

컬러 영상처리에 의한 시설재배지 토양의 생물·물리적 환경변수 추정

The Estimation of Physical/Biological Parameters of Greenhouse Soil by Image Processing

김현태	김정동	문정환	이규승	강국희	김 웅	이대원
정회원		정회원	정회원		정회원	정회원
H. T. Kim	J. D. Kim	J. H. Moon	K. S. Lee	K. H. Kang	W. Kim	D. W. Lee

ABSTRACT

This study was conducted to find out the coefficient relationships between intensity values of image processing and biological/physical parameters of soil in greenhouses. Soil images were obtained by an image processing system consisting of a personal computer and a CCD camera. A software written in Visual C++ systematically integrated the functions of image capture, image processing, and image analysis. Image processing data of the soil samples were analyzed by the method of regression analysis. The results are as follows.

For detecting soil density of unbroken soil samples, the highest correlation coefficients of 0.82 and 0.84, respectively were obtained for R-value and S-value among image processing data while it was 0.97 for G-value. Considering the relationship between biological characteristics and image processing data of soil in greenhouse, the correlation was found generally low. For pH of unbroken soil sample, the correlation coefficients were found 0.87, 0.85, and 0.94, respectively with G, I, and H values of image processing data.

In the case of bacteria, any correlation was not found with the image processing data. For Actinomyctes, they were 0.86 and 0.85, respectively with G-value and B-value of image processing data showing high correlation coefficient compared to the other variables. The correlation coefficient between Fungi and H-value was shown 0.88, the highest among the variables higher than 0.8 while the other variables showed low correlation.

For broken soil samples from greenhouse, the relation between biological parameter and image processing data were rarely shown in this study. The results of this study indicated that most of correlation coefficient between the variables were usually lower than 0.01. Accordingly, it was assumed that the soil should be used without broken to fairly estimate biological characteristics using CCD camera.

Keywords : Image processing, Biological / Physical parameters, Soil property, Correlation coefficient.

1. 서 론

최근 국민들의 식생활은 질적인 면을 강조하는 경향이 뚜렷해져 생산자의 입장에서는 보다 양질

의 식품원료를 생산하여야 할 필요성이 절실해지고 있다. 이러한 측면에서 비료와 농약은 토양을 비롯한 지구환경은 물론이고 인간의 건강에도 영향을 미칠 수 있어 사용에 있어서 많은 주의가 요

This study was conducted by the research fund supported by Korea Research Foundation Grant(KRF-99-005-G00002). The article was submitted for publication in August 2002 reviewed and approved for publication by the editorial board of ICSAM in July 2003. The authors are H. T. Kim, Research Associate, J. H. Moon, Assistant Professor, K. S. Lee, Professor, W. Kim, Researcher, D. W. Lee, Associate Professor, Dept. of Bio-mechatronic Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon, Korea, K. H. Kang, Professor, Dept. of Food and Life Science, Sungkyunkwan University, Suwon, Korea, J. D. Kim, Assistant Professor, Dept. of Life Sciences, Hanyang University, Seoul, Korea. The corresponding author is D. W. Lee, Associate Professor, Dept. of Bio-mechatronic Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon, 440-746, Korea. Fax : +82-31-290-7886. E-mail : <Daeweon@skku.ac.kr>.

구되며, 따라서 이의 양을 조절할 수 있는 정밀농업은 생물생산과정에서 매우 중요한 기술로 인식되고 있다.

보다 효율적인 정밀농업의 달성을 위하여 토양의 물리, 화학 및 생물학적인 특성을 구명해야 하며, 최근 이를 위한 연구가 활발히 진행되고 있고 특히 근적외선 영역의 분광분석을 통한 분석이 많이 이루어지고 있다. 토양분석을 위한 근적외선 분광분석에 관한 연구는 풍건세토를 시료로 토양수분의 정량화(谷山, 1989), 전질소, 전탄소, 질산태질소 등(井上 등, 1991)의 가능성에 대하여 보고된 바 있다. 그러나 풍건토의 조제와 분쇄 등으로 토양지도를 작성할 수는 없기 때문에 직접 토양에 대하여 근적외선 분광분석법을 적용한 예도 있다(Sudduth and Hummel, 1991).

