

土色分類에 의한 濟州道 土壤의 變異分析

朴昌緒·嚴基泰·金鯉烈

Variation of Soil Characteristics for Soil Color Groups in Jeju-Do

Chang-Seo Park, Ki-Tae Um, and Lee-Yul Kim

Summary

Variation of soil characteristics and purity were examined within mapping unit and estimates were given for the number of samples required to reach predetermined levels of accuracy for black soil, VDBr. soil, DBr. soil, and brown soil in Jeju. Variation of chemical properties except pH and CEC was higher than that of physical properties. Brown soil showed the lowest variation and hence required the smallest sample size. The soils examined were correctly classified with regard to brown soil at purity 74.1, to DBr. soil 60.8, to black soil 55.6, and to VDBr. soil 46.9%. Sample calculation was presented which showed approximate sample sizes required to detect the difference of 10 and 20% of the mean with 0.95 confidence level.

緒 言

精密土壤調査에서 土壤統 設定은 表土를 除外한 心土의 物理·化學性 및 形態의 特性이 考慮되나 特히 現地(in situ)에서 土壤調査를 할 경우 한개의 土壤體(Pedon)에 대한 形態學的 特性和 地形等 環境要因에 의한 土壤統 設定이 되므로 이들 土壤의 物理 및 化學性에 대한 中心概念과 範圍를 分析하는 것은 매우 重要하다. 아울러 土壤이 地形에 따라 다르기 때문에 圃場에서 變異性を 無視한 無計劃의 標本抽出은 非經濟的이며 時間을 浪費하고 힘을 勞動의 한 過程일 뿐만 아니라 때로는 不當한 試料를 抽出할 수도 있는 것이다. 換言하면 信賴할 수 있는 母平均을 推定하는 데 必要한 標本數를 事前에 決定하는 것은 바람직할 뿐만 아니라 精度 높은 土壤特性을 把握하는 데 必須的이다.

Olson等은⁸⁾ 單位 位置別 代表斷面 地點의 標本抽出은 土壤統內 變異를 究明할 수 있으며, 精密土壤圖에 의한 土壤情報를 利用할 수 있다고 하였다. 一部 研究者들은^{1, 3, 4, 5, 6, 12, 15)} 代表斷面の 土壤特

性에 의하여 分類單位內에서 또는 分類基準에 따라 變異性和 純粹性を 分析하였고, 土壤特性의 變異性에 確率密度函數를 適用함으로써 즉 標本은 無作爲로 採取 되었으므로 獨立의이라는 假說下에 中心極限 整理를 適用하여 母數에 대한 信賴限界를 設定하고 標本平均의 信賴度를 推定하는 데 必要한 標本 크기를 決定하였다.^{2, 9, 14)}

우리나라에서는 精密土壤調査 結果 濟州道 土壤의 土色別 分布面積은 黑色土 21%, 濃暗褐色土 41%, 暗褐色土 17% 및 褐色土 14%로 總 93%이며 그 중 約 2/3以上이 北濟州郡 및 濟州市의 熔岩類 平地에 分布한다고 하였으며,³⁾ 熔岩類 台地土壤의 變異性 研究에서 土色の 變異係數는 表土와 心土에서 共히 約 50%로 다른 土壤의 物理性和 大 差異가 無다고 하였으나,¹⁰⁾ 오랜 土壤調査의 歷史에도 불구하고 土壤斷面內 變異性이 具體的으로 分析된 바 無다.

本 研究은 濟州道 土壤의 約 93%를 차지하는 黑色土, 濃暗褐色土, 暗褐色土 그리고 褐色土를 對象으로 土壤斷面內 變異性 및 純粹性を 分析하고 有意

*農業技術研究所(Institute of Agricultural Sciences)

水準 0.05에서 母平均의 10% 및 20% 精度를 推定하는 데 必要한 標本 크기를 決定하고자 遂行하였다.

材料 및 方法

濟州道の 精密土壤圖를⁷⁾ 利用하여 i) 分析된 土壤試料는 代表斷面으로 看做하고 ii) 無作為로 試料를 採取 하였지만 正規試料로 取扱한다는 假定下에서 資料를 다루었다.

土色에 의한 土壤分布는 嚴等¹³⁾의 報告를 基準으로 하면서 大土壤群의 褐色森林土를 褐色土로 追加分類 하였으며 土性은 砂土를 1, 砂壤土 2, 壤土3, 埴壤土4 및 埴土를 5 와 같이 整數로 符號化하여 計算·處理하였다.

