

벼 湛水表面直播 栽培時 中間落水 回數가 生育 및 倒伏에 미치는 影響

白南鉉* · 金尙洙* · 朴洪圭* · 申鉉卓* · 趙守衍* · 李善龍*

Influence of Midsummer Drainage Times on Growth and Lodging of Rice Plant in Direct Seeding on Flooded Paddy Surface

Nam Hyun Back*, Sang Su Kim*, Hong Gyu Park*
Hyun Tak Shin*, Soo Yeon Cho* and Seon Yong Lee*

ABSTRACT : This experiment was conducted to establish the cultural practice for reduction of lodging by the effective water management under direct seeding on flooded paddy surface as treated by the drainage times using Dongjinbyeo at National Honam Agricultural Experiment Station during 1994-1995.

As the increased midsummer drainage times, the field lodging were reduced by reduction of culm length and large amounts of root with favorable distribution in deep soil, indicating low canopy architecture could promote the light transmission in the plants and favorable root growth.

The yield performance was high by increased drainage times which contributed to mainly percentage of ripened grain and 1,000-grain weight. As a result, two to three times midsummer drainage as effective water management during plant growth was desirable.

Key words : Rice, Direct seeding on flooded paddy surface, Midsummer drainage times, Growth, Lodging.

우리 나라에 보급되고 있는 벼 直播栽培 樣式은 播種前後 물관리 및 播種方法에 의해 乾畚直播, 무논골뿌림, 湛水表面直播 등으로 매우 다양하며, 기상, 토양, 관개의 容易性 등의 立地條件에 따라 선정되고 있다. 이중 湛水表面直播는 播種作業이 容易하여 농가에서 가장 선호하고 있으나 立毛의 不安定^{13,15)}, 雜草防除의 어려움^{3,6,10)}과 더불어 倒伏 輕減¹²⁾ 등이 보완되어야 할 과제이다.

벼가 倒伏이 되면 機械收穫에 많은 支障을 招來할 뿐만 아니라 收量과 米質을 저하시켜 直播栽培에 의한 生産費 節減 效果를 相殺시키므로 倒伏을

輕減시킬 수 있는 栽培體系 確立이 시급하다.

倒伏은 氣象條件에 의해 크게 影響을 받으며, 품종과 시비방법 등의 栽培技術에 따라 차이가 있고 그 樣相도 달라진다. 우리 나라는 매년 벼 登熟期인 8월과 9월에 태풍이 來襲하고 있기 때문에 倒伏의 위험성은 항상 뒤따른다고 볼 수 있다. 특히 湛水表面直播는 種子가 지표면에 播種되기 때문에 줄기가 땅속에 埋沒되지 못하고 뿌리가 대부분 표층에 분포되어 지상부에 대한 토양 및 뿌리의 지지력이 약해져서 뿌리도복(轉伏型 倒伏)이 발생되기 쉽다^{9,13)}.

* 湖南農業試驗場(National Honam Agricultural Experiment Station, RDA, Iksan 570-080, Korea) <'97. 8. 2 接受>

倒伏 輕減策으로 耐倒伏性 品種을 育成하여 倒伏 抵抗力을 증대시키는 方法과 施肥量, 施肥方法, 물관리 方法 등의 栽培法 改善으로 稈長의 伸長抑制 및 뿌리의 발달과 活力을 增大시키는 方法, 또한 倒伏輕減劑 利用^{2,7,8)} 등 倒伏輕減에 대한 多角의인 研究가 계속 進行되어 왔다. 이들 연구는 주로 移秧栽培를 중심으로 이루어졌고, 直播栽培에 대한 연구보고된 결과로는 乾畚直播栽培時 관행 물관리(1회 中間落水)에서는 倒伏이 발생하였으나 2~3회 中間落水에서는 뿌리량이 많고 뿌리의 深層分布 比率이 높으며 重心高가 낮고 挫折重이 무거워 倒伏이 발생하지 않았고¹⁾, 무논골뿌림재배에서 常時湛水에 비하여 2회 中間落수를 실시함으로써 倒伏이 輕減되었다¹¹⁾. 그러나 담수 표면직파재배에서는 도복경감을 위한 물관리 방법의 구멍이 미흡한 실정이다. 따라서 湛水表面直播栽培時 물관리 方法이 生育 및 倒伏에 미치는 영향을 검토하여 몇 가지 결과를 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

