

벼 湛水表面直播栽培 窒素施肥 水準에 따른 줄기 特性和 倒伏과의 關係

宋東錫* · 金晉鎬* · 李成春*

Culm Characteristics of Rice Plant Related to Lodging Resistance under Different Nitrogen Levels in Direct Seeding on Flooded Paddy Surface

Dong Seog Song*, Jin Ho Kim* and Sheong Chun Lee*

ABSTRACT: These experiments were conducted to investigate variation of physical characteristics of the culm related to lodging resistance by nitrogen levels under direct seeding on flooded paddy surface.

The number of seedling per m² were from 103 to 110 plants, and seedling ratios were ranged from 66.7% to 71.2%. The lodging occurrence were increased in order to the nitrogen levels 15 kg, 10 kg, 5 kg/10a, and the lodging resistant varieties ; Dongjinbyeo and Cheongmyungbyeo showed less values of field lodging than those of lodging susceptible varieties ; Daecheongbyeo, Palgongbyeo and Hwaseongbyeo. The lodging resistance was decreased in semidwarf varieties compare with long culm varieties, but Dongjinbyeo, long culm variety has lodging resistance. The occurrence of lodging decreased with lower values in top moment, but with higher values in the breaking moment with leaf sheath. The root dry weight positively correlated with weight of culm base, but modulus of section was negatively correlated with bending curvature, respectively.

Key words: Physical characteristics, Lodging resistance, Breaking moment, Bending curvature, Modulus of section

벼의 생력기계화 재배를 위한 育苗와 移秧作業을 생략할 수 있는 直播栽培法의 확립은 매우 중요한 당면 과제다. 직파재배에는 湛水表面直播, 湛水土中直播 및 乾畚直播가 있는데, 담수표면직파는 담수토중직파나 건답직파가 용이하지 않는 곳에서 적은 勞動力으로 비교적 수월하게 수행할 수 있으며 미국 등지에서 가장 普遍化된 재배법이다. 하지만 벼의 뿌리가 지표면에 분포하고 줄기

자체가 土中에 묻히지 않아 根倒伏이 심하게 발생하여, 倒伏防止 및 輕減對策이 우선되어야 할 과제이다³⁾.

또한 논 土壤에 계속적으로 窒素供給을 증가시키는 것이 심각한 倒伏의 주된 原因인데, 日本型品種은 統一型品種에 비해 長稈이며 稈基部가 약함에도 불구하고, 대부분의 농가에서는 多收穫을 위해 窒素施肥量을 증시하는 경우가 많으며,

* 순천대학교 농과대학 (College of Agriculture, Suncheon National University, Suncheon 540-742, Korea)

〈'96. 1. 18 接受〉

더우기 벼 생육기간 중의 氣象과 연관시켜 보면 8月下旬~9月上旬에 颱風의 頻度가 높기 때문에 登熟期에 倒伏이 우려된다^{4,13)}. 窒素는 植物의 生命現象에 있어서 가장 중요한 元素이다. 이것은 蛋白質의 構成成分이며 核酸, 生長調節物質, 酵素, 비타민 등과 같은 필수화합물의 구성원소로서 植物體內的 모든 生理現象과 밀접한 관계가 있다^{2,10)}. 대체로 窒素供給의 증가는 稈長을 현저하게 길게 하며, 또한 基部의 節間을 길게 하고, 成熟期에 光合成 능력이 있는 葉초를 약간 증대시켜서, 줄기의 抗曲強度를 감소시킨다^{1,5,8,16)}. 또한 높은 窒素水準은 잎을 길게 하고, 구부러지게 하여, 벼의 上端部의 canopy를 편평하게 하며, 降雨時 잎의 mat形成으로 빗물이 축적되어 줄기에 과도한 무게(힘)가 실려 倒伏을 유발시킨다. 즉, 多肥栽培는 줄기 基部의 挫折抵抗力을 감소시킬 뿐만 아니라 葉身, 稈長 등의 生長量을 증가시키기 때문에 倒伏하는 경우가 많고, 倒伏指數에도 그 영향은 크다^{1,15)}.

窒素施用 水準에 따른 倒伏發生은 15 kg/10a 이상에서 倒伏比率이 높으나⁶⁾, 金 等⁵⁾은 15 kg/10a에서 10 kg/10a보다 낮은 倒伏을 보여 倒伏發生의 우연성을 보인다고 하였으며, 손 移秧에서 窒素 200 kg/ha 施用時 만곡型 倒伏이 발생하였으나, 湛水直播에서는 窒素 150 kg/ha 이상에서 뿌리 倒伏이 심하게 발생되었다고 하였다. 또한 窒素 追肥時期에 따라 挫折抵抗力의 차이가 인정되는데, 出穗 前 40日頃의 追肥는 基部節間의 挫折抵抗力을 현저히 약하게 했다¹⁵⁾. 穗肥 時期가 出穗 前 25日 보다 빠르면 下位節間長을 길게 하여 倒伏을 유발하는데, 出穗 前 20日까지도 基部節間長을 신장시킨다는 보고도 있다¹⁶⁾. 李 等⁸⁾은 窒素 30 kg/10a 에서는 石灰増施로 倒伏이 경감되었으며, 梁 等²¹⁾은 圃場倒伏은 손 移秧에서는 窒素 20 kg/10a에서만 1 程度의 경미한 倒伏을 보였으나, 湛水直播는 窒素 5 kg/10a에서 2 程度였으며 20 kg/10a에서는 8 程度로 아주 심하다고 하였다.

