

기계시각을 이용한 정밀방제요구부위의 검출

Detection of specific-area for precision spraying using machine vision

조성인*	이대성*	배영민*
정회원	정회원	정회원
S.I.Cho	D.S.Lee	Y.M.Bae

1. 서론

현대농업에서 농약의 종류는 점점 더 늘어나게 되었고 또한 사용되는 양도 증가되는 경향을 보여왔다. 그러나 병해충 방제에 필요한 농약의 양은 살포되는 양의 0.1 ~ 75 %의 범위이며 나머지는 사용목적에 부합되지 않는 형태로 존재한다. 이것은 토양과 수질의 오염뿐만 아니라, 식품의 안전성에도 직접적인 영향을 미친다. 따라서 환경을 보호하는 방향으로 농약을 효율적으로 사용해야만 한다.

미국과 유럽등 농업선진국에서는 이 목적을 달성하기 위해 점살포기 또는 지능방제기를 가능하게 하는 센서에 대한 연구를 진행하고 있다. 대상체를 찾아내고 특징화하고 해석하는 작업을 가능케 하는 하나의 대안이 바로 기계시각을 이용하는 것이다. 이것의 실현을 통한 점살포방법을 이용하면 잡초에 있는 부분에만 제초제를 살포하여 농약의 총투입량을 크게 줄일 것이다. 따라서 같은 과의 작물과 잡초 또는 잡초들 사이의 타당한 분류기준을 찾아내어 잡초를 식별할 수 있는 시각센서를 고안하는 것이 이 연구의 궁극적인 목적이다.

이를 위해 본 연구에서는 우리 나라에서의 정밀방제 효율성에 초점을 맞추어 대상 작물을 선택하였으며 밭에서 작물에 가장 큰 피해를 주는 잡초들을 대상 잡초로 선택하였다. 이들의 영상으로부터 기하학적 특징을 추출하여 노지에서 잡초를 검출할 수 있는 가능성을 알아 보았다.

2. 재료 및 방법

가. 공시재료의 선택

본 연구에서는 고추, 참외, 수박, 무, 배추에 대해 제초제가 뿌려지는 시기와 재배환경을 고려했다. 이를 통해 정밀방제의 효율성을 각 작물들에 대해 평가하여 공시재료를 무로 선택했다.

형태적인 특징은 같은 생장 시기에는 영상의 크기나 방향에 영향을 받지 않는다. 그렇지만, 생장 시기에 따라 형태적인 특징은 약간씩 변하기 때문에 본 연구에서는 경엽처리제가 뿌려지며 잎의 겹침이 적어 구분이 수월한 잎이 3 내지 5개일때의 식물을 대상으로 하였다.

* 서울대학교 농업생명과학대학 생물자원공학부

채소밭에서의 강해충의 정도를 나타내는 우점순위를 바탕으로 본 연구에서는 채소밭의 대표적인 우점잡초(dominant weed), 즉 쇠비름(purslane), 명아주(goosefoot), 바랭이(crabgrass)를 대상잡초로 정하였다.

밭작물에 피해를 주는 잡초는 화본과와 광엽과로 크게 나눌 수 있는데 대상으로 하는 잡초 중 바랭이는 화본과의 외떡잎식물이며, 쇠비름·명아주는 광엽잡초로 쌍떡잎식물이다. 대상작물인 무 역시 광엽식물이다. 현재에는 화본과에만 작용하는 선택성 제초제를 작물 출현 후 밭 전체에 대해 사용할 수 있기 때문에 화본과 잡초와 광엽잡초의 구분이 중요하다. 그러나 정밀방제의 적용에서는 형상인자를 이용한 쌍떡잎식물간의 구분보다는 쌍떡잎식물과 외떡잎식물간의 구분이 용이하다는 관점에서 화본과 잡초와 광엽잡초의 구분이 중요하다.

