

南部地方의 벼 無耕耘 直播栽培에서 品種間 生育特性 比較

洪光杓* · 金長鏞* · 姜東柱* · 辛元教* · 崔震龍**

Varietal Differences on Growth Characteristics of Direct-sown Rice under No-tillage Paddy Field

Kwang Pyo Hong*, Jang Yong Kim*, Dong Ju Kang*,
Won Kyo Shin* and Zhin Ryong Choe**

ABSTRACT : In order to establish a labour-saved and environment friendly paddy rice system in southern Korea, no-tillage paddy system was proposed and investigated from 1992 to 1993.

Basically this system includes a complete return of crop residues into the soil, and zero-tillage. In an effort to minimize labour requirement in rice farming, several cultivars were directly sown and grown under the system and the characteristics of the growth and yield potential of the cultivars were compared with those grown in an ordinary paddy soil.

Joryeongbyeo, Dongjinbyeo, Daeyabyeo and Calose rices showed high level of seedling establishment in the no-tillage paddy system. However, the value was significantly lower than in those of the cultivars direct-sown in an ordinary tillage paddy condition.

The rice direct-sown and grown under the no-tillage paddy system showed significantly decreased number of tillers per square meter and plant height, but increased ripened grains.

The lodging-related characteristics of rice plant, such as band breaking weight, the length of top 3rd~4th internodes, the height of weight center, and lodging index, were observed positive aspects in cultivars such as Hwasungbyeo, Hwayongbyeo, Joryeongbyeo, Calose and Calose 76 and being considered adaptable to direct-sown under the no-tillage paddy system.

Key words : No-tillage paddy, Seedling establishment, Lodging index, Yield potential.

우리 나라의 농업은 그동안 다수성 신품종의 육성 보급, 시비의 합리화와 병해충의 적절한 방제 등 새로운 영농기술의 개발을 위하여 꾸준히 노력한 결과, 지속적인 단위 면적당 수량증대로 주곡 자급의 목적을 달성하였다.

현재 우리 나라에서 벼 재배에 소요되는 투하 노동시간은 일본이나 미국보다 많다. 따라서 생

산비 과중에 따른 국내 쌀값이 국제 시장가격의 거의 4 배에 달한다. 그러나 쌀은 우리의 전통적 주곡으로 국민 경제와 정서에 크게 영향을 미칠 뿐 아니라, 120만 ha에 달하는 전국의 논에 벼를 재배하는 것은 토양과 수자원의 보존과 논의 홍수 조절 기능 등 공익적 가치를 고려할 때 결코 소홀히 취급될 수 없는 극히 중요한 농업부문이라고

* 慶尙南道 農村振興院(Gyeongnam Provincial RDA, Chinju 660-370, Korea)

** 慶尙大學校(Dep. of Agronomy, Gyeongsang Nat'l. University, Chinju 660-701, Korea)

< '96. 7. 8 接受 >

할 수 있다.

일반적으로 경운은 작물의 생육을 양호하게 하는 根圈 확대에 필요한 耕耘, 碎土, 整地작업을 포함한다. 논을 深耕하면 작토층이 확대될 수 있고, 공극이 증대되며, 토양에 산소가 유입되어 유해가스를 배출하므로써 脫窒을 방지할 수 있으며, 잡초방제 효과를 기대할 수 있는 것으로 알려져 있다. 그러나 경운작업은 단위면적당 노동력과 에너지 투입의 증가로 인하여 생산비가 증가될 뿐더러 사실상 토양의 유실이 야기된다²³⁾. 그러나 농촌노동력이 부족한 현 실정에서 벼 재배에서 생산비 절감을 위하여 작업 생력화 과정은 피할 수 없게 되었다. 愼과 鄭¹²⁾은 무경운을 토양 보전적, 지속적 농업을 위한 한 방안으로 제시하면서 무경운재배는 경운재배보다 토양유실량을 1/3 정도로 감소시킬 수 있다고 하였으며, 花井 등⁴⁾은 省略耕耘은 正常耕耘보다 土壤硬度, 假比重, 固相 및 液相은 높고, 氣相은 낮다고 하였다. 그리고 Baeumer 등은¹⁾ 논 무경운 체계에서는 계속적으로 유기물이 토양으로 還元됨과 아울러 상하교류가 없는 상태에서 비료를 사용하게 되므로 유기물과 비료성분 특히 유효인산과 가리는 표토에 집적되고 마그네슘은 심토에 집적되는 경향이 있다고 하였다.