變異性 分析은 標本の 算術平均과 標準偏差가 單純히 母集團의 中心値와 散布度에 대한 推定統計量에 不過하므로 正確한 分布形態를 나타내는데 어려움이 있기 때문에 실제 一定 面積內의 많은 試料分析에서 얻어진 土壤特性 分析値에 대한 變異係數(CV)는 그 面積內에 存在하는 모든 變異의 根源이 되므로 平均에 대한 相對變異性을 比較하는 統計量인 變異係數를 使用하였다. 이는 母平均이 다르고 對象 變數의 單位가 다를 경우라고 할지라도 CV를 比較하여 母集團 또는 變數 사이의 變異 程度를 보다 適切하게 比較할 수 있기 때문이다.

作圖單位의 純粹性 檢定은 土壤分類時 代表斷面

이 지닌 固有한 個別 作圖單位 面積의 平均百分率(Average percentage)로 個別 作圖單位의 CV에 대한 中央값(Median)을 取하였다.

結果 및 考察

1. 土壤分類單位內 變異性和 純粹性

作圖單位別 土壤特性의 實變異와 作圖單位의 純粹性을 究明한다는 것은 土壤分類單位內의 變異 許容基準을 特性化하는 데 基準이 된다.

가. 變異性

土色別 代表斷面內 土壤特性의 變異性을 보면 表 1, 2 에서와 같이 pH와 CEC를 除外한 土壤化學性은 모래含量을 除外한 物理性보다 變異가 큰데 이것은 土壤管理에 의해 土壤의 化學性은 大體로 物理性보다 影響을 많이 받고 있음을 나타내는 것이다. 褐色土의 變異係數가 土壤特性에 關係없이 가장 적은 것은 褐色土壤이 海拔 700m以上에 主로 分布되는 森林土인 데서 起因된 것으로 判斷된다. 이 같은 結果는 耕作地의 化學性은 非耕耘 荒蕪地보다 變異가 크다는 Beckett等¹¹⁾ 과도 一致한다.

15氣壓의 保水力, pH 및 磷酸吸收係數를 除外한 土壤特性을 보면 心土가 表土보다 變異性이 크고 모래含量은 微砂와 粘土의 含量보다 2~3 倍 큰데 반하여 CEC는 다른 化學性보다 2~3 倍 작다. 그리고 pH가 土深에 關係없이 다른 成分에 比하여 變

Table 1. Coefficient of variance (%) of physical properties for black soil, very dark brown (VDBr.) soil, dark brown (DBr.) soil, and brown soil in Jeju island.

Color	Depth	Particle Size Distr. (%)			Texture	Moisture Retention (%)		
		Silt	Clay	Sand		1/10 atms.	1/3atms.	15atms.
Black Soil	Topsoil	27.5	44.8	89.3	17.0	21.9	20.9	33.4
	Subsoil	35.9	56.5	81.0	22.4	22.6	25.7	27.3
VDBr. Soil	Topsoil	34.5	45.8	116.2	29.3	38.3	41.6	53.8
	Subsoil	36.8	49.0	114.3	26.0	47.5	41.7	52.3
DBr. Soil	Topsoil	27.4	37.5	87.7	23.6	18.3	20.6	32.6
	Subsoil	26.2	44.8	101.8	27.8	18.0	17.8	29.9
Brown Soil	Topsoil	25.8	25.8	89.8	15.5	12.2	16.7	21.5
	Subsoil	25.6	49.7	41.4	14.4	16.3	13.7	12.8

Table 2. Coefficient of variance (%) of chemical properties for black soil, very dark brown (VDBr.) soil, dark brown (DBr.) soil, and brown soil in Jeju.

Color	Depth	pH (1:1)	OM (%)	CEC (me/100g)	Ext.-Cations (me/100g)				BSP*	Avail. P ₂ O ₅ (ppm)	PAC** (P ₂ O ₅ mg /100g)
					Ca	Mg	Na	K			
Black Soil	Topsoil	8.4	43.9	26.1	88.1	69.0	62.7	53.8	76.5	53.2	21.8
	Subsoil	9.3	66.4	43.0	93.7	74.3	109.1	47.6	105.4	58.5	34.2
VDBr. Soil	Topsoil	14.9	62.0	29.8	90.6	78.4	131.0	58.8	72.8	61.4	45.9
	Subsoil	15.9	56.4	38.3	106.0	96.3	131.0	70.1	76.8	78.7	50.6
DBr. Soil	Topsoil	13.1	37.6	27.5	65.1	64.0	47.2	58.7	40.8	95.5	55.5
	Subsoil	11.9	48.3	37.1	95.6	88.6	154.1	90.6	37.5	191.8	44.3
Brown Soil	Topsoil	3.3	26.0	24.6	62.1	48.4	41.1	30.3	32.1	25.6	5.2
	Subsoil	6.2	47.8	31.8	133.0	27.2	36.1	43.7	32.2	52.5	9.7

* BSP : Base saturation percents.

