

가축 분뇨의 오염물질 농도 추정을 위한 영상처리 시스템

이대원 · 김현태

성균관대학교 생명공학연구소

An Image Processing System to Estimate Pollutant Concentration of Animal Wastes

Lee D. W. and Kim H. T.

The Institute of Life Science and Technology, Sungkyunkwan University Suwon, Korea, 440-746

Summary

This study was conducted to find out the coefficient relationships between intensity values of image processing and pollution density of slurries. Slurry images were obtained from the image processing system using personal computer and CCD-camera. Software, written in Visual C++, combined the functions of the image capture, image processing and image analysis. The data of image processing for slurries were analyzed by the method of regression analysis. The results are as follows.

1. Red(R)-values among image processing data were obtained the highest correlation coefficient 0.9213 for detecting COD. Also, green(G)-value were obtained the highest correlation coefficient 0.9019 for detecting BOD. Blue(B)-value could not find significant values to detect the pollution resources density.

2. Hue(H)-values among image processing data were obtained the highest correlation coefficient 0.9496 for detecting BOD. This fact could be used in detecting BOD.

3. Green(G)-value, GRAY-value, Hue(H)-value, Saturation(S)-value and Intensity(I)-value were the correlation coefficient more than 0.8 for BOD. Hue(H)-value was higher correlation coefficient than any other value. It was possible to detect pollution density of slurries by using the image processing system.

4. Red(R)-value, GRAY-value and Saturation(S)-value were obtained the correlation coefficient more than 0.8 for detecting COD. R-value had the highest correlation coefficient Among these values. It was possible to detect density indirectly by using the image processing system..

5. SS-density were obtained the correlation coefficient less than 0.8 by using the image processing system. The density of NH₄-N and NO₃-N were obtained correlation coefficient less than 0.2.

(Key words : Image processing, Pollutant concentration, Animal slurry, Correlation coefficient)

서 론

가축 분뇨에 의한 환경 오염이 사회적 문제로 대두되면서 최근 몇 년간 가축분뇨의

처리에 관한 연구가 활발히 진행되어지고 있다. 가축분뇨와 요소수의 처리 방법 및 효율에 따른 연구는 다각도로 진행되어지고 있으며, 자원의 재이용 방법이 가축분뇨와 요소

수처리가 가장 적절한 것으로 인식되어지고 있다. 가축분뇨는 자원의 재이용 또는 재환원은 가장 환경 친화적인 방법이라 할 수 있다. 그러나 이러한 재이용에 의한 퇴비화, 액비화 등은 처리 후의 안정성 문제를 포함한 품질 평가가 현장에서 조속히 이루어질 필요성이 대두되고 있다. 따라서 가축분뇨와 요오수의 처리 후, 액비화 또는 최종 배출수의 오염농도에 대한 조속한 평가가 이루어져야 한다.

안정성에 대한 예측을 위한 방법으로는 C/N비의 측정(Richard, T. L et al, 1996), CO₂ 발생량의 측정, 퇴비의 호흡률-O₂ 소모량의 측정, Germination Test(정광용, 1995) 등 여러 가지 방법들이 제안되고 있으나, 아직은 적절한 기술로 퇴비의 안정성을 보장하기는 어렵다. 최근에는 퇴비나 액비의 사전 품질 평가를 가능하게 하는 분석기술을 도입하여 분석에 소요되는 시간과 비용을 절감하여 축분퇴비의 품질관리를 가능하게 하였으며(남, 1999), 전처리 과정을 건조와 분쇄로 최소화하고 숙련된 분석 기술자를 요구하지 않는 분석 기술체계 구축을 가능하게 하였다. 또한 현장에서 비용을 최소화하여 간편하게 분석할 수 있는 기술체계를 보급함과 동시에 비파괴 분석법(근적외선 분석법)을 이용하여 축분퇴비 중 질소, 인산, 가리, 염분, 구리, 수분, 유기물, 탄소 등의 신속한 동시분석 기술을 도입하였다(남재작, 1999).

