

阿爾拜因山羊全年性採精之精液品質變化⁽¹⁾

康定傑⁽²⁾⁽⁵⁾ 曾楷扉⁽²⁾ 陳裕信⁽³⁾ 曲鳳翔⁽⁴⁾ 蔡佩均⁽⁴⁾ 林信宏⁽²⁾ 劉雅醇⁽²⁾

收件日期：113 年 10 月 11 日；接受日期：114 年 4 月 9 日

摘 要

本研究主要目的為探討阿爾拜因公羊在全年性採精過程中，其精液量、精子活力、存活率以及濃度之變化情形。試驗中使用 12 頭 3 – 4 歲之阿爾拜因公羊，以每週 2 次，每次間隔最少 2 天之頻率進行全年度精液採集。試驗結果顯示，精液量在 12 月時最高 (0.96 ± 0.22 mL)，4 月最低 (0.43 ± 0.06 mL)；精子活力由 8 月開始到 1 月均維持在高點，而自 2 月到 6 月處於低點，在 6 月時最低 ($50.71 \pm 2.66\%$)；精子存活率由 8 月份 ($72.17 \pm 1.96\%$) 開始上升，於 11 月 ($90.20 \pm 0.86\%$) 達到高峰後逐漸下降，至 5 月達到最低點 ($58.57 \pm 1.07\%$)；精子濃度顯示，3 月 (91.63×10^6 spermatozoa/mL) 與 5 月 (89.20×10^6 spermatozoa/mL) 時精子濃度較高，其餘月份之精子濃度則相對較低。進一步分析溫濕度指數 (temperature-humidity index, THI) 與精液各性狀間之關聯性發現，THI 與精子存活率、精子活力以及精液量間呈現負相關，僅與精子濃度呈現正相關 (0.140)；檢視全年性採集之精液性狀表現可以發現，高 THI 值時，對精子活力與其運動性具有顯著之負面影響。本研究結果可以提供其他相關研究與飼養業者在高溫高濕季節中，對於精液採集須採取相應措施時之參考。

關鍵詞：阿爾拜因公羊、精液品質、溫濕度指數。

緒 言

在動物繁殖研究中，環境因素對生殖能力的影響一直是重點研究議題之一，特別是氣溫與光照等季節性變化，對雄性繁殖性能之影響 (Pretorius, 1969)。在不同地區、相異品種的動物中，生殖活動往往會隨著季節而變化，這種變化與日照長短、環境溫度以及營養狀況密切相關 (Roca *et al.*, 1992)。因此，了解並管理季節性變化對精液特性與生殖表現的影響，對於提高動物繁殖效率至關重要 (Belkadi *et al.*, 2017)。以綿羊與山羊等小型反芻動物而言，季節性變化會影響睪丸大小、精液質量和精子活力。例如，於 Merino 公綿羊的研究顯示，精液質量在春季達到最佳狀態，而在秋季降低，但這樣的變化不會顯著影響正常生育能力 (Ibrahim, 1997)。在 Ouled Djellal 公綿羊的研究指出，春季時睪丸周長與精子濃度顯著增加，而冬季精子異常率最高 (Belkadi *et al.*, 2017)。除此之外，不同種群的羊，特別是在阿拉伯聯合大公國的研究，顯示了當地環境對精子濃度和性驅動力的季節性影響 (Ibrahim, 1997)。山羊的生殖研究顯示，精漿蛋白質在不同季節的表現與精液品質直接相關，這一點尤其在地中海氣候的 Murciano-Granadina 山羊中更為顯著 (Roca *et al.*, 1992; Aguiar *et al.*, 2013)。比較巴西乾旱與雨季時羊隻精液性狀，發現乾旱季節的精漿生化成分中，果糖與檸檬酸顯著降低，但精子運動能力不受影響 (Aguiar *et al.*, 2013)。此外，蛋白質分析顯示，季節性變化會影響精子保護機制，從而影響生育能力 (Aguiar *et al.*, 2013)。精液質量和性行為的季節性變化亦受到其他因素，如光照長度與睪固酮濃度調節的影響 (Al-Anazi *et al.*, 2017)。研究指出，非繁殖季節 (如夏季) 收集的精液數量較少，精子活力也顯著下降。而在繁殖季節 (9 – 12 月)，精液品質顯著提升，精子數量和運動性更佳，這與光週期引發的內分泌變化密切相關 (Maquivar *et al.*, 2021)。同時，氣候變化如高溫會干擾精子生成，導致精子異常增加，尤其是在亞熱帶與乾旱地區 (Pretorius, 1969; Belkadi *et al.*, 2017)。總體而言，不同品種和地區的動物在繁殖表現上有顯著差異。Murciano-Granadina 山羊在整年中精液質量保持在可接受範圍內，即使在生殖能力最低的冬季，其異常精子比例仍維持在正常生育範圍內 (Roca *et al.*, 1992)。

