

冬作物의 氣象災害와 그 対策

曹章煥* · 李殷燮* · 河龍雄* · 李正日**

Meteorological Constraints and Countermeasures in Winter Crop Production

Cho, C. H.* , E. S. Lee*, Y. W. Ha* and J. I. Lee**

ABSTRACT

Yield loss of wheat and barley due to meteorological constraints has been analyzed in order to get the basic information, which will lead to the counter-measures for dissemination of agricultural technology and administration. These meteorological damages were analyzed on the results of percentage yield loss and mechanism of damage and the aspects of constraints were explained.

The annual yield loss of wheat and barley were 21.7% by meteorological stress : Cold damage, 5.9% ; excessive soil moisture, 5.6% ; lodging, 2.9% ; drought, 3.0% ; disease, 4.3% etc.

Those damages by the stresses mentioned above and rain damage were analyzed in relation to the growth stages and the degrees of damage. The predispositions and the growth of wheat and barley to those meteorological stress are also discussed.

Varietal resistances of wheat and barley to those stresses were indexed and the physiological and morphological characteristics of these resistant cultivars are described. Cultural practices to minimize the damages were also reviewed.

緒 言

麥類는 冬作物에 屬하며 作物中에서 차지하는 比重은 매우 높고 食糧과 工業原料로 大部分 利用되고 있다.

冬作物의 栽培의 特徵을 보면 田作이나 畚裏作에서 栽培되고 栽培期間中 越冬을 하여야 하며 出穗期以後에 降雨量이 많은 등 諸要因으로 氣象的 災害가 他作物에 比하여 많이 發生되고 있는 作物이다. 冬作物의 氣象災害는 寒害, 濕害, 倒伏害, 旱魃害, 雨害 및 病害 등으로 區分할 수 있으며 이들 災害는 每年 莫大한 量의 減收를 招來하고 있다.

以上과 같은 氣象災害는 適地 適品種의 普及과 適切한 栽培技術의 改善으로 減收를 防止할 수 있으며 品種과 栽培技術로 防止할 수 없는 程度의 氣象災害는 災害補償 基金法 등을 마련하여 國家的인 次元에서 支援하는 등의 配慮가 있어야 하겠다.

筆者들은 氣象災害로 減收되는 氣象災害實態, 各種 氣象災害의 機作, 災害減收率과 育種 및 栽培의 人對策을 綜合하므로써 앞으로의 氣象災害防止에 多少나 마 도움이 될 것으로 믿으면서 이에 綜合된 結果를 報告하는 바이다. 이 論文을 作成함에 있어서 도와주신 麥類研究所 鄭泰英博士, 安完植, 申萬均 研究官, 南重鉉, 金石東 研究士에게 이 자리를 빌어 深深的 謝意를 表하는 바이다.

* 麥類研究所, ** 作物試驗場

* Senior Researchers, Wheat and Barley Research Institute, **Senior Researcher, Crop Experiment Station, Suweon 170, Korea.

氣象災害의 實態

1945년以後 麥類栽培中 氣象災害가 甚하였던 被害多發年度의 農家 麥類生産量과 減收率을 보면 表 1에서 보는 바와 같다. 1977년에는 最低平均氣溫이 1月 -13.3°C(平年 -7.4°C), 2月 -9.6°C(平年 -6.8°C)로 매우 낮았고 降水量도 1月 4.9mm(平年 33.6mm), 2月 1.4mm(平年 34.4mm)로 低溫旱魃

Table 1. Average barley and wheat productions and decrement due to cold damage and heavy rainfall on the selected years. (MAF, AFS Year book)

Item	Year	Production		Amount of decrement	Reduction rate
		Average* year	Disasted year		
Cold damage	1977	1,685,214	862,037	823,177	49
Heavy rain	1963	1,313,879	901,681	412,198	31

* Average year: Averaged 5 years prior to disaster year.

Table 2. aged acreage and yield reduction due to natural disasters on wheat and barley in Korea and Japan.

Nation	Acreage	Production	Damaged acreage	Amount of reduction	Damaged acreage rate	Reduction rate
Korea (1980)	360,410 ha	905,877 ㎏	453,245 ha	196,762 ㎏	135 %	21.7 %
Japan(1974-'77)	165,250	450,500	209,000	70,300	126	15.7

Table 3. Estimation of yield reduction per year due to weather damages on wheat and barley.

Item	Freezing injury	Excess soil moisture	Lodging	Drought	Disease	Total
Damaged acreage (ha)	133,352	110,643	54,062	44,001	144,164	486,222
Reduction rate of yield per 10a(%)	15	17	18	23	-	-
Decreased yield per ha (㎏)	404	457	484	619	-	-
Total yield reduction (㎏)	53,874	50,564	26,166	27,234	38,924	196,762
Reduction rate (%)						
Korea	5.9	5.6	2.9	3.0	4.3	21.7
Japan	3.7	5.2	3.6	-	3.2	15.7

- 1) Acreage of wheat and barley cultivated : 360,410 ha Yield per ha : 2.69 ㎏
Total production of wheat and barley : 905,877 ㎏
- 2) Rate of damaged acreage due to cold winter. : 37%
- 3) Damaged acreage rate due to excess soil moisture : 60% of paddy field acreage 184,405 ha
- 4) Rate of lodging acreage : 15% of total acreage
- 5) Damaged acreage rate due to drought : 14% of upland field acreage
- 6) Damaged acreage rate due to disease : 40%
- 7) Total yield reduction in Japan was averaged from 1974-'77

狀態로 經過하여 麥類의 減收率이 49%나 되었으며 減産量은 823,177 ㎏에 達하였다.

1963년에는 4, 5, 6 月の 全國 平均降雨量을 보면 平年 325.9mm에 比하여 709.3mm가 왔으며 降雨日數는 平年 29日에 比하여 1963年은 49日로 開花期前後의 過濕에 의한 赤黴病의 大發生으로 平年에 比하여 31%인 412,198 ㎏이 減産되었다.

우리나라에 있어서 氣象災害로 每年 麥類의 減産量이 어느 程度인가를 아는 것은 매우 必要하지만 統計的인 資料가 없어 어려운 實情에 놓여 있다. 그래서 우리나라에서 調査된 各種資料를 活用하여 年間被害面積, 減收量 및 減收率을 調査 推定한 結果를 日本의 氣象災害³⁰⁾ 實態와 比較해 보면 表 2에서 보는 바와 같다.

麥類의 氣象災害는 寒害, 濕害, 倒伏害, 旱魃害, 病害 등이며 1980年의 麥類栽培面積과 生産量을 基準으로 하여³⁰⁾ 推定한 바 被害面積이 453,245ha로 栽培面積의 135% 程度이며 減産量은 196,762 ㎏으로 總生産量의 21.7%로 年間 莫大한 減産이 눈에 보이지 않게 나타나고 있고 이를 日本의 1974~1977年의 結果와 比較하여 보면 日本은 被害面積率이 126%,

減産率이 15.7%로 우리나라보다 훨씬 낮은 便으로 最近에는 더 큰 隔差가 있을 것으로 보인다.

氣象災害別로 減産量과 減産率을 보면 表 3에서 보는 바와 같다. 우리나라의 氣象災害別 10a當 收口 減收率은 旱魃이 가장 크며 寒害, 濕害, 倒伏害 등은 비슷하고 病害에 의한 減收率이 가장 낮은 便이었다. 麥類의 總生産量에 對한 氣象災害別 減産量과 減産率을 보면 寒害와 濕害가 가장 높으며 그 다음이 病害이고 旱魃과 倒伏은 減産率이 적은 便이었다. 日本의 경우에는 濕害가 가장 크고 寒害와 倒伏이 그 다음이며 病害에 의한 減産率이 가장 낮았다. 이러한 差異는 日本의 경우 降雨量이 많고 바람이 많이 불어 濕害와 倒伏이 많은 便이며 추운 地方에서 麥類栽培가 적기 때문에 寒害의 被害率이 우리나라보다 적은 것으로 보였다.

氣象災害別 發生機作

1. 寒害機作

寒害는 越冬期의 추위에 의하여 받는 被害를 말하며 麥類의 寒害에는 凍害와 霜害로 나눌 수 있다. 凍害는 越冬中의 低溫에 의하여 組織이 凍結하고 體內 結氷이 생겨서 얼어 죽는 被害와 서릿발 및 乾燥에 의하여 被害를 받는 것으로 나눌 수 있다. 霜害는 봄철에 低溫으로 因하여 幼穗가 얼어 죽거나 不稔이 일어나는 被害를 말한다.

寒害機作은 Singer⁴⁷⁾에 의하면 그림 1에서 보는 바와 같이 凍害被害는 어떤 限界溫度에 놓이게 되면 敏感한 植物의 細胞膜은 物理的인 相이 變化하는데

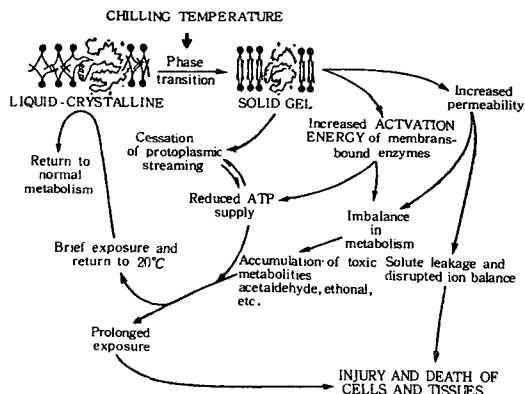


Fig. 1. Schematic pathway of the events leading to chilling injury in sensitive plant tissues. (Singer, 1971).

流動性 Liquid crystalline으로부터 Solid gel 構造로 變한다. 溫度가 낮아지면 溫度에 敏感한 種은 細胞脂質이 응고되는데 이러한 相의 變化는 透過性을 增加시키도록 通路를 만들어 수축을 招來하게 된다. 이러한 効果는 어떤 組織에서 低溫에 의하여 Solute 또는 Ion의 透過에 의한 細胞內 Ion 均衡이 무너지게 된다.

相의 轉移는 透過性的의 增大 뿐만 아니라 非細胞膜 附着 酵素系와는 不均衡狀態를 만들고 抑制된 反應을 誘導하므로서 細胞膜附着 酵素系와 轉移差(Ea)를 增加시키게 된다. 그리고 Pyruvate, Acetaldehyde, Ethanol과 같은 代謝物質들은 解糖過程과 Mitochondrial系 사이의 中期에 蓄積된다. 이들 複合物質들은 初期 凍害時에 蓄積되며 長期間 凍害가 繼續되면 細胞나 組織은 害를 받고 죽게 된다. 凍害에 對한 種間, 品種間差異는 비록 初期反應은 同一하다 하더라도 이들 毒性物質들의 代謝나 保有程度에 따라 耐性的의 差異를 나타내는 것이다.

또한 細胞膜附着 ATPase 活力變化와 Mitochondrial의 呼吸이 抑制되면 에너지의 供給은 크게 減少되는데 이것은 細胞의 正常的인 에너지 均衡을 잃게 되며 敏感한 種에서는 原形質流動이 中止되는데 이는 相의 轉移에 따른 細胞膜의 硬直性과 關聯된 에너지 供給을 變化시키게 된다.

膜의 脂質比率에 있어서 溫度로 야기된 相의 轉移는 完全히 變化시킬 수 있으며 再生的 障害를 일으킬 수 있을 때까지도 全體器管을 正常化시킬 수 있다. 이와 같이 低溫處理後 바로 高溫을 주면 呼吸은 急激히 增加되나 순간적으로 正常的인 代謝作用을 하게 되고 만약 低溫이 再生的 變化를 일으킬 만큼 充分히 긴시간 繼續되어도 파괴된 代謝作用을 나타내었을 때의 그대로 維持되며 간헐적인 高溫을 부여하는 것은 低溫效果를 줄일 수 있다.

2. 濕害機作

濕害機作은 山崎⁵⁹⁾에 의하면 그림 2에서 보는 바와 같이 冬季 및 春季濕害로 나눌 수 있다. 土壤의 過濕은 通氣를 妨害하고 뿌리에 酸素供給이 圓滑히 되지 않는다. 비와 같이 地上部 莖葉을 통하여 酸素를 供給받는 作物은 土壤空氣의 缺乏이 뿌리의 呼吸을 害하는 일이 없지만 土壤으로부터 直接 뿌리에 供給되는 田作物은 正常的인 呼吸作用이 營爲되지 못한다. 뿌리의 呼吸作用이 圓滑하지 못하면 新陳代謝와 關係가 깊은 酵素의 作用力에 變化를 招來한다. 이리

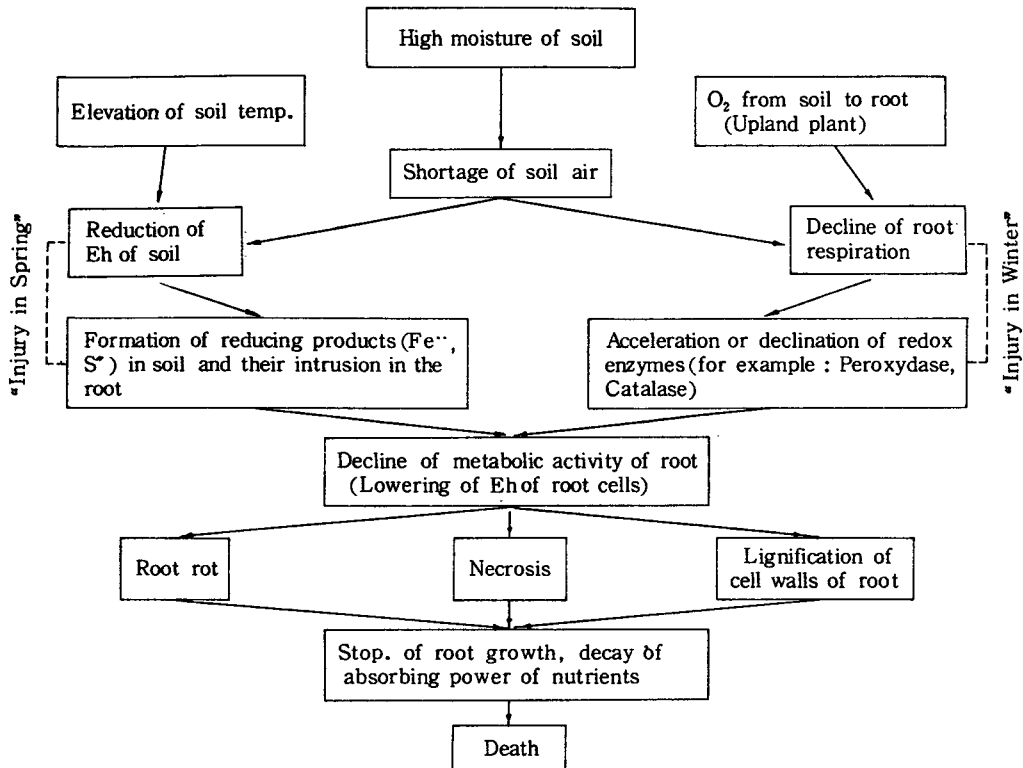


Fig. 2. Mechanism of Excess Moisture Injury of upland crops (Yamazaki, 1952)

한 것은 細胞의 生活機能이 衰退하여 Eh가 低下되고 Eh의 低下에 따라 뿌리 組織의 壞死 혹은 木化가 促進되며 그 結果 뿌리는 伸長을 停止하고 養分의 吸收가 妨害되며 地上部의 生育도 障害를 받는데 이것이 冬季의 濕害機作이다.

