

사료작물 후작 벼 직파 방법별 생육 및 수량 비교

Comparison of Rice Growth and Yield in Different Direct Seeding Methods Following by Italian Ryegrass Harvest

박광호 *

K. H. Park
국립한국농수산대학
식량작물학과¹

박성태

S. T. Park
국립한국농수산대학
식량작물학과¹

Abstract

The field trial was performed to evaluate the rice growth and yield in different direct seeding methods after Italian Ryegrass Harvest

The required time for seed emergence was for 7~8days in the tested direct seeding methods and there was high in seedling establishment in order of wet hill-seeding with iron-coated seeds > water seeding with iron-coated seeds > wet hill-seeding with soil coverage with pregerminated seeds. The rice plant height was shorter in the tested direct seeding methods than that of machine transplanting until 45day after seeding but there was not significant difference in terms of statistical analysis at 63day after seeding. The growth of tiller number in the rice plant was high in water seeding with iron-coated seeds and wet hill-seeding with soil coverage and low in wet hill-seeding with iron-coated seeds compared to machine transplanting. The yield component in the tested direct seeding methods was not significant difference in terms of statistical analysis. The milled rice yield in the tested direct seeding methods was higher 2~8% being with 4.94~5.24t/ha than that of machine transplanting but there was not significant difference in terms of statistical analysis. The percentage of head rice was low in the tested direct seeding methods compared to machine transplanting. The weedy rice was not occurred in the tested rice cultivation methods. In conclusion the direct seeding method would be recommended to be a suitable to in following by Italian ryegrass harvesting in southern area of Korea in terms of reduction in production cost and high income basis for rice growing farmers.

Key words : Italian Ryegrass, Direct seeding, Iron-coated seeds, Water-seeding, Wet hill-seeding, Weedy rice

* 교신저자 : kh5008@korea.kr

¹ Department of Food Crops, Korea National College of Agriculture and Fisheries

I. 서론

국내 쌀 산업은 소비감소, WTO 체제 하의 수입쌀 도입 등에 의한 쌀값 하락과 농자재와 인건비 상승에 따른 소득감소로 벼 재배농가는 큰 어려움을 겪고 있다. 벼 재배농가의 소득을 높이기 위해서는 쌀 생산비를 획기적으로 줄일 수 있는 벼 재배기술 도입과 소득 향상에 큰 도움이 되는 작부체계의 적극적인 확대가 필요하다. 쌀 생산비 절감을 위해서는 이양법을 직파법으로 혁신해야 한다는 보고가 많다(양원하 등, 2015, 백남현 등, 2012, 강신구 등, 2014, 최민규 등, 2012). 그리고 논에 벼와 타 작물을 도입한 2모작은 벼단작에 비하여 소득이 높다고 보고되고 있으나(국립식량과학원, 2015), 농작업의 불편과 중복, 판로 문제 등으로 2모작을 기피함에 따라 경지이용률 감소와 함께 곡물자급률이 점차 낮아지고 있다. 참고로 2016년 논 경지이용률은 104%로 1985년 115% 대비 경지이용률이 10%가 감소하였고, 쌀 외 콩, 밀, 옥수수, 사료작물 등 타 작물 자급률은 0.9% ~ 37.3%로 매우 낮은 수준이다. 또한 최근 지구온난화로 인해 우리나라의 평균기온이 지난 100년간 1.5°C 상승함에 따라 가을보리의 재배지가 북상하였고(Yun, 1998), 2모작 체계 도입이 유리하다. 농가 소득과 곡물자급률을 높이기 위해서는 쌀 부족 시 벼를 재배할 수 있도록 논 기반을 유지하면서 농작업이 간편한 작목을 선택하여 생산비를 크게 줄일 수 있는 기술을 적용할 수 있는 작부체계 도입이 필요하다.

최근 벼 무논점파와 담수직파재배에서 재배안정성을 높일 수 있는 방법으로 크게 주목 받고 있는 기술로써 법씨를 철분코팅하여 파종하는 것이다. 철분(鐵粉, Iron power) 코팅 법씨는 무겁고 딱딱하여 쪼렷질한 논에 산파할 경우는 땅속에 박혀 뿌리가 땅에 잘 내리면서 모 초기 생육이 좋다. 그리고 담수산파 및 무논점파 후 관개시 물결에 의해 종자와 유묘가 뜨거나 한쪽으로

