

未熟胚 培養時 GA₃濃도가 보리의 春化處理 效果에 미치는 影響

白城凡*, 李鍾漢**, 金興培***

Effect of GA₃ Concentrations on the Vernalization Period in the Immature Embryo Culture of Barley (*Hordeum vulgare*)

Seong Bum Baek*, Jong Ho Lee**, and Heung Bae Kim***

ABSTRACT : Immature embryos were tested for investigating the effect of cold treatment duration and GA₃ concentration on the vernalization response in barley. Immature embryos were cultured on B₅ medium with GA₃ for 5 days, and were transplanted under 20/15°C temperature after cold treatment. Germination rate and shoot length were increased more in 20-day-old embryos than those in 13-day-old ones but germination day was decreased. Addition of 1 or 10 ppm of GA₃ to B₅ medium was effective on the growth of immature embryos. The higher GA₃ concentration was, the shorter time from embryo culture to flag leaf emergence and heading was. The earliest flag leaf emergence and heading were showed on treatment of 1 or 10 ppm of GA₃, but GA₃ did not completely replace vernalization. The days to flag leaf emergence of immature embryo-cultured barley with cold treatment for two and three weeks was shortened by 3 and 18 days at 1 ppm GA₃, and 16 and 20 days at 10 ppm GA₃, respectively, when compared to 0 ppm GA₃ culture with cold treatment for three weeks. It was at 10 ppm GA₃ with 3 weeks cold treatment that showed the lowest culm length, spike length and number of grain per spike. GA₃ concentration was not correlated significantly with each character in 1 week cold treatment, but was significant with each character in 2 weeks. In 3 weeks cold treatment, it was except for days to heading.

Correlation between cold treatment duration and culm length was negative in 0 ppm GA₃. In 1 or 10 ppm of GA₃, all characters had highly negative correlation with cold treatment duration.

一般的으로 보리 種子는 完熟後에도 一定期間의 休眠性을 가지며, 種子가 發芽한 後에도 生殖生長段階로 轉換하는데 一定期間의 春化現象이 要求되므로 育種效率을 높이기 爲한 世代促進 栽培에 많은 制約이 뒤따른다. 따라서 보리의 生育

期間 短縮을 爲해서는 種子의 催芽, 春化處理 및 登熟促進 方法 等を 研究 開發하여 世代 經過日數를 短縮하지 않으면 안될 것이다.

麥類의 春化處理 方法에 關한 研究는 Lysenko 以後 많은 學者들에 依해 進行되어 왔다. 麥類의

* 축산시험장(Livestock Experiment Station, Suwon 441-350, Korea)

** 작물시험장(Crop Experiment Station, Suwon 441-100, Korea)

*** 동국대학교 농학과(Dep.of Agronomy, Dongguk Univ., Seoul 100-715, Korea)

春化處理 方法은 一般의인 方法外에 Kinetin⁹⁾, Gibberellin^{7,13,14)}과 Auxin類 같은 生長調節物質을 利用한 化學的 春化와 未成熟 種子의 低溫處理⁵⁾, 未成熟 이삭의 低溫處理¹²⁾等 여러 角度에서 研究가 報告되고 있으며, Gregory와 Purvis³⁾가 胡麥의 成熟된 胚를 炭水化合物이 添加된 Agar培地에서 1℃, 6週間 低溫處理를 하여 秋播性을 消去함으로써 胚乳에서 分離된 胚만으로도 低溫處理 效果가 있다는 試驗 結果를 發表한 以來, 小麥에서도 未熟胚를 採取하여 培地狀態에서 低溫處理함으로써 秋播性을 消去^{10,11)}하는等, 未熟胚의 春化處理 研究도 活潑히 進行되고 있다. 그러나 보리의 境遇에는, 未熟胚를 利用한 春化處理 方法에 對한 研究가 未洽한 實情이다.

本 實驗은 보리의 世代促進上 가장 問題가 되는 秋播性 消去의 方便으로, 未熟胚의 胚培養을 通한 GA₃의 春化處理 效果를 檢討하기 위하여 遂行하였다.

