

벼 無耕耘 栽培時 栽培樣式에 따른 生育 및 收量

朴洪圭* · 金尙洙* · 白南鉉* · 石順鍾** · 朴建鎬* · 李善龍*

Rice Growth and Yield at Different Cultural Methods under No-tillage Condition

Hong Kyu Park*, Sang Su Kim*, Nam Hyun Back*, Soon Jong Suk**,
Gun Ho Park* and Seon Yong Lee*

ABSTRACT : This study was conducted to investigate the response of growth and yield of rice under five different cultural methods, machine transplanting(MTNT), puddled drill seeding (PDSNT), drill seeding on soil surface(DSNT), broadcasting on soil surface(BSNT) under no-tillage paddy condition and conventional machine transplanting(MTT) in Jeonbuk series(silty loam soil) from 1993 to 1995.

Soil hardness was higher in no-tillage soil and increased with highly difference between tilled and no-tillage soil with deeper soil depth. Bulk density was heavier in no-tillage soil and porosity was higher in tilled soil than that of the control. The rate of effective tiller was higher in MTT, following MTNT, PDSNT, DSNT and BSNT. Weed occurrence was more serious in no-tillage soil, than that of tilled soil. The rate of lower internode length was lower in DSNT and BSNT and was similar with MTT in PDSNT and MTNT.

Height of center gravity in terms of lodging tolerance was lower in direct seeding than in machine transplanting. Depth of buried culm was shorter in no-tillage soil, especially in DSNT and BSNT. Total amount of root was higher in MTT, following MTNT, PDSNT, BSNT and BSNT and the distribution rate of root in shallower soil layer was higher in no-tillage soil, especially in BSNT and DSNT. Field lodging occurred highly in BSNT, following DSNT, PDSNT and MTNT with high lodging scale in DSNT and BSNT. Panicle number per unit land square meter was the highest in MTT and the least in BSNT. Ripened grain ratio was low in BSNT and DSNT due to heavy lodging. Yield of milled rice was 93% in PDSNT, 87% in DSNT, 81% in BSNT and 96% in MTNT, compared with 534kg/10a in MTT.

Key words : *Oryza sativa*, Cultural method, No-tillage, Lodging.

우리 나라의 벼재배 역사는 炭化米의 발견에 의
하여 3,000~5,000년 전으로 추정²⁾하고 있으며
이 당시의 재배법에 대한 기록은 없고 다만 直播

栽培가 이루어졌을 것으로 口傳되어 왔다. 直播栽
培는 立毛의 不安定, 雜草 防除의 어려움, 肥料 利
用 效率 低下, 倒伏 發生 등의 문제점이 있어^{9,11,12}

* 湖南農業試驗場(National Honam Agricultural Experiment Station, RDA, Iksan 570-080, Korea)

** 農業科學技術院(Agricultural Science and Technology Institute, RDA, Suwon 441-707, Korea) <'96. 2. 21 接受>

17,20) 조선 중기 이후는 벼 栽培樣式이 점차 손移秧栽培로 전환되어 1970년대까지는 손移秧栽培가 주된 栽培樣式이 되었다. 그러나 1970년대 이후 농업 노동력의 都市流出 및 질적 저하로 벼 재배 노력 및 생산비 절감을 위하여 移秧勞力을 크게 輕減시킬 수 있는 中苗 機械移秧栽培가 농가에 보급되었고, 1989년 이후는 育苗 資材 및 노력을 줄일 수 있는 어린모 機械移秧栽培 기술이 연구 보급되어 국제 경쟁력 제고에 크게 이바지하였다. 한편 農機械와 除草劑의 개발에 힘입어 育苗, 移秧勞力을 생략할 수 있는 直播栽培 기술이 연구 보급됨으로써 쌀 생산비 절감에 크게 이바지하였다. 그러나 直播栽培도 耕耘 整地에 10a당 5.1시간의 많은 노력이 소요될 뿐만 아니라 移秧栽培보다 좀더 정밀한 均平作業이 필요하다. 한편 우리나라는 大型 機械化가 곤란한 休耕畝와 排水不良畝이 45千 ha에 이르고 있는 형편으로 이에 대처하기 위하여 1993년부터는 벼 無耕耘栽培에 대한 연구가 수행되었다.