材料 및 方法

본 시험은 1994~1995년에 湖南農業試驗場 水稻圃場인 全北統(微砂質壤土)에서 東津벼를 供試하여 1994년에는 5월 19일, 1995년에는 5월 13일에 1ha당 40kg의 種子를 催芽시켜 손으로 湛水表面散播 하였고, 試驗區 配置는 亂塊法 3反復으로 하였다.

施肥量은 질소-인산-칼리를 ha당 110-70-80kg으로 하여 질소는 기비-5엽기-수비=40-30-30%로 分施, 인산은 전량기비, 칼리는 기비-수비=70-30%로 分施하였다.

논 그누기는 파종 후 5일부터 3일간 실시하였고, 雜草防除는 파종후 12일에 Dimepiperate + Bensulfuron입제를 ha당 30kg을 1차 사용하였고 파종후 52일에 2차로 Bentazone액제를 살포하였다.

물관리는 常時湛水를 대비로 하여 中間落수를 1회(파종후 45~50일), 2회(30, 45~50일), 3회('94년은 파종후 30, 45~50, 60일) 하였고, 中間落수의 기간은 파종후 30일에는 5일간 낙수를 실시한 후 담수하여 추비를 사용하였으며, 파종후 45~50일과 60일에는 매회 7일간씩 실금이 갈정도의 落수를 실시하였다.

倒伏關聯形質은 출수후 20일에 구당 30개체의 주간을 採取하여 제4절간의 挫折重을 Dial 平衡挫折強度 測定器로 測定하였고, Dial-gauge(0.01~10mm)로 稈太와 稈壁두께를 측정하였다. 土壤硬度는 出穗期에 SR-2형 원추관입 저항기로 측정하였으며, 뿌리는 出穗期에 20×20cm를 지표에서부터 5cm 간격으로 20cm까지 층위별로 조사하였다. 기타 재배관리는 湖南農業試驗場 표준재배법에 따랐고 조사는 農村振興廳 농사시험연구 조사기준에 따랐다.

시험년도의 벼 재배기간중 기상은 表 1에서의 같았으며 2개년 모두 등숙기인 8월 하순에 集中豪雨를 동반한 태풍이 來襲하였다.

Table 1. Weather conditions during the rice growth period in Iksan

Months	Av. air temp. (°C)			Sunshine(hr.)			Precipitation(mm)		
	'94	'95	Nor. year ¹⁾	'94	'95	Nor. year	'94	'95	Nor. year
May	17.7	15.1	16.8	254	257	255	77	73	55
June	21.4	20.2	21.4	233	266	215	83	39	162
July	28.3	24.7	24.8	307	210	220	126	89	282
August	27.4	26.4	24.9	284	245	250	145	598	176
September	20.4	19.7	20.8	291	214	228	4	43	174
October	14.8	14.7	13.5	223	228	251	89	28	21
Mean or Total	21.7	20.1	20.4	1,592	1,420	1,419	524	870	870

¹⁾ Normal. year : Mean of 1989~1993

結果 및 考察

1. 草長 및 莖數의 變化

中間落水 回數에 따른 草長 및 莖數의 變化는 表 2와 같다. 草長은 落水回數가 많을수록 짧아졌는데 과중후 50일인 分蘗성기에 常時湛水에 비하여 2회 낙수와 3회 낙수에서 각각 1.7cm와 1.9cm의 草長短縮을 보였다. 과중후 70일인 유수형성기에는 草長 短縮程度가 더 컸는데 常時湛水에 비하여 1회 낙수에서는 1.2cm가 단축된 반면에 2회 낙수에서는 3.0cm, 3회 낙수에서는 4.8cm가 단축되었다.

