

Paclobutrazol 處理時期가 벼의 倒伏形質과 收量에 미치는 影響

李錫淳* · 金台柱*

Lodging Related Traits and Yield of Rice as Affected by Time of Paclobutrazol Application

Suk Soon Lee* and Tae Joo Kim*

ABSTRACT

An experiment was carried out to know the effects of paclobutrazol application time on the lodging related traits and yield of a rice variety, Seonjinbyeo, at two nitrogen levels. Paclobutrazol (3kg 10a of 0.6% G) was applied 43, 33, 23, and 13 days before heading (DBH) and lodging related traits were observed 10, 20, 30, and 40 days after heading (DAH).

Earlier applications of paclobutrazol reduced the length of lower internodes and later applications reduced the upper internodes. Culm length tended to decrease as time of paclobutrazol application delayed. Although lodging was not occurred in all plots, lodging index of paclobutrazol treated plots was lower than that of control and increased with maturity. Fresh weight of shoot increased up to 30 DAH and then decreased. Both fresh weight and breaking strength did not show consistent tendency with time of paclobutrazol application and observation. Direct effect of shoot fresh weight contributing to lodging index decreased with maturity, but that of breaking strength and culm length was similar during the ripening stages. Direct effect contributing to lodging index was greater in the order of breaking strength culm length, and fresh weight 40 DAH. Starch content of culm base decreased up to 20 DAH and then increased up to 40 DAH. Cellulose content increased up to 20 DAH, but hemicellulose and lignin did not change significantly during the ripening stages. Starch, cellulose, hemicellulose, and lignin contents of culm base did not correlated with breaking strength and time of paclobutrazol application did not show consistent results. Paclobutrazol applied 13 DBH did not reduce yield of rice, but the earlier applications reduced yield due to a reduced number of spikelets per panicle.

序 言

水稻는 幼穗形成期 以前에는 줄기의 筋間伸長이 되지않아 倒伏되지 않으며, 出穗期에는 稈長은 커지 만 이삭이 發達되어 있지 않아 地上部의 무게가 무 겁지 않을 뿐 아니라 줄기에 cellulose, lignin, hemicellulose 등 細胞壁 構成物質이 급격히 蓄積

되어 倒伏이 잘 發生되지 않는다. 그러나, 점차 種 實에 澱粉이 蓄積됨에 따라 이삭이 무거워져 무게 중심이 높아지고, 地上部의 무게도 增加하며, 稈과 葉鞘로부터 養分移動과 이들의 老化 및 罹病 등으 로 줄기가 弱해지면 倒伏하기 쉽게 된다.^{12,16)} 특히 벼의 生育期로 보면 出穗後 30日 以後, 時期的으로 보면 우리 나라에서는 9月 中·下旬에 強風을 同伴 한 降雨가 있을 때 흔히 倒伏이 發生된다.

* 嶺南大學校 農畜產大學 (College of Agri. and Animal Sci., Yeungnam Univ., Gyeongsan 713-749, Korea) <88. 8. 13 接受>

倒伏의被害는發生時期에 따라 다른데 일찍倒伏되면登熟이不良하여靑米나碎米가 많아지고, 이삭이 물에 잠기면穗發芽가 되어쌀의品質의低下는 물론收量이減少한다. 또,倒伏된벼를세우거나收穫하는데勞動力이 많이消耗될 뿐 아니라機械收穫이不可能하여栽培에 어려움이 있으므로倒伏防除를 위한積極的인努力이必要하다.

