

Research Report

절화수량이 우수한 무름병 저항성 조생 백색칼라 'White Cutie' 육성

정향영¹, 조해룡¹, 이주희², 신학기¹, 박상근^{1*}¹농촌진흥청 국립원예특작과학원 화훼과²농촌진흥청 국립농업과학원 농업유전자원센터

Breeding of a Multi-flowering and Early-flowering White Calla Lily Cultivar 'White Cutie' Resistant to Soft Rot Disease

Hyang Young Joung¹, Hae Ryong Cho¹, Ju Hee Rhee², Hak Ki Shin¹, and Sang Kun Park^{1*}¹Floriculture Research Division National Horticultural Research Institute, Rural Development Administration, Wanju 565-852, Korea²National Agrobiodiversity Center, Rural Development Administration, Jeonju 560-500, Korea

Abstract: The new white calla lily (*Zantedeschia aethiopica*) cultivar 'White Cutie' was bred at the National Institute of Horticultural & Herbal Science (NIHHS) in 2011. 'Childsiana' showing the multi-flowering characteristic and 'Wedding March' resistant to soft rot disease were artificially crossed in 2004. Of the progeny, 'White Cutie' was selected specifically for use in cut flower production after investigation over seven years (2005 to 2011) of genetic and phenotypic characteristics, resistance against soft rot, and customer preference regarding the culture vigor and post-harvest quality. 'White Cutie' was early flowering (85.6 days to flowering) with white flowers (RHS W155C), although it had a mid-sized flower in which spathe height and width were 8.6 cm and 8.7 cm, respectively. It was multi-flowering (6.2 flowers per plant) and produced a very high number of cormels (13.4 per plant). Furthermore, it was resistant to soft rot disease.

Additional key words: field resistance, leaf disk resistance test, multi-flowering, *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*

서 언

칼라(*Zantedeschia spp.*)는 아프리카 원산의 천남성과 구근화훼 식물로, 생태적으로는 크게 두 그룹으로 구분된다. 하나는 *Z. albomaculata*, *Z. rehmannii*, *Z. elliottiana* 등과 같은 건지형 칼라로, 덩이줄기로 번식하며 겨울에는 잎이 말라죽고 여름에 개화하며, 일반적으로는 유색칼라로 통칭된다. 이와 다르게 습지형인 *Z. aethiopica*는 뿌리줄기로 번식하며 잎이 상록성으로 거의 휴면하지 않고 겨울부터 늦은 봄까지 개화한다(Funnell, 1993; Kuehny, 2000). 습지형인 *Z. odorata*와 더불어 백색칼라로 불리우나, *Z. odorata*가 무름병에 감수성인데 반하여 *Z. aethiopica*는 상대적으로 무름

병에 강하기 때문에 현재 상업적으로 이용되는 대부분의 백색칼라 품종은 *Z. aethiopica*에서 유래된 품종들이다(Singh et al., 1996; Snijder et al., 2004a).

칼라는 장미나 국화 등과 같이 대중적으로 이용되진 않지만 호텔 장식이나 웨딩 등에 많이 이용되는 고급 절화로, 2013년도 양재동 화훼공영도매시장의 평균거래가가 6,530 원/속에 달하는 등 국내외 화훼시장에서 전망이 밝다. 그러나 하계재배시 국내의 고온다습한 환경과 연작으로 인해 무름병 피해가 급증하면서 2002년 26ha에 이르던 재배면적은 2013년 12ha로 10년만에 절반 이하로 줄어들었다(MAFRA, 2013). *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*(= *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*)에 의해 발생하는 칼

*Corresponding author: theodds@korea.kr

※ Received 21 December 2014; Revised 25 March 2015; Accepted 1 April 2015. 본 연구는 2015년도 농촌진흥청 국립원예특작과학원 경상과제(과제번호: PJ01006204)의 지원사업에 의해 이루어진 것임.