최근 또 다른 형태의 연구로는 토양에 공급되는 유기질 비료의 안정성에 대한 예측을 위한 방법으로 CN비의 측정(Richard and Choi, 1996), CO₂ 발생량의 측정, 퇴비의 호흡률-O₂ 소모량의 측정, Germination Test 등 여러 가지 방법들이 제안되고 있으나, 아직은 적절한 기술로 퇴비의 안정성을 보장 하기는 어렵다. 최근에는 퇴비나 액비의 사전 품질평가를 가능하게 하는 분석기술을 도입하여 분석에 소요되는 시간과 비용을 절감하여 축분퇴비의 품질관리를 가능하게 하였으며, 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(Nam, 1999).

이처럼 대부분의 연구는 근적외선 분광분석에 의한 토양의 물리적 변수의 정량화에 국한되어 있으며, 보다 효율적인 실시간 측정과 제어를 위해서는 좀 더 많은 연구가 필요한 실정이다. 지금까지의 생물생육에 있어서 토양은 양분의 공급처로만 인식되어 왔기 때문에 이로 인해 대부분의 토양은 산성화되고 비료와 농약에 오염된 것도 사실이다. 따라서 토양환경의 복원이 시급하며 이를 위해서는 현재의 토양환경을 신속하게 계측할 수 있는 기술이 필요하다.

그러므로 본 연구에서는 컬러 CCD 카메라를 사용한 영상처리장치를 이용하여 시설재배지 내의 토양을 기초로 토질역학적 측면(물리학)과 토양학

적 측면(생물)에서 환경변수 특성을 간접적으로 추정하고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 실험재료

본 실험에 이용한 시설재배지의 토양시료는 현재 채소류를 재배하고 있는 비닐하우스 내의 토양을 대상으로 하였다. 시료채취지역은 수원시, 안산시, 화성시, 오산시 및 용인시의 5개 지역으로서 위의 다섯 개 지역은 서로 인접하여 발생할 수 있는 미생물의 분포에 대한 영향을 최소화하기 위해 반경 5 km 이상으로 정하였다. 시료채취시기는 대부분의 지역에서 작물이 생육되고 있는 1월 말경으로 하였다. 미생물 밀도 및 생물학적인 변수의 측정을 위한 토양시료는 시설 하우스 재배농가를 대상으로 과채류와 엽채류를 재배하는 경기도 일대에서 토양시료 15점을 채취하였다. 토양시료는 작물근권의 영역을 받지 않는 부위에서 표토 10 cm 부근의 토양을 채취하여 폴리에틸렌필름 봉지에 넣어 연구실로 운반한 후 2 mm 체로 쳐서 밀봉하여, 약 4 °C 냉장고에 보관하여 미생물상 조사에 사용하였고 토양 분석용은 건조하여 사용하였다. 토양의 물리적 변수측정을 위한 시료의 채취는 표면에서 약 5 cm 정도에서 시료 채취기(332 soil sampler, EVERWELL)를 이용하여 행하였으며, 각 지역에 소재한 농가의 1개소 하우스를 선정하여 입구, 중간, 입구 반대쪽에서 3번의 시료를 채취하였다. 이렇게 획득한 토양을 불교란 시료로 이용하였으며, 실험실에서 이 토양의 물리적 형상을 자연스럽게 분해한 상태를 교란시료로 정의하여 실험에 이용하였다.

나. 물리적변수 측정

현장에서 채취한 토양시료는 실험실에서 부피와 질량과의 관계로 가밀도를 측정하였으며, 함수율은 토양에 대한 한국공업규격의 토양 함수율 측정방법(KS F 2306)에 의거하여 10 g의 시료를 3반복으로 항온건조기를 이용하여 110 °C ± 5 °C의 조건에서 건조시료의 무게가 변하지 않는 시점까지 건조한 후 무게를 계량하여 습량기준으로 표시하였다. 또한 토양의 입도분포는 체분석을 통하여 행하였다. 체분석 방법은 흙을 기준으로 하는 한국공업규격 KS F 2309의 No. 200체 통과량 시험방법과 KS

F 2302의 입도 시험방법의 기준에 의해서 행하였다. 입도실험에 이용한 체의 종류는 No. 10, No. 20, No. 40, No. 60, No. 80, No. 100, No. 200 등 전체 7가지의 체를 이용하였다.

