Research Report

파상처리와 지베렐린을 이용한 무늬등굴레(*Polygonatum odoratum* var. *pluriflorum* 'Variegatum')의 휴면타파이용하¹, 이승연¹, 박주현¹, 김기선^{1,2*}¹서울대학교 원예생명공학전공²서울대학교 농업생명과학연구원Scarification and Gibberellic Acid Affecting to Dormancy Breaking of Variegated Solomon's Seal (*Polygonatum odoratum* var. *pluriflorum* 'Variegatum')Yong Ha Rhie¹, Seung Youn Lee¹, Ju Hyun Park¹, and Ki Sun Kim^{1,2*}¹Department of Horticultural Science and Biotechnology, Seoul National University, Seoul 151-921, Korea²Research Institute of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Seoul 151-921, Korea

Abstract: The foliage of variegated Solomon's seal is excellent in cut flower arrangements. However, it has a restricted marketing period because the harvesting is limited in spring and summer. The increased interest requires the year-round production, thus techniques for dormancy breaking and forcing without low temperature treatment is needed. Therefore, experiments were conducted to determine whether gibberellic acid (GA) could break dormancy in variegated Solomon's seal. The sprouting of dormant bud did not occur throughout the experiment when GA₃ 400 mg·L⁻¹ was applied to dormant rhizomes as a soil drench. However, when plants were treated with a GA drench after scratch with razor blade or were given direct injection of GA, percent sprouting was increased up to 100 or 83.3%, respectively. However, because treatments with razor or syringe may damage internal organs, we tested another method, scarifying the rhizomes with sodium hypochlorite (NaOCl). Rhizome scarification with 4% NaOCl for 6 or 24 hours followed by drench of GA₃ 400 mg·L⁻¹ increased the dormancy breaking percentage to 70 or 86.7%, respectively. Moreover, scarified and GA-treated rhizomes produced more leaves than untreated or GA-soil drenched plants in the glasshouse. These results showed the possibility of year-round production of variegated Solomon's seal foliage with rhizome scarification and GA treatments.

Additional key words: bud dormancy, injection, NaOCl, rhizome, scratch

서 언

많은 종류의 다년생 화훼류들은 제한된 시기에만 생장하고 개화하기 때문에 그 수확 시기 또한 제한적이다. 이렇게 한정된 시기에 대량으로 생산된 동일 품목들은 국내 화훼류 거래 가격의 하락을 초래한다. 한국 농업의 생산성과 농업 부가가치는 지속적으로 증가하였으나, 이와 같은 농가 판매 가격의 하락은 실질 농업소득을 줄어뜨리게 하는 하나의 요인

이라고 지적된 바 있다(Lee, 2012). 따라서 국내 생산 화훼류의 생산시기를 다양화할 필요가 있다. 한편 자연상태에서 절엽과 절화를 생산할 수 없는 시기인 겨울이나 늦가을에는 유럽과 남미로부터 수입된 화훼류들이 국내에서 높은 가격으로 거래가 되고 있는 상황이다(Yun et al., 2011). 따라서 축성재배나 억제재배를 이용한 화훼류의 연중생산 기술은 농가의 안정적인 소득 보장과 해외 수입 화훼류를 대체하는 해결책이 되며, 더 나아가 새로운 수출시장을 개척하는 원동

*Corresponding author: kisun@snu.ac.kr

※ Received 2 September 2013; Revised 26 November 2013; Accepted 5 February 2014. 본 연구는 농림수산물식품부 농림수산물식품기술기획평가원 수출전략기술개발사업(과제번호: 109096-5)의 지원에 의해 이루어진 것임.

력이 될 수 있을 것이다.

무늬둥굴레는 다년생 숙근초로 백합과에 속하며 한국, 일본, 유럽 등지의 산간고지대에 자생하고 있다(Jeffrey, 1980). 무늬둥굴레는 조경용으로도 화단에 식재되기도 하지만, 엽맥을 따라 생기는 열은 노란색의 무늬가 있어 절엽 소재로 활용되는 비율이 늘어나고 있다(Armitage, 1989; Yun et al., 2011). 하지만 무늬둥굴레도 많은 다년생 식물들과 마찬가지로 생육특성상 자연상태에서는 4-7월에만 절엽으로 수확이 가능하기 때문에 이외의 기간은 2배 이상의 가격으로 거래되고 있는 실정이다(Yun et al., 2011).