無耕耘 機械移秧栽培는 移秧전 토양의 硬度를 낮추어 機械移秧時 浮苗 및 缺株를 경감시키기 위해 微砂質壤土인 全北統에서는 20~25일간의 灌水가 필요하며, 無耕耘栽培는 耕耘栽培보다 잡초가 많이 발생하므로 답수 전에 독새풀 방제를 위하여 Paraquat 액제 처리와 답수와 동시에 Pyrazosulfuron + Molinate 입제 처리가 필요하다고 하며, 無耕耘 灌水直播는 耕耘 灌水直播보다 立毛率이 저하되기 쉽다고 한다²²⁾.

따라서 無耕耘 栽培樣式에 따른 生育 및 收量의 변화를 耕耘 機械移秧栽培와 비교 검토하여 栽培樣式別 문제점을 발굴하고자 시험을 수행하여 그 결과를 보고하는 바이다.

材料 및 方法

본 시험은 1993~1995년에 湖南農業試驗場 水稻 圃場인 全北統(微砂質壤土)에서 東津벼를 공시하여 耕耘移秧 對比 無耕耘栽培로 생고를 제거하지 않은 상태에서 어린모 機械移秧, 무논골뿌림, 表面條播, 表面散播栽培를 하였다.

移秧은 催芽 種子를 5월 16일에 상자당 200g을 파종하여 5월 27일에 어린모를 6조식 乘用移秧機로 30×14cm 간격으로 移秧하였으며, 무논골뿌림, 表面條播는 催芽된 種子를 5월 18일에 乘用移秧機 附着 무논골뿌림 播種機로 파종하였는데 무논골뿌림은 골을 타면서 파종하였고 表面條播는 作溝 裝置를 지면에 밀착하지 않고 파종하였다. 散播는 최아종자를 5월 18일 손으로 10a당 5kg을 파종하였다.

施肥量은 질소-인산-칼리를 각각 11-7-8kg / 10a으로 하였으며, 窒素는 기비-분얼비-수비를 파종 또는 移秧 1일전-5엽기-출수전 20일에 각각 40-30-30%로 分施하였고, 인산은 전량을 기비로 사용하였으며, 칼리는 기비 70%, 수비 30%로 分施하였다. 물관리는 파종 및 이앙전 20일간 10cm 깊이로 灌水한 후 파종하고, 2~3cm 깊이로 얇게 대어 移秧하였으며, 直播栽培한 圃場은 파종 2일 후부터 출아까지 落水를 하였다. 雜草 防除는 답수 2일전 Paraquat 액제(300ml / 10a)를 살포하여 立毛 雜草를 방제하였고, 답수 3일 후 Pyrazosulfuron+Molinate 입제(3kg / 10a)를 처리하여 답수에 따른 잡초 출아를 억제하였으며, 播種, 移秧 2주 후 Dimepiperate+Bensulfuron 입제(3kg / 10a)를 처리하였다. 生育期 防除는 파종 50일후 밧사그란 액제(400ml / 10a)를 살포하였다.

벼의 뿌리 분포 및 뿌리량은 출수 10일 후에 포장 상태에서 30×30cm의 크기로 표층부터 5cm 간격으로 구분하여 조사하였고, 倒伏關聯形質은 출수후 10일에 반복당 주간 30개체씩 3반복을 채취한 후 挫折重은 挫折強度測定器(KIYA TR-2S)를 이용하여 4절간을 측정하였고 倒伏指數는 모멘트(稈長+穗長×生體重)를 挫折重으로 나누어 산출하였다.

기타 재배 관리는 湖南農業試驗場 표준 재배법³⁾에 준하였으며, 조사 방법은 農村振興廳 農事試驗研究 조사 기준¹⁶⁾에 따라 조사하였다.

結果 및 考察

1. 土壤深度別 硬度

無耕耘栽培은 耕耘, 整地作業이 생략되므로 表土를 軟化시키기 위해 일정 기간 동안 灌水를 하는데, 2년간 無耕耘栽培하였던 포장을 파종 및 이양전에 20일간 10cm 높이로 灌水한 후 2일간 排水를 하여 SR-2型 土壤抵抗測定器를 이용하여 土壤硬도를 측정 한 결과는 그림 1과 같다.

