

벼 무논골뿌림 栽培時 中間落水 回數가 倒伏 및 生育에 미치는 影響

金尙洙* · 崔元永* · 石順鍾* · 李善龍* · 金鍾昊 · 趙東三**

Influence of Midsummer Drainage Times on Lodging and Growth of Rice in Direct Drill Seeding Culture on Puddled Soil

Sang Su Kim* · Weon Young Choi* · Soon Jong Seok* · Seon Yong Lee*
Jong Ho Kim* and Dong Sam Cho**

ABSTRACT : This experiment was conducted to elucidate the effect of the midsummer drainage times on lodging characters, field lodging and yield in direct seeding rice culture in puddled soil. Dongjinbyeo was seeded at May 11 by seeding machine with 4cm of furrow depth and drained, one(50days after seeding (DAS)), two (30DAS and 50DAS), and three times (30DAS, and 50DAS and 60DAS). The results are as follows.

Culm length was shorten and the wall of N3, N4 were thicken as the drain-age times were increased. As the drainage times were increased breaking weights were increased but the lodging index were decreased. Lodging was occurred seriously at none drainage, but wasn't occurred two or three times drainage. Yield was higher at 1~2 times drainage compared with none and three times drainage. Therefore, two times midsummer drainage is recommend-able water management method for direct seeding rice culture in puddled soil.

Key words : Rice, Direct seeding, Puddled soil, Midsummer drainage, Lodging

우리나라는 1970年代에 食糧增産의 一環으로 統一型 品種인 統一벼를 비롯한 많은 統一系 品種이 育成 普及되어 食糧 自給은 물론이고 農家 所得向上 및 國家 經濟發展에 크게 이바지하였으나 단간 耐倒伏性인 統一系 品種의 擴大普及과 더불어 窒素 施肥量이 크게 增加되었다. 한편 1981年 以後는 經濟發展과 所得向上에 따라 多收性인 統一系 品種보다는 良質인 一般系 品種을 選好하게 되었고 이에

따라 統一系 品種보다는 一般系 品種이 많이 育成 普及되게 되었다.

一般系 品種은 統一系 品種보다 대체로 稈이 가늘고 길어 倒伏되기 쉬움에도 불구하고 一般農家에서는 增收를 위하여 一般系 品種에도 統一系 品種과 같은양의 많은 窒素質 肥料를 施肥하는 實情으로 倒伏 危險性이 增大되고 있다. 더욱이 省力栽培의 일환으로 直播栽培面積이 增加되고 있는데,

* 湖南農業試驗場(Honam Agricultural Experimental Station, RDA, Iri 570-080, Korea)

** 忠北大學校(Chungbuk Nat'l University, Cheongju 360-763, Korea)

〈'94. 9. 5. 接受〉

移秧栽培보다 直播栽培에서 倒伏이 發生하기 쉬우며 移秧栽培에서의 倒伏은 彎曲倒伏과 挫折倒伏으로 大別되고 있으나, 直播栽培의 一種인 湛水表面直播은 줄기가 土中에 埋沒되지 않으므로 넘어지는 部位가 地表面의 뿌리부분으로 이를 뿌리倒伏 또는 根部倒伏이라 한다^{12,15,17}).

벼의 倒伏은 氣象環境과 生育狀態에 의해 影響을 크게 받는데 倒伏이 일어나는 時期는 出穗後로 이삭이 무거워짐에 따라 moment가 커져서 일어나는 境遇^{16,17}, 과비밀식 등으로 下位節間의 異常伸張과 세장 또는 문고병, 벼멸구 등에 의한 葉초의 損傷으로 下位節間 部位의 挫折強度가 약해짐으로써 일어나는 境遇^{13,16,18,19}, 그리고 淺根 및 뿌리의 老化 등으로 地上部에 대한 뿌리 및 土壤의 支持力이 약해지는 境遇로 大別되며^{9,10,18,19,20} 여기에 비, 바람 등의 外的인 힘이 作用하여 일어난다^{2,3}.

水稻는 倒伏이 發生하면 受光態勢가 不良하여 光合成 作用이 減退하고 通導組織障害에 의해 養水分의 吸收移行의 沮害 등으로 收量이 減少할 뿐만 아니라 登熟不良, 수발아 등으로 米質이 저하되며 收穫作業에 많은 勞力이 必要하고^{2,3} 특히 콤바인 등의 機械收穫이 어려워져 쌀 生産費를 加重시킨다.

