การประเมินความเสี่ยงจากการปนเปื้อนสารเคมีทางการเกษตรในดินและข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

RISK ASSESSMENT OF AGRICULTURAL CHEMICALS IN PADDY FIELDS AND RICE GRAINS IN THAWIWATTHANA SUBDISTRICT, SAI NOI DISTRICT, NONTHABURI PROVINCE

ณัฐฐินันท์ คล้ายชุ่ม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2565

การประเมินความเสี่ยงจากการปนเปื้อนสารเคมีทางการเกษตรในดินและข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

ณัฐฐินันท์ คล้ายชุ่ม

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมและการจัดการทรัพยากร
คณะวัฒนธรรมสิ่งแวดล้อมและการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

RISK ASSESSMENT OF AGRICULTURAL CHEMICALS IN PADDY FIELDS AND RICE GRAINS IN THAWIWATTHANA SUBDISTRICT, SAI NOI DISTRICT, NONTHABURI PROVINCE

NATTINAN KHLAICHUM

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of MASTER OF SCIENCE

(Environmental Technology & Resources Management)

Faculty of Environmental Culture and Ecotourism, Srinakharinwirot University

2022

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การประเมินความเสี่ยงจากการปนเปื้อนสารเคมีทางการเกษตรในดินและข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

ของ

ณัฐฐินันท์ คล้ายชุ่ม

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมและการจัดการทรัพยากร ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก
(อาจารย์ ดร.ณภัทร โพธิ์วัน)

..... ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรอนงค์ ผิวนิล)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.อรินทม์ งามนิยม)

ชื่อเรื่อง	การประเมินความเสี่ยงจากการปนเปื้อนสารเคมีทางการเกษตรในดินและข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี
ผู้วิจัย	ณัฐฐินันท์ คล้ายชุ่ม
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2565
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. ณภัทร โพธิ์วัน

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและประเมินความเสี่ยงจากการปนเปื้อนสารเคมีทางการเกษตรในดินและข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนัก ได้แก่ แคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี จากการใช้สารเคมีทางการเกษตรในดินและข้าว การวินิจฉัยความเสี่ยงอันตรายจากการปนเปื้อนโลหะหนัก และการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์จากโลหะหนักในดินและข้าว โดยสุ่มเก็บตัวอย่างแบบบังเอิญ (Accident Sampling) จำนวน 10 จุดเก็บตัวอย่าง ใช้เทคนิค Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) วิเคราะห์หาการปนเปื้อนโลหะหนักในดินและข้าว จากนั้นวินิจฉัยความเสี่ยงอันตรายในรูปแบบค่าความเข้มข้นทางเคมี (Chemical Score) และประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสดินในรูปแบบค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Hazard Quotient: HQ) และ ประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการรับประทานข้าวของเพศชายและเพศหญิงในรูปแบบค่า (Target Hazard Quotient: THQ) ผลการศึกษาพบว่า การปนเปื้อนโลหะหนักในดิน พบตะกั่ว มากที่สุด รองลงมา คือ สังกะสี ทองแดง และแคดเมียม ตามลำดับ ซึ่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเทียบเคียง ส่วนการปนเปื้อนโลหะหนักในข้าว พบทองแดง มากที่สุด รองลงมา คือ สังกะสี แคดเมียม และตะกั่ว ตามลำดับ พบแคดเมียม ทองแดง และตะกั่ว มีค่าสูงกว่ามาตรฐานเทียบเคียง ส่วนสังกะสีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ผลการวินิจฉัยความเสี่ยงอันตรายจากการปนเปื้อนโลหะหนัก พบว่า Chemical Score ของโลหะหนักในดินและข้าวเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยเรียงลำดับมากไปน้อย ได้ดังนี้ 1) ทองแดง 2) สังกะสี 3) ตะกั่ว และ 4) แคดเมียม และผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากโลหะหนักทั้ง 4 ชนิดในดินและข้าว พบว่ามีค่า HQ และ THQ น้อยกว่า 0.1 แสดงถึง ความไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพหากได้รับการสัมผัสดินและข้าวบริเวณพื้นที่ศึกษา อย่างไรก็ตามการตกค้างสะสมของโลหะหนักในดินอาจเกิดจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ควรมีการลดการใช้หรือปรับเปลี่ยนวิธีการใช้ที่ถูกต้อง เพื่อให้เกิดความปลอดภัยอย่างยั่งยืนของมนุษย์ สิ่งแวดล้อม และระบบนิเวศ

คำสำคัญ : โลหะหนัก, สารเคมีทางการเกษตร, การปนเปื้อน, นาข้าว, การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ

Title	RISK ASSESSMENT OF AGRICULTURAL CHEMICALS IN PADDY FIELDS AND RICE GRAINS IN THAWIWATTHANA SUBDISTRICT, SAI NOI DISTRICT, NONTHABURI PROVINCE
Author	NATTINAN KHLAICHUM
Degree	MASTER OF SCIENCE
Academic Year	2022
Thesis Advisor	Dr. Naphat Phowan

This aim of this research is to study and assess the risk of agricultural chemical contaminations in paddy fields and rice grains in Thawiwatthana sub-district in Sai Noi District in the Nonthaburi province. The objectives of this study are to study the contamination of heavy metals, such as cadmium, copper, lead, and zinc from the use of agricultural chemicals in soil and rice grains. The Heavy Metal Contamination Hazard Risk Diagnosis was used for the assessment of human health risks from heavy metals. The method used was accident sampling at 10 sampling points, using the Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) technique to determine the amount of heavy metal contamination in soil and rice grains. Then, the hazard was diagnosed in the form of a chemical score and assessed the health risks from soil dermal exposure in the form of a Hazard Quotient (HQ) to assess the health risks from rice ingestion exposure for males and females in the form of a Target Hazard Quotient (THQ). The results showed that heavy metal contamination in soil was lead, followed by zinc, copper, and cadmium, respectively, which were within the comparable standard. For heavy metal contamination in rice grains, copper was found the most, followed by zinc, cadmium, and lead, respectively. Cadmium, copper, and lead were found to be higher than the comparable standards. As for zinc, the value was within the standard. The results of the diagnosis of hazardous risks from heavy metal contamination revealed that the chemical score of heavy metals in soil and rice grains were in the same direction. In descending order, they were as follows: (1) Copper; (2) Zinc; (3) Lead; and (4) Cadmium. The health risk assessment results from the four heavy metals in soil and rice showed that the HQ and THQ values were less than 0.1, indicating that it was not harmful for health if exposed to soil and rice in the study area. However, the accumulation of heavy metals in the soil can be caused by the use of chemical fertilizers and pesticides. The correct use should be reduced or modified in order to ensure the sustainable safety of humans, the environment and ecosystem.

Keyword : Heavy metals, Agricultural chemicals, Contamination, Paddy field, Health risk assessment

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์ช่วยเหลือ การให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์สำหรับการจัดทำปริญญานิพนธ์เพื่อแก้ไขข้อบกพร่อง และความเอาใจใส่อย่างดียิ่งจาก คณะกรรมการผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์ และผู้ที่เกี่ยวข้องในการดำเนินงาน ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ

อาจารย์ ดร.ณภัทร โพธิ์วัน อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่เมตตากรุณาเป็นที่ปรึกษา ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์เครื่องมือวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ ให้ข้อสังเกต ตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่อง ชี้แนะแนวทางที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดทำปริญญา นิพนธ์ด้วยความละเอียดและเอาใจใส่ตลอดมา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรอนงค์ ผิวนิล ประธานกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์ และ รองศาสตราจารย์ ดร.อรินทม์ งามนิยม กรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์ ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่าแก่ ผู้วิจัย เพื่อให้แนวคิด คำแนะนำ ทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณทุนอุดหนุนการศึกษาโครงการ “70 ปี 70 ทุน มศว คืนสู่สังคม” จากบัณฑิต วิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่สนับสนุนทุนการศึกษาจนสำเร็จการศึกษา

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมและการจัดการทรัพยากร คณะวัฒนธรรมสิ่งแวดล้อมและการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ได้กรุณาให้ความรู้ เพิ่มพูนประสบการณ์ และข้อแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อปริญญานิพนธ์ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ประจำสาขาที่ได้ ช่วยประสานงาน ให้ความช่วยเหลือตลอดการศึกษาและการทำปริญญานิพนธ์ที่ผ่านมา

ขอขอบคุณเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี และผู้ที่ เกี่ยวข้อง ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการเข้าพื้นที่ เก็บตัวอย่าง และให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการ จัดทำปริญญานิพนธ์

การศึกษาครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลที่ไม่ได้กล่าวนามอีกหลายท่าน ผู้วิจัยขอ กราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอน้อมรำลึกถึงคุณของบิดา มารดา และบุคคลในครอบครัว ที่เป็นกำลังใจ สำคัญ ให้มุ่งมั่นฝ่าฟันอุปสรรค และให้การสนับสนุนผู้วิจัยด้วยดีตลอดมา

ณัฐฐินันท์ คล้ายชุ่ม

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูปภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

ภูมิหลัง 1

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 4

ขอบเขตของการวิจัย 4

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

นิยามศัพท์เฉพาะ 5

กรอบแนวคิดในการวิจัย 6

บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม 7

การปนเปื้อนสารมลพิษในดิน 7

สารเคมีทางการเกษตร 9

โลหะหนัก 10

มลพิษจากการเพาะปลูกข้าว 17

การวินิจฉัยความเสี่ยงอันตราย 19

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ 20

ข้อมูลพื้นที่ศึกษา 22

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 23
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 29
การศึกษาการปนเปื้อนโลหะหนักในดินและข้าว 30
การวินิจฉัยความเสี่ยงอันตรายจากการปนเปื้อนโลหะหนัก 31
การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์จากโลหะหนักในดินและข้าว 33
บทที่ 4 ผลการศึกษา 37
1. ผลการศึกษาการปนเปื้อนโลหะหนักในดินและข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี 38
2. ผลการวินิจฉัยความเสี่ยงอันตรายจากการปนเปื้อนโลหะหนัก บริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี 57
3. ผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์จากโลหะหนักในดินและข้าว บริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี 59
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 65
สรุปผลการวิจัย 65
อภิปรายผลการวิจัย 69
ข้อเสนอแนะ 73
บรรณานุกรม 75
ภาคผนวก 80
ภาคผนวก ก เครื่องมือวิจัย 81
ภาคผนวก ข ผลการทดสอบตัวอย่างดินในเบื้องต้น 90
ภาคผนวก ค ภาพการดำเนินการวิจัย 103
ประวัติผู้เขียน 106

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 ผลการตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนของโลหะหนักและสารกำจัดศัตรูพืชจากตัวอย่างดิน บริเวณนาข้าวตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี ในเบื้องต้น 2

ตาราง 2 มาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการค้าขาย เกษตรกรรม และกิจการอื่น ๆ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปกป้องประชาชนกลุ่มวัยทำงาน รวมถึงเกษตรกรที่เพาะปลูกพืชสวนและพืชไร่ ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพดิน..... 14

ตาราง 3 มาตรฐานโลหะหนักในดินสำหรับการใช้ประโยชน์ทางการเกษตรของสำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมสหรัฐอเมริกา 15

ตาราง 4 มาตรฐานการปนเปื้อนโลหะหนักปริมาณสูงสุดที่ยอมรับได้ในเมล็ดข้าว 15

ตาราง 5 มาตรฐานการปนเปื้อนโลหะหนักปริมาณสูงสุดที่ยอมรับได้ในอาหารของสาธารณรัฐประชาชนจีน 16

ตาราง 6 พื้นที่การใช้ประโยชน์ทางการเกษตรของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2562 (ไร่)..... 17

ตาราง 7 จุดเก็บตัวอย่างแปลงเพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี ... 29

ตาราง 8 บัญชีรายชื่อค่า Reference Dose (RfD) และค่า Slope Factor..... 32

ตาราง 9 ข้อมูลประกอบการประเมินความเสี่ยง..... 36

ตาราง 10 แคดเมียมที่ปนเปื้อนในดิน ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) 38

ตาราง 11 ทองแดงที่ปนเปื้อนในดิน ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)..... 41

ตาราง 12 ตะกั่วที่ปนเปื้อนในดิน ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)..... 43

ตาราง 13 สังกะสีที่ปนเปื้อนในดิน ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)..... 45

ตาราง 14 แคดเมียมที่ปนเปื้อนในข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) 47

ตาราง 15 ทองแดงที่ปนเปื้อนในข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)..... 49

ตาราง 16 ตะกั่วที่ปนเปื้อนในข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)..... 51

ตาราง 17 สังกะสีที่ปนเปื้อนในข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)..... 53

ตาราง 18 ความแตกต่างของการปนเปื้อนโลหะหนักในดินและข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี 55

ตาราง 19 การวินิจฉัยความเสี่ยงอันตรายจากการปนเปื้อนโลหะหนัก บริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี 57

ตาราง 20 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์จากโลหะหนักในดิน บริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี 59

ตาราง 21 ผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์จากโลหะหนักในข้าว บริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี 61

ตาราง 22 ผลการเปรียบเทียบความเสี่ยงต่อสุขภาพในเพศชายและเพศหญิงจากการสัมผัสโลหะหนักในข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี..... 62

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพประกอบ 1 ขอบเขตที่ตั้งของพื้นที่ศึกษา ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี ... 22

ภาพประกอบ 2 ปริมาณแคดเมียมในดินทั้ง 10 จุดเก็บตัวอย่าง 40

ภาพประกอบ 3 ปริมาณทองแดงในดินทั้ง 10 จุดเก็บตัวอย่าง..... 42

ภาพประกอบ 4 ปริมาณตะกั่วในดินทั้ง 10 จุดเก็บตัวอย่าง..... 44

ภาพประกอบ 5 ปริมาณสังกะสีในดินทั้ง 10 จุดเก็บตัวอย่าง..... 46

ภาพประกอบ 6 ปริมาณแคดเมียมในข้าวทั้ง 10 จุดเก็บตัวอย่าง 48

ภาพประกอบ 7 ปริมาณทองแดงในข้าวทั้ง 10 จุดเก็บตัวอย่าง..... 50

ภาพประกอบ 8 ปริมาณตะกั่วในข้าวทั้ง 10 จุดเก็บตัวอย่าง..... 52

ภาพประกอบ 9 ปริมาณสังกะสีในข้าวทั้ง 10 จุดเก็บตัวอย่าง..... 54

ภาพประกอบ 10 ความแตกต่างของปริมาณการปนเปื้อนโลหะหนักในดินและข้าว 56

ภาพประกอบ 11 ค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Target Hazard Quotient: THQ) จากการสัมผัส โลหะหนักจากการบริโภคข้าวในเพศชายและเพศหญิง..... 62

ภาพประกอบ 12 ตัวอย่างสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ใช้ในพื้นที่ศึกษา..... 104

ภาพประกอบ 13 การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่าง 105

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

ปัจจุบันประเทศไทยยังคงประสบปัญหามลพิษทางดินอย่างต่อเนื่อง ทั้งจากการเปลี่ยนแปลงทางธรรมชาติ และเกิดจากกิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดินของมนุษย์ ทั้งจากบ้านเรือนและชุมชน การทำเกษตรกรรม และกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม ที่อาจมีการทิ้งของเสีย วัตถุมีพิษ สารเคมี หรือน้ำเสียที่ไม่ได้รับการบำบัดออกสู่พื้นที่สาธารณะ จนทำให้ดินบริเวณนั้นเสื่อมโทรมลง ไม่เหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์ ซึ่งปัญหามลพิษทางดินจะทวีความรุนแรงมากขึ้นเมื่อเกิดการพัดพาดินที่ปนเปื้อนไปสู่แหล่งน้ำจนเกิดเป็นมลพิษทางน้ำ ทำให้คุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงไป หรือดินบริเวณที่ปนเปื้อนฟุ้งกระจายในรูปของฝุ่นก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ และส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์และสัตว์ รวมถึงส่งผลกระทบต่อคุณภาพของทรัพยากรธรรมชาติ สิ่งแวดล้อม และระบบนิเวศ

ประเทศไทยมีลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่เหมาะสมในการทำเกษตรกรรม ประชากรในประเทศส่วนใหญ่จึงประกอบอาชีพทางการเกษตร เป็นระบบเกษตรที่มีการผลิตเพื่อบริโภคเองภายในประเทศและการผลิตเพื่อการส่งออกต่างประเทศ ข้อมูลสำรวจภาวะการทำงานของประชากรไทยในปี พ.ศ. 2563 จากสำนักงานสถิติแห่งชาติ เปิดเผยว่ามีผู้ที่ทำงานภาคเกษตรกรรมจำนวน 10.52 ล้านคน เป็นสัดส่วนที่มีจำนวนมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 28 ของผู้ที่ประกอบอาชีพทั้งหมดภายในประเทศ (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2563) และข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่นิยมปลูกสูงถึง ร้อยละ 46 ของพืชที่ปลูกในประเทศทุกชนิด (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) อีกทั้งยังพบว่า ประเทศไทยมีการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตรในปี พ.ศ. 2563 สูงถึง 98,449,035.43 กิโลกรัม (กรมวิชาการเกษตร, 2563) เพื่อนำมาใช้ในการเพาะปลูก เช่น สารกำจัดแมลง สารกำจัดวัชพืช สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เป็นต้น อีกทั้งในกระบวนการเพาะปลูกเกษตรกรอาจมีการใช้ปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตของพืชร่วมด้วย ซึ่งสารเหล่านี้มีส่วนประกอบของโลหะหนักที่มีความเป็นอันตรายต่อเกษตรกรเองรวมถึงอาจเป็นสารตกค้างในผลผลิตทางการเกษตร พื้นที่เพาะปลูกหรือแพร่กระจายออกสู่สิ่งแวดล้อมได้ มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับโลหะหนักในสารกำจัดศัตรูพืช พบว่า มีโลหะหนักจำพวก แคดเมียม (Cd) ทองแดง (Cu) ตะกั่ว (Pb) และสังกะสี (Zn) เป็นส่วนประกอบที่พบในสารกำจัดศัตรูพืช และพบการสะสมของโลหะหนักใน ราก ลำต้น และใบ ของข้าวในดินที่ปนเปื้อนโลหะหนัก (ฉัตรพงษ์ คำเลิศ, ลำใย ณีรัตนพันธุ์, และ อุไรวรรณ ภูนาพลอย, 2562; วรรธนศักดิ์ สุขสง, รวี จันทรัตน์, สรพงค์ เบญจศรี,

และ วิชุดา กล้าเวช, 2556) จากการศึกษาข้อมูลเชิงพื้นที่พบว่า จังหวัดนนทบุรีเป็นพื้นที่รองรับการขยายตัวของเมืองหลวง มีแนวโน้มที่จะขยายการเติบโตด้านที่อยู่อาศัยเพิ่มมากขึ้น (องค์การบริหารส่วนจังหวัดนนทบุรี, 2556) ประกอบกับพื้นที่ดั้งเดิมของจังหวัดนนทบุรีเป็นพื้นที่เกษตรกรรม และในปัจจุบันยังมีการทำเกษตรกรรมอยู่ในบางพื้นที่ การขยายตัวของพื้นที่เมืองอาจทำให้พื้นที่เกษตรลดลง มีการทำเกษตรแบบเข้มข้น ไปจนถึงการเร่งการเจริญเติบโตของพืช โดยเฉพาะการใช้ปุ๋ยเคมีหรือสารกำจัดศัตรูพืชได้ จากประเด็นข้างต้นผู้วิจัยจึงได้คัดเลือกตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี เป็นพื้นที่ศึกษา เนื่องจากประชาชนในพื้นที่ประกอบอาชีพเกษตรกรรมโดยเฉพาะการเพาะปลูกข้าวสูงถึง 7,668 ไร่ จากพื้นที่เกษตรกรรมทั้งหมดจำนวน 9,459 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 81 ของพื้นที่เกษตรกรรมในตำบลทวีวัฒนา (สำนักงานเกษตรอำเภอไทรน้อย, 2563) และในพื้นที่ดังกล่าวมีการเพาะปลูกข้าวแบบนาปรัง โดยมีการใช้สารเคมีอย่างต่อเนื่องในการเพาะปลูก ซึ่งเป็นข้อกังวลในการปนเปื้อนสารเคมีสู่สิ่งแวดล้อมและยังเป็นช่องทางในการปนเปื้อนสู่ห่วงโซ่อาหารของมนุษย์อีกช่องทางหนึ่ง อีกทั้งยังไม่พบข้อมูลการศึกษาวิจัยถึงความเสี่ยงจากการปนเปื้อนสารเคมีทางการเกษตรในพื้นที่และไม่พบข้อมูลการศึกษาปริมาณการสะสมของสารเคมีทางการเกษตรในพื้นที่ดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้เก็บตัวอย่างดินบริเวณนาข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี เพื่อตรวจสอบการปนเปื้อนของโลหะหนัก (แคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี) และสารกำจัดศัตรูพืชในเบื้องต้น โดยเก็บตัวอย่างดินในระยะก่อนการเพาะปลูกข้าว พบการปนเปื้อนของโลหะหนัก ได้แก่ ทองแดงและสังกะสี และตรวจไม่พบการปนเปื้อนของสารกำจัดศัตรูพืช ดังแสดงในตาราง 1 ซึ่งการตรวจไม่พบสารกำจัดศัตรูพืชนั้น อาจเกิดจากการสลายตัวในธรรมชาติ จึงไม่มีการตกค้างสะสมในดิน (กรมควบคุมโรค, ม.ป.ป.)

