

건답직파 벼-보리 장기간 이모작 재배시 벼 수량 및 토양 물리화학적 변화

신상옥*† · 박성태* · 황정동* · 황동용* · 김상열* · 문헌팔*

*영남농업시험장

Changes of Rice Yield and Soil Physicochemical Properties in Long-term Dry Seeded Rice-Barley Double Cropping

Sang-Ouk Shin*†, Sung-Tae Park*, Chung-Dong Hwang*, Dong-Yong Hwang*, Sang-Yeol Kim* and Huhn-Pal Moon*

*Natl. Yeongnam Agric. Exp. Station, RDA, Milyang 627-803, Korea

ABSTRACT : Changes of rice yield and soil physicochemical properties of the dry-seeded rice-barley double cropping system were investigated for 10 years from 1990 to 1999. Generally, seedling stand was more unstable in the rice-barley cropping system regardless of barley straw addition or removal than in the rice single cultivation as indicated by higher standard deviation of seedling stand across year. Rice yield in rice-barley double cropping cultivation was increased due to barley straw application starting from the second year, recording 2 to 19% increase (average of 9% for 10 years) due to higher spikelet number. Protein content and Mg/K equivalent ratio were similar among the barley straw applied field, rice single crop and barley straw removed plots. Also, amylose content was not significantly different among cropping patterns. Physicochemical properties of soil was improved by applying the barley straw; soil porosity was higher and content of organic matter and cation exchange capacity of Ca increased but those of Mg and K did not differ.

Keywords : rice, barley, dry direct seeding, soil physicochemical

영남지역은 기상 및 토양환경면에서 온난한 기후여건으로 타지역보다 작부체계가 잘 발달되어 있다. 특히 논 고도 이용을 통한 농가소득 증대를 위해 예로부터 미맥 중심의 2모작 작부체계가 이루어져 왔다.

근래 들어 비록 수익성이 보다 높은 벼의 전·후작물로 딸기, 수박 등 20여종의 소득작물이 주산지를 형성하고 있어 점차 맥류 재배면적이 줄어들고 있지만 영남지역의 답리작 주요 작부체계는 미맥체계로 맥류 재배면적은 약 12,471 ha('99)에 달한다(농림부, 2000).

WTO체제 출범으로 쌀산업의 국제경쟁력 제고 필요성과 농

촌 노동력 감소 및 질적저하는 생력재배기술의 수요증대를 가져왔다. 벼 직파재배는 이에 부응하기 위한 중요한 벼 재배기술이다. 영남농업시험장에서는 1987년부터 벼 직파재배 기술 개발 연구를 시작(박 등, 1987), 1993년에는 휴림 건답직파 재배기술(박 등, 2000)과 1998년에는 요철골 직파재배기술을 개발하여 농가에 보급하였다(박 등, 2000).

벼 건답직파는 파종후 입모초기까지 건답상태로 관리되므로 보리, 호맥, 이탈리아안 라이그라스 등 앞작물의 잔유물을 논에 환원시켜 직파를 하더라도 벼 생육에 큰 장애를 일으키지 않고(박 등, 1990) 논 토양내 유기물함량 증대의 효과가 있다고 보고하였다(박 등, 1995).

본 연구는 미·맥 2모작 면적이 많은 남부지역에서 보리수확과 벼 이앙작업에 따른 노동력 경합 해소와 생산비 절감을 통한 농가 소득증대를 위한 보리후작 벼 직파재배기술의 기초 자료를 얻고자 1990년부터 1999년까지 10년간 시험을 실시한 결과를 요약하였다.

재료 및 방법

본 시험은 1990년부터 1999년까지 10년간 영남농업시험장 시험포장(덕평동 : 식양토)에서 동해벼('90-'96), 금오벼2호와 화영벼('97-'98) 그리고 금오벼1호 및 영해벼('99)를 공시하여 벼 단작 직파, 보리후작으로 보릿짚 제거 및 환원(450 kg/10a) 벼 직파등 3처리를 하여 시험을 실시하였다. 연도별 직파방법, 파종기, 파종량 및 파종거리는 Table 1과 같다.