토심 10cm의 土壤硬도는 耕耘 1.0kg/cm², 無耕耘 1.6kg/cm²로 無耕耘에서 높았으며 토심 15cm에서의 土壤硬도는 無耕耘 3.6kg/cm², 耕耘 2.5kg/cm²로 土壤深度가 깊을수록 차이가 커

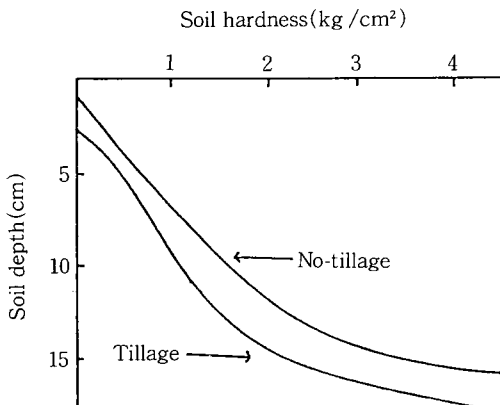


Fig. 1. Soil hardness before seeding or transplanting based on SR-type cone penetrate resistance tester.

지는 경향이였다. 土壤硬도는 機械移秧栽培時 作業 速度, 浮苗率 및 缺株率과 直播栽培時 초기 출아 및 立毛와 밀접한 관계가 있으며 뿌리의 垂直伸長에 제한을 받게 된다^{2,5,23}).

小野 등¹⁸)은 粘質土壤에서 10cm 높이로 4일간 灌水했을 때 표층의 土壤硬도는 2kg/cm²이었고 보고하였는데 이는 無耕耘 作溝 移秧에 적합한 土壤硬도인 2.3~2.8kg/cm²보다 양호한 상태여서 3~4일의 灌水로도 無耕耘 作溝 移秧이 가능하다고 하였는데 본 실험 결과 토심 5cm의 土壤硬도는 0.84kg/cm²로써 土性에 따라 다소 차이는 있겠으나 作溝機가 부착되지 않은 乘用移秧機에 의한 無耕耘 移秧에 적합한 灌水期間은 15일 내외라고 생각된다.

2. 土壤 物理性

벼를 수확한 후 表土가 안정된 때 耕耘 有無에 따른 假比重 및 孔隙率을 조사한 결과는 表 1과 같다.

表土에서 假比重은 無耕耘 1.27~1.31kg/cm³, 耕耘 1.10~1.17kg/cm³로 無耕耘에서 높았으며 心土에서도 無耕耘이 높은 경향이였다.

土壤 通氣性을 나타내는 土壤 孔隙率은 無耕耘 表土에서 52.1~50.5%, 心土에서 42.9~39.7%로 耕耘에 비해 현저히 낮았는데 이 결과는 無耕耘栽培時 작토층의 토양 3상중 고상율은 無耕耘 년수 증가에 따라 다소 증가하지만 그 증가 범위는 5년 연속 無耕耘栽培에서도 5~7%의 경미한 증가를 보였다는 大森¹⁹)의 보고와는 다른 경향으로 3년 無耕耘에서도 고상율이 크게 증가하였다.

Table 1. Physical characteristics of the soil after experiment

Division	Soil depth(cm)	Three phase (%)			Porosity (%)	Bulk density (g/cm ³)
		Solid	Liquid	Gaseous		
No-tillage	0~5	47.9	44.3	7.9	52.1	1.27
	5~10	49.5	42.0	8.5	50.5	1.31
	10~15	57.1	39.1	3.8	42.9	1.51
	15~20	60.3	38.6	1.2	39.7	1.60
Tillage	0~5	41.5	41.5	17.3	58.5	1.10
	5~10	44.1	43.7	12.2	55.9	1.17
	10~15	46.3	44.6	9.1	53.7	1.23
	15~20	56.7	41.0	2.3	43.3	1.50

3. 벼 生育 特性

無耕耘 栽培 樣式에 따른 벼 生育 特性은 表 2 와 같다.

播種 20일 후에 조사한 立毛數는 m^2 당 113~133개로 乾番直播栽培에서의 적정 입모수는 120~150개/ m^2 ¹⁵⁾, 湛水直播에서는 80~120개/ m^2 ²⁰⁾로 볼 때 立毛는 양호하였다.

無耕耘栽培에서 표면에 볏짚이 시용됨에 따라 볏짚 腐熟過程에서 발생하는 각종 有機酸에 의한 장애로 直播栽培時 입모 확보가 어려우므로 잦은 물갈이와 입모초기 최소 물관리로 有機酸의 발생을 輕減, 抑制시키는 것이 중요하네 본 실험에서는 播種 2일 후부터 입모시까지 눈그누기를 하였다. 한편 無耕耘 直播栽培時 입모 저하를 감안하여 관행의 湛水直播 播種量 4kg/10a보다 다소 많은 5kg/10a을 播種하였는데 초기 물관리와 파종량 조절로 적정 입모수 확보는 무난하였다.

