

# 苜蓿與燕麥混植生產技術探討<sup>(1)</sup>

陳嘉昇<sup>(2)(3)</sup> 劉信宏<sup>(2)</sup> 游翠凰<sup>(2)</sup> 王紓愨<sup>(2)</sup>

收件日期：114 年 10 月 13 日；接受日期：114 年 12 月 10 日

## 摘 要

本研究旨在透過四個試驗，建立國內環境下燕麥與苜蓿的生產技術與栽培模式。試驗 1 評估改良密植播種機，並比較三種栽培模式：純植燕麥、苜蓿燕麥混植模式 AO-d (苜蓿撒播、燕麥條播)、苜蓿燕麥混植模式 AO-b (苜蓿撒播、燕麥撒播)。結果顯示，AO-d (燕麥條播) 因機械條播使植株分佈均勻度及穩定性較佳，進而使總產量更高，整體產量表現高於 AO-b (燕麥撒播)，而 AO-b 則因種間與種內競爭更劇烈，導致燕麥產量與純植差距較大，然其苜蓿比例較高，可達 40%。試驗 2 調查連續刈割下的產量與雜草變化，並增加純植苜蓿作對照。混植雖降低初期苜蓿產量，但透過燕麥補償使總產量提升，並加強了雜草抑制效果，其中 AO-d 的表現最穩定。試驗 3 進行純植燕麥、純植苜蓿及苜蓿燕麥混植的地方試作。純植燕麥首次收穫量較高，但後期再生產量下降且雜草比例升高；純植苜蓿對雜草的抑制更弱。相對之下，混植模式首期以燕麥為主，後期可再收穫 2 – 3 次苜蓿，全年產量較高且雜草控制效果佳。試驗 4 探討圓盤型與耙型割草機刈割純植燕麥及苜蓿燕麥混植對田間萎凋速率的影響。結果顯示，耙型割草機收穫之混植草乾燥速度最快，但四種處理在田間萎凋 72 小時後皆未達安全含水率，顯示在臺灣氣候下，田間萎凋速度緩慢，即使是最佳處理，萎凋 72 小時後仍未能達到安全含水率，故必須導入人工乾燥設備。綜合而言，燕麥 – 苜蓿單年混植模式可在有限土地上進行全年生產規劃，並提供高品質溫帶乾草，同時兼顧保育耕作、土地效益與經濟收益。

關鍵詞：苜蓿、燕麥、混植栽培、人工乾燥。

## 緒 言

燕麥、苜蓿及百慕達草並列為臺灣的三大進口乾草草種，其中，國產盤固草在乾草調製技術升級後，可以取代同為熱帶禾本科的百慕達草，而燕麥、苜蓿則尚有栽培及利基性等多項問題待克服。苜蓿為溫帶多年生豆科牧草，號稱牧草之后，唯在臺灣夏季高溫多濕環境下，主根系易因浸水而腐爛，經過夏季後嚴重缺株致雜草入侵，難以多年生牧草視之，需要經常性重新播種，而播種後初期生長速度慢，易致雜草入侵，尤其有機栽培更難控制，除試驗栽培及少量寵物草外，尚乏作為經濟動物芻料生產之紀錄 (陳等, 2011; 陳等, 2025)。

燕麥在臺灣早期已有栽培經驗，1979 年臺灣大學由引進小穀類作物種原中選獲適合本土栽植的燕麥品系，登記為「台大選一號燕麥」(曾, 1984; 劉及曾, 1984)，後因農地政策及進口乾草量增之故，2000 年後僅剩零星栽培 (黃及陳, 2020)，國內歷來均做為青飼利用，並無乾草商品。近年進口乾草價格高漲且供貨不穩定，本土芻料的發展出現新契機，燕麥適於臺灣各地冬、春作栽培，融入不同地區耕作制度，配合調製技術的改善後，以燕麥乾草或半乾青貯取代進口乾草更值得期待，畜試所並已投入芻料燕麥新品種選育，加入國產芻料生產行列 (陳, 2025)。

由於苜蓿初期生長速度慢，溫帶地區新植苜蓿時，為免於發生土壤侵蝕及抑制雜草，經常與伴隨作物一起播種，燕麥是最常與苜蓿一起播種的覆蓋作物，主要作為「護理作物」來幫助苜蓿的生長 (Undersander, 2007; Amal *et al.*, 2023; Wanal *et al.*, 2024)。苜蓿在國內雖難以成為多年生作物，而燕麥亦有季節侷限性，但若兩者能相輔相成，成為提升全年土地利用與收益的生產模式，將對國內芻料發展帶來新契機。苜蓿是國內無可替代的進口高價豆科乾草，而燕麥是進口價格最高的禾本科乾草，此外，苜蓿與燕麥等的混植尚具有減少化學氮素投入、主作物與雜草消長的生態意義 (Sleugh, *et al.*, 2000; Tilman, *et al.*, 2001; Tracy and Sanderson, 2004; Undersander, 2007; Amal *et al.*, 2023; Wanal *et al.*, 2024)。若能克服生產技術瓶頸應能提供充分誘因發展國內產業。

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2847 號。  
(2) 農業部畜產試驗所南區分所。  
(3) 通訊作者，E-mail: chencsg@mail.tlri.gov.tw。

配合國內氣候條件，理想的苜蓿與燕麥混植生產時序如下：11 – 12 月間燕麥與苜蓿同時播種，2 – 3 月先收穫一次燕麥，由於苜蓿根系已發展完成，後續生長勢強，可再連續收穫 2 – 3 次的苜蓿，至 7 月進入土地休閒或輪作。然這樣的生產模式包含混植方法、雜草控制、乾草調製等技術在國內尚未完備。本文由四個獨立試驗構成，一為改良密植播種機的測試，並探討混植方法對前期生產與競爭的影響；二為純植、混植模式連續刈割之芻料生產量與雜草消長；第三個部分之地方試作，以實際寵物草生產基地進行純植與混植模式生產之比較，尤著重於無化學藥劑及人工投入下之雜草控制；第四個部分探討刈割後的田間萎凋速度，做為產業應用或後續研發之參考。

## 材料與方法

### I. 試驗 1：密植條播機應用測試

為發展小穀類芻料的栽培，南區分所設計訂製密植播種機一款，本密植條播機附掛於曳引機後端，寬 236 cm，可調整播種組間距，最密行距 15 cm，可同時播種 16 行（圖 1A）。本試驗以純植及二種混植模式測試密植條播機之應用，並進行不同模式下之生長性狀調查。

