

山羊完全混合日糧 (TMR) 配方試算與營養評估系統⁽¹⁾

陳水財⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾ 阮喜文⁽³⁾

收件日期：104 年 7 月 28 日；接受日期：104 年 10 月 6 日

摘 要

本研究之目的在提供羊農於線上進行完全混合日糧 (TMR) 的配方運算與實際評估羊隻餵飼之營養是否符合需求。本系統以 NRC (2007) 山羊營養需求表做為營養需求之依據，以 Microsoft Visual Studio 2010 C# 程式語言撰寫。程式架構包括 TMR 配方試算與營養評估兩大系統，TMR 配方試算系統提供最佳線性規劃 (Linear programming, LP) 模組，農民點選調配原料種類，修改原料價格，可立即算出最低成本 TMR 配方組合與實際使用量。營養評估系統是羊隻實際採食芻料與精料量之後，反推羊隻是否達到營養需求量，以協助進行個別或群體羊隻的營養評估，做為山羊營養改進的依據。本系統之網址：<http://goatreg.tlri.gov.tw/TMR/LoginTMR.aspx>。

關鍵詞：山羊、線性規劃、營養評估、完全混合日糧。

緒 言

飼養山羊的飼料成本約占總生產成本之 50 – 85% (Morand-Fehr, 2005)，其中芻料 (牧草) 成本約佔 35 – 50% (胡等, 2012)，由於進口乾草之價格較高 (一般為國產乾草之 1.2 – 2 倍)，因此農民為節省成本而使用不同副產物與國產芻料，但在臺灣的氣候環境下，由於禾本科牧草品質低劣 (李等, 2003)，所以更需要時常評估山羊的營養狀況，以調整配方內容降低生產成本。農民對山羊營養的評估與完全混合日糧 (total Mixed Ration, TMR) 配方試算的工作，一直以來因數學運算繁雜與原料成分資料查詢取得困難而心生怯步，僅以經驗法則做為養羊依據，缺乏科學數據與精確的運算，常因羊群發生問題後才尋求專家解決，但此時已造成損害。反芻動物的飼養必須時常注意草料在不同生產季節、來源、種類、副產物種類與原料品質，當飼養原料變動時就必須進行營養調整，以達到動物最適合的營養需求，才會有良好的飼養結果，尤其乳羊必須供給足夠而平衡的營養以應付高產乳羊泌乳所需。因此設計完全混合日糧試算功能軟體有其必要，農民可以使用內建的芻料營養成分資料庫，試算本身牧場使用之芻料與精料，隨時以電腦精準試算 TMR 配方，再以羊群實際採食量評估營養是否適當。農民因此可以真正了解山羊實際營養使用量，作為評估自己羊群採食狀況，並調整原物料的比例以符合動物真正營養需求。

試驗材料與方法

本系統主要包含山羊 TMR 配方試算與營養評估兩大系統，如圖 1 之系統架構圖。採用 ASP.NET 網路工作平臺的 Web 應用程式，系統之網址：<http://goatreg.tlri.gov.tw/TMR/LoginTMR.aspx>。本系統以 Microsoft Visual Studio 2010 C# 程式語言撰寫，參考乳牛 TMR 飼料配方線上計算系統 (朱, 2007) 與飼料配方線上計算系統 (王, 2003) 設計資料庫結構，並規劃設計 SQL 2008 資料庫，其內容包括農民資料表、飼料原料成分表、山羊營養需求表、營養評估紀錄表與系統專家營養建議推薦語詞表。根據 Nutrient Requirements of Small Ruminations (NRC, 2007) 山羊營養需求推薦表，建立基本山羊飼養狀態營養需求。利用 Microsoft Solver Foundation 3.1 線性規劃 (Linear Programming, LP) 模組，計算 TMR 日糧配方的最低成本求解，最後調整礦物質中之鈣與磷的含量完成 TMR 配方，當使用 TMR 配方時，再依原料比例與飼養頭數調配日糧。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2311 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所技術服務組。

(3) 國立中興大學動物科學系。

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

山羊營養評估系統分為 TMR 配方與傳統餵飼的營養評估兩部分，提供實際羊隻採食量之後，反推是否符合該階段的營養需求量，系統再依實際採食量與營養需求量的比值提供專家營養建議詞語，供農民參考調整配方或改變原料種類，以提升飼養營養品質。

I. 硬體與軟體設備

本系統使用 HP 刀鋒伺服器 (ProLiant BL460c Gen8)，內含 Intel Six-Core E5-2620 Xeon 2.0GHz CPU 與 4GB DDR3-1066 Registered DIMM 的記憶體，使用 Microsoft Windows 2008 Server x64 作業系統與 Microsoft SQL Server 2012 資料庫。

II. 程式語言

本系統採用 Microsoft Visual Studio 2010 C# 程式語言的 Web 應用程式 (ASP.NET 和 Web 服務)，結合 Microsoft SQL Server 2008 資料庫，並在 .NET Framework 4.0 架構下執行程式撰寫。

III. 線性規劃模組 (Linear Programming Module)

採用 Microsoft 公司發展的數學模組 (Microsoft Solver Foundation 3.1 版本) 工具中的線性規劃模組 (Linear Programming Module)，做為程式中計算最小成本之工具。

IV. 系統架構圖

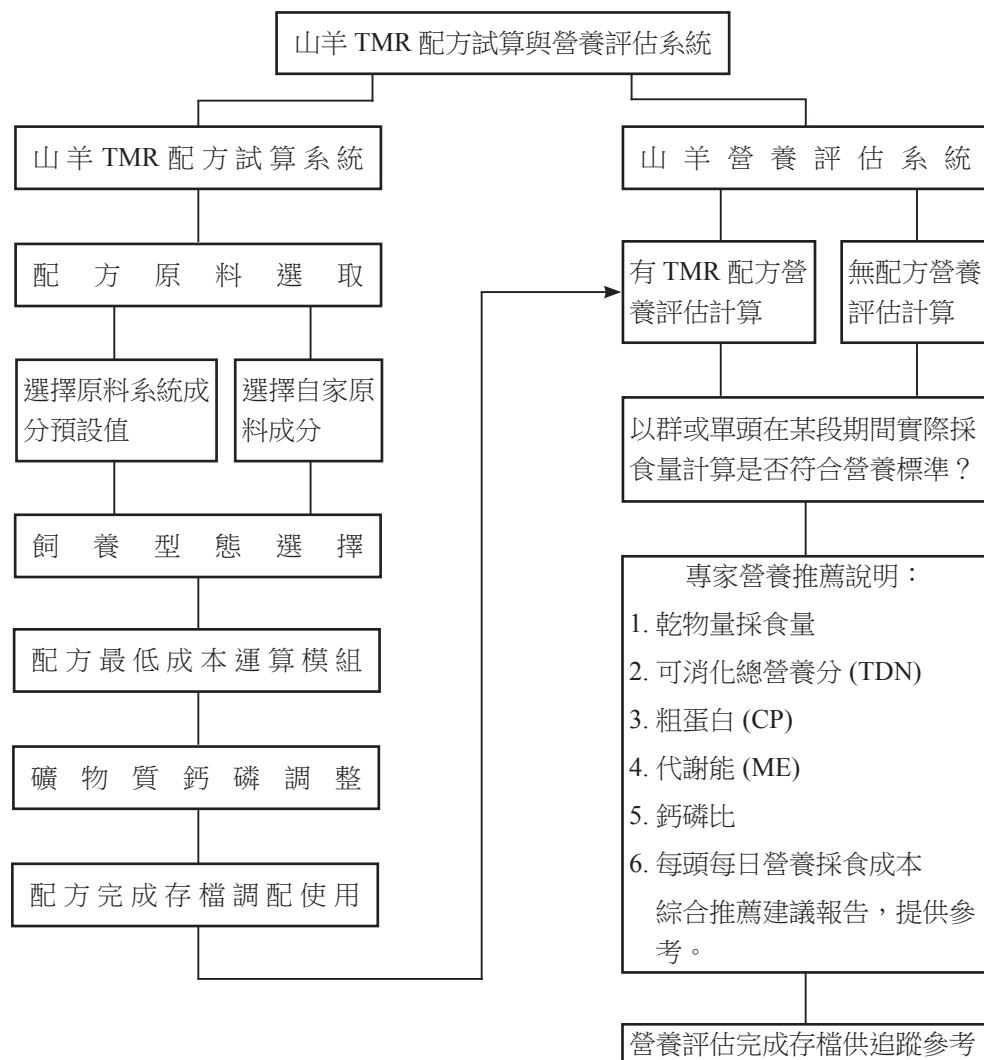


圖 1. 山羊 TMR 配方試算與營養評估系統的程式架構。

Fig. 1. The programing structure of the TMR formulation calculator and nutrition assessment system for goats.

