

# 雜草稻自生苗對米質規格之影響與防除效益評估

吳東鴻<sup>1\*</sup>、丁芝筠<sup>1</sup>、謝孟婷<sup>1</sup>、王芷露<sup>1</sup>、杜沛蓉<sup>1</sup>、鍾雅倫<sup>2</sup>、張永彬<sup>3</sup>、李長沛<sup>1</sup>

<sup>1</sup>行政院農業委員會農業試驗所作物組

<sup>2</sup>高雄市美濃區農會

<sup>3</sup>高雄市杉林區農會

## 摘要

臺灣近年稻田紅米混雜情形日漸普遍，已知紅米混雜率上升會造成產量下降及降低商品價值，又期作間農民多數採取翻耕促進田間雜草分解，但一、二期作間隔時間短，翻耕易使土表紅米落粒稻種翻入深層土壤，危害後續期作。為提高農民防除積極性並建立有效防除方法，本研究於 2018 年起至 2020 年為止收集美濃契作、慣行區與杉林慣行區分層取樣共 4,031 個種子批，多年期圖資累計 2,375 公頃，建置混雜熱區圖資，標定重點熱區，針對高混雜熱區農民進行輔導，據統計，美濃契作區經技術導入後於 2020 年達到 285 萬之減損效益；另亦設置防除試驗圃，為期 2 年 4 期作，針對休耕、慣行及初期苗期控制圃，觀察不同栽培模組下的自生苗發生率，顯示施用除草劑有效降低自生苗發生率，然自生苗數量不減反增，推測因未立即拔除自生苗使其完成生活史而增加後續期作紅米混雜的風險並壓縮栽培稻種之生存空間。綜觀上述結果，慣行的栽培管理已無法有效控制田間紅米發生率，因而在防除策略上除使用檢定合格稻種外，亦可使用稻草分解菌，減少翻埋紅米落粒稻種且採取收穫後湛水誘導發芽與長期湛水並搭配分次施用萌前除草劑，有助於清除土壤紅米種子庫，降低混雜發生率。

**關鍵字：**雜草稻、紅米、稻種混雜、自生苗、稻米品質。

## The Impact of Taiwan Weedy Rice Volunteers on Grain Quality and the Benefits of Contamination Control

Dong-Hong Wu\*, Chih-Yun Ting, Meng-Ting Hsieh, Chih-Lu Wang, Pei-Rong Du, Ya-Lun Zhong, Yong-Bin Zhang, Charng-Pei Li

Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan,

Taichung City 413008, Taiwan R. O. C.

## ABSTRACT

In Taiwan, the prevalence of weedy rice (WR) contamination in Taiwan paddy field has experienced a significant increase. This weed contamination leads to a reduction in the yield and commodity value of cultivated rice. To combat this,

\* 通訊作者，Corresponding email: dhwu@tari.gov.tw

many farmers use tillage to promote weed decomposition in gap between seasons. However, this practice can increase the density of soil seedbank, leading to harm in subsequent crops. To address this issue and establish effective weed control methods, we conducted a study that collected 4,031 seed lots through stratified sampling from the Meinong contract farming area, public stock paddy area, and Sanyuan public stock paddy area from 2018 to 2020. We used this data to establish a contamination map and find out the guidance of key hotspots, covering a multi-year total of 2,375 hectares. After we extended our weedy rice control guidance to the Meinong contract farming area, the control benefit reached 2.85 million NTD in 2020. Additionally, we set up a weed control experiment plot 4 rotations in 2 years to observe the occurrence rate of volunteer seedlings under different cultivation models. The results showed that while herbicides effectively controlled the occurrence of seedbank seedlings, the number of volunteer seedlings did not decrease and even increased. This increased the risk of red rice contamination in subsequent crops, compressing the growth space of cultivated rice. Based on these findings, conventional cultivation management is no longer effective in controlling the occurrence rate of weedy rice in the paddy fields. We recommend using certified rice seeds in weed control strategies, as well as rice straw degrading fungi to re-

duce the burial of weedy rice seeds during tillage. The induction of weed seed germination through post-harvest prolonged inundation followed by the application of pre-emergent herbicides can reduce the density of weed seedbank and minimize the occurrence of contamination rate.

