기계시각과 DGPS를 이용한 정밀방제 시스템 개발
Development of Precision Spraying System Using Machine Vision and DGPS

조성인* 정재연* 김유용* 남기찬*
S.I.Cho J.Y.Jeong Y.Y.Kim K.C.Nam

1. 서론

증가하는 세계 인구와 더불어 식량 문제가 가장 큰 외교문제의 하나로 대두되고 있다. 이러한 이유로 국가적 차원의 식량확보 및 안보 차원의 농업 생산성의 증대를 위해 노력해왔으며, 이 과정에서 화학비료와 농약의 사용량의 증가가 불가피하였다. 하지만 이러한 농약 사용량의 증가는 경영비 증가에 따른 단위 농업생산성을 저하시키며, 국민의 식생활 증가에 따른 농산물의 품질향상에 대한 기대에 반할 뿐 아니라 국민보건 증진 측면에도 악영향을 미치게 된다. 또한 토양 및 수질오염의 원인이 되기도 한다.

따라서 이러한 문제점을 해결하기 위한 근본적 대책으로서 농약의 사용을 줄이는 것이 필요하며, 농약 사용량 중 큰 부분을 차지하는 제초제의 감소에 관한 연구 역시 절실하다.

본 연구에서는 기계시각과 GPS 및 지자기센서를 이용하여 작물의 위치정보를 이용하여 실시간 적용 가능한 잡초검출 및 방제 시스템을 개발하고자 하며, 다음과 같은 구체적인 목적을 가진다.

1) CCD(color coupled device) 칼라 카메라와 DGPS(differential global positioning system) 및 지자기 센서를 부착한 이동형 영상획득 장치를 구성하며, 획득한 영상을 통해 잡초검출 알고리즘을 개발한다.
2) 분무 장치를 구성하고 노즐별로 ON/OFF 제어가 가능하도록 컨트롤러를 제작한다.
3) 구성된 장치를 통합하여 잡초 검출 및 약제 살포 성능을 평가 및 검증한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 영상처리부의 구성

실제 노지에서 이미지를 획득하기 위해 영상처리시스템을 구축하였다..

영상입력장치로는 RGB CCD 칼라 카메라(JVC, TK-1070U)를 사용하였다. 노광에서의 다양한 광량 조건을 일정한 범위 내에서 유지하기 위해 Auto Iris 렌즈(COSMICAR/PENTAX, 8mm F1.4)를 사용하였다.

영상을 입력받아 처리하는 프레임그래버는 Matrox사의 Genesis-LC를 사용한다. 또한 고

* 서울대학교 농업생명과학대학 농공학과
+ 본 연구는 농림기술관리센터의 첨단기술개발과제로 수행되었음.

르지 못한 노지에서의 작업조건을 감안하여 발생할 수 있는 시스템의 불안정성을 감소시키기 위해 산업용 PC를 사용하였으며 CPU는 Pentium II-400을 사용하였다. 영상처리부의 구성을 요약하면 표 1과 같다.

Table 1. Specifications of the image processing

Camera	RGC CCD(JVC, TK-1070U)
Lenz	COSMICAR PENTAX, C814E 8mm F1.4
Frame grabber	MATROX Genesis-LC
Case and mainboard	Industrial PC
Main CPU	Intel Pentium II 400

2.2. 위치정보 획득 센서 및 알고리즘의 구성

본 연구에서는 수치지도 제작에 사용되는 2cm 내의 정밀도를 가진 DGPS (NOVATEL, Propak II RT-2)를 사용한다. 또한 기지국의 레퍼런스 신호를 받아들이기 위한 무선 모뎀으로는 GLB사의 SNRDS 모델을 사용한다. 농촌진흥청 농업기계화연구소의 기지국을 사용하며 기지국의 위치는 경도 37.27400812, 위도 126.98301750이다.

GPS를 통해 영상의 좌표를 얻을 경우 작업기의 현재 자세에 대한 보정이 필요하다. 지구의 자극(magnetic pole)에 의한 절대적인 방위값을 얻기 위해 지자기 센서(KVH, C-100)를 사용하였다.

