

第四節 基因選種

應用基因選種技術培育的品種及品系，符合「品種、品質、品牌」一體成型的科技農業，也可進行經濟農業「品管、品評、品流」的分類利用。基因條碼包括體染色體、性染色體及粒線體等基因的生物商標註冊，使用基因序列的差異來編碼，主要是位序上的單一鹼基比較及特定鹼基序列的重複。基因是生命體的骨架，飼養環境是保障基因功能的再現，而人為選育的投入是在追求品質穩定度及生產效益提昇。

動物的遺傳物質存在於體染色體、性染色體及粒線體，以去氧核糖核酸（DNA）方式存在，在細胞核內的體染色體DNA及性染色體DNA成線狀，而在細胞質的粒線體內DNA則成環狀。DNA是由核苷酸的單體物（俗稱鹼基，英稱Base pair, bp）所組成，每一個核苷酸均由磷酸、五碳糖及四個氮鹽基中的一個組合而成。四個氮鹽基中，腺嘌呤（A）和鳥糞嘌呤（G）二者是屬於嘌呤族；胸腺嘧啶（T）和胞嘧啶（C）二者則屬於嘧啶族。DNA雙股裡，A和T以兩個氫鍵相吸，而G和C以三個氫鍵相吸。在DNA的單股序列中，含編碼區域（通稱Exon）與未編碼區域（通稱Intron）。編碼區域的DNA序列能被轉譯成蛋白質，這些蛋白質具有生理功能；未編碼區域的DNA序列則無法轉譯出蛋白質，其生物功能尚未完全清楚，然此區域含有大量的遺傳變異度，正可用以區別個體間的遺傳差異性。

動物粒線體基因條碼是以母性遺傳方式世代沿襲而來，在台灣誕生的動物會有母親的粒線體基因條碼，因此全長定序粒線體DNA序列會發現家族差異及同胞個體差異。如此一來，國產乳肉蛋有其特定的粒線體基因條碼。動物粒線體基因全長定序包括12S rRNA、16S rRNA、22個tRNA、13個蛋白質基因及D環區。13個蛋白質基因包括ND1、ND2、COI、COII、ATPase8、ATPase6、COIII、ND3、ND4L、ND4、ND5、ND6至Cytb。保種於畜產試驗所花蓮種畜繁殖場的臺灣黑山羊，其粒線體DNA序列經國立屏東科技大學張秀鑾博士於2005年定序後，全長序列為16,641 bp，包括12S rRNA、16S rRNA、22個tRNA、13個蛋白質基因及D環區。臺灣黑山羊粒線體DNA全長序列含33.53% A、27.32% T、13.14% G與26.01% C，其中GC比例為39.15%。臺灣黑山羊較義大利撒能山羊（16,640 bp）多一個鹼基，位於16S rRNA（第1092至2664鹼基位置）。D-環區內第15811至15964位置，臺灣黑山羊與撒能山羊間有6個單一鹼基變異點（SNP）之差異。兩品種粒線體DNA的13個蛋白質基因之SNP差異經轉譯成胺基酸序列，依蛋白質基因位序由ND1、ND2、COI、COII、

ATPase8、ATPase6、COIII、ND3、ND4L、ND4、ND5、ND6至Cytb之胺基酸序列比對差異分別為0.9、5.5、0.4、0.0、0.0、3.1、0.4、0.0、0.0、0.2、5.9、2.3與0.2%，平均差異為1.5%；其中僅有COII、ATPase8、ND3與ND4L等4個蛋白質基因胺基酸序列完全相同。臺灣黑山羊粒線體DNA全長序列之SNP資訊將可供母畜血源追蹤及建立種母羊的基因條碼，作為種羊生產履歷的遺傳標記及基因選種的身份辨識。

畜牧法第十七條明白指出「主管機關得派員檢查或檢驗種畜禽業者之種畜禽、種源、設備、血統登錄及有關紀錄，種畜禽業者無正當理由不得規避、妨害或拒絕。種畜禽及種源經前項檢查或檢驗，發現有法定傳染病或遺傳性疾病者，不得供繁殖用。」，故第十七條是我國種畜禽基因登錄、基因條碼與基因選種的法源依據。

表2、山羊經濟性狀的關連基因及其在染色體上的位置

基因	其在染色體位置	關連到的經濟性狀
GH	19q22	生長、產乳量
GHR	20q17	產乳量、乳質、乳中體細胞數
IGF-I	5q31	生長、代謝、生殖
LEP	3q33	生長發育、飼料效率、泌乳
POU1F1	1q21-q22	生長、屠體、產乳量、羊毛量
SRY	Y	性別分化
Casein	6q32	產乳量、乳質
KAP	5q25	纖維/羊毛 品質
MHC	23q22	免疫系統
PrP	13q17	羊癩癢病抗性
G6S	5q	山羊黏多醣症 (Mucopolysaccharidosis) 第三型

