

주제-04**데이터 기반 벼농사 스마트농업 -실용화 디지털 농업 중심으로-**박광호^{1*}¹전북 전주시 완산구 콩쥐밭길로 1515 한국농수산대학

우리나라 벼농사 역사는 삼한시대부터 1450년간 직파재배, 조선 후기부터 1977년까지 200년간 손이앙 재배, 최근까지 43년간 기계이앙재배로 크게 대별할 수 있다. 하지만 최근 벼농사는 데이터 기반 R&D 기술 융복합으로 디지털 스마트 농작업을 농가에 보급하고 있다. 또한 인류사회와 산업경제학적으로 4차 산업혁명 기술, 농촌 고령화와 코로나-19 일상화에 따른 팬데믹 시대 벼농사 시스템은 과거와 다르게 비대면 비접촉 셀프(1인) 규모화 스마트 농작업 체계로 대 전환이 되어야 할 것이다. 본 주제발표는 1993년부터 28년간 데이터 기반 디지털 스마트 벼농사 R&D 및 국내외 농가보급 실용화 기술 중심으로 보고하고자 한다.

1. 경운작업

우리나라는 경운작업은 인력, 축력, 경운기, 중소형 트랙터 및 대형 트랙터 중심으로 변천하고 있다. 따라서 논갈이 효율과 경운 깊이도 다르다. 주로 이용하고 있는 경운작업기는 이랑쟁기와 원반쟁기이었다. 하지만 이 작업기는 근원적으로 다음과 같은 장단점을 가지고 있다. 이랑쟁기의 경우 깊게 경운되고 토양입자가 잘 부셔지며 경운 힘이 좋은 반면 작업자의 손으로 유압 조절이 되어야 하며 결눈질로 일정하게 경운작업이 되어야 하기 때문에 장시간 작업 시 목뼈 통증(농부병)이 뒤따르게 된다. 작업속도가 느리고 트랙터 마력(ps)이 높아야 하며 토양 수분조건이 양호하여야 한다. 작업과정에서 토양반전으로 논둑 가장자리 깊은 골이 만들어진다. 원반쟁기의 경우 토양반전이 상하로 비교적 잘되며 벧짚이 제대로 잘게 잘리지 않은 논은 원반에 벧짚이 끼어 작업성을 저해한다. 심경을 할 경우 유압부하로 성능저하가 있으며 양 가장자리 깊은 도랑이 만들어진다. 따라서 2유형 쟁기의 문제점을 개선하고자 1998년 국내 Y업체와 산학협력으로 치즐(Spike) 형태의 쟁기를 레이저 시스템을 적용하여 R&D하여 국내의 보급하고 있다. 이 작업기는 제자리 경운(표토↔심토) 시스템으로 경운작업 과정에서 균평도를 일정하게 유지하는 원리이다. 작업기 가장자리 휠(Steel)을 부착하여 높낮이(경운깊이)를 조절할 수 있어 작업과정에서 유압조절, 결눈질이 불필요하다. 또한 강한 스프링 부착으로 논, 밭 경운작업과정에서 보습날이 돌과 부딪쳐도 완충작용으로 보습날의 파손을 예방한다. 경운작업에서 데이터 적용 논갈이 작업의 디지털 스마트농업은 3유형 쟁기를 이용하여 경운작업 후 드론이용 2D 또는 3D 이미지 획득과 비교로 쟁기유형별 작업성능 차이, 작업자 평가, 쟁기 선정, 농작업 정보 공유가 가능하다. 따라서 위탁농작업 의뢰자 감독 기반 대행작업자 평가 및 선정, 비용지불 등이 가능하게 된다.

2. 정지작업(무논씨레작업)

