

第三章 飼養與育種

張維正

本章在於描述飼養與育種的重要性，遺傳學是屬於生命科學中研究基因遺傳表現的科學，經由遺傳學來了解子代與親代相似或不同的原因，確認實驗動物品系之遺傳特性，有助於動物之飼養管理與試驗之進行。飼養管理係指實驗動物對環境的要求，如飼料採食的數量與種類、飲水量、生活習性、光照時間、適當的溫、濕度等。現代營養學則是運用最先進之科技，以探究飼糧經動物攝取後，其於體內被消化利用之過程變化，再以此資訊調製出最佳之飼糧予動物使用，藉以滿足健康及福祉之需求。

第一節 實驗動物遺傳學

吳希天

遺傳 (inheritance) 是指遺傳信息由親代及祖先傳遞至後代的一種現象，遺傳學是屬於生命科學中研究基因遺傳表現的科學，經由遺傳學來了解子代與親代相似或不同的原因，簡單的說就是造成動物生理表現之主要原因。個體遺傳表現直接影響到動物之生理機能、行為模式及飼養管理。飼養管理係指實驗動物對環境的要求，如飼料採食的數量與種類、飲水量、生活習性、光照時間、適當的溫、濕度等。確認實驗動物品系之遺傳特性，有助於動物之飼養管理與試驗之進行。

一、遺傳物質-染色體與基因 (Chromosome and gene)

遺傳學在早期最重要的發現，為生物體之性狀或生理特徵可經由已知的遺傳物質—基因 (gene) 代代相傳。性狀因而成為遺傳之特徵，如皮毛、眼睛之顏色、腳趾數目、腸之長度等。

基因位於染色體 (chromosome) 上，由化學物質 DNA (deoxyribonucleic acids, 去氧核糖核酸) 所組成。染色體成對之構造，可在動物細胞核內發現。染色體之對數隨物種不同而異，但同一品種的動物則有相同的對數。例如小鼠有 20 對 ($2N=40$) 染色體，大鼠 21 對 ($2N=42$)，天竺鼠 32 對 ($2N=64$)，倉鼠 22 對 ($2N=44$)。唯一具不成對染色體 (N) 之細胞為卵子與精子。當卵子與精子結合後則成為接合子 (zygote) 或稱之為受精卵，染色體再度成對 ($2N$)，父母各提供單套 (N) 的遺傳物質傳遞至下一代。

二、基因之表現 (Gene expression)

基因之表現也就是生物體實際上的生理性狀，主要來自於父母提供成對基因間之交互作用。每一對染色體上的基因可概分為被表現 (dominant, 顯性) 或不被表現 (recessive, 隱性)。例如：某一動物由雙親之一方獲得隱性基因棕色皮毛基因 (b)，由另一方獲得顯性基因黑色皮毛基因 (B)，則此動物將表現黑色基因之黑色皮毛 (Bb) 性狀。但它仍攜帶棕色皮毛基因 (b) 且可傳至下一代，當其子代中碰到同為帶棕色皮毛基因，而結合成為純合子 (bb) 時，可再次出現棕色皮毛之後代。

簡單的說，當基因型 (genotype) 為 bb 時，其表現型 (phenotype) 為隱性的棕色皮毛；當基因型為 BB 或 Bb 時表現型為顯性的黑色皮毛。(如圖 3.1)

$Bb \times Bb$			基因型	表現型
↓				
BB	Bb	bb	BB	黑色皮毛
└───┬───┘			Bb	黑色皮毛
黑色皮毛		棕色皮毛	bb	棕色皮毛

圖 3.1 黑色皮毛之親代有可能出現棕色皮毛之子代

三、突變 (Mutation)

基因由親代傳至子代時偶爾會出現改變或突變。突變之產生可能為自發的，亦可能因化學物質或物理環境因素所導致。基因突變大部分會造成動物之傷害，但有時也可能有益於動物之演化，只有在這些改變影響到染色體之遺傳物質 (DNA) 時，才會改變子代之表型。飼養管理員的職責之一就是發現與報告這些不尋常的動物。這些動物可能出現有利之突變，而有助於研究者了解疾病之致因或生命現象。飼養管理員若需照顧這些突變種動物，則需儘可能學習與明瞭此種動物之特性。

第二節 實驗動物繁殖及育種

吳希天

一、繁殖 (Reproduction)

精子與卵子結合稱為受精 (fertilization)。大部分哺乳動物的受精作用是在雌性生殖道中進行，其他的動物，如大部分的兩棲類，便是在體外進行受精作用。大部分哺乳類動物的受精卵在雌性動物的子宮中植入並生長，鳥類及爬蟲類的胚胎通常在動物體外蛋殼內發育。

受精卵之發育需經過著床，並在母體子宮內成長。胚細胞期 (embryo stage) 指胎兒 (fetus) 未成形前，受精卵之發育過程。由胚細胞期發展至胎兒，乃至出生，稱之為懷孕期 (gestation period)。懷孕期之長短因動物種類而異，並且影響動物飼養者對其族群維持之控制。懷孕期之結束稱為分娩 (parturition)。表 3.1 為實驗動物之一般繁殖性狀。

表 3.1 實驗動物 (小鼠、大鼠、倉鼠、天竺鼠) 之一般繁殖性狀

繁殖性狀	小鼠	大鼠	倉鼠	天竺鼠
體溫	37°C	37°C	37°C	38°C
心跳/分	600 (328-780)	328 (250-600)	450 (250-600)	230-320
體重	♂ 25-40 g	400 g	80-110 g	500-800 g
	♀ 25-40 g	300 g	80-110 g	500-800 g
性成熟	7 週	13 週	7 週	12 週
動情週期間距	4-5 天	5 天	4 天	16-18 天
發情期	10 小時	13-15 小時	20 小時	6-11 小時
排卵時間	發情開始	發情開始	發情開始	發情開始
	2-3 小時	8-10 小時	8-12 小時	10 小時
懷孕期	19-21 天	20-22 天	15-18 天	60-65 天
平均胎仔數	6-12	7-11	5-10	2-4
平均離乳日期	21 天	21 天	21 天	18-24 天
平均年齡	2.5 年	3 年	2 年	6 年
繁殖生命期	8 個月	1.5 年	1 年	2-4 年

參考資料: Stark.D.M.&.M.E.Ostrow,1991

雄性在到達性成熟後可持續生產精子，並在任何時間進行交配。而雌性則在出生時即伴隨著一生所能生產的固定數目卵子，直到性成熟，出現動情週期（estrous cycle）後，才漸漸的釋出成熟的卵子，並可受精、發育。在每次動情週期之發情期，雌性才允許雄性與之交配，而排卵（ovulation）即發生於此時。鼠類實驗動物配種成功與否，可於交配次日觀察雌鼠生殖道是否出現精栓（plug）；懷孕與否則需於配種次日以後採取外陰部之上皮細胞，鏡檢觀察其變化情形得知。

二、育種（Breeding）

依對親代與子代相似性或差異性的要求而有許多不同的育種計劃。育種計劃的選擇，則以對動物的合適與否及研究步驟的需要來決定。

（一）、遠親配種品種（Outbred stock）或逢機配種族群（Ranombred stock）

指同一族群內非兄妹血緣之配種計畫，其結果可產生最大的遺傳變異。利用這種配種方式常可生產較具活力且胎仔數多之實驗動物。逢機配種族群主要應用於研究上之對照組，而生產此種族群就是要保存其遺傳之變異性，也就是維持族群中之異質性（heterozygosity）。

常見之遠親配種品種有，小鼠：ICR，大鼠：SD，倉鼠：Syrian，天竺鼠：Hartley等。

（二）、近親配種純品系或近親品系（Inbred strain）

近親品系是由兄妹近親配種 20 代以上所育成，此品系育成之目的，即是要減少遺傳上之變異性，因此所有的後代皆具有相似的遺傳型與外表型。理論上近親配種 21 代以上，其同質性（homozygosity）可達 98.4%。

配種之方式採兄妹交配方式，選取一對當作種原，每一世代再選取一對兄妹留種，依此方法繼續兄妹交配並保持單一系譜（single line）原則留種。近親品系之種原庫只能維持少數幾對，一般不超過 12 對，以免突變之差異而導致支品系之出現。控制種原才能有效控制及減少變異性之發生。常見之近親品系實驗動物有，小鼠：A/HeN, BALB/cAnN, DBA/2N, C57BL/6N；大鼠：LEW/SsN, SHR/N, WKY/N 等。

近親品系實驗動物的維持及生產計劃可參考圖 3.1。負責種原保存的動物中心，或供應實驗動物的生產公司對其種原族群（foundation colony）動物的飼養管理，尤其是育種方式、系譜登錄要特別嚴謹。飼育環境最好維持在具空調、燈光、溫溼度、微生物等控制下的隔離區（barrier）內。至於近親品系的繁殖，視其需要，可利用系譜繁衍族群（pedigreed expansion colony）、繁衍族群（expansion colony），或生產族群（production colony）來擴大其生產量。系譜繁衍族群仍建議採行兄妹交配的原則，而繁衍族群及生產族群則可採用逢機交配的方式來擴大產能。

