첨단정밀기계 기술의 골프코스관리 접목

농업공학연구소

박 우 풍 박사

첨단 정밀농업기계기술의 골프코스관리접목

농촌진흥청 농업공학연구소
생산기계공학과장 박 우 풍
wppark@rda.go.kr

1. 정밀농업기계기술의 개념

정밀농업기계기술은 생산농업(production agriculture)에 대한 향상된 관리 시스템이며 정해진 시간에 정해진 곳에서 정해진 일을 하는 것을 말한다. 국부 특성에 맞는 작물 관리(site specific crop management)란 정밀농업을 설명할 때 사용되는 좀 더 기술적인 표현이다. 정밀농업의 목표는 최소의 농자재투입량으로 최대의 수확량을 내는데 있다. 이러한 개념은 정밀농업이 환경을 보호하는 반면 이익을 최대화하는 잠재력을 가지고 있기 때문에 농민과 비농민 모두에게 관계되며 정확한 투입량을 필요한 시간과 장소에 적용함으로써 환경을 보호할 수 있게 하고 수확량의 감소도 막을 수 있게 한다.

정밀농업(Precision Agriculture 또는 Precision Farming System)이라는 명칭은 1997년 6월에 미국 미네소타대학에서 열린 국제회의에서 통일되었다. 당초는 Site-Specific Crop management(국소대응형재배관리), Environmentally-friendly Farming(환경에 친근한 농업), Farming by Soil(토양보전농업), Farming by the Foot(足本농법) 혹은 Prescription Farming(처방농법) 등으로 불려졌다.

정밀농업기계기술이 단기간 동안에 국제적인 주목을 모은 것은 농업에 대한 환경보전에 강력한 압력을 들 수 있다. 예를 들면, 질소에 의한 지하수 오염, 블루베이비증후군 등이다. 농경지 및 골프코스에 살포하는 화학비료와 농약에 의한 환경오염 문제가 사회적 문제로 대두된 것이다. 그리고 구미 각국에서는 농약과 비료의 살포량을 제한하고 벌칙을 동반했으며, 하천과 개수로 근접지에서는 농약과 비료를 거의 살포할 수 없도록 규정하고 있다. 또한 무농약재배와 유기농업이 일시적으로 각광을 받았지만, 종래의 기술체계 그대로는 감수되어 대규모 농장에서는 실행이 어렵기 때문에 포장을 치밀하게 관리하여 화학자재에 의한 환경오염을 방지하고 지력유지, 생산성 향상을 동시에 실현하는 정밀농업 기계기술을 추진하게 되었다.

