

乳牛場用水水質監測⁽¹⁾

李素珍⁽²⁾⁽³⁾ 張菊犁⁽²⁾

收件日期：100 年 3 月 25 日；接受日期：100 年 10 月 5 日

摘要

本研究調查國內乳牛場地下水、自來水及水質處理水之化學成分、物理性狀、重金屬與微生物等，化學成分及物理性狀包括 pH、導電度、總溶解固形物 (total dissolved solids, TDS)、硝酸鹽氮、亞硝酸鹽氮、硬度、硫酸鹽、氯鹽，重金屬包括鐵及銅，微生物包含水中糞便性大腸桿菌群 (fecal coliform)、水中糞便性鏈球菌 (Fecal *Streptococcus*)、水中大腸桿菌 (*Escherichia coli*) 及生菌數 (standard plate count) 等。結果：檢測 467 個乳牛場，除 pH 值外，其地下水各項化學成分、物理性狀及重金屬之平均值都高於自來水及水質處理水者，部分乳牛場其硫酸鹽、氯鹽、鐵、銅等之含量超過美國 NRC (2001) 建議乳牛飲用水標準，或導電度、TDS、硬度等含量很高，其中 312 個乳牛場地下水 4 項微生物之數據差異非常大，顯示部分乳牛場地下水之衛生品質不良，且乳牛場牛隻飲水槽 4 項微生物之數據都比該場之地下水原液為高 (n=20)，顯示飲水槽被牛隻糞便污染的程度相當高。建議定期追蹤監測異常之乳牛場用水品質，且建議改善之道。

關鍵詞：水質、監測、乳牛場。

緒言

乳牛於生長、消化、代謝、懷孕、泌乳、擠乳及清洗擠乳設備與牛舍等都需要水，顯示水的重要性但也最容易被忽視。成年乳牛體含水量視泌乳期而異，佔體重的 56-65%，所攝食之水量中 25-35% 供生產乳量，30-35% 由糞排出，15-21% 由尿液排出，其他經由流汗及肺臟等流失。乳牛所需之水 80-90% 由飲水提供，而牛隻對水的需求量可因體重、年齡、產乳量，飼料中乾物質含量、蛋白質含量、含水率、鈉含量，青貯料之 pH 值，環境溫度、相對濕度，水的溫度、品質及飲用方便性等多種因素影響 (David, 1993; NRC, 2001; Wright, 2007; Schroeder, 2008)。美國 NRC 於 1974 年就提出建議適合家畜禽等 (含乳牛) 飲水的總溶解固形物 (TDS)、硝酸鹽氮、亞硝酸鹽氮、礦物質、硫酸鹽、重金屬等的含量，又於 2001 年修正提高標準 (NRC, 2001)。國外有許多關於水質不佳對乳牛攝食水量、飼料採食量、

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 1703 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所新竹分所。

(3) 通訊作者，E-mail：sjlee@mail.tlri.gov.tw。

飼料效率、乳量、乳成分、增重等研究，大多有負面結果，且有時會導致下痢（Jaster *et al.*, 1978; Challis *et al.*, 1987; Sanchez *et al.*, 1994; Solomon *et al.*, 1995; Michael and Dan, 2002; Alejandro and John, 2004; Broadwater, 2007; Jim, 2009）。此外，水的硬度太高將影響擠乳設備清洗效果進而影響乳品質（Michael and Dan, 2002; Barney and VanHorn, 2003），水的 pH 值太低或太高會致牛隻下痢（Michael and Dan, 2002）等。目前國內畜牧業對雞隻飲水已建立檢測機制，唯對家畜飲用水尚無監測機制，本研究擬調查國內乳牛場用水，建立相關資訊以設立監測機制，使國內乳牛場之經營效率更上層樓。

材料與方法

I. 試驗材料

採集全國北、中、南及花東各乳牛場使用之地下水、自來水、水質處理水（RO 水）及牛隻飲水槽之水。

II. 水樣採取及保存

依環保署 NIEA W 101.52 A 法（環保署，2003）進行。

III. 水樣之化學成分、物理性狀及重金屬含量之貯存試驗同一水源之樣品各採 9 瓶，分 3 組每組 3 瓶

- (i) A 組：採樣後即冰桶冷藏，再移置 4 °C 冰箱冷藏 6 日，於貯存 1 日、2 日及 6 日各檢測一瓶。
- (ii) B 組：室溫（約 28 °C）貯存，於貯存 1 日、2 日及 6 日各檢測一瓶。
- (iii) C 組：室溫（約 28 °C）貯存 1 日，再置 4 °C 冰箱冷藏 6 日，於貯存 1 日、2 日及 6 日各檢測一瓶。

IV. 水樣之過濾試驗

水樣先檢測 pH 值、總溶解固形物（TDS）及導電度後，分別以 Whatman GF/C 及 Whatman 40 濾紙過濾。

V. 檢驗對象

- (i) 化學成分、物理性狀及重金屬含量檢驗所有乳牛場地下水、自來水、水質處理水（RO 水）等。
- (ii) 微生物檢測
 - 1. 所有乳牛場地下水。
 - 2. 於不同時期，每回同時檢測 20 戶乳牛場地下水與牛隻飲水槽之水（來源為地下水）。

VI. 分析項目及方法

- (i) 化學成分、物理性狀及重金屬含量包括 pH 值、TDS、導電度、硝酸鹽氮、亞硝酸鹽氮、硬度、硫酸鹽、氯鹽、鐵、銅等。藉 pH 值、TDS 與導電度混合測定儀（美國製、HACH sense ion 378）檢測 pH 值、TDS 及導電度；硝酸鹽氮、亞硝酸鹽氮、硬度、硫酸鹽、氯鹽等藉水質快速測定儀（美、國製、HACH DR 5000）測定，其中硬度以碳酸鈣濃度表示之。鐵及銅藉原子吸收光譜儀（日本製、HITACHI Z 2000）測定。
- (ii) 微生物包括水中糞便性大腸桿菌群、水中糞便性鏈球菌、水中大腸桿菌及生菌數等。水中糞便性大腸桿菌群依環保署 NIEA E 214.00 C 法（環保署，2000）測定；水中糞便性鏈球菌依包裝飲用水中微生物檢驗法-糞便性鏈球菌之檢驗，CNS 總號 13435 類號 N 6267 法（環保署，2005）測定；水中大腸桿菌依環保署 NIEA E 237.52 B 法（環保署，2007）檢測；生菌數藉乾式培養基（日本製、NISSUI 製藥）35 °C 培養 48 hr 後計算菌落數。以上微生物測定於採樣後 24 hr 內操作完畢置定溫培養箱中培養。

