

氣溫과 地溫의 差異가 강보리生育 및 收量에 미치는 影響

河 龍 雄*

Effect of Difference between Soil- and Air-temperatures on Agronomic Characters of a Barley Cultivar Kangbori (*Hordeum vulgare* L. Emend. Lamark)

Yong Woong Ha*

ABSTRACT

This experiment was carried out to analyze the effect of different air- and soil-temperatures on the major traits of barley including grain yield. Outdoor growth cabinet and soil temperature equipment were used for this study to control the air- and soil-temperatures during the plant growth. Earlier heading appeared at the higher soil-temperature under same air-temperature, and more stems showed when combined with 25°C of air-temperature and 10°C soil-temperature than any treatment. There appeared, however, the longest spike length, awn length, distance from flag-leaf to spike and culm length at 20°C of air-temperature and 10°C or 15°C of soil-temperatures.

As far as grain yields are concerned, there showed the highest yield on the condition combined with 20°C of air-temperature and 10°C of soil-temperature.

緒 言

10月頃이 되던 堆肥舍나 圃場周圍에 밀 보리가 出穗해 있는 것을 흔히 볼 수 있다. 이러한 現狀은 收穫期에 떨어진 春播性이 높은 品種들이 여름동안 자라서 出穗한 것이다. 이점에 着眼하여 麥類世代促進을 目的으로 1977年 收穫後 여름동안 屋外試驗을 遂行하여 水原地方에서 夏季栽培 可能性을 發表한 바 있으며,³⁾ 成 등²⁾은 水原地方에서 世代促進을 위한 夏季栽培는 一日 最高溫度가 32°C 以上인 해에는 不可能하나 이 溫度下의 平年 氣象에서는 可能性을 報告한 바 있다. 그러나 夏季栽培時 麥類生育에 地上部의 氣溫은 勿論 地下部의 溫度가 影響할 것으로 생각하고 1978年에는 地下水를 利用한 麥類 夏季栽培 可能性을 檢討한 바 氣溫뿐만 아니라 地溫도 麥類生育에 影響함을 볼 수 있었으므로(未發

表) 本 實驗은 生育期間中 地上部 및 地下部의 溫度가 보리의 生育 및 收量에 미치는 影響을 綜合하여 究明코자 遂行하였다.

材料 및 方法

本 試驗은 1983年 麥類研究所에서 溫度調節이 可能한 屋外 生育箱(Out door growth cabinet) 內에 土壤 溫度調節器具(Soil temperature control equipment) 2 sets를 裝置하여 氣溫은 屋外生育箱의 溫度로 調節하고 地溫은 土壤溫度調節裝置로 任意調整하였다.

供試品種은 春播性 I인 강보리를 供試하였으며, 試驗은 實驗器具 規模 關係로 實驗 I~IV까지 區分 實施하였는데 外溫과 機械의 性能을 勘案하여 4月 14日부터 實驗 IV(氣溫 20°C, 地溫 15°C와 10°C)를 먼저 實施하였고, '83年 6月 23日부터는 實

* 麥類研究所(Wheat & Barley Research Institute, Suwon 440-100, Korea) <'89. 6. 21. 接受>

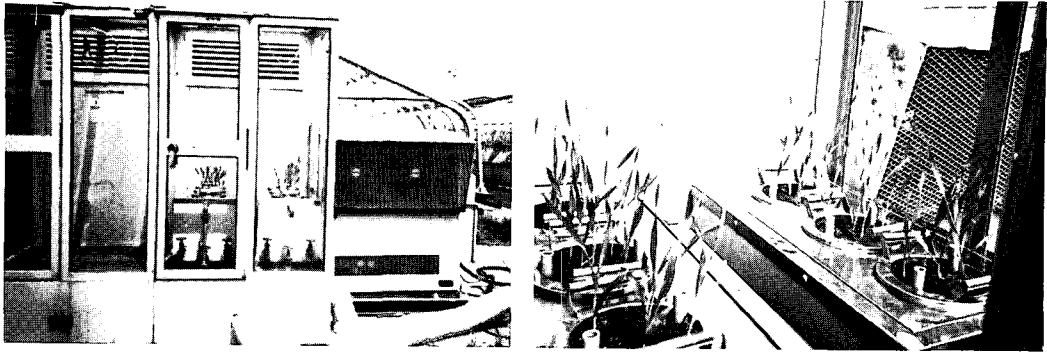


Photo 1. The growth status of Kangbori (*Hordeum vulgare* L.) in outdoor growth cabinet with the adjusted air- and soil-temperatures.