本試驗於 2017 年於畜產試驗所南區分所恆春場區（以下簡稱恆春場區）進行，播種日期 11 月 26 日。參試燕麥為黑燕麥 (*Avena strigosa*, Schber) 品系 Saia（以下試驗均同）。栽培處理計三種，分別為：純植燕麥 Oat、苜蓿燕麥混植模式 AO-d（苜蓿撒播、燕麥條播）、苜蓿燕麥混植模式 AO-b（苜蓿撒播、燕麥撒播）。每處理 3 重覆，小區面積 2.5 m × 20 m。模式 Oat 及 AO-d 之燕麥採條播方式種植，行距 15 公分，16 行區；模式 AO-b 之燕麥以背負式動力施肥機撒播，播種量 20 kg/ha；苜蓿於燕麥條播或撒播之後以背負式動力施肥機撒播，再以曳引機附掛滾筒鎮壓，播種量 10 kg/ha。播種前施予台肥 1 號複合肥料 200 kg/ha (N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O = 20 : 5 : 10) 作為基肥，不施用追肥。於播種後 70、80、90 天調查鮮草產量、乾草產量及草種比例。調查方式：每小區內以 1 m<sup>2</sup> 樣框逢機取樣 2 次，分別稱燕麥及苜蓿之鮮、乾重，並估算公頃產量、總乾物量及苜蓿比例。乾重為 80°C 烘乾 48 h 之重量。

### II. 試驗 2：純植與混植模式比較試驗

本試驗 2018 年於恆春場區進行，播種日期 11 月 2 日。試驗分兩區塊進行，一為化肥區，另一為有機肥區，兩區內之田間設計相同，兩區之間不進行比較。各區內之栽培模式計四種，分別為純植燕麥 Oat、混植模式 AO-d（苜蓿撒播、燕麥條播）、混植模式 AO-b（苜蓿撒播、燕麥撒播）及純植苜蓿 Alfa，每處理三重覆，小區面積 5 m × 20 m。各模式種植方式同試驗一，純植苜蓿亦以撒播種植，播種量 10 kg/ha，不進行人工除草。化肥區於播種前施予台肥 1 號 200 kg/ha 作為基肥，不施用追肥。有機肥區於播種前施予發酵後羊糞堆肥 4,000 kg/ha 作為基肥，不施用追肥。每兩周調查株高、雜草株數及覆蓋比例，12/13 及 1/23 進行收穫，調查鮮草產量、乾草產量及草種比例，刈割兩次後繼續雜草調查至 4/11 止。每小區內以 1 m<sup>2</sup> 樣框逢機取樣 2 次，估算產量與小區草種與比例。

### III. 試驗 3：地方試作

本試作於 2018 年 11 月於恆春鎮進行（該場域為實際寵物草生產基地）。栽培模式分別為純植燕麥 Oat、混植模式 AO-d（苜蓿撒播、燕麥條播）、及純植苜蓿 Alfa，每處理 2 個田區，田區長介於 100 – 130 m，寬介於 10 – 30 m，種植方式同試驗二，苜蓿播種量 15 kg/ha，不進行人工除草。播種前施予台肥 1 號 200 kg/ha 做為基肥，收穫後施追肥乙次，肥料量減半。每兩周調查雜草株數及覆蓋比例；並於 1/23、3/1、4/25 進行三次收穫期調查，調查鮮草產量、乾草產量及草種比例。取樣方式為每田區內以 1 m<sup>2</sup> 取樣框逢機取樣 5 次以估算全區產量與比例等。

### IV. 試驗 4：田間萎凋速率調查

本試驗於 2019 年 2 月於恆春場區進行，處理為二種種植模式（燕麥純植及燕麥 / 苜蓿混植），及二種刈割機械（圓盤型割草機及耙式調製型割草機），合計四種處理。燕麥純植及燕麥 / 苜蓿混植生產區各約 3,000 m<sup>2</sup>，於播種 97 天後之上午 8 時分別以圓盤型割草機（Disc mower, Lely classic-165，美國）與耙式調製型割草機（Flail type mower conditioner, Galfrè SPP-FR/D245，義大利）附掛於 Same Explorer 3 100 曳引機進行刈割，刈割後於田間萎凋，於第 2 天及第 4 天以相同之翻草機（Vicon haybob 300，挪威）各翻草一次。前 3 日於 9 時、13 時、17 時各取樣一次，第 4 天 9 時取樣後適逢下雨，於 13 時取樣一次後間隔 24 小時取樣一次，取樣調查至第 7 天為止。取樣方法為各區分別取樣 3 處，每處取 500 公克鮮草，經 80°C 烘乾 48 小時後測量乾重以計算乾物率。

## V. 統計分析：

- (i) 試驗 1、3：調查資料以 SAS 軟體 (SAS, 2002) 進行處理之 GLM 單因子鄧肯氏測驗 (Duncan's test)。
- (ii) 試驗 2：化肥區與有機肥區調查資料各別以 SAS 軟體進行處理之平均值鄧肯氏測驗。
- (iii) 試驗 4：含水率數據以 SAS 軟體之 GLM Procedure 進行兩因子變方分析，主效應為栽培模式 (燕麥純植及混植) 及割草機機型 (圓盤型及耙式調製型)，各主效應均為固定型，以鄧肯氏測驗比較處理間的差異顯著性。

## 結果與討論

## I. 試驗 1：密植條播機應用測試

試驗 1 目的為測試自行改良之密植條播機，及初步探討撒播、條播之混植播種操作與田間表現。本試區土質為偏鹼性砂質壤土，前作為多年未翻犁之多年生牧草，以迴轉犁整地後仍夾雜少量珊瑚礁碎屑，田區亦不如一般農作區平整，但除極小部分因覆土不良影響發芽外，密植條播發芽整齊度良好。混植模式中，條播燕麥組 (AO-d) 之燕麥密度與生長勢較為整齊，撒播燕麥組 (AO-b) 之燕麥則疏密較不一致 (圖 1C、D)。本機械表現符合預期，可供後續調整及應用參考。



圖 1. 密植條播機及及各栽培模式之幼苗生長期狀況。A：密植條播機。B：燕麥條播 (模式 Oat)。C：苜蓿撒播、燕麥條播 (模式 AO-d)。D：苜蓿撒播、燕麥撒播 (模式 AO-b)。

Fig. 1. Dense seeding drill and seedling growth under different cultivation modes. Panels A–D show: (A) dense seeding drill; (B) oat row seeding (mode Oat); (C) mixed cropping, broadcast sowing alfalfa- drill sowing oat (mode AO-d); and (D) mixed cropping, broadcast sowing alfalfa- broadcast sowing oat (mode AO-b).