移秧栽培時 缺株率은 耕耘移秧 3%, 無耕耘 移秧 4.5%로 金 등⁷⁾이 보고한 無耕耘 어린모 機械移秧 缺株率 5%보다 다소 낮았는데 이는 이앙전 20일간의 湛水로 土壤 表層의 물리성이 개선된 데

따른 것으로 생각된다.

有效莖 比率은 耕耘移秧이 68%로 가장 높았고 無耕耘 栽培樣式 間에는 移秧>무논골뿌림>表面條播>散播의 순으로 移秧栽培에서 有效莖 比率이 높다는 보고⁸⁾와 비슷한 경향이였다.

出穗期는 移秧栽培에서 8월 20~21일로 直播栽培의 8월 24~25일보다 3~4일 빨랐으며, 耕耘 有無에 따른 出穗期 차이는 機械移秧栽培에서 비교해 볼 때 차이가 없었다.

4. 耕耘條件別 雜草 發生

播種 및 移秧 후 35일에 조사한 耕耘 條件에 따른 雜草 發生은 表 3과 같다.

無耕耘에서 일년생 잡초 발생은 사마귀풀, 독새풀이 많았으며, 다년생 잡초는 나도겨풀의 발생이 耕耘보다 많았다.

그러나 피, 가막살이, 방동사니, 올방개, 올챙이고랭이는 無耕耘에서 적게 발생하였는데 이는 본 실험에서 처리한 雜草 防除 체계상 담수전 비선택성 제초제와 담수 후 移秧 및 파종전 약제 처리를 하였던데 따른 것으로 思料된다.

無耕耘栽培는 耕耘, 整地作業이 생략되어 물리

Table 2. Plant growth of rice as affected by different cultural methods

Division	Cultural method	Seedling stand per m^2	Missing hill (%)	Effective tiller (%)	Heading date
No-tillage	Transplanting	—	4.5	62	Aug. 21
	Puddled drill seeding	113	—	60	Aug. 24
	Drill seeding on soil surface	119	—	57	Aug. 25
	Broadcasting on soil surface	133	—	54	Aug. 25
Tillage	Transplanting	—	3.0	68	Aug. 20

Table 3. Amount of weeds as affected by tillage methods

Division	Annual weeds(D.W, g/ m^2)				Perennial weeds(D.W, g/ m^2)		
	<i>A. japonica</i>	<i>E. crusgalli</i>	<i>A. aequalis</i>	<i>B. tripartita</i>	<i>L. japonica</i>	<i>E. ruroguwai</i>	<i>S. hotarui</i>
No-tillage	14.2 [↓]	1.1	10.5	0.2	2.5	0.2	0.2
Tillage	0.1	1.4	0.1	0.3	0.1	0.6	0.4

[↓]: Collected date at 35 days after transplanted

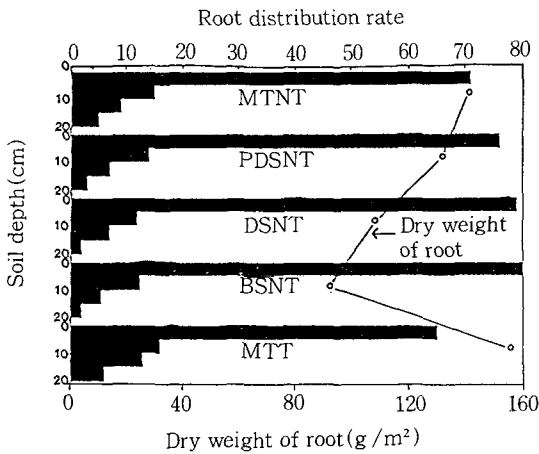


Fig. 2. Changes root dry weight and root distribution rate as affected by different cultural methods. MTNT: no-tillage machine transplanting, PDSNT: no-tillage puddled drill seeding, DSNT: no-tillage drill seeding on soil surface, BSNT: no-tillage broadcasting on soil surface, MTT: machine transplanting.

