



第二期

日粮电解质平衡对猪生产、生长性能的影响

(网页版)



畜牧人网站编辑部

2016.02.01

目录

第一部分：基础知识.....1

第二部分：奶牛.....3

第三部分：猪.....6

第四部分：其他动物.....12

第五部分：小结.....13



第一部分：基础知识

一、概念——DCAB、DCAD、DEB

DCAB (dietary cation-anion balance)：日粮阴阳离子平衡

DCAD (dietary cation-anion difference)：日粮阴阳离子差

DEB (dietary electrolyte balance)：日粮电解质平衡

二、计算公式（单位：meq/kg 干物质,Na、K、Cl、S 的单位均为 g/kg 干物质）

反刍动物：DCAD/DCAB/DEB= $[K^++Na^+]-[Cl^-+S^{2-}]$ = $1000 \times (K/39+Na/23-Cl/35.5-S/16)$

单胃动物：DCAD/DCAB/DEB= $[K^++Na^+]-Cl^-$ = $1000 \times (K/39+Na/23-Cl/35.5)$

三、酸碱平衡对机体的重要意义

- 1、日粮营养物质在体内代谢产生大量酸
- 2、只有维持细胞内外体液 pH 稳定，才能保证细胞正常生理功能的发挥
- 3、细胞内外体液的缓冲能力，决定了其对酸、碱的处理水平
- 4、体内高的缓冲能力，降低了酸碱对机体的影响，降低了各种应激负反应

四、机体维持体液酸碱平衡的机制——缓冲体系、离子交换、肺、肾（正常情况下机体各体液 pH 非常稳定，目前研究较多的是日粮、疾病因素导致的细胞外液 pH 的变化，而对细胞内 pH 变化研究甚少）

- 1、缓冲体系——反应速度最快，将外来酸碱转换成弱酸弱碱，避免 pH 过度变化

血浆中缓冲对： $NaHCO_3/H_2CO_3$ 、 $NaPr/Hpr$ 、 Na_2HPO_4/NaH_2PO_4

细胞内缓冲对： $K.HB/H.HB$ 或 $K.HBO_2/H.HBO_2$ 、 $KHCO_3/H_2CO_3$ 、 K_2HPO_4/KH_2PO_4

（例： $H_2SO_4+2Na_2CO_3 \rightarrow Na_2SO_4+2H_2CO_3$ ， $H_2CO_3 \rightarrow CO_2 \uparrow + H_2O$ ）

- 2、离子交换——反应速度最快，维持细胞内 pH 稳定的重要方法

Na^+/H^+ 、 Cl^-/HCO_3^- 、 Cl^-/OH^- （日粮钠、钾、氯平衡的重要性）

- 3、肺——通过呼吸作用排出 CO_2 ，保持血液中 HCO_3^- 与 H_2CO_3 比例在正常范围内，保证血液 pH 稳定

- 4、肾——排出过多的 H^+ ，重吸收 HCO_3^-

五、DCAD 对机体酸碱平衡的影响——DCAD 越低日粮越呈酸性，DCAD 越高日粮越呈碱性

短期效应——无影响

进食不同 CAD 日粮的消化过程中，短时间内对胃、肠内消化液 pH 的影响。但由于机体保持胃、肠 pH 稳定的能力强大，外界的酸碱对其影响甚小。机体可通过分泌 HCl 或 NaHCO_3 来中和进食后的碱或酸，保证其 pH 稳定。

长期效应——有影响

进食不同 CAD 日粮并吸收后，较长时间内对血液、细胞内液 pH 的影响。为保证血液的电中性，进食后的 Na^+ 、 Cl^- 进入血液时需与血液中的 H^+ 、 HCO_3^- 进行等价交换。但若日粮中 Na^+ 浓度大于 Cl^- 浓度，则血液中 H^+ 的交换量大于 HCO_3^- 。造成血液中 H^+ 流失大于 HCO_3^- ，终使血液 pH 上升。反之亦然。

