ข้อมูลและฐานข้อมูล

โครงการศึกษาหาค่ามาตรฐานสารระเบิดกลุ่มไนเตรทในพื้นที่การก่อความไม่สงบในจังหวัดชายแดนใต้

อุเทน ทองแตง
อารีย์ ชูดำ
พิทักษ์ เอี่ยมชัย

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนจาก
สถาบันนิติวิทยาศาสตร์ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2567
โดยได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริม
วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) พ.ศ. 2567

ผู้วิจัย อุเทน ทองแตง, อารีย์ ชูดำ**,** พิทักษ์ เอี่ยมชัย
หน่วยงาน สถาบันนิติวิทยาศาสตร์, คณะเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตภูเก็ต, ศูนยเทคโนโลยี อิเล็กทรอนิกสและคอมพิวเตอรแหงชาติ
ทุนอุดหนุนการวิจัย สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.)
พ.ศ. 2567

เหตุการณ์ระเบิดในพื้นที่จังหวัดชายแดนภาคใต้ ระเบิดกลุ่มไนเตรท เป็นระเบิดอีกประเภทหนึ่งที่ผู้ก่อเหตุนิยมใช้ ซึ่งได้สร้างความเสียหายให้แก่บุคคลและทรัพย์สินเป็นจำนวนมาก จากกรณีดังกล่าวจึงเกิดคำถามว่า เหตุระเบิดจากกลุ่มไนเตรท จะมีการตกค้าง ปนเปื้อนและมีการกระจายตัวของสารกลุ่มไนเตรทในสิ่งแวดล้อมมากน้อยเพียงใด เพื่อจะได้เป็นข้อมูลมาตรฐานในการตรวจพิสูจน์ทราบบุคคลต้องสงสัยที่คาดว่าจะเป็นผู้เกี่ยวข้องกับเหตุระเบิด งานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในตัวอย่างดินในพื้นที่ความไม่สงบชายแดนภาคใต้ ได้แก่ จังหวัดยะลา ปัตตานี นราธิวาสและ 4 อำเภอในจังหวัดสงขลา (เทพา สะบ้าย้อย นาทวีและจะนะ) จากจุดเก็บตัวอย่างดิน 3 ประเภท ได้แก่ จุดที่เคยเกิดเหตุระเบิด จุดอ้างอิง และพื้นที่เกษตรกรรม รวมถึงตัวอย่างดินที่เกิดเหตุระเบิดล่าสุดโดยใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง พบว่า ความเข้มข้นของไนเตรทมีความหลากหลายขึ้นอยู่กับประเภทของตัวอย่างดิน โดยค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของไนเตรทในตัวอย่างดินจากจุดเกิดเหตุระเบิดเท่ากับ 150.6 $\pm$ 158.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่จุดอ้างอิงและพื้นที่เกษตรมีค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของไนเตรทใกล้เคียงกัน กล่าวคือ 179.7 $\pm$ 52.3 และ 180.9 $\pm$ 65.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ดังกล่าว ชี้ให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของไนเตรทในตัวอย่างดินบริเวณจุดเกิดเหตุแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญกับจุดอ้างอิงและพื้นที่เกษตร ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้ค่าเฉลี่ยดังกล่าวไปใช้เพื่อเป็นค่ามาตรฐานของความเข้มข้น ไนเตรทในดินที่ตรวจพบจากพยานหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับวัตถุระเบิดที่มีไนเตรทเป็นองค์ประกอบได้

คำสำคัญ : ระเบิด, ไนเตรท, ชายแดนภาคใต้, HPLC

Research Title: Determination of Standard Nitrate-based Explosive Compound in the Insurgent Area of South Boarder Provinces of Thailand

Researcher: Uthane Thongtang, Aree Choodum, Pitak Eiamchai

Department: Central institute of forensic science Thailand, Faculty of Technology And Environment Prince of Songkla University, National Electronics and Computer Technology Center

This research project is supported by Thailand Science Research and Innovation (TSRI) Fundamental Fund: fiscal year 2024

Explosive incidents in Thailand's southern border provinces frequently involve nitrate-based explosives, resulting in significant damage to both individuals and property. This raises concerns about the persistence, contamination, and dispersion of nitrate residues in the environment following such explosions. Understanding these factors could provide a valuable reference for identifying and investigating suspects potentially involved in explosive incidents. This study analyzed nitrate concentrations in soil samples collected from conflict areas across Yala, Pattani, Narathiwat, and four districts in Songkhla Province (Thepha, Saba Yoi, Na Thawi, and Chana). Soil samples were taken from three distinct locations: explosion sites, reference sites, agricultural sites and areas recent explosion sites. High-Performance Liquid Chromatography (HPLC) was used to analyze nitrate concentrations in the soil samples. The results showed that nitrate concentrations varied depending on land use. The average nitrate concentration in soil from explosion sites was 150.6 ± 158.1 mg/kg, compared to 179.7 ± 52.3 mg/kg in reference sites and 180.9 ± 65.3 mg/kg in agricultural areas. Statistical analysis indicated no significant difference in average nitrate concentrations among the three site types. Consequently, these findings suggest that average nitrate concentrations cannot yet be established as a standard reference for identifying nitrate-based explosive residues in soil evidence related to explosive incidents.

Keyword(s): Explosive, nitrate-based explosives, Thailand's southern border provinces, HPLC

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยในพื้นที่ที่ยังมีเหตุการณ์ความไม่สงบ โดยที่ต้องเข้าไปเก็บตัวอย่างในพื้นที่ดังกล่าวนั้น ค่อนข้างมีความไม่ปลอดภัยจากวัตถุระเบิดที่อาจเก็บกู้ไม่หมด รวมถึงกลุ่มบุคคลที่เห็นต่าง แต่เนื่องด้วยผู้บังคับบัญชาทั้งทหารและตำรวจในพื้นที่จังหวัด ปัตตานี ยะลา นราธิวาสรวมถึง 4 อำเภอของจังหวัดสงขลา ที่ให้การช่วยเหลือสนับสนุนทางคณะศึกษาวิจัย รวมถึงพี่ทหารตำรวจชุดปฏิบัติการที่ช่วยชี้จุดที่เคยเกิดเหตุระเบิด และยังช่วยตรวจสอบพื้นที่ก่อนเข้าเก็บตัวอย่าง ขอกราบขอบพระคุณ ผู้อำนวยการรักษาความมั่นคงภายในภาค 4 ที่สั่งการให้การดำเนินงานผ่านไปด้วยความสงบเรียบร้อยและปลอดภัย ท่าน พล.ต.เกรียงศักดิ์ วัฒนเกริก ผบ.ฉก.อโณทัย ที่สนับสนุนชุด EOD และชุดสุนัขสงครามที่ช่วยเข้าตรวจสอบพื้นที่ ขอกราบขอบพระคุณท่าน พันเอก สฐิรพงษ์ อาจหาญ ผู้บังคับกองกำลังทหารพรานจังหวัดชายแดนภาคใต้ ขอกราบขอบพระคุณท่าน ผบ.ฉก.ทพ. 41, ผบ.ฉก.ทพ. 42, ผบ.ฉก.ทพ. 43, ผบ.ฉก.ทพ. 44, ผบ.ฉก.ทพ. 45, ผบ.ฉก.ทพ. 46, ผบ.ฉก.ทพ. 47, ผบ.ฉก.ทพ. 48, ผบ.ฉก.ทพ. 49 และ ผบ.ฉก.ทพ.สงขลา ขอขอบพระคุณชุด EOD ตำรวจนราธิวาส, ชุดตำรวจตระเวณชายแดนที่ 44 และที่สำคัญต้องขอกราบขอบพระคุณผู้บริหารสถาบันนิติวิทยาศาสตร์ กระทรวงยุติธรรม พันตำรวจโทหญิงอัมพิกา ลีลาพจนาพร ที่ปรึกษางานวิจัยนี้ที่คอยชี้แนะผลักดันตั้งแต่ยื่นขอทุนโครงการวิจัยฯ กลุ่มงานวิจัยสถาบันนิติวิทยาศาสตร์ที่ให้คำแนะนำ และที่ขาดไม่ได้คือพี่ๆน้องๆทุกท่านของศูนย์ปฏิบัติการนิติวิทยาศาสตร์จังหวัดชายแดนภาคใต้ นางสาวนงนุช บุญเดิม นายจีระพันธุ์ มาชาวป่า นางสาวฐิติรัตน์ รัตนเพลิงประกาย นางสาวทิพาวรรณ จำรูญศรี นางสาววิชญาพร ด้วงเอียด นายธีรวัฒน์ ทวีแก้ว และ จ.ส.อ.อนุชา มูระวงษ์ ที่ช่วยสนับสนุนแรงกายและแรงใจ ขอกราบขอบพระคุณคุณ คณะเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตภูเก็ต นายเพชราวุธ รามศิริ และสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตรและเทคโนโลยีแหงชาติ (สวทช.) ศูนยเทคโนโลยี อิเล็กทรอนิกสและคอมพิวเตอรแหงชาติ ที่ช่วยให้โครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดแก่เจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานและพี่น้องประชาชนทุกคนในพื้นที่จังหวัดชายแดนภาคใต้

คณะผู้วิจัย

ปีงบประมาณ 2567

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
บทที่ 1 บทนำ	1
ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
เป้าหมาย	4
กลุ่มเป้าหมาย	4
สถานที่ ระยะเวลาแผนการดำเนินโครงการและวิธีดำเนินโครงการ	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	5
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
ชนิดของวัตถุระเบิด	5
วัตถุระเบิดทางการค้าหรืออุตสาหกรรม	5
วัตถุระเบิดทางทหาร	13
วัตถุระเบิดแสวงเครื่อง	17
ไนเตรท	19
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	23
แผนการดำเนินโครงการ	23
งบประมาณ	23
การติดตามและประเมินผลเมื่อสิ้นสุดโครงการ	23
การเก็บตัวอย่างดิน	24
การวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในดิน	27
วิธีการเตรียมตัวอย่างดิน	28
วิธีสกัดไนเตรทจากตัวอย่างดิน	28

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 4 ผลการดำเนินการและอภิปรายผล 29
ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในดิน 29
ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในตัวอย่างดินที่เพิ่งเกิดเหตุระเบิด 47
ความเป็นไปได้ในการใช้ข้อมูลค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในดินเพื่อเป็นค่ามาตรฐานปริมาณไนเตรทจากพื้นที่เกษตร 49
บทที่ 5 สรุปการศึกษาและข้อเสนอแนะ 51
สรุปผลการศึกษา 51
การนำไปใช้ประโยชน์/ผลกระทบ 51
ข้อเสนอแนะ 52
บทที่ 6 วิธีการเข้าฐานข้อมูลปริมาณไนเตรทในพื้นที่การก่อความไม่สงบในจังหวัดชายแดนใต้ 53

บทที่ 1
บทนำ

จากสถานการณ์ความรุนแรงที่เกิดขึ้นในพื้นที่จังหวัดชายแดนภาคใต้ และ 4 อำเภอของจังหวัดสงขลา นับตั้งแต่ปี 2547 จนถึงตุลาคม 2567 พบว่ามีเหตุการณ์ความไม่สงบ (ที่ผ่านการรับรองจาก 3 ฝ่าย: ศอบต) จำนวน 9,913 เหตุการณ์ มีผู้บาดเจ็บกว่า 13,098 ราย และมีผู้เสียชีวิตไปแล้วกว่า 5,926 ราย ซึ่งมีหลายประเภทเหตุการณ์ เช่น ยิง ระเบิด วางเพลิง โจมตี ปะทะ ซุ่มโจมตี เป็นต้น จากจำนวนเหตุการณ์ทั้งหมดเป็นเหตุระเบิดถึง 4,369 เหตุการณ์ (สำนักข่าวอิศรา,2567) คิดเป็น 44.07 เปอร์เซ็นต์ของเหตุการณ์ทั้งหมด นอกจากนี้ผลกระทบจากเหตุการณ์ระเบิดยังส่งผลเสียต่อชีวิตและทรัพย์สินมากกว่าเหตุการณ์อื่นๆ ซึ่งเป็นที่น่าเสียใจว่าจากเหตุการณ์ตลอดช่วง 20 ปี ที่ผ่านมา ส่วนใหญ่ของผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตก็คือพลเรือนหรือประชาชนทั่วไป ซึ่งรวมทั้งสตรีและเด็ก

จากเหตุการณ์ดังกล่าวทางภาครัฐได้ดำเนินการแก้ปัญหาความไม่สงบในพื้นที่ด้วยวิธีต่างๆ อาทิเช่นด้วยการบังคับใช้กฎหมาย การสร้างความเข้าใจให้กับประชาชนในพื้นที่ที่อาจถูกชักจูงจากกลุ่มผู้ก่อความไม่สงบให้หลงผิด การกระจายการศึกษาให้เยาวชนได้เข้ารับการศึกษาตามลำดับวัย รวมถึงการเจรจากับกลุ่มผู้ก่อความไม่สงบ ทั้งนี้สำหรับการดำเนินการทางกฎหมายกับผู้ก่อเหตุรุนแรง รวมถึงขบวนการ ตัวการสำคัญหรือผู้สนับสนุนอยู่เบื้องหลัง ซึ่งยากต่อการสืบสวนสอบสวนและการรวบรวมพยานหลักฐานต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการกระทำความผิด เพื่อพิสูจน์ทราบพฤติกรรมการก่อเหตุและจับกุมผู้กระทำความผิดมาดำเนินคดีอาชญากรรมดังกล่าวมีผลกระทบโดยตรงต่อความสงบเรียบร้อย ศีลธรรมอันดีของประชาชน และความมั่นคงของชาติ

ภายใต้นโยบายการบริหารและการพัฒนาจังหวัดชายแดนภาคใต้ของรัฐบาล โดยสภาความมั่นคงแห่งชาติได้กำหนดยุทธศาสตร์ด้านการพัฒนาจังหวัดชายแดนภาคใต้ที่วัตถุประสงค์สำคัญส่วนหนึ่งคือการเสริมสร้างความเข้าใจ และฟื้นคืนความไว้วางใจระหว่างรัฐกับประชาชนและระหว่างประชาชนด้วยกัน โดยมีเป้าหมายยุทธศาสตร์ในการดำเนินคดีความมั่นคงมีประสิทธิภาพ มีกระบวนการรวบรวมพยานหลักฐานรัดกุมโปร่งใส รวมทั้งผู้ต้องหาได้รับการคุ้มครองสิทธิตามกฎหมายและสามารถนำผู้กระทำผิดเข้าสู่กระบวนการยุติธรรม พัฒนากระบวนการยุติธรรมกระแสหลักให้สอดคล้องกับสภาพปัญหาความขัดแย้งในพื้นที่ ตลอดจนส่งเสริมการนำเทคโนโลยีวิทยาศาสตร์แขนงต่าง ๆ มาสนับสนุนในการทำงานให้เกิดประสิทธิภาพ และยุทธศาสตร์การแก้ไขปัญหาจังหวัดชายแดนภาคใต้ของรัฐบาล

“แอมโมเนียมไนเตรท (NH_4NO_3)” คือสารทางเคมีที่มีส่วนประกอบของ แอมโมเนีย และไนโตรเจน นิยมนำไปทำเป็นปุ๋ยเพื่อการเกษตร หรือนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของวัตถุระเบิดได้ มีรูปลักษณ์เป็นผลึกใส ไม่มีกลิ่น มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบในปริมาณมากพอที่จะไม่ต้องพึ่ง

ออกซิเจนจากภายนอกในการทำให้เกิดเพลิงไหม้ โดยปัจจุบันต้องมีการขออนุญาตนำเข้าส่งออกและครอบครองรวมถึงการจัดเก็บภายใต้หน่วยงานราชการ เช่น กระทรวงกลาโหม กระทรวงมหาดไทย กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรมศุลกากร เป็นต้น การจะนำแอมโมเนียมไนเตรตมาใช้เป็นระเบิดนั้นต้องมีการผสมร่วมกับเชื้อเพลิง ซึ่งก็เป็นวิธีที่ใช้อย่างแพร่หลายทั้งในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง อุตสาหกรรมเหมือง รวมไปถึงกลุ่มก่อการร้าย อย่างไรก็ตาม แม้สารตัวนี้จะไม่สามารถสร้างอันตรายด้วยตัวของมันเองได้ แต่จำเป็นต้องมีมาตรการที่รัดกุมในการจัดเก็บ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ต้องหลีกเลี่ยงการเก็บร่วมกับเชื้อเพลิงและแหล่งความร้อนต่างๆ จากคุณสมบัติของ แอมโมเนียมไนเตรท ดังกล่าว ซึ่งหาได้ง่าย เนื่องจากนิยมใช้ในการเกษตร ของชาวบ้านในพื้นที่ชายแดนภาคใต้ และอำนาจการทำลายล้างเมื่อนำมาประกอบเป็นวัตถุระเบิด (แอมโมเนียมไนเตรทผสมน้ำมันเชื้อเพลิง เรียกว่าระเบิด ANFO) มีความรุนแรงและสร้างความเสียหายสูง ดังที่ได้เห็นตามเหตุการณ์ระเบิดในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนภาคใต้

สำหรับกระบวนการยุติธรรมนั้น เมื่อมีการดำเนินการจับกุมผู้ต้องหาที่ต้องสงสัยว่าเป็นผู้ประกอบระเบิด ANFO หากการตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์ ตรวจพบการปนเปื้อนของสารกลุ่มไนเตรทจากตัวผู้ต้องหาเมื่อคดีขึ้นสู่ชั้นศาล จำเลยอาจกล่าวอ้างว่า ตนเองได้ผ่านไปยังบริเวณที่มีเหตุระเบิด หรือบริเวณที่ทำการเกษตร ซึ่งอาจมีการใช้สารกลุ่มไนเตรท จึงมีการปนเปื้อนสารดังกล่าวได้ หากในกระบวนพิจารณาคดีในชั้นศาล จำเลยสามารถพิสูจน์หรือยืนยันได้ว่าตนเอง มีค่าการปนเปื้อนสารกลุ่มไนเตรทสูงหรือต่ำกว่าค่ามาตรฐานจากสาเหตุใด ย่อมเป็นการพิสูจน์ความบริสุทธิ์ของตัวจำเลยจากข้อกล่าวหาได้

จากเหตุระเบิดในพื้นที่จังหวัดชายแดนใต้ และพื้นที่ 4 อำเภอจังหวัดสงขลา ที่ผ่านมานั้น ผู้ก่อเหตุได้มีการใช้วัตถุระเบิดที่ผลิตเอง Improvised Explosive Device (IED) หลายประเภท เช่น กลุ่มระเบิดแบบขว้าง กลุ่มระเบิดแบบเหยียบ กลุ่มระเบิดคาร์บอม กลุ่มระเบิดถังแกส (สำหรับฝังไว้ใต้ถนน) โดยเป้าหมายของกลุ่มระเบิดแต่ละประเภทก็จะแตกต่างกัน เช่นกลุ่มระเบิดแบบขว้าง ก็จะเป็นฐานปฏิบัติการของเจ้าหน้าที่ หรือด่านตรวจ กลุ่มระเบิดแบบเหยียบ กลุ่มเป้าหมายจะเป็นเจ้าหน้าที่ที่เข้าตรวจสอบสถานที่ที่เกิด ซึ่งผู้ก่อเหตุจะฝังระเบิดไว้บริเวณที่เกิดเหตุ หรือกลุ่มชาวบ้านที่กรีดยาง โดยผู้ก่อเหตุจะฝังไว้บริเวณโคนต้นยาง ที่ชาวบ้านเข้าไปกรีดยางเป็นประจำ เพื่อลวงให้เจ้าหน้าที่เข้ามาตรวจสอบที่เกิดเหตุ กลุ่มระเบิดคาร์บอม กลุ่มเป้าหมายจะเป็นบริเวณตัวเมือง เพื่อให้เกิดความเสียหายในวงกว้าง รวมถึงความเสียหายทางเศรษฐกิจ ส่วนกลุ่มระเบิดถังแกส (สำหรับฝังไว้ใต้ถนน) จะเน้นเป้าหมายเป็นเจ้าหน้าที่ที่สัญจรเส้นทางเดิมๆ หรือมีการแจ้งล่วงหน้าว่าจะเดินทางไปยังที่ใด โดยจะถูกบังคับให้เดินทางผ่านเส้นทางเดียวทั้งไปทั้งกลับ

ในส่วนการวิจัย ศึกษาหาค่ามาตรฐานสารระเบิดกลุ่มไนเตรทในพื้นที่การก่อความไม่สงบในจังหวัดชายแดนใต้ จะดำเนินการเก็บตัวอย่างดินจากบริเวณจุดระเบิด โดยจะพิจารณาที่ตัวระเบิด

ต้องทำจาก สารกลุ่มไนเตรท โดยสามารถพิจารณาได้จาก ผลของการระเบิด หรือเป้าหมายของผู้ก่อเหตุ ส่วนมากจะเป็นกลุ่มระเบิดคาร์บอม และกลุ่มระเบิดถังแกส ตัวระเบิดที่ผู้ก่อเหตุใช้ ส่วนมากเป็นแอมโมเนียมไนเตรทผสมน้ำมันเชื้อเพลิง หรือที่เรียกว่า ANFO บรรจุในถังดับเพลิงหรือถังแกสหุงต้ม ซึ่งเมื่อเกิดการระเบิดแล้วจะทำให้เกิดการเสียหายค่อนข้างสูง จากนั้นจะเก็บตัวอย่างดินอ้างอิง ซึ่งจะเป็นบริเวณดินที่ห่างจากจุดระเบิดประมาณ 1 – 2 กิโลเมตร และเก็บตัวอย่างดินจากพื้นที่การเกษตร และนอกจากนี้มีการเก็บตัวอย่างดินจากบริเวณที่ไม่เคยมีเหตุระเบิดเลย เพื่อเปรียบเทียบผลของปริมาณสารไนเตรทกับพื้นที่ที่เคยเกิดเหตุระเบิด

โครงการ “การศึกษาหาค่ามาตรฐานสารระเบิดกลุ่มไนเตรทในพื้นที่การก่อความไม่สงบในจังหวัดชายแดนใต้” จะทำให้ทราบถึงค่ามาตรฐานของสารกลุ่มไนเตรทในสามจังหวัด ได้แก่จังหวัดปัตตานี ยะลา นราธิวาส และพื้นที่ 4 อำเภอของจังหวัดสงขลา (เทพา นาทวี จะนะ สะบ้าย้อย) ซึ่งประกอบไปด้วย 37 อำเภอ โดยการศึกษานี้จะทำการเก็บตัวอย่างดินบริเวณหลุมระเบิดที่เคยเกิดเหตุระเบิดที่ผ่านมา รวมถึงพื้นที่เกษตรกรรม เพื่อหาค่าเฉลี่ยของการปนเปื้อนของสารกลุ่มไนเตรท จากนั้นจะสรุปออกมาเป็นค่ามาตรฐานของสารกลุ่มไนเตรทของแต่ละจังหวัด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินการด้านนิติวิทยาศาสตร์ เพื่อให้สามารถคัดแยกผู้กระทำผิดมาดำเนินคดีตามกฎหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อหาค่าเฉลี่ยและสรุปเป็นค่ามาตรฐานของการปนเปื้อนของสารระเบิดกลุ่มไนเตรทในสิ่งแวดล้อมในพื้นที่การก่อความไม่สงบในจังหวัดชายแดนใต้
2. เพื่อนำค่ามาตรฐานจากการวิจัยมาใช้เป็นแหล่งอ้างอิงในการตรวจพิสูจน์หาการปนเปื้อนจากบุคคล สถานที่ หรือสิ่งของ
3. เพื่อนำค่ามาตรฐานดังกล่าวมาใช้เป็นข้อมูลสำหรับหน่วยงานการบังคับใช้กฎหมายหรือหน่วยงานที่ให้ความยุติธรรม
4. เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการศึกษาวิจัยการปนเปื้อนของสารระเบิดชนิดอื่นๆ ในพื้นที่การก่อความไม่สงบในจังหวัดชายแดนใต้
5. เพื่อให้เห็นภาพการกระจายตัวของการปนเปื้อนสารระเบิดโดยการกำหนดพิกัดจุดลงในแผนที่ (Mapping)

เป้าหมาย

ค่ามาตรฐานการปนเปื้อนของสารระเบิดกลุ่มไนเตรทในสิ่งแวดล้อมในพื้นที่การก่อความไม่สงบในจังหวัดชายแดนใต้ เพื่อนำค่ามาตรฐานจากการวิจัยมาใช้เป็นแหล่งอ้างอิงในการตรวจพิสูจน์หาการปนเปื้อนจากบุคคล สถานที่ หรือสิ่งของ

กลุ่มเป้าหมาย

พื้นที่ที่เคยเกิดเหตุระเบิด และพื้นที่เกษตรกรรม ในพื้นที่ ปัตตานี ยะลา นราธิวาส และ 4 อำเภอของสงขลา (เทพา นาทวี จะนะ สะบ้าย้อย)

สถานที่ ระยะเวลาแผนการดำเนินโครงการและวิธีดำเนินโครงการ

1. สถานที่
   1.1 พื้นที่ที่เคยเกิดเหตุระเบิด และพื้นที่เกษตรกรรม ในจังหวัดปัตตานี
   1.2 พื้นที่ที่เคยเกิดเหตุระเบิด และพื้นที่เกษตรกรรม ในจังหวัดยะลา
   1.3 พื้นที่ที่เคยเกิดเหตุระเบิด และพื้นที่เกษตรกรรม ในจังหวัดนราธิวาส
   1.4 พื้นที่ที่เคยเกิดเหตุระเบิด และพื้นที่เกษตรกรรม ใน 4 อำเภอ (เทพา นาทวี จะนะ สะบ้าย้อย) ของจังหวัดสงขลา
2. ระยะเวลา เดือน มกราคม - ธันวาคม 2567 (รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 12 เดือน)
3. วิธีดำเนินการ ดำเนินการเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่/การตรวจตัวอย่างดินในห้องปฏิบัติการ/หาค่ามาตรฐาน และจัดทำ Mapping

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

หน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน ประชาชน และภาคประชาสังคม ได้รับองค์ความรู้ และประโยชน์เชิงสังคมและกระบวนการยุติธรรม จากการใช้ฐานข้อมูลสารกลุ่มไนเตรท และสร้างความมั่นใจแก่ผู้ปฏิบัติงานในกระบวนการยุติธรรม เพื่อสร้างความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนเป็นวงกว้าง

บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรม

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

วัตถุระเบิด คือสารเคมีที่เป็นสารประกอบหรือของผสม ซึ่งหากได้รับการกระตุ้นที่เหมาะสมด้วยความร้อน แรงกระแทก การเสียดสีหรือแรงช้อคเว็บ (Shock wave) จะทำปฏิกิริยาสลายตัวทันทีทันใดตามขั้นตอนของ Thermochemical ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะทำให้เกิดเป็นความร้อนและก๊าซมีความดันสูงวัตถุระเบิดแรงต่ำมีการทำปฏิกิริยาช้า เป็นลักษณะของการเผาไหม้อย่างรวดเร็ว (Rapid burning) เรียกว่าการ Deflagration ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่มีความเร็วน้อยกว่าความเร็วเสียง ส่วนวัตถุระเบิดแรงสูงบางชนิดทำปฏิกิริยาอย่างรวดเร็วมากเรียกว่าการ Detonation ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเร็วกว่าความเร็วของแสง

ชนิดของวัตถุระเบิด (Type of explosives)