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2819 號。

(2) 農業部畜產試驗所南區分所。

(3) 農業部畜產試驗所畜產經營組。

(4) 農業部畜產試驗所遺傳生理組。

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

山羊在熱緊迫下的繁殖性能受到不同生理過程的影響，如精子質量下降、動情週期紊亂，以及胚胎發育異常 (Serradilla *et al.*, 2018)。此外，高溫會影響睪丸功能和精子生成，進一步降低雄性繁殖能力 (Ali *et al.*, 2023)。母羊在極端熱緊迫下，黃體生成激素 (LH) 濃度降低，影響排卵和受孕率 (Danso *et al.*, 2024)。因此，繁殖失敗率隨著熱緊迫的強度增加而上升 (Vinet *et al.*, 2023)。然而，透過合適的飼養管理，例如營養補充和光照控制，能有效改善精液特性，並支持全年繁殖 (Ibrahim, 1997; Aguiar *et al.*, 2013)，尤其是在人工授精計畫的雄性動物選擇和管理中，這些發現提供了改善繁殖效率的重要基礎，選擇最佳的繁殖時機與條件，不僅能提高生殖成功率，還能提升整體生產效率 (Belkadi *et al.*, 2017)。

總而言之，以溫濕度指數 (Temperature-Humidity Index, THI)，綜合量測氣溫與相對濕度來評估熱緊迫 (heat stress) 程度是否對季節性繁殖動物的生殖性能產生影響而言，高 THI 環境會影響動物的生理和生殖功能，降低繁殖效率。因此，在飼養管理中，應重視環境溫度和濕度的控制，採取適當的降溫措施，如使用風扇、噴水系統或改善畜舍通風，以減少熱緊迫對動物生殖性能之負面影響。本研究主要利用阿爾拜因公羊進行全年度精液採集，紀錄精液相關性狀，並與 THI 值進行比對，以瞭解阿爾拜因公羊精液在各月份之變化以及其與 THI 間之相關性。

材料與方法

I. 試驗動物申請

試驗使用 12 頭 3 至 4 歲之阿爾拜因公羊。公羊飼養於自然光照的畜舍中。依法申請，並經過前行政院農業委員會畜產試驗所恆春分所實驗動物照護及使用小組審查同意 (畜試恆動字第 107005)。

II. 精液採集：

精液每週採集 2 次，每次採集間隔時間最少 2 天。精液採集係使用人工假陰道 (artificial vagina) 法，採集前先予以組裝，於假陰道外殼之注水孔注入 45°C 溫水，使假陰道內襯夾層間呈現約 2/3 之飽滿度，其後再於氣孔吹入空氣以維持假陰道內腔適宜的壓力；採精時於假陰道內腔前緣處之表面塗抹對精子無害之潤滑劑 (K-Y 軟膏，Johnson and Johnson medical, Limited Gargrave, Skipton, BD23 3RX. U. K.)。人工採精操作時，待公羊駕乘母羊的同時，將公羊陰莖導入假陰道內，直至完成射精動作；其後，並將假陰道之錐形漏斗向下甩動使精液集中於集精管 (15 mL 離心管) 內而完成精液採集。所採集之精液須避光並快速移入 37°C 恆溫水槽中，續進行射精量、精子濃度、精子活力 (motility) 及移動參數 (movement characteristics) 分析。

