

# 电解质故事

The Story of Specialty Electrolytes

# 何为电解质？

- 化合物在熔融或溶解于水中，可离解成带正电荷和带负电荷的离子，这种化合物称为电解质。

例如： 酸：  $\text{HCl}$      $\text{HNO}_3$      $\text{H}_2\text{SO}_4$

碱：  $\text{NaOH}$      $\text{KOH}$      $\text{CaOH}$

盐：  $\text{NaCl}$      $\text{KCl}$      $\text{MgCl}_2$      $\text{CaCl}_2$

$\text{CuSO}_4$      $\text{NaCO}_3$  等

# 细胞——生命的基本单元

- 👉 动物的生命是靠新陈代谢来维持的；
- 👉 细胞——生命的基本单元，含有：50000种基因；50种酶，用以控制2000种生化反应。需要：
  - \* 多种分子透过细胞膜不停地流动来供应所需物质和排出废物；
  - \* 合适的酸碱度以保证正常的生化反应环境；
  - \* 主要的电解质离子(钠和钾)能不停地供应以保证细胞内外渗透压的平衡。

# 生命在于平衡

- 根据分析，对畜禽来说，生产性能如何还是与它们身上数以亿万计的细胞的健康活动状态有关。
- 如果没有一套平衡的电解质体系，细胞是不能发挥它的功能。钠、钾和氯三种离子是主要的电解质，具有一系列的关键性功能，令细胞生机勃勃，使禽畜健康生长。
- 当细胞内和外的电解质失去平衡时，那么细胞的新陈代谢也深受影响。

# “平衡”的意义

- 身体三分之二属于水。水存在细胞里，也环绕在每颗细胞的周围。
- 体液是携带氧气和二氧化碳的。它供应营养料给组织，更能从组织移去废料。此外更能把酶类和激素等分配到所需的组织里去。细胞的功能如果要有效率，它必须拥有永常均衡的环境，这个良好的环境，是由环绕在细胞周围的体液供应的。体液的成分、容积、温度与调配等等，必须常加调节，使趋于平衡。
- 细胞要籍着电能，才可以生机活跃，但细胞的内与外的水，都是电的不良导体。当电解质放进水里时，就起解离作用（即呈活跃状态），这时导电的能力增加了。电解质解离为两部分：即带正电荷的阳离子和带负电荷的阴离子。
- 身体需要有不断的体液和电解质供应。主要的电解质是钠、钾、氯和重碳酸根四种离子。如果没有它们，体内环境就不能达到平衡状态。

# 酸碱平衡

- 正常情况下，在细胞内和细胞周围的氢离子浓度是接近 $10^{-7}\text{mol/L}$ ，即 $\text{pH}=7$ 左右。
- 在 $\text{pH}=7$ 左右，酶的活性最高，催化反应的能力最强；

# 电解质的平衡

- 在代谢过程中，主要电解质的离子均有参与。
- 如果饲料供应的电解质少过所需，或因应激状态而遭受损失，那么细胞制造蛋白质、碳水化合物和脂肪的功能，均会降低，食欲立即受到影响，代谢率升高。

# 动物生理和生化过程原理（一）

- ☞ 体液的酸碱度主要是靠“ $\text{HCO}_3^-$ ”来中和或者释放氢离子来调节与缓冲
- ☞ 细胞内外物质的进出则是靠细胞内外的渗透压来实现的，而细胞内外的渗透压又是靠细胞内占多数的“钾”离子和细胞外占多数的“钠”离子来调整的，即生理上讲的“钾泵”和“钠泵”。
- ☞ 三种离子在体内需要有足够的储备而且比例合适，消耗后又能及时供给，细胞内才可以进行非常剧烈的新陈代谢而不会有问题。



# 动物生理和生化过程原理（二）

- 👉 动物为了抵抗应激或者是适应应激状态，必须动用体内的物质储备加快新陈代谢速度。
- 👉 代谢加速导致细胞内物质需求增大和代谢废物急速增加，细胞内外的物质交换加速，体液开始偏离原来的酸碱度。
- 👉 如果没有足够的Na、K和 $\text{HCO}_3^-$ 来调整适当的细胞内外渗透压和酸碱度，代谢则不能正常进行，细胞就不会正常工作或因为代谢物不能及时排出而膨胀破裂，因此细胞就会进入病态甚至死亡。