一、有害基因篩除

DNA比對技術（俗稱核酸檢測或基因檢測）有許多方法，當使用聚合酶連鎖反應（PCR）來快速進行DNA比對時，微衛星型引子（Primer）的設計特別重要，必須將引子設計在短且特定的DNA片段長度範圍內，並可正確

地分辨對偶基因的大小。應用PCR來篩檢不同個體的DNA，能將很少量的DNA經過反覆的作用後，使特定DNA片段複製增量，再以膠體電泳分離染色後的呈相或螢光自動分析儀等，得以判斷其大小及序列差異，更可將此DNA比對結果跟生長繁殖性能資料，做基因座連鎖分析，找出影響重要經濟性狀表現的有害基因。

山羊生長遲緩（G6S黏多醣症Mucopolysaccharidosis）基因型檢測在國際上的表示，正常型為TG、雜合子型為CG、有病型為G6S。G6S是一種遺傳缺陷所導致的代謝性疾病，且為一簡單的隱性基因遺傳。G6S最早是在1980年代由美國密西根大學的研究人員在努比亞山羊品種中發現的。G6S有病型的山羊約可活到3—4歲齡，症狀包括：體型小，失去肌肉協調能力，有免疫系統與心臟的問題，不易受孕，即使受孕也會有流產或死產發生，維持懷孕過程困難等問題。畜產試驗所遺傳育種組為使養羊業界易於分辨與瞭解，且容易推廣，故又標示羊生長遲緩基因之正常型為AA、雜合型為AB、有病型為BB。推出配種建議：『AA配AA』、『AA配AB』，『少採AB配AB』予各養羊戶。進一步建議：檢測留種的種公羊，淘汰雜合型公羊。若有特優的雜合型公羊，想要留種，則仍可選留經檢測為正常型的仔羊作為下一世代種羊。如果你想要成為種羊場，那最好是全場都檢測，現在世界各國賣羊（尤其是努比亞山羊）都會附代保證是沒帶此不良基因的好羊。藉由山羊G6S分生檢測技術的應用，協助養羊產業將此不良基因篩除，以減少因此一不良基因所造成的經濟損失。

