

## 기계시각을 이용한 장미와 국화 절화의 품질 계측장치 개발

### Development of a System to Measure Quality of Cut Flowers of Rose and Chrysanthemum Using Machine Vision

최승묵      서상룡      조남홍      박중률  
정회원      정회원      정회원      정회원  
S. M. Choi   S. R. Suh   N. H. Cho   J. R. Park

#### ABSTRACT

Rose and chrysanthemum are the most popular flowers in Korean floriculture. Sorting flowers is a labor intensive operation in cultivation of the cut flowers and needed to be mechanized. Machine vision is one of the promising solutions for this purpose. This study was carried out to develop hardware and software of a cut flower sorting system using machine vision and to test its performance. Results of this study were summarized as following;

1. Length of the cut flower measured by the machine vision system showed a good correlation with actual length of the flower at a level of the coefficients of determination ( $R^2$ ) of 0.9948 and 0.9993 for rose and chrysanthemum respectively and average measurement errors of the system were about 2% and 1% of the shortest length of the sample flowers. The experimental result showed that the machine vision system could be used successfully to measure length of the cut flowers.

2. Stem diameter of the cut flowers measured by the machine vision system showed a correlation with actual diameter at the coefficients of determination ( $R^2$ ) of 0.8429 and 0.9380 for rose and chrysanthemum respectively and average measurement errors of the system were about 15% and 7.5% of the shortest diameter of the sample flowers which could be a serious source of error in grading operation. It was recommended that the error rate should be considered to set up grading conditions of each class of the cut flowers.

3. Bud maturity of 20 flowers each judged using the machine vision system showed a coincidence with the judgement by inspectors at ranges of 80%~85% and 85%~90% for rose and chrysanthemum respectively. Performance of the machine vision system to judge bud maturity could be improved through setting up more precise criteria to judge the maturity with more samples of the flowers.

4. Quality of flower judged by stem curvature using the machine vision system showed a coincidence with the judgement by inspectors at 90% for good and 85% for bad flowers of both rose and chrysanthemum. The levels of coincidence was considered as that the machine vision system used was an acceptable system to judge the quality of flower by stem curvature.

**Keywords** : Cut flower, Sorting, Machiner vision, Rose, Chrysanthemum.

---

This paper was submitted for publication on February 2003, reviewed and approved for publication by the editorial board of KSAM in June 2003. The authors are S. M. Choi, Ministry of Agriculture and Forestry, S. R. Suh, Insti. of Ag. Sci. and Tech., College of Ag. and Life Science, Chonnam Nat'l Univ., N. H. Cho, Senior Researchers, J. R. Park, Junior Researchers, National Agricultural Mechanization Research Institute. The corresponding author is S.R. Suh, Professor, Insti. of Ag. Sci. and Tech., College of Ag. and Life Science, Chonnam Nat'l Univ., Gwangju, 500-757, Korea; E-mail: <srsuh@jnu.ac.kr>.

## 1. 서 론

화훼산업은 노동 및 자본 집약적 산업으로서 국민 소득이 증가하고 사회구조가 도시화와 산업화가 이루어질 수록 자연에 대한 문화적 욕구가 증대되어 소득 작목으로 발전 가능성이 매우 높다. 특히 절화류는 수출유망 작목으로서 이중 장미와 국화의 수출량은 타 품목에 비해 매우 많은 편이나 수출 시 불균일한 선별로 인하여 그 가격은 수입국 꽃 도매시장 경매가보다 10~30% 낮게 책정되고 있는 실정이다. 실제로 국내의 꽃 선별은 절화 길이(줄기와 꽃봉오리 포함)나 중량만을 선별하고 있어 선별이 정밀하게 이루어지지 않는 것으로 조사되고 있다.

화훼산업이 발달한 서양의 경우 절화의 선별은 일반적으로 절화 길이, 꽃대의 굵기, 꽃대의 휨 정도, 꽃봉오리 개화정도를 인자로 하고 있으며 이러한 인자의 대부분은 절화의 형태학적 특성이고, 이러한 인자는 기계시각에 의해 용이하게 판단할 수 있는 특성(Suh, 1994)이다. Steinmetz 등(1994)은 이러한 선별인자를 고려할 수 있는 절화 장미 선별용 기계시각을 개발하고 그 성능을 발표한 바 있다. 일본의 경우 Morio와 Ikeda(1999, 2000, 2001)는 이러한 선별 인자 중 꽃대의 휨 정도를 기계시각으로 판단하고자 절화 장미를 대상으로 구체적인 연구를 수행한 바 있다. 국내에서도 절화 선별에 있어 서양과 같은 선별인자를 사용하고 있으며(농산물품질관리원, 1999), 기계시각을 이용한 절화 선별을 위하여 배영환 등(2000)은 컴퓨터 시각 정보를 신경회로망(neural network)에 적용한 장치를 개발하고 절화 장미에 대하여 실험한 결과, 줄기 휨의 경우 굵은 줄기 76.4%, 굵은 줄기 92.2%, 꽃봉오리 개화정도에 대해서는 미개화 86.7%, 정상개화 93.4%, 과개화 90%를 선별할 수 있었다고 보고한 바 있다.