시험년도별 시비량은 ha당 성분량으로 질소는 180 kg('90), 160 kg('91-'92) 및 90 kg('93-'99)을 기비-4엽기-5엽기-7엽기-수비로 '90년에는 20-30-20-20-10, '91-'93년에는 각각 40-20-0-20-20%, '94-'98년에는 각각 50-0-30-0-20% 그리고 '99년에는 40-0-30-0-30%로 분시하였다. 인산-가리는 90,110 kg('90-'93)과 70,80 kg('94-'99)를 인산은 전량기비로 칼리는 기비80%와 수비20%로 시비하였다.

†Corresponding author: (Phone) +82-55-350-1176 (E-mail) Shinso@nda.go.kr <Received August 30, 2001>

Table 1. Seeding date, direct seeding method, seeding rate and space by year in different cropping patterns.

Year	Seeding method	Seeding date	Seeding rate (kg/10a)	Seeding space (cm)
90	High-ridged broadcast seeding	June 5	6	RW : 120, SW : 90 [†]
91	Flat dry drill seeding	June 16	5	Interrow 20
92	High-ridged dry drill seeding	June 4	"	"
93	"	June 11	"	"
94	"	June 4	"	"
95	"	June 10	"	"
96	"	June 9	"	"
97	"	June 5	"	Interrow 25
98	"	June 5	"	"
99	Corrugated furrow seeding	June 5	"	Interrow 23

[†]RW : Ridge Width, SW : Seeding Width

파종후부터 출아까지 물관리는 휴립직파방법은 1-2회 고랑 관수를 하였고 평면세조파는 전면관개후 배수를, 요철골직파는 자연배수를 하였다. 일반적인 작업과정과 잡초 및 병충해 방제는 영남농업시험장 벼 표준재배법(영남농시, 1998)과 농촌진흥청 건답직파재배기술(농진청, 1993)을 참고하였다.

입모수는 파종후 20일에 반복당 0.25 m²씩 3구(총 9구)를, 벼 초기생육은 파종후 15-35일 사이에 반복당 20주씩 초장, 엽수를 조사하였고, 생육중기 이후 생육특성 및 수량은 농촌진흥청 농사시험연구 조사기준(농진청, 1995)에 따랐다.

쌀 품위는 현미를 조사하였으며 품위별 백분율로 나타내었고 쌀의 구성성분중 아밀로즈 함량은 Juliano의 비색정량법(Juliano, 1985)에 준하였으며, 단백질과 마그네슘(Mg), 칼륨(K)의 분석은 쌀가루 500 mg을 H₂O₂-H₂SO₄로 분해시켜, 단백질함량은 Micro-Kjeldahl법으로, Mg와 K함량은 원자흡광도계(Perkin-elmer, Modell 2380)를 이용하여 각각 3반복씩 조사하였다.

토양유기물은 Tyurin법, P₂O₅는 Lancaster법으로 분석하였으며 치환성 양이온(Ca, Mg, K)은 1N-CH₃COONH₄(pH 7)로 침출하여 원자흡광분광도계로 측정하였다. 토양경도는 Yamanaka법, 삼상분포비율 및 용적밀도는 Core법으로 분석하

였다(농업기술연구소, 1988).