VII. 追蹤輔導改善

檢測異常之乳牛場觀察其牛隻是否有下痢、生長遲緩等異狀及乳量、乳質之影響等，追蹤監測

後於必要時建議改善。

結果與討論

I. 水中化學成分、物理性狀及重金屬含量之貯存與過濾試驗

本研究為分批至全國北、中、南及花東各乳牛場採樣，為瞭解不同貯存方式對水中化學成分、物理性狀及重金屬濃度之影響，分為 4℃ 冷藏(A 組)、室溫貯存(B 組)、室溫貯存 1 日再置 4℃ 冰箱冷藏(C 組)等 3 組進行貯存試驗。結果：A、B 及 C 各組硝酸鹽氮濃度於 6 日貯存中都無顯著差異，但不同處理間，B 組及 C 組之硝酸鹽氮濃度比 A 組者高，有顯著差異；A 組於 6 日貯存中亞硝酸鹽氮之濃度並無顯著差異，但貯存 2 日後 B、C 組都顯著下降。顯示 4℃ 冷藏組之硝酸鹽氮和亞硝酸鹽氮濃度之數值較其他 2 組穩定，而碳酸鈣、鐵、銅、硫酸鹽、氯鹽等項目也於冷藏中變化較穩定(表 1)。因此，本研究自採樣至檢測完畢之水樣均冷藏，首先檢測 pH 值、總溶解固形物(TDS)及導電度 3 項後，再檢測其他化學成分包含硝酸鹽氮、亞硝酸鹽氮、碳酸鈣、硫酸鹽、氯鹽、鐵、銅等。此部分之貯存試驗為模擬於採樣或運輸過程中若未立即冷藏之情形，結果與行政院環境保護署(以下簡稱環保署)(2003) NIEA W 101.52 A 法所要求的相同，即採樣後樣品就需立即冷藏於 4℃。有些化學成分以 DR 5000 水質快速測定儀檢測時，可能因水中含雜質致檢測值無法穩定而影響判讀，故先檢測 pH 值、TDS 及導電度後，分別以 Whatman GF/C 及 Whatman 40 濾紙過濾，再檢測其濾液，結果以 Whatman 40 濾紙過濾之硝酸鹽氮、氯鹽、鐵、銅濃度之平均值比 Whatman GF/C 濾紙過濾者較高，其他項目則相近(資料未顯示)，故本研究確定先檢測 pH 值、TDS 及導電度後，均以 Whatman 40 濾紙過濾，再以濾液繼續檢測其他項目。

II. 水中化學成分、物理性狀及重金屬含量

計檢測國內 467 個乳牛場，除 pH 值外，其地下水各項化學成分及物理性狀之平均值都高於自來水與水質處理水(RO 水)者；自來水之 pH 平均值比地下水及水質處理水(RO 水)者高，而地下水及水質處理水(RO 水)兩者相近(表 2)。由其頻度分布來看，自來水 pH 值都低於 8.5，且集中於 7.5 至 8.5 之間佔 91.0%，而低於 7.0 者佔 2.4%；地下水 pH 值多集中於 7.0 至 8.0 之間佔 80.3%，而低於 7.0 者佔 4.0%(表 3)。自來水之導電度低於 545 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 者佔 95.5%，546 至 909 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 者佔 3.3%，超過 909 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 者僅 1.2%；而地下水超過 909 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 者佔 13.6%，甚至超過 1,818 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 者佔 4.7%(表 4)。自來水之 TDS 濃度低於 500 mg/L 者佔 99.6%，僅 0.4% 超過 500 mg/L，且都在 1,000 mg/L 以內，而地下水超過 1,000 mg/L 者佔 3.6%(表 5)。自來水與地下水之硝酸鹽氮濃度低於 0.5 mg/L 者各佔 90.0 及 49.6%，而超過 4.0 mg/L 者各佔 1.6 及 4.3%(表 6)。自來水與地下水之亞硝酸鹽氮濃度低於 0.01 mg/L 者各佔 99.6 及 85.9%，而超過 0.1 mg/L 者各佔 0.4 及 1.8%(表 7)。自來水與地下水之碳酸鈣濃度低於 60 mg/L 者各佔 0.8 及 5.2%，超過 60 至 120 mg/L 者各佔 7.1 及 11.1%，超過 120 至 180 mg/L 者各佔 53.9 及 10.6%，超過 180 至 400 mg/L 者各佔 37.0 及 44.9%，超過 400 mg/L 者各佔 1.2 及 28.2%(表 8)。

表 1. 貯存條件對水中化學成分及重金屬含量之影響

Table 1. Variation of chemical contents and heavy metals in water at different storage condition

Storage days \ Storage condition	1 Day	2 Day	6 Day
Nitrite-N (mg/L)			
A	0.180 ^a	0.200 ^a	0.190 ^a
B	0.300 ^b	0.320 ^b	0.280 ^b
C	0.300 ^b	0.270 ^b	0.310 ^b
Nitrite-N (mg/L)			
A	0.021 ^a	0.019 ^a	0.015 ^a
B	0.020 ^a	0.002 ^b	0.002 ^b
C	0.020 ^a	0.003 ^b	0.003 ^b
CaCO ₃ (mg/L)			
A	234	236	240
B	238	238	240
C	238	238	238
Fe (mg/L)			
A	0.680	0.580	0.680
B	0.590	0.470	0.560
C	0.560	0.560	0.550
Cu (mg/L)			
A	0.040	0.050	0.050
B	0.040	0.030	0.050
C	0.040	0.040	0.040
Sulfate (mg/L)			
A	30	28	29
B	27	27	25
C	28	28	27
Chloride (mg/L)			
A	38	34	33
B	42	45	37
C	35	35	32

Under the same chemical properties and heavy metals, ^{a, b} means within the same row or column without the same superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

A: Stored at 4°C refrigerator.

B: Stored at 28°C room temperature.

C: Stored at 28°C room temperature for 1 day, than stored at 4°C refrigerator.

表 2. 乳牛場用水之化學成分、物理性狀及重金屬之平均值與範圍

Table 2. Means and range of chemical and physical properties and heavy metals of water sampled from dairy farms

Kinds of water	pH	EC (μ s/cm)	TDS	Nitrate-N (mg/L)	Nitrite-N
Tapped water	7.85 ^a (7.30-8.30)	385 ^a (250-573)	185 ^a (119-276)	0.30 ^a (0.01-9.90)	0.003 ^a (0.001-0.050)
Ground water	7.43 ^b (5.63-9.80)	826 ^b (45-9,610)	406 ^b (25-5,200)	0.90 ^b (0-18.50)	0.010 ^b (0-0.72)
Processed water	7.46 ^b (5.83-8.18)	461 ^a (69-851)	222 ^a (32-414)	0.46 ^a (0.04-1.70)	0.001 ^a (0.004-0.010)
Kinds of water	CaCO ₃	Fe	Cu	Sulfate	Chloride
			(mg/L)		
Tapped water	190 ^a (104-528)	0.03 ^a (0-0.24)	0.03 ^a (0-0.09)	50 ^a (0-88)	9 ^a (4-24)
Ground water	308 ^b (4-1,240)	0.32 ^b (0-5.79)	0.42 ^b (0.01-3.97)	82 ^b (0.02-590)	84 ^b (0.6-3,980)
Processed water	175 ^a (10-276)	0.12 ^a (0.07-0.27)	0.03 ^a (0.02-0.05)	37 ^a (0-82)	27 ^a (2-109)

Under the same chemical and physical properties, and heavy metals, ^{a, b} means within the same column without the same superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

The data in parenthesis is the minimum value and maximum value.

EC: electrical conductivity, TDS: total dissolved solids, Fe: iron, Cu: copper.

