

벼 湛水表面 直播栽培에서 播種期가 倒伏에 미치는 影響

宋東錫* · 金容在** · 李成春*

Effects of Seeding Dates on Lodging in Water Seeding of Rice

Dong Seog Song*, Yong Jae Kim** and Sheong Chun Lee*

ABSTRACT : The method of direct seeding on flooded paddy surface in rice is known to be the most labor saving cultural practice in rice. However, this method has a problem in practical use such as severe lodging occurring at the reproductive growth stage.

The objectives of this study were observed degree of field lodging and variation of lodging-related characteristics with different seeding dates.

The number of seedlings per m² were from 91 to 144 plants, and seedling ratios were from ranged from 61.7% to 91.8%. Days from seeding to flowering were shortened from 5 to 15 days by the later seeding dates. Heading dates of Ilpumbyeo, Seoanbyeo, Daecheongbyeo and Donjinbyeo on June 9 showed slightly elapsed on the critical stable heading time from, August 28 to 29. The culm length was effective in longer culm varieties than semidwarf varieties. The degree field lodging (degree of lodging : 0~9< 9 : complete lodging) in Obongbyeo and S101 with semidwarf varieties were 0.17, whereas 1.25 in Dongjinbyeo with long culm. The lodging resistant varieties and later seeding dates shortened the length of fibrous in the culm, and thickened fibrous in the culm, respectively. Obongbyeo and S101 showed stronger resistance to field lodging. The lodging resistant varieties, Obongbyeo and S101, showed lower values of lodging index from 1.03 to 1.15 than those of lodging susceptible varieties, Daecheongbyeo and Palgongbyeo ranged from 1.42 to 1.70. Bending moment with leaf sheath were greater in lodging resistant varieties (Obongbyeo and S101), 1510.0~1930.4 g.cm, than those in the lodging susceptible varieties (Daecheongbyeo and Palgongbyeo), 1127.2~1287.6 g · cm.

Key words : Field lodging, Different seeding dates, Fibrous, Lodging index, Resistance varieties, Susceptible varieties, Bending moment.

우리나라에서 벼 재배는 國內外로 매우 어려운 與件을 맞고 있다. 국내적으로는 벼의 재배면적이 1990년 1,244천 ha에서 1994년 1,103천 ha로 급격히 감소하여 쌀 自給率도 1990년 108%에서

1994년 87.8%로 점차 떨어지고 있을 뿐만 아니라, 國외적으로는 WTO體制 出帆으로 無限競爭 狀態로 돌입하게 되어 1995년 이후 10년간 國內 소비량의 1~4%까지 값싼 外國산 쌀이 도입될

* 順天大學校 農科大學 (College of Agriculture, Suncheon National Univ., Suncheon 540-742, Chonnam, Korea)

** 全南大學校 農科大學 (College of Agriculture, Chonnam National Univ., Kwangju 500-757, Korea) <96. 1. 18 接受>

展望이다. 그러나 우리 민족의 主穀인 쌀 自給自足の 중요성은 食糧安保面에서나 국민경제기반의 安定化에 있어 그 價値를 계산할 수 없을 정도다. 따라서 美國의 4배에 달하는 국내산 쌀 가격의 國際競爭力은 대단위 경영형태의 省力機械化 栽培를 통한 생산비의 획기적인 절감에 의해서 提高될 수 있는데, 이를 위해 '農業科學技術의 世界化를 위한 中長期 研究開發計劃'¹⁰⁾을 수립한 바 있다.

벼의 생리기계화 재배를 위한 育苗과 移秧作業을 생략할 수 있는 直播栽培法의 확립은 매우 중요한 당면 과제다. 전국의 벼 직파재배 면적은 乾畝直播과 湛水直播을 합하여 '91년에 9,000ha(전체 면적의 0.1%)에서 '92년 2,700ha(0.2%), '93년 7,500ha(0.7%)로 증가하다 '94년에는 72,800ha(0.6%), '95년에는 117,500ha(10.6%)가 보급되었으며, 이 중 담수직파와 건담직파가 각각 49,800ha, 67,700ha를 차지하고 있다¹¹⁾. 특히 담수표면직파재배 벼는 뿌리가 地表面에 분포하고, 줄기 자체가 土中에 묻히지 않아 倒伏이甚하게 발생하여 倒伏防止 및 輕減對策이 先決되어야 할 과제이다. 또한 直播栽培時 倒伏의 발생은 育苗 및 移秧作業의 省略을 통한 勞動力 節減效果를 相殺시키기 때문에 직파재배의 成敗는 倒伏抑制 與否에 左右된다해도 과언은 아니다.