Table 1. Air- and soil-temperatures adjusted in the outdoor growth cabinet.

Treatment	Experiment I	Experiment II	Experiment III	Experiment IV
Air temperature (°C)	30±2	25±2	20±2	20±2
Soil temperature (°C)	25, 20	15, 10	25, 20	15, 10
Starting date for experiment	June 23 1983	Nov. 27 1983	Sept. 9 1983	Apr. 14 1983

驗 I (氣溫 30°C, 地溫 25°C와 20°C)을, 9월 9日에는 實驗 III (氣溫 20°C, 地溫 25°C와 20°C)을 그리고 11월 27日에는 實驗 II (氣溫 25°C, 地溫 15°C와 10°C)의 順으로 遂行하였다(表 4).

實驗中 自然日長の 長短에 따른 影響을 減少시키기 위하여 日長은 自然日長+200 V 100 W 電球를 植物體 約 70 cm 위에서 終夜 照明하여 24時間 長日 處理하였다. 各 試驗別 포트에 使用한 土壤은 堆肥와 흙을 섞은 床土를 各 實驗別로 同一土壤과 同一量을 使用하였으며, 試驗區는 完全任意配置 3反覆으로 하였고 個體別로 調査하였다. 乾物重은 포트당 5個體를 地上部 植物體와 地下部의 根部를 分離하여 80°C에서 24時間 乾燥시킨 후 測定하였다. 其他 調査方法은 農村振興廳 農事試驗研究 調査基準에 準하였다.

結果 및 考察

1. 止葉展開期 및 出穗期

表 2에서 보는 바와 같이 實驗 I, II, III, IV에서 氣溫을 20°C, 25°C, 30°C로 하고 地溫을 10°C, 15°C 및 20°C로 하였을 때 어느 實驗에서나 氣溫이 同一할 때에는 地溫이 높은 쪽이 止葉展開

Table 2. Days to flag-leaf emergence and heading of Kangbori influenced by the different air- and soil-temperatures.

Experiment	Temp. (°C)		Days to flag-leaf emergence	Days to heading
	Air	Soil		
I	30	25	19	26
		20	20	32
II	25	15	34	48
		10	40	53
III	20	25	26	36
		20	27	35
IV	20	15	24	29
		10	27	32

나 出穗期가 빨랐는데 實驗 III에서는 地溫差異에 따른 止葉展開期는 溫度가 높은 쪽이 1日 빨랐으나 出穗期는 오히려 1日 늦어 止葉展開나 出穗에 큰 差異가 없었다. 여기에서 氣溫이 同一할 때에는 地溫이 높은 쪽이 止葉展開期나 出穗期가 빨라짐을 알 수 있었다. 이와같은 結果는 溫度가 높을수록 出穗가 빨라진다는 여러 學者들의 結果(1,4,9)와 같았다. 한편 氣溫이 낮은 實驗 IV가 實驗 II보다 止葉展開期나 出穗가 빠른 것은 다같이 24時間 長日處理를 하였더라도 實驗期間동안 實驗 IV쪽이 自然日長이 길고 日射量이 많았기 때문⁴⁾인 것으로 생각되나

좀더 검토를 요한다.

2. 莖數, 穗數 및 不稔穗數

地上部 및 地下部 溫度에 따른 강보리의 莖數, 穗數, 不稔穗數는 表 3에서 보는 바와 같다. 莖數는 氣溫이 25°C이고 地溫이 10°C일 때가(實驗 II) 가장 많았는데 이것은 시험기간 중에 自然日長이 짧고 일사량의 부족에서 연유된 것으로 보였으며 氣溫이 높을 때는 土壤溫度가 낮은 쪽이 莖數가 많았으나 氣溫이 낮은 20°C일 때는 反對로 土壤溫度가 높은 쪽이 莖數가 많았으며 氣溫과 地溫이 類似할 때는 莖數 差異가 없었다. 한편 穗數는 氣溫 30°C 區에서는 地溫이 낮은 곳에서, 氣溫이 20~25°C일 때는 地溫이 높은 쪽이 많았다.

