

出國報告（出國類別：短期研究）

農業菁英培訓計畫-

因應氣候變遷之茶樹低溫凍霜害防治策略

服務機關：農業部茶及飲料作物改良場

姓名職稱：林育聖 助理研究員

派赴國家：日本

出國期間：民國 113 年 11 月 27 日至 114 年 6 月 5 日

報告日期：民國 114 年 8 月 13 日

摘 要

查詢農業部茶樹天然災害相關統計資料，我國近 20 年(2004-2023)茶樹低溫霜害導致之累積損失金額與占比僅次乾旱、排名第二。且集中於中高海拔茶區之春茶產季，春茶為中高海拔茶區主要生產季節，產量與價格均占當年度之相當比重，若發生危害可能嚴重影響農友該年度收益。近數十年間我國茶樹栽培海拔上升，同時伴隨氣候變遷的加劇也可能導致極端氣候出現頻度升高，推估未來低溫霜害對於臺灣中高海拔茶園造成之損害程度與影響頻度可能會更加嚴峻。

鄰國日本同屬產茶國之一，因緯度或氣候條件，遭逢低溫凍霜害之頻度高於我國。於 1950 年代即投入相關研究，並推廣至農友田間應用，達到一定成效。透過本次農業菁英培訓計畫資源，至日本主要茶葉生產區域之一的靜岡縣，與日方農研機構茶業研究領域之研究人員共同研討，瞭解日本對於茶樹遭逢低溫時之防護策略，以及現行常用之茶樹低溫霜害防護方法與效益。同時一併瞭解靜岡縣茶樹於栽培過程中其他天然災害的相關資訊。

目 次

壹、 研習目的.....	1
貳、 研習行程.....	2
參、 研習內容.....	3
肆、 研習心得及建議.....	9
伍、 研習照片.....	11
陸、 參考資料.....	21

壹、研習目的

茶樹(*Camellia sinensis*)為多年生作物，種植後經合宜之栽培管理經濟壽命可逾 50 年以上(De Costa et al., 2007)。在此期間可能遭受多種天然災害之威脅與侵襲，造成產量與品質之減損與農民收益的下降。隨著氣候變遷導致極端氣候出現頻度的增加，天然災害對茶樹造成的影響被認為將會愈發嚴峻。依據農業部「臺閩地區農作物災害損失」統計資料(農業部、2023)，近 20 年(2004-2023)臺灣茶樹因天然災害造成之總累積損失金額約為新台幣(下同)45.9 億元。曾遭逢天然災害之種類、累積損失金額與比例，分別為：乾旱(損害金額約 24.4 億元、53.3%)、低溫霜害(約 13.3 億元、29.1%)、颱風(約 6.1 億元、13.4%)、豪雨(約 1.3 億元、2.9%)、冰雹(約 0.5 億元、1.2%)、焚風(約 0.06 億元、0.1%)以及其他(約 0.0005 億元、0.001%)。在此之中，茶樹低溫霜害之損失金額占比位列第 2 名，且發生時節多在中高海拔茶區之春茶產季。臺灣以生產部分發酵茶為主，一般認為於春、冬 2 季生產製作之品質相對較佳，特別是春茶之滋味濃郁、價格佳、產量占全年度生產比例高等特點，為茶葉農友相當重要的生產季節。倘若春茶萌發生育階段發生低溫霜害多將使農友當年度收益受到嚴峻的影響。伴隨近 30-40 年間茶區栽培海拔上升與極端氣候發生頻度提高等相關因素，低溫霜害於中高海拔茶區春茶造成之損害程度與頻度甚為嚴重，且未來可能更加嚴峻。換言之，低溫霜害為我國茶樹栽培相當具挑戰性之天然災害。

日本為茶葉生產大國，因緯度或氣候等因素，茶樹遭逢低溫凍霜害之頻度高於我國，相關研究與實務應用經驗也已達一定成效。期透過本計畫資源至日本產茶主要地區靜岡縣進行現地研究，瞭解日本茶樹低溫危害相關防護方法與策略，整理相關經驗或技術，期盼未來有機會能夠協助減少低溫危害對臺灣茶產業的影響，增進我國茶產業的整體韌性。