倒伏은耐倒伏性인統一型品種을栽培하거나小肥疎植에서는 잘發生하지 않지만倒伏에比較的弱한日本型品種을多收穫하기 위하여多肥密植할 때 잘發生한다.倒伏을抑制하는栽培方法是窒素分施, 中間落水, 加里 및珪酸增施, 2,4-D와키타진處理 등이 있으나^{5,12,15)} 그效果가確實하지 않은境遇가 많다. 또, 우리나라에서 CCC, B-995, RH 531 등生長抑制劑를利用하여試驗한結果稈長의短縮으로倒伏抑制效果는 현저하였지만 이삭길이 단축, 稈實障害 등으로收量이減少하여實用化되지 못하고 있다.¹⁰⁾ 그러나,最近開發된 paclobutrazol (PP 333)의處理로機械移秧苗에서는草長을短縮하고, 育苗期間이 긴境遇에도 어느程度健苗를維持할 수 있을 뿐 아니라^{8,9)} 본畝에서는稈長의短縮으로倒伏이抑制되었고 다른生長抑制劑와는 달리 1g a. i. / 10 a 水準을出穗前 15~20일에處理하였을 때는收量이減少하지 않으며, 無處理에서倒伏이發生하는境遇에는 오히려收量이 많아져 paclobutrazol의稈長短縮에 의한倒伏抑制效果와벼의生育과收量에 미치는 데 관한研究는 많으나^{1,2,3,7,8,9, 10, 12, 13)} paclobutrazol이出穗後稈基의强度和細胞壁構成物質의變化등에 미치는影響에 관한研究는 극히 적다. 그래서, 본研究에서는 paclobutrazol 處理時期가出穗後벼의倒伏關聯形質의變化와收量에 미치는影響을調査하여 paclobutrazol의倒伏抑制要因究明과 알맞는 paclobutrazol 處理時期를알고자實施하였다.

材料 및 方法

本試驗은 1985年慶北慶山에 있는嶺南大學校農畜産大學附屬農場에서實施하였다. 供試品種으로는日本型인蠟津벼를保溫折衷못자리에서 44日間育苗하여 5月 31일에株當 4畝씩 30×15cm 間隔으로移秧하였다.

窒素施肥量은成分量으로 12 및 18 kg / 10 a 이었는데 이것을基肥 : 分蘖肥 : 穗肥의比率이 50 :

20 : 30 이 되도록分施하였으며, 磷酸과加里는各各 15 kg / 10 a 水準으로全量을基肥로施用하였다.

paclobutrazol은成分含量이 0.6%인粒劑를製品量으로 3 kg / 10 a (成分量 : 18 g / 10 a)의水準으로出穗前 13, 23, 33, 43일에施用하였으며, 窒素施肥量을主區로 하고 paclobutrazol 處理時期를細區로한分割區配置 4反覆으로試驗 및 分析하였다.

節間長은出穗後 10일에區當 5株를地面에 가까운 곳에서刈取하여各分蘖을稈長의크기로늘어놓은後가장큰것 2, 중간인 것 2, 작은 것 1個를擇하여區當 25個分蘖을對象으로調査하였다.

倒伏指數, 稈基부의細胞壁構成物質, 澱粉含量 등은出穗後 10, 20, 30, 40일에調査하였다. 倒伏指數는區當 3株를刈取하여節間長調査에서의같은方法으로株當 5個, 區當 15個分蘖을對象으로調査하여農村振興廳의方法에 따라(地上部の길이×生體重×100) / 挫折重으로求하였다.¹⁴⁾ 挫折重은各分蘖을地上으로부터 10 cm의 길이로切斷한稈基部를間隔이 6 cm 되는 곳에 걸쳐 놓고中央에 물통에 달아 물을 부어 부러지는 무게를測定하였다. 稈基重, 稈基부의細胞壁構成物質, 澱粉含量 등은 3株의 모든分蘖을地面으로부터 10 cm 되는部分을取하여 80℃ 乾燥器에서乾燥한後分碎하여 100 mesh 체를通過한試料를利用하였으며, 細胞壁構成物質(celulose, hemicellulose, lignin)과澱粉은韓 등⁴⁾의方法으로, 澱粉含量은 Yoshida 등¹⁷⁾의方法으로分析하였다.