**Keywords:** Weedy rice, Red rice, Seed-mediated contamination, Soil seedbank, Volunteer, Grain quality.

## 前言

水稻 (*Oryza sativa* L.) 是臺灣的主要糧食作物。2021 年耕種面積為 224,022 公頃，佔全國總耕種面積的 28.5%，其中 93.8% 是屬於稔稻，6.2% 則是秈稻。在臺灣，水稻每年可種植兩次。第一期作從 2 月到 6 月，氣溫和日照時間逐漸增加，稻作面積約為 127,375 公頃，糙米總產量約為 77 萬噸，平均每公頃產量約為 6.1 噸。第二期作從 7 月到 11 月，氣溫和日照時間逐漸降低。部分稻農會選擇在第二期作休耕或種植其他作物，因此稻田面積下降至約 96,647 公頃，糙米總產量為 47 萬噸，平均每公頃產量約為 4.9 噸 (Council of Agriculture 2022)。

我國水稻生產體系以移植模式為主，稻作產業的產銷鏈發展相當成熟，每一個環節都已具備良好機械化作業和專業化分工，包括插秧、施用肥料和農藥、收穫以及乾燥調製等作業。其中移栽系統和自上世紀 60 年代開始廣泛使用的除草劑，均能有效地控制雜草數量，使稻田只剩下少數種類的雜草，

例如稗草 (barnyardgrass, *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv.)、尖瓣花 (chickenspike, *Sphenoclea zeylanica* Gaertn.)、水莧菜 (monarch redstem, *Ammannia baccifera* L.)、鴨舌草 (heart-shape false pickerelweed, *Monochoria vaginalis* (Burm. f.) C. Presl ex Kunth)、雙穗雀稗 (knotgrass, *Paspalum distichum* L.) 與螢藺 (rock bulrush, *Schoenoplectiella juncooides* (Roxb.) Lye) 等 (Sheu *et al.* 2005)。

隨稻作生產技術演替，自 1980 年代導入省工種植方法，如直播或宿根再生稻節省播種勞力，進而增加稻田中雜草的密度 (Sheu *et al.* 2005)，田野調查已見雜草型紅米的出現頻率也越來越高。雜草型紅米在碾米時可見碎米率較高，並且口感較差，從而減少了碾製白米的數量和規格品質。2015 年，已從公糧經收樣品觀察到紅米混雜率逐漸攀升，農委會農糧署和 3 個農業改良場共同對臺灣西半部主要稻米生產區的公糧經收樣品調查紅米混雜情形，結果發現在 125 個採集鄉鎮中，有 96.8% 的鄉鎮可見紅米混雜，混雜率從 0.02% 到 6.36%，中位數為 0.28%。進一步評估其植株形態，顯示這些紅米稻株的落粒性較高且更早熟，具備了與雜草競爭的優勢 (Cheng *et al.* 2017)。

雜草型紅米與雜草稻同屬同種，是少數雜草物種並可栽培株發生花粉雜交，使其防治難度更高，也導致嚴重產量危害 (Ziska *et al.* 2015)。世界各國稻作生產區均有雜草型紅米發生入侵的紀錄，在古巴，據推測 80% 的水稻田均可觀測到雜草型紅米的蹤跡，而在歐洲和美國，混雜率可達 30% 至

70% (Nadir *et al.* 2017)。在亞洲，印度、馬來西亞、越南、斯里蘭卡等國家採用直播種植方式種植水稻，也進而推升雜草型紅米族群的密度 (Delouch *et al.* 2007)。柬埔寨和菲律賓的研究表明，需要提高農民的意識，通過更完善的耕作模式才能防治雜草型紅米 (Tanzo *et al.* 2013; Chhun *et al.* 2020)。另一項研究也提供明顯佐證，即聯合收穫機中殘留的雜草型紅米的稻種可以在收割過程中，移動到下一個田內時擴散 6,400 平方米或者沿著 3 公里的距離傳播 (Gao *et al.* 2018)。

本研究冀望透過了解區域生產體系中之混雜發生熱區與混雜所減損之經濟效益，有助於收穫排程、重點輔導等防治管理；同時設置防除試驗圃，檢視紅米防除方法的有效性，再者，進一步剖析雜草型紅米對於產量、米質規格的減損概況並協助導引場域自主防除、減少混雜。

