



การศึกษาองค์ประกอบธาตุในตัวอย่างดินด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด  
ร่วมกับเทคนิค Energy Dispersive X-ray Spectroscopy เพื่อประยุกต์ใช้ในทาง  
นิติวิทยาศาสตร์

The Element Analysis of Sold Samples by Scanning Electromicroscopy and  
Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy for Fotensic Application

กาญจนาพร ลินช่วยปราบ<sup>1\*</sup>, ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง<sup>2</sup>, ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี<sup>2</sup>, อรทัย เขียวพุ่ม<sup>3</sup>  
และปิยาภา จันท์มส<sup>2</sup>

Kanchanaphon Sinchuayprab<sup>1\*</sup>, Sirirat Choosakoonkriang<sup>2</sup>, Supachai Supaluknari<sup>2</sup>,  
Orathai Kheawpum<sup>3</sup> and Piyapa Junmon<sup>2</sup>

<sup>1</sup> นักศึกษาระดับปริญญาโท, สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศิลปากร

<sup>1</sup> Graduate student, Department of Forensic Science, Faculty of Science, Silpakorn University

<sup>2</sup> สาขาวิชาเคมี, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศิลปากร

<sup>2</sup> Department of Chemistry, Faculty of Science, Silpakorn University

<sup>3</sup> สาขาวิชาฟิสิกส์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศิลปากร

<sup>3</sup> Department of Physics, Faculty of Science, Silpakorn University

\*Corresponding author, E-mail: Sinchuayprab\_k@silpakorn.edu

## บทคัดย่อ

ตัวอย่างดินได้รับการพิสูจน์แล้วว่ามีความประโยชน์ในงานทางนิติวิทยาศาสตร์งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์  
เพื่อศึกษาวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุในตัวอย่างดิน ตัวอย่างดินทั้งหมด 5 ตัวอย่างจากสถานที่ต่าง ๆ  
ทั้งหมด 5 แห่ง ตัวอย่างดิน 4 ตัวอย่างมาจากจังหวัดราชบุรี และตัวอย่างที่เหลือมาจากจังหวัดสมุทรสงคราม  
ผลวิเคราะห์ภาพจากเทคนิคการสแกนด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงข้อมูลเกี่ยวกับ  
ขนาด และรูปร่างของอนุภาคดินที่มีประโยชน์ และผลวิเคราะห์เฉพาะจุดจำนวนรังสีเอ็กซ์แสดงข้อมูล  
เกี่ยวกับองค์ประกอบธาตุต่าง ๆ เมื่อนำตัวอย่างทั้ง 5 ตัวอย่างมาเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากเทคนิค SEM-  
EDS นั้นพบว่าการทดลองให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกัน และมีประโยชน์ในด้านนิติวิทยาศาสตร์

คำสำคัญ: ดิน, นิติวิทยาศาสตร์, พยานหลักฐาน, SEM, EDS, SEM-EDS

## Abstract

Soil sample has been proven to support the forensic investigation. There is an increasing demand for studies on such soil evidence. The objective of this work was to study the forensic application of scanning electron microscopy/energy dispersive X-ray spectroscopy (SEM/EDS) to the analysis of the elemental compositions in soil samples. In this study, soil samples from 5 different locations, with 4 samples coming from the Ratchaburi province and the remaining sample from Samut Songkhram province, were analysed. The SEM image showed valuable information about the size and shape of particles. X-ray count data were obtained using area scans and spot analyses at different magnifications. The elemental compositions of these samples obtained by SEM-EDS. As very good discrimination results were obtained for the SEM-EDS analysis. From the experimental results shown that SEM-EDS techniques could be used to differentiate soil specimens.

**Keywords:** Soil, Forensic, Evidence, SEM, EDS, SEM-EDS

## บทนำ

ความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีการพัฒนามากขึ้นส่งผลต่อสังคมมนุษย์โดยตรงคือมีการเปลี่ยนแปลงในด้านอาชญากรรมที่มีความสลับซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ไม่ว่าจะเป็นเกิดเหตุที่ไม่ถึงแก่ชีวิต อาทิ การลักทรัพย์ ทำร้ายร่างกาย ไปจนถึงอาชญากรรมที่มีความรุนแรงต่อชีวิต การค้ามนุษย์ ก่อการร้าย หรือการลักทรัพย์ทางคอมพิวเตอร์ ทำให้การพิสูจน์ตรวจสอบหาผู้ก่ออาชญากรรมเป็นไปได้ยากยิ่งขึ้น ดังนั้นรูปแบบของพยานหลักฐานที่ใช้ในการพิสูจน์ความผิดพยานบุคคลจึงไม่เพียงพอต่อการสรุปหรือพิสูจน์ให้สิ้นสุดคดีได้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นอีกหนึ่งเครื่องมือที่นำมาใช้ในการตรวจพิสูจน์หาข้อเท็จจริงสามารถดำรงไว้ซึ่งความยุติธรรมให้แก่สังคม ผู้เสียหาย และครอบครัวการนำวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการตรวจพิสูจน์เพื่อใช้ในรูปคดี หรือใช้อ้างอิงในงานทางกระบวนการยุติธรรมนี้เป็นศาสตร์ที่เรียกว่า “นิติวิทยาศาสตร์” (อวิการัตน์ นิยมไทย, 2563)

