

溫度對甘藍結球生理之效應

廖芳心

摘 要

以甘藍初秋品種盆栽於人工氣候室三種不同溫度，20/15、25/20、30/25°C。結果顯示，生育早期栽植於30/25°C之甘藍發育較快，但於結球初期外葉老化而落葉多，故結球產量最低。栽植於20/15°C之甘藍則因溫度低、發育慢，產量居中，25/20°C最適宜甘藍之生長。分析酒精可溶性醣及澱粉含量顯示：生育初期不同溫度下其葉內糖及澱粉含量均相近，但30/25°C下其外葉醣含量則顯著降低，高溫下外葉老化，故醣含量降低。採收時20/15°C之糖含量較高，故20/15°C有利於醣之貯運，而品質較佳。蛋白質之分析顯示，不同時期均有不同之表現，早期30/25°C下表現較高，而開始結球則以20/15°C表現最多。

關鍵詞：溫度、結球生理、甘藍。

前 言

甘藍(*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L.)於蔬菜分類上屬葉菜類，因其具結球之特性，生長模式與一般葉菜類不同。而其球由葉片構成，性質因而與外葉不同。由於葉球質地脆嫩，富含維他命及礦物質，且烹調方便，容易運輸，目前栽培面積達8,970公頃，佔本省蔬菜生產之第四位，為極重要之蔬菜。

栽培甘藍主要為收穫其球，因此能不能結球影響產量及收益甚大。就進化之觀點而論，結球葉菜類均由不結球之野生種進化而來。甘藍原為一年生作物，當被引入較冷之北方栽培，遇到寒冷就需產生保護頂芽之構造以過冬，因此有結球現象。人們利用其結球當作栽培蔬菜，且又將此種變種引入南方，因此在較溫暖之氣候下，結球葉菜類不易結球。

雖然，經過育種專家多年之選育，現在已有適合南方冬季栽培或夏季高冷地栽培之品種，但於高溫下結球障礙原因尚未克服。本試驗探討不同溫度下甘藍糖之代謝及蛋白質變化，藉由結球生理之瞭解，作為栽培技術改進及育種選種之指標，以解決台灣甘藍夏季結球不良之問題。

材料與方法

甘藍品種初秋，於民國80年7月5日播種，7月29日定植於8吋盆，分別置於台灣大學人工氣候室，以三種不同的溫度20/15、25/20、30/25°C處理，定植後每隔二週調查葉片數目、葉長、葉寬、葉面積、球重及外葉重。並且取樣以液態氮固定，以進行糖分析及蛋白質分析。

酒精可溶性糖之測定方法採用Gonzales等(1976)之方法，以80%酒精於70°C抽取⁽⁵⁾，再濃縮去除酒精及水，以Dubois 1956酚酞呈色法測定酒精可溶性糖含量⁽⁴⁾，以葡萄糖水溶液10 μ g/ml ~ 100 μ g/ml

做標準溶液。澱粉定量則以 HEPES(N-[2-Hydroxyethyl] piperazine-N'-[2-ethanesulfonic acid]) 將糖溶出，以澱粉水解酶，再以 amyloglucosidase 水解成單糖，以酚酞法呈色測定含量。蛋白質測定方法則以 Mayer(1987)之方法抽取⁽¹⁴⁾，以 Ramagli(1985)方法定量，BSA 為標準溶液⁽¹⁶⁾。

結果與討論

1. 不同溫度對甘藍結球生育之影響

甘藍種植於不同溫度，其葉數生長如表1，生育初期30/25°C下發育較快，且葉面積較大。但定植後六週（9月13日），30/25°C下所長之總葉數較多，而留於植株之葉數較少，因高溫下老葉老化而脫落快。內葉數於初期30/25°C、25/20°C葉數相同，定植後八週，則30/25°C內葉較少。定植十二週則以20/15°C之內葉數及總葉均較多。結球之產量結果如表2，30/25°C結球產量最低。20/15°C則因溫度較低，發育慢，產量居中，但結球緊密。25/20°C最適宜甘藍生產之溫度。且生長於30/25°C高溫之甘藍有缺鈣的現象⁽⁷⁾。