ตาราง 1 ผลการตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนของโลหะหนักและสารกำจัดศัตรูพืชจากตัวอย่างดินบริเวณนาข้าวตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี ในเบื้องต้น

พารามิเตอร์		ผลการวิเคราะห์ (mean ± S.D.)	ค่ามาตรฐาน	หน่วย	วิธีวิเคราะห์
โลหะหนัก	Cd	ND	762[a]	mg/kg	X-ray Fluorescence Spectrophotometry (XRF)
	Cu	39.56 ± 12.50	35,040[a]	mg/kg	
	Pb	ND	800[a]	mg/kg	
	Zn	33.854 ± 9.00	23,600[b]	mg/kg	

ตาราง 1 (ต่อ)

	พารามิเตอร์	ผลการวิเคราะห์ (mean ± S.D.)	ค่ามาตรฐาน	หน่วย	วิธีวิเคราะห์
สารเคมีกำจัดแมลง (Insecticide)	กลุ่มออร์กาโนคลอรีน	ND	-	-	GC-MS
	กลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส	ND	-	-	
	กลุ่มคาร์บาเมต	ND	-	-	
สารเคมีป้องกันกำจัดวัชพืช (Herbicide)	กลุ่มไทรอาซีน	ND	-	-	
	กลุ่มไบไพริดิเลียม	ND	-	-	
	กลุ่มคลอโรฟีนอกซี่คอมพาวด์	ND	-	-	

หมายเหตุ ND = Not Detected หมายถึง ตรวจไม่พบ

a หมายถึง ค่ามาตรฐานเทียบเคียง ได้แก่ ค่ามาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการค้าขาย เกษตรกรรม และกิจการอื่น ๆ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปกป้องประชาชนกลุ่มวัยทำงาน รวมถึงเกษตรกรที่เพาะปลูกพืชสวนและพืชไร่ ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพดิน ประกาศ ณ วันที่ 6 มกราคม พ.ศ. 2564 (กรมควบคุมมลพิษ, 2564)

b หมายถึง ค่ามาตรฐานเทียบเคียง ได้แก่ ค่ามาตรฐานโลหะหนักในดินสำหรับการใช้ประโยชน์ทางการเกษตรของสำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมสหรัฐอเมริกา (US EPA, 2002)

ทั้งนี้จากผลการตรวจสอบที่พบการปนเปื้อนของโลหะหนัก ผู้วิจัยได้เล็งเห็นความสำคัญของความเสื่อมโทรมของคุณภาพสิ่งแวดล้อมและความเป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์หากได้รับการปนเปื้อนโลหะหนักเข้าสู่ร่างกาย จึงมุ่งเน้นการประเมินความเสี่ยงจากการปนเปื้อนโลหะหนักที่อาจตกค้างมาจากการใช้ปุ๋ยหรือสารเคมีกำจัดศัตรูพืช และสามารถดูดซึมไปยังเมล็ดข้าวได้ ซึ่งการวิจัยในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานด้านการปนเปื้อนของดินในพื้นที่ศึกษา เพื่อให้เกษตรกรหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้นำข้อมูลไปใช้ประกอบในการจัดทำแนวทางเพื่อลดการใช้สารเคมีทางการเกษตร หรือปรับเปลี่ยนรูปแบบการเพาะปลูกเป็นการทำเกษตรอินทรีย์ อีกทั้งประชาชนในพื้นที่จะทราบความเสี่ยงหากสัมผัสโลหะหนักจากดินบริเวณนาข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งวัตถุประสงค์ไว้ดังนี้

1. เพื่อศึกษาปริมาณการปนเปื้อนของโลหะหนัก (แคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี) จากการใช้สารเคมีทางการเกษตรในดินและข้าว บริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

2. เพื่อวินิจฉัยความเสี่ยงอันตรายจากการปนเปื้อนโลหะหนัก บริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

3. เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์จากโลหะหนักในดินและข้าว บริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

ขอบเขตของการวิจัย

การประเมินความเสี่ยงจากการปนเปื้อนสารเคมีทางการเกษตรในดินและข้าว ศึกษาบริเวณพื้นที่ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี มีขอบเขตการวิจัยดังนี้

1. วิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนของโลหะหนักในดินและข้าว บริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

2. วินิจฉัยความเสี่ยงอันตรายจากการปนเปื้อนโลหะหนัก บริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

3. ประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์จากการสัมผัสโลหะหนักในดินและข้าว บริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงปริมาณโลหะหนักที่มีการปนเปื้อนในดินและข้าว บริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

2. ทราบถึงความเสี่ยงอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการปนเปื้อนโลหะหนัก บริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

3. ทราบถึงความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสโลหะหนักในดินและข้าว บริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

4. สามารถนำข้อมูลที่วิเคราะห์ได้จากการศึกษา มาใช้เป็นข้อมูลประกอบการจัดทำแนวทางการบริหารจัดการการใช้สารเคมีทางการเกษตร การกำหนดมาตรการป้องกันและลด

การใช้สารเคมีทางการเกษตร หรือ แนวทางการลดการปนเปื้อนของสารเคมีสู่สิ่งแวดล้อมให้กับเกษตรกรและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่อไป

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. โลหะหนัก (Heavy Metals) หมายถึง โลหะที่มีความถ่วงจำเพาะมากกว่าน้ำ 5 เท่าขึ้นไป มีอัตราการสลายตัวช้า ทำให้สะสมอยู่ในสิ่งแวดล้อมได้นาน พบได้ทั่วไปตามธรรมชาติ โดยอาจมาจากโรงงานอุตสาหกรรม การใช้ปุ๋ยและสารกำจัดศัตรูพืชในการเกษตรกรรม กิจกรรมจากครัวเรือนหรือชุมชน แล้วถูกปลดปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมและบรรยากาศ ซึ่งโลหะหนักที่กล่าวถึงในปริญญานิพนธ์นี้ ได้แก่ ทองแดง แคดเมียม ตะกั่ว และสังกะสี

2. สารเคมีทางการเกษตร หมายถึง สารเคมีที่นำมาใช้ในกระบวนการเพาะปลูกพืช โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อเพิ่มผลผลิต หรือ ควบคุม ป้องกัน กำจัด ทำลาย สิ่งที่เป็นศัตรูของพืชและอาจขัดขวางการเจิญเติบโตของพืชและผลผลิตได้

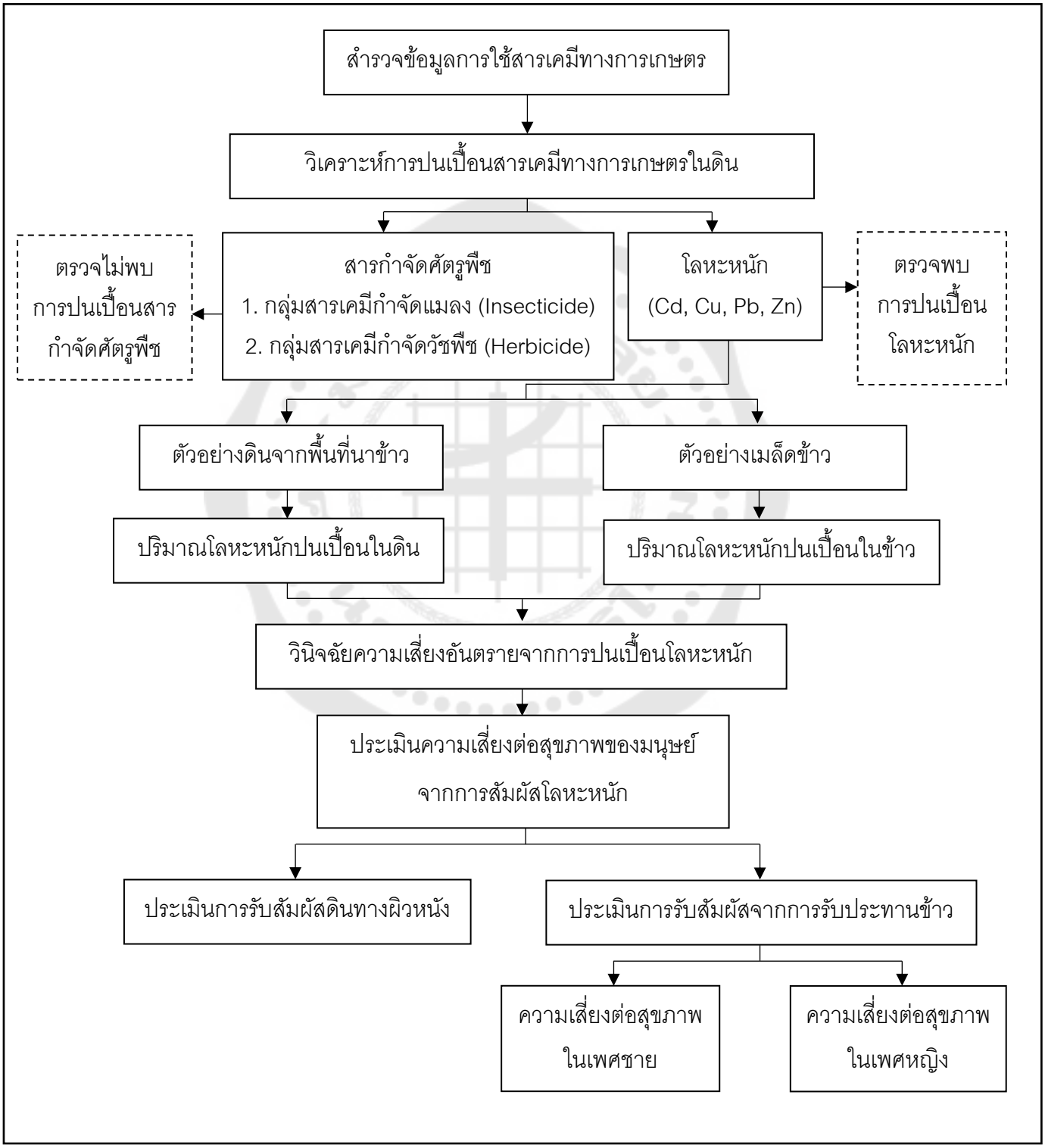
3. การปนเปื้อน (Contamination) หมายถึง กระบวนการที่สารใด ๆ ทั้งที่เป็นอันตรายและไม่เป็นอันตรายปนเปื้อนจากสิ่งหนึ่งสู่อีกสิ่งหนึ่ง ซึ่งอาจเกิดจากกระบวนการผลิต กระบวนการเคลื่อนย้ายทางสิ่งแวดล้อม หรือการพลั้งเผลอก็ตาม และมีผลกระทบกับสิ่งที่ถูกปนเปื้อนได้

4. การวินิจฉัยความเสี่ยง หมายถึง กระบวนการศึกษาปัจจัยเสี่ยงของสารเคมีแต่ละชนิดเพื่อระบุถึงความเป็นอันตรายที่อาจเกิดขึ้นในพื้นที่ปนเปื้อน

5. การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ (Health Risk Assessment) หมายถึง กระบวนการประเมินโอกาสและความรุนแรงที่จะเกิดขึ้นกับสุขภาพของมนุษย์จากการได้รับหรือสัมผัสดินและข้าวที่มีการปนเปื้อนของสารเคมีทางการเกษตร

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การประเมินความเสี่ยงจากการปนเปื้อนสารเคมีทางการเกษตรในดินและข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี มีแนวคิดในการศึกษา ดังนี้



บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรม

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. การปนเปื้อนสารมลพิษในดิน
2. สารเคมีทางการเกษตร
3. โลหะหนัก
4. มลพิษจากการเพาะปลูกข้าว
5. การวินิจฉัยความเสี่ยงอันตราย
6. การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ
7. ข้อมูลพื้นที่ศึกษา
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การปนเปื้อนสารมลพิษในดิน

กรมพัฒนาที่ดิน ได้ให้นิยามดินปนเปื้อน ไว้ว่า “การที่สารเป็นพิษในรูปต่าง ๆ ถูกผสมลงในดินธรรมชาติ การปนเปื้อนนี้อาจเกิดจากความตั้งใจหรือไม่ตั้งใจ หรือเกิดจากธรรมชาติก็ได้ แต่ทำให้ที่ดินนั้นเกิดความเสื่อมโทรม มีปัญหาต่อการใช้ประโยชน์ทางการเกษตร หรือมีผลกระทบต่อความปลอดภัยของมนุษย์และสัตว์ หรือต้องการปรับปรุงที่ดินนั้นให้คืนสู่สภาพเดิม” (กรมพัฒนาที่ดิน, 2563)

1. แหล่งกำเนิดและสารมลพิษในดิน

การเกิดสารมลพิษในดินมักจะมาจากการประกอบกิจกรรมของมนุษย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กิจกรรมด้านการเกษตร ด้านอุตสาหกรรม และน้ำทิ้งจากแหล่งชุมชน จะเห็นได้ว่าแหล่งกำเนิดสารมลพิษแต่ละแหล่ง ก่อกำเนิดสารมลพิษที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งการใช้ปุ๋ยเคมี สารเคมีกำจัดศัตรูพืช จะทำให้ดินเป็นแหล่งสะสมสารเคมีที่มีการตกค้างสะสมเป็นระยะเวลานาน สารกำจัดศัตรูพืชประเภทอนินทรีย์ มักจะใช้ธาตุพิษเป็นองค์ประกอบหลัก เช่น ตะกั่ว สารหนู ทองแดง เป็นต้น ซึ่งเป็นธาตุที่สะสมอยู่ในรูปของสารพิษในดินได้เป็นระยะเวลายาวนาน

การชะล้างพังทลายของดิน ที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ไม่เหมาะสม จะทำให้หน้าดินถูกทำลาย ปุ๋ยหรือสารเคมีที่ใช้ในการเกษตรจะถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำ อนุภาคของดินกรวด หรือทราย จะทับถมกัน ทำให้ประสิทธิภาพการระบายน้ำลดลงได้

การทิ้งวัสดุเหลือใช้และกากอุตสาหกรรมที่มีสารมลพิษเจือปนอยู่ลงดินโดยตรง ซึ่งความเป็นพิษขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่ทิ้ง เช่น วัสดุเหลือใช้ในการเกษตร น้ำทิ้งจากบ้านเรือนชุมชน อาจมีการสะสมสารประเภทอินทรีย์ของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส เป็นต้น หากเป็นวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น กากอุตสาหกรรมและน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมจะทำให้เกิดการสะสมสารมลพิษประเภทอนินทรีย์ในดินได้

2. สาเหตุการปนเปื้อนของดิน

2.1 เกิดตามธรรมชาติ

- วัตถุต้นกำเนิดดิน มีองค์ประกอบของเกลือแร่หรือสารประกอบของโลหะ
- ดินเปรี้ยว ดินเค็ม หรือ ดินมีโลหะหนักเป็นองค์ประกอบ

2.2 เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์

1) การทำเหมืองแร่ การบด การทิ้งหางแร่ โดยมีการจัดการที่ไม่เหมาะสม ทำให้มีการปนเปื้อนของโลหะหนักในพื้นที่เกษตรกรรม

2) การถลุงแร่และการเกิดเถ้าลอย โลหะหนักในอากาศ ส่วนใหญ่มาจากโรงไฟฟ้า โรงถลุงโลหะ และโรงงานที่ใช้สารเคมี การเผาไหม้ถ่านหิน กิจกรรมย่อยอื่น ๆ เช่น โรงงานแบตเตอรี่ โรงงานทำหลอดฟลูออเรสเซนต์ เป็นต้น

3) การใช้ปุ๋ยและสารเคมีทางการเกษตร ก่อให้เกิดสารปนเปื้อนในกลุ่มโลหะหนักและ ธาตุต่าง ๆ

4) การใช้น้ำในระบบชลประทานที่มีการปนเปื้อนสารมลพิษที่ปล่อยออกจากโรงงานอุตสาหกรรมลงสู่แม่น้ำลำคลอง ทำให้เกิดการปนเปื้อนของโลหะหนักหรือสารพิษอื่น ๆ ในดิน

5) การใช้กากตะกอนน้ำเสีย ที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนของโลหะหนัก โดยเฉพาะทองแดง

6) การใช้ปุ๋ยคอก หากปุ๋ยคอกนั้น มีโลหะหนักเป็นวัตถุเจือปนในอาหารสัตว์ จะทำให้เกิดการปนเปื้อนของโลหะหนักในมูลของสัตว์ เมื่อนำปุ๋ยคอกไปใช้อาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนในดินได้ เช่น การเติมสารหนูลงในอาหารสุกร การควบคุมโรคในสัตว์ปีก และการใช้สารเร่งการเจริญเติบโตของสัตว์

สารเคมีทางการเกษตร

สารเคมีทางการเกษตร หมายถึง สาร หรือ ส่วนประกอบของสาร ที่ได้จากการสังเคราะห์หรือสกัดจากธรรมชาติออกมาในรูปของสารเคมี มีวัตถุประสงค์ในการป้องกัน ควบคุม และทำลายศัตรูพืชหรือศัตรูสัตว์ เพื่อให้ได้สินค้าเกษตรที่สมบูรณ์ โดยสารเคมีทางการเกษตรที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ ปุ๋ยเคมี และ สารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืช (Pesticide) ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ตามชนิดของสิ่งมีชีวิต ที่จะใช้ในการควบคุม ป้องกัน หรือกำจัด คือ สารกำจัดแมลง สารป้องกันกำจัดวัชพืช สารป้องกันกำจัดเชื้อรา สารกำจัดหนูและสัตว์แทะ สารเคมีเหล่านี้มีโลหะหนักเป็นองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์ ซึ่งความเป็นพิษจะแตกต่างกันออกไปตามลักษณะและวิธีการสะสมในสิ่งแวดล้อม และเมื่อพืชได้รับโลหะหนักอาจทำให้เกิดความเสียหายโดยจะยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช เช่น ทองแดงและสังกะสี มีความสัมพันธ์ต่อพืชในเรื่องการดูดซึมสารอาหารจากดิน ส่งผลให้เกิดปัญหาทางสรีรวิทยาได้ กล่าวคือ ดีเอ็นเอและเซลล์ของพืชถูกทำลาย และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ซึ่งทำให้พืชตายได้ อีกทั้งโลหะหนักยังส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและห่วงโซ่อาหาร ซึ่งสิ่งมีชีวิตจะสะสมในอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น ตับ ไต และกระดูก เป็นต้น อีกทั้งยังไปทำลายระบบต่าง ๆ ในร่างกาย เช่น ระบบประสาท โครงกระดูก ต่อมไร้ท่อ ระบบภูมิคุ้มกัน และระบบไหลเวียนโลหิต เป็นต้น (Alengebawy, Abdelkhalek, Qureshi, และ Wang, 2021) โดยการสัมผัสโลหะหนักจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชจะมาจาก 3 ช่องทางดังนี้

1. การสัมผัสทางปาก

การรับสารเคมีเข้าทางปาก อาจเกิดขึ้นได้จากการทำงานที่ไม่ปลอดภัย เช่น การดูดหรือเป่าหัวฉีดพ่น การดื่มหรือรับประทานสารเคมีที่ปนเปื้อนมากับอาหาร สารเคมีจะเข้าสู่ระบบทางเดินอาหารไปสู่กระเพาะอาหาร หากมีกากอาหารปะปนอยู่ด้วยอาจทำให้ความเป็นพิษลดลงและถูกขับออกจากร่างกาย โดยการขับถ่ายทางปัสสาวะหรืออุจจาระ แต่ถ้าถูกดูดซึมเข้าสู่ระบบโลหิตจะเกิดความเป็นอันตรายเพิ่มมากขึ้น ซึ่งความเป็นอันตรายจะขึ้นอยู่กับปริมาณของสารที่ได้รับ รวมทั้งอาจมีการสะสมในเนื้อเยื่อไขมัน ตับ ไต หรือสมองได้

2. การสัมผัสทางการหายใจ

การรับสารเคมีเข้าสู่ร่างกายทางการหายใจนั้น อาจอยู่ในรูปของฝุ่น ผง หรือละอองของสารละลาย (สารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ผสมกับน้ำหรือน้ำยาอื่น ๆ) โดยฝุ่นที่มีขนาดเล็กจะเข้าสู่ทางเดินหายใจได้มากกว่าฝุ่นที่มีขนาดใหญ่ เกษตรกรควรสวมหน้ากากป้องกันสารเคมีหากทำงาน

บริเวณที่มีการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืช เพื่อป้องกันอันตรายจากการได้รับสารเคมีทางการหายใจ

3. การสัมผัสทางผิวหนัง

สารเคมีจะซึมผ่านเข้าทางผิวหนังโดยการสัมผัสสารเคมีในขณะผสมสารเคมี ขณะฉีดพ่น หรือขณะล้างอุปกรณ์ ละอองสารเคมีเหล่านี้จะสัมผัสผิวหนังและซึมเข้าสู่ร่างกาย โดยเฉพาะสารเคมีในกลุ่มที่สามารถละลายได้ดีในไขมันมักซึมผ่านได้ง่าย (กรมควบคุมโรค, 2553)

โลหะหนัก

โลหะหนัก (Heavy Metal) หมายถึง ธาตุที่มีน้ำหนักมากกว่าน้ำ 5 เท่า หรือมีความถ่วงจำเพาะตั้งแต่ 5 ขึ้นไป ซึ่งมีเลขอะตอมตั้งแต่ 23 - 92 จำนวนรวม 72 ธาตุ อยู่ในคาบที่ 4 - 7 ซึ่งธาตุโลหะหนักบางชนิดมีประโยชน์ทั้งในด้านอุตสาหกรรมและมีประโยชน์ต่อร่างกาย แต่บางชนิดอาจมีคุณสมบัติที่เป็นพิษต่อร่างกาย

1. **คุณสมบัติของโลหะหนัก**

1.1 สามารถละลายน้ำได้

1.2 สามารถเปลี่ยนเป็นสารประกอบเชิงซ้อนได้

1.3 สามารถตกตะกอน หรือ เป็นอนุภาคคอลลอยด์ในน้ำได้

2. **การแพร่กระจายโลหะหนักสู่สิ่งแวดล้อม**

2.1 กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมที่ใช้วัตถุดิบหรือสารเคมีที่มีส่วนประกอบเป็นโลหะหนัก เช่น อุตสาหกรรมปิโตรเคมี อุตสาหกรรมฟอกหนัง อุตสาหกรรมย้อมสี เป็นต้น ซึ่งอาจปล่อยมลพิษออกสู่สิ่งแวดล้อมได้ทางอากาศ น้ำเสีย หรือกากของเสีย

2.2 สถานประกอบการที่มีการใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนประกอบของโลหะหนักผสมอยู่ เช่น ปั๊มน้ำมัน และร้านเคาะพ่นสีรถยนต์ เป็นต้น

2.3 สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล เป็นแหล่งที่รวบรวมขยะมูลฝอยจากแหล่งกำเนิดหลากหลายประเภท โดยส่วนใหญ่จะมาจากบ้านเรือนและชุมชน ซึ่งขยะที่รวบรวมไว้จะมีหลายประเภท หากมีการรวบรวมขยะไม่ถูกต้องจะทำให้เกิดการปนเปื้อนของโลหะหนัก จากขยะประเภท แบตเตอรี่ ถ่านไฟฉาย กระป๋องสเปรย์ เป็นต้น และมีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อมได้ โดยเฉพาะการชะล้างจากฝน และการซึมลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน

2.4 พื้นที่เกษตรกรรมที่มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชและปุ๋ยเคมี ซึ่งมีองค์ประกอบเป็นโลหะหนัก และอาจถูกชะล้างโดยน้ำฝนหรือน้ำจากการประกอบกิจกรรมการเกษตรปนเปื้อนสู่ดินและแหล่งน้ำต่อไป

3. การเข้าสู่ร่างกายของโลหะหนัก

3.1 การกิน

การสัมผัสโลหะหนักเข้าสู่ร่างกายด้วยวิธีการกิน เป็นช่องทางที่สามารถเกิดขึ้นได้มากที่สุด ซึ่งมักเกิดขึ้นจากการไม่ได้ตั้งใจหรือพลั้งเผลอรับประทานอาหารหรือดื่มน้ำที่มีการปนเปื้อนของโลหะหนักเข้าไป แบ่งได้ดังนี้

3.1.1 การกินอาหารที่มีการปนเปื้อนของโลหะหนักจากปัจจัยหลายด้าน ได้แก่

– การปนเปื้อนโลหะหนักจากกระบวนการผลิต ซึ่งมีการปนเปื้อนกับวัตถุดิบหรือภาชนะที่ใช้ในกระบวนการผลิต

– วัตถุดิบที่ใช้ประกอบอาหารหรืออาหาร มีโลหะหนักผสมอยู่ อาทิ ข้าวที่ปลูกในแหล่งเหมืองแร่ที่มีโลหะหนัก พืชและผลไม้ที่สะสมโลหะหนักในกระบวนการเพาะปลูก

3.1.2 การดื่มน้ำที่มีการปนเปื้อน ได้แก่

– การปนเปื้อนของภาชนะบรรจุในกระบวนการผลิตน้ำดื่ม

– แหล่งน้ำดิบหรือน้ำดื่มมีการปนเปื้อนของโลหะหนัก

3.2 การสูดดมโลหะหนักเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ

การสูดดมโลหะหนักเข้าสู่ร่างกายนับเป็นอีกช่องทางที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้โดยเฉพาะผู้ที่ทำงานในเหมืองแร่ โรงงานหลอมแร่ โลหะ ผู้คัดแยกซากเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และผู้ที่ใช้ปุ๋ยหรือสารเคมีทางการเกษตรในการเพาะปลูกพืช

3.3 การสัมผัสโลหะหนักและดูดซึมเข้าทางผิวหนัง

โลหะหนักที่ดูดซึมเข้าสู่ผิวหนังจะมีโอกาสเกิดขึ้นได้น้อยที่สุด เมื่อเทียบกับช่องทาง การกินและการสูดดมเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ แต่ก็อาจมีโอกาสเกิดขึ้นได้บ้างเล็กน้อยจากการสัมผัสกับไอโลหะหนักในโรงงานอุตสาหกรรมหรือโรงถลุงแร่ การแช่น้ำหรืออยู่ในแหล่งน้ำที่มีโลหะหนักปนเปื้อนปริมาณสูง เป็นต้น

4. ความเป็นพิษของโลหะหนัก

4.1 ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์บางชนิด

4.2 แทนที่โลหะสำคัญของเอนไซม์ ทำให้เอนไซม์ทำงานได้น้อยลงหรือไม่ได้เลย

4.3 เปลี่ยนแปลงโครงสร้างของชีวโมเลกุล

โดยโลหะหนักแต่ละชนิดมีคุณสมบัติและความเป็นอันตรายแตกต่างกันไป ดังนี้

ตะกั่ว (Pb)

ตะกั่ว เป็นโลหะหนักมีสีเทาเงินหรือแกมน้ำเงินเกิดขึ้นตามธรรมชาติ ปัจจุบันมีการใช้ตะกั่วเป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมหลายประเภท ตะกั่วยังใช้ทำอุปกรณ์

อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ ซึ่งทำให้เกิดการปลดปล่อยตะกั่วและสารประกอบของตะกั่วในรูปของสารมลพิษออกสู่สภาวะแวดล้อม ทำให้เกิดการปนเปื้อนของตะกั่วในสิ่งแวดล้อมได้ เมื่อสัมผัสตะกั่วเข้าสู่ร่างกาย มักจะไปยับยั้งเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างฮีม (Heme) ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเม็ดเลือดแดง นอกจากนั้น การสัมผัสตะกั่วยังมีผลต่อการเจริญพันธุ์ โครโมโซม และก่อให้เกิดโรคมะเร็ง รวมถึงความพิการตั้งแต่กำเนิดได้อีกด้วย

แคดเมียม (Cd)

