

# 컴퓨터시각을 이용한 절화류 정밀 선별시스템 개발

## Development of sorting system on cut-flower 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. 서론

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 우리나라의 꽃은 불균일한 선별로 수출시장에서 제 값을 받지 못하고 있는 실정으로 10~30% 수준의 값을 받는 것으로 조사되어 수출 물량 확대의 장애요인으로 작용하고 있다.

외국의 경우 1990년대 초부터 절화질이 뿐만아니라 꽃대의 굵기, 꽃대의 휨정도, 꽃봉우리의 개화정도를 정밀하게 선별하여 높은 가격을 받고 있는 것으로 조사되었으나, 국내에서는 꽃수확 후 선별은 거의 인력으로 이루어지고 있으며 꽃을 선별하기 위한 기계에 대한 연구도 초보단계인 실정이다. 따라서 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 컴퓨터시각을 이용하여 정밀하게 선별할 수 있는 영상처리 알고리즘과 시작기를 개발하고 그 성능을 평가하였다.

### 2. 재료 및 방법

#### 가. 절화 선별기 설계조건

장미와 국화의 스탠더드형과 현재 농가에서 인력에 의존하여 선별하고 있는 스프레이형의 절화류를 모두 선별할 수 있는 선별기의 개발을 목표로 연구를 수행하였다. 선별인자로는 스탠다드형의 경우 절화길이, 꽃대굵기, 꽃대의 휨정도, 개화정도를 선별할 수 있도록 하였으며, 스프레이형의 경우 절화길이, 꽃대굵기를 선별할 수 있도록 선정하였다.

그리고 시작기의 성능은 개인 농가에서 이용할 수 있는 시간당 1,500~ 2,500송이를 선별할 수 있도록 설계 제작하였다.

\* 농촌진흥청 농업기계화연구소

\*\* 전남대학교 농공학과

## 나. 시작기 제작

### 1) 전처리부

영상처리부에서 피선별체의 이미지를 정확히 획득할 수 있도록 전처리부에서 꽃대의 줄기 끝부분을 일정한 길이로 절단한 다음, 절단한 줄기의 끝 부분부터 장미의 경우 8cm, 국화의 경우 20cm를 앞떨이하여 영상처리부에 공급하도록 제작하였다.



Fig. 1. Preprocessor for image processing

줄기의 끝부분에 붙어 있는 잎을 떨기 위하여 연질의 우레탄봉을 이용하여 줄기에 손상없이 일정길이 만큼 잎을 떨 수 있는 구조로 제작하였다. 그리고 줄기절단장치와 앞떨이장치는 90W의 속도조절형 모터를 부착하여 공급속도에 따라 절단속도와 앞떨이 속도를 조절할 수 있도록 하였다.

### 2) 선별부

영상처리선별부는 챔버에 부착되어 있는 비접촉식 근접센서(Autonic, PR18-8DN)에서 꽃이 담겨 있는 이송트레이를 감지하면 3대의 CCD카메라를 이용하여 영상을 동시에 획득하도록 하였다. 이중 절화 전체길이와 꽃대 휨 정도를 측정하기 위한 CCD카메라1(Pulnix, TMC-7)은 선별하고자 하는 꽃의 길이가 최대 1200mm까지므로 광각렌즈(SE0484 4.8mm F1.4)를 장착하였으며, 꽃대 굵기를 측정하기 위한 CCD카메라 2(Panasonic, WV-CP460)는 꽃대의 굵기를 정밀하게 측정하기 위하여 25mm의 렌즈(SE2514 25mm F1.4)를 장착하였으며, 개화정도를 측정하기 위한 CCD카메라 3(Panasonic, WV-CP460)은 8mm의 렌즈(SE0813-3



Fig. 2. Image chamber of the prototype

8.0mm F1.3)을 장착하였으며, Matrox사의 Meteor\_II 영상처리용 Frame grabber를 이용하여 각각의 영상을 획득하였다. 조명장치는 그림 2의 상부에 OSRAM사의 36W 고주파 3과장 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 철재트레이의 배경색을 무광택 백색페인트로 도포 하였다. 그리고 영상분석을 위하여 897MHz Pentium III(LG IMB)를 사용하였으며, 선별을 위한 프로그램은 MS Visual Basic 6.0으로 작성하였으며, 사용자가 선별조건과 선별인자값을 입력하여 선별할 수 있도록 Graphic user interface방식의 프로그램을 개발하였다.