© 2015 Korean Society for Horticultural Science

라 무름병은 토양전염성 세균병으로, 지면부의 잎자루에서부터 감염이 시작되어 심하게 되면 구근까지 부패된다(Fig. 1). 일단 감염되어 증상이 나타나기 시작하면 이미 약제에 의한 방제는 거의 불가능할 뿐 아니라, 현재까지 고시된 약제도 없다. 축성재배나 억제재배 등과 같이 무름병 발생 시기를 회피하거나 토양 내 습도조절, 이병주의 2차 전염 방지가 가능한 격리상(상자) 재배 등과 같은 경종적 방제 역시 까다로운 기술과 고비용이 요구되는 문제가 있다(Joung et al., 2013). 따라서 칼라 재배시 가장 큰 문제를 야기하는 무름병을 방제하기 위한 효과적인 방법은 원천적으로 무름병 저항성 칼라 품종을 육성하는 것이다.

칼라 무름병 저항성 품종육성에 관한 연구는 Snijder et al.(2004b)과 Cho(2010)가 간편한 잎절편검정법을 이용하여 ‘Crowbrough’, ‘Wedding March’ 등 칼라 무름병 저항성 유전자원을 선발하였고, Ni et al.(2009)은 기내에서 extracellular enzyme 처리와 culture filtrate 방법을 통한 켈루스 선발 방법을 통해 저항성 유전자원을 선발한 바 있다. 사탕무와 무의 경우 무름병 저항성 유전은 단일우성유전자에 의해 조절되나(Nuttall and Jasmin, 1958), 브로커리, 배추, 감자의 무름병 저항성은 다수의 유전자가 관여하는 양적형질로 보고된 바 있다(Darling et al., 2000; Ren et al., 2001; Zimnoch-Guzowska et al., 2000). Snijder et al.(2004b)은 칼라의 무름병 저항성도 양적형질이 관여하나, *Z. aethiopica*, *Z. rehmannii*, *Z. albomaculata*는 무름병 저항성에 대해 상대적으로 높은 유전력을 갖고 있다고 보고한 바 있어 육종을 통한 칼라의 무름병 저항성 품종 개량 가능성이 높다고 판단된다. 실제로 Cho et al.(2014)은 교배육종을 통해 칼라 무름병에 저항성인 ‘Silky White’와 ‘Monc Blanc’ 품종을 육성하기도 하였다. 따라서 본 연구에서는 무름병에 감수성이지만 다화성인 *Z. aethiopica* ‘Childsiana’와 무름병 저항성의 *Z. aethiopica* ‘Wedding March’를 인공 교배하여 무름병에 저항성이면서 원예적 형질이 우수한 다화성 백색칼라 신품종을 육종하고자 하였다.

육성경위

무름병 저항성 평가

Snijder et al.(2004b)과 Cho et al.(2004)이 제시한 잎절편 검정을 위해 국내에서 수집된 칼라 이병주로부터 분리된 EccNHRI-3 균주를 LB배지에서 48시간 배양하였다. 배양된 균중 중 하나를 분리하여 LB 액체배지에서 다시 2일간 배양

한 후, 멸균수로 1×10^7 cfu/mL 농도로 희석하여 접종에 사용하였다. 온실에서 재배된 칼라의 완전히 전개된 잎을 채취하여 70% 에탄올로 세척하고 직경 22mm의 원형으로 절개한 후 12-well plate에 넣고 균주현탁액 5mL를 각각 분주하였다. 접종된 칼라 잎은 28°C 항온기에서 배양하면서 시간경과에 따른 부패율을 조사한 후 저항성을 평가하였다. 또한 병이 잘 발생하는 칼라 하계재배 작형에 따라 봄부터 가을에 걸쳐 재배하면서 무름병으로 인한 고사율을 조사하여 포장저항성을 평가하였다. 저항성 정도는 잎절편검정법의 부패율과 포장저항성의 고사율을 바탕으로 1 = 0-10%, 3 = 10-30%, 5 = 30-100%로 구분하고, 평균발병지수 2.0 이하인 경우에는 저항성, 2.0-3.5는 중도저항성, 3.5 이상은 감수성으로 평가하였다.

