

## 퇴적암 유래 농경지 토양에 대한 카테나 해석\*

손연규<sup>1\*</sup> · 이동성<sup>1</sup> · 김근태<sup>1</sup> · 현병근<sup>1</sup> · 전해원<sup>1</sup> · 전상호<sup>1</sup>

### Interpretation of Soil Catena for Agricultural Soils derived from Sedimentary Rocks\*

Yeon-Kyu SONN<sup>1\*</sup> · Dong-Sung LEE<sup>1</sup> · Keun-Tae KIM<sup>1</sup>  
Byung-Keun HYUN<sup>1</sup> · Hye-Weon JUN<sup>1</sup> · Sang-Ho JEON<sup>1</sup>

#### 요 약

본 연구에서는 퇴적암 유래 농경지 토양의 카테나의 정량적, 객관적인 해석을 위해 세부정밀토양도(축적 1:5,000)의 속성자료 중 토양통자료를 이용하여 지리정보시스템(ArcGIS, ESRI, US)과 R 통계분석프로그램을 이용하여 분석하였다. 분석에 사용된 토양통의 인접한 토양통 길이 산정을 위해 GIS 프로그램의 Buffer 기능을 이용하여 각 토양통에 폭 1m의 buffer를 형성하고 인접한 토양통들의 buffer 면적과 이를 이용하여 길이를 산출하였다. R 통계분석프로그램을 이용하여 각각의 토양통별로 인접한 토양통의 면적을 비율로 환산하고, 그 값을 기준으로 입체군집기준(Cubic Clustering Criterion)을 이용해 군집의 개수를 선정하였다. 군집의 수를 선정 후 인접 토양통의 비율을 이용해 군집분석을 수행하여 퇴적암 유래 농경지 토양들의 유사성 분석을 시도하였다. 군집분석 결과 퇴적암 지대별로 암석의 종류에 따라 입경분포가 다르게 나타나 사양질 토양은 주로 사암 모재, 식양질 토양은 혈암 모재, 미사식양질 내지 식질의 토양은 석회암 모재로 구별되어, 석회암 < 혈암 < 사암의 순이었다. 한편, 혈암유래 농경지 토양은 적색혈암과 회색혈암으로 구분되고, 적색혈암은 사양질과 식양질, 회색혈암은 식양질과 미사식양질이 주로 분포하는 것으로 나타났다. 토양연접군에 대한 정량적인 해석을 의미하며, 이러한 분석방법들을 통한 해석으로 토양통들의 입경분포, 특히 점토함량에 따른 연관성 분석을 할 수 있었고, 분포위치와 모암에 대한 연관성에 대해서는 보다 심도있는 연구가 필요할 것으로 보여진다.

**주요어 :** 토양 연접군, 토양도, 군집분석, 지리정보시스템

2017년 9월 19일 접수 Received on September 19, 2017 / 2017년 10월 24일 수정 Revised on October 24, 2017 / 2017년 10월 30일 심사완료 Accepted on October 30, 2017

\* 본 연구는 농촌진흥청 연구사업의 지원에 의해 이루어진 것임(세부과제번호 : PJ012707). This study was conducted with the support of the "Cooperative Research Program for Agriculture Science & Technology Development (Project No. PJ012707)," Rural Development Administration, Republic of Korea.

1 농촌진흥청 국립농업과학원 National Institute of Agricultural Science

\* Corresponding Author E-mail : sonnyk@korea.kr

## ABSTRACT

In Korea, the soil series derived from sedimentary rocks are classified into seven soil series of coarse loamy soil such as Dain, Danbug, Dongam, Imdong, Jeomgog, Maryeong, and Yonggog; seventeen soil series of fine loamy soil such as Angye, Anmi, Banho, Bigog, Deoggog, Dogye, Dojeon, Gamgog, Gugog, Jincheon, Maji, Mungyeong, Oggye, Samam, Yanggog, Yeongwol, and Yulgog; six soil series of fine silty soil such as Goryeong, Bonggog, Juggog, Gyeongsan, Yuga, and Yugog; and four soil series of clayey soil such as Mitan, Pyeongan, Pyeongjeon, and Uji. All thirty-four soil series have different drainage rates and topography. However, the soil texture depends on the parent rock. The buffer functions in GIS (Geographic Information System) techniques were used to calculate adjacent soil series from a soil series. The length of the adjacent soil series was adjusted because a side of the buffer area was one meter long. The cluster analysis was conducted using the CCC (Cubic Clustering Criterion) method, in which the number of clusters is calculated based on the individual soil series ratio. Soil survey has been carried out since 1964 as "The reconnaissance soil survey", and 1:5,000 detailed soil survey was completed in 1999 with a five-years plan in Korea. Today, all the soil survey information has been computerized. GIS techniques were used to establish a digital soil map; however, there have not been any studies to interpret pedogenesis using the GIS technique. In this study, the area of the adjacent soil series were obtained using the GIS technique. The area of the adjacent soil series can be calculated based on the information area. The similarities of soil originated from sedimentary rocks were estimated using the length. As a result, the distribution of grain size was different based on the types of sedimentary rocks and the location. The clusters were distinguished into limestone, sandstone, and shale. In addition, the soil derived from shale was divided into red shale and gray shale. This means that quantitative interpretation of the catena and this established method can be used to interpret the relationship between soil series.