V. 系統資料庫規劃

(i) 農民資料表

牧場名稱、負責人、電話、地址、帳號、密碼等欄位。

(ii) 飼料原料成分表

參考臺灣飼料成分手冊 (行政院農業委員會畜產試驗所, 2011)、乳牛 TMR 飼料配方線上計算系統 (朱, 2007) 與飼料配方線上計算系統 (王, 2003) 做為設計飼料原料資料庫結構之參考, 並修正成為本系統的飼料原料成分表。主要提供系統參考原料成分之資料庫包括飼料名稱 (feed name)、英文名稱 (English name)、原料分類 (ingredient class)、精粗料 (concentrate and roughage)、顯示順序 (order)、國際編碼 (I.F.N.)、單價 (price)、乾物量 (DM)、可消化總營養分 (TDN)、粗蛋白 (CP)、鈣 (Ca)、磷 (P)、維生素 A (RE)、維生素 E (IU)、維生素 D (IU)、粗脂肪 (CFat)、粗纖維 (CFiber)、可消化能 (DE)、酸洗纖維 (NDF)、中洗纖維 (ADF)、中洗纖維有效性 (eNDF)、代謝能 (ME)、維持淨能 (NEm)、泌乳淨能 (NEL)、生長淨能 (NEG)、木質素 (lignin)、脂肪 (fat)、灰分 (ash)、鈉 (Na)、氯 (Cl)、鎂 (Mg)、硫 (S)、鉀 (K)、鈷 (Co)、銅 (Cu)、碘 (I)、鐵 (Fe)、錳 (Mn)、硒 (Se)、鋅 (Zn) 等欄位。本系統之飼料原料成分主要係參考行政院農業委員會畜產試驗所 (2011) 編印之臺灣飼料成分手冊, 並將農民常用的原料建立於系統資料庫中, 以做為飼料原料主要成分之依據, 如有不足, 使用者可以自行建立自己牧場專用的飼料原料與營養成分表。

(iii) TMR 配方儲存表欄位

TMR 配方儲存表提供配方完成後儲存之資料庫, 包括牧場、配方編號、建立日期、價格 (price)、使用數量 (amount)、飼料名稱 (feed name)、精粗料 (concentrate and roughage)、乾物量 (DM)、可消化總營養分 (TDN)、粗蛋白 (CP)、鈣 (Ca)、磷 (P)、維生素 A (RE)、維生素 E (IU)、維生素 D (IU)、粗脂肪 (CFat)、粗纖維 (CFiber)、可消化能 (DE)、酸洗纖維 (NDF)、中洗纖維 (ADF)、中洗纖維有效性 (eNDF)、代謝能 (ME)、維持淨能 (NEm)、泌乳淨能 (NEL)、生長淨能 (NEG)、木質素 (Lignin)、脂肪 (Fat)、灰分 (Ash)、鈉 (Na)、氯 (Cl)、鎂 (Mg)、硫 (S)、鉀 (K)、鈷 (Co)、銅 (Cu)、碘 (I)、鐵 (Fe)、錳 (Mn)、硒 (Se)、鋅 (Zn) 等欄位。

(iv) 山羊營養需求參考

依據 NRC (2007) 將山羊不同階段的營養需求分為乳羊 (種母羊)、肉羊 (種母羊)、種公羊、女羊與肥育閹公羊 (乳羊)、女羊與肥育閹公羊 (波爾)、女羊與肥育閹公羊 (本地) 等; 是否懷孕階段分為未懷孕、懷孕早期 (1 – 3 月)、懷孕末期 (3 – 5 月); 乳羊泌乳期分為沒有泌乳、泌乳早期 (0 – 90 天)、泌乳中期 (91 – 180 天) 泌乳末期 (180 天以上)。依照山羊體重計算營養需求量包括每日乾物質採食量 (Daily dry matter intake)、可消化總營養分 (TDN)、粗蛋白質 (CP)、鈣 (calcium)、磷 (phosphorus)、維生素 A (vitamin A) 與維生素 D (Vitamin D) 等。

1. NRC 2007 系統中之山羊乾物質採食量預測方程式

$$DMI(kg/d) = 0.04 \times SRW \times \left(\frac{N}{SRW} \right) \times \left(1.7 - \frac{N}{SRW} \right) \times [(1 - 1.7) \times (0.8 \times Dig)]$$

SRW 是標準參考體重 (Standard reference weight, kg);

N 是正常體重 (kg);

Dig 是日糧可消化率。

2. NRC 2007 系統中之山羊能量營養需求方程式

NRC 2007 系統中之山羊能量營養需求方程式如表 1 所示。

表 1. NRC 2007 系統中之山羊能量需求表

Table 1. Energy requirements table of goats in NRC 2007 system

Class	Energy Requirements
Sucking or preweaning	
Intact males	125 kcal/kg FBW ^{0.75}
Females and wethers	107 kcal/kg FBW ^{0.75}
Growing	
Meat	
Intact males	126 kcal/kg FBW ^{0.75}
Females and wethers	108 kcal/kg FBW ^{0.75}
Dairy	
Intact males	149 kcal/kg FBW ^{0.75}
Females and wethers	128 kcal/kg FBW ^{0.75}
Indigenous	
Intact males	126 kcal/kg FBW ^{0.75}
Females and wethers	108 kcal/kg FBW ^{0.75}
Mature	
Meat	
Intact males	116 kcal/kg FBW ^{0.75}
Females and wethers	101 kcal/kg FBW ^{0.75}
Dairy	
Intact males	138 kcal/kg FBW ^{0.75}
Females and wethers	120 kcal/kg FBW ^{0.75}
Indigenous	
Intact males	116 kcal/kg FBW ^{0.75}
Females and wethers	101 kcal/kg FBW ^{0.75}
Production	
Suckling	3.20 kcal/g ADG
Growing	
Meat	5.52 kcal/g ADG
Dairy	5.52 kcal/g ADG
Indigenous	4.73 kcal/g ADG
Mature	6.81 kcal/g ADG
Milk	1.25 Mcal/kg FCM
Pregnancy	$ME_{\text{preg}} \text{ (Mcal/d)} = (-15.467 - (1.1439 \times \text{BIRWT}) + (0.26316 \times \text{DAY}) - (0.0021667 \times \text{LS}) \times (0.0010963 \times \text{DAY}^2) + (0.011772 \times \text{BIRWT} \times \text{DAY}) - (0.98352 \times \text{BIRWT} \times \text{LS}) + (0.011735 \times \text{BIRWT} \times \text{DAY} \times \text{LS})) \times 0.239$
Pregnancy (the last 2 months of gestation)	$ME_{\text{preg}} \text{ (Mcal/d)} = (36.9644 \times e^{-11.465 \times e^{(0.00643 \times T) - 0.00643 \times t}} \times (\text{LBW}/4)) / 0.13$

FBW = Full body weight; ADG = Average daily gain;

ME_{preg} = Metabolizable energy used for pregnancy;

BIRWT = Average birth weight; DAY = Day of gestation; LS = Litter size;

LBW = Litter birth weight; FCM = Fat-corrected milk.