# 主要的饲料电解质

- 氯离子—— $\text{Cl}^-$

☞ 氯离子存在细胞内，也存在细胞外的体液中，可以说，在身体内的每一个角落，都有它的踪迹。它也储藏 in 皮肤和皮下组织里。

☞ 氯离子对于酸碱平衡的保持，是非常重要的。如果没有它，动物系统就不能存活。此外，它还能在胃中制造盐酸，对消化很重要。

\* 来源：太过丰富！

因为氯离子过多，可能对禽畜不利，所以，有关电解质的配方，不应含有氯离子。

# 主要的饲料电解质

- 钠离子—— $\text{Na}^+$

☞ 钠离子约占全体重的千分之二。它最多存在细胞外的体液中，它用以保持渗透压力的平衡。它主要是用以控制血液的黏度，而对体内水分的调节负有重要使命。

☞ 沿神经组织纤维的电流变化，与钠离子有关。这电流变化，足以调节神经肌的功能。

☞ 钠离子对某些酶系统也有作用，同时协助葡萄糖和其他营养成分经由肠脏与肾脏时的吸收。

# 主要的饲料电解质

- 钾离子—— $K^+$

☞ 钾是在细胞内的最重要离子，在细胞内钾离子的数目与在体液内的钠离子数目差不多。钾的最重要功能是在肌肉的生理方面。

☞ 钾和钠一样，它也有增强酶系统的活动，且和沿着神经纤维的电脉冲流动有关。

# 一、NRC 的钾推荐量已过时

	猪体重	K (%)
生长/肥育	1~5kg	0.30
	5~10kg	0.28
	10~20kg	0.26
	20~50kg	0.23
	50~110kg	0.17
繁殖	妊娠期	0.20
	泌乳期	0.20

👉 Golz 和Crenshaw (1990)发现，5~10kg生长猪的最优日粮钾水平应该为0.57%

## 二、钾对赖氨酸利用率的影响

大量研究表明，提高日粮中的钾离子水平能够提高赖氨酸的利用效率。

👉 Liebholz 等(1966)发现，添加0.4%~0.8%的钾可改善赖氨酸利用率。

👉 Mabuduike 等(1980)使用赖氨酸含量在0.4%~0.5%、钾水平在0.25%~1.5%之间的日粮饲喂生长猪，发现在赖氨酸0.43%水平下，把钾的含量从0.26% 提高到0.51%~0.81%都可以提高生长率、采食量和饲料利用率。

👉 Miller 和Froseth (1982)发现，赖氨酸加钾可提高猪的日增重和饲料利用率。

### 三、钾降低PSE猪肉的发生

苍白、松软和渗出性猪肉(PSE)是由于屠宰时所造成的肌肉酸中毒引起的。

👉 Hooge 和 Cummings, 1995研究运输、处理和屠宰前的日粮已经证明, 添加K离子可以减少PSE的发生, 因为K离子是细胞内液中的最主要阳离子, 具有调节组织渗透压和酸碱平衡的作用, 是维持细胞和组织储水能力的重要因素, 因此, 日粮中K的添加对减少PSE猪肉具有重要的作用。

## 四、钾减少动物应激和胴体缩水

钾能够减少肥育动物在处理和转运过程中的应激,并减少体重损失。此外,像在家禽生产中所观察到的一样,钾也能够缓解猪的热应激。

👉 Jesse 等 (1988) 在密苏里州炎热的夏天,用刚刚购买的肥育猪进行了一个钾离子对动物热应激影响的试验,饲喂了28天含有1%钾离子的日粮,与对照组相比,饲喂高钾日粮的肥育猪的增重明显加快。

👉 Haydon 等 (1990) 发现,通过调节日粮电解质平衡( $\text{Na}+\text{K}-\text{Cl}$ ),生长肥育猪的饲料采食量和日增重明显改善。