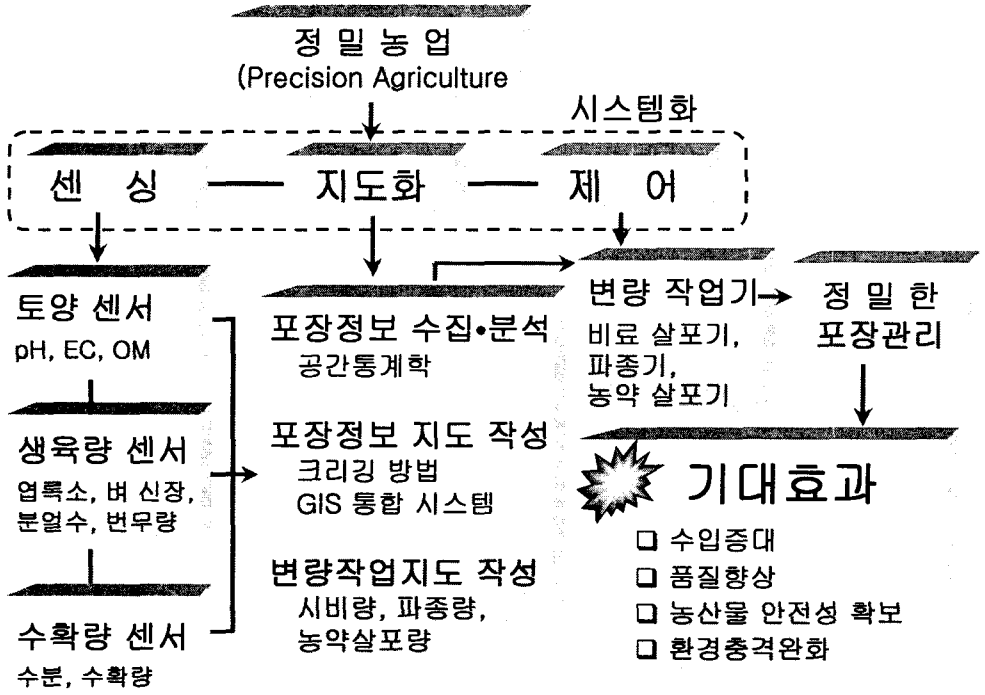

그림 51. 정밀농업 기계기술의 개념

2. 진단(Sensing)과 처방기계(site-specific management)기술

정밀농업 기계기술은 ①포장정보의 수집, 수집된 정보에 기초한 ②농자재 투입량 결정 및 작업계획, ③변량살포, ④평가의 4과정을 반복적으로 수행하게 된다.

포장정보의 수집과 관련해서는 작물 생육상태와 토양의 물리화학성, 작물의 수량 등을 검출하는 센서들이 개발, 사용되고 있다. 토양의 물리 화학성은 센서를 사용하는 방식 이외에 토양샘플채취 및 실험실 분석을 병행하고 있다. 또한 기상과 수질관련 자료도 수집하고 있다. 수집된 자료는 기술통계(classical descriptive statistics)와 지리 통계(geostatistical) 기법을 이용한 변이(variability) 분석과, 수집된 각종 포장정보들의 상호관계와 작물 수확량에 미치는 요인에 대한 분석에 사용된다.

농자재 투입량 결정 및 작업계획에는 GIS와 인공지능기법 등이 이용되는데, 최근에는 적정 『관리구역(management zone』을 어떻게 결정할 것인가에 대한 연구가 부각되고 있다. 변량 살포분야에서는 이미 경운·시비·파종·관개 등 거의 모든 부분의 장비가 개발, 시판되고 있으며 보다 다양한 정보를 주입하고 그에

반응하는 성능 향상 연구가 주류를 이루고 있다. 주목할 것은 살포 시스템의 구성요소와 데이터 교환방식의 표준화가 크게 고려되고 있다는 것이다. 평가는 주로 관행방법과 정밀농업 기계기술의 경제성 비교의 형태로 진행되고 있다.

(가) 가. 토양의 진단

토양의 진단은 지형, 성토지역, 절토지역, 토양의 유기물함량, 토양의 이화학성 등 그 지역에 대한 모든 토양정보에 해당되며, 농촌진흥청에서 우리나라 전체토양의 전산화를 위해 1:25,000의 정밀토양도를 이미 완성하였고, 현재는 1:5,000의 세부정밀토양도를 작성 중에 있다. 또한 실시간 농작업 의사결정 지원을 위해 농업토양 환경지리정보시스템(http:/www.niast.go.kr /gishome)을 개발하여 일반농가에서 인터넷을 통해 농지의 특성을 확인하고 실시간으로 농민이 원하는 농지의 시비처방서를 발급받을 수 있고, 적정한 작물을 선택할 수도 있는 시스템을 지원하고 있다. 또한 한국의 밭토양 표준물관리법과 작물양분종합관리기술, 병해충종합관리기술 등을 개발하여 정밀농업 기계기술 실현을 한 발 앞당기고 있다.

일반적으로 토양 특성은 수확후에 샘플을 채취하여 분석한 다음 기비량 산정시 활용한다. 이러한 토양 특성을 파악하기 위한 시료는 포장내 각 위치별로 많은 지점에서 채취되어야 하는데, 현재와 같이 실험실내에서 분석하기에는 너무나 많은 노동력이 요구된다. 따라서 정밀농업에서는 실시간으로 토양 특성을 파악할 수 있는 기계의 개발이 필요하다.