국내의 현행 절화 수확 후 선별작업은 거의 대부분이 인력에 의존하고 있고, 수출하는 일부 절화 재배농가는 아직도 고가의 외국산 선별기를 도입하여 사용하고 있는데 이는 수출 화훼 농가 경영수지 악화의 주요인이 되고 있어 여러 가지 선별인자를 고려하여 절화를 정밀하게 선별할 수 있는 실용적인 국산 기계의 개발이 절실히 요구되고 있는 실정이다.

본 연구는 수출량이 많은 국내산 장미와 국화에 대하여 절화길이와 꽃대굵기를 측정하고 꽃봉오리 개화정도와 꽃대 휨 정도를 판정할 수 있는 실용적인 기계시각의 하드웨어를 구성하고 그 측정과 판정의 알고리즘을 관행 판정방법에 따라 개발한 다음 이의 선별 수준을 관행 선별방법과 비교할 목적으로 수행하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 실험장치

본 연구에서 구성한 절화 선별용 기계시각 하드웨어는 그림 1과 같이 영상입력부와 영상처리부로 구분된다. 영상입력부는 3대의 CCD 카메라를 이용하여 절화 길이, 꽃대굵기, 꽃대 휨 정도, 개화정도의 판별이 가능하도록 하였다. 첫째 카메라(CCD1)는 절화 길이와 꽃대 휨 정도를 측정하기 위한 것으로서 최대 길이가 1200mm 정도인 절화를 다루기 위하여 본 연구에서는 초점거리 4.8mm인 광각렌즈(F1.4)를 Pulnix사의 CCD카메라(TMC-7, 1/2" 촬상소자)에 부착하여 사용하였다. 둘째 카메라(CCD2)는 꽃대 굵기를 측정하기 위한 것으로 다른 선별인자보다 정밀하게 측정하기 위하여 초점거리 25mm인 렌즈(F1.4)를 Panasonic사의 CCD카메라(WV-CP460, 1/3" 촬상소자)에 부착하여 사용하였다. 꽃봉오리의 개화정도를 판단하기 위한 셋째 카메라(CCD3)는 초점거리 8mm인 렌즈(F1.3)를 Panasonic사의 CCD카메라(WV-CP460, 1/3" 촬상소자)에 부착하였다.

영상입력부에 사용한 조명장치는 선별대상이 되는 물체(절화)와 배경(tray)의 구분을 원활하게 하기 위하여 광원은 그림 2와 같이 고주파 3파장 백색 형광등(Osram사 Delux L36W/41-827, 36W)을 지그재그 형상으로 10개(약 2.2ktx)를 배치하여 대상체에 음영이 생기지 않고 빛이 골고루 비추도록 배치하였다. 그리고 영상처리할 때 녹색 계통의 절화와 배경의 분리를 용이하게 하기 위하여 꽃을 올려놓는 트레이의 배경색은 투명한 백색으로 하였다.

영상처리부는 Matrox사의 frame grabber (Meteor II)를 이용하였는데 이는 아날로그 영상 데이터를 디지털 값으로 변환하는 A/D변환기, 변환된 값을 저장하기 위한 메모리, 디지털 값을 다시 아날로그 값으로 변환하는 D/A변환기를 내장한 것이다. 이외에 출력 영상을 디스플레이 하기 위한 출력장치 그리고 개발한 프로그램의 수행을 위한 컴퓨터 등으로 구성하였으며, 프로그램은 Matrox사에서 제공하는 라이브러리인 MIL(ver. 6.1)과 Microsoft사의 Visual Basic(Visual studio 6.0)을 이용하여 개발하였다.

### 나. 선별인자별 영상처리 알고리즘 개발

#### (1) 절화 길이 측정

절화 길이의 측정은 CCD1 카메라를 이용하여 획득한 영상을 이미지 버퍼에 저장한 후 640×480의

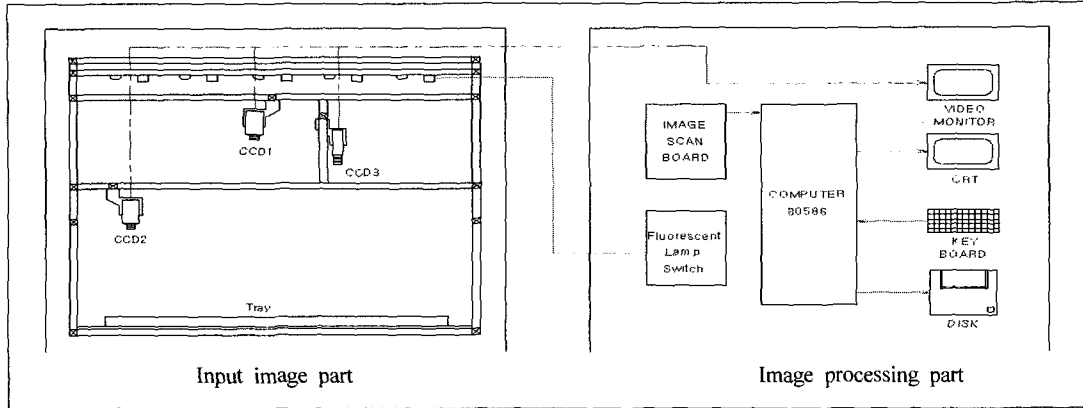


Fig. 1 Schematic diagram of a prototype of cut flower sorting system using computer vision.