甘藍之外葉為光合作用之器官，外葉發育良好行光合作用，才能使內葉成為貯藏器官而結球。高溫時，外葉易老化脫落，為維持植株之生長，而內葉則鬆開一些以補充外葉行光合作用。Hara氏(1982)曾探討去除外葉對甘藍結球之影響，完全去除外葉均無法形成葉球，去除最下層之外葉，留較靠近葉球之外葉，則對葉球形成影響最少，證明外葉之光合作用能力決定結球之大小^(9,10)。

由此試驗結果顯示，甘藍於不同溫度下，其總葉數差異不顯著，然因30/25°C使外葉容易老化脫落，導致內葉數較少，故結球較差，20/15°C雖內葉數較多，但低溫下葉面積較少，故結球較小，產量居中。

表1. 甘藍種於不同溫度之葉數

Table 1. Effects of temperature on leaf number of cabbage.

溫度 Temperature	定植後週數 Weeks after planting																	
	4			6			8			12								
	存活葉	落葉	總葉	存活葉	落葉	總葉	存活葉	落葉	總葉	存活葉	落葉	總葉						
	Alive leaf	Fallen leaf	Total leaf	Alive leaf	Fallen leaf	Total leaf	Alive leaf	Fallen leaf	Total leaf	Alive leaf	Fallen leaf	Total leaf						
			外葉	內葉	總葉	外葉	內葉	總葉	外葉	內葉	總葉	外葉	內葉	總葉				
			Outer	Inner	Total	Outer	Inner	Total	Outer	Inner	Total	Outer	Inner	Total				
20/15°C	19	0	19	23	11	34	7	41	26	26	52	8	60	26	49	75	10	85
25/20°C	19	2	21	25	13	38	7	45	27	27	54	8	62	28	43	71	13	84
30/25°C	22	3	25	28	13	41	7	48	31	23	54	15	69	28	41	71	15	84

表2. 甘藍種於不同溫度之鮮重、乾重及球重

Table 2. Effects of temperature on fresh weight, dry weight and leaf weight of cabbage.

溫度 Temperature	定植後週數 Weeks after planting															
	4		6				8				12					
	鮮重	乾重	鮮重	乾重	球鮮重	球乾重	鮮重	乾重	球鮮重	球乾重	鮮重	乾重	球鮮重	球乾重		
	Fresh wt.	Dry wt.	Fresh wt.	Dry wt.	Head fresh wt.	Head dry wt.	Fresh wt.	Dry wt.	Head fresh wt.	Head dry wt.	Fresh wt.	Dry wt.	Head fresh wt.	Head dry wt.		
20/15°C	124.3	14.0	183.4	19.6	10.7	2.4	317.2	33.4	179.8	16.3	291.8	25.4	384.2	24.1		
25/20°C	135.2	14.3	220.8	25.9	18.4	2.5	247.2	24.7	148.1	13.3	265.8	29.5	489.5	37.2		
30/25°C	149.5	14.8	240.0	27.4	16.4	2.3	241.8	25.5	67.5	8.0	194.1	20.4	328.0	19.1		

2. 不同溫度對甘藍結球時糖貯運之影響

分析酒精可溶性糖及澱粉含量之結果如圖1及2所示；在生長初期不同溫度下，其內葉所含之糖含量均相近，外葉糖之含量則25/20°C與20/15°C條件下無差異，但30/25°C其外葉糖含量則顯著降低，高溫下外葉老化，故糖含量降低。結球初期，20/15°C、25/20°C下生長之甘藍內葉糖含量相近，但至採收時，生長於20/15°C之糖含量較高，故20/15°C有利於糖之貯運，而品質較佳。

