

臺南白玉米族群發芽之溫度反應¹

楊舒惠² 謝光照^{3,5} 吳詩都⁴

摘要

楊舒惠、謝光照、吳詩都。2003。台南白玉米族群發芽之溫度反應。中華農業研究 52:23-30。

為探討台南白玉米族群發芽之溫度反應及種子發芽最低、最適與最高三種基本溫度，本試驗將台灣不同地區(屏東、高雄、台南、雲林、台中、台北、花蓮、台東)所蒐集之台南白族群，於台中地區繁殖之後代為材料，利用生長箱於不同溫度下進行發芽試驗。試驗結果，八個族群各發芽性狀之溫度反應，一般皆呈發芽溫度愈高而發芽始期、有效發芽期間及平均發芽時間愈短之趨勢；而發芽率及發芽係數隨溫度升高而增加，至 20°C~30°C 時八個族群皆可達到最大，然而當溫度提升至 35、40°C 時則下降。綜合發芽率最高且平均發芽時間最快之溫度範圍，可知屏東、台南、雲林、台中、花蓮及台東族群最適發芽溫度為 25~30°C，而高雄及台北族群最適發芽溫度則為 30°C。八個地區族群種子最高發芽溫度為 40~45°C。利用種子發芽所需最低溫及溫度時間估算式求得八個台南白玉米族群發芽最低溫之變異幅度為 2.9°C~3.5°C，而發芽溫度時間之變異幅度為 55.1~59.0°Cd。

關鍵詞：台南白、玉米、發芽、溫度。

前言

台灣鮮食用玉米除了超甜玉米外，另有水煮或碳烤的白玉米，其栽培品種以台南白為主。台南白玉米在台灣栽培已有 80 年的歷史，為日據時代由日本傳入，因具有特殊的口感和風味，雖未曾刻意加以推廣，卻一直受廣大的消費者所喜愛，為一重要的鮮食用白玉米品種。目前關於台南白的研究均著重於成株農藝性狀及產量(黃等 1990；楊等 1991；謝&曾 1998；謝&曾 1999)，至於台南白玉米族群發芽之溫度反應及最低、最適與最高等三種基本溫度(cardinal temperature)的相關文獻甚少，應加以探討。

前人研究顯示因所使用材料之遺傳形質之不同，玉米種子發芽之最低溫度變異在 4~10°C 之間，最適溫度介於 25~32°C，而最高溫度之變異可達 40~46°C(Blacklow 1972；Derieux & Bonhomme 1990；Inouye 1952)。而許多學者利用各類作物種子為材料，進行多種不同溫度下種子發芽試驗，並利用這些溫度範圍內的數據，進行最低、最適及最高發芽溫度之估算(Bierhuizen & Wagenvoort 1974；

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2142 號。接受日期：91 年 12 月 20 日。
2. 本所農藝組助理。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。
3. 本所農藝組副研究員，臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。
4. 國立中興大學農藝系教授。臺灣省 臺中市。
5. 通訊作者，電子郵件：x486045@wufeng.tari.com.tw；傳真機：(04)23302806。

Dumur *et al.* 1990 ; Gummerson 1986 ; Hegarty 1973 ; Tseng 1992)。本研究即利用生長箱進行試驗，以探討台南白玉米族群發芽之溫度反應及種子發芽最低、最適與最高三種基本溫度，以提供此族群在發芽性狀改良及栽培上之參考。

材料與方法

試驗材料之蒐集

由台灣八個地區(屏東、高雄、台南、雲林、台中、台北、花蓮、台東)所蒐集之台南白族群種子，於農業試驗所生產繁殖之後代為材料進行試驗。

試驗方法

供試用之八個地區台南白族群種子經消毒、浸種後，將種子分別置於 9 公分直徑之發芽皿，發芽皿上鋪 Whatman No.3 濾紙，加入 10ml 蒸餾水，每一發芽皿放置 50 顆種子。於 8 種溫度(5°C、10°C、15°C、20°C、25°C、30°C、35°C、40°C)之恆溫生長箱中進行發芽試驗，八個地區台南白族群種子以完全逢機設計(CRD)，每一處理四重複，每重複 50 顆。每日補充適量水分，並檢視發芽種子數目，以胚根長出 2mm 長度時，視為發芽。檢視至 30 天為止，處理 30 天仍未見發芽者，視為不發芽。