ในปัจจุบันพบว่าคดีฆาตกรรมมักจะพบการฆ่า และอำพรางศพเพื่อป้องกัน และทำลายหลักฐานที่สามารถเชื่อมโยงมาถึงตัวผู้ก่อเหตุ โดยหนึ่งในวิธีที่พบคือการเคลื่อนย้ายร่างผู้เสียชีวิตจากสถานที่หนึ่งไปยังอีกสถานที่หนึ่งดังนั้น “ดิน” จึงเป็นหนึ่งในวัตถุพยานที่สามารถเชื่อมโยงระหว่างสถานที่เกิดเหตุ สถานที่ทิ้งศพ รวมไปถึงผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในคดี ผู้เสียชีวิตและผู้ก่อเหตุ (สุวรรณหงส์ ธรรมวรรณ, 2561)

ดินเป็นองค์ประกอบที่เกิดจากสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ที่เกิดจากการทับถมกันของซากพืชและซากสัตว์ทำให้ดินในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกันกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีตรวจเพื่อวิเคราะห์แยกความแตกต่างของดินที่พบจึงสามารถใช้เชื่อมโยงผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในคดี ผู้ก่อเหตุ ผู้เสียหาย และพื้นที่เกิดเหตุ อย่างไรก็ตามดินสามารถนำไปวิเคราะห์ด้วยวิธีการที่หลากหลายองค์ประกอบดิน สีของดิน และชนิดดิน (सानิตรา บางสวนหลวง, 2562) ได้มีการศึกษาตัวอย่างดินที่ใช้ในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์นำมาวิเคราะห์แยกความแตกต่างด้วยสี การกระจายของอนุภาค และรูปแบบทางแร่วิทยาของแร่ธาตุที่พบมากที่สุดที่ดิน 25 ชนิด ผลการศึกษาพบว่าจากตัวอย่างทั้งหมด 300 ตัวอย่างสามารถแยกแยะความเป็นเอกลักษณ์โดยใช้เพียงความต่างของสีเท่านั้น และส่วนหนึ่งตรวจสอบด้วยการวิเคราะห์การกระจายของอนุภาค (Erich P. Junger, 1996) การศึกษาวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscope and Energy Dispersive X-ray Spectrometer (SEM-EDS) โดยเก็บตัวอย่างดินแล้วทำให้แห้งในเตาอบที่อุณหภูมิ 110–120 °C และ ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มม. จากนั้นนำไปวิเคราะห์โดยศึกษาจากความแตกต่างเชิงปริมาณของแอนไอออนของคลอไรด์ ไนเตรต ซัลเฟตและฟอสเฟตที่วิเคราะห์ได้ (Salih Cengiz, Ali Cengiz Karaca, Ismail Cakir, H. Bulent Uner, & Aytekin Sevindik, 2004) โดยมีกรณีศึกษาที่เกี่ยวข้องกับดินทางนิติวิทยาศาสตร์ที่เคยเกิดขึ้น เช่น คดีข้อพิพาทเกี่ยวกับดินทางหลวงต้องสงสัยที่ถูกนำมาทิ้งไว้ในบริเวณพื้นที่ส่วนบุคคล (Nicholas Petraco, Thomas A. Kubic, & Nicholas D.K. Petraco, 2008) วิธีการและการตรวจพิสูจน์พยานหลักฐานต่าง ๆ มีหลักการและวิธีการตรวจที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับผลลัพธ์ที่ต้องการ