貳、研習行程

日期	行程	工作紀要
113 年 11 月 27 日(三)	臺北松山機場→東京羽田機場→日本靜岡縣	由臺北松山機場搭乘長榮航空 BR192 班機前往東京羽田機場。轉乘電車與新幹線前往靜岡縣。
113 年 11 月 28 日(四) ~114 年 6 月 4 日(三)	日本農研機構金谷茶業研究據點 茶品種育成生產團隊	前往金谷茶業研究據點，開始進行研習。與日方研究人員共同討論日本主要茶區之一的靜岡縣，對於茶樹遭逢低溫凍霜害時，目前主要之防護策略與實際運用情況；以及日本主要茶區防霜扇之架設、作動條件、電力消費問題等相關使用概況。並將收集資料進行整理與報告撰寫。最後由靜岡縣前往東京準備搭機。
114 年 6 月 5 日(四)	東京羽田機場→臺北松山機場	由東京羽田機場搭乘長榮航空 BR189 班機前往臺北松山機場。

參、研習內容

一、研習機構(日本農研機構-果樹茶業研究部門-茶業研究領域-金谷茶業研究據點)簡介與計畫相關性

日本國立研究開發法人農業・食品產業技術綜合研究機構(National Agriculture and food Research Organization, NARO)，簡稱農研機構。屬日本農林水產省轄管之國立研究開發法人，總部設置於茨城縣筑波市(茨城県つくば市)。轄下依據地區性或專業性設置逾 20 個不同的研究單位/中心。正職人員數額達 3,200 名，2023 年度預算達 950 億日元，為相關領域日本主要之研究機構。農研機構歷史最早可追溯至 1893 年日本農商務省農事試驗場。內部不同研究單位/中心過往多分屬於農林水產省，歷經多次調整於 2001 年成為日本獨立之行政法人，再經數次整合後發展至今日規模。

在此之中，有關茶業研究部分，現有編制為果樹茶業研究部門。機構歷史最早可追溯至 1896 年農商務省於東京都(時稱東京府)創設之製茶試驗所，至今已逾 128 年。目前果樹茶業研究部門之本部設置於日本農研機構總部當中，轄下關於茶業研究領域，設有茶品種育成與生產團隊(茶品種育成・生産グループ)，並於靜岡縣島田市(金谷茶業研究拠点)與鹿兒島縣枕崎市(枕崎茶業研究拠点)分設 2 處據點、研究人員(含領域長)14 人。過往至今積累發表之相關研究論文逾數百篇。

日本自 1950 年代即開始針對協助茶樹抵禦低溫凍霜害進行相關研究，主要之研究發表單位為政府轄下有關的茶業研究機關，如農林省東海近畿農業試驗場茶業部、農林省茶業試驗場；地方(靜岡縣、福岡縣、鹿兒島縣)所屬之茶業相關試驗單位，以及部分大專院校。其中又以農研機構以及其前身之農林水產省所轄相關研究機構最為主要，時至今日仍持續對相關領域進行資料觀測與試驗研究。此外農研機構也有對於茶樹不同天然災害防治策略進行研究探討，特別是對於協助茶樹抵禦低溫凍霜害成效較佳之防

霜扇防護策略有關研究。近期雖因研究人員更迭等因素，發表量較過往減少，但仍運用春茶生長期遭逢低溫寒流時，觀察不同高度、馬力等防霜扇使用策略對於協助茶樹防護凍霜害之情況。並與民間企業聯手強化相關研究技術推廣落地。

整體而言，農研機構茶業研究團隊對於協助茶樹抵禦低溫凍霜害相關研究有一定之經驗與專業，期待透過本次研習交流過程瞭解日本對於協助茶樹防護低溫凍霜害之策略與見解。本次研究特別感謝農研機構氏家達志先生、荻野曉子研究員協助安排與過程聯繫、指導人員石井貴也研究員、角川修前領域長、廣野祐平團隊長等長官同仁特別撥冗指導。以及茶業研究團隊之廣野久子博士、大井彩子研究員、榎本拓央博士、野村幸子博士、水上智道研究員等不同專業之成員，一同進行討論與交流，使本次研習能夠順利完成。

