



## B3공법을 이용한 분뇨처리시설 처리효율에 관한 연구

### Performance of Night Soil Treatment Plant using B3(Bio-Best-Bacillus) System

서윤하<sup>1\*</sup> · 이정봉<sup>1</sup> · 최성용<sup>1</sup> · 김득호<sup>1</sup> · 김진환<sup>1</sup> · 변정복<sup>2</sup>

Yun-Ha Seo<sup>1\*</sup> · Jung-Bong Lee<sup>1</sup> · Sung-Yong Choi<sup>1</sup> · Deug-Ho Kim<sup>1</sup> · Jin-Hwan Kim<sup>1</sup> · Jeung-Bok Byeun<sup>1</sup>

1 울산광역시 여천위생처리장, 2 울산광역시 천상정수처리장

(2010년 5월27일 접수; 2010년 7월30일 수정; 2010년 8월6일 채택)

#### Abstract

The purpose of this study was to investigate removal efficiencies of contaminants in night soil treatment plant using the B3 system. The samples were collected from retaining tank and settlement tank in Yechon night soil plant. We experimented concentrations of BOD, COD, SS, TN and TP. Concentration data were processed using removal efficiencies by season and correlation analysis with pilot running parameters. Removal efficiencies of total organic carbon was over 96% , TN was 98% during summer, 80.9% during winter. In the case of TP, the highest removal efficiencies was 94.1% during fall and the lowest removal efficiencies was 82% during spring. Results of correlation analysis showed two positive correlation groups and one negative group. Positive correlations were among temperature, BOD and TN. The others were pH, BOD, COD, SS, TN and TP. Negative correlation were among MLSS, BOD, COD, SS, TN, TP.

**Key words** : B3 system, night soil treatment plant, removal efficiencies, total organic carbon, TN, TP, correlation analysis

**주제어** : B3 공법, 분뇨처리시설, 오염물질, 제거효율, 상관관계

#### 1. 서론

분뇨는 유기물 농도가 매우 높고, 고농도의 질소, 인 등의 영양염류가 포함되어 있어 제대로 된 처리가 이루어지지 않고 방류 될 경우 하천이나 호소의 수질 악화가 우려된다. 현재 국내에서 운전되고 있는 분뇨처리장은 196개소, 처리량은 36,120 m<sup>3</sup>/day로 대부분 활성슬러지 공법으로 운영되고 있다.(환경부, 2008) 활성슬러지 공법의 경우 유기물의 제거효율은 좋으나, 안정적인 질소, 인등의 영양염류 제

거가 어렵고, 악취발생 등의 문제를 안고 있다. 그에 반해 B3공법은 바실러스균을 선택 배양하여 우점화 시킨 후 소화조에서 바실러스균의 직접적인 동화 작용에 의해 유기물, 질소, 인을 동시에 제거하는 고도처리방법으로 악취도 함께 제거 할 수 있는 장점이 있다.

본 연구에서는 B3 공법을 이용하여 분뇨처리시설의 오염물질 처리효율을 평가하고, 최적의 공정 운전 조건 유지를 위해 운전 인자가 오염물질 처리효율에 미치는 영향을 검토해 보았다.

\* Corresponding author Tel:+82-52-229-6013, E-mail: hanel052@korea.kr(Seo, Y.)

## II. 실험재료 및 방법

### 2.1 B3 공정

본 연구에서 적용된 공정은 울산광역시 여천위생처리장에서 가동중인 B3 공법으로 투입동에서 전처리공정을 거쳐 저류조에서 B3조로 유입되는 분뇨 중의 콜로이드성 및 용해성 유기물과 영양염류물질(질소, 인)을 Bacillus균의 증식 및 포자과정을 반복적으로 거치면서 생물학적으로 질소와 인을 제거하는 공정이다. (울산광역시.환경관리공단, 2009) Fig. 1.과 같이 B3 조는 유효 용적 5500m<sup>3</sup>인 소화조가 4개의 실로 구분되어 있으며, 소화조에서 슬러지 체류시간은 약 12일이다. 소화조의 적절한 바실러스의 균체농도 유지를 위해 유입유량에 대한 비로 4실에서 1실로 300~500%의 내부순환과 1차 침전지에서 100%의 슬러지를 반송하였다.

