

전자지도기반 변량제어에 관한 기초연구

A Basic Study on Variable-rate Control of Map-based

정인규*

정회원

I. G. Jung

정선옥*

정회원

S. O. Chung

성제훈*

정회원

J. H. Sung

이충근*

정회원

C. K. Lee

하병연**

정회원

B. Y. Ha

1. 서론

현재, 세계적 추세인 친환경 농업의 실천 기술의 한 가지로 떠오르고 있는 첨단 IT기술과 접목된 정밀농업의 구현을 위해서는 요구되는 핵심적인 기술들이 몇 가지가 있다. 즉, 정밀농업은 비료 및 농약을 동일한 포장내에서도 필요한 곳에, 필요한 양만큼만 살포함으로써 사용하는 농자재를 줄이고 생산량이나 품질은 유지할 수 있는 정보기반의 영농기술이므로, 포장의 정보들로부터 전자지도를 효과적으로 제작하는 기술을 포함하여, 정밀 측위기술과 살포량 제어기술 및 센서기술등이 핵심적으로 요구되고 있다.

본 연구에서는 비료나 종자, 농약 등을 변량살포함에 있어서 기계의 위치에 따른 필요 살포량에 관한 정보로부터 살포량을 제어할 수 있는 도구, 즉 의사결정지원 시스템을 바탕으로 이양기 부착형의 전자지도기반 이양동시 변량시비장치의 개발을 위하여 요구되는 기초 기술을 개발하기 위하여, 선행연구로서 기초시험 및 요인시험을 위하여 장치를 설계하고 구성하여 시험한 결과를 도출하여 제시하였다.

즉, 현재 시중에서 판매되고 있는 상용의 측조시비기를 개량하여 살포량을 제어신호에 따라 제어할 수 있도록 시험 장치를 개량 제작하여 구성하였으며, 또한 P.W.M 제어방식에서의 응답특성을 알아보기 위하여 P.W.M 제어장치를 구성하여 P.W.M에 따른 살포정밀도를 측정하였다.

그리고, 이양작업중 이양기의 선회시 비료의 살포정지를 위하여 적용코자 하는 마그네틱 센서의 응답특성을 조사하였다.

또한, 변량살포나 균일살포에서 반드시 요구되는 주행장치의 속도를 계측하여 살포량을 제어하기 위하여, 상용의 고가의 속도센서를 대체하여 바퀴 부착형의 주행속도 계측장치를 제작하여 시험하여 결과를 도출하였다.

마지막으로, 이번 연구에서는 이러한 변량제어를 위한 기초시험장치들과 컴퓨터기반 전자지도와의 인터페이스를 개발하여, 이 과제의 최종목표인 전자지도기반 이양동시 변량시비장치 개발을 위한 인터페이스 시험을 실시하였다.

* 농업공학연구소(NIAE)

** 남해화학(주) 기술연구소

2. 재료 및 방법

가. 이양기부착 측조 시비장치 개량 제작

기존의 6조 측조시비기를 개량하여, 제어신호에 의해 살포량이 제어될 수 있도록 제작하였다. 즉, 기존의 유니버설 조인트에 의한 동력전달장치를 제거하고, 모터로 동력을 전달하여 모터의 회전속도에 따라 물리의 개폐를 조절하여 살포량을 제어할 수 있도록 개량 제작하였다.

이 시스템에 사용된 모터는 DC(12V, 40W, 3,000rpm)모터로서 25:1로 감속하여 사용하였으며, 변량시비의 특성상 이양작업쪽 방향으로 동일한 살포량이 요구되므로 1개의 모터만을 사용하여 시비장치 구조를 단순화 하였다. 그림 1은 기초시험을 위하여 개량한 시비장치의 사진이다.

