

利用無線射頻辨識系統及飼料槽自動磅秤系統進行 肉羊精準生產之研究⁽¹⁾

楊深玄⁽²⁾ 王勝德⁽³⁾ 洪偉堅⁽⁴⁾ 蘇安國⁽⁵⁾⁽⁶⁾

收件日期：99 年 3 月 14 日；接受日期：100 年 4 月 25 日

摘 要

本研究使用 18 頭離乳仔羊，依性別分為兩群並分置於高床羊欄中，每頭羊隻之胸口均懸掛超高頻 (UHF) 之無線射頻辨識 (RFID) 胸標。各羊欄分置一套 RFID 磅秤系統及兩組飼料槽自動磅秤系統，可分別監控及記錄羊隻體重、每日羊隻精料及草料採食量，並即時將資料回傳至伺服器內，以進行 RFID 結合磅秤系統應用於羊隻精準生產之研究。結果顯示，所設計之飼料槽自動磅秤系統，每 5 分鐘可回傳槽內之精料或草料重量至伺服器內，藉由電腦除錯程式刪除無意義之資料後，將羊隻每日累積採食量以曲線方式呈現，同時計算各欄羊隻之每週飼料乾物質總採食量。在收集羊隻體重方面，本試驗開發出利用 RFID 磅秤與飲水設施之結合系統，可在羊隻飲水時進行自動秤重，並回傳體重數據至伺服器內，同樣在刪除無意義之資料後，可顯示各欄羊隻之每週體重加總數據，並以每週體重變化及每週飼料乾物質總採食量計算出各欄羊隻之乾物質飼料換肉率。本試驗證實所研發之精準生產模式，可精準的記錄羊隻生長資料及採食行為，並可將評估所得之飼養效益呈現於電腦螢幕上，協助羊農進行羊隻生產管理決策。

關鍵詞：飼料槽自動磅秤系統、肉羊生產、無線射頻辨識系統。

緒 言

無線射頻辨識技術 (radio frequency identification, RFID) 源起於第一次世界大戰 (Dobkin, 2008)。近年來，隨著無線電波接收功率之增強、無線電波辨識技術之精進、標籤 (tag) 內資料儲存位元擴增與標籤價格持續緩降，RFID 可利用的範圍可謂無遠弗屆。由於 RFID 標籤具有貯存資料之空間與多次讀取之功能，故能貯存產品品項及製造等相關資料，並可經由掃描器 (scanner) 或讀取器 (reader) 不斷之運作，將資料重複且精確呈現出來 (Chao *et al.*, 2007)；近年來，工商業者已使用 RFID 於倉儲或物料之管理。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 1687 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所恆春分所。

(3) 行政院農業委員會畜產試驗所彰化種畜繁殖場。

(4) 詠馳企業股份有限公司。

(5) 行政院農業委員會畜產試驗所花蓮種畜繁殖場。

(6) 通訊作者，E-mail: aksu@mail.tlri.gov.tw。

家畜飼養與管理耗時且繁瑣，如何將自動化飼養管理導入生產流程，建立更能兼顧精準管控成本或疫病追蹤管控之創新畜禽生產模式，一直是研究人員奮鬥的目標。Schwartzkopf-Genswein *et al.* (1999) 使用 RFID 調查肥育牛採食行為時發現，牛隻接近飼料槽、採食行為及採食時間，雖與攝影判讀有差異，然接近飼料槽之頻率及採食行為間之迴歸係數卻很高 ($R^2=0.96$)。Pires (2002) 指出當牧場動物導入 RFID 系統並與電腦結合運用可顯著提升管理成效。特別是動物頭數較多或非集約式飼養之牧場，動物 RFID 標籤與電腦管理系統之整合，可避免人為管理動物資料之錯誤、減少錯誤決策之形成及降低管理人力之成本，進而建構畜禽健康管理模式 (Samad *et al.*, 2010)。Chapinal *et al.* (2007) 研究以天線接收乳牛身上懸掛之被動式反應器，以控制其採食及飲水時發現，此電子設備並不會影響乳牛採食及飲水量，反而可監控其採食量與飲水量，對開放式牛舍之管理有正面貢獻。Voulodimos *et al.* (2010) 在研究 RFID 之動物管理平台時亦發現，利用 RFID 管理動物可減少不正常動物保險之給付，對於畜牧生產者、服務獸醫師、保險公司及政府動物福利部門，均有感受到正向之經濟影響層面。