## 五、钾维持体内最优电解质平衡

影响猪体内酸碱平衡的主要日粮电解质是单价的电解质如钠、钾和氯离子。

👉 在配制猪日粮时，钠、钾和氯及日粮电解质的平衡(dEB) ( $\text{Na}+\text{K}-\text{Cl}$ ，以每kg干物质中的mmol计算)必须加以考虑,此外，这些离子和其它电解质在日粮中的浓度应当根据不同的日粮作适当调整，绝对不能让其缺乏从而成为限制动物生产性能的制约因素(Mongin, 1981)。

## 六、饲料原料中的钾利用率、体内沉积及其钾含量

由于钾离子在体内缺乏储存，而且从体内排出得很快，为了保持体内的正平衡，日粮中必须含有足够的钾离子。

- ☞ Combs 和 Miller(1985) 测定，玉米和豆粕中钾的可吸收率为90%~97%；
- ☞ 但是猪日粮中钾的体内存储率仅为24.7%~54.6%(Mason 和Scott, 1972; Patience1985)。
- ☞ 另外值得注意的是，常规饲料原料中的钾含量很不稳定，根据NRC饲料原料成分分析，豆粕的钾含量在2%，而变异系数为0.3，也就是说，66.7%的分析样品的钾含量在1.7%~2.3% 之间。

## 七、钾能提高猪的瘦肉生长和猪的生长率

Ewan (1987, 1988) 发现，在日粮中添加 0.4% 的钾趋于提高蛋白质的沉积，增加肌肉的沉积和减少背膘厚度。

# 电解质平衡值

(dietary electrolyte balance, dEB(mEq/kg))

dEB(mEq/kg)

$$\begin{aligned} &= [\text{Na(g/kg)} \times 1000 / 23 ] \\ &+ [\text{K(g/kg)} \times 1000 / 39] \\ &- [\text{Cl(g/kg)} \times 1000 / 35.5] \end{aligned}$$