**KEYWORDS :** *Soil Catena, Soil Map, Cluster Analysis, GIS*

## 서 론

Soil Catena(토양연접군)는 동일한 모재에서 유래된 일련의 토양이 미세지형에 따라 연속적으로 분포되는 것을 말한다. 토양은 크게 경사지와 평탄지로 구분할 수 있으며, 경사지는 산악지, 구릉지 및 저구릉지 등에서부터 산록경사지, 곡간지 및 선상지까지인데 모재를 알게 되면 주변의 토양에 대한 입경분포(particle distribution)의 예측이 가능하며, 주변의 모재가 동일하다면 이러한 경사지에서는 지형의 분포에 따

라 어느 정도 이 토양연접군을 따르게 된다 (RDA, 2007). 초기의 catena 개념은 토양 맵핑 기법과 토양 지형 형성 모델로 토양의 차이를 설명하는 요소들을 통합할 뿐만 아니라 육지 표면, 지질학, 침식, 퇴적물 이동 및 발달 과정의 시간적 개념에 초점을 맞추고 있다(Ruhe, 1975).

카테나에 대한 연구는 토지 형성의 지리적 모델로서 토양표면의 기본 골격(skeleton)을 재검토하기 위해 과거 조사지역의 재조사를 통해 지형 모델링 및 다변량 공간분석을 적용하여 검토한 결과, 배수와 퇴적에 따라 적용여부가 달라지는 것을 확인하였으며(Brown *et al.*, 2004),

Ryan *et al.*(1999)은 토양 속성의 공간적 분포를 예측하기 위해 디지털 지형 분석 및 항공 감마 방사성 원격 탐사의 양적 환경 변수를 사용하여 상관관계를 분석한 결과 기존토양모델과 비교하여 보다 세부적으로 공간을 예측하는 것으로 조사되었다. 또한 보다 효율적인 토양관리를 위한 비전문가의 정보활용을 돕기 위해 토양 조사자료 정보의 접근법 개발을 목표로 사용자의 목적에 맞게 토양 조사자료를 활용할 수 있도록 모델을 적용하기도 하였다(Grealish *et al.*, 2015). 국내 토양 조사에 대한 연구는 토양조사의 목적에 따라 농경지 특히 논 농경지의 효율적 활용을 위한 조사 분류, 해설 연구가 활발히 진행되어 왔으며(Jung *et al.*, 1982; Jung *et al.*, 1986; Yun, 2009), 답전윤환 토양의 분류(Jung *et al.*, 1994), 밭 토양에서의 비옥도 관리그룹(Jung and Yun, 1990) 등이 진행되어 왔다. 또한 산림토양의 분류 및 해설 (Lee *et al.*, 2009)과 농경지 확보방안으로 마련된 간척지 토양분류(Sonn *et al.*, 2006)가 연구되었다. Park *et al.*(2010)은 토양분류법중 구분류법과 신분류법에 근거한 대군의 공간적 분포확인하고 토양형성과 환경오인의 상관관계를 분석한 결과 예측변수의 차이를 확인하였다.

퇴적암은 지구 표면의 75%를 차지하는 가장 일반적인 암석으로, 다른 암석에서 기인한 입자가 물에 의해 이동되어 퇴적 후 재결합되어 형성된다. 내륙에서 바다의 방향으로 가장 굵은 입자인 모래와 자갈이 함께 굳어져 역암으로 되며, 그 다음 멀리 석영모래가 바닷물의 칼슘과 철에 의해 사암으로 고결되고, 보다 가는 입자인 미사(Silt)가 퇴적되어 혈암으로 고결되며, 가장 멀리 탄산석회질의 껍데기를 분비하는 생물에 의해 침전 고정되는 석회암이 대표적인 예로 들 수 있다(Brandy, 2013).

최근 정보통신분야의 비약적인 성장에 따라 연구분야에서는 조사와 분석에 따른 양적 데이터확충에서 다양한 분야와 접목과 활용중심으로 방향이 전환되고 있다. 토양조사·분류·해설 분야에서는 통계프로그램과 지리정보시스템(Geographic Information System; GIS)의 발달로

인해 자료의 통계적 접근과 지리적 접근의 연관성을 해결할 수 있는 근거가 마련되고 있는 실정이다. Yoo *et al.*(2010)은 주성분 분석과 요인분석을 활용하여 우리나라 가뭄분석에 활용하여 구분하였다. Kwak *et al.*(2017)은 라돈의 공간분포도 작성을 위해 단변량 크리깅 기법을 비교 연구한 바 있다. Sonn *et al.*(2008)은 다차원척도법을 이용하여 우리나라 퇴적암 유래토양의 분류 및 해설을 연구하였다. 또한 Sonn *et al.*(2015)은 화강암 유래토양의 인접길이를 이용하여 GIS 분석 및 통계처리를 통하여 군집분석을 수행하여 화강암 유래토양의 카테나를 해석하기 위해 토성에 따라 2개의 군집으로 분류하여 토양카테나를 정량적으로 해석하였다.

토양의 카테나를 이해하는 것은 매우 중요하며, 그 동안은 전세계적으로 토양조사가 되어있는 나라도 많지 않고, GIS를 이용하여 카테나를 분석한 예가 없었다. 우리나라의 책자에서도 연접 토양에 대한 언급이 토양통마다 되어 있으나 이는 이론에 근거한 자료이며, 실 데이터에 근거한 자료를 추가하는 것이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 국내 퇴적암 유래 농경지 토양의 카테나에 대한 정량적, 객관적 분석을 위해 세부정밀토양도(축적 1:5,000)의 속성 자료인 토양통 정보를 기반으로 하여 토양통별 인접한 토양통의 연관성을 분석하였다. 이를 위해 GIS프로그램(ArcGIS 10.1, ESRI, USA)의 Buffer 기능을 활용하여 인접한 토양통의 면적을 산정하고 이를 기반으로 R 통계프로그램을 이용하여 군집분석을 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 토양연접군의 정량적 계산

지형에 따른 토양의 연속적 분포 특성을 객관적 자료 확보를 위하여 농촌진흥청에 구축되어 있는 세부정밀토양도(RDA, 1:5,000)의 전산화 자료를 활용하였다. 우리나라 전체 토양통은 405개로 되어 있으나 퇴적암 유래 농경지 토양통 34개를 대상으로 GIS프로그램 (ArcGIS 10.1,

US)의 Table join, Dissolve, Buffer와 Clip 기능을 이용하였다.