สถานที่เกิดเหตุจึงเป็นหนึ่งในจุดเริ่มต้นของกระบวนการสืบสวนสอบสวนเพื่อให้ได้พยานหลักฐานผู้เกี่ยวข้อง ผู้เสียหายและผู้ก่อเหตุ สามารถนำมาใช้วิเคราะห์ ติดตาม ร่องรอยที่สามารถนำไปสู่ข้อเท็จจริงทางกระบวนการยุติธรรมพยานหลักฐานที่พบมักเชื่อมโยงเหตุการณ์ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งของ ตัวบุคคล วัตถุ และสถานที่เกิดเหตุ อย่างไรก็ตามตัวอย่างดินยังสามารถนำไปตรวจวิเคราะห์ทางแร่วิทยาเนื่องจากแร่เองมีลักษณะเฉพาะเป็นเอกลักษณ์ของแร่แต่ละชนิด ดินนั้นมีความแตกต่างและสามารถถ่ายทอดจากสถานที่หนึ่งไปสู่สถานที่หนึ่งได้ง่าย ไม่ว่าจะติดไปขณะก่อเหตุ การปกปิดอำพรางเพื่อหวังผลต่อรูปคดี โดยอาจติดไปกับรองเท้า เสื้อผ้า ล้อรถ โดยแม้จะพบเพียงเล็กน้อยก็สามารถนำมาตรวจพิสูจน์เบื้องต้นด้วยกล้องจุลทรรศน์โดยมีความน่าเชื่อถือด้านลักษณะทางสัณฐานวิทยา และคุณสมบัติแร่ เพื่อเจ้าหน้าที่สามารถใช้ตรวจเบื้องต้น (ชนิดาภา วงศ์เขียว และธิตี มหาเจริญ, 2561)

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาองค์ประกอบของตัวอย่างดินที่ถูกเก็บด้วยกระบอกเจาะ (Core Sampling) ตรวจวิเคราะห์ความต่างของขนาดอนุภาคภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope; SEM)

2. เพื่อศึกษาความแตกต่างของธาตุในตัวอย่างดินด้วยเทคนิค Energy Dispersive X-ray Spectroscopy; EDS

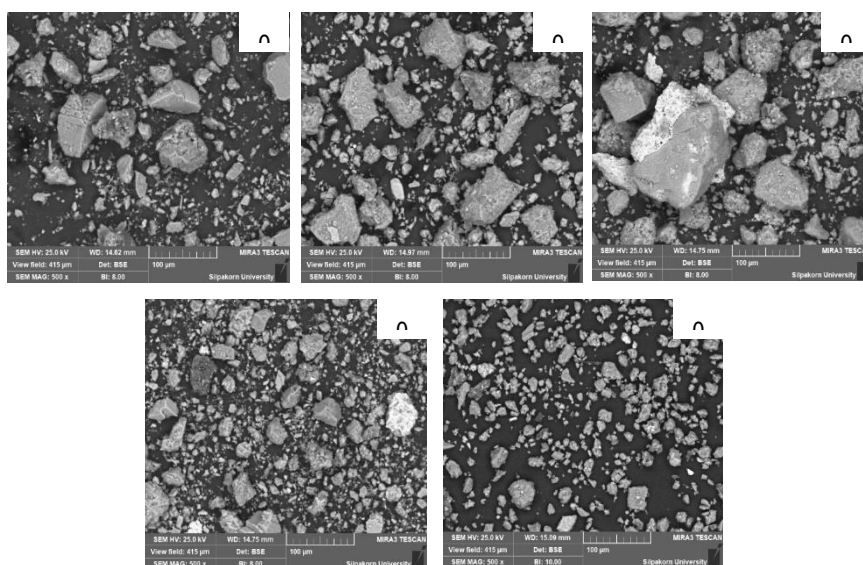
3. เพื่อจำแนกความแตกต่างของตัวอย่างดินเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์

### วิธีดำเนินการวิจัย

ในการทดลองผู้วิจัยได้เก็บตัวอย่างดินด้วยอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินแบบกระบอกกลม (core) โดยเลือกพื้นที่แตกต่างกันทั้งหมด 5 พื้นที่ แสดงดังตารางที่ 1 ทำตัวอย่างให้แห้งและบดตัวอย่างให้ละเอียดด้วยโม่บดยา (Pestle & Mortar) จากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดและวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุ (Scanning Electron Microscope and Energy Dispersive X-ray Spectrometer ;SEM/EDS) ยี่ห้อ Tescan รุ่น Mira 3

ตารางที่ 1 ตัวอย่างดินที่ใช้ในการทดลองและสถานที่เก็บตัวอย่าง

| รหัส | ประเภทดิน                       | พื้นที่เก็บตัวอย่าง           |
|------|---------------------------------|-------------------------------|
| 01   | ดินเหมืองแร่ดีบุก               | อำเภอสนมั่ง จังหวัดราชบุรี    |
| 02   | ดินเลน                          | อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม |
| 03   | ดินพื้นที่เกษตรกรรม (พื้นที่นา) | อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี     |
| 04   | ดินเชิงเขา                      | อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี     |
| 05   | ดินไร่ (พื้นที่ไร่อ้อย)         | อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี     |