따라서 最近에는 倒伏에 관한 研究가 많은 研究家들에 의해서 栽培의인 方法, 生長調整劑 利用等 각각적으로 檢討되고 있으나^{1,3,7,8,10,11,17} 倒伏輕減에 대한 劃期的인 對策에 대한 研究는 아직 未洽한 實情이다. 倒伏防止의 一選으로 Paclobutrazol, Uniconazol, Inabenfide, Flurprimide, Kim-112 등 몇가지 生長調整劑를 利用하여 稈長 특히 下位節間을 短縮시키고 稈壁을 두껍게 하여 倒伏을 輕減시키고자 하는 研究들^{4,5,6,7,8,9,14,16}이 推進되었으나 이들 生長調整劑는 殘留毒性 問題와 減收等 害作用이 있어 현재 告示登錄되어 實用化되고 있는 生長調整劑는 Inabenfide G.뿐이며 稻熱病 防除 藥劑인 IBP G.의 出穗前 30~40日 處理 뿐이다.

그런데 Inabenfide G.는 處理適期가 出穗前 40~50日으로써 이 時期는 穗肥施用 時期보다 20~25日 程度 빨라 倒伏 發生을 豫測하기가 어렵고, 값이 비싸서 無處理에서도 倒伏이 發生하지 않을

境遇 撒布勞力 등의 經費만 增大되어 쌀 生産費만 加重시키게 된다. 한편 崔等¹⁾은 乾畚直播 栽培時 管轄 물관리 (1回中間落水)에서는 倒伏이 發生하였으나 2~3回 中間落水에서는 뿌리량이 많고 뿌리의 深土分布比率이 많으며 重心고가 낮고, 挫折重이 무거워 倒伏이 發生하지 않았다고 하였으며 金等^{10,11)}은 籾 移秧栽培에서 中間落수를 實施함으로써 倒伏이 輕減되었다고 하였다.

따라서 本 報告에서는 벼 湛水直播栽培의 一種인 무논골뿌림 栽培時 中間落水 回數가 벼 生育, 倒伏形質 및 倒伏에 미치는 影響을 究明하여 무논골뿌림栽培 倒伏輕減對策으로 活用하고자 檢討한 結果를 報告하는 바이다.

材料 및 方法

벼 무논골뿌림 栽培時 中間落水 回數가 倒伏 및 生育에 미치는 影響을 究明하고자 1993년에 湖南 作物試驗圃場인 全北統(微砂質壤土)에서 東津벼를 供試하여 乾種子 5kg/10a를 Prochloraz 유제 2000배액에 24時間 浸漬消毒한 後 浸種하여 2~3mm 최아 시켜 5月 11日에 乘用移秧機附着 무논골뿌림 播種機 (作溝裝置: 상단폭 6cm, 하단폭 4cm, 골깊이 4cm)로 播種하였다. 물管理는 播種後 8日부터 2日間 눈그누기를 實施하였고 中間落水는 1回落水(播種後 50日), 2回落水(播種後 30, 50日), 3回落水(播種後 30, 50, 60일)로 하였고 對比로 常時湛水區를 두었으며 落水期間은 各 落水時期마다 5~7日(실금갈 정도)로 하였다. 試驗區配置는 單區制로 하여 구당 3反復을 調査하였으며 本畝 施肥量은 窒素-磷酸-加里=11-7-8kg/10a로 하고 窒素는 基肥-分蘖肥(5葉期)-穗肥=40-30-30%로 磷酸은 全量基肥, 加里는 基肥:穗肥=70:30%로 分施하였다. 出穗後 20日에 倒伏形質을 調査하였는데 挫折重은 Dial平型 挫折強度測定器로 葉초를 除去하지 않은 채로 測定하였고 其他 倒伏形質, 葉綠素, 生育 등은 農村振興廳 試驗研究 調査基準에 따라 調査하였다.

結果 및 考察

1. 葉綠素 含量 및 節間長

무논골뿌림 栽培畝에서 中間落水 回數를 달리하고 幼穗形成期 葉綠素 含量과 節間長의 變化를 調査하였던 바 그 結果는 表 1과 같다.

幼穗形成期の 葉綠素 含量은 常時湛水에서 3.50mg / F.W로 가장 많았고 中間落水回數가 많을수록 적어지는 傾向으로 3回落水處理에서는 2.70mg / F.W로 顯著히 減少하였는데 이는 落水回數가 많을수록 乾畝期間이 길어져서 窒素가 揮散되는 等 窒素 流失이 많아 稻體의 窒素 吸收量이 적었기 때문으로 생각된다.

