

벼 직파 유형별 생육 및 수량 비교 연구

박광호^{1*}, 박성태¹

¹한국농수산대학 식량작물학과

Comparison of Rice Growth and Yield in Different Direct Seeding Methods

K. H. Park^{1*} and S. T. Park¹

¹*Korea National College of Agriculture and Fisheries, 1515, Kongjwipatjwi-ro, Wansan-gu, Jeonju-si, Jeollabuk-do, 54874, Korea*

Abstract

The field trial was performed to evaluate the rice growth and yield in different direct seeding methods. The required time for seed emergence was for 8~ 9days in the tested direct seeding methods and there was high in seedling establishment according to wet hill-seeding with iron-coated seeds> wet hill-seeding with soil coverage>water seeding with iron-coated seeds and water seeding with pregerminated seeds as the conventional treatment. The rice plant height was taller in wet hill-seeding methods than that of water seeding with broadcasting method but there was not significant difference in terms of statistical analysis at 75day after seeding except the water seeding with pregerminated seeds. The growth of tiller number in the rice plant was highest in water seeding with iron-coated seeds. The milled rice yield was highest in water seeding with iron-coated seed being with 6.4t/ha and percentage of head rice was the highest in wet hill-seeding and water seeding with iron-coated seeds.

Key Words : Rice, Direct seeding, Wet hill-seeding, Water-seeding, Iron-coated seeds, Rice yield, Head rice

^{1*}교신저자 한국농수산대학 kh5008@korea.kr

I. 서론

최근 국내 쌀산업은 소비감소, WTO 체제 하의 수입쌀 도입, 기술 안정화에 의한 지속적인 생산성 및 수량 안정화 등에 의한 재고증가에 따른 쌀값 하락으로 벼 재배농가는 큰 어려움에 직면해 있다. 특히 지난해 쌀 수확 및 출하시기 쌀 가격은 20년 전(1995)과 동등한 수준으로 형성되어 농자재 및 인건비 상승에 따른 직접적인 소득감소로 이어져 농업직불금 등 국가 쌀 보조금 정책이 없을 경우 국내 쌀 산업은 큰 어려움에 처하게 될 것이다. 따라서 쌀 생산비를 획기적으로 줄이는 벼 재배기술이 요구되고 있다. 쌀 생산비 절감 벼 재배기술로는 관행 육묘와 기계이앙에 의존하고 있는 복잡하고 준비기간이 비교적 긴 이앙법을 직파법으로 혁신해야 한다는 보고가 많다(양원하 등, 2015, 백남현 등, 2012, 강신구 등, 2014, 최민규 등, 2012). 벼 직파재배법은 크게 건답직파와 담수직파법이 있으며 건답직파법은 잡초 및 잡초성벼 발생 등으로 아직까지 확대 보급되지 않고 있으며 담수직파법은 담수산파와 무논점파로 크게 구별할 수 있는데 관행 담수산파법은 최아범씨 파종으로 새(조류) 피해 발생, 관개와 담수 시 가벼운 벼 종자가 물에 의해 뜨거나 이동되어 정상적인 뿌리활착 및 입모가 어렵고, 입모 후에도 담수상태에서 비교적 강한 바람이 불 경우 얇게 뿌리활착이 된 어린모가 뽑혀 바람이 부는 방향의 논둑으로 몰려 입모가 매우 불량한 결과를 가져 오는 경우도 빈번하다. 그리고 무논점파의 경우 싹튼범씨를 표토에 작은 고무판으로 눌러주기 때문에 균평작업 후에도 논의 낮은 지역은 흙 속에 묻히게 되어 담수를 할 경우 물에 잠겨서 입모저하가 되며 표토에 노출될 경우 새피해 발생, 건조 등으로 고르고 높은 입모율 확보가 어렵게 된다(박광호 등, 2016). 또한 파종 후 입모향상을 위하여 배수하여 논을 말릴 경우 갈라진 틈(crack) 사이로 제초제에 접촉

