

# 環境豐富化對籠飼紐西蘭白兔行為健康 與生長性狀之影響<sup>(1)</sup>

蔡佩均<sup>(2)(5)</sup> 蔡銘洋<sup>(3)</sup> 李恒夫<sup>(4)</sup> 陳立人<sup>(2)</sup>

收件日期：109 年 1 月 8 日；接受日期：109 年 6 月 9 日

## 摘 要

本試驗目的在於建立友善飼養環境的相關數據，減少實驗動物飼養時的緊迫，以確保可靠的動物試驗結果。試驗以 4 週齡兔共 36 隻（公母各半），分別圈養於豐富化兔籠 (EN) 及一般商業飼養籠 (UE) 6 週，以探討不同的飼養環境對兔隻生長、健康與行為方面的影響。試驗結果顯示，商用飼籠組母兔的飼料效率雖然在剛開始的 4 – 5 週、5 – 6 週及 6 – 7 週均顯著 ( $P < 0.05$ ) 優於豐富化兔籠組，不過大於 7 – 8 週後兩組不論公母都無顯著的差異。在血液生理值的分析結果，EN 組公兔血中的血紅素及血球容積比顯著 ( $P < 0.05$ ) 高於 UE 組。血液生化值方面，UE 組公兔血清中的三酸甘油酯顯著 ( $P < 0.05$ ) 高於 EN 組，而 EN 組公兔之麩胺酸丙酮酸轉胺酶 (glutamate pyruvate transaminase, GPT) 及麩胺醯轉胺酶 ( $\gamma$ -glutamyltransferase,  $\gamma$ -GT) 顯著高於 UE 組。行為表現分析方面：EN 組公兔上午時段的休息行為顯著 ( $P < 0.05$ ) 高於 UE 組，然 UE 組公兔之社交、探索及自理行為顯著 ( $P < 0.05$ ) 高於 EN 組，EN 組公兔中午及下午時段的跳躍行為則顯著 ( $P < 0.05$ ) 高於 UE 組；另外 EN 組公兔下午時段飲水行為則顯著 ( $P < 0.05$ ) 高於 UE 組；母兔在兩種環境下結果的則較一致，EN 組中所有時段的跳躍行為均有顯著 ( $P < 0.05$ ) 高於 UE 組的現象。本研究顯示豐富化的飼養環境對兔的生長性能影響不大，但可能影響兔的血液生理值及有助於兔隻展現跳躍行為的表現。

關鍵詞：行為、豐富化、紐西蘭白兔。

## 緒 言

由於動物福祉的意識抬頭，2005 年即有歐盟食品安全局 (European Food Safety Authority, EFSA) 針對兔子健康及福祉進行科學性的發表 (EFSA, 2005)。後續的相關研究指出，商用籠飼系統也許有損兔之福祉，使之無法表現出自然之行為特徵，特別是跳躍、站立及活動力等 (Verga *et al.*, 2006; Morisse *et al.*, 1999)；一般兔商業飼養籠 (unenriched, UE) 只有飼料槽、飲水設備及冰冷的籠架，如此單調的飼養環境常致使兔產生不正常的刻板行為，像是嚙咬兔籠、具攻擊性行為或對周遭事物漠不關心 (Verga *et al.*, 2007)。為減少因缺乏刺激而造成的緊迫及增進動物福祉，在兼顧空間考量及籠內飼養隻數下，必須研究適當的設計以達成豐富化環境的需求。Lang and Hoy (2011) 指出，飼育環境可藉由多種方式進行豐富化 (Princz *et al.*, 2009)，諸如增設飼養籠中躲避及休息的地方，上升的平臺或不同高度的地板；放入豐富化的物品，如木桿、鏡子；提供粗料食品像乾草、乾草塊或咬棒。而以物品來創造豐富化環境，也證實可有效減少攻擊性行為及增進動物福祉 (Dolle Zotte *et al.*, 2009)。國內兔隻生產經常飼養於單調環境及個別籠飼系統，致兔缺乏互動而出現刻板行為。兔子行為之一般觀察可以自理、運動、探索、跳躍、飲食等做為觀察指標 (Ribikauskas *et al.*, 2011)，而健康狀態就以量測血液生理生化值當指標 (Yakubu *et al.*, 2008)。本研究旨在比較兔在一般商業飼養籠及豐富化飼籠 (enriched, EN) 飼養後，其生長性能、血液生理生化值及不同時段行為之差異。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2640 號。  
(2) 行政院農業委員會畜產試驗所生理組。  
(3) 行政院農業委員會畜產試驗所產業組。  
(4) 行政院農業委員會畜產試驗所營養組。  
(5) 通訊作者，E-mail: pctsai@mail.tlri.gov.tw。

## 材料與方法

### I. 飼養管理

供試紐西蘭白兔係來自於行政院農業委員會畜產試驗所兔舍，飼養於半開放式兔舍，採自然光照，無空調控制溫濕度，籠架長 1.40 公尺，寬 0.43 公尺，高 0.41 公尺；飲水由自動給水裝置供應，飼料則每日餵飼採任飼。飼料配方如蔡等 (2016) 所示，兔之採食量則由供應量與剩料進行估算。兔籠籠底為網狀格，以利於飼養管理。根據前人研究指出以鐵網、塑膠、橡膠等不同的籠底材質，對紐西蘭白兔的生長性能沒有顯著的影響 (Trocino *et al.*, 2004; Princz *et al.*, 2008; Abdelfattah *et al.*, 2013)，本試驗中採用橡膠材質籠底 (圖 1)，雙層籠架亦以橡膠材質架設。

