

目 錄

第五章 山羊繁殖管理與技術（康定傑、曾楷扉）————— 95

第一節、山羊繁殖系統解剖與生理	95
一、雌性生殖構造	95
二、雄性生殖構造	97
三、發身	98
四、季節性發情與配種	99
五、發情週期	99
六、受精	100
七、生殖系統之內分泌調控	101
八、懷孕	102
九、分娩	102
第二節、影響繁殖性能因子	103
一、發身	103
二、性成熟	103
三、體成熟及適配年齡	103
四、季節性	103
五、性慾	103
六、遺傳	104
七、年齡	104
八、溫度	104
九、營養	104
第三節、配種計畫	105
一、自然配種	105
二、人工授精	106
三、人工輔助光照調節	106
第四節、人工授精技術	106
一、簡介	106
二、精液品質評估	108
三、發情觀察與偵測	109
四、發情偵測	110
五、人工授精技術	111
第五節、人工輔助生殖技術及未來發展方向	113
一、精子冷凍與解凍	113
二、胚移植技術	116
三、其他人工輔助生殖技術	116

第五章 山羊繁殖管理與技術

(康定傑、曾楷扉)

繁殖等於生殖，一個成功的山羊飼養者之先決條件便是每年皆可以繁殖出大量的仔羊並成功育成上市販賣。雖然羊隻具有優質的基因組成、生長性狀及泌乳性狀很重要，但是生產就是生殖，生殖能力低下或是繁殖障礙的動物，對於成本的增加非常可觀，在利用相關人工輔助生殖技術仍無法成功繁殖者，必須斷然淘汰。

第一節 山羊繁殖系統解剖與生理

一、雌性生殖構造

母羊的生殖系統分為外陰與內生殖器，其基本結構如圖1所示。

(一) 外陰 (Vulva)

外陰為生殖道的外部，又稱陰戶或陰門，位於肛門下方，與會陰連接，其由陰唇 (labia vulva)、陰蒂 (clitoris) 與前庭 (vestibule) 等三部分組成。

(二) 陰道 (Vagina)

由外陰部往體內方向即為陰道，為交配期間接納並沉積公羊精液的地方，也是產道的一部分，同時也是生殖道屏障之一，避免細菌和外來異物進入子宮。陰道內通常無腺體，但有黏液蛋白，由子宮頸分泌流入陰道。

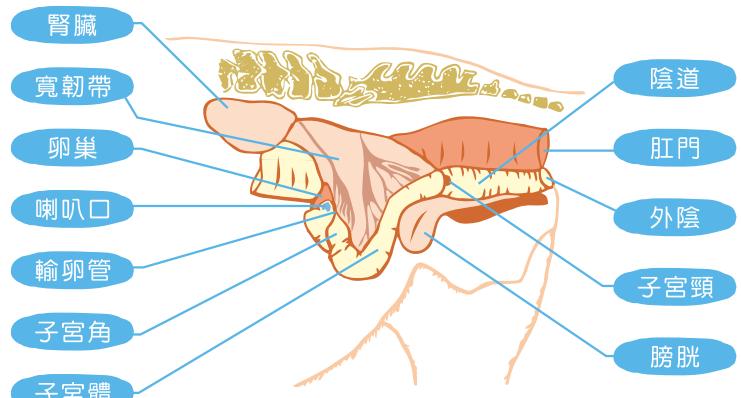


圖1、母羊生殖系統構造

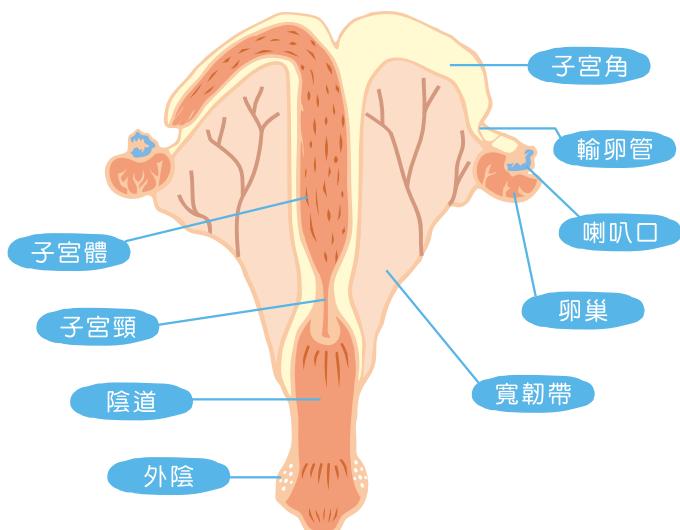


圖2、山羊子宮構造

(三) 子宮 (Uterus)

子宮分為子宮頸、子宮體與子宮角三個構造。

- (1) 子宮頸 (Cervix)：位於陰道與子宮之間，會分泌黏液捕捉細菌並將其沖洗出生殖道，形成物理屏障，為生殖系統的第二道屏障。
- (2) 子宮體 (Uterus) 與子宮角 (Uterine horn)：山羊子宮型態為雙子宮角（圖2），其子宮體小，子宮角為主要孕育胎兒的地方。子宮體與子宮角構造由內而外有三層組織 - 第一層為滋養胎兒的內膜層 (endometrium)，由單層柱狀上皮細胞、腺體及結締組織等組成；第二層為肌肉層 (myometrium)，由環狀肌組成，厚度極厚，在胎兒出生時可將胎兒推出子宮；第三層為漿膜層 (perimetrium)，由腹膜伸展而成，為母體提供支撐與附著。牛羊等反芻動物子宮內有一特化組織，稱之為宮阜 (caruncle)，內無腺體但富含血管，為胎盤絨毛葉 (cotyleon) 附著處，供給胎兒氧氣及養分。

(四) 輸卵管 (Oviduct)

輸卵管由子宮向外突出，是受精作用發生的地方，其為精子提供通向卵子的路徑，卵子從卵巢釋出後，經由輸卵管輸送往子宮。輸卵管前端外展形成撒部 (infundibulum)，形似漏斗狀，因此亦稱為喇叭管，其作用為當卵子由卵巢的成熟濾泡破裂釋出時，能接住卵子送往輸卵管與子宮。

(五) 卵巢 (Ovary)

