가축이용 지하수에서의 대장균군 출현과 수질인자의 상관성

최철만 · 윤순강^{1)*} · 김민경 · 김진호 · 고병구 · 박성진 · 류희용

농촌진흥청 국립농업과학원 기후변화생태과, ¹⁾농촌진흥청 국립농업과학원 기획조정과
(2009년 2월 19일 접수, 2009년 3월 23일 수리)

Correlation between Ground Water Quality Parameters and Total Coliforms in Livestock Farm

Chul-Mann Choi, Sun-Gang Yun^{1)*}, Min-Kyeong Kim, Jin-Ho Kim, Byong-Gu Ko, Seong-Jin Park, and Hui-Yong Ryu (Climate Change & Agroecology Division, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-707, Korea, ¹⁾Planning & Coordination Division, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-707, Korea)

ABSTRACT: The main purpose of this study is to search the water factor which influences to occurrence of the total coliforms. Occurrences rate of the total coliforms and the *E. coli* were 57.9%, 10.5% in 2007 and 47.4%, 23.7% in 2008 respectively. According to the result which examines the correlation analysis and a regression analysis, most the water factor which is effect was Na^+ (0.497, $p < 0.05$) in appearance of the total coliforms and was Cl^- (0.622, $p < 0.01$) in appearance of the *E. coli*. The water factor that simultaneously influences to the total coliforms and the *E. coli* appearances was the Cl^- . The predictable regression formula for appearance rate of the total coliforms was expressed as $0.462 + 0.028 [\text{Na}^+] - 0.644 [\text{COD}_{\text{Mn}}] - 8.889 [\text{PO}_4\text{-P}]$ ($R = 0.930$, $R^2 = 0.866$, adjusted $R^2 = 0.839$, $p < 0.05$), and that of the *E. coli* was described as $-0.012 + 0.004 [\text{Cl}^-]$ ($R = 0.622$, $R^2 = 0.387$, adjusted $R^2 = 0.351$, $p < 0.05$).

Key Words: Correlation analysis, Regression analysis *E. coli*, Total coliforms, Ground water quality

서 론

대장균은 동물 장관 내에 주로 서식하는 통성혐기성균으로서 갓 태어난 신생 동물의 위장관 내에서 서식하고 숙주의 공생관계를 유지하거나 질병을 유발하기도 한다¹⁾. 이들은 1885년 Theodor Escherich에 의해 밝혀진 이래 1923년 신생아 설사의 원인균으로 인식되었으며 특히, 분변 오염을 통해 감염될 경우 설사, 오로 감염증, 복막염 및 신생아 패혈증 등 다양하고 심각한 질환을 유발할 수 있기 때문에²⁾, 병원성 대장균의 경우 분변 오염의 지표로 중요시 취급되고 있다. 그러므로 이에 대한 연구는 대부분 질병과 관련되어 있거나³⁻⁵⁾, 식품위생과 관련되어⁶⁻⁹⁾ 현재까지도 많이 진행되어 오고 있다. 지표미생물로서의 대장균은 일반적으로 대장균군(total

coliform), *Escherichia coli* (*E. coli*), 혹은 *Streptococcus*와 같은 분원성대장균군(fecal coliform)으로 구분되는데, 대부분의 국가에서는 대장균을 지표미생물로서 법적 기준을 설정하고 있고^{10,11)}, 우리나라에서도 하천, 호소 및 지하수 등 수계에서 이에 대한 수질기준이 마련되어져 있다¹²⁾. 하지만, 수질과 관련된 대장균의 연구는 대장균 소독 및 제거^{13,14)}, 대장균의 검출방법 비교¹⁵⁻¹⁷⁾, 분포 현황¹⁸⁻²⁰⁾ 등이 있을 뿐 대장균의 발생과 수질과의 연관성에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 또한 대장균이 농작물을 재배하는 데 이용되는 농업용수에서 검출되거나 가축사육 농가에서 이용될 경우에는 농작물에 대한 안전성도 보장할 수 없을 뿐 아니라, 농가에 심각한 피해를 야기할 수도 있다. 농업용수 중 지하수는 지표수와는 달리, 한번 오염되면 정화하기 매우 어렵기 때문에 오염문제는 장기간 지속될 수 밖에 없고, 하천의 수질에까지 영향을 미치게 되므로 이에 대한 장기간의 모니터링이 요구되고 있다²¹⁾. 뿐만 아니라 Canosa 등²²⁾은 total coliforms의 출현이 지표수에서는 낮게 관찰되고, 영양염류 농도의 증가가 유기물질