과중 후 90일에는 常時湛水에 비하여 1회 낙수에서는 1.7cm밖에 短縮되지 않았으나 2회 낙수에서는 4.2cm, 3회 낙수에서는 6.4cm가 단축되었고 出穗期에도 같은 경향으로 落水回數가 많을수록 草長短縮이 컸다. 이러한 결과는 落水回數가 많을수록 草長의 短縮程度가 컸던 이유는 落水回數에 따른 乾畚期間이 길어서 질소의 손실과 천연 공급량의 차이에 기인되지 않았나 생각된다.

莖數는 과중후 40일에는 常時湛水에 비하여 2~3회 낙수에서 다소 적었고, 最高分蘗期인 과중후 60일은 常時湛水가 864개 /m²로 가장 많았으며 落水回數가 많을수록 적어져서 3회 낙수에서는 常時湛水 대비 68개 /m²가 적었다. 과중후 80일에는 分蘗數의 급격한 감소를 보였고, 常時湛水에 비하여 落水回數가 많을수록 적어져 3회 낙수에서는 443개 /m²로 가장 적었는데 이는 落水回數가 많아짐에 따라 초장단축과 같이 질소이용율과 토양의 물리성 차이로 分蘗이 억제되지 않았나 생각된다.

2. 節間長 및 稈의 特性 變化

中間落水에 따른 節間長 및 稈의 特性 變化는 表 3과 같다. 節間長은 품종, 환경 및 재배조건에 따라 달라지는데¹⁵⁾, 落水回數가 많을수록 모든 節間이 短縮되는 경향이었는데 3회 낙수에서는 常時湛水에 비하여 전체 節間長이 6.9cm가 短縮되었다. 節間別 短縮程度는 3회 낙수에서는 第1節間長이 2.0cm, 第2, 3節間長이 1.5cm, 第4節間長이 1.2cm, 第5節間長이 0.7cm로 상시담수에 비하여 上位節間이 下位節間보다 短縮程度가 컸고 短縮

Table 2. Changes of plant height and number of tillers as affected by midsummer drainage times in 1994~1995

Drainage times	Plant height(cm)				No. of tillers per m ²		
	50DAS ¹⁾	70DAS	90DAS	HD ²⁾	40DAS	60DAS	80DAS
0	45.1	78.0	96.8	112.1(100)	457	861	484
1	44.7	76.8	95.4	110.6(99)	460	820	471
2	43.4	75.0	92.5	107.7(96)	443	803	453
3	43.2	73.2	90.5	105.7(94)	432	796	443

¹⁾ DAS : Days after seeding, ²⁾ HD : Heading date

Table 3. Changes in internode length and the 4th internode diameter and wall thickness of rice plant as the midsummer drainage times in 1994~1995

Drainage times	Internode length(cm)						The 4th internode	
	1st ¹⁾	2nd	3rd	4th	5th	Total	Diameter(mm)	Wall thickness(mm)
0	37.4	21.4	14.2	10.4	5.4	88.8(100)	3.64	0.63
1	37.1	20.9	13.7	10.2	5.2	87.1(98)	3.61	0.64
2	36.6	20.3	13.2	9.6	4.9	84.6(95)	3.54	0.66
3	35.4	19.9	12.7	9.2	4.7	81.9(92)	3.47	0.67

¹⁾ : 1st~5th mean, the order of internode from the top

率로 볼 때에는 제1절간이 5.3%인 반면에 제4절간이 11.5%, 제5절간이 13.0%로 下位節間이 上位節間보다 短縮率이 높았다. 이와 같이 落水回數가 많을수록 下位節間長의 短縮率이 커서 倒伏을 輕減하는데 유리한 방향으로 작용되었다.

