

離乳仔豬早期營養綜述

諾偉司國際有限公司 張波 博士

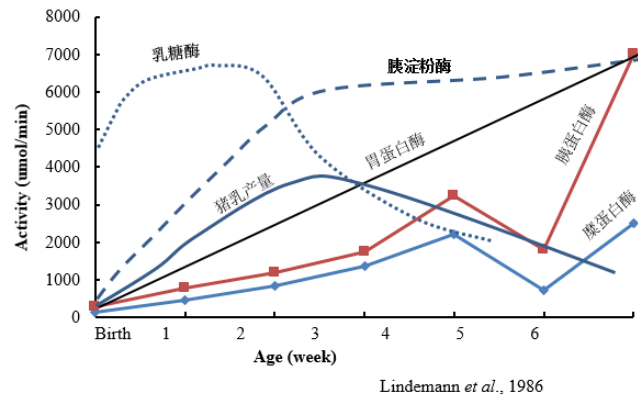
早期離乳是國內外集約化養殖的關鍵技術，可提高仔豬的生產性能，減少母體向仔豬傳播疾病的機率，還可以提高母豬的生產力。早期離乳由傳統 35 日齡離乳提早到 21~28 日齡離乳，目前許多豬場在 23~24 日齡離乳，國內規模化豬場已逐步採用仔豬超早期離乳技術，有的甚至提前至 10 日齡。離乳對於仔豬而言不可避免的帶來一系列心理、環境和營養等緊迫，表現為食欲下降、消化不良、飼料利用率低、免疫力下降、腹瀉等症狀，最終表現為生長抑制，仔豬死亡率高達 20~30%（楊雪峰，2004）。提高早期離乳仔豬的生長速度是獲得最佳經濟效益的有效手段，因此仔豬的早期營養也尤為重要。為保證早期離乳的平穩過渡，我們必須瞭解仔豬消化生理的特點、注重早期離乳仔豬飼養管理，把好早期離乳仔豬的原料關，做好早期離乳仔豬的營養。

1. 仔豬消化生理特點

仔豬出生後消化器官和機能的發育需要一定時間。初生仔豬胃液中不含游離鹽酸，隨著日齡增加，胃液酸度不斷升高，到 2~3 月齡時，胃的機能才發育完善，胃液酸度相對穩定，此後胃液酸度變化與年齡無關，而是受諸如飼料、機體狀況等因素的影響。胃液的酸性是由胃壁細胞分泌出來的鹽酸決定的。鹽酸一部分與粘液中的有機物結合（結合酸），另一部分呈游離狀態（游離鹽酸），兩者總和稱為總鹽酸。

小腸是消化道中最重要的消化器官，小腸粘膜具有很大的吸收表面積，食糜中的營養物質在膽汁、胰液和小腸液中消化酶的作用下，分解成小分子物質，經腸絨毛吸收進入血液和淋巴供機體利用。豬的小腸在其一生中可發生兩次形態學變化，首次在出生時，另一次在離乳時。仔豬出生時，小腸結構功能不健全，主要從母乳中吸收各種營養物質和免疫蛋白，小腸結構隨著日齡的增加發生變化。哺乳仔豬空腸和回腸絨毛長度隨著日齡的增加變短、變粗，導致微絨毛酶活性降低（Cera 等，1988）。離乳後，液體奶變成固體飼料對於仔豬來說是一個很大的緊迫。

仔豬出生後的幾週內消化、代謝和免疫等方面變化很快。仔豬乳糖酶（主要由小腸分泌）在出生 1 日齡是開始表現活性，因此可以利用乳中的乳糖供能，6~10 週後乳糖酶活性逐漸降低。剛出生仔豬胰蛋白酶（Trypsin）和糜蛋白酶（Chymotrypsin）活性很低，到 5 週齡時活性達到最高，5~6 週降低，從 6 週齡開始又逐漸升高。澱粉酶及消化澱粉和碳水化合物有關的酶活性在出生時很低，隨後逐漸上升。仔豬從初乳中獲得的被動免疫很高，但在隨後的 3 週內下降很快。主動免疫在 4~5 週是才開始起作用。同時，我們可以看出，仔豬剛出生時母豬泌乳量很低，大約 3 週時泌乳量達到最高，3 週後逐漸下降。從仔豬的消化生理看，仔豬在 4 週齡離乳為宜。