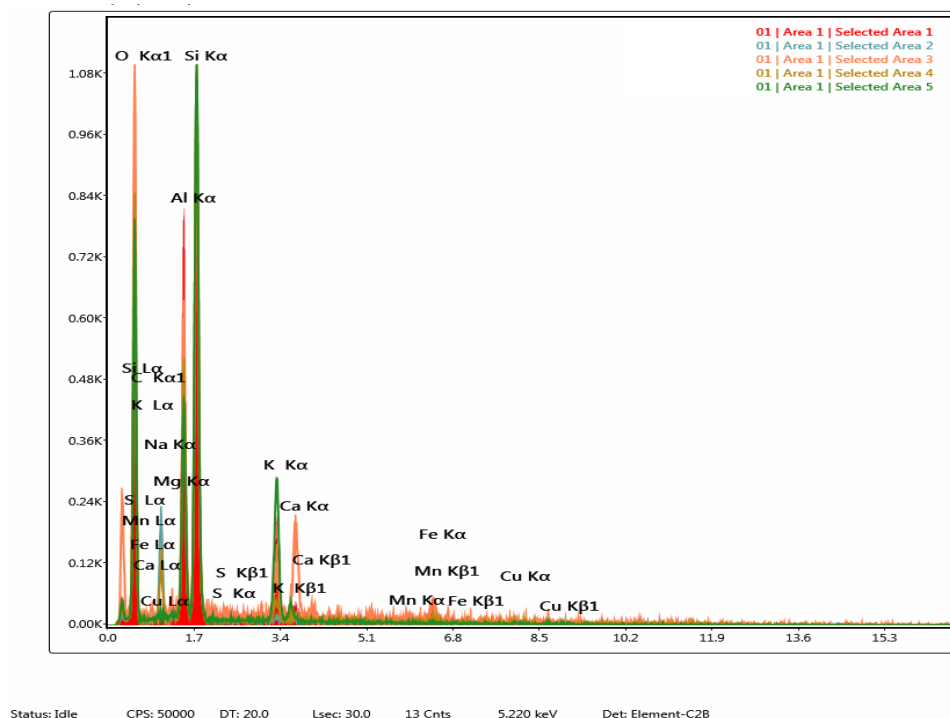
ภาพที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์ตัวอย่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 500x ประกอบด้วยดินตัวอย่าง 01 (ดินเหมืองแร่ดีบุก), 02 (ดินเลน), 03 (ดินพื้นที่เกษตรกรรม), 04 (ดินเชิงเขา) และ 05 (ดินไร่อ้อย)

จากการศึกษาวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุที่อยู่ในตัวอย่างดินทั้ง 5 ตัวอย่าง ด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) ผลการวิเคราะห์ที่กำลังขยาย 500x (ดังภาพที่ 1) ขนาดอนุภาคของตัวอย่างนั้นมีขนาดที่แตกต่างกัน เปรียบเทียบขนาดของอนุภาคของตัวอย่างจากอนุภาคใหญ่ไปจนถึงเล็ก จะเห็นว่าดินตัวอย่าง 03 (ดินพื้นที่เกษตรกรรม) จะมีทั้งขนาดเล็ก และใหญ่ปนอยู่ด้วยกันโดยมีขนาดใหญ่ที่สุดประมาณ 200 ไมโครเมตร และขนาดโดยเฉลี่ยส่วนใหญ่อยู่ที่ 100 ไมโครเมตร เนื่องมาจากการทำเกษตรกรรมที่อาจมีการผสมดินหลากหลายชนิดเพื่อใช้ในการเพาะปลูก

ในดินตัวอย่าง 01 (ดินเหมืองแร่ดิบๆ) และดินตัวอย่าง 02 (ดินเลน) ขนาดโดยส่วนใหญ่จะอยู่ที่ประมาณ 100 ไมโครเมตรที่อาจเกิดจากการที่เป็นดินที่มีการรวมตัวกันแน่นไม่ร่วนจึงทำให้มีขนาดใหญ่แตกต่างจากดินตัวอย่าง 04 (ดินเชิงเขา) และดินตัวอย่าง 05 (ดินไร่อ้อย) มีขนาดเล็กที่สุดซึ่งมีขนาดโดยเฉลี่ยประมาณ 20-50 ไมโครเมตร ซึ่งที่มีขนาดเล็กเนื่องมาจากการเพาะปลูกที่มีการพรวนดินจึงทำให้มีขนาดเล็กสม่ำเสมอ

