

經產與初產阿爾拜因山羊陰道黏液導電度、酸鹼度 及陰道溫度變化⁽¹⁾

康定傑⁽²⁾⁽⁵⁾ 曾楷扉⁽²⁾ 陳綵慈⁽²⁾ 陳裕信⁽³⁾ 曲鳳翔⁽⁴⁾ 蔡佩均⁽⁴⁾

收件日期：113 年 9 月 20 日；接受日期：114 年 6 月 2 日

摘 要

本研究旨在探討經產與初產阿爾拜因母羊於發情同期化處理期間，陰道黏液導電度、pH 值及陰道溫度的變化，並分析這些生理指標與懷孕結果的相關性。試驗採用 CIDR[®] 陰道植入進行發情同期化，第 9 天肌肉注射 PGF2 α (5.3 mg/0.5 mL) 與 PMSG 500 IU，第 11 天移除 CIDR[®]。自 CIDR[®] 移除 (0 h) 起，每 6 h 測量陰道導電度、pH 值及溫度，持續至 60 h，並於 40 h 進行人工授精。結果顯示，經產懷孕羊的陰道黏液導電度自 0 h 起逐步下降，並於 24 h 達最低點，且 18 – 30 h 期間顯著低於未懷孕羊 ($P < 0.05$)。未懷孕羊則於 24 h 達低點，且導電度在 40 h 後逐漸下降。初產羊方面，懷孕與未懷孕羊在導電度的變化趨勢上無顯著差異。陰道 pH 值方面，經產懷孕羊於 0 h 後逐步上升，40 h 達高峰，隨後緩步下降，且整體 pH 值顯著高於未懷孕羊。未懷孕羊則於 24 h 急速上升，40 h 達高峰後又迅速下降。初產未懷孕羊則於 40 h 時 pH 值顯著高於懷孕羊，其餘時間無顯著差異。陰道溫度方面，經產懷孕羊於 6 – 42 h 期間溫度緩步上升，並顯著高於未懷孕羊 ($P < 0.05$)，42 h 後溫度開始下降，48 – 60 h 期間顯著低於 ($P < 0.05$) 未懷孕羊。未懷孕羊則於 24 h 開始急劇上升，並於 40 h 後略為下降後再度上升直至監測結束。初產羊方面，懷孕羊自 0 h 起溫度顯著高於未懷孕羊 ($P < 0.05$)，並於 30 – 40 h 期間顯著升高，其中於 30 h 時顯著低於 ($P < 0.05$) 未懷孕者。於 40 – 60 h 則維持在高原狀態，僅 40 及 42 h 顯著高於 ($P < 0.05$) 未懷孕者。此外，相關性分析顯示，陰道溫度與 pH 值之間呈正相關 ($r = 0.60$)，而溫度與導電度則呈負相關 ($r = -0.50$ 至 -0.70)。pH 值與導電度亦呈負相關，但受多種因素影響，關聯性較為複雜。研究結果顯示，陰道導電度、pH 值及溫度之變化能有效反映母羊生理狀態，並可作為判斷發情期與預測排卵時機的重要指標，進而提高人工授精成功率。

關鍵詞：阿爾拜因山羊、人工授精、陰道黏液導電度、陰道黏液 pH 值、陰道溫度。

緒 言

山羊人工授精 (artificial insemination, AI) 是畜牧業中一項重要的生殖技術，對於遺傳優化、疾病控制和繁殖效率的提高都有顯著貢獻。提升山羊人工授精成功率的方法研究有很多面向，包括提升精液冷凍保存效率 (Dhara *et al.*, 2023)、發情同期化和排卵技術 (Alexander *et al.*, 2010) 及提升人工授精精確性 (Ahanger *et al.*, 2024) 等。目前人工授精技術輔以公畜駕乘刺激發情測試以及人工授精時陰道黏液狀況判斷，使得人工授精成功率獲得改善 (Lim *et al.*, 2014; Ahmed *et al.*, 2017; Murtaza *et al.*, 2020)。其中尤以陰道黏液狀況對提升人工授精成功率至為關鍵。但是利用肉眼判斷太過主觀，需要一個客觀科學數值加以佐證。因此，本研究將以三合一偵測器 (導電度、酸鹼度與溫度) 針對陰道黏液進行實際測量，並以人工授精後母羊懷孕與否作為評估依據，探討母羊懷孕狀況與上述 3 種實測數據間之關聯性，使人工授精適期的判斷更加精確。

一般而言可自發情週期期間的外部行為或陰道細胞學變化，檢測綿羊或牛等母畜的發情徵候。在排卵期間，上皮細胞和基底細胞的角質化比例發生變化 (Zaid, 2011)，母牛在發情週期中由於生殖激素分泌狀態改變，導致行為、體溫和生殖道黏液的物理特性發生變化 (Redden *et al.*, 1993)。此外，雌二醇 (estradiol, E₂) 水平、陰道細胞學和外陰部外觀的評估亦可用作初產動物發情週期的預測指標 (Mayor *et al.*, 2006)；在發情期，羊會受到雌激素的影響，從綿

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2830 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。