되지 않은 땅속 잡초 종자 및 잡초성벼(앵미, weedy rice) 발생이 문제점으로 알려지고 있다. 하지만 벼 종자 철분코팅을 한 범씨이용 담수산파와 무논점파방법이나 파종된 최아범씨를 토양(상토 등)으로 덮는 복토 무논점파법 등은 이와 같은 문제점과 파종에서 초기 입모과정까지 물 관리를 통한 입모 안정화와 잡초 및 잡초성벼를 방제할 수 있는 기술로 알려지고 있다(박광호, 2016).

따라서 본 연구에서는 농림축산식품부 들녘경영체 농가실증시험 및 일본과의 공동연구를 통하여 유용하다고 알려져 지고 있는 철분코팅범씨이용 담수산파, 무논점파법과 복토 무논점파 기술의 초기 입모율, 벼 생육 및 수량성 비교시험을 수행하여 얻어진 몇 가지 결과를 보고 하고자 한다.

II. 재료 및 방법

본 시험은 한국농수산대학 식량작물학과 시험연구 논 포장에서 2016년 벼 재배기간 수행하였다. 공시품종은 새누리벼(japonica type)이었으며 직파방법은 철분코팅범씨 이용 담수산파(철분 담수산파) 및 무논점파(철분 무논점파)와 최아범씨 이용 무논점파와 동시에 수도용 상토(입상)를 이용한 복토(복토 무논점파)를 하였으며, 대조구로 관행 담수산파와 기계이앙 재배를 각각 하였다. 직파 파종기는 5월 20일 하였으며 기계이앙(대조)은 5월 27일 하였다. 시비량은 농촌진흥청 벼 표준재배법에 준하여 처리하였으며 잡초방제는 초기 및 중기제초제를 2회에 걸쳐 각각 처리하였다. 병해충 방제는 주요 방제시기에 등록 작물보호제로 처리하였다. 주요 조사항목은 벼 재배방법별 입모수, 결주율, 주요 벼 생육시기별 생육 및 출수기, 성숙기 생육특성 및 수량구성요소와 수량, 쌀(현미) 품질을 분석하였으며 벼 재배방법별

통계분석을 통하여 유의성 검정을 하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 출아일수, 입모수 및 결주율

벼 직파재배 방법별 출아일수, 입모수와 결주율은 <Table 1>과 같다.

출아일수는 8~9일 소요되었다. 이는 철분코팅법씨가 무처리에 비하여 출아일수가 늦어진다는 보고와 일치 되었다(박광호, 2016). 싹튼법씨를 사용한 담수산파와 복토무논점파는 8일로 철분코팅법씨를 사용한 담수산파와 무논점파 9일 보다 1일정도 빨랐다. 싹튼 종자를 사용한 것에 비하여 철분코팅법씨는 3일간 침종한 종자를 철분 코팅하여 말려서 10일간 망사자루에 보관한 마른 종자를 사용하였기 때문이다.

m²당 입모수는 철분 무논점파 181개, 복토 무논점파 129개, 철분 담수산파 116개, 관행 담수

산파 91개 순으로 나타났다. 이는 무논직파 및 담수산파 시 일반적으로 알려진 m²당 적정 입모수 80~120개(Chul Won Lee et al., 1994; 朴, 1993) 수준이거나 높게 나타났다. m²당 입모수가 가장 적었던(91개) 싹튼 법씨 사용 담수산파는 철분코팅법씨 사용 담수산파와는 통계적인 유의차가 없었으나, 그 외 직파방법과는 유의차가 있었다. 대체로 철분코팅법씨 사용 직파에서 입모수가 많은 것은 파종 할 때 무겁고 단단한 철분코팅법씨가 곤죽상태의 표토에 잘 박히거나 고정되어 발아와 입모형성에 유리한 것으로 판단되었다. 싹튼법씨(관행)를 사용한 복토 무논점파는 복토량이 충분하지 않아, 법씨가 노출된 것이 많고, 담수산파는 파종 후 배수조건 관리 하에서 건조로 인하여 발아, 출아, 입모에 영향을 미친 것으로 보였다.