結果 및 考察

1. 節間長

Paclobutrazol의處理時期가出穗後 10일에調査한節間長에 미치는影響을表 1에서 보면, 窒素 12 및 18 kg / 10 a에서 모두 paclobutrazol 處理가 제 1 및 제 2 節間長은 無處理보다 짧았으며 제 1 節間長(N-0)은 paclobutrazol 處理時期가 늦을수록節間長이 짧아지는傾向이었다. 그러나, 제 3, 4, 5 節間長은 無處理와 paclobutrazol 處理時期間에傾向이 일정하지 않았다. 대체로處理時期가 빠를수록下位節間이, 處理時期가 늦을수록上位節間이 짧아지는傾向이어서 다른

Table 1. Length of internodes affected by the time of paclobutrazol application at two nitrogen levels.

Nitrogen (kg/10a)	Paclobutrazol application (DBH) ^{1/}	Length of internodes (cm)				
		N-0	N-1	N-2	N-3	N-4
12	Control	34.4 a ^{2/}	20.8 a	11.1 bc	5.6 b	2.1 b
	43	31.9 b	19.2 b	13.9 a	6.6 a	2.0 b
	33	31.5 b	19.4 b	12.0 b	4.9 b	1.4 b
	23	31.2 b	18.7 b	10.3 c	5.3 b	2.1 b
	13	32.0 b	18.4 b	11.4 b	6.7 a	2.9 a
18	Control	34.8 a	22.1 a	13.8 b	7.5 a	3.2 ab
	43	34.1 a	21.7 a	12.8 bc	6.1 b	1.7 d
	33	31.0 b	19.4 b	15.5 a	5.8 b	2.4 bc
	23	31.3 b	18.8 b	12.8 bc	5.8 b	2.7 bc
	13	31.3 b	17.3 c	12.4 c	7.3 a	3.5 a

^{1/} : Days before heading.

^{2/} : Means within a column in a given N level followed by the same letter are not significantly different at the 5% level by Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT).

研究者들과 비슷한 결과를 나타내었으며,^{7,10,13)} 該當節間長이 伸長하는 時期에 paclobutrazol을 處理하였을 때 節間長 伸長抑制 效果가 뚜렷한 듯하다.

2. 倒伏 및 倒伏指數

모든 窒素 施肥量, paclobutrazol 處理時期, 生育 時期에서 倒伏은 發生하지 않았으며, 出穗後 分蘖의 生體重, 挫折重 및 倒伏指數의 變化를 보면 그림 1과 같다. 分蘖의 生體重은 出穗後 30日까지 增加한 後 減少하였는데 이것은 成熟함에 따라 種實의 澱粉蓄積 速度는 鈍化되고, 植物體의 水分含量이 減少하며, 下葉이 枯死하기 때문인 것으로 생각된다. 挫折重은 paclobutrazol 處理時期에 따라 그 傾向이 달랐지만 出穗後 40日에는 어느 處理에서나 減少되었다. 특히 窒素 12 kg/10a 施用區의 出穗前 43日 및 33日 處理에서 挫折重과 生體重在 낮은 傾向인 것은 分蘖數의 增加로 (成績省略) 分蘖이 弱小化되었기 때문으로 생각된다. 倒伏指數는 窒素 水準과 paclobutrazol 處理時期에 關係없이 成熟期에 가까와 질수록 增加하였다. 또 窒素 12 kg/10a에서 보다 18 kg/10a에서 倒伏指數가 더 커서 다른 研究者들과 비슷한 결과를 보였다. 그러나, 實際 圃場에서는 전혀 倒伏이 일어나지 아니하였는데 이것은 蟾津변는 日本型 中에서는 耐倒伏性이 강한 便이며, 登熟期에 降雨과 強風 등 倒伏의 誘發條件이 없었고, 또 試驗場所가 盆地形態로 되어 있어 바람이 많지 않았기 때문으로 생각된다.