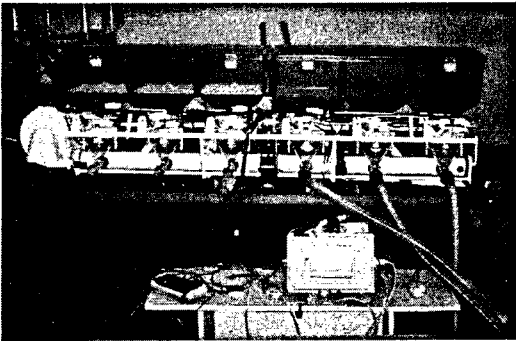


그림 2 개량 측조시비장치

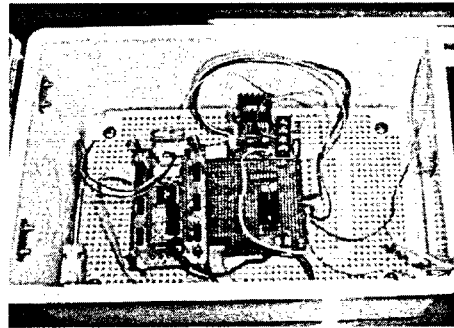


그림 2 P.W.M 제어장치

나. P.W.M 제어장치 구성

본 시스템의 변량제어 방식인 P.W.M에 따른 살포량의 변화를 계측하기 위하여, DC 12V를 입력받아 이 입력 전압값을 P.W.M으로 256단계로 세분화하여 출력할 수 있는 회로를 구성하여 컴퓨터로 제어신호를 전송하며 기초시험을 실시하였다.

그림 3에서 보는 바와 같이, $\text{pwm duty} = a / (a+b)$ 로 정의되며, 여기서 $a+b$ 는 최대 출력비인 256 이다.

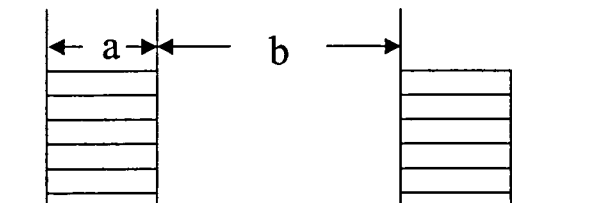


그림 4 PWM duty에 대한 다이어그램

또한, RUN/ HOLD 센서 응답시험 및 엔코더 입력을 통한 주행속도 계측장치의 성능시험을 위하여 센서 입력포트(Port)를 구성하였으며, 출력전압값으로부터 실제 모터를 구동할 수 있는 모터 드라이브를 제작하여 P.W.M 제어장치와 더불어 회로를 구성하였다.

다. 시험용 비료 물성 조사

본 시스템에서는 주된 살포 대상으로 완효성비료를 적용코자 하므로, 협동연구업체로 참여하고 있는 남해화학(주)의 협조로 완효성비료(시나브로Ⅱ, 22-10-10+2)에 대하여 입경 및 가비중 등 기초물성을 조사하였다.

라. RUN/ HOLD 센서 응답시험

이양동시 시비작업중 선회시에는 모탑재판이 자동적으로 상승하며 이양작업이 중단되므로, 비료살포도 선회중에는 자동 정지가 되고, 선회후 재살포가 시작되도록 하여야 하므로, 마그네틱 센서를 RUN/ HOLD 센서로 사용코자 응답시험을 실시하였다.

마. 주행속도계측장치 제작 및 시험

변량살포뿐만 아니라 균일살포시에도 주행장치의 속도를 계측하는 것은 핵심적으로 요구가 된다. 현재 신뢰성 있는 상용의 속도센서들은 매우 고가이므로 농업용으로 적용하기에 적합하지가 않다. 그리하여, 본 연구에서는 이러한 상용의 속도센서를 대체하여 바퀴 부착형의 주행속도 계측장치를 제작하여 시험하여 속도계측장치로서의 적용가능성 등을 검토하였다.

즉, 농업용으로 제작한 속도계측장치는 이양기 뒷바퀴 휠에 직접 연결하여 회전수를 측정할 수 있는 구조로 하였으며, 제작에 사용된 재료의 재질은 장치가 수분 및 토양등에 직접 노출되는 열악한 환경을 고려하여 녹슬지 않는 스텐레스 재질로 하였다.

바퀴 회전수의 계측을 위하여 60 pulse/sec 의 분해능을 갖는 엔코더를 사용하였으며, 바퀴 휠의 회전수를 직각으로 상부의 엔코더로 전달하기 위하여 1:1 비율의 베벨기어를 사용하여 제작하였다.