교배 및 실생계통 양성

칼라 무름병 저항성 품종을 육성하기 위하여 2000년부터 국내농가에 도입된 ‘Childsiana’ 등 백색칼라 7품종과 ‘Flores Gold’ 등 유색칼라 15품종을 비롯하여 Silverhill Seeds(Cape Town, South Africa)에서 도입된 *Z. aethiopica*, *Z. albomaculata*, *Z. rehmannii*의 야생종 3계통 등 총 25종의 유전자원을 수집하였다. 수집된 유전자원은 국립원예특작과학원 온실(수원시 소재) 및 하우스에 식재하여 농촌진흥청 농사시험연구조사기준(RDA, 2003)에 따라 생육 및 개화 특성, 초세, 절화수량 등 원예적 형질을 조사하였으며, 잎절편 검정을 통해 품종별 무름병 저항성을 검정하였다.

유전자원 특성평가 및 무름병 저항성 검정 결과를 바탕으로, 무름병에는 감수성이지만 다화성인 ‘Childsiana’ 품종과 무름병에 강하지만 절화수량이 적은 중형의 ‘Wedding March’ 품종을 각각 모본과 부분으로 인공 교배하여 520개의 종자를 획득하였다. 획득한 종자는 2004년 10월 72공 플러그 트레이에 접과하고 2005년 1월에 7.5cm 포트에 정식한 후 가온 온실에서 생육하였다. 본 엽이 2매이상 자랐을 때, 잎절편 검정법을 이용하여 실생계통에 대한 무름병 저항성을 평가한 후, 저항성 23계통과 중도저항성 61계통 등 총 84계통을 1차 선발하였다(Fig. 2A). 당해 6월에 구근을 수확하여, 3개월간 휴면을 타파한 후 9월에 농촌진흥청 표준영농재배법(RDA, 1996)에 준하여 가온하우스 토양에 정식하여 재배하였다. 2006년 3월 이후 실생계통의 개화가 시작되면서 초세가 우수하고 생육이 왕성하며, 당해 무름병에 포장저항성을 보이는 ‘Z. cw-120’ 등 34계통을 개체 선발하였다(Fig. 2B).



Fig. 1. (A) Typical symptoms of calla lily soft rot caused by *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*, on stem (A) and tuber (B).

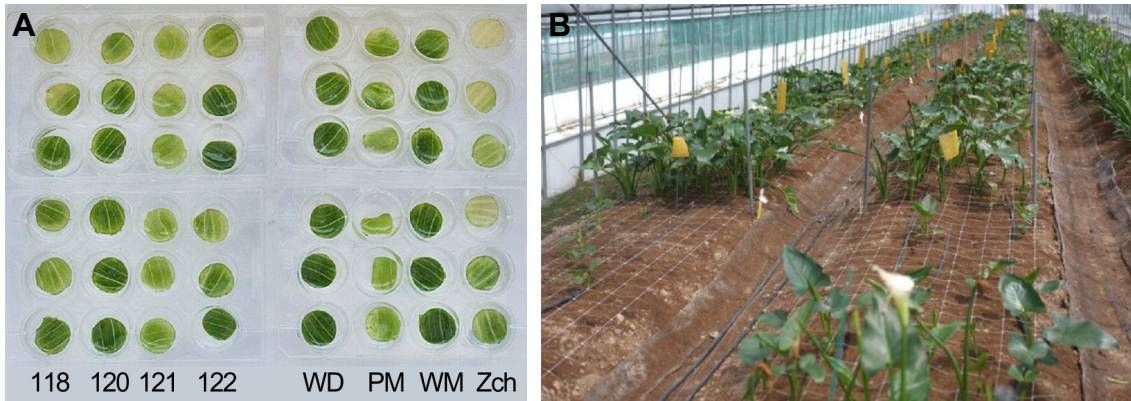


Fig. 2. (A) Leaf disk resistance test against soft rot in the progeny derived from 'Childsiana' × 'Wedding March' using 'White Dream' (WD) and 'Wedding March' (WM) as resistant control, and 'Pink Mist' (PM) and 'Childsiana' (Zch) as susceptible control. (B) Field observation of soft rot resistance in the breeding lines selected by leaf disk resistance test.

