

盤固草地以不耕犁方式間植苜蓿之技術探討⁽¹⁾

陳嘉昇⁽²⁾⁽³⁾ 王紓愨⁽²⁾ 游翠凰⁽²⁾ 劉信宏⁽²⁾

收件日期：113 年 7 月 2 日；接受日期：113 年 10 月 4 日

摘 要

禾豆混植草地可以提升牧草營養價值、平衡土壤養分利用，也可經由豆科植物的生物固氮作用提供便宜的氮素來源。本研究開發一式適用於盤固草地上間植苜蓿之不整地播種套組，並以本播種套組進行兩組田間試驗，探討播種床寬度、播種密度，以及有無灌溉與施肥對混植草地建立的影響。本研究完成之套組可裝置於國內一般真空播種機，克服硬盤地切草與碎土問題，使切溝、播種及鎮壓動作一次完成；並可調整播種床寬度為 1 至 6 cm。由試驗 I 結果，增加播種床寬度在初期確有提高苜蓿株高、降低盤固草株高的效果，但經產量調查發現苜蓿比例並無提高，反而可能因高比例的破土、碎土的更新效果提升了盤固草的產量。苜蓿播種密度的提高有助於第一年的苜蓿產量與比例，但對第二年的比例則無顯現效果。第二年的苜蓿產量均明顯降低。由試驗 II 結果，灌溉對促進苜蓿的生長效果顯著，相對的施肥處理則無顯著影響，苜蓿生長對灌溉的反應高於盤固草；肥料施用有助於盤固草前期生長，但對產量並無顯著促進效果。苜蓿與盤固草雖不能形成穩定持久的混植組合，然因間植播種操作簡便，每 2 - 3 年再行補植苜蓿種子一次可將苜蓿維持於一定比例之上，重視灌溉及減少前期盤固草競爭，可有效在既有盤固草地上建立苜蓿的混植草地。

關鍵詞：禾豆混植、苜蓿、盤固草。

緒 言

禾豆混植草地可以提升牧草營養價值、平衡土壤養分利用，也可經由豆科的生物固氮作用，提供最便宜的氮素來源 (Sleugh *et al.*, 2000; Tilman *et al.*, 2001; Tracy and Sanderson, 2004)，然熱帶地區較少禾豆混植草地，臺灣的狀況亦然 (金, 1998; 陳等, 2010; Tow *et al.*, 1997)。盤固草 (*Digitaria decumbens*) 是國內最大宗的多年生短莖型禾草，易於栽培且適應臺灣生長環境，唯其熱帶禾本科特性以致消化率及蛋白質含量低於溫帶草種。苜蓿 (*Medicago sativa*) 是最重要的溫帶牧草，隨著品種改良，其生產漸擴展至低緯度地區。在恆春試驗區的前期觀察中，發現相對於多年生花生 (*Arachis glabrata*)、賽芻豆 (*Macroptilium atropurpureum*)、泰樂豆 (*Stylosanthes gracilis*) 等，苜蓿的初期生長最旺盛，雖然不耐夏季濕熱，在無除草劑施用之下是參試豆科中對雜草最具競爭力者，且苜蓿具有較高比例的地下部，提供土壤氮素的潛力高於其他 (王等, 2010)。

陳等 (2011) 在探討有機芻料生產時指出雖然苜蓿的耐逆境能力不佳，不能形成穩定持久的混植組合，但與指草屬牧草 (*Digitaria spp.*) 混植可形成季節性的互補，苜蓿在冬春季生長旺盛、產量高，指草屬牧草則相反；此外，苜蓿具高度的固氮能力，估計混植區每年、每公頃自地上部收穫 350 公斤以上的氮素 (王等, 2010)，在不施肥之下維持可觀的生產力，並使混植的禾本科牧草產量及粗蛋白質含量顯著提高。

雖然苜蓿在本地環境下的持久性不佳，但為提升國產乾草的營養價值並減少氮素施用，若能以簡易可行的方式在盤固草地上間植苜蓿，並以 2 - 3 年一次的頻率進行補植，將苜蓿維持於一定比例之上，仍不失為一個將現有盤固草地改造為禾豆混植草地的方法。因此，為利於盤固草地的改造及後續的補植，適用於本地環境的混植操作技術值得加以探討。

禾豆混植生產牽涉複雜的草地生態問題，於既有多年生草地上間植的難度又高於在單年生作物上的間植，在不移除原有多年生草地植生的狀況下，以不耕犁方式進行播種稱為草地播種法 (sod-seeding)，或不整地播種法 (no-till

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2805 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。

method), 常用於牧草地的修復、季節性的增產與於牧草地混植苜蓿等豆科植物等 (Mueller and Chamblee, 1984; Waddington, 1992)。在既有草地上建立禾豆混植涵蓋多項問題, 如: 新草種需有足夠的播種床土壤、充分的水分、營養及陽光, 還需控制原有植生的競爭, 但又不能過度破壞以免影響產量等。要提高禾豆混植的成功率, 需要有效地管理競爭包括適當的播種行距、合理的水分及肥料管理等以確保達到預期的混植效果 (Chocarro and Lloveras, 2015; Dhakal *et al.*, 2020)。