바. 변량제어를 위한 전자지도와의 인터페이스

전자지도기반 이양동시 변량시비장치의 개발을 위하여, 실제 포장시험에 앞서 컴퓨터에 의한 전자지도와의 인터페이스에 대한 시험을 실시하였다.

즉, 실제 작업을 위하여 작성된 전자지도로부터 이양기가 주행을 하며 작업시 포장위치별 목표살포량이 P.W.M 제어장치로 정확하게 전송이 되는 지를 검증하기 위하여, '02~'03년에 걸쳐 수행한 선행연구로부터 개발된 전자지도 제작 및 제어신호 전송 프로그램을 수정하여, 컴퓨터상에서의 위치신호 생성 및 위치별 목표살포량 신호 전송 알고리즘을 추가하여 시험을 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

가. P.W.M에 따른 살포량

P.W.M에 따른 살포량의 변화를 측정하기 위하여, DC 12V를 입력받아 이 입력 전압값을 P.W.M으로 256단계로 세분화하여 제어하며 시비장치로 살포량의 변화를 측정한 결과 그림 4와 같은 결과를 얻었다. P.W.M 단계별 살포량은 1분 동안의 6조 전체의 살포량으로 측정하였는데, P.W.M에 대한 살포량 관계가 r^2 (결정계수)로 0.99이상으로 매우 높게 나타났다.

이러한 결과로부터, 모터의 회전수 제어에 의한 변량시비의 가능성을 검증할 수 있었으며, 이양작업속도를 1m/sec로 가정할 때, 이 시비장치로는 배출롤러 구동토크 등을 고려하여 10a당 15~75kg의 살포범위를 가짐을 알 수가 있었다. 이것은 성분기준으로는 22%의 질소성분비를 갖는 완효성 비료의 경우, 질소를 10a당 3.3~16.5kg을 살포할 수 있음을 의미하는 것이다.

동일한 P.W.M 단계에서 살포시간에 따른 살포량 변화를 측정한 결과, 그림 5와 같이 시간에 대한 살포량 관계가 r^2 (결정계수)로 1로 나타나 연속적인 실제 살포작업시에도 신뢰성이 있을 것으로 판단되었다.

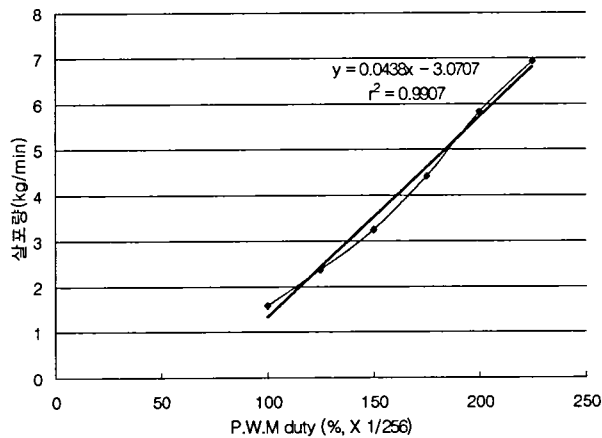


그림 5 P.W.M duty에 대한 분당 살포량

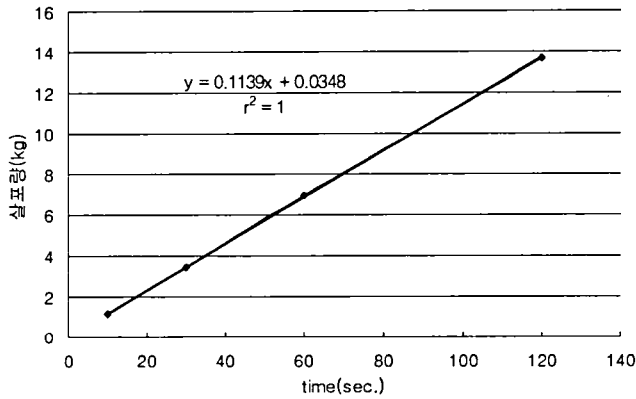


그림 6 살포시간 경과에 따른 살포량 변화

그림 6은 미세 P.W.M의 변화에 대한 살포량 추이를 나타내고 있는데, 이는 본 연구에서 개발하고자 하는 변량시비장치가 1-2-3-4-5 단계와 같은 단계별 살포량 제어를 목표로 하는 것이 아니라, 256단계의 연속적인 변량살포를 목적으로 하고 있기에, 미세 P.W.M의 변화에 대한 살포량의 변화를 알아보려고 하였다.. 시험 결과, 이들 간에 매우 높은 상관을 보임을 알 수 있었다.