특성평가 및 품종화

선발된 34계통에 대하여 2007년부터 2008년까지 2년에 걸쳐 포장상태에서의 무름병으로 인한 고사율을 지속적으로 조사한 결과, 2007년에는 21계통, 2008년에는 10계통이 포장저항성 계통으로 최종 선발되었다. 선발된 10계통에 대하여 생육 및 개화특성과 구근증식력을 조사한 결과, 화색이 밝고 선명하며 개화소요일수가 짧고 구근증식력이 높은 무름병 저항성 계통 'Z. cw-120'을 최종 선발하고 '원교C4-3호'로 계통명을 부여하여 3차 특성검정 및 기호도 평가를 수행하였다. 3차 특성검정은 농촌진흥청 농사시험연구조사 기준(RDA, 2003)과 작물별 신품종의 출원 및 심사를 위한 특성조사기준(KSVS, 1997)에 따라 모부본인 'Childsiana'와 'Wedding March'를 대조품종으로 하여 수행하였다. 소비자

기호성 평가는 3차특성검정시 농가, 소비자, 유통업체 등 관련인들이 참석한 품평회에서 참석자 설문지 평가를 통하여 평가하였다. 3차 특성검정 및 기호도평가 결과, '원교C4-3호'는 화색, 화형에 대한 소비자기호도가 우수하고 개화소요일수가 짧으며 다화성인 무름병 저항성 계통으로 그 우수성이 인정되어, 2011년 농촌진흥청 직무육성품종심의회를 거쳐 'White Cutie'로 명명하고 2012년 국립종자원에 출원하여 2013년 품종등록 되었다. 품종의 육성 과정은 Fig. 3과 같다.

주요특성

'White Cutie'의 형태적 특성은 다음과 같다. 화색은 모본

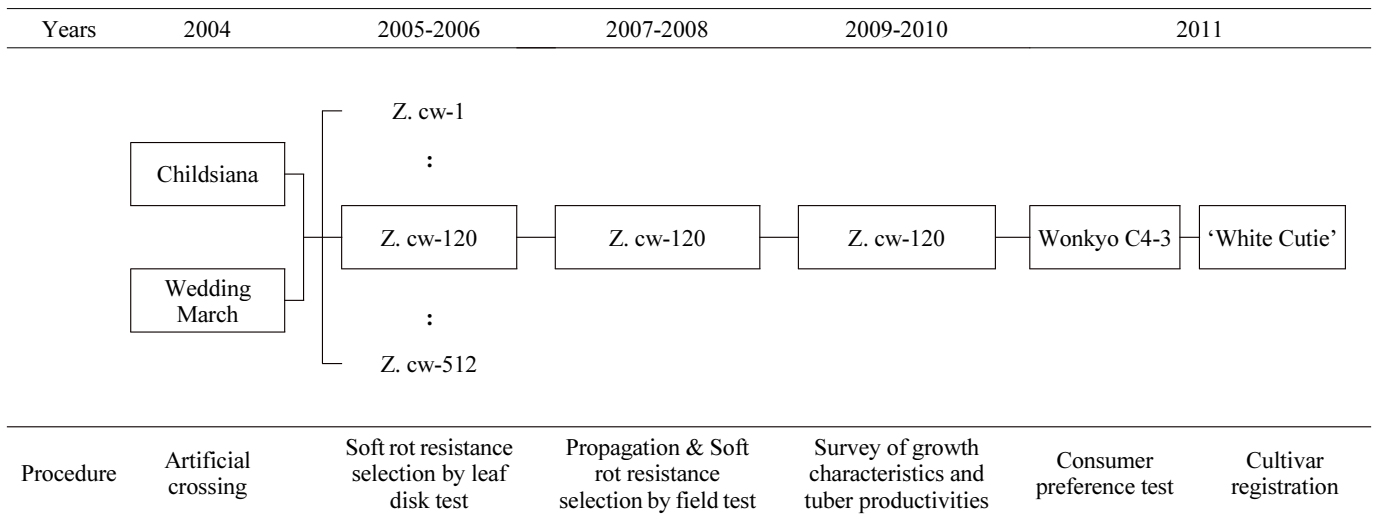


Fig. 3. Pedigree diagram of the new calla lily cultivar 'White Cutie'.