แคดเมียม เป็นโลหะมีสีเงิน มีอยู่น้อยตามธรรมชาติ โดยทั่วไปแคดเมียมที่ปนเปื้อนอยู่ในสิ่งแวดล้อมจะพบในแหล่งทำเหมืองสังกะสีและตะกั่ว ในอุตสาหกรรม ยาสูบและบุหรี่ พลาสติกและยาง นอกจากนี้ยังนิยมใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมผลิตแบตเตอรี่ อุปกรณ์ไฟฟ้า โลหะผสม อะไหล่รถยนต์ โลหะผสมในอุตสาหกรรมเพชรพลอยอีกด้วย แคดเมียมที่ปนเปื้อนในน้ำ อาหาร และในยาสูบเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะถูกดูดซึมในกระเพาะอาหาร แล้วแพร่กระจายไปที่ตับ ม้ามและลำไส้ และสะสมเพิ่มขึ้นในปริมาณสูงจะทำให้เกิดโรคมะเร็ง ไตทำงานผิดปกติ นอกจากนี้ยังทำให้เกิดโรคความดันโลหิตสูง ปวดกระดูกสันหลัง แขนขา ซึ่งจะทำให้ไตพิการได้ โรคที่เกิดจากพิษของแคดเมียมเรียกว่า โรคอิไต-อิไต (Itai Itai disease)

ปรอท (Hg)

ปรอท เป็นโลหะในรูปของเหลว สามารถระเหยเป็นไอได้ง่ายในสภาวะปกติ มีลักษณะเป็นสีเงิน มักพบในแหล่งที่มีการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิง โลหะ โรงงานผลิตปูนซีเมนต์ หรือโรงงานอุตสาหกรรม ความเป็นพิษของปรอท คือ ไอปรอทจะเข้าสู่ร่างกาย และถูกดูดซึมเข้าสู่ระบบหมุนเวียนโลหิต กระจายไปยังสมองและส่วนอื่น ๆ ของร่างกายได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งการได้รับสารปรอทสะสมเป็นเวลานาน จะทำให้เกิดอาการมือและใบหน้าบวม เจ็บปวด หรือเหน็บชาบางส่วนของร่างกายจนเกิดเป็นอัมพาตได้ ตัวอย่างโรคที่เกิดขึ้นจากการได้รับสารปรอทเป็นระยะเวลายาวนาน เรียกว่า โรคมินามาตะ ที่เกิดขึ้นในประเทศญี่ปุ่น

ทองแดง (Cu)

ทองแดงมักพบทั้งในรูปของไอระเหยและเกลือ เนื่องจากการหลอมโลหะทองแดง ทองเหลือง การเชื่อมและบัดกรีโลหะโดยใช้โลหะผสมของทองแดง ซึ่งความเป็นพิษเมื่อได้รับทองแดงเข้าสู่ร่างกาย จะทำให้เกิดการระคายเคืองและอักเสบตา ระบบหายใจ ระบบทางเดินอาหาร และประสาทการรับสัมผัสผิดปกติ ถ้าร่างกายได้รับไอทองแดงในปริมาณมาก จะทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน เป็นไข้ จนถึงขั้นทำให้ผิวหนังและผมเปลี่ยนสีไปได้ ถ้าได้รับในปริมาณมากจะทำให้เนื้อเยื่อจมูกอักเสบ และเป็นหนึ่งในสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคโลหิตจาง

สังกะสี (Zn)

สังกะสีส่วนใหญ่มักพบในอากาศ จากการทำอุตสาหกรรมเหมืองแร่ เช่น การบด การย่อย และมีอยู่ตามธรรมชาติของดิน ซึ่งเป็นธาตุอาหารรองที่มีบทบาทสำคัญ แต่หากมีการสัมผัสสังกะสีเข้าสู่ร่างกายในปริมาณที่ทำให้เกิดความเป็นพิษได้ จะทำให้ร่างกายมนุษย์มีอาการอ่อนเพลีย วิงเวียนศีรษะ ท้องร่วงได้ หากได้รับไอฝุ่นของสังกะสีเข้าร่างกายปริมาณมาก ๆ จะเกิดอาการไข้ที่เรียกว่า Zinc chills ซึ่งมีอาการจับไข้ หนาวสั่น ปวดกล้ามเนื้อ และอาเจียน

สารหนู (As)

สารหนู มักรวมอยู่กับแร่ธาตุอื่น ๆ กลายเป็นรูปสารประกอบทั้งในน้ำและดิน มักพบในการทำเหมืองดีบุก สารประกอบสารหนูที่อยู่ในรูปสารประกอบอินทรีย์จะมีความเป็นพิษมากกว่าสารประกอบอนินทรีย์ ความเป็นพิษของสารหนู เคยเกิดขึ้นกับประเทศไทย ช่วงปี พ.ศ. 2530 ที่อำเภอร่อนพิบูล จังหวัดนครศรีธรรมราช จากการที่ชาวบ้านขุดน้ำใต้ดินมาใช้ ทำให้เกิดโรคที่เรียกว่า ไข้ดำ ซึ่งจะทำให้ผิวของคนที่ได้รับสารหนูมีผิวดำคล้ำ ผิวหนังเป็นผื่นแดงและคัน หรือเป็นสะเก็ดได้ อาการโดยทั่วไปจะอ่อนเพลีย มือและเท้าชา บางรายมีอาการแสดงออกมาก จะมีอาการคล้ายกับเป็นโรคมะเร็งผิวหนัง เซลล์ผิวหนังมีการเปลี่ยนแปลงชัดเจน นอกจากนี้ยังสลายเม็ดเลือดแดงทำให้มีอาการของโรคโลหิตจางอีกด้วย (มหาวิทยาลัยมหิดล, 2563)

5. มาตรฐานโลหะหนัก

ตาราง 2 มาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการค้าขาย เกษตรกรรม และกิจการอื่น ๆ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปกป้องประชาชนกลุ่มวัยทำงาน รวมถึงเกษตรกรที่เพาะปลูกพืชสวนและพืชไร่ ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพดิน

ดัชนีคุณภาพดิน	ค่ามาตรฐาน	หน่วย
สารหนู (Arsenic)	ไม่เกิน 25	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
แคดเมียม (Cadmium)	ไม่เกิน 762	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
โครเมียม ชนิดเฮ็กซาวาเลนท์ (Hexavalent Chromium)	ไม่เกิน 212	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
ทองแดง (Copper)	ไม่เกิน 35,040	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
ตะกั่ว (Lead)	ไม่เกิน 800	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
แมงกานีส (Manganese)	ไม่เกิน 19,640	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
ปรอท (Mercury)	ไม่เกิน 263	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
นิกเกิล (Nickel)	ไม่เกิน 5,205	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
ซีลีเนียม (Selenium)	ไม่เกิน 4,380	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ที่มา : ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพดิน ประกาศ ณ วันที่ 6 มกราคม พ.ศ. 2564 (กรมควบคุมมลพิษ, 2564)

ตาราง 3 มาตรฐานโลหะหนักในดินสำหรับการใช้ประโยชน์ทางการเกษตรของสำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมสหรัฐอเมริกา

ดัชนีคุณภาพดิน	ค่ามาตรฐาน	หน่วย
สังกะสี (Zinc)	ไม่เกิน 23,600	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
แคดเมียม (Cadmium)	ไม่เกิน 70	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
โครเมียม (Chromium)	ไม่เกิน 230	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
ตะกั่ว (Lead)	ไม่เกิน 400	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
นิกเกิล (Nickel)	ไม่เกิน 1,600	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ที่มา : สำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมสหรัฐอเมริกา (US EPA, 2002)

ตาราง 4 มาตรฐานการปนเปื้อนโลหะหนักปริมาณสูงสุดที่ยอมรับได้ในเมล็ดข้าว

ดัชนีคุณภาพข้าว	ค่ามาตรฐาน	หน่วย
แคดเมียม (Cadmium)	ไม่เกิน 0.1	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
ตะกั่ว (Lead)	ไม่เกิน 0.2	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
สารหนู (Arsenic)	ไม่เกิน 0.35	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ที่มา : ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 414 พ.ศ. 2563 เรื่อง มาตรฐานคุณภาพอาหารที่มีสารปนเปื้อน ประกาศ ณ วันที่ 20 มีนาคม พ.ศ. 2563 (กระทรวงสาธารณสุข, 2563)

ตาราง 5 มาตรฐานการปนเปื้อนโลหะหนักปริมาณสูงสุดที่ยอมรับได้ในอาหารของสาธารณรัฐประชาชนจีน

ดัชนีคุณภาพข้าว	ค่ามาตรฐาน	หน่วย
แคดเมียม (Cadmium)	ไม่เกิน 0.05	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
ทองแดง (Copper)	ไม่เกิน 10	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
สังกะสี (Zinc)	ไม่เกิน 20	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
ตะกั่ว (Lead)	ไม่เกิน 0.2	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
สารหนู (Arsenic)	ไม่เกิน 0.5	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ที่มา : สำนักงานมาตรฐานแห่งชาติ สาธารณรัฐประชาชนจีน (China National Standards Management Department, 2006)

มลพิษจากการเพาะปลูกข้าว

สถานการณ์การเพาะปลูกข้าวในประเทศไทย

ข้าว เป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่นิยมปลูกมากที่สุดในประเทศ ข้อมูลจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ปี พ.ศ. 2562 รายงานว่า พื้นที่การใช้ประโยชน์ทางการเกษตร สำหรับการเพาะปลูกข้าวในประเทศไทยรวม 68,722,388 ไร่ หรือร้อยละ 46 ของพื้นที่ใช้ประโยชน์ทางการเกษตรทั้งหมด โดยมีพื้นที่นาข้าวภาคเหนือ จำนวน 15,748,246 ไร่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 41,745,365 ไร่ ภาคกลาง จำนวน 10,199,600 ไร่ และภาคใต้ จำนวน 1,029,177 ไร่ ดังแสดงในตาราง 6

ตาราง 6 พื้นที่การใช้ประโยชน์ทางการเกษตรของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2562 (ไร่)

ภาค	พื้นที่ใช้ประโยชน์ทางการเกษตร					พื้นที่ใช้ประโยชน์ทางการเกษตรรวม
	นาข้าว	พืชไร่	สวนไม้ผล ไม้ยืนต้น	สวนผัก ไม้ดอก/ ไม้ประดับ	พื้นที่ใช้ประโยชน์ทางการเกษตรอื่น ๆ	
ภาคเหนือ	15,748,246	10,284,637	4,010,253	447,885	2,014,113	32,505,134
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	41,745,365	11,447,347	5,903,827	318,157	4,442,331	63,857,027
ภาคกลาง	10,199,600	8,993,552	7,416,721	507,826	4,023,863	31,141,562
ภาคใต้	1,029,177	10,493	19,605,683	128,275	975,100	21,748,728
รวมทั้งประเทศ	68,722,388	30,736,029	36,936,484	1,402,143	11,455,407	149,252,451

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562)

ปัญหามลพิษจากการเพาะปลูกข้าว

1. ปัญหาคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ

1) สภาวะการทำนาแบบปกติ จะมีการบริหารจัดการน้ำที่ใช้ในแปลงนา โดยการขังน้ำให้เพียงพอต่อการใช้และปล่อยน้ำออกให้แปลงนาแห้งทันระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต จึงไม่ทำให้เกิดปัญหามลพิษในแหล่งน้ำมากนัก เนื่องจากปริมาณสารมลพิษมีความเข้มข้นอยู่ในระดับต่ำเมื่อเทียบกับกิจกรรมทางการเกษตรอื่น ๆ

2) ในสภาวะที่มีเหตุการณ์ไม่ปกติ เช่น มีน้ำท่วมขังในพื้นที่นาข้าว อาจมีการเน่าเสียของต้นข้าว หรือ วัชพืช จนทำให้น้ำในแปลงนาเน่าเสียตามไปด้วย และอาจไหลล้นสู่คลองหรือพื้นที่สาธารณะได้ อีกทั้ง การไหลล้นของน้ำฝนในพื้นที่แปลงนาที่มีการใช้ปุ๋ยเคมี อาจมีการชะปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำ เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เร่งการเจริญเติบโตของสาหร่ายและพืชน้ำ แหล่งน้ำขาดออกซิเจนจนทำให้สัตว์น้ำไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ หรือก่อให้เกิดปรากฏการณ์ขี้ปลาวาฬ (Algae Bloom)

2. ปัญหาคุณภาพดินเสื่อมโทรม

1) การเผาเศษซากวัสดุการเกษตร เช่น ตอซัง ฟางข้าว ที่หลงเหลือหลังจากการเก็บเกี่ยวและทำให้ยากต่อการไถพรวนเตรียมดินเพาะปลูกในครั้งต่อไป ทำให้เกษตรกรต้องเผาทำลาย ซึ่งการเผานั้น จะทำให้ธาตุอาหารในดินถูกทำลายไปด้วย อาทิ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เป็นผลให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินในแปลงที่เผาลดลง

2) การทำนาโดยไม่พักดิน วิธีการนี้จะทำให้เกิดการดูดซับธาตุอาหารในดินไปใช้อย่างต่อเนื่อง โดยไม่มีการสร้างใหม่ทดแทนจากการที่พืชสลายตัวตามธรรมชาติและมีธาตุอาหารสะสมในดิน อีกทั้งการทำนาโดยใช้ปุ๋ยเคมีที่มากเกินไป จะทำให้คุณภาพของดินลดลงด้วย

3) การใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช ทำให้เกิดการตกค้างในดิน และแพร่กระจายออกสู่สิ่งแวดล้อมได้ โดยเฉพาะสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีโลหะหนักเป็นองค์ประกอบ จะทำลายสิ่งมีชีวิตที่เป็นประโยชน์หรือจุลินทรีย์ในดินและส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในนาข้าว เช่น เมื่อฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืช จะส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชที่เป็นประโยชน์ด้วย

3. ปัญหาคุณภาพอากาศ ฝุ่นละออง และก๊าซพิษ

การเตรียมดินโดยการเผาตอซังและฟางข้าว เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดฝุ่นละออง เขม่า เถ้า ควันในอากาศ เกิดปัญหาความเดือดร้อน รำคาญ ของผู้ที่อยู่ใกล้เคียง และยังเป็นสาเหตุในการเกิดอุบัติเหตุได้ รวมถึงก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ต่าง ๆ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนที่อยู่บริเวณใกล้เคียง และยังเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจก (กรมควบคุมมลพิษ, 2555)

การวินิจฉัยความเสี่ยงอันตราย

การวินิจฉัยความเสี่ยงอันตราย มีวัตถุประสงค์เพื่อระบุถึงความเป็นอันตรายที่อาจเกิดขึ้นในพื้นที่ โดยพิจารณาจากระดับปริมาณความเข้มข้นและความเป็นพิษของสารพิษ เพื่อคำนวณปัจจัยเสี่ยงของสารพิษแต่ละชนิด (Chemical Score: R') และพิจารณาจากช่องทางการรับเข้าสู่ร่างกายที่สูงที่สุด ซึ่งพิจารณาตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. พิจารณาจำแนกแหล่งปนเปื้อนออกเป็นกลุ่มตามลักษณะของตัวกลาง

2. จัดทำตารางค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ของปริมาณความเข้มข้นของสารพิษที่ตรวจวิเคราะห์ได้ และพิจารณาระดับความเสี่ยงอันตราย

3. จัดทำบัญชีรายชื่อค่า Reference Dose สำหรับความเป็นพิษเรื้อรังของสารไม่ก่อมะเร็ง และค่า Slope Factor สำหรับสารก่อมะเร็ง สำหรับสารพิษแต่ละชนิดในการสัมผัสแต่ละเส้นทางการสัมผัส

4. คำนวณค่า Chemical Score (R') สำหรับสารพิษแต่ละชนิด ในกรณีที่สารพิษมีการตอบสนองความเป็นพิษจากเส้นทางการรับเข้าสู่ร่างกายได้มากกว่าหนึ่งเส้นทาง ให้ใช้ค่าการตอบสนองความเป็นพิษที่มีค่าสูงที่สุด

การคำนวณปัจจัยความเสี่ยงสำหรับสารไม่ก่อมะเร็ง (Non-Carcinogen)

$$R' = \frac{C_{max}}{RfD}$$

การคำนวณปัจจัยความเสี่ยงสำหรับสารก่อมะเร็ง (Carcinogen)

$$R' = C_{max} \times SF$$

จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณค่า Chemicals Score ทั้งหมดในแต่ละตัวกลาง

$$R' = R'_{1j} + R'_{2j} + \ldots + R'_{ij}$$

เมื่อ R'_{ij} คือ Chemical Score ของสารปนเปื้อน i ในตัวกลาง j

R'_{j} คือ Chemical Score ทั้งหมดในตัวกลาง j

C_{max} คือ ความเข้มข้นสูงสุด

RfD คือ Reference Dose (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน)

SF คือ Slope Factor (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน)

5. จัดลำดับค่า R'ij โดยเรียงลำดับจากค่าสูงไปค่าต่ำในแต่ละตัวกลางการปนเปื้อน

6. เลือกกลุ่มของสารปนเปื้อนที่ให้ค่า R'ij รวมเป็นร้อยละ 99 ของสารปนเปื้อนทั้งหมด (วิชชากร จารุศิริ, 2561)

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ (Health Risk Assessment) จากการได้รับสารพิษอย่างต่อเนื่อง แบ่งออกเป็น ความเสี่ยงที่เกิดจากอาการป่วยจากการสัมผัสกับสารที่ไม่ก่อมะเร็ง และความเสี่ยงที่เป็นมะเร็งจากการสัมผัสสารก่อมะเร็ง ที่จะเกิดกับผู้ปฏิบัติงานหรือผู้ที่อาศัยในพื้นที่ที่มีการปลดปล่อยหรือปนเปื้อนสารพิษหรือสารอันตรายในระดับปริมาณหรือความเข้มข้นเกินกว่าระดับมาตรฐานที่จะไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ รวมถึงการได้รับสารพิษในระดับปริมาณต่ำ ๆ อย่างต่อเนื่อง

สำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (U.S. Environmental Protection Agency; EPA) และสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งชาติในสหรัฐอเมริกา (National Academy of Sciences; NAS) ได้เริ่มใช้และมีการเผยแพร่แนวทางดังกล่าวมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1983 โดยอาศัยการประเมินความเสี่ยง 4 ขั้นตอนต่อไปนี้

1. การระบุความเป็นอันตราย (Hazard Identification)

การระบุความเป็นอันตราย เป็นการวิเคราะห์แหล่งกำเนิดหรือพื้นที่ปนเปื้อนเพื่อตรวจสอบชนิดและปริมาณของสารปนเปื้อน และระบุว่ามีโอกาสที่จะเกิดอันตรายแบบใดได้บ้าง ทำการคัดกรอง และจัดลำดับความเป็นอันตราย

2. การประเมินการสัมผัส (Exposure Assessment)

การประเมินการสัมผัส มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเข้มข้นของสารพิษที่อาจไหลออกและปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม และเมื่อทราบระดับปริมาณความเข้มข้นที่สัมผัสกับผู้ปฏิบัติงานหรือผู้ใกล้ชิดที่มีโอกาสรับสารพิษเหล่านั้นแล้ว จะสามารถคำนวณหาปริมาณสารพิษที่เข้าสู่ร่างกายตามเส้นทางการเข้าสู่ร่างกายทั้งการกิน การสัมผัส และการหายใจ

3. การประเมินความเป็นพิษ (Toxicity Assessment)

การประเมินความเป็นพิษจะใช้ความสัมพันธ์ของปริมาณสารที่ได้รับและการตอบสนองต่อความเป็นพิษสำหรับความเป็นอันตรายแบบเรื้อรังของสารไม่ก่อมะเร็งและสารก่อมะเร็ง

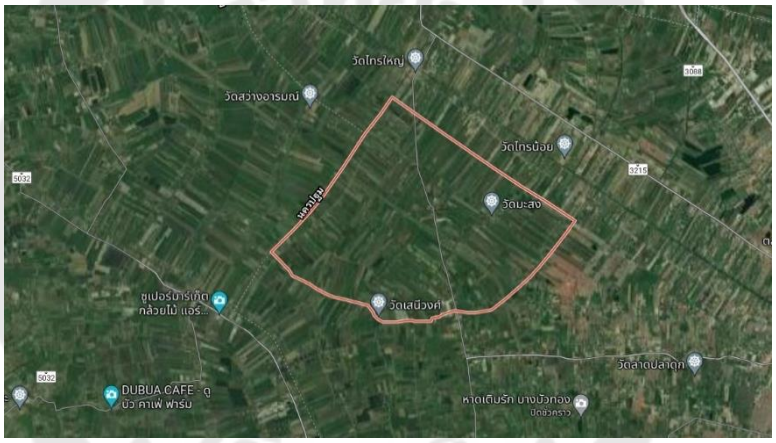
4. การประเมินลักษณะความเสี่ยง (Risk Assessment)

การประเมินลักษณะความเสี่ยง จะใช้ข้อมูลระดับปริมาณและความเข้มข้นของสารพิษที่เข้าสู่ร่างกายและค่า Reference Dose สำหรับสารไม่ก่อมะเร็ง หรือ ค่า Slope Factor สำหรับสารก่อมะเร็ง เพื่อกำหนดปริมาณของความเป็นอันตรายและกำหนดว่าระดับความเสี่ยงในแต่ละแบบกำหนดระดับค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้ไว้ในระดับใด (วิชชากร จารุศิริ, 2561) ซึ่งการกำหนดความเสี่ยงจะกำหนดในรูปแบบค่า HQ (Hazard Quotient) หรือ Target Hazard Quotient (THQ) สามารถแปลผลได้ดังนี้

มีค่าน้อยกว่า 0.1	หมายถึง	ไม่มีอันตราย
มีค่าอยู่ระหว่าง 0.1 ถึง 1.0	หมายถึง	มีอันตรายอยู่ในระดับต่ำ
มีค่าอยู่ระหว่าง 1.1 ถึง 10	หมายถึง	มีอันตรายอยู่ในระดับปานกลาง
มีค่ามากกว่า 10	หมายถึง	มีอันตรายอยู่ในระดับสูง

ข้อมูลพื้นที่ศึกษา

จังหวัดนนทบุรี ตั้งอยู่ภาคกลางของประเทศไทยมีพื้นที่ประมาณ 388,939.38 ไร่ โดยมีพื้นที่ทำเกษตรกรรมรวม 100,592.02 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 25.86 ของพื้นที่ทั้งจังหวัด เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมปลูกข้าวเป็นหลัก มีจำนวนสูงถึง 78,967.68 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 78.5 ของพื้นที่เกษตรกรรมของจังหวัดนนทบุรี (สำนักงานเกษตรจังหวัดนนทบุรี, 2563) ในการวิจัยครั้งนี้ได้คัดเลือกตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี เป็นพื้นที่ศึกษา ซึ่งมีพื้นที่ปลูกข้าวจำนวน 7,668 ไร่ จากพื้นที่เกษตรกรรมทั้งหมดจำนวน 9,459 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 81 ของพื้นที่เกษตรกรรมในตำบลทวีวัฒนา (สำนักงานเกษตรอำเภอไทรน้อย, 2563) โดยเกษตรกรส่วนใหญ่เพาะปลูกข้าวอย่างต่อเนื่องตลอดทั้งปี และมีการใช้สารเคมีทางการเกษตรในกระบวนการเพาะปลูก



ภาพประกอบ 1 ขอบเขตที่ตั้งของพื้นที่ศึกษา ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Ugbede, Osahon, Akpolile, และ Oladele (2021) ได้ศึกษาการประเมินความเข้มข้นของโลหะหนัก การเคลื่อนย้ายจากดินสู่พืช และความเสี่ยงด้านสุขภาพที่อาจเกิดขึ้นจากตัวอย่างดินและข้าวเมืองเอซิลโล รัฐอีบอนยี ประเทศไนจีเรีย โดยตรวจสอบปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนัก ได้แก่ Pb Ni Cd และ Cr ในตัวอย่างดินและข้าวจากนาข้าว 2 แปลง ที่ตั้งอยู่ในเมืองเอซิลโล รัฐอีบอนยี โดยใช้เทคนิค Flame Atomic Spectrophotometer เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-4 ซม. และ 4-8 ซม. ช่วงเวลาก่อนปลูกข้าว หลังปลูกข้าว และระหว่างการเก็บเกี่ยว ผลการศึกษา พบว่า ความเข้มข้นของโลหะหนักในดินบริเวณแปลงที่ 1 ที่ระดับความลึก 0-4 ซม. แสดงดังนี้ 1) ช่วงก่อนการปลูกข้าว Cr > Ni > Pb > Cd 2) ช่วงหลังการปลูกข้าว Ni > Cr > Pb > Cd และ 3) ช่วงระหว่างการเก็บเกี่ยว Cr > Ni > Cd > Pb ในขณะที่ความเข้มข้นของโลหะหนักในดินบริเวณแปลงที่ 1 ที่ระดับความลึก 4-8 ซม. แสดงดังนี้ 1) ช่วงก่อนการปลูกข้าว Ni > Cr > Cd > Pb 2) ช่วงหลังการปลูกข้าว Cr > Ni > Pb > Cd และ 3) ช่วงระหว่างการเก็บเกี่ยว Ni > Cr > Pb > Cd และความเข้มข้นของโลหะหนักในดินบริเวณแปลงที่ 2 ที่ระดับความลึก 0-4 ซม. พบ Cr > Ni > Pb > Cd ในทั้ง 3 ช่วง ขณะที่ระดับความลึก 4-8 ซม. พบปริมาณโลหะหนัก ดังนี้ 1) ช่วงก่อนการปลูกข้าว Cr >Ni > Cd > Pb 2) ช่วงหลังการปลูกข้าว Cr > Ni > Pb > Cd และ 3) ช่วงระหว่างการเก็บเกี่ยว Ni > Cr > Pb > Cd ส่วนปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างข้าว พบ Cr > Ni > Pb > Cd บริเวณแปลงที่ 1 และ Cr > Ni > Cd > Pb บริเวณแปลงที่ 2 ซึ่งปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างดินและข้าวค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบปริมาณค่าที่ยอมรับได้ ส่วนปริมาณที่บริโภคได้ต่อวัน (Average Daily Intake; ADI) ค่าความเสี่ยง (Hazard Quotients; HQ) และ ดัชนีความเสี่ยงรวม (Total Hazard Index; THI) ของโลหะหนักในดินและข้าวมีค่าสูงในเด็กมากกว่าผู้ใหญ่ ค่าความเสี่ยงและดัชนีความเสี่ยงอยู่ในระดับต่ำกว่า 1 แสดงถึงความปลอดภัยของปริมาณโลหะหนักในดินและข้าว ดังนั้นข้าวบริเวณที่ศึกษานี้จึงมีความปลอดภัยสำหรับมนุษย์ในการบริโภค