따라서 湛水表面直播時 발생하는 倒伏에 대한 體系의인 研究가 매우 시급한 실정이다. 그러나 이에 대한 단편적인 연구 결과가 몇몇 보고되고

있을 뿐, 湛水表面直播 栽培時 발생하는 倒伏關聯 形質과 원인에 대한 具體的이고 實證的인 연구는 대단히 미흡하며 初步的인 단계에 있다.

本 研究는 湛水表面直播 栽培時 발생하는 倒伏에 대한 基礎研究의 일환으로서 窒素施肥 水準에 따른 倒伏發生 程度와 倒伏關聯形質의 關係分析에 대한 試驗을 遂行하였던 바 그 結果를 報告하는 바이다.

材料 및 方法

本 試驗은 1991年과 1993年 4月부터 10月까지 順天大學校 農科大學 畚作圃場에서 遂行하였다. 供試 品種은 倒伏에 약한 대청벼와 팔공벼, 中程度인 화성벼, 그리고 倒伏에 강한 청명벼와 동진벼를 사용하였다. 播種은 5月 10日에 하였으며, 播種 1週日 前에 18~20℃ 水溫에 5日間 침종시킨 後 30℃ 발아기에 1日間 置床하여 幼芽가 1~2 mm정도 催芽시킨 後, 播種量 4 kg/10a으로 湛水表面直播하였다. 試驗區 배치방법은 난괴법 3 反復으로 하였다. 施肥量은 N - P₂O₅ - K₂O = 5, 10, 15(窒素 3 水準) - 7 - 8 kg/10a로 하였으며, 人糞糞과 가리질肥料는 全量 기비로 施用하였고, 窒素質 肥料는 基肥 40%, 分蘖肥 30%, 穗肥 30%의 比率로 分施하였다. 雜草防除는 播種 後 18일째 피리졸설푸론에틸·벤치오카브 입제를 3 kg/10a水準으로 處理하였으며, 그 以後는 손으로 除草하였다. 試驗 圃場의 土壤은 表 1에서 보는 바와 같이 沖積土이며, 土性은 壤質, 埴壤質에 속하며, pH 4.9~5.4, 有機物 含量 2.5~2.9%, C.E.C 6.0~7.4 me/100g, 硅酸 含量 42.5~51.4 ppm 등으로 肥沃度가 中 程度되는 土壤이다.

倒伏과 關聯이 있는 主要 氣象環境은 그림 1에서 보는 바와 같다. 1991年 5~6月은 平年보다 약간 높은 氣溫으로, 生育期間과 登熟期는 平年과 거의 비슷하였다. 6~7月의 잦은 降雨로 日照時間은 平年보다 적었으나, 登熟期인 8~10月은 平年보다 많아 登熟에 좋은 環境 條件이었다. 또한 倒伏에 직접적인 영향을 주는 風速의 경우, 8月 23日 颱風 글래디스가 北上함에 따라 南部地方은

Table 1. Chemical properties of the paddy field soil before seeding

Year	pH (1:5 H ₂ O)	O.M. (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	Ex. cation (mg /100g)			C.E.C. (me /100g)	SiO ₂ (ppm)
				K	Ca	Mg		
1991	4.9	2.5	32	0.27	3.0	1.2	6.0	51.4
1993	5.3	2.9	25	0.23	3.6	1.4	7.4	42.5

間接影響圈에 들어 最大 風速 5.5 m /sec.의 바람과 49.5 mm의 降雨量을 보여 倒伏에 결정적인 영향을 미쳤다. 또한 9月 28日 颱風 미어리얼의 上陸으로 昇州에 102.5 mm 안팎의 降雨量과 風速 8.5 m /sec.의 바람이 불어와 窒素施肥水準에 따라 각각 倒伏에 다르게 影響을 미쳤다. 1993年은 生育期間인 5~6月의 氣溫은 平年과 큰 差異가 없었으나, 7~10月은 平年보다 低溫으로 경과하여 生育環境이 不良하였으며, 出穗期인 8月은 降雨量이 많아 日照時間이 平年에 비해 不足하였다. 순간 最大風速은 出穗期인 8月에는 平年보다 낮

았으나, 登熟期인 9月에는 높았다.

調査項目은 農村振興廳 調査基準에 準하였으 며, 倒伏關聯 形質 調査는 稈의 第 4節間(穗首節間을 第 1節間으로 함)을 支點間 距離 5 cm로 하여 그 줄기의 중앙부에 直角方向으로 힘을 가하여 줄기가 屈折할 때까지 最大荷重이 strain gauge 荷重 변환기(UT:1 kg)와 증폭기를 거쳐 computer에 입력되도록 하였으며, 줄기의 各 物理量은 北條 等⁷⁾, 田原 等¹⁷⁾의 材料力學의 方法에 의 해 求하였다.