III. 溫度、濕度及溫濕度指數 (temperature-humidity index, THI) 計算

THI 公式： $THI = (1.8 \times T + 32) - (0.55 - 0.0055 \times H) \times (1.8 \times T - 26)$ (T 為溫度，H 為濕度) (Bohmanova *et al.*, 2007)。使用溫濕度偵測計 (Fourier Technologies, FORTEC Microlite III Temperature & RH, Australia) 進行偵測。溫度偵測範圍 -40°C 到 +80°C，靈敏度 0.1°C，準精度為 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 。濕度偵測範圍 0 到 100% 相對濕度，靈敏度為 0.1% 相對濕度，準精度為 $\pm 3\%$ 相對濕度。試驗中偵測時間設定為每小時記錄一次，每星期取回紀錄器並連接至電腦讀出數據。

IV. 精子活力分析

精子活力及移動參數檢測係利用電腦輔助精子分析系統 (computer assisted sperm analysis, CASA) 進行分析。

V. 精子存活率評估

係利用精子死活套組 LIVE/DEAD sperm viability kit (Invitrogen, L7011, California, USA) 與 EasyBuffer (EB, IMV ref.022162, France) 評估精子存活率。LIVE/DEAD sperm viability kit 包括 SYBR-14 與 PI (propidium iodide) 兩種嵌入性核酸螢光染劑，可嵌入 DNA 鹼基中。染色原理：SYBR-14 為可穿透細胞膜之小分子，而 PI 為細胞膜不可穿透性。若活的精子其細胞膜完整者，PI 無法進入精子細胞內，只可被 SYBR-14 染成綠色；反之於死精子則因其不具有阻隔大分子進入細胞之特性，因此 PI 得以進入精子細胞內，PI 之紅色螢光強度遠大於 SYBR-14，將 SYBR-14 之綠色覆蓋而呈現紅色。故染色呈現紅色螢光者 (PI+) 表示為死精子；呈現綠色螢光者 (SYBR-14+) 則為活精子。計算隨機視野中 300 個精子之活精子數。

VI. 統計分析

本研究中各處理組別射精量、活力、存活率、濃度及精子移動性能參數，是利用 Statistical Analysis System Enterprise Guide 7.1 (SAS EG 7.1) 進行變異數分析 (analysis of variance, ANOVA)，再以鄧肯多變域分析法 (Duncan's multiple range test) 評估各處理間之差異性，所有處理組別間差異性以 $P < 0.05$ 表示。

相關性分析使用皮爾森積差相關係數 (Pearson correlation coefficient) 來分析各個變數與溫濕度指數 (THI) 之間的線性關係，皮爾森相關係數用來測量兩個連續變數間的線性相關程度，其數值範圍介於 -1 至 1 之間。當係數為 1 時，表示兩變數具有完全正相關；當係數為 -1 時，表示完全負相關；當係數為 0 時，表示沒有線性相關性。

結果與討論

臺灣夏季高溫多濕，表 1 為臺灣 107 年度溫度與濕度之變化。1 月份的平均氣溫約為 21.2℃，濕度為 82.7%，THI 為 69，而隨著時間推移，溫度和濕度逐漸上升，尤其在春夏季節，此二指標數值增加，5 月份均溫達到 29.9℃ 的高峰，濕度高達 96.1%，THI 達到 85.2。進入秋冬季節後，溫度和濕度逐漸下降，尤其在 12 月份，氣溫下降至 19.1℃，濕度降至 78.7%，THI 回落至 65.4。

表 1. 107 年度各月份溫度、濕度及 THI 值變化
Table 1. Monthly variations in temperature, humidity, and THI values

