

以肉雞生長模擬模式探討飼糧組成 與經濟反應之關係

阮喜文¹⁾ 蕭庭訓²⁾ 王斌永²⁾ 陳奕伸³⁾

(接受刊載日期：中華民國 86 年 9 月 25 日)

摘要：本試驗之目的在利用肉雞生長之電腦模擬模式與反應曲面程式，以探討不同飼糧組成與經濟反應之關係。試驗結果顯示，在飼料價格變動下，隻粗收益或年場粗收益最佳獲利點之 CP 及 ME 組合均比飼料價格固定下之 CP 及 ME 組合為低。可見，如僅考慮飼料之品質因素，肉雞生產之最大利潤不僅受到飼糧組成成分供給之影響，而且也受到飼糧價格之影響，當價格變動時，獲得最佳利潤之營養需求量也隨著改變；此顯示肉雞生產之飼料成本與獲利效益比亦是生產者實際飼養時決定採用何種飼料品質的重要因子之一，本試驗之結果提醒養雞業者在考量飼料品質的同時，也能注意整場的收益，以便能夠達到最大生產利潤之目的。

關鍵詞：肉雞、模擬模式、反應曲面、經濟反應

前 言

國外利用電腦模擬家禽之生產與生長表現，近年來已有不錯之成績，例如英國蘇格蘭農學院之 Emmans⁽⁸⁾ 所發展之家禽生長模式 (Poultry Growth Model, PGM)，此模式係一種考量家禽（含雞及火雞）之遺傳條件、飼料組成、管理策略及環境因素等因子，用於預測家禽生長及屠體性狀之模式，其特點在於操作者可根據不同飼養需求，充分地改變各項輸入值，作為不同預設條件之模擬工作。Emmans⁽⁹⁾ 另提出模擬肉雞生長所必需考量之飼糧、環境與管理之問題。其

他如 Zoon *et al.*⁽²⁵⁾ 所提出之內雞生長數理模式、Grosskopf and Matthaus⁽¹¹⁾ 提出之內雞生長之數學模擬、Supaporn *et al.*⁽¹⁸⁾ 之預測肉雞生長表現之數學模式架構、秋元⁽⁴⁾ 之雞隻成長曲線、Burlacu *et al.*⁽⁶⁾ 所提模擬肉雞熱能及蛋白質平衡之數學模式、Muramatsu and Isariyodom⁽¹⁴⁾ 利用電腦模擬家禽因季節改變所影響之採食量變化、Velu *et al.*⁽¹⁹⁾ 利用迴歸方程式求出年輕雞隻之體組成、以及 Wolynetz and Sibbald^(21,22,23,24) 提出一連串預測肉雞主要體組成之方法等，均是預估肉用家禽生長表現有關之模擬模式。

國內研究家禽生長模擬模式之相關文獻

- 1) 國立中興大學畜產系，台中市，臺灣。
- 2) 臺灣省畜產試驗所畜牧經營系，台南縣新化鎮，臺灣。
- 3) 國立中興大學畜產學系畢業生。

仍然稀少，王等⁽¹⁾以 stochastic 方式篩選比較已發表文獻之有關方程式，由肉雞之營養與生理探討肉雞在不同環境與飼糧濃度下對於營養分之需求與利用狀況，預測肉雞在自由採食與各種條件下之最大採食量，並利用電腦程式語言(Quick BASIC)，將所有方程式加以串連，構成預測模式之主要架構。此採食量預測模式之步驟，首先以日齡或體重為給飼不同營養組成日糧之分期依據，同時考慮飼料組成與禽舍有效溫度對雞隻飼料採食量之影響，以滿足雞隻維持與正常之生理需求為最低飼料採食量之基準，另考慮受環境有效溫度之影響，雞隻為禦寒或散熱，導致代謝能需要量改變，而影響雞隻之實際飼料採食量。阮與王⁽³⁾以王等⁽¹⁾之肉雞採食量預測模式為基本架構，另結合遺傳性能、飼養管理與財務管理等建立一完整之肉雞生長之模擬模式。此模式透過輸入有關之肉雞品系與最初狀況、飼養策略、飼糧組成、禽舍狀況、屠宰日齡或體重，以及肉雞上市銷售之決價方式，以每日為基礎，模擬肉雞生長直至屠宰日齡或屠宰體重為止，此模式可預測出肉雞在飼養期間之飼料採食量、日增重、飼料轉換率、維持所需之熱能與蛋白質量、禦寒所需之熱能，同時可預測體組成之蓄積量與屠體各部位之比例，並產生一份財務報表，藉以評估各項有利飼養工作之策略。

由於營養學家所完成之試驗常不被現場作業所採用，究其原因為營養試驗上大多未將成本因素考慮在內，因為品質較佳的飼料勢必價格較貴，導致畜牧生產上的最佳利潤有可能不是能夠讓禽畜生長得最快，或是飼料效率最好的飼料。要討論此類複雜組合下之決策問題，就非藉助電腦模擬模式之操作不可。本試驗主要係利用肉雞生長之電腦模

擬模式⁽³⁾與反應曲面程式⁽¹²⁾，探討肉雞生長最佳利潤下之飼料品質，以供飼養業者之決策參考。

材料與方法

一、市場資料之收集

首先收集飼料廠肉雞飼料的相關資料，包括：飼料中粗蛋白含量、熱能含量及飼料售價。藉此推算出每單位粗蛋白(%)與每單位熱能(kcal/kg)的價錢。

二、單位飼料最低成本之推算

參考 NRC⁽¹⁵⁾ 之肉雞營養需要量，並輸入 CP 自 13-25 % (間隔 1 %)，ME 自 12-16MJ/kg (間隔 1MJ/kg) 於阮⁽²⁾設計之飼料配方軟體。以樹狀組合方式分組，分別求得不同組成分飼料之單位最低成本。再參考先前收集的飼料廠之飼料售價，以 CP 含量 19 %、ME 含量 12.97MJ/kg(3200kcal/kg) 為基準，調整不同 CP 與 ME 之飼料價格如表 1，並以此作為飼料價格變動組之飼料價格。本試驗執行之飼料價格固定組設定為 10 元/kg。

三、肉雞生長之電腦模擬

透過蕭⁽⁵⁾以阮與王⁽³⁾設計之肉雞生長之電腦模擬模式，將分組資料依序輸入各組項目之營養組成分中，並分別就飼料價格隨組成分改變而變動(價格變動組)與飼料價格不隨組成分改變而變動(價格固定組)，求得各種 CP 與 ME 組合下之日增重、飼料換肉率、隻粗收益及每年之場粗收益值。本試驗於肉雞生長之電腦模擬模式中之內部參數設定，除飼糧組成中之粗蛋白質含量與熱能含量依試驗分組外，其他所設定之內部參數如表 2 所示。

表 1. 不同 CP 與 ME 組合飼糧之價格 (元 /kg)

Table 1. The prices (NT\$/kg) of all diets at different CP and ME combination

CP (%)	ME(MJ/kg)				
	12	13	14	15	16
13	7.65	8.01	8.78	9.54	10.31
14	7.81	8.17	8.95	9.73	10.48
15	7.96	8.36	9.13	9.90	10.56
16	8.12	8.54	9.31	10.07	10.84
17	8.28	8.73	9.48	10.25	11.01
18	8.44	8.89	9.70	10.42	11.17
19	8.60	9.07	9.84	10.60	11.37
20	8.73	9.25	10.01	10.78	11.54
21	8.92	9.42	10.17	10.95	11.72
22	9.08	9.60	10.37	11.13	11.95
23	9.24	9.78	10.51	11.45	12.28
24	9.50	10.12	10.96	11.79	12.63
25	9.83	10.47	11.30	12.14	12.98

