

林間放牧對牛隻生長與林下植被植物種類之影響⁽¹⁾

陳坤照⁽²⁾ 林正鏞⁽³⁾ 張溪泉⁽²⁾ 李姿蓉⁽⁴⁾ 林俊成⁽⁵⁾ 廖天賜⁽⁶⁾ 張 彬⁽⁷⁾
陳永修⁽⁸⁾ 吳俊賢⁽⁵⁾ 謝昭賢⁽⁹⁾ 李春芳⁽¹⁰⁾ 吳鈴彩⁽¹¹⁾ 朱賢斌⁽²⁾ 張俊達⁽⁹⁾⁽¹²⁾

收件日期：102 年 6 月 30 日；接受日期：102 年 12 月 5 日

摘 要

本試驗結合造林及牛隻放牧管理，建立肉牛生產及省工育林模式，以達到綠化臺灣與利用野草生產優質畜產品之目的。試驗利用 8 公頃造林地，以 9 ~ 16 頭黃雜牛實施 5 次電圍籬輪流放牧，放牧方式以放牧日數決定放牧強度，分輕放牧組、重放牧組及禁牧（對照）組。試驗四年期間進行 8 種原生造林林木調查與 10 個物種之植生調查，分別於春季與夏季採集 20 種牛隻喜好植物進行瘤胃體外消化率測定 (IVDMD)，同時記錄牛隻生長情形，最後進行經濟效應分析。林木調查結果顯示，第四年之臺東原生造林木以臺東龍眼 (*Pometia pinnata*) 之存活率最低 (20%)，而以臺灣欖 (*Zelkova serrata*) 之存活率最高 (99.4%)；四年生樹高以光蠟樹 (*Fraxinus formosana* Hayata) 樹高最高 (409.3 cm)，臺東龍眼最矮 (75.9 cm)。施行牛隻放牧後，重放牧處理顯著影響臺灣欖 (*Zelkova serrata*) 之生長高度及樹徑 ($P < 0.05$)，但光蠟樹及楓香 (*Liquidambar formosana*) 的樹高則顯著高於另兩組 ($P < 0.05$)；同時重放牧組的烏心石 (*Michelia compressa*) 樹徑，顯著大於輕放牧組 ($P < 0.05$)。重度放牧對盤固草 (*Digitaria decumbens* Stent.) 之重要值顯著高於對照組與輕放牧組 ($P < 0.05$)。而天竺草 (*Panicum maximum* Jacq.) 之重要值於三處理組間具顯著差異，以重放牧組最低，輕放牧組最高 ($P < 0.05$)。輕放牧組與重放牧組對蔓澤蘭 (*Mikania micrantha*) 之重要值顯著低於對照組 ($P < 0.05$)。春夏季 20 種牛隻喜好植物之草項資源相當豐富，其組成中粗蛋白質介於 5.9 ~ 17.9%；中洗纖維介於 33.7 ~ 74.1%；酸洗纖維介於 20.1 ~ 49.1%；木質素介於 5.2 ~ 23.5%，IVDMD (*in vitro* dry matter digestibility) 介於 21.5 ~ 77.7%。顯示林間草相資源豐富。放牧牛隻生長方面，重放牧組之每公頃總增重 (125.8 kg/ha) 與 Cow day (43.6/ha) 顯著高於輕放牧組 ($P < 0.05$)。推估六年的經濟效益包括小牛收益、碳吸收效益、水源涵養、除草效益等總共約為新臺幣 18,650,034 元，本次試驗結果顯示，藉由牛隻放牧可節省造林地撫育費用，提高林地生物多樣性及生產健康牛肉。

關鍵字詞：肉牛、林間放牧、造林地。

緒 言

受農耕機械化及經濟效益之影響，臺灣肉牛事業一直無法蓬勃發展，水牛及黃牛飼養頭數急遽減少，2011 年底臺灣水牛僅剩 3,627 頭，黃牛及雜種牛之飼養頭數為 13,099 頭 (農業統計年報，2012)，政府投入大量人力及物力進行保種工作，其關鍵在於維持母牛成本太高，一頭圈飼母牛每日約需 62.5 元飼糧，每

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2067 號。
(2) 行政院農業委員會畜產試驗所臺東種畜繁殖場。
(3) 行政院農業委員會畜產試驗所高雄種畜繁殖場。
(4) 行政院農業委員會畜產試驗所飼料作物組。
(5) 行政院農業委員會林業試驗所林業經濟組。
(6) 國立中興大學森林系。
(7) 行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處。
(8) 行政院農業委員會林業試驗所六龜研究中心。
(9) 行政院農業委員會畜產試驗所產業組。
(10) 行政院農業委員會畜產試驗所營養組。
(11) 行政院農業委員會畜產試驗所新竹分所。
(12) 通訊作者，E-mail：ctchang@mail.tlri.gov.tw。