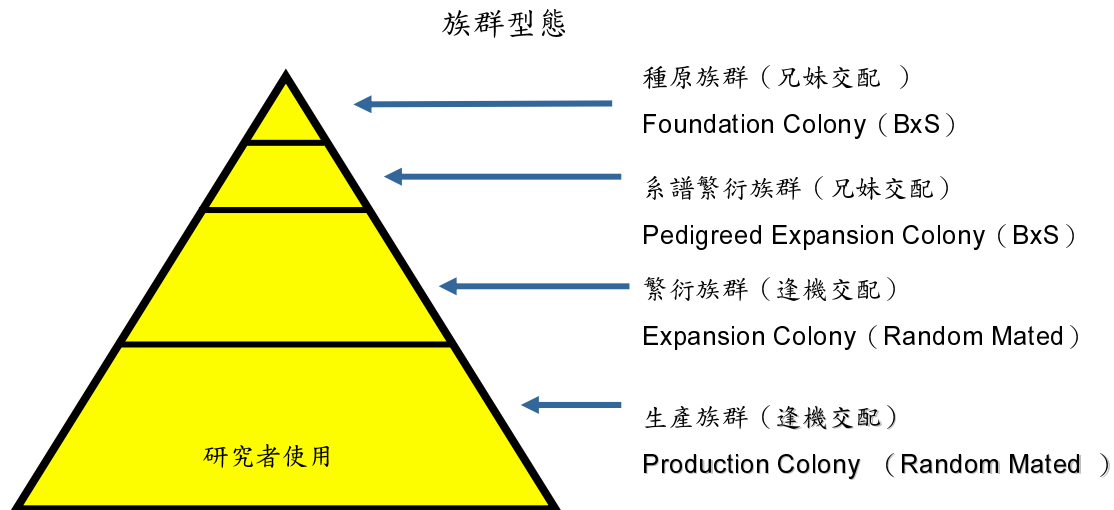


圖 3.1 近親品系實驗動物的維持及生產計劃

(三)、其他育種計劃

對於犬、貓、豬等其他動物的繁殖計劃，通常是將具有相似個體特質的動物交配，使其子代保有與親代相同的特性。當這些動物共同擁有一個或數個相同的祖先（如曾曾-祖父母）時，稱之為線型育種（line breeding）。其他不同血統的動物間交配，例如德國狼犬與拉不拉多犬配種，則稱之為雜交育種（cross breeding）。

三、繁殖配種系統

(一)、單一配種 (Monogamous)

一般而言，選取一對父母鼠於其繁殖生命期內，共同繼續配種繁殖（一夫一妻制）。這種方法使動物紀錄的保存單純化，而且一旦建立配對後，便可自動保持嚙齒類動物的近親或遠親品系。沙鼠是執行一夫一妻制最成功的實驗動物之一。

(二)、多位配種 (Polygamous)

單一公鼠與二隻以上母鼠配種（一夫多妻制），最多可使用 6 隻母鼠於此配種系統。使用此法可能會因母畜共同負起照顧仔畜的責任，而使難以辨別仔畜產自哪一隻母畜而造成紀錄上的困難。這種系統適用於不需要知道親緣關係的繁殖族群。採用此系統時，需注意動物飼育籠的大小需足夠容納成畜及仔畜，直至仔畜離乳（與其父母分開）為止。這系統常用於靈長類、大鼠、小鼠、天竺鼠及如綿羊等較大型動物。

(三)、密集交配 (Intensive breeding)

母鼠生產後 12 小時內，會有產後發情（postpartum heat）之現象，若公鼠適時交配，則母鼠仍可繼續哺乳仔鼠，並同時懷胎，當仔鼠離乳之後數天。母鼠亦會再生下另一胎。這種連續不斷地哺乳、懷胎、生產之交配方式，稱之為密集式交配系統。

(四)、非密集交配 (Non-intensive breeding)

當母鼠懷孕之後即與公鼠隔離，於生產後繼續哺乳仔鼠，直到離乳之後再把母鼠放入公鼠籠內進行配種，此方式稱之為非密集交配系統。

(五)、分離飼養 (Separate Housing)

公母畜平時分開飼養，只在配種期間飼養在一起。這種飼養方法對育種動物的需求量較小，且可準確的紀錄，但勞力的花費會較高。如公畜會殘害仔畜，或公母畜彼此好鬥時，則可選擇此種配種方法。兔子及倉鼠便是因為此種原因而分開飼養，只有在配種時才會飼養在一起。

(六)、其他育種時的注意事項

1. 必須審慎考慮選擇良好的育種族群。
2. 動物需健康、年輕且不好鬥。
3. 母畜需表現照顧仔畜或有足夠的泌乳量等良好的母性特質。
4. 需持續定期監測育種動物的健康。
5. 任何不適或疾病的徵兆都需立即報告。
6. 新的育種族群需先經過謹慎的健康檢查後才可加入繁殖族群中。

(七)、育種動物的維持

一旦決定育種計劃、配種系統及紀錄方式後，便可以建立一個繁殖族群。部分的動物，特別是正在照顧第一胎仔畜的嚙齒類動物及兔子，可能會因頻繁的觀察或不尋常的環境變動而遺棄、殺害或解體仔畜。較為明智的做法是仔畜出生後延後數天才進行飼育籠更換或其他非立即必要的飼育工作，以避免新生仔畜的損失。對於新生仔畜的捉拿減至最低是一般的通則。

四、紀錄保存

保存正確的紀錄對動物育種計劃來說是必要的，下列提供育種族群所需的紀錄：

1. 育種族群、品系或動物種類。
2. 血統、族譜。
3. 動物識別編號。
4. 性別。
5. 配種日期。
6. 分娩日期及子代數量。
7. 離乳日期及子代數量。
8. 仔畜的性別。
9. 獸醫囑咐。

第三節 實驗動物飼料製備與運用

張維正

營養與實驗動物健康有極密切之關係。動物個體必須將食物經攝取、咀嚼、吞嚥、消化、吸收、代謝、轉換、及排泄等物理及化學變化作用，將食物中之營養份，轉變成身體可利用之物質，以便進行基本代謝作用，修補身體組織構造，維持身體恆定狀態，進而供給動物生長及生產製造（乳、肉、毛、蛋）所需之物質。動物必須從每日飲食中獲得必要之營養份，以維持身體之健康。現代營養學則是運用最先進之科技，以探究飼糧經動物攝取後，其於體內被消化利用之過程變化，再以此資訊已調製出最佳之飼糧予動物使用，藉以滿足健康及福祉之需求。

一、飼料營養成分

品質良好之實驗動物飼糧，應含有均衡且足量之必要營養分，以供動物代謝所需。營養分依化學性質及其功能，可分為水分（water）、蛋白質（protein）、碳水化合物（carbohydrates）、脂肪（fats）、維生素（vitamins）、及礦物質（minerals）等六大類。

蛋白質由胺基酸組成，飼料中之蛋白質需經消化分解成胺基酸，才能被利用。動物體內約有二十種胺基酸，部分胺基酸可由體內碳及氮元素合成，稱為非必需胺基酸。有些則無法由體內自行組成或組成量不足體內所需，如精胺酸、白胺酸、甲硫胺酸及苯丙胺酸等，需由飼料提供，稱之為必需胺基酸。不同動物其必需胺基酸種類會稍有不同。不同蛋白質是由不同的胺基酸組合構成，因而在合成蛋白質時，一定要有一定比例的必需胺基酸。當體內進行合成時，除非有足量之限制胺基酸存在，否則其他胺基酸的利用會受到影響。因此，在配製飼料時，務必供應適當比例之必需胺基酸，以免障礙產生。

胺基酸無法蓄積在體內，攝取過量對動物並不會造成妨礙，過剩的胺基酸可被肝分解作為能量的來源。利用胺基酸作為飼料能量之來源，為較差之飼料配方設計，此往往會導致飼料製作成本的提高。

蛋白質為體組織的基本構造，包含肌肉、神經、結締組織、酵素、抗體、血球等。體內蛋白質含量是呈動態之變化，即體組織不斷地在進行更新修補，當蛋白質之合成速率大於分解速率時，動物個體才能進行生產的功能，如胚胎形成、成長、泌乳等。

飼料中蛋白質添加的量應與蛋白質的品質有關，即需考慮胺基酸成份、蛋白質之消化率及消化後營養成份之利用率等因素。理想的飼料，其胺基酸組成需求，不可能只藉由一種蛋白質性原料調配而成，通常都會利用多種蛋白質原料，藉由彼此間的調配互補，以獲得均衡的胺基酸需求。一般作為動物飼料蛋白質原料，其含硫胺基酸的含量較低，因而在製作時會額外添加 methionine，以補充不足的部分。