3. NRC 2007 系統中之山羊蛋白質營養需求方程式

NRC 2007 系統中之山羊蛋白質營養需求方程式如表 2 所示。

表 2. NRC 2007 系統中之蛋白質營養需求表

Table 2. Protein requirements table of goats in NRC 2007 system

Class	MP Requirements
Metabolizable Protein for Maintenance	
Mature and lactating	
MFCP	2.67 percent DMI
Ture CP digestibility	88 percent
EUCP	1.031 g/kg BW ^{0.75}
MP _m	MFCP + EUCP + (0.2 g/kg BW ^{0.60})
Growing	3.07 g/kg BW ^{0.75}
Metabolizable Protein for Body or Tissue Gain	
Growing	
Dairy	0.290 g/g ADG
Indigenous	0.290 g/g ADG
Meat	0.404 g/g ADG
Metabolizable Protein for Milk Protein	1.45 g/g
Metabolizable Protein for Pregnancy	$MP_{\text{preg}}(\text{g}) = (-155.62 - 8.6668 \times \text{BIRWT}) + (2.6495 \times \text{DAY}) + (0.0041667 \times \text{LS}) - (0.011049 \times \text{DAY}^2) + (0.097691 \times \text{BIRWT} \times \text{DAY}) - (12.136 \times \text{BIRWT} \times \text{LS}) + (0.14631 \times \text{BIRWT} \times \text{DAY} \times \text{LS}) / 0.33$

MFCP = Metabolic fecal crude protein (or nitrogen);

DMI = Dry matter intake; CP = Crude protein; BW = Body weight;

EUCP = Endogenous urinary crude protein loss;

MP_m = Metabolizable protein required for maintenance;

ADG = Average daily gain; ME_{preg} = Metabolizable energy used for pregnancy;

BIRWT = Average birth weight; DAY = Day of gestation; LS = Litter size;

LBW = Litter birth weight; FCM = Fat-corrected milk.

(v) 山羊營養評估系統專家營養推薦說明

當反芻動物無論採取 TMR 配方或傳統的餵飼法時，殊不知該動物是否有無採食達到此階段該有的足夠營養需求量，為探討此一問題，本研究中設計之營養評估系統，是以反推實際採食量是否達到理想的營養需求，同時運算實際採食量與營養需求比值，並由系統提供專家推薦建議詞語（表 3），以建議農民該注意事項。

表 3. 系統依實際採食營養量與營養需求比值所提供之專家營養建議推薦詞語

Table 3. Nutrition recommended words are provided by experts based on the ratio of actual intakes of nutrition and nutrition requirements

項目 Item	實際採食量 / 營養需求比值 The ratio of actual intakes of nutrition and nutrition requirements	營養推薦建議詞語 The nutrition recommended words
DM	≤ 0.7	乾物量採食嚴重不足，必須立即改善 (檢查飼料品質，是否羊隻拒絕採食，或是有疾病)。 A serious shortage of feeding dry matter immediately has to improve (check the feed quality owing to whether goats refused intake or infected disease).
DM	0.8	乾物量採食不足，必須立即改善，長期恐營養不足 (請檢查飼料品質、發霉、異味，或青草料水分含量太高，是否羊隻拒絕採食)。 Dry matter intake is insufficient, immediately must be to improve, it may produce nutritional deficiencies in the long-term (check feed quality influence of mildew, odor, or higher grass moisture content result in goats refuse eating).
DM	0.9	乾物量採食略嫌不足，應改善。 Dry matter intake is somewhat inadequate, should be to improve.
DM	1 – 1.1	乾物量採食適中。 Dry matter intake is moderate.
DM	1.2	乾物量採食很好。 Dry matter intake is well.
DM	≥ 1.3	乾物量採食太好，注意是否營養過剩或者會太胖。 Dry matter intake is too well, must pay attention to whether over nutrition or will be too fat.
TDN	≤ 0.7	TDN 能量採食嚴重不足，必須立即改善 (檢查飼料品質，是否羊隻拒絕採食，或是有疾病)。 The TDN is serious shortage of energy intake immediately has to improve (check the feed quality owing to whether goats refused intake or infected disease).
TDN	0.8	TDN 能量採食不足，必須立即改善，長期恐營養不足 (檢查飼料品質、發霉、異味，或青草料水分含量太高，無法消化之原料，是否羊隻拒絕採食)。 The TDN energy intake is insufficient, immediately must be to improve, it may produce nutritional deficiencies in the long-term (check feed quality influence of mildew, odor, or higher grass moisture content, the feed is low digestibility, whether goats refused intake).
TDN	0.9	TDN 能量採食略嫌不足，應改善日糧品質，長期恐營養不足 (檢查飼料品質、發霉、異味，或青草料水分含量太高)。 TDN energy intake is somewhat inadequate, diet quality should improve immediately to prevent nutritional deficiencies in the long-term (check feed quality, mildew, odor, or higher grass moisture content).
TDN	1 – 1.1	TDN 能量採食適中、良好。 TDN energy intake is moderate.
TDN	1.2	TDN 能量採食很好。 TDN energy intake is well.
TDN	≥ 1.3	TDN 能量採食太好，注意是否營養過剩或者會太胖。 TDN energy intake is too well, must pay attention to whether over nutrition or will be too fat.
CP	≤ 0.7	蛋白質採食嚴重不足，必須立即改善 (檢查飼料品質，是否羊隻拒絕採食，或是有疾病)。 A serious shortage of feeding CP, must immediately improve (check the feed quality, whether goats refused intake or disease).
CP	0.8	蛋白質採食不足，必須立即改善，長期恐營養不足 (檢查飼料品質、發霉、異味，補充精料或苜蓿豆科牧草，是否羊隻拒絕採食)。 CP intake is insufficient, must immediately improve, it may produce nutritional deficiencies in the long-term (check feed quality, mildew, odor, or higher grass moisture content, supplementary concentrate or alfalfa forage, whether goats refused intake).
CP	0.9	蛋白質採食略嫌不足，應改善日糧品質，長期恐營養不足 (補充精料或苜蓿豆科牧草)。 CP intake is somewhat inadequate, diet quality should improve to prevent nutritional deficiencies in the long-term (supplementary concentrate or alfalfa forage).
CP	1 – 1.1	蛋白質採食適中。 CP intake is moderate.
CP	1.2	蛋白質採食很好。 CP intake is well.
CP	≥ 1.3	蛋白質採食太高，注意是否營養過剩。 CP intake is too high, pay attention to whether nutritional over.