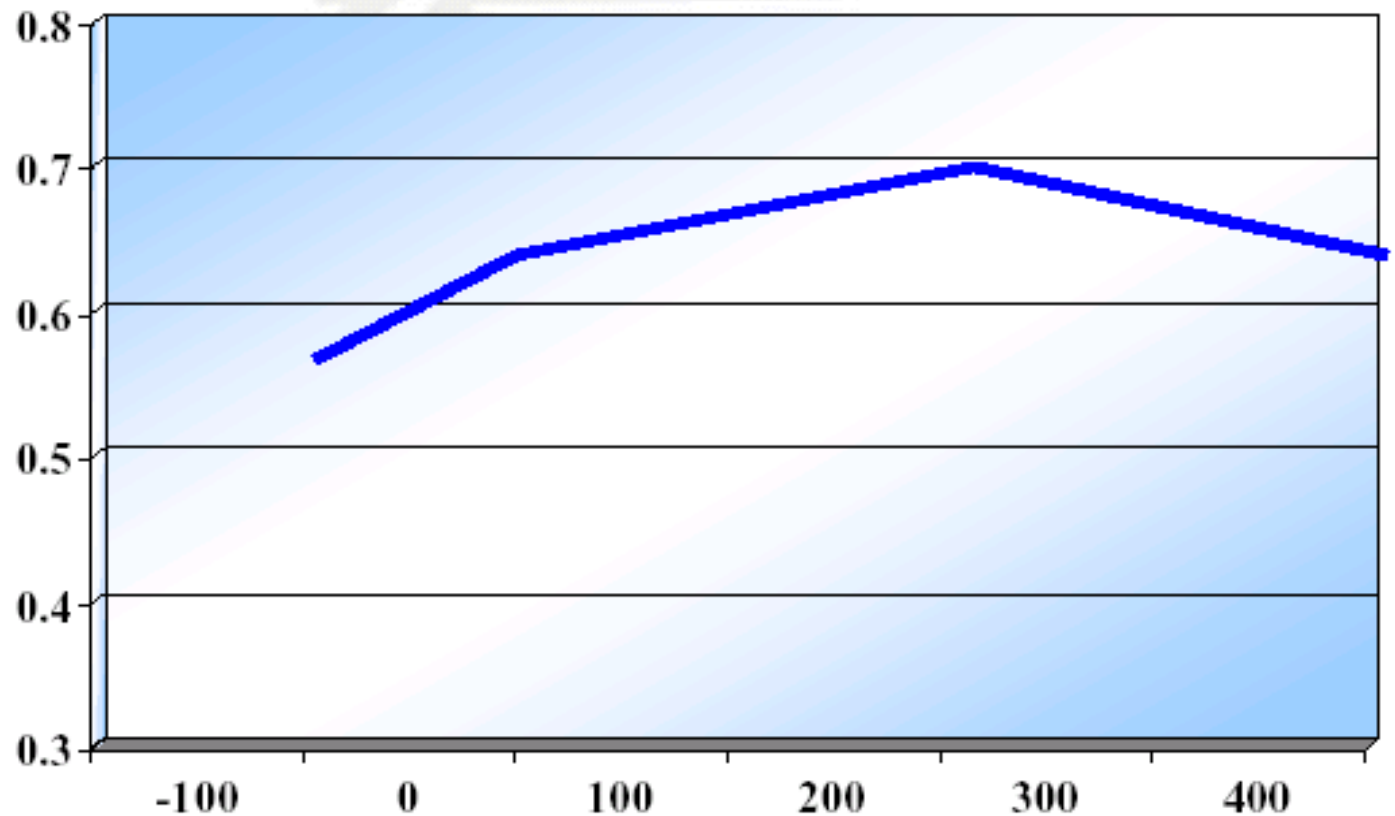
# dEB与猪生产性能的关系

- 在养猪饲料配方中，食盐（氯化钠 NaCl）的添加量都固定在 0.25～0.50% 之间，因此，K 成为离子平衡重要的影响因素。
- Golz and Crenshaw（1990）报告指出，在成长猪中 Na-K 和 Na-Cl 间不产生交互作用，主要以 K-Cl 间的交互作用影响到猪的生长与饲料采食，dEB 值则在 238 mEq/kg 时使猪的生长达到最好；
- Austic and Calvert（1981）提出 250 mEq/kg 猪的生长达到最佳；
- Haydon and West（1990）利用代谢试验指出，dEB 值影响营养成分和氨基酸的利用，dEB 值由 -50 提高至 400 mEq/kg 改善氮的利用。
- Cole, et al.（1992）指出，断奶仔猪饲料中的 dEB 值大约在 155 mEq/kg 可改善生长效率；
- Dove and Haydon（1994）泌乳母猪则约 250 mEq/kg 时，可提高 21 日龄仔猪体重。

- 事实上，实际生产中配制养猪饲料时很少有考虑 **dEB** 值的。
- 正确的 **dEB** 值应该可以提高猪只生长和饲料利用效率，并可节省猪只的饮水用量，以及减少粪、尿中 **K**、**Na** 和 **Cl** 的排除量（**Canh et al., 1997**）。