離乳仔豬被毛稀疏，皮下脂肪少，大腦皮層發育不健全，對各系統的調節能力差，導致仔豬體溫調節機制不健全，易受冷熱緊迫的影響。

腸道微生物生態系統失調。新生仔豬腸道微生物主要來自母豬陰道、糞便以及環境中的微生物。哺乳仔豬以乳酸桿菌為優勢菌群，pH 維持較低水準。而離乳後由於仔豬胃酸分泌不足、消化酶分泌不足、腸粘膜損傷等原因，導致腸道大腸桿菌、鏈球菌、腸桿菌等有害菌大量繁殖，甚至成為優勢菌，造成腸道微生物生態系統失調。

離乳前，仔豬每天吮乳 16~24 次，日糧為液體的乳汁，以易於消化的乳糖、乳脂和乳蛋白形式提供營養物質。離乳後，仔豬必須適應以植物性飼料為主的固體日糧，日糧性質和採食量均發生了巨大變化。如何精心餵飼減輕離乳仔豬的離乳緊迫尤為重要，因此仔豬的營養一直是動物營養研究最活躍的領域。

2. 影響仔豬生長性能的因素

離乳體重、熱緊迫、日糧纖維水準等對仔豬的生長都有影響。離乳仔豬的健康狀況、餵飼方式及管理水平均影響仔豬的生長性能，在此不一一詳述。

2.1 離乳仔豬體重

離乳仔豬體重對離乳後仔豬生長性能的影響很大。Jones 等 (2012) 採用嵌套試驗設計，發現離乳體重 (WW) 越重的豬，其試驗末重、平均日增重以及平均日採食量均最高，最重的豬平均體重比最輕的豬體重高出 7.56 kg。出生體重較輕的豬生長速度要明顯低於出生體重較重的豬 (Rehfeldt 和 Kuhn, 2006; Beaulieu 等, 2010; Jones 等, 2012)。體重較輕以及平均日增重較低的豬通常是各種環境因素組合效應引起的。同時，離乳體重還會影響體組成和器官重。離乳體重最重組禁食體重、全淨堂重及空腹體重均顯著高於離乳體重最輕處理組。體重較輕處理組仔豬胃腸道發育不完善 (Yeung 和 Smyth, 2003)，宮內發育遲緩的仔豬其胃腸道重量更輕 (Wang 等, 2005)。離乳體重對於後期增重有影響，全進全出的餵飼模式值得進一步思考。

表 1 離乳體重 (WW) 種類對離乳仔豬生長性能的影響

項目	處 理			SEM	P 值
	LWW	MWW	HWW		
豬頭數	32	32	32		
初始體重, kg	4.58 ^c	6.15 ^b	8.09 ^a	0.121	< 0.0001
試驗末重, kg	17.63 ^c	20.80 ^b	25.19 ^a	0.394	< 0.0001
平均日增重, g/d	483 ^c	543 ^b	633 ^a	13.2	< 0.0001
平均日採食量, g/d	565 ^c	666 ^b	761 ^a	27.3	< 0.0001

增重：飼料，g/g	0.87 ^a	0.81 ^b	0.84 ^{ab}	0.032	< 0.0001
-----------	-------------------	-------------------	--------------------	-------	----------

具體試驗設計：960 頭 18~22 日齡離乳仔豬(5.77 ± 3.92 kg BW)去除明顯跛行或斷腿的仔豬，剩餘符合要求的健康豬平均體重為 (5.81 ± 3.72) kg，從 10% 最輕體重、10 % 中等體重和 10 % 最重體重的仔豬各選擇 40 頭公豬，分別記作 LWW、MWW 和 HWW，每個重複 10 頭。離乳後 5 天，每個處理選擇 8 頭豬屠宰作為起始屠宰組，剩餘 3 種體重的 32 頭豬（平均日增重長得最慢的 11 頭，中等速度的 10 頭，長得最快的 11 頭）進行 27 天的飼養試驗，然後再進行代謝試驗。試驗結束後，在每種離乳體重種類下按照平均日增重的類別再次分為 3 類（最慢 = 1，中等 = 2，最快 = 3），這即是，3 種離乳體重種類（LWW、MWW、HWW）嵌套出 3 種平均日增重種類（最慢 = 1，中等 = 2，最快 = 3），共計 9 個處理。

