



2020 農機與生機學術研討會

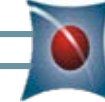
整合 **Watermark 200SS** 感測器和
NB-IoT 低功耗資料傳輸板
開發低成本土壤含水率智慧監控系統

林秉科、廖御瑋、申雍、陳建德、蔡耀全

國立中興大學 生物產業機電工程學系

國立中興大學 農藝學系

國立中興大學 土壤環境科學系



目錄



研究動機與研究目的



文獻回顧



感測器和傳輸技術介紹



實驗與結論

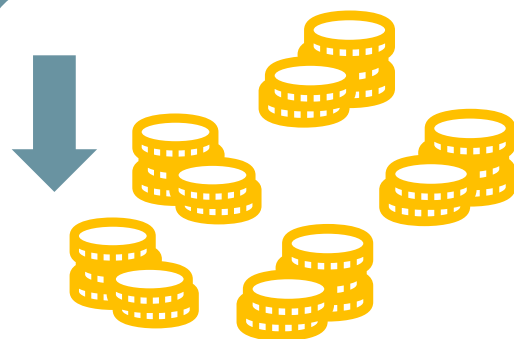
研究動機與研究目的

研究動機

- 在智慧農業4.0的推動下，智慧監控土壤水分是一大課題
- 監控土壤水分的優點



提高作物生產量



節省用水降低種植成本

- 目前在南投與茶農合作的茶園中，已有一套由廠商提供監控土壤含水率的智慧系統，但整個系統成本對於農民來說，仍是很大的負擔

研究目的

- 本研究目的是開發一套成本低廉、適合大範圍使用的土壤含水率智慧監控系統



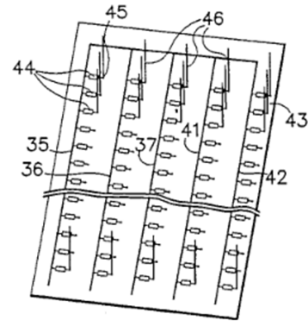
智慧監控

智慧灌溉



文獻回顧

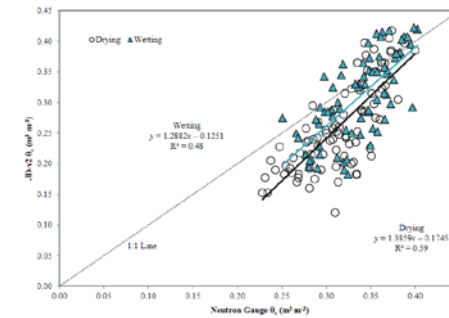
Moisture sensor probe with at least two groups of resistive arrays



電阻式含水率感測器的開發

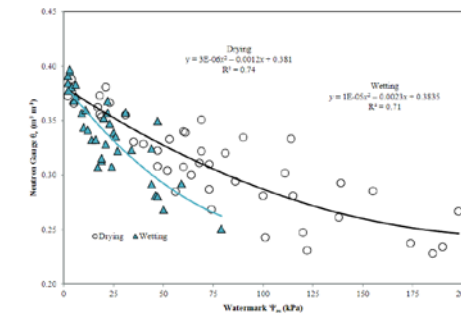
1989

Performance analysis of capacitance and electrical resistance-type soil moisture sensors in a silt loam soil



電阻式和電容式感測器的比較

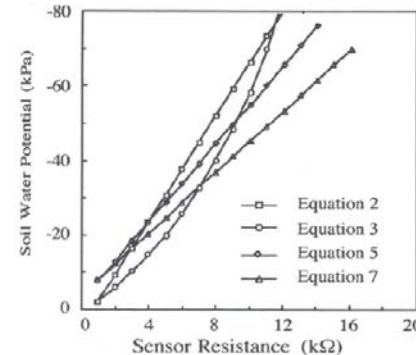
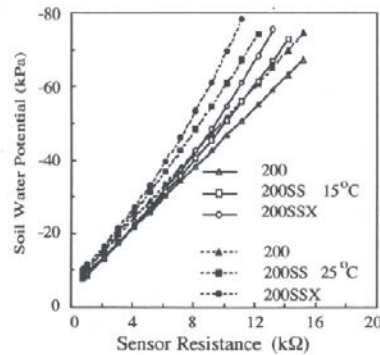
2012



2017

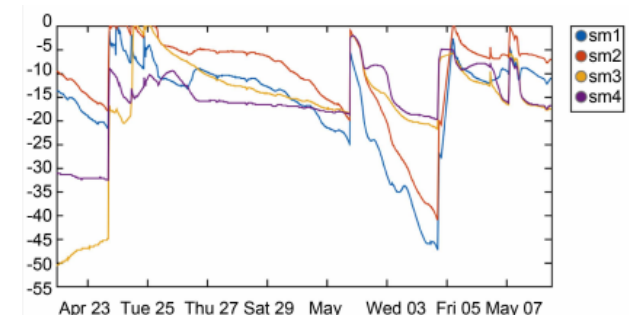
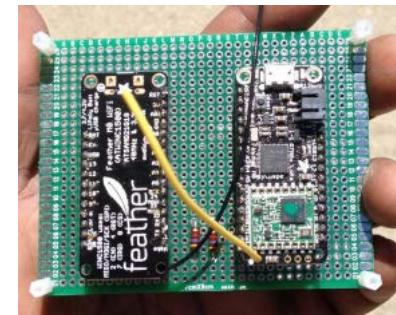
不同電阻式感測器的實驗室校正

Calibration of watermark soil moisture sensors for irrigation management



應用微控制器和Lora傳輸模組於感測器

Development of a low-cost internet-of-things(IoT) system for monitoring soil water potential using watermark 200ss sensors