表 3. 系統依實際採食營養量與營養需求比值所提供之專家營養建議推薦詞語 (續)

Table 3. Nutrition recommended words are provided by experts based on the ratio of actual intakes of nutrition and nutrition requirements (continue)

項目 Item	實際採食量 / 營養需求比值 The ratio of actual intakes of nutrition and nutrition requirements	營養推薦建議詞語 The nutrition recommended words
Ca	< 0.9	鈣採食不足，必須補充，長期會造成佝僂病 (rickets)，軟骨病 (osteomalacia)、泌乳羊乳熱 (milk fever)。 The Ca intake inadequate, must be added to feed, long-term can cause rickets, osteomalacia and milk fever.
Ca	1	鈣採食適中。 The Ca intake is moderate.
Ca	1.1 – 1.2	鈣採食較多，但可以接受。 The Ca intake more, but acceptable.
Ca	> 1.3	鈣採食太多，需減少鈣飼養量，必須注意鈣的使用，長期會引起高血鈣症 (hypercalcemia)、軟組織鈣化。請注意鈣磷比應維持 = 2 – 2.5 : 1。 Ca intake too much, it need to reduce the amount of Ca in feeding, must pay attention to the use of Ca when the long-term can cause hypercalcemia and soft tissue calcification. Please note Ca : P = 2-2.5 : 1.
P	< 0.9	磷採食不足，必須補充，可能引起採食量下降、異食癖 (pica)，長期造成體重下降、骨頭變形、抑制發情、降低受胎率與乳量下降。 The P intake inadequate, must be added to feed, may be cause to decrease intake, pica, reduced weight gain, bone deformation, estrus suppression, poor conception and lowered milk production.
P	1	磷採食適中。 The P intake is moderate.
P	1.1 – 1.2	磷採食較多，但可以接受。 The P intake more, but acceptable.
P	> 1.3	磷採食太多，必須降低磷的使用量。磷使用太多會在尿中的鈣形成 (膀胱結石)、骨頭變軟。請注意鈣磷比應維持 = 2 – 2.5 : 1。 The Ca intake too much, it needs to reduce the amount of P in feeding, when P using too much, the Ca in the urine will form bladder stones and bones become soft. Please note Ca : P = 2-2.5 : 1.
Ca : P	< 1.9	採食的鈣磷比太低，可能造成低鈣相關症狀，儘速補充鈣，調整鈣磷比。 Ca and P ratio of intake is too low, it may cause hypocalcemia related symptoms, add Ca to adjust Ca and P ratio as soon as possible.
Ca : P	2 – 2.5	採食的鈣磷比適中良好。 Ca and P ratio of intake is moderate and well.
Ca : P	2.6 – 5.4	採食的鈣磷比較高，必須注意鈣磷比。 Relatively high intake of Ca and P ratio, please note it.
Ca : P	> 5.5	採食的鈣磷比嚴重失衡，必須調整比例，可能造成高鈣中毒。 The Ca and P ratio of intake is serious imbalance, this must adjust the proportion of Ca to avoid toxicities.
C : R	> 2.3	採食的精粗比太高，必須減低精料供給，提高草料用量。 The concentrate and roughage ratio is too high, therefore it reduces concentrate and increases forage.
C : R	1.6 – 2.3	採食的精粗比符合 (泌乳羊、肥育羊)，但必須提高草料用量。 The concentrate and roughage ratio is applicable (milking, growing), but it must increase forage.
C : R	1 – 1.5	採食的精粗比屬合理，精粗比在 1 以下較好。 The concentrate and roughage ratio is reasonable, but it is better when less 1.

DM = Dry matter intake, TDN = Total digestible nutrients, CP = Crude protein, Ca = Calcium, P = Phosphorus, Ca : P = Ca : P ratio, C : R = Concentrate and roughage ratio.

結果與討論

臺灣之山羊飼養主要以圈飼為主，飼養的過程往往期待動物應該可以自己採食我們所設定要求的營養量，但實際上卻不是吃過量或者不足量，此主要因為取決於飼料品質之好壞影響適口性，其他原因包括疾病、溫度、氣候、畜舍環境、族群序位、採食習慣與對芻料種類的挑嘴性 (choices and preferences) 等 (Morand-Fehr, 2005；蘇等，2002)。因此，本系統針對農民，以操作簡單易懂的程式提供羊農進行 TMR 最小成本配方試算，無論原物料變動或

取代時皆可利用此一營養試算軟體來調整配方組合，使配方能夠符合山羊最適營養需求。另為實際了解飼養時是否符合營養需求，本系統亦提供山羊營養評估系統，用來評估目前羊隻之營養狀況提供羊農參考。

I. 山羊 TMR 配方試算系統

TMR 是將反芻動物所需的日糧中之精料及粗料按營養需求量配製成一完全飼料配方，經混合均勻後加以餵飼。TMR 經由調配的技术改善日糧適口性，羊隻攝取精粗料均勻及營養成分均衡，避免羊隻挑食或急速採食大量精料產生瘤胃過酸症或鼓脹 (李等, 2003)，TMR 調製須配合機械化節省人力，並提高工作效率。本系統中建立 TMR 配方之步驟：

(i) 選擇飼料原料

系統中已內建國內山羊常用精粗原料的基本營養成分表，只要點選欲使用的原料，假如原料有成分分析等精確數據，系統提供配方成分修改功能，只要按原料『修改』即可修改內建之單價、乾物量、可消化總營養分、粗蛋白質、鈣、磷、維生素 A、維生素 E 等，修正完畢按『更新』即可，如圖 2 所示。

原料	精粗料單位(元)	乾物量(%)	可消化總營養分(%)	粗蛋白質(%)	鈣(%)	磷(%)	維生素A(IU)	維生素E(IU)	備註
修改 刪除 羽尾草合套二號、青刈、8週	粗	2.0	17.9	53	9.6	0.23	0.01	300	40
修改 刪除 百慕達乾草	粗	13	87.3	56	6.3	0.39	0.22	0	0
修改 刪除 苜蓿草5%調配	粗	15.2	88	60	18	1.41	0.22	56	0
修改 刪除 市售完全飼料	精	14	87.5	80	16	0.25	0.12		

圖 2. TMR 配方原料點選頁面。

Fig. 2. The page of picking materials of TMR formulation.

(ii) 選擇餵飼羊隻型態

根據 NRC (2007) 中山羊不同階段的營養需求表使用在本系統之設計飼養型態上，如圖 3 之流程圖。營養需求計算以飼養羊隻當時的體重做為計算營養需求，輸入體重後按『計算營養需求』，即可計算出營養需求量如圖 4。計算出每一頭羊隻每日的 DM、TDN、CP、Ca、Vitamins A 與 D 營養需求量做為計算配方之數據。

(iii) 計算營養需求量標準

Teixeira *et al.* (2011) 指出目前世界較常使用的山羊營養需求系統有 AFRC (the Agricultural and Food Research Council in UK)、CSIRO (the Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization in Australia)、SRNS (the Small Ruminant Nutrition System in Australia)、NRC (the National Research Council in US) 與 INRA (the Institut National de la Recherche Agronomique in France) 等。AFRC 系統僅應用在乳羊且使用簡單，此系統係根據 ARC (1980) 標準而發展。CSIRO 系統係針對綿羊所發展的營養系統。SRNS 系統係針對綿羊能量需求之預測，另根據 CSIRO 系統依山羊生長模式的營養需求修正後也可使用於山羊。NRC (2007) 之營養需求標準適用於安哥拉山羊、綿羊、乳羊、肉羊與在地種等不同種類動物，也是目前臺灣常用的飼養營養標準。然而 Teixeira *et al.* (2011) 認為 AFRC 系統能精確預測乳用山羊的乾物質採食量 (DMI)，但在生長階段每日平均增重 (ADG) 所需之 DMI 預測上，AFRC、CSIRO 與 NRC 等各系統之間有很大的差異，可能係 AFRC 主要發展給乳羊使用所致；因這些相關研究有 45% 在已開發國家，且大部分屬於溫帶國家，這些國家之羊隻僅佔世界羊隻的 5% (Morand-Fehr, 2005) 而已。臺灣地屬亞熱帶，山羊營養仍然以 NRC 標準為依據，但夏天屬於較為濕熱天氣，影響山羊採食量，所以應著重畜舍降溫通風、芻料品質與採用適口性佳的芻料來加以改善。