近年來，隨著全球大宗物資及穀物價格飆漲，飼養肉羊的飼料成本已遽增近 50%，為了降低飼養成本，肉羊畜產品精準生產的概念也隨之而生。「精準生產概念」係指肉羊從出生至上市屠宰各階段之生長狀況、營養供應、肥育日數及生產費用等訊息，均可被飼養者所預估及控制。然而實施肉羊精準生產時，必須要建構一個有效率的羊群管理及即時監控系統，方可進行後續的生長及經濟效益評估，藉以加速淘汰無經濟效益之內羊，讓業者維持產業競爭力。因此本試驗擬導入 RFID 技術於羊群管理，並結合羊隻自動磅重與自動秤料等系統，逐日將採食量及體重回傳至伺服器內，以便精準評估肉羊之採食行為、採食量及增重。期望建立肉羊 RFID 管理技術平台，一方面可達到牧場紀錄簡易化與無紙化之目標，另一方面可開創新的畜禽 RFID 管理模式，提供電子業界及畜牧生產業者結合互利之參考舉證。

材料與方法

I. 試驗材料：肉羊群、RFID 自動磅秤系統、薄型與厚型 RFID 胸標、飼料槽自動磅秤系統。

II. 試驗方法：

- (i) 本分所約 4 月齡之波爾 (Boer) 山羊 18 頭，依性別分為兩群分置於高床羊欄中。
- (ii) 各羊欄中設置兩個飼料槽自動磅秤系統（如圖 1 中之 3），以分別放置精料與草料。另於每欄各置一個 RFID 自動磅秤系統，內含供水設施與 RFID 感應天線（如圖 1 中之 1 與 2）。
- (iii) 每頭仔羊之胸前均懸掛被動式超高頻 (UHF) 之 RFID 標籤，其頻率為 860-960 MHz，容量為 96 bit，胸標之長、寬、厚度分別為 65 mm x 45 mm x 2 mm（薄型）及 65 mm x 45 mm x 8 mm（厚型），做為個別羊隻身份辨識之用。
- (iv) 精料於每日上午 8:30 及下午 3:30 分兩次供應，草料則僅在早上 8:30 一次放足其每日估算量，飼料供應量係依試驗羊隻之體重百分比估算其每日乾物質採食量後供應，日糧精粗料比為 5:5。設定之飼料槽自動磅秤系統每 5 分鐘回傳所秤得之槽內飼料重，數據經電腦除錯程式篩選後，取得有意義之累積飼料採食量，分別依時間軸及精料或草料累積採食量，畫出肉羊每日累積飼料採食量曲線圖。
- (v) 羊隻體重資料之取得，係當其進入 RFID 自動磅秤系統內飲水時，RFID 感應天線截獲羊隻懸掛於胸前之 RFID 標籤內資料，觸發地磅秤取羊隻體重，並將體重資料貯存於 RFID 地磅之暫存區內。俟羊隻完成飲水行為且退出 RFID 地磅時，除可目測 RFID 地磅之顯示器會呈現體重值迅速遞減之數據變化外，系統會在羊隻體重數遽降至一定值時，即時將貯存於 RFID 地磅暫存區之該筆羊隻體重回傳至伺服器資料庫內。數據經電腦除錯程式篩選後，取得所有羊隻個體之體重