몰리지 않는 특징을 가지고 있다. 철분코팅 법씨를 이용한 벼 직파는 2004년 일본에서 처음 개발되었고, 이후 직파재배 시 입모 향상, 수량 영향 등에 대한 연구를 활발히 해오고 있다. 일본에서 담수직파 및 무논직파에서 시험한 결과를 보면 철분코팅 종자는 무게가 무거워 파종 후 출아할 때까지 벼 종자가 논 관개수에 의해 물위에 뜨는 것이 적었고(Yamauchi, 2002; 2004; Furuhashi et al., 2009), 입모 향상과 새(조류) 피해 경감 등으로 수량이 증가(Furuhashi et al., 2009) 되는 것으로 나타났다. 또한 철분코팅종자를 사용할 경우 철분코팅 전 프라이밍 처리에 따른 α -amylase 효소가 활성화 되어 종자에서 초엽으로 당의 전류가 증진되어 일반종자를 사용했을 때 보다 건물중이 증가되었다(Mori et al., 2012; Lee & Kim, 1999). 한국에서도 2009년부터 철분코팅종자를 이용한 벼 직파재배기술 보급을 추진하고 있지만, 아직 철분코팅종자를 이용한 벼 직파재배 연구는 미흡한 실정이다.

현재 간편한 생산비 절감 벼 재배기술로 주로 보급되고 있는 무논점파의 경우 파종한 싹튼 법씨를 작은 고무판으로 눌러주기 때문에 논바닥이 낮은 곳은 토중 상태에서 물에 오래 잠기게 되어 입모저하의 큰 원인이 되며, 종자가 표토에 노출될 경우 새(조류) 피해, 건조 피해 등으로 입모가 불안정하다. 또한 파종 후 입모향상을 위하여 논을 말릴 경우 갈라진 틈으로 땅속 잡초 종자 및 잡초성벼가 발생하는 큰 문제점이 있다. 철분코팅을 한 법씨를 사용한 담수산파와 무논점파 및 파종된 최아법씨를 상토 등으로 덮는 복토 무논점파는 파종에서 초기 입모과정까지 물 관리에 제한을 크게 받지 않아 입모 안정화와 잡초 및 잡초성벼를 효율적으로 방제할 수 있는 기술로 알려지고 있다.

본 연구는 농림축산식품부 들녘경영체 농가실증시험 및 일본과의 공동연구를 통하여 유용하다고 알려져 지고 있는 철분코팅법씨를 사용한 담

수산파와 무논점파, 쇠아범씨를 사용한 복토 무논 점파하는 기술을 사료작물 후작으로 적용했을 때 입모율, 벼 생육 및 수량성 비교시험을 수행하여 얻어진 몇 가지 결과를 보고한다.

II. 재료 및 방법

본 농가실증시험은 2016년 하계에 충남 부여 농가답에서 수행하였다. 오륜벼(japonica type)를 시험품종으로 하여 철분코팅한 종자를 파종하는 ① 철분코팅법씨 담수산파(철분)와 ② 무논점파(철분), ③ 싹튼법씨를 무논점파 동시에 수도용 상토(입상)로 복토하는 무논점파(복토) 등 3처리를 6월 18일에 파종하였다. 대조구는 기계이앙 육묘 상자에 30일간 육묘한 모를 직파와 같은 날인 6월 18일에 기계이앙 하였다. 시비, 작물보호제 및 제초제 살포는 농촌진흥청 벼 표준재배법에 준하였다. 주요 조사항목은 입모수, 결주율, 주요 벼 생육시기별 생육 및 출수기, 성숙기 생육특성 및 수량구성요소와 수량, 쌀(현미) 품질을 조사분석하였고, 병, 잡초 및 잡초성벼 발생 정도는 달관으로 조사하였다.

철분코팅 법씨를 만드는 방법은 보급종자를 5월 26일부터 상온에서 3일간 침종하여 꺼내서 그늘에 1시간 정도 물을 뺀 다음(물방울이 한 방울씩 떨어질 정도) 코팅기에 넣고 종자 표면에 수분이 고르도록 30초 돌린 후 멈추고, 철분을 마른 종자 무게의 50%, 소석고를 철분 무게의 10%를 코팅기에 넣고, 중간 중간 물을 분무기로 3회(매회 4~5번)를 뿌리면서 4분 동안 1차 코팅하고, 2차로 소석고를 철분 무게의 5%를 넣고 물을 분무기로 뿌리면서(1~2회 : 매회 3~4회) 1분 30초 동안 코팅하였다. 코팅한 종자는 기계이앙 플라스틱 산파상자에 80~90% 정도(건종자로 1.5~1.7 kg) 담아 다단선반에 올려놓고 3일간 하루에 2~3회 물을 살짝 뿌리면서 건조시킨 후 망

사자루에 담아 23일간 보관하였다.

무논점파(복토)와 기계이앙 사용 종자는 철분코팅 처리 후 보관된 보급종자를 파종 전에 상온에서 5~6일간 침종하여 싹이 1~2 mm 정도 싹튼 종자를 파종 2시간 정도 전에 꺼내어 그늘에서 말린 종자(파종기에 붙지 않을 정도)를 사용하였다.