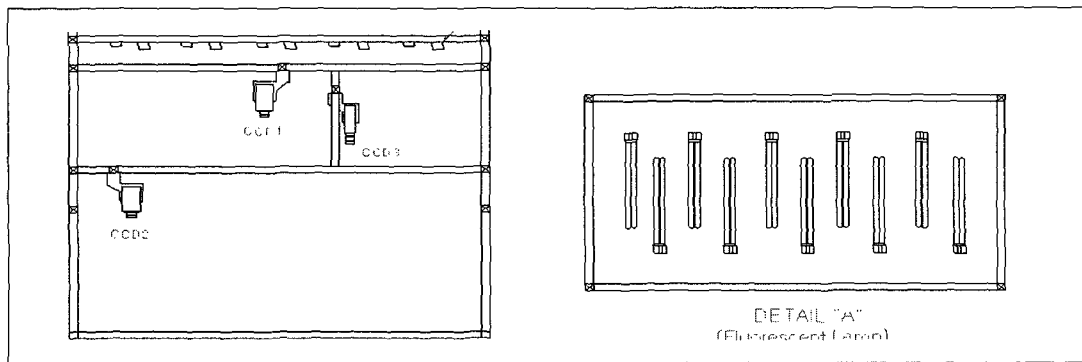


Fig. 2 Cut away view of the illumination chamber.

확소로 표현되는 전체 영상 중 절화가 차지하는  $620 \times 100$  화소 크기의 영상처리 영역을 설정하고 그 영역만을 영상처리하도록 함으로서 영상처리 시간을 단축하도록 하였다. 구분한 영상처리 영역에 대해서는 본 실험장치의 조명상태에서 얻은 임의 절화 영상의 화소값 히스토그램으로부터 배경과 피사체를 구분할 수 있는 적정 문턱화소값을 구한 결과 그값은 180으로 나타났다. 본 연구에서는 이를 기준으로 하여 문턱값처리에 의한 이치화(절화와 배경의 화소값을 각각 0과 255로 변경)를 수행하여 배경으로부터 절화를 분리하였다. 절화 길이는 그림 3과 같이 절화의 줄기 끝부터 꽃 봉오리 끝까지

이므로 영상처리 영역의 좌우 양단에서 각 화소를 순차적으로 검색하여 줄기 끝과 꽃봉오리의 끝을 각각 찾도록 하였다. 이렇게 찾은 절화의 줄기 끝으로부터 꽃봉오리 끝까지 수평방향 화소수를 사용하여 사전에 구한 화소의 측도 자료(calibration data)를 적용하여 실제 절화 길이를 구하였다.

#### (2) 꽃대 굵기 측정

꽃대 굵기 측정에 있어 문제점은, 꽃대의 굵기가 꽃대의 위치에 따라 다르고, 일반적으로 꽃대의 단면이 타원형이므로 동일한 꽃대의 위치에서도 측정 방향에 따라 그 크기가 같지 않다는 것이다. 장미의 경우는 그림 4와 같이 가시의 영향이 매우 크게 작용하는 점이다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 꽃대의 굵기를 측정하는 꽃대의 위치를 관행에 따라 절화 하단부로 결정하였고, 장미 가시와 같은 문제를 해결하기 위하여 절화 하단부에서 가시 길이의 5~8 배 길이(그림에서 수평방향 길이)를 꽃대 굵기 측정부위로 하고 측정 전체



Fig. 3 Measurement of length of cut flower.

부위에서 그 굵기를 측정한 후 측정값 중 최대빈도 값을 꽃대 굵기의 대표값으로 하였다.

꽃대 굵기의 측정을 위하여 CCD2 카메라는 그림 1과 같이 절화 하단부 영역의 영상을 포착할 수 있는 위치에 설치하고 영상을 획득하였다. 절화의 줄기와 배경을 분리하기 위하여 회색조로 나타낸 영상에 대해서 절화 길이 측정에서와 같은 문턱값(180)을 기준으로 하여 이치화하였다. 이치화 영상에서는 각 화소값을 순차적(그림에서 오른쪽부터)으로 검색하여 꽃대 줄기의 끝을 찾은 다음, 꽃대 굵기 측정영역을 그림과 같이 줄기 끝에서부터 10mm 되는 지점부터 50×150 화소의 크기로 설정하였다.