表 2. 本試驗於肉雞生長之電腦模擬模式中所設之參數值

Table 2. The parameter values of this study using the computer simulation model of broiler growth

項目 Items	名稱 Parameters	設定值 Default values
最初狀況 Start condition	雞隻品種 Breed	白肉雞 Broiler
	雞隻性別 Sex	公母合飼 male+female
	最初體重 Starter weight, (g)	36.00
	成熟體重 Mature weight, (g)	4800
飼養策略 Feeding regime	分期依據 Stage according to	日齡 daily age
	所分期數 Stage	2
	第一期初始日齡 1st starter age	1
	第二期初始日齡 2nd starter age	22
	終止日齡 Finisher age	42

		飼養方式 Feeding method 餵飼方式 Feeding regime	群飼 group 全期任飼 <i>ad libitum</i>				
飼糧組成 Diet composition	階段 Stage		第一期 first	第二期 second			
	灰分含量 Ash content of the feed, %		6	4			
	水分含量 Moisture contents of the feed, %		10	11			
	粗纖維含量 Crude fiber contents of the feed, %		4	4			
	蛋白質消化係數 Protein digestibility coefficient		0.9	0.9			
	脂質消化係數 Lipid digestibility coefficient		0.9	0.9			
	蛋白價 Protein value		0.9	0.9			
			管理方式 Rearing method	平飼鋪墊料 litter floor			
			飼養密度 (隻/m ²) Stocking density, birds/m ²	10			
			1、2、3週之點燈照度 Light intensity at week 1-3, lux/m ²	20.00	3.00	0.30	
雞舍環境 House environment			開放舍連續點燈 Open-side house with continuous light				
			4				
			環境調整區分階段數 The stage of adjusted environment				
			調整日齡為： Adjusted daily age				
			1	7	14	28	
			環境溫度 (°C) 為 Environmental temperature, °C				
			32.0	29.0	26.0	23.0	
			相對濕度 (%) 為： Relative humidity, %				
			65.0	75.0	75.0	75.0	
			通風狀況 (m/min) 為： The wind velocity of poultry house, m/min				
		6.0	8.0	10.0	10.0		
		飼料槽長度 (cm/隻) 分別為： The length of feed trough, cm/bird					
		2.5	4.5	8.0	8.0		
		飼料槽填滿度 The fullness of feed trough					
		2/3					

	飼養隻數	10,000
	The birds rearing	
	每隻小雞成本 (元)	10
	The cost of each bird, NT\$/bird	
	人事費用 (元/月) Labor cost, NT\$/month	25,000
	水電費用 (元/月)	10,000
	The cost of power and water, NT\$/month	
	防疫及醫療費用 (元/隻)	4
成本條件	The cost of guard against and medical	
Cost	treatment, NT\$/bird	
	雜項費用 (元/月)	30,000
	Micellaneous expenses, NT\$/month	
	環保處理費用成本 (元/隻)	3
	The cost of wastage handle, NT\$/bird	
	折舊費用 (元/年)	100,000
	Depreciation cost, NT\$/year	
	預估雞糞收入 (元/隻)	1
	Estimated income of excreata, NT\$/bird	
管理因素	是否剪嘴	是
Management	Does beak trimming?	yes
	全期死亡率	3
	The mortality, %	
市場決價	市場決價方式	全雞活體
Market	Payment method	Alive
	價格 (元/kg)	40.00
	Price, NT\$/kg	

四、迴歸方程式之計算

參考 Dillion and Anderson⁽⁷⁾、Fawcett *et al.*⁽¹⁰⁾、以及 Roan⁽¹⁷⁾ 之設計方式，依據 CP、ME 分別與日增重、飼料換肉率、隻粗收益或每年場粗收益的數值資料，利用統計軟體 MINITAB⁽¹³⁾，分別求得飼料價格固定及飼料價格變動下之迴歸方程式。

五、反應曲面圖之製作

利用反應曲面軟體⁽¹²⁾將迴歸分析後所得之結果繪成反應曲面圖 (response surface) 與等高線圖 (contour maps)，將迴歸方程式

微分後，可由其中求得最佳結果下之 CP、ME 組合。

結果與討論

根據 CP、ME 分別與日增重、飼料換肉率、隻粗收益、或每年場粗收益三者所得之模擬數值資料，利用統計軟體 MINITAB⁽¹³⁾，分別求得日增重、飼料換肉率之迴歸方程式，並求得飼料價格固定及價格變動下之隻粗收益和每年場粗收益迴歸方程式如下：

$$\begin{aligned} \text{日增重 (g)} = & -1429+4.29\text{CP}+196\text{ME}-0.0638\text{CP}^2- \\ & 6.48\text{ME}^2-0.146\text{CP} \times \text{ME} \\ & \quad (R^2=0.94) \quad (1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{飼料換肉率} = & 36.6+0.086\text{CP}-4.76\text{ME}+0.00334\text{CP}^2+ \\ & 0.17\text{ME}^2-0.0168\text{CP} \times \text{ME} \\ & \quad (R^2=0.92) \quad (2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{飼料價格固定組：} \\ \text{隻粗收益 (元/隻)} = & -1568-1.72\text{CP}+217\text{ME}-0.0816\text{CP}^2- \\ & 7.54\text{ME}^2+0.37\text{CP} \times \text{ME} \\ & \quad (R^2=0.90) \quad (3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{年場粗收益 (仟元/年)} = & -74774+177\text{CP}+9974\text{ME}-8.56\text{CP}^2- \\ & 338\text{ME}^2+13.7\text{CP} \times \text{ME} \\ & \quad (R^2=0.95) \quad (4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{飼料價格變動組：} \\ \text{隻粗收益 (元/隻)} = & -1417-3.44\text{CP}+202\text{ME}-0.092\text{CP}^2-7.17\text{ME}^2 \\ & +0.471\text{CP} \times \text{ME} \quad (R^2=0.87) \quad (5) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{年場粗收益 (仟元/年)} = & -82004+209\text{CP}+11198\text{ME}-9.06\text{CP}^2- \\ & 384\text{ME}^2+9.27\text{CP} \times \text{ME} \\ & \quad (R^2=0.92) \quad (6) \end{aligned}$$

另設計以 NRC⁽¹⁵⁾ 建議肉雞飼養之第一期由 1-21 日齡，CP 及 ME 含量分別為 23 % 及 3200 kcal/kg(13.4MJ/kg) 為模式之輸入值；第二期由 22-42 日齡，改變營養濃度，CP 自 13 ~ 25 % (間隔 1 %)，ME 自 12 ~ 16MJ/kg (間隔 1MJ/kg)，求得飼料價格固定及價格變動下之年場粗收益迴歸方程式。

飼料價格固定下，第一期給予固定營養濃度，第二期營養濃度變動之年場粗收益迴歸方程式為：

$$\begin{aligned} \text{年場粗收益 (仟元/年)} = & 7854+238\text{CP}+898\text{ME}-7.74\text{CP}^2-25.8\text{ME}^2+ \\ & 5.25\text{CP} \times \text{ME} \quad (R^2=0.97) \quad (7) \end{aligned}$$

飼料價格變動下，第一期給予固定營養濃度，第二期改變營養濃度並考慮飼料價格之年場粗收益迴歸方程式為：

$$\begin{aligned} \text{年場粗收益 (仟元/年)} = & -3164+97\text{CP}+721\text{ME}-7.36\text{CP}^2-31\text{ME}^2+ \\ & 10.9\text{CP} \times \text{ME} \quad (R^2=0.93) \quad (8) \end{aligned}$$