只有公母羊都是G6S雜合AB型才會生出有病G6S型。建議檢測留種的種公羊，淘汰雜合型公羊。若有特優的雜合型公羊，想要留種，則仍可選留檢測為正常型的仔羊。

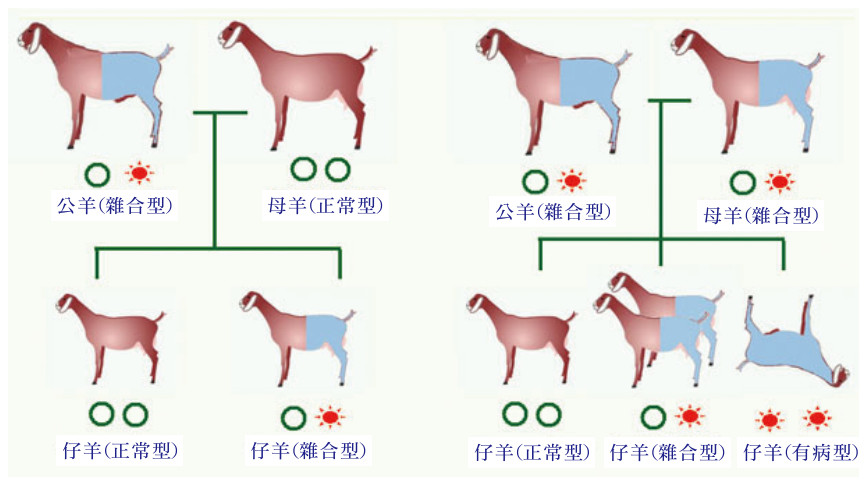


圖 11、羊生長遲緩基因之配種建議

二、有利基因選配

畜產試驗所已有能力進行羊隻高體重（**POU1f1**）基因及羊肉柔軟（**CAST**）基因之檢測。種畜禽選育為畜禽產業發展之根本，行政院農業委員會畜產試驗所為協助種畜禽飼養業者檢測個別動物基因，以增進畜禽性能改進與親緣關係之驗證，依規費法第七條第一款規定，應收取行政規費，並依第十條第一項訂定收費基準，爰訂定「行政院農業委員會畜產試驗所種畜禽基因檢測服務收費標準」。服務聲明：檢測結果僅提供委託者作為基因選種參考依據，不得作為廣告、出版物及商業推銷之用。凡各公民營機關團體、廠商及農友填具基因檢測申請表，如遇特殊情形，經說明後得婉拒之。申請委託者自行採集血樣，採血後請注意要將**5 mL**血液與**EDTA**混合以避免凝血，並標明樣品編號。血樣（如無法立即寄送請將血樣置於**4－8℃**冷藏貯存）以冷藏方式送達行政院農業委員會畜產試驗所臺灣畜產種原中心。畜產試驗所臺灣畜產種原中心檢驗單位收到樣品後，在二週內提出檢驗報告。如遇特殊情形，得依收件順序分批進行檢測服務，期限不受上述限制。

行政院農業委員會畜產試驗所畜產專訊第**65**期（**2008**年**9**月）刊登黃鈺嘉、林德育與廖仁寶等三人的山羊的遺傳標記應用專文，被轉載於羊協一家親第**48**期（**2008**年**12**月）。台灣的養羊產業是以山羊為主，到底有那些基因遺傳研究，可以用來協助養羊產業呢？以下是一些基因型資料的整理，供養羊產業基因選種參考。

多產基因

尋找影響綿羊多胎的主效基因已有成果，骨形態發生蛋白受體（bone morphogenetic protein receptor **IB**, **BMPR-IB**）基因和骨形態發生蛋白**15**（bone morphogenetic protein**15**, **BMP15**）基因是控制綿羊高繁殖力的兩個主效基因，可以用於對綿羊高產羔數的早期選種。早在**1982**年發現於澳洲**Booroola**美利奴綿羊的體染色體上**FecB**是綿羊高繁殖力主效基因效應，而**BMPR-IB**基因被定位在第**6**號染色體**6q23-q31**的區域內。此外，**BMP15**基因型亦在不同品種綿羊（**Inverdale**, **Hanna**, **Belclare**, **Cambridge** and **Lacaune**）上得到產羔數差異的驗證。中國數所大學於**2006**年研究發現，**BMP15**基因在濟寧青山羊、內蒙古絨山羊、安哥拉山羊和波爾山羊既未發生與**Inverdale**綿羊相同的**V31D**（**T896A**）突變，也未發生與**Hanna**綿羊相同的

Q23Ter (C871T) 突變；證明BMP15基因這2個突變位點對濟寧青山羊的高繁殖力沒有顯著影響。但根據朱等人於2007年應用SSCP技術檢測濟寧青山羊族群發現，BMP15基因型之AB型母羊可較AA型母羊，平均多1.13頭產羔數。

酪蛋白基因

羊乳中的酪蛋白是由 α s1-酪蛋白 (α s1-casein)、 α s2-酪蛋白 (α s2-casein)、 β 5-酪蛋白 (β 5-casein) 及 κ -酪蛋白 (κ -casein) 所組成。這些酪蛋白各有豐富的基因型多態性，其中 α s1-、 α s2- 與 β -酪蛋白具有遇鈣凝集之特性，故統稱為鈣敏感性酪蛋白 (Ca-sensitive casein)，而 κ -酪蛋白在含鈣溶液中仍呈現溶解狀態，因此稱為鈣不敏感性酪蛋白。山羊乳 α s1-酪蛋白多態性至少有七種不同的交替基因，以阿爾拜因山羊基因型而言，AA型乳蛋白固形物含量最高，但其他的基因型，如FF，則有些許風味上的優勢，法國已將其納入人工授精公羊的選拔計畫中。

無角基因

自從1920年開始，無角公山羊在畜牧業生產上已被應用，因無角突變基因與間性 (intersex) 基因群連鎖，故間性山羊就伴隨而生。間性是指遺傳上為雌性，但在發育過程中內生殖器官或外生殖器官出現雌雄兩性相兼，沒有生育能力，故山羊的間性是一種嚴重的繁殖障礙，對畜牧業生產帶來極大地危害，相繼有許多科學家從外形、解剖學、組織學與細胞遺傳學等方面做了研究，並於1994年確定無角間性基因座PIS (Polled Intersex Syndrome locus)；1996年近一步被Vaiman 定位在山羊第一號染色體末梢1q43的區域。實務應用上，目前仍以篩除外表型無角的山羊，以降低間性羊的不孕損失，主要應用於撒能山羊。