Sample number: tapped water 244, ground water 467, processed water 4.

表 3. 乳牛場用水之 pH

Table 3. pH of water sampled from dairy farms

Kinds of water	Items	≤ 6.0	>6.0- 6.5	>6.5- 7.0	>7.0- 7.5	>7.5- 8.0	>8.0- 8.5	>8.5	Total No.
Ground water	Sample number	13	13	39	160	215	23	4	451
	Frequency (%)	2.8	2.8	8.4	34.3	46.0	4.9	0.8	
	Accumulative frequency (%)	2.8	5.6	14.0	48.3	94.3	99.2	100.0	
Tapped water	Sample number	2	1	3	16	136	83	-	241
	Frequency (%)	0.8	0.4	1.2	6.6	56.5	34.5	-	
	Accumulative frequency (%)	0.8	1.2	2.4	9.0	65.5	100.0	-	

表 4. 乳牛場用水之導電度(μ s/cm)Table 4. Electrical conductivity (μ s/cm) of water sampled from dairy farms

Kinds of water	Items	≤ 182	>182-54	546-909	910-1273	1274-1818	>1818	Total No.
		5						
Ground water	Sample number	23	167	111	89	40	21	451
	Frequency (%)	5.1	37.0	24.6	19.7	8.9	4.7	
	Accumulative frequency (%)	5.1	42.1	66.7	86.4	95.3	100.0	
Tapped water	Sample number	3	225	8	1	2	-	239
	Frequency (%)	1.3	94.2	3.3	0.4	0.8	-	
	Accumulative frequency (%)	1.3	95.5	98.8	99.2	100.0	-	

表 5. 乳牛場用水之總溶解固形物 (mg/L)含量

Table 5. Content of total dissolved solids (mg/L) in water sampled from dairy farms

Kinds of water	Items	≤ 500	>500-1000	>1000-3000	>3000-5000	>5000	Total No.
Ground water	Sample number	344	105	13	3	1	466
	Frequency (%)	73.9	22.5	2.8	0.6	0.2	
	Accumulative frequency (%)	73.9	96.4	99.2	99.8	100.0	
Tapped water	Sample number	238	1	-	-		239
	Frequency (%)	99.6	0.4	-	-		
	Accumulative frequency (%)	99.6	100.0	-	-		

表 6. 乳牛場用水之硝酸鹽氮 (mg/L) 含量

Table 6. Content of Nitrate-N (mg/L) in water sampled from dairy farms

Kinds of water	Items	≤ 0.5	>0.5-1.0	>1.0-2.0	>2.0-3.0	>3.0-4.0	>4.0	Total No.
Ground water	Sample number	363	14	27	20	23	20	467
	Frequency (%)	49.6	3.0	5.8	4.3	4.9	4.3	
	Accumulative frequency (%)	49.6	80.7	80.7	90.8	95.7	100.0	
Tapped water	Sample number	215	-	14	6	-	4	239
	Frequency (%)	90.0	-	5.9	2.5	-	1.6	
	Accumulative frequency (%)	90.0	90.0	95.9	98.4	98.4	100.0	

表 7. 乳牛場用水之亞硝酸鹽氮 (mg/L) 含量

Table 7. Content of Nitrite-N (mg/L) in water sampled from dairy farms

Kinds of water	Items	≤0.01	>0.01-0.05	>0.05-0.1	>0.1-0.5	>0.5	Total No.
Ground water	Sample number	385	51	4	5	3	448
	Frequency (%)	85.9	11.4	0.9	1.1	0.7	
	Accumulative frequency (%)	85.9	97.3	98.2	99.3	100.0	
Tapped water	Sample number	236	-	-	1	-	237
	Frequency (%)	99.6	-	-	0.4	-	
	Accumulative frequency (%)	99.6	99.6	99.6	100.0	-	

表 8. 乳牛場用水之碳酸鈣 (mg/L) 含量

Table 8. Content of CaCO₃(mg/L) in water sampled from dairy farms

Kinds of water	Items	≤60	>60-120	>120-180	>180-290	>290-400
Ground water	Sample number	24	51	49	147	60
	Frequency (%)	5.2	11.1	10.6	31.9	13.0
	Accumulative frequency (%)	5.2	16.3	26.9	58.8	71.8
	Items	>400-600	>600-800	>800-1000	>1000	
	Sample number	88	30	9	3	
	Frequency (%)	19.1	6.5	1.9	0.7	
Tapped water	Sample number	2	17	128	86	2
	Frequency (%)	0.8	7.1	53.9	36.2	0.8
	Accumulative frequency (%)	0.8	7.9	61.8	98.0	98.8
	Items	>400-600	>600-800	>800-1000	>1000	
	Sample number	3	-	-	-	
	Frequency (%)	1.2	-	-	-	
Tapped water	Sample number	3	-	-	-	
	Frequency (%)	1.2	-	-	-	
	Accumulative frequency (%)	100.0	-	-	-	

Total No.: Ground water 461; Tapped water 238.

自來水與地下水之硫酸鹽濃度多低於 200 mg/L，分別佔 100.0 及 92.0%，地下水超過 400 mg/L 者僅佔 1.1%（表 9）。自來水之氯鹽濃度都低於 100 mg/L，而地下水低於 100 mg/L 者佔 81.5%，超過 300 mg/L 者佔 3.7%（表 10）。自來水與地下水鐵之濃度低於 0.4 mg/L 者各佔 99.2 及 76.8%，自來水都在 1.0 mg/L 以內，而地下水超過 1.0 mg/L 者佔 10.6%（表 11）。自來水與地下水銅之濃度低於 0.5 mg/L 者各佔 100.0 及 77.1%，地下水超過 1.0 mg/L 者佔 17.8%（表 12）。

表 9. 乳牛場用水之硫酸鹽 (mg/L) 含量

Table 9. Content of sulfate (mg/L) in water sampled from dairy farms

Kinds of water	Items	≤100	>100-200	>200-300	>300-400	>400	Total No.
Ground water	Sample number	312	103	21	10	5	451
	Frequency (%)	69.2	22.8	4.7	2.2	1.1	
	Accumulative frequency (%)	69.2	92.0	96.7	98.9	100.0	
Tapped water	Sample number	229	10	-	-	-	239
	Frequency (%)	95.8	4.2	-	-	-	
	Accumulative frequency (%)	95.8	100.0	-	-	-	

表 10. 乳牛場用水之氯鹽(mg/L)含量

Table 10. Content of chloride (mg/L) in water sampled from dairy farms

Kinds of water	Items	≤100	>100-300	>300-400	>400-500	Total No.
Ground water	Sample number	379	69	4	4	465
	Frequency (%)	81.5	14.8	0.9	0.9	
	Accumulative frequency (%)	81.5	96.3	97.2	98.1	
	Items	>500-1000	>1000-2000	>2000-3000	>3000	
	Sample number	5	1	2	1	
	Frequency (%)	1.1	0.2	0.4	0.2	
	Accumulative frequency (%)	99.2	99.4	99.8	100.0	
Kinds of water	Items	≤100	>100-200	>200-300	>300-400	
Tapped water	Sample number	243	-	-	-	243
	Frequency (%)	100.0	-	-	-	
	Accumulative frequency (%)	100.0	-	-	-	