Month	Temperature (°C)	Humidity (%)	THI
January	21.2 ± 1.1	82.7 ± 3.2	69.0
February	23.3 ± 1.9	72.1 ± 7.1	71.5
March	23.9 ± 2.7	70.2 ± 13.4	72.2
April	25.8 ± 2.7	80.0 ± 14.4	76.2
May	29.9 ± 2.5	96.1 ± 8.6	85.2
June	30.4 ± 1.7	95.4 ± 10.3	85.9
July	31.5 ± 2.1	95.4 ± 10.3	87.9
August	28.8 ± 1.8	98.4 ± 10.3	83.6
September	28.1 ± 3.7	89.7 ± 3.2	81.2
October	26.1 ± 1.5	84.7 ± 2.8	77.2
November	22.8 ± 1.1	80.7 ± 3.2	71.4
December	19.1 ± 1.6	78.7 ± 3.2	65.4

Means ± SE.
THI: temperature-humidity index.

一般而言，當 THI 超過 72 時便被認為會對動物產生明顯的熱緊迫 (Brügemann *et al.*, 2008)，而在 5 月份，該指數達到了 85，顯示環境會引起動物極大之緊迫，對精液性狀以及精子品質造成不利影響。研究指出，當 THI 超過 70 時，山羊的受孕率開始顯著下降，而 THI 從 70 增加到 84 時，山羊的受孕率會從 55% 驟降至 10% (Danso *et al.*, 2024)，說明了高 THI 環境會對山羊之繁殖能力造成嚴重影響，包括精子形態異常、畸形率增加與活力降低，持續暴露在高溫環境下的山羊，其精子活力與數量均會顯著下降。這種影響不僅會降低繁殖成功率，還可能影響下一代的健康 (Danso *et al.*, 2024)。此外，高 THI 會影響精子之生成過程。持續的熱緊迫會導致睪丸溫度升高，從而抑制精子的生成。這種生理過程失調會導致精子數量的減少，進一步影響受孕機會 (Carabaño *et al.*, 2017)。另一項研究指出，高 THI 環境下的山羊精液抗氧化物質質量顯著降低，此結果會增加精子受到氧化刺激的風險，從而損傷精子細胞。而精子運動能力以及 DNA 完整性下降，進一步降低受孕成功率 (Ali *et al.*, 2023)。另一研究亦指出，當環境溫度達到 35℃ 時，精子的線粒體產生活性氧 (reactive oxygen species, ROS)，會導致精子細胞膜之流動性增加以及單股 DNA 斷裂。特別是圓形精子細胞和四倍體精子細胞最容易受到損害，故受精率與胚胎發育也受到了影響，並且即便這些精子仍然具有受精能力，但亦可能會影響後代的基因完整性 (Houston *et al.*, 2018)。在人類陰囊給予熱緊迫的試驗中揭明，連續 3 個月的試驗期間，精子濃度、精子運動能力，以及正常形態精子的比例顯著下降，精子濃度在受試 1 個月時降至 38.33×10^6 spermatozoa/mL，2 個月降至 33.79×10^6 spermatozoa/mL，第 3 個月降至 28.99×10^6 spermatozoa/mL；精子運動能力亦在 3 個月內顯著降低，並且引起白血球數量增加；精子 DNA 損傷與染色質凝集檢測中，精子 DNA 片段碎裂顯著增加。染色質凝集在測試中也顯示出類似趨勢，第 3 個月時異常染色質凝集率達到 79.33%，同時精子細胞的凋亡亦增加。在停止熱緊迫刺激 3 個月後，大部分參數 (如精子濃度與染色質完整性)

