

# 以熱單位作為有機草莓施肥指標之研究

蔡正賢<sup>1\*</sup> 張廣森<sup>1</sup> 吳添益<sup>1</sup> 黃裕銘<sup>2</sup>

<sup>1</sup>行政院農業委員會苗栗區農業改良場

<sup>2</sup>國立中興大學土壤環境科學系

## 摘 要

本研究以熱單位為指標，探討有機草莓施肥效果，試驗結果顯示，基礎溫度設定為 5°C 時，草莓主株展開葉片數與熱單位有合理的相關。以每熱單位的葉片增加速率來看，草莓在累積熱單位 1,666 °Cd 後，葉片增加速率有下降的趨勢，符合一般農戶追肥時機。三種肥培管理中，每公頃使用 7.5 噸蔗渣堆肥與 2.5 噸豆粕混合有機肥為基肥，並追施 1.0 噸豆粕混合有機肥，使總氮素用量為每公頃 120 公斤，對葉片生長速率的維持較穩定。

**關鍵詞：**熱單位、基礎溫度、有機草莓

依據植物發育階段控制土壤養分的釋放是肥培管理的重要手段，草莓生長期長達 5~6 個月，除緩效性有機質肥料外，必須搭配速效性化學肥料，然而有機栽培限制化學肥料的施用，因此如何進行肥培管理，有深入研究的必要。植物發育階段可以用溫度與時間的函數—熱單位 (°Cd) 表示，而溫度也會影響土壤有機質礦化的速率 (Awal *et al.*, 2003)，對土壤養分釋放同樣重要。對於草莓有機栽培研究而言，了解草莓的熱需求，將有助於有機質肥料的開發。

熱單位是指高於基礎溫度的積熱，

因此基礎溫度對於預測植物發育相當重要。主枝展開葉片數是植物發育階段的重要指標，受到溫度的影響最大，因此可以作為推算基礎溫度的指標。由於草莓分株形成後，生長點增加，葉片增加速率不只受溫度影響，也受分株數影響，因此，本研究探討草莓基礎溫度，以尚未形成分株的草莓葉片數目作為指標參數。

草莓生長期氣溫變化相當大，不同生長期的生長速率受到氣溫變化的影響，很難比較真正的生長差異。累積熱單位涵蓋溫度的變因，可以使短期急遽變化溫度的影響降低，較能反應實際田

\*論文聯繫人

e-mail: tsajjh@mdais.gov.tw

間狀況，並比較肥培管理對不同生長期的真正影響。因此本研究首先利用田間溫度的監測，求得適合預測熱單位的基礎溫度，並以熱單位比較不同肥培管理對草莓生長期葉片增加速率的影響。

## 材料與方法

本試驗採用之草莓品種為桃園一號，田間試驗於本場生物防治分場進行，試驗田土壤性質如表一所示。試驗區長 20 公尺，寬 8 公尺，分為三個小區，每小區 5 公尺 × 8 公尺，分別施用不同比例之蔗渣堆肥與豆粕混合有機肥，各 6 個重複，每小區間設隔離帶 1 公尺，於 2006 年 11 月 1 日施用基肥後灌水，定植日期為 11 月 10 日，並以滴灌方式，進行水分管理。

基肥選用蔗渣堆肥（0.6：1.0：0.5）及豆粕混合有機肥（1.5：1.6：3.7）。蔗渣堆肥用量為每公頃 7.5 噸，豆粕混合有機肥用量分別為每公頃 1.25（A）、2.5（B）及 5.0（C）噸，三種基肥施用方式之土壤性質差異如表二。追肥使用豆粕混合有機肥，第一次追肥於 2007 年 1 月 10 日進行，用量分別為每公頃 1.0、1.0 及 0.5 噸，而 A 處理則於 2007 年 2 月 14 日進行第二次追肥，用量為每公頃 0.25 噸。追肥後 A、B 及 C 三處理總氮素施用量為分別為每公頃 90、120 及 190 公斤。

田間資料蒐集器架設於試驗田區，監測氣溫及日照等各項環境因子，監測時間由 2006 年 11 月 23 日至 2007 年 4 月。草莓定植日起至 2006 年 11 月 23 日間之平均氣溫，依本場之氣象站資料。

田間調查自 2006 年 12 月 6 日起，記錄每株草莓展開葉片數，每株展開葉片數增加量除以生長日數即為每日葉片增加速率。

試驗田於 2007 年 4 月 23 日全株採收，調查每株草莓之分株數目。基礎溫度由平均氣溫低於 20°C 時，約定植後四個月內未形成分株的草莓累積葉片數推算，因為生長期溫度較低可求得較好的相關（Sinclair *et al.*, 2004）。基礎溫度設定為 -5、-2.5、0、2.5、5、7.5 及 10°C，分別將葉片累積量與累積熱單位進行線性分析後，計算其誤差均方值。