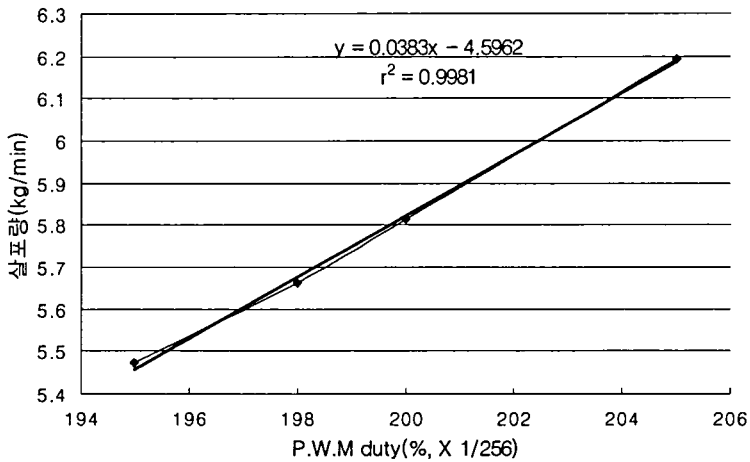


그림 7 미세 P.W.M 변화에 대한 살포량

나. 완효성 비료의 물성

시험용 완효성 비료의 물성을 조사한 결과, 가비중은 ≈ 1 로 나타났으며, 입경은 완효성 분이 3.96~4.41mm, 속효성분이 4.02~4.24mm로 비교적 고른 분포를 나타냈다.

실제 살포작업시 살포량은 대상비료의 비중에 따라서 보정하여 양을 결정하게 되며, 완효성 비료인 경우, 살포적정 입경이 2~5mm이므로 시험용 비료의 경우 적합한 입경범위를 가짐을 알 수가 있었다.

다. RUN/ HOLD 센서 응답성

RUN/ HOLD 센서로서 마그네틱 센서를 사용하였는 데, 이 센서는 5V의 입력전압을 가지며 센서 접촉부에 자석이 닿지 않을 경우는 $\approx 5.0V$, $\approx 5.23M\Omega$ 의 고유값을 가지나 센서 접촉부에 자석이 닿을 경우, 전압이 거의 0V가 되며, 저항도 약 $0.661M\Omega$ 으로 급격히 작아져 이양기 선회시 모탑재대의 상승 여부를 감지하여, 비료의 살포를 정지 및 재살포 시키는 센서로서 사용함에 있어 적합한 센서임을 알 수가 있었다.

센서의 응답속도도 0.1초 이내로서 빠른 응답속도를 나타내었다.

라. 주행속도계측장치 성능시험

본 연구에서는 측조시비기를 부착하는 이양기의 트랜스미션이 HMT(Hydro-Mechanical transmission) 무단변속방식이므로, 엔진 rpm을 측정하는 대신 바퀴휠의 회전수로부터 펄스를 카운트하여 작업속도를 측정하는 방식으로 주행속도계측장치를 제작하여 시험하였다.