현재까지 무늬둥굴레의 연중생산을 위한 광범위한 실험이 진행되어 왔다. 자연적으로 저온을 받은 무늬둥굴레를 12월에 온실에 입실하여 자연 수확 시기보다 앞선 시기인 3월에 절엽을 수확할 수 있었다(RDA, 2001). 하지만 재배하는 지역과 매년 달라지는 겨울철 온도 때문에 입실시기를 12월로 확정하기 어렵기 때문에, Yun et al.(2011)은 휴면타파를 위한 무늬둥굴레의 저온 요구도를 계산하였다. 즉, 0-4.99°C의 온도에 1시간 노출되었을 때의 자연적산온도를 1h로 하고, 5-10°C에서 1시간은 0.67h, 10°C 이상에서는 0h로 하여 휴면타파를 위한 무늬둥굴레의 자연적산온도는 492h임을 제시하였다. 이렇게 저온 요구도를 충족시킨 식물들은 야간이 15°C로 유지되는 유리 온실에서 재배했을 때 2월에 수확이 가능하였다. 또한 이보다 앞선 시기에 절엽을 수확하기 위해서 10월에 휴면에 들어간 무늬둥굴레를 0°C에서 6주간 인공 저온처리한 후 가온 온실에서 재배하여 1, 2월에도 절엽을 수확할 수 있었다. 한편 연중생산을 위해 저온에 장기 저장하다가 7, 8월에 정식을 하면 9-12월에도 절엽을 수확할 수가 있었다. 그리고 무늬둥굴레의 축성재배나 역제배 시 최적의 생육 적온을 알아보기 위한 실험 또한 진행되었다(Rhie et al., 2013; Yeh et al., 2000). 이와 같이 온도에 대한 다양한 연구가 이루어져 무늬둥굴레의 절엽을 연중 수확할 수 있는 방법이 제시되었다. 하지만 인공 저온처리를 할 경우 저온처리를 할 수 있는 시설과 저온처리기간(약 2개월)이 필요하다는 단점이 있다.

온도처리 이외에 식물의 휴면을 타파하기 위한 방법으로 여러 화합물이나 식물 호르몬을 사용하는 경우가 많으며(Hosoki et al., 1986), 그 중에 가장 대표적으로 사용되는 것이 지베렐린이다. 지베렐린을 이용한 휴면타파 기술은 별도의 시설이나 처리 기간을 필요로 하지 않는 장점이 있다. 식물 외부에서 지베렐린을 처리하여 톨립(Rudnicki et al., 1976), 백합(Kim and Yang, 1995)의 휴면타파에 성공한

예가 있다. 하지만 식물에 따라서 지베렐린이 저온을 완전하게 대체를 하지 못하고 충분한 저온을 받아야 지베렐린의 휴면타파 효과를 보이는 경우도 있다(Yeo et al., 2012). RDA(2001)에서 무늬둥굴레의 휴면을 타파하기 위해 지베렐린을 두상관주 처리했지만 처리에 따른 맹아율, 맹아 소요일수에서 유의적인 차이를 보이지 않아 결과적으로 지베렐린을 통한 무늬둥굴레의 휴면타파에는 성공하지 못했다.

식물체는 잎을 포함한 표면조직에 왁스층이 있어 내부의 식물 기관을 보호하지만 농약의 사용에 있어서는 물리적인 제한 요인이 되어 약재의 효용성을 떨어뜨리는 요인이다(Yu et al., 2002). 이전 연구에서 무늬둥굴레의 지베렐린 처리에서 효과가 없었던 것은 이러한 물리적인 제한 요인에 의한 것이라고 가정하고, 이를 알아보기 위해 물리적인 또는 화학적인 처리를 통해 불투과성을 보이는 표피를 제거하고 지베렐린을 처리하여 무늬둥굴레의 휴면타파에 있어 지베렐린의 효과가 있는지 알아보았다.