年直接成本即達 22,812.5 元，若以產犢率 80% 計算，每隻小牛負擔費用高達 18,250 元。再加上利息、折舊、人事費，因此無利潤可圖。利用廣大林地草生資源，放牧飼養種母牛生產犍仔牛，仔牛離乳後再以副產物肥育出售，如此達到保種之目的還可以降低生產成本。林間放牧係利用健康的草料供家畜使用，可以生產無污染的牛肉，以牛除草、糞尿回歸林地施肥，可以節省撫育除草費用，並有益林木生長。Kosco and Bartolome (1981) 指出美國從 1850 年以來，就有計畫實施林間放牧，1977 年約有 138 萬頭牛與 128 萬頭羊，飼養於林牧綜合經營系統下。其林地載牧力經由專家核定，每頭牛每年收取租金 1.6 美元，估計每年畜產收入 1,100 萬美元，林業收入高達 72,350 萬美元，顯示畜牧生產與林業經營是不衝突且有相輔相成的效益。

反觀臺灣土地資源有限，更應加強利用此技術。由於國民所得提高，國人對於新鮮牛肉之需求量增加，而臺灣自產新鮮牛肉僅佔 5%，進口牛肉則高達 95%，因此如能利用廣大林地草生資源實施林間放牧，飼養種母牛生產犍仔牛，斷乳後運至平地以副產物肥育出售，應可增加新鮮又健康的國產牛肉的供應。本試驗乃結合林務局臺東林區管理處之造林、中興大學及林業試驗所太麻里研究中心之試驗設計及畜產試驗所臺東種畜繁殖場之肉牛放牧管理，欲建立肉牛生產及省工育林模式，期望在兼顧放牧管理效率與造林效益下，以達到綠化臺灣及利用野草生產優質畜產品之目的。

材料與方法

本試驗所使用之動物均通過行政院農業委員會畜產試驗所臺東種畜繁殖場實驗動物照護與使用小組之審核。

I. 試驗材料

(i) 造林面積：

規劃作業面積共 77 公頃，依栽植方式區分為兩大區，即試驗造林區 8 公頃，一般造林區 69 公頃。栽植密度依照全民造林計畫規範，每公頃 1,600 株。其中試驗造林區之試驗設計為完全逢機排列 (CRD)，比較不同樹種之生長及適應表現。每小區栽植包括臺東龍眼 (*Pometia pinnata*)、臺灣欒 (*Zelkova serrata*)、臺灣欒樹 (*Koelreuteria henryi* Dummer)、光蠟樹 (*Fraxinus formosana* Hayata)、青剛櫟 (*Cyclobalanopsis glauca*)、烏心石 (*Michelia compressa*)、楓香 (*Liquidambar formosana*) 及樟樹 (*Cinnamomum camphora*) 等 8 種原生樹種，每樹種栽植 200 株，樹種逢機排列帶狀栽植，每小區面積約 1 公頃，即每 1 公頃為 1 重複，共 8 重複。而一般造林區則收集 20 種臺東當地之原生闊葉樹樹種進行隨機栽植，主要目的為營造原生闊葉樹混合林及回復天然林之景觀為主。

(ii) 黃雜牛：本試驗為 8 個月內以 9 ~ 16 頭女牛 (平均年齡 1.5 ~ 2 歲) 實施 5 次電圍籬輪流放牧之結果。而每輪放牧試驗之牛隻頭數、體重及放牧天數資料如表 1。

表 1. 每輪放牧試驗之牛隻頭數、放牧天數與體重之數據分布

Table 1. The data distribution of grazing cattle head count, grazing days and initial body weight in trial per round

	First round		Second round		Third round		Fourth round		Fifth round	
	Light grazing	Heavy grazing	Light grazing	Heavy grazing	Light grazing	Heavy grazing	Light grazing	Heavy grazing	Light grazing	Heavy grazing
No. of cattle (head)	9	9	15	15	16	16	16	16	16	16
Grazing day	20	38	8	17	5	9	5	9	6	12
Initial body weight (kg)*	354 ± 74	359 ± 66	318 ± 82	318 ± 88	337 ± 80	347 ± 81	363 ± 82	374 ± 83	396 ± 88	394 ± 87

* Means ± S.D.