六、酸碱平衡失调对动物生长性能的影响

采食量：当细胞内 pH 降低，达到酸中毒水平时，机体将通过降低采食量（降低代谢酸的产生）来保证 pH 稳定。

能量、营养素利用率：当体内酸碱失衡，机体代谢首要任务是调整酸碱，而不是用于生长或生产，故一定程度上浪费了能量及营养物质。

消化率：酸碱失衡使消化酶不能处于最佳酶活所需的 pH 下，导致消化率降低。

降低日粮 CAD：使奶牛处于轻微酸中毒，加快骨钙的释放，维持奶牛产后血钙的稳定，避免产后瘫痪。

降低日粮 CAD：降低母猪尿液 pH，降低母猪产后子宫炎发病率。

提高日粮 CAD：使体液 pH 上升，可中和应激等条件产生的大量代谢酸，保证酸碱平衡，提高应激过程中采食量。

七、常用日粮 CAD 调节剂——不同调剂效果不同，离子浓度、离子间平衡同样重要。

Table 1. Additives used in formulation of dietary CAD in different studies

Authors	Year	Animals	Additives used
Patience <i>et al.</i>	1987a	Pig	CaCl_2 and NaHCO_3
Wilson <i>et al.</i>	1985	Fish	CaCl_2 and NaHCO_3
Chiu <i>et al.</i>	1988	Fish	CaCl_2 , K_2CO_3 and NaHCO_3
Ross <i>et al.</i>	1994	Steers	NH_4Cl and NaHCO_3
Patience and Wolynetz	1990	Pig	CaCl_2 , NaHCO_3 and KHCO_3
Fauchon <i>et al.</i>	1995	Lambs	NH_4Cl , CaCl_2 and NaHCO_3
Haydon and West	1990	Pig	CaCl_2 and NaHCO_3
West <i>et al.</i>	1991	Dairy cows	CaCl_2 and KHCO_3
Johnson and Karunajeewa	1985	Chick	NH_4Cl , NaHCO_3 and K_2CO_3

第二部分：奶牛

文献一：cation-anion differences and milk production 1995

目的：评估日粮阴阳离子差对奶牛泌乳的影响

方案：日粮阴阳离子差计算公式为 $DCAB = (Na+K-Cl-S)$ ，分别于哺乳的前、中、后期饲喂两种不同 CAB 日粮

结果：见下表

结论：

- 1、哺乳前期、中期提高日粮 CAB 值可显著提高奶牛泌乳量、采食量，但后期添加则无此效果
- 2、干物质中添加 0.25%氯化钠对日粮 CAB 无影响，添加 S-Carb（倍半碳酸钠）对提高日粮 CAB 效率最高

	Early		Mid		Late	
	high	low	high	low	high	low
Ration Balance						
DCAD meq/kg	258.1	55.5	327.7	140.2	402.6	199.8
Na %	0.39	0.42	0.38	0.41	0.44	0.46
K %	1.15	1.09	1.50	1.40	1.64	1.50
Cl %	0.30	0.35	0.21	0.22	0.35	0.36
S %	0.20	0.49	0.18	0.53	0.23	0.50
Performance						
DMI lbs	35.71	33.5	37.5	34.4	39.2	37.0
Water Intake L/day	83.7	76.7	86.4	76.3	90.7	86.7
Milk lbs	43.0	40.3	41.6	40.1	33.7	32.8
Fat %	3.88	3.94	4.0	4.16	4.38	4.41
Protein %	2.89	2.84	3.04	3.05	3.50	3.49

Source	% Na	Addition % DMI	meq /kg change
Sodium Bicarbonate	27.0 %	0.75 %	+ 88 meq/kg
Sodium Bicarbonate		1.0 %	+ 117 meq/kg
S-Carb®	30.4 %	0.75 %	+ 99 meq/kg
S-Carb®		1.0 %	+ 132 meq/kg
trona ore	27.0 %	0.75 %	+ 88 meq/kg
salt	60 % Na 30 % Cl	0.25 %	no change

S-Carb® is FMC's purified sodium sesquicarbonate.