資料，並以整欄為單位將體重加總表示。

- (vi) 試驗期間截取每週五之錄影紀錄，計算羊隻之採食行為、採食時間與系統呈現之採食曲線相互對照。
- (vii) 以每週為單位計算羊隻之增重及乾物質飼料換肉率。
- (viii) RFID 自動磅秤系統、飼料槽自動磅秤系統與伺服器間之資料採無線網路方式傳輸，其傳輸規格為 IEEE 802.11 a/b/g，戶外型基地台（NWA3550，合勤公司，台灣）支援 2 支 N-Type 外接天線，訊號涵蓋範圍為室內約 80 公尺，室外約達 200 公尺（以 2 dBi /11a 天線為參考基準）。

結果與討論

I . RFID 電子胸標之精確性及穩定性

選擇 18 頭恆春分所山羊進行羊隻 RFID 電子胸標之精確性及穩定性調查，結果顯示（表 1），薄型 RFID 電子胸標之判讀精確率尚有進步空間，此可能與電子胸標接觸羊隻身體較近，較無法將其所貯存之資料完全反射回接收器之範圍內所致，因此讀取之精確性及穩定性均較厚型 RFID 電子胸標為差。反

表1. 厚、薄兩種RFID電子胸標之精確性、穩定性及有效距離

Table 1. Investigation the function of thick or thin RFID chest tag on goat identification

| Items | Type of RFID chest tag | |
|----------------------------|------------------------|-------|
| | Thick | Thin |
| Head of kid | 18 | 18 |
| RFID accuracy detected, % | 100 | 80 |
| RFID stability detected, % | 100 | 85 |
| RFID reading distance, cm | 50 | 25-35 |

觀厚型 RFID 電子胸標因與羊隻身體尚有 6 mm 之塑膠片厚度相互隔離，因此所送出之波頻較不易受羊隻毛、皮、血、肉等組織干擾而遞減，故讀取之精確性及穩定性均可達到 100%（表 1）。在兩種電子胸標之有效判讀距離方面，同樣也因羊隻毛、皮、血、肉之干擾因素，致使差距可達 15 cm 左右。

II . 羊隻精準生產模式之建立

羊隻精準生產模式之建立，係將羊舍之傳統式飼料槽改建為具有自動秤重功能之飼料槽系統。由於羊隻飼糧分別來自精料與草料，故設計每欄羊舍各有兩個具備自動秤重功能之飼料槽系統，分別裝載精料與草料，並設計可每 5 分鐘自動秤取槽內之精料或粗料數據，再經由無線傳輸自 2 公里外傳回設於研究大樓之伺服器內（如圖 1）。由於飼槽內精料或草料量會受到羊隻採食行為之影響而產生無意義之資料，本試驗另行開發電腦除錯程式，用以自動判別回傳之數據資料並將無意義者刪除。批次資料經電腦除錯程式篩檢後，再將有意義之數據以曲線之方式呈現累積採食量並顯示於螢幕上（如圖 2），同時可由累積採食量曲線圖判讀羊隻之採食行為。（圖 2）顯示羊隻對精料之採食速度相當快，無論是上午或下午放入飼槽中之精料約可在 5-15 分鐘內被搶食一空。故餵飼羊隻精料時，考慮其採食模式與搶食行為，建議應限定給予量並應均勻分散，以避免強者因搶食過多精料造成瘤胃過酸而死亡。此外由本系統搭配

設計之監視器亦可監測所有羊隻之採食行為，可在羊隻未至飼槽攝食精料而能即時研判其可能原因，通知獸醫師診治。在羊隻對於草料之採食速度方面，則似乎呈現緩慢增加之趨勢（如圖 3），由草料之累積採食曲線中發現，羊隻在有照明設備情況下於晚間 10 時左右會吃完近 85% 之草料，所剩之部份則會在午夜至凌晨時段全部採食完畢。由本試驗獲致之採食行為顯示，在飼養圈飼山羊時所供應之草料量可