다. 생물학적변수 측정

토양 pH는 시료와 증류수를 1:5의 비율로 혼합하여 30분간 진탕 후에 측정하였다. 토양미생물의 검출은 토양미생물실험법 (토양미생물연구회, 1992)에 준하였으며, 희석평판법으로 해당 선택배지를 사용하여 조사하였다.

호기성 세균, 방선균은 Egg-albumin 한천배지, 사상균은 Rose-bengal 한천배지, *Fusarium*속은 Komadas medium을 사용하여 출현하는 colony의 형태적 특징을 사용하여 계수하였다. 형광성 *Pseudomonas*속 세균은 P1 배지에서 출현시킨 후 ultra-violet light (254-365 nm)에서 형광성을 발하는 colony를 계수하였다. *Enterobacteriaceae*과에 속하는 *Citrobacter spp.*, *Enterobacter spp.*, *Klebsiella spp.*, *Escherichia coli* 등 장내세균은 Chromocult coliform agar(Merck co.)를 사용하여 출현한 colony 색의 특성을 이용하여 계수하였다. 그람음성세균은 YG배지 1000mL 당 0.1% Crystal violet 용액 5mL를 가하여 희석평판한 배지에서, 포자형성세균은 Egg-albumin 한천배지를 이용하여 출현한 colony를 계수하였다.

각 시료당 미생물 수는 3개의 petridish에 나타난 colony를 각각 계수한 후, 평균한 생균수 (colony forming unit: CFU g⁻¹ 건토)로 산출하였다. microbial biomass C 함량은 chloroform 증류유출법으로 분석 정량하였다.

라. 영상변수 획득

(1) 영상처리 장치

시설재배지 내의 토양의 물리학적 생물학적 변수의 추정을 위해 영상처리시스템을 구성하였다. 시료를 채취하여 바닥면에 교란되지 않게 시료를 정지시킨 후 상부 및 측면 카메라를 이용하여 영상을 획득하였다. 일정한 상태의 조명환경을 제공하기 위해서 카메라와 같은 방향에서 3과장 전구 (25 W)의 조명 1개를 시료와 30cm 거리에 설치하였다. 또한 외부 빛에 의한 영향을 방지하기 위해 광원부를 제외한 나머지 모든 곳에 빛 차단막을 설치하였다. CCD 카메라를 통해서 입력된 컬러특

성을 계산하기 위해서 비주얼 c++(visual c++)를 이용하여 영상처리 프로그램을 개발하였다.

Fig. 1은 영상처리 모니터링 시스템의 전체 개략도를 보여주고 있다. 먼저 토양시료를 시험대 위에 정지시킨 후, CCD 카메라를 이용하여 영상을 획득하였다. 본 실험에 이용한 카메라의 사양은 Table 1과 같다.

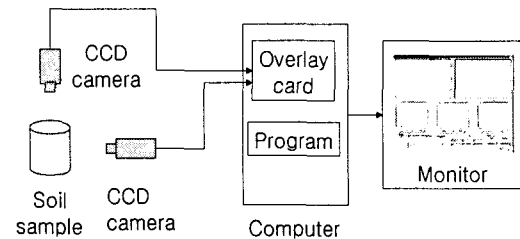


Fig. 1 A block diagram of the computer vision system.

Table 1 Specification of the camera

Model	Specification	
SDC-450 (NA)	Pickup device	1/3" Interline transfer CCD
	Picture elements	768×494, 380,000 pixels
	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	1/60-1/100,000 sec.
	Dimensions	W55×H50×D160 (mm)

(2) 영상처리 알고리즘

영상처리 알고리즘은 토양시료의 전체 형태를 검출하기 위한 전처리과정과 각 성상의 영상 단면적을 구하기 위한 영역검출과정으로 이루어져 있다. 전처리 과정에서는 입력된 영상의 인식이 용이하도록 획득한 영상을 보정하고, 소벨 및 라플라스