우리나라의 토양분류는 미국의 Soil Taxonomy(USDA)를 따르고 있으며, 상위단계에서부터 목(Order) - 아목(Sub-order) - 대군(Great group) - 아군(Sub-group) - 속(Family) - 통(Series)으로 구분한다. 그러나 그 이전의 조사 방식을 더 추가하여 통 밑의 단계에 구(Type) - 상(Phase)까지 구분하여 토양도는 상(Soil phase) 단위로 되어 있다. 토양연접군의 해석을 위해서는 배수등급과 토성이 중요하므로 이를 포괄할 수 있는 토양통의 자료로 축약이 필요하였다. Table Join을 이용하여 토양상(Soil phase) 단위의 세부정밀토양도를 토양통(Soil series) 단위로 병합한 뒤 Dissolve를 통해 토양통별 한 개의 polygon으로 통합하였다. Buffer를 이용하

여 토양통별 폴리곤의 바깥쪽으로 1m의 buffer를 설정한 뒤 인접토양의 폴리곤과 겹치는 면적을 Clip 기능을 이용하여 산출하였다. 이 면적들은 한변의 길이가 1m이기 때문에 면적( $m^2$ )과 길이(m)가 같은 값으로 볼 수 있다. 토양통별로 인접 토양통들의 길이를 산출한 뒤 그 각 토양통의 인접 토양통의 비율을 산정하여 그 값을 기반으로 R 통계분석 프로그램을 이용하여 군집 분석을 실시하였다. 군집분석의 결과를 가지고 토양연접군에 대한 해석을 수행하였으며 작업 순서도는 그림 1과 같다.

분석에 사용된 토양통은 퇴적암에서 유래된 농경지 대표토양으로 사양질 7개, 식양질 17개, 미사식양질 6개, 식질 4개로 총 34개의 토양통을 사용하였으며 퇴적암 유래 농경지 토양은 그림 2와 같다. 농경지 토양에 대한 배수등급, 토

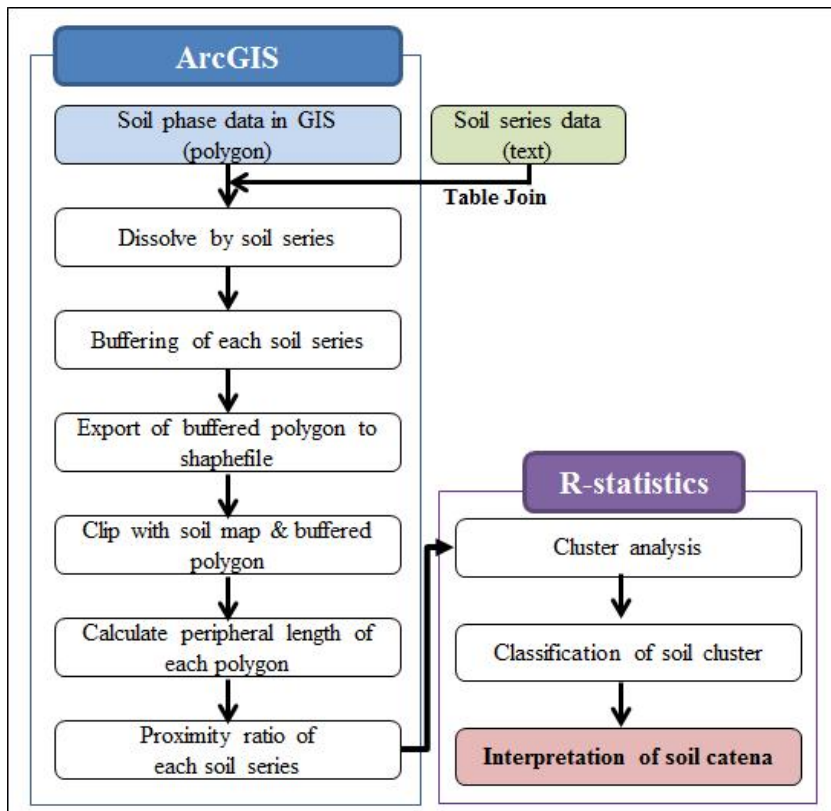


FIGURE 1. Analytical process of soil catena interpretation

## SOIL SERIES

■ ANGYE	■ DONGAM	■ MAGOG	■ YANGGOG
■ ANMI	■ GAMGOG	■ MAJI	■ YEONGWEOL
■ BANHO	■ GORYEONG	■ MARYEONG	■ YONGGOG
■ BIGOG	■ GUGOG	■ MITAN	■ YUGA
■ BONGGOG	■ GYEONGSAN	■ MUNGYEONG	■ YUGOG
■ DAIN	■ IMDONG	■ OGGYE	■ YULGOG
■ DANBUG	■ JEOMGOG	■ PYEONGAN	
■ DEOGGOG	■ JINCHEON	■ PYEONGJEON	
■ DOGYE	■ JUGGOG	■ SAMAM	
■ DOJEON	■ JUGOG	■ UJI	