## 檢定稻種對區域混雜的影響

國內稻農以繳交公糧不進行商業販售，另一種契作生產則採自產自銷為商售模式，為維護品牌形象，多採特定品種小包裝米為主，因此契作專區不同於一般稻米生產，多使用特定授權稻種以維護種苗純度；為了瞭解不同稻作生產區內，是否使用檢定稻種對雜草型紅米混雜的影響，在 2018 至 2020 年針對 3 種生產樣區，分別在高雄稻米產區-美濃及杉林區進行防除輔導並同時取樣調查，各生產專區之稻作總裁培面積分別約為 300、130 及 1,200 公頃，3 個年度之取樣覆蓋率分別在美濃契作專區為 70%、84% 和

76%，杉林公糧專區是 62%、63%和 74% 及美濃公糧專區是 30%、36%及 53%，可知每一年度之取樣覆蓋率以美濃契作專區最廣，杉林公糧專區次之，最後則為美濃公糧專區。其中美濃契作專區、杉林公糧專區及美濃公糧專區分別有 13%、10%及 35%的耕地未曾調查取樣 (表 1)。

美濃契作專區 3 年試驗期間共收集 4,031 件種子批，逐年為 285、327 和 288 包，可分別對應到 1,049、1,321 和 1,228 塊坵塊，混雜率中位數分別為 0.03%、0.06%及 0%，杉林公糧專區逐年收集 137、150 和 175 包，分別對應到 459、463 和 529 塊坵塊，混雜率中位數分別為 1.6%、0.64%及 0.08%，美濃公糧專區則逐年收集 700、757 和 1,212 包，分別對應到 1,990、2,486 和 3,638 塊坵塊，混雜率中位數分別為 0.66%、0.29%及 0.04%(表 1)，雖然各生產專區內的混雜率中位數皆呈下降趨勢，但每一年度中雜草稻侵擾的危害，皆以公糧專區較嚴重，顯示農民的耕作習慣及其稻種來源皆為雜草稻混雜危害的重要因素。

### 耕作樣態對混雜熱區的影響

進一步將取樣坵塊標定在地圖上，整合混雜率資訊，合併繪製成混雜熱區圖資，有助於視覺化耕作田區之地理位置分布與雜草稻危害的相對關係 (圖 1)。三年來美濃契作專區中有 33%、16%及 57%的坵塊未檢出雜草稻，杉林公糧專區分別有 1%、3%及 7%，美濃公糧專區則有 10%、3%及 21%的坵塊未檢出。其中生產專區 3 年間皆有乾淨且混雜率為 0%之坵塊，而

美濃契作專區單年度各產區最高混雜率分別為 5.2%、1.6%及 1.2%，杉林公糧專區逐年為 11.3%、7.8%及 2.5%，發現此 2 個生產專區中之混雜逐漸下降，但美濃公糧專區則分別為 12.1%、15.1%及 57.6%，不僅混雜率逐年上升，更在某些區域中出現嚴重混雜的現象 (表 1)。美濃地區 3 面環山，有溪流貫穿其中，水資源豐沛且土壤潮濕肥沃，適合農業發展，經 3 年之調查發現，在美濃稻作生產區中，美濃契作專區在每年度取樣調查中的混雜率最低，且 3 年調查結果發現熱區分布相似並且有聚落的現象，然美濃公糧專區為混雜率最高且其熱區在年度間呈不規則變動，並有高度混雜現象的農地。顯示契作專區之農民經強化防除推廣教育訓練後，可有效提高控制雜草稻危害。而美濃公糧專區在生產過程中，共用農機具導致雜草稻種子在污染及無汙染田區間交叉傳播，相互混雜。相反的，杉林公糧專區位於溪流的下游處，水資源在時間上的分配不均，洪枯變化量大，冬季易出現缺水狀況，故田間種子庫之雜草稻易發生休眠度過缺水逆境，累積土壤種子庫密度時在下一期作變成田間自生苗，因此其熱區分布呈現年年相近，且鄰近溪流下游處，顯見水田中的長期湛水情形也是影響混雜率高低的一項因子。