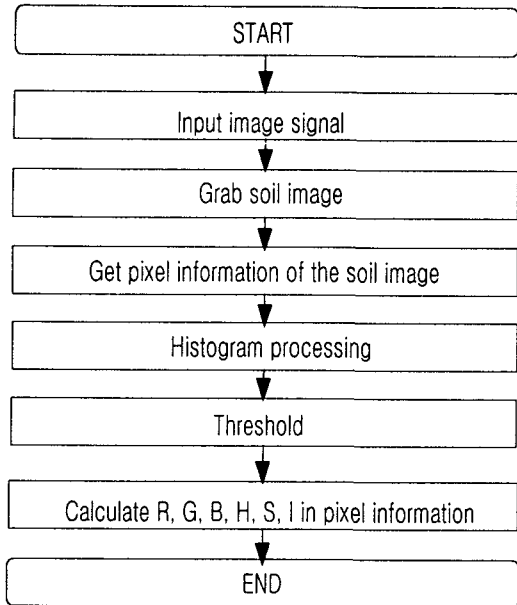


Fig. 2 Flow chart of image processing.

연산자를 이용하여 윤곽선을 검출하였다. 또한 전체 영상에 대한 농도 히스토그램을 구하였으며 이를 평활화한 결과에 의하여 문턱치를 결정함으로써 시료와 배경을 구별하였다. 마지막으로 검출된 토양시료와 배경을 분리하였다. 토양시료의 획득된 영상으로부터 각 화소의 red(R), green(G), blue(B), hue(H), saturation(S), intensity(I)를 구하였으며 영상 변수는 화소들의 평균값으로 표시되도록 하였다.

Fig. 2는 영상처리의 흐름도를 나타낸 것이다.

(3) 분석방법

토양시료의 다양성을 확보하기 위해 반경 5 km 밖의 5개 지역 토양시료에 대해 물리적·생물학적 토양변수를 측정하였다. 생물학적인 변수로 토양내 pH, bacteria(박테리아), actinomycetes(방선균), fungi(곰팡이), pathogenic fungi(ex., Fusarium sp.)를 분석하였으며, 물리적인 변수로 밀도와 체분석을 행하였다. CCD 카메라에 의해 획득한 영상변수는 R, G, B, H, S, I를 구하였다. 이렇게 구한 각 변수들의 상관관계를 분석하여, 영상처리를 통하여 시설재배지 내의 토양에 대해서 생물학적, 물리적 변수의 추정 가능성에 대해서 구명하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 물리적변수

시설재배지 5개소에 대하여 현재 작물이 재배되고 있는 상황에서 토양의 밀도와 함수율, 그리고 체분석한 결과는 Table 2에 나타내었다. 밀도는 전체적으로 약 1.2kg/m³에서 1.5kg/m³까지 분포하였고, 함수율은 약 15.9%에서 27.2%까지로 나타났다.

조사 지역은 대부분 입경이 2mm 이상인 모래성분이 80% 이상으로 나타났으며, 화성시 시설재배지 토양의 경우, 0.074mm이상 2mm 이하인 실트성분이 약 14%가 함유되어 있는 것으로 나타났다.

Table 2 The physical variation of soil properties in greenhouse

Lands	Density (kg/m ³)	Water content (%)	A particle distribution of soil (g, %)								Total
			2000 μ m 이상	840 μ m ~ 2000 μ m	425 μ m ~ 840 μ m	250 μ m ~ 425 μ m	180 μ m ~ 250 μ m	149 μ m ~ 180 μ m	75 μ m ~ 149 μ m	75 μ m 미만	
Yongin	1.3218	15.9	29.568 (28.74)	32.563 (31.65)	17.087 (36.22)	12.766 (12.41)	2.769 (2.69)	2.659 (2.58)	3.726 (3.62)	1.751 (1.70)	102.889 (100)
Osan	1.4486	27.2	35.271 (34.23)	26.982 (26.19)	14.123 (13.71)	11.258 (10.93)	2.929 (2.84)	2.723 (2.64)	1.149 (4.03)	5.607 (5.44)	103.042 (100)
Suwon	1.3985	26.3	24.263 (23.97)	37.658 (36.94)	16.516 (16.20)	11.405 (11.19)	2.580 (2.53)	2.703 (2.65)	3.497 (3.43)	3.333 (3.27)	101.956 (100)
Hwaseung	1.2711	16.5	13.578 (13.53)	22.173 (22.09)	12.359 (12.32)	14.542 (14.49)	5.668 (5.649)	6.501 (6.479)	11.862 (11.823)	13.652 (13.61)	100.338 (100)
Ansan	1.4687	21.3	7.226 (6.47)	36.905 (33.04)	26.909 (24.09)	19.335 (17.31)	4.789 (4.29)	3.907 (3.50)	5.161 (4.62)	7.465 (6.68)	111.697 (100)

나. 생물학적 변수

시설재배지 내의 토양을 채취하여 실내에서 토양 내 미생물농도를 중심으로 생물학적인 변수를 측정된 결과는 Table 3과 같이 나타났다.