II. 試驗方法

(i) 放牧方式：依據陳等 (1982) 方式進行輪流放牧，試驗造林地 8 公頃分區圍成 4 區，每區 2 公頃內設禁牧區 (每個 100 平方公尺)，實施電圍籬輪流放牧，以放牧日數決定放牧強度，分輕放牧組，重放牧組及禁牧 (對照) 組，試驗期間定期磅重驅蟲，供應清淨飲水與礦鹽。最後加以計算 Cow

day 與平均增重，其中 Cow day 為結束體重乘上放牧天數，最後再除上 450 公斤，即牛隻平均成熟體重。

- (ii) 林木生長調查：每年調查試驗造林地 8 公頃中 8 種造林樹種之存活率、樹高與胸高直徑。
- (iii) 植生調查：於放牧後進行 10 個草種，包括盤固草 (*Digitaria decumbens* Stent.)、天竺 (*Panicum maximum* Jacq.)、蔓澤蘭 (*Mikania micrantha*)、野牽牛 (*Paspalum notatum*)、馬櫻丹 (*Ipomoea obscura* Ker)、長穗 (*Lantana camara* L.)、地毯草 (*Axonopus affinis*)、牽牛花 (*Oplismenus compositus*)、香澤蘭 (*Chromolaena odorata*) 及火炭母草 (*Polygonum chinense* L.) 等草種之植生調查，依劉和蘇 (1983) 方法，計算各樹種之相對密度 (某種植物之株數 / 所調查之總樣區內全部植物之株數)、相對頻度 (某植物之頻度 / 林分中所有植物頻度之總和) 與相對優勢度 (某種植物之優勢度 / 所有植物優勢度之總和)，三者相加作為重要值指數 (Importance value index, IVI)。
- (iv) 植生組成與消化率調查：於春季及夏季時採集 20 種試驗林地之整株植物依 AOAC (1984) 進行營養成分分析，並依據經李及蕭 (2007) 修飾之 Tilly and Terry 二段式消化進行試管乾物質消化率 (*in vitro* dry matter digestibility, IVDMD) 之分析。
- (v) 經濟效益分析：依任等 (1987) 方法，計算小牛收益及除草效益。其中小牛效益：假設放牧母年 20 頭，每頭 30,000 元，及假設自第 2 年起每年生小牛 16 頭，每頭可賣 20,000 元計算。除草效益：假設造林第 1 ~ 6 年林分尚未鬱閉，要加強除草撫育工作，以利林木生長，第 1 ~ 6 年間每年除草次數分別為 3、3、2、2、1 及 1 次估算。碳吸存效益：根據林國慶 (2006) 之方法進行評估。涵養水源效益：根據吳及陳 (2010) 之方法進行估算。

III. 統計分析

試驗所得資料經 SAS (2002) 統計分析行變方分析後，以鄧肯氏新多變域法測定各處理間之差異顯著性。

結果與討論

表 2 列示臺東地區原生造林林木生長調查之結果。試驗結果顯示第四年之臺東原生造林木以臺東龍眼 (*Pometia pinnata*) 之存活率最低 (20%)，而以臺灣欒 (*Zelkova serrata*) 之存活率最高 (99.4%)。四年生樹高以光蠟樹 (*Fraxinus formosana* Hayata) 最高 (409.3 cm) 而臺東龍眼 (*Pometia pinnata*) 最低 (75.9 cm)。高林木胸高直徑以楓香 (*Liquidambar formosana*) 最粗 (6.13 cm)，而以臺灣欒樹 (*Koelreuteria henryi* Dummer) 最細 (2.01 cm)。

表 2. 臺東種畜繁殖場原生造林木生長情形

Table 2. The growth of trees in original forestation of Taitung Animal Propagation Station

Species	First year	Second year			Third year			Fourth year		
	H (cm)	Survival (%)	H (cm)	DBH (cm)	Survival (%)	H (cm)	DBH (cm)	Survival (%)	H (cm)	DBH (cm)
<i>Cinnamomum camphora</i>	91.7	91.3	156.9	1.44	87.5	234.7	2.80	91.3	340.3	4.71
<i>Cyclobalanopsis glauca</i>	103.6	96.3	157.3	1.04	91.9	222.0	2.14	87.5	338.7	3.65
<i>Fraxinus formosana</i> Hayata	105.1	95.6	175.0	1.54	90.0	301.2	2.96	92.5	409.3	4.52
<i>Koelreuteria henryi</i> Dummer	62.6	86.3	100.9	1.23	78.8	135.9	1.72	83.8	189.3	2.01
<i>Liquidambar formosana</i>	118.6	91.9	194.2	1.82	91.9	312.2	3.80	93.1	431.5	6.13
<i>Michelia compressa</i>	83.6	67.5	168.8	1.46	63.8	240.2	2.82	61.3	373.1	4.52
<i>Pometia pinnata</i>	41.5	65.0	45.3	-	34.4	60.7	1.20	20.0	75.9	2.30
<i>Zelkova serrata</i>	133.9	100.0	194.2	1.11	99.4	237.3	1.64	99.4	324.4	2.62