① 地上部 모멘트 (g · cm) : 稈長 × 生體重

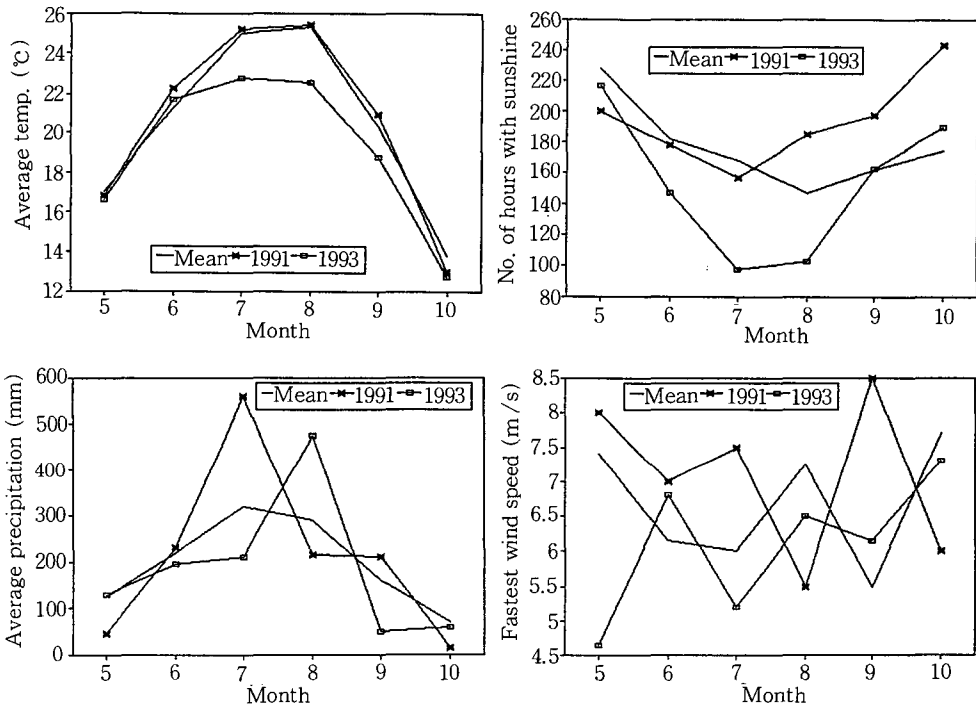


Fig. 1. The several climatic factors for nineteen years, from 1972 to 1990, based on the meteorological data at Sungjoo Weather Observation Station. Monthly averages of 1991 and 1993 years are listed for comparison.

- ② 엽초부착 挫折時 모멘트 (g · cm) : $1/4 \times$
(엽초부착 挫折時 荷重) \times (支點間 距離)
- ③ 줄기의 挫折時 모멘트 (g · cm) : $1/4 \times$
(줄기의 挫折時 荷重) \times (支點間 距離)
- ④ 倒伏指數: 地上部 모멘트를 엽초부착 挫折時
모멘트로 나눈 값
- ⑤ 斷面係數 (mm³) : $\pi/4 \times (a_1^3b_1 - a_2^3b_2)$
/a₁
a₁, b₁: 각각 줄기의 短半徑(mm), 長半徑(mm)
a₂, b₂: 각각 줄기 횡단면의 內徑 短半徑(mm),
內徑 長半徑(mm)
- ⑥ 휨 모멘트 (g /mm²) : 줄기의 挫折時 모멘
트를 斷面係數로 나눈 값
- ⑦ 斷面 2次 모멘트 (I, mm⁴) : $I = \pi/4 \times$
(a₁³b₁ - a₂³b₂)

結果 및 考察

1. 立毛狀態 및 出穗所要日數

窒素施肥 水準에 따른 立毛率과 立毛數의 變異는 表 2에서 보는 바와 같이 窒素施肥 水準에 따라 立毛率은 뚜렷한 差異를 보이지 않았다. 湛水 表面直播의 경우 精確한 立毛율의 推定은 浮苗의 發生, 鳥類의 被害, 그리고 均一한 播種作業이 어려운 關係로 千粒重을 통하여 환산하였다.

m²當 立毛數는 穗數와 밀접한 關係가 있는데, 本 試驗의 경우 立毛率은 窒素 10 kg /10a에서 71.2%였으며, 立毛數는 110개였다. 高橋¹⁹⁾는 m²當 立毛數가 90~100개, 谷口²⁰⁾는 90±20개에서 最高의 收量을 올렸다고 하였으며, 美國의 경우는 130~150개 정도이고, 이보다 立毛數가 많을 경우 倒伏抵抗性, 收量 및 米質에 影響을 준다고 하였다³⁾. 吳 等¹²⁾은 立毛數가 增加할수록 第 3節間 및 第4節間 모두 倒伏指數가 높아지는 傾向이었으며, 圃場倒伏도 m²當 立毛數 200개 정도 되면 發生이 심했다고 하였다.