꽃대의 굵기는 설정한 영역내에서 그림에서 화살표 범위에 해당하는 꽃대 굵기를 화소수로서 50 개를 수평방향으로 순차적으로 구한 다음 이 화소수의 빈도를 조사하여 작은 빈도를 갖는 화소수는 가시나 잎자리가 붙은 줄기로 판단하여 무시하고 가장 높은 빈도를 나타낸 화소수는 평균하여 이를 꽃대 굵기로 판단하였고, 그 실제 굵기는 사전에 구한 화소의 측도 자료를 적용하여 구하였다.

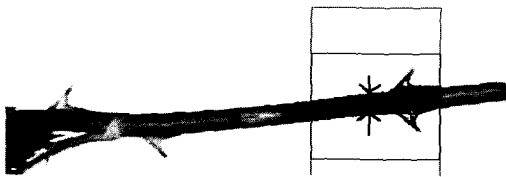


Fig. 4 Measurement. of stem diameter of cut flower.

### (3) 꽃봉오리 개화 정도 판정

꽃봉오리의 개화 측정은 그림 1의 CCD3 카메라를 이용하여 영상을 획득한 후 전체 이미지 중 일부 영역(620×200 화소)을 설정한 다음 영역내의 꽃과 배경을 분리하기 위하여 RGB값으로 표현된 꽃봉오리 영상을 회색조로 변환하였다. 회색조의 영상은 위와 마찬가지로 화소값 180을 문턱값으로 하여 이치화하고 이치화한 영상에 대해서는 꽃봉오리 쪽 영역의 화소값을 순차적으로 검색하여 꽃봉오리의 끝을 찾은 후 꽃봉오리 개화 정도를 판단하기 위하여 꽃봉오리 영역을 50×100 화소의 크기로 설정하였다. 이치화한 이 영역에서 꽃봉오리만의 영역을 추출하기 위하여 이 영역의 화소값을 다시 RGB의 컬러 화소값으로 복원한 다음 RGB 각 화면에 이치화 알고리즘을 적용하여 잎, 잔상, 잡영을 제거함으로써 순수한 꽃봉오리만의 영역을 구하였다.

여기에서 구한 꽃봉오리만의 영역은 그림 5와 같이 대체로 사각형 형상으로서 이 사각형 두 변의 길이는 각각 꽃봉오리의 높이(11)와 직경(12)의 대체적인 크기를 나타낸다. 꽃봉오리의 높이에 비하여 그 직경이 큰 꽃봉오리는 좀더 개화된 것이므로 본 연구에서는 꽃봉오리 개화 정도를 꽃봉오리 높이에 대한 직경 비율(12/11)을 구하여 판단하도록 하였다. 이 높이 - 직경 비율은 사각형 형상 꽃봉오리의 높이에 직경에 해당하는 화소수를 구하여 구하였다.

관행의 절화 꽃봉오리 개화 정도 판단은 선별 작업자의 육안 판단에 의존하고 있다. 본 연구에서 꽃봉오리 개화 정도 판단은 위에서 설명한 꽃봉오리 높이에 대한 직경 비율을 이용하여 관행의 육안 선별 기준을 객관화하려고 시도하였으며, 그 결과 장미의 경우  $0.8 \leq 12/11 \leq 1.1$ , 국화는  $1.0 \leq 12/11 \leq 1.8$ 일 때 정상개화(正常開花)로 판별하고 이 비율이 주어진 범위 이하와 이상인 경우는 각각 미개화(未開花)와 과개화(過開花)로 판별하도록 하였다.



Fig. 5 Measurement of bud maturity of cut flower.

### (4) 꽃대 휨 정도 판정

꽃대 휨 정도 측정은 CCD1 카메라가 획득한 영상으로서 절화 길이 측정에서 수행한 영상처리 결과(전체 영상 중 절화가 차지하는 620×100 화소 크기의 영역을 설정한 다음 이 영역을 화소값 180을 기준으로 이치화하여 절화와 배경을 분리)를 사용하여 수행하였다.

꽃대 휨 정도 측정은 꽃대가 최대로 휨 부분을 조사하는 방법으로 수행하였다. 이는 먼저 절화 길이 측정에서 각각 찾은 줄기와 꽃봉오리 끝을 그림 6과 같이 이어 이를 꽃대의 기본선으로 설정하였다. 그리고 줄기 끝으로부터 시작하여 꽃봉오리 방향으로 진행하면서 각각의 수평 위치에서 수직 방향의 화소를 검색하여 절화 부분에 해당하는 화소를 찾고 그 화소로부터 수직방향의 연속인 화소수를 세어 그 수가 5 이상이면 잎, 그 화소수가 2 미만이면 잔가지, 2 이상이고 5 미만이면 줄기로 판단(Morio와 Ikeda, 1999)하여 그림 6과 같이 잎과 잔가지를 제거(그림과 같이 백색으로 처리)함으로써 여러 조각의 단절된

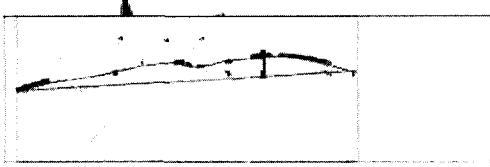


Fig. 6 Measurement of stem curvature of cut flower.