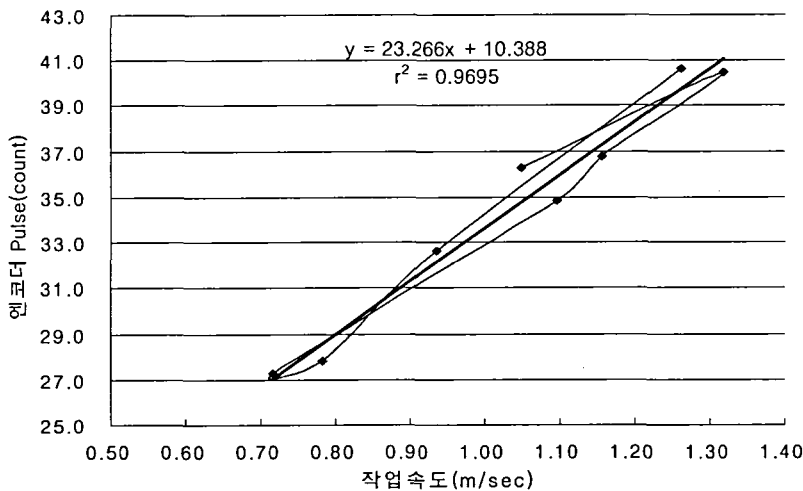


그림 8 작업속도에 대한 엔코더 출력

그림 7에서 알 수 있는 바와 같이, 논에서의 실제 작업을 통하여 얻어진 결과를 보면, 작업속도에 대한 엔코더 출력값이 매우 직선적으로 나타나, 바퀴의 슬립의 영향을 반영한 이 센서의 측정값을 이용한 작업속도에 따른 살포량의 보정이 가능할 것으로 판단되었다

마. 전자지도와의 인터페이스에 관한 시뮬레이션

포장정보로부터, 시비추천기준을 적용하여 처방지도를 작성하여, 컴퓨터상에서의 위치신호 생성 및 위치별 목표살포량 신호 전송 알고리즘을 이용하여, 전자지도와의 인터페이스에 대한 시뮬레이션을 수행한 결과는 그림 8과 같다.

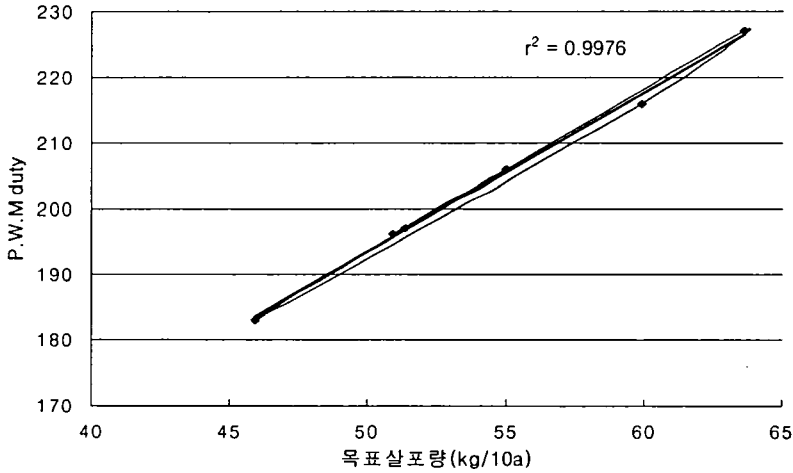


그림 9 목표살포량에 대한 발생된 PWM duty 출력

전자지도로부터 목표로 하는 살포량에 대한 제어신호가 전송되었을 경우, P.W.M 제어장치에 발생된 P.W.M 레벨을 보면 R^2 (결정계수)로 1에 가까운 정밀한 제어신호가 발생되어 신뢰성 있는 변량살포가 가능할 것임을 예측할 수 있었다.

그림 9는 전자지도와의 인터페이스에 대한 시뮬레이션 결과화면으로서, 아래부분에 위치별 목표살포량이 표시되고 있으며, 목표살포량에 대한 제어신호는 1Hz로 연속해서 발생되도록 하였으며, 작업기가 포장밖에 위치하는 경우 살포가 정지되도록 알고리즘을 개발하였다.

이러한 변량제어에 관한 기초시험 결과를 바탕으로 앞으로 추가적인 연구를 통하여, 시비장치 및 콘트롤러, 센서들을 통합하여 변량시비장치를 개발하여 통합적인 제어에 대한 포장시험을 통하여 성능을 검증하고자 한다.