### II. 試驗設計

試驗以 4 週齡離乳紐西蘭白兔仔兔 12 隻，公母各半，同性別每 3 隻關一籠，再次分成兩種處理組，一為豐富化兔籠組 (EN 組)：內含 2 層籠架、 $\Gamma$ 型木塊 (arcade 17-2, TAPVEI, Estonia) 與磨牙棒 (growing sticks 798, 應億企業有限公司, 臺灣)，第二層籠架長 0.70 公尺，寬 0.43 公尺，將籠子隔出約上 0.20 公尺，下 0.21 公尺高度，故豐富化籠架會多出 0.30 平方公尺的底面積；另為商業飼養籠組 (UE 組)，籠內無 2 層籠架及其他特殊設施 (如圖 1，只有飲水器及飼料槽)。試驗採三重複進行，每次試驗重複為期 6 週，共使用 36 隻兔子。



圖 1. 豐富化兔籠 (左) 及商業飼養籠 (右) 配置圖。豐富化兔籠組有 2 層籠架及  $\Gamma$  型木塊與磨牙棒 (如白圈所示) 供玩耍及啃咬；商業飼養籠則無左圖 2 層籠架及其他的配備。

Fig. 1. Configuration of enriched cages (Left) and unenriched cages (Right). There are 2 layers of wire floors,  $\Gamma$  shaped woodblock and two wooden teething rusk sticks for playing and gnawing in enriched cages. There is no such facilities in the commercial cage.

### III. 行為觀察

兔的行為觀察為期 6 週，每週觀察 3 天。每天分成上午時段 (08 – 10)、中午時段 (12 – 14) 及下午時段 (16 – 18) 等三個時間點；前 10 分鐘觀察記錄採食、休息、飲水，後 10 分鐘觀察記錄包括社交、探索、跳躍及自理等行為表現。舉凡採食、休息、飲水、社交、探索、跳躍及自理 (如圖 2) 等，採用監視系統 (HB-DH4295-H, 輝光科技, 臺灣) 以錄影—放影方式記錄並用人工判別分析兔隻行為分類，並記錄兔隻行為頻度。頻度的計算是以欄為單位，算 1 欄中行為發生的比例，例如 1 欄有 3 隻兔子，10 分鐘內有 1 隻兔子在喝水，則此時段喝水頻度 (frequency) 紀錄為 0.33，2 隻喝水則為 0.67，3 隻都在喝水則為 1，依此類推。採食及飲水皆在觀察員確實看到咀嚼飼料及使用自動給水裝置才計數；休息則要完全躺臥 (圖 2) 才符合；社交要兩隻以上兔子產生互動才計數，而其餘探索、跳躍及自理行為態樣則參照圖 2。

### IV. 生長性能紀錄

自 4 週齡起，兔隻每週秤重為期 6 週，並記錄每欄飼料採食量，以計算增重及飼料效率。

### V. 血液與血清生理值與生化值分析

試驗結束採集所有兔子頸靜脈血液，委託祐健醫事檢驗所檢測全血血液生理值，包括白血球 (white blood cells, WBC)、紅血球 (red blood cells, RBC)、血紅素 (hemoglobin, Hgb)、血球容積比 (hematocrit, Hct)、平均紅血球容積 (mean corpuscular volume, MCV)、平均紅血球血紅素 (mean corpuscular hemoglobin, MCH)、平均紅血球血紅素濃度 (mean corpuscular hemoglobin concentration, MCHC) 及血小板 (platelets, PLT)。另進行血清生化值分析，包括葡萄糖 (glucose, Glu)、總蛋白 (total protein, TP)、白蛋白 (albumin, Alb)、球蛋白 (globulin)、血清尿素氮 (serum



urea nitrogen, SUN)、總膽固醇 (total cholesterol, TChol)、三酸甘油酯 (triglyceride, TG)、麩胺酸草醯乙酸轉胺酶 (glutamate oxaloacetate transaminase, GOT)、麩胺酸丙酮酸轉胺酶 (glutamate pyruvate transaminase, GPT)、鹼性磷酸酶 (alkaline phosphatase, ALP)、麩胺醯轉胺酶 ( $\gamma$ -glutamyltransferase,  $\gamma$ -GT)、乳酸脫氫酶 (lactate dehydrogenase, LDH)、肌酸激酶 (creatine phosphokinase, CPK) 等。



圖 2. 紐西蘭白兔行為分類定義包括：1. 採食、2. 飲水、3. 休息、4. 社交、5. 探索、6. 自理及 7. 跳躍。

Fig. 2. New Zealand rabbit behavior patterns, including: 1. Eating, 2. Drinking, 3. Resting, 4. Social activity, 5. Exploring, 6. Self-Grooming, and 7. Jumping.