따라서 본 연구의 목적은 1) 무늬둥굴레의 휴면타파에서 지베렐린이 효과를 얻지 못한 것이 휴면 상태의 눈을 싸고 있는 조직의 물리적인 요인 때문인지를 확인하고, 2) 지베렐린을 이용한 실질적인 무늬둥굴레의 휴면타파 방법을 제안하는 것이다.

재료 및 방법

실험 재료

본 실험은 경기도 수원시 서울대학교 부속농장 내의 온실에서 수행되었다. 식물 재료로 사용한 무늬둥굴레는 경상남도 진주의 재배 농가에서 2011년 10월 25일까지 무가온 온실에서 재배하던 무늬둥굴레 근경(근경길이 7-10cm, 한 개의 눈을 포함)을 구입하여 실험에 사용하였다. 무늬둥굴레 근경을 정식 하기 전에 500mg·L⁻¹의 베노밀 수화제(Dongbu Hiteck Inc., Seoul, Korea)에 1분간 침지하여 소독했고, 이후 원예용 배지(Sunshine Mix #1, Sun-Gro Horticulture, USA)가 충전된 구근박스(가로 60 × 세로 39 × 높이 23cm)에 근경을 12개씩 정식하였다. 실험은 2년 동안 반복 실험을 하였으며, 1년차에 사용된 무늬둥굴레는 정식 직후인 2011년 10월 28일에 시작하였으며, 2년차 실험은 정식한 무늬둥굴레를 1년 동안 노지에서 생육시키고 휴면에 들어간 상태의 식물을 2012년 11월 09일에 사용하였다. 1, 2년차 실험에 사용된 모든 무늬둥굴레는 노지에서 받은 누적자연적산온도로 계산하면 각각 0h natural cumulative chill unit(NCU), 25h

NCU로 휴면타파를 위한 자연 적산온도에는 미치지 못하는 휴면 상태의 근경이었다. Yun et al.(2011)은 자연 저온을 통해 휴면타파를 시키기 위해서는 누적자연적산온도가 492h NCU 필요하다고 하였다.

파상처리와 주사기를 이용한 지베렐린 처리

정식 직 후인 2011년 10월 28일에 실험을 수행했으며, 실험 처리로는 아무 처리를 하지 않은 대조구, 5°C에서 1주일 저장한 저온처리구, GA₃ 200과 400mg·L⁻¹를 각각 두상관주한 처리구, 면도칼로 무늬둥굴레의 표피에 상처를 낸 후 GA₃ 200과 400mg·L⁻¹를 각각 두상관주한 처리구, 주사기를 이용하여 GA₃ 200과 400mg·L⁻¹를 각각 무늬둥굴레 눈에 주입한 총 8가지 처리를 하였다. 두상관주는 무늬둥굴레의 근경 1개당 50mL의 지베렐린을 관주하였다. 면도칼로 상처를 낸 경우 휴면 눈의 길이 방향으로 1cm선을 긋고 난 이후 눈에 직접 관주(50mL/개)하였다(Fig. 1A). 주사 처리는 0.2mL의 지베렐린을 휴면 눈에 직접 주사하였다(Fig. 1B). 실험 처리 한 이후에는 유리 온실 내에서 재배하였으며 실험 기간 동안 최고 기온은 약 33°C였으며, 최저 기온은 약 12°C였다. 실험처리 이후 3개월이 지난 2012년 1월 27일에 맹아율을 조사하였다.

NaOCl를 이용한 지베렐린 처리

실험에 사용된 무늬둥굴레는 2011년에 정식하여 노지에서 1년 생육을 시킨 것으로 2012년 11월 09일에 실험 처리하였다. 실험처리는 1차 실험과 동일한 방법으로 한 GA₃ 400mg·L⁻¹의 두상관주처리, 면도칼로 상처를 낸 이후에 GA₃ 400mg·L⁻¹를 두상관주한 처리, GA₃ 400mg·L⁻¹ 주사처리를 하였다. 또한 무늬둥굴레 눈 부위 왁스층을 화학적으로 제거하고자 4%의 sodium hypochloride(NaOCl, Yuhanclox