澱粉含量則以25/20°C下初期較高，至採收時亦是以20/15°C時較高，而30/25°C高溫下，因呼吸作用強而含糖量及澱粉含量均少。25/20°C下生育末期，糖之貯運受阻，故外葉有澱粉之累積；而20/15°C下則全部可轉運至葉球，故外葉無澱粉累積。Hara氏以¹⁴CO₂及¹⁵NH₃-N 探討氮肥與糖之代球形形成期，大部份¹⁴CO₂被固定於球，故生育晚期光合作用之產物主要用於球之肥大，但當氮肥太多時則需代謝無法消耗氮(1,2,3,6)，高溫時亦會因呼吸作用高，而將糖代謝(10,11)。

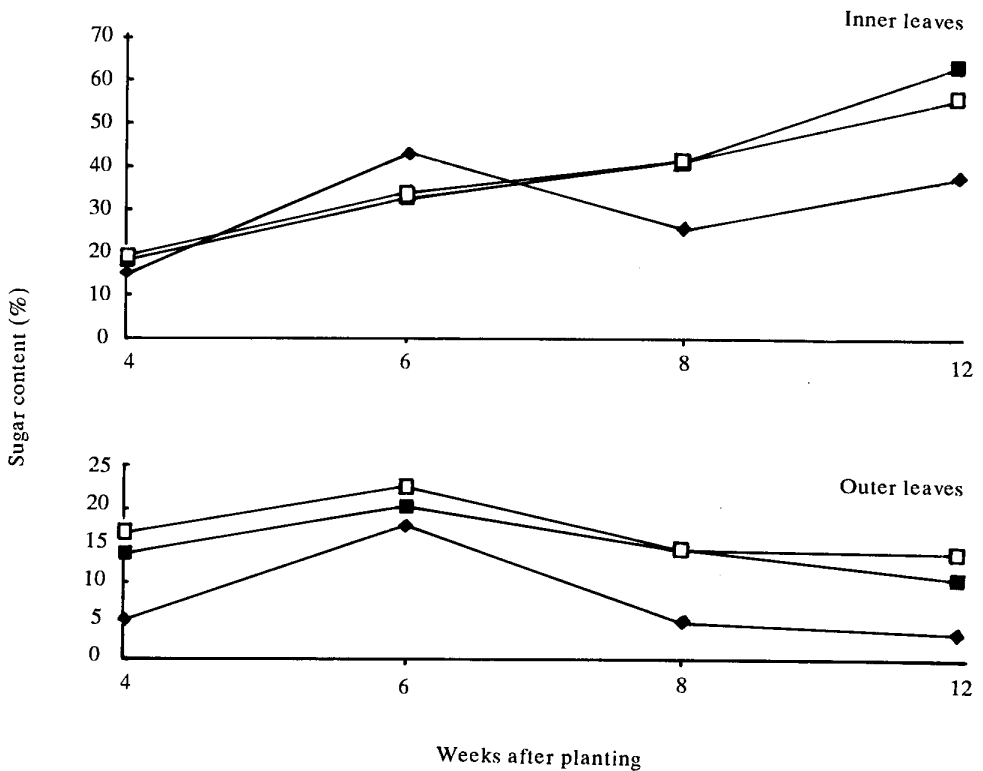


圖1. 不同溫度對甘藍內葉及外葉酒精可溶性糖含量變化之影響

Fig 1. Effects of temperature on alcohol soluble sugar content of inner leaf and outer leaf of cabbage.