결주율은 2~2.7%로 기계이앙 1.7%보다 약간 높았으나, 벼 기계이앙 시 결주율 허용 범위인 5%(苗播機稻作研究會, 1966)이내 이었다.

Table 1. Comparison of seedling emergence, seedling establishment and missing hills in different rice cultivations

Rice cultivation	Seedling emerged (date)	Days required seedling emerged (days)	No. of seedling establishment (No./m ²)	Missing hills(%)
Water seeding with iron-coated seeds	May 29	9	116bc	-
Water seeding with pregerminated seeds	May 28	8	91c	-
Wet hill-seeding with iron-coated seeds	May 29	9	181a	2.0
Wet hill-seeding with covered soil	May 28	8	129b	2.7
Machine transplanting	-	-	-	1.7

* LSD 5% 9.70

2. 주요 벼 생육시기별 초장 비교

벼 직파재배방법별 파종 후 일수별 초장은 <Table 2>에서와 같이 기계이앙(33.3~97.8 cm)에 비하여 싹튼 볍씨를 이용한 담수산파는 5.0~12.8cm가 짧고 통계적으로 유의차도 있었다. 그 외 직파방법은 대체로 파종 후 45일까지는 기계이앙 보다 짧았으나, 이후 점차 차이가 적어져 파종 후 60일 이후는 통계적으로 유의차가 없었다.

벼 직파방법별 사용종자 간에 초장은 철분코팅

볍씨는 싹튼 볍씨에 비하여 담수산파는 1.4~12.2cm, 무논점파는 0.3~3.5cm가 길었는데, 담수산파에서는 철분코팅볍씨 사용이 파종 후 45일 이후 초장은 싹튼 볍씨보다 유의하게 길었고, 그 외는 통계적으로 유의차는 없었다. 싹튼 볍씨 사용 담수산파에서 초장에 짧은 것은 파종 후 입모까지 약 10일간 배수상태 기간이 길어 노출된 볍씨가 건조해(Shin et al., 1996)와 활착 지연이 주요 원인인 것으로 보인다.

Table 2. Comparison of plant height under different rice cultivations at rice growing stages

Rice cultivation	Plant height(cm)				
	20 DAS ¹⁾	30 DAS	45 DAS	60 DAS	75 DAS
Water seeding with iron-coated seeds	16.5b	29.7bc	52.4b	76.7a	97.2a
Water seeding with pregerminated seeds	17.4b	28.3c	47.1c	67.2b	85.0b
Wet hill-seeding with iron-coated seeds	20.7a	31.6ab	54.4b	79.6a	96.3a
Wet hill-seeding with covered soil	21.5a	31.3ab	52.7b	76.7a	92.8a
Machine transplanting	-	33.3a	59.7a	78.7a	97.8a

* LSD 5% 1.10 1.44 2.23 5.07 3.67

¹⁾ DAS; Days after seeding

3. 주요 벼 생육시기별 경수 비교

벼 직파재배방법별 파종 후 일수별 m²당 경수는 <Table 3>에서와 보논바와 같이 기계이앙(208~ 280개)에 비하여 싹튼 볍씨 사용 담수산파는 192~353개, 복토 무논점파는 203~296개로 파종 후 30일에는 각각 16개, 5개가 적었고, 그 외 시기는 싹튼 볍씨 이용 담수산파 및 복토 무논점파는 각각 48~73개, 19~30개가 많았으나 통계적으로 유의차는 없었다. 철분코팅 볍씨를 사용한 직파의 m²당 경수는 담수산파는 231~ 439개로

기계이앙 대비 23~159개가 많았고, 파종 후 30일에는 통계적으로 유의차가 없었으나, 그 외 시기는 유의하게 많았다. 그리고 철분코팅 볍씨를 사용한 무논점파는 268~382개로 기계이앙에 비하여 60~102개가 많았으나 통계적으로 유의차는 없었다.

