

Research Report

Chlorine Dioxide가 절화장미 수명연장에 미치는 항균효과

이영분¹, 김완순^{1,2*}¹서울시립대학교 환경원예학과²서울시립대학교 자연과학연구소

Antimicrobial Effect of Chlorine Dioxide on Vase Life of Cut Rose 'Beast'

Young Boon Lee¹ and Wan Soon Kim^{1,2*}¹Department of Environmental Horticulture, The University of Seoul, Seoul 130-743, Korea²Natural Science Research Institute, The University of Seoul, Seoul 130-743, Korea

Abstract: This study was conducted to investigate the antimicrobial effect of chlorine dioxide (ClO₂) on the vase life of cut rose 'Beast' (*Rosa hybrida* L.). Postharvest treatments to extend the vase life of cut roses were divided into two: holding solution treatment and pulsing solution treatment. In holding solution treatment, the cut roses were treated with preservative solutions containing tap water (TW, control), distilled water (DW), ClO₂ 2, 4, 6, and 8 μL·L⁻¹, and compared with a commercialized antimicrobial compound of 8-HQS 200 μL·L⁻¹. In pulsing solution treatment, cut roses were dipped into the ClO₂ solutions of 50, 100, 150, 200, and 250 μL·L⁻¹ for 60 seconds and were placed in DW. The air temperature was 18.4°C, RH 51.5%, and light (photosynthetically active radiation, PAR) 3.6 μmol·m⁻²·s⁻¹ with 12 hour day length. The longest vase life of cut roses was observed in the holding solution with ClO₂ 4 μL·L⁻¹ as 13.8 days and pulsing with 200-250 μL·L⁻¹ as 13.5-13.7 days, where vase life were extended four days longer than TW. Whereas, the inclusion of 8-HQS 200 μL·L⁻¹ in vase solution resulted in phytotoxicity. The relative fresh weight and water uptake have similar tendencies. Bacteria inhibition by ClO₂ and 8-HQS were very effective. But bacteria at TW and DW treatments on cut flower with stem were detected in 3.7 × 10⁵ CFU·L⁻¹ and 6.3 × 10⁵ CFU·L⁻¹, respectively (without stem in DW 1.4 × 10⁴ CFU·L⁻¹). The ClO₂ contents in holding solution of all treatments were scavenged in two-four days after treatment. This study indicated that ClO₂ 4 μL·L⁻¹ holding solution treatment and 200-250 μL·L⁻¹ pulsing solution treatment can be applied to extend the postharvest life of cut roses.

Additional key words: bacteria, holding solution, postharvest, pulsing solution

서 언

절화용 장미는 잎이 많고 넓기 때문에 재배기간 중 수분 요구도가 매우 높은 작물이며(Kim and Lieth, 2012), 수확 후 장미의 절화수명을 결정 짓는 주 요인은 보존용액 내 박테리아 축적에 의한 도관막힘으로 알려져 있다(Hoogerwerf et al., 1989). 도관막힘은 보존용액 내 10⁷-10¹¹CFU·L⁻¹의 박테리아가 축적될 경우 일어나며 수분흡수가 억제되어 절화수명이 단축되게 된다(van Doorn et al., 1989). 박테리아 축적을 억

제하여 절화수명을 연장시키는 방법으로 free chlorine(NaOCl, DICA), 8-hydroxyquinoline citrate(HQC), 8-hydroxyquinoline sulfate(HQS), physan 20TM, benzalkonium chloride, aluminium sulphate, silver nitrate와 같은 살균제들이 사용되어 왔다. 하지만 처리농도에 따라서는 줄기 갈변과 잎의 위조 및 탈리를 야기하는 등 식물체에 오히려 독성으로 작용하며(Knee, 2000; van Doorn et al., 1990), 폐기과정에서 환경오염을 유발하고(Florack et al., 1996), 8-HQS의 경우 인체에 유해하여 상업적으로 사용이 제한되기도 한다(Gebhart and Kappauf,

*Corresponding author: wskim2@uos.ac.kr

※ Received 7 June 2013; Revised 2 September 2013; Accepted 1 October 2013. 본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ9070501506)의 지원에 의해 이루어진 것이다.