Ltd., Korea)를 솜에 묻혀 무늬둥굴레의 눈 부위에 접촉시켜 놓고 각각 6시간, 24시간 처리(Fig. 1C)한 이후에 솜을 제거하고 증류수로 처리부위에 남아있는 NaOCl을 제거하고 다시 GA₃ 400mg·L⁻¹를 관주하였다. 실험 처리 이후 3개월이 지났을 때까지의 맹아율, 맹아소요일수, 절엽수확일수를 측정하였다. 절엽수확일수는 무늬둥굴레의 줄기가 단단해지는 시기로 낙화된 이후에 10일이 지났을 때로 설정하였다. 초장과 엽수는 실험 시작 이후 5개월이 경과되었을 때(2012년 4월 27일)를 기준으로 측정하였다. 맹아와 관련된 측정을 3개월로 제한한 이유는 실험처리 후 3개월 이내에 맹아하는 개체가 지베렐린에 의해 휴면타파가 된 것으로 판단하였기 때문이다. NaOCl 처리를 한 이후에 무늬둥굴레의 표면을 전계방출주사전자현미경(Field-Emission Scanning Electron Microscope: FE-SEM, Carl Zeiss, Germany)을 이용하여 표피 상태를 관찰하였다.

결과 및 고찰

파상처리와 주사기를 이용한 지베렐린 처리

대조구에서는 실험이 종료될 때까지 맹아가 되지 않았으며, 5°C에서 1주일 동안 저온처리한 실험구에서도 맹아되지 않았다(Fig. 2). 휴면 중의 무늬둥굴레를 인공 저온 처리를 통해 휴면타파시키기 위해서는 5°C에서 6주(= 675h cumulative chill unit)처리를 해야 한다고 보고되었는데(Yun et al., 2011), 이에 비하여 5°C에서 1주 처리는 112.5h cumulative chill unit로 휴면타파를 위한 저온 요구도를 만족시키지 못했기 때문이라고 여겨진다. 지베렐린을 두상관주한 처리구에서도 농도와 관계없이 휴면타파가 이루어지지 않았는데 이는 지베렐린 처리를 하였을 때 효과가 없었던 RDA(2001)의 결과와 같았다. 하지만 면도칼로 무늬둥굴

Fig. 1. Scarification treatments on rhizome epidermis of variegated Solomon's seal. A, scratch with razor blade; B, injection of GA₃; C, scarification with 4% NaOCl-soaked cotton.

레의 표피에 상처를 내고 지베렐린을 두상관주한 처리에서나 지베렐린 주사처리를 했을 경우 무늬둥굴레의 휴면타파가 83.3% 이상 이루어졌다(Fig. 2). 특히 상처를 내고 GA_3 $400mg \cdot L^{-1}$ 를 처리했을 때 무늬둥굴레가 100% 맹아하여 가장 결과가 좋았다. 따라서 지베렐린이 무늬둥굴레의 휴면을 성공적으로 타파했음을 보여준다. 이전의 다른 연구자에 의해 무늬둥굴레에 지베렐린을 두상처리했을 때 효과가 없었던 것은 지베렐린 처리 시 식물체내로 침투가 안 되어서 휴면을 타파하지 못했다고 판단할 수 있다.

모든 초본성 식물들의 표피는 왁스(wax)를 주요 성분으로 하는 큐티클(cuticle) 구조로 덮여 있다(Taiz and Zeiger, 2006). 왁스는 소수성이 큰 지질 복합체로 식물체 외부의 물이 식물체의 표면에 닿을 때 방울을 형성하여 식물의 표면에서 물을 씻어낸다. 이는 식물과 외부 환경 사이에서 수분을 격리시켜 병원균의 침투를 막는데 도움이 된다고 알려져 있다. 즉, 무늬둥굴레의 경우에도 식물체의 표피 조직에 외부 물질의 흡수를 물리적으로 막는 왁스가 있으며, 면도칼로 상처를 내는 물리적인 파상처리나 주사처리가 이러한 물리적인 제한 요소를 감소시켰다고 여겨졌다. 하지만 면도칼로 상처를 내거나 주사처리를 했을 때 무늬둥굴레의 내부 조직에 손상을 주어 맹아가 되고 생장을 했을 때 전개된 잎에서 구멍이 나거나 갈라져 있는 잎이 다수 발견되어(data not shown) 실질적인 재배에 있어서는 많은 주의가 필요하며 이

러한 문제를 대체 할 수 있는 방법의 제시가 필요했다.