文献二：Dietary cation anion difference: Impact on productive and reproductive

performance in animal agriculture 2010

结果:

1、日粮低 CAD 值降低了动物血液 pH、 HCO_3^- 水平, 使动物处于一定程度的酸中毒状态。

但却提高了钙的吸收、骨钙的动员, 降低了产乳热发病率。

2、日粮高 CAD 值提高了瘤胃内 pH, 提高了瘤胃内微生物活力, 进一步提高了采食量、泌乳量、乳脂水平、能量平衡

结论:

分娩前降低日粮 CAD 值可降低奶牛产后产乳热发病率、提高血钙水平, 分娩后提高日粮 CAD 值可提高奶牛采食量及繁殖性能

Table 1. The effect of dietary cation-anion difference on dry matter intake, blood pH, plasma calcium and urinary Ca excretion, reported in various studies.

S/N	DCAD (mEq/100 g of DM)	Dry matter intake (kg/d)		Blood pH		Urine pH		Plasma Ca (mg/dL)		Urinary Ca excretion (g/d)		Reference
		At low DCAD	At high DCAD	At low DCAD	At high DCAD	At low DCAD	At high DCAD	At low DCAD	At high DCAD	At low DCAD	At high DCAD	
1	-10, +20	16.8	18.6	7.37	7.43	6.1	7.6	---	---	---	---	Tucker et al., 1988
2	-11.66, +31.24	10.7	15.9	7.32	7.42	5.38	8.30	9.63	9.23	---	---	West et al., 1991
3	+12.04, +45.6	16.4	18.1	7.45	7.49	6.33	8.19	10.54	10.35	---	---	West et al., 1992
4	0, +52	3.79	3.93	7.34	7.38	6.1	8.1	10.10	10.72	5.5	0.17	Jackson et al., 1992
5	0, +45	7.31	7.56	7.38	7.42	---	---	5.33	5.38	---	---	Ross et al., 1994a
6	+32.72, +48.18	10.1	10.2	7.39	7.40	8.51	8.68	---	---	---	---	Delaquis and Block, 1995a
7	-7, +35	---	---	7.42	7.45	7.59	8.35	4.31	3.87	4.23	0.38	Joyce et al., 1997
8	-6.3, +20.3	14.9	16.0	7.39	7.42	7.20	8.33	9.86	9.20	6.87	0.92	Vagnoni and Oetzel, 1998
9	0, +200	3.56	3.61	7.38	7.39	6.80	8.09	11.5	11.5	---	---	Jackson et al., 2001
10	+12.4, +33.3	6.72	10.01	---	---	---	---	---	---	---	---	Mueller et al., 2001
11	-12, +69	---	---	7.40	7.40	7.76	7.90	---	---	---	---	Roche et al., 2003b
12	+14, +45	20.1	20.1	7.42	7.45	7.73	8.36	---	---	2.8	0.64	Borucki Castro et al., 2004
13	-5.57, -6.02	11.8	10.6	---	---	7.15	7.21	9.25	9.02	18.36	15.93	Chan et al., 2006
14	-22, +22	12.09	13.95	7.34	7.43	5.95	7.81	10.98	9.43	1.16	0.78	Sharif, 2007
15	+26.8, +56.1	22.5	22.0	7.42	7.44	---	---	10.5	10.5	---	---	Wildman et al., 2007
16	+5.6, +14	---	---	---	---	6.21	7.28	7.98	7.70	---	---	Roux et al., 2008
17	-26.5, +22.4	13	11.5	7.35	7.95	6.21	8.60	2.18	2.38	17.1	10.4	Li et al., 2008
18	-15, +15	11.87	12.06	7.37	7.41	5.75	7.67	9.02	8.55	---	---	Wu et al., 2008
19	-11, +33	10.2	13.2	7.30	7.50	6.0	8.0	9.90	8.92	1.25	0.788	Shahzad et al., 2008b

Table 2. The effect of dietary cation-anion difference on occurrence of milk fever, observed in various studies.