한편, 春季濕害를 보면 土壤通氣가 制限될 경우 겨울 동안 3-5°C의 低溫時에는 土壤의 質的變化는 나타나지 않으나 地溫이 上昇(8-10°C 前後)하면 土壤微生物의 活動이 始作되어 土壤의 酸化還元電位(Eh)는 차차로 低下된다. Eh가 0.4 Volt 以下로 低下되면 土壤中에는 亞酸化鐵이 檢出되고 다시 地溫이 15°C 前後로 되면 硫化水素의 生成도 보인다. 土壤中에 이러한 것이 生成되면 뿌리의 細胞原形質의 Eh의 低下는 加速化되며 이런 狀態에서는 還元生成物의 侵入이 比較的 容易하다. 그래서 根에는 壞死, 木化, 根腐現象이 일어나고 植物은 生活能力이 減退되고 심할 경우에는 萎凋 故死하게 된다.

3. 倒伏機作

麥類의 倒伏現象에는 여러가지 要因이 複雜하게 關

與되어 있다. 既往의 成績을 力學的으로 解析해 보면 그림 3에서 보는 바와 같다. 小田³⁹에 의하면 稈基部에 있어서 地上部의 Bending moment의 크기를 左右하는 要因은 稈長이 關與하는 重心高, 地上部重, 風雨 등의 外力이며 이들 Bending moment에 대한 抵抗力으로 作用하는 要因은 稈의 斷面形狀, 材質의 強度 등이 關與되어 있는 稈의 Bending stiffness와 土壤이나 根이 關與하는 稈의 支持力 等이다. 以上 兩者의 均衡에 의하여 倒伏이 發生하며 倒伏의 程度가 左右된다. 또한 그 過程에 있어서 稈의 強度에 따라 挫折을 受하게 된다.

小田³⁹는 그림 4에서 보는 바와 같이 稈은 彈性體로서 稈의 Stiffness를 力學的으로 說明하였다. 即 稈에 集積된 同化物質은 稈의 外徑을 크게 하거나 稈壁을 두껍게 한다. 稈의 材質을 一定하게 할 때 根의 外徑이 같으면 稈壁이 두꺼운 것이 斷面積 $(\frac{\pi}{4} \cdot (d_1^2 - d_2^2))$ 이 크고 따라서 斷面係數와 斷面 2次 moment가 增大하여 稈의 強度가 增大된다. 또한 稈으로의 乾物의 集積量이 같을 경우 稈의 材質이 같으면 斷面

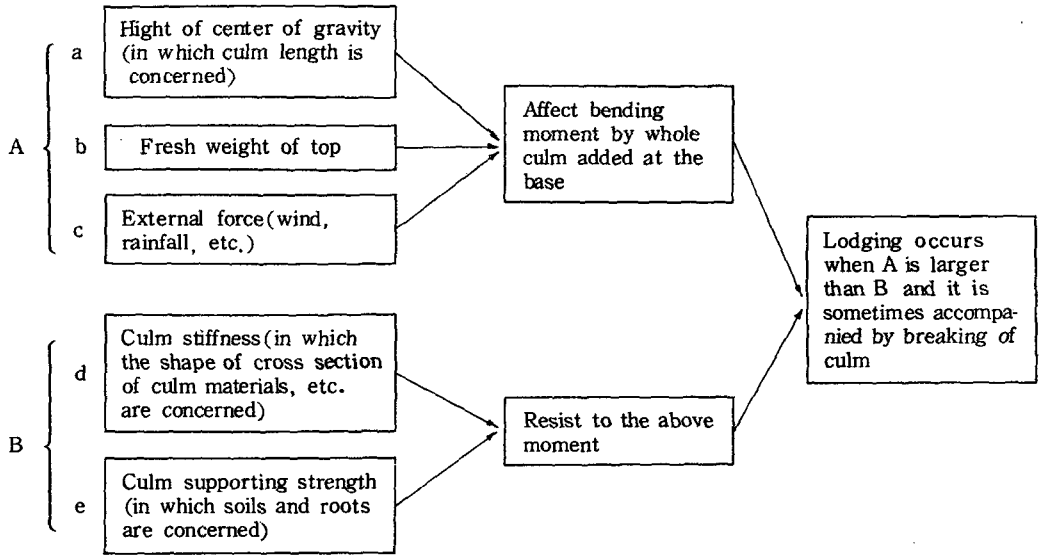


Fig. 3. Schema on lodging phenomenon (Oda, 1966)

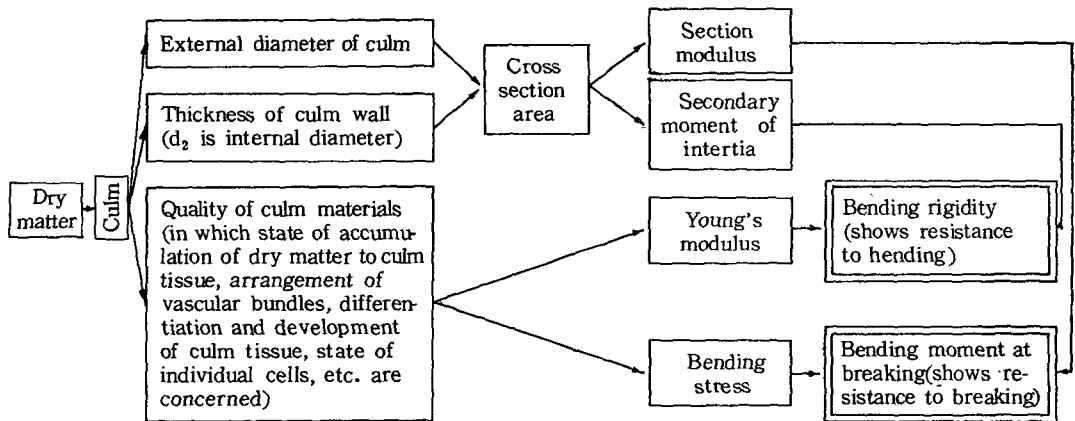


Fig. 4. Schema on analysis of culm stiffness (Oda, 1966)

積도 같다고 한다.

稈組織에의 物質의 集積狀態, 維管束의 配列狀態, 稈組織의 分化發達狀態, 稈組織 細胞 個個의 狀態等이 關與되어 있는 稈材質은 Young's modulus 및 Bending stress 와 密接한 關係를 가지고 있으며 이들은 Bending rigidity 및 挫折時 Bending moment를 左右하는 要因으로 作用하고 있다.

4. 休眠 및 休眠打破 機作

雨害中에서 가장 問題가 되는 것은 立毛中の 穗發芽이며 穗發芽는 穗子의 休眠程度와 매우 關係가 깊은데 穗子의 休眠과 休眠打破 機作은 그림 5에서 보

는 바와 같다.

Amen^D에 의하면 穗子가 成熟하는 過程에 있어서 日長이나 溫度等 外界의 環境條件의 影響을 받아 植物體內에서 만들어진 生長抑制物質이 生長促進物質을 증가하게 되면 生長은 停止되고 休眠이 誘導된다. 다음에 內的 또는 外的條件의 影響을 받아 始動機作의 適當한 刺戟에 의하여 一連의 生化學反應이 일어나 休眠이 覺醒된다. 穗子의 成熟過程에서 生長抑制物質은 營養貯藏組織과 珠皮部內에 生成되고 生長促進物質인 Gibberellin이나 Cytokinin이 胚에 生成되어 胚의 生長을 促進한다. 胚以外의 組織에서 生成된 生長抑制物質은 生長促進物質에 對應하여 胚에 休

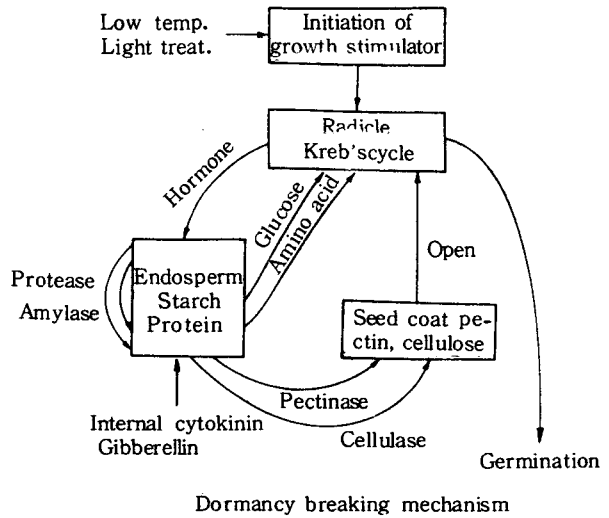
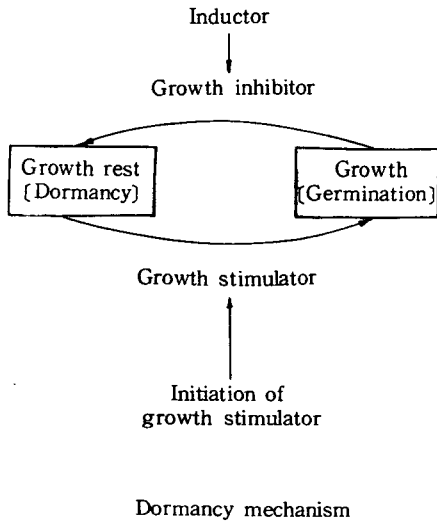


Fig. 5. Model of dormancy and its breaking mechanism(Amen, 1968)

眠을 주는 役割을 한다.

한편 發芽 直前이 되면 始動相이 될 때 生長抑制物質의 作用이 逆轉하여 生長促進物質의 作用이 活性化되어 發芽한다. 이 過程을 다시 詳細히 圖解하면 그림 5의 오른쪽 그림에서 보는 바와 같이 始動機作에 따라 胚軸은 Gibberellin이나 Cytokinin을 生成하고 이것이 胚乳組織(특히 糊粉層等)에서 特定の m-RNA를 促進하여 Amylase나 Protease 등의 酵素合成을 促進한다. 이들 酵素의 作用에 의하여 胚軸에 呼吸基質인 糖이나 蛋白質合成 素材로서의 Amino acid가 供給된다. 다시 種皮에는 硬殼을 打破하기 위한 Pectinase나 Cellulase가 作用하여 胚軸의 細胞는 增殖되어 種皮가 破壞되며 胚가 出現하게 된다.

5. 細胞의 耐旱性機作

細胞의 耐旱性은 細胞內 原形質의 含水量이 低下하였을 때(含水量이 低下된 細胞가 吸收할 때) 어느 程度로 原形質이 건디는가를 意味하는 것으로 細胞의 耐旱性 程度는 原形質의 耐旱性에 의하여 支配된다. 原形質의 耐旱性은 植物體 또는 細胞가 놓여있는 生活狀態에 따라 현저한 差異가 있고 一般的으로 休眠狀態인 原形質에서는 이것이 현저히 크며 風乾狀態까지 含水量이 低下하여도 生命을 잃지 않는다. 그러나 生長이 왕성한 狀態에 있는 植物體는 原形質의 耐旱性이 훨씬 적고 植物體의 含水量의 半程度를 잃으면 生命을 잃는 것이 있다.

休眠이 打破되어 生長이 始作되어도 어느 期間은

높은 耐旱性을 잃지 않으므로 發芽植物은 濃硫酸에 眞空狀態로 하여 乾燥하여도 살아있다. 다시 말하면 小麥, 胡麥, 大麥 등의 種子는 幼根이 種子 크기의 半程度 伸長된 것은 6個月間이나 살아있었다는 報告가 있다. 그러나 이와같은 경우 抵抗力程度는 種類에 따라 다르며 禾穀類의 種子가 가장 強하고 菽穀類가 가장 弱하나 脂肪種子는 中間程度이다.

Hsiao¹⁰에 의하면 細胞의 生育은 旱魃에 敏感하며 旱魃이 甚할 때는 植物이 단지 밤에 生長하는 것이다. 細胞의 生育反應은 地上部나 地下部の 뿌리 生育이 늦어지는데 이것은 普通細胞 壁合成의 減少에 基因하는 것이다. 細胞內 蛋白質合成은 旱魃에 對하여 敏感하다. 이들 反應은 生育이 旺盛한 組織에서 볼 수 있고 蛋白質合成에 대한 效果는 Ribosome activity 水準인 Translational level에서 明白히 調節되고 약간의 水分不足에서 protochlorophyll 形成은 抑制되며 空酸 環元 酵素의 活性이 旱魃이 甚해짐에 따라 急激히 減少된다.

