

麥類登熟向上에 관한 研究

第2報 溫度 및 土壤水分差異가 小麥의 生育 및 登熟에 미치는 影響

河龍雄*·柳龍煥*·延圭復**·金輿東***

Studies on Grain-filling in Wheat

II. Effects of Temperature and Soil Moisture on the Growth and Grain-filling in Wheat

Ha, Y. W.*, Y. H. Ryu*, K. B. Youn** and S. D. Kim***

ABSTRACT

Effects of temperature and soil moisture on the growth and grain-filling of two wheat cultivars were investigated. Two levels of temperature; day 30°C / night 25°C and day 20°C / night 15°C and two levels of soil moisture; stressed (45-50% of F.C.) and non-stressed (50-60% of F.C.) were imposed in the green house from heading date to the maturity and grain weight, chlorophyll content of flag leaf and leaf area index(LAI) were observed at weekly interval.

Grain maturation was faster in the high temperature than those in the lower temperature. Chlorophyll content of flag leaf and LAI decreased rapidly in the high temperature and chlorophylls disappeared at the 20 days after heading. In lower temperature condition, slower decrements were shown in chlorophyll content and it remained until 45 days after heading. Grain weights in the high and optimum temperature conditions reached to maximum values at 29 days and 45 days after heading, respectively. Differences of grain weight and chlorophyll content of flag leaf were not significant between stressed and non-stressed soil moisture condition.

緒 言

著者等²⁾은 우리 나라 氣候條件下에서 小麥의 開花期가 빨라지면 登熟期間이 길어지고 干粒重이 增加됨을 報告한 바 있으며, 또 外國에 비해 小麥의 登熟期間이 짧은 것은 登熟期間中 高溫과 土壤水分의 過不足에 의한 登熟障害 때문일 것이라고 推測하였다. 그 後 關聯된 試驗으로 溫도와 土壤水分 差異가 小麥

의 生育 및 登熟에 미치는 影響을 究明코자 本 試驗을 遂行하였던 바 몇 가지 知見을 얻었기에 그 結果의 大要를 報告하는 바이다. 本 研究를 遂行함에 있어 協助하여 준 小麥栽培科 職員 여러분께 謝意를 表하는 바이다.

材料 및 方法

本 試驗은 1979/'80 麥作期間中 麥類研究所 溫

* 麥類研究所, ** 忠清北道 農村振興院, *** 作物試驗場

* Wheat and Barley Research Institute, Suweon 170, ** Chungbuk Office of Rural Development, Cheongju 310, *** Crop Experiment Station, Suweon 170, Korea.

冷調節溫室의 幅 2.1m, 길이 9.3m의 4個 Bed에서 遂行하였다. 處理方法은 10月 1일부터 12月 13日까지 圃場에서 生育시켜 播性を 消去시킨 後 生育이 均一한 健全株를 選別해서 株間距離 20m×10m로 移植하였으며, 溫度는 出穗前까지는 晝間 20°C, 夜間 15°C로 維持하였고, 出穗後에는 適溫區는 晝間 20°C

夜間 15°C로 하고, 高溫區는 晝間 30°C 夜間 25°C로 維持하여 適溫區와 高溫區 各各에 土壤水分 最大 含水量이 50~60%의 適濕區와 土壤水分 40~50%로 調節한 旱魃區를 두었다. 10a當 施肥量은 窒素12kg, 磷酸 9kg, 加里 7kg의 水準으로 施用하고 其他栽培 法과 調査方法은 麥類研究所 標準耕種基準 및 調査

Table 1. Soil moisture content during grain-filling period by oven-dry method.

