



용수절약을 위한 국내 SRI 적용 가능성 평가

Evaluation on Feasibility of System of Rice Intensification (SRI) for Reduction of Irrigation Water in South Korea

박운지* · 최용훈* · 신민환* · 원철희* · 박기욱** · 최중대*†

Park, Woon Ji* · Choi, Yong Hun* · Shin, Min Hwan* · Won, Chul Hee* · Park, Ki Wook** · Choi, Joong Dae*†

ABSTRACT

The objective of this study was to experimentally investigate the feasibility of SRI (system of rice intensification) in Korean rice farming. Eight experimental plots of 5×15 m in size were prepared on an existing rice field of loam soil. Spacing was 30×15 cm (conventional treatment: CT), 30×30 cm, 40×40 cm and 50×50 cm, respectively. CT were flooded and SRI plots irrigated intermittently 3 to 5 day interval during cultivation. Organic matter content and pH of the soil were 2.5±0.03 % and 6.1±0.2, respectively, before the cultivation. The highest number of tillers and height of the plant were measured at 50×50 cm plots. The height and number of tillers and height in 50×50 cm plots were 10 cm and 1.5 times more than CT. Average irrigation supply to SRI and CT was 243.2 mm and 547.3 mm, respectively. It meant that the reduction of irrigation water in SRI plots over CT was estimated to 55.6 %. Therefore SRI was concluded to have a good enough possibility to be applied in South Korea because it was proven to be more effective in reduction of irrigation water and crop cultivation compare to the CT.

Keywords: System of rice intensification, conventional treatment, reduction of irrigation water

1. 서 론

최근에 관개용수 사용량을 줄일 수 있는 새로운 벼 재배 방법인 SRI (System of Rice Intensification)에 대한 관심이 전 세계적으로 높아지고 있다. SRI는 1980년부터 마다가스카르에서 발전되었으며, 용수절약 및 쌀 증산을 할 수 있는 새로운 벼 재배 기술로 평가받고 있다 (Zhao et al., 2010). 이러한 SRI 벼 재배를 성공적으로 수행하기 위해서는 어린모 (5~7 cm)를 사용해야 하며, 뿌리에 피해를 최소화 하기 위해 1개씩 조심스럽게 이앙해야 한다. 그리고 가급적 넓은 간격으로 이앙 (최소한 30×30 cm 이상)해야 하며 비답수재배로 토양을 호기성 조건으로 유지해야 한다. 또한, 토양의 유기물 개선을 위해 유기 비료를 사용하는 것을 권장한다 (McDonald et al., 2006). 이렇게 SRI 원칙을 준수하여 벼재배 시 개발도상국가나 후진국

에서는 50~100 % 이상까지 생산성 향상, 25~50 %까지 관개용수의 절약, 가뭄저항성과 도복저항성의 증대, 미질의 향상, 그리고 10~20 % 생산비 절감을 통한 농민의 소득증대 등의 효과를 얻을 수 있다 (CIIFAD, 2010).

Uphoff et al. (2002)과 Stoop et al. (2002)에 의하면 SRI의 평균 쌀 생산량은 기존평균 쌀 생산량의 2배이며, 더 적은 관개수를 사용한다고 하였다. Zhao et al. (2010)은 관행과 SRI 벼재배 비교연구를 통해 쌀 수확량이 관행보다 SRI가 26.4% 더 높은 것으로 보고하였으며, 관개용수 효율면에서도 194.9% 증가하여 SRI가 기존의 관행 벼재배에 비해 용수절약 및 쌀 증산에 있어 더 효과적임을 증명하였다. 또한 SRI 벼재배와 관련하여 관개수 절약 및 쌀 산출량 증가에 대한 연구는 전세계적으로 많이 이루어졌으며 (Uphoff, 1999; Wang et al., 2002; Yuan, 2002; Barrett et al., 2004; Ceesay et al., 2006; Kabir and Uphoff, 2007; Satyanarayana et al., 2007; Sinha and Talati, 2007; Namara et al., 2008; Senthilkumar et al., 2008; Zhao et al., 2009), 2010년을 기준으로 중국, 인도네시아 등 40개국에서 SRI를 적용한 벼재배가 진행되고 있다.

이미 우리나라의 쌀 증산기술은 상당한 수준에 있기 때문에 쌀 증산보다는 향후 물부족 사태에 대비하기 위한 관개용수 절감기술의 개발이 절실한 실정이다. SRI는 관개용수를 25~50

* 강원대학교 지역건설공학과

** 농어촌공사 농어촌연구원

† Corresponding author Tel.: +82-33-250-6464

Fax: +82-33-244-6702

E-mail: jdchoi@kangwon.ac.kr

2011년 5월 16일 투고

2011년 6월 21일 심사완료

2011년 7월 18일 게재확정

%까지 절감할 수 있는 기술로 이미 입증되었으므로 우리나라에서 농업용수를 10 %만 절감하여도 공업용수 54 %, 생활용수 22 %를 대체할 수 있을 정도로 논 농업에서 관개용수 절감기술은 매우 중요하다. 현재 우리나라의 전체용수사용량 중 농업용수가 차지하는 비중이 48%에 달하며, 이중 약 90 %가 논에서 사용되어지고 있다. 물부족이 예상되는 현 시점에서 녹색성장, 수자원 확보, 수질관리 등에 부응할 수 있는 농업용수 저감기술이 필요하다. 담수재배를 기본가정으로 수행하고 있는 현재의 벼 재배기술로는 관개용수를 절감하는데 한계가 있다. 따라서 비담수재배를 기본가정으로 하는 SRI 재배기술을 우리나라의 논 농업에 적용하여 관개용수 절감가능성을 평가하고 그 적용가능성을 조사할 필요성은 충분히 있다고 판단된다.