Table 2. Seedling stand rates and number of plants per m² with different nitrogen levels in direct seeding on flooded paddy surface in rice plant

Variety	Seedling rate(%)			No. of plants per m ²		
	5N	10N	15N	5N	10N	15N
Daechongbyeo	68.3 ^{bl}	72.2 ^{ab}	64.4 ^{ab}	104 ^{ab}	110 ^{ab}	98 ^b
Palgongbyeo	76.9 ^a	73.4 ^{ab}	71.3 ^a	110 ^{ab}	105 ^b	102 ^{ab}
Hwaseongbyeo	57.8 ^c	65.8 ^b	67.6 ^{ab}	94 ^b	107 ^b	110 ^a
Cheongmyungbyeo	67.2 ^b	69.7 ^{ab}	62.8 ^b	108 ^{ab}	112 ^{ab}	101 ^{ab}
Dongjinbyeo	70.6 ^{ab}	75.1 ^a	67.4 ^{ab}	111 ^a	118 ^a	106 ^{ab}
Mean	68.2	71.2	66.7	109	110	103

^{1/}: Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 3. Heading dates and growth duration with different years in direct seeding on flooded paddy surface in rice plant

Variety	Heading date		Growth duration ^{1/}	
	1991	1993	1991	1993
Deacheongbyeo	August 9	August 6	91	88
Palgongbyeo	" 1	" 3	82	84
Hwaseongbyeo	" 8	" 4	90	86
Cheongmyungbyeo	" 6	" 4	87	85
Dongjinbyeo	" 12	" 9	94	91

^{1/}: Number of days from seeding to heading.

Table 4. The degree of lodging with different nitrogen levels in direct seeding on flooded paddy surface in rice plant, 1991.

Variety	Degree of lodging (0 -9) ^{1/}			
	5N	10N		15N
		1991		
Daecheongbyeo	3.1 ^{a2/}	4.2 ^a	4.0 ^a	7.2 ^a
Palgongbyeo	2.7 ^a	3.4 ^b	3.4 ^{ab}	7.0 ^{ab}
Hwaseongbyeo	2.0 ^c	3.0 ^{bc}	3.0 ^b	5.4 ^c
Cheongmyungbyeo	1.7 ^{cd}	2.0 ^d	2.1 ^c	3.5 ^c
Dongjinbyeo	1.5 ^d	2.2 ^d	1.2 ^d	4.2 ^d
Mean	2.2	3.0	2.6	5.5

^{1/} : Degree of lodging ; 0 to 9(9 : complete lodging)

^{2/} : Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 5. Variation of internode length under different nitrogen levels in direct seeding on flooded paddy surface in rice plant

Variety	Nitrogen levels(kg)	Lodged plant Internode length(cm)						Unlodged plant Internode length(cm)					
		1	2	3	4	5	a ^{1/}	1	2	3	4	5	B ^{1/}
		Daecheongbyeo	5	30.9	16.2	13.2	9.0	3.6	72.9	29.8	15.6	11.2	6.7
	10	31.7	16.3	13.6	9.1	4.2	74.9	30.1	15.9	11.4	7.3	2.5	67.2
	15	32.0	16.4	14.3	10.0	5.9	78.6	30.7	16.1	12.0	7.6	3.8	70.2
	Mean	31.5	16.3	13.7	9.4	4.6	75.5	30.2	15.9	11.5	8.2	2.8	67.6
Palgongbyeo	5	30.6	17.3	12.7	8.5	2.1	71.2	29.7	16.3	11.7	7.3	2.6	67.6
	10	32.2	17.6	13.7	9.1	3.4	76.0	31.0	16.5	12.5	7.7	3.4	71.1
	15	32.6	19.3	14.7	10.7	4.9	82.2	31.3	18.1	13.1	9.4	4.0	75.9
	Mean	31.7	18.1	13.7	9.4	3.5	76.4	30.7	17.0	12.4	9.1	3.3	71.5
Hwaseongbyeo	5	31.5	16.9	12.7	7.1	2.2	70.4	29.9	14.2	10.9	5.1	1.1	61.2
	10	32.1	17.2	13.3	7.9	2.6	73.1	31.8	16.3	11.0	6.9	3.2	69.2
	15	32.9	18.6	13.9	8.2	3.8	77.4	32.5	17.8	11.1	6.9	3.7	72.0
	Mean	32.2	17.6	13.3	7.7	2.9	73.6	31.4	16.1	11.0	7.3	2.7	67.5
Cheongmyungbyeo	5	28.6	15.2	12.4	9.7	2.3	68.2	27.9	13.3	11.6	7.4	2.4	62.6
	10	29.4	15.6	13.8	9.8	2.3	70.9	28.7	14.0	11.5	7.5	2.6	64.3
	15	30.3	17.0	14.1	11.2	4.7	77.3	30.6	15.3	12.1	8.4	2.6	69.0
	Mean	29.4	15.9	13.4	10.2	3.1	72.1	29.1	14.2	11.7	8.8	2.5	65.3
Dongjinbyeo	5	30.4	15.8	11.7	8.7	4.8	71.4	29.6	15.8	10.3	7.5	3.4	66.6
	10	32.1	16.7	11.8	10.4	5.4	76.4	30.2	16.4	10.4	8.3	4.8	70.1
	15	32.5	16.8	12.0	10.4	6.1	77.8	31.3	16.7	10.9	8.6	5.2	72.7
	Mean	31.7	16.4	11.8	9.8	5.4	75.2	30.2	16.3	10.5	8.1	4.5	69.8
Mean	5	24.4	16.3	12.5	8.6	3.0	70.8	29.4	15.0	11.4	6.8	2.3	64.7
	10	31.5	16.7	13.2	9.3	3.6	74.3	30.4	15.8	11.4	7.5	3.3	68.4
	15	32.0	17.6	13.1	10.1	5.0	78.7	31.3	16.8	11.4	8.2	3.8	72.0
	Total	31.3	16.8	13.2	9.3	3.9	74.6	30.3	15.9	11.4	7.5	3.2	68.4
	L S D 0.05	0.91	0.73	0.59	0.47	0.62	3.8	0.83	0.68	0.54	0.50	0.61	3.6

a^{1/}, b^{1/} ; Culm length(cm)

