

무경운 직파재배가 논 용수량 및 비용절감에 미치는 효과 - 현장 사례 연구

정상옥 · 김지용

경북대학교 농과대학 농업토목공학과

Effects of no-till direct seeding on irrigation water and cost reduction -A field case study

Chung, Sang-Ok and Kim, Ji-Yong

Dept. of Agricultural Civil Engineering, Kyungpook National University

Abstract

A field case study was performed to investigate the effect of shallow ponding in paddy field on irrigation water requirement of direct seeded rice. In addition, an economic analysis was made to see the effect of no-till direct seeded rice on cost reduction. A field study was performed at a 2.1ha paddy field in Kimjae city, Chonbuk province from 1991 to 1999. Various direct seeding methods such as dryland seeding, wetland seeding, and no-till wetland seeding were introduced. Then, cost reductions due to the direct seeding and no-till were calculated.

In addition, to investigate the effect of shallow ponding on irrigation water requirement, field measurements such as irrigation water volume, drainage water volume, rainfall depth, and ponding depth, were made at a 40a plot within the same area in 1988 and 1990.

The results of the shallow ponding study showed that the irrigation water depth, rainfall, and the drainage depth were 379mm, 458mm, and 448mm in 1988 growing season, and 274mm, 819mm, and 736mm in 1990, respectively. The shallow ponding irrigation method saved irrigation water by about 20% with higher yield compared with the traditional method.

The economic analysis showed that ₩640,000 per ha can be saved by direct seeding due to no nursery cost, and ₩1,220,000 per ha due to no-till and no nursery cost. The yields ranged 540 to 640 kg per 10a during the study period with an average of 590kg per 10a.

If these cropping techniques with no-till direct seeding and shallow ponding depth for rice cropping prove to be advantageous with further study, they can be adopted for the most of the paddy fields in Korea.

Key words : shallow ponding, irrigation water volume, drainage water volume, no-till, direct seeding

서 언

농촌 노동력의 감소와 노령화로 인하여 여러 가지 영농작업의 생력화와 기계화가 절실히 요구되며, 수자원 부족으로 인하여 논 관개용수의 효율적인 관리가 필요하다. 이앙재배 벼에 비하여 직파재배 벼는 묘판의 준비와 이앙작업을 생략할 수 있으므로 노동력을 크게 절감시킬 수 있다. 나아가 무경운 직파재배는 더 많은 작업과정을 생략할 수 있으므로 노동력과 생산비용을 더욱 더 절감할 수 있다. 또한 직파재배시 본 연구에서 소개하는 천수 간단 관개방식을 채택하면 약 20%정도의 용수절약을 가져올 수도 있다.

우리 나라의 직파재배 논 면적은 1994년을 기점으로 크게 증가하였으며 1997년에는 논 면적의 10.4%에 달하였으며(농림부, 1997) 앞으로도 점차 증가할 것으로 예상된다. 관개지역이 대규모이고 평야부가 많은 남부지방에서 직파재배가 많은 것으로 조사되었다(농림부, 1997). 논 관개 방법은 지역별, 기후별, 경지규모별, 물관리기술 수준별 등 여러 가지 요인에 의하여 다르다. 논에서의 물 관리는 작물생육과 물 이용효율에 매우 큰 영향을 미친다. 물 관리 중에서 논 담수심 관리는 침투손실 및 유효수량에 크게 영향을 미치며 생육과 생산량에도 커다란 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.

우리 나라에서는 전통적으로 중간 낙수기를 제외한 대부분의 생육기간 동안에 8~10cm 깊이의 담수를 해오고 있다. 또한 농민들의 물에 대한 경제적 개념이 희박하여 무턱대고 많은 물을 관개하는 것이 보통이다.