선별의 기준은 1차적으로 꽃대의 휨정도와 꽃 봉우리의 개화정도에 따라 양, 불량을 판정하여 상품(商品)으로서의 가부(可否)를 판정한 후, 길이에 따라 5등급으로 분류하였고, 각 분류등급에서 줄기의 두께를 3등급 또는 2등급으로 분류하였다.

### 3) 배출부

배출부는 영상처리선별부에서 선별된 꽃을 해당되는 등급에 배출하기 위하여 이송트레이를 감지할 수 있는 비접촉식 근접센서(Autonic, PR18-8DN)와 행정 50mm의 공압실린더와 공압실린더를 제어하기 위한 솔레노이드 밸브(연우기전, SF2120), 그리고 꽃을 수집하기 위한 꽃수집상자로 구성하였다. 절화의 배출은 꽃이 올려져 있는 이송트레이를 비접촉식 근접센서(Autonic, PR18-8DN)가 감지하면 배출알고리즘의 배출 신호값에 의해 등급별 배출 위치에 장착된 공압실린더가 일정시간 전진하면 이송되는 트레이에 부착된 스톱퍼에 의해 트레이는 90° 수직으로 바뀌면서 절화가 낙하되도록 하는 방식을 채택하였다.

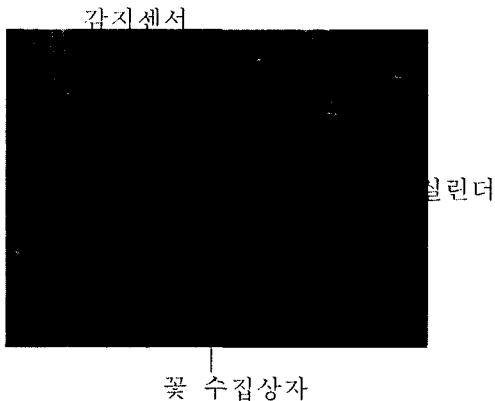


Fig. 3. Distributing mechanism of the prototype

### 4) 계측, 제어부

선별기의 제어는 컴퓨터 내장형 디지털 I/O보드(Axiom, AX5214P)와 Relay output panel(Axiom, AX-756)을 기본으로 구성하였다. 입력채널중 한 개는 영상처리부에서 절화를 이송하는 트레이를 감지하는데 사용하였고, 나머지 5개는 각각의 등급을 배출하기 위한 이송트레이를 감지하는데 사용하였다. 디지털 출력채널을 통하여 8개의 릴레이를 제어하였으며, 5개의 릴레이 출력채널은 절화배출부의 공압실린더를 조작하기 위한 것이며, 인버터의 모터 기동신호를 제공하였다.

