

요소중독(Urea toxicity)과 물과의 관계

이 광 중* · 이 인 호**

서 론

반추동물의 영양생리적 특정 또는 장점의 한가지는 반추위 내에 서식하는 미생물이 소위 비단백태질소화합물(NPN)을 원료로 미생물체 단백질(Microbial protein)을 합성해 냄으로써 궁극적으로 숙주의 영양에 기여한다는 사실이다.

현재 우리가 사료작물포 또는 초지의 비료로서 많이 사용하고 있는 요소(urea)는 1828년 독일의 Wohler에 의해 합성된 이후 1891년 역시 독일의 Zuntz에 의하여 반추동물의 반추위 내에서 서식하는 미생물에 의하여 요소와 같은 비단백태질소화합물(NPN)을 단백질로 바꾸어 이용할 수 있다는 첫 발표이후 반추동물의 이러한 영양생리적 경제성을 이용하여 오늘날 우리나라를 비롯한 세계 각국에서는 반추가축의 사양에 있어서 단백질 사료의 일부를 요소나 암모늄염 등의 비단백태질소화합물(NPN)로 대체·이용하고 있다.

요소를 첨가 급여하면 제1위내 미생물은 요소의 분해산물을 이용하여 자신의 체단백질을 합성하여 궁극적으로 숙주(반추동물)의 위장에서 소화되어 흡수, 이용되게 한다. 그러나 제1위내 미생물이 감당할 수 없을 정도로 많은 양의 요소가 급여되었을 때에는 중독(Intoxication)으로 작용한다. 실제에 있어서는 요소를 과량으로 첨가한

사료, 불균일하게 혼합된 참가사료 또는 요소덩어리가 섞인 첨가사료를 급여함으로써 요소를 과량섭취하게 된다. 또한 요소 사료에 걸들여지지 않은 동물이 갑자기 다량의 요소를 섭취하게 되면 일시에 많은 양의 암모니아가 위내에서 생성되어 암모니아 중독(Ammonia intoxication)을 일으켜 폐사하게 되며(Repp 등, 1955; Gallup, 1956; Coombe, Tribe와 Morrison, 1960; Coombe와 Tribe, 1958; Dinning 등, 1948; Clark, Oyaert와 Quinn, 1951; Davis와 Roberts, 1959) 기타 저에너지 및 저단백질의 조사료 위주의 사육(Kromann 등, 1972), 고열(Buck 등, 1973; Kromann, 1972) 탈수(Hales, 1955), 제1위내 알칼리화(Lloyd, 1970) 등의 조건하에서는 더욱 쉽게 중독을 일으킨다.

반추동물에 있어서 NPN급여로 발생 되는 요소중독은 Lewis(1960)와 Ward 등(1969)에 의해 Review되었고 요소중독 동안 발생하는 생화학적, 대사학적 변화는 Coombe, Tribe와 Morrison(1960), Repp(1955), Tillman과 Sidbu(1969)와 Visek(1968) 등에 의해서 보고되었으며 최근 암모니아 중독의 중간대사 작용은 Clifford와 Prior(1970), Clifford, Prior와 Visek(1969)과 Prior(1970) 등에 의해 연구되었다.

국내에서는 주로 낙농 및 비육우용 배합사료에 1~1.5%의 수준으로 요소를 첨가하여 이용하고 있으며 개별농가에서 사용되는 경우는 아주 드문

*내현농장

**건국대 대학원

데도 불구하고 요소중독이 종종 발생함으로써 사양관리상의 문제점이 노출되고 있다.

요소중독을 가속시키는 원인중의 하나는 물 섭취량이 제한(Buck, 1972; NRC, 1976, Matsushima, 1979)인데 우리나라에서는 이와 반대되는 학설이 아직 통용되고 있어 본고에서는 국내·외에서 지금까지 요소중독에 대해 발표된 문헌을 종합하여 요소중독에 물은 원인이 될 수 없다는 이론을 제시하고자 한다.

1. 요소와 NPN

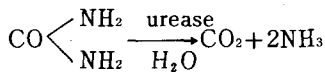
일부 NPN의 질소(N), 인(P)과 단백질당량은 표 1과 같다.

