

카네이션 생산성 향상을 위한 펄스 전원을 활용한 방전관형 오존발생기의 특성

(The Characteristics of the Discharge Lamp Type Ozonizer using Pulse Power Source
for Carnation Productivity Improvement)

송현직*

(Hyun-Jig Song)

요 약

본 논문은 카네이션의 생산성 향상을 위하여, 펄스 전원을 활용한 소형 저비용 방전관형 오존발생기를 설계·제작하였다. 펄스 전원의 출력전압, 원료 가스인 모의공기의 유량과 오존발생기의 작동 개수에 따른 방전관형 오존발생기의 방전 및 오존생성특성을 연구 검토하였다. 방전관형 오존발생기의 방전전압 및 전류는 펄스 전원의 출력전압에 비례하였다. 방전관형 오존발생기의 오존생성농도 및 오존발생량은 펄스 전원의 출력전압 및 오존발생기의 작동 개수에 비례하였다. 방전관형 오존발생기의 최대 오존생성농도 및 오존발생량으로 각각 890[ppm] 및 59.7[mg/h]를 얻을 수 있었다. 방전관형 오존발생기를 카네이션 재배 하우스에 사용하였을 때, 카네이션 꽃대 길이와 굵기가 균일하여 품질 향상과 대기·토질 개선을 통한 카네이션 생산성 향상의 효과를 얻을 수 있었다.

Abstract

For carnation productivity improvement, compact-low cost discharge lamp type ozonizer using pulse power source is designed and manufactured. This paper describes the discharge characteristics and the ozone generation characteristics with variation of the output voltage of pulse power source, the quantity of flowing air and the operating number of ozonizer. The important conclusions are as follows. The discharge voltage and current values are proportional to the output voltage of pulse power source. The ozone concentration and generation are proportional to the output voltage of pulse power source and the number of ozonizer. The maximum value of the ozone concentration and generation of the discharge lamp type ozonizer can be obtained 890[ppm] and 59.7[mg/h] respectively. In the carnation productivity house, when the discharge lamp type ozonizer is used, the carnation is good quality in the uniformity of the carnation stalk thickness and increased the productivity through improvement of the air and the soil.

Key Words : Carnation Productivity Improvement, Pulse Power Source, Discharge Lamp, Silent Discharge, Ozone Concentration, Ozone Generation

* 주저자 : 영남이공대학 전기자동차과 전임강사

Tel : 053-650-9266, Fax : 053-624-4736, E-mail : hjsong@ync.ac.kr

접수일자 : 2007년 4월 23일, 1차심사 : 2007 4월 30일, 심사완료 : 2007년 5월 14일

1. 서 론

오존(O₃)은 자연계에서 불소 다음으로 강한 산화력을 가지고 있기 때문에 많은 유기화합물의 산화 분해, 각종 세균의 저감·박멸 작용을 하며, 소량·단시간으로도 살균·소독의 효과가 탁월하다[1].

오존분자는 불안정한 기체로써 하나의 산소원자와 산소분자로 해리되어 안정한 상태로 되고자 하는 성향을 지니고 있다. 이때 활성 산소원자를 방출함으로써 강한 산화력을 발휘한다. 또한 최종적으로는 산소분자로 환원되므로 2차 공해가 없다는 특징을 가지 있다[2].

이러한 측면에서 강력한 산화력을 지닌 오존을 살균, 탈취, 탈미, 정화, 실내 공기정화, 식품저장·보존, 오페수 정수처리 및 의료분야 등 광범위하게 활용하고 있다[3].

최근에는 인간의 Wellbeing 건강과 대기공기정화 그리고 하우스내에서의 농작물 및 원예작물의 발아율과 성장 촉진을 통한 생산성과 저장성 향상을 목적으로 오존의 활용에 관한 연구가 진행되고 있다[4].

오존을 발생시키는 방법으로써는 무성방전법, 광화학법, 전해법, 고조파전계법, 방사선조사법 등 다양한 물리적·화학적 방법이 사용되고 있지만, 그 중에서도 1857년 Werner Von Siemens가 개발한 무성방전형 오존발생기가 안정성, 조작성 및 제어의 간편성 등에서 현재까지도 상업용으로 많이 활용되고 있다[5].