本研究改良一式適用於盤固草地上間植苜蓿之不整地播種套組, 並以本播種套組進行兩組田間試驗, 探討播種床寬度、種子密度, 以及有無灌溉與施肥等栽培面因子對混植草地建立的影響。

材料方法

I. 不耕犁草地間植播種套組開發

設計之機件包括: 1. 可切開盤固草地之破土及可調整寬度之切溝裝置; 2. 後端之覆蓋與鎮壓機構; 及 3. 修改播種盤, 使適用於苜蓿種子真空播種及可調整播種密度。

製作完成後進行機械效能測試: 將自行開發之不耕犁播種套組, 組裝於法國 MONOSEM 牌四行式真空吸力式播種機之前端及後端。於畜產試驗所南區分所 (以下簡稱南區分所) 盤固草地進行苜蓿播種試驗, 觀察並紀錄破土、種子破粒及播種、覆土狀況, 再逐次修改調整至適用於堅硬盤固草地上的不耕犁播種。

II. 田間試驗

- (i) 試驗 I: 於南區分所盤固草地劃出 60 m × 60 m 試驗田, 試驗處理為播種床寬度兩變級 1 cm、6 cm 與播種密度兩變級 (100 seeds/m、200 seeds/m), 共 4 處理組合, 2 區集。每小區寬 6.4 m, 播種行距 40 cm, 每小區播種苜蓿 16 行, 行長 60 m。2016/10/11 收穫前期盤固草後, 於 10/19 以上述自行開發之播種套組調整播種床寬度及種子密度進行試驗。2017/1/12 全區刈割一次, 無進行調查; 1/19 日起於再生 7、28、56 及 91 天調查播種初期之生長狀況 (以苜蓿、盤固草株高及苜蓿行寬為指標)。時值恆春乾季, 故於 2/24、3/9、3/21 分別以捲繞式噴水機進行噴灌。於 4/27 調查產量之後全區收穫。5/8 全區施肥 (臺肥 2 號複合肥料, N : P₂O₅ : K₂O = 11 : 9 : 18, 180 kg/ha), 5/15 進入梅雨季, 6/6 第二次調查產量後全區收穫。經 8/19、10/25 兩次收穫後, 翌年再進行兩次的產量調查 (2018/2/22 及 6/22)。除生長期的株高及行寬調查外, 以 2017/4/27、6/6 兩次產量累加為 2017 年例行盤固草產季前之禾豆混植產量, 2018/2/22 及 6/22 的兩次產量累加為 2018 年盤固草產季前之禾豆混植產量。
- (ii) 試驗 II: 於南區分所盤固草地劃出 60 m × 30 m 試驗田 II, 試驗處理為於旱季有、無補充灌水, 以及建立初期有、無施用化肥 (臺肥 2 號複合肥料, N : P₂O₅ : K₂O = 11 : 9 : 18, 180 kg/ha), 共 4 處理組合, 2 區集。每小區寬 6.4 m, 播種行距 40 cm, 每小區播種苜蓿 16 行, 長 30 m。收穫前期盤固草後, 於 2017/1/4 以上述自行開發之播種套組進行播種開始試驗, 種床寬度固定為 1 cm, 播種密度 100 seeds/m。全區於 1/6 及 1/9 以捲繞式噴水機噴灌以利苜蓿發芽。施肥處理之小區於 2/7 施肥, 灌溉處理之小區於 3/7、3/10、3/29 各以水車澆灌 2 噸 / 小區。調查種植後 62、76 及 91 天之株高及行寬表現與產量, 每小區重複 4 次, 以 2017/4/27、6/8 兩次產量累加為年度盤固草產季前之禾豆混植產量。
- (iii) 性狀調查: 1. 種植期間苜蓿與盤固草之生長性狀分別以苜蓿株高、苜蓿行寬與盤固草株高表示, 每小區取樣 4 點, 量測自基部至葉尖之高度為株高, 苜蓿行寬為取樣點播種苜蓿行之葉冠寬度。2. 產量調查: 坪割 1 m² 之所有生物量, 進行其中苜蓿與盤固草之各別乾物重量 (收穫材料於 80 °C 下烘乾 48 小時後之重量), 計算苜蓿比例及產量, 每小區重複 4 次。

III. 統計分析

二因子變方分析以 SAS 之廣義線性模式 (general linear model, GLM) 進行, 以 Duncan 比較差異顯著性。

結果與討論

I. 不耕犁草地間植播種套組開發

不整地套組 (圖 1) 播種流程包括: 切草 碎土 切溝 下種 蓋土 鎮壓, 為解決於堅硬盤固草地上的播種問題, 完成破土、切溝及後端覆土、鎮壓等機件的設計製作, 經多次試驗已能克服硬盤地切草與碎土問題,

使切溝、播種及鎮壓動作一次完成；設計之播種盤使破豆率由 3% 改善至無破豆，並可控制之播種密度，播種量介於 1.6 - 30 kg/ha，一次播種四行之株數為 50 - 500 株 /m；此外，可調整播種床寬度為 1 cm 至 6 cm (圖 2)。



圖 1. 不耕犁草地間植播種套組。套組含破土、切溝、下種、覆土及鎮壓功能。

Fig. 1. The no-till seeding system. This system includes functions for soil breaking, furrow cutting, seeding, covering, and compaction.



