

## 韓國의 稻作과 風水害

姜 良 淳

### Wind and Flooding Damages of Rice Plants in Korea

Yang Soon Kang

#### ABSTRACT

The Korean peninsular having the complexity of the topography and variability of climate is located within passing area of a lots of typhoon occurring from the southern islands of Philippines. So, there are various patterns of wind and flooding damages in paddy field occurring by the strong wind and the heavy rain concentrated during the summer season of rice growing period in Korea. The wind damages to rice plants in Korea were mainly caused by saline wind, dry wind and strong wind when typhoon occurred. The saline wind damage having symptom of white head or dried leaves occurred by 1.1 to 17.2 mg of salt per dry weight stuck on the plant which was located at 2.5km away from seashore of southern coastal area during the period(from 27th to 29th, August, 1986) of typhoon "Vera" accompanying 62-96% of relative humidity, more than 6 m per second of wind velocity and 22.5 to 26.4°C of air temperature without rain. Most of the typhoons accompanying 4.0 to 8.5m per second of wind and low humidity (less than 60%) with high temperature in the east coastal area and southern area of Korea were changed to dry and hot wind by the foehn phenomenon. The dry wind damages with the symptom of the white head or the discolored brownish grain occurred at the rice heading stage. The strong wind caused the severe damages such as the broken leaves, cut-leaves and dried leaves before heading stage, lodging and shattering of grain at ripening stage mechanically during typhoon. To reduce the wind damages to rice plant, cultivation of resistant varieties to wind damages such as Sangpoongbyeo and Cheongcheongbyeo and the escape of heading stage during period of typhoon by accelerating of heading within 15th, August are effective.

Though the flood disasters to rice plant such as carrying away of field, burying of field, submerging and lodging damage are getting low by the construction of dam for multiple purpose and river bank, they are occasionally occurred by the regional heavy rain and water filled out in bank around the river. Paddy field were submerged for 2 to 4 days when typhoon and heavy rain occurred about the end of August. At this time, the rice plants that was in younger growing stage in the late transplanting field of southern area of Korea had the severe damages. Although panicles of rice plant which was in the meiotic growing stage and heading stage were died when flooded, they had 66% of yield compensating ability by the upper tillering panicle produced from tiller with dead panicle in ordinary transplanting paddy field.

It is effective for reduction of flooding damages to cultivate the resistant variety to flooding having the resistance to bacterial leaf blight, lodging and small brown planthopper simultaneously. Especially, Tongil type rice varieties are relatively resistant to flooding, compared to Japonica rice varieties. Tongil type rice varieties had high survivals, low elongation ability of leaf sheath and blade, high recovering ability by the high root activity and photosynthesis and high yield compensating ability by the upper tillering

panicle when flooded. To minimize the flooding and wind damage to rice plants in future, following research have to be carried out ;

1. Data analysis by telemetering and computerization of climate, actual conditions and growing diagnosis of crops damaged by disasters.
2. Development of tolerant varieties to poor natural conditions related to flooding and wind damages.
3. Improvement of the reasonable cropping system by introduction of other crops compensating the loss of the damaged rice.
4. Increment of utilization of rice plant which was damaged.

## 緒 言

우리나라는 地形이 複雜多樣 한데다가 夏節期에 是 필립핀 南洋群島로부터 常習의으로 불어오는 颱風의 進路圈內에 位置해 있고 年間 降雨量의 大部分이 벼 栽培期인 夏節期에 集中의으로 分布되는 關係로 風水害에 의한 被害는 降雨와 強風이 單獨으로나 同伴하여 多樣한 被害樣相으로 나타난다. 近年들어 各種 堤工事, 堤坊築造와 直江工事 等の 江川補修 및 水利施設 擴充, 耕地整理 等の 農耕地 基盤造成의 擴大로 水害는 상당히 줄어들긴 하였으나 國土 開發 및 産業 發展에 따른 水質汚染 等 浸冠水環境의 變化와 浸冠水 發生 常習地 以外的 地域에서 異狀氣象 現象으로 나타나는 集中豪雨에 의한 水害<sup>8)</sup>는 여전히 問題視 되어 있다. 또한 風害中 發生 頻度가 가장 높은 倒伏被害도 '70年代 統一型 品種의 育成 普及에 따른 短程化로 그 被害가 현저히 줄어들었다가 最近들어 쌀의 安定的 供給에 따른 良質米의 選好로 倒伏에 比較적 弱한 日本型 品種의 栽培面積이 늘어나게 되어 倒伏被害는 다시 크게 擡頭되고 있다. 그리고 颱風 來襲時에는 Foehn 現象이 일어나 乾燥風이 되어 出穗期에 있는 벼의 白穗被害와 登熟期에 있는 벼의 變色粒 障害를 일으키는 被害도 잦은 實情이다.<sup>47,48,49,129)</sup> 이들에 對한 被害 輕減 研究는 우리의 主食인 쌀의 安定的 供給面에서 必須的이다. 따라서 本稿에서는 우리나라의 風水害 發生樣相과 被害實態 및 그들에 對한 被害 輕減 研究 等を 綜合的으로 考察하고 今後 風水害를 最少化 할 수 있는 一環으로서 研究 方向을 提示하였다.

## 風水害 發生과 被害實態

### 1. 風水害 發生 立地條件

우리나라는 氣候 및 地形이 多樣하여 各種 氣象

災害가 發生되기 쉬운 環境條件에 處해 있다고 볼 수 있다. 特히 夏節期 颱風이나 多雨로 일어나는 風水害에 對한 誘發 立地的 條件을 보면 그림 1에서와 같다.

#### 가. 水害 常習地

우리나라에서 水害常習地는 多雨地域, 氾流域, 河口堰 堤坊 等を 經 河川邊 等地로 볼 수 있다. 이들 地域에서는 논의 流失, 埋沒 및 稻體의 浸冠水 等の 水害로 나타나는데 이들中 논의 流失과 埋沒은 堤坊築造와 直江工事 等の 江川補修 및 水利施設 擴充, 耕地整理 等の 農耕地 基盤造成의 擴大로 점차 그 被害가 줄어들고 있지만 우리나라 全域에 散在해 있는 多目的 댐들의 上下流域이나 河口堰 流域에서는 多雨時 그들의 水位調節 機能이 不完全할 경우 浸冠水 被害가 加重되고 더욱이 最近들어 異常 氣象 現象으로 常習地 以外的 地域에서까지도 集中 暴雨에 의한 그 被害가 甚하다. 特히 忠南 論山, 扶餘 地域과 南部 섬진강 流域은 우리나라에서 降雨量이 가장 많은 地域으로서 恒시 浸冠水害가 우려되는 地域이다.

#### 나. 風害 常習地

颱風은 필립핀 西쪽으로부터 北上하면서 많은 비와 강한 바람을 同伴하여 우리나라로 接近한 後 갖가지 水害와 風害를 誘發시킨다. 이러한 颱風은 우리나라의 南海岸과 東海岸으로 通過(颱風 I, II型) 되는 것이 風害 誘發을 크게 하고 있다.<sup>9)</sup> 特히 南部 海岸地에서는 汀線이 颱風方向과 直角에 가깝도록 維持되어 潮風被害(鹽風被害)가 일어나기 쉬운 立地的 條件을 갖고 있으나 자주 일어나는 現象은 아니고 降雨가 同伴되면 그 被害는 일어나지 않는다.<sup>39,40)</sup> 또한 強風은 南北으로 놓인 小白山脈과 太白山脈을 넘을 때 Foehn 現象으로 乾燥風이 되므로<sup>5)</sup> 南部 및 東海岸 地帶에서는 出穗期에 處한 벼 田에서 白穗現象이 일어나기에 알맞는 立地的 條件을 갖고 이 被害가 甚할 경우에는 韓半島 全體가 이러한 風害圈에 들게 된다.<sup>50,60)</sup>

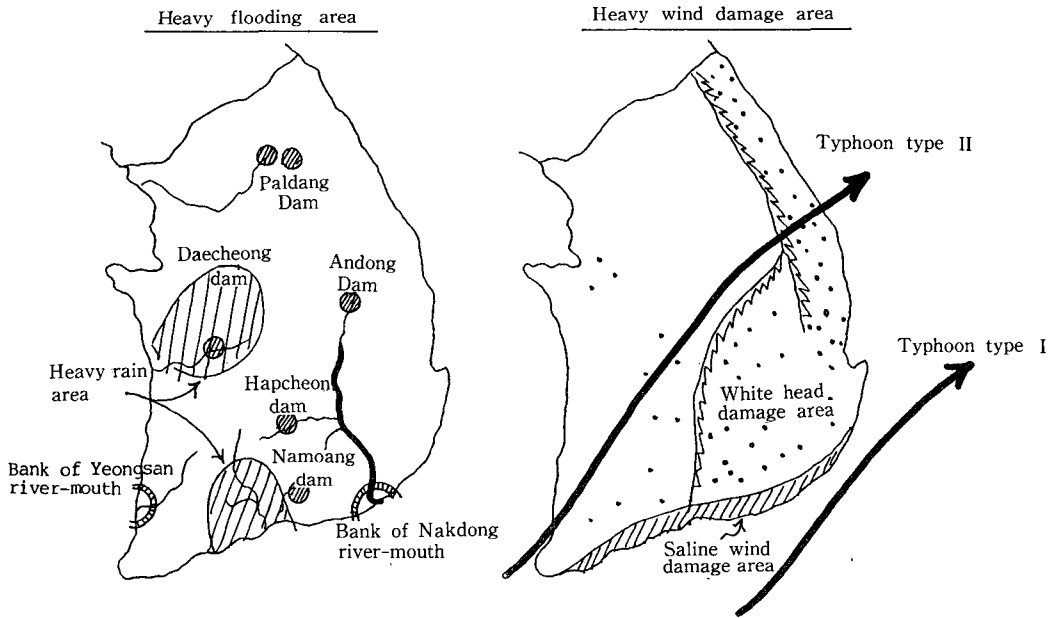


Fig. 1. Environmental condition occurring wind and flooding damage of rice field

## 2. 風水害 發生 様相

風水害는 降雨와 颶風이 主要因으로 되어 그들이 同件되거나 혹은 暴風으로 벼 生育에 直接 또는 間接으로 多様한 被害를 내게 된다. 直接的인 被害로서는 風害와 水害를 들 수 있고 間接的인 被害로서는 風水害로 인한 病蟲害 等の 2次的인 誘發이다 (그림 2).

## 가. 風害

風害는 強風이 降雨를 同件하거나 혹은 強風만으로 被害를 일으키게 되는데 主로 強風만에 의한 被害가 크며 또 벼의 生育時期에 따라 그 被害 様相은 相異하게 나타난다.

### 1) 葉身損傷

벼의 出穗期 以前の 生育段階에서는 強風으로 葉

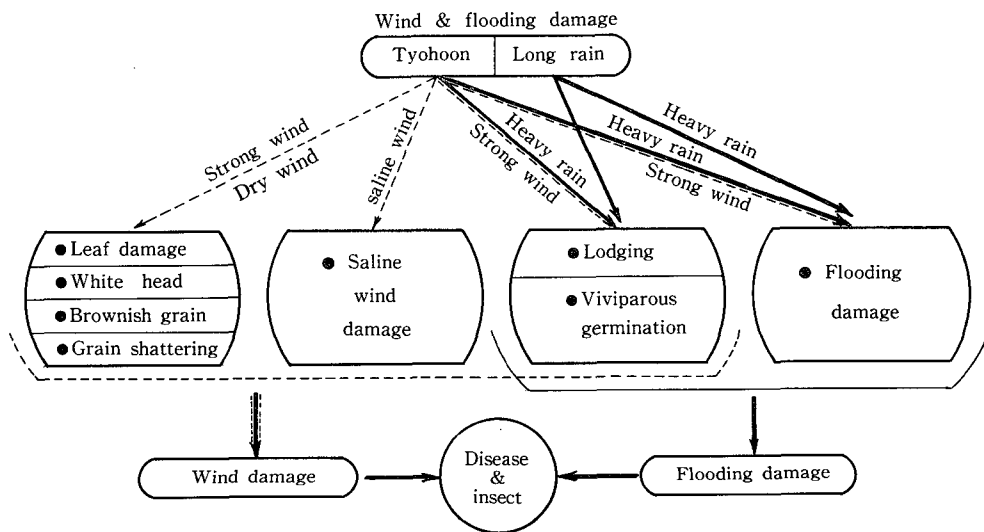


Fig. 2. Schematic diagram of wind pattern and flooding damages by typhoon and heavy rain

先이 2~5列로 破裂되고 褐變되거나 乾燥 枯死되며 또 葉身 相互摩擦로 葉身部에 擦傷을 받아 部分 褐變 또는 枯死되는 障害로 나타난다. 118, 129) 特히 葉身의 中肋部는 突出되어 있으므로 葉身 相互 摩擦時 被害가 심하게 되고 또 葉身中 鋸齒와 毛茸에 의해서 葉身의 葉肉部에도 部分的으로 칼금처럼 擦傷을 받는다. 그리고 被害가 심할 때에는 葉身 및 줄기가 부러지는 折傷被害도 일어난다. 118, 128, 129)