결과 및 고찰

출아, 입모 및 초기생육

작부방식별 출아, 입모 및 초기생육을 Table 2에서 보면 보리후작 건답직파는 벼단작 직파와 출아일수는 비슷하였고 m²당 입모수는 벼 단작 직파 113개보다 보리후작 직파는 4~5개 많았으나 년차간 입모수의 변이계수는 벼단작 만기직파는 15.2%이었으나 보릿짚제거 및 시용은 각각 17.8%, 16.7%로 보리후작에서 입모변이가 약간 컸고 파종후 15-35일의 초기생육도 억제되는 것으로 나타났다. 이는 파종에서 출아까지 또는 입모후 초기 생육기간에 보릿짚 분해시 미생물에 의한 질소의 유기화와(정 등, 1989) 보릿짚 부숙시 발생하는 유해가스나 페놀화합물의 양이 기상 및 토양수분조건 등에 따라 차이가 심하였던데 기인된 것으로 생각할 수 있다(곽 등 1984, 권 등 1985).

미맥 2모작지대에서 콤바인 보리수확시 보릿짚을 절단하여 토양속에 혼입하여 벼 이앙을 하면 보릿짚이 썩으면서 유해가스와 보릿짚에 함유된 페놀화합물의 용출로 벼 활착 및 초기생육

Table 2. Days of seedling emergence, seedling stand and early growth of rice as affected by different cropping patterns of dry direct seeding from 1990 to 1999.

Cropping pattern	Seedling emergence (day)	Seedling stand (no./m ²)	15~35 days after seeding		
			Seedling height (cm)	Relative reduction of seedling height (%)	Leaf stage
Rice single crop	9(16.3) [†]	113(15.2)	21.5	0	4.2
Rice-barley double crop					
Barley straw removed	9(12.9)	118(17.8)	20.9	2.8	4.2
Barley straw added	9(14.0)	117(16.7)	19.2	10.7	4.0

[†](): Coefficient of variation

Table 3. Heading date in association with different cropping patterns of dry direct seeding.

Cropping pattern	Heading date by year										
	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98	'99	Ave.
Rice single crop	Aug. 24	Sep. 2	Sep. 3	Sep. 9	Aug. 27	Aug. 26	Aug. 28	Aug. 29	Aug. 27	Aug. 28	Aug. 29
Rice-barley double crop											
Barley straw removed	Aug. 24	Sep. 6	Sep. 3	Sep. 9	Aug. 27	Aug. 26	Aug. 28	Aug. 29	Aug. 27	Aug. 28	Aug. 30
Barley straw added	Aug. 24	Sep. 6	Sep. 3	Sep. 8	Aug. 27	Aug. 26	Aug. 28	Aug. 29	Aug. 27	Aug. 28	Aug. 29

Table 4. Agronomic characteristics and yield components of Donghaebyeo in association with different cropping patterns of dry direct seeding from 1990 to 1996.

Cropping pattern	Culm length (cm)	Panicle length (cm)	Panicle number (no./m ²)	Spikelet number (no./panicle)	Ripened grain (%)	1000 grain weight (g)
Rice single crop	67 ± 7	19.2 ± 1	317 ± 36	83 ± 7	80 ± 7	21.7 ± 1
Rice-barley double crop						
Barley straw removed	69 ± 7	19.2 ± 1	340 ± 52	84 ± 7	78 ± 5	21.6 ± 1
Barley straw added	69 ± 8	19.2 ± 1	358 ± 41	87 ± 6	80 ± 3	21.9 ± 1

이 장애를 받는 경우가 많다(富久, 1989; 광 등, 1984; 권 등, 1985).

출수기 및 벼 생육특성

출수기는 8월 24일~9월 9일로 년차간에 다소 차이가 있었으나 이는 품종간 차이가 큰 것으로(Table 3) 볼 수 있고 직파방법 간에는 같거나 비슷하였다. '91년의 출수기는 보리후작 직파가 벼 단작 직파보다 출수기가 4일 늦었는데 이것은 평면건답 직파방법은 파종후 출아 및 생육초기 파상이 환원상태로 유지되어 불리하게 작용되었던 결과로 해석된다. 보리후작 벼 건답 직파시, 특히 보릿짚을 전량 토양에 환원시는 벼 단작직파에 비해 초기생육에서 초장이 짧고 엽수가 떨어지는 생육억제 현상이 나타났으나(Table 2), 점차 회복되어 최종생육은 벼 단작 직파보다 간장이 길고 수량구성요소중에서 등숙비율 및 천립중을 비슷하였으나 m²당 수수가 많아 영화수가 많았다(Table 4).