** PAC : Phosphorus absorption coefficients.

異係數가 작은 것은 pH 값 0 즉 pH=0은 正常範圍보다 작은 데에서 起因된 것이라고 생각된다.¹⁾

黑色土壤 心土의 Ca, Na, 塩基飽和度, 濃暗褐色土壤 表土와 心土의 모래함량, Ca, Na, 心土의 Mg, 暗褐色土壤 表土와 心土의 P₂O₅, 心土의 Ca, Mg, K, 褐色土壤 心土의 Ca의 CV가 90%以上 이었는데 이들 觀測値는 朴等¹⁰⁾이 Fractile diagram을 利用한 分析에서 土壤特性은 正規分布를 하는 CV의 上限線이 90%未滿 이라고 하였기 때문에 正規分布를 하지않고 對數正規分布를 한다고 볼 수 있다.

나. 純粹性

土色別 代表斷面에 의한 作圖單位의 純粹性を 表 3에서 보면 褐色土, 暗褐色土, 黑色土 및 濃暗褐色土에서 各各 74.1, 60.8, 55.6 및 46.9%이며 이것은 土壤統 設定時의 純粹性を 나타내고 있다. 따라서 褐色土의 경우 作圖된 土壤統에 任意로 取해진 地點의 約 74%만이 命名된 作圖單位의 代表斷面과 거의 同一한 土壤斷面을 나타내고 있다. 그렇다고 不純性を 나타내는 26% 全部가 設定된 土壤統과 다른 土壤管理를 要求하는 것은 아니다.

2. 標本크기의 決定

土壤이 갖는 本來의 變異性은 土壤特性을 分析하기 위한 試料採取에 問題點을 提示하고 있다. 즉 計劃이 없는 試料採取 方法은 많은 時間을 浪費하는

Table 3. Percent of purity for black soil, very dark brown (VDBr.) soil, dark brown (DBr.) soil, and brown soil in Jeju.

Black Soil	VDBr. Soil	DBr. Soil	Brown Soil
55.6	46.9	60.8	74.1

單純한 勞動일 수도 있으며 때로는 不充分한 試料가 採取되기도 한다. 그러나 이와같은 問題點을 解決하기 위하여 土壤特性에 대한 中心値와 散布度의 統計量을 가지고 어떤 特定 信賴區間에서 주어진 精度內에 要求되는 標本크기를 決定하는 것은 可能하다. 다시말하면 주어진 土壤特性의 標本平均이 母平均의 어떤 範圍內에 位置하는가를 合理的으로 確信하는 데는 얼마만큼의 標本이 要求되느냐 하는 것이다.

母集團의 平均과 標準偏差를 推定하기 위하여 標本平均과 標本標準偏差를 求하여 土壤特性을 評價할 수도 있겠으나 이들 統計量 만으로는 充分하지 않으므로 推定量의 信賴度を 檢討해야 한다. 母數는 恒常 알려져 있지 않기 때문에 通常 母數에 對한 信賴限界를 推定함으로써 評價할 수 있는데 標本 統計量의 信賴度を 높이기 위해서는 標本標準誤차를 減少시켜야 한다. 지금 土壤特性을 나타내는 變數를 x라 하고 標本平均을 \bar{x} 라 하면 標本平均에 대한

標準偏差 즉 標本標準誤차는 $\delta_{\bar{x}}$ 로 表示되며 標本標準偏差 δ 를 標本數 N의 平方根으로 나눈것과 同一하다. 즉

$$\delta_{\bar{x}} = \delta / \sqrt{N}$$

지금 標本標準誤차를 줄이는 一般的인 方法은 標本數를 增加시켜야 하므로 標本數를 無限大로 한다면 標本標準誤차와 信賴區間은 0이 된다. 그러므로 標本數가 無限大일 경우 標本平均은 母平均에 接近하게 된다. 따라서 母集團의 標準偏差를 標本에서 推定하여 주어진 精度로 母平均을 推定하는데 必要한 標本數를 推定할 수 있으며 標本數(N)를 決定하는 公式은 다음과 같다고 하였다.^{9,14)}

$$N = [t_{\alpha(\infty)} S_{\bar{x}} / d]^2$$

여기서 $t_{\alpha(\infty)}$ 는 自由度가 無限大일 때 信賴水準 α 에서의 Student t값, $S_{\bar{x}}$ 는 標本標準誤차 $\delta_{\bar{x}}$ 의 推定值로서 標本平均에 대한 標準偏差, 그리고 이는