圖 2. 播種床 6 cm (左) 及播種床 1 cm (右) 之苜蓿發芽情形。

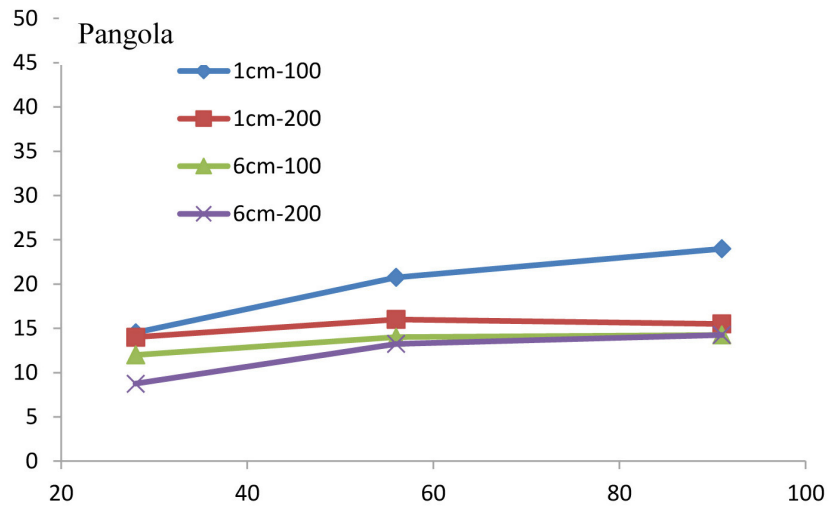
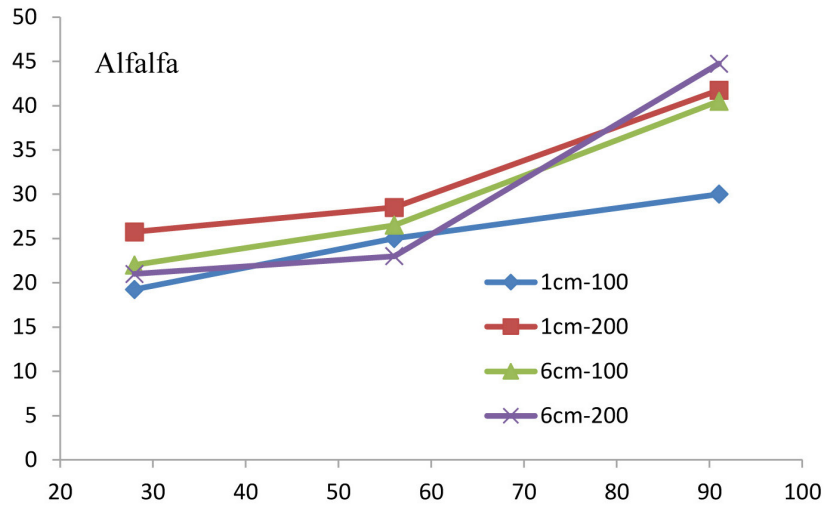
Fig. 2. The germination situation of alfalfa on seedbeds of 6 cm (left) and 1 cm (right).

本套組之開發已達成如下目標：1. 可裝置於國內一般真空播種機；2. 適用於國內多年未更新之盤固草地；3. 能製造適當播種床，能控制既有禾草的競爭又不過度破壞原有植生。

II. 播種床寬度、種子密度對牧草生長與混植草地產量的影響

本試驗於 2016/10/19 播種，翌年 1/12 全區刈割一次後，再生第 28 天、56 天、91 天之苜蓿及盤固草株高如圖 3。再生 28 天時 4 個處理之苜蓿株高介於 18 - 25 cm、盤固草株高介於 8 - 15 cm；91 天時苜蓿株高介於 28 - 45 cm、盤固草株高介於 14 - 24 cm，在恆春半島冬季氣候下，苜蓿再生速度高於盤固草，尤其再生 60 天後主莖抽高明顯。四個處理中，低苜蓿播種密度及窄播種床處理組 (1 cm - 100 seeds/m) 之盤固草較高而苜蓿較矮，可能為兩物種間的空間與養分競爭導致的消長關係。播種床寬度與播種密度主效應的影響是本研究探討的重點，經變方分析結果，再生第 28 天僅播種密度對於苜蓿株高及行寬有顯著差異影響，56 天時播種床寬度對盤固草株高有影響，91 天時播種床寬度及種子密度對苜蓿株高、盤固草株高均有影響。由表 1 的主效應平均值