材料 및 方法

本 實驗은 農村振興廳 麥類研究所 溫冷調節溫室 및 組織培養室에서 1988年 10月부터 1989年 6月 까지 秋播性 程度가 IV인 올보리를 供試하여 試驗을 遂行하였다.

未熟胚를 採取하기 爲한 植物體는 圃場 狀態에서 越冬하면서 秋播性을 消去시킨 後, 溫冷調節溫室로 포트를 옮겨 晝間 20℃, 夜間 15℃의 溫度와 14時間 日長으로 栽培하였다. 施肥條件은 N-P₂O₅-K₂O를 12-9-7kg으로 全量 基肥로 施用하였고 포트當 5個體로 하였다. 出穗期에 各 個體마다 出穗 標札을 달고 出穗後 13日과 20日에 各 이삭의 中央列에서 上, 下部 2粒씩을 버리고 中央部만 擇하여 未熟胚를 採取하였다.

未熟種子로부터 分離해 낸 未熟胚를 B₅培地²⁾에 GA₃ 0, 1, 10, 100, 1000ppm의 5水準을 處理한 後 置床하고 23℃, 12時間 日長(600lux)인 培養室에서 5日을 經過시킨 後 未熟胚의 發芽率과 幼苗長을 測定하고 發芽日數는 5日間 每日 調査하였다.

未熟胚의 春化處理는 出穗後 20日 經過한 未熟胚를 置床後 5日부터 4℃ 春化處理室에서 GA₃ 水準 (0,1,10ppm)別로 各 各 0,1,2,3週 處理하였다.

春化處理된 未熟胚는 晝間 20℃, 夜間 15℃, 14時間 日長 條件의 溫冷調節溫室에서 Wagner pot (1/5000a)에 各 處理別로 3個體씩 3反復으로 完

全任意配置하여 移植 栽培하였으며, 植物體가 完全히 活着한 後 N-P₂O₅-K₂O를 12-9-7kg施用하였다. 調査 形質로는 置床日로부터 止葉展開까지의 日數, 出穗 日數, 稈長, 穗長 및 一穗粒數 등이었으며, 出穗日은 止葉에서 이삭목이 完全히 出現되었을 때로 하였고 其他 形質은 置床後 105日이 經過하였을 때 一括 調査하였으며, 모든 統計處理는 SAS를 利用하여 分析하였다.

結果 및 考察

1. B₅培地上에서 未熟胚의 發芽率, 幼苗長 및 平均發芽日數의 變異

GA₃가 處理된 B₅培地에 未熟胚를 置床한 結果, GA₃ 濃度와 未熟胚의 胚成熟度에 따른 幼苗의 特性變異를 살펴보면 그림 1과 같다. 未熟胚의 發芽率에 있어서 出穗後 13日이 經過한 未熟胚(以下 13日胚)는 GA₃濃度가 增加함에 따라 減少하는 傾向이었으며, 出穗後 20日이 經過한 未熟胚(以下 20日胚)는 GA₃ 1,10ppm을 處理했을 때 100%의

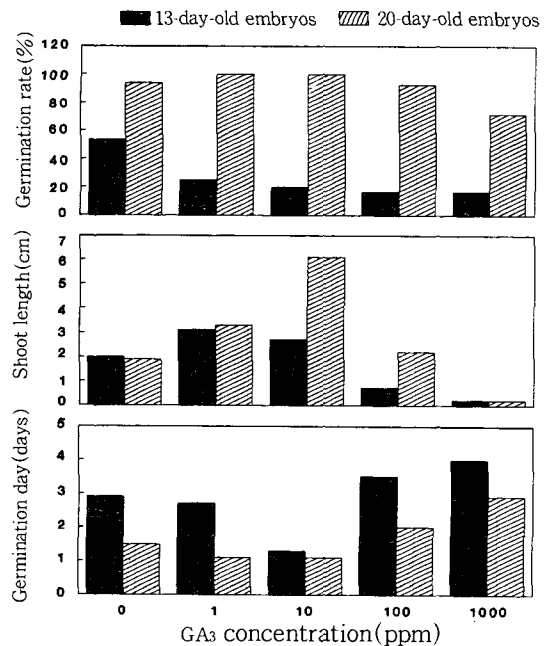


Fig. 1. Means for germination rate, shoot length and germination day of barley embryos after embryo culture. The embryos of different ages were grown on B₅ medium for 5 days.