### 2.2 운전조건

2009년 일평균 374m<sup>3</sup>의 분뇨가 유입되었고, 소화조의 분뇨 공급은 저류조에서 펌프로 펌핑하여 공급하였으며, 유입

수의 유량 확인은 유입수 배관에 전자식 유량계로 계속되어 순간 유량 및 적산 유량이 표시되었다. Table 1과 같이 소화조의 온도는 21.1 °C ~ 35.1 °C의 범위로 운전하였고, 점감포기에 의한 평균 DO 농도는 제1실에서 3.0 mg/L, 제2실 2.2 mg/L, 제3실 1.1 mg/L, 제4실 0.6 mg/L으로 제4실에서는 바실러스균이 포자화되는 혐기성 상태를 유지하였다. pH는 소화조 상태에 따라 최저 3.4에서 최고 7.5의 범위로 운전하였다.

### 2.3. 실험방법

B3 공정의 수질 분석은 유기물 및 영양염류의 제거와 관련하여 BOD, COD, SS, TN, TP에 대해 수질오염공정시험방법(환경부, 2007)으로 분석하였고, 운전 조건과 오염물질 제거효율과의 상관성을 알아보기 위하여 소화조의 온도, pH, DO, MLSS의 측정도 병행하였다. 유입분뇨는 협잡물이 제거된 저류조의 유입수(원수)와 B3 소화조를 거쳐 1차 침전지 월류수를 유출수로 하여 각각 2개 지점의 시료를 2009년 1월부터 12월 까지 주5회 채수하였다.

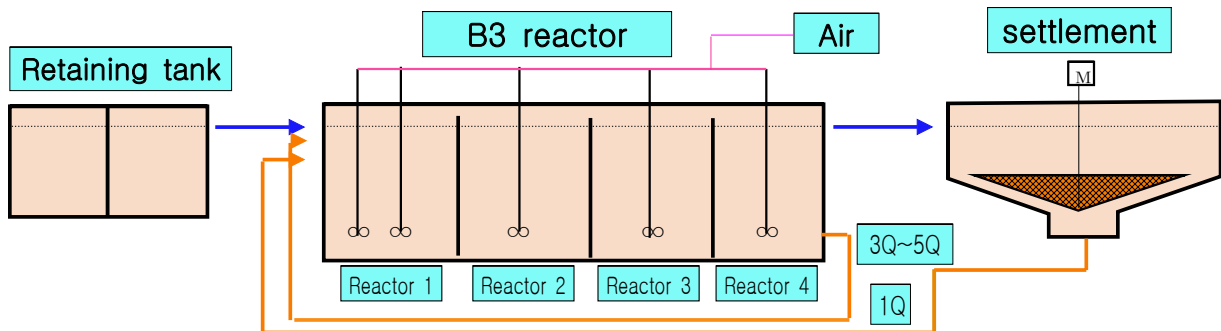


Fig.1. A schematic of B3 process

Table 1 Operating conditions of B3 process

Items	B3 reactor			
	reactor 1	reactor 2	reactor 3	reactor 4
Temp.(°C)	21.1~34.7(30.0)	21.3~34.9(30.3)	21.3~35.0(30.6)	21.4~35.1(30.8)
DO(mg/L)	1.29~6.3(3.0)	0.18~5.6(2.2)	0.17~4.7(1.1)	0.15~3.1(0.6)
pH	4.7~7.5(6.4)	3.7~7.5(6.3)	3.4~4.7(6.5)	3.8~7.4(6.5)
MLSS(mg/ℓ) (reactor 4)	3526~6125(4309)			