1. 乾物質採食量 (DMI)

Teixeira *et al.* (2011) 彙整各系統乾物質採食量的使用方程式指出，AFRC 系統中之乾物質採食量預測方程式為： $DMI(g/d) = (76.7 \times BW^{0.75}) \times (-0.666 + 1.333 \times ME - 0.266 \times ME^2)$ ，BW (kg) 是代謝體重 (metabolic

body weight)；ME 是代謝能量 (metabolizable energy of diet, Mcal/kg DM)。CSIRO 系統中之乾物質採食量預測方程式為： $DMI(kg/d) = 0.04 \times SRW \times \left(\frac{N}{SRW} \right) \times \left(1.7 - \frac{N}{SRW} \right) \times \left[\frac{(1 - P_{milk})}{(1 + \exp^{(-0.5(age-25)})} \right]$ ，SRW 是標準參考體重 (standard reference weight, kg)；N 是正常體重 (kg)；P_{milk} 是日糧中乳量生產。NRC 系統中之乾物質採食量預測方程式如下：

$DMI(kg/d) = 0.04 \times SRW \times \left(\frac{N}{SRW} \right) \times \left(1.7 - \frac{N}{SRW} \right) \times [(1 - 1.7) \times (0.8 \times Dig)]$ ，Dig 是日糧可消化率。預估山羊乾物質

採食量必須考量體重、飼料中的能量、乳量、乳成分、泌乳天數、運動、羊毛生產、成熟、草料品質、氣溫、季節、環境、管理、採食行為、一般身體狀況以及與動物有關之其他因素，所以最重要考量因素為體重與日糧中的能量，同時草料中 TDN 與 CP 含量也必須考慮在日糧中，在不同階段提供適當足夠的營養分，如此才會較為精確 (Luo *et al.*, 2004)。

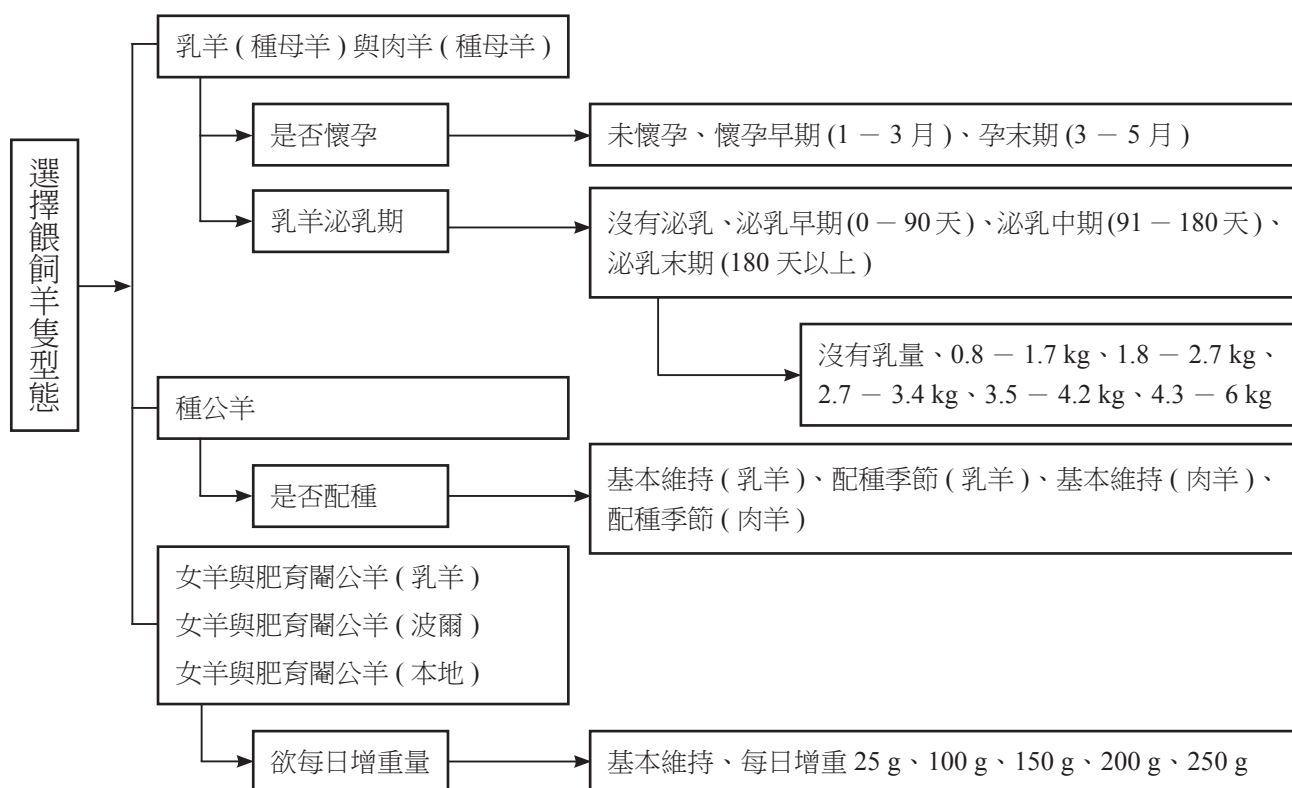


圖 3. 山羊飼養型態選擇流程圖。

Fig. 3. Selective flowchart of goat raising patterns.



圖 4. 計算營養需求量之結果。

Fig. 4. The results of calculation of nutrient requirements.

2. 代謝能量 (metabolizable energy, ME)

很多因素影響能量的需求，包括品種、成熟體重、年齡、性別、體重、體內組織能量轉換、運動、季節、環境的適應、冷熱劇烈變換、生長階段、性別與乳量等因素。NRC (2007) 所推薦之山羊代謝能量需求如表 1。

3. 代謝蛋白質 (metabolizable protein, MP)：

蛋白質的營養需求一般優先考量的是 MP，包括在糞、尿、皮膚與毛所排出損失的氮。糞便中損失的粗蛋白 (crude protein, CP) 一般稱為代謝糞氮或 MFCP (metabolic fecal nitrogen or CP, MFCP)，尿中蛋白質 (the endogenous urinary CP, EUCP) 為必須氧化胺基酸代謝內源性蛋白質的損失。NRC (2007) 推薦 MP 的需求如表 2。但 NRC 也認為一般使用者常使用 CP，因此推薦以簡單公式來推算之： $CP = MP / ((64 + (0.16\% \text{ UIP})) / 100)$ ，精料中的不可降解蛋白質 (Undegradable intake protein, UIP) 為 30%，例如 MP 營養需求是 100 g，換算 CP 是 145 g。

4. 礦物質鈣 (Ca) 與磷 (P)

臺灣的一般羊農在餵飼羊隻時均有提供市售礦鹽磚供任食，其他微量元素在配方中可不再列入考量，因此本系統僅考量鈣與磷的營養需求量。鈣元素 98 – 99% 主要儲存於骨頭與牙齒，所以生長快速，乳生產日糧中需要較多的鈣，NRC (2007) 推薦山羊鈣的維持需要量為 $Ca \text{ g/d} = (0.623 \times DMI + 0.228) / 0.4$ ，生長每 kg 體重需要鈣元素 8.2 – 12.9 g/kg，每 kg 乳量生產需要鈣元素 1.18 – 1.40 g/kg。NRC 認為日糧中鈣元素最大量為 1.5% 乾物量 (diet dry matter, DM)。NRC (2007) 主要推薦磷元素之維持需求為 $P \text{ g/d} = 0.081 + 0.88 \text{ DMI}$ ，生長每 kg 體重需要磷元素 5.1 – 7.3 g/kg，每 kg 乳量生產需要磷元素 0.92 – 1.06 g/kg，磷元素最大容許值為 0.6% 乾物量 (diet dry matter, DM)。鈣與磷互相拮抗作用影響吸收，鈣磷比 $> 7:1$ 或 $< 1:1$ 會影響鈣磷的吸收 (ARC, 1980)；低磷高鈣的日糧會造成磷的缺乏 (Ramirez *et al.*, 2001)，但 Rajaratne *et al.* (1990) 也認為有足夠的磷元素其 $Ca:P = 5.4:1$ ，仍然沒有影響綿羊的性能表現，因此本系統推薦鈣磷比建議為 $Ca:P = 2 - 2.5:1$ 。