벼 직파방법별 m²당 경수는 파종 후 30일에는 담수산파가 무논점파보다 적었으나, 그 외 시기는 많았다. 그리고 담수산파 및 무논점파 모두 철분코팅볍씨를 사용한 처리가 관행의 싹튼 볍씨를

사용한 처리에 비하여 경수가 많았고, 특히 철분 코팅 처리된 담수산파는 파종 후 60일과 75일의 m²당 경수는 유의하게 많았다. m²당 경수가 가장 많았던 시기는 7월 4일로 기계이앙은 이앙 후 38일, 직파재배는 파종 후 45일이었다.

이상의 결과에서와 같이 m²당 경수가 파종 후 30일에는 담수산파가 무논점파보다 적고, 싹튼 볍씨 사용이 철분코팅볍씨 사용에 비하여 적었던 이유는 파종 후 입모까지 물 관리 차이에 기인된

것으로 보이고, 특히 싹튼 볍씨 사용 담수산파에서 경수가 적은 것은 파종 후 약 10일간 배수상태 기간이 길어(농촌진흥청, 2016) 공기에 노출되어 건조해진 볍씨의 활착이 지연되었으며, 이후에도 뿌리가 표층에 많이 분포되고(Park et al., 1989). 물을 다소 심하게 말린 것(Kim et al., 1995; Back et al., 1997) 등이 주요 원인인 것 같다.

Table 3. Comparison of tiller number under different rice cultivations at rice growing stages

Rice cultivation	Tiller number(No./m ²)			
	30 DAS ¹⁾	45 DAS	60 DAS	75 DAS
Water seeding with iron-coated seeds	231ab	439a	407a	392a
Water seeding with pregerminated seeds	192b	353ab	312b	307b
Wet hill-seeding with iron-coated seeds	268a	382ab	336ab	329ab
Wet hill-seeding with covered soil	203ab	296b	294b	280b
Machine transplanting	208ab	280b	264b	259b

* LSD 5% 47.9 88.6 58.8 49.1

¹⁾ DAS; Days after seeding

4. 벼 직파재배 유형별 출수기, 간장 및 수장 비교

벼 직파재배방법별 출수기, 간장 및 수장은 <Table 4>와 같다. 출수기는 벼 직파방법 다같이 8월 24일로 기계이앙 8월 20일 보다 4일이 늦었다. 싹튼볍씨 사용 직파가 출아일은 1일이 빨랐으나(Table 1), 출수기의 차이가 없는 것은 출아 후 착근 과정에서 수분부족 등의 스트레스를 받아 생육이 지연된 것으로 추정된다.

간장은 79.4~86.3cm로 기계이앙 87.5cm 대비 1.2~8.1cm, 벼 직파방법별로는 담수산파는 무논

점파 보다 2.6~6.9cm, 싹튼볍씨는 철분코팅볍씨 보다 담수산파는 3.7cm, 무논점파는 0.6cm가 짧았으나, 벼 재배방법 및 사용종자 간에 통계적으로 유의차는 없었다.

수장은 24.3~24.9cm로 기계이앙 25.3cm 보다 0.4~1.0cm가 짧았고, 벼 직파방법별로는 무논점파가 담수산파 보다 0.2~0.6cm, 철분코팅볍씨가 싹튼볍씨 보다 담수산파 및 무논점파 다같이 0.4cm가 길었으나, 벼 재배방법 및 사용종자 간에 통계적으로 유의차는 없었다.