이에 본 연구에서는 전세계적으로 급속히 보급되고 있는 SRI 벼 재배방법을 우리나라에 최초로 적용하여 관행 및 SRI 벼 재배원리를 적용한 논 시험포에서의 관개량, 벼 생육상태 등을 측정하고 관개용수 절감효과를 살펴봄으로써 국내 SRI 도입 적용가능성을 평가하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상 지역

벼 재배를 위한 논 시험포 지역은 용수공급 및 영농관리의 용

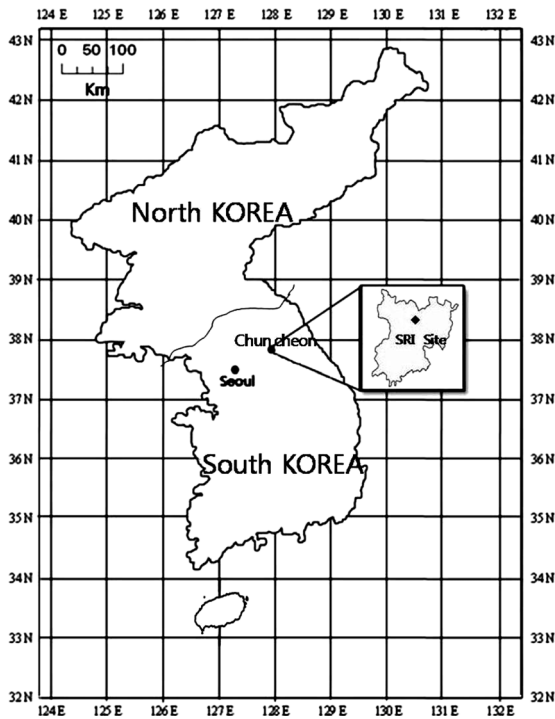


Fig. 1 Location of the experimental fields

Table 1 Monthly rainfall, sunshine duration, and average air temperature and relative humidity of Chuncheon in 2010

| | May | June | July | August | September |
|------------------------------|-------|-------|-------|--------|-----------|
| Temperature (°C) | 17.2 | 22.9 | 25.5 | 26.0 | 20.3 |
| Rainfall (mm) | 106.1 | 54.9 | 220.9 | 468.1 | 448.5 |
| Sunshine duration (hr/month) | 195.0 | 219.8 | 119.0 | 104.4 | 141.5 |
| Relative humidity (%) | 63.3 | 67.7 | 77.2 | 82.3 | 79.7 |

이성, 위치의 접근성 등을 고려하여 선정하였다. 연구대상지점은 강원도 춘천시 신북읍 천전리 내에 위치한 강원대학교 농장의 논 (면적 1,873 m²)으로, 북위 (N) 37° 55' 57", 동경 (E) 127° 46' 59"에 해당한다 (Fig. 1). 이 지역은 내륙성 기후 특성을 보이며 연평균 기온은 11.4 °C, 연평균 강수량은 1,513 mm로 강수량의 70 % 이상이 6~9월에 집중되고 있다 (Chuncheon-si, 2010). 연구기간동안의 월별 평균 온도, 강수량 및 일조시간은 Table 1과 같다. 연구대상지역의 농한기 토양 (표토)은 평균 18.7±1.0 %의 수분을 포함하고 있으며, 유기물함량 (Organic matter, OM) 2.5±0.03 %, 칼슘 4.6±0.2 cmol/kg, 마그네슘 1.7±0.3 cmol/kg, 칼륨 0.28±0.1 cmol/kg 및 pH 6.1±0.2인 양토 (모래 49.4 %, 실트 35.8 %, 점토 14.8 %)로 벼재배를 위한 논 토양의 화학성분 최적범위내에 있는 것으로 나타났다 (NIER, 2008).

2. 관행 및 SRI 벼 재배 실험설계

새로운 벼 재배기술인 SRI 기술의 효과분석을 위한 생육조사 및 수확량 조사 등 제반 현장 모니터링을 위한 시험포를 SRI의 원칙에 따라 준비하고, 관행농법에 의한 벼 재배 방식과 비교하고자 기존에 벼농사를 짓고 있는 논에서 관행 및 SRI 벼 재배 실험을 수행하였다. SRI 벼 재배 적용성 평가를 위한 실험처리는 대조구인 담수재배 (관행) 1처리 (재식거리 30×15 cm)와 SRI 재배 (재식거리 30×30 cm, 40×40 cm, 50×50 cm) 3처리로 2반복으로 하여 가로 5 m, 세로 15 m 크기의 시험포를 총 8개 조성하였다 (Fig. 2). 그리고 각 시험포에는 강우량, 관개량 등을 측정할 수 있는 강우량계, 수도계량기 및 수위계 등의 장비와 이들 실험장비를 보호할 수 있는 시설을 설치하였다. 관행재배의 시비, 제초, 병충해 방제 등의 포장 관리는 농촌진흥청 표준 재배법에 준하여 진행하였으며, SRI 재배의 경우 제초는 인력으로 수행하며 나머지는 관행재배와 동일하게 영농관리를 수행하였다. 시비량은 표준시비량을 기준 (N-P₂O₅-K₂O : 110-45-57 kg/ha)으로 각 시험포에 시비하였다. 관행 및 SRI 시험포에 이양할 모의 재배품종으로 오대벼 (Odaebyeo)를 공시하고 관행시험포의 경우 1주당 3-4본씩 기계이앙을, SRI 시험