表 11. 乳牛場用水之鐵 (mg/L) 含量

Table 11. Content of iron (mg/L) in water sampled from dairy farms

Kinds of water	Items	≤0.1	>0.1-0.4	>0.4-1.0	>1.0-1.5	>1.5-2.0	>2.0	Total No.
Ground water	Sample number	141	214	58	15	4	30	462
	Frequency (%)	30.5	46.3	12.6	3.3	0.8	6.5	
	Accumulative frequency (%)	30.5	76.8	89.4	92.7	93.5	100.0	
Tapped water	Sample number	224	17	2	-	-	-	243
	Frequency (%)	92.2	7.0	0.8	-	-	-	
	Accumulative frequency (%)	92.2	99.2	100.0	-	-	-	

表 12. 乳牛場用水之銅 (mg/L) 含量

Table 12. Content of copper (mg/L) in water sampled from dairy farms

Kinds of water	Items	≤0.1	>0.1-0.5	>0.5-1.0	>1.0-1.5	>1.5-2.0	>2.5	Total No.
Ground water	Sample number	332	28	24	19	33	31	467
	Frequency (%)	71.1	6.0	5.1	4.1	7.1	6.6	
	Accumulative frequency (%)	71.1	77.1	82.2	86.3	93.4	100.0	
Tapped water	Sample number	243	1	-	-	-	-	244
	Frequency (%)	99.6	0.4	-	-	-	-	
	Accumulative frequency (%)	99.6	100.0	-	-	-	-	

水之鹼度主受碳酸鹽、重碳酸鹽、氫氧化物含量影響(Alejandro and John, 2004)，水的 pH 值介於 6 到 8 都可以被牛隻接受，然而低於 6 或超過 8 會致下痢、降低飼料效率、採食水量及飼料量等 (Michael and Dan, 2002)；曾有學者提出水的 pH 值太低可能導致牛隻酸中毒的說法，但 The Pennsylvania State University (2007) 認為無法單以水之 pH 值判定為其發生的原因，仍須考量日糧及環境之影響等，若僅著重水之 pH 值，恐無法解決牛隻酸中毒的問題。pH 值小於 7 為酸性，大於 7 為鹼性，水質酸性對水管或其他設備之損害比水質鹼性者大，若水偏酸或偏鹼導致清洗擠乳設備時整體之 pH 值不足或超過，會影響清洗效果而影響乳品質 (Barney and VanHorn, 2003)。本研究自來水 pH 值都低於 8.5，其 pH 值多集中於 7.5 至 8.5 之間佔 91.0%，低於 pH 值 6.0 者佔 0.8%，pH 值高於 8.0 者佔 34.5%；而地下水 pH 值多集中於 7.0 至 8.0 之間佔 80.3%，低於 pH 值 6.0 者佔 2.8%，pH 值高於 8.0 者佔 5.7% (表 3)，最高者達 9.8 (表 2)。顯示，自來水及地下水分別有 0.8% 及 2.8% 其 pH 值低於 6.0，各有 34.5% 及 5.7% 其 pH 值高於 8.0。其 pH 值低於 6.0 或超過 8.0 是否會致乳牛下痢、降低飼料效率、採食水量及飼料量等仍持續觀察中；至於對清洗擠乳設備時可能導致整體之 pH 值不足或超過致影響清洗效果而影響乳品質方面，將另進行試驗深入探討。

通常評估水的鹽分濃度可以導電度 (electrical conductivity) 或 TDS 之濃度為指標；導電度表示水傳導電流的能力，導電度與水中離子總濃度、移動性、價數、相對濃度及水溫等有關，通常導電度愈高，表示水中電解質含量愈多。由於大部分鹽類都可電離，因此導電度也可顯示水中 TDS 含量的多寡。水的 TDS 濃度與導電度之比為 0.6 (Clell *et al.*, 1997; Helen and David, 1999)，而鹽分濃度與導電度之比為 5.5 (Bell and Gallagher, 2006)。Clell *et al.* (1997) 認為水之鹽分濃度低於 1,000 $\mu\text{s/cm}$ (即導電度低於 182 $\mu\text{s/cm}$) 可適合所有家畜飲用，超過 1,000 至 2,999 $\mu\text{s/cm}$ (即導電度超過 182 至 545 $\mu\text{s/cm}$) 時，當家畜尚未習慣此高濃度時可能致短暫或中等程度之下痢，濃度達 3,000 至 4,999 $\mu\text{s/cm}$ (即導電度 546 至 909 $\mu\text{s/cm}$)，剛開始家畜也可能致下痢或拒飲，達 5,000 至 6,999 $\mu\text{s/cm}$ (即導電度 910 至 1,273 $\mu\text{s/cm}$) 則不適給懷孕牛及泌乳牛飲用，達 7,000-10,000 $\mu\text{s/cm}$ (即導電度 1,274 至 1,818 $\mu\text{s/cm}$) 則不適給懷孕牛、泌乳牛及小牛飲用，若超過 10,000 $\mu\text{s/cm}$ (即導電度超過 1,818 $\mu\text{s/cm}$) 時，則所有乳牛都不適飲用。而 Helen and David (1999) 認為鹽分之濃度在 3,000 $\mu\text{s/cm}$ (即導電度 546 $\mu\text{s/cm}$) 以內適合所有家畜飲用，於 10,000 $\mu\text{s/cm}$ (即導電度 1,818 $\mu\text{s/cm}$) 以內仍適合乳牛飲用。本研究自來水之導電度低於 182 $\mu\text{s/cm}$ 者佔 1.3%，超過 182 至 545 $\mu\text{s/cm}$ 佔 94.2%，超過 545 $\mu\text{s/cm}$ 者僅佔 4.5%；地下水低於 182 $\mu\text{s/cm}$ 者佔 5.1%，超過 182 至 545 $\mu\text{s/cm}$ 佔 37.0%，超過 545 $\mu\text{s/cm}$ 者佔 57.9%，超過 909 $\mu\text{s/cm}$ 者佔 33.3%，超過 1,818 $\mu\text{s/cm}$ 者佔 4.7% (表 4)，甚至有高者達 9,610 $\mu\text{s/cm}$ 者 (表 2)。對乳牛之影響仍持續觀察中。建議若以地下水供乳牛飲用，宜定期檢測其水導電度。