Table 1. Some Characteristics of NPN Sources

Compound	Content		Protein Equivalent %
	N%	P%	
Urea-pure	46.7	0.0	292
Urea-feed grade	45.0	0.0	281
Biuret-pure	40.8	0.0	255
Biuret-feed grade	37.0	0.0	230
Monoammonium phosphate	12.0	27.0	75
Diammonium phosphate	21.0	23.0	131
Ammonium polyphosphate	10.0	15.0	62
Ammonium sulfate	21.0	0.0	131

2. 요소의 이용양식

요소는 NPN중 구조상 암모니아가 두개 붙은 값이 싼 물질로서 다음과 같은 구조를 가진 화합물이다.



요소가 단백질원으로서 이용되기 위해서는 반추동물의 제1위 내에 서식하고 있는 무수한 미생물에 의하여 암모니아로 분해되어야 한다. 이렇게 해서 생성된 암모니아는 미생물체 단백질(Microbial protein)합성에 쓰이며 또한 미생물의 성장에 없어서는 안될 중요한 영양소가 된다.

제1위내 미생물의 82%라는 막대한 수가 그림

1과 같이 암모니아를 질소원으로 사용하여 성장하고 있기 때문에(Bryant와 Robinson, 1962), 미생물체 단백질 합성을 위해 암모니아가 필요함을 알 수 있다.

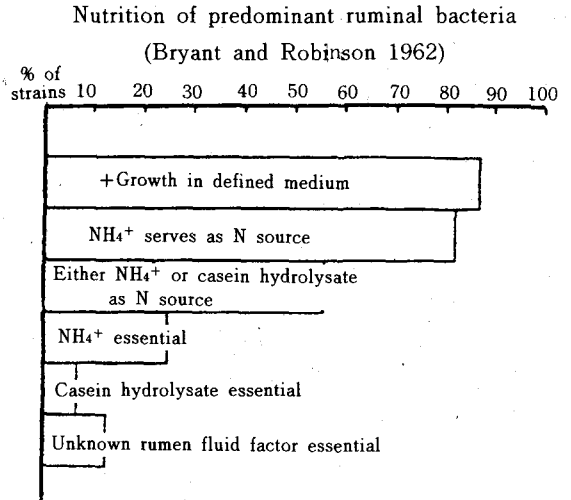


Fig. 1. Nitrogen sources for growth of ruminal bacteria isolated from a cow on a hay plus grain ration using a relatively non-selective ruminal fluid agar medium (data of Bryant and Robinson, 1962).

그리고 반추위내 미생물에 의하여 요소에서 생성된 암모니아가 체내에서 이용되는 과정은 다음과 같다(Visek, 1973; Nat. Acid. Sci, 1976).

1. Urea $\xrightarrow[\text{Urease}]{\text{Microbial}}$ NH₃ + CO₂
2. Carbohydrate $\xrightarrow[\text{Enzymes}]{\text{Microbial}}$ VFA + Ketoic acids
3. NH₃ + Ketoic acids $\xrightarrow[\text{enzymes}]{\text{Microbial}}$ Amino acids
4. Amino acids $\xrightarrow[\text{enzymes}]{\text{Microbial}}$ Microbial protein
5. Microbial protein $\xrightarrow[\text{Abmasum and small Intestine}]{\text{Animal enzymes}}$ Free amine acids
6. Free amino acids는 소장에서 흡수되어 숙주 동물에 의해 사용돼 진다.

3. 요소의 독성

요소와 타 NPN과의 독성을 비교한 자료는 그림 2와 같다.

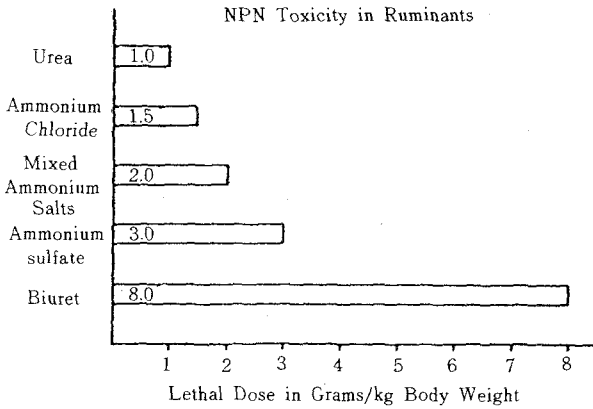


Fig. 2. Comparative toxicity of NPN in ruminants.