*연락처:

Tel : +82-31-290-0152 Fax : +82-31-290-0105
E-mail: sgyun@rda.go.kr

오염과 주로 관련이 있기 때문에 담의 영양상태와도 중요한 관련이 있다고 하였으며, total coliforms의 증가는 유기물질 농도와도 관련이 있다고 하였다^{23,24)}. 반면, Ramteke 등²⁵⁾은 total coliforms의 출현이 수온과 관련있다고 보고하는 등 대장균의 출현은 수체에서 수질인자와 관련성이 있음을 시사하는 바, 본 연구에서는 우선 가축이용 지하수를 대상으로 용수의 위생학적 확보 차원에서 대장균군의 발생현황을 파악하였고, 대장균군과 수질항목과의 상관분석 및 회귀분석을 실시하여 대장균 발생에 영향을 주는 수질인자의 특성을 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

조사지점 및 시기

가축이용 지하수의 조사지점은 각 도농업기술원 및 농업기술센터의 추천을 받은 전국의 19개 대규모 축산농가(한우 7농가, 유우 3농가, 돼지 9농가)를 대상으로 하였다. 농업활동으로 인한 영양물질과 비점원 오염물질들이 지하수의 가장 큰 오염원이 되며, 갈수기 및 홍수기의 수질 경향 또한 큰 차이가 날 것으로 생각되어, 조사시기를 장마전 갈수기(4월)와 홍수기(7월)로 선정하여 총 4회(2007년 및 2008년) 실시하였다.

수질분석항목

수질분석항목으로는 pH, EC, COD_{Mn}, NH₃-N, NO₃-N, PO₄-P, T-N, T-P, F⁻, Cl⁻, SO₄²⁻, Ca²⁺, K⁺, Mg²⁺, Na⁺의 15개 항목에 대하여 우리나라 환경부 수질오염공정시험방법에 따라 분석하였다.

대장균 분석방법

대장균 분석방법으로는 상품화된 배지(Colilert, IDEXX)에 시료를 접종하고 35℃에서 하루 동안 배양하여 총대장균군을 확인한 후, UV 램프하에서 형광발색을 재확인하여 *E. coli*의 출현을 최종적으로 확인하는 효소발색법을 이용하였다.

통계분석

대장균 출현에 영향을 미치는 수질인자를 알아보기 위하여 대장균 출현률과 수질항목에 대한 상관분석을 실시하여 Pearson 상관계수를 구하였고, 양쪽 유의성 검정을 실시하였다. 또한 수질항목에 따른 대장균군(total coliforms)과 대장균(*E. coli*)의 출현을 예측하기 위하여 회귀분석을 실시하여 출현 예측모델식을 구하였다. 모든 통계처리는 SPSS ver. 12.0에서 실시하였다.

결과 및 고찰

조사지점의 수질현황

축산농가의 지하수 관정깊이는 지역별 농가별 차이가 많았고, 평균적으로는 38.9 m(5~100 m)였다. 수질현황은 Table 1에 나타내었는데, pH, EC 및 PO₄-P의 평균은 각각 6.56(std 0.53), 0.29(std 0.19) dS m⁻¹ 그리고 0.03(std 0.03) mg L⁻¹로 년차간 조사 농가간 차이가 매우 적었다. 그러나 Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃-N의 평균은 각각 33.25(std 35.70), 17.29(std 40.85), 12.28(std 20.56) mg L⁻¹로 분석되었으나 농가별 농도 분포는 Cl⁻ 2.65~159.78, SO₄²⁻ 0.34~316.15, NO₃-N 0.08~87.79 mg L⁻¹로 조사대상 농가에 따라 농도의

Table 1. Summary for ground water quality in livestock farms

(unit : mg L⁻¹)

