



氣候變遷下的田間決策

劉力瑜

國立臺灣大學農藝學系

摘要

在氣候變遷日益加劇的背景下，以曆法月份作為主要時間基準的傳統栽培曆正面臨挑戰。根據農業部臺中區農業改良場歷史 25 年來之臺稉 9 號田間試驗資料顯示，雖然開花天數與成熟天數並未呈現顯著變化，然而以積溫指標分析則可觀察到第二期作的開花積溫及兩期作的成熟積溫皆具有逐年上升的趨勢。在米質方面，第一期作臺稉 9 號白垩質粒比例亦呈現逐年增加，顯示氣候變遷已對作物物候與米質造成實質影響。透過歷史資料之整合，並結合機器學習及深度學習等資料分析方法，我們得以更深入解析氣候因子與作物生長、生產及危害發生之間的關聯性，並在氣象預報的輔助下提出即時之調適策略。然而，未來氣候可能出現超出既有觀測範圍的極端事件，導致僅依賴歷史資料建立之經驗模式在應對上可能不足。在此脈絡下，以作物生理與生物物理機制為基礎所建立的作物機制模式提供了替代性途徑，可用以推估作物在氣候變遷情境下之生長反應，並支援田間管理、耕作制度、環境永續之調整。儘管相關模式應用於氣候調適已具長期發展歷史，未來仍需強化外表型資訊之快速量測能力，並加速累積臺灣本土作物資料，以提升模式在地化之準確性與實用性，進而支援氣候變遷下更有效的田間決策。