그림 2에서 보듯이 요소는 타 NPN보다 적은 양을 투여해도 독성이 발현되는 것을 쉽게 알 수 있다.

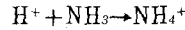
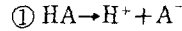
4. 암모니아 중독의 작용기전

미생물체 단백질로 합성되지 못한 암모니아의 위벽을 통한 흡수는 농도(McDonald 등, 1948; Lewis 등, 1957; Hogan 등, 1961)와 pH(Bouckaert 등, 1952; Hogan, 1961, Bloomfield 등, 1963; Visek 등, 1968) 등에 의해 영향을 받으나 흡수 기전에 대해서는 상세하게 밝혀지지 않았다.

암모니아는 8.80~9.15 정도의 PKa를 지닌 약 염기(Weak base)이며 (Bromberg 등, 1960; Broomfield, 1963; Visek, 1968), 반추위내 pH 상태에 따라서 NH₃:NH₄⁺의 비율이 달라지게 된다 (Hogan, 1961).

요소분해효소의 활력(Ureolytic activity)을 위한 최적의 pH는 7.7~8.5사이이며 (Green 등, 1955; Mahadevan 등, 1976; Pearson 등, 1943; Prokopet 등, 1971; Rahman 등, 1966), pH의 상승은 요소로부터 암모니아(NH₃)의 생성비율을 높일 것으로 보고 되었다.

Henderson-Hasselbalch equation을 이용하여 pH와 암모니아의 관계를 도해하면 다음과 같다.



② 이 해리에 대한 평형상수(K')는

$$K' = \frac{[\text{H}^+][\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]}$$

의 관계가 성립된다.

③ 이 평형상수를 서로 곱하고 양쪽을 [H⁺]로 나누면

$$[\text{H}^+][\text{NH}_3] = K'[\text{NH}_4^+] \quad (\times)$$

$$[\text{H}^+] = K' \frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3]} \quad (\div)$$

④ 양쪽에 대수를 취하여

$$\log [\text{H}^+] = \log \left(K' \frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3]} \right) = \log K' + \log \frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3]}$$

-1을 곱하고

$$-\log [\text{H}^+] = \log K' - \log \frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3]}$$

-log를 pH, -log K'를 PK'로 치환하면

$$\text{pH} = \text{PK}' - \log \frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3]}$$

가 된다. 다음에 $-\log \frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3]}$ 을 역으로 하면 부호가 변한다.

$$\text{pH} = \text{PK}' + \log \frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]}$$

이것을 일반식을 쓰면 다음 식과 같이 된다.

$$\text{pH} = \text{PK}' + \log \frac{[\text{양성자 수용체}]}{[\text{양성자 공여체}]}$$

Jacquet(1959)는 체내의 pH가 정상적인 pH를 유지할 때에는 무독성인 NH₄⁺이온이 99% 이상을 차지하고, 유독성인 NH₃는 1%미만의 비율밖에 차지하지 못하나 pH가 정상수준 이상으로 상승하면 NH₃의 수준이 50%까지도 상승한다고 보고 하였다(표 2).

Table 2. Relation of pH to Ionization of Ammonia in Plasma at 37°C²

pH	pH-pK _a	Per cent	
		NH ₃	NH ₄ ⁺
9.02	0	50.00	50.00
8.72	-0.30	33.38	66.62
9.42	-0.60	20.07	79.93
8.12	-0.90	11.18	88.82
8.02	-1.00	9.09	90.91
7.82	-1.20	5.93	94.07
7.52	-1.50	3.06	96.93
7.42	-1.60	2.50	97.50
7.22	-1.80	1.56	98.44
6.92	-2.10	0.75	99.25
6.62	-2.40	0.38	99.62

^apK_a of 9.02 for ammonia in plasma calculated from Jaequez et al. (39).

