

절화 선별기 개발⁺

Development of a Cut-flower Sorter

배영환*	구현모**	최규홍***
정희원		정희원
Y.H. Bae	H.M. Koo	K.H. Choi

1. 서론

화훼산업의 발전과 더불어 우리 나라의 절화류 재배면적과 생산량은 매년 증가하는 추세이다. 1997년도의 절화류 재배면적은 2,559 ha이었으며, 이 중 시설재배가 87.7%를 차지하였다. 또한 1997년도의 절화류 생산량은 약 17억4천만 본에 달하였으며, 생산액은 2천8백억 원으로 총 화훼류 생산액의 47.9%를 점유하였다(농림부, 1998). 절화 생산에 있어서 수확과 선별 작업은 기계화율이 매우 낮으며, 타 작업에 비하여 노동강도가 비교적 높은 편이다. 국내 절화 생산농가를 대상으로 한 설문 조사에 의하면, 수확과 선별 작업에 각각 총 작업시간의 28.2%와 19.0%가 소요되는 것으로 나타났다(구와 배, 1997).

절화류의 규격 유통을 위하여 국화 등 8개 절화 작목에 대하여 정부에서 제정한 표준출하 규격(국립농산물검사소, 1996)이 마련되어 있으나, 실제 거래는 대부분 상인들의 주관적인 판단과 관행에 의해서 이루어지고 있는 실정이다. 절화류의 출하규격은 품위와 크기에 의해서 결정되며, 품위 기준은 색깔, 모양 등의 품종고유의 특성과 줄기의 굵기와 구부러짐, 꽃, 잎, 줄기의 균형, 병충해 및 농약살포 흔적 등을 포함하며, 크기는 줄기의 길이를 등급 기준으로 한다. 스탠더드형 국화 등 일부 절화류는 생산된 개체간의 변이가 작아서 비교적 단순한 길이선별기에 의한 등급화가 가능하지만, 장미 등의 경우에는 개체간의 변이가 크기 때문에 선별인자가 보다 많아야 하며 길이 선별만으로는 등급화가 곤란하다. 따라서 절화의 품위와 크기를 종합적으로 평가하기 위해서는 컴퓨터 영상처리 방법의 적용이 요구된다.

본 연구는 컴퓨터 영상처리를 이용한 절화선별기를 개발할 목적으로 수행되었다. 선별기는 절화 이송부와 배출부 및 영상처리부로 구성되었으며, 절화류 중에서 비교적 선별이 어려우며 노동력이 많이 소요되는 장미를 대상으로 시작기와 선별 알고리즘을 개발하고 그 성능을 평가하였다.

+ 이 연구는 농림부의 농림특정연구과제 연구비 지원에 의하여 수행되었음.

* 순천대학교 농과대학 농업기계공학과

** (주)홍산그린 (순천대학교 대학원 석사과정 수료)

*** 농촌진흥청 농업기계화연구소

2. 재료 및 방법

가. 절화 선별기 설계 조건

스프레이형 절화를 제외한 표준형 절화류에 적용할 수 있는 선별기의 개발을 목표로 하였다. 선별인자로는 표준 출하규격과 화훼 재배 농가의 의견을 반영하여 꽃봉오리의 크기, 색 및 개화단계와 줄기의 길이, 두께 및 휨을 선정하였다.

선별 인자 중에서 줄기 길이는 표준 출하규격에 따르는 크기 선별 기준으로, 나머지 선별 인자는 품위 등급 기준으로 이용하였으며, 선별 등급은 5단계, 성능은 시간당 1,200 ~ 2,000 송이가 되도록 하였다.