쌀수량

쌀 수량은 Table 5에서와 같이 건답직파 첫해에는 보리후작 벼 직파가 벼 단작 직파에 비해 3%정도의 쌀수량이 떨어졌으나, 2년차 직파부터 증수되는 것으로 나타나 10년 평균 쌀수량은 보릿짚 제거후 벼 직파재배는 벼 단작직파와 비슷하였

Table 5. Milled rice yield in association with different cropping patterns of dry direct seeding.

Year	Rice single crop (MT/ha)	Rice-barley double crop (MT/ha)	
		Barley straw removed	Barly straw added
90	4.94 (100)	4.72 (97)	4.75 (97)
91	2.85 (100)	3.11 (109)	3.40 (119)
92	4.63 (100)	4.58 (99)	4.71 (102)
93	3.02 (100)	3.24 (107)	3.60 (119)
94	4.79 (100)	4.79 (100)	5.38 (112)
95	4.55 (100)	4.69 (103)	4.87 (107)
96	4.66 (100)	4.83 (104)	4.91 (105)
97	4.95 (100)	5.15 (104)	5.48 (111)
98	4.66 (100)	4.89 (105)	5.16 (111)
99	4.54 (100)	4.87 (107)	4.95 (109)
Average	4.36 (100)	4.49 (103)	4.72 (109)
C.V.(%)	17.5	15.8	14.5

나, 보릿짚을 전량 토양에 환원한 후 벼 직파를 한 구는 벼 단작 직파재배 대비 쌀수량이 9% 증수된 4.72 MT/ha의 쌀이 생산되었다.

Table 6. Rice grain quality of dry seeded rice in different cropping patterns.

Cropping pattern	Perfect kernel (%)	Imperfect kernel(%)				
		Rusty	Green	Dead	Broken	Notched-belly
Rice single crop	66.7	6.5	16.8	2.5	2.5	1.6
Rice-barley double crop						
Barley straw removed	64.1	6.9	19.9	2.2	1.6	1.4
Barley straw added	62.1	7.8	19.3	3.2	2.5	0.9

Table 7. Amylose, protein and mineral contents of milled rice kernel as affected by different cropping patterns of dry directing seeding.

Cropping pattern	Amylose content (%)	Protein content (%)	Mineral content (mg/100 g)		Mg/K
			Mg	K	
Rice single crop	20.3	7.3	77	273	0.92
Rice-barley double crop					
Barley straw removed	20.3	7.5	77	271	0.93
Barley straw added	20.5	7.6	74	264	0.93

미질

현미품위는 Table 6에서와 같이 작부 양식간에는 유의한 차이는 없었으나 완전미비율은 벼 단작 만기직파(66.7%)가 보리 후작 벼 직파(62.1~64.1%)보다 약간 높았고 청미비율은 보리 후작직파(19.3~19.9%)가 벼 단작직파(16.8%)보다 높아 현미품위가 떨어졌다.

식미와 관련있는 쌀의 이화학적 특징을 Table 7에서 보면 아밀로즈 및 단백질함량은 작부양식간 차이가 없었고 K 및 Mg함량은 보릿짚사용후 벼 직파에서 낮았고 Mg/K당량비 또한 작부양식간 차이가 없었다. 대체로 양질 품종은 Mg함량이 130 mg/100 g이상, K함량이 250 mg/100 g이하라고 하였는데(Juliano 등, 1985), 이보다 Mg함량이 낮고 K함량이 높아 미질이 떨어지는 것으로 나타난 것은 재배시기가 늦어 등숙기 저온에 영향을 받은 것으로 생각할 수 있다(稻律 등, 1982).

