

ICID Awards (Young Professional)

- Save Irrigation Water Using the Innovative Machine of Soil and Water Management for Rice Crop Cultivation (SWMR)

송인홍

서울대학교 농업생명과학대학 지역시스템공학 교수

1. 머리말

이번 호에는 ICID Awards 중에 40세 이하의 젊은 과학자를 대상으로 하는 Young Professional Award에 대해 소개하고자 한다. 2016년도 수상자는 Mohamed El-Hagarey 박사로 이집트 카이로에 있는 사막연구센터(Desert Research Center)의 관개배수분과(Irrigatin and Drainage Unit) 소속이다. El-Hagarey 박사는 논·밭의 토양과 물을 관리하는데 혁신 농기계를 이용하여 관개용수를 절약하는 연구(Save Irrigation Water Using the Innovative Machine of Soil and Water Management for Rice Crop Cultivation (SWMR))로 신진과학자상을 수상하였다.

수도작은 세계 관개용수의 34~43%를 사용하는 것으로 추정되고, 이는 세계 담수 수자원의 약 24~30%를 차지한다. Maclean et al (2002)에 따르면, 세계 연간 쌀 생산량은 약 5.5 ~ 6억 톤으

로 수도작 면적은 약 1억 5천만 ha에 달한다고 한다. 쌀은 이집트에서 가장 중요한 농산물의 하나로 주요 수출품이다. 이에 따라 지난 10년간 농경지 면적이 약 1백만 feddans(약 0.65 ha)에서 1백 56만 feddans로 늘어나고 생산량도 연간 580만 톤에 이른다(Gonimey and Rostom, 2002).

2. 혁신 농기계의 구성

SWMR을 위한 혁신 농기계는 물은 물론, 양분, 시간, 노동력, 에너지를 절감하여 비용을 줄이는 동시에 잡초관리에도 효과적이다. 이 농기계는 토양을 20cm 깊이까지 관리하는데, 수도작에 적용하기 위해 물에 범벅이 된 토양 환경에서 작동하도록 설계되고 제작되었다. Fig. 1에서 보는 바와 같이, SWMR 농기계는 기본 축에 실린더 모양의 돌기를 여러 개 달아서 제작되었는데, Fig. 2는 실제 사진으로 보여주고 있다.

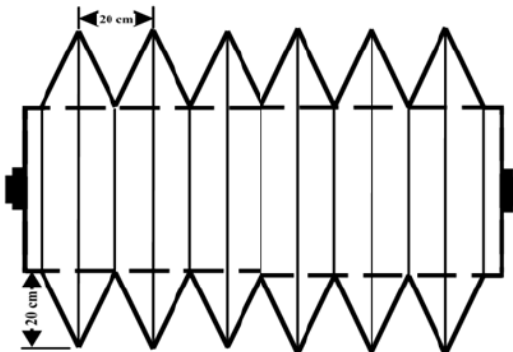


Fig. 1. Side of zigzag shape which reform the soil surface

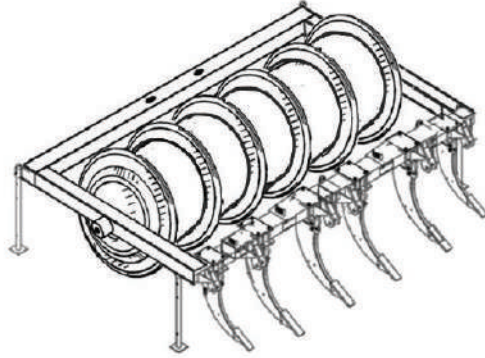


Fig. 2. Innovative machine of soil and water management (SWMR)

이 농기계를 트랙터에 달 때는 하층토 쟁기 (subsoil chisel) 뒤에 연결하여 사용하는데, 이렇게 하면 쟁기에 의해 교반된 토양을 따라 V모양의 고랑을 만드는데 용이하다. 이렇게 형성된 V형 고랑에 바퀴가 V형 고랑에 맞게 개량된 이앙기를 이용해서 모를 심게 된다(Fig 3 & 4). Fig. 5

는 혁신 농기계를 이용한 일관 이앙작업의 개념을 보여주고 있는데, 트랙터에 쟁기를 먼저 연결하고, 이어 둥근 zigzag 형태의 실린더 디스크를 이용해 고랑을 형성하고, 마지막으로 연결된 이앙기가 따르고 있다.