적 재초가 어렵기 때문에 대부분 除草劑에 의존하게 되므로 雜草 發生 樣相도 다르게 나타나는데¹⁰⁾ 장기간 無耕耘栽培를 하였던 圃場의 雜草 發生 生態에 대한 보고⁶⁾에 따르면 發生 草種은 발톱외풀, 마디꽃, 별꽃 등 일년생 잡초가 많이 발생하였으며, 토양 중의 분포는 주로 토양의 표층에 많이 집적한다고 하였다.

無耕耘栽培時 移秧, 과중 전에 발생하는 것은 주로 발잡초로서 비선택성 재초제 처리로 큰 문제는 없으나 생육 중에 발생하는 문제 잡초인 나도겨풀, 사마귀풀 등에 대한 효과적인 雜草 防除 體系가 확립되어야 할 것이다.

5. 뿌리량 및 뿌리 分布

無耕耘 栽培樣式에 따른 벼의 뿌리량 및 分布 比率를 조사한 결과는 그림 2와 같다.

뿌리량은 耕耘移秧에서 가장 많았으며 無耕耘에서는 移秧 > 무논골뿌림 > 表面條播 > 散播의 순이었다. 土層別 分布 比率는 뿌리량과 반대의 경향으로 散播, 表面條播에서 表層 分布가 많았다.

뿌리량과 뿌리의 深層 分布比率는 倒伏과 밀접한 관계가 있는데 宮板¹³⁾는 水稻의 뿌리 倒伏은

뿌리의 영향을 크게 받으므로 澆水直播栽培時 가장 많이 발생하는 뿌리倒伏에 대한 저항성을 증가시키기 위해서는 뿌리량을 많게 하는 것이 중요하다고 하였다. 無耕耘表面直播時 뿌리량 감소, 深層分布比率의 저하로 뿌리倒伏의 발생이 우려되므로 뿌리倒伏을 輕減시키기 위해서는 벼의 生育을 좋게 하여 地上部 형질을 향상시키는 물론 뿌리의 발달을 촉진시킬 수 있도록 施肥, 물관리 등에 대한 기술 보완이 필요하다고 생각된다.

6. 倒伏關聯 形質

줄기 특성중 倒伏과 밀접한 관련이 있는 특성으로서 節間長, 節間의 굵기, 稈壁의 두께 등을 들 수 있으며, 특히 節間長중 下位節間(제 4, 5절간)의 비율은 倒伏과 밀접한 관계가 있다고 보고^{11,14)} 되었는데 出穗 10일 후에 조사한 無耕耘 栽培樣式別 節間長의 비율은 그림 3과 같다.

無耕耘 表面條播, 散播에서 제 4, 5절간의 비율은 약 20% 정도로 無耕耘 移秧, 무논골뿌림, 耕耘移秧의 15% 내외에 비해 현저히 높았다. 이는 澆水直播栽培時 下位節間長의 비율이 移秧栽培에 비해 높다는 보고⁸⁾와 일치하는 경향이였다.

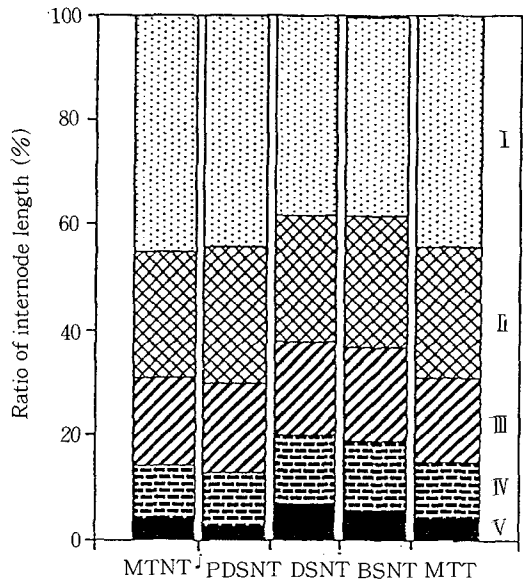


Fig. 3. Distribution of internode length as affected by different cultural methods.

↓: The initials correspond to those of Fig. 2.

