

利用累積溫度與資通訊技術提升稻作田間管理效率

呂椿棠^{1*}，卓瑋玄¹，呂秀英¹，魏夢麗¹，林汶鑫²

¹農業試驗所作物組、²國立屏東科技大學農園生產系

*通訊作者信箱：tang@tari.gov.tw

摘 要

本研究以水稻臺稉9號與臺農71號為參試品種，探討水稻自插秧後生長至分蘗始期、幼穗分化期、始穗期及生理成熟期等四個生育階段之生長日數與溫度之間的關係。本研究採用10℃為水稻生育的基礎溫度，利用生育階段所獲得生育日數與累積溫度計算積溫指標，以積溫指標對生育階段進行回歸分析，針對一、二期作分別進行三次多項式、非線性與多項式非線性等三種回歸模式配適，並依據積溫殘差評估兩品種在各期作的估計效率。結果顯示，多項式非線性模式對兩品種的一、二期作皆有良好的預測能力，均可準確估計四個生育階段所需的累積溫度。為將此研究成果應用於水稻栽培，利用本所與各區農業改良場完成的作物優質生產整合資訊平臺，開發一套水稻電子化栽培管理作業曆，根據前所完成之臺稉9號與臺農71號的積溫模式，建立一、二期作各生育階段所需的累積溫度資料。本作業曆透過農業氣象諮詢系統自動取得距離該農地最近的氣象測站資料，經由系統自動計算累積溫度，便可顯示目前水稻的生育階段，同時配合該生育階段相關的施肥、病蟲害防治、田間管理等工作，提供農民栽培的參考。

關鍵字：水稻、累積溫度、回歸模式、資訊系統、栽培管理作業曆。

前 言

水稻的生育過程受氣象因子的影響甚大，國內外學者對於氣象因子中的溫度、日長、日射量等皆有許多相關研究，氣象因子中以溫度及日長為最主要的影響因

子。國內水稻栽培分為一、二期作，而水稻育種選拔過程亦未採用分期選拔之作法，目前的推廣品種在各地區正常栽培期下皆對光週期鈍感，溫度遂為影響水稻生長發育的重要因子。國內現有推廣品種依其成熟性，概分為中晚熟與略早於中晚熟兩類居多，不同品種間除成熟期有別外在各生育階段亦不盡相同，因此若能了解不同品種各生育階段所需的時間，則可有效運用於田間管理，施肥效率達到最佳化，病蟲害亦可有效控制，使稻穀產量與品質獲得最高收益。國內在水稻氣候發育模式之研究已20餘年，利用有效積溫觀念建立重要品種在幼穗分化期的有效累積溫度。然，早期在水稻栽培區氣象資料獲得之即時性與配合水稻生長發育之資通訊技術開發與應用尚未成熟，因此無法將此研究成果實際應用於水稻栽培者。目前國內已建置農業氣象觀測網與試驗型之氣象監測器佈置，幾乎涵蓋重要之農業栽培區，這些氣象資料經由資通訊設備自動傳送至農業試驗所的農業氣象諮詢系統，提供相關研究人員利用。現有水稻推廣品種之生育階段累積溫度模式與栽培現地之氣象資料經由資通訊技術整合，即可提供水稻栽培農戶在田間管理工作上的參考。

材料與方法

本研究之水稻試驗資料，於2006至2008年在農業試驗所試驗田區進行三年六期作的生長發育研究，參試品種為臺稉9號(TK9)與臺農71號(TNG71)，試區採逢機完全區集設計4重複，單本植種植。兩品種水稻於插秧後調查分蘖始期、幼穗分化期、始穗期及生理成熟期等四個生育階段所需的生長日數，生育時期之氣象資料則採用農業試驗所之農業氣象站蒐集的氣象觀測資料。

本研究採用 10°C 為水稻生育的基礎溫度，每日有效累積溫度採當日最高溫度加最低溫度之平均值，如果平均溫度低於 10°C 以 10°C 。兩個品種各區分為一、二期作，利用生育階段所獲得生育日數與累積溫度計算積溫指標，以積溫指標對生育階段進行回歸分析，分別進行三次多項式、非線性與多項式非線性等三