旱魃水準에 따라 ABA는 葉組織에서 현저히 增加되기 始作하는데 이것은 氣孔이 폐쇄되기 때문이며 ABA를 施用하며 氣孔이 急激히 닫히게 된다. Ethylene의 蒸散은 ABA보다 旱魃에 더 敏感하며 旱魃以外 過濕, 植物病, 大氣汚染, 腐爛, 移植 등의 災害로 Ethylene을 生成한다. Cytokinin은 몇가지 種에서 旱魃水準에 따라 增加되며 Amino acid인 proline은 낮거나 높은 旱魃水準에서 急激히 增加하는데 組織 乾物重의 1% 水準까지도 上昇한다. 다른 Amino acid

Table 4. Generalized sensitivity to water strees of plant processes or parameters^{a,b)}.

Process or Parameter Affected	Sensitivity to strees			Remarks
	Very Sensitive	Relatively Insensitive		
	Reduction in Tissue & Required to Affect Proces ^{c)}	10 bars	20 bars	
	0 bar			
Cell growth	-----			Fast-growing tissue
Wall synthesis	-----			Fast-growing tissue
Protein synthesis	-----			Etiolated leaves
Protochlorophyll formation	-----			
Nitrate reductase level	-----			
ABA accumulation	-----			
Cytokinin level	-----			
Stomatal opening	-----			Depends on species
CO ₂ assimilation	-----			Depends on species
Respiration	-----			
Proline accumulation	-----			
Sugar accumulation	-----			

a) From Hsiao 1973

b) Length of the horizontal lines represents the range of stress levels within which a process first becomes affected dashed lines signify deductions based on more tenuous data

c) With ψ of well-watered plants under mild evaporative demand as the reference point

과 Amide는 旱魃이 持續될 때 蓄積된다. -10~-20 bar의 높은 旱魃水準下에서는 呼吸同化物과 CO₂ 同化物の 轉移는 0水準까지 떨어지고 加水分解 酵素活력은 相當히 增加되며 Ion 轉運은 늦어진다.

各項別 旱魃에 의한 感應程度는 表 4에서 보는 바와 같으며 0 bar일 경우는 胞和狀態이고 適正水準은 1/3~1 bar이나 15 bar 以上이면 永久萎凋에 들어간다.

氣象災害와 對策

1. 寒害

1) 寒害와 減收率

麥類寒害被害期間은 12月 上旬부터 翌年 3月初까지이며 이 期間中 우리나라의 1月 最低平均氣溫은 水原 -8.8°C, 儒城 -7.6°C, 漆谷 -7.4°C, 晉州 -4.9°C, 光山 -4.5°C로 매우 추운地域에 屬하며 麥類는 越冬中에 低溫으로 每年 寒害를 많이 받게 된다. 麥類는 寒害로 因하여 單位面積當 일마나 減收되는가를 보면 表 5에서 보는 바와 같다. 越冬中 低溫에 의한 枯葉率을 보면 幼苗期에 枯葉率이 50~90%일 때 10~30%가 減收되며 分蘖期에 枯葉率 30~90%일 때 10~40%의 減收를 보였다. 越冬後 春期에 低溫으로 凍霜害를 받을 경우 幼穗凍死比率이 높으며 낮을수록 減收率이 낮은 傾向을 보이며 이 때 稈長이

Table 5. Rate of yield decrement due to cold damage at the different growth stage of barley.

Stages	Rates of damages on foliage, young panicle and spike (%)				
	10	30	50	70	90
Seedling 1)	—	—	10	20	30
Tillering 1)	—	10	20	30	40
Ear formation 2)	5	20	35	60	70
Heading 3)	10	30	50	70	90

1) Chukoku Agri. Exp. Station (1947)

2) Norin Agri. Stat. Off. Report (1948)

3) Nakano Agri. Stat. Off. Report (1951-'57)

地面에서 어느 程度 伸長되었는가가 幼穗凍死에 크게 影響을 준다.

小麥의 出穗期로부터 穗揃期에 있어서 最低露上氣溫이 -3~-4°C일 경우 被害小穗數比率이 增加할 수록 被害가 增加되고 낮을수록 減收가 적은데 被害小穗數率과 減收率은 같았다. 以上の 結果에서 보면 越冬後의 凍霜害에 의한 減收率이 越冬中의 凍害보다 減收率이 크며 被害面積率을 越冬中의 凍害가 훨씬 많다.

2) 麥類의 凍死限界溫度

우리나라에 있어서 麥類의 生育段階別 凍死限界溫度를 보면 表 6에서 보는 바와 같다. 越冬前에는 離

Table 6. Critical temperatures of winter killing at the different stages of spike development on wheat and barley. (WBR I, 1982)

Growing stage	Degree of panicle development	Date	Young panicle length	Critical temperature of winter killing		Remark
			mm	°C	°C	
Leaf primordia developing and spike differentiation	I-II	30 days after seeding	-	-	-	
Early hull formation	III-IV	Early and late winter	-	-17 (-21)	-	
Late hull formation	V	3.1	0.5-0.7	-17 (-21)	-	
Early spikelet formation	VI	3.6	0.7-0.9	-12	-	
Middle of spikelet formation	VII	3.16	0.9-1.0	-11	-	
Late spikelet formation	VIII	3.26	1.8-1.7	-4 ~ -6	-	Treat. time 5~7 hrs. stem length over 5cm
Early flower formation	K	3.30 (40 days before heading)	1.7~1.8	-3 ~ -5	-	Treat. time 3~4 hrs. stem length over 5cm
Late flower formation	X	4.10 (30 days before heading)	2.5~2.8	-2 ~ -4	-	"

() Wheat killing temperature.

乳期(主稈葉數 3枚)에耐寒성이 가장弱하나葉分化期나幼穗始原體分化期에는凍害를 받을程度로低溫이 오지 않고主稈葉數가 5-7枚일 때가寒害에 가장 견디므로 이때에越冬을 시켜야 하며苞分化前後期에凍死限界溫度는硬化가 잘 될 경우皮麥 -17°C, 小麥 -21°C 程度가 된다. 또한越冬後小穗分化前期 및 中期에는麥體가低溫에서硬化되어오다가 점차氣溫이 올라가는時期이며 아직도幼穗가地下에位置하고 있으므로凍死限界溫度는 -12 ~ -11°C 程度가 된다.

그후 봄이 되면氣溫이上昇하면서節間의伸長이開始되어幼穗의形成이進展된後即小穗分化期以後에 때때로低溫에 의하여幼穗가凍死하거나不稔穗가 되어 큰被害를 받는데 이러한現象을冬季莖葉의寒害와區別하여凍霜害 또는霜害라고 한다.凍霜害의被害樣相은低溫을 받은時期나低溫의強度,穗의生育段階 등에 따라 여러가지樣相을 보이나全般的으로 보면穗의生育이進展된時期即3月下旬부터4月上旬에 걸쳐發生하는幼穗凍死型과部分不稔型으로大別할 수 있다.

幼穗凍死의 경우는3月下旬頃幼穗分化後期(VIII期)에 -4~-6°C 程度의低溫이 5~7.5時間繼續하면幼穗凍死가 생기며低溫에遭遇한直後에는幼穗의凍死如否確認이 어려우나 2-3日經過하면凍死된幼穗는不透明한乳白色을 나타내어凍死를判斷할

수 있다.小田等³⁰⁾에 의하면凍霜害發生時에 있어서圃場調査結果로 보면稈長이 5cm 程度以上이 되면幼穗의發育과關係없이凍死되고 그以下에서는凍死가 나타나지 않는다고 한다.

다음에部分不稔型的 경우는3月下旬부터4月上旬頃即穎花分化前期 및 後期에 -2~-5°C 程度의低溫에 3-4時間遭遇되면花粉 및 花器에 障害를 받아서部分不稔이 일어난다.^{27,49)} 이以外에 특히開花期에 있어서는 +2°C 程度의低溫에서持續期間에 따라 매우 높은不稔이 나타난다.不稔型的凍害에對하여 가장敏感한生育時期로서는受精中,花粉母細胞의形成,分裂期 또는花粉第1核分裂期等이라고 한다.

3) 麥類의生育과寒害

冬期の低溫에 의하여麥類의幼植物이寒害를 받는다.細胞의凍害即凍結에 의한細胞의脫水,凍結에 의한細胞의機械的障害와 그의土壤의凍結로斷根이 되든가植物體가浮上하여乾燥死하는 등 2次的被害도 받게 된다.

細胞의凍結에對하여는細胞內物質이 크게關與하지만細胞가凍結하기 어려운狀態로 되고植物體가耐寒성을 얻게 되는 것을硬化라고 한다.硬化에關與하는成分으로서는水分,糖,蛋白質 등을 들 수 있으며 이들成分이細胞質의濃度,粘度,滲透價,傳導度, pH 등에影響을 하여耐寒성을增大하고 있다.

Tysdal⁵²⁾에 의하면 麥類의 細胞液內의 水分과 硬化와의 사이에 -0.7950 ± 0.0766 의 높은 負의 相關이 있다고 하며 Newton 等³²⁾은 冬期間에 있어서 耐寒性이 強한 品種은 弱한 品種에 比하여 水分이 적다고 하였고 壓搾에 의하여 抽出되지 않는 水分 특히 細胞內 結合水가 耐寒性에 關係가 깊다고 하였다. Met-

calf²⁹⁾는 大麥과 小麥의 耐寒性程度가 다른 品種을 供試하며 冠部水分含量과 最低生存溫度를 實驗한 바 그림 6에서 보는 바와 같이 大麥에 있어서는 冠部水分含量이 63% 內外일 때 最低生存溫度가 낮아지며 耐寒性이 強한 Dictoo는 -17°C , 耐寒性이 弱한 Wong은 -14°C , Hudson은 -13°C 가 最低生存溫

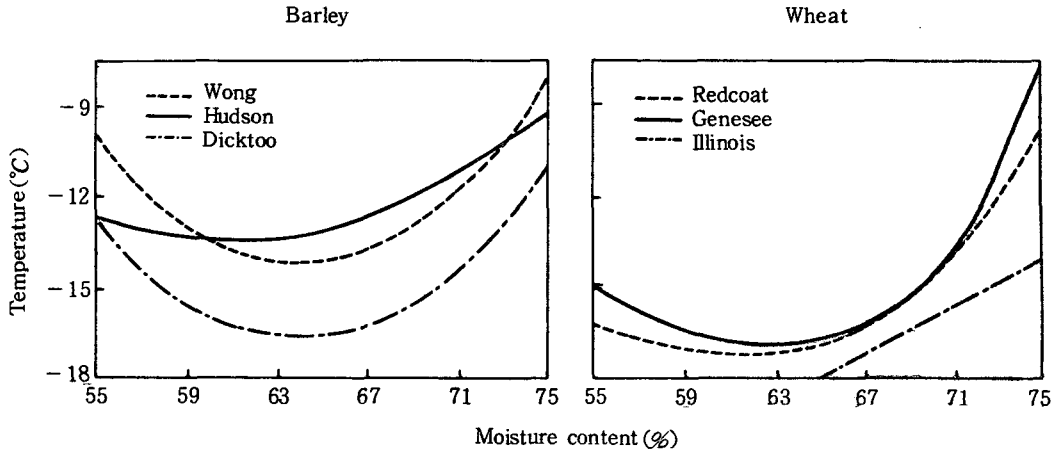


Fig. 6. Minimum survival curves as a function of temperature and crown moisture. (Metcalf: 1970)

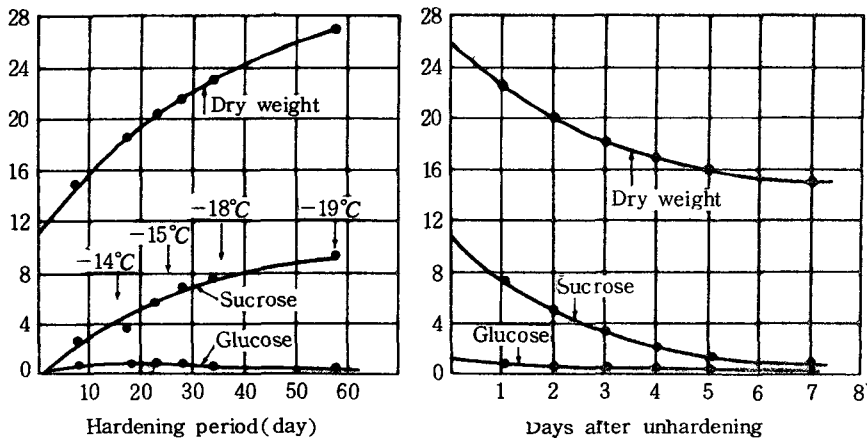


Fig. 7. Changes of drymatter and sugar content on hardening and high temperature treatments for wheat(Kneen, 1941)

도였다. 小麥에 있어서는 冠部水分含量이 63% 內外일 때 最低生存溫度가 낮아지며 耐寒性이 強한 Illinois는 -18°C 以下로 最低生存溫度가 매우 낮을 것으로 보이며 Redcoat, Genesee는 -17°C 가 最低生存溫度라고 하였다. 또한 冠部水分含量이 63%보다 많으면 最低生存溫度가 높아지는데 冠部水分含量이 적을 때보다 더욱 높아지며 63%보다 冠部水分含量

이 적어져도 最低生存溫度는 높아진다.

Kneen²²⁾에 의하면 그림 7에서 보는 바와 같이 低溫에서 硬化日數가 길어질 수록 乾物重과 糖含量이 減少되어 耐寒性이 弱해지는 傾向을 보였다. 酒井(1960)에 의하면 糖類 및 各種物質의 細胞凍結에 대한 效果를 比較한 바 ethylene glycol, glycerol, 蔗糖 등의 效果가 가장 크다고 하였으며 酒井⁴⁰⁾는 糖의 種

類 및 各種物質(0.7M 溶液)의 細胞凍結에 對한 保護效果를 比較하여 그 順序를 究明한 바 있는데 山田⁵⁰⁾는 糖의 體內分布 특히 冠根發生部位에 많을 것을 指摘하였고 耐寒性에 있어서는 同部位가 큰 意義를 가진다고 하였다.