二、日本茶園防霜策略近況調查與日本主要茶區防霜扇使用概況

本次前往研習之日本農研機構-果樹茶業研究部門-金谷茶業研究據點，位於日本靜岡縣島田市。依據相關統計資料，2023 年靜岡縣之茶葉栽培面積約 13,300 公頃、產出金額 223 億日圓、均為日本最高，其中轄內的牧之原市、島田市、掛川市、菊川市與靜岡市等為主要的生產區(靜岡縣經濟產業部農業局お茶振興課，2025a)。靜岡縣農業局整理近(1979)年來縣內茶園主要之天然災害類型，其中低溫凍霜害造成茶樹生產面積受損之比例與金額均占 90%以上，另寒乾害、冰雹、潮風害偶有發生(靜岡縣經濟產業部農業局お茶振興課，2025b)。而在臺灣茶園相對常見的乾旱與颱風等類型則無相關資料記錄。

日本主要茶區靜岡縣對於最嚴峻的茶樹天然災害類型-低溫凍霜害，現行採取的防護策略可分作灑水防護、覆蓋防護與防霜扇防護共 3 種。相關

原理與基本資料簡述如下：

1. 灑水防護：

灑水防護原理為當水凝結成固體時為放熱反應(靜岡県茶業會議所，2006)，且流動水未凝結時多仍能維持 0°C 以上，使低溫結霜無法形成。其可分作短時間灑水與長時間灑水 2 種策略，觀察 2 者之防災成效，長時間灑水處理效果明顯優於短時間灑水者，其結果具肉眼可辨識之差異；且短時間灑水處理近乎沒有達成協助茶樹抵抗低溫霜害的效果(林等，2022)。然而，長時間灑水需於結霜前開始啟動，至日出回溫後方能停止。因此，必須於擁有相當規模之貯水設備與完備之灌溉系統的茶園方才得以進行。但在臺灣多數中高海拔茶園受限於地形與交通等因素，無法擁有如此規模之水池，多無法進行長時間灑水作業。另部分研究顯示灑水協助抵禦低溫凍霜害可能導致後續茶樹生長出現遲延現象，但此部分仍需更多研究投入加以證明(林等，2022；靜岡県茶業會議所，2006；農山漁村文化協會，2008)。

2. 覆蓋防護：

覆蓋作業防護原理為覆蓋物可吸收輻射熱能後逆放出，需特別選擇熱吸收率、熱放出率與顏色適合之材質，並留意合宜之架設高度(靜岡県茶業會議所，2006；農山漁村文化協會，2008)。一般而言，多以茶樹冠面覆蓋為主，其依覆蓋方式的不同，可分作棚架式覆蓋(離茶樹冠面高度約 60-90 公分)、以及隧道式覆蓋(離茶樹冠面高度約 40 公分)2 者(靜岡県茶業會議所，2006)。然因需於冠面上加裝覆蓋設備，導致棚架式多需架設可拆卸支柱、避免平時產生遮光問題；又隧道式部分需於地面鋪設軌道，恐影響田間作業，實用性較為有限，較少農友採用。

3. 防霜扇防護：

防霜扇屬空氣擾動協助茶樹防護低溫凍霜害的策略之一，防護原理主要有 2 個面向，其一為將位於地面高度達 5-8 公尺的逆溫層相對高溫空氣引流向導入、其二為運用微風吹動破壞茶樹冠面周遭冷空氣層(靜岡県茶業會議所,2006;農山漁村文化協會,2008)。藉以使葉片溫度得以維持 0°C 以上，降低結霜現象出現，協助茶園減少低溫霜凍之危害(林等，2013)。

防霜扇防護法因防護成效尚佳，不需灑水與大規模貯水設備，以及對田間操作之影響有限，為日本目前較常採用的茶樹低溫凍霜害防護方法。

經與日本研究人員討論交流後，瞭解靜岡縣對於茶樹天然災害之處置策略。過往日本研究單位前輩投入研究之總結，防霜扇效果尚佳且不需大規模貯水設備、同時較不會影響田間操作，較適合於靜岡縣運用。依據 2023 年統計資料，靜岡茶園栽培面積約 13,300 公頃，在此之中較易遭逢結霜影響的茶園面積約 10,002 公頃，占總面積逾 70%、比例甚高。不同防護策略之設置面積分別為防霜扇法 8,900 公頃、灑水法 15.8 公頃、覆蓋法 48.4 公頃(公益社團法人日本茶業中央會，2024)。由此可知，靜岡縣茶園架設防霜扇協助低溫防護之占比為總茶園面積之 60%以上，已具相當規模。若以靜岡縣常遭遇結霜之茶園面積進行分析，防霜扇防護面積占常遭遇霜之茶園面積達 80%以上，而灑水與覆蓋防護所占比例不到 1%，比例懸殊。因此，防霜扇可說是現行日本靜岡縣茶園低溫凍霜害防護最主要的策略。

