

# 高產蛋數臺灣土雞近親品系台畜一號之受精率 與孵化率研究<sup>(1)</sup>

林德育<sup>(2)</sup> 賴永裕<sup>(2)</sup> 蔡銘洋<sup>(3)</sup> 洪哲明<sup>(3)</sup> 朱家德<sup>(2)</sup> 曾淑貞<sup>(4)(5)</sup>

收件日期：112 年 9 月 8 日；接受日期：113 年 5 月 23 日

## 摘 要

減少繁殖批次可減少雞隻選種時的批次差異及人力與經費，而增加種蛋收集天數與貯存天數可減少雞隻繁殖更新族群所需的批次。本研究應用臺灣土雞近親品系台畜一號品系 L7、L9、L11 及 L12 選育族群，以一個世代一個批次來繁殖更新下一代，並進行公雞精子品質分析以探討公雞精子品質對種蛋受精率、胚胎死亡及孵化率的影響。結果顯示，四個品系候選種公雞之 16 週齡體重、公雞精液量、精子濃度、精子活動力 (motility) 及精子前進活動力 (progressive motility) 在品系間皆有顯著差異 ( $P < 0.05$ )，而精子存活率 (viability) 在品系間則無顯著差異。種雞之種蛋受精率、種蛋孵化率、受精蛋孵化率、種蛋早期胚胎死亡率、晚期胚胎死亡率及全期胚胎死亡率在品系間皆存在顯著差異 ( $P < 0.05$ )。受精蛋孵化率與種蛋早期胚胎死亡率在世代間存在顯著差異 ( $P < 0.01$ )。本研究選留種公雞以精液量 0.3 mL 以上、精子濃度達  $3.0 \times 10^9$  個精子/mL 以上、精子活動力達 70% 以上、精子前進活動力達 30% 以上及精子存活率達 60% 以上為選留標準，連續收集 20 天的種蛋，貯存於 14°C 貯蛋室後進行孵化，兩個世代種雞之平均種蛋受精率、種蛋孵化率及受精蛋孵化率仍分別可達 91%、77% 及 83% 以上，顯示此種公雞選留條件與配種繁殖流程可以做為從事雞隻育種工作的參考。

關鍵詞：雞、精子前進活動力、受精率、孵化率。

## 緒 言

家禽以肉和蛋的形式提供優質的動物蛋白來源 (Tunsisa and Reda, 2023)。2017 年加拿大農業與農業食品部報告 (The Agriculture and Agri-Food Canada Report) 中的孵化種蛋總數超過 10 億枚，其受精率約為 82%，僅 2017 年一年，加拿大就有約 1.8 億個無受精蛋，其價值超過 3 億加元，這些未受精的雞蛋如果在孵化前能及早發現，仍可作為食用雞蛋或其他蛋製品應用 (Adegbenjo *et al.*, 2020)。全世界每年飼養超過 500 億隻雞，無論是蛋雞還是肉雞的產量預估將持續增高。而到 2050 年，全球世界人口預估將達到 96 億，從而對動物性食品的需求也會不斷增加 (Mottet and Tempio, 2017)。

種蛋的受精率 (fertility) 與孵化率 (hatchability) 是影響 1 日齡雛雞 (day-old chicks) 供應的兩個主要指標。影響籠飼母雞之種蛋受精率與孵化率的因子有很多，包括雞種 (Wondmeh *et al.*, 2011; Churchil *et al.*, 2019)、種雞年齡 (Tona *et al.*, 2001; Zakaria *et al.*, 2009; Churchil *et al.*, 2019)、種雞營養與飼養環境 (King'ori, 2011; Pawłowska and Sosnowka-Czajka, 2019)、人工授精 (artificial insemination, AI) 操作技術 (Dubey *et al.*, 1977)、種蛋貯存天數 (Whitehead *et al.*, 1985; King'ori, 2011) 及蛋重 (King'ori, 2011; Nowaczewski *et al.*, 2022)、孵化過程的溫度與溼度 (Fasenko, 2007; King'ori, 2011; Noiva *et al.*, 2014; Pokhrel *et al.*, 2021) 及種蛋的失重 (Tona *et al.*, 2001) 等因素。肉種雞的年齡是孵化場管理者需要考慮的一個重要參數，年輕或年老種雞產下的種蛋孵化效果不如 40 – 42 週齡種雞產下的種蛋，42 週齡種雞產下的種蛋有最高的孵化率，且於孵化第 18 天的種蛋相對失重在 10.90 – 11.10% 範圍內可獲得最佳孵化率 (Tona *et al.*, 2001)。

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2791 號。  
(2) 農業部畜產試驗所遺傳生理組。  
(3) 農業部畜產試驗所畜產經營組。  
(4) 中華醫事科技大學醫學檢驗生物技術系。  
(5) 通訊作者，E-mail: shwujen20200626@gmail.com。

禽類受精蛋的胚層 (blastoderm) 在產蛋後不久可經歷明顯代謝活動或發育暫時中止的能力稱為滯育 (diapause) (Fasenko, 2007)。母雞產下種蛋時，雞胚處於胚層階段 (blastodermal stage)。當受精蛋的雞胚層會在低溫下表現出發育停滯的獨特能力，稱為胚滯育 (embryonic diapause)。在孵化前，種蛋的溫度必須降至 12 – 18°C 左右的生理零溫度來阻止胚的進一步發育。然而，若要經過較長時間的胚滯育 (最多 28 天)，則須儲存在 12°C 的胚才可以恢復正常發育 (Pokhrel *et al.*, 2021)。隨著種蛋貯存天數的增加，其於孵化過程中之胚胎死亡率亦逐漸增加 (Whitehead *et al.*, 1985; Yoo and Wientjes, 1991; Scott and Mackenzie, 1993; Beaumont *et al.*, 1997; Kuurman *et al.*, 2003; Ishaq *et al.*, 2014; Nasri *et al.*, 2020; Abioja *et al.*, 2022)。

雞隻人工授精技術已普遍應用於種雞產業。人工授精可以提高種雞的生產效益，而精液品質是決定雞人工授精成功的因素之一 (Mohan *et al.*, 2018)。雞隻人工授精與自然配種 (nature mating) 的受精率相似 (Dubey *et al.*, 1977)。精液品質對於公雞的生育能力很重要 (Tesfay *et al.*, 2020)。傳統上，精液品質的評估包括射精量、精液顏色、精子濃度、精子活動力及精子畸形率等 (Mocé and Graham, 2008)。計算機輔助精子分析 (computer-assisted sperm analyses, CASA) 是用於分析精子估精子總活動力 (motility)、前進活動力 (progressive motility) 及其他精子運動參數 (motion parameters) 的主要系統之一 (Svoradova *et al.*, 2021; Muvhali *et al.*, 2022)。此外，螢光技術 (fluorescent techniques) 與流式細胞儀 (flow cytometry) 可以使用特定的螢光標記物來改進對精子存活率 (viability)、精子頭帽狀態 (acrosome status)、粒線體電位 (mitochondrial potential)、DNA 損傷 (DNA damage)、脂質過氧化 (lipid peroxidation) 及細胞碎片清除 (cell debris removal) 等精子品質的評估 (Svoradova *et al.*, 2021)。

減少選育族群世代更新的批次對家禽育種的工作是一項重要的考量。減少批次除可減少現場工作量、疫苗使用成本及人力與時間外，亦可降低雞隻性能檢定批次間的差異。因此，於母雞配種後收集較多的種蛋，以及延長種蛋的貯存天數，為實現以較少批次而能生產足夠的新世代雛雞數量之重要策略，本研究應用農業部畜產試驗所 (以下簡稱畜試所) 之臺灣土雞近親品系台畜一號品系 L7、L9、L11 及 L12 之 G14 與 G15 世代選育族群，進行公雞精子品質分析，以及一世代一批次更新繁殖之種蛋受精率與孵化率分析，並探討精子品質分析參數對種蛋受精率、胚胎死亡及孵化率的影響，提供種雞產業選育工作的參考。

## 材料與方法

### I. 試驗動物

本研究經畜試所實驗動物照護及使用小組審查核准 (IACUC 編號畜試動字 110-34 與 111-26)。使用高產蛋數臺灣土雞近親品系台畜一號選育族群 (林等, 2022) 之 G14 與 G15 世代四個品系 (L7、L9、L11 及 L12) 雞隻。高產蛋數臺灣土雞近親品系台畜一號選育族群係從已命名的「臺灣土雞近親品系台畜一號」的族群進行產蛋數的改進所建立的族群。