TDS 為水中所含溶解的固體物質總量，包括硝酸鹽、氯鹽、硫酸鹽、碳酸鹽、鈣、鐵、鎂、鈉、鉀與鉀等。TDS 濃度低於 1,000 mg/L 對乳牛尚無影響，超過 1,000 至 3,000 mg/L 時可能致下痢，超過 3,000 至 5,000 mg/L 時對乳量尚無影響，然而超過 5,000 mg/L 會使乳產量下降，超過 5,000 至 7,000 mg/L 時應避免供懷孕牛及泌乳牛飲用，超過 7,000 mg/L 則不可給任何牛隻飲用 (Ayers and Westcott, 1976; NRC, 2001; Jim, 2008)；水之 TDS 濃度超過 3,000 mg/L 時，常伴隨含高碳酸鈣、氯鹽及硫酸鹽致口感不良，使乳牛飲水量及乳產量下降 (The Pennsylvania State University, 2007)。有些研究指陳，與冬季比較，夏季當飲水中 TDS 濃度高又伴隨環境高溫時，其乳產量顯著降低 (Jaster *et al.*, 1978; Challis *et al.*, 1987; Sanchez *et al.*, 1994; Solomon *et al.*, 1995; Broadwater, 2007)。國內人飲用水 TDS 之上限為 500 mg/L (環保署, 2009)。本研究自來水之 TDS 都低於 1,000 mg/L，其中低於 500 mg/L 者佔 99.6%，而地下水之 TDS 超過 1,000 mg/L 者 3.6%，其中超過 1,000 至 3,000 mg/L、超過 3,000 至 5,000 mg/L、超過 5,000 mg/L 者各佔 2.8、0.6 及 0.2% (表 5)，最高達 5,200 mg/L (表 2)。顯示本研究地下水之 TDS 濃度有 3.6% 超過 1,000 mg/L，是否引起乳牛下痢或乳產量下降，仍持續觀察中。建議若以地下水供乳牛飲用，宜定期檢測其水 TDS。

水體中硝酸鹽主要來源包括降雨、下水道污泥、生物所產生的代謝物、土壤中細菌的固氮作用及各種農業活動等。若田間作物重度施用化學肥料，會使地下水中硝酸鹽氮及亞硝酸鹽氮的濃度增加，其上升會明顯影響動物體內血紅素運送氧氣的功能，導致窒息死亡。美國 NRC (2001) 建議，泌乳牛飲水中硝酸鹽氮、亞硝酸鹽氮之濃度上限分別為 10 及 0.1 mg/L。國內人飲用水中硝酸鹽氮、亞硝酸鹽氮之濃度上限也各為 10 及 0.1 mg/L (環保署, 2009)；環保署 (2011) 之地下水污染管制標準中，將地下水分為二類，第一類為飲用水水源水質保護區內之地下水，第二類為第一類以外之地下水。硝酸鹽氮濃度依第二類管制標準為 100 mg/L，亞硝酸鹽氮濃度依第二類管制標準為 10 mg/L。本研究無論是自來水或地下水中硝酸鹽氮及亞硝酸鹽氮之濃度均未超過國內環保署第二類管制的標準 (表 6 及表 7)。若以 NRC (2001) 建議，泌乳牛飲水中硝酸鹽氮濃度上限 10 mg/L 為準，本研究自來水硝酸鹽氮濃度均未超過此標準 (表 2)；地下水超過 4.0 mg/L 者佔 4.3% (表 6)，而超過 10 mg/L 者佔 0.4% (資料未顯示)，最高達 18.5 mg/L (表 2)。依 NRC (2001) 建議，泌乳牛飲水中亞硝酸鹽氮濃度上

限 0.1 mg/L 為準，本研究自來水與地下水之亞硝酸鹽氮濃度超過 0.1 mg/L 者各佔 0.4 及 1.8% (表 7)，自來水中最高達 0.5 mg/L，而地下水中最高達 0.72 mg/L (表 2)。硝酸鹽氮及亞硝酸鹽氮濃度超過 NRC (2001) 標準者之比例雖不高，建議若以地下水供乳牛飲用仍宜定期檢測該等物質含量。

水的硬度是由溶解於水中許多多價的陽離子所構成，主要為鈣及鎂，其餘為鋇、鋇、鋁、鐵、錳等僅約佔 3%，故一般水中溶解的鈣離子和鎂離子以碳酸鈣含量表示即所稱硬度 (NRC, 2001)。水的硬度亦受水之 pH 值、總鹼度等影響。美國 NRC (2001) 將水之硬度低於或等於 60 mg/L 稱軟水，超過 60 至 120 mg/L 為中等硬度水，超過 120 至 180 mg/L 為硬水，超過 180 mg/L 為極硬水。學者報告：當飲水的硬度低於或等於 290 mg/L 對泌乳牛水的攝食量及乳產量無顯著影響 (Graf and Holdaway, 1952; NRC, 1974; NRC, 2001; Jim, 2008)，對乳牛增重無顯著影響 (Graf and Holdaway, 1952)，沒必要先軟化處理再供牛飲用 (Blosser and Soni, 1957)；而 Blosser and Soni (1957) 及 Allen *et al.* (1958) 分別認為低於 116 mg/L 及 190 mg/L 時對泌乳牛水的攝食量及乳產量無顯著影響，但飲水中鈣的量超過 500 mg/L、鎂的量超過 125 mg/L 時就須考量日糧中的平衡 (即水中鈣和鎂的量要計算入日糧中)。若水之硬度高，但其 pH 值介於 6.0-8.5，目前尚無研究資料顯示其對泌乳牛乳產量之負面影響，然而當 pH 值偏高又伴隨硬度高時，則會降低清潔劑之有效性，且硬水與乳成分會產生化學反應而沉澱形成乳石，進而影響擠乳設備之清洗效果 (Allen *et al.*, 1958)。國內人飲用水硬度之標準上限設於 300 mg/L (環保署, 2009)。本研究自來水與之碳酸鈣低於 180 mg/L 者各佔 61.8 及 26.9%，即超過 180 mg/L 者各佔 38.2 及 73.1%，而超過 290 mg/L 者各佔 2.0 及 41.2% (表 8)。自來水中碳酸鈣超過 400 至 600 mg/L 僅佔 1.2% (表 8)，最高者為 528 mg/L (表 2)，而地下水中碳酸鈣超過 600 mg/L 者佔 9.1%，且超過 1,000 mg/L 者佔 0.7% (表 8)，最高者為 1,240 mg/L (表 2)。顯示地下水之碳酸鈣含量及比例都超過自來水者，是否會致乳牛下痢、降低乳產量、飼料效率、採食水量及飼料量等仍持續觀察中；至於對清洗擠乳設備時可能影響清洗效果而影響乳品質方面，將另進行試驗深入探討。建議若以地下水供擠乳設備清洗用水，宜定期檢測其水硬度。