■ : 20/15°C □ : 25/20°C ◆ : 30/25°C

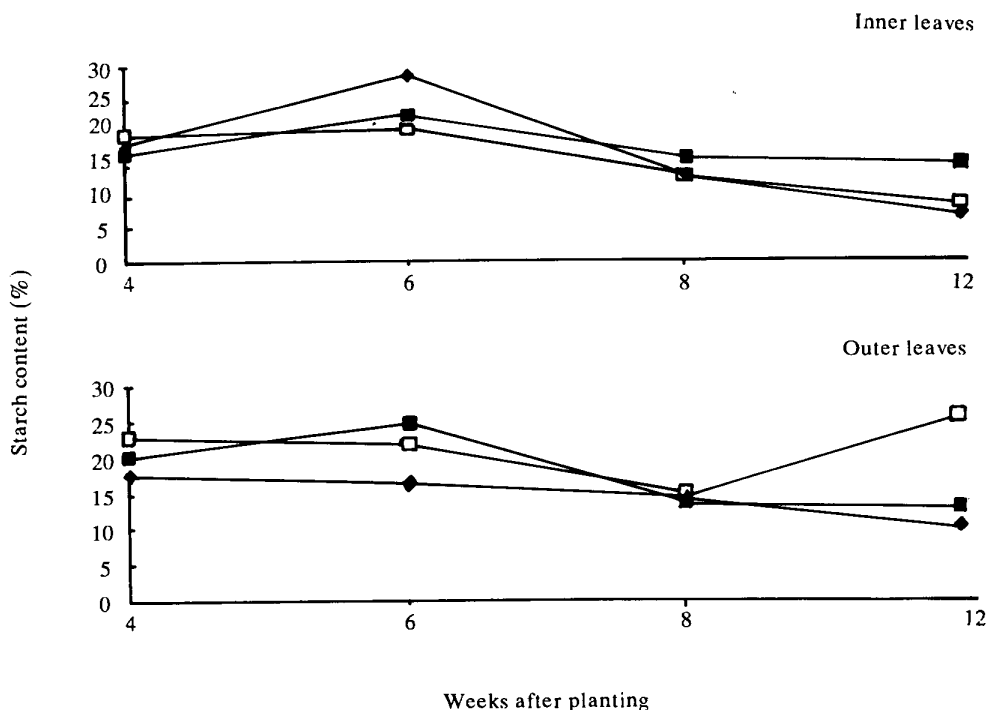


圖2. 不同溫度對甘藍內葉及外葉澱粉含量變化之影響

Fig 2. Effects of temperature on starch content of inner leaf and outer leaf of cabbage.

■ : 20/15°C □ : 25/20°C ◆ : 30/25°C

3. 糖及澱粉之分佈

不同溫度對甘藍葉球不同部位糖及澱粉之分佈如圖3及4所示。糖之含量以球內部最高，球外葉較少，而心部亦少，以20/15°C下內葉糖分含量最高，因此20/15°C之甘藍品質最佳。

甘藍外葉行光合作用產生之糖往內葉運送，葉球之外部亦為貯藏器官，但隨著葉球之長大，糖仍往內葉運送，故葉球外部含糖量低於葉球內部。球心即為生長點，並非貯藏器官，但因為生長最旺盛之處，故糖之含量亦高。30/25°C下生長之甘藍，則葉球糖之含量較低，此乃因高溫呼吸作用強，糖分無法累積，而減少糖之貯運，或是高溫下，與糖之貯運有關之酵素不活化，而影響糖之貯運尚待進一步探討。