羊行為或外陰部變化可以直接看出發情徵候。然而，綿羊經常會出現靜默發情 (silent heat) 現象，即無發情的排卵現象，尤其多見於初產羊。靜默發情常發生在第一個發情週期，這也可能是雌激素缺乏所致。在這些條件下，母羊不會出現發情徵候，因此無法通過肉眼觀察得知 (Santos-Jimenez *et al.*, 2022)。在乳牛的研究中發現，陰道溫度與陰道黏液導電度在發情前與發情期間會有顯著的變化，在排卵前 2 – 3 天，陰道溫度會出現短暫下降；陰道黏液的導電度也開始逐漸上升，在排卵前約 25 h 達到最高值， E_2 濃度增加一致，這表明導電度變化與陰道上皮細胞水合作用增加有關；在發情期陰道溫度會明顯上升，最高溫度出現在排卵前約 23 h，排卵前，溫度會略微下降，然後再次回升，此恰與黃體刺激素 (luteinizing hormone, LH) 高峰期相吻合；而陰道黏液導電度在發情結束後，導電度迅速下降至基礎水平，此變化與黃體素 (progesterone, P_4) 濃度回升同步。因此均可作為判斷發情的指標 (Higaki *et al.*, 2018)。乳牛的結果在水牛的研究中也被驗證，在發情期間，陰道電阻 (vaginal electric resistance, VER) 明顯降低，與 P_4 下降和 E_2 升高同步，且發現在 VER 降至最低時進行授精，顯示較高的受孕率，隨著 VER 升高則受精率顯著下降 (Purohit *et al.*, 2020)。在一個陰道綜合體內溫度、pH 值及電阻 (resistance, RES) 的多參數測量研究以菲律賓商業山羊場中 1 型山羊 (*capra hircus*) 為對象進行試驗，結果發現，發情期內陰道溫度會顯著上升、pH 值顯著下降，而電阻 (或導電度) 則明顯降低，三項指標的同步變化為模糊系統提供了穩定的判決依據；與單一閾值法相比，模糊邏輯能夠透過連續會員函數及推理規則，減少誤判並提升對個體差異的耐受度 (Olegario *et al.*, 2020)。在許多研究中發現由於動物個體間基線值差異甚大，單一時間點測量易導致誤判，故宜採用相對於自身基線的「趨勢變化」分析，而非絕對閾值。在乳牛利用穿戴陰道感測器每 15 分鐘連續量測體溫 (vaginal temperature, VT) 與導電度 (vaginal conductivity, VC)，並將當前值與前 3 天同一時段的平均值比較，分別計算殘差 VT (rVT) 及導電度比率 (VCr)，作為分析特徵。此方法可避免不同牛隻間的基線差異之影響，專注於變化趨勢，顯著提升發情檢測的準確度與穩定性 (Higaki *et al.*, 2019)；肉牛的研究則顯示當陰道溫度較自身 2 – 3 天基線平均值持續上升 $\geq 0.4^\circ\text{C}$ 且維持 3 h 以上，即判定為發情。此「持續時間 + 相對變化」的策略，避免了絕對溫度閾值因個體差異而失靈的問題 (Kyle *et al.*, 1998)；在 Rathi 牛的研究中，PG 注射後觀察到陰道溫度與電阻值先短暫下降，接著再上升至發情高峰，顯示必須透過多點連續記錄並分析波峰波谷的趨勢曲線，才能準確判定發情時機，而非仰賴單一測值 (Mcena *et al.*, 2003)。

透過陰道塗片法確定發情週期，意即利用藉助陰道上皮細胞和多核白血球細胞的細胞學變化用以判定發情期別 (Vidal *et al.*, 2013)。即利用發情週期各階段之陰道抹片檢查來評估山羊發情週期或發情期判斷研究試驗中，其乃評估 20 頭撒能山羊，體重 45 – 55 公斤，3 – 4 歲齡且發情週期在 19 – 22 天，所有的山羊均為自然發情，在不進行發情同期處理下，收集陰道抹片和陰道 pH 值。結果顯示陰道細胞數在發情週期的每個階段都有顯著不同；在發情期，上皮細胞的比例占最大部分 (Sitaresmil *et al.*, 2019)。此外，該作者也獲得發情期的最高 pH 值明顯高於在其他階段之結果而認為陰道 pH 值可作為山羊授精最佳時間指標 (Sitaresmil *et al.*, 2019)。撒能山羊於發情週期中不同時期之陰道 pH 值變化與雌性素及皮質醇亦有相關性。發情期 (estrus) 陰道 pH 值和雌激素含量最高，而發情間期 (diestrus) 陰道 pH 值和雌激素含量最低 (Widayati *et al.*, 2018)。此外，皮質醇濃度在發情週期的每個階段都有顯著差異；在發情前期 (proestrus) 觀察到最高濃度的皮質醇 (Widayati *et al.*, 2018)。

本研究藉由 CIDR[®] 移除後母羊陰道黏液導電度、pH 值及陰道溫度之量測值，並進一步比對相對應母羊於人工授精後懷孕與否之相關性評估，以取得人工授精適期之判斷依據，期能進一步提升人工授精成功率。

材料與方法

I. 試驗動物申請，動物飼糧及環境條件

試驗所使用之 2 到 3 歲齡阿爾拜因經產母羊 45 頭，1 歲齡初產母羊 20 頭，均依法進行實驗動物申請，並經過原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，同意書編號：畜試恆動字第 11110。試驗期間為民國 111 年 1 – 2 月及 9 – 12 月。試驗期間每頭動物每日飼糧銀飼量為 1.8 – 2.0 kg；精粗料比為 3：7。精料來源為農業部畜產試驗所飼料廠配置之乳羊空白料及苜蓿粒，餵飼重量比為 8：2；粗料則為畜產試驗所南區分所生產之盤固拉乾草。試驗位置為北緯 21.94 度，東經 120.80 度。全年度溫溼度表如表 1 所示。

II. 環境溫度及濕度測量

實驗期間之環境溫度與相對濕度，係使用數位記錄器泰仕電子溫溼度紀錄儀 (TES-I361C, TES Electrical Electronic Corp., Taipei, Taiwan) 進行監測，並以每 2 h 為間隔記錄測量數值。

III. 山羊發情同期化及人工授精

發情同期化處理使用 CIDR[®](Controlled internal drug release, CIDR[®], EAZI-breed, Rydalmere, Australia) 搭配孕馬血清激性腺素 (pregnant mare's serum gonadotropin, PMSG, Prospec-Tany, Israel) 及前列腺素 F2 α (prostaglandin F2 α , PGF2 α , analogue cloprostenol, Estrumate, Merck animal healthy Intervet Inc., USA.) 進行。CIDR[®] 植入陰道為第 0 天，第 9 天肌肉注射 PGF2 α (5.3 mg/0.5 mL) 及 PMSG 500 IU，第 11 天移除 CIDR[®]，且以此 CIDR[®] 移除時間定義為試驗之第 0 h。其後於 CIDR[®] 移除後 12 h 觀察母羊發情狀況，並記錄公羊穩定駕乘母羊的時間，後續往後推 24 h 執行人工授精。於試驗中多數羊隻的穩定地可供駕乘時間，若以 CIDR[®] 移除時間計算，則約為移除後 40 h。因此，本研究中母羊之人工授精時間則以 CIDR[®] 移除後第 40 h 統一進行。

表 1. 各月份溫度及濕度表

Table 1. Monthly variations in temperature and humidity

Month	Temperature (°C)	Humidity (%)
January	21.2 \pm 1.1	82.7 \pm 3.2
February	23.3 \pm 1.9	72.1 \pm 7.1
March	23.9 \pm 2.7	70.2 \pm 13.4
April	25.8 \pm 2.7	80.0 \pm 14.4
May	29.9 \pm 2.5	96.1 \pm 8.6
June	30.4 \pm 1.7	95.4 \pm 10.3
July	31.5 \pm 2.1	95.4 \pm 10.3
August	28.8 \pm 1.8	98.4 \pm 10.3
September	28.1 \pm 3.7	89.7 \pm 3.2
October	26.1 \pm 1.5	84.7 \pm 2.8
November	22.8 \pm 1.1	80.7 \pm 3.2
December	19.1 \pm 1.6	78.7 \pm 3.2

Means \pm SE.