토양 특성은 유기물, 질산태 질소, 인산, 규소 등 많은 원소들의 복합적 형태로 나타난다. 토양유기물 측정센서도 작물의 건강진단 센서와 같이 분광분석 기술을 이용한다. 유기물 센서는 작물 작토층의 유기물을 측정하기 위해 토양내 15cm 정도 깊이에서 유기물을 측정한다. 이 센서는 주행작업차량에 장착하여 실시간으로 토양내 유기물 함량을 측정할 수 있으며 추후 변량시비기와 연결하여 시비량을 결정하는데 기초자료로 활용할 수 있는 자료를 생성하는데 사용된다. 이 장치 또한 GPS 수신기를 장착하고 있어 포장내 위치별 유기물 함량을 실좌표(위도, 경도, 고도)에서 확인하고 분석할 수 있다.

나. 작물의 생육상태(건강도) 측정

작물 생육상태나 건강상태를 종합적으로 알기 위해서는 작물 뿌리의 깊이, 초장, 경수, 엽수, 엽내 엽록소 함량, 병해충 발생 여부 등 많은 항목을 측정해야 한다. 정밀농업 기계기술에서 각 작목의 비료를 주기 위해서는 이러한 여러 항목이 실시간으로 측정되어야 한다.

작물의 건강도를 판단하기 위한 엽록소 측정센서는 생육 중에 작물의 군락 반사광을 분석하여 건강도로 환산한다. 아직은 엽록소만을 측정하도록 설계돼 있으나 앞으로 번무도, 질소함유량 등의 센서를 추가 개발하여 작물의 건강진단 센서로 활용된다. 측정원리는 노지에서 태양광의 반사를 측정할 수 있는 광센서 앞에 특정 파장대의 빛만 통과될 수 있는 필터를 장착하여 필터를 통과한 작물 군락의 반사율 비를 분석하는 분광반사율 분석기술을 이용한다. 이 장치는 노지에서 사용하기 때문에 외란광의 영향을 보정할 수 있는 센서가 부착되어 있다. 또한 GPS 수신기를 장착하고 있어 포장내 생육정보를 위치별로 저장하여 GIS를 이용한 다중분석이 가능하다. 농업용 GIS를 이용하여 현재 작물의 건강상태에 영향을 미친 원인을 분석하고 이를 해결하기 위한 최적의 처방을 내려주며 수확량과의 상관관계도 분석하여 다음해의 농작업을 설계할 수 있다.

다. 포장정보 입력 저장장치

정밀농업기계기술을 실천하기 위해서는 가능한 많은 지점에서 많은 종류의 정보를 입력 처리해야 한다. 이러한 정보는 위치정보와 속성정보가 동시에 저장되어야만 위치별 속성정보의 상관관계를 분석할 수 있다.

이 정보압력장치는 GPS 수신기를 장착하고 포장내 위치별로 속성정보와 영상정보를 동시에 저장관리할 수 있는 시스템이 개발되었다. 이 시스템은 아날로그 센서포트 8개(0~5V : 4 port, 0~12V : 4 port)와 디지털 5포트(각 16바이트), 32M의 영상정보와 위치정보를 동시에 저장이 가능한 것이 대부분이다.

(1) 라. 의사결정

취합된 토양, 생육, 기상 등 모든 정보는 다음해 농작업을 위하여 종합적으로 분석되어야 한다. 위치별로 토양의 질소 등 얻어진 개개의 정보별로 어떻게 다른지(공간변이분석)를 분석하여 처방전을 내리기 전에 의사를 결정하여 작업지도를 그려야만 지역별로 다르게 처방(작업)이 되는 것이다.

(2)

(3) 마. 처방전(농약 살포작업의 경우)

정밀농업의 방제 전략은 크게 두 가지로 나누어질 수 있다. 첫 번째는 넓은 면적에 대한 방제전략의 수립이다. 정밀농업은 지리적 좌표를 기반으로 하여 공학적 기술을 이용한 농업정보의 검출을 근간으로 하고 있기 때문에 병해충의 발생 정보를 효율적으로 조직화하고 이를 바탕으로 병원균의 이동경로나 전파 가능지역을 추정하며 전역적인 방제 전략의 수립이 가능하다. 치밀한 방제전략은 농약의 사용량을 감소시킬 뿐만 아니라 작물 수확량의 감소가 발생하기 전에 미리 예비 방제가 가능하므로 경제적인 손실을 사전에 예방할 수 있다.