關鍵字：氣候變遷、物候學、經驗模式、作物機制模式、田間決策

氣候變遷下的田間決策

國立臺灣大學農藝學系

劉力瑜

lyliu@ntu.edu.tw

2025/11/26

因應氣候變遷之水稻與雜糧未來研究論壇

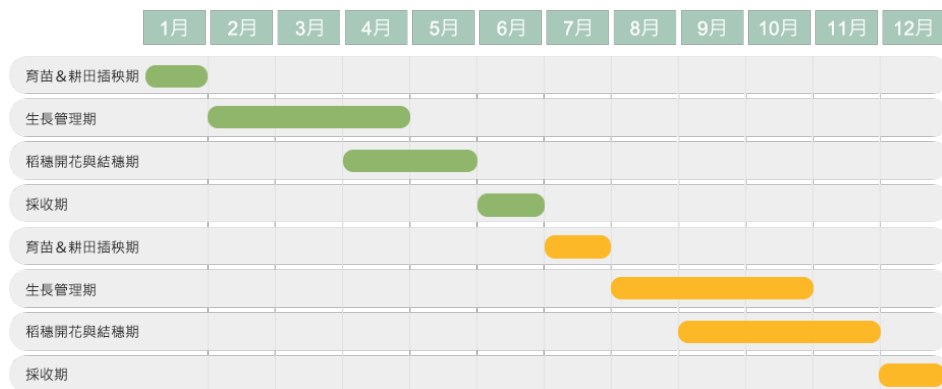
1

傳統栽培曆

https://fae.moa.gov.tw/map/food_item.php?type=AS04&id=169

中部地區兩期水稻為例

● 第一期 ● 第二期



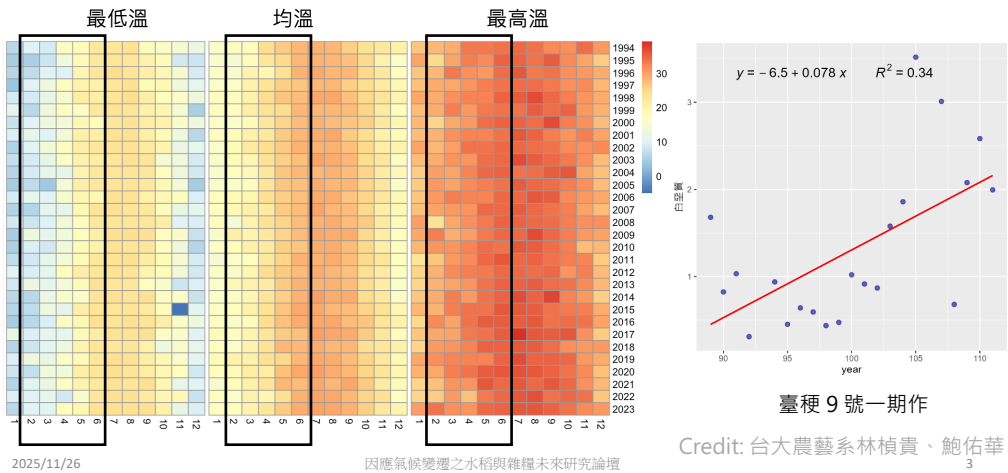
2025/11/26

因應氣候變遷之水稻與雜糧未來研究論壇

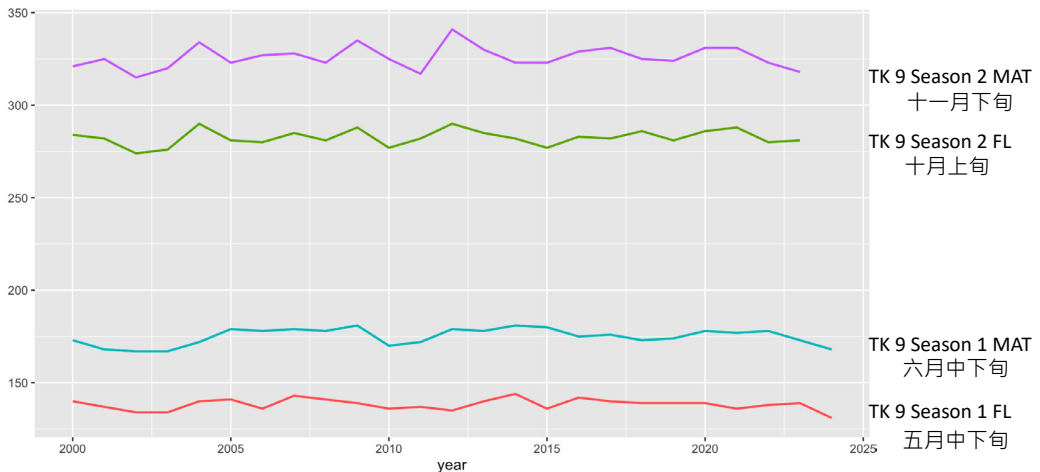
2



1/4 世紀第一期作水稻白堊值粒分析



1/4 世紀開花與成熟天數變化對比

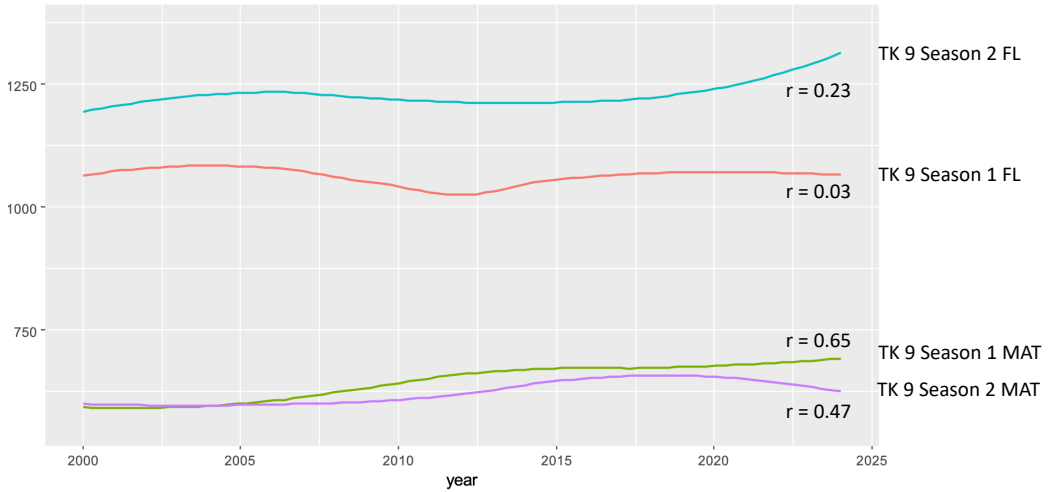


2025/11/26

因應氣候變遷之水稻與雜糧未來研究論壇

4

1/4 世紀積溫變化對比



2025/11/26

因應氣候變遷之水稻與雜糧未來研究論壇

Credit: 台大農藝系許庭維