比較，對播種床寬度而言，6 cm 播種床寬度在後期顯示出降低盤固草株高而提高苜蓿株高的效果；播種密度方



面，28 天時高播種密度的苜蓿株高與行寬大於低密度處理組，91 天時高播種密度處理之苜蓿顯著較高，而盤固草較矮(表 1)。

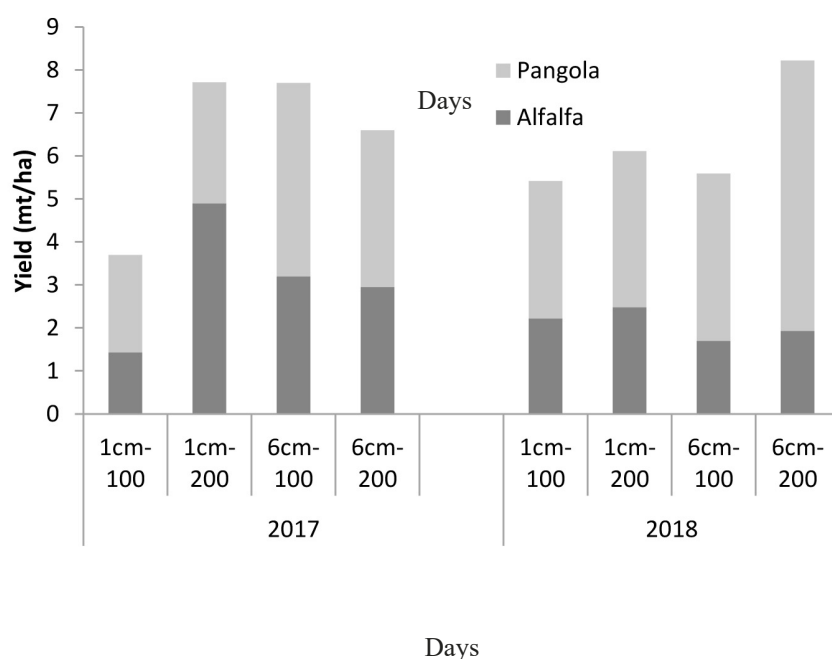


圖 3. 播種床寬度與播種密度處理組合之苜蓿(上圖)與盤固草(下圖)株高。

Fig. 3. Plant height of alfalfa (top) and pangola grass (bottom) under different treatment combinations of seedbeds width and seeding density. 1 cm-100: 1 cm seedbeds width-100 seeds/m, 1 cm-200: 1 cm seedbeds width-200 seeds/m, 6 cm-100: 6 cm seedbeds width-100 seeds/m, 6 cm-200: 6 cm seedbeds width-200 seeds/m.

表 1. 苜蓿高度、行寬及盤固草高度之播種床寬度與播種密度主效應比較(試驗 I)

Table 1. Comparison of main effects of seeding bed width and seeding density on alfalfa height, row width and pangolagrass height in Experiment I

Item	28 days			56 days			91 days		
	Alfalfa high	Alfalfa width	Pangola high	Alfalfa high	Alfalfa width	Pangola high	Alfalfa high	Alfalfa width	Pangola high
Seedbeds width	----- cm -----								
1 cm	22.5	19.5	14.3	26.8	13.3	20.9 ^a	34.6 ^b	18.5	19.3 ^a
6 cm	21.5	21.0	10.4	24.8	14.5	13.6 ^b	42.6 ^a	19.3	14.3 ^b
Seeding density									
100/m	20.6 ^b	17.8 ^b	13.3	25.8	14.0	17.4	34.0 ^b	18.3	18.9 ^a
200/m	23.4 ^a	22.8 ^a	11.4	25.8	13.8	17.1	43.3 ^a	19.5	14.8 ^b

^{a, b} Means in the same column within the same section with different superscripts are significantly different at 5%.

以 2017/4/27、6/6 兩次產量累加為 2017 年例行盤固草產季前之禾豆混植產量，2018/2/22 及 6/22 的兩次產量累加為 2018 年盤固草產季前之禾豆混植產量 (圖 4)。2017 年四個處理中，產量以窄播種床—低播種密度 (1 cm - 100 seeds/m) 處理組最低，公頃產量不足 4 噸，其他三個處理介於 6.5 - 7.8 mt/ha 之間；2018 年則以寬播種床—高播種密度 (6 cm - 200 seeds/m) 處理最高，達 8.2 mt/ha，其他三個處理介在 5.4 - 6.2 mt/ha 之間。表 2 為產量的主效應平均值比較，2017 年之 6 cm 播種床寬度的盤固草產量為 4.1 mt/ha 顯著高於 1 cm 播種床之 2.5 mt/ha；而對苜蓿產量、禾豆總產量及苜蓿比例的差異均未達顯著水準。2017 年之播種密度方面，高播種密度處理之苜蓿產量為 3.9 mt/ha，顯著高於低密度處理之 2.3 mt/ha；苜蓿比例為 53.7%，高於低密度組之 39.9%；盤固草產量及總產量的差異則未達顯著水準 (表 2)。此結果顯示，苜蓿播種密度對於第一年苜蓿產量的影響大於播種床寬度。至第二年 (2018 年)，6 cm 播種床處理之苜蓿產量較低、盤固草產量較高、禾豆總產量較高而苜蓿比例較低，且差異都達到顯著水準；2018 年之播種密度方面，苜蓿產量與苜蓿比例無差異，而高播種密度組之盤固草產量及總產量均高於低密度處理 (表 2)。由表 1、表 2 結果可知，對多年生混植草地而言，生長期之株高、行寬等性狀僅代表當時之生長狀況，但最終的產量消長與持續性等，又是另一段競爭或互補等關係的綜合表現。