圖 3.2 代謝籠架

(一)、能量

脂肪及碳水化合物為飼料中主要能量之來源，其功能為提供動物進行肌肉收縮、代謝反應、體溫維持、修補合成組織時必要的燃料。蛋白質亦可作為能量之來源。

碳水化合物為動物飼料中最大宗的能量來源，常見者為穀類（如大麥、燕麥、玉米及小麥）中所含有之澱粉及醣類。澱粉可為唾液及腸道中之酵素分解成單糖後，直接被吸收利用，或經腸道中微生物之發酵作用，分解碳水化合物以供宿主利用。一克之碳水化合物約含有 17 kJ 之熱量。



圖 3.3 代謝籠架之飼料盒

脂肪為高單位之能量來源，其熱量值約為碳水化合物之兩倍（38 kJ/g）。體內能量之堆積亦以脂肪形式存在。脂肪除了作為能量來源外，亦可幫助其他物質之吸收（如脂

溶性維生素)。脂肪酸亦為體內必需之營養成份，若缺乏則會造成機能異常。通常飼料之適口性會因脂肪之添加而有所改善。

食物中含有的能量值是由消化率及存在化學能推算出來，飼料完全燃燒所產生之能量稱之為總能 (gross energy, GE)，一飼料的總能並不等於該飼料之消化能 (digestive energy, DE) 或代謝能 (metabolizable energy, ME)；消化能為總能扣除糞便中之能量，而代謝能則為消化能扣除尿和發酵氣體的能量。同一種飼料的代謝能對不同種動物而言是不相同的，差異性主要來自生理特質及消化道構造之不同。在計算飼料配方時，這三種表示法有其代表之意義，其中要以代謝能較能精確顯示飼料中可被動物利用的能量總值 (飼糧熱能轉換表請參閱附表)。

能量需求與動物之體型大小、體表面積、活動多寡、生理狀況及環境溫度有關，通常是以代謝體重 (metabolic body weight, $BW^{0.75}$) 來換算。維持、成長、懷孕及泌乳狀況下所需之能量要高於此值。實驗動物因被局限在有限空間中，活動量少，因而維持所需之能量與基礎代謝能是相當的。懷孕期採食量會增加，而泌乳期間所需的能量也會遠超過生長所須。

(二)、蛋白質-能量比

一般而言動物之攝食量是依其能量需求而定。即在任意採食的條件下，當個體攝取到足夠之能量時，動物將不再進食。因此如何在動物取得足夠之熱量時，也獲得足夠之其他營養份，在設計飼料配方時，就要考慮各成分間之比例了。蛋白質-能量之比值即為一衡量之標地。例如，當餵飼高能量飼料時，動物的攝食量會比低能量飼料少很多，此時若沒調整蛋白質或其他營養份之比例時，則這些營養份的攝取量也因而會減少很多，相反地，在低能量飼料情況下，其他營養份的攝取量可能就會有過多之情況產生。因此在設計飼料時，必須注意能量與其他養分含量間之關係，避免有不足的情形出現，尤其是蛋白質含量。若蛋白質能量比值過高，動物對胺基酸的攝取量會不足，而使得生長或繁殖性能變差。反之，若比值較低，則胺基酸會被作為能量的來源，是非常不經濟的作法。

(三)、纖維

植物性飼料中有大部份之成份是為單胃動物所不能利用的，一般我們通稱此為纖維。一般飼料標示之粗纖維，是指在體外利用酸性或鹼性溶液去消化所殘留之部分稱之。飼糧纖維 (Dietary fiber) 指的是一群不可消化之碳水化合物而言，包括膠 (gums)、半纖維素 (hemicellulose)、纖維素 (cellulose) 及木質素 (lignin)。纖維素並無營養價值，但因具有膨大疏鬆之特性，有助於腸道內容物之移動。另外，纖維具有蓄存水份之特性，且可使消化酵素容易接觸到腸內容物，使養分之消化及吸收更易進行。飼料中添加纖維亦可改善適口性。然而部分礦物質會吸附在纖維上，致使其之被吸收效率降低。纖維之主要來源為植物性，尤其是穀類，如燕麥、小麥。在純化飼料中習慣上會添加 5-10% 之纖維素。

(四)、維生素

維生素為飼料中之微量成份，但為動物進行各種生理代謝機能所必需之元素。通常可因其物理性狀，概分為脂溶性（如維生素 A、D、E、K）及水溶性（如維生素 B、C）維生素等兩大類。脂溶性維生素可蓄積在體組織中，故可不需每日供應。而水溶性維生素不易蓄積在體組織中，因此必須由每日飼糧中提供。

維生素於代謝反應過程中，扮演著輔酶的角色。維生素於天然產物中含量豐富，例如穀類及酵母菌含大量之維生素 B 群，魚油中富含維生素 A 及 D，新鮮綠色蔬果則富含維生素 C 及 K。維生素 D₃ 可經陽光紫外線照射而在皮膚中形成；鳥類無法有效利用 D₂，因而需在飼料中添加 D₃。多數之哺乳類動物均可有效運用 D₂ 或 D₃，唯獨新世界猿猴類在運用維生素 D₂ 之效率會差些。胡蘿蔔素為維生素 A 之前驅物，綠色植物中含量高，其中又以胡蘿蔔素（b-carotene）之活性最佳。就多數動物而言，維生素 A 之產製主要在腸壁及肝臟中進行，唯獨貓類是例外。

(五)、必需脂肪酸

必需脂肪酸指的是亞麻油酸及亞麻仁油酸。兩者都無法在體內合成製作，必須自植物性油中獲得。實驗資料顯示，多數不飽和脂肪酸具有類似維生素之功能，若在飼料中缺乏時，則會造成生長延滯、皮膚炎及皮屑。

(六)、礦物質

在動物營養上，依身體對其需求量之多寡，而可分為多量元素及微量元素。身體需求量最大之礦物質元素為與骨骼形成有關之鈣、磷及鎂元素；與細胞及組織液滲透壓之維持有關之鈉離子、鉀離子、鎂離子及氯離子；而微量元素除了具輔酶之功能外，其他如鐵與銅和血紅素合成有關；碘與甲狀腺素合成有關；鈷則與維生素 B₁₂ 合成有關。多數之礦物質都可自作物原料中獲得，部分亦存在飲水中，因此在配製飼料時，通常並不需要額外添加。鈣則會以碳酸鈣之型式添加。有些植物中含有大量之植酸（phytates），影響到礦物質如磷、鐵、鋅及鎂之吸收利用，此時在調製飼料時須額外添加。純化飼料中則需添加所有之礦物質。

(七)、水

水為支持動物生命功能之重要營養份，但往往為人們所忽略。就成熟動物而言，水分含量約占總組成 50%；血液中的含水量則高達 80%。除此之外，水在動物體內亦參與多項功能：

1. 體細胞內參與生化反應，如營養元素之分解、組成、代謝。
2. 細胞內之溶劑，以利組織細胞間氣體、養分之運輸交換。
3. 正常體溫之維持。
4. 代謝廢物之排泄。

嚴重脫水往往會導致體細胞機能停止，甚至造成個體死亡。因而經常不斷地供應純淨水源供實驗動物飲用，對正常生理機能之維持與生命之延續，是相當重要的。



圖 3.4 水瓶及飲水頭

動物每日需水量，會因動物種類、年齡、生理狀況、活動量、環境氣候、乾料攝取量、和飼料種類而有所不同。動物體內所需的水份，至少有三種主要來源，（1）直接飲用；（2）食物含有的水份；及（3）代謝產生的水份。後者可經蛋白質，脂肪，碳水化合物氧化代謝後產生。不同地是蛋白質代謝後，會產生尿素，在正常狀況下，尿素會隨著體液循環排至體外。倘若在餵飼高蛋白質飼料時，未能充分供應飲水，體內尿素無法有效排除，則會導致動物組織細胞產生中毒現象。在餵食高蛋白質飼料，或只供應乾料時，一定要給予動物足夠之飲水。嚴重脫水時，動物會出現拒食之現象。

實驗動物的飲水應以提供新鮮純淨之水源，並採自由飲用為原則。實驗動物飲水，通常需經處理，以除去不必要之污染源，如致病性微生物，有機物質及化學物質之污染。其中所含有之礦物質有時也可補充食糧中所缺乏的部分。然而在具有水處理設備之機構，存在水中之微粒溶質，都會被過濾移除，因而在設計飼料配方時，可不考慮此部份之含量。

常見之水質處理方式，有逆滲透法、氯離子殺菌法、酸化處理、臭氧處理及紫外線照射法。另外，如蒸餾法和過濾處理也有人採用，但僅適用於小規模之動物設施。這些方法中以逆滲透效率最高，所獲得的水質較穩定。



圖 3.5 逆滲透膜 (RO) 純水製造系統

二、飼料配方設計變因

(一)、品種之差異性

飼糧之選擇，須視物種需求及習性而定，如草食性動物 (herbivores) 當以植物性食物為主，因為它們體內具有大量之微生物可以消化分解大量纖維；肉食性動物 (carnivores) 則需仰賴動物性食物為主，它們對纖維之利用效率則相當低；當兩者食物互換，除體內消化系統無法有效發揮功能外，有些成分甚者會導致個體產生中毒現象。