Table 1. Morphological characteristics of the new calla lily cultivar 'White Cutie' and its two parental cultivars, 'Childsiana' and 'Wedding March'.

| Cultivar | Flower color (RHS) ^z | Spadix | | Flower size | Plant type |
|---------------------------------|---------------------------------|-------------|--------|-------------|------------|
| | | Color | Length | | |
| Childsiana (maternal parent) | White (W155A) | Pale Yellow | Short | Mid | Spreading |
| Wedding March (paternal parent) | White (W155B) | Yellow | Long | Mid | Upright |
| White Cutie | White (W155C) | Yellow | Mid | Mid | Upright |

^zRHS (The Royal Horticultural Society) color chart

인 'Childsiana'와 부분인 'Wedding March'의 백색에 비해 그린색이 가미된 밝고 선명한 백색(RHS W155C)으로, 육수화서는 'Wedding March'와 비슷한 황색이며, 육수화서의 길이는 모부분의 중간정도의 크기를 갖고 있다. 화포의 길이와 폭이 각각 8.6cm와 8.7cm인 중형 품종으로, 초형은 'Wedding March'와 같은 직립형이며, 초장은 73.6cm로 모부분의 평균보다 약간 크다(Table 1 and 2, Fig. 4).

'White Cutie'의 생육 및 개화특성을 조사한 결과, 연간 채화수량은 주당 평균 6.2개로 'Childsiana'보다 0.7개, 'Wedding March'보다 1.2개 정도 더 많았으며, 개화소요일수는 만생종인 'Childsiana'보다 평균 33.4일 빠른 85.6일로 조생종인 'Wedding March'와 비슷하였다(Table 2). 연간 구근증식량은 주당 평균 13.4개로 'Childsiana'의 2.2배, 'Wedding March'의 1.4배 정도 구근번식력이 우수하였으나, 절화수명은 평균 8.2일로 'Wedding March' 보다 2.6일 정도 짧았다. 무름병 저항성 정도는 저항성 친으로 사용한 'Wedding March'



Fig. 4. The flower of the new calla lily cultivar 'White Cutie'.

Table 2. Growth and flowering characteristics of the new calla lily cultivar 'White Cutie' and two parental cultivars, 'Childsiana' and 'Wedding March', as planted in September or early October from 2009 to 2011.

| Cultivar | Days to flowering | Plant height (cm) | No. of flowers | Spathe height (cm) | Spathe width (cm) |
|---------------------------------|--------------------------|-------------------|----------------|--------------------|-------------------|
| Childsiana (Maternal parent) | 119.0 ± 4.0 ^z | 67.2 ± 7.3 | 5.5 ± 1.3 | 10.0 ± 1.7 | 11.3 ± 1.3 |
| Wedding March (Paternal parent) | 84.0 ± 15.0 | 75.5 ± 15.5 | 5.0 ± 0.1 | 9.7 ± 2.9 | 9.4 ± 1.4 |
| White Cutie | 85.6 ± 7.8 | 73.6 ± 14.2 | 6.2 ± 1.3 | 8.6 ± 1.3 | 8.7 ± 1.1 |

^zValues are mean ± standard error (n = 10).

Table 3. Tuber productivity, soft rot resistance, and consumer preference of the new calla lily cultivar 'White Cutie' and two parental cultivars, 'Childsiana' and 'Wedding March', as planted in September or early October from 2009 to 2011.

| Cultivar | No. of cormels/plant | Vase life ^z (days) | <i>Erwinia</i> resistance ^y | | Preference ^x |
|---------------------------------|------------------------|-------------------------------|----------------------------------------|------------|-------------------------|
| | | | leaf disk test | field test | |
| Childsiana (Maternal parent) | 6.0 ± 1.5 ^w | - | 4.5 | 5.0 | 2.5 |
| Wedding March (Paternal parent) | 9.9 ± 4.5 | 10.8 ± 0.6 | 1.0 | 2.0 | 3.5 |
| White Cutie | 13.4 ± 4.6 | 8.2 ± 0.2 | 2.0 | 2.0 | 4.2 |

^zVase life was measured under indoor conditions of temperature at 26°C. The stem length of cut flowers was adjusted to 70 cm.