ธนภัทร ปลื้มพวก, จันทร์จรัส วีรสาร, อรุณศิริ กำลัง, และ ธงชัย มาลา (2558) ได้ศึกษาการปนเปื้อนแคดเมียมในดินและการสะสมในผลผลิตข้าวบนพื้นที่ตำบลแม่ตาวและตำบลพระธาตุผาแดง อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปนเปื้อนแคดเมียมในดินและการสะสมแคดเมียมในข้าวที่ปลูกในพื้นที่ตำบลแม่ตาวและตำบลพระธาตุผาแดง อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก โดยกำหนดพื้นที่เก็บตัวอย่าง จำนวน 12 แปลง ซึ่งปลูกข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ผลการศึกษา พบว่า แคดเมียมที่สามารถละลายน้ำได้ในดิน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยปริมาณแคดเมียมที่ละลายน้ำได้ มีปริมาณสูงสุดในแปลงที่ 3 ของพื้นที่

ศึกษา (0.92 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ปริมาณแคดเมียมที่สกัดได้ มีปริมาณสูงสุดในแปลงที่ 12 ของพื้นที่ศึกษา (46.87 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) และปริมาณแคดเมียมที่สามารถละลายน้ำและสกัดได้ต่ำที่สุด ในแปลงที่ 10 ของพื้นที่ศึกษา (< 0.10 และ 11.45 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ) การสะสมแคดเมียมในข้าวสารพบปริมาณแคดเมียมสูงสุดในแปลงที่ 1 (9.27 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) และแปลงที่ 5 (9.07 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ซึ่งมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานของสหภาพยุโรปที่กำหนดไว้ โดยไม่ควรมีปริมาณแคดเมียมเกิน 1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

วรรธนศักดิ์ สุขสง และคนอื่น ๆ (2556) ได้ศึกษาปริมาณโลหะหนักสะสมในดินที่ทำการเกษตรเคมีในอำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง โดยวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักตกค้างในดินที่ทำเกษตรเคมี ในพื้นที่ที่มีการปลูกยางพารา สวนเงาะ และนาข้าว ผลการศึกษาพบว่า ดินทั้ง 3 พื้นที่มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (Sandy Loam) เหมือนกัน ผลการศึกษาปริมาณโลหะหนักในดินสวนยางพาราพบว่า มีปริมาณทองแดงอยู่ในช่วง 8.10 - 12.70 สังกะสีอยู่ในช่วง 0.00 – 33.10 ตะกั่วอยู่ในช่วง 7.50 – 53.20 และเหล็กอยู่ในช่วง 3,097.00 – 3,806.00 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ผลการศึกษาปริมาณโลหะหนักในดินสวนเงาะ พบว่า มีปริมาณทองแดงอยู่ในช่วง 13.70 - 26.00 สังกะสีอยู่ในช่วง 0.00 - 27.80 ตะกั่วอยู่ในช่วง 30.70 - 85.70 และเหล็กอยู่ในช่วง 4,008.00 – 4,416.00 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และผลการศึกษาปริมาณโลหะหนักในดินนาข้าวพบว่า มีปริมาณทองแดงอยู่ในช่วง 7.60 - 10.80 สังกะสีอยู่ในช่วง 0.00 - 19.80 ตะกั่วอยู่ในช่วง 21.20 - 54.00 และเหล็กอยู่ในช่วง 3,276.00 – 3,772.00 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เมื่อนำปริมาณโลหะหนักในดินทั้ง 3 พื้นที่มาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน พบว่า ปริมาณทองแดง สังกะสี และตะกั่วมีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานของกรมพัฒนาที่ดิน ส่วนปริมาณเหล็กมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานของศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว จากผลการศึกษาทำให้ทราบถึงปริมาณโลหะหนักในดินบริเวณพื้นที่ศึกษา ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการบริหารจัดการที่ดินเพื่อทำการเกษตรกรรมในพื้นที่ต่อไป

ศิริวรรณ จินตา และ ปิยดา วชิระวงศกร (2564) ได้ศึกษาการประเมินปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนในผักเศรษฐกิจ ในตำบลบึงพระ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งเป็นการวิเคราะห์และประเมินปริมาณตะกั่ว แคดเมียม ทองแดง สังกะสี และเหล็ก ที่มีการปนเปื้อนในผักคะน้า ผักกวางตุ้ง ผักบุ้ง ต้นหอม ผักกาดหอม และผักชี จำนวน 55 แปลง ในพื้นที่ตำบลบึงพระ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก โดยใช้เครื่องมือ Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) ในการวิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนโลหะหนัก โดยผลการศึกษาพบว่า ผักเศรษฐกิจมีการปนเปื้อนเหล็กมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 474.52 ± 41.47 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (อยู่ในช่วง 414.67 - 519.33 มิลลิกรัม/

กิโลกรัม) รองลงมา คือ สังกะสี มีค่าเฉลี่ย 28.41 ± 5.25 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (อยู่ในช่วง 22.68 - 36.92 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ทองแดง 6.55 ± 2.18 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (อยู่ในช่วง 3.53 - 10.38 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ตะกั่ว 8.29 ± 4.50 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (อยู่ในช่วง 0.68 - 11.96 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) และแคดเมียม 1.01 ± 0.26 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (อยู่ในช่วง 0.67 - 1.48 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ทั้งนี้พบปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วและสังกะสีในผักคะน้าและผักชีมีค่าเกินเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามที่มาตรฐานกำหนดไว้ร้อยละ 50 และ 100 ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมด ขณะที่ปริมาณความเข้มข้นของเหล็กในผักทุกชนิดไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของสถาบันอาหารของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2554 ที่กำหนดไว้

ธนิกา น้อยถนอม, สุภาพร ทันตประเสริฐ, จารุณี แซ่คู, และ ธนวรรณ พาณิชพัฒน์ (2563) ได้ศึกษาการสะสมตะกั่วในพริก คะน้า และหัวไชเท้าที่ปลูกในดินปนเปื้อนตะกั่ว จากบ้านคลิตี้ จังหวัดกาญจนบุรี พบว่าการเจริญเติบโตของต้นพริก คะน้า และหัวไชเท้าที่ปลูกในดินปนเปื้อนและไม่ปนเปื้อนตะกั่ว โดยวัดสัดส่วนความสูง น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) พริก คะน้า และหัวไชเท้ามีการสะสมตะกั่วในรากสูงที่สุด (52.42 ± 9.59, 51.62 ± 4.95 และ 49.20 ± 0.54 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ) รองลงมา คือ ลำต้นและใบ (37.48 ± 11.38, 38.19 ± 8.14 และ 35.59 ± 4.03 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ) และเมล็ดพริก (30.16 ± 11.50 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ซึ่งเกินค่ามาตรฐานในการบริโภคเป็นอาหาร คือ 0.1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม สำหรับพริก คะน้า และหัวไชเท้าในดินที่ปนเปื้อนตะกั่ว พบค่า BCF เฉลี่ย 0.05 ± 0.06, 0.08 ± 0.02 และ 0.05 ± 0.01 ตามลำดับ แสดงว่าประสิทธิภาพในการเคลื่อนที่ของตะกั่วจากดินเข้าสู่ต้นต่ำ และค่า TF ในพริกเฉลี่ย 1.32 ± 0.31 แสดงให้เห็นว่าตะกั่วมีความสามารถในการเคลื่อนย้ายจากรากเข้าสู่ส่วนเหนือดิน คะน้าและหัวไชเท้ามีค่า TF เฉลี่ยที่ 0.73 ± 0.09 และ 0.72 ± 0.08 น้อยกว่า 1 จึงไม่มีความสามารถในการเคลื่อนย้ายตะกั่วจากรากไปสู่ส่วนเหนือดิน

ฉัตรพงษ์ คำเลิศ และคนอื่น ๆ (2562) ได้ศึกษาการสะสมแคดเมียมและตะกั่วในราก ลำต้น และใบของข้าวไรซ์เบอร์รี่ ในสภาวะการทดลอง พบว่า การปนเปื้อนของแคดเมียมและตะกั่วในดิน สะสมในราก ลำต้น และใบของข้าวไรซ์เบอร์รี่หลังการทดลองปลูก 3 เดือน ที่ระดับความเข้มข้นแคดเมียม 40 50 และ 60 มิลลิกรัมต่อลิตร ตะกั่ว 400 500 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร วิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักด้วยเทคนิค Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES) ผลการศึกษาพบว่าปริมาณแคดเมียมและตะกั่วที่ปนเปื้อนในดินภายหลังการทดลองอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพดิน ส่วนปริมาณแคดเมียมที่สะสมในราก

ลำต้น และใบของข้าวไรซ์เบอร์รี่ในกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองความเข้มข้น 40 50 และ 60 มิลลิกรัมต่อลิตร รากมีค่าเฉลี่ย 3.54±3.03 20.90±0.70 37.06±0.86 และ 45.73±0.45 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ลำต้นมีค่าเฉลี่ย 1.04±0.47 7.88±0.47 8.70±0.36 และ 9.14±0.06 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และใบมีค่าเฉลี่ย 0.25±0.09 1.32±0.41 1.70±0.13 และ 1.15±0.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งพบว่าทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองทุกระดับความเข้มข้นมีปริมาณการสะสมแคดเมียมสูงในราก > ลำต้น > ใบ ส่วนปริมาณตะกั่วของกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองความเข้มข้น 400 500 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร รากมีค่าเฉลี่ย 18.90±0.24 233.77±0.84 267.95±0.27 และ 286.03±1.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ลำต้นมีค่าเฉลี่ย 3.29±0.60 5.07±0.36 5.29±0.56 และ 5.58±0.40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และใบมีค่าเฉลี่ย 7.84±1.21 12.80±0.35 9.71±0.16 และ 12.18±0.19 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ พบว่าทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีปริมาณการสะสมตะกั่วสูงในราก > ใบ > ลำต้น เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแคดเมียมและตะกั่วกับค่ามาตรฐานพบว่าการสะสมในทุกส่วนของข้าวไรซ์เบอร์รี่เกินค่ามาตรฐาน (0.5 และ 0.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ยกเว้นแคดเมียมในใบของกลุ่มควบคุมไม่เกินค่ามาตรฐาน การศึกษาแสดงให้เห็นว่าการปลูกข้าวไรซ์เบอร์รี่ในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมและตะกั่วจะเกิดการสะสมในแต่ละส่วนของต้นข้าวต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของโลหะหนัก หากมีการปลูกข้าวไรซ์เบอร์รี่แบบปลอดสารพิษควรหลีกเลี่ยงพื้นที่มลพิษ

Zheng, Wang, Yuan, และ Sun (2020) ได้ศึกษาการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์จากโลหะหนัก 5 ชนิด ได้แก่ โครเมียม แคดเมียม สารหนู ตะกั่ว และปรอท ในดินและพืชอาหารบริเวณพื้นที่สามเหลี่ยมแม่น้ำจูเจียงของประเทศจีน โดยเก็บตัวอย่างดินและพืชในพื้นที่เดียวกัน จำนวน 2,241 ตัวอย่าง แบ่งเป็น 9 ประเภท คือ ข้าวและข้าวโพด ผักใบ ผลไม้ ผักกะหล่ำ ผักตระกูลมะเขือ ผักตระกูลแตง พืชตระกูลถั่ว พืชหัว และผักจำพวกก้านและลำต้น จากนั้นทำการย่อยตัวอย่างและวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนัก โดยใช้เทคนิค Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) นำมาวิเคราะห์ความเสี่ยงที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพ โดยผลการวิเคราะห์โลหะหนักในพืชนำมาประเมินหาสัดส่วนความอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับสุขภาพ (Target Hazard Quotient: THQ) และผลการวิเคราะห์โลหะหนักในดินนำมาประเมินหาดัชนีความเสี่ยงอันตราย (Hazard Index: HI) ร่วมกับการวิเคราะห์ความเสี่ยงในการกระจายตัวของโลหะหนักในพื้นที่ ผลการศึกษาพบว่า แคดเมียม เป็นโลหะหนักที่พบมากที่สุดทั้งในดินและพืช โดยพบมากที่สุดในผักใบและผักจำพวกรากในมณฑลฮุ่ยโจว เมื่อพิจารณาเชิงพื้นที่ มณฑลฮุ่ยโจวมีพื้นที่เล็กจึงไม่มีผลกระทบกับการกระจายตัวของโลหะหนักในสามเหลี่ยมแม่น้ำจูเจียงมากนัก อย่างไร

ก็ตามความเสี่ยงต่อสุขภาพแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช เรียงจากความเสี่ยงสูงไปความเสี่ยงต่ำ ดังนี้ ข้าวและข้าวโพด > ผักใบ > ผลไม้ > พืชหัว > พืชตระกูลถั่ว > ผักประเภทน้ำเต้า > ผักจำพวกก้านและลำต้น > ผักตระกูลกะหล่ำ > ผักผลไม้ตระกูลมะเขือ โดยข้าวและข้าวโพดมีความเสี่ยงที่จะเกิดผลกระทบต่อสุขภาพ ดังนั้น ผู้ที่บริโภคพืชผักนอกเหนือจากข้าวและข้าวโพดจะไม่ได้รับความอันตรายที่ส่งผลต่อสุขภาพในพื้นที่สามเหลี่ยมแม่น้ำจูเจียง

สยาม อรุณศรีมรกต, วรพร สังเนตร และ ปิยะรักษ์ ประดับเพชรรัตน์ (2560) ได้ศึกษาการใช้สารเคมีในการทำนาข้าวของเกษตรกรในอำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี เพื่อศึกษาลักษณะการใช้สารเคมีในการทำนาข้าวของเกษตรกรในพื้นที่ โดยเก็บข้อมูลด้วยแบบสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ทำนาข้าว โดยใช้วิธีการสุ่มด้วยวิธีการคัดเลือกแบบลูกโซ่ (Snowball Selection) จำนวน 15 คน นำมาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรมีการใช้สารเคมีในการทำนาข้าวหลากหลายประเภท ได้แก่ 1) ปุ๋ยเคมี 2) สารเคมีกำจัดแมลง 3) สารเคมีกำจัดวัชพืช 4) สารเคมีป้องกันโรคพืช และ 5) สารเคมีเพิ่มผลผลิตของข้าว เนื่องจากมีความสะดวกและรวดเร็ว ทำให้รวงข้าวใหญ่ ข้าวงาม เขียวทนเขียวนาน ได้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพ และเกษตรกรมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับวิธีการผสมสารเคมี การเก็บรักษาสารเคมีการป้องกันอันตรายขณะพ่นสารเคมี การปฏิบัติตนหลังจากพ่นสารเคมี และวิธีปฏิบัติตนหากคนในครอบครัวแพ้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช

ดลนภา ไชยสมบัติ, จรรยา แก้วใจบุญ และ อัมพร ยานะ (2560) ได้ศึกษาพฤติกรรมและปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร กรณีศึกษาเกษตรใน ตำบลสันป่าม่วง อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรจำนวน 2 ใน 3 เป็นเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 62.16 มีอายุเฉลี่ย 51.91 ปี และเกษตรกรร้อยละ 77.84 มีพื้นที่ทำนาเป็นของตนเอง เกษตรกรมีความรู้ความเข้าใจ ความตระหนัก และมีพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ถูกต้องอยู่ในระดับปานกลาง ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้สารเคมี มีทั้งหมด 4 ปัจจัย ได้แก่ ความรู้เรื่องการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ความตระหนักในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช การเป็นเจ้าของที่ดิน และระยะเวลาในการใช้สารเคมี ซึ่งความรู้และความตระหนักในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช มีผลค่อนข้างสูงต่อพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร

ลักษณีย์ บุญขาว และ สุธัญญา วงษาฟู (2563) ได้ศึกษาการประเมินความเสี่ยงสุขภาพจากการรับสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกผักในพื้นที่ตำบลขี้เหล็ก อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี โดยใช้แบบสอบถามการประเมินความเสี่ยงในการทำงานของเกษตรกรจากการสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของสำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม เก็บตัวอย่าง

เกษตรกร จำนวนทั้งสิ้น 120 คน ด้วยวิธีสุ่มอย่างง่าย วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่ามัธยฐาน และพิสัยควอร์ไทล์ ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่มีความเสี่ยงสุขภาพจากการสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืช อยู่ในระดับต่ำ (ร้อยละ 61.67) ซึ่งโอกาสเสี่ยงการรับสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรอยู่ในระดับต่ำที่สุด (ร้อยละ 2.50) แต่พบว่าเกษตรกรใช้สารเคมีกำจัดแมลงและสารเคมีกำจัดวัชพืชฉีดพ่นผัก (ร้อยละ 37.50 และ 23.33 ตามลำดับ) โดยเป็นสารอะบาเม็กติน พาราควอต และคาร์โบฟูราน (ร้อยละ 50.83 35.00 และ 15.83 ตามลำดับ) เกษตรกรรับสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในขณะทำงานถึงร้อยละ 40.83 ดังนั้น เพื่อลดความเสี่ยงสุขภาพจากการรับสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืชต่อเกษตรกร หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรให้คำแนะนำในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอย่างปลอดภัยต่อไป

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การประเมินความเสี่ยงจากการปนเปื้อนสารเคมีทางการเกษตรในดินและข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ มีการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (Accidental Sampling) โดยกลุ่มตัวอย่างที่นำมาศึกษาต้องเป็นพื้นที่ที่มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอย่างต่อเนื่อง และข้าวที่ปลูกในพื้นที่ศึกษานี้ เป็นข้าวจ้าวพันธุ์ กข 57 ซึ่งจะแบ่งจุดเก็บตัวอย่างเป็น 10 จุด ดังแสดงในตาราง 7 ใน 10 จุดเก็บตัวอย่างนั้น จะเก็บทั้งตัวอย่างดินและตัวอย่างข้าวในจุดเก็บตัวอย่างเดียวกัน และนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เพื่อศึกษาปริมาณการปนเปื้อนของโลหะหนักในดินและข้าว วินิจฉัยความเสี่ยงอันตรายจากการปนเปื้อนโลหะหนัก และประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์จากการสัมผัสโลหะหนักในดินและข้าว โดยมีรายละเอียดวิธีการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

ตาราง 7 จุดเก็บตัวอย่างแปลงเพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

รหัสจุดเก็บตัวอย่าง	พิกัด	
	ละติจูด	ลองจิจูด
TW01	13.9419900	100.3455429
TW02	13.9417799	100.3460897
TW03	13.9400561	100.3450154
TW04	13.9387902	100.3437725
TW05	13.9389700	100.3440385
TW06	13.9378406	100.3429591
TW07	13.9372856	100.3434632
TW08	13.9362421	100.3434737
TW09	13.9361044	100.3428846
TW10	13.9366402	100.3423447

การศึกษาการปนเปื้อนโลหะหนักในดินและข้าว

ศึกษาการปนเปื้อนโลหะหนักในดินและข้าว โดยเก็บตัวอย่างดินและข้าวในแปลงเดียวกัน ชนิดละ 10 ตัวอย่าง รวมทั้งสิ้น 20 ตัวอย่าง นำมาวิเคราะห์หาการปนเปื้อนโลหะหนัก 4 ชนิด ได้แก่ แคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี โดยใช้เทคนิค Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) มีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

1. การเก็บตัวอย่างดินและข้าว

เก็บตัวอย่างดินและข้าวบริเวณพื้นที่ปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี จำนวนชนิดละ 10 ตัวอย่าง โดยใช้วิธีการสุ่มเก็บตัวอย่างดินให้ครอบคลุมทั้งแปลง แปลงละ 15 จุด ใช้จอบขุดหลุมเป็นรูปตัว V ให้ลึกในแนวดิ่งประมาณ 15 เซนติเมตร แล้วแซะเอาดินหนึ่งด้าน หนาประมาณ 2 เซนติเมตร ทำเช่นเดียวกันจนครบทั้ง 15 จุด แล้วนำดินทุกจุดใส่รวมกันในภาชนะ สำหรับตัวอย่างข้าวให้เก็บส่วนเมล็ดโดยใช้วิธีการสุ่มเก็บตัวอย่างเช่นเดียวกับการเก็บตัวอย่างดิน คือ ครอบคลุมทั้งแปลง แปลงละ 15 กอ จากนั้นนำเมล็ดข้าวทุกจุดมารวมกันใส่ภาชนะพลาสติก (กรมพัฒนาที่ดิน, 2561)

2. การเตรียมตัวอย่างดินและข้าว

2.1 นำตัวอย่างดินมาตากให้แห้งหรืออบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จนแห้งสนิท จากนั้นบดให้ละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.075 มิลลิเมตร จนได้ตัวอย่างประมาณ 20 กรัม

2.2 นำตัวอย่างข้าวตากให้แห้งสนิท แล้วแกะเปลือกข้าวออก นำส่วนเมล็ดข้าวไปบดให้ละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.075 มิลลิเมตร จนได้ตัวอย่างประมาณ 20 กรัม ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้จะวิเคราะห์ส่วนของเมล็ดข้าวที่ไม่ได้ขัดสีเท่านั้น

2.3 ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 1 มิลลิกรัม ใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดไนตริกเข้มข้น (HNO_3) ปริมาตร 15 มิลลิลิตร นำไปต้มบนเตาไฟฟ้า อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จนตัวอย่างมีสีใส ไม่มีตะกอน แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็นและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 50 มิลลิลิตร กรองสารละลายด้วยกระดาษกรองวอตต์แมน เบอร์ 42 ใส่ลงในขวดปรับปริมาตร ขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตร (Satachon, Keawmoon, Rengsungnoen, Thummajitsakul, และ Silprasit, 2019)

2.4 นำตัวอย่างดินและตัวอย่างข้าวที่ย่อยแล้วไปวิเคราะห์การปนเปื้อนโลหะหนักด้วยเทคนิค Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) เครื่องมือวิเคราะห์ยี่ห้อ Agilent รุ่น 280FS AA โดยใช้สภาวะของเครื่อง ดังนี้

Instrument Type	:	Flame
Instrument Mode	:	Absorbance
Wavelength	:	Cd 228.8 nm, Cu 324.8 nm, Pb 217.0 nm, Zn 213.9 nm
Flame Type	:	Air/Acetylene
Air Flow	:	13.50 L/min
Acetylene Flow	:	2.00 L/min
Burner Height	:	13.5 mm

3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3.1 นำผลการวิเคราะห์การปนเปื้อนของโลหะหนักในดินและข้าว ทดสอบความแตกต่างของปริมาณการปนเปื้อนทั้ง 10 จุดเก็บตัวอย่าง ด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) โดยกำหนดนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

3.2 ศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างของการปนเปื้อนโลหะหนักในดินและข้าว โดยนำผลการวิเคราะห์การปนเปื้อนโลหะหนักในดินและข้าว ทดสอบด้วย Independent Sample T-test โดยกำหนดนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

การวินิจฉัยความเสี่ยงอันตรายจากการปนเปื้อนโลหะหนัก

การวินิจฉัยความเสี่ยงอันตราย มีวัตถุประสงค์เพื่อระบุถึงความเป็นอันตรายที่อาจเกิดขึ้นในพื้นที่ โดยพิจารณาจากระดับปริมาณความเข้มข้นและความเป็นพิษของสารพิษ เพื่อคำนวณปัจจัยเสี่ยงของสารพิษแต่ละชนิด (Chemical Score: R') และพิจารณาจากช่องทางการรับเข้าสู่ร่างกายที่สูงที่สุด ซึ่งพิจารณาตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. พิจารณาการปนเปื้อนโลหะหนัก โดยมีตัวกลางของการปนเปื้อนแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ดิน และ ข้าว