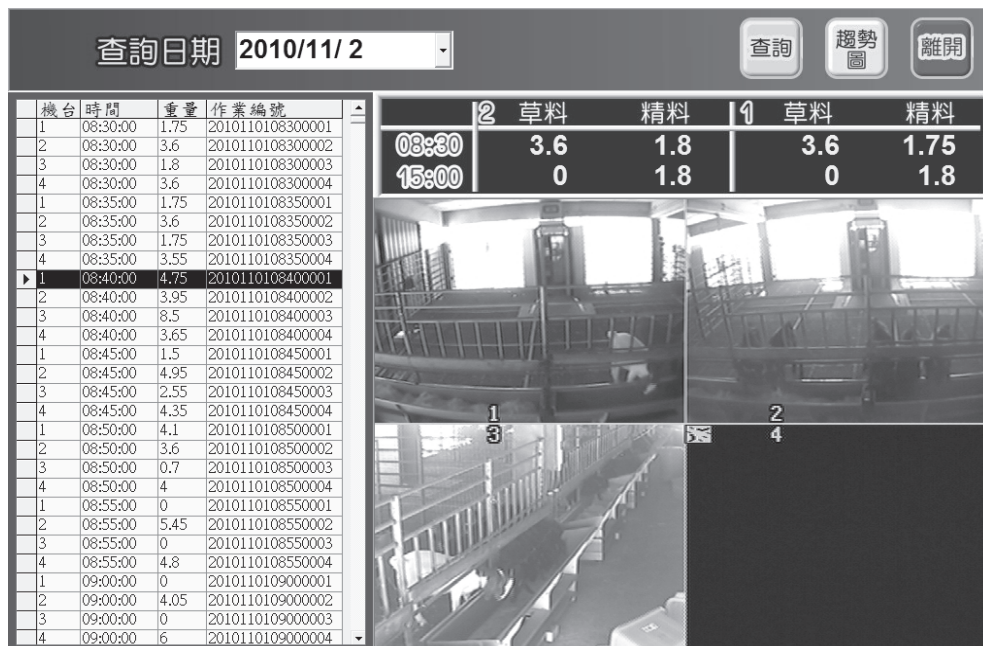


圖 1. 飼槽自動磅秤系統每 5 分鐘回傳剩餘飼料量至伺服器。

Fig. 1. The surplus feedstuff data were transmitted back to server for every 5 minutes.

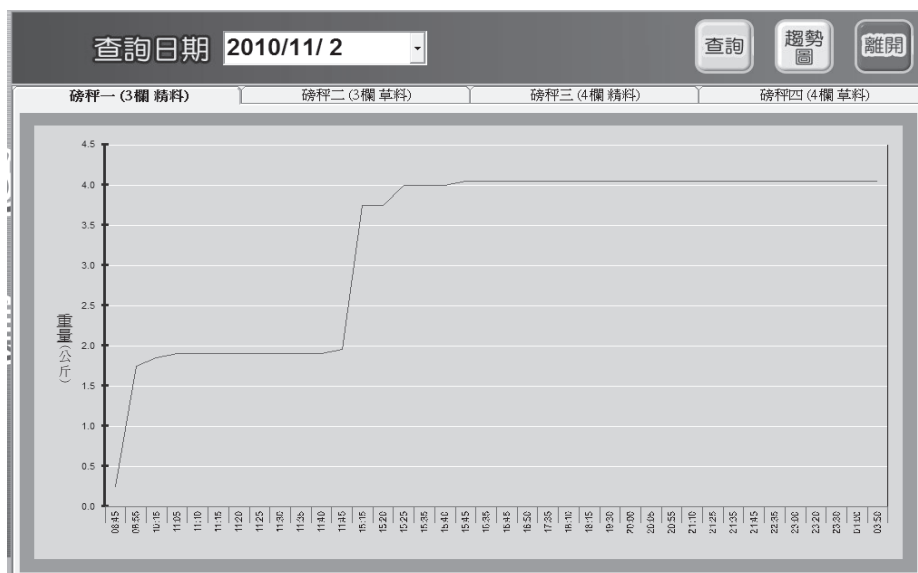


圖 2. 試驗羊隻之精料累積採食曲線。

Fig. 2. The curve of accumulation of concentrate for the experimental goat.

