

## 토양색을 리용한 토양화학특성평가와 토양구분에 대한 연구

소명철, 김시춘

위대한 수령 김일성 동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《종합대학 생물학부에서는 우리 나라 토양에 대한 조사분석사업을 잘하여 토지를 개량하기 위한 합리적인 방도들을 찾아내야 하겠습니까.》(《김일성전집》 제18권 156페이지)

주체농법의 요구대로 적지적작, 적기적작의 원칙을 철저히 구현하며 과학적인 영농공정과 방법을 확립하기 위해서는 지력상태에 대한 과학적인 평가와 그에 따르는 토지등급화를 잘하는것이 매우 중요하다.

토양의 물질적조성과 특성에 따라 토양의 색이 크게 차이나며[3, 7, 8] 토양속에서 일어나는 대부분의 화학반응과 생물학적과정들도 토양색의 변화를 동반하므로 토양색은 토양의 종류와 지력의 차이를 가장 잘 반영하는 지표의 하나로 된다.[3, 5-8]

토양색을 리용하여 토양을 분류하고 지력상태를 평가하기 위한 연구들이 적지 않게 진행되고[1-3, 5-8] 다른 모든 물체들의 색평가와 마찬가지로 여러가지 색도계를 리용하여 토양색을 정량적으로 평가하기 위한 시도들[1, 3-6]이 있지만 아직까지 토양색을 RGB색체계나 CMYK색체계로 평가하여 토양구분이나 지력상태평가에 적용한 자료들은 많지 못하다.

이로부터 우리는 토양의 색특성값을 리용하여 지력상태를 평가하고 토지를 등급화할수 있는 기초적문제를 밝히기 위한 연구를 하였다.

### 재료 및 방법

연구대상토양과 시료채취 서부 저지성평야토양지대에 위치한 황해북도 사리원시 미곡리에 분포되어있는 갈색논토양과 평양시 순안구역에 분포되어있는 하성충적지발토양들로서 120개의 표본들을 연구대상으로 하였다. 토양시료는 해당 구역의 강수량을 무시(<1mm) 할수 있는 시기에 원통형시료채취기(체적 100cm<sup>3</sup>)를 리용하여 우연적으로 10개이상의 지점에서 채취하고 즉시 하나의 수지주머니에 넣어 혼합한 다음 방안조건에서 바람말림시키고 2mm채로 쳐서 리용하였다.

토양화학특성량결정 토양pH는 1.0mol/L KCl침출(침출비 1:2.5)-pH미터법[3, 4], 토양부식함량은 중크롬산칼리움체적분석법으로, 가동성질소함량은 알칼리물작용분해-미량확산법으로, 가동성린함량은 0.2mol/L HCl침출(침출비 1:5)-몰리브덴청비색법으로 결정하였다.

토양색의 측정과 특성값의 결정 토양시료들을 직경 3cm, 깊이 2cm정도 되는 수지병 뚜껑에 담고 결면을 수평으로 고른 다음 야간촬영방식에서 시료와의 거리를 1m로 보장하면서 수자식사진기(《Olympus Camedia》)로 사진찍었다. 찍은 때 영상을 자체로 작성한 해당한 프로그램에 불러들인 다음 화상의 임의의 위치에 지시자를 정지시키는 방법으로 RGB와 CMYK의 값들을 10반복으로 결정하였다.

통계적분석 Microsoft office 2010과 Statistica 6.0을 리용하여 측정자료들의 평균값, 표준편차, 변동률 등을 계산하였으며 유클리드거리류사성척도를 리용한 Q형무리분석법(Ward법)으로 무리분석을 진행하였다.