2. จัดทำตารางค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ของความเข้มข้นโลหะหนักที่ได้ตรวจวิเคราะห์ไปในขั้นต้น และพิจารณาระดับความเสี่ยงอันตราย

3. จัดทำบัญชีรายชื่อค่า Reference Dose (RfD) สำหรับความเป็นพิษเรื้อรังของสารไม่ก่อมะเร็ง และค่า Slope Factor สำหรับสารก่อมะเร็ง ตามชนิดของโลหะหนักที่วิเคราะห์ได้จากในดินและข้าว บริเวณพื้นที่ศึกษา โดยผู้วิจัยได้จัดทำบัญชีรายชื่อค่า Reference Dose (RfD) และค่า Slope Factor ที่นำไปใช้คำนวณในงานวิจัยนี้ ดังแสดงในตาราง 8

ตาราง 8 บัญชีรายชื่อค่า Reference Dose (RfD) และค่า Slope Factor

	RfD			SF		
	inhalation	ingestion	dermal contact	inhalation	ingestion	dermal contact
Cd	-	0.0005	-	6.1	-	-
Cu	-	0.005	-	-	-	-
Pb	-	0.0035	-	-	-	-
Zn	-	0.3	-	-	-	-

ที่มา: US EPA (1998)

4. คำนวณปัจจัยเสี่ยงของสารเคมีแต่ละชนิด (Chemical Score: R') โดยสามารถคำนวณได้จากสมการ ดังต่อไปนี้

การคำนวณปัจจัยความเสี่ยงสำหรับสารไม่ก่อมะเร็ง (Non-Carcinogen)

$$R' = \frac{C_{max}}{RfD}$$

การคำนวณปัจจัยความเสี่ยงสำหรับสารก่อมะเร็ง (Carcinogen)

$$R' = C_{max} \times SF$$

จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณค่า Chemicals Score ทั้งหมดในแต่ละตัวกลาง

$$R' = R'_{1j} + R'_{2j} + \ldots + R'_{ij}$$

เมื่อ R'_{ij} คือ Chemical Score ของสารปนเปื้อน i ในตัวกลาง j

R'_{j} คือ Chemical Score ทั้งหมดในตัวกลาง j

C_{max} คือ ความเข้มข้นสูงสุด

RfD คือ Reference Dose (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน)

SF คือ Slope Factor (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน)

5. จัดลำดับค่า R'_{ij} โดยเรียงลำดับจากค่าสูงไปค่าต่ำในแต่ละตัวกลางการปนเปื้อน

6. เลือกกลุ่มของสารปนเปื้อนที่ให้ค่า R'_{ij} รวมเป็นร้อยละ 99 ของสารปนเปื้อนทั้งหมด

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์จากโลหะหนักในดินและข้าว

1. การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากโลหะหนักในดิน ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี จะประเมินในรูปแบบปริมาณสารที่ได้รับเข้าสู่ร่างกายและอธิบายลักษณะความเสี่ยงจากการสัมผัสดินในรูปแบบค่า HQ (Hazard Quotient) สามารถคำนวณได้ดังสมการ (กรมควบคุมมลพิษ, 2554; วิชชากร จารุศิริ, 2561)

$$I = \frac{C \times R_I \times K_M \times F_I \times F_E \times D_t}{W_B \times t_{avg}}$$

เมื่อ I คือ ปริมาณโลหะหนักที่ร่างกายได้รับดิน ตะกอน หรือฝุ่น (มิลลิกรัม/กิโลกรัม-วัน)

C คือ ความเข้มข้นของการปนเปื้อนโลหะหนักในดิน (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)

R_I คือ อัตราการได้รับ (มิลลิกรัม/ชั่วโมง)

K_M คือ แฟคเตอร์ที่ใช้แปลงค่าน้ำหนัก (10^{-6} กิโลกรัม/มิลลิลิตร)

F_I คือ สัดส่วนการได้รับจากแหล่งที่ปนเปื้อน

F_E คือ ความถี่ในการสัมผัส (365 วัน)

D_t คือ ช่วงเวลาในการสัมผัส (ปี)

W_B คือ น้ำหนักร่างกาย (กิโลกรัม)

t_{avg} คือ ช่วงเวลาเฉลี่ยที่สัมผัส (วัน)

การอธิบายลักษณะความเสี่ยงจากการสัมผัสดินต่ออันตรายที่อาจเกิดขึ้นเมื่อได้รับเข้าสู่ร่างกาย จะออกมาเชิงปริมาณ และมีลักษณะความเสี่ยงแตกต่างกันไปตามประเภทของสาร สามารถคำนวณได้ดังสมการ

$$HQ = \frac{CDI}{RfD}$$

เมื่อ HQ คือ ค่าสัดส่วนความเสี่ยง

CDI คือ ปริมาณการรับสัมผัสเข้าสู่ร่างกาย (มิลลิกรัม/กิโลกรัม-วัน)

RfD คือ ค่า Reference Dose (มิลลิกรัม/กิโลกรัม-วัน)

การประเมินความเสี่ยงจากการปนเปื้อน เมื่อนำมาเทียบกับระดับความเสี่ยง ได้ดังนี้

HQ มีค่าน้อยกว่า 0.1 หมายถึง ไม่มีอันตราย

HQ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.1 ถึง 1.0 หมายถึง มีอันตรายอยู่ในระดับต่ำ

HQ มีค่าอยู่ระหว่าง 1.1 ถึง 10 หมายถึง มีอันตรายอยู่ในระดับปานกลาง

HQ มีค่ามากกว่า 10 หมายถึง มีอันตรายอยู่ในระดับสูง

2. การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสโลหะหนักในข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี ด้วยวิธีการรับประทานข้าว จะประเมินจากค่าปริมาณการได้รับต่อวัน หรือ Estimate Daily Intake (EDI) และค่าสัดส่วนความเสี่ยงอันตราย (Target Hazard Quotient; THQ) โดยจะแบ่งเป็นการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพในเพศชายและเพศหญิง ในวัยผู้ใหญ่เท่านั้น เนื่องจากอัตราการบริโภคข้าวที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการ

$$EDI = \frac{C \times IR}{BW}$$

เมื่อ EDI คือ ปริมาณโลหะหนักที่ได้รับเฉลี่ยตลอดช่วงชีวิตจากการบริโภคข้าวที่ปนเปื้อน (มิลลิกรัม/กิโลกรัม-วัน)

C คือ ความเข้มข้นของการปนเปื้อนโลหะหนักในข้าว (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)

IR คือ อัตราการบริโภค (กิโลกรัม/วัน)

BW คือ น้ำหนักร่างกาย (กิโลกรัม)

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับโลหะหนักด้วยการรับประทานข้าว ใช้ค่าสัดส่วนความเสี่ยงอันตราย หรือ Target Hazard Quotient (THQ) เพื่อคาดการณ์โอกาสที่จะเกิดความเสี่ยง ซึ่งควรมีค่าน้อยกว่า 1 สามารถคำนวณได้ดังสมการ

$$THQ = \frac{EDI \times EF \times ED \times 10^{-3}}{RfD \times AT}$$

เมื่อ THQ คือ ค่าสัดส่วนความเสี่ยงอันตราย

EDI คือ ปริมาณโลหะหนักที่ได้รับเฉลี่ยตลอดช่วงชีวิตจากการบริโภคข้าวที่ปนเปื้อน (มิลลิกรัม/กิโลกรัม-วัน)

EF คือ ความถี่ในการได้รับสารพิษ (365 วัน)

ED คือ อายุเฉลี่ยของคน (70 ปี)

RfD คือ ค่า Reference Dose (มิลลิกรัม/กิโลกรัม-วัน)

AT คือ ระยะเวลาเฉลี่ยในการรับสัมผัส (365 x 70 (วัน))

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับโลหะหนักด้วยการรับประทานข้าวในเพศชายและเพศหญิง ทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วนความเสี่ยงที่จะได้รับในเพศที่แตกต่างกัน ด้วยวิธีวิเคราะห์สถิติ Independent Sample T-test กำหนดนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ($p < 0.01$)

ตาราง 9 ข้อมูลประกอบการประเมินความเสี่ยง

ตัวแปร	ค่าแนะนำ	หน่วย
C = ความเข้มข้นของการปนเปื้อน	จากการตรวจวัด	มิลลิกรัม/กิโลกรัม
R_I = อัตราการได้รับ	100	มิลลิกรัม/ชั่วโมง
K_M = แฟคเตอร์ที่ใช้แปลงค่าน้ำหนัก	10^{-6}	กิโลกรัม/มิลลิลิตร
F_I = สัดส่วนการได้รับจากแหล่งที่ปนเปื้อน	0.1	-
D_t = ช่วงเวลาในการสัมผัส	70	ปี
W_B = น้ำหนักร่างกาย	70	กิโลกรัม
t_{avg} = ช่วงเวลาเฉลี่ยที่สัมผัส	365 x 70	วัน
IR = อัตราการบริโภค	เพศชาย 0.43126 เพศหญิง 0.31928	กิโลกรัม/วัน
BW = น้ำหนักร่างกาย	เพศชาย 68.83 เพศหญิง 57.40	กิโลกรัม
EF = ความถี่ในการได้รับสารพิษ	365	วัน
ED = อายุเฉลี่ยของคน	70	ปี
AT = ระยะเวลาเฉลี่ยในการรับสัมผัส	365 x 70	วัน

ที่มา: Joseph F. Louvar และ B. Diane Louvar (1998)

บทที่ 4
ผลการศึกษา

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนัก ได้แก่ แคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี ในดินและข้าว ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเพาะปลูกข้าวที่มีการใช้สารเคมีทางการเกษตร นอกจากนั้นยังมีวัตถุประสงค์เพื่อวินิจฉัยความเสี่ยงอันตรายจากการปนเปื้อนโลหะหนัก และเพื่อประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์จากโลหะหนักในดินและข้าว บริเวณตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี โดยผลการศึกษาที่ได้จะสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลประกอบการจัดทำแนวทางการบริหารจัดการการใช้สารเคมีทางการเกษตร การกำหนดมาตรการป้องกันและลดการใช้สารเคมีทางการเกษตร หรือแนวทางการลดการปนเปื้อนของสารเคมีสู่สิ่งแวดล้อมให้กับเกษตรกรและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง รวมถึงยังใช้เป็นข้อมูลประกอบการอ้างอิงความปลอดภัยจากการปนเปื้อนโลหะหนักและความปลอดภัยต่อการบริโภคข้าวในพื้นที่ศึกษา ซึ่งผลการศึกษาประกอบด้วย

1. ผลการศึกษาการปนเปื้อนโลหะหนักในดินและข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

2. ผลการวินิจฉัยความเสี่ยงอันตรายจากการปนเปื้อนโลหะหนัก บริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

3. ผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์จากโลหะหนักในดินและข้าว บริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

1. ผลการศึกษาการปนเปื้อนโลหะหนักในดินและข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

การศึกษาการปนเปื้อนโลหะหนักในดินและข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี ผู้วิจัยได้มุ่งเน้นการศึกษาโลหะหนัก 4 ชนิด ได้แก่ แคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี ซึ่งเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ที่พบในสารเคมีทางการเกษตร โดยสุ่มเก็บตัวอย่างครอบคลุมพื้นที่ศึกษา จำนวน 10 จุด ผลการศึกษาประกอบด้วย การปนเปื้อนโลหะหนักในดิน การปนเปื้อนโลหะหนักในข้าว และการเปรียบเทียบความแตกต่างของการปนเปื้อนโลหะหนักในดินและข้าว ดังนี้

1.1 ผลการศึกษาการปนเปื้อนโลหะหนักในดิน

1.1.1 ผลการศึกษาปริมาณการปนเปื้อนแคดเมียมในดิน ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

ตาราง 10 แคดเมียมที่ปนเปื้อนในดิน ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณแคดเมียมในดิน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	%RSD	S.D.	Mean Abs
1	5.90	68.9	0.0026	0.19
2	5.95	68.8	0.0027	0.20
3	6.15	57.4	0.0025	0.22
4	6.75	42.5	0.0024	0.28
5	6.55	19.8	0.0010	0.26
6	5.95	45.3	0.0018	0.20
7	7.15	24.7	0.0016	0.32
8	6.85	25.5	0.0015	0.29
9	6.00	6.6	0.0003	0.20
10	6.00	26.1	0.0011	0.20
$\bar{X}$	6.33	-	-	-
p	.903	-	-	-
ค่ามาตรฐาน	762	-	-	-

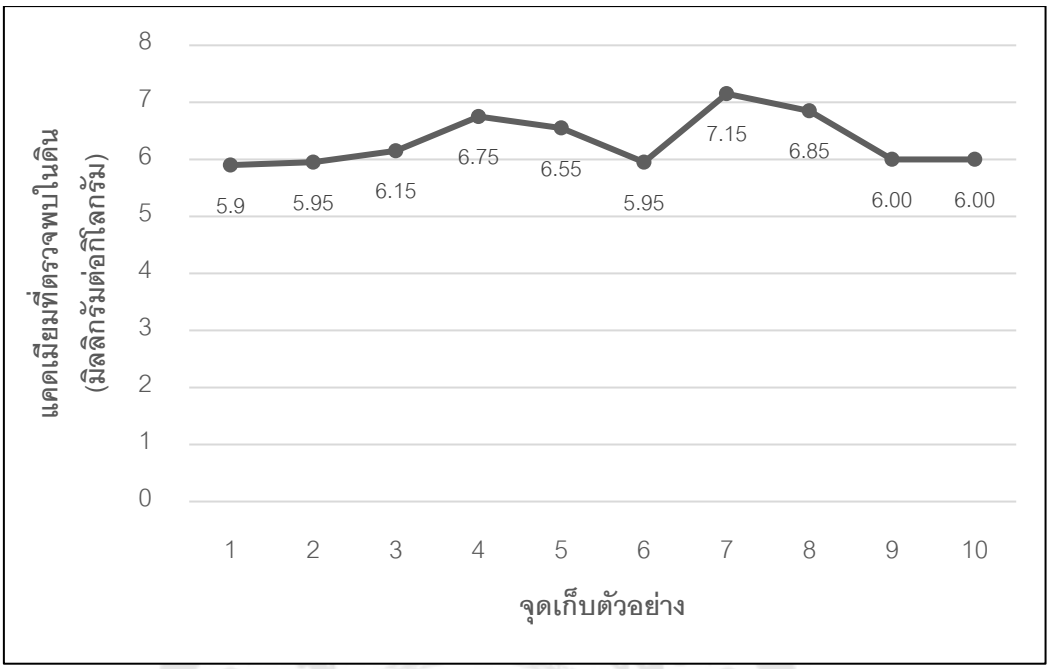
ตาราง 10 (ต่อ)

จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณแคดเมียมในดิน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	%RSD	S.D.	Mean Abs
LOD	0.39	-	-	-
LOQ	0.42	-	-	-

หมายเหตุ ค่ามาตรฐานเทียบเคียง คือ ค่ามาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการค้าขาย เกษตรกรรม และกิจการอื่น ๆ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปกป้องประชาชนกลุ่มวัยทำงาน รวมถึงเกษตรกรที่เพาะปลูกพืชสวนและพืชไร่ ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพดิน ประกาศ ณ วันที่ 6 มกราคม พ.ศ. 2564 (กรมควบคุมมลพิษ, 2564)

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 10 แสดงแคดเมียมที่ปนเปื้อนในดิน ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี ผลการศึกษาพบจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 พบแคดเมียมปนเปื้อน 5.90 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 พบแคดเมียมปนเปื้อน 5.95 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 พบแคดเมียมปนเปื้อน 6.15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 4 พบแคดเมียมปนเปื้อน 6.75 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 5 พบแคดเมียมปนเปื้อน 6.55 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 6 พบแคดเมียมปนเปื้อน 5.95 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 7 พบแคดเมียมปนเปื้อน 7.15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 8 พบแคดเมียมปนเปื้อน 6.85 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 9 พบแคดเมียมปนเปื้อน 6.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 10 พบแคดเมียมปนเปื้อน 6.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดังแสดงในภาพประกอบ 2 โดยค่าเฉลี่ยของปริมาณแคดเมียมทั้ง 10 จุดเก็บตัวอย่าง อยู่ที่ 6.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งการปนเปื้อนแคดเมียมในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) ปริมาณแคดเมียมต่ำสุดที่ตรวจพบ (LOD: Limit of Detection) เท่ากับ 0.39 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แคดเมียมต่ำสุดที่สามารถรายงานได้ในเชิงปริมาณ (LOQ: Limit of Quantitation) เท่ากับ 0.42 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานพบว่ามีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด คือ ไม่เกิน 762 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม



ภาพประกอบ 2 ปริมาณแคดเมียมในดินทั้ง 10 จุดเก็บตัวอย่าง

1.1.2 ผลการศึกษาการปนเปื้อนทองแดงในดิน ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

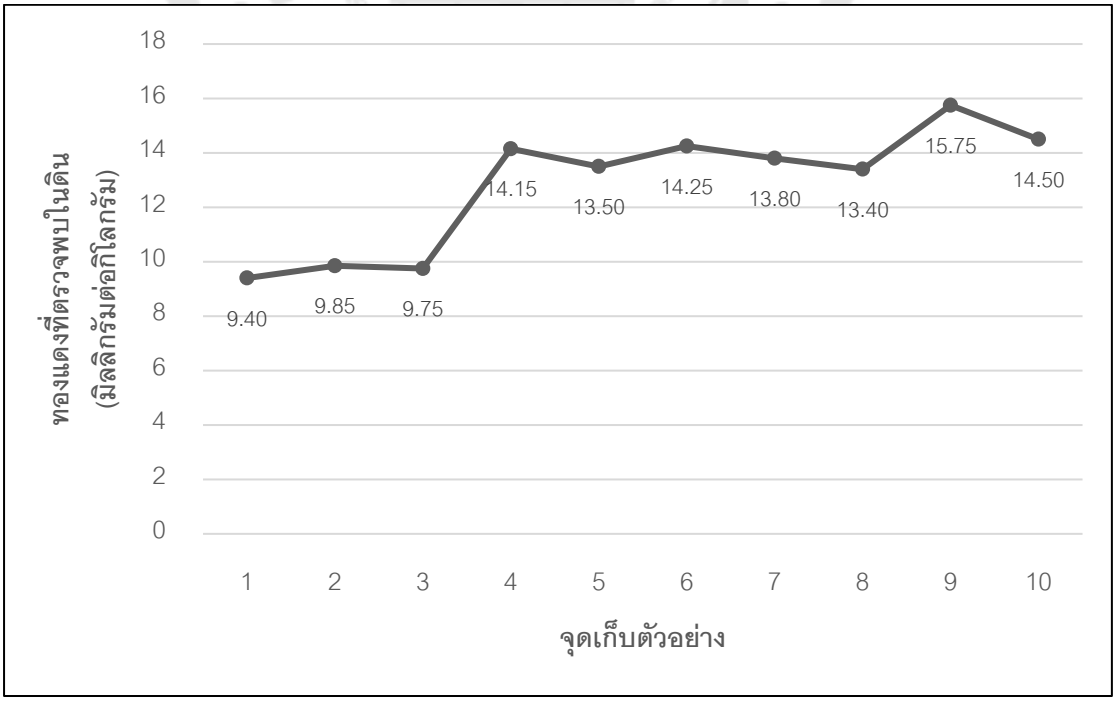
ตาราง 11 ทองแดงที่ปนเปื้อนในดิน ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณทองแดงในดิน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	%RSD	S.D.	Mean Abs
1	9.40	6.2	0.0006	0.67
2	9.85	6.8	0.0006	0.69
3	9.75	9.2	0.0009	0.69
4	14.15	3.1	0.0008	0.98
5	13.50	1.6	0.0010	0.94
6	14.25	1.5	0.0198	0.99
7	13.80	0.9	0.0192	0.96
8	13.40	5.0	0.0186	0.93
9	15.75	4.6	0.0218	1.09
10	14.50	3.9	0.0201	1.01
$\bar{X}$	12.84	-	-	-
p	.641	-	-	-
ค่ามาตรฐาน	35,040	-	-	-
LOD	0.05	-	-	-
LOQ	0.06	-	-	-

หมายเหตุ ค่ามาตรฐานเทียบเคียง คือ ค่ามาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการค้าขาย เกษตรกรรม และกิจการอื่น ๆ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปกป้องประชาชนกลุ่มวัยทำงาน รวมถึงเกษตรกรที่เพาะปลูกพืชสวนและพืชไร่ ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพดิน ประกาศ ณ วันที่ 6 มกราคม พ.ศ. 2564 (กรมควบคุมมลพิษ, 2564)

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 11 แสดงการปนเปื้อนทองแดงในดิน ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี ผลการศึกษาพบว่า จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 พบการปนเปื้อนทองแดง 9.40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 พบการปนเปื้อนทองแดง 9.85 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 พบการปนเปื้อนทองแดง 9.75 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 4 พบการปนเปื้อนทองแดง 14.15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 5 พบการปนเปื้อนทองแดง 13.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 6 พบการปนเปื้อนทองแดง 14.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 7 พบการปนเปื้อนทองแดง 13.80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 8 พบการปนเปื้อนทองแดง 13.40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 9 พบการปนเปื้อนทองแดง 15.75 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 10 พบการปนเปื้อนทองแดง 14.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดังแสดงในภาพประกอบ 3 โดยค่าเฉลี่ยของทองแดงที่พบทั้ง 10 จุดเก็บตัวอย่าง อยู่ที่ 12.84 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งการปนเปื้อนทองแดงในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) ทองแดงต่ำสุดที่ตรวจพบ (LOD: Limit of Detection) เท่ากับ 0.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณทองแดงต่ำสุดที่สามารถรายงานได้ในเชิงปริมาณ (LOQ: Limit of Quantitation) เท่ากับ 0.06 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานพบว่ามีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด คือ 35,040 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม



ภาพประกอบ 3 ปริมาณทองแดงในดินทั้ง 10 จุดเก็บตัวอย่าง

1.1.3 ผลการศึกษาการปนเปื้อนตะกั่วในดิน ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

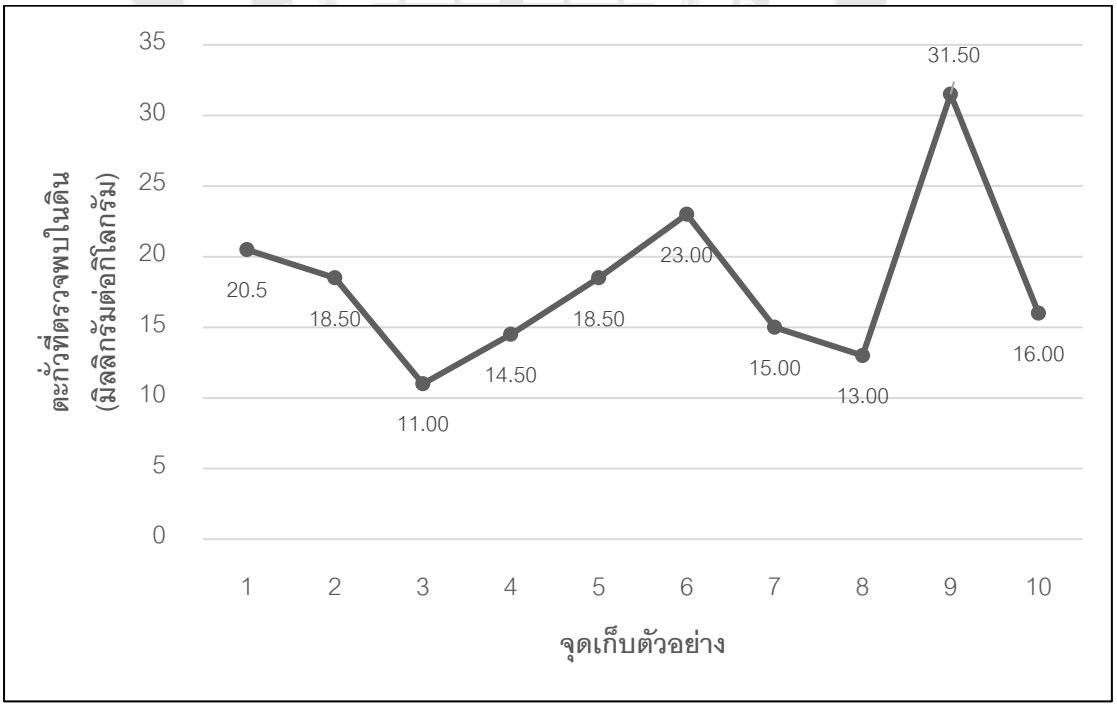
ตาราง 12 ตะกั่วที่ปนเปื้อนในดิน ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณตะกั่วในดิน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	%RSD	S.D.	Mean Abs
1	20.50	0.0	0.0000	0.02
2	18.50	>100	0.0006	0.01
3	11.00	>100	0.0020	0.10
4	14.50	>100	0.0015	0.06
5	18.50	>100	0.0030	0.00
6	23.00	0.0	0.0000	0.06
7	15.00	>100	0.0015	0.05
8	13.00	66.5	0.0010	0.08
9	31.50	0.0	0.0000	0.17
10	16.00	>100	0.0010	0.04
$\bar{X}$	18.15	-	-	-
p	.773	-	-	-
ค่ามาตรฐาน	800	-	-	-
LOD	0.25	-	-	-
LOQ	0.27	-	-	-