### II. 飼養管理

雞隻於育成期間水與飼料任食，小雞於 0 – 3 週時於育雛舍以平飼保溫育雛，餵飼含 21% 粗蛋白質與 3,100 kcal/kg 可代謝能之飼糧。4 – 17 週齡於平飼或高床飼養，生長雞於 4 – 6 週齡餵飼含 18% 粗蛋白質與 2,900 kcal/kg 可代謝能之飼糧，7 – 9 週齡餵飼含 15% 粗蛋白質與 2,850 kcal/kg 可代謝能之飼糧，10 – 17 週齡餵飼含 14% 粗蛋白質與 2,800 kcal/kg 可代謝能之大雞料。候選種母雞於 18 週齡以後上個別產蛋籠進行產蛋性能檢定，18 – 19 週齡餵飼含 17% 粗蛋白質與 2,700 kcal/kg 可代謝能及 2.0% 鈣之飼糧，20 週齡以後餵飼含 17% 粗蛋白質與 2,700 kcal/kg 可代謝能及 3.8% 鈣之飼糧，候選種公雞於 18 週齡以後上個別公雞籠，於 18 – 19 週齡仍餵飼大雞料，20 週齡以後餵飼種公雞料 (12% 粗蛋白質與 2,700 kcal/kg 可代謝能及 0.7% 鈣)，水與飼料任食 (劉等, 2010)。

### III. 種蛋收集與孵化作業

種雞採人工授精進行系譜配種繁殖，每 5 天進行人工授精，授精後第 2 天開始收集種蛋，每顆種蛋以鉛筆標示母雞編號與日期，每天上午 10 點前收集一次種蛋，共收集 20 天，種蛋收集後立即將種蛋移入 14°C 貯蛋室，種蛋依母雞編號依序排入蛋盤中於貯蛋室貯存，並於種蛋收集第 18 天下午 16:00 前將種蛋移出貯蛋室，於室溫進行回溫，第 19 與第 20 天收集的種蛋直接排於蛋盤上，於第 20 天下午 15:00 前將種蛋移入孵化機，溫度設定為 100 °F，以啟動孵化作業。種蛋入孵後 10 天進行驗蛋，將無精蛋與早期中止蛋移出孵化機，受精種蛋繼續孵化，於入孵後第 18 天下午 13:30 開始將同母雞生的種蛋移入標有母雞編號的鐵絲籠中，以確保雛雞孵化後系譜的正確性，將鐵絲籠移入發生機的發生盤中進行後續孵化，發生機溫度設定為 99 °F。於入孵後第 21

天上午 08:30 進行出雛與雛雞掛翼號作業，並建立個體雞隻系譜資料。

#### IV. 種雞選留與資料收集

- (i) 雞隻孵化紀錄、個體基本資料及性能檢定等相關資料皆建置於畜試所臺灣畜產種原資訊網 (<https://www.angrin.tlri.gov.tw/>) 之雞育種資料庫。雞隻 14 週齡進行採血送財團法人中央畜產會南區保健中心進行雛白痢檢測。候選種雞係於雞隻 18 週齡前，淘汰雛白痢陽性與外觀不佳的雞隻，並依據個體 16 週齡體重與母雞達 40 週齡產蛋數進行候選種公雞與種母雞選留，候選種公雞選留體重最重的 10%，候選母雞選留 16 週齡體重大於等於同批次平均體重減 0.5 個標準偏差的個體，再將候選種雞移入種雞舍上籠，進行公雞精子品質檢測與母雞產蛋性能檢定 (林等, 2022)。
- (ii) 精子品質檢測：候選種公雞於 40 週齡時進行採精，利用電腦輔助精液分析儀來分析精子的活動力 (motility, %) 與直線運動精子率 (progressive motility, %)，並使用流式細胞儀 (flow cytometer, Guava® EasyCyte™ HT System, France) 進行精子存活率分析。
- (iii) 產蛋性能檢定：候選種母雞於 18 週齡前移入種雞舍之個別產蛋籠進行產蛋性能檢定，檢定項目包括，初產日齡 (age at first egg, AFE)，初產蛋重 (egg weight at first egg, EWFE)，40 週齡體重 (body weight at 40 week of age, BW40)，40 週齡平均蛋重 (average egg weight at 40 week of age, EW40)，達 40 週齡產蛋數 (egg numbers up to the 40 weeks of age, EN40) (林等, 2009)。
- (iv) 種雞選留與配種：依據每個品系候選種公雞之活動力精子率、直線運動精子率及精子存活率擇優選出 10 隻做為種公雞進行配種繁殖下一代。依據候選種母雞達 40 週齡產蛋數與平均蛋重選留 60 – 70 隻種母雞，於種雞 45 週齡時，根據母雞產蛋數排序依序分配至 10 隻種公雞，儘量避開同胞配種，以 1 隻公雞配 5 – 7 隻母雞進行人工授精系譜繁殖下一代，收集 20 天種蛋後進行一個批次孵化。
- (v) 受精率與孵化率：進行入孵的種蛋之總數為為入孵種蛋數，入孵後第 10 天進行驗蛋，未見血管發育者判定為無精蛋，種蛋入孵 21 天後之孵出雛雞數為出雛數。  

$$\text{受精率} = (\text{入孵種蛋數} - \text{無精蛋數}) / \text{入孵種蛋數}。$$

$$\text{種蛋孵化率} = \text{出雛數} / \text{入孵種蛋數}。$$

$$\text{受精蛋孵化率} = \text{出雛數} / (\text{入孵種蛋數} - \text{無精蛋數})。$$
- (vi) 早期胚胎死亡與後期胚胎死亡：進行入孵的種蛋之總數為為入孵種蛋數，種蛋入孵後 10 天進行驗蛋，有血管發育但未見正常血管發育者為早期中止蛋。種蛋入孵 21 天後之未孵出雛雞的種蛋數 (包括未啄殼及啄殼不完全的種蛋) 則歸為後期中止蛋數。  

$$\text{早期胚胎死亡率} = \text{早期中止蛋數} / (\text{入孵蛋數} - \text{無精蛋數}) \times 100。$$

$$\text{後期胚胎死亡率} = \text{後期中止蛋數} / (\text{入孵蛋數} - \text{無精蛋數}) \times 100。$$

$$\text{全期胚胎死亡率} = (\text{早期中止蛋數} + \text{後期中止蛋數}) / (\text{入孵蛋數} - \text{無精蛋數}) \times 100。$$

#### V. 統計分析

利用 SAS 統計分析軟體 (SAS, 2012)，以一般線性模式程序 (general linear model procedure) 進行變方分析，以  $P < 0.05$  為顯著性判定。相關分析 (correlation procedure) 進行公雞精子品質參數與種蛋受精率、胚胎死亡及種蛋孵化率之間的相關性分析。

## 結果與討論

#### I. 選育族群種雞選留率

臺灣土雞近親品系台畜一號有四個近親品系，品系代碼分別為 L7、L9、L11 及 L12，這四個品系間在外觀與性能表現上有明顯的差異，並於 1997 年通過新品種命名為近親土雞台畜一號，為臺灣第一個通過命名登記的土雞。同時，此四個近親品系依全互交的二元雜交組合測試及田間試驗結果，分別為生長性能優良之 L12 (♂) × L9 (♀) 為畜試土雞公系二元組合，而產蛋性能優良之 L7 (♂) × L11 (♀) 為畜試土雞母系二元組合 (戴等, 1996)，且在不同田間飼養場之產蛋能力均較佳 (戴等, 1997)；畜試土雞公系命名為「畜試土雞台畜公十一號」，畜試土雞母系命名為「畜試土雞台畜母十二號」，已推廣民間種雞場飼養，作為商用肉土雞之親代，其雜交生產之四元後代做為商用肉土雞則命名為「畜試土雞台畜肉十三號」。高產蛋數臺灣土雞近親品系台畜一號選育族群係從已命名的「臺灣土雞近親品系台畜一號」的族群進行產蛋數的改進所建立的族群，母雞達 280 日齡平均總產蛋數可達 95 個以上。高產蛋數臺灣土雞近親品系台畜一號品系 L7、L9、L11 及 L12 之 G14 與 G15 世代選育族群總計檢定公雞 1,744 隻與母雞 1,847 隻，經 16 週齡體重檢定、雛白痢檢測及白血病檢

測後，淘汰雛白痢陽性雞隻，公雞經精子品質分析，母雞經產蛋性能檢定後，G14 世代選留作為繁殖更新世代的品系 L7、L9、L11 及 L12 種公雞與種母雞分別選配 10 公 68 母、10 公 70 母、10 公 70 母及 10 公 62 母。G15 世代選留作為繁殖更新世代的品系 L7、L9、L11 及 L12 種公雞與種母雞隻數分別為 10 公 60 母、10 公 67 母、10 公 68 母及 10 公 59 母。經計算選留率結果，G14 與 G15 世代種公雞之選留率介於 3.7 – 6.0，母雞則介於 22.3 – 35.7%，種公雞與種母雞平均選留率分別為 4.6% 與 28.6% (表 1)。

表 1. 臺灣土雞近親品系台畜一號之選育族群 G14 與 G15 世代種雞選留率

Table 1. The breeder selection percentage of G14 and G15 generation in inbreeding lines of Taiwan native chicken Taisui No. 1

Generations	Line	No. of chicks studied		Breeders		Selection percentage (%)	
		Male	Female	Male	Female	Male	Female
G14	L7	195	224	10	68	5.1	30.4
	L9	173	196	10	70	5.8	35.7
	L11	257	255	10	70	3.9	27.5
	L12	168	184	10	62	6.0	33.7
G15	L7	230	242	10	60	4.3	24.8
	L9	190	194	10	67	5.3	34.5
	L11	262	288	10	68	3.8	23.6
	L12	269	264	10	59	3.7	22.3
Total		1,744	1,847	80	524	4.6	28.4

N = 3,591.