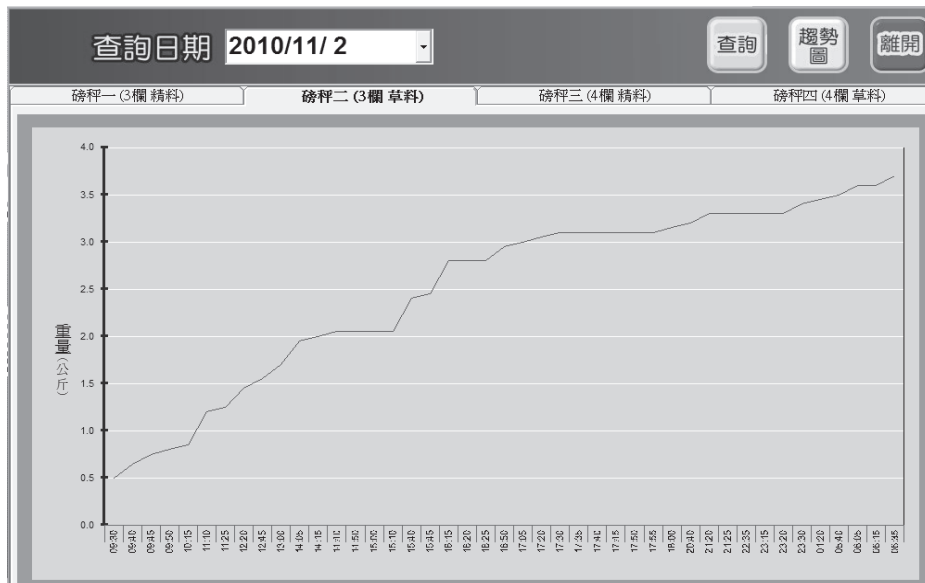


圖 3. 試驗羊隻之草料累積採食曲線。

Fig. 3. The curve of accumulation of forage for the experimental goat.

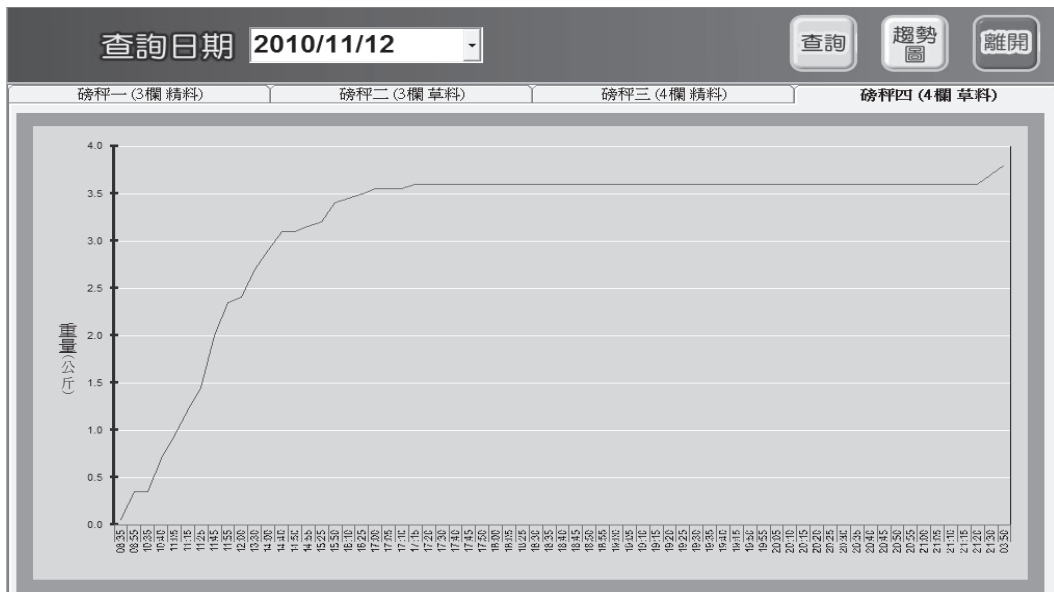


圖 4. 試驗羊隻對於草料供應不足之累積採食曲線。

Fig. 4. The curve of accumulation of understapplied forage for the experimental goat.

