

## 如何因應熱緊迫:蛋雞的飼養計畫

### Feeding Programs for Laying Hens: Heat Stress

Poultry Welfare 22/07/2010

<http://www.poultrypro.com/poultry-articles/poultry-welfare/feeding-programs-for-laying-hens-heat-stress>

全球蛋雞數量呈高比例成長，在這些成長地區，熱緊迫是產蛋期最主要的管理因子。雖然新陳代謝上的些微改變也會影響產蛋和蛋殼品質，但這個問題的基本點是在於此時期的採食量不足。當各種家禽的生長初期是處於溫暖環境，成熟後的正常生長和發育通常會有負面效應。顯然，家禽對熱的耐受性會隨年齡不同，因為羽毛會快速生長，相對的體表體積就減少。熱緊迫常用來描述家禽在熱環境下的狀態，但其中牽涉到的不只是溫度。因為家禽會靠蒸散冷卻模式(如喘息)來散熱，空氣中的濕度就成為關鍵。因此高溫協同高濕，比起單獨的高溫對家禽來說更緊迫。其他的環境因子如風速和氣流也很重要。我們也清楚，對於熱緊迫的耐受性會顯著反應在家禽的表現。舉例來說，蛋雞可忍受35°C的固定環境溫度並正常生長。但是，日夜溫差大的情況下，大部份的家禽在35°C就很緊迫。接下來的討論中，我們將假設變動因素存在，因為這樣比較實際，對家禽來說也比較緊迫。



炎熱氣候下，主要的關切點是蛋雞採食能力。當雞舍溫度上升，雞群不需熱能來維持體溫，採食量就會減少。這種狀況下，環境能量取代了飼料能量是經濟的。但是，體熱的產生和室溫之間的關係並非線性，因為在某些關鍵溫度時，雞群會增加能量需求以啟動身體的冷卻機制。接下來就要思考如何緩解熱緊迫。

### A. 家禽對熱緊迫的反應

圖2是熱緊迫反應的概要介紹。大約23°C時，產生的體熱最少(因此是最有效率的狀態)。低於此溫度時(低於關鍵溫度)，家禽通常得產生較多體熱以保持溫暖。

但是，19-27°C之間只有小範圍的效益，低於範圍，所產生的熱很少;高於27°C，家禽會開始使用能量來保持冷卻。舉例來說，27°C時家禽的血管會開始擴張，促使較多血液進入雞冠、肉垂、腳部...等，以增加散熱效果。明顯高溫時更容易觀察到蛋雞出現喘息及垂翅。這些高溫環境下的行為，代表雞群會增加而非減少能量的需求。不幸的是，這些情形不會像圖2說明得那麼清楚，這也是因為畜舍裡會有各種環境狀況。熱的產生可能因為一些實際農場狀況就會改變，而非嚴密調整高低臨界溫度可控制。反應的變異可由以下因子造成: a)採食量增加，b)羽毛生長較好，c)雞群活力增加。當要解釋圖3和圖4中討論的數據資料時，這些潛在的變異應被含括在內。圖3是進一步加入了家禽正常的能量攝取模式。圖3顯示的基礎線是在重複說明圖2的溫度反應。

Figure 2. Environmental temperature and body heat production.

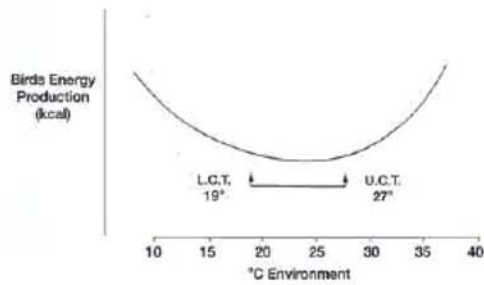


Figure 3. Environmental temperature and energy balance.

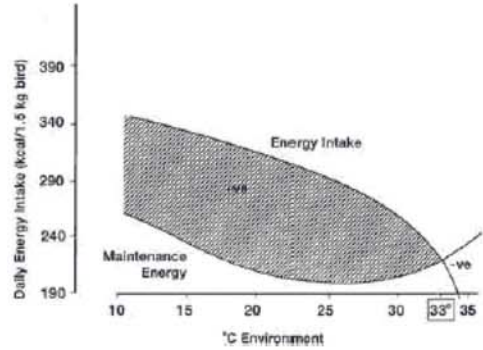


Figure 4. Environmental temperature and energy balance.