三種模式於 70、80、90 天之鮮草產量、乾草產量及豆科比例如表 1。70、80、及 90 天時，燕麥純植 (Oat) 之乾物重分別為 5.6、8.2、9.1 mt/ha；混植模式 AO-d 的總乾物重分別為 6.6、8.1、7.0 mt/ha；AO-b 的總乾物重分別為 5.0、4.7、5.6 mt/ha。燕麥初期生長勢快，純植燕麥至 90 天刈割時產量較高；苜蓿因初期生長較慢且產量較低，故以本試驗之單期收穫產量而言，70 及 80 天 Oat 及 AO-d 之總乾物產量沒有顯著差異，均大於 AO-b。90 天 Oat 顯著大於 AO-d 及 AO-b，而 AO-d 及 AO-b 沒有顯著差異。因 AO-d 中燕麥的產量較高之故，苜蓿產量則相反，AO-b 模式的豆科比例可達 4 成。

表 1. 試驗 1 之三種模式於 70、80、90 天之鮮、乾重產量及豆科比例

Table 1. Fresh and dry matter yields and legume proportion of three cultivation modes at 70, 80, and 90 days after sowing in Experiment 1

Days	Mode*	Fresh yield		Dry yield			Legume ratio
		Oat	Alfalfa	Oat	Alfalfa	Total	
		----- mt/ha -----					%
70	Oat	47.6 <sup>a</sup>	—	5.6 <sup>a</sup>	—	5.6 <sup>ab</sup>	—
	AO-d	42.9 <sup>a</sup>	7.6 <sup>b</sup>	5.6 <sup>a</sup>	1.0 <sup>b</sup>	6.6 <sup>a</sup>	15.2
	AO-b	22.2 <sup>b</sup>	12.1 <sup>a</sup>	2.9 <sup>b</sup>	2.1 <sup>a</sup>	5.0 <sup>b</sup>	42.0
80	Oat	42.7 <sup>a</sup>	—	8.2 <sup>a</sup>	—	8.2 <sup>a</sup>	—
	AO-d	35.3 <sup>b</sup>	3.2 <sup>b</sup>	7.3 <sup>a</sup>	0.8 <sup>b</sup>	8.1 <sup>a</sup>	9.9
	AO-b	13.6 <sup>c</sup>	6.2 <sup>a</sup>	2.8 <sup>b</sup>	1.9 <sup>a</sup>	4.7 <sup>b</sup>	40.4
90	Oat	45.4 <sup>a</sup>	—	9.1 <sup>a</sup>	—	9.1 <sup>a</sup>	—
	AO-d	24.4 <sup>b</sup>	2.7 <sup>b</sup>	6.2 <sup>b</sup>	0.8 <sup>b</sup>	7.0 <sup>b</sup>	11.4
	AO-b	11.0 <sup>c</sup>	5.7 <sup>a</sup>	3.3 <sup>c</sup>	2.3 <sup>a</sup>	5.6 <sup>b</sup>	41.1

\* Oat, oat-monoculture; AO-d, mixed cropping, broadcast sowing alfalfa- drill sowing oat; AO-b, mixed cropping, broadcast sowing alfalfa- broadcast sowing oat.

<sup>a, b, c</sup> Means in the same column within the same section with different superscripts are significantly different at 5%.

混植總產量與各別產量表現取決於成分作物間的競爭 (Springer *et al.* 2001; Aponte *et al.*, 2019; Jiao *et al.*, 2024; Zhu *et al.*, 2024)，穀粒用燕麥及芻料用燕麥在與苜蓿混植的競爭與角色有差異，穀粒用燕麥經常因競爭導致子實變小、產量降低 (Undersander, 2007)，芻料燕麥則無此狀況，芻料燕麥本身做為優良的牧草作物，做為苜蓿的陪伴或混植角色優於穀粒用燕麥 (Amal *et al.*, 2023)。在本試驗的兩種混植模式中，AO-d 中的燕麥較 AO-b 中的燕麥相較對苜蓿更具競爭優勢，與同為條播之純植燕麥產量並無太大差距，AO-b 可能兩者同為撒播，無空間區隔，而種子間距不一，甚至重疊，種間與種內的競爭更為劇烈，故燕麥產量與純植差距較大。與撒播苜蓿同時條播或撒播燕麥是可行的方式，前者燕麥產量較高，田間表現較穩定而後者之豆科比例較高、牧草品質較佳，但物種間競爭明顯且受操作影響，表現較不穩定。牧草收穫期因期望之產量、品質及品種而異，種植密度可依需要調整 (Haby *et al.*, 1999; Chocarro and Lloveras, 2014; Wanal *et al.*, 2024; Zhu, *et al.*, 2024)，本試驗之條播行距為 15 公分，未來可進一步依不同株型、生物量及期望收穫期等進行行距調整的探討。

## II. 試驗 2：栽培模式之產量與雜草覆蓋率比較

本試驗除試驗 1 的三種模式外，另加入苜蓿純植 (Alfa) 模式，以比較混植與純植苜蓿之效益。試驗分化肥區與有機肥區進行，均未進行雜草防除，區內試驗設計相同，兩大區塊間僅肥料來源不同，未進行化肥區與有機肥區之比較。

四種模式經兩次刈割的總乾物產量方面，化肥區以 AO-d 最高，與 Oat 之差異不顯著，其次為 AO-b，最低為 Alfa 模式，分別為 8.4、7.4、6.7 及 3.7 mt/ha；有機肥區亦以 AO-d 最高，其次為 Oat 與 AO-b，最低為 Alfa 模式，分別為 9.2、7.9、6.0 及 3.9 mt/ha。苜蓿因初期生長較慢致產量較低，故兩次刈割總產量顯著低於純植燕麥與混植模式 (表 2)。

各別產量方面：燕麥，第一次刈割時化肥與有機肥區 Oat 與 AO-d 模式之燕麥產量接近，高於與 AO-b；第二次刈割有機肥區之表現趨勢亦同，化肥區則以 Oat 模式高於另二者；苜蓿產量方面，兩次的刈割均以純植模式 Alfa 高於混植。