หมายเหตุ ค่ามาตรฐานเทียบเคียง คือ ค่ามาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการค้าขาย เกษตรกรรม และกิจการอื่น ๆ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปกป้องประชาชนกลุ่มวัยทำงาน รวมถึงเกษตรกรที่เพาะปลูกพืชสวนและพืชไร่ ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพดิน ประกาศ ณ วันที่ 6 มกราคม พ.ศ. 2564 (กรมควบคุมมลพิษ, 2564)

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 12 แสดงการปนเปื้อนตะกั่วในดิน ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี ผลการศึกษาพบว่า จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 พบการปนเปื้อนตะกั่ว 20.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 พบการปนเปื้อนตะกั่ว 18.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 พบการปนเปื้อนตะกั่ว 11.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 4 พบการปนเปื้อนตะกั่ว 14.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 5 พบการปนเปื้อนตะกั่ว 18.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 6 พบ 23.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 7 พบ 15.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 8 พบ 13.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 9 พบ 31.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 10 พบ 16.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดังแสดงในภาพประกอบ 4 โดยค่าเฉลี่ยของการปนเปื้อนตะกั่วทั้ง 10 จุดเก็บตัวอย่าง อยู่ที่ 18.15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งการปนเปื้อนตะกั่วในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) ปริมาณตะกั่วต่ำสุดที่ตรวจพบ (LOD: Limit of Detection) เท่ากับ 0.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณตะกั่วต่ำสุดที่สามารถรายงานได้ในเชิงปริมาณ (LOQ: Limit of Quantitation) เท่ากับ 0.27 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานพบว่ามีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด คือ 800 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม



ภาพประกอบ 4 ปริมาณตะกั่วในดินทั้ง 10 จุดเก็บตัวอย่าง

1.1.4 ผลการศึกษาการปนเปื้อนสังกะสีในดิน ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

ตาราง 13 สังกะสีที่ปนเปื้อนในดิน ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

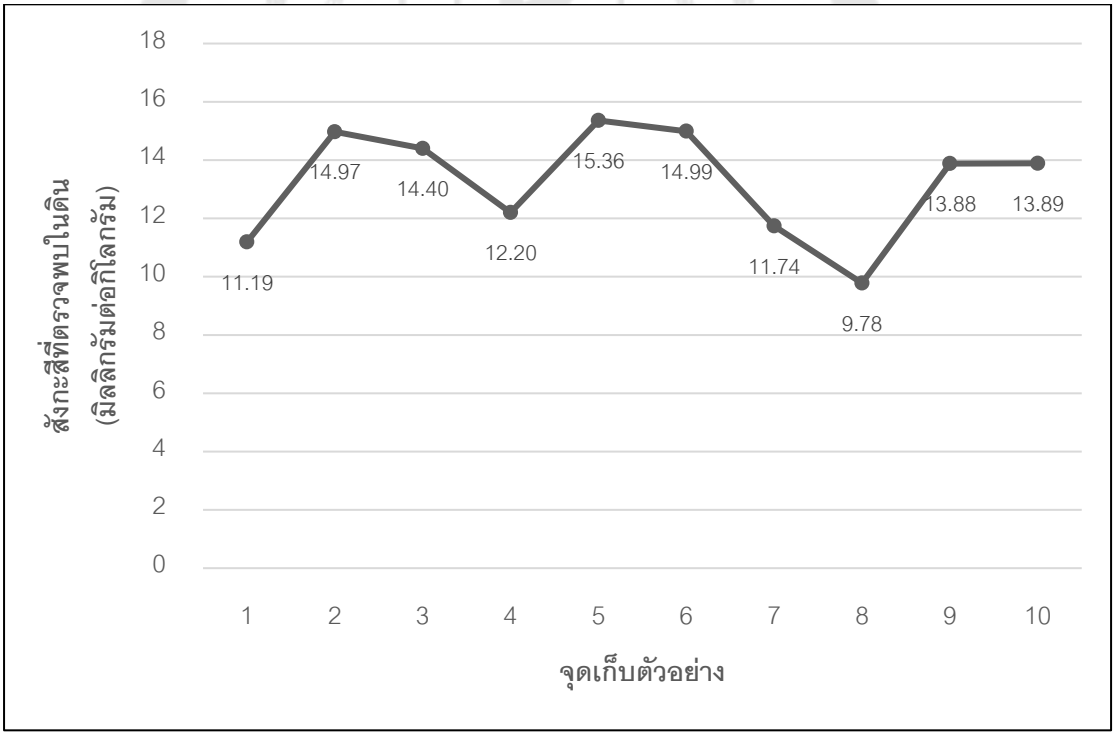
จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณสังกะสีในดิน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	%RSD	S.D.	Mean Abs
1	11.19	1.7	0.0006	1.88
2	14.97	2.4	0.0012	2.47
3	14.40	2.1	0.0010	2.38
4	12.20	6.2	0.0025	2.04
5	15.36	4.3	0.0022	2.53
6	14.99	1.7	0.0009	2.48
7	11.74	2.2	0.0009	1.97
8	9.78	7.6	0.0025	1.66
9	13.88	3.4	0.0016	2.30
10	13.89	2.4	0.0011	2.30
$\bar{X}$	13.24	-	-	-
p	.198	-	-	-
ค่ามาตรฐาน	23,600	-	-	-
LOD	0.14	-	-	-
LOQ	0.15	-	-	-

หมายเหตุ ค่ามาตรฐานเทียบเคียง คือ ค่ามาตรฐานโลหะหนักในดินสำหรับการใช้ประโยชน์ทางการเกษตรของสำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมสหรัฐอเมริกา (US EPA, 2002)

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 13 แสดงการปนเปื้อนสังกะสีในดิน ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี ผลการศึกษาพบว่า จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 พบการปนเปื้อนสังกะสีในดิน 11.19 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 พบการปนเปื้อนสังกะสี 14.97 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุด

เก็บตัวอย่างที่ 3 พบการปนเปื้อนสังกะสี 14.40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 4 พบการปนเปื้อนสังกะสี 12.20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 5 พบการปนเปื้อนสังกะสี 15.36 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 6 พบการปนเปื้อนสังกะสี 14.99 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 7 พบการปนเปื้อนสังกะสี 11.74 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 8 พบการปนเปื้อนสังกะสี 9.78 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 9 พบการปนเปื้อนสังกะสี 13.88 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 10 พบการปนเปื้อนสังกะสี 13.89 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดังแสดงในภาพประกอบ 5 ค่าเฉลี่ยของการปนเปื้อนสังกะสีในดิน ทั้ง 10 จุดเก็บตัวอย่าง อยู่ที่ 13.24 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งการปนเปื้อนสังกะสีในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) ปริมาณสังกะสีต่ำสุดที่ตรวจพบ (LOD: Limit of Detection) เท่ากับ 0.14 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณสังกะสีต่ำสุดที่สามารถรายงานได้ในเชิงปริมาณ (LOQ: Limit of Quantitation) เท่ากับ 0.15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานพบว่ามีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด คือ 23,600 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม



ภาพประกอบ 5 ปริมาณสังกะสีในดินทั้ง 10 จุดเก็บตัวอย่าง

1.2 ผลการศึกษาการปนเปื้อนโลหะหนักในข้าว

1.2.1 ผลการศึกษาการปนเปื้อนแคดเมียมในข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

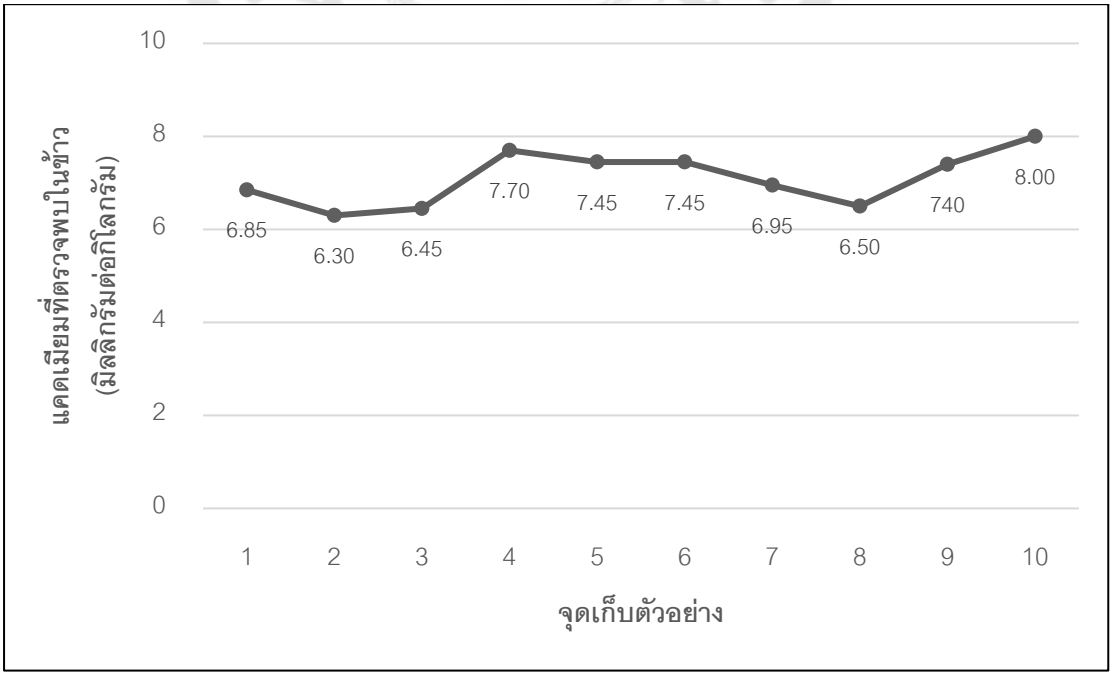
ตาราง 14 แคดเมียมที่ปนเปื้อนในข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณแคดเมียมในข้าว (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	%RSD	S.D.	Mean Abs
1	6.85	44.3	0.0026	0.29
2	6.30	21.5	0.0010	0.23
3	6.45	37.9	0.0019	0.25
4	7.70	28.5	0.0021	0.38
5	7.45	38.7	0.0027	0.35
6	7.45	10.1	0.0007	0.35
7	6.95	5.8	0.0003	0.30
8	6.50	10.1	0.0020	0.25
9	7.40	53.2	0.0037	0.35
10	8.00	33.1	0.0027	0.41
$\bar{X}$	7.11	-	-	-
p	.415	-	-	-
ค่ามาตรฐาน	0.1	-	-	-
LOD	0.21	-	-	-
LOQ	0.24	-	-	-

หมายเหตุ ค่ามาตรฐานเทียบเคียงตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 414 พ.ศ. 2563 เรื่อง มาตรฐานคุณภาพอาหารที่มีสารปนเปื้อน ประกาศ ณ วันที่ 20 มีนาคม พ.ศ. 2563 (กระทรวงสาธารณสุข, 2563)

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 14 แสดงการปนเปื้อนแคดเมียมในข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี ผลการศึกษาพบว่า จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 พบการปนเปื้อนแคดเมียมในข้าว 6.85 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 พบการปนเปื้อนแคดเมียม 6.30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 พบการปนเปื้อนแคดเมียม 6.45 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 4 พบการปนเปื้อนแคดเมียม 7.70 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 5 พบการปนเปื้อนแคดเมียม 7.45 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 6 พบการปนเปื้อนแคดเมียม 7.45 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 7 พบแคดเมียม 6.95 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 8 พบการปนเปื้อนแคดเมียม 6.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 9 พบแคดเมียม 7.40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 10 พบการปนเปื้อนแคดเมียม 8.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดังแสดงในภาพประกอบ 6 โดยค่าเฉลี่ยของการปนเปื้อนแคดเมียมในข้าว ทั้ง 10 จุดเก็บตัวอย่าง อยู่ที่ 7.11 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) ปริมาณแคดเมียมต่ำสุดที่ตรวจพบ (LOD: Limit of Detection) เท่ากับ 0.21 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณแคดเมียมต่ำสุดที่สามารถรายงานได้ในเชิงปริมาณ (LOQ: Limit of Quantitation) เท่ากับ 0.24 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อนำปริมาณแคดเมียมที่ตรวจพบไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานพบว่ามีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด คือ 0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในตัวอย่างข้าวทั้ง 10 จุด



ภาพประกอบ 6 ปริมาณแคดเมียมในข้าวทั้ง 10 จุดเก็บตัวอย่าง

1.2.2 ผลการศึกษาการปนเปื้อนทองแดงในข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

ตาราง 15 ทองแดงที่ปนเปื้อนในข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

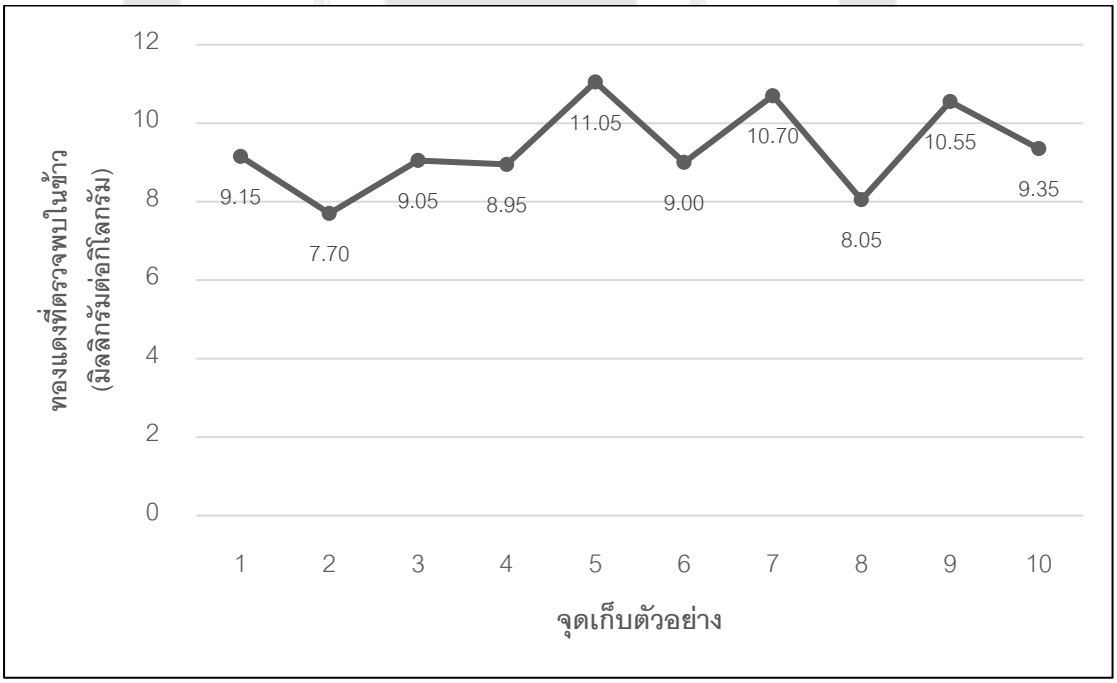
จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณทองแดงในข้าว (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	%RSD	S.D.	Mean Abs
1	9.15	6.2	0.0008	0.65
2	7.70	3.0	0.0003	0.55
3	9.05	4.3	0.0005	0.64
4	8.95	2.8	0.0004	0.63
5	11.05	4.7	0.0007	0.77
6	9.00	6.1	0.0008	0.64
7	10.70	1.6	0.0002	0.75
8	8.05	15.1	0.0017	0.57
9	10.55	8.9	0.0013	0.74
10	9.35	4.2	0.0006	0.66
$\bar{X}$	9.36	-	-	-
p	.624	-	-	-
ค่ามาตรฐาน	10	-	-	-
LOD	0.04	-	-	-
LOQ	0.05	-	-	-

หมายเหตุ ค่ามาตรฐานเทียบเคียง คือ มาตรฐานปริมาณสูงสุดของโลหะหนักในข้าวของสาธารณรัฐประชาชนจีน (China National Standards Management Department, 2006)

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 15 แสดงการปนเปื้อนทองแดงในข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี ผลการศึกษาพบว่า จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 ตรวจพบการปนเปื้อนทองแดงในข้าว 9.15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 พบการปนเปื้อนทองแดง 7.70 มิลลิกรัมต่อ

กิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 พบการปนเปื้อนทองแดง 9.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 4 พบการปนเปื้อนทองแดง 8.95 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 5 พบการปนเปื้อนทองแดง 11.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 6 มีปริมาณ 9.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 7 พบการปนเปื้อนทองแดง 10.70 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 8 พบการปนเปื้อนทองแดง 8.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 9 พบการปนเปื้อนทองแดง 10.55 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 10 พบการปนเปื้อนทองแดง 9.35 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดังแสดงในภาพประกอบ 7 โดยค่าเฉลี่ยของการปนเปื้อนทองแดง ทั้ง 10 จุดเก็บตัวอย่างอยู่ที่ 9.36 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) ปริมาณทองแดงต่ำสุดที่ตรวจพบ (LOD: Limit of Detection) เท่ากับ 0.04 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณทองแดงต่ำสุดที่สามารถรายงานได้ในเชิงปริมาณ (LOQ: Limit of Quantitation) เท่ากับ 0.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อนำปริมาณทองแดงที่ตรวจพบไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานพบว่ามีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด คือ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในตัวอย่างข้าว จำนวน 3 จุดเก็บตัวอย่าง ได้แก่ 5 7 และ 9



ภาพประกอบ 7 ปริมาณทองแดงในข้าวทั้ง 10 จุดเก็บตัวอย่าง

1.2.3 ผลการศึกษาการปนเปื้อนตะกั่วในข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

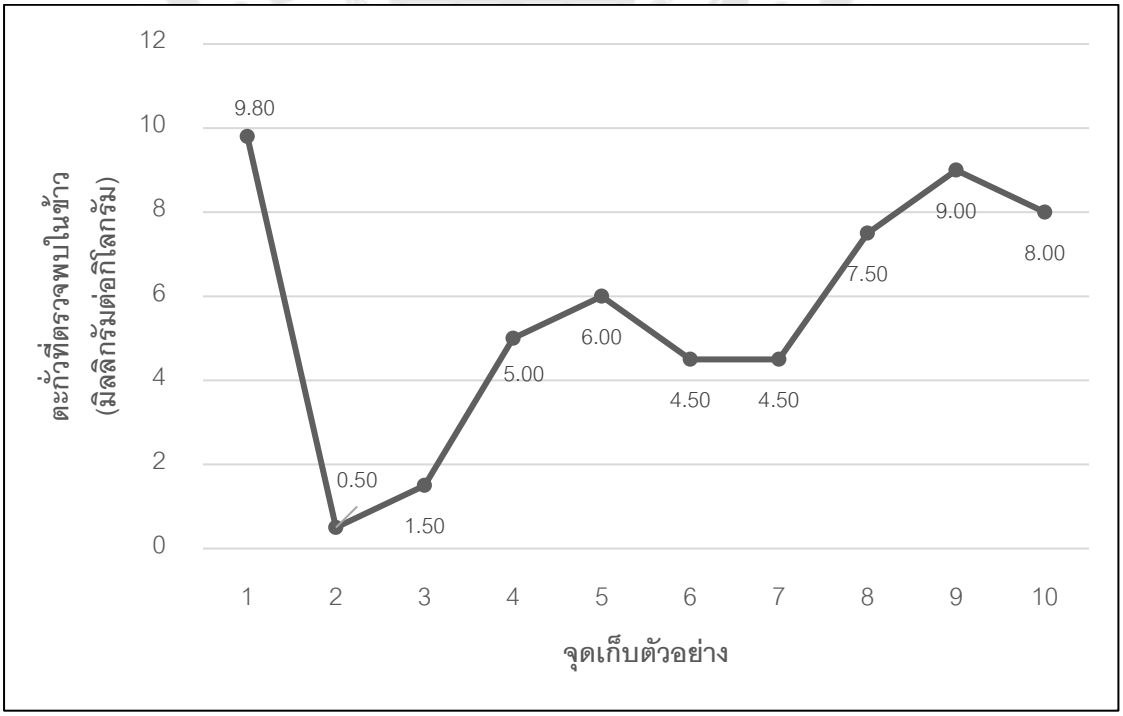
ตาราง 16 ตะกั่วที่ปนเปื้อนในข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณตะกั่วในข้าว (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	%RSD	S.D.	Mean Abs
1	9.80	61.0	0.0014	0.12
2	0.50	21.9	0.0011	0.25
3	1.50	15.0	0.0007	0.22
4	5.00	27.7	0.0010	0.18
5	6.00	76.7	0.0025	0.16
6	4.50	39.4	0.0014	0.18
7	4.50	38.1	0.0014	0.19
8	7.50	69.4	0.0020	0.15
9	9.00	68.4	0.0017	0.13
10	8.00	55.3	0.0015	0.14
$\bar{X}$	5.60	-	-	-
p	.526	-	-	-
ค่ามาตรฐาน	0.2	-	-	-
LOD	0.09	-	-	-
LOQ	0.12	-	-	-

หมายเหตุ ค่ามาตรฐานเทียบเคียงตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 414 พ.ศ. 2563 เรื่อง มาตรฐานคุณภาพอาหารที่มีสารปนเปื้อน ประกาศ ณ วันที่ 20 มีนาคม พ.ศ. 2563 (กระทรวงสาธารณสุข, 2563)

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 16 แสดงการปนเปื้อนตะกั่วในข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี พบว่า จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 พบการปนเปื้อนตะกั่ว 9.80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 พบการปนเปื้อนตะกั่ว 0.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 พบการปนเปื้อนตะกั่ว 1.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 4 พบการปนเปื้อนตะกั่ว 5.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 5 พบการปนเปื้อนตะกั่ว 6.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 6 พบการปนเปื้อนตะกั่ว 4.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 7 พบการปนเปื้อนตะกั่ว 4.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 8 พบการปนเปื้อนตะกั่ว 7.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 9 พบการปนเปื้อนตะกั่ว 9.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 10 พบการปนเปื้อนตะกั่ว 8.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดังแสดงในภาพประกอบ 8 โดยค่าเฉลี่ยของปริมาณการปนเปื้อนตะกั่วทั้ง 10 จุดเก็บตัวอย่าง อยู่ที่ 5.60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) ปริมาณตะกั่วต่ำสุดที่ตรวจพบ (LOD: Limit of Detection) เท่ากับ 0.09 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณตะกั่วต่ำสุดที่สามารถรายงานได้ในเชิงปริมาณ (LOQ: Limit of Quantitation) เท่ากับ 0.12 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อนำปริมาณตะกั่วที่ตรวจพบไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานพบว่ามีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด คือ 0.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในตัวอย่างข้าวทั้ง 10 จุด



ภาพประกอบ 8 ปริมาณตะกั่วในข้าวทั้ง 10 จุดเก็บตัวอย่าง

1.2.4 ผลการศึกษาการปนเปื้อนสังกะสีในข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

ตาราง 17 สังกะสีที่ปนเปื้อนในข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