MHC相關基因

MHC基因是由緊密連鎖和高度多態的基因座組成，MHC基因家族主要包括三類，I類基因區內含七個以上基因座，II類基因區包括六種以上的亞區。III類基因區位於II類與I類基因區之間，內含眾多編碼補體成分和其他血清蛋白的基因，如熱休克蛋白70 (heat

shock protein 70, HSP70)。反芻家畜的MHC比較研究發現，綿羊和山羊MHC基因的DNA序列比牛少的多。綿羊、山羊和牛的MHC具有非常相似的結構，且在DNA序列具有同源性。人類MHC基因位於第6號染色體，山羊位於第23號染色體，綿羊位於第20號染色體，包含class I及class II區，class II區至少包括DRA、DRB、DQA、DQB、DNA、DOB、DM和DN等基因座位。牛、綿羊和山羊MHC基因群的相同特點為高度多態性和連鎖不平衡，這種現象幾乎是所有脊椎動物MHC的共同特點。乳牛BoLA-DQA與BoLA-DRB基因型曾被用於探討與乳房炎易感性或抗病性相關議題，但目前尚無確切實用的結論。人類MHC-DQA2基因的SNP等位基因頻率，已被證實與妄想症狀存在顯著相關。但紐西蘭研究發現MHC-DQA2多態性與綿羊的腐蹄病抗病能力有關。

抗搔癢症基因

羊搔癢症（Scrapie）最早於1730年在英國綿羊被發現。研究認為牛隻傳染性海綿狀腦病（狂牛症）可能是吃了感染羊搔癢症的羊隻製成的肉骨粉所致，人類才驚覺羊搔癢症的嚴重性。狂牛症會造成人類或動物腦組織海綿狀病變，1982年美國神經生化學家發表羊搔癢症Scrapie之致病物質為一不含核酸，僅具蛋白質的粒子，並將其命名為普粒子（Prion）。正常動物及人類許多細胞表面皆含有Prion，簡稱PrPC，由於不明原因使其結構改變為褶板樣結構，發生異構現象的普粒子稱PrPSc，具感染力與病原性，無法被正常蛋白酵素所水解，故會堆疊於腦組織中，尤其是神經細胞，引起神經細胞凋零，繼而星狀細胞移除凋零死亡之神經細胞，形成腦組織之空洞變化。選育抗狂牛症牛及抗搔癢症羊的選育研究，主要是選拔在感染群中，具有抗病力的個體，並探討搔癢症基因PrP基因的特殊性，該基因座具有高度的多態性。綿羊研究已證明ARR等位基因，具有抗PrPSc構型轉變基因的功能，可選拔具有抗PrPSc構型轉變基因的羊，阻止搔癢症的漫延。歐盟自2003年起，也有綿羊的ARR等位基因選種計畫。山羊搔癢症的研究在日本118頭山羊，即發現有19種基因型，西班牙等國亦有不同品種品系

不同抗病基因型的結論，但實際應用於選種工作仍需考量品種改進差異性存在問題。

三、國際選種趨勢

因應經貿全球化與自由化趨勢，台灣養羊產業必須從「品種改良」、「品質保證」及「品牌行銷」開創競爭利基，加強創新研發、國際行銷及企業化經營，建構養羊產業增值體系，升級為精緻化的一級產業、高附加價值的乳品與肉品加工業，及具有特色的山羊產品有關休閒農業，並建立產品衛生安全認證制度，讓消費者能夠安心享用安全的產品，營造台灣養羊產業的新格局，打響台灣產品品牌，讓台灣養羊產業在新世紀中確保競爭優勢，成為永續發展的明星產業。

經濟育種上，整合具重要經濟價值之全國種羊遺傳資源，加速全國種羊同步改良腳步與提高產業競爭力。加強全國種羊育種資料庫與資訊網路之方便性，達到優良種羊重要經濟性狀國際評比與國內排名之實用目標。結合分生技術與數量遺傳學原理於種羊選種技術之應用，建立種羊遺傳標記輔助選拔系統，且逐步將重要遺傳標記納入種羊基因登錄系統，方可建構完整之種羊遺傳育種資訊。

基因條碼在國家用種羊生產履歷之經濟效益及基因條碼整合應用系統，在支援有出口競爭力的台灣種羊及其後裔產品的生產履歷體系時，可協助個體生產履歷及基因條碼稽核，進而確保台灣種羊品質與品種的產地標識附加價值。基因條碼最終可與RFID的內編碼技術結合，尤其是具有識別功能的內編碼。肉用種羊飼養期以生產履歷及基因條碼整合應用系統管理，產品行銷再結合電子標識科技，則不僅可同時保有基因條碼的內在特性，更可讓我國山羊產品無法被仿冒。