วัตถุระเบิดสามารถจำแนกได้ 3 ชนิดตามการใช้งาน (Midkiff,1982) คือ

1. วัตถุระเบิดทางการค้าหรืออุตสาหกรรม (Commercial explosives) ได้แก่ Gelatin, Blasting, Water gel, Dynamite, วัตถุระเบิดแบบหนืด (Emulsion explosive) เป็นต้น
2. วัตถุระเบิดทางทหาร (Military explosives) เป็นวัตถุระเบิดที่ใช้ในงานทางทหาร ได้แก่ PETN (Pentaerytherite tetranitrate), TNT (Trinitrotoluene) และ RDX (Research development explosive) เป็นต้น
3. วัตถุระเบิดแสวงเครื่อง (Improvised explosive device) ซึ่งเกิดจากการนำเอาสารเคมีและอุปกรณ์ที่หาได้ง่ายและใกล้ตัวในพื้นที่นั้น ๆ มาทำเป็นวัตถุระเบิด

วัตถุระเบิดทางการค้าหรืออุตสาหกรรม (Commercial explosives) (Midkiff,1982)

วัตถุระเบิดที่ใช้ในทางการค้าและอุตสาหกรรมซึ่งต้องมีการขออนุญาตและมีขั้นตอนการผลิตอย่างถูกต้องตามหลักเกณฑ์และกฎหมาย ได้แก่ งานเหมืองแร่ งานโยธาและเหมืองหิน และงานพิเศษอื่น ๆ ที่ไม่ใช่เพื่อการทหาร

ประเภทของวัตถุระเบิดทางการค้าหรืออุตสาหกรรม

แบ่งตามคุณสมบัติในการใช้งาน และตามกฎหมายควบคุมการขนส่งซึ่งมักเกี่ยวข้องกับความไวในการระเบิดของสารระเบิดหรือวัตถุระเบิดชนิดนั้น ๆ ได้ 4 ประเภท คือ

1. วัตถุระเบิดแรงต่ำ (Low explosive) คือวัตถุระเบิดที่ไม่ให้ Shock waveขณะที่ระเบิด เช่น ดินดำ (Black powder) ผงระเบิดไม่มีควัน (Smokeless powder) ผงแฟลช (Flash powder) วัตถุระเบิดแรงต่ำจะถูกกระตุ้นให้ระเบิดได้โดยการจุดไฟ

2. วัตถุระเบิดที่ใช้ในการกระตุ้นให้เกิดการระเบิด (Initiating explosive or primary high explosive) ได้แก่ Lead azide, Lead styphnate, Mercury fulminate, PENT หรือ RDX เป็นต้น เป็นวัตถุระเบิดที่ใช้ทำเชื้อปะทุเพื่อจุดระเบิดแรงสูง ประกอบด้วยวัตถุระเบิดแรงต่ำและวัตถุระเบิดแรงสูงประกอบเข้าด้วยกัน เมื่อมีการจุดระเบิดวัตถุระเบิดแรงต่ำจะทำให้มีการกระตุ้นให้วัตถุระเบิดแรงสูงที่ใช้เป็นระเบิดในการกระตุ้นให้เกิดการระเบิด ในเชื้อปะทุหรือแก๊ปเกิดการระเบิดและไปกระตุ้นให้ระเบิดแรงสูงเกิดการระเบิดขึ้นในลักษณะของปฏิกิริยาลูกโซ่จากระเบิดที่มีพลังงานน้อยไปสู่วัตถุระเบิดที่มีพลังงานมากกว่า โดยเชื้อปะทุที่อยู่รวมกับวัตถุระเบิดแรงสูงนี้ เรียกว่า “ไพรเมอร์” (Primer) ส่วนวัตถุระเบิดแรงสูงที่ใช้กระตุ้นระเบิดแรงสูงที่เป็นระเบิดหลัก (Main charge) โดยไม่มีเชื้อปะทุอยู่ด้วย เรียกว่า “บูสเตอร์” (Booster)

3. วัตถุระเบิดแรงสูงที่เป็นวัตถุระเบิดหลัก (Secondary high explosive or main charge) คือ สารที่ให้ Shock wave ขณะที่ระเบิด เช่น Dynamite, Watergel, Emulsion explosive, TNT, ANFO และสายชนวนระเบิด เป็นต้น วัตถุระเบิดแรงสูงมักจะสามารถกระตุ้นให้เกิดการระเบิดได้ด้วยแก๊ปเบอร์ 6 หรือการกระแทกอย่างแรงจนเกิดเป็น Shock wave เช่น การถูกฟ้าผ่า การถูกยิงด้วยกระสุนปืน เป็นต้น แต่วัตถุระเบิดแรงสูงไม่สามารถกระตุ้นให้ระเบิดได้โดยการจุดไฟจะต้องมีแก๊ปหรือวัตถุที่สามารถผลิต Shock wave กระตุ้นให้มีการระเบิด อย่างไรก็ตามกฎหมายมักมีความเข้มงวดในการควบคุมการขนส่งวัตถุระเบิดแรงสูงเป็นพิเศษกว่าสารประกอบระเบิด

4. สารประกอบระเบิด (Blasting agent) คือสารประกอบหรือของผสมที่ใช้เป็นส่วนผสมที่สำคัญสำหรับใช้ทำวัตถุระเบิดแรงสูง หรือวัตถุระเบิดแรงสูงบางชนิดที่จุดระเบิดได้ยาก เช่น วัตถุระเบิดแบบหนืด (Emulsion explosive) บางชนิด มักเป็นวัสดุที่สามารถให้ออกซิเจน (Oxidizer) สารระเบิดเหล่านี้ไม่ได้จัดเป็นวัตถุระเบิดโดยตัวของมันเองแต่จะกลายเป็นวัตถุระเบิดได้ก็ต่อเมื่อได้มีการผสมกับวัสดุที่เป็นวัสดุจำพวกเชื้อเพลิงในอัตราส่วนที่เหมาะสมแล้วเท่านั้น ตัวอย่างสารระเบิดที่นิยมใช้ในการทำวัตถุระเบิดในทางการค้ามากที่สุดคือแอมโมเนียมไนเตรท (Ammonium nitrate; NH_4NO_3) สารประกอบระเบิดนี้กฎหมายของประเทศต่างๆ มักจะมีความเข้มงวดในการควบคุมการขนส่งน้อยกว่าวัตถุระเบิดแรงสูง

วัตถุระเบิดแรงสูงที่ใช้ผลิตวัตถุระเบิด

1. Lead Azide (N_6Pb) มีคุณสมบัติเป็นผงผลึกหรือเป็นเม็ดสีขาว สีครีม สีเหลืองอ่อนจนถึงสีแดงอมชมพู มีความไวในการระเบิดสูง นิยมใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเชื้อปะทุโดยใช้เป็นดินเริ่ม (Primary Charge) มักใช้ร่วมกับ Lead Styphnate เพื่อให้สามารถจุดระเบิดได้ง่าย

2. Lead Styphnate ($PbC_6H_2N_3O_8$) มีลักษณะเป็นผลึกสีเหลืองจนถึงสีน้ำตาลน้ำตาล นิยมใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเชื้อปะทุโดยใช้เป็นดินเริ่ม (Primary Charge) เช่นเดียวกับ

Lead Azide โดยทั่วไปจุดระเบิดได้ยากกว่า Lead Azide แต่มีความไวต่อการจุดระเบิดด้วยไฟและไฟฟ้าสถิตได้ง่ายกว่าจึงใช้ผสมกับ Lead Azide เพื่อให้สามารถจุดระเบิดด้วยเปลวไฟได้ง่ายขึ้น

3. Mercury Fulminate [$Hg(ONC)_2$] มีลักษณะเป็นผลึก หากบริสุทธิ์มีสีขาวแต่ทั่วไปสีเทาอมเหลือง เมื่อแห้งจะไวต่อความร้อน การขัดสี เปลวไฟ และการกระแทกมาก ปัจจุบันไม่นิยมใช้เนื่องจากประสิทธิภาพและความปลอดภัยในการใช้งานด้อยกว่า RDX

4. Nitroglycerine ($C_3H_5N_3O_9$) เป็นวัตถุระเบิดแรงสูงมีลักษณะเป็นของเหลวหากบริสุทธิ์จะใสไม่มีสี ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ในแอลกอฮอล์

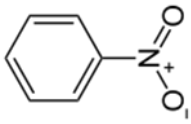
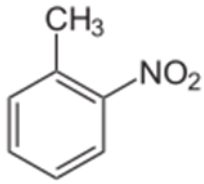
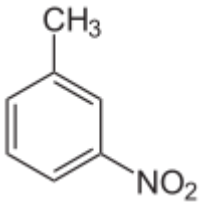
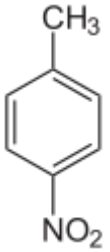
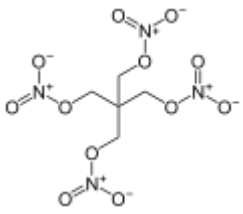
5. Pentaerythrite tetranitrate (PETN: $C_5H_8N_{12}O_4$) มีลักษณะเป็นผงสีขาวจนถึงสีเทาอ่อนไม่ละลายน้ำแต่ละลายได้ในแอลกอฮอล์ อีเทอร์ อะซีโตน หรือเบนซิน เป็นวัตถุระเบิดที่เสถียรและมีประสิทธิภาพสูงมากที่สุดชนิดหนึ่งนิยมใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเชื้อปะทุโดยใช้เป็นประจุล่าง (Base Charge) ใช้ทำสายชนวนระเบิด (Detonating cords) และใช้สำหรับกระตุ้นการระเบิดแรงสูงชนิดอื่น (Cast boosters)

6. Cyclonite (RDX: $C_3H_6N_6O_6$) มีลักษณะเป็นผงผลึกสีชมพูจนถึงสีแดงเข้มใช้งานเช่นเดียวกับ PETN

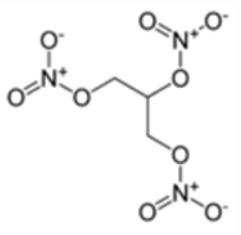
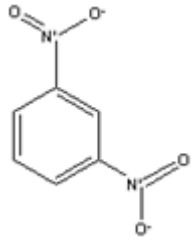
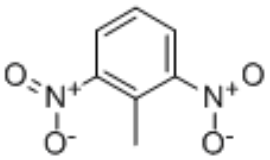
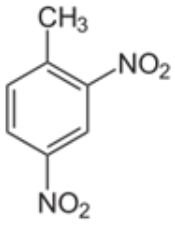
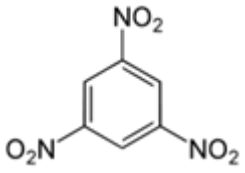
7. Trinitrotoluene (TNT: $C_7H_5N_3O_6$) มีลักษณะเป็นผลึกสีเหลือง มีกลิ่น หลอมละลายกลายเป็นของเหลวได้ที่อุณหภูมิ 81 องศาเซลเซียส ใช้เป็นวัตถุระเบิดและส่วนผสมของวัตถุระเบิดแรงสูงหลายชนิดทั้งในทางทหารและใช้ในทางการค้า

8. Trinitrophenylmethylnitramine (Tetryl: $C_7H_5N_5O_8$) มีลักษณะเป็นผงละเอียดหรือเป็นผลึกสีเหลืองอ่อน ไม่มีกลิ่น สามารถจุดระเบิดได้ด้วยไฟ การเสียดสี การกระแทก เป็นวัตถุระเบิดที่มีพลังการระเบิดสูงกว่า TNT แต่ไม่ค่อยเสถียรเท่ากับ TNT

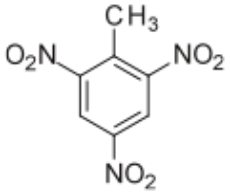
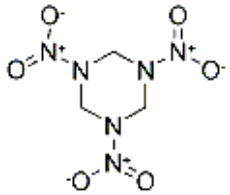
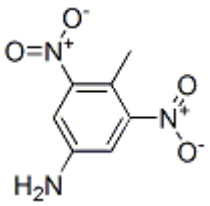
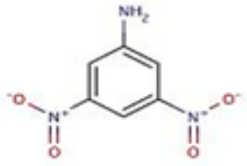
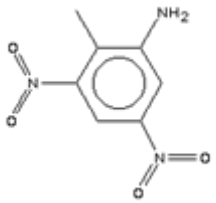
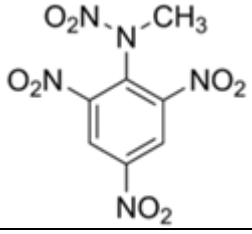
ตารางที่ 1.1 ตัวอย่างและโครงสร้างของสารระเบิด

สารระเบิด	สูตรโครงสร้าง
ชื่อสามัญ : Nitrobenzene สูตรเคมี : $C_6H_5NO_2$ น้ำหนักโมเลกุล : 123.06 g/mol	
ชื่อสามัญ : 2-Nitrotoluene สูตรเคมี : $C_7H_7NO_2$ น้ำหนักโมเลกุล : 137.136 g/mol	
ชื่อสามัญ : 3-Nitrotoluene สูตรเคมี : $C_7H_7NO_2$ น้ำหนักโมเลกุล : 137.136 g/mol	
ชื่อสามัญ : 4-Nitrotoluene สูตรเคมี : C_7H_7NO2 น้ำหนักโมเลกุล : 137.136 g/mol	
ชื่อสามัญ : Pentaerythrite Tetranitrate (PETN) สูตรเคมี : $C_5H_8N_{12}O_4$ น้ำหนักโมเลกุล : 136.14 g/mol	

ตารางที่ 1.1 ตัวอย่างและโครงสร้างของสารระเบิด (ต่อ)

สารระเบิด	สูตรโครงสร้าง
ชื่อสามัญ : Nitroglycerine สูตรเคมี : $C_3H_5N_3O_9$ น้ำหนักโมเลกุล : 227.09 g/mol	
ชื่อสามัญ : 1,3-Dinitrobenzene สูตรเคมี : $C_3H_4N_2O_4$ น้ำหนักโมเลกุล : 168.11 g/mol	
ชื่อสามัญ : 2,6-Dinitrotoluene สูตรเคมี : $C_7H_6N_2O_4$ น้ำหนักโมเลกุล : 182.13 g/mol	
ชื่อสามัญ : 2,4-Dinitrotoluene สูตรเคมี : $C_7H_6N_2O_4$ น้ำหนักโมเลกุล : 182.13 g/mol	
ชื่อสามัญ : 1,3,5-Trinitrobenzene สูตรเคมี : $C_6H_3N_3O_6$ น้ำหนักโมเลกุล : 214.1 g/mol	

ตารางที่ 1.1 ตัวอย่างและโครงสร้างของสารระเบิด (ต่อ)

ชื่อสามัญ : 2,4,6, - trinitrotoluene (TNT) สูตรเคมี : $C_7H_5N_3O_6$ น้ำหนักโมเลกุล : 214.1 g/mol	
ชื่อสามัญ : Cyclotrimethylenetrinitramine (RDX) สูตรเคมี : $C_3H_6N_6O_6$ น้ำหนักโมเลกุล : 222.12 g/mol	
ชื่อสามัญ : 4-Amino-2,6-dinitrotoluene สูตรเคมี : $C_7H_7N_3O_4$ น้ำหนักโมเลกุล : 197.15 g/mol	
ชื่อสามัญ : 3,5-Dinitroaniline สูตรเคมี : $C_6H_5N_3O_4$ น้ำหนักโมเลกุล : 183.12 g/mol	
ชื่อสามัญ : 2-Amino-4,6-dinitrotoluene สูตรเคมี : $C_7H_7N_3O_4$ น้ำหนักโมเลกุล : 197.15 g/mol	
ชื่อสามัญ : Tetryl สูตรเคมี : $C_7H_5N_5O_8$ น้ำหนักโมเลกุล : 287.15 g/mol	

คุณสมบัติของวัตถุระเบิดทางการค้า

เป็นตัวบ่งบอกการเลือกใช้วัตถุระเบิดให้สัมพันธ์กับลักษณะงาน คุณสมบัติทั่วไปของวัตถุระเบิดที่ควรพิจารณามีดังนี้

1. ความเร็วในการระเบิด (Velocity of detonation) หมายถึงอัตราของคลื่นระเบิดที่วิ่งไปตามแท่งวัตถุระเบิด ความเร็วในการระเบิดนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ความหนาแน่น ส่วนผสม ขนาดของวัตถุระเบิด ขนาดของ particles ในวัตถุระเบิด และ degree of confinement

2. ความหนาแน่น (Density) คือหน่วยน้ำหนักต่อปริมาตรของวัตถุระเบิด ความหนาแน่นของวัตถุระเบิดที่สามารถบรรจุได้ในรูระเบิดขนาดหนึ่ง ๆ เรียกว่า “ความหนาแน่นที่สามารถบรรจุได้ที่ขนาดรูระเบิดนั้น ๆ (Loading density)” ความถ่วงจำเพาะของวัตถุระเบิดคืออัตราส่วนของน้ำหนักวัตถุระเบิดต่อน้ำหนักของน้ำเมื่อมีปริมาตรเท่ากัน มักใช้ความหนาแน่นของวัตถุระเบิดในการเปรียบเทียบความแรงของวัตถุระเบิดต่างชนิดกันหรือผลิตที่โรงงานต่างกัน เมื่อบรรจุในรูระเบิดขนาดเท่ากันวัตถุระเบิดที่มีความหนาแน่นมากกว่ามักจะมีพลังในการระเบิดมากกว่า วัตถุระเบิดบางชนิดที่มีความหนาแน่นเท่ากันเมื่อนำไปใช้ในรูระเบิดที่มีขนาดโต กว่าจะทำให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ความหนาแน่นเป็นตัวบ่งชี้ถึงความเร็วในการระเบิดและความดันในการระเบิดได้ โดยทั่วไปวัตถุระเบิดทางการค้าจะมีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 0.7 –1.7 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

3. ความดันจากการระเบิด (Detonation pressure)

4. ความไวต่อการกระตุ้นและขนาดอนุภาค (Sensitivity, Critical diameter) ความไวในการระเบิดหรือความสามารถในการถ่ายทอดพลังงานของวัตถุระเบิด คือ ความยากง่ายในการระเบิดของวัตถุระเบิด วัดได้จากพลังงานที่จำเป็นต้องใช้ในการกระตุ้นให้วัตถุระเบิดชนิดนั้น ๆ จุดระเบิด วัตถุระเบิดบางชนิดสามารถจุดระเบิดได้ง่าย เช่น ไดนาไมต์ และวัตถุระเบิดแบบหนืดบางชนิดที่สามารถจุดระเบิดได้ด้วยแก๊ปเบอร์ # 8 ตามธรรมดาการใช้แก๊ปเพียงอย่างเดียวไม่สามารถที่จะจุดระเบิด ANFO และวัตถุระเบิดแบบหนืดบางชนิดได้ จำเป็นต้องใช้วัตถุระเบิดที่จุดระเบิดได้ง่ายกว่า เช่น ไดนาไมต์ เป็นตัวช่วยในการจุดระเบิด เรียกว่า “Primer” หรือ “Booster” ดังตารางที่ 2 เป็นตัวอย่างความยากง่ายในการจุดระเบิดของวัตถุระเบิดบางชนิด วัตถุระเบิดที่ใช้สำหรับประกอบเป็นเชื้อปะทุมักจะมีความไวในการระเบิดสูงจึงสามารถจุดระเบิดโดยไม่ตั้งใจได้ง่าย เช่น เมื่อได้รับความร้อน การกระแทก ไฟฟ้าสถิต ไฟฟ้ารั่ว แรงอัด การเสียดสี เปลวไฟ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น คลื่นวิทยุ คลื่นโทรศัพท์ และคลื่นไมโครเวฟ เป็นต้น ส่วนขนาดอนุภาคของวัตถุระเบิดควรมีขนาดที่เล็กมาก ๆ ซึ่งเมื่อระเบิดจะเกิดความต่อเนื่องตลอดในแท่งของวัตถุระเบิด ค่านี้ได้จากการทดลองจุดระเบิดด้วยวัตถุระเบิดที่มีขนาดอนุภาคที่แตกต่างกัน

5. พลังงานที่ให้ออกมาหรือความแรงในการระเบิด (Energy output or strength) คือพลังความสามารถในการระเบิดของวัตถุระเบิดที่สามารถผลิตแรงระเบิดตามวัตถุประสงค์ในการใช้

วัตถุระเบิดซึ่งต้องการพลังงานที่ปลดปล่อยของวัตถุระเบิดให้มากที่สุดเพื่องานจะได้มีประสิทธิภาพ เช่น การทำให้หินแตกตัวออก หรือการตัดเหล็ก พลังงานจากการระเบิดอยู่ในรูปของพลังงานทางเคมีที่ให้ออกมาขณะเกิดปฏิกิริยาและถูกใช้ไปในระหว่างเกิดการปฏิกิริยาระเบิด เช่น ใช้ในการบดหินที่อยู่รอบรูเจาะ เปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนและแสงสว่าง เสียง แรงสั่นสะเทือน แรงพลังดัน เป็นต้น ซึ่งพลังงานต่าง ๆ ที่ถูกใช้ไปนี้สามารถคำนวณและวัดได้ ผู้ผลิตวัตถุระเบิดแต่ละรายใช้วิธีการวัดความแรงในการระเบิดด้วยวิธีต่าง ๆ กัน และไม่มีวิธีการวัดความแรงในการระเบิดที่ถือเป็นวิธีมาตรฐาน วัตถุระเบิดชนิดเดียวกันอาจมีประสิทธิภาพต่างกันเมื่อใช้งานในรูที่มีขนาดต่างกัน เมื่อขนาดรูระเบิดโตขึ้นประสิทธิภาพของวัตถุระเบิดบางชนิดจะสูงขึ้นกว่าเมื่อใช้งานในรูระเบิดขนาดเล็ก

ตารางที่ 1.2 แสดงความไวในการจุดระเบิดของวัตถุระเบิดชนิดต่างๆ

ชนิดของวัตถุระเบิด	**ความยากง่ายในการระเบิด (Hazard sensitivity)**	**ความไวในการใช้งาน (Performance sensitivity)**
ไดนาไมต์ชนิดเม็ด (Granular Dynamite)	ปานกลาง ถึงง่าย	ดีเยี่ยม
ไดนาไมต์ชนิดหนืด (Gelatin Dynamite)	ปานกลาง	ดีเยี่ยม
วัตถุระเบิดแบบหนืด (Bulk Slurry)	ยาก	ดี – ดีมาก
วัตถุระเบิดแบบหนืดชนิดแท่ง (Cart ridged Slurry)	ยาก	ดี – ดีมาก
ANFO แบบหลวม (Poured ANFO)	ยาก	ดี
ANFOแบบบรรจุแท่ง (Packaged ANFO)	ยาก	ดี - ดีมาก

6. คุณสมบัติในการกันน้ำ (Water resistance) เป็นคุณสมบัติของวัตถุระเบิดที่จะคงความไวต่อการกระตุ้นได้มากน้อยเพียงใดเมื่อถูกน้ำ วัตถุระเบิดเกิดเสื่อมสภาพเพราะน้ำโดยสาเหตุ 2 ประการ คือเกลือที่ผสมในวัตถุระเบิดเกิดละลายน้ำและสูญเสียไป หรือความดันน้ำทำให้ขนาดและจำนวนของฟองอากาศเกิดลดลงเป็นผลให้วัตถุระเบิดค่อย ๆ เสื่อมสภาพ วัตถุระเบิดเนื้อพลาสติดโดยปกติแล้วมีความคงทนต่อน้ำสูง วัตถุระเบิดประเภท Emulsion มีคุณสมบัติความคงทนต่อน้ำที่ดีมาก ด้วยเกลือที่ถูกปกคลุมด้วยฟิล์มของน้ำมันหรือขี้ผึ้งและฟองอากาศถูกรรจุอยู่ใน micro balloons

ส่วนวัตถุระเบิดที่ไม่มีคุณสมบัติคงทนต่อน้ำในตัวเองก็สามารถทำให้ใช้ในน้ำได้โดยการบรรจุลงในวัสดุกันน้ำ เช่น พลาสติก ยกตัวอย่างเช่น ANFO หรือ Dynamite เป็นต้น

7. ความปลอดภัยในการใช้งาน (Safety characteristics) เป็นคุณสมบัติที่สำคัญของวัตถุระเบิด เพื่อให้ถูกลักษณะการใช้งาน การขนย้าย และความเสี่ยงของผู้ปฏิบัติงาน เช่น วัตถุระเบิดประเภท Dynamite เป็นวัตถุที่มีความไวต่อแรงกระแทกและแรงเสียดทานมาก การวัดความปลอดภัยของวัตถุระเบิดสามารถทำได้จากการทดสอบหาค่าของพลังงานหรือปริมาณของแรงต่าง ๆ ที่มากระทำกับวัตถุระเบิดมากที่สุดแล้วไม่เกิดการระเบิดเมื่อได้รับแรงกระทำเหล่านี้

8. ลักษณะควันระเบิด (Fume class) ควันระเบิดหมายถึงแก๊สพิษที่ได้จากการระเบิด เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ไนโตรเจนออกไซด์ (NO และ NO_2) ลักษณะของควันระเบิดจะเป็นตัวบอกถึงปริมาณของแก๊สพิษที่เกิดขึ้นจากการระเบิด ซึ่งต้องพิจารณาเป็นพิเศษสำหรับการระเบิดในอุโมงค์หรือในที่ที่การระบายอากาศไม่ดี

9. อายุการเก็บรักษา (Shelf life) อายุการเก็บรักษาของวัตถุระเบิดเป็นส่วนสำคัญอย่างหนึ่ง วัตถุระเบิดบางประเภทที่มีการเก็บไว้นาน หรือเก็บไว้ในสภาพแวดล้อมที่ไม่ดี เช่น มีความชื้นมากเกินไป อุณหภูมิสูงเกินไป เช่น วัตถุระเบิดพลาสติก และไนโตรกลีเซอรีน เมื่อเก็บไว้ในที่อุณหภูมิสูงจะทำให้เกลือที่ผสมอยู่เกิดการแยกตัวออกจากเนื้อวัตถุระเบิด หรือฟองอากาศที่ผลมอยู่ในวัตถุระเบิดอาจสูญเสียไปบางส่วนหรือทั้งหมด ถ้าเก็บไว้นานทำให้ความไวต่อการจุดระเบิดลดลง หรือไม่สามารถจุดระเบิดได้

วัตถุระเบิดทางทหาร (Military explosives)

1. ประเภทของวัตถุระเบิด

แบ่งตามความเร็วในการปะทุ หรือความเร็วในการลุกไหม้ (เมตรหรือฟุตต่อวินาที) ได้ 2 ประเภท (Cooper,1996) คือ

1.1 วัตถุระเบิดแรงต่ำ (Low explosives) คือ ระเบิดที่สามารถทำให้เกิดการระเบิดได้โดยการใช้ไฟจุด ทำให้เกิดปฏิกิริยาในการเปลี่ยนสภาพจากของแข็งไปเป็นแก๊ส เกิดได้ค่อนข้างช้า มีการเผาไหม้ของสารเคมีอย่างรุนแรงในพื้นที่จำกัดทำให้เกิดแรงดันของก๊าซอย่างมหาศาลจนทำให้เกิดการระเบิดขึ้น (ประมาณ 400 เมตร หรือ 1,300 ฟุตต่อวินาที) เรียกว่า “การลุกไหม้อย่างรุนแรง” (Deflagration) คุณลักษณะอันนี้ทำให้วัตถุระเบิดแรงต่ำเหมาะสำหรับเป็นตัวให้กำลังขับดัน วัตถุระเบิดประเภทนี้ได้แก่ ดินส่งกระสุน ดินดำ และสารไพโรเทคนิค (Pyrotechnic) ระเบิดแรงต่ำต่างจากระเบิดแรงสูงคือ ไม่สามารถทำให้เกิดช็อกเว็บ (Shock wave) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่มีความเร็วน้อยกว่าความเร็วเสียงได้