#### 2) 白穗被害, 變色粒 및 脫粒

벼의 登熟期間中 이삭이 強風으로 받는 被害로서 出穗後 經過日數에 따라 그 被害樣相이 相異하다. 出穗期頃에는 乾燥風에 의해서 全體가 白穗現象을 나타내고 그 被害가 輕微할 때에는 이삭枝莖이나 穎花에만 나타나는 白化枝莖 및 白化穎 被害를 보인다. 77) 그리고 登熟이 多少 進展된 時期에 乾風이 불면 登熟粒은 稻體 組織間 相互摩擦로 擦過傷을 받아 褐色의 變色粒 70, 76, 90으로 된다. 그리고 벼 登熟이 상당히 進展되어 成熟期 무렵 強風은 立毛中 脫粒을 助長시킨다. 85)

#### 3) 潮風被害(鹽風害)

海岸地에서는 颶風時 降雨를 同伴하지 않은 強風이 바닷물을 空中으로 飛散시켜 이것이 落下되면서 粒子로 되어 벼 組織에서 潮解되어 潮風害를 내게 되는데 심하면 稻體 全體를 枯死시키기도 하고 出穗期에는 乾燥風에 의한 白穗現象과 같은 症狀를 보여 肉眼으로 區分하기가 어렵게 된다. 乾風이나 潮風에 의한 稻體의 被害는 다같이 植物體로부터 脫水を 일으키므로서 被害가 誘發되는 點에서는 같으나 다른 點은 乾風은 稻體의 水分生理面에서 物理的으로 脫水を 일으키는데 비하여 潮風은 稻體에 高濃度の 鹽分을 附着시킴으로써 生理的 水分 缺乏을 일으킨다. 109) 潮風被害는 海岸으로부터 가까운 거리에서는 障害粒이 白變하고 距離가 멀어질수록 褐變으로 되어 斑點이 생긴다. 또한 葉身部에서는 葉綠으로부터 차츰 枯死되고 海岸에 隣接한 筆地에서는 止葉이 完全 枯死되며 止葉鞘까지도 거의 枯死狀態로 된다. 39)

#### 4) 倒伏被害와 穗發芽被害

倒伏은 強風單獨이나 降雨를 同伴하여 불 때 벼포기 全體가 挫折되거나 彎曲되어 收穫作業을 困難케 함은 물론 穗發芽 誘發 條件에 놓이게 된다. 이런 現狀은 主로 벼 登熟期에 일어나기 쉽게 된다.

#### 나. 水害

水害는 降雨를 同伴한 颶風時와 장마期 多雨로 인

한 倒伏害, 穗發芽害 및 浸冠水害 등으로 나타나며 이 被害도 風害에서와 같이 벼 生育段階에 따라 被害樣相과 程度를 달리한다. 42)

#### 1) 浸冠水害

颶風 來襲時에나 장마期의 豪雨로 稻體가 물에 잠기게 되어 稻體 全體가 腐敗되거나 生長點 및 葉身部 一部가 障害를 받아 枯死되는 外에도 葉身部에 附着으로 退水時 잎이 늘어져 次葉의 抽出이 困難하게 되고 葉의 光合成 機能이 不利하게 되는 障害를 받게 된다. 稻體가 물속에 完全히 잠기게 되는 浸冠水狀態는 어느 段階까지 葉先이 露出되어 있는 浸水狀態에서 經過되므로 이것은 降雨量이나 水利施設 等の 立地의 條件에 따라 크게 支配를 받게 된다.

다. 風水害로 인한 病蟲害

風水害로 因하여 稻體가 直接的인 被害를 받으면 連鎖的으로 病蟲害의 感染이 蔓延될 수 있는 條件으로 되어 2次的으로 間接的인 被害를 받게 되는 경우가 많다.

#### 1) 멸구類

強風으로 稻體의 組織이 障害를 받게 되면 傷處로부터 流出되는 液體는 各種 細菌의 培地 役割은 물론 吸汁性 蟲類의 營養이 되는 關係로 病蟲害의 蔓延이 따르게 되고 風水에 따른 倒伏時에도 이들의 棲息條件을 良好하게 만든다. 特히 飛來害蟲의 蔓延期인 出穗期부터는 벼멸구의 被害가 助長되 쉽다.

#### 2) 白葉枯病

海岸地에서는 風害로 因한 稻體 組織의 傷處를 통하여 白葉枯病菌의 蔓延이 되기 쉽고 浸冠水 常習地에서도 Bacteria의 傳播가 急速히 增加될 수 있는 條件으로 되어 被害를 加重시키는 要因이 되 쉽다.

### 3. 風水害 發生 實態

三國時代에도 水害가 23件, 風害가 14件으로 古書에 記錄되어 있고, 2) 主로 水害는 4~6월에, 風害는 年中 發生되어 오늘날과는 그 發生頻度에 있어서나 時期에 있어서 상당히 相異하다. 表 1에서와 같이 1941年 以後로 風水害를 일으키는 氣象要素들의 發生頻度는 '70年代에 들어서 颶風과 暴雨가 年間 平均的으로 2~3回 發生되었고 暴風과 豪雨는 8~9回 發生되어 每年 發生頻度가 늘어나고 있다. 또 歷代 颶風의 發生과 벼 浸冠水, 白穗被

**Table 1.** The frequency of climatic factors occurring wind and flooding injury since 1941 in Korea

Climatic factor	'41-'50	'51-'60	'61-'70	'71-'80
Typhoon	11	17	15	25
Rain storm	1	4	4	20
Storm	53	92	16	81
Heavy rain	60	63	67	87

害, 潮風被害 實態는 다음과 같다.

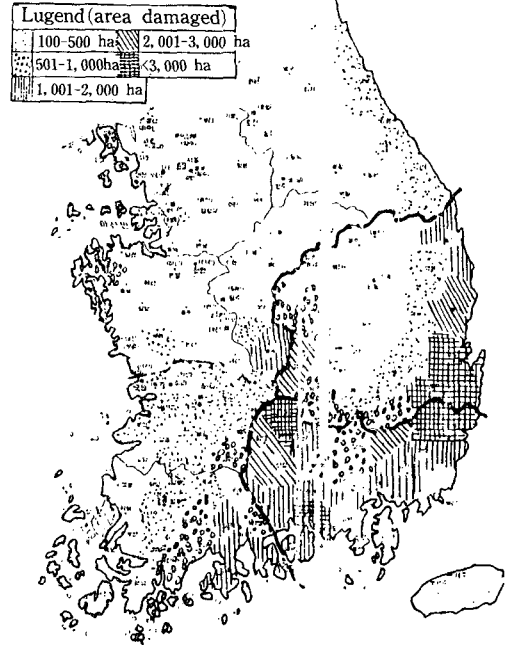
가. 颱風의 發生

1959年 以來로 우리나라를 通過한 크고 작은 颱風들이 많지만 農作物에 큰 被害를 낸 程度의 颱風만 하더라도 17個中 Shirley, Cecil, Carman 등은 西海岸으로 빠져서 그 被害는 輕微하나 大部分은 우리나라 中南部를 強打하는 颱風이 많았다. 表 2에서와 같이 颱風 來襲時에는 벼의 生育段階가 出穗期 무렵일 때가 많으므로 浸冠水와 倒伏이 主로 일어난다. 1979년에는 颱風 Irving號로 白穗被害도 酷 甚했고,<sup>65)</sup> 1986년에는 颱風 Vera號로 一部地域에서는 白穗被害와 南海岸 一帶에는 潮風被害를 크게 받았다.<sup>39,40)</sup> 그리고 '87年 颱風 Thelma 來襲時에는 벼 生育段階가 出穗期 以前이었기 때문에 倒伏被害는 적었으나 葉身破裂, 莖葉折傷, 葉身枯死 등의 葉身損傷을 가져왔다.<sup>118,128)</sup>

나. 浸冠水 被害

颱風으로 因한 浸冠水된 畝面積은 1959年 Sarah號 때 全國적으로 216,325 ha로서 가장 被害가 컸

고 다음은 Olga 颱風時 142,252 ha, '86年度 Nancy 來襲時에는 46,647 ha로서 每年 그 被害面積은 줄어들고 있으나 最近에는 浸冠水 常習地 以外에도 局地的으로 集中暴雨에 의한 被害가 커서 '87年度 Thelma號時에는 中北部 地域에서 유례없는 큰 被害를 내었다. 이때의 降雨量은 1日 600~630mm



**Fig. 3.** Map on the distribution patterns of rice white head damages occurred by passing the typhoon "IRVING", in 1979.

**Table 2.** Historical record on the extent and time damaged by major typhoons since 1959.

Year	Typhoon	Dates passed	Extent (ha)	
			Flooded	White headed
'59	Sarah	Sept. 10-17	216,325	
'63	Shirley	Jun. 18-22	80,467	
'68	Polly	Aug. 15-17	46,823	
'70	Olga	Jul. 3-7	142,252	
'72	Rita	Jul. 25-26	523	
'78	Carman	Aug. 18-20	31,677	
'79	Irving	Aug. 16-18	106,631 (8.9)*	81,331 (6.7)*
'79	Judy	Aug. 24-25	3,232	
'81	Agnes	Sept. 1-4	88,115	
'83	Forrest	Sept. 26-30	941	
'85	Kit	Aug. 10	803	
'86	Nancy	Jun. 23-25	46,647	
'86	Vera	Aug. 27-29	10,947 (4.8)*	4,182 (3.5)*
'87	Thelma	Jul. 15-16	—	
'87	Dinah	Aug. 28-30	—	

\* : % of area damaged to total cultivated area

**Table 3.** The climatic conditions during typhoon that caused white head, discolored brownish grain and leaf damage.

Years	Typhoon	Date passed	Dry wind time	Av. air temp(°C)	Av. relative humi. (%)	Max. wind velocity(m/sec.)	Region observed
'79	Irving	Aug. 18	01:00-20:00	27.7	50	8.5	Milyang
'81	Agnes	Sep. 4	11:00-13:00	27.6	67	4.0	Yeongdeog
'82	Ellis	Aug. 28	09:00-18:00	27.2	56	4.0	"
'83	Judy	Jul. 3	03:30-10:00	26.5	42	8.5	"
'83	-	Aug. 14	13:00-17:00	27.3	65	7.5	"
'84	Holly	Aug. 22	14:30-17:30	29.5	60	6.5	"
'86	Vera	Aug. 29	12:00-20:00	26.2	48	6.5	Milyang
'87	Thelma	Jul. 15-16	20:00-04:00	23.4	89	15.0	"
'87	Dinah	Aug. 30-31	22:00-10:00	20.8	51	13.0	"

程度의 集中暴雨가 論山에서 있었다.<sup>8)</sup>

#### 다. 白穗被害 및 潮風被害

'79年度 Irving 號(그림 3)와 '86年度 Vera 號는 벼에 심한 白穗被害를 일으켰다. 特히 Irving 號來襲時에는 統一型 品種이 出穗期에 있었기 때문에被害가 더욱 컸고 日本型 品種들은 未出穗 狀態에서被害가 적었다. 또한 Vera號來襲時에는 Irving 號 때보다 生育段階가 더 늦어서 Irving號때被害의 8.9% 보다 훨씬 낮은 3.5%의 被害面積을 내었다. 特히 南部 및 東海岸 地域에서는 거의 每年 颶風이 乾燥風으로 되어 白穗現象을 일으키는데 이러한 風害와 關聯된 氣象條件을 보면 表 3에서와 같이 大氣濕度가 60% 程度로 낮았고 風速도 4.0~15.0m/sec. 로서 強하였으며 外氣溫度도 높아서 乾燥風 發生 條件<sup>49, 52, 77, 96, 105)</sup> 으로 經過되었다. 經過時期는 벼 出穗期 前後인 7月 中旬에서 9月 初旬이었으며 Foehn 現象으로 乾風 發生時間은 主로 夜間이 많았다.

### 風水害 研究結果

#### 1. 水害

樹木의 浸水被害에 關한 研究는 世界的으로 많이 이루어졌고<sup>60)</sup> 벼에 關한 水害 研究는 Monsoon 氣候를 갖는 熱帶地方에서 雨期에 長期 浸水時 깊은 水深에서 栽培되는 浮稻에 關한 研究가 活潑하지만<sup>10, 11, 13, 18, 23, 67, 68, 72, 83, 92, 102, 103, 110, 111, 113)</sup> 우리나라와 日本에서는 短期間 浸冠水가 일어나므로 이에 關한 研究<sup>20, 29, 30, 31, 57, 59, 63, 121, 122, 125, 126)</sup> 는 體系化 되어 있지 못하므로 冠水害 關聯要因을 檢討해 볼 必要가 있다.