再者，同種間不同品系的動物，會因遺傳基因表現程度差異，而有不同的營養需求。例如在 ODS 大鼠，因為基因突變造成 L-gulonolactone oxidase 酵素缺乏，使個體無法合成維生素 C。其他如靈長類動物、天竺鼠等，亦無自體合成維生素 C 的能力，因此，針對這類動物，在飼養時就必須於飼料中添加維生素 C，以滿足這類動物身體需求。另一不當餵飼之典型範例為，持續性餵飼兔子高脂性飼料，會造成其心血管疾病，這種做法在實際操作上是為建立研究用之動物疾病模式。

(二)、個體生理狀況

飼料中營養份含量必需依動物個體需求加以估算，然後再選擇飼糧原料加以配製。動物在不同的生理狀況中，如生長、懷孕或泌乳時，對營養需求會有極大之差異。經濟動物為得最大之產能效益，例如要獲得最高之乳、蛋、毛之產量，就必須在其基本代謝所需之外，額外對飼料成分作最佳之調整，以滿足動物在進行上述產能工作中所需之養分。一般飼養在實驗室之實驗動物，因為少有空間進行追逐活動，因此除非是屬於年幼或懷孕生產者，否則不應給於過量之食物，以免發生過胖現象。

(三)、生存環境因素

環境因素會改變動物對養分之需求。就恆溫動物而言，若暴露在熱中性帶（thermo neutral zone）以外的溫度，必須消耗額外的熱能，進行散熱或增溫作用，以維持體溫之恆定。在現代之動物房舍中要出現極端氣候變化之情況，其機會是相當的低，只有在機械故障或停電情況下才可能出現。因此通常在選擇估算飼料時是不需要考慮到環境因素，但是如果對象為飼養在戶外之農場動物，則需考慮冬天及夏天之差異需求。

動物設施使用之材質有時亦會影響動物健康。例如，動物可由鍍鋅的盒子表面接觸攝取到鋅元素；而養在實體盒子的動物，則可由糞便中攝取到額外之養分。溶解在飲水中的金屬元素，如由銅管釋出之銅元素，也會影響到動物每日礦物質之攝取量。通常動物房選用之墊料是為不可食用、吸水性強、且不應含有毒性或污染物質。如果機構採用不當種類之墊料，動物接觸後會導致異常攝食，此現象會增加腸胃蠕動速度，加速物質通過腸道之速率，降低營養份之利用率，結果亦會影響到實驗結果；若墊料本身含有殺蟲劑或微生物毒素時，更會對動物造成直接之傷害。

（四）、微生物狀態

動物腸道中存在有極大數目的共生微生物，在正常狀況下，這些微生物在腸道中會利用宿主體內之有機物質不斷進行自體之代謝作用，有時可產生如水溶性維生素 B、K 及胺基酸等有機物質釋入腸道中，或可幫助纖維消化，提供宿主動物額外營養分。在無菌動物中，因腸道內微生物狀態與一般動物不同，因此在調配飼料時，必須調整飼料成分及製造方法，以滿足個體需求。糞便中亦含有消化道剝落之細胞或分泌之消化蛋白，當進行蛋白質缺乏試驗時，就須考慮是否容許食糞行為之發生。

（五）、研究條件

當今研究人員可向商業之飼料公司購買各式種類之飼料，例如缺某種胺基酸、維生素、礦物質或低熱能等之飼料，這些都是基於試驗設計考量，而必須給於動物不均衡之飼糧，以期在控制條件下短期內產生營養性疾病症狀。雖然是基於試驗之需要，但基於人道之立場，在試驗期間應對動物作密切之觀察，當出現不適現象時，在不影響試驗結果前提下，即應給予必要之醫療照護。另一常見之情況為在飼料中添加測試物質，此種改變會造成飼料適口性變差，此時即需留意動物是否有採食足夠之份量，是否需給予額外之飼糧。術後動物食慾往往會變得較差，此時必須給予適口性較佳的飼料或提供高養分濃度的飼料，以加速其康復速率。在限食性實驗中，應調整飼料配方，增加部分養分之濃度，以補充因攝食量減少而導致不足的部分，否則會影響到其他養分的吸收。

（六）、養分間的交互作用

在調製飼料時要留意養分間之關係，因為某種養分攝取量增加時往往會影響到另外養分之吸收和利用，例如改變飼料中能量的濃度，會影響到動物的攝食量。另外如不同的礦物質元素會有競爭同樣吸收位址和相同運送系統，例如鈣、磷、鎂及維生素 D 間之關係。如果是購買商品化之飼料產品，則此現象出現之機率極低。在一般動物設施中會出現此種情況有兩種可能性，其一為提供補充料，例如副食、蔬菜水果等；另一種狀

況為因試驗需要而需研究人員自己調配飼料，此時若察覺飼料配方中存在不尋常之養份濃度時，則應提醒研究人員考慮其會對其他養分造成何種影響，進而改變其他養分之含量，以為補救措施。

三、飼料配製原則

飼料製備應考量原料來源及種類、營養份含量、原料品質、製作成本、滅菌與否及儲存期限等因素，以製作出高品質且營養規格符合需求之飼料。

(一)、原料的選擇

原料的選擇往往受到產地、供應之區域性 (local supply)、購置成本、原料品質等級 (營養份品質之優劣) 等因素之影響。生產飼料所採用的原料，應選用普遍存在而且容易獲得的種類，而且在製作之前，應先將每批購得的飼料原料，進行「近似分析」，推算飼料中各成分的確實含量，包含污染物質之含量，以作為原料取捨、配方設計時的參考依據。同時針對任何一種原料都需詳加檢視，有無敗壞、長蟲、遭受污染或其他變質的狀況產生。實驗動物飼糧不應含有任何病原微生物，因而在原料之選取過程，就應作嚴格之篩檢。

(二)、飼料價格

低價購得的飼料，其營養成份含量，往往會有較大之變異性，品質也較難掌握，這些變數最終將顯現在動物實驗的結果中。事實上，就整個研究計劃經費而言，用於動物飼料之費用，僅佔極小之一部份，因此用價錢作為飼料採購之評估標準，是為不智之舉。反之，在進行較嚴謹的實驗時，更應採用純化飼糧來取代天然原料調製的飼糧，雖然費用會較高，但所獲得之實驗結果會較一致。

(三)、滅菌處理

目前市面上所販售之飼料，可分為一般飼料及需滅菌飼料 (autoclavable) 兩種。一般而言，需滅菌飼料其中所含有之部分營養成分會比一般飼料所含者為高，這是為彌補因加熱而造成之部份營養份破壞流失。這類飼料其價格通常會高於一般之飼料，且其營養成分含量遠超過動物之需求量，因此使用者在購買前，需先考慮自己之需求，是否需要購買需滅菌飼料，以避免額外之成本負擔及因營養過量而對動物產生不必要之干擾。



圖 3.6 需滅菌飼料

(四)、空氣及光照

飼料在製作過程中，若攪拌過度，會增加養分成分發生氧化之機率。尤其是一些易被氧化之元素，如維生素 A；若飼料中存在有酸敗之脂肪時，則氧化現象會加速進行。添加抗氧化劑有助於減緩氧化過程的發生。此外，飼料中亦有多種成份，經光照射後會起化學變化而遭破壞分解。常見者如 riboflavin、葉酸及維生素 B12 對於光較為敏感，因而在製作、運送、儲存期間，應將飼料存放在陰暗處，減少養分流失破壞的程度。

(五)、加熱處理

飼料在製作過程中，需經乾熱和蒸氣處理，此處理過程會導致營養分氧化變質，甚至產生有毒物質和抗養分吸收之物質出現。一般而言，破壞的程度與溫度及時間成正比。例如不當加熱處理，會使胺基酸在蛋白質中形成鍵結，或胺基酸與脂肪和碳水化合物鍵結，而形成不可消化的物質。多數維生素在高溫也會遭到破壞，特別是 thiamin、pyridoxine、維生素 A 及維生素 C。這種現象在純化飼料中的破壞程度會比在天然飼料為嚴重。加熱處理對飼料的物理性狀亦會有影響。例如顆粒會變形解體、硬度增加、凝結成塊或產生異味而降低適口性；另外，加熱處理不當，會導致黴菌孢子之滋長。飼料在製作時，可添加物質以達抗氧化、改善適口性、或抑制黴菌生長等效果。粒狀飼料結塊問題，可藉由利用抽真空式之滅菌鍋進行滅菌、減低平鋪飼料的厚度或在製作時加入滑石粉和二氧化矽等措施來加以改善。

(六)、適口性

另外一個調製飼料之重要因素為適口性。所謂飼料之適口性係指飼料可被動物接受之程度。飼料之適口性取決於物理性狀及味道二大因素；前者指顆粒大小及硬度，後者則須藉助原料的選擇、配方研究及製作技術，以生產出口感能被動物所接受的飼料。