卵巢則為生殖系統的最重要構造，山羊有左右兩側卵巢，內含許多不同成熟階段的濾泡，當濾泡成熟時可釋出卵子。卵巢除了生成卵子之外，同時也是雌性重要的內分泌器官，主要分泌動情素 (estrogen) 與助孕素 (progesterone)。動情素主要影響為雌性生殖器官的發育生長，並可促進卵發生、濾泡發育、刺激黃體生長與促進發情的作用，而助孕素主要由卵巢的黃體細胞所分泌，其主要作用為促進子宮內膜增厚與分泌、並維持妊娠。

卵巢中最重要的構造即為濾泡，濾泡依照大小及型態可分成初級濾泡 (primary follicle)、次級濾泡 (secondary follicle)、三級濾泡 (tertiary follicle) 及格拉夫式濾泡 (Graafian follicle) 或稱囊狀濾泡 (vesicular follicle)。

二、雄性生殖構造

公羊的生殖構造主要分為三個部分，分別為睪丸、輔性腺及管狀系統與外生殖器-陰莖（圖3）。

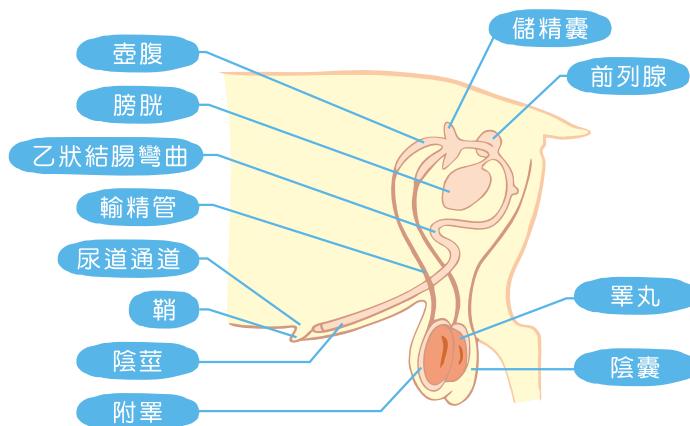


圖3、公羊的生殖系統構造

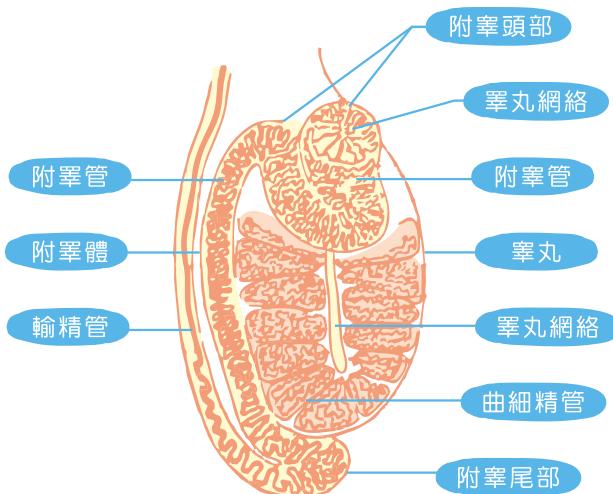


圖4、山羊睪丸

(一) 睪丸 (Testis)

睪丸成對位於陰囊內，成熟公羊睪丸重量約為100－150公克。睪丸上緣附著有附睪（epididymis），前端有附睪頭及血管叢，後端接附睪尾，外披堅厚結締組織，富含血管，稱為白膜（tunica albuginea）。睪丸內部以白膜分成許多睪丸小葉，生精細管（tubuli seminiferi）於睪丸實質，作用為生成精子與分泌雄性素。

(二) 附睪 (epididymis)

為儲存精子並使其成熟，同時賦予精子受精能力，自睪丸運送精子至輸精管。

(三) 輔性腺 (Accessory sex gland)

包含儲精囊 (seminal vesicles)、攝護腺 (prostate gland) 與尿道球腺 (bulbourethral gland)，主要功能為分泌精漿，精漿中含有糖類可滋養精子，並且具有清潔雄性尿道並保護精子的功能。

(四) 陰莖 (Penis)

公羊陰莖末端具有一尿道突 (urethral process) 的結構，是尿道末端超出陰莖末端的延伸部分。陰莖是交配的主要器官，被包皮保護，主要功能為交配時將精液傳遞至母羊陰道內。公羊陰莖平常縮在體內，當公羊興奮時才會伸出（圖5）。



圖5、嗅聞發情母羊的興奮公羊

(五) 陰囊 (Scrotum)

為容納睪丸及附睪的肌性囊，由外而內為具有汗腺及皮脂腺的皮層肌性膜、陰囊肌膜及總莢膜，功能為保護睪丸及附睪，並藉陰囊收縮調節睪丸與身體的距離以維持適當溫度，有利生精作用，但須注意若環境溫度超過攝氏39度，山羊無法自行調節降溫。

三、發身 (Puberty)

發身為雄性或雌性山羊第一次發情的年齡，表示性腺已能開始產生配子（精子與卵子），但尚須數週才能達到性成熟。山羊發身的時間會受到品種、營養和出生季節的影響。一般而言，山羊約在4—6月齡之間發身，但至少需等羊隻達到成熟體重的60—70%才能予以配種，避免影響後續生長及難產增加。

四、季節性發情與配種（Seasonal estrus and breeding）

山羊為季節性、短日照繁殖的動物，秋冬為其繁殖季節，在春季日照開始漸漸增長及夏季的日子中，生殖活動會減緩或停止。

當母羊處於發情期時，會有快速擺尾、鳴叫、不安、四處走動、減少食量與外陰腫脹變紅等現象，且由於陰道分泌物增加而使外陰部顯得潮濕、骯髒及混濁，甚者分泌物會垂掛於陰部（圖6）。而公羊為了確認母羊的發情狀態，會嗅聞並舔舐母羊外陰，並表現出Flehmen的行為（圖7），即為公羊上脣會上掀並做出嗅聞動作。另外公羊通常會用前腿踢母羊的身體，並舔或咬母羊的肩膀及背部來測試母羊的接受能力，當母羊不抗拒公羊的測試，公羊即駕乘並完成交配射精，整個過程一般不會持續超過2分鐘。



圖6、分泌物垂掛於外陰部之
發情母羊



圖7、公羊佛萊門（Flehmen）
反應

五、發情週期（Estrus cycle）

母羊在發身後生殖生理開始有週期性變化，此種從發情開始至下一次發情之間所產生的生理變化，稱為動情週期。動情週期分為四個時期，分別為發情前期（proestrus）、發情期（estrus）、發情後期（metoestrus）及發情間期（dioestrus）。

