

벼節間の強度가 倒伏抵抗性에 미치는 影響

金年軫*·崔洙日*·蘇在敦**

Influence of Internode Strength of Rice Plant on the Lodging Tolerance

Kim, Y. J.*, S. I. Choi* and J. D. So**

ABSTRACT

This experiment was conducted to study a cause of lodging on culm internode. The rice varieties were undergone on injuries by typhoon "Agnes" on Jeonbug Provincial in 1981 year.

Long-culmed varieties had extreme lodging injury but short-culmed varieties were not serious. The lodging had weaken tolerance when culm internode was long, weight of internode per unit length was light, and culm diameter and culm wall were thin. The breaking weight of internode was light in lodging rice field. The internode length and the weight of internode per unit length between the breaking weight of internode had significant correlation.

Lodging had high tolerance when the total nitrogen was low, phosphate, silica, cellulose and starch contents were high in internode. The difference of culm length and the weight of internode per unit length was high relationship with lodging.

緒 言

벼의 稈은 節과 節間으로 構成되어 있으며 地下에서 뿌리가 吸收한 養水分을 葉, 이삭으로 傳達하는 通路임은 勿論 各種 養分을 體內에 蓄積, 生育後期에 이삭의 發育을 돕는다.

稈을 構成하고 있는 節과 節間の 數는 品種, 環境, 栽培法에 影響을 받는 데 松尾¹⁶⁾에 依하면 生育初期에 肥切이 일어나면 節間數가 減少되며 벼의 生育日數와 密接한 關係를 맺는데^{5, 12, 20)} 感光性品種은 感溫性品種보다 節間の 數와 길이 가 많고 길다고 하였다.^{12, 20)} 節間の 肥大와 伸長은 生育初期에 分明하지 않으나 出穂前 35日頃부터 伸長하기 始作하여 出穂前 20日頃부터 出穂期 사이에 급속도로 伸長한다.^{10, 11)} 이

時期의 節과 節間에는 셀룰로스, 리그닌 등의 膜物質이 蓄積되며 澱粉, 蛋白質含量도 最大에 達하는데^{6, 7, 17, 18)} 出穂와 더불어 登熟期 사이에 이들의 養分이 이삭으로 移動한다.^{15, 13, 28)} 이 期間은 벼의 登熟期로서 氣象條件과 密接한 關係를 이룬다.

우리나라의 氣象條件은 벼의 生育期에 集中 降雨가 있고 特히 登熟期에 颱風의 危險이 도사려 벼를 倒伏시킬 可能性이 크다. 倒伏은 大別하여 Bending과 Breaking의 두 種類가 있는데 直接的인 原因은 바람, 비의 外的 要因이며 間接的으로는 土壤, 施肥, 密度, 灌溉方法 等이다.²⁴⁾

一般的으로 倒伏의 發生時期는 作物의 登熟期로서 이 時期가 되면 이삭이 무거워지고 稈이 弱해진다. 特히 倒伏은 稈長이 길고 稈의 強度가 弱할수록 그리고 이삭이 무겁고 뿌리가 弱하며 圃場에 水分이 많고

* 全北 農村振興院, ** 湖南作物試驗場.

* Jeonbuk Provincial Office of Rural Development, Iri 510. ** Honam Crop Experiment Station, Iri 510, Korea.

바람이 강할수록 多發하는데¹⁹⁾ 強風은 花器에 直接 障害을 주거나 早期開穎 시키고 꽃받飛散으로 因한 受精不能을 일으키게 하기도 한다.²⁴⁾ 또한 開花를 不可能하게 하며 受精後 胚乳의 發育을 停止 시키는 勿論, 穎花를 褪色시켜 收量을 減少시킨다.^{3, 26)} 이때 倒伏이 되면 節間이 부러져 養分의 移動을 阻害하고 穗發芽를 일으켜 品質을 低下시키며 收穫作業을 困難케 하여 農作業의 所要時間과 勞動力을 增加 시켜 稻作을 失敗케 하는 境遇도 있다.