### 5) 선별알고리즘

절화를 선별하기 위한 알고리즘은 그림4와 같다. 절화선별은 영상처리부의 CCD카메라 3대를 이용하여 각각의 선별인자(절화길이, 꽃대굵기, 꽃대휨정도, 개화정도)를 판별하기 위한 영상을 획득한 다음, 영상처리시간을 단축하기 위하여 영상처리 영역을 설정하였다. 설정된 영상처리영역에 대하여 이치화를 수행하여 꽃과 배경을 분리한 다음, 꽃을 선별하기 위해 기본이 되는 절화의 꽃대 끝과 꽃봉우리의 끝을 찾았다. 줄기의 휨정도 측정은 절화의 줄기끝과 꽃봉우리끝을 기준으로 하여 줄기의 끝과 꽃 봉우리의 끝을 잇는 기본선을 설정한 다음 줄기 중에 최대로 휨 부분을 찾기 위하여 순수한 줄기만을 찾았으며, 이때 줄기에 붙어 있는 잎과 잔가지를 제거하였다. 또한 잎과 잔가지를 제거할 때 손실된 줄기를 복원하기 위하여 이전에 인식한 줄기의 기울기를 적용하여 다음 구획에서 인식한 줄기까지 선을 그어 줄기를 복원하였으며, 꽃봉우리의 끝까지 반복작업을 하여 줄기를 복원토록 하여 줄기 중 최대로 휨 부분을 찾아 꽃의 품위를 결정하였다.

꽃 봉우리의 개화정도는 이치화한 영상처리영역의 좌에서 우로 위에서 아래로 한 화소씩 스캔하여 꽃봉우리의 끝을 찾은후, 꽃봉우리만을 판별하기 위한 영상처리 영역을 재설정하여 꽃

봉우리에 대하여 컬러 이미지로 갱신한 후, 컬러이치화 알고리즘을 이용하여 잎, 잔상, 잡영을 제거한 순수한 꽃봉우리 영역만 추출하였다. 꽃봉우리의 개화정도의 판별은 순수한 꽃봉우리 영역이 처음으로 접한 좌표를 찾아 꽃봉우리의 너비와 높이를 결정하여 너비와 높이의 비(比)에 의하여 개화정도를 판별토록 하였다.

꽃대의 휨정도와 개화정도가 양호한 상품(商品)인 꽃에 대하여 절화길이 5등급, 꽃대굵기는 각각의 길이별로 2~3등급으로 선별토록 하였으며, 불량(不良)인 꽃은 등외로 배출하도록 하였다.

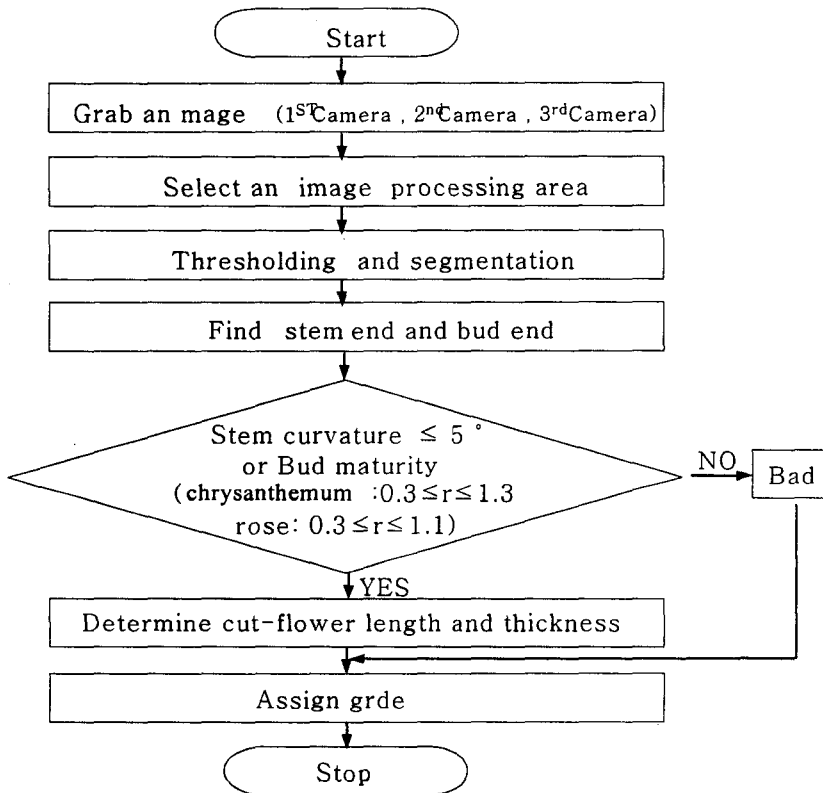


Fig. 4. Flowchart of the cut-flower grading algorithm

라. 성능 시험

1) 공시재료

본 연구에 사용된 공시재료는 경기도 수원지방에서 재배하여 2000년 12월에 출하한 레드산드라(Red-sandra)와 설풍(Seolpung)을 구입하여 시험하였으며, 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

