

如何從乳牛日糧成分分析值估算能量供應值

光泉酪農部 梁宗寶

我們推廣乳牛 TMR 營養平衡日糧已經三十多年：

2024 年我們光泉契約衛星牧場每頭泌乳牛的年平均產乳量已經來到 9335 公斤(每天每頭平均約 25.6 公斤)，其中有好幾個牧場的泌乳牛群年平均日產乳量已超過 30 公斤，與 1994 年的 6466 公斤(17.7 公斤)相比，已經進步很多，每戶每天的產乳量也從 1994 年的 1122 公斤發展到 2023 年的 2740 公斤。在台灣這種濕熱的環境下，單位產乳量能有此成績是相當不容易的。

光泉南區衛星牧場 2024 年的年平均乳成分已達到荷蘭牛的理想品質，乳脂肪 3.97%、乳蛋白 3.40%、乳糖 4.85%、SNF 8.94%、TS 總固形物 12.92%、生菌數 6.5 千/ML、體細胞數 18.1 萬/ML，乳量高、品質好而且營養成分穩定(每天都差不多)，我們生乳的電腦管理系統很少再發出異常通知，酪農輔導人員也不再忙碌於異常處理工作，這個成就與 TMR 營養平衡日糧配方、乳牛的飼養管理進步有密切的相關性。日糧的營養供給與乳牛的營養需求平衡是乳牛飼養管理的關鍵。

平衡日糧需估算日糧的能量供應量與乳牛的能量需求量：

泌乳牛能量需求的計算公式在 105 期廠農通訊有詳細的介紹，可以進入光泉廠農通訊網頁參考，這一期我們來談談日糧的能量估算公式，當你沒有能力或不方便購買商業的配方軟體時，你也可以用簡單的 EXCEL 計算軟體計算你的日糧配方或牛隻實際採食 TMR 日糧的能量(或其他營養)是否滿足乳牛的能量需求(或其他營養的需求)。

要估算日糧的能量供應量，首先要有幾項的實驗室分析資料：1. 乾物率 DM(%)、2. 粗蛋白 CP (%DM)、3. 粗脂肪 E. E(%DM)、4. 灰分 Ash (%DM)、5. 中洗纖維 NDF(%DM)、6. 非纖維性碳水化合物 NFC(%DM)的計算值、7. 中性洗劑不溶性粗蛋白 NDIP (%DM)、8. 酸性洗劑不溶性粗蛋白 ADIP(%DM)、9. 木質素 Lignin(%DM)、10. 酸洗纖維 ADF(%DM)、11. 加工校正因子 PAF 輸入、12. 脂肪酸的消化率 FAdigest 輸入、13. 動物性飼料的蛋白質消化率 CPdigest 輸入(我國禁用動物性飼料)、14. 可消化粗脂肪 EEdigest (%DM)的計算。

以下我們以百慕達乾草為例，在兩種不同營養濃度及採食量的 TMR 狀況下，做一些計算公式的說明：在不同的 TMR 組合下，同樣的日糧所提供的能量會有不一樣的改變。

光泉廠農通訊(129)

<https://www.kuangchuan.com/FacInfo/Dairy>

品名	百慕達乾草		說明
乾物率 DM(%)	88.0	88.0	實驗室分析值
CP (%DM)	10.40	10.40	實驗室分析值
NDF (%DM)	73.30	73.30	實驗室分析值
Ash (%DM)	8.10	8.10	實驗室分析值
E. E (%DM)	2.70	2.70	實驗室分析值
NFC(%DM)計算	5.50	5.50	=100-NDF-CP -E.E -Ash
NDIP (%DM)	4.00	4.00	實驗室分析值
ADIP (%DM)	0.90	0.90	實驗室分析值
Lignin (%DM)	6.50	6.50	實驗室分析值
ADF (%DM)	36.80	36.80	實驗室分析值
PAF 輸入	1.00	1.00	消化實驗值，通常=1，用在 NFC 的計算
FA 消化率 輸入			用在脂肪類日糧的計算(可查表)，說明 1
可消化 EE(%DM)計算	1.70	1.70	非脂肪類日糧 =EE-1 脂肪類如 說明 2
TDN-1x %DM 計算(定數)	52.9	52.9	1 倍維持時的 TDN 計算公式，說明 3
DE-1x 計算(定數)	2.35	2.35	1 倍維持時的 可消化能 計算公式，說明 4
總日糧 TDNc(%DM)調整	74	71.447	不同 TMR 的 TDNc 濃度調整，說明 5
總 TDN 實際倍數 X	3	3.748	TMR 的總 TDN 供應量/維持需求，說明 6
總日糧實際折率計算	91.84%	90.15%	不同的 TDNc 及 X 有不同的折率，說明 7
TDNp 計算	48.6	47.7	TDN p = TDN-1x *實際折率
DEp 計算(變數)	2.15	2.11	DE p = DE-1x *實際折率(變數)
MEp 經產牛(變數)	1.73	1.69	本例=1.01*DEp-0.45，EE>3 說明 8
NELp 經產牛(變數)	1.02	1.00	=0.703*MEp 經產牛 -0.19，EE>3 說明 9
MEp3x 女牛	1.92	1.92	=0.82*DE-1x(定數)、脂肪=0.82DEp 說明 10
NEMp3x 女牛	1.08	1.08	公式來自 MEp3x 女牛(定數)，說明 11
NEGp3x 女牛	0.52	0.52	公式來自 MEp3x 女牛(定數)，說明 12
DE 89(定數)	2.33	2.33	DE89 = 0.04409 * TDN-1x(定數) 非 DE-1x
ME 經產牛 89(定數)	1.91	1.91	ME89 = 1.01*DE89-0.45(定數)
NEL 經產牛 89(定數)	1.18	1.18	NEL89 = 0.0245 * TDN-1x -0.12(定數)
ME 女牛 89	1.91	1.91	ME 女牛 89= 0.82*DE89(定數)
NEM 女牛 98	1.07	1.07	公式來自 ME 女牛 89(定數)，說明 13
NEG 女牛 98	0.51	0.51	公式來自 ME 女牛 89(定數)，說明 14