利用反應曲面軟體，分別繪出日增重、飼料換肉率、及在飼料價格固定與變動下之隻粗收益或每年場粗收益的反應曲面圖及等高線圖，將求出之迴歸方程式，分別對 CP、ME 微分，取得日增重與飼料換肉率之最佳 CP、ME 組合及價格固定與價格變動下之隻粗收益或每年場粗收益每單位 CP 及 ME 之邊際報酬值如後述。

(一)日增重之最佳 CP、ME 組合

由圖 1 增重反應曲面圖可看出可能之最佳組合範圍介於 CP14.5 ~ 18.5 % 與 ME14.0 ~ 15.0MJ/kg 之間，將方程式 1 分別對 CP 與 ME 微分，求得日增重每單位 CP 之邊際報酬值 (MRCP) 與每單位 ME 之邊際報酬值 (MRME) 如下：

$$\text{MRCP} = 4.29-0.1276\text{CP}-0.146\text{ME}$$

$$\text{MRME} = 196-12.96\text{ME}-0.146\text{CP}$$

MRCP 與 MRME 在日增重等高線圖 (圖 2) 上畫出兩條直線，可得一交叉點，即為此模擬設定下最佳日增重之營養組合，經計算結果，CP 為 16.53 %，ME 為 14.94 MJ/kg。

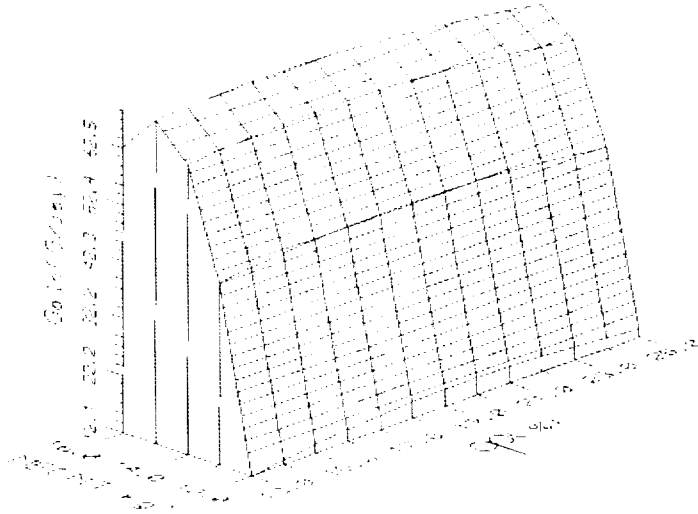


圖 1. 日增重之反應曲面。
Fig. 1. The response surface of daily gains.

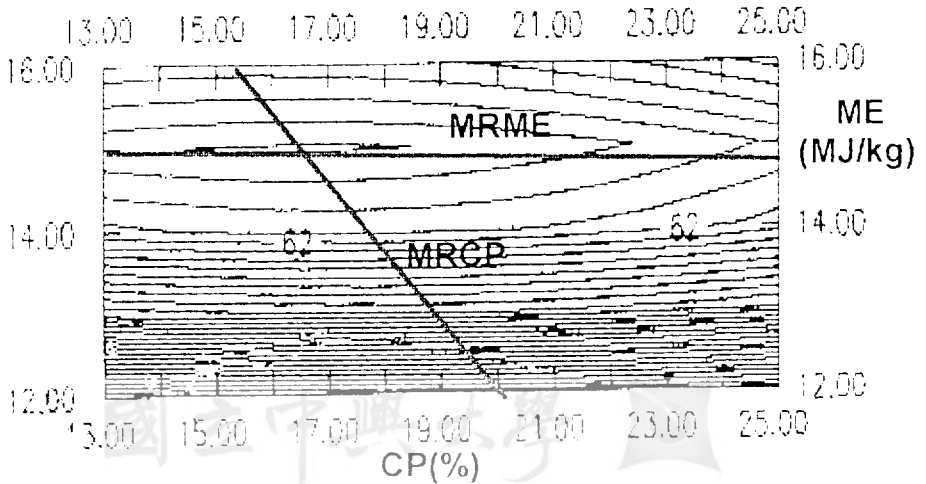


圖 2. 日增重之等高線圖。
Fig. 2. The contour plot of daily gains.

(二) 飼料換肉率之最佳 CP、ME 組合

由飼料換肉率之反應曲面圖 (圖 3) 顯示可能之最佳組合出現在反應曲面圖之底部，最佳組合範圍介於 CP23.0 ~ 26.0 % 與 ME15.5 ~ 16.0MJ/kg 之間，將方程式 2 分別對 CP 與 ME 微分，求得飼料換肉率每單位 CP 之邊際報酬值 (MRCP) 與每單位 ME 之邊際報酬值 (MRME) 如下：

$$MRCP = 0.086 + 0.00668CP - 0.0168ME$$

$$MRME = -4.76 + 0.34ME - 0.0168CP$$

於圖 4 飼料換肉率之等高線圖上，畫上 MRCP 與 MRME 兩條直線之交叉點，即為此模擬設定下最佳飼料換肉率之營養組合，經計算結果，CP 為 25.5 %，ME 為 15.26MJ/kg。

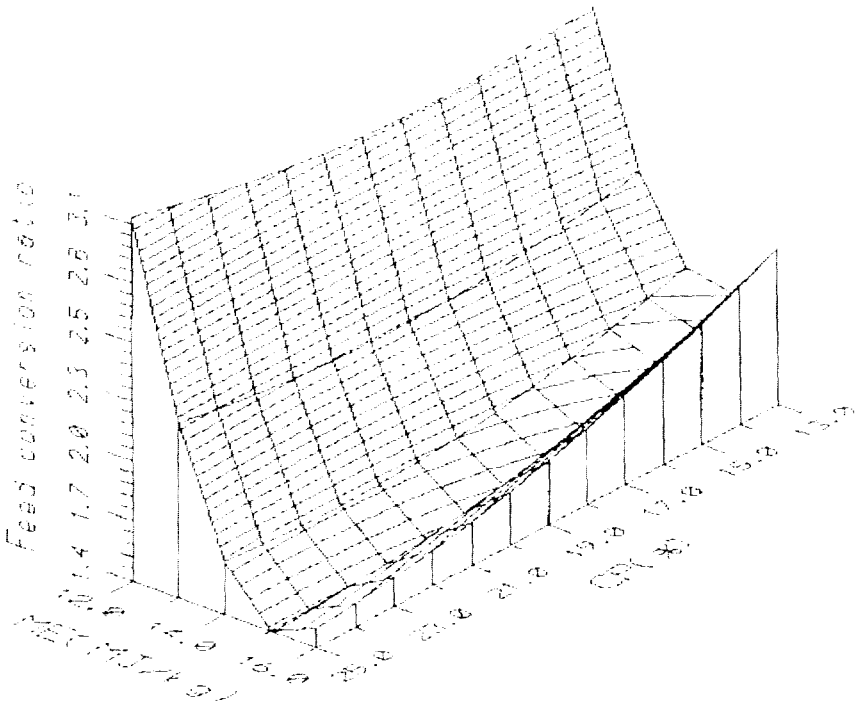


圖 3. 飼料換肉率之反應曲面。

Fig. 3. The response surface of feed conversion ratio.