在研習過程中，也有機會與日方研究人員共同討論，有關靜岡縣防霜扇之作動季節、條件、設置原則、維修養護、電力消耗情況、政策支持以及使用需注意事項等相關事宜。並和日本防霜扇製造廠商討論，以及至實際大規模架設防霜扇之茶園參訪，瞭解現地相關情況。

綜整日本茶園常用之霜害防護策略之原理與注意事項如下附圖。



附圖、靜岡縣目前較常運用之茶園低溫霜害防護策略。

三、日本茶樹其他天然災害防治策略與方式

除前述之茶園低溫凍霜害防護策略外，於研習過程中和農研機構金谷茶業研究據點之研究人員共同討論，對於靜岡縣茶樹其他天然災害以及臺灣近年較為嚴重之茶樹乾旱等災害的防治觀點。

乾旱部分，由於靜岡縣鮮少發生乾旱問題，若有降水較為不足的情況，多也出現在冬季，對茶樹影響有限。據瞭解靜岡縣前次發生較明顯乾旱問題之時點，可追溯至 1994-1995 年，已逾 30 年未有茶樹嚴重乾旱影響生產之情況發生。因此，近期較少將研究人力與資源重心放置於茶樹乾旱相關研究領域。而對於茶樹乾旱問題，參考相關報告以及和研究人員討論後，多建議逐步採用耐旱品種改良推廣、並以深根栽培為主，應有機會減低乾旱對茶樹所造成的風險與損失(松尾等，1996；松尾等，1999)。

凍害部分，因緯度與氣候等條件，低溫對於我國茶樹的致災類型多以霜害形式出現為主。然而可能由於靜岡縣之緯度較我國為高，氣溫相對較

低，低溫災害則可能以凍害形式發生。低溫凍害乃是未有結霜現象的出現，但低溫導致細胞水分凍結造成危害影響茶樹之生長。短期可參考低溫霜害防護策略，透過擾動空氣或灑水等方式增加葉片溫度，減少凍害問題。長期則可應用品種改良強化耐低溫能力等策略進行。

四、 試驗研究部分

於短期研究的過程中。也和日方人員共同學習與進行茶樹低溫相關研究探討，如：茶芽耐凍性實驗、茶樹採收前之低溫耐受能力測試、低溫環境茶樹葉片溫度與空氣溫度差異、未萌芽階段不同品種茶樹低溫凍害耐受能力調查等。藉以瞭解尚未萌發之茶樹芽體的低溫耐受性，以及不同品種間是否具有差異，並確認馴化作業的效果。也探討不同品種的茶樹，於採收前之低溫耐受能力等相關資訊。

此外，也協助進行春茶萌芽率調查、不同品種春季萌芽生長情況調查與春茶茶芽基本資料調查等工作，以及協助新茶園茶苗種植等相關事宜。共同學習探討茶業研究相關課題。

五、 其他部分

本次研習期間有機會參加靜岡縣立農林技術研究所茶業研究中心(靜岡県農林技術研究所 茶業研究センター)舉辦之 2024 年研究成果發表會(令和 6 年研究成果発表会)。該發表會於 2025 年 2 月 13 日於島田市金谷生活中心夢想創造館(島田市金谷生きがいセンター 夢づくり会館)舉行。會中發表多元加工、有機栽培施用液肥效果、炭疽病防除等技術，並有品種茶試飲活動，分享該單位 2024 年相關研究成果。

此外，在研習過程中，透過講演與日方人員介紹我國茶業現況、茶及飲料作物改良場以及自身近期相關研究資訊，並準備多種具特色之臺灣茶

與日方人員分享討論，共同學習交流。另於研習期間參訪大規模架設防霜扇茶園、茶草場農家、富士之國茶之都博物館(ふじのくに茶の都ミュージアム)、伊藤園静岡相良工場、世界綠茶協會、京都府茶業研究所等處，瞭解日本茶業現況相關資訊。