지금까지 국내외에서 수행된 논 담수심 관리를 통한 물관리에 대한 연구에 대하여 알아보면

다음과 같다. 이와 김 (1966) 및 이 (1968)는 절수의 시기 및 방법의 차이가 수도생육과 수량에 미치는 영향에 대하여 연구하였다. 이들은 33m² 크기의 시험구에서 세 가지 담수심 처리를 3반 복하여 실험하였다. 담수심 처리는 (1) 보통구- 5내지 8cm (1966) 또는 3내지 4cm (1968) 상시 담수; (2) 절수구- 3일 간단관개로 1일째는 담수, 2일째는 표면포화 무담수, 3일째는 완전배수건조 (3) 극절수구- 5일 간단관개로 1일째는 담수, 다음 3일간은 무담수, 5일째는 표면건열 상태로 하였다. 담수심 처리에 따른 수확량의 변화는 절수구와 극절수구 모두 보통구에서 보다 높은 값을 보여주었으며 절수구가 가장 높은 수확량을 나타내었다. 1966년에는 보통구에 비해 절수구가 8.2%, 극절수구가 3.6% 높은 수확량을 보여주었고, 1968년에는 보통구에 비해 절수구가 17.2%, 극절수구가 5.8% 높은 수확량을 보여주었다.

농촌진흥청(1993)은 논 물관리 체계의 자동화 연구에서 담수심을 60mm 정수위, 60, 40, 20mm의 변수위 및 60내지 0mm의 임의수위 등의 세 가지 형태로 관리하였는 바, 동일한 증발산량 조건 하에서 변수위 관리가 높은 수확량을 나타내었다고 하였다. 정 등(1999)에 의하면 심수관개는 7~10cm, 천수관개는 1~3cm 깊이가 적당하며 이앙직후 2주정도와 중간낙수 이후 3주정도 이외에는 간단관개가 오히려 생육에 좋다고 하였다. 그러나 우리 나라에서는 담수심 관리에 대한 심층적인 연구는 수행되지 않았으며 어떠한 방법이 좋은지에 대한 명확한 결과도 제시된 바가 없는 실정이다.

일본에서는 Hatta(1967) 와 Tabbal 등(1992)은 논 담수심을 매우 얇게 유지하거나, 토양만 포화 시키거나, 습윤과 건조를 교대로 하는 논의 물관

리는 전통적인 방법과 비교하여 수확량 감소가 없었으며 관개수량을 40~70% 절감할 수 있었다고 보고하였다. 向井 등(1999)은 일본의 논 담수심 관리 실태를 조사하였으며, 북부의 아오모리 지방은 냉해방지를 위하여 심수관개를 하고 있으며 남쪽으로 내려올수록 천수관개 및 간단관개를 하고 있다고 보고하였다.

또, 중국 Wuhan 서쪽 200km에 있는 Hubei의 Zhang He 관개지구에서 IWMI, IRRRI, 및 Wuhan 대학이 공동으로 논에서의 물절약 관개의 이점을 조사하기 위한 연구를 수행중에 있으며 (Barker and Molden, 1999), 지금까지의 연구결과에 의하면 천수 간단관개가 용수절약은 물론 생산량의 증가에도 기여한다고 하였다. 이 지역의 자료에 의하면 1965년부터 1998년 사이에 관개용수와 타용수의 배분상황의 변화는, 1975년까지는 농업용수가 80% 정도이었으나 1995년부터는 농업용수는 27%로 감소하였고 타용수는 73%로 증가하였다.

직파재배에 대한 연구는 농림부(1996, 1997)에서 직파재배시의 필요수량변화에 대한 연구를 하였으며, 전통적인 담수심관리와 바람직한 물관리기준을 소개하였으며, 이양재배에서 직파재배로 재배방식이 변화할 때 특히 건답직파시에 필요수량이 크게 증가한다고 하였다. 정(1997)은 작물계수 산정방법별로 담수직파 논벼의 작물계수를 산정하여 비교하였다.

한편 논에서의 무경운 직파에 대하여 알아보면, 일본에서는 1966년에 오카야마 지방에서 논 무경운 직파재배를 시작하였다 (Mizutani, et al., 1999). 국내에서는 최근에 홍 (1994)의 논 무경운 체계에서 벼 생력재배에 관한 연구와 최 (1998)의 무경운 직파재배에 의한 생산비 절감 및 고품질 쌀 생산 체계개발연구가 수행되었다. 홍 등 (1997)과 Cho, et al. (1999)은 벼-자운영 연속 무경운 직파재배에서 자운영 이용방법 차이가 토

양 및 벼 생육에 미치는 영향과 질소이동과 건물 집적에 대하여 연구하였다. 그러나 무경운 직파 재배를 실용화 하기 위하여는 앞으로 더 많은 연구가 수행되어야 할 것이다.