Table 6. Physical characteristics of the culm related to lodging index and lodging resistance with different nitrogen levels in direct seeding on flooded paddy surface in rice plant

Variety	Nitrogen levels (kg)	Lodging index	Top moment (g · cm)	Breaking moment with leaf sheath (g · cm)	Breaking moment (g · cm)	Modulus of section (mm ³)	Bending curvature (g · mm ²)
Daecheong-byeo	5	1.57	1325.3	842.8	734.5	17.1	488.0
	10	1.69	1410.5	834.3	719.1	17.5	468.0
	15	1.84	1582.9	859.3	693.5	18.3	433.6
	Mean	1.70	1436.6	845.5	715.7	17.6	463.2
Palgong-byeo	5	1.68	1484.4	883.5	720.8	17.8	461.1
	10	1.70	1528.8	901.7	701.4	18.2	440.3
	15	1.80	1637.2	910.8	683.9	19.3	406.1
	Mean	1.73	1550.1	898.7	702.0	18.4	589.5
Hwaseong-byeo	5	1.66	1407.6	850.2	730.2	16.1	515.6
	10	1.69	1437.5	870.6	715.4	16.7	488.3
	15	1.78	1581.1	887.9	697.6	17.8	448.1
	Mean	1.71	1475.4	869.6	714.4	16.9	484.0
Cheongmyung-byeo	5	1.24	1303.5	1051.1	881.3	12.1	811.0
	10	1.29	1382.7	1073.3	860.7	12.3	781.1
	15	1.36	1495.2	1101.7	830.5	13.7	679.2
	Mean	1.30	1393.8	1075.4	857.5	12.7	757.1
Dongjin-byeo	5	1.24	1385.8	1115.4	895.1	12.1	822.3
	10	1.26	1423.4	1130.9	887.5	13.4	736.9
	15	1.32	1541.5	1163.5	850.4	14.3	664.6
	Mean	1.27	1450.2	1136.6	877.7	13.3	741.3
Total	mean	1.54	1461.8	938.5	773.5	15.8	576.3
L S D	0.05	0.07	42.3	19.6	17.4	1.3	15.5

Table 7. Simple correlation coefficients among lodging characters with different nitrogen levels in direct seeding on flooded paddy surface in rice plant

Characters	A ^{1/}	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
B	0.100												
C	0.247	0.740**											
D	-0.206	0.627*	0.553										
E	0.526	0.418	0.451	-0.036									
F	0.425	0.602*	0.388	0.105	0.623*								
G	0.340	0.807**	0.653*	0.328	0.685**	0.703**							
H	0.604*	0.410	0.362	-0.135	0.806**	0.816**	0.693**						
I	0.120	-0.534**	-0.615*	-0.597*	-0.022	0.175	-0.275	0.247					
J	-0.014	0.731*	0.668*	0.755**	0.308	0.372	0.543*	0.117	-0.454				
K	0.881**	-0.053	0.140	-0.390	0.402	0.334	0.187	0.535*	0.262	-0.163			
L	0.737**	-0.373	-0.208	-0.648*	0.287	0.149	-0.057	0.414	0.491	-0.500	0.846**		
M	0.727**	0.368	0.527	0.154	0.226	0.347	0.395	0.331	-0.166	0.311	0.671**	0.418	
N	0.699**	0.460	0.560**	0.251	0.327	0.435	0.616*	0.451	-0.169	0.389	0.576*	0.312	0.898**

*. ** : Significant at the 5% and 1% levels, respectively.

^{1/} : A) Panicle length(cm), B) Leaf length(cm), C) No. of tillers, D) Leaf area(cm²), E) Leaf color(%), F) Root dry weight(g), G) Weight of culm base(g), H) Breaking strength(g)(with leaf sheaths), I) Breaking strength(g)(without leaf sheaths), J) Straw weight(g), K) External diameter of culm(mm), L) Internal diameter of culm(mm), M) Panicle weight(g), N) 1,000 grains weight(g)

한편 播種에서 出穗까지의 出穗所要日數(1991년, 1993년)를 調査(表 3)해 본 바 1991년도가 1993년도에 비해 2~5일정도 出穗가 遲延되었는데, 이는 1993년도 생육기간 동안 溫度가 낮고, 日射量이 적었으며, 7월 中의 降雨量이 많았기 때문에 生育이 沮害되었다고 생각된다.

2. 圃場 倒伏程度, 倒伏 및 無倒伏 벼의 節間長의 比較

窒素施肥 水準에 따른 圃場 倒伏程度는 表 4에서 보는 바와 같이 圃場倒伏 程度가 窒素施肥量 5 kg/10a, 10 kg/10a 및 15 kg/10a에서 각각 2.2, 3.0 및 5.5 程度를 보여 窒素施肥量의 증가에 따라 倒伏程度가 심했다. 品種別 倒伏程度를 보면 동진벼와 청명벼는 전체 窒素施肥水準에서 圃場倒伏 程度가 1.5~4.2를 나타낸 반면, 倒伏에 비교적 弱했던 대청벼, 팔공벼 및 화성벼는 2.0~7.2 程度로 모든 窒素施肥水準에서 倒伏이 많이 發生하였다. 栽培年度別 倒伏發生은 窒素 10 kg/10a에서 1991년과 1993년이 각각 3.0, 2.6로서 약간의 差異는 보였는데, 이는 栽培年度의 氣象環境 條件의 차이에 基因한 것으로 생각된다.

