止水分交换。薄膜两边各装土 7 kg,每盆共装土 14 kg,装盆前将基肥与土壤充分混匀,并在盆内放入 PVC 管供灌水用。PVC 管直径 2.5 cm,并用 3 层塑料纱窗布包好。

试验设 2 个钾肥水平,即 0.1 mg/kg 土(K_1)和 0.3 mg/kg 土(K_2);3 种灌水方式,即常规均匀灌溉(对照,CI),每次对盆内土壤全部均匀灌水;分根区交替灌溉(APRI),每次对盆内 1/2 区域的土壤分根区交替灌水;部分根干燥灌溉(PRD),每次始终对盆内 1/2 区域的土壤灌水,共 6 个处理,每个处理均重复 3 次,共 18 盆,随机区组排列。试验期间灌溉控制在田间持水量的 70%~80%。用称重法测定其土壤含水量,通过水量平衡法计算灌水量,称重间隔时间为 2~3 d 并记下每次各个处理的灌水量。常规均匀灌溉(CI)每次灌水量为所需的全部水量,而 APRI 与 PRD 每次灌水量则只有 CI 处理所需水量的一半。所有处理氮、磷施用量分别为 N 0.2 g/kg 土和 P_2O_5 0.1 g/kg 土,氮肥施用硝酸钙、磷肥用磷酸二氢铵、钾肥用氯化钾,所用肥料均为分析纯。所需肥料分 3 次施用,第 1 次施肥结合装盆将肥料与土壤混匀,施入 1/2 N 量和全部 P 量;第 2 次施肥即种植 30 d,施入 1/2 N 量和 1/2 K 量;第 3 次施肥即种植 60 d,施入 1/2 K 量,后 2 次施肥结合灌水施入。

2005 年 1 月 13 日下种球,在塑料薄膜分界处每盆下 2 个种球,使种球根系能够均匀地被薄膜分到两个土壤区域。3 月 31 日花蕾呈现出黄色后,开始采摘百合切花,然后将切花分别插入盛有自来水的广口瓶中,瓶口用塑料布封,以防瓶中水分蒸发。

采收时测定切花百合株高、花枝中部茎直径、花枝中上部代表性 10 片叶平均的单叶面积(用 LI-3 000 叶面积仪测量)和盛开时花朵直径。花枝鲜重变化采用称

重法。花蕾呈现出黄色后采摘,对每枝采回的花每天都称鲜重,直至采收后第 13 d。鲜重变化=(瓶重+水重+花重)-(瓶重+水重)。

自瓶插之日起每隔 6 d 取切枝中部的叶片,开花当天起每隔 3 d 取花被片分别进行可溶性糖、淀粉和丙二醛含量的测定。叶片和花被片中淀粉含量、可溶性糖含量(蒽酮法)和丙二醛含量(硫代巴比妥酸法)采用广西大学内部教材《植物生理学实验指导》中的方法。

试验数据方差分析用 SPSS 程序中通用线性模型单因素变量法进行分析,方差分析包括灌水方式、钾肥水平以及它们之间的交互效应。多重比较用 Duncan 法。

2 结果与分析

2.1 分根区交替灌溉和施用钾肥对切花百合鲜重变化、形态和寿命的影响

由表 1 可见,刚采收切花时,分根区交替灌溉(APRI)处理的切花鲜重与常规均匀灌溉(CI)处理之间的差异不明显,但均大于部分根干燥灌溉(PRD)处理。切花瓶插期间,3 种灌溉方式切花鲜重的变化趋势基本相同,切花瓶插 5 d 以前,切花鲜重均上升,而瓶插 5 d 后,切花鲜重下降较快。瓶插以后,APRI 处理的切花鲜重均明显比 CI 和 PRD 处理高,这说明 APRI 处理的切花在瓶插期间有利于对水分的吸收,可以减少水分散失,从而有利于延长鲜切花的寿命。

表 1 分根区交替灌溉对切花百合鲜重变化的影响

灌溉方式	瓶插当天	瓶插 3 d	瓶插 5 d	瓶插 8 d	瓶插 10 d
CI	50.0±0.39a	50.4±0.15b	56.3±0.25b	34.8±0.16ab	28.50±0.26c
APRI	48.1±0.64a	57.7±0.23a	60.3±0.47a	34.9±0.10a	31.72±0.26a
PRD	42.7±0.15b	44.0±0.15c	54.0±0.31c	34.4±0.13b	30.94±0.03b

