

칼라 영상처리에 의한 결주 및 불량모 인식

Recognition of Missing and Bad Seedlings via Color Image Processing

손재룡	강창호	한길수	정성림	권기영
정회원	정회원	정회원	정회원	정회원
J. R. Son	C. H. Kang	K. S. Han	S. R. Jung	K. Y. Kwon

SUMMARY

This study was conducted to develop the vision system of a robotic transplanter for plug-seedling. A color image processing algorithm was developed to identify and locate empty cells and bad plants in the seedling tray. The image of pepper and tomato seedling tray was segmented into regions of plants, frame and soil using threshold technique which utilized Q of YIQ for finding leaves and H of HSI for finding frame of tray in the color coordinate system.

The recognition system was able to successfully identify empty cells and bad seedling and locate their two-dimensional locations. The overall success rate of the recognition system was about 99%.

Keywords : Color machine vision, Empty cell, Bad seedling, Plug-seedling robot.

1. 서 론

고품질의 과채류 생산을 위하여 육묘장에서 공정모를 구입하여 재배하는 농가가 급증하고 있으며, 육묘장에서는 고품질화 및 안정생산을 위하여 결주 및 불량모를 제거하고 우량모를 보식하고 있으나 인력에 의존함으로써 노력이 많이 소요된다. 따라서 공정모 생산의 생력화를 위해서는 결주 및 불량모를 제거하고 우량모를 보식해 주는 기술개발이 필요하다. 이를 위해서 결주 및 불량모 인식을 위한 시각장치, 제거 및 보식용 그리퍼와 머니플레이터 등의 개발이 필요하다.

결주 및 불량모를 자동으로 찾아내는 방법으로는 광전센서를 이용하여 모의 유무를 인식하는 방법이 있으나, 이것은 육묘상자 각 셀마다 센서를 부착하여 잎의 존재 유무를 판단해야 하기 때문에 많은 센서가 필요하고 기계적 메카니즘이 복잡해지며, 또한 광전센서는 엽면적의 크기를 측정하는데 어려움이 있기 때문에 생육부진에 의한 불량모를 판단하기 위해서는 부적절한 방법이다. 따라서 영상처리시스템에 의한 잎, 트레이, 상토 등의 색상정보들을 이용하면 보다 빠르고 정확하게 결주와 불량모를 찾아낼 수 있다.

김철수(1999) 등은 영상처리시스템을 이용하여

105공 플러그모의 중앙부 65셀에 대하여 HSI 칼라특성을 이용하여 결주인식 시험을 실시하였으며, 김기대(1995) 등은 영상처리에 의한 결주 및 불량모 인식과 4축 직교좌표형 머니플레이터 및 핸드에 의해 우량모를 보식하는 로봇을 개발하였다.

Manzo(1998) 등은 RGB 칼라 특성을 이용하여 토마토, 양배추, 브로콜리를 분류하고, 발아율을 측정할 수 있는 영상처리시스템을 개발하였다.

Lee(1990)는 육묘상자에 파종된 일담배를 인식하기 위하여 670nm와 800nm의 파장대를 갖는 광학필터를 카메라 앞에 부착하여 입력된 두 영상의 차($I_{670nm}-I_{800nm}$)를 이용하면 잎 추출에 용이하다고 보고하였다.

본 연구는 플러그모의 결주 및 불량모를 인식하여 제거하고 우량모를 보식하는 로봇의 한 부분으로써 칼라 영상처리시스템을 이용하여 잎, 육묘상자, 상토를 각각 분리할 수 있는 적당한 색 좌표계를 선정하고, 한편 카메라 1대로 육묘상자 전체의 영상을 입력하여 결주와 불량모를 인식할 수 있는 알고리즘을 개발하여 보식로봇의 시각장치에 적용하기 위하여 수행하였으며, 연구의 주요내용과 목적은 다음과 같다.

- 1) 카메라, 조명장치, 이송벨트 등으로 구성된 영상처리시스템을 구축하고,
- 2) 색채색차계, Munsell Color Chart, Image Analysis Tool 등을 이용하여 잎, 육묘상자, 상토에 대한 칼라특성을 분석하여 영상분할에 적당한 색 좌표계를 선정한다.
- 3) 플러그모의 칼라특성을 이용하여 효율적인 결주 및 불량모 인식 알고리즘을 개발하고 성능을 평가한다.