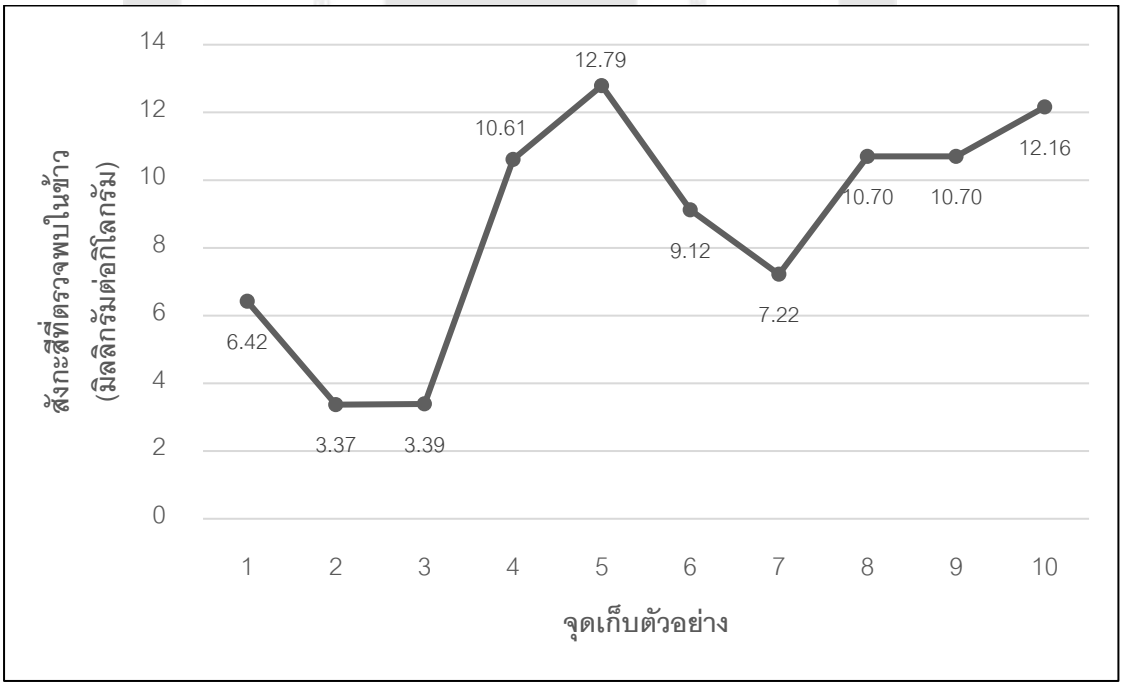
จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณสังกะสีในข้าว (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	%RSD	S.D.	Mean Abs
1	6.42	5.8	0.0013	1.14
2	3.37	12.8	0.0017	0.67
3	3.39	8.6	0.0012	0.67
4	10.61	4.8	0.0017	1.79
5	12.79	4.4	0.0019	2.13
6	9.12	7.4	0.0023	1.56
7	7.22	4.3	0.0011	1.27
8	10.70	2.5	0.0009	1.81
9	10.70	5.9	0.0021	1.81
10	12.16	1.4	0.0006	2.04
$\bar{X}$	8.65	-	-	-
p	.716	-	-	-
ค่ามาตรฐาน	20	-	-	-
LOD	0.06	-	-	-
LOQ	0.07	-	-	-

หมายเหตุ ค่ามาตรฐานเทียบเคียง คือ มาตรฐานปริมาณสูงสุดของโลหะหนักในข้าวของสาธารณรัฐประชาชนจีน (China National Standards Management Department, 2006)

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 17 แสดงการปนเปื้อนสังกะสีในข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี ผลการศึกษาพบว่า จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 พบการปนเปื้อนสังกะสีในข้าว 6.42 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 พบการปนเปื้อนสังกะสี 3.37 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุด

เก็บตัวอย่างที่ 3 พบการปนเปื้อนสังกะสี 3.39 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 4 พบการปนเปื้อนสังกะสี 10.61 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 5 พบการปนเปื้อนสังกะสี 12.79 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 6 พบการปนเปื้อนสังกะสี 9.12 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 7 พบการปนเปื้อนสังกะสี 7.22 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 8 พบการปนเปื้อนสังกะสี 10.70 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 9 พบการปนเปื้อนสังกะสี 10.70 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 10 พบการปนเปื้อนสังกะสี 12.16 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดังแสดงในภาพประกอบ 9 โดยค่าเฉลี่ยของการปนเปื้อนสังกะสี ทั้ง 10 จุดเก็บตัวอย่าง อยู่ที่ 8.65 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งการปนเปื้อนสังกะสีในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) ปริมาณสังกะสีต่ำสุดที่ตรวจพบ (LOD: Limit of Detection) เท่ากับ 0.06 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณสังกะสีต่ำสุดที่สามารถรายงานได้ในเชิงปริมาณ (LOQ: Limit of Quantitation) เท่ากับ 0.07 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อนำปริมาณสังกะสีที่ตรวจพบไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานพบว่ามีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด คือ 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในตัวอย่างข้าวทั้ง 10 จุด



ภาพประกอบ 9 ปริมาณสังกะสีในข้าวทั้ง 10 จุดเก็บตัวอย่าง

1.3 การศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างของการปนเปื้อนโลหะหนักในดินและข้าว

การศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างของการปนเปื้อนโลหะหนักในดินและข้าว เพื่อนำไปสู่การคาดการณ์ความสัมพันธ์ของโลหะหนักที่ปนเปื้อนในดินจากการใช้สารเคมีทางการเกษตรที่อาจถูกดูดซับด้วยระบบรากของต้นข้าวไปสู่เมล็ดข้าวได้ ซึ่งการเปรียบเทียบความแตกต่างของการปนเปื้อนโลหะหนักในดินและข้าวจะใช้การวิเคราะห์ทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) ผลการศึกษาแสดงดังตาราง 18

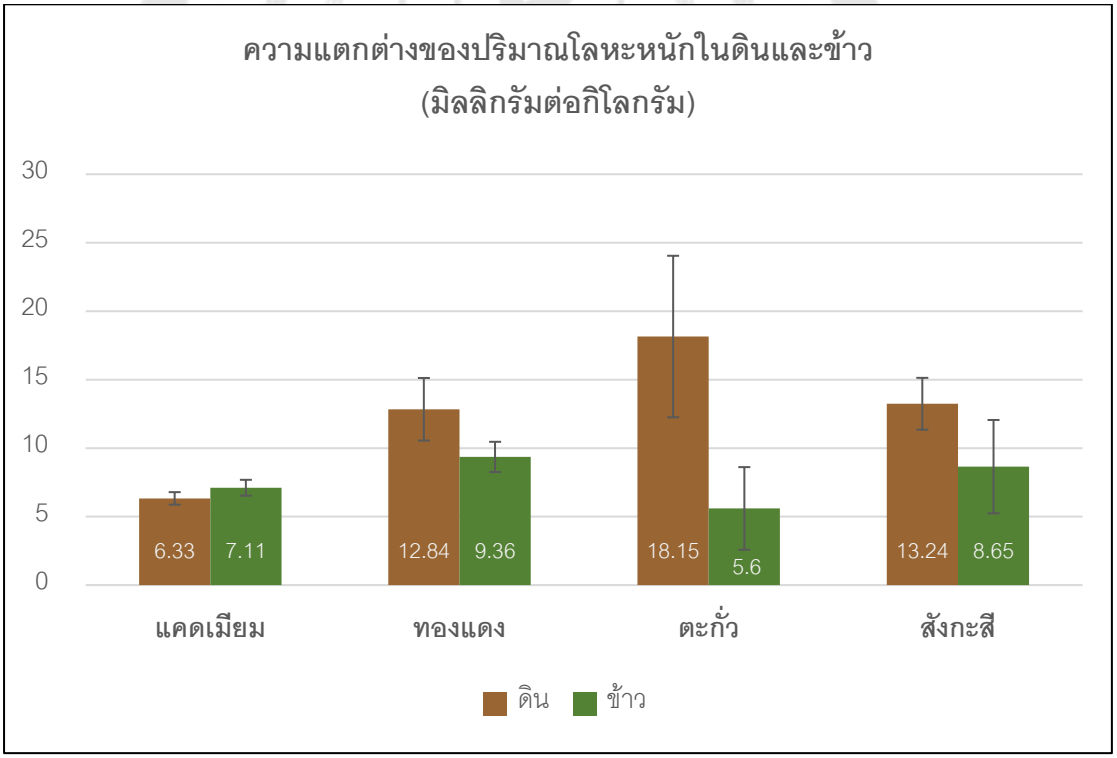
ตาราง 18 ความแตกต่างของการปนเปื้อนโลหะหนักในดินและข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

	ตัวอย่าง	N	Mean	S.D.	t	p
แคดเมียม	ดิน	10	6.33	0.46	-3.342	.004
	ข้าว	10	7.11	0.58		
ทองแดง	ดิน	10	12.84	2.28	4.339	.001
	ข้าว	10	9.36	1.10		
ตะกั่ว	ดิน	10	18.15	5.90	5.991	.000
	ข้าว	10	5.60	3.02		
สังกะสี	ดิน	10	13.24	1.89	3.726	.002
	ข้าว	10	8.65	3.41		

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 18 และภาพประกอบ 10 แสดงความแตกต่างของการปนเปื้อนโลหะหนักจำนวน 4 ชนิด ได้แก่ แคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี ในดินและข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี ซึ่งแบ่งเป็นตัวอย่างดิน จำนวน 10 ตัวอย่าง และตัวอย่างข้าว จำนวน 10 ตัวอย่าง โดยในตัวอย่างดินและข้าวจะมาจากจุดเก็บตัวอย่างเดียวกัน ผลการศึกษาพบว่า แคดเมียมที่ตรวจพบในดิน มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 6.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แคดเมียมที่ตรวจพบในข้าว มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 7.11 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จากการทดสอบทางสถิติพบว่าการปนเปื้อนแคดเมียมในดินและข้าว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) ผลการศึกษาความแตกต่างจากการปนเปื้อนทองแดง พบว่าทองแดงที่ตรวจพบในดิน มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 12.84 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทองแดงที่ตรวจพบในข้าว มีค่าเฉลี่ยอยู่

ที่ 9.36 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จากการทดสอบทางสถิติ พบว่า การปนเปื้อนทองแดงในดินและข้าว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) ผลการศึกษาความแตกต่างจากการปนเปื้อนตะกั่ว พบว่าตะกั่วที่ตรวจพบในดิน มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 18.15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตะกั่วที่ตรวจพบในข้าว มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จากการทดสอบทางสถิติ พบว่าการปนเปื้อนตะกั่วในดินและข้าว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) ผลการศึกษาความแตกต่างจากการปนเปื้อนสังกะสี พบว่าสังกะสีที่ตรวจพบในดิน มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 13.24 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สังกะสีที่ตรวจพบในข้าว มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 8.65 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จากการทดสอบทางสถิติ พบว่าการปนเปื้อนสังกะสีในดินและข้าว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) จากผลการทดสอบทางสถิติที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า การปนเปื้อนแคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี ในดินและข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งการปนเปื้อน โลหะหนักดังกล่าวในดินจะส่งผลต่อการปนเปื้อนโลหะหนักในข้าวด้วย



ภาพประกอบ 10 ความแตกต่างของปริมาณการปนเปื้อนโลหะหนักในดินและข้าว

2. ผลการวินิจฉัยความเสี่ยงอันตรายจากการปนเปื้อนโลหะหนัก บริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

การวินิจฉัยความเสี่ยงอันตรายจากการปนเปื้อนโลหะหนัก บริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี เป็นขั้นตอนในการระบุถึงความเป็นอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการปนเปื้อนโลหะหนักในพื้นที่ศึกษา เพื่อนำไปสู่การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับโลหะหนักในพื้นที่ดังกล่าว ผู้วิจัยได้คัดกรองและเรียงลำดับปริมาณความเข้มข้นและความเป็นพิษของสารออกมาในรูปแบบค่าความเข้มข้นทางเคมี (Chemical Score) และประเมินโลหะหนักที่มีระดับความเข้มข้นทางเคมีสะสมเข้าใกล้ร้อยละ 99 ระบุเป็นโลหะหนักที่มีความเสี่ยงอันตรายสูงที่สุด ผลการวินิจฉัยความเสี่ยงอันตรายแสดงดังตาราง 19

ตาราง 19 การวินิจฉัยความเสี่ยงอันตรายจากการปนเปื้อนโลหะหนัก บริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

ตัวอย่าง	โลหะหนัก	ค่าความเข้มข้นทางเคมี	ค่าความเข้มข้นทางเคมีสะสม	ร้อยละ
ดิน	แคดเมียม	14,300	14,300	53.96
	ตะกั่ว	9,000	23,300	87.92
	ทองแดง	3,150	26,450	99.81
	สังกะสี	51	26,501	100.00
ข้าว	แคดเมียม	15,400	15,400	75.61
	ตะกั่ว	2,714	18,114	88.94
	ทองแดง	2,210	20,324	99.79
	สังกะสี	43	20,367	100.00

จากตาราง 19 ผลการวินิจฉัยความเสี่ยงอันตรายจากการปนเปื้อนโลหะหนัก บริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี พบว่าในดินที่ปนเปื้อนโลหะหนัก มีค่าความเข้มข้นทางเคมีของแคดเมียมสูงที่สุดอยู่ที่ 14,300 รองลงมา คือ ตะกั่ว มีค่าความเข้มข้นทางเคมีอยู่ที่ 9,000 ทองแดง มีค่าความเข้มข้นทางเคมีอยู่ที่ 3,150 และสังกะสี มีค่าความเข้มข้นทางเคมีอยู่ที่ 51 เมื่อคำนวณความเข้มข้นทางเคมีสะสมพบว่าแคดเมียม มีค่าความเข้มข้นทางเคมีสะสมอยู่ที่ 14,300 คิดเป็นร้อยละ 53.96 ตะกั่วมีค่าความเข้มข้นทางเคมีสะสม 23,300 คิดเป็นร้อยละ 87.92 ทองแดงมีค่าความเข้มข้นทางเคมีสะสม 26,450 คิดเป็นร้อยละ

99.81 และสังกะสีมีค่าความเข้มข้นทางเคมีสะสม 26,501 คิดเป็นร้อยละ 100 ดังนั้นความเสี่ยงอันตรายจากการปนเปื้อน โลหะหนักในดิน บริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี จะเกิดขึ้นได้มากที่สุดจากโลหะหนักจำพวกทองแดง สังกะสี ตะกั่ว และแคดเมียม ตามลำดับ ผลการวินิจฉัยความเสี่ยงอันตรายจากการปนเปื้อนโลหะหนักในข้าว มีค่าความเข้มข้นทางเคมีของแคดเมียมสูงที่สุดอยู่ที่ 15,400 รองลงมา คือ ตะกั่ว มีค่าความเข้มข้นทางเคมี 2,714 ทองแดง มีค่าความเข้มข้นทางเคมี 2,210 และสังกะสี มีค่าความเข้มข้นทางเคมี 43 เมื่อคำนวณความเข้มข้นทางเคมีสะสมพบว่าแคดเมียม มีค่าความเข้มสะสมอยู่ที่ 15,400 คิดเป็นร้อยละ 75.61 ตะกั่ว มีค่าความเข้มข้นทางเคมีสะสม 18,114 คิดเป็นร้อยละ 88.94 ทองแดง มีค่าความเข้มข้นทางเคมีสะสม 20,324 คิดเป็นร้อยละ 99.79 และสังกะสี มีค่าความเข้มข้นทางเคมีสะสม 20,367 คิดเป็นร้อยละ 100 ดังนั้นความเสี่ยงอันตรายจากการปนเปื้อนโลหะหนักในข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี จะเกิดขึ้นได้มากที่สุดจากโลหะหนักจำพวกทองแดง สังกะสี ตะกั่ว และแคดเมียม ตามลำดับ ซึ่งผลการวินิจฉัยความเสี่ยงอันตรายจากการปนเปื้อนโลหะหนักในดินและข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี มีความสอดคล้องในทิศทางเดียวกัน

3. ผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์จากโลหะหนักในดินและข้าว บริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์จากโลหะหนักในดินและข้าว บริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี เป็นการประเมินโดยใช้ข้อมูลจากการตรวจสอบปริมาณการปนเปื้อนโลหะหนัก 4 ชนิด ได้แก่ แคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี และผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพในการศึกษานี้ เป็นการประเมินเฉพาะการรับสัมผัสของผู้ใหญ่เท่านั้น ซึ่งค่าสัดส่วนความเสี่ยงในดิน จะแสดงในรูปแบบ Hazard Quotient: HQ ส่วนการประเมินจากการสัมผัสโลหะหนักในข้าว จะประเมินในรูปแบบ Target Hazard Quotient: THQ โดยค่าสัดส่วนความเสี่ยงที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ต้องน้อยกว่า 0.1 และการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสโลหะหนักในข้าว จะแบ่งเป็น ความเสี่ยงต่อสุขภาพของเพศชาย และความเสี่ยงต่อสุขภาพของเพศหญิง เนื่องจากมีอัตราการบริโภคข้าวที่แตกต่างกัน ผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์จากโลหะหนักในดินและข้าว บริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี แสดงดังตาราง 20 และ ตาราง 21

ตาราง 20 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์จากโลหะหนักในดิน บริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

ชนิดโลหะหนัก	ปัจจัยการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ	ผลการวิเคราะห์
แคดเมียม	ปริมาณโลหะหนักที่ร่างกายได้รับจากดิน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	9.04E-07 ± 6.55E-08
	ค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Hazard Quotient: HQ)	0.0018
	ความเสี่ยงจากการสัมผัส	ไม่มีความเสี่ยง
ทองแดง	ปริมาณโลหะหนักที่ร่างกายได้รับจากดิน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	1.83E-06 ± 3.26E-07
	ค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Hazard Quotient: HQ)	0.0004
	ความเสี่ยงจากการสัมผัส	ไม่มีความเสี่ยง

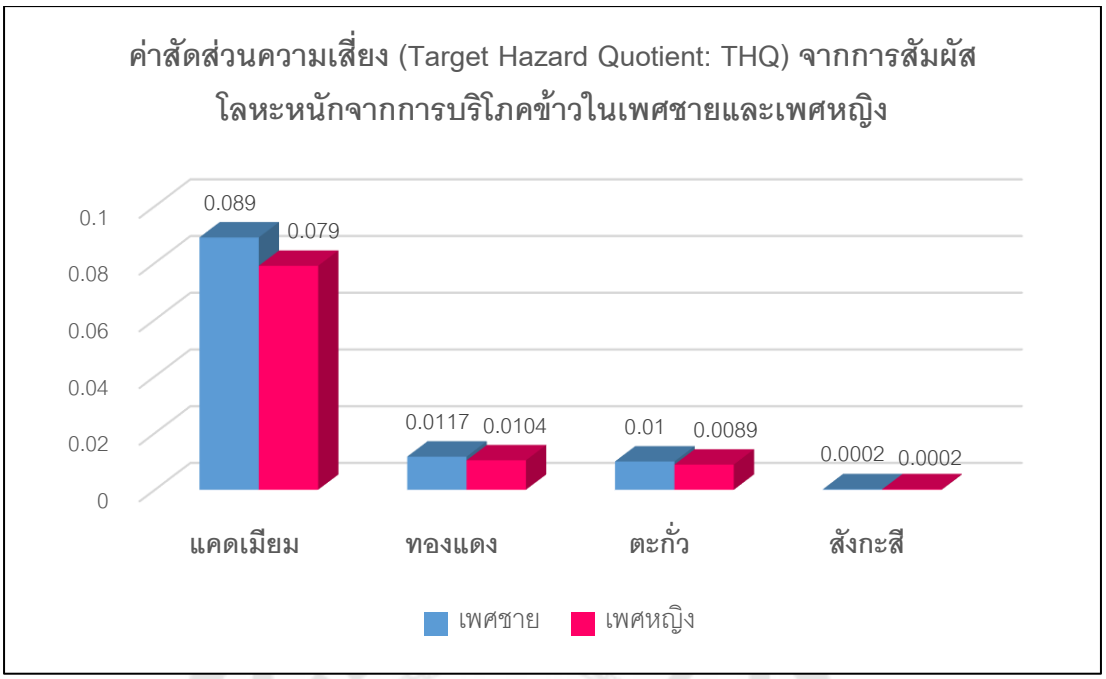
ตาราง 20 (ต่อ)

ชนิดโลหะหนัก	ปัจจัยการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ	ผลการวิเคราะห์
ตะกั่ว	ปริมาณโลหะหนักที่ร่างกายได้รับจากดิน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	2.59E-06 ± 8.43E-07
	ค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Hazard Quotient: HQ)	0.0007
	ความเสี่ยงจากการสัมผัส	ไม่มีความเสี่ยง
สังกะสี	ปริมาณโลหะหนักที่ร่างกายได้รับจากดิน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	1.90E-06 ± 2.70E-07
	ค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Hazard Quotient: HQ)	0.000006
	ความเสี่ยงจากการสัมผัส	ไม่มีความเสี่ยง

จากตาราง 20 แสดงผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์จากโลหะหนักในดิน บริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี ผลการศึกษาพบว่า แคดเมียมที่ร่างกายได้รับจากดินอยู่ที่ 0.000000904 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าสัดส่วนความเสี่ยงเท่ากับ 0.0018 จึงไม่มีความเสี่ยงหากสัมผัสดินที่ปนเปื้อนแคดเมียมบริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี ผลการศึกษาทองแดงที่ร่างกายได้รับจากดินอยู่ที่ 0.00000183 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าสัดส่วนความเสี่ยงเท่ากับ 0.0004 จึงไม่มีความเสี่ยงหากสัมผัสดินที่ปนเปื้อนทองแดงบริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าวตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี ผลการศึกษาตะกั่วที่ร่างกายได้รับจากดินอยู่ที่ 0.00000259 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าสัดส่วนความเสี่ยงเท่ากับ 0.0007 จึงไม่มีความเสี่ยงหากสัมผัสดินที่ปนเปื้อนตะกั่วบริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี และผลการศึกษาสังกะสีที่ร่างกายได้รับจากดินอยู่ที่ 0.0000019 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าสัดส่วนความเสี่ยงเท่ากับ 0.000006 จึงไม่มีความเสี่ยงหากสัมผัสดินที่ปนเปื้อนสังกะสีบริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

ตาราง 21 ผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์จากโลหะหนักในข้าว บริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

ชนิดโลหะหนัก	ปัจจัยการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ	ผลการวิเคราะห์	
		เพศชาย	เพศหญิง
แคดเมียม	ปริมาณโลหะหนักที่ได้รับจากการบริโภคข้าว (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	4.45E-02 ± 3.62E-03	3.95E-02 ± 3.22E-03
	ค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Target Hazard Quotient: THQ)	0.0890	0.0790
	ความเสี่ยงจากการสัมผัส		ไม่มีความเสี่ยง
ทองแดง	ปริมาณโลหะหนักที่ได้รับจากการบริโภคข้าว (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	5.86E-02 ± 6.92E-03	5.20E-02 ± 6.14E-03
	ค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Target Hazard Quotient: THQ)	0.0117	0.0104
	ความเสี่ยงจากการสัมผัส		ไม่มีความเสี่ยง
ตะกั่ว	ปริมาณโลหะหนักที่ได้รับจากการบริโภคข้าว (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	3.51E-02 ± 1.89E-02	3.11E-02 ± 1.68E-02
	ค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Target Hazard Quotient: THQ)	0.0100	0.0089
	ความเสี่ยงจากการสัมผัส		ไม่มีความเสี่ยง
สังกะสี	ปริมาณโลหะหนักที่ได้รับจากการบริโภคข้าว (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	5.42E-02 ± 2.13E-02	4.81E-02 ± 1.90E-02
	ค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Target Hazard Quotient: THQ)	0.0002	0.0002
	ความเสี่ยงจากการสัมผัส		ไม่มีความเสี่ยง



ภาพประกอบ 11 ค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Target Hazard Quotient: THQ) จากการสัมผัสโลหะหนักจากการบริโภคข้าวในเพศชายและเพศหญิง

ตาราง 22 ผลการเปรียบเทียบความเสี่ยงต่อสุขภาพในเพศชายและเพศหญิงจากการสัมผัสโลหะหนักในข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

	เพศ	N	Mean	S.D.	t	p
แคดเมียม	ชาย	10	0.0890	0.0073	3.255	.004
	หญิง	10	0.0790	0.0064		
ทองแดง	ชาย	10	0.0117	0.0014	2.222	.039
	หญิง	10	0.0104	0.0012		
ตะกั่ว	ชาย	10	0.0100	0.0054	0.496	.626
	หญิง	10	0.0089	0.0048		
สังกะสี	ชาย	10	0.0002	0.0001	1.053	.306
	หญิง	10	0.0002	0.0001		

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 21 แสดงผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์จากโลหะหนักในข้าว บริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