따라서 本研究은 1981年 벼의 登熟期에 來襲한 颱風 Agnes 號에 依해 被害를 받은 倒伏畝와 倒伏의 被害를 받지 않은 正常畝에서 節間의 生理生態를 調査 分析하였던 바 몇가지 結果를 얻었기에 報告하는 바이다.

材料 및 方法

'81年 벼의 登熟期에 降雨을 同伴한 颱風 Agnes 號은 湖南地方의 水稻作에 被害를 주었는데 南海岸을 通過하면서 勢力이 弱화되어 被害는 地域間에 局部的인 樣相으로 나타났다. 調査分析方法是 全北地方의 水稻作 栽培地中 被害가 甚하였던 金堤, 扶安, 高敞 地域의 一般農家에서 栽培한 統一型 10品種, 日本型 2品種을 對象으로 하였고 試料採取 場所는 倒伏畝와 正常畝를 區分하여 129個 調査地點을 任意로 選定하였다.

栽培法은 肉眼에 依해 出穗와 登熟이 比較的 비슷한 圃場에서 農村振興廳 標準栽培法을 遂行하였는가

를 農家에 물어 同一 栽培法을 實施한 農家를 對象으로 하였다. 調査方法是 標準調査方法에 準하였는데 稈太와 稈壁의 두께는 다이알 계지로 測定하였으며 挫折重은 出穗 20日에 倒伏畝와 正常畝의 上位로부터 3~4位節間을 測定하였다. 節間의 무게는 節位別로 節間을 區分한 後 生體重을 調査하였고, 節間의 植物體分析은 全窒素는 Micro-Kjeldahl法, P₂O₅는 Vanadate法, K₂O와 MgO는 原子吸收光分解 分析法, 珪酸은 重量法, Cellulose는 가성소오다法, Starch는 Somogyi法으로 分析하였다. 節間長, 節間重, 稈太, 稈壁, 植物體分析에 使用된 品種은 統一型品種은 曙光벼, 豐産벼, 白羊벼이고, 日本型品種은 洛東벼, 眞珠벼, 東津벼로서 調査値는 이들 品種을 平均한 값이다.

結果 및 考察

1. 品種間 倒伏程度

金堤, 扶安, 高敞地域의 風速은 10~15m/sec 사이였는데 最低 43에서 最高 129個 調査地點의 品種을 對象으로 倒伏된 程度를 調査해 본 結果 (表 1) 統一型品種에 比하여 日本型品種인 洛東과 眞珠벼가 倒伏 被害가 컸음을 알 수 있었다. 統一型品種에서는 太白벼, 漢江찰벼, 曙光벼, 豐産벼가 被害가 컸고 密陽 30號와 密陽 42號가 強한 品種으로 認定 되었으며 品種의 早晚性과 倒伏과는 關係가 크지 않은 것으로 여겨졌다. 川廷⁹⁾도 長稈品種보다 短稈品種이 倒伏에 대한 抵抗性이 크다고 했다.

Table 1. Relationship between variety and lodging.

Varietal difference of lodging at Gimje, Buan, and Gochang regions.
(Maximum wind velocity ; 10-15 m/sec.)

Variety (Line)	No. of farm	Degree of lodging		
		Normal	Half lodging	Complete lodging
Taebaeg	43	39.5(%)	27.6(%)	32.6(%)
Baegunchal	93	47.3(%)	24.7(%)	28.0(%)
Hangangchal	128	57.8(%)	14.9(%)	27.3(%)
Seogwang	128	43.8(%)	20.3(%)	35.9(%)
Milyang # 30	115	96.5(%)	3.5(%)	0.0(%)
Milyang # 42	53	86.8(%)	11.3(%)	1.9(%)
Cheongcheong	117	76.1(%)	14.5(%)	9.4(%)
Nagdong	129	44.2(%)	18.6(%)	37.2(%)
Jinju	129	44.2(%)	20.1(%)	35.7(%)
Suweon # 294(Nampung)	93	83.9(%)	8.6(%)	7.5(%)
Iri # 346(Phung san)	129	58.9(%)	23.3(%)	17.8(%)
Iri # 347(Baegyong)	129	81.4(%)	12.4(%)	6.2(%)