表中数值为平均值±标准误差,字母 a、b、c 等表示同一列在 $P_{0.05}$ 水平下的显著性差异,如不同小写字母,则处理之间差异显著($P<0.05$),如相同小写字母,则处理之间差异不显著($P>0.05$)。CI、APRI、PRD 分别代表常规均匀灌溉,分根区交替灌溉和部分根干燥灌溉,以下表相同。本表钾肥用量为 0.1 g/kg 土。

统计分析结果表明,灌水方式、钾肥水平和灌水方式×钾肥水平对切花百合叶面积和叶片数的影响极显著($P<0.01$),灌水方式对切花百合株高、花径及钾肥水平对切花百合寿命的影响显著($P<0.05$),钾肥水平对株高的影响极显著,但灌水方式×钾肥水平对切花百合株高、茎粗、花径、寿命的影响均不显著($P>0.05$)(表 2)。

低钾(0.1 g/kg 土壤)切花百合采收时,APRI 处理的切花百合形态指标与 CI 之间的差异不明显,但一般优于 PRD 处理,表现在 APRI 和 CI 处理的叶面积和花枝鲜重大于 PRD 处理;而花枝粗度和花径则与 PRD 处理相近,这说明分根区交替灌溉对切花形态指标的影响不大,而灌水量比 CI 处理节约 50%。此外,APRI 处理的切花寿命比常规均匀灌溉处理延长 1~1.5 d。

从表 2 中还可得出,在不同灌溉方式下,高钾处理的株高、花径、叶面积、叶片数和寿命大于低钾处理,因此,充足的钾水平有利于提高百合切花的形态品质和寿命。

表 2 分根区交替灌溉和施用钾肥对切花百合形态和寿命的影响

灌水方式	钾肥水平	株高(cm)	茎粗(cm)	花径(cm)	叶面积(cm ²)	叶片数(片)	寿命(d)
CI	K ₂	73.67±0.23a	0.60±0.04a	14.72±0.21abc	6.62±0.10a	99±1.3bc	11±0.11ab
	K ₁	68.61±0.21b	0.62±0.03a	14.96±0.34ba	6.29±0.14c	97±1.6c	9.5±0.12c
APRI	K ₂	73.17±0.21a	0.67±0.05a	15.03±0.09a	6.58±0.12ab	113±1.2a	12±0.12a
	K ₁	67.44±0.25b	0.63±0.03a	14.87±0.40abc	6.43±0.14bc	100±2.1bc	11±0.31ab
PRD	K ₂	68.33±0.24b	0.65±0.06a	14.59±0.16c	6.52±0.12ab	102±1.4b	11±0.15ab
	K ₁	67.35±0.30b	0.65±0.03a	14.61±0.3bc	5.29±0.16d	97±3.1c	10±0.19bc
显著性检验(P值)							
灌水方式		0.026	0.130	0.020	<0.001	<0.001	0.071
钾肥水平		0.001	0.704	0.712	<0.001	<0.001	0.017
灌水方式×钾肥水平		0.099	0.376	0.221	<0.001	0.007	0.856

2.2 分根区交替灌溉和施用钾肥对瓶插期间切花百合生理变化的影响

插后叶片中淀粉含量的影响极显著,钾肥水平对瓶插后切花百合叶片中淀粉含量的影响极显著,而灌水方式×钾肥水平对采收时和瓶插后叶片中淀粉含量的影响不显著。

表 3 中结果表明,灌水方式对切花百合采收时及瓶

表 3 分根区交替灌溉和施用钾肥对切花百合叶片中淀粉含量的影响(%)

灌水方式	钾肥水平	切花当天	瓶插 6 d	瓶插 12 d	瓶插 12 d 与当天相比
CI	K ₂	0.39±0.09b	0.29±0.10b	0.24±0.09b	39.0%
	K ₁	0.37±0.04bc	0.13±0.03 cd	0.09±0.05c	77.0%
APRI	K ₂	0.45±0.07 a	0.33±0.07a	0.29±0.07a	35.5%
	K ₁	0.44±0.07a	0.15±0.06c	0.11±0.01c	75.0%
PRD	K ₂	0.36±0.10bc	0.27±0.07b	0.23±0.08b	36.0%
	K ₁	0.34±0.02 c	0.11±0.09d	0.09±0.02 c	74.0%
显著性检验(P值)					
灌水方式		<0.001	<0.001		0.004
钾肥水平		0.058	<0.001		<0.001
灌水方式×钾肥水平		0.840	0.317		0.171