Table 4. Plant characteristics associated with lodging of rice as affected by different cultural methods at 10 days after heading

Division	Cultural method	Plant height (cm) [↓]	Fresh weight (g/tiller)	Ratio of center gravity (%) [♭]	Breaking strength (g)	Depth of buried culm (cm) [♮]	Lodging index	Field lodging (0-9) [♮]
No-tillage	Transplanting	105	10.6	47.8	708	2.6	156	3
	Puddled drill seeding	104	10.3	46.4	698	2.6	152	3
	Drill seeding on soil surface	102	10.9	45.8	677	0.7	164	5
	Broadcasting on soil surface	101	10.5	45.2	710	0.6	150	7
Tillage	Transplanting	105	11.8	46.7	818	3.1	151	1

[↓] Plant height = Culm length + Panicle length

$$\text{Ratio of gravity center (\%)} = \frac{\text{Height of center gravity}}{\text{Culm length} + \text{Panicle length}} \times 100$$

[♮] Observed 30 days after heading

出穂 10일 후에 조사한 無耕耘 栽培樣式別 倒伏 關聯形質은 表 4와 같이 穗高(稈長+穗長)는 無耕耘 表面條播, 散播에서 101~102cm로 耕耘 移秧에 비해 작았으며, 分蘗當 生體重은 耕耘移秧에서 無耕耘栽培에 비해 1.5~0.9g이 무거웠다.

重心高는 移秧栽培時 無耕耘 移秧에서 耕耘 移秧에 비해 다소 높았고 無耕耘 直播栽培에서 移秧栽培보다 낮았다. 稈長+穗長에 대한 重心高의 比率은 登熟이 진전됨에 따라 높아지며 재식 밀도간에는 密播가 疎植보다 重心高의 위치가 높고 重心高 比率이 50%에 이르는 시간도 빨라지며 재배 양식간에는 移秧栽培보다 直播栽培에서 重心高의 비율이 높다는 高 등⁴⁾의 보고와 달리 移秧栽培에서 높게 나타난 것은 移秧栽培時 단위면적당 莖數와 粒數의 증가로 이삭 무게가 직파에 비해 상대적으로 무거운 데에 기인된 것으로 생각된다. 挫折重은 耕耘 移秧에서 가장 컸으며 無耕耘栽培간에는 700g 내외로 큰 차이가 없었다.

줄기 埋沒 深度는 無耕耘 表面條播, 散播에서 0.6~0.7cm로 耕耘 移秧의 3.1cm에 비해 현저히 낮았으며, 倒伏 程度를 평가할 수 있는 倒伏指數는 無耕耘 表面條播를 제외하고는 耕耘 移秧의 151과 비슷하거나 다소 높았다. 따라서 倒伏指數만으로 倒伏을 평가한다면 無耕耘과 耕耘간에 倒

伏 程度가 다르다고 볼 수 없겠으나 실제 圃場 倒伏은 無耕耘에서 3~7로 耕耘 移秧에 비해 훨씬 심하게 나타났으며 특히 표면에 파종한 表面條播와 散播에서 倒伏 發生이 심하였다.

이상과 같이 벼 移秧栽培에서 倒伏 程度를 평가할 수 있는 重心高, 挫折重, 倒伏指數 등은 無耕耘栽培에서는 圃場 倒伏과 달리 나타났는데 이는 機械移秧, 乾畚直播時 주로 발생하는 挫折型, 灣曲型 倒伏과는 달리 無耕耘栽培에서는 뿌리의 土層 分布, 얇은 耨기埋沒 深度 등의 영향으로 뿌리倒伏의 발생이 심했기 때문인 것으로 생각된다.

7. 收量 및 收量 構成要素

無耕耘 栽培樣式에 따른 收量 構成要素와 收量은 表 5와 같다.

m²당 穗數는 耕耘 機械移秧에 비해 無耕耘 機械移秧에서는 큰 차이가 없었으나 表面條播에서는 다소 적었고 散播에서 가장 적었다.

登熟比率은 直播栽培보다 機械移秧栽培에서 높았으며 1,000粒重은 栽培 樣式간 비슷한 경향이 었다.

水稻 收量을 높이기 위해서는 단위면적당 穎花數를 많게 하는 것이 중요한데 穎花數가 많게 되면 登熟比率이 저하되는 負의 相關關係가 있다.

Table 5. Grain yield and yield components as affected by different cultural methods

Division	Cultural method	Panicle number per m ²	Spikelets number per m ² ($\times 1,000$)	Ripened grain (%)	1,000 grains weight (g)	Yield (kg/10a)	Yield index
No-tillage	Transplanting	362	28.8	91	24.0	514ab [↓]	96
	Puddled drill seeding	370	28.6	89	23.5	496bc	93
	Drill seeding on soil surface	350	27.5	86	23.4	465cd	87
	Broadcasting on soil surface	325	25.6	86	23.6	432d	81
Tillage	Transplanting	378	29.6	92	23.9	534a	100

[↓] : Means followed by the same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

그러나 和田 등²⁴⁾에 의하면 이러한 相關關係는 m²당 穎花數가 30,000개 이상일 경우에만 뚜렷하다고 하였는데 無耕耘 直播栽培時 m²당 粒數가 26~28천개 내외로 耕耘 移秧栽培보다 적음에도 불구하고 登熟比率이 낮은 것은 倒伏 發生에 따른 것이라고 볼 수 있다.

