



獎 狀

林冠慧君參加台灣農藝學會
109年研究成果發表會活動，壁報
論文表現優良，特頒獎狀以茲鼓
勵。

台灣農藝學會

理事長 盧虎生



中華民國 109 年 9 月 3 日

利用回歸模式進行不同水稻品種之基礎溫度修正

林冠慧^{1,*}, 呂椿棠², 林汶鑫^{1,**}

¹國立屏東科技大學農園生產系

²行政院農業委員會農業試驗所作物組

Abstract

水稻生育期受溫度影響的發育模式研究指出，當作物達到特定生育期時，需累積到一定的熱量單位。因此，將各生育期所需溫度量化為熱量單位，用以判斷作物的生育期是目前進行水稻智慧化管理的重要議題，其中常見的熱量單位包含：生育度數(growing degree days, GDD)和DD50 (degree days 50)。然而，熱量單位進行計算時，需扣除基礎溫度，即為作物發育停止的溫度，過去常以10°C作為基礎溫度。然而，為使水稻栽培曆朝向更為精緻且精確化的管理，本研究針對不同品種水稻，利用插秧日至幼穗分化期間，每日累積發育速率與相對應累積GDD，透過回歸模式的方式，進行基礎溫度的修正探討。以相對誤差率的研究結果指出，選用水稻品種利用修正後之基礎溫度計算熱量單位時，其發育模式具有較佳預測能力，且建立之特定生育期熱量單位較基礎溫度為10°C時，具有較少之變異程度。本研究試驗品種TK9、TNG71、TN11以及KH147修正後最適合的基礎溫度，分別為：6.4°C(43.52°F)、6.6°C(43.88°F)、6.6°C(43.88°F)以及7.6°C(45.68°F)。未來將以該修正之基礎溫度建立各生育期累積的熱量單位，期得以更精準預測水稻重要的生育期，實質落實精確的水稻智慧化栽培管理。

Materials and Methods

- a. 簡單線性回歸模式：利用溫度資料建立水稻插秧至幼穗分化期內，每日累積發育速率與每日GDD的簡單線性回歸模式(如公式[1])，並估算發育速率與GDD間的相對誤差(relative error, RE)。

$$Y = b_0 + b_1X + \varepsilon_i \quad \varepsilon_i \sim \text{iid } N(0, \sigma^2) \quad [1]$$

Y：插秧至幼穗分化期之發育速率 b_0 ：截距 b_1 ：回歸係數

X：插秧至幼穗分化期每日累積 GDD ε_i ：隨機誤差 σ^2 ：族群變異數

- b. 發育速率：在作物生長到特定生育期時，每日發育速率可視為到達該生育期所需生育日數之倒數。例如：定植至幼穗分化期所需生育日數為39 d，則該期間內每日發育速率設為1/39 d⁻¹，故生育期間內每日累積發育速率為1/39、2/39、……以及39/39 d⁻¹。

- c. 基礎溫度的修正：以簡單線性回歸法找出各基礎溫度間的RE，RE的計算如公式[2]，再將各RE平均後，扣除邊值且求得最低者的平均相對誤差(mean relative error, MRE)，MRE的計算公式[3]，則以MRE(%)最小值為各品種修正後的基礎溫度。

$$RE(\%) = \sum_{i=1}^n \left[\frac{|y_i - \hat{y}_i|}{y_i} \right] \times 100\% \quad [2]$$

$$MRE(\%) = \sum_{i=1}^n \left[\frac{1}{n} \times \frac{|y_i - \hat{y}_i|}{y_i} \right] \times 100\% \quad [3]$$

n：各品種的總樣本數 y_i ：發育速率之實際測量值

\hat{y}_i ：發育速率之預測值

Results

本試驗利用不同的基礎溫度代入模式之中，並以MRE%較低者的基礎溫度進行修正。若利用該基礎溫度計算熱量單位時，其建立的發育模式具有較佳配適能力，則將其溫度視為該品種最佳的基礎溫度。試驗水稻修正最適基礎溫度的結果，試驗品種TK9、TNG71、TN11以及KH147修正後最適的基礎溫度，分別為：6.4°C(43.52°F)、6.6°C(43.88°F)、6.6°C(43.88°F)以及7.6°C(45.68°F)。另外，水稻各生育期累積熱量單位之變異係數(Table 1)，與基礎溫度10°C的GDD相比，大部分的變異係數均有降低。

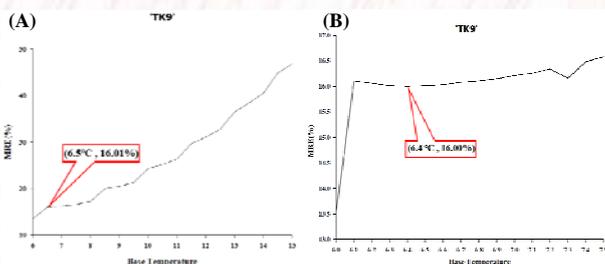


Fig. 1 MRE (%) calculated by the growth model in 'TK9' based on the base temperature from (A) 6 to 15°C and (B) 6 to 7.5°C