IV. 懷孕檢測

人工授精後 45 天以超音波掃描儀 (SSD-500, Aloka, Japan) 配合直腸探棒 (Transrectal probe, linear type, 3.5 MHz, Aloka, Japan)，經由子宮腔內宮阜與胎兒影像確診懷孕之母羊。

V. 陰道黏液導電度、pH 值及陰道溫度測量

- (i) 本研究中陰道黏液導電度、pH 值及陰道溫度均使用泰仕電子工業股份有限公司之三合一檢測器 (TES-1381) 進行測量。pH 值的解析度為 0.001，精確度達到 ± 0.01 。導電度的解析度從 0.001 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 到 0.01 mS/cm 不等，精確度介於 $\pm 2\%$ 到 $\pm 5\%$ FS。溫度的解析度為 0.1°C 或 0.1°F，在攝氏溫度 (°C) 上的精確度為 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ ，在華氏溫度 (°F) 上的精確度為 $\pm 0.9^\circ\text{F}$ 。
- (ii) 陰道黏液導電度測量之前先將探頭浸於 3% 生理食鹽水中進行校正，校正後之探頭以氯己定雙乙酸鹽溶液 (Chlorhexidine diacetate solution, Nolvosol) 浸潤 1 次，續以滅菌水浸潤 2 次進行清潔。之後直接將探頭伸入羊隻陰道中 (抵住子宮頸口) 進行測量。每頭動物測量後均需依照校正後探頭清潔方法清潔後再用於下一頭動物。
- (iii) 羊隻陰道黏液導電度、酸鹼度及陰道溫度測量時間點以 CIDR[®] 移除後開始測量 (0 h)，之後每隔 6 h 測量一次，持續測量 60 h，並於人工授精執行時間 (40 h) 增加一次測量。
- (iv) 主要測定羊隻為處於繁殖季節之阿爾拜因山羊，並區分為初產 (初配之初產羊) 及經產 (1 產以上) 母羊。

VI. 統計分析

本試驗各處理組所得數據均以 SAS (Statistical Analysis System, 2012) 套裝軟體中 T-test 進行變異分析 (analysis of variance, ANOVA)，各處理組性能表現平均值間之差異顯著性以 $P < 0.05$ 為具差異顯著性。

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 (temperature humidity index, 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

本研究主要目的為探討經產及初產阿爾拜因母羊於發情同期化處理期間，陰道黏液導電度、pH 值及陰道溫度之變化，並分析這些指標與母羊懷孕與否的相關性。試驗之發情同期化程序以 CIDR[®] 植入陰道當作第 0 天，第 9 天肌肉注射 PGF2 α (5.3 mg/0.5 mL) 及 PMSG 500 IU，第 11 天移除 CIDR[®]。測量陰道導電度、pH 值及陰道溫度的時間自 CIDR[®] 移除 (0 h) 開始，每隔 6 h 一次，連續測量至 60 h，並於人工授精 (40 h) 額外增加一次測量。本研究懷孕率檢測均為人工授精後 45 天以超音波為之。使用之經產羊合計 45 頭，有 27 頭懷孕，18 頭未懷孕。使用之初產羊合計 20 頭，有 8 頭懷孕，12 頭未懷孕。

山羊的發情周期為多週期性 (polyestrous)，每個發情週期約為 18 至 22 天，平均約為 21 天。發情週期可分為以下四個主要階段：發情前期 (proestrus)、發情期 (estrus) 發情後期 (metestrus) 及發情間期 (diestrus)。每個階段都會伴隨荷爾蒙的改變，這些變化會引起母羊生理及行為的改變 (Rahman *et al.*, 2008; Neely, 2018)。本研究測定時間以 CIDR[®] 移除為第 0 h，並持續監測到 60 h 後結束。因為使用荷爾蒙進行處理，在 CIDR[®] 移除後山羊血液中的 P₄ 濃度下降，會自然的重新誘發發情反應及排卵。也就是說經發情同期化處理後的羊隻發情週期，會跳過發情前期的階段而直接進入發情期。一般而言，發情期持續時間約 24 – 48 h (約為本研究監測時間點 18 至 54 h)，此一時期雌激素達到高峰，行為變化則顯現出明顯的接受行為，如允許公羊騎乘、主動接近公羊、頻繁聞嗅、表現出翹尾、頻尿及叫聲頻繁等現象。隨後 LH 高峰產生，誘發排卵。排卵通常在發情結束後 12 – 24 h 內發生。

I. 陰道黏液導電度

在本研究中陰道黏液導電度之結果顯示，不論母羊為經產或初產，亦不論未來是否懷孕，陰道黏液導電度於記錄開始 (0 h) 時皆為整個測量區間內的最高點 (經產羊見圖 1，初產羊見圖 2)。經產懷孕母羊於 0 h 之溫度變化在個體間幅度較大，因而在統計上與未懷孕母羊間並無顯著差異。經產懷孕及未懷孕羊的陰道黏液導電度自 0 h 起逐步下降，懷孕羊於 18 h 降至最低點，未懷孕羊則於 24 h 達低點，且懷孕羊在 18 – 30 h 之陰道黏液導電度均顯著低於未懷孕者 ($P < 0.05$)。經產懷孕羊在 18 h 降至最低點後開始緩步上升，於 36 h 後再次轉折緩步下降直至監測結束；未懷孕羊則在 18 – 40 h 時維持較平緩的上升變化，並於 40 h 後緩步下降直至監測結束。懷孕羊在 36 h 後的緩步下降過程中，在 48 及 60 h 顯著低於未懷孕羊。在經產羊的整個監測過程中，懷孕羊的陰道黏液導電度始終低於未懷孕羊 (圖 1)。初產懷孕與未懷孕羊隻在整個監測的 60 h 中變化趨勢相似，且兩者之間無任何顯著性差異，陰道黏液導電度自 0 h 起便為整個監測區間的最高點，隨著時間推移，懷孕羊在 40 h，未懷孕羊於 36 h 達到最低點後微幅上升並維持到監測結束 (圖 2)。本研究依據實際觀察羊隻的穩定可供公羊駕乘時間，有 50% 的羊隻會集中在 18 – 30 h 區間，由人工授精後 45 天的超音波懷孕檢測結果發現，此一區間成功懷孕比率亦為最高。在乳牛的研究顯示陰道黏液導電度在發情結束後，會迅速下降至基礎水平，而此一變化與 P₄ 濃度回升同步 (Higaki *et al.*, 2018)；另一研究也發現牛隻陰道電阻於發情期間有顯著下降的趨勢