（一）發情前期（Proestrus）

為動情期發生前之一階段，約持續2—4天，此時助孕素量降低，促濾泡激素（follicle stimulating hormone，FSH）分泌，刺激濾泡生長，同時動情素開始漸漸升高引起發情。

(二) 發情期 (Estrus)

為性交接受的時期，母羊受到雌性素的影響可容許公羊駕乘及交配而不會閃避，發情期的時間大約可維持30小時，但個體之間差異可達數小時。發情期間可見母羊尾巴快速擺動、趨近公羊、嚎叫並有可能駕乘其他母羊等行為，發情期結束後數小時排卵。

(三) 發情後期 (Metoestrus)

可持續3-5天，排卵通常發生於此一時期，排卵後濾泡轉變為黃體，並開始分泌黃體激素，可見母羊呈現靜默行為並閃避公羊駕乘等。

(四) 發情間期 (Dioestrus)

發情間期 (diestrus) 又稱乏情期 (anestrus)，約持續10—14天，為進入下一次發情期的階段，此時陰道上皮細胞不角化，且黃體大量分泌助孕素以維持子宮內膜的完整性，供胚胎著床及發育。

六、受精 (Fertilization)

精子要完成受精必須要經歷獲能作用 (capacitation) 及頭帽反應 (acrosome reaction) 始能穿入卵母細胞透明帶完成受精。在受精前，精子過早發生獲能及頭帽反應，終將降低該精子的受精能力。

(一) 受精 (Fertilization)

當成熟卵子到達受精地點時，卵細胞透明帶外圍，仍有一群顆粒性細胞，即為放射冠及卵丘細胞，大部分哺乳類動物的卵丘細胞會在排卵後數小時內分解。當精子與卵子碰撞時，精子頭部會釋出玻尿酸酶 (hyaluronidase) 或頭帽素 (acrosin)，增強精子穿過卵丘細胞的能力。當精子穿入透明帶時，精子頭帽中亦含有如類胰蛋白酶 (trypsin-like enzyme) 等蛋白質分解酶，幫助穿過透明帶。當精子通過透明帶時，會喪失細胞膜，頭帽外膜也會逐漸剝落，精子到達卵黃膜時，頭帽已完全脫落。

高等哺乳動物的卵母細胞通常只能允許單個精子受精，以防多精入卵 (polyspermy) 的現象。當第一個精子通過透明帶後，卵黃皮質改變，阻止精子再通過透明帶，此稱為透明帶反應 (zona reaction)。哺乳動物老化的

卵母細胞因透明帶反應不佳，因此常有多精入卵現象發生，此時會阻礙受精卵的正常發育，為一種病態。

(二) 獲能作用 (Capacitation)

交配後精子自雄性體內射出，暴露在雌性生殖道一段時間，經過子宮頸進入子宮及輸卵管，此時精子頭帽表面的糖蛋白被生殖道分泌物中的 alpha 及 beta 漥粉酶降解，同時間頭帽膜及結構中的膽固醇與卵磷脂之比例以及膜電位均發生變化，此變化降低了頭帽膜穩定性。使精子具有真正的受精的能力。獲能作用以外，在輸卵管中精子會產生凝集作用 (agglutination)，使精子可集中於卵母細胞附近，增加精子附著於卵母細胞上之機率。

(三) 頭帽反應 (Acrosome reaction)

精子的細胞膜與頭帽的外膜融合。頭帽的內容物通過所產生的孔流出。通常，精子的頭帽反應會在接觸到透明帶時發生。當精子細胞與卵母細胞相遇並到達透明帶後，這些精子細胞會自行進行頭帽反應，並釋放出更多量的透明質酸酶和其他酵素。這些酵素會協助精子頭部進一步的穿透卵母細胞透明帶。

七、生殖系統之內分泌調控

(一) 腦垂體前葉 (Anterior pituitary)

腦垂體前葉可分泌促濾泡激素 (FSH) 及黃體激素 (LH)。FSH 可刺激雌性濾泡生長和雄性睪丸精子的生成。LH 對雌性而言可刺激排卵和卵巢內黃體的形成；對雄性而言，LH 刺激睪丸萊迪氏細胞分泌睪固酮，因此雄性的 LH 亦稱為間質細胞激素。FSH 和 LH 總稱為促性腺激素，也稱為促性腺素。

(二) 下視丘調控激素及負回饋系統

下視丘能分泌促性腺釋放激素 (gonadotropin releasing hormone, GnRH)，透過下視丘腦垂體門脈血管系統送到腦垂體前葉。收到 GnRH 之後，腦垂體前葉會分泌 FSH 和 LH，藉由血液循環運送到性腺以刺激性腺分泌性類固醇（卵巢分泌雌二醇和黃體激素，睪丸分泌睪固酮）。然而，當血液中這些性類固醇的濃度太高時，性類固醇則會經由血液運送到

腦垂體前葉抑制FSH和LH的分泌，並送到下視丘抑制GnRH的分泌，產生一種負回饋機制。

八、懷孕（Pregnancy）

懷孕始於受精作用，終止於分娩。當精卵完成受精作用後，會開始細胞分裂成桑葚胚（morula），並從輸卵管持續向下經由宮管接合處（tubouterine junction）移動到子宮，然後在子宮內著床發育，此時約在受精後第15–20天，同時是絕大多數懷孕終止的時期，此時若妊娠中止則母羊會恢復發情。

母羊懷孕期平均為150天（約5個月），懷孕中期通常平靜地度過，但當孕期進入後三分之一時，因為胎兒的快速成長，母羊的營養需求會大增，此時須注意飼糧品質，因胎兒發育佔據腹部空間並壓縮瘤胃，母羊無法攝取大量的飼糧，因此，此階段更需提供高質量的飼糧，以使採食量減少之情況下仍能供給足夠的能量，此時若母體攝取能量不足，易發生妊娠毒血症，會導致母羊死亡，造成巨大損失。因此，在配種前即需注意欲配種之母羊體態，並且在懷孕期中調整過瘦或過胖之母羊體態，以應付後續的生產及管理。

九、分娩（Delivery）

山羊分娩約在交配後150日左右，可觀察到母羊腹部膨大，乳房腫脹，部分母羊乳頭可能會開始分泌液體，漸漸從琥珀色變為乳白色，龍骨韌帶開始柔軟伸展，迎接分娩。隨著分娩時刻來臨，母羊外陰可能腫脹並有分泌物沾黏，且表現焦躁不安，時有踢腿等行為並停止進食。