토양의 물리화학적

Table 8 및 Table 9에서 보는바와 같이 토양공극율은 보릿짚사용후 직파가(평균 55.6%) 벼 단작 직파(평균 54.3%)보다 고상율이 낮아 높아졌는데 이는 유기물 사용에 따라 토양의 가비중이 감소되고 공극율이 증가된 것으로 생각된다(최, 1999; 유 등, 1988).

토양중 유기물함량은 직파의 시작년도에 27.1 g/kg이었는데 10년간 직파후에는 벼 단작 직파구는 25.5 g/kg로 약간 감소하였으나 보리후작 벼 직파재배에서는 4년차 이후 계속 증가되어 보릿짚제거구가 32.5 g/kg, 보릿짚 사용구는 36.1 g/kg로 증대되었다(정 등, 1989).

유효인산 함량은 벼 단작 직파구는 '94년도 이후 감소되었으나 보리후작 벼 직파에서는 증가되었으며 치환성 양이온 Ca 함량은 직파 시작년도에 비해 모든 작부양식에서 증가하였는데 시험최종년도의 작부양식간 비교시는 벼 단작 직파구(5.9

Table 8. Change of soil physical properties by different cropping patterns of dry direct seeding.

Cropping pattern	Soil depth (cm)	Moisture ratio (%)	Bulk density (g/cc)	3 Phase (%)			Porosity (%)	Hardness (mm)
				Solid	Liquid	Gaseous		
Rice single crop(90)	0-10	35.5	1.27	48.1	45.3	6.6	51.9	24.0
	10-20	30.9	1.27	48.0	44.6	7.4	52.0	24.5
Rice single crop(99)	0-10	36.9	1.14	43.1	42.0	14.8	56.9	20.7
	10-20	32.1	1.28	48.2	41.0	10.8	51.7	21.4
Rice-Barley double crop(99)								
Barley straw removed	0-10	37.9	1.15	43.5	43.6	12.9	56.5	20.6
	10-20	32.7	1.28	48.3	41.9	9.9	51.7	21.1
Barley straw added	0-10	39.2	1.11	41.9	43.5	14.6	58.1	20.0
	10-20	32.1	1.25	46.9	39.8	13.3	53.1	20.9

Table 9. Change of soil chemical properties by different cropping patterns of dry direct seeding.

Cropping pattern	Year	pH (1:5)	O.M. (g/kg)	Available P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. cations (cmol ⁺ /kg)		
					Ca	Mg	K
Rice single crop	90	6.30	27.1	96.5	3.73	1.74	0.33
Rice single crop	99	5.90	25.5	146.9	5.90	1.56	0.53
Rice-barley double crop							
Barley straw removed	99	5.90	32.5	187.2	5.96	1.44	0.50
Barley straw added	99	5.95	36.1	199.9	6.44	1.46	0.55

cmol+/kg)보다 보릿짚제거구(5.96 cmol+/kg)와 보릿짚시용구(6.44 cmol+/kg)에서 높았다.

치환성 양이온 Mg 및 K의 양은 시작년도에 비해 각각 감소 및 증가를 하였으나 최종년도에는 작부양식간 큰 차이는 없었다.