飼料經過打粒處理後，有助於動物的攝取，且可增加動物的進食量。飼料浪費程度會因飼料形態、動物之食慾、飼料槽的設計之不同而有所差異。例如，若將太軟的飼料

放置在盒蓋上，或盒蓋鐵絲網間隔過寬，都會增加飼料浪費的可能性。這種情況，可考慮使用擠壓飼料，以減少飼料的浪費，並提高飼料之利用率。每種成分在打粒前若能完全磨碎粉化，這對減少浪費也會有很大的幫助。

就豬、狗、靈長類動物而言，往往需在飼料中添加調味劑或其他物質，以增加飼料之口感；這在兔子飼料中就不需要了。就實驗動物而言，這種促進口感之添加物也應盡量避免，以免影響到實驗結果。另外在改變飼料之口感的作法上，也可將之製造成不同之型態，例如：狗貓飼料有濕料、罐裝及半濕型（soft-moist）等三種型態。就兔子而言，採食粉狀飼料之意願會比粒狀飼料較低。嚙齒類動物及兔類，需藉助較硬之飼料來磨損門牙。然而太硬之粒狀飼料，對幼小動物而言，會影響其採食量及生長狀況。太鬆軟的飼料則易造成浪費、尤其是養在格狀網底之動物盒中。

四、飼料品管監控

國際間各研究機構對實驗動物品質的要求，日趨嚴格，目的是希望藉由減少動物個體間差異性（不論是遺傳形狀、生理特質和微生物狀態），來降低實驗誤差，進而提升實驗結果的可信度，在此要求之下，實驗動物的飼養管理技術，包含實驗動物飼料之製造，已變成一相當精緻的科學。

飼料品質之要求首重營養成分規格之標示、污染成分含量分析、飼料製作品質及運輸包裝技術等項目。不同品牌包裝的飼料，營養成分一定會有所不同，即使同一種飼料其營養成份也會因原料成分或產製批次不同，而有所差異，這種差異性對實驗必然會造成影響。此外經由原料所導入之非營養污染物質（如細菌毒素）、重金屬、殺蟲劑、肥料等污染物質，亦會造成實驗數據之偏差。因此，餵飼實驗動物應採用合格有保障之飼料，動物中心或研究人員應先取得飼料之品管報告資料，確認無誤後，再進行實驗。目前市面上較具規模之飼料供應廠商，在客戶之要求下均可提供每一批飼料的分析報告，包含營養價值、汙染物質含量等數據，以供研究人員參考。

就多數實驗而言，尤其是毒理及免疫實驗，飼料中都不應有化學性及生物污染物質。ICLA 建議下列物質，不應存在飼料中，包含：1.殺蟲劑；2.害蟲（尤其是昆蟲及跳蚤）；3.細菌、細菌毒素及微生物毒素；4.天然之植物性有毒物質；5.營養成份之分解物質；6.亞硝酸鹽類；7.重金屬。實驗動物飼料均要避免抗生素、色素、調味劑及抗凍劑之添加。需在飼料中添加任何一種物質時，應針對該物質事先評估考量，瞭解其對動物實驗之影響。各研究單位應以此建立起一套飼料採購驗收之評分標準，以評定適合之飼料。

五、飼料種類

（一）、粒狀飼料（pelleted diets）

實驗動物飼料最常見的為顆粒狀，這種飼料是將磨碎的原料加水混勻後，再將之擠壓通過鑄模以形成顆粒。篩孔孔徑大小及形狀，決定飼料外形，而旋轉刀片控制顆粒的

長度，最後再加以乾燥成形。有時在製作時會加粘結劑以增加顆粒品質。粒狀飼料的優點為：1.易於處理，儲存及使用；2.減少動物房內的粉塵；3.可避免動物挑食原料成份；4.減少浪費。缺點為不易再添加欲測試之物質於飼料中。

(二)、擠壓飼料 (Extruded diets)

擠壓飼料與粒狀飼料不同之處在於前者是在高溫高壓下被擠過鑄模，通過後旋即讓顆粒膨大。因此密度比粒狀飼料低。擠壓飼料適用於，如狗，豬、猴子等動物，但不適合啮齒類動物使用，因密度低鬆散，採食時易形成浪費，且製作成本比粒狀飼料高。

(三)、粉狀飼料

粉狀飼料也常被用於動物實驗，主要原因在於容易將測試物質與飼料混合。缺點為粉狀飼料在儲存期間很容易結塊。此類飼料通常需置於特殊飼料槽中配合使用，否則極易造成浪費，降低利用效率。測試物質若具毒性，在操作時應特別小心，以免產生粉塵危害到周遭的生物。解決粉塵問題可將其與果凍粉及水混合，製成果凍，切塊餵食。若採用此種方法，則果凍中所含有的碳水化合物，胺基酸及礦物質的含量，都要計算在內。果凍飼料應存放在冰箱中，以避免微生物孳生，同時必須每天更換，以保持飼料之新鮮度。



圖 3.7 常見的飼料顆粒種類



圖 3.8 粉狀飼料餵食容器

(四)、碎粒飼料 (Crumbled diets)

碎粒飼料是將粒狀飼料或擠壓飼料壓碎，再利用篩網區分出顆粒大小，分別用來餵食不同的動物，包含鳥類及魚類。理論上此種飼料的每個顆粒應含均衡之營養成分。雖無粉狀飼料的缺點，然而不常被使用在啮齒類動物上。

(五)、液體飼料 (Liquid diets)

基於特殊的需求而產製的，例如要利用過濾方式來滅菌飼料，或用來測試酒精對養分需求與利用之影響。有時候，純化飼料會加水製成液體型式來餵飼動物。初生動物常常餵予由乳製品製成之液體飼料。液體飼料必須放入冰箱保存，避免微生物滋生。

(六)、純化飼料 (Purified diets)

利用純化的營養成份，如碳水化合物（澱粉、蔗糖）、蛋白質、維生素等原料，所製造出飼料稱之為純化飼料。其優點為：1.可以用固定配方生產出相同的飼料；2.可以任意調整成份比例，以觀察養分間的關係。然而這些原料還是有可能含有其他營養元素，如 casein 和 lactalbumin 中會有鈣和磷的存在；或者在未處理的玉米油中，會含有維生素 E。純化飼料製造費用會比自然原料之飼料高出五到十倍，且不宜長期用於餵食維持階段的動物。

(七)、化學成份定義飼料 (Chemically defined diets)

利用基本的營養成份化學元素，如葡萄糖、胺基酸等合成的飼料稱之。此類飼料適用於營養性實驗，免疫性實驗（極低之抗原含量）。可製成液體狀並利用過濾消毒，而使用在無菌動物飼養條件上。

(八)、配種及維持飼料

為滿足雌性動物於懷孕與泌乳期間，及年幼動物於快速生長階段中，生理代謝對養分需求的增加，而供應特殊飼料是必須的。同樣地，用配種飼料來飼養所有的動物是不經濟的，且導致動物過度肥胖。但是採用不同飼料來飼養動物，其缺點為，1.製作成本增加；2.增加管理上的複雜性。因此，單位應依其任務特性，來選取最合適之飼料，例如會經常使用數目較龐大的動物進行長期性實驗時、基於成本經濟因素，則可考慮配製較低養份濃度含量的飼料。

(九)、補充料

近年來，人們對於維護實驗動物福祉之觀念，益形重視。其作為，除了減少實驗操作中對動物所產生的痛苦、緊迫等心理影響以外，另一方面則著手於實驗動物飼養環境品質之提升。

例如針對動物之習性，提供不同種類之飼料，如動物對擠壓飼料的喜好接受程度要高於粒狀飼料，這種喜好程度，可能來至於飼料本身結構型態及味覺。另外，提供動物覓食的機會；這種作法，就心理層面來講，是有益於動物的健康，因為動物可在覓食的過程中獲得額外的運動量；相較之下，在有限空間中，採任食的飼養方式，往往導致動物過度肥胖，壽命減短。

近年來，有些學者建議將水果、新鮮蔬菜、種子及麵包等，少量搭配在每日飼料中給與，藉以改善動物採食的意願。然而這種作法務必基於動物在行為或生理上有其必要性，才得實施；如果僅是基於人類主觀的意識而做的決定，則非但無法對動物提供任何益處反而會造成傷害。

因為通常這些補充料是為非均衡食物，卻有極佳的適口性，攝食後，往往會造成動物產生營養不均之情形。再者，這些補充料的養分成份及含量變異頗大，攝取後，會增

加實驗定義上的困擾。而且變成一種規律性的作為，對正規飼料養分之吸收產生稀釋的效果，因此若一定要餵予時，應該當作開胃劑般偶而給予。

給予實驗動物新鮮的補充料，尤其是動物性者，因衛生條件較難掌握，因而會提高微生物傳播感染疾病的危機，尤其對隔離區內之動物危害更大，因此應加以避免。如果無法完全避免，而必須餵予動物新鮮蔬果時，務必利用乾淨水源將蔬果表面徹底洗清，或摘除表皮和外層葉片等，以降低微生物的數目。對當天未食用之補充料，必須加以清除，以杜絕腐敗污染之機率。補充料的給與，若事前知道會導致動物行為異常、感染疾病或影響實驗結果時，則不宜實施。