恢復至正常水平，但精子運動能力的恢復較慢，仍未完全恢復 (Zhang *et al.*, 2015)。

本研究結果顯示 (表 2)，精液量在全年各月中有顯著差異。最高值出現在 12 月 (0.96 ± 0.22 mL)，而最低值出現在 4 月 (0.43 ± 0.06 mL)。9 月至 1 月的精液量普遍較高，反映了山羊在這段繁殖季節中具有更好的生殖活力。而在春季和夏季，精液量逐漸減少，顯示在非繁殖季節，山羊的精子生成能力有所下降。精子存活率最高值出現在 11 月 ($90.20 \pm 0.86\%$)，而最低值則出現在 5 月 ($58.57 \pm 1.07\%$)。從 8 月開始，雖然 THI 值仍高於 80，然而其精子活力相較於 6 月均有顯著提升 ($P < 0.05$)；存活率數據亦顯示自 4 月開始逐漸下降，而在 5 月達到最低點以後，在 6—7 月反轉上升。從光照長度討論，臺灣的光照時間在夏至 (6 月 21 至 22 號) 達到最長，之後開始反轉而漸短，季節發情動物的松果體只對光線敏感，夏至過後光照時間漸短，松果體開始活化，相關性荷爾蒙分泌的腺體亦受影響而甦醒及活化。在針對綿羊的研究發現，短日照期間 (秋冬季節) 會刺激松果體分泌褪黑激素，進一步促進睪丸活動和生殖激素如性腺刺激素釋放激素 (gonadotropin-releasing hormone, GnRH)、黃體成長激素 (luteinizing hormone, LH)、濾泡刺激素 (follicle-stimulating hormone, FSH)、睪固酮 (testosterone) 的分泌，提升精子生產及性行為 (Maquivar *et al.*, 2021)。溫度雖然可以對動物體造成緊迫，進而影響到生理的變化，但是試驗使用的公羊經過世代繁衍，顯然已可以適應臺灣的氣候條件，且根據多個研究顯示，光照長度是影響季節性發情動物繁殖的主要原因，溫度雖然重要，但其影響因子複雜，且為次要原因。此一結果在鳥類 (Sur *et al.*, 2024)、綿羊 (Zhu *et al.*, 2024) 及涵蓋昆蟲、哺乳動物 (如老鼠、人類) 等之綜合性研究，均顯示出溫度變化影響部分生理行為，但相對於光照，其調控作用較為間接，光照在調控季節性生理與行為中扮演更核心角色 (Michel and Kervezee, 2023)。精子濃度在 3 月 (91.63×10^6 spermatozoa/mL) 和 5 月 (89.20×10^6 spermatozoa/mL) 達到最高，而在其他月份中相對較低，但是存活率及活力隨著濃度減少而有增加的趨勢。從本研究結果觀察到，在高 THI 環境及長日照時，有較低的精子存活及活力，但是濃度上卻呈現較高的現象，這是否是動物體為因應高溫而產生的代償性現象，目前尚未有直接證據及研究證實。精子活力自 7 月底點後，在 8 月開始顯著提升，並在冬季 (9 月) 達到高峰，但在春夏季節明顯下降，尤其在 6 月達到全年最低值 ($50.71 \pm 2.66\%$)。這顯示季節變化對精子活力有顯著影響，特別是在長日照及高溫環境中，精子活力會受到抑制。

表 2. 阿爾拜因山羊各月份精液品質分析

Table 2. Analysis of semen quality of Alpine goats by month

Month	Volume (mL)	n	Viability (%)	Concentration (10^6 /mL)	Motility (%)
January	0.68 ± 0.07^{ab}	9	78.44 ± 2.91^c	49.06 ± 3.98^c	62.03 ± 0.57^{bc}
February	0.51 ± 0.05^a	8	78.88 ± 3.54^c	61.04 ± 7.20^{bc}	57.36 ± 1.80^{cde}
March	0.45 ± 0.04^a	8	71.00 ± 2.13^b	91.63 ± 14.70^b	53.67 ± 0.94^{de}
April	0.43 ± 0.06^a	7	61.43 ± 0.90^a	75.52 ± 12.13^{bc}	52.98 ± 1.79^{de}
May	0.48 ± 0.08^a	7	58.57 ± 1.07^a	89.20 ± 1.18^b	52.98 ± 0.99^{de}
June	0.57 ± 0.07^{ab}	5	60.00 ± 0.00^a	73.93 ± 5.69^{bc}	50.71 ± 2.66^e
July	0.66 ± 0.06^{ab}	6	60.67 ± 1.23^a	49.10 ± 5.16^c	56.50 ± 0.90^{cd}
August	0.92 ± 0.17^b	6	72.17 ± 1.96^{bc}	50.78 ± 8.70^c	63.07 ± 0.97^a
September	0.95 ± 0.05^b	6	87.73 ± 1.19^d	77.19 ± 3.25^{bc}	64.08 ± 2.48^a
October	0.61 ± 0.07^{ab}	6	87.33 ± 3.18^d	52.00 ± 7.01^c	62.58 ± 0.87^{bc}
November	0.62 ± 0.04^{ab}	8	90.20 ± 0.86^d	45.62 ± 6.23^c	61.34 ± 2.80^{abc}
December	0.96 ± 0.22^b	8	87.75 ± 0.84^d	52.74 ± 5.54^c	60.06 ± 2.00^{abc}