## II. 選育族群候選種公雞之精液精子品質分析

依據林等 (2022) 的選留標準來進行選留，G14 世代 L7、L9、L11 及 L12 等品系的候選種雞分別有 26 公 182 母、32 公 142 母、24 公 185 母及 30 公 142 母雞；選留 G15 世代 L7、L9、L11 及 L12 等品系的候選種雞分別有 26 公 142 母、32 公 147 母、24 公 167 母及 30 公 127 母。比較 G14 與 G15 世代候選種公雞 16 週齡體重與精子品質分析結果 (表 2)，四個品系候選種公雞之 16 週齡體重、公雞精液量、精子濃度、精子活動力、精子前進活動力及精子存活率在品系間皆有顯著差異 ( $P < 0.05$ )。四個品系中，品系 L7 的候選種公雞之 16 週齡平均體重在 G14 與 G15 世代皆為最重，其次分別為品系 L12 與 L11，而品系 L9 的候選種公雞者為最輕。候選種公雞之 16 週齡體重在 2,160 – 3,319 g 之間，平均  $2,691 \pm 265$  g。品系 L7、L9、L11 及 L12 候選種公雞之 16 週齡體重最重分別可達 3,319、2,924、3,145 及 3,176g。公雞精液量在 0.03 – 0.90 mL，平均 0.40 mL。精子濃度在  $105 - 5,404 \times 10^6$  精子數/mL，平均  $3,878 \times 10^6$  精子數/mL。精子活動力在 0 – 99.1% 之間，平均為 82.7%。精子前進活動力在 0 – 87.7%，平均為 51.0%。精子存活率在 0 – 92.8% 之間，平均為 76.4%。比較 G14 與 G15 世代候選種公雞的 16 週齡體重、精液量、精子濃度、精子活動力、精子前進活動力及精子存活率世代間的差異，結果顯示候選種公雞之精液量、精子濃度、精子活動力及精子前進活動力在世代間皆呈現無顯著差異，但候選種公雞之 16 週齡體重與精液之精子存活率則存在世代間的顯著差異 ( $P < 0.001$ )，G15 世代的候選種公雞之 16 週齡體重較 G14 世代的候選種公雞者重，但 G15 世代候選種公雞的精液精子存活率則較 G14 世代的候選種公雞者低。Mohan *et al.* (2018) 指出輕型雞品種的平均精液量為 0.05 – 0.50 mL，重型公雞的平均精液量為 0.1 – 0.9 mL，而公雞的精子濃度每 mL 含有  $300 - 7,000 \times 10^6$  個精子細胞。本研究之臺灣土雞近親品系台畜一號可歸類於輕型雞品種，候選種公雞的精液量在 0.03 – 0.90 mL，候選種公雞的平均精子濃度每 mL 含有  $105 - 5,404 \times 10^6$  個精子細胞，與 Mohan *et al.* (2018) 的結果相近。Tsfay *et al.* (2020) 指出洛島紅 (Rhode Island Red) 與白羽來亨雞 (White Leghorn) 53 週齡公雞在精液量、pH、精子活動力、精子存活率及異常精子百分比有顯著地品種間的差異 ( $P < 0.05$ )，洛島紅與白羽來亨雞 13 天的種蛋受精率分別為 89.46 與 81.73%，種蛋孵化率分別為 60.85 與 66.79%，受精蛋孵化率則分別為 72.44 與 71.73%。Mussa *et al.* (2023) 比較產生高精液量和低精液量的泰國本土雞種 (Pradu Hang Dam 與 Chee) 的精液品質特性的研究中，從 24 隻公雞收集 12 次精液，並將其分為兩組，一組為高精液量組 ( $> 0.3$  mL)，另一組為低精液量組 ( $< 0.3$  mL)。測量並比較各組之間的新鮮精液品質參數如精液量、濃度、精子活動力、精子存活率及 pH 值，結果發現除精子存活率外，精液量高與低的雞群之間的精液品

表 2. 臺灣土雞近親品系台畜一號選育族群不同品系 G14 與 G15 世代候選種公雞之精子品質分析  
Table 2. Sperm quality analysis of candidate breeder cocks in the inbreeding lines of Taiwan native chicken Taisui No. 1

Line	GEN <sup>#</sup>	Numbers of cock	BW16 (g)	VS (mL)	CS ( $\times 10^6$ )	MO (%)	PMO (%)	Viability (%)
L7	G14	26	2,818 ± 152 <sup>A</sup>	0.50 ± 0.17 <sup>A</sup>	4,269 ± 616 <sup>A</sup>	85.5 ± 12.8	50.7 ± 18.7	83.6 ± 10.3 <sup>A</sup>
	G15	33	3,019 ± 150 <sup>B</sup>	0.46 ± 0.20 <sup>B</sup>	4,268 ± 826 <sup>B</sup>	59.9 ± 19.3 <sup>i</sup>	21.3 ± 15.0 <sup>i</sup>	64.5 ± 12.0 <sup>i</sup>
	All	59	2,930 ± 180 <sup>A</sup>	0.48 ± 0.19 <sup>A</sup>	4,268 ± 735 <sup>A</sup>	71.1 ± 21.0 <sup>C</sup>	34.2 ± 22.2 <sup>C</sup>	72.9 ± 14.7 <sup>B</sup>
L9	G14	32	2,304 ± 73 <sup>D</sup>	0.34 ± 0.16 <sup>BC</sup>	4,291 ± 696 <sup>A</sup>	79.3 ± 18.9	48.2 ± 20.9	86.0 ± 4.9 <sup>A</sup>
	G15	28	2,496 ± 176 <sup>J</sup>	0.44 ± 0.17 <sup>hi</sup>	4,132 ± 819 <sup>B</sup>	87.0 ± 16.4 <sup>B</sup>	53.1 ± 18.5 <sup>i</sup>	71.6 ± 13.2 <sup>h</sup>
	All	60	2,393 ± 162 <sup>D</sup>	0.38 ± 0.17 <sup>BC</sup>	4,217 ± 753 <sup>A</sup>	82.9 ± 18.0 <sup>B</sup>	50.5 ± 19.8 <sup>B</sup>	79.3 ± 12.0 <sup>A</sup>
L11	G14	24	2,541 ± 88 <sup>C</sup>	0.42 ± 0.22 <sup>AB</sup>	3,692 ± 634 <sup>B</sup>	87.7 ± 8.3	58.7 ± 13.4	73.9 ± 9.1 <sup>B</sup>
	G15	24	2,838 ± 139 <sup>J</sup>	0.40 ± 0.20 <sup>hi</sup>	3,439 ± 1,157 <sup>i</sup>	89.1 ± 20.2 <sup>B</sup>	62.0 ± 21.4 <sup>hi</sup>	74.1 ± 16.7 <sup>h</sup>
	All	48	2,689 ± 189 <sup>C</sup>	0.41 ± 0.21 <sup>AB</sup>	3,566 ± 932 <sup>B</sup>	88.4 ± 15.3 <sup>AB</sup>	60.3 ± 17.7 <sup>A</sup>	74.0 ± 13.3 <sup>B</sup>
L12	G14	30	2,637 ± 125 <sup>B</sup>	0.31 ± 0.20 <sup>C</sup>	3,340 ± 999 <sup>B</sup>	87.3 ± 18.5	56.1 ± 20.3	82.0 ± 16.5 <sup>A</sup>
	G15	27	2,894 ± 122 <sup>J</sup>	0.35 ± 0.18 <sup>i</sup>	3,428 ± 1,154 <sup>i</sup>	92.1 ± 9.3 <sup>h</sup>	66.3 ± 21.3 <sup>h</sup>	75.6 ± 7.1 <sup>h</sup>
	All	57	2,759 ± 178 <sup>B</sup>	0.33 ± 0.19 <sup>C</sup>	3,382 ± 1,067 <sup>B</sup>	89.6 ± 14.9 <sup>A</sup>	60.9 ± 21.2 <sup>A</sup>	79.0 ± 13.2 <sup>A</sup>

<sup>#</sup> GEN: Generation, BW16: Body weight of cock at 16 weeks of age, VS: Volume of semen, CS: Concentration of semen, MO: CASA motility, PMO: CASA progressive motility.

