



정밀농업(Precision Farming)에 의한 농업환경 최적관리기법

윤 광 식

(서울대학교 농공학과 Post-Doc연구원)

1. 정밀농업 소개

정밀농업은 최근 농공학 분야에서 활발하게 연구되고 논의되는 분야의 하나이다. 1997년 8월에 열리는 미국 농공학회 국제학술발표대회에서 정밀농업을 위한 자료 분석과 의사결정(Data Analysis and Decision Support in Precision Farming), 정밀농업관리와 경제성(Management and Economics of Precision Farming), 정밀농업을 위한 제어기술(Controls in Precision Agriculture), 비곡물류의 수확량 지도작성(Yield Mapping for Non-Grain Crops), 정밀농업을 위한 센서이용(Sensors in Precision Agriculture)에 관한 다수의 논문이 발표될 예정이다.

정밀농업(Precision Farming)은 Site Specific Crop Management, Site Specific Farming, Prescription Farming, Variable Rate Farming등으로 불리기도 한다. 개념적으로 농업생산에 모든 기술과 정보를 활용하여 농경지내 시공간적 상이조건을 정량화하고 각 상이한 조건에 맞추어 파종, 시비, 농약 사용 등을 조절하여 생산성을 유지하면서 환경오염을 최소화하는 농업생산관리기법이라 할 수 있겠다.

기존의 농업은 경지내 작물밀도나 토양 제 조건을 일정하다고 보고 시비량, 농약사용량을 일정하게 하여 왔다. 하지만 동일한 경지내

에서도 토양종류, 토심과 경사 등 작물 생산에 영향을 미치는 생산조건이 공간적으로 상이할 수가 있다. 이러한 공간적 상이조건이 정량화되면 각각의 다른 조건에 따라 농업생산에 투입되는 인자를 최적화할 수 있다. 이를 위해서는 다음 네가지 요소가 필요하다.

첫째로, 생산에 영향을 미치는 인자에 대한 자료 구축이다. 이를 위해서는 샘플링이나, 농경지 답사 관측 또는 원격탐사자료등이 이용될 수 있겠다.

둘째로는 수집된 자료로부터 필요한 정보를 얻어내는 과정이 필요하다. 토양비옥도 지도, 작물생육 상황도, 잡초나 해충지도 등을 지리정보시스템(GIS)을 이용하여 작성한다. 이로부터 공간적 분포에 따른 비료나 농약의 가변 시비량을 결정한다. 이렇게 결정된 시비량 정보는 사람이나 농업기계가 이용할 수 있도록 한다.

셋째로, 사람이나 농업기계가 경지내의 정확한 위치를 알아서 시비하거나 농약을 사용할 수 있는 시스템이 필요하다. 이를 위해 가장 많이 쓰이는 것이 GPS(Global Positioning System) 기술이다. 최종적으로 입력된 정보를 이용 가변시비량이나 농약을 사용할 수 있는 기계조절장치가 필요하다.