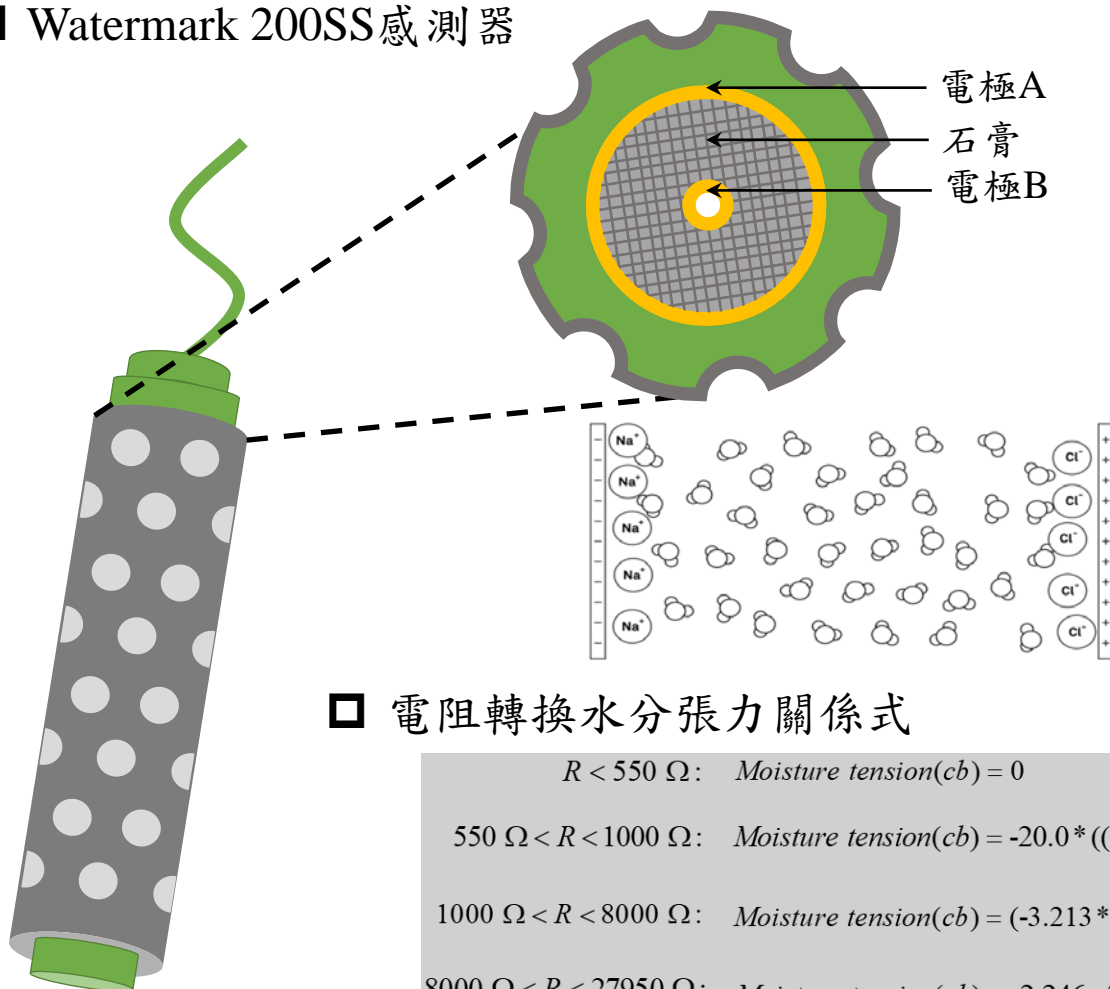


土壤含水率量測介紹

含水率量測方式	環刀法	電阻式	電容式	水分張力計
量測	直接	間接	間接	間接
優點	數據準確	感測器成本低	準確度高	易於安裝
缺點	<ul style="list-style-type: none"> 不適合監控 花費時間長 無法重複量測 	<ul style="list-style-type: none"> 需經過特定校正 平衡時間30分鐘 	<ul style="list-style-type: none"> 昂貴 離子濃度影響量測 	<ul style="list-style-type: none"> 範圍有限 資料存取成本高 平衡時間30分鐘
成本	500	1200	9000	5000
圖示				