四個模式雜草覆蓋率調查結果如表 3。在無雜草防除狀況之下，無論化肥區或有機肥區，苜蓿或燕麥純植試區內初期的雜草比例均高於混植區，顯見純植對雜草控制能力均低於混植模式，純植模式中，初期苜蓿之雜草比例高於燕麥純植，表示苜蓿的雜草控制力低於燕麥，然燕麥宿根之後雜草覆蓋比例大幅上升。苜蓿於初期因生長勢較慢，對雜草的控制力低，但連續刈割後雜草比例明顯降低。在不同的研究區域與間植模式下均顯示相似的研究結果 (Krstic *et al.*, 2018; Enesi *et al.*, 2025)。

表 2. 試驗 2 四種栽培模式的乾物產量

Table 2. Dry matter yield of four cultivation modes in Experiment 2

Fertilizer	Mode*	1 <sup>st</sup> harvest (12/13)		2 <sup>nd</sup> harvest (1/23)		Total
		Oat	Alfalfa	Oat	Alfalfa	
----- mt/ha -----						
Chemical	Alfa		1.2 <sup>a</sup>		2.5 <sup>a</sup>	3.7 <sup>c</sup>
	Oat	4.4 <sup>a</sup>		3.0 <sup>a</sup>		7.4 <sup>ab</sup>
	AO-d	4.3 <sup>a</sup>	0.4 <sup>b</sup>	2.0 <sup>b</sup>	1.7 <sup>b</sup>	8.4 <sup>a</sup>
	AO-b	3.1 <sup>b</sup>	0.2 <sup>b</sup>	2.2 <sup>b</sup>	1.2 <sup>b</sup>	6.7 <sup>b</sup>
Organic	Alfa		1.7 <sup>a</sup>		2.2 <sup>a</sup>	3.9 <sup>c</sup>
	Oat	4.7 <sup>a</sup>		3.2 <sup>a</sup>		7.9 <sup>ab</sup>
	AO-d	4.7 <sup>a</sup>	0.3 <sup>b</sup>	3.5 <sup>a</sup>	0.8 <sup>b</sup>	9.2 <sup>a</sup>
	AO-b	3.3 <sup>b</sup>	0.1 <sup>b</sup>	2.0 <sup>b</sup>	0.6 <sup>b</sup>	6.0 <sup>b</sup>

\* Alfa, alfalfa-monoculture; Oat, oat-monoculture; AO-d, mixed cropping, broadcast sowing alfalfa - drill sowing oat; AO-b, mixed cropping, broadcast sowing alfalfa - broadcast sowing oat.

<sup>a, b, c</sup> Means in the same column within the same section with different superscripts are significantly different at 5%.

表 3. 試驗 2 四種栽培模式的雜草覆蓋比例

Table 3. Weed coverage percentage of four cultivation modes in Experiment 2

Fertilizer	Mode*	Date					
		12/27	1/10	1/23	2/22	3/8	4/11
----- % -----							
Chemical	Alfa	24.3 <sup>a</sup>	38.7 <sup>a</sup>	22.1 <sup>a</sup>	30.8 <sup>a</sup>	13.5 <sup>b</sup>	14.4 <sup>b</sup>
	Oat	27.1 <sup>a</sup>	20.1 <sup>b</sup>	7.2 <sup>b</sup>	20.5 <sup>ab</sup>	42.6 <sup>a</sup>	45.7 <sup>a</sup>
	AO-d	18.2 <sup>ab</sup>	18.3 <sup>b</sup>	9.4 <sup>b</sup>	12.9 <sup>b</sup>	5.2 <sup>b</sup>	3.9 <sup>b</sup>
	AO-b	10.6 <sup>b</sup>	8.5 <sup>c</sup>	5.8 <sup>b</sup>	10.3 <sup>b</sup>	6.2 <sup>b</sup>	6.8 <sup>b</sup>
Organic	Alfa	39.9 <sup>a</sup>	25.0 <sup>a</sup>	17.8 <sup>a</sup>	23.7 <sup>a</sup>	2.7	6.1 <sup>b</sup>
	Oat	21.2 <sup>b</sup>	7.1 <sup>b</sup>	17.5 <sup>a</sup>	8.2 <sup>b</sup>	4.6	34.3 <sup>a</sup>
	AO-d	12.5 <sup>c</sup>	6.3 <sup>b</sup>	4.5 <sup>b</sup>	4.1 <sup>b</sup>	2.7	0.0 <sup>b</sup>
	AO-b	8.0 <sup>c</sup>	3.7 <sup>b</sup>	1.3 <sup>b</sup>	1.2 <sup>b</sup>	0.4	0.4 <sup>b</sup>

\* the same as table 2.

<sup>a, b, c</sup> Means in the same column within the same section with different superscripts are significantly different at 5%.

混植栽培的雜草控制能力較佳，而二混植模式間亦有差異。化肥區 AO-b 在 1/10 之雜草覆蓋率平均值顯著高於 AO-d (表 3)，其餘雖無顯著差異，但 AO-b 之標準偏差大都明顯高於 AO-d (圖 2)，如 AO-d 於 12/27、1/10 的標準偏差分別為 25.4、22.4%，數倍於 AO-d 的 6.2、4.3%。AO-b 模式取樣框之間雜草覆蓋率變異較大的原因，推測因撒播處理之均勻度與穩定性較差之故；而條播燕麥之雜草覆蓋比例雖與撒播者接近但取樣框之間機差小，推測以機械條播者因播種深度、密度與發芽均較一致，故結果較穩定。

由本結果可知苜蓿與燕麥與混植會降低前二期的苜蓿產量，但多獲得燕麥之產量，其中密植條播模式之總產量高於撒播；混植有助於雜草控制，而以密植條播之控制效果較穩定，雖各試驗小區之環境變異大，但初期雜草覆蓋若能控制在較低比率以下，刈割後雜草之控制狀況良好。