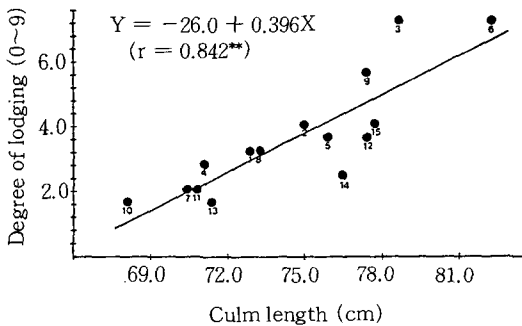


Fig. 2. Relationship between degree of lodging and culm length in direct seeding on flooded paddy surface rice plant.

* Numbers in the figure show the cultivars as follows;

- 1,2,3 (N : 5, 10, 15kg /10a) : Daechongbyeo
- 4,5,6 (N : 5, 10, 15kg /10a) : Palgongbyeo
- 7,8,9 (N : 5, 10, 15kg /10a) : Hwaseongbyeo
- 10,11,12 (N : 5, 10, 15kg /10a) : Cheongmyungbyeo
- 13,14,15 (N : 5, 10, 15kg /10a) : Dongjinbyeo

圃場倒伏 程度와 直接的 關聯을 갖는 稈長과 節間長의 變化를 品種과 窒素施肥水準別로 보면 表 5와 같다. 稈長은 倒伏된 벼가 74.56 cm, 無倒伏 벼가 68.34 cm로서 6.22 cm 더 컸다. 줄기의 各節間長을 比較해 보면 穗首節 아래 第5節間, 第4節間 및 第3節間에서 倒伏된 벼가 모두 크게 나타났다. 稈基部를 形成하고 있는 下位 第5·4節間長이 倒伏되지 않은 벼에서 顯著하게 작았던 것은 下位節間長이 짧을수록 耐倒伏性이 크다는 다른 보고^{1,6,9,11,15)}와 유사한 결과였다.

한편, 窒素施肥 水準別 稈長은 窒素 5 kg/10a에서 倒伏된 벼와 倒伏되지 않은 벼가 각각 70.8, 64.7 cm, 10 kg/10a에서 74.3, 68.4 cm, 15 kg/10a에서 74.6, 68.4 cm로 窒素施肥 水準에 약간의 差異를 보였으며, 倒伏된 벼가 倒伏되지 않은 벼보다도 훨씬 크게 나타났다.

3. 倒伏과 關聯된 줄기의 物理的 性質

颱風(글래디스: 초속 14~20 m, 降雨量 80~150 mm)에 의한 倒伏 直後 줄기의 모멘트에 關聯된 物理的 性質을 보면 表 6과 같다.

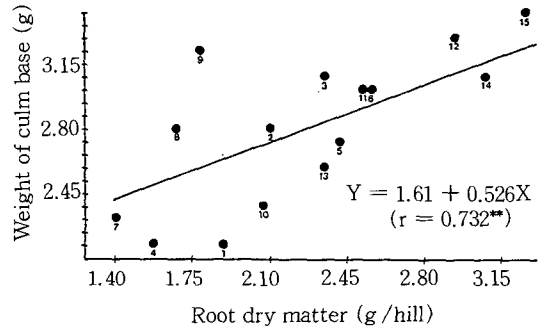


Fig. 3. Relationship between weight of culm base and root dry matter on varieties in direct seeding on flooded paddy surface rice plant.

* Numbers in the figure show the cultivars as follows;

- 1,2,3 (N : 5, 10, 15kg /10a) : Daechongbyeo
- 4,5,6 (N : 5, 10, 15kg /10a) : Palgongbyeo
- 7,8,9 (N : 5, 10, 15kg /10a) : Hwaseongbyeo
- 10,11,12 (N : 5, 10, 15kg /10a) : Cheongmyungbyeo
- 13,14,15 (N : 5, 10, 15kg /10a) : Dongjinbyeo

倒伏指數는 品種間의 耐倒伏性의 差異를 나타 내 주는 指標이다. 耐倒伏性이 강한 청명벼와 동진벼는 窒素 10 kg/10a에서 倒伏指數가 각각 1.29, 1.26을 보인 반면, 耐倒伏性이 중정도인 화성벼는 1.69를 나타내었으며 倒伏에 약했던 대청벼 및 팔공벼는 倒伏指數 1.57~1.84를 보였다. 地上部 모멘트는 倒伏에 약했던 品種과 倒伏에 강했던 品種間에 큰 差異가 없었으며, 稈基部의 挫折強度를 나타내는 葉초附着 挫折時모멘트는 窒素施肥量이 많을수록 컸으며, 倒伏에 강했던 청명벼와 동진벼가 대청벼, 팔공벼 및 화성벼보다 더 컸었다. 줄기의 挫折時 모멘트는 窒素施肥量이 적을수록 컸으며, 청명벼와 동진벼가 각각 860.7, 887.5g·cm로 대청벼, 팔공벼 및 화성벼 보다 높은 경향을 보여, 外部 氣象環境(降雨와 颱風)에 강한 특성을 보여 주었다. 斷面係數는 窒素施肥量이 많을수록 증가하는 경향이었으며, 대청벼, 팔공벼 및 화성벼가 청명벼와 동진벼보다도 크게 나타났다. 휩 모멘트는 窒素施肥量이 많아질수록 감소하는 경향이었으며, 청명벼와 동진벼가 대청벼,

팔공벼 및 화성벼보다 훨씬 더 크게 나타났다.