Table 4. Comparison of heading date, culm length and panicle length under different rice cultivations at reproductive rice growing stages

Rice cultivation	Heading date	Culm length(cm)	Panicle length(cm)
Water seeding with iron-coated seeds	Aug. 24	83.1a	24.7a
Water seeding with pregerminated seeds	Aug. 24	79.4a	24.3a
Wet hill-seeding with iron-coated seeds	Aug. 24	86.3a	24.5a
Wet hill-seeding with covered soil	Aug. 24	85.7a	24.9a
Machine transplanting	Aug. 20	87.5a	25.3a

* LSD 5% 5.32 1.40

Table 5. Comparison of yield components under different rice cultivations at the ripening stage

Rice cultivation	Panicle number (No./m ²)	Spikelet number (No./m ²)	% of ripened kernel	Grain weight of brown rice
Water seeding with iron-coated seeds	369a	36,262a	89.5a	21.7b
Water seeding with pregerminated seeds	309ab	42,966a	87.8a	22.3ab
Wet hill-seeding with iron-coated seeds	318ab	38,490a	87.8ab	22.3ab
Wet hill-seeding with covered soil	267b	35,089a	79.2b	22.3ab
Machine transplanting	261b	35,670a	82.7ab	23.5a

* LSD 5%. 41.4 5,338 5.16 1.00

5. 벼 직파재배 유형별 수량구성요소

벼 직파재배방법별 수량구성요소는 <Table 5>와 같다. m²당 수수는 267~369개로 기계이앙 261개 보다 6~108개가 많았고, 철분코팅법씨 사용 담수산파는 통계적으로 유의차가 있었으나, 그 외 직파방법은 없었다. 벼 직파방법 간에 m²당

수수는 담수산파는 싹튼 법씨 사용 309개, 철분코팅법씨 사용 369개로 무논점파 싹튼 법씨 사용 267개, 철분코팅법씨 사용 318개 보다 평균 47개가 많았고, 사용법씨 간에 m²당 수수는 철분코팅법씨가 싹튼법씨 보다 담수산파 60개, 무논점파 51개가 많았다. m²당 수수가 369개로 가장 많았던

철분코팅법씨 사용 담수산파 싹튼법씨 사용 복토 무논점파와는 통계적으로 유의차가 있었으나, 그 외 직파방법 및 사용종자와는 유의차가 없었다.

m²당 입수는 35,089~42,966개로 기계이앙 35,670개 보다 싹튼법씨 사용 복토 무논점파는 581개가 적고, 그 외 직파방법은 592~7,296개가 많았으나 통계적으로 유의차는 없었다. 벼 직파방법 간에는 담수산파는 m²당 입수가 싹튼법씨 사용 42,966개, 철분코팅법씨 사용 36,262개로 무논점파 싹튼법씨 사용 38,490개, 철분코팅법씨 사용 35,089개 보다 평균 2,825개가 많았고, 사용 종자 간에는 담수산파는 싹튼법씨 사용이 철분코팅법씨 사용 보다 6,704개가 많았고, 무논점파는 반대로 철분코팅법씨 사용이 3,401개가 많았는데, 벼 직파방법 및 사용종자 다 같이 통계적으로 유의차는 없었다.

등숙비율은 79.2~89.5%로 기계이앙 82.7% 보다 싹튼 법씨 사용 복토 무논점파는 3.5%가 낮았고, 그 외 직파방법은 1.1~6.8%가 높았으나 기계이앙과 통계적으로 유의차는 없었다. 벼 직파방법 간에는 담수산파 싹튼 법씨 사용 87.8%, 철분코팅법씨 사용 89.5%로 무논점파 싹튼법씨 사용 79.2%, 철분코팅법씨 사용 83.8% 보다 평균 7.2%가 높았고, 사용법씨 간에는 철분코팅법씨 사용이 싹튼 법씨 사용보다 담수산파 1.7%, 무논점파 4.6%가 높았으나. 벼 직파방법별 사용 종자 간에는 통계적으로 유의차는 없었다. 벼 직파방법 전체 간에는 싹튼법씨 사용 복토 무논점파의 등숙비율은 담수산파 싹튼법씨 및 철분코팅법씨 사용에 비하여 각각 8.6%, 10.3%가 낮았고, 통계적으로 유의차도 있었다.