따라서 pH가 낮으면 산(Acid 5)의 흡수가 빠르고 암모니아(NH₃)의 흡수는 느리며(Pfander 등, 1953; Hogan, 1961), pH가 상승하면 암모니아의 흡수가 빨라진다(Hogan 등, 1961; Coombe 등, 1960; Visek, 1968)

Waren과 Schenker(1962)는 pH변화에 따른 암모니아(NH₃) 및 암모늄이온(NH₄⁺)의 세포막 통과와 온도의 변화를 그림 3과 같이 도식화 하였다.

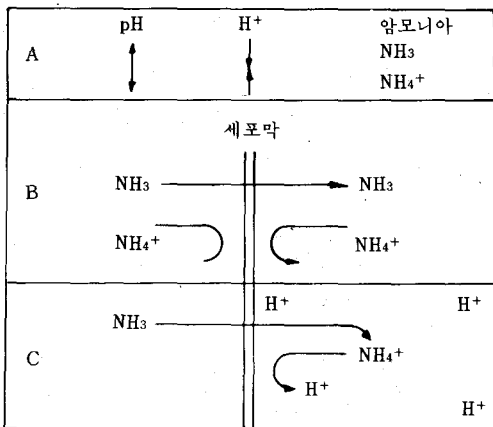


Fig. 3. The effect of pH on the concentration and ammonium ions and on their passage through cell membrane.

요소중독의 배경상 중요한 의미를 가지는것은 첫째, 제1위 내에서의 요소의 분해속도 즉 암모니아의 생성속도이고 둘째, 생성된 암모니아의 위벽을 통한 흡수속도라고 할 수 있다.

요소의 분해속도뿐 아니라 분해 생성물인 암모니아의 흡수속도에 영향을 끼치는 중요한 인자는 무엇보다도 제1위 내의 pH라고 할 수 있다. 암모니아는 40°C에서 PKa 값이 8.8인 약알칼리성이며 따라서 제1위액의 pH와 [NH₃] [NH₄⁺]의 비율과는 밀접한 관계가 있다.

제1위 내의 pH가 산성쪽일수록 암모늄 이온(NH₄⁺)의 농도가 증가하는데 반하여 알칼리성 쪽에서는 비해리 상태의 암모니아(NH₃)의 농도가 더 높다. 암모니아는 높은 pH에서는 유리 암모니아(Free NH₃)로 존재하고, 낮은 pH에서는 NH₄⁺로 존재한다. 그리고 조직세포막(Tissue cell membrane)은 지방과 단백질로 이루어 졌지만 물질투과에 대한 장벽역할을 하는것은 지방층이므로 지방질에 잘 녹는 물질일수록 세포막에 쉽게 녹아 들어가고 세포막(Cell membrane) 투과도가 크다.

따라서 脂溶性 性質을 띤 비이온화된 NH₃ (Non - ionized NH₃)는 세포막을 쉽게 통과할 수 있으나 水溶性 性質을 띤 NH₄⁺는 세포막을 쉽게 통과할 수 없으며 낮은 pH일때 보다는 높은 pH에서 NH₃가 보다 많이 흡수되어 중독을 일으킬 위험성이 높다(Bartely 등, 1981; Lehinger, 1982; M. Bartik 등, 1981; Visek, 1968). NH₃가 조직세포막 통과에 영향을 미치는 요인에 대해서는 앞으로도 계속적인 연구가 필요하다.

문맥혈중의 NH₃농도는 제1위 내의 NH₃농도와 밀접한 관계가 있지만 말초혈액중의 NH₃농도는 제1위 내의 농도가 60mM/l 을 넘어야 비로서 증가하기 시작한다(Lewis, 1957). 위내의 농도가 84mgNH₃/100ml 이상일 경우에는 간장에서의 암모니아 처리능력이 한계에 달하게 되고 요소중독 시에는 100mg/100ml 이상~200mg/100ml까지 위내농도가 상승되는데 사료급여후 약 30분 이내에