한편 挫折倒伏時 좌절되기 쉬운 제4절간의 稈太는 落水回數가 많을수록 다소 가늘어지는 경향으로 도복저항성에 불리한 방향으로 나타났는데 이는 落水回數가 많을수록 줄기 생장기에 질소 흡수량이 적어 常時湛水에 비해 生育이 부진하였던 것으로 판단되며, 이는 무논골뿌림 재배답에서 落水回數가 많을수록 稈太가 가늘어진다는 보고내용¹¹⁾과 같은 경향이었다. 稈壁은 cellulose, lignin 등의 구성물로 양·수분의 축적과 통로임은 물론 지상부 지지작용에 영향을 주는 주요 형질로서 倒伏抵抗성에 크게 영향을 미치는데^{12,16)}, 落水回數에 따른 제4절간의 稈壁두께는 落水回數가 많을수록 두꺼워져서 절간장 감소와 더불어 간태의 불리한 점을 보완하는 방향으로 나타났다.

3. 土壤硬度 및 뿌리 分布

出穗期에 SR-2형 원추관입 저항기로 土壤硬도를 측정된 결과는 그림 1에서와 같이 토심 10cm에서의 土壤硬도는 常時湛水가 0.45kg/cm² 내외이었으나 1회 낙수에서는 1.43kg/cm² 내외, 2

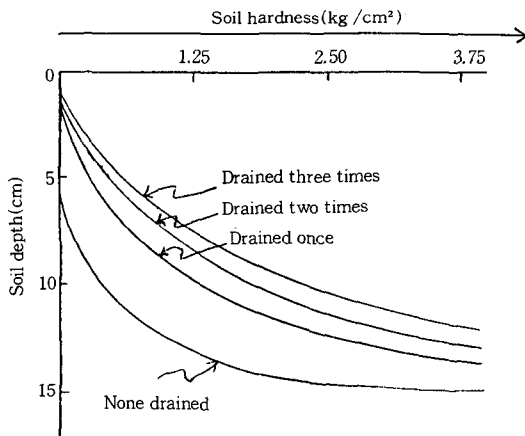


Fig. 1. Changes of soil hardness at heading date of rice as affected by midsummer drainage times.

회 낙수에서는 1.80kg/cm² 내외, 3회 낙수에서는 2.38kg/cm² 내외로써 落水回數가 많을수록 土壤硬도가 높아졌는데, 무논골뿌림 재배답에서 落水回數가 많을수록 경토의 土壤硬도가 높다는 보고¹¹⁾나 土壤의 硬도는 줄기의 지지력과 관련하여 벼의 倒伏抵抗성과 밀접한 관계가 있어 土壤硬도가 높을수록 倒伏發生이 적다¹⁶⁾는 내용과 일치하였다.

中間落水에 따른 뿌리량 및 토심별 뿌리의 分布比率는 表 4에서와 같이 常時湛水에 비하여 落水回數가 많을수록 뿌리량이 약간씩 증가하였고 10cm 이하의 심토층의 뿌리분포 비율도 높아졌는데 이는 무논골뿌림재배에서 落水回數가 많을수록 뿌리량이 많고 심토층의 뿌리분포비율이 높다는 보고내용과 같은 경향이었다¹¹⁾. 따라서 中間落수를 2~3회 실시함으로써 地上部 生育 조절은 물론 뿌리의 심근화를 유도하여 도복 저항성을 갖도록 하는 것으로 생각된다.

4. 倒伏關聯形質 및 倒伏

中間落水에 따른 출수후 20일의 圃場倒伏關聯形質 및 倒伏程度는 表 5에서와 같다. 常時湛水에 비하여 落水回數가 많을수록 稈長이 짧아졌고 重心高가 낮아졌으며, 生體重도 가벼워져서 모멘트를 적게 하였다. 이러한 결과는 Hitaka⁴⁾의 보고와 같이 같은 형질의 줄기라도 重心高가 낮은 것이 倒伏抵抗성이 강하다고 한 내용으로 미루어 보아 中間落수를 2~3회 실시하는 것이 倒伏輕減에 유리할 것으로 생각된다. 挫折重은 常時湛水에 비하여 落水回數가 많을수록 무거웠고 倒伏指數는 常時湛水가 488로 가장 높았으며 落水回數가 많을수록 낮아지는 경향으로 3회 낙수에서도 320으로서 圃場自然倒伏이 일어날 조건인 250을 초과하여 태풍의 영향이 아니더라도 倒伏條件이 되었다.