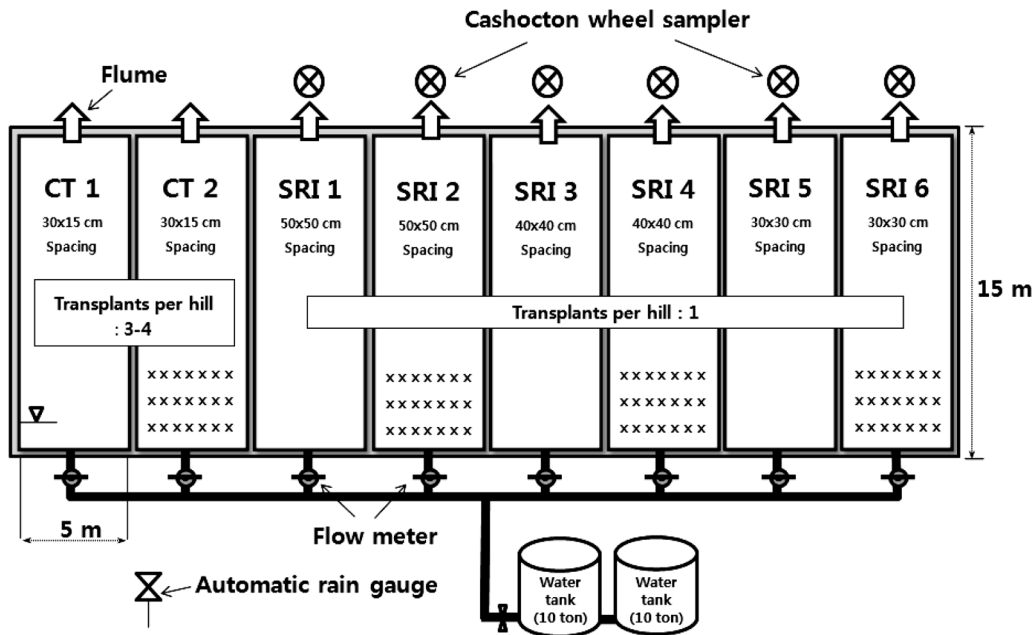


Fig. 2 Layout of conventional (CT) and SRI plots

Table 3 Comparison between the major SRI and conventional practices

| Practice | Age of seedlings (days) | Transplants per hill | Spacing (cm) | Planting density per m ² | Water management | Weed management |
|-----------------------|-------------------------|----------------------|----------------|-------------------------------------|-------------------------|------------------------|
| SRI | 10-15 | 1 | 30×30 to 50×50 | 4 to 16 | Intermittent irrigation | Manual weeding 3 times |
| Conventional practice | 20-30 | 3 to 4 | 30×15 | about 60 to 130 | Continuous flooding | Herbicides |

Table 2 Agricultural activities during the study period

| 2010 | Agricultural activities | Remarks |
|--------------|---------------------------------|--|
| April 16 | Seeding | Conventional : box raising seedling SRI : 200 port plastic tray (30×60 cm), one seed/port |
| May 15 | Plowing and basal fertilization | N-P ₂ O ₅ -K ₂ O 110-45-57 (kg/ha) |
| May 21 | Uprooting and transplanting | Conventional : three to four plants/hill (30×15 cm) SRI : one plant/hill (30×30 cm, 40×40 cm, 50×50 cm) |
| September 15 | Harvest | |

포는 1주당 1개의 모를 손이양 하였다. 연구기간동안 이루어진 관행 및 SRI 시험포의 영농활동은 동일한 시기에 이루어졌으며 (Table 2), 주요 영농 방법과 관련하여 SRI와 관행 벼재배를 비교하여 Table 3에 나타내었다.

3. 시험포 물관리 및 작물생육모니터링

작물은 생육시기별로 용수량이 다르고, 물의 과부족에 의한 영향도 생육시기에 따라 크게 변화하기 때문에 이러한 점을 충

분히 고려하여 물관리를 해야 한다 (Jung, 2006). 관행 시험포의 생육단계별 물관리는 이앙기부터 낙수기까지 기존 물관리 방법에 의거하여 시기별로 잘 이루어질 수 있도록 물관리를 수행하였다. SRI 시험포의 생육단계별 물관리는 SRI 벼농사를 시행하고 있는 여러 지역의 연구내용들과 미국 코넬대학교 Norman Uphoff 교수가 중국의 논농업지대를 방문하고 조사한 기록들을 참고하여 SRI 원칙에 부합할 수 있도록 물관리를 수행하였다 (CIIFAD, 2010). SRI는 배수가 잘되는 사질토양에서 최대의 효과를 나타내며, 토양의 생물학적 활성도를 증가시키기 위해서는 배수가 좋으며 토양통기성이 유지될 수 있도록 물관리를 해야 한다. 본 연구에서는 이러한 내용들을 기초로 이앙 후 초기에는 간단관개로 약 1 cm 깊이로 물을 대고 3~4일 간격 또는 기상조건에 따라 1~2일 간격으로 물관리를 수행하였다. 그리고 유수형성기에는 1 cm 깊이로 물관리를 실시하였다. 작물생육모니터링은 이앙 후부터 주기적으로 실시하였으며, 각 시험포에서 성장하는 벼의 크기 및 분얼수를 측정하여 관행 및 SRI 벼재배 효과를 비교·분석하였다. 여기서, 관행 및 SRI 재식거리에 따른 벼의 크기 및 분얼수 평균값의 차이를 살펴보고 상관관계를 알기 위해 측정된 자료는 통계프로그램인 Minitab 16을

이용하여 분산분석 (Analysis of Variance, ANOVA)을 실시하였다. 그리고 각 처리별 평균값은 Tukey's test로 5 % 유의 수준에서 사후 검정하였다.