본답 준비는 6월 2일에 이탈리아라이그라스를 수확하고 벼 직파재배는 파종 5일 전(6월 13일)에 썬레질을 하고 5 cm 정도 높이로 물을 대고 잡초 및 잡초성벼 방제를 위하여 피라졸레이트 액상수화제를 10a당 500 ml 뿌린 다음 물이 있는 상태로(담수굳힘) 두었다가, 파종 1일전에 물을 배수하였다. 기계이앙은 파종 4일전(6월 14일) 썬레질을 하고 논 굳힘을 하였다.

벼 직파재배 파종은 철분코팅 종자를 사용하였으며 철분코팅 하기 전의 마른 종자를 기준으로 파종량을 담수산파는 동력살분기로 10a당 4 kg을 산파하고, 무논점파는 5 kg을 조간 26.25 cm, 주간 20 cm로 주당 10~13립을 점파하였다. 복토 무논점파는 싹을 틔운 종자를 사용하였고 파종량 5 kg을 조간 30 cm, 주간 18 cm로 주당 10~13립을 점파와 동시 육묘용 상토로 복토하였다. 기계이앙은 기계이앙 플라스틱 산파상자(58 × 28 cm)에 건종자 기준 상자당 130 g의 싹튼 종자를 파종하여(5월 19일) 30일간 모를 기른 후 6월 18일에 주간 30 cm, 조간 18 cm로 주당 3~4본씩 기계 이앙하였다.

시비는 철분코팅법씨 담수산파와 기계이앙은 완효성비료(롱스타 : 18-8-9+2+0.2)를 썬레질 직전 10a당 50 kg을 살포하였고, 철분코팅법씨 무논점파는 직파전용 완효성비료(롱스타 : 30-6-6) 30 kg(1.5포)을 파종 동시 종자 위에 점 시비하였다. 복토 무논점파는 파종 동시에 측조시비 하였다.

벼 직파재배의 파종 전후 물관리는 모두 파종 1일 전에 논에 물을 빼고 다음날에 파종하고 3일

간 물 뺀 상태로 두었다가, 물을 5 cm 정도 높이로 대고 7일간 두었다. 그리고 3일간 물 뺀 상태에서 모세우기를 한 후 물을 대고 벼 직파재배 관행 관리에 준하였다.

제초제는 10a당 1차로 파종 5일전 피라졸레이트 액상수화제를 500 ml, 2차로 상시 답수 후 벼 2~3엽기에 애니풀(Bensulfuron-methyl+Benzo-bicyclon+Penoxsulam)을 500 ml 살포하였고, 기타 재배관리는 농촌진흥청 벼 표준재배법에 준하였다.

벼 생육 등 조사는 입모수는 파종 후 20일에 시험구당 답수산파는 0.25 m², 무논점파는 10주씩 조사하여 m²당으로 환산하였고, 무논점파와 기계이앙의 결주는 시험구당 200주를 조사하여 백분율로 나타내었다. 초장과 경수는 파종 후 20일부터 10 ~ 18일 간격으로 4회, 초장은 10주씩 조사하고, 경수와 수수는 시험구당 답수산파는 0.25 m², 무논점파는 10주씩 조사하여 m²당으로 환산하였고, 간장, 수장 등 성숙기 벼 생육 특성과 입수, 등숙비율 등 수량구성요소와 수량, 현미 품위 등은 농촌진흥청 농사시험연구조사 기준에 준하여

조사하였다(농촌진흥청, 1995).

시험구 배치 및 조사는 단구제(1필지 씩)로 하여 3반복으로 조사하였고, 시험결과 통계분석은 MYSTAT 프로그램(최봉호)을 이용하여 분산분석과 던컨다중검정(p=0.05)을 하여 처리 간 유의성 유무를 확인하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 출아일수, 입모수와 결주율

벼 직파재배 방법별 출아일수, 입모수와 결주율은 Table 1과 같았다. 출아일수는 철분코팅법씨를 사용한 답수산파와 무논점파는 8일로 싹튼법씨를 사용한 복토무논점파 7일보다 1일정도 늦었다. 싹튼 종자를 사용한 복토무논점파에 비하여 철분코팅법씨를 사용한 직파가 출아가 1일 정도 늦은 것은 코팅 후 말려서 망사자루에 보관한(23일간) 마른 종자를 사용한 것이 원인인 것 같다.

