

小花蔓澤蘭 (*Mikania micrantha*) 種子

田間萌芽之預測

余宣穎¹、郭華仁²、彭雲明³

¹ 前研究生，現任農委會花蓮區農業改良場助理研究員

² 國立台灣大學農藝學系教授 (whjkuo@ccms.ntu.edu.tw)

³ 國立台灣大學農藝學系教授

摘 要

本研究探討溫度與水勢兩項環境因子對於小花蔓澤蘭 (*Mikania micrantha* Kunth) 種子發芽速率的影響，並以萌芽模式模擬小花蔓澤蘭種子發芽與幼苗出土的時機，以期提供瞭解其生活史，進而管理小花蔓澤蘭的參考。試驗利用八種水勢與五種溫度的組合進行發芽試驗，以累積發芽率估算各組合的基礎溫度與基礎水勢，得知其基礎溫度分佈在 2.5 9.5 之間，而基礎水勢分佈在-0.61MPa -1.49MPa 之間。經模式適配得到種子發芽模式為 $\text{Probit}(G') = \{\Psi - [69 / (T - 6.5)t_g] - (-1.047)\} / 0.448$ 。

幼苗生長長度與溫度與日數成二次關係，而在土中，幼苗的生長又受到水勢的影響，因此經分別由三個溫度與三個水勢的發芽箱中試驗，得到幼苗生長模式為

$$G' = G(-0.961 + 0.0827T - 0.0016T^2 + 0.00068TD + 0.03319D - 0.00143D^2)$$

結合兩個模式並經過校正後，可以有效地預測播種後種子的萌芽趨勢。
(關鍵詞：小花蔓澤蘭、發芽、溫度、發芽模式、水勢)

前 言

小花蔓澤蘭 (*Mikania micrantha* Kunth) 因為植株生長快速、種子量多易傳，加上農地的廢耕，因此快速擴散，成為近年來最嚴重的入侵種。小花蔓澤蘭利用生長迅速之特性，攀爬纏繞寄主並重壓於冠層部位，阻礙寄主行光合作用，輕者導致產量減低，重者造成寄主死亡且枯枝與抽取液也會抑制作物生長並減少乾重。除此之外，小花蔓澤蘭的攀附也造成林間棲地環境改變，對於當地的動植物、昆蟲與生態環境產生重大的影響。

根據農委會動植物防疫檢疫局統計，目前國內危害面積已達 13,206.19 公頃，且持續擴大中；受危害的作物包括檳榔 (*Areca catechu* L.)、茶 (*Camellia sinensis* Kuntze)、龍眼 (*Euphoria longana* Lam.)、荔枝 (*Litchi chinensis* Sonn.)、香蕉 (*Musa ×paradisiaca* L.) 等，農民損失甚鉅。

小花蔓澤蘭有效管理方法的發展，有賴於對其生長與發芽等基本特性著手。本研究透過數學模式的建立，期能預測小花蔓澤蘭種子的自然萌發，以便提供瞭解、防除小花蔓澤蘭的參考。

模式建立

一、種子發芽速率模式

種子發芽速率除了與本身的休眠以及活勢等生理狀況有關外，主要是受到發芽環境的影響，特別是溫度與土壤水勢。每日平均溫度 (T) 減掉基礎溫度 (T_b) 累加至發芽日 (t)，所得的值稱為積熱 (thermal time)， θ_T ；每日環境水勢 (Ψ) 減掉基礎水勢 (Ψ_b) 累加至發芽日 (t)，所得的值稱為蘊水

(hydrotime)， θ_H 。以公式表示分別為： $\theta_T = (T - T_b) \times t$ ----- (1)

與 $\theta_H = (\Psi - \Psi_b) \times t$ ----- (2)

若以發芽速率 ($1/t$) 來表示，則分別是： $1/t = K_1 + (1/\theta_T) T$ 與 $1/t = K_2 + (1/\theta_H) \Psi$ 。由此公式可知，發芽速率分別與溫度或者水勢成直線關係，而直線斜率的倒數則分別是基礎溫度或基礎水勢。

根據 Covell *et al.*(1986) 的研究，基本上每粒種子的發芽基礎溫相同，但是積熱則各有所不同，而且呈現常態分佈，也就是說若把累積發芽率 (G) 放在縱座標，每粒種子的 θ_T 放在橫座標作圖，則會呈現 S 型的曲線。根據常態分佈的特性，經過機率值 (probit) 轉換後，可以將該曲線得轉成直線，因此可用以下直線模式來表示：

$$\text{Probit}(G) = K + (1/\sigma) \times \theta_T \text{-----} (3)$$

其中 σ 是積熱分佈的標準偏差。由(1)與(3)可得到：

$$1/t = (T - T_b) / \{[\text{Probit}(G) - K] / \sigma\} \text{-----} (4)$$

Gummerson (1986)、Dahal and Bradford (1994) 則是結合前面積熱與蘊水值，提出水熱積蘊值 (hydrothermal time) 的觀念，當種子所處的環境溫度與水勢超過基礎溫度與基礎水勢時，即會累積水熱值，此水熱值累加至發芽日，即稱之為水熱積蘊值 θ_{HT} (hydrothermal time)，其模式為

$$\theta_{HT} = (T - T_b)(\Psi - \Psi_b) \times t, \text{ 或 } \Psi_b = \Psi - \theta_{HT} / (T - T_b)t \text{-----} (5)$$