무성방전형 오존발생기는 1~3[mm]의 방전 gap이 존재하는 대향전극 사이에 유전체를 삽입하고, 방전 gap에 원료가스(산소 또는 공기)를 통과시키면서 대향전극에 교류 고전압을 인가하면 방전시 저온 플라즈마가 형성되어 전자와 원료가스중 산소분자와의 충돌반응에 의하여 오존이 생성되는 구조이다[6].

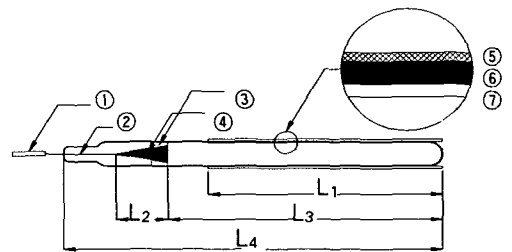
따라서 본 논문에서는 시설 원예작물의 일종인 카네이션의 생산성을 향상을 위하여, 펄스 전원과 방전관을 이용함으로써 소형이면서 저비용으로 활용 가능한 무성방전형 오존발생기를 설계·제작하였다. 이때, 펄스 전원의 출력전압, 원료 가스인 공기의 유

량 및 오존발생기의 작동 개수에 따른 방전관형 오존발생기의 방전 및 오존생성특성을 연구 검토하였다. 또한 방전관형 오존발생기로부터 생성된 오존화 가스를 카네이션 재배를 위한 재배하우스에 살포하여 카네이션 생산성 및 품질 향상 특성을 연구 검토하였다.

2. 실험장치 및 방법

방전관을 사용한 무성방전형 오존발생기는 납유리 방전관 내부에 장착된 원추형 내부전극과 방전관 외부에 장착된 구리에 규석도금한 mesh 형 외부전극사이의 무성방전에 의하여 오존이 생성되는 구조이다.

그림 1과 같이 먼저 납유리관내를 불순물 제거를 위한 세척·건조 후, 납유리관내의 안쪽으로부터 길이 100[mm]로 할로린산칼슘을 도포하고 최대직경이 7[mm]이고 길이가 50[mm]인 원추형 산화철을 도입선과 듀멧선으로 용접하여 내부전극을 만든 다음 가열 및 압착으로 전극부를 납유리관 내부에 부착하여 방전관을 구성하였다.



① 듀멧선 ② 도입선 ③ 운모 ④ 내부전극
⑤ 외부전극 ⑥ 납유리 ⑦ 도포피막
L₁ = 200(mm), L₂ = 50(mm), L₃ = 270(mm),
L₄ = 350(mm)

그림 1. 방전관형 오존발생기의 개략도
Fig. 1. The schematic diagram of a discharge lamp type ozonizer

그리고 방전관 측면에 배기관을 부착하여 관내부의 진공도를 10⁻¹[torr]로 유지시키면서 유리표면을 다시 가열하여 관내의 이물질들을 제거하고 봉합하였으며 오존발생기의 전기적 제특성의 안정을 위하여

카네이션 생산성 향상을 위한 펄스 전원을 활용한 방전관형 오존발생기의 특성

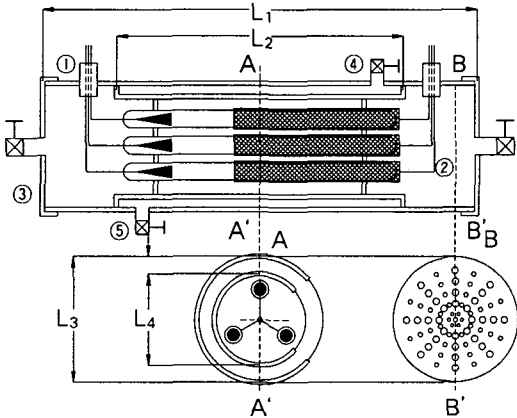
1시간 동안 에이징하였다.

또한 외부전극은 구리에 주석을 도금한 길이 200 [mm]의 mesh형 전극을 사용하였다.

방전관을 이용한 무성방전형 오존발생기는 방전관 내의 원추형 내부전극과 mesh형 외부전극 사이에 장착된 두께 1[mm]이고 길이 290[mm]인 납유리를 유전체로 한 것으로, 무성방전시 유전체 표면에 전하가 축적되어 축적된 전하와 원료가스와의 반응에 의해 오존을 생성하도록 하는 구조이다.