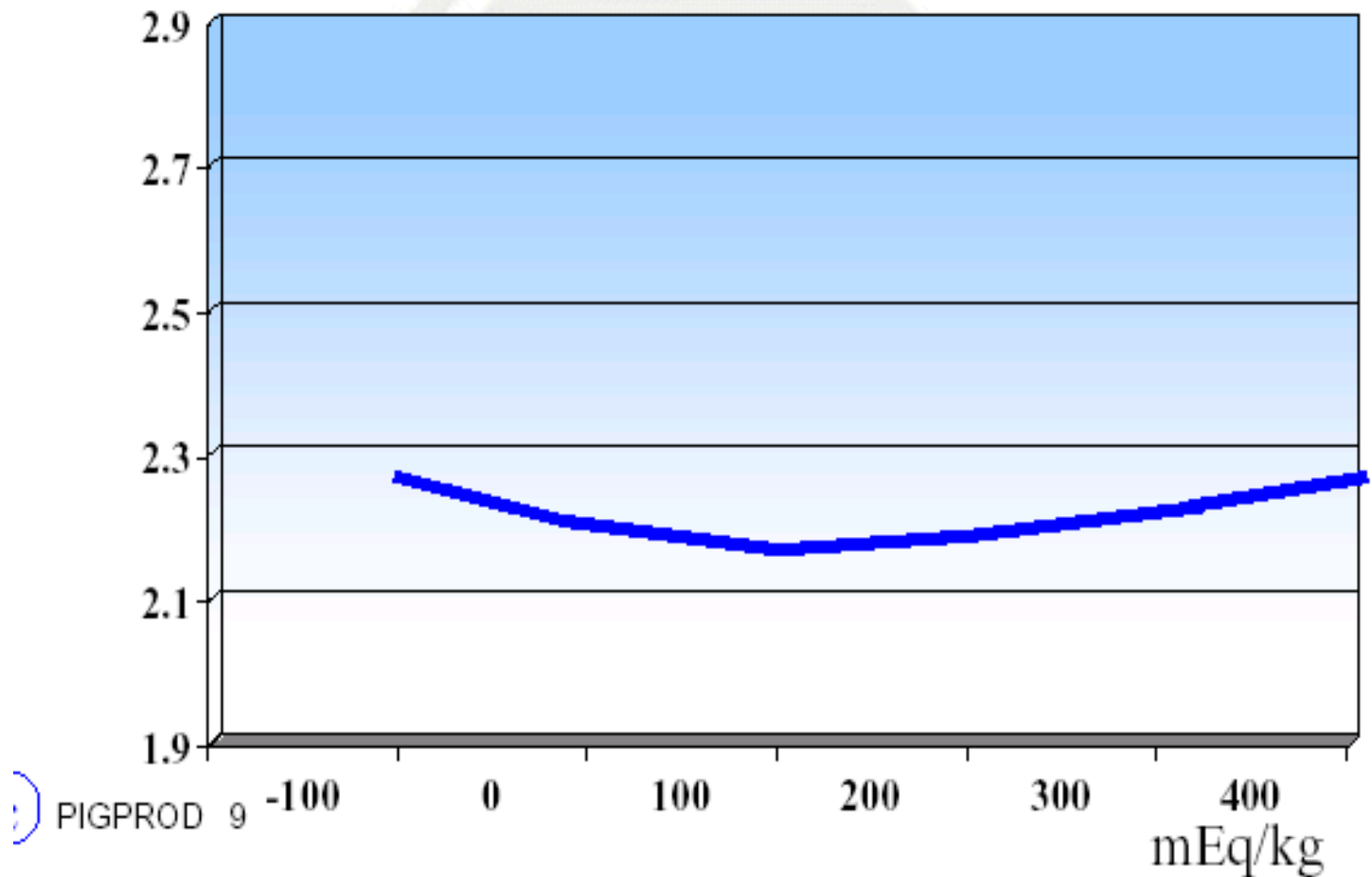
# 电解质平衡值 (d.E.B.) 与日增重

Average Daily  
Gain (kg)