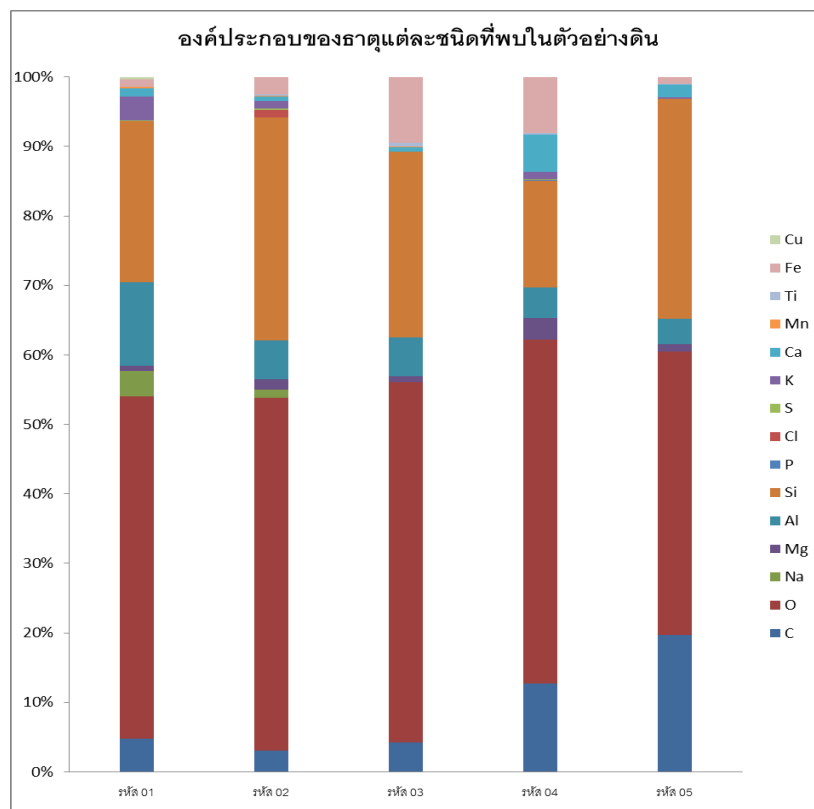
เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ขนาดของอนุภาคสามารถขนาดของอนุภาคดินตัวอย่างเป็น 2 กลุ่มคือกลุ่มของดินที่มีอนุภาคขนาดใหญ่ (Large ; L) ได้แก่ ดินตัวอย่าง 01, 02 และ 03 โดยกลุ่มที่อนุภาคดินขนาดเล็ก (Small ; S) ได้แก่ ดินตัวอย่าง 04 และ 05

จากนั้นทำการตรวจสอบชนิดของธาตุด้วยเทคนิคการวัดการกระจายพลังงานของรังสีเอกซ์ (Energy Dispersive Spectroscopy, EDS) แบบ EDS-Point Analysis ผลวิเคราะห์ของตัวอย่างดินทั้ง 5 ตัวอย่าง นั้น แสดงผลออกเป็นกราฟเส้นสเปกตรัม โดยแสดงตัวอย่างสเปกตรัมของดินตัวอย่างรหัส 01 ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงเส้นสเปกตรัมของธาตุองค์ประกอบที่พบในดินตัวอย่างรหัส 01

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ดินตัวอย่างรหัส 01 เกิดจากการวิเคราะห์ดินตัวอย่างทั้ง 5 จุดต่อตัวอย่างเพื่อให้วิเคราะห์ได้ครบถ้วนจากนั้นจึงนำสเปกตรัมที่ได้แต่ละจุดมารวมกัน ซึ่งพบองค์ประกอบธาตุทั้งหมด 12 ชนิด ได้แก่ คาร์บอน (C), ออกซิเจน (O), โซเดียม (Na), แมกนีเซียม (Mg), อลูมิเนียม (Al), ซิลิกอน (Si), ซัลเฟอร์ (S), โพแทสเซียม (K), แคลเซียม (Ca), แมงกานีส (Mn), เหล็ก (Fe) และ ทองแดง (Cu) ซึ่งในอดีตพื้นที่ส่วนนี้ใช้ในการทำเหมืองแร่ดีบุกแต่กลับไม่พบดีบุก (Cn) ในดินตัวอย่าง คาดคะเนได้ว่าเนื่องจากดีบุกนั้นเป็นธาตุที่สามารถเกิดการ Oxidized ได้ง่าย และปัจจุบันพื้นที่ได้ทำการปรับปรุงคุณภาพดินซึ่งเป็นไปได้ว่าทำให้ไม่พบธาตุดีบุกอยู่ในดิน โดยธาตุที่พบมากที่สุด 3 ชนิด ในตัวอย่างนี้คือ คาร์บอน (C) โซเดียม (Na) โพแทสเซียม (K) ตามลำดับ ซึ่งในตัวอย่างอื่น ๆ หลังจากทำการวิเคราะห์เช่นเดียวกัน ได้นำองค์ประกอบของธาตุในดินตัวอย่างมาเปรียบเทียบเพื่อดูความแตกต่างขององค์ประกอบของธาตุแต่ละชนิดแสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แสดงองค์ประกอบธาตุแต่ละชนิดที่พบในดินตัวอย่าง 01 02 03 04 และ 05