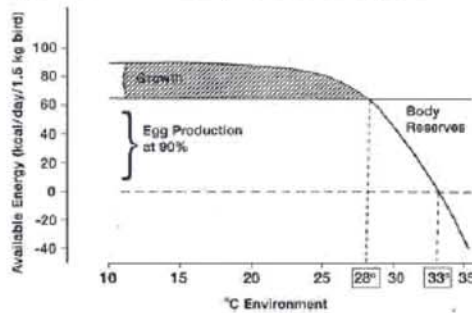


Figure 5. ME intake of layers predicted between 10-34°C (NRC, 1994).

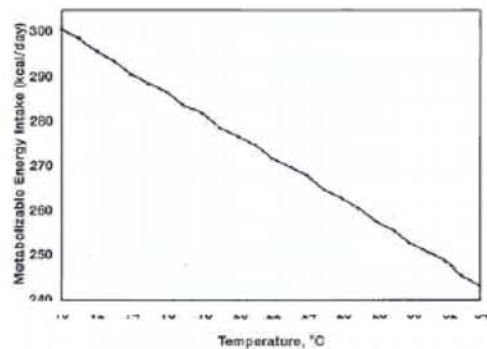


Figure 6. ME intake of layers with 60, 75 or 90% feather cover at 10-34°C (Paguri and Coon, 1995).

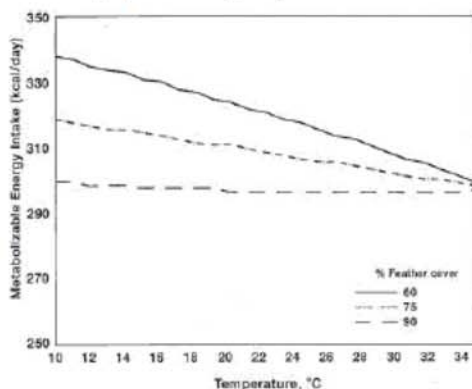


圖3上面的曲線代表了體重1.5kg蛋雞的能量攝取值。同樣地，隨著環境溫度增加，能量(飼料)的攝取就下降。但是在超過27-28°C時，因為家禽會順應熱度去改變代謝過程，而且喘息等行為會對大腦攝食機制有不良影響，攝食的時間減少，造成採食量劇烈下降。圖3中的2條線之間的陰影區，代表了可利用的能量。當接近及超過臨界的28°C，可用的能量就會逐漸減少，33°C時甚至會成為負數。

如果圖3的陰影區(可用能量)是繪製了對溫度的反應，那麼圖4的空白區是反應了產蛋的潛能。如果我們假設每顆蛋平均含相當於80千卡的代謝能，那在90%的產能時，每日能量需求約在70千卡才能符合產能所需。根據圖3我們計算的結果指出，每日可用的總能量是90千卡，所以我們有少許的正差可用於生長或增加體重。28°C時，能量只夠產蛋使用，無法用於生長。高於28°C時，能量根本無法符合維持90%產能的需求。此時不是產蛋下降，就是必須使用其它的能量來源。而雞隻體內(脂肪和肌肉)所貯存的能量在此時就會被利用。這些圖表不是固定的，會受許多因子如氣流、羽毛等影響而不同，如前所述細節。然而，對大部份的畜舍來說，圖4所示的這些反應可能實際是發生在高2°C。這種情況下，雞隻在33°C時的能量是負平衡(圖4)。許多與能量攝取及環境溫度相關的程式已被開發。舉例來說，NRC (1994)的方程式如下： $ME$ 代謝能(千卡/日) =  $W75 (173 - 1.95T) + 5.5 W + 2.07EE$  ( $W$ =體重,kg;  $T$ =攝氏溫度;  $W$ =每日增重;  $EE$ =每日蛋重,g)。將環境溫度10~34°C帶入方程式，會得到1.3公斤雞隻每日生產50公克重蛋，以及2公克日增重的線性關係(圖5)。

因反應環境溫度而影響能量攝取的主要因子是覆蓋的羽毛，也就是其絕緣力。Coon和其同事開發出一個方程式，有把羽毛的覆蓋程度列入計算。此方程式如圖6，而雞隻的羽毛覆蓋程度分別為90、75、60%。如所預期，環境溫度低時，羽毛的覆蓋對採食有重要影響。而34°C因為接近雞的體溫，所以羽毛的覆蓋沒有產生任何影響。