## VI. 統計分析

每處理共進行三重複試驗，試驗結果以 SAS (2009) 套裝軟體 (SAS 9.3) 進行統計分析，使用一般線性模式程序 (general linear model procedure, GLM) 進行變方分析，再以最小平方平均法 (least square means, LSMEANS) 比較其差異。

## VII. 實驗動物核准編號

本研究涉及之動物試驗係於行政院農業委員會畜產試驗所執行，動物之使用、飼養及實驗內容皆依據行政院農業委員會畜產試驗所實驗動物照護及使用小組審查同意進行 (動物實驗申請表暨同意書編號：106-1)。

# 結 果

## I. 行為觀察

不同籠飼環境下三個時段的兔之行為表現觀察結果如表 1 到 3 所示。結果顯示 EN 組的公兔於上午 (8 – 10) 時段的休息行為表現頻度顯著高於 UE 組 ( $0.74 \pm 0.29$  vs.  $0.66 \pm 0.3$ ,  $P < 0.05$ )；而 UE 組的社交行為表現頻度 ( $0.12 \pm 0.07$  vs.  $0.07 \pm 0.19$ )、探索行為表現頻度 ( $0.43 \pm 0.35$  vs.  $0.32 \pm 0.33$ ) 及自理行為表現頻度 ( $0.48 \pm 0.31$  vs.  $0.38 \pm 0.31$ ) 均顯著高於 EN 組 ( $P < 0.05$ )。在中午 (12 – 14) 時段，EN 組公兔的跳躍行為顯著高於 UE 組 ( $0.02 \pm 0.08$  vs.  $0.00 \pm 0.00$ ,  $P < 0.05$ )。而在下午 (16 – 18) 時段，EN 組公兔的飲水行為表現頻度 ( $0.14 \pm 0.23$  vs.  $0.09 \pm 0.17$ ) 和跳躍行為表現頻度 ( $0.14 \pm 0.25$  vs.  $0.03 \pm 0.12$ ) 均顯著高於 UE 組 ( $P < 0.05$ )。

在母兔方面，不論是上午、中午或下午時段，EN 組的跳躍行為表現頻度均顯著高於 UE 組 ( $0.10 \pm 0.21$  vs.  $0.06 \pm 0.19$ ,  $0.01 \pm 0.07$  vs.  $0.00 \pm 0.02$ ,  $0.13 \pm 0.21$  vs.  $0.03 \pm 0.10$ ) ( $P < 0.05$ )。而其餘六種行為在各個觀察時段的表現頻

度則均無顯著差異。

結果顯示，除了 EN 組公兔的上午時段例外，EN 組的公母兔，在其他各個時段的跳躍行為表現頻度均顯著多於 UE 組 ( $P < 0.05$ )。另外上午時段公兔 EN 組休息頻度顯著高於 UE 組 ( $P < 0.05$ )，反之，公兔 UE 組的社交、探索及自理行為表現頻度則顯著高於 EN 組 ( $P < 0.05$ )。下午時段，EN 組公兔之飲水行為頻度表現顯著多於 UE 組 ( $P < 0.05$ )。在各個觀察時段，母兔只有跳躍行為在兩組間有顯著差別 ( $P < 0.05$ )，其餘之行為發生頻度並無顯著之差異。

表 1. 不同籠飼環境差異對不同性別兔上午之行為表現的影響

Table 1. Effects of different caged environments and sex on behavior patterns of rabbit in the morning

Time period	Behavior	Male		Female	
		EN	UE	EN	UE
08 – 10	Eating	0.12 ± 0.19	0.12 ± 0.19	0.10 ± 0.18	0.11 ± 0.18
	Drinking	0.05 ± 0.13	0.06 ± 0.13	0.05 ± 0.12	0.04 ± 0.12
	Resting	0.74 ± 0.29 <sup>a</sup>	0.66 ± 0.30 <sup>b</sup>	0.72 ± 0.29 <sup>a</sup>	0.72 ± 0.31 <sup>a</sup>
	Social activity	0.07 ± 0.19 <sup>b</sup>	0.12 ± 0.24 <sup>a</sup>	0.07 ± 0.19 <sup>b</sup>	0.08 ± 0.21 <sup>b</sup>
	Exploring	0.32 ± 0.33 <sup>b</sup>	0.43 ± 0.35 <sup>a</sup>	0.35 ± 0.33	0.38 ± 0.35
	Jumping	0.11 ± 0.22 <sup>a</sup>	0.07 ± 0.21 <sup>ab</sup>	0.10 ± 0.21 <sup>a</sup>	0.06 ± 0.19 <sup>b</sup>
	Self-rooming	0.38 ± 0.31 <sup>b</sup>	0.48 ± 0.31 <sup>a</sup>	0.46 ± 0.31 <sup>a</sup>	0.46 ± 0.33 <sup>a</sup>

<sup>a, b</sup> Means within the same row with different superscripts differ significantly ( $P < 0.05$ ).

EN: enriched cage, UE: unenriched cage.

Behavior was quantified by number. For example, there are three rabbits in one cage, if one rabbit drinks,  $1/3 = 0.33$  was recorded as drinking behavior frequency and so on.