#### 가. 冠水害와 酸素源

浸水時에는 稻體의 光合成 器管의 一部가 물속에 잠기거나 그것에 양금이 附着되면 光合成 阻害로 被害를 나타내나<sup>44)</sup> 短期에는 被害가 輕微한데 비하여 冠水時에는 稻體 全體가 完全히 물속에 잠기게 되어 뿌리 呼吸에 必要한 酸素의 供給에 制限을 받아 有機呼吸에 障害를 받게 되고 結局 稻體의 含有 代謝 產物을 分解하여 無機呼吸에 依存하는데 이 過程에서 稻體는 冠水害로 나타난다.<sup>115)</sup> 따라서 呼吸 過程에 있어서 稻體 및 冠水環境內의 酸素 供給源을 確保하는 것이 冠水害와 關聯性이 크다. 그림 3에서와 같이 물속에 잠긴 稻體가 呼吸源으로 利用될 酸素를 供給 要素別로 나타내 보면 稻體의 組織內 含有酸素, 土壤中 酸素, 물속에 녹아 있는 溶存酸素, 大氣 分子狀 酸素, 光合成에 의한 稻體生成 酸素 등으로 볼 수 있다.

##### 1) 稻體 組織內 및 表面 附着 酸素

稻體는 冠水時 앞에서 9.86%, 葉鞘에서는 3.2%, 뿌리에서는 0.79%의 酸素를 含有하고 特히 節間伸長期 以後에는 Air space 空間이 많이 생겨 酸素를 많이 含有할 수 있다. 그리고 뿌리部位는 冠水中 組織이 肥大하여 酸素, 貯藏 能力을 갖게 된다.<sup>115, 116)</sup> 이처럼 稻體는 물속에 잠기게 되면 稻體 表面에 附着된 酸素와 組織內에 含有된 貯藏酸素, 그리고 光合成 結果 및 代謝過程에서 生成되는 O<sub>2</sub> 등이 存在하게 되는데 一部는 물속에 녹지만 물밖으로 빠져나가는 酸素가 많다. 稻體를 冠水하여 光處理 하게 되면 많은 氣泡(Bubble)가 發生하나 暗處理하면 거의 發生치 않는다.<sup>41)</sup> 이 氣泡의 약 11.3%가 O<sub>2</sub> 이다.<sup>116)</sup>

##### 2) 溶存酸素 및 大氣 分子狀酸素

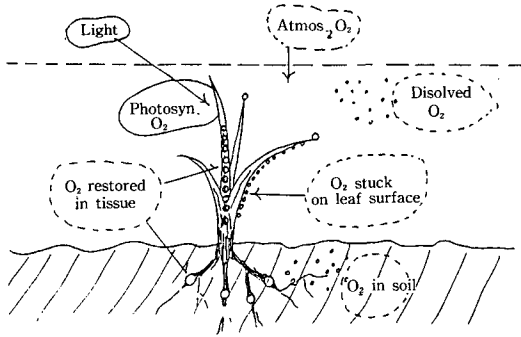


Fig. 4. Utilization of oxygen by rice plant when flooded

물속에 녹아 있는 酸素는 水溫과 關聯하여 水溫이 높을수록 溶存酸素의 飽和量이 줄어들게 되므로 大氣中 分子狀 酸素의 流入이 어렵게 된다. 水溫 30°C에서의 논물의 溶存酸素는 약 10 ppm 内外이다.<sup>42)</sup>

### 3) 土壤中 O<sub>2</sub>

土壤이 갖고 있는 酸素는 土壤空隙과 關聯이 커서 冠水時 微細空隙에서 酸素貯藏이 많을 것이다. 水稻作에서 間斷灌水時 大氣酸素의 土壤으로의 流入을 늘림으로서 土壤中 O<sub>2</sub> 貯藏量을 많게 할 수 있다.

#### 나. 冠水害 關聯要因과 被害輕減

水稻의 冠水被害는 冠水當時의 稻體의 狀態와 冠水畝의 環境條件 및 그 當時의 氣象狀態 등으로 나누어 생각할 수 있다(그림 5).

#### 1) 冠水畝의 環境條件과 冠水被害

冠水被害에 關聯되는 冠水畝의 環境要因 으로서는

冠水時期, 冠水期間, 冠水回數, 冠水深, 水溫, 水質(濁度), 流速, 其他 冠水 當時의 氣象狀態 등을 들 수 있다.

#### ① 冠水時期

우리나라에서는 장마期和 颱風期에 冠水害가 主로 일어나므로 이때에는 外氣溫度가 높아져서 冠水溫이 높아지게 되고 따라서 冠水中 溶存酸素 濃度에 영향을 미치게 된다. 筆者<sup>42)</sup>는 우리나라 南部 浸冠水 常習地에서 冠水時期에 따른 水溫과 濁度を 檢討한 結果, 水溫은 7月末에 가장 높았으나 濁度は 벼 栽培期間이 經過될수록 낮아져 冠水時期에 따른 冠水害 誘發條件이 相異함을 報告하였다.

#### ② 冠水期間 및 冠水回數

冠水期間은 冠水畝의 水深과 關聯하여 被害를 加重시키는 要因으로서 畝의 位置가 낮은 地帶에서는 冠水深이 깊어지게 되므로 透光量이 줄어들 뿐만 아니라<sup>114)</sup> 退水期間도 길어지므로 被害가 加重된다. 浸冠水 常習地의 分布가 많은 南部地域에서는 地帶가 낮은 畝에서 冠水期間이 약 7日程度 되는 곳도 있고 浸冠水 回數도 年 3~4 회에 達하여 收穫皆無 狀態가 되는 수가 많다.<sup>127)</sup> 朴等<sup>88)</sup>은 벼의 減收率이 50%로 豫想되는 冠水日數는 分蘖期에는 4日間, 穎花分化期에는 3日間 減數分裂期에는 1日間 穗揃期에는 2日間 그리고 登熟期에는 5日內 外라고 하였다.

#### ③ 冠水深

冠水深은 水溫과 光透過에 영향을 미치고 實際圃場에서는 退水期間에 影響된다. Weerapat<sup>114)</sup>는 清水에서도 水深이 깊으면 光度가 떨어진다고 하였고

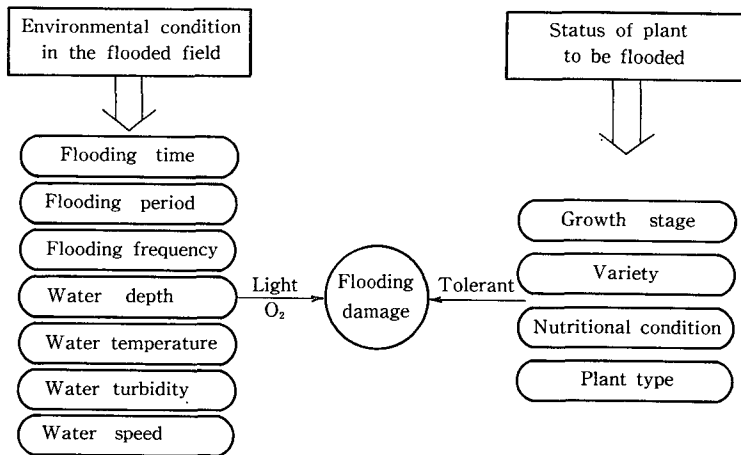


Fig. 5. Factors related to the flooding damage of rice plant.

Palada와 Vergara<sup>84)</sup>는水深 20, 50, 70 cm 깊이에서水深이 깊어질수록 20日苗 Peta品種의 苗生存率이 떨어져 이것은 光透過와 關聯이 깊다고 하였다. 嶺試報告<sup>127)</sup>에서도 分蘖中期的 冠水深에 따른 被害는水深 1m에서 2.5m까지 急進的으로 收量 減少를 가져왔다고 하였다. 特히 農家 浸冠水畝의 實態調査를 통해서 볼수 있는 苛酷한 冠水被害는 人工 冠水處理로서는 再現이 잘 되지 않고 農家 圃場에서 보다 훨씬 輕微한 被害를 갖게 되므로 冠水被害畝의 再移秧 判斷 基準 設定上<sup>90)</sup> 어려움이 있다. 이러한 要因中の 하나로서 農家畝에서의 冠水深은 筆地에 따라서는 5m程度에 達하는 경우가 많은데 비하여 冠水處理 施設에서의 試驗 結果는 大部分이 冠水된 稻體의 葉先으로부터 水深이 1~2m 以内로서 이에 따른 差異도 關與될 것으로 생각된다.

#### ④ 水溫

水溫은 冠水時期, 冠水深, 濁度 및 流速과 關聯되어 大氣 分子狀酸素의 流速으로의 流入時 溶存酸素의 飽和度에 영향을 미치는 要因으로서 水溫이 낮으면 溶存酸素의 飽和度を 높여 물속에 녹는 酸素濃도가 높아지게 되므로 冠水害를 덜 받는 條件이 된다. 中島<sup>73,74)</sup>는 南部 晋州地方에서 冠水畝의 水溫을 개인날과 흐린날로 區分하여 測定한 結果 흐린날에는 濁水에서 水溫이 높고 맑은 날에는 清水에서 높았다고 하였으며 맑은 날의 清水는 午前中에 溫度가 높으나 濁水는 午後 2時부터 上昇되었다고 하였다. Kondo & Okamura<sup>56)</sup>는 冠水中 苗가 清水에서 水溫이 30℃일 때 8日間 生存하나 35℃일 때에는 6日間, 40℃일 때에는 4日間이었다고 하였다. Yamada<sup>115)</sup>는 水溫이 25~30℃일 때에 벼의 異狀伸長現象이 가장 컸다고 하였다.

#### ⑤ 水質

冠水畝의 水質은 水源으로부터 供給되는 汚水, 工場廢水, 農藥, 産業廢棄物 等 化學物質 等이 冠水被害를 加重시키는 水質汚染源이 되고 農畜產 副産物, 各種 浮遊汚物 및 土壤流失로 인한 冠水畝의 濁度도 冠水被害를 加重시킨다. 많은 報告에서 濁水는 清水에서 보다 冠水被害가 큰 것으로 나타나 있는데<sup>5,7,54,64,8,97)</sup> 이것은 冠水中에 있는 벼가 光合成을 營爲하는데 있어서 濁水는 清水에서 보다 光度의 減少가 큰 것이 主要因인 것으로 보고 있다.<sup>84,112,116)</sup> 그러나 農家畝의 冠水被害狀態가 多様な 點으로 보아서는 濁度 外에도 水質汚染源에 따른 差異도 클

것으로 본다. 이러한 要因들도 冠水被害畝에서 再移秧 判斷基準을 어렵게 하는데 크게 作用될 것으로 본다.

#### ⑥ 流速

冠水畝에서는 停滯水 보다 流動水가 水溫을 낮게 하고 溶存酸素를 補充하며 濁水로 인한 稻體의 양금 附着을 씻어 주는 等 多様な 效果를 期待할 수 있다. 農家圃場에서는 水路 周邊이 그 안쪽 보다 水深이 깊은 곳에서도 冠水被害가 輕微한 경우를 쉽게 관찰할 수 있고 冠水處理施設을 利用한 冠水處理 稻體에서는 圃場에서와 같은 심한 冠水被害 狀態를 再現시킬 수 없었다.<sup>129)</sup> 이것은 農家 圃場에서는 冠水畝의 水質의 汚染과도 關聯이 크겠으나 根本的인 것은 冠水施設에서는 濁度 維持를 爲하여 물을 人爲的으로 流動시켜야 하기 때문에 流動水의 效果가 나타나기 때문이고 만약 물을 流動시키지 않을지라도 被害가 적은 것은 浮遊物이 沈澱되어 濁도가 낮아져서 清水로 되기 때문이다. 이런 점을 감안하여 볼 때 堤坊 區域內的 內水로 인한 浸冠水 憂慮地에서는 揚水施設을 利用하여 內水を 밖으로 뽑아내게 되면 水深을 낮추는 效果 外에도 流動水의 效果도 크게 期待된다.

#### ⑦ 其他 冠水 當時의 氣象狀態

以上에서 열거한 冠水環境 外에도 冠水 當時의 氣象狀態는 稻體 冠水被害에 影響이 클 것이다. 特히 光條件은 冠水下에 있는 稻體의 水中으로의 光透過에 있어서 光合成을 有利하게 할 것이다. 그리고 外氣溫度는 水溫 上昇과 關聯하여 稻體 冠水害에 影響될 것이다.