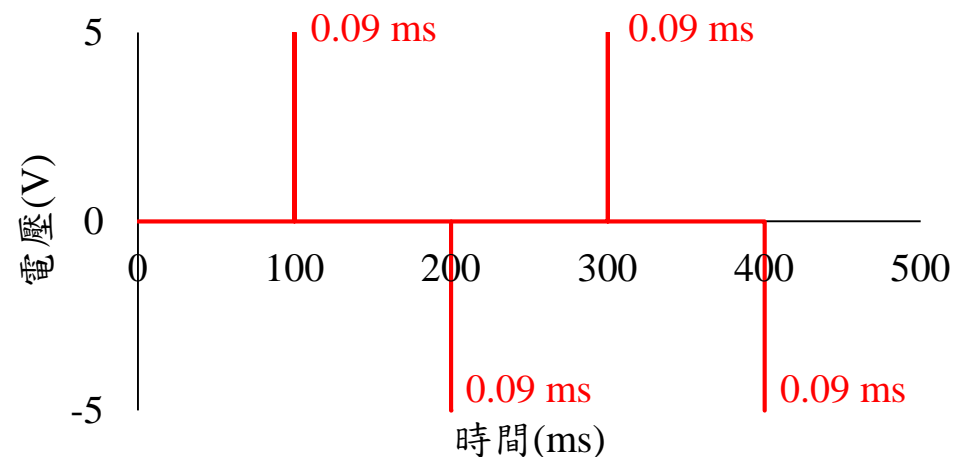
土壤含水率感測器

Watermark 200SS感測器



量測方式：

藉由交流電或是短直流脈衝以避免感測器的電極極化，並量測電極兩端的分壓以計算電阻



電阻轉換水分張力關係式

$$R < 550 \, \Omega: \text{Moisture tension}(cb) = 0$$

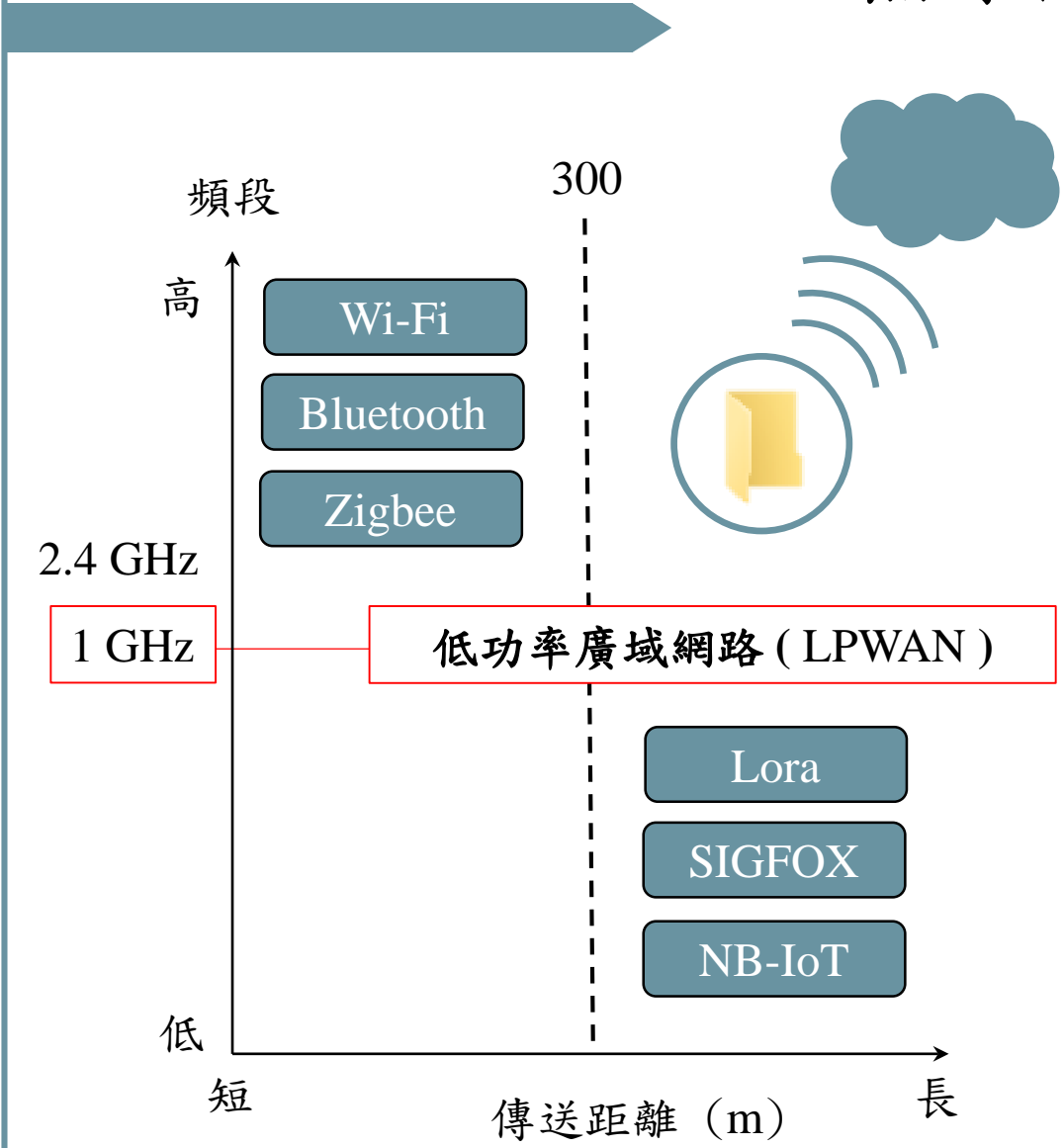
$$550 \, \Omega < R < 1000 \, \Omega: \text{Moisture tension}(cb) = -20.0 * \left(\left(\frac{R}{1000.0} \right) * (1.00 + 0.018 * (T - 24.0)) - 0.55 \right)$$

$$1000 \, \Omega < R < 8000 \, \Omega: \text{Moisture tension}(cb) = (-3.213 * \left(\frac{R}{1000.0} \right) - 4.093) / (1 - 0.009733 * \left(\frac{R}{1000.0} \right) - 0.01205 * T)$$

$$8000 \, \Omega < R < 27950 \, \Omega: \text{Moisture tension}(cb) = -2.246 - 5.239 * \left(\frac{R}{1000.0} \right) * (1 + 0.018 * (T - 24.00)) - 0.06756 * \left(\frac{R}{1000.0} \right)^2 * ((1.00 + 0.018 * (T - 24.00))^2)$$