NPN-Protein Relationships

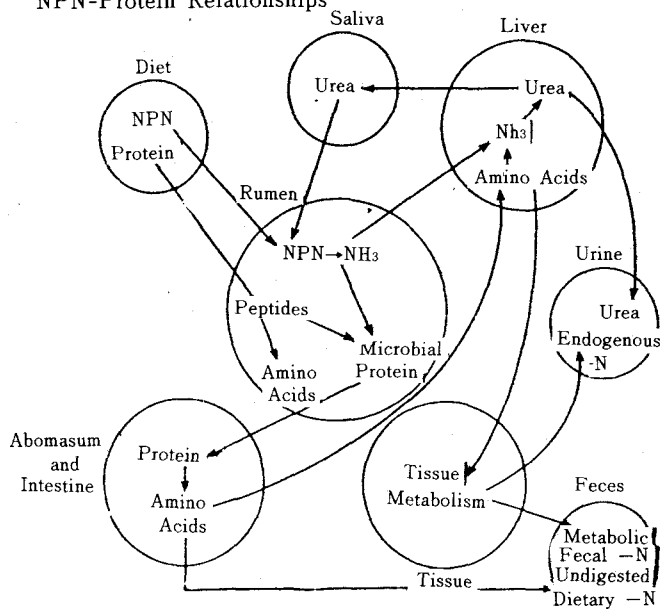


Fig. 4. Nonprotein nitrogen and protein interrelationships.

Table 3. Clinical Signs Under Urea Poisoning

症狀의段階 (Stage)	(1) 不安期	(2) 沈滯期	(3) 痙攣期	(4) 末期	(5) 疲勞期
症狀 (Clinical sign)	Hyperaesthesia stage	Dullness stage	Convulsion stage	(Terminal stage)	(Fatigue or Paresis stage)
呼吸數 (Respiration rate)	+	△	+	+ or △ 停止 (cessation)	△
心拍數 (Heart rate)	+	△	+	+	△
休溫 (Body temp.)	±	△	+ or ±	橫臥 (down)	△
舉動 (Behavior)	起立 (stand) 神經過敏 (hyperaesthesia)	起立 또는 伏臥 (Stand or down) 嗜眠 (lethargy)	橫臥 (down) 強直性 경련 (tetanic spasmus) + 眼球振盪 (nystagmus)	虛脫 (collapse) +	伏臥 (down) 麻痺 또는 昏睡 (paresis or coma)
瞳孔散大 (Pupil dilation)	±			+ 泡沫性 (frothy)	
流涎 (Salivation)	±	+ 水性 (watery)	+ 泡沫性 (frothy)	±	±
發汗 (Sweating)		±	+	△	△
第一胃運動 (Motility of rumen)	±	△	△	+	△
鼓脹症狀 (Tympany)		±	+	(+goat only)	±
嘔吐 (Vomiting)			+ (goat only)		
顫抖 (Tremor)	±			+	±
경련 (Convulsion)			+	+	
기관지라셀 (Trachial rale)			+ 濕性 (moist)	+	±
치아노제 (Cyanosis)	±		+		
排尿 (Urination)					

+ : Appearance of clinical signs or increase

△ : Opposite clinical signs or decrease

± : Not clearly or slightly

이러한 높은 수준에 이르는 경우 중독증상이 나타난다(Stiles 등, 1970).

혈액내 암모니아 농도가 1mg NH₃-N/100ml 이상 일 때에는 중독증상이 급성으로 나타나고 2~4mg NH₃-N/100ml 일 때에는 사망하는데 혈액중 암모니아 중독수준에는 변이가 심하고 가축의 개체에 따라서는 1mg/100ml 이하의 수준에서도 중독을 일으킬 수 있다.

NPN, 질소대사(Nitrogen metabolism)와 암모니아 중독의 상호관계는 그림 4와 같다.

5. 암모니아 중독증세

요소는 단기간에 다량급여하면 갑자기 NH₃의 농도가 높아져서 미생물체 단백질의 합성속도보다 암모니아가 체내로 흡수되는 속도가 빠르면 중독(Intoxication)을 일으키게 된다. 요소중독은 사료중에 에너지 함량이 낮거나 또는 굵었던

가축에서는 더욱 일어나기 쉽다(Bullington 등, 1955; Pierson, 1959; Pieterse와 de Kock, 1962; Repp 등, 1955).

大森昭一郎와 佐藤 博(1973)은 150~250kg의 거세 숫놈 송아지 7두와 산양 12두를 가지고 요소중독에 대해 시험한 결과 표3, 4와 같은 임상증상을 보고하였다.