S/N	DCAD (mEq/100 g of DM)	Milk fever % incidence or number of cases		Reference
		At low DCAD	At high DCAD	
1	-11.9, +34.6	16.7%	85.7%	Dishington, 1975
2	-17.2, +44.9	0%	47.4%	Block, 1984
3	-7.5, +18.9	4%	17%	Oetzel et al., 1988
4	-3.0, +9.0	4 / 60	5 / 60	Tucker et al., 1992
5	-7, +35	2/15	3/15	Joyce et al., 1997
6	-22, +22	0	40%	Sharif, 2007
7	-11, 33	0	33%	Shahzad et al., 2008b
8	-15, +15	0/10	0/10	Wu et al., 2008

Table 3. The effect of dietary cation-anion difference on milk yield, reported in various studies.

S/N	DCAD (mEq/100g of DM)	Milk yield (kg/d)		Reference
		At low DCAD	At high DCAD	
1	-10, +20	18.5	20.1	Tucker et al., 1988
2	-11.66, +31.24	16.4	19.7	West et al., 1991
3	+12.04, +45.6	22.4	22.0	West et al., 1992
4	-7, +35	29.1	28.9	Joyce et al., 1997
5	+21, +127	25.4	23.2	Roche et al., 2003a
6	+14, +45	29.2	30.3	Borucki Castro et al., 2004
7	+20, +50	25.5	22.4	Chan et al., 2005
8	+0.4, +30.6	29.2	29.3	Apper-Bossard et al., 2006
9	+36.5, +58.5	27.5	27.4	Wildman et al., 2007
10	-15, +15	35.60	33.23	Wu et al., 2008
11	-11, +33	12.60	15.30	Shahzad et al., 2008a

Table 4. The effect of dietary cation-anion difference on udder edema and mastitis, observed in various studies.

Item	DCAD (mEq/100g of DM)	Incidence or number of cases		Reference
		At low DCAD	At high DCAD	
¹ Udder edema	-22, +22	0	6.5	Sharif, 2007
Udder edema	-15, +15	1/10	2/10	Wu et al., 2008
² Mastitis	-22, +22	0	2.5	Sharif, 2007
Mastitis	-15, +15	1/10	1/10	Wu et al., 2008

¹0 = No problem, 10 = severe problem.

²0 = no problem, 3 = severe problem.

第三部分：猪

文献 1: Feed intake, growth, digestibility of dry matter and nitrogen in young pigs as affected by dietary cation anion difference and supplementation of xylanase 2005

目的：检测日粮阴阳离子差、木聚糖酶对仔猪生长性能、消化率的影响

方案：5 周龄仔猪，体重为 9.3kg，2 个试验因子分别为阴阳离子差 CAD（-100、200、500mEq/kg）、木聚糖酶（0、0.1%），试验期为 5 周。

结果：

- 1、-100mEq/kg 的 CAD 日粮显著降低了仔猪静脉血 Cl⁻水平
- 2、日粮 CAD 对仔猪静脉血 Na⁺、K⁺水平无影响
- 3、200、500mEq/kg 的 CAD 日粮仔猪日增重（657、603g/d）显著高于-100mEq/kg 的 CAD 组（484g/d）
- 4、随着日粮 CAD 的提高，仔猪粪便干物质、氮的水平呈降低趋势
- 5、500mEq/kg 的 CAD 日粮仔猪粪便干物质、氮的表观消化率均显著高于-100、200mEq/kg 的 CAD 组
- 6、添加木聚糖酶对仔猪生长性能无影响，但一定水平上提高了粪便干物质、氮的表观消化率
- 7、日粮 CAD 与木聚糖酶间无交互作用