1.2 วัตถุระเบิดแรงสูง (High explosives) คือ วัตถุระเบิดที่สามารถสลายตัวได้อย่างรวดเร็วมาก (ประมาณ 1,000 – 8,500 เมตรต่อวินาที หรือ 3,280 – 27,888 ฟุตต่อวินาที) เรียกว่า

“การปะทุ” (Detonation) ทำให้เกิดอำนาจการฉีกขาดต่อเป้าหมาย โดยต้องถูกกระตุ้นให้เกิดการระเบิดด้วยการกระแทกอย่างแรงจนเกิดเป็น Shock wave เช่น การถูกยิงด้วยกระสุนปืน แต่ไม่สามารถที่จะกระตุ้นได้โดยการจุดไฟ วัตถุระเบิดแรงสูงนี้ใช้ในที่ที่ต้องการอำนาจการฉีกขาด เช่น ใช้เป็นดินระเบิดทำลาย และใช้เป็นดินระเบิดในทุ่นระเบิดกระสุนปืนใหญ่

วัตถุระเบิดที่ใช้ในทางทหาร (Military explosives)

1. Pentaerytherite tetranitrate (PETN) เป็นวัตถุระเบิดทางทหารที่มีความไวสูงและมีกำลังการระเบิดมากชนิดหนึ่งพอ ๆ กับ RDX และไนโตรกลีเซอรีน มีลักษณะเป็นผงสีขาวจนถึงสีเทาอ่อน ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ในแอลกอฮอล์ อีเทอร์ อะซีโตน หรือเบนซิน นิยมใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเชื้อปะทุโดยใช้เป็นประจุล่าง (Base charge) ใช้ทำสายชนวนระเบิด (Detonating cords) และใช้สำหรับกระตุ้นการระเบิดแรงสูงชนิดอื่น (Cast boosters) หรือทำดินขยายการระเบิด (Booster) เป็นวัตถุระเบิดที่เสถียรและมีประสิทธิภาพสูงมากที่สุดชนิดหนึ่ง มักใช้ผสมกับวัตถุระเบิดแรงสูงชนิดอื่น เช่น RDX ในทางทหารใช้ทำระเบิดพลาสติก เมื่อถูกกระแทกหรือการเสียดสี สามารถระเบิดได้ง่ายกว่า TNT หรือเททริล มีความเร็วในการระเบิด 27,200 ฟุตต่อวินาที นอกจากนี้ยังใช้เป็นวัตถุระเบิดชนิดผสม โดยผสมกับ TNT หรือไนโตรเซลลูโลส เช่น ดินระเบิด เอ็ม 118 โดยสารระเบิด PETN นี้เกือบจะไม่ละลายน้ำเลยจึงอาจใช้ในการทำลายใต้น้ำได้

2. แอมโมเนียมไนเตรต (Ammonium nitrate: NH_4NO_3) เป็นวัตถุระเบิดทางทหารที่มีความไวน้อยที่สุด จะต้องมีดินขยายการระเบิดจึงจะระเบิดได้โดยสมบูรณ์ ใช้ทำเป็นวัตถุระเบิดชนิดผสม เนื่องจากแอมโมเนียมไนเตรตมีความไวในการปะทุต่ำจึงไม่เหมาะสมในการระเบิดเจาะหรือตัด แต่เหมาะในการระเบิดขุดหลุม ในทางพลเรือนใช้สำหรับระเบิดหิน แอมโมเนียมไนเตรตดูดความชื้นได้ง่ายจึงต้องบรรจุไว้ในภาชนะที่ผนึกกันความชื้น แอมโมเนียมไนเตรตหรือวัตถุระเบิดที่ผสมกับแอมโมเนียมไนเตรตไม่เหมาะในการใช้ทำลายใต้น้ำนอกจากจะบรรจุอยู่ในภาชนะที่ผนึกกันน้ำหรือจุดระเบิดทันทีที่วางลงไปในน้ำแล้วเท่านั้น

3. Trinitrotoluene (TNT) เป็นวัตถุระเบิดทางทหาร อาจใช้ตามลำพัง หรือใช้ทำเป็นวัตถุระเบิดชนิดผสมของวัตถุระเบิดแรงสูงหลายชนิดทั้งในทางทหารและใช้ในทางการค้า มีที่ใช้สำหรับทำเป็นดินขยายการระเบิด ดินระเบิด และดินระเบิดทำลาย เป็นวัตถุระเบิดมาตรฐานในการเปรียบเทียบกับวัตถุระเบิดแรงสูงอื่น ๆ TNT ที่มีการผลิตที่ได้มาตรฐานจะมีเสถียรภาพมากกว่าไนโตรกลีเซอรีน และมีความปลอดภัยจากการเสียดสี การกระแทก และไม่มีการดูดความชื้นจึงเก็บไว้ได้นานกว่า โดยทั่วไปสามารถจุดระเบิดได้โดยการใช้เชื้อปะทุเท่านั้น นิยมใช้เป็นวัตถุระเบิดทางการทหารและทางการค้า

4. Cyclonite (RDX) เป็นวัตถุระเบิดทางทหารที่มีความไวและอำนาจการฉีกขาดสูงและมีกำลังการระเบิดมากชนิดหนึ่ง ใช้งานเช่นเดียวกับ PETN คือทำเป็นประจุล่างของเชื้อปะทุ ทำสาย

ชนวนระเบิด ใช้สำหรับกระตุ้นการระเบิดแรงสูงชนิดอื่น ใช้เป็นดินส่วนบรรจุหลักสำหรับบรรจุเชื้อปะทุไฟฟ้า เอ็ม 6 และเชื้อปะทุชนวน เอ็ม 7 เมื่อผสมกับตัวลดความไวแล้วนำมาใช้เป็นดินช่วยขยายการระเบิด ดินขยายการระเบิด ดินระเบิด และดินระเบิดทำลาย ส่วนใหญ่ใช้สำหรับทำวัตถุระเบิดชนิดผสม เช่น คอมโปซิชั่น เอ บี และซี มีความเร็วในการระเบิด 27,394 ฟุตต่อวินาที RDX ประมาณ 83 % ผสมกับขี้ผึ้งหรือวัสดุที่สามารถทำให้มีการปั้นเป็นก้อนได้ง่ายอีก 17 % เรียกว่า “ระเบิดซีโฟร์” (C-4) เป็นวัตถุระเบิดที่ใช้เพื่อการทหาร

5. Trinitrophenylmethylnitramine (Tetryl) มีลักษณะเป็นผงละเอียดหรือเป็นผลึกสีเหลืองอ่อน ไม่มีกลิ่น สามารถจุดระเบิดได้ด้วย ไฟ การเสียดสี หรือการกระแทก ใช้มากในสงครามโลกครั้งที่ 2 ใช้สำหรับทำดินระเบิดและทำวัตถุระเบิดชนิดผสมสำหรับใช้เป็นดินระเบิดหรือดินระเบิดทำลาย เป็นวัตถุระเบิดที่มีความไวและอำนาจการระเบิดมากชนิดหนึ่ง มีพลังการระเบิดสูงกว่า TNT แต่ไม่ค่อยเสถียรเท่ากับ TNT ทำให้มีการใช้ในทางทหารน้อยกว่า อย่างไรก็ตามทั้งเททริลและวัตถุระเบิดชนิดผสมที่มีเททริลอยู่ด้วยกำลังเปลี่ยนมาใช้วัตถุระเบิดชนิดผสมที่มี RDX และ PETN เป็นส่วนประกอบซึ่งมีกำลังการระเบิดและอำนาจการฉีกขาดมากกว่า ปัจจุบันนิยมใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเชื้อปะทุและใช้ในการกระตุ้นระเบิดแรงสูงชนิดอื่น (Standard booster explosive)

6. ไนโตรกลีเซอรีน [Nitroglycerin ($C_3H_5N_3O_9$): NG] เป็นวัตถุระเบิดแรงสูงที่มีกำลังการระเบิดมากชนิดหนึ่ง พอ ๆ กับ RDX และ PETN มีลักษณะเป็นของเหลวหากบริสุทธิ์จะใสไม่มีสี ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ในแอลกอฮอล์ ใช้เป็นวัตถุระเบิดหลักของไดนาไมท์พลเรือน ไนโตรกลีเซอรีนมีความไวมากและมีผลกระทบกระเทือนต่ออุณหภูมิที่ร้อนจัดหรือหนาวจัด เนื่องจากความไวและความยากลำบากในการหยิบยกขนย้ายของไนโตรกลีเซอรีน จึงไม่นำมาใช้เป็นวัตถุระเบิดในราชการทหารและไดนาไมท์ของพลเรือน

7. ดินดำ (Black power) เป็นวัตถุระเบิดและดินส่งกระสุนเก่าแก่ โดยเป็นส่วนผสมของถ่าน ดินประสิว และกำมะถัน ดินดำมักใช้ในการทำฝักแคเวลา ดินทวีเพลิงหรือดินจุด และดินนำระเบิดบางชนิด

8. เททริตอล (Tetrytol) เป็นวัตถุระเบิดชนิดผสมระหว่างเททริลกับ TNT ในอัตราส่วน 75:25 ใช้เป็นดินระเบิดทำลาย มีกำลังการระเบิดและอำนาจการฉีกขาดสูงกว่า TNT แต่มีความไวน้อยกว่า เททริล

9. คอมโปซิชั่นเอ 3 (Composition A3) เป็นส่วนผสมของ RDX 91 % และขี้ผึ้ง 9% ซึ่งเป็นตัวฉาบหุ้มอนุภาคของ RDX และเป็นตัวลดความไว ทำหน้าที่เป็นตัวยึด (Binder) มีที่ใช้เป็นดินขยายการระเบิดของดินโพรง และบังกาโลตอร์ปิโดรุ่นใหม่ นอกจากนี้ก็ใช้เป็นดินระเบิดของกระสุนระเบิดชนิดพลาสติก

10. แอมมาตอล (Ammatol) เป็นส่วนผสมของแอมโมเนียมไนเตรตกับ TNT ซึ่งได้นำมาใช้เป็นดินระเบิดแทน TNT โดยใช้ในอัตราส่วน 80 – 20 (แอมโมเนียมไนเตรต 80 % กับ TNT 20 %) มีใช้ในบังกาโลตอร์ปิโดแบบเก่า เนื่องจากแอมมาตอลมีแอมโมเนียมไนเตรตเป็นส่วนผสม จึงเกิดการดูดความชื้น ในการบรรจุจำเป็นต้องเก็บไว้ในภาชนะที่มีผนึกกันความชื้น ซึ่งถ้าบรรจุไว้ในหีบห่อได้เป็นอย่างดีก็อาจเก็บรักษาแอมมาตอลไว้ได้นาน โดยไม่ทำให้ความไว อำนาจการฉีกขาด และความคงทนเปลี่ยนไป

11. คอมโปซิชั่นบี (Composition B) เป็นวัตถุระเบิดชนิดผสมระหว่าง RDX 60%, TNT 39% และขี้ผึ้ง 1% มีความไวมากกว่า TNT และเนื่องจากมีความไวในการปะทุและอำนาจฉีกขาดสูง จึงนำมาใช้เป็นดินระเบิดของดินโพรง (Shaped charge)

12. คอมโปซิชั่นซี 2 และ ซี 3 (Composition C2, C3) เป็นวัตถุระเบิดชนิดผสมประกอบไปด้วย RDX 80 % กับสารปั้นได้ประเภทวัตถุระเบิด 20 % (TNT กับวัตถุระเบิดอื่น) ต่อมาได้ผลิตซี 3 ออกมาใช้แทน ซี 2 ประกอบด้วย RDX 77% กับสารปั้นได้ประเภทวัตถุระเบิด 23% (TNT เททริล ไนโตรเซลลูโลส และอื่น ๆ) ดินระเบิดทั้งสองชนิดนี้มีเนื้ออ่อนและสามารถปั้นได้ในช่วงอุณหภูมิ -20 องศาฟาเรนไฮต์ ถึงมากกว่า 125 องศาฟาเรนไฮต์ ใช้เป็นดินระเบิดทำลายเพราะมีความเร็วในการปะทุและอำนาจการฉีกขาดสูง เหมาะในการใช้ทำงานใต้น้ำเพราะแท่งดินระเบิดไม่ละลายน้ำ เก็บรักษาได้ในอุณหภูมิที่สูงกว่า 120 องศาฟาเรนไฮต์

13. คอมโปซิชั่นบี 4 (Composition 4) เป็นวัตถุระเบิดชนิดผสมประกอบไปด้วย RDX 60 %, TNT 39.5% และแคลเซียมซิลิเกต (Calcium silicate) 0.5 % ใช้เป็นดินระเบิดของบังกาโลตอร์ปิโด และดินโพรงรุ่นใหม่

14. คอมโปซิชั่นซี 4 (Composition C4) เป็นวัตถุระเบิดชนิดผสมประกอบไปด้วย RDX 91% กับสารปั้นได้ที่ไม่ใช่วัตถุระเบิด 9 % ใช้แทนคอมโปซิชั่น ซี 3 ในการทำลาย และใช้ทำหลอดดินระเบิด มีอำนาจการฉีกขาดดีกว่าคอมโปซิชั่น ซี 3 และปั้นได้ในช่วงอุณหภูมิมากกว่า (-70 องศาฟาเรนไฮต์ถึง 170 องศาฟาเรนไฮต์) มีความคงทนกว่า และถูกน้ำเซาะกร่อนได้น้อยกว่าเมื่อใช้ทำลายใต้น้ำ

15. เพนโตไลท์ (Pentolite) เป็นส่วนผสมระหว่าง PETN กับ TNT ในอัตราส่วน 50:50 ใช้เป็นดินขยายการระเบิดของดินโพรงบางแบบ

16. ไดนาไมท์ (Dynamites) ไดนาไมท์ส่วนมากมีไนโตรกลีเซอรีนปนอยู่ด้วยยกเว้นไดนาไมท์ทางทหาร กำลังการระเบิดและความไวของไดนาไมท์ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างรวมทั้งปริมาณของไนโตรกลีเซอรีนที่มีอยู่ ใช้ในการระเบิดทั่ว ๆ ไปและในการระเบิดทำลายได้แก่ การระเบิดกวาดล้างพื้นที่ ขุดหลุมและคู และการระเบิดหิน

17. ไดนาไมท์ทางทหาร (Military dynamite) เป็นส่วนผสมระหว่าง RDX 75 %, TNT 15 % สารปั้นได้และตัวลดความไว 10 % มีกำลังเทียบเท่าไดนาไมท์พลเรือน 60 % ไม่มีไนโตรกลีเซอรีนผสมด้วย จึงทำให้มีความคงทนมากกว่า ปลอดภัยในการเก็บรักษา และการหยิบยกกว่าไดนาไมท์พลเรือน

คุณสมบัติของวัตถุระเบิดที่ใช้ในทางทหาร (Military explosive property)

วัตถุระเบิดที่เหมาะสมสำหรับใช้ปฏิบัติการทางทหารจะต้องมีคุณสมบัติและลักษณะที่เป็นมาตรฐานและเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสม ดังนี้

1. ได้จากวัตถุดิบที่หาได้ง่ายและผลิตได้ในราคาถูก
2. สามารถใช้ในอากาศชื้น หรือใต้น้ำได้
3. มีอำนาจการฉีกขาดและพลังงานศักย์เพียงพอสำหรับการใช้งาน
4. มีความหนาแน่นมาก
5. มีความคงทนดีสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานในทุกสภาพอากาศตั้งแต่ -80 องศาฟาเรนไฮต์ ถึง 165 องศาฟาเรนไฮต์
6. ไม่ไวต่อแรงกระแทกหรือเสียดสีจนเกินไปนักและต้องจุดด้วยตัวจุดอย่างง่าย ๆ ได้
7. มีความเป็นพิษน้อยที่สุด
8. มีรูปร่างและขนาดเหมาะสมแก่การบรรจุหีบห่อ เก็บรักษา ขนย้ายและใช้งาน

วัตถุระเบิดแสวงเครื่อง (Improvised explosive device; IED)

ระเบิดแสวงเครื่อง คือ ระเบิดที่ผู้ก่อการร้ายประดิษฐ์ขึ้นมาเองเพื่อใช้ในจุดประสงค์ใดจุดประสงค์หนึ่ง เป็นวัตถุระเบิดที่เกิดจากการนำเอาสารเคมีและอุปกรณ์ที่หาได้ง่ายและใกล้ตัวในพื้นที่นั้น ๆ มาทำเป็นวัตถุระเบิด ทำให้ระเบิดแสวงเครื่องไม่มีรูปแบบที่แน่นอน ไม่มีสัญลักษณ์ หรือรูปแบบตัวอักษรใด ๆ แสดงให้เห็นว่าเป็นวัตถุระเบิด ซึ่งสามารถจำแนกได้เป็นระเบิดแสวงเครื่องแบบถือ-พกพาได้ หรือแบบกระเป๋าเอกสาร ระเบิดแสวงเครื่องแบบพลีชีพ และระเบิดแสวงเครื่องที่ติดไว้กับรถยนต์ (Vehicle borne-Improvised explosive device: VBIED) หรือคาร์บอมบ์ (Car bomb)

1. การทำงานของวัตถุระเบิดแสวงเครื่อง

มีลักษณะการทำงาน 3 ระบบ (สิทธิชัย โกศล,2552) คือ

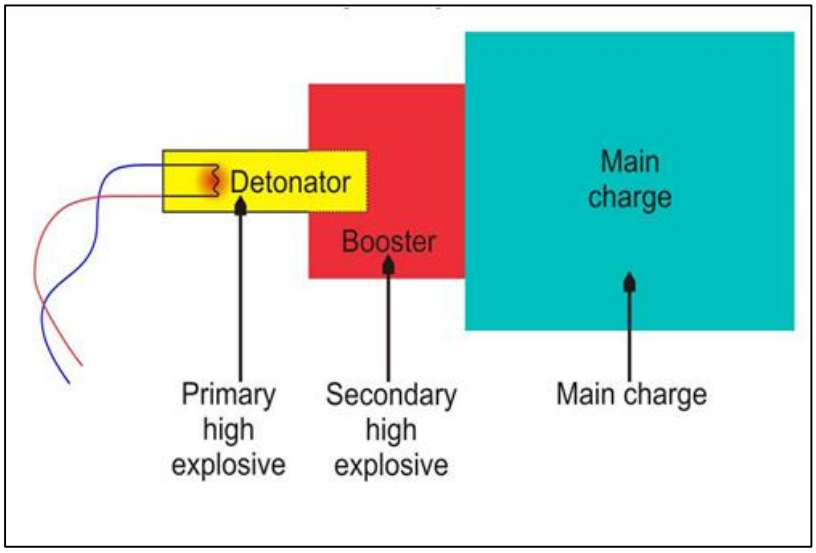
1.1 ระบบสารเคมี เป็นการใช้สารเคมีมาทำให้เกิดการทำงานของระเบิด ซึ่งเป็นวิธีที่ไม่นิยมใช้เพราะขั้นตอนการประดิษฐ์ยุ่งยากและเป็นอันตรายกับตัวผู้ประดิษฐ์เนื่องจากไม่สามารถควบคุมเวลาในการระเบิดได้แน่นอน

1.2 ระบบกลไก เป็นการใช้อุปกรณ์ทางกลต่าง ๆ เช่น แรงดึง แรงกด แรงดีด หรือแรงตกกระทบมาทำให้เกิดการทำงานของระเบิด นิยมใช้กับการระเบิดที่มุ่งสังหารตัวบุคคลเพราะต้องอาศัยสิ่งต่าง ๆ ภายนอกมากระทำต่ออุปกรณ์ ระเบิดจึงจะทำงาน

1.3 ระบบไฟฟ้า ใช้อุปกรณ์ทางไฟฟ้าและอิเลคทรอนิคส์มาทำให้เกิดการทำงานของระเบิด เป็นระบบที่นิยมใช้มาก เนื่องจากสามารถกำหนดเวลาและควบคุมการทำงานได้แน่นอน รวมถึงควบคุมการทำงานในระยะไกลได้ และสามารถออกแบบได้ซับซ้อนและตอบสนองความต้องการของผู้ประดิษฐ์ได้หลายรูปแบบ

2. ขั้นตอนการทำงานของวัตถุระเบิดแสวงเครื่อง

เมื่อส่วนประกอบทั้งหมดถูกเชื่อมต่อกันเป็นวงจรตามลำดับของการระเบิด (ภาพที่ 1.1) การทำงานของวัตถุระเบิดแสวงเครื่องจะเริ่มขึ้นอย่างเป็นลูกโซ่ เริ่มจากเมื่อระบบสวิทช์ควบคุมมีการถูกกระตุ้นให้ทำงานก็จะไปทำการปล่อยวงจรไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้า เช่น แบตเตอรี่ ส่งผลให้แบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟผ่านสายไฟที่อยู่บริเวณปลายหลอดของตัวเชื้อปะทุไฟฟ้า ซึ่งมีหน้าที่เป็นสะพานไฟให้กับดินเริ่มการจุดระเบิด (Primary charge) ได้แก่ Lead azide, Lead styphnate, Mercury fulminate หรือ ASA ที่บรรจุอยู่ภายในตัวเชื้อปะทุไฟฟ้านี้เกิดการระเบิดขึ้น ส่งผลต่อให้ดินระเบิดส่วนล่าง (Base charge) ซึ่งเป็นวัตถุระเบิดชักนำมักนิยมใช้ RDX, PETN หรือ Tetyl ที่เป็นดินระเบิดแรงสูง (High explosive) เกิดการระเบิดตาม แรงระเบิดจากวัตถุระเบิดชักนำในเชื้อปะทุไฟฟ้าจะกระตุ้นให้วัตถุระเบิดแรงสูงในส่วนของดินขยายการระเบิด เช่น Dynamite, Emulsion, Anzomex เกิดการระเบิดขึ้น และแรงระเบิดจากวัตถุระเบิดแรงสูงจะกระตุ้นให้วัตถุระเบิดหลัก เช่น ANFO หรือ TNT เกิดการระเบิดขึ้นในที่สุด



ภาพที่ 1.1 ลำดับในการระเบิด (Explosive train)

ไนเตรท (กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2541)

ไนเตรท เป็นเกลือของกรดไนตริกซึ่งเป็นกรดแก่ เกลือไนเตรทที่ใช้ในทางการเกษตรและอุตสาหกรรม ได้แก่ เกลือไนแตรทของโซเตียม โปแตสเซียม แคลเซียม แอมโมเนียม ทองแดง เหล็ก อลูมิเนียม โครเมียม ปรอท เงิน บิสมัส แบเรียมสตรอนเตียม และตะกั่ว

1. คุณสมบัติของไนเตรทบางตัว

1.1 โซเดียมไนเตรท (sodium nitrate) เป็นผลึกหกเหลี่ยมไม่มีสี ความหนาแน่นที่อุณหภูมิ 20 °C เท่ากับ 2.257 มี จุดหลอมเหลวที่ 308 °C ที่อุณหภูมิสูงกว่าจุดเดือดโซเดียมไนเตรทจะแตกตัวไปเป็นโซเดียมไนไตรท์และออกซิเจน และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นไปเรื่อยๆ จะแตกตัวเป็นโซเดียม-เปอร์ออกไซต์และโซเดียมออกไซด์ สารนี้มีค่าดัชนีการหักเหเท่ากับ 1.5874 ที่อุณหภูมิ 20 °C มีคุณสมบัติดูดความชื้นได้ดี และละลายน้ำได้ร้อยละ 42.2 47.6 และ 64.3 ที่อุณหภูมิ o°C, 25°C และ 100°C ตามลำดับ สารละลายอิ่มตัว (2222.0 กรัมต่อน้ำ 100 มล.) มีจุดเดือดที่ 120°C ความหนาแน่นที่อุณหภูมิ 20°C ของสารละลายร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 เท่ากับ 1.0674, 1.1426, 1.2256 และ 1.3175

1.2 แอมโมเนียมไนเตรท (ammonium nitrate) เป็นผลึกไม่มีสี ในอุณหภูมิช่วง -18 °C ถึง +32°C ผลึก rhombic มีความเสถียร สารนี้ละลายน้ำได้ดีกล่าวคือที่อุณหภูมิ 10°C ละลายได้ 150 กรัมน้ำ 100 กรัม ที่อุณหภูมิ 32.3°C ละลายได้ 368 กรัมต่อน้ำ 100 กรัม ส่วนจุดเดือดขึ้นกับความเข้ม เช่น ความเข้มข้นร้อยละ 60 (โดยน้ำหนัก) เดือดที่ 113.5°C ร้อยละ 80 เดือด 147°C ร้อยละ 96 เดือดที่ 182°C และร้อยละ 99 เดือดที่ 222°C

1.3 โปตัสเซียมไนเตรท (potassium nitrate) เป็นผลึกแบบ rhombic ไม่มีสี ความหนาแน่น 2.11 จุดหลอมเหลว 336 °C ความสามารถในการละลายเท่ากับ 31.6 และ 245 กรัมต่อน้ำ 100 กรัม ที่อุณหภูมิ 20°C และ 100 °C ตามลำดับ สารละลายอิ่มตัวมีจุดเดือดที่อุณหภูมิ 118°C ความหนาแน่นที่อุณหภูมิ 20°C ของสารละลายร้อยละ 10 เท่ากับ 1.0627 และร้อยละ 20 เท่ากับ 1.1326 เมื่อผสมกับสารอินทรีย์และได้รับความร้อนสูงเท่าจุดหลอมเหลวจะเกิดการแตกตัวของโปตัสเซียมไนเตรทให้ออกซิเจน สารนี้ระเบิดง่ายและเกิดการลุกไหม้อย่างรุนแรงโปตัสเซียมไนเตรทในธรรมชาติเกิดขึ้นจากการสลายตัวของสารอินทรีย์โดยปฏิกิริยาของ nitrifying bacteria

1.4 แคลเซียมไนเตรท (calcium nitrate) สามารถแยกออกมาในรูป $Ca(NO_3)_2 4H_2O$ ซึ่งเป็นผลึกไม่มีสี สารนี้มีจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 42.7°C เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 51.6 °C ผลึกจะเปลี่ยนเป็นกลือ anhydrous ซึ่งป็นเล็กรูปลูกบาศก์ มีความหนาแน่นเท่ากับ 2.36 มีจุดหลอมเหลวที่ 561°C แต่ที่อุณหรูมิ 500°C อาจะแตกตัวโดยการสูญเสียออกซิเจน ความเสามารถในการละลายเท่ากับ 127 กรัม ต่อน้ำ 100 กรัม ที่อุณหภูมิ 20°C และ 355 กรัมต่อ น้ำ 100 กรัม ที่อุณหภูมิ 51.6

°C สารละลายอิ่มตัวมีจุดเดือดที่อุณหภูมิ 151°C และมีความเข้มข้นของแคลเซียมไนเตรทร้อยละ 78.4 ทั้งเกลือ anhydrous และผลึกที่ประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำมีคุณสมบัติในการดูดความชื้น