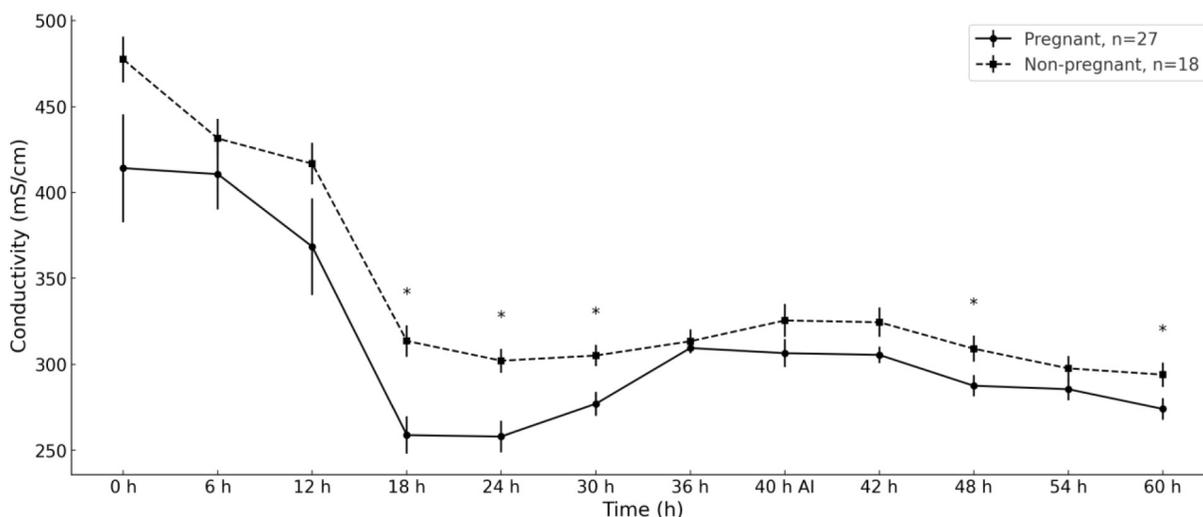


圖 1. 懷孕與未懷孕經產羊陰道黏液導電度於發情同期化處理時之變化。

Fig. 1. The variation in vaginal mucus conductivity of pregnant and non-pregnant multiparous goats during estrus synchronization treatment.

* Data are expressed as mean \pm standard error.

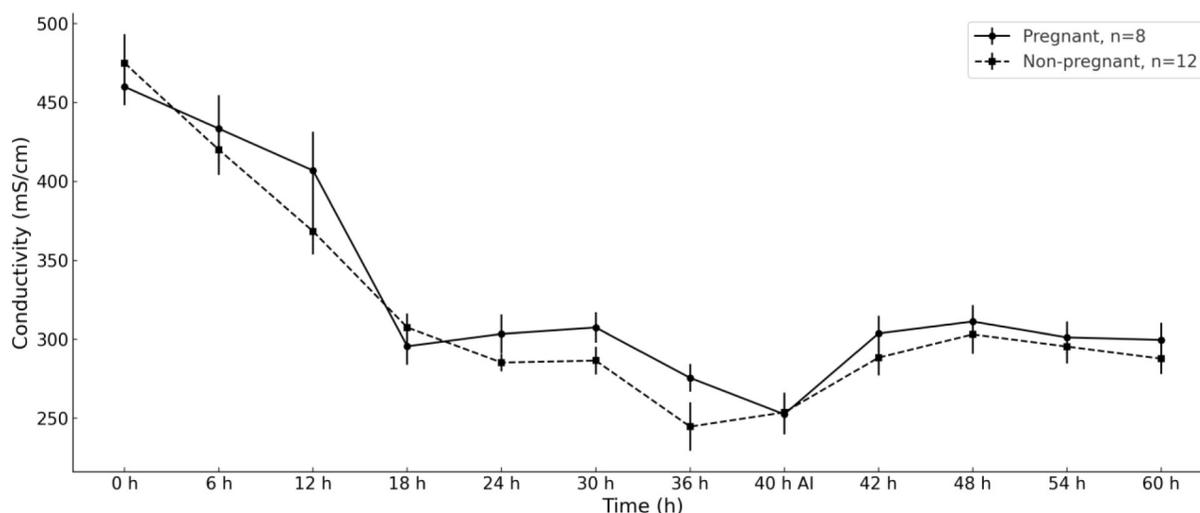


圖 2. 懷孕與未懷孕初產羊陰道黏液導電度於發情同期化處理時之變化。

Fig. 2. The variation in vaginal mucus conductivity of pregnant and non-pregnant primiparous goats during estrus synchronization treatment.

* Data are expressed as mean \pm standard error.

(Meena *et al.*, 2003)。在本研究中發現，在 CIDR[®] (0 h)，動物血液中的 P₄ 濃度仍存在 CIDR[®] 所釋放之 P₄ 而使其維持在高點，相對的陰道黏液導電度亦處於高點；隨著 P₄ 下降，E₂ 增高，導電度在 18 – 30 h 下降後誘發動物體自發性再發情及排卵，此陰道黏液導電度與 P₄ 的連動性變化情形與 Higaki *et al.* (2018) 研究的結果相同。Nain *et al.* (2020) 研究指出，羊隻陰道導電度在發情間期開始上升，至發情前之後期達最高峰後下降，在發情期時降至最低，此一結果亦與本研究導電度變化趨勢相符。此外，Aboul-Ela *et al.* (1983) 提及陰道不同深度位置雖會影響測量數值，但發情期導電度較低之趨勢並不會改變，而本研究之測定點均位於子宮頸口前端，並不存在位置效應，且於發情期呈現低導電度之結果亦與該作者一致。本研究所呈現經產懷孕羊相較於未懷孕者具有較低的陰道導電度，則可能反映出較高的雌激素水平，進而致使具有較佳的發情徵候 (Higaki *et al.*, 2018; Purohit *et al.*, 2020)。