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุในตัวอย่างทั้ง 5 ตัวอย่างนั้น พบออกซิเจน (O) มากที่สุด รองลงมาคือ ซิลิกอน (Si) คาร์บอน (C) ตามลำดับ ซึ่งจากภาพจะแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของดินแต่ละชนิด โดยซัลเฟอร์ (S) จะพบในดินตัวอย่าง 01 และ 02 เท่านั้น ในขณะที่ คลอรีน (Cl) จะพบแค่ในดินตัวอย่าง 02 และ ทองแดง (Cu) จะพบเฉพาะดินตัวอย่าง 01 เท่านั้น

## สรุปและอภิปรายผล

การตรวจวัดขนาดของอนุภาคอาจทำให้สามารถแยกแยะความแตกต่างของตัวอย่างดินต้องสงสัยเพื่อคัดใช้แยกความแตกต่างเบื้องต้นได้ และหลังจากผ่านการวิเคราะห์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแล้วนั้นตัวอย่างที่นำมาใช้ในการตรวจวิเคราะห์ไม่เกิดความเสียหาย เสื่อมสภาพ หรือสูญเสียตัวพยานหลักฐานที่อาจมีจำนวนไม่มากนักจึงทำให้สามารถนำตัวอย่างมาใช้ร่วมกับวิธีการอื่นๆทางนิติวิทยาศาสตร์

Erich P. Junger (1996) ได้ทำการศึกษาตัวอย่างดินที่ใช้ในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์นำมาวิเคราะห์แยกความแตกต่างด้วยการกำหนดสี การกระจายของอนุภาค และรูปแบบทางแร่วิทยาของแร่ธาตุที่พบมากที่สุดที่ดิน 25 ชนิด ผลจากการศึกษาพบว่าจากตัวอย่างทั้งหมด 300 ตัวอย่าง มากกว่าครึ่งสามารถแยกแยะความแตกต่างได้เพียงแค่ใช้ความต่างของสีเท่านั้น โดยส่วนหนึ่งสามารถตรวจสอบความต่างได้ เพียงแค่วิเคราะห์การกระจายของอนุภาค อย่างไรก็ตามหากเป็นตัวอย่างดินที่มีความซับซ้อนหรือต้นกำเนิดที่คล้ายคลึงกัน การตรวจเพิ่มเติมด้วยเทคนิคอื่นๆอาจจะเพิ่มประสิทธิภาพในการระบุความเหมือนและต่างของตัวอย่างดินออกจากกันได้

การใช้ SEM/EDS ร่วมกันจะเห็นได้ว่าธาตุบางตัวจะพบเฉพาะในตัวอย่างใดตัวอย่างหนึ่งเท่านั้น และจากการดูผลโดยรวมจากการใช้ทั้งสองเทคนิคนี้ร่วมกันจะสามารถแยกความต่างของดินแต่ละชุดได้มากยิ่งขึ้น โดยใช้ SEM-EDS นั้นมีค่าใช้จ่ายที่ไม่สูงนัก การเตรียมตัวอย่างไม่ซับซ้อน รวมถึงให้ผลการวิเคราะห์ที่รวดเร็วแม้ตัวอย่างมีปริมาณน้อยก็สามารถนำมาใช้ตรวจวิเคราะห์สอดคล้องกับการศึกษาของ (Yingzi Liu, Yumei Li, Jie Bao, Dakui Hao, Zhiwen Zhao, Dongxue Song, Jiajia Wang & Zhiheng Hu, 2015) ได้ทำการเก็บตัวอย่างดิน 18 ตัวอย่างในพื้นที่มณฑลชานตงของจีนที่ระบุว่าเทคนิค SEM-EDS สามารถแยกความแตกต่างของดินได้ทั้งในกรณีทางสัณฐานวิทยาและเปอร์เซ็นต์โดยมวลขององค์ประกอบธาตุที่พบในตัวอย่างทั้ง 18 ชนิดมีความแตกต่างกันเช่นในกรณีตัวอย่างดิน S1 ,S8 ,S10 และ S13 มีความใกล้เคียงในขนาดอนุภาคตัวอย่างและ ตัวอย่าง S1 ,S6 และ S7 มีองค์ประกอบธาตุแคลเซียมสูงกว่าตัวอื่นๆจึงคาดคะเนว่าอาจเป็นผลเนื่องมาจากองค์ประกอบของหินปูน และยังอ้างอิงถึงการพบค่าของธาตุโซเดียมและอะลูมิเนียมที่ค่อนข้างคงที่ในตัวอย่างทั้ง 18 ตัวอย่าง ในช่วง 6.53%-10.61% และ 0.46%-1.54%