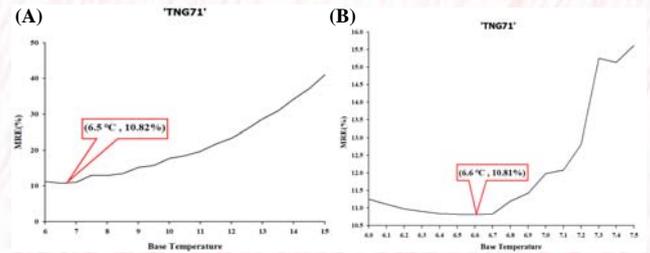


Fig. 2 MRE (%) calculated by the growth model in 'TNG71' based on the base temperature from (A) 6 to 15°C and (B) 6 to 7.5°C

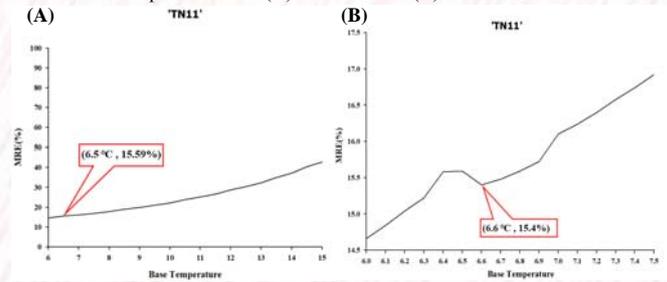


Fig. 3 MRE (%) calculated by the growth model in 'TN11' based on the base temperature from (A) 6 to 15°C and (B) 6 to 7.5°C

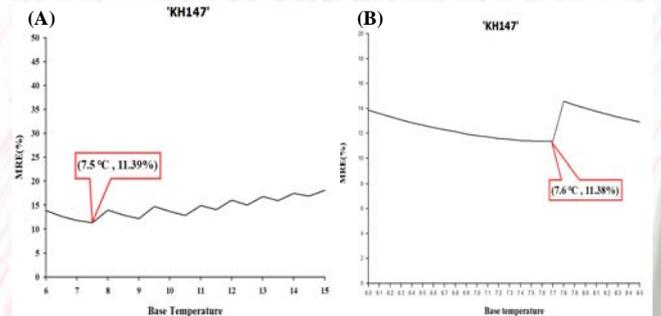


Fig. 4 MRE (%) calculated by the growth model in 'KH147' based on the base temperature from (A) 6 to 15°C and (B) 6 to 8.5°C

Table 1 The coefficient of variation of the GDD and modified base temperature for each growth stage of rice.

Cultivates	Heat unit	50% tillering	Maximum tillering	Panicle initiation	50% Heading	Physiological maturity
TK9	GDD(Tb:10°C)	15.8%	8.80%	8.09%	5.19%	
	GDD(Tb:6.4°C)	13.39%	7.09%	5.03%	2.89%	
TNG71	GDD(Tb:10°C)	15.08%	8.42%	7.41%	4.68%	
	GDD(Tb:6.6°C)	12.92%	5.44%	5.71%	4.99%	
TN11	GDD(Tb:10°C)	28.82%	22.5%	8.47%	8.77%	6.06%
	GDD(Tb:6.6°C)	22.05%	17.36%	6.31%	6.63%	5.97%
KH147	GDD(Tb:10°C)	18.88%	11.3%	8.23%	7.06%	6.75%
	GDD(Tb:7.6°C)	18.16%	10.37%	8.16%	7.45%	6.19%