그림. 1은 정밀 농업에 대한 이해를 돕기 위해 작성된 것으로 농경지를 격자로 구분 미 소단위로 관리함을 보여주고 있다. 그림. 1의

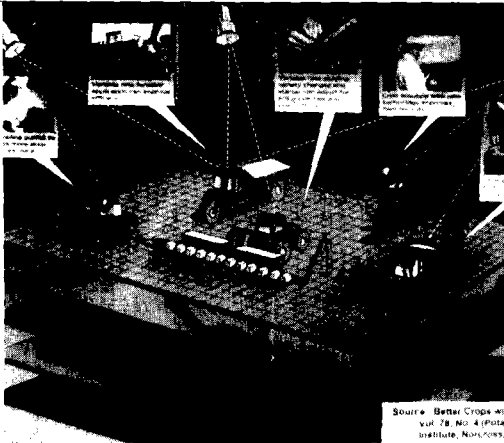


그림. 1. 정밀농업 모식도

왼쪽으로부터 차례로 다음과 같은 것을 보여 준다. 토양시료 채취기를 농기계에 부착, 경지 내를 운전하면서 토양시료를 채취하고, 인공 위성 신호와 GPS장치로 부터 시료가 채취된 위치자료를 얻는다. 토양시료의 화학분석결과와 위치자료를 바탕으로 GIS를 이용 여러 토양특성지도들 작성한다. 이지도들을 바탕으로 공간적 가변시비량을 결정하고, 역시 GPS와 기계조절 장치를 이용 가변시비한다. 그림의 중앙은 농경지의 물리화학적 특성을 고려 파종을 가변하게 하는 것을 보여주며, 그 오른쪽은 현장답사 조사시 휴대용 GPS장비와 기록장치를 사용하는 모습이다. 그림의 맨 오른쪽은 수확시 수확기록과 위치자료를 이용하여 수확량 지도를 만드는 모습을 보여주고 있다. 그림. 2는 미국 워싱턴 근교에 위치한 농경지를 대상으로 비교적 저렴한 GPS장비를 이용하고 토양조사를 실시하여 얻은 자료를 바탕으로 ERDAS GIS를 이용 토지비옥도를 작성한 예를 보여주고 있다.

정밀농업은 농업생산에 필요한 정보를 총체적으로 분석하고 보다 정밀하게 관리하는 기법을 바탕으로 하고 있다. 토양특성, 작물생육, 기상 및 여타 작물생산에 미치는 요인들을 농경지내 공간적 분포 변화를 밝히고, 생

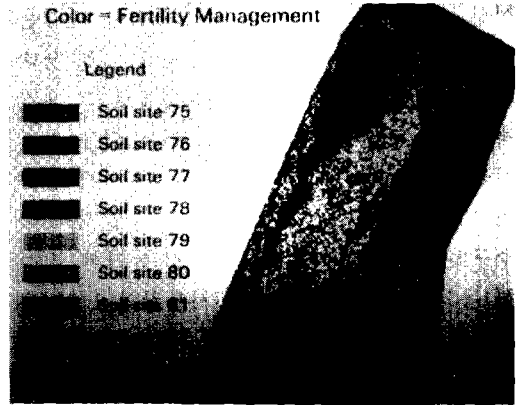


그림. 2. 작성된 토지비옥도 예

산에 필요한 투입을 공간적으로 가변하게 하는 것으로, 공업에서 쓰이는 'just in time' 개념과 비슷하게 필요한 곳에 필요한 만큼만 투입을 하는 농사관리 기법이라 할 수 있겠다. 이러한 정밀농업은 대상과 이를 실시하는 주체에 따라 그 정밀도가 결정된다. 가장 간단한 토양조사부터 고단계의 정보처리 및 관리 기법과 투자까지 여러단계가 있지만 정밀농업은 지속가능한 농업—즉 최소한의 환경 영향과 적절한 수확—을 가능케 한다는 점에서 미래지향적인 농업관리 기법이라 할 수 있다.

2. 수질 및 토양오염 과 정밀농업

농업 유역으로 부터의 오염은 지표유출과 토양유실로 인하여 유출되는 토사, 영양물질, 농경지에 살포되는 비료, 농약 등으로 구성된다. 이와 같은 오염물질은 산업폐수 등과 같은 점원오염보다 독성이 높지 않은 데 반하여, 홍수 유출시 유거되므로 정량적으로는 대단히 많은 것이 특징이다. 따라서, 댐이나 저수지, 하구, 연안 등의 주 오염원이 되는 것으로 알려지고 있다.(Park 등, 1994).