Means $\pm$ SE.

a, b, c, d, e Means in the same column with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

THI: temperature-humidity index.

由表 1 及表 2 的結果可知，季節性與環境因素 (如溫度、濕度及 THI) 對精液性狀的影響極其顯著，其他研究結果亦說明，高溫高濕環境對動物的精液性狀產生顯著的負面影響，尤其是在熱帶和亞熱帶地區，THI 對家畜的繁殖性能影響尤為重要，當 THI 超過 72 時，動物會面臨熱緊迫，對精液質量和繁殖效率產生負面影響 (Ali *et al.*, 2023)；阿爾拜因山羊在秋冬季節精液品質較佳的現象，與 Leboeuf *et al.* (2004) 的研究結果指出，季節性日照時間的變化，尤其是短日照的影響，對山羊的繁殖能力有積極作用亦互相呼應，而該研究還強調了光照調節對公羊精液

品質的改善作用，與本研究中所得到，秋冬季精子活力與存活率較高的結果一致。熱緊迫對精子生成的負面影響在許多研究中都有討論，Serradilla *et al.* (2018) 指出，持續的高溫會抑制睪丸的正常功能，進而影響精子生成，導致精子濃度和質量下降。本研究中，秋冬季節精子存活率和活力的提升也得到相關文獻的支持 (Leboeuf *et al.*, 2004)。Houston *et al.* (2018) 的研究顯示，溫度降低可以減少精子氧化壓力，從而提高精子質量和活力，在高溫環境中，精子會受到更多氧化損傷，進一步影響其運動能力，而本研究中，秋冬季節的精子活力和存活率提升，與該研究的結果相互印證。

每個月數據與 THI 的相關性分析中 (表 3)，精液量 (volume) 與 THI 的相關性為 -0.093，顯示兩者之間的負相關性很低；存活率 (viability) 與 THI 的相關性較高，為 -0.6，顯示出隨著 THI 上升，存活率有較強的負相關；精子濃度 (concentration) 與 THI 的相關性為 0.140，顯示為正相關；精子活力 (motility) 與 THI 的相關性為 -0.265，顯示 THI 上升與活動率有中度負相關。總結來看，THI 對精子存活率以及活動率有較明顯的負面影響，而對精液體積與精子濃度影響相對較小 (表 3)。

表 3. THI 與各項精液品質間的相關係數

Table 3. Correlation coefficients between THI and various semen quality parameters

Variable	THI Correlation	P-value
Month	0.022	> 0.05
Volume	-0.092	> 0.05
Viability	-0.632	< 0.001
Concentration	0.139	> 0.05
Motility	-0.265	< 0.05

THI: temperature-humidity index.