發芽率을 보여 GA₃를 處理하지 않았을 때 보다 效果가 좋았다. 未熟胚의 幼苗長은 13, 20日胚 모두 GA₃ 1,10ppm을 處理했을 때 가장 效果가 좋았고, 特히 20日胚를 GA₃ 10ppm處理 했을 때 幼苗長이 6.1cm로 GA₃無處理보다 3倍가량 伸長되었다. 未熟胚의 平均發芽日數에 있어서는 20日胚의 GA₃ 0, 1 및 10ppm處理와 13日胚의 GA₃ 10ppm處理가 1.5日 以內에 모두 發芽하였다.

全體的으로 幼苗의 特性은 13日胚보다 20日胚가 良好하여 胚의 成熟度에 따라 GA₃의 處理 效果는 差異를 보였는데, 13日胚는 20日胚보다 器官의 分化가 未熟하여 GA₃를 處理하여도 오히려 發芽에 있어서는 障得를 받는데 一旦 發芽하면 幼苗長은 GA₃處理에 效果가 있는 것으로 생각된다.

GA₃를 100ppm以上 處理하였을 때에는 無處理에 比하여 13日胚와 20日胚가 共히 未熟胚 發芽率 및 幼苗長이 減少하였고, 平均發芽日數는 增加하였는데 이것은 다른 生長調節劑^{1,4)}와 마찬가지로 GA₃의 一定 濃度以上에서는 植物體의 生育에 抑制作用이 있는 것으로 생각된다.

13日胚와 20日胚가 共히 GA₃ 1ppm에서 幼苗長이 伸長되었던 것은 보리에 있어서, Schooler⁵⁾, Norstog와 Klein⁶⁾의 實驗結果와 類似한 傾向이었지만 밑에 있어서 金과 張⁴⁾이 成熟胚를 가지고 몇 가지 生長調節劑로 實驗하여 GA₃ 10ppm에서는 밑品種에 따라 反應이 달랐다고 報告하였던 結果로 미루어, 보리도 品種間에 GA₃의 反應이 다를 것으로 思料되나 조금 더 細密한 檢討가 要求된다.

2. GA₃濃度와 低溫處理 期間에 따른 止葉展開 및 出穗日數의 變異

GA₃濃度와 低溫處理 期間에 따른 올보리의 止葉展開 및 出穗日數의 變異를 살펴 보기 爲해 20日胚를 置床하여 置床 後 105日까지 調查한 結果는 表 1과 같다. 低溫處理 期間과 GA₃濃도에 따른 效果는 各各 有意性이 認定되어 低溫處理 期間이 길어 지거나 GA₃濃도가 增加할수록 止葉展開 및 出穗日數가 短縮되었고, 低溫處理 期間과 GA₃濃度の 相互作用도 認定되어 低溫處理 期間에 따라 GA₃의 效果가 各各 달랐다. 그러나 低溫處理를 하지 않았을 境遇에는 置床 後 105日까지 出穗를 하지 않았으며, 低溫處理를 1週하였을 때에도 GA₃效果에 對한 反應을 보이지 않았으므로, GA₃에 對한 春化效果는 一定期間의 低溫處理를 並行

해야 할 것으로 生覺된다.

