

# 컴퓨터 시각을 이용한 장미와 국화 절화의 정밀 선별에 관한 연구

## A study on sorting cut flowers of rose and chrysanthemum using computer vision

최승목\*    서상룡\*\*    조남홍\*    이영희\*    박종률\*    김재규\*  
정회원    정회원    정회원    정회원    정회원  
S. M. Choi   S. R. Suh   N. H. Cho   Y. H. Lee   J. R. Park   J. G. Kim

### 1. 서    론

화훼산업은 타 작목에 비해 소득이 높은 반면, 노동 및 자본 집약적 산업으로서 국민 소득이 증가하고 도시화와 산업화가 이루어질수록 자연에 대한 문화적 욕구가 증대되어 소득 작목으로서의 발전 가능성이 매우 높다. 특히 절화류는 수출유망 작목으로 1999년에는 6,700톤을 수출하여 전년대비 177.7%가 증가하였으며, 장미와 국화의 수출 증가율은 타 품목에 비해 높은 편으로 국화는 800.3%, 장미는 104.0%로 꾸준히 증가하고 있다.

그러나 수출 가격은 불균일한 선별로 수입국의 꽃 도매시장 경매가(競賣價)의 10 ~ 30% 수준으로 책정되고 있어 이는 수출 물량 확대의 장애요인으로 작용하고 있는 것으로 조사되었다. 국내의 꽃 수확 후 선별은 거의 인력으로 이루어지고 있으며, 꽃을 선별하기 위한 기계에 대한 연구도 초보단계인 실정이지만, 외국의 경우 1990년대 초부터 절화의 전체 길이 뿐만 아니라 꽃대의 굵기, 꽃대의 휨정도, 꽃봉우리의 개화정도를 선별인자로 하는 정밀 선별을 하여 높은 가격의 경매가를 받고 있는 것으로 나타났다. 그러므로 수출을 하는 일부 절화 재배농가에서는 고가(高價)의 외국산 선별기를 도입하여 사용하고 있는 실정으로 화훼 농가의 경영수지 악화의 주 요인이 되고 있는 것으로 나타났다.

따라서 본 연구에서는 절화류 중 수출물량이 많은 장미와 국화에 대하여 선별인자별 영상처리 알고리즘을 개발하고 이의 정당성을 검증하여 절화류 선별기를 개발하는데 이용하고자 하였다.

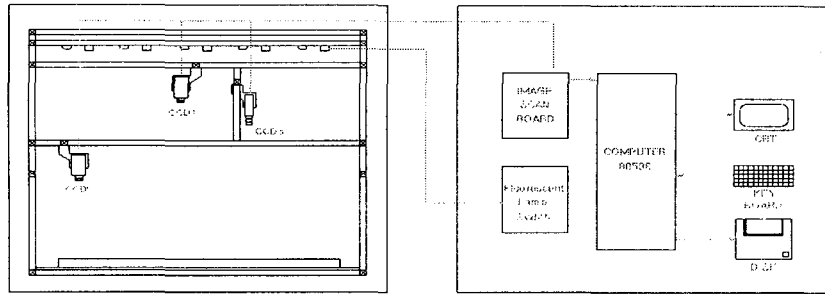
### 2. 재료 및 방법

#### 가. 실험장치

본 연구의 실험 장치는 CCD 카메라 3대를 이용하여 꽃 길이, 꽃대굵기, 꽃대 휨, 개화정도를 정밀하게 선별하기 위한 영상처리시스템을 그림 1과 같이 영상입력부와 영상처리부로 구성하여 설계 제작하였다.