나. 영상획득

본 실험에서의 영상획득과 영상정보 추출은 그림 2와 같은 장비를 이용하여 이루어졌다. 디지털 카메라(모델SDC-33, Samsung, Korea)로 3~5엽의 무·쇠비름·명아주·바랭이 각각에 대해 10개씩의 칼라영상을 얻었다. 이것을 TIF 형식의 그래픽 파일로 저장되었다. 기하학적 특징 추출 과정은 전체 영상에서 작물 및 잡초를 분리해 내는 작업과 분리된 영상으로부터 기하학적 특징을 얻어내는 작업을 통해서 이루어졌다. 그래픽 처리 소프트웨어인 photoshop(Adobe System, USA)을 이용하여 영상에서 대상체(작물, 잡초)를 분리하였다. 분리된 대상체의 영상은 영상처리 소프트웨어인 Image-Pro Plus(Media Cybernetics, USA)를 통해 기하학적인 특징을 추출하였다.

다. 기하학적 특징 추출

이치화된 영상으로부터 둘레, 면적, 장·단축의 길이등 기본적인 값을 추출하였다. 이를 이용하여 여덟가지의 형태적인 인자 값을 구하였다. 각 인자들의 정의는 표 1에 나타내었다.

Table 2. The definition of shape features

Shape Features	Definition
Aspect	$\frac{\text{major}(\text{axis})}{\text{minor}(\text{axis})}$
Roundness	$\frac{4 * \pi * \text{area}}{\text{perimeter}}$
Compactness	$\frac{100 * \text{area}}{\text{perimeter}^2}$
Elongation	$\frac{\text{major}(\text{axis}) - \text{minor}(\text{axis})}{\text{major}(\text{axis}) + \text{minor}(\text{axis})}$
PTB	$\frac{\text{perimeter}}{2(\text{length} + \text{width})}$
LTP	$\frac{\text{length}}{\text{perimeter}}$
LTW	$\frac{\text{length}}{\text{width}}$
PTAL	$\frac{\text{perimeter}^3}{100 * \text{area} * \text{major}(\text{axis})}$