Mean ± SD. N = 224.

<sup>a, b, c, d</sup> Means of G14 generation in the same column with different superscripts differ significantly ( $P < 0.05$ ).

<sup>h, i, j</sup> Means of G15 generation in the same column with different superscripts differ significantly ( $P < 0.05$ ).

<sup>A, B, C, D</sup> Means of all generations in the same column with different superscripts differ significantly ( $P < 0.05$ ).

質參數皆有顯著差異。產生高精液量的雞比產生低精液量的雞具有更好的精液品質。本研究以公雞精液量在 0.3 mL 以上做為種雞的選留標準，此與 *Mussa et al. (2023)* 的研究相當吻合。

### III. 選育族群選留種公雞之精液精子品質分析

品系 L7、L9、L11 及 L12 的 G14 與 G15 世代各選留 10 隻種公雞，共 80 隻。比較臺灣 G14 與 G15 世代不同品系種公雞 16 週齡與精子品質分析結果 (表 3)，四個品系種公雞之 16 週齡體重、精液量、精子濃度、精子活動力、精子前進活動力及精子存活率在不同品系間皆有顯著差異 ( $P < 0.01$ )，種公雞之 16 週齡體重、精液量及精子存活率在不同世代間亦有顯著差異 ( $P < 0.01$ )，但種公雞之精子濃度、精子活動力、精子前進活動力在世代間則無顯著差異。四個品系中，品系 L7 選留種公雞之 16 週齡平均體重  $2,991 \pm 72$  g 為最重，其次分別為品系 L12 與 L11，分別為  $2,802 \pm 173$  g 與  $2,729 \pm 209$  g，而品系 L9 的候選種公雞 16 週齡平均體重  $2,424 \pm 206$  g 為最輕。公雞精液量在 0.03 – 0.90 mL，平均 0.40 mL。公雞精液精子濃度在  $3,142 - 5,404 \times 10^6$  個精子細胞，平均  $4,253 \times 10^6$  個精子細胞。公雞精液精子活動力在 70.2 – 99.1% 之間，平均為 82.7%。公雞精液精子前進活動力在 30.3 – 87.7%，平均為 59.3%。公雞精液精子存活率在 60.6 – 92.8% 之間，平均為 79.6%。人工授精技術在家禽生產中的應用，使得遺傳物質能夠從少數優秀雄性迅速傳播到大量雌性，與自然交配相比，人工受精可以使家禽獲得優異的繁殖力。這項技術的成功應用需要高質量的精液 (*Mohan et al., 2018*)。精液品質是決定雄性繁殖價值的重要因素，因為它影響種蛋的受精率與其後代的繁殖效率 (*McGary et al., 2002*)。

### IV. 選育族群選留種雞之種蛋受精率與孵化率

臺灣土雞近親品系台畜一號四個近親品系 L7、L9、L11 及 L12 選育族群之 G14 與 G15 世代種蛋分別於種雞 45 – 48 週齡間收集 20 天種蛋，種蛋於 14°C 貯存後進行孵化。比較 G14 與 G15 世代種雞之種蛋受精率、種蛋孵化率及受精蛋孵化率分別為  $92.6 \pm 9.9$  vs.  $91.4 \pm 12.2\%$ 、 $79.4 \pm 18.6$  vs.  $76.3 \pm 21.6\%$  及  $85.2 \pm 15.9$  vs.  $82.2 \pm 20.0\%$ ，而平均種蛋受精率、種蛋孵化率及受精蛋孵化率分別為  $92.0 \pm 11.3\%$ 、 $77.9 \pm 20.2\%$  及  $83.8 \pm 18.1\%$ 。比較 G14 與 G15 世代品系 L7、L9、L11 及 L12 種雞之種蛋受精率分別為  $93.8 \pm 9.8$  vs.  $92.4 \pm 13.7\%$ 、 $89.1 \pm 13.0$  vs.  $88.7 \pm 13.4\%$ 、 $94.6 \pm 6.9$  vs.  $92.8 \pm 11.2\%$  及  $92.6 \pm 9.8$  vs.  $92.1 \pm 9.9\%$ ，種蛋孵化率分別為  $82.7 \pm 17.4$  vs.  $79.1 \pm 21.6\%$ 、 $68.0 \pm 20.1$  vs.  $70.4 \pm 22.7\%$ 、 $83.7 \pm 16.3$  vs.  $77.2 \pm 20.6\%$ 、及  $84.0 \pm 15.5$  vs.  $78.9 \pm 20.7\%$ ，受精蛋孵化率則分別為  $87.4 \pm 13.7$  vs.  $84.2 \pm 18.2\%$ 、 $75.3 \pm 17.2$  vs.  $77.9 \pm 21.9\%$ 、 $88.5 \pm 15.6$  vs.  $82.2 \pm 20.1\%$ 、及  $90.4 \pm 11.9$  vs.  $85.2 \pm 19.1\%$  (表 4)。比較 G14 與 G15 世代種雞之種蛋受精率、種蛋孵化率及受精蛋孵化率，種蛋受精率在品系間存在顯著差異 ( $P < 0.05$ )，以品系 L9 最低，而品系 L7、L11 及 L12 間則無顯著差異，而種蛋受精率在世代間無顯著差異。種蛋孵化率在世代間存在顯著差異 ( $P < 0.001$ )，以品系 L9 最低，而品系 L7、L11 及 L12 間則無顯著差異，種蛋孵化率在世代間無顯著差異。受精蛋孵化率在品系間存在顯著差異 ( $P < 0.001$ )，以品系 L9 最低，而品系 L7、L11 及 L12 間則無顯著差異，受精蛋孵化率在世代間亦存在顯著差異 ( $P < 0.05$ )。戴等 (1997) 以二元畜試土雞商用種雞 (畜試土雞台畜公十一號公雞與配畜試土雞台畜母十二號母雞生產四元雜交土雞) 生產四元雜交肉用土雞 (畜試土雞台畜肉十三號)，其種蛋受精率及孵化率分別為 86.2 及 82.2%。而在林等 (2003) 的研究中，畜試土雞台畜母十二號之種蛋受精率、種蛋孵化率及受精蛋孵化率分別為 93.3、74.2 及 79.5%。李等 (2001) 從 8 家紅羽土雞與 5 家黑羽土雞場取得種蛋 4,606 枚蛋進行孵化，紅羽土雞與黑羽土雞平均受精率分別為 85.7% 與 80.2%，入孵種蛋孵化率分別為 72.5% 與 69.0%，受精蛋孵化率則分別為 84.5% 與 86.1%。林等 (2008) 以紅羽土雞、黑羽土雞、中興大學土雞及畜產試驗所土雞品系進行雜交試驗，種雞每隔 3 – 4 天進行人工授精一次，共 9 次。每日收集之種蛋以 18.3°C 冷藏，每隔 10 天將整批種蛋回溫，置入孵化機孵化，連續 3 批。紅羽土雞或黑羽土雞都有 95% 以上的受精率，不過受精蛋的孵化率分別為 57.2% 及 62.0%。中興大學土雞之受精蛋的孵化率也只有 75.7%，其次為畜試土雞 (68.7%)，再次之為黑羽母雞的種蛋 (62.0 – 67.8%)，而以紅羽母雞的種蛋最差 (52.7 – 57.2%)。

本研究於種蛋入孵後第 10 天進行驗蛋後，移除無精蛋與早期中止蛋，於孵化第 21 天紀錄孵出雛雞數與未孵出雛雞的種蛋數 (包括未啄殼及啄殼不完全的種蛋)，整體種雞之種蛋早期胚胎死亡率、晚期胚胎死亡率及全期胚胎死亡率分別為  $4.5 \pm 10.1\%$ 、 $11.7 \pm 14.5\%$  及  $16.2 \pm 18.0\%$ 。G14 世代種雞之種蛋早期胚胎死亡率、晚期胚胎死亡率及全期胚胎死亡率分別為  $3.1 \pm 7.0\%$ 、 $11.7 \pm 14.1\%$  及  $14.8 \pm 15.9\%$ 。G15 世代種雞之種蛋早期胚胎死亡率、晚期胚胎死亡率及全期胚胎死亡率分別為  $5.9 \pm 12.5\%$ 、 $11.7 \pm 14.9\%$  及  $17.6 \pm 20.0\%$ 。比較 G14 與 G15 世代種雞之種蛋早期胚胎死亡率、晚期胚胎死亡率及全期胚胎死亡率在品系間存在顯著差異 ( $P < 0.05$ )，種蛋早期胚胎死亡率在世代間存在顯著差異 ( $P < 0.01$ )。各品系種蛋之早期胚胎死亡率、晚期胚胎死亡率及全期胚胎死亡率分別為，L7： $3.5 \pm 8.1\%$ 、 $10.6 \pm 12.6\%$  及  $14.1 \pm 16.0\%$ ，L9： $6.3 \pm 10.2\%$ 、 $16.9 \pm 16.7\%$  及  $23.2 \pm 19.5\%$ ，L11： $5.0 \pm 12.4\%$ 、 $9.7 \pm 13.0\%$  及  $14.7 \pm 18.2\%$  及 L12： $4.5 \pm 10.1\%$ 、 $11.7 \pm 14.5\%$  及  $16.2 \pm 18.0\%$  (表 4)。商用