Water parameters	Min. ~ Max.	Average	Standard Deviation
pH	5.78 ~ 8.21	6.56	0.53
EC (dS m ⁻¹)	0.06 ~ 0.96	0.29	0.19
COD _{Mn}	ND* ~ 3.50	0.59	0.63
NH ₃ -N	ND* ~ 1.36	0.13	0.26
NO ₃ -N	0.08 ~ 87.79	12.28	20.56
PO ₄ -P	ND* ~ 0.10	0.03	0.03
T-N	0.24 ~ 54.16	9.10	11.44
T-P	ND* ~ 0.16	0.05	0.03
F ⁻	0.13 ~ 1.24	0.36	0.24
Cl ⁻	2.65 ~ 159.78	33.25	35.70
SO ₄ ²⁻	0.34 ~ 316.15	17.29	40.85
Ca ²⁺	1.46 ~ 86.50	23.83	19.04
K ⁺	0.08 ~ 19.66	4.98	4.32
Mg ²⁺	0.22 ~ 19.52	5.35	4.07
Na ⁺	9.95 ~ 128.50	24.54	16.48

* ND : not detectable concentration.

범위차가 매우 컸다. Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} 그리고 Na^+ 의 평균은 23.83(std 19.04), 4.98(std 4.32), 5.35(std 4.07), 24.54(std 16.48) mg L^{-1} 로 조사되어 Kim 등²¹⁾이 농업용수로 이용하고 있는 지하수 수질을 분석한 결과와도 비슷한 경향이었으나, 농가별로는 1.46~86.50, 0.08~19.66, 0.22~19.52, 9.95~128.50 mg L^{-1} 로 범위가 크게 나타나는 것으로 조사되었다.

대장균군의 발생현황

본 조사지점에서의 대장균 발생현황은 Fig. 1과 같다. 전국적으로 볼 때 총대장균군과 *E. coli*의 발생률은 2007년 57.9%, 10.5%, 2008년 47.4%, 23.7%로 총대장균군의 발생률은 낮아진 반면 대장균의 발생률은 증가하고 있음을 알 수 있었다. 또한 2007년과 2008년의 조사시기에 걸쳐 총대장균군이 모두 발생한 지점은 한 지점이었고 *E. coli*가 모두 발생한 지점은 없었으며, 대부분의 지점에서 매 조사시기마다 발생하는 경향이 달랐음을 알 수 있었다.

대장균 출현에 영향을 미치는 수질인자

대장균의 출현에 영향을 미치는 수질인자를 알아보기 위하여 Pearson 상관분석을 실시한 결과, 총대장균군의 출현

에 가장 영향을 미치는 수질인자는 Na^+ (0.497, $p < 0.05$)이었고, *E. coli*의 출현에는 Cl^- (0.622, $p < 0.01$)로 조사되었다(Table 2). 그 외에도 총대장균군의 출현에는 EC, Cl^- , *E. coli*의 출현에는 $\text{NH}_3\text{-N}$, SO_4^{2-} , Na^+ , Cl^- 이 영향을 미치고 있었는데, 특히 Cl^- 의 경우는 총대장균군과 *E. coli* 모두의 출현에 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다. Beck 등²⁶⁾은 하수방류수에서의 대장균 발생은 유기물 농도가 높을수록 대장균군 농도가 높아 COD 제거효율이 직접적으로 대장균 농도에 영향을 미친다고 보고한 바 있다. 하지만, 이는 하수처리 공정 상 물리·화학적인 처리를 한 이후의 처리수의 수질과 대장균과의 상관성을 분석한 것으로서 어떠한 처리도 하지 않은 자연상태의 지하수에서와는 많은 차이가 있을 것이라 생각된다. 또한 하수처리수에서는 COD의 농도가 높게 나타나(평균 14 mg L^{-1}) 이를 총대장균군이 효과적으로 이용할 수 있어 출현률이 높게 나타나 상관성이 높은 것으로 조사되지만, 자연상태의 지하수에서는 COD의 농도가 매우 낮기 때문에(평균 0.59 mg L^{-1}) 이에 대한 상관성 보다는 다른 수질항목들과의 상관성이 더 크게 나타나, Beck 등²⁶⁾의 연구와는 상이한 결과를 보였다고 생각된다. 이외에도 Steen 등²⁷⁾에 의하면 도시하수처리장으로 유입하는 대장균의 경우, 수온, pH, 화학

Fig. 1. Distribution of the total coliforms(A) and *E. coli*(B) in 2007 and 2008.

