

# 大麥의 栽培環境에 다른 登熟日數의 品種間 變異

千鍾殷\* · 李弘祐\*\*

## Varietal Variation of Grain-Filling Period under the Different Environmental Conditions in Barley

Chun, J. U.\* and H. S. Lee\*\*

### ABSTRACT

These experiments were conducted to study the relationship among agronomic traits, varietal variation of grain-filling periods and the effect of environmental conditions on the grain-filling in the ten selected barley cultivars.

The varietal variation of grain-filling periods was of significance: Tokak had the similar increment in both greenhouse and field plot, Suweon two row was believed to be an cultivar with short grainfilling period.

Cultivars with higher grain-filling rates tended to have significantly lower ash content. Ash content of a cultivar tended to be lower when grown under favorable condition.

At maturity, the time of development of yellow or dark pigment at the crease base could be a possible criterion for physiological maturity determination. However, this requires further study.

Average grain-filling period in the different conditions was constant, but varietal differences were 9 days in the greenhouse and 5 days in the field. The grain moisture content was not constant in accordance to both cultivars and growing conditions.

Average accelerated days for heading and ripening periods were very constant in comparison with field and vinyl mulching suggests that the selected materials will be useful for genetic study on grain-filling periods. The cultivars and grown conditions with higher accumulated temperature per 100°C from early grain-filling had larger grain-filling rates and heavier 1000 grain weight.

This study showed that if the variation among and within cultivars is to be minimized, the greenhouse and vinyl mulching plots could be useful for genetic study on grain-filling periods in BC<sub>1</sub> and F<sub>2</sub> segregation.

### 縮 言

麥類의 出穗, 開花 및 登熟은 遺傳子와 環境의 作用에 依해서 決定되는데 環境要因 特히 日長 및 溫度의 影響이 크게 作用한다. 曹<sup>5)</sup>에 依하면 小麥의 出穗는 高溫長日 條件에서 促進되며 Hoshikawa<sup>20, 21)</sup>는

小麥의 開花適溫은 18~24 °C, 最低溫度는 10 °C이며, 10 °C以下에서는 開花, 受精의 遲延 또는 障害現象이 일어나고 溫度가 낮아지면 受粉後 受精까지 3~9 時間이 所要된다 하였다. 溫度는 胚乳의 細胞分裂, 生長 및 登熟에 影響을 미치며 特히 高溫(30 °C)은 20 °C에 비하여 登熟期間을 短縮시키고 同化器官의 萎凋를 促進시켜 이삭으로의 轉流를 低下시

\* 麥類研究所, \*\* 서울大學校 農科大學.

\* Wheat and Barley Research Inst., \*\* College of Agriculture, Seoul National University, Suweon 170, Korea.

켜 千粒重이 가벼워 진다.<sup>3, 6, 15, 20, 22, 25, 32</sup>) Hashimoto 및 Hirano<sup>17, 18</sup>)에 의하면 小麥의 早熟性 品種育成을 위한 交配母本의 選拔은 短日鈍感性(Chungoku 81)과 基本營養生長性(Prelude)이 짧은 品種이 適當하며, 出穗~開花 및 開花~成熟期間은 주로 平均 氣溫의 影響을 받으며 早期開花性은 13~14℃, 早期登熟性은 15~17℃에서 檢定하는 것이 品種間 變異가 크다고 하였다.

대부분의 乾物量은 登熟期間에 光合成의 産物이며<sup>4, 8</sup>), 麥類에서는 現在까지 옥수수<sup>9</sup>)나 사탕수수<sup>11</sup>)와 같이 成熟期에 Black 또는 Dark layer의 形成이 發見되지 않았기 때문에 乾物重과 水分含量<sup>16, 23, 26, 29, 32</sup>) 및 植物 各器官의 變色<sup>23, 25, 26</sup>)에 依해 生理的 成熟期가 決定되어 왔다. 穀粒의 水分含量은 品種 및 栽培環境에 따라 變異幅이 크며 同化器官의 變色 역시 變異幅이 큰데 燕麥에서 穎의 黃化<sup>26</sup>)와 보리에서 外穎의 黃化<sup>7</sup>)가 生理的 成熟期를 推定하는데 有効하다 하였다. 最近에 밑에서 縱構基部에 色線(Pigment strand)이 나타날 때 穀粒의 黑變이 일어나며<sup>33, 34</sup>) Housley 등<sup>22</sup>)에 의하면 赤色系小麥에서 乾物重의 最大點은 種皮에서 赤色の 發達과 잘 一致되어 生理的 成熟期 判定에 보다 正確하고 有効한 方法이 될 수 있으며 이 色素의 形成이 사탕수수나 옥수수의 Black layer에 해당되는 가에 대해서는 研究中이라 하였다.