본 연구는 직파재배 방식의 최적 영농기술을 개발하고, 이양재배와 비교하여 비용 절감 효과를 조사하기 위해서 전북 김제군 부량면 대평리 일대 2.1ha의 논 지대에서 1991년부터 1999년까지 사이에 실시한 직파재배 및 무경운 직파재배 논에서의 영농관측 결과를 분석하였으며, 천수 간단 관개가 관개량 절약에 미치는 효과를 조사하기 위하여 1988년과 1990년에 같은 구역내의 40a의 논 필지에서 관측된 관개량, 배수량, 담수심 및 강우량을 분석하였다.

재료 및 방법

포장

본 연구는 전북 김제군 부량면 대평리 일대 2.1ha의 논 지대에서 수행되었으며, 천수 간단 관개 기법 조사는 40a (40×100m)의 논에서 수행되었다. 본 지구는 경지정리가 되었으며 용배수로 시설도 잘 정비되어 있다. 본 지구의 관개용수는 섬진 다목적댐으로부터 동진 간선에 의해 공급된다.

현장 조사

직파재배 방식은 일반적으로 건답직파와 무논골뿌림으로 나누어진다. 본 연구에서는 이에 추가하여 무경운 무논골뿌림과 이모작 건답직파에 대하여서도 조사하였다.

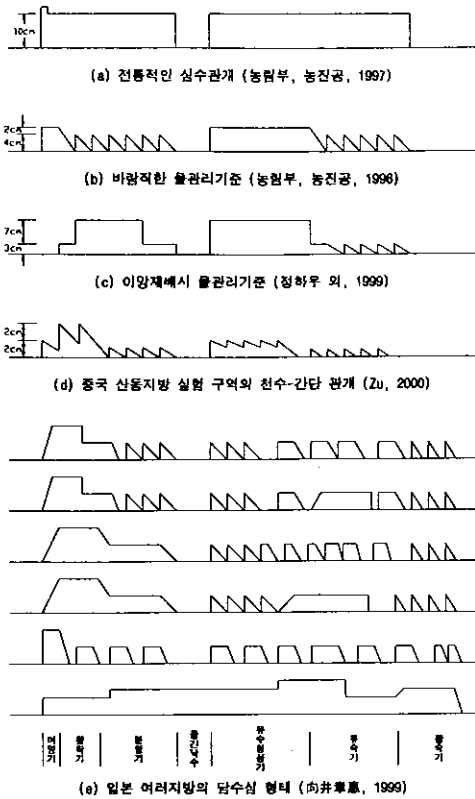


Figure 1. Various ponding depth managements in paddy fields.

본 조사현장은 1991년부터 무논골뿌림과 무경운 무논골뿌림을 하여오고 있다. 본 조사에서 이용된 직파기는 쌀보리연구회의 안태홍이 개발한 것으로 1991년에는 이앙기 부착식이었으나, 계속 개량 보완하여 1999년부터는 경운기 부착식으로 부속을 교체하지 않고도 건답골뿌림, 무논골뿌림 및 무경운 골뿌림과종을 할 수 있다. 또한 파종과 시비를 동시에 할 수 있는 직파기도 개발되었다.

한편, 파종과 동시에 측조시비를 통한 비료를 뿌리고 흙 속에 묻히도록 하므로서 약 30%의 비료 절감효과는 물론 배수되는 물의 오염을 방지할 수 있었다. 그럼 2는 수질오염을 방지하고 비료를 절약할 수 있는 측조시비 직파 단면을 보여주고 있다.

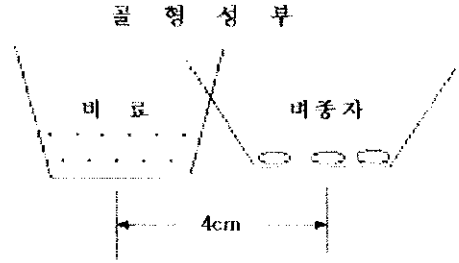


Figure 2. Direct seeding with side fertilizing.

직파재배시의 물 관리는 물 고랑을 만들어 논 바닥을 때때로 건조시켜 주었으며, 물고랑은 논 의 장변방향으로 간격은 논바닥이 평평하면 10m, 평평하지 않으면 5m로 하고 깊이는 10cm 로 하였다. 이앙이나 직파후 이삭이 확보되면 논 바닥에 실금이 갈 때까지 건조시킨 후 논 담수 심이 1-2cm가 되게 관개하고 다시 건조시키는 물걸러대기를 수확 2주전까지 반복하였다.