## B. 能量平衡

因此，熱緊迫時我們主要關切點是產蛋期的可用能量。採用以下方式，使能量的使用最佳化：

- (i) 增加飲食中的能量
- (ii) 促進動物的採食量
- (iii) 使用體內貯存的能量

(i) 我們都知道，飼料中的能量增加時，雞隻的採食量就會減少。這是因為雞隻試圖要保持每日的能量攝取值。但是這個機制並不完美，因為當能量增加時，採食量並不如預期下降，反而會造成能量的浪費。而且，當環境溫度上升時，這個機制看起來就更不好。當飼料能量從2860 kcal ME/kg增加到3450 kcal ME/kg，可看到如下結果(表5, Payne, 1967)。

**Table 5. Effect of diet energy level on metabolizable energy intake**

Diet energy (kcal ME/kg)	at 18°C		at 30°C	
	Feed per day (g)	Energy per day (kcal)	Feed per day (g)	Energy per day (kcal)
2860	127	363	107	306
3060	118	360	104	320
3250	112	364	102	330
3450	106	365	101	350

(From Payne 1967)

18°C時，雞隻有相當好的調節機制，就像會降低高熱能飼料的採食量，以維持正常的能量攝取。高溫時，雞隻也會調節攝食量，結果就發生能量的浪費。我們並不建議採取極端的能量添加，而是高能量飼糧時，盡可能使能量攝取最大化。為了增加飼糧中的能量，應考慮添加補充用的脂肪。飼糧中的脂肪有增加適口性的優點，體內利用時所產生的熱能也會減少。

(ii) 有許多方法都可以促進採食量。增加每日餵食次數可以鼓勵採食。如果可能的話，在一天中較涼爽的時間餵食，也是增加養分攝取的一個有用方法。在惡劣環境下，也可以使用人工照明，考慮在半夜時餵食，此時溫度較低、雞隻也比較有食慾。再來，也可以增加飼糧的嗜口性。將植物油、糖蜜、甚至是水，直接澆在飼料上，也可以增進採食量。每當飼糧中脂肪含量高，或如上述進行灑料處理時，必須小心避免飼料酸敗。最好能在飼料中添加優質的抗氧化劑，飼料容器中也不可以出現結塊的現象。所以，關鍵還是在於飼料的新鮮。

飼料的型態也可利用！粉碎料可以促進採食量，所以當飼料型態突然從大顆粒變小顆粒，會有短暫性的採食促進效果。有趣的是，如果飼料型態突然從小變大，似乎對於採食量會帶來負面影響。

**Table 6. Effect of sudden change in feed particle size on feed intake (5-7d) following this change.**

	Regular crumbs	Only small crumbs <2.4 mm	Only large crumbs >2.4 mm
Feed (g/bird/day)	112 <sup>a</sup>	124 <sup>a</sup>	81 <sup>c</sup>

<sup>a-c</sup> means followed by different letters are significantly different

(iii)為了最佳的經濟效益，必須實施正確的飼養計畫。炎熱氣候下，雞隻會使用貯存於體內的能源以維持生蛋所需能量，所以這點就變得非常關鍵。一般來說，母雞的體重越重，蛋雞的體重就越重，因此貯存的能量及採食量就越大。這裡並不是建議越肥的雞隻就越好，但很明顯的是，有適當體重的雞隻合理可以貯存較多脂肪，可以更好地因應熱緊迫狀況。受到熱緊迫威脅但可用能量不足的蛋雞，就會出現蛋重減輕，產蛋量下降。

### C. 蛋白質養分

在過去，熱緊迫期間提高蛋白質的含量是很普遍的作法。這麼作的基準點是在於採食量降低，因此調整蛋白質的量使其符合每日每羽雞隻可攝取到17公克。但是現在了解，這樣的調整可能是有害的。任何一種營養素在體內代謝時，這個過程並不是百分百有效，而且會產生一些熱能。不幸的是，蛋白質在這方面是最不易被有效利用的營養素，氨基酸的代謝過程中產生更多熱能，最後熱緊迫的雞隻還得消耗掉體內產生的熱能。多餘的產熱會超過散熱機制(喘息、血液循環)的負荷。因此，我們面臨了採食下降的情況下還要維持蛋白質攝取量的難題。目前我們知道太多的粗蛋白是有害的。問題的解答就是不增加蛋白質，而是增加雞體所需的氨基酸含量。藉由餵飼合成氨基酸，我們可以維持這些必須營養物質的攝取量，而不用使雞體負擔過多的粗蛋白質(氮)。因此，一般建議增加合成蛋胺酸及離胺酸的使用量，以分別維持360和720mg的每日攝取量。