#### 2) 冠水時 稻體의 狀態와 冠水被害

冠水環境과 더불어 冠水 當時의 稻體의 狀態, 즉 벼의 品種, 生育段階, 營養狀態 및 草型 等 生理生態의 特性에 따른 冠水被害는 相異하다.<sup>41,43,128)</sup>

#### ① 品種

品種의 所以로 冠水被害를 줄일 수 있는 많은 研究가 進行中에 있으나<sup>24,25,26,27,28)</sup> 우리나라에서는 아직 實用化된 冠水抵抗性 品種은 없지만 抵抗性 差異는 認定되고 있다.<sup>41,45,72,83,92,123,124)</sup>

Karin<sup>46)</sup>은 벼 幼苗期 冠水抵抗性을 解剖的, 形態的으로 檢討한 結果 冠水抵抗性이 強한 品種은 弱한 品種에 비하여 第1, 2葉身長이 길고, 葉鞘의 air space와 lacunae面積 및 그것의 數가 적으며 第1葉鞘의 겹침 程度가 큰 特性을 갖는다고 하였다. 또 Mazaredo & Vergara<sup>65)</sup>는 冠水抵抗性 品



種의 特性을 알기 위하여 冠水抵抗性 程度가 다른 12個 品種을 10日間 育苗하여 30 cm 水深에서 6日間 冠水處理한 結果 冠水抵抗性 品種은 草長이 크고, 炭水化物 消耗가 적으며, 窒素含量이 높고 減少가 적다. 그리고 珪酸含量이 높아서 生長點 保護를 견고히 하며 뿌리가 길고, 根酸化力에 變化가 적으며 光合成 減少가 적다. 그리고 呼吸率이 높으며 酸素 放出量이 많고 칼리 含量 및 窒素還元力이 높다고 하였다. 또 그들은 冠水處理後의 回復力에 있어서 冠水抵抗性 品種은 苗生存率이 높는데 그것은 높은 炭水化物을 維持하고 消耗된 窒素나 새로운 葉綠素 合成으로 빠른 回復를 하게 되고 生長點을 保護하는 견고한 줄기로 物理的 障害가 적으며 높은 光合成과 呼吸을 維持하며 높은 窒素還元力으로 回復이 빠르다고 하였다. Yamaguchi & Sato<sup>117)</sup>는 浮稻를 冠水處理하면 炭水化物 蓄積이 늘어나고 Amylase와 Invertase의 活性이 높아진다고 하였고 菅洋<sup>98,99,100,101)</sup>은 浮稻의 體內 Ethylene과 GA가 相互關聯하여 冠水時 節間伸長으로<sup>15,99)</sup> 冠水에 有利한 特性을 갖게 된다고 하였다. 한편 姜等<sup>41)</sup>은 우리나라 品種에 對한 冠水抵抗性 特性을 生育段階別로 檢討한 結果 幼苗期 冠水處理에서는 日本型 品種들이 冠水後 葉身과 葉鞘의 異狀伸長과 함께 根腐障害로 버 포기 全體가 腐敗되었는데 반하여 統一型 品種들은 相對的으로 아주 강한 抵抗性을 나타내었다고 하였고 印度型 品種 中에서는 거의 被害를 받지 않고 冠水後에도 回復力이 월등히 빠른 “FR-13A” 品種도 選拔하였다. 또한 冠水抵抗性이 강한 品種들은 酸素放出量이 높았고 이것과 關聯되는 Peroxidase 酵素 및 Catalase 酵素의 活性 差異가 있다고 하였다. 特히 相對的으로 冠水抵抗性이 弱한 日本型 品種들은 物質代謝에서 glycolic acid를 CO<sub>2</sub>로 酸化하는 過程에서 生成되는 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>를 基質과 H<sub>2</sub>O로 分解시켜 O<sub>2</sub> 生成面으로 Catalase 보다 불리한 Peroxidase의 活性이 높다고 하였으며 이것의 同位酵素 Banding pattern에서도 電氣泳動下에서 等電點 9 附近에 강한 活性을 갖는 特異 Band를 갖고 있어<sup>45)</sup> 이것이 冠水抵抗性 判斷 基準으로서의 可能性이 注目된다고 하였다. 또한 벼 幼苗期 冠水處理에서 草長의 異狀伸長은 長期 浸冠水下에서 자라는 浮稻에서는 冠水抵抗性에 있어서 有利한 特性으로 볼 수 있겠으나 우리나라와 같이 短期 冠水時에는 退水時 잎이 늘어서 物理的 障害가 심하고 新葉抽出이 어렵게 되어 冠水被害를 크게 하

는 要因으로 作用된다.<sup>41)</sup> 그리고 分蘗期 冠水處理에서도 日本型 品種들은 統一型 品種보다 草長의 異狀伸長이 幼苗期에서와 같이 컸고 冠水 完了後 回復時 伸長力은 현저히 떨어져 結局 收量 減少와 直結된다고 하였다. 또한 生殖生長期인 穗孕期에서도 統一型 品種인 三剛벼는 日本型 品種인 洛東벼보다 冠水處理時 收量 減少가 적었는데 冠水處理 直前의 水稻體 澱糖의 消耗面에서는 別 差異가 없었으나 光合成 速度 및 呼吸率이 훨씬 높았고 根酸化力이 높았으며 老化 促進 Hormone인 Ethylene 生成量도 낮은 것으로 報告하였다. 우리나라의 浸冠水 常習地는 冠水被害로 받는 收量 減少가 크기 때문에 冠水被害 輕減을 위한 事前的 措處로서 品種의 對應이 必要한데 品種 選擇에 있어서 이상에서와 같은 冠水抵抗性 特性을 갖는 品種은 물론 冠水로 인한 2次的으로 오는 倒伏害나, 벼멸구害, 白葉枯病 및 稻熱病 등의 抵抗性을 兼備한 品種을 選擇하는 것이 바람직하다. 大部分의 統一型 品種은 日本型 品種에 비하여 冠水抵抗性에서나 倒伏에서 相對的으로 강한 편이다.<sup>45)</sup> 日本型 品種 中에서도 심진벼는 冠水抵抗性이나 白葉枯病에 多少 抵抗性이 있으나 冠水時기가 出穗期頃으로 늦어질 때 被害補償力이 統一型 品種이나 早生品種 보다 낮다.

## ② 벼 生育段階에 따른 冠水被害

많은 研究 結果에서 벼 生育段階에 따른 冠水被害는 減數分蘗期에서 出穗期 무렵에 가장 큰 것으로 報告되어 있는데<sup>5,7,33,42,80)</sup> 이被害는 冠水 當時의 稻體被害와 減收가 一致하는 경우이고 冠水後 被害 稻體의 回復으로 收量 補償이 클 경우에는 다른 結果를 볼 수 있다.<sup>43)</sup> 姜等<sup>42)</sup>은 三剛벼를 普通期栽培하여 分蘗期, 幼穗形成期, 減數分蘗期 및 出穗期에 各各 冠水處理한 結果 分蘗期 冠水處理에서는 거의 被害가 없었으나 生育이 進展된 生育段階 일수록 被害가 커졌다고 하여 大部分 研究 結果와 一致하는 結果로서 生育段階에 따른 冠水被害의 差異는 各 生育段階의 冠水 當時 外氣環境 等 冠水條件이 相異한 結果로 解析된다. 즉 分蘗期 冠水條件은 低溫期에 該當되고 生育이 進展된 生育段階 일수록 高溫期에 處해지게 되어 어린 生育段階 일수록 被害는 적게 된다. 한편 '87年度 颱風 Thelma 來襲時(7月 15日~17日)에 벼의 여러 生育段階가 一時에 冠水處理된 農家圃場에서는 벼의 어린 生育段階 일수록 被害가 커서 벼 生育段階別 冠水被害는 冠水時期에 따라 一定한 경향을 보기 어렵다. 따라서 一毛作地

帶의 早期移秧畝에서는 初期生育段階의 冠水被害는 輕微하겠고 後期生育段階에서 被害가 크다고 볼 수 있다. 반면에 南部 二毛作 地帶에서는 移秧이 6月末~7月上旬에 되고 있으므로 冠水時 初期 生育段階에서 被害가 크게 된다.

벼 早植栽培에서는 營養生長期 冠水時 外氣溫度가 낮기 때문에 冠水當時 稻體의 莖葉이 被害를 덜 받게 되고 生殖生長期 冠水時에는 幼穗나 出穗된 이삭이 죽게 되더라도 죽은 이삭의 高位節로부터 再生莖이 發生되어 正常이삭으로 補償되는데 所要되는 日數 確保가 充分하므로 高位節分蘖이삭<sup>53)</sup>에 의한 收量補償力을 높일 수 있다.

Thakur<sup>104)</sup>는 冠水被害 稻體의 再生莖이삭으로부터 收量 補償이 88%나 된다고 하였고 우리나라 南部 浸水常習地 密陽의 平年氣象 狀態下에서 再生莖이삭의 出穗期가 8月 30日에서 66%, 9月 15日 出穗에서는 52%까지 收量補償이 可能하다 (그림 6).<sup>42,43,100</sup> 이때 幼穗가 죽지 않을 정도의 冠水狀態에서는 幼穗莖이나 枝莖은 살아남아도 穎花의 不稔現象은 出穗期를 前後하여 冠水될 때에 심한데 出穗前 2日에서 가장 不稔率이 높고 出穗後 3日부터는 적어진다.<sup>127)</sup> 한편 晚植栽培時에는 外氣溫度가 높기 때문에 冠水時 莖葉 枯死가 심하여 稻體 全體가 죽는 경우가 많으나 苗坐感應된 老熟苗를 移秧하게 되면 移秧後 根 地下節間으로부터 再生莖이 發生되어 收量補償이 可能하게 되므로<sup>43)</sup> 特殊作物 栽培로 벼가 晚期移秧될 때에는 早生種을 擇하여 老熟苗를 移秧하는 것이 被害輕減에 有利하다.

### ③ 稻體의 營養狀態와 冠水被害

冠水中 稻體는 無機呼吸으로 呼吸基質의 消耗가

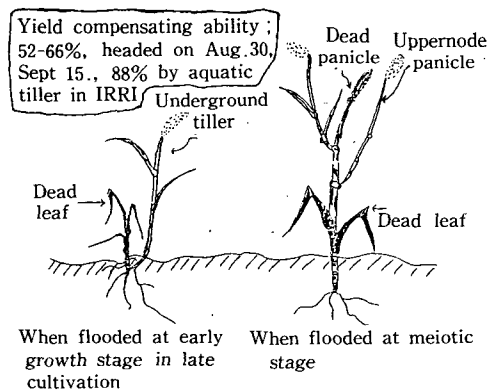


Fig. 6. Yield compensating ability by underground tiller and uppernode tiller produced from original tiller damaged

크게 되므로 炭水化合物 含量이 높은 편이 冠水抵抗性이 큼은 물론이고 또 稻體 無機成分에 있어서는 K含量이 높은 편이 物質轉流面으로 有利하여 冠水被害 回復이 빨라 冠水抵抗性을 갖게 되며 또한 珪酸含量이 높은 편이 生長點 保護를 견고히 하여 冠水에 대한 耐性을 갖게 한다.<sup>65)</sup>

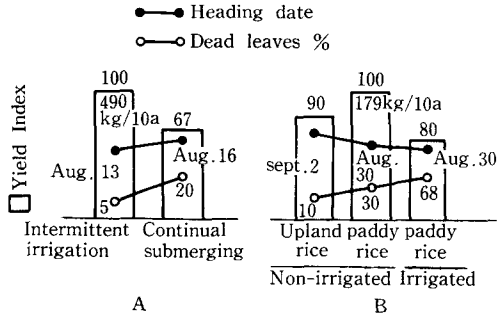
珪酸은 벼의 正常栽培下에서 根酸化力 增進, 稻體의 剛健度 維持, 窒素 利用 效率 增進,<sup>9,34,36,38,81,119,120)</sup> 에틸렌 生成 抑制에 의한 葉身老化 防止<sup>36)</sup> 등의 效果를 내고 冠水下에서도 葉綠素 分解를 抑制하며 冠水 直後 뿐만아니라 冠水後 20日間 被害를 回復시켰을 때의 根酸化力 및 光合成能이 높아지고 또 倒伏指數도 낮추어 倒伏安定性을 갖게 하는 效果가 크다.<sup>41,43)</sup> Manzano & Vergara<sup>65)</sup>는 稻體內 K含量과 冠水抵抗性은 높은 相關이 있음을 報告하였는데 이것은 K가 光合成產物 移動을 促進하는 機能의 效果로 보았다. Son 등<sup>97)</sup>은 冠水前에 Cabofuran이나 珪酸, 加里 施用으로 栽培된 稻體는 冠水後 光合成速度가 빠르고 被害回復이 빠르다고 하였다. 한편 稻體 窒素含量은 높은 편이 冠水抵抗性이 크다고 한 報告도 있으나<sup>78)</sup> 直接 關聯性이 없다고 한 報告도 있는데<sup>65)</sup> 實際 農家의 栽培圃場에서는 多肥狀態의 筆地에서 被害가 큼을 볼 수 있다. 이것은 窒素成分 自體보다는 稻體中 窒素含量이 높으면 稻體의 組織과 關聯하여 오는 物理的 障害 즉 葉이 늘어지게 되어 退水時 양금 附着이 容易해 질 뿐만 아니라 被害回復이 늦어지게 된다.