2. 節間の 길이와 무게

倒伏되지 않고 正常 生育을 하고 있는 畚의 벼의 倒伏된 畚의 벼, 節間을 比較하여 보면 (表 2) 統一型品種이나 日本型品種 모두 倒伏畚이 正常畚보다 稈長이 컸음을 알 수 있었는데 節位別로 보면 全節位別 節間도 同一한 結果를 나타냈다. 特히 統一型品種은 3 節間이 가장 크게 伸長하였고 日本型品種은 全節間이 길었다. 따라서 節位別 節間 길이로 보아 稈의 伸長은 倒伏 抵抗性을 弱화시키는 原因으로 認定되며 加藤⁸⁾, 朴²⁰⁾ 등도 이와 類似한 報告를 한 바 있다.

Table 2. Length of internode. (Unit : cm)

Internode	Tongil		Japonica	
	Normal	Lodged	Normal	Lodged
Culm	76.4	78.3	87.4	89.4
1 st	35.5	35.3	36.4	37.0
2 nd	18.1	18.7	20.8	21.5
3 rd	12.3	13.3	13.9	14.0
4 th	7.0	7.4	10.6	10.9
5 th	3.5	3.6	5.7	6.0

Table 3. Weight of internode per unit length. (Unit : mg F.W./cm)

Internode	Tongil		Japonica	
	Normal	Lodged	Normal	Lodged
1 st	23	23	15	14
2 nd	57	57	37	34
3 rd	79	74	48	44
4 th	104	91	61	58
5 th	130	110	91	80

表 3에서 單位節間重을 보면 畚間에 第1, 2 節間은 큰 差를 나타내지 않았으나 下位節間 3, 4, 5 節間은 倒伏된 벼가 正常畚보다 節間의 길이는 길고 節間重은 가벼워 倒伏에 대한 抵抗性이 弱해진 形態의 現象을 나타냈는데 이는 體內에 澱粉, Cellulose 등의 物質蓄積이 낮았기 原因으로 여겨지는데 이는 Kono¹⁵⁾ 등의 報告와 一致함을 알 수 있다.

3. 節位別 節間の 稈太와 稈壁의 두께

稈太는 品種, 生育日數, 施肥量 등에 따라서 稈의 物質集積과 密接한 關係를 맺고 있는데^{4, 5)} 表 4에서 본 바와 같이 倒伏畚이 正常畚의 벼보다 稈太가 가늘

Table 4. Diameter of internode. (Unit : mm)

Internode	Tongil		Japonica	
	Normal	Lodged	Normal	Lodged
1 st	2.55	2.45	1.67	1.67
2 nd	4.20	4.17	3.02	2.96
3 rd	4.62	4.54	3.37	3.32
4 th	4.98	5.01	3.78	3.74
5 th	5.46	5.50	4.51	4.43

Table 5. Thickness of internode wall. (Unit : mm)

Internode	Tongil		Japonica	
	Normal	Lodged	Normal	Lodged
1 st	0.33	0.33	0.33	0.33
2 nd	0.47	0.45	0.45	0.41
3 rd	0.60	0.58	0.50	0.47
4 th	0.83	0.79	0.73	0.68

었으며, 特히 벼의 倒伏과 關係가 깊은 3~4 節間の 差가 컸음을 알 수 있다. 品種間에는 日本型이 統一型品種보다 全節位에서 모두 낮은 數値를 나타내어 倒伏被害가 더 컸던 結果를 立證하여주었다.