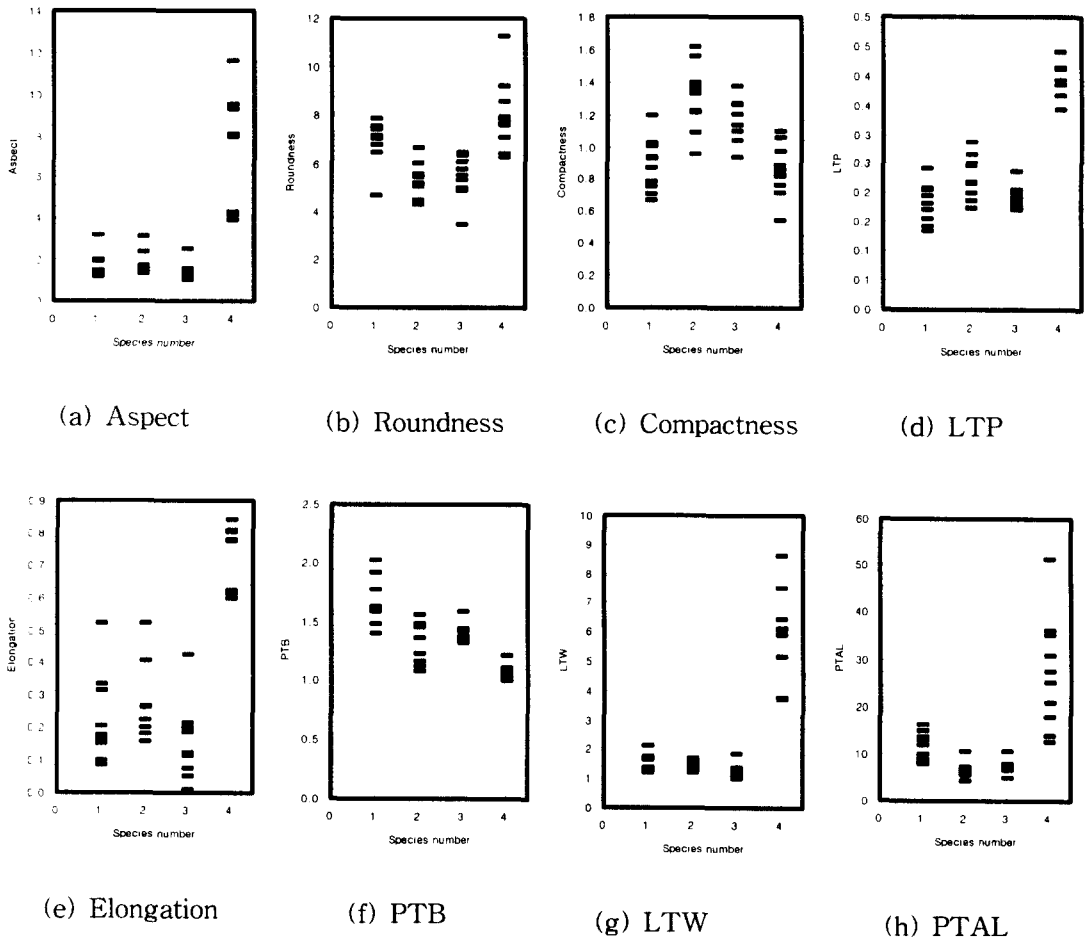
라. 판별분석

관찰결과 판별력을 높이기 위해 잡초의 형상특성에 대해 판별분석을 시행하였다. 이 연구에서는 양적 변수들을 토대로 관측값을 몇 개의 집단으로 분류하기 위한 여러 판별함수들을 계산하는 SAS(SAS Institute Inc., USA)의 DISCRIM Procedure 을 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 기하학적 특징 추출 결과

형상인자를 얻기 위한 기본적인 작업으로 원래의 이미지로부터 대상식물을 분리하여 흑백이미지로 저장하여 각 형상인자에 대한 값을 구하였다. 측정 결과 값을 그림 1에 나타내었다.



* 1: radish, 2: purslane, 3: goosefoot, 4: crabgrass

Figure 1. Shape features of various plants.

그림 1에서 여러 형상인자에서 바랭이가 다른 광엽식물과는 판이한 결과 값을 갖는 것을 쉽게 관찰할 수 있다. 특히 그림 1 (a)·(d)·(e)·(g)의 aspect, LTP, elongation, LTW에서 좁고 긴 잎의 형태특징으로 인하여 큰 값을 갖는다. 이것은 바랭이가 하나의 형상인자만으로 구분될 수 있는 가능성을 보여준다.

그림 1 (f)·(h)의 PTB, PTAL에서 무의 측정 결과 값이 대체로 크게 나타났다. 이것은 무 잎의 윤곽이 톱니모양이어서 둘레의 길이가 상대적으로 길기 때문이다.

그림 1 (g)의 LTW에서 작물번호 3으로 표기된 명아주의 값이 1 근처에서 거의 일정함을 알 수 있다. 이것은 명아주가 네 잎으로 대칭형을 이루고 있기 때문이다.

나. 형상데이터의 판별분석

위에 나타난 형상인자 결과를 이용하여 잡초 및 작물, 또는 잡초간의 구분 가능성을 알아보기 위하여 판별분석(discriminant analysis)을 수행하였다.

1) 화본과 식물과 광엽과 식물과의 구분

바랭이(화본과)와 나머지 식물(광엽과)과의 구분은 하나의 형상인자만으로 수행되었다. 바랭이 10개의 이치화된 이미지를 X 그룹으로, 나머지 식물의 30개의 이미지를 Y그룹으로 분류하여 입력한 데이터에 대한 결과 값을 얻었다. 바랭이의 이미지 10개 모두를 바랭이로 옳게 판별한 형상인자 4가지를 표 2에 나타내었다.

Table 2. Classification results using aspect, elongation, LTP and LTW.

* X : crabgrass, Y : the others (radish, purslane, goosefoot)

From \ To	Aspect		Elongation		LTP		LTW		Total
	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	
Y	93.33% (28)	6.67% (2)	93.33% (28)	6.67% (2)	100.0% (30)	0.00% (0)	100.0% (30)	0.00% (0)	100.00% (30)
X	0.00% (0)	100.0% (10)	0.00% (0)	100.0% (10)	0.00% (0)	100.0% (10)	0.00% (0)	100.0% (10)	100.00% (10)
Total Percent	70.00% (28)	30.00% (12)	70.00% (28)	30.00% (12)	75.00% (30)	25.00% (10)	75.00% (30)	25.00% (10)	100.00% (40)

그림 4에서와 같이 바랭이의 좁고 긴 잎의 형태특징때문에 큰 값을 보였던 형상인자의 경우 판별분석에서 높은 판별률을 보였다. 특히 LTP, LTW에서는 바랭이와 나머지 식물과의 구분이 정확히 이루어졌다.