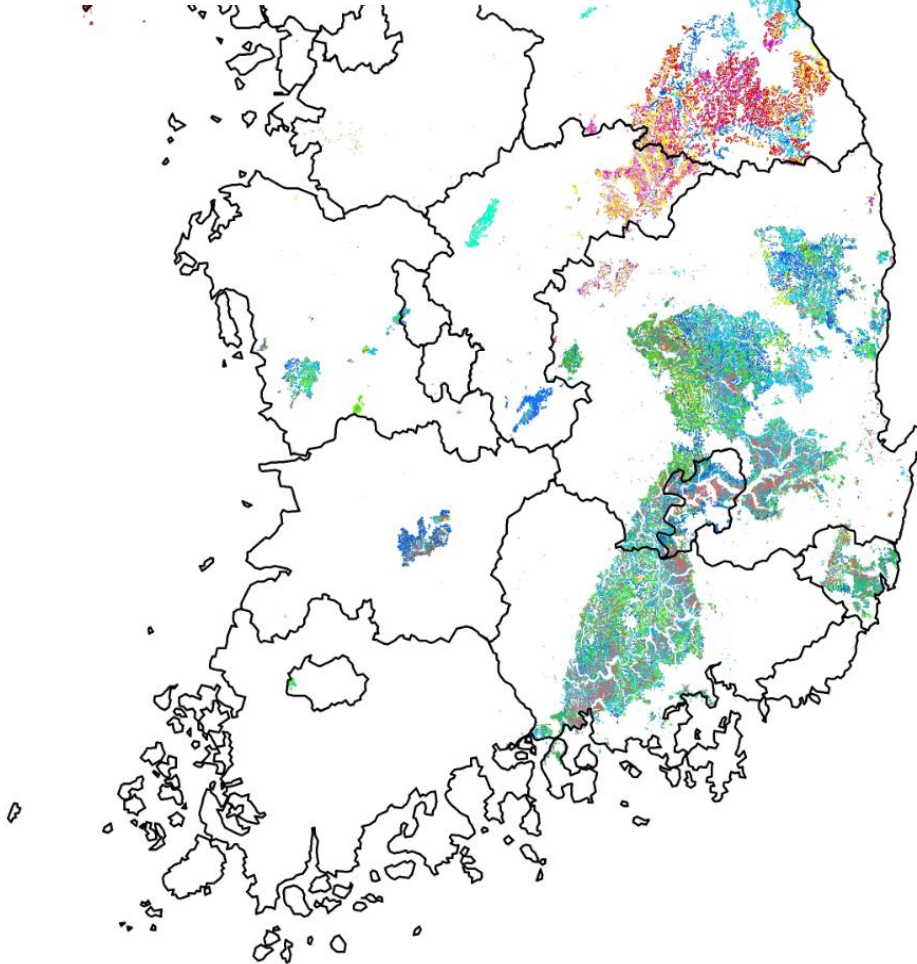


FIGURE 2. Distribution of agricultural soils derived from sedimentary rocks in Korea

지이용, 토성 등의 특성을 표 1에 나타내었다.

군집분석은 다변량 해석방법 중 종속변수가 없이 독립변량만 가지고서 측정치의 유사성에 의해서만 표본을 군집으로 분류하는 방법이다. 여기에서 사용한 군집분석은 측정치를 이용하여 계산한 유사성 또는 비유사성에 따라 다른 군집에 속하는 단위들에 비하여 한 군집에 속하는 단위들이 서로 상대적으로 더 유사한지를 분류하는 것이다(Chae *et al.*, 2005). 군집분석은 ① 군집분석을 위한 속성선택, ② 분석에 사용되는 변수의 표준화, ③ 군집 알고리즘의 선택, ④ 군집간 거리측정방법 선택, ⑤ 군집개수 결정, ⑥ 분석결과 시각화 및 해석 순으로 진행이 된다. 군집 알고리즘은 변수의 속성과 분류목적에 따라 계층적(Hierarchical) 군집분석 방법과 비계층적(Non-hierarchical) 군집분석 방법으로 나눌 수 있다. 계층적 군집분석 방법은 각 군집간의 유사성을 계산하는 방식에

따라 최단연결법(Single linkage method), 최장연결법(Complete linkage method), 중심연결법(Centroid linkage method), 중앙값연결법(Median linkage method), Ward 법(Ward method), 평균결합방식(Average linkage method) 등이 있고, 비계층적 방법은 K-means 군집분석법이 대표적으로 사용되고 있다.

군집간의 거리는 Euclidian 거리가 가장 대표적으로 사용되고 있으며 Manhattan 거리, Pearson 거리 등이 사용되고 있다. 가장 널리 사용되고 있는 Euclidian거리(dij)의 공식은 식 (1)과 같다.

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (q_i - p_i)^2} \quad (1)$$

여기서  $i$ 는 변수번호,  $q$ 와  $p$ 는 변수값이다.

TABLE 1. Catena on representative soils derived from sedimentary rock.

Soil texture (family)	Bed rocks	Series on agricultural soils derived from sedimentary rock.					
		Drainage class					
		Upland		Paddy			
		Well	Moderately well	Moderately well	Imperfectly	Poorly	Very poorly
Coarse loamy	Sandstone	Danbug		Dongam		Jeomgog	
	Red shale	Dain		Maryeong			
Fine loamy		Imdong		Yonggog			
		Anmi		Angye		Mungyeong	
		Banho		Bigog		Yanggog	
		Dogye		Deoggog			
		Dojeon		Gugog			
	Sandstone Gray shale, Red shale, Limestone	Ganggog		Samam			
		Jincheon		Ogye			
		Maji		Yulgog			
		Yeongwol					
					Gyeongsan		
Fine silty	Gray shale, Red shale			Juggog		Bonggog	
						Yuga Yugog	
Clayey	Limestone	Mitan					
		Uji Pyeongan Pyeongjeon					

적정군집의 수를 산정하기 위해 입체군집기준 (Cubic Clustering Criterion, CCC)을 사용하였으며, 이는 관측치가 균일분포를 따른다는 귀무가설 하에서 관측치 R-square 와 근사 기대치 R-square를 비교하여 산출한다. 적정군집의 수는 상대적으로 증가하는 CCC (relatively increasing) 값이나  $CCC > 2$ 이면서 국소 최대값(local maximum value)을 취할 때의 이를 적정 군집의 수로 결정한다. 본 연구에 사용된 CCC의 공식은 식 (2)와 같다.

$$CCC = \ln \left[ \frac{1 - E(R^2)}{1 - R^2} \right] \times k \quad (2)$$

여기서  $E(R^2)$ 은  $R^2$ 의 기대값,  $R^2$ 는 관측된 결정계수,  $k$ 는 분산안정화 변환을 나타낸다. CCC가 양의 큰 값을 가질 때 보다 좋은 군집결

과를 나타내며, 더 큰 값의 CCC는 군집이 1개인 균등분포와 해당 군집 개수일 때 군집 간 분리가 더 큰 차이를 보인다는 것을 의미한다 (SAS Institute Inc., 1983).