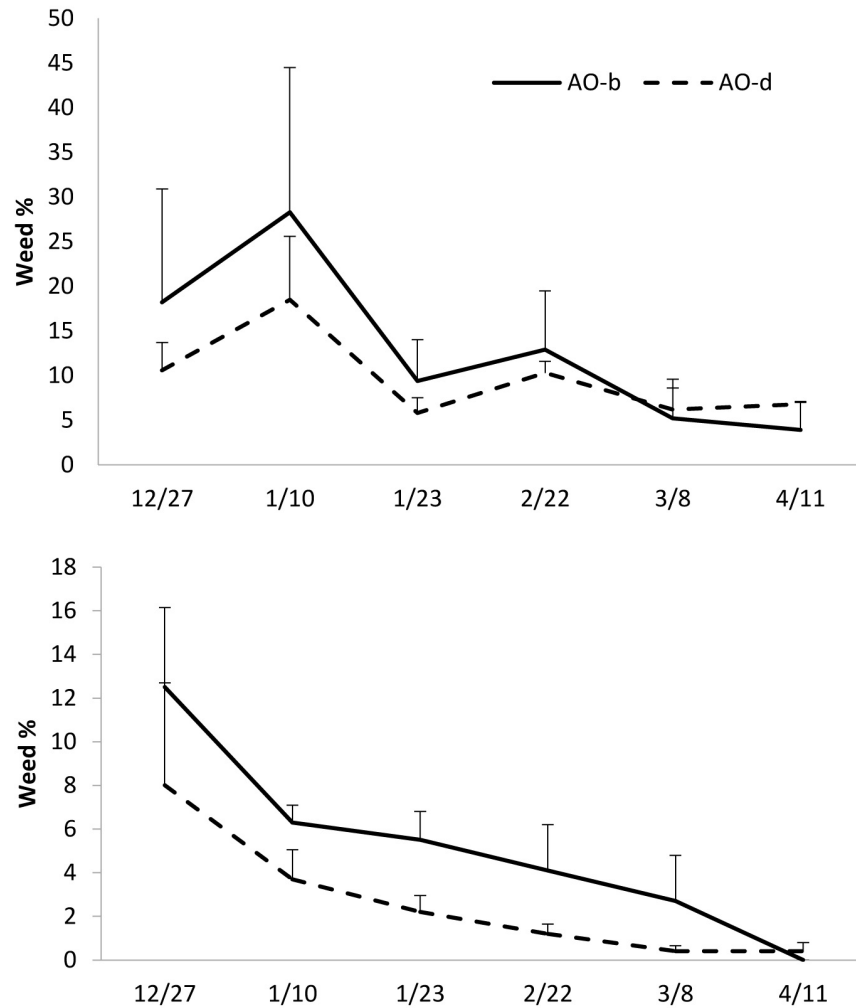


圖 2. 試驗 2 兩種混植栽培模式隨時間之雜草覆蓋比例。模式代號同表 2。上圖為化學肥料區，下圖為有機肥區。  
Fig. 2. Temporal changes in weed coverage under two mixed cropping modes in Experiment 2. Mode codes are the same as in Table 2. Upper panel: chemical fertilizer treatment; lower panel: organic fertilizer treatment.

### III. 試驗 3：地方試作

為驗證純植與混植之試驗結果，本研究續於恆春鎮牧草生產田區進行大面積試作。栽培模式分別為純植燕麥 Oat、混植模式 AO-d、及純植苜蓿 Alfa，每小區面積介於 2,000 – 3,000 m<sup>2</sup>，均不進行人工除草。

雜草覆蓋比例調查自 12/27 至 3/21 每 2 星期調查一次。苜蓿純植區第一次調查之雜草覆蓋比例 26.2%，之後降至 13.5%，第三次調查起均維持於 40% 以上，本模式在無人工除草之下經兩次刈割仍無法減少雜草比例，三次刈割 (4/25) 後即中止苜蓿生產 (圖 3)；燕麥純植區在第一次刈割之前有明顯抑制雜草數及面積之效果，由 12/27 之 12.9% 降至 1/23 的 6.5%，但由於宿根後再生力減弱，3/1 雜草覆蓋面積提高至 33.6%，因燕麥僅能宿根生產一次，之後不再進行雜草調查。混植模式 AO-d 由第一次調查起即有效抑制雜草之數量及面積，經兩次刈割後仍將雜草覆蓋控制於 10% 以下，且小區間標準偏差小於其他二者 (圖 3)。

產量方面，由 11 月中旬播種至 4/25 為止，三個模式的總乾物產量以 AO-d 之 14.45 mt/ha 最高，顯著高於 Oat 的 8.76 mt/ha 與 Alfa 的 6.45 mt/ha，其中 Oat 模式僅能宿根一次，所以僅記錄兩次的刈割產量。燕麥產量方面，混植區兩次的燕麥產量總和為 8.24 mt/ha，純植區為 8.76 mt/ha，兩者差異不顯著。苜蓿產量方面，混植區三次的苜蓿產量總和為 6.22 mt/ha，純植區為 6.45 mt/ha，差異亦不顯著，其中混植區第一次的苜蓿產量僅 0.06 mt/ha，然在第二割期時顯著提升至 3.40 mt/ha，顯著高於純植區的 2.52 mt/ha，第三割次則兩者接近 (表 4)。

由本調查結果，無化學藥劑與人工除草下，混植模式 AO-d 較具有可操作性。AO-d 模式第一次刈割時因苜蓿植株矮、生物量低，收穫幾乎全為燕麥；第二次收穫時燕麥產量大為降低，苜蓿比例遠高於燕麥；第三次收穫之後則全為苜蓿，在雨季影響苜蓿再生之前可再有兩次的收穫。對土地的全年利用而言，AO-d 為較具生產力且有利雜草控制的模式。純植燕麥模式的第一次燕麥收穫產量優於混植，但宿根後產量降低且雜草比例升高，

需再耕犁輪作其它春季作物。

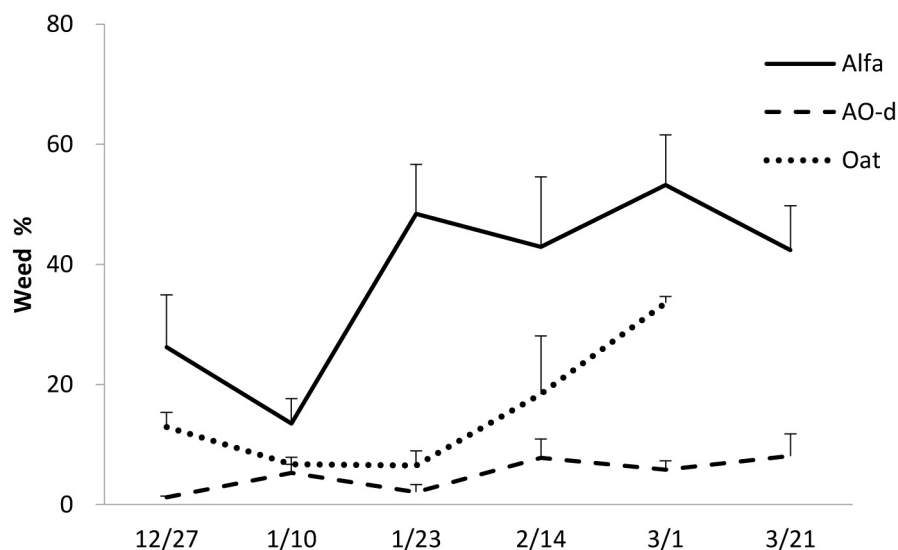


圖 3. 地方試作三種栽培模式之雜草覆蓋率調查。

Fig. 3. Weed coverage survey under three cultivation modes in local trials.