Table 1. Days of rice seedling emergence, number of seedling stands and missing hill rate as influenced by rice cultivation methods

Cultivation method	Days to rice seedling emergence (day)	Seedling stands		Missing hill rate (%)
		no. of plants/hill	no. of plants/m ²	
Water seeding				
- Soaking seed coated iron powder	8	-	153ab	-
Wet hill seeding				
- Soaking seed coated iron powder	8	8.7	167a	1.3
- Nursery bed soil covered	7	5.9	109b	2.3
Machine transplanting	-	(7.9)	-	1.7

* LSD 5%.....9.70

¹⁾ In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

m²당 입모수는 109~167개로 무논직파 및 담수 산파 시 m²당 적정 입모수 80 ~ 120개(Chul Won Lee et al., 1994;朴, 1993) 보다 많았다. 직파 방법 간에는 무논점파(철분) >담수산파(철분) >무논점파(복토) 순으로 많았고, 철분코팅법씨를 사용한 무논점파는 싹튼법씨를 사용한 복토무논점파와 통계적으로 유의차도 있었다.

무논점파의 결주율은 1.2 ~ 2.3%로 기계이앙 1.7 %와 거의 비슷하였고, 벼 기계이앙 시 결주율 허용 범위인 5%(苗播機稻作研究會, 1966)이내 이었다.

2. 주요 벼 생육시기별 초장 및 경수

가. 초장 비교

벼 직파재배의 파종 후 일수별 초장은 38.8 ~

96.4 cm(Table 2)로 기계이앙 52.3 ~ 94.9 cm에 비하여 파종 후 45일까지는 8 ~ 18 cm가 짧았고, 파종 후 63일에는 무논점파(복토)는 1.5 cm가 길고, 철분코팅법씨를 사용한 담수산파와 무논점파는 각각 3.6 cm, 4.8 cm가 짧았다. 초장은 담수산파(철분)와 무논점파(복토)는 파종 후 30일, 무논점파(철분)는 파종 후 30일과 45일 기계이앙 초장에 비하여 통계적으로 유의하게 짧았으나, 이후 점차 차이가 적어져 파종 후 63일에 초장은 통계적으로 유의차가 없었다.

벼 직파방법별 파종 후 30일에서 63일까지의 초장은 38.8 ~ 96.4 cm로 싹튼법씨를 사용한 무논점파(복토)가 철분코팅법씨를 사용한 담수산파와 무논점파에 비하여 1.0 ~ 9.9 cm가 길었으나 통계적으로 유의차는 없었다.

Table 2. Comparison of plant height under different days after seeding(DAS) as influenced by rice cultivation methods

Cultivation method	Plant height at different days after seeding(cm)		
	30DAS	45DAS	63DAS
Water seeding			
- Soaking seed coated iron powder	43.3b	70.4ab	91.3a
Wet hill seeding			
- Soaking seed coated iron powder	38.8b	61.9b	90.1a
- Nursery bed soil covered	44.3b	71.8ab	96.4a
Machine transplanting	52.3a	79.9a	94.9a

* LSD 5%..... 3.89.....8.03.....6.62

¹⁾ In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

나. 경수 비교

벼 직파재배의 m²당 경수는 Table 3에서 보는 바와 같이 조사 시기에 따라 기계이앙(427 ~ 462 개)에 비하여 담수산파(철분)는 67 ~ 162개가 많았고, 파종 후 45일과 63일에는 통계적으로 유의차가 있었다. 무논점파(복토)는 53 ~ 91개가 많았으나 기계이앙과 통계적인 유의차는 없었다. 무논점

파(철분)의 m²당 경수는 305 ~ 433개로 기계이앙에 비하여 파종 후 30일, 45일, 63일에 각각 157 개, 14개, 24개가 적었고, 파종 후 30일의 경수는 통계적으로 유의차가 있었다.

벼 직파방법별 m²당 경수는 305 ~ 589개로 담수산파(철분) > 무논점파(복토) > 무논점파(철분) 순으로 많았다. 경수가 가장 많았던 시기는 철분코

Table 3. Comparison of tiller number at different days after seeding(DAS) as influenced by rice cultivation methods

Cultivation method	No. of tillers/m ²		
	30DAS	45DAS	63DAS
Water seeding			
- Soaking seed coated iron powder	544a	589a	503a
Wet hill seeding			
- Soaking seed coated iron powder	305b	433b	412c
- Nursery bed soil covered	553a	480b	490ab
Machine transplanting	462a	427b	436bc

* LSD 5%.....103.258.7.....42.4
 1) In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

팅법씨를 사용한 담수산파와 무논점파는 파종 후 45일이었고, 싹튼법씨를 사용한 무논점파(복토)는 파종 후 30일이었다. 가장 경수가 많은 시기가 복토 무논점파는 파종 후 30일이었으나, 무논점파(철분)는 파종 후 45일로 늦은 것은 파종 후 6일(6월 24일)과 18일(7월 12일)에 각각 1~2일정도 침수가 원인인 것 같다. 무논점파(복토)의 m²당 경수는 담수산파(철분)에 비하여 파종 후 45일에는 109개가 적었고, 통계적으로 유의차도 있었으나, 파종 후 30일과 63일은 거의 비슷하였다. 그리고 무논점파(철분)는 파종 후 30일과 63일 경수는 담수산파(철분)와 무논점파(복토)에 비하여 유의하게 적었다.