강우량, 관개량, 배수량 및 포장 담수심 등의 항목은 매일 저녁 무렵에 관측된 것이며, 1988년 과 1990년에 5월부터 9월까지 수행한 것이다. 강우량은 우량계를 사용하여 관측한 것이다. 관개 수량은 용수가 용수지거에서 논 필지로 유입하 는 위치에 직경 200mm 수도용 계량기를 설치하여 관측한 것이며, 배수량은 배수가 낙수구를 통 하여 배수로로 나가는 위치에 직경 100mm 수도 용 계량기를 설치하여 관측한 것이다. 담수심은 직경 150mm PVC 파이프를 논바닥에 매설하여 관측한 것이다. 강우시에는 낙수구를 통한 배수 량을 조절하므로서 담수심을 관리한 것이다.

직파재배 방식별 영농기법

건답직파

건답직파시 영농관리는 Fig. 3(a)와 같다. 파종 4일 전에 1차로 논을 15-20cm깊이로 고르게 간

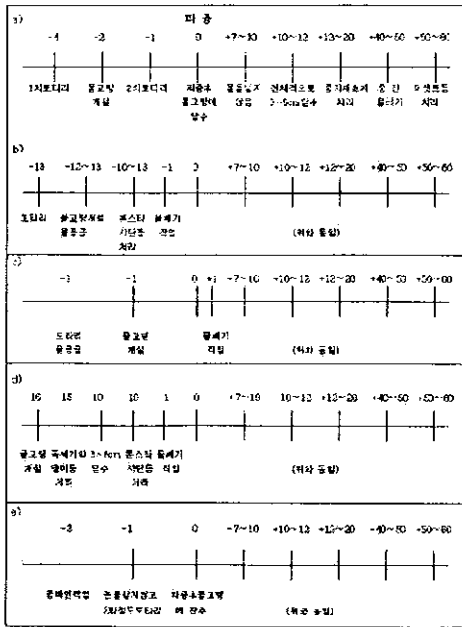


Fig. 3. Cropping management of various direct seeded rice fields.: (a) dry seeding, (b) wet seeding (pre-herbicide), (c) wet seeding, (d) no-till wet seeding, and (e) double crop dry seeding

다. 그 다음 5 내지 10m간격으로 10cm깊이의 물고랑을 설치하여 배수를 신속히 할 수 있게 한다. 물고랑은 트랙터에 부착한 배토기로 쉽게 설치할 수 있다. 파종 전일에 2차 로타리를 친다.

파종은 3-5cm깊이에 점파로 줄뿌림한다. 파종량은 ha당 50kg정도가 적당하다. 파종 후 물고랑에 물을 공급하면 논 전체에 수분이 공급되어 벼 종자의 출아에 충분하게 된다.

파종 후 10일 정도까지는 논에 물을 대지 않고 유지하면 출아율이 90%이상 되며 벼가 자라서 키가 2-5cm로 되는 10일 경에 물을 공급하고 12일 경에 초중기 제초제를 살포한다. 이삭수가 확보되면 파종 후 40-50일 경에 중간 물떼기를 한다. 파종 후 50-60일 경에 중기제초제를 살포한다. 그 이후에는 생육상황과 환경조건에 따라 필요시에 방제 등을 해준다.

무논골뿌림

무논골뿌림 직파는 파종전 제초제 처리와 로타리 직후 파종의 두 가지가 있다. 파종전 제초제 처리를 하는 무논골뿌림 때의 영농관리는 Fig. 3(b)와 같다. 파종 13일 전에 논을 15-20cm 깊이로 고르게 간다. 다음에 물고랑을 개설하고 논 전면에 물을 공급한다.

파종 10내지 13일 전에 제초제(론스타 또는 사단)를 살포하고 10여일간 담수상태로 유지하면 흙이 고르게 굳어져서 파종하기에 편리하게 된다. 파종 전날 물을 완전히 빼고, 파종은 ha당 55kg이 적당하다. 파종은 3-5cm 깊이의 골에 범씨가 위치하게 되므로 제초제의 영향을 받지 않고 입묘가 양호하게 된다. 파종 이후의 논 관리는 건답직파와 같다. 파종 후 10여일간 물을 대지 않고 그대로 유지하면 출아율이 85%이상 된다.