H: Height, DBH: Diameter at chest height

表 3 列示放牧強度對樹高之影響。試驗結果顯示，臺灣欒 (*Zelkova serrata*) 之樹高以重放牧組顯著低於對照組與輕放牧組 ($P < 0.05$)。而臺灣欒樹 (*Koelreuteria henryi* Dummer) 之樹高於三處理組間具顯著差異，以重放牧組最高，輕放牧組最低 ($P < 0.05$)。輕放牧組光蠟樹 (*Fraxinus formosana* Hayata) 及楓香 (*Liquidambar formosana*) 之樹高顯著高於對照組與重放牧組 ($P < 0.05$)。而臺東龍眼 (*Pometia pinnata*) 之樹高以輕放牧組顯著高於重放牧組 ($P < 0.05$)。由此顯示，樹高會受到牛隻放牧強度而產生不同影響。

表 3. 放牧強度對林木樹高 (H, cm) 之影響

Table 3. The effect of grazing intensity on the tree height (cm)

Species	Control	Light grazing	Heavy grazing	SEM*
<i>Cinnamomum camphora</i>	409	456	448	18
<i>Cyclobalanopsis glauca</i>	381	370	383	23
<i>Fraxinus formosana</i> Hayata	482 ^b	598 ^a	424 ^b	27
<i>Koelreuteria henryi</i> Dummer	195 ^b	145 ^c	338 ^a	16.8
<i>Liquidambar formosana</i>	529 ^b	666 ^a	529 ^b	24
<i>Michelia compressa</i>	363 ^{ab}	298 ^b	421 ^a	28
<i>Pometia pinnata</i>	105 ^{ab}	135 ^a	72.5 ^b	13
<i>Zelkova serrata</i>	481 ^a	450 ^a	338 ^b	32

* Standard error of the means.

^{a, b} Means in the same row without the same superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

放牧程度對林木胸徑之影響列示於表 4。結果顯示，青剛櫟之胸徑以對照組顯著大於重放牧組 ($P < 0.05$)。臺灣欒之胸徑以重放牧組顯著小於對照組與輕放牧組 ($P < 0.05$)。光蠟樹之胸徑以輕放牧組顯著大於對照組與重放牧組 ($P < 0.05$)。臺東龍眼之胸徑以重放牧組顯著大於對照組與輕放牧組 ($P < 0.05$)。楓香之胸徑以對照組顯著小於輕放牧組與重放牧組 ($P < 0.05$)。烏心石之胸徑，以輕放牧組顯著小於重放牧組 ($P < 0.05$)，但與對照組無顯著差異。顯示放牧強度對林木胸徑也會產生不同之影響，其影響會因樹種不同而異。陳等 (1992) 指出，於低海拔實施林下造林並於 1 年生後以懷孕水牛實施林間放牧，經過兩年的放牧，對林木直徑生長量於輕、中、重放牧組及對照組間並無顯著差異，而其兩年後之林木之損害率均不超過 5%。陳等 (1982) 使用 14 ~ 16 頭荷蘭雜種牛於 6 公頃之香杉四年生造林地進行試驗，結果發現對照組 (未放牧組) 之杉木生長最差，可能是因為未除雜草，雜草覆蓋林使杉木生長受到影響，而放牧後牛糞尿回施於林地對杉木生長助益甚大，再加上以牛隻清除雜草可免雜草覆蓋之害，故林木生長良好。

表 4. 放牧強度對林木樹徑 (DBH, cm) 之影響

Table 4. The effect of grazing intensity on the diameter at chest height (cm) of trees

Species	Control	Light grazing	Heavy grazing	SEM*
<i>Cinnamomum camphora</i>	6.20	6.12	5.26	0.40
<i>Cyclobalanopsis glauca</i>	5.15 ^a	4.32 ^{ab}	3.93 ^b	0.36
<i>Fraxinus formosana</i> Hayata	4.74 ^b	6.63 ^a	3.45 ^b	0.50
<i>Koelreuteria henryi</i> Dummer	2.24	1.84	2.69	0.27
<i>Liquidambar formosana</i>	6.34 ^b	8.89 ^a	8.35 ^a	0.41
<i>Michelia compressa</i>	3.69 ^{ab}	2.85 ^b	4.08 ^a	0.33
<i>Pometia pinnata</i>	2.89 ^b	3.02 ^b	4.08 ^a	0.33
<i>Zelkova serrata</i>	5.43 ^a	4.33 ^a	2.79 ^b	0.49

* Standard error of the means.