II. 陰道黏液 pH 值

經產懷孕羊的陰道黏液 pH 值於整個觀測期間的每個時間點均顯著高於未懷孕羊 ($P < 0.05$)。其中，經產懷孕羊陰道黏液 pH 值自 0 h 逐步上升，在 40 h 達高峰後呈現緩步下降直至測量結束；而經產未懷孕羊則自 24 h 開始轉折向升 (圖 3)，曾有研究以撒能雜交山羊為試驗對象，觀察發情週期中陰道 pH 值與雌激素和皮質醇濃

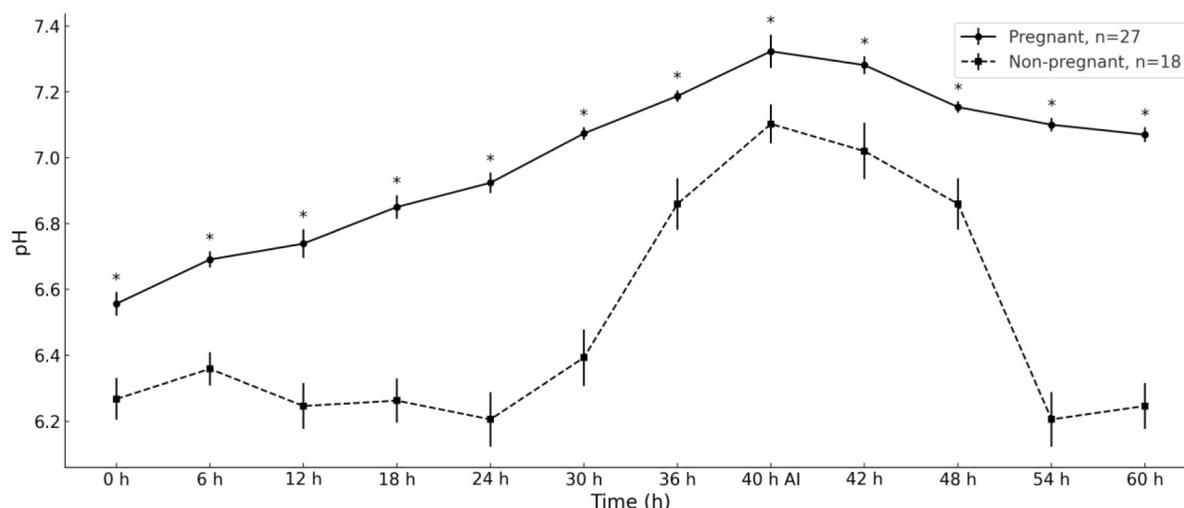


圖 3. 懷孕與未懷孕經產羊陰道黏液 pH 值於發情同期化處理時之變化。

Fig. 3. The variation in vaginal mucus pH value of pregnant and non-pregnant multiparous goats during estrus synchronization treatment.

* Data are expressed as mean \pm standard error.

度變化相關性的研究發現，在發情期間，陰道 pH 值和雌激素含量均為最高，而在發情期之階段後期，陰道 pH 值和雌激素含量開始降低 (Widayati *et al.*, 2018)；其他研究亦發現陰道 pH 值僅於發情期升高並於排卵期附近降低 (Polat *et al.*, 2015)。此等結果與本研究在發情階段 (0 – 42 h) pH 值所呈現逐漸增高的趨勢相同，而在發情期之後期即將完成排卵時 (60 h) 開始降低的結果亦相符合。此外，在監測馬陰道 pH 值以判斷其排卵期的研究發現，排卵當日的陰道 pH 值顯著低於發情期其他日期的 pH 值，此也意謂，陰道 pH 值的顯著降低是排卵的特徵，且隨著發情週期的進展，特別是在排卵前後，陰道 pH 值會顯著變化；排卵前後三天內的 pH 值測量顯示了連續的週期內顯著差異，排卵當天的 pH 值最低，說明 pH 值的降低與排卵密切相關 (Polak and Willian, 1981)。綜合上述文獻與本研究之結果可說明陰道 pH 值可用以判斷母羊生殖狀態及排卵時機。然而，本研究中也發現，初產懷孕與未懷孕羊的 pH 值變化，除了在 40 h 未懷孕羊顯著高於懷孕羊 ($P < 0.05$) 外，其餘監測時間點均無顯著差異，且初產懷孕羊的高峰 (42 h) 則略晚於未懷孕 (40 h) 者 (圖 4)，此或是以 pH 值監測初產母羊適當配種適期之依據時間點。

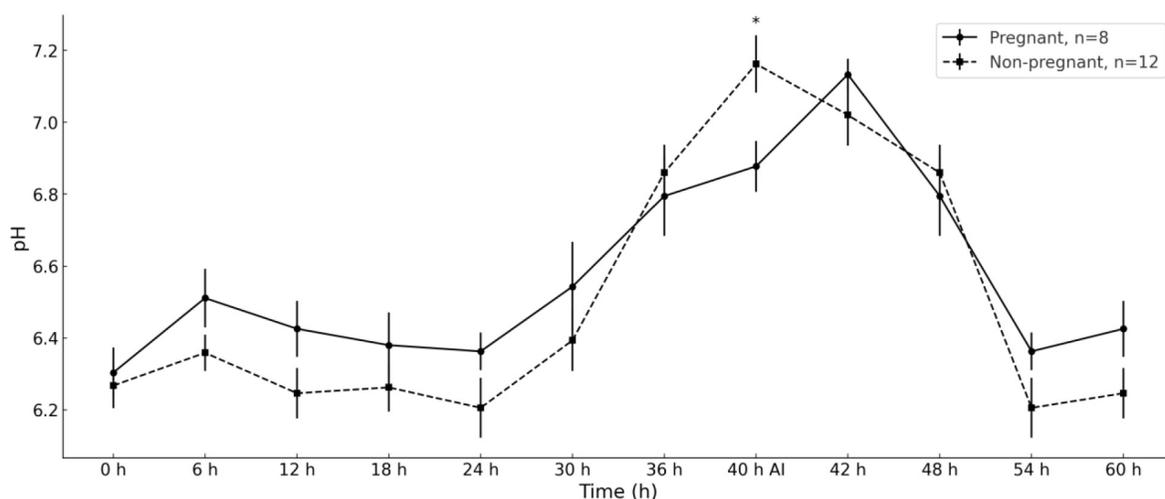


圖 4. 懷孕與未懷孕初產羊陰道黏液 pH 值於發情同期化處理時之變化。

Fig. 4. The variation in vaginal mucus pH value of pregnant and non-pregnant primiparous goats during estrus synchronization treatment.