파종 전 제초제 처리를 하지 않고 로타리 친 후 바로 파종하는 경우의 영농관리는 Fig. 3(c)와 같다. 파종 전날 15-20cm 깊이로 고르게 갈고 물고랑을 5-10m 간격으로 개설하고 물을 공급한다. 파종은 기계이앙시와 같이 물이 약간 있는 상태에서 하며 파종량은 ha당 60kg정도가 적당하다.

파종 1일 후에 물을 완전히 빼면 로타리 친 흙탕물이 범씨 위에 가라앉게 되어 새의 피해를 방지할 수 있다. 그 이후의 논 관리는 건답직파의 경우와 같다. 파종 후 10여일간 물을 대지 않고 그대로 유지하면 출아율이 80%이상 된다.

무경운 무논골뿌림

토양보전과 노동력 절감을 위하여 1992년부터 1999년까지 무경운 직파재배를 시도하였다. 이때의 논 관리는 Fig. 3(d)와 같다. 파종 16일 전에 트랙터에 부착한 배토기로 5-10m간격으로 물고랑을 개설한다. 비선택성 제초제를 독세기와 앵미 등에 살포한다. 파종 10일 전에 3-5cm깊이로 담수하여 제초제를 살포하고 파종 전날 물을 빼면 논

Table 1. Cost reduction through no nursery.

(unit : Won/ha) (1999)

순위	작업명	기 계 이 양 재 배 비 용		직파재배 비용	절감액
		내역	금액		
1	흙운반	경운기4대×15,000원	60,000	-	60,000
2	쇄토 및 운반	남자0.5명×40,000원 여자0.5명×30,000원	20,000 15,000	-	20,000 15,000
3	상자에 흙담기	여자1명×30,000원	30,000	-	30,000
4	소독약	스포탁4병×550원 리도밀×500원 다찌가렌4병×1,550원	2,200 500 6,200	2,200 500 6,200	- - -
5	침종	여자0.5명×30,000원	15,000	15,000	-
6	가랑쌓기	남자0.5명×40,000원	20,000	-	20,000
7	묘판만들기	남자0.5명×40,000원	20,000	-	20,000
8	대쪽	(270개×60원)÷4년	4,050	-	4,050
9	비닐	100m	6,000	-	6,000
10	파종	남자1명×40,000원 여자2명×30,000원	40,000 60,000	-	40,000 60,000
11	묘판설치	경운기2대×15,000원 남자1명×40,000원 여자2명×30,000원	30,000 40,000 60,000	-	30,000 40,000 60,000
12	통풍 및 물관리	남자1명×40,000원 여자2명×30,000원	40,000 60,000	-	40,000 60,000
13	묘판농약	인건비 포함	10,000	-	10,000
14	묘판상자따기	남자0.5명×40,000원	20,000원	-	20,000
15	묘판운반	남자1명×40,000원 여자1명×30,000원	40,000 30,000	-	40,000 30,000
16	이양작업보조	남자0.5명×40,000원 여자0.5명×30,000원	20,000 15,000	-	20,000 15,000
계			663,950	23,900	640,050

흙이 3-6cm정도가 물려져서 골 형성이 잘 된다.

파종은 3-5cm깊이의 골에 하계되므로 제초제의 영향을 받지 않는다. 파종은 ha당 55kg이 적정하다. 파종 후 10여일간 물을 대지 않으면 출아율이 90%이상 된다. 파종 이후의 논 관리는 건답직파에서와 같다.

면 동시에 물 고랑도 설치된다. 로타리 친 후 바로 파종을 하며 종자량은 ha당 65kg내지 75kg이 적당하다. 파종이 끝나면 물 고랑에 물을 넣어주는 전체에 수분을 공급하여 출아를 좋게 한다. 이후는 건답직파에서와 같다. 이모작 무논골 뿌림방식도 가능하다.