### ④ 草型

稻體의 營養狀態와 關聯하여 葉身이 늘어지는 草型은 葉을 老化시키는 Hormone인 Ethylene 生成이 促進되고, 양금 附着이 容易하게 된다. 우리나라 獎勵品種으로서의 日本型 品種들이 統一型 品種보다 대체로 葉身이 길고 늘어지며 特別히 冠水時 草長의 伸長力이 월등히 빨라 葉身이 늘어짐으로서 被害를 심하게 받게 되는 條件이 된다.

### ⑤ 根界形成과 冠水 耐性

浸冠水畝에서는 同一 筆地內에서도 土壤 肥沃度나 施肥法에 따라 冠水被害 程度가 相異하게 나타나는 경우가 많고 特別히 논두렁 쪽에서 生育되는 벼포기는 被害가 경미한 경우를 많이 볼 수 있다. 이것은 벼를 排水條件으로 管理하는 效果와 비슷한 結果일 것이므로 이렇게 管理하게 되면 栽培中 뿌리의 垂直分布 및 根界形成에 有利해질 수 있는 條件이 되고 뿌리의 生長量도 많게 되어 벼가 冠水될 때 뿌



**Fig. 7.** Comparison of flooding injury and yield of rice plant by the different water management (A) and different condition of irrigation (B) after 3 days of flooding. A: at young panicle formation stage B: at middle tillering stage

리에貯藏할 수 있는 酸素量이 많게 되고<sup>115)</sup> 또 排水管理中 土壤 孔隙中에 含有된 酸素의 供給을 쉽게 받을 수 있는 特性이 될 수 있을 것이다. 浸冠水 常習地에서는 間斷灌水, 陸稻 및 水稻의 拔栽培로 水稻 灌水栽培보다 冠水被害가 그림 7에서와 같이 경감된다. 또한 浸冠水 常習地는 水の 잦은 범람으로 土壤肥沃度가 높아지게 되므로 無肥나 減肥栽培로 하여 Root/Shoot 比를 높임으로서 冠水에 對한 耐性을 갖게 된다.

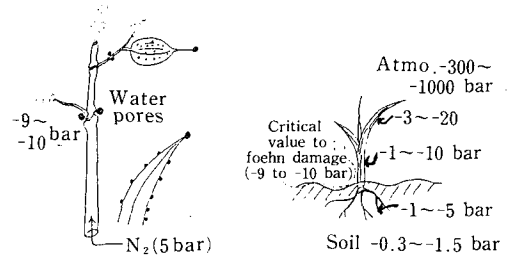
## 2. 風害

바람은 花粉의 風媒 役割 뿐만아니라 大氣中의 CO<sub>2</sub> 濃度を 分散시켜 稻體의 光合成을 원활히 하는 主要한 機能을 한다. 그러나 그 程度가 지나치면 稻體에 各種 障害를 誘發시켜 收量 減少를 가져온다.

### 가. 風害 被害機作

#### 1) Foehn 風에 의한 白穗現象

벼에 있어서 白穗現象은 乾風에 의한 것, 潮風으로 인한 것, 機械적으로 뽑힌 것, 生理的인 것, 이화명충에 의한 White head, 稈稻熱病으로 인한 것 등이 있는데 乾燥風에 의한 白穗現象은 出穗 直後의 軟弱한 이삭이 一時的인 水分의 收奪로 乾燥되는 現象으로서 大氣-稻體-土壤中의 水分狀態 balance와 關係된다. 大氣中 水分 Potential은 普通日에는 밤에 -50~-100 bar 程度로, 낮에는 -600 bar 程度로 維持되다가 Foehn 條件下에서는 -1,000 bar 까지 Potential 値가 떨어지게 된다. 이러한 水分 Potential 値의 變動은 낮보다 밤에서 훨씬 커서 10 倍程度로 낮아진다. 한편 稻體의 水分 Potential은



**Fig. 8.** Distribution of water pores and critical value of water potential of rice plant to foehn damage

普通日에는 -1.5 bar 程度로 安定된 狀態로 있다가 大氣 水分 Potential이 낮아지게 되면 土壤으로부터 먼 거리에 떨어져 있는 稻體組織 즉 上部 일수록 水分 Potential이 낮아져서 -9~-10 bar 까지 떨어지게 되면 稻體의 最頂端인 이삭이 下部로부터 一時的인 水分 移動이 이루어지지 못함으로서 이삭內 水分은 收奪되어 白穗現象이 나타나게 된다.<sup>6, 69, 70, 71, 77</sup> 특히 夜間에는 稻體가 飽和狀態로 있다가 갑자기 水分 Potential이 떨어지게 되면 氣孔이 一時的으로 열려서 水分의 收奪이 容易해지게 되고 또 그림 8에서와 같이 溢液現象으로 水液이 排出되는 部位 즉 穗首, 枝莖, 芒, 穎花의 表面 등의 水孔으로부터 水分 流出이 커지게 되면 이삭속 導管의 負壓이 떨어져 一時的으로 水液 移動이 안되므로서 脫水量을 充足치 못하여 水의 심한 收奪로 白穗現象이 일어나게 된다.<sup>71)</sup>

#### 나. 風害 發生條件과 被害輕減

바람은 秒速 1~2m까지는 벼 生育에 지장은 없지만 그 以上에서는 葉身障害, 乾風에 의한 白穗被害, 鹽風에 의한 潮風害를 일으키고 降雨을 同伴할 때에는 倒伏害를 誘發한다. 이러한 風害를 發生시키는 要因은 그림 9에서와 같이 發生環境과 그 當時의 稻體의 狀態에 따라 被害樣相은 相異하게 된다.

#### 1) 風害 發生 環境

##### ① 乾燥風害

벼 白穗被害를 誘發시킬 수 있는 條件으로서는 秒速 5~6m 以上の 強風이 있어야 하며 이때의 外氣溫度는 25℃ 以上으로 높아야 하고 大氣의 相對 濕度는 60% 以下로 乾燥되고 蒸散量(ΣQ) 값이 150 以上 되어야<sup>9, 47, 69, 71, 77)</sup> 한다. 이러한 條件에서는 強風이 높은 산을 넘으면서 더운 공기는 冷却됨과 同時에 乾燥되어 Foehn 現象이 일어나고 이 現象은

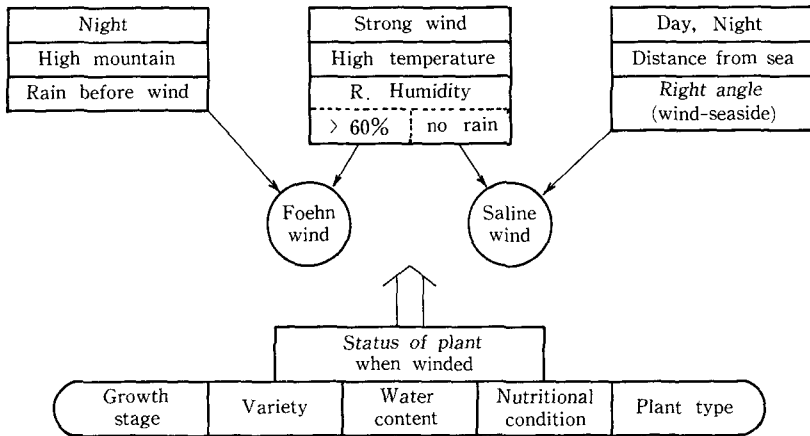


Fig. 9. Factors affecting wind damages

바람이 불기 前日에는 降雨가 있을 때 잘 일어나며 大氣濕度가 높은 夜間에 乾風이 일어나면 벼의 白穗 現象이 잘 일어난다. 우리나라의 東海岸을 通過하는 歷代 颱風中 大部分이 以上の 條件으로 經過되어 棘심한 白穗現象을 일으킨 被害年이었다. 특히 颱風 Vera 號 來襲時의 白穗被害를 Dinah 號 條件과 比較해 볼 때 두 颱風의 發生時期는 8月 27~30日에 걸쳐 벼 生育段階로 보아서는 거의 出穗期를 약간 지난 時期로서 비슷하였고 그 當時의 氣象狀態를 白穗現象과 關聯하여 보면 白穗被害가 컸던 Vera 號 來襲은 밤 24時부터 익일 08時까지 經過된 반면에 白穗發生이 적고 變色粒 發生이 많았던 Dinah 號 時에는 午前 10時부터 16時까지 낮동안에 經過되어 白穗誘發이 夜間에 잘 일어난을 立證하고 있다(그림 10). Dinah 號는 夜間중에 秒速 16m의

強風은 있었으나 大氣濕度가 90%程度 維持되어 白穗發生은 없었던 反面 強風에 의한 稻體의 組織間 摩擦로 穎花는 擦過傷을 받아 變色粒發生이 加重될 수 있는 條件으로 되었다.

② 鹽風害 發生環境

鹽風에 의한 벼 潮風害는 島嶼로 되어 있는 日本에서는 거의 10年 週期로 大被害를 내고 있으나<sup>3,107</sup> 우리나라에서는 흔치 않고 다만 1986年 颱風 Vera 號時에 南部 海岸地에서 심한 被害를 내었다.<sup>39,40</sup> 發生條件은 強風이 海岸線과 汀線이 될 때 海水를 空中으로 飛散시킨다. 이때 降雨가 없으면 飛散된 鹽分은 落下하면서 소금 粒子로 乾燥되어 稻體의 組織에 高濃度로 潮解되는데 이때 附着 鹽分量으로서 潮風害와 白穗現象을 區分할 수 있게 된다. '86年度 颱風 Vera 號때 南海岸 一帶에서는 海岸으로부터

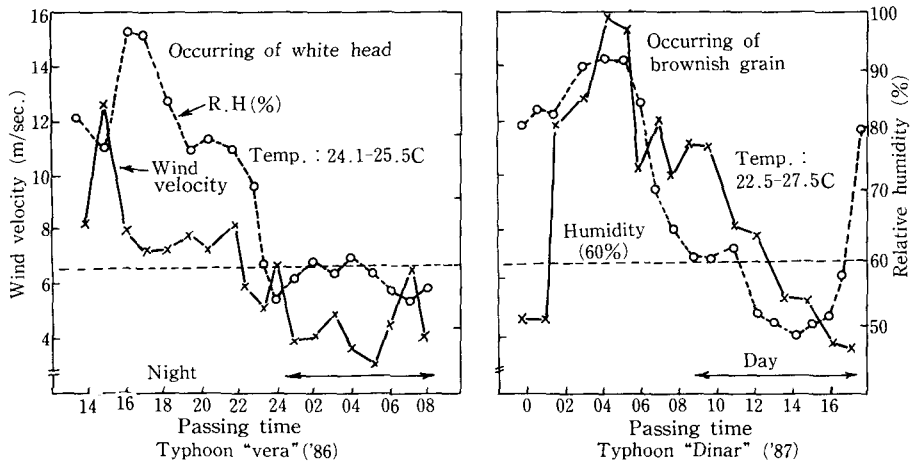


Fig. 10. Differences occurring wind damages according to the passing time typhoon

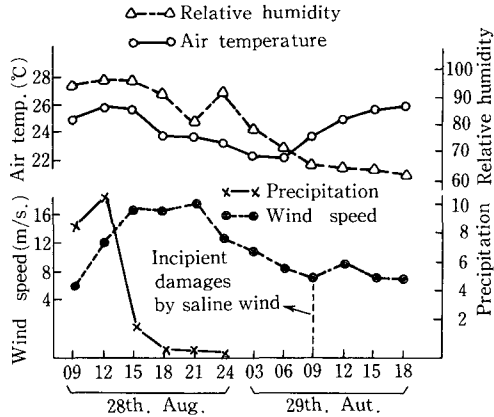


Fig. 11. The climatic condition during the passing time of typhoon "Vera" occurred in 1986.

터 50m 以内의 畚에서는 벼 止葉中 13.5mg 의 소금이 이삭中에는 17.2mg 이 附着되었었고 1.3~2.5 km 먼거리에서도 1.1mg, 2.0mg 으로 各各 集積되어 坪井 107) 이 報告한 1mg 에서 40% 被害를 낸다는 日本의 潮風害 水準을 훨씬 능가한 濃度였다. 이때의 發生 環境은 그림 11 에서와 같이 颶風日의 밤 24時에 風速이 秒速 10m 程度로 되면서 降雨가 없어지기 시작하였고 그 翌日에는 계속 濕度가 60% 가까이 내려오면서 氣溫은 25°C 以上으로 上昇되어 白穗現象도 一部 發生되었다.