調查項目與方法

調查性狀有發芽始期、有效發芽期間、發芽率、平均發芽時間、發芽係數等其中(1)發芽始期(Days to first germination; day)：為第一顆種子發芽所需天數。(2)有效發芽期間(Period of effective germination; day)：為由第一個種子發芽開始至最後一粒種子發芽所經過的日期。(3)發芽率(Germination rate;%)：為發芽種子數除以置床種子數。(4)平均發芽時間(Mean germination time; day)：為 $T = \sum t \times n / \sum n$ (Eills and Roberts 1980)，式中 n 為第 t 天之發芽種子數， $\sum n$ 為發芽種子總數。(5)發芽係數(Germination coefficient; %/day)：為發芽率/平均發芽時間。

統計分析方法

將不同地區族群在 8 種溫度處理下所得資料進行變方分析、平均值顯著性比較。為求得各族群之最低發芽溫度、累積溫度，以 Garcia-Huidobro *et al.* (1982)之種子發芽所需最低溫估算式： $T = T_b + \theta \times 1/t$ (式中 t 為平均發芽時間； $1/t$ 為發芽速率； T_b 為直線模式之截距，即最低發芽溫度； θ 為直線模式之斜率，為發芽的溫度時間)，選取 5°C-30°C 範圍內之資料，進行發芽速率與溫度之直線回歸。發芽率之資料經反正弦轉換後再進行分析。

結 果

本試驗將八個不同地區台南白玉米族群在八個不同溫度條件下進行發芽試驗，各發芽性狀之平均值列於表 1。種子發芽始期在溫度 5°C 時平均為 16.34 天，至 40°C 時為 1.94 天，一般呈發芽溫度愈高而發芽始期愈短之趨勢。種子之有效發芽期間也呈類似趨勢，一般溫度愈高有效發芽期間愈短，在 5°C 時為 11.15 天，至 40°C 時則縮短為 3.65 天。發芽率在溫度為 5°C 時僅 17.93%，而後因溫度升高而發芽率增加，至 25°C 時為 96.43%；然而溫度再提升至 35、40°C 時，發芽率則降為 41.93%、26.41%。種子平均發芽時間一般呈溫度升高而縮短發芽天數之趨勢，在 5°C 時平均發芽時間為 20.37 天，10°C 時則降為 8.45 天，至 35°C 時發芽時間顯著縮短為 2.2 天；但增加至 40°C 時，反而延長為 2.77 天。種子之發芽係數在 5°C 時僅 0.8%/day，至 30°C 時增為 44.7%/day；但當溫度升至 35、40°C 時，發芽係數則降至 19.4%/day 及 9.5%/day。顯示當溫度高於 35°C 時，台南白玉米種子已產生高溫逆境。

種子發芽率最高且發芽時間最快之溫度即為發芽最適溫度(Copeland 1976)，茲將八個地區族群發芽最適溫度之範圍列如圖 1A~H，由發芽率觀之，屏東族群(Fig.1-A)在 10~30°C 溫度範圍內發芽率差異