그림 2는 제작된 방전관형 오존발생기 3개를 장착하여 오존을 생성시키고 방전현상을 관측할 수 있도록 2중창을 설치한 오존발생기 chamber의 단면도 및 측면도이다.

그림과 같이 chamber는 내부원통(길이 : 350[mm], 직경 : 150[mm])과 외부원통(길이 : 500[mm], 직경 : 210[mm])으로 제작된 이중원통형 구조로써, 방전시 chamber 내부의 온도 상승으로 인하여 방전관형 오존발생기로 생성된 오존의 열분해를 억제할 목적으로 대기 공기(20±2[°C])로 chamber 내부를 냉각하였다.



① 전극부 ② 원료가스 입구 ③ 오존화 가스 출구
④ 냉각공기 입구 ⑤ 냉각공기 출구
L₁=500(mm), L₂=350(mm), L₃ = 210(mm)
L₄=150(mm)

그림 2. 오존발생기 챔버의 단면도 및 측면도
Fig. 2. The cross-sectional diagram and side view of the ozonizer chamber

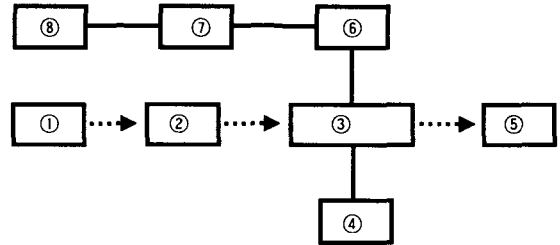
그림 2의 단면도 A-A' 와 같이 chamber 내부에

오존발생기를 120[°]의 간격을 두고 설치하여, 오존 발생기의 작동개수(N)를 증가시키에 따라서 각각의 오존발생기로 부터 생성된 오존이 중첩되어 오존생성의 제특성을 향상시킬 수 있는 구조로 제작하였다.

그림 3은 방전관형 오존발생기를 이용한 오존발생 장치의 배치도를 나타낸 것이며, 원료가스 공급장치로부터 유출하는 모의공기(질소78±2[%] + 산소 22±2[%])의 유량계(0~25[l/min])로 조절하면서 오존발생기에 유입시켰다. 이때 오존생성농도 및 오존발생량은 기상용 오존모니터(0~10,000[ppm])로 측정 및 계산하였다.

또한 오존생성특성을 향상시키기 위해서는 전압 상승속도가 빠른 펄스 형태의 전압을 인가하는 것이 유용한 방법으로 알려지고 있다[7-8].

이러한 관점에서 방전관형 오존발생기의 인가 전압은 펄스형 Ignition transformer(IT)에서 출력되는 전압을 사용하였다.



.....▶ : 모의공기 및 오존화 가스 흐름선
—▶ : 전원공급선
① 모의공기 공급장치 ② 유량계
③ 방전관형 오존발생기 ④ 펄스형 전원장치(IT)
⑤ 기상용 오존모니터 ⑥ digital oscilloscope
⑦ 컴퓨터 ⑧ 프린터

그림 3. 방전관형 오존발생기를 이용한 오존발생장치의 배치도
Fig. 3. The arrangement of ozonizer system using discharge lamp type ozonizer

그리고 IT로부터 출력되는 전압(V₂)은 방전관형 오존발생기에 독립적으로 공급하였으며, 방전전압(V_a) 및 방전전류(I_a) 파형은 digital oscilloscope (500[MHz], 1[Gs/s], Lecroy), 컴퓨터 및 프린터를 사용하여 측정·출력하였다.

방전관형 오존발생기의 방전특성을 연구 검토하기 위하여 원료가스가 모의공기인 경우, V₂ 변화에

따른 V_d , I_d 및 그때의 파형을 측정하였다.

또한 방전관형 오존발생기의 오존생성특성을 연구 검토하기 위하여 원료가스가 모의공기인 경우 유량(Q), V_2 및 N의 변화에 따른 오존생성농도(O_{3con}) 및 오존발생량(O_{3g})을 측정 계산하였다.