肆、研習心得及建議

透過本次農業菁英培訓計畫於日本從事 6 個月的短期研究，計畫執行人得以有機會瞭解日本主要茶區靜岡縣對於茶樹低溫凍霜害防護策略以及現行常用之防護方法。此外，在過程中有機會與日方研究人員共同探討靜岡縣茶園最主要之天然災害-低溫凍霜害防護方式以及靜岡縣茶樹其他天然災害情況與防護建議。也對日本最大茶區靜岡縣有初步的瞭解，受益良多。

研習過程瞭解到日本茶業相關研究機關的編制與臺灣略有不同，隸屬中央政府之日本農林水產省所轄國立研究開發法人農業・食品產業技術綜合研究機構-果樹茶業研究部門-茶業研究領域，此領域之專家含領域長共計約 14 人，內部可分作金谷與枕崎 2 個研究據點。除此之外，部分地方政府也有所屬之相關茶業研究單位(如靜岡縣農林技術研究所茶業研究中心、埼玉縣茶業研究所、宮崎縣農業試驗場茶業支場等)，共計約 20 個日本地方政府具在地茶業研究相關人員。與我國茶業專責研究機關集中於農業部轄下有所差異。

農研機構金谷茶業研究據點之多數研究人員為專責研究者，均會自身進行相關試驗研究，除研究設計與複雜度高的實驗外，包含澆水與測量等例行業務均會自己進行操作，此過程也令筆者感受到據點研究人員對於做實驗的熱忱與嚴謹。研究人員各自擅長領域雖略有差異，但仍頻繁交流討論，促使實驗設計與研究執行更加完備，值得學習。而我國試驗改良機關研究同仁多肩負相當比例之行政事務、參訪導覽、推廣教育與臨時交辦事項等，較少有完整時間進行實驗操作、思考討論與報告撰寫，可能影響研究的成效與量能。

日本對於茶樹低溫凍霜害相關研究報告，時間可追溯至 1950 年代，此領域有關之研究與發表相當豐富。近期因人員更迭等因素，於茶樹低溫凍霜害研究領域之人力略有青黃不接的情況出現。如何將相關經驗與知識進行傳承，避免研究人力斷層的發生，相當重要。農研機構有將資深研究人員退休後回聘的相關制度，

或許有部分助益。

茶樹為多年生作物，若是研究計畫時間過短或目標常變動，可能直接影響研究之進行與成果。日本茶業相關研究計畫多為 3 年期或是 5 年期，過程中較少大幅調整或改變設定之標的，促使計畫投入與成果產出得以相對穩定。研究主題除了針對近期較為熱門之智慧農業、有機栽培、出口向上等項目外，仍保持一定資源持續投入基礎研究。經討論瞭解到相關基礎研究具有重要性，或許有機會成為開創未來深度研究的基石，可考量有一定比例資源持續投入，值得參考。

本次研習計畫得以順利進行，特別感謝農研機構本部氏家達志先生、金谷茶業研究據點佐藤安志領域長、角川修前領域長、荻野曉子博士、廣野祐平博士、廣野久子博士、榎本拓央博士、大井彩子研究員、水上智道研究員與指導者石井貴也研究員。以及農業部、茶及飲料作物改良場長官先進的支持，在此一併致上最高的謝意。建議後續仍有相關資源投入，與農研機構茶業研究領域保持相關聯繫與交流，對於瞭解日本茶業相關領域新技術與發展應有助益。同時透過良好地溝通與交流，推進共同研究的可能性。