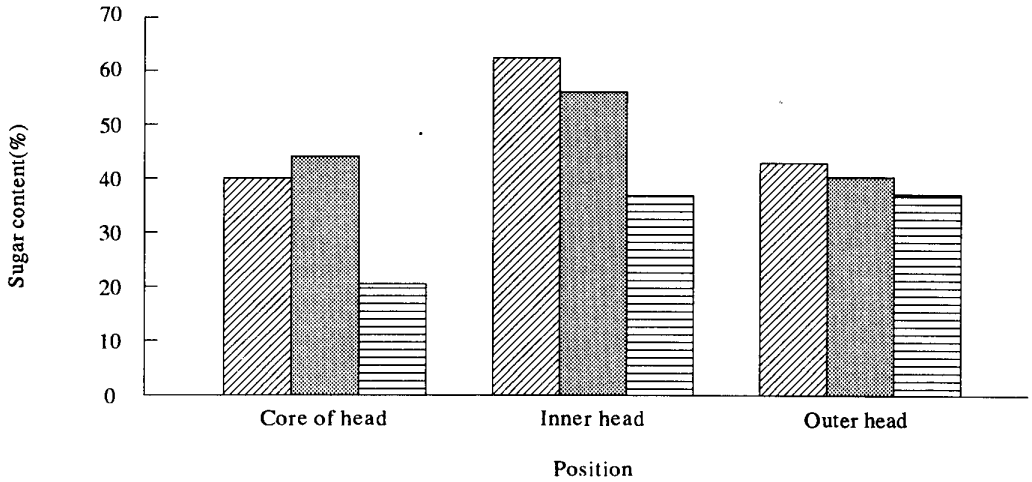


圖3.不同溫度對葉球不同部位其酒精可溶性糖分佈之影響

Fig 3.Effects of temperature on alcohol soluble sugar distribution of cabbage head.

▨ 20/15°C ▩ 25/20°C ▪ 30/25°C

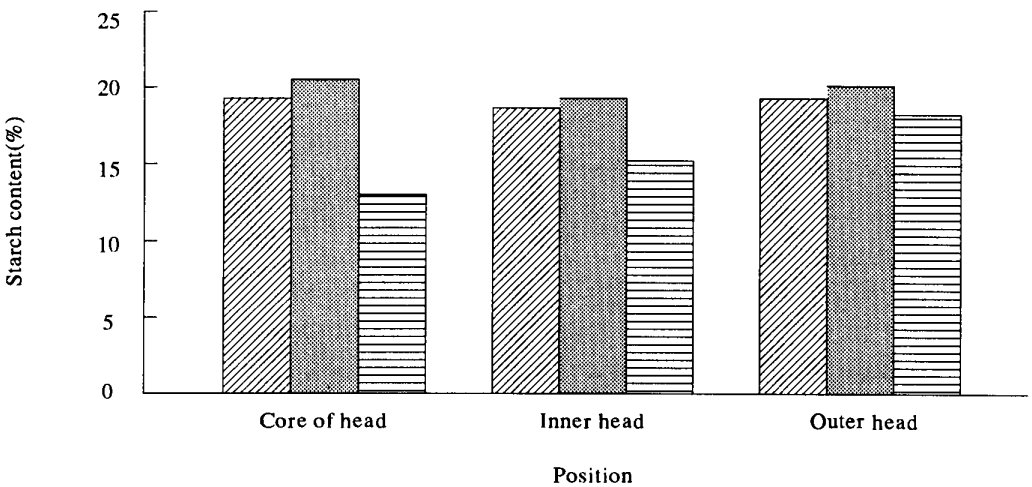


圖4.不同溫度對葉球不同部位其澱粉分佈之影響

Fig 4. Effects of temperature on starch distribution of cabbage head.

▨ 20/15°C ▩ 25/20°C ▪ 30/25°C

4. 蛋白質之變化

蛋白質之分析則如圖5所示，不同時期其含量均有不同之變化。早期30/25°C下含量較高，而開始結球時，則以20/15°C含量較多，結球末期，內葉含量更高，表示甘藍結球與蛋白質之活性有關。

蛋白質之活性即為酵素之表現，高溫確實影響酵素活性，需進一步分析與糖之代謝有關酵素如反

轉錄酶、蔗糖磷酸解酶，蔗糖分解酵素活性，且以電泳法分析其含量之差異，才可明確了解蛋白質變化與結球之關係^(12,17)。

綜上所述甘藍結球與糖之貯運有極大關連，故欲探討高溫結球生理及育成高溫結球品種，應由與糖之代謝有關之因子著手，例如溫度、養分對糖運送貯運之影響。或溫度、品種間對糖代謝有關之酵素：如從反轉錄酶(invertase)、糖合成酶(sugarsynthase)及蔗糖磷酸解酶(sucrose phosphorylase)等著手。