### D. 礦物質和維他命

鈣的含量取決於採食量，正常每日應攝取3.5g。但在極端環境下，這就有點困難。如前所述，可能使用了高熱能的飼料或是有太多無法消化的石灰石或牡蠣殼。表7顯示了飲食中鈣、磷和維生素D<sub>3</sub>須要維持的攝取量，這些都是蛋殼品質的關鍵。

因為當採食量低落時，會提高飼料的熱能，並也隨之增加石灰石和磷的量，結果稀釋了飼料中其他養分(除鈣和磷)。潛在性的鈣缺乏常發生在使用牡蠣殼或大顆粒的石灰石來灑料。這個狀況對磷來說更複雜，而且高量時會有害處，如表7。實際上，在這些極端環境下磷很少會增加，除非是長期性的問題。而維他命D<sub>3</sub>缺乏時，最好就是在飲水中添加維他命D<sub>3</sub>。

**Table 7. Diet nutrient levels needed to maintain constant intake at varying levels of feed intake**

Feed intake (g/d)	av P (%)	Ca (%)	Vit D <sub>3</sub> (IU/kg)
70	0.60	5.35	4700
80	0.52	4.68	4125
90	0.47	4.17	3660
100	0.42	3.75	3300
110	0.38	3.41	3000

飼料或飲水中添加碳酸氫鈉似乎是有益的。但是必須謹慎使用，以免鈉質太高改變了鹽的含量。操作時要非常注意，先計算飲水中鈉的攝取量，尤其在熱緊迫時期飲水量會非常高。增加飲食中鉀的含量也有正面影響，但是這也必須經過仔細計算來進行，因為太高時會不利於電解質的平衡。雖然很少報告提到熱緊迫時補充維他命B群的效果，但有一些脂溶性維他命的有利報告。雖然並非絕對，但增加維生素A、D<sub>3</sub>、E的添加，在某些情況下會有好處。而維他命C(抗壞血酸)通常不會被考慮在家禽飼糧中，但有證據支持其在炎熱天氣的使用。雞隻需要維生素C，大多數情況下其可自行合成。熱緊迫時，這樣的合成可能不足或無法進行。所以每公斤飼料中添加200mg的維他命C，被證實有利於蛋雞的產能。

#### E. 電解質平衡

隨著環境溫度的增加，雞隻會增加呼吸速率試圖利用蒸散機制來散熱。然而由於喘息，雞隻會流失二氧化碳使酸鹼平衡快速失衡，引起輕度到嚴重的鹼中毒，血液的酸鹼值從7.2上升至7.5~7.7。血液酸鹼值的變化，伴隨著碳酸根離子的流失，使蛋殼品質、正常的雞隻健康和生理代謝受影響。在這樣的熱緊迫情況下，碳酸氫鈉的使用，看來是影響蛋殼厚度的主要因子。相對的，蛋殼厚度也受到酸鹼平衡、腎功能和呼吸速度的管轄。

正常情況下，蛋殼形成會引起與過濾碳酸根的總吸收有關的腎性酸中毒。同時，蛋殼的分泌會引起代謝性酸中毒，因為HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>和Ca<sup>++</sup>形成不可溶的碳酸鈣(CaCO<sub>3</sub>)，釋放出氫離子(H<sup>+</sup>)。氫離子的釋放會誘發極度酸性和生理上的解離狀況，這時須要透過子宮部內液體的碳酸鹽緩衝系統來取得平衡。輕度代謝性酸中毒時，蛋殼的合成是正常的，狀況較嚴重時，蛋殼的形成就會受影響，因為緩衝系統和蛋殼形成都會競爭HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>。飼料中添加氯化銨(NH<sub>4</sub>Cl)這類產品時，會誘發嚴重的代謝性酸中毒，並降低蛋殼強度。在這種情況下，NH<sub>4</sub><sup>+</sup>的問題比氯(Cl)大，因為肝臟中尿素的形成(來自NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)，再次須要HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>離子的緩衝，與子宮部碳酸鹽的代謝創造出更多競爭。反之，餵飼碳酸氫鈉，特別是氯含量非常低時，可以改善蛋殼的厚度。商業狀況下，一定要避免為了緩衝任何飼糧電解質而產生過多的鹽基。同樣重要的是，高溫時避免雞隻出現嚴重的呼吸急促，因為這樣會降低血液碳酸鹽的值，極端狀況下會導致代謝酸血症。實際狀況下，以碳酸氫鈉(NaHCO<sub>3</sub>)取代氯化鈉(NaCl)則益於蛋殼的形成。