Treatment		Observed dates					
Temperature (day/night)	Soil moisture	Feb. 19	Feb. 27	Mar. 5	Mar. 12	Mar. 19	Mean
30 / 25 °C	Optimal moisture	24.5 (59.0)*	24.3 (58.6)	26.5 (63.9)	20.7 (49.9)	25.2 (60.7)	24.2 (58.4)
	Water Stress	19.4 (46.8)	11.4 (27.5)	22.1 (53.3)	12.7 (30.6)	28.9 (69.6)	18.9 (45.6)
	Optimal moisture	26.2 (63.1)	30.2 (72.8)	27.2 (65.6)	20.9 (50.4)	30.1 (72.5)	26.9 (64.9)
20 / 15 °C	Water Stress	25.9 (62.4)	21.5 (51.8)	15.3 (36.9)	11.0 (26.5)	28.4 (68.4)	20.4 (49.2)

* Represents the proportion of soil moisture content over field moisture capacity.

基準에 準하였다.

結果 및 考察

1. 溫度 및 土壤水分과 登熟에 關聯된 몇 가지 形質과의 關係

1) 開花 및 登熟期間

溫度 및 土壤水分處理에 따른 品種別 開花나 登熟 期間의 變化는 表2에서와 같이 開花期間은 品種과 土壤水分處理에 關係없이 主로 溫度에 依하여 支配 되어 高溫區에서 4日, 適溫區에서는 6~7日이 所要 되어 栽培溫度가 10°C 낮아짐에 따라 2~3日이 길어

졌다. 이와 같은 結果는 安田 等¹⁷⁾이 많은 大麥品種을 利用하여 出穗부터 開花까지의 日數와 開花前 15日間의 平均氣溫과는 -0.7342라는 높은 負의 相關關係를 보였고 極早熟 品種일 수록 더 높은 負의 相關關係가 있었다는 報告와 出穗~開花, 開花~成熟 期間의 長短은 各各 開花前後의 平均氣溫에 依해서 影響된다는 渡邊 等¹⁶⁾의 報告와도 一致하였다. 한편, 登熟期間도 品種間보다는 溫度의 影響이 커서 高溫區는 適溫區에서보다 顯著히 짧아 8~9日의 差異가 있었는데 이와 같은 結果는 前報²⁾에서 溫度가 낮은 時期에 出穗한 것이 登熟期間이 길어진 것과 같은 結果이었다.

Table 2. Flowering and grain-filling periods as affected by different temperature and soil moisture.

Items	20 / 15 °C				30 / 25 °C			
	Optimal moisture		Water Stress		Optimal moisture		Water Stress	
	Geurumil	Cheong-gemil	Geurumil	Cheong-gemil	Geurumil	Cheong-gemil	Geurumil	Cheong-gemil
Heading date	2.28	2.28	2.28	2.28	2.24	2.24	2.24	2.24
Flowering period (days)	6	7	6	6	4	4	4	4
Maturing date	4.15	4.15	4.13	4.13	3.31	3.31	3.29	3.29
Grain-filling Period (days)	40	39	38	38	31	31	29	29

한편, 土壤水分處理間에는 旱魃區가 適濕區에서 보다 1~2일이 짧았으나 溫度에 依한 差만큼 그 影響이 크지 않았다.

2) 葉面積指數와 葉綠素含量 變化

葉面積의 變化는 登熟期間의 溫度에 敏感한 反應을 보였는데 그루밀, 청계밀 모두 適溫區에서 葉面積指數가 높고 登熟進展에 따른 葉面積의 減少程度가 緩慢하여 葉面積維持期間이 길었으며, 高溫區에서는 出穗 15日以後 葉面積이 急激히 減少하여 出穗後 22日頃에는 葉面積指數가 거의 零에 가까웠다.

土壤水分狀態에 따른 葉面積指數의 變化를 보면 高溫의 경우 水分條件에 따른 差異가 크지 않았으나 適溫의 境遇 適濕區가 旱魃區에서 보다 登熟期間中 葉面積指數가 大體로 높게 維持되어 出穗後 15日의 葉面積指數가 旱魃區는 1.6~1.9, 適濕區는 3.1~3.4 였던 것이 出穗後 45日에는 旱魃區의 葉面積指數가 零에 이른 반면 適濕區에서는 0.6~1.5程度였다.