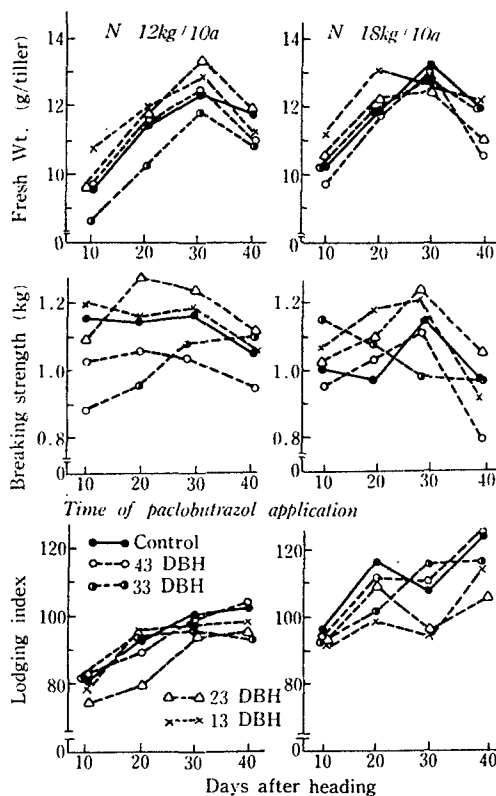


Fig. 1. Changes in fresh weight of tillers, breaking strength of culm base, and lodging index at different time of paclobutrazol application and two nitrogen levels.

出穗後 日數에 따라 生體重, 挫折重, 稈長 등 倒伏 關聯形質과 倒伏指數間 相關係數와 이들 倒伏關

Table 2. Correlation coefficients between lodging related traits and lodging index and path-coefficients of the lodging related traits to lodging index at different ripening stages.

Time of observation (DAH) <u>1/</u>	Correlation coefficients with lodging index			Path-coefficients to lodging index		
	Fresh weight	Breaking strength	Culm length	Fresh weight	Breaking strength	Culm length
10	0.407	-0.269	0.657 * <u>2/</u>	0.714	-0.403	0.651
20	0.269	-0.616 + <u>3/</u>	0.690 *	0.633	-0.726	0.385
30	0.287	-0.629 +	0.444	0.535	-0.781	0.433
40	0.713 *	-0.749 *	0.650 *	0.352	-0.665	0.475

1/ : Days after heading.

2/ : Significant at the 5% level.

3/ : Significant at the 10% level.

聯形質이 倒伏指數에 미치는 直接效果를 보면 表 2 와 같다. 生體重은 出穗後 40日에만 倒伏指數와 正의 相關이 있었으나 挫折重과 倒伏指數間에는 出穗後 20日 以後에는 負의 相關이 있었다. 그러나, 稈長은 어느 時期에서나 倒伏指數와 비교적 높은 相關關係가 있었다. 또, 生體重, 挫折重, 稈長이 倒伏指數에 미치는 直接效果를 經路係數 分析을 통하여 求한 結果 生體重의 效果는 成熟이 進展될수록 減少한 反面 稈長은 多少 增加하였다. 한편, 挫折重은 倒伏指數에 負의 影響을 미치지만 그 程度는 生體重이나 稈長보다 더 컸다.

3. 細胞壁 構成物質

出穗後 日數가 經過함에 따라 稈基重과 稈基部的 澱粉, cellulose, hemicellulose 및 lignin 含量을 보면 그림 2 및 3과 같다. 稈基重은 어느 窒素 施肥量에서나 出穗後 10日에서 20日까지 減少한 後 變化가 없었으며, paclobutrazol 處理時期間에는 뚜렷한 差異가 없었다.

澱粉含量은 어느 窒素水準에서나 出穗後 20日까지 減少한 後 다시 增加하였는데 이것은 登熟初期에는 줄기와 葉鞘에 貯藏된 澱粉이 이삭으로 移動하고, 이삭의 乾物蓄積速度가 늦어지는 登熟後期에는 稈基에 다시 澱粉이 蓄積되기 때문인 것으로 생각된다. 窒素 施肥量間에 澱粉蓄積量과 樣相은 비슷하였으며 paclobutrazol 處理時期間에는 큰 差異가 없는 듯 하며 특히 出穗後 40日에 窒素 18 kg / 10 a 에서는 無處理보다 paclobutrazol 處理에서 澱粉蓄積이 많았다.