3. 벼 직파재배 유형별 출수기, 간장 및 수장 비교

벼 직파재배의 출수기, 간장 및 수장은 Table 4와 같다. 출수기는 8월 22일 ~ 24일로 기계이앙 8월 19일 보다 3~5일이 늦었다. 싹튼법씨이용 무논점파(복토)가 출수기가 1~2일이 빠른 것은 출아가 1일정도 빨랐던 것(Table 1)에 기인된 것으로 사료되어진다.

간장은 67.1 ~ 78.6 cm로 기계이앙 78.7 cm 대비 0.1 ~ 11.6 cm가 짧았고, 철분코팅법씨를 사용한 담수산파(철분)와 무논점파(철분)는 통계적 유의차도 있었다. 벼 직파방법별로 무논점파(복토) > 무논점파(철분) > 담수산파(철분) 순으로 길었고 직

Table 4. Heading time, culm length and panicle length as influenced by rice cultivation methods

Cultivation method	Heading time	Culm length (cm)	Panicle length (cm)
Water seeding			
- Soaking seed coated iron powder	Aug. 24	67.1c	20.0a
Wet hill seeding			
- Soaking seed coated iron powder	Aug. 23	74.5b	20.7a
- Nursery bed soil covered	Aug. 22	78.6a	20.0a
Machine transplanting	Aug. 19	78.7a	18.4a

* LSD 5%.....1.763.26
 1) In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

파방법 간에 통계적 유의차도 있었다.
수장은 20.0 ~ 20.7 cm로 기계이앙 18.4 cm 보다 1.6 ~ 2.3 cm가 길었으나, 통계적 유의차는 없었다. 벼 직파방법별로 수장은 거의 같았다.

4. 벼 직파재배 유형별 수량구성요소, 쌀 수량 및 현미품위

가. 수량구성요소 비교

벼 직파재배의 수량구성요소는 Table 5와 같다. m²당 수수는 413 ~ 441개로 기계이앙 435개보다 답수산파(철분)는 6개가 많았고, 무논점파는 3~22개가 적었으나, 통계적 유의차는 없었다. 벼 직파방법 간에 m²당 수수는 답수산파(철분) > 무논점파(복토) > 무논점파(철분) 순으로 많았으나, 통계적으로 유의차는 없었다.

수당립수는 76 ~ 84개로 기계이앙 72개에 비하여 4 ~ 12개가 많았으나, 통계적 유의차는 없었다. 벼 직파방법 간에 수당입수는 무논점파(복토) > 답수산파(철분) > 무논점파(철분) 순으로 많았으나 통계적 유의차는 없었다. m²당 입수는 31,267 ~ 36,143개로 기계이앙 31,201개보다 66 ~ 4,942개가 많았으나 통계적으로 유의차는 없었다.

등숙비율은 81.3 ~ 88.6%로 기계이앙 86.8% 보다 답수산파(철분)와 무논점파(철분)는 각각 1.8%, 1.2%가 높고, 무논점파(복토)는 5.5%가 낮았으나, 통계적으로 유의차는 없었다.

현미천립중은 24.1 ~ 25.2 g으로 기계이앙 25.8g 보다 0.6 ~ 1.7 g이 적었고, 벼 직파방법 간에는 답수산파(철분) > 무논점파(복토) > 무논점파(철분) 순으로 무거웠으나, 재배방법 간에 통계적으로 유의차는 없었다.

Table 5. Comparison of yield components as influenced by rice cultivation methods

Cultivation method	No. of panicles per m ²	No. of spikelets		% of ripened grains	1,000 ¹⁾ grain wt. (g)
		/panicle	/m ²		
Water seeding					
- Soaking seed coated iron powder	441a	80a	35,156a	88.6a	25.2a
Wet hill seeding					
- Soaking seed coated iron powder	413a	76a	31,267a	88.0a	24.1a
- Nursery bed soil covered	432a	84a	36,143a	81.3a	24.7a
Machine transplanting	435a	72a	31,201a	86.8a	25.8a

* LSD 5%.....24.7.....12.3.....4,634.....9.6.....2.5

¹⁾ Brown rice

²⁾ In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

나. 쌀 수량 비교 및 현미품위 비교

벼 직파재배의 쌀수량과 현미품위는 Table 6과 같다. 쌀 수량은 10a당 494 ~ 524 kg으로 기계이앙 485 kg 보다 답수산파(철분)는 8%, 무논점파는 2~3% 증수했고, 벼 직파방법 간에는 답수산파(철분) > 무논점파(복토) ≥ 무논점파(철분) 순으로 높았으나, 벼 재배방법 간에 통계적으로 유의차는

없었다.