쌀수량은 耕耘 機械移秧에서 가장 높았고 無耕耘 移秧 > 무논골뿌림 > 表面條播의 순이었으며, 散播에서 가장 적어 機械移秧에 비해 19% 減收되었다. 일반적으로 관행의 直播栽培時 移秧栽培와 큰 수량 차이가 없으나 無耕耘 直播栽培에서는 초기 입모의 불안정, 벼짚 施用畝의 生育 初期 窒素 不足과 後期 過多에 의한 영양 불균형, 倒伏 發生 등으로 수량의 안정성이 다소 떨어지는 것으로 나타났다.

摘 要

획기적인 벼 生産費 節減 기술 확립을 위해 1993~1995년 湖南農業試驗場인 全北統(微砂質壤土)에서 東津벼를 공시하고 無耕耘 機械移秧, 無耕耘 무논골뿌림, 無耕耘 表面條播, 無耕耘 散播, 耕耘 機械移秧 등 5가지로 하여 栽培 樣式간의 生育 및 收量性的 차이를 비교 검토한 결과는 다음과 같다.

1. 土壤 硬度는 無耕耘에서 높았고(토심 10cm의

硬度 : 無耕耘 1.6kg/cm², 耕耘 1.0kg/cm²), 土壤 深度가 깊을수록 耕耘과의 차이가 커지는 경향이었으며, 토양 물리성중 假比重은 無耕耘이 耕耘보다 높았으며 孔隙率은 耕耘에서 58.5~55.9로 無耕耘의 52.1~50.5보다 높았다.

2. 無耕耘 直播栽培時 m²당 立毛數는 113~133개였으며 移秧栽培時 缺株率은 耕耘 移秧 3%, 無耕耘 移秧 4.5%로 無耕耘 移秧에서 높았고, 有效莖 比率은 耕耘 移秧이 높았으며, 無耕耘 栽培 樣式간에는 移秧 > 무논골뿌림 > 表面條播 > 散播의 순으로 높았다.
3. 雜草 發生量은 無耕耘에서 많았으며 耕耘에서는 피, 올방개, 방동사니가 우점하였고 無耕耘에서는 나도겨풀, 사마귀풀, 독새풀이 우점하였다.
4. 뿌리량은 耕耘 移秧에서 가장 많았고, 無耕耘 栽培 樣式간에는 移秧 > 무논골뿌림 > 表面條播 > 散播의 순으로 많았으며, 뿌리 분포는 無耕耘에서 耕耘보다 표층 분포가 많았다. 특히 표면에 과중한 散播와 表面條播에서 표층 분포가 많았다.
5. 下位 節間의 분포 비율은 倒伏이 심했던 無耕耘 表面條播와 散播에서 낮았고, 無耕耘 무논골뿌림, 無耕耘 移秧은 耕耘 移秧과 비슷하였으며, 重心高는 移秧栽培에 비해 直播栽培에서 낮았고 줄기 埋沒 深度는 耕耘(3.1cm)에 비해

無耕耘에서 낮았는데 無耕耘 表面條播, 散播에서는 0.6~0.7cm로 현저히 낮았다.

6. 圃場 倒伏은 無耕耘栽培時 散播>表面條播> 무논골뿌림>移秧栽培 순으로 높게 발생했으며, 특히 無耕耘 表面條播와 散播에서 뿌리倒伏이 심하게 발생되었다.
7. m²당 穗數는 耕耘 移秧이 가장 많았고 無耕耘 散播가 가장 적었으며, 登熟 比率은 圃場倒伏이 심했던 無耕耘 表面條播, 散播에서 가장 낮았다. 벼 수량성은 耕耘, 無耕耘 移秧은 서로 비슷하였고 無耕耘 무논골뿌림은 耕耘 移秧의 약 93%였으며, 無耕耘 表面條播, 散播는 圃場倒伏으로 크게 낮아 耕耘 移秧의 87~81% 정도였다.