2. 재료 및 방법

가. 영상처리시스템 구성

결주 및 불량모를 인식하기 위한 영상처리시스템은 그림 1과 같다. CCD 카메라는 촬상소자가 1/2인치, 해상도(H×V) 659×494 Pixels로써 육묘

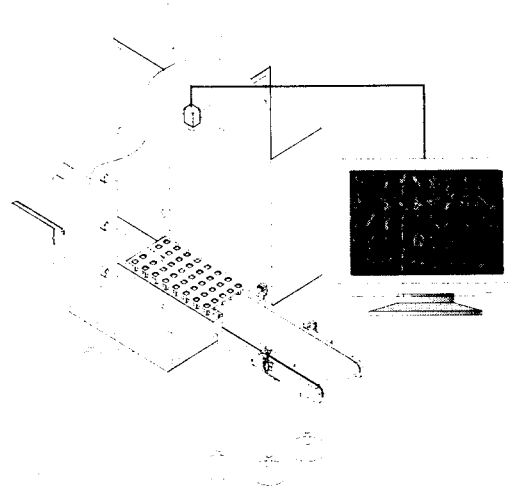


Fig. 1 Schematic diagram of image processing.

상자에 심겨진 어린 모 전체를 한꺼번에 입력하여 미세한 부분까지 특징값을 추출할 수 있도록 RGB 카메라(JAI CV-M70)를 사용하였고, 영상처리보드는 Matrox사의 Meteor-II/MC를 이용하였다. 조명장치는 36W/3파장 등을 이용하여 흰색 아크릴판(두께 5mm)을 통과한 산란된 빛이 육묘 트레이 전체를 가능한 균일한 조도로 비추도록 등간격으로 배치하여 빛의 직접 반사에 의한 잡음을 최소화하였다.

육묘공급을 위한 이송벨트는 입력영상의 잡음을 줄이기 위하여 무광 처리된 흑색의 고무벨트를 사용하였고 220VAC로 구동되며 속도조절이 가능하도록 제작하였다. 또한 카메라 중심에 육묘상자가 도달했을 때 영상처리를 하도록 투과형 광 센서로 육묘상자의 유무를 감지하여 컨베이어 구동모터를 ON/OFF 시켰다. 센서입력 및 모터의 ON/OFF 제어는 PCL-812PG(Advantech 사) 인터페이스 I/O 카드를 이용하여 제어하였고 영상처리프로그램 및 인터페이스 프로그램은 Microsoft Visual C++6.0을 이용하였다.

나. 적정 색 좌표계 선정

색채색차계(Minolta, Colorimeter CR-200)를 이용

하여 플러그모의 잎, 육묘상자, 상토에 대하여 CIE L*a*b* Color와 Hue Angle의 분포를 측정하였으며, 또한 잎, 육묘상자, 상토에서 측정된 각각의 Hue Angle 값에 대하여 동일한 값으로 표현되는 Munsell Color 값 등의 기초자료를 얻었다. 한편, 영상처리시스템의 CCD 카메라에서 입력된 RGB 영상을 HSI, L*a*b* 및 YIQ 색 좌표계로 변환시켜 잎, 육묘상자, 상토를 분리하는데 최적의 색 좌표계를 선정하였으며, 적정 색좌표계를 선정하기 위한 영상 분석은 CCD 카메라에 입력된 영상을 Bmp Format의 그림 화일로 변환한 후 영상 분석 Tool인 Image Pro 4.1(Media Cybernetics)을 이용하였다.

다. 영상처리알고리즘

(1) 잎 및 육묘상자 추출

잎을 추출하기 위해서는 L*a*b* 색 좌표계의 a 프레임과 YIQ 색 좌표계의 Q 프레임을 이용하여 비교하였고, 육묘상자는 HSI 색 좌표계의 H 프레임과 L*a*b* 색 좌표계의 b 프레임을 이용하여 분석하였다.

(2) 육묘상자의 셀 윤곽선 보정

2차화된 육묘상자의 끊어진 셀 윤곽선을 보정하기 위한 것으로써 2차화된 영상은 "0"과 "255"의 값을 가지는데 육묘상자에 해당하는 값은 "255"의 값을 가지는 부분이다. 그림 2는 끊어진 각 셀의