GA₃를 處理하지 않았을 境遇, 止葉展開 및 出穗日數가 低溫處理 2,3週보다 1週에서 短縮되었던 것은 Sharma와 Gill¹⁰⁾이 밑에서 報告한 結果와 類似하여, 未熟胚가 成熟胚보다 生理的으로 低溫效果에 敏感했기 때문이라고 生覺되는데, 低溫處理(移植)後 止葉展開 및 出穗까지의 經過日數는 低溫處理期間이 길어질수록 短縮되어, 實際 低溫處理 期間을 除外하면 低溫處理 期間이 길어 질수록 短縮되었다. GA₃를 1,10ppm處理하였을 境遇에는 止葉展開와 出穗日數가 共히 低溫處理 2,3週에서 短縮되었는데, 3週 低溫處理의 GA₃無處理區보다 2週 低溫處理의 GA₃ 1ppm에서 各各 3, 4日, 10ppm에서 各各 16, 15日 短縮되었다.

低溫處理 期間에 따라 GA₃ 效果의 差를 比較하여 보면(表 2), 止葉展開 및 出穗日數는 3週 低溫處理時, GA₃를 處理하지 않았을 때보다 1ppm 處理하였을 境遇 各各 18, 16日, 10ppm 處理하였을 境遇 各各 20, 15日 短縮되어, 置床後부터 止葉展開 및 出穗까지의 經過日數가 가장 짧았던 點으로 미루어 보아, GA₃에 依한 世代促進 可能性을 엿볼 수 있었다.

低溫處理別로 GA₃ 濃度에 따른 止葉展開期부터 出穗期까지 期間의 變異(그림 2)를 보면, 各

Table 1. Variation of days to flag leaf emergence and heading from embryo plating date as affected by cold treatments and GA₃ concentrations in barley.

Cold treatments (weeks)	GA ₃ concentration(ppm)			Mean
	0	1	10	
Days to flag leaf emergence				
1	89.7(77.7)*	91.0(79.0)	89.8(77.8)	90.2a**
2	91.2(72.2)	87.8(68.8)	74.8(55.8)	84.6b
3	91.2(65.2)	73.0(47.0)	70.8(44.8)	78.3c
Mean	90.6 a**	83.9b	78.5c	
Days to heading				
1	95.0(83.0)	97.0(85.0)	96.0(84.0)	96.0a**
2	98.0(79.0)	94.8(75.8)	84.2(65.2)	92.3b
3	98.7(72.7)	82.7(56.7)	83.7(57.7)	88.3c
Mean	97.2 a**	91.5b	87.9c	

*Numbers within blanks are days after transplanting.

**Means within the same row or within the same column not followed by the same letter are significantly different at P=0.05 based on an LSD.

Table 2. Differences among various GA₃ concentrations for three cold treatments in each agronomic character in barley

Character	Cold treatment (weeks)	Difference (days)		
		(0-1)*	(0-10)	(1-10)
Days to flag leaf emergence	1	-1.33	-0.17	1.17
	2	3.33	16.33	13.00
	3	18.17	20.33	2.17
Days to heading	1	-2.00	-1.00	1.00
	2	3.17	13.83	10.67
	3	16.00	15.00	-1.00
Culm length	1	-6.83	0.50	6.33
	2	1.00	15.83	14.83
	3	16.00	21.50	5.50
Spike length	1	-0.88	-0.27	0.62
	2	-0.08	0.60	-0.70
	3	0.53	0.80	0.27
No. of grain per spike	1	-9.00	-1.33	7.67
	2	6.67	15.67	9.00
	3	11.33	13.00	1.67

*Zero, 1 and 10 are GA₃ concentrations, respectively.

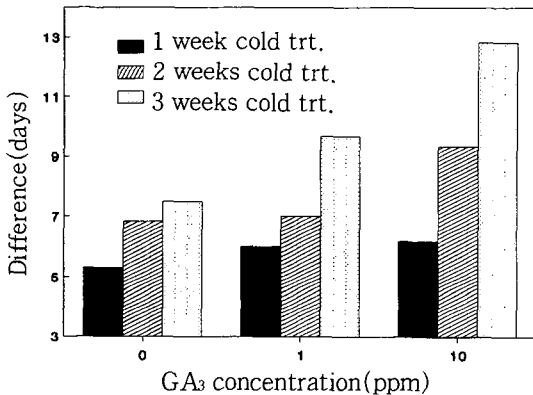


Fig.2. Differences between days to flag leaf emergence and heading as affected by three GA₃ concentrations in different cold treatment conditions in barley.