品種別로는 어느 處理에서나 청계밀의 葉面積指數가 높았는데 이는 品種固有의 特性으로 본다.

한편, 處理別 葉綠素含量의 經時的 變化는 葉面積指數의 變化와 같은 樣相을 보여서 高溫區에서는 出穗後 22日의 葉綠素含量이 거의 零에 가까워 綠色의 있을 辨 수 없었던 反面 適溫區에서는 29日까지 많았고, 特히 適濕區에서는 旱魃區에 比하여 約4倍 程度의 葉綠素含量을 보였다. 그러나 登熟期間中 土壤水分處理에 따른 葉綠素含量은 同一溫度條件下에서

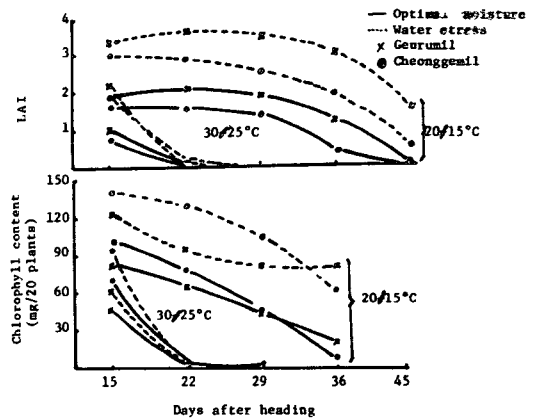


Fig. 1. Changes in leaf area index (LAI) and chlorophyll content as influenced by different temperature and soil moisture after heading.

는 適溫區와 出穗後 36日 處理를 除外하고는 청계밀 보다 그루밀에서 葉綠素含量이 높았다.

2. 溫度 및 土壤水分과 収量 및 収量構成要素와의 關係

1) ㎡當 穗數 및 一穗粒數

溫度 및 土壤水分의 差異에 따른 穗數 및 一穗粒數의 變化는 表3에서 보는 바와 같이 1㎡當 穗數는 適溫區에서보다 高溫區에서, 適濕區에서보다 旱魃區에서 顯著히 적었는데 그 程度는 溫度差에 依한 것

Table 3. Changes in number of spikes per m² and number of grains per spike under different temperature and soil moisture.

Treatment		No. of Spikes per m ²		No. of grains per spike	
Temperature	Soil moisture	Geurumil	Cheonggemil	Geurumil	Cheonggemil
30 / 25 °C	Optimal moisture	229	295	32	34
	Water stress	117	184	31	33
20 / 15	Optimal moisture	254	364	29	35
	Water stress	170	277	31	38

보다 水分에 따른 差異가 더 크게 나타나 穗數는 適溫適濕區에서 가장 많았고 다음으로 高溫適濕區 適溫旱魃區 順으로 減少되어 高溫旱魃區에서 가장 적었다.

品種別로는 그루밀이 어느 溫度處理에서나 청계밀 보다 土壤水分 不足에 依한 穗數減少率이 컸으나 同一한 土壤水分 條件일 때 溫度差異에 따른 穗數減少程度는 청계밀이 多少 크게 나타났는 바 이러한 結果는 土壤水分不足으로 뿌리 發達이 不良하여 養·水

分の 吸收가 活潑하지 못하고 植物體內 物質代謝 및 同化作用에 依한 乾物生産이 萎縮되어 分蘗이 抑制되고 蘗子間에는 養·水分에 對한 競爭이 甚하여 穗數가 減少된 것으로 본다.^{1, 5, 7, 12)}

一穗粒數는 高溫區에서는 그루밀, 청계밀 모두 適濕區와 旱魃區가 大差없었으나, 適溫區에서는 旱魃區가 ㎡當 穗數가 적었기 때문에 相對적으로 一穗粒數가 많아진 것으로 본다.