* Data are expressed as mean ± standard error.

III. 陰道溫度

經產懷孕羊陰道溫度於 0 – 42 h 區間皆顯著高於未懷孕羊 ($P < 0.05$)，但 42 h 後出現交叉反轉情形，48 – 60 h 溫度則顯著低於未懷孕羊，且經產懷孕母羊的陰道溫度自 6 h 開始緩步上升，直到 42 h 開始下降 (圖 5)。此一結果洽與 Higaki *et al.* (2018) 在乳牛的研究發現，發情期陰道溫度會明顯上升 (本研究 12 h – 42 h)，最高溫度出現在排卵前約 23 h (本研究 42 h 的觀察點)，排卵前，溫度會略微下降之結果相符合，而此一變化又與 LH 高峰期之變化相同。經產未懷孕羊的陰道溫度上升時間較早 (24 h)，並持續升高到 40 h 後短暫下降 (42 h) 後持續上升至測量結束 (圖 5)，此與懷孕羊之變化不同，此似推測經產未懷孕羊之內分泌變化可能存在不正常模式，所以無法正常懷孕。

在初產羊方面，初產懷孕羊於起始 (0 h) 時溫度即顯著高於未懷孕羊 ($P < 0.05$)，其後雖然波動較小但與未懷孕羊間無顯著差異；其後，於 30 h 時懷孕羊隻溫度突然下降，並顯著低於未懷孕羊 ($P < 0.05$)；而未懷孕羊陰道溫度在 24 h 開始急遽上升，懷孕羊陰道溫度的上升則略晚 (30 h)，且自 30 – 40 h 急遽上升，並於 40 – 60 h 維持在高原區直至監測結束，於 40 – 42 h (約人工授精執行時間點) 懷孕羊溫度顯著高於未懷孕羊 ($P < 0.05$) (圖 6)。初產羊隻陰道溫度的變化，不論懷孕與否，主要差異出現在 30 h 以後，但相較於經產羊，初產懷孕與未懷孕羊的溫度變化曲線較為相近，此亦可反映出初產羊隻的荷爾蒙變化較為紊亂，即便如此羊隻亦可懷孕，除了荷爾蒙外，且亦可能存在其他因子參與干擾。Wang *et al.* (2020) 發現乳牛發情期陰道溫度增加 0.3°C ，並於發情結束前回復正常。而本研究經產懷孕羊隻陰道溫度於監測期間，溫度差異在 0.4°C ，且溫度於發情期間升高 (0 – 42 h) 的趨勢與 Wang *et al.* (2020) 者一致。另有研究調查體溫與陰道溫度對綿羊人工授精成功率之關係，其利用陰道上皮細胞型態學進行評估，結果顯示陰道溫度於 $39.1 - 39.2^{\circ}\text{C}$ 時與發情期陰道上皮細胞型態之間有顯著相關性存在，可以做為人工授精時間點之判斷 (Anggriawan *et al.*, 2017)。Hoy-petersen *et al.* (2023) 針對野生麋鹿的調查

也發現，黃體活動的開始與陰道溫度升高有關，且陰道溫度的變化可以作為預測黃體活動開始的生理指標。

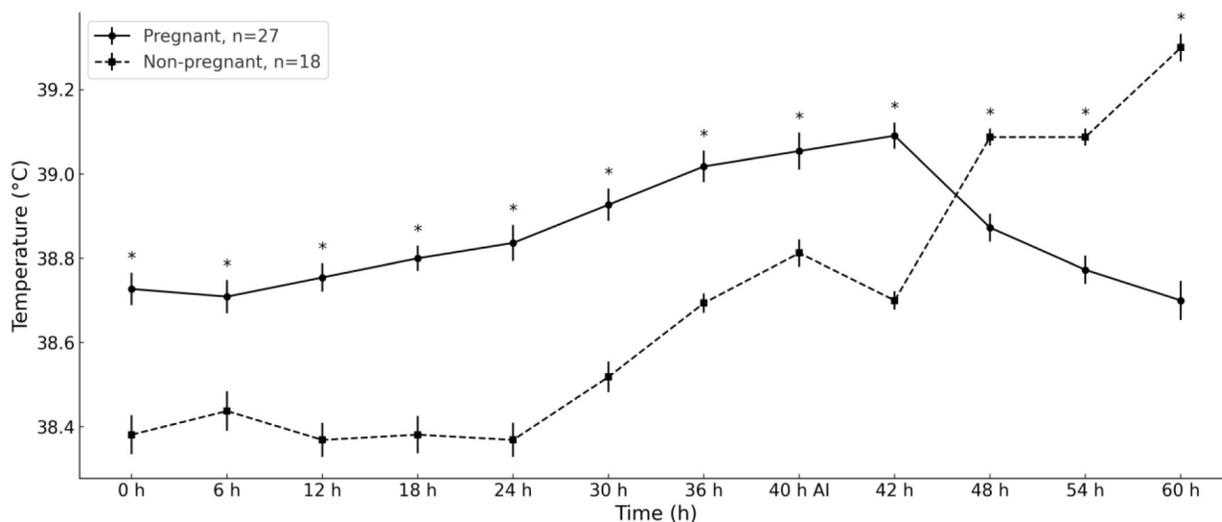


圖 5. 懷孕與未懷孕經產羊陰道溫度於發情同期化處理時之變化。

Fig. 5. The variation in vaginal temperature of pregnant and non-pregnant multiparous goats during estrus synchronization treatment.

* Data are expressed as mean \pm standard error.