## 2) 稻體狀態와 風害

### ① 벼 生育段階別 風害樣相

벼 苗莖期 強風은 잎끝을 마르게 하여 移秧時 活着障害를 주고 初期生育을 不良케 하는 要因으로 作用한다. 그리고 벼의 出穗期 以前 生育段階에서는

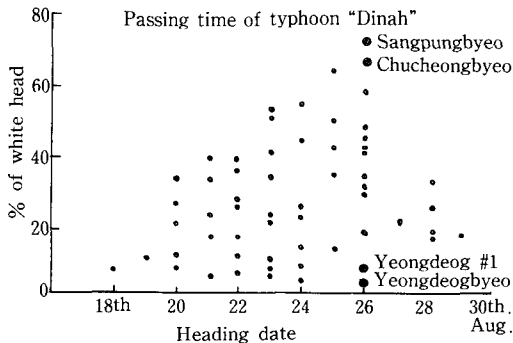


Fig. 12. Varietal differences of foehn damages as affected by typhoon "Dinah" occurred on August, 28 to 30, '87 in Yeongdeog (by Kim et. al.)

잎의 破裂이나 折傷等 葉身損傷과 줄기折傷을 받기 쉽다. 朴 88)의 報告에 의하면 20% 줄기折傷에서 5% 收量 減少를 가져오고 移秧後 20日 40% 잎折傷이나 移秧後 40日 20% 잎折傷에서는 5% 收量 減少를 各各 가져온다고 하였다. 또 幼穗形成期의 強風은 穎花退化를 發生시키는데 出穗前 20~25日頃에 被害가 가장 큰 것으로 報告되어 있다. 또한 障害받은 葉身이 枯死되면 穎花 退化가 增加되면서 穗重도 減少시킨다. 出穗期에는 乾風에 의한 白穗被害를 크게 받는데 그림 12에서와 같이 出穗後 2~4日이 經過된 稻體에서 가장 被害가 심하고 그 以上 經過된 이삭에서는 變色粒 發生이 增加된다.

### ② 風害抵抗性的의 品種間 差異

強風은 稻體에 機械的인 障害는 물론 그로 因한 生理障害 및 代謝過程에도 영향하여 被害를 내게 되는데 이런 障害에 對한 耐性은 벼 品種의 特性에 따라 다르다. 108,109) 朴 等 88)은 風洞機를 利用한 幼苗期 檢定 結果에서 白岩벼, 福光벼, 七星벼, 八公벼, 기호벼는 葉先枯死率이 낮은 品種으로 分類하였고 五台벼, 大成벼, 冠岳벼, 榮山벼는 枯死가 심했다고 하였다. 그리고 生殖生長期 初期의 葉身障害와 穎花退化率에 對한 品種間 反應은 東眞벼는 被害가 적고 伽椰벼, 太白벼, 白洋벼, 南豐벼, 웅주벼, 豐山벼, 三剛벼, 圓豐벼 등은 被害率이 높은 것으로 報告하였다. 梁 等 118)은 強風에 의한 葉身損傷의 品種間 差異는 日本型 品種에서 보다 統一型 品種에서 甚하였다고 하였고 그 特性은 葉身이 짧고 廣葉이면서 葉身中 珪化細胞數가 많고 氣孔開度가 커서 水分損失率이 높은 特性을 가졌다고 하였다.

### 3) 風害輕減

風害는 風速을 줄이는 것이 가장 效果的인 輕減策이나 自然環境은 人爲的으로 調節하기란 限界가 있으므로 栽培的으로 對處하는 것이 效果的인 것이다. 風害常習地의 圃場에서는 防風林 造成으로 風速을 줄일 수 있고 防風網에 의한 風의 減速效果도 期待할 수 있다. 61,62,75,129) 栽培的으로는 強風時期를 回避하여 作物을 栽培하던가 作物이 風害에 耐性을 갖도록 할 必要가 있다. 특히 벼의 白穗現象은 벼의 出穗期에 被害가 크므로 우리나라의 颶風 經過가 주로 8月末에 있는 點을 감안한다면 金 49)의 報告대로 風害常習地 東海岸에서의 安全出穗 限界期를 8月 15日로 되었다. 한편으로는 土壤 - 稻體 - 大氣의 水分 Potential과 關聯하여 颶風의 來襲當時 出穗

畚의 條件別 白穗被害는 澁水畚에서 보다 排水畚에서 심하고 排水不良畚에서 보다는 排水가 잘 되는 土性일수록 심하다.<sup>127)</sup> 이것으로 볼 때 白穗發生 常習畚에서는 颶風期를 豫想하여 灌水를 깊게 하여 土壤水分을 높이는 것이 중요함을 알 수 있다. 또 窒素 施肥量이 많으면 葉身의 窒素濃度와 關聯되어 氣孔開度가 커지게 되고 強風에 의한 機械的 損傷을 받기 쉽기 때문에 減肥效果가 크게 된다. 白穗發生 畚에서는 被害輕減을 위한 事後對策으로서 被害畚에 즉시 물을 뿌려서 白穗 發生의 進展을 막는 것이 效果의이다.<sup>129)</sup> 특히 鹽風으로 被害를 받는 地域에서는 물뿌림 效果를 크게 期待할 수 있다.

### 3. 倒伏害와 穗發芽被害

氣象環境과 關聯한 倒伏과 穗發芽 被害는 主로 強風, 降雨, 日照, 溫度 等の 영향이 크다. 우리나라는 7~8月의 장마期 또는 颶風이 심한데 이時期는 生育段階로 보아서 地上部 生育量이 많은 데다가 降雨를 同伴한 強風으로 稻體는 上部 荷重이 增加되어 倒伏危險이 커진다. 특히 浸冠水時에는 退水때 流速으로 致命的인 倒伏被害를 일으킨다. 倒伏된 벼는 收量減少는 물론이러니와 穗發芽, 誘發, 病蟲害 蔓延, 葦 被害 등으로 品質가지도 低下시켜 2次的 收量減少의 要因이 된다. 또 倒伏時 籼粒 相互 摩擦이나 倒伏된 籼粒을 세울 때 打擊으로 易脫粒性 品種은 脫粒損失로 2次 收量 減少를 加重시킨다.

#### 가. 倒伏被害

##### 1) 倒伏樣相

倒伏은 地上部 荷重에 對한 줄기 下部의 支持力이 弱할 때 稻體狀態에 따라 줄기가 彎曲되거나 줄기 마디 및 節間이 挫切된다. 또 降雨로 土壤이 물러 지게 되면 地下部 一部를 包含한 포기 全體가 倒伏되는 形態로 된다. 이러한 倒伏樣相은 그림 13에서와 같이 品種 및 栽培法에 따라 相異하다. 品種 特性으로 보아 日本型 品種은 節間長이 길고 稈長도

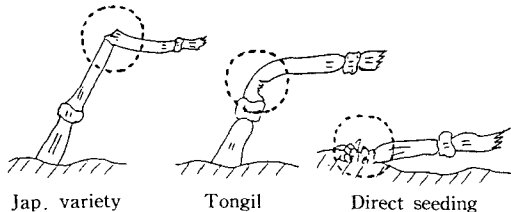


Fig. 13. Schematic diagram of lodging patterns of rice plant

크지만 地上部 生育量이 적기 때문에 倒伏抵抗性이 클 것이나 稈의 強度 즉 挫切重으로 나타난 特性面으로 보아 稈이 매우 弱하여 節間 中央附近에서 挫切되는데 비하여 統一型 品種은 마디 가까운 部分에서 主로 彎曲되거나 挫切되어 日本型 品種 보다 強한 抵抗性을 갖는 特性을 보인다.<sup>129)</sup>

#### 2) 倒伏被害 輕減

倒伏被害는 倒伏에 對한 Bending moment(地上部 生體重×地上部 키)를 倒伏部位의 挫切重(主로 上位 第3, 4, 5節間 等の 부러지는 強度)으로 나눈 倒伏指數로 나타내기 때문에 그 비가 클수록 被害는 크게 된다.<sup>35, 37, 95)</sup> 그러므로 倒伏被害 輕減을 위해서는 이 指數를 낮춤으로서 可能할 것이므로 倒伏 關聯 形質中 moment를 낮추거나 挫切重을 높이는 手段이 講求되어야 한다. Moment를 낮추려면 地上部 生體重이나 地上部키를 줄여야만 할 것인 바, 生體重을 낮추면 收量減少가 隨伴되기 때문에 地上部키를 낮추는 편이 바람직할 것이다. 地上部키를 줄이기 위해서는 施肥時期나 施肥量, 물管理 等の 栽培法<sup>21, 48, 69, 86, 95)</sup>이나 生長調整劑 等 化學藥劑들의 使用으로도 可能하지만<sup>1, 16, 17, 19, 22)</sup> 이들은 使用 方法이 適切하지 못하면 籼粒길도 同時에 短縮되어 收量減少가 크므로 短稈性 品種으로서 收穫指數<sup>14)</sup>가 높은 品種이 育成된다면 가장 理想的이라 볼 수 있다. 한편으로는 地上部 荷重에 견디기 위해서는 倒伏 豫想部位의 挫切重을 높여야 하는데(表 4) 이것은 줄기의 上位 第3, 4, 5節間的 長이가 짧으면서 稈壁이 두껍고 剛健해야 한다. 倒伏抵抗性이 큰 品種일지라도 浸冠水되었을 때에는 退水時 倒伏이 쉽게 일어나는데 이것은 表 5에서와 같이 冠水中에 倒伏 節間的 伸長이 크기 때문에 倒伏抵抗性이 큰 三剛 벼에서도 4節間的 伸長이 현저히 커짐을 알 수 있다.

Table 4. Characters of rice plant related to lodging at the late ripening stage.

Items	Ind. xJap.		Japonica	
	Lodged	Unlodged	Lodged	Unlodged
Moment(g. cm)	1088.8	1018.1	666.8	614.9
Breaking strength(g)				
Internode(3rd)	478.3	448.5	247.2	283.2
(4th)	570.7	535.7	294.2	352.6
Node (3rd)	555.0	576.4	454.6	531.2
(4th)	595.0	649.7	407.0	503.1

**Table 5.** Changes in internode elongation of samgang cultivar according to the flooding treatment at booting stage of rice plant.

Treat	Length of internode down from panicle node(cm)					
	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
Flooded	20.1	11.5	8.4	14.1	5.6	2.3
Non-flooded	33.4	14.8	10.9	6.1	4.1	2.3

倒伏部位인 節間部の 伸長을 調節할 수 있는 方法으로서는 節間伸長期에 窒素 追肥調節이나 珪酸, 加里 等の 施用으로 稈의 倒伏強度를 크게 하거나 生長調整劑 等 化學劑로서는 2,4-D, EL-500, Pachlobutrazol(PP-333), MCP, CCC, 시리잔, Kitachin 等の 效果가 報告되어 1,12,16,17,19,22,55,79,82,89 있다.

### 今後 研究 課題

氣象災害로서 風水害는 颱風과 장마로 인한 被害 이기 때문에 이들의 發生만 잘 調節할 수 있다면 根本的인 防除 對策이 될 수 있겠으나 그것을 人爲調節하기에는 限界가 있기 때문에 다만 이러한 環境 特性과 發生 實態를 잘 把握하여 그것을 作物生産에 有利하게 活用하거나 對處하는 面과 한편으로는 被害 稻體의 利用度 增進으로 被害를 最少化하는 對策이 要求된다.

#### 1. 氣象豫報, 風水害 實態 및 風水害로 인한 作況 等の 遠隔探查 및 電算化

颱風의 進路, 豫想降雨量 等 氣象情報<sup>32)</sup>와 洪水, 浸冠水 面積, 水深 等 風水害 實態, 水害年의 作況 等を 遠隔探查 技法<sup>4)</sup>을 利用한 綿密한 分析과 Data의 電算化 等 資料分析의 尖端化 研究가 要求된다.

#### 2. 不良環境에 耐性을 갖는 品種 育成 研究

浸冠水 常習地를 對象으로 한 品種 育成으로서는 耐病蟲性と 耐倒伏性을 兼備한 耐冠水性品種이 育成되어야 하겠고 風害常習地에서는 耐倒伏과 耐白葉病을 갖는 耐風性品種의 育成이 要求된다.

#### 3. 風水害 發生 頻度を 考慮한 作付體系 改善 研究

浸冠水 常習地에서는 벼의 浸冠水 被害에 의한 損害를 他作物에서 補償할 수 있는 合理的인 作付體系 改善이 要求되고 風害常習地에서는 風速을 줄이거나

벼의 風害에 敏感한 時期를 回避시킬 수 있는 他作物과의 合理的인 作付體系가 要求된다.

#### 4. 被害稻體의 活用度 增進 研究

벼는 穀實 生産을 目的으로 하기 때문에 風水害로 인한 이삭의 被害가 크게 되면 利用 價値가 적게 된다. 그러므로 被害받은 이삭은 물론 稻體의 活用方法 開發 研究가 要求된다.