나. 시작기 제작

1) 이송부

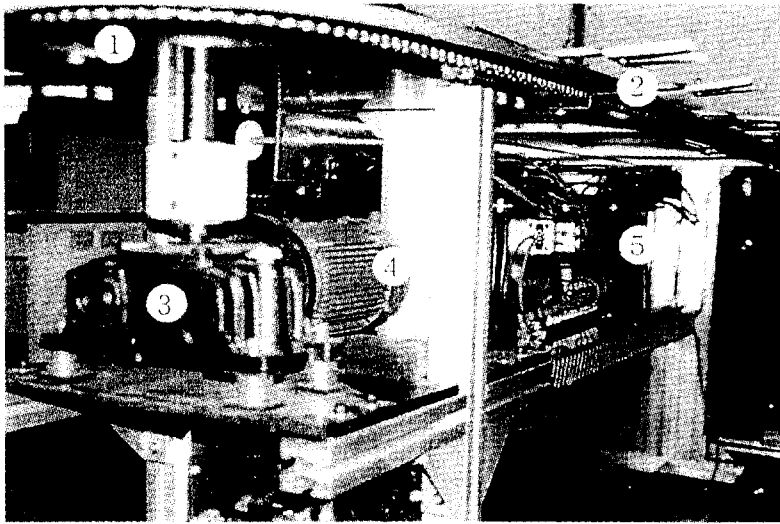
영상처리부에서 줄기와 꽃봉오리의 영상을 수집하기 쉽도록 2 개의 스프로킷과 체인 및 체인에 부착된 절화적재판에 의하여 절화가 이송되도록 하였으며, 지면과 평행하게 이동하는 절화적재판에 절화를 연직으로 걸어서 이송시키는 방식을 채택하였다.

체인의 구동을 위하여 0.4 kW의 교류 전동기와 감속기를 사용하였으며, 인버터(LG산전, SV008iG-2)에 의하여 이송체인의 선속도를 조절하였다. 절화 적재판은 플라스틱을 재료로 하여 두 갈래의 hook 모양으로 설계하였고, 표면을 무광택 검정 페인트로 도색하였다. 적재판의 중앙에 마련된 홈의 끝은 절화의 화탁이 안정되게 위치할 수 있도록 가공하였다. 적재판 홈의 입구 부분은 절화의 적재가 편리하도록 한쪽을 짧게 제작하였고, 끝 부분에는 흰색 아크릴 조각을 부착하여 영상에서 적재판의 위치를 쉽게 확인할 수 있도록 하였다. 이송 체인에 19 개의 절화 적재판을 320 mm 간격으로 부착하였으며, 부착 간격 및 개수는 조절이 가능하도록 하였다(그림 1).

2) 선별부

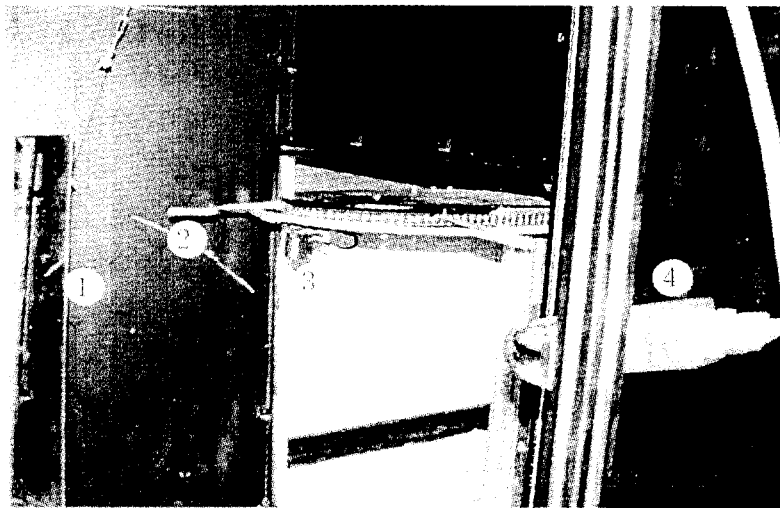
선별을 위한 영상의 획득은 영상 챔버 내부에 삽입된 이송부의 일단에서 이루어지며, 2 개의 반사형 광센서(Autronics, BE300-DDT)를 설치하여 적재판의 연결축과 절화를 각각 감지하도록 하였다(그림 2). 이들 두 개의 센서에서 신호가 동시에 감지될 때 절화의 영상을 획득하도록 하였다. 절화의 영상은 RGB 카메라(Sony, XC-711)에 8 mm 렌즈를 부착하고, Coreco사의 모델 Oculus-TCX 영상처리 보드를 사용하여 입력하였다. 조명 장치는 할로겐등(12 V, 20 W) 3 개와 형광등(110 V, 10 W) 2 개로 구성하였으며, 간접조명을 형성하도록 조명의 전면에 흰색 아크릴 판을 부착하였다. 영상 챔버 내부에는 거울(250×900 mm)을 설치하여 하나의 장미에 대하여 두 방향으로부터의 영상을 획득하여 줄기 휨 측정의 오차를 줄일 수 있도록 하였다. 영상 분석에는 100 MHz Pentium PC(대우 WinPRO)를 사용하였으며, 선별을 위한 프로그램은 MS C/C++ 7.0으로 작성하였다.