ทั้งนี้เพื่อความแม่นยำควรตรวจสอบผลของธาตุที่วิเคราะห์ได้เพิ่มด้วยวิธีอื่น ๆ อาทิ การตรวจผลึกแร่ในดิน จุลินทรีย์ในดิน อ้างอิงจากผลการศึกษาวิจัยของ (เพียรทิพย์ ด้านสุวรรณเมฆ, 2559) ตรวจวิเคราะห์เปรียบเทียบชุดดิน และจำลองสถานการณ์ที่เกิดเหตุโดยผลพบว่าสเปกตรัมการกระจายพลังงานของรังสีเอกซ์ (EDS) เปรียบเทียบกับดินจากระองเท้าผู้ต้องสงสัยจากเหตุอาชญากรรมจำลองและตัวอย่างดินควบคุมพบว่ามีชนิดของธาตุที่เป็นองค์ประกอบของอนุภาคดินจากการสร้างอาชญากรรมจำลองคล้ายกับตัวอย่างควบคุม หรือการใช้เทคนิคในการแยกสีตัวอย่างดินด้วย FTIR spectrophotometry การศึกษาวิจัยของ (सानิตรา บางสวนหลวง, 2562) วิเคราะห์สีถูกนำมาใช้แยกความแตกต่างของตัวอย่างดิน

จำนวน 41 ตัวอย่างได้มาจากพื้นที่หลากหลายที่มีสภาพแวดล้อมต่างกันในประเทศไทย โดยใช้เทคนิค ATR-FTIR ที่อยู่ในช่วงรังสีอินฟราเรดกลาง (mid-IR) จะถูกนำมาใช้เพื่อหาสเปกตรัมของตัวอย่างดิน ข้อมูลสเปกตรัมชี้ให้เห็นสารอนินทรีย์ และสารอินทรีย์ในสัดส่วนที่ต่างกัน สำหรับตัวอย่างต่างชนิด ค่าของสีในตัวอย่างดินหาได้จากระบบสี CIE L\*a\*b\* โดยใช้เครื่องสเปกโตรมิเตอร์สี (Color spectrometer) การรวมกันของ FTIR spectroscopy และการตรวจวัดสีสามารถใช้แยกความแตกต่างของตัวอย่างที่ศึกษา เทคนิคทั้งสองนี้เป็นวิธีที่สะดวกและง่ายใช้ตัวอย่างปริมาณน้อยมากและไม่ต้องเตรียมตัวอย่าง หรือ การศึกษาของ (Brenda Woods, K. Paul Kirkbride, Chris Lennard, และ James Robertson, 2014) ที่สรุปผลของการวิเคราะห์ตัวอย่างดินจากออสเตรเลีย 17 ตัวอย่าง และดินจากพื้นที่แครนเบอร์รา 12 ตัวอย่างโดยใช้เทคนิค LIBS, XRD และ SEM/EDX ในการวิเคราะห์พบว่าเทคนิคเหล่านี้สามารถใช้แยก ความแตกต่างของตัวอย่างดินได้ถึง 92.4% 98.5% และ 99.5% ตามลำดับ

ผลจากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าวิธีทั้งสองเมื่อใช้ร่วมกันมีศักยภาพในการตรวจทางนิติ วิทยาศาสตร์ของตัวอย่างดินลักษณะของอนุภาคและธาตุที่เป็นองค์ประกอบในดินสามารถนำมา ประยุกต์ใช้ในงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ได้ ไม่เพียงแต่ตรวจหาผู้ก่อเหตุ หรือผู้เสียหายเท่านั้น ยัง สามารถเชื่อมโยงความเกี่ยวข้องของคดี สถานที่เกิดเหตุ สถานที่ทิ้งศพ การยืนยันข้อเท็จจริง หรือใช้ ตรวจสอบการให้ปากคำของพยาน ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในคดีได้

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม การพิจารณาตัวอย่างดิน ผู้วิจัยเห็นว่าควรใช้ร่วมกับเทคนิคการวัดสีดิน ขนาดอนุภาคดิน ลักษณะเฉพาะของแร่ หรือการตรวจวิเคราะห์จุลชีพ หรือใช้เทคนิคร่วม 2 เทคนิคขึ้นไป เพื่อเพิ่มความแม่นยำของผลลัพธ์ในการจำแนกดินอย่างไรก็ตามวัตถุดิบที่ตีควรมีความน่าเชื่อถือโดยถูก เก็บจากผู้เชี่ยวชาญและรักษาภายใต้ห่วงโซ่การครอบครองวัตถุดิบ (chain of custody)