또한 J. Austin(1967)은 요소중독을 일으킬 수 있는 양을 여러 연구자들의 시험결과를 종합하여 표 5와 같이 보고하였다.

암모니아는 극히 미량이라도 중추신경계(CN₅)에 대해서 강한 독성을 가지고 있기 때문에 간장장애(Liver failure)시에 요소생성 능력이 저하되면 혈중에서 암모니아가 제거되지 않고 증량하여 혼수상태를 비롯하여 여러가지 중독증상을 나타낸다.

Table 4. Relationship between Blood NH₃-N Level and Clinical Signs in Several Previous Reports

動物 (Animal)	處置前 (Before)	Blood NH ₃ -N level (mg/dl)			報告者 Reference
		症 狀 發 現 時 (At appearance of clinical sign)	死 亡 時 (At death)		
牛 Cattle	0.56	2	起立不能 (ataxia※) 테타니 (tetany)	4.5	Dinning et al ²²⁾
羊 Sheep	0.15	1	運動失調 (ataxia)	2~3.5	Repp et al ²³⁾
山羊 Goat	0.08~0.2	1.4	경련 (convulsion)	5~9	Yoshida et al ²⁴⁾
羊 Sheep	0.1	0.5	筋肉수축 (chronic spasmus)		Lewis ²²⁾
羊 Sheep	0.08	0.57	昏睡 (coma)		Oltzen et al ²⁷⁾
羊 Sheep	0.4>	1.3~1.6	筋肉수축 (twitching)		} McBarron ⁹⁾ or McInnes
		1.6~2.0	起立不能, 苦悶 (struggling)	5<	
		2.0~2.5	疲勞, 呼吸深大 (Prostrate)		
	-	3.0<	泡沫性流涎 (frothing at mouth)		
羊 Sheep	-	1.2~1.5	筋肉수축 (twitching)		Morris or
		2.0~2.5	경련 (tetanic spasmus)		Payne
山羊 Goat	0.08~0.18	0.5>	神經過敏 (hyperaesthesia)		} Omori et al (Presents)
牛 Cattle		1.0>	침체 (dullness or lethergy)	5.7~7.0	
		1.3<	疲勞, 麻痺 (paresis or coma) 경련 (convulsion)		

※ 主要한 症狀 (main symptoms)

Table 5. Summary of Amount Caused by Urea Toxicity in Cattle and Sheep

Reference	Death		Acute toxicity		No harmful effects	
	Cattle	Sheep	Cattle	Sheep	Cattle	Sheep
Annicolas <i>et al.</i> (1956a, b)				0.5g/kg body wt.		
Chomyezyn and Bielinski (1959)						27g per day(NH ₃)
Clark <i>et al.</i> (1951)		10g				100g/day
Coombe and Tribe(1958)			20g per 100lb	10-35g/day		
Dinnine <i>et al.</i> (1948)	116-236g		bosy wt.		400g/day	
Garner(1957)			15% of diet		40g per 100lb	
Hornoiu <i>et al.</i> (1959)				0.25g/kg body wt.	body wt.	100g/day
McInnes(1964)				8g	3% of diet	
Meiske <i>et al.</i> (1955)				25g per 100lb		
Repp <i>et al.</i> (1955)		8.2g/gal <i>ad lib.</i>		body wt.		
Satapathy and Leffel (1962)				40g per 100lb		100g/day
Snook(1958)				body wt.		4.2g/gal <i>ad lib.</i>
Wilson(1963)					600g/day	50g/day
Briggs(1965)						60g/day
(private communication)						

6. TCA cycle과 요소중독과의 관계

암모니아 중독증은 혈액 pH의 변화뿐 아니라 TCA cycle과도 깊은 관계가 있다. 암모니아 중독증에 대한 가설중에서 중요한것은 다음과 같다.

① TCA cycle로 부터 α -ketoglutarate 장애 (Bessman, 1955; Katunuma등, 1966; Clifford등, 1969; Mahler등, 1966).