對熱緊迫的適應是一個複雜的因子，因為臨時的急性狀況會帶來更多問題。舉例來說，31週齡的母雞在35和21°C的環境下，血中電解質的狀態只表現出些微的差異。如果是讓雞隻逐漸適應高環境溫度，那麼電解質和蛋殼品質之間的關聯性並不大。突然的急性熱緊迫和循環性的溫度條件，看起來對雞隻才是最緊迫的。

預防電解質失衡，顯然應該考慮飼料配方裡的陰陽離子是否適當。但是必須了解飼料只是影響潛在失衡的一個因子，飼養管理和動物福利也是很重要的。電解質平衡通常建立於飼糧中鈉和氯化鉀的平衡，而大多數的狀況下，這看起來是合理的簡化。電解質平衡通常以各種電解質的mEq來表示，單獨電解質的計算方式是Mwt ÷ 1000。這個單位的使用基準，在於飼料中的主要礦物質呈相對低值。舉一計算實例，飼糧中含0.17%鈉、0.80%鉀、0.22%氯的mEq計算如下：

$$\begin{aligned} \text{Sodium Mwt} &= 23.0, \therefore \text{Eq} = 23\text{g/kg}, \\ \therefore \text{MEq} &= 23 \text{ mg/kg} \\ \text{Diet contains } 0.17\% \text{ Na} &= 1700 \text{ mg/kg} = \\ \frac{1700 \text{ mEq}}{23} &= 73.9 \text{ mEq}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Potassium Mwt} &= 39.1, \therefore \text{Ea} = 39.1\text{g/kg}, \\ \therefore \text{MEq} &= 39.1 \text{ mg/kg} \\ \text{Diet contains } 0.80\% \text{ K} &= 8000 \text{ mg/kg} = \\ \frac{8,000 \text{ mEq}}{39.1} &= 204.6 \text{ mEq} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Chloride Mwt} &= 35.5, \therefore \text{Eq} = 35.5 \text{ g/kg}, \\ \therefore \text{MEq} &= 35.5 \text{ mg/kg} \\ \text{Diet contains } 0.22\% \text{ Cl} &= 2200 \text{ mg/kg}, = \\ \frac{2200 \text{ mEq}}{35.5} &= 62.0 \text{ mEq} \\ \therefore \text{overall diet balance becomes } &\text{Na} + \text{K} - \text{Cl} \\ &= 73.9 + 204.6 - 62.0 = 216.5 \text{ mEq}. \end{aligned}$$

250 mEq/kg左右的平衡是正常的，所以這樣的飼糧有需要增加鈉和鉀的含量，或是降低氯的量。

實際狀況下，當氯含量高時，電解質平衡似乎更有問題。另一方面，熱緊迫期間有時會使用碳酸氫鈉取代氯化鈉，可能造成氯不足。飼糧中電解質平衡的變化最常發生於某個成分的使用量改變，特別是當動物性來源蛋白質取代豆粉或相反情況。表8概述了一些主要飼料原料的電解質含量及平衡值。

Table 8. Electrolyte content of feed ingredients

ingredient	% of ingredient			Na+K-Cl (mEq)
	Na	K	Cl	
Corn	0.05	0.38	0.04	108
Wheat	0.09	0.52	0.08	150
Milo	0.04	0.34	0.08	82
Soybean meal	0.05	2.61	0.05	675
Canola meal	0.09	1.47	0.05	400
Meat meal	0.55	1.23	0.90	300
Fish meal	0.47	0.72	0.55	230
Cottonseed meal	0.05	1.20	0.03	320