表 3. 臺灣土雞近親品系台畜一號選育族群不同品系 G14 與 G15 世代種公雞之精子品質分析

Table 3. Sperm quality analysis of breeder cocks in the inbreeding lines of Taiwan native chicken Taisui No. 1

Line	GEN <sup>#</sup>	Numbers of cock	BW16 (g)	VS (mL)	CS ( $\times 10^6$ )	MO (%)	PMO (%)	Viability (%)
L7	G14	10	2,900 $\pm$ 151 <sup>a</sup>	0.52 $\pm$ 0.15 <sup>a</sup>	4,483 $\pm$ 660 <sup>a</sup>	89.3 $\pm$ 6.8	54.8 $\pm$ 12.9	85.1 $\pm$ 6.5 <sup>a</sup>
	G15	10	3,081 $\pm$ 147 <sup>b</sup>	0.57 $\pm$ 0.23 <sup>b</sup>	4,842 $\pm$ 354 <sup>b</sup>	64.4 $\pm$ 21.7 <sup>i</sup>	25.3 $\pm$ 15.4 <sup>j</sup>	68.2 $\pm$ 11.8 <sup>i</sup>
	All	20	2,991 $\pm$ 172 <sup>A</sup>	0.55 $\pm$ 0.19 <sup>A</sup>	4,663 $\pm$ 548 <sup>A</sup>	76.9 $\pm$ 20.2 <sup>B</sup>	40.0 $\pm$ 20.5 <sup>B</sup>	76.6 $\pm$ 12.7 <sup>B</sup>
L9	G14	10	2,314 $\pm$ 67 <sup>d</sup>	0.30 $\pm$ 0.13 <sup>b</sup>	4,432 $\pm$ 384 <sup>a</sup>	91.1 $\pm$ 4.8	64.1 $\pm$ 7.3	87.8 $\pm$ 3.2 <sup>a</sup>
	G15	10	2,533 $\pm$ 241 <sup>j</sup>	0.39 $\pm$ 0.12 <sup>i</sup>	4,236 $\pm$ 503 <sup>i</sup>	91.5 $\pm$ 5.3 <sup>h</sup>	60.9 $\pm$ 13.0 <sup>i</sup>	80.1 $\pm$ 6.8 <sup>h</sup>
	All	20	2,424 $\pm$ 206 <sup>C</sup>	0.35 $\pm$ 0.13 <sup>B</sup>	4,334 $\pm$ 447 <sup>AB</sup>	91.3 $\pm$ 4.9 <sup>A</sup>	62.5 $\pm$ 10.4 <sup>A</sup>	84.0 $\pm$ 6.5 <sup>A</sup>
L11	G14	10	2,549 $\pm$ 88 <sup>c</sup>	0.34 $\pm$ 0.13 <sup>b</sup>	3,853 $\pm$ 542 <sup>b</sup>	90.9 $\pm$ 4.0	63.2 $\pm$ 11.8	77.2 $\pm$ 7.9 <sup>b</sup>
	G15	10	2,910 $\pm$ 108 <sup>i</sup>	0.37 $\pm$ 0.19 <sup>i</sup>	3,998 $\pm$ 521 <sup>i</sup>	95.2 $\pm$ 5.2 <sup>h</sup>	71.6 $\pm$ 13.8 <sup>hi</sup>	78.1 $\pm$ 4.9 <sup>h</sup>
	All	20	2,729 $\pm$ 209 <sup>B</sup>	0.36 $\pm$ 0.16 <sup>B</sup>	3,925 $\pm$ 523 <sup>C</sup>	93.1 $\pm$ 5.0 <sup>A</sup>	67.4 $\pm$ 13.2 <sup>A</sup>	77.6 $\pm$ 6.4 <sup>B</sup>
L12	G14	10	2,688 $\pm$ 129 <sup>b</sup>	0.25 $\pm$ 0.12 <sup>b</sup>	3,958 $\pm$ 581 <sup>ab</sup>	91.1 $\pm$ 5.7	57.2 $\pm$ 15.3	84.1 $\pm$ 5.6 <sup>a</sup>
	G15	10	2,916 $\pm$ 134 <sup>i</sup>	0.46 $\pm$ 0.13 <sup>hi</sup>	4,220 $\pm$ 575 <sup>i</sup>	96.5 $\pm$ 2.0 <sup>h</sup>	77.2 $\pm$ 7.4 <sup>h</sup>	76.6 $\pm$ 5.9 <sup>h</sup>
	All	20	2,802 $\pm$ 173 <sup>B</sup>	0.37 $\pm$ 0.16 <sup>B</sup>	4,089 $\pm$ 579 <sup>BC</sup>	93.8 $\pm$ 5.0 <sup>A</sup>	67.2 $\pm$ 15.6 <sup>A</sup>	80.3 $\pm$ 6.8 <sup>AB</sup>

<sup>#</sup> GEN: Generation, BW16: Body weight of cock at 16 weeks of age, VS: Volume of semen, CS: Concentration of semen, MO: CASA motility, PMO: CASA progressive motility.

Mean  $\pm$  SD. N = 80.

<sup>a, b, c, d</sup> Means of G14 generation in the same column with different superscripts differ significantly (P < 0.05).

<sup>h, i, j</sup> Means of G15 generation in the same column with different superscripts differ significantly (P < 0.05).

<sup>A, B, C</sup> Means of all generations in the same column with different superscripts differ significantly (P < 0.05).

表 4. 臺灣土雞近親品系台畜一號選育族群不同品系種雞之種蛋受精率與孵化率

Table 4. Fertility and hatchability on breeder cocks of different lines in the inbreeding lines of Taiwan native chicken Taisui No. 1

Line	Generation	NOC <sup>#</sup>	NOH	NHE	NIE	EDE	LDE	NHC	Fertility (%)	HHE (%)	HFE (%)
L7	G14	10	68	926	57	30	74	765	93.8 ± 9.8 <sup>a</sup>	82.7 ± 17.4 <sup>a</sup>	87.4 ± 13.7 <sup>a</sup>
	G15	10	61	754	52	15	78	609	92.4 ± 13.7	79.1 ± 21.6 <sup>h</sup>	84.2 ± 18.2
	All	20	129	1,680	109	45	152	1,374	93.2 ± 11.8 <sup>A</sup>	81.0 ± 19.5 <sup>A</sup>	85.9 ± 16.9 <sup>A</sup>
L9	G14	10	70	883	88	46	132	617	89.1 ± 13.0 <sup>b</sup>	68.0 ± 20.1 <sup>b</sup>	75.3 ± 17.2 <sup>b</sup>
	G15	10	67	767	75	39	90	560	88.7 ± 13.4	70.4 ± 22.7 <sup>i</sup>	77.9 ± 21.9
	All	20	137	1,650	163	85	222	1,177	88.9 ± 13.1 <sup>B</sup>	69.1 ± 21.3 <sup>B</sup>	76.5 ± 19.6 <sup>B</sup>
L11	G14	10	70	886	48	16	72	750	94.6 ± 6.9 <sup>a</sup>	83.7 ± 16.3 <sup>a</sup>	88.5 ± 15.6 <sup>a</sup>
	G15	10	67	867	56	46	79	686	92.8 ± 11.2	77.2 ± 20.6 <sup>ji</sup>	82.2 ± 20.1
	All	20	137	1,753	104	62	151	1,436	93.7 ± 9.4 <sup>A</sup>	80.5 ± 18.8 <sup>A</sup>	85.3 ± 18.2 <sup>A</sup>
L12	G14	10	62	756	56	4	64	632	92.6 ± 9.8 <sup>a</sup>	84.0 ± 15.5 <sup>a</sup>	90.4 ± 11.9 <sup>a</sup>
	G15	10	59	706	57	35	56	557	92.1 ± 9.9	78.9 ± 20.7 <sup>h</sup>	85.2 ± 19.1
	All	20	121	1,462	113	39	120	1,189	92.3 ± 9.8 <sup>A</sup>	81.5 ± 18.3 <sup>A</sup>	87.9 ± 16.0 <sup>A</sup>

<sup>#</sup> NOC: Numbers of cock, NOH: Numbers of hen, NHE: Numbers of hatching egg, NIE: Numbers of infertile egg, EDE: Early embryonic mortality before 10 days in an incubator, LDE Late embryonic mortality after 10 days in an incubator, NHC: Numbers of hatched chick, HHE: Hatchability of hatching eggs, HFE: Hatchability of fertilized eggs. Mean ± SD. N = 524.