$$27950 \, \Omega < R: \text{Moisture tension}(cb) = 199$$

無線傳輸技術簡介



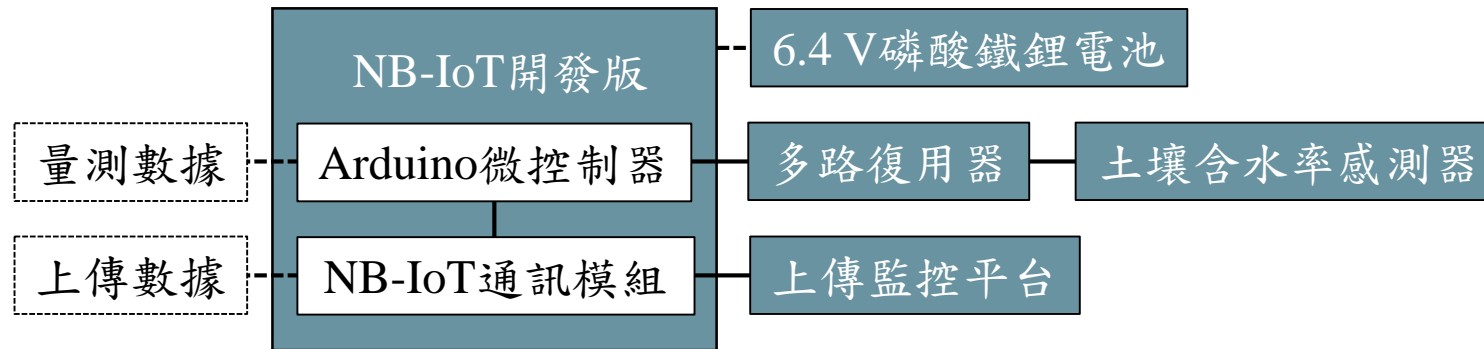
傳輸頻段	1 GHz以下	2.4 GHz以上
傳輸距離	長	短
受干擾程度	少	多
功耗	低	高



LPWAN	LoRa	SIGFOX	NB-IoT
授權頻段	非	非	是
頻寬	100 Hz	125~500 kHz	180 kHz
傳輸速率	100 bps	300 bps~50 kbps	50 kbps

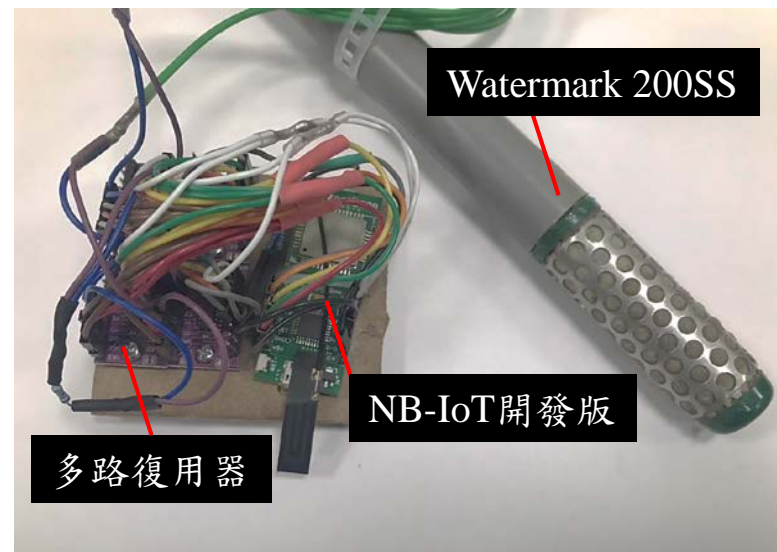
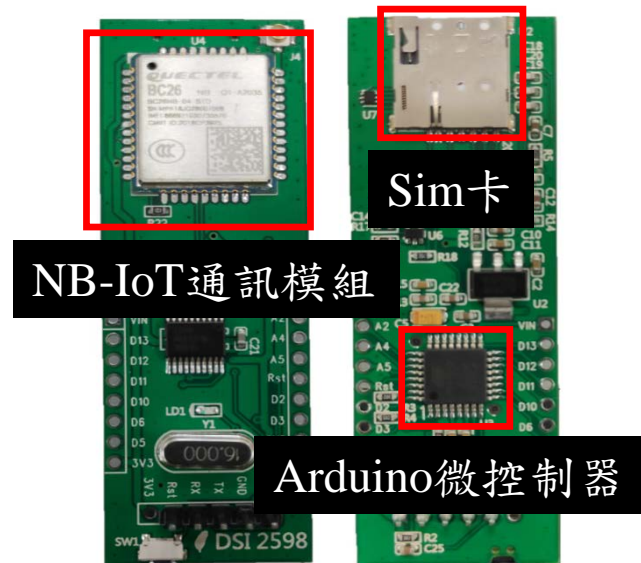
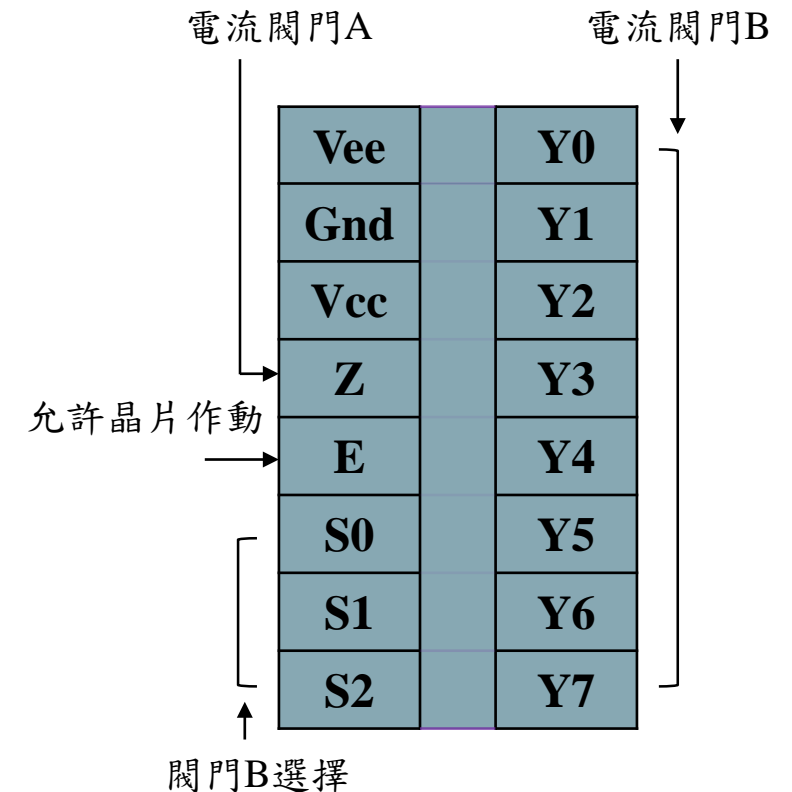
土壤含水率監控系統