稈壁은 Cellulose, lignin 등의 構成物로 木質化되어 있으며 養水分의 蓄積과 通路임은 勿論 地上部 支持作用에 없어서는 안될 主要 形質인데¹⁵⁾ 表 5에서 節位別 節間壁의 두께는 統一型品種이 日本型品種보다, 上位節보다는 下位節間이 두꺼움을 알 수 있었는데 倒伏된 벼가 더 가늘고 그 差는 3, 4, 5 節로 갈수록 격차가 커져 倒伏된 벼는 倒伏에 대한 稈의 機械的 抵抗性이 弱하게 生育期를 經過하였음을 알 수 있었다. 佐藤²¹⁾도 倒伏畚은 下位節間的 稈壁을 얇게 하고 組織의 強度가 弱化되어 있다고 하였다.

4. 節位別 挫折重

挫折重은 窒素와 加里 施肥量^{23, 27)}, 栽植密度²⁾, 植物體의 化學的 組成²⁵⁾, 珪酸의 施用 有無¹⁴⁾에 影響을 받는다고 한다. 表 6에서와 같이 3, 4位 節間的

Table 6. Breaking weight of the 3rd and 4th internodes. (Unit : g)

Internode	Tongil		Japonica	
	Normal	Lodged	Normal	Lodged
3 rd	706	562	547	468
4 th	838	692	634	503

挫折重도 統一型이나 日本型 모두 倒伏된 籾의 벼가 가볍고 統一型品種이 日本型品種에 比하여 前述한 바와 같이 節間이 짧고 무거우며 稈의 機械的 強度가 強하여 무거운 挫折重을 나타냈다.

5. 挫折重과 節間長, 單位節間重과의 相關關係

節間長과 挫折重과의 相關關係를 그림 1에서 보면 3節이 4節보다 큰 分布를 보이며 節間의 長이가 길면 挫折重이 가벼워지는 負의 相關關係를 보임으로서 節間의 長이 增大는 倒伏 抵抗性을 弱하게 하는 要因으로 認定되었으며 朴²⁰⁾ 등도 이와 類似한 報告를 한바 있다.

3, 4位 節間의 單位節間重과 挫折重과의 相關關係도 單位節間重이 무거운 節間일수록 挫折重도 무거워 倒伏 抵抗性을 強化시키는 相關關係를 나타냈다(그림 2).

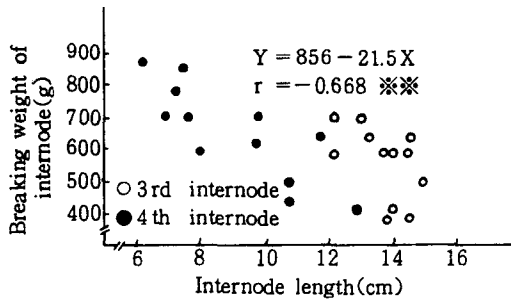


Fig. 1. Relationship between internode length and breaking weight of internode.

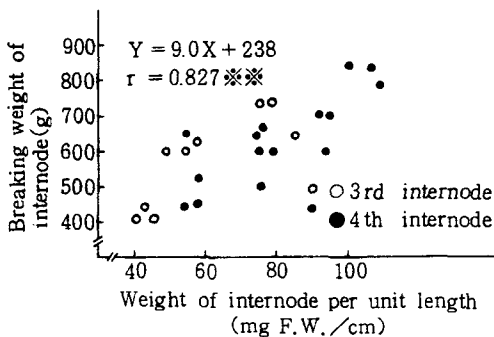


Fig. 2. Relationship between weight of internode per unit length and breaking weight of internode.

6. 節間의 化學的 組成

稈을 構成하는 澱粉, 加里, 珪酸, Holo-Cellulose

等은 稈의 強度와 關係가 있고¹⁴⁾ 珪酸施用은 受光態勢을 높여 同化產物을 稈에 多量 蓄積시킴으로서 倒伏에 대한 抵抗性을 높인다고 한다.¹⁵⁾

3, 4位 節間에 蓄積된 正常籾과 倒伏籾의 벼를 分析해 본 結果(表 7) 正常籾보다 倒伏籾이 統一型이나 日本型品種 모두 全窒素含量이 높고 磷酸, 珪酸의 含量이 낮았다. 또한 稈의 構成과 強度에 影響이 큰 Cellulose와 澱粉의 含量이 極히 낮아 倒伏에 대한 抵抗性을 弱화시켰음을 알 수 있었다.