蛋白質之含量，模式與酵素表現及mRNA之關係亦值得進一步探討⁽¹⁵⁾。

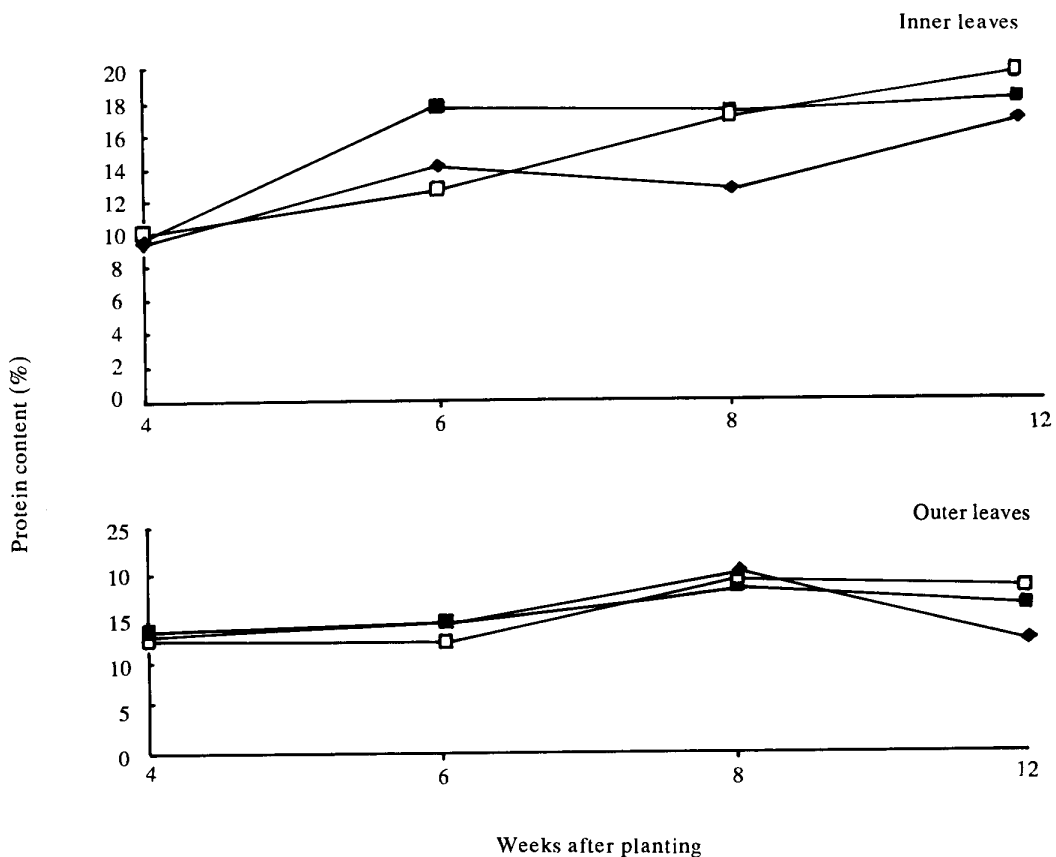


圖5. 種於不同溫度對甘藍蛋白質含量變化之影響
 Fig 5. Effects of temperature on protein content of cabbage.
 ■ : 20/15°C □ : 25/20°C ◆ : 30/25°C