六、食糞行為

常見於啮齒類動物及兔，其作用是藉由攝食糞便，而將由腸道末端微生物產製之未被吸收的養分，再攝取吸收以獲得額外之養分。像天竺鼠和小白兔，因腸道末端中含有纖維水解酵素，藉食糞行為可將排泄出代謝產物再吸收，作為能量的來源。然而這種行為有時會干擾實驗結果，例如追蹤吸收速率和物質之利用率，因此必須加以限制。常採用之限制方式，如大型頸圈用於兔和尾杯用於鼠類，或使用網底或特殊設計之飼育盒。

七、營養缺乏的影響

(一)、蛋白質及胺基酸

飼料中蛋白質添加不足或品質不良時，會造成必需胺基酸含量不足。此時會影響動物生長速率及繁殖性能。在近親品系中，雖然對母鼠不會有明顯的影響，但是會造成每窩仔鼠數減少、出生仔鼠之體形也會較小。飼料中蛋白質或必需胺基酸嚴重缺乏時，產乳量會降低，離乳前仔鼠數死亡率也會增加。長期性之蛋白質缺乏會使母鼠生殖能力降低受損。

(二)、熱能

飼料中熱能含量不足，對動物個體所產生的影響程度，會依生長階段不同有所差異。通常會造成動物健康狀況受損、生長不良、繁殖性能降低等狀況。一般而言，飼養在實驗室的動物，所需要的熱能需求相當低，而於一般飼料中所供應的營養份也往往高於動物之需求量，在此條件之下，產生缺乏之機率應是微乎其微的。若生理機能是處於快速生長、懷孕及泌乳階段，對熱能之需求即會因此而增加。通常，日糧中熱能缺乏對成長快速的年幼動物及泌乳母鼠之影響之最大。發育中的胚胎往往需要較高之葡萄糖供應，而為了維持其體內血糖之濃度，往往會藉由母體貯存之部份而加以轉換利用。因此飼料中若能量缺乏往往會先表現在母鼠身上，對胎兒的影響會較輕微。

(三)、礦物質

礦物質缺乏尤其是微量元素，會造成代謝機能異常，然而這種現象在動物個體外觀上並不顯著，通常會直接表現在相關身體部位，例如鈣和磷不足會造成骨骼生長異常，而缺鐵則會造成貧血症狀。

(四)、維生素

飼料中維生素缺乏會造成代謝機能異常。這種變化往往可由生化值，如酵素活性，和生理機能觀察出。然而同一種維生素其表現程度在不同種類之動物個體會有所不同。維生素之缺乏症狀，往往會出現在特定之臟器中，或在不同動物中產生程度不一之病症，這些現象，目前尚無合理的解釋。

八、營養過剩

(一)、維生素

多數之水溶性維生素，除了維生素 B12 以外，均可為身體快速地代謝排除，因此過量給予，對動物並不會造成傷害。而就脂溶性維生素而言，因其會在體內堆積貯藏，因此在添加時須考慮動物之需求量。過去曾經有因維生素 A 攝取過量而產生中毒之現象。維生素 A 會造成胎兒畸形，因此在懷孕母鼠之飼料中維生素 A 的含量應控制在正常範圍值內。Beta-carotene 並無有害之效果被報導。

維生素 D 的毒害效果，就實驗動物而言具有潛在之危險性，尤其可能發生在長期性之實驗動物中。上皮組織經紫外線照射後可產生此種維生素，此反應亦可在實驗室中進行。如果飼料中的鈣和磷含量足夠，且添加之比例正確的情況下，多數動物應可不需至飼料中獲取維生素 D。目前市面上所售之飼料，習慣上都會添加維生素 D，所建議的添加量也過於籠統。柔軟組織的鈣化現象，為維生素 D 中毒之先期症狀，此尤其會發生在腎臟中，常見於年老動物之 nephrocalcinosis，是因為長期餵食維生素 D 所造成的。過量之維生素 D 會導致畸形，因而在育種動物飼料中應添加適量即可。維生素 D 可有效地自母體轉移至子代中，因而在進行缺乏性實驗時，母鼠飼料中維生素 D 之添加量亦需加以控制。天然維生素 K1 是為一無毒物質，而合成的維生素 K3 當高劑量使用，時會造成肝臟損傷。

(二)、礦物質

礦物質攝取量可有較大的容許範圍，因而較不易於對動物產生中毒現象。通常動物個體可藉由身體之恆定機制來調節組織中礦物質含量，且在飲水未受限制的情況下，多餘的礦物質可被排出體外，因此一般中毒情況發生之機率相當。然而就某些微量礦物質而言，如重金屬類之礦物質，採食過量會對會導致動物中毒。這種狀況通常發生在飼料原料或飲用水源被污染時而造成；在調製添加礦物質前，因先就一些可能造成污染之原因，做評估分析，以杜絕污染之可能性，減少中毒之發生率。

第四節 實驗動物飼育及族群管理

吳希天/張維正

一、動物辨識

為有效運作育種系統，需謹慎正確地辨識動物。有數種辨識動物個體的方法可用於動物育種或研究。

適當的辨識對於辨認親代並紀錄族譜的訊息是必要的。技術員在執行下列事項時需非常小心：

1. 更換飼育盒。
2. 將子代與親代分開時。
3. 動物房接受新的動物時。
4. 將動物由一處移至另一處時。

在更換動物的飼育盒或飼養場所時，若因無適當的辨識（標示卡、頸圈）而造成錯誤的混合時，有可能造成整個實驗的失敗。

（一）、標示卡

在實驗動物設施，通常會用飼育籠標示卡來辨識個別動物或各個族群的動物。標示卡通常包含有以下所列的訊息：

1. 動物過去的資料。
2. 動物的基因背景。
3. 所執行實驗的種類。
4. 與實驗負責人員聯絡的方法。
5. IACUC 核准計畫書的編號。

這些訊息是對動物做適當的健康管理所必要的，或亦可將回覆的訊息提供給研究人員。

（二）、短暫的標示法

有許多種暫時性的標示法適用於大部分實驗動物的短時間辨識。

1. 剪短動物身上各個不同的位置的毛髮，或在身上修剪明顯的花樣。
2. 用無毒、防水或各種顏色的麥克筆塗在淺色毛皮或尾部無毛的部位，但這樣的標記會很快消失。
3. 其他短時間的標示方法有包括：記錄動物天然的標記、個別的顏色、性別、毛髮的紋路、長度及品種。

(三)、頸圈

頸圈是最常用於犬、貓及非人類靈長類的標示方法。頸圈必須讓動物舒適，因此需隨著動物的成長而隨時注意頸圈是否過緊。含標籤的頸圈在使用上簡單又迅速，且可免除動物接受因紋身所需的麻醉。就像其他無法持久的標示法一般，標籤可能會因同一飼育籠內夥伴的咀嚼嚙咬而遺失或缺損。不適當的鍊子或頸圈可能對動物的皮膚造成刺激甚至頸部的絞扼，因此必要時需用繃帶包紮脖子或其他裝置，以減緩對動物之損傷。

(四)、永久標示法

有多種可被接受用於實驗用齧齒類動物及其他種類動物的永久標示法。此外，近來亦發展出可植入動物體內，並放出電子訊號以供辨識動物個體的微晶片，當晶片被植入動物皮下（皮膚下方）時，便可用特殊的儀器來掃描動物以讀取所帶有的晶片編號。以下介紹一些傳統的、永久的標示方法。

1. 耳號

在耳朵不同位置打上耳洞或刻痕，此種操作需要使用特殊工具，而這些耳洞或刻痕應與事先決定的動物編號相符。如果操作適當，打上的耳號不僅容易判讀，也只會造成動物極小的傷害。亦常看到打出的耳洞或刻痕經過一段時間後癒合，因此應當隨時確認動物的耳號是否仍舊可以正確的辨識。在為動物打耳洞時，每一動物使用前，先行消毒器械，也是打耳號的過程中一個重要的步驟。打耳號的技術通常適用於豬及齧齒類動物，而倉鼠及天竺鼠常因理毛或打架而使耳號損壞，因此並不適合打耳號。以下介紹關於打耳號的方法。