倒伏을 輕減시키기 위한 재배적 기술방법의 하나로 播種期 移動에 따른 稈長의 변화를 보면, 播種期가 늦어질수록 高溫·短日條件에 感應하여 充分할 정도로 營養生長을 하지 못한 次 生殖生長으로 전환되기 때문에 稈長은 뚜렷하게 짧아졌으며 그 정도는 품종의 早·晚性에 따라 각각 다르며^{2,5)}, 각 節間長別로 보면 上位 第1節間과 第4節間の 길이는 播種期가 늦을수록 작아지는 傾向으로 과정기간 차이가 컸으나 第2, 3, 5節間の 길이는 큰 差異를 보이지 않았다²⁾. 또한 播種期가 늦을수록 각 品種들의 倒伏發生 程度가 크게 경감되었는데, 이는 稈長이 짧아져 地上部의 무게가 減少하였기 때문이며, 또 登熟期間 中 降雨期를 回避하면 도복발생이 경감될 것으로 判斷된다⁸⁾. 湛水表面直播栽培 벼는 出穗以後의 耐倒伏性和 登熟限界期以後에도 後期 登熟이 良好한 特性을 지닌 品種이 要求되는데, 生育後期の 登熟은 뿌리의

活力이 높을수록 葉의 기능이 왕성하게 維持되기 때문에 뿌리의 活力이 늦게까지 維持되는 品種을 育成하여야 할 것이다^{2,3)}. 그러나 倒伏에 대한 單편적인 연구 결과가 몇몇 보고되고 있을 뿐, 湛水表面直播栽培時 발생하는 倒伏關聯形質과 原因에 대한 具體적이고 實證적인 연구는 대단히 미흡하며 初步적인 단계에 있다.

本 研究는 국내산 쌀 생산비를 節減하여 國際競爭力을 提高시키기 위하여 湛水表面直播栽培時 발생하는 倒伏에 대한 基礎研究의 일환으로서 播種期 移動에 따른 倒伏程度와 倒伏關聯形質의 變異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 1993년과 1994년 4월부터 10월까지 順天大學校 農科大學 畝作圃場과 實驗室에서 遂行하였다. 供試 品種은 早生種인 오봉벼, S 101, 진미벼, 中生種인 화성벼, 팔공벼, 청명벼, 일품벼, 서안벼, 中晚生種인 대청벼와 동진벼를 사용하였다. 播種은 15日 간격으로 하였는데, 第1次 播種은 5月 10日, 2次 播種은 5月 25日, 3次 播種은 6月 9日에 하였으며, 種子는 播種 1주일 前에 18~20℃ 水溫에 5日間 浸種한 後 30℃ Germinator에 1日間 置床하여 幼芽가 1~2 mm 정도 자란 것을, 湛水表面에 直播하였다. 試驗區는 亂塊法 3反復으로 배치하였으며, 試驗區의 面積은 12 m²로 하였다.

施肥는 N-P₂O₅-K₂O = 11-7-8 kg/10a, 人糞질과 가리질 비료는 全量 基肥로 하였으며, 窒素質 肥料는 基肥 40%, 分藥肥 30%, 穗肥 30%로 分施하였다.

調査形質 : 立毛率과 立苗數, 出穗 후 20일에 倒伏發生程度, 稈長, 節間長(1~5), 倒伏強度 등을 시험구당 生育이 中 程度인 均일한 20個體를 選別하여 農村振興廳 調査基準에 準하여 調査하였다.

倒伏抵抗性 관련 형질의 特徵 : 倒伏과 관련이 깊은 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 : 1kg)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 의해서 求하였다.

- 1) 地上部 모멘트 (g · cm) : 稈長 × 生體重
- 2) 葉초부착 挫折時 모멘트 (g · cm) : 1/4 × (葉초부착 挫折時 荷重) × (지점간 거리)
- 3) 줄기의 挫折時 모멘트 (g · cm) : 1/4 × (줄기의 挫折時 荷重) × (지점간 거리)
- 4) 倒伏指數 : 地上部 모멘트를 葉초부착 挫折時 모멘트로 나눈 값
- 5) 斷面係數 (mm³) : $\pi/4 \times (a_1^3b_1 - a_2^3b_2) / a_1$
 a_1, b_1 : 각각 줄기의 短軸(mm), 長軸(mm)
 a_2, b_2 : 각각 줄기 莖단면의 內徑 短軸(mm), 內徑 長軸(mm)
- 6) 휨 모멘트 (g/mm²) : 줄기의 挫折時 모멘트를 斷面係數로 나눈 값
- 7) 斷面 2次 모멘트 (I, mm⁴) : $I = \pi/4 \times (a_1^3b_1 - a_2^3b_2)$

結果 및 考察

1. 立毛率

湛水表面直播벼의 播種期 이동에 따른 立毛率의 變異는 表 1과 같다. 播種期別 立毛率은 5월 10日 播種 63.5~85.5%(立苗數 91~131個/m²), 5월 25日 播種 61.7~87.7%(立苗數 97~135個/m²), 6월 9日 播種에서 67.2~91.8%(立苗數 108~144 / m²)의 分布를 보였으며, 播種이 늦어짐에 따라 立毛率이 增加하는 傾向이었다. 이 같은 결과는 氣溫上昇(17~21℃)의 影響으로 생각되며, m² 당 立苗數는 穗數確保와 倒伏에 밀접한 關聯이 있기 때문에 適定立苗數의 유지는 높은 收量을 기대하기 위하여 필수적인 要素인 바 湛水表面直播栽培에서도 이는 중요한 요소 중 하나이다.