硫酸鹽為硫酸根與金屬離子組成的化合物，硫酸鹽幾乎存在所有天然水中，火成岩及沉澱性岩石中之金屬硫化物如黃鐵礦，在風化過程中會被水中溶氧氧化成硫酸鹽。硫酸鹽的毒性小，但若濃度太高會使鈣沈澱，間接使農作物受到毒害。水中的硫酸鹽在厭氧環境下會被微生物還原成硫化氫氣體。飲水中硫酸鹽含量超過 250 mg/L 可能會致小牛下痢及礦物質不平衡，而超過 500 mg/L 可能會致泌乳牛乳脂率下降 (The Pennsylvania State University, 2007)；高量之硫酸鹽會引起通便反應 (laxative effect)，尤其對小牛之影響比成牛大，硫酸鹽含量超過 350 至 600 mg/L，可能會致小牛下痢及礦物質不平衡 (Charles, 1998)；當硫酸鹽含量超過 500 mg/L 時，有必要分析其硫酸鹽型態，如硫化氫最毒，其含量只要 0.1 mg/L 就會致飲水量降低 (Schroeder, 2008)；硫酸鹽含量超過 1,000 mg/L 會致飼料乾物質採食量及乳產量下降 (Alejandro and John, 2004)；硫酸鹽超過 3,500 mg/L 會致飼料採食量及飲水量降低，而超過 5,000 mg/L 會致飼料乾物質採食量及飲水量下降 (Weeth and Hunter, 1971)；硫酸鹽過高會影響乳牛對銅及硒 (selenium) 的吸收 (Alejandro and John, 2004)。飲水中含硫酸鹽 583 mg/L 約相當於日糧乾物質中含 0.22% 的礦物質，故硫酸鹽過高時需考量日糧中礦物質的平衡 (Jim, 2008)。美國 NRC (2001) 建議乳牛飲用水之硫酸鹽含量標準，成牛上限 1,000 mg/L、小牛上限 500 mg/L；國內人飲用水中硫酸鹽之標準上限為 250 mg/L (環保署, 2009)。本研究自來水硫酸鹽含量都在 200 mg/L 以下，達國內環保署 (2009) 標準；地下水硫酸鹽含量超過 400 mg/L 者僅佔 1.1% (表 9)，其中僅一戶其地下水硫酸鹽含量最高為 590 mg/L (表 2)，若供成牛飲用是可被接受的 (NRC, 2001)。

氯鹽係指水中的氯離子，其來源主要為海水入侵、鹽層滲出及工業廢水等。氯鹽濃度高時具有腐蝕性，會妨礙作物生長。氯離子為維持人體細胞正常滲透功能所必須，在正常範圍內對人體無害，但濃度高時對慢性病患如心臟病、腎臟病等患者有不利影響。在評估沿海地區因地下水超抽而造成海水

入侵之影響時，氯鹽可做為重要評估指標之一。氯鹽濃度超過 250 mg/L 會產生鹹味而影響飲水量，使乳產量下降（The Pennsylvania State University, 2007）；導電度與氯鹽及硬度成正比，即導電度高者其氯鹽及硬度也比較高（黃，2000）。美國 NRC（2001）建議泌乳牛飲用水氯鹽之標準上限為 300 mg/L；國內人飲用水中氯鹽含量上限標準為 250 mg/L（環保署，2009）。本研究之自來水氯鹽含量數值都低於 100 mg/L，而地下水超過 300 mg/L 者僅佔 3.7%（表 10），然而少數樣品氯鹽含量偏高，最高者達 3,980 mg/L（表 2），對乳牛之影響仍持續觀察中。建議若以地下水供乳牛飲用，宜定期檢測其水之氯鹽含量。

鐵濃度高時會使乳牛產生氧化性緊迫（oxidative stress），致細胞黏膜受傷，而干擾體內一些生化反應，免疫功能下降，致發生乳房炎、子宮炎、下痢及胎盤滯留比率上升，食慾變差致飲水量減少、飼料採食量降低、生長遲緩、乳產量降低等（David and Ellen, 2005; David, 2005 b），且會干擾銅與鋅的吸收（David, 2005 b）；此外會導致水管內嗜鐵菌增殖形成紅到黑的污點及黏質物沉積，而影響水管內水流（David, 2005 b；Jim, 2008）。美國 NRC（2001）建議乳牛飲用水中鐵之含量上限為 0.4 mg/L；國內人飲用水中鐵之含量上限為 0.3 mg/L（環保署，2009）。本研究之自來水含鐵量超過 0.4 mg/L 者僅有 0.8%，而地下水含鐵量超過 0.4 mg/L 者佔 23.2%，且超過 2.0 mg/L 者佔 6.5%（表 11），最高者為 5.79 mg/L（表 2），對乳牛之影響仍持續觀察中。建議若以地下水供乳牛飲用，宜定期檢測其水含鐵量。

水中銅濃度超過 1.0 mg/L 會產生金屬臭（metallic taste），影響乳牛飲水量致乳產量下降，量過高時會致肝臟受損（The Pennsylvania State University, 2007）。美國 NRC（2001）建議乳牛飲水中銅濃度之上限為 1.0 mg/L；國內人飲用水中銅之標準上限也訂為 1.0 mg/L（環保署，2009）；環保署（2011）之地下水污染管制標準中，將地下水分為二類，第一類為飲用水水源水質保護區內之地下水，第二類為第一類以外之地下水，銅含量第二類管制標準為 10 mg/L。本研究含銅量都低於 0.5 mg/L，若以 NRC（2001）之銅含量上限 1.0 mg/L 為標準，地下水超過標準者佔 17.8%，而有 6.6% 超過 2.5 mg/L（表 12），最高者為 3.97 mg/L（表 2），雖未超出國內環保署第二類管制的標準，仍持續觀察對乳牛之影響。建議若以地下水供乳牛飲用，宜定期檢測其水銅含量。

III. 國內環保署監控水質概況與自來水的普及率

國內環保署定期監測國內地面水體情況，包括 95 條河川、57 座水庫、17 個沿海區域、10 個旅遊人潮較多的海水浴場和休憩海域及地下水等。其中 2002 年開始執行台灣地區地下水水質監測，目前共有 431 口地下水監測井，監測頻率為每季一次，監測項目包括水溫、導電度、pH、硬度、TDS、氯鹽、氨氮、硝酸鹽氮、硫酸鹽、總有機碳、砷、鎘、鉻、銅、鉛、鋅、錳、鐵等 18 項。因環保署所檢測之地下水採樣乃自固定的監測井內取樣，與本研究於各乳牛場將地下水以馬達直接抽取之方式不同，故無法與環保署例年的數據作比對。

2008 年底國內自來水的普及率（按人數計算）平均 90.7%，台南市最高為 99.88%，屏東縣最低僅 45.13%；2009 年底全國自來水的普及率平均上升為 92.21%，2010 年 6 月達 92.25%。然而部分地區可能因地下水源充沛，或因地區偏遠安設費用高，而缺乏裝設自來水的意願，如 2008 年底自來水的普及率屏東縣僅 45.13%，彰化縣雖高達 93.86%，但芬園鄉最低僅 13.99%（經濟部水利署，2010）。若乳牛場位於自來水普及率低的鄉鎮，如採用地下水餵飼牛隻或清洗擠乳設備等，建議酪農須定期檢測其用水之水質。

IV. 水中微生物

微生物方面，因國內對自來水的微生物有一定規範，故本研究僅進行地下水微生物檢測，未進行自來水的微生物檢測。計檢測 312 戶乳牛場地下水之大腸桿菌（*E. coli*）及生菌數（standard plate count）（表 13），結果有些樣品未檢出大腸桿菌，且生菌數趨近於零，然而有些樣品所含大腸桿菌及生菌數超出標準，顯示乳牛場間地下水之衛生品質差異甚大。國外研究顯示：大腸桿菌標準要小於 1 CFU /100

mL，當大於 1 CFU / 100 mL 時對仔牛，大於 15 CFU / 100 mL 時對成牛有不良影響 (David, 2005 a ; Wright, 2007)。水之生菌數一般要求低於 200 CFU / mL，超過 500 CFU / mL 表示水質有問題，超過 100 萬 CFU / mL 則不適飲用 (Michael and Dan, 2002; Broadwater, 2007)。Bell and Gallagher (2006) 建議，於雨季後、夏季、秋季各檢測一次水之微生物，擠乳機用水其生菌數應低於 1,000 CFU / mL、不含大腸桿菌且大腸桿菌群要低於 10 CFU / 100 mL，若檢出大腸桿菌且大腸桿菌群高於 10 CFU / 100 mL，則需進行水源消毒。本研究地下水生菌數尚未超過 500 CFU / mL，水質仍可被接受；而大腸桿菌平均為 25 CFU / mL，範圍為 0-2,600 CFU / mL，若改以 100 mL 來表示，則範圍為 0-26 CFU / 100 mL，比 David (2005 a) 對成牛要求的 15 CFU / 100 mL 高很多，顯示部分乳牛場地下水之大腸桿菌含量過高，若供為牛隻飲用則需追蹤檢測。