선별의 기준은 표준 출하규격에 근거하여 길이에 따라 4 등급으로 분류하였고, 각 분류 등급에서 줄기의 두께와 휨, 꽃봉오리의 크기와 색이 현저하게 차이가 나는 것, 그리고 개화



- ① sprocket ② flower-supporting plate ③ gear reducer
④ AC motor ⑤ solenoid valves

Fig. 1. Driving mechanism of the prototype cut-flower sorter



- ① mirror ② flower-supporting plate ③ photo sensor ④ RGB camera

Fig. 2. Image chamber of the prototype cut-flower sorter

단계가 기준에 미달하거나 초과하는 것을 등의품으로 분류하여, 총 5 등급으로 분류하였다.

3) 배출부

배출부는 절화 적재판을 감지하는 1 개의 반사형 광센서와 등급별 배출 위치에 설치된 솔레노이드 밸브(연우기전, SF2120) 및 행정 60 mm의 공압 실린더로 구성하였다. 공압 실린더 로드 끝에는 지름 100 mm의 원형 아크릴 판을 부착하여 절화의 배출이 용이하도록 하였다.

절화의 등급 판정은 5 등급으로 하였으나, 선별기의 배출 장치는 6조로 제작하여 여유를 두었다. 배출부는 절화 적재판의 간격과 동일하게 320 mm 간격으로 배치하였다. 배출부의 광센서는 1 등급 배출 위치에서 절화 적재판의 연결축을 감지하도록 부착되어 있으며, 배출 알고리즘의 시작 신호로 이용하였다. 절화의 배출은 배출부의 센서 신호가 감지되었을 때 배출 알고리즘의 배출 신호값에 의해 등급별 배출 위치에 도달한 절화를 공압 실린더로 밀어서 배출하는 방식을 채택하였다.

4) 계측, 제어부

선별기의 제어는 컴퓨터 내장형 digital I/O board(Axiom, AX5214)와 relay output panel(Axiom, AX-756)을 기본으로 하여 구성하였다. 가변저항을 이용하여 출력 주파수를 조절함으로써 모터의 회전수를 결정하였다. 두 개의 디지털 입력 채널은 영상처리부에서 절화 적재판의 검출 및 절화의 적재 여부를 판정하는데 사용하였고, 1개의 채널은 배출부에서 절화 적재판의 도달을 감지하기 위하여 사용하였다. 디지털 출력 채널을 통하여 8 개의 릴레이를 제어하였다. 6개의 릴레이 출력 채널은 절화 배출부의 공압 실린더를 조작하기 위한 것이며, 나머지 2 개의 채널을 이용하여 인버터 전원 공급을 위한 전자접촉기를 조작하고 인버터에 모터 기동 신호를 제공하였다.

5) 등급별 배출 알고리즘

절화의 배출은 등급별 배출 위치가 다르기 때문에 등급판정에서 배출까지 등급별로 각기 다른 시간 간격이 필요하므로 shift register 논리를 이용하여 알고리즘을 작성하였다.

절화 배출 알고리즘은 영상처리부의 센서 신호에서 시작된다. 형상획득 위치의 센서 신호가 감지되면 적재판에 절화 적재 유무를 검사하고, 절화가 존재하면 절화 영상을 획득한 후 배출부의 적재판 도달을 알리는 센서신호를 검사한다. 배출부의 센서 신호가 감지되면 레지스터를 각각 1 bit 우측으로 shift한 후 각 레지스터의 우측 bit 값으로 배출값을 구성하고, I/O board를 통하여 배출값을 출력함으로써 각 배출 위치의 공압실린더 로드가 작동하도록 하였다. 배출동작 후 영상처리를 실행하며, 판정 등급을 register의 첫 번째 bit에 기록하고 공압실린더 로드의 복귀 신호 출력 및 영상처리부의 다음 적재판의 감지 신호를 대기하는 것으로 1 cycle의 알고리즘을 구성하였다.