安<sup>1</sup>)은 水稻에서 出穗後 登熟速度의 品種間 差異가 顯著함을 報告하였으며 Aksel·Johnson<sup>2</sup>)은 大麥의 出穗에서 成熟까지의 期間이 긴 것이 짧은 것에 對해 優性이라 하였다. 옥수수에서 登熟期間과 收量과는 높은 正相關이 있고 生理的 成熟期는 51~53 또는 60일로 比較의 一定하며<sup>14, 30</sup>) 遺傳的이고 雜種 強勢<sup>19</sup>)를 거의 볼 수 없다 하였다. Nass, Reiser<sup>27</sup>)에 의하면 봄 밑에서 收量은 登熟期間보다는 登熟率이 더 重要하며, 登熟率, 登熟期間과 穀粒의 무게는 品種間 差異가 顯著하나 登熟率과 登熟期間은 遺傳的 關聯이 거의 없으므로 登熟期間을 延長시키지 않고도 登熟率과 穀粒의 무게를 增加시킬 수 있다고 提議하였다.

따라서 보리의 早熟品種을 育成하기 위해 交配母本으로 選拔한 品種에 대해 여러 環境 條件에서 登熟日數의 品種間 變異와 分離世代에서 遺傳率을 調査하기에 알맞는 條件을 分明히 하고자 本試驗을 實施하였다.

## 材料 및 方法

本試驗은 1982年 麥類研究所 大麥育種 圃場에서 短期登熟性에 관한 遺傳研究을 위해 選拔된 10 品種 및 系統을 10月 10日에 50×18cm로 分割區配置法 2反復으로 播種하였으며 施肥量은 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O = 11-9-7kg/10a 水準으로 施用하였고 기타 栽培法은 麥類研究所 標準栽培法에 準하였다. 비닐 被覆區는 12月 下旬부터 다음해 2月 中旬까지 被覆하고 비닐 除去는 7日間 硬化시킨 후 除去하였다. 4月 20日부터 出穗가 始作되었는데 出穗期를 同一하게 하기 위하여 出穗한 이삭을 이삭별로 標示하였으며 出穗後 20~25日부터 2~3日 間隔으로 12 이삭씩을 採取하여 芒, 止葉 및 外穎의 色度 變化 및 穀粒의 水分含量 및 乾物重의 增加를 調査하였다. 溫室栽培는 野外에서 播種을 消去한 후 溫室에 移植하여 出穗前 30日부터 溫度를 晝間 17~20℃, 夜間 15℃, 日長은 13時間으로 處理하여 出穗後 20日부터 같은 方法으로 乾物重 增加를 調査하였다. 灰分含量은 Ash-rapid method(AACC-Method 08-03)를 使用하여 3反復 測定하였다. 보리 出穗前後 및 登熟期間의 氣溫과 降雨量은 그림 1에서 보는 바와 같이, 一般的으로 越冬後 旱魃과 低溫에 依해 生育再生이 매우 不振하였으나 그 後의 氣象은 보리 生育에 매우 좋았다.

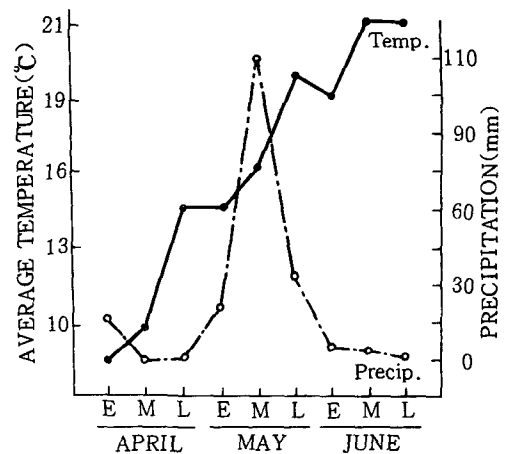


Fig. 1. Average air temperature and precipitation during the grain-filling period at Suweon in 1982.

## 結果 및 考察

### 1. 登熟過程中 登熟關聯 形質間的 相互關係

登熟過程(出穗에서 成熟) 中 登熟關聯 形質間 相互關係를 表 1에서 보면 登熟日數와 水分含量과는

높은 負의 相關을, 穀粒의 乾物率, 千粒重, 硬度, 外穎의 變色과는 높은 正的 相關<sup>7)</sup>을 보이므로서 登熟이 進展됨에 따라 穀粒의 水分이 減少되고 穀粒의 乾物重이 增加되며 外穎의 색깔은 黃化되었다. 硬度는 硬度計로 2kg의 힘을 加하였을 때 穀粒의 幅이 줄어드는 程度를 調査한 것으로 높은 相關을 보여 成熟 指標의

**Table 1.** Correlation coefficient matrix showing relationship among variables related to grain-filling under 3 different environmental conditions during the grain-filling process.