較計算值再增加 5-10%，以滿足午夜至凌晨時段有饑餓感羊隻之所需。本試驗並探討當草料供應較為不足之羊隻採食曲線如圖 4 所示，此時建議管理者應即時增加草料之供應量。

本試驗設計羊隻體重資料之收集，係於 RFID 自動磅秤系統中內建飲水設施，當羊隻飲水時 RFID 自動磅秤系統即辨識其身上配掛之 RFID 胸標，同時進行羊隻體重資料之截取，並即時將數據經由無線傳輸系統回傳至 2 公里外之伺服器內（如圖 5），該批數據經電腦除錯程式篩選後，取得有意義之羊隻體重資料，以欄為單位將所有羊隻每日之體重加總。系統復以週為單位呈現各欄羊隻之每週增重、每週乾物質採食量及每週乾物質飼料換肉率（如圖 6）。本試驗證實羊隻之生長性狀與採食行為，均可藉由 RFID 自動磅秤系統及飼料槽自動磅秤系統精準且詳實的記錄，並透過客製化軟體的開發，將獲得之數據

| 查詢日期 2010/11/5 | | | 查詢 | 離開 |
|----------------|------------------|----|---------------------|------|
| 欄 | RFID | 筆數 | 日期時間 | 過磅重量 |
| 1 | 0000000000105001 | 6 | 2010-11-05 11:07:49 | 24.0 |
| 1 | 0000000000105002 | 14 | 2010-11-05 15:30:13 | 24.0 |
| 1 | 0000000000105006 | 7 | 2010-11-05 15:52:07 | 24.0 |
| 1 | 0000000000105007 | 6 | 2010-11-05 17:19:24 | 24.0 |
| 1 | 0000000000105008 | 7 | 2010-11-05 11:02:10 | 24.1 |
| 1 | 0000000000105011 | 6 | 2010-11-05 01:03:32 | 24.2 |
| 1 | 0000000000105015 | 8 | 2010-11-05 09:23:55 | 24.2 |
| 1 | 0000000000105015 | 8 | 2010-11-05 11:13:47 | 24.3 |
| 1 | 0000000000105027 | 11 | 2010-11-05 10:40:15 | 24.4 |
| 1 | 0000000000105308 | 5 | 2010-11-05 09:16:57 | 24.5 |
| 2 | 0000000000105300 | 6 | 2010-11-05 16:20:44 | 24.5 |
| 2 | 0000000000105302 | 5 | | |
| 2 | 0000000000105309 | 7 | | |
| 2 | 0000000000105315 | 4 | | |
| 2 | 0000000000105316 | 3 | | |
| 2 | 0000000000105324 | 3 | | |
| 2 | 0000000000105325 | 3 | | |
| 2 | 0000000000105326 | 5 | | |
| 2 | 0000000000105330 | 1 | | |

圖 5. 羊隻飲水時自動秤得之體重回傳至伺服器。

Fig. 5. The body weight data are transmitted server when goats are drinking water.

轉換為羊農易懂的報表或圖示，羊農可依此模式推估羊隻之飼養成本，並進一步評估其經濟效益，作出最佳之管理決策以提高產業競爭力。

表 2 列示公、母波爾山羊之平均日增重分別為 0.15 ± 0.10 及 $0.10 \pm 0.08\text{kg}$ ，乾物質採食量分別為 0.92 及 0.85 kg/頭，乾基之飼料轉換率分別為 6.13 及 8.5，每公斤之增重成本分別為 82.8 及 114.8 元（表 2）。蘇等（2010）探討 2005 至 2008 年之波爾雜交山羊生長性能，結果顯示 3 月齡羊隻之平均日增重介於 0.117 至 0.167 kg，年度間具有顯著 ($P < 0.05$) 差異存在。本試驗利用無線射頻辨識系統及飼料槽自動磅秤系統進行肉羊精準生產之研究，所得之 3.5 月齡波爾山羊平均日增重數值亦介於蘇等（2010）所報結果，顯示本系統初步之開發結果具有精確性。