현미천립중은 21.7~22.3g으로 기계이앙 23.5g 보다 1.2~1.8g이 낮았고, 싹튼법씨 사용 담수산파는 기계이앙과 통계적으로 유의차도 있었다. 벼 직파방법 및 사용종자 간에는 싹튼법씨 사용 담수산파 21.7g, 그 외 직파방법은 다같이 22.3g

으로 담수산파 싹튼 법씨 사용보다 현미천립중이 0.6g이 높았으나 통계적으로 유의차는 없었다.

이상의 결과에서 싹튼법씨 사용 복토 무논점파에서 m²당 수수와 입수가 적고, 등숙비율이 낮은 것은 파종동시 시비한 비료가 파종골 옆 땅속에 묻히지 않고(촉조전층시비), 표면에 노출(촉조표면시비)되었기 때문에 탈질, 녹조 다발생 등으로 시비효율이 떨어졌기 때문인 것으로 판단된다. 그러므로 현재 보급되고 있는 복토무논점파기는 비료가 전층에 시비될 수 있도록 개선되거나, 철분코팅법씨 사용 무논점파와 같이 무논점파 전용 완효성 비료(N-P-K : 30-6-6)를 사용하는 방안을 검토해야 할 것이다.

6. 벼 직파재배 유형별 수량 비교

벼 재배방법별 수량은 <Table 6>과 같다. 10a 당 정조수량과 현미수량은 각각 725~880kg, 591~696kg으로 벼 재배방법간에 통계적인 유의차는 없었다. 쌀수량은 10a당 544~640kg으로 기계이앙 601kg 대비 싹튼법씨 사용 복토 무논점파는 57kg(9.5%)이 적었고, 그 외 직파방법은 2~39kg (0.3~6.5%)이 많았으나, 통계적으로 유의차는 없었다. 벼 직파방법 간에는 쌀수량이 담수산파 599kg~644kg으로, 무논점파 544~619kg 보다 평균 41kg이 많았고, 사용종자 간에는 철분코팅법씨 사용이 싹튼법씨 사용보다 담수산파에서 41kg(6.8%), 무논점파에서 75kg(13.8%)이 많았으나, 벼 직파방법 및 사용종자 간에는 통계적으로 유의차는 없었다.

7. 벼 직파재배유형별 현미품질 비교

현미품위는 <Table 7>과 같다. 완전미율이 62.2~ 65.8%로 기계이앙 62.3%와 싹튼법씨 사용 담수산파와 철분코팅법씨 사용 무논점파는 각각 62.2%, 62.7%로 거의 같았고, 철분코팅법씨 사용 담수산파는 65.4%, 싹튼법씨 사용 무논점파는

Table 6. Comparison of rice yields under different rice cultivations

Rice cultivation	Rice yields(kg/10a)				
	Dehulled rice (A)	Brown rice (B)	B/A (%)	White rice (C)	C/A (%)
Water seeding with iron-coated seeds	880a	696a	79.1	640a	72.7
Water seeding with pregerminated seeds	813a	641a	78.8	599a	73.6
Wet hill seeding with iron-coated seeds	820a	673a	82.1	619a	75.5
Wet hill seeding with covered soil	725b	591b	81.5	544b	75.0
Machine transplanting	802a	653a	81.4	601a	74.9