表 2. 不同籠飼環境差異對不同性別兔中午時行為表現的影響

Table 2. Effects of different caged environments and sex on behavior patterns of rabbit at midday

Time period	Behavior	Male		Female	
		EN	UE	EN	UE
12 – 14	Eating	0.10 ± 0.17	0.11 ± 0.17	0.12 ± 0.18	0.11 ± 0.18
	Drinking	0.03 ± 0.10	0.04 ± 0.12	0.05 ± 0.12	0.03 ± 0.09
	Resting	0.93 ± 0.16	0.94 ± 0.16	0.97 ± 0.65	0.92 ± 0.17
	Social activity	0.02 ± 0.08	0.02 ± 0.09	0.01 ± 0.05	0.02 ± 0.09
	Exploring	0.12 ± 0.19	0.15 ± 0.22	0.13 ± 0.20	0.12 ± 0.19
	Jumping	0.02 ± 0.08 <sup>a</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>b</sup>	0.01 ± 0.07 <sup>a</sup>	0.00 ± 0.02 <sup>b</sup>
	Self-rooming	0.20 ± 0.24	0.22 ± 0.24	0.21 ± 0.24	0.20 ± 0.22

<sup>a, b</sup> Means within the same row with different superscripts differ significantly ( $P < 0.05$ ).

EN: enriched cage, UE: unenriched cage.

Behavior was quantified by number. For example, there are three rabbits in one cage, if one rabbit drinks,  $1/3 = 0.33$  was recorded as drinking behavior frequency and so on.

表 3. 不同籠飼環境差異對不同性別兔黃昏時行為表現的影響

Table 3. Effects of different caged environments and sex on behavior patterns of rabbit at dusk

Time period	Behavior	Male		Female	
		EN	UE	EN	UE
16 – 18	Eating	0.27 ± 0.25	0.26 ± 0.26	0.29 ± 0.25	0.27 ± 0.24
	Drinking	0.14 ± 0.23 <sup>a</sup>	0.09 ± 0.17 <sup>b</sup>	0.13 ± 0.20 <sup>ab</sup>	0.13 ± 0.20 <sup>ab</sup>
	Resting	0.71 ± 0.30	0.68 ± 0.32	0.69 ± 0.29	0.68 ± 0.29
	Social activity	0.07 ± 0.17	0.10 ± 0.20	0.07 ± 0.18	0.08 ± 0.17
	Exploring	0.34 ± 0.33	0.37 ± 0.34	0.34 ± 0.32	0.37 ± 0.32
	Jumping	0.14 ± 0.25 <sup>a</sup>	0.03 ± 0.12 <sup>b</sup>	0.13 ± 0.21 <sup>a</sup>	0.03 ± 0.10 <sup>b</sup>
	Self-rooming	0.34 ± 0.32	0.38 ± 0.32	0.38 ± 0.29	0.39 ± 0.29

<sup>a, b</sup> Means within the same row with different superscripts differ ( $P < 0.05$ ).

EN: enriched cage, UE: unenriched cage. Behavior was quantified by number. For example, there are three rabbits in one cage, if one rabbit drinks,  $1/3 = 0.33$  was recorded as drinking behavior frequency and so on.

## II. 生長性能表現

不同籠飼環境下兔之生長性能表現如表 4 所示。結果顯示，不同的籠飼環境對 4 到 10 週齡的公兔之生長性能沒有明顯的影響。而 UE 組母兔的飼料效率，不論是 4－5、5－6 或 6－7 週齡時均顯著優於 EN 組 ( $P < 0.05$ )。然而，在大於 8 週齡後，兩組間的飼料效率就不再有顯著差別；且在試驗期間，不同籠飼環境下母兔其他的性能表現，不論是各週齡的體重、日增重、攝食量都無顯著差異。亦即，經過 6 週試驗結果顯示，豐富化飼養環境對兔的體重、平均日增重、平均飼料效率、攝食量等生長性能表現方面，與一般商業飼養環境相較並無顯著之差異。

表 4. 不同籠飼環境差異對不同性別兔生長性能的影響

Table 4. Effects of different caged environments and sex on growth performance of rabbit