다. 시작기 평가

1) 대상 절화

시작기의 평가 실험에 사용한 장미(*Rosa hybrida*)는 전남 여수시 대포리에 소재한 비닐 온실에서 생산한 적색 계통의 품종인 산드라(Sandra), 카디날(Kardinal), 벨벳(Red Velvet) 및 로데(Rote Rose), 그리고 분홍색 계통의 품종인 노바(Noblesse)이었으며, 수확 직후에 무작위로 추출하여 실험실로 운반한 후 줄기 하단부 약 10 cm의 잎과 가시를 제거하였다. 장미 품종간의 외형적 특성의 차이를 고려하여 품종별 품위 기준을 다르게 설정하였다.

2) 선별 알고리즘

장미 선별을 위한 영상처리 알고리즘은 그림 3과 같다. 절화 영상에서 줄기의 시작점과 끝점은 줄기의 길이, 휨, 두께 및 봉오리 위치 결정의 기준이 되므로, 선별 알고리즘은 우선 정면 영상과 거울 영상에서 줄기의 시작점과 끝점을 찾도록 하였다. 줄기의 길이는 정면 영상에서 찾은 줄기 시작점과 끝점의 영상 좌표를 카메라 캘리브레이션 과정에서 설정한 수식을 이용하여 공간 좌표로 변환한 후 두 좌표 사이의 거리를 구하여 결정하였고, 줄기의 두께는 목부분(첫째 마디)의 3 지점 이상에서 측정된 줄기에 해당하는 화소수에 화소당 실제 길이를 곱하여 계산하였다.

줄기의 휨은 줄기의 시작점과 끝점을 잇는 직선의 기울기와 줄기의 시작 부분 및 끝 부분의 기울기를 비교하여 판정하였다. 줄기의 휨은 관찰하는 방향에 따라 달라지므로 휨의 측정은 장미의 정면 영상뿐 아니라 거울에 반사된 영상을 동시에 분석하였다.

꽃봉오리의 크기는 화탁의 상부로부터 봉오리 상단까지의 화소수를 실제 길이로 환산하여 결정하였고, 봉오리의 너비는 봉오리의 단면이 기하학적으로 불규칙하여 동일한 개체 대해서도 관찰하는 방향에 따라 변화의 폭이 크기 때문에 측정 인자에 포함시키지 않았다.

꽃봉오리 색의 측정은 봉오리 영역에서 꽃받침을 제외한 부분의 R, G, B 값의 비율을 이용하였으며, 개화 정도를 판정하기 위하여 봉오리의 전체 높이를 기준으로 상단으로부터 3/4에 해당하는 영역에서 꽃받침에 의하여 가려진 부분을 제외한 면적을 계산하였고, 이 면적을 봉오리 전체 높이의 제곱으로 나눈 값을 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

컴퓨터 영상처리에 의한 줄기 길이, 줄기 두께 및 봉오리 높이 측정 오차의 절대값 평균은 각각 19.7 mm, 0.5 mm 및 3.8 mm이었다. 표 1은 장미의 줄기 길이와 두께 및 봉오리 높이 측정의 오차를 나타낸 것이다.

Table 1. Mean and standard deviation of the absolute errors for the measurements of stem length, stem thickness and bud height.

	length of stem	thickness of stem	height of bud
mean (mm)	19.7	0.5	3.8
std. dev. (mm)	16.9	0.4	1.7