金 等⁶⁾은 무논 골뿌림재배의 경우 관리기 부착시에 出芽率은 79%, 이앙기 부착시 70%, 토중직

과된 경우 36% 였다고 하였으며, 山崎 等²⁰⁾은 직과재배가 平均 立毛率 75%이라 하였는데, 本 試驗의 서안벼의 경우는 이들 보고보다 약간 높은 편이었으며, 오봉벼, 청명벼 및 팔공벼는 약간 낮은 傾向을 보였다. 또한 高橋¹⁸⁾는 m²당 立苗數가 90~100개, 谷口¹⁹⁾는 90±20개에서 最高의 수량을 올렸다고 하였으며, 미국의 경우 130~150개 정도이고, 이보다 立苗數가 많을 경우 倒伏抵抗性과 收量 및 米質에 影響을 준다고 하였다. 吳 等¹⁵⁾은 立苗數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 m²당 立苗數 200개 정도되면 倒伏發生이 심했다고 하였다. m²당 적정입모수를 80~120개/m²라 할때, 本 시험의 결과로 적정수준이라 할 수 있으며, m²당 입모수가 증가할수록 m²당 穗數도 증가하기 때문에 품종에 따른 입모율은 과중량 결정에 중요한 문제이다.

2. 安全出穗限界期

湛水表面直播栽培에 있어 播種期 移動에 따른 出穗反應은 表 2와 같다. 播種期別 平均 出穗日數, 出穗期 變化를 보면 93年 栽培에서 5월 10日, 5월 25日, 및 6월 9日 播種에서 각각 86日(8월 5日), 81日(8월 15日) 및 76日(8월 25日)로 播種이 늦어질수록 뚜렷히 短縮되었다. 94年 栽培에서도 平均出穗 日數의 變化는 93年度와 비슷한 傾向이었는데 早播와 晚播 差異가 15日이나 되어 短縮程度가 훨씬 컸다.

品種의 早晚性에 따른 播種期別 平均 出穗日數 出穗期 變化를 보면 93年 栽培의 早生種은 5월 10日, 5월 25日 및 6월 9日 播種에서 각각 81日(7월 31日), 73日(8월 7日), 71日(8월 20日)로 早晚播間 差異가 10日이었고 中生種은 7.2日, 晚生種은 10日로 나타나 品種의 早晚性間에는 큰 差異가 없었다. 94年 栽培에서 播種期別 平均 出穗日數 變化를 보면 播種이 늦어질수록 早生種이 12日, 中生種이 14.8日, 晚生種은 16.5日 程度 平均 出穗日數가 短縮되어 早·中生種에 비해 晚生種에서 短縮程度가 컸다.

水稻의 安全登熟을 위해서는 日本型 벼의 경우 出穗 後 40日間の 積算溫度가 840℃이상 되어야

Table 1. Effect of seeding dates on the percentage of seedling stands and number of plants per m² in direct seeding on flooded paddy surface in rice plant

Variety	Seeding date											
	May 10				May 25				June 9			
	Percentage of stands /m ²		No. of plants /m ²		Percentage of stands /m ²		No. of plants /m ²		Percentage of stands /m ²		No. of plants /m ²	
	'93	'94	'93	'94	'93	'94	'93	'94	'93	'94	'93	'94
Obongbyeo	63.5	61.3	103	99	61.7	63.1	100	102	67.2	68.5	109	111
S101	81.3	74.0	131	119	82.5	77.8	133	125	88.7	81.0	144	131
Ilpumbyeo	81.2	78.4	128	124	83.1	80.5	131	127	85.7	82.7	135	130
Seoanbyeo	85.5	80.7	124	117	87.7	79.6	126	114	91.8	83.5	133	121
Cheongmyungbyeo	65.3	70.5	105	113	67.2	70.4	108	113	70.3	72.8	113	117
Dongjinbyeo	78.9	74.5	124	117	85.9	76.3	135	120	87.2	80.1	137	126
Daechongbyeo	74.5	76.0	123	126	76.1	78.7	126	130	78.5	76.3	130	126
Jinmibyeo	76.8	74.4	110	107	88.7	75.8	127	109	86.6	78.4	124	112
Hwaseongbyeo	79.3	77.5	129	126	83.0	80.2	135	130	86.1	80.9	140	132
Palgongbyeo	63.6	70.1	91	100	67.6	72.4	97	104	75.5	74.7	108	107
L S D 0.05	4.5	3.9	12	10	7.4	6.4	14	12	7.7	7.1	15	10

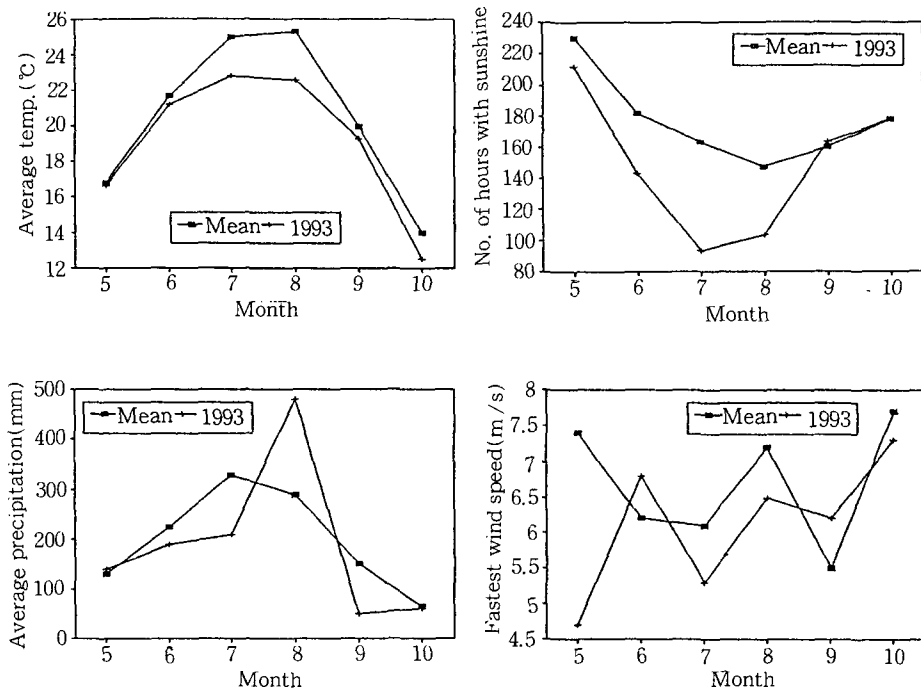


Fig. 1. The several climatic factors for nineteen years, from 1972 to 1990, based on the meteorological data at Sungjoo Weather Observation Station. Monthly average of 1993 is listed for comparison.