Pauli⁴²⁾에 의하면 小麥에 있어서 窒素成分의 大部分의 Fluction이 無處理에 비하여 硬化處理에서 增大된다고 하였으며 Constantinescu (1933)는 細胞液의 pH도 耐寒性의 差異에 따라 다른 값을 나타내는데 胡麥의 根組織에서는 分裂層 8.0, 中心柱 7.9-7.3, 皮層 7.0-6.1, 根毛 6.4-6.1로 耐寒性이 弱한 組織일수록 낮은 값을 나타내며 大麥에 있어서도 耐寒性이 弱한 品種일수록 低溫에 의한 pH價의 減少程度가 심하다.

硬化된 組織의 細胞液은 親水性膠質의 含量이 많은데 이것은 細胞液의 粘性에 關與한다. 따라서 粘性은 耐寒性과의 사이에 높은 相關이 있으며 Tysdal⁵²⁾은 $r=0.833$ 이고 Newton³²⁾은 耐寒性이 相異한 品種間에 細胞液粘度는 耐寒性이 強할수록 높아진다고 하였다. 細胞液의 滲透價는 細胞內物質의 增加에 의하여 높아지고 이것이 細胞의 凍結에 대하여 生理的 保護效果를 나타내고 있으며 長尾(1946)에 의하면 充分히 硬化된 材料를 使用할 경우에는 滲透價 自體에 對해서는 耐寒性과 明白한 關係는 보이지 않아도 限界原形質分離狀態로부터의 原形質 復歸時間의 遲速과 耐寒性과의 사이에 明白한 並行的 關係가 認定되고 있다. Pauli⁴²⁾에 의하면 細胞液의 電氣傳導度도 植物의 耐寒性에 따라 左右되나 植物體가 低溫을 받아서 硬化됨에 따라서 低減되고 耐寒性이 強한 品種은 적은 값, 弱한 品種은 큰 값을 나타내어 耐寒性 測定의 한 方法으로 採用되고 있다.

麥類의 耐凍性を 增大시키는 形態의 要因으로서는 初期生育이 匍匐型이고 冠部가 길어서 初期生長點이 혹속에 깊이 박히고 葉色이 濃綠色으로 根의 分布가 넓으면서 깊은 것이 指摘되고 있다.

3) 寒害對策

育種의 對策은 다음과 같다. 耐寒性品種의 普及及 耐寒性 程度에 따라 適應栽培品種을 栽培해야 한다. 地域의 으로 보면 大邱, 裡理線 以北地方은 耐寒性이 強한 品種, 以南地方은 弱한 品種이 栽培되는 것이 바람직하다. 耐寒性이 強한 品種은 大麥에서 水原 18號, 麗岐, 杭眉, 조강보리, 두루보리, 富農, 富興, 담골보리, 冬보리 1호, 冬보리 2호 등이고 稞麥에서는 白胴, 小麥에서 早光, 原光, 永光, 그루밀, 새밀, 내

밀 등이다.

栽培的인 對策으로서는 여러가지가 있으나 그중 重要한 것을 보면 아래와 같다. 過度하게 일찍 播種하거나 晚播를 할 경우에는 凍害의 우려가 크므로 尙尙 適期播種을 하여야 하며 生育過程으로 보아 主稈葉數가 5-7枚일 때 越冬시키는 것이 가장 越冬率이 높고 安全하다. 만약 晚播하여 耐寒性이 가장 弱한 離乳期에 越冬시키는 것은 매우 위험하다. 京畿農振²³⁾에 의하면 올보리, 水原 18號를 供試하여 播種期別 枯死莖率을 보면 表 7에서 보는 바와 같이 10月 上旬에 播種한 區는 10~14%의 枯死莖率을 보이나 10月 下旬의 晚播區는 30~76%의 枯死莖率을 보여 晚播에 의하여 凍害의 誘發이 매우 많은 것으로 나타났다.

栽培方法에 따라서도 越冬中の 凍害의 差異가 매우 크게 나타난다. 水原에서 條播, 廣撒播栽培時 枯死莖率을 調査한 바 條播栽培時에는 枯死莖率이 없거나 매우 적으나 平面 또는 畦立廣撒播의 경우에는 17%의 枯死莖率을 보였는데 이것은 低溫의 被害와 아울러 土壤水分 減少에 의하여 旱魃被害가 複合的으로 나타난 것으로 보인다.

Table 7. Effect of sowing date on rates of killed tiller of barley.

(Kyonggi PORD : 1977)		
Sowing date	Rates of killed tiller (%)	
	Olbori	Suweon 18
Oct. 7	14	19
Oct. 16	40	24
Oct. 21	76	30

Table 8. Effect of fertilizer on survival tiller rate of wheat and barley.

(WBRI : 1981)				
Classification	Control	Non-Nitrogen	Non-Phosphate	Non-Calcium
Covered Barley	80	71	65	67
Wheat	94	85	69	78

Control : Plot applied nitrogen, phosphate and calcium.

均衡施肥와 枯死莖率과의 關係를 究明하기 위하여 麥研(1981)에서 大麥과 小麥 品種을 供試하여 10a 當 窒素 12kg, 磷酸 9kg, 加里 7kg, 堆肥 1,000kg을 施用한 3要素區, 無磷酸區, 無加里區의 枯死莖率을 調査한 바 表 8에서 보는 바와 같이 3要素區에

比하여 無磷酸區 31~35%, 無加里區 22~33%의 枯死莖率을 보여 磷酸과 加里가 耐寒性 增大에 크게 關與하고 堆肥의 施用도 寒害를 輕減시킨다.

土入이나 植物體 및 土壤의 踏壓과 枯死莖率과의 關係를 麥研(1977)의 成績을 보면 1977年度의 極甚한 寒害時에 水原에서 無處理區의 枯死莖率이 45% 程度이었으나 2回 土入 및 踏壓區는 18%의 枯死莖率을 보여 無處理區보다 매우 낮은데 이것은 土入에 의한 冠部의 保護와 踏壓에 의한 서릿발의 방지 및 乾生的 生育化로 寒害를 輕減시킨 것이라 思料된다.

越冬中에 麥類의 冠部를 被覆하여 保溫과 水分을 維持하는 것은 무엇보다도 寒害를 防止하는데 큰 効

Table 9. Relationship of covered materials for wintering barley yield.

(WBRI: 1981)

Item	Amount of covered material	Yield (kg/10a)	Yield Index (%)
	(kg/10a)		
No cover		373	100
Vinyl cover		458	123
Rice straw cover	500	492	132
Rice hull cover	1,000	418	112
Compost cover	1,000	410	110
Compost cover	1,500	563	151

果를 보여주고 있다. 麥研(1981)에 의하면 表 9에서 보는 바와 같이 大麥의 越冬中 被覆物의 種類와 收量과의 關係를 보면 벼짚, 堆肥, 왕겨를 被覆한 區는 12~51%의 收量 增加를 보였고 越冬中 비닐을 被覆한 區는 全然 枯死莖率이 나타나지 않았으며 收量도 23% 增收되므로 水稻에 使用하였던 軒 비닐이나 고밀도 비닐을 麥類에 使用하는 方法은 越冬率 및 收量 增加에 매우 效率的이라고 생각된다.

2. 濕 害

1) 濕害와 減收率

麥類의 濕害는 初期에 덜 심하고 幼穗形成期로부터 出穗期에 걸쳐 가장 심하다. 우리나라에서 濕害가 많은 理由를 보면 麥類栽培面積中 50% 以上이 畚裏作에 栽培되어 排水가 不良하며 出穗期 以後에 降雨가 많아 濕害를 받기 때문이다.

濕害는 入澤²⁰⁾에 의하면 地下水位의 高低에 따라 被害有無가 決定되는데 大體로 地下水位 50cm 以下 일 때는 乾畚과 같으므로 濕害가 일어나지 않고 그 이

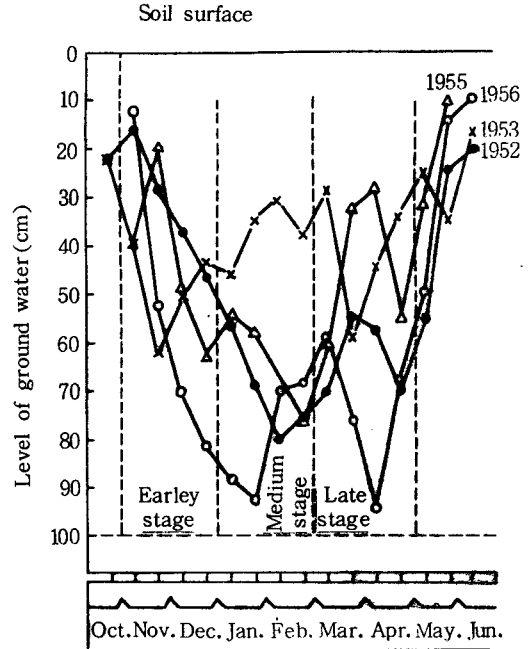


Fig. 8. Changes of level of ground water during the barley growing period in paddy field (Semi-wet soil).

Table 10. Rate of yield reduction due to based on the ground water level. (CES: 1965)

Item	Ground water level (cm)**		
	50	30	15
Yield per plant (%)*	22.98	13.81	5.41
Yield index (%)	100	60	24

* Mean value of nine varieties.

** The ground water maintained with the described levels from April 1 to maturity.

상으로 높아질 때는 濕害가 일어나는데 安間 等^{2,3)}에 의하면 日本에 麥類栽培期間中 地下水位의 變化를 그림 8에서 보면 해에 따라 差異가 있으나 播種時期인 10~11월까지와 5~6월까지의 地下水位가 50cm보다 높아져 濕害의 우려가 매우 높다고 하였으며 우리나라에 있어서도 調査된 成績은 없으나 半濕畚은 대체로 같은 傾向이었다.

濕害에 의한 減收는 威 等⁸⁾이 作試에서 階段式 畦를 만들어 地下水位(15, 30, 50 cm)를 調節하고 灌水하여 大麥 10品種을 栽培하여 試驗한 結果 表 9에서 보는 바와 같이 地下水位 50cm 區를 基準으로 할 때 地下水位 30cm 區 40%, 地下水位 15cm 區 76

9%의 收量이 減收되었고 麥研(1980)에 의하면 小麥의 耐濕性檢定試驗에서 200品種을 供試하여 土壤水分을 飽化狀態로 하여 檢定한 結果表 11에서 보는 바와 같이 濕害程度를 10%부터 80%까지 分類하였을 때 3~27%의 減收率을 보였으며 濕害程度가 높을수록 減收가 많고 大麥보다 濕害에 의한 減收率이 一般적으로 낮았다.

Table 11. Rate of yield reduction due to degree of excess soil moisture on wheat. (WBRI, 1980)

Degree of excess soil moisture injury (%)	10	20	30	40	50	60	70	80
Rate of yield reduction (%)	3	7	10	16	17	20	24	27

Table 12. Physicochemical characteristics of paddy soil based on the ground water levels at March 25 and May 25. (CES, 1965)

Date	Item Water level	pH	P ₂ O ₅ ppm	Mg ⁺⁺ me/100g	K ⁺ me/100g	Fe ⁺⁺ %	Porosity* %	Eh* mV
March 25	50 cm	5.43	107.5	0.92	0.26	1.32		
	30 cm	5.54	108.6	0.82	0.24	1.38		
	15 cm	5.41	107.2	0.92	0.24	1.34		
May 25	50 cm	6.0	81.1	0.79	0.21	1.46	56.9	501
	30 cm	6.0	95.9	0.61	0.17	1.54	43.7	474
	15 cm	6.0	86.5	1.12	0.19	1.42	24.5	394

4月 14日에 土壤構造를 調査한 바 空隙率은 地下水水位가 높을수록 적으며 Eh도 地下水水位가 높을수록 낮아져 大麥의 生育을 阻害하였다. 入澤 等²⁰⁾도 收穫期에 있어서 Eh와 Fe⁺⁺의 生成量과 小麥收量과의 關係를 研究한 바 Eh와 收量과는 正의 높은 相關이 있으며 濕할수록 Fe⁺⁺ 生成量이 많아진다고 하였다.

3) 濕害對策

效率的인 濕害對策을 하기 위하여는 前述한 濕害機作을 알아야 한다. 育種的인 對策으로서는 濕害에 견디는 品種을 栽培하는 것이다. 그러나 麥類는 水稻와는 달리 通氣組織이 없으며 뿌리와 土壤中の 空氣가 接觸하므로써 呼吸을 하는 作物이므로 抵抗性品種이 없는 것으로 보이며 品種間에 若干의 濕害程度의 差異가 있는 것으로 實驗結果에서 나타났었다. 濕害에 어느 程度 견디는 品種은 大麥에서 富興⁸⁾, 富農, 강보리, 密陽 6號, 慶南 89號⁹⁾, 부호보리, 南海보리, 동보리 1호, 동보리 2호, 泗川 2號, 泗川 6號, 稷麥에서 세도하다가, 무안보리, 木浦 51號, 小麥에서 早光 그루밀, 새밀, 내밀, 청계밀 등으로 畚裏作에서는 이

2) 濕害와 生育

土壤이 過濕하게 되면 土壤溫度, 土壤成分, 土壤構造에 큰 影響을 미치고 이러한 條件들이 麥類의 生育을 매우 많이 阻害한다. 威 等⁸⁾이 調査한 結果를 보면 土壤溫度는 地下水水位 50cm區에 比하여 地下水水位가 높을수록 地溫이 낮아졌으며 生育時期가 進展됨에 따라 地下水水位가 낮은 區의 溫度 上昇이 높아져 草長 및 分芽數 增加에 影響을 주었다. 또한 土壤成分 및 構造의 變化를 表 12에서 보는 바와 같이 水調節을 하지 않은 3月 25日과 4月 1日에 灌水한後 5月 25日에 調査 分析한 結果를 보면 오랜동안 滯水시키면 pH는 多少 높아지고 磷酸의 流失이 가장 많아지며 Mg과 K의 減少는 적었으나 Fe⁺⁺는 滯水와 地下水水位가 높은 것이 增加되는 傾向이었다. 滯水後

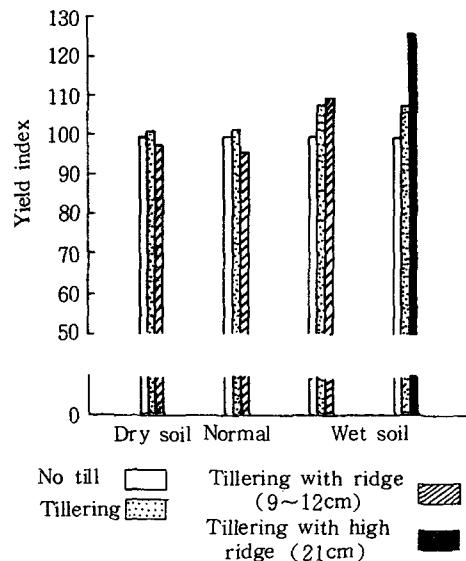


Fig. 9. Effect of tillering and ridge on grain yield under paddy field condition(Oda, 1956).