Weeks of age	Male		Female	
	EN	UE	EN	UE
Feed intake, g/day				
4－5	81.3 ± 17.6	76.8 ± 16.1	106.4 ± 32.2	79.0 ± 22.5
5－6	94.6 ± 5.6	96.1 ± 10.1	113.0 ± 17.5	98.4 ± 17.8
6－7	112.4 ± 34.0	102.4 ± 15.2	111.2 ± 19.2	106.6 ± 31.8
7－8	112.4 ± 3.7	114.0 ± 2.7	113.2 ± 25.1	106.8 ± 8.5
8－9	123.2 ± 48.6	114.1 ± 13.6	119.5 ± 31.6	122.9 ± 23.2
9－10	107.1 ± 25.9	87.5 ± 26.0	101.4 ± 29.7	96.8 ± 18.8
Body weight, g				
4	734 ± 96	734 ± 94	725 ± 98	724 ± 99
5	1,022 ± 158	1,008 ± 178	1,034 ± 137	1,039 ± 162
6	1,328 ± 156	1,309 ± 169	1,307 ± 151	1,324 ± 201
7	1,577 ± 197	1,559 ± 207	1,529 ± 187	1,570 ± 256
8	1,769 ± 150	1,805 ± 198	1,800 ± 147	1,778 ± 236
9	2,030 ± 193	1,986 ± 230	1,918 ± 270	1,955 ± 222
10	2,153 ± 235	2,040 ± 316	2,036 ± 323	2,054 ± 271
Daily weight gain, g				
4－5	41.2 ± 10.1	39.1 ± 12.8	44.1 ± 7.5	44.9 ± 10.6
5－6	46.2 ± 7.2 <sup>a</sup>	43.0 ± 7.0 <sup>ab</sup>	39.1 ± 4.3	40.7 ± 6.0 <sup>ab</sup>
6－7	35.6 ± 6.9	35.7 ± 7.0	31.7 ± 6.4	35.3 ± 8.4
7－8	38.9 ± 8.5	35.1 ± 11.1	35.8 ± 10.6	35.1 ± 3.1
8－9	33.0 ± 10.7	27.6 ± 5.8	32.3 ± 7.4	28.8 ± 15.2
9－10	25.3 ± 10.0	23.5 ± 6.0	25.8 ± 8.8	23.9 ± 8.9
Avg.	36.7 ± 8.9	34.0 ± 8.3	34.8 ± 7.5	34.8 ± 8.7
Feed conversion rate, g/g				
4－5	2.01 ± 0.23 <sup>ab</sup>	2.09 ± 0.48 <sup>ab</sup>	2.48 ± 0.87	1.76 ± 0.16 <sup>b</sup>
5－6	2.07 ± 0.33 <sup>c</sup>	2.29 ± 0.40 <sup>bc</sup>	2.90 ± 0.37	2.42 ± 0.14 <sup>b</sup>
6－7	3.03 ± 0.46 <sup>b</sup>	2.94 ± 0.55 <sup>b</sup>	3.58 ± 0.67	3.01 ± 0.18 <sup>b</sup>
7－8	3.09 ± 1.16	3.61 ± 1.38	3.48 ± 1.07	3.03 ± 0.32
8－9	3.95 ± 0.82	4.19 ± 0.68	3.93 ± 1.28	4.49 ± 1.21
9－10	4.69 ± 1.43	4.93 ± 2.01	4.46 ± 1.52	4.81 ± 1.71
Avg.	3.14 ± 0.73	3.34 ± 0.92	3.47 ± 0.96	3.25 ± 0.62

<sup>a, b, c</sup> Means within the same row with different superscripts differ significantly ( $P < 0.05$ ).

EN: enriched cage, UE: unenriched cage.

## III. 血液生理值分析

飼養於不同籠飼環境下兔之血液生理值分析結果如表 5 所示。其中，僅 EN 組公兔之 Hgb ( $13.3 \pm 0.7$  gm% vs.  $11.8 \pm 1.7$  gm%) 與 Hct ( $44.1 \pm 1.6$  % vs.  $38.8 \pm 5.6$  %) 之測值均顯著高於 UE 組 ( $P < 0.05$ )。母兔之各種血液生理學量測值在各組間則沒有顯著的差異。推測其可能之原因，係 EN 組公兔表現有較多跳躍活動所導致的結果 (Harcourt-Brown, 2014)。

表 5. 不同籠飼環境差異對不同性別兔血液生理學的影響

Table 5. Effects of different caged environments and sex on rabbit hematology

Items	Male		Female	
	EN	UE	EN	UE
WBC, $\mu\text{L}$	8,046 $\pm$ 1,231	10,183 $\pm$ 1,995	9,512 $\pm$ 3,570	9,680 $\pm$ 3,533
RBC, M/ $\mu\text{L}$	6.45 $\pm$ 0.24	5.85 $\pm$ 1.00	5.91 $\pm$ 0.53	5.98 $\pm$ 0.53
Hgb, gm%	13.3 $\pm$ 0.7 <sup>a</sup>	11.8 $\pm$ 1.7 <sup>b</sup>	12.3 $\pm$ 1.3 <sup>ab</sup>	12.5 $\pm$ 0.8 <sup>ab</sup>
Hct, %	44.1 $\pm$ 1.6 <sup>a</sup>	38.8 $\pm$ 5.6 <sup>b</sup>	40.7 $\pm$ 3.7 <sup>ab</sup>	42.0 $\pm$ 2.6 <sup>ab</sup>
MCV, fl	68.4 $\pm$ 2.8	66.7 $\pm$ 3.7	69.1 $\pm$ 4.7	70.4 $\pm$ 3.0
MCH, pg	20.5 $\pm$ 0.8	20.3 $\pm$ 1.0	20.7 $\pm$ 1.2	21.0 $\pm$ 0.8
MCHC, %	30.1 $\pm$ 1.1	30.4 $\pm$ 0.7	30.1 $\pm$ 0.8	29.9 $\pm$ 0.5
PLT, $\times 10^3/\mu\text{L}$	413 $\pm$ 102	461 $\pm$ 247	414 $\pm$ 240	340 $\pm$ 183

<sup>a, b</sup> Means within the same row with different superscripts differ significantly ( $P < 0.05$ ).

EN: enriched cage, UE: unenriched cage.