본 연구에서는 퇴적암 유래 토양통간의 인접 거리를 변수값으로 군집간의 거리를 Euclidian 거리를 이용하여 Ward 법 (Ward method)을 활용한 계층적 군집분석을 실행하였다. 분석에 사용된 통계프로그램은 R program(ver. 3.3.3, 32 bit)을 사용하였다.

R program의 보다 효율적인 사용을 위해 모델인 ‘RStudio’ 를 활용하였고 군집분석을 수행하였다. 토양통 기본자료를 이용하여 인접된 토양통의 길이를 표준화 한 뒤 ‘nbclust’ 패키지 (Charrad *et al.*, 2014)를 이용하여 계층적 군집분석을 실시하였고 군집의 개수를 결정하였다.

Table 2. Series on agricultural soils by investigation area

Soil texture (family)	Upland soil		Paddy soil	
	Soil series	Area (ha)	Soil series	Area (ha)
Coarse loamy	Dain	4,943	Dongam	881
	Danbug	2,559	Jeomgog	726
	Imdong	430	Maryeong	271
Fine loamy			Yonggog	1,180
	Anmi	7,278	Angye	6,911
	Banho	54,525	Bigog	16,257
	Dogye	27,876	Deoggog	2,557
	Dojeon	2,080	Gugog	1,547
	Gamgog	2,317	Mungyeong	479
	Jincheon	1,603	Oggye	2,885
	Maji	8,471	Samam	735
	Yeongwol	1,157	Yanggog	15,114
Fine silty			Yulgog	605
			Bonggog	720
			Goryeong	378
			Gyeongsan	9,603
			Juggog	987
			Yuga	31,778
Clayey			Yugog	2,202
	Mitan	15,831		
	Pyeonggan	7,454		
	Pyeongjeon	2,501		
	Uji	311		
Total		139,336 (59%)		95,816 (41%)





는 토양통의 개수는 밭토양은 반호(225)가 가장 높은 값을 나타내었고 도계(190), 감곡(117), 안미(108), 미탄(107) 순으로 조사되었다. 논토양의 경우 비곡(177)이 가장 많은 인접 토양통의 개수를 나타내었고 유가(172), 양곡(159), 안계(137) 순으로 나타났다. 논토양과 밭토양 모두 면적이 클수록 인접하는 토양통의 개수 역시 많은 것으로 나타났으며 밭보다는 논에서 긴밀한 연관성을 볼 수 있었다.

퇴적암 유래토양의 34개 토양통간의 인접 길이(=면적)를 조사하였다(표 4). 조사결과 밭토양의 경우 면적과 인접토양통의 개수가 가장 많은 반호통(631ha)이 가장 큰 값으로 나타났으며(논밭토양들이 혼재되어 있음), 도계통(198ha), 안미통(86.3ha), 마지통(83.9ha), 평안통(72.6ha) 순으로 나타났으며, 논토양에서는 유가통(344ha), 비곡통(297ha), 경산통(166ha), 안계통(119ha) 순으로 조사되었다.

퇴적암에서 유래된 토양통간의 인접길이를 기준으로 비율을 산정한 뒤 Euclidean 거리를 이

용하여 Ward's 군집연결법에 의해 군집분석을 수행하여 같이 분류되었다. 군집의 결정을 위해 'nbclust' 패키지를 사용하였고, 군집간의 거리는 Euclidean 거리, 분석방법은 'K-means' 방법으로 분석을 수행한 결과 추천 군집의 수는 3개로 분류되는 것을 확인할 수 있었다. 군집의 수를 결정하기 위해 CCC값을 산출하여 CCC값이 급격히 증가하거나 최대값을 보여줄 때를 군집의 수로 결정을 하는데 'nbclust' 패키지 수행결과 3개의 군집을 분류할 때 가장 급격한 상승분포를 나타내었고, 4개의 군집으로 분류할 때 가장 높은 값을 나타내었다. 따라서 군집은 3개 또는 4개로 분류하는 것이 적당하다고 볼 수 있다(그림 3).

CCC값 산출을 통해 산정한 군집의 수를 3개의 군집으로 분류한 결과는 그림 4와 같으며 첫 번째 군집(Group 1)은 문경, 옥계, 율곡, 평안, 평전, 마지, 영월, 안미, 우지, 도전, 구곡, 미탄 통으로 조사되었고, 두 번째 군집(Group 2)은 동암, 안계, 용곡, 다인, 양곡, 단북, 점곡통으로

TABLE 4. Calculate area of adjacent soil series

Soil texture (family)	Upland soil		Paddy soil	
	Soil series	Area (ha)	Soil series	Area (ha)
Coarse loamy	Dain	47.9	Dongam	18.3
	Danbug	47.8	Jeomgog	11.8
	Imdong	17.0	Maryeong	33.0
Yonggog			21.4	
Fine loamy	Anmi	86.3	Angye	119
	Banho	631	Bigog	297
	Dogye	198	Deoggog	53.7
	Dojeon	18.2	Gugog	41.2
	Gamgog	24.1	Mungyeong	60.0
			Ogye	72.6
	Jincheon	91.0	Samam	67.0
			Yanggog	160
Maji	83.9	Yulgog	10.8	
		Yeongwol	11.4	
Fine silty			Bonggog	10.8
			Goryeong	40.0
			Gyeongsan	166
			Juggog	16.2
			Yuga	344
Clayey			Yugog	34.7
	Mitan	67.4		
	Pyeongang	72.6		
	Pyeongjeon	23.5		
	Uji	0.8		

분류되었으며, 세 번째 군집(Group 3)은 도계, 유가, 덕곡, 반호, 경산, 고령, 비곡, 유곡, 마령, 봉곡, 삼암, 죽곡, 임동, 감곡, 진천통으로 분류되었다. 각 군집의 분류에 따라 토양통의 특성을 비교 검토한 결과 군집의 결과는 퇴적암의

종류에 따라 분류되는 것을 확인할 수 있었다. Group 1은 석회암, Group 2는 사암, Group 3은 혈암으로 분류되었으며, Group 3은 다시 세분하면 적색혈암과 회색혈암으로 분류되는 것을 확인하였다.