落水回數에 따른 稈長의 變化는 表 1에서와 같이 落水回數가 많을수록 짧아지는 傾向으로 3回落水에서는 常時湛水에 비하여 5.9cm가 短縮되어 常時湛水對比 7%의 稈長短縮을 보였다. 이는 前述한 바와 같이 落水回數가 많을수록 稻體의 窒素吸收量이 적어 節間伸張期에 窒素含量이 적었기 때문으로 생각된다. 한편 常時湛水에 대한 3回落水 處理의 節間別 短縮程度를 살펴보면 第1節間에서는

0.2cm로 단지 0.7%의 短縮率을 보였으나 倒伏에 가장 影響을 보이는 下位節間인 第4節間과 第5節間の 短縮程度는 두 節間 모두 1.1cm로 각각 9.2%와 18.3% 短縮을 보였다.

全體 節間長에 대한 각 節間の分布程度를 보면 表 2에서와 같이 上位節間인 N₁의 分布率은 常時湛水보다 落水回數가 많을수록 1~2%가 많았고 반면 倒伏과 關聯이 큰 下位節間인 N₅은 常時湛水에 비하여 中間落水處理에서 落水回數에 관계없이 1%가 적었다. 따라서 中間落水回數가 많을수록 倒伏 抵抗性이 커지는 것을 알 수 있었다.

2. 稈의 形質變異

中間落水 回數別로 倒伏發生과 關係가 크다는 下位節間인 N₃ (第3節間), N₄ (第4節間)의 形質¹⁷⁾을 表 3에서 살펴보면 다음과 같다.

稈太는 N₃, N₄ 모두 中間落水回數가 많을수록 多少 가늘어지는 傾向이었는데 이는 落水回數가 많을수록 窒素 吸收量이 적어 常時湛水에 비해 生育이 多少 不振했던데 基因된 것으로 생각되며 이는 林等^{4,13)}이 報告한 窒素 施肥量이 많을수록 稈太가 두꺼워진다는 報告와 비슷한 傾向이었다. 稈壁는 Cellulose, Lignin 등의 구성물로 양수분의 蓄積과 通路임은 물론 地上部 支持作用에 없어서는 안될 主要形質로서 倒伏에 影響을 미치는데^{18,19)} 落水回數에 따른 稈壁두께의 變化는 N₃, N₄ 모두 落水回數가 많을수록 두꺼워지는 傾向으로 常時湛水에 비하여 落水處理에서 N₃에서 0.01~0.03mm, N₄에서 0.04~0.05mm가 두꺼웠다.

한편 單位길이당의 N₃, N₄의 乾物重(充實度)을 보면 N₃는 常時湛水에 비하여 1回, 2回落水에서

Table 1. Chlorophyll content and internode length under different drainage times

Drainage times	Chlorophyll(mg /F.W)	Internode length (cm)					
		N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	N ₅	Total
0	3.50	30.7	20.5	14.4	12.0	6.0	83.6(100)
1	3.30	30.7	20.0	13.6	11.3	5.7	81.2(97)
2	2.75	30.6	19.9	13.3	11.1	5.5	80.4(96)
3	2.70	30.5	19.3	12.2	10.8	4.9	77.7(93)

* N₁~N₅ means the order of internode from the top
Figures in parentheses indicated percent value from the control

Table 2. Percent contribution of different internode of the culm length

Drainage times	Percent contribution					
	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	N ₅	Total
0	37	25	17	14	7	100
1	38	25	17	14	6	100
2	38	25	17	14	6	100
3	39	25	16	14	6	100

Table 3. Culm diameter, wall thickness, and dry weight under different drainage times

Drainage times	Culm diameter (mm)		Wall thickness (mm)		Dry weight (g/cm)	
	N ₃	N ₄	N ₃	N ₄	N ₃	N ₄
	0	3.42	3.68	0.47	0.52	0.13
1	3.37	3.65	0.48	0.53	0.17	0.32
2	3.37	3.65	0.49	0.53	0.17	0.31
3	3.19	3.38	0.50	0.55	0.16	0.31

0.4g이, 3회落水에서 0.3g이 무거웠고 N₄에서는 常時湛水에 비하여 1회落水에서 0.5g, 2회와 3회落水에서 0.4g이 무거운 稈壁의 充實度는 1~2회落水에서 가장 良好하였다.