노동력을 절감하고 많은 수확량을 올리기 위해서 많은 비료와 농약을 사용하는 것이 현재까지의 영농 방식이었다. 이에 따라 농업생

산성은 극대화 되었지만, 환경오염이라는 문제에 직면하게 되었다. 이는 궁극적으로 생태계와 인간의 건강을 위협하는 문제로 그 해결책이 요구되고 있다. 수질과 토양오염을 저감시키기 위하여 농업생산성을 유지하면서 농약과 비료사용을 최소화하는 것이 정밀 농업이 추구하는 방향이다. 정밀농업에 의거한 적절한 농약, 비료 사용은 기존 사용량의 1/3만을 사용하여도 수확량에 영향을 미치지 않을 수 있는 것으로 알려지고 있다.

농업에 의한 환경오염 방지를 위해 작물영양물질 특히 질소와 인 사용을 관리하고, 경운에 의해 침식되는 토사 유실을 줄이고 농약의 사용을 적게 사용하는 것이 해결책으로 모색되어 왔다. 이를 통칭하여 최적관리기법 또는 BMPs(Best Management Practices)라 한다. 정밀농업은 자체가 최적관리기법이 되며 다른 최적 관리기법을 평가할 수 있는 수단을 제공해 줄 수 있다. 정밀농업에 대한 환경문제 접근 방식은 '질량보존'의 개념을 농업에 도입, 여기에 쓰는 화학물질의 모든 유실경로 - 작물흡수, 지표수, 지하수로 유입, 토양내 잔존-를 추적하며 그외에 수질 환경에 영향을 미치는 토양 기복, 작물피복도 배수체계, 하천과 호소의 근접성, 수문단위 등 국부적으로 다른 특성을 가진 모든 제 요인을 고려 최적의 관리방안을 찾는 것이다. 농경지 특성에 대한 이해와 과거 수확형태기록이 작부관리체계의 기본자료가 되며 이러한 기본자료에 농경지 어느 부분이 유출과 침식에 더 영향을 받고 농약이나 비료의 지하수로 유입에 영향을 미치나 파악이 되면 보다 나은 관리 방안을 찾을 수 있게된다. 이로부터 작물선정, 파종량, 경운방법, 시비 방법, 토양침식 방지대책 등을 미소단위를 대상으로 수립할 수 있는 것이다. 보다 나은 환경오염방지 효과를 얻기 위한 다음과 같은 연구가 필요하다고 할 수 있겠다.

- 1) 정밀 농업의 효과를 평가하기 위하여 10년 또는 그 이상의 장기적인 토양과 수문/수질의 현장 모니터링
- 2) 정밀농업에 의한 환경요인 변화를 예측할 수 있는 수문/수질 전산 모형의 개발
- 3) 토양이 기본적으로 가지고 있는 시공간적 특성변이와 기상에 의해 일시적으로 생긴 변이를 구분해 낼 수 있는 연구
- 3) GIS와 데이터베이스를 포함한 생태 환경 변화 평가를 위한 종합 시스템 개발 등을 들 수 있겠다.

3. 정밀 농업을 위한 기술개발

정밀농업의 성패는 자료의 획득, 분석과 이로부터 획득한 정보를 영농에 적용시킬 수 있도록 하는 기술에 달려 있다 하겠다. 정밀농업을 위해서는

- 1) 농경지내의 제요소들의 국부적인 자료 획득
- 2) 기본 자료를 가공 쉽게 이용할 수 있는 자료 형태로 변환
- 3) 이들 자료로부터 작부관리에 사용할 수 있는 정보를 끄집어 내기
- 4) 이들 정보를 이용 실제 영농에 적용 가능케 하는 기계 제어장치가 필수적이라 하겠다.

이들 모두 포함하는 종합적인 시스템 개발이 궁극적인 목표이며, 각 요소들은 각각 다른 발전단계에 있으며 미국과 유럽등지에서 활발히 연구되고있다. 각 요소에 대해 좀 더 자세히 살펴보기로 한다.