### 參試品種對雜草競爭的減損特徵

因品種間的產量潛力不同、生長競爭能力也有所差異，對於氮肥反應良好的稈稻品種‘台東 30 號’，其產量潛力可達 9 公噸/公頃，係主要以產量計價的重點品種，而以優良米質見長

的‘高雄 147 號’，其產量潛力約 6 公噸/公頃，係營造特定精品米品牌專區的主要品種。本研究針對高品質均產品種-‘高雄 147 號’，及高產品種-‘台東 30 號’，於不同混雜等級下，進行輾白率、完整米率及垩白粒率等米質規格分析。根據各年度蒐集之樣品，將‘高雄 147 號’樣品之混雜等級分為 0%、0.05%、0.1%、0.2%及 0.4%，經米質分析後，發現當混雜率上升至 0.4%時，完整米率會下降約 7%，輾白率下降 6%且垩白粒率則些微上升 2.3%，此時將造成 8%的產量損失 (圖 2)。而‘台東 30 號’樣品之混雜等級則是分為 0%、0.5%、1%、1.5%、2%、3%及 8%，其米質分析結果為當混雜率上升至 8%時，其完整米率會下降 7%，輾白率下降 7%且垩白粒率會大幅上升 9%，並造成 10%的產量損耗。綜觀而言，隨著雜草稻的混雜程度提高，對於高品質品種的產量影響較劇烈，米質減損程度較低，但對於高產品種的產量減損影響較低，米質的損耗程度較嚴重。

### 未移除自生苗下，評估連續休耕與連作之化學防除效益

自 2019 年起於所內設置雜草型紅米防除試驗圃，將田區劃分成休耕區、慣行區 (施用 1 次除草劑)、處理區 (施用 3 次除草劑) 並採收穫後湛水誘導發芽處理，種植面積皆為 170 平方米並統計各區塊紅米自生苗數量，但未進行人工拔除自生苗，僅仰賴萌前除草劑防治禾本科雜草，為期 2 年共 4 個期作。處理區及慣行區自生苗數量明顯低 (0.31%-1.49%) 於休耕區

(10.60%-83.17%)(圖 3)，代表施用除草劑可有效防除田間紅米自生苗，又各區之紅米自生苗數量隨期作的推進而增加，推測可能因發現自生苗時，未立即拔除，使其能夠完成生活史，又其高落粒特性使得紅米稻種易隨著收穫後的翻埋、整地累積於土中，影響下一期作。

### 整合管理技術並導入生產專區之防除經濟效益

本研究剖析臺灣雜草型紅米生育週期短及高落粒性等繁殖特性，發現穩定精品米質並非僅能仰賴人工拔除雜草型紅米，最省工有效的防治方式就是在當期作結束後至整地前，進行紅米管理措施，於田區先淹水 7 天讓落粒紅米發芽後再進行翻埋，避免落粒稻種埋藏於田間；發生嚴重的田區，在新期作秧苗移植後，連續施用 3 次萌前除草劑，使埋藏不同深度的紅米自生苗延後 1 個月發生，確保田間收穫時自生苗尚未成熟；而田埂旁地勢高且易殘存的自生苗，可在抽穗期前以人工拔除、阻絕雜草型紅米蔓延。以每公頃稻穀產量、糧價與損耗的完整米率來估計產值損失 (稻穀平均產量 (公斤) × 損耗完整米率 × 糧價)，實地取樣調查結果發現當全區紅米混雜率達 0.4%，均產品種‘高雄 147 號’ (稻穀產量平均 6.6 公噸/公頃、每公斤白米 83 元計價) 的完整米率會從 69%下降至約 62% (圖 2)，2018 年美濃契作專區總種植面積為 210.59 公頃，紅米混雜造成共 1,188 kg 之產量損耗與每公頃 37,744 元的產值損失 (圖 4)；而公