\* 농촌진흥청 농업기계화연구소

\*\* 전남대학교 농공학과



Input part of image

Output part of image

Fig. 1 Schematic diagram of the prototype cut-flower sorter using the computer vision

### (1) 영상입력부

영상입력부의 카메라는 꽃대굵기와 개화정도(꽃봉우리 크기)를 정밀하게 측정하기 위하여 Panasonic사의 CCD 카메라 2대(WV-CP460)와 절화 전체길이 및 휨정도를 측정하기 위한 Pulnix사의 CCD카메라 1대(TMC-7)를 이용하였다. 특히 절화 전체길이와 꽃대 휨정도를 측정하기 위한 CCD 카메라 1은 선별하고자 하는 꽃의 길이가 최대 1200mm까지므로 광각렌즈(SE0484 4.8mm F1.4)를 장착하여 측정하였다. 그리고 영상처리(image processing)를 이용해서 물체를 식별하기 위해서는 대상이 되는 물체와 배경의 분리가 용이해야 한다. 따라서 본 연구에서는 그림 1의 상부에 OSRAM사의 36W 고주파 3파장 백색 형광등(DELUX L36W/41-827)을 지그재그 형상으로 10개(2.2 klx)를 배치하여 대상체에 음영이 생기지 않고 빛이 골고루 비출 수 있도록 설계, 제작하였으며 대상이 되는 절화와 배경의 분리가 용이하도록 절화를 올려놓는 철재 트레이의 배경색을 무광택 백색페인트로 도포 하였다.

### (2) 영상처리부

본 실험에서 사용한 영상처리용 Frame grabber(프레임 그레버)는 Matrox사의 Meteor\_II를 사용하였는데, 최대 4개의 표준 카메라를 지원하고 4MB의 자체 frame buffer를 제공함으로써 안정된 영상을 획득할 수 있다. 그리고 제작회사에서 각종 함수의 모음(MIL-Lite 6.1)을 제공하고 있어 사용자는 이를 이용하여 필요한 알고리즘을 개발할 수 있도록 되어 있다. 본 연구에서는 MIL-Lite 6.1 과 Microsoft사의 Visual Basic 6.0을 이용하여 IBM PC, Windows 98 상에서 장미와 국화의 기하학적 특징을 검출할 수 있는 알고리즘 및 프로그램을 개발하였다.

#### 나. 측도설정

디지털 영상에서 단위화소가 나타내는 실제의 길이를 알게되면 측정 영상의 실제크기를 산출할 수 있게 되므로 화소크기의 측도 설정은 정량적 측정의 기본이 된다. 측도 설정 방법은 실험 대상체의 크기, 위치, 조명상태 및 측정계에 따라 다르다. 본 연구에서는 카메라 1, 2, 3의 위치와 사용 용도가 각각 다르기 때문에 카메라별로 측도를 설정하였다. 여기서 측정계는 2차원 영상처리를 의미하며 측도 설정을 하기 위하여 입력영상을 이치영상으로 변환한 후, 화소 한 개의 가로 및 세로 방향의 길이인  $L_x$ 와  $L_y$ 는 다음과 같이 구했다.

카메라 1은 꽃의 전체길이와 꽃대의 휨정도를 측정하기 위한 카메라로서 입력영상의 가로방향(x축방향)의 측도만을 알면 되기 때문에 모눈종이를 이용하여 가로방향의 실제 길이를

측정한 후, 샘플로 이용한 모눈종이의 가로방향에 대한 화소수와 실측결과와 비교하여 다음과 같이 측도를 설정하였다.

$$Lx = \frac{\text{샘플의실제가로길이}}{\text{대상체영상의가로방향화소수}}$$

또한, 카메라1은 광각렌즈를 사용하였으므로 위치에 따른 영상의 왜곡이 심하여 영상의 왜곡을 보정하기 위하여 측도의 각 단위길이에 따른 테이블 참조형식으로 실제값을 추산하였다.

카메라 2는 꽃대굽기를 측정하기 위한 카메라로서 입력영상에 대한 세로방향(y축 방향)의 측도만을 알면 되기 때문에 다음과 같이 측도를 설정하였다.

$$Ly = \frac{\text{샘플의실제세로길이}}{\text{대상체영상의세로방향화소수}}$$

카메라 3 은 꽃봉우리의 개화정도를 알기 위한 카메라로서, 꽃봉우리의 너비와 높이에 대한 비로서 개화 정도를 판별하기 때문에 입력영상의 가로방향과 세로 방향의 화소값을 구해야 한다. 따라서 입력영상에 대한 Lx와 Ly의 측도를 구하였다.