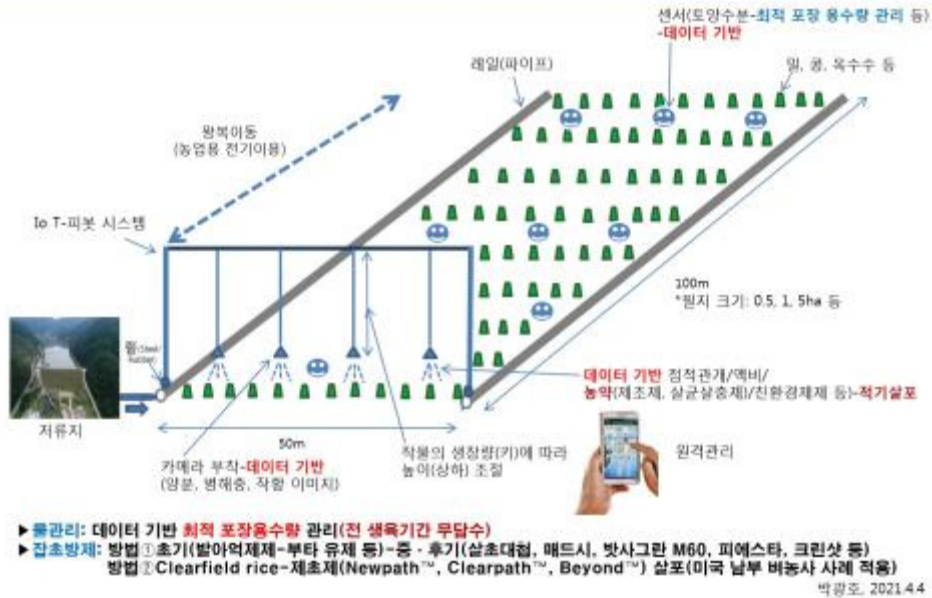
벼농사 본답준비과정에서 무논씨레(정지)작업은 주로 무논정지기(소형, 중형, 대형, 초광폭)에 의해 이루어지고 있다. 최근 벧짚 베일러작업으로 대형 트랙터 보급이 증가하고 있어 무논정지기도 대형 및 초광폭(5.6m) 중심으로 이동하고 있는 실정이다. 데이터 기반 디지털 무논정지작업은 무논씨레작업 후 담수하여 열화상(Thermal) 카메라를 이용하여 무논정지작업별 이미지를 획득하여 비교할 경우 색채별로 큰 차이를 볼 수 있다. 또한 레이저균평작업 후 무논정지작업은 보다 정밀한 균평작업과 일정한 깊이의 담수관리가 이루어지고 있는 것을 알 수 있다. 2016년 이후 전국적으로 400여대 레이저균평기 보급과정에서 얻어 진 논의 평균 균평값은 $\pm 7.5\text{cm}$ (15cm 물깊이)이었지만 레이저균평작업 후 균평도는 $\pm 1\text{cm}$ (2cm 이하)이었다. 따라서 가장 깊은 15cm 적용 이앙작업에서 모내기는 모키가 그 이상 자란 중묘(15~18cm, 30일 못자리 관리)를 이앙해야 하는 이유였다. 따라서 정밀균평작업이 된 논에서는 어린모(5~8cm, 8~10일 못자리 관리), 직파가 가능한 이유이다. 데이터 기반 디지털 무논정지작업 체계에서는 모내기 작업이 치묘, 어린모 중심으로 이동할 것이며 직파(드론이용 등)로 변천될 것으로 보인다. 특히 본논준비 위탁의뢰농가에서는 이와 같은 이미지 정보 공유에 의한 모니터링이 가능하게 되어 벼농사 정밀농업을 앞당기게 될 것이다.

3. 물 양분 최적화 관리

벼농사는 물을 좋아하는 식물이다. 담수조건은 잡초관리에서도 유리하다. 하지만 데이터 기반 Io T-K 피봇 물관리 시스템은 벼농사 물관리 시스템을 혁신할 것으로 보인다. 센서, 카메라(이미지), 이동통신(5G) 기반 Io T-K 피봇 물관리는 컴퓨터와 스마트폰 연계 원격 자동 최적 포장용수량(매트릭 포텐셜 30kPa, -0.3bar, 식물이 이용할 수 있는 최대의 수분 상태) 관리 시스템이다. 담수 물관리는 벧짚 등 유기물 환원과정에서 발생하는 온실가스(GHGs-CO₂, N₂O, CH₄) 발생과 지나친 에너지(물) 소요 농법이다.

양분관리는 Io T-K 피봇 시스템 또는 드론이용 데이터 기반 디지털 정밀관리가 가능하다. 피봇 노즐(작물의 생장에 따라 상하 이동 가능)부위 카메라 부착으로 생육시기 및 포장 군락별 개체 및 군락 엽색도 측정(LCC, 엽색도계, 디지털질소측정기, 광학 센서 등)이 가능하다. 엽색측정값 기반 양분 가변시비를 한다. 드론의 경우 주요 생육시기별 엽색 및 생육량을 측정하여 변량 시비도 가능하다.