1.5 อลูมินัมไนเตรท (aluminum nitrate) เป็นผลึกที่มีโมแลกุลของน้ำประกอบอยู่ ($Al(NO_3)_3 .9H_20$) เสถียรในช่วงอุณหภูมิ -16°C ถึง 70°C ที่อุณหภูมิ 70°C -150°C จะเปลี่ยนเป็น $AL(NO_3)_3.8H_2O$ และอุณหภูมิสูงกว่า 105°C จะเปลี่ยนเป็น $Al(NO_3)_3 .6H_2O$ อลูมิเนียมไนเตรทซึ่งมีน้ำ 9 โมเลกุล เป็นผลึก rhombic ไม่มีสี ซึ่งฟุ้งกระจายในอากาศ สารนี้มีจุดหลอมเหลวที่ 73.5°C และละลายน้ำในอัตรา 75.5 กรัมต่อน้ำ 100 กรัม (ในรูป anhydrous nitrate)

1.6 แบเรียมไนเตรท (barium nitrate) เป็นผลึกไม่มีสีลักษณะสี่เหลี่ยมลูกบาศก์แบบธรรรมดา มีควนหนาแน่น 3.24 จุดหลอมเหลว 595°C ความสามารถในการละลายเท่ากับ 8.7 และ 34.2 กรัมต่อน้ำ 100 กรัม ที่อุณหภูมิ 20°C และ 100°C ตามลำดับ

1.7 คอบเปอร์ไนเตรท (copper nitrate) เป็นผลึกสีขาวหรือเรียวอ่อน ไนเตรทที่ปราศจากจากน้ำ (anhydrous) ได้มาจากสารละลายไนตริกเข้มข้น เกลือ anhydrous สามารถละลายน้ำได้ 52.2 กรัมต่อน้ำ 100 กรัม ที่อุณหภูมิ 20°C, ละลาย 81.8 กรัมต่อน้ำ 100 กรัม ที่อุณหภูมิ 0°C และ 125.2 กรัมต่อน้ำ 100 กรัมที่อุณหภูมิ 20°C

1.8 เลดไนเตรท (lead nitrate) เป็นผลึกลูกบาศก์โปร่งใส มีความหนาแน่น 4.59 ความสามารถในการละลายน้ำเท่ากับ 38.3, 56.5, 95 และ 139 กรัมต่อน้ำ 100 กรัม ที่อุณหภูมิ 0°C, 20°C, 60°C และ 100°C ตามลำดับ

1.9 ซิลเวอร์ไนเตรท (silver nitrate) เป็นผลึกแบบ rhombic ไม่มีสี มีความหนาแน่นทำกับ 4.532 ที่อุณหภูมิ 19°C มีจุดหลอมเหลาที่อุณหภูมิ 208.6 °C ที่อุณหภูมิภูมิสูงกว่า 159.8 จะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของผลึก rhombohedral ซึ่งเสถียรกว่าความสามารถในการละลายน้ำเท่ากับร้อยละ 55.6 โดยน้ำหนักที่อุณหภูมิ 0°C ร้อยละ 69.5 ที่อุณหภูมิ 20°C ร้อยละ 80.2 ที่อุณหภูมิ 50°C ร้อยละ 90.0 ที่อุณหภูมิ 100°C สารละลายอิ่มตัวร้อยละ 95 ของผลึก rhombic มีจุดเดือดอุณหภูมิ 131°C ของผลึก rhombohedral มีจุดเดือดที่อุนหภูมิ 191°C

1.10 บิสมัสไนเตรท (bismuth nitrate) ในสภาพปกติเป็นผลึกไม่มีสีมีโมเลกุลของน้ำประกอบอยู่ 5 โมเลกุล

2. การใช้ (Uses)

ไนเตรทมักถูกนำใช้ในกิจการต่างๆ ทั้งทางด้านการเกษตรและอุตสาหกรม ดังนี้

(1) แอมโมเนียมไนเตรท ใช้เป็นปุ๋ย ใช้ผลิตวัตถุระเบิดและดินปืน ใช้ผลิต โซเดียมไนไตรท์, picric acid, แก้ว ฯลฯ

(2) โปแตสเซียมไนตรท ใช้เป็นปุ๋ยซึ่งให้ทั้งโปแตสเซียมและไนโตรเจน ใช้ ถนอมอาหาร ใช้ในการผลิตโลหะ แก้ว เทียน ไม้ขีด

(3) แคลเซียมไมเตรท ใช้เป็นปุ๋ยในพืชบางชนิด เช่น บาเล่ย์ โอ๊ต ฯลฯ ใช้ผลิตไนตรัสก๊าซ ใช้ผลิตไนเตรทของโปแตสเซียม ตะกั่ว และโครเมียม โดยวิธีการย่อยสลาย

(4) ไนตรทของเหล็ก ทองแดง อะลูมิเนียม โครเมียม ใช้ในอุตสารม ทอผ้า โดยทำให้สีติดทนทาน

(5) ไนเตรทของปรอท เงิน บิสมัส และอื่นๆ ใช้ในอุตสาหกรรมยารักษาโรค

3. แหล่งที่พบ (Sources)

3.1 แหล่งธรรมชาติ

ไนเตรทในดิน น้ำผิวดินและน้ำใต้ดินเกิดขึ้นเนื่องจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ไนโตรเจน เช่น โปรตีนในพืช สัตว์และของเสียจากสัตว์ โดยจุลินทรีย์แอมโมเนียมอิออน จะถูกออกซิไดซ์เป็นไนไตรท์และไนเตรท การเกิดไนเตรทและไนไตรท์ตามธรรมชาติ จึงเป็นผลเนื่องมาจากวัฏจักรของไนโตรเจน แต่ไนไตรท์โดยปกติจะพบในปริมาณต่ำมาก

3.2 แหล่งที่เกิดขึ้นเนื่องจากกิจกรรมของมนุษย์

ปุ๋ยสังเคราะห์ ซึ่งเป็นแหล่งใหญ่ของไนเตรทในสิ่งแวดล้อม ได้แก่ สารประกอบไนเตรทของแอมโมเนีย แคลเซียม โปแตสเซียม และโซเดียม รวมทั้ง ยูเรีย ปริมาณการผลิตปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้นประมาณ 3 เท่า จาก 15.8 ล้านตัน ในปี ค.ศ. 1961/62-1965/66 เป็น 42.3 ล้านต้นในปี ศ. 1974/75 เนื่องจากพืชไม่สามารถใช้ในโตรเจนในดินได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้นจึง มีบางส่วนที่สะสมในดินและไหลลงสู่แหล่งน้ำ Sawyer (1947) และ Sylvester (1961) รายงานว่าไนโตรเจนในน้ำที่ไหลมาจากพื้นที่ซึ่งใช้ปุ๋ยมีปริมาณสูงกว่าพื้นที่ที่ไม่ได้ใช้ปุ๋ย ในบริเวณเดียวกันถึง 3-10 เท่า อย่างไรก็ตาม การศึกษาหาปริมาณไนเตรทในแม่น้ำใน อังกฤษ ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของปริมาณไนเตรทและปริมาณการใช้ปุ๋ยของพื้นที่ใกล้เคียง (Tomlinson, 1970)

4. ความเป็นไปในสิ่งแวดล้อม (Environmental fate)

สารไนโตรเจนมีการแลกปลี่ยนระหว่าบรรยากาศและพื้นดินอย่างต่องการแลกเปลี่ยน ดังกล่าวเรียกว่า วัฏจักรของไนโตรเจน

ไนโตรเจนในบรรยากาศถูกเปลี่ยนเป็นสารประกอบ เช่น แอมโมเนียในตรท และไนโตรท์ โดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในพืชและดิน โดยกระบวนการในบรรยากาศและ กระบวนการทางอุตสาหกรรม

ในสภาพแวดล้อม เช่น ในน้ำผิวดิน ดิน ฯลฯ แอมโมเนียอิออน (NH.+) สามารถเปลี่ยนเป็นไนเตรทและไนไตรท์อ้อนได้ โดยกระบวนการ biological oxidation (nitrification) 2 ขั้นตอนดังนี้

$$2NH_4^+ + 2OH^- + 3O_2 \rightleftharpoons 2NO_2^- + 2H^+ + 4H_2O \quad (1)$$

$$2NO_2^- + O_2 \rightleftharpoons 2NO_3^- \quad (2)$$

ปฏิกิริยาทั้งสองนี้อาศัยจุลินทรีย์ที่ต่างกัน กล่าวคือโดยจุลินทรีย์ชนิด aerobic chemolithotroph หรือ Nitrosomonas และจุลินทรีย์ Nitrobacter ซึ่งได้รับพลังงานเกือบทั้งหมดจากการออกซิเดชั่นไนไตรท์

พืชสามารถใช้ในเตรทในดินบางส่วน ดังนั้นบางส่วนจะรั่วไหลลงสู่น้ำใต้ดินและแม่น้ำ ในขณะที่บางส่วนเกิด denitrification ซึ่งเป็นกระบวนการทางชีวเคมีที่สลายไนเตรทเป็นไนโตรเจนและไนตรัสออกไซด์แล้วเข้าสู่บรรยากาศ ดินและน้ำ ไนเตรทบางส่วนซึ่งถูกดูดซึมโดยพืช จะถูกใช้ในการสังเคราะห์ชีวโมเลกุล (biological molecules) โดยเฉพาะโปรตีนและในที่สุดของเสียจากพืชและสัตว์จะเปลี่ยนไนโตรเจนไปยังดิน ซึ่งบางส่วนจะมีการหมุนเวียนและบางส่วนกลับไปสู่บรรยากาศตามวัฏจักรของไนโตรเจน

ไนโตรเจนเกิดขึ้นในธรรมชาติโดยปฏิกิริยาของ nitrifying bacteria แต่ความเข้มข้นในพืชและดินมักจะต่ำ สารประกอบเอ็น-ไนโตรโซสามารถเกิดขึ้นทั้งในสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิต โดยปฏิกิริยาของไนไตรท์กับเอมีนหรือเอไมด์

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

แผนการดำเนินโครงการ

ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินโครงการ (ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย 12 เดือน)

กิจกรรม	พ.ศ. 2567											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1) รวบรวมข้อมูล เหตุระเบิดในพื้นที่ ปัตตานี ยะลา นราธิวาส และ 4 อำเภอ จ.สงขลา	✓											
2) ดำเนินการดำเนินการเก็บตัวอย่างดิน ในเหตุระเบิด และดินในพื้นที่เกษตรกรรม	✓	✓										
3) ดำเนินการตรวจพิสูจน์ในห้องปฏิบัติการหาสารไนเตรทจากตัวอย่างดิน			✓	✓	✓	✓	✓	✓				
4) นำข้อมูลที่ได้ไปประมวลผลโดย การทำ Mapping									✓	✓	✓	
5) สรุปผลการวิจัย												✓

หมายเหตุ สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสม

งบประมาณ

1. งบประมาณจำนวน 695,000 บาท (หกแสนเก้าหมื่นห้าพันบาทถ้วน)
2. แหล่งงบประมาณ สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) เงินอุดหนุน เพื่อการพัฒนาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม งวดที่ 1 (งบพลาง) เพื่อใช้ตามความจำเป็นต้องจ่ายของเงินอุดหนุนฯ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2567

การติดตามและประเมินผลเมื่อสิ้นสุดโครงการ

รายงานโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การเก็บตัวอย่างดิน

เก็บตัวอย่างดินจากบริเวณจุดระเบิด บริเวณจุดอ้างอิงจุดระเบิด (ห่างจากจุดระเบิดประมาณ 1-2 กิโลเมตร) และบริเวณพื้นที่เกษตรกรรม โดยแต่ละอำเภอจะเก็บตัวอย่างดินจากจุดระเบิด อำเภอละ 3 จุด บริเวณแต่ละจุดเก็บดินจำนวน 2 ตัวอย่าง บริเวณจุดอ้างอิง เก็บดิน จำนวน 1 ตัวอย่าง/จุดระเบิด บริเวณพื้นที่เกษตรกรรม เก็บดิน จำนวน 5 ตัวอย่าง/อำเภอ พื้นที่ที่เกิดเหตุระเบิดล่าสุด จำนวน 8 จุด จุดละ 2 ตัวอย่าง และบริเวณไม่เคยเกิดเหตุระเบิด (2 อำเภอ) เก็บดิน จำนวน 5 ตัวอย่าง/อำเภอ

ตารางที่ 3.2 พื้นที่เก็บตัวอย่างดินของจังหวัดปัตตานี

อำเภอ	**จุดระเบิด**	**จุดอ้างอิง**	**จุดพื้นที่เกษตร**
เมือง	3 จุด	3 จุด	5 จุด
หนองจิก	3 จุด	3 จุด	5 จุด
ยะหริ่ง	3 จุด	3 จุด	5 จุด
ยะรัง	3 จุด	3 จุด	5 จุด
โคกโพธิ์	3 จุด	3 จุด	5 จุด
มายอ	3 จุด	3 จุด	5 จุด
แม่ลาน	3 จุด	3 จุด	5 จุด
ปะนาเระ	3 จุด	3 จุด	5 จุด
ทุ่งยางแดง	3 จุด	3 จุด	5 จุด
สายบุรี	3 จุด	3 จุด	5 จุด
ไม้แก่น	3 จุด	3 จุด	5 จุด
กะพ้อ	3 จุด	3 จุด	5 จุด

ตารางที่ 3.3 พื้นที่เก็บตัวอย่างดินของจังหวัดยะลา

อำเภอ	จุดระเบิด	จุดอ้างอิง	จุดพื้นที่เกษตร
เมือง	3 จุด	3 จุด	5 จุด
ยะหา	3 จุด	3 จุด	5 จุด
กรงปินัง	3 จุด	3 จุด	5 จุด
รามัน	3 จุด	3 จุด	5 จุด
บันนังสตา	3 จุด	3 จุด	5 จุด
กาบัง	3 จุด	3 จุด	5 จุด
ธารโต	3 จุด	3 จุด	5 จุด
เบตง	-	-	5 จุด

หมายเหตุ ในอำเภอเบตงไม่มีการจัดเก็บตัวอย่างดินจากจุดระเบิด และดินจากจุดอ้างอิง เนื่องจากเหตุส่วนใหญ่เกิดบริเวณในตัวเมือง ซึ่งสภาพเป็นถนนคอนกรีต จึงไม่สามารถเก็บตัวอย่างดินได้

ตารางที่ 3.4 พื้นที่เก็บตัวอย่างดินของจังหวัดนราธิวาส

อำเภอ	จุดระเบิด	จุดอ้างอิง	จุดพื้นที่เกษตร
เมือง	3 จุด	3 จุด	5 จุด
ยี่งอ	3 จุด	3 จุด	5 จุด
ระแงะ	3 จุด	3 จุด	5 จุด
บาเจาะ	3 จุด	3 จุด	5 จุด
เจาะไอร้อง	3 จุด	3 จุด	5 จุด
ตากใบ	3 จุด	3 จุด	5 จุด
จะแนะ	3 จุด	3 จุด	5 จุด
รือเสาะ	3 จุด	3 จุด	5 จุด
สุไหงปาดี	3 จุด	3 จุด	5 จุด
สุไหงโก-ลก	3 จุด	3 จุด	5 จุด
ศรีสาคร	3 จุด	3 จุด	5 จุด
แว้ง	3 จุด	3 จุด	5 จุด
สุคิริน	3 จุด	3 จุด	5 จุด

ตารางที่ 3.5 พื้นที่เก็บตัวอย่างดินของจังหวัดสงขลา

อำเภอ	จุดระเบิด	จุดอ้างอิง	จุดพื้นที่เกษตร
เทพา	5 จุด	5 จุด	5 จุด
นาทวี	1 จุด	1 จุด	5 จุด
สะบ้าย้อย	3 จุด	3 จุด	5 จุด
จะนะ	3 จุด	3 จุด	5 จุด

ตารางที่ 3.6 พื้นที่เก็บตัวอย่างดินที่เกิดเหตุระเบิดล่าสุด

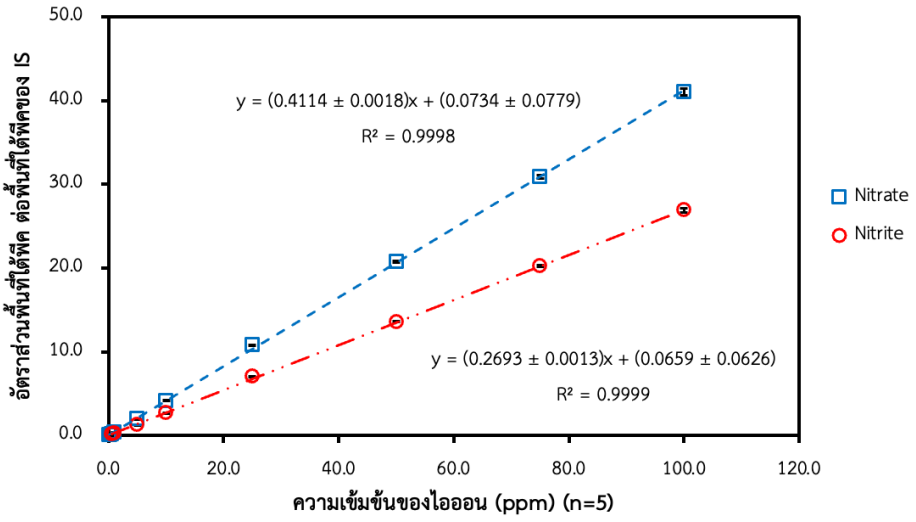
พื้นที่	จุดระเบิด	จุดอ้างอิง
อำเภอเมือง (ปัตตานี)	3 จุด	3 จุด
เภอหนองจิก (ปัตตานี)	1 จุด	1 จุด
อำเภอยะรัง (ปัตตานี)	1 จุด	1 จุด
อำเภอเมือง (ยะลา)	1 จุด	1 จุด
อำเภอรามัน (ยะลา)	1 จุด	1 จุด
อำเภอบันนังสตา (ยะลา)	1 จุด	1 จุด

ตารางที่ 3.7 พื้นที่เก็บตัวอย่างดินที่ไม่เคยเกิดเหตุระเบิด

พื้นที่	พื้นที่ที่ไม่เคยเกิดเหตุระเบิด
อำเภอรัตภูมิ (สงขลา)	5 จุด
อำเภอสิงหนคร (สงขลา)	5 จุด

การวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในดิน

1. เครื่องมือวิเคราะห์ Agilent 1260 Infinity analytical HPLC system
2. คอลัมน์ที่ใช้วิเคราะห์ Purospher® Star encapped reversed-phase C-18 (ความยาว 150 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 4.6 มิลลิเมตร และขนาดอนุภาค 5 ไมโครเมตร) และการ์ดคอลัมน์ Eclipse plus C-18 (ความยาว 12.5 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 4.6 มิลลิเมตร และขนาดอนุภาค 5 ไมโครเมตร)
3. อัตราการไหลของเฟสเคลื่อนที่ เท่ากับ 0.8 มิลลิลิตรต่อนาที
4. สัดส่วนของเฟสเคลื่อนที่ ใช้ระบบ gradient เริ่มต้น A : 25% อะซิโตไนไตรล์ (เกรด HPLC) B : 75% สารละลาย tetrabutylammonium hydroxide (TBA-OH) เข้มข้น 3 มิลลิโมลต่อลิตร ในสารละลายบัฟเฟอร์ KH_2PO_4 เข้มข้น 2 มิลลิโมลต่อลิตร ที่ pH 3.9 จากนั้นปรับสัดส่วนของอะซิโตไนไตรล์ ให้เป็น 30% ใน 10 นาที แล้วให้สัดส่วนคงที่เป็นเวลา 5 นาที โดยตั้งระยะเวลาหลังวิเคราะห์ (post time) เท่ากับ 3 นาที (ระยะเวลาวิเคราะห์ประมาณ 18 นาที) เพื่อให้เครื่องมือปรับสัดส่วนสัดส่วนของอะซิโตไนไตรล์กลับเป็น 25% สำหรับการวิเคราะห์ลำดับถัดไป
5. ปริมาตรการฉีดวิเคราะห์ เท่ากับ 20 ไมโครลิตร
6. อุณหภูมิคอลัมน์ ทำการวิเคราะห์ ณ อุณหภูมิห้อง โดยอยู่ที่ประมาณ 24 – 25 องศาเซลเซียส



ขีดจำกัดของการตรวจวัด: 0.0106 มิลลิกรัมต่อลิตร

ขีดจำกัดของการวิเคราะห์เชิงปริมาณ: 0.0354 มิลลิกรัมต่อลิตร

ภาพที่ 3.1 กราฟมาตรฐานที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์เชิงปริมาณ

วิธีการเตรียมตัวอย่างดิน

นำตัวอย่างดินมาร่อนด้วยตะแกรงสเตนเลสที่มีขนาดของรูพรุน 1.4 มิลลิเมตร หากตัวอย่างดินมีความชื้นสูง จะต้องนำไปอบให้แห้งด้วยเตาอบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

วิธีสกัดไนเตรตจากตัวอย่างดิน

ชั่งตัวอย่างดินมวล 2 กรัม ใส่ในภาชนะที่สะอาด แล้วเติมน้ำบริสุทธิ์สูง (ultrapure water, 18.2 MΩ.cm ที่ 25 องศาเซลาเซียส) ปริมาตร 20 มิลลิลิตร เพื่อให้ได้ของผสมที่มีปริมาณดินต่อน้ำเท่ากับ 0.1 กรัมต่อมิลลิลิตร ทำให้ของผสมเข้ากันได้มากขึ้นด้วยเครื่องอัลตราโซนิคเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำของเหลวไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 6000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที นำของเหลวส่วนใสที่ได้มาปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 6000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที อีกครั้ง เพื่อให้มวลดินที่ยังคงแขวนลอยอยู่แยกจากของเหลว ในขั้นตอนต่อไปจะปิเปตของเหลวส่วนใส ปริมาตร 2 มิลลิลิตรใส่ขวดแก้วใสขนาด 4 มิลลิลิตร แล้วปิเปตสารละลายไทโอไซยาเนต (SCN^-) ที่เข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 10 ไมโครลิตรลงไปในของเหลวใสที่สกัดได้ (ความเข้มข้นสุดท้ายของไทโอไซยาเนตเท่ากับ 4.98 มิลลิกรัมต่อลิตร) กรองสารละลายด้วยตัวกรองสารละลายขนาดเล็ก (syringe filter) ชนิดเซลลูโลสอะซิเตต ขนาดรูพรุน 0.45 และ 0.22 ไมโครเมตร ตามลำดับ ก่อนจะถ่ายโอนลงในขวด HPLC ขนาด 2.0 มิลลิลิตรเพื่อฉีดวิเคราะห์

บทที่ 4
ผลการดำเนินการและอภิปรายผล

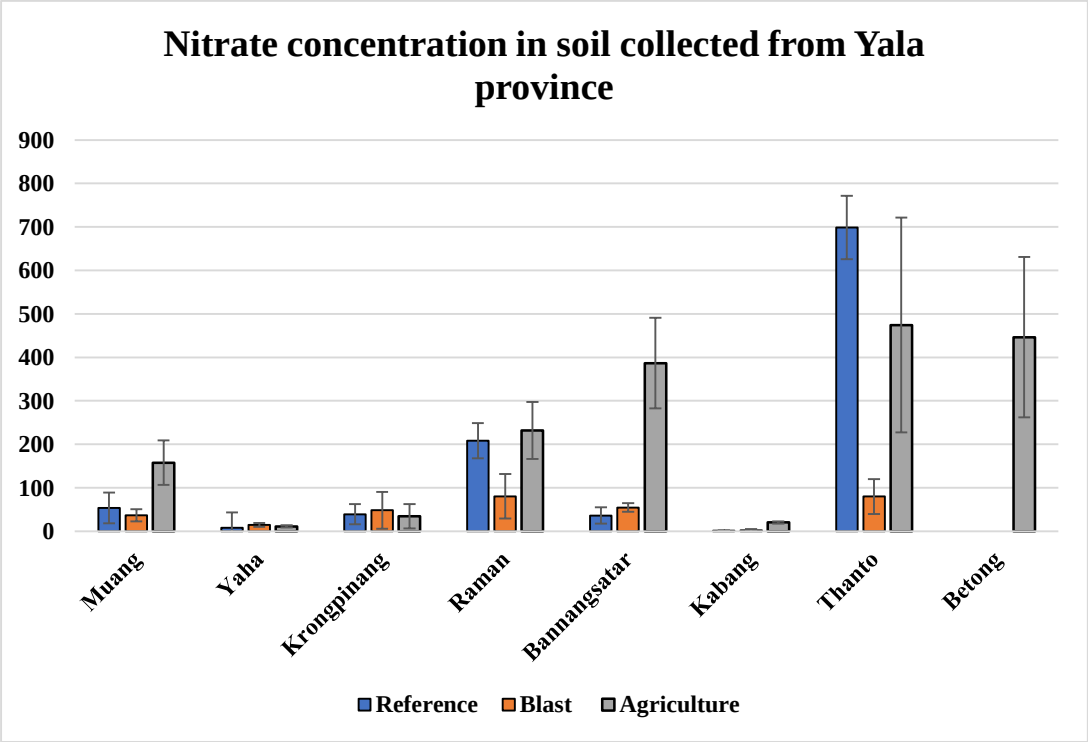
ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในดิน

1. จังหวัดยะลา

ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในดินจาก 8 อำเภอในจังหวัดยะลา (แสดงในตาราง 4.1 และภาพที่ 4.1, 4.3 ถึง 4.4) โดยความเข้มข้นไนเตรทในดินจากพื้นที่เกษตรมีแนวโน้มสูงกว่าดินจากจุดอ้างอิงในทุกอำเภอ ทั้งนี้ไม่มีการเก็บตัวอย่างจากหลุมระเบิดและจุดอ้างอิงในอำเภอเบตง เนื่องจากแทบไม่มีเหตุระเบิดในอำเภอดังกล่าว จึงได้เก็บตัวอย่างเฉพาะพื้นที่เกษตรเท่านั้นซึ่งมีค่าความเข้มข้นของไนเตรทใกล้เคียงกับอำเภอบันนังสตาและอำเภอธารโตซึ่งเป็นพื้นที่ติดกัน (ดังแสดงในภาพที่ 4.2) เช่นเดียวกันกับความเข้มข้นของไนเตรทในดินในพื้นที่เกษตรของอำเภอเมืองและอำเภอรามันซึ่งเป็นพื้นที่ติดกันมีค่าใกล้เคียงกัน รวมไปถึงอำเภอกาบัง อำเภอยะหา และอำเภอกรงปินัง ที่มีปริมาณไนเตรทในดินในพื้นที่เกษตรใกล้เคียงกัน นอกจากนี้แล้วเป็นที่สังเกตว่า ความเข้มข้นของไนเตรทในดินจากจุดที่เคยเกิดเหตุระเบิดมีแนวโน้มมีค่าต่ำกว่าความเข้มข้นของไนเตรทในพื้นที่เกษตร ทั้งนี้มีความเป็นไปได้ว่า จุดเกิดเหตุระเบิดส่วนใหญ่เป็นบริเวณถนนซึ่งมีการก่อสร้างทำให้ดินในบริเวณดังกล่าวเป็นดินที่มีปริมาณธาตุอาหารต่ำกว่าดินในพื้นที่เกษตรซึ่งมีการใส่ปุ๋ยแก่พืชเป็นประจำ โดยจุดเก็บตัวอย่างที่เคยเหตุระเบิดมักมีความเข้มข้นของไนเตรทในดินใกล้เคียงกับจุดอ้างอิงเนื่องจากตัวอย่างดินในจุดดังกล่าวจะเก็บจากพื้นที่ไม่เคยเกิดเหตุระเบิดที่มีลักษณะภูมิประเทศใกล้เคียงกันที่ห่างจากจุดเคยเกิดเหตุระเบิดประมาณ 1-2 กิโลเมตร ยกเว้นจุดอ้างอิงในอำเภอธารโตที่มีความเข้มข้นของไนเตรทสูงที่สุดในจังหวัดยะลาและสูงกว่าจุดเคยเกิดเหตุระเบิดเกือบ 8 เท่า ทั้งนี้สืบเนื่องมาจากจุดอ้างอิงดังกล่าวอยู่ใกล้กับพื้นที่เกษตรมาก (ติดกับสวนลองกองของชาวบ้าน)