如果水熱值累積到 θ_{HT} 時，種子就會發芽。

Gummerson (1986) 發現每粒種子的 θ_H 是固定的，但 Ψ_b 為常態分佈，根據常態分佈的特性可得到：

$\Psi_b = \text{Probit}(G) \times \sigma_{\Psi_b} + \Psi_{b(50)}$ ，其中 G = 小花蔓澤蘭種子發芽率， σ_{Ψ_b} = 基礎水勢變方， $\Psi_{b(50)}$ = 發芽率達 50% 時之基礎水勢，並將此模式帶入水熱積蘊值公式(5)，進而推導出種子發芽速率模式：

$$\text{Probit}(G) = \{ \Psi - [\theta_{HT} / (T - T_b) t_G] - \Psi_{b(50)} \} / \sigma_{\Psi_b} \text{-----} (6)$$

其中 t_G = 發芽達到發芽率 G 的天數。

此模式的生物學意義是，若種子的基礎溫、發芽率達 50% 時之基礎水勢、基礎水勢變方、以及每粒種子發芽所需水熱積蘊值能得知，則可以經由發芽溫度 T 以及土壤水勢 Ψ ，估算出第 t 天的累積發芽率 G 。

二、田間種子萌芽模式

預測田間種子的萌芽，除了要計算溫度、水勢與種子發芽速率的關係外，同時也需要模擬種子發芽後至突出土面被發現所需的時間。顏等 (2000) 研究蒜黃幼苗的生長，利用處理溫度與種植到採收的日期之間的二次曲線來模擬，其公式如下：

$$Y = a + b \times T + c \times T^2 + d \times T \times D + e \times D + f \times D^2 \text{-----} (7)$$

Y = 幼苗莖部的長度

T = 生長溫度

$D =$ 生長日數

$a、b、c、d、e、f =$ 常數

以發芽箱進行固定溫度以及水勢的環境進行發芽試驗以及幼苗生長試驗，將種子發芽速率模式(6)與幼苗生長模式(7)各參數求出後，即可帶入播種後每天土壤水勢與溫度，計算出各天的種子累積發芽率，再加上幼苗突出土面至被觀察到所需時間，即完成一田間萌芽的預測 (楊，2001)。

材料與方法

一、種子材料收集以及基本試驗程序

本試驗以 2001 年 11 月至 2002 年 1 月，取自台中縣霧峰鄉象鼻山山區的小花蔓澤蘭種子為供試材料。新鮮種子採下後，放入相對濕度 40-50%，溫度 30 之烘箱中乾燥一天，然後把種子放入磨皮機 (scarifier, Westrup-Type LAH) 去除絨毛，置入風選機 (出廠公司：Seed Equipment Company；風選管全長 58cm，直徑 7.1cm) 風選 30 秒，分離種子與絨毛，最後使用篩網 (mesh 20) 過篩，所得種子供作試驗之用。

本試驗發芽率測定，皆以 50 顆種子為一重複，每處理四重複，置於 5cm 培養皿中，並加上濾紙與 5 ml 蒸餾水，外部包以石蠟膜，避免水分散失，每七天記錄發芽粒數乙次，以胚根突出種皮 2mm 即算發芽。發芽時間共計 28 天。

二、發芽試驗

以八種水勢 0.01、0.05、0.1、0.2、0.4、0.6、0.8 與 1.0 MPa 與五種溫度 35/30、30/20、23/13、20/15 與 15/10，共四十種組合的環境下，調查小花蔓澤蘭種子在於不同組合下的發芽速率。試驗利用完全逢機試驗設計，每組合皆依標準程序測定發芽率。利用電子秤監控每日水分散失量，並補充所喪失水分，以維持培養皿水勢。水勢之調配乃是利用 PEG6000 溶液調製 (Michel and Kaufmann, 1981；計算式 Excel 檔案可以下載自 <http://seed.agron.ntu.edu.tw/tool/samp.xls>)。

三、幼苗伸長試驗

將種子置於培養皿內 30/20 下進行發芽，當種子胚芽伸出約 1mm 後，以台灣大學農學院農業試驗場土壤為基質，種於 20cm × 30cm × 10cm 網籃中，分別置於 35/30、30/20、23/13、20/15、15/10 (平均溫各為 31.7、23.3、16.3、16.7、11.7) 發芽箱內；每溫度處理四重複，每重複 50 粒種子，埋土深度為 2mm，計算幼苗出土日期，出土後每日植株長度，至第一對葉完全展開 (4mm) 所需時間。

四、模式計算

(一) 發芽累積曲線的適配

以 Weibull 函數 $Y = M \times \{1 - \exp[-K \times (t - z)^c]\}$ 配種子發芽曲線，其中 Y 為第 t 天的發芽率， t 為發芽調查時間， M 為最高發芽率， K 、 Z 、 C 為常數。將前述水勢與溫度複因子試驗得到四十種不同處理下各調查時間及該時間的累積發芽率，利用 Weibull 函數進行估算，可得到共計 40 條發芽曲線之 M 、 K 、 z 、 c 值，再將之帶回 Weibull 函數中，計算在發芽達到 10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%、80% 時之發芽天數(t) 共計 320 點，再以溫度與發芽速率($1/t$) 進行迴歸分析依模式(1) 求出基礎溫度的分佈。再以水勢與發芽速率依模式(2) 進行迴歸分析，即可得到該溫度下，該發芽百分率之基礎水勢，據此可估算水勢分佈。

(二) 共同基礎溫度 T_b 的估算

將 A 所得各基礎溫度以及相對的 t 、 T 、 G 值，帶入模式(4) 中，假設基礎溫度 T_b 在 3-10 之間，以 0.5 為間隔，逐次帶入模式，並進行殘差平方和與 R^2 的計算。以能夠得到具有最小殘差平方和或最高 R^2 之 T_b 值，做為共同之基礎溫度。