② 뇌에서 이용 가능한 NAD pH감소나 암모니아로 부터 glutamine합성 동안에 ATP소모 증가 (Worcel등, 1962; Weilmalherbe등, 1962)

③ Acetyl choline의 고갈(Ulshafer, 1958)

암모니아가 TCA cycle을 방해하는 정확한 기전은 밝혀지지 않았다. Roberge와 chalconneau (1968)은 glutamine-synthesizing system의 암모니아 포화는 TCA cycle의 역행, 중간 대사물의 감소, 에너지 생산과 세포호흡의 감소를 야기시키고 이것은 흥분을 일으키며 또한 TCA cycle 중간대사물의 감소는 Pyruvate, α -ketoglutarate, Oxaloacetate의 Reamination으로 부터 생

겨난다고 보고하였다. 그리고 TCA cycle이 깨지면 세포는 이상기능을 나타내기 시작하며, CN₅는 에너지를 다량요구하기 때문에 암모니아 중독증에 걸리면 이상행동과 신경작용의 이상이 먼저 나타난다.

7. 요소중독과 물과의 관계

요소중독시에 물의 섭취를 제한하면 소에 있어서 요소중독이 더 가중된다는 것이 여러 학자들에 의해 연구되었다(Buck등, 1976; Miller, 1979). Bartely(1981) 등은 요소중독시에 물의 섭취량은 중독전에 비해 유의차가 없었다고 보고하여 물이 요소중독의 요인이 될 수 없음을 증명하였다.

그러나 우리나라에서는 특별한 문헌적, 이론적 근거도 거의 없이 과거에 요소를 따로이 급여할 때 발생되던 요소중독에 대한 경험만을 근거로 요소중독시에는 30분~1시간 동안 물의 섭취를 제한시켜야 한다고 현재까지도 주장하는 학자들이 있으나 이는 오늘날 에너지원이 풍부한 배합

사료와 함께 첨가되어 특별한 배합상의 잘못만 없다면 요소중독이 거의 문제되지 않는 현상에서는 물의 섭취를 제한하는 것은 요소중독증을 예방하는 것이 아니라 오히려 요소중독증을 더 심화시킨다는 것이 이론상으로 더 타당하다고 할 수 있으며 이 부분에 대해서도 분명한 이론이 정립되어 기존의 그릇된 이해로 생긴 학설이 종식되어져야 한다.

필자가 외국의 저명학자들이 내한 시에 이 문제에 대해 토론해 보아도 물의 섭취량 제한은 이해가 가지 않는다는 반응이며 국내의 반추영양학 전공교수들도 대부분 외국 학자분들과 같은 생각인 것을 필자는 여러 차례 확인한 바 있다. 그리고 지금까지 국내·외에서 요소중독에 대해 발표된 문헌을 Review해 보아도 물의 섭취량을 제한하는 것에 대해서는 전혀 언급이 없으면 물이 요

소중독의 원인이 된다면 학자들에 의해 연구대상이 되지 않을 수 없음은 자명한 이치이다. 따라서 요소중독시 물의 섭취량을 제한해야 한다는 이론은 이를 증명할 연구결과가 발표되기 전까지는 단지 하나의 가설에 지나지 않을뿐 정설인 것처럼 받아들이는 일은 급해야 한다는 것이 필자의 지론이다.

8. 치료

① 호스를 이용하여 제1위 절개술에 의해 제1위 내용물 제거.

② 링겔 또는 5~20% 포도당액을 이용하여 1,000~2,000ml 또는 그이상 정맥주사하여 혈액을 희석한다.