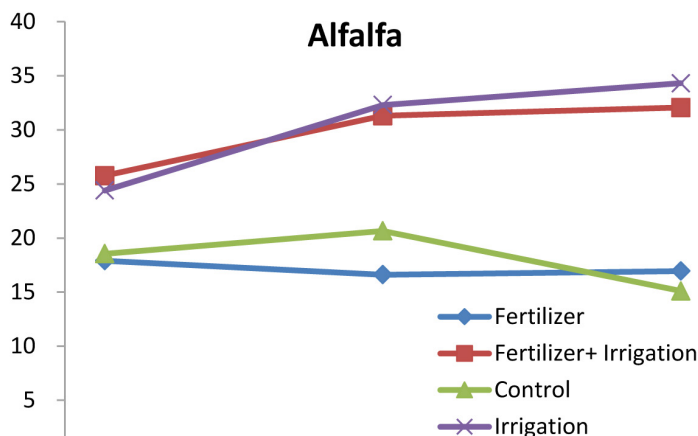


圖 4. 播種床寬度與播種密度處理組合之於兩年度盤固草產季前之混植草地乾物產量 (試驗 I)。

Fig. 4. The dry matter yield of mixed grassland of the treatment combinations of seeding bed width and seeding density for the two years before pangolagrass production season in Experiment I. 1 cm-100: 1 cm seedbeds width-100 seeds/m, 1 cm-200: 1 cm seedbeds width-200 seeds/m, 6 cm-100: 6 cm seedbeds width-100 seeds/m, 6 cm-200: 6 cm seedbeds width-200 seeds/m.

Item	2017			2018		
	Alfalfa yield (mt/ha)	Pangola yield (mt/ha)	Alfalf %	Alfalfa yield (mt/ha)	Pangola yield (mt/ha)	Alfalf %
Seedbeds width						
1 cm	3.2	2.5 ^b	50.7	2.4 ^a	3.4 ^b	40.9 ^a
6 cm	3.1	4.1 ^a	43.0	1.8 ^b	5.1 ^a	26.9 ^b
Seeding density						
100/m	2.3 ^b	3.4	39.9 ^b	2.0	3.5 ^b	5.5 ^b
200/m	3.9 ^a	3.2	53.7 ^a	2.2	5.0 ^a	7.2 ^a

^{a, b} Means in the same column within the same section with different superscripts are significantly different at 5%.

管理物種間的競爭是禾豆混植成功與否的主要課題，其目標為提高豆科的存活率、促進初期生長與產量，降低禾草的競爭力、但不減損禾草的產量。盤固草的地上部匍匐性強而密，是極適合本地環境生長的草種，雖

然播種時間已選擇於盤固草生長減緩且較適苜蓿發芽的秋冬季節，然據前期田間操作之觀察，苜蓿仍有難以避免被盤固草莖葉覆蓋之狀況，國外有使用除草劑以降低原禾本科生長的方法 (Hart *et al.*, 1985; Coblenz *et al.*, 1999)，本播種技術為利於有機混植草地的應用，開發可調整寬度之切溝裝置，可透過增加播種床寬度，以爭取苜蓿幼苗在播種後不被盤固草莖葉覆蓋壓制的時間。由試驗結果，增加播種床寬度在初期確有提高苜蓿株高、降低盤固草株高的效果，但經產量調查發現，苜蓿比例並無提高，反而可能因高比例的破土、碎土的更新效果提升了盤固草的產量。此外，播種密度提高的確有助於第一年的苜蓿產量與比例，但對第二年的比例則無顯現效果，此與行距較密者在後續的年度並無顯示比例差異的前人結果相似 (Chocarro and Lloveras, 2015; Dahakal *et al.*, 2019)。第二年苜蓿比例均明顯下降，可能已非建立技術之問題，而是物種生態學上之限制。由臺灣本地的研究顯示，苜蓿需水量大，卻不耐浸水，因此，中南部夏季高溫多雨可能是造成苜蓿第二年比例下降的因素之一 (蕭，2002；林等，2007)。

III. 灌溉、施肥對牧草生長與混植草地產量的影響

本試驗以三月間(完全無雨水)補充三次灌水之有、無，及有、無施用化肥組合為4個處理。生長62天時4個處理之苜蓿株高介於17 - 26 cm、盤固草株高介於11 - 16 cm；至91天時苜蓿株高介於15 - 34 cm、盤固草株高介於14 - 23 cm (圖5)。不同於試驗I於初期刈割一次後再進行調查，本試驗在播種後未予刈割，因初期生長較慢，至播種後62天才開始調查，也因此試驗II於62天調查的苜蓿株高接近於試驗I刈割再生28天的株高。

Days

Days

圖 5. 施肥與灌溉處理組合之苜蓿 (上圖) 與盤固草 (下圖) 株高。

Fig. 5. Plant height of alfalfa (top) and pangolagrass (bottom) of the treatment combinations of fertilizer and irrigation in Experiment II.