두 번째는 농약의 변량 살포이다. 스스로 이동하는 힘이 강한 해충이나 균류들을 제외하면 오염된 곳에만 농약을 살포하는 기술은 농약 절감에 매우 효과적이다. 특히 앞으로 개발되는 농약의 대부분은 인간이나 환경에 미치는 영향을 최소화하기 위해 특수한 영양소나 호르몬의 이동경로를 차단하여 균의 생존이나 차세대의 해충밀도를 낮추는 기법들이 예상된다. 이러한 대체농약들은 식물의 영양소 이동에도 장애를 주므로 가능한 발병한 곳에만 알맞은 약을 시용하는 것이 좋다. 또한 발전되고 있는 센서기술을 잡초만을 인식할 수 있으며, 잡초가 있는 곳에만 제초제를 살포하는 변량제어 기술로 실용화를 눈앞에 두고 있다.

바. 자율주행기계

일본, 미국에서는 20여년 전부터, 우리나라에서는 1998년부터 자율주행트랙터 개발 연구를 수행하여 GPS 인공위성에서 좌표를 받아 컴퓨터에 입력된 전자지도를 따라가며 예정된 농작업을 수행할 수 있는 인공지능형 자율주행 무인트랙터를 개발하였다. 이 트랙터에는 무인주행을 위한 트랙터 전자 제어장치, 전자제어형 작업기 위치 제어장치, 레이저를 이용한 장애물 검출 및 회피 알고리즘, GPS 수신정보를 이용한 경로탐색 기술, 영상처리에 의한 운동체의 경로탐색 기술, 무선제어 및 통신시스템 기술, 농업용 전자지도 작성기술 등이 종합적으로 활용되고 있어 정밀농업용 농작업기 개발의 기초기술로 활용하고 있다.

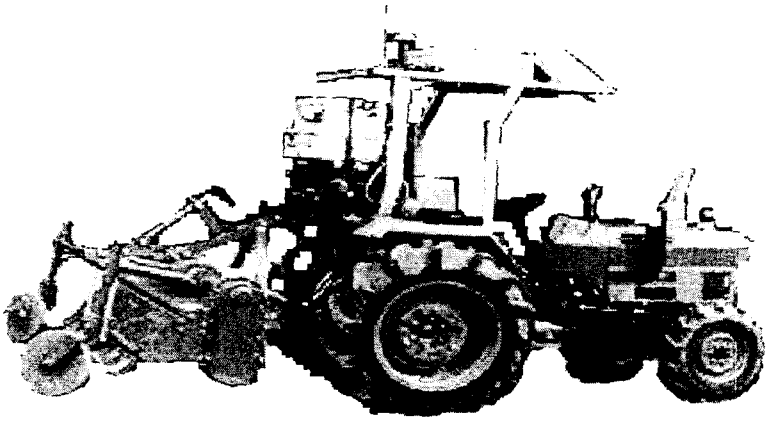

그림. 2. 인공지능형 자율주행 작업기

사. 변량 작업기

정밀농업 기계기술을 위해서는 포장내 위치별로 처방된 비료나 농약의 살포량을 해당 위치에서 계산된 양만큼 살포할 수 있는 변량 농작업기가 필요하다. 이러한 변량 살포장치는 의사결정 시스템에서 미리 작성된 전자지도를 이용하는 방법과 포장에서 직접 국지적인 변이를 측정하여 적용하는 방법 두 가지가 있다. 대부분의 정밀관리를 하는 농업 경영인은 경제적, 환경적으로 가장 좋은 결과를 얻기 위해 두 가지 방법을 조합하여 이용하게 된다.

3. 진단(Sensing)과 처방기계(site-specific management)기술의 골프코스에 접목

(4) 가. 기술개발 방향

정밀기계기술 개발은 골프코스의 규모, 크기, 토양의 조건, 잔디 재배조건 등 여건에 적합한 정밀농업기계기술을 개발해야 한다. 예를 들면 토양시료를 반복 채취할 수 있는 토양 시료 채취장치, 잔디 생육측정센서와 병해충 발생측정 기술, 비료나 농약을 꼭 필요한 곳에만 필요한 양 만큼만 살포하는 장치 등이다. 다음은 정밀기계 기술을 이용할 대상을 확정하고 이용대상이 정밀기계를 구입 허용할 수 있는 경제적 및 기술적 조건에 알맞은 기술을 개발해야 한다. 그리고 정밀 골프코스를 관리 할 경우 경영에 경제적 이익이 되고 환경친화적인 효과가 가시화될 수 있도록 경제적·제도적 지원이 이루어져야 한다.