NaOCl을 이용한 지베렐린 처리

앞선 실험에서 지베렐린을 통하여 무늬둥굴레의 휴면을 타파할 수 있다는 가능성을 얻게 되었지만, 칼이나 주사자국으로 인해 절엽의 상품성이 떨어지는 문제가 있었다. 따라서 물리적인 방법이 아닌 화학적인 방법으로 무늬둥굴레의 표피를 부분적으로 제거하여 지베렐린의 투과를 가능케 할 수 있는지 알아보기 위해 실험을 진행하였다. 어떤 처리도 하지 않은 대조구에서는 실험 처리 후 3개월 동안 맹아가 되지 않았으며, $400mg \cdot L^{-1}$ 의 지베렐린을 두상관주한 처리에서도 맹아율이 $20.0 \pm 10.0\%$ 로 낮았다(Figs. 3 and 4). 하지만 면도날로 상처를 내고 두상관주한 것이나 주사처리를 한 것에서는 맹아율이 각각 60.0 ± 10.0 , $90.0 \pm 5.8\%$ 로 높아 1차 실험과 비슷하게 지베렐린의 긍정적인 휴면타파 효과를 나타냈다. 한편 NaOCl을 6시간 처리하고 지베렐린을 두상관주하였을 때는 $70.0 \pm 6.8\%$ 가 맹아 하였으며, NaOCl을 24시간 처리하고 지베렐린을 관주했을 때는 $86.7 \pm 6.7\%$ 맹아하였다. 물리적으로나 화학적으로 표면에 처리를 한 실험구에서 맹아 소요일수, 개화 소요일수, 절엽수확 소요일수가 지베렐린을 관주 처리한 것에 비해 앞당겨짐을 보여주었다(Fig. 3). 그리고 절엽의 품질과도 관계되어있는 엽수에 있어서도 차이를 보였다. 5개월이 지나고 나서 엽수를 측정하였

Fig. 2. Percent sprouting of variegated Solomon's seal after different GA_3 treatments at 3 months after treatments. Bars indicate standard errors of mean ($n = 12$). Cont.: untreated control; Chill: $5^\circ C$ for 1 week; D200, D400: drench with GA_3 200 or 400 $mg \cdot L^{-1}$; S200, S400: scratch with razor followed by GA_3 200 or 400 $mg \cdot L^{-1}$; I200, I400: injection of GA_3 200 or 400 $mg \cdot L^{-1}$, respectively.

Fig. 3. Percent sprouting and the number of days to sprouting and harvesting of variegated Solomon's seal after different GA_3 treatments at 3 months after treatments. Bars indicate standard errors of mean ($n = 12$). Cont.: untreated control; Drench: drench with GA_3 400 $mg \cdot L^{-1}$; Scratch_drench: scratch with razor followed by GA_3 400 $mg \cdot L^{-1}$; Injection: injection of GA_3 200 $mg \cdot L^{-1}$; NaOCl 6 h: 4% NaOCl for 6 h followed by drench of GA_3 400 $mg \cdot L^{-1}$; NaOCl 24 h: 4% NaOCl for 24 h followed by drench of GA_3 400 $mg \cdot L^{-1}$.