또 不稔은 어느 實驗에서나 發生하였는 바 莖數가 많을수록 不稔이삭도 많은 傾向이었는데 이와같은 現狀은 山本¹⁰⁾가 生育期間 동안의 高溫은 勿論이고

Table 3. Number of stem, fertile and sterile spike per plant influenced by the different air- and Soil-temperatures (1983).

Experiment	Temp.(°C)		No. of tiller	No. of spike	
	Air	Soil		Fertile	Sterile
I	30	25	5.0	1.6	too much
		20	7.9	1.9	too much
II	25	15	14.5	2.1	2.2
		10	16.4	0.8	4.7
III	20	25	2.4	1.0	little
		20	2.4	1.1	little
IV	20	15	5.1	3.3	1.9
		10	3.5	3.1	1.5
L.S.D.	.05		1.2	0.5	-

Table 4. Spike and awn length, and distance from flag-leaf to spike of the barley variety kangbori influenced by the air- and soil-temperatures (1983).

Experiment	Temperature(°C)		Spike length (cm)	Awn length (cm)	Distance from flag-leaf to spike (cm)
	Air	Soil			
I	30	25	1.9	8.8	2.0
		20	2.9	8.4	4.2
II	25	15	3.2	8.8	0.6
		10	2.9	8.3	1.5
III	20	25	1.1	9.5	0.1
		20	1.3	8.3	0.3
IV	20	15	3.5	10.7	9.3
		10	3.6	10.6	12.4
L.S.D.	.05		0.6	1.0	1.8

節間伸長期 특히 開花前 數日間の 高溫과 32°C의 長期間(5時間) 處理는 不稔을 發生시키며 生育期間의 高溫에 의한 不稔은 同化養分の 蓄積보다 消耗가 많아 炭水化合物 不足에 起因한다고 報告한 바와 같이 全生育期間동안 25°C 또는 30°C로 氣溫을 維持하였고, 實驗 I은 여름동안 栽培하면서 機械性能 不足으로 外溫이 높았던 몇일간은 溫度가 33~34°C까지 上昇하였기 때문으로 본다. 한편 氣溫 20°C와 地溫 10~25°C로 維持한 實驗 III과 IV에서도 不稔이 發生하였음은 氣溫과 地溫差에 起因하는 것인지 또는 密閉된 1m²의 屋外生育箱에서 栽培한 環境 특히 山本가 言及한 濕度 其他 CO₂의 濃度, 營養分の 缺如 遲發穗 등 때문인지는 今後 繼續 檢討해 볼 課題이다. 한편 氣溫과 地溫에 따른 莖數와 穗數의 顯著한 效果를 認定할 수 있었는데 地上部の 溫度가 높을 때는 地溫이 낮은 것이 莖數나 이삭수 確保에 有利하였고, 氣溫이 25°C 以上이 되면 不稔이 많이 發生하였다. 또 不稔穗數가 많을수록 後期莖數는 많아지는 傾向이었다. 이와같이 莖數가 많아지는 것은 不稔이 發生하므로써 遲發穗가 많이 發生하기 때문인 것으로 본다.

3. 芒長, 穗長, 抽穗度

地上部 및 地下部 溫度에 따른 芒長, 穗長 및 抽穗度에 미치는 影響은 表 4에서와 같다. 穗長은 氣溫 20°C에 地溫 15°C에서 행한 實驗 IV와 氣溫 25°C에 地溫 15°C와 10°C로 한 實驗 II에서 가장 길었고 氣溫과 地溫이 비슷한 實驗 III에서 가장 짧아 結果적으로 氣溫이 生育適溫에 가까울 程度로 알맞고 地溫이 10~15°C로 낮은 곳에서 穗長이 길었다. 한편 氣溫이나 地溫이 높을 수록 生育이 不利

하며 氣溫이 같더라도 地溫이 높으면 穗長은 짧아졌는데 穗長을 考慮한다면 氣象 20℃에 地溫 10~15℃로 栽培하는 것이 有利함을 알 수 있었다. 또 다같은 氣象條件일 때는 實驗 II를 除外하고는 地溫이 낮은 편이 有利하였다. 芒長은 氣溫이 같을 때 地溫이 높은 쪽이 길었다. 抽穗度는 0.1~12.4 cm로 差異가 컸는데 氣溫과 地溫이 가장 낮은 實驗 IV가 가장 길었으나 其他는 아주 짧아 栽培環境에 따른 變異가 큼을 알 수 있었다.