* LSD 5% 109.8 85.2 85.6

Table 7. Comparison of brown rice quality under different rice cultivations

Rice cultivation	Perfect kernel (%)	Incomplete rice kernels(%)					Total
		Check rice	Incompleted ripening rice	Damaged rice	Colored rice	Opaque rice	
Water seeding with iron-coated seeds	65.4a	3.6	25.6	0.4	4.4	0.5	34.6a
Water seeding with pregerminate seeds	62.2a	4.9	26.5	0.9	5.1	0.5	37.8a
Wet hill-seeding with iron-coated seeds	62.7a	4.4	28.2	0.7	2.8	1.2	37.2a
Wet hill-seeding with covered soil	65.8a	2.7	28.5	0.2	1.8	1.0	34.2a
Machine transplanting	62.3a	4.8	29.6	0.3	1.8	1.3	37.7a

*LSD5% 4.98 4.88

65.8%로 3.1~3.5%가 높았으나, 기계이앙과 유의차는 없었다. 벼 직파방법 간에 완전미율은 무논점파가 담수산파 보다 평균 0.5%가 높았고, 사용종자 간에 완전미율은 싹틔우 씨 사용이 철분코팅 씨 사용 보다 담수산파는 3.2%가 낮았으나, 무논점파에서는 3.1%가 높았다. 벼 재배방법 및

사용종자 간에 완전미율은 통계적으로 유의차는 없었지만, 담수산파는 착색립 비율(4.4~5.1%)이, 기계이앙과 무논점파는 미숙립 비율(28.2~29.6%)이 다른 처리보다 약간 더 높았다. 담수산파와 무논점파에서 미숙립 비율이 높은 것은 한포기내 경이 밀집하여 문고병 발생이 다소 심했던 것이,

담수산파에서 착색립 비율이 좀 더 높은 것은 분얼된 경에서 청미가 다소 있었던데 원인이 있는 것 같다.

IV. 요약

벼 직파재배 유형별(철분 무논점파, 복토 무논점파, 철분 담수산파, 기계이앙-대조구) 생육 및 수량 비교를 위한 포장시험 결과는 다음과 같았다.

- ① 벼 직파재배 유형별 출아일수는 8~9일 소요되었으며, m²당 입모수는 철분 무논점파>복토 무논점파>철분 담수산파>관행 담수산파 순으로 많았다. 결주율은 복토 무논점파 2.7%, 철분 무논점파 2.0%로 비교적 낮게 나타났다.
- ② 주요 벼 생육시기별 초장 생육은 무논점파법이 담수산파에 비하여 생육초기 초장이 다소 높게 경과되었으나 파종 후 75일에는 관행 담수산파를 제외한 벼 재배방법에서 통계적 유의성 차이가 인정되지 않았다.
- ③ 벼 경수 생육은 철분 담수산파에서 가장 높게 경과되었으며 철분 무논점파, 관행 담수산파, 복토 무논점파, 기계이앙 순이었다.
- ④ 벼 수량구성요소에서 m²당 수수는 철분 담수산파>철분 무논점파>관행 담수산파>복토 무논점파>기계이앙 순으로 많이 나타났다.
- ⑤ 벼 직파재배 유형별 쌀 수량은 철분 담수산파 640kg/10a, 철분 무논점파 619kg/10a, 기계이앙 601kg/10a, 관행 담수산파 599kg/10a, 복토 무논점파 544kg/10a 순으로 높게 나타났다.
- ⑥ 현미품위는 완전립 비율이 복토 무논점파 65.8%, 철분 담수산파 65.4%, 철분 무논점파 62.7%, 기계이앙 62.3%, 관행 담수산파 62.2% 순으로 높았다.