© 2014 Korean Society for Horticultural Science

1980). 따라서 사용 후 환경오염을 유발하지 않는 친환경적이면서도 인체에 유해하지 않고 가격이 저렴한 대체살균물질이 요구되고 있다(Florack et al., 1996).

강한 산화제이며 살균제로 알려진 chlorine dioxide(ClO_2 , $67.46\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$)는 염소계인 유리염소(free chlorine)와 달리 산소계로서 산화력이 높고(Benarde et al., 1965), 암모니아나 질소구성물질과 반응하지 않는 친환경적인 물질로 알려져 있다(Karabulut et al., 2009). 미국, 중국 그리고 EU에서는 ClO_2 를 식수나 신선 청과물의 살균 및 세척에 사용하고 있으며(Aieta and Brg, 1986; Chen and Zhu, 2011), 미국 식약청(US FDA), 중국 그리고 EU에서는 과일과 채소의 표면소독용으로 허용되어 있다(Chen and Zhu, 2011; Macnish et al., 2008). 우리나라에서도 2010년 8월 농림수산식품부가 ClO_2 를 유기적 취급물질로 허용하여 식품의 표면세척 소독용으로 이용되고 있다.

절화장미에서 수돗물에 ClO_2 $5\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 를 처리하여 보존용액 내 박테리아 축적을 억제하여 절화수명을 연장시켰다는 보고가 있으며(Koermer and Wldman, 2002), *Alstroemeria* 'Senna', *Antirrhinum* 'Potomic Pink', *Gerbera* 'Lorca', *Gypsophila* 'Perfecta', *Rosa* 'Charlotte' 등 다양한 절화류에서 ClO_2 2-10 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 가 절화수명을 연장시켰다고 알려져 있다(Macnish et al., 2008). 이때 ClO_2 의 항균력은 기존 살균제인 aluminum sulfate, DICA, physan 20TM, sodium hypochlorite보다 효과적이며, 8-HQS와는 유사하였다(Macnish et al., 2008). 따라서 본 연구는 국산장미에 대한 ClO_2 의 절화보존 살균제로서의 이용 가능성을 확인하고 처리 시기에 따른 적정 농도를 알아보하고자 수행되었다.

재료 및 방법

식물재료 및 ClO_2 처리

2013년 1월 18일 오전 9시 고양시 소재 화훼단지 내 생산 농가에서 양액재배로 생산된 스탠다드 절화장미 'Beast' 품종을 상업적 수확단계(Kumar et al., 2008)에 수확하여 1시간 물을림한 후, 암·건식 조건으로 1시간 이내 서울시립대 환경화훼연구실로 수송하였다. 수송된 절화의 줄기를 45cm 길이로 물 속에서 재절단하고 잎은 줄기 기부방향으로 3매엽 3개를 남기고 모두 제거하였다. 줄기 기부로부터 1cm 상부의 직경이 7-9mm에 해당하는 절화를 선별하여 실험재료로 사용하였다. ClO_2 는 ClO_2 발생장치(CA-200, PurgoFarm Inc., Korea)를 이용하여 조제하여 사용하였다. 실험은 보존

용액처리와 침지처리로 구분하여 실시하였다. 보존용액처리는 수돗물(tap water, TW), 증류수(distilled water, DW), ClO_2 2, 4, 6, 8 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 와 기존 살균제와의 상대적인 처리효과를 알아보하고자 8-HQS 200 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ (Ichimura et al., 1999)로 하였다. 침지처리는 ClO_2 50, 100, 150, 200, 250 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 에 줄기 끝을 60초간 침지한 후 곧바로 증류수에 옮겨 실시하였다. 각 처리별로 400mL의 보존용액 혹은 증류수가 담긴 유리용기에 절화 1주씩 배치하였고 이를 10반복하였다. 실험환경은 기온 18.4°C, 상대습도 51.5%, 광도 3.6 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 일장 12시간으로 조절하였다.