기 때문에 대조구에서도 일부 잎이 출현 하는 개체도 있었다. 대조구나 단순한 지베렐린 두상관주처리에서는 잎이 5, 6장이었지만 주사 처리나 NaOCl 처리 이후 지베렐린을 관주했을 때는 9, 10장 정도로 훨씬 많았다(Fig. 4 and Table 1). 대조구나 지베렐린 관주처리에서 엽수가 적었던 것은 지베렐린을 통해 성공적으로 휴면타파가 이루어지지 않았기 때문이라고 생각된다. 휴면 중인 작약을 지베렐린을 이용하여 휴면타파 시켰을 때 지베렐린의 처리 농도가 낮거나 지베렐린을 처리하지 않았을 때 맹아 출현한 줄기 수가 적었다는 것은 이러한 사실을 뒷받침해 준다(Halevy et al., 2002). NaOCl은 종자의 종피 처리를 위해 널리 쓰이고 있는 물질 중에 하나이다. 물이 흡수가 되지 않아 휴면 상태에 있는 종자에 NaOCl을 처리했을 때 종피의 조직을 부분적으로 용해시켜 수분의 흡수를 잘되게 하여 결과적으로 발아율과 발아세를 높이는 결과가 보고되었다(Wada and Reed, 2011). 이는 NaOCl 처리는 무늬둥굴레 근경의 표피에 존재하는 불투과성 막 일부를 제거하였고 이를 통해 지베렐린이 흡수가 된 것으로 여겨진다. NaOCl을 처리한 이후에 무늬둥굴레 근경의 표면 조직을 FE-SEM으로 관찰해 보았을 때 대조구에서는 표면이 매끈하였지만 NaOCl 6시간과 24시간을 처리한 것에서는 표면이 군데군데 파쇄된 모습을 보여주

었으며, NaOCl 적용 시간이 길수록 이러한 현상이 더 많이 관찰되었다(Fig. 5).

결과적으로 무늬둥굴레 근경의 표피에는 불투과성 막이 있기 때문에 지베렐린을 표면처리하였을 때 내부로 투과되지 않는 문제점이 있다. 따라서, 지베렐린으로 휴면타파를 하고자 할 때에는 표피에 상처를 내는 물리적인 방법이나

Table 1. Effect of different GA₃ treatments on the growth of variegated Solomon's seal at 5 months after treatments.

Treatments	Plant height (cm)	No. of leaves / plant
Control	30.0 b ^z	5.0 c
GA drench	55.5 a	6.0 bc
Scratch + GA drench	42.7 ab	8.0 abc
GA Injection	57.4 a	10.6 a
NaOCl 6 h + GA drench	44.2 ab	9.3 ab
NaOCl 24 h + GA drench	48.3 ab	10.6 a
Significance	*y	***

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

y*,*** Significant at $p = 0.05$ or 0.001 , respectively.

Fig. 4. Growth of variegated Solomon's seal at 5 months after treatments. A, untreated (control); B, GA₃ 400 mg·L⁻¹ drench; C, scratch with razor blade followed by GA₃ 400 mg·L⁻¹ drench; D, injection of GA₃ 400 mg·L⁻¹; E, 4% NaOCl treatment for 6 h followed by GA₃ 400 mg·L⁻¹ drench; F, 4% NaOCl treatment for 24 h followed by GA₃ 400 mg·L⁻¹ drench.

Fig. 5. Field-emission scanning electron microphotographs of rhizome epidermis of variegated Solomon's seal after treatment with NaOCl. A, control; B, 4% NaOCl treatment for 6 h; C, 4% NaOCl treatment for 24 h.

NaOCl을 이용한 화학적인 방법이 함께 수반되어야 함을 알 수 있었다. 물리적인 방법을 통해 지베렐린을 투과시킬 때 내부 조직에 상처를 줄 수 있으므로 화학적인 방법이 더욱 안정적이라고 여겨진다. 이상의 결과를 통해 무늬둥굴레의 휴면타파를 시간과 공간을 절약하는 방안으로 지베렐린을 이용하여 성공시킬 수 있었으며 무늬둥굴레의 생산시기를 조절하여 절엽의 국내 수급 안정과 수입을 대체할 수 있는 가능성을 제시할 수 있었다.