따라서 본 연구에서는 가축분뇨와 요오수의 액비화 또는 다른 처리공정에 있어서 액상 형태의 가축분뇨와 요오수의 오염물질 농도를 일반 CCD-카메라를 이용하여 간접적으로 추정하였다. 가축분뇨와 요오수에 포함되어 있는 오염물질의 농도와 이에 대한 CCD-카메라로 획득한 영상정보값과의 상관관계를 구명하기 위해 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

1. 실험 장치

가축분뇨는 배설시 높은 농도의 오염물질을 포함하고 있기 때문에 분뇨를 식물에 공급하면 분해되지 않은 유기물로 인하여 식물에게 치명적인 해를 주게 된다. 따라서 이러한 기준을 과학적으로 선택할 수 있는 판정 시스템을 개발하고자 본 연구를 수행하였다. Fig. 1은 가축분뇨와 요오수의 영상정보값을 얻기 위한 장치이다.

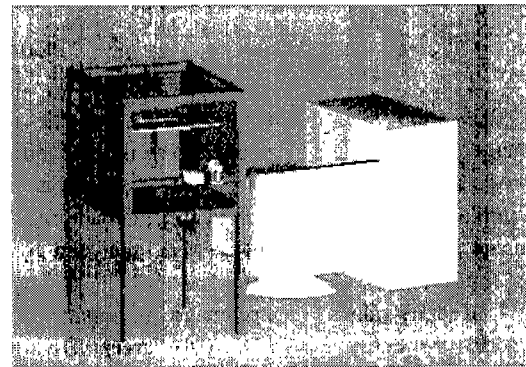


Fig. 1. Diagram of the system.

그림에서 보는 바와 같이 test tube(25.7×36.3×53)안에 시료를 담은 시험관을 정 중앙에 설치하였으며, 시료의 양 측면에 25W의 조명과 CCD카메라를 설치하였다. 또한 빛의 투과를 방지하기 위해 광원부를 제외한 나머지 모든 곳에 빛 차단 설치를 하였으며 시료의 영상이 나오는 부분에는 시료의 영상 획득을 명확히 하기 위해 그것과 대비되는 칼라를 적절히 추가하였다. 또한 실험장치내에 CCD카메라는 시험관 정면에 두어 영상을 입력하기에 용이하도록 하였다. 카메라를 통해서 입력된 영상수치를 계산하기 위해서 비주얼 c''(visual c'')를 이용하여 자동으로 영상 획득 및 영상처리를 할 수 있도록 하였다.

2. 영상처리 시스템

Fig. 2는 영상처리 모니터링 시스템의 전체 개략도를 보여주고 있다. 먼저 시험관에 든 슬러리를 투입한 후, CCD-카메라를 이용하여 영상을 획득하였다. 조명장치는 할로젠 3 파장 빛을 이용하였다. 본 실험에 이용한 카메라의 사양은 Table 1과 같다.

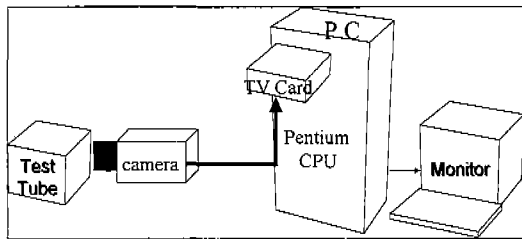


Fig. 2. A block diagram of the computer vision system.

3. 영상 처리 알고리즘

영상처리 알고리즘은 시험관내의 용액의 형상을 검출하기 위한 전처리과정과 각 성상의 영상 단면적을 구하기 위한 영역검출과정으로 이루어져 있다. 전처리 과정에서는 입력된 영상의 인식이 용이하도록 획득한 영상을 보정하고, 가장자리를 검출하기 위해서 소벨 및 라플라스 가장자리 연산자를 이용하였다. 또한 전체 영상에 대한 농도 히스토그램을 구하여 이를 평활화하여 배경과 구별하

였다. 마지막으로 검출된 시험관의 시료영역을 분리하여 용액이 포함된 부분만을 남도록 하였다. 이렇게 획득한 부분의 각 화소의 RGB값과 HLS값을 구하였다. 각 화소의 영상정보는 평균값으로 표시되도록 하였다. Fig. 3에서는 영상처리의 흐름도를 나타냈으며, Fig. 4는 본 연구에서 개발한 프로그램의 메인 화면을 나타낸 것이다.