본 연구에서 사용한 컴퓨터 시각장치의 측도값은 화소 한 개에 대한 실제 길이는 카메라 1의 경우 1.667mm, 카메라 2의 경우 0.239mm이었으며, 카메라 3의 경우 가로와 세로의 길이는 각각 1.111mm와 1.250mm로 카메라 3에 대한 측도의 중첩비는 0.889이었다.

#### 다. 장미와 국화의 기하학적 특징 추출을 위한 알고리즘 개발

##### (1) 절화 전체길이 측정 영상처리 알고리즘

절화 전체 길이를 측정하기 위하여 카메라 1에 의해 획득한 영상은 이미지 버퍼에 저장하여 이미지 배열 칼라로 영상 정보를 복사한다. 저장된 이미지는 영상처리시간을 단축하기 위하여 전체 이미지 영상중 꽃의 전체 길이를 측정하기 위한 영상처리영역을 설정하였다. 영상처리 영역의 꽃과 배경을 분리하기 위하여 RGB값을 갖고 있는 꽃에 대하여 회색조 처리를 행한후 문턱값 180을 기준으로 하여 흰색(255) 바탕의 배경과 검정색(0)의 꽃으로 이치화하였다.

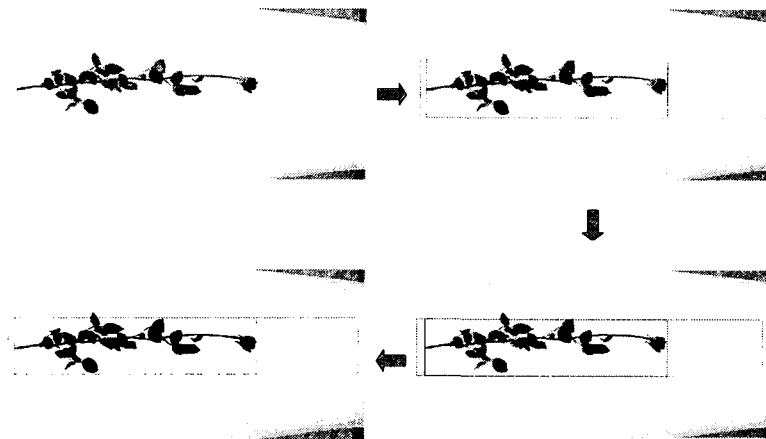


Fig. 2 Picture of all length measurement with cut flower

절화 전체 길이는 그림 2와 같이 절화 줄기 끝부터 꽃 봉우리 끝까지이므로 이치화된 영상을 이용하여 절화의 줄기끝과 꽃봉우리의 끝을 찾기 위하여 처리영역을 좌에서 우로,

위에서 아래로 1화소씩 스캔하여 줄기끝을 찾았으며, 우에서 좌로, 위에서 아래로 1화소씩 스캔하여 꽃봉우리의 끝을 찾았다. 이렇게 찾은 꽃의 줄기끝과 꽃봉우리끝의 좌표에 대하여 카메라 1 척도에 대한 테이블을 적용하여 꽃의 길이를 측정하여 등급을 판정하였다.

### (2) 꽃대굵기 측정 영상처리 알고리즘

카메라 2에 의해 획득한 영상은 이미지 버퍼에 저장하여 이미지 배열 칼라로 영상 정보를 복사한다. 저장된 이미지는 전체 이미지 영상 중 꽃대의 굵기를 측정하기 위한 영상처리 영역을 설정하였으며, 영상처리영역의 꽃의 줄기와 배경을 분리하기 위하여 RGB값을 갖고 있는 꽃의 줄기에 대하여 회색조 처리를 행한후 문턱값 180을 기준으로 하여 흰색(255) 바탕의 배경과 검정색(0)의 꽃대에 대하여 이치화 하였다. 이치화된 영상에 대하여 처리영역의 좌에서 우로 상에서 하로 한 화소씩 스캔하여 꽃대의 줄기 끝을 찾고 영상처리시간을 단축하기 위하여 처리영역을 재 설정하였다. 꽃대의 굵기는 줄기의 두께를 측정하는 것이므로 꽃대의 줄기를 찾기 위하여 재 설정한 처리영역을 좌에서 우로 위에서 아래로, 아래에서 위로 한 화소씩 스캔하여 처음으로 검정색(0)이 접한 좌표를 찾아 줄기의 외곽선을 검출하였으며, 검정색(0)부분의 각 화소 개수를 구한후 작은 빈도수를 갖는 화소값은 가시나 잎자리로 처리하고, 가장 많은 빈도수를 갖는 화소값에 대하여 평균하여 줄기의 굵기로 판단하여 등급을 판정하였다. 이 과정을 그림으로 나타내면 그림 3과 같다.