따라서 기존의 농작업 과정을 거친 경운답과 비교하면 토양의 물리·화학적 성질이 판이하게 다른 무경운답에서 국·내외에서 수집한 몇가지 벼품종을 공시하여 입모와 수량구성요소 및 수량, 도복 관련 형질 등의 변화를 경운답에서 재배한 것과 비교한 결과를 보고하는 바이다.

材料 및 方法

본 시험은 경상남도 농촌진흥원 수도재배포장에서 1992년부터 무경운상태로 관리된 포장에서 1993년 수행되었다. 논 무경운 체계에서 토양관리의 핵심은 무경운과 그 토양에서 생산된 짚을 전량 토양에 환원하고 적당한 토양수분을 유지하여 미생물에 의한 짚의 부식을 촉진하는 일이다. 이 시험에서는 벼를 컴바인으로 수확할 때 벼짚을 절단하여 지표면에 그대로 방치한 채로 월동케 하고

冬季기간중 적설이나 강우를 최대한 이용할 수 있게 하여, 그 깊이가 적당한 수분과 일정한 온도하에서 활동하는 자생미생물에 의하여 부식이 촉진될 수 있게 하였다. 모내기 전까지 강우가 부족할 때에는 4월 하순부터 관개를 실시하여 지면을 담수상태로 유지하였다. 독새풀을 포함한 월동잡초를 방제하기 위하여 4월 하순경에 비선택성 제초제를 논 전면에 살포하였다.

공시품종 가운데 국내 육성 대야벼 등 9개 품종은 본원에서 사용하고 있던 종자이며, Calose 등 3개 외국품종은 영남농업시험장에서 분양받아 사용하였다. 마른 볍씨 4kg/10a을 3일간 침종하여 최아되게 한 다음 휴폭 45cm, 파폭 15cm로 하여 6월 1일 표면직파하였다. 시비량은 질소(N), 인산(P₂O₅), 가리(K₂O)를 각각 15, 7, 8 kg/10a을 사용하였고, 이 때 질소비료는 기비-1차 분얼비-2차 분얼비-수비-실비를 각각 30-20-20-10%로, 가리는 기비와 수비를 70-30%로 분시하였으며, 인산은 전량 기비로 사용하였다. 그리고 기타 재배기간 중의 포장관리는 경남농촌진흥원 표준재배법에 준하였다.

조사항목 중 입모율은 1m내에 파종된 개체수와 벼 잎이 3엽 정도 전개된 개체수와의 비율로 나타내었으며, 도복지수는 아래 공식에 의하여 계산하였고, 수량 구성요소와 수량은 농촌진흥청 조사기준⁹⁾에 따랐다.

$$\text{도복지수} = \frac{\text{간장(cm)} \times 1\text{수 생체중(g)}}{\text{좌절중(g)}} \times 100$$

結果 및 考察

1. 立毛率 및 生育의 經時的 變化

국·내외에서 수집된 12품종의 포장 입모율 및 생육의 경시적 변화를 표 1과 2에 나타내었다. 경운 조건별 입모율은 경운답에 비하여 무경운답에서 10% 정도 낮았으며, 무경운답에서 입모율이 높았던 품종은 조령벼, 대야벼, 동진벼 등이었다.

무경운논에 파종된 벼가 경운논에 파종된 벼보다 입모율이 낮았던 이유는 벼짚을 계속적으로 토

Table 1. Varietal differences in seedling establishment ratio of direct-sown rice under the tillage and no-tillage paddy conditions