<sup>a, b</sup> Means of G14 generation in the same column with different superscripts differ significantly (P < 0.001).

<sup>h, i, j</sup> Means of G15 generation in the same column with different superscripts differ significantly (P < 0.001).

<sup>A, B</sup> Means of all generations in the same column with different superscripts differ significantly (P < 0.001).



土雞之受精蛋孵化率低落，主要於孵化第 3 週的種蛋之胚胎死亡率特別高 (林等, 2008)。短期儲存 (< 7 天) 似乎增加了年輕種雞種蛋的孵化率，這可能是由於蛋白液化，從而為胚胎提供更好的氧氣可用性。然而，種蛋儲存時間延長 (> 7 天) 會影響後續孵化期間的內部種蛋品質與胚胎存活率而導致孵化率下降，這在年長的種雞中比在年輕的種雞中更嚴重，延長的儲存時間導致年輕與年老種雞的雛雞品質較低 (Nasri *et al.*, 2020)。Abioja *et al.* (2022) 將 30 週齡母雞的種蛋於 16°C 貯存 0、3、6、9 及 12 天後，再進行孵化，結果顯示隨著儲存時間的增加，種蛋與受精蛋的孵化率會逐漸下降 ( $P < 0.001$ )。林等 (2008) 比較臺灣土雞群不同雜交組合之種蛋受精率、孵化率及胚胎死亡率的研究中，種蛋胚胎死亡率在紅羽土雞、黑羽土雞、中興大學土雞及畜試土雞全期胚胎死亡率分別為 37、42、23 及 39%。馬 (1993) 指出雞胚在發育中有兩個死亡高峰，第一次雞胚死亡高峰是在在孵化前期孵化開始第 2 - 3 日，第二次雞胚死亡高峰是在雞胚孵化開始後第 19 日。第一次高峰出現的時期正是雞胚發育迅速、系統與器官形成的時期，雞胚對外界環境的變化相當敏感，稍有不適，將導致雞胚死亡。第二個高峰出現時正是雞胚從尿囊絨毛膜呼吸的絨毛尿膜型 (chorio-allantoic type) 過渡到肺呼吸的肺型期 (pulmonary type)，在這個階段，雞胚需氧量大、對孵化環境要求高，換氣與散熱對雞胚死亡影響很大。孵化前將種蛋儲存 14 天會使孵化率降低 10%，而胚胎死亡率的增加大部分 (64%) 發生在孵化的第一週，另外 30% 則發生在第三週 (Whitehead *et al.*, 1985)。禽類受精蛋的胚層 (包括雞胚層) 在產蛋後不久可經歷明顯代謝活動或發育暫時中止的能力稱為滯育 (Fasenko, 2007)。種蛋受精率與受精蛋孵化率因雞群年齡增加而顯著降低，早期和晚期中止蛋隨雞齡增加而增加 (Zakaria *et al.*, 2009)。母雞產下種蛋時，雞胚處於胚盤階段 (blastodermal stage)。當受精蛋的雞胚層會在低溫下表現出發育停滯的獨特能力，稱為胚胎滯育，種蛋的溫度必須降至 12 - 18°C 左右的生理零溫度，以在孵化前阻止胚胎的進一步發育 (Pokhrel *et al.*, 2021)。根據市場對 1 日齡雛雞的可變需求和孵化場容量，雞蛋儲存的總時間從幾天到幾週不等 (Ebeid *et al.*, 2017)。然而，眾所周知，超過 7 天的長期儲存會導致孵化時間增加 (Tona *et al.*, 2003; Reijrink *et al.*, 2010) 並對孵化率產生負面影響 (Fasenko *et al.*, 2001; Tona *et al.*, 2004) 和雛雞品質 (Tona *et al.*, 2003, 2004)。從臺灣土雞近親品系台畜一號選育族群 G14 與 G15 世代種雞之種蛋受精率、種蛋孵化率、受精蛋孵化率及種蛋胚胎死亡率與先前畜試土雞的相關文獻的結果比較，雖然種雞年齡已超過 40 週齡 (45 - 48 週齡) 且種蛋貯存超過 10 天 (20 天)，平均種蛋受精率、種蛋孵化率及受精蛋孵化率仍能分別達 91.9、77.9 及 83.8%，而平均種蛋胚胎死亡率低於 17%，仍能有良好的種蛋受精率與孵化率。

#### V. 種公雞體重、精子品質、種蛋受精率、胚胎死亡率及孵化率之相關性分析

以臺灣土雞近親品系台畜一號選育族群 G14 與 G15 世代種公雞 16 週齡體重、精液量、精子濃度、精子活動力、精子前進活動力、精子存活率、種蛋受精率、種蛋孵化率、受精蛋孵化率、早期胚胎死亡率、晚期胚胎死亡率及全期胚胎死亡率進行相關性分析。結果顯示，種公雞 16 週齡體重對公雞精子活動力 ( $r = -0.57$ )、精子前進活動力 ( $r = 0.57$ ) 及精子存活率 ( $r = -0.54$ ) 呈現顯著地中度負相關 ( $P < 0.001$ )，種公雞 16 週齡體重越重其精子活動力、精子前進活動力及精子存活率也會越差。精液量對精子活動力 ( $r = -0.41$ ) 與精子前進活動力 ( $r = -0.43$ ) 皆呈現顯著地中度負相關 ( $P < 0.001$ )。精子濃度對精子活動力 ( $r = -0.25$ ) 與精子前進活動力 ( $r = -0.27$ ) 皆呈現顯著地低度負相關 ( $P < 0.01$ )。精子活動力對精子前進活動力 ( $r = 0.89$ ) 呈現高度正相關 ( $P < 0.001$ )，對精子存活率 ( $r = 0.62$ ) 呈現中度正相關 ( $P < 0.001$ )，而精子前進活動力對精子存活率 ( $r = 0.71$ ) 呈現顯著地高度正相關 ( $P < 0.001$ )。種蛋受精率對種蛋孵化率 ( $r = 0.78$ ) 及受精蛋孵化率 ( $r = 0.52$ ) 呈現高度與中度正相關 ( $P < 0.001$ )，但與早期胚胎死亡率 ( $r = -0.52$ ) 及全期胚胎死亡率 ( $r = 0.51$ ) 呈現顯著地中度負相關 ( $P < 0.001$ )，與晚期胚胎死亡率 ( $r = -0.32$ ) 則呈現顯著地低度負相關 ( $P < 0.001$ )。種蛋受精率會影響種蛋孵化率、受精蛋孵化率、早期胚胎死亡率、晚期胚胎死亡率及全期胚胎死亡率 (表 5)。Hu *et al.* (2013) 指出公雞精液量與精子濃度具有中等遺傳率分別為 0.28 與 0.12，而精子存活率與精子活動力表現出高遺傳率分別為 0.52 與 0.85，且精子存活率和精子活動力之間的遺傳相關 ( $r_A = 0.88$ ) 與表型相關 ( $r_P = 0.59$ ) 很高。Feyisa *et al.* (2018) 分析韓國 4 個地方種雞與白羽來亨雞之精子型態缺陷、精子存活率、精子活動力、種蛋受精率及種蛋孵化率之相關性，發現種蛋受精率與精子活動力 ( $r = 0.525$ )、種蛋孵化率 ( $r = 0.750$ ) 呈正相關。Tsfay *et al.* (2020) 指出根據精液品質性狀選擇公雞可以提高生育力，洛島紅公雞的種蛋受精率與精子活動力 ( $r = 0.57$ )、濃度 ( $r = 0.43$ )、精子存活率 ( $r = 0.39$ ) 呈正相關 ( $P < 0.05$ )，而白來航公雞的種蛋受精率與精子活動力 ( $r = 0.71$ )、濃度 ( $r = 0.39$ ) 呈正相關 ( $P < 0.05$ )。而 Mussa *et al.* (2023) 指出精液量與精子活動力 ( $r = 0.303$ ) 呈正相關與本研究有所差異，原因應為本研究所分析的種公雞已經選留精液量 0.3 mL 以上與精子活動力 60% 以上所致。

種公雞 16 週齡體重與精子品質呈負相關，但對種蛋受精率與孵化率似乎影響不大，在本研究中發現種蛋受精率與孵化率在品系間存有顯著性差異，確實 L9 公雞 16 週齡平均體重較其他三個品系顯著地較輕，但其種蛋受精率與孵化率卻顯著地較其他三個品系差。而 L7 種公雞體重最重，其種蛋受精率與孵化率卻較 L9 種公雞者

表 5. 臺灣土雞近親品系台畜一號選育族群種公雞體重、精子品質、種蛋受精率、胚胎死亡率及孵化率之相關性分析

Table 5. Correlation analysis among body weight of cock, sperm quality traits, fertility, embryonic mortality and hatchability of G14 and G15 generation flock in the inbreeding lines of Taiwan native chicken Taisui No. 1