줄기 영상만 남도록 하였다. 단절된 줄기 영상들로부터 전체 줄기의 골격을 찾기 위하여 단절된 각 줄기 끝으로부터 상·하·좌·우 화소를 검색하여 가장 근접한 다른 줄기 부분의 시작점을 찾아 이를 선으로 이어 갔으며(그림 참조), 이 작업을 꽃봉오리의 끝까지 수행하여 전체 줄기의 골격선을 완성하였다.

꽃대의 휨은 꽃대의 각 수평좌표에서 위에서 찾은 꽃대의 기본선과 완성된 줄기의 골격선과의 수직거리를 구하고 그 중 최대 값을 찾아 이를 꽃대의 휨으로 하였다. 절화가 놓일 때 줄기의 방향을 그림과 같이 항상 완전한 수평 방향으로 놓일 수는 없으므로 여기서 구한 꽃대의 휨 정도는 절화 줄기 방향과 수평방향 사이의 각도를 고려하여 보정하여야 하나 대개의 경우 절화 줄기 방향과 수평방향 사이의 각도는 무시할 수 있는 정도이므로 본 연구에서는 그에 따른 오차는 무시할 수 있다고 판단하였다. 결과적으로 꽃대 휨 정도는 이 꽃대 휨의 위치와 그 수직거리로부터 구한 꽃대 휨 각도로 판단하였으며, 그 각도로부터 선별대상 꽃의 상품(商品)으로서의 양부(良否)를 판단(5°기준)하도록 하였다.

다. 실험 방법

(1) 공시 재료

기계시각을 이용한 절화 선별장치의 선별인자인 절화 길이와 꽃대굵기 측정의 정확도, 꽃봉오리의 개화정도와 꽃대 줄기의 휨 정도 판정의 정확도를 판단하기 위한 실험에 사용된 공시재료는 경기도 수원시 인근 농촌에서 재배한 장미(품종: red-sandra)와 국화(품종: 설풍)로서 절화 길이와 꽃대굵기 측정 실

험에서는 장미와 국화 공히 20송이, 꽃봉오리의 개화 정도 판정실험에서는 장미와 국화 공히 각 실험에서 미개화, 정상개화, 과개화 각각 20송이, 꽃대 줄기의 휨 정도 판정실험은 장미와 국화 공히 줄기의 휨이 양호(5°미만)한 꽃과 불량(5°이상)한 꽃 각각 20송이로서 실험하였다. 이상의 실험에 사용한 공시재료의 형태학적 특성은 표 1과 같다.

(2) 실험 방법

본 연구에서 개발한 절화 선별장치의 선별인자 측정의 정확도는 위에서 명시한 공시재료를 평판 위에 놓고 그 영상을 기계시각으로 수집한 다음 기계시각의 카메라 시각방향에서 1mm 단위의 눈금이 있는 자와 버니어 캘리퍼스를 사용하여 각각 절화 길이와 꽃대 굵기를 측정하였다. 줄자를 사용한 절화 길이는 평판 위에 놓인 절화의 양단(줄기와 꽃 봉오리의 끝) 길이를 1회 측정하였고, 꽃대 굵기는 기계시각의 꽃대 굵기 측정 위치에서 버니어 캘리퍼스로 10여 회 측정한 후 그 평균값을 구하여 실험 절화 꽃대 굵기의 대표값으로 하였다.

꽃봉오리의 개화정도와 꽃대 줄기의 휨 정도에 대해서는 아직까지 이 인자들을 이용하여 절화를 선별하는 명백한 기준이 없는 실정이므로 본 연구에서는 이들 인자를 선별 전문가로 하여금 육안으로 판정하게 한 후 그 결과를 본 연구에서 개발한 기계시각 장치에 의해 측정 또는 판별한 결과와 비교하여 개발한 기계시각 장치의 측정 및 판정의 정확도를 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 절화 길이 측정

기계시각에 의한 절화 길이 측정 방법의 정확도를 판단하기 위하여 실험한 결과는 그림 7과 8과 같다. 그림 7과 같이 기계시각을 이용하여 측정한 값과 줄자로 측정한 값간의 결정계수( $R^2$ )는 장미와 국화에 있어 각각 0.9948, 0.9993로서 상호 높은 상관 관계를 보임으로서 본 연구에서 시도한 기계시각에 의한 절화 길이의 측정은 줄자에 의한 측정 결과와 거의

Table 1 Morphological properties of cut flowers tested.

Flower	Variety	Length(mm)	Stem diameter(mm)	Aspect ratio of bud(12/11)	Stem curvature(°)
Rose	red-sandra	560~746	4.7~7.2	0.3~1.4	2~12
Chrysanthemum	Seolpung	620~860	4.6~6.6	0.5~2.3	1~13

흡사한 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단되었다.