Cultivars	Seedling establishment ratio	
	Tillage	No-tillage
 %	
Daeyabyeo	87.8 ± 6.19	85.2 ± 8.66
Donghaebyeo	79.6 ± 6.67	75.8 ± 5.50
Dongjinbyeo	86.7 ± 2.89	86.7 ± 4.92
Hwaseongbyeo	97.0 ± 1.37	78.2 ± 3.07
Hwayungbyeo	91.0 ± 4.69	70.0 ± 6.38
Joryeongbyeo	96.3 ± 2.03	87.1 ± 3.06
Mankumbyeo	73.8 ± 3.46	73.8 ± 10.10
Nonganbyeo	89.0 ± 5.64	76.8 ± 2.90
Yongnambyeo	89.8 ± 3.82	75.8 ± 5.50
Calose	88.4 ± 3.70	77.3 ± 5.30
Calpearl	81.7 ± 10.93	84.7 ± 1.40
Calose 76	88.9 ± 9.43	81.6 ± 7.67
mean	89.4	79.4

† Mean ± standard error.

양에 환원함으로써 논 물의 pH가 상승되고, HCO₃⁻가 생성되며, EC, SO₄ 및 수용성 총 양이온이 급격히 증가되어 염류장해를 일으킨 것⁵⁾으로 사료되었다.

경운조건의 차이에 따른 생육의 경시적 변화를 표 2에서 보면 무경운논에서 생육한 벼는 경운논에서 생육한 벼보다 초장과 경수 다같이 생장이 부진하였다. 특히 경운논에서 초기 생육이 양호하였던 동해벼, 화성벼, 조령벼, Calose 등의 품종들도 무경운논에서는 생육이 부진하였다.

무경운논에서 초기에 초장이 길었던 품종은 Calose, Calose 76 등으로서 외국에서 직파재배용으로 사용되고 있는 품종이었는데, 그것들의 분얼수는 다른 품종보다 적었다. 이와 같이 무경운논에서 벼의 초기생육이 부진한 이유는 토양경도가 높아 활착이 지연되고⁶⁾, 질소 흡수량이 적기 때문^{10,11)}으로 볼 수 있다. 도입품종들이 대체로 초기에 초장이 길고 경수가 적은 것은 이들 품종들의 초형이 직파재배를 위한 小蘗穗重型 품종으로 육성^{7,8,13)}되었기 때문으로 볼 수 있다.

2. 倒伏關聯 形質

벼를 직파재배할 때 어려운 문제 중의 하나는 도복이라고 할 수 있는데, 이와 관련된 형질들을 표 3에 나타내었다. 무경운논에서 생육한 벼는 간장(제 3, 4절 간장)이 짧아지고, 중심고와 좌절중 및 도복지수가 낮아졌다. 무경운논에서 벼를 직파재배할 때에는 토양의 표면이나 벧짚 위에 종자가 떨어지기 때문에 분얼절위가 높아지고 뿌리가 지상부에 노출되기 쉬우므로 벼가 도복에 약할 것이라는 보고⁶⁾가 있다. 그러나 이 시험결과에서는 직파재배에 의하여 간장이 단축되었기 때문에 오히려 도복이 억제되는 사실을 발견하였으나, 이러한 현상은 연차간 변이가 심할 것으로 사료되므로 계속 검토되어야 할 것으로 판단된다. 무경운 논에서 도복지수가 낮은 품종은 화성벼, 화영벼, 조령벼, Calose, Calose 76 등으로써 이들은 논 무경운 체계에서 도복 저항성이 높은 품종으로 생각된다.

3. 收量 構成要素 및 收量

수량 구성요소에 앞서서 무경운논에서 재배된 벼의 출수기를 보면 표 4에서 보는 바와 같이 7월 중순 이후에 계속되는 저온으로 출수가 지연되어 공시품종 중에서 조령벼(조생종)를 제외하고는 안전출수한계기 이내에 출수한 품종은 없었다. 이 작물년도(1993년)에서는 무경운논에서 재배한 벼는 경운논에 비하여 출수기가 3일(농안벼) 지연되었고, 그밖의 품종은 출수기가 경운논에 재배된 벼의 그것과 같거나 또는 1일 정도 지연되었다.