不顯著且達最高，為 94.25~97.0%。同樣的高雄(Fig.1-B)、雲林(Fig.1-D)、台中(Fig.1-E)、花蓮(Fig.1-G)及台東(Fig.1-H)族群在溫度 10~30°C 時發芽率達最高，分別為 94.0~96.75%、94.75~97.75%、93.75~97.75%、95.25~98.0%及 93.75~97.0%；而台南(Fig.1-C)及台北(Fig.1-F)族群在溫度 15~30°C 時發芽率達最高，分別為 93.0~96.5%及 89.5~95.75%。由圖可知對屏東、高雄、雲林、台中、花蓮及台東族群而言，發芽之適當溫度範圍為 10~30°C；而對台南及台北族群而言，發芽之適當溫度範圍為 15~30°C。但由平均發芽時間觀之，在 20°C 以下時，八個族群平均發芽時間均達 5 天或 5 天以上。屏東族群在溫度 25~30°C 時平均發芽時間最短，為 2.12~2.35 天；高雄及台北族群在溫度 30~35°C 時平均發芽時間達最短，分別為 2.08~2.12 天及 2.18~2.24 天；而台南、雲林、台中、花蓮及台東族群在溫度 25~35°C 時平均發芽時間達最短，分別為 2.13~2.39 天、2.09~2.4 天、2.06~2.37 天、2.1~2.17 天及 2.07~2.39 天。綜合上述發芽率最高且平均發芽時間最短之溫度範圍，可知最適發芽溫度在屏東、台南、雲林、台中、花蓮及台東等族群為 25~30°C，而高雄及台北兩族群在溫度 25~30°C 時可發芽良好，但最適溫則為 30°C。

以 Garcia-Huidobro *et al.*(1982)之種子發芽所需最低溫估算式，求配在 5°C~30°C 範圍內，八個族群在各溫度條件下之平均發芽速率(1/t)和溫度之直線回歸，結果列於圖 2A~H。由圖中直線回歸模式可知，各族群最低發芽溫度(模式中截距)分別為：屏東族群(Fig.2-A)為 3.13°C、高雄族群(Fig.2-B)為 2.94°C、台南族群(Fig.2-C)為 3.55°C、雲林族群(Fig.2-D)為 3.0°C、台中族群(Fig.2-E)為 3.15°C、台北族群(Fig.2-F)為 3.14°C、花蓮族群(Fig.2-G)為 3.13°C、台東族群(Fig.2-H)為 3.13°C。而各族群發芽所需溫度時間(模式中之斜率)分別為：屏東族群為 55.46°Cd、高雄族群為 57.27°Cd、台南族群為 55.24°Cd、雲林族群為 55.61°Cd、台中族群為 55.67°Cd、台北族群為 59.01°Cd、花蓮族群為 53.64°Cd、台東族群為 55.16°Cd。各族群所求配之基礎溫度以高雄族群最低，台南族群最高，其餘族群間差異甚小。各族群求配之累積溫度以台北族群最高，其次為高雄族群，再其次為台中、雲林、屏東、台南及台東族群，累積溫度最低者為花蓮族群。

討 論

溫度為影響種子發芽的主要因素之一，發芽特性的表現與其在不同溫度下之行為有關。本試驗中台南白八個族群各發芽性狀之溫度反應，一般皆呈發芽溫度愈高而發芽始期愈短之趨勢；種子之有效發芽期間也呈類似趨勢，一般溫度愈高有效發芽期間愈短；八個族群發芽率隨溫度升高而增加，至 20°C~30°C 時八個族群皆可達到最大，然而當溫度再提升至 35、40°C 時則下降；平均發芽時間一般呈現隨溫度升高而縮短發芽天數之趨勢；發芽係數隨溫度升高而增加，至 25°C~30°C 時八個族群皆可達到最大，而溫度提升至 35、40°C 時則下降。

表 1. 八種不同溫度對白南白玉米種子之發芽影響

Table 1. Effect of temperatures on germination of Tainan-white maize seeds

| Temperature(°C) | Days to first | Period of effective | Germination rate ^z (%) | Mean Germination time (day) | Germination Coefficient (%/day) |
|---------------------|-------------------|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| | Germination (day) | Germination (day) | | | |
| 5 | 16.34 | 11.15 | 17.93 | 20.37 | 0.8 |
| 10 | 5.90 | 8.15 | 93.53 | 8.45 | 11.0 |
| 15 | 3.12 | 5.75 | 95.81 | 5.06 | 18.9 |
| 20 | 2.25 | 4.28 | 94.96 | 3.47 | 27.3 |
| 25 | 1.62 | 3.50 | 96.43 | 2.40 | 40.1 |
| 30 | 1.18 | 3.59 | 95.34 | 2.12 | 44.7 |
| 35 | 1.00 | 4.56 | 41.93 | 2.20 | 19.4 |
| 40 | 1.94 | 3.65 | 26.41 | 2.77 | 9.5 |
| LSD _{0.05} | 0.25 | 0.48 | 2.24 | 0.21 | 0.9 |

^z Means of eight TNW populations

^y Data was arcsine transformed.