結論與建議

電腦科技日新月異的進步，已顯著地影響人類的生活，惟進步的電腦科技目前多僅使用於工商業的活動上。利用電腦科技進行農業生產或管理作業，綜觀全球尚屬鳳毛麟角，本研究首開羊隻精準生產之

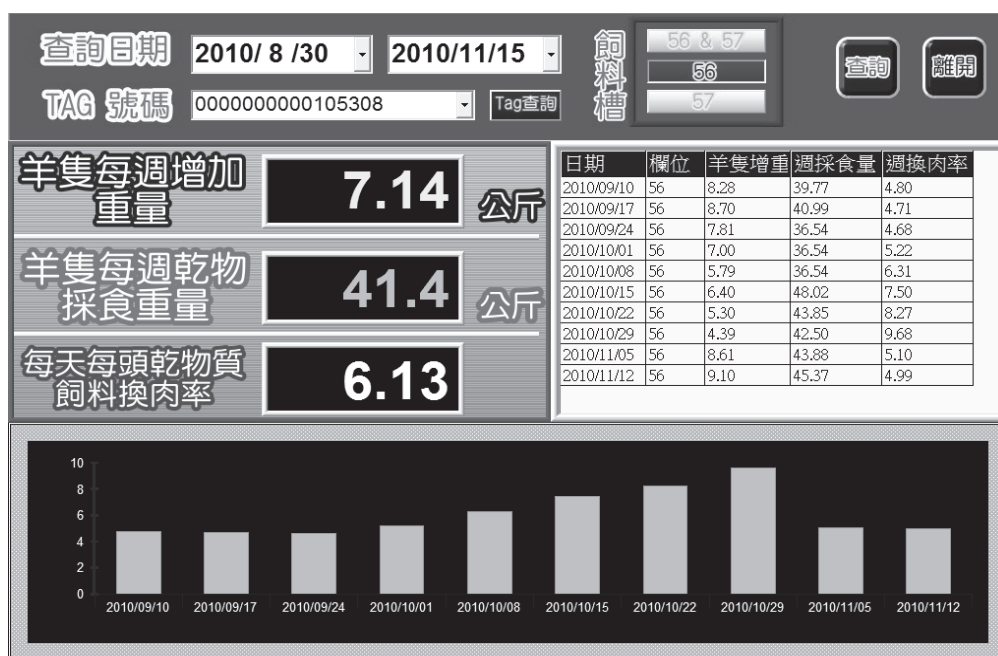


圖 6. 精準生產之試驗數據整理後呈現於螢幕。

Fig. 6. The goat performance data were shown on the computer screen.

表 2. 利用無線射頻辨識技術建構羊隻精準生產模式

Table 2. Establishment of the precise feeding model for goat production system by RFID technique

| Items | Gender | |
|--|-------------|-------------|
| | Male | Female |
| Heads of kid | 9 | 9 |
| Days in trails | 28 | 28 |
| Start weight, kg | 22.7 ± 2.9 | 20.4 ± 2.1 |
| Ending weight, kg | 26.9 ± 3.2 | 23.2 ± 3.0 |
| Average daily weight gain, kg/head | 0.15 ± 0.10 | 0.10 ± 0.08 |
| Dry matter intake, kg/head | 0.92 | 0.85 |
| Feed conversion ratio, on dry matter basis | 6.13 | 8.5 |
| Feed cost, NT \$/kg | 13.5 | 13.5 |
| Cost per live weight gain, NT \$/kg | 82.8 | 114.8 |

先河。建議將 RFID 與磅秤或飼料槽系統銜接整合，可建構肉羊精準生產系統，對於未來導入肉羊、乳羊生產之安全衛生防衛體系或產銷履歷體系均有其正面之意義。試驗過程亦發現，各硬體設備間之銜接並不困難，但對所收集之進庫資料需能被判讀是否有用或有意義方屬可行。因此必須仰賴客製化之軟體研發，透過電腦程式軟體進行判讀或篩選，將有意義之數據彙集呈現並提供羊農閱覽，才可達到資料數據活用之目標。