表 13. 乳牛場所地下水之微生物

Table 13. Microorganisms in ground water sampled from dairy farms

Standard plate count	<i>E. coli.</i>
CFU/mL	
79 (0-330)	25 (0-2600)

Sample number 312.

表 14. 乳牛場不同時期牛隻飲水槽之微生物

Table 14. Microorganisms in water trough sampled at different time from dairy farms

Sampling at different time	SPC	EC	FS	FC
		CFU/100 mL		
A	-	73,000 (4,700-225,000)	-	900 (228-1,500)
B	1,900 (46-5,700)	46,000 (830-82,000)	79,000 (410-154,000)	4,900 (77-12,800)
C	73 (14-116)	10,500 (2,700-19,300)	185,000 (2,700-570,000)	1,500 (146-1,030)

A: October 25, 2010

B: November 2, 2010

C: November 22, 2010

Sample number 20.

SPC: standard plate count.

EC: *E. coli.*

FS: Fecal *Streptococcus*.

FC: Fecal coliform.

於不同時間抽驗 20 戶乳牛場之牛隻飲水槽（其來源為地下水）之水中糞便性大腸桿菌群（Fecal coliform）、水中糞便性鏈球菌（*Fecal streptococcus*）、水中大腸桿菌及生菌數，結果如表 14，不同乳牛場間之數據差異大，且糞便性鏈球菌之平均高於糞便性大腸桿菌群；又，顯示經常清理飲水槽之乳牛場，其飲水槽之糞便性大腸桿菌群、糞便性鏈球菌、大腸桿菌及生菌數都比較低。食品衛生常以指

標微生物的數量或存在與否作為食品安全及品質的指標，而指標微生物中，大腸桿菌及大腸桿菌群被廣泛使用，因大腸桿菌容易被檢測且在水中無法直接繁殖，而溫血動物糞便中普遍含有這類細菌，因此若於水中檢測出大量大腸桿菌，表示水體在短時間內曾受人類或動物排泄物污染。依 David (2005 a) 指出，若糞便性大腸桿菌群高於糞便性鏈球菌，表示為人類糞便的污染，反之若糞便性鏈球菌高於糞便性大腸桿菌群，則表示為動物糞便的污染。因此，本研究檢測 20 戶乳牛場牛隻飲水槽之微生物檢測結果，可認為受動物糞便的污染所致。另，於採取牛隻飲水槽水樣時，同時採取該乳牛場之地下水原液，結果如表 15，地下水之糞便性大腸桿菌群、糞便性鏈球菌、水中大腸桿菌及生菌數平均都比牛隻飲水槽之水者為低，再次確認飲水槽之水主受牛隻糞便污染。依美國 NRC (2001) 對小牛及成牛飲水的建議：糞便性大腸桿菌群分別要小於 1 及 100 CFU/100 mL，而糞便性鏈球菌分別要小於 3 及 30 CFU/100 mL。David (2009) 建議每年於不同季節檢測 1-3 次水中大腸桿菌，若超過 10 CFU /100 mL，則需進一步檢測糞便性大腸桿菌群與糞便性鏈球菌，而後每個月追蹤檢測。顯示本研究少部分乳牛場地下水之衛生品質原已不良，若供為牛隻飲水時，需時常清洗水槽，避免因外源污染更劣化水之衛生品質。

表 15. 乳牛場不同時期地下水之微生物

Table 15. Microorganisms in ground water sampled at different time from dairy farms

Sampling at different time	SPC	EC	FS	FC
		CFU/100 mL		
A	50 (35-78)	1,800 (96-5,500)	1,280 (39-4,000)	5 (0-20)
B	30 (2-54)	320 (3-1,000)	190 (10-680)	0 (0-1)
C	60 (20-330)	1,090 (40-1,360)	1,240 (5-4,100)	0 0

A: October 25, 2010

B: November 2, 2010

C: November 22, 2010

Sample number 20.

SPC: standard plate count.

EC: *E. coli*.

FS: Fecal *Streptococcus*.

FC: Fecal coliform.

當乳牛的泌乳量與採食量突然下降或未達到預期時，若無法確定原因時，建議酪農檢查乳牛飲水的供應量及品質之狀況。Alejandro and John (2004) 及 Alejandro *et al.* (2007) 建議每年至少測 2 次水質（含微生物），並建議水中的礦物質，如鈣、鎂、氯、硫、鉀、鈉等應納入日糧中計算，因當乳牛飲水中硬度、氯鹽或硫酸鹽濃度高時，於調配日糧時就可節省鈣、鎂、氯、硫等之使用量，否則日糧再加上水中含量高時，可能導致陰、陽離子不平衡。水中鈣、鎂的來源為碳酸鈣與碳酸鎂即硬度，氯的來源為氯鹽，硫的來源為硫酸鹽。國外將水中的礦物質納入日糧考量，對乳牛營養之調配更為精準，值得國內重視。

結論與建議

本研究所檢測地下水中除 pH 值外，其他各項化學成分、物理性狀及重金屬之平均值都高於自來水及水質處理水，且少部分乳牛場其用水之硫酸鹽、氯鹽、鐵、銅等之含量超出美國 NRC (2001) 建議乳牛飲用水標準，且有些乳牛場用水之導電度、TDS、硬度等含量很高，將持續觀察其與牛隻下痢、生長遲緩及對乳量、乳質之影響等，並建議若以地下水供乳牛飲用時宜定期檢測水質；並另研提試驗計畫，針對硬度高、鐵含量高及高 pH 值之乳牛場用水，瞭解其對擠乳清洗作業之清潔液及消毒液等使用量、成本、生乳衛生品質等之影響，擬藉改善乳牛場擠乳作業用水品質以提升生乳衛生品質。

誌謝

本試驗蒙味全食品工業股份有限公司、光泉食品股份有限公司、統一企業股份有限公司、佳格食品股份有限公司、苗栗縣農會酪農鮮乳加工廠、義美食品股份有限公司、台灣省農會鮮乳加工廠、開元食品工業股份有限公司、雲乳食品科技股份有限公司、台灣比菲多醃酵股份有限公司等相關同仁協助採集各酪農區水樣；並蒙本分所鄭志明、曾鳳梅、周淑敏、劉士榮、中華民國乳業協會丁進來、張勝保等協助水樣採集及分析，謹此誌謝。