## 結 果

### 一、氣溫

量測期間平均氣溫為 9~25°C，如圖一所示。最高溫發生在 3 月份，最低溫發生在 1 月份。草莓定植後，平均氣溫逐漸由 19°C 下降至 9°C，爾後逐漸升高至 25°C。

### 二、基礎溫度

三種處理未形成分株的數目分別為 A 處理 72 棵，B 處理 68 棵，C 處理 57 棵。定植後四個月內每日葉片增加速率與平均氣溫的關係如圖二所示，葉片增加速率與平均氣溫統計上有極顯著相關性（ $r = 0.83$ ,  $p < 0.001$ ），平均氣溫下降，葉片增加速率也隨著下降。理論上，當平均氣溫夠低時，草莓葉片增加速率應該為零，此即基礎溫度。

基礎溫度設定為 -5~10°C 時，各處理葉片累積數與累積熱單位的線性相關誤差均方值如圖三所示。三種處理出現

表一 參試土壤性質

Table 1. The soil properties before experiment

Property	Unit	Value
pH(1:1)		6.26
EC(1:5)	dS m <sup>-1</sup>	0.21
Organic matter	g kg <sup>-1</sup>	31.9
Available P	mg kg <sup>-1</sup>	35
Exchangeable K	mg kg <sup>-1</sup>	241
Exchangeable Ca	mg kg <sup>-1</sup>	2153
Exchangeable Mg	mg kg <sup>-1</sup>	211
Texture		Clay loam
Sand content	%	43.0
Silt content	%	18.8
Clay content	%	38.2

表二 三種處理於基肥施用後60天之土壤性質差異

Table 2. The soil properties of three treatments 60 days after basal application of organic fertilizer

Treat	pH	EC, dS/m	Organic matter, g/kg	Available P, mg/kg	Exchangeable K, mg/kg	Mineral N, mg/kg
A	6.01	0.19	37.5	87	189	13.7
B	6.05	0.23	33.5	82	185	15.0
C	5.95	0.33	37.1	88	191	13.9

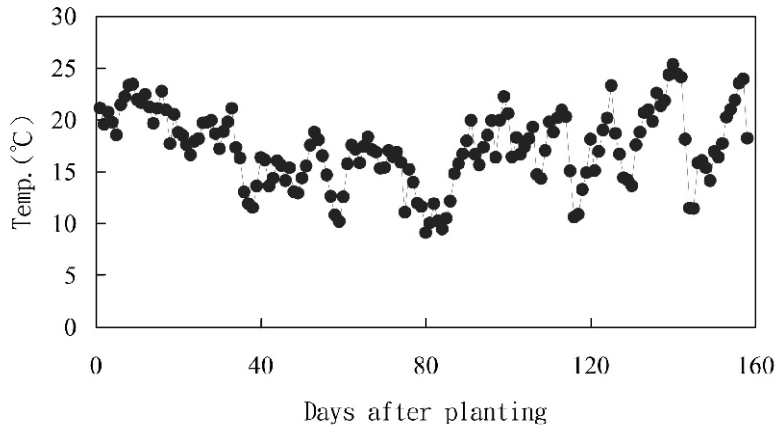
最小誤差均方的溫度分別為 -2.5、5 及 7.5°C，然而低於 5°C 時，C 處理的誤差均方呈直線上升，高於 5°C 時，A、B 兩處理的誤差均方亦開始偏高。顯示肥料施用量偏低時，對低溫的影響較小，如處理 A 及 B；而肥料用量較高時，對低溫之影響較明顯，如處理 C。對草莓而言，基礎溫度設定為 5°C 較適當。

### 三、生長期葉片增加速率的變化

基礎溫度為 5°C 時，每熱單位葉片增加速率與平均氣溫統計上不顯著 ( $r = 0.32$ )，此等溫度非依賴性 (temperature-independent)，對比較草莓長期葉片的發展較有意義。各處理每熱單位葉片增加速率隨累積熱單位的變化情形如圖四~六所示。三種處理於調查期間，其累積熱單位 399-1949°Cd，葉片增