#### IV. 血清生化值分析

飼養於不同籠飼環境下兔之血清生化值分析結果如表 6 所示。其中 UE 組公兔血清中的 TG (232  $\pm$  144 mg/dL vs. 122  $\pm$  45 mg/dL) 顯著高於 EN 組 ( $P < 0.05$ )；而 EN 組公兔血清中的 GPT (49.1  $\pm$  14 U/L vs. 32.0  $\pm$  14.3 U/L) 與  $\gamma$ -GT (10.00  $\pm$  3.00 U/L vs. 6.22  $\pm$  2.49 U/L) 則均顯著高於 UE 組 ( $P < 0.05$ )。在母兔方面，EN 組與 UE 組間之各項血清生化值並無顯著的差異。在這項試驗分析中，UE 組公兔血清中的 TG 高於 EN 組，可能是 UE 組的活動力較 EN 組低，導致血脂代謝較慢 (Harcourt-Brown, 2014)。另外，GPT 及  $\gamma$ -GT 數值雖然通常被視為肝損傷的指標 (Harcourt-Brown, 2014)，然而，在激烈運動後也會造成血液 GPT 數值上升 (Mashiko *et al.* 2004)，故在 EN 組公兔 GPT 值高於 UE 組的情形，亦可能與 EN 組公兔的活動力頻度表現較高有關。然  $\gamma$ -GT 數值雖在正常範圍內，但在 EN 組公兔顯著高於 UE 組的原因則未明。

表 6. 不同籠飼環境差異對不同性別兔血清生化值的影響

Table 6. Effects of different caged environments and sex on rabbit hematochemistry

Items	Male		Female	
	EN	UE	EN	UE
Glu, mg/dL	137 $\pm$ 12	129 $\pm$ 6	134 $\pm$ 15	134 $\pm$ 7
TP, g/dL	5.64 $\pm$ 0.56	5.06 $\pm$ 0.99	5.14 $\pm$ 0.64	5.50 $\pm$ 0.66
Alb, g/dL	4.53 $\pm$ 0.55	3.76 $\pm$ 1.11	3.97 $\pm$ 0.76	4.29 $\pm$ 0.74
Globulin, g/dL	1.11 $\pm$ 0.16	1.30 $\pm$ 0.41	1.18 $\pm$ 0.22	1.21 $\pm$ 0.48
Alb/Globulin	3.82 $\pm$ 1.23	3.23 $\pm$ 1.61	3.50 $\pm$ 0.96	4.04 $\pm$ 1.60
SUN, mg/dL	13.7 $\pm$ 1.5	16.0 $\pm$ 5.1	15.9 $\pm$ 5.2	16.3 $\pm$ 5.3
TChol, mg/dL	66.8 $\pm$ 16.8	82.8 $\pm$ 17.9	74.3 $\pm$ 22.3	88.2 $\pm$ 41.5
TG, mg/dL	122 $\pm$ 45 <sup>b</sup>	232 $\pm$ 144 <sup>a</sup>	127 $\pm$ 49 <sup>b</sup>	153 $\pm$ 121 <sup>ab</sup>
GOT, U/L	20.9 $\pm$ 7.4	16.1 $\pm$ 2.8	18.4 $\pm$ 5.5	16.3 $\pm$ 2.7
GPT, U/L	49.1 $\pm$ 14.0 <sup>a</sup>	32.0 $\pm$ 14.3 <sup>b</sup>	45.7 $\pm$ 20.4 <sup>ab</sup>	40.8 $\pm$ 11.0 <sup>ab</sup>
ALP, IU/L	202 $\pm$ 46	127 $\pm$ 61	145 $\pm$ 74	207 $\pm$ 122
$\gamma$ -GT, U/L	10.00 $\pm$ 3.00 <sup>a</sup>	6.22 $\pm$ 2.49 <sup>b</sup>	7.00 $\pm$ 2.35 <sup>b</sup>	8.33 $\pm$ 3.28 <sup>ab</sup>
LDH, U/L	174 $\pm$ 82	153 $\pm$ 47	168 $\pm$ 33	140 $\pm$ 46
CPK, U/L	1,230 $\pm$ 758	844 $\pm$ 298	939 $\pm$ 217	853 $\pm$ 280

<sup>a, b</sup> Means within the same row with different superscripts differ significantly ( $P < 0.05$ ).

EN: enriched cage, UE: unenriched cage.



## 討 論

4 週齡離乳紐西蘭白兔仔兔在 EN 與 UE 之環境下飼養 6 週之試驗結果，顯示在豐富度有差異的飼養環境下，不同時段的行為表現有所差異。不論公母兔的跳躍的行為在 EN 均多於 UE；母兔其他行為並無顯著差異，但在公兔，則顯現出飼養環境豐富化程度不同對於各個時段之跳躍、休息、社交、探索、飲水及自理等行為發生的影響，如上午時段 EN 公兔休息頻度較 UE 高，可能是跳躍活動較多也增加休息的頻率，而同個時段，令人意外地 UE 的社交、探索及自理頻度高於 EN，可能因該時段 EN 公兔跳躍與休息行為頻度增加，減少其他行為的頻度，且 UE 少了一層籠架，地板空間較少，故兔子互相接觸即社交行為相對增加。