Variable	Maturing period (MP)	Moisture content (MC)	Ratio of dry wt.(R)	Dry wt. (DW)	Hardness (H)
MC (VM)	-0.909**				
(GH)	-0.874**				
(F)	-0.862**				
R (VM)	0.962**	-0.999**			
(GH)	0.851**	-0.951**			
(F)	0.866**	-0.993**			
DW (VM)	0.720**	-0.695**	0.690**		
(GH)	0.812**	-0.552**	0.517**		
(F)	0.384**	-0.436**	0.433**		
H (VM)	0.652**	-0.725**	0.543**		
LC (VM)-	0.780**	-0.803**	0.799**	0.605**	0.606**
(GH)	0.779**	-0.756**	0.769**	0.600**	-
(F)	0.823**	-0.768**	0.765**	0.434**	-

\*, \*\* Significant at the 5 and 1% level respectively, LC -- Lemma color, VM -- Vinyl mulching, GH -- Greenhouse, F -- Field.

一部分이 될 수 있다 하겠다.

그러나 千粒重과 穀粒의 乾物重과의 相關係數 ( $r = 0.384^{**}$ )는 圃場에서 낮게 나타났는데 이는 登熟後期의 高溫이 穀粒의 發達에 影響을 준 것으로 생각된다 (3, 6, 15, 20, 22, 25, 32)

### 2. 登熟速度 및 灰分含量의 品種間 變異

보리 品種의 登熟速度와 栽培環境에 따른 變化를 그림 2에서 보면 早期出穗系統인 SB 76588은 溫室과 비닐 被覆區에서 出穗後 33일에, 圃場에서 30日頃에 穀粒의 發育이 거의 끝났으며 SB 70248은 圃場과 비닐 被覆區에서 出穗後 33日頃에 穀粒의 發育이 거의 完了되었다. 한편 晩期出穗系統인 CI 15446은 溫室, 圃場 및 비닐 被覆區에서 모두 비슷한 增加曲線을 보이고, Tokak은 溫室과 圃場에서 增加曲線이 비슷하고 컸으며 溫室의 경우 매우 큰 增加를 보였는데 이것은 이 品種이 갖는 特性 즉 中央列은 크

고 側列粒은 相對的으로 작아 同化物質의 蓄積能力이 栽培環境에 따라 다른데 基因된 것으로 여겨진다. 2條麥인 水原 2條는 溫室에서 出穗後 27日頃에, 圃場에서는 30日頃에 同化物質의 蓄積이 거의 完了되어 代表的인 短期 登熟性 品種으로 생각된다. 穀粒의 灰分含量의 變化를 그림 3에서 보면 一般的으로 登熟初期에 높고 生理的 成熟期에 最小值를 보인後 약간 增加되는 傾向을 보였으며 水原 2條와 CI 15446의 灰分含量은 비닐 被覆區가 圃場보다 높았으나 Tokak은 이와 반대 傾向을 보였고 SB 76588은 비슷한 傾向이었다. 이런 傾向은 登熟率과 反對로 登熟이 빠르고 登熟率이 큰 品種이나 그러한 條件에서 栽培된 경우가 灰分含量이 적었다. 成熟期에 縱溝基部에 葉綠素의 消失 즉 黃色 또는 黑色이 나타나는 時期를 圃場條件에서 調査하였는데 品種間에 多少의 變異가 있지만 穀粒의 乾物重 最大點과 外穎의 色을 綜合하여 決定한 生理的 成熟期와 一致되는 品種이 있어 縱

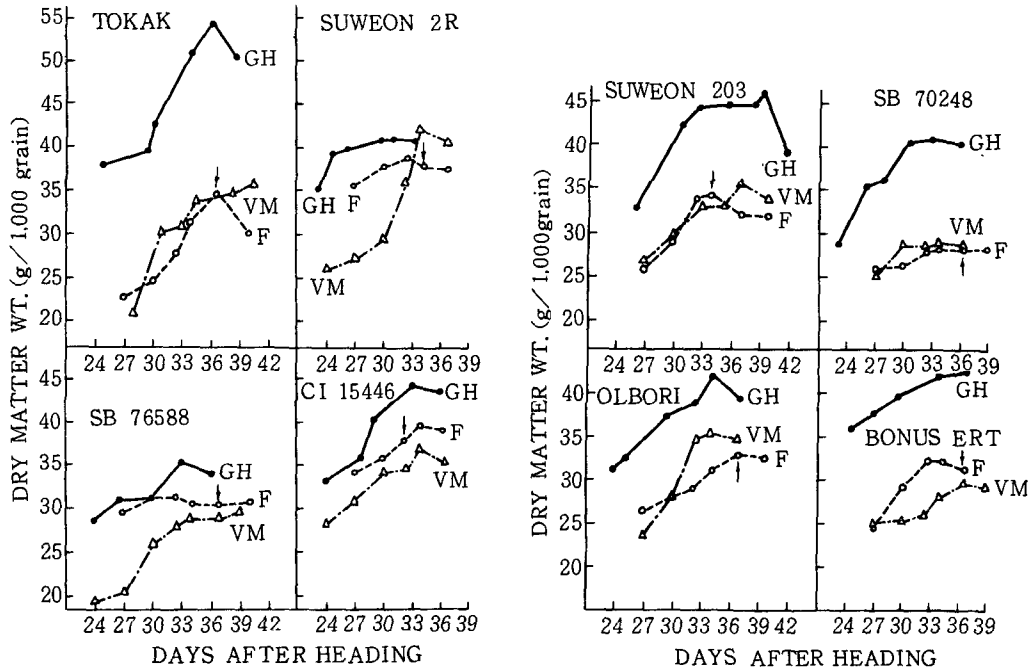


Fig. 2. Changes in grain weight after heading of 8 barley cultivars in the different conditions. The arrows are the points of yellow or dark color development at the base of the crease.