4. 倒伏關聯形質의 相互關係

稈長과 圃場倒伏程度와의 相關關係(그림 2)는 高度의 有意性($r = 0.842^{**}$)을 보이고 있어 長稈種이 短稈種보다도 倒伏에 불리하다는 다른 보고(3,6,11,14)와 비슷한 결과를 보였다. 根重과 稈基重과의 關係(그림 3)는 高度의 有意性($r = 0.732^{**}$)을 보여, 根重이 클수록 稈基重 역시 증대하여 T/R率 均衡이 식물생육에 매우 중요함을 시사하고 있는데, 이 두 形質이 倒伏과는 밀접한 關係를 가지고 있다는 다른 보고(18)처럼 뿌리 活力이 왕성한 品種을 選擇, 栽培하여야만 澆水表面直播時 倒伏抵抗性を 보일 것으로 생각한다. 倒伏指數와 圃場倒伏 程度間(그림 4)에는 $r = 0.686^{**}$ 으로 倒伏指數가 높을수록 圃場倒伏이 심하였다. 그림 5는 斷面係數 값과 휩 모멘트간의 相關을 표시한 것으로 斷面係數 값이 클수록 휩 모멘트가 적은 $r = -0.989^{**}$ 로 高度의 負의 有意性을 보였다. 倒

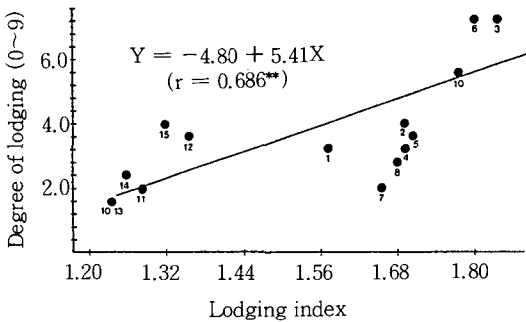


Fig. 4. Relationship between degree of lodging and lodging index on varieties in direct seeding on flooded paddy surface rice plant.

* Numbers in the figure show the cultivars as follows ;
 1,2,3 (N : 5, 10, 15kg /10a) : Daecheongbyeo
 4,5,6 (N : 5, 10, 15kg /10a) : Palgongbyeo
 7,8,9 (N : 5, 10, 15kg /10a) : Hwaseongbyeo
 10,11,12 (N : 5, 10, 15kg /10a) :
 Cheongmyungbyeo
 13,14,15 (N : 5, 10, 15kg /10a) : Dongjinbyeo

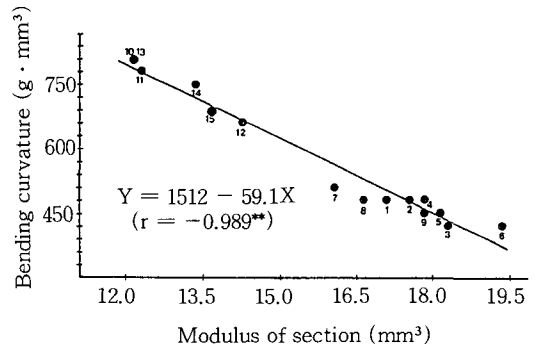


Fig. 5. Relationship between bending curvature and modulus of section on varieties in direct seeding on flooded paddy surface rice plant.

* Numbers in the figure show the cultivars as follows ;
 1,2,3 (N : 5, 10, 15kg /10a) : Daecheongbyeo
 4,5,6 (N : 5, 10, 15kg /10a) : Palgongbyeo
 7,8,9 (N : 5, 10, 15kg /10a) : Hwaseongbyeo
 10,11,12 (N : 5, 10, 15kg /10a) :
 Cheongmyungbyeo
 13,14,15 (N : 5, 10, 15kg /10a) : Dongjinbyeo

伏關聯 形質들의 關聯性 程度는 表 7과 같다. 식물체를 支持하는데 다른 形質보다도 중요한 기능을 갖는 根重과 葉綠素 含量, 稈基重 및 葉초부착 挫折時 모멘트, 稈基重과 葉長, 葉綠素 含量, 根重 및 葉초부착 挫折時 모멘트, 그리고 葉초부착 挫折時 모멘트와 葉綠素 含量, 根重 및 稈基重과 고도의 有意性을 나타내 倒伏發生과 이들 形質間에는 매우 密接한 關係를 지님을 알 수 있다. 특히 각 倒伏關聯形質과 葉綠素 含量과는 正의 相關을 나타냈는데, 이는 出穗期 以後까지도 葉綠素 含量이 높고 健전한 뿌리 活性을 유지하여 稻體內의 生理作用을 돕기 때문에 耐倒伏性 品種 선발시 效果의 일 것으로 思料된다.

摘 要

벼 湛水直播栽培에서 窒素施肥 水準에 따른 倒伏 發生에 關與하는 줄기의 物理的 性質의 變化를 알아보고자 圃場倒伏 程度가 다른 5 品種을 供試하여 試驗한 結果는 다음과 같다.