## 결과 및 논의

### 1) 몇가지 농경지들에서 색특성값의 분포특성

관측되는 토양의 색은 토양자체의 물질조성뿐만아니라 물기함량과 다짐상태, 결면상태에도 관계된다. 이로부터 바람달림시킨 토양시료들을 서로 다른 정도로 다진 경우 토양색 특성값들의 변화를 보았다.(표 1)

표 1. 몇가지 토양시료들의 다짐정도가 색특성값에 주는 영향

토양종류	다짐정도	R	G	B	C	M	Y	K
하성충적지 밭토양	약하게 다짐.	172.7	154.2	117.8	32.9	34.7	58.6	3.3
	세게 다짐.	178.4	161.1	125.4	32.1	32.6	55.0	2.2
	변화률/%	3.3	4.5	6.5	-2.4	-6.1	-6.1	-33.3
	약하게 다짐.	166.4	151.9	121.6	35.6	35.8	54.6	4.2
갈색논토양	세게 다짐.	178.2	163.2	133.7	31.2	31.7	50.3	1.5
	변화률/%	7.1	7.4	10.0	-12.4	-11.5	-7.9	-64.3

n=60

표 1에서 보는바와 같이 토양시료를 세게 다진 경우에 하성충적지밭토양시료에서 RGB 값들은 약간 증가하고 반면에 CMYK값들은 약간 감소하였는데 증가 및 감소률은 다같이 6.5% 이하로서 매우 낮았다. 갈색논토양시료의 경우에도 변화경향성은 비슷하였지만 하성충적지밭토양시료에 비하여 상대적으로 변화가 1.5배이상 더 컸다. 이것은 토양시료결면에서 색측정에 영향을 주는 빈틈들의 면적이 감소하고 토양알갱이들의 자름면적이 늘어나는것과 관련된다고 볼수 있다.

토양색측정에서 시료의 다짐정도의 영향이 크게 나타나는 색특성값은 K값인데 하성충적지밭토양시료와 갈색논토양시료에서 세게 다진 경우에 각각 약 33, 64%나 작아졌다. 그러므로 토양의 색측정에서는 빈틈의 영향을 최대한 줄이도록 시료를 최대한 다지는것이 중요하다고 볼수 있다.

물질적조성이 불균일한 토양시료면에서 색측정값들은 일정한 변동성을 가진다.(표 2)

표 2. 몇가지 토양들의 색특성값

토양종류	지표	R	G	B	C	M	Y	K
하성충적지 밭토양	평균값	178.4	161.1	125.4	32.1	32.6	55.0	2.2
	분산	11.0	7.5	9.9	4.4	4.2	4.5	1.2
	변동률/%	6.1	4.7	7.9	13.7	13.0	8.2	56.4
갈색논토양	평균값	178.2	163.2	133.7	31.2	31.7	50.3	1.5
	분산	10.0	7.1	8.0	4.0	2.7	4.1	1.1
	변동률/%	5.6	4.4	6.0	12.9	8.6	8.1	71.6

n=60

표 2에서 보는바와 같이 연구대상으로 한 토양시료에서 CMYK값들의 변동률은 RGB 값들의 변동률보다 상대적으로 크며 특히 K값의 변동률은 약 50%이상으로서 다른 특성값에 비해 5~10배나 더 컸다. K값이 주로 검은색과 관련된 특성값이라는 사실로부터 토양색에서 어두운 색물질들의 영향이 상대적으로 세게 나타날수 있다고 볼수 있다.

우의 실험결과와 함께 일반적으로 변동률이 큰 특성량일수록 지력에 미치는 영향이 크고 불투명한 물질들로 이루어진 색평가에서는 투과빛에 기초한 RGB색체계보다 흡수 및

표 3. 발토양에서 토양색특성량들 사이의 상관결수

지표	C	M	Y	K
R	-0.01	0.21	0.58*	-0.52*
G	0.09	0.22	0.60*	-0.49*
B	0.24	0.32*	0.61*	-0.36*

하성충적지발토양(평양시 순안구역),  
n=60, \*  $p < 0.05$

반사빛에 기초한 CMYK색체계가 보다 효과적이라는 사실로부터 토양색평가에 CMYK색체계를 리용하는것이 합리적이라고 볼수 있다.