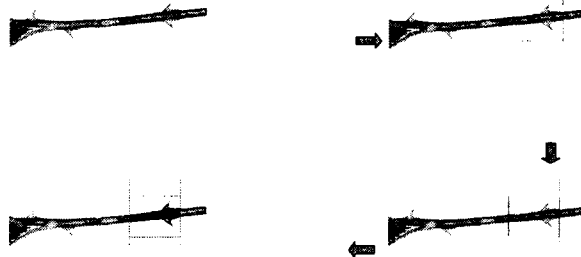


Fig. 3 Picture of stem diameter measurement

### (3) 꽃봉우리개화정도 측정 영상처리 알고리즘

카메라 3에 의해 획득한 영상은 이미지 버퍼에 저장하여 이미지 배열 칼라로 영상 정보를 복사한다. 저장된 이미지는 전체 이미지 영상중 꽃봉우리 개화정도 측정을 위한 영상처리 영역을 설정하였으며, 영상처리영역내의 꽃과 배경을 분리하기 위하여 RGB값을 갖고 있는 꽃봉우리에 대하여 회색조 처리를 행한후 문턱값 180을 기준으로 흰색(255) 바탕의 배경과 검정색(0)의 꽃에 대하여 이치화하였다. 이치화된 영상에 대하여 처리영역의 좌에서 우로 위에서 아래로 한 화소씩 스캔하여 꽃봉우리의 끝을 찾고 영상처리시간을 단축하기 위하여 처리영역을 재 설정하였다.

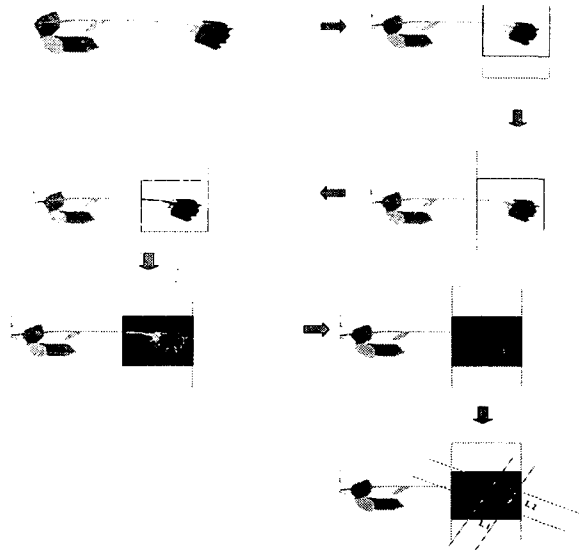


Fig. 4 Picture of flower volume measurement

꽃봉우리의 개화정도의 판별은 꽃의 너비(L2)와 높이(L1)의 비(比)에 의하여 판별하기 때문에 재 설정된 처리영역에 대하여 컬러 이미지로 갱신한 후, 컬러이치화 알고리즘을 이용하여 잎, 잔상, 잡영을 제거한 순수한 꽃봉우리 영역만 추출하였다. 순수한 꽃봉우리 영역에 대하여 위에서 아래로 좌에서 우로 한 화소씩 스캔하여 순수한 꽃봉우리 영역이 처음으로 접한 좌표를 찾아 꽃봉우리의 너비와 높이로 결정하여 너비와 높이의 비(比)에 의하여 개화정도를 판별토록 하였다. 이 과정을 그림으로 나타내면 그림 4와 같다.