Conclusions

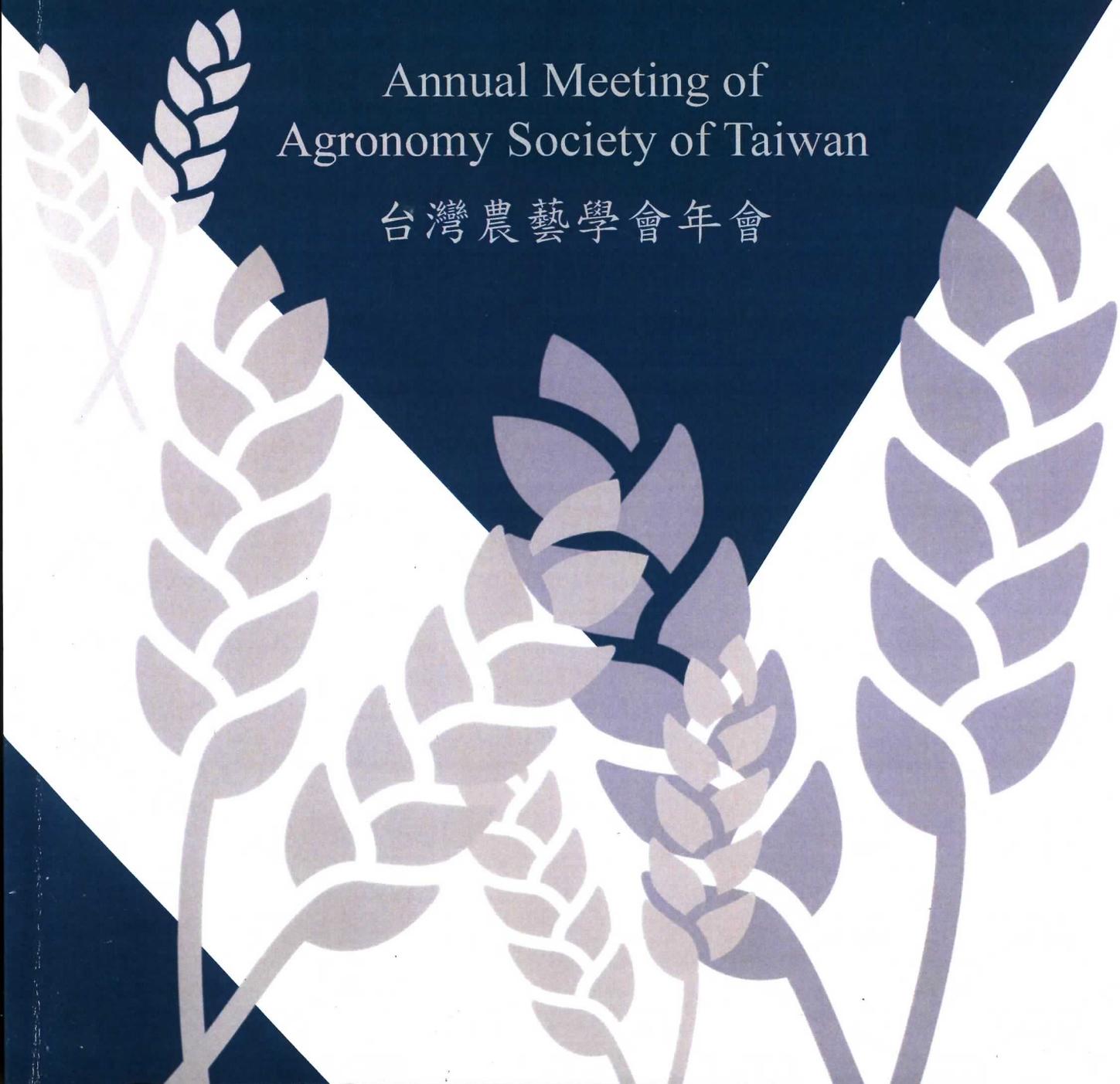
熱量單位中基礎溫度的決定相當重要，不同作物或品種間之基礎溫度應不甚相同，若利用修正後的基礎溫度計算熱量單位時，其建立的發育模式具有較佳的配適能力。台灣傳統水稻的栽培曆中，常以生育日數劃分生育期，但隨著氣候變遷的影響，使得以生育日數判斷水稻生育期的準確性較低。因此，利用不同的基礎溫度代入模式之中，並以MRE%較低者的基礎溫度則將其溫度視為該品種最佳的基礎溫度，可供計算修正後GDD與DD50的熱量單位，以利準確的預估水稻生育期。

109年度

作物科學講座暨研究成果發表會與
邁向零飢餓的永續農業發展研討會
聯合大會

Annual Meeting of
Agronomy Society of Taiwan

台灣農藝學會年會



利用回歸模式進行不同水稻品種之基礎溫度修正

林冠慧^{1,*}，呂椿棠²，林汶鑫^{1,**}¹ 國立屏東科技大學農園生產系² 行政院農業委員會農業試驗所作物組

水稻生育期受溫度影響的發育模式研究指出，當作物達到特定生育期時，需累積到一定的熱量單位。因此，將各生育期所需溫度量化為熱量單位，用以判斷作物的生育期是目前進行水稻智慧化管理的重要議題，其中常見的熱量單位包含：生育度數(growing degree days, GDD)和 DD50 (degree days 50)。然而，熱量單位進行計算時，需扣除基礎溫度，即為作物發育停止的溫度，過去常以 10°C 作為基礎溫度。然而，為使水稻栽培曆朝向更為精緻且精確化的管理，本研究針對不同品種水稻，利用插秧日至幼穗分化期間，每日累積發育速率與相對應累積 GDD，透過回歸模式的方式，進行基礎溫度的修正探討。以相對誤差率的研究結果指出，選用水稻品種利用修正後之基礎溫度計算熱量單位時，其發育模式具有較佳預測能力，且建立之特定生育期熱量單位較基礎溫度為 10°C 時，具有較少之變異程度。本研究試驗品種 TK9、TNG71、TN11 以及 KH147 修正後最適合的基礎溫度，分別為：6.4°C(43.52°F)、6.6°C(43.88°F)、6.6°C(43.88°F)以及 7.6°C(45.68°F)。未來將以該修正之基礎溫度建立各生育期累積的熱量單位，期得以更精準預測水稻重要的生育期，實質落實精確的水稻智慧化栽培管理。

關鍵詞：熱量單位(heat unit)、發育速率(developmental rate)、平均相對誤差(mean relative error, MRE)、生育階段(growth stages)

*報告人

**聯絡人

聯絡人服務單位：國立屏東科技大學生產系

聯絡人 e-mail：wslin@mail.npust.edu.tw

聯絡人電話：08-7703202#6254