그리고, 稈基重, 稈基部的 澱粉, cellulose, hemicellulose, lignin 含量과 挫折重과의 相關을 表 3에서 보면, 出穗後 20日의 cellulose 및 出穗後

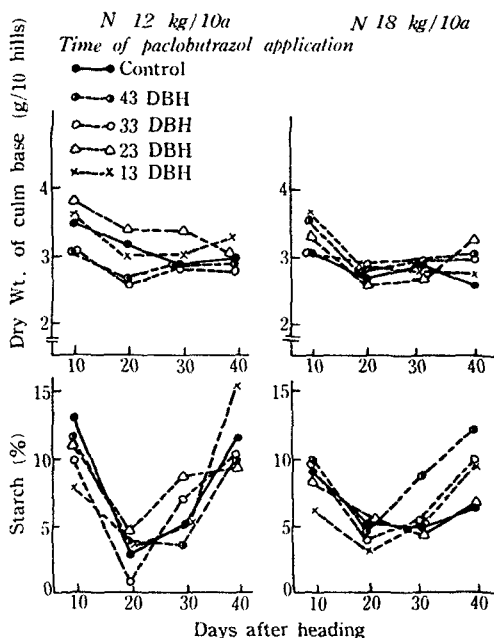


Fig. 2. Changes in dry weight and starch content of culm base at different time of paclobutrazol application and two N levels.

40日의 lignin 含量을 除外하면 相關係數가 有意하지 않아 稈基重, 稈基部的 澱粉, cellulose, hemicellulose, lignin 등 細胞壁 構成物質과 挫折重과는 正의 相關이 있다는 다른 研究者들의 報告와는 結果가 달랐는데 6,16) 이것은 調査時期, 品種, 栽培條件이 서로 다르기 때문인 듯하며, 調査된 形質 이외에 加里, 珪素 등 無機物은 물론 다른 有機成分도 複雜하게 聯關되어 있기 때문인 듯하다.

4. 收量 및 收量構成要素

窒素 施肥量 및 paclobutrazol 處理時期가 收量

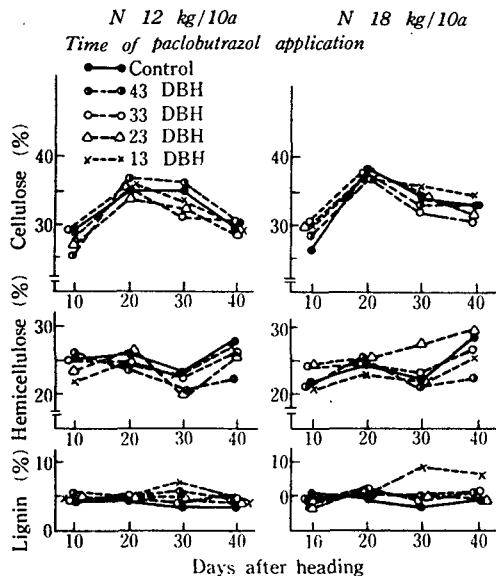


Fig. 3. Changes in contents of cellulose, hemicellulose, and lignin in culm base at different time of paclobutrazol application and two N levels.

Table 3. Correlation coefficients of dry weight, starch, cellulose, hemicellulose or lignin content with breaking strength of culm base at different ripening stages.

Time of observation (DAH) 1/	Culm base weight	Starch	Cellulose	Hemicellulose	Lignin
10	-0.400	0.049	0.314	-0.512	0.332
20	-0.315	0.142	-0.716* 2/	0.437	0.377
30	0.390	-0.306	0.221	0.269	0.184
40	0.082	-0.106	-0.456	0.182	-0.656*

1/ : Days after heading.

2/ : Significant at the 5% level.

Table 4. Yiled and yield components of rice affected by the time of paclobutrazol application at two nitrogen levels.