種回歸模式配適，爾後，並依據積溫殘差評估此三種回歸模式在這兩個品種於各期作的估計效率，各項試驗資料之分析使用SAS統計分析軟體。

結果與討論

利用水稻在各生育階段所獲之生育日數與對應的累積溫度計算積溫指標，並與各生育階段建立統計回歸關係，三次多項式、非線性與多項式非線性等三種回歸模式的配適結果，示如表1。臺梗9號一期作4個生育階段之累積溫度預測值，比較始蘗到生理成熟期這4個階段的積溫殘差值，三次多項式模式預測提早27.9 ℃延後30.3 ℃非線性模式為預測提早55.7 ℃延後33.2 ℃多項式非線性模式的基溫殘差值由預測提早13.0℃到延後19.4 ℃誤差大約是2日前後，此3個模式以多項式非線性模式的預測結果最為準確。同此評估方式檢視臺梗9號二期作與臺農71號一、二期作，此3種模式的預測能力仍以多項式非線性模式的預測結果最為準確，臺梗9號二期作之誤差為預測提早21.6 ℃延後17.5 ℃臺農71號一期作4個生育階段之誤差在預測提早7.2 ℃延後11.7 ℃二期作之誤差在預測提早13.8 ℃延後9.1 ℃均可準確估計四個生育階段所需的累積溫度，誤差大約在1-2日間。崛江與中川(1990)等學者指出水稻幼穗分化期的預測誤差，若在3日以內還算合理，而本研究獲得結果顯示誤差大約在1-2日間，因此可將此結果應用於實際的水稻田間生育階段估計。

農業試驗所與各區農業改良場共同開發的作物優質生產整合資訊平臺，針對水稻設計一套視窗介面的電子化動態栽培管理作業曆(圖1)，將水稻各生育階段所需管理工作予以資訊化，使用者可透過網際網路設備進行水稻田間管理規劃與生產履歷紀錄。水稻生長發育受氣象因子影響甚大，當中又以氣溫之影響為最，農委會所屬氣試驗單位與中央氣象局共同佈署農業氣象觀測網，及各場所自行架設農業氣象監測站，這些觀測資料大部分已透過自動傳輸技術，彙整於農業試驗所建置的農業氣象諮詢系統，提供各研究人員應用與一般民眾查詢使用。本研究遂將水稻生育階段所需累積溫度之研究成果整合於水稻優質生產整合資訊系統，透

表 1.臺梗 9 號與臺農 71 號兩期作不同生育階段在三種回歸模式的預測結果

品種/期作	生育期 Growth stage	平均 生育日數 Growth days (Avg.)	平均 積溫 (Actual value)	The third order polynomial		NLIN		PNLIN	
				積溫估值 (Predicted value)	積溫殘差 (Residual)	積溫估值 (Predicted value)	積溫殘差 (Residual)	積溫估值 (Predicted value)	積溫殘差 (Residual)
TK9/I	插秧	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	50%始蘗	20.3	188.1	183.8	-4.3	185.3	-2.9	189.7	1.6
	幼穗分化	61.3	689.7	712.9	23.1	700.7	11.0	682.7	-7.0
	50%抽穗	82.2	1000.8	979.6	-21.2	1034.5	33.6	1020.3	19.4
	生理成熟	126.3	1722.8	1730.7	7.9	1669.0	-53.9	1709.8	-13.0
TK9/II	插秧	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	50%始蘗	12.6	224.6	211.8	-12.8	229.1	4.5	225.6	1.0
	幼穗分化	48.2	845.4	928.4	83.0	814.8	-30.7	856.7	11.3
	50%抽穗	67.8	1155.4	1078.6	-76.9	1117.6	-37.8	1133.8	-21.6
	生理成熟	114.1	1746.8	1780.6	33.8	1859.3	112.5	1764.3	17.5
TNG71/I	插秧	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	50%始蘗	18.2	166.5	162.5	-3.9	165.2	-1.3	168.2	1.7
	幼穗分化	57.9	643.0	668.1	25.1	652.4	9.4	636.8	-6.2
	50%抽穗	77.6	929.4	907.1	-22.3	951.2	21.8	941.1	11.7
	生理成熟	111.1	1460.1	1468.1	8.0	1425.5	-34.6	1452.9	-7.2
TNG71/II	插秧	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	50%始蘗	12.0	216.1	202.5	-13.6	217.9	1.8	215.6	-0.6
	幼穗分化	42.8	751.9	824.0	72.1	733.1	-18.9	758.8	6.9
	50%抽穗	63.3	1089.6	1019.1	-70.6	1065.3	-24.3	1075.9	-13.8
	生理成熟	102.3	1638.0	1665.8	27.8	1705.6	67.6	1647.0	9.1