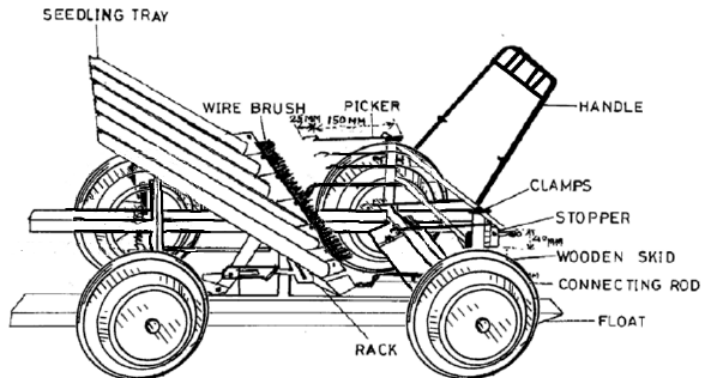


Fig. 3. Modified rice transplanter of the new innovative technique of rice cultivation



Fig. 4. Modified wheel of modified transplanter takes the cross soil furrow shape

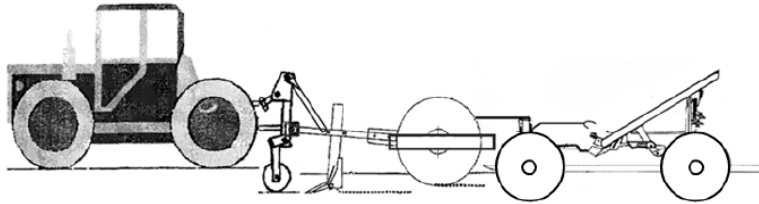


Fig. 5. Innovative cultivation system machine (tractor, SWMR and modified transplanter)

3. 물을 절약하는 기작

본 혁신 기술의 핵심은 논 바닥을 기존의 평편한 형태가 아니라 V자 형으로 고랑을 만들어 바닥에 벼를 이앙하는 것이다. 이렇게 함으로써 동일 담수심을 채우는데 소요되는 관개량도 전통적인 방법의 50% 수준이고, 고랑 바닥에 심은 벼는 그만큼 물 스트레스를 적게 받게 된다. Fig. 6은 혁신

농기계를 이용한 논과 전통적인 논 바닥의 토양 단면을 개념적으로 보여주고 있다. zigzag 디스크를 탑재한 혁신 농기계로 논 바닥에 V자 형 고랑을 형성하여 담수 단면적을 줄임과 동시에 벼의 재식밀도(20cm × 20cm)는 전통적인 방법과 같게 유지하고 있다.

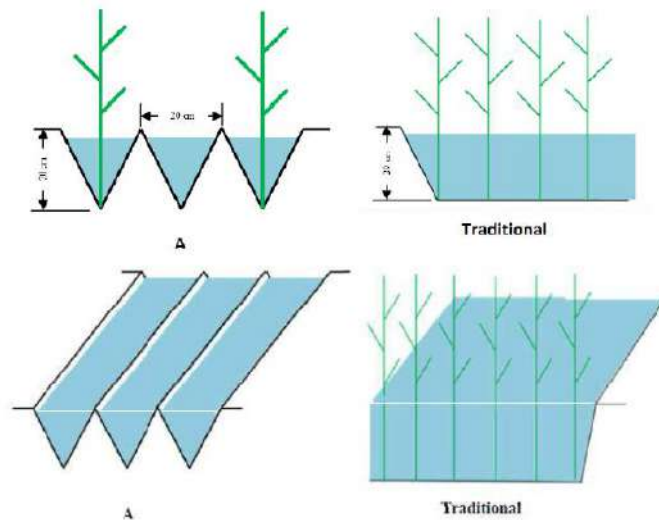


Fig. 6. Cross section (water flow area) of traditional and modified rice furrow irrigation