4. 시료채취 및 분석

각 시험포별로 토양시료 (표토)를 지그재그형으로 10개 지점에서 약 1 kg 정도 채취하였다. 총 10개의 부시료를 하나의 혼합시료로 만들었으며, 총 8개의 시료에 대해 pH, 수분함량, 유기물함량 등을 분석하였다. 그리고 관개에 이용되는 농업용수 (저수지)를 채수하여 수질분석을 수행하였다. 토양시료의 이화학적 분석은 pH, 수분함량 등으로 토양오염공정시험방법에 의거하여 실시하였으며 (Ministry of Environment, 2009), 수질 분석항목별 BOD, COD, T-N, T-P 등 분석은 수질오염공정시험방법 (Ministry of Environment, 2007) 및 Standard Method (APHA, 2005)에 준하여 수행하였다. 이외에도 토양 입도분석을 통해 미국 농무성 삼각좌표법을 이용하여 토성을 분류하였으며, 관행논에 설치한 원형의 침투계 및 감수심계의 일별 높이 변화를 측정하여 증발산량을 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 파종 후 모의 크기변화

파종 후 관행 (상자재배) 및 SRI (포트재배) 모의 크기 변화를 주기적으로 측정하였다. Fig. 3에서와 같이 파종 10일 후 관행 시험포에 이앙할 모의 크기는 3.5 ± 0.7 cm, SRI 시험포에 이앙할 모의 크기는 2.0 ± 0.5 cm로 초기에는 상자재배 한 관행의 모가 SRI에 비해 1.7배 이상 큰 것으로 나타났다 ($p < 0.05$). 이는 관행재배의 경우 많은 양의 볍씨를 상자에 파종하였기 때문에 서로 경쟁관계에 놓여, 초기에는 서로 더 빨리 자라려는 현상 때문인 것으로 판단되며, 이에 반해 SRI는 포트재배로 볍씨를 한 개씩만 파종하였으므로 관행에 비해 성장이 다소 느린 것으로 보인다. 하지만 25일을 기점으로 관행에 비해 SRI의 모의 크기가 급격히 증가하는 것을 볼 수 있으며, SRI 모의 상태를 관찰한 결과 크기뿐만 아니라, 분얼수 및 뿌리의 발달이 관행에 비해 월등히 우수한 것으로 나타났다 (Fig. 4). 따라서 SRI 원칙에 의거하여 1개의 볍씨를 파종하여 이앙 시 작물생육 (벼의 크기 및 분얼수)에 있어 더 효과적일 것으로 판단된다. 그리고 SRI 원칙에 부합하도록 어린모 (5~7 cm)를 이앙하려면 Fig. 3에서 볼 수 있듯이 파종 후 분얼과 생장생장이 본격화되기 전인 20일 이내에 이앙을 하는 것이 바람직한 것으로 분석되었다. 이렇게 SRI 원칙을 준수하여 어린모를 재배할 경우 어린모는 중

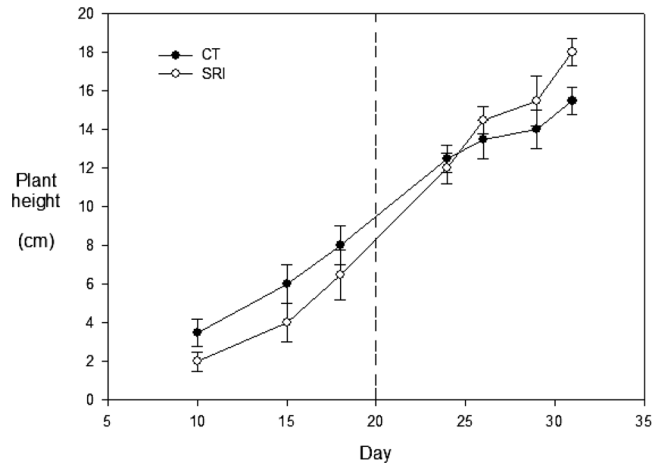


Fig. 3 Development of seedling of CT and SRI after seeding in plastic trays

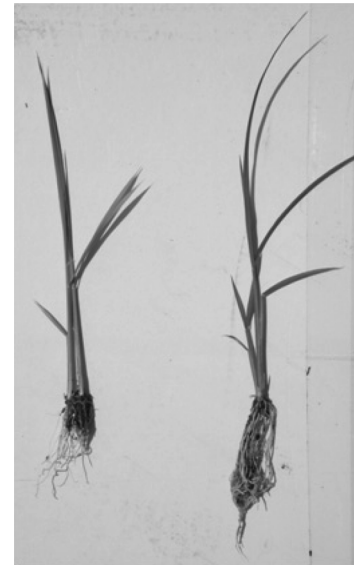


Fig. 4 Comparison of CT and SRI seeding at 35 days after seeding and before transplanting

간모보다 모내기 시의 배유양분의 잔존량이 절반정도로 많이 남아 있어 이앙 직후에 무리 없이 활착되며, 이앙 후에 환경적응성이 뛰어나고 또한 침수 시 재생능력이 강하며, 첫 분얼발생 마디가 중간모보다 낮은 마디에서 시작하므로 분얼발생에 유리한 특성이 있다 (RDA, 2000).

2. 시기별 작물의 분얼수 및 벼크기 변화

이앙 후부터 관행 및 SRI 시험포내 벼의 분얼수 및 벼크기 변화를 지속적으로 측정하였으며, 관행 및 재식거리별 SRI 시험포에서의 분얼수 및 벼크기 변화를 Fig. 5~8에 나타내었다. 벼