□ 含水率監控系統架構圖



□ 多路復用器

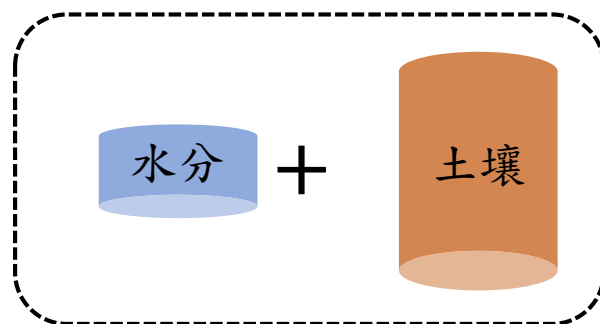
- 改變經過感測器的電流方向
- 增加監控連接感測器的數量



土壤含水率感測器校正

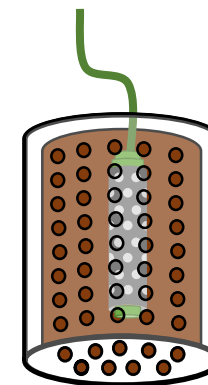
□ 目的：量測不同土壤含水率下，感測器的電阻數值

Step. 1 土壤和水分混合

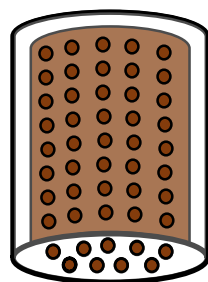


土壤	1700 g
水分	510 g
重量含水率	30%

Step. 3 安裝感測器



Step. 2 將樣本放入容器中

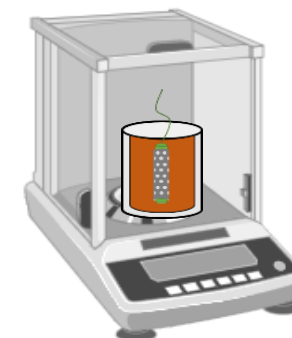


此為示意圖

將樣本放入有孔洞的容器中，
以利土壤水分均勻蒸散

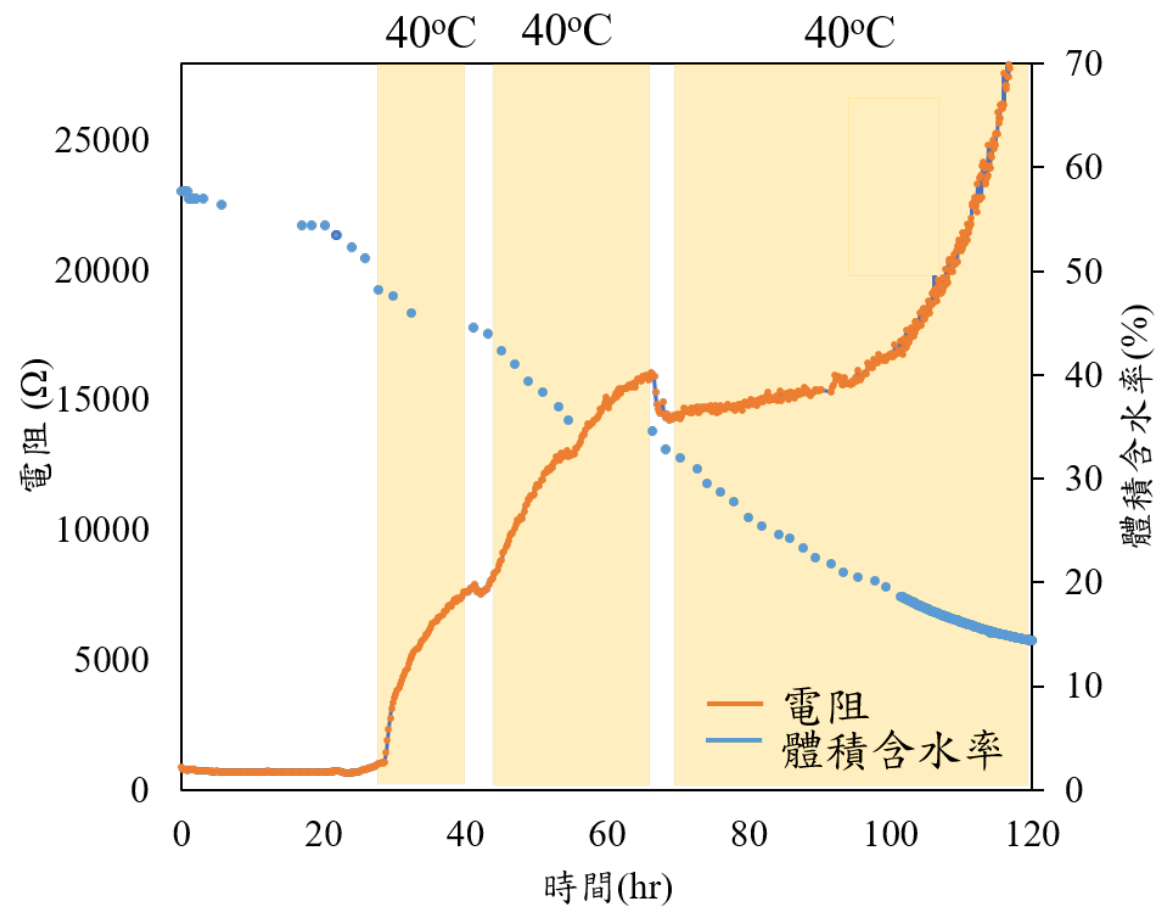
(實際容器長10 cm / 寬 8 cm / 高11 cm)