가. 자료 획득 기술

토양내 영양물질에 대한 화학분석결과는 농경지 생산력에 대해 좀 더 정확한 정보를 제공해 줄 수 있다. 얼마나 많은 토양샘플이 채취되어야 보다 정확한 정보를 제공해 주는지

에 대한 연구가 현재 각국에서 수행중에 있다. 토양조사 결과가 작물 잠재 생산을 파악하는데 기초자료가 되지만 기상, 토양수분분포, 농경지 기복형상, 병충해, 근근역 환경 등에 대한 보다 많은 자료가 있어야 보다 나은 작물 잠재 생산력을 파악하는데 도움이 된다. 이들 여러 인자들의 상호관계를 밝히는 연구와 수단이 필요하다. 기본적으로 필요한 연구로는 토양채취 조사 기법, 자료 정리 및 통계 분석 방법, 원격탐사기법과 수치지도 활용, 지하레이더 탐사법 이용등을 들 수 있겠다.

현장자료 수집을 위한 다양한 전기·전자 감지기들이 개발되고 있으며, 일부 상용화되고 있다. 이들 중에는 수확량 감지기, 토양 유기물질 및 질산성 질소 감지기 등이 있다. 수확량 감지기는 보통 수확기계에 부착되어 수확량을 측정한다. 토양내 유기물질을 측정하기 위해서는 한 개 또는 여러 파장의 빛을 토양에 쏘아 반사되는 에너지로부터 그 양을 추정한다. 토양내 화학물질을 측정하는 감지기는 여러 화학 성분을 감지할 수 있는 장치와 가변적으로 시비할 수 기계 제어장치와 함께 되어 있는 것이 많다. 따로 토양의 이온을 채서 질산태 질소량을 계측하는 감지기도 있다. 작물이 체내에 흡수한 질소량을 chlorophyll meter로 측정하고 성장기에 모자라는 양을 보정해 주기도 한다.

원격탐사 자료는 대부분 LandSat이나 SPOT 위성 자료가 쓰이고 있으나 값이 비싸게 흡인데, 앞으로 TRW Small Satellite, World View Imaging, Eyeglass International and Space Imaging 등의 미래 위성이 발사되면 가격 인하가 예상된다.

나. 위치 선정 기술

GPS는 이미 정밀농업에 큰 영향을 미치고 있다. 미국과 구소련은 막대한 자본과 기술을 positioning기술개발에 투입하였고, 이것이 현

재 민간이 쓸 수 있는 positioning시스템의 근간이 되고 있다. 미국에는 GPS(Global positioning system)를 위해 1993년 기준으로도 24개 위성이 사용되었고, 구 소련의 GLONASS 시스템도 같은 수의 위성을 보유하고 있다.

GPS 위성은 3개의 다른 코드에 두 주파수를 내보내는데, C/A라 불리는 표준 코드, P 코드라 불리는 정밀코드(군용이며 일부제한된 민간인이 이용가능)와 Ycode라 불리는 암호화된 정밀코드를 내보낸다. GPS수신기는 4개의 위성을 관측하여 얻어지는 거리로 위치를 계산하는데 이는 4개의 미지수(자료: U_x , U_x , U_z 와 시계오차B)를 해결하는데 4개의 관측치가 필요하기 때문이다.

고정된 수신기로 가장 간단한 계산을 할 때 P코드를 이용하면 5m, 표준 C/A 코드를 쓰면 50m이내의 오차로 위치 선정을 해 줄 수 있는 것으로 알려져 있다.

DGPS(Differential GPS)는 GPS 수신기를 2개이상 사용하며 상대적 측위를 하는 방식인데, 좌표를 알고 있는 기지점에 고정 GPS 수신기를 설치하고 위성들을 모니터하여 개별위성의 거리오차 보정치를 정밀하게 계산한 후 이를 작업현장의 이동수신기(Rover)의 오차 보정에 이용하는 방식으로 정확도는 P코드를 쓰면 3m 이내 C/A code를 쓰면 5m 이내의 오차를 가지는 것으로 알려져 있다. 가까운 미래에 수 cm의 오차만 허용하는 GPS개발이 가능할 것으로 보여지고 있다.