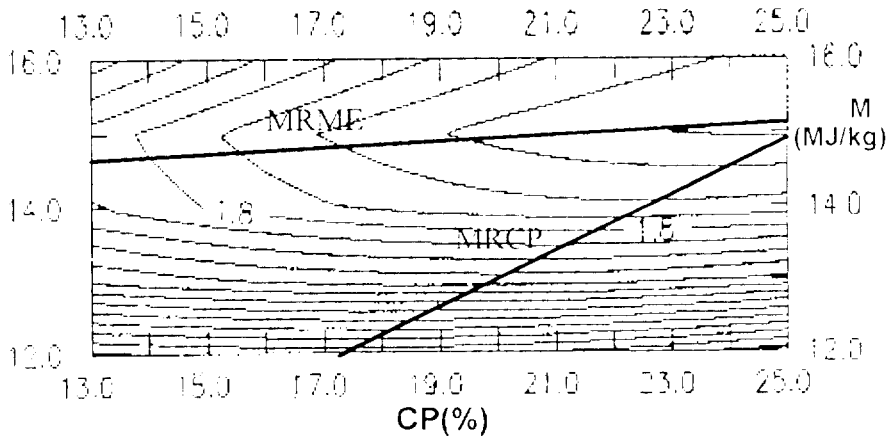


圖 4. 飼料換肉率之等高線圖。
Fig. 4. The contour plot of feed conversion ratio.

(三) 隻粗收益之最佳 CP、ME 組合

1. 飼料價格固定組

由隻粗收益之反應曲面圖 (圖 5) 顯示可能之最佳組合範圍介於 CP21.0~25.0 % 與 ME14.0 ~ 16.0MJ/kg 之間, 將方程式 3 分別對 CP 與 ME 微分, 求得隻粗收益每單位 CP 之邊際報酬值 (MRCP) 與每單位 ME 之邊際報酬值 (MRME) 如下:

$$MRCP = -1.72 - 0.1632CP + 0.37ME$$

$$MRME = 217 - 15.08ME + 0.37CP$$

於圖 6 飼料價格固定下隻粗收益之等高線圖上, 畫上 MRCP 與 MRME 兩條直線之交點, 即為此模擬設定飼料價格固定下最佳隻粗收益之營養組合, 經計算結果, CP 為 23.39 %, ME 為 14.96MJ/kg。

2. 飼料價格變動組

由圖 7 隻粗收益之反應曲面圖, 可看出可能之最佳組合出現在反應曲面圖之上方, 圖 7 顯示最佳組合範圍介於 CP16.0 ~ 23.5 % 之間, ME 介於 14.0 ~ 16.0MJ/kg 之間, 將方程式 5 分別對 CP 與 ME 微分, 求得飼料價格變動下隻粗收益每單位 CP 之邊際報酬值 (MRCP) 與每單位 ME 之邊際報酬值 (MRME) 如下:

$$MRCP = -3.44 - 0.184CP + 0.471ME$$

$$MRME = 202 - 14.34ME + 0.471CP$$

於圖 8 飼料價格變動下隻粗收益之等高線圖上, 畫上 MRCP 與 MRME 兩條直線, 得一交叉點, 即為此模擬設定飼料價格變動下最佳隻粗收益之營養組合, 經計算結果, 此組合為 CP18.96 %, ME14.71MJ/kg。

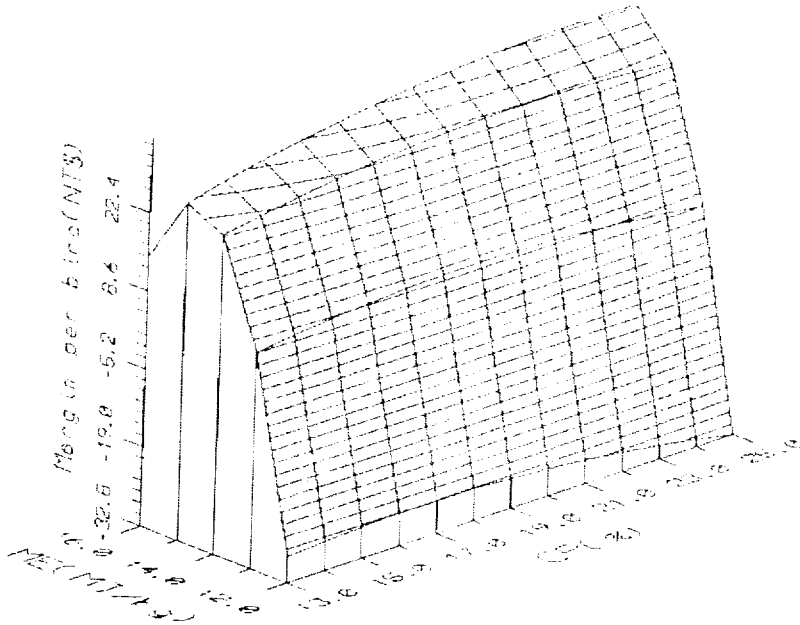


圖 5. 飼料價格固定組隻粗收益之反應曲面。

Fig. 5. The response surface of margin per bird by using constant price of the diet.

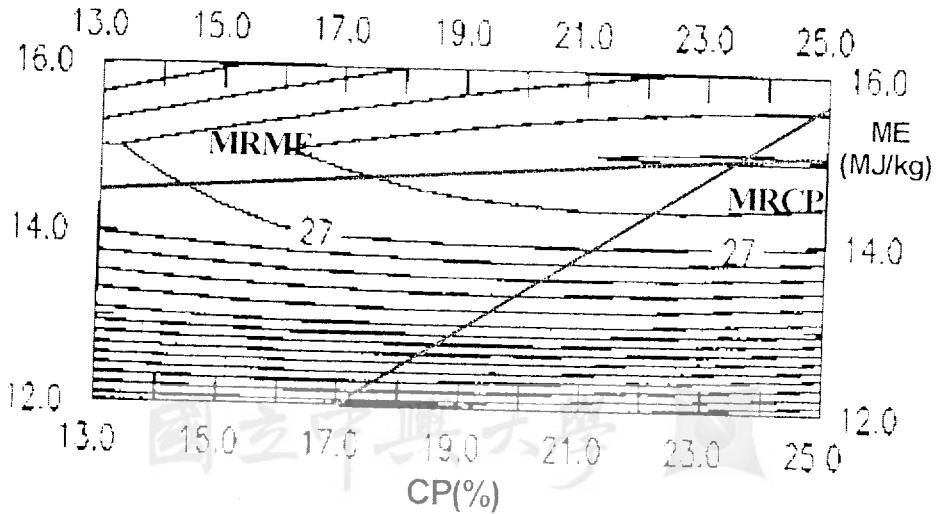


圖 6. 飼料價格固定組隻粗收益之等高線圖。

Fig. 6. The contour plot of margin per bird by using constant price of the diet.

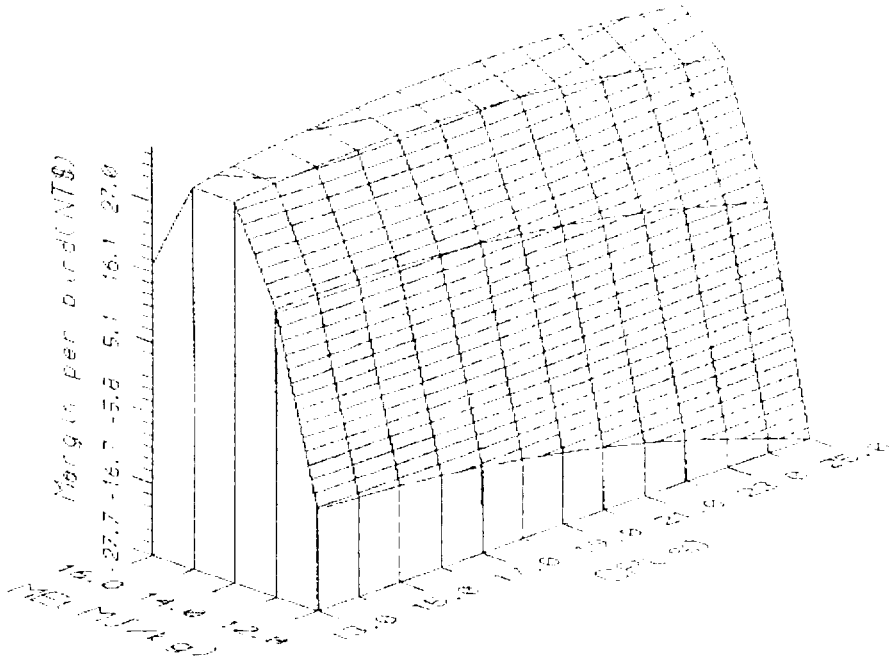


圖 7. 飼料價格變動組隻粗收益之反應曲面。

Fig. 7. The response surface of margin per bird by using variable price of the diet.