남부지방에서는 일반적으로 출수후 40 일간의 적산온도가 840℃가 되는 시기를 안전출수한계기로 보고 있으며, 평년에는 8월 27일이 이 시기에 해당된다. 무경운 논에서 생육한 벼의 穗長은 경운논에서 생육한 벼에 비하여 차이가 없었으나, 대체적으로 穗數 및 粒數는 경운논에서 재배된 벼의 그것에 비하여 적었다. 그러나 무경운논에서 화성벼, 동진벼, Calose 76 등의 수수는 오히려 증가되었다. 무경운논에서 재배된 벼가 단위면적당 입수가 적었기 때문에 등숙률은 높았으며, 수량은 경운의 93% 수준이었다. 무경운논에서 동해벼, 화성벼, 조령벼 등의 수량은 다른 품종보다 높

Table 2. Varietal differences in plant height and the number of tillers per square meter at vegetative growth stages of direct-sown rice seeds in the tillage and no-tillage cultural practices

Tillage system	Cultivars	Plant height			No. of tillers per m ²		
		Jun. 19	Jul. 14	Aug. 13	Jun. 19	Jul. 14	Aug. 13
	 cm					
Tillage	Daeyabyeo	18.3	52.3	85.6	146	519	336
	Donghaebyeo	20.7	60.4	81.4	192	745	425
	Dongjinbyeo	17.7	54.0	84.9	151	521	324
	Hwaseongbyeo	19.8	53.7	79.0	181	526	372
	Hwayungbyeo	18.7	53.8	78.1	144	618	362
	Joryeongbyeo	20.1	50.4	72.4	120	638	418
	Mankumbyeo	19.0	53.0	82.0	129	778	362
	Nonganbyeo	17.3	46.9	77.9	142	642	376
	Yongnambyeo	14.8	46.1	80.8	155	506	390
	Calose	22.3	56.8	86.0	120	682	396
	Calpearl	19.5	59.7	86.0	93	530	286
	Calose 76	19.8	50.5	80.7	166	469	284
		Mean	19.0	53.1	81.2	144.9	597.8
No-tillage	Daeyabyeo	11.9	39.8	77.7	122	371	318
	Donghaebyeo	11.3	41.3	78.4	112	357	321
	Dongjinbyeo	11.8	42.4	79.5	150	483	297
	Hwaseongbyeo	11.0	39.4	72.1	136	393	352
	Hwayungbyeo	10.5	39.2	73.1	104	321	293
	Joryeongbyeo	11.1	38.9	70.2	115	478	291
	Mankumbyeo	11.7	38.3	74.1	105	286	273
	Nonganbyeo	11.3	37.2	73.5	122	403	282
	Yongnambyeo	11.3	37.6	72.0	125	351	314
	Calose	12.8	40.0	75.3	114	364	258
	Calpearl	10.5	44.1	81.3	95	241	213
	Calose 76	12.7	39.1	74.6	116	385	284
		Mean	11.5	39.8	75.2	118.0	369.4
LSD.05 Between tillage systems		2.3	3.3	5.2	NS	53.7	28.0
Between cultivars		2.1	3.1	3.6	22.3	55.9	38.8

은 수량을 나타내었다. 그러나 외국에서 도입된 직파재배용 품종은 도열병, 오갈병 등의 병 발생이 심하여 그 수량이 크게 감소되었다.

입모율, 초기생육, 수량 구성요소와 수량 등을 통하여 볼 때 논 무경운 체계에서 직파재배를 할 경우 적응품종 선정기준은 경운논에서 직파재배할 때와 같이 저온(1모작)과 고온(2모작)에서 발아가 양호하고, 초기에 생육이 빨리 진전되며, 적기에 출수가 가능한 품종이라야 될 것으로 판단되

었다. 그리고 무경운 체계에서 적정 입모수와 수 수 확보를 위하여 파종량을 어느 정도 늘려야 될 것으로 판단되었다.