^{a, b} Means in the same row without the same superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

放牧強度對不同草種之重要值指數結果列示於表 5。其重要值指數為了解各類植物於該林型或林分中相對重要性，且兼顧密度、頻度及優勢度之綜合特性 (劉和蘇, 1983)，重要值指數也可代表某植物在植物社會中之優勢地位。試驗結果顯示，重度放牧對盤固草 (*Digitaria decumbens* Stent.) 之重要值顯著高於對照組與輕放牧組 ($P < 0.05$)。而天竺草 (*Panicum maximum* Jacq.) 之重要值於三處理組間具顯著差異，以重放牧組最低，輕放牧組最高 ($P < 0.05$)。輕放牧與重放牧對蔓澤蘭之重要值顯著低於對照組。其餘草種之重要值皆未受放牧強度而產生顯著影響。本試驗結果與陳等 (1992) 之研究結果相似。由放牧後植物物種組成之重要值變化，可以看出牛隻放牧採食的喜好與採食的機率有密切關係。也就是往往採食以優勢之植物為主，放牧造成優勢植物之減少，增加其他植物的生存機會。其中盤固草與天竺草不管是輕放牧或重放牧組，其重要值指數於放牧後均有增加之趨勢，可能與其生長形式及繁殖能力有關。顯示放牧對牛隻生長及林木生長皆有正面之影響。

表 5. 放牧強度對不同草種重要值之影響

Table 5. The effect of grazing intensity on the importance value index of different grass

Species	Control	Light grazing	Heavy grazing	SEM*
<i>Axonopus affinis</i>	4.28	2.71	3.68	0.75
<i>Chromolaena odorata</i>	2.53	2.71	3.48	0.75
<i>Digitaria decumbens</i> Stent.	17.0 ^b	19.6 ^b	28.2 ^a	1.28
<i>Ipomoea obscura</i> Ker	15.3	14.9	10.2	1.63
<i>Lantana camara</i> L.	7.05	7.40	7.61	1.35
<i>Mikania micrantha</i>	33.9 ^a	18.5 ^b	14.9 ^b	2.67
<i>Oplismenus compositus</i>	11.6	12.0	9.18	0.75
<i>Panicum maximum</i> Jacq.	33.6 ^b	46.2 ^a	21.2 ^c	2.44
<i>Paspalum notatum</i>	8.64	17.4	6.95	3.00
<i>Polygonum chinense</i> L.	4.02	3.22	2.34	0.97

* Standard error of the means.

^{a, b} Means in the same row without the same superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

試驗林地 20 種之植物營養成分分析與體外測定消化率分析結果列示於表 6。試驗結果顯示，粗蛋白質含量以盤固草、天竺草、地毯草、三角葉西番蓮 (*Passiflora suberosa*)、小花蔓澤蘭、桑樹 (*Morus alba* Linn.) 與賜米草 (*Sida rhombifolia*) 於春季的含量顯著 ($P < 0.05$) 較夏季高，而夏季之天竺草、信號草 (*Brachiaria brizantha*)、白茅草 (*Imperata cylindrica*)、三角葉西番蓮、小花蔓澤蘭及山鹽青 (*Sida rhombifolia*) 之 NDF 與 ADF 含量顯著 ($P < 0.05$) 較春季高，進而影響到體外測定消化率。顯示放牧地具有提供多種牛隻可採食之植物種類，但體外消化率會因不同季節其所含化學成分不同，而有明顯之差異。雖林間草相資源豐富，但牛隻對於植被的影響仍須長期進行觀察。

表 7 列示輕、重放牧對牛隻增重之影響。試驗結果顯示，10 個月內以 9 ~ 16 頭女牛實施 5 次電圍籬輪流放牧，每公頃放牧總天數以重放牧組顯著較輕放牧組高，而重放牧組之每公頃載牧力也顯著較輕放牧組高。於放牧牛隻增重方面，重放牧組每公頃總增重顯著高於輕放牧組 ($P < 0.05$)，而平均每頭日增重較低，兩組分別為 0.66 及 0.78 kg。陳等 (1982) 利用 14 ~ 16 頭荷蘭雜種牛於 6 公頃之香杉造林地進行放牧試驗，依放牧強度分輕、中、重放牧組，其平均每頭日增重為 0.61、0.48、及 0.45 kg，其結果與本試驗之重放牧組的平均日增重最輕之結果一致。