### 摘 要

우리나라는 地形과 氣候가 複雜多様な 데다가 夏節期에는 필립핀 南洋群島로부터 常習의 暴風으로 불어오는 颱風의 進路圈內에 位置해 있고 年間 降雨量의 大部分이 벼 栽培期인 夏節期에 集中的으로 내리는 關係로 이때 降雨과 強風이 單獨 또는 同伴하여 갖가지 風水害樣相을 일으킨다. 風害는 潮風害, 乾燥 風害 및 強風害로 區分하여 볼 때 潮風害(鹽風害)는 1986年 8月 28~29日 颱風 Vera 號 來襲時 南部 海岸地方 一帶에서는 降雨가 그치면서 鹽分을 含有한 秒速 6m 程度의 強風이 불어 海岸으로부터 2.5 km 까지 稻體 組織에 鹽分을 乾物當 1.1~17.2 mg 附着시켜 심한 潮風害를 일으켰다. 그리고 乾燥 風害는 '87年 以來로 來襲한 大部分의 颱風들이 4.0~8.5 m의 強風이 南部 및 東海岸에 불어 Föhn 現象으로 乾燥風이 되고 이때 出穗期에 處한 벼 이삭은 심한 白穗被害와 變色粒被害를 받았다. 強風害로서는 出穗期 以前의 벼 生育段階에서 莖葉이 機械的으로 折傷, 破裂, 枯死되고, 登熟期에는 倒伏과 脫粒이 심하게 된다. 風害輕減은 颱風 來襲을 回避하도록 8月 15日까지 出穗시키고 風害抵抗性이 比較的 強한 常豐벼와 靑靑벼 栽培가 效果의 이다. 한편 水害로서는 農耕地 流失, 埋沒, 浸冠水 및 倒伏 等を 들 수 있으나 各種 Dam, 堤坊築造, 河口堰工事 等으로 被害는 많이 줄었지만 局地的 集中豪雨나 江邊流域 堤坊內의 內水로 인한 浸冠水나 倒伏被害는 常習의 으로 일어난다. 浸冠水害는 颱風과 多雨가 主로 8月 末頃에 來襲하여 2~4日 程度 稻體가 冠水된다. 이때 南部 特殊晚植畝의 벼 生育段階는 生育初中期에 該當되므로 어린 生育段階일수록 被害가 크고 普通植에서는 生殖生長期에 該當되므로 幼穗나 籾이삭은 不穩이 되더라도 죽은 이삭을 갖는 莖의 上位節로부터 再生莖이 나와 正常이삭으로 되어 收量 減少가 가장 큰 減數分裂期 被害에서도 66%의 收量補償力을 갖게 된다. 浸冠

水被害 輕減을 위해서는 事前的 措施로서 冠水抵抗性 및 白葉枯, 버멸구, 倒伏抵抗性을 갖는 品種을 選擇 栽培하는 것이 效果的이다. 特히 統一型 品種은 日本型 品種에 比하여 冠水時 모든 生育段階에서 冠水抵抗性이 強한데 苗生存率이 높고, 葉身과 葉鞘의 異狀伸長力이 낮아 退水時 機械的 障害가 적으며 生殖生長期에는 根活力, 光合成能力이 높아 被害回復이 빠르고 高位節分蘖이삭에 의한 收量補償力이 높다. 以上을 綜合하여 볼 때 風水害를 最少化하기 위해서는 다음과 같은 研究가 今後 이루어져야 할 것이다.

① 氣象豫報, 風水害 被害實態 및 그로 인한 作況等의 遠隔探查 및 電算化에 의한 分析 研究가 이루어져야 하고,

② 風水害와 關聯된 不良環境에 耐性을 갖는 品種育成 普及이 이루어져야 하고,

③ 風水害 發生常習地에서는 벼 被害를 補償할 수 있는 他作物과의 合理的 作付體系 改善 研究가 이루어져야 하고,

④ 被害稻體의 活用度 增進 研究가 이루어져야 할 것이다.

## 引 用 文 獻

1. Bokhari, V.G. and V.B. Younger. 1971. Effect of C.C.C. on tillering and flowering of unicultm barley. *Crop Sci.* (5) : 771-712.
2. 張權裂. 1987. 三國時代 以前の 農業災害 그리고 그 對策. 慶南文化研究所報 10(別刷) : 12p.
3. 千葉寬. 1962. 潮風 による水稻의 對策. 農業技術 17(12) : 576-580.
4. 曹明姬. 1984. 遠隔探查技法을 利用한 榮山江 流域의 浸水地分析. 慶北大學校 大學院 碩士學位論文. 大邱. 70p.
5. Cho, M.S., W.S.Kim, H.S.Cheon, and I. K.Lee. 1972. Effect of submergency due to heavy rains on the yield of paddy. *J. Korean. Soc. Crop. Sci.* 12 : 63-69.
6. 崔相鎭·朴來敬. 1981. 벼出穗期 風害의 發生要因과 樣相에 關한 研究. 崔鉉玉 博士回甲 紀念論文集 p.207-272.
7. Choi, Sang Jin. 1983. Effects of submergence

- on growth and fertility damages in rice. *KJCS* 28(1) : 100-106.
8. 忠南農村振興院. 1987. 벼 浸水被害樣相調査. 忠南農村振興院 試驗研究報告書 : 99-106.
9. Cock, J. and S. Yoshida. 1970. An assesment of the effect sof silicate application on rice by a stimulation method. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 16(5) : 212-214.
10. Datta, S.K., and B.Banerji. 1974. Anatomical variations of flood-resistant and deep-water rice under deep-water and field conditions. *Phytomorph* 24(3.4) : 164-174.
11. \_\_\_\_\_, and J.C.O' Toole. 1977. Screening deep-water rices for drought tolerance. p83-92. In Proceedings of the workshop on deep-water rice. The Int. Rice Res. Inst., LosBanos, Laguna, philippines.
12. Davis. D.T., H.S.Gehlot, C.F.Willams and N.Sankhla. 1987. Comparative shoot growth retarding activities of pachlobutrazol and XE-1019. Proceeding of the 14th annual PGR society of America meeting : 114-119.
13. Dikshit N.N., and D.M. Maurya. 1971. Madhukar an ideal flood resistant variety of paddy *Indian Farming* 21(1) : 25.
14. Donald, C.M., and J.Hamblin. 1976. The biological yield an hervest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. *Advance in Agronomy.* 28 : 361-405.
15. 道山弘康·日殺一·香川邦雄·坂齊. 1986. 浮稻における 葉鞘通氣組織内のエチレン濃度におよぼす影響. 日作紀 55(別號) : 198-199.
16. Eli Lilly company. 1982. EL-500. plant growth regulator. Technical Data sheet : 1-4.
17. Eric, A.C. and A.N. Reed. 1987. Partial reversion with GA<sub>3</sub> of physiological change induced by pachlobutr zol and RSWO 411 on plants with strong apical dominance Proceedings of the 14th annual PGR society of America meeting : 127-131.
18. Gomosta. A.G., M.M. Hossain and M.Z. Haque. 1981. Screening method for submergene tolerant in rice in Bangladesh. Proceed-



- ings of the 1981. international deepwater rice work-shop. Los Banos. Laguna. Philippines. 243-248. in IRRI.
19. Harper, A. C. 1980. Plant height reducers EL-500 test. 72nd annual progress report. Rice Experiment Station. Crowley. Louisiana State University 285-290.
  20. 湖南作物試驗場. 1980. 冠水抵抗성에 관한 試驗. 湖南作物試驗場 報告書 : 170-171.
  21. 北條良夫. 1974. 作物の倒伏と 強稈性講座. 作物の形態と 機能13. 農業技術 29(4) : 157-162.
  22. ICI. plant protection division. 1983. Pachlobutrazol, a plant growth regulator for growth control in ornamentals. Technical infor. 1-5.
  23. International rice research institute. 1985. Factors affecting elongation of deepwater rice under submergence. IRRI annual report : 92-94.
  24. IRRI. 1970-1971. Annual Report.
  25. IRRI. 1975. Annual Report.
  26. IRRI. 1978-1980. Annual Report.
  27. IRRI. 1982. Research high Light.
  28. IRRI. Annual Report 1985. Factors affecting elongation of deepwater rice under submergence. 92-94.
  29. 全南農村振興院. 1962. 榮山江流域에서의 水稻浸水被害 調査成績.
  30. \_\_\_\_\_. 1966-67. 冠水程度가 水稻生育 및 收量에 미치는 影響. 103-126.
  31. \_\_\_\_\_. 1971-72. 水稻冠水에 관한 試驗.
  32. 정영상. 1985. 농업기상재해 대책을 위한 기상정보의 이용. 한국기상학회지 21(2) : 1-37.
  33. 泉清一. 1956. 冠水による損傷の生育時期による差異 稻作講座 2 : 262.
  34. Kang, Y.K. 1981. Silicon influence on physiological activities in rice. The Univ. of Arkansas : 1-84.
  35. Kang, Yang Soon, G.Y. Park, Y.T.Jung, and R.K. Park. 1983. Effect of top-dressing of nitrogen on lodging and yield characteristics of newly developed rice "Seogwang" Variety. Res. Rept. ORD. 25(C) : 118-123.
  36. \_\_\_\_\_. 1984. 水稻生育에 있어서 珪素의 影響. 慶北大博士學位論文. 1-55.
  37. \_\_\_\_\_, G.Y. Park, E.S.Yang and Y.T. Jung. 1984. The effect of a plant height reducer "EL-500" on acceleration of rooting and resistance to lodging of rice plant. Res. Rept. ORD 26-2(S.P.M.U) : 21-25.
  38. \_\_\_\_\_. 1985. The influences of silicon on growth of rice plant. Res. Rept. RDA (P. M & U) 27(1) : 57-72.
  39. \_\_\_\_\_, E.S.Yang, M.H.Nam, and Y.T. Jung. 1987. Studies on the occurring phenomenon of saline wind & reduction of damages on rice plant in the southern coastal area of Korea. 1. The occurring mechanism & damages of saline wind to rice plant. Res. Rept. RDA(P.M. & U) : 29(1) : 71-75.
  40. \_\_\_\_\_, M.H.Nam, Y.T.Jung, and S.S. Kwon. 1988. Studies on the occurring phenomenon of saline wind & reduction of damages on some plants in the southern coastal area of Korea. 2. Damages by saline wind on field crops, garden trees and fruit trees. Res. Rept. RDA(S & F) 30(1) : 36-40.
  41. \_\_\_\_\_, E.S.Yang, Y.T.Jung and G.S. Chung. 1988. Effects of flooding treatment on physiological characteristics of rice cultivars Korean J. Crop Sci. 33(2) : 189-194.
  42. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, and S.H.Lee. 1988. Flooding injury of rice plant according to growing stages and yield compensating ability by upper node tillering. Korean. J. Crop Sci. 33(1) : 195-200.
  43. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, M.H.Nam and Y.T. Jung. 1988. Effects of cultural practices on reduction of flooding injury of rice. Res. Rept. RDA(Rice) 30(1) : 77-82.
  44. \_\_\_\_\_, G.S.Chung, Y.Son, and J.C.Kim. 1988. Influence of turbidity of submerged water on photosynthetic rate of rice plants.

- Korean J. Crop Sci. 33(4) : 350-352.
45. \_\_\_\_\_, M.H.Nam. 1989. Varietal differences in peroxidase activities and banding pattern of peroxidase isozyme of rice plants under flooding. Korean J. Crop Sci. 34(3) : 270-273.
  46. Karin. S. 1980. Morphological and anatomical studies of tolerant and susceptible rice varieties to complete submergence at seedling stage. Unpublished MS thesis, University of the Philippines at Los banos Laguna, Philippines. p.96.
  47. Kim, C.Y., S.T.Park, J.S.Lee, and P.K. Park. 1983. Survey on the climatic conditions and wind influence for the rice production in eastern coastal area. Res. Rept. ORD 25(C) : 124-133.
  48. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, S.J.Lim. 1986. Climatic condition in middle part of east coastal area and wind damage of rice plant. Res. Rept. RDA(Crops) 28(1) : 84-93.
  49. Kim, C.Y., S.J.Lim and J.H.Kim. 1989. Studies on water stress wind damage at heading time in rice. Res. Rept. RDA(R) : 20-27.
  50. 金正教外 다수. 1987. 慶南의 稻作研究. 慶尙大學校 農學科. 진주. 213p.
  51. Kim, I.J., Y.S.Kim, and H.S. Bae. 1986. Effects on the growth, and yield components due to submersion with different growing stage in the rice plant. Rep. JPRDA. 1 : 49-58.
  52. 金光植. 1983. 農業氣象學. 鄉文社. p. 93-95.
  53. Kim, S.K., S.P.Lee, K.S.Lee, D.W.Choi and D.O.Park. 1989. Effect of Panicle removing and flooding on the developing upper node tiller in rice(O.Sativa) Res. Rept. RDA(R) : 28-35.
  54. Kim, Y.S.& D.J.Yoo. 1970. The effect of flooding on growth and yield in rice flooding. Res. Rep RDA 13(Crop) : 23-30.
  55. 木根淵旨光・原城隆. 1962. 稻體の 2.4-D による開張と倒伏抵抗力の 考察. 日作紀 31 (2) : 122-124.
  56. Kondo. M., and T. Okamura. 1932. Relationship between water temperature and the growth of rice plants III. Harmful effect of water temperature on growth of rice plants under water translation. Ber. Ohara Inst. Landwirtscha. Forsch. 5 : 347-374.
  57. 慶南農村振興院. 1972. 統一叫 水害對策 再移秧方法 比較試驗 : 112-116.
  58. 慶南振興院. 1979. 水稻冠水被害調査. 慶南農振院報告書 : p.157.
  59. 慶南農振院. 1983. 浸冠水被害輕減을 위한 生長調節劑 效果究明試驗. 慶南農振興院報告書 : 143-152.
  60. Kozlowski, T.T.. 1984. Flooding and plant growth. Academic Press, Inc. U.S.A.
  61. Lee, S.P., K.B.Choi, K.S.Lee, D.W.Choi, J.K.Kim and C.Y.Kim. 1984. Study on the reducing methods of cold wind damage by installation of windbreak net in the eastern coast region. Res. Rept. ORD 26-1(S.P.M. U) : 92-99.
  62. \_\_\_\_\_, G.S.Lee, D.W.Choi, S.G.Son and C.Y.Son and C.Y.Kim. 1987. Studies on the reducing methods of cold wind damage of rice plant by installation of wind break net in the eastern coastal area. KJCS 32(2) : 163-172.
  63. Lee, Y.S., G.P.Bang, and H.S.Bae. 1986. Effects on growth and development . and grain yield with different submergence days. Res. Rep. JPRDA 1 : 43-47.
  64. Manuel. C. Palada and Benito S, Vergara. 1972. Environmental effects on the resistance
  65. Mazaredo, A.M. and B.S. Vergara. 1981. Physiological differences in rice varieties tolerant of and susceptible to complete submergence. Proceedings of the 1981 international deepwater rice workshop. Los Banos, Laguna, Philippines. 327 : 341 in IRRI.
  66. 農水産部. 1985. 農作物 災害白書('78-'80). 127-175.