在 2 种钾水平下,切花百合刚采收时和瓶插期间 APRI 处理的叶片中淀粉含量均比 CI 和 PRD 处理高。切花瓶插期间,各处理叶片中淀粉含量均呈下降趋势,淀粉在 6 d 内就迅速分解,之后淀粉降解变缓。到瓶插12 d 时,与切花当天相比,高钾时 CI、APRI 和 PRD 处理的叶片中淀粉含量分别下降 39.0%、35.5%和 36.0%,低钾时则分别下降 77.0%、75.0%和 74.0%。这表明 APRI 有利于切花百合叶片中淀粉的积累,并在一定程度上减缓淀粉的降解。同时也表明,不同灌溉方式下,高钾处理的叶片中淀粉含量下降幅度均小于低钾处理。从表 3 中结果还得到,在不同灌溉方式下,切花当天时 2 种钾水平的叶片中淀粉含量差异不显著,但是在切花瓶插期间,高钾处理叶片中淀粉含量始终高于低钾肥处理(表 3)。

灌水方式、钾肥水平及灌水方式×钾肥水平对开花当天的切花百合花被片中淀粉含量的影响达到极显著水平。灌溉方式、钾肥水平对开花第 6 d 花被片中淀粉含量的影响显著,但灌水方式×钾肥水平对开花 6 d 花被片中淀粉含量的影响不明显。此外,钾肥水平对开花第 3 d 花被片中淀粉含量的影响显著(表 4)。

在 2 种钾水平下,同叶片中淀粉含量一样,切花百合刚采收时和瓶插期间 APRI 处理的花被片中淀粉含量也比 CI 和 PRD 处理高。切花瓶插期间,各处理的花被片中淀粉含量均呈下降趋势,淀粉在 3 d 内就迅速分解,之后淀粉降解变缓。到开花 6 d 时,与开花当天相比,高钾时 CI、APRI 和 PRD 处理的花被片中淀粉含量分别下降 67.3%、73.7%和 74.0%,低钾时则分别下降 57.0%、

73.0%和74.0%。这表明 APRI 有利于切花百合花被片中淀粉的积累,但是对淀粉降解的影响不明显。同时也表明,不同灌溉方式下,2 种钾处理的花被片中淀粉含量下降幅度相差不大。从表 4 中结果还得到,在不同灌溉方式下,切花当天和瓶插期间,高钾处理的花被片中淀粉含量始终高于低钾处理。

统计分析结果表明,灌溉方式、钾肥水平对切花采收时和瓶插后叶片中可溶性糖含量的影响极显著(P<0.01),灌溉方式×钾肥水平对切花采收时叶片中淀粉含量的影响显著(P<0.05)(表 5)。

在 2 种钾水平下,切花百合刚采收时 APRI 处理的叶片中可溶性糖含量比 CI 处理低,但比 PRD 处理高。切花瓶插期间,各处理叶片中可溶性糖含量前期都是小幅升高然后呈下降趋势。到瓶插 12 d 时,与切花当天相比,高钾时 CI、APRI 和 PRD 处理的叶片中可溶性糖含量分别下降 30.0%、10.4%和 13.5%,低钾时则分别下降 35.8%、11.7%和 23.2%,APRI 处理的叶片中可溶性糖含量均比 CI 和 PRD 处理高。这表明 APRI 有利于切花百合叶片中可溶性糖含量的积累,并在一定程度上减缓可溶性糖的降解。同时也表明,不同灌溉方式下,高钾处理的叶片中可溶性糖含量下降幅度均小于低钾处理。从表中还可看出在不同灌溉方式下,切花当天时 2 种钾处理之间的叶片中可溶性糖含量差异显著,而且在切花瓶插期间,高钾处理的叶片中可溶性糖含量始终高于低钾处理(表 5)。

从表 6 中可看出,灌水方式和钾肥水平对切花百合

开花当天、开花第 3 d 与开花第 6 d 花被片中可溶性糖含量的影响极显著, 但灌溉方式×施肥水平的影响则不明显($P>0.05$)。

在 2 种钾水平下, 切花百合刚采收时和瓶插期间 APRI 处理的花被片中可溶性糖含量均比 CI 和 PRD 处理高, 这表明, APRI 有利于切花花被片中可溶性糖的积累。切花瓶插期间, 与叶片中可溶性糖含量一样, 各处理的花被片中可溶性糖含量都是先小幅升高然后呈下降趋势。到瓶插 12 d 时, 与切花开花当天相比, 高钾时 CI,