적 요

벼 단작 만기 및 보리후작 건답직파의 수량성과 토양물리화학적에 대한 기초자료를 얻고자 영남농업시험장 답작포장에서 1990년부터 1999년까지 10년간 시험을 수행하였다. 시험품종은 동해벼('90-'96), 금오벼2호, 화영벼('97-'98), 금오벼1호, 영해벼('99)를, 작부방식은 벼 단작 만기직파와 보리후작 벼 직파를 하였고 보리후작 벼 직파는 보릿짚제거후 직파와 보릿짚 시용후 직파를 실시하였던 시험결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 출아일수는 보리후작 건답직파는 8~9일로 벼단작 직파 9일과 비슷하였고 m²당 적정 입모 확보는 문제가 없었으나, 벼 단작 직파보다 입모수의 변이가 약간 컸으며 파종후 15-35일 초기생육에 있어 엽수는 비슷하였으나 초장은 2.8-10.7% 억제되었다.
2. 출수기는 처리간 차이가 없었고 초기 생육은 보리후작에서 약간 떨어졌으나 점차 회복되어 간장과 수장은 비슷하였는데 m²당수수 증가로 영화수가 많았다.
3. 평균쌀수량('00~'99)은 보릿짚 시용구는 4.72 MT/ha으로 벼 단작 직파보다 9%증수되었고 년차간 변이가 적었다.
4. 보리후작시 완전미 비율이 낮고 청미비율이 높아 품위가 떨어졌고 벼 단작과 비교시 이밀로즈함량, 단백질함량 및 Mg/K당량비는 비슷하였다.
5. 보릿짚시용시는 고상율이 낮아 토양공극율이 높고 토양 유기물이 증가되었으며('90(27.1 g/kg) → '99(보릿짚시용 : 36.1 g/kg, 벼 단작 : 25.5 g/kg)) 치환성양이온 Mg 및 K의 함량은

벼단작과 비슷하였으나 Ca함량은 증가 되었다.

인용문헌

최민규. 1999. 보리수확동시 무경운직파 벼의 생육특성, 전북대학교 박사학위논문.
 稻律脩, 佐佐忠雄, 新井利直, 1982, お米の味. その科學と 技術, 北農會 : pp. 88-93.
 富久保男. 1989. 水稻不耕起直播栽培における麥わら被覆の除草效果. 日本植調, 23(1) : 13-18.
 조백현외 11인. 1989. 삼정 토양학, pp.205-207.
 Juliano, B. O. 1985. Criteria and tests for rice grain qualities. Rice chemistry and technology, AACC : pp. 443-524.
 정지호, 김광식. 1989. 보릿짚시용이 논토양의 생화학성에 미치는 영향. 한토비, 22(2) : 93-99.
 광상수, 김길용. 1984. 보리잔유물속에서 함유된 주요 Phenolic acids가 논 잡초발아에 미치는 영향. 한잡초지, 4(1) : 39-51.
 권순태, 김길용. 1985. 맥류작물(밀, 호밀)의 잔유물로부터 동정된 Phenolic compounds가 잡초의 발아 및 생육에 미치는 영향. 한잡초지, 5(2) : 121-130.
 농림부. 2000. 농림통계연보.
 농촌진흥청. 1993. 쌀생산비 절감을 위한 벼 직파재배기술. 농촌진흥청 : pp.1-153.
 농촌진흥청. 1995. 농사시험연구조사기준 : 603p.
 농업기술연구소. 1988. 토양화학분석법 : pp. 30-93, 117.
 박성태, 김순철, 이수관, 정근식. 1989. 남부지역에서 직파양식에 따른 생육 및 수량. 농시논문집(수도편), 31(4) : 36-42.
 박성태, 황동용, 문병철, 김순철, 오윤진. 1995. 보리후작 벼 다년 건답직파시 수량 및 토양 화학성 변화. 한작지, 40(5) : 562-568.
 박성태 외 18인. 2000. 실용 벼 직파재배기술. 영남농업시험장 : pp. 104-114.
 영남농업시험장. 1987. 시험연구보고서(수도연구, 식물환경연구) : pp. 363-368
 영남농업시험장. 1990. 시험연구보고서(수도연구, 식물환경연구) : pp. 234-247.
 영남농업시험장. 1998. 시험연구보고서(수도, 식물환경분야) : pp. 13-20.
 유철현, 김종구, 박건호, 김성조. 1988. 논 토양의 이화학적 성질에 미치는 유기물의 연용효과. 한토비지, 21(4) : 373-379.