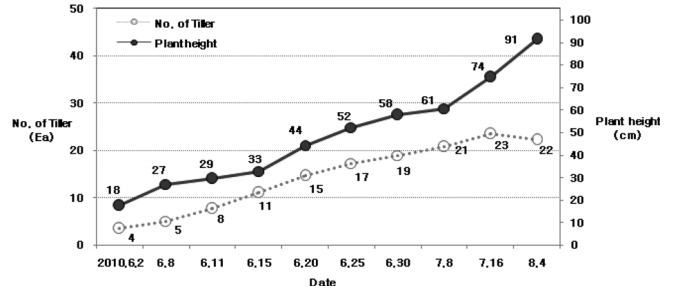
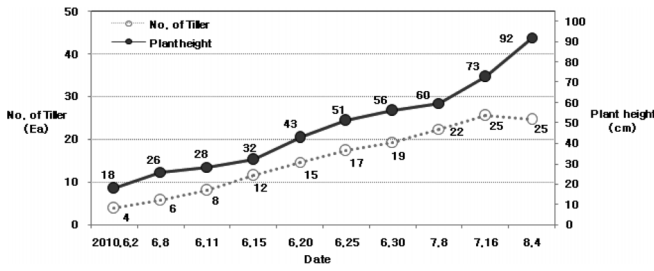


Fig. 5 No. of tillers and height of rice in CT plot 1, 2

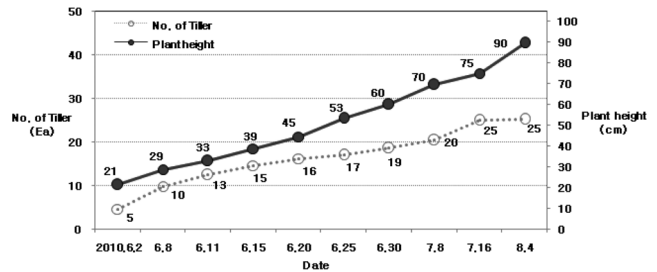
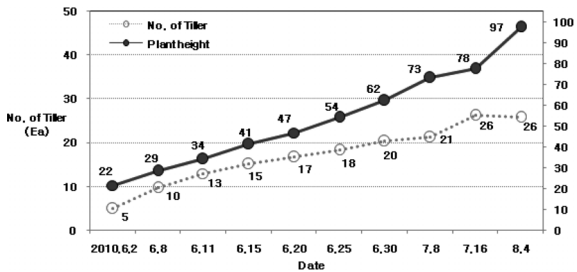


Fig. 6 No. of tillers and height of rice in SRI plot 5, 6 (30x30 cm)

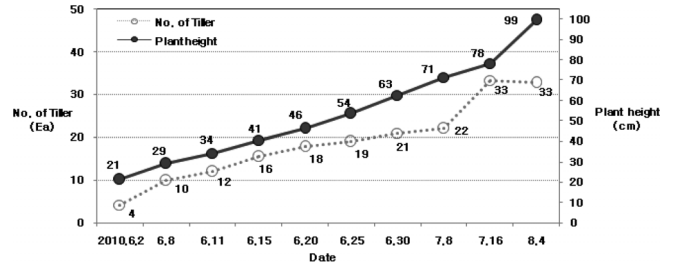
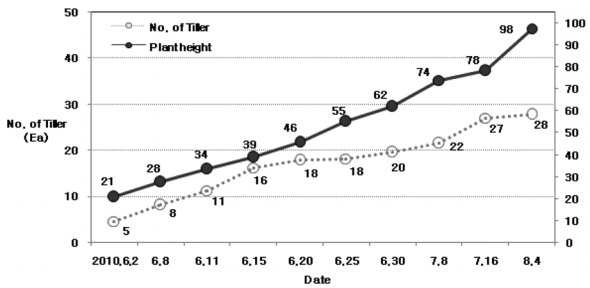


Fig. 7 No. of tillers and height of rice in SRI plot 3, 4 (40x40 cm)

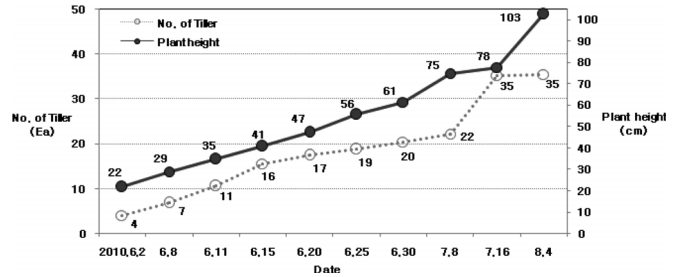
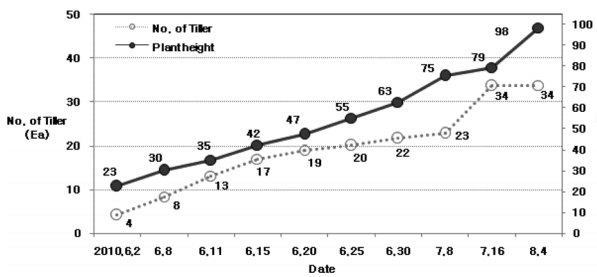


Fig. 8 No. of tillers and height of rice in SRI plot 1, 2 (50x50 cm)

크기의 경우 계속적으로 증가하는 경향을 보였으며, 분얼수는 5월 21일 모내기 이후 56일후인 7월 16일을 기점으로 최고값을 나타내었다. Table 4는 관행 및 재식거리별 SRI 시험포에서의 분얼수 및 벼크기 변화를 평균하여 나타낸 것으로 관행에 비해 SRI 시험포의 분얼수 및 벼크기가 전체적으로 높은 값을 보였다. 관행, SRI 30x30 cm, SRI 40x40 cm 및 SRI 50x50 cm 시험포에서의 각 벼크기의 최종 평균값은 각각 92±1.2 cm, 94

±1.9 cm, 98±2.3 cm 그리고 101±2.1 cm로 SRI 시험포에서 재식간격이 클수록 높은 값을 보였다. 여기서 각 처리별 벼크기 평균값의 차이를 살펴보고 상관관계를 알기 위해 ANOVA 분석을 실시하였다. 우선 ANOVA 모형의 적합성을 평가하기 위해 잔차분석 (정규성 및 등분산성)을 실시하였으며, 분석결과 정규성 (p > 0.05) 및 등분산성을 만족하는 것으로 나타났다 (Fig. 9). 분산분석 결과 각 처리별 벼크기 평균값의 차이가 있는 것