APRI 和 PRD 处理的叶片中可溶性糖含量分别下降 15.8%、13.1%和 10.0%, 低钾时则分别下降 26.0%、23.0%和 20.0%。同时也表明, 不同灌溉方式下, 高钾处理的花被片中可溶性糖含量降幅均小于低钾处理的降幅。从表中还可看出, 在不同灌溉方式条件下, 切花开花当天和瓶插期间高钾处理的花被片中可溶性糖含量高于低钾肥处理, 因此, 施用钾肥不仅有利于花被片可溶性糖含量的积累, 同时也能保持花被片中较高的可溶性糖含量水平。

表 4 分根区交替灌溉和施用钾肥对切花百合花被片中淀粉含量的影响 (%)

灌溉方式	钾肥水平	开花当天	开花 3 d	开花 6 d	开花 6 d 与当天相比
CI	K ₂	0.55±0.08c	0.20±0.08ab	0.18±0.06b	67.3%
	K ₁	0.33±0.03d	0.15±0.01c	0.14±0.05c	57.0%
APRI	K ₂	0.80±0.09a	0.22±0.05a	0.21±0.06a	73.7%
	K ₁	0.64±0.08b	0.17±0.08bc	0.18±0.07b	73.0%
PRD	K ₂	0.66±0.06b	0.18±0.09bc	0.17±0.08b	74.0%
	K ₁	0.62±0.06b	0.16±0.05c	0.16±0.04bc	74.0%
显著性检验(P 值)					
灌溉方式		<0.001	0.122	0.019	
钾肥水平		<0.001	0.001	0.002	
灌溉方式×钾肥水平		<0.001	0.384	0.237	

表 5 分根区交替灌溉和施用钾肥对切花百合叶片中可溶性糖含量的影响 (%)

灌溉方式	钾肥水平	切花当天	瓶插 6 d	瓶插 12 d	瓶插 12 d 与当天相比
CI	K ₂	1.74±0.31a	1.94±0.21c	1.22±0.19c	30.0%
	K ₁	1.34±0.16d	1.63±0.19f	0.86±0.09f	35.8%
APRI	K ₂	1.63±0.20b	2.26±0.21a	1.46±0.18a	10.4%
	K ₁	1.20±0.14e	2.02±0.25bc	1.06±0.21d	11.7%
PRD	K ₂	1.56±0.19c	2.06±0.15b	1.35±0.13b	13.5%
	K ₁	1.25±0.19e	1.82±0.37e	0.96±0.08e	23.2%
显著性检验(P 值)					
灌溉方式		<0.001	<0.001	<0.001	
钾肥水平		<0.001	<0.001	<0.001	
灌溉方式×钾肥水平		0.017	0.529	0.467	

表 6 分根区交替灌溉和施用钾肥对切花百合花被片中可溶性糖含量的影响 (%)

灌溉方式	钾肥水平	开花当天	开花 3 d	开花 6 d	开花 6 d 与当天相比
CI	K ₂	2.03±0.15b	3.05±0.13b	1.71±0.11b	15.8%
	K ₁	1.75±0.12e	2.07±0.13d	1.29±0.13d	26.0%
APRI	K ₂	2.13±0.16a	3.22±0.21a	1.85±0.15a	13.1%
	K ₁	1.95±0.11c	2.50±0.15c	1.50±0.14c	23.0%
PRD	K ₂	1.83±0.16d	3.11±0.17b	1.64±0.17b	10.0%
	K ₁	1.57±0.17f	2.17±0.14d	1.25±0.17d	20.0%
显著性检验(P 值)					
灌溉方式		<0.001	<0.001	<0.001	
钾肥水平		<0.001	<0.001	<0.001	
灌溉方式×钾肥水平		0.152	0.006	0.378	

表 7 分根区交替灌溉和施用钾肥对切花百合叶片中丙二醛含量的影响 (μmol/L)