Step. 4 秤重計算體積含水率，並建立體積含水率和水分張力的關係曲線

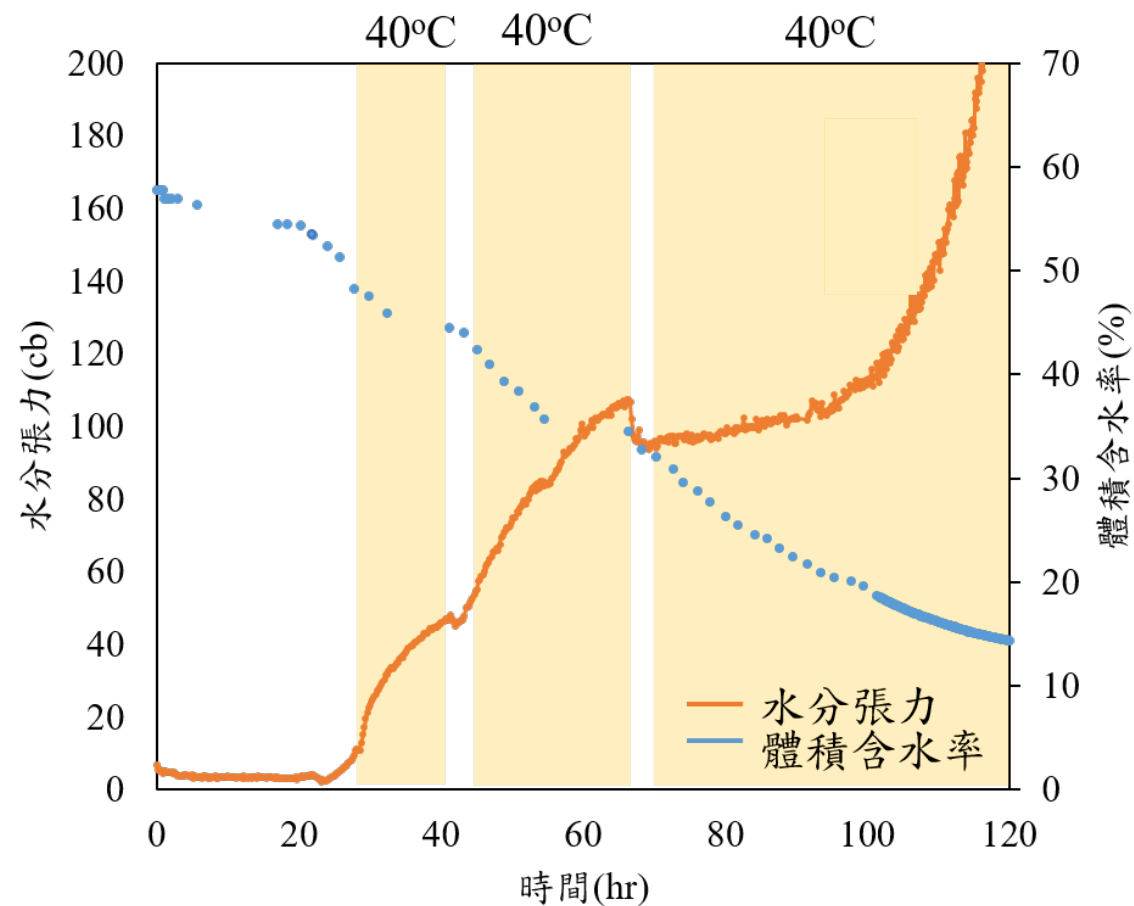


含水率感測器量測結果

□ 含水率感測器量測到的電阻值



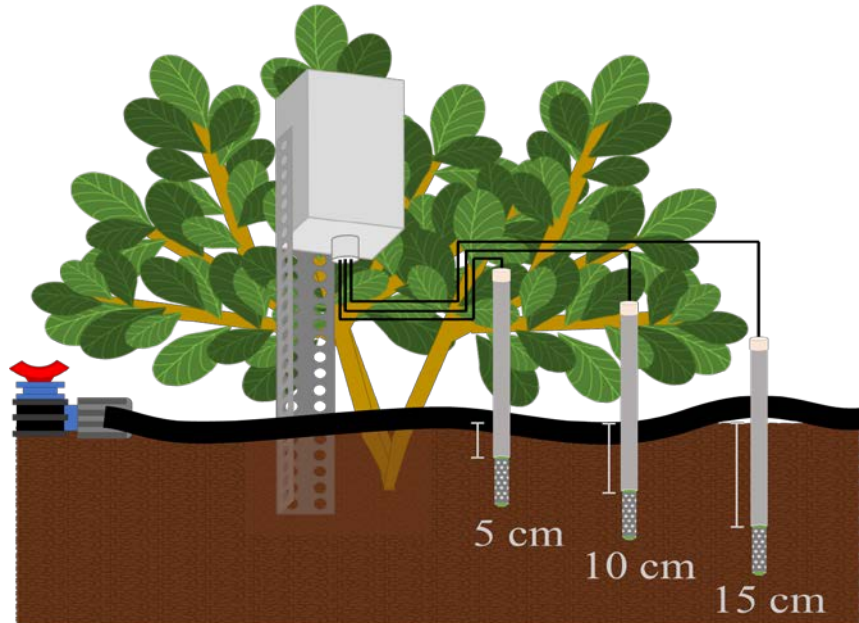
□ 透過電阻值換算的水分張力



評估監控系統的耗電量

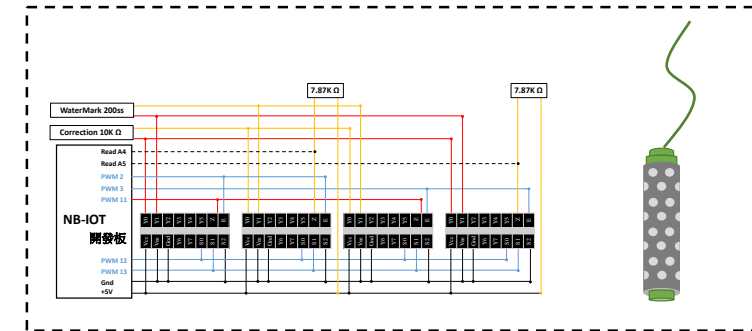
□ 評估耗電量：J7 - t電流電壓檢測儀

耗電量 (一天) : 0.723 Ah