러한 適應地域에 普及하여야 한다.

栽培의 對策은 아래와 같다. 가장 重要한 것은 地下水位 調節과 排水인데 地下水位를 낮게 하기 위하여는 圃場 周圍에 排水路와 圃場中間에 排水溝를 만들어 圃場 밖으로 完全히 排水하고 濕害常習地는 畦立을 높게 하여 播床을 耕耘하는 것이 排水를 兼하여 土壤容氣量을 增大시켜 濕害를 輕減시킬 수 있다. 小田³⁷⁾에 의하면 그림 9에서 보는 바와 같이 乾畝에서는 畦立이나 耕耘의 效果가 없으나 半濕畝에 있어서는 不耕平畦에 比하여 全耕半高畦나 全耕高畦는 10~30%의 增收를 보였다고 하였다.

麥類는 通氣組織이 없는 作物이므로 畚裏作栽培에 있어서 土壤內 空隙率을 높여서 容氣量을 많게 해주는 것이 必要하다. Kopeky (1948)에 의하면 最高의 生育을 하는데 必要한 最大含水量時의 土壤含水量의 範圍를 調査한 바 小麥 10~15%, 大麥 15~20%라고 하였고 古川 等^{17,18,19)}이 小麥에서 調査한 結果를 보면 容氣量이 10% 以上(空隙量 約 52%)에서는 收量이 減收되지 않았으며 容氣量 7~8%에서 若干 減收된 程度라고 하였으나 이보다 적은 容氣量이면 急

Table 13. Effect of tillage on paddy soil to wheat yield (Hurukawa, 1963)

Item	Yield index	Porosity	Air capacity
No till	100 %	48.7 %	6.3 %
Till	113	54.5	12.3

激히 收量이 減收된다고 하였다. 또한 表 13에서 보는 바와 같이 半濕畝의 殖壤土에서 無耕耘區와 耕耘區를 두어 比較試驗한 바 無耕耘區에 比하여 耕耘區는 收量이 13% 增收되었고 耕耘區의 空隙量과 容氣量이 各各 높았다고 하였다. 畚裏作의 半濕畝에서는 碎土가 어려워 土粒이 큰 것을 覆土하는 것이 一般의인데 土粒이 큰 것을 覆土하면 發芽率이 낮아지며 初期生育도 떨어져서 植物體가 軟弱하게 되므로 濕害를 받을 우려가 있으므로 碎土에 注意를 要한다. 小池 等(1958)에 의하면 土粒의 크기가 4~6mm일 때는 97% 程度 發芽되나 6~12mm일 때 82%, 15~19mm일 때 58%로 發芽率이 현저히 낮아지고 發芽된 것도 軟弱하게 자란다.

施肥上의 注意할 점은 未熟 有機物이나 黃酸根을 가진 肥料施用을 삼가고 濕害를 받으면 淺層施肥로 뿌리分布를 表土로 誘導하며 麥研(1978)에 의하면 尿素 3%液을 葉面撒布하면 收量이 26% 增收되었

Table 14. Effect of urea solution spray on the leaves at the flag leaf-stage on wheat yield (WBRI, 1978)

Treatment	Yield kg/10a	Yield Index %
No spray	373	100
Urea spray (2times)	423	113
Urea spray (3times)	470	126
Urea spray (4times)	424	114

Remark: 1% of Urea solutions were sprayed on every two days.

고 田村, 船戶(1952)에 의하면 低濕地에서 1月 24日 4月 22日, 5月 7日 3회에 걸쳐 10a當 尿素 7.5~11.25 kg (3%液)을 葉面撒布한 結果 보리 17.5% (7.5kg 區) 및 25%(7.5kg 區)~31%(11.25kg 區)의 增收를 보였다. 한편 尿素 葉面撒布는 勞力이 所 要되므로 勞力이 不足할 경우 尿素의 表面施肥를 하여도 效果가 多少 있다.

3. 倒 伏

一般的으로 直立性作物에 있어서 草型이 直立되어 있으므로 受光態勢의 形成, 葉身の 展開, 開花, 結實 等の 過程은 順調하게 進行되어 收量도 높게 된다. 그러나 作物이 倒伏되면 作物을 싸고 있는 微細環境인 溫度, 濕度, 光, 通氣性 등이 惡化되어 生育이 不良하게 되어 收量이 減少되고 同時에 收穫物의 品質도 低下하게 된다.

倒伏의 實態는 莖이 挫折된 現象과 莖이 彎曲되는 現象이 있으며 彎曲倒伏은 莖에 있어서 彎曲倒伏, 節에 있어서 彎曲倒伏, 根에 의한 彎曲倒伏 등 세 가지로 나누어지고 그 程度는 매우 多樣할 뿐 아니라 한번 倒伏되면 回復되기 어려운 경우가 많다.

1) 倒伏과 減收率

倒伏에 의한 被害는 生産된 種實의 品質低下와 減收이며 倒伏된 것은 收穫 刈取時에 많은 勞力이 所 要되며 機械收穫에 莫大한 支障을 招來하게 된다.

倒伏에 의한 減收는 넘어진 植物體가 重復되어 밑에 깔려있는 것은 遮光에 의하여 同化作用이 減退하고 根이나 稈에 준 傷害는 呼吸作用을 增加시켜 炭水化合物을 消耗시키며 그외에 稈의 彎曲과 挫折로 養分 移行의 減退나 2次的 傷害로 病害의 發生 또는 倒伏으로 植物體가 쌓여 있으면 腐敗에 의한 損失이 있게 된다.

倒伏에 의한 減收程度를 알기 위하여 麥種別 倒伏

Table 15. Rates of yield reduction based on time and severities of lodging.

Crop	Degree of lodging	Reference	Time of loding (days after heading)						
			0	10	15	20	25	30	35
Barley	Half bent	WBRI (1981)	10	-	-	9	-	4	0.4
		Kyushu (1956)	-	30	15	-	-	0	0
	All bent	WBRI (1981)	11	-	-	12	-	6	2
		Kyushu (1956)	-	45	30	10	-	5	2
		Kakuchi (1958)	-	34	37	30	19	7	-
	Broken	Day (1957)	37	55	-	38	-	-	-
		WBRI (1981)	13	-	-	15	-	8	2
		Kando (1951)	-	45	35	25	15	5	-
	Average	18	42	29	20	17	5	2	
Wheat	Half bent	WBRI (1981)	0.2	6	-	6	-	1	0.2
		Kyushu (1957)	-	40	30	25	15	10	5
	All bent	WBRI (1981)	7	15	-	15	-	5	2
		Kyushu (1957)	-	50	45	40	30	20	10
	Broken	WBRI (1981)	20	25	-	18	-	12	3
		Kando (1951)	-	50	40	30	20	10	5
		Laude (1956)	22	36	33	18	12	7	3
		Average	12	32	37	22	19	9	4

WBRI: Wheat and Barley Research Institute.

種類別, 倒伏時期別 減收率을 여러 學者들의 研究結果^{28, 34, 38)}를 綜合한 바 表 15에서 보는 바와 같이 大小麥 모두 倒伏程度에 따른 減收率을 보면 挫折倒伏이 收量減少가 가장 많고 그 다음이 全彎曲倒伏이며 半彎曲倒伏은 收量減少가 적은 편이었다. 倒伏時期로 보면 大小麥 모두 出穗後 10~15日에 倒伏되면 減收가 가장 심한데 이 時期의 倒伏은 大麥이 29~42%, 小麥이 32~37% 各各 減收되었으며 出穗日數가 經過될수록 減收率이 낮아졌다. Laude²⁵⁾가 小麥을 供試하여 生育各時期에 稈의 下部를 손으로 눌러 파피하고 꺾어서 倒伏시켜 被害를 調査한 바 出穗後 12~13日傾에 減收가 심하고 出穗期의 倒伏被害는 적으나 出穗前 5~10日傾의 倒伏이 심하다고 하였다.

2) 倒伏과 氣象條件

倒伏의 發生은 氣象條件에 의하여 매우 크게 影響을 받는다. 風速과 倒伏과의 關係를 表 16에서 보는 바와 같다.

Howard 等(1912), Percival (1921), Webb 等(1936), 宇田川, 小田^{53, 54, 55)}에 의하면 麥類에서 風速이 3m/sec 前後가 되면 風壓은 急激히 增大되어 1莖當 約 0.1g에 達한다. 宇田川, 小田^{53, 54, 56)}의 風速實驗에 의하면 風速의 增大와 같이 稈의 傾斜角度는 增加하고 7~8m/sec의 風速에서 45° 程度로 彎曲하며 12~14m/sec의 風速에서는 90° 가까이 彎曲되

Table 16. Relationships between wind speed and lodging in wheat (Udagawa and Oda, 1967)

Wind speed (m/sec)	Degree of lodging and lodging angle
3	Plants were resisted from wind
7	Laid down about 45° degree and weak straws started to break
12-14	Laid down about 90° degree
15-16	Laid down about 90° degree with broken straw

었다. 또한 水稻에서 7m/sec 程度의 風速에서 弱한 稈은 挫折倒伏을 일으키기 始作하며 15~16m/sec의 風速에서는 90% 以上 大部分의 稈이 全部 挫折倒伏이 되었다고 한다. 以上과 같이 바람과 倒伏과의 關係는 風壓보다 風速에 比例한다.

作物의 倒伏에는 바람만이 부는 경우보다 降雨를 同伴하는 경우가 보다 倒伏의 發生이 많다. 降雨의 影響은 作物體에 直接 影響하는 것과 土壤條件을 變化시키는 것으로 나눌 수 있다. 麥類에 있어서 宇田川, 小田⁵⁰⁾에 의하면 人工的으로 降水하면 3~4mm 程度의 降水量에 의하여 自然降雨의 경우와 同一한 傾向의 倒伏이 發生하고 倒伏程度는 降水強度에 比例하여 크게 된다고 하였다. 宇田川, 小田⁵⁰⁾에 의하면 表 17에서 보는 바와 같이 降雨日數에 따른 倒伏과 無倒伏 頻度를 보면 倒伏이 일어나는 最低降雨量은 3~

5mm이며 5mm 이상일 때는 倒伏이 많아진다고 하였다. 이러한 降雨의 影響을 雨滴의 打壓 및 雨水의 附着으로 나누어 調査하면 雨水의 附着에 의한 影響이 더 크다. 作物의 倒伏에 대하여는 바람보다 降雨의 影響이 크고 바람을 同伴하여 降雨가 있을 때 倒伏이 增加한다.

Table 17. Amounts of rainfall and frequencies of lodging for 77 years on wheat and barley (Udagawa and Oda : 1967)

Amounts of rain fall (mm)	Frequency(days)	
	Lodging	Non-lodging
Below 5	2	43
More than 5	23	9
Total frequency	25	52

* Amount of minimum rainfall for lodging was 3-5mm.

3) 倒伏과 麥類의 生育

倒伏의 發生은 稈의 伸長이 현저히 進行되는 時期로부터 完熟期에 걸쳐서 일어나며 倒伏의 頻度는 出穂以後의 生育時期에 특히 많다. 稈伸長期의 倒伏은 稈이 軟弱하고 葉身의 展開量도 많아 外力 특히 雨水 附着의 重量增加 또는 重心位置의 變動에 의하여 일어난다. 出穂以後의 倒伏은 穗重의 增加에 의한 作物體全體의 Bending moment의 增加가 理由로 된다. 이때 營養器官으로부터 光合成産物의 이삭으로 轉流와 여기에 따른 作物體 支持器官의 機能減退 또는 物理的 強度의 低下가 倒伏原因이 된다.

出穂後에 있어서 光合成産物의 轉流는 大部分 穗部中心으로 이루어지므로 莖葉部의 供給은 減少되고 莖葉部에서 穗部로의 再轉流가 開始되므로 稈의 貯藏物質은 차차로 減少하여 組織의 脆弱化가 일어난다. 作物의 物質生産을 低下시키지 않는 範圍에서 倒伏

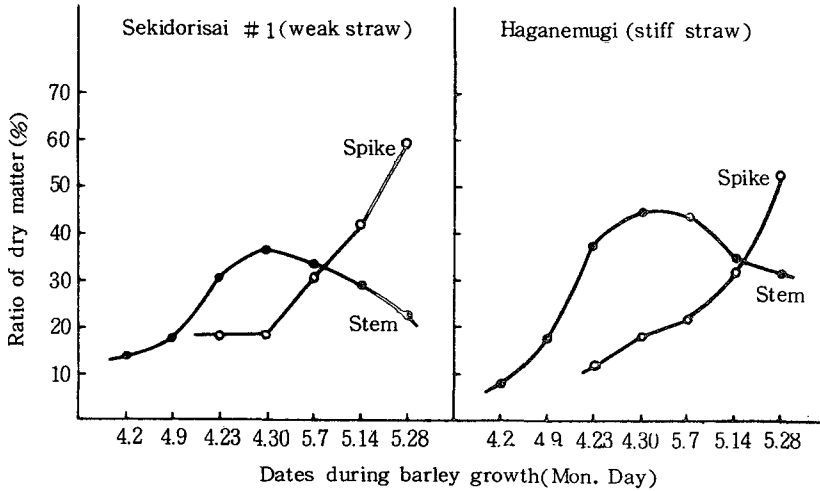


Fig. 10. Changes of dry matter of stiff and weak straw barley cultivars (Oda. 1965).