结论：

日粮 CAD 影响了仔猪生长性能、营养物质的消化率，添加木聚糖酶提高了干物质的消化率。

文献 2: Effect of dietary cation anion difference on metabolic rate and energy balance in pigs 2005

目的：检测日粮 CAD 对猪热损耗、营养物质沉积率的影响

方案：4 周龄仔猪，预试期为 8 天，正式试验期为 13 天（前期 6 天，后期 7 天）。两种日粮 CAD 分别为-100、200mEq/kg

结果：

- 1、预试期，200mEq/kg 的 CAD 日粮组仔猪日增重高于-100mEq/kg 组（113g/d、74g/d）
- 2、正式试验前期，两种日粮 CAD 对仔猪能量、氮平衡无影响
- 3、正式试验后期，200mEq/kg 的 CAD 日粮组仔猪总产热、维持能量均高于-100mEq/kg

组（差异不显著）

4、正式试验后期，200mEq/kg 的 CAD 日粮组仔猪呼吸商、体脂沉积均低于-100mEq/kg

组（差异不显著）

结论：

日粮 CAD（-100、200mEq/kg）对仔猪能量、蛋白质代谢无显著影响，但 200mEq/kg 一定程度上提高了维持能

文献 3: Postprandial blood oxygen and pH in response to dietary cation anion difference in pigs 2005

目的：检测不同日粮 CAD 对猪进食后动脉血氧、pH 影响

方案：45kg 肉猪，日粮 CAD 分别为-100、200mEq/kg，各种日粮饲喂期为 1 周。于进食后 0、0.5、1、1.5、2、3、4、6、9 小时后，收集猪颈动脉、门静脉血液

结果：

- 1、-100mEq/kg 的 CAD 日粮显著降低了猪颈动脉、门静脉血氧容量、血 pH 值，降低了血液中血红蛋白水平
- 2、提高日粮 CAD 值，显著提高了血钠水平、显著降低了血钾、氯水平
- 3、进食后 3 小时，各组猪血液 pH 保持在稳定水平

结论：

日粮 CAD 改变了猪血氧容量、血液 pH、血酸碱缓冲能力，但对进食 3 小时后均无影响

文献 4: Performance, digesta characteristics, nutrients flux, plasma composition and organ weight in pigs as effected by dietary cation anion difference and non starch polysaccharide 2005

目的：检测日粮不同水平 CAD、NSP 对猪生长性能的影响。

方案：7.5kg 仔猪，试验期为 3 周。2 种试验因子分别为 CAD（-100、200mEq/kg）、NSP（10%、15%）

结果：

- 1、日粮 CAD、NSP 水平对猪采食量、日增重、干物质表观消化率、净能、小肠内氮水平、胃及小肠内氯水平有交互作用；
- 2、提高日粮 NSP，提高了干物质消化率、小肠内氯、钠、钾水平；
- 3、降低日粮 CAD，显著提高了干物质消化率、胃及小肠内氯水平，显著提高了肝脏、大肠重量，降低了血浆尿素水平；

4、日粮处理对仔猪胃肠 pH、缓冲能力、粘度均无影响。

结论:

日粮 CAD 对猪采食量、日增重的作用受日粮 NSP 水平影响

文献 5: Supplement of dietary Electrolyte Balance in Low Protein Diets to Reduce Nitrogen in Pig Waste 2007

目的: 检测日粮不同蛋白质、电解质平衡值对生长肥育猪蛋白质利用率及生长性能的影响

方案: 2 种试验因子分别为日粮蛋白质水平 (生长期分别为 18、16、14%, 肥育期分别为 15.5、13.5、11.5%)、日粮电解质平衡 (200、350、500mEq/kg), 所有日粮代谢能相同

试验一结果:

- 1、18%粗蛋白+500mEq/kg 的 dEB 日粮显著提高了生长猪回肠表观蛋白质消化率 (77.2%)
- 2、14%粗蛋白+350、500mEq/kg 的 dEB 日粮生长猪回肠表观蛋白质消化率最低 (71.2%、71.11%)

试验二结果:

- 3、18%粗蛋白+200mEq/kg 的 dEB 日粮组肉猪氮的排泄量显著提高 (60.99%), 且 14%粗蛋白+500mEq/kg 的 dEB 日粮组最低 (41.37%)
- 4、14%粗蛋白+500mEq/kg 的 dEB 日粮组肉猪氮的沉积率、表观氮生物学价值均显著提高 (58.63%、77.31%), 且 18%粗蛋白+200mEq/kg 组最低 (39.01%、50.75%)
- 5、降低日粮粗蛋白水平对猪尿液 pH 无影响, 但提高日粮 dEB 则显著提高肉猪尿液 pH
- 6、降低日粮粗蛋白水平可显著提高氮的沉积率及显著降低氮的排放量
- 7、16%粗蛋白+350mEq/kg 的 dEB 日粮组肉猪生长性能最好, 日增重最大
- 8、肥育期 15.5、13.5%粗蛋白日粮肉猪生长性能优于 11.5%组, 且日粮 dEB 对肉猪生长性能、胴体特征均无影响

结论:

生长、肥育期肉猪日粮蛋白质水平需求分别为 16%、13.5%, 日粮最佳 dEB 为 350mEq/kg。日粮蛋白质水平、dEB 间有交互作用, 提高 dEB 则提高了尿 pH。

文献 6: Effects of high dietary sodium chloride content on performance and sodium and potassium balance in growing pigs 2013

目的: 检测日粮高食盐水平对生长肥育猪影响

方案: 6-8 周龄猪, 试验期为 15 周, 3 种日粮钠离子水平分别为 0.24%、0.28%、0.32%

结果:

- 1、0.28%、0.32%钠水平日粮显著提高了肉猪饮水量
- 2、0.32%钠组肉猪干物质采食量、日增重、钠平衡均显著高于其他两组
- 3、0.24%、0.28%、0.32%钠水平日粮组肉猪饲料料重比分别为 4.6、4.6、4.1
- 4、日粮钠水平的增加显著提高了肉猪粪便、尿液中 Na/K 比，显著降低了粪便中 K/Na 比
- 5、不同日粮对肉猪钾平衡无影响

结论:

日粮高氯化钠水平显著提高了肉猪饮水量、钠平衡，且对其采食量、生长性能无负面影响

文献 7: Effects of dietary electrolyte balance on the chemistry of blood and urine in lactating sows and sow litter performance 2003

目的: 检测日粮电解质平衡对哺乳母猪及其仔猪的影响

方案: 平均胎次 2.2 胎哺乳母猪, 试验期为妊娠第 109 天至哺乳 21 天, 日粮为玉米—豆粕型 (dEB 值为 185mEq/kg)。试验一 5 种日粮电解质平衡值分别为 -200、-100、0、100、200mEq/kg, 试验二 5 种日粮电解质平衡值分别为 0、100、200、350、500mEq/kg

结果:

- 1、试验一中 0、100、200mEq/kg 三种日粮母猪采食量无差异, 且均显著高于 -200、-100mEq/kg 日粮;
- 2、提高日粮 dEB 值极显著提高了母猪血液 pH、二氧化碳压、HCO₃⁻浓度、血液碱过剩, 且提高了母猪尿液 pH、总菌数;
- 3、提高日粮 dEB 值显著降低了母猪血液钾、氯、钙浓度, 及出生第 10、21 天仔猪存活率;
- 4、不同日粮 dEB 对哺乳母猪采食量、饮水量、体重变化、背膘变化、断奶后返情率及仔猪窝增重、窝出生仔猪及乳汁中粗蛋白、乳糖、粗脂肪含量均无显著影响。