儘管兔子是典型的實驗動物，但該物種的時間生物學研究仍處於起步階段。依照本試驗的觀察結果，供試之紐西蘭白兔活動頻度最高的時段是在黃昏 (16 – 18)。Jilge (1991) 指出在未隔音的動物房中，家畜於外部噪音升高時，他們的運動能力、糞便排泄、食物及水分攝入均表現出升高現象。當外部嘈雜聲的小時數與光照時間相吻合 (均為 12 小時) 時，53.3% 兔子行為表現出主要的晝夜規律，20.0% 兔子則無光亮或黑暗時間之差異，而 26.7% 兔子通常具有夜間行為。相反地，在適當隔音的實驗室晝夜光照條件設定為 12:12 時，兔之活動在黑暗期中之運動能力、硬糞便排泄、攝食物、飲水和排尿顯著比未隔音者更高。然而，當進食時間發生在光照時間中時 (如 12 小時中的 4 個小時)，這五種行為出現大多數都集中在有餵食的時間，故試驗兔隻活動的時間幾乎完全是在白天 (Jilge, 1991)。因此，雖然兔的內源性本質是夜間活動的動物 (Kenndy and Hudson, 2016)，但在光照期間外來噪音或定期進食可以使兔子轉變成以日間活動為主 (Jilge, 1991)；此與本所飼養兔隻之環境未隔音且白天餵飼情況相似。由此可知，本試驗在白天觀察的三個時段已符合兔隻行為觀測的代表性。

不同形式的兔籠對於公兔的整體生長性能表現，包括攝食量、日增重、飼料效率與體重均沒有顯著的影響。飼養於商業飼養籠組的母兔之飼料效率雖然在剛開始的 4 – 5 週、5 – 6 週及 6 – 7 週均顯著優於豐富化兔籠組，不過到了 7 – 8 週後兩組不論公母都無顯著差異。

不同形式的兔籠僅對公兔的血液生理學及血液生化學數值表現有所影響，經過豐富化籠飼 6 週的公兔，血液中的 Hgb、Hct、GPT 值顯著高於商業飼養籠組 (兩組均在正常範圍內)。一般在營養條件無差別的狀態下，Hgb、Hct 的上升，經常被解讀為有脫水的情形造成，惟此豐富化環境下的公兔飲水及跳躍的頻率大多都高於商業飼養籠組或無差別，爰可排除脫水因素，又運動鍛鍊可以刺激 GPT 值上升 (Mashiko *et al.*, 2004)，故似可將 Hgb、Hct 及 GPT 在豐富化飼籠組上升歸因於公兔活動力 (跳躍行為) 增加。另外商業飼養籠組的公兔血液 TG 值顯著高於豐富化兔籠組，此似乎亦因為商業飼籠組的公兔運動量較少所致，因運動量增加可以加速血脂的代謝而降低 TG (Harcourt-Brown, 2014)。豐富化兔籠組之  $\gamma$ -Gt 測值較高，但仍落在正常的生理數值範圍內，其致使之原因目前未明。

若以病理學的角度探討，鄭 (1992) 研究指出若兔隻感染球蟲時，血中 TG 濃度在第 9 天會上升，一直到第 40 天都持續維持高值 (因膽管遭到寄生蟲破壞)，同時，血中 TChol、GPT、GOT 及 TP 數值也是持續維持高數值，且血中 Glu 及 Alb 會驟降。但本試驗公兔中只有 GPT 在豐富化兔籠組顯著比商業飼養籠組高 (兩組均在正常範圍內) 而 TG 反而是商用飼籠組顯著高於豐富化兔籠組，而血中 TChol、GOT、TP、Glu 與白蛋白之數值兩組無顯著差異，與該文獻研究結果不相符合，故可以排除球蟲感染的干擾因子。

## 結 論

本研究結果顯示，EN 的配置對於公兔及母兔的影響顯示出不同的態樣，這些數值可以讓國內飼養業者及兔隻試驗使用者當作參考，期能藉由豐富化的配置來提升兔子的飼養環境及動物福祉，讓兔子在減少緊迫的環境下使其充分顯現出品種特性及正常行為表現，確保兔隻試驗準確及可信度。