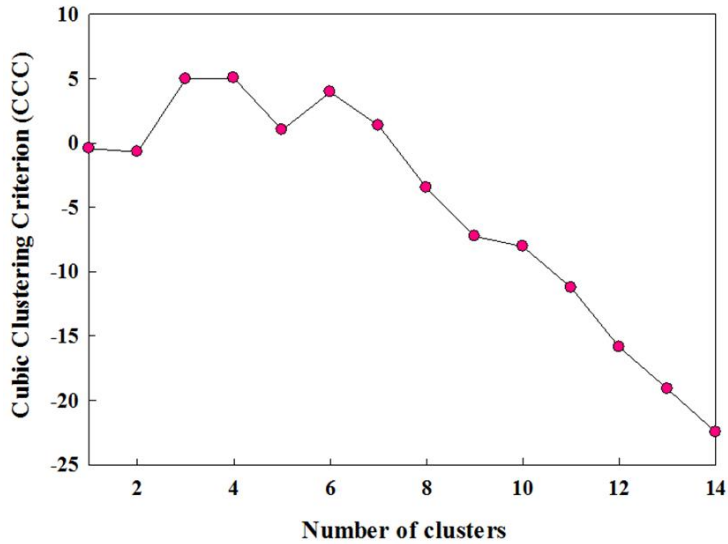


FIGURE 3. The CCC value with number of clusters

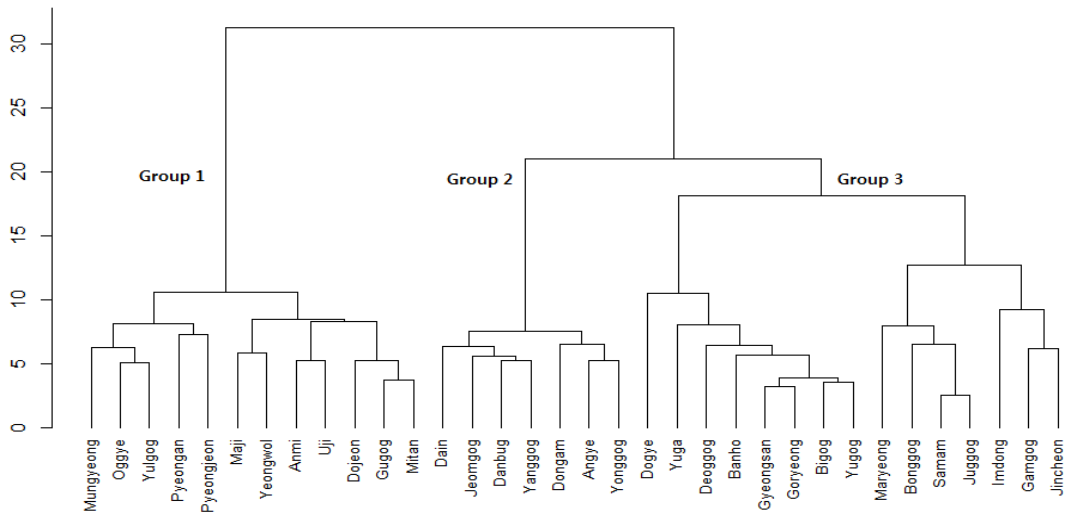


FIGURE 4. The dendrogram of Ward' s minimum variance cluster analysis

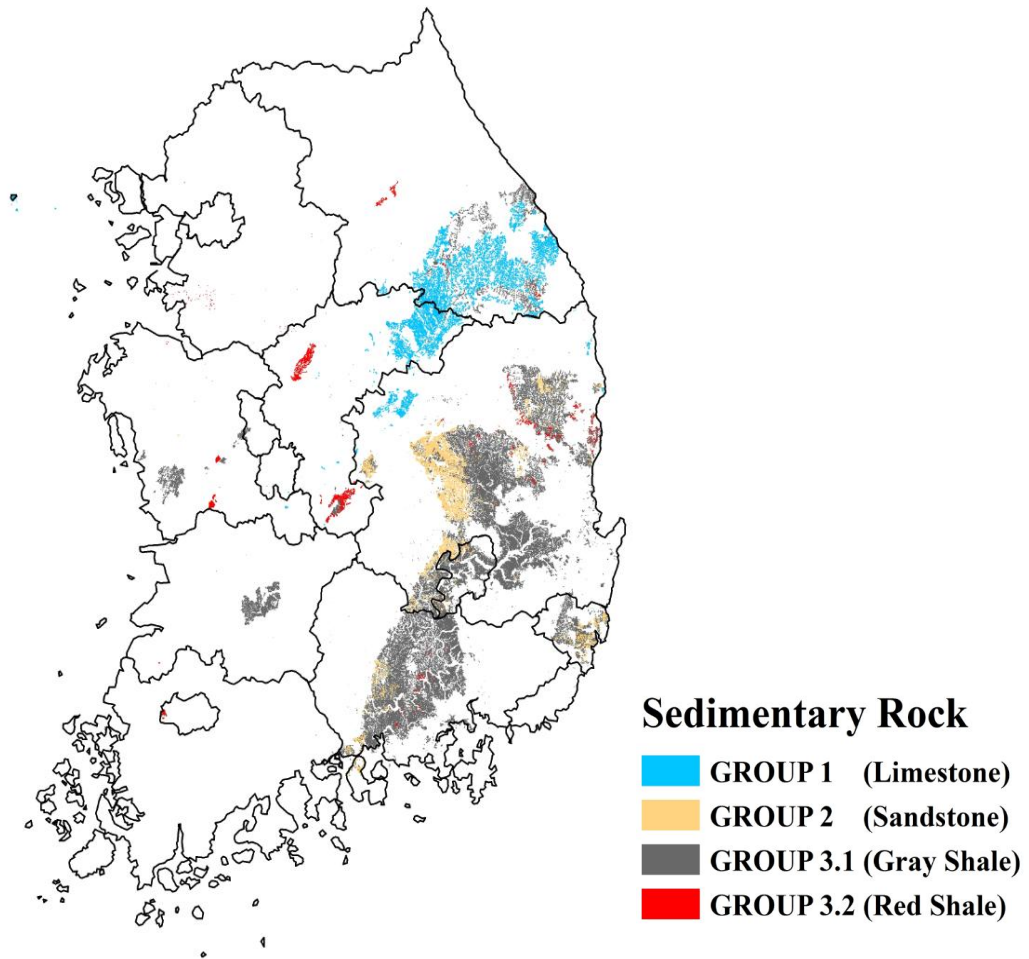


FIGURE 5. Distribution of soils derived from sedimentary rocks in Korea

퇴적암 유래 농경지 토양의 군집분석에 따라 입경의 분포를 확인한 결과 사암모재의 토양은 주로 사양질 토양에 분포하였고, 혈암 모재 토양은 식양질, 석회암 모재 토양은 식질에 주로 분포하고 있는 경향을 나타내었다. 또한 혈암 유래 농경지 토양은 세부적으로 적색혈암은 사양질과 식양질, 회색혈암은 식양질과 미사식양질이 주로 분포하는 것으로 조사되었다(그림 5).

토양 연접군의 분석을 위해 인접한 토양통의 길이를 이용하여 군집분석을 수행한 결과 기존 조사 특성과 연접군의 해석에 정량적인 요인을

이용하여 연관성을 분석한 결과로 해석으로 볼 수 있다. 군집에 따른 토양의 분포특성은 암석의 분포하는 위치의 차이와 많은 연관성이 있는 것으로 사료되며, 토양통들의 입경분포, 특히 점토함량과의 연관성을 파악하였다. 추후 분포위치와 모암에 대한 연관성에 대해서는 보다 심도 있는 연구가 필요할 것으로 보여진다.

## 결론

우리나라는 1964년부터 개략토양조사를 시작