灌溉方式	钾肥水平	切花当天	瓶插 6 d	瓶插 12 d	瓶插 12 d 与当天相比
CI	K ₂	7.58±0.10b	8.43±0.95c	11.42±0.76c	34.0%
	K ₁	7.04±0.21d	7.90±0.21d	12.75±0.58b	44.0%
APRI	K ₂	7.60±0.40b	8.70±0.71b	12.59±0.43b	40.0%
	K ₁	6.90±0.32d	8.80±0.35b	15.80±1.52a	56.0%
PRD	K ₂	7.40±0.62c	8.10±0.76d	11.60±0.59c	36.0%
	K ₁	8.50±0.25a	10.90±0.17a	15.80±2.08a	46.0%
显著性检验(P 值)					
灌溉方式		<0.001	<0.001	<0.001	
钾肥水平		0.252	<0.001	<0.001	
灌溉方式×钾肥水平		<0.001	<0.001	<0.001	

灌水方式、灌水方式×钾肥水平对切花采收时及瓶插第 6 d 和第 12 d 叶片中 MDA 含量的影响极显著, 钾肥水平对瓶插第 6 d 和第 12 d 叶片中 MDA 含量的影响极显著(表 7)。

在 2 种钾水平下, 切花刚采收时 APRI 处理的叶片中 MDA 含量与 CI 相似, 但比 PRD 处理低。切花瓶插期间, 各处理叶片中 MDA 含量均呈升高趋势; 到瓶插 12 d 时, 与切花当天相比, 高钾时 CI、APRI 和 PRD 处理的叶片中 MDA 含量分别增加 34.0%、40.0%和 36.0%, 低钾时则分别增加 44.0%、56.0%和 46.0%。在不同灌溉方式下, 高钾处理的叶片中 MDA 含量降幅一般比低钾处理的降幅低, 因此施用钾肥能减缓叶片中丙二醛的升高(表 7)。

表 8 表明, 灌水方式、钾肥水平对切花百合开花当天、开花第 3 d 和开花第 6 d 的花被片中 MDA 含量有极

显著的影响, 灌水方式×施肥水平对切花百合开花第 6 d 的花被片中 MDA 含量的影响极显著, 但对开花当天和开花第 3 d 花被片中 MDA 含量的影响不显著。

在 2 种钾水平下, 切花百合开花当天, APRI 处理的花被片中 MDA 含量比 CI 和 PRD 处理高。切花瓶插期间, 各处理的花被片中丙二醛含量均呈升高趋势。到开花第 6 d 时, 与切花当天相比, 高钾时 CI、APRI 和 PRD 处理的花被片中 MDA 含量分别升高 56.0%、56.0%和 62.5%, 低钾时则分别升高 61.0%、56.0%和 66.0%, 这表明, APRI 只在一定程度上减缓丙二醛的升高。在不同灌溉方式下, 高钾处理的花被片中 MDA 含量的升幅一般比低钾处理的升幅小, 且在切花瓶插期间, 高钾处理的花被片中 MDA 含量始终较低, 同时施用钾肥也能减缓花被片中 MDA 的积累。

表 8 分根区交替灌溉和施用钾肥对切花百合花被片中丙二醛含量的影响(μmol/L)					
灌水方式	钾肥水平	开花当天	开花 3 d	开花 6 d	开花 6 d 与当天相比
CI	K ₂	4.90±0.10bc	7.00±0.10 c	11.10±0.30e	56.0%
	K ₁	5.20±0.15a	7.80±0.08a	13.40±0.31b	61.0%
APRI	K ₂	5.10±0.20ab	6.50±0.15d	11.50±0.20d	56.0%
	K ₁	5.30±0.21a	6.90±0.10 c	12.10±0.20 c	56.0%
PRD	K ₂	4.50±0.10d	6.80±0.30 c	12.00±0.17c	62.5%
	K ₁	4.80±0.15c	7.30±0.30b	14.20±0.17a	66.0%
显著性检验(P 值)					
灌水方式		<0.001	<0.001	<0.001	
钾肥水平		0.001	<0.001	<0.001	
灌水方式×钾肥水平		0.718	0.17	<0.001	