5

氣候變遷下的作物生產

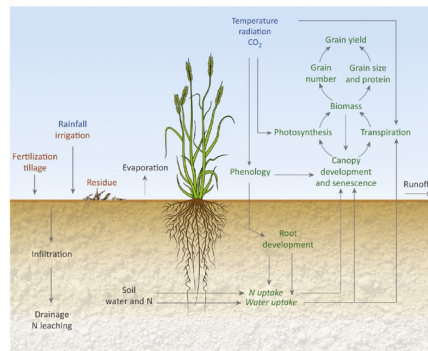
未知？



<https://www.noaa.gov/education/resource-collections/climate/climate-change-impacts>

2025/11/26

已知 - 歷史數據 / 作物生理



Trends Plant Sci. 2017. 22:472-490.

Trends in Plant Science

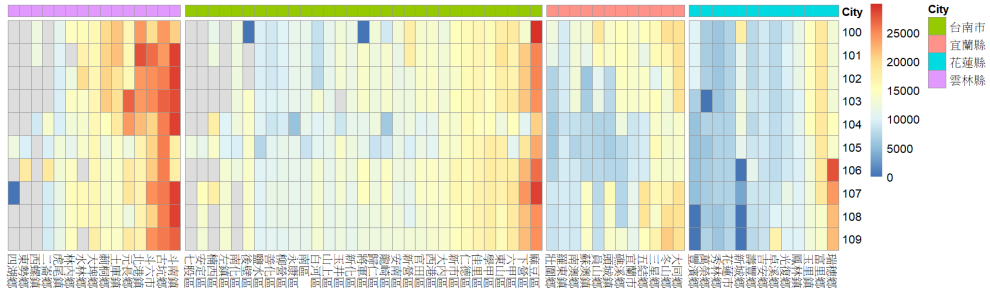
因應氣候變遷之水稻與雜糧未來研究論壇

6



作物生產與氣候因子之關聯

• 案例：文旦柚產量



農情調查文旦柚單位面積產量

資料來源：農委會農業管理計畫110年度細部計畫「農業保險試辦計畫—文旦柚單位面積產量氣候影響因子分析」報告

2025/11/26

因應氣候變遷之水稻與雜糧未來研究論壇

7

作物生產與氣候因子之關聯

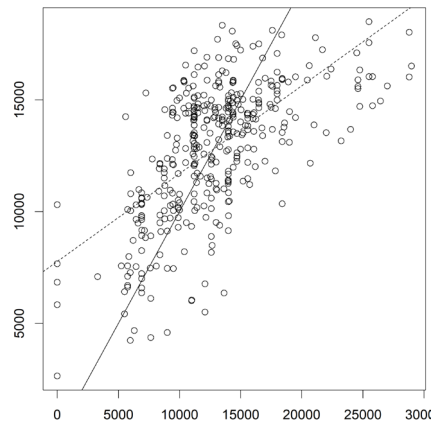
經逐步變數選擇後的預測文旦柚單位面積產量迴歸式截距項及22個氣象變數的參數最小平方估計值