分娩時子宮頸擴張和子宮收縮，羊膜破裂並流出羊水，此階段可持續數小時，當子宮收縮將胎兒推進產道後，仔羊便很快被推出母體（圖8）。正常胎位時仔羊頭部與前腳會先出現，若仔羊前蹄已可看見後的一小時仍未產出，表示母羊發生難產需助產。當胎兒產下後，母體會將胎衣、尿囊等排出（圖9），整個分娩過程從開始到結束需數小時至12小時，大多數的情況下母羊可自然完成分娩。



圖8、分娩之母羊



圖9、排出之尿囊

第二節 影響繁殖性能因子

一、發身 (Puberty)

發身係指山羊能夠釋放配子（精子和卵子）和交配的年齡，通常在4—20月齡時會有發身現象，其時間點受品種、體型大小、是否雜交、近親繁殖、健康、營養狀況和出生季節等因素影響。發身並不代表羊隻完全成熟，大多數需達到成熟體重的 $2/3$ 時才能初次配種。公羊通常在4—6月齡的時候發身，但在5—7月齡時較穩定。另體型較大的品種往往比較體型小之品種慢，而相同品種中，生長速度快的山羊往往比生長緩慢的提早發身。

二、性成熟 (Sexual maturity)

山羊一般在8—10月齡達到性成熟，此時身體及生殖器官發育與生殖機能始達到完善，具備正常生育能力。性成熟年齡與狀態會受到品種（雜交>純種、乳用>肉用、本地種>外來種）、差異個體（母>公）及自然環境（優良>惡劣）等因素影響。

三、體成熟及適配年齡 (Mature and age-adapted)

體成熟係指為羊隻達到成年體重，各器官發育完善及機能正常的年齡。一般性成熟時間會早於體成熟，雌性動物通常在產過1—2胎後才到達體成熟。適宜配種之年齡，依據公羊自身發育情況及使用目的，以人為方式決定雄性動物適於配種的年齡階段，一般初配年齡應在性成熟的後期或更晚。

四、季節性 (Seasonality)

山羊為季節性發情動物，一般在9月到隔年1月達到繁殖高峰。公羊及母羊繁殖性能均受到光照的影響。山羊在春季與夏季並非不具有生殖能力，只是其行為及表徵不如秋冬繁殖季節明顯，生殖系統及行為表徵亦較不明顯。

五、性慾 (Libido)

公羊的性慾、活力及配種能力在生殖效率上扮演一個極為重要的角色，若公羊具有極高的性慾，可使其於繁殖季節中與較多的母羊配種。羊隻體況、遺傳、環境溫度、疾病及寄生蟲等因素都會影響性慾。一般繁殖季節

中，1頭公羊與50頭或更少的母羊配種是較為適當的；若與過多母羊配種，會使公羊在配種季節消耗過多體組成及能量，不但影響配種成功率也會影響公羊後續的使用年限。

六、遺傳 (Heredity)

如同其他物種一樣，某些山羊品種或具備某些基因的山羊會有較高的多胎率，例如努比亞品種的三胎率就較其他羊種高，另經由選拔進行篩選，可以提升羊群的多胎率。

七、年齡 (Age)

年齡會影響母羊的生殖能力，一般母羊在3－5歲齡時繁殖能力達到最佳，且4歲齡母羊的雙胎率會較2歲齡的高。

八、溫度 (Temperature)

當溫度超過32°C並維持一段時間後，胚胎存活率及後續胎兒發育能力會降低，懷孕後期的高溫可能導致生產的仔羊較小及弱。公羊受到熱緊迫的反應便是精子濃度、活力降低、畸形率提高，公羊暴露在超過35°C的環境過久，會導致繁殖能力低落或不孕的情形。

九、營養 (Nutrition)

較佳的營養管理可以提高母羊繁殖能力。母羊體型的大小除了遺傳、品種外，也取決於營養好壞。同品種間體型較大的母羊與小體型母羊相比有較高多胎率的趨勢。良好的營養平衡有助於提高受胎率、孕期間的懷孕維持並減少懷孕後期急性代謝疾病發生的機率，但是非盲目補充營養是好事，過胖及過瘦的母羊都會減少受胎成功率，且過胖母羊可能會出現難產等損失。

第三節 配種計畫

母羊及公羊生殖生理性狀如表1、2所示：

表1、母羊生殖生理性狀

性狀	平均	範圍
發身年齡（月）	5-7	5-20
發情長度（天）	21	15-24
發情持續時間（小時）	30	24-48
排卵後		
發情重新開始時間（小時）	33	30-40
懷孕天數	149	144-155
平均產仔數	1.5	1-4
配種適期	成熟體重的60-75%	

表2、公羊生殖生理性狀

性狀	平均	範圍
發身年齡（月）	4-6	5-20
可配種年齡（月）	8-10	6-12
配種比率（成熟公羊）	1:40	1:35-60
配種比率（小於一歲齡公羊）	1:20	1:10-25
每日精子生產量（百萬）	6	4.8-7.2
射精量（mL）	1	0.5-1.5
射精精液濃度（百萬/mL）	3.01	0.5-6

配種方法可分為自然配種、人工授精及人工輔助光照調節：

一、自然配種

在發情季節公羊與母羊的性荷爾蒙分泌及繁殖系統活力都極度活化。此一時期進行配種所產下之仔羊健康狀況會較其他非繁殖季節為佳，且配種效率亦較佳。一般而言，1頭成熟公羊在繁殖季節可以配35－60頭母羊。

二、人工授精

施行人工授精較無季節之限制，但為求母羊群在短時間內統一發情以利人工授精之操作，通常需進行發情同期化。另台灣之冷凍精液大多進口自法國或澳洲，此精液皆來自後裔檢定過之公羊，羊農可以依照場內羊群之未來育種方向選購精液，以改進場內羊群之生產性能。

三、人工輔助光照調節

光照調節是模仿夏、秋兩季的自然光照長短變化模式達到誘發發情的目的。光照調節所需要的時間為4個月，若是母羊群計畫在5月配種，需自1月起便實施光照調整計畫。其方法是在開放式羊舍中，在距離床面適當高度位置裝設日光燈，調整羊隻眼部高度所能接收到光照達特定強度，並利用定時裝置，設定在每日日落前1小時開燈，午夜熄燈4小時，白天則接受自然光照，使得每日光照時間達到20小時，連續2個月處理後，等待2個月便可達到調節目的。此法可使羊隻在非繁殖季節發情，藉此調節冬季乳或冬季羊肉上市的時程。