을 防止하기 위하여는 稈의 物理的 強度를 높이므로서 外力에 對한 抵抗性을 가지게 할 必要가 있다. 이러한 倒伏抵抗性을 強稈性이라 한다.^{10, 11, 12, 13, 14, 15)}

北條, 小田¹⁰⁾에 의하면 그림 10에서 보는 바와 같이 6條大麥에 있어서 強稈性品種과 弱稈性品種의 特徵을 보면 強稈性品種은 稈에 乾物量이 他器官에 比하여 많을 뿐만 아니라 稈에 있어서 乾物分配率도 높다. 한편 穗重의 增加率은 強稈性品種보다 弱稈性品種이 높은 傾向을 나타내고 있다. 作試(1974)에서 強稈性品種인 강보리와 弱稈性品種인 富興을 供試하여 稈의 物理的性質을 測定한 表 18에서 보는 바와 같이 第3節間의 挫拆荷重과 倒伏力은 강보리가 매우

Table 18. Characteristics related to stiffness of stem on barley varieties. (CES: 1974)

Cultivar	Degree of field lodging	Third internode			Bending moment
		Stem diameter	Breaking weight	Thickness of stem wall	
		mm	g	mm	g
Suweon 18	0-3	4.52	335	0.52	10.2
Buheung	3-5	4.03	332	0.45	10.1
Kangbori	0	5.84	405	0.72	20.7

Proportional ratios of dry matter :

Sekitorisai #1 Stem 22 : Ear 60

Hakanemugi Stem 32 : Ear 52

크며 稈의 外徑도 훨씬 커서 倒伏에 대한 抵抗性을 나타내어 北條, 小田¹⁰⁾의 結果와 類似하였다.

4) 倒伏과 根

倒伏에 있어서는 뿌리의 役割이 매우 큰 것으로 많은 研究者들에 의하여 밝혀지고 있다. 이러한 研究內容을 要約해 보면 아래와 같다. Hall(1934)은 옥수수에서 倒伏抵抗性과 根分布範圍의 크기와 密接한 關係가 있다고 하였고 Pinthus⁴³⁾는 莖이 強建한데 小麥이 倒伏되는 것은 根의 分布에 缺陷이 있다고 생각되어 倒伏과 關係가 있는 根의 特性을 調査코저 錫으로 만든 格子型을 土中에 埋込하는 方法, 有底의 礫耕栽培, 無底의 礫耕栽培, 圃場栽培 등의 條件下에서 彎曲型 倒伏抵抗性이 다른 10品種의 小麥을 生育시켜 根數, 分蘖數, 冠部の 크기, 稈長, 直徑, 根의 開張角을 調査한 바 그림 11에서 보는 바와 같이 倒伏程度와 根의 開張角과는 높은 負의 相関이 있다고 하였다.

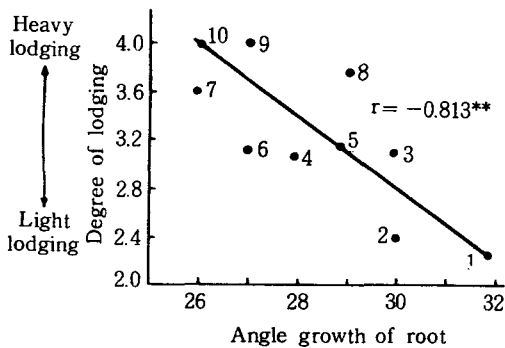


Fig. 11. Relationships between growth angle of roots and degree of lodging. (Pinthus, 1967)

- 1: M- 652, 6: M- 591,
- 2: M- 708, 7: N.Y. 52,
- 3: M- 1002, 8: F. A. 8193,
- 4: M- 852, 9: M- 544,
- 5: M- 655, 10: M- 745

彎曲型倒伏에는 根量과 根數가 많은 것이 抵抗性을 增大시킨다. Drick(1942)은 燕麥에서, Harrington(1950)은 數種의 禾穀類에서 倒伏抵抗性이 클수록 根數가 많다고 하였고 Koehler(1954)는 根의 直徑과 倒伏抵抗性과는 密接한 關係가 있으며 Miyasaka(1970, 1971)는 根의 物理的 強度에 着眼하여 根의 強度測定法, 根의 內部形態와의 關係, 根 強度의 品種間 差異를 究明하여 有效한 倒伏防止法을 研究하였다.

5) 倒伏對策

育種의 對策으로서는 稈長이 작고 稈의 強度가 높아 倒伏抵抗力이 높은 品種을 選擇하는 것이 가장 効果的의이다. 倒伏에 強한 品種을 보면 大麥에서 강보리, 울보리, 斗山8號 두루보리, 杭眉, 水原18號, 稈麥에서 木浦51號, 香川稈1號, 小麥에서는 그루밀, 새밀, 청계밀, 中國81號, 早光, 내밀 등이다.

栽培의 對策을 보면 다음과 같다. 古川¹⁹⁾에 의하면 播種深度와 倒伏과는 密接한 關係가 있는데 稈麥을 播種深度 1.5cm, 3cm, 4.5cm로 하여 試驗한 結果 1.5cm區보다 3cm區가, 3cm區보다 4.5cm區가 倒伏에 견딘다고 하였으나 小麥에서는 根의 發達이 좋고 뿌리가 麥株를 固定하는 役割이 커서 稈麥과 傾向이 다르므로 앞으로 檢討할 課題로 보인다. 播種量의 多少와 倒伏과의 關係는 많은 研究가 있는데 表 19에서 보는 바와 같이 慶南農振²⁰⁾에 의하면 早光을 供試하여 多肥條件에서 播種量試驗을 實施한 바 10a當 播種量이 11~15kg일 때는 倒伏이 적으며 이때의 m²當 穗數는 600~700本 程度이었고 播種量이 增加되어 700本 以上이 되면 심한 倒伏을 誘發하게 된다.

Table 19. Effect of fertilizer application and seeding rate on the growth and yield of wheat. (Gyeongnam PORD, 1978)

Characteristics	Fertilizer amount (kg/10a)	Seeding rate(kg/10a)			
		11	15	19	23
Degree of lodging	11-8-7	0	0	0	0
restance(%)	15-8-7	20	0	60	60
No. of tillers per m ²	20-12-10	60	60	100	100
Yield(kg/10a)	11-8-7	673	707	703	705
	15-8-7	663	695	728	745
	20-12-10	633	712	898	802
Yield(kg/10a)	11-8-7	584	615	621	615
	15-8-7	615	697	636	648
	20-12-10	590	630	576	546

Table 20. Relationship between lodging and row space in wheat. (WBRI, 1981)

Row space(cm)	60×18	40×18	20×5
Lodged index(%)	130	110	100

施肥量 및 播種量이 同一하더라도 栽植樣式을 不均等配置로 하면 稈이 軟弱하게 되어 倒伏하기 쉽게 되며 이러한 原因은 Percival(1921)이나 Welton等(19

31)은 受光量의 減少로 稈이 軟弱화되고 이른 生育時期부터 密集하여 相互차폐를 하기 때문이라고 한다. 麥研(1981)에서 栽培法에 따른 倒伏程度를 調査한 바 表 20에서 보는 바와 같이 細條播가 가장 倒伏이 적으며^{3,4,17,18} 그 다음이 狹幅播이고 慣行栽培는 細條播에 比하여 30%나 倒伏이 많았다. 이러한 것은 不均等配置에 의하여 稈의 軟弱화 또는 密集播種으로 相互차폐가 많았기 때문이다.

施肥量을 不均衡하게 增加시키면 倒伏하기 쉽다는 것은 一般的으로 알려져 있는 現象이며^{5,7} 그 原因으로서는 分蘖數가 많아 穗數가 많아짐과 同時에 稈長과 穗重이 增加되기 때문이다. 施肥量을 不均一하게 增加하면 表 19에서 보는 바와 같이 10a當 播種量을 15kg으로 하였을 때 標準區와 窒素若干 增肥區는 倒伏이 일어나지 않았으나 多肥區에서는 60%의 倒伏을 나타내었다.

窒素, 磷酸, 加里 등의 三要素와 倒伏과의 關係는 窒素施肥量이 많아지면 倒伏이 심하여지고 磷酸, 加里的 施肥量이 많으면 보리를 튼튼하게 生育시켜 倒伏을 적게 한다. Casserly (1957)은 燕麥을 供試하여 實驗하였는데 窒素는 植物의 草長을 높게 하여 倒伏을 助長하고 磷酸과 加里는 根의 發達을 좋게 하여 稈의 固定이 좋아져서 倒伏을 防止한다. 또한 倒伏에 對한 最大의 抵抗性은 窒素, 磷酸, 加里的 適正한 均衡施肥로 얻을 수 있다고 하였다.^{5,6,7}

追肥時期와 倒伏과는 매우 關係가 깊다. 岡島等⁴⁰ 佐佐木等⁴⁵은 麥類의 生育各時期에 硫安追肥를 하여 追肥時期와 倒伏과의 關係를 調査한 바 節間伸長 開始期 以前의 追肥는 植物體를 茂盛하게 하여 穗數가 많아지고 稈長이 커져서 倒伏되기 쉬우나 그 以後는 時期의 追肥는 倒伏을 輕減시킨다. 李, 曹等²⁶에 의하면 小麥의 追肥時期와 倒伏과의 關係試驗에서 表 21에서 보는 바와 같이 倒伏指數는 2月 下旬頃에 追肥한 區는 倒伏指數가 높아 倒伏이 잘되고 3月 中에 追肥한 區는 倒伏指數가 낮아 倒伏이 早期追肥에 比하여 적어진다.

土入과 培土는 포기 밑部分에 흙을 넣어서 麥稈의 下部를 흙으로 묻어 稈을 支持하는 效果가 있다. 土

Table 21. Relationship between top dressing and lodging index in wheat. (Cho, 1973)

Date of top dressing	Feb. 20	Mar. 10	Mar. 20	Mar. 30
Lodging index (%)	6.5	3.1	2.2	2.8

入은 포기사이에서 흙이 들어가나 培土는 포기 밑部分에 흙이 들어가므로 土入과 培土를 겸하면 그 效果가 크다. 踏壓은 土壤을 밟아서 포기 밑部分의 固定을 잘시키고 麥體를 튼튼하게 生育시키는 效果를 가지고 있어 倒伏을 어느 程度 防止할 수 있다.

4. 旱魃害

1) 麥類栽培와 旱魃

作物이 乾燥의 環境 即 土壤水分의 減少나 大氣湿度의 低下에 견디어 生育하고 收穫을 얻을 수 있는 性能을 耐旱性이라고 한다. 作物의 耐旱性의 大小는 作物이 乾燥의 環境에 遭偶하여 枯死하지 않고 乾燥의 環境에 견디어 生長, 發育을 하며 乾燥의 條件下에 있어서 收穫을 얻는 程度에 따라 判定된다.

農技研³⁹에 의하면 그림 12에서 보는 바와 같이

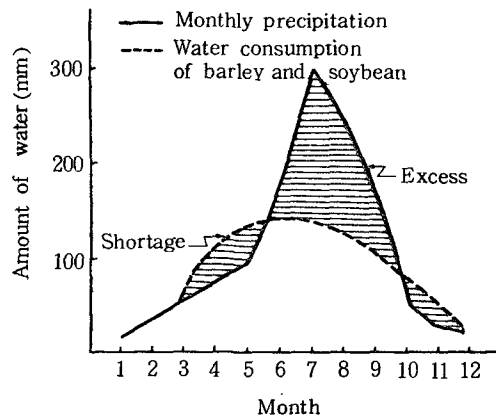


Fig. 12. Water consumption of barley and soybean, and monthly precipitation from 1971 to 1977 (IAS: 1978).

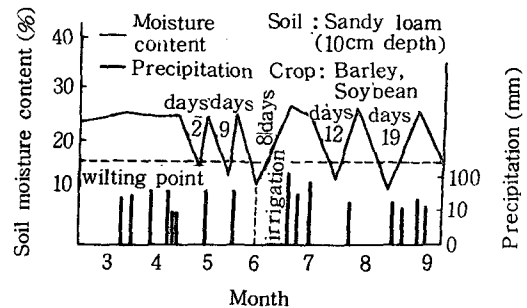


Fig. 13. Changes of soil moisture content and days of drought (CAS: 1977).

• Drought was occurred for about 50days during barley and soybean cropping.

우리나라의 月別 降水量은 3월부터 5월까지와 10월부터 12월까지는 降水量이 적어 麥類栽培에 있어서 水分이 不足하여 旱魃狀態로 經過되며 6월부터 9월까지의 降水量이 너무 많아 麥類栽培 및 收穫에 支障을 주고 있는 實情이다.

降雨量, 降雨日數와 土壤水分 및 萎凋點을 農技研³⁹⁾에서 檢討한 結果를 보면 그림 13에서 보는 바와 같다. 3월부터 9월까지의 降雨量을 보면 1977년에는 5월, 6월, 8월에는 比較的 降雨量이 적었으

며 麥類栽培期間中の 5~6월에는 3회에 걸쳐 土壤水分含量이 萎凋點을 넘어 旱魃을 招來한 바 있으며 이러한 現象은 時期的으로는 一定하지 않지만 每年 일어나므로 이에 대한 對備가 必要하다.

2) 旱魃害와 減收率

麥類의 旱魃에 대한 被害를 보면 表 22에서 보는 바와 같다. 麥研(1978)에 의하면 大麥의 강보리, 小麥의 早光을 供試하여 3월 14일부터 5월 30일까지 時期別 旱魃處理日數를 달리하여 試驗한 結果 無處

Table 22. Drought damages of wheat and barley yield at the different growing stages. (WBRI, 1978)

Drought period	Soil moisture (%)		Yield Index (%)		Rate of yield reduction (%)		Average
	Barley	Wheat	Barley	Wheat	Barley	Wheat	
Normal	31.4	28.8	100	100	0	0	0
May 14-Apr. 19	12.4	7.9	65	90	35	10	23
May 14-Apr. 24	9.0	7.3	47	89	53	11	32
May 16-May 1	7.0	5.2	41	76	59	24	41
Apr. 1-May 1	7.7	5.5	49	74	51	26	39
Apr. 10-Apr. 30	8.0	9.8	64	85	36	15	26
May 1-May 15	8.2	7.3	45	29	55	71	63
May 10-May 30	5.0	5.5	34	27	66	72	69
May 16-May 30	5.7	6.0	49	53	51	47	49

理區에 比하여 旱魃處理日數가 길어질수록, 出穗期에 가까울수록 被害率이 크며 大麥과 小麥의 被害差異는 出穗期前後의 旱魃은 小麥의 被害가 큰 편이고 分蘖期 및 伸長期의 旱魃에서는 大麥의 被害率이 훨씬 컸었다. 이때의 土壤水分含量은 無處理區가 28.8~31.4%인데 比하여 旱魃處理區는 5.0~12.4% 範圍에 있어 매우 심한 旱魃을 받을 條件이었다.