2) 千粒重

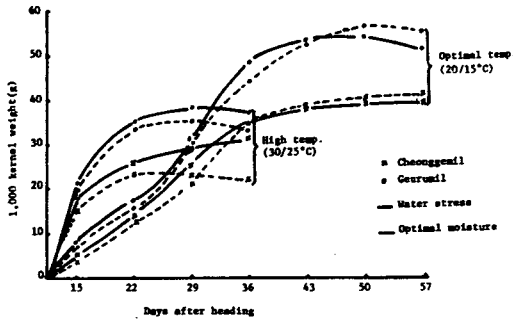


Fig. 2. Changes in 1,000 kernel weight as affected by optimal temperature and high temperature, optimal moisture and water stress in grain-filling period.

千粒重의 變化를 그림2에서 보면 高溫區와 適溫區에서 서로 크게 다른 樣相을 나타냈다.

高溫區에서는 出穗後 15日頃까지는 穀粒重의 增加速度가 急激하였고, 出穗後 29日頃에는 千粒重이 最高에 達하였으며, 適溫區에서는 大體로 出穗後 25日頃까지는 穀粒重 增加速度가 緩慢하였고, 그 後 多少 빨라져 出穗後 40~50日에 粒重은 最大에 達하였다. 또 千粒重은 土壤水分條件에 따라서도 약간의 差異가 있었는데 適濕區의 千粒重은 그루밀이 55.2g, 청계밀이 40.9g 인데 비해 高溫區에서는 適濕區보다 24.8g과 18.2g이 각각 적었고, 旱魃區에서는 適溫으로 維持한 것은 그루밀이 51.9g, 청계밀이 40.2g 인데 비해 高溫으로 維持한 區는 適溫區보다 18.1g과 11.2g이 각각 적었다. 이러한 結果는 穀粒重의 增加速度와 登熟期間의 變化가 氣溫이 높을수록 登熟期間은 짧아지고 穀粒重의 增加速度는 빨라지며 成熟期가 短縮된다는 많은 報告와 一致하는 傾向이었고^{2, 3, 15, 16}, 高溫區의 境遇 千粒重의 減少가 컸던 것은 登熟期間中 穀粒重의 增加率은 높았으나 種質의 炭水化合物은 90~95%가 登熟期間中의 同化產物에 依存하는 것으로 생각할 때 葉의 老化가 促進됨에 따라 葉面積이 적고, 그 維持期間이 짧았던 때문일 것이다.^{3, 13}

한편, 土壤水分 差異에 따른 千粒重의 變化를 보면 適溫區에서는 適濕區와 旱魃區 사이에 큰 差異없이 適濕區에서 多少 높게 維持되었으나 高溫條件下에서는 適濕區보다 旱魃區에서 오히려 千粒重이 多少 增大한 結果를 보였다. 一般적으로는 過濕하여 뿌리 機能障害가 없는 한 土壤水分은 充分할 수록 粒重은 增大하는 것으로 알려져 있는데 本試驗의 高溫區에서는 오히려 乾燥한 狀態에서 千粒重이 크게

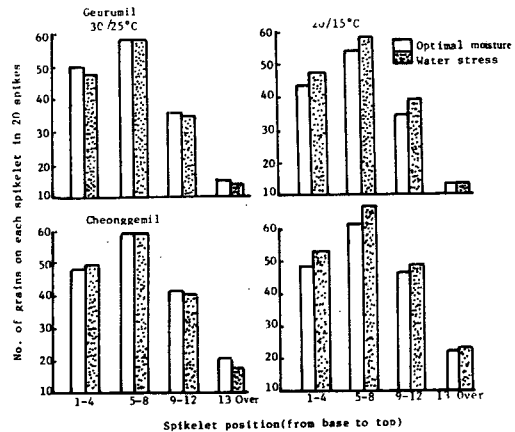


Fig. 3. Changes in number of grains borne on each spikelet by position in spike as affected by different temperature and soil moisture after heading.