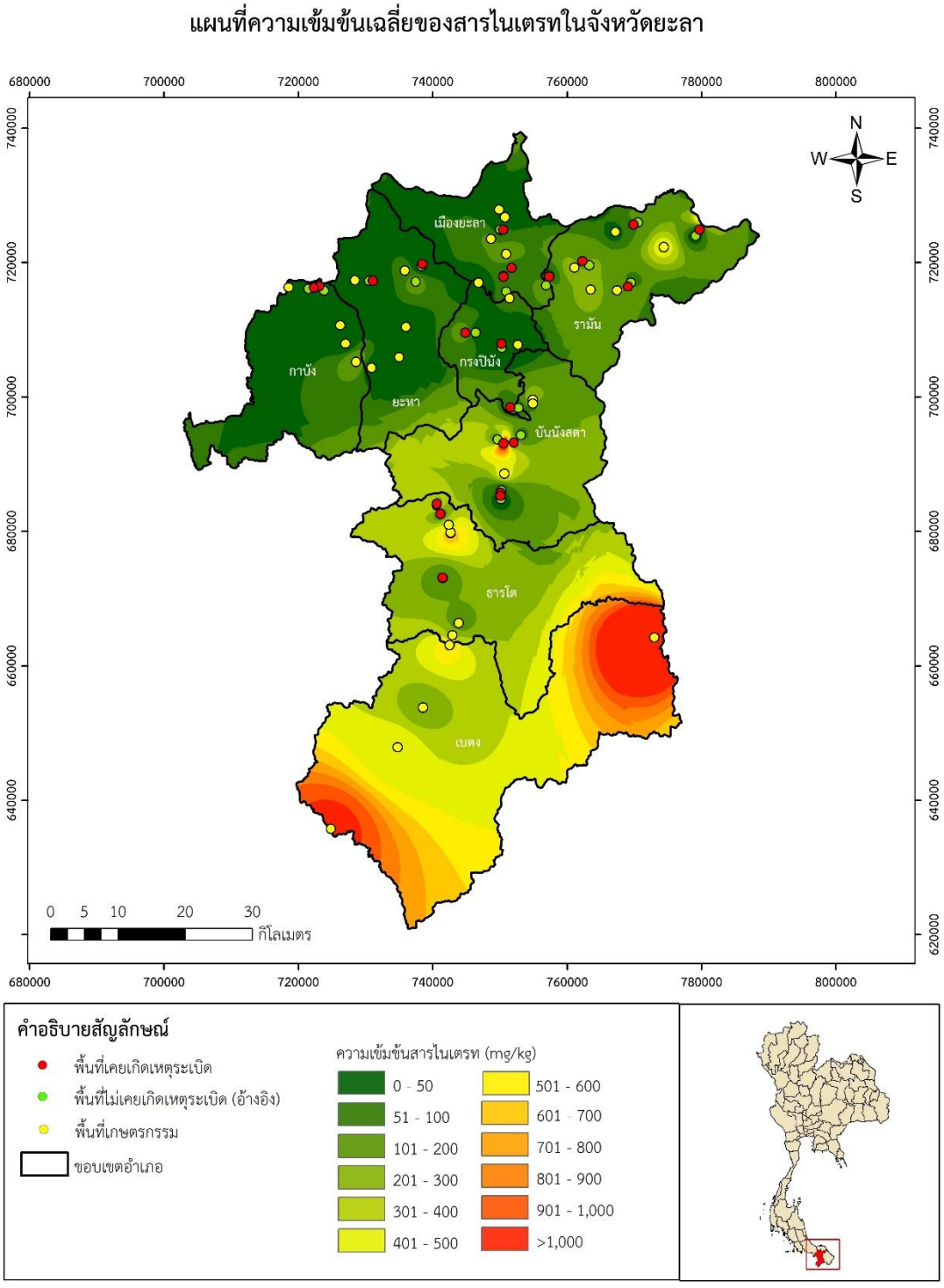
ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ไนเตรทในดินที่เก็บในพื้นที่จังหวัดยะลา

District	Reference	Blast	Agriculture	SD	SD	SD
Muang	53.7	36.7	157.7	35.2	14.0	51.2
Yaha	8.3	14.5	11.1	35.2	4.4	2.5
Krongpinang	39.1	48.3	34.5	23.2	42.3	28.0
Raman	208.3	80.3	231.8	40.4	51.2	65.3
Bannangsatar	36.1	54.6	386.6	18.9	10.1	104.2
Kabang	1.2	2.4	20.2	0.2	2.8	2.7
Thanto	698.6	80.0	474.3	72.8	40.0	247.0
Betong			446.4			184.4
Average	**149.3**	**45.3**	**220.3**			
SD	**252.0**	**30.0**	**194.8**			

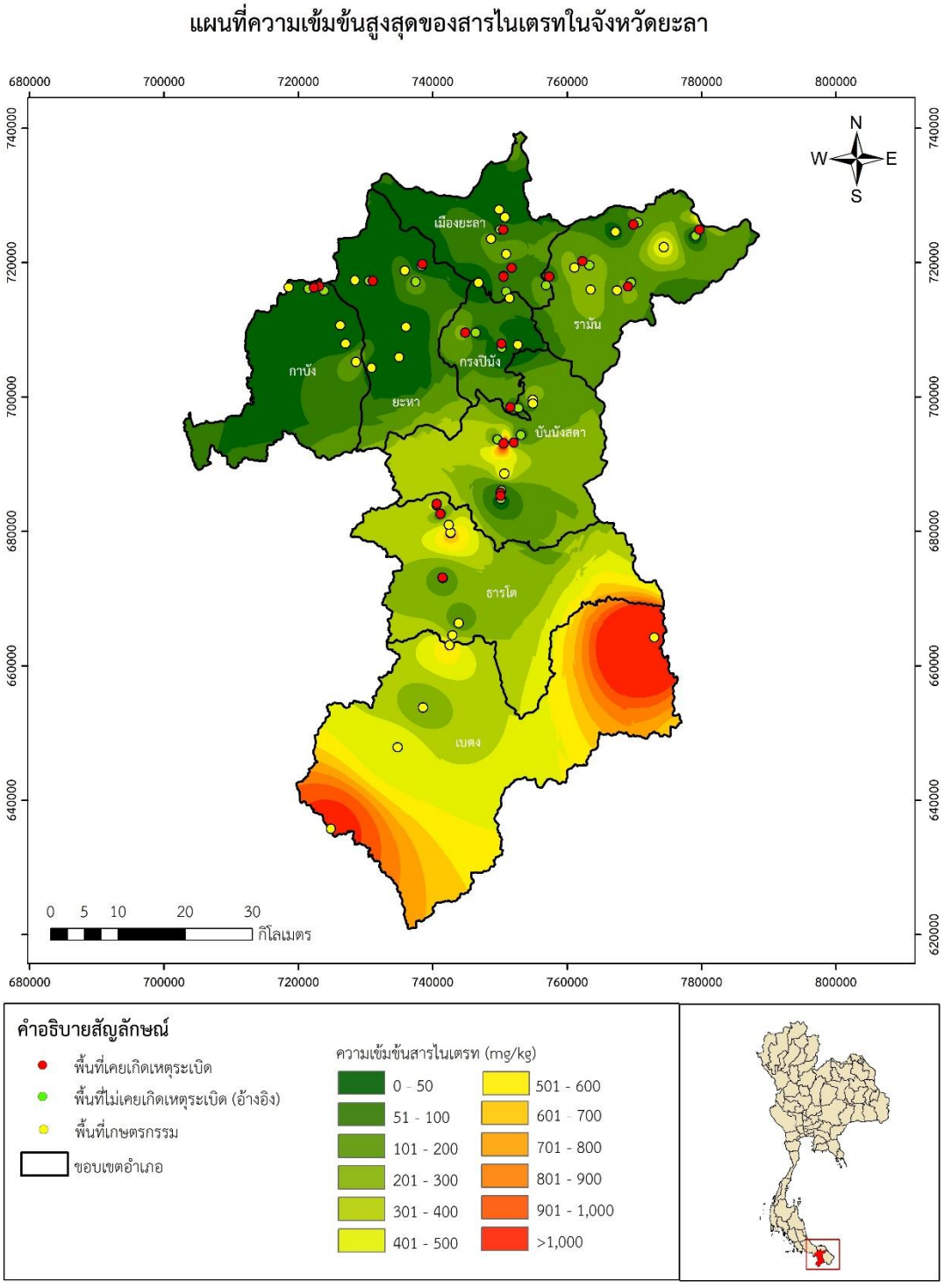


ภาพที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในดินที่เก็บจากจุดที่เคยเกิดเหตุระเบิด (Blast) จุดอ้างอิง (Reference) และพื้นที่เกษตรกรรม (Agriculture) ในพื้นที่จังหวัดยะลา

ภาพที่ 4.2 แผนที่อำเภอต่างๆ ในจังหวัดยะลา



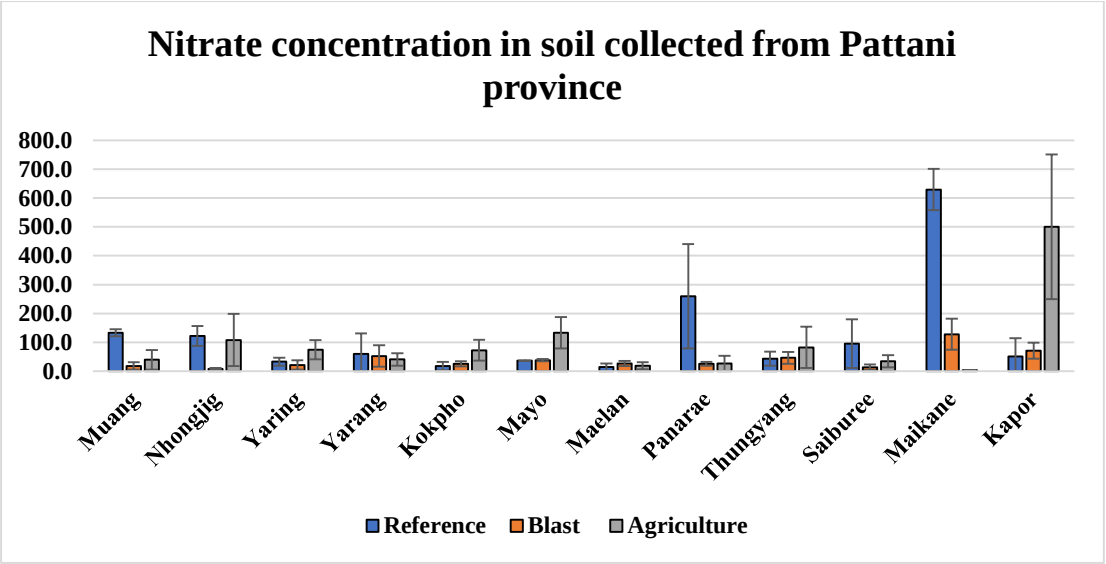
ภาพที่ 4.3 แผนที่ความเข้มข้นเฉลี่ยของสารไนเตรทในจังหวัดยะลา



ภาพที่ 4.4 แผนที่ความเข้มข้นสูงสุดของสารไนเตรทในจังหวัดยะลา

2. จังหวัดปัตตานี

ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในตัวอย่างดินที่เก็บในพื้นที่จังหวัดปัตตานี จำนวน 12 อำเภอ (ตาราง 4.2 และภาพที่ 4.5, 4.7และ4.8) พบว่า ความเข้มข้นของไนเตรทในดินในทุกอำเภอมีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นความเข้มข้นของไนเตรทในดินที่เก็บจากพื้นที่เกษตรในอำเภอกะพ้อและจุดอ้างอิงในอำเภอไม้แก่นและปะนาแระที่มีความเข้มข้นของไนเตรทสูงกว่าจุดอื่นๆอย่างชัดเจน ทั้งนี้เป็นที่สังเกตว่าอำเภอกะพ้อจังหวัดปัตตานีเป็นรอยต่อกับพื้นที่อำเภอรามันของจังหวัดยะลา (ภาพที่ 4.6) ซึ่งมีความเข้มข้นของไนเตรทในดินสูงเช่นเดียวกัน นอกจากนี้แล้วความเข้มข้นของไนเตรทในดินที่เก็บจากจุดที่เคยเกิดเหตุระเบิดมีแนวโน้มมีค่าต่ำที่สุดเช่นเดียวกับผลการวิเคราะห์ตัวอย่างในจังหวัดยะลาโดยมีค่าเฉลี่ย 39.4 $\pm$ 33.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ใกล้เคียงกับจังหวัดยะลาที่มีค่าเฉลี่ย 45.3 $\pm$ 30.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของไนเตรทในพื้นที่เกษตรของจังหวัดปัตตานี มีค่าต่ำกว่าจังหวัดยะลา (94.4 $\pm$ 133.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เปรียบเทียบกับ 220.3 $\pm$ 194.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมในจังหวัดยะลา) นอกจากนี้แล้วร้อยละ 50 ของจุดเก็บตัวอย่างที่เคยเกิดเหตุระเบิดในพื้นที่จังหวัดปัตตานีมีความเข้มข้นของไนเตรทในดินต่ำกว่าจุดอ้างอิง โดยเฉพาะอย่างยิ่งจุดอ้างอิงของอำเภอไม้แก่นมีค่าความเข้มข้นของไนเตรทสูงกว่าจุดเคยเกิดเหตุระเบิดถึงเกือบ 5 เท่า ทั้งนี้เป็นที่น่าสังเกตว่าอำเภอรอยต่อระหว่างจังหวัดที่ไม่ใช่อำเภอเมือง (เช่น อำเภอกะพ้อจังหวัดปัตตานีกับอำเภอรามันจังหวัดยะลา รวมไปถึงรอยต่อระหว่างอำเภอในจังหวัดยะลา (เช่น อำเภอเบตง อำเภอธารโต อำเภอบันนังสตา) กับประเทศมาเลเซียมีแนวโน้มความเข้มข้นของไนเตรทในดินสูงกว่าอำเภออื่นๆในจังหวัดปัตตานีและยะลา ในขณะที่อำเภอแม่ลานจังหวัดปัตตานีซึ่งเป็นรอยต่อกับอำเภอเมืองจังหวัดยะลาที่มีแนวโน้มความเข้มข้นของไนเตรทต่ำที่สุดทั้งจากจุดที่เคยเกิดเหตุระเบิด จุดอ้างอิงและพื้นที่เกษตร ทั้งนี้อาจเกี่ยวข้องกับอำเภอดังกล่าวจุดเก็บตัวอย่างในอำเภอนี้ส่วนใหญ่เก็บบริเวณที่ใกล้เคียงกับคลองชลประทาน จึงอาจมีความเข้มข้นของธาตุอาหารในดินน้อยกว่าพื้นที่เกษตรในอำเภออื่นๆที่มีการใส่ปุ๋ยเป็นประจำ

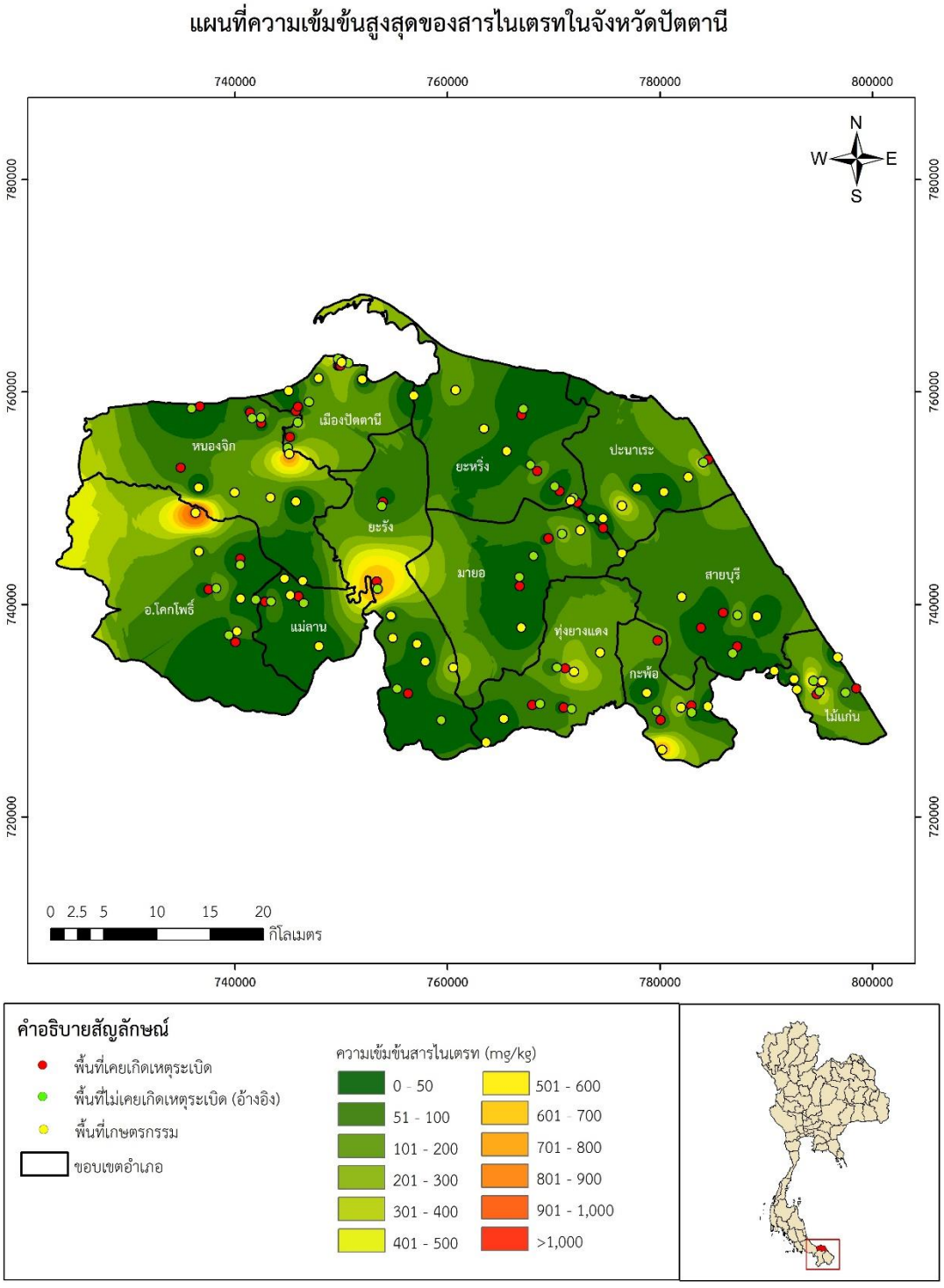


ภาพที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในดินที่เก็บจากจุดที่เคยเกิดเหตุระเบิด (Blast) จุดอ้างอิง (Reference) และพื้นที่เกษตรกรรม (Agriculture) ในพื้นที่จังหวัดปัตตานี

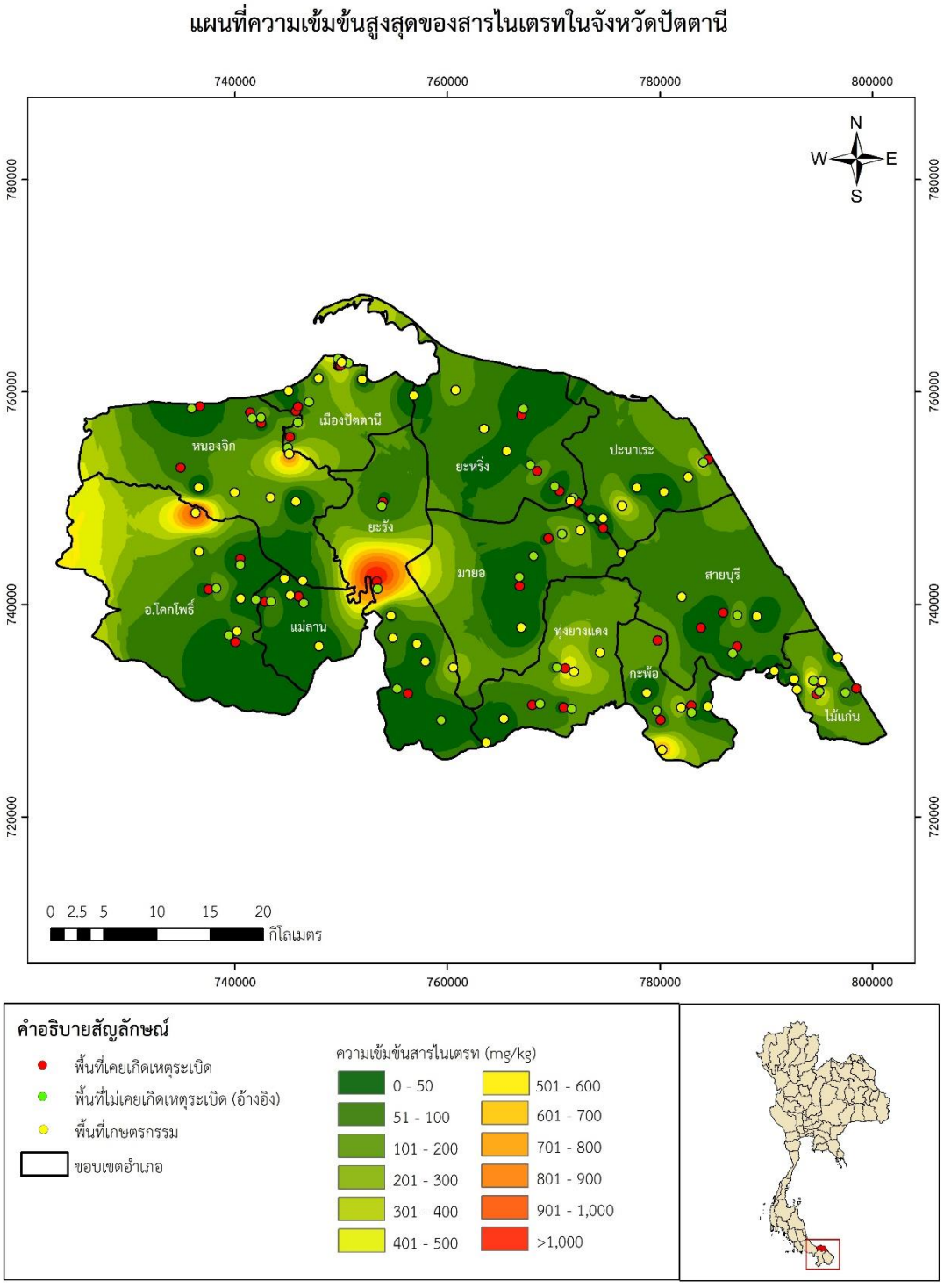
ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ไนเตรทในดินที่เก็บในพื้นที่จังหวัดปัตตานี

District	Reference	Blast	Agriculture	SD	SD	SD
Muang	133.3	18.0	39.5	12.1	12.8	33.5
Nhongjig	122.2	7.5	108.1	34.1	3.1	90.2
Yaring	32.8	21.5	74.2	13.7	16.0	32.8
Yarang	59.7	52.6	40.5	71.4	37.0	21.6
Kokpho	18.1	25.4	72.3	14.4	9.1	36.0
Mayo	36.0	37.9	132.8	0.1	4.0	54.5
Maelan	14.1	26.1	18.7	12.6	9.0	12.7
Panarae	259.4	25.0	27.0	180.9	6.6	26.6
Thungyangdaeng	43.4	46.3	82.6	24.4	20.7	72.1
Saiburee	95.2	13.8	34.3	83.9	9.5	21.5
Maikane	629.3	127.6	3.0	71.7	53.7	0.8
Kapor	51.5	71.3	500.2	62.8	27.8	250.7
Average	**124.6**	**39.4**	**94.4**			
SD	**173.2**	**33.1**	**133.3**			

ภาพที่ 4.6 แผนที่อำเภอต่างๆ ในจังหวัดปัตตานี



ภาพที่ 4.7 แผนที่ความเข้มข้นเฉลี่ยของสารไนเตรทในจังหวัดปัตตานี



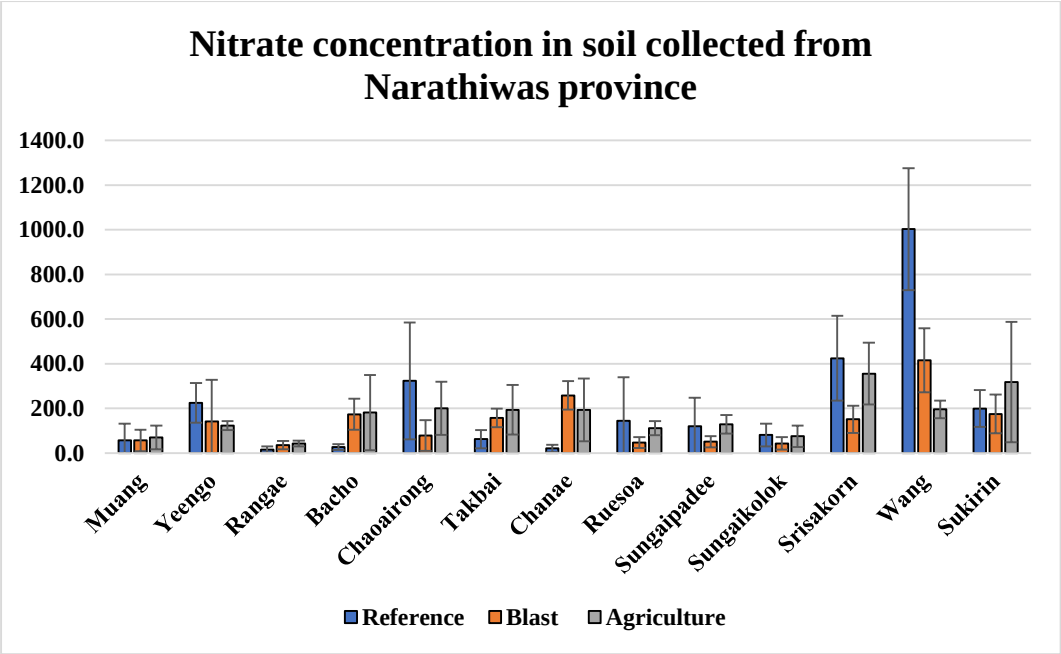
ภาพที่ 4.8 แผนที่ความเข้มข้นสูงสุดของสารไนเตรทในจังหวัดปัตตานี