3. 倒伏形質 및 圃場倒伏程度

中間落水回數에 따른 倒伏形質 및 圃場倒伏程度는 表 4에서와 같다.

稈長은 中間落水回數가 많을수록 2~5cm程度가 작아지는 傾向을 보였는데 이는 落水回數가 많을수록 窒素가 揮散되어 節間伸張期에 稻體內窒素含量이 적었기 때문으로 생각되며, 重心高 역시 落水回數가 많을수록 낮아지고 生體重도 落水回數가 많을수록 가벼워지는 傾向이었다. 또한 Moment는 稈長이 길고 生體重이 무거웠던 常時湛水區에서 가장 컸고 落水回數가 많을수록 적어지는 傾向이었다. 挫折重은 常時湛水에 비하여 落水回數가 많을수록 컸는데 이는 前述한 바와 같이 落水回數가 많을수록 下位節間的 稈壁이 두껍고 稈壁의 充實度가 높았는데 基因된 것으로 보며 이는 崔 등¹⁾의 報告內容과 비슷한 傾向이었다. 따라서 倒伏指數는 常時湛水가 가장 크고 落水回數가 많을수록 적어지는 傾向이었으며 出穗後 20日에 降雨을 同伴한 強風(12m/sec)이 불어 圃場倒伏이 發生하였는데 倒伏程度는 常時湛水에서는 7程度로 倒伏이 심하게 發生하였고, 1회落水에서는 2程度로 輕微한 倒伏이 發生하였으며, 2회와 3회落水에서는 倒伏이 發生하지 않았다.

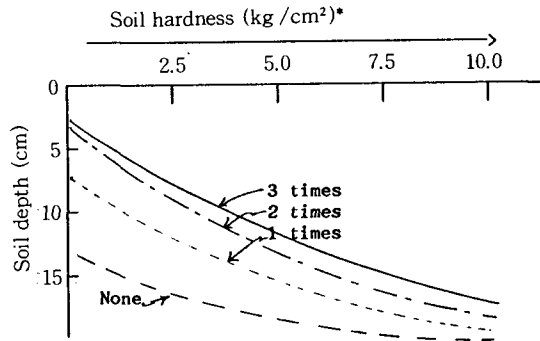
4. 出穗期 土壤硬度 및 뿌리分布

耕土의 硬度는 즐기의 支持力과 關聯하여 倒伏

抵抗性和 密接한 關係가 있어 硬度가 높을수록 倒伏發生이 적다고 하는데^{15,18,19)} 出穗期에 SR-Type 圓錐貫入抵抗器로 土壤硬度를 測定한 結果는 그림 1에서와 같이 落水回收에 따라 硬度測定이 可能한 土壤深度는 3회落水 2.5cm, 2회落水 4cm, 1회落水 7cm였고 常時湛水에서는 12cm에서부터만 測定이 可能하였으며 土深 10cm에서의 土壤硬度는 3회落水 4kg/cm², 2회落水 3kg/cm², 1회落水 2kg/cm²로 落水回收가 많을수록 增加하는 傾向이었다. 따라서 倒伏輕減을 위해서는 中間落수를 많이 하는 것이 有利한 것을 알 수 있었다.

한편 벼 直播栽培에서는 뿌리량이 많고 튼튼하며 뿌리의 深層分布率이 큰 것이 倒伏輕減에 有利하다고 하는데^{18,19,20)}, 落水回數에 따른 뿌리량 및 뿌리의 土層別 分布比率를 調査한 結果는 表 5와 같다.

뿌리량은 2회落水까지는 落水回數가 많을수록 增加하였으나 3회落水에서는 多少저하되었으며,



* : SR-Type Cone penetrate resistance tester

Fig. 1. Soil hardness at heading stage under different drainage times.

Table 4. Lodging characters and field lodging under different drainage times

Drainage times	Culm length (cm)	Ht. of center gravity(cm)	Fresh weight (g)	Moment (g)	Breaking* Wt. of N3 (g)	Lodging** index	Field lodging (0~9)
0	86.6	46.0	14.5	1,256	815	154	7
1	84.3	46.0	13.9	1,171	821	143	2
2	83.3	44.0	12.0	1,000	871	115	0
3	81.5	42.0	12.0	978	906	108	0

* : Include leaf sheath, ** : $\frac{\text{Culm length} \times \text{F. W.}}{\text{Breaking Wt. of N}_4}$