실험에 이용한 토양의 pH는 5.25에서 6.67까지의 분포를 보이고 있다. 전체적으로 산성화가 진행된 것으로 판단되며 화학비료와 농약의 살포에 따른 pH 감소는 농가에서 관심을 가져야 할 것으로 사료되었다.

주요 미생물의 분포는 건전토양에서는 형광성 *Pseudomonas*속 세균 밀도가 높은 반면 염류장애토양에서는 병원성 *Fusarium* 속 사상균의 밀도가 높

고 형광성 *Pseudomonas* 속 세균이 낮은 밀도를 보였다. 또한 토양 유기물 함량이 증가할수록 *Bacillus* 속, 형광성 *Pseudomonas* 속, *Enterobacteriaceae*에 속하는 *Citrobacter sp.*, *Enterobacter sp.*, *Klebsiella sp.* 세균 등의 밀도와 microbial biomass-C 함량이 크게 증가하였다. 토양 pH와 세균과의 고도의 정의 상관관계를 사상균과는 부의 상관관계를 보였다.

다. 토양의 영상정보

영상처리장치를 이용하여 채취한 시설재배지 토양의 영상을 획득한 결과는 Table 4와 같다. 위 부분은 시료를 교란시키지 않고 측정된 값이며, 아래

Table 3 The biological variation of soil properties in greenhouse(CFU g⁻¹, dry soil)

Lands	pH	Bacteria (x 107 CFU)	Actinomycetes (x 103 CFU)	Fungi (x 102 CFU)	Pathogenic fungi (x 102 CFU)
Yongin	5.37	4.12	2.47	5.97	4.92
Osan	6.39	3.46	3.24	3.33	2.80
Suwon	6.36	3.71	3.53	3.23	2.93
Hwaseung	6.67	2.88	3.52	3.35	2.41
Ansan	5.25	3.2	2.59	5.81	3.98

Table 4 The Image information of soil properties in greenhouse

Lands	The image information of a unbroken soil sample					
	R	G	B	I	H	S
Yongin	96.67	61.67	45.33	67.67	34.73	0.37
Osan	94.50	64.83	50.67	70.00	28.89	0.31
Suwon	95.25	67.00	53.75	72.00	31.10	0.28
Hwaseung	105.00	69.75	50.50	75.25	28.60	0.36
Ansan	89.00	60.17	47.50	65.50	34.85	0.31
Lands	The image information of a broken soil sample					
	R	G	B	I	H	S
Yongin	116.00	76.00	57.67	83.33	31.59	0.35
Osan	94.33	66.00	52.00	70.67	42.40	0.30
Suwon	96.00	67.00	52.00	71.50	40.38	0.31
Hwaseung	118.00	80.33	58.33	85.67	28.15	0.35
Ansan	91.67	62.33	49.33	67.67	41.72	0.31

부분은 교란한 후 측정된 결과이다.

토양의 컬러특성을 살펴보면 전체적으로 불교란 시료에 비해서 교란시료가 높게 나타난 것을 알 수 있었다. 각 지역 토양의 상대적인 컬러특성의 비교는 큰 의미를 가지지 못하는 것으로 생각되며, 보다 구체적인 정보는 작물의 식생정보와 관련하여 분석할 필요가 있다고 생각된다. 그러나 본 연구에서는 토양의 물리적, 생물학적인 정보와 영상과의 관계를 구명하고자 수행하였기 때문에 작물 식생정보와의 관계는 배제하였다.

라. 물리적 변수와 컬러특성

토양의 물리적변수와 획득한 영상변수와의 상관관계를 구명하기 위해 각각의 변수들 사이의 결정계수(R²)를 구한 결과는 Table 5와 같이 나타났다.