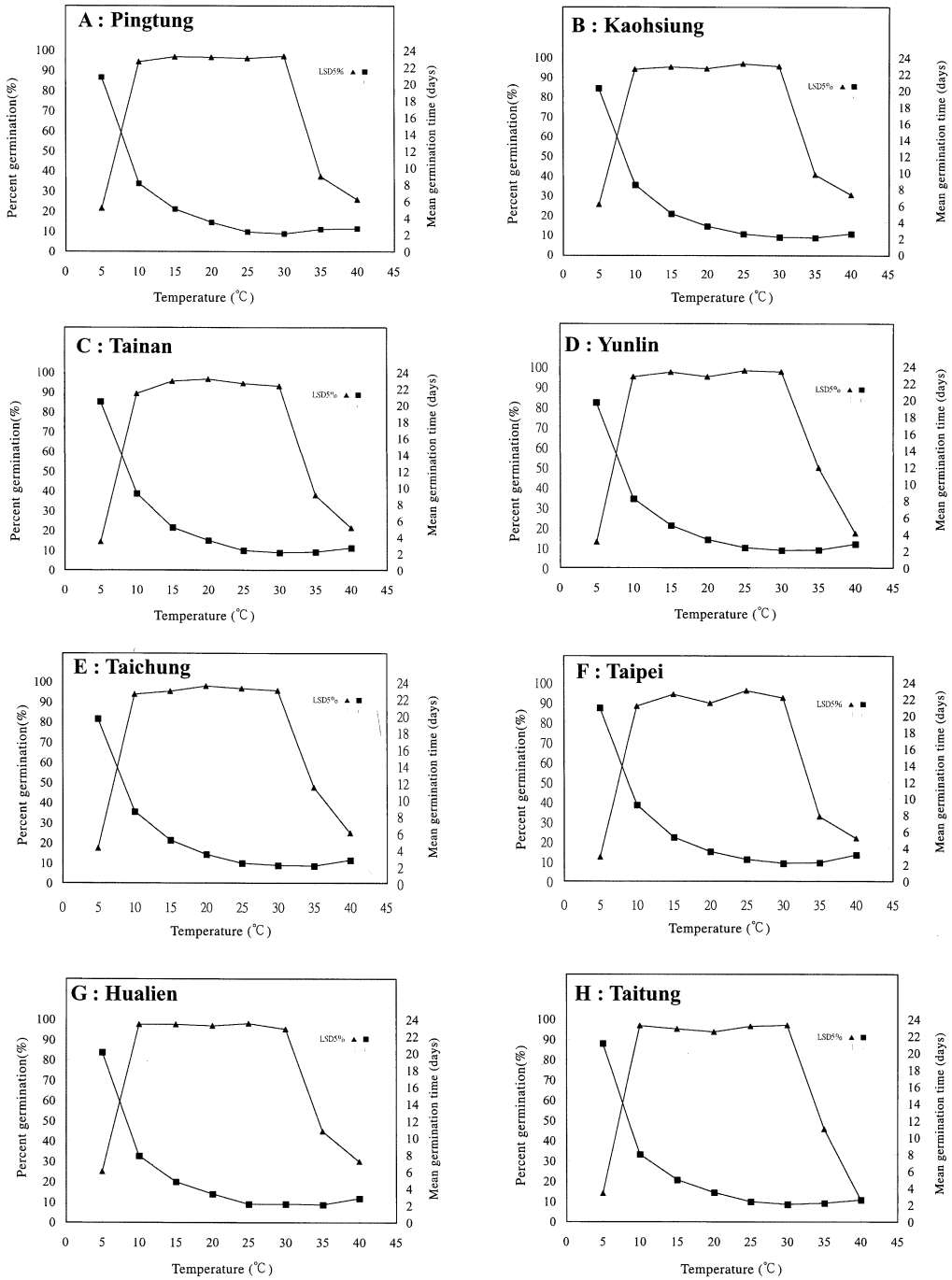


圖 1. 不同溫度對八個台南白玉米族群種子發芽率及平均發芽時間之影響。

Fig. 1. Effects of temperatures on germination percentage (▲) and mean germination day (■) of eight populations of Tainan-White maize seeds.