3. จังหวัดนราธิวาส

ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในตัวอย่างดินที่เก็บในพื้นที่จังหวัดนราธิวาส จำนวน 13 อำเภอ (ตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.9, 4.11 และ 4.12) พบว่า ความเข้มข้นของไนเตรทในดินในทุกอำเภอมีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นความเข้มข้นของไนเตรทในดินที่เก็บจากอำเภอระแงะที่มีความเข้มข้นต่ำกว่าอำเภออื่นๆ แต่ยังมีค่าสูงกว่าอำเภอกาบังที่มีความเข้มข้นต่ำสุดในจังหวัดยะลาและอำเภอแม่ลานจังหวัดปัตตานี ความเข้มข้นของไนเตรทในดินที่เก็บจากจุดที่เคยเกิดเหตุระเบิดในพื้นที่จังหวัดนราธิวาสมีค่าสูงกว่าจังหวัดยะลาและจังหวัดปัตตานี (136.9 $\pm$ 108.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เปรียบเทียบกับ 39.2 $\pm$ 32.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมจากจังหวัดปัตตานีและ 43.2 $\pm$ 26.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของจังหวัดยะลา) นอกจากนี้ความเข้มข้นของไนเตรทจากจุดอ้างอิงในพื้นที่จังหวัดนราธิวาสมีค่าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับจังหวัดปัตตานีและยะลา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอำเภอแว้งซึ่งเป็นอำเภอรอยต่อกับประเทศมาเลเซีย (ภาพที่ 4.6) มีความเข้มข้นของไนเตรทในดินบริเวณจุดอ้างอิงเฉลี่ยสูงที่สุด (1002.4 $\pm$ 273.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และสูงกว่าจุดเคยเกิดเหตุระเบิด 2.4 เท่า ในขณะที่ความเข้มข้นของไนเตรทในดินในพื้นที่เกษตรและจุดอ้างอิงในพื้นที่อำเภอศรีสาครมีแนวโน้มมีค่าสูงเช่นเดียวกับค่าความเข้มข้นไนเตรทจากพื้นที่อำเภอธารโตและอำเภอบันนังสตาจังหวัดยะลาซึ่งเป็นพื้นที่รอยต่อกัน

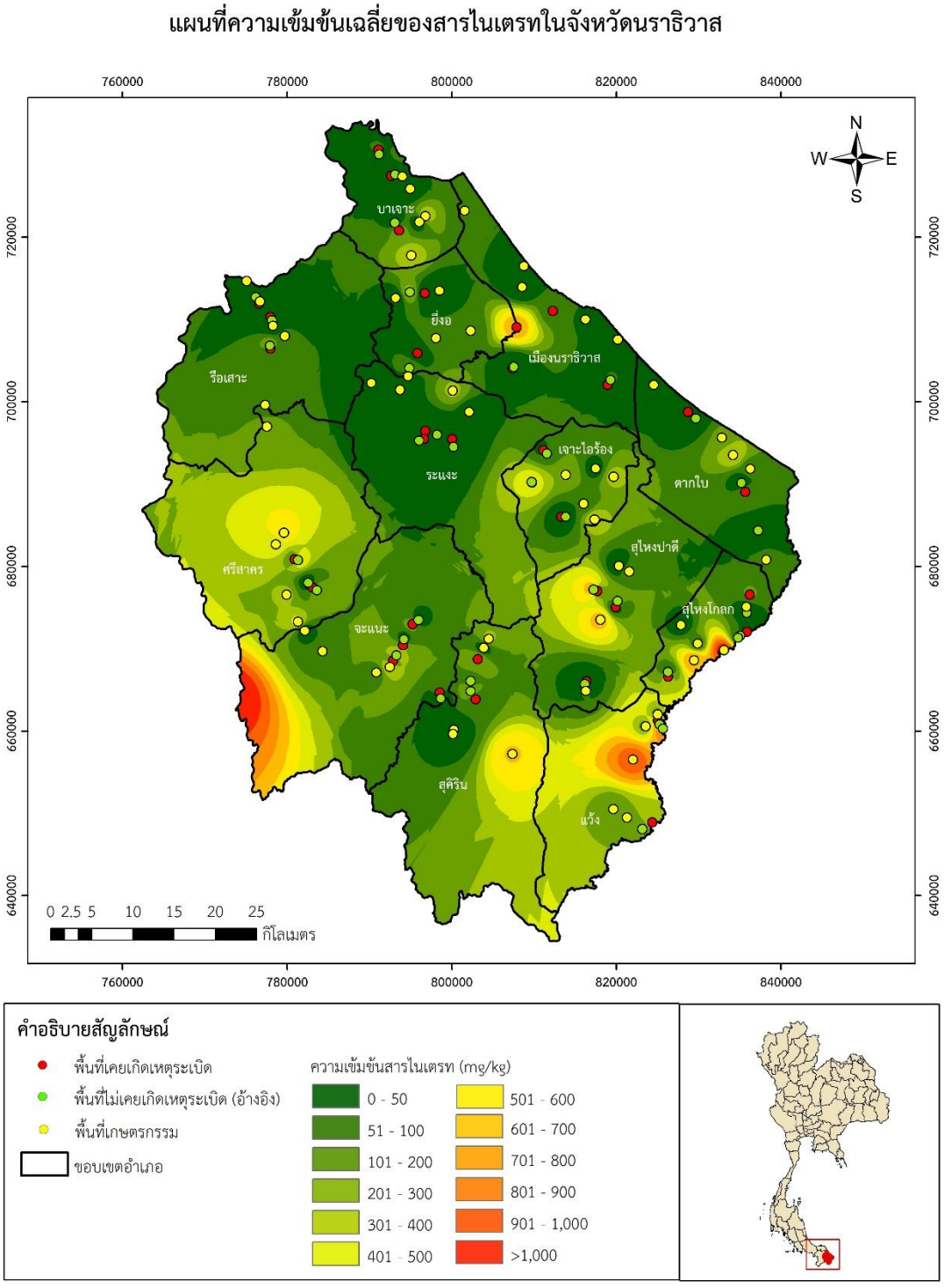
ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ไนเตรทในดินที่เก็บในพื้นที่จังหวัดนราธิวาส

District	Reference	Blast	Agriculture	SD	SD	SD
Muang	56.9	56.3	69.5	75.0	47.9	53.2
Yeengo	223.8	141.6	122.2	88.9	185.6	20.4
Rangae	15.7	34.8	42.5	13.4	18.7	12.5
Bacho	26.8	173.3	181.0	13.0	69.0	168.8
Chaoairong	322.8	77.9	200.4	261.2	68.4	119.2
Takbai	62.3	157.5	193.0	40.9	41.8	111.2
Chanae	20.5	257.6	192.4	16.8	63.9	140.4
Ruesoa	143.5	46.3	111.2	195.4	24.5	31.8
Sungaipadee	120.4	50.5	128.3	126.8	25.2	41.8
Sungaikolok	80.6	43.0	74.8	50.7	27.5	48.3
Srisakorn	424.2	150.6	355.0	189.5	61.5	138.5
Wang	1002.4	415.1	195.4	273.1	143.0	39.2
Sukirin	199.0	174.9	317.3	82.3	86.9	269.7
Average	**207.6**	**136.9**	**167.9**			
SD	**269.0**	**108.1**	**92.0**			

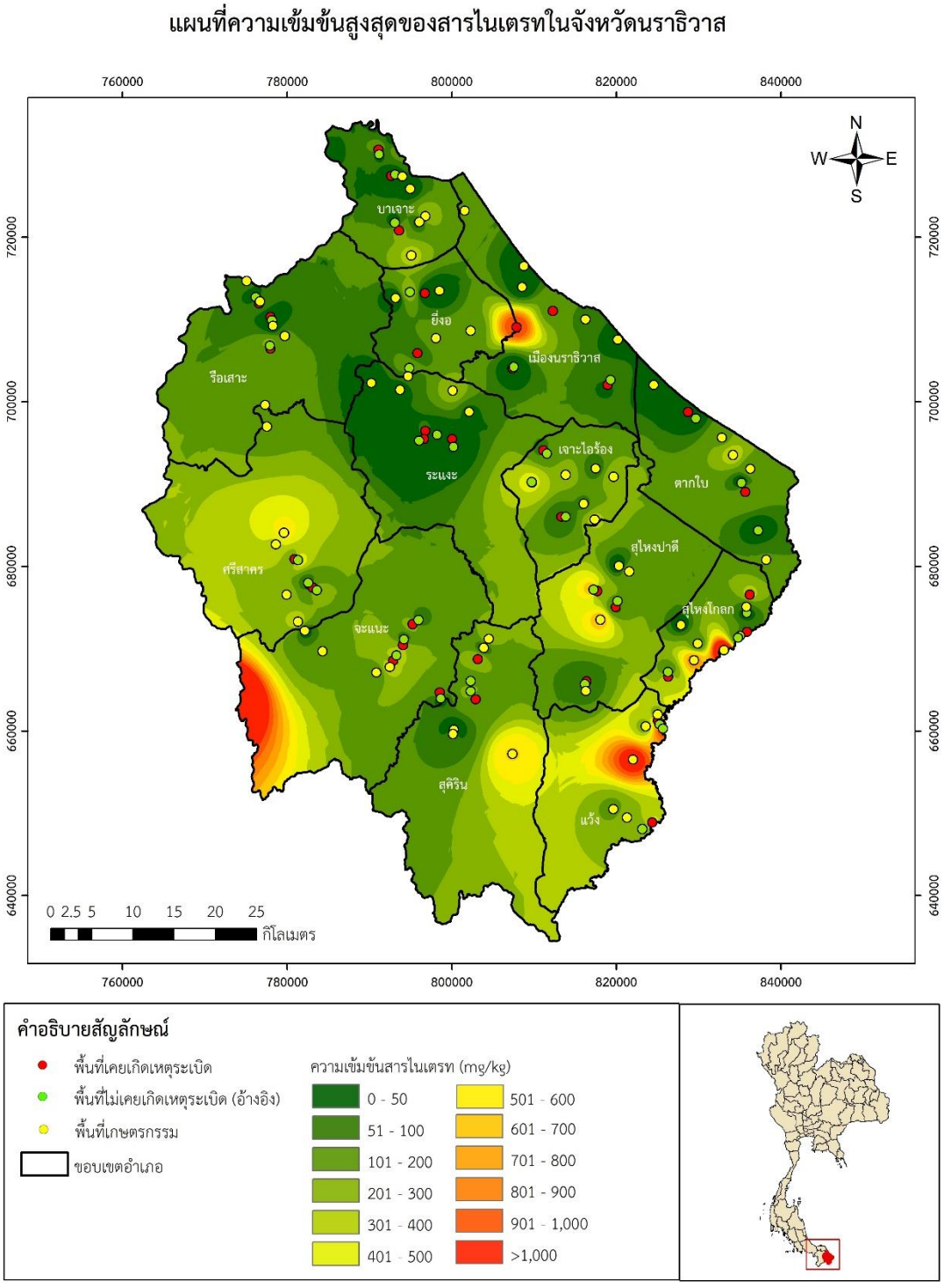


ภาพที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในดินที่เก็บจากจุดที่เคยเกิดเหตุระเบิด (Blast) จุดอ้างอิง (Reference) และพื้นที่เกษตรกรรม (Agriculture) ในพื้นที่จังหวัดนราธิวาส

ภาพที่ 4.10 แผนที่อำเภอต่างๆ ในจังหวัดนราธิวาส



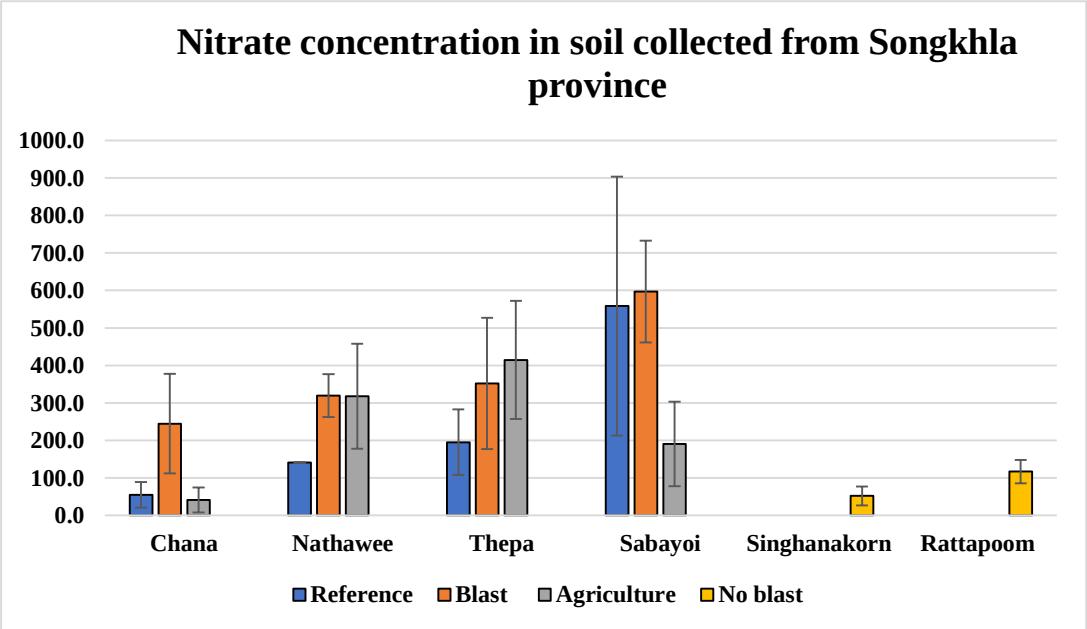
ภาพที่ 4.11 แผนที่ความเข้มข้นเฉลี่ยของสารไนเตรทในจังหวัดนราธิวาส



ภาพที่ 4.12 แผนที่ความเข้มข้นสูงสุดของสารไนเตรทในจังหวัดนราธิวาส

4. จังหวัดสงขลา

ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในตัวอย่างดินที่เก็บในพื้นที่ความไม่สงบ 4 อำเภอของจังหวัดสงขลา ได้แก่ อำเภอจะนะ เทพา นาทวี และสะบ้าย้อย (แสดงดังตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.13, 4.15 ถึง 4.16) โดยพบว่า ความเข้มข้นของไนเตรทในดินที่เก็บจากจุดอ้างอิงและพื้นที่เกษตรในพื้นที่อำเภอเทพา นาทวี และสะบ้าย้อย มีค่าสูงกว่าอำเภอจะนะอย่างชัดเจนทั้งนี้อาจเกี่ยวข้องกับสามอำเภอดังกล่าวเป็นพื้นที่รอยต่อกับจังหวัดปัตตานีและประเทศมาเลเซีย ในขณะที่ความเข้มข้นของไนเตรทจากจุดที่เคยเกิดเหตุระเบิดในอำเภอจะนะมีค่าต่ำกว่าอำเภออื่นๆ แต่ยังมีค่าสูงกว่าความเข้มข้นของไนเตรทในดินที่เก็บจากจุดอ้างอิงและพื้นที่เกษตรในอำเภอเดียวกัน โดยความเข้มข้นเฉลี่ยของไนเตรทจากจุดที่เคยเกิดเหตุระเบิดในจังหวัดสงขลาสูงกว่าอีกสามจังหวัดชายแดนอย่างมีนัยสำคัญ (378.3 $\pm$ 152.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) เป็นที่สังเกตว่า ความเข้มข้นของไนเตรทในดินที่เก็บจากอำเภอรัตภูมิและอำเภอสิงหนครซึ่งไม่ใช่พื้นที่ความไม่สงบมีค่าต่ำกว่าความเข้มข้นของไนเตรทที่เก็บจากจุดเคยระเบิด จุดอ้างอิง และพื้นที่เกษตรในสามจังหวัดรอยต่อและมีค่าใกล้เคียงกับจุดอ้างอิงและพื้นที่เกษตรในอำเภอจะนะ

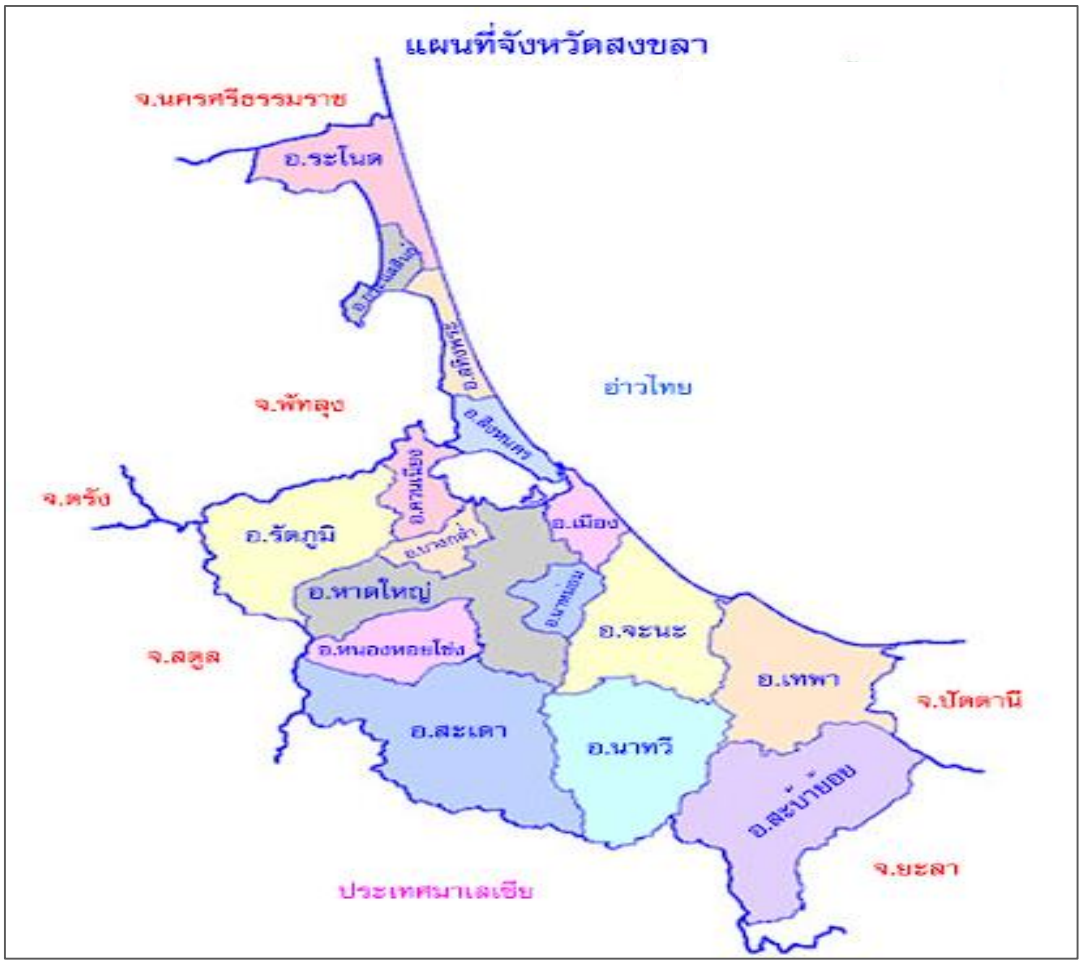


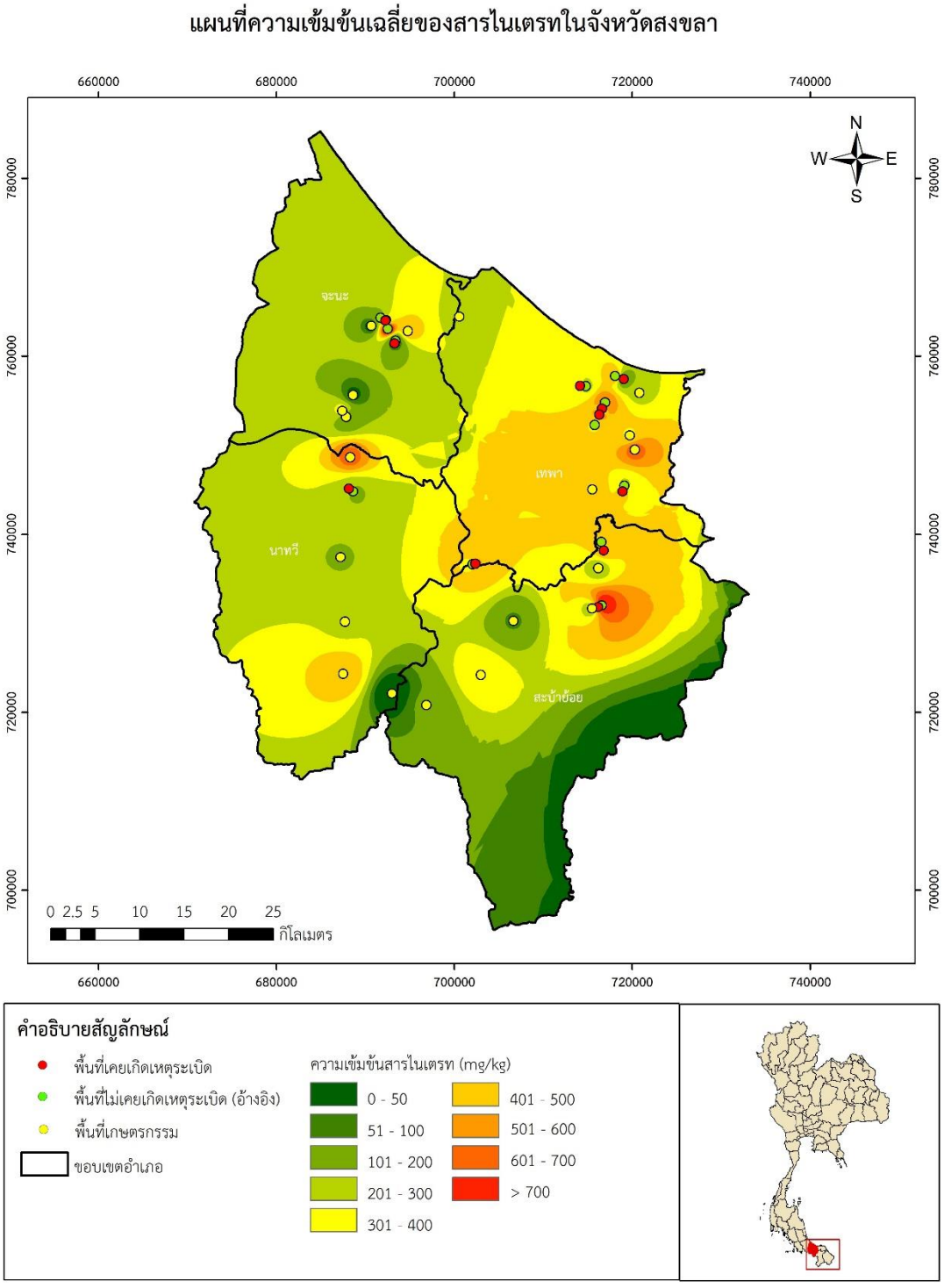
ภาพที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในดินที่เก็บจากจุดที่เคยเกิดเหตุระเบิด (Blast) จุดอ้างอิง (Reference) พื้นที่เกษตรกรรม (Agriculture) และพื้นที่ที่ไม่เคยเกิดเหตุระเบิด (No blast) ในจังหวัดสงขลา

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ไนเตรทในดินที่เก็บในพื้นที่จังหวัดสงขลา

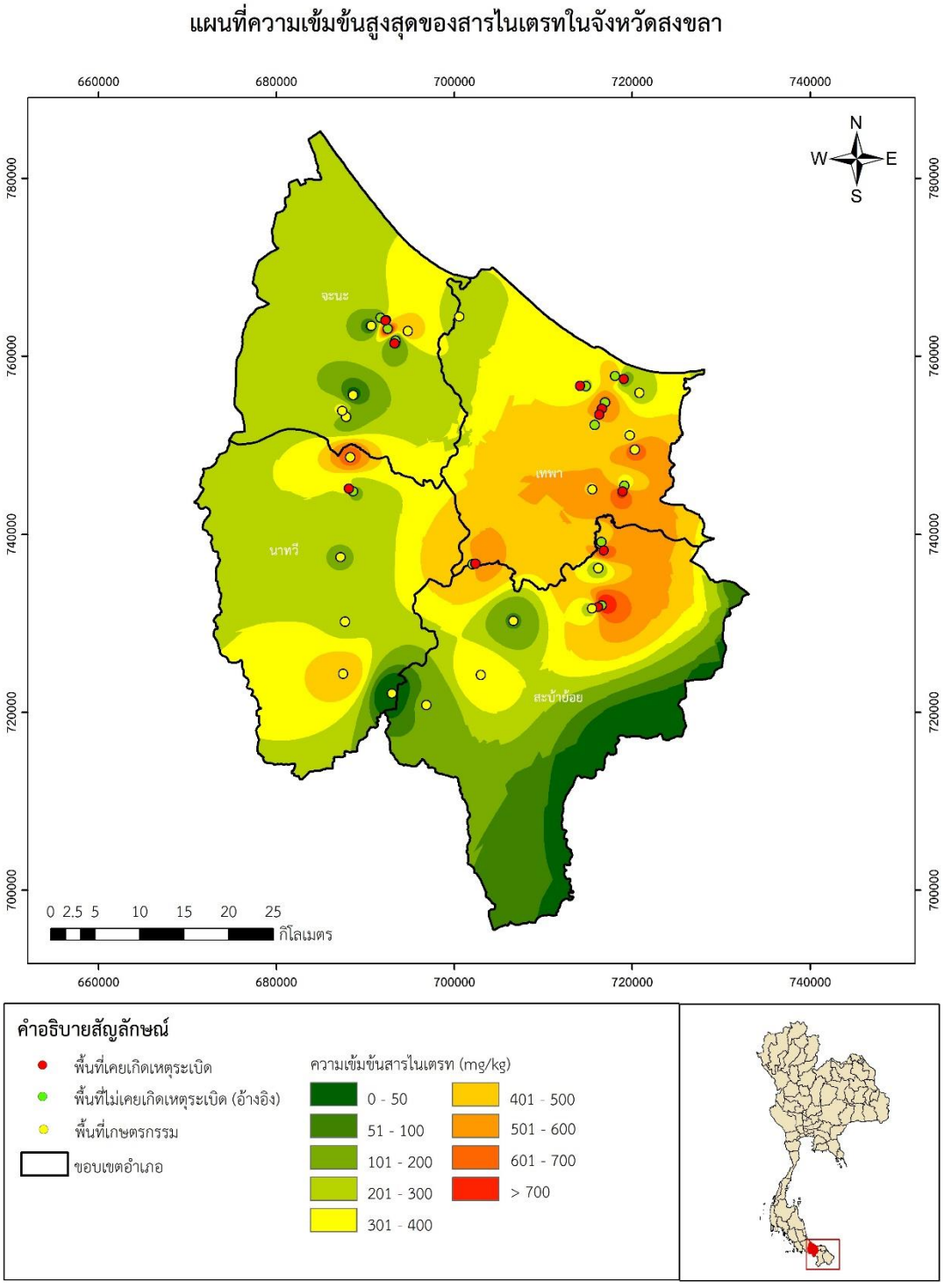
District	Reference	Blast	Agriculture	No blast	SD	SD	SD	SD
Chana	54.8	244.4	41.3		33.9	132.7	33.4	
Nathawee	141.0	319.8	317.5		0.3	57.3	140.0	
Thepa	195.2	352.1	414.7		87.9	174.9	157.3	
Sabayoi	558.2	596.9	190.5		345.2	135.6	112.4	
Singhanakorn				51.84				25.39
Rattapoom				116.74				31.45
Average	**237.3**	**378.3**	**241.0**	**84.3**				
SD	**221.6**	**152.6**	**161.7**	**45.9**				

ภาพที่ 4.14 แผนที่อำเภอต่างๆ ในจังหวัดสงขลา





ภาพที่ 4.15 แผนที่ความเข้มข้นเฉลี่ยของสารไนเตรทในจังหวัดสงขลา



ภาพที่ 4.16 แผนที่ความเข้มข้นสูงสุดของสารไนเตรทในจังหวัดนราธิวาส

ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในตัวอย่างดินที่เพิ่งเกิดเหตุระเบิด