表 4. 地方試作三種栽培模式之乾物產量

Table 4. Dry matter yield of three cultivation modes in local trials

	Cut 1 (1/23)		Cut 2 (3/1)		Cut 3 (4/25)		Sum of three cuts		
	Alfalfa	Oat	Alfalfa	Oat	Alfalfa	Oat	Alfalfa	Oat	Total
----- mt/ha -----									
Alfa	1.07 <sup>a</sup>	—	2.52 <sup>b</sup>	—	2.86	—	6.45	—	6.45 <sup>b</sup>
AO-d	0.06 <sup>b</sup>	6.72	3.40 <sup>a</sup>	1.52	2.76	—	6.22	8.24	14.45 <sup>a</sup>
Oat	—	7.08	—	1.68	—	—	—	8.76	8.76 <sup>b</sup>

<sup>a, b</sup> Means in the same column with different superscripts are significantly different at 5%.

#### IV. 試驗 4：田間萎凋速率調查

田間萎凋試驗分燕麥－圓盤型 (O-Disc)、燕麥－調製型 (O-Flail)、混植－圓盤型 (AO-Disc) 混植－調製型 (AO-Flail) 四種處理。田間萎凋期間之日均溫 20.0 – 24.6°C，最高溫 22.2 – 29.6°C，日均相對溼度 65 – 82%，日照時數 4.7 – 10.0 小時，刈割後的第 4 天 9 時降雨 22 mm。

各處理於田間萎凋之含水率變化如圖 4。刈割後第二天下午 (32 小時)，O-Disc、O-Flail、AO-Disc、AO-Flail 的含水率分別降至 44.0、40.0、34.1、27.8%，刈割後第三天下午 (56 小時) 分別降至 36.1、35.0、29.0、21.3%，AO-Flail 雖降低速度最快但仍尚未達可進行打包之安全含水率。刈割後第四天 9 時取樣後適逢下雨，15 時含水率分別升至 60.0、58.5、55.0、54.0%，至第七天才分別降至 35.5、25.0、20.0、18.9%，萎凋速率均低於盤固草 (朱等, 2017)。以耙式割草機刈割燕麥混植草之處理組田間乾燥速率最高，而以圓盤型刈割燕麥之處理組田間乾燥速率最低。

分計草種及割草機之效應，草種間之差異較大，機械間的差異較小，混植 (AO) 的含水率降低速度高於燕麥純植 (Oat)，差距約 10 – 15%，耙式調製型割草機 (Flail) 的含水率降低速度約高於圓盤型割草機 (Disc) 1 – 5% (表 5)。由結果知，燕麥純植或燕麥 / 苜蓿混植之田間乾燥速度慢，達到安全含水率較盤固草往後延遲，耙式調製型割草機雖可破壞角質層即折斷莖葉 (Charmley *et al.* 1999; Greenlees *et al.* 2000; Castagnara *et al.* 2012)，但加速蒸散效果仍有限，因此在本地環境下生產燕麥純植或燕麥 / 苜蓿混植乾草遇降雨之風險較盤固草為高，為順利調製乾草應需要後端人工乾燥的配合，在田間萎凋 1 – 2 天、含水率至 30% 以下之後輔以人工乾燥，盡可能節約能源成本下達安全含水率 (陳等, 2024; Rotz and Muck, 1994)，維持乾草品質。因燕麥及混植草莖葉較盤

固草粗，同乾燥機型及相同初始含水率下其乾燥成本略高於盤固草（未發表資料）。

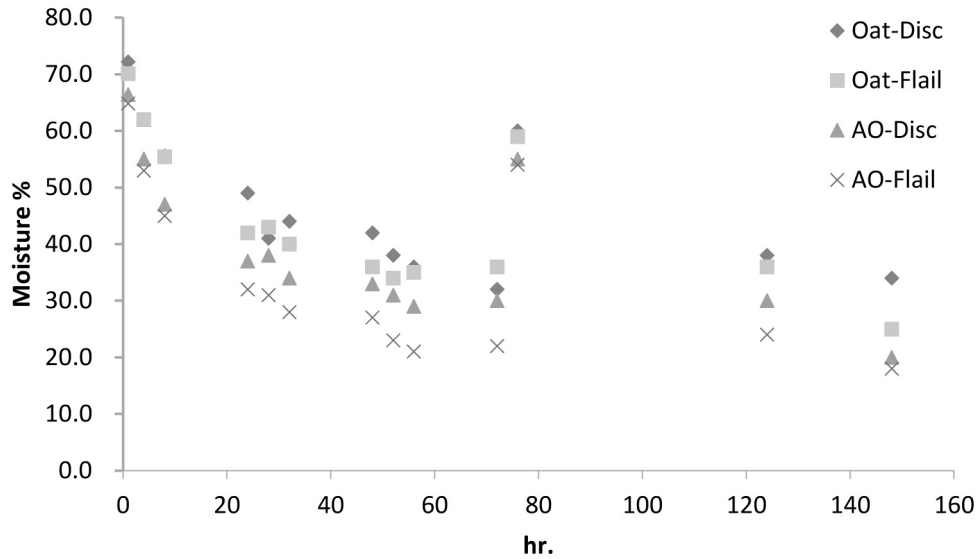


圖 4. 純植燕麥 (Oat) 及燕麥與苜蓿混植 (AO) 經圓盤型 (Disc) 及耙式調製型割草機 (Flail) 刈割後含水率之變動。

Fig. 4. Changes in moisture content of pure oat (Oat) and oat-alfalfa mixture (AO) after harvesting with disc and flail mower-conditioners.