이때 방전 및 오존생성의 제특성치는 각각 10회 측정 및 계산하여 산술적인 평균치를 채택하였으며, 오존발생기내의 방전공간에 존재하는 불순물을 제거하기 위하여 IT의 출력전압을 방전관형 오존발생기에 인가하지 않고 모의공기를 10[ℓ/min]로 5분 정도 강제 배기시킨 후, 오존생성특성을 연구하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 방전특성

그림 4는 원료가스가 모의공기인 경우, V_2 변화에 따른 V_d 및 I_d 를 측정한 것이다.

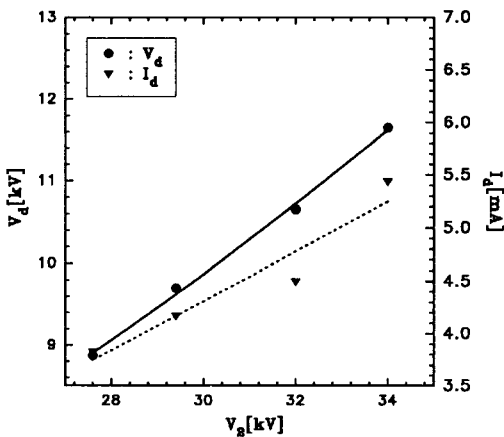


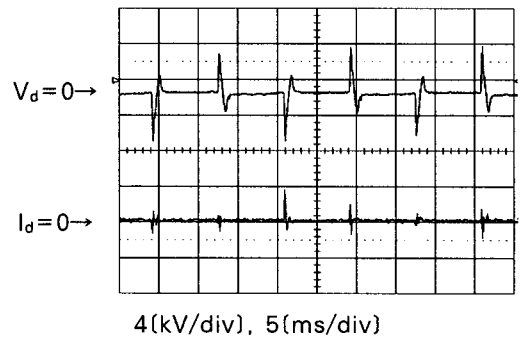
그림 4. V_2 변화에 따른 V_d 및 I_d 특성
Fig. 4. The characteristics of V_d and I_d with variation of V_2

여기서 V_d 및 I_d 는 설계 제작된 3개의 방전관형 오존발생기 각각을 측정하여 산술평균한 것이다. 그림과 같이 V_2 가 상승함에 따라서 오존발생기의 입력전력이 증가된 결과 I_d 가 상승하였다.

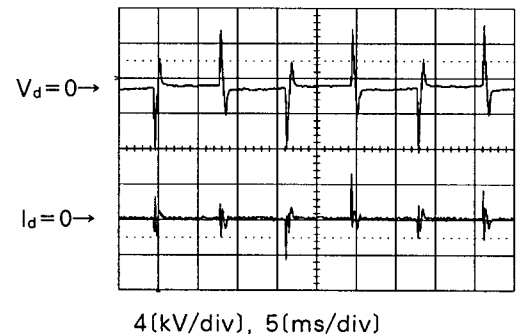
그림 5의 (a) 및 (b)는 그림 4에서 각각 $V_d = 8.8$ [kV], $I_d = 3.8$ [mA] 및 $V_d = 11.7$ [kV], $I_d =$

5.4[mA]일 때, 원추형 내부전극의 전압파형과 mesh형 외부전극의 전류파형을 각각 측정한 것이다.

즉 V_d 가 상승함에 따라 방전관형 오존발생기의 원추형 내부전극과 mesh형 외부전극사이의 무성방전이 촉진되면서 I_d 가 상승하며, 펄스 전압 인가에 따라서 무성방전으로 생성된 전하가 유전체인 유리관 표면에서 축적됨으로써 역전계가 형성되어 방전은 결국 단시간 정지하게 되어 방전전류 또한 펄스 형태의 방전특성을 나타내게 된다.



(a) $V_d = 8.8$ (kV), $I_d = 3.8$ (mA)



(b) $V_d = 11.7$ (kV), $I_d = 5.4$ (mA)

그림 5. V_2 변화에 따른 V_d 및 I_d 파형
Fig. 5. The waveforms of V_d and I_d with variation of V_2

3.2 오존생성특성

원료가스가 모의공기인 경우 N이 1, 2 및 3개일 때, Q 및 V_d 의 변화에 따른 O_{3con} 및 O_{3g} 특성을 그림 6의 (a), (b) 및 (c)에 각각 나타내었다.