過資通訊技術將農業氣象諮詢系統的每日溫度資料自動匯入本系統，利用電腦系統運算功能計算水稻自插秧後迄今的累積溫度並對應到正確的生育階段。使用者設定各生育階段應進行的農務工作，如施肥、病蟲害防治、田間管理等工作可進行線上查詢與紀錄工作內容；施肥項目則連結肥料資訊系統，提供使用者挑選目前市面上販售之肥料商品，依農地面積計算所需之肥料用量與成本(圖2)；病蟲害防治項目則連結防檢局疫情通報系統，能隨時了解相鄰縣市與所在縣市是否有疫情發生，以便提早因應預防並減少損害。本系統提供各生育階段不同農務工作之

任何支出紀錄，區分為一般管理成本、肥料成本、防治成本等項目，所有登錄資料可依類別產出管理事項查詢、施肥料管理查詢、防治事項查詢、病蟲害警示查詢、栽培效益查詢、施肥效益查詢等，這些資料除提供報表外亦可轉出至EXCEL軟體進行編輯。

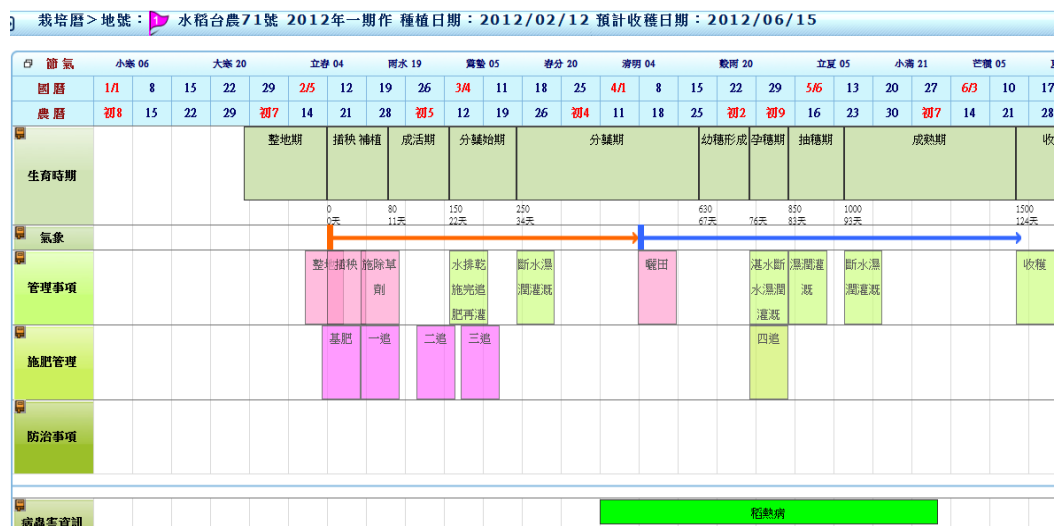


圖 1.栽培管理作業曆

1 先設定施肥管理資料。

*設定基準：氮素 *肥料類別：化學肥料

新增

肥料業者： 查詢肥料業者 肥料名稱： 查詢商品名稱

*肥料品牌：穀豐牌伍誼特1號含鎂鈣中性複合肥料(N20.0-F)

*選擇農地： 0.20

單位：kg		全期總用量：	32.0	14.0	16.0			
		累計施用量：	34.7	28.9	26.9			
		本次建議施用量：	4.5	0.0	0.0			
		本次實際施用量：	8.0	4.0	6.0			
選取	品牌	數量	單價	總價	單位重量	氮素	磷鈣	氧化鉀
<input checked="" type="checkbox"/>	農友牌台肥寶效5號 生技有機質複合肥料	2.0 包 2包	335.0 元	670 元	25.0	8.0	4.0	6.0
<input type="checkbox"/>	穀豐牌伍誼特1號含 鎂鈣中性複合肥料	1 包 1包	275.0 元	275.0 元	40.0	8.0	2.0	4.0