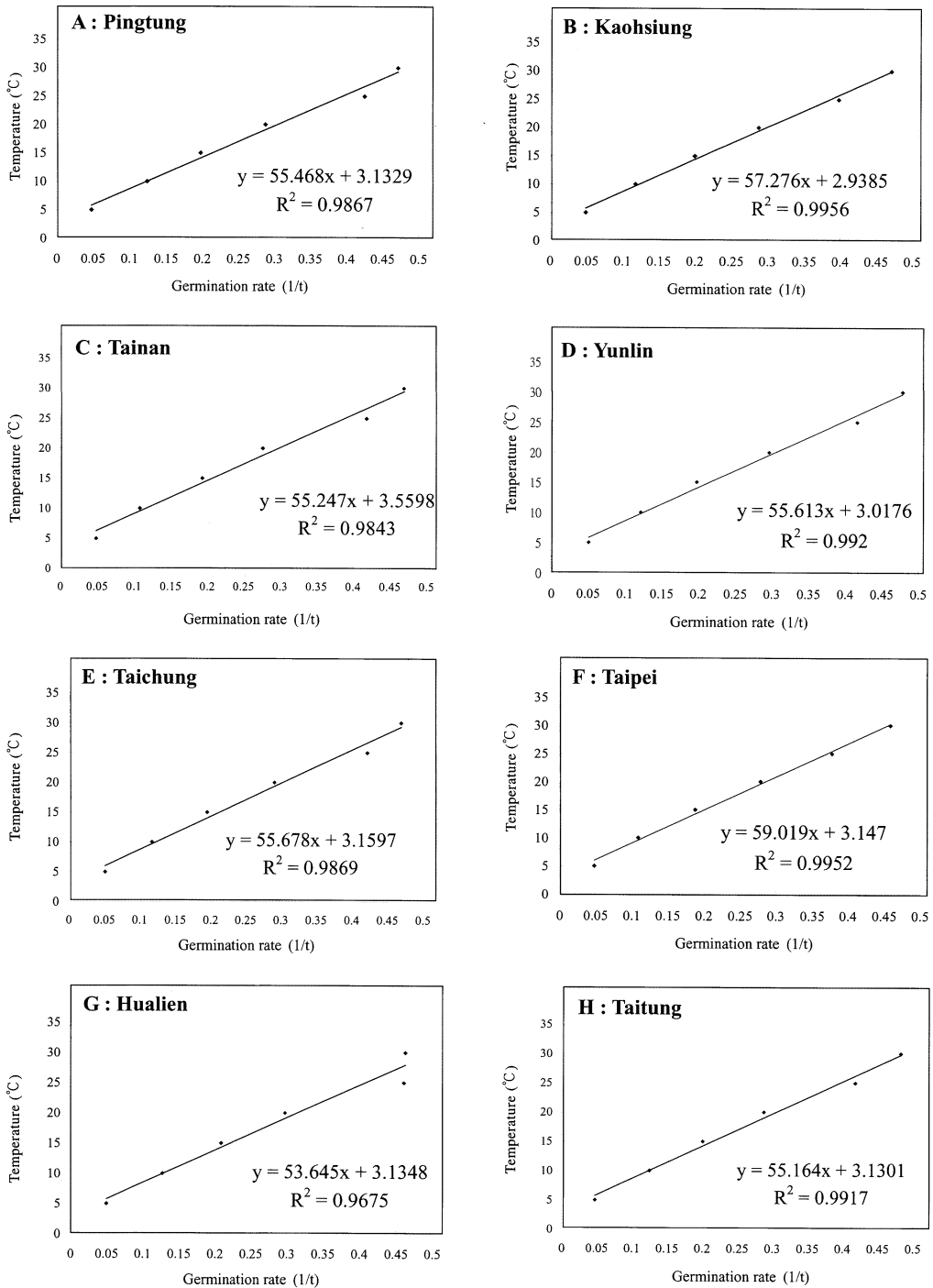


圖 2. 八個不同族群台南白玉米種子發芽率與溫度之相關。

Fig. 2. The relationship between temperatures and mean of germination rate (1/t) of eight populations of Tainan-White maize seeds.