第四節 人工授精技術

一、簡介

人工授精是借助人為及器械的輔助，在公、母山羊不直接接觸的情況下將公羊精液注射入雌性生殖道的技術。在山羊產業為何無法大量普及的主要原因為山羊產業規模不大，進行人工授精所需要的經濟效益不佳，除此之外還需要維持採精的公羊；其次為人工授精的精液來源若為冷凍解凍後之精液時，授精後母羊的成功懷孕率偏低。然而隨著人工授精技術精進，其效能已有相當大的提升。但最終仍需切合生產者需求，進行靈活的變化才可提高業者接受度。

人工授精技術就如同任何一個技術的發展，都有著其優點及限制，其優劣分析如下：

（一）優點：

1. 可增加族群遺傳性能

生產者通常最在意的是如何增進羊隻優良遺傳性能的延續，或是優良遺

傳性狀如何能在羊群中擴散。現行的選拔通常針對公畜進行，因為公畜在其生活史中可產生的子代數量遠超過母畜。優良公畜的生產性狀會直接影響子代的性能，若是選拔計畫持續進行，則對未來世代的性能改良會有長遠的影響。在自然配種條件下，每頭公畜一年可配種50－100頭母畜，但若使用新鮮精液稀釋後進行子宮頸人工授精，則2－3週便可配種1000頭以上的母畜，即便是人工授精成功率不如自然配種的情況下，優良公畜遺傳物質傳遞的能力仍勝過自然配種數倍之多。

2. 快速而簡單的傳遞遺傳物質

飼養者通常希望能有新的血緣引進到自有羊群中。與直接購入種公羊相較，精液是最便宜快速且避免疾病傳播的最有效方法。冷凍精液使得優良遺傳物質不再受距離的限制，可在全世界互相交流使用。

3. 精液可長時間儲存

精液可以儲存於液態氮中永久保存，甚至在公畜死亡後仍可有效保存其優良的遺傳物質。

4. 提升育種之效率

人工授精可確保每頭母畜均有確實受精，避免漏配的情況。新女羊常見靜默發情的現象，其發情徵候不明顯，利用人工授精可提升女羊首次發情之配種成功率。

5. 減少或避免公羊維持費用

小型飼養場不需維持公羊，減少管理公羊所需耗費的時間、空間與成本。

6. 減少與控制疾病的散播

使用人工授精不需公母羊間直接接觸，可避免疾病傳播，但僅能預防疾病傳染並無治療疾病的機能。

7. 提升喪失配種行為能力羊隻的使用效率

有些性能優異的公羊會因為生殖器受傷或是因為年老體弱而影響了配種行為，但仍能利用人工授精技術使其能夠繼續繁衍後代。

8. 精確記錄配種資訊

利用人工授精可以準確記錄配種時間，因此可精確推算分娩時間，或避免不良基因性狀被引入羊群。

9. 利用發情同期化處理於非繁殖季節配種

山羊為季節性發情的動物，但為因應市場上乳或肉的需求，必須於非繁殖季節配種以符合生產時效，因非繁殖季節公羊精液品質較差，必須利用冷凍精液人工授精來實現目的。

(二) 缺點：

1. 近親交配

選拔強度高常會伴隨近親繁殖現象提高，使遺傳變異降低，使近親交配之不良效應產生。

2. 潛在的配種錯誤

冷凍精液製作過程中因麥管標示錯誤，致使後續使用標示錯誤的公羊精液。

3. 疾病散播

製作成冷凍精液前若無經過篩檢可藉由精液傳佈之疾病時，則疾病可藉由人工授精而散佈，此一危害傳佈速度比自然配種更快更廣。

4. 繁殖效能降低

與自然配種相較，藉由人工授精的繁殖效能較低，尤其當發情同期化處理或是執行人工授精時精液保存不當時，更會加劇此現象。

5. 成本

如同任何技術應用於養羊產業，初期的成本均會增加，然隨著技術熟練以及施行該技術所產生的額外收益增加，成本會逐漸降低。

二、精液品質評估

精液包含了精子（15%）及精漿（85%）兩部分。品質之評估可分為精

液基礎性狀評估及精子性能評估。精液基礎性狀評估包括：精液量、顏色、精子濃度、酸鹼度及滲透壓；精子性能評估則為活力及活動能力參數、存活率、頭帽完整性、粒線體潛能、DNA完整性之評估。

三、發情觀察與偵測

山羊發情觀察在人工授精扮演著至關重要的角色。發情時間掌握的好，則人工授精成功率將大幅提升。如何判斷母羊是否發情，以下9個徵候可供參考。

(一) 頻頻發出聲音

母羊平時不會發出太多噪音，但處於發情期的母羊會比平時發出更多聲響。努比亞品種母羊會較其他品種母羊更會嚎叫，假如一直沒有公羊進行配種，母羊會有模仿公羊聲音的情況產生。

(二) 搖尾

母羊發情時會快速搖動尾巴，此時母羊會容許尾巴被抓住而不反抗。

(三) 母羊性格改變

發情母羊受到賀爾蒙之影響，會使得性格轉變，平時性情平順的母羊會有對其他羊隻產生侵略性的行為發生。

(四) 尾巴沾黏髒污

發情母羊尾巴腹側面會有紅腫，並伴隨有黏膠狀的陰道分泌物。若發現尾巴兩側的毛髮有沾黏或是凝集在一起，而沒有任何疾病時，則表示在發情期中。



圖10、母羊外陰部與尾部毛髮狀態比較，左為非發情狀態，右者為發情期間，可見右者較為腫脹，且尾部毛髮沾黏

(五) 乳產量改變

處於發情狀態下的一般擠乳母羊，偶有拒絕進入擠乳室的情況。若強迫使其進入則母羊的乳量會下降，並伴隨食慾降低的情況。

(六) 駕乘其他母羊

如果母羊一直等不到公羊駕乘，則會發生駕乘其他母羊或是允許其他母羊駕乘之行為。當其他母羊嗅聞發情母羊的陰部時，會迎合並將尾巴舉起。

(七) 頻尿

母羊發情時會比一般時期頻尿，尿中含有化學物質（費洛蒙），告訴公羊她正等待著被配種。假如放入公羊，公羊以他的鼻吻舔拭母羊尿液，之後抬頭並舉起上唇（佛萊門反應）以擷取母羊發情的氣味。