#### (4) 꽃대 휨정도 측정 영상처리 알고리즘

카메라 1에 의해 획득한 영상을 이용하였으며, 꽃대 휨정도는 절화의 전체길이중 최대로 흰 부분을 측정하므로, 절화의 전체 길이 측정 알고리즘과 휨 측정을 위한 알고리즘을 개발하였다.

꽃대 휨측정 알고리즘은 이치화된 영상을 이용하여 꽃의 줄기끝과 꽃봉우리의 끝을 찾아 줄기 휨 측정을 위한 기본선을 설정한 다음 영상처리 시간을 단축하고, 순수한 줄기만을 찾기 위하여 잎과 잔가지를 제거하였다. 잎과 잔가지를 찾기 위해 처리영역을 좌에서 우로, 위에서 아래로 스캔하여 꽃에 해당하는 검정색(0) 부분의 구획 화소수를 세어 위에서 아래로의 화소수가 5 이상이면 잎(255), 좌에서 우로의 화소수가 2 미만일때는 잔가지(255), 위에서 아래로의 화소수가 2 이상 5 미만일때는 순수한 줄기(0)로 판단하여 잎과 줄기를 제거하고 순수한 줄기의 영상만 남도록 하였다. 잎과 줄기의 제거로 손상된 줄기의 영상을 복원하기 위하여 줄기끝의 중심에서 15화소씩 위·아래·좌·우로 스캔하여 화소값이 0 일때는 줄기, 255 일때는 배경으로 판단하여 가지가 손상된 부분을 찾았다. 손상된 부분의 가지는 이전에 인식한 줄기의 기울기를 적용하여 다음 구획에서 인식한 가지까지 선을 그어 줄기로 복원하였으며, 꽃봉우리의 끝까지 반복작업을 하여 줄기를 복원토록 하여 줄기 중 최대로 흰 부분을 찾아 꽃의 품위를 결정하였다. 이 과정을 그림으로 나타내면 그림 5와 같다.

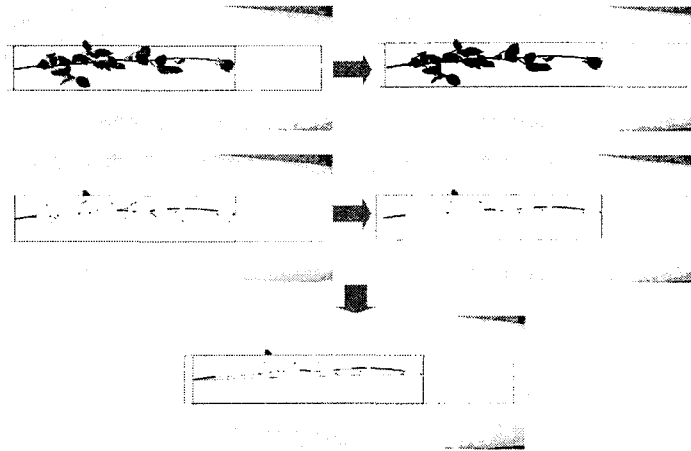


Fig. 5 Picture of stem curvature measurement

#### 라. 영상처리 알고리즘 검증시험

##### (1) 공시재료

본 연구에 사용된 공시재료는 경기도 수원지방에서 재배하여 2000년 12월에 출하한 레드산드라(Red-sandra)와 설풍(Seolpung)을 구입하여 기하학적 특성을 조사하였으며, 공시재료의 기하학적 특성은 표 1과 같다.

Table 1. Geometrical properties of rose and chrysanthemum in test

Variety	Length of cut flower(mm)	Diameter of stem(mm)	Curvature of stem(°)	Aspect ratio of bud(r)
rose(red-sandra)	560~746	4.7~7.2	2.01~11.52	0.70~1.21
chrysanthemum (seolpung)	620~860	4.6~6.6	1.08~13.18	0.82~2.08

##### (2) 시험방법

개발한 영상처리 선별 알고리즘을 검증하기 위하여, 절화 전체길이, 꽃대굵기, 꽃봉우리의 높이와 너비, 꽃대중 최대로 흰부분을 눈금자와 버니어 캘리퍼스 이용하여 실측한 값과 카메라 1, 2, 3을 이용하여 영상을 획득한 후 선별알고리즘에 의하여 측정된 결과와 비교하여 알고리즘을 검증하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 절화의 전체길이 측정