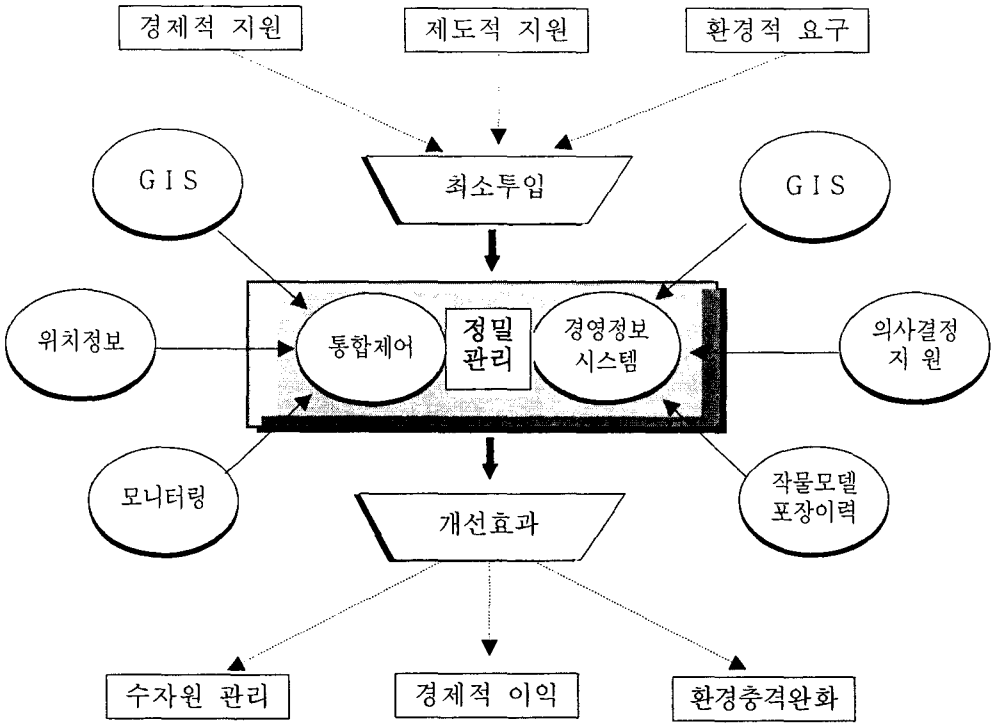

그림 3. 정밀관리기계기술의 시스템 요소

(5) 나. 기술개발 목표

정밀관리를 실천하는데 필요한 기계기술을 작업별로 구분하여 개발하는 목표를 설정해야 한다. 먼저 관리인이 수시로 코스에 나가 잔디의 생육상태를 판단하는 것처럼 기계를 이용하여 잔디의 생육상태를 판단할 수 있는 생육정보 검출기술이 필요하다. 일기예보에서 사용하는 것처럼 인공위성 사진을 이용하여 넓은 코스의 생육상태를 판단하기도 하고 작업기계에 부착한 센서를 이용하여 작업기 근처의 잔디 생육상태를 실시간으로 판단하는 기술이 필요하다.

또한 컴퓨터를 이용하여 전년도의 기상자료나 코스 자료를 데이터베이스로 만들어 놓고 현재의 잔디 생육상태와 비교하여 수행해야 할 작업의 종류와 수준을 결정하는 작업의사결정 기술이 필요하다. 즉 전년도에는 어느 곳에 어떠한 처리를 해 줬고, 현재의 잔디의 생육상태가 어떠하니 이곳에는 지금 어떤 작업 처리를 해 줘야 한다는 판단을 컴퓨터가 내려주는 것이다. 이는 마치 숙련된 전문가가 수행해야 할 작업의 종류나 시기·수준을 결정하는 것처럼 기계가 판단할 수 있는 컴퓨터 인공지능 기술을 이용한 전문가 시스템인 것이다.