Table 5. Root distribution as the soil depth under different drainage times

Drainage times	D.W of root (g / 30culm)					Root distribution rate (%)					
	cm*					cm*			cm*		
	0-5	5-10	10-15	15-20	Total	0-5	5-10	Total	10-15	15-20	Total
0	14.4	6.4	3.4	0.7	24.9	57.9	25.7	83.5	13.7	2.8	16.5
1	14.0	9.5	5.5	1.5	30.5	45.9	31.1	77.0	18.0	4.9	22.9
2	13.4	10.1	5.7	1.7	31.0	43.2	32.6	75.8	18.5	5.7	24.2
3	10.9	13.9	2.5	1.3	27.3	43.5	32.0	75.5	18.4	6.1	24.5

cm* : Soil depth

Table 6. Yield and yield components under the different drainage times

Drainage times	Head ing date	No. of panicle	No. of grain per panicle	No. of grain per m ² (x 1000)	Ri-pened grain ratio (%)	Wt. of 1000 grains (g)	Mill-ed rice yield (kg / 10a)	Yield index
0	Aug.24	429	77	33.2	89	23.6	504	94
1	Aug.23	357	82	29.1	98	24.7	535	100
2	Aug.23	357	82	29.2	96	24.8	531	99
3	Aug.23	348	75	26.1	97	25.0	501	94

LSD (5%) ----- 33
C.V (%) ----- 4.4

表土인 0~5cm의 뿌리량은落水回數가 적을수록增加하여 常時湛水에서 가장 많았고 深土인 10~20cm의 뿌리량은 2回落水까지는落水回數가 많을수록增加하였으나 3回落水에서는減少하여 常時湛水와 비슷한水準을 보였다.

한편 土深別 落水回數에 따른 뿌리의 分布比率은 表 5에서와 같이 0~10cm에서는落水回數가 많을수록減少하는 傾向이었으나 10~20cm의 深土에서는 表土인 0~10cm와 反對傾向이었다.

따라서 뿌리량 및 뿌리分布比率로 볼 때 中間落水를 2回 하는 것이 常時湛水보다 倒伏輕減에 有利하다고 생각된다.

5. 生育 및 收量

中間落水回數에 따른 生育 및 收량은 表 6에서 보는 바와 같이 出穗期는 常時湛水에서만 1日이 遲延되었고 其他 處理間에는 差異가 없었다. 穗數는 落水回數가 많을수록增加하였으며 1穗粒數는 2回落水까지는落水回數가 많을수록增加하였으나 3

Table 7. Rice grain quality under the different drainage times

Drainage times	Perfect gain ratio (%)	Imperfect grain ratio (%)		
		Green grain	The others	Total
0	90.3	6.3	3.4	9.7
1	96.0	0.6	3.4	4.0
2	96.1	0.6	3.3	3.9
3	96.2	0.5	3.3	3.8

回落水에서는 常時湛水와 비슷하였으며 單位面積當粒數는 常時湛水에서 가장 많았고 1回落水와 2回落水間에는 비슷하였으며 3回落水에서 가장 적었다. 3回落水에서 穗數 및 1穗粒數가 적어 單位面積當粒數가 적었던 것은 乾畚期間이 過多함에 따라 養分, 특히 窒素의 揮散이 커서 窒素 吸收量이 不足하였던데 基因된 것으로 생각된다.

한편 倒伏發生이 심하였던 常時湛水區에서는 登熟比率이 顯著히 減少하고 玄米千粒重이 가벼워졌으며 쌀 收量은 1回 및 2回落水處理에서 많았고 登熟比率이 낮고 玄米千粒重이 가벼웠던 常時湛水와 單位面積當粒數가 적었던 3回落水에서 多少減少하는 傾向이었다. 한편 處理別 玄米의 外見上 米質을 살펴보면 表 7에서 보는바와 같이 倒伏發生이 심하였던 常時湛水區에서는 中間落水處理區에 비하여 完全粒이 적고 不完全粒 比率이 많았으며, 특히 靑米比率이 많았다.