'94년과 '95년 모두 등숙기인 8월 하순에 集中豪雨를 동반한 태풍으로 自然圃場倒伏이 발생되었는데 倒伏程度는 常時湛水 9 < 1回落水 5 < 2回落水 3 < 3回落水 2의 순으로 中間落水回數가 많을수록 倒伏이 輕微하게 발생되어 도복지수와 같은 경향으로 나타났다.

Table 4. Dry weight of root and root distribution rate of rice plant in different soil depth as affected by midsummer drainage times in 1994~1995

Drainage times	Dry weight of root (g/30culm)	Root distribution rate(%)					
		0~5cm [↓]	5~10cm	Subtotal	10~15cm	15~20cm	Subtotal
0	15.1	65.4	26.3	91.7	5.8	2.5	8.3
1	16.2	63.0	26.2	89.2	8.0	2.8	10.8
2	16.5	60.8	25.7	86.5	9.7	3.8	13.5
3	16.5	60.4	24.4	84.8	10.6	4.6	15.2

[↓] : Depth of soil layer

Table 5. Lodging characters at 20 days after heading and field lodging of rice plant as affected by midsummer drainage times in 1994~1995

Drainage times	Culm length (cm)	Panicle length (cm)	Ht. of center gravity (cm)	Top fresh weight (g/plant)	Moment (g.cm)	Breaking weight of 4th internode	Lodging [↓] index	Field lodging (0~9)
0	89	20.8	49.2	15.5	1,607	349	488	9
1	88	20.5	48.1	14.9	1,549	378	428	5
2	85	19.9	46.6	14.2	1,432	402	371	3
3	82	19.4	45.0	13.5	1,299	428	320	2

[↓] : $\frac{\text{Top fresh weight (Culm length + Panicle length)}}{\text{Breaking weight of 4th internode}} \times 100$

5. 收量 및 쌀 品位

表 6에서와 같이 出穗期는 中間落水 回數間에 차이가 없었으며, m²당 穗數와 粒數는 常時灌水에 비하여 中間落水 回數가 많을수록 적었다. 登熟比率는 倒伏이 심하게 발생하였던 常時灌水는 82%로 비교적 낮았고, 1회 낙수에서는 87%, 2~3회 낙수에서는 91%로 높아졌으며, 玄米 1,000粒

重도 常時灌水에 비하여 落水回數가 많을수록 증가되었다. 쌀수량은 常時灌水에서 보다 中間落水 2~3회 실시에서 8~9%가 증수되었다.

玄米의 외견상 품위는 表 7에서와 같이 常時灌水에 비하여 中間落水 回數가 많을수록 완전립 비율이 높았는데 이는 落水回數가 많을수록 倒伏 發生이 輕微하였기 때문이었던 것으로 생각된다.

Table 6. Rice yield and its components as affected by midsummer drainage times in 1994~1995

Drainage times	Heading date	No. of panicle per m ²	No. of spikelet per m ² (×1,000)	Percent ripened grain	1,000 grain weight (g)	Milled rice yield (MT/ha)
0	Aug. 22	472	33.0	82	23.1	4.90(100)
1	Aug. 22	457	31.4	87	23.6	5.30(108)
2	Aug. 22	437	30.0	91	23.9	5.34(109)
3	Aug. 22	428	28.9	91	24.3	5.26(107)
C.V(%)	-	-	-	-	-	4.1
L.S.D(5%)	-	-	-	-	-	0.48

Table 7. Grain quality of brown rice as affected by midsummer drainage times in 1994~1995

Drainage times	Perfect grain rate (%)	Imperfect grain rate(%)		
		Green grain	Others	Total
0	88.2	8.8	3.0	11.8
1	90.7	7.2	2.2	9.3
2	91.4	6.5	2.1	8.6
3	92.1	5.9	2.0	7.9