절화수명

절화수명 조사는 매일 오전 10시에 조사하였고, 절화수명 한계시점은 꽃목이 30° 이상 굽어지거나, 꽃이 만개되지 않으면서 꽃잎이 시들거나 잎이 마르는 때로 정하였다(Lee and Kim, 2001; Macnish et al., 2008). 실험 시작 전 초기 생체중을 측정하여 실험기간 동안 2일 간격으로 생체중의 변화를 초기 생체중에 대한 백분율로 구하였으며, 용액 흡수율 역시 초기 생체중당 흡수량으로 계산하였다(Chamani and Esmaeilpour, 2007).

항균효과

항균효과를 확인하고자 보존용액 내 ClO_2 의 잔존농도 변화와 세균수를 조사하였다. 이때 ClO_2 의 잔존농도가 식물체 유무에 영향을 받는지도 알아보하고자 각 처리는 보존용액이 담긴 유리용기에 절화가 들어있는지의 유무로 구분하였고, 이산화염소 분석기(Chlorine Dioxide HI 93738 ISM, Hanna instruments Inc., Woonsocket, USA)와 이산화염소 수질 키트(Chlorine Dioxide Insta test, Lamotte instruments Inc., Chestertown, USA)를 이용하여 ClO_2 의 잔존 농도를 조사하였다. 처리별 세균수 측정을 위해 처리 6일 후 보존용액을 1mL씩 채취하여 nutrient agar 배지(NA, Difco)에 10^1 - 10^6 으로 희석평판법을 실시하여 28°C에서 3일간 배양한 후 조사하였다(van Doorn et al., 1989).

통계처리

통계분석용 프로그램인 SAS package(Statistical analysis system, version 9.2, SAS Institute Inc., USA)를 이용하여 ANOVA(Analysis of variance) 분석을 실시하였으며 각 처리간의 유의성은 DMRT(Duncan's multiple range test) 5% 수준으로 하였다.

결과 및 고찰

절화수명

대조구(TW)에 비해 ClO_2 보존용액처리구와 침지처리구 모두 장미의 절화수명 연장효과가 확인되었으며 ClO_2 2-8 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 농도간 유의적인 차이를 보이지는 않았다(Table 1). 절화품질 역시 절화수명이 가장 높았던 ClO_2 4 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 의 보존용액 처리와 ClO_2 250 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 침지처리구에서는 높게 유지되었다. 기존 연구에서 ClO_2 침지처리의 경우 10 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 의 저농도에서는 처리효과가 없는 것으로 보고되었으며(Macnish et al., 2008), 본 실험에서는 ClO_2 50-250 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 범위의 고농도로 처리한 결과 절화수명 연장효과가 확인되었다(Table 1). 한편, Ichimura et al.(1999)이 효과적이라고 보고하였던 8-HQS 200 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 보존용액 처리는 처리 8일부터 줄기갈변현상이 나타나기 시작하였다. 이것은 유리염소(free chlorine)인 DICA와 8-HQC 등의 살균제들도 고농도 처리 시 *Alstroemeria aurantiaca* 'Mona Lisa', *Rosa hybrida* 'Sonia', *Tulipa hybrida*

Table 1. Effect of chlorine dioxide on vase life of cut rose of 'Beast'. The room conditions were air temperature 18.4°C, RH 51.5%, and light (photosynthetically active radiation, PAR) 3.6 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (12 hour day length). Values are mean of ten replicates.

Treated solution type	Treated concentration ($\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$)	Vase life (days)
Holding solution	Tap water (TW)	9.6 b ^z
	Distilled water (DW)	10.9 ab
	ClO_2 2	11.7 ab
	ClO_2 4	13.8 a
	ClO_2 6	11.1 ab
	ClO_2 8	12.1 ab
	8-HQS 200	10.7 ab
Pulsing solution	ClO_2 50	13.5 a
	ClO_2 100	11.6 ab
	ClO_2 150	12.7 ab
	ClO_2 200	13.5 a
	ClO_2 250	13.7 a
Treated solution type (A)		**
ClO_2 conc. (B)		*
A × B		*

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, $P = 0.05$.