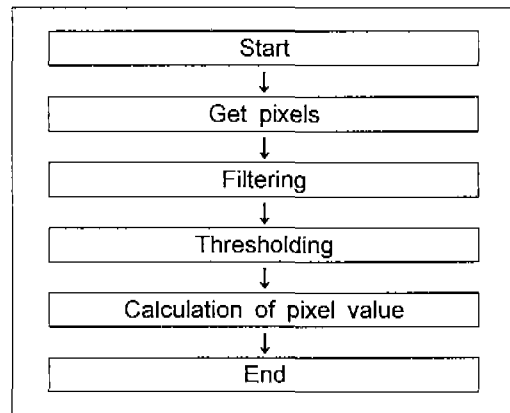


Fig. 3. Flow chart of image processing.

4. 실험 방법

실험재료의 다양성을 확보하기 위해 9가지의 서로 다른 농도의 돈슬러리를 이용하여 구체적인 오염물질 농도를 측정하였다. 시료의 BOD, COD, SS, VS, T-N 및 T-P 등, 오염물질 농도분석은 공정시험법에 의해 측정하

Table 1. Specification of the camera

Item	Model	Specification	
CCD Camera	SDC-450 (NA)	Pickup device	1/3" Interline transfer CCD
		Picture elements	768×494, 380,000pixels
		White balance	ATW/AWC
		Gamma	0.45/0.7/1.0/Low
		Horizontal resolution	470 TV lines
		S/N ratio	54dB(p-p/rms)
		Shutter	1/60-1/100,000sec.
Dimensions(WHD)	W55×H50×D160(mm)		

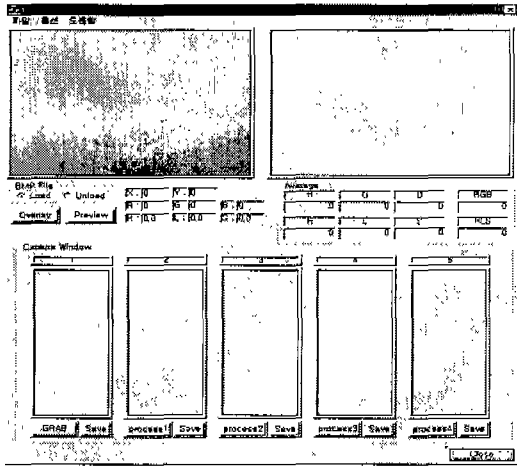


Fig. 4. The main frame of image processing program.

였다(농촌진흥청, 1988). CCD-카메라에 의해 획득한 영상정보는 Red(R), Green(G), Blue(B), Hue(H), Saturation(S), Intensity(I)를 구하였으며, 각 시료의 영상정보를 획득하기 위해 시료에 빛을 투과시킨 후, 그 색상값을 CCD-카메라로 구하였다.

카메라와 시료와 광원은 Fig. 5와 같이 설치하였으며, 광원은 10w의 일반 조명을 사용하였으며 빛의 유출을 막기 위해 유색 판자를 이용해서 시험관 후미부분을 가렸다. 또한 조명은 정면에서 주사하였으며, 카메라는 조명 반대편에서 시험관을 향하게 하였다. 시료를 담은 재료는 직경 15mm의 원형시험관이었으며, 이 부분만의 영상정보를 추출하기 위해 프로그램 내에서 영역 설정을 함으로써 시험관 외곽부분의 색상값이 섞이지 않도록 구성하였다.

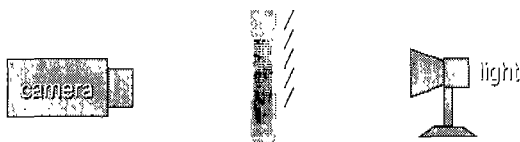


Fig. 5. Position of CCD camera, surrly material and lighter.

결과 및 고찰

1. 영상 처리

Fig. 6은 영상처리 모니터링 화면을 나타낸 것이다. 좌측 상단의 창에서 영상을 입력받아 우측 상단의 출력창에서 시료의 영역을 검출하여 하단에 결과 값을 출력하도록 하였다. 영상 입력의 오차를 줄이기 위해 총 다섯번을 검출하여 결과값이 같은 두 개의 영상을 저장하도록 하였다. 입력된 영상 중 특징점을 추출하여 하단의 창에 시료만 배경과 분리시켜서 분리된 시료의 영상정보를 수치로 출력하도록 하였다. 출력된 수치는 공정시험법에 의해 분석한 시료의 이화학적 농도와 비교분석하여 상관관계를 조사하였다.