參考文獻

- 黃麗蓓。2000。台灣地區地下水品質之統計研究。中央大學統計研究碩士論文。p. 22。
- 經濟部水利署。2010。自來水供水普及率。表號 2341-04-01。經濟部水利署半年報。
- 環保署。2000。水中糞便性大腸桿菌群檢測方法-濾膜法。NIEA E 214.00C 法。行政院環境保護署檢字第 08284 號公告。
- 環保署。2003。飲用水水質採樣方法－自來水系統。NIEA W 101.52 A。行政院環境保護署檢字第 0920072192 號公告。
- 環保署。2005。包裝飲用水中微生物檢驗法-糞便性鏈球菌之檢驗。CNS 總號 13435 類號 N 6267。經濟部標準檢驗局印行。
- 環保署。2007。水中大腸桿菌群及大腸桿菌檢測方法－酵素呈色濾膜法。NIEA E 237. 52 B。行政院環境保護署檢字第 0960091685H 號公告。
- 環保署。2009。飲用水水質標準。行政院環境保護署環署毒字第 0980106331 E 號令發布。
- 環保署。2011。地下水污染管制標準。行政院環境保護署環署土字第 1000010141 號令發布。
- Alejandro, R. C. and H. K. John. 2004. Drinking water guides for dairy animals. University of California, Davis. Cooperative Extension. Dairy News.
- Alejandro, R. C., J. E. P. Santos and T. J. Tabone. 2007. Mineral balances, including in drinking water, estimated for merced country dairy herds. California Agriculture 61: 90-95.
- Allen, N. N., D. Ausman, W. N. Patterson and O. E. Hays. 1958. Effect of zeolite treatment on hard drinking water on milk production. J. Dairy Sci. 41: 688-691.
- Ayers, R. S. and D. W. Westcott. 1976. Water quality for agriculture. Food and Agriculture Organization of the

- United Nations, Rome.
- Barmey, H. and H. H. VanHorn. 2003. Water and its importance to animals. university of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences Extension.
- Bell, J. R. M. and S. T. Gallagher. 2006. Water quality for dairying. Western Australia, Farm note 41/99.
- Blosser and N. Soni. 1957. Cited in Dean E. F. 2009. Fresh water needs for dairy farm. University of Idaho. The Idaho Association of Soil Conservation Districts.
- Broadwater, N. 2007. What if cows don't drink enough water? – Part 2. Regional Extension Educator-Dairy, University of Minnesota Dairy Extension.
- Clell, V. B., K. A. Janice and F. P. Kitt. 1997. Analysis of water quality for livestock. Utah State University Cooperative Extension. AH/Beef/28.
- Charles, G. 1998. Water quality for livestock. Auburn University News and Views.
- Challis, D. J., J. S. Zeinstra and M. J. Anderson. 1987. Some effects of water quality on the performance of high yielding dairy cows in an arid climates. Vet. Rec. 120: 12-15.
- David, K. B. 1993. Water nutrition and quality for dairy cattle. Western Large Herd Dairy Management Conference, Las Vegas Nevada. p.193-205.
- David, K. B. 2005 a. Water quality in the ruid-south. Western Dairy News. Vol. 18 (11) w-193~w-194.
- David, K. B. 2005 b. Assessment of water quality and nutrition for dairy cattle. Pro: Mid-South Ruminant Nutrition Conference. April 27-28. Arlington, TX.
- David, K. B. and R. J. Ellen. 2005. Water quality in the Mid-South. Western Dairy News. Volume 5, No.11. w193-w194.
- David, K. B. 2009. Nutrition plus Volume 6 (Issue 1). Michigan State University.
- Graf and Holdaway. 1952. Cited in Dean E. F. 2009. Fresh water needs for dairy farms. University of Idaho. The Idaho Association of Soil Conservation Districts.
- Helen, A. and C. M. David. 1999. Measuring the salinity of water. Victoria Information Notes. LC 0064.
- Jaster, E. H., J. D. Schuh and T. N. Wegner. 1978. Physiological effects of saline drinking water on high producing dairy cows. J. Dairy Sci. 61: 66-71.
- Jim, L. 2008. Impact of minerals in water on dairy cows. University of Minnesota, Department of Production and Reproduction.
- Jim, L. 2009. Dairy cows need lots of good water. University of Minnesota Extension. News and information.
- Michael, L. L. and N. W. Dan. 2002. Water for dairy cattle. New Mexico University, Cooperative Extension Service.
- NRC. 1974. The Nutrient Requirements of Dairy Cattle.
- NRC. 2001. The Nutrient Requirements of Dairy Cattle.
- Sanchez, W. K., M. A. McGuire and D. K. Beede. 1994. Macromineral nutrition by heat stress interactions in dairy cattle: Review and original researches. J. Dairy Sci. 77: 2051-2079.
- Solomon, R., J. Miron and D. Ben-Ghedalia. 1995. Performance of high producing dairy cows offered drinking water of high and low salinity in the Arava desert. J. Dairy Sci. 78: 620-624.
- Schroeder, J. W. 2008. Water needs and quality guidelines for dairy cattle. AS-1369. North Dakota State University Agriculture and University Extension. NDSU www.ag.ndsu.edu.
- The Pennsylvania State University. 2007. Interpreting drinking water tests for dairy cows. Code XH 0021, Water Facts #12.

Weeth, H. J. and L. H. Hunter. 1971. Drinking of sulfate water by cattle. *J. Anim. Sci.* 32: 277-281.

Wright, T. 2007. Water quality for dairy cattle. FACTSHEET, Agdex: 410, Ontario Ministry of Agriculture Food and Rural Affairs.

Monitoring the quality of drinking and cleaning water on dairy farms⁽¹⁾

Sue-Jan Lee^{(2) (3)} and Chu-Li Chan⁽²⁾

Received : Mar. 25, 2011 ; Accepted : Oct. 5, 2011

Abstract

This study examined the physical and chemical properties, heavy metals, and microorganism profile of water on dairy farms. The physical and chemical properties included pH, electrical conductivity, as well as contents of total dissolved solids (TDS), nitrate-N, nitrite-N, hardness, sulfate and chloride. Heavy metals included iron and copper. The microorganisms including fecal coliform, Fecal Streptococcus, *Escherichia coli*, and standard plate counts were determined. The result showed that 467 dairy farms had inferior chemical and physical properties in their groundwater than in their tapped water and processed water except for pH values. Moreover, water on a few dairy farms had excess amounts of sulfate, chloride, iron and copper which failed to meet NRC (2001) standard, or high content of electrical conductivity, TDS and hardness. The result also showed that variations of bacterial counts of the groundwater on 312 dairy farms, existed Several farms had poor groundwater quality. The bacterial counts (n = 20) of the trough water (originated from groundwater) were much higher than those of the groundwater, indicating that trough water had been polluted by cow dung. It is necessary to monitor the water quality of dairy farms and make improvement when regularly.

Key words: Water quality, Monitoring, Dairy farms.

(1) Contribution to No. 1703 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Hsinchun Branch, COA-LRI, Taiwan R. O. C.

(3) Corresponding author, E-mail: sjlee@mail.tlri.gov.tw