컴퓨터 시각에 의한 절화의 전체 길이 측정 알고리즘의 선별 정확도를 검증하기 위하여 장미 20송이와 국화 20송이를 이용하여 시험한 결과, 실제 길이와 선별알고리즘을 이용하여 측정된 값을 비교해 보면 그림 6, 7에서 보는바와 같이 장미에서는 결정계수  $R^2 = 0.9948$ , 표준오차 11.51mm, 국화에서는  $R^2 = 0.9993$ , 표준오차 4.60mm 나타났다. 따라서 비교적 정확하게 측정할 수 있는 것으로 판단되어 컴퓨터 시각을 이용한 절화류 선별기 개발에 이용할 수 있을 것으로 사료되었다.

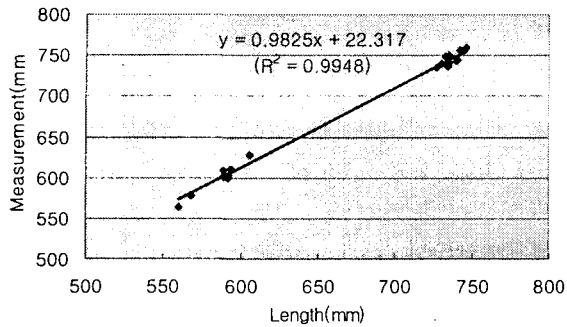


Fig. 6 Correlation between computer vision measured values and directly measured values of actual length with rose

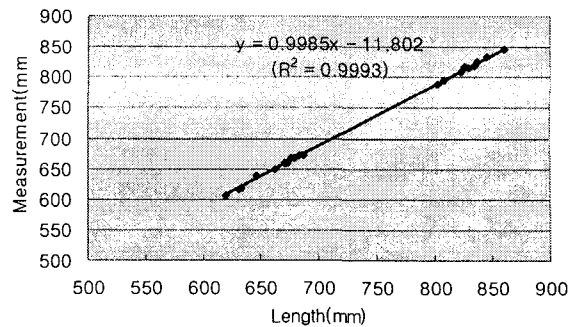


Fig. 7 Correlation between computer vision measured values and directly measured values of actual length with chrysanthemum

#### 나. 꽃대굵기 측정

꽃대 굵기 측정 알고리즘 정확도를 검증한 결과, 그림 8, 9와 같이 실제 굵기와 선별알고리즘을 이용하여 측정한 값과는 장미에서는 결정계수  $R^2 = 0.8429$ , 표준오차 0.57mm, 국화에서는  $R^2 = 0.9380$ , 표준오차 0.34mm로 나타났다. 장미의 꽃대줄기에 대한 측정오차가 국화보다 큰 이유는 줄기에 붙어 있는 가시 제거가 미흡한 것으로 판단되어 알고리즘 보완이 요구되었다.

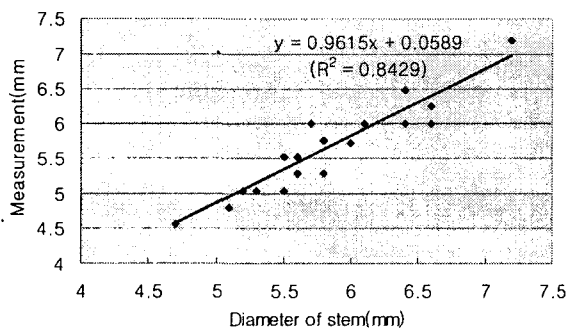


Fig. 8 Correlation between computer vision measured values and directly measured values of actual stem diameter with rose