追求하고자 하는 精度를 나타낸다. 이때 i) 標本은 獨立의이고 ii) 標本數는 中心極限整理를 適用하기에 充分해야 한다는 假定下에서 이루어지는데 標本の 獨立性은 標本抽出 地點을 任意로 定하면 解決되지만 中心極限整理 適用에 充分한 標本 크기는 20~30이라고 指摘하였다.^{11,14)}

土色別 土壤의 理化性을 有意水準 0.05에서 母平均의 10 및 20% 程度로 推定하는데 要求되는 標本數는 表4와 같다. 化學性的 標本크기는 物理性보다 濃暗褐色土는 5~6倍, 黑色土 4~5倍 그리고 濃暗褐色土와 褐色土는 2~3倍 크며 大體로 表土는 心土보다 標本크기가 작았다.

表5, 6은 土壤의 物理性和 化學성을 特性別로 計算된 標本크기를 나타내고 있으며 物理性的의 경우 耕作地로 많이 利用되는 濃暗褐色土를 除外하고는 大體로 土性和 保水力은 標本수가 낮은 傾向을 보였

Table 4. Approximate sample size required to estimate mean values within 10 and 20% of mean at 0.05 significance level of whole physical and chemical properties in Jeju.

Property	Depth	Black Soil		VDBr. Soil		DBr. Soil		Brown Soil	
		0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2
Physical	Topsoil	30	8	60	15	28	8	18	5
	Subsoil	30	8	68	17	30	8	11	3
Chemical	Topsoil	115	29	146	37	101	26	31	8
	Subsoil	151	38	214	54	197	50	37	10

Table 5. Approximate sample size required to estimate mean values within 10 and 20% of mean at 0.05 significance level of physical properties for black soil, very dark brown (VDBr.) soil, dark brown (DBr.) soil, and brown soil in Jeju.

Color	Depth	Particle Size Dist. (%)						TV		Moisture Retention (%)					
		Silt		Clay		Sand		0.1	0.2	1/10atms.		1/3atms.		15atms.	
		0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2			0.1	0.2	0.1	0.2		
Black Soil	Topsoil	30	8	77	20	309	78	12	3	19	5	17	5	44	11
	Subsoil	50	13	122	31	252	63	20	5	20	5	26	7	30	8
VDBr. Soil	Topsoil	46	12	80	20	23	6	34	9	60	15	87	22	113	29
	Subsoil	53	14	94	24	23	6	26	7	87	22	68	17	106	27
DBr. Soil	Topsoil	29	8	54	14	295	74	22	6	13	4	17	5	41	11
	Subsoil	27	7	76	19	401	101	30	8	13	4	13	4	34	9
Brown Soil	Topsoil	26	7	26	7	311	78	10	3	6	2	11	3	18	5
	Subsoil	26	7	95	24	67	17	9	3	11	3	8	2	7	2

*TV : Texture Value

Table 6. Approximate sample size required to estimate mean values within 10 and 20% of mean at 0.05 significance level of chemical properties for black soil, very dark brown (VDBr.) soil, dark brown (DBr.) soil, and brown soil in Jeju.

Color	Depth	pH (1:1)		OM (%)		CEC (me/100g)		Ext. - Cations (me/100g)								BSP*		Avail. P ₂ O ₅ (ppm)		PAC** (P ₂ O ₅ mg/100g)	
		0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	Ca		Mg		Na		K		0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2
Black	Topsoil	3	1	74	19	27	7	299	75	182	46	153	39	120	30	226	57	110	28	19	5
	Soil	4	1	170	43	72	18	338	85	211	53	472	118	78	20	430	108	131	33	46	12
VDBr.	Topsoil	9	3	145	37	34	9	317	80	239	60	652	163	129	33	203	51	147	37	81	21
	Soil	10	1	123	31	56	14	432	108	358	90	671	168	200	50	227	57	239	60	99	25
DBr.	Topsoil	7	2	55	14	29	8	163	41	158	40	82	21	135	34	64	16	351	88	119	30
	Soil	6	2	91	23	54	14	487	122	302	76	903	226	316	79	55	14	1414	354	76	19
Brown	Topsoil	1	1	27	7	24	6	148	37	89	23	69	18	35	9	40	10	26	7	2	1
	Soil	2	1	89	23	39	10	701	176	32	8	51	13	73	19	42	11	106	27	4	1

* : BSP : Base saturation percents.