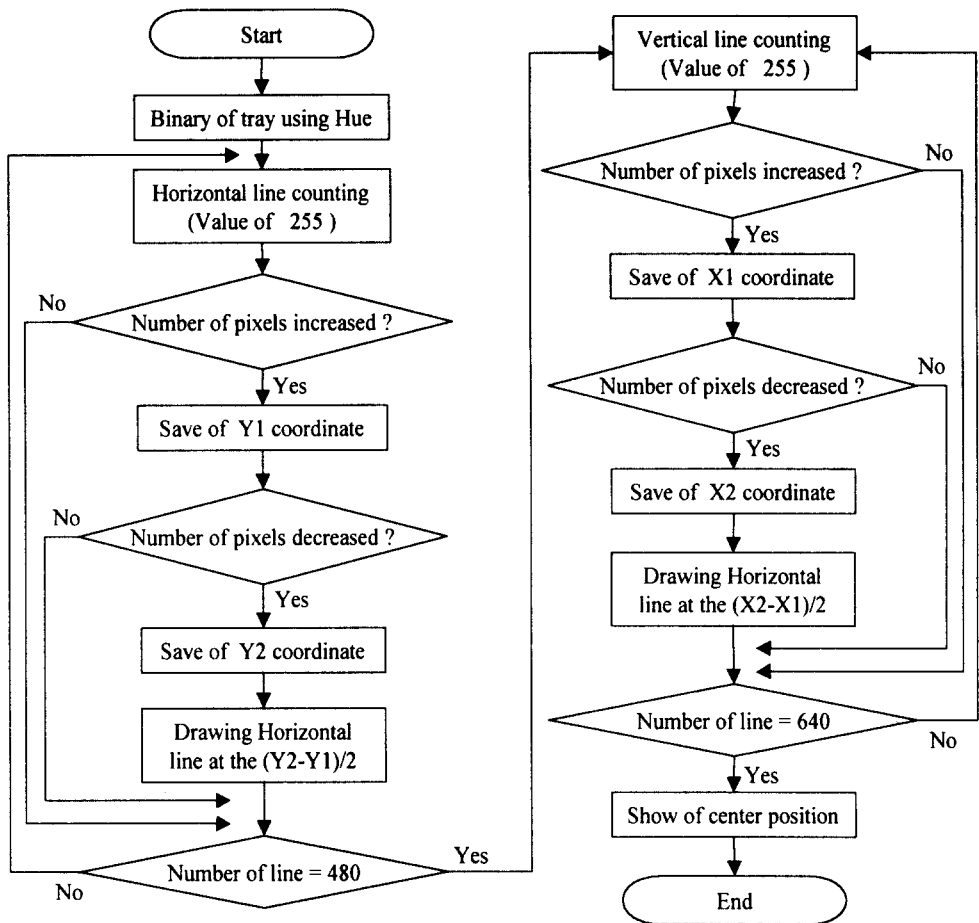


Fig. 2 Flowchart of the connection of cell border.

윤곽선을 보정하는 알고리즘으로써 위에서 아래로 한 라인씩 스캔해 가면서 "255"의 값을 갖는 각 라인에 대한 픽셀의 총 갯수를 센다. 라인 수를 증가하면서 스캔해 갈 때 셀 부분의 윤곽선이 일부 끊어져 있어도 셀 경계선에서는 "255"의 값을 가진 픽셀수가 갑자기 증가하게 되고, 셀의 두께에 해당하는 부분의 라인에 대한 픽셀수는 계속 큰 값으로 나타날 것이다. 한편 셀 경계선이 끝나는 지점에서는 "255"의 값을 가지는 픽셀수가 갑자기 감소하게 된다. 따라서 픽셀수가 크게 증가하는 부분의 위치와 갑자기 감소하는 부분의 위치의 중간 지점에서 셀의 경계선을 긋는다. 이 연구에서 사용된 Image Buffer의 가로×세로의 크기는 640×480이므로 이와 같은 작업을 480이 될 때까지 반복해서 수행하면 가로 방향의 윤곽선 보정이 끝나게 되고, 세로방향에 대해서는 왼쪽에서 오른쪽으로 한 라인씩 같은 방법으로 640라인을 반복 수행하면 육묘상자 전체의 윤곽선 보정이 완료된다.

(3) 이웃 셀에 걸쳐진 잎의 원래위치 판단 알고리즘

그림 3과 같이 1번 셀과 3번 셀은 결주가 난 셀이지만 2번 셀의 잎이 걸쳐져 있기 때문에 셀 안의 엽면적을 이용하여 결주모를 판단하고자 한다. 1번과 3번 셀에도 잎이 존재하는 것으로 잘못 판단할 수 있다. 따라서 여기서는 어린 모의 형상을 이용하는 방법으로써 2차화된 잎의 외접사각형 중심위치와 도심의 위치관계를 이용하여 이웃 셀에 걸쳐진 잎의 원래위치를 판단하는 알고리즘을 개발하였다. 외접사각형의 중심위치와 도심의 위치는 그림 3에서와 같이 ΔX 만큼 위치 차가 발생하게 된다. 따라서 도심의 위치가 외접사각형의 중심위치보다 크면 경계선의 오른쪽에 잎이 위치해 있고 작으면 경계선의 왼쪽에 잎이 위치하게 된다.

(4) 불량모 인식 알고리즘

불량모의 기준은 엽면적을 이용하여 상대적으로 잎의 발육이 부진한 상태의 모를 불량한 모로 정

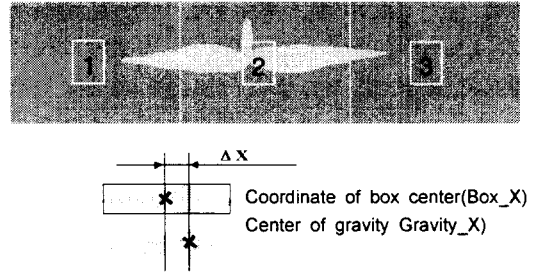


Fig. 3 Relationship between center of gravity and box center.