표 2는 줄기의 휨을 판정한 결과를 나타낸 것이다. 화훼 유통 종사자의 판정과 영상처리

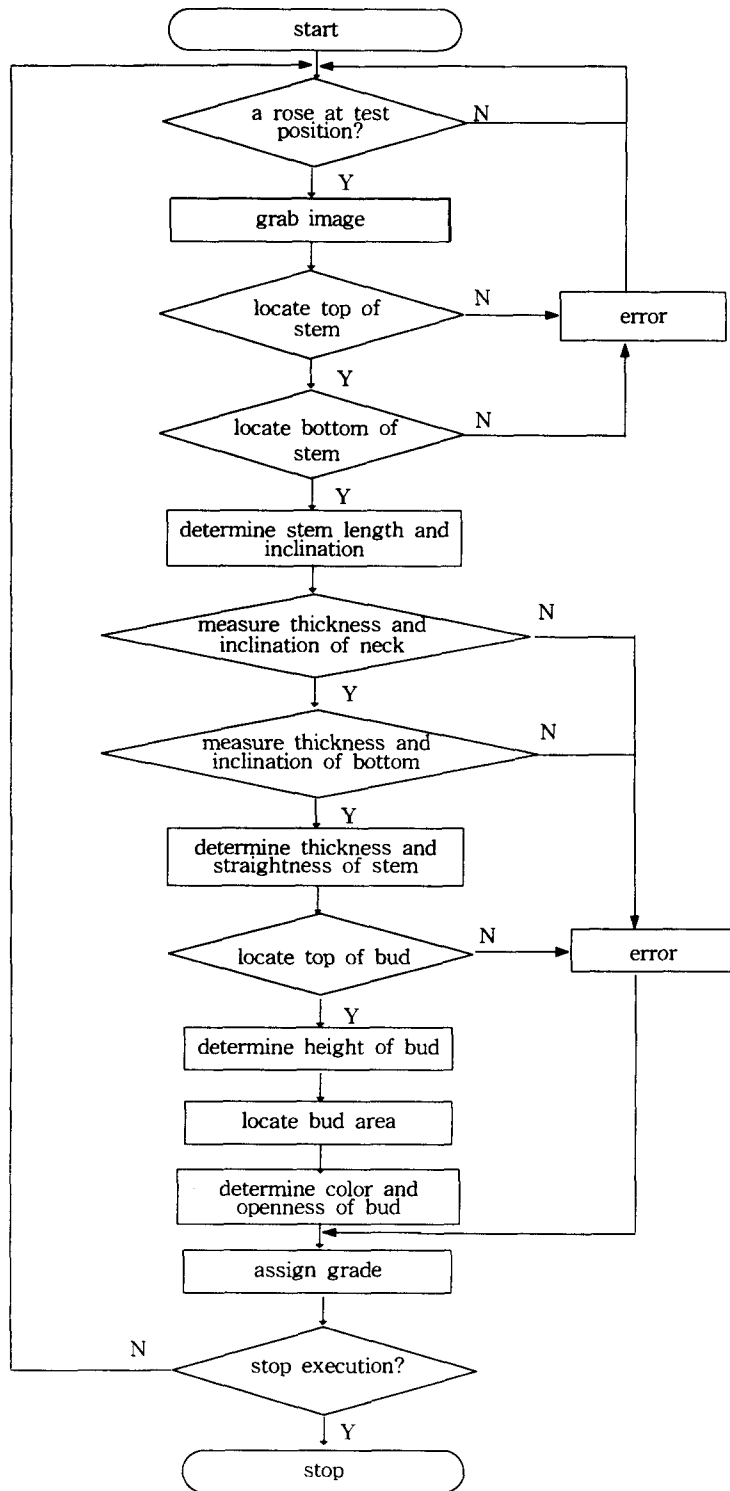


Fig. 3. Flowchart of the rose-grading algorithm

결과가 일치하는 비율은 줄기가 굵은 것은 90%, 흰 것은 92.5%이었으며, 전체의 91.4%가 서로 일치하였다. 줄기의 힘을 판정함에 있어서 반사 거울을 사용한 효과는 줄기가 굵은 장미 40 송이 중에서 정면 영상 만으로는 24 송이를 굵은 것으로 판정하였으나, 거울 영상을 함께 분석한 경우에는 37 송이를 굵은 것으로 판정하여 선별의 정확도를 크게 향상시킨 것을 알 수 있었다.