** : PAC Phosphorus absorption coefficients.

다. 化學性を 보면 특히 pH는 土色에 關係없이 標本數가 10以下이며 褐色土의 경우 磷酸吸收係數도 같은 傾向이었다. 中心極限整理는 標本크기가 20以下일 경우 適用되기는 어렵지만 이들 特性은 다른 特性들 보다는 標本數가 훨씬 작게 要求된다는 事實은 分明하다. 이와같이 特定 信賴水準에서 母平均을 推定하는데 必要한 標本數를 決定하므로써 實際圃場에서 試料를 採取하는 時間과 努力을 節約할 수 있고 精度 높은 土壤 分析值를 얻는 데 充分한 試料를 採取하는 것이 可能하다. 더우기 試料採取者가 精度를 알고서 試料採取하는 것은 相當히 重要な 事實이다.

摘 要

濟州道 土壤의 約 93%에 該當하는 黑色土, 濃暗褐色土, 暗褐色土 및 褐色土의 土壤斷面內 變異性 및 純粹性を 分析하고 土色別 土壤特性에 對한 特定 信賴區間에서 주어진 精度內에 要求되는 標本크기를 決定하고자 遂行한 結果는 다음과 같다.

1. 大體로 土壤化學性은 物理性보다 變異성이 컸으며 土深로서는 心土가 表土보다 컸다.
2. 褐色土의 變異係數는 土壤特性에 關係없이 가장 낮았다.
3. 土壤統 設定時 純粹性은 褐色土 74.1, 暗褐色

土 60.8, 黑色土 55.6, 그리고 濃暗褐色土 46.9% 이었다.

4. 土壤特性을 有意水準 0.00에서 母平均의 10% 精度로 推定하는데 要求되는 標本크기를 決定하였다.

引 用 文 獻

1. Beckett, P.H.T. and R. Webster, 1971, Soil variability: A review. Soils and Fert. 34: 1-15.
2. Bigger, J.W. and D.R. Nielsen, 1976, Spatial variability of the leaching characteristics of a field, Water Resour. Res. 12: 78-84.
3. Cline, M.G., 1945, Principles of soil sampling. Soil Sci. 58: 275-288.
4. Hammond, L.C., W.L. Pritchett, and U. Chew. 1958, Soil sampling in relation to soil heterogeneity. Soil Sci. Soc. Am. Pro. 22: 548-552.
5. Jacob, W.C. and A. Klute. 1956. Sampling soils for physical and chemical properties. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 20: 170-172.
6. Nelson, Lo. and R.J. McCracken. 1962. Properties of Norfolk and Portsmouth soils: Statistical summarisation and influence on corn yields. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 26: 497-502.

7. 農業技術研究所. 1976, 精密土壤圖, 濟州道.
8. Olson, R.A., A.F. Dreier, and R.C. Sorenson, 1958, The significance of subsoil and soil series in Nebraska soil testing, *Agron. J.* 50: 185-188.
9. 朴昌緒. 1983. 土壤의 몇가지 物理性에 대한 空間 變異性 分析, 博士學位論文.
10. 朴昌緒, 嚴基泰, 閔庚範. 1984, 熔岩類 台地에 分布한 土壤特性的 變異分析. *韓土肥誌*, 17(2):
11. Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1976. *Introduction to statistics*, McGraw-Hill Book Co., New York, N.Y.
12. Thronburn, T.H., R.K. Morse, and T.K. Liu, 1966, *Engineering Soil Report*, Livingston county. Illinois Engng. Exp. Sta. Uni., Illinois Bull. 482.
13. 嚴基泰, 朱永熙, 李景洙, 慎鏞華. 1977, 濟州道 綜合開發計劃을 위한 土壤特性的 研究, *農試研報* 19 : 1~17.
14. Warrick, A.W. and D.R. Nielsen, 1980, *Applications of soil physics*, Ed. by D. Hillel. Acad. Press Inc., New York, N.Y.
15. Wilding, L.P., R.B. Jones, and G.M. Schafer, 1965, Variation of soil morphological properties within Miami, Celina and Crosby mapping units in Western-Central Ohio. *Soil Sci. Soc. Am Proc.* 29: 711-717.