으로 토양조사를 수행하여 왔으며 1:5,000 세부정밀토양조사를 5개년 계획으로 1999년에 완성하여 지금은 토양도의 전산화가 이루어져 있다. GIS 기법을 이용하여 전자 토양도를 구축하였지만 토양의 생성 관련하여 해석을 시도한 예는 아직 없었다.

본 연구에서는 퇴적암 유래 농경지 토양의 카테나를 정량적으로 해석하기 위해 세부정밀토양도(축적 1:5,000)의 토양통자료를 이용하여 Arc GIS 지리정보프로그램과 R 통계분석프로그램을 이용하여 분석하였다. GIS 프로그램의 Buffer 기능을 이용하여 토양통들의 면적과 길이를 산출하였고, R 통계분석프로그램의 입체군집기준(Cubic Clustering Criterion, CCC)을 이용해 군집의 개수를 선정한 후 군집분석을 수행하여 퇴적암 유래 농경지 토양들의 유사성 분석을 시도하였다. 분석결과 퇴적암 지대별로 암석의 종류에 따라 입경분포가 달라지는 것을 확인하였으며 석회암, 사암, 혈암 등으로 군집이 구별되어지는 것을 보였다. 또한 혈암유래 농경지 토양은 세부적으로 적색혈암과 회색혈암으로 구분되는 것을 보였다. 입경에 따른 토양통의 분포 특성을 조사한 결과, 사암모재의 토양은 주로 사양질, 혈암 모재 토양은 식양질, 석회암 모재 토양은 식질에 주로 분포하고 있는 경향을 나타내었다. 혈암 모재의 농경지 토양은 적색혈암은 사양질과 식양질, 회색혈암은 식양질과 미사식양질이 주로 분포하는 것으로 조사되었다.

본 연구는 기존 토양조사 특성과 연결군의 해석에 정량적인 요인을 이용하여 연관성을 분석한 결과로 해석할 수 있고, 군집에 따른 토양의 분포특성은 암석의 분포하는 위치의 차이와 많은 연관성이 있는 것으로 사료된다. **KAGIS**