실제로 연구대상토양들에서 RGB색체계와 CMYK색체계사이에는 상관성이 낮았다.(표 3)

표 3에서 보는바와 같이 RGB값들과 CMYK 값들사이의 상관성은 낮으며 특히 RGB값들과 C, M 값들과의 상관결수는 0.2이하로서 매우 낮았고 유의성도 나타나지 않았다.

## 2) 토양색특성값과 화학적특성량들사이의 관계

토양색에 직접적인 영향을 주는 토양광물조성, 어두운 색물질함량, 철산화물조성 등과 밀접한 관계를 가지는 몇가지 화학적특성량들과 토양색특성량들사이의 상관관계를 보았다.(표 4)

표 4. 토양의 몇가지 화학적특성량들과 토양색특성량들사이의 상관결수

토양종류	지표	pH <sub>KCl</sub>	부식함량	가동성 질소함량	가동성 린함량
하성충적지발토양	R	-0.26*	-0.36*	-0.30*	-0.56*
	G	-0.22	-0.33*	-0.26*	-0.53*
	B	-0.08	-0.19	-0.12	-0.43*
	C	0.82*	0.77*	0.80*	0.54*
	M	0.82*	0.76*	0.80*	0.47*
	Y	0.48*	0.38*	0.44*	0.08
	K	0.92*	0.96*	0.94*	0.91*
	R	-0.18	-0.35*	-0.24	-0.46*
갈색논토양	G	-0.14	-0.31*	-0.20	-0.42*
	B	-0.03	-0.19	-0.09	-0.31*
	C	0.83*	0.74*	0.80*	0.60*
	M	0.83*	0.74*	0.80*	0.57*
	Y	0.58*	0.44*	0.53*	0.26*
	K	0.83*	0.92*	0.87*	0.94*

하성충적지발토양(평양시 순안구역), 갈색논토양(사리원시 미곡리), n=60, \*  $p < 0.05$

표 4에서 보는바와 같이 하성충적지발토양과 갈색논토양에서 화학적특성량들과 토양색 특성량들사이의 상관결수는 색체계에 따라 크게 차이났다.

하성충적지발토양과 갈색논토양에서 RGB값들과 pH, 부식함량, 가동성질소함량, 가동성 린함량사이에는 부의 상관관계가 존재하는데 그 상관결수도 가동성린함량을 제외하고는 모두 작았으며 대부분 유의성도 나타나지 않았다. 그러나 CMYK값들은 pH, 부식함량, 가동성 질소함량, 가동성린함량과 매우 밀접하고 유의한 정의 상관관계를 보여주었다.

화학적특성량들과 Y값과의 상관성은 하성충적지발토양에서 비교적 약하고 특히 가동성 린함량과의 상관결수는 0.08로서 유의성도 나타나지 않았지만 갈색논토양에서는 매우 밀접하고 유의한 정의 상관관계를 보여주었다.

이와 같이 토양의 화학적특성량들을 평가하는데서 RGB값들보다 CMYK값들이 보다 효과적으로 리용될수 있다.

이것은 연구대상으로 한 논발토양들에서 개별적인 화학적특성량들과 RGB, CMYK 값들사이의 회귀분석결과를 놓고도 잘 알수 있다.(표 5)

표 5. 논밭토양의 화학적특성량들과 RGB, CMYK값들사이의 회귀분석결과

지표	회귀결수	pHKCl	부식합량	가동성 질소합량	가동성 린합량
	$\beta_0$	97.09	96.14	96.16	116.65
R	$\beta_1$	-0.17	-0.15	-0.15	-0.21
G	$\beta_2$	-0.77*	-0.79*	-0.80*	-0.68*
B	$\beta_3$	0.38*	0.39*	0.40*	0.27
	$R^2$	0.49	0.49	0.49	0.48
	$\beta_0$	20.48	18.12	21.86	4.11
C	$\beta_1$	-0.19*	-0.21*	-0.21	0.106
M	$\beta_2$	-0.08	-0.07	-0.07	0.038
Y	$\beta_3$	-0.07*	-0.08*	-0.09	-0.04
K	$\beta_4$	1.31*	1.32*	1.33	0.80*
	$R^2$	0.99	0.99	0.99	0.81