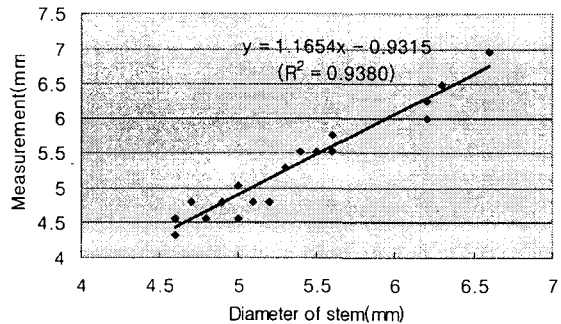


Fig. 9 Correlation between computer vision measured values and directly measured values of actual stem diameter with chrysanthemum

#### 다. 꽃봉우리 개화 정도 측정

꽃봉우리 개화정도 판별 알고리즘의 정확도를 검증하기 위하여 미개화, 정상개화, 과개화된 장미와 국화에 대하여 각각 20송이씩 120송이를 이용하여 시험한 결과, 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. 개화정도에 대한 판별율이 낮은 이유는 대부분 등급 경계에서 발생하여 이를 해결하기 위한 알고리즘의 보완이 요구되었다.

Table 2. Sort accuracy by computer vision system(bud maturity)

item		immature	mature	over ripen	total	accuracy(%)
rose	immature	16	4	0	20	80
	mature	1	17	2	20	85
	over ripen	0	3	17	20	85
chrysanthe- mum	immature	17	3	0	20	85
	mature	1	17	2	20	85
	over ripen	0	2	18	20	90

라. 꽃대 휨정도 측정

꽃대 휨 정도에 대한 선별 정확도를 검증하기 위하여 꽃대의 휨 정도가 5 °미만(양호한 꽃), 휨 정도가 5 °이상(불량인꽃)의 꽃에 대하여 장미와 국화에 대하여 각각 20송이씩 80송이를 이용하여 시험한 결과, 표 3에서 보는 바와 같이 장미와 국화 모두 정상적인 꽃에 대한 판별율은 90%, 비정상적인 꽃에 대한 판별율은 85%로 나타났다.

Table 3. Sort accuracy by computer vision system( Stem curvature)

item		good	bad	total	accuracy(%)
rose	good	18	2	20	90
	bad	3	17	20	85
chrysanthemum	good	18	2	20	90
	bad	3	17	20	85

4. 요약 및 결론

본 연구는 수출과 재배면적이 증가하고 있는 장미와 국화에 대하여 컴퓨터 시각을 이용한 능가형 절화 선별기를 개발하기 위한 알고리즘을 개발하여 그 정당성을 검증하였으며, 결과는 다음과 같다. 가. 절화의 전체 길이의 측정 정확도는 장미와 국화의 경우 실제 길이와 영상처리 선별 알고리즘에 의한 측정 길이와의 상관 관계는 각각  $R^2=0.9948$ 과  $R^2=0.9993$ 이었으며, 나. 꽃대굵기의 측정 정확도는 장미와 국화의 경우 각각  $R^2=0.8429$ 와  $R^2=0.9380$ 으로 나타났다. 다. 꽃봉우리 개화정도에 따른 상품으로서의 양, 불량을 판별할 수 있는 선별 정확도에 대한 실험은 장미의 경우 미개화 80%, 정상개화 85%, 과개화 85%를 판별할 수 있었으며, 국화는 미개화 85%, 정상개화 85%, 과개화 90%를 판별할 수 있었다. 라. 꽃대휨정도에 따른 상품으로서의 양, 불량을 판별할 수 있는 선별 정확도는 장미와 국화 모두 양 90%, 불량 85%를 판별할 수 있었다.

5.참고문헌

1. 농수산물유통공사. 1999. 품목별무역정보(화훼류)
2. 서상룡,1989. 컴퓨터 화상처리에 의한 묘목의 형태학적 성질 측정, 한국농업기계학회지,14(3):188-195.
3. 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.
4. Y. H. Bae, H. S. Seo, K. H. Choi. 2000. Sorting Cut Roses with Color Image Processing and Neural Network. An International Journal of KSAM 1(2): 100-105.
5. Yoshinari MORIO, Yoshio IKEDA. 1999. Quality Evaluation of Cut Roses by Stem's Curvature(part 1). Journal of the JAPANESE SOCIETY of AGRICULTURAL MACHINERY 61(6): 57-64