다. 정보 시스템

측정된 자료로부터 정보를 끄집어 낼 수 있는 정보 및 의사결정 시스템은 정밀농업을 가능케 하는 핵심 기술이라 할수 있다. 파종, 농약 또는 비료 살포, 경운과 수확에 관한 여러 정보 예를 들어 사용된 도구, 사용량, 기상정보, 영농일자, 잡초, 작물의 이상상태를 기록할 수 있는 GIS와 연계된 관리시스템들이 개

발되어 사용되고 있다. 이러한 시스템은 농약을 뿌리거나, 시비, 관개를 할 때 의사결정을 도와주고 미래의 농업방식을 결정해 줄 것이다.

GIS, 작물모형, 의사결정시스템들은 이미 각각 개발되어 있으나 대부분의 이러한 소프트웨어는 정밀농업기법에 염두를 두고 개발된 것이 아니다. 따라서 각각의 소프트웨어를 쓰는데는 두 가지 문제점이 있을 수 있다 하겠다.

그 첫째는 자료 호환성 문제이다. 많은 경우 서로의 자료 형태가 달라 호환성이 없을 수 있다는 것이다. 예를 들어 GIS data상의 자료가 의사결정시스템에 제대로 전달이 되지 않을 수 있다는 것이고, 이를 해결하기 위해 중간 호환 프로그램을 개발해야 하고 프로그램이 개발된다 하여도 사용하기 번거롭다는 단점이 있다.

또 하나의 문제는 각각의 소프트웨어가 규모가 크고 고가이기 때문 이들 각각의 소프트웨어를 이용하면서 정밀농업에 필요한 정보시스템으로 이용한다면 그 규모와 가격이 엄청나게 비싸진다는 문제점이다. 실제로 상업용 GIS의 많은 기능들이 정밀농업운용에 쓰이지 않는 부분이 많다.

이러한 문제점들을 해결하기 위해 정밀농업 운영을 목표로 한 Information System들이 개발되고 있다. 미국 일리노이 대학에서 개발한 FIS(Field Information System)이나 텍사스 A&M대학의 MAPS(Management of Agricultural Production Spatially) 같은 응용프로그램들이 정밀농업 전용 소프트웨어라 하겠다.

라. 향후 기술 개발 연구 대상

농업기계에 위치를 추적하고 각위치의 토양 조건, 수확량, 잡초밀도를 자료로 입력하고 이를 바탕으로 파종, 농약, 비료를 필요한 위치에 필요한량 줄 수 있는 소프트웨어 하드웨어의 개발이 필요하다. 이를 위해서는

- 1) 연속적으로 움직이면서 토양의 물리·화학적 특성인 유기물, pH, 인과 질소, 표면상태, 작물잔류물 상태 등을 파악할 수 있는 센서의 개발
- 2) 병충해와 잡초 해충의 분포를 감지하고 이에 따른 작물이 받는 Stress를 계측하고 있는 자동시스템
- 3) 자료구득이 쉬운 형태로 자료구조의 표준화와 하드웨어에서 얻은 자료를 소프트웨어에서 사용가능하도록 호환하는 시스템
- 4) 작물생산에 영향을 주는 토양의 생화학적 특성과 수문 현상의 상호 영향을 예측해 볼 수 있는 모형을 이용한 의사결정 정보 시스템
- 5) 새로운 기술을 기존의 장비에서 사용가능케 하는 노력등이 요구된다.

4. 정밀농업의 적용

가. 미소 관리 단위 결정

농업생산의 기본이 되는 토양은 자연상태에서 그 물리적 화학적 특성이 기상과 화학작용으로 변화를 겪으며 인간의 농업활동에 의해 그 특성이 더욱 복잡하고 다양하게 변화한다. 수분 보지력, 작물 영양물질 함유량, 질산태질소 침투 잠재능은 자연의 풍화작용 및 수문현상에 영향을 받기도 하지만 경운방법, 작물생육, 시비 등에 의해 크게 영향을 받는다.