表 5. 純植燕麥、燕麥苜蓿混植經圓盤型、耙式調製型割草機刈割後不同萎凋時數含水率差異之比較

Table 5. Comparison of moisture content differences among pure oat and oat-alfalfa mixture under different wilting durations after harvesting with disc and flail mower-conditioners

	8 h	32 h	56 h	72 h	76 h	124 h	148 h
----- % -----							
Mode							
Oat	55.3 <sup>a</sup>	42.0 <sup>a</sup>	35.5 <sup>a</sup>	34.0 <sup>a</sup>	29.5 <sup>b</sup>	37.4 <sup>a</sup>	30.2 <sup>a</sup>
AO	46.2 <sup>b</sup>	31.0 <sup>b</sup>	26.2 <sup>b</sup>	26.1 <sup>b</sup>	54.5 <sup>a</sup>	27.0 <sup>b</sup>	19.5 <sup>b</sup>
Mower							
Disc	51.2 <sup>a</sup>	39.0 <sup>a</sup>	32.5 <sup>a</sup>	30.9 <sup>a</sup>	57.5 <sup>a</sup>	34.3 <sup>a</sup>	27.7 <sup>a</sup>
Flail	50.4 <sup>a</sup>	33.9 <sup>b</sup>	28.2 <sup>b</sup>	29.1 <sup>b</sup>	56.5 <sup>a</sup>	30.1 <sup>b</sup>	22.0 <sup>b</sup>

<sup>a, b</sup> Means in the same column within the same section with different superscripts are significantly different at 5%.

除極少量寵物用草外，國內目前仍缺乏燕麥乾草、苜蓿乾草及其混植乾草之生產，而兩者皆為國內草食動物業者之大宗需求。臺灣地處亞熱帶，生產上述溫帶牧草雖無環境優勢，但若能克服相關技術障礙，生產非完全不可及。本研究針對播種、雜草控制與乾草調製等環節進行探討，期望建立符合國內環境下燕麥與苜蓿生產模式。

芻料燕麥的收穫適期較寬，其差異主要體現在產量與品質表現上。臺灣各地冬季均可栽培燕麥，並可依不同氣候與期作長短，透過品種早熟性或調整收穫期來因應（朱等，2018；陳等，2021）。然而，乾草調製困難是國內缺乏燕麥乾草商品的主要原因，若以膠膜捆包方式進行半乾青貯，可降低天氣干擾（游等，2012；王及陳，2024），調製乾草則需要人工乾燥的輔助以穩定品質。

苜蓿在國內因夏季缺株問題，難以多年生牧草視之（陳等，2011；陳等，2025），而其前期生長速度慢又面臨雜草的競爭，故苜蓿在國內的生產障礙高於燕麥。本研究結果顯示，苜蓿與燕麥混植是國內具潛力的生產模式：密植條播機械有助於燕麥之密度與穩定性；而燕麥協助初期的雜草抑制，苜蓿協助田區的固氮，減少氮肥施用（王及陳，2013；Homas, 1995; Dhakal, *et al.*, 2020）。其收穫利用可規劃為：第一次收穫以燕麥為主，第二次為混合芻料，之後 2 - 3 次則以苜蓿生產為主，燕麥提供初期的禾本科粗纖維和能量；而後續的苜蓿收穫則

提供豆科的高品質高蛋白。這種分期收穫的規劃不僅提升了總產量，也提供了不同營養特性的產品，滿足多樣化的芻料需求。在有限面積下兼顧燕麥與苜蓿的生產，提升單一田區的芻料產出，是既能兼顧保育型耕作也能充分發揮土地效能、提升收益的生產模式。國內已開始應用牧草乾燥機械(陳等, 2024)，本栽培模式若配合人工乾燥調製，可生產國內草食動物需求的高品質溫帶乾草。

## 參考文獻

- 王紓愍、陳嘉昇。2013。豆科芻料的供氮能力研究 II：豆科植體的土中分解研究。畜產研究 46：1-10。
- 王紓愍、陳嘉昇。2024。以人工戳孔模擬破損探討半乾青貯膠膜包的保存問題。畜產研究 57：107-113。
- 朱明宏、張敏郎、劉信宏、游翠鳳、陳嘉昇。2017。耙式調製型割草機利用於盤固乾草生產之評估。畜產研究 50：78-85。
- 朱明宏、王紓愍、游翠鳳、陳嘉昇。2018。黑燕麥在不同收穫期之芻料產量、品質及青貯調製研究。畜產研究 51：16-23。
- 黃永芬、陳嘉昇。2020。燕麥。新編台灣雜糧作物。台灣雜糧發展基金會。pp. 106-139。
- 陳嘉昇、王紓愍、游翠鳳、劉信宏。2011。低投入的有機芻料生產研究—指草屬 (*Digitaria*) 與苜蓿 (*Medicago sativa*) 混植。畜產研究 44：37-49。
- 陳嘉昇、黃永芬、游翠鳳、王紓愍。2021。芻料燕麥營養成分變動之探討。畜產研究 54：116-125。
- 陳嘉昇、劉信宏、游翠鳳、王紓愍、謝禮丞。2024。圓包牧草乾燥機效能評估及與含水率、重量關係之探討。畜產研究 57：233-243。
- 陳嘉昇、王紓愍、游翠鳳、劉信宏。2025。盤固草地以不耕犁方式間植苜蓿之技術探討。畜產研究 58：135-144。
- 陳穎慧。2025。燕麥新品系 QION\_15-43 命名審查資料。畜產試驗所南區分所。
- 游翠鳳、王紓愍、劉信宏、陳嘉昇。2012。青貯菌劑的篩選及對苜蓿半乾青貯品質的影響。畜產研究 45：209-216。
- 曾美倉。1984。燕麥。雜糧作物各論 I. 禾穀類，蔡文福。財團法人臺灣區雜糧發展基金會，臺北市，第 131-168 頁。
- 劉明宗、曾美倉。1984。燕麥臺大選一號週年栽培試驗。畜產研究 17：11-23。
- Amal, G., M. Wiem, M. Alessio, and B. Mounawer. 2023. Alfalfa (*Medicago sativa* L.)/ crops intercropping provides a feasible way to improve productivity under environmental constraints. JOASD 112023: 38.
- Aponte, A., D. Samarappuli, and M. T. Berti, 2019. Alfalfa-grass mixtures in comparison to grass and alfalfa monocultures. Agron. J. 111: 628-638.
- Castagnara, D. D., M. A Neres, P. S. R. D. Oliveira, C. C. Jobim, T. T. Três, E. E. Mesquita, and M. A. Zambom. 2012. Use of a conditioning unit at the haymaking of Tifton 85 overseeded with *Avena sativa* or *Lolium multiflorum*. R. Bras. Zootec. 41: 1353-1359.
- Charmley, E., P. Savoie, K. B. McRae, and X. Lu. 1999. Effect of maceration at mowing on silage conservation, voluntary intake, digestibility and growth rate of steers fed precision-chopped or round bale silages. Canadian J. Anim. Sci. 79: 195-202.
- Chocarro, C. and J. Lloveras. 2014. The effect of row spacing on alfalfa seed and forage production under irrigated Mediterranean agricultural conditions. Grass Forage Sci. 70: 651-660.
- Dhakal, M., C. P. West, C. Villalobos, P. Brown, and P. E. Green. 2020. Interseeding alfalfa into native grassland for enhanced yield and water use efficiency. Agron. J. 23: 1931-1942.
- Enesi, R. O., V. Mbanyele, L. Shaw, C. Holzapfel, B. Nybo, L. Y. Gorim. 2025. Pea-oats intercropping: Agronomy and the benefits of including oats as a companion crop. Field Crops Research 326: 109863.
- Greenlees W. J., H. M. Hanna, K. J. Shinnors, S. J. Marley, and T. B. Bailey. 2000. A comparison of four mower conditioners on drying rate and leaf loss in alfalfa and grass. Appl. Eng. Ag. 16: 15-21.
- Haby V. A., J. V. Davis, and A. T. Leonard. 1999. Response of overseeded alfalfa and bermudagrass to alfalfa row spacing and nitrogen rat. Agron. J. 91: 902-910.
- Homas, R. J. 1995. Role of legumes in providing N for sustainable tropical pasture systems. Plant Soil. 174: 103-118.
- Jiao, Y., Q. Zhang, and F. Miao. 2024. Forage yield, competition, and economic indices of oat and common vetch intercrops