한다고 하는데, 安 等¹⁾은 光州를 비롯한 全南內 陸 평야지대에서 登熟期 積算溫度를 840°C로 하

Table 2. The number of days from seeding to heading with different seeding dates in direct seeding on flooded paddy surface in rice plant

Seeding date	Maturity type	Variety	Growth duration ^{1/}	
			'93	'94
May 10	Early	Obongbyeo	78(July 27)	74(July 23)
		S101	80(July 30)	75(July 25)
		Jinmibyeo	86(Aug. 5)	86(Aug. 5)
		Mean	81	78
	Medium	Ilpumbyeo	89(Aug. 7)	89(Aug. 7)
		Seoanbyeo	89(" 7)	89(" 7)
		Cheongmyungbyeo	86(" 4)	88(" 6)
		Hwaseongbyeo	86(" 4)	88(" 6)
		Palgongbyeo	84(" 3)	86(" 5)
		Mean	87	88
	Medium-late	Dongjinbyeo	91(Aug. 9)	94(Aug. 12)
		Daecheongbyeo	88(" 6)	88(" 6)
		Mean	90	91
		Total mean	86	86
May 25	Early	Obongbyeo	73(Aug. 7)	69(Aug. 3)
		S101	71(" 5)	66(" 31)
		Jinmibyeo	76(" 10)	78(" 12)
		Mean	73	71
	Medium	Ilpumbyeo	86(Aug. 20)	81(Aug. 15)
		Seoanbyeo	85(" 19)	80(" 14)
		Cheongmyungbyeo	81(" 15)	80(" 14)
		Hwaseongbyeo	84(" 18)	79(" 13)
		Palgongbyeo	82(" 16)	78(" 12)
		Mean	84	79
	Medium-late	Dongjinbyeo	87(Aug. 21)	84(Aug. 18)
		Daecheongbyeo	86(" 20)	79(" 13)
		Mean	87	81
		Total mean	81	77
June 9	Early	Obongbyeo	71(Aug. 20)	66(Aug. 15)
		S101	69(" 18)	62(" 11)
		Jinmibyeo	73(" 22)	71(" 24)
		Mean	71	66
	Medium	Ilpumbyeo	80(Aug. 29)	75(Aug. 24)
		Seoanbyeo	79(" 28)	73(" 22)
		Cheongmyungbyeo	77(" 26)	70(" 19)
		Hwaseongbyeo	78(" 27)	76(" 25)
		Palgongbyeo	76(" 25)	72(" 21)
		Mean	78	73
	Medium-late	Dongjinbyeo	80(Aug. 29)	75(Aug. 24)
		Daecheongbyeo	79(" 28)	74(" 23)
		Mean	80	75
		Total mean	76	71

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

() : The heading date.

기 위한 安全出穗限界期를 8月 28日로 推定하였고, 동진벼의 中苗를 栽培할 때 安全移秧限界期가 6月 20日이라고 하였다. 한편 朴 等¹⁶⁾도 호남지방의 日本型 벼의 安全出穗限界期를 8月 25~26日頃이라고 하였는데, 本 試驗의 湛水表面直播栽培의 경우 6月 9日 播種의 경우 中晩生種의 出穗期가 8月 28~29日로 安全出穗限界期를 약간 經過되는 시기에 出穗되기 때문에 이에 대한 檢討가 필요하다고 본다. 따라서 播種期를 늦추어 耐倒伏性을 增大시키면서 安全出穗限界期 이후에도 後期 登熟에 있어서 受光態勢가 좋은 草型을 具備한 品種의 育成이 요구된다.

3. 稈長과 倒伏程度의 年次間 差異

93年 昇州地域의 氣象條件(그림 1)은 1次 播種(5月 10日)의 登熟期間인 8月 中 降雨量이 482.5 mm, 最大瞬間 風速이 13.4 m/sec.였고, 2차 播種(5月 25日)의 登熟기간인 9月의 경우 降雨量이 475 mm, 最大瞬間 風速이 14.7 m/sec. 이었다.

表 3은 播種期를 달리했을 때 稈長을 栽培年度別(93年, 94年)로 나타낸 것으로 播種이 15日씩 늦어질수록 短稈種(71 cm以下)과 長稈種(71 cm 以上) 共히 급격히 작아졌는데, 그 短縮 程度는

長稈種이 短稈種보다 훨씬 컸다. 年次間 稈長 差異는 長·短稈種 共히 5月 10日과 6月 9日 播種에서는 93年度 栽培에서, 5月 25日 播種에서는 94年度 栽培에서 각각 컸던 것으로 나타났다.