	Estimate	Std. Error	t value	p-value
(Intercept)	2284.548	10663.94	0.214231	0.830485
Temperature1	-1858.56	299.3709	-6.20821	1.44E-09 ***
Temperature4	-679.533	227.7581	-2.98357	0.003039 **
Temperature7	1217.803	503.3987	2.419162	0.016039 *
Temperature8	-1419.64	498.0549	-2.85037	0.004612 **
Temperature9	1295.847	380.941	3.401701	0.000743 ***
T.Max2	762.663	166.4039	4.583205	6.28E-06 ***
T.Max6	356.2707	166.8693	2.135028	0.033417 *
T.Max12	-384.172	165.5816	-2.32014	0.020878 *
T.Min2	287.62	109.0913	2.636508	0.00873 **
WS1	-1882.85	648.5816	-2.90302	0.003918 **
WS5	1527.587	700.6484	2.180248	0.02987 *
WS11	2562.118	713.5211	3.590809	0.000374 ***
WSGust2	-154.428	70.69897	-2.18431	0.029569 *
WSGust4	143.4908	95.73205	1.498879	0.13476
WSGust6	227.2624	89.64106	2.535249	0.011649 *
WSGust10	-147.259	91.62201	-1.60724	0.108857
WSGust11	-252.258	113.1361	-2.22969	0.02637 *
Precp1	5.034276	2.032795	2.476529	0.013714 *
Precp2	-16.5229	4.897228	-3.37393	0.00082 ***
Precp6	3.339682	1.443284	2.313947	0.021219 *
Precp11	-6.46454	1.907645	-3.38875	0.000778 ***
Precp12	6.460188	1.765204	3.65974	0.000289 ***

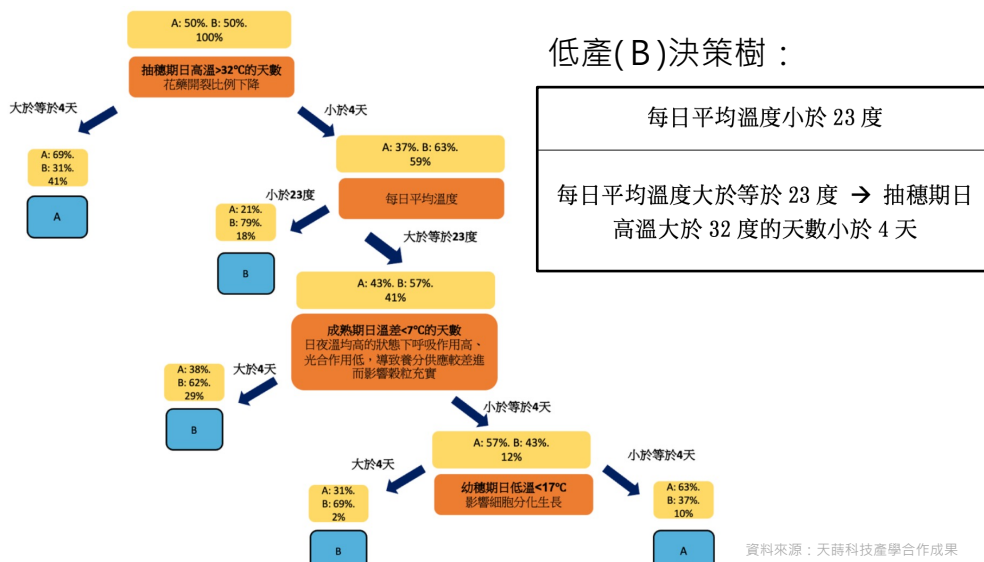
文旦柚屬於多年生柑桔類果樹，每年2至3月是開花期的高峰，果實盛產期在9月的中秋節前後

資料來源：農委會農業管理計畫110年度細部計畫「農業保險試辦計畫—文旦柚單位面積產量氣候影響因子分析」報告

因應氣候變遷之水稻與雜糧未來研究論壇



8



2025/11/26

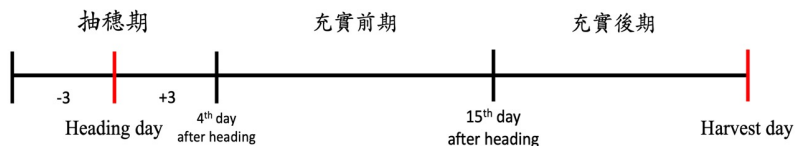
因應氣候變遷之水稻與雜糧未來研究論壇

9

作物危害與氣候因子之關聯

參考文獻及過去經驗 (Wu et al., 2016)