糧專區的高產品種‘台東30號’(稻穀產量平均9公噸/公頃、每公斤白米40元計價)，在杉林公糧專區總種植面積為80.41公頃中，則減少8,520kg的總產量及每公頃2,968元產值損失，在美濃公糧專區總種植面積358.59公頃中，則導致36,540公斤總產量及每公頃4,340產值的損失。可見未引進防除管理技術時，雜草型紅米於契作專區的經濟衝擊較公糧嚴重，在兩種公糧生產專區中則美濃公糧的經濟損失較杉林公糧慘重。於2019及2020年導入防除管理技術，結果顯示，於美濃契作專區具有良好的防除效益，不僅產量損失逐年下降，且其乾淨無混雜之坵塊數及涵蓋面積比例皆於2020年有顯著的上升，分別約可獲得每公頃1,290kg及40,770元的防除經濟效益，然於杉林及美濃公糧專區則僅有些微之防除成效，其中杉林公糧的產量損失亦逐年下降，乾淨無混雜之坵塊數及涵蓋面積比例皆緩慢增加，雖然美濃公糧乾淨無混雜之坵塊數及涵蓋面積比例亦漸上升，但其每一年的產量皆嚴重損失且無下降趨勢，推測可能因極端混雜之坵塊經由農機具共用而散播雜草稻種子影響鄰田。綜言之，雜草型紅米綜合防除管理技術落地實施於各生產專區具有防除效果，其中美濃契作專區具有最佳的防除經濟成效，美濃公糧專區的混雜狀況則仍需改善。

## 結語

依據本試驗建立之風險熱區分布圖資與減損評估，可有效找出重點區塊並優先加強防除宣導，將有助於日

後收穫排程、重點輔導等防治管理之規劃，協助農友減少損耗，進而提高產量、米質規格。另從防除試驗圃可知單施萌前除草劑之防除效益不佳，若能搭配湛水處理及施用稻草分解菌，減少翻埋紅米落粒稻種，將可有效抑制雜草型紅米混雜發生率。

## 參考文獻

- Cheng CY, YC Wu, BG Wu, CP Li, DR Gealy, DH Wu (2017) Morphological diversity study on Taiwan weedy red rice. **J. Agri. Assoc. Taiwan** 18: 161-188.
- Chhun S, V Kumar, RJ Martin, P Srean, BAR Hadi (2020) Weed management practices of smallholder rice farmers in Northwest Cambodia. **Crop Prot.** 135: 104793.
- Council of Agriculture (2022) Annual Report of 2018 Agricultural Statistics. <https://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/book/Book.aspx>. Accessed: March 11, 2023.
- Delouche JC, NR Burgos, DR Gealy, GZ de San-Martin, R Labrada, M Larinde, C Rosell (2007) Weedy rices: origin, biology, ecology and control. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 144pp.
- Gao P, Z Zhang, G Sun, H Yu, S Qiang (2018) The within-field and between-field dispersal of weedy rice by combine harvesters. **Agron. Sustainable Dev.** 38: 55.
- Nadir S, HB Xiong, Q Zhu, XL Zhang,

- HY Xu, J Li, W Dongchen, D Henry, XQ Guo, S Khan, HS Suh, DS Lee, LJ Chen (2017) Weedy rice in sustainable rice production. A review. **Agron. Sustainable Dev.** 37: 46.
- Sheu CS, JL Yang, FF Hou (2005) Transform and development of paddy herbicides in Taiwan. **Weed Sci. Bull.** 26: 1-14.
- Tanzo IR, EC Martin, BS Chauhan (2013) Weedy Rice (*Oryza sativa* L.) problem in rice (*Oryza sativa* L.) based cropping systems in the Philippines. **Am. J. Plant Sci.** 4: 720-726.
- Ziska LH, DR Gealy, N Burgos, AL Caicedo, J Gressel, AL Lawton-Rauh, LA Avila, G Theisen, J Norsworthy, A Ferrero, F Vidotto, DE Johnson, FG Ferreira, E Marchesan, V Menezes, MA Cohn, S Linscombe, L Carmona, R Tang, A Merotto (2015) Weedy (Red) Rice: an emerging constraint to global rice production. **Adv. Agron.** 129: 181-228.