나타났는 바 이는 適濕區와 比較해 볼 때 10% 程度의 水分差異보다는 旱魃條件에서 分蘖數 減少에 따른 個體, 또는 分蘖莖間 土壤水分에 對한 競爭이 適濕區에서 보다 甚하지 않는데 基因하였는지 더 檢討해 보아야 할 問題이다.

3) 小穗別 粒數와 粒重分布

小麥의 이삭은 品種間 多少 差異가 있지만 大體로 한 이삭에 10~20個의 小穗數(Spikelets)가 있으며 각 小穗에는 3~9個의 小花(florets)가 分化發育된다. 小穗段數는 小穗分化期에 이미 決定이 되고¹⁵ 小穗別 小花數는 小穗分化期 以後 出穗期 사이에 決定이 되며 分化는 小花가 穀粒으로 着生되기까지는 出穗로부터 開花期까지에 發育을 完成하게 된다. 따라서 出穗로부터 開花授精까지의 土壤水分不足은 이삭의 小穗別 着生粒數를 減少케 하며, 高溫은 開花授精을 促進하게 되나 이삭의 基部 및 先端部의 弱勢小穗 및 小花의 發達이 抑制되어 결국 小穗數 및 一穗粒數의 減少를 招來하게 된다.^{4, 13}

本試驗의 結果 小穗別 着生粒數는 그림3에서와 같이 이삭의 基部로부터 5~8 小穗에서 粒數가 가장 많았고, 다음은 1~4 小穗, 9~12小穗의 順이었고, 13 小穗以上에서 粒數가 가장 적었으며 處理溫度別로는 高溫區의 境遇 12小穗까지는 두 品種 모두 큰 差가 없었으나 청계밀은 旱魃區에서 13 小穗의 弱勢小穗의 粒數가 多少 減少되었고, 適溫區의 境遇 12小穗까지는 두 品種에서 모두 旱魃條件이었을 때 오히려 粒數가 많았으며 13 小穗以上에서는 差異가 없었다. 適溫區에서 弱勢小穗인 이삭 先端部에서 處理

間 粒數의 差異가 크지 않았던 것으로 보아 本 試驗에서 處理한 溫度 및 土壤水分에서는 小穗段數別 粒數가 달라질 程度로 差가 큰 것은 아니었던 것으로 생각된다. 한편, 出穗後 經時的으로 調查한 小穗段數別 千粒重의 分布는 그림 4에서와 같은데 두 品種 모두 土壤水分 處理間에는 큰 差異가 없었고 溫度에 依한 粒重의 差異가 컸는데 두 品種 모두 出穗後 15 日의 千粒重은 모든 登熟期間이 짧았던 高溫區가 適溫區에서 보다 全小穗에 걸쳐 무거웠으나 高溫區에서는 出穗後 29日에 登熟을 完了하였던 反面 適溫區에서는 登熟期間이 길어져 成熟期에는 이삭의 基部 및 先端部의 粒까지도 高溫區의 이삭 中央部의 粒重보다 더 무겁게 나타났다.

한편, 高溫區에서는 이삭의 小穗別 千粒重의 差異가 적은 反面 適溫區에서는 이삭의 先端部로 갈수록 千粒重이 가벼워지는 傾向이었다. 그루밀의 境遇 高溫區에서는 小穗別 千粒重의 差異가 적은데 比하여 適溫區에서는 이삭의 基部로부터 中央部 小穗까지의