3 讨论

切花采后呼吸消耗成为切花主要的代谢活动, 糖是植物体内碳水化合物的一种储藏形式, 是植物体内的主要能量提供物质和渗透调节物质, 对于维持鲜切花的生命活动和细胞的渗透势, 防止水分过快散失, 延缓切花衰老起着重要的作用^[14, 15]。该研究结果指出, APRI 处理有利于叶片和花被片中糖的积累, 并减缓瓶插期间糖的消耗, 从而有利于切花保鲜。此外, 切花在衰老过程中, 细胞内自由基代谢平衡被破坏, 会产生过剩自由基, 这将引发或加剧膜脂过氧化作用, 造成细胞膜系统损伤, 严重时会导致植物细胞死亡^[16]。丙二醛(MDA)是膜脂过氧化的最终分解产物, 其含量反映膜脂过氧化程度。MDA 的积累又可能对膜和细胞造成一定的伤害^[17]。因此, 鲜切花组织中 MDA 含量高低与切花寿命之间关系密切。低钾时分根区交替灌溉可在一定程度上减缓瓶插过程中切花花被片中丙二醛的积累, 因而有利于切花保鲜。

研究表明, 切花鲜重的变化体现在切花吸水和失水之间的平衡, 水分平衡对切花鲜重变化和衰老具有重要影响^[18]。由于离体切花已失去了主动吸水能力, 因此促进以蒸腾拉力为动力的被动吸水对延长切花寿命至关重要。再者如果使花被片细胞保水力增强, 就可以减慢

花被片失水, 也能延长切花开放时间。研究发现, 由于 APRI 处理可以提高切花叶片和花被片中淀粉和可溶性糖含量, 从而提高细胞液溶质浓度和降低细胞水势, 使得花被片细胞吸水能力及持水能力都得以增强, 因此瓶插过程中百合切花鲜重大于 CI 和 PRD 处理, 从而有利于延长鲜切花的寿命。

此外, 钾作为多种酶的活化因子在多种生化反应中具有重要作用。例如适量增施钾肥促进光合作用以及光合产物从叶部向植株各器官输送, 增加贮藏器官中蔗糖和淀粉含量, 并且有利于植物正常呼吸, 改善能量代谢, 从而使体内碳水化合物的消耗减少。研究结果表明, 施用适量钾肥除对茎粗没有影响外, 而其它形态指标则增加, 并延长切花寿命 1~1.5 d。且能增加叶片和花被片中可溶性糖和淀粉含量, 但降低 MDA 含量, 并能减缓瓶插期间叶片和花被片中可溶性糖和淀粉含量的下降以及 MDA 含量的升高, 这与以往的研究施用适量钾肥提高可溶性糖和淀粉含量的结果一致^[19, 20]。

综上所述, 分根区交替灌溉和适量施用钾肥有利于切花百合糖的积累, 并减缓切花鲜重的下降以及在一定程度上减缓丙二醛的积累, 因而可能会延缓切花的衰老和提高切花的品质。

参考文献:

- [1] 康绍忠, 张建华, 梁宗锁, 等. 控制性交替灌溉——一种新的农田节水调控思路[J]. 干旱地区农业研究, 1997, 15(1): 1-5.
- [2] 康绍忠, 张建华, 石培泽, 等. 控制性作物根系分区交替灌溉的理论与实践[J]. 水利学报, 2001, 11: 80-86.
- [3] 杜太生, 康绍忠, 胡笑涛, 等. 时空亏缺调控灌溉——果园节水理论的新突破[J]. 沈阳农业大学学报, 2004, 10 35(5-6): 449-454.
- [4] 周军. 不同灌溉方式对葡萄叶片行为和果实品质的影响[D]. 北京: 中国农业大学, 2001.
- [5] Kang SZ, Hu XT, Jerie P, et al. The effects of partial rootzone drying on root, trunk sap flow and water balance in an irrigated pear (*Pyrus communis* L.) orchard[J]. Journal of Hydrology, 2003 280(1-4): 192-206.
- [6] Gu S L, David Z, Simon G, et al. Effect of partial rootzone drying on vine water relations, vegetative growth, mineral nutrition, yield and fruit quality in field-grown mature sauvignon blanc grapevines[R]. Research Notes, # 000702, 2000 California Agricultural Technology Institute, California State University, Fresno.
- [7] Zegbe J A, Behboudian M H, Clothier B E. Partial rootzone drying is a feasible option for irrigating processing tomatoes[J]. Agricultural Water-Management, 2004 68: 195-206.
- [8] Loveys B, Grant J, Dry P, et al. Progress in the development of partial rootzone drying[J]. 2003; 10-26.
- [9] Claudia R. de Souza, Joao P. Maroco, Tiago P. dos Santos et al. Partial rootzone drying: regulation of stomatal aperture and carbon assimilation in field-grown grapevines (*Vitis vinifera* cv. Moscatel)[J]. Functional Plant Biology, 2003 30(6): 653-662.
- [10] Tiago P dos Santos, Carlos M. Lopes, M. Lucia Rodrigues et al. Par-