(三) 累積發芽率達 50% 時的基礎水勢 $\Psi_{b(50)}$ 、水熱積蘊值 θ_{HT} 與基礎水勢變方 σ_{Ψ_b} 之估算

將先前所得出的 T_b 與已知的 Ψ 、 T 、 T_b 、 t_g 與水勢與溫度交感試驗資料帶入模式 (6) 後，同樣的設定 θ_{HT} 的範圍，如 20-80 -MPa-day，先以每 10 -MPa-day 之區隔利用 SAS 統計軟體帶入公式(2) 中，接著再縮小範圍以 5、1 -MPa-day 為間隔帶入，直到得到具有最小殘差平方和或最高 R^2 之估計數值，即做為共同之水熱積蘊值，在此同時可求出基礎水勢($\Psi_{b(50)}$)

與水勢變方(σ_{Ψ_b})，即完成本公式內所有常數之估算。

(四) 幼苗生長模式

在模式(7)中有 a、b、c、d、e、f 六個常數，將溫度(T)與每日(D)幼苗長度(Y)帶入，即可估算出各個常數。

(五) 田間萌芽預測的檢驗

以 50 粒種子為一重複共計四重複採 CRD 排列，於 92 年 3 月埋入田間土壤 0.2cm 進行萌芽，每日觀察、編號發芽種子，同時記錄幼苗生長長度，至幼苗長度到達 4mm 止，共計 28 天。

將溫度記錄器所記錄之每日平均土溫，扣除基礎溫度後，累加成積熱，將積熱與每日水勢，以及由 B、C 估算之估計值帶回種子發芽模式(6)中(當 $T < T_b$ 或 $\Psi < \Psi_b$ 時，因為種子會停止發芽，因此該日不列入計算)，可以計算出播種後各日 (t) 種子累積發芽率的預測值 (G)；再將所紀錄的每日大氣平均溫度帶入幼苗生長模式(7)，可以估算出種子發芽後至幼芽葉片完全展開時的預測日期。因此結合兩者所得到的時間，就可以估算出播種後田間種子萌芽率的累積曲線。

結 果

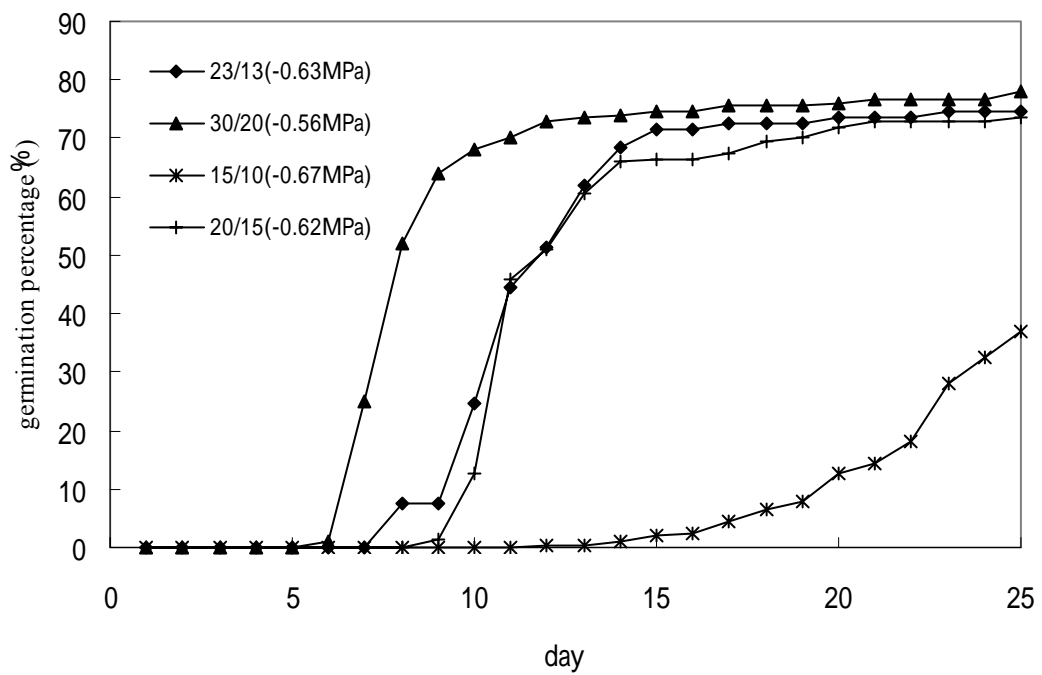
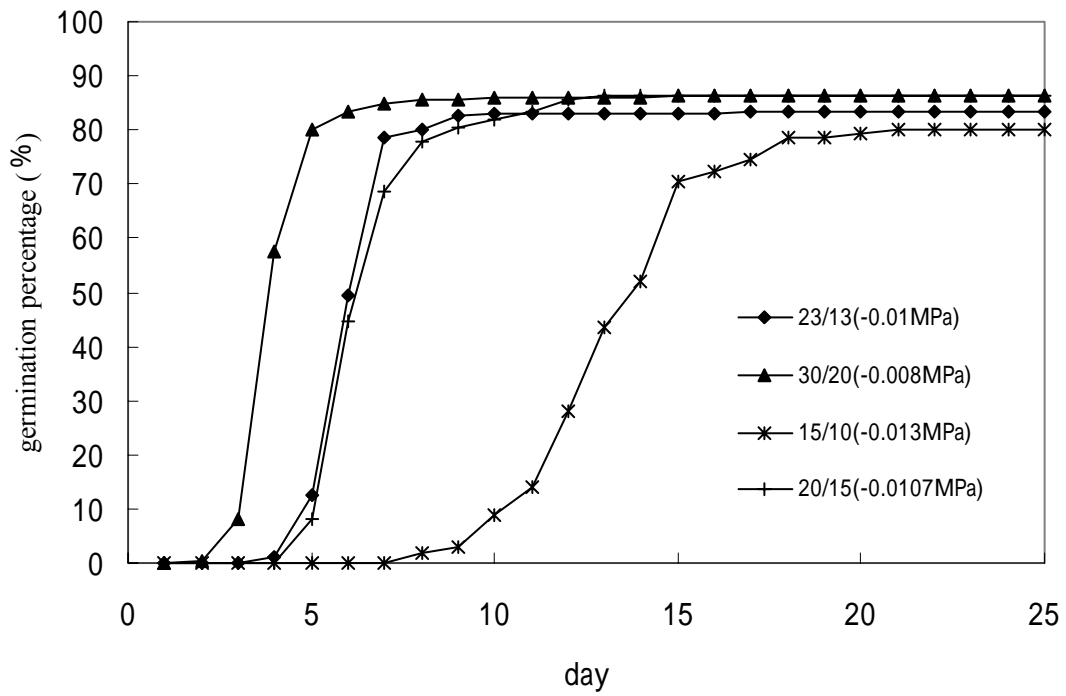
一、溫度與水勢對小花蔓澤蘭種子發芽的影響