하였는데 육묘상자 안의 셀에 존재하는 잎의 평균 엽면적에 대한 상대 엽면적의 비율이 50% 이하가 되면 불량모로 판단하였으며, 육묘 관리자의 경험과 판단에 따라 불량모의 기준을 선택할 수 있도록 평가 기준인 상대 엽면적의 비율을 임의로 변경시킬 수 있도록 메뉴를 개발하였다.

(5) 영상처리프로그램

영상처리프로그램은 Windows 98환경에서 Visual C++6.0을 이용하였으며 카메라에서 입력된 RGB 영상은 색 좌표계 변환 테이블에 의해 "RGB↔HSI↔L*a*b*↔YIQ"로 변환 가능하고, 잎 및 육묘상자 추출에 각각 적당한 색 좌표계로 변환시켜 2차화 하고 잡음을 제거하기 위하여 형상필터인 Opening 및 Closing 필터를 이용하였다. 또한 서로 맞닿아 있는 잎의 개체화를 위하여 WaterShed 알고리즘을 이용하였다. 각 Blob에 대하여 면적, 주변길이, 중심위치, 펠렛비, Labeling 등을 구할 수 있게 하였고, 히스토그램 분석 및 데이터 파일 등을 저장할 수 있도록 하였다.

그림 4는 결주 및 불량모 인식을 위한 영상처리 프로그램의 전체 흐름도로써 육묘상자가 컨베이어 벨트에 공급되면 카메라의 중심부에 육묘상자가 위치되었는지를 광센서에 의해 감지되고, 센서에서 신호가 감지되지 않으면 계속해서 컨베이어를 구동하여 중심부에 위치하면 카메라에서 영상을 획득하여 잎 및 육묘상자를 추출하고 결주 모와 불량 모를 찾게 된다. 더 이상의 육묘상자 공급이 없으면 작업을 종료한다.

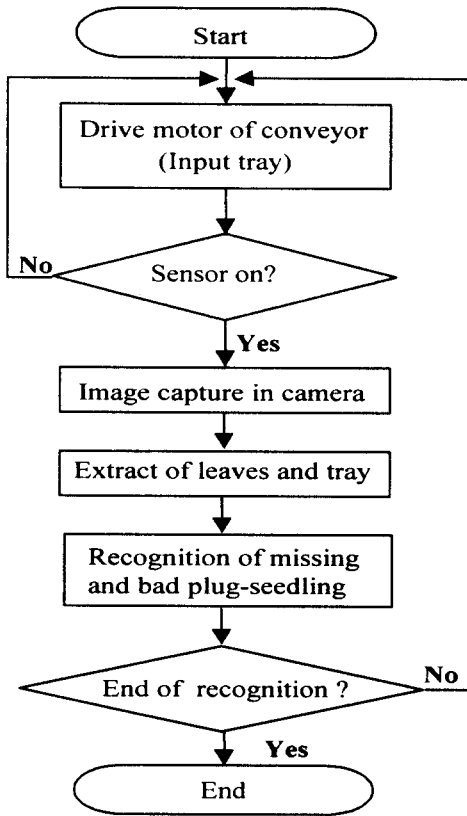


Fig. 4 Flowchart of image processing.

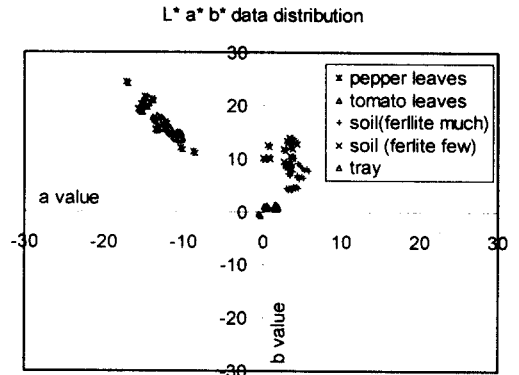


Fig. 5 Distribution of color feature.

를 이용하여 플러그묘의 잎, 육묘상자, 상토에 대하여 CIE L*a*b* Color와 Hue Angle의 분포를 측정하였으며, 또한 잎, 육묘상자, 상토에서 측정된 각각의 Hue Angle 값에 대하여 동일한 값으로 표현되는 Munsell Color 값 등의 기초자료를 얻었다.