Table 7. Chemical composition of rice plant and lodging. (Unit: %)

Item	Tongil		Japonica	
	Normal	Lodged	Normal	Lodged
T-N	0.57	0.63	0.63	0.77
P ₂ O ₅	0.27	0.29	0.32	0.30
SiO ₂	10.6	10.4	8.9	8.6
SiO ₂ /T-N	18.6	16.5	14.1	11.2
Mg	0.21	0.22	0.20	0.19
K	2.1	2.1	1.8	1.7
Cellulose*	33.2	30.9	35.5	32.1
Starch*	21.9	18.5	20.3	18.5

* 3rd and 4th internode.

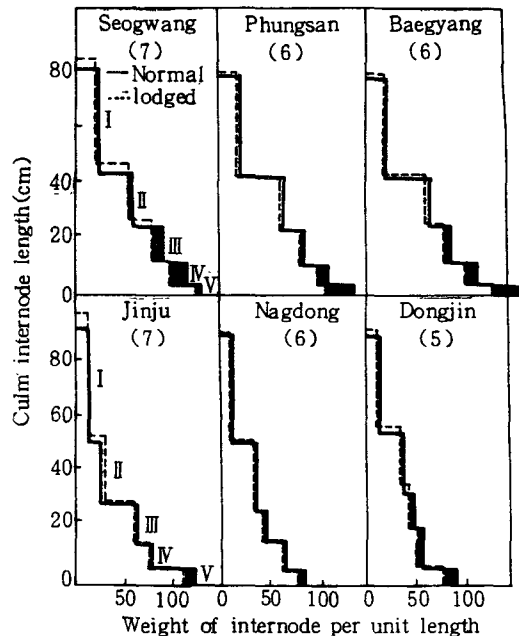


Fig. 3. Varietal difference of culm length and weight of internode per unit length between normal and lodged rice plants. (): No. of samples

7. 單位節間重과 稈長과의 關係

倒伏程度가 各期 다른 品種을 統一型과 日本型으로 나누어 單位節間重과 稈長과의 關係를 圖示한 것이 그림 3이다. 倒伏이 多發하였던 曙光벼와 眞珠벼 등은 正常畚벼에 比하여 節別 單位節間重이 가볍고 稈長도 긴 分布를 나타냈다. 그러나 倒伏 被害가 적은 白羊벼와 東津벼는 倒伏畚과 正常畚間에 差가 적어 倒伏은 벼 自體의 節間의 形態의 形質과 密接한 關係를 맺고 있음을 알 수 있었다.

摘 要

'81年 颱風 Agnes號에 依해 被害를 받았던 全北地方의 水稻 品種들을 對象으로 倒伏의 原因을 벼의 節間을 對象으로 形態 및 生理的으로 調査分析하였던바 그 結果는 다음과 같다.

1. 倒伏 被害는 曙光벼, 漢江찰벼, 洛東벼가 甚하였고 短稈種인 密陽 30號는 輕微하였다.
2. 節間長이 길고 單位節間重이 가볍고 稈太와 稈壁이 가늘수록 倒伏에 대한 抵抗性을 弱化 시켰음을 明白히 알 수 있었다.
3. 倒伏된 圃場의 벼는 正常畚의 벼보다 挫折重이 가볍고, 節間長, 單位節間重과 挫折重과는 有意的인 相關關係가 있었다.
4. 節間에 全窒素含量이 낮고 磷酸, 珪酸, Cellulose, 澱粉含量이 많을수록 倒伏에 대한 抵抗性을 높였다.
5. 倒伏에 抵抗力이 弱한 品種은 稈長과 單位節間重이 倒伏畚과 正常畚과의 差가 크고 抵抗力이 강한 品種은 그 差가 적었다.