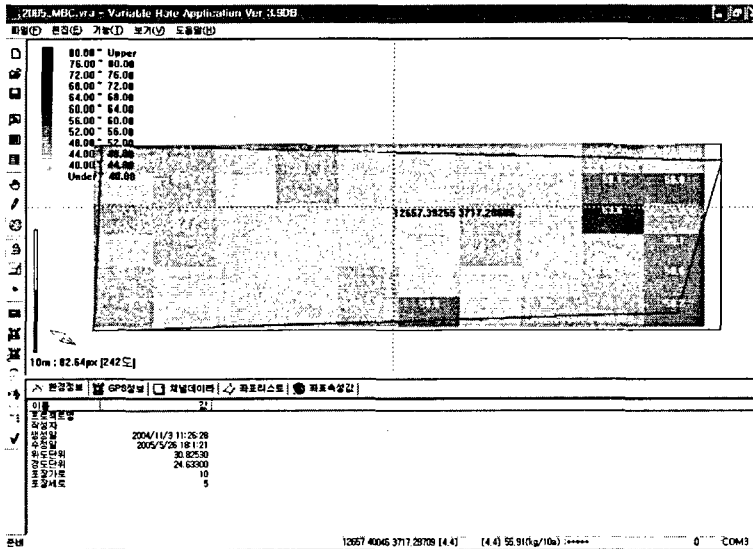


그림 10 전자지도와의 인터페이스 시뮬레이션 결과

4. 요약 및 결론

의사결정지원 시스템을 바탕으로 이양기 부착형의 전자지도기반 이양동시 변량시비장치의 개발을 위하여 요구되는 기초기술을 개발하기 위하여, 선행연구로서 기초시험 및 요인시험을 위하여 장치 및 회로를 설계하고 구성하여 시험한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 가. 기존의 6조 측조시비기를 개량하여, 모터의 회전수에 따라 살포량이 제어될 수 있도록 제작하였으며, 본 시스템의 변량제어 방식인 P.W.M에 따른 살포량의 변화를 예측하기 위하여, 입력 전압값을 P.W.M으로 256단계로 세분화하여 출력할 수 있는 회로를 제작하였다.
- 나. 시험용 비료는 가비중이 약 1이고, 입경이 4~4.4mm 범위를 가지는 완효성 비료를 사용하여 시험하였는데, P.W.M에 대한 살포량 변화 및 동일한 P.W.M 수준에서 살포 시간에 따른 살포량 관계가 r^2 (결정계수)로 0.99 이상으로 높게 나타나 P.W.M 제어에 의한 변량시비장치 개발 가능성이 높은 것으로 판단되었다.
- 다. RUN/ HOLD 센서로서 마그네틱 센서를 사용하였는데, 응답속도가 0.1초 이내로서 빠른 응답속도를 나타내어 이양기 선회시 모탑재대의 상승 여부를 감지하는 센서로서 적합한 센서로 판단되었다.
- 라. 이양기의 작업속도를 측정하기 위하여, 바퀴휠의 회전수로부터 펄스를 카운트하여 작업속도를 측정하는 방식의 주행속도계측장치를 제작하여 시험하였는데, 작업속도에 대한 엔코더 출력값 관계가 r^2 로 0.96 으로 매우 직선적으로 나타나, 속도센서로서 충분한 정밀도를 가지는 것으로 판단되었다.
- 마. 포장정보로부터 처방지도를 작성하여, 컴퓨터상에서의 위치신호 생성 및 위치별 목표

살포량 신호 전송 알고리즘을 이용하여, 전자지도와의 인터페이스에 대한 시뮬레이션을 수행한 결과, 전자지도로부터 목표로 하는 살포량에 대한 제어신호가 전송되었을 경우, P.W.M 제어장치에 발생된 P.W.M duty 레벨을 보면 r^2 로 1에 가까운 정밀한 제어신호가 발생되어 신뢰성 있는 변량살포가 가능할 것으로 판단되었다.

바. 지금까지의 변량제어에 관한 기초시험 결과를 바탕으로 앞으로 추가적인 연구를 통하여, 시비장치 및 컨트롤러, 센서들을 통합하여 신뢰성 있는 수도작용 변량시비장치를 개발하고자 한다.

5. 참고문헌

- 가. 류근배 편저, 1997, 지리정보론, 상조사.
- 나. Radite Praeko A.S., 2001, Development of Variable Rate Granular Applicator for Paddy Field, Research report of Kyoto University
- 다. 농업공학연구소, 2003, 변량처방을 위한 의사결정지원 알고리즘개발, 시험연구보고서