Table 4. No. of tillers and height of rice in CT and SRI

| Treatment | | Date | 6. 2 | 6. 8 | 6. 11 | 6. 15 | 6. 20 | 6. 25 | 6. 30 | 7. 8 | 7. 16 | 8. 4 |
|---------------------|--------------|---------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|
| | | # of Tillers (each) | | | | | | | | | | |
| # of Tillers (each) | SRI 50×50 cm | | 4 | 8 | 12 | 16 | 18 | 19 | 21 | 22 | 34 | 35 |
| | SRI 40×40 cm | | 4 | 9 | 12 | 16 | 18 | 19 | 20 | 22 | 30 | 30 |
| | SRI 30×30 cm | | 5 | 10 | 13 | 15 | 17 | 18 | 20 | 21 | 26 | 26 |
| | CT 30×15 cm | | 4 | 5 | 8 | 11 | 15 | 17 | 19 | 22 | 24 | 23 |
| Plant height (cm) | SRI 50×50 cm | | 22 | 30 | 35 | 42 | 47 | 55 | 62 | 75 | 79 | 101 |
| | SRI 40×40 cm | | 21 | 28 | 34 | 40 | 46 | 54 | 62 | 73 | 78 | 99 |
| | SRI 30×30 cm | | 21 | 29 | 34 | 40 | 46 | 54 | 61 | 72 | 76 | 94 |
| | CT 30×15 cm | | 18 | 27 | 29 | 32 | 44 | 52 | 57 | 60 | 74 | 92 |

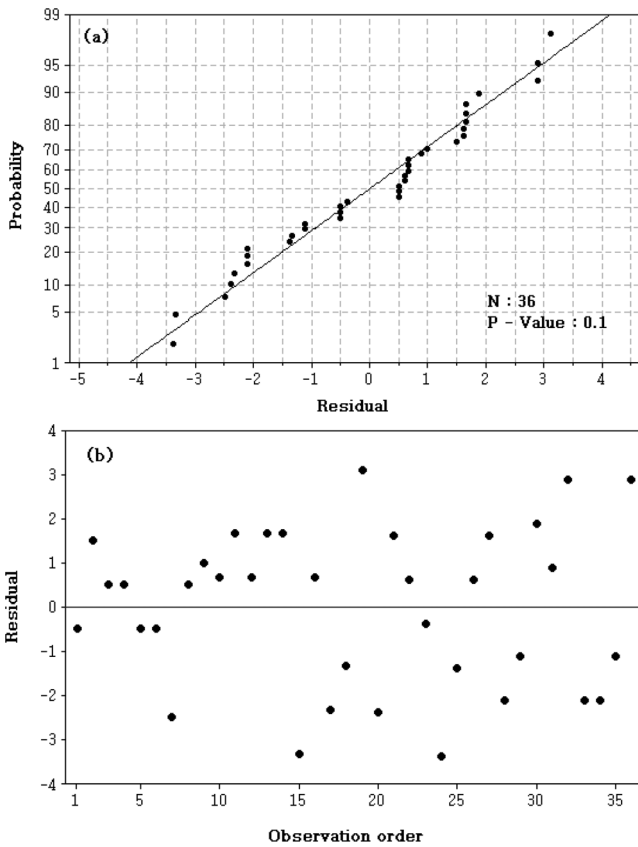


Fig. 9 Normal probability plot (a) and residual plot (b) about height of plant in CT and SRI

으로 나타났으며 ($p < 0.01$), Tukey's 사후검정을 이용하여 분석한 결과에서도 각 인자간의 차이가 있는 것으로 나타나 가장

높은 값을 보인 SRI 50×50 cm 시험포에서의 작물생육이 가장 활발한 것을 알 수 있다 ($p < 0.01$). 각 처리별 분얼수 값 또한 SRI 시험포에서 높은 값을 보였으며 ($p < 0.01$), SRI의 분얼수가 관행에 비해 최대 1.5배 이상 높은 수치를 나타내었다. 전체적으로 SRI 시험포에서 재식거리가 클수록 분얼수 및 벼크기가 가장 높은 값을 나타내었는데, 이 결과는 각기 다른 재식거리에서 SRI 시험포에 벼를 재배하여 재식거리별 분얼수 및 벼크기 분석 결과 재식거리가 가장 큰 시험포에서 가장 높은 값을 보인 연구결과와 동일한 것으로 나타났다 (Thakur et al., 2010). 또한, 이앙시 재식거리가 넓을수록 벼의 분얼수 및 뿌리성장에 있어 더 효과적이라고 보고한 연구와도 일치한다 (Satyanarayana, 2005).

3. 관개용수 수질 및 사용량 산정

가. 관개용수 수질

본 연구에 사용한 농업용수 (저수지)가 수질 기준치에 적합한지 여부를 알아보기 위해 연구기간동안 주기적으로 시료를 채취하여 농업용수의 수질을 분석하였다. 농업용수 수질측정 결과 국내 농업용수 기준에 전체적으로 부합하는 것으로 나타났으며 (Table 5), 국내 농업용수 수질현황 (전국평균) 값과도 유사한 결과를 보여 농업용수로 사용하는데 큰 지장이 없는 것으로 나타났다 (Jung, 2006; RDA, 2008).