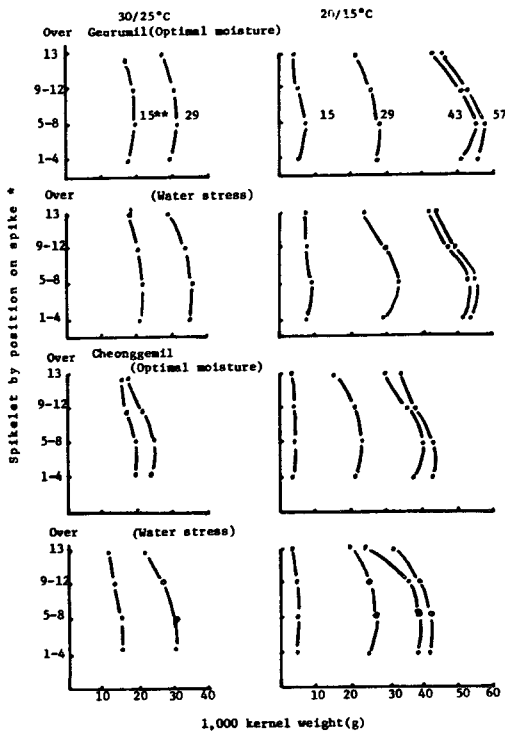


Fig. 4. Effects of temperature and soil moisture on 1,000 kernel weight of the grain from each spikelet by position on the spike.

* Spikelet positions are determined from base

** Days after heading.

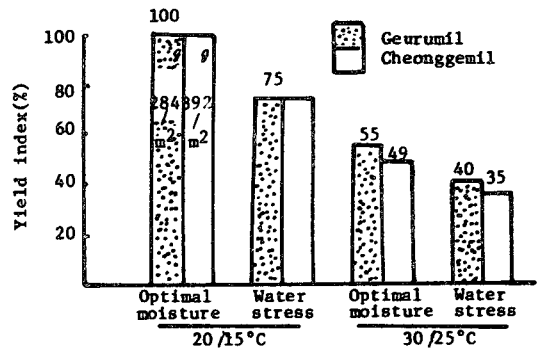


Fig. 5. Relationship between temperature, soil moisture in grain-filling period and yield.

千粒重은 비슷하였고 先端部의 粒重에서 差異가 컸다.

4) 收 量

1㎡當 種實收量은 그림 5에서 보는 바와 같이 處理別로는 溫度差가 土壤水分 差異보다 收量에 미치는 影響이 크게 나타났고, 溫度處理에서는 高溫區에서 보다 適溫區에서, 土壤水分別로는 旱魃區에서보다 適濕區에서 收量이 높았으며, 溫도와 土壤水分이 相互作用의 效果는 相加的으로 나타났는데 適溫適濕區에서 收量이 가장 높아 그루밀이 1㎡當 284g, 청계밀이 392g인데 比하여 溫도와 水分處理組合의 收量水準은 適溫旱魃區 75%, 高溫適濕區 49~55%, 高溫旱魃區 35~40%로 나타났다.

品種別로는 各 處理에서 모두 청계밀의 收量이 그루밀보다 높았으며 이것은 收量構成要素로 볼 때 청계밀이 그루밀보다 穗數가 많은 品種特性 때문이라고 생각된다. 그러나 圃場狀態에서는 地域에 따라 氣象條件이 다르기 때문에 청계밀의 收量은 相異할 것이다.

摘 要

本 試驗은 1979/1980年 麥作期間中 麥類研究所에서 小麥品種 그루밀과 청계밀을 圃場에 播種하여 秋播性を 消去한 後 溫室에 移植하여 出穗期까지 晝間/夜間溫度를 20/15°C 條件에서 栽培한 다음, 出穗期 以後 晝間/夜間 溫度를 30/25°C (高溫區), 20/15°C (適溫區)의 두 處理區를 두고 各 溫度別 土壤水分을 圃場容水量의 50~60% (適濕區), 40~50% (旱魃區)의 두 處理로 하여 溫도와 土壤水分의 差異가 小麥의 生長 및 登熟에 미치는 影響을 究明하고자 하였던 바 그 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 開花 및 登熟期間은 各各 適溫區에서 6~7日과 38~40日 이었고 高溫區에서는 各各 4日과 29~31日 이 所要되었다.

2. 出穗後 15日의 葉面積指數 및 葉綠素含量은 適溫適濕區, 高溫適濕區, 適溫旱魃區, 高溫旱魃區 順으로 葉面積指數가 높았고, 葉綠素含量이 많았으나 以後 高溫區에서 急激히 減少하여 出穗後 22日에 零에 이른 反面 適溫區에서는 그 減少程度가 緩慢하여 出穗後 45日까지 維持되었다.