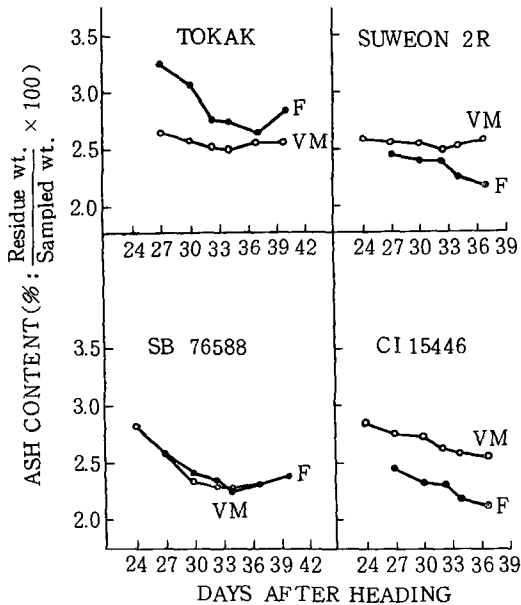


Fig. 3. Changes in ash content after heading of 4 barley cultivars in two conditions.

溝基部の黄色 또는 黑色 出現時期를 生理的 成熟期 決定에 直接的인 利用<sup>33,34)</sup>은 앞으로 좀더 研究되어야 할 것으로 본다. 만일 縱溝基部の 葉綠素 消失이 乾物重 最大值와 잘 一致된다면 보리의 成熟期를 決定하는 方法으로 보다 正確하고 有効한 方法이 될 것으로 본다.<sup>22)</sup>

### 3. 成熟期에 登熟關聯 形質間的 相互關係

登熟이 完了된 成熟期에 登熟日數와 關聯된 形質의 平均値 및 範圍를 表 2에서 보면 登熟日數는 3 處理間 비슷한 34日이었고 供試된 10個 品種들의 品種間 變異는 溫室에서 9日로 가장 컸으며 圃場에서는 5日로 가장 적어서 圃場에서 登熟日數에 관한 遺傳 研究는 여러 條件이 考慮되어야 하는데 이것은 6月 中下旬頃의 溫度의 上昇 및 乾燥에 依해 同化組織의 機能喪失로 생각된다. 千粒重은 溫室에서 가장 컸으며 開花期間은 溫室에서는 1~2日로 品種間 變異가 없었으나 圃場에서는 變異가 컸다. 水分含量은 圃場에서 적었고(37%), 溫室과 비닐 被覆區에서는 41%

**Table 2.** Mean, Range and standard deviation for several variables under different conditions at maturity.

Variable	Mean	Range	SE
MP (VM)	33.7	30 - 37	2.45
(GH)	34.2	30 - 39	2.62
(F)	34.4	32 - 37	1.65
TW (VM)	33.4	28.0 - 41.7	2.45
(GH)	42.0	35.3 - 53.6	5.17
(F)	32.5	24.8 - 38.8	4.30
A (VM)	3.9	2 - 6	1.37
(GH)	1.7	1 - 2	0.48
(F)	3.2	2 - 5	0.92
TA (VM)	69.4	48.5 - 102.6	20.76
(GH)	30.6	18.0 - 36	8.69
(F)	66.6	47.9 - 110.4	21.88
TM (VM)	562.2	488.8 - 655.6	66.88
(GH)	615.6	540.0 - 702.0	47.09
(F)	646.0	582.8 - 714.9	40.88
MC (VM)	40.6	34.2 - 46.0	3.86
(GH)	41.4	33.3 - 47.7	4.32
(F)	37.4	28.0 - 45.0	5.27
H (VM)	43.8	35.5 - 57.3	6.32
(GH)	-	-	-
(F)	45.8	37.0 - 53.0	5.52
LC (VM)	8.1	6 - 9	1.29
(GH)	8.6	7 - 9	0.70
(F)	8.1	6 - 9	1.29
FC (VM)	7.5	5 - 9	2.00
(GH)	-	-	-
(F)	4.5	2 - 9	2.12

MP--Maturing period, TW--1,000 grain weight, A--Anthesis, TA--Accumulated temperature at anthesis, TM--Accumulated temperature at maturity, FC--Flag leaf color.