시설재배지 내의 토양의 물리적 특성과 영상변수와의 관계를 살펴보면 가밀도와 불교란시료의 영상변수 R값, S값과의 결정계수가 각각 0.82, 0.84로 가장 높게 나타났으며, 다른 영상변수와의 결정계수는 0.30 이하로 매우 낮게 나타났다. 또한 교란시료의 영상변수와 가밀도의 상관관계는 S값을 제외하고는 모두 0.90이상 높게 나타났으며, G값의 경우에는 0.97로 가장 높은 결정계수를 나타냈다. 따라서 G값을 포함한 영상변수를 이용하여 토양의 가밀도 추정은 가능할 것으로 판단되며, 보다 다양한 형태의 토양시료를 이용한 검증실험이 필요할 것으로 판단되었다.

토양 함수율과 불교란시료 영상변수와의 상관관계를 살펴보면, S값과 0.85의 결정계수를 나타낸 것 외에는 대부분 낮은 결정계수를 보였다. 또한 교란시료의 경우도 마찬가지로 S값과 0.90의 가장

높은 결정계수를 보였으며, 다른 값들은 비교적 낮은 결정계수를 보였다. S값의 경우 Saturation(채도)은 토양내부의 수분입자에 따른 영향을 받은 것으로 판단되었다. 따라서 영상정보를 이용한 함수율의 추정은 쉽지 않을 것으로 판단되며, 다양한 함수율에 따른 S값의 관계는 고려해 볼 수 있을 것으로 판단되었다.

마. 생물학적 변수와 컬러특성

토양내 미생물밀도와 영상변수와의 상관관계를 구명하기 위해 각각의 변수들 사이의 결정계수(R²)를 구한 결과는 Table 6과 같이 얻을 수 있었다. 시설재배지 내의 토양의 생물학적인 특성과 영상변수와의 관계를 비교해 본 결과, 전체적으로 상관관계가 낮은 것으로 나타났다.

불교란 토양시료의 경우 pH는 영상변수 G값과 0.90, I값과 0.85, H값과 0.94의 결정계수를 가지는 것으로 나타났다. Bacteria의 경우에는 영상변수와 상관관계가 거의 없는 것으로 나타났으며, Actinomycetes의 경우에는 G값과 0.86, B값과 0.85의 결정계수를 나타내었고, Actinomycetes의 경우에는 다른 변수들에 비해 비교적 높은 결정계수를 보이는 것으로 나타났다. Fungi의 경우에는 0.8 이상의 결정계수는 보이는 값으로는 H값이 0.88로 가장 높게 나타났지만, 다른 변수들은 비교적 낮은 결정계수를 나타냈다.

Pathogenicta의 경우도 fungi와 마찬가지로 H값과 0.85의 결정계수를 가지는 것으로 나타났으며, 다른 영상정보와는 별 영향이 없는 것으로 나타났다. 따라서 불교란 토양 시료의 경우에는 각각의 변수

Table 5 The coefficient of determination(R²) between with physical variation and image information

Item	The image information of unbroken soil samples					
	R	G	B	I	H	S
Density	0.82	0.31	0.01	0.39	0.05	0.84
Water content	0.24	0.00	0.45	0.00	0.11	0.85
Item	The image information of broken soil samples					
	R	G	B	I	H	S
Density	0.93	0.97	0.93	0.95	0.95	0.84
Water content	0.72	0.58	0.56	0.66	0.76	0.90

Table 6 The coefficient of determination(R^2) between biological variation and image information

Item	The image information of unbroken soil samples					
	R	G	B	I	H	S
pH	0.44	0.90	0.65	0.85	0.94	0.02
Bacteria	0.08	0.18	0.08	0.17	0.24	0.00
Actinomyctes	0.30	0.86	0.85	0.79	0.79	0.11
Fungi	0.23	0.76	0.82	0.69	0.88	0.14
Pathogeicta	0.20	0.70	0.71	0.63	0.85	0.13
Item	The image information of broken soil samples					
	R	G	B	I	H	S
pH	0.02	0.10	0.06	0.04	0.03	0.00
Bacteria	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
Actinomyctes	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.03
Fungi	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.08
Pathogeicta	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08

를 독립적인 영상변수를 이용하여 추정할 수 있을 것으로 판단되며, 보다 많은 토양시료를 이용한 관계구명이 필요할 것으로 판단되었다.