(八) 母羊穩定站立

若母羊未達到穩定發情時，無法接受公羊的駕乘行為，若公羊嘗試駕乘則母羊會逃開。若母羊能接受公羊駕乘則表示達到穩定發情。

(九) 陰道黏液變化

母羊發情期持續時間平均為30小時，然而在進行人工授精時，雖然觀察到母羊可以接受公羊，但是仍須藉觀察母羊陰道黏液狀況而判斷。通常陰道黏液為澄清透明時表示發情期剛開始，若黏液濃稠而略微混濁時為在中期，若黏液呈現雲霧狀，則為人工授精之最佳時期。

四、發情偵測

一般發情偵測使用之羊隻可分為3大類：

- (一) 使用正常未經輸精管結紮之公羊，利用此種公羊時，以布巾包圍其腹部（陰莖須確實包覆住），避免偵測時陰莖插入。
- (二) 使用輸精管結紮之公羊進行，此種公羊的好處是不須在意其是否真的射精，因為射出的精液中沒有精子，僅為精漿成份。
- (三) 利用母羊將其注射賀爾蒙而呈現出類似公羊之行為而進行，此種方式因為使用人為方式大量注射荷爾蒙，對羊隻造成緊迫很大，較不人道。一旦停止注射，母羊類雄性行為將消失，故不建議使用此方法。

五、人工授精技術

人工授精技術依照精液放入位置可分為4大類。分別為陰道內人工授精、宮頸內人工授精、宮腔內人工授精及腹腔鏡人工授精。人工授精的成功率隨著越深入子宮而越提升。人工授精成功與否的關鍵是時間點的掌握。一般母羊的發情時間持續12-36小時，而母羊在穩定站立可供公羊駕乘後再度回復成不允許公羊駕乘的狀態後4小時左右排卵。所以最佳的人工授精時間將落在母羊可被穩定駕乘後12-24小時之間。人工受精操作前，一般會將母羊進行發情同期化處理，以求母羊可以在一個密集時間點一起發情，以減少操作時間及成本。以下說明發情同期化及人工授精操作之方法。

(一) 發情同期化

目前最常使用的發情同期化方法如下簡圖11所示。陰道內助孕素釋放器 (Controlled internal drug release, CIDR) 植入視為第0天，於第9天時肌肉注射孕馬血清激性腺素 (pregnant mare serum gonadotropin, PMSG) 400-500 IU及前列腺素 (prostaglandin F2alpha, PGF2 α) 0.5 mL。第11天將CIDR移除，並於第12天以試情公羊或母羊進行發情偵測，通常在CIDR移除後37-43小時進行人工授精。

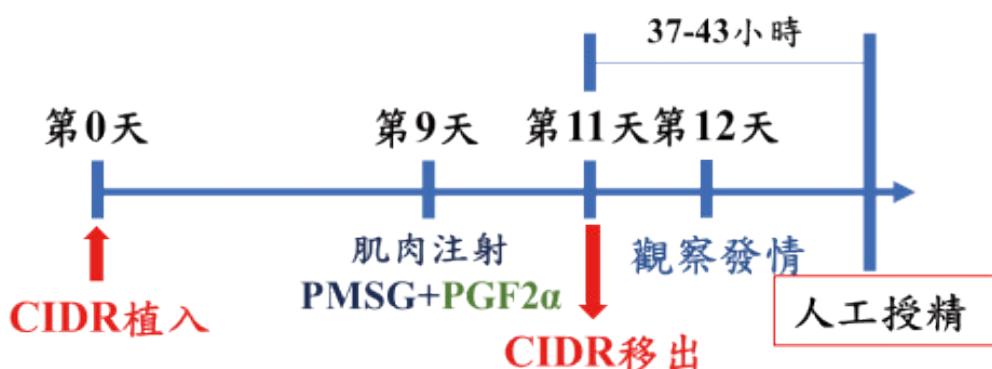


圖11、發情同期化處理時程

(二) 人工授精

1. 人工授精所需器具

恆溫水槽、人工授精槍、潤滑劑、開窓器、光源、麥管剪及授精槍套管。（圖12）



圖12、人工授精所需之器具

■ 2. 操作步驟

(1) 母羊保定

將母羊牽引到人工授精保定架，以頸夾固定羊隻頸部後，將羊隻後雙腳舉起並固定在保定架後完成羊隻保定。

(2) 冷凍精液解凍及人工授精槍裝填

若使用精液來源是冷凍解凍後精液，則先將精液自液態氮儲存桶中取出，放入37°C恆溫水浴槽中30秒解凍，解凍後之麥管以紙巾將水分徹底擦乾後，以麥管切割器將麥管封粉端切開。開口端插入人工授精槍套管，再將人工授精槍套上，將麥管推到底，授精槍末端的扣環往後拉緊使套管與授精槍穩定結合。完成精液裝置的人工授精槍，在尚未進行授精動作時應放在口袋或避光處避免陽光直接照射。

(3) 精液注入

開腔器前端給予適當的潤滑後，將羊隻尾巴抬起，以開腔器緩慢由陰道伸入，並撐開陰道，找到子宮頸口後，將人工授精槍由子宮頸口處以向下約15度的角度伸入，若遇到阻礙則可擺動授精槍嘗試通過，若仍無法通過則不要勉強，將精液放置於阻礙處即可。精液最佳放置位置是在子宮體腔，但僅少數羊隻可以順利放入。人工授精操作切勿以蠻力為之，否則陰道或子宮頸出血引發的免疫反應將極不利於授精。

(三) 懷孕診斷

人工授精後母羊若有回復發情，則在人工授精後18—24天（新的發情週期）可觀察到。通常在人工授精後45天，利用超音波儀器進行掃描，此時若有胎盤形成，則可清楚見到宮阜之影像。另外亦可利用檢測血液中懷孕關聯蛋白質（pregnancy associated glycoproteins, PAGs），於人工授精後28—35天檢測，約有99.3%的準確率。