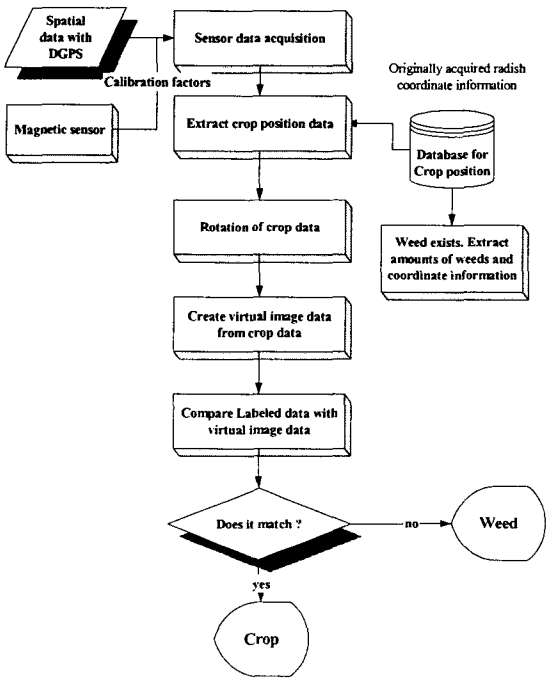


Fig. 1 Algorithm for processing of spatial information

실험에 사용할 장치는 DGPS, 지자기 센서 각각에서 신호를 받아들이고 최종적으로 분무장치에 구동 신호를 전달하여야 한다. 이와 같이 다양한 장치에서의 데이터 전송은 시리얼 통신을 통해 이루어지는데 컴퓨터에 장착된 기본 시리얼 통신 포트는 2개이다. 따라서, 이를 확장하기 위해 확장 4포트 시리얼 포트(Systembase, MULTI-4/PCI)를 사용하며, 데이터 전송이 단거리 상에서 이루어지므로 RS-232통신 규약을 사용한다.

구성된 영상장치와 좌표정보 획득 센서를 이용하여 잡초의 위치정보 검출 알고리즘을 구성하였다. 구성한 알고리즘을 그림 1에 나타내었다.

2.3. 변량 제어 분무 시스템의 구성

방제액 통, 솔레노이드 밸브, 모터, 펌프 및 노즐로 이루어진 살포기를 제작하여 제어하고자 하였다.

제초액통으로부터 제초액을 공급하기 위해 다이어프램형 펌프를 사용한다. 레귤레이터는 크게 두 부분에 사용된다. 먼저 펌프에서 최초로 나오는 제초액의 압력을 일정하게 유지시키기 위해 여수관이 장착된 레귤레이터를 사용하였다. 토출부에 적용 가능한 최대 압력은 50kg/cm^{2}이다. 각 노즐의 앞에 장치하여 노즐의 빈번한 ON/OFF시에 발생할 수 있는 시스템의 불안정성을 줄이기 위해 다이어프램식 레귤레이터를 노즐별로 부착하였다.

기존의 일관적인 노즐분무가 아닌 노즐별로 변량제어가 가능하도록 분무 시스템을 구성하기 위해, 필드의 면적과 작업 속도에 따른 제초량을 계산하여 펌프를 선정한다. 선정된 펌프의 유량에 따른 노즐을 선정하고, 전체 압력을 일정 한도 내로 유지시키기 위해 압력 레귤레이터를 사용한다. 압력 레귤레이터를 거친 제초액을 각각의 노즐로 공급되며, 컴퓨터에서 보내지는 제어 신호를 통해 분무가 이루어지도록 한다. 변량 제어를 가능하게 하기 위해 여러 개의 노즐별로 각각 솔레노이드 밸브 및 레귤레이터를 설치하여 각각에 대한 ON/OFF 제어를 가능하게 한다. 본 연구에 사용한 시스템의 구성도는 그림 2와 같다.