玉米種子發芽之最低溫度，Durand *et al.*(1982)在探求玉米播種至萌芽之累積溫度時，所採用之基礎溫度為 2°C。而 Derieux & Bonhomme(1990)以雜交種玉米為材料，認為其發芽基礎溫度為 6~8°C；依 Inouye(1952)報告則為 6~10°C。Warrington & Kanemasu(1983)以兩個雜交種玉米 XL45 及 W346 為材料，指出玉米發芽最低溫度為 9°C，而種子發芽所需溫度時間(thermal time)為 62.5°Cd。由上述學者之研究顯示，玉米的種質極多，適合於溫帶地區早春播種者，其發芽的最低溫度一般較低；適應於熱帶之種質，一般其發芽之最低溫度通常較高，故種質的不同其結果也有所差異。本試驗所得八個台南白玉米族群最低溫度之變異幅度為 2.9°C~3.5°C，和曾與黃(1995)以兩個台南白玉米族群為材料，求得其發芽最低溫度為 4°C，極為相近，且大致在前人研究結果的溫度範圍內。而八個族群發芽所需溫度時間為 55.1~59.0°Cd，略低於曾與黃(1995)研究之結果，可能係所使用方法及器材精密度的不同或因不同地區的台南白族群已分化成適應不同生態環境之基因型(謝&曾 1998)故其結果有所差異。

種子發芽率最高且發芽時間最快之溫度即為發芽最適溫度(Copeland 1976)，本試驗結果綜合發芽率最高且平均發芽時間最快之溫度範圍，可知八個族群最適發芽溫度在屏東、台南、雲林、台中、花蓮及台東等族群為 25~30°C，而高雄及台北族群最適發芽溫度則為 30°C。根據 Inouye(1952)利用發芽係數來判定玉米之最適發芽溫度，本試驗結果除花蓮族群在溫度為 25°C 時發芽係數達最大外，其餘族群皆在溫度為 30°C 時發芽係數達最大。由上可推論，八個地區台南白玉米族群種子發芽之最適溫度在 25~30°C 範圍內。此溫度和前人研究結果的 30°C(Blacklow 1972；Warrington & Kanemasu 1983)、33.6°C(Itabari *et al.* 1993)及 23.5~26.5°C(曾&黃 1995)相近。

本試驗在 40°C 時八個地區族群種子發芽率尚可達 10.7%~30.2%，可見八個地區台南白族群種子最高發芽溫度高於 40°C。與前人研究結果玉米發芽最高溫可達 40~46°C(Blacklow 1972；Inouye 1952；Itabari *et al.* 1993)相近似。

引用文獻

- 曾美倉、黃懿秦。1995。溫度對台南白玉米種子發芽之影響。中華農藝 5:365-373。
- 黃懿秦、楊文煌、曾美倉、謝兆樞。1990。不同地區之台南白族群間農藝性狀差異之比較。台大農學院報告 30:52-59。
- 楊文煌、黃懿秦、曾美倉、黃賢喜。1991。不同栽培環境對台南白玉米產量及農藝性狀之影響。中華農藝 1:293-308。
- 謝光照、曾富生。1998。台灣不同地區台南白玉米族群之變異。中華農業研究:204-219。
- 謝光照、曾富生。1999。台南白玉米自交系產量與其它農藝性狀之組合力分析。中華農藝 9:175-183。
- Bierhuizen, J. F., and W. A. Wagenvoort. 1974. Some aspects of seed germination in vegetables. I. The determination and application of heat sums and minimum temperature for germination. *Sci. Horti.* 2:213-219.
- Blacklow, W. M. 1972. Influence of temperature on germination and elongation of the radicle and shoot of corn (*Zea mays* L.). *Crop Sci.* 12:647-650.
- Copeland, L. O. 1976. *Principles of Seed Science and Technology*. Burgess Publishing Company, Minneapolis, Minnesota, USA. 59 pp.
- Derieux, M., and R. Bonhomme. 1990. Heat units requirements of maize inbred lines for pollen shedding and silking: Results of the European FAO network. *Maydica* 35:41-46.
- Dumur, D., C. J. Pilbeam, and J. Craigon. 1990. Use of the weibull function to calculate cardinal temperatures in faba bean. *J. Exp. Bot.* 41:1423-1430.