Fig. 2. Scene of B3 reactor

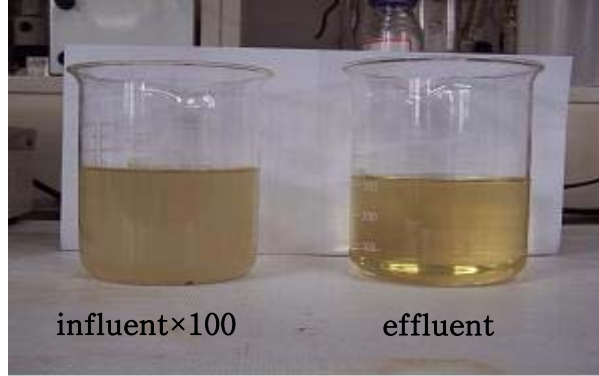


Fig. 3. Picture of samples

### III. 결과 및 고찰

#### 3.1 유입수와 유출수의 농도 비교

B3 공정을 통과한 유출수의 수질을 유입수와 비교하여 Fig. 4에 나타내었다. 유입수의 오염물질 연평균 농도는 생물화학적 산소요구량(BOD) 3664 mg/L, 화학적 산소요구량(COD) 2935 mg/L, 부유물질(SS) 4964 mg/L, 총질소

(TN) 570 mg/L, 총인(TP) 80 mg/L로 고농도의 원수가 유입되었으나, 유출수는 생물화학적 산소요구량(BOD) 45.8 mg/L, 화학적 산소요구량(COD) 75.6 mg/L, 부유물질(SS) 43.7 mg/L, 총질소(TN) 49.6 mg/L, 총인(TP) 8.62 mg/L의 낮은 농도로 처리 되어 안정적인 처리효율을 보였다.

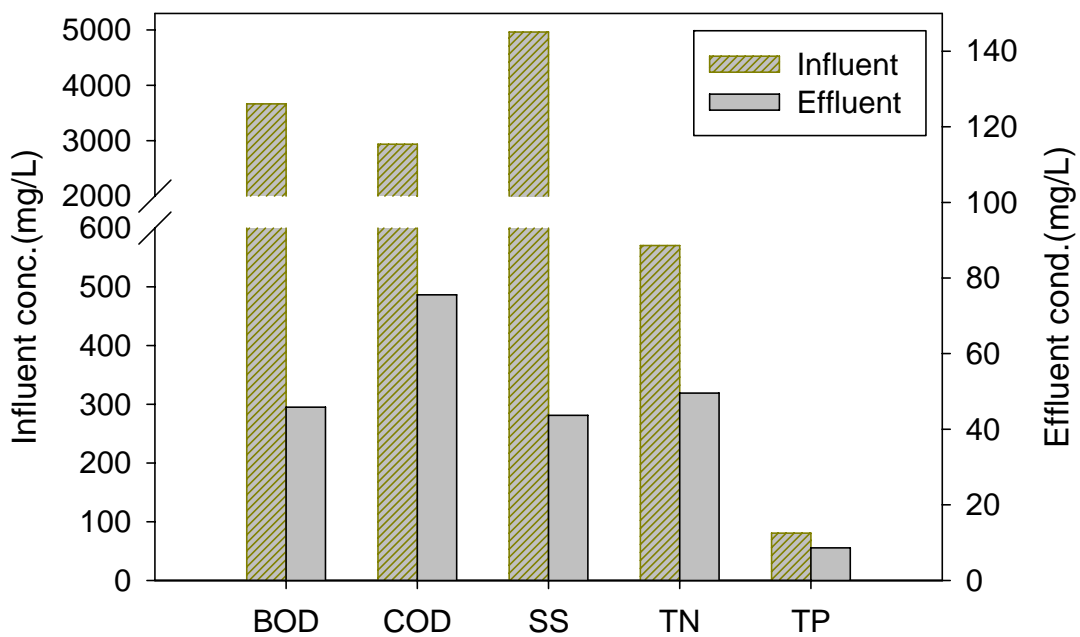


Fig. 4. Annual average water quality of influent and effluent water

### 3.2. 계절별 오염물질 제거효율

B3 공정의 오염물질 제거효율은 계절별로 다른 양상을 나타내었다.