**Significant at $p = 0.05$, or 0.01, respectively.

'Apeldoorn'에서 오히려 독성피해를 주었다는 연구결과와 유사하였다(van Doorn et al., 1989, 1990). 생체중은 모든 처리구에서 증가하다가 절화수명 종료 시점이 시작된 처리 6일부터 점차 감소하였고, 수분흡수율은 점차 증가하는 경향을 나타냈다. 절화수명이 짧았던 ClO_2 8 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 와 8-HQS 200 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 처리구는 대조구보다 생체중과 수분흡수율이 낮았다(Fig. 1).

항균효과

식물체 유무에 따른 보존용액 내 ClO_2 의 잔존농도를 분석한 결과, 식물체가 없을 때보다 식물체가 있을 때 ClO_2 가 급격히 감소하였다. 특히 식물체가 있는 보존용액에서는 처리 후 2일 정도 잔존하는 것으로 확인되었다(Fig. 2). 이것은 *Grevillea* 'Crimson Yul-lo'의 줄기를 CI 40 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 의 보존용액에 0, 1, 2, 4, 6개를 넣었을 때 줄기수가 증가할수록 CI의 잔존농도가 급격하게 감소하였는데(Xie et al., 2008), 이것은 줄기 단면적이 증가함에 따라 ClO_2 의 소모가 빨라진 것이며, ClO_2 농도가 높을수록 잔존일수가 늘어난 점도 이를 뒷받침해 본다. 장미의 절화수명 종료시점이 시작되는 처리 6일째 보존용액 내 세균수는 TW와 DW에서만 각각 $3.7 \times 10^5\text{CFU}\cdot\text{L}^{-1}$ 와 $6.3 \times 10^5\text{CFU}\cdot\text{L}^{-1}$ 로 검출되었고, ClO_2 와 8-HQS 처리구에서는 농도에 관계없이 전혀 검출되지 않았다(Table 2 and Fig. 3). 이것은 절화장미를 증류수에 두었을 때도 세균증식이 일어났다는 기존연구결과와 일치하였다(Kim et al., 1997; Lee and Kim, 2013). Macnish et al.(2008)는 *Grevillea* 'Monarch'를 대상으로 ClO_2 2와 5 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 보존용액 처리 시 3일까지는 보존용액 내 세균축적을 억제시킬 수 있었으나, 3일 이후 항균효과가 없어지고 세균축적에 의한 꽃목굽음 현상이 일어났다고 보고하였다. 본 실험에서는 처리 6일째에도 ClO_2 의 항균효과는 지속되었다(Table 2 and Fig. 3). 절화장미의 도관폐쇄를 일으키는 세균은 *Pseudomonas fluorescens*, *Aeromonas hydrophila*, *Klebsiella oxytoca*이 있으며, 이들 특정 세균 $1 \times 10^5\text{CFU}\cdot\text{L}^{-1}$ 을 보존용액에 접종한 처리구에서 절화장미의 꽃목굽음율이 급격히 증가하였고(Kim et al., 1997), 특히 10^7 - $10^{11}\text{CFU}\cdot\text{L}^{-1}$ 의 박테리아가 검출되었을 때 도관막힘이 일어나 절화수명을 단축시키는 것으로 보고되었다(Macnish et al., 2008; van Doorn et al., 1989). 본 실험에서는 DW에서 6일째 박테리아가 검출되었으나 도관막힘이 일어날 정도의 박테리아 축적은 일어나지 않아 다른 처리간의 절화수명에 큰 차이를 보이지 않은 것으로 판단된다(Table 1 and 2). 본 실험에서 ClO_2 4 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 의 보존용액 처리