3.5756 Wh



□ 量測頻率：1 hr

量測電路 所需時間 15 s / 電流 0.03 A



上傳數據 所需時間 70 s / 電流 0.25 A



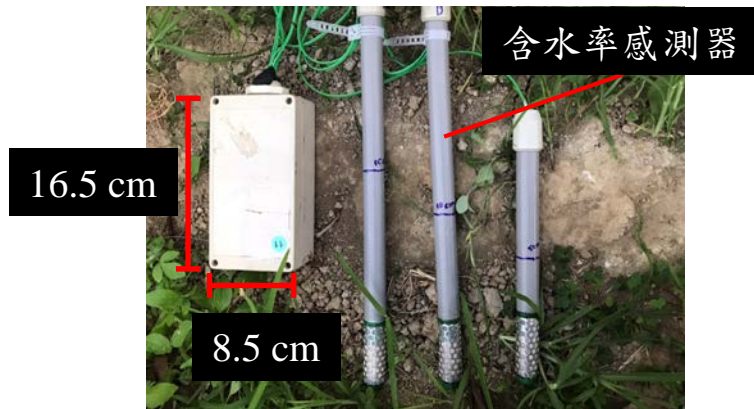
待機 電流 0.03 A

1 hr

Z Z Z

實地場域監控

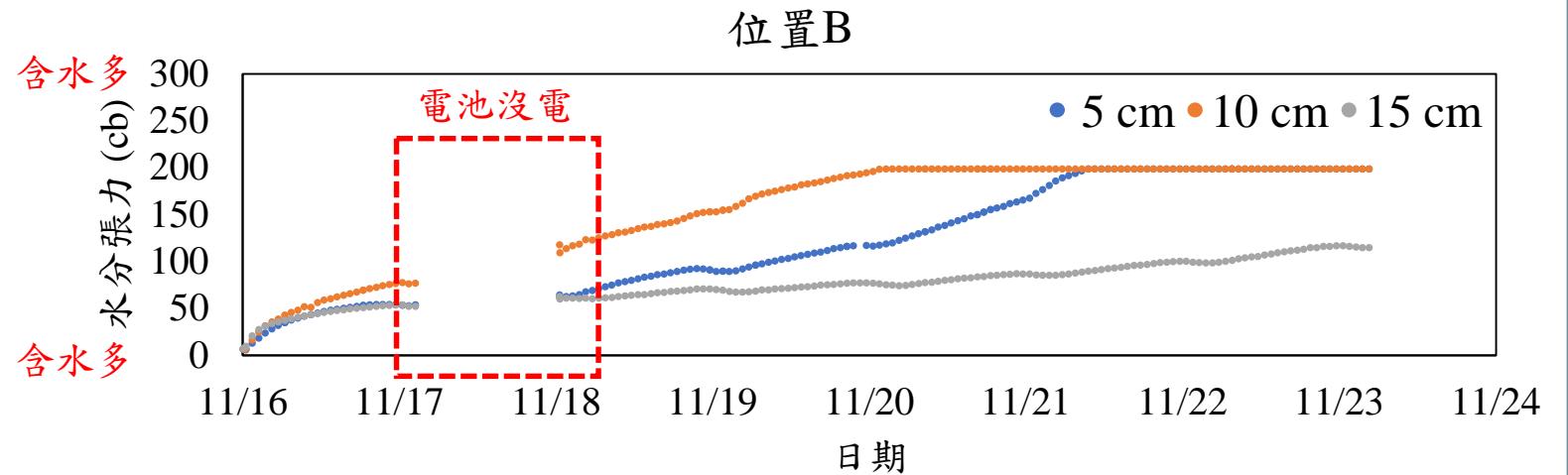
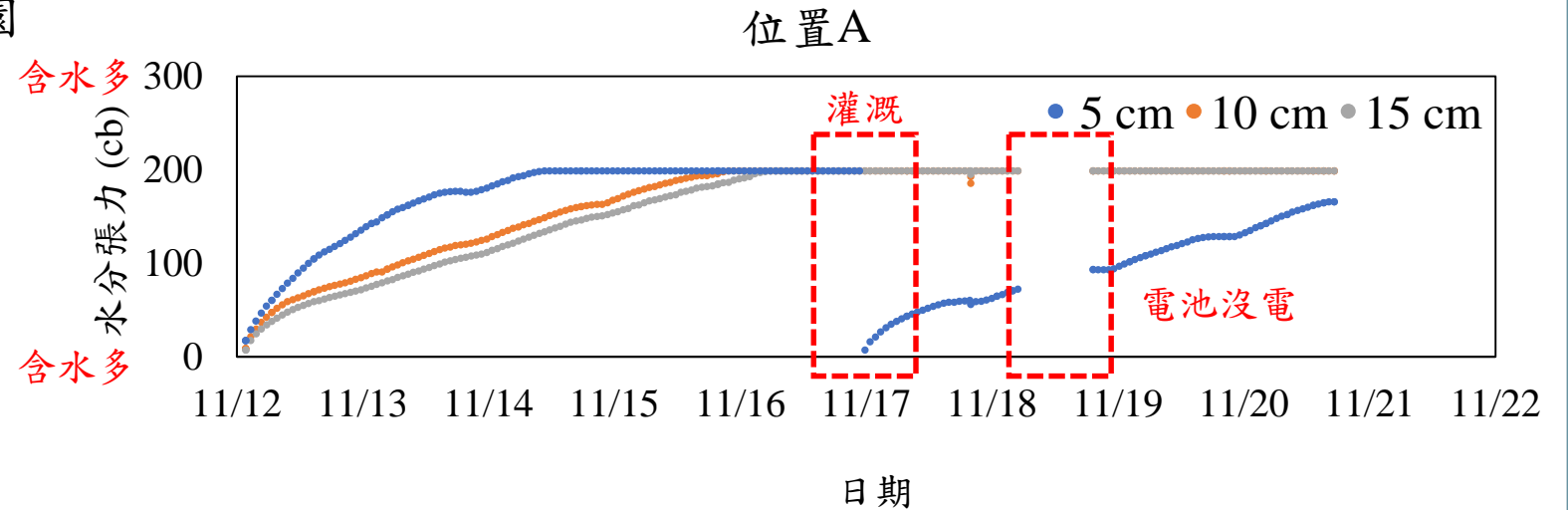
資料收集地點：農藝系試驗茶園



含水率監控系統