齧齒類動物可在一側或雙側耳朵，打單一耳洞、雙耳洞或任何其他 3 個耳洞以上的組合方式來標示 1 到 99 的數字。

打在右耳的耳洞表示個位數字：1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0。

打在左耳的耳洞表示十位數字：10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90。

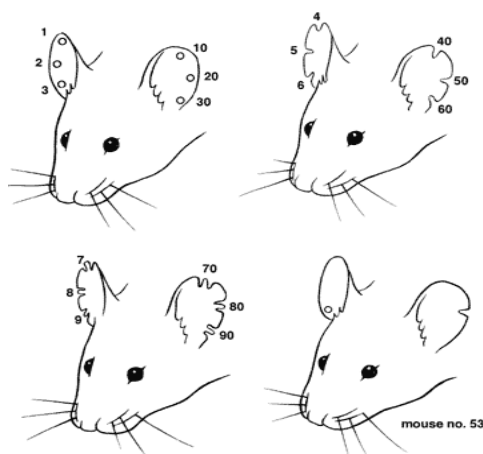


圖 3.9 耳號 53 號的標示法

2. 剪趾

除非計畫主持人能提出強力的理由，證明實驗必須使用剪趾來辨識動物，否則一般不鼓勵這種辨識方法。剪趾是將含第一指節的動物趾頭剪去的方法，這標示法須符合事先決定的動物編號。因為齧齒類動物的趾頭尺寸較小，所以相較之下，剪趾比作耳號困難且費時。

再者，剪趾若是剪在前肢，也會因齧齒類動物大多使用前肢握住食物，而造成動物較大的緊迫及不便。在剪趾前建議先麻醉動物。

3. 耳朵及翅膀的標籤



圖 3.10 耳朵及翅膀標籤

耳朵及翅膀的標籤是上面印有個別動物的編號的小金屬片。利用特殊的鉗子，將標籤固定在耳朵的基部或鳥類的翅膀。裝上標籤的方法簡便迅速且對動物不會有太大的傷害，這些標籤適用於齧齒類、兔子、羊及鳥類。在鳥類，另外也可以選擇使用有數字的腳環。就像耳號一般，標籤也可能因理毛、打架或作記號部位的感染而造成標籤的遺失。

4. 耳朵、尾部或趾頭的刺青

常用的紋身工具有兩種：

- (1) 第一種是機械式、手動器械，該器械的點狀尖端有數字或字母，用器械夾住耳朵，穿刺數字或字母，最後再塗上染料，使之滲入皮膚下層。
- (2) 第二種是像電子筆狀的器械，其上有往復式的、多針點的針頭構造，將其以染料沾濕後在皮膚上作記號。這種器械適用於許多動物品系。



圖 3.11 耳朵的刺青

上述兩種紋身法，染料經按摩滲入穿刺的皮膚中，在穿刺後立刻對傷口直接施壓以止血。若發生出血的狀況，則需使用更多的染料以確保紋身圖案的清晰。這些紋身器械應保持乾淨及消毒，以免疾病在不同動物之間傳播。

5. 兔子耳朵的刺青

對於辨別個別的兔子，耳朵的紋身染色是一種有效的方法。在紋身的過程中，應避免對兔子耳朵的中央動脈或耳緣靜脈造成傷害，在這兩條血管之間應有足夠可紋身的空間。即使紋身造成的疼痛是暫時性的，部分設施的政策會要求操作者先對兔子實施麻醉後再操作。只要紋身空間許可，可以在耳朵刺上任何數字或字母的組合。在紋身器械穿刺皮膚印上記號後，便塗抹染料，留下永久的標記。黑色的染料通常用於白色或淺色毛髮的動物，綠色染料則常用於深色毛髮的品種。使用不乾淨的紋身器械會造成紋身部位的感染。不同動物進行紋身時，需消毒器械。紋身的數字或文字會隨著動物的成長而擴大，使其難以辨識，此時需對動物重新紋身。

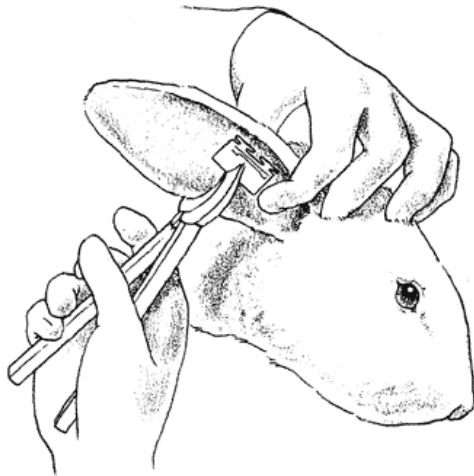


圖 3.12 兔子耳朵的刺青

6. 其他動物的刺青

與兔子相似的紋身法亦適用於天竺鼠的耳朵、貓、犬、猴子及有蹄類（綿羊、山羊、牛）。通常用一組或一群點狀標示來辨識個別動物個體。



圖 3.13 猴子的刺青

新生的大、小仔鼠可以在其耳朵、尾部、踝關節及趾頭等處皮下，注入染料而作上永久性的標示。

紋身是常用於實驗犬的永久性標示法。可於犬隻的耳朵、腰窩的皮膚或口腔內紋身。犬隻在紋身染色時需麻醉，且以適當的無菌操作進行。紋身的部位需先剃毛，並以肥皂及水清洗後擦乾。

對非人類靈長類來說，最可靠的永久性標示法便是在其胸部或大腿內側紋身。這些紋身的位置可使觀察人員在不需保定動物的情況下辨認動物。即使是單獨飼養的動物也需要紋身，並且在標示卡寫上任何與該動物相關的資料。

二、餵食模式

現有實驗動物餵飼方式都採「自由採食」（ad libitum），以便讓動物得以依照其意願隨時獲取食物，結果導致飼養之動物體重過重、壽命減短之現象。近年來，實驗數據顯示引發老化機制之原因可能為長期營養過剩，導致體內代謝負擔；再者由於過度進食，增加激生長激素分泌，刺激正常及腫瘤細胞的生長，進而增加致癌率及退化性疾病發生。總熱量之攝取量增加，可能也是造成動物加速老化及存活率降低之主要因素。

要改善此現象有兩種方式，其一為限制動物採食量、其二為降低單位營養成份之濃度 (nutrient density)，使動物有飽食之感覺、卻有較低之營養攝取。控制採食量通常較可能實施在自動化之設施或小規模之動物飼養單位，此措施之缺點在於費時 (飼餵時間) 及設備投資，且不適用於群飼之狀況。

經多年之實驗結果證實，限制能量的攝取，對動物會產生正面效益，例如壽命之延長，減輕退化性疾病之發生率及嚴重性，腫瘤之發生也會降低。因而目前在進行長期之毒理實驗和老化研究實驗，動物之餵食方式均改採限食。

有些時候必須利用人工餵食技術來養育實驗動物，例如在產製無菌動物或進行免疫實驗 (避免乳汁中之免疫系統干擾)。因為此種操作是件費時費力之工作，因此通常只運用在特定場合中。目前人們對不同動物所分泌乳汁成份，並不是十分明瞭，因而針對某一特定動物來調製特殊之乳汁，在開發過程中嘗試是難以避免的。目前較為採用之人工餵食飼料是利用牛奶，人工合成牛乳或人乳為基礎所調製出之人工餵食配方，此種方式在餵飼實驗動物，具有極佳之效果。

三、飼料滅菌處理

實驗動物飼糧不應含有任何病原微生物。一般而言，於製造過程中，調製好之原料，須先進行高溫蒸氣處理再進行打粒擠壓，此一步驟往往可將飼料中之微生物含量降低至可接受之範圍內。經此處理之飼料，若未再受到污染，則已適合一般環境 (conventional) 動物使用，甚至適合無特定病原 (SPF) 或隔離區動物使用。若要用在餵飼無菌動物則須先經滅菌處理。飼料滅菌方式有：化學煙燻法 (chemical fumigation)、加熱處理或加馬射線照射處理。

(一)、高溫蒸氣滅菌處理

用高溫蒸氣進行滅菌為最普遍之方式，通常會配合動物房即有之鍋爐設施來使用，此類滅菌鍋在安裝時往往會嵌在牆內，讓滅菌處理過之物品可直接進入隔離區中，而不須再經包裝處理之手續。



圖 3.14 抽屜式飼料滅菌台車

加熱處理會造成部份營養份之破壞，最明顯者為 thiamin、維生素 C 及維生素 A，另外如蛋白質或胺基酸之利用率也會降低。破壞程度與溫度及處理時間長短成正比。因而在飼料中另外添加，以彌補因加熱而被破壞之養分，有人建議維生素之添加量應為正常需求量的二至四倍。

目前常使用之滅菌條件為在 115°C 溫度滅菌 10-15 分鐘；一般而言，滅菌時間不宜過長，以免造成維生素過度喪失，並影響到蛋白質品質。有些滅菌鍋設備具抽真空裝置，使溫度能迅速達到設定值，並將蒸汽均勻分散至各處，如此可以大幅縮短滅菌時間，使養份破壞程度降至最低。