表 8 列示林間放牧六年間之分年投資與經濟效益評估，每年投資包括母牛與圍籬、飲水、放牧工資等需要 2,400,000 元，其中母牛成本每年 20 頭，每頭 30,000 元，共支出 600,000 元，而圍籬、飲水與放牧工資等費用共需要 1,800,000 元。六年之經濟效益包括小牛效益 (1,600,000 元)、碳吸收效益 (279,444 元)、水源涵養效益 (6,673,968 元) 及節省除草效益 (9,072,000 元) 等，六年所得總效益為 11,842,733 元。任等 (1987) 指出，以牛隻生產的部份來看，其收益不高，獲利不易，但是將節省林地除草費用一併計算，則有相當的

獲利性。陳等 (1992) 針對林間放牧對省工育林作經濟分析，發現對照組之除草費用為放牧組之 3 倍差異，此結果與 Pearson (1979) 及 Kosco and Bartolome (1981) 報告指出多目標的森林經營中，實施林間放牧可以增加收益之結果相同。

表 6. 試驗林地植物於春、夏季之營養成分 (%) 及體外測定消化率 (%)

Table 6. Nutrients contents (%) and in vitro dry matter digestibility (%) of plants in the experimental areas during spring and summer

Species	Season	IVDMD ¹	CP	N	NDF	ADF	ADL
<i>Axonopus affinis</i>	Spring	51.3*	14.5*	2.3	63.8*	33.2	9.1
	Summer	56.0	10.7	1.7	65.8	34.9	10.2
<i>Bidens pilosa</i>	Spring	59.4*	13.4	2.1	41.1	27.9	7.0*
	Summer	55.2	12.7	2.0	42.7	28.8	9.1
<i>Brachiaria brizantha</i>	Spring	57.6*	7.3	1.2	64.2*	35.9*	6.7
	Summer	54.0	5.1	0.8	69.1	39.5	7.9
<i>Centrosma pubescens</i>	Spring	48.5	16.3	2.6	58.4	37.8	12.6
	Summer	48.4	15.5	2.5	58.6	38.4	11.9
<i>Digitaria decumbens</i>	Spring	66.1*	11.1*	1.8	62.4	35.9*	6.6
	Summer	54.6	6.4	1.0	65.3	37.0	6.6
<i>Imperata cylindrica</i>	Spring	50.2*	6.9	1.1	74.5*	41.9*	7.0
	Summer	38.5	5.4	0.9	76.6	43.3	7.6
<i>Lygodium japonicum</i>	Spring	22.8	8.7	1.4	62.3	49.7	23.7
	Summer	23.8	8.6	1.4	64.0	48.6	23.3
<i>Macroptilium atropurpureum</i>	Spring	54.1*	14.7	2.4	51.9	36.1*	9.6
	Summer	62.1	15.6	2.5	49.0	32.3	8.5
<i>Mikania micrantha</i>	Spring	64.2*	19.2*	3.1	39.3*	26.8*	10.4
	Summer	55.1	13.7	2.2	43.3	31.5	10.7
<i>Miscanthus floridulus</i>	Spring	30.3*	6.4	1.0	74.5	43.0	9.5
	Summer	65.0	5.3	0.8	73.7	41.1	8.9
<i>Morus alba</i> Linn.	Spring	68.4*	20.2*	3.2	36.7*	23.7*	6.9*
	Summer	77.7	15.6	2.5	33.9	16.6	4.7
<i>Panicum maximum</i>	Spring	62.0	12.9*	2.1	62.3*	35.1*	6.4
	Summer	59.9	8.7	1.4	68.5	39.0	8.1
<i>Passiflora suberosa</i>	Spring	67.8*	18.2*	2.9	39.2*	29.2*	8.6
	Summer	62.6	15.6	2.5	45.4	34.7	10.4
<i>Pharbitis nil</i>	Spring	69.6*	13.8	2.2	46.4*	28.4	6.8
	Summer	59.9	13.4	2.1	43.7	27.9	7.5
<i>Polygonum chinense</i>	Spring	53.1*	12.4	2.0	50.0	36.9	16.6*
	Summer	21.5	11.2	1.8	49.4	38.1	19.5
<i>Pueraria montanus</i>	Spring	51.0	14.0	2.2	54.6	36.1	11.3
	Summer	58.7	16.2	2.6	54.3	37.5	10.2
<i>Rhus javanic</i>	Spring	39.8*	14.8*	2.4	39.3*	23.9*	10.4*
	Summer	33.4	10.8	1.7	42.5	26.1	12.8
<i>Trema orientalis</i>	Spring	40.4*	11.9*	1.9	42.9*	31.5*	12.2*
	Summer	65.3	17.8	2.8	37.8	25.1	8.8
<i>Setaria palmifolia</i>	Spring	62.9	11.3	1.8	67.8	34.9	5.6
	Summer	57.5	11.6	1.9	66.7	34.4	6.8
<i>Sida rhombifolia</i>	Spring	59.5*	12.2	1.9	50.2*	32.5*	8.2
	Summer	65.9	13.4	2.1	53.9	28.9	6.3

¹IVDMD: in vitro dry matter digestibility. CP: crude parotein. N: nitrogen. NDF: neutral detergent fiber. ADF: acid detergent fiber. ADL: acid detergent lignin.