2) 무·쇠비름·명아주 사이의 구분

무·쇠비름·명아주의 이치화된 30개 이미지를 형상인자 하나 또는 두 개를 이용하여 판

별분석을 시행하였다.

(1) 형상인자 하나만을 이용한 경우 (일차원 판별)

무는 상대적으로 둘레의 길이가 길기 때문에 둘레의 길이에 직접적인 영향을 받는 compactness와 roundness의 형상인자에서 판별률이 높게 나타났다. 명아주는 대칭적인 전체형상의 특성 때문에 가로와 세로의 길이비(aspect, LTW) 또는 가로와 세로 길이의 합(PTB)과 관련한 형상인자로 잘 판별되었다. 이에 비해 쇠비름은 위에서 본 형상에서 앞의 수가 2~4개로 일정치 않아 다른 식물에 비해 판별률이 높지 않았다.

(2) 형상인자 두 개를 이용한 구분(이차원 판별)

무·쇠비름·명아주에 대한 판별률을 높이기 위해 형상인자 두 개를 이용하는 판별분석을 수행하였다. 여덟가지의 형상인자 중 가능한 두 개의 조합인 24가지의 경우를 조사하여 결과를 표 3에 나타내었다.

이차원 판별결과로부터 무는 PTB, LTP, LTW, Elongation과 관련한 형상인자의 조합에서 잘 구분됨을 알 수 있다. 여기서 LTP, LTW, Elongation은 1차원 분석결과에서도 무에 대한 판별률이 높았던 형상인자이다. 쇠비름은 (LTP, PTB)에서, 명아주는 (Compactness, PTB)와 (PTAL, PTB)에서 판별률이 높았다. 이차원 판별결과에서 PTB가 무에서 뿐만 아니라 쇠비름, 명아주에서도 좋은 판별결과를 보이는 형상인자로서 작용함을 알 수 있다.

가장 좋은 판별결과를 보인 (LTP, PTB)와 (Compactness, PTB) 값의 이차원 분포도를 그림 2과 그림 3에 나타내었다. 형상인자 (LTP, PTB)를 사용한 경우, 각 10개씩의 이미지로부터 무를 9개, 쇠비름을 9개, 명아주를 8개 올바르게 구분하였으며, (Compactness, PTB)의 경우는 무를 9개, 쇠비름 7개, 명아주 9개를 올바르게 판별하였다.

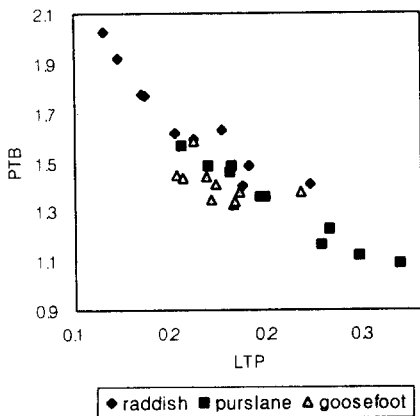


Fig 2. Plot of (LTP, PTB) set.

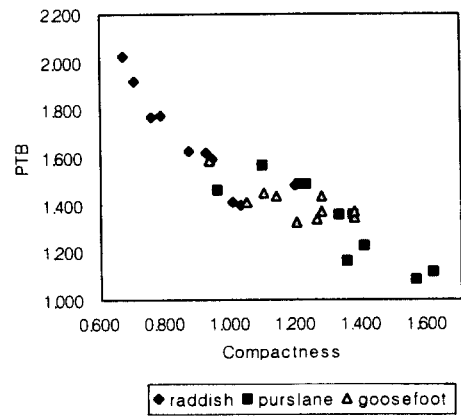


Fig 3. Plot of (Compactness, PTB) set.