절화길이, 꽃대굵기, 꽃봉우리의 높이와 너비, 꽃대중 최대로 흰부분을 눈금자와 버니어캘리퍼스 이용하여 실측한 값과 눈금자와 버니어캘리퍼스를 이용하여 측정된 시료를 시작기에 3반복 공급하면서 비교 시험하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 가. 꽃봉우리 개화 정도 측정

꽃봉우리 개화정도 선별 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 연구가 필요할 것으로 사료된다.

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

### 나. 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

### 다. 작업성능 및 선별정밀도

시작기의 작업 성능은 컨베이어 속도에 따라 1,700송이/시간~2,500송이/시간이었으며, 선별정밀도는 절화길이만을 선별할때는 85.9~91.7%, 꽃대굵기만을 선별할때는 89.7~95.2%, 절화길이와 꽃대굵기를 동시에 고려하여 선별할때는 85.3~91.6% 정밀하게 선별할 수 있는 것으로 나타

났다. 손상 및 선별정밀도를 고려했을 때 작업성능은 2,000송이/시간 내외의 작업속도가 적당할 것으로 판단된다.

Table 4. Working performance and Grading accuracy of sorting system

Conveyer speed (m/sec)	Working performance (ea/hr)	Grading accuracy(%)			Damage ratio (%)
		Length	Thickness	Length+Thickness	
0.15	1,699	91.7( $\pm 0.05$ )	95.2( $\pm 0.03$ )	91.6( $\pm 0.04$ )	2.4
0.20	2,117	88.7( $\pm 0.04$ )	93.1( $\pm 0.05$ )	89.1( $\pm 0.05$ )	3.6
0.25	2,549	85.9( $\pm 0.05$ )	89.7( $\pm 0.05$ )	85.3( $\pm 0.05$ )	4.2

#### 4. 요약 및 결론

본 연구는 수출과 재배면적이 증가하고 있는 장미와 국화에 대하여 컴퓨터 시각을 이용한 절화 선별기를 개발하고 그 성능을 평가하였다. 선별기는 꽃대의 굵기와 절화길이의 정밀한 선별을 위하여 선별하기 전에 일정한 길이만큼 줄기를 절단하고 있을 땐후 꽃을 한송이씩 공급하는 전처리부와 3대의 CCD카메라를 이용하여 절화길이, 꽃대굵기, 꽃대휨정도, 개화정도를 정밀하게 선별하기 위한 영상 처리선별부와 절화배출부로 구성되었다.

스탠다드형의 절화 선별인자로는 절화길이, 꽃대굵기, 꽃대휨정도, 개화정도를 선정하였으며, 스프레이형의 절화는 절화길이, 꽃대굵기를 선정하였으며, 시작기의 성능시험결과는 다음과 같다.

- 가. 꽃봉우리 개화정도에 따른 상품으로서의 양, 불량률 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.
- 나. 꽃대휨정도에 따른 상품으로서의 양, 불량률 판별할 수 있는 선별 정확도는 장미와 국화 모두 양 90%, 불량률 85%를 판별할 수 있었다.
- 다. 시작기의 작업 성능은 1,700본/시간~2,500본/시간이었으며, 선별정밀도는 절화길이만을 선별할때는 85.9~91.7%, 꽃대굵기만을 선별할때는 89.7~95.2%, 절화길이와 꽃대굵기를 동시에 고려하여 선별할때는 85.3~91.6% 정밀하게 선별할 수 있는 것으로 나타났다.

#### 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