^yResistance level: Resistant, 0-2.0; Moderate resistant, 2.0-3.5; Susceptible, 3.5-5.0.

^xPreference evaluation was performed at a flower show held at NHRI for consumers in 2011. Poor, 1; Intermediate, 3; Excellent, 5.

^wValues are mean ± standard error (n = 10).

에 비해 잎절편검정지수는 평균 1.0 정도 낮았으나, 포장저항성검정지수는 2.0으로 비슷한 정도의 포장저항성을 가진 것으로 평가되었다(Table 3). 품평회의 기호도 평가 결과는 소비자 기호도 4.2로 모부본에 비해 높았다(Table 3).

재배상 유의점

'White Cutie'는 일반적인 칼라 재배법에 준하여 재배할 수 있다(RDA, 2014). 'White Cutie'가 무름병에 강한 품종이나 완전저항성 품종은 아니므로 우량구를 선별하여 소독한 후, 보통재배 작형을 기준으로 8월 말에 정식한다. 정식 후 구근의 부패를 예방하기 위하여 한여름 고온기에는 한랭사 등을 이용하여 50%정도 차광해 주고 주기적으로 환기시켜준다. 배수가 불량하여 습할 경우에도 구근이 부패할 수 있으므로, 배수가 잘되는 토양에 식재하고 관수량을 조절하여 건조하게 관리하는 것이 중요하다. 화아분화기에는 저온에 의한 기형화 발생이 많아질 수 있으므로, 정식 한두달 후부터는 가온하여 야간온도를 15°C 이상으로 유지한다. 'White

Cutie'는 습지형인 *Z. aethiopica* 종으로 실제적인 구근의 휴면이 없기 때문에 고온 및 휴면타파처리가 필요 없어, 수확 후 잎과 뿌리를 자르고 살균제 용액에 소독한 후 바로 심을 수도 있다. 구근을 저장할 때는 수확한 괴경을 건조한 후 18°C에서 큐어링한 후 건조시켜 10°C에 저장하는 것이 좋다. 'White Cutie'는 자구 또는 조직배양묘로 번식이 가능하며, 개화구 크기의 구근 생산을 위해서는 2번 혹은 3번의 재배를 통해 구주를 확보하는 것이 중요하다. 개화가 늦게 까지 이어지면 꽃으로 양분이 집중되고 구근으로 양분축적되는 기간이 짧아지므로, 출하가 끝나는대로 관수를 중단하고 환기에 신경을 써서 구근으로의 양분전이가 빨리 이루어질 수 있도록 유도한다.

유용성

'White Cutie'는 2012년 3월 28일 종자산업법에 의거하여 국립종자원에 품종보호출원(품종보호출원 제2012-258호)하여 재배심사를 마친 후 2013년 7월 9일 품종등록(품종보호

등록 제4571호)되었고, 2015년 1월 15일 농촌진흥청에서 ‘White Cutie’의 국유품종보호권을 국내 칼라 종묘업체에 통상 실시하였다.

초 록

국립원예특작과학원에서는 무름병에는 감수성이지만 다화성인 ‘Childsiana’ 품종과 무름병에 강하지만 절화수량이 적은 ‘Wedding March’ 품종을 각각 모본과 부분으로 인공 교배하여 얻은 실생계통으로부터 2005년부터 2011년까지 구근양성 및 생육개화특성검정, 무름병저항성 검정, 소비자 기호도 평가를 수행하여 2011년 무름병 저항성 백색칼라 신 품종 ‘White Cutie’를 육성하였다. 백색(RHS W155C) 화색의 ‘White Cutie’는 화포의 길이와 폭이 각각 8.6cm, 8.7cm 인 중형 품종이다. 개화소요일수가 85.6일로 짧은 조기개화성 품종으로, 연간 채화수량도 주당 6.2개 정도로 많은 다화성 품종이다. 무름병 저항성 품종으로 구근중식량(13.4개/주) 매우 우수하고 소비자기호도가 높다.