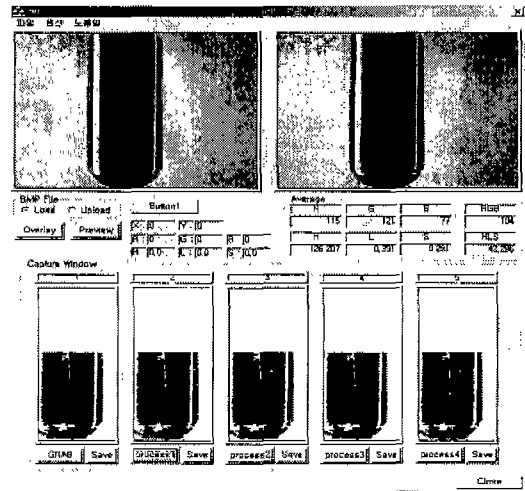


Fig. 6. Computer screen for detecting the density of animal slurry by using image processing system.

2. 영상정보와 오염물질 농도의 상관관계

CCD카메라를 통하여 획득한 영상정보와 시료의 오염물질 농도를 포함한 이화학적 농도값을 분석한 결과 Table 2와 같이 나타났다.

Table 2. The comparison between image processing value and pollutant concentration.

Sample No.	Image value							Pollutant concentration(mg/l)						
	R	G	B	GRAY	H	S	I	BOD	COD	SS	T-N	T-P	NH ₄ -N	NO ₃ -N
1	52	39	56	49	262.0	0.194	0.341	17,651	15,147	26,000	9,193	183	1,187	14
2	54	43	60	53	259.2	0.209	0.325	17,215	16,269	29,000	9,097	182	1,212	25
3	60	38	56	51	285.7	0.200	0.375	18,523	16,467	26,000	8,904	190	1,236	21
4	62	42	56	53	269.5	0.211	0.390	15,604	17,655	40,000	10,685	232	1,780	39
5	48	42	58	49	248.3	0.196	0.378	15,906	18,850	40,000	11,616	317	2,378	165
6	30	39	56	42	221.3	0.167	0.632	18,272	23,760	85,000	13,156	371	2,425	129
7	205	205	158	189	142.8	0.712	0.892	12,282	23,364	63,000	14,162	349	2,331	695
8	218	207	141	188	137.9	0.720	0.894	13,289	24,948	59,000	11,744	371	2,378	718
9	33	42	57	44	220.6	0.177	0.571	8,215	8,435	13,600	6,276	91	1,408	35

위의 표에서 영상정보값은 7번과 8번 시료가 다른 시료에 비해서 밝기가 선명한 것을 알 수 있었으며, 오염물질의 경우 각 시료간의 뚜렷한 특성을 찾을 수는 없었다. 따라서 영상정보와 각 시료의 오염물질 농도와의 상관관계를 살펴보기 위해 각 변수간의 결정계수(R²)를 구한 결과 Table 3과 같이 나타났다.

위의 결과에서 살펴보면 영상정보 R값은 COD값과 결정계수가 0.9213으로 가장 높았으며, NH₄-N과 NO₃-N과는 결정계수가 약 0.2 정도로 서로간의 상관관계가 없는 것으로 나타났다. 영상정보 G값은 BOD값과 결정계수가 0.9019로 가장 높게 나타났으며, R과 NH₄-N과 NO₃-N과의 상관관계는 매우 희박한

것으로 나타났다. 영상정보 B값의 경우 오염물질 농도와의 상관관계는 매우 적은 것을 알 수 있었다. 영상정보 GRAY값은 NH₄-N과 NO₃-N를 제외하고는 비교적 높은 결정계수를 나타내었다. 영상정보 H값의 경우에는 BOD와의 결정계수(R²)가 0.9496으로 매우 높게 나타났다. 이는 BOD 추정에 이용가능 할 것으로 판단되었다. H값은 BOD를 제외하고는 만족할만한 결정계수를 얻지는 못했다. 영상정보 S값의 경우에는 GRAY값과 거의 같은 결과를 나타내고 있었다. 영상정보 I값은 BOD를 제외하고는 비교적 낮은 결정계수를 보여주고 있다.

따라서 BOD농도 추정을 위해서는 G값,

Table 3. A correlation coefficient(R²) between image processing value and pollutant concentration.