由累積發芽率 (圖一) 的結果可知，溫度越高，發芽速度越快，但在 20/15 下，發芽的速度低落甚多。不過在水勢-0.23 MPa 以上，各溫度處理間最後發芽率沒有顯著的差異。水勢-0.23 MPa 以下，發芽速度較為遲緩，而水勢在-0.8 MPa 時，顯現溫度與水勢的交感，即在低溫下 20/15 下種子發率低落。

(一) 種子發芽模式

1. 基礎溫度 T_b 與基礎水勢 Ψ_b 之估算

以 Weibull 函數適配圖一中各溫度與水勢組合下的累積發芽率，並計算出各組合發芽率達 10、20、30、40、50、60、70、80% 時所需天數



圖一：小花蔓澤蘭種子在各水勢與溫度下的累積發芽率。

(t_g)，再將溫度與發芽速率 ($1/t_g$) 進行迴歸分析，結果顯示各發芽百分位數的基礎溫度分佈約在 2.5 ~ 9.5 (表一 a)。經由反覆估算，可得到具有最小殘差變方的 T_b 為 6.5 ($R^2 = 0.72$)，作為小花蔓澤蘭種子的共同基礎溫度。另外若以水勢與發芽速率 ($1/t_g$) 進行迴歸分析，即可以求出基礎水勢分佈約在 -0.61 ~ -1.49MPa (表一 b)。

表一 a：小花蔓澤蘭在各水勢下，各發芽百分數種子的基礎溫度()

發芽百分數 (%)	水勢 (MPa)				
	-0.01	-0.05	-0.1	-0.2	-0.4
10	6.50	5.38	6.17	4.31	4.11
20	6.69	5.98	5.67	3.77	4.39
30	6.75	6.18	5.23	4.52	4.44
40	6.69	6.15	4.88	4.50	4.45
50	6.61	5.94	4.56	4.30	4.36
60	6.48	5.46	4.36	3.75	4.14
70	6.32	4.53	3.71	2.50	3.81

表一 b：小花蔓澤蘭種子在各溫度下，各發芽百分數種子的基礎水勢(MPa)

發芽百分數 (%)	溫度 ()				
	11.7	16.3	16.7	23.3	31.7
10	-1.3	-1.38	-1.23	-1.17	-0.93
20	-1.41	-1.33	-1.23	-1.15	-0.85
30	-1.43	-1.27	-1.24	-1.13	-0.67
40	-1.49	-1.21	-1.25	-1.1	-0.66
50	-1.49	-1.13	-1.28	-1.06	-0.64
60	-1.47	-1.14	-1.31	-1.08	-0.62
70	-1.43	-1.14	-1.29	-1.11	-0.61

2.發芽率累積達 50%時基礎水勢 ($\Psi_{b(50)}$)、水熱積滯值 (θ_{HT}) 與水勢變方 (σ_{Ψ_b}) 之估算

當得到基礎溫度值後，即可將之與溫度、水勢複因子試驗結果的數

據帶入模式 (6)，可以得到具有最小殘差平方和的水熱積滯值 (θ_{HT}) 為 69 MPa-day ($R^2 = 0.76$)，而水勢變方 $\sigma_{\Psi_b} = 0.448$ MPa，發芽率累積達 50% 時基礎水勢 $\Psi_{b(50)} = -1.047$ MPa，因此把四個常數帶入發芽模式，可以得到 $\text{Probit}(G') = \{\Psi - [69 / (T - 6.5)t_g] - (-1.047)\} / 0.448$ 。

將實際溫度與水勢數據帶入模式 (6)，可以估算各組合下的累積發芽曲線 (圖二)。所得實現與實測值比較，發現當水勢較高 (0 -0.4MPa) 時，除低溫 (11.7) 較差外，其餘溫度適配狀況良好，但在低水勢 (< -0.6MPa) 下，適配的狀況較差，當水勢在 -0.6MPa 時，模擬的發芽時間會比實際發芽的時間快 4 天，在 -0.8MPa 下時，則會比實際發芽時間提早 6 天。