그림 5는 보식할 시기에 있는 고추와 토마토의 잎, 육묘상자 및 상토의 색 분포도를 나타낸 것이다. 고추와 토마토는 색 성분의 차이가 거의 없는 것으로 나타났고, 육묘상자는 a 및 b의 값이 0 부근에서 측정되었으며, 상토는 펠라이트의 양에 따라 분산정도가 큰 것으로 나타났으나 다른 인자와 겹치지는 않았다. 잎, 육묘상자, 상토의 L*a*b* 색상은 추출하고자 하는 대상에 따라 a 및 b 프레임 을 이용하면 분리가 가능하지만, 이것은 색채색차 계로 대상 부분을 측정할 때 외부의 광이 차단된 CIE 표준광원을 사용하기 때문이다. 그러나 실제 영상처리시스템에서는 조명조건이 여기서 측정한 조건과는 다르기 때문에 조명의 영향을 받게 되므

3. 결과 및 고찰

가. 적정 색 좌표계 선정

(1) 색채색차계에 의한 칼라 특성 분석

표 1은 색채색차계(Minolta, Colorimeter CR-200)

Table 1 Distribution of color for the leaves, tray and soil

Item	Hue angle (°)	Munsell color	L*a*b* color	
			a*	b*
Leaves	128.8~130.2	GY	-15.67~-8.81	11.28~21.64
Tray	254.0~258.3	PB	-0.48~ 1.72	-0.48~ 1.32
Soil	70.3~ 79.1	Y~YR	0.06~ 5.60	4.36~10.52



Fig. 6 Picture of the test image.

로 CIE에서 제정한 광조건과 유사한 조명조건을 만들어주면 더 확실하게 분리될 것으로 판단된다.

(2) 색 좌표계 변환에 의한 적정 영상분할

그림 6은 파종후 3주가 경과된 고추를 영상처리 시스템의 CCD 카메라로 획득한 것으로써 잎, 육묘상자, 상토 각각에 대한 영상 영역 분할을 위한 적정 색 좌표계 선정시험을 실시하였다.

가) RGB 색 좌표계

입력영상에서 R, G 각 프레임에 추출하여 적정 영상분할을 위한 히스토그램을 분석하였다. 그림 7과 8은 R, G 각 프레임에 대하여 히스토그램 분포를 나타낸 것이다. 잎에 해당하는 영역의 임계값은 R 프레임에서는 Gray 값이 119 이상 일 때이고 G 프레임에서는 128 이상에서 나타났다. 또한 G 프레임에서는 잎에 해당하는 Gray 값의 피크와 골이 R 프레임에 비해 훨씬 뚜렷하게 분포하는데 이것은 잎에 포함된 RGB 성분이 Red 성분에 비해 Green 성분이 많기 때문에 R 프레임에서 추출한 영상보다 G 프레임에서 추출된 영상에서 잎의 분리가 용이하다는 것을 나타내고 있다. 또한 색채색차계에 의한 색상분포에서 알 수 있듯이 플러그 모에 포함된 Blue 성분은 거의 없기 때문에 B 프레임에 대한 히스토그램 분석은 하지

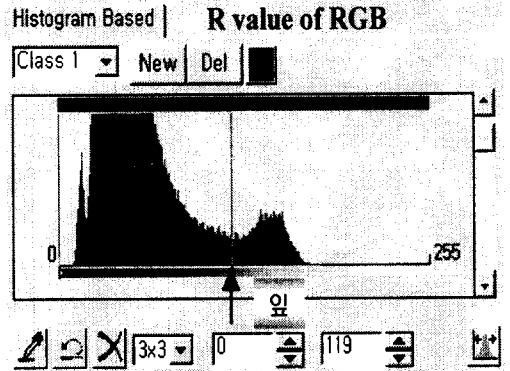


Fig. 7 Histogram of R of RGB.

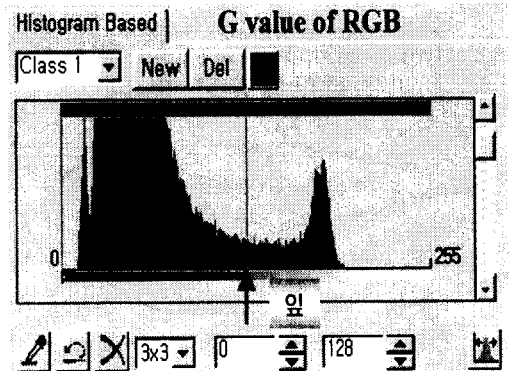


Fig. 8 Histogram of G of RGB.

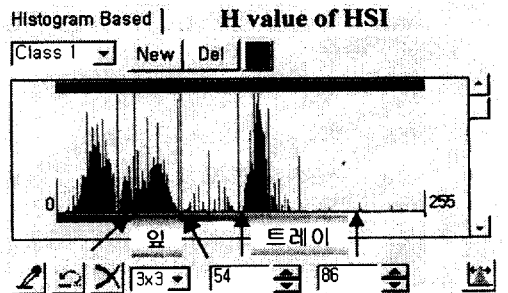


Fig. 9 Histogram of H of HSI.

않았다.