V. 참고문헌

1. 강신규, 최민규, 구본일, 상완규, 이민희, 김영두, 박홍규, 최원영, 김보경, 이점호. (2014). 남부평야지 이모작에서 벼 무논점파 재배시 파종기에 따른 생육 및 수량. 한국국제농업개발학회지. 26(3): 251-257.
2. 농촌진흥청, 농협, 한국직파농업협회. (2016). 벼 직파재배기술 매뉴얼(무논점파·건답점파) : p. 27
3. 박광호, 박성태, 양운호, 최경진. (2016). 대한민국 으뜸 농사기술서 “벼”. 농민신문사. p. 269.
4. 박광호. (2016). 담수산파 파종 전 제초제 처리에 따른 철분코팅종자와 잡초성비의 출아, 입모 및 초기생육 영향. 현장농수산연구지. Vol.18(1):93-100.
5. 백남현, 남정권, 김택겸, 양창휴, 이상복, 김시주, 정재혁, 조광민, 백재훈, 이경보, 강태경. (2012). 무인헬기를 이용한 벼 직파재배기술. 24(5):531-535.
6. 양원하, 김제규, 이문희, 전세창, 한희석. (2015). 벼 직파재배 농가의 재배기술 현황과 전망. 한국국제농업개발학회지. 27(3): 342-347.
7. 장명환, 백준호, 이승호, 이상조, 임준영, 김복진. (2001). 벼 담수직파재배시 완료성 질소비료의 시용 효과. 한국토양비료학회지. Vol.34(6):401-406.
8. 최민규, 구본일, 강신규, 상완규, 백남현, 김영두, 박홍규, 최원영, 박태선, 김보경. (2012). 호남평야지에서 벼 무논점파 재배시 적정 파종기 구명. 한국국제농업개발학회지. 24(3): 325-330.
9. 최민규, 구본일, 강신규, 백남현, 박태선, 이경보, 박홍규, 김영두, 최원영, 고재권. (2011). 벼 무논직파 재배시 완료성비료 적정시비량.

- 한국국제농업개발학회지. 23(3):276-279.
10. Farooq, M., Kadambot, H. M., Siddique, H., Aziz Rehman, T., Lee, D. J., Wahid, A. (2011). Rice direct seeding: Experiences, challenges and opportunities. *Soil & Tillage Research* 111. p. 87-98.
 11. Shenggang Pan, Xiangcheng Wen, Zaiman Wang, Umair Ashraf, Hua Tian, Meiyang Duan, Zhaowen Mo, Pingshan Fan, Xiangru Tang. (2017). Benefits of mechanized deep placement of nitrogen fertilizer in direct-seeded rice in South China. *Field Crops Research* 203. p.139-149.
 12. Nam, H. B., Kim, S. S., Park, H. G., Shin, H. T., Cho, S. Y., and Lee, S. Y. (1997). Influence of midsummer drainage times on growth and lodging of rice plant in direct seeding on flooded paddy surface. *Kor. J. Crop Sci.* 42(6):722-728.
 13. Lee, C. W., Ki Y. S., and Lim, J. T. (1994). Optimum number of seedling stands of rice for high yield in direct water-seeded culture. *Kor. J. Crop Sci.* 39(5):405-411.
 14. Chung, M. J. (1998). Annual Report of National Crop Experiment Station. pp. 350.
 15. Kim, S. S., Choi, W. Y., Soon J. S., Lee, S. Y., Kim, J. H., and Cho, D. S. (1995). Influence of midsummer drainage times on lodging and growth of rice in direct drill seeding culture on puddled soil. *Kor. J. Crop Sci.* 40(1):33-38
 16. Park, S. T., Hill, J. E., Chang, A. C., and Lee, S. K. (1993). Effects of different water depths on early growth of rice and barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). *Korean J. Crop Sci.* 38(5):405-412
 17. Park, S. T., Kim, S. C., Lee, S. K. and Chung, G. S. (1989). Rice growth and yield for direct seeding of rice in southern area. *Res. Rept. RDA(R)* 31(4): 36~42
 18. Shin, H. R., Park, H. G., Kwon, O. D., Lee, J. Y., Kim, S. W., and Park, T. D. (1996). Seedling stand and yield of direct seeding on flooded paddy surface of rice as influenced by soil conditions before seeding and seeding methods *RDA. J. Agri. Sci.* 38(1):41~48
 19. 苗播機稻作研究會. (1966). 移秧作の機械化 苗播栽培法實用化に關する試験研究報告書. p. 1~100.