이와 같은 原因은 1993年度 氣象條件이 7~10月까지는 平年보다 低溫으로 경과하여 生育環境이 不良하였으며, 出穗期인 8월에 降雨量이 많아 日照時間이 不足하였기 때문으로 사료된다.

表 4는 播種時期를 달리하였을 경우 圃場倒伏發生 程度를 栽培年度別로 나타낸 것이다. 전체 倒伏發生 程度는 長·短稈種 각각 1.20, 2.54로서 短稈種이 長稈種에 비해 圃場倒伏發生이 훨씬 경미했다. 播種時期別로 보면 播種이 늦어질수록 倒伏의 發生程度 역시 減少했는데, 이는 稈長이 減少했던 연유로 생각된다. 品種別 倒伏發生 程度는 短稈種에서 오봉벼와 S101이 각각 0.17로 가장 경미했고, 청명벼가 1.37로 中程度를, 서안벼는 2.42로 倒伏發生이 가장 컸던 것으로 나타났다. 長稈種에서는 동진벼가 1.25로 가장 경미하였으며, 팔공벼는 3.52로 가장 컸던 품종으로 나타났다. 특히 동진벼는 稈長이 71 cm 以上の 長稈種임에도 불구하고 倒伏發生程度가 1.25로 短稈種 平均 1.20과 거의 비슷하게 나타났는데, 이는 長

Table 3. Varietal differences of culm length with seeding dates and years in direct seeding on flooded paddy surface in rice plant

Variety	Culm length (cm)					
	May 10		May 25		June 9	
	'93	'94	'93	'94	'93	'94
Obongbyeo	60.3	59.8	64.3	59.4	60.0	51.8
S101	63.3	65.3	68.1	60.0	63.6	52.3
Ipumbyeo	60.7	68.2	60.1	59.9	62.1	51.4
Seoanbyeo	68.3	65.1	74.5	60.8	61.2	53.2
Cheongmyungbyeo	70.3	68.5	65.9	63.5	65.0	60.7
Mean	64.6	65.4	66.6	60.7	62.4	53.9
Dongjinbyeo	72.9	66.1	70.1	64.5	69.1	57.2
Daecheongbyeo	73.6	77.8	77.5	70.6	66.8	61.2
Jinmibyeo	75.6	65.5	74.0	62.4	72.0	59.5
Hwaseongbyeo	78.0	75.6	74.7	67.1	68.8	60.1
Palgongbyeo	78.7	73.2	71.6	69.0	71.3	67.2
Mean	75.8	71.6	73.6	66.7	69.6	61.0

Table 4. Varietal differences of lodging in direct seeding on flooded paddy surface in rice plant

Variety	Degree of lodging (0 -9) ^{1/}						Total Mean
	May 10		May 25		June 9		
	'93	'94	'93	'94	'93	'94	
Obongbyeo	1.0	0	0	0	0	0	0.17
S101	1.0	0	0	0	0	0	0.17
Ilpumbyeo	3.2	2.0	2.2	1.8	1.0	0.9	1.85
Seoanbyeo	3.0	3.9	2.0	3.1	1.0	1.5	2.42
Cheongmyungbyeo	2.1	1.8	1.7	1.0	1.0	0.6	1.37
Mean	2.1	1.5	1.2	1.2	0.6	0.6	1.20
Dongjinbyeo	1.2	2.1	0	1.0	0	0.7	1.25
Daechongbyeo	4.0	5.0	3.1	2.8	2.3	1.8	3.17
Jinmibyeo	2.7	3.8	2.1	3.0	1.2	1.6	2.40
Hwaseongbyeo	3.0	3.4	2.5	2.0	1.8	1.5	2.37
Palgongbyeo	3.4	6.0	2.9	5.1	2.0	1.7	3.52
Mean	2.9	4.1	2.1	2.8	1.5	1.5	2.54

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

Table 5. Variations of length and thickness of fibrous cell on the forth internode in direct seeding on flooded paddy surface in rice plant

Variety	Length of fibrous cell (μm)			Thickness of fibrous cell (μm)		
	May 10	May 25	June 9	May 10	May 25	June 9
Obongbyeo	920	893	856	8.83	9.07	9.13
S101	1084	1042	1013	8.71	8.78	8.87
Ilpumbyeo	1147	1106	1073	7.44	7.45	7.85
Seoanbyeo	1182	1159	1129	8.15	8.32	8.51
Cheongmyungbyeo	1072	1067	1025	8.37	8.43	8.53
Mean	1081	1053	1019	8.30	8.58	8.58
Dongjinbyeo	1163	1130	1106	8.34	8.54	8.73
Daechongbyeo	1281	1258	1234	8.21	8.47	8.51
Jinmibyeo	1174	1112	1097	7.37	7.46	7.74
Hwaseongbyeo	1121	1091	1074	7.62	7.99	8.23
Palgongbyeo	1275	1235	1208	7.83	8.14	8.28
Mean	1203	1165	1144	7.87	8.12	8.30
Total mean	1142	1109	1082	8.09	8.35	8.43
L S D 0.05	53	47	50	0.42	0.39	0.45

稈種이지만 줄기의 倒伏抵抗性이나 뿌리의 倒伏抵抗性이 컸던 것에 기인하는 것으로 생각된다. 한편 試驗이 수행되었던 93년의 氣象條件은 出穗期인 8월에 降雨量이 많아 日照時間이 平年에 비해 不足하였으며, 倒伏에 影響을 주는 瞬間最大風速은 出穗期인 8월의 경우 平年보다 낮아 倒伏이 아주 심하지 않았다.