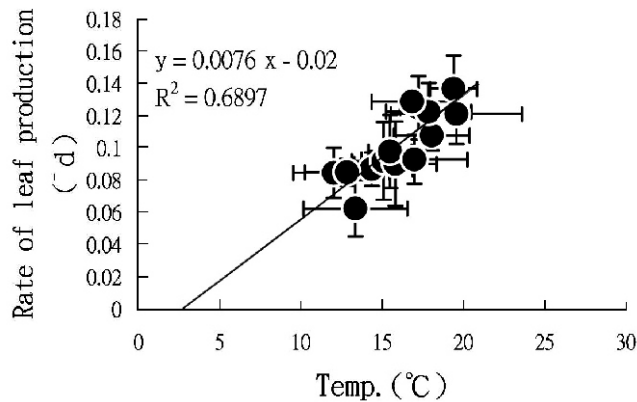
加速率分別為  $0.0083 \pm 0.0004$ 、 $0.0085 \pm 0.0004$  及  $0.0081 \pm 0.0006^{\circ}\text{Cd}$ 。而在累積熱單位  $1,666^{\circ}\text{Cd}$  以後，葉片增加速率則有下降的趨勢，符合一般農戶追肥時機，由於本研究於生長後期並未施用追肥，推測此現象可能是未施用追肥所

致。B 處理後期的葉片增加速率為  $0.0071 \pm 0.0012^{\circ}\text{Cd}$ ，下降較不明顯，而 A 處理與 C 處理則有明顯的下降，其葉片增加速率分別為  $0.0062 \pm 0.0009^{\circ}\text{Cd}$  及  $0.0064 \pm 0.0012^{\circ}\text{Cd}$ 。



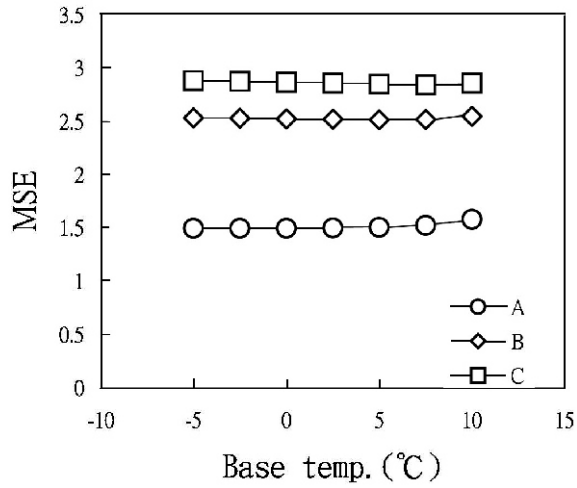
圖一 草莓定植後每日平均氣溫

Fig. 1. The fluctuation of daily mean air temperature after strawberry planting day.



圖二 草莓主株每日葉片增加速率與平均氣溫之關係。每一點為3種處理的平均，Y軸誤差線為三種處理間之變異，X軸誤差線為每次調查期間平均溫度的變異

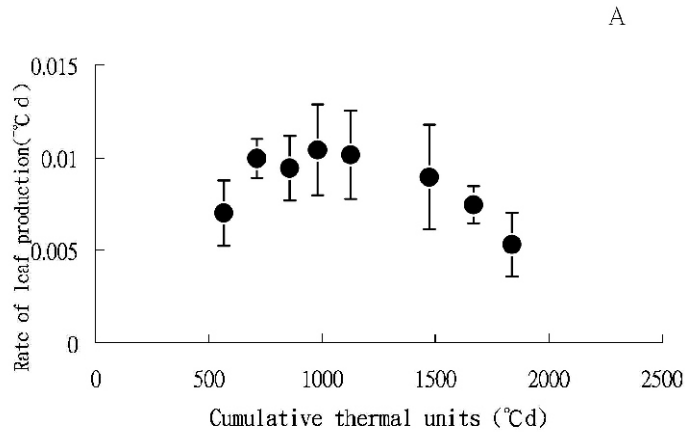
Fig. 2. Relationship between rate of leaf production on strawberry main stem and mean temperature. Each point: average of three treatments; vertical bars: variation of three treatment means; horizontal bars: variation of daily mean temperature.



圖三 在設定的基礎溫度下，葉片累積數與累積熱單位的線性相關誤差均方值

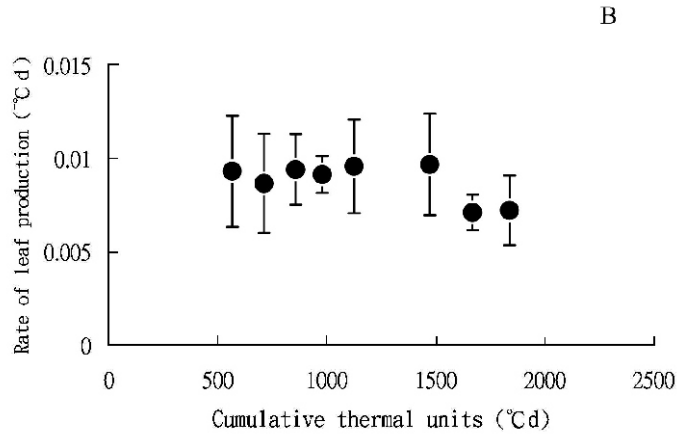
Fig. 3. Mean square error of regressions for cumulative leaf number and cumulative thermal units assuming various base temperatures.