카네이션 생산성 향상을 위한 펄스 전원을 활용한 방전관형 오존발생기의 특성

그림 6의 (b) 즉, N이 2인 경우의 O_{3con} 및 O_{3g} 는 방전관형 오존발생기 3개를 각각 2개씩 조합하여 3가지의 형태로 동작하였을 때, 각각의 O_{3con} 및 O_{3g} 를 측정 한 후 이들 값을 산술평균한 값을 채택한 것이다.

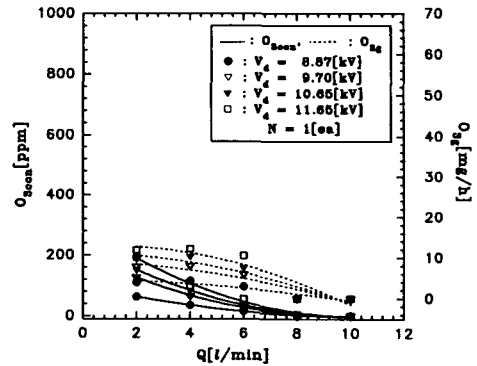
그 결과 그림 6의 (a)에서는 Q가 2[l/min]이고 V_d 가 11.7[kV]일 때, 192[ppm]의 최대 O_{3con} 을 얻었으며, Q가 4[l/min]이고 V_d 가 11.7[kV]일 때 12.1[mg/h]의 최대 O_{3g} 를 얻을 수 있었다. 그림 6의 (b)에서는 Q가 2[l/min]이고 V_d 가 23.3[kV]인 경우 587[ppm]의 최대 O_{3con} , Q가 4[l/min]이고 V_d 가 23.3[kV]인 경우 43.2[mg/h]의 최대 O_{3g} 를 얻을 수 있었다.

그림 6의 (c)에서는 Q가 2[l/min]이고 V_d 가 35.0[kV]인 경우 890[ppm]의 최대 O_{3con} , Q가 4[l/min]이고 V_d 가 35.0[kV]인 경우 59.7[mg/h]의 최대 O_{3g} 를 얻을 수 있었다.

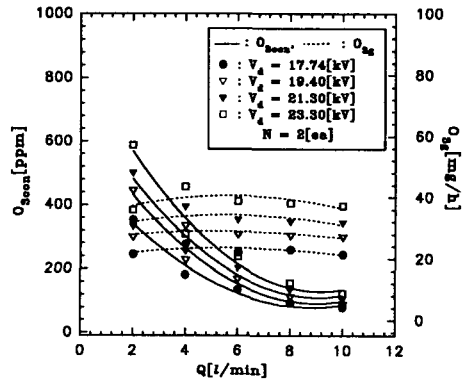
그림 6의 (a), (b) 및 (c)에서 V_d 가 동일할 때 Q가 감소할수록 O_{3con} 이 상승하는 것은 방전관형 오존발생기의 원추형 내부전극과 mesh형 외부전극사이에서 형성된 무성방전에 의하여 유전체 표면에 축적된 전하와 산소 원료가스중에 포함된 산소분자와의 접촉시간이 증가되므로써 산소분자를 해리하여 오존을 생성할 확률이 증가된 결과이다.

그리고 그림 6의 (a), (b) 및 (c)에서 동일한 Q에서 V_d 가 높아질수록 O_{3g} 가 상승하는 것으로 나타나는데, 이것은 동일한 Q에서 V_d 가 높아질수록 방전공간의 방전전력이 상승함에 따라서 원료가스중에 포함된 산소분자를 해리하여 오존을 생성할 확률이 증가된 결과라고 사료된다.