5. 維生素 (Vitamins)

NRC (2007) 營養需求推薦表以脂溶性 Vitamins A 與 D 為主，在生長階段每天 Vitamin A 推薦量為 100 RE/kg，懷孕期末期為 45.5 RE/kg，泌乳期為 53.5 RE/kg；Vitamin D 每天推薦使用量為 100 IU/kg BW 以下，NRC 認為日糧中 Vitamin D₃ 最大容許量為每日 25,000 IU/kg。

(iv) 最小成本配方計算

使用 TMR 最小成本配方時必須知曉牧場使用的精粗比，系統內建為 50:50，而不同飼養策略所選擇的精粗比可能不同。點選『試算』，系統會依使用的原料、價格與符合羊隻營養最低需求量等條件，利用 Microsoft 發展的數學模組 (Microsoft Solver Foundation 3.1 版本) 工具中的線性規劃模組 (Linear Programming Module) 計算出最低成本配方。被選取的原料最低使用量為 0.1 kg，如認為系統算出的最低成本配方不適宜時，可以修改配方使用量；當修改量在原配方量之上時，重新計算時系統會認為是設定最低量的限制式；當修改量在原配方量之下時，重新計算時系統會認為是設定最高量的限制式 (圖 5)，如此反覆重新計算即可得到最低成本的 TMR 配方。



圖 5. 最小成本配方計算頁面。

Fig. 5. The page of least cost formulation calculation.

(v) 微調礦物質

最後 TMR 配方必須微調礦物質中之鈣與磷的含量 (圖 6)，系統內建的補充料有磷酸氫二胺與碳酸鈣，牧場可依本身礦物質混合料來建立原料予以使用，如此可達符合本身理想的 TMR 配方，完成後輸入檔名儲存。

歡迎使用 000

1. TMR 配方原料選取與營養需求計算
2. 計算配方
3. 微調礦物質完成
4. TMR 日糧調配
5. 回首頁

配方假如鈣磷不足，請加入補充料，輸入修改數量達到營養需求，最後存檔，輸入配方名稱：

選擇原料

原料	種類	使用量 (kg)	單位 (元)	乾物質 (%)	可消化總營養 (%)	粗蛋白質 (%)	鈣 (%)	磷 (%)	維生素 A (IU)	維生素 E (IU)
改良 剔除 聚尾草合蜜二號、青刈、10週	粗	2.16	2.0	19.1	53	7.3	0.23	0.01	300	40
改良 剔除 百慕達乾草	粗	0.1	13	87.3	56	6.3	0.39	0.22	0	0
改良 剔除 苜蓿草全開花	粗	0.92	15.2	88	55	15	1.25	0.22	26	0
改良 剔除 磷酸氫二銨	補	0.01	100	100	0	115.9	0.52	20.6	0	0
改良 剔除 市售完全飼料	精	1.49	14	87.5	80	16	0.25	0.12		

調整每隻每頭每日實際採食營養分

乾物質 (kg)	可消化總營養 (%)	蛋白質 (g)	鈣 (g)	磷 (g)	維生素 A (RE/d)	維生素 E (IU/d)	每頭飼養成本 (元)	精粗比	濕重採食量 (kg)
2.623	1.756	377.247	14.721	5.639	1448.2	165	41.46	0.99	4.68

NRC2007 每頭羊每日營養需求標準

乾物質 (kg/d)	可消化總營養 (%)	蛋白質 (g/d)	鈣 (g/d)	磷 (g/d)	維生素 A (RE/d)	維生素 E (IU/d)	平均體重 (kg)	需求表
3.017	1.599	366.02	14.01	8.79	2996	313.6	56	Mature does (Dairy) Mid-Lactation (Three or more kids; milk yield=2.49 to 3.44kg)

圖 6. 微調礦物質的頁面。

Fig. 6. The page of trimming minerals for TMR formulation.

(vi) TMR 日糧調配

儲存的 TMR 配方可以取出使用，輸入欲調配 TMR 的總量，選擇配方，即可顯示配方比例與用量 (圖 7)，另提供 NRC 營養需求，系統計算出每頭羊必須的實際採食量 (TMR 飼料配方濕重)、目前每頭飼養成本、以及 DM、TDN、CP、Ca、P、Vitamins A 與 D 等資料。

歡迎使用 000

1. TMR 配方原料選取與營養需求計算
2. 計算配方
3. 微調礦物質完成
4. TMR 日糧調配
5. 回首頁

選擇原料

日期	編號	種類	體重	名稱	備註	欲配成 TMR 100 kg	原料	百分比 (%)	配用量 (kg)
2015-07-20	00020150720174319	乳羊(種母羊)-懷孕早期(1-3月)-泌乳中期(91-180天)-2.7-3.4kg	56	乳羊乳用配方 201506	剔除		聚尾草合蜜二號、青刈、10週	46.154	46.2
							百慕達乾草	2.137	2.1
							苜蓿草全開花	19.658	19.7
							市售完全飼料	31.838	31.8
							磷酸氫二銨	0.214	0.2

每頭羊每天使用配方

原料	精粗料使用量 (kg)	單位 (元)	乾物質 (kg)	可消化總營養 (%)	粗蛋白質 (%)	鈣 (%)	磷 (%)	維生素 A (RE)	維生素 E (IU)
聚尾草合蜜二號、青刈、10週	粗	2.16	2.0	19.1	53	7.3	0.23	0.01	300
百慕達乾草	粗	0.1	13	87.3	56	6.3	0.39	0.22	0
苜蓿草全開花	粗	0.92	15.2	88	55	15	1.25	0.22	26
磷酸氫二銨	補	0.01	100	100	0	115.9	0.52	20.6	0
市售完全飼料	精	1.49	14	87.5	80	16	0.25	0.12	

調整每隻每頭每日實際採食營養分

乾物質 (kg)	可消化總營養 (%)	蛋白質 (g)	鈣 (g)	磷 (g)	維生素 A (RE/d)	維生素 E (IU/d)	每頭飼養成本 (元)	精粗比	濕重採食量 (kg)
2.623	1.756	377.247	14.721	5.639	1448.2	165	41.46	0.99	4.68

NRC2007 每頭羊每日營養需求標準

乾物質 (kg/d)	可消化總營養 (%)	蛋白質 (g/d)	鈣 (g/d)	磷 (g/d)	維生素 A (RE/d)	維生素 E (IU/d)	平均體重 (kg)	需求表
3.017	1.599	366.02	14.01	8.79	2996	313.6	56	Mature does (Dairy) Mid-Lactation (Three or more kids; milk yield=2.49 to 3.44kg)

圖 7. TMR 日糧調配頁面。

Fig. 7. The page of TMR ration modification.