MSE: Mean square error.



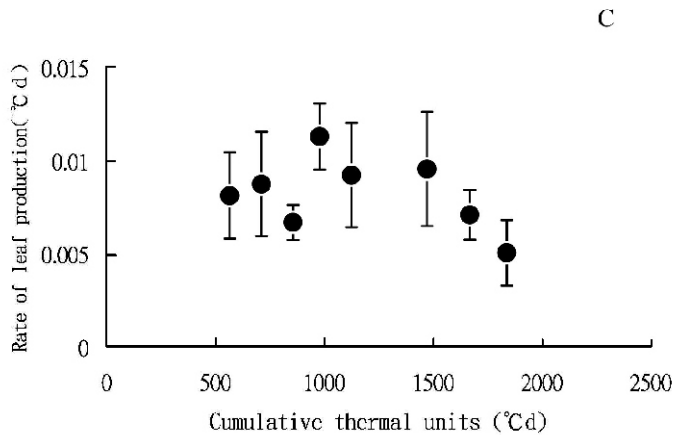
圖四 A處理每熱單位葉片增加速率隨累積熱單位的變化情形

Fig. 4. Rate of leaf production per thermal unit as a function of cumulative thermal units in treatment A.



圖五 B處理每熱單位葉片增加速率隨累積熱單位的變化情形

Fig. 5. Rate of leaf production per thermal unit as a function of cumulative thermal units in treatment B.



圖六 C處理每熱單位葉片增加速率隨累積熱單位的變化情形

Fig. 6. Rate of leaf production per thermal unit as a function of cumulative thermal units in treatment C.

## 討 論

試驗田土壤由於黏粒含量及有機質含量較高，生長期之養分供應能力較強，肥料的投入本來就不應過高（蔡等，2003）。肥料的投入，除了影響作物生長，更與氮素淋洗的風險有關（

Poudel *et al.*, 2004）。表二中豆粕混合有機肥的用量增加，雖然並未增加礦物氮的濃度，但是明顯增加土壤的電導度值，對土壤品質的影響可能較為不利。

基礎溫度設定為 5°C 時，草莓主株展開葉片數與熱單位可適用於不同施肥管理。熱單位可以較準確反應生長速率

的變化，並有助於了解肥培管理的真正影響。草莓生長後期的每熱單位葉片生長速率有下降的趨勢，可能是未進行追肥所致。緩效性堆肥與速效性有機肥混合比例為 6：2 時，並施用一次追肥，對草莓葉片生長速率的維持較穩定。

## 引用文獻

蔡正賢、張廣淼、吳添益。2003。堆肥用量在土壤黏粒含量不同下對草莓盆栽產量的影響。土壤肥料通訊 85:242-243。

**Awal, M. A., and T. Ikeda.** 2003. Controlling canopy formation, flowering, and yield in field-grown stands of peanut (*Arachis hypogaea* L.) with ambient and regulated soil temperature. *Field Crops Research* 81:121-132.

**Poudel, D. D., W. R. Horwath, W. T. Lanini, S. R. Temple, and A. H. C. van Bruggen.** 2002. Comparison of soil N availability and leaching potential, crop yields and weeds in organic, low-input and conventional farming systems in northern California. *Agri. Ecosys. and Environ.* 90:125-137.

**Sinclair T. R., R. A. Gilbert, R. E. Perdomo, J. M. Shine Jr., G. Powell, and G. Montes.** 2004. Sugarcane leaf area development under field conditions in Florida, USA. *Field Crops Research* 88:171-178.

收件日期：2007年6月15日

接受日期：2007年8月24日

# Effect of Fertilizer Application on Organic Strawberry by the Indicator of Thermal Unit

**Jeng-Hsien Tsai<sup>1\*</sup>, Kuang-Miao Chang<sup>1</sup>, Tian-Yih Wu<sup>1</sup>, and Yuh-Ming Huang<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Miaoli District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan, Miaoli, Taiwan, R.O.C.

<sup>2</sup> Department of soil and environmental sciences, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, R.O.C.

## **ABSTRACT**

The thermal unit for strawberry development has been used to evaluate the effects of fertilization on main stem leaf appearance. The result showed that leaf number of strawberry is well correlated by thermal unit at base temperature of 5°C. The leaf production rate decreased at period of 1,666°C d, which was coincided with supplement of fertilizers. The total application of organic fertilizer at 120 kg-N/ha, with basal application of 7.5 Mg ha<sup>-1</sup> bagasse and 2.5 Mg ha<sup>-1</sup> soybean compost, supplemental application of 1.0 Mg ha<sup>-1</sup> soybean compost, would steadily maintain the leaf formation rate in whole growing season.

**Key words:** thermal unit, base temperature, organic strawberry.