3) 旱魃對策

育種의 對策으로서는 耐乾性品種의 栽培이다. 品種의 耐乾性에는 여러가지 要因이 關與하고 있는데 生理的 特徵을 보면 ① 細胞液濃도가 높고 滲透壓도 높은 것이 耐乾性이 增加한다. ② 細胞內 親水膠質의 含量이 많으면 結合水의 含量이 增加하는데 結合水의 含量이 增加하면 植物體가 多量의 水分을 상실한 경우에 水分喪失을 減少시키는 方向으로 作用하여 耐乾性을 增加시킨다. ③ 乾燥植物은 尿素 水分 등에 대한 原形質의 透過性이 적으며 細胞質의 粘性이 높다. 形態의 特徵을 보면 ① 細胞의 크기가 작은 作物은 耐乾性이 크며 細胞가 작으면 細胞의 表面積에 대한 容積의 比가 작으므로 같은 程度의 含水量의 損失에도 原形質이 받는 變形이 적어진다. ② 液胞가 적고 原形質이나 貯藏養分이 차지하는 比率이 크면 乾燥에

Table 23. Varietal differences to water stress of wheat. (WBRI, 1978)

Variety	Culm length	Ratio of stress/control (%)			Yield
		First internode shacting	2nd internode length	1000 ternode grain weight	
SW 214	63	95	76	116	31
Geurumil	71	0	80	56	36
Chokwang	77	0	75	47	32
Wonkwang	98	0	95	27	29
Milyang10	55	20	61	36	33

의하여 急激한 機械的 變形이 생기기 힘드므로 심한 乾燥에도 잘 견디어 낸다. ③ 地上部에 比하여 뿌리의 發達이 좋고 깊으면 水分吸收과 地上部로의 供給이 좋아지므로 乾燥에 더욱 잘 견딘다. ④ 기계적 조직이 발달되어야 한다. ⑤ 細胞와 氣孔이 작거나 氣孔密度가 增加하며 葉脈이 發達하거나 根系가 길고 發達되어 있는 構造는 蒸散의 強度를 增加시키게 된다.

麥研²⁸⁾에 의하면 耐旱性品種으로서는 表 23에서 보는 바와 같이 大麥에서 富興, 富農, 골덴메론 稈麥에서 白胴, 論山稈 1의 6, 小麥에서 그루밀, 早光, 내밀 등이다.

栽培의 對策으로서는 아래와 같다. 麥類의 生育時

Table 24. Effect of irrigation on grain yield in wheat and barley (CES: 1972)

Treatment	Yield (kg/10 a)		Index (%)	
	Barley	Wheat	Barley	Wheat
Non irrigation	369	346	100	100
A	428	384	116	111
A+B	480	401	130	116
A+B+C	458	387	124	112

A: Stem elongation stage

B: Booting stage

C: Heading stage

기에 따른 흡수량의 변화를 보면 節間伸長開始와 더불어 吸收가 旺盛하게 되고 出穗前後에 最高에 達하며 成熟期에는 減少하게 된다. 作試^{2D}에서는 麥類의 生育時期別 灌水效果試驗을 實施한 바 表 24에서 보는 바와 같이 大麥은 無灌水區에 比하여 伸長期 1回 灌水과 穗孕期 1回 各各 灌水한 것이 30% 增收하였으며 伸長期의 灌水效果가 若干 높았고 小麥에서는 伸長期+穗孕期에 各各 1回 灌水한 것이 16% 增收되었다. 小麥도 大麥과 마찬가지로 伸長期 灌水가 穗孕期 灌水보다 效果가 컸었다. 各時期別 灌水량은 伸長期 10mm, 穗孕期 6.6mm, 出穗期 13.8mm이며 無灌水區에 比하여 灌水區의 土壤水分含量은 約 2% 程度 增加되었다.

旱魃이 오면 作物이 吸水, 蒸發에 依하여 直接的인 水分消費外 麥田의 土面蒸發量이나 地下滲透에 依한 減損이 있으므로 土壤의 水分保存을 해야 할 必要가 있다. 被覆은 土壤水分의 蒸發을 抑制할 뿐 아니라 빗물의 流失을 적게하고 土壤中의 滲透量을 增加시키므로서 旱魃에 견디게 한다. 有機物은 土壤의 粒團組成에도 效果的이고 土壤侵蝕을 防止한다. 農技研(1977)에서는 野山開發地에서 大麥品種을 供試하여

Table 25. Effect of mulching and improvement of soil texture for barley (IAS: 1977)

Treatment	Yield index
Standard (check)	100 %
Mulching	119
Mulching and improvement of soil texture	131

Table 26. Effect of soil stepping after barley seeding. (CES)

Treatment	Yield index
Non - stepping	100 %
Soil stepping	115

敷草 및 土壤改良으로 水分保存效果를 表 25에서 보는 바와 같이 究명한 바 敷草 및 土層改良區는 旱魃頻度を 낮추고 有効水分 持續日數를 9日 程度 늘릴 수 있어 無處理區에 比하여 敷草區 19%, 敷草+土層改良區는 31% 增收을 보였다.

播種時 旱魃에 對應하기 위하여 播種後 鎮壓하고 覆土를 하는 것이 土壤水分 保存에 有利하며 表 26에서 보는 바와 같이 鎮壓區는 無鎮壓區에 比하여 15% 增收되었다. 播種後 堆肥를 위에 撒布한 다음 覆土를 하는 것이 堆肥-播種-覆土하는 것보다 旱魃이 견디는 播種法이다.

中耕을 얕게 하면 土壤水分의 蒸發을 抑制하는 效果가 있고 除草를 하므로서 水分損失을 輕減시킬 수 있다. 또한 旱魃의 우려가 있을 때는 密植을 삼가고 窒素多用을 삼가며 堆肥와 磷酸, 加里를 多量施用하는 것이 좋을 뿐만 아니라 乾燥時에 踏壓을 해주므로서 耐乾性을 增大시킬 수 있다.

5. 雨 害

1) 雨害樣相

우리나라에서는 麥類의 收穫時期인 5月 下旬부터 6월에 걸쳐 비가 많이 오기 始作하므로 成熟期가 늦은 品種이나 地域에서는 雨害를 받는 일이 許多하고 때로는 麥類의 開花期부터 많은 비가 내려 赤黴病의 發生과 穗發芽被害를 입는 例도 있으며 麥類의 栽培圃場의 排水가 不良하여 浸水 및 冠水害를 받는 경우도 있다. 이러한 被害를 받으면 種實의 色澤變化, 雜菌에 의한 變色粒의 發生, 屑粒의 增加, 穗發芽, 病害粒 등이 생기고 收穫에도 많은 支障을 招來하게 된다.

三宅, 末次³⁰⁾에 의하면 九州에서 1938年 麥類刈取時期에 8日間 369mm의 連續降雨에 遭偶되어 刈取가 늦어진 過熟麥에 있어서 種實 및 粉의 品質을 調査한 바 表 27에서 보는 바와 같이 調査된 品種은 穗發芽에 견디는 品種이었으나 降雨에 의하여 穗發芽가 2.7~44.4%나 되었고 種實은 光澤을 잃었으며 收容積重, 千粒重, 胚乳比率이 減少되어 收量과 製粉率이 減少되었다. 또한 製粉試驗結果 빵의 容積, 빵의 色澤이 不良하여 商品으로서 價値가 매우 낮았다. 그러나 連續 3日間 100mm의 降雨에 遭偶된 被害中程度의 것은 製粉率의 低下는 보였으나 製粉試驗을 한 바 無被害區와 差異가 없었다.

降雨에 의한 赤黴病 發生被害는 表 28에서 보는 바와 같이 1963年 韓國에서 4~6月的 全國 平均降

Table 27. Changes in grain and flour quality of matured wheat due to heavy rainfall.

(Mitaku, *et al.*, 1950)

Variety	Degree of damage	Head sprouting	1000-grain weight	Test weight	Gulten content	Milling rate	Bread quality	
							Volume	Color of bread
		%	g	g	%	%	cc	
Ooishi	No damage	0	39.2	367	32.7	77.9	548	A
	**Severe damage	44.4	37.5	328	27.6	75.3	430	CD
Hokuryuku 13	No damage	0	39.1	371	34.7	75.1	515	AB
	**Severe damage	19.4	37.4	347	35.5	73.2	473	B
Ezima sinriki	No damage	0	32.4	349	28.2	71.6	525	B
	* Slight damage	2.7	32.8	343	27.6	70.0	518	B
	**Severe damage	12.2	33.1	320	26.7	69.2	405	D

* : Slight damage : Grains harvested at the day after 3 days rainfall.

** : Severe damage : Grains harvested at the day after 8 days rainfall.

A : Best B : Good C : Poor D : Worst

Table 28. Infection rate of scab disease on wheat and barley spikes in 1963.

Item	1963	Average year
Precipitation of April to June (mm)	790.3	325.9
Days of rainfall of April to June (Days)	49	29
Rates of infected spike (%)		
Wheat	43.5	—
Barley	37.9	—

Table 29. Rate of yield reduction of wheat and barley due to heavy rainfall during maturity. (Kyushu ASO, 1953)

Condition of crop	Crop	Rained days			
		4	7	12	15
Before cutting (Stand)	Wheat	5	10	20	25
	Barley	10	25	35	50
Cut and laid for dry in the field	Wheat	25	50	70	100
	Barley	40	70	90	100

雨量이 790.3mm이고 降雨日數가 49日로서 赤黴病 發病穗率이 大麥 37.9%, 小麥 43.5%나 發病되고 穗發芽가 되어 31%의 收量이 減少되었다.

2) 降雨와 減收率

雨害에 의한 被害率을 보면 表 29에서 보는 바와 같이 九州統計事務所(1953)에서 調査한 바 立毛中에 降雨遭偶日數에 따른 被害率을 보면 立毛中에는 大麥

이 小麥보다 被害가 크고 遭偶日數가 길수록 被害가 높았는데 4~15日間의 降雨日數에 따라 大麥은 10~50%, 小麥은 5~25%의 被害率을 보였다. 刈取後 圃場에 갈아 놓았을 때는 立毛時보다 被害가 크며 被害傾向은 立毛時와 類似하며 4~15日間의 遭偶日數에 따라 被害率은 大麥 40~100%, 小麥 25~100%의 被害率을 보였다.

Table 30. Rate of yield reduction due to submerged plant based on the different growth stage.

(CES, 1969-1970)

Date of treatment	Growth stage	Tillering	Spike initiation	Spike development	Heading	Milk formation
		Nov. 24	May 30	Apr. 15	May 1	May 23
	Water temperature (°C)	4.5	13.5	16.5	19.5	22.3
Submerged whole plant	1 day	26	51	70	81	88
	3	31	58	72	94	96
	6	52	75	92	100	100
	9	88	88	100	100	100
Submerged top of the ridge	1 day	15	17	22	29	27
	3	19	33	27	53	35
	6	22	44	53	59	47
	9	53	58	77	73	53

過多한 降雨가 있는 해에는 麥類의 畚裏作 栽培 圃場에 있어서 畦上 浸水가 되거나 植物體 全體가 冠水가 되어 被害를 입는 경우가 많다. 作試(1969~'70)에 의하면 大麥과 小麥品種을 供試하여 生育過程別로 畦上 및 冠水日數別 試驗을 實施한 바 表 30에서 보는 바와 같이 畦上 浸水보다 冠水가 被害가 많으며 生育時期가 進展될수록 減收가 많았으나 畦上 浸水는 乳熟期보다 穗孕期 및 出穗期에 被害가 오히려 컸었고 冠水被害는 成熟期로 갈수록 被害가 컸었다.

3) 雨害對策

雨害中 穗發芽對策을 보면 다음과 같다. 穗發芽에 대한 育種的인 對策은 耐穗發芽性品種의 栽培이며 降雨에 遭偶하는 機會가 적게 하기 위하여는 早熟品種을 選擇하는 것이 좋은 方法이다. 一般的으로 小麥보다 大稈麥이 熟期가 빠르므로 被害를 받을 機會가 적으며 小麥中에서도 早熟品種을 栽培하는 것이 좋고 後熟期間이 긴 品種이 所望스럽다.

穗發芽의 栽培的인 對策으로서 穗發芽抑制劑를 撒布하면 效果의이다. 時政⁵⁰에 의하면 出穗後 20日頃에 0.5~1.0%의 MH를 10a當 約 90ℓ 程度 撒布하면 穗發芽의 抑制效果가 크다. 撒布時期가 이 時期보다 빠르면 稔實이 沮害되고 이보다 늦으면 效果가 떨어진다. 또한 渡邊⁵¹에 의하면 出穗後 15~25日에 小麥의 葉에 0.5~0.1% 濃度의 MH를 撒布하면 穗發芽抑制效果가 크다고 하였다. 綠川³¹에 의하면 各種濃度의 α-나프타린醋酸을 噴霧한 結果 0.01%의 濃度에서도 發芽抑制의 傾向을 나타내었고 0.1% 以上の 濃度이면 특히 현저한 效果가 있고 穗發芽가 抑制된 區일수록 千粒重이 높아진다고 하였다. 菅原(1949)도 Heteroauxin 및 나프타린醋酸을 處理하여 後者가 穗發抑制效果가 있는데 高濃度인 경우 抑制效果를 나타내나 低濃度인 경우 反對로 發芽率의 增加를 가져온다고 하였다.