이모작 건답직파

보리 수확 후 건답직파하는 경우이다. 보리 수확할 때 콤바인 부착장비로 보리짚을 5cm정도 길이로 잘라 논에 고르게 퍼 준다. 파종 전일 건답상태에서 10cm정도 깊이로 2회 정도 로타리를 친다. 배토기가 부착된 경운기 직파기로 파종하

결과 및 고찰

직파재배나 무경운 직파재배는 작업량이 줄어드는 만큼 영농비용의 절감을 얻을 수 있었다. 1999년 물가 기준으로 직파로 인한 육묘과정의

생략에 따른 경비절감은 표1에서 보는 바와 같이 ha당 640,000원 정도이었고, 무경운 직파의 경우에는 육묘과정은 물론 경운과 시비작업량도 감소하게 되어 표2에서와 같이 ha당 1,220,000원 정도의 경비절감을 얻을 수 있었다. 물론 이들은 순수한 영농작업에 관한 것이며 물 관리비용이나 생산물의 가격 등은 고려하지 않았다.

무경운 직파시에는 씨레질 할 때 발생하는 경반의 다짐이 없으므로 침투량이 증가할 것으로 예상되나 이에 대한 관측은 하지 못하였다. 최근 (경상대학교, 2000) 조사된 바에 의하면 무경운 직파를 하였을 때 경반층을 통과하는 비뿌리의 발육이 활발한 것으로 보고되었다.

관개량, 배수량 및 강우량의 일별 관측결과는 Figure 4와 같다. 이들을 월별로 계산한 결과는 Table 3과 같다. 1988년에는 5월 5일에 씨레질을

위한 첫 관개를 하였고 5월 19일에 이양하였으며, 총 관개 횟수는 7회로 총관개량은 379mm 이었으며, 1990년에는 5월 12일에 씨레질을 위한 첫 관개를 하였고 5월 24일에 이양하였으며, 총 관개 횟수는 6회로 총관개량은 273.5mm 이었다. 벼 생육기간의 강우량은 1988년에 458mm, 1990년에 818.5mm로 1990년에는 평년과 비슷한 양의 강우가 있었으나 1988년에는 평년보다 훨씬 적은 강우가 있었다. 배수량은 1988년에 448mm, 1990년에 736mm 이었다.

즉, 강우량의 크기가 관개량과 배수량의 크기에 미치는 영향이 매우 큰 것을 알 수 있다. 그러므로 관개량과 배수량 등을 명확하게 분석하기 위해서는 평년과 관측년의 강우량의 크기 및 분포를 고려하여야 한다.

본 연구에서 천수 간단 관개를 하므로서 전통

Table 2. Cost reduction through no nursery and no till.

(unit : Won/ha) (1999)

순위	작업명	기 계 이 양 재 배 비 용		직파재배 비용	절감액
		내역	금액		
1	퇴비살포	남자1명×40,000원	40,000	40,000	-
2	종자	1,250원/kg	75kg 93,750	62.5kg 78,120	15,630
3	묘판설치	<Table 1>	663,950	23,900	640,050
4	경운, 로타리	1,200평당 150,000원	375,000	-	375,000
5	정지작업	남자1명×40,000원	40,000	-	40,000
6	이양	1,200평당 60,000원	150,000	150,000	-
7	보식	여자2.5명×30,000원	75,000	75,000	-
8	비료		135,000	135,000	-
9	비료살포	37,500/회	3회 112,500	1회 37,500	75,000
10	농약		300,000	300,000	-
11	농약살포	37,500/회	5회 187,500	3회 112,500	75,000
12	물고랑개선	남자1명×40,000원	40,000	40,000	-
13	제초작업	여자2.5명×30,000원	75,000	75,000	-
14	물관리 기타	남자5명×40,000원	200,000	200,000	-
15	마대	55장×180원	9,900	9,900	-
16	콤바인작업	1,200평당×150,000원	375,000	375,000	-
17	콤바인보조	남자1명×40,000원	40,000	40,000	-
18	운반	250포대×400원	100,000	100,000	-
19	건조	137.5가마×1,500원	206,250	206,250	-
20	건조보조	남자1명×40,000원	40,000	40,000	-
계			3,258,850	2,014,275	1,220,680

Table 3. Monthly irrigation and drainage amounts

(unit : mm)