현미품위는 완전미율이 40.6 ~ 52.9%로 기계이앙 64.3%에 비하여 답수산파(철분)는 23.7%, 철분코팅법씨 사용 무논점파는 11.4%, 싹틔법씨를 사용한 복토 무논점파는 20.7%가 낮았고, 통계적으로 유의차도 있었다. 벼 직파재배 방법 간에 완전미율은 무논점파(철분) > 무논점파(복토) > 답수산

Table 6. Comparison of rice yield as influenced by rice cultivation methods

Cultivation method	Milled rice yield (kg/10a)	Head rice ratio (%)	Incomplete grain ratio(%)					Total
			CR ²⁾	IR ³⁾	DG ⁴⁾	DiG ⁵⁾	OKR ⁶⁾	
Water seeding								
- Soaking seed coated iron powder	524a	40.6c	5.1	44.9	0.8	7.3	1.4	59.5a
Wet hill seeding								
- Soaking seed coated iron powder	494a	52.9b	3.6	35.8	0.6	6.2	0.9	47.1b
- Nursery bed soil covered	498a	43.6bc	3.0	44.3	0.6	6.8	1.7	56.4ab
Machine transplanting	485a	64.3a	9.3	24.2	0.1	1.8	0.3	35.8c

* LSD 5%.....95.1.....6.74.....6.77

¹⁾ In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

²⁾ CR : Cracked rice, ³⁾ IG : Immature grain, ⁴⁾ DG : Damaged grain, ⁵⁾ DiG : Discolored grain, ⁶⁾ OKR : Opaque kernel rice

Table 7. Comparison of Leaf blast, Sheath blight and False smut occurrence in different rice cultivations

Cultivation method	Leaf blast			Neck blast	Sheath blight		False smut
	July 18	Aug. 2	Aug. 16	Sep. 20	Aug. 16	Sep. 20	Octo. 11
Water seeding							
- Soaking seed coated iron powder	0	15	5	0	1	2	0.1
Wet hill seeding							
- Soaking seed coated iron powder	0	5	2	0	1	5	0.1
- Nursery bed soil covered	0	10	2	0	2	5	0.1
Machine transplanting	0	3	0.5	0	5	10	0.1

¹⁾ % of disease occurrence by visual observation

파(철분) 순으로 높았고, 완전미율이 가장 높았던 무논점파(철분)에 비하여 담수산파(철분)는 통계적으로 유의차가 있었으나, 무논점파(복토)는 유의차가 없었다. 불완전립 비율은 반대로 기계이앙 > 무논점파(철분) > 무논점파(복토) > 담수산파(철분) 순으로 낮았다. 불완전립율이 높았던 것은 미숙립율이 기계이앙 24.2%, 직파재배 35.8 ~ 44.9%로 높았던 것이 주원인으로 나타났다. 직파재배에서 변색립 비율이 기계이앙에 비하여 다소 높은 것은 분얼경에서 청미가 다소 많았던데 원인이 있는 것 같다. 따라서 본 시험내용에 처리한 직파재배법은 남부지방 사료작물 후작으로 가능성이 있

어 생산비절감 측면에서 경제성이 있는 것으로 보여졌다.

5. 벼 직파재배 유형별 도열병, 잎집무늬마름병 및 이삭누룩병 발생 비교

벼 재배방법별 도열병, 잎집무늬마름병 및 이삭누룩병 발생은 Table 7과 같다. 잎도열병은 이앙 30일 후(7월 18일)에는 발생하지 않았으나 이앙 후 45일(8월 2일) 기계이앙 3%정도에 비하여 직파재배는 5 ~ 15%로 다소 심하게 발생하였고, 이후(8월 16일)에는 잎도열병 이병잎은 죽고 새잎이

나오면서 5% 미만으로 감소하였고, 벼 재배방법 다같이 목도열병은 발생하지 않았다.

잎집무늬마름병은 벼 출수 7일 전후부터(8월 16일) 관찰이 되었고, 등숙 중후기(9월 20일)에는 기계이앙 10%, 직파재배 2~5% 정도 관찰되었다. 잎집무늬마름병이 담수산파(철분)에 비하여 기계이앙이나 무논점파에서 발생이 더 심한 것은 담수산파에 비하여 줄기가 밀집(콤팩트) 상태로 공기가 잘 유통되지 않고, 병원균의 전염이 용이한 상태로 유지되었기 때문인 것으로 추정된다. 이는 2017년 박과 박의 보고와도 같은 경향이였다.

이삭누룩병은 벼 재배방법 모두에서 0.1% 정도 발생되었다.