# 电解质平衡值 (d.E.B.) 与料肉比

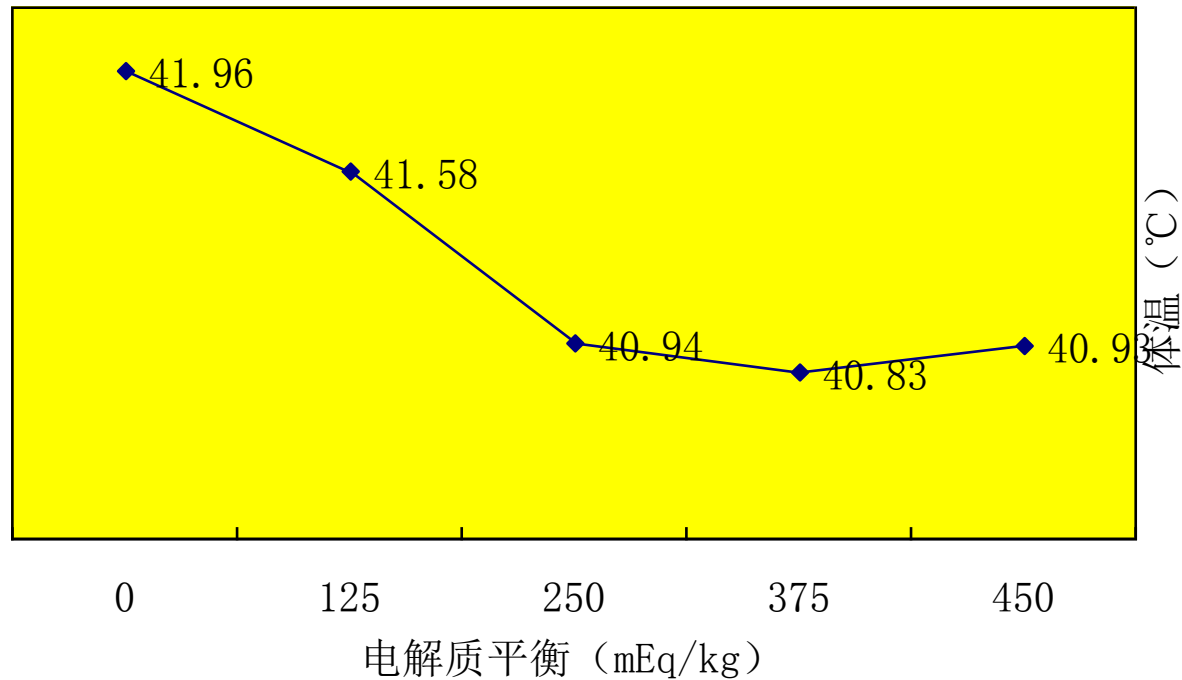
Feed and Gain  
Ratio





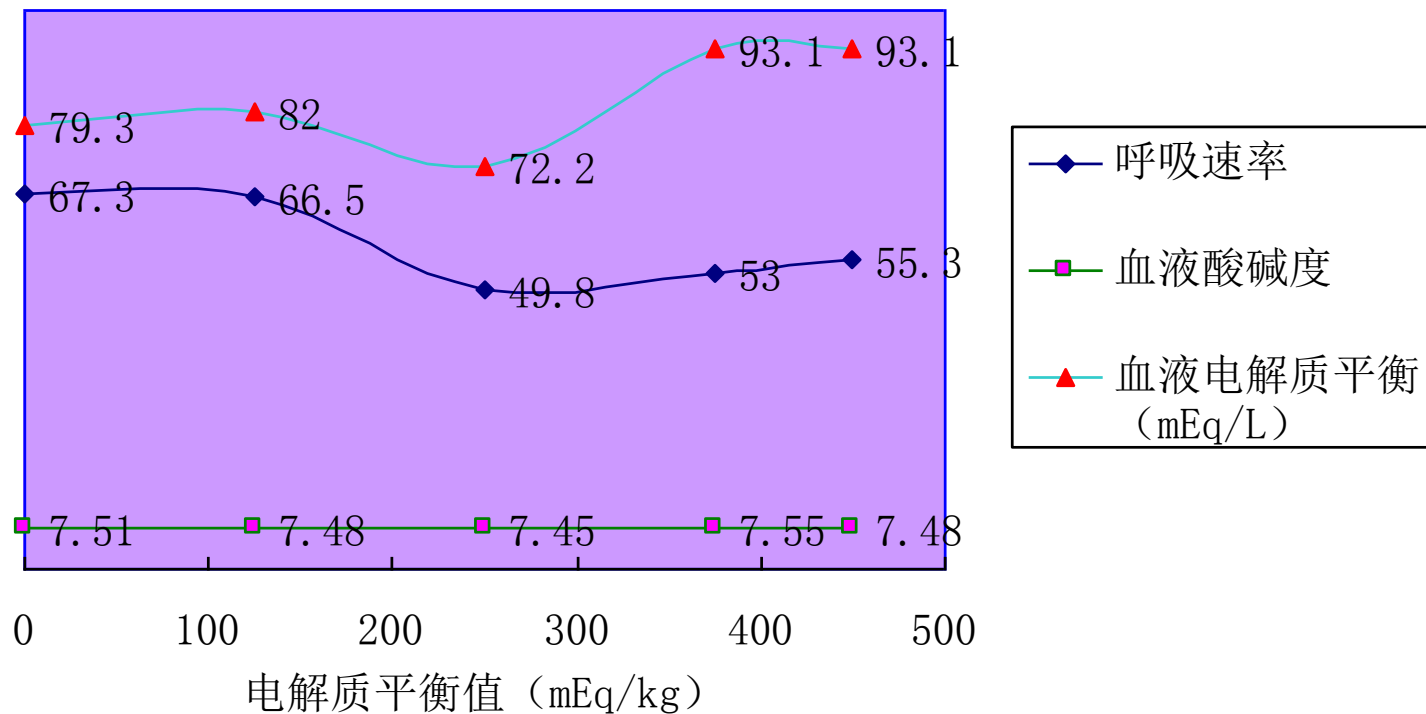
# 电解质平衡对鸡体温的影响

高温高湿条件 (T : 26-33°C , RH : 75-85%) 饲料电解质平衡值对鸡体温影响



# 电解质平衡对禽各项生化指标的影响

高温高湿条件 (T : 26-33℃ , RH : 75-85%) 饲料电解质平衡值对禽呼吸速率、血液酸碱度、血液电解质平衡值的影响



# 专业电解质对产蛋鸡效果试验

试验条件：环境温度为20℃ -32℃ ， 相对湿度 70%-85% ，

试验周期：8周

试验动物：产蛋鸡

指标	对照组	添加组
采食量(g/day)	110.40	115.60
产蛋率(%HD)	78.90	82.90
蛋重(g)	58.04	60.55
饲料转化率(g:g)	2.449	2.293
蛋壳厚度(μm)	35.13	36.33

# 专业电解质对AA鸡的效果试验

试验条件：环境温度为20℃ -35℃ ，相对湿度 70%-85% ，

试验周期：49天；试验动物：AA鸡

试验组：饮水中添加专业电解质100g/100L，对照组未添加

	试验组	对照组
平均活体重 (g/只)	1954	1930
平均采食量 (g/只)	3890	4290
饲料转化率	1.99	2.22
饮水量 (L/只)	10.1	11.0
死亡率	4%	8%

# 不同状态下最适宜禽生长的电解质平衡

☞ 非应激状态下，饲料电解质平衡值应在**240至250 mEq/kg**；