誌謝

試驗期間承蒙農委會資訊中心與資拓科技公司大力支持，本分所畜產科技系陳鎮宇先生管理羊隻、唐培華小姐維護 RFID 系統及晨嘉自動化公司林震忠課長技術支援，本試驗始克完成，謹致謝忱。

參考文獻

- 蘇安國、楊深玄、謝瑞春、成游貴、黃政齊。2010。黑色波爾雜交山羊之選育。畜產研究 43: 195-206。
- Chao, C. C., J. M. Yang and W. Y. Jen. 2007. Determining technology trends and forecasts of RFID by a historical review and bibliometric analysis from 1991 to 2005. *Technovation* 27: 268-279.
- Chapinal, N., D. M. Veira, D. M. Weary and M. A. G. von Keyserlingk. 2007. Technical Note: Validation of a system for monitoring individual feeding and drinking behavior and intake in group-housed cattle. *J. Dairy Sci.* 90: 5732-5736.
- Dobkin, D. M. 2008. The RF in RFID, Chapter 2- history and practice of RFID. Elsevier Inc., pp: 7-49.
- Pires, P. P. 2002. Electronic identification and management of cattle. First Virtual Global Conference on Organic Beef cattle Production, 2nd September-15th October, 2002.
- Samad, A., P. Murdeshwar and Z. Hameed. 2010. High-credibility RFID-based animal data recording system suitable for small-holding rural dairy farmers. *Comput. Electron. Agric.* 73: 213-218.
- Schwartzkopf-Genswein, K. S., C. Huisma and T. A. McAllister. 1999. Validation of a radio frequency identification system for monitoring the feeding patterns of feedlot cattle. *Livestock Prod. Sci.* 60: 27-31.
- Voulodimos, A. S., C. Z. Patrikakis, A. B. Sideridis, V. A. Ntafis and E. M. Xylouri. 2010. A complete farm management system based on animal identification using RFID technology. *Comput. Electron. Agric.* 70: 380-388.

The application of radio frequency identification system and automatic record feeding system on the meat goat production⁽¹⁾

Shen-Shyuan Yang⁽²⁾ Sheng-Der Wang⁽²⁾ Wei-Chien Hung⁽³⁾ and An-Kuo Su⁽⁴⁾⁽⁵⁾

Received : Mar. 14, 2010 ; Accepted : Apr. 25, 2011

Abstract

A total of eighteen weaned kids were divided into two groups by gender, and raised in two pens. Each kid wore an ultra high frequency (UHF) radio frequency identification (RFID) tag on its chest respectively. There were one set of RFID weight-bridge and two sets of automatic record feeding crib on each pen. The weight of kids and quantity of ration consumption were monitored daily, recorded and transmitted into server by automatic feeding recorder and weight-bridge for the application of RFID on meat goat production. The results showed that the quantity of ration consumption of kids can be transmitted to server every five minutes. Those data were screened by software to eliminate the nonsense parts before drawing a curve, which presented by daily time as X axle and feed acumination as Y axle, and calculated the total feed intake of kids for a whole week. The body weights of kids were collected by RFID weight-bridge when kids are drinking water. Those data were also transmitted to server day and night. Meanwhile, body weight of kids was also selected by software before adding the data of whole pen kids' body weight. The feed conversion ratio of kids was calculated by the kids' body weight change and their feed consumption in whole pen weekly. The result showed that using RFID on meat goat production can simplify management by collecting the kids' growth performance data through the computer facilities.

Key words: Automatic record feeding system, Meat goat production, Radio Frequency Identification System.

(1) Contribution No. 1687 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Heng Chun Branch, COA-LRI, Heng Chun, Pingtung, Taiwan, R. O. C.

(3) Changhua Animal Propagation Station, COA-LRI, Peitoa, Changhua, Taiwan, R. O. C.

(4) Yong Chi Enterprise Limited Company.

(5) Hualein Animal Propagation Station, COA-LRI, Hualein, Taiwan, R. O. C.

(6) Corresponding author. E-mail: aksu@mail.tlri.gov.tw.