4. 稈의 纖維細胞 特性과 倒伏

稻體의 支持作用의 기능을 가지는 纖維細胞의 變異는 表 5와 같다. 平均 纖維細胞長은 5月 10日, 5月 25日 및 6月 9日에서 각각 1,142, 1,109 및 1,081μm로 播種이 늦어질수록 점차 짧아지는 경향을 보이는데, 그 程度는 長稈種이 短稈種보다

켰다. 5月 10日 播種區에서 倒伏에 특히 強했던 오봉벼, S101 品種과 倒伏에 弱했던 대청벼와 팔공벼의 平均 纖維細胞長은 각각 920, 1,084와 1,281, 1,275 μm 로 倒伏에 強한 品種일수록 纖維細胞長은 짧았다. 望月 等¹²⁾은 稈의 強度와 纖維細胞와의 關係를 分析한 結果, 纖維細胞長은 인도형 및 우리나라 통일형 품종 등이 짧았으나 稈의 強度는 오히려 컸다고 하였다. 또한 望月 等¹³⁾은 벼의 葉초에 있어서 纖維細胞長은 동일부위에 있어서도 매우 다양하며 葉位가 상승함에 따라 길어지고 葉초장과 正의 相關關係가 있으며 播種密度에 따라 疎植할수록 짧아지고, 高溫일수록 짧아진다고 하였다.

한편 川原·中里⁴⁾는 벼 줄기의 纖維細胞長은 品種이나 栽培條件에 따라 다소의 차이가 있으며, 西尾⁹⁾는 窒素施肥量도 纖維細胞長과 두께에 影響을 미친다고 하였다. 이와 같이 벼의 倒伏에 있어서 倒伏의 原因 究明을 위하여 纖維細胞長과 두께에 많은 관심이 集中되고 있으나 뚜렷한 결과는 나타나지 않고 있다. 따라서 줄기강도는 纖維細胞의 含量 및 質的 要因과 밀접한 관련이 있을 것으로 추정되어 이에 대한 면밀한 研究·檢討가 필요하다고 생각된다.

品種別로는 5月 10日 과중구에서 특히 倒伏에 強했던 오봉벼와 S101에서 纖維細胞의 두께는 각각 8.83, 8.77 μm 로 도복에 약했던 대청벼와 팔공벼 8.21, 7.83 μm 보다 훨씬 두꺼웠다. 한편 望月 等¹²⁾의 조사한 纖維細胞의 두께는 이삭의 1차 지경에서 약 3.0~5.5 μm 였는데 비해, 本 試驗의 結果는 7.87~8.58 μm 로 이삭의 1차 지경보다 두꺼웠다. 稈의 纖維細胞長은 짧으면서 纖維細胞의 두께가 두꺼운 것이 倒伏에 強한 傾向이 있다. 따라서 播種期가 늦어질수록 圃場倒伏 정도가 낮아졌는데 이는 氣象環境의 影響뿐만 아니라 稈의 纖維細胞의 含量 및 質的 要因과 밀접한 관련이 있다고 생각된다.

5. 倒伏關聯形質 特性

倒伏關聯形質 特性을 播種期別로 나타낸 것이 表 6과 같다. 倒伏指數, 地上部 荷重 및 斷面係數 등은 播種이 늦어질수록 減少하였으나 葉초가 줄

기를 감싸고 있을 때 줄기 挫折 모멘트, 줄기의 挫折 모멘트 및 휨 모멘트 등은 과중이 遲延될수록 增加하여 서로 相反되는 傾向을 보였다. 倒伏指數는 5月 10日, 5月 25日 및 6月 9日 播種에서 각각 1.31~1.57, 1.23~1.44 및 1.18~1.35를 보였으며, 品種別로는 오봉벼와 S101이 1.03~1.15, 대청벼와 팔공벼는 1.42~1.70의 분포를 보였다.

葉초부착 挫折時 모멘트는 5月 10日, 5月 25日 및 6月 9日 播種에서 각각 951.3~1,131.8, 1,280.8~1,495.4 및 1,336.1~1,548.7 $\text{g} \cdot \text{cm}$ 를 보였다. 品種別로 보면 오봉벼와 S101에서 1,510.0~1,930.4 $\text{g} \cdot \text{cm}$ 의 分布를 보였으며, 대청벼와 팔공벼는 1,127.2~1,287.6 $\text{g} \cdot \text{cm}$ 를 보였다. 휨 모멘트를 品種別로 보면 오봉벼와 S101에서 919.5~1,389.8 $\text{g} \cdot \text{mm}^3$, 대청벼와 팔공벼에서 481.2~574.6 $\text{g} \cdot \text{mm}^3$ 를 보였다. 따라서 稈基部의 挫折時 모멘트가 크며, 葉초 보강도가 커서 強稈性 이면서 휨 모멘트가 큰 特性을 갖는 品種의 遺傳的 支配要因에 대한 究明이 필요하다.

그림 2와 3은 稈長과 倒伏指數間의 年次間 相關關係를 나타낸 것으로 93년과 94년의 相關關係數는 각각 $\gamma=0.510^{**}$, $\gamma=0.701^{**}$ 로 고도의 有意性을 보였다.