\*  $p < 0.05$

표 5에서 보는바와 같이 하성충적지밭토양에서 화학적 특성량들과 RGB값사이의 회귀식들의 적합도는 0.48~0.49로서 작았지만 CMYK값사이의 회귀식들의 적합도는 0.81~0.99로서 매우 높았다. 마찬가지로 갈색논토양에서도 화학적 특성량들과 CMYK값사이의 회귀식들의 적합도는 0.92~0.99로서 RGB값사이의 회귀식들의 적합도(0.61~0.62)에 비해 훨씬 더 높았다. 그러므로 논밭토양들에서 CMYK값들에 기초하여 토양의 화학적 특성량들을 높은 적합도로 예측할수 있다고 볼수 있다.

### 3) 토양색특성량에 의한 토양구분

주요한 몇가지 토양특성량들을 토양색특성값들에 의해 평가할수 있는 조건에서 CMYK값들을 리용하여 토양을 구분하기 위한 연구를 하였다.

연구대상으로 한 하성충적지밭토양의 CMYK값들에 기초하여 진행한 무리분석결과는 그림 1, 표 6과 같다.

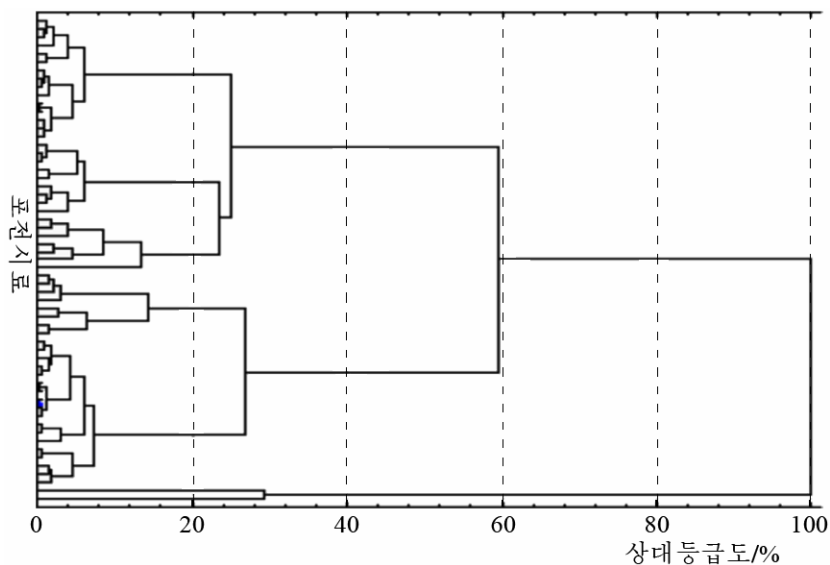


그림 1. 토양의 CMYK값들에 기초하여 진행한 무리분석그래프  
갈색논토양,  $n=60$

그림 1에서 보는바와 같이 연구대상으로 한 갈색논토양포전들은 상대등급수준 45% 이상에서 3개 무리로 구분되었으며 이것은 토양의 화학적특성값들에 기초하여 진행한 무리 분석결과와 일치하였다.(그림 2)

표 6. 토양의 CMYK값들에 기초한  
무리별특성값

무리 구분	지표 구분	평균값	표준 편차	변동률 /%
무리 1	C	28.2	1.5	5.3
	M	28.2	1.5	5.3
	Y	27.7	2.2	7.9
	K	32.2	4.2	13.0
무리 2	C	34.0	1.5	4.3
	M	33.4	2.0	6.0
	Y	52.3	2.0	3.8
	K	2.7	0.9	33.8
무리 3	C	38.0	2.3	5.9
	M	39.5	2.3	5.7
	Y	58.4	3.5	6.1
	K	6.6	1.4	21.2