(二) 幼苗生長模式

將溫度與幼苗每日生長長度的數據 帶入模式 (7) 中，可得到 a、b、c、d、e、f 等常數分別為 -1.98335、0.09496、-0.00138、-0.00238、-0.00725、0.0241，即 $Y = -1.98335 + 0.09496T - 0.00138T^2 - 0.00238TD - 0.00725D + 0.0241D^2$ 。

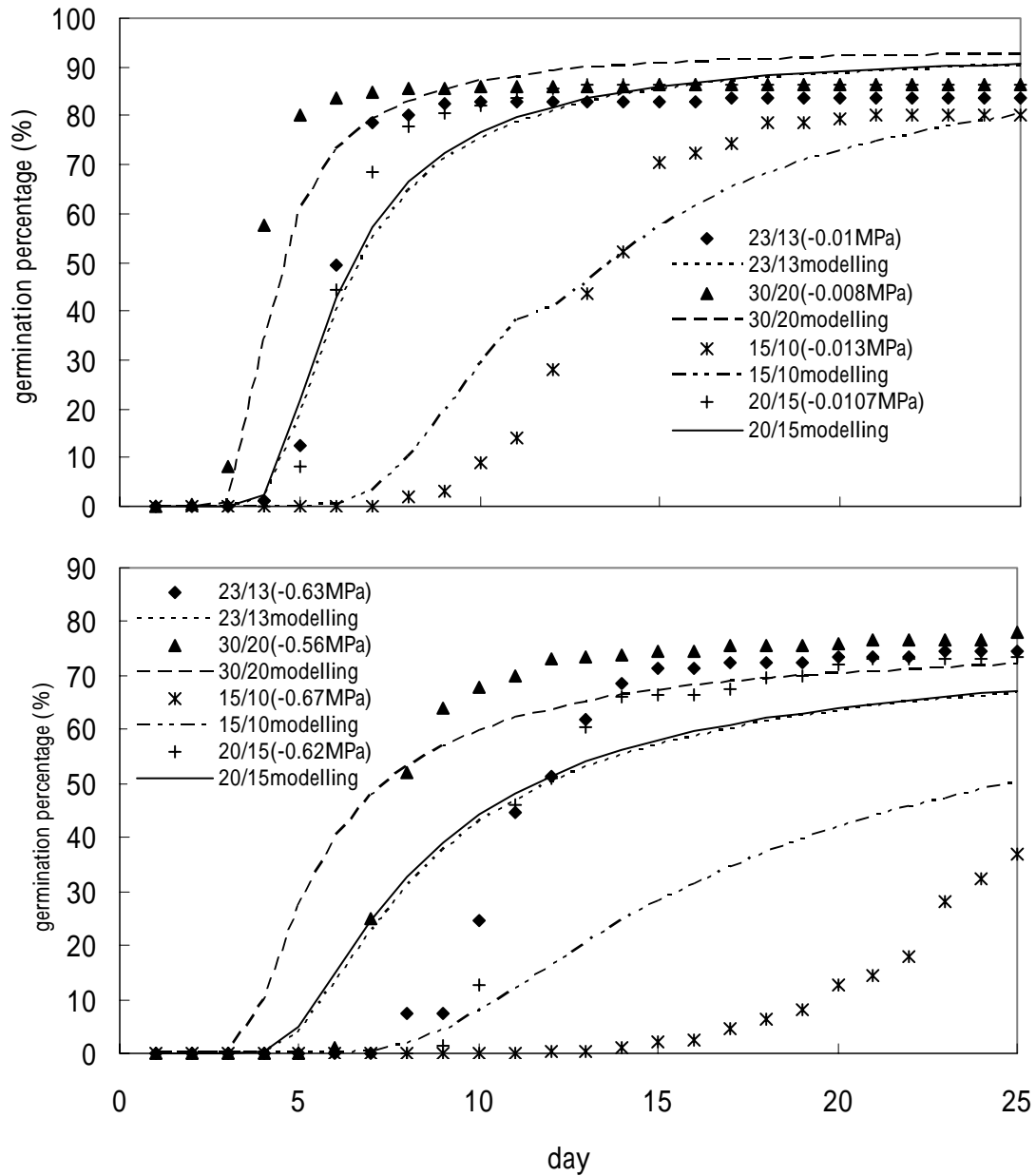
將溫度與天數帶入以上公式，可以預測幼苗的生長 (圖三)，此模式在 30/20、23/13 與 15/10 三個溫度下，對於幼苗的模擬相當好，但是在溫度 35/30 時，模擬的曲線則是比實際發芽速度略快 (約快 0.5cm)，而在 20/15 下的模擬曲線，則是比實際發芽時間快三天。

(三) 田間萌芽模式

帶入每日積熱與水勢至種子萌芽模式，即可得到萌芽百分率，加上幼苗生長至 4 mm 的時間，即可預估田間萌芽日數，此模擬值並與實際觀察值比較，發現兩者差異很大，推測應該是由於田間種子埋土 0.2 cm 所致。因此進行校正。

1. 發芽率校正：

因田間埋土深度影響幼苗出土，本研究利用不同溫度 (T) 下埋土幼苗每日出土率與培養皿發芽率每日 (D) 之比，利用二次方程式，得到： $G' = G (-0.961 + 0.0827T - 0.0016T^2 + 0.00068TD + 0.03319D - 0.00143D^2)$ 因此將前述發芽模式 (6) 中的 G 以 G' 取代即可得到校正後的發芽率。