줄기 횡단면 조직의 크기를 나타내는 斷面係數와 줄기의 材質을 나타내는 휨 모멘트와의 關係(그림 4)는 줄기의 斷面係數이 작을수록 휨 모멘트는 작게 나타난 $\gamma=-0.913^{**}$ 의 고도의 負의 相

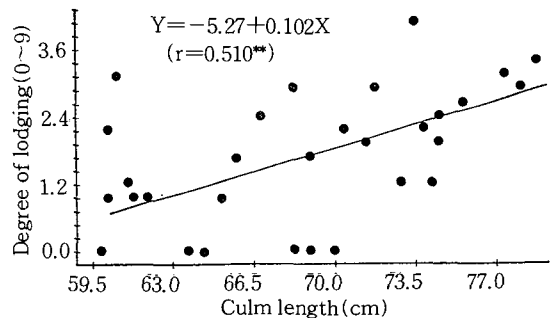


Fig. 2. Relationship between degree of lodging and culm length in direct seeding on flooded paddy surface in rice plant (1993 year).

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

Seeding date	Variety	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)
May 10	Obongbyeo	1.11	1885.2	1691.7	1373.2	12.3	1116.4
	S101	1.15	1730.3	1510.0	1213.8	13.2	919.5
	Ilpumbyeo	1.48	1759.2	1184.5	963.5	14.5	664.5
	Seoanbyeo	1.48	1863.4	1257.2	947.8	15.4	615.5
	Cheongmyungbyeo	1.35	1915.4	1410.2	1160.8	13.7	847.3
	Mean	1.31	1830.7	1410.7	1131.8	13.8	832.6
	Dongjinbyeo	1.41	1889.4	1336.9	1206.0	13.8	873.9
	Daechongbyeo	1.65	1873.5	1134.6	853.8	16.7	511.3
	Jinmibyeo	1.59	1897.6	1197.1	937.6	14.3	655.7
	Hwaseongbyeo	1.49	1850.4	1242.5	926.7	14.6	634.7
Palgongbyeo	1.70	1913.2	1127.2	832.5	17.3	481.2	
Mean	1.57	1884.8	1207.7	951.3	15.3	631.4	
May 25	Obongbyeo	1.05	1939.0	1853.2	1430.7	11.8	1212.5
	S101	1.07	1685.7	1572.9	1380.4	12.7	1086.9
	Ilpumbyeo	1.33	1703.0	1282.7	1011.7	14.2	712.5
	Seoanbyeo	1.39	1825.9	1312.4	984.4	14.8	665.1
	Cheongmyungbyeo	1.30	1897.8	1455.8	1255.6	13.4	937.0
	Mean	1.23	1810.3	1495.4	1212.6	13.4	922.8
	Dongjinbyeo	1.31	1850.1	1409.7	1268.4	13.5	939.5
	Daechongbyeo	1.50	1803.7	1201.3	905.7	16.2	559.0
	Jinmibyeo	1.41	1855.0	1313.0	993.4	13.8	719.9
	Hwaseongbyeo	1.40	1823.8	1300.5	973.7	14.0	690.1
Palgongbyeo	1.58	1867.5	1179.4	877.1	16.9	519.0	
Mean	1.44	1840.0	1280.8	1003.7	14.9	685.5	
June 9	Obongbyeo	1.04	2015.9	1930.4	1570.5	11.3	1389.8
	S101	1.03	1663.5	1608.5	1437.1	12.0	1187.7
	Ilpumbyeo	1.27	1679.8	1327.8	1092.1	13.9	1187.7
	Seoanbyeo	1.31	1794.7	1375.3	1052.5	14.3	736.0
	Cheongmyungbyeo	1.24	1854.2	1501.4	1320.4	13.0	1007.9
	Mean	1.18	1801.6	1548.7	1294.5	12.9	1101.8
	Dongjinbyeo	1.26	1812.7	1438.0	1361.2	13.3	1023.5
	Daechongbyeo	1.40	1784.2	1287.6	978.3	15.8	543.5
	Jinmibyeo	1.35	1814.7	1347.3	1075.8	13.6	791.0
	Hwaseongbyeo	1.31	1782.5	1356.7	1044.2	13.8	756.7
Palgongbyeo	1.42	1783.9	1250.8	930.9	16.2	574.6	
Mean	1.35	1795.6	1336.1	1078.1	14.5	737.9	
L S D 0.05	0.23	60.2	59.4	50.7	2.1	63.5	

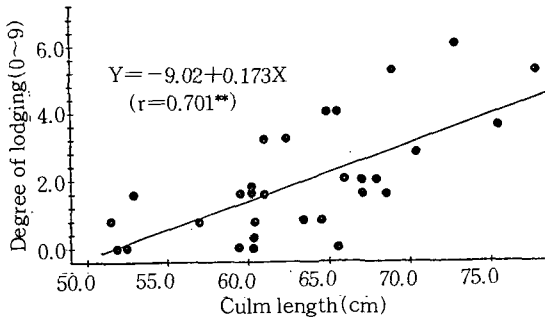


Fig. 3. Relationship between degree of lodging and culm length in direct seeding on flooded paddy surface in rice plant (1994 year).

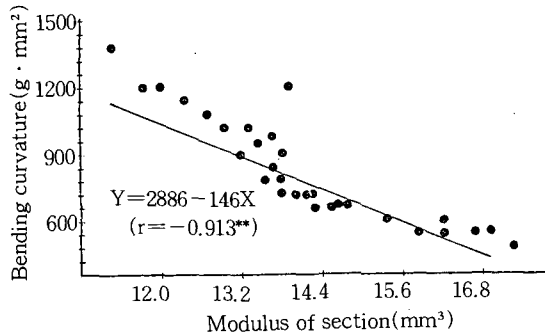


Fig. 4. Relationship between bending curvature and modulus of section in direct seeding on flooded paddy surface in rice plant.