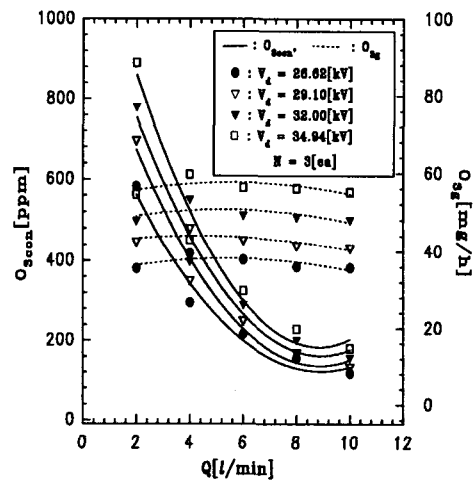
또한 Q가 증가할수록 mesh형 외부전극과 유전체 표면사이에서 축적된 전하와 모의공기중에 포함된 산소분자와의 접촉확률이 낮아져 O_{3con} 이 낮아지는데 비하여 오존생성반응에 기여하는 산소분자의 수가 상대적으로 증가하게 된다. 이때 O_{3con} 과 Q의 곱으로 주어지는 O_{3g} 는 Q의 증가에 따라 O_{3con} 이 낮아지는 비율과 산소분자 수의 증가 비율이 동일해지는 Q=4[l/min]에서 최대 O_{3g} 가 나타났다가 그 이상의 Q에서는 산소분자 수의 증가비율 보다 O_{3con} 이 낮아지는 비율이 상대적으로 크기 때문에 O_{3g} 가 낮아지는 것으로 판단된다.



(a) N = 1



(b) N = 2



(c) N = 3

그림 6. V_d 를 매개변수로 한 Q- O_{3con} , O_{3g} 특성
Fig. 6. The characteristics of Q- O_{3con} , O_{3g} with variation of V_d

그림 7은 V_d 및 N 이 매개변수일 때, Q 변화에 따른 O_{3con} 및 O_{3g} 특성을 나타낸 것이다. 그림에서 동일한 Q 에서 N 이 증가할수록 O_{3con} 이 상승하는 것으로 나타났다. 이때 O_{3con} 은 N 이 3인 경우가 1일 때 보다 동일한 Q 에서 평균 4.6배의 상승율을 얻을 수 있었으며, O_{3g} 는 평균 4.9배의 상승율을 얻을 수 있었다.

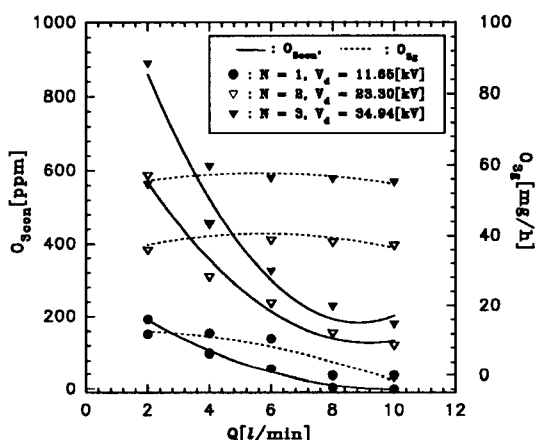


그림 7. V_d 및 N 을 매개변수로 한 Q - O_{3con} , O_{3g} 특성
 Fig. 7. The characteristics of Q - O_{3con} , O_{3g} with variatuion of V_d and N

즉 오존발생기의 N 이 증가함에 따라서 오존발생 장치 chamber 내에서 생성된 오존이 중첩되면서 오존생성비율을 증가하여 O_{3con} 및 O_{3g} 가 상승하였다.

3.3 카네이션 생산성 향상 특성

카네이션은 세계에서 가장 인기 있는 3대 절화중의 하나로 꽃 색깔이 다양하며 절화 수명이 길고 환경이 좋으면 4계절 생산·개화한다.

최근에는 재배가 대형화·집단지화·단지화되고 있는 실정이지만 양질의 카네이션을 낮은 생산비로 재배하는 것이 시장 점유의 중요과제로 되어 있다.

또한 카네이션의 안정적인 생산을 위하여 꽃잎말이 증상, 경곡현상, 녹병증상, 위조세균병, 스텝스, 바이러스 등의 생리 장애현상을 예방할 목적으로 월 2회 이상 오티바 등의 살균제와 에이팜 등의 살충제

와 같은 농약을 살포하고 있는 실정이다.