2.2 熱緊迫環境

乳豬體溫調節能力差，豬舍環境是影響仔豬生長和存活率的重要因素。離乳後最初 3~4 天仔豬進食量很低，體內脂肪損失，加之豬體內本身貯存的脂肪很少，乳豬對溫度更為敏感。3~4 週離乳的乳豬，其環境溫度 30 °C 為宜，乳豬體重/日齡越小，對舍內溫度要求越高。熱緊迫使得仔豬的日增重分別減少 11 % 和 30 %。當環境溫度大於 16 °C 時，為了減少熱量的產生，環境溫度每上升 1 °C，母豬日採食量降低 0.17 kg (Black 等, 1993)，這種攝入量的降低導致組織損失增加，降低離乳仔豬體重。

炎熱環境減少泌乳天數。泌乳 14 天后把母豬移走，同時給仔豬提供充足的液體奶，溫度舒適區和炎熱環境下仔豬生長速度分別為 603 g/d 和 717 g/d。離乳仔豬飼料液體飼料還有助於增加離乳增重以及減少上市總天數(Kim 等, 2001)。

母豬產仔前環境溫度過高使的母豬初乳中皮質醇含量增加(Machado-Neto 等, 1987)，母乳中的皮質醇被新生兒吮吸，使的新生兒腎上腺糖皮質激素水準增加，進而引起腸道過早的成熟(Sangild 等, 1993)，是減少豬 IgG 的吸收的原因(Machado-Neto 等, 1987)。IgG 的吸收的減少會抑制從母體到仔豬的主動免疫的轉運，這導致仔豬離乳前後更易於受病原菌的侵襲。

2.3 日糧纖維營養

日糧纖維對仔豬生產性能影響引起眾多研究者的興趣，因此單獨在此列出。在仔豬低蛋白日糧中增加可發酵碳水化合物水準對仔豬生產性能無積極影響，甚至降低仔豬生產性能（16 % 蛋白，Bikker 等, 2006；Pierce 等, 2007）；然而也有不少學者研究表明，增加不溶解碳水化合物可以增加仔豬日增重和採食量（21 % 蛋白，Mateos 等, 2006）。試驗研究結果為什麼差異較大，尚不清楚，可能與日糧蛋白和中性洗滌纖維含量有關。在日糧中補充 40 g/kg 麩皮和 20 g/kg 甜菜渣，可以改善離乳仔豬（3~5 週）的生產性能和飼料轉化率。通常認為，在生長豬日糧中添加纖維可降低採食量，脂肪和能量消化率。Wellock 等（2008）報告發現，非澱粉多糖的含量由 9.4 % 增加到 17.7 %，總木質素和纖維素增加了 15 %，仔豬在離乳 1~2 週體增重降低。Longland 等（1994）和 Gill 等（2000）研究發現，日糧添加 0、15、18.5 % 甜菜渣，非澱粉多糖含量由 13.8 % 增加到 21.8 %，中性洗滌纖維含量由 12.1 % 增加到 16.5 %，4~8 週仔豬增重、氮和總能的表觀利用率差異不顯著。在稻米為主的日糧中增加纖維可以提高仔豬的生產性，在以大麥為主的日糧中增加纖維反而降低了仔豬的生產性能。在這兩種情況下，補充燕麥皮可以增加粗蛋白、能量表觀腸道消化率。Mateos 等（2006）推測，6~12 kg 離乳仔豬對中性洗滌纖維的最低需要量可能為 6 %。BSAS（2003）營養標準中，10~30 kg 仔豬中性洗滌纖維需要量為 7~13%。Pierce 等（2007）報告指出，日糧蛋白 21 %，增加日糧纖維素水準可以增加 3~6 週仔豬日增重和採食量；在低蛋白日糧（16 %）日糧中增加纖維降低了仔豬的生產性能。

