

# 作物低溫需求模式的比較

徐錦木

## 摘要

溫帶作物需要適當的冬季低溫供打破休眠完成生活周期。因為全球暖化的影響，經濟生產區域原有作物，逐漸面臨冬季低溫量不足的情況。目前估算作物冬季低溫需求的模式主要有CH模式、Utah模式及Dynamic模式。三種模式中CH模式簡單易算，以寒冷地區不同年度所得結果差異不大可以適用，溫暖區域不同年度所得結果差異大較不適用；Utah模式不同溫度有不同效果，各溫度以不同權重求得結果，不同年度所得結果較一致，但需要依區域及樹種微調低溫起算時間及權重；Dynamic模式將打破休眠分為二階段，第一階段低溫促使打破休眼前驅物合成，但高溫具有分解及逆轉前驅物的能力，第二階段則不具可逆性。溫度在不同階段有不同權重，具有時間不均勻性，計算方式較為複雜，但推算出結果最能符合田間及控制環境的實際情況。目前所有模式均是依觀測結果和數據推估，但植體內部生理反應不完全瞭解，僅適用特定區域而無法全面適用，後續仍有改善空間。

## 前言

溫帶作物為避免於嚴寒冬季凍死，發展出休眠機制以渡過冬季。作物在休眠期間，外在的生長停滯，內部的生理反應也變緩，植體水份含量下降，原生質濃縮，增強抗寒力。在感受到足夠低溫量後，芽體打破休眠，待氣溫回暖時，迅速萌發開始另一個生長循環。在全球暖化的趨勢下，各地平均溫度逐漸上升，導致冬季低溫量變化，反而因芽體感受的低溫量不同，使適應特定區域的作物無法於適當時機萌芽，導致第二年芽體萌發率低、壞死、開花不正常、著果率偏低及夏季枝梢生育不良等問題。因為果樹為多年生作物，為了在幾十年後仍適應栽種地區氣候，首先要瞭解各種作物打破休眠所需冬季低溫量。學者依據觀察資料及對植物生理的瞭解，對於打破休眠所需低溫量提出多種計算模式，主要的有從1940年代開始提出CH模式(chilling hour)，1970年代提出Utah模式，1990年代提出Dynamic模式。本篇文章對這些模式的內容及低溫計算方式作一個概念性探討。

## 內容

因為氣候的低溫量對於作物的生產有很重大的影響，Lammerts氏於1941年提出當溫度低到一定程度後，就對打破休眠有所幫助<sup>(4)</sup>。Bennett氏於1949年補充當

溫度低於冰點溫度時，對打破休眠沒有幫助<sup>(4)</sup>。綜合Lammerts氏及Bennett氏論述形成CH模式，又稱Weinberger Model模式<sup>(4)</sup>。這模式指出，計算低溫時間以小時為單位，溫度在0°C~7.2°C時有打破休眠的效果。作物打破休眠所需低溫量，為整個休眠期中累積0°C~7.2°C的時間。

Overcash氏及Campbell氏1955年提出，在休眠期間高溫對於打破休眠效果有負面效果，開啟Utah模式的契機<sup>(4)</sup>。Richardson等人於1974年補充不同溫度的打破休眠效果不同，以小時為時間單位，當高於15.9°C時會有負效果，奠定Utah模式基礎<sup>(4)</sup>。此後許多地區及作物研究，依據此模式精神，修正溫度權重以適合於研究區域及作物。

許多研究顯示在打破休眠過程中，剛進入休眠時的秋季和打破休眠前春季的高溫，對植物的萌芽有不同影響<sup>(1,7)</sup>，若依前述二種模式無法解釋這種現象，Fishman等人1987年提出Dynamic模式<sup>(3)</sup>，將打破休眠過程分為二個階段，在第一階段累積低溫效果，會促使植物合成打破休眠的前驅物，但高溫會造成前驅物的分解，因此在第一階段具有可逆性<sup>(2,3,4)</sup>。進入第二階段時，由前階段累積的打破休眠前驅物量固定，高溫沒有分解逆轉效果，反而具有活化生理效果，可以促進植株打破休眠<sup>(2,3,4)</sup>。因此這模式中溫度具有時間不均勻性，在不同階段的效果不相同，是和CH模式及Utah模式最大的不同<sup>(4)</sup>。