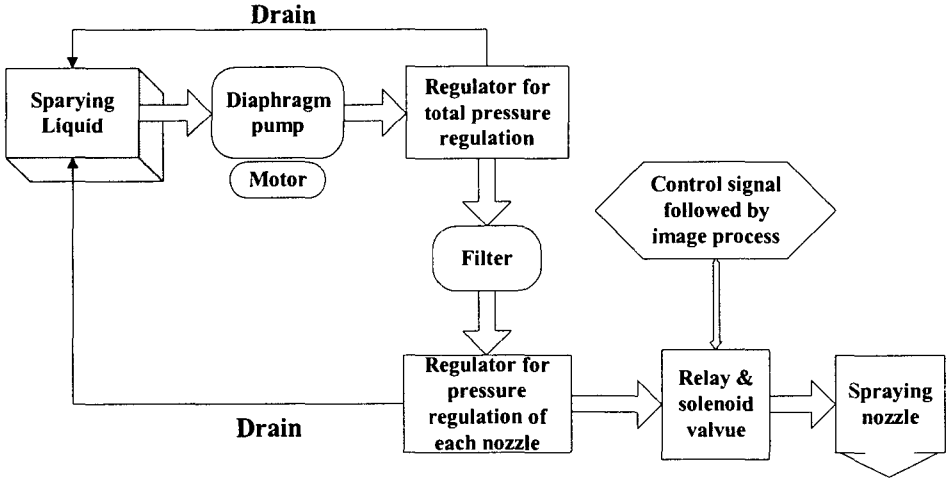


Fig. 2 Schematic of the variable rate spraying system

2.4. 이동작업차량

GPS 수신기를 이용하여 작성된 공간정보를 가지고 있는 포장에 대하여 속성정보로 입력하여 수치지도를 제작하고, 제작된 수치지도를 바탕으로 실제 포장에서 방제가 가능한 운반차를 제작 및 성능평가를 하고자 하였다. 실제 필드에서의 작업성을 측정하기 위해 5마력 엔진을 동력원으로 하고 조향장치, 제동장치 등이 포함된 운반차량을 제작하였다. 제작된 운반차량에는 영상처리부, 위치신호 획득용 DGPS 시스템 및 지자기 센서, 분무 시스템, 분무

제어기 및 발전기가 통합되어 설치되었다. 이동작업차량의 개념도를 그림 3에 나타내었으며 실제 제작된 모습을 그림 4에 나타내었다.

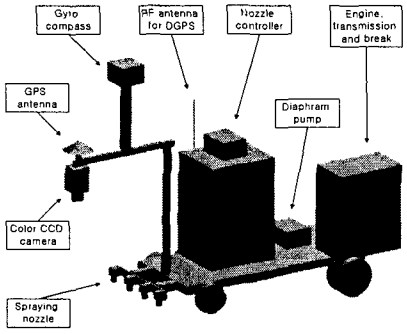


Fig. 3 Schematics for the precision spraying system

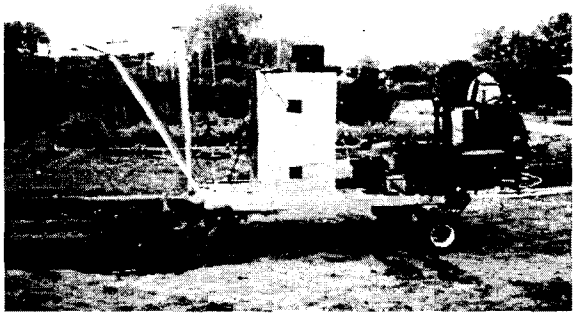
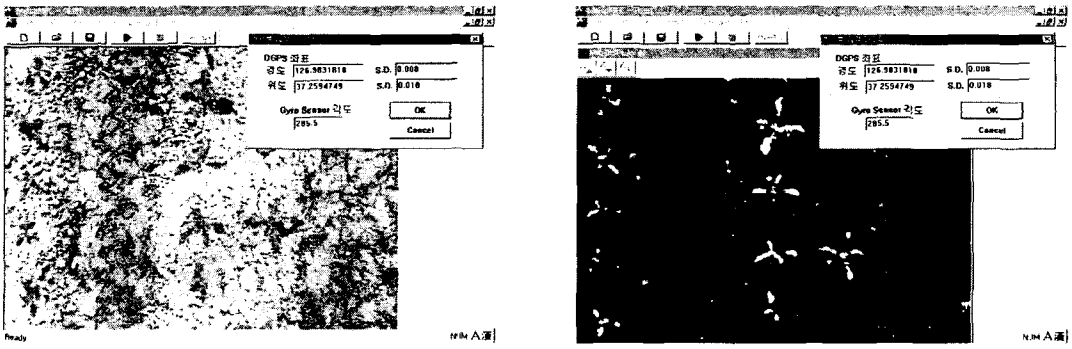