## REFERECNES

- Brandy, N.C. 2013. Elements of the nature and properties of soil, Third edition. Pearson Education International, USA, pp.58-95.
- Brown, D.J., M.K. Clayton, and K. McSweeney. 2004. Potential terrain controls on soil color, texture contrast and grain-size deposition for the original catena landscape in Uganda. *Geoderma* 122(1):51-72.
- Chae, Y.A., J.O. Guh, H.S. Suh, Y.M. Lee, and S.K. Jong. 2005. Basic biostatistics. Hyangmunsa, Seoul. pp.328-338 (채영암, 구자옥, 서학수, 이영만, 정승근. 2005. 기초 생물통계학. 향문사, 서울. 328-338쪽).
- Charrad, M., N. Ghazzali, V. Boiteau, and A. Niknafs. 2014. NbClust: an R package for determining the relevant number of clusters in a data set. *Journal of Statistical Software* 61(6):1-36.
- Grealish, G., R.W. Fitzpatrick, and S.O. Asem. 2015. Assisting non-soil experts to identify soil types for land management to support restoration of arid rangeland native vegetation in Kuwait. *Arid Land Research and Management* 29(3): 288-305.
- Jung, Y.T., E.H. Park, Y.P. No, and K.T. Um. 1986. Suitability grouping system of paddy soils for multiple cropping part II. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer* 19(3):238-258 (정연태, 박은호, 노영팔, 엄기태. 1986. 다모작을 위한 답토양 적성등급 구분 제 2보: 적성등급 구분기준. 한국토양비료학회지 19(3):283-289).
- Jung, Y.T., E.S. Yang, and R.K. Park. 1982. Studies on the interpretative classification of paddy soils in Korea I: a study on the classification of sandy paddy soils. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer* 15(2):128-140 (정연태, 양의석, 박래경. 1982. 우리나라 답토양의(沓土壤) 실용적분류에 관한 연구 제1 보 사질답(砂質沓) 분류에 관하여. 한국토양비료학회지 15(2):128-140).
- Jung, Y.T. and E.S. Yun. 1990. Soil fertility

- capability classification. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer* 44:21-21 (정연태, 윤을수. 1990. 밭 토양 비옥도(肥沃度) 능력구분. *한국토양비료학회 학술발표논문집* 44:21-21).
- Jung, Y.T., I.S. Son, E.S. Yun, J.K. Kim, S.J. Jung, and G.H. Cho. 1994. A study on the establishment of land suitability grouping for paddy-upland rotation system in Korea. *RDA Journal of Agriculture Science* 36(2):262-267.
- Kwak, G.H., Y.J. Kim, B.U. Chang, and N.W. Park. 2017. Quantitative comparison of univariate kriging algorithms for radon concentration mapping. *The Korean Association of Geographic Information Studies* 20(1):71-84 (곽근호, 김용재, 장병욱, 박노옥. 2017. 라돈 농도 분포도 작성을 위한 단변량 크리깅 기법의 정량적 비교. *한국지리정보학회지* 20(1):71-84).
- Lee, C.Y., J.H. Jeong, Y.H. Son, J.K. Byun, and C.D. Koo. 2009. Forest soils. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer* 42(3):238-258 (이천용, 정진현, 손요환, 변재경, 구창덕. 2009. 산림토양. *한국토양비료학회지* 42(3):238-258).
- Park, S.J., Y.K. Sonn, S.Y. Hong, C.W. Park, and Y.S. Jang. 2010. Spatial distribution of major soil types in Korea and an assessment of soil predictability using soil forming factors. *The Korean Association of Geographic Information Studies* 45(1):95-118 (박수진, 손연규, 홍석영, 박찬원, 장용선. 2010. 한국 주요 토양유형의 공간적 분포와 토양형성요인을 이용한 예측가능성 평가. *대한지리학회지* 45(1): 95-118).
- RDA(Rural Development Administration National Institute of Agricultural Sciences). 2007. (For hydrological interpretation) Soil hydrological characteristics and application of soil electronic map. pp.73-93 (농촌진흥청 국립농업과학원. 2007. (수문해석을 위한) 토양수리특성과 토양전자지도의 활용. 73-93쪽).
- Ruhe, R.V. 1975. Climatic geomorphology and fully developed slopes. *Catena* 2:309-320.
- Ryan, P.J., N.J. McKenzie, and S. Murphy. 1999. Spatial prediction of soil properties using environmental correlation. *Geoderma* 89(1-2):67-91.
- SAS Institute Inc. 1983. SAS® Technical report A-108: Cubic Clustering Criterion pp.1-29.
- Sonn, Y.K., G.S. Hyeon, M.C. Seo, K.H. Jung, B.K. Hyun, S.J. Jung, and K.C. Song. 2006. A taxonomical consideration based on changes of salinity and profile features of the texturally different two reclaimed tidal soils. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer* 39(2):59-64 (손연규, 현근수, 서명철, 정강호, 현병근, 정석재, 송관철. 2006. 간척지 염해담토양의 토성별 제염기간 및 단면특성변화를 기준한 분류학적 고려. *한국토양비료학회지* 39(2):59-64).
- Sonn, Y.K., H.J. Cho, B.K. Hyun, H.C. Chung, and K.S. Shin. 2015. Analysis of catena on representative soils derived from granite and granite gneiss. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer* 48(4):255-261 (손연규, 조현준, 현병근, 전현정, 신국식. 2015. 화강암 유래 농경지 대표토양의 토양연접군 분석. *한국토양비료학회지* 48(4):255-261).
- Sonn, Y.K., M.C. Seo, C.W. Park, B.K. Hyun, and Y.S. Zhang. 2008. The classification and interpretation of Korean soils derived from sedimentary rocks using multidimensional scaling. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer* 41(6)387-392 (손연규, 서명철, 박찬원, 현

- 병근, 장용선. 2008. 다차원척도법을 이용한 우리나라 퇴적암 유래토양의 분류 및 해설. 한국토양비료학회지 41(6):387-392).
- Yoo, J.Y., M.H. Choi, and T.W. Kim. 2010. Spatial analysis of drought characteristics in Korea using cluster analysis. Korea water resources association 43(1):15-24 (유지영, 최민하, 김태웅. 2010. 군집분석을 이용한 우리나라 가뭄특성의 공간적 분석. 한국수자원학회지 43(1):15-24).
- Yun, E.S., Y.T. Jung, Y.K. Sonn, S.Y. Hong, B.K. Hyun, G.S. Hyun, C.H. Yoo and K.Y. Jung. 2009. Soil survey · classification and interpretation of Korea. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer 42(S1): 5-27 (윤을수, 정연태, 손연규, 홍석영, 현병근, 현근수, 류철현, 정기열, 2009. 우리나라의 토양조사·분류 및 해설. 한국토양비료학회지 42(S1):5-27). **KAGIS**