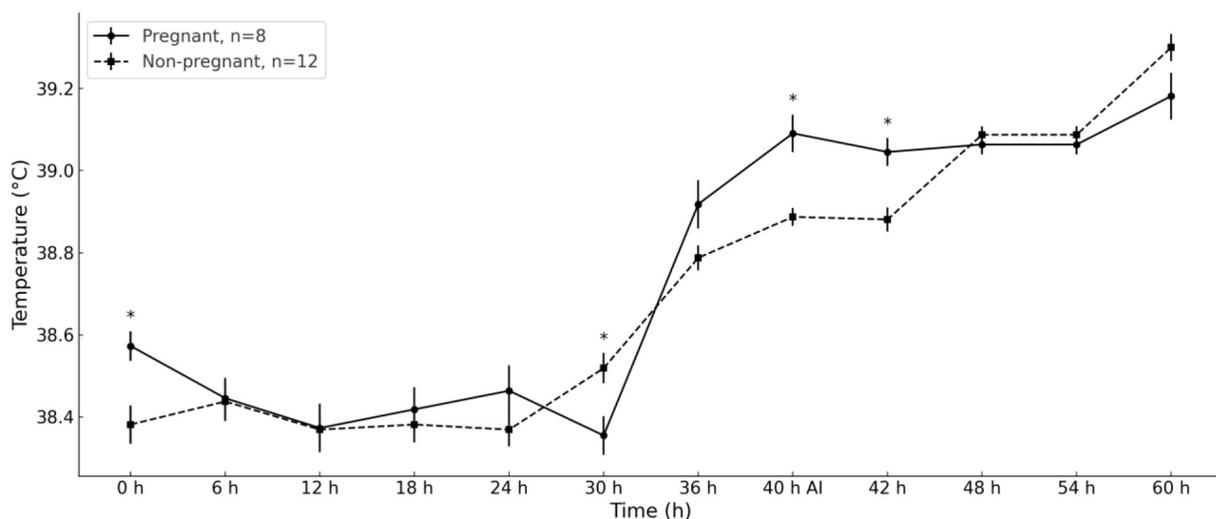


圖 6. 懷孕與未懷孕初產羊陰道溫度於發情同期化處理時之變化。

Fig. 6. The variation in vaginal temperature of pregnant and non-pregnant primiparous goats during estrus synchronization treatment.

* Data are expressed as mean \pm standard error.

本研究分析經產羊陰道導電度、pH 值與溫度之間的相關性發現，溫度與 pH 值具正相關 (r 為 0.60)，顯示溫度上升伴隨 pH 值升高。溫度與導電度則具負相關 (r 值界於 -0.50 至 -0.70)，導電度降低時溫度逐步上升；pH 值與導電度亦呈負相關。然而也有研究指出 pH 值和導電度相關性不是線性的，且受到許多因素的影響，包括離子類型、濃度和溶劑特性等，因此，解釋這兩者之間的關係較為複雜，需要更為具體的情況分析後才能判斷 (Leveling, 2002)。另外，以實際人工授精後的結果進行觀察，經產羊的懷孕率為 60%，初產羊的懷孕率為 40%，兩者有著 20% 的差距；比對試驗進行的各項量測數據亦發現，經產懷孕羊的各項數據紀錄結果與經產未懷孕羊在陰道黏液導電度、陰道黏液 pH 及陰道溫度的差異均較明顯，但是懷孕及未懷孕初產羊在各項數值測量，兩者間差異很小且不顯著。其中經產未懷孕羊在各項數據鑑測結果也較接近初產羊。

綜合上述，各項指標變化能反映母羊不同生理狀態，可用以輔助確認發情期或預測排卵時機，進而提高人工授精之成功率。本研究實驗結果指出人工授精適合時機 (40 - 42 h) 時，經產懷孕羊的陰道黏液導電度、陰道黏液 pH 值與陰道溫度相較於其他條件羊隻的監測結果來說，較具參考價值。若能將人工授精時間點更為準確判

定，則仍需要更為細緻的監控及更多數據的累積，此也是未來之修正重點。

參考文獻

- Aboul-Ela, M. B., J. H. Topps, and C. Macdonald. 1983. Relationships between intravaginal electrical resistance, cervicovaginal mucus characteristics and blood progesterone and LH. *Anim. Reprod. Sci.* 5(4): 259-273.
- Ahanger, S. A., U. Y. Wani, and M. A. Rather. 2024. Artificial insemination: a new horizon for scientific goat breeding in kashmir's backyard farming sector. *BKAP.* 39(3-4): 340-341.
- Ahmed, M., M. K. Chowdhury, M. M. Rahman, J. Bhattacharjee, and M. M. U. Bhuiyan. 2017. Relationship of electrical resistance of vaginal mucus during oestrus with post-ai pregnancy in cows. *Bangl. J. Vet. Med.* 15(2): 113-117.
- Alexander, B., G. Mastromonaco, and W. Allan King. 2010. Recent advances in reproductive biotechnologies in sheep and Goat. *J. Vet. Sci. Technol.* 1: 101.
- Anggriawan, R. P., S. Utama, and H. Eliyani. 2017. The relation of body temperature and vaginal cytology examination in time artificial insemination rate fat-tailed sheep (*Ovis Aries*) in the District Sidoarjo East Java. *VMIC.* p. 642-649.
- Dhara, S., S. Thakur, S. M. S. Anwar, M. D. Gupta, and S. Sinha. 2023. Artificial insemination in goat: a new prospect for scientific goat breeding. *Anim. Reprod. Update.* 3(2): 1-5.
- Higaki, S., R. Miura, T. Suda, L. M. Andersson, H. Okada, Y. Zhang, T. Itoh, F. Miwakeichi, and K. Yoshioka. 2019. Estrous detection by continuous measurements of vaginal temperature and conductivity with supervised machine learning in cattle. *Theriogenology.* 123: 118-126.
- Hoy-Petersen, J., L. Lemiere, D. P. Thompson, A. Theiel, J. A. Crouse, E. Ropstad, A. R. Graesli, J. M. Arnemo, and A. Evans. 2023. Vaginal temperature and collar activity variations in relation to fecal progestogens of captive moose. *Anim. Biotelem.* 11(36): 1-13.
- Kyle, B. L., A. D. Kennedy, and J. A. Small. 1998. Measurement of vaginal temperature by radiotelemetry for the prediction of estrus in beef cows. *Theriogenology.* 49(8): 1437-1449.
- Leveling, T. 2002. The relationship between pH and conductivity in a lithium contaminated, de-ionized water system. *Pbar Note:* 674.
- Lim, H. J., J. K. Son, H. B. Yoon, K. S. Baek, T. I. Kim, Y. S. Jung, and E. G. Kwon. 2014. Physical properties of estrus mucus in relation to conception rates in dairy cattle. *J. Emb. Trans.* 29(2): 157-161.
- Mayor, P., D. A. Guimaraes, F. L. Gatiús, and M. L. Bej. 2006. First postpartum estrous and pregnancy in the female collared peccary (*Tayassu tajacu*) from the amazon. *Theriogenology.* 66(8): 2001-2007.
- Meena, R. S., S. S. Sharma, and G. N. Purohit. 2003. Efficiency of vaginal electrical resistance measurements for oestrous detection and insemination in Rathi cows. *Animal Science.* 76(3): 433-437.
- Murtaza, A., M. Irfan-ur-Rehman Khan, M. Abbas, N. Hameed, W. Ahmad, I. Mohsin, and M. Z. Tahir. 2020. Optimal timing of artificial insemination and changes in vaginal mucous characteristics relative to the onset of standing estrus in Beetal goats. *Anim. Reprod. Sci.* 213: 106249.
- Nain, S., D. Kumar, B. Prakash, and G. N. Purohit. 2020. Vaginal electrical resistance (VER) measurements in goats in different reproductive states. *Int. J. Livest.* 10(6): 122-126.
- Neely, B. L. 2018. The estrous cycle and seasonality in sheep and goats. *LSU AgCenter Pub.* 3631.
- Olegario, T. V., R. A. Bedruz, D. M. Pacis, and N. T. Bugtai. 2020. Design of a Fuzzy System for Detecting Estrus from Intravaginal Temperature, pH and Resistance. 2020 IEEE 12th International Conference on HNICEM. 1-4.
- Polak, K. L., and G. K. William. 1981. Vaginal pH during estrus in mares. *Theriogenology.* 15(3): 271-276.
- Purohit, G. N., and D. Kumar. 2020. Electronic measurements of vaginal electric resistance (ver): current status for estrus detection, timing insemination and pregnancy diagnosis in cattle and buffalo. *Rumin. Sci.* 8(2): 145-152.
- Rahman, A. N. M. A., R. B. Abdullah, and W. E. Wan-Khadijah. 2008. Estrus Synchronization and Superovulation in Goats: A Review. *Journal of Biological Sciences.* 8(4): 1129-1137.
- Redden, K. D., A. D. Kennedy, J. R. Ingalls, and T. L. Gilson. 1993. Detection of estrous by radioelement monitoring of vaginal and ear skin temperature and pedometer measurements of activity. *J. Dairy Sci.* 76: 713-721.
- Santos-Jimenez, Z., P. Martínez-Ros, T. Encinas, *et al.* 2022. Ovarian Response and Fertility after Short-Term Progestagen/