#### 3.2.1. 유기물 제거효율 비교

Fig 5.에 나타난 계절별 유기물의 유입농도와 유출농도의 변화폭은 크게 나타났는데, 유입수의 생물화학적 산소요구량(BOD)은 2834 mg/L ~ 4352 mg/L, 화학적 산소요구량(COD)이 2443mg/L ~ 3328mg/L, 부유물질(SS)이 4402 mg/L ~5432 mg/L의 범위로 나타났으며, 유출수는 생물화학적 산소요구량(BOD)이 12.0 mg/L~ 107.3 mg/L, 화학적 산소요구량(COD) 46.4 mg/L ~ 114.5 mg/L, 부유물질(SS) 10.3 mg/L ~ 97.2 mg/L 로 나타났다. 전반적으로 유기물의 제거효율은 여름 > 가을 > 봄 > 겨울의 순서로 높게 나타났으며, 여름철 생물화학적 산소요구량(BOD), 화학적 산소요구량(COD), 부유물질(SS)의

제거효율이 각각 99.6%, 98.3%, 99.8%로 최고 효율을 보였고, 겨울철이 97.1%, 96.2%, 97.8%로 최저효율을 나타냈다. 여름철과 가을철은 유출수의 생물학적 산소요구량(BOD) 농도가 각각 13.8 mg/L, 12.0 mg/L, 부유물질(SS) 농도가 10.7 mg/L, 10.3 mg/L로 분뇨처리시설의 방류수수질기준(환경부,2010)인 BOD 30 mg/L, SS 30 mg/L를 만족하고 있으나, 봄철과 겨울철의 유출수 농도는 생물학적 산소요구량(BOD) 50.2 mg/L, 107.3 mg/L, 부유물질(SS) 56.6 mg/L, 97.2 mg/L로 B3 공법만으로는 허용 수질기준을 만족시키지 못하는 것으로 나타났다.

#### 3.2.2 총질소·총인 제거효율 비교

Fig 6.에 나타난 총질소(TN) 유입농도 범위는 518 mg/L ~ 641 mg/L로 나타났으며, 방류수 농도 범위는 11.0 mg/L ~ 101.3 mg/L로, 계절별 제거효율은 여름철 98.0%로 최고효율을 겨울철 80.9%로 최저효율을 보였다.