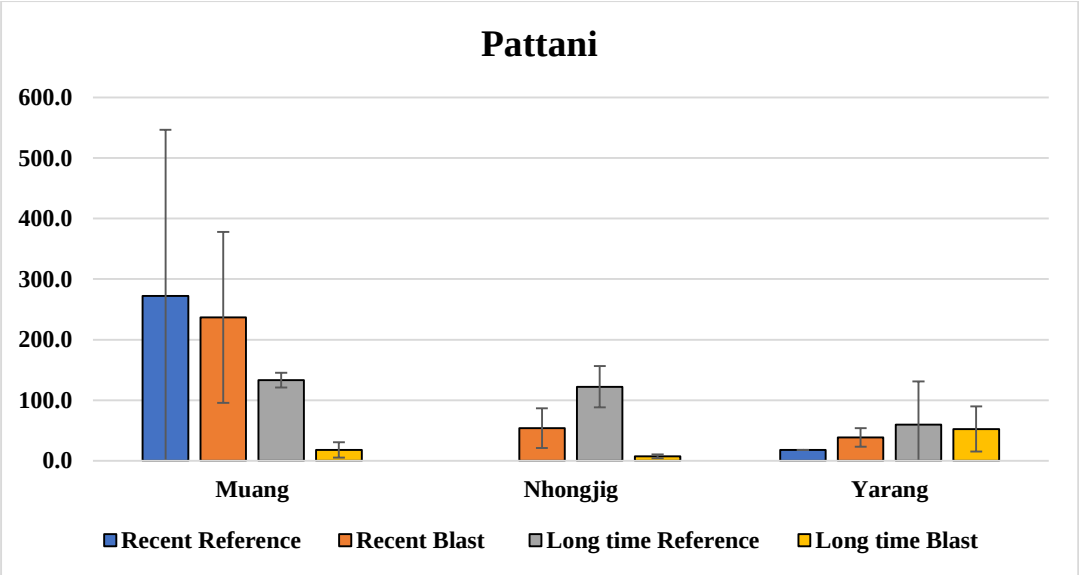
โครงการวิจัยนี้ได้เก็บตัวอย่างดินจากจุดระเบิดและจุดอ้างอิงที่เพิ่งเกิดเหตุในพื้นที่จังหวัดยะลาและปัตตานี ได้แก่ อำเภอเมือง อำเภอรามัน อำเภอบันนังสตา จังหวัดยะลา และอำเภอเมือง อำเภอหนองจิก และอำเภอยะรัง จังหวัดปัตตานี โดยมีรายละเอียดวันที่เกิดเหตุระเบิดและวันที่เก็บตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 4.5 ในขณะที่ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทแสดงดังตารางที่ 4.6 ภาพที่ 4.17 และ ภาพที่ 4.18 ทั้งนี้จะเห็นว่า ความเข้มข้นของไนเตรทในดินจากบริเวณจุดเกิดเหตุและจุดอ้างอิงแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทุกจุดทั้งการเก็บตัวอย่างจากสถานที่ที่เพิ่งเกิดเหตุไม่นาน (ภายในปี พ.ศ. 2567) และเกิดเหตุมาก่อนหน้า

ตารางที่ 4.5 วันที่เกิดเหตุระเบิดและวันที่เก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในดิน

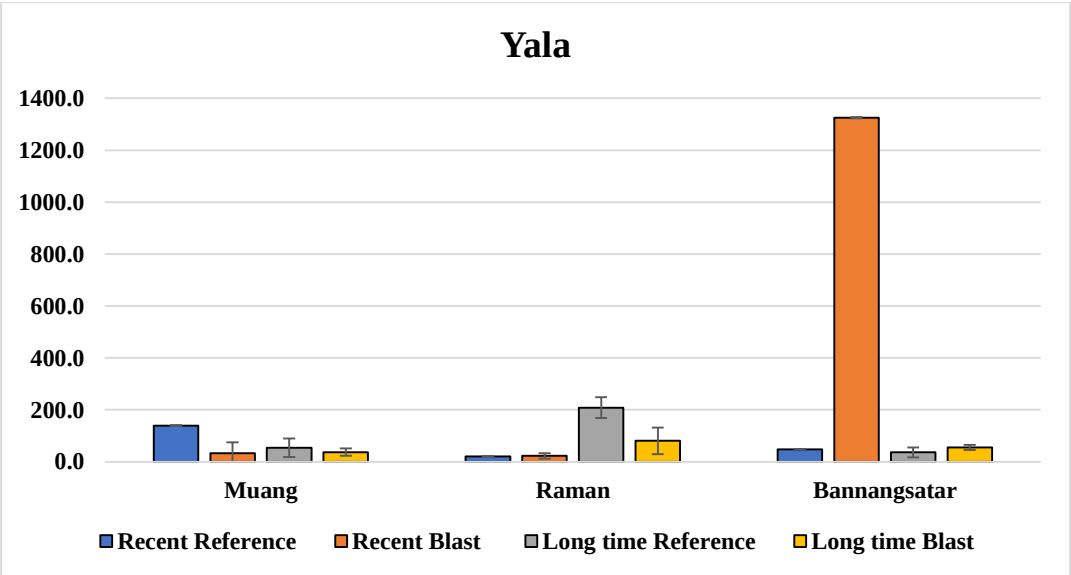
จังหวัด	อำเภอ	วันที่เกิดเหตุระเบิด	วันที่เก็บตัวอย่าง
ยะลา	เมือง (YL0104)	26 มีนาคม 2567	24 กรกฎาคม 2567
	รามัน (YL0404)	4 สิงหาคม 2567	19 สิงหาคม 2567
	บันนังสตา (YL0504)	30 มิถุนายน 2567	23 กรกฎาคม 2567
ปัตตานี	เมือง (PN0104, PN0105, PN0106)	9 สิงหาคม 2567	19 สิงหาคม 2567
	หนองจิก (PN0204)	22 กรกฎาคม 2567	26 กรกฎาคม 2567
	ยะรัง (PN0404)	24 กรกฎาคม 2567	19 สิงหาคม 2567

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ไนเตรทในดินที่เก็บจากสถานที่เกิดเหตุระเบิดภายในปี พ.ศ. 2567 เปรียบเทียบกับสถานที่เกิดเหตุก่อนปี พ.ศ. 2567

Province	District	Recent		Long time	
		Reference	Blast	Reference	Blast
Pattani	Muang	272.1	236.7	133.3	18.0
	Nhongjig	ND	54.0	122.2	7.5
	Yarang	18.0	38.5	59.7	52.6
Yala	Muang	139.2	32.5	53.7	36.7
	Raman	20.7	22.5	208.3	80.3
	Bannangsatar	48.1	1324.7	36.1	54.6
Average		**99.6**	**284.8**	**102.2**	**41.6**
SD		**108.2**	**515.8**	**65.0**	**26.6**



ภาพที่ 4.17 ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในดินที่เก็บจากจุดที่เพิ่งเกิดเหตุภายในปี พ.ศ. 2567 (Recent) และเคยเกิดเหตุระเบิดก่อนปี 2567 (Long time) (Blast) จุดอ้างอิง (Reference) พื้นที่เกษตรกรรม (Agriculture) และพื้นที่ที่ไม่เคยเกิดเหตุระเบิด (No blast) ในจังหวัดปัตตานี



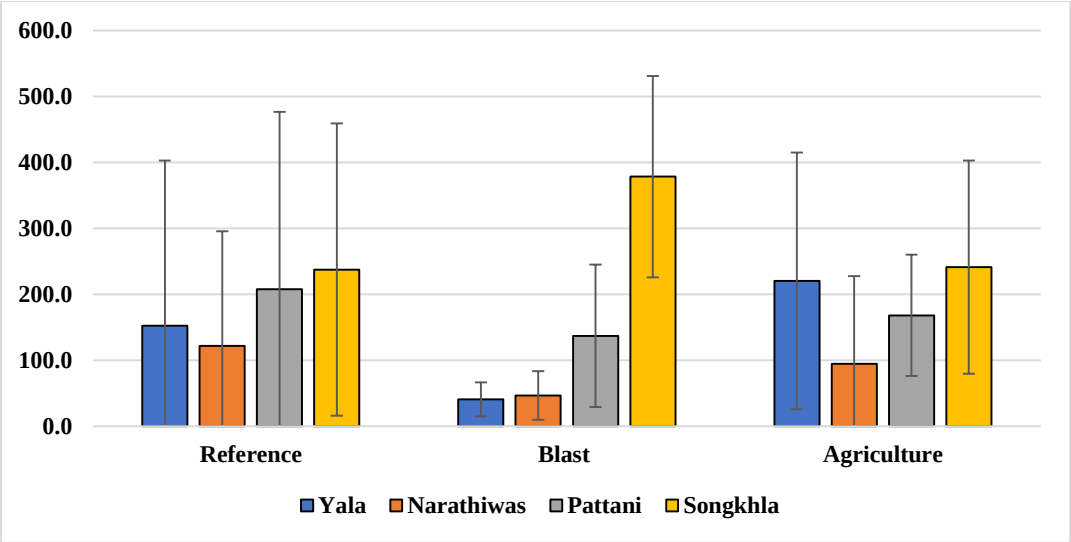
ภาพที่ 4.18 ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในดินที่เก็บจากจุดที่เพิ่งเกิดเหตุภายในปี พ.ศ. 2567 (Recent) และเคยเกิดเหตุระเบิดก่อนปี 2567 (Long time) (Blast) จุดอ้างอิง (Reference) พื้นที่เกษตรกรรม (Agriculture) และพื้นที่ที่ไม่เคยเกิดเหตุระเบิด (No blast) ในจังหวัดยะลา

ความเป็นไปได้ในการใช้ข้อมูลค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในดินเพื่อเป็นค่ามาตรฐานปริมาณไนเตรทจากพื้นที่เกษตร

ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในตัวอย่างดินในพื้นที่ความไม่สงบชายแดนใต้ ได้แก่ จังหวัดยะลา ปัตตานี นราธิวาสและ 4 อำเภอในจังหวัดสงขลา (เทพา สะบ้าย้อย นาทวีและจะนะ) ในจุดเก็บตัวอย่าง 3 ประเภท ได้แก่ จุดที่เคยเกิดเหตุระเบิด จุดอ้างอิง และพื้นที่เกษตรกรรม จำนวนทั้งหมด 551 ตัวอย่าง สรุปได้ดังตารางที่ 4.7 และภาพที่ 4.11 โดยพบว่า ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของไนเตรทในตัวอย่างดินจากจุดเกิดเหตุระเบิด มีค่า 150.6 $\pm$ 158.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่จุดอ้างอิงและพื้นที่เกษตรมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน กล่าวคือ 179.7 $\pm$ 52.3 และ 180.9 $\pm$ 65.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ดังกล่าว ชี้ให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของไนเตรทในตัวอย่างดินบริเวณจุดเกิดเหตุแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญกับจุดอ้างอิงและพื้นที่เกษตร ***ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้ค่าเฉลี่ยดังกล่าวไปใช้เพื่อเป็นค่ามาตรฐานของความเข้มข้นไนเตรทในดินที่ตรวจพบจากพยานหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับวัตถุระเบิดที่มีไนเตรทเป็นองค์ประกอบได้*** อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของปริมาณไนเตรทในดินในพื้นที่ที่ไม่เคยเกิดเหตุระเบิดในอำเภอสิงหนครและอำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา (84.3 $\pm$ 45.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, n = 10) พบว่า ความเข้มข้นของไนเตรทในดินในพื้นที่ทั่วไป (ไม่ใช่พื้นที่ความไม่สงบ) มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับพื้นที่ความไม่สงบชายแดนใต้ ทั้งนี้เป็นที่น่าสังเกตว่า จุดเก็บตัวอย่างในพื้นที่ทั่วไปนั้นเป็นบริเวณริมถนนจึงอาจมีการก่อสร้างหรือกิจกรรมอื่นๆที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเกษตร ทำให้ไม่มีการใส่ปุ๋ยเพื่อการเจริญเติบโตของพืช ทำให้ปริมาณไนเตรทต่ำกว่าค่าที่วิเคราะห์ได้จากพื้นที่ความไม่สงบที่อาจมีทั้งการใช้สารระเบิดที่ประกอบด้วยไนเตรทและการใช้ปุ๋ย

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ไนเตรทในดินที่เก็บในพื้นที่จังหวัดยะลา ปัตตานี นราธิวาส และ 4 อำเภอในจังหวัดสงขลา

Province	Reference	Blast	Agriculture	SD	SD	SD
Yala	152.2	40.5	220.3	250.8	25.7	194.8
Pattani	121.9	46.6	94.4	173.7	36.8	133.3
Narathiwas	207.6	136.9	167.9	269.0	108.1	92.0
Songkhla	237.3	378.3	241.0	221.6	152.6	161.7
Average	**179.7**	**150.6**	**180.9**			
SD	**52.3**	**158.1**	**65.3**			



ภาพที่ 4.19 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของปริมาณไนเตรทในดินที่เก็บจากจุดที่เคยเกิดเหตุระเบิด (Blast) จุดอ้างอิง (Reference) พื้นที่เกษตรกรรม (Agriculture) ในพื้นที่จังหวัดยะลา ปัตตานี นราธิวาส และ 4 อำเภอในจังหวัดสงขลา

บทที่ 5
สรุปการศึกษาและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการศึกษา

ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในตัวอย่างดินในพื้นที่ความไม่สงบชายแดนใต้ ได้แก่ จังหวัดยะลา ปัตตานี นราธิวาสและ 4 อำเภอในจังหวัดสงขลา (เทพา สะบ้าย้อย นาทวีและจะนะ) จากจุดเก็บตัวอย่าง 3 ประเภท ได้แก่ จุดที่เคยเกิดเหตุระเบิด จุดอ้างอิง และพื้นที่เกษตรกรรม รวมถึงตัวอย่างดินที่เกิดเหตุระเบิดล่าสุด จำนวนทั้งหมด 551 ตัวอย่างพบว่า ความเข้มข้นของไนเตรทในดินในพื้นที่ดังกล่าวมีความหลากหลายขึ้นอยู่กับการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของไนเตรทในตัวอย่างดินจากจุดเกิดเหตุระเบิดมีค่า 150.6 $\pm$ 158.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่จุดอ้างอิงและพื้นที่เกษตรมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน กล่าวคือ 179.7 $\pm$ 52.3 และ 180.9 $\pm$ 65.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ดังกล่าว ชี้ให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของไนเตรทในตัวอย่างดินบริเวณจุดเกิดเหตุแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญกับจุดอ้างอิงและพื้นที่เกษตร ***ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้ค่าเฉลี่ยดังกล่าวไปใช้เพื่อเป็นค่ามาตรฐานของความเข้มข้น ไนเตรทในดินที่ตรวจพบจากพยานหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับวัตถุระเบิดที่มีไนเตรทเป็นองค์ประกอบได้*** อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของปริมาณไนเตรทในดินในพื้นที่ที่ไม่เคยเกิดเหตุระเบิดในอำเภอสิงหนครและอำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา (84.3 $\pm$ 45.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, n = 10) พบว่า ความเข้มข้นของไนเตรทในดินในพื้นที่ทั่วไป (ไม่ใช่พื้นที่ความไม่สงบ) มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับพื้นที่ความไม่สงบชายแดนใต้ ทั้งนี้เป็นที่น่าสังเกตว่า จุดเก็บตัวอย่างในพื้นที่ทั่วไปนั้นเป็นบริเวณริมถนนจึงอาจมีการก่อสร้างหรือกิจกรรมอื่นๆที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเกษตร ทำให้ไม่มีการใส่ปุ๋ยเพื่อการเจริญเติบโตของพืชทำให้ปริมาณไนเตรทต่ำกว่าค่าที่วิเคราะห์ได้จากพื้นที่ความไม่สงบที่อาจมีทั้งการใช้สารระเบิดที่ประกอบด้วยไนเตรทและการใช้ปุ๋ย นอกจากนี้แล้วการฝนตกและการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ความไม่สงบเป็นประจำทุกปี ยังทำให้ปริมาณไนเตรทในดินในพื้นที่ต่างๆ ลดลงและเกิดการกระจายตัวมากขึ้นเนื่องจากถูกน้ำชะลงสู่แม่น้ำลำคลอง ปริมาณไนเตรทในดินจากบริเวณที่เคยเกิดเหตุระเบิดที่วิเคราะห์ได้นี้ จึงไม่สามารถนำมาใช้เป็นตัวแทนของปริมาณไนเตรทในดินของจุดเกิดเหตุระเบิดได้

การนำไปใช้ประโยชน์/ผลกระทบ

ผลการศึกษาในโครงการวิจัยนี้สามารถยืนยันได้ว่า ปริมาณไนเตรทในดิน จากพื้นที่ความไม่สงบบริเวณจุดต่างๆ ได้แก่ จุดเกิดเหตุระเบิด จุดอ้างอิง และพื้นที่เกษตร มีความหลากหลายและแตกต่างกันตามสภาพภูมิประเทศของจุดนั้นๆ จึงไม่สามารถนำค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของปริมาณไนเตรทในดินมาใช้เพื่อเป็นค่ามาตรฐานของปริมาณไนเตรทในดินเพื่อจำแนกจุดเกิดเหตุระเบิดหรือ

พื้นที่เกษตรสำหรับการใช้ประโยชน์เชิงกฎหมายได้ อย่างไรก็ตาม **ในประเด็นข้อสงสัยที่ว่าหากกรณีมีเหตุระเบิดในพื้นที่ที่มีการก่อเหตุความไม่สงบ แล้วมีบุคคลหรือประชาชนเดินทางหรือสัญจรผ่านบริเวณจุดที่เกิดเหตุระเบิดดังกล่าวนั้น ไนเตรทซึ่งเป็นสารที่ไม่สามารถระเหยได้ จึงไม่สามารถปนเปื้อนบนตัวบุคคลจากการผ่านไปยังที่เกิดเหตุระเบิดหรือพื้นที่เกษตรที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ได้ ยกเว้นการที่บุคคลนั้นเอาตัวเองไปเกลือกกลั้วหรือคลุกกับดินหรือผสมปุ๋ยเคมีหรือวัตถุระเบิดเท่านั้น** โดยความเข้มข้นของไนเตรทบนตัวบุคคลจะต้องมีความเข้มข้นต่ำกว่าค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์ในโครงการวิจัยนี้มากเนื่องจากการถ่ายโอนสารจากแหล่งนึงไปยังอีกแหล่งจะมีความเข้มข้นสูงกว่าแหล่งกำเนิดไม่ได้

ข้อเสนอแนะ

ในกรณีที่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องต้องการศึกษาวิจัยเพื่อให้ได้ค่ามาตรฐานของความเข้มข้นไนเตรทที่ปนเปื้อนบนตัวบุคคลจากการสัมผัสกับวัตถุระเบิดหรือปุ๋ยเคมีที่มีไนเตรทเป็นองค์องค์ประกอบควรศึกษาวิจัยเชิงลึกที่เกี่ยวกับการปนเปื้อนของไนเตรทบนตัวบุคคลจากการสัมผัสวัตถุระเบิดหรือปุ๋ยเคมีดังกล่าว เนื่องจากไนเตรทเป็นสารที่ไม่สามารถระเหยได้ จึงไม่สามารถปนเปื้อนบนตัวบุคคลจากการผ่านไปยังที่เกิดเหตุระเบิดหรือพื้นที่เกษตรที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ได้ ยกเว้นการที่บุคคลนั้นลงไปเกลือกกลั้ว/คลุก/ผสมปุ๋ยเคมีหรือวัตถุระเบิดเท่านั้น อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของไนเตรทบนตัวบุคคลจะต้องมีความเข้มข้นต่ำกว่าค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์ในโครงการวิจัยนี้มากเนื่องจากการถ่ายโอนสารจากแหล่งนึงไปยังอีกแหล่งจะมีความเข้มข้นสูงกว่าแหล่งกำเนิดไม่ได้ ดังนั้นจึงควรศึกษาวิจัยเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับร้อยละของความเข้มข้นของไนเตรทที่เกิดการถ่ายโอนจากแหล่งกำเนิดโดยการสัมผัสเพื่อให้มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือมากขึ้นเพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ประโยชน์เชิงกฎหมายต่อไป

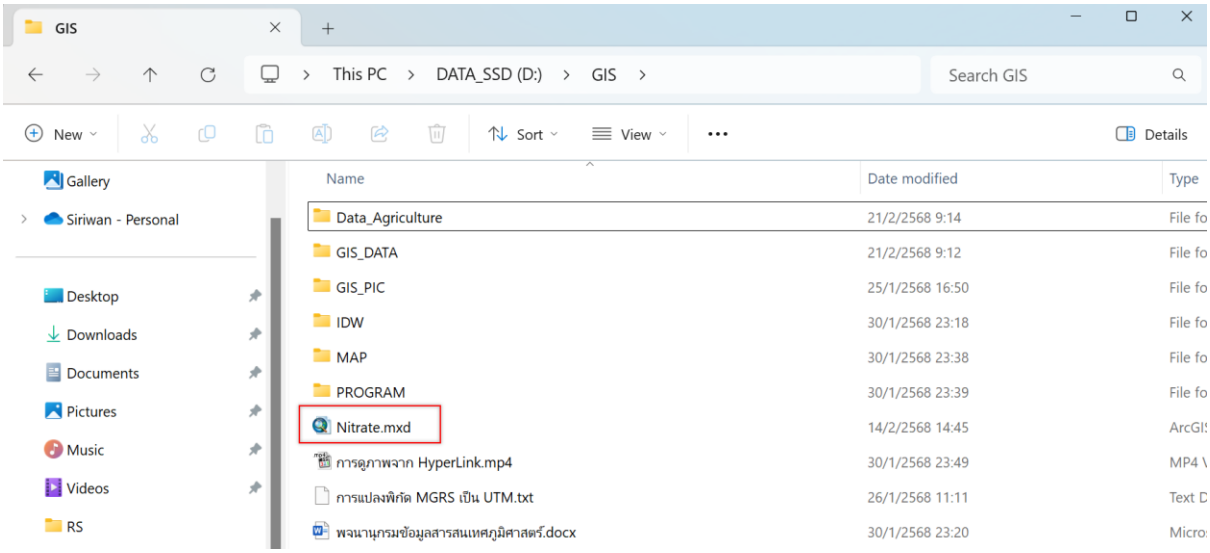
บทที่ 6
วิธีการเข้าฐานข้อมูลปริมาณไนเตรทในพื้นที่การก่อความไม่สงบในจังหวัดชายแดนใต้

สำหรับฐานข้อมูลปริมาณไนเตรทในพื้นที่การก่อความไม่สงบในจังหวัดชายแดนใต้นั้น ทางคณะผู้วิจัยได้จัดทำเป็นฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System (GIS)) โดยจัดทำข้อมูลตำแหน่งตรวจวัดสารไนเตรทที่ได้จากการลงพื้นที่ จำนวน 540 ตัวอย่าง มาสร้างฐานข้อมูล (Data base) และข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) และนำเข้าข้อมูลเชิงตาราง (Attribute Data) ให้อยู่ในรูป Shapefile โดยโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ที่จัดเก็บข้อมูลค่าพิกัดภูมิศาสตร์, พื้นที่การเก็บ, ภาพถ่าย ที่เชื่อมโยงกับแผนที่การกระจายของสารไนเตรท และค่าเฉลี่ยของสารไนเตรทในแต่ละพื้นที่ โดยสามารถแก้ไขอัพเดทข้อมูลได้ โดยผู้ดูแลข้อมูล และได้จัดทำแผนที่ความเข้มข้นและการแพร่กระจายของสารไนเตรท โดยใช้วิธีการประมาณค่าเชิงพื้นที่ (data interpolation) หรือการประมาณค่าในช่วง ด้วยหลักการ inverse distance weighted (IDW) ซึ่งเป็นวิธีประมาณค่าในช่วงตามระยะทางที่ไกลออกไปจะได้รับผลกระทบตามระยะทาง ซึ่งวิเคราะห์จากค่าเฉลี่ยและค่าสูงสุดของสารไนเตรท สามารถแสดงความเข้มข้นของสารไนเตรทในพื้นที่ในรูปแบบของเฉดสีเพื่อแสดงถึงระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกันและสามารถดูรายละเอียดและเชื่อมโยงฐานข้อมูล ข้อมูลสถิติ และพิกัดภูมิศาสตร์ตำแหน่งตรวจวัดสารไนเตรท

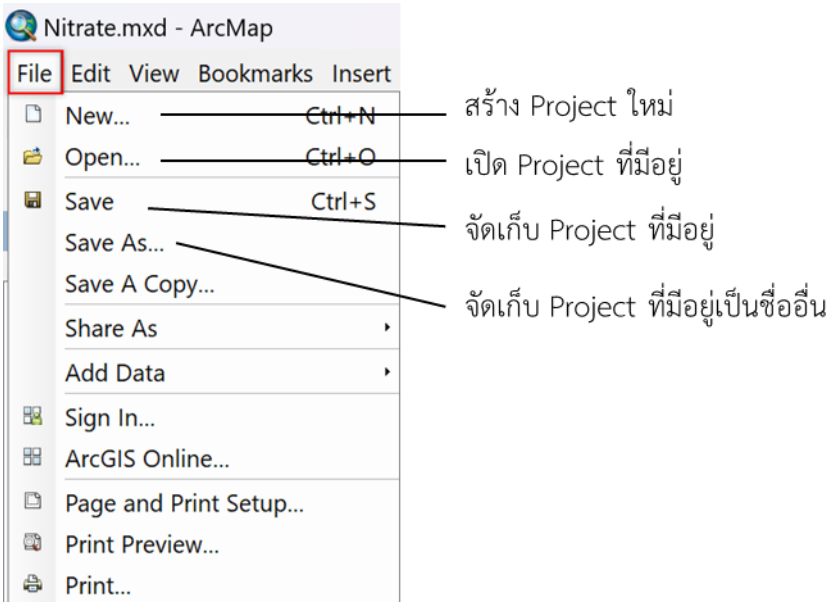
ในการเข้าใช้ข้อมูลจำเป็นต้องติดตั้งโปรแกรม ArcMap ก่อนจากนั้น ดาวน์โหลดข้อมูลสามารถเข้าดาวน์โหลดได้ที่ https://drive.google.com/file/d/1F2H4s3xt3r-F6kiZcpw7r-s-Mfa4yh6p/view?usp=sharing จากนั้น เมื่อเข้าโปรแกรม ArcMap แล้วให้ดำเนินการดังต่อไปนี้

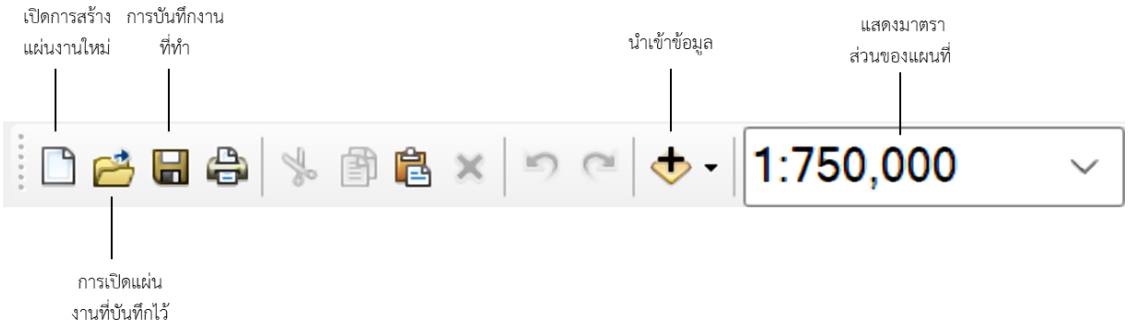
การเรียกใชงานขอมูลภาพถายในโปรแกรม ArcMap