摘 要

벼 湛水表面直播栽培時 물관리 방법이 生育 및 倒伏에 미치는 영향을 구명하고자 1994~1995년 까지 2개년에 걸쳐 湖南農業試驗場 試驗圃場인 全北統(微砂質壤土)에서 東津벼를 供試하고 中間落水回수를 달리하여 生育 및 倒伏形질을 검토한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 中間落水 回數가 많을수록 상시담수보다 草長과 稈長이 短縮되었고 m²당 最高 分蘖數, 穗數는 적어졌다.
2. 中間落水 回數가 많을수록 土壤硬度가 높았고, 뿌리량이 많았으며 뿌리의 심층분포 비율도 높은 경향이였다.
3. 中間落水 回數가 많을수록 重心高, 生體重, 모멘트는 낮아지고 挫折重은 무거워져 倒伏指數가 낮아졌으며, 圃場倒伏도 輕減되었다.
4. 中間落水 回數가 많을수록 登熟比率 및 1,000粒重이 증가되었고, 쌀수량은 常時湛水에서 보다 8~9% 증수되었다.

따라서 벼 湛水表面直播栽培時는 中間落수를 2~3회 실시하는 것이 倒伏輕減, 收量增大 및 米質向上을 위한 효과적인 물관리 방법으로 생각되었다.

LITERATURE CITED

1. Choi M.G, Kim S.S, Lee S.Y and Choi S.Y. 1995. Influence of midsummer dr-

- ainage on growth and lodging of rice in direct seeding on dry paddy. Korean J. Crop Sci, 40(5):574-579.
2. Choi C.D, Kim S.C and Lee S.K. 1990. Lodging related traits of rice plants as affected by 'KIM-112' application. Korean J. Crop Sci, 35(3):218-223.
3. Guh J.O and Im I.B. 1992. Change in weed problems as influenced by transition of cultural pattern into direct seeding. Korean J. of Weed Sci, 12(3):223-229.
4. Hitaka N. 1968. Experimental studies on the mechanisms of lodging and of its effect on yield in rice plants. Bull. Natl. Ins. Agr. Sci, A, 15:1-175.
5. Ku Y.C, Kim K.H and Oh Y.J. 1993. Changes of weed flora under direct seeded rice cultivation in dry paddy field. Korean J. of Weed Sci, 13(2):159-164.
6. Im I.B, Lee S.Y and Im M.S. 1987. Growth and lodging of paddy rice as affected by paclobutrazol application under the different level of nitrogen fertilizer. Korean J. of Weed Sci, 7(2):171-178.
7. Kim C.K, Kim S.S, Jun B.T and Park S. H. 1990. Effect of inabenfide and uniconazol application on the growth and lodging of rice plant under the different nitrogen level. Res. Rept. RDA(R) 32(2):42-48.
8. Kim J.K, Lee M.H and Oh Y.J. 1993. Lodging pattern of rice plant in broadcast-seeded and hand-transplanted cultivation. Korean J. Crop Sci, 38(3):219-227.
9. Kim S.C. 1992. Weed ecology and effective weed control technology in direct-seeded rice. Korean J. of Weed Sci, 12(3):230-261.
10. Kim S.S, Choi W.Y, Seok S.J, 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. Korean J. Crop Sci. 40(1):33-38.
11. Lee M.H, Oh Y.J and Park R.K. 1991. Lodging mechanisms and reducing damage of rice plant. Korean J. Crop Sci. (meteorological disaster II):383-393.
 12. Oh Y.J and Kim C.K. 1992. Improvement of seedling stand and lodging prevention in direct seeded rice. Korean J. of Weed Sci. 12(3):200-222.
 13. 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.
 14. 瀬古秀生, 佐本啓智, 鈴木嘉一郎. 1957. 水稻の倒伏に及ぼす二, 三栽培条件の影響 (I). 日作紀 26(2):90-92.
 15. 山本健吾, 氏家四郎. 1958. 水稻倒伏の原因とその対策(1). 農業および園藝 33(5):758-762.