4. 관개 효율 및 비용 절감 효과 평가

두 영농 방법의 물 이용 효율과 비용절감 등을 평가하여 Fig. 7~10에 나타내었다. 관개 필요 용수량은 Kaft El-Sheikh Governate의 지역 기상관측소의 자료를 이용하여 산정하였고, 이를 바탕으로 관개용수 절약율은 다음의 식으로 계산하였다.

$$\text{Water saving} = \frac{(L_f - L_n)}{L_f} \times 100\%$$

L_f : 전통적 농법의 관개량 (m^3/ha), L_n : 혁신 농법의 관개량 (m^3/ha)

관개 효율(Irrigation water use efficiency)은 Viets (1962)가 제안한 방법을 적용하였다. Fig. 7에서 보는 바와 같이 두 방법의 총 관개량은 비교

하면 전통적인 방법은 ha당 $13,104 \text{ m}^3$ 을 사용한 반면, 혁신 농법은 약 절반인 $6,897 \text{ m}^3$ 의 물을 사용하였다. 이는 혁신 농법이 전통적인 방법에 비해 약 47%의 물을 절약할 수 있음을 의미한다. 혁신 농법에 의한 단위 ha당 생산량은 $8,978 \text{ kg}$ 으로 전통적인 방법의 $3,580 \text{ kg}$ 보다 약간 상회하는 수준으로 생산성을 유지하는 것으로 나타났다 (Fig. 8). 관개 효율을 살펴보면, 전통적인 방법의 0.65 kg/m^3 에 비해 혁신적인 방법이 1.3 kg/m^3 약 두 배가량 높게 나타났다(Fig. 9). 단위 생산량에 대한 관개 비용도 혁신적인 방법이 0.197 EGP/kg 으로 전통적인 방법의 0.392 EGP/kg 비용을 훨씬 저감할 수 있는 것으로 산정되었다(Fig. 10).

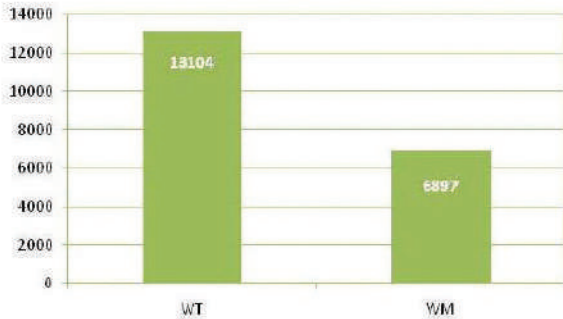


Fig. 7. Amounts of applied irrigation water (m^3/ha)

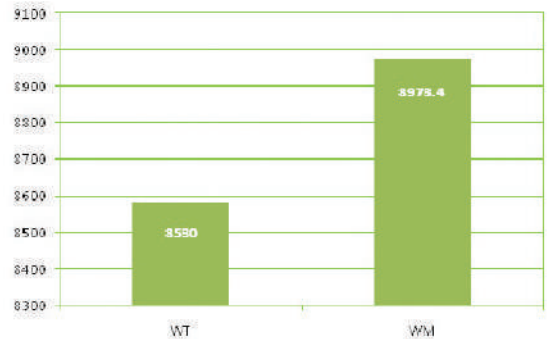


Fig. 8. Rice crop yield (kg/ha)

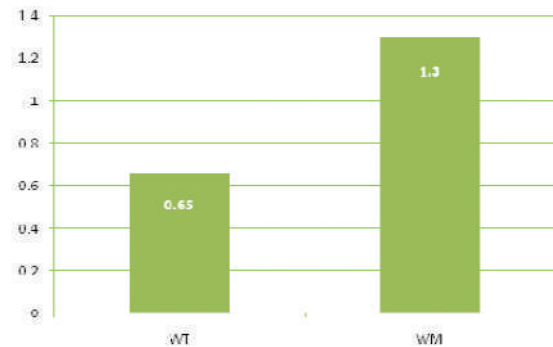


Fig. 9. Irrigation water use efficiency (kg/m^3)