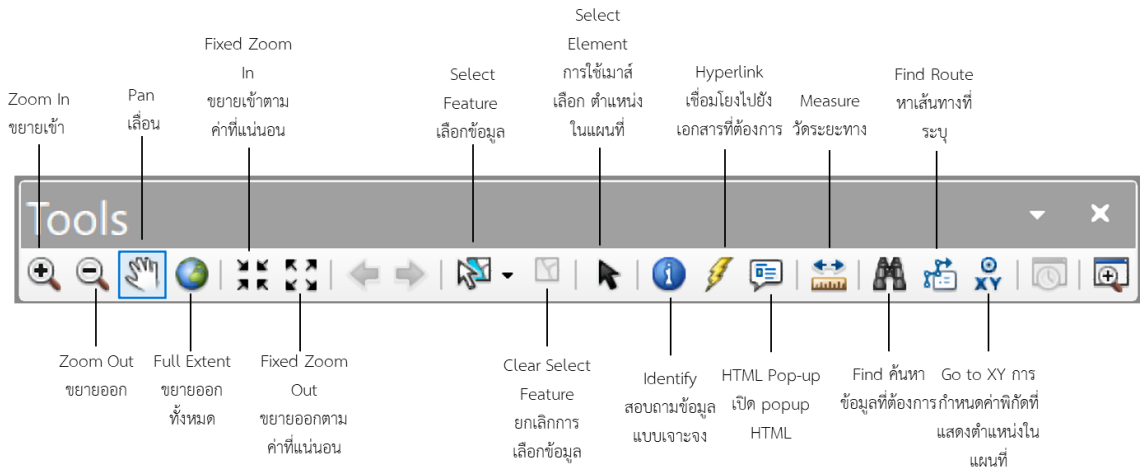
1. ลงโปรแกรม ArcMap ให้เรียบร้อย
2. วางไว้ในที่ที่กำหนด คือ ไดร์ฟ (Drive) D:
3. ดับเบิ้ลคลิกไฟล์ “Nitrate.mxd”



4. แถบเครื่องมือต่างๆ จะยกตัวอย่างแถบเครื่องมือ ดังนี้

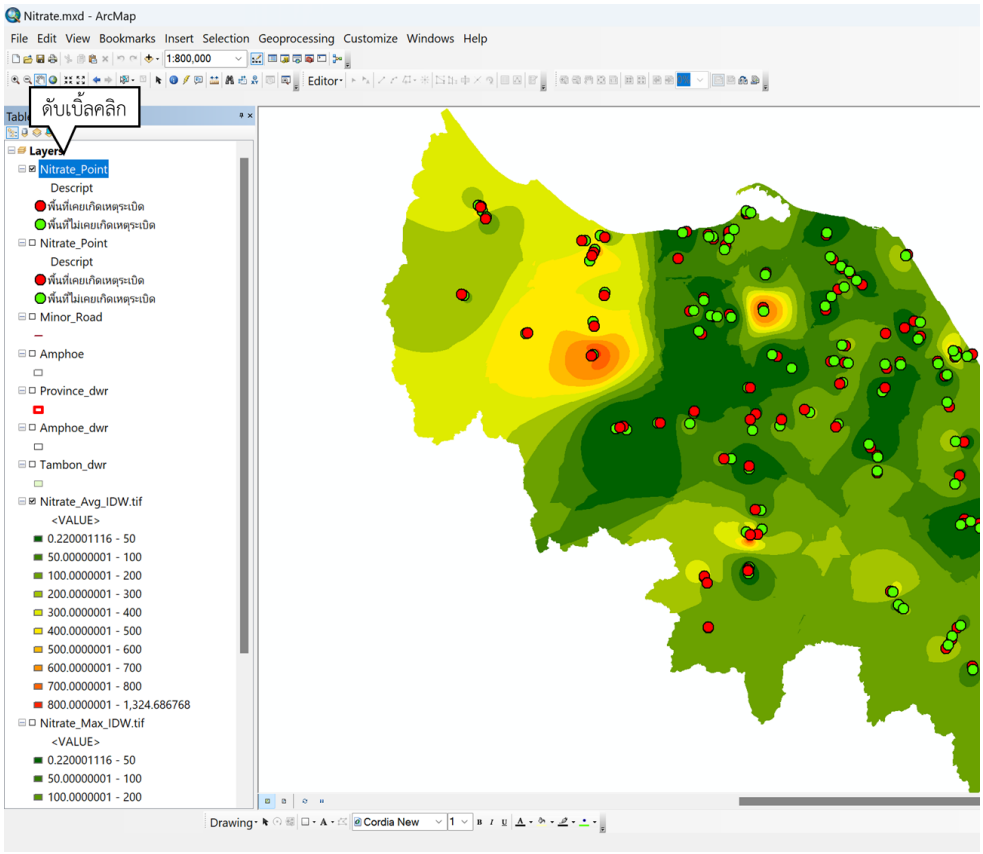






5. การแสดงชื่อหรือข้อความ (Label) ให้ Feature ต่างๆ

1) ดับเบิ้ลคลิกที่ชั้นข้อมูลที่ต้องการ (ชั้นข้อมูล Nitrate_Point)



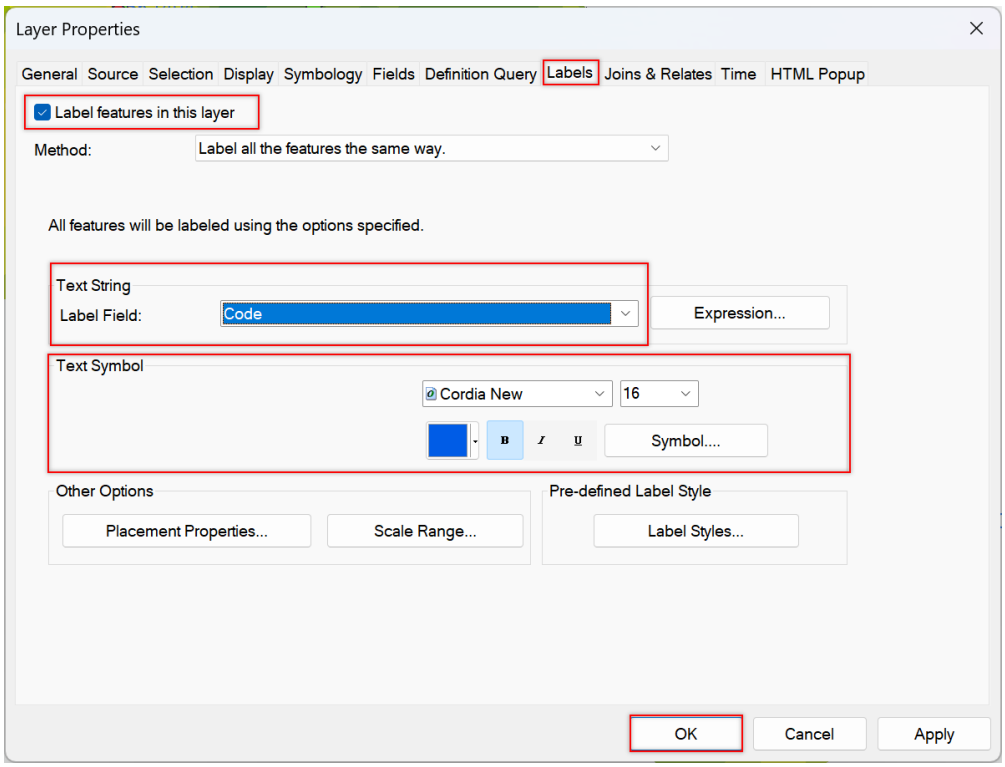
2) เลือกแท็บเมนู Labels

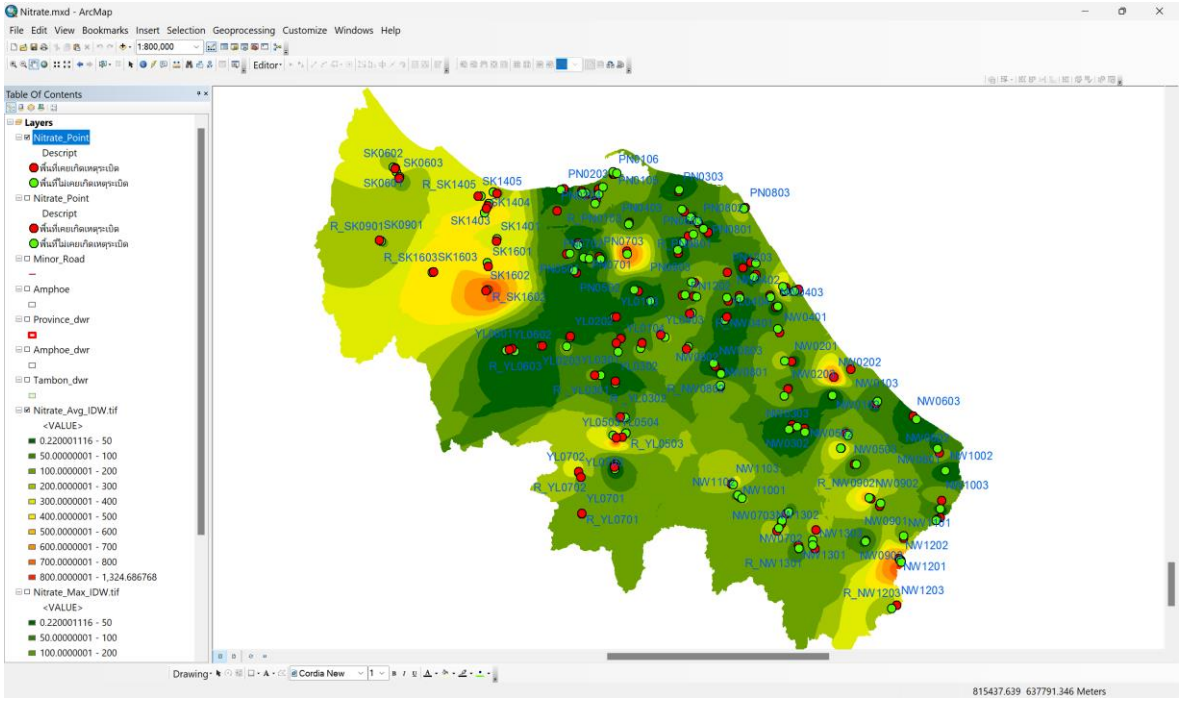
3) คลิกเครื่องหมาย ✓ ที่ Label Features in this Layer

4) Label Field: เลือก Code

5) Text Symbol: เปลี่ยนตัวหนังสือ ขนาด สี ตามความต้องการ

6) กด OK



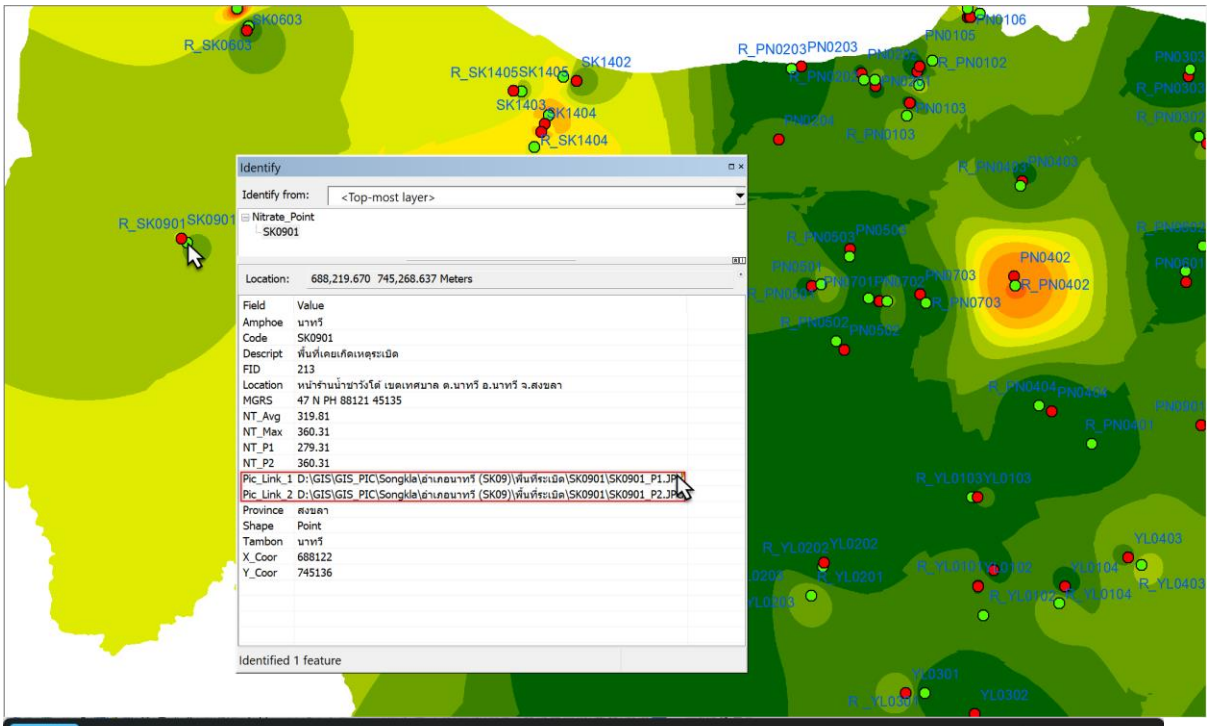


ถ้าต้องการลบชื่อหรือข้อความในแผนที่ให้คลิกเครื่องหมาย ✓ ที่ Label Features in this Layer ออก

6. การเรียกใชงานข่อมูลภาพถาย

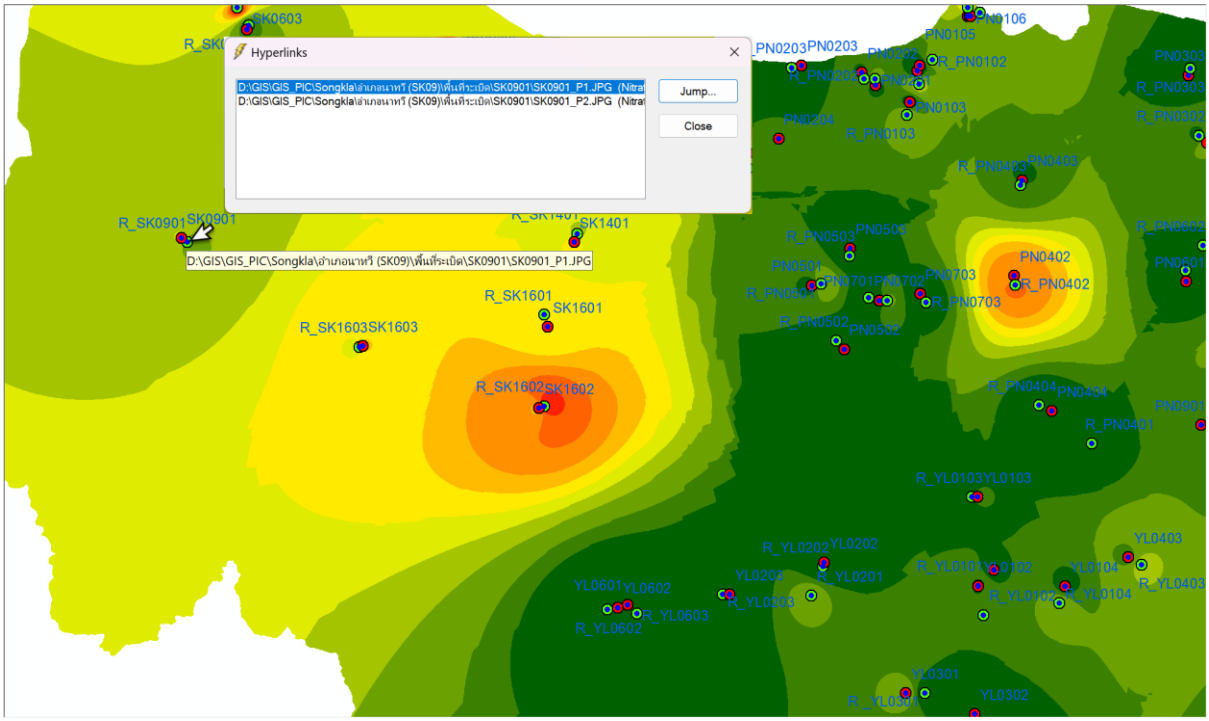
6.1 การใช้เครื่องมือ Identify tool

คลิกที่เครื่องมือ Identify คลิกที่จุดตัวอย่างที่ต้องการดูข้อมูล ก็จะปรากฏตาราง Identify ขึ้นมา คลิกที่ข้อมูลภาพที่ต้องการเปิด จะปรากฏภาพถ่ายขึ้นมา



6.2 การใช้เครื่องมือ Hyperlink Tool

คลิกเครื่องเครื่องมือ Hyperlink จะปรากฏสัญลักษณ์ จากนั้นคลิกจุดตัวอย่างที่ต้องการดูภาพ จะปรากฏหน้าต่าง Hyperlink เลือกภาพที่ต้องการเปิดแล้วคลิก Jump



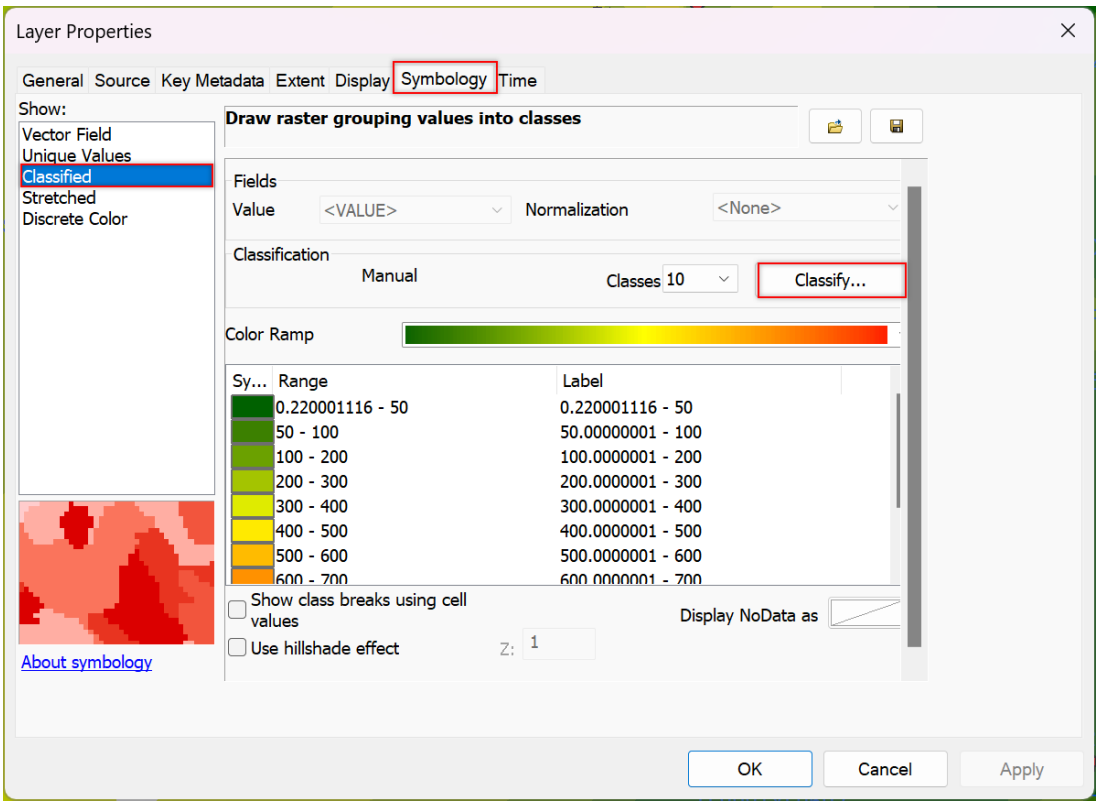
หากต้องการดูภาพจุดตัวอย่างอื่นให้ปิดหน้าต่าง Hyperlink ก่อน แล้วค่อยทำการเลือกจุดที่ต้องการดูภาพจุดต่อไป

7. การกำหนดค่าช่วงของข้อมูลและการปรับสี

1) ดับเบิ้ลคลิกที่ชั้นข้อมูล Nitrate_Avg_IDW.tif

2) Show: เลือก Classified

3) เลือก Classify



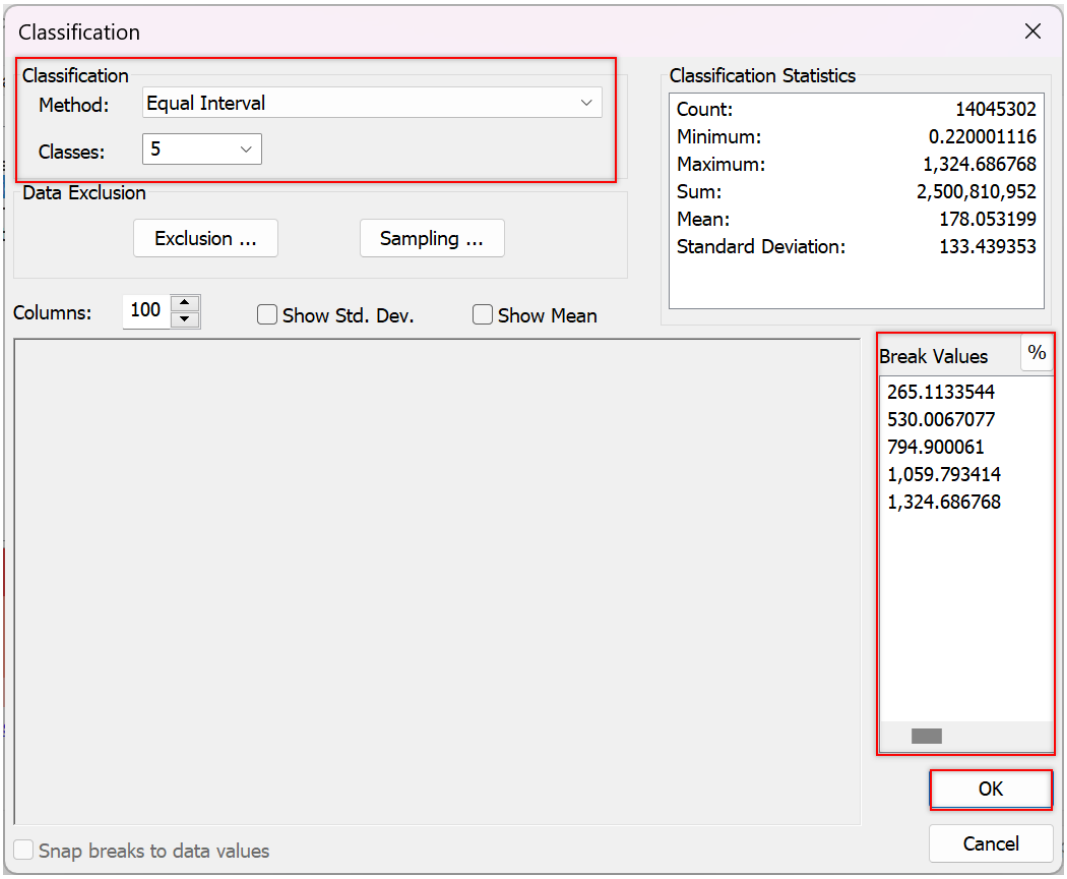
4) ในหน้าต่าง Classification

4.1) Method: เลือกวิธีการแบ่งชั้นข้อมูล

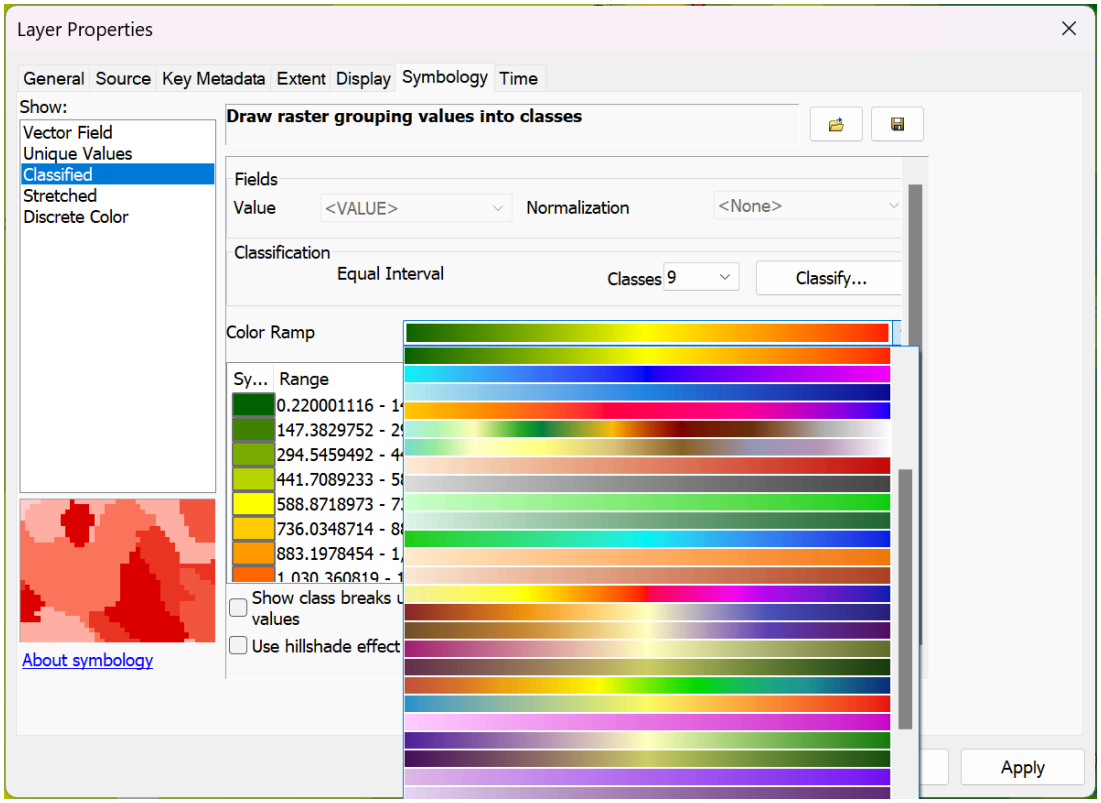
4.2) Classes: กำหนดจำนวนคลาส

4.3) Break Values: กำหนดค่าในแต่ละช่วง

4.4) คลิก OK



5) เลือกสีที่ต้องการ



เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.(2541). ไนเตรท ไนไตรท์ และสารประกอบเอ็น – ไนโตรโซ

อุเทน ทองแตง. (2554). การตรวจพิสูจน์สารระเบิด RDX ในปริมาณน้อยบนมือและวัตถุของผู้ต้องสงสัยโดยเทคนิค GC-MS : มหาวิทยาลัยศิลปากร.

Cooper, Paul W. (1996). Explosives Engineering.

Dorozhkin, L.M. et al. (2004). Detection of Trace Amounts of Explosives and/or Explosive Related Compounds on Various Surfaces by a New Sensing Technique/Material.

Lynch, Jason C., James M. Brannon, and Joseph J. Delfino.(2002). Dissolution Rates of Three High Explosive Compounds: TNT, RDX and HMX.

Hallowell, Susan. (2008) Explosives Trace Detection. USA: Homeland Security

Popov, Igor A., et al. (2005) Detection of Explosives on Solid Surface by Thermal Desorption and Ambient Ion/Molecule Reactions.

ศอ.บต./ม.ป.ป./ข้อมูลเชิงสถิติการให้บริการ/www.sbpac.go.th

สำนักข่าวอิศรา/(2568, 4 มกราคม)./ระเบิด 5 พันลูก ตาย 6 พันศพ งบ 5.1 แสนล้าน... ไฟใต้เนิ่นนานไร้จุดจบ!. https://www.isranews.org/article/south-news/south-slide/134678-southviolencestatistics.html