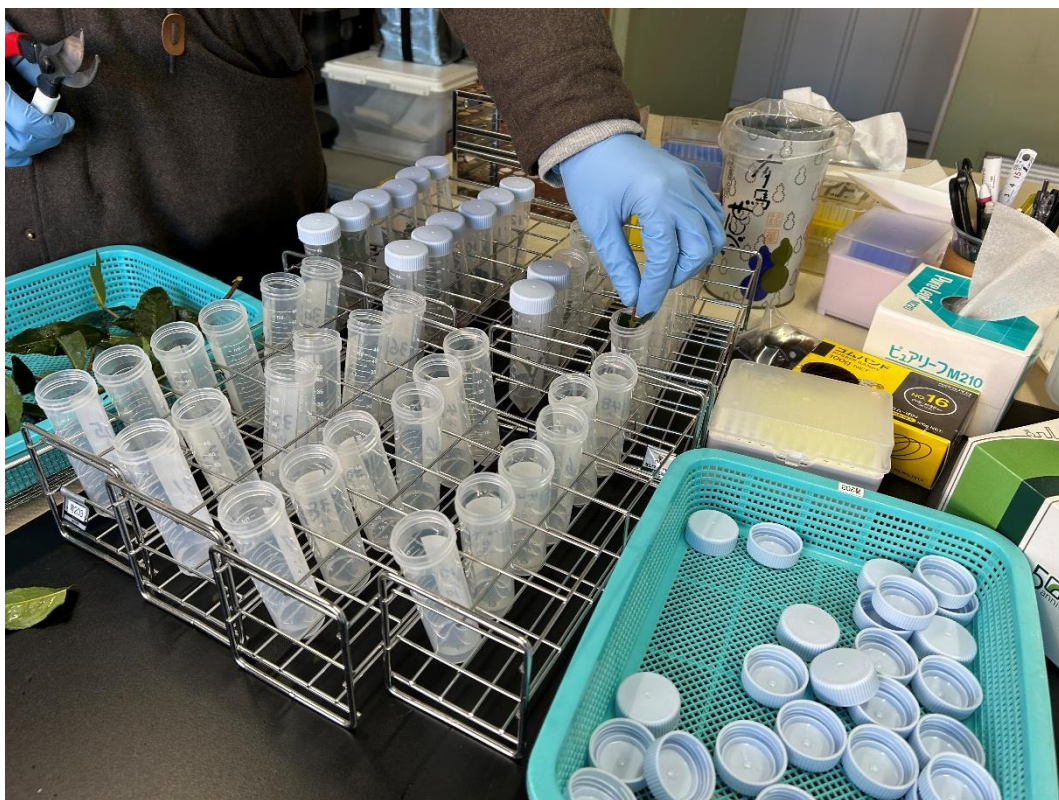
伍、研習照片



圖一、農研機構金谷茶業研究據點-1



圖二、農研機構金谷茶業研究據點-2



圖三、茶芽耐凍性實驗過程-1



圖四、茶芽耐凍性實驗過程-2



圖五、茶樹採收前之低溫耐受能力測試-1



圖六、茶樹採收前之低溫耐受能力測試-2



圖七、靜岡縣大規模架設防霜扇茶園-1



圖八、靜岡縣大規模架設防霜扇茶園-2



圖九、與日本防霜扇製造廠商討論



圖十、隱藏電線方式架設之茶園防霜扇



圖十一、日本地方政府茶業研究機關參訪-1



圖十二、日本地方政府茶業研究機關參訪-2



圖十三、富士之國茶之都博物館-1



圖十四、富士之國茶之都博物館-2



圖十五、與日方人員介紹臺灣茶業、農業部茶及飲料作物改良場以及自身近期
相關研究之報告-1



圖十六、與日方人員介紹臺灣茶業、農業部茶及飲料作物改良場以及自身近期
相關研究之報告-2

**令和6年度
茶業研究センター
研究成果発表会**

令和7年 2月13日(木)13:00～16:15
(12:00～品種茶試飲開始、12:30～受付開始)

島田市金谷生きがいセンター夢づくり会館
(島田市島550-2)