지구상의 많은 지역에서 농업관리는 대규모 관리인 것이 관례였다. 전체 농경지를 대상으로 최대수확을 목표로 일정율의투입이 이루어져 왔다. 하지만 작은 면적내에서도 인자들의 상당한 변이가 있으며, 전체를 대상으로 한 투입은 비효율적일 수 있으며 환경에 악영향을 미칠 소지가 있는 것이다. 생산성 보장을 위한 농업화학물질의 과다한 투입은 지표수나 지하수 수질 오염을 초래한다.

농사에 최신기술도입은 농경지내에 특성이 비슷한 미소단위를 대상으로 관리를 가능케 한다. 이러한 미소단위를 구분짓는 데는 토양도, 격자식 토양조사, 잡초 발생 형태, 토양 비옥도 분포, 작물수확량 등이 기준이 되기도 한다. 새로운 기술발전으로 미소 단위 구분 방법이 개선될 것이다.

나. 파 종

작물 생육에 영향을 미치는 토양 종류, 유기물 함량을 고려하여 가변적으로 파종을 할 수 있다. 수분보지력이 더 좋은 식양토에 더 많은 씨를 뿌리고 사양토에는 보다 적은 파종을 하는 것을 예로 들 수 있겠다.

다. 비 료

정밀농법에 의해 농경지 조건에 따라 필요한 만큼의 비료를 필요한 곳에 적정 시비할 수 있다. 현재까지는 보통 일희의 토양조사 결과를 바탕으로 시비량을 결정하는 것이 보통이었다. 비료 성분중 특히 질소는 작물흡수, 강우시 지표수로 유출, 지하수로 유입, 토양내 잔존 등 그윽실 경로가 다양하고, 그양은 토양의 물리화학적 특성, 기상과 농경지의 수문학적 특성에 크게 영향을 받는다. 따라서 작물이 성장기에 가용할 수 양은 시공간적으로 큰변이를 보일 수 있다. 작물성장의 농경지내 공간적 불균형을 관측하여 추가로 국부적 시비를 할 수도 있고, 다양한 시비 시기, 양, 방법 등의 영향을 평가하기 위해 첨단기술이 쓰일 수 있다.

라. 수 확

수확시 수확계량장비와 GPS를 이용하여 수확이 많은 곳과 적은 곳의 공간적 분포를 알아내어 수확량 지도를 작성하고 여타 자료와 농부의 경험을 바탕으로 어떤 인자가 가장 영향을 크게 미치는지 분석한다. 이 결과를 차

후 농사관리에 이용하도록 한다. 적어도 3년 정도의 자료가 쌓여야 정밀농법에 대한 영향평가가 이루어질 수 있는 것으로 알려지고 있다.

마. 방충해 방제

GPS와 GIS를 이용하여 병충해의 공간적 분포를 쉽게 알고 목표지점을 찾아낼 수 있지만 시간적 변화를 예측하기가 쉽지 않은 것이 병충해 방제에 정밀농업 기법 적용을 어렵게 한다. 현재까지 개발된 기술은 특별한 형태의 분무기의 개발이다. Silsoe Research Institute가 개발한 분무기는 살수 tank에서 농약이 섞이지 아니하고 살수라인에서 3가지 다른 농도나 3가지 다른 농약이 랩탑 PC에 저장된 병충해 분포지도상의 정보에 의해 선택적으로 살포할 수 있는 기능을 가지고 있다(Stafford와 Miller, 1993). 미국의 경우 하천이나 우물을 중심으로 반경 30m 내에서의 농약 사용을 금하고 있다. GPS와 수치지도의 정보를 이용 농기계가 금지구역에 접근하면 농약살포가 자동적으로 정지하게 함으로써 안전하게 농약을 살포할 수 있다.