光泉廠農通訊(129)

<https://www.kuangchuan.com/FacInfo/Dairy>

說明 1：脂肪類日糧的 **FA 消化率**：脂肪酸鈣的脂肪酸=0.86、動物脂肪水解的脂肪酸=0.79、部分氫化的動物脂肪(含甘油)之脂肪酸=0.43、動物脂肪(含甘油)之脂肪酸=0.68、蔬菜油(含甘油)之脂肪酸=0.86。

說明 2：非脂肪類日糧之**可消化 E.E(%DM)=E.E-1**、脂肪酸類日糧**=FA 消化率 * E.E**、甘油脂類日糧**=E.E*0.1 + FA 消化率 * E.E*0.9**。

說明 3：本例百慕達乾草 TDN-1x 草料= $0.98*PAF*(100-NDF-CP-E.E-Ash+NDIP) + EXP(-1.2*ADIP/CP)*CP + IF(E.E < 1, 0, (E.E-1)*2.25) + 0.75*(1-(Lignin/(NDF-NDIP))^0.667)*(NDF-NDIP-Lignin) - 7 = 52.9$ 。

TDN-1x 精料= $0.98*PAF*(100-NDF-CP-E.E-Ash+NDIP) + (1-0.4*ADIP/CP)*CP + IF(E.E < 1, 0, (E.E-1)*2.25) + 0.75*(1-(Lignin/(NDF-NDIP))^0.667)*(NDF-NDIP-Lignin) - 7$ 。

TDN-1x 動物飼料 = $0.98*PAF*(100-CP-E.E-Ash) + CP \text{ 真消化率(查表)}*CP + IF(E.E < 1, 0, (E.E-1)*2.25) - 7$ 。(查表：魚粉 0.95、乳清 1.00、...)

TDN-1x 脂肪酸=FA 消化率 * E.E * 2.25。

TDN-1x 甘油脂= E.E*0.1 + FA 消化率 * E.E*0.9 * 2.25。

說明 4：本例 DE-1x 草料= $0.98*PAF*(100-NDF-CP-E.E-Ash+NDIP)*0.042 + EXP(-1.2*ADIP/CP)*CP*0.056 + IF(E.E < 1, 0, (E.E-1)*2.25)/2.25*0.094 + 0.75*(1-(Lignin/(NDF-NDIP))^0.667)*(NDF-NDIP-Lignin)*0.042 - 0.3 = 2.35$ 。

DE-1x 精料= $0.98*PAF*(100-NDF-CP-E.E-Ash+NDIP)*0.042 + (1-0.4*ADIP/CP)*CP*0.056 + IF(E.E < 1, 0, (E.E-1)*2.25)/2.25*0.094 + 0.75*(1-(Lignin/(NDF-NDIP))^0.667)*(NDF-NDIP-Lignin)*0.042 - 0.3$ 。

DE-1x 動物飼料 = $0.98*PAF*(100-CP-E.E-Ash)*0.042 + CP \text{ 真消化率(查表)}*CP*0.056 + IF(E.E < 1, 0, (E.E-1)*2.25)/2.25*0.094 - 0.3$ 。

DE-1x 脂肪酸= FA 消化率 * E.E * 0.094。

DE-1x 甘油脂= E.E*0.1*0.043 + FA 消化率 * E.E*0.9*0.094。

說明 5：Adj-TDN=IF((E.E-3)>0, TDN-1x%DM-(E.E-3)*可消化 E.E/E * 2.25, TDN-1x%DM)，本例 TMR 之 Adj-TDN = $73.4-(4.99-3)*0.84/1.11*2.25=70.0$
TDNc=IF((E.E-3)>0, Adj-TDN/((100-(E.E-3))/100), TDN-1x%DM)，本例 TMR 之 TDNc = $70.0/((100-(4.99-3))/100)=71.4$ 。