<発表題名>

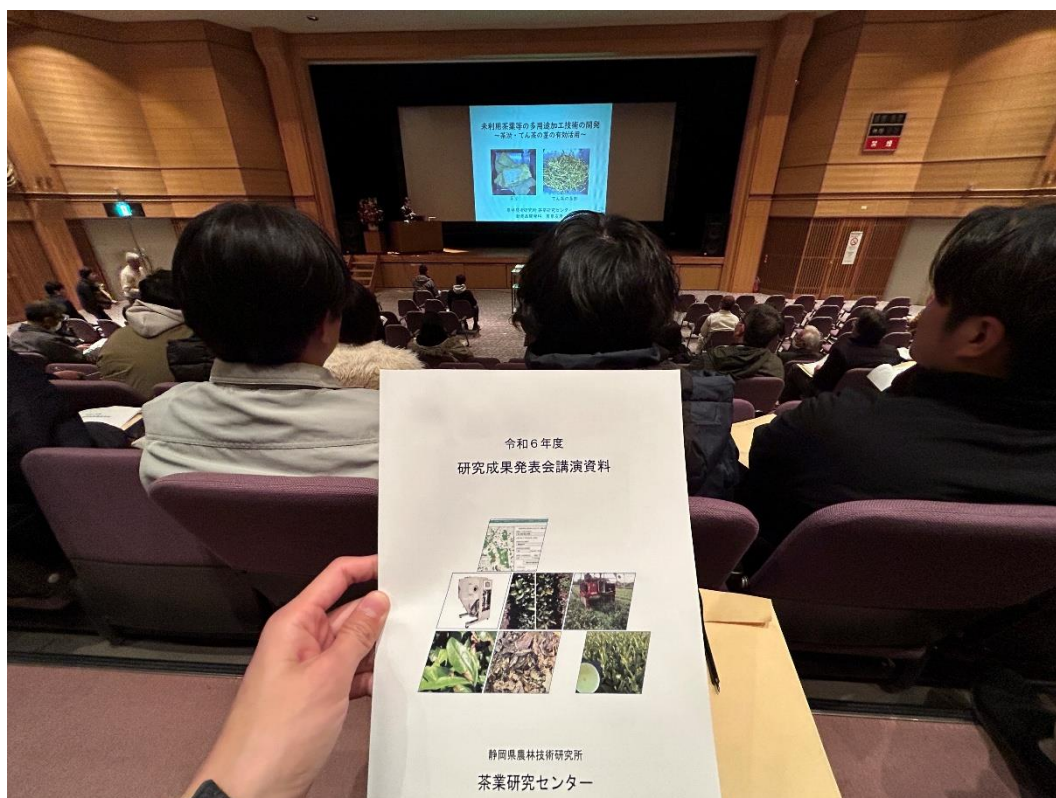
- ① 未利用茶葉等の多用途加工技術の開発
～茶渋・てん茶の茎の有効活用～
- ② チャ有機栽培における液肥の効果と施肥管理アプリの使い方
- ③ 石灰窒素の効果的な活用方法
- ④ 蒸気除草機による除草効果の検証
- ⑤ 新しい茶品種と種苗法の紹介
- ⑥ 気候変動に対応したチャ炭疽病防除
- ⑦ 使ってみようChaOIファクトリー



※ 予約不要。会場には無料駐車場がありますが、できるだけ乗り合わせてお越しください。

問い合わせ 静岡県農林技術研究所 茶業研究センター
TEL : 0548-27-2880 FAX : 0548-27-3935

圖十七、静岡縣茶業研究中心-2024 研究成果發表會-1



圖十八、静岡縣茶業研究中心-2024 研究成果發表會-2

陸、參考資料

1. 林育聖、林儒宏、張維倩、邱祝芳、陳柏亨 (2022), 高海拔茶園低溫凍霜害防護策略研究探討, 農林學報 69(2): 117-128。
2. 林儒宏、蕭建興、黃正宗、郭寬福、邱垂豐、林金池 (2013), 防霜扇應用於臺灣高山茶園防霜之研究, 第一屆茶業科技研討會專刊 pp.127-135。
3. 臺閩地區農作物災害損失 (2004-2023), 農業統計資料查詢, 臺北市: 農業部。(查詢時間 114 年。取自
<https://agrstat.moa.gov.tw/sdweb/public/maintenance/Announce.aspx>)
4. 公益社団法人日本茶業中央会 (2024), 生産/茶の凍霜害等, 茶關係資料 pp. 21。日本東京。
5. 松尾喜義、松浦啓晶、本間知夫 (1999), 茶園の土層貫入抵抗と干ばつ被害との關係, 根の研究 8(3): 105-108。
6. 松尾喜義、本間知夫、岡野邦夫、渡辺利通 (1996), 干ばつ被害発生茶園における土層貫入抵抗の特徴, 茶業研究彙報 84(別): 96-97。
7. 静岡県経済産業部農業局お茶振興課 (2025a), 統計資料/生産統計, 静岡県茶業の現状 pp. 1-7。日本静岡。
8. 静岡県経済産業部農業局お茶振興課 (2025b), 統計資料/生産統計/農業氣象災害, 静岡県茶業の現状 pp. 24。日本静岡。
9. 静岡県茶業会議所 (2006), 図解/茶生産の最新技術/栽培編 pp. 158-169, 第一版。日本静岡。
10. 農山漁村文化協会 (2008), 栽培の基礎/栽培技術/生産者事例, 茶大百科 II. pp. 471-481。第一版。日本東京。
11. De Costa, W. A., Mohotti, A. J., & Wijeratne, M. A. (2007). Ecophysiology of tea. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19, 299-332.