II. 山羊營養評估系統

為了解山羊在實際飼餵過程是否達到實際所需的營養需求，因此以每日實際的採食量，反推是否達到營養需求。系統可以選擇採用 TMR 配方營養評估試算或無配方飼養營養評估試算兩種方式來進行個別或群體的營養評估，評估完成之資料可以存檔，此累積收集之營養評估資料對農民在飼養時非常有幫助。操作時點選使用的 TMR 配方，再選取飼餵羊隻狀態、懷孕與否、生長期、是否泌乳與乳量、頭數、平均體重、實際飼餵量、期間天數等資料，系統最後產生營養評估報告，建議農民在整體與不同營養狀況下的說明，以做為改進之依據。完成的評估資料可以存檔，可以隨時查詢舊資料，做為調整飼養營養之依據，使山羊的營養能夠達到最佳的利用狀態。

(i) 使用 TMR 配方飼養營養評估試算

先選擇已存檔使用的 TMR 配方 (圖 8)，勾選餵飼羊隻狀態、懷孕與否、生長期、是否泌乳與乳量、頭數、平均體重、實際餵飼量、期間天數等資料，按『評估計算』，立即顯示實際餵飼營養結果 (圖 9)，系統計算實際採食量與營養需求量比值，並提供專家推薦建議詞語如表 3，提醒農民應注意的羊隻營養狀況，以進行營養改善與調整，另可將每次營養評估結果存檔供未來參考。在飼養過程中，本系統推薦最好實際採食量與營養需求量比值在 1 – 1.2 之間最為適當。

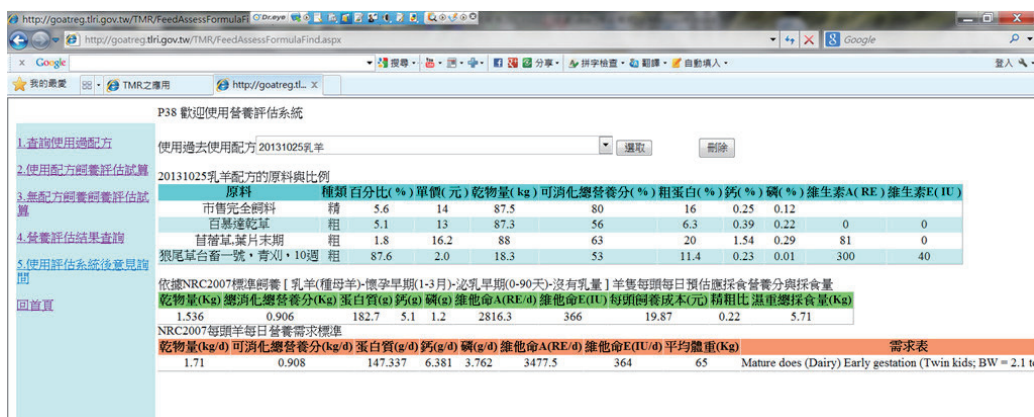


圖 8. 山羊 TMR 配方的營養評估系統頁面。

Fig. 8. The page of nutrition assessment system on TMR formulation for goats



圖 9. 山羊營養評估系統使用 TMR 配方營養評估完成頁面。

Fig. 9. The result page of nutrition assessment system on TMR formulation for goats.

(ii) 無 TMR 配方飼養營養評估試算

為提供傳統餵飼法之農民也能進行營養評估，此系統依群體或個別羊隻進行評估，選擇每一項原料輸入實際給予量、單價以及修改成分資料後，勾選餵飼羊隻狀態、懷孕與否、生長期、是否泌乳與乳量、頭數、

平均體重、實際飼料量、期間天數等資料，按『開始運算』，立即顯示實際飼料營養結果(圖 10)，系統計算實際採食量與營養需求量比值，另提供專家推薦建議詞語如表 3，提醒農民應注意的羊隻營養狀況，以進行營養改善與調整，另可將每次營養評估結果存檔供未來參考。在飼養過程中，本系統推薦最好實際採食量與營養需求量比值在 1 – 1.2 之間最為適當。

P38 歡迎使用營養評估系統

選取使用原料與區間總使用量

粗/混糧草台畜一號，青刈，生長0週

選取

原料	種類	使用量(kg)	單價(元)	乾物量(%)	總可消化營養分(%)	粗蛋白質(%)	鈣(%)	磷(%)	維生素A(IU)	維生素E(IU)
粗	粗	500	2.0	19.1	53	7.3	0.23	0.01	300	40
粗	粗	200	13.4	93.56	59.9	19.3	1.29	0.22		
精	精	150	14	87.5	80	16	0.25	0.12		

選擇群飼方式：
☒ 乳羊(種母羊) ☐ 肉羊(種母羊) ☐ 種公羊 ☐ 女羊與肥育開公羊(乳羊) ☐ 女羊與肥育開公羊(波爾) ☐ 女羊與肥育開公羊(本地)

是否懷孕：
☒ 未懷孕 ☐ 懷孕早期(1-3月) ☐ 懷孕末期(3-5月)

乳羊泌乳期：
☒ 沒有泌乳 ☐ 泌乳早期(0-90天) ☐ 泌乳中期(91-180天) ☐ 泌乳末期(180天以上)

泌乳量(kg)：
☒ 沒有乳量 ☐ 0.8-1.7kg ☐ 1.8-2.7kg ☐ 2.7-3.4kg ☐ 3.5-4.2kg ☐ 4.3-6kg

羊隻平均體重：
 65 kg

飼養頭數：
 15 頭

飼養期間：
 2013 年 11 月 25 日 ~ 2013 年 11 月 25 日
 總共：10 天

Label 輸入名稱：

評估飼養羊隻每頭每日實際採食營養分

乾物量(kg)	總可消化營養分(kg)	蛋白質(g)	鈣(g)	磷(g)	維生素A(RE/d)	維生素E(IU/d)	每頭飼養成本(元)	精粗比	濕重總採食量(kg)
2.759	1.785	427.238	19.744	3.858	1910	254.7	38.53	0.46	5.667

NRC2007每頭羊每日營養需求標準

乾物量(kg/d)	可消化營養分(kg/d)	蛋白質(g/d)	鈣(g/d)	磷(g/d)	維生素A(RE/d)	維生素E(IU/d)	評估日期	平均體重(kg)	飼養頭數	飼養天數	需求表
3.303	1.75	398.15	14.415	9.195	3477.5	364	2013/11/25	65	15	10	Mature does (Dairy) Mid-Lactation (Three or more kids, milk yield = 2.42 to 3.44 kg/d)

乾物量採食比：0.8 採食乾物量不足，必須立即改善，長期營養不足(檢查飼料品質、發霉、異味，或青草料水分含量太高，是否羊隻拒絕採食)。
 TDN採食比：1 採食TDN能量適中。
 蛋白質採食比：1 採食蛋白質適中。
 礦物質採食比：1.3 採食礦物質鈣太高。(鈣磷比應維持2-2.5:1)。目前鈣磷比為：5.118

圖 10. 無 TMR 配方營養評估試算頁面。

Fig. 10. The page of nutrition assessment calculation on non TMR formulation.