기계시각 측정값과 줄자 측정값간 차이를 구한 결과 그 평균값은 장미와 국화에 있어 각각 11.5mm, 4.6mm로 나타났다. 기계시각에 의한 길이 측정 시 기계시각의 특성에 의해 나타날 수 있는 최소 측정 오차는 한 개 화소가 나타내는 길이(Suh 등, 1994)로서 본 연구에서 사용한 frame grabber의 영상 분해능과 1m 정도인 절화의 최대 길이를 고려하면 절화 길이 측정 시 불가피한 오차의 최소값은 2~3mm 정도이다. 그러나 장미의 경우 절화 길이 측정 결과인 두 측정값간의 차이는 이러한 기계시각의 불가피한 오차의 최소값보다 상당히 큰 값인데, 이는 기계시각과 줄자를 사용하여 절화 길이를 측정할 때 절화의 상태가 줄기 끝과 꽃 봉오리 끝의 위치를 정확하게 포착하기 어려운 점에 주로 기인한 오차로 판단되었다. 즉 두 측정방법간 측정값의 차이는 측정대상인 절화의 특성에 기인한 것으로서 절화 길이 측정시 위에서 설명한 정도의 측정 오차는 불가피한 것으로 판단되었다.

다만 이러한 측정상의 오차를 실험에 사용한 절화의 최소길이(약 500mm)에 대한 비율을 구한 결과, 장미와 국화의 경우 각각 약 2%와 1% 정도로서

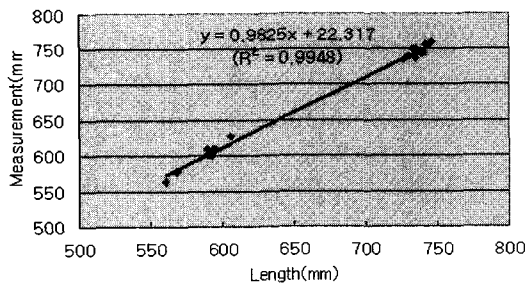


Fig. 7 Correlation between machine vision measured values and direct measurements of length of rose.

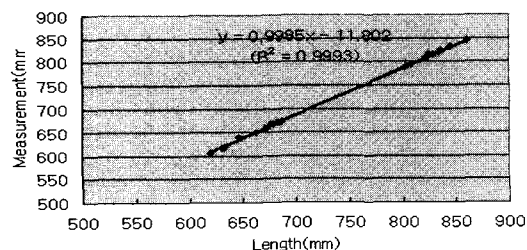


Fig. 8 Correlation between machine vision measured values and direct measurements of length of chrysanthemum.

선별시 그 영향은 별로 크지 않을 것으로 예상되므로 기계시각의 절화 길이 측정에 의한 절화의 선별 방법은 별다른 문제가 없을 것으로 판단되었다.

#### 나. 꽃대 굵기 측정

기계시각에 의한 꽃대 굵기 측정 방법의 정확도를 판단하기 위하여 실험한 결과는 그림 9와 10과 같이 기계시각을 이용하여 측정된 값과 버니어 캘리퍼스로 측정된 값간의 결정계수( $R^2$ )는 장미와 국화에 있어 각각 0.8429, 0.9380으로서 절화 길이 측정시의 상관 정도보다는 낮은 상관 관계를 보였다.

꽃대 굵기를 버니어 캘리퍼스로 측정된 값과 기계시각으로 측정된 값간 차이를 구한 결과 그 평균값은 장미와 국화에 있어 각각 0.6mm, 0.3mm로 나타났다. 꽃대 굵기 측정값 중 캘리퍼스에 의한 측정값은 꽃대 굵기의 진값(true value)이라 할 수 있으나 실제로 꽃대의 단면은 타원형으로서 동일 단면에서도 측정 위치에 따라 그 측정값은 상이하며 특히 장미의 경우는 꽃대에 있는 가시의 영향으로 단면 위치에 따라 그 값에 상당한 차이가 있다. 따라서 이러한 두 측정값간의 차이는 기계시각에 의한 꽃대 굵기 측정오차 영향도 있지만 꽃대 자체의 특성에 따른 캘리퍼스 측정의 오차도 포함된 결과로 판단된다. 장미와 국화 꽃대의 최소 굵기는 보통 4mm 정도를 고려할 때 이러한 기계시각 평균 오차의 수준은 장미와 국화의 경우 각각 꽃대 최소 굵기의 15%와 7.5%로서 꽃대 굵기에 의한 절화 선별시 선별 결과에 상당한 영향을 줄 수 있는 오차라 할 수 있다.