摘 要

남부지방의 논 무경운체계에서 직파재배시 벼 품종들의 생육 특성의 차이를 구명하기 위하여

Table 3. Varietal differences in lodging-related agronomic characteristics of rice cultivars direct-sown rices in the tillage and no-tillage cultural practices

Tillage system	Cultivars	Culm length	Length of 3rd and 4th Internode	Height of center	Fresh weight tiller	Band breaking weight	Index of lodging
	 cm g		
Tillage	Daeyabyeo	71	21.5	32.3	11.2	806	91.6
	Donghaebyeo	69	17.8	32.9	12.0	917	81.3
	Dongjinbyeo	76	20.7	35.2	11.7	847	92.8
	Hwaseongbyeo	74	19.7	33.9	12.5	789	104.4
	Hwayungbyeo	73	18.3	33.3	14.2	773	124.2
	Joryeongbyeo	71	18.6	35.4	13.8	856	110.6
	Mankumbyeo	75	22.9	36.7	13.4	928	100.4
	Nonganbyeo	68	15.6	34.7	17.5	803	133.2
	Yongnambyeo	68	19.4	35.1	12.7	698	121.0
	Calose	72	18.8	34.3	14.6	889	109.7
	Calpearl	68	18.3	33.6	15.9	1,006	81.3
	Calose 76	68	16.0	35.8	14.1	711	119.0
		Mean	71.1	18.9	34.4	13.6	838.8
No-Tillage	Daeyabyeo	68	21.8	34.7	11.7	661	120.9
	Donghaebyeo	66	18.6	33.7	13.2	829	103.2
	Dongjinbyeo	73	19.2	34.6	14.0	892	104.8
	Hwaseongbyeo	66	19.5	33.3	12.6	881	95.8
	Hwayungbyeo	66	16.7	31.4	12.5	922	86.4
	Joryeongbyeo	64	18.8	31.3	10.9	831	85.8
	Mankumbyeo	73	19.5	34.7	12.2	794	105.3
	Nonganbyeo	64	16.0	35.4	16.1	1,028	100.1
	Yongnambyeo	68	17.4	33.9	13.3	689	122.6
	Calose	67	16.4	33.0	11.6	830	85.8
	Calpearl	64	14.1	31.6	12.9	743	102.3
	Calose 76	66	15.2	32.7	12.5	789	93.6
		Mean	68.2	17.6	33.4	12.8	824.1
LSD.05 Tillage systems		NS	NS	1.02	NS	NS	NS
Cultivars		6.40	1.87	1.10	1.54	128.37	16.66

† Index of lodging was calculated by multiplying culm length and fresh weight of one tiller, and divided by band breaking weight.

1992년부터 무경운 상태로 관리된 논에서 직파재배를 하여 입모 상태, 중간 생육, 도복관련 형질, 수량구성요소와 수량의 변화를 경운답 재배와 비교한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 입모율은 무경운재배가 경운재배보다 낮았고, 논 무경운 체계에서 입모율이 높은 품종은 조령벼, 동진벼, 대야벼, Calpearl 등이었으며,

초기 생육은 논 무경운 체계에서 저조하였다.

2. 초장과 경수는 무경운재배가 경운재배보다 생육이 떨어졌으나, 등숙률은 무경운재배에서 높았다.

3. 논 무경운체계에서 도복관련 형질이 양호한 품종은 화성벼, 화영벼, 조령벼, Calose, Calose 76이었다.

Table 4. Varietal differences in agronomic characteristics, yield components and yield of direct-sown rices in tillage and no-tillage cultural practices