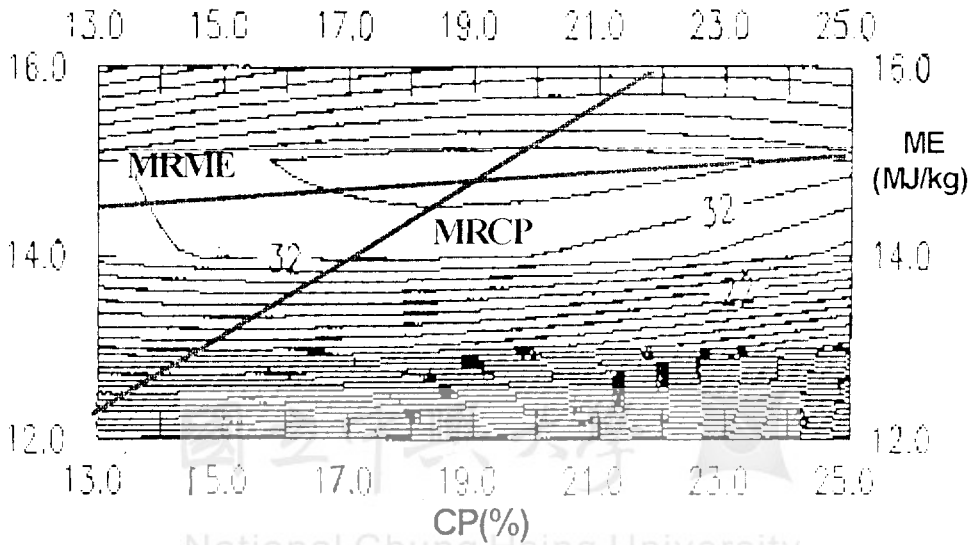


圖 8. 飼料價格變動組隻粗收益之等高線圖。

Fig. 8. The contour plot of margin per bird by using variable price of the diet.

四) 年場粗收益之最佳 CP、ME 組合

1. 飼料價格固定組

由年場粗收益之反應曲面圖 (圖 9) 顯示可能之最佳組合範圍介於 CP20.0 ~ 25.0 % 與 ME14.0 ~ 15.5MJ/kg 之間, 將方程式 4 分別對 CP 與 ME 微分, 求得飼料價格固定下年場粗收益每單位 CP 之邊際報酬值 (MRCP) 與每單位 ME 之邊際報酬值 (MRME) 如下:

$$MRCP = 177 - 17.12CP + 13.7ME$$

$$MRME = 9974 - 676ME + 13.7CP$$

於圖 10 飼料價格固定下年場粗收益之等高線圖上, 畫上 MRCP 與 MRME 兩條直線, 得一交叉點, 即為此模擬設定飼料價格固定下最佳年場粗收益之營養組合, 經計算結果, CP 為 22.51 %, ME 為 15.21MJ/kg。

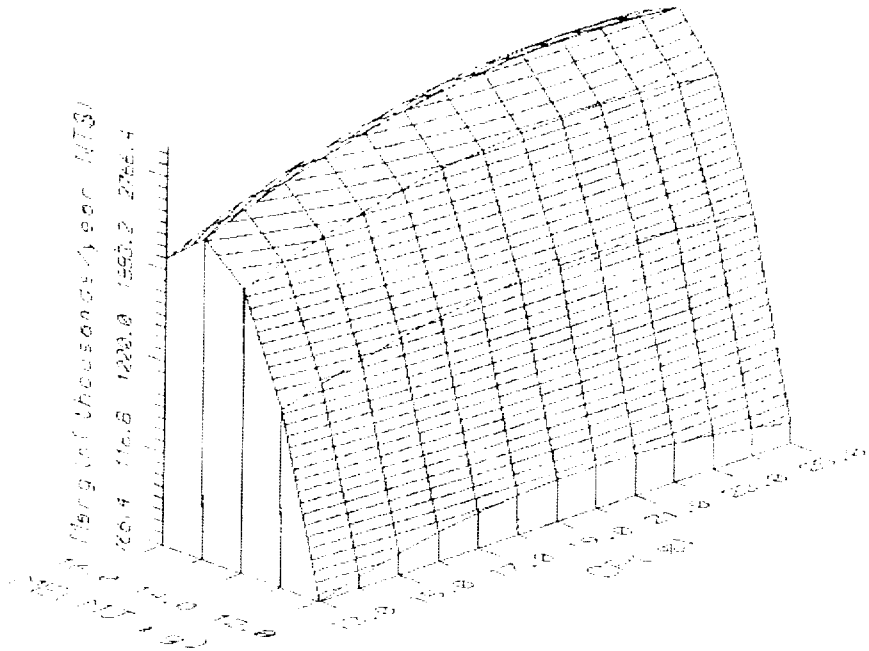


圖 9. 飼料價格固定組年場粗收益之反應曲面。

Fig. 9. The response surface of gross margin per year by using constant price of the diet.

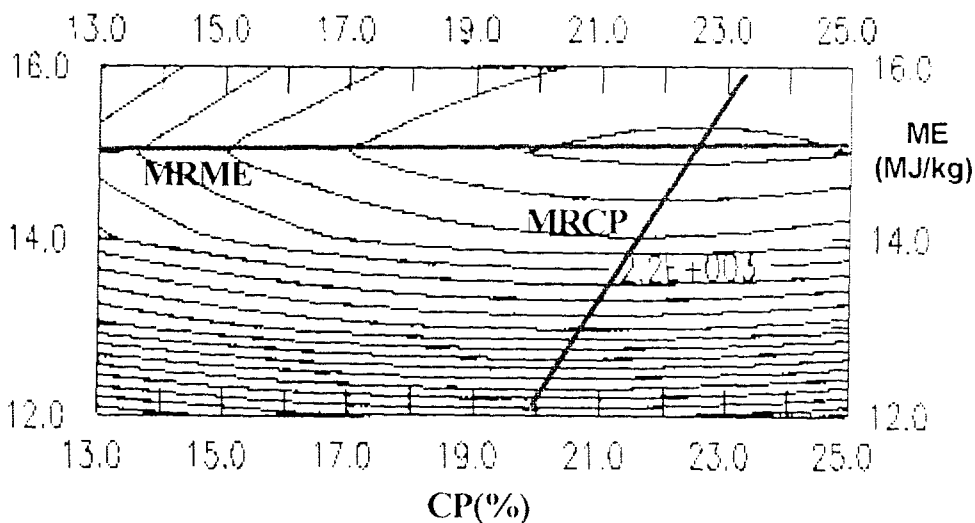


圖 10. 飼料價格固定組年場粗收益之等高線圖。

Fig. 10. The contour plot of gross margin per year by using constant price of the diet.