圖13、人工授精與羊隻保定

第五節 人工輔助生殖技術及未來發展方向

一、精子冷凍與解凍

(一) 精子冷凍保護劑種類與作用

冷凍保護劑之主要功能為避免或減少精子於冷凍與解凍過程中受到的物理性和化學性傷害。冷凍保護劑可分為滲透性與非滲透性兩大類：

■ 1. 滲透性冷凍保護劑

常見之滲透性冷凍保護劑有甘油（glycerol）、乙二醇（ethylene glycol）、二甲基礦氧化物（dimethyl sulfonate）及丙二醇（propylene glycol）等，其中甘油最常被使用。此類冷凍保護劑於細胞冷凍過程中扮演溶質的角色，達到使精子脫水之目的，細胞內部水分變少、冰點下降，冰晶形成量亦會減少，因而降低了對精子的傷害。此外滲透性冷凍保護劑亦可增加了細胞膜的通透性，更利於精子脫水作用，進而提升精子冷凍解凍後之存活率。然而這些冷凍保護劑添加之最終濃度（v/v）及平衡時間與溫度，需取決於其毒性以及對精子冷凍解凍後精液品質之效益而定。上述4種冷凍保護劑之毒性強弱，以丙二醇最強，二甲基礦氧化物次之，其次為乙二醇，最弱者則為甘油。

■ 2. 非滲透性冷凍保護劑

最常使用的非滲透性冷凍保護劑為蛋黃與脫脂乳粉及醣類，此類冷凍保護劑無法穿過精子細胞膜，因此僅在細胞外產生功能。功能為修飾精子細胞膜、脫水及降低精液冷凍時凍結溫度。

(二) 精子冷凍與解凍

■ 1. 精液收集

精液之收集一般可利用人工假陰道法或是電刺激法進行。

(1) 人工假陰道法

人工假陰道為一硬質橡膠圓筒，內襯橡皮套（圖14），橡皮與硬壁間

可灌入約45°C溫水並吹入空氣使得內襯膨脹，進而達到模擬母羊陰道內溫度及壓力條件。

(2) 電刺激法

此法須將公羊保定並使用電刺激器（圖15）進行。保定後之公羊以生理鹽水清洗包皮以避免髒污混入精液。採集者即位於公羊側邊，請另一助手取電極棒，前端塗上潤滑劑，從肛門直接插入直腸中調整電流強度。開始時，先以低電壓電流經由直腸刺激生殖道肌肉，公羊在通電時有強烈之僵直現象，在刺激停止時則又恢復原狀，通常以低電流短暫間歇性之刺激至較高電流，如此反覆刺激，以使公羊射精。



圖14、山羊人工假陰道及保溫皮套



圖15、電激採精器

■ 2. 精液之冷凍保存

收集已經去除精漿之公羊精液，於室溫環境下，依精子濃度添加適量之第一階段山羊冷凍稀釋液，移入4°C冷房平衡2小時。其後再加入等量之第二階段山羊冷凍保護稀釋液（第一階段山羊冷凍稀釋液添加甘油，添加時平均分為3等分進行，每等分加入之間隔時間為10分）。第二階段稀釋液添加完畢後靜置50分。之後將精液裝填入0.5mL法式麥管中，以PVC封口粉封口後移入預先降溫至4°C之電腦程式化自動冷凍降溫儀中進行精液冷凍，最後將麥管投入液態氮中儲存。

■ 3. 冷凍精液之解凍程序

冷凍精液自液態氮桶移出後，立即投入37°C水浴槽中30秒解凍。

(三) 卵母細胞及胚冷凍與解凍

卵母細胞及胚冷凍保存技術之應用價值，除可加速畜群改良與提高家畜商業應用價值，以及利於種源進出口疾病管制外，在人工生殖技術方面，亦可提供胚體外生產、胚移植、核轉置和基因轉殖動物研究之技術平臺；亦可應用於優良品種、珍稀哺乳類動物或任何個體的基因庫得以長期保存，提高家畜種原多樣性，並可促使體外與體內生產之家畜胚，在不受時間和空間的限制下進行胚移植，達成快速擴大優良畜群之目的。胚或卵之冷凍效率，仍受冷凍保護劑毒性、細胞內冰晶、碎裂傷害和滲透壓改變等各種因素影響。

商業化冷凍胚之生產，於牛及羊較為成功。卵母細胞及胚之冷凍方法可分成慢速冷凍及玻璃化冷凍兩大類。

■ 1. 慢速冷凍

此種冷凍方法主要是將卵母細胞及胚裝填在0.25mL麥管中，置於程式化降溫儀中，讓溫度下降到-6°C後停止在此一溫度，此時麥管內液體尚不會結冰，隨後執行植冰動作（敲擊麥管或利用一個更低溫度的物體碰觸麥管壁），此時麥管中液體瞬間結冰。此一動作是希望液體凍結時的速率加快，加速通過冰晶形成帶（-1至-5°C）的時間，之後再持續降溫至攝氏-80°C。

慢速冷凍的優缺點分析如下：

優 點	冷凍保護劑的濃度較低、對細胞的毒性傷害小及對細胞膜內外滲透壓差造成的傷害較低。
缺 點	冷凍速率仍不夠快速，以致冰晶形成對胚細胞膜及胞器傷害較大、所需設備昂貴及處理過程耗時且繁複。

■ 2. 玻璃化冷凍

此法是利用每分鐘高達-25,000°C的降溫速率進行冷凍，此法通常會搭配較高濃度的冷凍保護劑進行，因為高濃度冷凍保護劑可以提供達到玻璃化冷凍更佳的降溫速率。成功的玻璃化冷凍可得到幾乎無冰晶形成的透明狀固體結構。

玻璃化冷凍的優缺點分析如下：

優 點	冷凍速率極為快速、幾乎無冰晶生成，所以對細胞傷害極小、所需要設備及處理程序極為簡單且價格低廉，處理時間僅需十餘分鐘。
缺 點	需要高濃度之冷凍保護劑，對細胞毒性及細胞膜內外的滲透壓差傷害較大。

玻璃化冷凍依照所需載體可有幾種形式如：冷凍環、冷凍板、顯微鏡網、熱拉式開放麥管與尼龍網等，另有不須載體的微滴式方法。根據研究顯示，利用玻璃化冷凍法進行冷凍者，其於解凍後之胚發育能力顯著優於利用一般慢速冷凍者，所以玻璃化冷凍已漸漸取代慢速冷凍。

二、胚移植技術

胚移植技術是在最短之時程內能迅速擴大純種羊群及大幅提升羊隻生產性能的一項人工生殖技術，但是此項技術所需之操作技術門檻高，人員訓練需要更謹慎為之，但仍是深具商業應用價值之技術。