4. 稈長 및 節間長

그림 1에서와 같이 稈長은 氣溫 20℃에 地溫 15℃와 10℃區가 가장 크게 나타났는데 地溫 15℃區가 54 cm, 地溫 10℃區가 64 cm였다. 實驗 II와 III은 稈長이 32~35 cm로 大端히 짧았다. 그러나 日長과 氣溫 등 環境이 同一한 各 實驗內에서는 地溫이 낮은 쪽이 稈長이 길었다. 氣溫 20℃ 條件下에서는 地溫 10℃일 때가 生育이 가장 良好하였다.

한편 節間長은 上位에 있는 第一節間長이 가장 길고 下位로 내려갈수록 짧은 傾向인데 특히 氣溫 20℃에 地溫 10℃區가 第一節間이 가장 길었다. 稈長에 대한 第一節間長의 比率은 密接한 關係가 있어 稈長이 길수록 높았다(그림 1). 따라서 稈長에는 第一節間이 가장 크게 影響함을 알 수 있었다. 한편

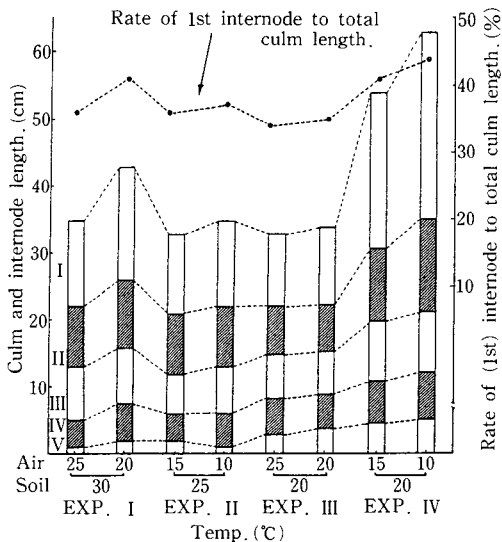


Fig. 1. Culm and internode length and 1st internode ratio to total culm length influenced by the different air- and soil-temperatures (1983).

Table 5. Percentage of each internode to total culm length of Kangbori influenced by the air- and soil-temperatures (1983).

Experiment	Temperature(°C)		Internodes from top				
	Air	Soil	1st	2nd	3rd	4th	5th
I	30	25	36	26	22	12	4
		20	40	25	19	12	4
II	25	15	37	27	19	12	5
		10	37	25	21	13	4
III	20	25	34	22	19	15	10
		20	35	20	19	15	11
IV	20	15	41	22	17	12	8
		10	45	20	14	12	9

各 節間長 比率(表 5)은 II절~V절까지는 거의 直線으로 下位節間으로 갈수록 짧았으나, 第一節間은 地溫과 氣溫에 따라 그 變異가 컸다.

먼저 氣溫이 같고 地溫이 相異할 때를 比較해 보면, 大體로 下位節間長 比率은 地溫이 높은 쪽이 컸고 上位節間長 比率은 地溫이 낮은 쪽이 컸다. 한편 地溫이 같고 氣溫이 相異할 때는 地溫이 낮은 條件(10℃~15℃)에서는 氣溫도 낮은 쪽이 初期節間長 比率은 낮았으나 後期節間長 比率은 顯著히 컸다. 그러나 地溫이 20~25℃로 높을 때는 氣溫도 높은 區(30℃)가 後期節間長 比率이 높았다. 結果的으로 地溫 10~15℃에 氣溫 20℃로 處理한 區가 營養生長, 生殖生長 모두 좋은 것으로 보아 地溫과 氣溫의 差가 너무 크거나 高溫은 강보리 生育에 不利함을 알 수 있었다. 또한 氣溫과 地溫에 따른 稈長과 節間長간의 相關係數(表 6)를 보면 稈長과 節間長과는 높은 正의 相關關係가 있었는데 특히 第一節과 稈長과는 $r = 0.960^{**}$ 의 높은 相關關係를 보였다. 以上の 結果에서 稈長 抽穗度 및 第一節間長이 길었던 氣溫 20℃에 地溫 10℃ 또는 15℃ 處理區가 收量과 關係가 깊은 不稔發生도 적었는데 이와같은 結果는 山本¹⁰⁾가 이들 形質과 不稔과의 相

Table 6. Simple correlation coefficients (r) between culm length and each internode of Kangbori (1983).