Table 2. Results of grading straightness of stem by using both direct and mirror images

True class	Assigned class			Error (%)
	Straight	Crooked	Total	
Straight	27	3	30	10.0
Crooked	3	37	40	7.5
Total error: 8.6%				

장미 꽃봉오리의 개화정도 판정에 있어서 유통전문가의 판정과 영상처리 결과가 일치하는 경우가 91.4%이었으며, 봉오리가 개화되지 않거나 과도하게 개화된 절화에 대한 판정의 정확성이 저하되었다(표3).

Table 3. Results of grading maturity of rose buds.

True class	Assigned maturity class			Total	Error (%)
	Immature	Mature	Over ripen		
Immature	102	14		116	12.1
Mature		245	9	254	3.5
Over ripen		23	141	164	14.0
Total error: 8.6%					

영상처리를 이용하여 한 송이의 장미를 선별하는데 소요되는 시간의 평균은 2.06 초, 표준편차는 0.19초 이었으며, 줄기가 너무 길거나 짧을수록 또한 꽃봉오리가 클수록 영상처리에 시간이 많이 소요되었다.

본 연구에서 개발한 선별 시스템은 이송속도, 속도에 따른 영상의 품질, 영상처리 및 배출에 소요되는 시간을 고려할 때, 가장 안정적으로 1 송이의 장미를 처리하는 데 필요한 시간은 최대 2.7초 이었으며, 장미의 꽃봉오리 및 줄기의 크기가 기준에서 과도하게 벗어나지 않는 경우에는 약 2.5초의 처리시간이 요구되었다. 이러한 처리시간은 각각 시간당 약 1,300 ~ 1,400 송이의 처리 능력에 해당한다.

4. 요약 및 결론

칼라 영상처리에 의한 절화 선별기와 알고리즘을 개발하고 그 성능을 평가하였다. 선별기는 절화 이송부와 영상 처리부 및 절화 배출부로 구성되었다. 절화류 중에서 선별이 가장 까다로운 장미를 대상으로 다섯 품종에 대하여 선별기의 성능을 평가하였다.

장미 선별 인자로는 줄기의 길이, 두께 및 휨과 꽃봉오리의 크기, 색 및 개화정도를 선정하였다. 영상처리 알고리즘은 선별 인자의 측정 오차를 최소화하면서 측정 시간을 단축하기 위하여 영상 데이터의 분석 범위 및 이용되는 화소의 수를 최소화하는 데 중점을 두었다.

장미의 줄기 길이, 줄기 두께 및 봉오리 높이의 측정 오차는 각각 평균 19.7 mm, 0.5 mm 및 3.8 mm이었다. 줄기 휨의 측정은 직접영상과 거울 반사영상을 동시에 분석하여, 줄기의 목 부분과 끝 부분의 각을 계산하였으며, 판정 오차는 8.6%로 나타났다.

영상 처리에 의한 장미 선별에 소요되는 시간은 평균 2.06초(시간당 1,600 송이)이었다. 본 연구에서 개발한 선별 시스템과 영상처리 알고리즘에 의한 작업능률은 이송속도, 영상처리 및 배출에 소요되는 처리 시간을 고려하면, 가장 안정적으로 1 송이의 장미를 처리하는 데 필요한 시간은 약 2.7초 이었으며, 장미의 꽃봉오리 및 줄기의 크기가 기준에서 과도하게 벗어나지 않을 경우에는 약 2.5초의 선별시간이 요구되었다. 이러한 처리 시간은 시간당 약 1,300 ~ 1,400 송이의 선별 능력에 해당한다.

5. 참고문헌

1. 농림부. 1998. 화훼 생산 동향. 농업기본통계.
2. 국립농산물검사소. 1996. 농산물 표준 출하규격.
3. 구현모, 배영환. 1997. 절화 선별작업의 기계화 현황 조사. 농업과학연구. 순천대학교 농업과학연구소. 11: 67-77.
4. Bae, Y. H. and H. M. Koo. 1996. Factors and developments in grading cut flowers. Proceedings of the International Conference on Agricultural Machinery Engineering. Seoul, Korea. Vol 3. pp. 746-754.
5. Steinmetz, V., M. J. Delwiche, D. K. Giles and R. Evans. 1994. Sorting cut roses with machine vision. Transactions of the ASAE. 37(4): 1347-1353.