本研究針對阿爾拜因公羊進行為期一年的全年度精液採集與分析，結果顯示精液品質隨季節與環境變化而呈現明顯差異。精液量在秋冬季節 (特別是 12 月) 達到高峰，而在春季 (4 月) 最低；精子活力與存活率在秋冬季表現最佳，於 6 月及 5 月分別降至全年最低。相對地，精子濃度則在春季 (3 月、5 月) 較高，其餘月份則相對偏低。進一步的相關性分析指出，溫濕度指數 (THI) 與精子存活率呈現中度負相關 ($r = -0.633$, $P < 0.0001$)，顯示高溫高濕環境對精子膜完整性及生存力具顯著抑制作用；THI 與精子活力相關性雖達統計顯著 ($r = -0.265$, $P = 0.026$)，但因數值低於 0.3，仍屬於不相關等級，顯示影響有限。至於精液量與精子濃度則與 THI 無顯著相關性，顯示其變動可能主要受光週期與內分泌因子影響。綜合而言，阿爾拜因公羊的精液品質受季節性變化與環境條件雙重影響，高溫高濕季節的熱緊迫對精子存活率尤其不利；相對地，秋冬短日照條件則有助於提升精液品質。此結果提示，於繁殖管理與人工授精應用中，應特別關注高 THI 季節之降溫與管理措施，以減緩熱緊迫對公羊繁殖性能之負面影響，進而提升繁殖效率與種用價值。

參考文獻

- Aguiar, G. V., M. F. van Tilburg, A. G. V. Catunda, C. K. S. Celes, I. C. S. Lima, A. C. N. Campos, A. A. A. Moura, and A. A. Araújo. 2013. Sperm parameters and biochemical components of goat seminal plasma in the rainy and dry seasons in the Brazilian Northeast: the season's influence on the cooling of semen. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec* 65: 6-12.
- Ali, A. I. M., S. Sandi, A. Fariani, and A. Darussalam. 2023. Physiological changes and behavioral responses in heat-stressed goats under humid tropical environment. *Int. J. Biometeorol.* 67: 1757-1764.
- Al-Anazi, Y., M. G. Ai-Mutary, M. Ai-Ghadi, M. M. Alfuraiji, A. R. Al-himaidi, and A. Ammari. 2017. Seasonal variations in scrotal circumference and semen characteristics of Naimi and Najdi rams in Saudi Arabia. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 47(4): 454-459.
- Belkadi, S., B. Safsaf, N. Heleili, M. Tlidjane, L. Belkacem, and Y. Oucheriah. 2017. Seasonal influence on sperm parameters, scrotal measurements, and serum testosterone in Ouled Djellal breed rams in Algeria. *Vet. World* 10(12): 1486-1492.
- Brügemann, K., E. Gernand, Uta. K. von Borstel, and S. König. 2008. Defining and evaluating heat stress thresholds in