生育期	關鍵氣象因子
抽穗期 (P1)：抽穗日前第 3 天至抽穗日後第 3 天。	均溫大於 26 °C
充實前期 (P2)：抽穗日後第 4 天至抽穗日後第 15 天。	最高溫大於 31 °C
充實後期 (P3)：抽穗日後第 16 天至收成日止。	最低溫大於 22 °C



資料來源：林禎貴 (2025) 臺大農藝系學士論文

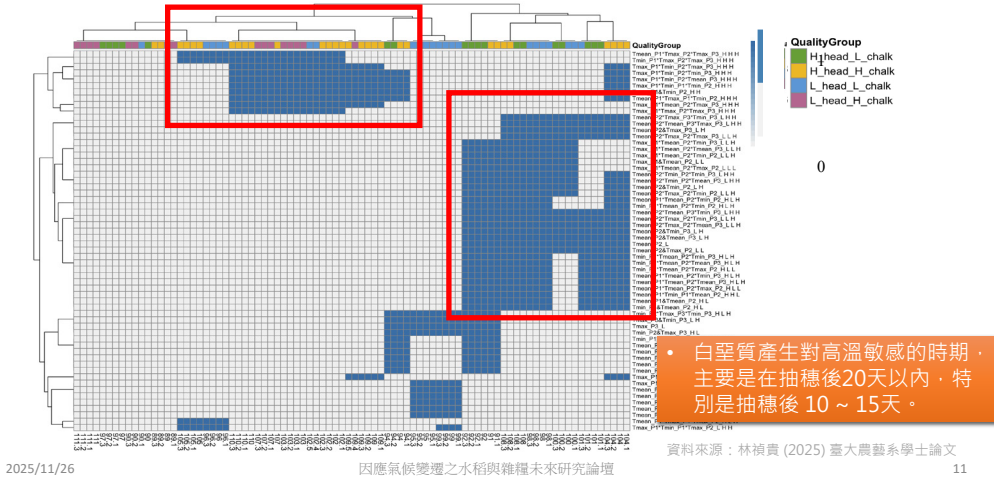
2025/11/26

因應氣候變遷之水稻與雜糧未來研究論壇

10



作物危害與氣候因子之關聯

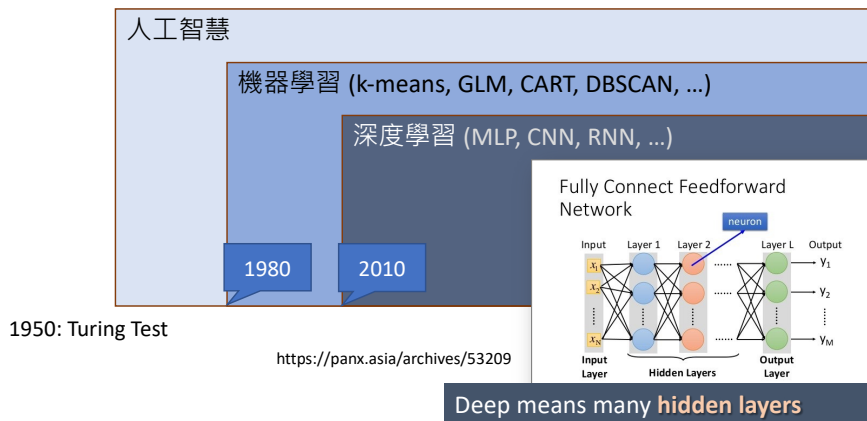


2025/11/26

因應氣候變遷之水稻與雜糧未來研究論壇

11

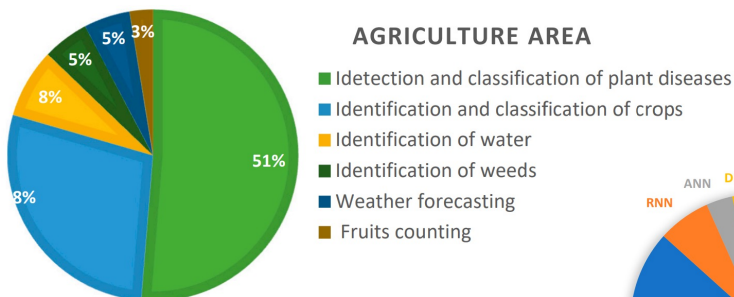
人工智慧、機器學習、深度學習



2025/11/26

因應氣候變遷之水稻與雜糧未來研究論壇

12



Smart Agriculture Applications Using Deep Learning Technologies: A Survey
 Alwaseemah Rizg, Maha Altalak, Amal Alajmi
 2022
<https://oa.mg/work/10.3390/app12125919>