- Durand, R., R. Bonhomme, and M. Derieux. 1982. Seuil optimal des sommes de temperatures application au mais (*Zea mays* L.). *Agronomie* 2:589-597.
- Eills, R. H., and E. H. Roberts. 1980. Towards a rational basis for testing seed quality. P.605-635 In *Seed Production* P. D. Hebblethwaite, ed. Butterworth, London.
- Garcia-Huidobro, J., J. L. Monteith, and G. R. Squire. 1982. Time, temperature and germination of pearl millet (*Pennisetum typhoides* S. H.). *J. Exp. Bot.* 33:288-296.
- Gummerson, R. J. 1986. The effect of constant temperature and osmotic potentials on the germination of sugar beet. *J. Exp. Bot.* 37:729-741.
- Hegarty, T. W. 1973. Temperature relations of germination. p 411-432. In *Seed Ecology* W. Heydecker, ed. Butterworth, London.
- Inouye, C. 1952. Influence of temperature on the germination of seeds. 6. Maize (*Zea mays* L.). *Proc. Crop Sci. Jpn.* 21:79-80.
- Itabari, J. K., P. J. Gregory, and R. K. Jones. 1993. Effects of temperature, soil water status and depth of planting on germination and emergence of maize (*Zea mays* L.) adapted to semi-arid eastern Kenya. *Expl. Agric.* 29:351-364.
- Tseng, M. T. 1992. Effects of temperature on the germination of papaya seeds. *J. Agric. Assoc. China* 158:29-45.
- Warrington, I. J., and E. T. Kanemasu. 1983. Corn growth response to temperature and photoperiod. I. Seedling emergence, tassel initiation, and anthesis. *Agron. J.* 75:749-754.

Characterization of the Germination Response to Temperature of Tainan-White Maize Populations¹

Shu-Hui Yang², Guang-Jauh Shieh^{3,5} and Shu-Tu Wu⁴

Summary

Yang, S. H., G. J. Shieh and S. T. Wu 2003. Characterization of the Germination Response to Temperature of Tainan-White Maize Populations. *J. Agric. Res. China* 52:23-30.

Tainan-White (TNW) is a native maize population which has been cultivated for over 80 years in Taiwan. TNW has been traditionally utilized as a green corn. Eight Tainan-White maize populations collected from Pingtung, Kaohsiung, Tainan, Yunlin, Taichung, Taipei, Hualien and Taitung areas were planted at Taichung, and then, the produced seeds were used to study the effect of different temperatures on seed germination from 5-40°C in growth Chamber. The optimum temperatures for seed germination of Pingtung, Tainan, Yunlin, Taichung, Hualien and Taitung populations were 25~30°C and while the optimum temperature for Kaohsiung and Taipei populations was 30°C. The maximum temperatures for germination of eight populations were 40~45°C. Regression analysis showed that the minimum temperatures for seed germination were in the range of 2.9~3.5°C, and the thermal time of germination was in a range of 55.1°C~59.0°C d.

Key word : Tainan-White, Maize, Germination, Temperature

1. Contribution No.2142 from Taiwan Agriculture Research Institute, Council of Agriculture. Accepted : December 20, 2002.

2. Assistant, Agronomy Division, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, R.O.C.

3. Associate Researcher, Agronomy Division, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

4. Professor, Agronomy Division, National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan, ROC.

5. Corresponding author, e-mail : x486045@wufeng.tari.com.tw ; Fax : (04)23302806.