나. 관개용수 사용량

관개는 작물의 생육에 필요한 수분을 인위적으로 공급하고, 저

Table 5 Comparison of irrigation water quality

| Water quality index | Standard range | | Water quality of irrigation water in Korea (average) | This study (n = 6) |
|---------------------|----------------|---------|--|--------------------|
| | Korea | Japan | | |
| pH | 6.0~8.5 | 6.0~7.5 | 7.8 | 7.2±0.1 |
| BOD (mg/L) | ≤ 8 | ≤ 8 | - | 1.6±1.1 |
| COD (mg/L) | ≤ 8 | ≤ 6 | 4.5 | 4.9±0.8 |
| SS (mg/L) | ≤ 100 | ≤ 100 | - | 16.1±3.3 |
| DO (mg/L) | ≥ 2 | ≥ 5 | 9.4 | 8.4±0.2 |
| T-N (mg/L) | - | ≤ 1 | 2.269 | 2.067±0.1 |
| T-P (mg/L) | - | - | 0.055 | 0.084±0.01 |
| EC (dS/m) | - | - | 0.123 | 0.109±0.01 |

Table 6 Irrigation requirement during irrigation period in South Korea

| Contents | Quantity of water (mm) | Remarks |
|---|------------------------|---------------------|
| Rainfall during irrigation period | 650 | |
| Available rainfall | 455 | 650 mm × 0.7 (70 %) |
| Pan evaporation | 500 | 440~550 mm |
| Transpiration & Evaporation water surface | 875 | 500 mm × 1.75 |
| Percolation | 650 | |

※ Irrigation requirement (1,525 mm) = Transpiration (494 mm) + Evaporation water surface (381 mm) + Percolation (650 mm)
 ※ Net duty of water (1,070 mm) = Irrigation requirement (1,525 mm) - Available rainfall (455 mm)

Table 7 Effect of SRI on irrigation water use efficiency

| Treatment | Rainfall (mm) | Irrigation (mm) | IWUE (kg/m ³)* |
|-----------|---------------|-----------------|----------------------------|
| CT | 1298.5 | 547.3 | 0.98 |
| SRI | 1298.5 | 243.2 | 1.84 |

* IWUE: quantity of yield/water irrigated

온을 조절하여 작물에 최적의 생육환경을 조성하기 위해 필요하다. 논벼 재배에 필요한 관개는 지역별, 시기별로 다소 차이를 보이고 있으나, 대체적으로 4월 중순부터 못자리용수를 공급하기 시작하여 9월 말경에 종료하게 된다. 관개량은 작물의 생육 단계에 따라 시기별 변화를 많이 보이고 있으며 5월 중하순 이 양기에 상대적으로 많은 양의 물을 관개하게 되므로, 이 시기의 관개량이 용수시설의 규모 결정에 이용되기도 한다 (Han, 2003). 벼농사 기간동안에 있어서 일반적으로 관개해야 할 물량은 총 소비수량에서 논에서 이용되는 부분 (유효우량: available rainfall) 을 뺀 나머지 부족수량이 관개용수량에 해당한다. 우리나라 벼농사 (관행)에 있어서 필요한 관개수량은 Table 6과 같으며 총

용수량에서 유효강우량을 제외한 값으로 대략 1,100 mm 정도가 된다 (RDA, 2000). 하지만, 본 연구기간동안 관개기간중 강우량은 제시된 강우량의 약 2배 정도에 해당하는 1,200 mm 정도로 많은 양의 강우가 내려 연구기간동안 관행시험포에서 사용한 관개용수량은 약 550 mm 정도로 소요되었으며 이 기간동안의 평균증발산량은 5.5±1.3 mm/d로 측정되었다.

이양 후 5월 23일에서 25일까지 유출이 발생하지는 않았지만 10 mm 내외의 지속적인 강우가 있었으며, 이에 간단관개를 하는 SRI 시험포의 경우 강우가 끝나고 논이 마르기 시작한 5월 30일 이후로 논에 관개를 시작하였다. 썩레질 용수량을 제외한 관행 및 SRI 시험포에서의 평균 관개용수 사용량은 각각 36 ton (547.3 mm)과 16 ton (243.2 mm)으로 실측되었으며 (Table 7), 관개용수 절감율은 평균 55.6 %인 것으로 산정되어 관개용수량 절감에 있어 SRI 벼재배가 관행에 비해 효과적인 것으로 나타났다. 이러한 결과는 Zhao et al. (2010)의 연구결과 (절감율 57.2 %)와 유사한 것으로 나타났다. 그리고 관개수 사용효율 (Irrigation water use efficiency, IWUE)도 SRI가 1.84 kg/m³, 관행의 경우 0.98 kg/m³로 SRI가 관행 대비 88 % 이상 증가한 것으로 산정되었다.

IV. 결 론

국내 SRI 적용 가능성 평가에 관한 연구를 수행한 결과 관행 및 SRI 시험포에서의 평균 관개용수 사용량은 각각 36 ton (547.3 mm)과 16 ton (243.2 mm)으로 실측되었으며, 관개용수 절감율은 평균 55.6 %인 것으로 산정되어 용수량 절감에 있어 SRI 벼재배가 관행에 비해 효과적인 것으로 나타났다. 또한, SRI의 분얼수는 관행에 비해 최대 1.5배 이상, 벼의 크기는 최대 약 10 cm 높은 수치를 나타내어, 전체적으로 SRI 벼재배가 관행 재배에 비해 용수절약 및 작물생육에 있어 더 효과적인 것으로 분석되었다. 이러한 연구결과로 미루어 볼 때 국내에서 SRI 벼농사를 적용할 수 있는 가능성이 충분히 있는 것으로 판단된다. 하지만 정확한 용수량 산정 및 효과검증을 위해서는 지속적인 연구가 필요하다.

이 논문은 2010년도 한국농어촌공사 농어촌연구원의 연구비를 지원받아 수행되었으며 이에 깊은 감사드립니다.