圖 2.肥料施用量計算

結 語

國內水稻農戶之生產面積太小，並不符合農業經營效益，若能配合小地主大佃農政策擴大經營規模並利用本系統進行農業生產經營之管控，能合理控制成本支出及了解各項工作所產生之報表，再與水稻、肥料、病蟲害等專家討論，提升個人的栽培管理經驗，並加速企業化之稻作經營體系的建立。

參考文獻

1. 邱運全。1993。臺灣地區水稻幼穗分化期的預測。國立中興大學農藝學研究所碩士論文。
2. 張瑪利、羅正宗、劉景平。2006。日長對水稻栽培品種抽穗及農藝性狀之影響。作物、環境與生物資訊 3: 147-158。
3. 蔡金川、沈美珍、陳建山、劉大江。1984。日射量對水稻抽穗期、營養要素濃度、乾物質生產與產量的影響。臺灣省農業試驗所特刊16：83-98。
4. Frizzell, D. L., J. D. Branson, C.E. Wilson Jr., R. J. Norman, K. A. K. Moldenhauer, J. W.Gibbons. 2010. Development of degree day 50 thermal unit thresholds for new rice cultivars. p. 187-193. In R.J. Norman and T.H. Johnston (ed.) B.R Wells Rice Research Studies 2010 Res. Ser. 591. Arkansas Agric. Exp. Stn., Fayetteville, AR.
5. Horie, T. and H. Nakagawa. 1990. Modelling and prediction of development process in rice. I. Structure and method of parameter estimation of a model for simulating development process toward heading. Jpn. J. Crop Sci 59 : 687-695.
6. Slaton, N. and R. Norman. 1994. DD50 computerized rice management program. p. 31-36. In R.S. Helms (ed.) rice production handbook. Misc. Publ. Arkansas Coop. Ext. Service, Univ. of Arkansas, Little Rock, AR.
7. Wilson Jr., C. E., R. J. Norman, K. A. K. Moldenhauer, J. W.Gibbons, D. L. Frizzell, and A. L. Richards. 2005. Development of degree day 50 thermal unit thresholds for new rice cultivars. p. 356-363. In R.J. Norman and T.H. Johnston (ed.) B.R Wells Rice Research Studies 2005 Res. Ser. 540. Arkansas Agric. Exp. Stn., Fayetteville, AR.

ABSTRACT

Investigate the relationship between growth days and temperature for rice growth stages: tillering, panicle initiation, heading and physiological maturity by TK9 and TNG71 variety. Calculate the growth days and cumulative temperature accumulated temperature index, rice growth and development base temperature by 10 °C. Regression analysis on the accumulated temperature index and growth stages. Modeling fits of third order polynomial regression, nonlinear regression and polynomial nonlinear regression model for two crops, assessment of two varieties based on accumulated temperature residuals in each period for the estimated efficiency. The result showed that the polynomial nonlinear model for TK9 and TNG71 varieties of two crops for prediction capabilities, can accurately estimate the accumulated temperature of four growth stages. Apply the results of the rice cultivation, we further cooperated with the researchers of all Agricultural Research and Extension Stations of the Council of Agriculture for the joint establishment of the Integrated Information System for High-quality Crop Production. The creation process started from the establishment of the relationship model between plant growth and weather factors. First, we gathered meteorological data from the agricultural weather stations of the Central Weather Bureau and our improvised weather stations. Next, we applied a built-in model to compute and attain the correct growth period in order to create a dynamic cultivation management schedule. Up to now, we have applied the estimation of the accumulated temperature measurements during the growth period to predict the growth period of TK9 and TNG71 varieties. In this way, we can adjust the management work, such as irrigation, drainage, weeding, fertilization, and disease and pest control, at anytime pursuant to different growth periods.

Keywords: rice, cumulative temperature, regression model, information system, cultivation management schedule.