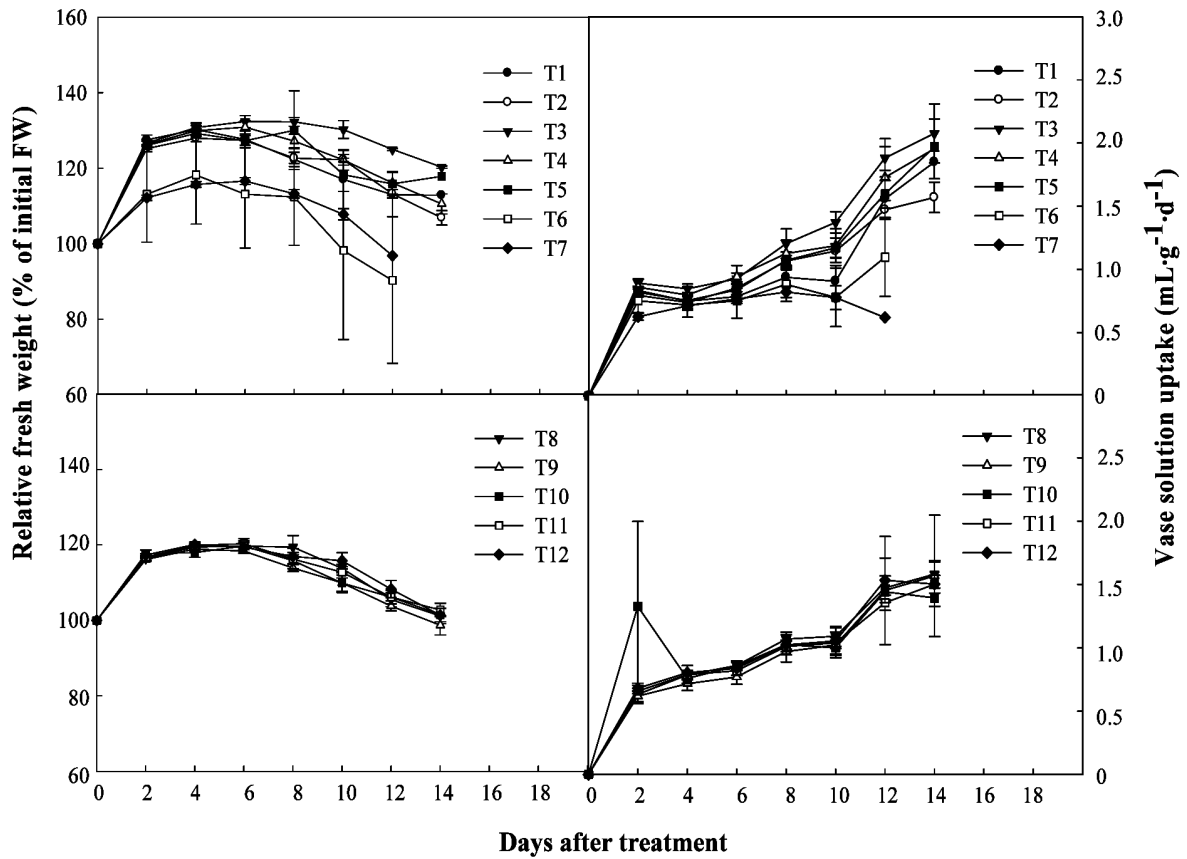


Fig. 1. Effects of chlorine dioxide (ClO_2) by vase solution on relative fresh weight and solution uptake of cut rose 'Beast'. T1: TW, T2: DW, T3: ClO_2 $2 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$, T4: ClO_2 $4 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$, T5: ClO_2 $6 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$, T6: ClO_2 $8 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$, T7: 8-HQS $200 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ (holding solution). T8: ClO_2 $50 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$, T9: ClO_2 $100 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$, T10: ClO_2 $150 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$, T11: ClO_2 $200 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$, and T12: ClO_2 $250 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ for 60 seconds (pulsing solution). The room conditions were air temperature 18.4°C , RH 51.5% and light (photosynthetically active radiation, PAR) $3.6 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (12 hour day length). Vertical bars indicate the standard deviation ($n = 10$).