由表 3 的主效應平均值比較，施肥對苜蓿株高於三個調查日期均無影響，對苜蓿行寬在 62 天時有顯著效果，但在其後則無顯示差異。對盤固草株高，則施肥對於三個調查日期均高於不施肥者。灌溉處理除在 76 天的盤固草株高未有顯著差異外，其餘在有、無施肥間的差異達顯著水準。

表 3. 苜蓿高度、行寬及盤固草高度之施肥與灌溉主效應比較 (試驗 II)

Table 3. Comparison of main effects of fertilization and irrigation on alfalfa height, row width and pangolagrass height in Experiment II

Item	62 days			76 days			91 days		
	Alfalfa high	Alfalfa width	Pangola high	Alfalfa high	Alfalfa width	Pangola high	Alfalfa high	Alfalfa width	Pangola high
	----- cm -----								
Fertilizer	21.8 ^a	15.2 ^a	14.7 ^a	21.5 ^b	13.5	17.4 ^a	21.9	10.0	17.5 ^a
No fertilizer	21.4	14.3 ^b	11.7 ^b	24.5 ^a	13.6 ^b	13.6 ^b	21.4	9.4	14.2 ^b
Irrigation	25.1 ^a	15.6 ^a	14.1 ^a	31.8 ^a	15.9	15.9	33.1 ^a	14.0 ^a	21.5 ^a
No irrigation	18.2 ^b	13.9 ^b	12.2 ^b	18.6 ^b	12.4 ^b	15.3	16.0 ^b	7.6 ^b	13.0 ^b

^{a, b} Means in the same column within the same section with different superscripts are significantly different at 5%.

四個處理之苜蓿產量、盤固草產量及禾豆總產量如圖 6。經變方分析進行主效應比較如表 4，無施肥組之苜蓿產量為 5.6 mt/ha，高於施肥處理之 4.8 mt/ha；無施肥組之盤固草產量為 4.6 mt/ha，亦高於施肥處理之 4.1 mt/ha；總產量亦以無施肥處理之 10.2 mt/ha，高於施肥組之 8.9 mt/ha；苜蓿比例均超過 50%，兩處理之間無顯著差異。由於土壤環境、牧草生長狀況及與因子間的交互作用都可能影響施肥處理效果 (Ma, *et al.*, 2024)，唯確切原因尚待進一步探討。灌溉方面，灌溉處理之苜蓿產量為 5.7 mt/ha，高於無灌溉組之 4.8 mt/ha；灌溉處理之盤固草產量為 4.6 mt/ha，高於無灌溉組之 4.1 mt/ha；禾豆總產量亦以灌溉組之 10.2 mt/ha，高於無灌溉組之 8.9 mt/ha；苜蓿比例亦均超過 50%，兩處理之間無顯著差異。

恆春半島於 10 月中旬起進入乾季，在此之前因氣溫過高，不利苜蓿發芽與生長，因此只宜在進入乾季時進行間植苜蓿的播種，在乾季的播種後進行灌溉或噴灌是必要的措施，以促進種子發芽，尤其以不耕犁方式播種者，將土壤浸潤以利與種子密接及確保發芽。本文所探討者並非上述播種期的噴灌，而是比較後續旱季生育期間之補充灌水對混植草地的影響。由試驗結果可知，相對於施肥處理，灌溉的效果顯著，推測不僅水分的提高促進生長，因水分的灌溉浸潤堅硬的盤固草表土，有利苜蓿根系的向下穿透因而亦可能提高了產量。苜蓿生長對水分（灌溉的有無）的反應高於盤固草；肥料施用對盤固草株高有影響，但對產量並無顯現效果。前人研究中，氮素施用的結果依狀況而異 (Stringer *et al.*, 1994; Haby *et al.*, 1999)，亦可知肥料並非促進第一年初期生產的首要因素。推論為在既有盤固草地上建立苜蓿的混植草地，宜重視灌溉（提供水分及軟化硬實的盤固草地）以促進苜蓿生長，控制肥料以減少盤固草競爭。

禾豆混植草地在溫帶地區普遍可見，但在熱帶地區成功的例子較少，主要原因有：缺乏持久性佳、適應性廣的豆科品系、也因研究投入較少而缺乏可信賴的模式 (Thomas, 1995; Springer *et al.*, 2001; Belesky *et al.*, 2002)。