在高蛋白日糧中增加纖維水準，可以增加腸道乳酸桿菌和雙歧桿菌的數量，降低腸道大腸桿菌的數量。腸道蛋白質發酵可能有一個潛在風險在導致腸道菌群失調和刺激有害細菌

的增殖。蛋白質發酵不僅增加腸道不飽和脂肪酸的含量，而且可以增加腸道刺激物如氨的含量，日糧纖維的增加可以增加碳水化合物的發酵，降低腸道蛋白質發酵和有害細菌的數量。日糧中添加適量的粗纖維可以提高仔豬的生產性能，促進胃腸道發育。

3. 平穩過渡的措施

上世紀 80 年代 Nelssen 博士提出，採用高營養濃度日糧和三階段餵飼體系是一種經濟可行、消除離乳後仔豬生長受阻的有效手段。隨著研究的深入和新飼料原料的湧現，實際生產中具體日糧組成也在變化，新飼料原料的開發及應用逐步壯大飼料原料資料庫，也被越來越多的飼料生產企業所青睞。本文主要介紹仔豬易於消化利用的優質飼料原料以及飼料添加劑的應用現狀，同時分享 NOVUS 最近研究成果。

3.1 早期離乳仔豬優質原料

3.1.1 乳清粉

乳清粉是乳酪生產過程的副產物液體乳清經過乾燥處理而得到。典型的乳清粉含有 68 % 的乳糖和 12 % 的蛋白質。乳清中主要蛋白質是 β -乳球蛋白 (56~60 %)、 α -乳白蛋白 (18~24 %)、牛血清白蛋白 (6~12 %) 和免疫球蛋白 (6~12 %) (Harper,2000)。反映乳清粉品質的兩個重要指標是色澤和灰分含量。乾燥時加熱過度的乳清呈褐色或暗色。如果乳清顏色呈現暗黃色，說明存放時間很長，可能發生了美拉德反應。乳清粉灰分含量不要過高 (脫鹽 $\leq 3\%$ ，非脫鹽 $\leq 15\%$)，過高有可能是在貯藏過程中液體乳清進一步酸化，並且乾燥前加入了大量氫氧化鈉用於調節 pH，這樣乳清鹽分太高，容易導致仔豬腹瀉。一般來講，進口乳清粉大多經過了脫鹽處理，綜合其規格和檢測結果，灰分不超過 8 % 為宜。

乳清粉含有豐富的乳糖、乳清蛋白和乳球蛋白，很容易被早期離乳仔豬消化，可以促進腸道乳酸菌增值，產生乳酸，降低腸道 pH 值，提高消化酶的活性，並通過抑制大腸桿菌等有害菌的增殖防止腹瀉，乳清的有益特性主要歸功於它所含的乳糖 (Baird 等，1974; Mahan, 1992)。乳清和乳糖對仔豬產生的效果主要體現在增加飼料採食量和生長速度，豬的生長得到改善可能是由於這些成分提高了豬的採食量，而且乳糖能夠改善和維持腸道環境 (Wolter 等，2003)。早期離乳仔豬玉米-豆粕型基礎日糧中添加 3 個水準 (5 %、10 % 和 15 %) 的乳清粉，發現隨著乳清粉添加量的增加，豬的生長速度和採食量呈線性增加 (Baird 等，1974，表 2)。早期離乳仔豬日糧中使用乳清粉能有效降解離乳仔豬的緊迫反應，提高生產性能 (Li 等，1991)。在仔豬日糧中使用一定量的乳清粉有意義，特別是 42 日齡前仔豬的日糧中一定要添加，可減少仔豬腹瀉，提高生產性能。國外用量 15~20 %，國內一般用在 5~10 %，主要原因還是價格因素。

表 2 早期離乳仔豬日糧中添加不同水準乳清粉作用效果

項目	乳清粉 (%)			
	0	5	10	15
平均日增重, g	337	364	382	407
平均日採食量, g	610	641	706	712
飼料/增重	1.81	1.76	1.85	1.75

3.1.2 豆粕及其副產物

大豆濃縮蛋白是降解豆粕纖維和抗營養因數的副產物 (Sohn 等，1994)，是採用醇水萃取工藝降低脫脂和去皮豆粕的可溶性糖和寡糖產生，其它微小組分如胰蛋白酶抑制因數、凝集素、大豆球蛋白和 β -大豆球蛋白的含量也降低了。大豆濃縮蛋白全部或者按照一定比例