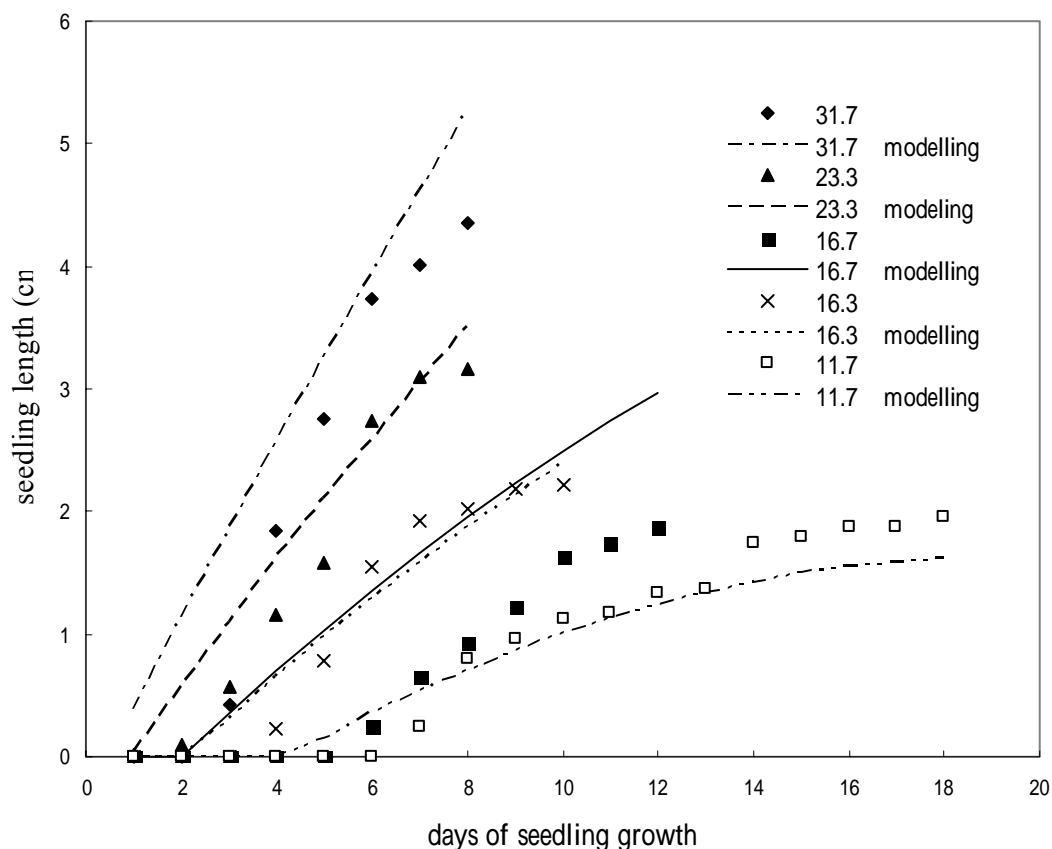


圖二：小花蔓澤蘭種子在各水勢與溫度下的適配發芽率，各點符號為實測值。

1.發芽率校正：

因田間埋土深度影響幼苗出土，本研究利用不同溫度 (T) 下埋土幼苗每日出土率與培養皿發芽率每日 (D) 之比，利用二次方程式，得到：

$$G' = G (-0.961 + 0.0827T - 0.0016T^2 + 0.00068TD + 0.03319D - 0.00143D^2)$$



圖三：溫度與小花蔓澤蘭幼苗生長 ($R^2 = 0.63$)。

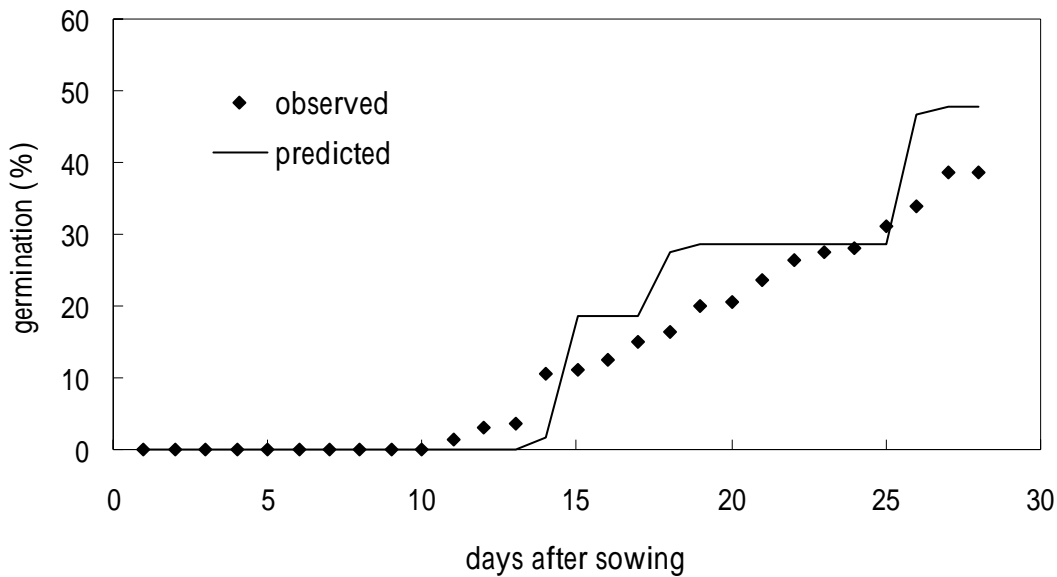
因此將前述發芽模式 (6) 中的 G 以 G' 取代即可得到校正後的發芽率。

2. 幼苗生長校正：

水勢高低也會影響幼苗的生長。利用不同溫度 (T)、不同水勢 (W) 下無覆土幼苗生長速率與覆土幼苗生長速率之比，利用二次方程式，得到校正後的田間生長長度：

$$Y' = Y (2.01 - 0.042T + 0.000484T^2 - 6.88W + 5.27W^2 + 0.075TW)$$

再將前述生長模式中的 Y 以 Y' 取代即可得到校正後的生長長度。而模擬值經過修正後如圖四，可以準確模擬田間萌芽時機。



圖四：修正預測模式與田間實測幼苗萌芽率。

討 論

種子萌芽模式，乃基於環境因子與種子發芽的關係，以及種子生理假說，利用數學函數，來模擬植物種子的發芽時機；而模擬所使用的因子有很多，諸如 Covell *et al.* (1986)、Marshall and Squire (1996)、Roche *et al.* (1999)、Garcia-Huidobro *et al.* (1982) 利用恆溫對於種子發芽的影響，提出的發芽模式；Vleeshouwers and Bouwmeester (2001) 利用季節性變溫來模擬埋土種子季節性休眠與發芽的變化；Bradford (1990, 1995) 研究水勢對於種子發芽的影響，進而提出模擬公式。

本試驗在以 Ψ_b 為常態分佈的前提下，利用 Gummerson (1986) 所推導模式進行模擬。若比較實際發芽曲線與模擬曲線，發現在高水勢下，各溫度的配適結果很好。但水勢至 -0.45MPa 後，低溫下模擬狀況首先變差，之後適溫下配適度也變差，當水勢達 -0.6MPa 以後，實際發芽日開始比較預估值慢，並隨著水勢下降差異加大且模擬發芽率比實際值發芽率高，此和楊 (2001) 模擬兩耳草、類地毯草時狀況相同，但比較發芽趨勢後可發現，兩者只差異