로 비슷하였으나品種 및 栽培條件에 따라서 變異幅이 큰 傾向을 보였으며 外穎의 色度 變化는 品種間에 약간의 變異幅을 보였으나 外穎의 綠色이 消失되는 時期가 生理的 成熟期에 該當하였다. 손톱이나 어떤 物理的 힘을 加했을 때 胚乳가 蠟狀化되고 內容物이 나오지 않고 자국이 그대로 남아 있을 때를 成熟期로 볼 수 있다. 이들 形質間의 關係는 表 3에서 보는 바와 같이 登熟日數는 千粒重과 相關이 認定되지 않고 積算溫度와는 매우 높은 正의 相關을 보였다. 따라서 本 結果는 千粒重을 低下시키지 않고도 登熟日數를 短縮시킬 수 있는 可能性을 示唆하여 주는 것

으로 생각된다.

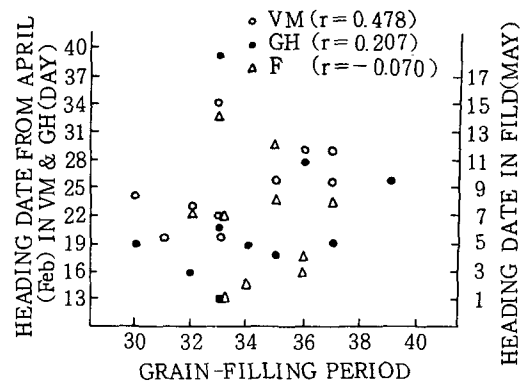
各 形質의 處理間 關係를 보면 登熟日數와 登熟期間에 비닐 被覆區와 溫室에서 높은 相關( $r=0.963^{**}$ ,  $0.918^{**}$ )을 보였으며 千粒重과 開花期間은 비닐 被覆區와 圃場에서 正의 相關을 보였다. 이는 品種間 登熟日數의 變化가 溫室과 비닐 被覆區間에 비슷함을 보여주는 것이다.

出穗期와 登熟日數의 相關은 그림 4에서와 같이 비닐 被覆區에서 약간 높은 數値를 보이나, 有意성이 없었고 다른 處理의 경우 相關係數가 매우 낮았다. 이 結果는 一般의 傾向과는 다른데 選拔 供試된 品種들은 出穗期의 早晚이 登熟에 미치는 影響이 적어서 登熟日數에 대한 遺傳關係를 研究하는데 그 影響을 排除시킬 수 있는 可能性을 보여준다.

處理別 出穗期 調節에 따른 登熟日數의 差異間에 相互關係를 表 4에서 보면 圃場-溫室(C-A)과 비닐 被覆區-溫室(B-A)에서 出穗促進 日數는 登熟促進 日數와 各各 높은 相關을 보였으나 圃場-비닐 被覆區(C-B)에서는 相關이 없었다. 後者의 경우 平均 出穗促進 日數와 登熟促進 日數는 12日 程度로 비슷하였으며 品種間 變異幅 역시 비슷한 傾向이었다. 이것은 앞에서 言及한 出穗期와 登熟日數가 서로 相關이 적은 結果와 一致하며 供試된 品種들은 登熟에 관한 遺傳研究 材料로 利用이 可能하다고 본다.

#### 4. 千粒重과 登熟日數의 品種間 變異

栽培環境에 따른 千粒重의 品種間 變異를 그림 5

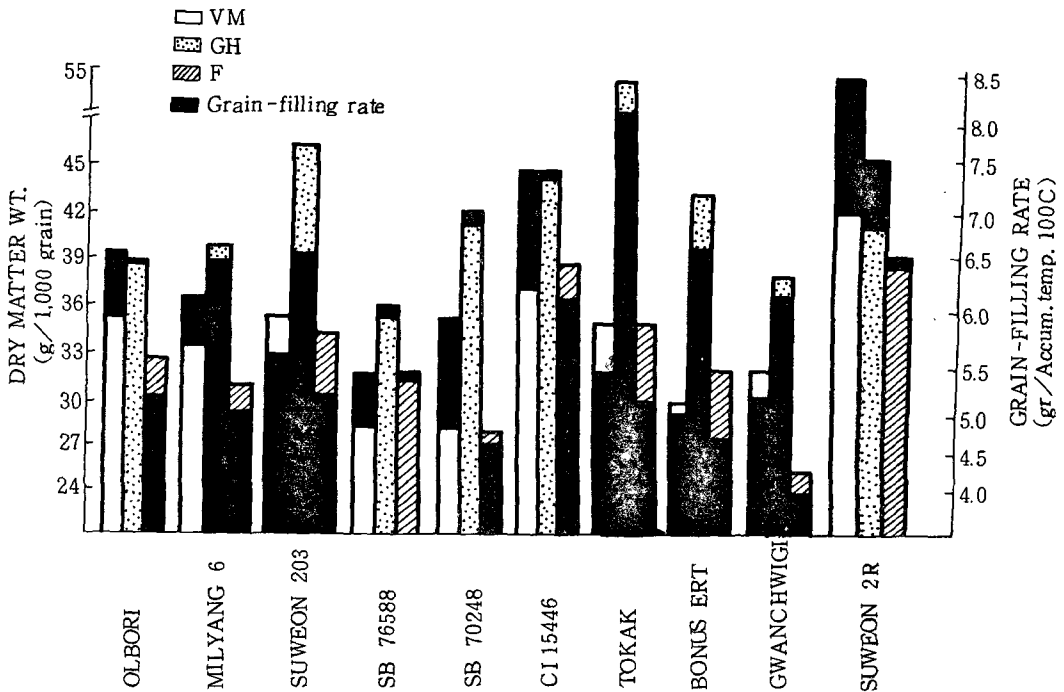


**Fig. 4.** Relationship between grain-filling period and heading date in vinyl mulching (from April 20), greenhouse (from Feb. 13), and field.