一般以CH模式計算作物低溫需求較為簡便，但在接近亞熱帶秋、冬及春天溫度變化較大地區，每年所得結果差異大，無法適用<sup>(4)</sup>。Sunley氏等人<sup>(5)</sup>以CH模式和Utah模式，依據歷史記錄計算英國長期低溫累積量變化，近30年來不論何種模式計算，低溫累積量有遞減的趨勢。但北部寒冷地區2種模式的差異較小，而南部溫暖地區所得數據差異就很大，以Utah模式較為穩定。Utah模式要依不同地區設定溫度權重，何時開始累積低溫時數也是重要關鍵，Michele等人<sup>(6)</sup>於2001-2003年在新法蘭克林地區以黑莓實驗，計算冬季低溫時數，在出現16°C以下溫度後開始累計，或出現-2.2°C的嚴寒後開始累計，2年結果比較以出現-2.2°C氣溫後開始計算低溫時數較為準確。在全球暖化過程中，原本冬季極低溫地區因溫度上昇，有效低溫時數反而增加<sup>(4,5)</sup>，而原本冬季較溫暖地區的有效低溫減少程度就較大<sup>(4,5)</sup>。儘管缺乏公正的標準來評判三種低溫模式適用性，但在相同地區的實驗中，以Dynamic模式較能穩定預測植株打破休眠時間<sup>(4)</sup>。

在許多亞熱帶或熱帶區域，冬季並無低溫可供打破休眠，利用落葉劑或催芽劑，促使植株落葉及重新萌芽，可以正常栽培部份溫帶作物，用目前的低溫需求模式仍無法解釋<sup>(4)</sup>。顯示在目前有關打破植物休眠模式仍有改進空間。

## 結論

溫帶作物具有高投資、生長年限長及冬季休眠性的問題，在全球暖化過程中，由於低溫累積量發生改變，使經濟栽培地區部份果樹，因冬季低溫量變化，

造成隔年生育異常現象。目前所有預測作物低溫需求模式，均是觀察結果為基礎，配合數據推算出來的經驗模式，無法以生理反應來解釋及預測打破休眠時間。期待在解開更多的生理反應機制後，可以用理論基礎解釋休眠機制及打破休眠所需條件。

## 參考文獻

1. Citadin, I., M.C.B. Raseira, F.G.Herter, and J.Baptista da Silva. 2001 Heat requirement for blooming and leafing in peach. *HortScience* 36(2):305-307.
2. Erez,A., S.Fishman, G.C.Allan., and P.Allan. 1990 The dynamic model for rest completion in peach buds. *Acta Horti* 276:165-174.(abstract)
3. Fishman,S., A.Erez, G.A.Couvillon. 1987 The temperature dependence of dormancy breaking in plants - computer simulation of processes studied under controlled temperatures. *J. Theor. Biol.* 126:309-321.(abstract)
4. Luedeling,E. 2012 Climate change impacts on winter chill for temperate fruit and nut production : A review. *Scientia Horticulturae* 144:218-229.
5. Sunley,R.J., C.J. Atkinson, and H.G. Jones. 2006 Chill unit models and recent changes in the occurrence of winter chill and spring frost in the United Kingdom. *Journal of horticultural science & biotechnology* 81(6):949-958.(abstract)
6. Warmund,M.R., and J.Krumme. 2005 A chilling model to estimate rest completion of erect blackberries. *HortScience* 40(5):1259-1262.
7. Yamamoto,R.R., A.Katsumi-Horigane, M.Yoshida, Y.Sekozawa, S.Sugaya, and H.Gemma. 2010 'Floral primordia necrosis' incidence in mixed buds of Japanese pear(*Pyrus pyrifolia*(Burm.) Nakai var.culta) 'Housui' grown under mild winter conditions and the possible relation with water dynamics. *J.Japan. Soc. Hort. Sci.* 79(3):246-257.