Table 2. Pearson correlation between total coliforms and water parameters

Parameters	pH	EC	COD _{Mn}	F	NH ₃ -N	NO ₃ -N	PO ₄ -P	Cl	SO ₄ ²⁻	T-N	T-P	Ca ²⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
pH	1.000														
EC	0.057	1.000													
COD _{Mn}	0.086	0.737**	1.000												
F	0.884**	0.141	0.277	1.000											
NH ₃ -N	-0.010	0.677**	0.827**	0.049	1.000										
NO ₃ -N	-0.306	0.439*	-0.146	-0.311	-0.113	1.000									
PO ₄ -P	-0.147	-0.365	-0.349	-0.146	-0.187	-0.056	1.000								
Cl	-0.071	0.768**	0.638**	-0.038	0.560**	0.066	-0.319	1.000							
SO ₄ ²⁻	0.093	0.697**	0.860**	0.190	0.979**	-0.147	-0.258	0.549**	1.000						
T-N	-0.356	0.444*	-0.136	-0.356	-0.090	0.989**	-0.052	0.085	-0.130	1.000					
T-P	-0.231	-0.359	-0.337	-0.263	-0.189	-0.083	0.805**	-0.237	-0.265	-0.083	1.000				
Ca ²⁺	0.095	0.859**	0.480*	0.207	0.252	0.643**	-0.407*	0.555**	0.308	0.618**	-0.386	1.000			
K ⁺	0.057	0.356	0.313	0.233	0.037	0.125	-0.593**	0.372	0.070	0.126	-0.614**	0.476*	1.000		
Mg ²⁺	0.309	0.837**	0.685**	0.435*	0.410*	0.186	-0.528*	0.774**	0.482*	0.182	-0.526*	0.820**	0.578**	1.000	
Na ⁺	0.107	0.894	0.760**	0.135	0.850**	0.180	-0.216	0.717**	0.855**	0.210	-0.218	0.563**	0.097	0.655**	1.000
Total coliforms	0.045	0.454**	0.028	-0.149	0.281	0.328	-0.491**	0.418**	0.258	0.353	-0.348	0.296	0.187	0.316	0.497**
<i>E. coli</i>	-0.167	0.373	0.263	-0.194	0.439**	-0.093	-0.262	0.622*	0.406**	-0.038	-0.197	0.081	0.157	0.326	0.472**

*Marked correlations are significant at $p < 0.01$.**Marked correlations are significant at $p < 0.05$.

Table 3. Regression summary for dependent variable

Parameter		Unstandardized coefficients		Standardized coefficients	t	p-value	R ²	adjusted R ²
		B	Std. error of B	Beta				
Total coliforms	Constant	0.462	0.077	-	6.001	0.000	0.866	0.839
	Na ⁺	0.028	0.003	1.197	8.189	0.000	-	-
	COD _{Mn}	-0.644	0.089	-1.096	-7.200	0.000	-	-
	PO ₄ -P	-8.889	1.465	-0.615	-6.067	0.000	-	-
<i>E. coli</i>	Constant	-0.012	0.053	-	-0.231	0.820	0.387	0.351
	Cl	0.004	0.001	0.622	3.275	0.004	-	-

적 구성물질과 같은 환경적 요인에 의해 감소될 수 있고, 먹이사슬에 의해 포식당하기도 하며, 세포의 용해에 의해 자연적으로 사멸한다는 보고로 볼 때, 총대장균군의 발생은 수질 항목뿐 아니라 여러 가지 요인과의 밀접하게 관련되어 있음을 간접적으로 알 수 있었는데, 이에 대한 연구도 향후 반드시 이루어져야 할 것으로 판단된다.

회귀분석을 통한 대장균군의 출현 예측

총대장균군과 *E. coli*의 출현을 예측하기 위하여 수질항목들과의 회귀분석을 실시한 결과, 총대장균군의 출현률은 Na⁺, COD_{Mn}, 그리고 PO₄-P와 높은 상관성을 보였고, Na⁺의 농도가 높을수록, COD_{Mn}과 PO₄-P의 농도가 낮을수록