1. 立毛率은 66.7~71.2%의 분포를 보였으며, 立毛數는 m² 當 103~110個로 적정한 분포를 보였다.
2. 圃場倒伏 程度는 窒素施肥水準 5kg/10a區에서 平均 2.2, 10kg/10a區에서 平均 3.0, 15kg/10a區에서 平均 5.5를 보여, 窒素施肥量의 增加에 따라 圃場倒伏程度가 甚하였다. 品種間 差異가 뚜렷하여 청명과 둥근벼가 1.5~5.5를 보였으며, 대청, 팔공 및 화성벼는 2.0~7.2를 보였다.
3. 稈長은 窒素施肥量 15kg/10a에서 6~9cm 程度 증가하는 傾向이었으며, 倒伏發生 벼가 無倒伏 벼에 비해 5~8cm 程度 길었으며, 倒伏發生 벼와 無倒伏 벼의 경우 第 3節間은 각각 19.2, 11.4cm, 第 4節間은 각각 9.3, 7.5cm, 第 5節間은 3.9, 3.2cm의 差異를 보였다.
4. 地上部 모멘트가 작을수록, 줄기의 挫折時 모멘트가 클수록 倒伏發生이 抑制되었다.
5. 根重과 稈基重과는 $r = 0.732^{**}$ 로 高度의 有意性을 보였고, 斷面係數 값과 휨 모멘트間에는 r

$= -0.989^{**}$ 로 高度의 負의 有意性을 보였다.

引用文獻

1. Basak, M. N, S. K. Sen and P. K. Bhattacharjee. 1962. Effects of high nitrogen fertilization and lodging on rice yield. *Agron. J.* 54 : 477-480.
2. Given, D. V. 1980. Amino transferases in higher plant : 329-357. In Stumpf P. K and E. E. Conn. *The biochemistry of plant : a comprehensive treatise.* Volum 5. Amino acids and derivatives. Academic press.
3. 郭泰淳. 1992. 벼 省力栽培를 위한 湛水直播 播種時期와 登熟環境 分析. *韓作誌.* 37(6) : 541-520.
4. 姜良淳. 1989. 韓國의 稻作과 風水害. *韓作誌 (災害生理 研究1號)* : 45-65.
5. 金鶴鎮, 林俊澤, 權炳善. 1992. 窒素水準, PP333處理 및 播種量이 湛水表面 直播栽培 벼의 倒伏과 收量에 미치는 影響. *韓作誌* 37(1) : 9-15.
6. 金帝圭, 李文熙, 吳潤鎮. 1993. 벼 湛水表面直播栽培와 손 移秧栽培의 倒伏樣相. *韓作誌* 38(3) : 219-227.
7. 北條良夫, 小田桂三郎. 1965. 大麥의 強稈性에 關する研究. 第2報 稈における物理的 性質發達. *日作紀* 33 : 259-267.
8. 李德培, 權泰午, 任建宰, 朴建鎬. 1989. 窒素 및 石灰施用이 水稻 收量 및 倒伏關聯形質에 미치는 影響. *農試論文集* 31(3) : 27-33
9. 李文熙, 李鍾薰. 1986. 作物生產性 向上을 위한 生長調節劑 利用의 現況. *農業科學 심포지엄* : 103-113.
10. Lehninger, A. L. 1982. *Principles of biochemistry.* pp. 1011. Worth Publishers, Inc.
11. 大川泰一郎, 石原邦. 1992. 水稻의 耐倒伏性에 關與する稈의 物理的性質品種間差異. *日作紀*

- 61(3) : 419-425.
12. 吳潤鎭, 金丁坤. 1992. 벼 直播栽培 立苗率 向上 및 倒伏 輕減. 韓雜草誌 12(3) : 210-222.
 13. 朴來敬, 朴根龍, 裴聖浩. 1988. 作物栽培의 新技術. 農振叢書. 明倫堂 : 85-95.
 14. Seko, H. 1962. Studies on lodging in rice plants. Bull. Kyushu Agric. Exp. Stat. 7 : 419-499.
 15. 懶古秀生, 佐本啓智, 鈴木嘉一郎. 1957. 水稻の倒伏と關する2,3栽培條件の影響(1). 日作紀 26 : 90-93.
 16. Singh, J. N. and J. Takahashi. 1962. Effect of varying dates of top-dressing of nitrogen on plant characters leading to tendency to lodging in rice. Soil Sci. Plant Nutr. 8 : 169-176.
 17. 田原虎次, 藍房和, 渡邊直吉, 下田博之. 1967. イネの材料力學的性質に關する研究. 第1報 乳熟期における莖稈の強さについて. 農機誌 29 : 137-142.
 18. 田中典辛, 原田二郎, 有馬進, 榮誠三郎. 1992. 水稻根群の發育に及ぼすイナベンフイド影響. 日作紀 61(1) : 56-61.
 19. 高橋鴻七郎. 1963. 湛水直播における種鞘の浮遊防止法. 農業技術 18(4) 別刷.
 20. 谷口久米藏. 1972. 熊本縣八代地域における水稻たん水散播栽培. 農及園 47(3) : 441-446.
 21. 梁桓承, 金鍾奭. 1992. 湖南地方 直播栽培의 現況, 問題點 및 對策. 韓雜草誌 12 : 271-279.