여기에 필요한 또 한 가지의 기술은 '작년에 이 위치에서 골프코스가 어떠했는가? 등의 정보를 컴퓨터 데이터베이스에서 찾기 위해 기계가 현재 서 있는 위

치를 알아내는 위치 정보 획득기술이다. 이를 위해서는 지구위치시스템(GPS)을 이용해야 한다. GPS는 지구 위를 돌고 있는 인공위성을 이용하여 지구의 어느 위치에 있어도 자신의 위치를 정확하게 알 수 있도록 만든 위치 측정시스템이다.

최종적으로 실제 그 위치에서 컴퓨터가 명령을 내린 작업을 수행하는 변량 작업기술이 필요하다. 이는 기존의 작업기계가 코스에 일괄적으로 비료를 살포했던 것과는 달리 코스의 위치에 따라 잔디 생육상태에 맞는 최적의 관리 작업을 수행해 주기 위해 위치별로 비료나 농약의 살포량을 달리하는 살포작업 기술을 의미한다. 이와 같이 정밀관리 기계기술은 파종전 처리에서부터 잔디재배기간의 모든 면에 정보화 기술이 이용되는 것이다.

구체적으로 정밀 작업기술을 보면, 토양검사, 경운관리작업, 파종이식작업, 시비방제작업, 잔디 생육관찰, GPS와 GIS를 이용한 위치측정작업 등 모든 작업에서 시간적 공간적인 정보화가 이루어져 한다. 따라서 정밀관리기술과 기계 개발은 어느 한 분야의 노력만으로는 해결될 수 있는 문제가 아니다. 토양학, 농화학, 작물학, 농공학, 항공학 등 농학 공동 분야의 학자와 농업기자재 생산업체, 골프코스관리인이 합심 노력해야만 기술을 개발하고 실천할 수 있는 환경친화적인 새로운 코스관리시스템으로 판단된다.

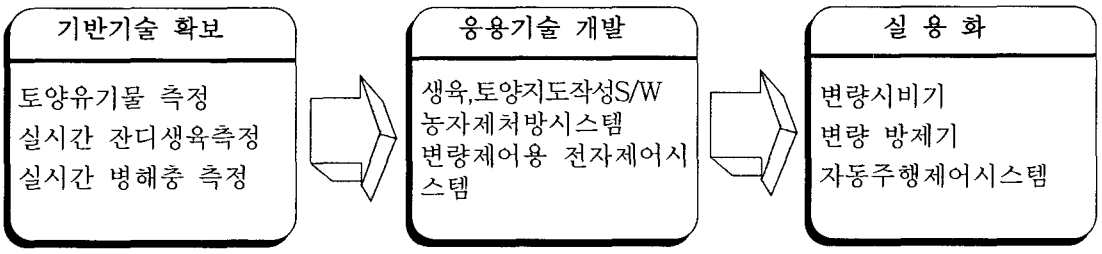

그림 4. 정밀관리 기계기술의 단계적 개발 단계

4. 맺음말

농경문명의 변화를 보면 1차혁명은 철의 이용으로 농기구를 만들어 사용한 것이고, 2차 혁명은 증기기관의 발명으로 농용트랙터를 만들어 사용한 것이라고 한다. 그리고 제3차 혁명은 지금 진행중인 농업의 정보화(IT)가 될 것 이라고 한다. 농업의 정보화중에서 농업생산의 획기적인 변화를 가져올 것은 정밀농업(Precision Agriculture)이 될 것이라고 세계 석학들이 말하고 있다.

농업은 자연과 생명체를 다루고 농가의 경영규모, 자본력의 한계 등으로 공업분

야에 비해서 정보화가 늦어지고 있지만 구미 선진농업국을 중심으로 정밀농업을 추진하므로서 농업의 정보화가 추진되고 있다.
정밀농업 기계기술은 정책면에서 볼 때 화학비료와 농약을 대량 감축하여 환경오염 문제를 해결할 수 있다. 수요자 측면에서는 관리작업기계에 GPS와 GIS, 인터넷 컴퓨터 등 첨단공학기술을 접목한 하이테크 접목으로 생산성을 증가시키면서 경제적 수익을 얻을 수 있다. 기계 생산자는 기계를 정보화 첨단화 하므로서 새로운 상품을 개발하여 구매의욕을 촉진하고 부가가치를 향상시킬 수 있다.