③ 식초를 4l 경구투여하여 암모니아 흡수를 줄인다. 반추위 내에 여러가지 용액의 주입이 반

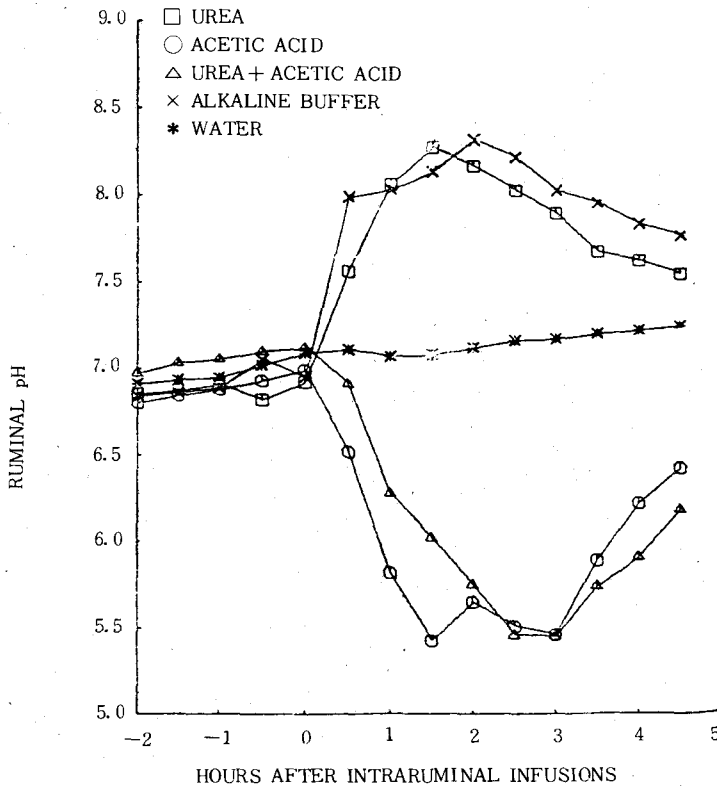


Fig. 5. Effect of infusing various solutions into the rumen on ruminal pH(trial 4).

추위내 pH에 미치는 영향은 그림 5와 같다.

④ 강심, 호흡흥분, 이뇨제를 투여한다.

⑤ 비타민 B₁ 50~100mg과 치옥토산 50~100mg을 주사.

⑥ 제1위 천자에 의해 가스제거.

9. 예 방

① 요소의 사용한계를 준수할 것.

완전배합사료 : 1.0~1.2%

a. 사료첨가 수준 농후사료 : 1.5~1.75%

사일레지 : 0.5~0.75% (생체 기준)

유우(성우) : 40~90g

b. 1일급여 수준 육 성 우 : 40~90g

육우(성우) : 100~120g

② 요소는 단미 또는 수용액의 형태로 투여하지 말고 배합사료와 균일하게 혼합하여 급여한다.

③ 요소사료의 급격한 변화를 피하고 최저 1~3주간에 걸쳐서 제1위 미생물을 순응시킨다.

④ 단백질의 과급을 피한다.

⑤ Urease의 활성이 높은 생콩 또는 두과식물의 혼합급여를 피한다.

⑥ 제1위 미생물이 암모니아를 질소원으로 이용하는데 필요한 당류(전분, 포도당)와 무기물이 부족하지 않게 해준다.

⑦ 요소사료에 당밀을 첨가하면 당의 발효에 의해 제1위 내용물이 산성으로 되고 요소로부터 생성되는 암모니아의 흡수가 감소된다.

⑧ 어린소(생후 3개월 이내), 절식하였던 가축, 열이 있거나 질병에서 회복된지 얼마 안되는 가축에게는 급여하지 말 것.

⑨ 요소비료를 살포된지 얼마 안되는 초지에서 서는 방북시키지 말 것.

결 론

지금까지 요소중독과 물과의 관계를 관련문헌을 고찰하여 살펴보았다. 요소는 값비싼 단백질을 대체해서 사용할 수 있는 값싼 단백질 자원이거나 과량섭취하면 중독을 일으키기 때문에 주의를 해야한다. 요소를 과량섭취하면 중독이 일어나는 것은 동·서양을 막론하고 재론의 여지가 없으나 요소중독을 일으키는 원인으로서 물의 섭취량 제한을 드는것은 이론상의 논리가 성립되지 않으며 문헌상으로도 논리가 성립되지 않으며 문헌상으로도 증명되고 있지 않고 있어 기존의 「요소중독시에는 30~1시간동안 물의 섭취를 제한해야 한다」는 이론은 절대적으로 재고되어야 타당하다.

국·내외에서 지금까지 발표된 어떠한 문헌에도 게재되지 않은 내용이 유독 국내에서만 아직까지 통용되는것은 학자님들의 시험을 통해서 반드시 규명되어 올바른 의견이 제시되어야 하며 마지막으로 물이 요소중독을 가중시키는 요인이 된다면 지금까지 요소중독에 대해 연구한분들이 이 점을 간과하고 지나갔겠냐고 반문하고 싶다.