苜蓿與盤固草混植除小面積有機寵物草生產之外 (陳等, 2011)，尚未予推廣，其原因在於多項限制未予克服，如：1. 混植操作不便；2. 苜蓿的耐逆境能力不佳，不能形成穩定持久的混植組合；3. 苜蓿較盤固草更難乾燥；4. 減少外源肥料投入的減碳誘因不足。而今，隨著時空環境演進，上述因素可望逐項獲得解決。本研究之不耕犁草地間植播種套組，即為克服操作不便而開發，使切溝、播種及鎮壓動作可以一次完成。而苜蓿與盤固草不能形成穩定持久的混植組合的問題，可因間植播種操作簡便，每 2 - 3 年再行補植苜蓿種子一次應可將苜蓿維持於一定比例之上。此外，乾燥問題確為國產乾草品質無法穩定的主因，混植草地半乾青貯調製技術已成熟 (陳等, 2017)，而近年國內牧草節能乾燥機械的開發 (盧及謝, 2018; 陳等, 2024) 不僅可解決乾燥問題，並可因苜蓿與盤固草混合乾燥而大幅提高適口性 (陳, 2021)，實現國產乾草加值。因應淨零議題，盤固草單植是耗肥生產模式，禾豆混植減少外源肥料的減碳措施應更受重視。綜上，國內禾豆混植生產難度雖高，但其產業化的技術面障礙已逐一克服，而利基則不斷提升。本文僅初步探討主要栽培因子的影響，由於混植草地的表

現因氣候、土壤的影響更形複雜，產業化應用時應視不同環境條件加以更深入的探討。

表 4. 於盤固草產季前混植苜蓿、盤固草產乾物量與苜蓿比例之施肥與灌溉主效應比較

Table 4. Comparison of main effects of fertilization and irrigation on the dry matter yield and alfalfa proportion of mixed grasslands before pangolagrass production season

Item	Alfalfa yield	Pangola yield	Total yield	Alfalfa %
	----- mt/ha -----			%
Fertilizer	4.8 ^b	4.1 ^b	8.9 ^b	53.9
No fertilizer	5.6 ^a	4.6 ^a	10.2 ^a	54.9
Irrigation	5.7 ^a	4.6 ^a	10.2 ^a	55.1
No irrigation	4.8 ^b	4.1 ^b	8.9 ^b	53.7

^{a, b} Means in the same column within the same section with different superscripts are significantly different at 5%.

圖 6. 施肥與灌溉處理組合於盤固草產季前之混植草地乾物產量 (試驗 II)。

Fig. 6. The dry matter yield of mixed grassland under different treatment combinations of fertilizer and irrigation before pangolagrass production season in Experiment II.

結 論

本研究開發可直接於既有多年生禾草地上播種之不耕犁播種套組，已克服硬盤地破土問題，使切溝、播種及鎮壓動作一次完成，同時降低破豆率，並設計可調整播種床寬度。後續宜配合適播期選擇、降低競爭等生態學管理方法，以建立良好的禾豆混植草地。苜蓿與盤固草雖不能形成穩定持久的混植組合，因間植播種操作簡便，每 2 - 3 年再行補植苜蓿種子一次可將苜蓿維持於某比例之上，重視灌溉及減少前期盤固草競爭，可有效在既有盤固草地上建立苜蓿的混植草地。

參考文獻

- 王紓愨、陳嘉昇、游翠鳳、劉信宏。2010。豆科牧草與綠肥作物之氮產量與季節性變動。畜產研究 43：339-350。
- 金文蔚。1998。本省牧草混植研究。芻料作物研究研討會論文集。畜產試驗所專輯第 53 號。
- 林正斌、楊翎、劉景平。淹水對苜蓿產量、品質及根部組織之影響。畜產研究 40：193-202。
- 陳嘉昇、王紓愨、游翠鳳、劉信宏。2010。低投入的有機芻料生產研究 - 指草屬 (*Digitaria* spp.) 與花生屬 (*Arachis* spp.) 混植。畜產研究 43：167-179。
- 陳嘉昇、王紓愨、游翠鳳、劉信宏。2011。低投入的有機芻料生產研究 - 指草屬 (*Digitaria* spp.) 與苜蓿 (*Medicago sativa*) 混植。畜產研究 44：37-49。
- 陳嘉昇、王紓愨、游翠鳳。2017。多年生禾豆混植草青貯醱酵探討。畜產研究 50：52-61。