表 1. 美濃契作、杉林公糧與美濃公糧專區各年度 (2018-2021) 紅米混雜調查資訊

栽培地區與耕作系統	年份	種子批	坵塊數	涵蓋面積 (ha)	涵蓋率 (%)	種子批最高混雜率 (%)	種子批混雜率 (中位數) (%)	坵塊混雜率 (中位數) (%)	未檢出坵塊數 (%)
美濃契作專區	2018	285	1070	213.2	71	5.2	0.03	0.03	33
	2019	327	1321	252.4	84	1.6	0.06	0.06	16
	2020	288	1228	229.3	76	1.2	0.00	0.00	57
	2021	370	1719	303.9	87	1.4	0.01	0.01	47
杉林公糧專區	2018	137	459	80.4	67	11.3	1.44	1.6	1
	2019	150	463	82.1	68	7.8	0.63	0.64	3
	2020	175	529	96.5	80	2.5	0.07	0.08	7
	2021	99	332	65.3	54	1.8	0.05	0.05	8
美濃公糧專區	2018	700	1990	358.59	30	12.1	0.58	0.66	10
	2019	757	2486	432.96	36	15.1	0.33	0.29	3
	2020	1212	3638	631.69	53	57.6	0.05	0.04	21
	2021	506	1705	301.6	25	2.8	0.05	0.05	15