摘 要

벼 무논골뿌림栽培時 倒伏防止를 위한 물管理方法을 究明하고자 東津벼를 5月 11日에 골깊이를

4cm로 하여 播種하고 中間 落水 回數를 달리하여 倒伏形質 및 生育을 檢討한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 常時湛水에 비하여 落水回數가 많을수록 節間長이 짧았으며 N₃, N₄의 稈太는 落水回數가 적을수록 굵었으나 稈壁은 落水回數가 많을수록 두꺼웠으며 乾物重은 1~2回 落水에서 常時湛水나 3回落水에 비하여 무거웠다.
2. 落水回數가 많을수록 稈長이 작고 生體重이 가벼웠으나 挫折重은 무거워서 倒伏指數가 적었으며 倒伏은 常時湛水에서 심하게 發生하였고 1回 落水에서는 약간 發生하였으며 2回와 3回 落水에서는 發生하지 않았다.
3. 出穗期の 土壤硬度는 落水回數가 많을수록 컸으며 뿌리량은 1~2回 落水에서 많고 뿌리의 深層分布比率은 落水回數가 많을수록 높았다.
4. 收量은 1~2回 落水에서 常時湛水와 3回 落水에 비하여 많았고 落水回數가 많을수록 米質이 良好하였다.
5. 따라서 벼 무논골뿌림 栽培時는 播種後 30日과 播種後 50日에 실금갈 程度로 落水하는 것이 倒伏防止 및 收量增大를 위한 適切한 水管理方法으로 생각된다.

引用文獻

1. 崔旻圭 外 5人. 1991. 벼 乾畚直播 栽培法 改善에 의한 倒伏 輕減 試驗. 湖試研報:205~208.
2. Hitaka, N. and H. Kobayashi. 1961. Studies on the lodging of Rice Plant (1) Preliminary Studies on the Translocation in Lodged Stem Jap. Crop Sci. 30:116-119
3. Hitaka, N. 1986. Experimental Studies on the Mechanism of Lodging and of its Effect on Yield in Rice Plant. Nat. Ins. Agr. A 15:1-175.
4. 任日彬, 李善龍, 林茂相. 1987. 窒素水準이 다른 條件下에서 Paclobutrazol 處理가 水稻 生長 및 倒伏에 미치는 影響. 韓雜誌 7(2):171-178.
5. 任日彬, 李善龍, 金鍾吳. 1988. Paclobutrazol 處理가 水稻 生育 및 倒伏關聯 形質에 미치는 影響. 韓雜誌 8(3):324-329.
6. 任日彬, 田炳泰, 朴錫洪. 1989. KIM-112 處理가 水稻 節間伸長과 倒伏形質에 미치는 影響. 韓雜誌 9(3):221-229
7. 任日彬 外 4人. 1993. Trinexapac-ethyl(CGA 163935) 處理가 水稻의 生育 및 倒伏에 미치는 影響. 韓雜誌:19-25.
8. 姜基京. 1983. Paclobutrazol이 水稻 生育에 미치는 影響. 서울 農大 大學院 碩士 論文集 :1-76.
9. 川延謹造. 1953. 2. 4-D 撒布による水稻倒伏防止. 農及園 28:823-826.
10. 金達洙 外 3人. 1967. 水管理에 의한 水稻 倒伏防止 試驗. 湖試研報:492-506.
11. _____. 1968. 加里追肥에 의한 水稻 倒伏防止 試驗. 湖試研報:492-506.
12. 金帝圭, 李文熙, 吳潤鎮. 1993. 벼 湛水直播栽培와 畚移秧栽培의 倒伏發生 樣相. 韓作誌 38(3):219-227.
13. 金丁坤, 金尙洙, 田炳泰, 朴錫洪. 1990. 窒素水準이 다른 條件下에서 Inabenfide와 Uniconazol 處理가 水稻 生育 및 倒伏에 미치는 影響. 農試論文集(水稻篇) 32(2):42-48.
14. 北陸農試. 1980. 生長調節劑에 의한 倒伏防止效果, 專門別 總捨會議成績摘錄集:124-128.
15. 李善龍外 4人. 1993. 벼 湛水直播栽培의 現況과 問題點 및 今後 研究課題. '93 直播栽培研究 :58-76.
16. 吳世文의 1人. 벼 倒伏 關聯 形質에 미치는 Paclobutrazol과 Fluprimide의 處理效果. 韓雜誌 4(2):163-168.
17. 小芥廣美, 鷺尾 養. 不耕起 直播 水稻의 倒伏防止에 관한 研究. 中國農試 A 25:29-66.
18. 山本健吾, 氏家四郎. 1958. 水稻 倒伏原因과 그 對策 (I). 農及園 33(5):758-762.
19. _____, _____ (II). 農及園 33(6):901-903.
20. 米野 操. 1988. 山形縣에 있어서 湛水直播栽培의 現況. 農技術 43(5):198-202.