GA₃ 처리마다 低温處理가 增加할수록 길어졌는데 1週 低温處理보다 2週 및 3週 低温處理에서 期間이 延長되었다. 한편 各 低温處理마다 GA₃ 濃

도가 增加할수록 止葉 展開期부터 出穗期까지 期間이 延長되어, 3週 低温處理의 GA₃ 10ppm 處理가 가장 길었다. 이는 低温과 GA₃의 處理가 길어지거나 增加할수록 生殖生長으로의 轉換이 急速히 이루어져, 止葉展開 以後 最上部節間의 伸長이 遲延되었기 때문이라 生覺된다.

3. GA₃濃도와 低温處理 期間에 따른 稈長, 穗長 및 一穗粒數의 變異

低温處理 期間과 GA₃濃도에 따른 稈長의 稈長, 穗長과 一穗粒數의 變異를 살펴 보면 다음과 같다 (表 3). 低温處理 期間에 따라 各 形質은 各 各 有意性이 認定되어 低温處理 期間이 길어짐에 따라 稈長, 穗長 및 一穗粒數가 모두 줄어드는 傾向이었으나, GA₃水準에 따른 變異는 3個形質 모두 0, 1ppm에서는 差異가 없었고 10ppm에서 줄어들었다. 低温處理 期間에 따라 GA₃의 反應 樣相이 달라, 低温處理 2, 3週에서는 GA₃濃도가 增

Table 3. Variation of culm length, spike length and number of grain per spike as affected by cold treatments and GA₃ concentrations in barley.

Cold treatments (weeks)	GA ₃ concentration (ppm)			Mean
	0	1	10	
Culm length (cm)				
1	86.2	93.0	86.8	88.6a*
2	86.8	85.0	71.0	81.2b
3	74.2	58.3	52.5	61.7c
Mean	82.4a*	79.0a	70.1b	
Spike length (cm)				
1	4.1	5.0	4.4	4.5a
2	4.2	4.3	3.6	4.0b
3	3.9	3.4	3.1	3.5c
Mean	4.1a	4.2a	3.7b	
No. of grain per spike				
1	51.0	60.0	52.6	54.4a
2	51.7	45.0	36.0	44.2b
3	43.0	31.5	30.0	34.9c
Mean	48.6a	45.6a	39.4b	

*Means within the same row or within the same column not followed by the same letter are significantly different at P=0.05 based on an LSD.

加함에 따라 各形質이 減少하는 傾向이었으나 低溫處理 1週에서는 GA₃ 0,10ppm보다 1ppm에서 各形質이 增加하여 低溫處理 期間과 GA₃濃도에 對한 相互作用 效果도 認定되었다. 따라서 各形質들에 있어서 最少값을 보였던 處理는 共히 3週 低溫處理에, GA₃ 10ppm을 處理한 區였다.

低溫處理 期間이 길어짐에 따라 稈長, 穗長 및 一穗粒數가 줄어들었던 것은 生殖生長으로의 轉換이 急激히 일어났기 때문이라고 生覺되며, GA₃ 濃도에 따라 各形質이 低溫處理 2週 以上에서는 GA₃ 濃도가 增加할수록 줄어들었던 點으로 미루어 보아, 2週 以上の 低溫處理가 並行될때 稈長, 穗長 및 一穗粒數가 GA₃에 依해 影響을 받음을 알 수 있었다.

低溫處理 期間에 따라 GA₃ 效果의 差를 比較하여 보면(표 2), 稈長은 3週 低溫處理시, GA₃를 處理하지 않았을 때보다 1ppm 處理하였을 境遇 16cm, 10ppm 處理하였을 境遇 22cm 短縮되었으며, 穗長은 各各 0.53, 0.8 cm, 一穗粒數는 各各 11.3, 13.0개씩 減少하였다.