바. 제초제 살포

해충과 달리 잡초는 운동성이 없기에 농경지내 잡초의 분포는 연중 그 변화가 그리 심하지 않다. 곡물을 심은 농경지내의 잡초가 차지하는 면적은 보통 40%내외라고 알려져 있다(Wilson and Scott, 1982). 따라서 제초는 정밀농업 기법을 적용하기 용이한 대상이다. 잡초의 공간적 분포를 항공사진이나 원격탐사 자료로부터 파악할 수 있지만, 휴대용 GPS 장비를 이용하여 현장조사를 통해 분포를 파악하는 것이 더 실용적인 것으로 알려져 있다(Stafford와 Miller, 1993). 이렇게 함으로써 화상자료해석의 어려움을 피하고, 정확한 잡초의 종류를 파악 이에 맞는 제초제를 선택할 수 있기 때문이다. 잡초분포 지도와 특수분무

장치를 사용해서 국부적인 제초제 살포를 하면 35% 이상의 제초제사용을 줄일 수 있는 것으로 보고 되었으며, 상당한 경비절감 효과와 계량할 수 없는 환경오염 방지효과가 있는 것으로 보고 되었다(Stafford와 Miller, 1993). 잡초와 작물의 유사성 때문에 자동계측 장비에 의한 구분은 현재까지 완벽하게 이루어지지 않고 있으면 연구대상 분야이다. 자외선과 근적외선을 이용한 광학센서를 이용 잡초를 구분하는 연구등이 진행중이다(Meritt등, 1994)

5. 결 언

정밀농업은 농업에 시스템 공학적인 접근을 하는 것으로, 지리정보자료, GPS, 전산모형과 기계의 자동제어를 포함하는 것으로 모든 산업분야의 추세인 정보화의 도입을 그 기본으로 하고 있다. 이 새로운 접근 방식의 근간이 되는 자료, 정보, 지식의 적용은 농경지와 화학물질, 장비와 노동력 관리에 가히 혁명적이라 할만한 영향을 끼쳐서 생산성 향상 뿐 아니라 환경보전에도 지대한 공헌을 할 것이다.

우리나라에서도 농업 생산자원의 최적관리를 위해 앞에서 살펴본 첨단기법을 도입해야 할 필요성을 느끼고 있다. 하지만 우리나라의 경우 농경지가 협소하고, 수도작 중심등 농업여건이 외국의 경우와 달라 정밀농업의 외래 기술을 직접 적용하는데는 어려움이 따른다. 이를 해결하기위해서 외국의 기술을 참고하여

우리실정에 맞는 기술개발과 이를 뒷받침할 연구가 필요하다고 하겠다.

참 고 문 헌

1. Blackmore, B. S. 1994. Precision Farming- an introduction. Outlook on Agriculture, 23(4) p. 275-280. CAB International.
2. Han S. and C. E. Goering. 1992. A Field Information System for Site-specific Crop Management. ASAE Paper No. 923608.
3. Merrit, S. J, Meyer, G. E. Von Bargen, K. and Mortenson, D. A. 1994. Reflectance sensor and control system for spot spraying. ASAE Paper No. 941057.
4. Park, S. W. S. Mostaghimi, R. A. Cooke, and P. W. McClellan. 1994. BMP impacts on watershed runoff, sediment, and nutrient yields. Water Resources Bulletin 30 (6) : 1101-1023.
5. Stafford, J. V. and Miller, P. C. H. 1993. Spatially Selective Application of Herbicide to Cereal Crops. Computers and Electronics in Agriculture,9, p. 217-229. Elsevier Science Publishers.
6. Thompson, J. F., Stafford, J. V. and Miller, P. C. H. 1991. Potential for automatic weed detection and selective herbicide application. Crop Protection 10, p. 254-259.