- eCG Treatments Are Compromised in Nulliparous Sheep during Non-Breeding Season. *Vet Sci.* 9(12): 663.
- SAS. 2012. SAS User's Guide: Statistics, SAS Inst., Inc., Cary, NC. USA.
- Sitairesmi, P. I., B. P. Widyobroto, S. Bintara, and D. T. Widayati. 2019. Exfoliative vaginal cytology of Saanen goat (*Capra hircus*) during estrus cycle. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science.* 387: 012007.
- Stokhof, S. J. H., N. M. Soede, and B. Kemp. 1996. Vaginal mucus conductivity as measured by the Walsmeta MKIV does not accurately predict the moment of ovulation or the optimum time for insemination in sows. *Anim. Reprod. Sci.* 41: 305-310.
- Vidal, B. R., G. F. D. Silva, J. S. Santos, F. E. F. Dias, A. K. F. Lima, E. B. Viana, W. C. Neves, G. E. N. Viana, M. G. T. Gomes, and T. V. Cavalcante. 2013. Estrous identification through coloproctology in sows in intensive free-range breeding. *J. Vet. Adv.* 3(10): 281-284.
- Wang, S., H. Zhang, H. Tian, X. Chen, S. Li, Y. Lu, L. Li, and D. Wang. 2020. Alterations in vaginal temperature during the estrous cycle in dairy cows detected by a new intravaginal device-a pilot study. *Trop. Anim. Health Pro.* 52: 2265-2271.
- Widayati, D. T., P. I. Sitaresmi, S. Bintara, and B. P. Widyobroto. 2018. Estrus detection through vaginal pH in Saanen etawah crossbreed goats. *Pak. J. Biol. Sci.* 21(8): 383-386.
- Zaid, N. W. 2011. Metachromasia in the exfoliated vaginal cells of awassi does. *Kufa Jou. Vete. Med. Sci.* 2(1): 114-120.

The variation in vaginal mucus electrical conductivity, pH, and vaginal temperature during estrus synchronization in multiparous and primiparous Alpine goats during the breeding season ⁽¹⁾

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

Received: Sep. 20, 2024; Accepted: Jun. 2, 2025

Abstract

This study aimed to measure variations in the electrical conductivity, pH, and temperature of vaginal mucus in primiparous and multiparous Alpine does during synchronized estrus to establish a quantifiable standard that aids in accurately determining the optimal timing for artificial insemination and thereby enhances fertilization success rates. The conductivity of the vaginal mucus peaked at the onset of estrus and declined as signs of estrus became more apparent. In multiparous doe, conductivity dipped to its lowest at 18 hours and slightly recovered thereafter, while in primiparous does, it reached its lowest point between 36 to 40 hours. Significant differences in conductivity were observed between pregnant and non-pregnant multiparous and primiparous does ($P < 0.05$), especially between 18 to 36 hours. The pH of the vaginal mucus peaked between 40 to 42 hours, with changes in pregnant multiparous does being more gradual; significant differences in pH were evident at most time points ($P < 0.05$), particularly at 54 and 60 hours. For primiparous does, differences in pH between pregnant and non-pregnant does were significant after 30 hours ($P < 0.05$), especially at 30, 36, and 40 hours. Regarding temperature, it gradually increased in pregnant multiparous does from 0 to 42 hours, peaked, and then declined, while in primiparous does, it began to rise after 30 hours and remained elevated from 42 to 60 hours. Significant temperature differences were observed between pregnant and non-pregnant doe at specific times ($P < 0.05$). Successful pregnancy post-artificial insemination in multiparous and primiparous does was associated with vaginal mucus conductivity of 307 ± 25 mS/cm vs. 323 ± 31 mS/cm, pH values of 7.12 ± 0.36 vs. 7.16 ± 0.32 , and vaginal temperatures of 39.13 ± 0.33 °C vs. 39.05 ± 0.23 °C, respectively. Observations of variations in vaginal mucus conductivity, pH, and temperature (lower in pregnant than non-pregnant does) can serve as references for the optimal timing of artificial insemination, thus potentially increasing success rates.

Key words: Alpine goat, Artificial insemination, Vaginal mucus conductivity, Vaginal mucus pH, Vaginal temperature.

(1) Contribution No. 2830 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.