2. 飼料價格變動組

由圖 11 年場粗收益之反應曲面圖可看出可能之最佳組合出現在反應曲面圖之左上方，圖 11 顯示最佳組合範圍介於 CP16.0 ~ 22.5 % 之間，ME 則介於 14.5 ~ 15.5 MJ/kg 之間，將方程式 6 分別對 CP 與 ME 微分，求得飼料價格變動下年場粗收益每單位 CP 之邊際報酬值 (MRCP) 與每單位 ME 之邊際報酬值 (MRME) 如下：

$$MRCP = 209 - 18.12CP + 9.27ME$$

$$MRME = 11198 - 768ME + 9.27CP$$

於圖 12 飼料價格變動下年場粗收益之等高線圖上，畫上 MRCP 與 MRME 兩條直線，得一交叉點，即為此模擬設定飼料價格變動下最佳年場粗收益之營養組合，經計算結果，CP 為 19.11 %，ME 為 14.81MJ/kg。

3. 飼料價格固定下，前期營養濃度固定，後期營養濃度變動

圖 13 與 14 分別為飼料價格固定下，前期營養濃度固定，後期營養濃度變動之年場粗收益反應曲面圖與等高線圖。由圖 13 可看出可能之最佳組合出現在反應曲面圖之上方，顯示最佳組合範圍介於 CP20.0 ~ 22.0 % 之間，ME 則為 16.0MJ/kg 以上，將方程式 7 分別對 CP 與 ME 微分，求得飼料價格固定下，前期營養濃度固定，後期營養濃度變動之年場粗收益每單位 CP 之邊際報酬值 (MRCP) 與每單位 ME 之邊際報酬值 (MRME) 如下：

$$MRCP = 238 - 15.48CP + 5.25ME$$

$$MRME = 898 - 51.6ME + 5.25CP$$

於圖 14 飼料價格固定下，前期營養濃度固定，後期營養濃度變動年場粗收益之等高線圖，由於 MRCP 與 MRME 兩條直線之交叉點已超出圖形範圍，因此以高氏消除法求得 CP 為 22.04 %，ME 為 19.65MJ/kg。

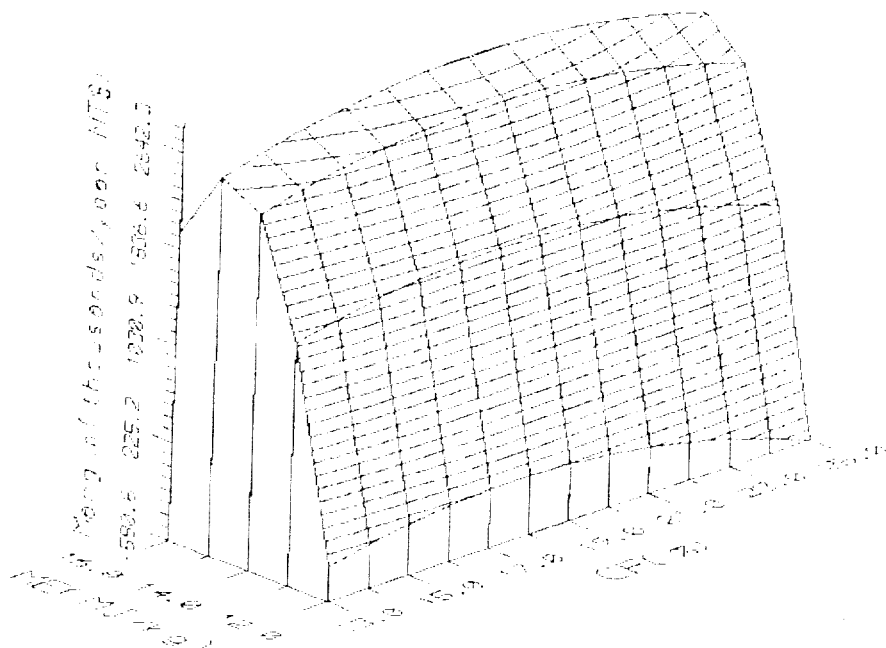


圖 11. 飼料價格變動組年場粗收益之反應曲面圖。

Fig. 11. The response surface of gross margin per year by using variable prices of the diets.

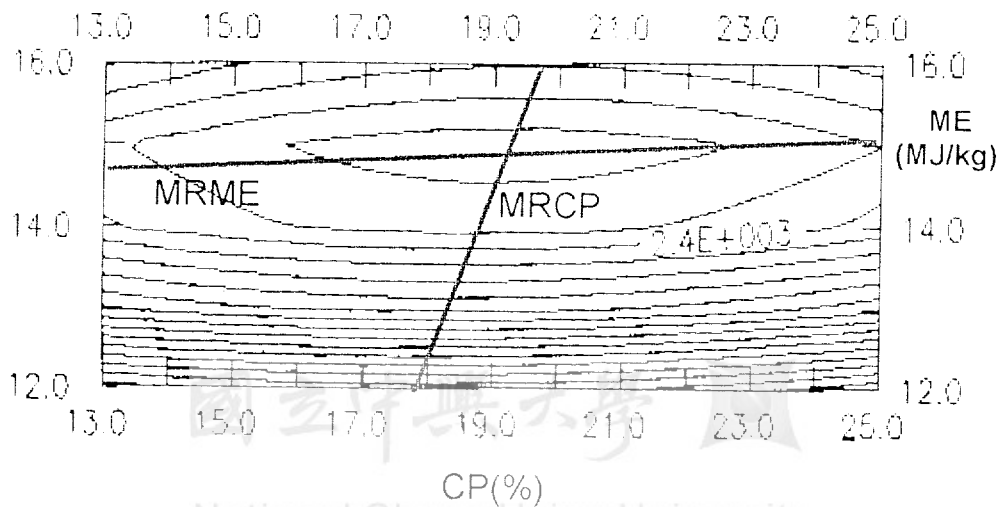


圖 12. 飼料價格變動組年場粗收益之等高線圖。

Fig. 12. The contour plot of gross margin per year by using variable prices of the diets.

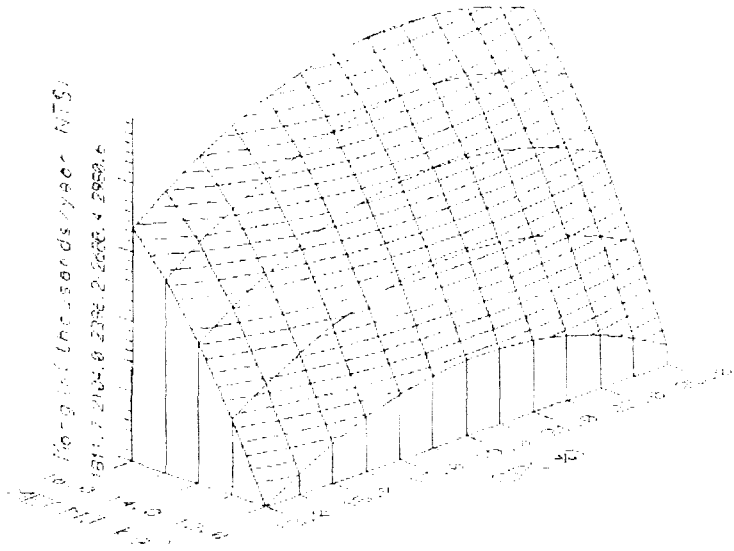


圖 13. 飼料價格固定下，前期營養濃度固定，後期營養濃度變動之年場粗收益反應曲面圖。
Fig. 13. The response surface of gross margin per year on fixed starter and different grower rations by using constant price of the diet.