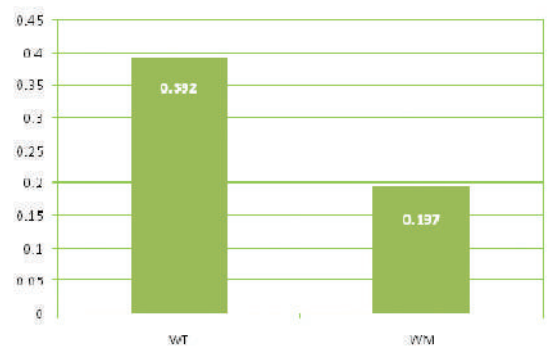


Fig. 10. Irrigation cost of production unit (EGP/kg)

이상을 종합해 보면 혁신 농기계에 의한 혁신 농업이 관개 효율이나 비용 측면에서 매우 효과적임을 알 수 있다. 혁신 기법은 관개수를 절약할 뿐만 아니라 증발이나 지표유출에 의한 관개수의 손실을 줄일 수 있기 때문에 환경적인 측면에서도 긍정적인 효과를 기대할 수 있다. Fig. 11은 혁

신 농법과 전통적인 방법을 사진으로 비교하고 있는데, 이앙 직후의 전경과 이삭이 핀 후의 모습을 보여주고 있다. 혁신 농법에 의한 벼의 성체가 전통적인 방법과 비교하여 생육이 좋은 것을 육안으로 확인할 수 있다.



Fig. 11. Rice under the SWMR method and traditional methods (upper: conventional, lower: renovated)

5. 혁신의 전파

본 연구의 결과물인 혁신 농기계를 이용한 수도작 재배법은 다음과 같이 등록되어 전파되고 있다.

1) 본 연구의 혁신 성과는 지적재산권(Intellectual Property Rights)인 이집트 특허로 등록하여 기술 전파에 노력하고 있다.

2) 수상자는 UNIVE1이라는 국영 TV채널의 한 프로그램에 출연하여 본 연구의 혁신 성과를 홍보하여 기술 전파를 장려하였다.

3) 농업토지개척국(Agricultural and land reclamation)의 여러 이해 당사자뿐 아니라 수자원 관련 기관에도 SWMR 기법의 도입을 제안하였다.

- 4) 본 혁신 성과물을 인쇄물로 제작하여 워크숍, 심포지엄, 컨퍼런스에서 제공하고, 여러 훈련 과정이나 전시회에서 발표함으로써 이해관계자에 홍보하여 SWMR기법을 이용한 수도작의 진흥을 지속적으로 요구하고 있다.
- 5) 제 5차 전략계획에 50%의 관개용수를 절약하는 새로운 방법으로 등재하여 이집트에서 새로 개척되는 벼 재배지에 적용하도록 유도하고 있다.
- 6) 배 생산과 교역에 관심이 있는 글로벌 도시에 SWMR기법을 이용한 새로운 재배방법을 마케팅하고 있다.

6. 향후 전망

이집트와 대부분의 강을 따라 형성된 촌락에서 농민들은 물을 낭비하는 경향이 있는데, 이는 배

수와 통기 불량 등으로 쌀 생산성과 미질을 저하시키게 된다. 나일강에 에디오피아 댐을 건설하여 역사적으로 이집트가 점유하였던 나일강의 수자원량이 약 20% 줄어들었다. 이에 더하여 줄어든 가용수자원에 가뭄이 한 두 해 겹치게 되면 수백만 ha에 이르는 비옥한 농지가 붕괴되어 이집트는 기아와 가뭄에 직면하게 된다. 이러한 측면을 고려할 때 본 연구의 성과물은 관개용수를 약 50% 절감할 수 있기 때문에 물부족 문제를 완화할 수 있고, 이렇게 절약된 수자원은 인근 지역에서 이용될 수 있을 것이다. 비료의 사용량 또한 25%가량 절감할 수 있을 것으로 기대된다. 나아가 SWMR 혁신 기법으로 전지구적으로 확장하면 관개용수, 양분, 에너지, 연료, 비용 절감은 물론 생산성 향상과 상품의 질 개선에도 기여할 수 있을 것이다.