Trait	Culm length	Internodes from top			
		1st	2nd	3rd	4th
1st	0.960**				
2nd	0.871*	0.883**			
3rd	0.776**	0.690**	0.736**		
4th	0.796**	0.750**	0.545**	0.646**	
5th	0.647**	0.662**	0.358	0.253	0.731**

***: Significance at the .05 and .01 levels, respectively.

關係를 算出하였던 바 稈長과는 $r = 0.787$, 抽穗度과는 $r = 0.965$, 第一節間長과는 $r = 0.941$ 로 高度의 正의 相関이 認定되어 稈의 伸長이 좋은 條件일수록 不稔은 적었다는 結果와 一致한다.

5. 乾物重

莖重과 根重의 絕對量은 氣溫을 20~25°C로 하고 地溫을 10~15°C로 한 實驗 II와 實驗 IV가 가장 많았다(表 7). 그러나 絕對收量과 高度의 負의 相関이 認定된다는(조, 1963) T/R率은 氣溫이 높은 實驗 I이 가장 높았고, T/R率에 대한 地溫의 影響을 보면 地溫 20~25°C인 實驗 I, III에서는 20°C가 높았으나, 地溫 10~15°C인 實驗 II, IV에서는 15°C 쪽이 높았는데 後者는 地溫 25°C에 비해 12°C區가 地上部 乾物重이 53%나 減少했다는 Leggett 등의 結果와 一致하나 實驗 I과 III은

Table 7. Top- and root-weight per plant, and its top/root ratio of barley variety Kangbori influenced by different air- and soil-temperatures (1983).

Experiment	Temperature(°C)		Dry weight(g)		T/R ratio (%)
	Air	Soil	Top	Root	
I	30	25	0.83	0.15	573
		20	1.90	0.26	731
II	25	15	6.46	1.16	557
		10	6.31	1.96	322
III	20	25	0.41	0.22	186
		20	0.62	0.30	207
IV	20	15	3.50	0.75	467
		10	2.80	0.86	326
L.S.D. .05			0.55	0.24	

Table 8. Number grains per plant, 1000 Kernel weight, and total grain weight per plant influenced by the different air- and soil-temperatures(1983).

Experiment	Temperature(°C)		Number of grains/plant	1000-Kernel weight (g)	Total grain weight/plant (g)
	Air	Soil			
I	30	25	Sterile	-	-
		20	Sterile	-	-
II	25	15	16.5	33.7	0.55
		10	5.0	34.1	0.17
III	20	25	3.1	32.1	0.10
		20	5.3	33.2	0.18
IV	20	15	53.4	32.3	1.72
		10	60.8	33.5	2.04
L.S.D. .05			5.7	2.1	0.17

反對되는 結果를 보였다. 따라서 氣溫과 地溫은 T/R率에 複合的으로 影響이 미친다고 보여진다.

6. 粒數 種實重 및 千粒重

株當粒數는 氣溫 20°C, 地溫 10°C 또는 地溫 15°C로 한 것이 각각 61粒과 53粒으로 가장 많았다(表 8). 한편, 氣溫이 20°C에서는 地溫이 낮은 쪽이 株當粒數가 많았으나 氣溫 25°C에서는 地溫이 높은 쪽이 많았는데 前述한 바와 같이 莖數는 많았으나 大部分의 이삭이 不稔이었고 특히 25°C 氣溫의 10°C 地溫區에서 不稔이 많았기 때문인 것으로 보여진다.