**Table 3.** Correlation coefficient matrix for variables related to grain filling period and Correlations among VM, GH and F at maturity.

Variable	MP	TW	A	TA	TM
MP(VM)	—	-0.186	0.817**	0.732*	0.947**
(GH)	0.963**	0.575	-0.563	-0.563	1.000**
(F)	0.501	-0.070	0.749**	0.634*	0.833**
TW(VM)		—	-0.309	-0.125	-0.107
(GH)		0.312	-0.139	-0.139	0.575
(F)		0.761**	0.199	0.252	0.190
A (VM)			—	0.967**	0.846**
(GH)			-0.218	1.000**	-0.563
(F)			0.635*	0.944**	0.792**
TA (VM)				—	0.805**
(GH)				-0.124	-0.563
(F)				0.604*	0.816**
TM(VM)					—
(GH)					0.918**
(F)					0.701*

N=10



**Fig. 5.** Varietal variation of 1,000 grain weight and grain-filling rate per accumulated temperature(100C) under different environmental conditions.

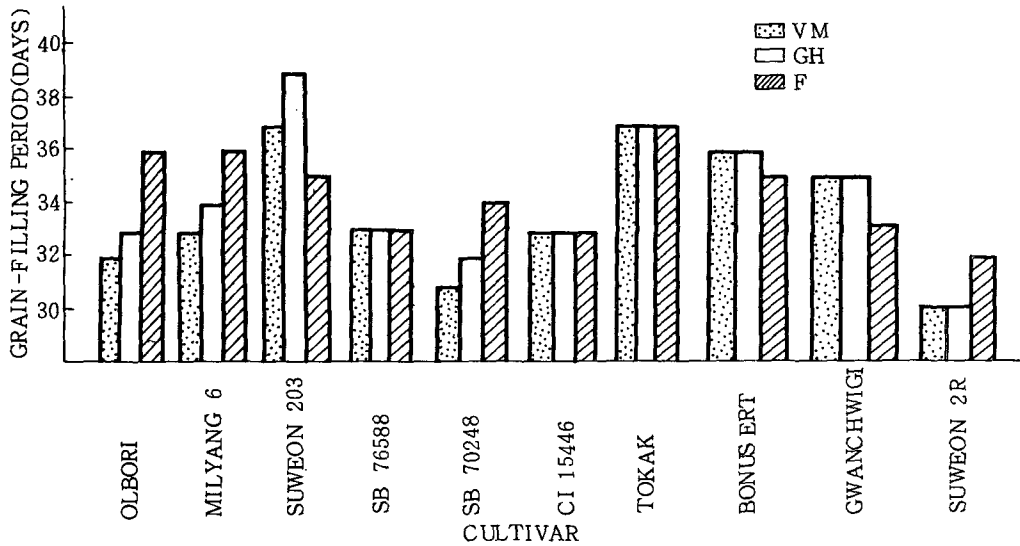
에서 보면 一般的으로 溫室에서 穀粒의 乾物重이 增加되었는데 特히 早期出穗系統인 SB 70248 과 晩期出穗系統인 水原 203 號, Tokak 및 Bonus ert가 크게 增加되었으며 水原 2 條는 變異幅이 가장 적었다. 비

닐 被覆區와 圃場의 경우에는 一定한 增加幅을 보이지 않았다. 積算溫成 100℃當 穀粒의 登熟率을 보면 一般的으로 溫室>비닐被覆區>圃場 順位였는데 登熟率이 큰 品種이나 그러한 栽培條件에서 千粒重이

**Table 4.** Mean, range, standard deviation and simple correlation coefficients between differences of heading and maturing date in three environmental conditions.

Variable		Mean	Range	SE	Simple correlation		
					X <sub>1</sub> (C-A)	X <sub>2</sub> (B-A)	X <sub>3</sub> (C-B)
Heading date	X <sub>1</sub> (C-A) <sup>+</sup>	73.8	64-78	4.3			
	X <sub>2</sub> (B-A)	62.5	54-67	3.8			
	X <sub>3</sub> (C-B)	12.3	9-20	3.0			
Maturing date	X <sub>4</sub> (C-A) <sup>++</sup>	74.0	64-79	4.9	0.901**	-	-
	X <sub>5</sub> (B-A)	61.9	54-67	4.0	-	0.977**	-
	X <sub>6</sub> (C-B)	11.8	7-16	2.9	-	-	0.035 <sup>ns</sup>

+ Heading date in GH(A), VM(B), and F(C). ++ Maturing date in GH(A), VM(B), and F(C)