이러한 관점에서 본 논문에서는 카네이션의 생산성 향상을 위한 연구로써, 600평 규모의 카네이션 재배 하우스의 대기오존농도를 작업자의 생산환경 등을 고려하여 0.1[ppm]이하로 유지되도록 설계 제작된 방전관형 오존발생기로부터 생성된 오존화 가스를 1일 2회 살포하였다. 그 결과 카네이션 재배 하우스내의 오존 살포로 농약을 사용한 방제회수를 기존 월 2회에서 월 1회로 50[%] 줄일 수 있는 효과가 있었으며, 대기환경 개선효과와 토양 및 토질 개선 효과가 나타나서 카네이션의 조기 수확이 가능하였다.

또한 카네이션의 품질적인 측면에서도 단색상인 로얄데시노의 경우 오존화가스 살포전후를 비교하면 색상의 차이는 없었지만 꽃대 길이 및 굵기가 고르게 나타났으며, 이색상인 안달로즈의 경우 색상의 차이가 크고 꽃대 길이와 굵기가 고르게 나타나 품질향상의 효과를 얻을 수 있었다.

4. 결 론

본 논문에서는 카네이션의 생산성을 향상을 위하여, 펄스 전원을 활용한 소형 저비용 방전관형 오존발생기를 설계·제작하였다.

펄스 전원의 출력전압, 원료 가스인 공기의 유량 및 오존발생기의 작동 개수에 따른 방전관형 오존발생기의 방전 및 오존생성특성을 연구 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 펄스전원과 방전관을 활용한 무성방전형 오존발생기의 전압, 전류특성은 펄스형태의 방전 집합체로써 오존생성에 효과적임을 알 수 있었다.
- (2) 방전관형 오존발생기의 방전전압 및 전류는 펄스 전원의 출력전압에 비례하였다.
- (3) 방전관형 오존발생기의 오존생성농도 및 오존발생량은 펄스 전원의 출력전압 및 오존발생기의 동작 개수에 비례하였다.
- (4) 방전관형 오존발생기의 최대 오존생성농도 및 오존발생량으로 각각 890[ppm] 및 59.7[mg/h]를 얻을 수 있었다.
- (5) 방전관형 오존발생기를 카네이션 재배 하우스

카네이션 생산성 향상을 위한 펄스 전원을 활용한 방전관형 오존발생기의 특성

에 사용하였을 때, 월간 농약의 방제 회수를 50[%] 줄이면서 대기 및 토질 개선으로 카네이션의 품질 향상 및 생산성 향상의 효과를 얻을 수 있었다.

이상과 같이 펄스전원과 방전관을 활용하여 소형 저비용으로 설계 제작한 무성방전형 오존발생기는 카네이션 등 시설재배 작물의 생산성 향상뿐만 아니라 식품의 부패·변질방지 및 탈취·살균 등 다양한 분야로의 활용이 가능할 것으로 판단된다.

본 논문은 산업자원부가 주관하고 한국전력공사가 지원하는 2006년 전력산업기초인력양성사업으로 영남이공대학 전력응용기술연구센터의 지원에 의하여 수행되었음.

References

- [1] H.J.Song, K.S.Lee, "Ozone generation and NO gas removal characteristics of a silent-surface hybrid discharge type ozonizer", Journal of KIIE, Vol.19, No.7, 2006.
- [2] 岡崎幸子, "オゾン利用の新技术", 三銹書房, 1987.
- [3] 杉光英俊, "オゾンの基礎と應用", 光琳, 1996.
- [4] H.J.Song, K.S.Lee et al, "The basic of energy engineering", Bookhill, 2006.
- [5] H.J.Song, "A study on the characteristics and environmental improvement for a superposed discharge type ozonizer", Yeungnam university, Ph.D thesis, 1997.
- [6] B.Eliasson & U.Kogelschatz, "Modeling & applications of silent discharge plasma", IEEE trans. on plasma science, Vol.19, No.2, 1991.
- [7] 井關昇, "オゾンナイザにおけるオゾン生成機構と今後の課題", 静電氣學會誌, Vol.7, No.3, 1993.
- [8] 田園一郎, "正極性Streamer corona放電によるOzone發生效率向上に關する研究", ED-91-65, 1991.

◆ 저자소개 ◆

송현직 (宋炫直)

1968년 7월 30일생. 1991년 영남대학교 전기공학과 졸업. 1997년 동대학원 전기공학과 졸업(박사). 2001~2004년 구미1대학 컴퓨터응용전기전공 전임강사. 2006년~현재 영남이공대학 전기자동차과 전임강사.