结论:

降低哺乳母猪玉米—豆粕型日粮电解质平衡值 (0、100mEq/kg), 可降低母猪尿液 pH、菌落数及提高仔猪存活率, 而对母猪、仔猪其他繁殖性能则无影响。

文献 8: Use of anions and cations in sows 2007

目的: 检测母猪日粮阴阳离子平衡剂产品 Biomin pH_D 效果

机理:

- 1、妊娠期母猪钙的需求未能得到满足，导致分娩前血钙水平无法快速上升，推迟了分娩时间、延长了分娩过程，增加了产死胎的概率。降低日粮阴阳离子值，可提高母猪分娩前血钙水平，降低死胎率。
- 2、日粮低的阴阳离子平衡值可降低母猪尿液 pH，降低母猪分娩后子宫感染概率，提高母仔健康。

结果：

- 1、使用 Biomin pHD 显著降低了母猪产后尿液 pH
- 2、使用 Biomin pHD 显著降低了母猪产死胎率

文献 9：The Effect of Diets Varying in Dietary Cation-Anion Difference Fed in Late Gestation and in Lactation on Sow Productivity 2008

目的：检测日粮不同 CAD 值对妊娠后期、哺乳期母猪繁殖性能的影响

试验一方案：试验期妊娠 107 天至断奶，日粮 CAD 水平分别为 140、103、80、56mEq/kg；

试验二方案：试验期妊娠 111 天至断奶，日粮 CAD 水平分别为 140、56mEq/kg

结果：

- 1、降低日粮 CAD 值，母猪尿液 pH 值呈线性显著下降，一定程度上提高了血钙水平
- 2、56mEq/kg 的 CAD 日粮显著降低了母猪妊娠第 111 天至哺乳第一天采食量，但对其他时期采食量无影响
- 3、降低日粮 CAD 值对母猪繁殖性能无影响
- 4、母猪上一胎次妊娠后期、哺乳期饲喂低 CAD 值日粮，可提高其下一胎总出生仔猪、出生生活仔数

结论：

日粮 CAD 对哺乳母猪繁殖性能无影响，但可显著降低其尿液 pH 值，低 CAD 值可提高母猪下胎产仔数、产活仔数。

文献 10：Effect of dietary cation-anion difference on energy partitioning in pigs 2001

目的：检测日粮阴阳离子差对仔猪能量分配的影响

方案：4 周龄仔猪，两种日粮 CAD 值分别为-100、200mEq/kg，预试期、正试期分别为 1 周

结果：

- 1、CAD 值为 200mEq/kg 日粮组仔猪总产热、维持能均高于 CAD 值为-100mEq/kg 日粮组；

2、两种日粮对仔猪氮、能量的沉积率无显著影响。

文献 11：电解质平衡剂对母猪产仔表现的效应试验 2009

方案：妊娠 77-84 天母猪，试验期至哺乳结束。妊娠期添加 2kg/t，哺乳期添加 4kg/t。调节剂为广州自远生物科技有限公司生产的专业电解质—强力耐可舒(主要成分每千克含量： $\text{Na}^+ > 100 \text{ g}$ ， $\text{K}^+ > 210 \text{ g}$ ，赋形剂 $> 300 \text{ g}$ ，不含 Cl^- 。)

结果：

添加电解质调节剂使母猪窝产仔数提高 0.67 头、窝产活仔数提高 0.42 头、窝重提高 0.59kg、断奶活仔数提高 13 头、断奶窝重提高 6.6kg

结论：

妊娠后期、哺乳期添加电解质调节剂可显著提高仔猪断奶活仔数、断奶窝重

文献 12：高温环境中饲粮电解质平衡值对生长猪生产性能及血液指标的影响 2001

方案：试验猪初始体重 20kg，结束体重 50kg，日粮 DEB 分别为 50、150、200、250、300、400mEq/kg，每天气温 $28.4^\circ\text{C} - 34.6^\circ\text{C}$