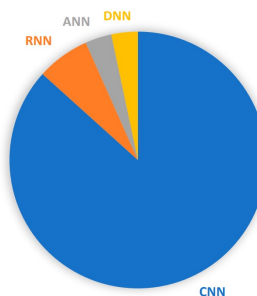


Figure 6. The deep learning model was used.

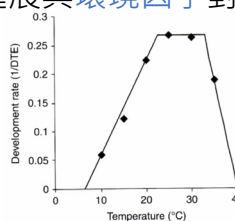
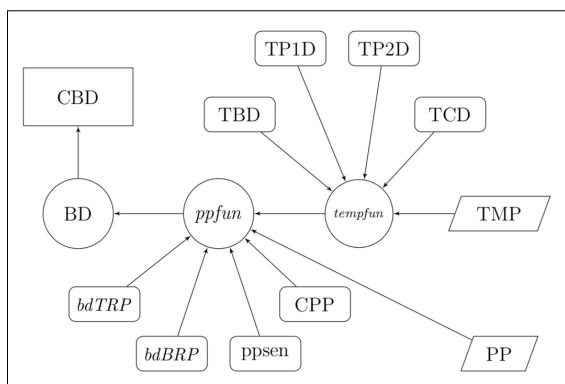
2025/11/26

因應氣候變遷之水稻與雜糧未來研究論壇

13

物候學 (Phenology) 與作物模式

- 物候學 (phenology) 研究植物發育的進展與環境因子對其之影響。



Parameters for one soybean variety

BD from sowing to emergence	4
BD from emergence to TLM	25
BD from TLM to BSG	8
BD from BSG to TSG	34
BD from TSG to MAT	12

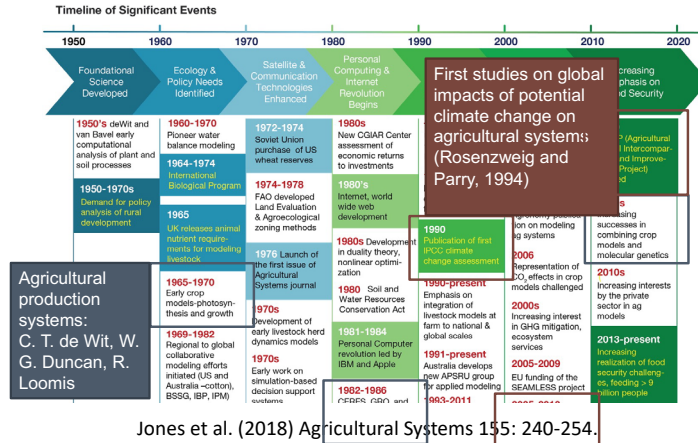
2025/11/26

因應氣候變遷之水稻與雜糧未來研究論壇

14



物候學 (Phenology) 與作物模式



2025/11/26

因應氣候變遷之水稻與雜糧未來研究論壇

15

物候學 (Phenology) 與作物模式

- 預測物候發育的應用：
 - 田間管理決策：例如農藥及肥料的施用時間、作物收穫時序、開花期調節以生產雜交種子等
 - 決定適栽品種：包含選定栽培品種與播種日期
 - 預測氣候變遷下的作物反應：極端溫度與降水、溫室氣體導致升溫等