(一) 發情同期化處理

胚移植的發情同期化方法與人工授精時母羊之發情同期化方法相同，差異點僅為進行胚移植的時間點會較執行人工授精的時間點延後數日。

(二) 卵巢超量排卵

一般超量排卵目的是讓卵巢一次可以排出更多的卵，以利卵母細胞或是胚的收集。超量排卵的處理過程與人工授精時之母羊發情同期化相似，不同處在於第7至9日連續3日每日上、下午間隔12時候各一次給予肌肉注射FSH共注射6次，其注射劑量依序為4, 4, 2, 2, 2, 2 mg（合計為16 mg）；並於注射最後兩劑FSH的同時，各注射1.7 IU之LH。

(三) 胚移植方式

將解凍恢復存活之山羊胚，利用外科手術方式，將胚移植到與排卵卵巢同側的子宮角內。受胚母羊於胚移植45天後，以超音波掃描儀，診斷其懷孕與否。經由子宮腔內宮阜與胎兒影像進行懷孕確診（圖16）。

三、其他人工輔助生殖技術

(一) 腹腔鏡人工授精

以腹腔鏡方法進行綿羊人工授精已行之有年。此項技術建立之初是為了解決綿羊使用冷凍精液，進行傳統子宮頸人工授精時懷孕率低下的問題。腹腔鏡人工授精



圖16、超音波懷孕診斷結果，A、B為懷孕，C為未懷孕

進行前24–36小時斷水斷食；進行時先肌肉注射鎮靜劑，待羊隻出現腳步不穩、無法站立或進入睡眠狀態時，將羊隻保定後進行腹腔鏡之操作。應用腹腔鏡進行人工授精時，通常會製造2個孔，一側置入影像及光源系統，另一側則為腹腔鏡精液注射管進入孔（圖17）。注入精液前先觀察卵巢排卵狀況（圖18），精液將注射於有排卵側之子宮角，並於45天後進行超音波懷孕診斷。

（二）胚體外生產

羊胚體外生產是由羊隻卵巢中取出卵母細胞，之後進行體外成熟、體外受精及體外培養，發育到一定階段（囊胚）後再選擇移植到代理孕母或是進行冷凍保存。目前其成功率仍遠低於源自體內的胚。胚體外生產可分為4個步驟：

■ 1. 卵母細胞收集

卵母細胞存在於卵巢的濾泡中，所以要得到卵母細胞一般皆須先收集卵巢，而卵巢的來源可由屠宰場或是活體動物取卵。

（1）屠宰場

屠宰場可以收集到的卵巢數量較多，對於剛開始學習操作者較為適合。

（2）活體動物

動物經由外科手術方式進行卵母細胞收集，可收集到的卵母細胞數較少，但是可以確實知道羊隻品種，對於需要較嚴格結果控制或是應用於優良種原保存目的時較為適用。

■ 2. 卵母細胞體外成熟

山羊卵母細胞收集後，需要進行24小時的體外成熟處理。卵母細胞體



圖17、使用腹腔鏡方式進行人工授精

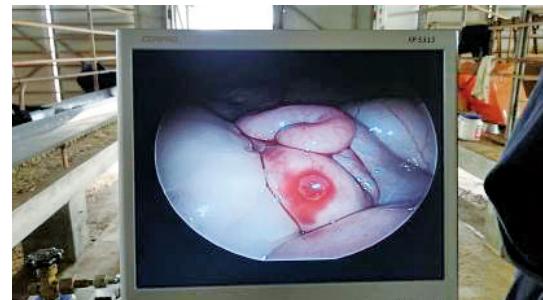


圖18、腹腔鏡確認排卵點

外成熟後，卵丘細胞會由原來的緊密包覆變成液化擴散，而經由染色觀察則除可見細胞核外會觀察到排出的第一極體。

■ 3. 卵母細胞體外受精

體外受精所利用的精液來源可以是新鮮精液、冷凍解凍後精液、冷藏保存精液或是性別篩選後的精液。精液經過獲能處理，通常是用肝素或是咖啡因處理後，與卵母細胞共同培養18小時之後經過染色可以觀察到第二極體、雄原核及雌原核。

■ 4. 胚體外培養

一般而言，授精後48小時可以觀察到胚的分裂，胚的分裂是行倍數分裂，也就是2、4、8、16、32（此時期又稱桑椹胚期）及64細胞之囊胚期。通常發育到囊胚需要7天的時間。當胚發育到囊胚時，可以將胚移植到代理孕母子宮進行懷孕，或是進行冷凍將胚作保存供後續需要時使用。

（三）精子性別分選

利用性別鑑定後之精液進行人工授精可提高場內單一性別子代出生數目，甚至可以加快改善全場山羊世代遺傳改良之速率。經單一性別精子授精與經一般精液人工授精後，比較其懷孕長度、胎犢之死亡率、出生體重或離乳後存活率並無顯著差異；唯其缺點為精蟲分離速度仍顯不足且精子在分離過程中會經歷高度稀釋（5000倍）、細胞核染色及培養、機械力（壓力）、紫外線雷射照射及電場刺激、分離後噴入收集液內（80–90km/h）、解凍後離心（700–1200g）等刺激後之精子存活率因而下降；另外高生產成本及優良性狀之公畜精液取得困難、無法預先進行類似早期胚胎性別鑑定所能提供相關基因之分析等也是目前面臨到的重要問題。

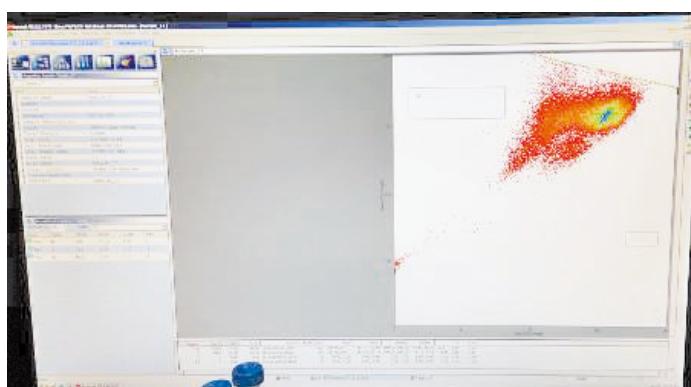


圖19、精子性別分選軟體視窗