结果：

- 1、日粮处理对猪的生产性能、腹泻率及血液中钠、钾离子浓度均无显著影响
- 2、日粮 DEB 值为 400mEq/kg，显著提高了猪饮水量
- 3、当日粮 DEB 为 50mEq/kg 提高至 300mEq/kg 时，猪血液碱储提高

结论：

就机体酸碱平衡和氮代谢、抗酸中毒能力而言,生长猪饲粮 dEB 值以 300meq/kg 为宜。

文献 13：电解质平衡剂在保育猪生产中的应用研究 2013

方案：25、34、40 日龄保育猪，两种日粮处理分别为对照、对照+0.2%电解质平衡剂，试验期为 15 天。调节剂为广州自远生物科技有限公司生产的专业电解质—强力耐可舒(主要成分每千克含量： $\text{Na}^+ > 100 \text{ g}$ ， $\text{K}^+ > 210 \text{ g}$ ，赋形剂 $> 300 \text{ g}$ ，不含 Cl^- 。)

结果：

- 1、添加电解质显著提高保育猪的日增重、料重比，显著降低腹泻率
- 2、25、34 日龄仔猪使用效果优于 40 日龄

结论：

提高保育猪日粮 DEB 值可显著提高其生长性能，且越早使用效果越好

第四部分：其他动物

一、水生动物维持体内酸碱平衡机制与陆生动物的区别

水生动物更易出现酸碱失衡。陆生动物维持酸碱平衡中，肺对 CO_2 的呼出发挥了重要作用。水生动物由于生活在水中，肺对 CO_2 排出作用不及陆生动物有效，其主要依靠离子交换来维持体内 pH 稳定。

二、日粮 CAD 对鱼类生长的重要影响——重要性大于陆生动物

既然鱼类主要依靠离子交换来维持体内酸碱平衡，故日粮离子水平及平衡程度对其有重要影响。

三、日粮 CAD 对禽类影响

大量试验研究表明，日粮 CAD 对肉鸡、蛋鸡、火鸡生长性能及蛋质量均有显著影响。

第五部分：小结

一、猪日粮适宜的 DEB 值

- 1、猪常规玉米—豆粕型日粮 DEB 一般为 180meq/kg 左右
- 2、日粮 DEB<0，可使猪采食量、增重降低
- 3、适当提高仔猪、生长肥育猪日粮 DEB，可一定水平提高其采食量及增重；但太高则出现抑制作用
- 4、适当降低妊娠后期、哺乳期母猪日粮 DEB，可降低母猪尿液 pH，提高母仔性能
- 5、高温季节适当提高日粮 DEB，可提高猪酸碱缓冲能力，降低应激对其负面影响
- 6、生长肥育猪高温季节，日粮适宜 DEB 为 300-350meq/kg
- 7、仔猪日粮适宜 DEB 为 200meq/kg 左右
- 8、妊娠后期、哺乳期母猪日粮 DEB 最低可达 56meq/kg

二、影响日粮 DEB 对动物生长性能或繁殖性能作用效果的因素

- 1、相同 DEB 值，不同离子浓度，作用效果不同
- 2、相同 DEB、离子浓度，不同离子来源（生物学价不同），作用效果不同
- 3、相同 DEB、离子浓度、离子来源，日粮其它成分不同，作用效果不同
- 4、作用环境不同，作用效果不同

三、猪常用原料的 DEB 值（meq/kg 干物质）

大麦	98	乳清粉	245
玉米	68	鱼粉	300
燕麦	94	血粉	152
高粱	86	小麦麸	295
小麦	86	次粉	215
碎米	72	糙米	388
玉米蛋白粉	43	浸提米糠	264
		全脂米糠	341

四、由 DEB 计算公式知，添加食盐对日粮 DEB 无影响，适当水平的高氯化钠有助于提高生长性能。