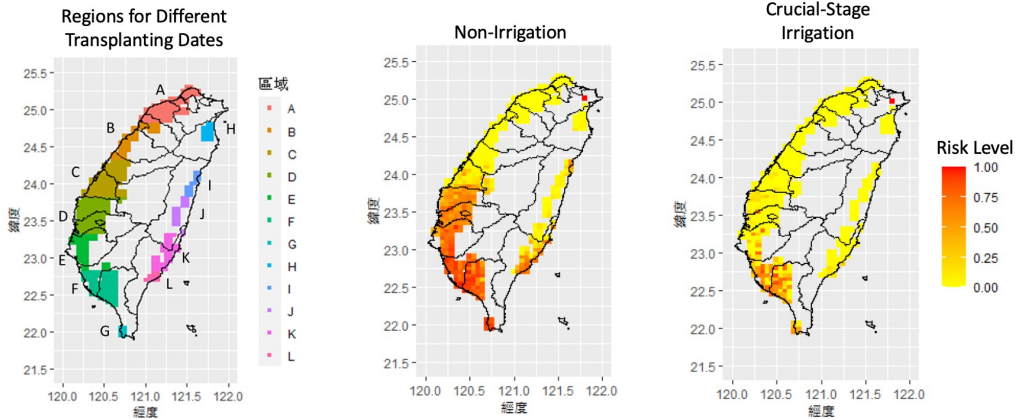
VARIABLE	SIMULATED
Panicle Initiation day (dap)	66
Anthesis day (dap)	96
Physiological maturity day (dap)	128
Yield at harvest maturity (kg [dm]/ha)	7417
Unit wt at maturity (g [dm]/unit)	0.0240
Number at maturity (no/m ²)	30903
Pod or panicle number (no/m ²)	428.24
Leaf area index, maximum	5.00
Tops weight at anthesis (kg [dm]/ha)	7667
Tops N at anthesis (kg/ha)	0
Tops weight at maturity (kg [dm]/ha)	12830
By-product produced (stalk) at maturity (kg[dm]/ha)	5414
Harvest index at maturity	0.578
Leaf number per stem at maturity	16
Grain N at maturity (kg/ha)	0
Tops N at maturity (kg/ha)	0
Stem N at maturity (kg/ha)	0
Grain N at maturity (%)	0.00
Emergence day (dap)	7

2025/11/26

因應氣候變遷之水稻與雜糧未來研究論壇

16

作物模式應用 - 氣候變遷衝擊下的韌性農業生產

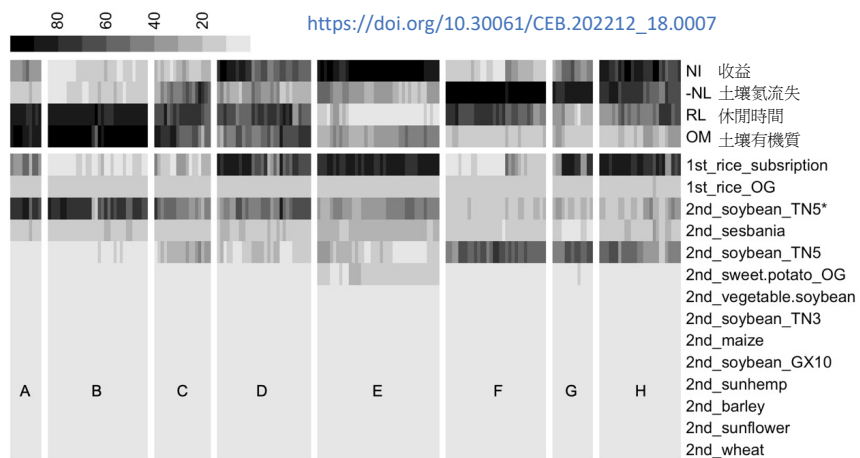


資料來源：黃亭禎 (2022) 臺大農藝系碩士論文
2025/11/26

因應氣候變遷之水稻與雜糧未來研究論壇

17

作物模式應用 - 氣候變遷衝擊下的韌性農業生產



2025/11/26

因應氣候變遷之水稻與雜糧未來研究論壇

18



Next: 高通量外表型需求

工人智慧



2025/11/26

因應氣候變遷之水稻與雜糧未來研究論壇

人工智慧



19

Acknowledgement



2025/11/26

因應氣候變遷之水稻與雜糧未來研究論壇

20