穗發芽의 위험을 듣거나 收穫을 빨리하기 위하여 成熟期에 作物乾燥劑를 撒布하는 일이다. 麥研(1979)에 의하면 表 31에서 보는 바와 같이 Diquat을 물 1ℓ에 4cc 정도 混合하여 10a當 100ℓ 程度 出穗後 31日에 撒布하면 穀粒의 水分含量을 減少시켜 早期에 收穫할 수 있다고 하였으며 Diquat 撒布後 비를 맞으면 變色이 되는 問題가 있다고 指摘하였다.

그러나 湖試⁹의 試驗成績에 의하면 Diquat을 撒布하면 早期收穫을 할 수 있고 撒布後 비를 맞아도 變色の 우려가 없다고 하므로 앞으로 이 問題는 더

Table 31. Effect of desicative agent on moisture decrement of barley plant.

(WBRI, 1979)

Date of treatment	Harvest time	Grain moist. content (%)		Decreased ratio of moisture
		Control	Treated	
25 DAH ¹⁾	7 DAT ²⁾	59.4	56.9	2.4 %
28	7	55.1	54.1	1.0
31	7	51.1	43.5	11.6
34	7	44.2	18.2	26.0

1) Days after heading.

2) Days after treatment.

Table 32. Relationship between water content and drying temperature of malting barley germination. (Masuda, 1969)

Moisture content of grain (%)	Drying temperature(%)		
	40	50	60
50.5	100	88	22
42.5	100	91	71
35.2	100	92	80
31.4	100	98	100
25.0	100	100	100

檢討해 볼 必要가 있다고 보여진다.

雨害를 피하기 위하여는刈取 可能한 時期가 되면 遲滯없이 收穫하는 것이 가장 좋은 對策이다. 그러나 收穫中에 비를 맞은 것을 오래 두면 變色되어 品質이 不良해질 우려가 있으므로 특히 麥酒麥과 같은 것은 바로 脫穀하여 乾燥시키는 것이 바람직하다. 이러한 경우에는 水分이 많으므로 火力乾燥나 高溫乾燥를 할 때는 乾燥溫度를 낮추는 것이 좋은데 表 32에서 보는 바와 같이 水分含量이 35~50%이면 40℃ 程度에 乾燥시키는 것이 發芽率이 좋고 35~31% 水分含量일 때는 60℃에 乾燥시켜도 發芽에 支障을 주지 않는다.

結 論

麥類에 대한 氣象災害와 그 對策을 綜合的으로 檢討하여 農業技術普及과 農業行政의 基礎資料로 利用하고자 氣象災害에 의한 麥類의 年間減產量, 減收率, 被害機作, 災害樣相 및 對策에 關한 結果를 綜合整理하였다.

麥類는 氣象災害에 의하여 年間 21.7% 程度가 減產되고 있으며 減產內容을 보면 寒害 5.9%, 濕害 5.6%, 倒伏害 2.9%, 旱魃害 3.0%, 病害 4.3% 등이

고 총生産量에 대한 減産量이 큰 것은 寒害와 濕害가 크나 其他는 비슷하였다. 한편 寒害, 濕害, 倒伏害, 旱魃害 및 穗發芽에 대한 發生機作을 綜合 整理하였다.

麥類의 氣象災害에 의한 減收率을 生育時期別, 發生程度別로 寒害, 濕害, 倒伏害, 旱魃害 및 雨害 등으로 區分하여 整理하고 氣象災害의 發生誘因, 生育과의 關係 등을 考察하였다.

麥類의 氣象災害의 對策으로는 育種 및 栽培의 對策으로 區分하고 育種對策에서는 抵抗性品種을 麥種別로 表示하고 抵抗性品種이 갖는 生理的 및 形態的 要因을 記述하였으며 栽培의 對策은 實際 應用 가능한 點을 綜合考察하였다.

引用文獻

1. Amen, R. D. 1968. Bot. Rev. 34(1): 1~31.
2. 安間正虎・小田桂三良・岐部利幸・四方俊一. 1962. 關東地方における水田裏作栽培の研究. 第四報. 水田裏作の畦の高低及び耕起, 碎土及び麥の生育收量に及ぼす影響の年次のならびに土壤條件の差異. 農事試驗場研究報告 等 2號. 1~22.
3. _____・後閑宗夫・四方俊一・岐部利幸. 1962. 麥類のドリル播栽培に関する研究. 農事試驗場研究報告. 15(C): 23~24.
4. 曹章煥・洪丙憲・河龍雄・朴文雄. 1973. 麥類 drill播栽培에 관한 研究. I. 栽培法の 差異가 밭의 生育收量 및 所要勞動力에 미치는 影響. 農事試驗研究報告. 15(C): 95~98.
5. _____・_____・_____・_____. 1973. _____ II. 施肥量 및 播種量의 差異가 麥類 drill播 栽培의 生育 및 收量에 미치는 影響. 農事試驗研究報告 15(C): 99~103.
6. _____・李弘和. 1973. 栽培條件에 따른 麥稈의 形態的 및 物理的 特性變化에 관한 研究. II. 栽植密度와 施肥量이 麥稈의 形態的 및 物理的 特性에 미치는 影響. 韓國作物學會誌 14卷 117~121.
7. _____. 1976. _____ III. 各種肥料의 施用이 麥稈의 形態的 및 物理的 特性變化에 미치는 影響. 農事試驗研究報告 18(C): 159~165.
8. 咸泳秀・朴正潤・洪丙憲・曹章煥. 1971. 大小麥 收量構成要素에 關與하는 몇가지 形質의 研究. II. 보리 耐濕性의 品種間 差異. 韓國育種學會誌 3卷 1號: 46~56.
9. 湖南作物試驗場. 1981. 試驗研究事業報告書.
10. 北條良夫・小田桂三郎. 1965. 大麥の強稈性に關する研究. 第一報, 稈の形態形成過程について. 日作紀. 33(3): 255~258.
11. _____・_____. 1965. _____ 第二報, 稈における物理的性質の發達. 日作紀. 33(3): 259~262.
12. _____・_____. 1965. _____ 第三報, 稈における葉鞘および膨脹が稈強度に及ぼす效果について. 日作紀. 33(3): 263~267.
13. _____・_____. 1965. _____ 第四報, 稈の物理的組成について. 日作紀. 33(3): 268~271.
14. _____・_____. 1965. _____ 第五報, 遮光條件が稈の發達に及ぼす影響. 日作紀. 33(3): 271~276.
15. _____・星川清親. 1976. 作物その形態と機能. 下卷 166~194.
16. Hsiao, T. C. 1973. Plant response to water stress. Annual Review of plant physiology. 24: 519~570.
17. 古川太一・小池博・黒田三郎・伊香厚雄. 1958. 中國農研. 13~15.
18. _____・_____・_____・_____. 1966. 暖地水田裏作麥の多條播栽培に關する研究. 中國農試報告 A 第 12 號: 1~41.
19. _____. 1963. 作物大系 第 2 篇 麥類, III 麥の栽培 1~87. 養賢堂.
20. 入學周作・山根忠雄. 1958. 温田の乾田化に關する研究. 第 2 報 地下水位の高低と小麥の生育について. 中國農研 13號: 39.
21. 作物試驗場. 1972. 作物試驗研究事業報告書.
22. Kneen, E., M. J. Blish. 1941. Carbohydrate metabolism and winter hardiness of wheat. J. Agr. Res. 62(1): 1~26.
23. 京畿道農村振興院. 1977. 試驗事業報告書.
24. 慶南道農村振興院. 1978. 試驗事業報告書.
25. Laude, H. H. and A. W. Pauli. 1956. Influences of lodging on yield and other characters in winter wheat. Agron. J. 48(10): 452~454.
26. 李弘和・曹章煥. 1973. 栽培條件에 따른 麥稈의

- 形態的 및 物理的 特性變化에 關한 研究. I. 窒素 追肥時期가 麥程의 形態的 및 物理的 特性에 미치는 影響. 韓國作物學會誌 19卷 : 117~121.
27. Livingston, J. F., J. C. Swinlank. 1950. Some factors influencing the injury to winter hardness head by low temperature. *Agr. J.* 42(3): 153~157.
28. 麥類研究所. 1978, 1981. 麥類試驗事業報告書.
29. Metcalf, E. L., C. E. Cress, C. R. Olien and E. H. Everson. 1970. Relationship between crown moisture content and killing temperature for three wheat and three barley cultivars. *Crop Sci.* 10 : 362~365.
30. 三宅端穂・末次勳. 1950. 小麥品種における雨害, 穂上發芽が粒及び粉の品質及ぼす影響. 日作紀 19 : 19~24.
31. 綠川正雄. 1949. 農業及園藝 24 : 440
32. Newton, R., W. R. Brown. 1926. Seasonal changes in the composition of winter wheat plants in relation to frost resistance. *J. Agr. Sci.* 16 (4) : 522~538.
33. 農業技術研究所. 1978. 主要試驗研究業績斗 研究方向.
34. 農林省 農林經濟局 統計調查部. 1965. 各作物 減收推定尺度. 日本 農林水産省.
35. 農林省 統計情報部. 1978. ポケット農林水産統計. 日本農林水産省.
36. 農水産部 統計局. 1980. 農水産統計. 韓國 農水産部.
37. 小田桂三郎. 1956. 農業技術 11 : 492.
38. _____. 1963. 作物大系 第2篇 麥の生理 生態. 1-104. 養賢堂.
39. _____. 鈴木 守・宇田川武俊. 1966. 麥類 品種の倒伏に關する形質ならびに倒伏指數に關する 研究. 農技研報, D15 : 55~91.
40. 岡島栖治・倉窪保雄・丸鬼正信. 1957. 冬作物 試験成績書. 奈良農試.
41. 大谷義雄. 1942. 春季に於ける麥類の凍害. 農業 及園藝 17(3): 384.
42. Pauli, A. W. and H. L. Mitchiell. 1960. Changes in certain nitrogenous constituents of winter wheat as related to cold hardness. *Plant physiology* 35 (4) : 539~542.
43. Pinthus, M. J. and Y. Eshel. 1967. Spread of the root system as indicator for evaluating lodging resistance of wheat. *Crop Sci.* 7 : 107~110.
44. 酒井 昭. 1960. 科學 30.
45. 佐佐木考司・小谷倫三. 1961. 農業技術 16 : 173.
46. 關塚清藏・花房堯土. 1950. 農技 5.
47. Singer, S. J. 1971. Structure and function of biological membranes, ed., L. I. Rothfield, 145~222. N. Y. Acadmic. 486.
48. 末次勳. 1962. 作物大系 第2篇 麥類, I 麥の生育 1~98. 養賢堂.
49. Suneson, C. A. 1937. Emasculation of wheat by chilling. *J. Amer. Soc. Agri.* 29 (3) : 247~249.
50. 戸田正行. 1962. 小麥の冷害に關する研究. 第1報. 低温不稔(第一型冷害)の發生機構についてその検討. 日作紀 30(3) : 241~244.
51. 時政文雄. 1954. MH劑による麥の穂發芽防止. 農業及園藝 29 (2) : 1564.
52. Tysdal, H. M., S. C. Salmon, 1926. Viscosity and winter hardness in small grain. *J. Amer. Soc. Agr.* 18 (12): 1099~1100.
53. 宇田川武俊・小田桂三郎. 1967. 麥類の倒伏におよぼす環境要因の影響. 第I報. 移動式風洞による倒伏の品種間差異. 日作紀. 36 : 192~197. 197.
54. _____. _____. 1967. _____. 第II報. 移動式風洞による. 強風處理と麥畑上の風の測定. 日作紀. 36 : 198~205.
55. _____. _____. 1967. _____. 第III報. 地上部の風と品種間 差異. 日作紀. 36 : 206~211.
56. _____. _____. 1967. _____. 第VI報. 人工降雨裝置と自然降雨觀測による倒伏現象の解析. 日作紀. 36 : 212~218.
57. 渡邊弘三. 1955. 農業及園藝 30. 1218.
58. 山田登. 1948. 農學 2.
59. 山崎傳. 1952. 畑作物の濕害に關係する土壤化學並に植物生理學的研究. 農業技術研報. B1號.

討 論

〔實例〕金基駿(建國大農大): 麥類의 氣象災害中 寒害의 被害率이 가장 큰 것으로 되어 있는데 寒害의 被害中 品種自體의 耐寒性에 緣由하는 部分보다는 適期播種이 안되는데서 結果하는 部分이 더 크다고 볼 수 있습니다. 그렇다면 現在 우리나라 農業이 當面하고 있는 與件 아래서 麥類의 品種育成面, 前後作關係 및 勞動力의 按配 等의 側面에서 그것을 克服하여 寒害의 被害를 輕減할 수 있는 對策에 대한 構想이 있다면 말씀해 주시오.

〔答〕曹章煥: 麥類의 耐寒性品種育成을 위하여 가장 重要한 것은 深播適應性品種의 選抜이라고 생각합니다. 그래서 筆者는 小麥品種을 供試하여 3, 6, 9, 12 cm로 播種하여 冠部의 深度를 調査한 結果 品種間差異가 있고 冠部가 土壤 깊이 位置한 品種이 寒害에 견디므로 冠部位置가 낮고 播種部位에서 分蘖할 수 있는 品種을 選抜하고 있으며 越冬中에 耐寒性이 강한 系統을 選抜하고자 水原과 漣川에서 高畦頂部播種法으로 耐寒性을 檢定하고 있습니다.

한편 栽培의인 對策으로서 前後作 및 勞動力의 按配 等 側面에서 볼 때 適期播種이라는 것은 地域에 따라 어려운 점이 있으므로 機械化播種이 必須의입니다. 大面積을 適期에 短期間에 播種을 完了하기 위하여는 機械化播種이 가장 利點이 많고 生産費가 節減되며 廣撒播栽培보다 機械化條播를 하는 것이 耐寒性을 增大시킬 수 있습니다. 또한 播種量의 增加와 均衡施肥 即, 磷酸, 加里의 增施가 寒害를 輕減시킬 수 있다고 생각합니다.