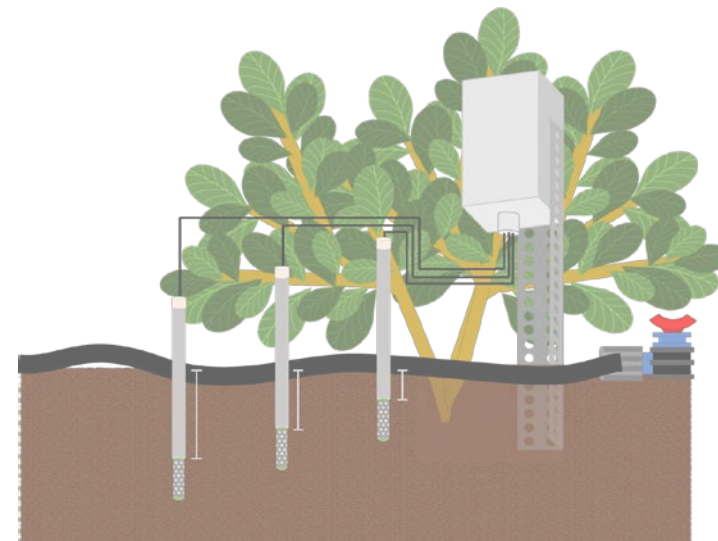
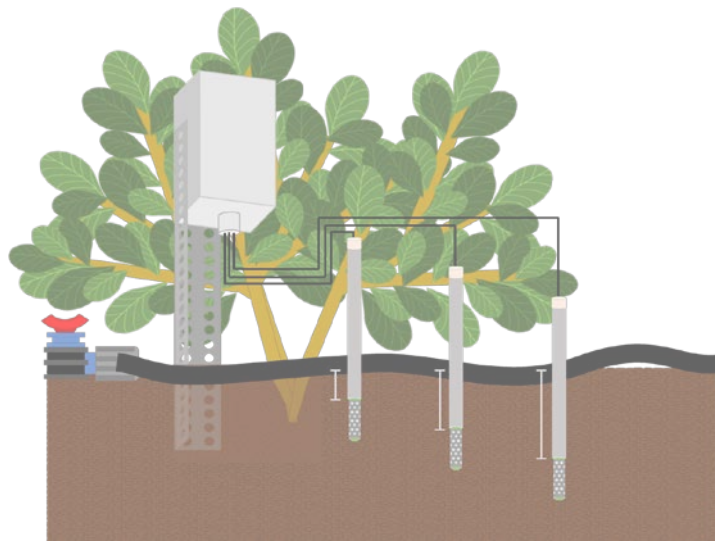


感測器架設圖



結論

- 本研究成功整合Watermark 200SS感測器和NB-IoT資料傳輸系統，可於智慧平台上進行含水率的監控
- 本研究的含水率監控系統的成本相較於市售含水率監控系統的花費來的便宜，適合農民大範圍使用
- 未來將針對收集水分資訊進一步分析，並結合自動灌溉達到智慧化管理





Thank you for your attetion