Nitrogen (kg/10a)	Paclobutrazol application (DBH) 1/	Culm length (cm)	No. of panicles per hill	No. of spikelets per panicle	Ripened grains (%)	1000-grain weight (g)	Yield in brown rice (kg/10a)
12	Control	81.2 a 2/	15.2 a	86.7 a	82.0 a	24.6 ab	503 ab
	43	77.2 b	15.8 a	77.0 d	82.5 a	25.1 a	488 bc
	33	77.2 b	16.5 a	71.6 e	80.3 ab	24.6 ab	474 c
	23	74.9 bc	12.7 b	91.7 ab	80.2 ab	24.1 ab	475 c
	13	73.6 c	14.7 a	94.6 ab	77.3 ab	24.1 ab	512 abc
18	Control	82.2 a	15.5 a	96.3 a	67.6 c	22.5 c	545 a
	43	81.2 a	16.7 a	84.8 c	76.3 ab	24.0 ab	520 ab
	33	77.3 b	14.8 a	84.6 c	76.9 ab	24.0 ab	522 ab
	23	79.8 a	16.5 a	87.0 cd	73.8 bc	23.4 bc	523 ab
	13	77.0 b	16.4 a	91.5 b	66.8 c	22.2 c	543 a

1/ : Days before heading.

2/ : Means within a column followed by the same letter are not significantly different by DNMRT.

및 收量構成要素에 미치는 影響을 表 4에서 보면, 稈長은 paclobutrazol의 處理時期가 늦을수록 減少하였는데 이것은 處理時期가 늦을수록 길이가 긴 上位節間的 短縮이 컸기 때문이었다. 株當穗數는 窒素 12 kg / 10a 에서 paclobutrazol을 出穗前 23 日에 處理한 것이 가장 작았으나 다른 處理時期에서는 無處理와 差異가 없었다. 穗當穎花數는 어느 窒素水準에서나 出穗前 43, 33日에 paclobutrazol 處理한 것이 그보다 일찍 혹은 더 늦게 paclobutrazol을 處理한 것이나 無處理보다 적었다. 登熟比率와 千粒重은 窒素 12 kg / 10a 에서는 paclobutrazol 處理가 늦을수록 낮은 傾向이었으나 窒素 18 kg / 10a 에서는 無處理와 出穗前 13日에 paclobutrazol을 處理한 區가 出穗前 43, 33, 23日에 處理한 區에서보다 낮았다. 玄米收量은 두 窒素水準에서 모두 出穗前 43, 33, 23日에 paclobutrazol을 處理한 區에서 無處理와 出穗前 13日에 paclobutrazol을 處理한 區에서 보다 낮은 傾向이었다. 以上에서 본 바와 같이 paclobutrazol

의 處理時期는 出穗前 13日이 가장 알맞으며 이보다 빨리 處理하면 穗當穎花數가 減少하여 收量이 떨어진다는 다른 報告者와 비슷한 結果를 얻었다.^{7,8)} 따라서 多肥密植 條件에서 倒伏이 發生한다면 栽培異인 面에서는 paclobutrazol의 處理는 效果의 일 것으로 생각된다.

摘 要

生長抑制劑인 paclobutrazol의 處理時期가 出穗後 水稻 品種 蟾津벼의 倒伏 關聯形質의 變化和 收量에 미치는 影響을 알기 爲하여 本 試驗을 實施하였다. 窒素水準은 12 및 18 kg/10a, paclobutrazol(0.6% 粒製) 處理時期는 出穗前 43, 33, 23, 13日이었고, 倒伏 關聯形質은 出穗後 10, 20, 30, 40日에 調査하였으며 그 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 節間長은 paclobutrazol 處理時期가 빠를수록 下位節間이, 處理時期가 늦을수록 上位節間이 短縮되었으며, 稈長은 處理時期가 늦을수록 더 短縮되었다.

2. 모든 處理에서 倒伏은 發生하지 않았으며, 倒伏指數는 出穗後 日數가 經過할수록 增加되었고, paclobutrazol 處理는 無處理보다 倒伏指數가 낮았다. 生體重은 出穗後 30日까지 增加한 後 減少하였으나 挫折重은 出穗後 30日까지는 差異가 없었으나 40日에는 減少하였고, paclobutrazol 處理時期間에 挫折重은 一定한 傾向이 없었다.