- 陳嘉昇、劉信宏、游翠鳳、王紓愨、盧琛、廖翊丞、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：已接受。
- 陳偉群。2021。應用國產芻料於臺灣水鹿產茸之研究。國立屏東科技大學動物科學與畜產系，碩士論文，屏東縣。
- 盧琛、謝禮丞。2018。牧草圓包乾燥設備之自動化裝置與熱源供應系統研究。國立中興大學生物產業機電工程學系，碩士論文，臺中市。
- 蕭素碧。苜蓿在臺灣生產之展望。畜產專訊 42：4-6。
- Belesky, D. P., J. M. Fedders, J. M. Ruckle, and K. E. Turner. 2002. Bermudagrass – white clover – bluegrass sward production and botanical dynamics. *Agron. J.* 94: 575-584.
- Chocarro, C. and J. Lloveras. 2015. The effect of row spacing on alfalfa seed and forage production under irrigated Mediterranean agricultural conditions. *Grass Forage Sci.* 70: 651-660.
- Coblentz, W. K., K. P. Coffey, J. E. Turner, K. F. Harrison, L. B. Daniels, C. F. Rosenkrans, Jr., and D. S. Hubbell. 1999. Evaluation of seeding rate and herbicide treatment on growth and development of sod-seeded oat, wheat, and rye. Arkansas Animal Science Department Report 1999, pp. 162-167.
- Dhakal, M., C. P. West, and C. Villalobos. 2019. Establishment and stand development of alfalfa interseeded into native grass mixture: Cultivar and row spacing effects. *Crop Sci.* 59: 2271-2279.
- 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.
- Haby V. A., J. V. Davis, and A. T. Leonard. 1999. Response of overseeded alfalfa and bermudagrass to alfalfa row spacing and nitrogen rate. *Agron. J.* 91: 902-910.
- Hart, M., S. S. Waller, S. R. Lowry, and R. N. Gates. 1985. Discing and seeding effects on sod bound mixed prairie. *J. Range Management* 38: 121-125.
- Ma, H., P. Jiang, X. Zhang, W. Ma, Z. Cai, and Q. Sun. 2024. Effects of nitrogen fertilization combined with subsurface irrigation on alfalfa yield, water and nitrogen use efficiency, quality, and economic benefits. *Front. Plant Sci.* 15: 1339417.
- Mueller J. P and D. S. Chamblee. 1984. Sod-Seeding of Ladino clover and alfalfa as Influenced by seed placement, seeding date, and grass suppression. *Agron. J.* 76: 284-289.
- 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.
- Stringer W. C. , A. Khalilian, D. J. Undersander, G. S. Stapleton, and W. C. Bridges Jr. 1994. Row spacing and nitrogen: Effect on alfalfa-bermudagrass yield and botanical composition. *Agron. J.* 86: 72-76.
- Thomas, R. J. 1995. Role of legumes in providing N for sustainable tropical pasture systems. *Plant and Soil.* 174:103-118.
- Tilman, D., P. B. Reich, J. Knops, D. Wedin, T. Mielke, and C. Lehman. 2001. Diversity and productivity in long-term grassland experiment. *Science* 26: 843-845.
- Tow, P. G., A. Lazenby, and J. V. Lovett. 1997. Relationships between a tropical grass and lucerne on a solodic soil in a subhumid, summer-winter rainfall environment. *Aust. J. Exp. Agric.* 37: 335-342.
- 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.
- Waddington, J. 1992. A comparison of drills for direct seeding alfalfa into established grassland. *J. Range Management.* 45: 483-487.

Investigation of techniques for interseeding alfalfa into pangola grasslands using the no-till method ⁽¹⁾

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

Received: Jul. 2, 2024; Accepted: Oct. 4, 2024

Abstract

Mixing alfalfa with grasslands can enhance the nutritional value of forage, balance soil nutrient utilization, and provide a cost-effective nitrogen source through the nitrogen-fixing ability of legumes. This study developed a no-till seeding system suitable for interseeding alfalfa into compacted pangola grasslands. Two field experiments were conducted using this seeding system to investigate the effects of seedbeds width, seeding density, irrigation, and fertilization on establishing mixed grasslands. The developed system can be fitted into domestic standard vacuum seeders, which overcomes the challenges in cutting grass and breaking soil and allows for simultaneous trenching, seeding, and compaction operations in one action. The seedbeds width can be adjusted from 1 cm to 6 cm. Results of experiment I showed that increasing seedbeds width can initially increase alfalfa height and lower grass height. However, the yield survey showed that in the proportion of alfalfa did not increase but rather elevated the level of soil breaking and crushing improvement of pangolagrass yields. Increased alfalfa seeding density enhanced first-year alfalfa yield and proportion, which showed no significant effect on the second-year proportion but significant decreases in the second-year alfalfa yield. Experiment II revealed that irrigation significantly promoted alfalfa growth compared to fertilization treatments that did not have any significant effect. Alfalfa showed greater responsiveness to irrigation than pangolagrass. Fertilizer application helped with early growth of pangolagrass but did not lead to a significantly yield increase. Although alfalfa and pangolagrass did not form a stable and lasting mixed planting combination, the simple interseeding process allows alfalfa to reseed every 2-3 years and maintain a desired proportion. The emphasis on irrigation and minimization of initial grass competition can effectively establish a mixed planting grassland of alfalfa in existing compacted pangola grasslands.

Key words: Grass-legume mixture, Alfalfa (*Medicago sativa*), *Digitaria decumbens*.

(1) Contribution No. 2805 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

(2) Southern Region Branch, MOA-LRI, Pingtung 946, Taiwan, R. O. C.

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