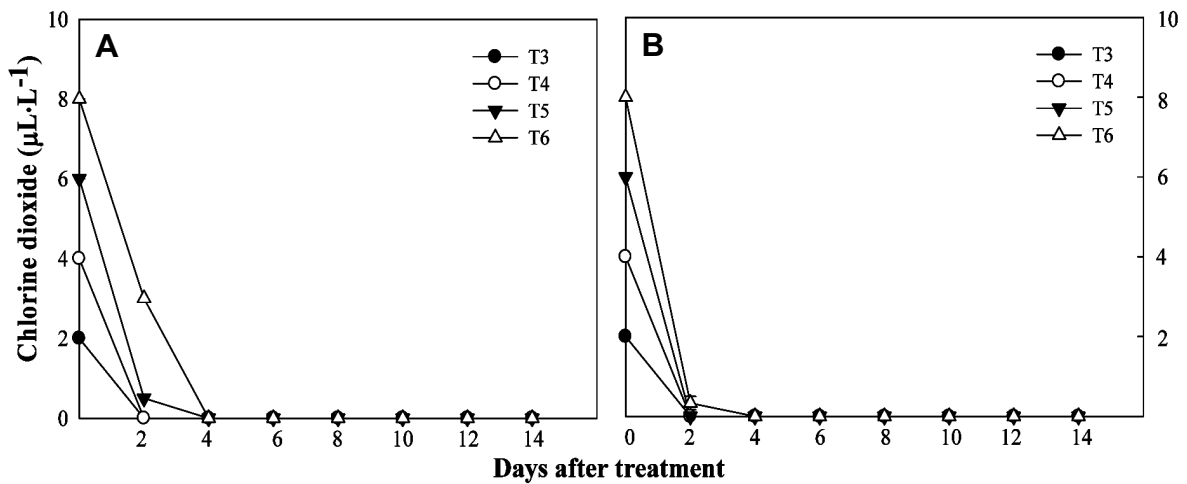


Fig. 2. Changes in concentration of chlorine dioxide (ClO_2) in the different holding solutions without stem (A) or with stem (B). T3: ClO_2 $2 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$, T4: ClO_2 $4 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$, T5: ClO_2 $6 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$, and T6: ClO_2 $8 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$. The room conditions were air temperature 18.4°C , RH 51.5% and light (photosynthetically active radiation, PAR) $3.6 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (12 hour day length). Vertical bars indicate the standard deviation ($n = 3$).

초 록

와 200-250 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 침지처리(60s)에서 절화수명을 유의하게 연장시켰으며, ClO_2 2-8 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 범위에서 식물체 독성증상이 없었다. 또한 ClO_2 는 농도에 따라 2-4일 정도 잔존하였다. 따라서 장미의 절화수명과 관련된 박테리아의 도관 축적은 수확 초기에 이루어지며 ClO_2 를 통해 이를 억제시킬 수 있다.

Table 2. Number of bacteria in different holding solutions of cut rose 'Beast' 6 days after treatments. The samples of the vase solutions were incubated during 3 days at 28°C. A: tap water (TW), B: distilled water (DW), C: ClO_2 2 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$, D: ClO_2 4 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$, E: ClO_2 8 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$, and F: 8-HQS 200 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ as holding solutions. Values are mean of three replicates.

Treated concentration ($\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$)	Colony forming unit (CFU $\cdot\text{L}^{-1}$)
Tap water (TW)	3.7×10^5 b ^z
distilled water (DW)	6.3×10^5 a
ClO_2 2	ND ^y
ClO_2 4	ND
ClO_2 6	ND
ClO_2 8	ND
8-HQS 200	ND

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, $P = 0.05$.

^yNot detected.