Table 4. Correlation coefficients between GA₃ concentration and five agronomic characters for various cold treatments in barley variety Olbori.

Agronomic character	Cold treatment	
	(weeks)	Coefficient
Days to flag leaf emergence	1	-0.1046
	2	-0.8845**
	3	-0.5961**
Days to heading	1	-0.0798
	2	-0.8412**
	3	-0.4440
Culm length	1	-0.2637
	2	-0.8644**
	3	-0.6218**
Spike length	1	-0.1147
	2	-0.8885**
	3	-0.5676*
No. of grain per spike	1	-0.2062
	2	-0.7754**
	3	-0.4964*

*,**Significant at 5 and 1% levels, respectively.

4. 低溫處理 期間 및 GA₃ 濃도에 따른 主要 形質의 相關

低溫處理 期間別 GA₃ 濃도와 主要 形質들과의 相關 關係는 表 4와 같이, 全體적으로 負의 相關을 보여 GA₃濃도가 높아짐에 따라 止葉展開 및 出穗日數가 短縮되었으며, 稈長, 穗長 및 一穗粒數가 줄어드는 傾向이었다. 1週 低溫處理에서 GA₃ 濃도는 各形質들과 모두 有意的인 相關 關係가 認定되지 않았으나, 2週 低溫處理에서 GA₃ 濃도는 各形質들과 모두 高度의 負相關이 認定되었고, 3週 低溫處理에서는 出穗日數를 除外한 모든 形質이 負의 相關이 있었다. GA₃ 濃度別 低溫處理 期間과 主要 形質들 과의 相關 關係(表 5)는 GA₃를 處理하지 않았을 境遇 稈長만 有意的인 負의 相關이 있었고, 其他 形質은 相關이 없었으며 GA₃ 1 및 10ppm 處理時 모든 形質이 高度의 負相關이 있었다.

止葉展開日을 基準으로 봐서, 보리 未熟胚를 胚培養할 때 低溫處理와 GA₃濃도를 同時에 增加시

Table 5. Correlation coefficients between cold treatment and five agronomic characters for various GA₃ concentrations in barley variety olbori

Agronomic character	GA ₃ concentration	
	(ppm)	Coefficient
Days to flag leaf emergence	0	-0.1865
	1	0.8513**
	10	-0.8883**
Days to heading	0	0.3177
	1	-0.8182**
	10	-0.7181**
Clum length	0	-0.5282**
	1	-0.9372
	10	-0.9737
Spike length	0	-0.2016
	1	-0.9784**
	10	-0.8639**
No. of grain per spike	0	-0.4304
	1	-0.9901**
	10	-0.8831**

*,** Significant at 5 and 1% levels, respectively.

키면 보리 生育 日數를 短縮시킬 수 있을 것으로 生覺되며, 稈長, 穗長 및 一穗粒數가 低溫處理 및 GA_3 濃度의 增加에 따라 減少하는 傾向이었지만 實際 育種上 重要한 一穗粒數의 確保에는 어려움이 없을 것으로 生覺되었다. 그러나 本實驗의 結果 GA_3 100ppm 以上에서는 보리 未熟胚의 發芽 및 幼苗生育이 抑制되었고, GA_3 10ppm보다 高濃度에서의 止葉展開 및 出穗 反應은 檢討되지 않았으므로 좀더 細密한 檢討가 要求된다.

摘 要

GA_3 濃度 및 低溫處理 期間이 보리의 春化處理 效果에 미치는 影響을 調査하고자, 秋播性 程度가 IV인 올보리를 供試하여 出穗後 13 및 20日이 經過한 未熟胚를 GA_3 濃度別로 B_5 培地에 置床하여 低溫處理한 後 溫度 20/15°C, 14時間 日長으로 溫冷調節室에 移植栽培하여 實驗한 結果는 다음과 같다.

1. 未熟胚의 生育은 出穗後 13日胚 보다 20日胚가 良好하여 發芽率 및 幼苗長은 增加하였고, 平均發芽日數는 減少하였는데, GA_3 1 및 10ppm이 效果가 좋았다.