REFERENCES

1. APHA, AWWA, and WEF, 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater, 21th

- ed., *American Public Health Association*, Washington, D. C.
2. Barrett, C. B., C. M. Moser, O. V. McHugh, and J. Barison, 2004. Better technology, better plots, or better farmers? Identifying changes in productivity and risk among Malagasy rice farmers. *Am. J. Agr. Econ* 86: 869-888.
 3. Ceesay, M., W. S. Reid, E. C. M. Fernandes, and N. Uphoff, 2006. The effects of repeated soil wetting and drying on lowland rice yield with System of Rice Intensification (SRI) methods. *Int. J. Agric. Sustain* 4: 5-14.
 4. Chuncheon-si, 2010. Statistical data. <http://www.chuncheon.go.kr/>
 5. CIIFAD (Cornell International Institute for Food, Agriculture and Development). 2010. Cornell University, USA. <http://ciifad.cornell.edu/sri/>.
 6. Han, K. H., 2003. Monitoring and model application for estimation of pollutant load from paddy fields. A doctoral dissertation of graduate school chonnam national university (in Korean).
 7. Jung, H. W., 2006. Irrigation and drainage engineering. Dongmyungsa, Seoul, Republic of Korea. (in Korean).
 8. Kabir, H., and Uphoff, N., 2007. Results of disseminating the system of rice intensification with farmer field school methods in Northern Myanmar. *Expl. Agric* 43: 463-476.
 9. McDonald, A. J., P. R. Hobbs, and S. J. Riha, 2006. Does the System of Rice Intensification outperform conventional best management?. *Field Crops Research* 96: 31-36.
 10. Ministry of Environment. 2007. Standard Methods for Examination of Water quality. Gwacheon-si, Republic of Korea. (in Korean)
 11. Ministry of Environment. 2009. Standard Methods for Examination of Soil pollution. Gwacheon-si, Republic of Korea. (in Korean)
 12. Namara, R., D. Bossio, P. Weligamage, and I. Herath, 2008. The practice and effects of the System of Rice Intensification(SRI) in Sri Lanka. *Quart. J. Int. Agric* 47: 5-23.
 13. National institute of environmental research (NIER). 2008, Effect on water system by agriculture and hereafter management plan in Yeong-San river waterfront (in Korean).
 14. Rural Development Administration (RDA). 2008. Law of agricultural water standards. Suwon, Korea (in Korean).
 15. Rural Development Administration (RDA). 2000. Standard agricultural textbook. Suwon, Korea (in Korean).
 16. Satyanarayana, A., 2005. System of rice intensification -an innovative method to produce more with less water and inputs, Fourth IWMI-Tata Annual Partner's Meeting IRMA, Anand, India.
 17. Satyanarayana, A., T. M. Thiyagarajan, and N. Uphoff, 2007. Opportunities for water saving with higher yield from the system of rice intensification. *Irrig. Sci* 25: 99-115.
 18. Senthilkumar, K., P. S. Bindraban, T. M. Thiyagarajan, N. de Ridder, and K. E. Giller, 2008. Modified rice cultivation in Tamil Nadu, India: yield gains and farmers' (lack of) acceptance. *Agric. Syst* 98: 82-94.
 19. Sinha, S. K., and Talati, J., 2007. Productivity impacts of the system of rice intensification (SRI): a case study in West Bengal, India. *Agric. Water Manage* 87: 55-60.
 20. Stoop, W., N. Uphoff, and A. Kassam, 2002. A review of agricultural research issues raised by the System of Rice Intensification (SRI) from Madagascar: Opportunities for improving farming systems for resource -poor farmers. *Agricultural Systems* 71: 249-274.
 21. Thakur, A. K., S. Rath, S. Roychowdhury, and N. Uphoff, 2010, Comparative Performance of Rice with System of Rice Intensification (SRI) and Conventional Management using Different Plant Spacing, *Journal of Agronomy and Crop Science* 196: 146-159.
 22. Uphoff, N. 1999. Agroecological implications of the system of rice intensification (SRI) in Madagascar. *Environ. Dev. Sustain.* 1: 297-313.
 23. Uphoff, N., E. C. Fernandes, L. P. Yuan, J. Peng, S. Rafaralahy, and J. Rabenandrasana, 2002, Assessing the System of Rice Intensification: Proceedings of an International Conference, Sanya, China, April 1-4, 2002. Ithaca, NY: Cornell International Institute for Food, Agriculture and Development. Available on SRI home page: <http://ciifad.cornell.edu/sri/>

24. Wang, S. H., W. X. Cao, D. Jiang, T. B. Tai, and Y. Zhu, 2002. Physiological characteristics of high-yield techniques with SRI Rice. In: N. Uphoff, E. C. M. Fernandes, Y. Longping, P. Jiming, S. Rafaralahy and J. Rabenandrasana eds. Assessment of the System of Rice Intensification: Proceedings of an international conference, Sanya, April 1-4, 2002. Cornell Intl. Inst. for Food, Agriculture and Development, Ithaca, NY, 116-124.
25. Yuan, L. P., 2002, A scientist's perspective on experience with SRI in China for raising the yields of super hybrid rice. In: N. Uphoff, E. C. M. Fernandes, Y. Longping, P. Jiming, S. Rafaralahy and J. Rabenandrasana eds. Assessment of the System of Rice Intensification: Proceedings of an international conference, Sanya, April 1-4, 2000, Cornell Intl. Inst. for Food Agriculture and Development, Ithaca, 23-25.
26. Zhao, L., L. Wu, Y. Li, X. Lu, D. Zhu, and N. Uphoff, 2009. Influence of the system of rice intensification on rice yield and nitrogen and water use efficiency with different N application rates. *Expl. Agric.* 45: 275-286.
27. Zhao, L., L. Wu, Y. Li, S. Animesh, D. Zhu, and N. Uphoff, 2010. Comparisons of Yield, Water Use Efficiency, and Soil Microbial Biomass as Affected by the System of Rice Intensification. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 41(1): 1-12.