가.

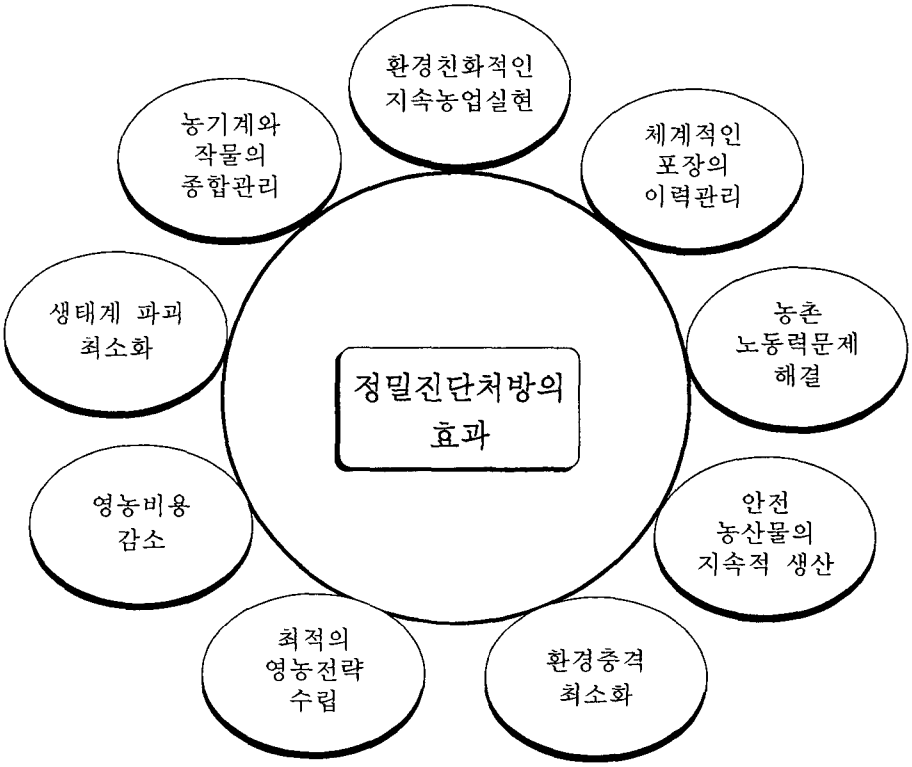

그림 5. 정밀농업기계기술의 효과

대학 등의 연구자는 농업의 정보화라고 하는 새로운 연구영역이 확대됨으로 학문적 가치가 높아진다. 이와 같이 정밀농업 기계기술은 산·관·학·연의 이해가 일치되는 새로운 농경지 관리기술이다. 정밀농업 기계기술은 한 구역내에서 작물 생육차이를 파악하여 포장을 소공간으로 분할하고 미시적인 관점에서 최적의 관리작업을 목표로 하는 농업의 정보화 자동화 시스템이 복합된 기술로 현행 농업에서 보면 비약적인 기술혁신이며 21세기에 추구해야 할 친 환경 농업이다.
구미는 농업기술이 정밀농업 세대로 농업기계 생산의 구도가 변하고 있다. 미국에서는 지금까지 농업기계와 관계가 없었던 센서회사, GPS 회사, 소프트웨어

개발회사가 농업기계분야에 참여하고 있다. 또한 학교에서도 농업공학의 연구자 이외에 항공우주공학, 전자공학, 컴퓨터 공학, 로봇공학의 연구자가 정밀농업의 추진에 큰 역할을 담당하고 있다. 이와 같은 점을 감안할 때, 정밀농업의 실현은 농업이 새로운 산업으로 발전 전환하고 있다는 것을 보여주는 것이며 농업기계 연구자와 기술자가 중심이 되어 정밀농업기계기술을 개발해야 된다고 믿으며, 우리농업을 한 차원 발전시키는 중차대한 역할을 실현하는 것이다.
따라서, 첨단 정밀농업 기계기술을 골프코스 관리에 접목시킨다면 환경부담을 크게 경감시키면서 경쟁력 있는 골프코스관리가 가능할 것이다.