시설재배지 내 토양의 교란시료의 생물학적인 변수와 영상변수는 거의 상관관계가 없는 것으로 판단되었으며 대부분의 변수들간의 결정계수는 0.01 이하로 매우 낮게 나타난 것을 알 수 있었다. 따라서 생물학적인 특성을 CCD 카메라로 추정하기 위해서는 재배지 토양을 교란시키지 않고 그대로 이용하여야 한다는 것을 알 수 있었다.

4. 요약 및 결론

시설재배지 토양에 대한 생물·물리적 환경변수를 추정하기 위한 영상처리시스템을 제작하였다. 먼저 작물을 재배 중에 있으며, 각기 반경 5km 이상 떨어진 지역 5개소에 대해 토양시료를 채취하여 물리, 생물학적인 변수를 측정된 후, 이 토양시료를 대상으로 CCD 카메라를 이용하여 컬러특성을 획득하였다. 그리고 이들과의 상관관계를 분석한 결과는 다음과 같다.

1) 시설재배지 5개소의 토양 밀도는 전체적으로 약 1.2 kg/m³에서 1.5 kg/m³으로 나타났으며, 함수율은 약 15.9%에서 27.2%범위로 나타났다. 또한

조사 지역은 대부분 입경이 2 mm 이상인 모래성분이 80% 이상으로 나타났으며, 화성시의 시설재배지 토양의 경우, 0.074 mm 이상 2 mm 이하인 실트성분이 약 14% 함유되어 있는 것으로 나타났다.

2) 시설재배지 내의 토양을 채취하여 실내에서 토양내 미생물농도를 중심으로 생물학적인 변수를 측정된 결과, 토양의 pH는 5.25에서 6.67까지의 분포를 보였다. 전체적으로 산성화가 진행된 것으로 판단되며, 화학비료와 농약의 살포에 따른 pH 감소는 농가에서 관심을 가져야 할 것으로 판단되었다.

3) 시설재배지 토양을 토양채취기를 이용하여 채취하였으며, 채취한 시료를 실험실내에서 임의로 제작한 영상분석기를 통하여 영상변수를 분석한 결과, 전체적으로 불교란시료에 비해서 교란시료가 높게 나타난 것을 알 수 있었다.

4) 시설재배지 내의 토양의 물리적 특성과 영상변수와의 관계를 살펴보면 가밀도와 불교란시료의 컬러특성 R값, S값과의 결정계수가 각각 0.82, 0.84로 가장 높게 나타났으며, 다른 영상변수와의 결정계수는 0.3 이하로 매우 낮게 나타났다. 또한 교란시료의 영상정보와 가밀도의 상관관계는 S값을 제외하고는 모두 0.9이상 높게 나타났으며, G값의 경우에는 0.97로 가장 높은 결정계수를 나타냈다. 따라서 G값을 포함한 영상정보를 이용하여 토양의

가밀도 추정은 가능할 것으로 판단되었다.

5) 시설재배지 내의 토양의 생물학적인 특성과 영상변수와의 관계를 비교해 본 결과, 전체적으로 상관관계가 낮은 것으로 나타나 시설재배지 내 토양의 교란시료의 생물학적인 변수와 영상변수는 거의 상관관계가 없는 것으로 판단되었다. 따라서 생물학적인 특성을 CCD Camera로 추정하기 위해서는 재배지 토양을 교란시키지 않고 그대로 이용하여야 한다는 것을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

1. Richard T. L. and H. L. Choi. 1996. Optimizing the composting process for moisture removal : theoretical analysis and experimental results. ASAE Paper No. 964014. ASAE, St. Joseph, MI., USA.
2. Sudduth K. A. and J. W. Hummel. 1991. Evaluation of reflectance methods for soil organic matters. Trans. of the ASAE. Vol. 34. 1900-1909.
3. 谷山一郎, 芝山道郎. 1989. 近赤外反射分光法による土壤水分の定量分析. 土壤の物理性. Vol. 59. 28-34.
4. 井上直人, 湊井貴之. 1991. 近赤外反射分光法による土壤中の全窒素, 全炭素および抽出有機態窒素の測定. 北陸作物學會報. Vol. 78. 105-108.
5. 남재작. 1999. NIR을 이용한 부산물 퇴비의 비파괴 분석법 연구. 농업과학기술원보고서.
6. 토양미생물연구회편. 1992. 토양미생물실험법. 동경월드사이언스 발행.