Item	BW16 <sup>#</sup>	Fertility	HHE	HFE	VS	CS	MO	PMO	VIA	REDE	RLDE	RTDE
BW16	1.000	-0.1724	-0.1256	-0.0135	0.0458	0.1366	-0.5698	-0.5698	-0.5404	0.0436	0.0408	0.0546
Fertility		0.0517	0.157	0.8803	0.6080	0.8783	***	***	***	0.6252	0.6472	0.5408
		1.000	0.7837	0.5228	-0.0163	0.1086	0.1058	0.0884	0.0414	-0.5152	-0.3175	-0.5135
			***	***	0.8550	0.2222	0.2346	0.3211	0.4627	***	***	***
THE			1.000	0.9085	0.0656	0.0165	0.0898	0.0777	0.0747	-0.6201	0.7650	0.9210
				***	0.4622	0.8535	0.3134	0.3832	0.4023	***	***	***
HFE				1.000	0.0511	-0.0414	0.0305	0.0278	-0.0028	-0.5740	-0.8724	-0.9825
					0.5667	0.6425	0.7327	0.7557	0.9751	***	***	***
VS					1.000	-0.0413	-0.4137	-0.4304	0.0514	0.0511	-0.0868	-0.0523
						0.6439	***	***	0.5642	0.5667	0.3300	0.5581
CS						1.000	-0.2455	-0.2740	-0.1676	-0.0414	-0.1421	0.1481
							**	**	0.0587	0.6425	0.1095	0.0953
MO							1.000	0.8949	0.6235	0.0305	-0.0141	-0.0843
								***	***	0.7327	0.8749	0.3440
PMO								1.000	0.7063	0.0278	0.0492	-0.1161
									***	0.7557	0.5812	0.1921
VIA									1.000	-0.0028	0.0092	-0.0869
										0.9751	0.9184	0.3294
REDE										1.000	0.1425	0.6216
											0.1086	***
RLDE											1.000	0.8639
												***
RLDE												1.000

<sup>#</sup> BW16: Body weight of cock at 16 weeks of age, HHE: Hatchability of hatching eggs, HFE: Hatchability of fertilized eggs, VS: Volume of semen, CS: Concentration of semen, MO: CASA motility, PMO: CASA progressive motility, VIA: Viability, REDE: Rate of early embryonic mortality before 10 days in an incubator, RLDE: Rate of late embryonic mortality after 10 days in an incubator, RTDE: Rate of total embryonic mortality in an incubator, \*\*: P < 0.01, \*\*\*: P < 0.001. N = 80.

佳，品系間的差異確實存在。此外，由於 L7 與 L12 種公雞分別為生產台畜公十一號與台畜母十二號的父系，牠們的種蛋受精率與孵化率都優於 L9 種公雞。

## 結 論

雖然種雞週齡、種蛋貯存天數、種公雞的精子品質皆會影響種蛋的受精率與孵化率，本研究以種雞 45 週齡進行配種繁殖，種公雞以精液量達 0.3 mL 以上、精子濃度達  $3.0 \times 10^9$  個精子/mL 以上、精子活動力達 70% 以上、精子前進活動力達 30% 以上及公雞精液精子存活率達 60% 以上為選留標準，連續收集達 20 天的種蛋，貯存於 14°C 貯蛋室後進行孵化，兩個世代種雞之種蛋受精率、種蛋孵化率及受精蛋孵化率仍分別可達 91、77 及 83% 以上。使用此種公雞精子品質選留條件、延長收集種蛋天數可增加入孵蛋數與減少繁殖批次，以及較低溫貯蛋條件與自動翻蛋的作法，減少多批次繁殖的疫苗耗損、各項育種工作的人力與時間，以及選種時批次差異的考量，可以做為從事雞隻育種工作的參考。

## 誌 謝

本研究承行政院農業委員會科技計畫 (110 農科 -2.5.3- 畜 -L2 與 111 農科 -2.5.3- 畜 -L3) 經費支持，試驗期間承蒙本所產業組同仁協助現場管理與資料收集，以及遺傳育種組同仁協助資料庫維護與資料建置，特此致謝。

## 參考文獻

- 李淵百、吳憲郎、林旻蓉、涂海南、張秀鑾、項延禮、趙清賢、賴元亮、蘇夢蘭。2001。臺灣商用土雞性能介紹：生長與屠體性能。行政院農業委員會畜產試驗所。臺南市。
- 林正鏞、林義福、徐阿里。2003。產蛋期限飼對種母土雞繁殖性能之影響。畜產研究 36：1-10。
- 林旻蓉、張仲彰、趙清賢、謝豪晃、陳添福、王治華、賈玉祥、鄭裕信、陳志峰、范揚廣、李淵百。2008。臺灣土雞群不同雜交組合之種蛋受精率、孵化率及胚胎死亡率的比較。中畜會誌 37：221-231。
- 林德育、賴永裕、蔡銘洋、劉曉龍、洪哲明、朱家德、張秀鑾、吳明哲、曾淑貞。2022。高產蛋數臺灣土雞近親品系台畜一號之選育。畜產研究 55：180-192。
- 林德育、鍾秀枝、黃鈺嘉、黃祥吉、林義福、張秀鑾、吳明哲。2009。畜試土雞近親品系九與來亨雞正反雜交後裔之生長與繁殖性能。畜產研究 42：319-326。
- 馬春祥。1993。家禽學 (上冊)。黎明文化事業股份有限公司，臺北市。p. 192。
- 劉曉龍、林義福、鄭裕信、洪哲明、謝昭賢。2010。絲羽烏骨雞產蛋性狀之遺傳參數估算。中畜會誌 39：229-237。
- 戴謙、張秀鑾、鍾秀枝、黃祥吉。1996。臺灣土雞之近親育種：III、近親品系間雜交對生長及產蛋性能之影響。中畜會誌 25：451-465。
- 戴謙、鍾秀枝、張秀鑾、黃祥吉。1997。臺灣土雞之近親育種：IV、近親品系二元雜交後裔之生長及繁殖性能之田間評估。中畜會誌 26：187-196。
- Abioja, M. O., J. A. Abiona, O. F. Akinjute, H. T. Ojoawo, V. A. Adebowale, O. Basit, and O. O. Peter. 2022. Research note: effect of egg storage length on spread of hatch window, chick quality, and organ development in Transylvanian naked neck chickens. *Poult. Sci.* 101: 101834.
- Adegbenjo, A. O., L. Li, and O. N. Michael. 2020. Non-destructive assessment of chicken egg fertility. *Sensors* 20: 5546.
- Beaumont, C., N. Millet, E. Le Bihan-Duval, A. Kipi, and V. Dupuy. 1997. Genetic parameters of survival to the different stages of embryonic death in laying hens. *Poult. Sci.* 76: 1193-1196.
- Churchil, R. R., L. John, P. E. Praveena, and S. Cyriac. 2019. Strain and age related changes of semen attributes in white leghorn roosters. *Int. J. Chem. Stud.* 7: 1838-1842.
- Dubey, R. A., D. C. Johari, R. P. Singh, and B. P. Singh. 1977. A study of artificial insemination in relation to fertility and hatchability in white Leghorn birds. *Indian Vet. J.* 54: 116-118.
- Ebeid, T. A., F. A. Twfeek, M. H. Assar, A. M. Bealish, R. E. Abd El-Karim, and M. Ragab. 2017. Influence of pre-storage