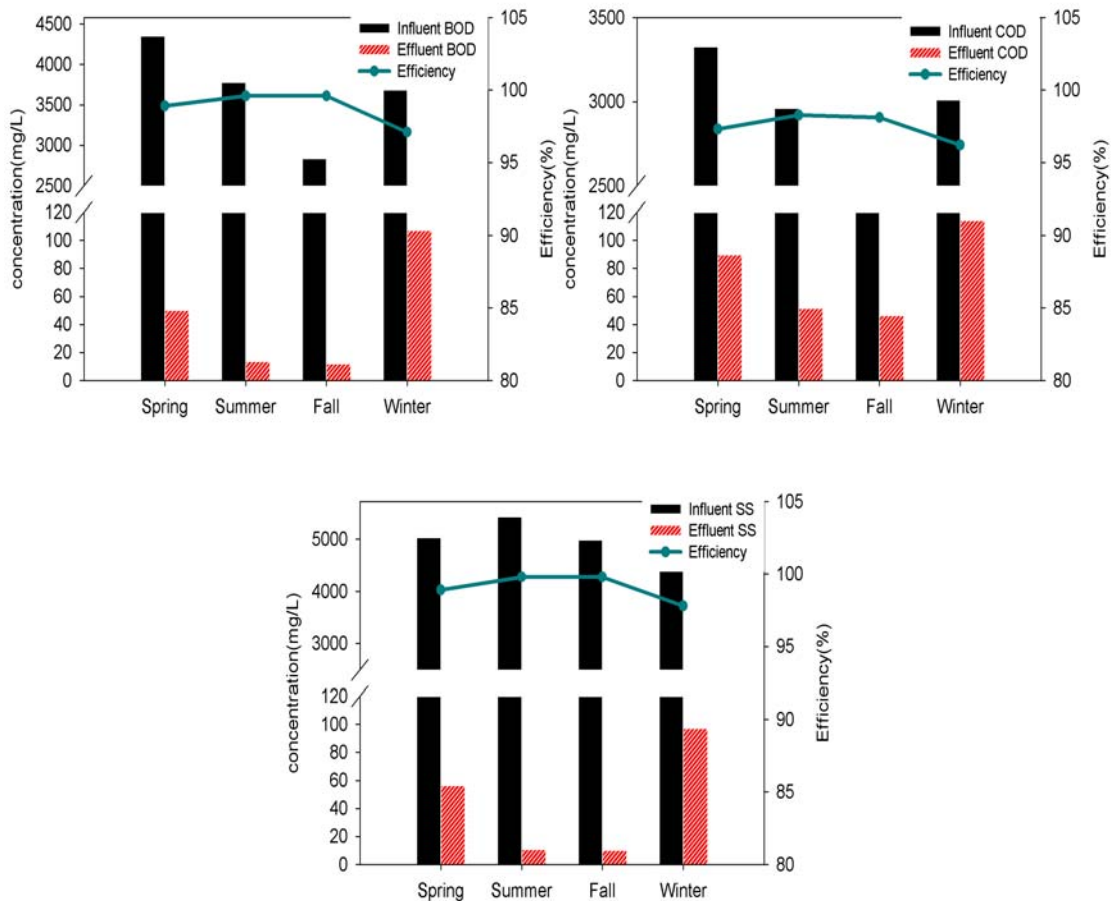


Fig. 5. Removal efficiencies of total organic carbon

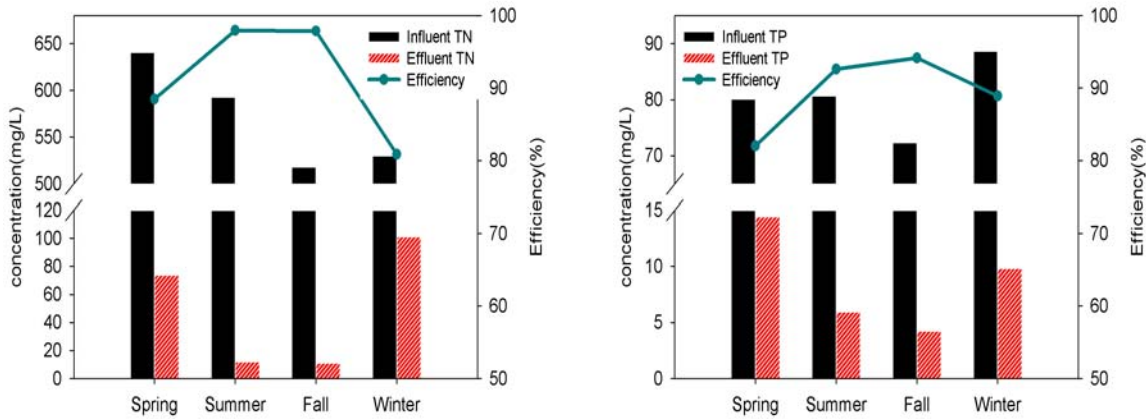


Fig. 6. Removal efficiencies of TN and TP

Table 2. Correlations of total removal rate for operating factor

		Correlations							
	Items	Temp.	pH	MLSS (reactor4)	BOD	COD	SS	TN	TP
Temp.	Pearson correlation	1							
	Sig.(2-tailed)								
pH	Pearson correlation	0.491	1						
	Sig.(2-tailed)	0.125							
MLSS (reactor4)	Pearson correlation	-0.528	-0.802	1					
	Sig.(2-tailed)	0.117	0.005						
BOD	Pearson correlation	0.845**	0.824**	-0.701*	1				
	Sig.(2-tailed)	0.001	0.002	0.024					
COD	Pearson correlation	0.647*	0.930**	-0.923**	0.874**	1			
	Sig.(2-tailed)	0.032	0.000	0.000	0.000				
SS	Pearson correlation	0.653*	0.928**	-0.907**	0.883**	0.990**	1		
	Sig.(2-tailed)	0.029	0.000	0.000	0.000	0.000			
TN	Pearson correlation	0.758**	0.900**	-0.872**	0.926**	0.979**	0.980**	1	
	Sig.(2-tailed)	0.007	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000		
TP	Pearson correlation	0.376	0.882**	-0.835**	0.635**	0.887**	0.882**	0.854**	1
	Sig.(2-tailed)	0.254	0.000	0.003	0.036	0.000	0.000	0.001	

총인(TP)의 경우 유입농도는 72 mg/L ~ 89 mg/L, 방류농도가 4.25 mg/L~14.43 mg/L의 범위를 보였고, 제거효율은 가을철 94.1%로 최고효율을, 봄철 82.0%로 최저효율을 나타냈다. 여천위생처리장의 소화조는 지상에 설치된 관계로 겨울철 외기온도의 하강에 따라 소화조 수온이 평균 21℃까지 감소하였다. 바실러스의 물질 대사 과정에서 분