갈색논토양, n=60

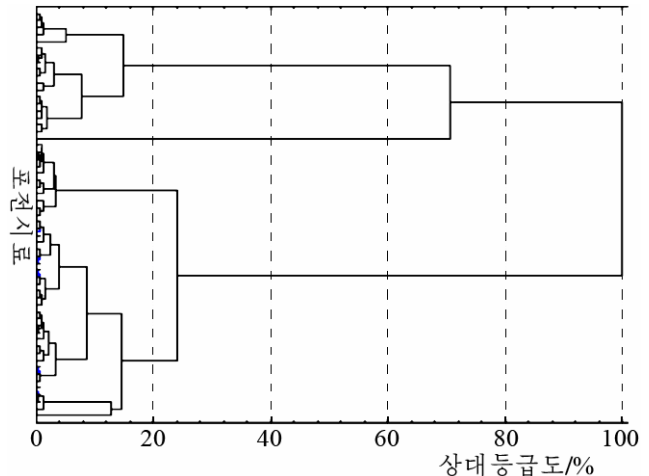


그림 2. 토양의 화학적특성값들에 기초하여  
진행한 무리분석그래프  
갈색논토양, n=60

표 6에서 보는바와 같이 매 무리들에서 CMYK값들의 변동률은 초기(표 2)에 비해 훨씬 감소하였으며 이로부터 토양색특성량들인 CMYK값들에 의해 토양의 화학적특성량들을 비교적 정확히 평가할수 있으며 CMYK값들을 지력상태를 구분하는데 리용할수 있다는것을 보여준다.

## 맺 는 말

- 1) 연구대상으로 한 논밭토양의 CMYK값들의 변동률은 RGB값들의 변동률보다 상대적으로 크며 특히 K값의 변동률은 약 50%이상으로서 다른 특성값에 비해 5~10배나 더 크다.
- 2) 연구대상으로 한 논밭토양에서 화학적특성량들과 RGB값사이의 회귀식들의 적합도는 0.48~0.62로서 작지만 CMYK값사이의 회귀식들의 적합도는 0.81~0.99로서 매우 크다.
- 3) CMYK값들을 리용하여 토양포전들을 화학적특성량들의 류사성에 따라 쉽게 구분할수 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] E. Escadafal et al.; Remote Sensing Environ., 27, 37, 1989.
- [2] R. Z. Fernandez et al.; Soil Sci. Soc. Am. J., 51, 1277, 1987.
- [3] J. Torrent et al.; Laboratory Measurement of Soil Color: Theory and Practice in Soil Color, Madison, Wisconsin, 21~34, 1993.
- [4] K. L. Yam et al.; J. Food Eng., 61, 137, 2004.

- [5] Roxanne Stiglitz et al.; Computers and Electronics in Agriculture, 121, 141, 2016.
- [6] N. P. Kirillova et al.; Computers and Electronics in Agriculture, 155, 378, 2018.
- [7] 吕贞龙 等; 系统工程理论与实践, 9, 166, 2008.
- [8] 沈汉; 华北农学报, 5, 3, 63, 1990.

주체110(2021)년 4월 5일 원고접수

## **On Evaluation of Soil Chemical Properties and Soil Classification Using Soil Color**

*So Myong Chol, Kim Si Chun*

The basic problems in evaluation of soil fertility and land classification using soil color have been revealed.

Brown paddy field and fluvial alluvion field are used in soil color estimation.

The variability of CMYK values in cultivated fields is relatively greater than one of RGB values and especially the variability of K value is more than about 50% (5~10 times of other color characteristics). And in these soils the fitness of regression formula between soil chemical properties and RGB values is small as 0.48~0.62 but one between soil chemical properties and CMYK values is very great as 0.81~0.99. Thus the fields can be readily classified according to soil chemical properties using soil CMYK values.

Keywords: Soil color, soil classification, RGB, CMYK, evaluation of soil fertility