총대장균군의 출현률은 높아진다고 할 수 있다. 본 연구에서의 예측 회귀모델식을 보면 총대장균의 경우, Total coliforms = 0.462 + 0.028 [Na⁺] - 0.644 [COD_{Mn}] - 8.889 [PO₄-P]로 도출되었지만(R = 0.930, R² = 0.866, adjusted R² = 0.839, p<0.05), *E. coli*의 출현률은 총대장균군과는 달리 Cl과 높은 상관성을 보였고, 예측 회귀모델식은 *E. coli* = -0.012 + 0.004 [Cl]로 도출되어(R = 0.622, R² = 0.387, adjusted R² = 0.351, p<0.05) 기여율이 낮았음을 알 수 있었다(Table 3). Beck 등²⁶⁾의 연구에서는 수온, COD, 망간, 아질산성질소, 염소이온 등의 변수가 선택되었으며, 회귀식은 Total coliforms = 1.861 + 0.065[COD] + 0.038[Temperature] - 0.0004[Cl] + 3.697[Mn] - 0.32[NO₂-N]

Fig. 2. Scatter diagram between estimated and measured cumulative probability in the total coliforms (A) and *E. coli* (B).

($R=0.90$, $R^2 = 0.82$, adjusted $R^2=0.78$, $p<0.0005$)로 조사되어 본 연구에서의 기여율(87%)이 Beck 등²⁶⁾의 기여율(82%)보다 더 크게 회귀식의 유효성이 평가되었음을 알 수 있었다.

예측 회귀식과 실측치의 비교

회귀식의 유효성을 평가하기 위한 하나의 지표가 잔차(residual)의 표준편차(추정값의 표준오차)인데, 잔차란 실제의 y 값과 회귀식에 의한 y 값의 예측치와의 차이로서 잔차가 작은 회귀식일수록 유효한 회귀식이라 할 수 있고, 이 잔차가 어떤지를 보기 위한 지표가 잔차의 표준편차이다. 표준화된 잔차들이 정규분포상에 있을 때 예측의 정도는 높다고 할 수 있는데, 잔차의 정규분포를 검증하는 방법이 관측누적확률(measured cumulative probability)과 기대누적확률(estimated cumulative probability) 사이의 산점도(scatter diagram)이다. 총대장균군과 *E. coli*의 잔차의 정규분포에 대한 산점도를 Fig. 2에 나타내었는데, 총대장균군의 경우 표준화된 잔차들이 정규분포상에 가까이 분포되어 있기 때문에 예측 정도가 높았음을 알 수 있었으나 *E. coli*는 정규분포상에 근접하지 않아 예측값과 관측치의 차이가 많이 나고 있음을 알 수 있었다.

참고문헌

- Nataro, J. P. and Kaper, J. B. (1998) Diarrheagenic *Escherichia coli*. *Clin. Microbiol. Rev.* **11**(1), 142-201.
- Sherman, P., Drumm, B., Karmall, M. and Cutz, E. (1989) Adherence of bacteria to the intestinal in sporadic cases of enteropathogenic *Escherichia coli* associated diarrhea in infants and young children. *Gastroenterology* **96**(1), 86-94.
- Song, H. W. and Kim, J. B. (1999) Molecular characterization of *papA* gene from uropathogenic *Escherichia coli*. *J. Korean Soc. Microbiol.* **34**(4), 385-392.
- Kim, D. G., Lee, S. R. and Kim, J. W. (2004) Expression of recombinant intimin of *Escherichia coli* O157:H7 and its effect of immune response. *J. Anim. Sci. & Technol.* **46**(3), 495-502.
- Kim, S. Y., Park, Y. H., Ko, H. Y., Lee, Y. J., Chung, H. S., Park, S. M., Kim, Y. O., Yoon, S. A. and Kim, Y. S. (2007) A case of endogenous endophthalmitis and multifocal pneumonia complicated by renal abscess and sepsis due to *Escherichia coli*. *The Korean J. Nephrology* **26**, 625-629.
- Kim, J. H., Lee, Y. W., Lee, H. J. and Na, S. S. (1997) A study on characteristics of *Escherichia coli* isolated from fish in market. *J. Fd Hyg. Safety* **12**(4), 354-360.
- Jung, D. W., Kim, Y. W., Shon, J. R. and Byeon, S. H. (2003) The degree to which publicly circulated icecreams are contaminated with general bacteria and *E. coli* Bacteria. *J. Health Science & Medical Technology* **29**(1), 56-61.
- Kim, H. Y., Kim, E. J., Park, Y. C., Cho, J. I. and Lee, J. O. (2006) Prevalence and characterization of enterohemorrhagic *Escherichia coli* (EHEC) isolated from ground beefs distributed in Gyeong-In region. *Korean J. Food Sci. Technol.* **38**(6), 773-778.
- Ham, H. J. (2008) Serotypes and distributions of *Escherichia coli* strains isolated from marine products in wholesale market. *J. Fd Hyg. Safety* **23**(1), 15-18.
- EC. (1991) European Community Environment