## เอกสารอ้างอิง

- Brenda Woods, K. Paul Kirkbride, Chris Lennard, และ James Robertson. (2014). Soil examination for a forensic trace evidence laboratory - Part 2: Elemental analysis. *Forensic Science International*, 195-201.
- Erich Junger. (1996). Assessing the Unique Characteristics of Close-Proximity Soil Sample: Just How Useful Is Soil Evidence. *Forensic Sciences*, 27-34.
- Luis Valerio Prandel, Vander Freitas Melo, Samara Alves Testoni, Andre Mauricio Brinatti, Sergio da Costa Saab, และ Lorna Anne Dawson. (2020). Spectroscopic techniques applied to discriminate soils for forensic purposes. *Soil Research*(58), 151-160.
- Nicholas Petraco, Thomas A. Kubic, และ Nicholas D.K. Petraco. (2008). Case studies in forensic soil examinations. *Forensic Science International*(178), 23-27.



- Salih Cengiz, Ali Cengiz Karaca, Ismail Cakir, H Bulent Uner, และ Aytekin Sevindik. (2004). SEM-EDS analysis and discrimination of forensic soil. *Forensic science International*, 141, 33-37.
- Yingzi Liu, Yumei Li, Jie Bao, Dakui Hao, Zhiwen Zhao, Dongxue Song, . . . Zhiheng Hu. (2015). Micro-to Nanoscale Morphologies and Chemical Component of Soils Investigated by SEM-EDS for Forensic Science. *Journal of Chemistry*, 1-5.
- กรมทรัพยากรธรณี. (2551). *กรอบแนวคิดในการจำแนกเขตเพื่อการจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณี*. กรุงเทพฯ: บริษัทแอตวานชีวิชั่น.
- คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์. (2559). *การพัฒนาแนวทางในการรับฟังพยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ เพื่อพิสูจน์ความจริงในคดี*. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรพืชสวน.
- จิตาภา ทองทวี. (2561). *ความเข้าใจและความเห็นของเจ้าหน้าที่กักยัมมูลนิติพิทักษ์กาญจน์ต่อการป้องกันและรักษาวัตถุพยานในที่เกิดเหตุ*. นครปฐม: มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- ชนิดาภา วงศ์เขียว, และ จิตติ มหาเจริญ. (2561). การศึกษาคุณสมบัติเฉพาะของแร่ธาตุในดินด้วยเทคนิคกล้องจุลทรรศน์แสงโพราไลซ์เพื่อประยุกต์ใช้ในงานนิติวิทยาศาสตร์. *วิชาการอาชีวศึกษาและนิติวิทยาศาสตร์*, 143-155.
- ปัญญา จารุศิริ. (2551). เปลือกโลกและหิน. ใน *สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ* (หน้า 1-320). กรุงเทพฯ: โครงการสารานุกรมไทย.
- เพียรทิพย์ ด่านสุวรรณเมฆ. (2559). *คุณสมบัติของดินสำหรับการระบุดินทางนิติวิทยาศาสตร์*. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- วันเพ็ญ วิริยะกิจนทีกุล, และ ชนิตา เกิดชนะ. (2555). *คู่มือการวิเคราะห์ดินทางกายภาพและการแปรผลเพื่อการสำรวจและจำแนกดิน*. กรุงเทพฯ: สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- วันวิสาข์ ธรรมานนท์, และ ดวงกมล อัสวมาศ. (2555). *การใช้เทคนิควิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์เพื่อศึกษาภาชนะดินเผาโบราณจากแหล่งเตาเผาบ้านดีจังหวัดปัตตานี*. ปัตตานี: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.
- วิทยรณ์ กรองทอง. (2559). รู้จักอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณในกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกนนิ่ง. *วารสารเทคโนโลยีวัสดุ*(83), 12-18.
- सानิตรา บางสวนหลวง. (2562). *การวิเคราะห์ตัวอย่างดินด้วยวิธี FTIR spectrophotometry และการตรวจวัดสีเพื่อการตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์*. นครปฐม: มหาวิทยาลัยศิลปากร.



มหาวิทยาลัยหาดใหญ่  
HATYAI UNIVERSITY

สุวรรณหงส์ ธรรมวรรณ. (2561). ตรวจสอบความคงอยู่ของคราบเลือดบนผิวหนังโดยวิธีทดสอบด้วยลูมิ  
นอล. นครปฐม: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

อวิการ์ตน์ นิยมไทย. (2563). พยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์. ใน *การปฏิรูปกฎหมาย : Law Reform*  
(หน้า 139-144).