關을 보이고 있는데, 이는 줄기의 斷面積이 클수록 倒伏이 輕減됨을 시사하는 것으로 다른 보고¹⁴⁾와 비슷한 결과였다.

摘要

벼 湛水表面直播栽培에서 많이 발생하는 倒伏에 대한 基礎研究로 播種期 移動에 따른 倒伏程度와 倒伏關聯形質의 變異에 대한 試驗分析을 하였던 바 그 결과를 要約하면 다음과 같다.

1. 立毛數는 91~144개/m²당의 분포를 보였으며, 立毛率은 61.7~91.8%로 적정수준이었다.
2. 播種期 移動에 따른 出穗反應은 파종기가 늦

어짐에 따라 5~15日 정도 出穗所要日數가 短縮되었으며, 6月 9日 播種區의 경우 中生種인 일품벼와 서안벼 그리고 中晩生種인 대청과 동진벼의 出穗期가 8月 28日~29日로 安全出穗限界期가 약간 경과하였다.

3. 稈長은 播種期가 늦어짐에 따라 短稈種과 長稈種 공히 급격히 작아졌는데, 그 短縮程度는 長稈種이 短稈種보다 훨씬 컸다.
4. 品種別 倒伏發生 程度는 短稈種인 오봉벼와 S101에서 0.17로 가장 경미하였고, 동진벼는 長稈種이면서 倒伏程度가 1.25를 보여 倒伏抵抗性이 컸다.
5. 纖維細胞의 길이는 倒伏에 強했던 오봉벼와 S101에서 각각 920, 1,084 μ m를 보였으며, 倒伏에 弱했던 대청벼와 팔공벼는 각각 1,281, 1,275 μ m를 보였다. 纖維細胞의 幅은 反對의 傾向을 보였다.
6. 倒伏關聯 形質 中 倒伏指數는 播種期가 늦어질수록 작았으며, 오봉벼와 S101에서 1.03~1.15로 가장 낮은 분포를 보였으며, 대청벼와 팔공벼는 1.42~1.70을 보였다. 葉초부착 挫折時 모멘트는 오봉벼와 S101에서 1510.0~1930.4 g·cm로 대청벼와 팔공벼의 1127.2~1287.6 g·cm보다 컸으며, 줄기의 材質을 나타내는 휨 應力 역시 같은 傾向이었다.

引用文獻

1. 安祐燁 外 7人. 1986. 全南地域 水稻 機械移秧 安全作期 設定에 關한 研究. 農試論文集 28(1) : 318-327.
2. 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.
3. 張炳春, 柳寅秀, 許一鳳. 1984. 水稻品種別 倒伏 및 萎凋發生에 關한 營養生理學의 特性과 加里의 追肥 效果. 農試報告 26(2) : 16-22.
4. 川原治之助, 中里見清. 1966. 稻의 形態形成關する 研究. 第1報 露가 浦利根川流域における 栽培條件異にした水稻稈組織의 比較. 日作紀

- 34 : 329-336.
5. 金相慶, 李承弼, 李外鉉, 李光錫, 崔富述. 1992. 벼 乾畚直播栽培에서 播種期 移動에 따른 生育 및 收量. 韓作誌. 37(5) : 442-448.
 6. 金尙洙, 崔旻圭, 石順鍾, 李善龍, 朴根龍, 趙東三. 1994. 벼 무는 골뿌림栽培에서 播種方法과 播種 後 湛水時期가 立毛 및 生育에 미치는 影響. 韓作誌 39(5) : 495-501.
 7. 北條良夫, 小田桂三郎. 1965. 大麥の強稈性に 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. 이철원, 송문태, 성기영, 윤봉대, 임무상, 박래경. 1990. 벼 담수표면 직파재배법 확립시험. 작시 시험연구보고서(수도편) : 650-660.
 9. 西尾. 1979. 機械移植栽培のたの水稲苗の物理的性質に關する研究. 農事試研報 29 : 131-202.
 10. 농촌진흥청. 1995. 농업과학기술의 세계화를 위한 중장기 연구개발계획 : 1-221.
 11. _____. 1995. 한·일 벼 직파세미나 : pp 272.
 12. 望月俊宏, 松本重男, 西尾. 1980. 水稻の葉梢におけりる纖維細胞の發達について. 日作紀 49 (別 2) : 119-120.
 13. ____, ____, _____. 1981. 水稻における稈強度の品種間差異. 日作紀 50(別 1) : 7-8.
 14. 大川泰一郎, 石原邦. 1992. 水稻の耐倒伏性に 關與する稈の物理的性質品種間差異. 日作紀 61(3) : 419-425.
 15. 吳潤鎮, 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.
 16. 朴錫洪, 尹用大, 郭龍浩, 朴來敬. 1986. 우리나라의 地域 地帶別 水稻 機械移秧 安全作期 究明에 關한 研究. 農試論文集 28(1) : 353-362.
 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. 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.
 19. 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.
 20. 山崎信弘 外 3. 1992. 北海道における最近の湛水直播栽培. I-2 現況と問題點. 農業技術 47 (9) : 411-413.