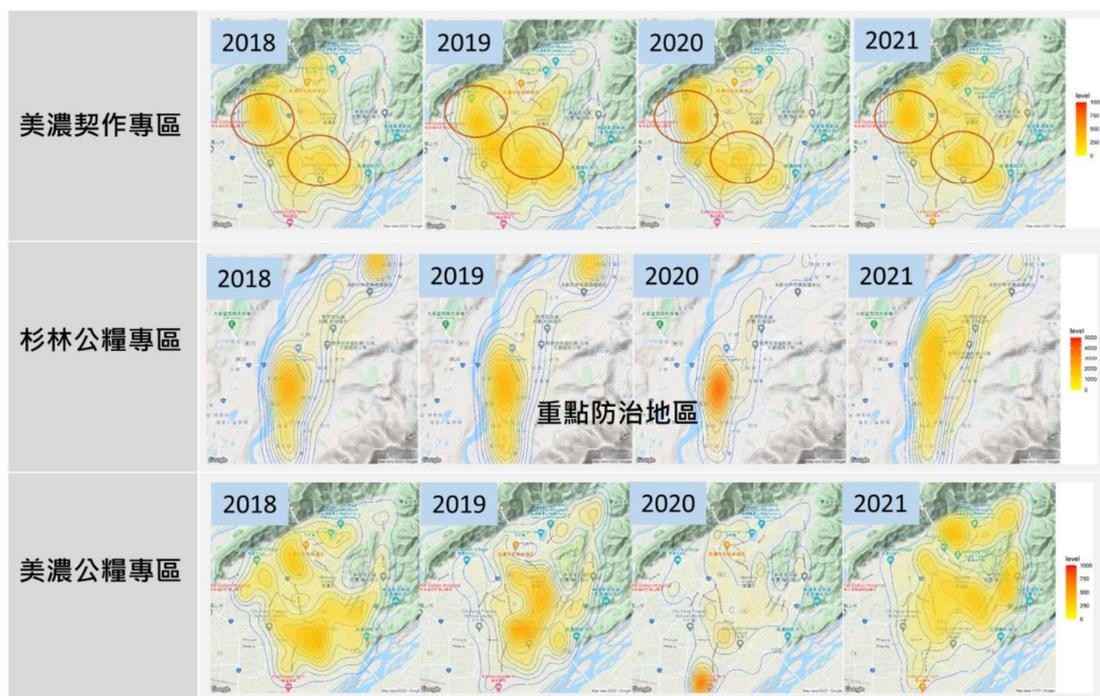


圖 1. 美濃契作、杉林公糧與美濃公糧專區各年度 (2018-2021) 紅米混雜熱區圖資

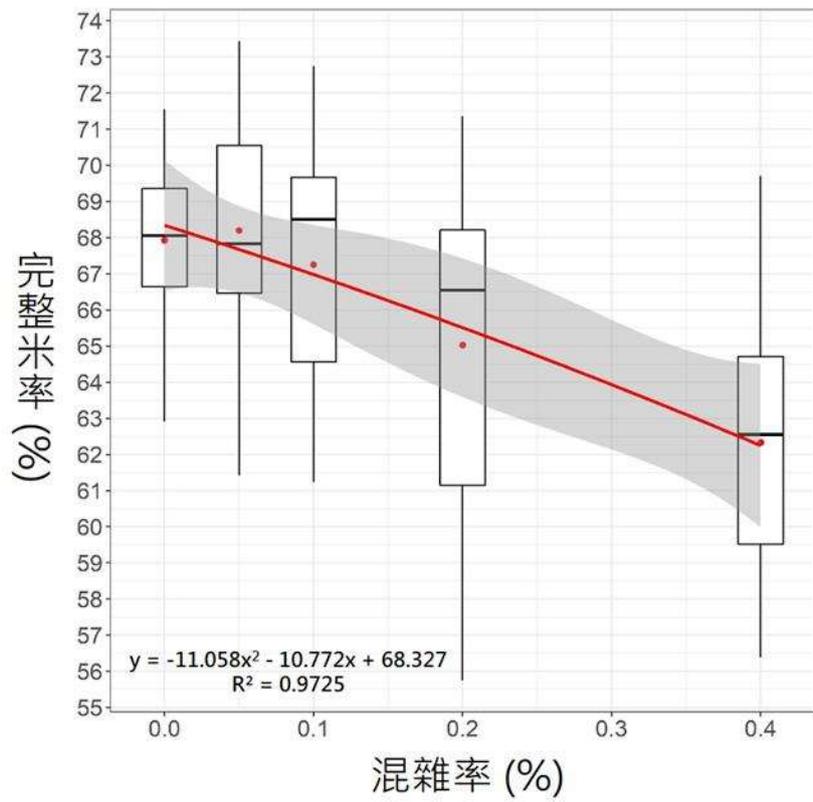


圖 2. 優良推薦品種‘高雄 147 號’在紅米混雜率上升時完整米率下降之盒型圖。X 軸為混雜率 (%), Y 軸為完整米率 (%)