Fig. 4 Field test of the precision spraying system

3. 결과 및 고찰

통합된 정밀방제 시스템을 이용하여 영상을 획득하고 위치정보 획득을 통한 방제요구부위 검출 및 약제 살포 성능을 평가하고자 하였다. 서울대학교 농업생명과학대학의 과수원내의 토양에 무를 심고 DGPS 시스템을 이용하여 작물의 위치정보를 획득하였다. 방제시기의 작물에 대해 방제를 통해 본 시스템의 정밀농업에의 적용 가능성을 보이고자 하였다.

개발된 알고리즘과 실험장치를 통합하여 구동하기 위한 통합 프로그램을 개발하였다. 프로그래밍 환경은 Visual C++ 6.0을 이용하였으며 영상처리 라이브러리로는 MIL Lite 6.1을 사용하였다. 그림 5 (a)는 GPS 좌표와 자이로 컴파스의 각도를 계측하고 화면 영상을 얻는 모습을 나타내었으며 그림 5 (b)는 영상처리를 통해 방제요구부위를 검출하는 모습을 나타내었다.



(a) (b)

Fig. 5 Actual screen of the integrated program

무에 대한 영상을 획득시 DGPS에서 발생하는 좌표정보와 지자기 컴파스와 자이로 센서

를 이용한 위치 보정 정보를 함께 저장하였으며, 작물 식부시 미리 database에 입력된 위치 정보를 영상에서 얻어진 식물의 정보와 비교하였다. 영상에서의 위치정보가 기존의 작물의 위치정보의 범위 내에 일치하지 않으면 잡초로 판단하였다. 영상에서 얻어진 잡초정보를 통해 잡초방제부위를 설정하여 실제 분무기가 작동하는 모습을 그림 6에 나타내었다.

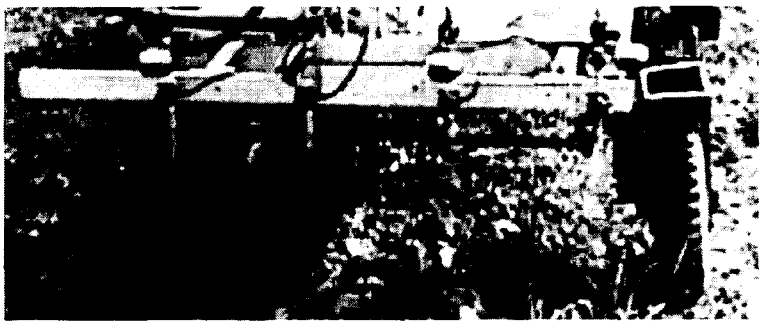


Fig. 6 Appearance of spraying nozzle

실제 잡초에 대한 살포 효율을 구하기 위하여 샘플을 제작하여 살포된 면적을 통하여 살포성능을 구하였다.

총 5회에 걸쳐 샘플의 배치를 바꾸어가면서 실험을 하였으며 각 실험 결과를 표 2에 나타내었다. 살포성능을 평가하기 위하여 격자 내의 작물과 잡초에 대해 살포된 면적과 살포되지 않은 면적의 상대적 결과치를 비교하였다.