## 誌 謝

試驗期間承本組兔舍柯瑋玲小姐協助試驗資料整理，另陳念琪小姐與謝火塗先生協助飼養管理，特此誌謝。

## 參考文獻

- 蔡銘洋、柯瑋玲、謝昭賢、吳錫勳。2016。建立最少疾病兔生產供應之研究。畜產研究 49：35-41。
- 鄭漢文。1992。試驗感染 Eimeristidae 兔隻之血液化學成分之變化。碩士論文。國立中興大學。
- Abdelfattah, E., M. Karousa, E. Mahmoud, S. EL-Laithy, G. El-Gendi and N. Eissa. 2013. Effect of cage floor type on behavior and performance of growing rabbits. J. Vet. Adv. 3: 34-42.
- Dolle Zotte, A., Z. Princz, Sz. Metzger, A. Szabó, L. Radai, E. Nemeth, Z. Orova and Z. Szendrő. 2009. Response of fattening rabbits reared under different housing conditions. 2. Carcass and meat quality. Livest. Sci. 122: 39-47.
- EFSA (European Food Safety Authority). 2005. The impact of the current housing and husbandary systems on the health and welfare of farmed domestic rabbits. EFSA Journal 267: 137.
- Harcourt-Brown, F. (Ed.) 2014. Textbook of rabbit medicine. 2<sup>nd</sup> ed. Butterworth-Heinemann. Alden Press. Oxford.
- Jilge, B. 1991. The rabbit: a diurnal or a nocturnal animal. J. Exp. Anim. Sci. 34: 170-183.
- Kennedy, G. A. and R. Hudson. 2016. Phase response curve to 1 h light pulses for the European rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). Chronobiol Int. 33: 1120-1128.
- Lang, C. and S. Hoy. 2011. Investigations on the use of an elevated platform in group caged by growing rabbits. World Rabbit Sci. 19: 95-101.
- Mashiko, T., T. Umeda, S. Nakaji and K. Sugawara. 2004. Effect of exercise on the physical condition of college rugby players during summer training camp. Br. J. Sport Med. 38: 186-190.
- Morisse, J. P., E. Boilletot and A. Martrenchar. 1999. Preference testing in intensively kept meat production rabbits for straw on wire grid floor. Appl. Anim. Behav. Sci. 64: 71-80.
- Princz, Z., A. Dalle Zotte, I. Radnai, E. Biró-Németh, Z. Matics, Z. Gerencser, I. Nagy and Z. Szendrő. 2008. Behaviour of growing rabbits under various housing condition. Appl. Anim. Behav. Sci. 111: 342-356.
- Princz, Z., A. Dalle Zotte, Sz. Metzger, I. Radnai, E. Biró-Németh, Z. Orova and Z. Szendrő. 2009. Response of fattening rabbits reared under different housing conditions. Live performance and health status. Livest. Sci. 121: 86-91.
- Ribikauskas, V., D. Ribikauskienė and I. Skurdenienė. 2010. Effect of housing system (wire cage versus group housing) and in-house air quality parameters on the behaviour of fattening rabbits. World Rabbit Sci. 18: 243-250.
- SAS. 2009. SAS User's guide: Statistics. SAS Inst., Cary, NC. USA.
- Trocino, A., G. Xiccato, P. I. Queaque and A. Sartori. 2004. Group housing of growing rabbits: effect of stocking density and cage floor on performance, welfare and meat quality. Proceedings of the VIII World Rabbit Congress in Plebla, Mexico, 2004. pp. 1277-1282.
- Verga, M., F. Luzi and C. Carenzi. 2007. Effects of husbandry systems on physiology and behaviour of farmed and laboratory rabbits. Horm. Behav. 52: 122-129.
- Verga, M., F. Luzi and Z. Szendrő. 2006. Behaviour of growing rabbits. In: Recent Advances in Rabbit Sciences. eds. Maertens, L. and Couddert, P. ILVO. Melle. pp. 91-97.
- Yakubu, A., M. M. Adua and H. Adamude. 2008. Welfare and haematological indices of weaner rabbits as affected by stocking density. IX World Rabbit Congress in Verona, Italy, 2008. pp. 1269-1274.



# The effect of environmental enrichment on the growth, health and behavior in New Zealand rabbits <sup>(1)</sup>

Pei-Chun Tsai <sup>(2)(5)</sup> Ming-Yang Tsai <sup>(3)</sup> Heng-Fu Lee <sup>(4)</sup> and Lih-Ren Chen <sup>(2)</sup>

Received: Jan. 8, 2020; Accepted: Jun. 9, 2020

## Abstract

The study aims to establish data related to the friendly feeding environment and relieve stress on animals during the experiment, thereby to assure reliable animal test results. The study was conducted on 36 rabbits aged 4 weeks (half of which was male and the other half female), raised in enriched cages (EU) and un-enriched cages (UE) for 6 weeks to investigate the influence of rabbit growth, health and behavior in different feeding environments. The results showed that in spite of the significantly better feeding efficiency of the UE female rabbit group than the EN rabbit group between 4 – 5 week, 5 – 6 week and 6 – 7 week at the beginning, there was no significant difference between the two groups, regardless of male or female, after 7 – 8 week. The analysis of hematology assay indicated that the volumes of hemoglobin (Hgb) and hemotocrit (Hct) in male EN rabbits are significantly higher than those of UE group ( $P < 0.05$ ). In serum biochemistry assay, the levels of triglyceride (TG) are significant higher in male UE rabbits than that of EN group ( $P < 0.05$ ), but the levels of GOT and r-GT are significant higher in EN group than in UE group ( $P < 0.05$ ). For the results of behavior assay, more male rabbits rested in EN group than in UE group in the morning ( $P < 0.05$ ); however, the behaviors of social activity, exploration and self-grooming in UE male rabbits were more significant than those in EN group ( $P < 0.05$ ). More male rabbits were hopping in the EN group than in the UE group at noontime and in the afternoon ( $P < 0.05$ ); In addition, rabbits in EN group consumed more water than those in UE group in the afternoon ( $P < 0.05$ ). Female rabbits showed consistent behavior in different time periods, however, more female rabbits were in EN group were hopping more than the ones in UE group ( $P < 0.05$ ) at all time. In conclusion, enriched cage environment has more influence on the physiological values of blood and hopping behavior but not on the growth of rabbits.

Key words: Behavior, Enrichment, New Zealand rabbit.

---

(1) Contribution No. 2640 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Physiology Division, COA-LRI, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(3) Animal Industry Division, COA-LRI, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(4) Nutrition Division, COA-LRI, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(5) Corresponding author, E-mail: pctsai@mail.tlri.gov.tw.