光泉廠農通訊(129)

<https://www.kuangchuan.com/FacInfo/Dairy>

說明 6:實際倍數 $X = \text{DMI-to-DMIm 經產牛} = \text{TTDN} / (0.035 * (\text{BW 體重})^{0.75})$,
本例 TMR 之實際倍數 $X = \text{DMI-to-DMIm} = 16.359 / (0.035 * (623)^{0.75}) =$
 $16.359 / 4.364 = 3.748$ (總日糧 TDN-1x 供應量是此牛維持所需 TDN 的倍數)。

實際倍數 $X = \text{DMI-to-DMIm 女牛} = \text{TTDN} / (0.035 * (\text{SBW})^{0.75})$

實際倍數 $X = \text{DMI-to-DMIm 犢牛} = \text{TTDN} / (0.035 * (\text{CalfBW})^{0.75})$

說明 7:總日糧實際折率 = IF ($\text{TDNc} < 60$, $(\text{TDNc}-1) / \text{TDNc}$,
($\text{TDNc} - (0.18 * \text{TDNc} - 10.3) * (\text{實際倍數 } x - 1)$) / TDNc) 。

本例 TMR 之實際折率 = $(71.4 - (0.18 * 71.4 - 10.3) * (3.748 - 1)) / 71.4 = 90.15\%$

說明 8:經產牛脂肪類日糧之 $\text{MEp} = \text{DEp}$ 、經產牛非脂肪類日糧之 $\text{MEp} =$
IF($\text{E.E} \geq 3$, $1.01 * \text{DEp} - 0.45 + 0.0046 * (\text{E.E} - 3)$, $1.01 * \text{DEp} - 0.45$) 本例=1.69。

說明 9:經產牛脂肪類日糧之 $\text{NELp} = 0.8 * \text{DEp}$ 、經產牛非脂肪類日糧之 $\text{NELp} =$
IF($\text{E.E} \geq 3$, $0.703 * \text{MEp} - 0.19 + ((0.097 * \text{MEp} + 0.19) / 97) * (\text{E.E} - 3)$, $0.703 * \text{MEp}$
 $- 0.19$) 本例=1.00。

說明 10:女牛 $\text{MEp3x} = 0.82 * \text{DE-1x}$ 、女牛脂肪類日糧之 $\text{MEp3x} = \text{DEp}$

說明 11:女牛 $\text{NEMp3x} = 1.37 * \text{MEp3x} - 0.138 * \text{MEp3x}^2 + 0.0105 * \text{MEp3x}^3 - 1.12$ 、
女牛脂肪類日糧之 $\text{NEMp3x} = 0.8 \text{ MEp3x}$ 。

說明 12:女牛 $\text{NEGp3x} = 1.42 * \text{MEp3x} - 0.174 * \text{MEp3x}^2 + 0.0122 * \text{MEp3x}^3 - 1.65$ 。

女牛脂肪類日糧之 $\text{NEGp3x} = 0.55 \text{ MEp3x}$ 。

說明 13: NEM 女牛 98 = $1.37 * \text{ME 女牛 89} - 0.138 * \text{ME 女牛 89}^2 + 0.0105 * \text{ME 女牛 89}^3 - 1.12$ 。

說明 14: NEG 女牛 98 = $1.42 * \text{ME 女牛 89} - 0.174 * \text{ME 女牛 89}^2 + 0.0122 * \text{ME 女牛 89}^3 - 1.65$ 。

從以上的公式規劃可以理解 1989 年版的 NRC，經產牛、女牛的能量單位源頭都是 **TDN-1x(定數)**，而 2001 年版的 NRC，經產牛的能量單位(**MEp、NELp**)計算自 **DE-1x** 的 **DEp(變數)**，女牛的能量單位(**MEp3x、NEMp3x、NEGp3x**)計算自 **DE-1x(定數)**，因此兩個版本的日糧能量值會有一些差異，女牛的差異不大，但是經產牛的差異會比較大，因為 $\text{DEp} = \text{DE-1x} * \text{實際折率(變數)}$ ，會隨 TMR 的濃度及總採食量的上升而邊際遞減(此 **DEp、MEp、NELp** 是變動值)。而 1989 年版的 $\text{DE89} = 0.04409 * \text{TDN-1x}$ (此 TDN 源自於消化試驗是固定值，在這裡我們用日糧的成分來估算)，其公式與說明 4 之 **DE-1x** 並不一樣。

光泉廠農通訊(129)

<https://www.kuangchuan.com/FacInfo/Dairy>