*The significant difference between spring and summer ($p < 0.05$).

本試驗亦顯示利用牛的口器當除草工具，可以節省造林地撫育費用，達到省工育林之目的。實施林間放牧，經由適當管理規劃，利用牛隻啃食野草的習性可以達到抑制雜草之目的。再者，牛隻進行林間放牧還可以生產有機牛肉（陳等，2010a；2010b）。林間放牧養牛是一種不污染環境、不破壞生態，並能提供消費者健康與安全牛肉的生產方式。

表 7. 放牧強度對牛隻增重及可供放牧天數之影響

Table 7. The effect of grazing intensity on weight gain and grazing days of cattle

Item	Light grazing	Heavy grazing	SEM*
Grazing head	9 ~ 16	9 ~ 16	
Grazing days/ha	8.8	17.0	4.34
Cow day/ha	23.0 ^b	43.6 ^a	5.89
Total weight gain, kg/ha	110.8 ^b	125.8 ^a	6.26
Average daily gain, kg/head	0.782	0.663	0.11

*Standard error of the means. Cow day = Grazing day * final body weight / 450.

^{a, b} Means in the same row without the same superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

表 8. 林間放牧六年間之分年經濟效益、經濟成本現金流量表

Table 8. The economic benefits and economic costs of the cash flow statement per year of afforesting by grazing for six years

Year	Economic costs*			Economic benefits				
	Cow	The cost fences, water, and grazing workers	Subtotal	Calf income	Carbon sequestration	Water resource nourishment	Weed control	Subtotal
1st	600,000	550,000	1,150,000	0	36,364	1,112,328	2,268,000	3,550,025
2nd	0	250,000	250,000	320,000	37,314	1,112,328	2,268,000	3,874,458
3th	0	250,000	250,000	320,000	52,154	1,112,328	1,512,000	3,187,713
4th	0	250,000	250,000	320,000	52,154	1,112,328	1,512,000	3,187,713
5th	0	250,000	250,000	320,000	52,154	1,112,328	756,000	2,431,713
6th	0	250,000	250,000	320,000	49,304	1,112,328	756,000	2,418,412
			2,400,000					18,650,034

*Currency value of NT\$.

結論與建議

牛隻利用造林地林下野草放牧的管理模式，可降低架子牛生產成本，增加造林地或牛農收益。以牛隻口器與蹄耕方式可達到省工育林之目的，可節省造林地撫育費用，同時結合生態、生產之造林方式，可以防止森林火災、減少污染。進而可以生產無污染之牛肉，達到綠化臺灣及生產健康牛肉之目的。但因牛隻採取放牧方式飼養，主要以採食青草為主而缺少高能量穀物供肥育，加上運動量相當足夠，使得所含之脂肪含量較少，間接影響其肉質的口感、風味等食用品質特性，因此未來需要研究提升有機牛肉品質，達到品牌化水準的商品化產品。

參考文獻

- 任憶安、陳永修、陳坤照。1987。臺灣林間放牧在經濟上可行性之分析。林業試驗研究報告季刊 2(3)：211-215。
- 行政院農業委員會。2010。農業統計年報。臺北：行政院農業委員會。
- 林國慶。2006。臺糖平地景觀效益之評估，行政院農業委員會林務局委託研究計畫系列。http://www.forest.gov.tw/content.asp?mp=1&CuItem=24351
- 李春芳、蕭宗法。2007。反芻動物飼料試管乾物質消化率 (IVDMD) 方法之修改。畜產研究，40(1)：59-65。
- 吳俊賢、陳溢宏。2010。綠色造林對水源涵養之效益評估。林業研究專訊 17(6)：56-59。
- 陳坤照、許登造、吳瑤階、楊吉雄。1982。林間放牧試驗。畜產研究 15(1)：17-22。
- 陳坤照、廖天賜、李基山、方榮坤、陳永修。1992。林間放牧對幼齡林之影響。畜產研究 25(2)：189-197。
- 陳坤照、張溪泉、張俊達。2010a。臺東有機牛肉驗證三部曲。畜產報導 121：35-36。
- 陳坤照、張溪泉、張俊達。2010b。臺東有機牛肉成果發表會。畜產報導 122：36-37。
- 劉棠瑞、蘇鴻傑。1983。森林植物生態學。臺灣商務印書館。
- A.O.A.C. 1984. Official of Analysis of the Association of Official Methods Analytical Chemist. 14 ed. Washington DC.
- Kosco, B. H. and J. W. Bartolome. 1981. Forest grazing：past and future. J. Range Management. 34(3): 320-322.
- Pearson, H. A. 1979. Range opportunities in the south. J. Rangelands. 1(5): 179-181.
- SAS. 2002. SAS User,s Guide: Statistics, SAS inst. Inc., Cary, NC.