引 用 文 獻

1. Baba, I. (1961) Mechanism of response to heavy manuring in rice varieties. IRC Newsletter 10(4):9-6.
2. Chang, T. T. (1964) Varietal difference in lodging resistance. International rice Commis. Newsletter 13:1-11.
3. 崔洙日·盧承杓·鄭鎮昱(1981) 窒素施肥量의 差異가 水稻 乾物生産力 및 形態形成에 미치는 影響. 崔鉉玉博士回甲紀念論文集: 147-153.
4. _____ 外 4人(1981) 生育期間의 差異가 水稻 地上部 形質 變異에 미치는 影響. 韓作誌 26(2):

- 125-136.
5. 戸苺義次·岡本·玖村敦彦(1954) 生育に伴ら各器官中の澱粉および窒素量の變遷. 日本作物學會紀事.
6. _____ ·松尾孝嶺(1965) 稻作講座.
7. 加藤茂苞·安田貞雄(1925) 深く灌溉せらわたる稻の倒伏と易き原因に就じて. 九州農大學藝誌 1: 55-58.
8. 川廷謹造(1953) 2·4-D撒布による水稻の倒伏防止. 農業及園藝 28(7): 823-826.
9. 星川清親(1975) イネの生長. 農文協: 131-151.
10. _____ ·北條良夫(1976) 作物-その形態と機能一. 農業技術協會: 149-165.
11. Hosoda, T. and F. Iwasaki (1960) Relationship between flower formation and elongation of internodes under an effect of temperature in paddy rice plant. Proc. Crop Sci. Soc. Jap. 28: 266-268.
12. Ishizuka, Y. (1971) Physiology of the rice plant. Adv. Agron. 23: 241-315.
13. 岩田岩保·馬場赴(1962) 水稻品種の耐肥性に關する研究. 第2報 光合成から見た水稻の耐肥性と珪酸との關係. 日作紀 30.
14. Kono, M., and J. Takahashi (1961) Studies on the relationships between breaking strength and chemical components of paddy stem. J. Soil. Sci. Manure, Jap. 32: 149-152.
15. 松尾孝嶺(1960) 稻作診斷法. 養賢堂.
16. 松島省三(1957) 水稻收量の成立と豫察に關する作物學的研究. 農技研報告 A 5.
17. _____ ·和田源七(1959) 水稻の炭水化物窒素含量と登熟收量との關係. (2) 特に穗肥期追肥の效果について. 農業及園藝 34(2): 304-306.
18. 農業世界社(1960) 水稻倒伏時期と減收程度. 農業世界 55(12).
19. 朴來敬 外 2人(1973) 移秧畚에 있어서 벼 品種 및 栽培方法이 倒伏抵抗性에 미치는 影響. 農試研報 15: 45-54.
20. 佐藤 庚(1950) 水稻の湛水灌溉に關する研究. 第1報繼續せる湛水が生育及び稈の構造に及ぼす影響(豫報). 19(1·2).
21. 坪井八十二(1961) 水稻の暴風被害に關する生理學的研究. 一作物の風害に關する研究 一農技研報 A 8: 1-156.

22. 瀬古秀生・佐本啓智・鈴木嘉一郎(1957) 水稻の倒伏に及ぼす2・3栽培条件の影響(1). 日作紀 26: 90-93.
23. _____ (1962) 水稻の倒伏に関する研究. 九州農試集報 7(4): 419-499.
24. Shouich Yoshida(1981) Fundamental of rice Crop Science, IRRI.
25. 重久泰二(1957) 台風による水稻減收機構の實態. 農業技術 12(8): 348-353.
26. 沈相七(1966) 窒素 및 加里 施肥用量과 水稻 稈의 物理性, 加里심포지움: 65-69.
27. Tanaka, A. 外3名(1964) Growth habit of the rice plant in the tropics and its effect on nitrogen response. IRRI, Tech. Bull. 3.
28. Vergara, B.S., R. Lilis, and A. Tanaka(1965) Studies on the internode elongation of the rice plant. I. Relationship between growth duration and internode elongation. Soil Sci. Plant Nater. 11: 246-250.