본 실험은 항균효과가 있는 이산화염소(ClO_2)에 대한 장미 'Beast'의 절화수명 연장효과를 알아보기로 수행되었다. 실험은 보존용액처리와 침지처리로 구분하였다. 보존용액처리는 수돗물(tap water, TW), 증류수(distilled water, DW) 그리고 ClO_2 2, 4, 6, 8 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 와 항균제와의 상대적인 처리효과를 알아보기로 8-HQS 200 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 를 처리하였다. 침지처리는 ClO_2 50, 100, 150, 200, 250 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 를 60초 동안 침지 처리 후 DW로 옮겨 주었다. 절화수명 연장효과는 ClO_2 4 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 의 보존용액 처리와 ClO_2 200-250 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 침지처리에서 각각 13.8일과 13.5-13.7일로 가장 효과적인 반면, 8-HQS 200 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 처리는 식물체에 독성피해를 나타냈다. 생체중은 모든 처리구에서 시간경과에 따라 증가하다가 6일부터 점차 감소하였고, 수분흡수율은 증가하였다. 특히 절화수명이 짧았던 ClO_2 8 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 와 8-HQS 200 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 처리구에서 대조구보다 생체중 감소율이 컸고, 수분흡수율은 낮았다. ClO_2 2-8 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 와 8-HQS 200 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 처리구는 보존용액 내 박테리아 축적을 억제시켰으며, ClO_2 의 잔존농도는 처리 2-4일 내 모두 소멸되었다.

추가 주요어 : 박테리아, 보존용액, 수확후관리, 침지

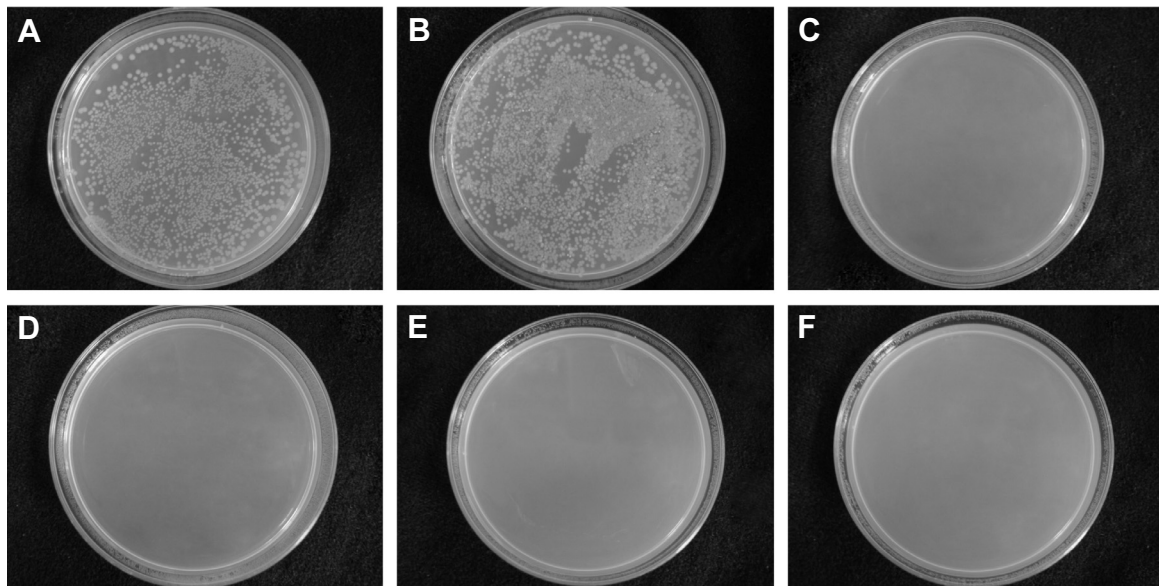


Fig. 3. Colony forming of bacteria in different holding solutions of cut rose 'Beast' 6 days after treatments. The samples of the vase solutions were incubated during 3 days at 28°C with 10 times dilution. A, tap water (TW); B, distilled water (DW); C, ClO_2 2 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$; D, ClO_2 4 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$; E, ClO_2 8 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$; and F, 8-HQS 200 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ as holding solutions. Values are mean of three replicates.