- Legislation. 91/271/EEC.
11. EPA. (1989) National Primary Drinking Water Regulations, Part II. Fed. Reg., 54(124).
 12. Ministry of Environment. (2002) Korean Water Quality Standard.
 13. Cho, T. S., Kim, Y. G. and Chung, M. H. (1997) A study on the removal effect of bacteria and *E. coli* by water treatment processes using activated carbon and membrane. *Kor. J. Env. Hlth. Soc.* **23**(2), 24-27.
 14. Park, Y. S., Jeong, N. S. and Kim, D. S. (2007) A study on *Escherichia coli* disinfection by the electrochemical method for small sewerage system. *J. Env. Sci.* **16**(4), 441-447.
 15. Jang, H. H., Lee, M. Y., Choi, S. Y., Lee, E. K., Oh, S. J. and Park, S. W. (2002) Comparison chromogenic enzyme substrate test with the standard multiple tube fermentation method and membrane filtration method for detection of coliforms in drinking water. *J. KSWQ.* **18**(5), 501-508.
 16. Park, J. E., Kim, S. D., Cho, J. R., Kim, S. H., Lee, H. J. and Lee, Y. O. (2006) Comparative studies on detecting methods of fecal indicators (coliforms) in surface water. *J. KSWQ.* **22**(6), 1052-1059.
 17. Lee, M. A. and Sung, I. W. (2007) Comparative study on detecting methods for total coliform in sewage effluent. *Kor. J. Env. Hlth.* **33**(5), 422-427.
 18. Choi, J. D. (1995) Distribution of marine bacteria and coliform groups in Puksin bay, Korea. *J. Korean Fish Soc.* **28**(2), 202-208.
 19. Park, S. J. (1996) Distribution of fecal coliforms and fecal streptococci in domestic sewage and livestock feces. *Natural Science*(Taejon Univ.) **7**(2), 57-63.
 20. Choi, J. D. and Kim, J. G. (2002) Bacteriological and physicochemical character of sea water and sediments in south western part of Jinhae bay, Korea. *J. Korean Fish Soc.* **35**(6), 621-626.
 21. Kim, J. H., Choi, C. M., Lee, J. S., Yun, S. G., Lee, J. T., Cho, K. R., Lim, S. J., Choi, S. C., Lee, G. J., Kwon, Y. S., Kyung, K. C., Uhm, M. J., Kim, H. K., Lee, Y. S., Kim, C. Y., Lee, S. T. and Ryu, J. S. (2008) Characteristics of groundwater quality for agricultural irrigation in plastic film house using multivariate analysis. *Kor. J. Environ. Agric.* **27**(1), 1-9.
 22. Canosa A. and Pinilla, G. (1999) Bacteriological eutrophication indicators in four Colombian water bodies (South America). *Lakes & Reservoirs : Research and Management* **4**, 23-27.
 23. Arai, T. and Ikejima, N. (1980) A survey of *Plesiomonas shigelloides* from aquatic environments, domestic animals, pets and humans. *J. Hyg.* **84**, 203-211.
 24. Araujo, R. M., Arribas, R., Lucena, F. and Pares, R. (1989) Relation between *Aeromonas* and fecal coliforms in freshwaters. *J. Appl. Bacteriol.* **67**, 213-217.
 25. Ramteke, P. W., Bhattacharjee, J. W., Pathak, S. P. and Kaira N. (1992) Evaluation of coliforms as indicators of water quality in India. *J. Appl. Bacteriol.* **72**, 352-356.
 26. Beck, Y. S. and Sohn, J. S. (2006) Studies on the effect of water quality parameters on total coliforms concentrations in sewage effluents. *J. KSWQ.* **22**(1), 166-171.
 27. Steen, P. V., Brenner, A., Shabtal, Y. and Oron, G. (2000) The effect of environmental conditions on fecal coliform decay in post-treatment of UASB reactor effluent. *Water Sci. & Tech.* **42**(10), 111-118.