- tial rootzone drying: effects on growth and fruit quality of field-grown grapevines (*Vitis vinifera*) [J]. Functional Plant Biology, 2003, 30(6): 663-671.
- [11] Kirda C, Cetin M, Dasgan Y, et al. Yield response of greenhouse grown tomato to partial root drying and conventional deficit irrigation[J]. Agricultural Water Management, 2004, 69: 191-201.
- [12] 康绍忠, 蔡焕杰. 作物根系分区交替灌溉和调亏灌溉的理论及实践. 北京: 中国农业出版社, 2002.
- [13] 王甫才, 马子骏, 周存月, 等. 百合施用钾肥的效果研究[J]. 浙江农村技术师范专科学校学报, 1999, 1: 11-13.
- [14] Graterol Y van E, Eisenhauer Dean E, Elmore Roger W. Alternate-furrow irrigation for soybean production[J]. Agri Water Manage, 1993 24: 133-145.
- [15] 王秀娟, 白吉刚, 汪琳, 唐菖蒲切花的采后生理和保鲜研究进展[J]. 天津农业科学, 2000 6 (4): 41-43.
- [16] 李东林, 蔡永萍, 赵洁. 切花的采后生理及保鲜剂研究进展[J]. 安徽农业科学, 1999 27 (2): 192-195.
- [17] Halliwell B. 1981. Chloroplast Metabolism, the structure and function of chloroplasts in green leaves cell[M]. Oxford: Charendon Press 186.
- [18] 薛秋华, 林如. 月季切花衰老与含水量、膜脂过氧化及保护酶活性的关系[J]. 福建农业大学学报, 1999, 28 (3): 304-308.
- [19] Narendra S, Mehta S G, Mahendra S, Mittal S B. Effect of potassium and magnesium application on quality and grain yield of wheat[J]. Journal of Potassium Research, 1992, 8 (3): 231-238.
- [20] Narendra S, Grewal K S, Singh Y P, Karwasra S P. Yield and quality of wheat as influenced by potassium and iron application[J]. Annals of Agricultural Biology Research, 1998, 3 (1): 115-118.

Effect of Alternate Partial Root-zone Irrigation on Physiological Change and Quality of Lily(*Lilium* spp.) Cut Flower

ZHOU Qiong¹, LI Fu-sheng^{1,2}, HUANG Wen-jun¹, QIN Dong-mei¹

(1. Agricultural College, Guangxi University, Guangxi 530005; 2. The Center for Agricultural Water Research in China, China Agricultural University, Beijing 100083)

Abstract: Effects of alternate partial root-zone irrigation (APRI) and K application on the quality and physiological change of pot-grown Asian yellow lily (*Lilium* spp.) during the period of cut flower in vase were mainly studied in this paper. Results showed that when the flowers were cut, lily morphology characteristics in APRI treatment had no significant difference from those of conventional irrigation (CI) treatment, but were better than those of partial root-zone drying (PRD) treatment. In addition, lifespan of lily fleshly cut flower in APRI treatment was 1~1.5 d more than that of CI treatment. And leaf and petal starch and soluble sugar content of lily in APRI treatment were greater than those of CI and PRD treatments, and APRI delayed the reduction of leaf starch and soluble sugar content. Moreover, applied suitable amount of K fertilizer increases leaf area, leaf numbers, plant height of lily and prolonged cut flower lifespan of 1~1.5 d. Applied K increased leaf and petal starch and soluble sugar content, but reduced MDA content when the flowers were cut. In addition, K application also delayed the reduction of leaf and petal starch and soluble sugar content and the increase of leaf and petal MDA content during the period of cut flower in vase. The above-mentioned results indicate that APRI and K application are beneficial to increase the accumulation of sugar and reduce the accumulation of MDA in both leaf and petal to some extent, thus APRI and applied K may delay the senescence of Asian yellow lily freshly cut flower and increase the quality of cut flower.

Key words: Asian yellow lily (*Lilium* spp.); Cut flower; Alternate partial root-zone irrigation (APRI); K fertilizer; Quality