2. GA_3 濃도가 增加할수록 止葉展開 및 出穗日數가 短縮되었으며, 春化處理에 效果가 높은 GA_3 濃度は 1,10ppm이었고 GA_3 와 低溫處理가 並行될 때 春化處理效果가 높았다.

3. GA_3 處理에 따른 止葉展開日數 短縮 效果는 3週 低溫處理의 GA_3 無處理區보다 2週 低溫處理의 GA_3 1,10ppm에서 各各 3, 16日 短縮되었고, 3週 低溫處理의 1ppm에서 18日, 10ppm에서 20日 短縮되었다.

4. 稈長, 穗長 및 一穗粒數는 共히 3週 低溫處理에 GA_3 10ppm 處理가 最少值를 보였는데, 實際 育種上 重要한 一穗粒數의 確保는 充分할 것으로 보였다.

5. GA_3 濃도와 主要 形質과의 相關은 1週 低溫處理時 各 形質들과 모두 相關 關係가 認定되지 않았으나, 2週 低溫處理에서는 高度의 負相關이 認定되었고, 3週 低溫處理에서는 出穗日數를 除外한 모든 形質이 負의 相關이 있었다.

6. 低溫處理 期間과 主要 形質들과의 相關은 GA_3 無處理時 稈長만 有意的인 負의 相關이 있었고, 其他 形質은 相關이 없었으며 GA_3 1, 10ppm 處理時 모든 形質이 高度의 負相關이 있었다.

引用文獻

1. Cheong, H.W. and Y.A. Chae. 1984. Effect of NAA and BA on the organogenesis and the growth of peanut (*Arachis hyyaea*) in *In vitro* culture. K.J. Breed. 16(2) : 197-203.
2. Gamborg, O.L., R.A. Miller and K. Ojima. 1968. Nutrient requirements of suspension cultures of soybean root cells. Exp. Cell Res. 50 : 151-158
3. Gregory, F.G. and O.N. Purvis. 1938. Studies in vernalization of cereals. Ann. Bot. 2 : 237-251.
4. 金 怡勳, 張 炳皓. 1985. 小麥의 胚培養時 器官分化 및 生長에 미치는 몇가지 生長調節物質의 影響. 江原大 論文集 - 科學技術研究所 - vol 22 : 5-12.
5. Mckinney, H.H. and W.J. Sando. 1935. Earliness of sexual reproduction in wheat as influenced by temperature and light in relation to growth phases. J. Agric. Res. 51 : 621-641.
6. Norstog, K. and R.M. Klein. 1972. Development of cultured barley embryos. II. precocious germination and dormancy. Can. J. Bot. 50 : 1887-1894.
7. Pauli, A.W., J.A. Wilson & F.C. Stickler. 1962. Flowering response in winter wheats as influenced by temperature, light and gibberellic acid. Crop sci. 2 : 271-274.
8. Schooler, A.B. 1960. The effect of gibrel and gibberellic acid (K salt) in embryo culture media for *Hordeum vulgare*. Agron. J. 52 : 411.
9. Sharma, H.C. and B.S. Gill. 1980. Effect of Kinetin on vernalization and seedling height in winter wheat. Cereal Res. Commun. 8 : 615-617.
10. Sharma, H.C. and B.S. Gill, 1982. Effect of Embryo age and culture media on plant growth and vernalization response in winter wheat. Euphytica 31 : 629-634.
11. Sharma, H.C. & P.N. Mascia. 1987. Vernalization of immature embryos of winter wheat genotypes. Euphytica 36 : 161-165.

12. Weibel, D.E. 1958. Vernalization of immature winter wheat embryos. *Agron. J.* 50 : 267-270
13. Weibel, R.O. 1960. Effect of gibberellin on the vernalization period of winter wheat. *Agron. J.* 52 : 122-123.
14. Weibel, D.E. and Futrell, M.C. 1958. Effect of gibberellic acid on winter wheat. *Plant Physiol.* 33(sup) : XLII