(iii) 營養評估結果查詢

本系統之營養評估結果查詢如圖 11 所示。建立牧場本身營養飼養紀錄可作為飼養營養改進依據，最後系統可提供專家建議意見供參考。

000 歡迎使用營養評估系統

使用原料與區間總使用量

粗/混糧草台畜一號，青刈，生長0週

選取

原料	種類	使用量(kg)	單價(元)	乾物量(%)	總可消化營養分(%)	粗蛋白質(%)	鈣(%)	磷(%)	維生素A(RE)	維生素E(IU)	備註
青割玉米初結穗	粗	0.5	3.2	44.2	65	9	0.23	0.22	5	0	
青割玉米結穗乳熟-黃熟期	粗	0.5	3.3	23.5	65	9	0.23	0.22	10	0	
玉米磨碎	精	0.2	8	86	85	8.6	0.03	0.29	1	0	
大豆粕(濃提CP44%)	精	0.3	9.5	89.1	80	49.9	0.4	0.71	0	0	
苜蓿草全開花	粗	0.3	15.2	88	55	15	1.25	0.22	26	0	
百慕達乾草	粗	0.3	13	87.3	56	6.3	0.39	0.22	0	0	

評估飼養羊隻每頭每日實際採食營養分

乾物量(kg)	總可消化營養分(kg)	蛋白質(g)	鈣(g)	磷(g)	維生素A(RE/d)	維生素E(IU/d)	每頭飼養成本(元)	精粗比	濕重總採食量(kg)
1.304	0.872	234.739	6.221	4.298	93.2	0	16.16	0.51	2.1

NRC2007每頭羊每日營養需求標準

乾物量(kg/d)	可消化營養分(kg/d)	蛋白質(g/d)	鈣(g/d)	磷(g/d)	維生素A(RE/d)	維生素E(IU/d)	評估日期	平均體重(kg)	飼養頭數	飼養天數	需求表
1.463	0.776	93.335	2.538	2.11	1884	318	2013/8/9	60	1	1	Mature does (Dairy) Breeding

乾物量採食比：0.8 採食乾物量不足，必須立即改善，長期營養不足(檢查飼料品質、發霉、異味，或青草料水分含量太高，是否羊隻拒絕採食)。
 TDN採食比：1.1 採食TDN能量適中，良好。
 蛋白質採食比：2.5 數據不正常，請檢查重新輸入。
 礦物質採食比：2.4 數據不正常，請檢查重新輸入。目前鈣磷比為：1.447
 目前精粗比為：0.51
 目前總採食量為：2.1 kg，總採食量雖尚可，但精粗比為0.51為佳，提供增加草料量改善對反芻較好！

評估日期	編號	飼養種類	體重(kg)	名稱	評估種類	備註
2013/8/9	00020130809121801A	乳羊(種母羊)-未懷孕-泌乳早期(0-90天)-1.8-2.7kg	65	08093	無配方評估	刪除
2013/8/9	00020130809110855A	乳羊(種母羊)-未懷孕-沒有泌乳-沒有乳量	60	08092	無配方評估	刪除
2013/8/9	00020130809110420A	乳羊(種母羊)-未懷孕-泌乳中期(91-180天)-沒有乳量	60	08091	無配方評估	刪除

圖 11. 營養評估紀錄查詢

Fig. 11. Record inquiry of nutrition assessment.

III. 飼料原料成分建置

為方便使用者建立自己牧場常使用飼料原料成分，本系統提供建置新原料功能如圖 12，資料檔位內容如材料與方法中所述。為方便農民使用，於紅色的區塊是必須輸入之資料，存檔完成後，此原料即成為本身牧場專用的原料。

圖 12. 飼料原料成分建置畫面。

Fig. 12. The appending page of feed ingredient and composition.

結論與建議

有效利用自家生產國產芻料或配合牧場地區農副產品，達到降低碳足跡與節能減碳的目的，以當地生產的芻料來餵飼動物是最符合經濟的要求。近年來政府鼓勵活化利用休耕農地，利用自家種植的牧草提供養牛羊的粗料來源，以降低進口芻料之依賴，但在這些原物料變動的因素之下，必須快速調整配方以符合羊隻之營養需求。因此，本系統提供相關原物料成分，依羊隻所需的營養需求，羊農可利用程式中的營養試算模組，輕易調整配方，透過本系統之程式運算，可隨時提供山羊精準的營養，改善羊隻之飼養管理。本系統未來可將收集之營養評估資料進行統計分析，建立符合臺灣山羊實際營養之專家決策支援系統，改善在亞熱帶地區飼養山羊之營養狀況。

參考文獻

- 王怡方。2003。飼料配方線上計算系統。國立中興大學碩士論文。
- 朱美鳳。2007。乳牛 TMR 飼料配方線上配方系統。國立中興大學碩士論文。
- 李美珠、黃森源、邱文石。2003。飼糧能量濃度對懷孕末期乳山羊生產性狀之影響。畜產研究 36(4)：291-299。
- 行政院農業委員會畜產試驗所。2011。臺灣飼料成分手冊。行政院農業委員會畜產試驗所。
- 胡同嘉、陳嘉昇、王翰聰、陳嫚嫻、徐濟泰。2012。反芻動物替代飼料資源。中畜會誌 41(1)：33-46。
- 蘇安國、陳水財、楊深玄、謝瑞春。2002。電腦給飼精料系統與精粗料完全混合日糧對乳山羊泌乳及血液性狀之影響。畜產研究 35(1)：29-37。
- ARC. 1980. The Nutrient Requirement of Ruminant Livestock, Technical Review by an Agriculture Research Council Working Party. Commonwealth Agriculture Bureaux, Farnham Royal, UK.
- CSIRO. 1990. Feeding Standards for Australian Livestock: Ruminants. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, East Melbourne, Vic., Australia.
- Luo, J., A. L. Goetsch, I. V. Nsahlai, J. E. Moore, M. L. Galyean, Z. B. Johnson, T. Sahlu, C. L. Ferrell and F. N. Owens. 2004. Voluntary feed intake by lactating, Angora, growing and mature goats. Small Rumin. Res. 53: 357-378.
- Morand-Fehr, P. 2005. Recent developments in goat nutrition and application: A review. Small Rumin. Res. 60: 25-43.
- NRC. 2007. Nutrient Requirements of Small Ruminants. Sheep, Goats, Cervids and New World Camelids. National Academy Press, Washington, DC.
- Rajaratne, A. A. J., D. Scott, J. K. Thompson, W. Buchan and K. Pennie. 1990. The effect of variation in dietary calcium supply on the phosphorus requirements of growing lambs. Anim. Prod. 51: 135-142.
- Ramirez, R. G., G. F. W. Haenlein and M. A. Nuñez-González. 2001. Seasonal variation of macro and trace mineral contents in 14 browse species that grow in northeastern Mexico. Small Rumin. Res. 39: 153-159.
- Teixeira, I. A. M. A., S. P. Normand, K. T. Resendea and A. Cannas. 2011. Prediction of intake and average daily gain by different feeding systems for goats. Small Rumin. Res. 98: 93-97.

The TMR formulation calculator and nutrition assessment system for goats ⁽¹⁾

Shui-Tsai Chen ^{(2) (3) (4)} and Shii-Wen Roan ⁽³⁾

Received: Jul. 28, 2015; Accepted: Oct. 6, 2015

Abstract

The purpose of this study was to provide an online TMR formulation calculator and to practice assessment the diet whether to meet the goat's nutrition requirement. The system based on nutrient requirement of the goats (NRC, 2007) and used Microsoft Visual Studio 2010 C# as programming language. The program platform covers two systems including TMR formulation calculator and nutrition assessment for goats. TMR formulation calculator system offers a method of linear programming module that farmers could just selected feed ingredients to calculate the least cost feed formulation and actual usages. The nutrition assessment system is with the actual goat's forage and concentrate quantities to reverser whether meet nutrient requirements of goats. This system could evaluate goat nutrient condition on individual or flock, furthermore as a reference to improve goat nutrition. The website of this system is on <http://goatreg.tlri.gov.tw/TMR/LoginTMR.aspx>.

Key words: Goat, Linear Programming, Nutrition assessment system, TMR.

(1) Contribution No. 2311 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Technology Service Division, Livestock Research Institute, COA-LRI, Taiwan, R.O.C.

(3) Department of Animal Science, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, R.O.C.

(4) Corresponding author, E-mail: stchen@mail.tlri.gov.tw.