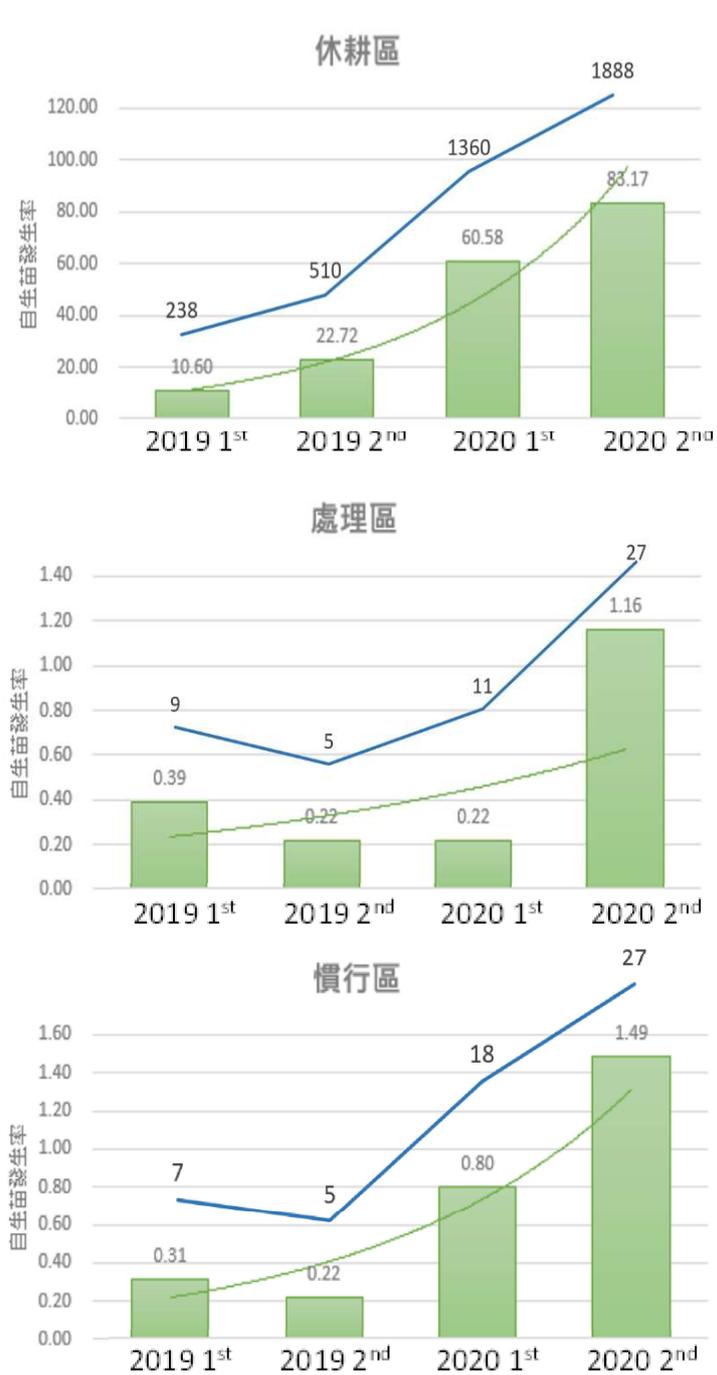


圖 3. 針對休耕耕犁、初期苗期控制與慣行移植之試驗圃，確認不同栽培模組下的紅米自生苗發生率。X 軸為期作，Y 軸為自生苗發生率。折線圖為此區塊中之各期作自生苗株數

## 美濃契作專區 雜草型紅米經濟損益

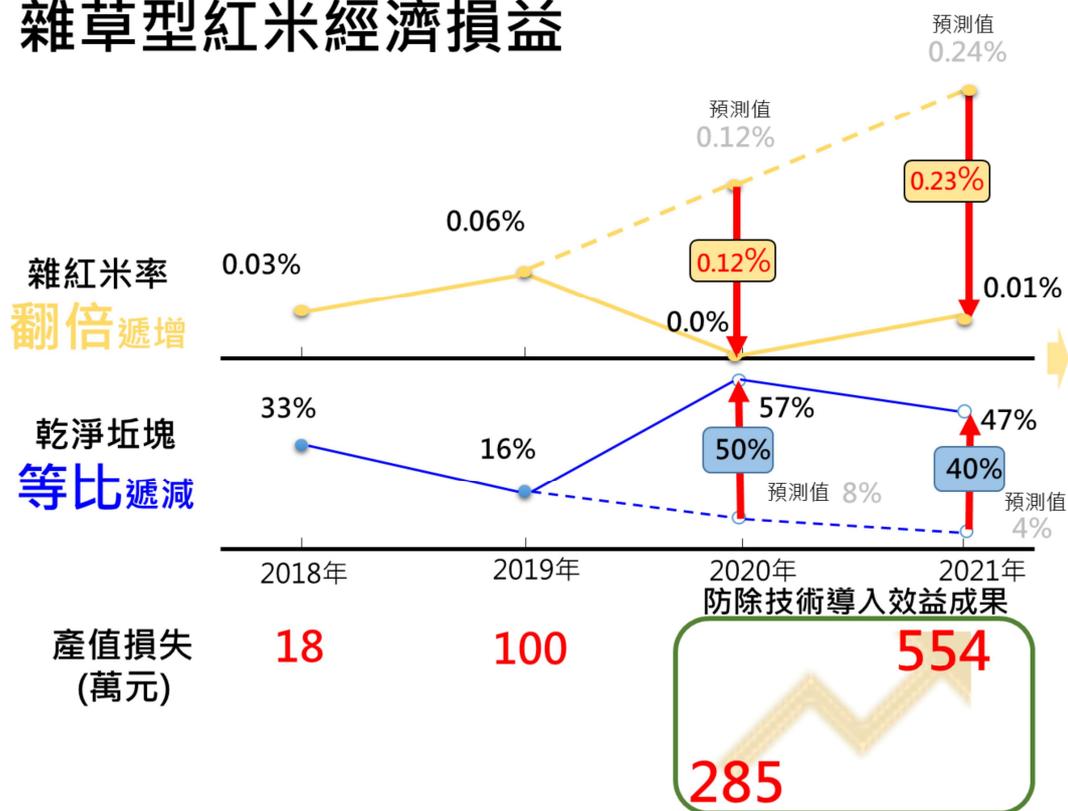


圖 4. 美濃契作區防除技術導入後效益成果趨勢圖