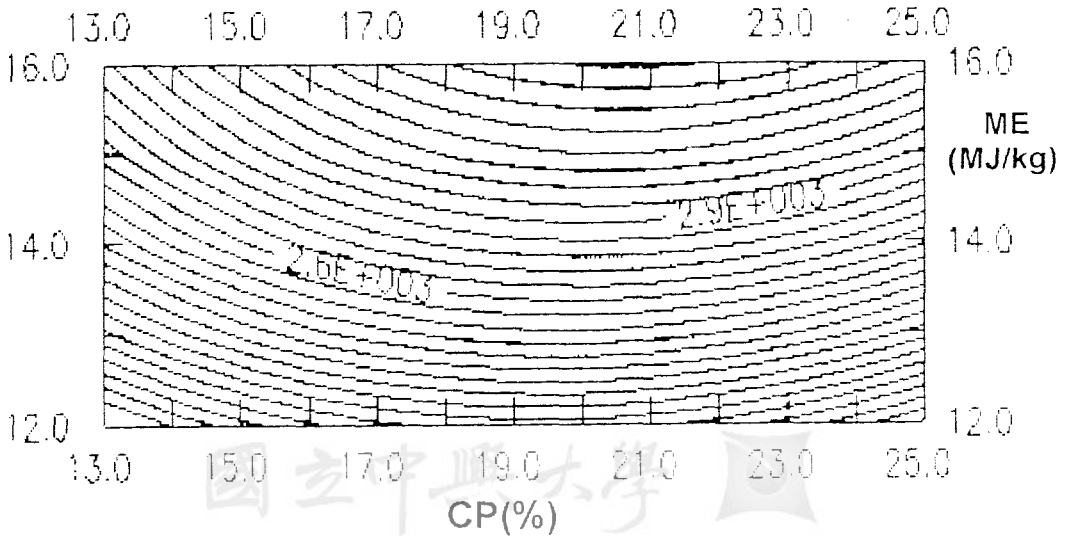


圖 14. 飼料價格固定下，前期營養濃度固定，後期營養濃度變動之年場粗收益等高線圖。
Fig. 14. The contour plot of gross margin per year on fixed starter and different grower rations by using constant price of the diet.

4. 飼料價格變動下，前期營養濃度固定，後期營養濃度變動

圖 15 與 16 分別為飼料價格變動下，前期營養濃度固定，後期營養濃度變動之年場粗收益反應曲面圖與等高線圖，由圖 15 可看出可能之最佳組合出現在反應曲面圖之左上方，顯示最佳組合範圍介於 CP15.0 ~ 19.0 %之間，ME13.5 ~ 15.5MJ/kg 之間，將方程式 8 分別對 CP 與 ME 微分，求得飼料價格變動下營養濃度前期固定後期變動之年場粗收益每

單位 CP 之邊際報酬值 (MRCP) 與每單位 ME 之邊際報酬值 (MRME) 如下：

$$MRCP = 97 - 14.72CP + 10.9ME$$

$$MRME = 721 - 62ME + 10.9CP$$

於圖 16 之等高線圖上，畫上 MRCP 與 MRME 兩條直線，得一交叉點，即為此模擬設定飼料價格變動下，前期營養濃度固定，後期營養濃度變動之最佳年場粗收益營養組合，經計算結果，CP 為 16.77 %，ME 為 14.58MJ/kg。

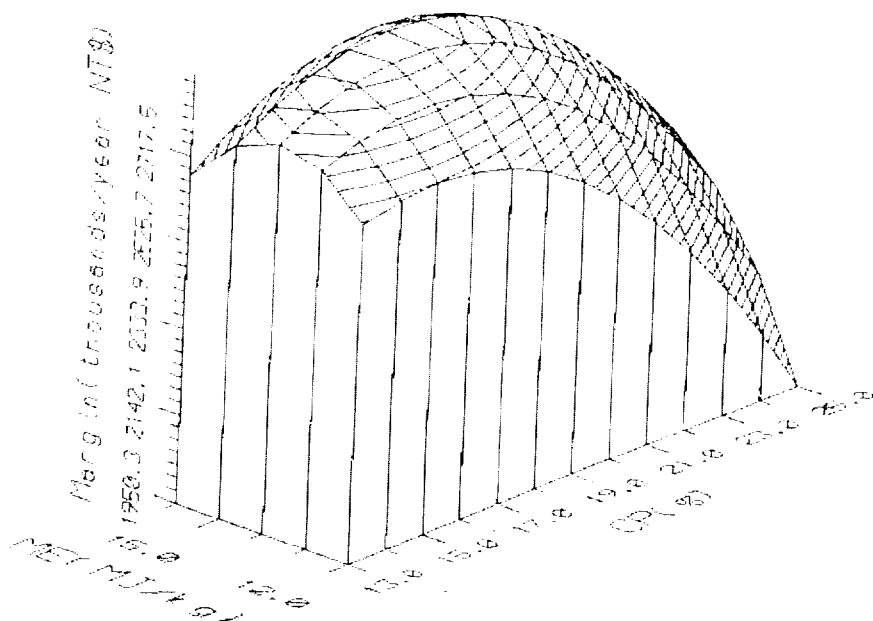


圖 15. 飼料價格變動，前期營養濃度固定，後期營養濃度變動之年場粗收益反應曲面圖。
Fig. 15. The response surface of gross margin per year on fixed starter and different grower ration by using variable prices of the diets.

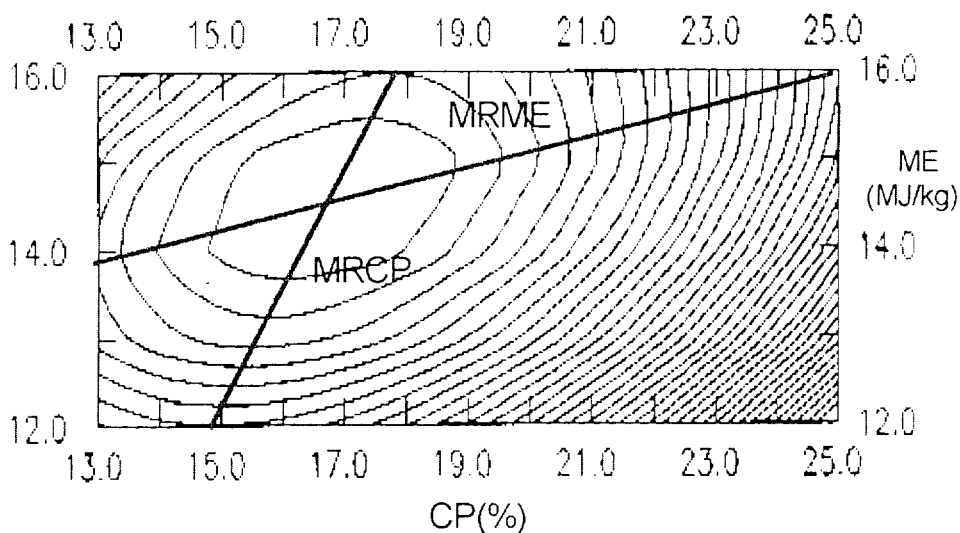


圖 16. 飼料價格變動下，前期營養濃度固定，後期營養濃度變動之年場粗收益等高線圖。
 Fig. 16. The contour plot of gross margin per year on fixed starter and different grower ration by using variable prices of the diets.