3. 土壤水分 不足에 依한 1㎡當 穗數 減少 程度는 그루 밑에서 컸고, 同一水分 條件일 때는 高溫에 依한 穗數 減少 程度는 칭게 밑에서 컸다.

4. 穀粒重은 高溫에서는 粒의 發育이 빨라서 出穗後 29日에 最高에 達했으나 適溫區에서는 發育程度가 緩慢하여 45~50日에 最高에 達하였고, 粒重도 무거웠다.

5. 小穗段數別 着生粒數 및 千粒重 分布는 이삭의 基部로부터 5~8 > 1~4 > 9~12 > 13 以上の 小穗順으로 많았고 粒重도 무거웠다.

6. 1㎡當 收量은 適溫適濕區에 比하여 두 品種 모두 適溫旱魃區 25%, 高溫適濕區 45~51%, 高溫旱魃區 60~75%가 各各 減收되었다.

參 考 文 獻

1. Carpenter, R. W., H. J. Haos and E. F. Miles (1952) Nitrogen uptake by wheat in relation to nitrogen content of soil. *Agron. J.* 44: 420-423.
2. 趙載英·河龍雄·金奭東(1979) 地域 및 溫度變動이 小麥의 出穗·開花 및 登熟에 미치는 影響. 趙載英 博士回甲記念 論文集: 97-121.
3. Evans, L. T. (1975) *Crop physiology ed.* Cambridge Univ. Press: 101-149.
4. Friend, D. J. C. (1965) Ear length and spikelet number of wheat grown different temperature and light intensitis. *Can. J. Bot.* 43:345-353.
5. Gericke, W. F. (1922) Certain relations between root development and tillering in wheat: significance in the production of high protein

- wheat. *Amer. J. Bot.* 9: 366-369.
6. 咸泳秀(1975) 環境變動에 따른 硬·軟質小麥의 登熟 및 品質變化에 관한 研究. *韓國作物學會誌* 17: 1-44.
7. 河龍雄·尹儀炳·延圭復·李殷燮·裴聖浩(1979) 麥類의 生育時期別 旱魃이 生育 및 收量에 미치는 影響. 趙載英博士回甲記念論文集: 122~133.
8. Hoshikawa, K. (1961) Studies on the ripening of wheat 4. The influence of temperature on endosperm formation of wheat. *Proc. Crop Sci. Jap.* 30: 228-231.
9. ILJIN, W. S. (1957) Drought resistance in plants and physiological processes. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 8: 257-274.
10. 溝口徳三郎·小池博·廣田博次(1956) 裸麥의 登熟期에 於ける 土壤適濕과 登熟障害との關係. *中國農業研究* 2: 9-10.
11. Puckridge, D. W. (1968) Competition for light and its effect on leaf and spikelet development of wheat plant. *Aust. J. Agric. Res.* 19: 191-201.
12. Salim, M. H., G. W. Todd and A. M. Schlehhaber (1965) Root development of soil moisture stress *Agron. J.* 57: 603-607.
13. Simpson, G. M. (1968) Association between grain yield per plant photosynthetic area above the flagleaf node in wheat. *Can. J. plant sci.* 48: 253-268.
14. Wardlaw, I. F. (1971) The early stages of grain development in wheat response to water stress in a single variety. *Aust. J. Biol. Sci.* 24: 1047-1055.
15. 和田榮太郎(1936) 小麥의 穗의 分化에 就て. *農業及園藝*. 11 (2): 119-127.
16. 渡邊 金·平野壽勲(1959) 大麥品種의 出穗~開花, 開花~成熟期間의 長短과 氣溫との關係. *中國農業研究* 16: 11~13.
17. 安田昭三, 赤木温郎(1959) 大麥에 於ける 出穗から開花までの期間의 長と溫度との關係. *農學研究* 46(4): 193-197.