- incubation on hatchability traits, thyroid hormones, antioxidative status and immunity of newly hatched chicks at two chicken breeder flock ages. *Animal* 11: 1966-1974.
- Fasenko, G. M. 2007. Egg storage and the embryo. *Poult. Sci.* 86: 1020-1024.
- Fasenko, G. M., F. E. Robinson, A. I. Whelan, K. M. Kremeniuk, and J. A. Walker. 2001. Prestorage incubation of long-term stored broiler breeder eggs: 1. Effects on hatchability. *Poult. Sci.* 80: 1406-1411.
- Feyisa, S. G., Y. H. Park, Y. M. Kim, B. R. Lee, K. M. Jung, S. B. Choi, C. Y. Cho, and J. Y. Han. 2018. Morphological defects of sperm and their association with motility, fertility, and hatchability in four Korean native chicken breeds. *Asian-Australas J. Anim. Sci.* 31: 1160-1168.
- Hu, J., J. L. Chen, J. Wen, G. P. Zhao, M. Q. Zheng, R. R. Liu, W. P. Liu, L. H. Zhao, G. F. Liu, and Z. W. Wang. 2013. Estimation of the genetic parameters of semen quality in Beijing-You chickens. *Poult. Sci.* 92: 2606-2612.
- Ishaq, M., M. Akram, M. E. Baber, A. S. Jatoi, A. W. Sahota, K. Javed, S. Mehmood, J. Hussain, and F. Husnain. 2014. Embryonic mortality in Cobb broiler breeder strain with three egg weight and storage periods at four production phases. *J. Anim. Plant Sci.* 24: 1623-1628.
- King'ori, A. M. 2011. Review of the factors that influence egg fertility and hatchability in poultry. *Int. J. Poult. Sci.* 10: 483-492.
- Kuurman, W. W., B. A. Bailey, W. J. Koops, and M. Grossman. 2003. A model for failure of a chicken embryo to survive incubation. *Poult. Sci.* 82: 214-222.
- McGary, S., I. Estevez, M. R. Bakst, and D. L. Pollock. 2002. Phenotypic traits as reliable indicators of fertility in male broiler breeders. *Poult. Sci.* 81: 102-111.
- Mocé, E. and J. K. Graham. 2008. In vitro evaluation of sperm quality. *Anim. Reprod. Sci.* 105: 104-118.
- Mohan, J., S. sharma, G. kolluri, and K. Dhama. 2018. History of artificial insemination in poultry, its components and significance. *World's Poult. Sci. J.* 74: 475-488.
- Mottet, A. and G. Tempio. 2017. Global poultry production: current state and future outlook and challenges. *World's Poult. Sci. J.* 73: 245-256.
- Mussa, N. J., W. Boonkum, and V. Chankitisakul. 2023. Semen quality traits of two Thai native chickens producing a high and a low of semen volumes. *Vet. Sci.* 10: 73.
- Muvhali, P. T., M. Bonato, I. A. Malecki, and S. W. P. Cloete. 2022. Mass sperm motility is correlated to sperm motility as measured by Computer-Aided Sperm Analysis (CASA) technology in farmed Ostriches. *Animals* 12(9): 1104.
- Nasri, H., H. Van den Brand, T. Najjar, and M. Bouzouaia. 2020. Egg storage and breeder age impact on egg quality and embryo development. *Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 104: 257-268.
- Noiva, R. M., A. C. Menezes, and M. C. Peleteiro. 2014. Influence of temperature and humidity manipulation on chicken embryonic development. *BMC Vet. Res.* 10: 234.
- Nowaczewski, S., M. Babuszkiewicz, T. Szablewski, K. Stupe-Szablewska, R. Cegielska-Radziejewska, Ł. Tomczyk, S. Kaczmarek, A. Sechman, M. W. Lis, M. Kwaśniewska, P. Racewicz, Ł. Jarosz, A. Ciszewski, T. Nowak, and M. Hejdysz. 2022. Effect of weight and storage time of broiler breeders' eggs on morphology and biochemical features of eggs, embryogenesis, hatchability, and chick quality. *Animal* 16: 100564.
- Pawłowska, J. and E. Sosnówka-Czajka. 2019. Factors affecting chick quality in Poland. *World. Poult. Sci. J.* 75: 621-632.
- Pokhrel, N., D. Sela-Dnenfeld, and Y. Cinnamon. 2021. The chick blastoderm during diapause, a landmark for optimization of preincubation storage conditions. *Poult. Sci.* 100: 101227.
- Reijrink, I. A. M., R. Meijerhof, B. Kemp, and H. van den Brand. 2010. Influence of egg warming during storage and hypercapnic incubation on egg characteristics, embryonic development, hatchability, and chick quality. *Poult. Sci.* 89: 2470-2483.
- SAS. 2012. SAS/STAT User's Guide, Version 9.4. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Scott, T. A. and C. J. Mackenzie. 1993. Incidence and classification of early embryonic mortality in broiler breeder chickens. *Br. Poult. Sci.* 34: 459-470.
- Svoradova, A., L. Kuzelova, J. Vasicek, A. Balazi, L. Olexikova, A. Makarevich, and P. Chrenek. 2021. Perspective: rooster spermatozoa cryopreservation and quality assessment. *Cryo Letters* 42: 59-66.
- Tesfay, H. H., Y. Sun, Y. Li, L. Shi, J. Fan, P. Wang, Y. Zong, A. Ni, H. Ma, A. I. Mani, and J. Chen. 2020. Comparative studies of semen quality traits and sperm kinematic parameters in relation to fertility rate between 2 genetic groups of

- breed lines. *Poult. Sci.* 99: 6139-6146.
- Tona, K., F. Bamelis, W. Coucke, V. Bruggeman, and E. Decuypere. 2001. Relationship between broiler breeder's age and egg weight loss and embryonic mortality during incubation in large-scale conditions. *J. Appl. Poult. Res.* 10: 221-227.
- Tona, K., F. Bamelis, B. De Ketelaere, V. Bruggeman, V. Moraes, J. Buyse, O. Onagbesan, and E. Decuypere. 2003. Effects of egg storage time on spread of hatch, chick quality, and chick juvenile growth. *Poult. Sci.* 82: 736-741.
- Tona, K., O. Onagbesan, B. De Ketelaere, E. Decuypere, and V. Bruggeman. 2004. Effects of age of broiler breeders and egg storage on egg quality, hatchability, chick quality, chick weight, and post hatch growth to forty-two days. *J. Appl. Poult. Res.* 13: 10-18.
- Tunsisa, L. Y. and K. B. Reda. 2023. Evaluation of fertility, hatchability and egg quality of indigenous chickens in different agro-ecologies of the Sidama Region, Ethiopia. *Vet. Integ. Sci.* 21: 201-219.
- Whitehead, C., M. Maxwell, R. Pearson, and K. Herron. 1985. Influence of egg storage on hatchability, embryonic-development and vitamin status in hatching broiler chicks. *Br. Poult. Sci.* 26: 221-228.
- Wondmeneh, E., I. Dawud, and M. Adey. 2011. Comparative evaluation of fertility and hatchability of Horro, Fayoumi, Lohmann Silver and Potchefstroom Koekoek breeds of chicken. *Asian J. Poult. Sci.* 5: 124-129.
- Yoo, B. H. and E. Wientjes. 1991. Rate of decline in hatchability with preincubation storage of chicken eggs depends on genetic strain. *Br. Poult. Sci.* 32: 733-740.
- Zakaria, A. H., P. W. Plumstead, H. Romero-Sanchez, N. Lekrisompong, and J. Brake. 2009. The effects of oviposition time on egg weight loss during storage and incubation, fertility, and hatchability of broiler hatching eggs. *Poult. Sci.* 88: 2712-2717.

# Study on fertility and hatchability of high egg-production inbreeding lines of Taiwan native chicken Taisui No. 1 <sup>(1)</sup>

Der-Yuh Lin <sup>(2)</sup> Yung-Yu Lai <sup>(2)</sup> Min-Yang Tsai <sup>(3)</sup> Che-Ming Hung <sup>(3)</sup>  
Chai-Te Chu <sup>(2)</sup> and Shwu-Jen Tzeng <sup>(4)(5)</sup>

Received: Sep. 8, 2023; Accepted: May 23, 2024

## Abstract

Reducing breeding batches can reduce batch variations, labor and expenses in genetic selection for breeding. Furthermore, prolonging the duration of egg collection and storage can reduce batches required for chicken breeding and renewal. In this study, we used Taiwan native chicken inbreeding lines Taisui No. 1 (L7, L9, L11, and L12 lines) to conduct one batch of incubation to produce the next generation and improve the flock. Besides, the sperm quality of roosters was analyzed to explore its effect on fertility, embryonic mortality and hatchability of breeding eggs. The results showed that the body weight at 16-week-old, semen volume, concentration, motility, and progressive motility of breeder roosters were significantly different among the lines ( $P < 0.05$ ), but there were no significant differences in the viability of sperms among the various lines. Moreover, the fertility and hatchability of breeding eggs, hatchability of fertilized eggs, early and late embryo mortality, and full-term mortality of breeding eggs were significantly different among lines ( $P < 0.05$ ). There were significant differences between generations in the hatchability of fertilized eggs and early embryonic mortality of hatching eggs ( $P < 0.01$ ). Breeder roosters were then selected with the semen volume  $> 0.3$  mL, sperm concentration  $> 3.0 \times 10^9$ /mL, sperm motility  $> 70\%$ , sperm progressive motility  $> 30\%$ , and viability  $> 60\%$  and hatching eggs were continuously collected for 20 days and stored at  $14^\circ\text{C}$  before hatching. The average fertility of hatching eggs, hatchability of hatching eggs and of fertilized eggs were achieved up to 91%, 77%, and 83%, respectively. These parameters in breeding rooster selection, egg retention conditions and breeding process can be used as a reference for chicken breeding.

Key words: Chickens, Sperm progressive motility, Fertility, Hatchability.

---

(1) Contribution No. 2791 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

(2) Genetics and Physiology Division, MOA-TLRI, HsinHua Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(3) Livestock Management Division, MOA-TLRI, HsinHua Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(4) Department of Medical Laboratory Science and Biotechnology, Chung Hwa University of Medical Technology, Tainan 717, Taiwan, R. O. C.

(5) Corresponding author, E-mail: shwuwen20200626@gmail.com.