**Fig. 6.** Varietal variation of grain-filling periods under different environmental conditions in barley.

增加되어 登熟初期에 積算溫度가 큰 경우 登熟率은 높고 千粒重이 무거웠다. 水原 2 條의 登熟率은 비닐被覆區가 제일 컸으며 CI 15446은 溫室과 비닐被覆區가 비슷하였으며 Tokak의 경우 溫室에서 供試品種中 가장 큰 登熟率과 千粒重을 보였다. 요컨대 千粒重은 栽培環境에 따라 變異幅이 컸으며 登熟初期부터 積算溫度 100°C當 穀粒의 同化物質의 生成과 蓄積이 큰 경우에 千粒重이 增加되었으며 몇개의 品種을 除外하고는 登熟日數의 影響이 적어 千粒重에 대한 遺傳研究는 充分한 同化物質의 生成과 蓄積이 이루어질 수 있는 條件이 必要하다고 본다.

供試品種들은 環境條件에 따라 穀粒의 登熟日數의 變異는 적고 登熟率의 變異는 컸으며, 그림 6에서

보는 바와 같이 다른 環境條件에서 SB 76588, CI 15446, Tokak, Bonus ert와 水原 2 條는 登熟日數가 비슷한 傾向을 보였으나 올보리, 密陽 6 號, SB 70248 등은 비닐被覆區와 溫室條件에서 熟期가 약간 短縮되었는데 그 原因이 耐寒性, 感溫性 또는 水分의 多少에 基因되었는지에 대한 推論은 할 수 없었으나 品種間 變異는 8~9일로 登熟性에 관한 遺傳育種材料로 利用이 可能하다고 본다.

### 摘 要

보리 早熟品種을 育成하기 위해 交配親으로 選拔한 10個 品種을 環境을 달리하여 登熟 諸 形質間 關係,

品種間 變異와 分離世代에서의 遺傳率을 調査할 條件을 알고자 本 試驗을 實施하였는데 그 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 登熟速度的 品種間 差異는 顯著하였고 Tokak은 溫室과 圃場에서 그 增加量이 비슷하게 컸으며 水原 2條는 代表的인 短期 登熟性 品種으로 登熟이 빠르고 登熟率이 큰 品種이었으나 그러한 條件에서 灰分含量이 적었다.

2. 生理的 成熟期에 縱溝의 基部에 葉綠素 消失(黃變 또는 黑變) 時期를 成熟期의 指標로 利用할 可能性은 좀 더 研究가 必要하다.

3. 成熟期에 處理間 平均 登熟日數는 34日로 비슷하나 品種間 變異는 溫室에서 9日, 圃場에서 5日이었고 水分含量은 處理 및 品種間에 變異가 컸다.

4. 圃場 對比 비닐被覆區에서 平均 出穗促進 및 登熟促進 日數는 12日 程度로 供試된 品種들의 登熟日數는 栽培環境이 어느 程度 變化하여도 一定하여 登熟性에 關한 遺傳研究 材料로 利用이 可能하다.

5. 登熟初期에 100℃當 積算溫度가 큰 境遇 登熟率이 높고 千粒重이 무거워지며 千粒重의 研究를 위하여는 충분한 穀粒의 發育條件이 必要하다.

6. 本 試驗結果는 個體變異를 最小化 시킬 수 있다면 溫室과 圃場의 비닐被覆 條件에서 分離世代의 登熟性에 關한 遺傳研究의 可能性을 提示하여 준다.

#### 引 用 文 獻

1. Ahn, S.B.(1973) Studies on the varietal difference in the physiology of ripening in rice with special reference to raising the percentage of ripened grains. Korean J. Soc. Crop Sci. 14; 1-40.
2. Aksel, R. and L.P.V. Johnson(1961) Genetic studies on sowing-to-heading and heading-to-ripening periods in barley and their relation to yield and yield component. Can. J. Genet. Cytol. 3; 242-259.
3. Asana, R.d., and R.F. Williams.(1965)The effect of temperature stress on grain development in wheat. Aust. J. Agric. Res. 16; 1-13.
4. Carr, D.J., and I.F. Wardlaw(1965) The supply of photosynthetic assimilates to the grain from the flag leaf and ear of wheat. Aust. J. Biol. Sci. 18; 711-719.
5. Cho, C.H.(1974) Studies on the inheritance of heading date in wheat. (*Triticum aestivum* L. em Thell). Korean J. Soc. Crop. Sci. 15: 1-31.
6. Cho, J.Y., Y.W. Ha, and S.D. Kim (1979) Effects of location and temperature changes on heading, flowering and grain-filling in wheat (*Triticum aestivum* L.). Memorial papers for 60th Birthday of J.Y. Cho. PP 97-121.
7. Chun, J.U., E.S. Lee, and H.S. Lee(1982) Genetic studies on heading-to ripening period and its relationship to yield components in barley. I. Studies on maturity criteria in barley. Korean J. Crop Sci. 27: 49-54.
8. Crumpacker, D.W., and R.W. Allard(1962) A diallel cross analysis of heading date in wheat. Hilgardia. 32(6): 275-318.
9. Daynard, T.B., and W.G. Duncan(1969) The black layer and grain maturity in corn. Crop Sci. 9: 473-476.
10. Daynard, T.B. J.W. Tanner, and W.G. Duncan (1971) Duration of the grain filling period and its relation to grain yield in corn *Zea mays* L. Crop Sci. 11: 45-48.
11. Eastin, J.D., J.H. Hultquist, and C.Y. Sullivan (1973) Physiologic maturity in grain sorghum. Crop Sci. 13: 175-178.
12. Gebeyehou, G., D.R. Knott, and R.J. Baker (1982) Rate and duration of grain filling in durum wheat cultivars. Crop Sci. 22: 337-340.
13. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, and \_\_\_\_\_ . (1982) Relationships among duration of vegetative and grain filling phases, yield components, and grain yield in durum wheat cultivars. Crop Sci. 22: 287-290.
14. Hallauer, A.R. and W.A. Russell(1962) Estimates of maturity and its inheritance in maize. Crop Sci. 2: 289-294.
15. Ham, Y.S.(1974) Studies on grain filling and quality changes of hard and soft wheat grown under the different environmental conditions. Korean. J. Soc. Crop. Sci. 17: 1-44.
16. Harlan, H.V., and M.N. Pope(1923) Water content of barley kernels during growth and maturation. J. Agr. Res. 23: 333-360.