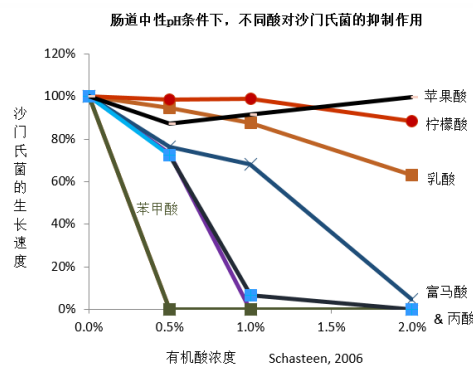
替代離乳仔豬日糧中的豆，有助於改善仔豬的生產性能 (Feng 等, 2007; Lenehan 等, 2007)。Ao 等 (2010) 報導，用大豆濃縮蛋白替代日糧中 5% 的豆粕不影響仔豬 21~51 日齡的日採食量或日增重，但飼料轉化率得到改善，提高了粗蛋白的表觀消化率。大豆濃縮蛋白寡糖和中性洗滌纖維的含量也比豆粕的要低，這些組分的降低改善了粗蛋白的消化率 (Schulze 等 1994; Smiricky 等 2002; Dilger 等, 2004)。考慮到在日糧中添加大豆濃縮蛋白增加了飼料成本，因此常被限定到 < 10~12 kg 體重的仔豬配方中使用。

3.2 飼料添加劑

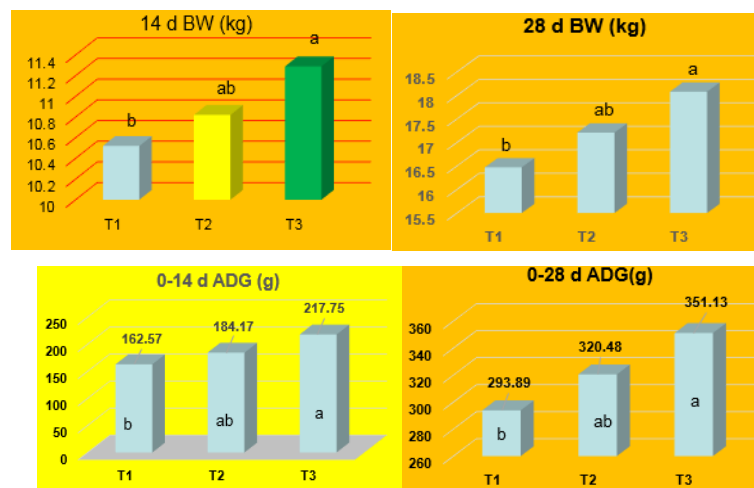
3.2.1 酸化劑

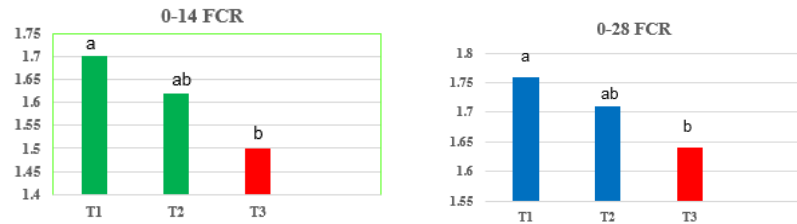
酸化劑的作用機理歸納起來如下：日糧中添加有機酸首先進入口腔，刺激口腔內味蕾細胞，促進唾液分泌，增加食欲，有機酸獨有的氣味，可以掩蓋飼料中的維生素、微量元素的不良氣味，起調味作用，提高採食量。有機酸降低日糧系酸力和胃內 pH 值，提高酶的活性，調節胃排空速度，刺激十二指腸蛋白酶的分泌，促進蛋白質的分解吸收。有機酸可以破壞細菌細胞膜干擾細菌酶的合成，影響病菌 DNA 複製，產生抗革蘭氏陰性菌的作用。部分有機酸是能量轉換過程中的重要中間產物，可直接參與機體能量代謝。同時有機酸可減少因糖異生和脂肪分解造成的組織損耗，從而提高營養物質消化率，提高動物生產性能。