추가 주요어 : 포장저항성, 잎절편검정, 다화성, *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*

인용문헌

- Cho, H.R., J.H. Lim, K.J. Yun, R.C. Snijder, D.H. Goo, H.K. Rhee, K.S. Kim, H.Y. Joung, and Y.J. Kim. 2004. Virulence variation of 20 isolates of *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* on the *Zantedeschia* cultivars in Korea. *Acta Hort.* 671: 653-659.
- Cho, H.R. 2010. Development of resistant cultivars and control methods by fertilization against *Erwinia* soft rot in *Zantedeschia* spp. PhD Diss., Seoul Natl Univ., Seoul, Korea.
- Cho, H.R., K.S. Kim, H.Y. Joung, and K.B. Lim. 2014. Development of two new *Zantedeschia* cultivars resistant to bacterial soft rot. *Flower Res. J.* 22:88-94.
- Darling, D., R. Harling, R.A. Simpson, N. McRoberts, and E.A. Hunter. 2000. Susceptibility of broccoli cultivars to bacterial head rot: *in vitro* screening and the role of head morphology in resistance. *Eur. J. Plant Pathol.* 106:11-17.
- Funnell, K.A. 1993. *Zantedeschia*, p. 683-703. In: A. De Hertogh and M. LeNard (eds.). *The physiology of flower bulbs*, Amsterdam, the Netherlands.
- Joung, H.Y., M.P. Choi, K.S. Han, S. Kim, D.H. Goo, Y.I. Kang, Y.J. Choi, and S.K. Park. 2013. A new screening method for the selection of calla lily *Zantedeschia aethiopica* cultivars resistant to calla lily soft rot. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 31:366-370.
- Korea Seed and Variety Service (KSVS). 1997. The guide-lines of characteristics for application and registration of new varieties in flower. KSVS, Anyang, Korea. p. 52-56.
- Kuehny, J.S. 2000. Calla history and culture. *HortTechnology* 10:267-274.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA). 2013. Statistics for floricultural industry in 2012. MAFRA, Gwacheon, Korea. p. 13.
- Ni, L., X. Li, J.B.M. Custers, K. Zhang, and L. Zhang. 2009. Response of arum lily calli to culture filtrate of *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*. *Afr. J. Biotechnol.* 8:5362-5366.
- Nuttall V.W., and J.J. Jasmin. 1958. The inheritance of resistance to bacterial wilt (*Erwinia tracheiphila* (E.F.SM.) Holland) in cucumber. *Can. J. Plant Sci.* 38:401-404.
- Ren, J., R. Petzoldt, and M.H. Dickson. 2001. Genetics and population improvement of resistance to bacterial soft rot in chinese cabbage. *Euphytica* 117:197-207.
- Rural Development Administration (RDA). 1996. Bulbous floriculture cultivation technology. RDA, Suwon, Korea. p. 319-328.
- Rural Development Administration (RDA). 2003. Manual for Agricultural Investigation. RDA, Suwon, Korea. p. 596.
- Rural Development Administration (RDA). 2014. Standard manual for growing calla. RDA, Suwon, Korea.
- Singh, Y., H. Baijnath and A.E. Van Wyk. 1996. Taxonomic notes on the genus *Zantedeschia* Spreng. (*Araceae*) in southern Africa. *S. Afr. J. Bot.* 62:321-324.
- Snijder, R.C., H.R. Cho, M.M.W.B. Hendriks, P. Lindhout and J.M. van Tuyl. 2004a. Genetic variation in *Zantedeschia* spp. (*Araceae*) for resistance to soft rot caused by *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*. *Euphytica* 135:119-128.
- Snijder, R.C., P. Lindhout, and J.M van Tuyl. 2004b. Genetic control of resistance to soft rot caused by *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* in *Zantedeschia* spp. (*Araceae*), section *Aestivae*. *Euphytica* 136:319-325.
- Zimnoch-Guzowska, E., W. Marczewski, R. Lebecka, B. Flis, R. Schafer Pregl, F. Salamini, and C. Gebhardt. 2000. QTL analysis of new sources of resistance to *Erwinia carotovora* ssp. *atroseptica* in potato done by AFLP, RFLP, and resistance-gene-like markers. *Crop Sci.* 40:1156-1167.