在發芽天數，若挪後模擬數值，則適配良好，推測可能是：(1) 水勢與 $\Psi_{b(50)}$ 值以及水勢與 T_b 值的交感： T_b 與 $\Psi_{b(50)}$ 值在最適與小於最適發芽水勢下不同，Fyfield and Gregory (1989) 發現綠豆 (*Vigna radiata* Wilczek) 在最適與小於最適發芽水勢下具有不同的 T_b 值，而 Dahal *et al.* (1990)、Dahal and Bradford (1994) 與 Roman *et al.* (1999) 則認為番茄 (*Lycopersicon esculentum* Mill)、灰藺 (*Chenopodium serotinum* L.) 等種子在高、低水勢下具有不同的 Ψ_b 值，需區分成最適發芽水勢與大於最適發芽水勢兩條直線來進行模擬；小花蔓澤蘭似有此趨勢，因此進行模擬時，應就最適發芽水勢與大於最適發芽水勢分別進行討論。(2) 當水勢大於最適發芽水勢後，種子 Ψ_b 分佈不是呈現常態分佈：Gummerson (1986) 假設種子 Ψ_b 分佈為常態分佈，但在小花蔓澤蘭種子，水勢太低時， Ψ_b 分佈並不為常態分佈，導致預估之萌芽日期產生差異。

幼苗生長模式所使用的因子也有許多，如 Vleeshouwers (1997) 利用溫度、土壤阻力、埋藏深度與種子重量為基礎，來模擬 *Polygonum persicaria* L.、*Chenopodium album* L. 與 *Spergula arvensis* L. 的幼苗生長、Bouaziz and Bruckler (1989) 利用不同的土壤水勢與土壤機械阻力 (利用黏土與砂土不同比例混合達成) 模擬小麥 (*Triticum aestivum* L.) 莖部與根部的生長，Forcella (1993) 利用每日平均土壤溫度、降雨量與土壤水份建構模式模擬 velvetleaf 的生長。

幼苗生長模擬以 20/15 下模擬差異最大且各溫度下的幼苗出土率差異很大，因此造成接下來的田間萌芽模式預測差異很大，若和楊 (2001) 所模擬兩耳草與類地毯草比較，楊 (2001) 之試驗種子，對於埋土深度不若小花蔓澤蘭敏感，所以幼苗出土率差異不大，可直接使用不需修正。

由前人研究可知，模擬田間萌芽模式有許多的方式，可利用不同的因子，而本篇所利用的因子：水勢與溫度，雖然對於小花蔓澤蘭的生長皆為重要的因子，但可能不完全，所以需利用幼苗出土率、溫度計算二次方程式與水勢、幼苗生長二次方程式校正，即可準確估算小花蔓澤蘭田間萌芽時機。

Vleeshouwers and Kropff (2000) 提出利用光照、溫度、土壤阻力、埋土深度與種子大小五個因子模擬的模式，Prostko *et al.* (1998) 則是利用埋土深度與田間溫度進行模擬，因此對照影響小花蔓澤蘭的環境因子，若能再加入埋土深度、土壤阻力的影響，應可更準確的估算小花蔓澤蘭幼苗田間出土時機。因此，進行田間萌芽模擬時，應先瞭解何為影響田間萌芽之關鍵因子，在尋找合適的模式進行模擬。