데이터 기반 무담수 벼농사 시스템 (Io T-K 피봇 R&D-탄소배출 Zero)



데이터 기반 최적 포장용수량(수분), 정밀 양분, 잡초Spot방제, 병해충 예방 및 Spot방제, 시기별 작황 및 정밀 수량조사, 재해조사의 예

4. 결주(Missing hills)

벼농사 이앙작업과정에서 결주가 발생이 되고 있다. 최근 보급되고 있는 이앙기의 경우 3.5% 결주를 보고(Y사)하고 있으나 농가반응 모니터링 결과 평균 6.1%이었으며 실제 드론이용 농가 이앙담 전수 조사에서는 12.8%로 높은 편이었다(2020, 이경환). 이는 수량 및 품질에도 영향을 미친다. 이앙 작업과정에서 데이터 기반 디지털 농업 적용성은 2D, 3D 이미지를 통하여 전체 논외 이미지를 비교 분석하여 농업기계업체, 작업자, 육묘장 및 농가에 정보제공을 통하여 개선해야 할 것이다.

데이터 농업+노지 스마트 정밀농업 적용성



드론이용 벼 이앙 후 결주조사 사례

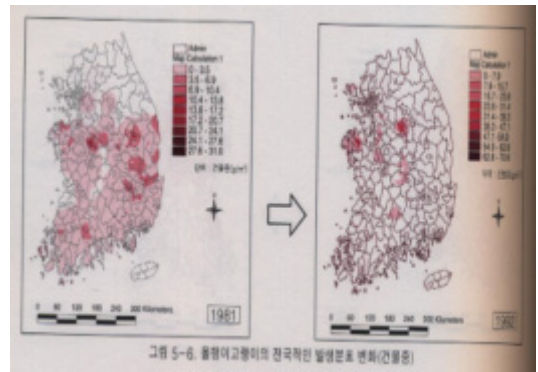
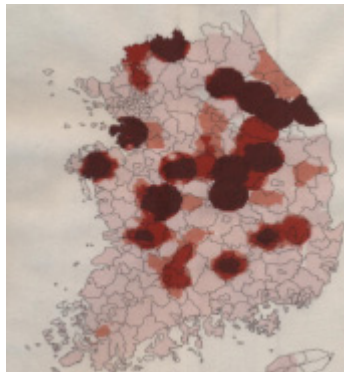
5. 이앙 본수(개/주) 및 이앙 위치(GPS 좌표)

벼농사 이앙작업과정에서 주당 이앙본수는 전국적으로 평균 10개로 알려지고 있다. 하지만 실제 조사에서는 0~21개까지 조사되었다. 이는 이앙기 유형, 작업자, 논준비, 육묘 등의 영향으로 크게 개선되어야 할 것으로 보여졌다. 데이터 기반 이앙본수 정밀도는 전체 논의 이앙 후 이미지 획득을 통하여 분포도와 이앙본수 비교를 통하여 정밀한 이앙본수로 접근하여야 할 것이다. 최근 국내 전국적으로 보급되고 있는 벼 무복토육묘(마당못자리) 소식재배(드문모심기)에서도 주당 평균 4개로 제시하고 있지만 실제 조사에서는 0~7개이었다. 또한 3년간(2018~2020) 이앙본수(1개/주, 신동진벼) 시험에서 70년대 품종(41개)과 다르게 분얼수는 72개로 나타나 이에 대한 연구도 요구되어졌다. 디지털 기반 GPS이용 이앙위치 정밀화 분석 및 이앙기(센서·알고리즘) R&D가 요구되어 진다. 이앙밀도는 관행(표준) 30×15cm, 소식재배 I (드문모심기) 30×20cm, 소식재배 II (드문모심기) 30×30cm이지만 GPS 측정결과 실제 이앙위치와 심어진 위치는 다르다. 이는 경운작업과정에서 쟁기 및 보습 날의 유형에 따라 이앙기 운행과정에서 휠(Wheel) 밀림 현상 및 직진성이 다르게 발생하게 된다.

6. 잡초발생 데이터 기반 제초제 정밀살포

논·밭의 필지별(고유번호 부여 및 관리) 잡초발생 초종(화분과, 광엽, 사초과, 일년생, 다년생 등), 발생본수, biomass, 엽기(Leaf number/stage)에 따른 적용 제초제와 적기 가변 살포가 가능하다.