전술한 오차 중 기계시각의 측정오차는 꽃대 영상을 포착할 때 초점거리가 긴 렌즈를 사용하거나 또는 가능한 카메라를 피사체에 접근시켜 근접 촬영함으로써 하나의 화소가 나타내는 길이를 최소화하여 오차의 크기를 상당 수준 낮출 수 있다. 그러

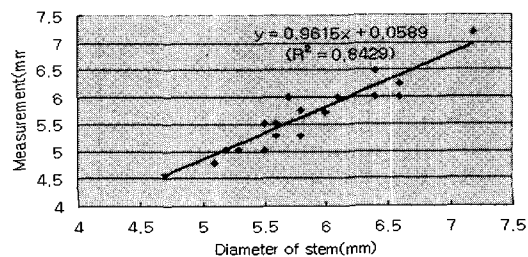


Fig. 9 Correlation between machine vision measured values and direct measurements of stem diameter of rose.

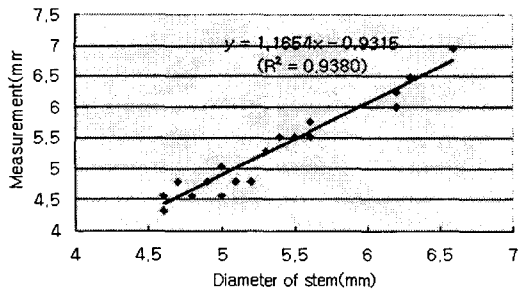


Fig. 10 Correlation between machine vision measured values and direct measurements of stem diameter of chrysanthemum.

나 근접 촬영할 경우 포착할 수 있는 피사체의 길이는 근접정도 만큼 감소하는데, 꽃대 굵기는 불과 4~8mm의 범위밖에 반하여 절화의 길이는 500~1000mm의 범위의 매우 긴 길이이므로 너무 근접 촬영할 경우 굵기를 측정할 꽃대 하단부를 포착하지 못하거나 하여 오히려 측정 오차의 크기를 증가하게 할 가능성이 높다. 따라서 기계시각을 사용하여 꽃대 굵기를 측정할 경우는 가능한 근접 촬영하되 항상 꽃대 하단부 영상을 포착할 수 있는 범위에서 수행하여야 할 것으로 판단된다.

다. 꽃봉오리 개화 정도 판정

꽃봉오리 개화정도를 기계시각에 의한 판별 결과와 육안에 의한 판별 결과를 비교하기 위하여 미개화, 정상개화, 과개화된 장미와 국화를 대상으로 실험한 결과는 표 2와 같이 장미는 미개화 80%, 정상개화 85%, 과개화 85%를 판별할 수 있었으며, 국화는 미개화

85%, 정상개화 85%, 과개화 90%를 판별할 수 있었다.

기계시각에 의한 꽃봉오리 개화정도 판별 기준은 기계시각 관련 알고리즘 개발 내용에서 설명한 바와 같이 본 실험 전에 수행한 육안 판별 결과로부터 설정한 후 이를 기계시각에 의해 기계적인 방법으로 수행한 것이다. 그런데 육안에 의한 꽃봉오리 개화정도 판별은 선별 작업자의 주관적 판단에 의한 것이므로 위에서 설명한 80~90% 수준의 꽃봉오리 개화정도 판별의 정확도는 육안 판별 결과와 기계시각 판별 결과의 일치 수준이다. 이러한 관점에서 볼 때 위에서 설명한 80~90% 수준의 판별 일치 수준은 육안에 의한 꽃봉오리 개화정도 판별 결과가 작업자의 주관에 의해 결정되는 점을 고려하면 비교적 높은 수준이므로 본 연구에서 제시한 꽃봉오리 개화정도 판별 기준은 대체로 적당한 수준의 것으로 판단되었다. 다만 본 실험에서 얻은 결과를 배 등(2000)이 장미를 대상으로 연구한 결과와 비교하면 본 연구 결과가 약간 낮은 수준임을 알 수 있다.

이상의 실험을 수행하고 분석한 자료를 종합한 결과, 꽃봉오리 개화정도에 의한 기계시각 판별의 정확도를 높이기 위해서는 꽃봉오리 개화정도에 관한 좀더 객관적이면서도 명백한 판별 기준을 먼저 설정하여야 할 것으로 판단되었다.

라. 꽃대 휨 정도 판정

꽃대 휨 정도의 판정은 꽃대가 앞에 가려지지 않을 경우 본 연구에서 개발한 알고리즘에 의해 비교적 정확하게 수행될 수 있으나 대부분의 절화는 그림 6과 같이 그 꽃대의 상당부분이 앞으로 가려지기 때문에 육안에 의한 방법이나 본 연구에서 제시한 기계시각은 오판할 가능성이 있다.