Table 3. Numbers correctly classified by two shape features

Shape Features	Numbers of Correct Classification			
	Radish	Purslane	Goosefoot	Total
(Aspect, Compactness)	8	6	8	22
(Aspect, Elongation)	0	8	6	14
(Aspect, LTP)	7	6	8	21
(Aspect, LTW)	5	4	8	17
(Aspect, PTAL)	7	6	8	21
(Aspect, PTB)	* 9	7	8	24
(Aspect, Roundness)	* 9	4	8	21
(Compactness, Elongation)	* 9	6	7	22
(Compactness, LTP)	* 9	6	7	22
(Compactness, LTW)	* 9	7	8	24
(Compactness, PTAL)	7	6	5	18
(Compactness, PTB)	* 9	7	* 9	25
(Compactness, Roundness)	* 9	8	5	22
(Elongation, LTP)	8	6	8	22
(Elongation, LTW)	4	6	8	18
(Elongation, PTAL)	7	7	7	21
(Elongation, PTB)	* 9	7	7	23
(Elongation, Roundness)	* 9	5	7	21
(LTP, LTW)	* 9	7	8	24
(LTP, PTAL)	7	6	8	21
(LTP, PTB)	* 9	* 9	8	* 26
(LTP, Roundness)	* 9	6	8	23
(LTW, PTAL)	7	7	7	21
(LTW, PTB)	8	8	8	24
(LTW, Roundness)	* 9	7	8	24
(PTAL, PTB)	8	7	* 9	24
(PTAL, Roundness)	8	7	5	20
(PTB, Roundness)	8	4	7	19

* : Classification results of the best shape features that distinguished radish, purslane, and goosefoot.

4. 요약 및 결론

본 연구는 우리 나라에서의 정밀방제 효용성에 초점을 맞추어 무를 대상작물로, 밭에서 작물에 가장 큰 피해를 주는 쇠비름·바랭이·명아주를 대상 잡초로 선택하여 이들의 영상으로부터 기하학적 특징을 추출하여 노지에서 잡초를 검출할 수 있는 가능성을 알아보고자 수행되었다.

무·쇠비름·명아주·바랭이의 칼라이미지를 디지털 카메라를 통해 얻어 Image-Pro

Plus(Media Cybernetics, USA)를 통해 기본적인 기하학적 특징을 추출하였다. 이 값들을 이용하여 무차원의 여러 형상인자 값을 계산하여 판별분석을 수행하였다. 판별분석은 바랭이(화본과)와 나머지 식물(광엽과)의 구분, 쇠비름·명아주·바랭이 사이의 구분으로 나누어 수행되었다.

연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 화본과 식물과 광엽과 식물의 이미지 40개 모두가 하나의 형상인자 LPT 또는 LTW를 사용하여 정확히 판별되었다.
2. 형상인자 하나만을 통한 일차원 판별에서 무는 compactness와 roundness에 의해, 쇠비름은 PTAL에 의해, 명아주는 aspect와 PTB에 의해 가장 잘 구분되었다.
3. 형상인자 두 개를 이용한 무·쇠비름·명아주 사이의 이차원 판별에서는 (LTP, PTB)가 각 10개씩의 이미지로부터 무의 이미지를 9개, 쇠비름 9개, 명아주 8개를 올바르게 판별하였다.

본 연구에서는 무차원 형상인자만을 고려했지만, 실제 노지에서의 기계시각 시스템에서는 둘레의 길이, 면적등 기본적인 기하학적 정보를 판별기준으로 사용할 수 있다. 실제로 무와 쇠비름사이에는 둘레의 길이, 면적등의 값에서 큰 차이가 난다. 또한 작물이 일정한 간격으로 배열되어 있다는 확실적인 정보 역시 판별력을 높일 수 있다.

본 연구의 결과에 이와 같은 정보가 더해진다면 노지에서의 작물과 잡초의 정확한 구분이 이루어지리라 기대된다.

5. 참고문헌

1. 농촌진흥청. 1992. 한국의 밭잡초. 농촌진흥청.
2. D.M. Woebbecke, G.E. Meyer, K. Von Bargen, D.A. Mortensen. 1995. Shape features for identifying young weeds using image analysis. Transactions of the ASAE 38(1):271-281
3. J.V. Benlloch, T. Heisel, S. Christensen, A. Roads. 1997. Image processing techniques for determination of weeds in cereal. BIO-ROBERTICS'97 international workshop on robotics and automated machinery for bio-products :195-199