(二)、煙燻

較常使用的煙燻劑為環氧乙烷氣體。經處理的飼料，營養成份變異不大，但必須放置在室溫環境中充分曝氣，以免葯劑殘留，影響動物生理特質。資料顯示，常見之殘留物為 2-chlorothenol，該物質經吸收後，會在肝臟中被代謝分解，這種情形可能會影響到肝功能之進行，進而對某些研究造成影響。環氧乙烷氣體對維生素和胺基酸的破壞程度，目前並無一致之說法。近年來環氧乙烷氣體因有毒性殘留之疑慮、氣體本身為易燃物且具爆炸性、滅菌過程費時、且需特殊設備，因此較不為人所採用。

(三)、加馬射線照射處理

輻射照射處理方式對飼料成份影響最小，通常運用在以穀類為主要組成之飼料中，唯一之缺點為設置照射廠的成本相當高，處理費用也比蒸氣滅菌費用高。一般而言，飼料可承受至少 5 Mrad 之照射，而不會出現養分被破壞現象。目前資料顯示部分之養分如 thiamin、pyridoxine 及 a-tocophenol 可能會受到些微之影響，而就蛋白質之品質而言，幾乎沒有任何影響。飼料中若有水氣的存在，經照射後，會產生自由的 hydroxyl radical，可能會對動物組織器官造成損害。歐美國家對實驗動物飼料之容許照射劑量，都有明確之規定。無菌動物飼料，建議照射劑量為 35-50 kGy，若為 SPF 動物則可使用 25 kGy 以下之劑量。

四、飼料之運輸與儲存

運送途中造成飼料損害的原因有：1. 因擠壓而造成粒狀飼料顆粒破損；2. 包裝破損；3. 協調不佳而使飼料屯置於不良環境之中，導致營養成分流失變質或遭受汙染。在運送過程中，飼料應裝載在堅固之容器中，以避免外力破壞而受損。塑膠包裝可阻絕外界空氣及水接觸飼料，及因搬運而破損之可能性。但飼料本身必須完全乾燥，以避免在密閉包裝中長期存放，而發生潮解、長霉。厚紙袋也是很好的包裝材料，因除可提供保護、防雨外，也能提供通氣效果。運送飼料時，要與其他物質區隔，以避免病菌及化學藥劑汙染。

飼料營養價值會因本身產生化學變化而降低。若儲存在溼熱環境中，則變質速率會加快，微生物含量也會因濕度增加而快速孳長。飼料中品質的穩定性，會隨溫度及濕度的降低而提升。任何一批飼料，保存期限長短會受到儲存條件之不同而有所差異。天然原料製造的飼料，若儲存在空調環境，應在六個月內使用完畢，添加維生素 C 的飼料，則應在 3 月內使用為佳。對長期儲存之飼料和儲存於條件較差的場所之飼料，於使用前應對養分作分析化驗，以確定實際含量。對不含抗氧化劑或含高量易敗壞成份飼料，如高油脂的飼料，須訂定特殊的處理及儲存標準。

高脂肪含量的飼料在製造及儲存時，有幾點因素，要特別注意：

1. 不飽和脂肪酸極易被氧化，造成必需脂肪酸的不足。
2. 氧化酸敗之脂肪，會使飼料適口性變差。
3. 高脂肪的飼料在製造時應添加抗氧化劑，以降低氧化變異之機率。
4. 為避免變質情形發生，積極措施為運用低溫冷藏貨櫃運交飼料，並可在封櫃前於將貨櫃內部充填氮氣。
5. 用含高量不飽和脂肪酸飼料餵食動物，應每隔二十四小時至四十八小時，更換新鮮飼料。
6. 高脂肪酸飼料中宜添加額外之維生素，以減低體內過氧化反應產生。

野鼠及昆蟲不應出現在儲存區域，以避免飼料因沾染糞尿而感染病原菌。飼料若遭微生物、腸道寄生蟲、節肢動物和黴菌污染時，極有可能導致動物染患疾病，這種污染現象也會造成飼料本身的敗壞。



圖 3.15 飼料避免直接接觸地面

儲存場地要能夠防止蟲害侵入，且能維持在一低濕度及溫度（16°C 以下）之條件。飼料存放需利用隔板，以避免飼料直接接觸地面；儲存位置應作調整，使舊飼料能被先利用。通常飼料袋上會記載製造及使用期限，但若在高溫高濕之地區且無良好之存放場所，則應在最短之期限中使用。天竺鼠及靈長類動物之飼料因有添加維生素 C，在儲存期間應特別留意，有無破壞嚴重而導致攝取不足之情形發生。開啟之飼料不應直接放置在儲存區內，而應放置於加蓋容器中存放，並儘速使用。容器使用後應清洗乾燥後，才可再度使用。

表 3.2 大鼠、小鼠、天竺鼠及倉鼠之營養分需求表

營養分	單位	大鼠 ^a			小鼠 ^a	天竺鼠 ^b	倉鼠 ^b
		維持	成長	繁殖	成長		
脂肪	g	50.0	50.0	50.0	50.0	ND	50.0
蛋白質	g	50.0	150.0	150.0	180.0	180.0	150.0
纖維	g					150.0	
胺基酸							
精胺酸	g	ND	4.3	4.3	3.0	12.0	7.6
苯丙胺酸	g				7.6	10.8	14.0
苯丙胺酸+酪胺酸	g	1.9	10.2	10.2			
組胺酸	g	0.8	2.8	2.8	2.0	3.6	4.0
異白胺酸	g	3.1	6.2	6.2	4.0	6.0	8.9
白胺酸	g	1.8	10.7	10.7	7.0	10.8	13.9
離胺酸	g	1.1	9.2	9.2	5.0	8.4	12.0
甲硫胺酸	g				5.0	6.0	3.2
甲硫胺酸+胱胺酸	g	2.3	9.8	9.8			
酰胺酸	g	1.8	6.2	6.2	4.0	6.0	7.0
色胺酸	g	0.5	2.0	2.0	1.0	1.8	3.4
纈胺酸	g	2.3	7.4	7.4	5.0	8.4	9.1
其他	g	41.3 ^c	66.0	66.0		16.9 ^d	
礦物質							
鈣	g	ND ^e	5.0	6.3	5.0	8.0	5.9
氯	g		0.5	0.5	0.5	0.5	
鎂	g		0.5	0.6	0.5	1.0	0.6
磷	g		3.0	3.7	3.0	4.0	3.0
鉀	g		3.6	3.6	2.0	5.0	6.1
鈉	g		0.5	0.5	0.5	0.5	1.5
銅	mg		5.0	8.0	6.0	6.0	1.6
鐵	mg		35.0	75.0	35.0	50.0	140.0
錳	mg		10.0	10.0	10.0	40.0	3.65
鋅	mg		12.0	25.0	10.0	20.0	9.2
碘	μg		150.0	150.0	150.0	150.0	1.6
鉬	μg		150.0	150.0	150.0	150.0	
硒	μg		150.0	400.0	150.0	150.0	100.0
維他命							

營養分	單位	大鼠 ^a			小鼠 ^a	天竺鼠 ^b	倉鼠 ^b
		維持	成長	繁殖	成長		
A	mg	ND ^g	0.7	0.7	0.72	6.6 ^e 或 28.0 ^f	2.0
D	mg		0.025	0.025	0.025	0.025	2484IU
E	mg		18.0	18.0	22.0	26.7	3.0
K	mg		1.0	1.0	1.0	5.0	4.0
生物素	mg		0.2	0.2	0.2	0.2	0.6
胆鹼	mg		750.0	750.0	2000.0	1800.0	2000.0
葉酸	mg		1.0	1.0	0.5	3.0-6.0	2.0
菸鹼酸	mg		15.0	15.0	15.0	10.0	90.0
泛酸	mg		10.0	10.0	16.0	10.0	40.0
核黃素	mg		3.0	4.0	7.0	3.0	15.0
硫胺素	mg		4.0	4.0	5.0	2.0	20.0
B ₆	mg		6.0	6.0	8.0	2.0-3.0	6.0
B ₁₂	mg		50.0	50.0	10.0		10.0
C	mg					200.0	

附註：

- ^a 大鼠及小鼠之營養分需求是以每公斤飼料（含水量 10% 及代謝能值 3.8-4.1 Kcal ME /g）為基準而估算；天竺鼠之營養分需求是以每公斤飼料（含水量 10% 及代謝能值 2.8-3.5 Kcal ME /g）為基準而估算；（資料來源 NRC, 1995）
- ^b 天竺鼠之營養分需求是以每公斤飼料（可消化能值 4.2 Kcal DE /g）為基準，用於六週大離乳黃金倉鼠而估算；（資料來源 NRC, 1978）
- ^c 胺基酸補充料，包含甘胺酸、丙胺酸、絲胺酸；
- ^d 胺基酸補充料，包含甘胺酸、天門冬醯胺、天門冬胺酸、麩胺酸、丙胺酸、絲胺酸、脯胺酸；
- ^e 以視黃醇形式供應；
- ^f 以β-胡蘿蔔素形式供應；
- ^g 大鼠在維持階段時所需之礦物質及維他命，並無資料可供參考，但可採用大鼠成長階段之標準餵飼；

表 3.3 飼糧熱能轉換表