Schasteen (2006) 模擬了腸道中性 pH 條件下不同酸對沙門氏菌的抑菌效果，發現沙門氏菌濃度相同的情況下苯甲酸的抑菌效果最強，所需濃度最低 (0.5%) 即可將沙門氏菌全部殺死。



Novus 有機酸產品艾維酸 DA 動物飼養試驗結果表明，DA (有機酸)+ NE150(保護型精油)顯著提高了 0~14/0~28 d 平均日增重，T3 組比 T1 組提高了 55 g 和 67 g，提高飼料轉化效率。(試驗地點，中國農業大學農業部飼料工業中心，趙盼峰)。





T1：基礎日糧(對照組)，T2：基礎日糧 + 60 mg/kg NE150+ 1 g/kg DA，T3：基礎日糧 + 30 mg/kg NE150+ 2 g/kg DA

3.2.2 蛋白酶

魚粉價格居高不下，尋求植物蛋白原料滿足日益壯大的畜牧業的發展是當前最有效的緩解動物性蛋白源缺乏的手段。豆粕富含植物蛋白，是種公認的優質的蛋白原料，但其中含有的抗原蛋白---球蛋白和β-伴球蛋白---一種導致腹瀉的致敏因數限制了其在離乳仔豬中的大量使用。蛋白酶是專門水解角蛋白的酶，具有很強的底物專一性和水解能力。最新試驗結果研究表明，增加豆粕用量（由 21.8 % 提高到 22 %），減少發酵豆粕的量（由 4 % 降為 3.3 %），降低魚粉用量（由 2 % 降為 1 %），同時添加 500 g/T 蛋白酶（Novus），試驗組生長性能優於空白對照組，平均日增重和飼料轉化效率也有改善，每頭豬增加經濟效益約台幣 9 元。

表 3 蛋白酶對離乳仔豬生長性能的影響

項目	對照組	試驗組
初始體重 (kg)	7.33 ± 0.96	7.31 ± 0.96
試驗末重 (kg)	13.58 ± 1.21	13.69 ± 1.61
平均日採食量 (g)	527.04 ± 41.13	521.60 ± 40.01
平均日增重 (g)	282.38 ± 20.66	288.20 ± 39.02
飼料轉化效率 (g/g)	1.87 ± 0.15	1.82 ± 0.14

注：設 8 個重複，每個重複 9 頭豬，試驗地點：西南科技大學

3.2.3 穀氨醯胺

穀氨醯胺（Gln）是快速增生細胞如腸粘膜細胞、淋巴細胞、血管內皮細胞、腎小管細胞、成纖維細胞等的主要能源物質。在正常生理狀態下，腸上皮細胞生長需要消耗大量的 Gln，而病理和緊迫狀態下 Gln 是維持腸粘膜代謝、結構及功能的必需營養成分。Gln 參與機體內還原劑 GSH 的合成，能增強機體清除自由基、抗氧化損傷和維持細胞結構的功能，在保護腸道免遭細菌和毒素的侵害中發揮重要作用。仔豬離乳後，Gln 來源終止，體內尚不能合成足夠的 Gln 供其需要，受日糧抗原、病原微生物、環境等緊迫因素的影響，仔豬消化道常常發生組織學和形態結構的變化，表現為腸絨毛萎縮，隱窩增生，消化酶的合成下降，造成腸道營養物質消化吸收不良。楊彩梅（2005）試驗表明，在仔豬日糧中添加 1 % 的穀氨醯胺，仔豬的日增重提高了 11.55 %，腹瀉率降低了 9.52 %。0.25% 甘氨酸醯胺使的仔豬的日增重明顯提高，腹瀉率降低了 5.76 %（皇冠慶等，2004）。1 % Gln 使的仔豬的腸絨毛高度提高了 8.29 %，固有膜高度降低了 9.69 %（劉濤，2003）。

4 結語

瞭解早期離乳仔豬的消化生理特點，瞭解母豬的營養對於後代生長性能的影響以及離乳體重對於後期生長肥育的影響非常重要。合理利用飼料原料，把好飼料原料關，同時添加適合的飼料添加劑，優化飼料配方，確保平穩過渡離乳期，將離乳緊迫減少到最低程度，確保仔豬獲得最佳的生長性能，獲得更多經濟效益。