誌 謝

本試驗承農委會81農建-12.2-糧45(4)補助經費及台大農藝系借用人工氣候室，謹此誌謝。

參考文獻

1. Berard, L. S. 1990. Effects of nitrogen fertilization on stored cabbage. I. Development of physiological disorders on tolerant and susceptible cultivars. *J. Hort. Sci.* 65(3) : 289-296.
2. Berard, L. S., M. Senecal and B. Vigier. 1990. Effects of nitrogen fertilization on stored cabbage. II. Mineral composition in midrib and head tissue of two cultivars. *J. Hort. Sci.* 65(4) : 409-416.
3. Berard, L. S. 1990. Effects of nitrogen fertilization on stored cabbage. III. Changes with time and distribution in outer-head leaves of the mineral contents. *J. Hort. Sci.* 65(4) : 417-422.
4. Dubois, M., K. A. Gilles, J. K. Himilton, P. A. Rebers and F. Smith. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* 28 : 350-356.
5. Gonzales, J. W., A. M. Rhodes and D. B. Dickinson. 1976. Carbohydrate and enzymic characterization of a high sucrose sugary inbred line of sweet corn. *Plant Physiol.* 58 : 28-32.
6. Hara, T. and Y. Sonoda. 1981. The role of macronutrient for cabbage-head formation. I. Contribution to cabbage-head formation of nitrogen, phosphorus, or potassium. 25 : 113-120.
7. Hara, T. and Y. Sonoda. 1981. The role of macronutrient in cabbage-head formation. II. Contribution to cabbage-head formation of calcium, magnesium, or sulfur supplied at different growth stages. *Soil Sci. Plant Nutr.* 27 : 45-54.
8. Hara, T., T. Kizawa and Y. Sonoda. 1981. The role of macronutrient in cabbage-head formation. III. cabbage-head development as affected by nitrogen and light. *Soil Sci. Plant Nutr.* 27 : 177-184.
9. Hara, T. and Y. Sonoda. 1981. The role of macronutrient in cabbage-head formation. IV. Effects of nitrogen supply or light intensity on the growth and the $^{14}\text{CO}_2$ and $^{15}\text{NO}_3\text{-N}$ assimilation of cabbage plant. *Soil Sci. Plant Nutr.* 27 : 185-194.
10. Hara, T., A. Nakagawa and Y. Sonoda. 1982. Effects of nitrogen supply and removal of outer leaves on the head development of cabbage plant. *J. Japan Soc. Hort. Sci.* 50 : 481-486.
11. Hara, T. and Y. Sonoda. 1982. Cabbage-head development as affected by nitrogen and temperature. *Soil Sci. Plant Nutr.* 29 : 109-117.
12. Inaba, M. & P. G. Crandall. 1988. Electrolyte leakage as an indicator of high-temperature injury to harvested mature green tomatoes. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118(1) : 96-99.
13. Kuhlemeier, C., P. J. Green and N. Chua. 1987. Regulation of gene expression in higher plants. *Ann. Rev. Plant. Physiol.* 38 : 22-57.
14. Mayer, J. E., G. Hahne, K. Palme, and J. Schell. 1987. A simple and general plant tissue extraction procedure for two-dimensional gel electrophoresis. *Plant cell reports.* 6 : 77-81.
15. Quinos, C. F., S. F. Kianian, A. Ochoa & D. Douches. 1985. Genome evolution in *Brassica* use of molecular markers and cytogenetic stock. *Cruciferae Newsletter* 11 : 22-23.
16. Ramagli, L. S. and L. V. Rodriguez. 1985. Quantitation of microgram amounts of proteins in two dimensional polyacrylamide gel electrophoresis sample buffer. *Electrophoresis* 6 : 559-563.
17. Zee, S. T., M. Y. Tso and W. W. Tso. 1979. Electrophoretic analysis of seed protein of heat-tolerant and heat-sensitive cultivars of Chinese cabbage. *HortScience* 13 : 547-548.

Effects of Temperatures on Heading Physiology of Cabbage

F. S. Liao

Summary

Cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L.) cultivar KY-cross was cultivated in controlled environment phytotrons. The alternat day/night temperature regimes were 20/15, 25/20, and 30/25 °C. At the beginning, the fastest growth was obsered under 30/25 °C untill head formation stage. Outer leaves were senesense and fell. Finally its yield was the lowest. The optimum temperature for the production of cabbage under 25/20 °C. The growth was slow under 20/15 °C, because of low temperature. However, its alcohol soluable sugar content of harvested head was the higest. The optimum temperature for sugar transformation and storage in cabbage was at 20/15 °C. The sugar content of outer leaf under 30/25 °C was degraded significantly, because of leaves senesense under high temperature. The protein content and expression were different in different stages and temperatures. At outer leaves expansion phase, the protein content was the higest under 30/25 °C. At the head formation stage, it was the higest under 20/15 °C.

Key words: Temperature, Heading physiology, Cabbage.