Table 2 Comparison of sorting results by bud maturity of cut flowers performed by human and machine vision

Bud maturity			Machine vision				
			Immature	Mature	Over ripen	Total	(%)
Human vision	Rose	Immature	16	4	0	20	80
		Mature	1	17	2	20	85
		Over ripen	0	3	17	20	85
	Chrysanthemum	Immature	17	3	0	20	85
		Mature	1	17	2	20	85
		Over ripen	0	2	18	20	90

Table 3 Comparison of sorting results by stem curvature of cut flowers performed by human and machine vision

Stem curvature			Machine vision			
			Good	Bad	Total	Accuracy(%)
Human vision	Rose	Good	18	2	20	90
		Bad	3	17	20	85
	Chrysanthemum	Good	18	2	20	90
		Bad	3	17	20	85

꽃대 휨 정도에 대한 기계시각 판정 결과를 육안에 의한 판정 결과와 비교하기 위하여 꽃대의 휨 정도가 5°미만(양호) 그리고 5° 이상(불량)의 장미와 국화에 대하여 실험한 결과는 표 3과 같다. 표와 같이 육안에 의한 판정 결과와 기계시각에 의한 판정 결과와의 일치 정도는 장미와 국화 모두 양호한 꽃에 있어 90%, 불량한 꽃은 85%로 나타났다. 이러한 결과는 앞에서 제시한 배 등(2000)의 연구 결과와 비교할 때 대체로 비슷한 수준의 것으로서 일반적으로 절화 꽃대의 상당부분이 잎으로 가려짐에도 불구하고 기계시각에 의한 꽃대 휨 판정의 정확도가 위와 같은 수준으로 나타난 것은 본 연구에서 개발한 알고리즘이 비교적 유용한 것으로 판단된다.

#### 4. 결 론

본 연구는 국내 생산 절화 중 수출물량이 많은 장미와 국화에 대하여 기계시각을 이용한 농가형 선별기를 개발하기 위해 하드웨어를 구성하고 영상 처리 알고리즘을 판형 선별방법에 따라 개발한 다음 이의 선별 수준을 판형 선별방법과 비교할 목적으로 실험하였으며 그 주요 결과는 다음과 같다.

1) 절화 길이를 줄자와 기계시각으로 측정된 측정값간의 상관관계를 보면 장미와 국화의 경우 결정계수( $R^2$ )가 각각 0.9948와 0.9993이고, 기계시각에 의한 측정값 평균 오차의 절화 길이에 대한 최대 비율은 장미와 국화의 경우 각각 약 2%와 1% 정도로서 기계시각에 의한 절화 길이 측정에 따른 절화의 선별은 별다른 문제가 없을 것으로 판단되었다.

2) 꽃대 굵기를 기계시각으로 측정된 값과 버니어 캘리퍼스로 측정된 값간의 결정계수( $R^2$ )는 장미와 국화에 있어 각각 0.8429, 0.9380이고, 기계시각에 의한 측정값의 오차 수준은 장미와 국화의 경우 각각 꽃대 최소 굵기의 15%와 7.5%로서 선별 결과에 상당한 영향을 줄 수 있는 수준으로 분석되었다.

3) 꽃 봉오리 개화정도를 육안과 기계시각에 의해 판별한 후 그 결과를 비교한 결과, 장미는 80~85% 국화는 85~90% 일치하는 것으로 분석되었

다. 이러한 꽃봉오리 개화정도에 의한 기계시각 판별의 정확도를 높이기 위해서는 꽃봉오리 개화정도에 관한 객관적이면서도 명백한 판별 기준을 먼저 설정하여야 할 것으로 판단되었다.

4) 꽃대 휨 정도를 육안에 의해 판별한 후 그 결과를 기계시각에 의한 판별 결과와 비교한 결과 두 판별방법의 일치 정도는 장미와 국화 모두 꽃대 휨 정도가 양호한 꽃은 90% 불량한 꽃은 85% 정도로 분석되었다.

#### 참 고 문 헌

1. 국립농산물품질관리원. 1999. 농산물표준규격
2. Bae, Y. H., H. S. Seo and K. H. Choi. 2000. Sorting cut roses with color image processing and neural network. *Agricultural and Biosystems Engineering* 1(2): 100-105. KSAM.
3. Morio, Yoshinari and Yoshio Ikeda. 1999. Quality evaluation of cut roses by stem's curvature - (Part 1) - Stem extracting method. *J. of the JSAM* 61(6): 57~64 (In Japanese).
4. Morio, Yoshinari and Yoshio Ikeda. 2000. Quality evaluation of cut roses by stem's curvature(Part 2) - Reconstruction of 3-D stem shape. *J. of the JSAM* 62(3): 103~110(In Japanese).
5. Morio, Yoshinari and Yoshio Ikeda. 2001. Quality evaluation of cut roses by stem's curvature(Part 3) - Stem detection by relaxation method and robust parameter estimator to outlier. *J. of the JSAM* 63(1): 64~72 (In Japanese).
6. Steinmetz, V., M. J. Delwiche, D. K. Giles and R. Evans. 1994. Sorting cut roses with machine vision. *Transaction of ASAE* 37(4): 1347-1353.
7. Suh, S. R., T. H. Kim, J. H. Sung, J. H. Chung and S. N. Yoo, 1994. Development of a method to measure droplet size and spray deposition using computer vision. *J. of the KSAM* 19(4): 369-379 (In Korean).