- in a semiarid region. *Front. Sustain. Food Syst.* 8: 1385296.
- Krstic, Dj., S. Vujic, A. Firanj, M. Danicic, and S. Orlandini. 2018. The establishment of alfalfa with field pea-oat mixture as a cover crop. *Proceedings of the second world alfalfa congress*. Pp. 199.
- Rotz, C. A. and R. E. Muck. 1994. Changes in forage quality during harvest and storage. In: *Forage quality, evaluation, and utilization*, Eds. G. C. Fahey, Jr. *et al.* Am. Soc. Agron., Madison, WI. pp. 828-868.
- SAS. 2002. SAS ver. 9.0. Statistical Analysis Institute, Inc., Cary. N.C. USA.
- Sleugh, B., K. J. Moore, J. R. George, and E. C. Brummer. 2000. Binary legume – grass mixtures improve forage yield, quality, and seasonal distribution. *Agron. J.* 92: 24-29.
- Springer, T. L., G. E. Aiken, and R. W. McNew. 2001. Combining ability of binary mixtures of native, warm-season grasses and legumes. *Crop Sci.* 41: 818-823.
- Tilman, D., P. B. Reich, J. Knops, D. Wedin, T. Mielke, and C. Lehman. 2001. Diversity and productivity in long-term grassland experiment. *Sci.* 26: 843-845.
- Tracy, B. F. and M. A. Sanderson. 2004. Productivity and stability relationships in mowed pasture communities of varying species composition. *Crop Sci.* 44: 2180-2186.
- Undersander, D. 2007. Oats as a cover crop for alfalfa. *Forage Focus – DAIRY* <http://www.midwestforage.org/pdf/182.pdf>. pdf.
- Wana, D., M. Tamiru, and J. Wamatu. 2024. Effect of intercropping oats (*Avena sativa* L.) with alfalfa (*Medicago sativa*) on dry matter yield and nutritive value. *Austin J Plant Bio.* 10: 1053.
- Zhu, G., J. Liu, H. Wu, Y. Zhu, N. E. A. Nimir, and G. Zhou. 2024. The optimum mixed cropping ratio of oat and alfalfa enhanced plant growth, forage yield, and forage quality in saline soil. *Plants* 13: 3103.

# Evaluation of production techniques for alfalfa–oat mixed cropping <sup>(1)</sup>

Chia-Sheng Chen <sup>(2)(3)</sup> Hsin-Hung Liu <sup>(2)</sup> Tsui-Huang Yu <sup>(2)</sup> and Shu-Min Wang <sup>(2)</sup>

Received: Oct. 13, 2025; Accepted: Dec. 10, 2025

## Abstract

This study aimed to develop production techniques and cultivation modes for oats and alfalfa under domestic conditions via four experiments. In Experiment 1, an improved dense-seeding drill was evaluated and three cultivation modes compared, namely sole oat (O), oat–alfalfa mixed sowing with drill seeding of oats and broadcast seeding of alfalfa (AO-d), and oat–alfalfa mixed sowing with both species broadcast (AO-b). Results showed that AO-d (oat drill seeding) had better plant distribution uniformity and stability due to mechanical row sowing, resulting in higher total yield and overall yield performance than AO-b (oat broadcast). However, due to more intense interspecific and intraspecific competition, AO-b had a larger difference in oat yield when compared to monoculture. Nonetheless, its alfalfa content was higher and reached to 40%. In Experiment 2, yields and weed dynamics across successive harvests were investigated, with sole alfalfa added as a control. The mixed modes initially reduced early alfalfa yield but the presence of oats compensated for this loss and enhanced weed suppression. In particular, AO-d exhibited the most stable performance. In Experiment 3, sole oats, sole alfalfa, and alfalfa–oat cultivation were conducted locally. Sole oats achieved higher yield at the first harvest but showed poor regrowth and increased weed proportion in subsequent cuts. Sole alfalfa exhibited even weaker weed suppression. In comparison, mixed systems produced an oat-dominated first harvest followed by two to three harvests of alfalfa, achieving higher annual yield and better weed control. In Experiment 4, the effects of disc-type and flail-type mowers for sole oats and alfalfa–oat mixed system on field wilting rates was analyzed. The results showed that the flail-type mower-conditioner and mixed cropping (AO) significantly accelerated the drying rate. However, the four treatments did not reach the safe moisture content in 72 hours after field wilting. This suggested that the wilting speed in the field was slow under the climate of Taiwan and even the optimal treatment could not reach the safe moisture content in 72 hours after wilting. This result indicated that supplemental artificial drying was mandatory. In summary, the oat–alfalfa annual mixed-cropping system enables year-round production planning on limited land, providing high-quality temperate hay while maintaining a balance among conservation farming, land-use efficiency, and economic returns.

Key words: Alfalfa, Oat, Mixed cropping, Artificial drying.

---

(1) Contribution No. 2847 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

(2) Southern Region Branch, MOA-TLRI, Pingtung 94644, Taiwan, R. O. C.

(3) Corresponding author, E-mail: chencsg@mail.tlri.gov.tw.