Effect of forest grazing on cattle growth and plantation species⁽¹⁾

Kuen-Jaw Chen⁽²⁾ Cheng-Yung Lin⁽³⁾ Shi-Chuan Chang⁽²⁾ Tzu-Rung Li⁽⁴⁾
Jiunn-Cheng Lin⁽⁵⁾ Tien-Szu Liao⁽⁶⁾ Pin Chang⁽⁷⁾ Yung-Hsiu Chen⁽⁸⁾
Chin-Shien Wu⁽⁵⁾ Chao-Hsien Hsieh⁽⁹⁾ Churng-Faung Li⁽¹⁰⁾ Ling-Tsai Wu⁽¹¹⁾
Hsieh-Pin Chu⁽²⁾ and Chun-Ta Chang⁽⁹⁾⁽¹²⁾

Received: Jun. 30, 2012; Accepted: Dec. 5, 2013

Abstract

The purpose of these serial studies were to afforest our land and produce good quality beef simultaneously by forest grazing. In an 8-hectare afforestation area, nine to 16 head of Yellow hybrid beef heifers were grazed rotationally in five rounds by electric fencing. Grazing intensity treatments were decided by the grazing days and set to no grazing, light grazing or heavy grazing. During the 4-yr experimental period, the growth of eight original forestation trees, the body weigh gain of heifers, and the predominance of 10 main grasses were recorded. Samples of 20 plants in the forestation area were collected at both spring and summer seasons for analyzing their compositions and digestibility. Finally, a 6-yr ecological analysis was applied to evaluate the economic benefit of forest grazing system. After 4-yr growth without grazing, tree *Zelkova serrata* had the highest survival rate (99.4%). *Fraxinus formosana* Hayata grew the highest (409.3 cm). *Pometia pinnata* has the lowest survival rate (20%) and also the shortest (75.9 cm). Heavy grazing significantly suppressed the height and stem diameter of *Zelkova serrata*, but the heights of *Fraxinus formosana* Hayata and *Liquidambar formosana* were higher in heavy grazing treatment. Heavy grazing also significantly stimulated the predominance of *Digitaria decumbens* Stent. and both grazing treatments decreased the predominance of *Mikania micrantha*. Nutrition values of plants in the forestation area were diverse and rich. Crude protein was ranged from 5.9 to 17.9%, neutral detergent fiber from 33.7 to 74.1%, acid detergent fiber from 20.1 to 49.1% and *in vitro* dry matter digestibility from 21.5 to 77.7%. With heavy grazing, the total body weight gain of heifers per hectare was higher than that in light grazing system. However, the daily body weight gain per heifer was as low as 0.66 kg by heavy graying whereas 0.78 kg by light graying. Benefit from forest grazing included the calf production, carbon sequestration, water resource nourishment and weed control, etc. The estimation of a 6-yr crude profit was around 18,650,034 NT\$. It is concluded that forest grazing can save the investment in the afforestation and is a low-cost and healthy beef production system.

Key words: Beef cattle, Forest grazing, Plantations.

(1) Contribution No. 2067 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Taitung Animal Propagation Station, COA-LRI, Taitung 954, R.O.C.

(3) Kaohsiung Animal Propagation Station, COA-LRI, Pintung R.O.C.

(4) Forage Crops Division, COA-LRI, Hsinhua, Tainan 712, R.O.C.

(5) Forestry Economics Division, COA-FRI, Taipei 100, R.O.C.

(6) Department of Forestry, National Chung Hsing University, Taichung 402, R.O.C.

(7) Hualien forest district office, COA-FB, Hualien 970, R.O.C.

(8) Liouguei Research Center, COA-FRI, Kaohsiung 844, R.O.C.

(9) Animal Industry division, COA-LRI, Hsinhua, Tainan 712, R.O.C.

(10) Animal Nutrition Division, COA-LRI, Hsinhua, Tainan 712, R.O.C.

(11) Hsin-Chu Branch, COA-LRI, Hsin-Chu, Taiwan 368, R.O.C.

(12) Corresponding author, E-mail: ctchang@mail.tlri.gov.tw.