在本模式設定之參數下，所獲得之飼料價格固定下隻粗收益及年場粗收益最佳解之 CP 及 ME 組合均較飼料價格變動下最佳解之 CP 及 ME 組合為高，可見在提昇雞隻飼養成績之同時，並未考量飼料成本因素，且飼糧中之營養濃度偏高，若加入成本因素，則於飼料價格變動下，不論隻粗收益及年場粗收益最佳之 CP 及 ME 組合與飼料價格固定下隻粗收益及年場粗收益最佳解之 CP 及 ME 組合相比，均表現下滑之趨勢。另參考 NRC⁽¹⁵⁾ 所建議之肉雞飼養期數及 CP 與 ME 用量，設計在未考量飼料價格與考量飼料價格變動下，營養濃度前期固定、後期變動下之年場粗收益，此結果顯示，最佳組合之 CP 與 ME 用量亦有往下調降之趨勢，Pesti *et al.*⁽¹⁶⁾ 建議以二次方程式為基礎，確認肉雞給予各種日糧試驗之生長記錄，其觀念為不管給予高或低的蛋白質或熱能之飼糧，肉雞均能生長達到特定之體重，給予低營養濃度飼糧會造成上市時間延長，雖然消耗較多飼料，

但是成本較低。William and Arscott⁽²⁰⁾ 分析能量與蛋白質之邊際成本，結果顯示在一定營養濃度下，且在一定範圍內，額外增加蛋白質和熱能，其獲利能力隨額外增加蛋白質和熱能之量而增加，若以等利潤線而言，在其營養濃度範圍內，在等利潤線上任何增加的蛋白質和能量組合，其獲利能力是相同的，由此可知，最佳之營養組合未必符合成本效益。依據 NRC⁽¹⁵⁾ 之第一期與第二期 CP 及 ME 推薦量分別為 23 % 及 3200kcal/kg (12.97MJ/kg) 與 20 % 及 3200kcal/kg，本模式在飼料價格變動下模擬之結果，CP 低於 NRC⁽¹⁵⁾ 之推薦量，ME 則高於 NRC⁽¹⁵⁾ 之推薦量，所以在考量飼料價格隨飼糧營養濃度而改變下，在雞隻營養需求範圍內，可考慮降低日糧中之 CP 或增加 ME 含量，由此範例設定之模擬結果顯示，考量飼養成績之同時，也必須考慮成本與效益比，才能使實際之獲利為最佳。

結 論

本研究針對日增重、飼料換肉率進行不同組合下之最佳決策判斷，於模擬設定下，日增重與飼料換肉率最佳組合之 CP 與 ME 分別為 16.53 %、14.94MJ/kg 與 25.5 %、15.26MJ/kg。另針對飼料價格固定或變動下，進行不同組合下隻粗收益或年場粗收益之模擬，結果在飼料價格變動下之隻粗收益及年場粗收益最佳解之 CP 及 ME 組合均比飼料價格固定下之 CP 及 ME 組合低，可見如將飼料價格考慮在內，最佳之營養組合未

必符合成本效益，所以在雞隻營養需求範圍下，可隨飼料價格之變動調整日糧中之 CP 或 ME 含量以降低生產成本；本研究顯示考量飼養成績的同時，也必須考慮成本與收益比，才能實際達到最佳之獲利。

誌 謝

本研究之經費由行政院國家科學委員會補助，計畫編號為 86-2313-B-005-026，謹此致謝。

參考文獻

1. 王斌永、阮喜文、許振忠。1995。肉雞之採食量預測模式。畜產研究 28(4):269-283。
2. 阮喜文。1988。電腦飼料配方。國立中興大學畜產學系。
3. 阮喜文、王斌永。1996。肉雞生長之電腦模擬模式。中畜會誌 25(1):75-96。
4. 秋元博一。1991。ロード・アイランド・レッド雞の體重の成長解析。畜產の研究 45(9):949-952。
5. 蕭庭訓。1997。肉雞生長模擬模式之決策管理。碩士論文。國立中興大學。
6. Burlacu, G., R. Burlacu, I. Columbeanu and G. Alexandru. 1990. Mathematical model for energy and protein balance simulation in broilers. Arch. Anim. Nutr. Berlin 40:5/6:409-422.
7. Dillon, J.L. and J.R. Anderson. 1990. The Analysis of Response in Crop and Livestock Production. pp.5-28. Pergamon Press, U.K.
8. Emmans, G.C. 1992. Poultry Growth Model. Scottish Agricultural College, Edinburgh, U.K.
9. Emmans, G.C. 1995. Problems in modelling the growth of poultry. World's Poult. Sci. J. 51:77-89.
10. Fawcett, R.H., M. Webster, P.K. Thornton, Shii-Wen Roan and C.A. Morgan. 1992. Predicting the response to variation in diet composition. In Recent Advances in Animal Nutrition-1992 (ed. W. Haresign and D.J.A. Cole.), pp.137-158. Butterworths, London, U.K.
11. Grosskopf, K. and E. Matthaus. 1990. Mathematical simulation of the broiler production process. Syst. Anal. Model. Simul. 7(6):473-491.
12. Golden Software. 1987. Surfer Access System. Golden Software Inc. U.S.A.
13. MINITAB. 1989. MINITAB Statistic Software. Minitab Inc. U.S.A.
14. Muramatsu, T. and S. Isariyodom. 1989. Computer-simulated growth prediction of replacement pullets with special reference to seasonal changes in feed intake. Poultry Sci.

- 68:771-780.
15. National Research Council. 1994. Nutrient Requirements of Poultry. 9th revised edition. p.27. National Academy Press, Washington, D.C., U.S.A.
 16. Pesti, G.M., R.A. Arraes and B.R. Miller. 1986. Use of the quadratic growth response to dietary protein and energy concentration in least cost feed formulation. Poultry Sci. 65:1040-1051.
 17. Roan, S.W. 1991. Bio-economic models for simulation of the production and management of the growing pigs and sows. Ph.D. Thesis, University of Edinburgh, U.K.
 18. Supaporn, I., I. Tasaki and J. Okumura. 1988. Construction of a mathematical model for predicting broiler performance. Jpn. Poult. Sci. 25:191-200.
 19. Velu, J.G., D.H. Baker and H.M. Scott. 1972. Regression equations for determining body composition of young chicks. Poultry Sci. 51:698-699.
 20. William, G.B. and G.H. Arscott. 1960. Animal production functions and optimum ration specifications. Farm Econ. 42:69-78.
 21. Wolynetz, M.S. and I.R. Sibbald. 1986a. Prediction of major body components of broiler chicks from a small subset. Poultry Sci. 65:2167-2172.
 22. Wolynetz, M.S. and I.R. Sibbald. 1986b. Prediction of major body components of broiler chicks. Poultry Sci. 65:2173-2185.
 23. Wolynetz, M.S. and I.R. Sibbald. 1986c. Relationships among major body component of broiler chicks. Poultry Sci. 65:2324-2329.
 24. Wolynetz, M.S. and I.R. Sibbald. 1990. Estimates of body components in broiler chickens from body weight and dry matter. Poultry Sci. 69:1318-1324.
 25. Zoons, J., J. Buyse and E. Decuyper. 1991. Mathematical models in broiler raising. World's Poult. Sci. J. 47:234-255.

Relationship Between Nutrition of the Diet and Economic Responses by Using the Broiler Growth Simulation Model

**Shii-Wen Roan¹⁾ Ting-Hsun Hsiao²⁾
Bin-Yeong Wang²⁾ Yi-Sheng Chen³⁾**

(Accepted for publication: Sep 25, 1997)

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the relationship between nutrition of the diet and economic responses by using the Computer Simulation Model of Broiler Growth and a response surface package. The results showed that CP and ME of the optimal profit points of margin per bird and margin per year at variable prices of the diets were lower than that at constant price of the diet. If feed quality was the only factor considered, the results demonstrated clearly that the greatest profit of broiler production was not only affected by the nutrient supplies but also affected by the price of the diet. When the price of the diet changes, so does the nutrient requirement to reach maximum profit. Therefore the efficiency of feed cost to benefit is one of the significant factors in commercial broiler production in decision-making about what diet shall be used. The results illustrated that diet quality and farm profit must be considered simultaneously to poultrymen in order to make their greatest profit.

Key words: Broiler, Simulation Model, Response Surface, Economic Response



1) Department of Animal Science, National Chung-Hsing University, Taichung 402, Taiwan, R.O.C.

2) Department of Animal Management, TLRI, Hsihua, Tainan 712, Taiwan, R.O.C.

3) Former student, Department of Animal Science, National Chung-Hsing University.