인용문헌

- Aieta, E.M. and J.D. Berg. 1986. A review of chlorine dioxide in drinking water treatment. *J. Amer. Water Wks Assn.* 78:62-72.
- Benarde, M.A., B.M. Israel, V.P. Olivieri, and M.L. Granstrom. 1965. Efficiency of chlorine dioxide as a bactericide. *Appl. Microbiol.* 13:776-780.
- Chamani, E. and B. Esmaeilpour. 2007. Thidiazuron effects on physiochemical characteristics of carnation during pre and postharvest periods. *J. Appl. Hort.* 9:115-117.
- Chen, Z. and C. Zhu. 2011. Combined effects of aqueous chlorine dioxide and ultrasonic treatments on postharvest storage quality of plum fruit (*Prunus salicina* L.). *Postharvest Biol. Technol.* 61:117-123.
- Florack, D.E.A., W.J. Stiekema, and D. Bosch. 1996. Toxicity of peptides to bacteria present in the vase water of cut roses. *Postharvest Biol. Technol.* 8:285-291.
- Gebhart, E. and H. Kappauf. 1980. The action of three anticlastogens on the induction of sister chromatid exchange by Trenimon and 8-hydroxyquinoline sulfate in human lymphocyte cultures. *Environ. Mutagen.* 2:191-200.
- Hoogerwerf, A., F.C. Pladdet, M.M.J. Kempkes, and W.G. van Doorn. 1989. Measurement of opinions on the relationship between environmental factors and keeping quality of ornamentals. *Acta Hort.* 261:240-248.
- Ichimura, K., K. Kojima, and R. Goto. 1999. Effects of temperature, 8-hydroxyquinoline sulphate and sucrose on the vase life of cut rose flowers. *Postharvest Biol. Technol.* 15:33-40.
- Karabulut, O.A., K. Ilhan, U. Arslan, and C. Vardar. 2009. Evaluation of the use of chlorine dioxide by fogging for decreasing postharvest decay of fig. *Postharvest Biol. Technol.* 52:313-315.
- Kim, K.W., W.T. Kim, and S.D. Kim. 1997. Isolation and identification of bacteria causing bent-neck of cut rose. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 38:592-596.
- Kim, W.S. and J.H. Lieth. 2012. Simulation of year-round plant growth and nutrient uptake in *Rosa hybrida* over flowering cycles. *Hort. Environ. Biotechnol.* 53:193-203.
- Knee, M. 2000. Selection of biocides for use in floral preservatives. *Postharvest Biol. Technol.* 18:227-234.
- Koermer, G.S. and T.D. Wldman. 2002. Method for extending the life of cut flowers. U.S. Patent 6,440,900.
- Kumar, N., G.C. Srivastava, and K. Dixit. 2008. Hormonal regulation of flower senescence in roses (*Rosa hybrida* L.). *Plant Growth Regul.* 55:65-71.
- Lee, J.S. and Y.A. Kim. 2001. Effects of harvesting stages and holding solutions on quality and vase life of cut 'Madelon' rose flowers. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 42:743-747.
- Lee, Y.B. and W.S. Kim. 2013. Antimicrobial effect of free available chlorine on postharvest life of cut rose 'Brut'. *J. Kor. Soi. Hort. Sci.* 31:317-321.
- Macnish, A.J., R.T. Leonard, and T.A. Nell. 2008. Treatment with chlorine dioxide extends the vase life of selected cut flowers. *Postharvest Biol. Technol.* 50:197-207.
- van Doorn, W.G., K. Schurer, and Y. de Witte. 1989. Role of endogenous bacteria in vascular blockage of cut rose flowers. *J. Plant Physiol.* 134:375-381.
- van Doorn, W.G., Y. de Witte, and R.R.J. Perik. 1990. Effect of antimicrobial compounds on the number of bacteria in stems of cut rose flowers. *J. Appl. Microbiol.* 68:117-122.
- Xie, L., D.C. Joyce, D.E. Irving, and J.X. Eyre. 2008. Chlorine demand in cut flower vase solutions. *Postharvest Biol. Technol.* 47:267-270.