由本研所得到的結果，可以增進對於小花蔓澤蘭植株與種子基本特性

，諸如：發芽溫度、水勢、休眠等，同時所建立的模式，可以有效的模擬小花蔓澤蘭田間萌芽，以作為防除小花蔓澤蘭的參考。

引用文獻

1. 楊軒昂。2001。類地毯草及兩耳草種子的發芽生態學。 *國立台灣大學農藝系研究所碩士論文*。
2. 顏永福、吳明哲、連大進、陳水心。2000。蒜黃促成栽培與其生長預測。 *中華農學會報* 1(卷):254-265。
3. Bar-Tal, A. , B. Bar-Yosef and U. Kafkafi 1993. Modeling Pepper seedling growth and nutrient up take as a function of cultural conditions. *Agronomy Journal*, 85:718-724.
4. Bouaziz, A. and L. Bruckler 1989. Modeling wheat seedling growth and emergence : I. Seedling growth affected by soil water potential. *Soil Science Society of America Journal*, 53:1832-1838.
5. Bradford, K. J. 1990. Water relation analysis of seed germination rates. *Plant Physiology*, 94:840-849.
6. Bradford, K. J. 1995. Water relations in seed germination. In J. Kingel and G. Galili (eds.) *Seed Development and Germination*. Marcel Dekker, New York. pp.351-396.
7. Covell, S. , R. H. Ellis, E. H. Roberts and R. J. Summerfield 1986. The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. I. A comparision of chickpea, lentil, soybean and cowpea at constant temperatures. *Journal of Experimental Botany*, 37:705-715.
8. Covell, S. , R. H. Ellis, E. H. Roberts and R. J. Summerfield 1986. The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. I. A comparision of chickpea, lentil, soybean and cowpea at constant temperatures. *Journal of Experimental Botany*, 37:705-715.
9. Dahal, P. and K. J. Bradford 1994. Hydrothermal time analysis of tomato seed germination at suboptimum temperature and reduced water potential. *Seed Science Research*. 4:71-80.

10. Forcella, Frank 1993. Seedling emergence model for velvetleaf. *Agronomy Journal*, 85:929-933.
11. Fyfield, T. P. and P. J. Gregory 1989. Effects of temperature and water potential on germination, radicle elongation and emergence of mungbean. *Journal of Experimental Botany*, 40:667-674.
12. Garcia-Huidobro, J. , J. L. Montheith and G. B. Squire 1982. Time, temperature and germination of pearl millet (*Pennisetum typhoides* S.&H.). I. Constant temperature. *Journal of Experimental Botany*, 33:288-296.
13. Gummerson, G. J. 1986. The effects of constant temperatures and osmotic potential on the germination of sugar beet. *Journal of Experiment Botany*, 37:719-741.
14. Michel, B.E. and M.R. Kaufmann 1973. The osmotic potential of Polyethylene glycol 6000. *Plant Physiology*, 51:914-916.
15. Marshall, B. and G. R. Squire 1996. Non-linearity in rate-temperature relations of germination in oilseed rape. *Journal of Experimental Botany* , 47:1369-1375
16. Prostko, E. P. , H. Wu and J. M. Chandler 1998. Modeling seedling Johnsongrass(*Sorghum halepense*) emergence as influenced by temperature and burial depth. *Weed Science*, 46:549-554.
17. Roche', C. T. , D. C. Thill and B. Shafii 1997. Estimation of base and optimum temperatures for seed germination in common curpina (*Crupina vulgaris*). *Weed Science*, 45:529-533
18. Roman, E. S. , A. G. Thomas and C. J. Swanton 1999. Modeling germination and shoot-radicle elongation of *Ambrosia artemisiifolia*. *Weed Science*, 47:557-562.
19. Vleeshouwers, L. M. 1997. Modelling the effect of temperature, soil penetration resistance, burial depth and seed weight on pre emergence growth of weeds. *Annals of Botany*, 75 :553-563.
20. Vleeshouwers, L. M. and H. J. Bouwmeester 2001. A simulational model for seasonal changes in dormancy and germination of weed seeds. *Seed Science Research* 11:77-92.
21. Vleeshouwers, L. M. and M. J. Kropff 2000. Modelling field emergence patterns in arable weeds. *New Phytologist*, 148:445-457.

誌謝

感謝蔣慕琰博士、張新軒教授與侯福分場長的指導與建議，讓本研究更加完整與嚴謹，並感謝呂理添先生對於統計計算上的協助。

Predicting Field Emergence of the Seeds of *Mikania micrantha*

Hsuan-Yen Yu¹, Warren H.J. Kuo² and Yun-Ming Pong³

¹Former graduate student, present affiliation: Hualien District Agricultural Research and Extension Station, Hualien.

² Professor, Department of Agronomy, National Taiwan University, Taipei

³ Professor, Department of Agronomy, National Taiwan University, Taipei

Abstract

Effects of temperature and water potential on the germination and emergence of *Mikania micrantha* Kunth seeds were tested. Prediction of field emergence of *M. micrantha* was achieved by mathematical modelling. Cumulated germination data of the seeds of *M. micrantha* are used to calculate the base temperature and base water potential of the seeds of each percent. The best estimated values of T_b , $\Psi_{b(50)}$, θ_{HT} , σ_{Ψ_b} are 6.5 °C, -1.047 MPa, 69 °C-MPa-day and 0.448 MPa respectively. The fitted seed germination model is:

$$\text{Probit}(G') = \{\Psi - [69 / (T - 6.5)t_g] - (-1.047)\} / 0.448$$

The cumulated shoot elongation data under different temperature regimes are fitted by a quadratic function, and the resultant equation was:

$$Y' = -1.98335 + 0.09496 T - 0.00138T^2 - 0.00238 TD - 0.00725D + 0.0241 D^2$$

By combining the seed germination model and shoot elongation model, the time of seedling emergence after seeding can be reasonably predicted after correcting factors were incorporated.

(Key word : *Mikania micrantha*; germination; temperature; water potential; germination model)

Conference “The Harmful Effect and Field Management of *Mikania micrantha*”, p.51-67, WSSROC.