- different dairy cow production systems. *Arch. Tierz.* 55(1): 13-24.
- Bohmanova, J., I. Misztal, and J. B. Cole. 2007. Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. *J. Dairy Sci.* 90: 1947-1956.
- Carabaño, M. J., M. Ramón, C. Díaz, A. Molina, M. D. Pérez-Guzmán, and J. M. Serradilla. 2017. BREEDING AND GENETICS SYMPOSIUM: Breeding for resilience to heat stress effects in dairy ruminants. A comprehensive review. *J. Anim. Sci.* 95(4): 1813-1826..
- Danso, F., L. Iddrisu, S. E. Lungu, G. Zhou, and X. Ju. 2024. Effects of heat stress on goat production and mitigating strategies: A Review. *Animals* 14(12): 1793.
- Houston, B. J., B. Nixon, J. H. Martin, G. N. De luliis, N. A. Trigg, E. G. Bromfield, K. E. McEwan, and R. J. Aitken. 2018. Heat exposure induces oxidative stress and DNA damage in the male germ line. *Biol. Reprod.* 98(4): 593-606.
- Ibrahim, S. A. 1997. Seasonal variations in semen quality of local and crossbred rams raised in the United Arab Emirates. *Anim. Reprod. Sci.* 19: 161-167.
- Leboeuf, B., V. Furstoss, P. Guillouet, and P. Boue. 2004. Production of semen for artificial insemination from Alpine and Saanen bucks under different photoperiodic cycles. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 34 (Supplement 1): 230-232.
- Maquivar, M. G., S. M. Smith, and J. R. Busboom. 2021. Reproductive management of rams and ram lambs during the pre-breeding season in US sheep farms. *Animals* 11, 2503.
- Michel, S. and L. Kervezee. 2023. One seasonal clock fits all?. *J. Comp. Physiol. A.* <https://doi.org/10.1007/s00359-023-01680-4>.
- Pretorius, P. S. 1969. Seasonal changes in semen characteristics of merino rams. *Agroallimalia* 1: 53-60.
- Roca, J., E. Martinez, M. A. Sanchez-Valverde, S. Ruiz, and J. M. Vazquez. 1992. Seasonal variations of semen quality in male goats: study of sperm abnormalities. *Theriogenology* 38: 115-125.
- Serradilla, J. N., M. J. Carabano, M. Ramon, A. Molina, C. Diaz, and A. Menendez-Buxadera. 2018. Characterisation of Goats' Response to Heat Stress: Tools to Improve Heat Tolerance. *Goat Science.* pp. 329-347.
- Sur, S., and A. Sharma. 2024. Understanding the role of temperature in seasonal timing: Effects on behavioural, physiological and molecular phenotypes. <https://doi.org/10.1111/mec.17447>.
- Vinet, A., S. Mattalia, R. Vallee, C. Bertrand, B. C. D. Cuyabano, and D. Boichard. 2023. Estimation of genotype by temperature-humidity index interactions on milk production and udder health traits in Montbeliarde cows. *Genet. Sel. Evol.* 55(4): 1-17.
- Zhang, H., Z. D. Shi, J. C. Yu, Y. P. Zhang, L. G. Wang, and Y. Qiu. 2015. Scrotal heat stress causes sperm chromatin damage and cysteinyl aspartate-specific proteinases 3 changes in fertile men. *J. Assist. Reprod. Genet.* 32(5): 747-755.
- Zhu, Z., W. Li, H. Zhao, A. O. Adetunji, A. M. Kamel, and L. Mi. 2024. Effects of Varying Light Durations on Sperm Quality in Rams. *Animals* 14, 3592.

Seasonal variation in semen quality of Alpine bucks throughout the year ⁽¹⁾

Ting-Chieh Kang ⁽²⁾⁽⁵⁾ Kai-Fei Tseng ⁽²⁾ Yu-Hsin Chen ⁽³⁾ Fung-Hsiang Chu ⁽⁴⁾
Pei-Chun Tsai ⁽⁴⁾ Hisn-Hung Lin ⁽²⁾ and Ya-Chun Liu ⁽²⁾

Received: Oct. 11, 2024; Accepted: Apr. 9, 2025

Abstract

The primary objective of this study was to examine the seasonal changes in semen volume, sperm motility, viability, and concentration of Alpine bucks throughout the year in the annual semen collection process. Twelve 3-4-year-old Alpine bucks were used in the experiment, with semen collected twice a week and with at least two days of interval in between the collections throughout the year. The results show that semen volume was the highest in December (0.96 ± 0.22 mL) and the lowest in April (0.43 ± 0.06 mL). Sperm motility remained high from August to January and remained low from February to June, reaching its lowest point in June ($50.71 \pm 2.66\%$). Viability started increasing in August ($72.17 \pm 1.96\%$), and peaked in November ($90.20 \pm 0.86\%$) before gradually declining, which reached its lowest point in May ($58.57 \pm 1.07\%$). Sperm concentration was higher in March (91.63×10^6 spermatozoa/mL) and May (89.20×10^6 spermatozoa/mL), with relatively lower sperm concentrations in other months. Further analysis of the correlation between the temperature-humidity index (THI) and various semen characteristics revealed a negative correlation between THI and sperm viability, motility rate, sperm activity, and semen volume. THI was positively correlated only with sperm concentration (0.140). The semen characteristics observed in this annual collection suggested that high THI values had significantly negative impact on sperm motility. These results can provide a reference for other related studies and breeders in adopting appropriate measures during the hot and humid seasons.

Key words: Alpine bucks, Semen quality, Temperature-humidity index.

(1) Contribution No. 2819 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

(2) Southern Region Branch, MOA-TLRI, Pingtung 94644, Taiwan, R. O. C.

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

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

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