穀物中，當小麥相對高於玉米時，高粱的電解質平衡是低的。主要的差異會出現於高蛋白質的成分，除了黃豆，其他來源的電解質平衡都是低的。如表8所示，這種形式的發展是由於豆粉的鉀含量很高。因為若要改變配方中蛋白質來源時，要審慎考慮到電解質平衡。舉例來說，含60%高粱和25%黃豆的飼料，其總平衡值是210 mEq/kg，而含75%高粱和10%魚粉的飼料，其總平衡值只有75mEq/kg。高粱搭配魚粉的飼料可能就需要補充碳酸氫鈉。

假設熱緊迫無法以正常飼養管理的技術來作控溫，那麼於飼料中添加電解質是有益的。然而，比起蛋雞，這項技術對未成熟雞隻的應用是不同的。成熟的母雞必須維持其碳酸鹽緩衝系統，因其與蛋殼品質有關。因此，飼料或飲水中添加碳酸氫鈉是有益的，再次強調其可滿足氯的最小需求。另一方面，治療蛋雞的呼吸性鹼中毒時，可能會使用像NH<sub>4</sub>Cl的酸化劑來減緩呼吸緊迫，但可能造成蛋殼品質不良。對於未成熟的母雞，以電解質治療往往是有益的，而且不需太注意碳酸鹽的緩衝。飲食中的NH<sub>4</sub>Cl提高到0.3%，可以改善熱緊迫雞隻的生長速率，雖然如前所述，我們並不清楚這個效應是透過電解質平衡或血液酸鹼值，或只是簡單的促進飲水量的間接影響。在商業狀況下，於幼禽飲水中添加鹽，已被報告可以減緩熱緊迫並促進生長。

## F. 水

熱緊迫時往往忽略了一個營養因子，就是水的代謝。我們都知道在炎熱環境中，雞隻的飲水量會增加，而這部分常被忽視。在水中提供養份是很合乎邏輯的，因為飲水量會在採食量降低的時候增加。不幸的是，對於這方面的管理，我們只有很有限的成功。沒有什麼是比冷卻蛋雞的飲水更為有利。在少數的雞隻試驗中，飼養於非常炎熱環境下的雞隻，冷卻其飲水具有明顯的優勢。在加州一個商業場更大的研究中指出，環境溫度32°C時，只要降低5°C的水溫，就可以改善採食量和產蛋率(表9)。另一個要考慮到飲水量的因子是可溶性礦物質和汙染物…等可能造成的影響，這些可能會劇烈影響飲水行為。比如說礦物質含量中，鈉離子濃度就最可能造成問題。

Table 9. Effect of water temperature on egg production (%)

Age (wks)	Environmental temperature 32°C	
	Water at 32°C	Water at 27°C
25	64	74
26	74	79
27	77	86
28	76	84
29	88	93
Mean	76	83
Feed intake (g/b/d)	83g	90g

Ball (1987)



## G. 熱緊迫相關建議

正常狀況下，餵飼雞隻使其得到適當的每日所需營養素。去除環境因素，若沒有從採食量、體重及蛋重的監測獲得資訊，也無法做出正確決策。熱緊迫狀況下(28- 40°C)，可參考以下幾點：

1. 請勿進體重過輕的蛋雞。因為他們的採食量少，體內的貯存能量也低，無法維持最佳產蛋效率。
2. 最好添加脂肪或油，增加飼糧中的能量(不低於2850 Kcal ME/kg)。可以的話，要限制纖維成分的使用量。
3. 降低粗蛋白質的量(不高於17%)，並維持蛋胺酸(360mg)&離胺酸(720mg)的每日攝取量。
4. 根據攝食量的變化，增加預混料中礦物質和維他命的含量。確保鈣(3.5g)和有效磷400mg)的每日攝取量。
5. 當蛋殼品質發生問題，可以考慮添加碳酸氫鈉。同時監測鈉的總攝取量，確保飼料中氯的適當含量。
6. 熱緊迫發生時，另外補充維他命C (150g/每噸飼料)。
7. 增加每日餵飼次數，並試著在一天當中較涼爽的時間餵飼。
8. 盡量保持飲水清涼。分析水中鈉含量，以計算水中的鹽分。
9. 可以的話，請使用粉碎料或大顆粒飼料。
10. 若發生突然的短期(3 - 5 天)熱緊迫，請勿變更飼料配方。