千粒重은 溫度處理間에는 差異가 없었으나 同一한 氣溫에서는 地溫이 낮은 쪽이 높았다. 株當 種實重은 氣溫 20°C에 地溫 10°C로 處理한 區가 가장 많았고, 다음이 氣溫 20°C에 地溫 15°C區였다. 氣溫 30°C로 한 區는 地溫 20°C 또는 25°C 兩區 다같이 不稔이 높았는데 이것은 前述한 바와 같이 全生育期間의 平均氣溫 30°C는 受精에 不利한 影響을 하였기 때문일 것으로 본다.

摘 要

麥類 生育期間中 氣溫과 地溫의 差異가 生育 및 收量에 미치는 影響을 究明하여 麥類 世代短縮에 利用코자 溫度調節이 可能한 野外生育箱안에 土壤 溫度 調節器具를 裝置하여 氣溫 20, 25, 30°C에 地溫 10, 15, 20, 25°C區를 設定하고, 供試品種은 春播性 程度가 I인 강보리를 供試하여 試驗하였던 바 그 얻어진 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 出穗期는 氣溫이 同一할 때는 地溫이 높을수

록 빨랐다.

2. 莖數는 氣溫 25℃에 地溫 10℃區에서 가장 많았으나 이삭수는 氣溫 20℃區에 地溫 10~15℃區에서 가장 많았다.

3. 芒長, 穗長, 抽穗度 및 稈長은 氣溫 20℃에 地溫 10℃區와 15℃로 維持한 區가 가장 길었고, 稈長이 길수록 第一節間 比率이 높았다.

4. 莖重과 根重은 氣溫 25℃에 地溫 10℃와 15℃로 한 生育適溫에 가까운 溫度處理에서 가장 높았으나 T/R率은 氣溫 30℃에 地溫 10~15℃로 한 區가 가장 높았다.

5. 收量은 氣溫 20℃에 地溫 10~15℃로 한 區가 가장 많았고 氣溫이 同一한 때에는 地溫이 낮은 쪽이 높았다.

6. 氣溫이 20℃로 麥類生育에 알맞더라도 地溫이 높으면 麥類生育에는 不利하여 麥類世代促進을 위한 夏季栽培時에는 氣溫도 重要하지만 地溫調節이 더 重要하였다.

引用 文 獻

1. 青木茂一. 1953. 土壤溫度と植生(1, 2, 3) 農業及園藝 28(9) : 1,049-1,954, 28(10) : 1,163-1,166, 28(11) : 1,279-1,281.
2. 趙載英. 1963. Gibberellin 處理에 의한 馬鈴薯秋季栽培의 研究. 高大農大論文集(I) : 1-70.
3. 河龍雄·曹章煥·成炳列. 1978. 麥類의 世代促進方法에 關한 研究 IV. 水原(平地)에서 夏季栽培 可能性 探索(豫報). 韓國作物學會 學術研究發表會 發表要旨 : 23-24.
4. 河龍雄·李成熙. 1984. 麥類의 出穗期에 關한 研究IV. 溫度와 日長이 大麥의 生態的 特性에 미치는 影響. 韓作誌 29(4) : 386-393.
5. 桐山 毅·吉富研一·渡邊郁男·井手義人. 1954. 暖地に於ける麥類の根に關する研究. 地上部の生育に伴う小麥並びに裸麥の根系の發達について. 九州農業試驗場彙報 2(3) : 251~272.
6. Leggett, J.B, D.B.Egli and L. Bush. 1977. Effect of root temperatures on growth and cation composition of *Festuca arundinaceae* Schreb. Agron. Journ. 69 : 723-724.
7. Mackey, J. 1973. The wheat root. Proc. 4th Int. Wheat Genet. Symp. : 827-842.
8. 成炳列·曹章煥·朴文雄·洪丙憲·安完植·南重鉉. 1980. 麥類의 世代促進方法에 關한 研究IV. 水原地方에서 小麥 1年 2期作 世代促進栽培. 韓作誌 25(4) : 35-42.
9. 高橋隆平·安田昭三. 1960. 麥類の出穗生理と芒の遺傳 第5報. 大麥品種の光周性と溫度との關係. 農學研究 47(4) : 213-228.
10. 山本 正. 1965. 大麥の不稔性に關する研究VII. 開花時並びに生育期間の溫度と濕度の不稔に及ぼす影響. 北海道農業試驗場彙報 71(別冊) : 99-108.