6. 벼 직파재배 유형별 잡초 및 잡초성벼 발생 비교

벼 재배방법별 잡초 및 잡초성벼 발생은 Table 8과 같았다. 잡초는 직파재배는 7월 18일까지, 기계이앙은 8월 2일까지는 발생하지 않았으나, 이후 기계이앙은 0.5~1% 발생하였으나, 담수산파(철분)는 3~8%, 무논점파는 1~5% 발생하였다. 특히 담수산파는 9월 상순이후 후발 피 발생이 증가하였다.

잡초성벼는 모든 재배방법에서 발생하지 않았는데, 이는 이탈리아안라이그라스 후작으로 벼가 재배되었으므로 이미 출아된 잡초성벼는 벌써 파종을 위한 썬레질 및 제초제 처리(박, 2016) 등으로 충분히 방제된 결과로 보여 진다.

Table 8. Comparison of weed and weedy rice occurrence in different rice cultivations

Cultivation method	Weed(%)					Weedy rice(%)	
	JuLy 8	JuLy 18	Aug. 2	Aug. 31	Sep. 20	Aug. 2	Sep. 20
Water seeding							
- Soaking seed coated iron powder	0	0	3	3	8	0	0
Wet hill seeding							
- Soaking seed coated iron powder	0	0	1	2	3	0	0
- Nursery bed soil covered	0	0	1	3	5	0	0
Machine transplanting	0	0	0	0.5	1	0	0

¹⁾ % of Weed and Weedy rice occurrence by visual observation

IV. 적요

철분코팅법씨 사용 담수산파와 무논점파, 짝튼법씨 사용 복토 무논점파의 생육 및 수량 비교(기계이앙-대조구)를 위한 포장시험 결과는 다음과 같았다.

벼 직파재배 방법별 출아일수는 7~8일 소요되었으며, m²당 입모수는 109~167개로 무논점파(철분) > 담수산파(철분) > 무논점파(복토) 순으로

많았다. 무논점파 결주율은 1.2~2.3%로 기계이앙 1.7%와 거의 비슷하였다. 벼 초장은 기계이앙에 비하여 담수산파(철분)와 무논점파(복토)는 파종 후 30일, 무논점파(철분)는 파종 후 45일까지 유의하게 짧았으나, 이후 점차 차이가 적어져 파종 후 63일에는 거의 비슷하였다. 벼 직파방법 간에는 짝튼법씨를 사용한 무논점파(복토)에서 초장이 약간 길었으나 통계적으로 유의차는 없었다. 벼 경수는 기계이앙에 비하여 담수산파(철분)와

무논점파(복토)는 많았고, 철분코팅법씨 사용 무논점파는 적었다. 벼 직파방법별로는 담수산파(철분) > 무논점파(복토) > 무논점파(철분) 순으로 많았다. 출수기는 8월 22일~24일로 기계이앙 8월 19일 보다 3~5일이 늦었고, 직파재배 방법 중에는 싹튼법씨 이용 무논점파(복토)에서 1~2일이 빨랐다. 간장은 기계이앙에 비하여 0.1~11.6 cm가 짧았고, 철분코팅법씨를 사용한 담수산파와 무논점파는 통계적 유의차도 있었다. 벼 직파방법별로는 무논점파(복토) > 무논점파(철분) > 담수산파(철분) 순으로 길었고, 직파재배방법 간에 통계적 유의차도 있었다. 수장은 20.0~20.7 cm로 기계이앙 18.4 cm에 비하여 1.6~2.3 cm가 길었으나, 통계적 유의차는 없었다. 수량구성요소는 다 같이 벼 재배방법 간에 통계적으로 유의차는 없었으나, m²당 수수는 413~441개로 기계이앙과 3~22개 차이가 있었고, 벼 직파방법 간에는 담수산파(철분) > 무논점파(복토) > 무논점파(철분) 순으로 많았다. 수당입수는 76~84개로 기계이앙에 비하여 4~12개가 많았고, 벼 직파방법 간에는 무논점파(복토) > 담수산파(철분) > 무논점파(철분) 순으로 많았다. m²당 입수는 담수산파(철분) > 무논점파(복토) > 무논점파(철분) > 기계이앙 순으로 많았고, 등숙비율은 81.3~88.6%, 현미천립중은 24.1~25.8g이었다. 쌀수량은 10a당 494~524 kg으로 기계이앙 보다 2~8% 높았고, 벼 재배방법 간에는, 담수산파(철분) > 무논점파(복토) ≥ 무논점파(철분) > 기계이앙 순으로 높았으나, 통계적으로 유의차는 없었다. 현미품위는 완전미 비율이 무논점파(철분) 52.9% > 무논점파(복토) 43.6% > 담수산파(철분) 40% 순으로 높았으나, 벼 직파재배의 현미품위는 기계이앙(64.3%) 보다는 통계적으로 유의하게 낮았다. 잎도열병은 이앙 후 45일(8월 2일) 전·후에 기계이앙 보다 좀 더 심하게 발생하였으나 벼 재배방법 다 같이 목도열병은 발생하지 않았다. 잎집무늬마름병은 기계이앙 10%, 직파재배 2~5% 정도 내외 이삭누룩병은 벼 재배

방법 다같이 0.1% 정도 발생하였다. 잡초는 8월에 들어서 부터 기계이앙 0.5~1%, 담수산파(철분) 3~8%, 무논점파는 1~5% 발생하였다. 특히 담수산파는 9월 상순이후 후발 피 발생이 증가하였다. 잡초성비는 벼 재배방법 다 같이 발생하지 않았다.