나) HSI 색 좌표계

그림 9는 카메라에서 입력된 RGB 영상을 HSI

색 좌표계로 변환한 후 H 프레임에서 추출된 영상의 히스토그램 분포이다. 위에 해당하는 임계값의 Gray 값 분포는 54~84이지만 이 영역에서는 상토의 색 성분과 중복되는 부분이 많기 때문에 잡음이 많이 발생하여 뚜렷하게 구분되지 않지만, 육묘상자를 추출하기 위한 임계값의 Gray 값은 123~182 사이에서 앞 및 상토와 거의 중복이 되지 않기 때문에 육묘상자의 추출에 적당한 색 좌표계인 것으로 나타났다.

다) L*a*b* 색 좌표계

그림 10 및 11은 L*a*b* 색 좌표계로 변환한 후 a 프레임과 b 프레임 각각에 대한 히스토그램 분석 결과이다. a 프레임에서는 잎의 영역과 배경에 대한 뚜렷한 골을 형성하는 부분인 118 이하를 임계값으로 설정하면 잎 추출이 가능하였고, b 프

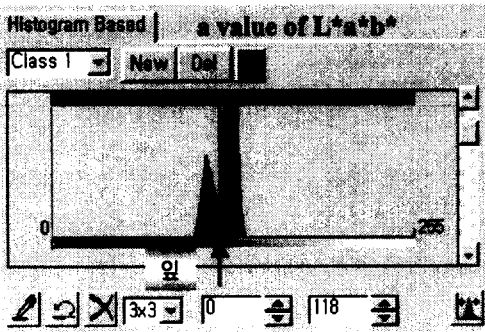


Fig. 10 Histogram of a of L*a*b*.

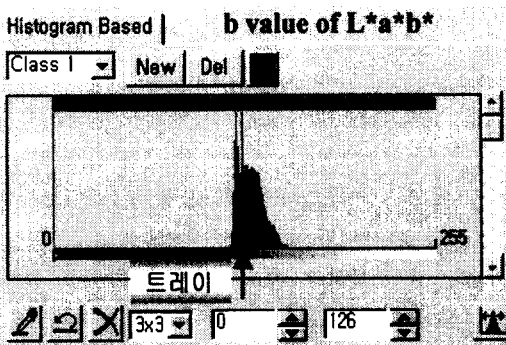


Fig. 11 Histogram of b of L*a*b*.

레이미에서는 임계값을 126 이하로 하면 육묘상자의 추출이 가능하였다.

라) YIQ 색 좌표계

그림 12는 입력된 RGB 영상에서 YIQ 색 좌표계로 변환한 후 Q 프레임을 이용하여 영상분할을 위한 히스토그램 분포를 나타낸 것이다. 잎의 영역에 해당하는 Gray 값의 임계값은 110 이하로써 L*a*b* 색 좌표계의 a 프레임에 비해 잎의 영역과 나머지 영역에 대한 피크와 골의 분포가 더욱 뚜렷하게 구분되는 것으로 나타났다.

나. 결주 및 불량모 인식

(1) 잎 추출

잎을 추출하기 위해서는 L*a*b* 색 좌표계와 YIQ 색 좌표계 모두 가능하지만 잎과 배경의 피크와 골의 깊이가 더욱 뚜렷이 구분되는 YIQ 색 좌표계의 Q 프레임을 이용하였다. 그림 13은 영상처리시스템의 입력영상을 YIQ 색 좌표계로 변환한 후 Q 프레임에서 Gray 값의 임계값이 110 이하가 되도록 설정하여 2치화한 후 잎에 해당하는 영상만 분리한 결과를 나타낸 것이다.

(2) 육묘상자 추출

육묘상자 추출은 HSI 색좌표계의 H 프레임과 L*a*b* 색 좌표계의 b 프레임을 이용하면 가능하다. 그림 14는 변환된 HSI 색 좌표계의 H 프레임

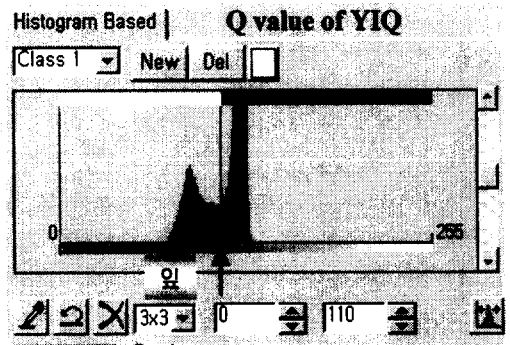


Fig. 12 Histogram of Q of YIQ.

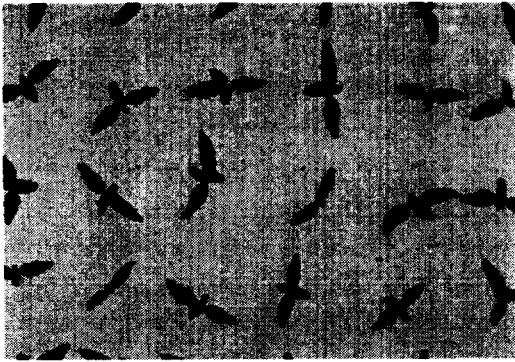


Fig. 13 Finding of leaves by Q of YIQ.