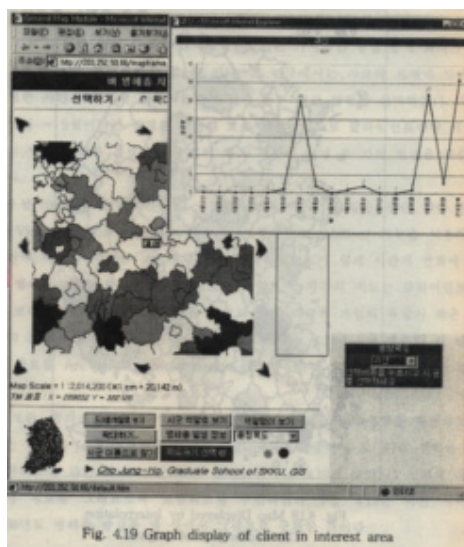
GIS 연계 논, 밭 잡초의 연차 간 천이를 모니터링하여 종합적인 잡초관리도 할 수 있다(1999, 박광호).



GIS이용 지역 및 재배방법별 데이터 기반 정밀잡초방제 가능성 잡초 군락천이 기반 잡초방제법 개발 및 도입(GIS)

7. 병해충 예찰 및 실시간 가변 방제

병해충은 다른 피해와 다르게 초기 예찰과 방제가 매우 중요하다. 따라서 Io T-피봇 또는 드론장치에 초분광식 또는 분광식 카메라부착으로 작물의 주요 병해충별 초기 정밀 예찰과 병반 부위 점적(Spot) 살포로 데이터 기반 디지털 실시간, 적기 방제가 가능하다. 1999년 벼멸구를 대상으로 충북 괴산지역 GIS이용 실시간 모니터링을 하였다.



데이터 기반 실시간 병해충(벼멸구) 예찰 및 정밀방제 가능성(출처: 1999, 조정호)

8. 수량 및 작황조사

논벼 수량조사는 통계청에서 매년 모집단, 표본(4차)에서 9월15일(예수량조사)과 수확기 실수확량조사를 2차례하고 있다. 실수확량조사방법은 6㎡당 조제벼 중량, 1/8조제벼중량, 1/8건조벼중량, 6㎡당 생벼질, 피해상황, 크기별 중량, 수분함량 등에 기준하여 조사하고 있다. 논벼의 표본조사구역 면적은 실제 3㎡에서 가로 10포기, 세로 10포기를 시료채취하여 ㎡ 및 10a 당 환산하여 발표하고 있다. 따라서 표본조사와 실제수량과의 차이(Gap)는 발생하게 된다. 이를 최대한 줄이기 위해 전수 조사방법이 바람직할 것이다. 카메라 부착 Io T-피봇 또는 드론이용 전체 포장 데이터(이미지) 기반 수량조사 방법이 유용할 것이다.

작물 주요 생육시기별 작황조사는 초분광, 다분광, 3D 카메라를 부착한 Io T-피봇 또는 드론이용 이미지 획득을 통한 프로그램 솔루션을 거쳐 전체 필지 3D 맵핑 수량 데이터 확보가 실제 작황 실측치와 가장 근접하는 작황 데이터를 확보할 수 있을 것이다.

드론이용 벼 수량조사 알고리즘



드론이용 벼 수량조사 알고리즘 예

9. 자연재해와 농작물재해보험

기상변화(저온, 집중호우, 태풍, 대설, 한파, 한발 등)에 따른 주요 농작물(벼, 사과, 배, 단감, 복숭아 등) 피해발생의 정밀조사는 국가 농작물 수급 안정화에 중요하다. 카메라 부착 Io T-피봇 또는 드론이용 전체 포장 데이터(이미지) 기반 재해조사가 유용할 것이다.

10. 탄소배출 제로 무담수 벼 재배기술 가능성

2050 탄소중립 선언을 하였다. 국내 전 산업분야 중 농업분야 온실가스(GHGs) 배출량은 4%이다. 이 가운데 벼농사는 6,027천톤으로 21.5%를 차지하고 있다. 벼농사에서 탄소배출의 주된 요인은 담수관리이다. 따라서 디지털 건답재배를 하는 것이다. Io T-K 피봇 시스템 및 AI 로봇 융복합으로 최적 포장수분·잡초 및 병해충 관리를 통한 디지털 기반 벼 건답직파재배이다.

*교신저자: Tel. +82-63-238-9072, Email. kh5008@korea.kr