V. 참고문헌

1. 강신구, 최민규, 구본일, 상완규, 이민희, 김영두, 박흥규, 최원영, 김보경, 이점호. (2014). 남부평야지 이모작에서 벼 무논점파 재배시 파종기에 따른 생육 및 수량. 한국국제농업개발학회지. 26(3): 251-257.
2. 농촌진흥청 국립식량과학원. (2015). 중·북부 지역 주요 작부체계: 53~69.
3. 농촌진흥청, 농협, 한국직파농업협회. (2016). 벼 직파재배기술 매뉴얼(무논점파·건답점파): pp. 27.
4. 朴錫洪. (1993). 벼 直播栽培의 現況 및 問題點과 發展方向. '93 直播栽培研究: 1~27.
5. 박광호. (2016). 담수산파 파종 전 제초제 처리에 따른 철분코팅종자와 잡초성비의 출아, 입모 및 초기생육 영향. 현장농수산연구지. Vol.18(1): 93-100.
6. 박광호, 박성태. (2017). 벼 직파 유형별 생육 및 수량 비교 연구. 현장농수산연구지, 19(1): 119~128.
7. 백남현, 남정권, 김택겸, 양창휴, 이상복, 김시주, 정재혁, 조광민, 백채훈, 이경보, 강태경. (2012). 무인헬기를 이용한 벼 직파재배기술. 24(5): 531-535.
8. 양원하, 김제규, 이문희, 전세창, 한희석. (2015). 벼 직파재배 농가의 재배기술 현황과 전망. 한국국제농업개발학회지. 27(3): 342-347.

9. 최민규, 구본일, 강신구, 상완규, 백남현, 김영두, 박홍규, 최원영, 박태선, 김보경. (2012). 호남평야지에서 벼 무논점파 재배시 적정 파종기 구명. 한국국제농업개발학회지. 24(3): 325-330.
10. Lee C. W., Y. S. Ki and J. T. Lim. (1994). Optimum number of seedling stands of rice for high yield in direct water-seeded culture. Kor. J. Crop Sci. 39(5): 405-411.
11. Furuhashi, M., T. Chosa, O. Matsumura and T. Yukawa. (2009). Effect of iron-powder coating versus calciumperoxide coating of seeds on seedling emergence and establishment of rice direct seeded in submerged paddy field. Jpn. J. Crop Sci. 78(2): 170-179.
12. Lee S. S. and J. H. Kim. (1999). Morphological change, sugar content, and α -amylase activity of rice seeds under various priming conditions. Korean J. Crop. Sci. 44, 138-142.
13. Mori, S., H. Fujimoto, S. Watanabe, G. Ishioka, A. Okabe, M. Kamei and M. Yamauchi. (2012). Physiological performance of iron-coated primed rice seeds under submerged conditions and the stimulation of coleoptile elongation in primed rice seeds under anoxia. Soil Science and Plant Nutrition 58(4): 469-478.
14. Park, S. T., J. E. Hill, A. C. Chang, and S. K. Lee. (1993). Effects of different water depths on early growth of rice and barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). Korean J. Crop Sci.38(5): 405-412.
15. Yamauchi, M. (2002). Reducing floating rice seedling in wet direct sowing by increasing specific gravity of seeds with iron powder coating(In Japanese). Jpn. J. Crop Sci. 71(extra issue 1): 150-151.
16. Yamauchi, M. (2004). Improved anchorage and bird protection with iron-coated seeds in wet direct seeding of rice crops. In Proceeding of the World Rice Research Conference held in Tokyo and Tsukuba, Japan, 4-7 November 2004: 209-211.
17. Yun S. H. (1998). Climate change and its impact on agricultural ecosystem. KSCS & KBS Symposium for 50th Anniversary GSNU, Jinju, Korean Society of Crop Science. [in Korean].
18. 苗播機稲作研究會. (1966). 移秧作の機械化 苗播栽培法 實用化に關する 試驗研究報告書: 1~100.

논문접수일 : 2019년 3월 18일
 논문수정일 : 2019년 5월 1일
 게재확정일 : 2019년 5월 9일