Year	Month	Irrigation	Drainage	Rainfall	Remarks
1988	May	193	132	77	begin irrigation : May 5
	June	60	20	41.5	
	July	100	224	224	
	August	26	30	57.5	transplant : May 19
	September	0	42	58	
	Sub-total		379	448	458
1990	May	129.5	85	44	begin irrigation : May 12
	June	49	310	298.5	
	July	59	173	237	
	August	36	113	161	transplant : May 24
	September	0	55	78	
	Sub-total		273.5	736	818.5

적인 심수관개에 비하여 약 20%정도의 용수절약을 가져올 수 있었다. 또한, 배수량의 감소로 인하여 비료나 농약 유실량도 감소하게 되므로 수질보전에도 효과가 클 것으로 기대된다. 또한, 천수 간단 관개가 벼의 도복을 감소시키므로서 수확량도 10a당 540-640kg으로 일반적인 경우보다 많이 얻을 수 있었다.

결론

직파재배 벼의 여러 가지 영농기법과 무경운 직파재배가 경비절감에 미치는 효과와 천수 간단 관개가 관개용수량 절감에 미치는 효과에 하여 현장사례 조사결과를 소개하였다.

우리 나라의 전통적인 논 물 관리는 중간 낙수 기간을 제외하고는 비교적 깊은 담수를 하고 있

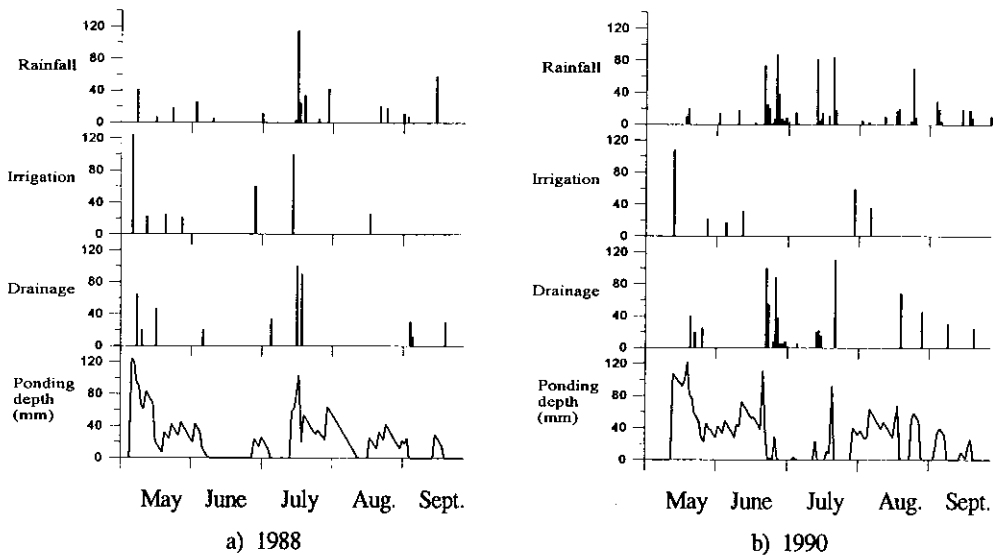


Figure 4. Irrigation, Drainage and Rainfall amounts and Ponding depth

다. 본 연구에서는 전북 김제시 부량면 소재 40a 크기의 실험포장에서 1988년과 1990년에 5월부터 9월까지 조사된 결과를 분석하였다. 본 연구의 천수 간단 관개에서는 논 담수심을 3~4cm 정도로 유지하면서 간단관개를 하였을 때 관개량과 수확량을 조사하였다.

천수 간단관개를 하였을 때 1988년 생육기간 동안의 관개량, 강우량, 및 배수량은 각각 379mm, 458mm 및 448mm이었고 1990년에는 각각 274mm, 819mm 및 736mm이었다. 강우량의 크기에 따라 관개량과 배수량이 많이 차이가 나는 것을 알 수 있다.

본 연구에서 알은 담수심을 유지하며 간단관개를 하였을 때 전통적인 관개에 비하여 관개수량은 20% 정도 절감되었고 수확량은 10a당 590kg으로 더 많은 것을 보여주었다.

또한 직파재배로 벼 육묘과정과 경운 및 시비작업의 생략 내지 감소로 인하여 영농경비의 절감을 얻을 수 있었다. 직파재배시 육묘과정 생략으로 ha당 640,000원을 절감하였고, 무경운 직파재배시에는 ha당 1,220,000원을 절감하였다.