Fig. 15 Connection of cell border.

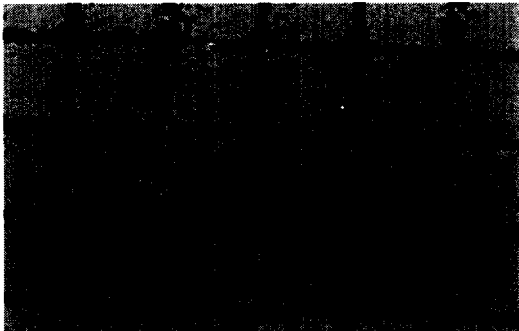


Fig. 14 Finding oftray by H of HSI.

에서 Gray 값이 123~182 사이에서 임계값을 설정하여 2치화한 결과를 나타낸 것이다. 셀 경계선에 앞이 걸쳐진 부분은 윤곽선이 끊어지게 되고 육묘상자와 상토의 색 성분이 중복된 부분에서도 윤곽선이 끊어지고 잡음이 발생하였다.

육묘상자에 심겨진 플러그 모는 이웃 셀에 걸쳐지는 경우가 많기 때문에 결주모를 판단하고자 할 때 실제로 결주가 난 셀에 이웃 셀에 있는 잎이 넘어오면 결주가 나지 않는 것으로 잘못 판단할 수가 있기 때문에 끊어진 윤곽선을 보정하여 각 셀의 위치를 번호를 부여하여 기억시키고 셀 경계선에 잎이 걸쳐지면 잎의 형상을 이용하여 도심과 외접사각형의 중심 위치의 편차를 이용하여 도심의 위치가 외접사각형의 중심위치보다 크면 경계선의 오른쪽에 잎을 위치시키고 작으면 경계선의 왼쪽에 위치시킴으로써 원래 위치를 판단할 수 있도록 하였다.

Table 2 Result of classification of missing and bad plug-seedling

Measurement	Image processing system		
	Good	Missing	Bad
Actual Good(650 cell)	614	1	6
Missing(18 cell)	1	11	-
Bad(18 cell)	2	-	16

그림 15는 이와 같이 끊어진 윤곽선을 보정하여 셀을 다시 긋고 Q 프레임에서 추출된 잎의 영상과 합성한 결과를 나타낸 것이다.

(3) 결주 및 불량모 인식 성능

표 2는 결주 및 불량모 인식 시험을 실시한 결과를 나타낸 것이다. 결주모 인식시험은 650셀을 대상으로 하였으며, 그 중에서 실제로 11셀이 결주가 발생하였으나 영상처리시스템에서는 1셀을 정상모로 잘못 판단하였다. 불량모는 실제 18셀 중에서 영상처리시스템에서는 16셀을 불량모로 판정하였고 2셀은 정상모로 오인식 하였다. 또한 정상모 621셀 중에서 1셀은 결주모로 판단하였고 불량모로 잘못 판단한 셀은 6셀 이었다.

결주모를 정상모로 잘못 판단한 것은 이웃 셀에서 넘어온 잎의 방향이 비스듬할 때 도심과 외접사각형의 중심 위치가 본 연구에서 제시한 원래 위치를 판단할 수 있는 알고리즘과 부합되지 않았기

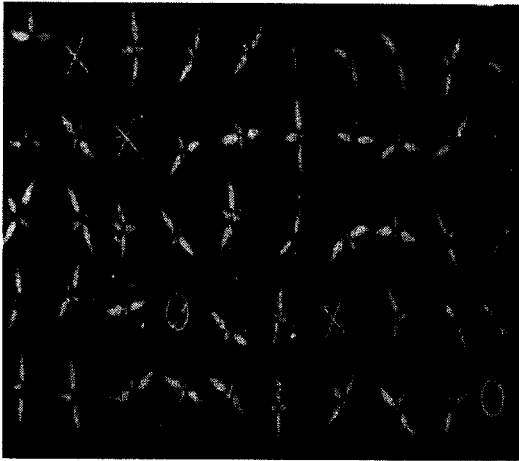


Fig. 16 Result of missing and bad plug-seedling.

때문이었으며, 정상모를 불량모로 잘못 판단하거나 불량모를 정상모로 잘못 판단한 것은 엽면적이 두 기준을 구분하는 임계값 부근에 있을 때 오차가 발생하였고, 또한 육묘상자 안의 각 셀에 존재하는 잎의 평균 엽면적에 대한 상대 엽면적의 비율을 기준으로 하여 불량모를 판단하는데 있어서 결주모를 정상모로 잘못 판단하거나 정상모를 결주모로 잘못 판단하면 평균 엽면적의 값이 실제보다 높아지기도 하고 낮아지기도 하기 때문에 불량모 판단에도 영향을 주기 때문인 것으로 판단되었다.