Image value \ Pollutant concentration	BOD	COD	SS	T-N	T-P	NH ₄ -N	NO ₃ -N
	R	0.6582	0.9213	0.7382	0.8068	0.8213	0.2075
G	0.9019	0.7802	0.5663	0.7292	0.6887	0.0788	0.0818
B	0.4209	0.3682	0.2603	0.3659	0.3294	0.0411	0.0465
GRAY	0.8383	0.8600	0.6545	0.7907	0.7671	0.1289	0.1500
H	0.9496	0.5303	0.342	0.5308	0.4598	0.0098	0.0015
S	0.8400	0.8546	0.6462	0.7834	0.7597	0.1232	0.1452
I	0.8744	0.2862	0.1812	0.3233	0.2297	0.0107	0.0503

GRAY, H값, S값, I값 등이 결정계수가 0.8 이상을 나타냈으며, 그중 H값이 가장 높은 결정계수를 나타냈으며, 이러한 정보를 이용하여 농도추정이 가능할 것으로 판단되었다. COD의 경우, R값, GRAY값, S값이 0.8 이상의 결정계수를 나타냈으며, 그 중에서 R값과의 관계가 가장 높게 나타나, 이를 이용하여 간접적으로 농도 추정이 가능할 것으로 판단되었다. SS의 경우 영상정보값과 결정계수가 모두 0.8이하로 나타났으며, 추정이 힘들 것으로 생각되며, T-N, T-P의 경우 R값과의 결정계수가 0.8 이상으로 나타났다. 이는 시료의 수를 증가시키고 오염물질 농도의 변화를 다양하게 구성하여 새로운 검증이 필요할 것으로 판단된다. NH₄-N와 NO₃-N의 농도와 영상정보와의 결정계수는 모두 0.2 이하로 매우 낮게 나타났으며, 가시광선영역의 CCD-카메라를 이용한 농도추정은 불가능할 것으로 판단되었다.

적 요

본 연구는 가축분뇨의 오염물질의 농도와 영상처리를 통해 얻어 낸 영상정보값과의 상관관계를 구하기 위해 수행하였다. CCD-카메라와 개인용 컴퓨터를 사용하여 축 분뇨의 영상을 받은 후 각 촬영 영역에서의 영상정보와 공정시험법으로 구한 오염물질과의 관계를 회귀분석법을 이용하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 영상정보 R값은 COD값과 결정계수가 0.9213으로 가장 높았으며, G값은 BOD값과 결정계수가 0.9019로 가장 높게 나타났으며, B값의 경우 오염물질 농도와 상관관계는 매우 적은 것을 알 수 있었다.

2. H값은 BOD와의 결정계수(R²)가 0.9496으로 매우 높게 나타났다. 이는 BOD추정에 이용가능할 것으로 판단되었다.

3. BOD농도 추종을 위해서 G값, GRAY, H값, S값, I값 등이 결정계수가 0.8이상을 나타냈으며, 그 중 H값이 가장 높은 결정계수를 나타냈으며, 이러한 정보를 이용하여 농도추정이 가능할 것으로 판단되었다.

4. COD농도 추정을 위해서 R값, GRAY값, S값이 0.8이상의 결정계수를 나타냈으며, 그 중에서 R값과의 관계가 가장 높게 나타났으며, 이를 이용하여 간접적으로 농도 추정이 가능할 것으로 판단되었다.

5. SS농도와 영상정보값과 결정계수가 모두 0.8이하로 나타났으며, NH₄-N와 NO₃-N의 농도와 영상정보와의 결정계수는 모두 0.2이하로 매우 낮게 나타났으며, 가시광선영역의 CCD-카메라를 이용한 농도추정은 불가능할 것으로 판단되었다.

인 용 문 헌

1. Richard, T. L. and Choi, H. L. 1996. Optimizing the Composting Process for Moisture Removal : Theoretical Analysis and Experimental Results. ASAE Paper No. 964014. ASAE, St. Joseph, MI.
2. 남재각. 1999. NIR을 이용한 부산물 퇴비의 비파괴 분석법 연구. 농업과학기술원보고서.
3. 농촌진흥청. 1988. 토양화학분석.
4. 정광용. 1995. 유기질 및 부산물 비료 활용상의 실제, 유기성 폐기물 비료화의 문제점과 대책 심포지엄. 한국토양비료학회.