본 사례연구의 결과에 의하면 여러 가지 직파재배 기법과 무경운 직파재배 기법이 물 이용효율 제고는 물론 생력화를 통한 영농경비의 절감을 얻을 수 있어서 전통적인 이앙재배보다도 좋은 것으로 나타났다. 앞으로 추가적인 연구를 통하여 이러한 영농기법들의 효율성이 검증되면 많이 보급되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 경상북도 농촌진흥원. 1996. 벼 재배기술 교재. 16pp.
2. 농림부, 농어촌진흥공사. 1996. 영농방식 변화에 따른 필요수량 변화연구(II). 288pp.
3. 농림부, 농어촌진흥공사. 1997. 영농방식 변화에 따른 필요수량 변화연구. 306pp.
4. 농촌진흥청, 1993. 논 물관리체계의 자동화 연구(III). 73pp.
5. 이창구. 1968. 절수의 시기 및 방법의 차이가 수도생육 수량과 기타 실용형질에 미치는 영향. 한국농공학회지 10(1):32-37.
6. 이창구, 김철희. 1966. 수도작에 있어서 물관리에 대한 연구. 한국농공학회지 8(2):11-16.
7. 정상옥. 1997. 담수직파재배 논벼의 기준작물 잠재증발산량 산정방법별 작물계수의 변화. 한국농공학회지 39(4):114-121.
8. 정상옥, 안태홍. 2000. 용수절약형 논관개 기법. 2000년도 한국농공학회 학술발표회 논문집 pp108-113.
9. 정상옥, 김지용, 안태홍. 2000. 직파재배 벼의 영농기법 및 비용 절감 효과 - 현장 사례 연구. 2000년도 한국농공학회 학술발표회 논문집. pp144-150.
10. 정하우, 외. 1999. 관개배수공학. 동명사. 374pp.
11. 최진룡. 1998. 무경운 직파재배법에 의한 생산비 절감 및 고품질 쌀 생산 체계개발. 농림부 농특과제 최종보고서.
12. 홍광표. 1994. 남부지방의 논 무경운 체계에서 벼 생력재배에 관한연구. 경상대학교 박사학위논문. 96p.
13. 홍광표, 김장용, 강동주, 강남대, 최진룡. 1997. 벼-자운영 연속 무경운 직파재배에서 자운영 이용방법 차이가 토양 및 벼 생육에 미치는 영향. 한국작물학회지 42(5):564-570.
14. Barker, R. and Molden, D. 1999. Water saving irrigation for paddy rice : Perceptions and Misperceptions. Paper presented at the Symposium on water saving irrigation for paddy rice. Guilin, China, 10-13 October,

1999. pp 1-17.
15. Cho, Y.S., Lee, B.J. and Choe, J.R. 1999. Nitrogen translocation and dry matter accumulation of direct seeded rice in no tillage rice-vetch cropping. Korean J. of crop sci. 44(1):44-48.
 16. Guerra, L.C., Bhuiyan, S.I., Tuong, T.P. and Barker, R. 1998. Producing more rice with less water from irrigated systems. SWIM paper 5, International Water Management Institute. 24pp.
 17. Hatta, S. 1967. Water consumption in paddy field and water saving rice culture in the tropical zone. Japanese Tropical Agriculture 11(3):106-112.
 18. Matsuno, Y., Sakthivadivel, R., and Molden, D. 2000. Water saving irrigation in Paddy Rice: From field to basin levels. Proceedings of Asian regional workshop on sustainable development of irrigation and drainage for rice paddy fields. Tokyo, Japan. pp227-236.
 19. Mizutani, M., Hasegawa, S., Koga, K., Goto, A., and Murty, V.V.N. 1999. Advanced Paddy Field Engineering. Shizan-Sha, Sci. & Tech. 388pp.
 20. Tabbal, D. F. et al. 1992. Water-efficient irrigation technique for rice. In Soil and water engineering for paddy field management, Proceedings of the International workshop. January 1992. Asian Institute of Technology. Bangkok, Thailand. p146-159.
 21. 向井章恵, 等. 1999. 稲作ごよみに見み水田圃場水管理-水田稲作の展開と水田圃場水管理(1) -. 農業土木學會大會 講演要旨集 pp246-247. 日本農業土木學會.