引用文獻

1. 崔旻圭, 金尙洙, 李善龍, 崔善英. 1995. 벼 乾畚直播栽培時 中間落水가 生育 및 倒伏에 미치는 影響. 韓作誌 40(5):574-579.
2. 人見 進, 大森信章, 岡武三郎, 村上文男. 1968. 水稻の不耕起直播栽培に關する研究(第1報) 不耕起の繼續が水稻の生育・收量におよぼす影響. 中國農業研究 38:10-13.
3. 湖南農業試驗場. 1994. 標準栽培法. 試驗研究報告書 13-19.
4. 高屋武彦, 宮板 昭. 1983. 乾田直播水稻における倒伏防止に關する研究, 第2報 出穂後における稻體諸形質の推移と倒伏抵抗性との關係. 日作記 52(1):7-14.
5. 犬塚一雄, 新井. 1990. 水稻無代かき移植栽培技術. 農業および園藝 65(5):45-51.
6. 長期不耕起栽培圃場研究グループ. 1994. 長期不耕起直播田の土壤及び水稻栽培の實態調査. 農業技術 49(6):11-16.
7. 김장용, 홍광표, 이병정. 1993. 慶南農村振興院 試驗研究報告書:106-108.
8. 金帝圭, 李廷一, 金德洙, 韓熙錫, 申辰澈, 李文熙, 吳潤鎮. 1994. 벼 栽培樣式에 따른 倒伏關聯形質과 收量性. 農業論文集 36(1):8-19.
9. 金尙洙. 1996. 벼 무논골뿌림栽培의 栽培學的 研究. 忠北大學校 農學博士學位論文.
10. 李載生, 鄭鍊泰. 1993. 乾畚直播時 耕耘方法이 水稻 生育 및 土壤特性에 미치는 影響. 農業論文集 35(1):264-269.
11. 李善龍, 金尙洙, 任日彬, 石順鍾, 金鍾鎬. 1994. 벼 湛水直播栽培의 現況과 問題點 및 今後 研究課題. 農振廳 湖南作物試驗場 심포지엄 '93 直播栽培研究 1:58-76.
12. Lee, S. Y., S. S. Kim, M. G. Choi, and S. J. Seok. 1993. Direct Seeding Culture of Rice in Honam Region of Korea. Crop Production and Improvement Technology in Asia, KSCS : 39-55.
13. 宮坂 昭. 1974. 作物の倒伏と根-作物の形態と機能 12-. 農業技術 29(3):107-112.
14. _____, 高屋武彦. 1982. 乾田直播水稻における倒伏防止に關する研究, 第1報 密播條件下での倒伏抵抗性の品種間差異. 日作記 51(3):360-368.
15. 森谷睦夫. 1962. 東北地方の水稻乾田直播の研究と問題點. 農業技術 17(1):16-19.
16. 農村振興廳. 1995. 農事試驗研究調查基準.
17. 野野山芳夫. 1981. 水稻の不耕起直播栽培に關する土壤肥料學的研究. 中國農試報 E18:1-62.
18. 小野光章, 神崎太郎. 1973. 水稻の不耕起作溝機械移植作業法に關する研究. 中國農試報 A23:27-52.
19. 大森 正, 小野芳郎, 川中弘二, 坪井 勇. 1968. 水稻不耕起直播における土壤肥料的研究 (第1報) 不耕起の繼續が水稻の收量および土壤理化性に及ぼす影響について. 中國農業 研究 38:19-21.
20. 朴錫洪. 1993. 벼 直播栽培의 現況 및 問題點과 發展方向. 農振廳 湖南作物試驗場 심포지엄 '93 直播栽培研究:1-27.
21. 朴泰植. 1994. 高陽 가와지 遺跡의 出土 硯石와 韓國 先史時代 農耕問題. 高陽文化院 忠北大學校 7回 學術發表 : 45-54.
22. 石順鍾, 金尙洙, 鄭鎮一, 任日彬, 李善龍. 1993

湖南作物試験場 試験研究報告書：222-230.

23. 高橋能彦. 1993. 水稻不耕起移植栽培におけるバースト側條施肥の肥料利用率と稻體の窒素吸収特性. 日土肥誌 64(6):681-684.

24. 和田源七, 松島省三, 松崎昭夫. 1968. 水稻収量の成立原理とその應用に關する作物學的 研究. 第85報 穎花數の成立内容と登熟歩合との關係. 日作記 37:195-199.