☞ 应激状态下，饲料电解质平衡值应在**300至450 mEq/kg**，甚至**500 mEq/kg**。

# 猪、鸡适宜的dEB水平（mEq/kg）

资料来源	乳猪	断奶仔猪	生长猪	哺乳猪	肉鸡	蛋鸡
林映才等 (1996)	225	300				
ASETIC (1992)			100—300			
GO (1990)	238			寒冷266 温暖289		
HAAYDON (1995)			250—325			
田众波 (英帝化工) (1994)					361	
刘选珍等 (1995)		100 —300	100—300			250

# 特别提示

氯离子倘有过量时，常常足以破坏酸碱的平衡。对于钠、钾和氯三种离子的相互关系，和对三种离子的紧密控制，都是要保持电解质平衡和酸碱平衡时很重要的事情。

在饲料中，一般都含有足够的食盐（氯化钠）。如果采用鱼粉作为饲料配方成分时，那么在畜禽的日粮中的食盐含量更高，氯离子含量也就更高。

饲料中常常使用多种维生素、氨基酸或各种高剂量的抗生素，其中所含的盐酸根，能释放大量氯离子。当这些没有需要的氯离子加入饲料中时，会引起电解质平衡关系紊乱。这些饲料配方，对其他药剂例如抗球虫药反应亦极敏感，因后者能干预离子的荷电能力，使酸碱平衡急剧变化。

**专业电解质（Specialty Electrolytes）不含氯离子，可以显著提高饲料电解质平衡值，维持畜禽体内电解质平衡及酸碱平衡。**

注意：虽然氯、钾、钠、重碳酸根等离子对于畜禽的全面健康有极大的影响，但钙、镁、磷、硫等矿物质，在电解质平衡的计算方面，并不重要。