초 록

무늬 둥굴레는 화훼장식의 절엽 소재로 많이 활용되고 있으나 봄과 여름 시기에만 생산되는 제한적인 시장성을 가지고 있다. 무늬 둥굴레의 연중생산 요구가 늘어나고 있으며, 시간과 공간을 필요로 하는 저온처리를 대신하는 무늬 둥굴레의 휴면타파법이 필요하다. 본 연구에서는 지베렐린을 효과적으로 처리하여 무늬둥굴레의 휴면을 타파할 수 있는 방법을 찾고자 실험을 수행하였다. 휴면 상태의 무늬둥굴레 근경에 지베렐린을 두상관주 하였을 때에는 휴면타파가 이루어 지지않았다. 하지만 지베렐린을 처리하기 전에 면도칼로 무늬둥굴레의 표피에 상처를 내어 지베렐린을 관주하거나 주사로 지베렐린을 직접 주입하였을 때에는 1년차 실험에서는 GA_3 $400mg \cdot L^{-1}$ 를 처리했을 때 각각 100, 83.3%의 휴면타파가 이루어졌다. 그러나 면도날이나 주사기를 사용했을 경우 무늬둥굴레에 물리적인 피해가 나타나 NaOCl을 이용한 화학적 처리를 사용해 보았다. 솜에 묻힌 4%의 NaOCl을 6시간 또는 24시간 처리한 이후에 GA_3 $400mg \cdot L^{-1}$ 를 처리했을 때 휴면 상태의 무늬둥굴레에서 각각 70%와 86.7%의 휴면타파 결과를 얻을 수 있었다. 그리고 대조구나 지베렐린의 관주처리에 비하여 물리적인 처리 이후 지베렐

린을 처리했을 때 엽수가 더 많았다. 이와 같은 결과는 지베렐린을 효과적으로 처리하면 무늬둥굴레의 휴면을 효율적으로 타파시켜서 절엽의 주년생산에 기여할 수 있음을 알 수 있었다.

추가 주요어 : 눈 휴면, 주사, 차아염소산나트륨, 근경, 파상 처리

인용문헌

- Armitage, A.M. 1989. Herbaceous perennial plants: A treatise on their identification, culture, and garden attributes. Varsity Press, Athens, GA.
- Halevy, A, M. Levi, M. Cohen, and V. Naor. 2002. Evaluation of methods for flowering advancement of herbaceous peonies. HortScience 37:885-889.
- Hosoki, T., Y. Sakai, M. Hamada, and K. Taketani. 1986. Breaking bud dormancy on corms and trees with sulfide compounds in garlic and horseradish. HortScience 21:114-116.
- Jeffrey, C. 1980. The genus *Polygonatum* (Liliaceae) in Eastern Asia. Kew Bul. 34:435-471.
- Kim, J.K. and H.H. Yang. 1995. Effects of chilling duration, GA_3 and GA_{4+7} treatment on breaking dormancy in *Lilium* oriental hybrid bulblets cultured in vitro. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 13:292-293.
- Lee, J.H. 2012. Korean agriculture: Don't be timid. GSJ No. 142:1-19. (<http://www.dbpia.co.kr/Article/2927790>)
- Rhie, Y.H., N.Y. Yun, S.Y. Lee, and K.S. Kim. 2013. Effect of temperature on growth and development of variegated Solomon's seal for year-round production. Flower Res. J. 21:23-26.
- Rudnicki, R., J. Nowak, and M. Saniewski. 1976. The effect of gibberellic acid on sprouting and flowering of some tulip cultivars. Scientia Hort. 4:387-397.

- Rural Development Administration (RDA). 2001. Flowering cultivation techniques of highland. RDA, Suwon, Korea. p. 461.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 2006. Plant physiology. 4th ed. Sinauer Associates, Inc., Publishers, Sunderland, MA.
- Wada, S. and B.M. Reed. 2011. Optimized scarification protocols improve germination of diverse *Rubus* germplasm. *Scientia Hort.* 130:660-664.
- Yeh, D.M., Y. Lin, and J. Atherton. 2000. A thermal time model for predicting time to aerial shoot elongation in variegated Solomon's seal. *Ann. Appl. Biol.* 136:69-75.
- Yeo, S.M., Y.H. Rhie, S.Y. Lee, H.H. Jung, and K.S. Kim. 2012. Dormancy release and flowering of *Paeonia lactiflora* 'Taebaek' by natural cumulative chilling and GA₃ treatment. *Hort. Environ. Biotechnol.* 53:263-270.
- Yu, J.H., K.Y. Cho, and J.H. Kim. 2002. Review of the study on the surfactant-induced foliar uptake of pesticide. *J. Pestic. Sci.* 6:16-24.
- Yun, N.Y., Y.H. Rhie, H.H. Jung, and K.S. Kim. 2011. Chilling requirement for dormancy release of variegated Solomon's seal. *Hort. Environ. Biotechnol.* 52:553-558.