67. Morishima, H. 1974. Floating ability as an adaptive character of rice and its measuring method. p.109-114. In proceedings of the international seminar on deep-water rice, August 21-26, 1974. Bangladesh Rice Res. Inst., Joydebpur, Dacca.
68. Mukherji, D.K. and S.K.B. Roy. 1977. Genotypic adaptability of rice (*Oryza sativa* Lin) and a suggested formula for measuring adaptation to water depth above 30 cm. p. 55-65. In proceedings of the workshop on deep-water rice. The Int. Rice Res. Inst., Los Banos, Laguna, Philippines.
69. 村松謙生. 1976. 北陵地域におけるフェーン の発生とその水稻被害. 北陸農試報 19 : 25-43.
70. \_\_\_\_\_, 鴨田福也. 1981. 水稻のフェーン害に関する研究. 北陸農試報. 23 : 19-56.
71. \_\_\_\_\_. 1982. フェーン条件下における水稻の体内水分に関する研究. 北陸農試報 24 : 1-28.
72. Nasiruddin, M., M.S. Ahmed, S.M. H. Zaman, and E.Haq. 1977. Effects of flooding on morphological characteristics of floating rice varieties of Bangladesh. p. 68-74. In proceedings of the workshop on deep-water rice. The Int. Rice Res. Inst., LosBanos, Laguna, Philippines.
73. 中島三郎. 1935. 浸水か農作物 及 せる影響及び善后策 調査研究. 朝鮮農會報 9(7) : 1-63.
74. \_\_\_\_\_. 1935. 浸水か農作物に及 せる影響及び 善后策 調査研究. 朝鮮農會報 9(8) : 1-45.
75. 中山稔. 1980. 畑地水田の防風網効果. 北海道農試報告. 1-89.
76. 木村勲二. 1937. 變色稈と苗類の關係について. 植物病害研究 3 : 209-232.
77. 不邨勇. 1950. 水稻の乾風害(白穗)について. 農業氣象 5 : 133-136.
78. 西川欣一. 1956. 窒素條件か異なる水稻苗の冠水被害と呼吸量との關係. 日作紀 25(2) : 60.
79. 吳世文·李漢圭·李康徹. 1984. 벼 倒伏 關連 形質에 미치는 pachlobutrazol과 flurprimido 의 處理 效果. 韓 雜 誌 4(2) : 163-168.
80. 岡正, 窪田忍. 1961. 水稻の冠水對策に關する試驗, 第1報. 幼穗伸長期におほる冠水被害について. 九州農試報告書 16 : 52-54.
81. Okuda, A. and E.Takahashi. 1965. The role of silicon. In int'l rice res. inst., The mineral nutrition of the rice plants. Johns Hopkins press Baltimore, Maryland. p. 123-146.
82. 小松良行. 1988. 水稻倒伏輕減劑の現状と今後の展望. 今月の農業(6月號) : 37-40.
83. Palada, M. 197. Survival of completely submerged rice plants. M.S. thesis. University of the Philippines College of Agriculture. Los Banos. Philippines. 98p.
84. Palada, M.C. and B.S. Vergara. 1972. Environmental effects on the resistance of rice seedlings to complete submergence. Crop Sci. 12 : 209-212.
85. Park, K.H., Y.S.Kang, J.S.Lee, and Y. T. Jung. 1989. Effects of fertilizing methods on ethylene evolution and shattering of rice grains. KJCS 34(4) :
86. 박래경·박진구·이계홍. 1973. 이앙답에서 벼 품종 및 재배방법이 도복저항성에 미치는 영향. 농시연보. 15 : 45-53.
87. Park, R.K, S.K. Lee, C.Kim, and J.R. Suh. 1982. Effect of deep-water on rice yield and its components in various rice growth stages. Res. Rept. ORD(C) : 75-86.
88. 朴成泰·金純哲·李壽寬·金七龍. 1988. 水稻主要生育時期別 風害様相, 嶺南地域作物氣象災害 : 165-179.
89. 植調. 1981. 日本植物 調節劑 研究 協會. 技術部.
90. 農村振興廳. 1972. 벼 被害減收 推定 基準. 22-48.
91. 農村振興廳. 1986. 韓國의 農業氣候 特徵과 水稻氣象災害對策. 農業技術研究所. 194.p. 水原.

92. Roy, J.K. 1972. Structural adaptation in relation to submergence in rice. *Riso* 21 : 157-160.
93. Sato, K. 1952. On the elongation of the leaves and internodes of the mainstem in rice plants (preliminary report) in Japanese, with English summary. *Proc. Crop Sci. Soc. Jpn.* 21 : 75-76.
94. 澤田英吉. 1935. 酸化酵素の作用とその簡単な検定法. *農及園* 10 : 1505-1509.
95. 瀬古秀生・佐本啓智・鈴 一郎. 1957. 水稻の倒伏に及ぼす 2・3 栽培条件の影響(I). *日作紀* 26 : 90-93.
96. 志茂山貞二. 1959. 風害に依る水稻の生理的減収機構について. *農業氣象* 16(1) : 1-9.
97. Son, Y., S.C.Kim, S.K.Lee. and G.S. Chung. 1987. Studies on varietal difference of submergence tolerance and cultural practices for reducing submergence damage of rice plant. *Res. Rept. RDA.* 29(1) : 81-91.
98. 管洋. 1985. 浮稻の節間伸長でのエチレン反応における内生ジベレリの役割-環境ストレスの發現機構(10)-. *日作紀* 54(別號1) : 93-94.
99. \_\_\_\_\_. 1985. 浮稻の高位節よりの發根におけるエチレンとジベレリンの作用-環境ストレスの發現機構(11)-. *日作紀* 54(別號1) : 94-95.
100. 管洋. 1986. 浮稻の節間伸長でのエチレン反応における内生ジベレリンの役割-環境ストレスの發現機構(10). *日作紀* 54(別號1) : 186-187.
101. 管洋. 1986. 浮稻の高位節よりの發根におけるエチレンとジベレリンの作用(11). *日作紀* 54(1) : 188-189.
102. Supapoj, N., C. Setabutara, K. Kupkanchanakul, and E. Shuwisitkul. 1977. Segregation for elongating ability in two crosses of floating rice with ordinary lowland rice, p.29-44. In proceedings of the workshop on deep-water rice. The Int. Rice Res. Inst., LosBanos, Laguna, Philippines.
103. Supapoj, N., C. Prechachat and K. Kupkanchanakul. 1978. Screening for flood tolerance in the field. Proceeding of the 1978 international deepwater rice workshop IRRI. Los Banos, Laguna. Philippines. p.135-138.
104. Thakur, R. 1981. Deepwater rice yield in BIHAR, INDIA. Proceeding of the 1981 intl deepwater rice workshop. IRRI. 149-156.
105. 坪井八十二・久保祐雄. 1957. 風害を受けに水稻の体内水分. *農業技術* 12(8) : 344-347.
106. 坪井八十二・永高信雄. 1958. 水稻の風害に関する研究. 不受精の原因について. *日作紀* 27 : 207-209.
107. 坪井八十二. 1961. 水稻の暴風被害に関する生態學的研究. *農技報* A8 : 1-156.
108. 上原泰樹・佐本四郎. 1976. 水稻のフェーン災害抵抗性の簡易検定法に関する研究. *北陸作物學會報* 11 : 44-46.
109. 角田重三郎・橋高昭雄. 1957. 抵抗性を異にろる稲品種の諸特性について. *日作紀* 21(2) : 185-186.
110. Vanadevan, V.K., G.B. Mauna and R.N. Pati. 1971. Studies on flooding tolerance of rice *oryza* 8(2) : 71-74.
111. Vergara, B.S., A.M. Mazaredo, S.K. De Dava, and W. Abiliby Jr. 1974. Plant age and internode elongation in floating rice varieties. Pages 178-183 in Bangladesh Research Institute. Proceedings of the international seminar on deepwater rice. August 21-26, 1974. Joydecbpur, Dacca.
112. Vergara., and A.M. Mazaredo. 1974. Screening for resistance to submergence under greenhouse conditions. Pages 67-70 in Bangladesh Rice Research, Institute. Proceedings of the international seminar on deepwater rice, August 21-26. 1974. Joydeypur, Dacca.
113. Vergara, B.S., D. HilleRisLanbers, N. Supapoj, B.R. Jackson, C. Prechachar, C. Boonwite, and K.Karin. 1979. International collaborative program on methods of screening for flood tolerance. Pages 249-260 in International Research Institute. Proceedings of the 1978 international deepwater rice

- workshop. Los, Banos Laguna, Philippines.
114. Weerapat, P. and P. Woraniman. 1974. Varietal difference in ability of 10-day old rice seedling to survive submergence. SA-BRAO. J. 6(2) : 147-150.
  115. 山田登・太田保夫. 1953. 水稻の冠水抵抗性に関する研究. 日作記 23(3) : 155-161.
  116. Yamada, N. 1959. Physiological basis of resistance of rice plant against overhead flooding. Bul. Nat. Inst. Agr. Sci. Ser. D (8) : 1-112.
  117. Yamaguchi, T., and T.Sato. 1963. Studies on floating rice. II. The effect of water level treatment upon the carbohydrate content and the amylase and invertase activities. Proc. Crop Sci. Soc. Jpn. 31 : 357-361.
  118. Yang, E.S., Y.S.Kang, Y.T.Jung and G. S.Chung. 1988. Eco-physiological characteristics of rice leaves and wind damage by typhoon. KJCS 33(2) : 201-204.
  119. 柳寅秀・李鍾薫・權容雄. 1982. 氣象災害와 水稻栽培上의 對策. 韓作誌 27(4) : 385-397.
  120. 吉田昌一. 1965. 水稻體內におけるケイ酸の存在 様式と生理的意義に関する研究. 農技研報告 B15 : 1-58.
  121. 嶺南作物試驗場. 1965. 浸水速度가 水稻生育 및 收量에 미치는 影響. 嶺南作物試驗場報告書 161.
  122. \_\_\_\_\_. 1965. 浸水日數가 水稻生育 및 收量에 미치는 影響 : \_\_\_\_\_ 526-530.
  123. \_\_\_\_\_. 1971. 統一벼의 浸水抵抗性 試驗 : 252-257.
  124. \_\_\_\_\_. 1972. 벼 品種間 浸水 抵抗性에 關한 生理的 研究 : 261-187.
  125. \_\_\_\_\_. 1983. 水稻主<sub>3</sub>. 生育時期別 浸冠水가 生育 및 收量에 미치는 影響. 嶺南作物 試驗場 報告書(水稻植物環境研究) : 692-697.
  126. \_\_\_\_\_. 1984. 水稻 穗孕期 營養狀態가 浸水被害 輕減에 미치는 影響 : 484-487.
  127. \_\_\_\_\_. 1986. 浸冠水는 再移秧判斷 基準試驗. 嶺南作物試驗場 報告書(水稻植物環境研究) : 516-522.
  128. \_\_\_\_\_. 1987. 農家圃場 벼 浸冠水被害 實態調査 : 569-573.
  129. \_\_\_\_\_. 1988. 嶺南地域作物氣象災害 : 358p.