Table 2. Result of the experiment

	1	2	3	4	5
Unsprayed area for crop	5	6	5	2	2
Sprayed area for crop	5	2	3	6	6
Unsprayed area for weed	15	0	5	12	12
Sprayed area for weed	27	0	11	22	19

실험 결과 작물에 대한 농약 사용은 감소하였으나 잡초에 대한 살포 역시 감소하였다. 잡초에 대해 뿌린 비율 ($\frac{\text{unsprayed area}}{\text{unsprayed area} + \text{sprayed area}}$)은 64%, 67%, 65%, 61%로 기존의 방식(100%)에 대해 효율이 낮게 나타났다. 이는 살포 부위의 오차에 의한 것으로 판단된다. 특히 녹색식물이 전혀 없는 부분에도 살포가 된 곳이 나타났는데 이는 예비실험과 달리 차량의 이동중 살포됨으로 인해 진동으로 인한 위치정보의 오차로 인해 영상처리 및 살포부위에서 누적오차가 발생한데서 기인한 것으로 판단된다.

개발된 시스템의 효율을 보다 높이기 위해서는 작물 식부시 정밀하게 자동으로 위치를 측정할 수 있는 장치의 개발이 필요하며 방제시 적량을 정확한 지점에 살포하기 위해 노즐의 변량살포에 관한 추가 연구가 필요하다고 판단되었다.

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 DGPS와 칼라 CCD 카메라를 이용한 잡초의 검출을 위한 영상처리 시스템과 분무시스템을 개발하고 통합하여 정밀 방제 시스템을 개발하였다.

방제 요구부위에 실제 정밀한 살포를 위해 펌프, 노즐 및 레귤레이터로 구성된 장치를 구성하고 컨트롤러를 제작 통합하여 분무 시스템을 개발하였다. 개별 노즐별로 ON/OFF에 의한 변량 살포가 가능하도록 각 노즐별로 레귤레이터를 장착하였다.

정밀 방제용 이동식 차량을 제작하고 노즐별로 ON-OFF 제어가 가능한 살포장치를 부착하였으며, 알고리즘을 통합하여 정밀방제 시스템을 개발하였다. 개발한 시스템은 영상 획득 → DGPS 좌표 획득 → 자이로 컴파스 데이터 획득 → 데이터베이스로부터 작물의 위치정보 획득 → 영상처리를 이용한 방제요구부위 검출 → 노즐별 개별 방제 작업이 순서적으로 반복해서 진행되었다. 완성된 시스템의 성능 및 안정성을 평가하기 위해서 서울대학교 부속 과수원에서 무를 대상으로 개발된 시스템을 검증하였다.

개발된 시스템은 RS-232C 통신을 이용하여 데이터의 전송을 수행할 수 있었으며, 순차적인 진행이 가능하도록 통합 프로그램을 제작하였으며, 검증 결과 정밀방제의 가능성을 보였다.

5. 참고문헌

1. 이대성. 2000. 신경회로망을 이용한 잡초검출 기계시각 시스템 개발. 석사학위논문. 서울대학교.
2. 이정엽. 1999. DGPS와 GIS를 이용한 스피드스프레이어의 자율주행. 석사학위 논문. 서울대학교.
3. 이종환. 1992. 농산물 및 미립자의 기하학적 특성 분석을 위한 컴퓨터 비젼 시스템. 박사학위논문. 서울대학교.
5. Franz E., M. R. Gebhardt, K. B. Unklesbay. 1991. The use of local spectral properties of leaves as an aid for identifying weed seedlings in digital images. Transactions of the ASAE 34(2):682-687
6. Guyer D. E., G. E. Miles, M. M. Schreiber, O. R. Mitchell, V. C. Vanderbilt. 1986. Machine vision and image processing for plant identification. Transactions of the ASAE 29(6):1500-1507
7. Tian L., D. C. Slaughter. 1998. Environmentally adaptive segmentation algorithm for outdoor image segmentation. Computers and Electronics in Agriculture 21:153-168
8. Woebbecke D. M., 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