그림 16은 CCD 카메라에 입력된 플러그 모에 대해 결주 및 불량모를 인식한 결과를 나타낸 것이다. 결주모는 “×”로 표시하였고, 불량모는 “○”로 표시하였다. 각 셀에는 일련 번호를 부여하여 각 번호에 대한 2차원 위치가 기억된다. 따라서 머니플레이터 및 핸드가 개발되면 결주 및 불량모의 위치는 각 셀에 부여된 번호에 따라 그 번호에 맞는 위치로 로봇 핸드가 이동되어 보식하게 될 것이다.

4. 요약 및 결론

이 연구는 결주 및 불량모를 제거하고 우량모를 보식하는 로봇을 개발하기 위하여 결주와 불량모

를 인식할 수 있는 시각장치를 개발하기 위하여 수행되었다. 이를 위하여 플러그 모의 칼라특성을 분석하여 잎, 육묘상자, 상토를 가장 잘 분리해 낼 수 있는 적정 색좌표를 선정하고, 2차화된 잎의 형상 분석을 통하여 이웃 셀에 걸쳐진 잎의 원래 위치를 판단할 수 있는 알고리즘을 개발하였으며, 끊어진 육묘상자 각 셀의 윤곽선을 보정하여 결주모의 위치를 인식하였다. 불량모는 육묘상자 안의 각 셀에 존재하는 잎의 평균 엽면적에 대한 상대 엽면적의 비율을 이용하여 상대적으로 발육이 부진한 모를 불량모로 판단하였다. 주요 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 색채색차계(Minolta, CR-200)를 이용하여 잎, 트레이, 상토에 대한 칼라특성 분포를 측정된 결과 $L^*a^*b^*$ 색 좌표계 중에서 a 프레임에 의한 잎의 분리가 가능하였고, b 프레임을 이용하면 육묘상자의 분리가 가능함을 알 수 있었다.

2) 영상처리시스템에 입력된 영상을 이용하여 영상분할에 적합한 색 좌표계를 선정하였다. 잎을 추출하기 위해서는 RGB 색 좌표계의 G 프레임에서 Gray 값이 128 이상일 때 가능하였고, $L^*a^*b^*$ 색 좌표의 a 프레임에서는 118 이하를 임계값으로 하고 YIQ 색좌표계의 Q 프레임에서는 110 이하로 하면 모두 잎 추출이 가능하였으나, Q값을 이용하는 것이 피크와 골의 깊이가 가장 뚜렷하여 분리가 용이한 것으로 나타났다. 육묘상자 추출은 $L^*a^*b^*$ 색 좌표의 b 프레임에서 임계값을 126 이하로 하면 가능하고 HSI 색 좌표계의 H 프레임에서는 123~182로 하면 육묘상자의 추출이 가능하였다.

3) 결주가 발생한 셀에 이웃 셀의 잎이 걸쳐지면 정상모로 잘못 판단하기 때문에 이를 보정해주는 알고리즘을 개발하였다. 모의 형상을 토대로 도심과 외접사각형 중심의 위치관계를 이용하여 이웃 셀 경계선으로 걸쳐진 잎의 원래 위치를 판단하였다.

4) 생육 부진에 의한 불량모는 육묘상자 안에 존재하는 잎의 평균 엽면적에 대한 상대 엽면적의 비율이 50%이하일 때 불량모로 판단하였으며, 육묘 관리자의 경험과 판단에 의해 선택할 수 있는

메뉴를 개발하였다.

5) 결주모 인식시험은 650셀을 대상으로 하였으며, 그 중에서 실제로 11셀이 결주가 발생하였으나 영상처리시스템에서는 1셀을 정상모로 판단하였다. 불량모 인식은 18셀 중에서 영상처리시스템에서는 16셀을 불량모로 판정하였고 2셀은 정상모로 오인식 하였다. 또한 정상모 621셀 중에서 1셀은 결주모로 판단하였고 불량모로 잘못 판단한 셀은 6셀이었다.

참 고 문 헌

1. Kim, C. S., M. S. Kim and K. D. Kim 1999. Image Processing Algorithm for Robotic Plug-Seedling Transplanter. J. of the Korean Society for Agricultural Machinery 24(1):51-88(In Korea).
2. Kim, K. D., O. Shigehisa and K. Takayuki 1995. Development of an Automatic Robot System for a Vegetable Factory. Proceedings of ARBIP95, Kobe : 157-163.
3. Lee, D. W. 1990. A Robotic and Vision System for Locating and Transferring Container Grown Tobacco Seedling. Graduate Faculty of North Carolina State Univ. Ph. D. Thesis.
4. Manzo, U., S. Kazuhiro and M. Shingo 1993. Machine Vision Classification of Seeds Using Color Feature. ASAE Meeting Paper (98-3044).