3. 倒伏指數에 미치는 生체重의 直接效果는 出穗後 日數가 經過할수록 減少하나 挫折重과 稈長의 直接效果는 時期的으로는 큰 差異가 없었고, 出穗後 40日에 倒伏指數에 미치는 直接效果는 挫折重, 稈長, 生체重의 順이었다.

4. 稈基部의 澱粉含量은 모두 出穗後 20日까지 減少한 後 다시 增加하였다. 稈基部의 cellulose含量은 出穗後 20日까지 增加하였으나 hemicellulose, lignin含量은 出穗後 調査時期間에 큰 差異가 없었다. 稈基部의 澱粉含量, cellulose, hemicellulose, lignin含量과 挫折重과는 相關이 없었다.

5. 收量은 paclobutrazol을 出穗前 13日에 處理한 것이 無處理와 비슷하였으나 그 以前의 處理에서는 穗當穎花數의 減少로 減收하였다.

引用 文 獻

1. Early, J. Jr. 1982. Efficacy of PP 333 on lodging control and yield increase in rice. Proc. Plant Growth Reg. Soc. Amer. 9: 77.
2. ICI Far East and Pacific Region. Preliminary technical data sheet on the use of PP 333 as a plant growth regulator for rice.
3. 任日彬·李善龍·林茂栢. 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. 韓雜草誌 7(2): 171-178.
4. 韓仁圭·李榮哲·鄭槿基·金榮吉·安炳弘·明珪鎬·高泰松. 1983. 營養學實驗法. 東明社. p 471.
5. 鄭炳官. 1987. 珪酸, 加里, 2,4-D, 및 Kitachin-P.G.가 벼의 倒伏에 미치는 影響. 韓作誌 32(3): 336-340.
6. 金年軫·崔在敦. 1983. 벼 節程의 強度가 倒伏 抵抗性에 미치는 影響. 韓作誌 28(1): 94-99.
7. 姜基京·權容雄·柳昌榮. 1985. GA₃와 GA生合成 抑制劑 處理가 水稻의 節間伸長 및 稈의 發育에 미치는 影響. 韓作誌 30(4): 471-480.
8. Kohlia, A. 1985. Paclobutrazol, a versatile new plant growth regulator as an effective tool in crop management. International Seminar on Plant Growth Regulators in Agriculture. Oct. 15-17, Tokyo, Japan.
9. 權容雄·蘇昌鎬. 1986. 벼 品種들의 지베렐린 및 지베렐린 生合成 抑制劑에 對한 反應差異에 관한 研究. 農試論文集 (產學協同編): 71-82.
10. 李殷雄·權容雄·蘇昌鎬. 1987. 밥맛이 좋은 Japonica 벼 品種들의 倒伏抵抗性과 倒伏輕減劑 Paclobutrazol에 對한 反應. 韓作誌 32(2): 224-233.
11. 李文熙. 1971. PCP와 RH-531 處理가 水稻倒伏에 關係되는 稈의 形質變異에 미치는 影響. 忠北大 碩士學位論文
12. Nishiyama, I. 1985. Lodging of rice plants

- and countermeasures against it. International Seminar on Plant Growth Regulators in Agriculture. Oct. 15-17, Tokyo, Japan.
13. 吳世文·李漢圭·李庚徽. 1984. 벼 倒伏關聯形質에 미치는 Paclobutrazol과 Flurprimido의 處理效果. 韓雜草誌 4(2) : 163-168.
 14. 農村振興廳. 1983. 農事試驗研究調查基準. 改訂第一版. p 453.
 15. 朴래경·박진구·이계홍. 1973. 이앙답에서 벼 품종 및 재배방법이 도복저항성에 미치는 영향. 농시연보. 15(작물) : 45-54.
 16. 高屋武彦·宮坂昭. 1983. 乾田直播水稻にす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. 日作紀 52(1) : 7-14.
 17. Yoshida, S, D.A. Forno, J.H. Cock, and K.A. Gomez. 1972. Laboratory manual for physiological studies of rice (2nd ed.). Los Banos, Laguna, Philippines. p 70.