17. Hashimoto, R., and J. Hirano(1963) Selection of parental materials for crosses in the early-maturity breeding program of wheat. (Part 3) Genetic studies on maturing date in F<sub>2</sub>-F<sub>5</sub> generations. Chugoku Agric. Expt. St. A9: 31-61.
18. \_\_\_\_\_, H. Eguchi, and J. Hirano(1966) Selection of parental materials for crosses in the early-maturity breeding program of wheat. 4. Intervarietal differences of number of days from heading to anthesis and from anthesis to maturity, and selection methods for them. Chugoku Agric. Expt. St. A13: 87-109.
19. Hillson, M.T. and L.H. Penny(1965) Dry matter accumulation and moisture loss during maturation of corn grain. Agron. J. 57; 150-153.
20. Hoshikawa, K.(1959) Influence of temperature upon the fertilization of wheat, grown in various levels of nitrogen. Proc. Crop Sci. Japan. 28: 291-295.
21. \_\_\_\_\_, (1961) Studies on the ripening of wheat grain. 4. Influence of temperature upon the development of the endosperm. Proc. Crop Sci. Soc. Japan. 30: 228-231.
22. Housely, T.L., A.W. Kirleis, H.W. Ohm, and F.L. Patterson(1982). Dry matter accumulation in soft red winter wheat seeds. Crop Sci. 22: 290-294.
23. Kiesselbach, T.A., and W.E. Lyness(1924) Spring small grains. Nebr. Agric. Exp. Stn. Bull. 201.
24. Kim, S.D.(1981). Changes in anthesis, grain-filling and grainyield accompanied by hastening of heading date in winter wheat and barley in the north-mid region of Korea. M.S. thesis, Seoul Nat, Univ.
25. Kwon, Y.W., J.C. Shin, J.C. Kim, D.J. Yoo, Y.K. Hong, and J.K. Park(1980) Maturation characteristics and optimum harvest time of barley crop. Agric. Res. Rpt. Gyeonggi P.O.R.D. 1: 59-67.
26. Lee, H.J., G.W. McKee, and D.P. Knievel(1979) Determination of physiological maturity in oat. Agron. J. 71(6): 931-935.
27. Nass, H.G. and B. Reiser(1975) Grain-filling period and grain yield relationships in spring wheat. Can. J. Plant Sci. 55: 673-678.
28. Olson, G.A.(1923) Study of factors affecting the nitrogen content of wheat and of the changes that occur during the development of wheat. J. Agric. Res. 24: 959-953.
29. Pinthus, M.J.(1963) Comparision of dry matter accumulation and moisture content in the developing kernels of bread wheat, durum wheat, and barley. Israel J. Agric. Res. 13: 117-124.
30. Shaw, R.H. and H.C.S. Thom(1951) On the phenology of field corn, silking to maturity. Agron. J. 43: 541-546.
31. Sofield, I., I.E. Wardlaw, L.T. Evans, and S.Y. Zee(1977) Nitrogen, phosphorus and water contents during grain development and maturation in wheat. Aust. J. Plant physiol. 4: 799 810.
32. Wattal, P.N.(1965) Effect of temperature on the development of the wheat grain. Indian J. Plant Physiol. 8: 145-159.
33. Zee, S.Y.(1975) Scanning microscope observations of the pigment strand in the caryopsis of wheat. Aust. J. Bot. 23: 107-110.
34. \_\_\_\_\_, and T.P. O'Brien(1970) Studies on the ontogeny of the pigment strand in the caryopsis of wheat. Aust. J. Biol. Sci. 23: 1153-1171.