해되는 총질소(TN)는 유기물 보다 온도의 영향을 크게 받는 것으로 나타났으며 그에 따라 계절별 제거효율의 차이가 특히 큰 것으로 나타났다. 총인(TP)의 경우 수온이 가장 높은 여름철을 지나 가을철 최고효율을, 수온이 가장 낮은 겨울철을 지나 봄철 최저효율을 나타냈다. 이 결과는 김영철 등(2001년)이 연구한 E위생처리장 총질소(TN)의 평

균 제거효율 94% ~98%보다 낮았으며, 동절기 총인(TP)의 최고효율 95%를 보인 E위생처리장과는 다른 패턴을 나타냈다.

### 3.3 소화조 운전 인자와 제거효율 상관관계

소화조 운전인자와 오염물질 제거효율이 연계되어 있는가의 여부 파악을 위해 통계 프로그램인 SPSS 12.0을 이용하여 상관분석(Correlations analysis)을 한 결과를 Table 2에 나타내었다. 소화조 온도와 생물화학적 산소요구량(BOD), 총질소(TN)의 제거효율이 각각 0.845, 0.758로 높은 양의 상관관계를 나타내어 온도가 높을수록 BOD와 TN의 제거효율이 높은 것으로 판단된다.

pH와 생물화학적 산소요구량(BOD), 화학적 산소요구량(COD), 총질소(TN), 총인(TP)의 제거효율과 양의 상관관계를 나타내었는데, 소화조 운전 범위인 pH 3.4 ~ 7.5에서 높을수록 오염물질의 제거효율이 높은 것을 의미한다. MLSS는 생물화학적 산소요구량(BOD), 화학적 산소요구량(COD), 부유물질(SS), 총질소(TN), 총인(TP)의 처리효율과 각각 -0.701, -0.923, -0.907, -0.872, -0.835로 음의 상관관계를 나타냈으며, 3700~6100의 범위에서 MLSS를 낮게 유지할수록 오염물질 농도의 제거효율이 높은 것으로 판단된다.

## IV. 결 론

1. 여천위생처리장 분뇨처리시설 유입수와 유출수의 유기물질 제거효율은 전반적으로 여름 > 가을 > 봄 > 겨울의 순서로 좋은 것으로 나타났으며, 여름철 생물화학적 산

소요구량(BOD), 화학적 산소요구량(COD), 부유물질(SS)의 제거효율이 각각 99.6%, 98.3%, 99.8%로 최고 효율을 나타냈고 겨울철이 97.1%, 96.2%, 97.8%로 최저 효율을 보였으나, 평균 96% 이상으로 안정적인 처리수질을 보였다.

2. 바실러스의 물질 대사 과정에서 분해되는 총질소(TN)는 동절기 온도 하강에 따라 유출농도 101.3 mg/L, 제거효율 80.9%를 보여 유기물 보다 온도의 영향을 크게 받는 것으로 나타났다.

3. 소화조 온도와 생물화학적 산소요구량(BOD), 총질소(TN)의 제거효율이 각각 0.845, 0.758로 높은 양의 상관관계를 나타내어 온도가 높을수록 BOD와 TN의 제거효율이 높을 것으로 예측되었다. pH는 3.4 ~ 7.5 범위에서 높을수록 오염물질 제거효율이 높게 나타났으며, MLSS(4실)는 3700 ~ 6100 mg/L 범위에서 낮게 유지할수록 오염물질 농도의 제거효율이 높게 나타났다.

## References

- 환경부, 2008, 환경백서
- 울산광역시환경관리공단, 2009, 울산광역시 여천분뇨처리시설 기술진단보고서
- 환경부, 2007, 수질오염공정시험방법
- 환경부, 2010, 하수도법
- 김영철, 권용웅, 박달준, 정일호, 2001, B3 공법을 이용한 분뇨의 질소 및 인 제거, 대한환경공학회 2001 춘계학술연구발표회 논문집(II), pp. 189 ~ 191