Tillage system	Cultivars	Heading date	Panicle length	No. of panicles per m ²	No. of spikelets per m ²	Ripened grain ratio	1,000grain weight	Polished rice yield
			... cm ...		(×1,000)	%	g	kg/10a
Tillage	Daeyabyeo	Sep.4	18	321	26.6	62.1	21.0	382
	Donghaebyeo	Aug.30	18	415	34.7	82.0	19.7	446
	Dongjinbyeo	Sep.3	18	274	25.8	80.9	21.2	428
	Hwaseongbyeo	Aug.29	17	290	21.5	89.5	20.7	407
	Hwayungbyeo	Aug.29	18	361	32.6	82.0	21.6	458
	Joryeongbyeo	Aug.26	18	407	37.0	76.6	19.9	455
	Mankumbyeo	Sep.4	18	327	33.0	82.6	20.1	464
	Nonganbyeo	Sep.4	22	310	39.5	81.2	19.2	426
	Yongnambyeo	Sep.5	18	363	31.2	84.7	20.9	443
	Calose	Sep.4	20	376	35.7	81.4	19.6	380
	Calpearl	Aug.22	20	253	25.2	83.8	21.7	376
	Calose 76	Sep.3	19	273	28.0	83.0	20.7	300
		Mean		18.5	330.9	31.2	80.8	20.5
No-Tillage	Daeyabyeo	Sep.4	17	237	20.0	82.0	20.3	338
	Donghaebyeo	Aug.30	18	299	28.0	86.8	19.3	437
	Dongjinbyeo	Sep.4	18	281	23.9	83.3	20.0	400
	Hwaseongbyeo	Aug.29	17	336	26.4	90.9	19.3	417
	Hwayungbyeo	Aug.30	19	262	23.4	87.4	19.7	422
	Joryeongbyeo	Aug.27	18	277	24.7	89.1	19.1	402
	Mankumbyeo	Sep.4	18	270	24.6	91.8	19.9	382
	Nonganbyeo	Sep.7	23	204	26.9	76.5	19.1	391
	Yongnambyeo	Sep.6	18	277	26.3	91.6	18.5	390
	Calose	Sep.4	19	240	22.6	88.6	19.1	382
	Calpearl	Aug.22	20	200	18.8	82.4	21.1	299
	Calose 76	Sep.4	19	283	26.4	74.0	17.3	341
		Mean		18.6	264.3	24.3	85.4	19.4
LSD. 05	Tillage system		NS	44.39	5.02	3.2	0.6	24
	Cultivar		0.62	36.25	3.22	3.0	0.4	22

4. 무경운 체계에서 입모율과 생육의 경시적 변화 및 수수를 고려하면 파종량을 경운재배보다 늘려야 될 것으로 판단되었다.

引用文獻

1. Baeumer, K. and W. A. P. B. Bakermans. 1973. Zero Tillage. *In Adv. Agron.* 25:77-123.
2. Cooper, A. W. 1971. Effects of tillage on soil competition. *In compaction of agricultural soils.* Amer. Soc. Agri. Eng. Monog.:315-363.
3. Gupta, S. C., P. P. Shirma, and S. A. De Franchi. 1989. Compaction effects on soil structure. *In Adv. Agron.* 42:311-338.
4. 花井雄次, 堅本育雄, 藤田勇. 1985. チンサイ

- における省略耕栽培の開発. 第1報. 省略耕が生育に及ぼす影響. 日作紀 54(4):324-330.
5. 黄善雄, 李春秀, 李溶帝, 郭漢剛, 朴來正 1990. 벼짚 및 石膏施用이 干拓畚 直播벼의 初期 生育 障害에 미치는 影響. 韓土肥誌 23(1):34-39.
 6. Kim, J. Y., Y. S. Lee, K. P. Hong, B. J. Lee, G. M. Shon, Y. J. Choi, J. G. Kim, and Z. R. Choe. 1993. Effects of direct sowing and mechanical transplanting on the growth of rice in no-tillage paddy rice system. *Crop Production and Improvement Technology in Asia*, KSCS, Korea:73-82
 7. 三石昭三, 井村光夫. 1982. 水稻の湛水直播における諸問題(1). 農業および園藝 57(10):1265-1267.
 8. 長野間宏, 金田吉弘, 兒玉撤. 1989. 低濕重粘土水用における汎用化のための下層土の管理. 第1報. 部分耕移植栽培における土壤の變化と水稻生育の特徴. 東北農業研究 42:85-86.
 9. 農村振興廳. 1983. 農事試驗研究調査基準. p453.
 10. 野野山芳夫, 吉澤孝之. 1976. 水稻の不耕起直播に関する土壤肥料學的研究. 第4報. 土壤窒素發 現様式の特徴. 中國農試報 11:7-52.
 11. _____. 1981. 水稻の不耕起直播に関する土壤肥料學的研究. 中國農試報 18:1-62.
 12. 愼鏞華, 鄭弼均. 1993. 持續的 農業을 위한 土壤保全. 環境保全型 農業을 위한 土壤管理 심포지엄:65-82.
 13. 宋根禹, 李秬植, 許宗入, 金正式, 洪光杓. 1990. 벼 麥後作 直播栽培 技術 確立. 慶南農業研究 10年:45-57. 絲
 14. 山澤新吾. 1967. 深耕と水稻生育. 土壤の物理性 15:33-38.