ภาพประกอบ 11 แสดงค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Target Hazard Quotient: THQ) จากการสัมผัสโลหะหนักจากการบริโภคข้าวในเพศชายและเพศหญิง และตาราง 22 แสดงผลการเปรียบเทียบความเสี่ยงต่อสุขภาพในเพศชายและเพศหญิงจากการสัมผัสโลหะหนักในข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี ผลการศึกษาพบว่า แคดเมียมที่ร่างกายได้รับจากการรับประทานข้าวในเพศชายเท่ากับ 0.045 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าสัดส่วนความเสี่ยงเท่ากับ 0.0890 จึงไม่มีความเสี่ยงหากรับประทานข้าวที่ปนเปื้อนแคดเมียมจากบริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี สำหรับปริมาณแคดเมียมที่ร่างกายได้รับจากการรับประทานข้าวในเพศหญิงเท่ากับ 0.0395 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าสัดส่วนความเสี่ยงเท่ากับ 0.0790 จึงไม่มีความเสี่ยงหากรับประทานข้าวที่ปนเปื้อนแคดเมียมจากบริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างการสัมผัสแคดเมียมในข้าว พบว่า เพศชายและเพศหญิงสัดส่วนความเสี่ยงต่อสุขภาพแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ($p < 0.01$) ผลการศึกษาทองแดงที่ร่างกายได้รับจากการรับประทานข้าวในเพศชายเท่ากับ 0.0586 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าสัดส่วนความเสี่ยงเท่ากับ 0.0117 จึงไม่มีความเสี่ยงหากรับประทานข้าวที่ปนเปื้อนทองแดง บริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าวตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี สำหรับปริมาณทองแดงที่ร่างกายได้รับจากการรับประทานข้าวในเพศหญิงเท่ากับ 0.0520 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าสัดส่วนความเสี่ยงเท่ากับ 0.0104 จึงไม่มีความเสี่ยงหากรับประทานข้าวที่ปนเปื้อนทองแดงบริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างการสัมผัสทองแดงในข้าว พบว่า ในเพศชายและเพศหญิง สัดส่วนความเสี่ยงต่อสุขภาพไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ($p < 0.01$) ผลการศึกษาตะกั่วที่ร่างกายได้รับจากการรับประทานข้าวในเพศชายเท่ากับ 0.0351 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าสัดส่วนความเสี่ยงเท่ากับ 0.0100 จึงไม่มีความเสี่ยงหากรับประทานข้าวที่ปนเปื้อนตะกั่วบริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี สำหรับปริมาณตะกั่วที่ร่างกายได้รับจากการรับประทานข้าวในเพศหญิงเท่ากับ 0.0311 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าสัดส่วนความเสี่ยงเท่ากับ 0.0089 จึงไม่มีความเสี่ยงหากรับประทานข้าวที่ปนเปื้อนตะกั่วบริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างการสัมผัสตะกั่วในข้าว พบว่า เพศชายและเพศหญิงสัดส่วนความเสี่ยงต่อสุขภาพไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ($p < 0.01$) และผลการศึกษาสังกะสีที่ร่างกายได้รับจากการรับประทานข้าวในเพศชายเท่ากับ 0.0542 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าสัดส่วนความเสี่ยงเท่ากับ 0.0002 จึงไม่มีความเสี่ยงหาก

รับประทานข้าวที่ปนเปื้อนสังกะสีบริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี สำหรับสังกะสีที่ร่างกายได้รับจากการรับประทานข้าวในเพศหญิงเท่ากับ 0.0481 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าสัดส่วนความเสี่ยงเท่ากับ 0.0002 จึงไม่มีความเสี่ยงหากรับประทานข้าวที่ปนเปื้อนสังกะสีบริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างการสัมผัสสังกะสีในข้าว พบว่า ในเพศชายและเพศหญิงสัดส่วนความเสี่ยงต่อสุขภาพไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ($p < 0.01$)

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การประเมินความเสี่ยงจากการปนเปื้อนสารเคมีทางการเกษตรในดินและข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี จากการตรวจสอบในเบื้องต้นพบการปนเปื้อนของโลหะหนักซึ่งเป็นส่วนประกอบในสารเคมีทางการเกษตร งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการตรวจสอบการปนเปื้อนโลหะหนัก ได้แก่ แคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี ในดินและข้าว และวินิจฉัยความเสี่ยงอันตรายจากการปนเปื้อนโลหะหนักดังกล่าว เพื่อนำไปสู่การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์จากโลหะหนักในดินและข้าว บริเวณตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี หลังจากได้ผลการศึกษาแล้ว สามารถสรุปผลการศึกษาโดยแบ่งหัวข้อในการสรุปผลได้ดังต่อไปนี้

1. สรุปผลการวิจัย
2. อภิปรายผลการวิจัย
3. ข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาการปนเปื้อนโลหะหนักในดินและข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

ผลการศึกษาปริมาณการปนเปื้อนโลหะหนักในดิน ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี พบแคดเมียมในดิน มีค่าอยู่ในช่วง 5.90 – 7.15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 6.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และการปนเปื้อนแคดเมียมในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) ผลการตรวจสอบการปนเปื้อนทองแดง พบทองแดงในดิน มีค่าอยู่ในช่วง 9.40 – 15.75 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 12.84 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และการปนเปื้อนทองแดงในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) ผลการตรวจสอบการปนเปื้อนตะกั่ว พบตะกั่วในดินมีค่าอยู่ในช่วง 11.00 – 31.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 18.15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และการปนเปื้อนตะกั่วในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) และผลการตรวจสอบการปนเปื้อนสังกะสี พบสังกะสีในดิน มีค่าอยู่ในช่วง 9.78 – 15.36 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 13.24 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และการปนเปื้อนสังกะสีในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความ

เชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) เมื่อนำผลการปนเปื้อนโลหะหนัก (แคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี) เทียบเคียงกับค่ามาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตรกรรม พบว่าโลหะหนักที่ปนเปื้อนในดินบริเวณพื้นที่ศึกษามีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน เมื่อจัดลำดับโลหะหนักในดินเฉลี่ยสูงสุดไปต่ำสุด ได้ดังนี้ 1) ตะกั่ว 2) สังกะสี 3) ทองแดง และ 4) แคดเมียม

ผลการศึกษาการปนเปื้อนโลหะหนักในข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี พบแคดเมียมในข้าว มีค่าอยู่ในช่วง 6.30 – 8.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 7.11 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และการปนเปื้อนแคดเมียมในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) พบทองแดงในข้าวมีค่าอยู่ในช่วง 7.70 – 11.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 9.36 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และการปนเปื้อนทองแดงในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) พบตะกั่วในข้าว มีค่าอยู่ในช่วง 0.50 – 9.80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และการปนเปื้อนตะกั่วในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) พบสังกะสีในข้าว มีค่าอยู่ในช่วง 3.37 – 12.79 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 8.65 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และการปนเปื้อนสังกะสีในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) การปนเปื้อนโลหะหนัก (แคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี) ที่ตรวจพบในข้าวเทียบเคียงกับค่ามาตรฐานที่กำหนดปริมาณสูงสุดที่พบได้ในข้าว พบว่าการปนเปื้อนแคดเมียมจากตัวอย่างข้าวทั้ง 10 จุดในพื้นที่ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน คือ 0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และยังมีการปนเปื้อนทองแดงในจุดเก็บตัวอย่างข้าวที่ 5 7 และ 9 มีค่าสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ให้ไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อีกทั้งการปนเปื้อนตะกั่วทั้ง 10 จุดเก็บตัวอย่าง มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด คือ 0.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับการปนเปื้อนสังกะสีในข้าว พบว่ามีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ทั้ง 10 จุดเก็บตัวอย่าง เมื่อจัดลำดับโลหะหนักปนเปื้อนในข้าวเฉลี่ยสูงสุดไปต่ำสุด ได้ดังนี้ 1) ทองแดง 2) สังกะสี 3) แคดเมียม และ 4) ตะกั่ว

เมื่อนำผลการปนเปื้อนโลหะหนักในดินและในข้าวมาประเมินความสัมพันธ์ เพื่อคาดการณ์ความสัมพันธ์ของโลหะหนักที่ปนเปื้อนในดินจากการใช้สารเคมีทางการเกษตรที่อาจจะถูกดูดซึมด้วยระบบรากของต้นข้าวไปสู่เมล็ดข้าวได้ ซึ่งผลการศึกษาพบว่าการปนเปื้อนโลหะหนัก (แคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี) ในดินและข้าว มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) กล่าวคือ การปนเปื้อนโลหะหนักในดินจะส่งผลต่อการปนเปื้อนโลหะหนักในข้าวที่ปลูกในพื้นที่เดียวกันด้วย

2. ผลการวินิจฉัยความเสี่ยงอันตรายจากการปนเปื้อนโลหะหนัก บริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

การวินิจฉัยความเสี่ยงอันตรายในดินที่ปนเปื้อนโลหะหนัก พบความเข้มข้นทางเคมีของแคดเมียมสูงที่สุด รองลงมาคือ ตะกั่ว ทองแดง และสังกะสี โดยค่าความเข้มข้นทางเคมีอยู่ที่ 14,300 9,000 3,150 และ 51 ตามลำดับ เมื่อคำนวณความเข้มข้นทางเคมีสะสมในดิน พบว่า แคดเมียม มีค่าความเข้มข้นทางเคมีสะสมอยู่ที่ 14,300 คิดเป็นร้อยละ 53.96 ตะกั่ว มีค่าความเข้มข้นทางเคมีสะสม 23,300 คิดเป็นร้อยละ 87.92 ทองแดง มีค่าความเข้มข้นทางเคมีสะสม 26,450 คิดเป็นร้อยละ 99.81 และสังกะสี มีค่าความเข้มข้นทางเคมีสะสม 26,501 คิดเป็นร้อยละ 100 ดังนั้นความเสี่ยงอันตรายจากการปนเปื้อนโลหะหนักในดินบริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าวตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี จะเกิดขึ้นได้มากที่สุดจากทองแดง รองลงมา คือ สังกะสี ตะกั่ว และแคดเมียม ตามลำดับ

การวินิจฉัยความเสี่ยงอันตรายในข้าวที่ปนเปื้อนโลหะหนัก ความเข้มข้นทางเคมีของแคดเมียม มีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ ตะกั่ว ทองแดง และสังกะสี โดยค่าความเข้มข้นทางเคมีอยู่ที่ 15,400 2,714 2,210 และ 43 ตามลำดับ เมื่อนำมาคำนวณความเข้มข้นทางเคมีสะสมในข้าว พบว่า แคดเมียม มีค่าความเข้มข้นทางเคมีสะสมอยู่ที่ 15,400 คิดเป็นร้อยละ 75.61 ตะกั่ว มีค่าความเข้มข้นทางเคมีสะสม 18,114 คิดเป็นร้อยละ 88.94 ทองแดง มีค่าความเข้มข้นทางเคมีสะสม 20,324 คิดเป็นร้อยละ 99.79 และสังกะสี มีค่าความเข้มข้นทางเคมีสะสม 20,367 คิดเป็นร้อยละ 100 ดังนั้นความเสี่ยงอันตรายจากการปนเปื้อนโลหะหนักในข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี จะเกิดขึ้นได้มากที่สุดจากทองแดง สังกะสี ตะกั่ว และแคดเมียม ตามลำดับ ซึ่งผลการวินิจฉัยความเสี่ยงอันตรายจากการปนเปื้อนโลหะหนักในดินและข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี มีความสอดคล้องในทิศทางเดียวกัน

3. ผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์จากโลหะหนักในดินและข้าว บริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์จากโลหะหนักในดินที่มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช พบว่าแคดเมียมที่ร่างกายได้รับจากดินอยู่ที่ 0.000000904 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทองแดงที่ร่างกายได้รับจากดินอยู่ที่ 0.00000183 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตะกั่วที่ร่างกายได้รับจาก

ดินอยู่ที่ 0.00000259 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และสังกะสีที่ร่างกายได้รับจากดินอยู่ที่ 0.0000019 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อนำมาคำนวณค่าสัดส่วนความเสี่ยงอันตราย พบว่าสัดส่วนความเสี่ยงอันตรายของแคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี เท่ากับ 0.0018 0.0004 0.0007 และ 0.000006 ตามลำดับ ดังนั้นจึงไม่มีความเสี่ยงหากสัมผัสดินที่ปนเปื้อนโลหะหนัก บริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี ขณะที่ความเสี่ยงต่อสุขภาพเมื่อมีโอกาสสัมผัสดินที่ปนเปื้อนโลหะหนัก บริเวณพื้นที่ศึกษา อาจเกิดความเสี่ยงได้มากที่สุดจาก แคดเมียม รองลงมา คือ ตะกั่ว ทองแดง และสังกะสี ตามลำดับ

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์จากโลหะหนักในข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี พบว่าแคดเมียมที่ร่างกายได้รับจากการรับประทานข้าวในเพศชาย เท่ากับ 0.0450 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในเพศหญิง เท่ากับ 0.0395 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ($p < 0.01$) ทองแดงที่ร่างกายได้รับจากการรับประทานข้าวในเพศชายเท่ากับ 0.0586 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในเพศหญิงเท่ากับ 0.0520 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตะกั่วที่ร่างกายได้รับจากการรับประทานข้าวในเพศชายเท่ากับ 0.0351 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในเพศหญิงเท่ากับ 0.0311 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และสังกะสีที่ร่างกายได้รับจากการรับประทานข้าวในเพศชายเท่ากับ 0.0542 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในเพศหญิงเท่ากับ 0.0481 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อนำมาคำนวณค่าสัดส่วนความเสี่ยงอันตราย พบว่าสัดส่วนความเสี่ยงอันตรายจากแคดเมียมในเพศชายเท่ากับ 0.0890 ในเพศหญิงเท่ากับ 0.0790 สัดส่วนความเสี่ยงอันตรายจากทองแดงในเพศชายเท่ากับ 0.0117 ในเพศหญิงเท่ากับ 0.0104 สัดส่วนความเสี่ยงอันตรายจากตะกั่วในเพศชายเท่ากับ 0.0100 ในเพศหญิงเท่ากับ 0.0089 และสัดส่วนความเสี่ยงอันตรายจากสังกะสีในเพศชายเท่ากับ 0.0002 ในเพศหญิงเท่ากับ 0.0002 ดังนั้นจึงไม่มีความเสี่ยงหากรับประทานข้าวที่ปนเปื้อนโลหะหนัก จากบริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี โดยความเสี่ยงต่อสุขภาพหากรับประทานข้าวที่ปนเปื้อนโลหะหนัก แคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี จากบริเวณพื้นที่ศึกษา อาจเกิดความเสี่ยงได้มากที่สุดจาก แคดเมียม รองลงมา คือ ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี ตามลำดับ ทั้งในเพศชายและเพศหญิง

อภิปรายผลการวิจัย

1. อภิปรายผลการศึกษาการปนเปื้อนโลหะหนักในดินและข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

จากผลการวิเคราะห์การปนเปื้อนของโลหะหนักในดิน บริเวณพื้นที่ปลูกข้าวตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี พบการปนเปื้อนแคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสีในดิน ทั้ง 10 จุดเก็บตัวอย่าง เมื่อวิเคราะห์ในเชิงปริมาณ พบว่าในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แสดงถึงการใช้ปุ๋ยและสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่มีโลหะหนักเป็นองค์ประกอบเพื่อกำจัดศัตรูพืชลักษณะคล้ายกันในท้องถิ่น และโลหะหนักที่พบเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตรกรรม พบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด แต่การตกค้างสะสมของโลหะหนักในดินจากการใช้ปุ๋ยและสารเคมีกำจัดศัตรูพืชนั้น จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศได้ในระยะยาว ดังที่มีการศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช พบว่า เมื่อมีการฉีด พ่น สารกำจัดศัตรูพืช ร้อยละ 99.9 จะปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม มีเพียงร้อยละ 0.1 เท่านั้นที่ไปถึงศัตรูพืชที่เป็นเป้าหมาย (David Pimentel, 1995) สารกำจัดศัตรูพืชจะปลิวในอากาศหรือรอเวลาที่น้ำจากแปลงนาชะลงสู่ดินหรือแหล่งน้ำบริเวณใกล้เคียง และเมื่อมนุษย์หรือสัตว์ได้สัมผัสอาจได้รับสารเคมีเข้าสู่ร่างกายได้ หากรับประทานไปมาก ๆ จะเกิดการสะสมในร่างกาย จนแสดงอาการป่วยในรูปแบบที่แตกต่างกันออกไป (สุธาสินี อั้งสูงเนิน, 2558) และโลหะหนักเหล่านี้มีค่าครึ่งชีวิต (Half-Life) สูงถึง 10 – 30 ปี ซึ่งจะคงทนต่อการสลายตัวและสะสมอยู่ในดินเป็นระยะเวลายาวนาน (เทิดศักดิ์ โทณลักษณ์, ม.ป.ป.) และจากผลการตรวจวิเคราะห์ที่พบการปนเปื้อนของทองแดงและสังกะสีในดินนั้น เนื่องมาจากทองแดงและสังกะสีเป็นโลหะธาตุมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช หรือกล่าวได้ว่า โลหะธาตุทั้ง 2 ชนิดนี้ เป็นธาตุอาหารรองของพืช มักพบในดินตามธรรมชาติ โดยทองแดงจะเป็นองค์ประกอบในเอนไซม์ของพืช ซึ่งเป็นส่วนประกอบหนึ่งใน พลาสโทไซยานิน ทำหน้าที่เป็นโปรตีนพาหะ มีส่วนช่วยกระตุ้นในกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช ส่วนสังกะสีก็เป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ในพืชเช่นกัน มีส่วนช่วยในกระบวนการ Metabolism ในการสังเคราะห์โปรตีน และยังช่วยสร้างสมดุลของ CO_2 กับ HCO^-_3 เพื่อให้มี CO_2 ที่ละลายน้ำเพียงพอสำหรับกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช (วาสนา ยอดปรางค์, 2553)

ผลการวิเคราะห์การปนเปื้อนของโลหะหนักในข้าว บริเวณพื้นที่ปลูกข้าวตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี พบการปนเปื้อนแคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสีในข้าว ทั้ง 10 จุดเก็บตัวอย่าง เมื่อนำปริมาณที่พบการปนเปื้อนมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

สูงสุดที่ยอมรับให้มีการปนเปื้อนในข้าว พบการปนเปื้อนแคดเมียมและตะกั่วในข้าวสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดทั้ง 10 จุดเก็บตัวอย่าง สำหรับทองแดงพบการปนเปื้อนในข้าวมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ใช้เทียบเคียงในจุดเก็บตัวอย่างที่ 5 7 และ 9 และการปนเปื้อนสังกะสีมีการปนเปื้อนที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทั้ง 10 จุดเก็บตัวอย่าง การตรวจพบโลหะหนักที่สูงกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับให้มีการปนเปื้อนในข้าวเพื่อการบริโภคได้นั้น หากผู้บริโภคได้รับประทานข้าวที่มีโลหะหนักผสมอยู่อาจได้รับผลกระทบทั้งผลดีและผลเสียขึ้นอยู่กับชนิดของโลหะหนัก สำหรับในประเทศไทยองค์การมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศไม่จัดว่าโลหะหนักประเภททองแดงและสังกะสีเป็นสารปนเปื้อนในอาหาร เนื่องจากเป็นสารที่จำเป็นต่อร่างกายและร่างกายต้องการในปริมาณเล็กน้อย อีกทั้งยังมีความไม่ชัดเจนเกี่ยวกับผลกระทบของการได้รับทองแดงและสังกะสีในระยะยาว (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2563) ส่วนการปนเปื้อนแคดเมียมและตะกั่วในข้าวนั้นหากได้รับการสะสมในร่างกายจนเกิดเป็นพิษจะส่งผลกระทบต่อร่างกาย โดยแคดเมียมจะทำให้เอนไซม์ในร่างกายทำงานบกพร่อง ขัดขวางการสร้างเม็ดเลือดแดง ไตทำงานผิดปกติ ก่อให้เกิดโรคอิไต-อิไต จนมีโอกาสเสียชีวิตได้ (Harrison, 2001) และตะกั่วจะไปยึดเกาะกับเม็ดเลือดแดงแพร่กระจายไปทั่วร่างกายทำให้เกิดภาวะผิดปกติ เช่น ทำให้โลหิตจาง กระดูกผุกร่อน เกิดภาวะไตวาย ทำลายเซลล์ประสาท เป็นต้น (Tiwari, Tripathi, และ Tiwari, 2013) ทั้งนี้ เมล็ดข้าวที่ใช้ในการศึกษาเป็นเมล็ดข้าวที่ไม่ผ่านการขัดสี (ข้าวกล้อง) ซึ่งยังมีเยื่อหุ้มเมล็ดอยู่ ทำให้การตรวจวิเคราะห์สามารถพบโลหะธาตุได้ และมีการศึกษาเปรียบเทียบถึงความแตกต่างของแคดเมียมในข้าวกล้องและข้าวขัดสี พบว่า มีปริมาณของแคดเมียมไม่แตกต่างกันระหว่างข้าวกล้องและข้าวขัดสีในข้าวชนิดเดียวกัน โดยข้าวกล้องมีค่าเฉลี่ยแคดเมียมอยู่ที่ 0.024 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และข้าวขัดสีมีค่าเฉลี่ยแคดเมียม 0.023 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (จักรกฤษณ์ สกล กิจติณภากุล และ เวณิกา เบ็ญจพงษ์, 2564)

การปนเปื้อนแคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี ในดินและข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% อาจเกิดจากการดูดซับโลหะหนักจาก ราก ลำต้น ไปสู่ผลผลิต ดังที่มีการศึกษาศักยภาพในการดูดซับและสะสมโลหะหนักของพืชล้มลุกชนิดเด่น บริเวณพื้นที่รอบเหมืองแร่ทองคำ จังหวัดพิจิตร ซึ่งพบว่า พืชล้มลุก ได้แก่ หญ้าตีนตุ๊กแกและสะเดา สะสมสังกะสีในส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดินในปริมาณสูง ซึ่งมีคุณสมบัติเป็น Metal Hyperaccumulator กล่าวคือ พืชที่มีการดูดซึมโลหะหนักและลำเลียงไปไว้ยังส่วนต่าง ๆ ของพืช ซึ่งโลหะหนักที่สะสมในลำต้นจะมีปริมาณสูงกว่าในดินที่พืชเจริญเติบโต (ยศเวท สิริจามร, ปรารถนา เผือกวิไล, และ ฌิมนาราห์ อยู่คงแก้ว, 2560)

ซึ่งข้าวก็เป็นหนึ่งในพืชล้มลุกตระกูลหญ้า จึงอาจมีคุณสมบัติในการดูดซึมโลหะหนักใกล้เคียงกับผลการศึกษาดังกล่าว อีกทั้งยังมีการศึกษาความสามารถในการสะสมตะกั่ว แคดเมียม และสังกะสีในข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในสภาวะที่ดินมีการปนเปื้อน พบว่า มีการดูดดึงตะกั่ว แคดเมียม และสังกะสีมาสะสมในราก และในสภาวะการทดลองความแตกต่างของการเจริญเติบโตของข้าวที่ความเข้มข้นในการปนเปื้อนแตกต่างกันของโลหะหนักทั้ง 3 ชนิด พบว่า ในการปนเปื้อนตะกั่ว แคดเมียม และสังกะสีที่ระดับความเข้นข้นที่มีค่าสูงกว่ามาตรฐานในดินจะทำให้ข้าวไม่สามารถเจริญเติบโตได้ตามปกติ ลำต้นแคระเกร็น มีใบสีเหลือง และไม่สามารถออกผลผลิตได้ (สรัตนา เสนาะ, 2548) และการศึกษาเรื่องการสะสมแคดเมียมและตะกั่วในราก ลำต้น และใบ ของข้าวไรซ์เบอรี่ ในสภาวะการทดลอง พบว่า มีการสะสมแคดเมียมสูงในราก มากที่สุด รองลงมาคือลำต้นและใบ ส่วนการสะสมของตะกั่ว พบมากที่สุดในราก รองลงมาคือใบและลำต้น (ฉัตรพงษ์ คำเลิศ และคนอื่น ๆ, 2562) ทั้งนี้ การศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาในข้าวพันธุ์กข 57 ซึ่งข้าวแต่ละสายพันธุ์จะมีเปอร์เซ็นต์การสะสมแป้งที่แตกต่างกัน ทำให้ความสามารถในการดึงธาตุโลหะของข้าวที่แตกต่างกันออกไปด้วย (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน, 2548)

2. อภิปรายผลการวินิจฉัยความเสี่ยงอันตรายจากการปนเปื้อนโลหะหนักบริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

จากผลการวินิจฉัยความเสี่ยงอันตรายจากการปนเปื้อนแคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี ในดินและข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี พบว่า ความเสี่ยงอันตรายจากการปนเปื้อนโลหะหนักในพื้นที่ศึกษาจะเกิดขึ้นได้มากที่สุดจากโลหะหนัก 1) ทองแดง 2) สังกะสี 3) ตะกั่ว และ 4) แคดเมียม ตามลำดับ แม้ทองแดงและสังกะสีจะมีผลการวินิจฉัยความเสี่ยงอันตรายสูงกว่าโลหะชนิดอื่น แต่หากเปรียบเทียบคุณสมบัติและคุณประโยชน์ของทองแดงและสังกะสี จะพบว่ามีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชและเป็นสารอาหารในเมล็ดข้าวที่ร่างกายมนุษย์ต้องการในปริมาณที่เหมาะสม ส่วนผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการพบการปนเปื้อนของตะกั่วและแคดเมียมในดินและข้าวนั้น อาจส่งผลให้คุณสมบัติของดินเปลี่ยนแปลงได้ในระยะยาว ทำให้ดินเสื่อมโทรม พืชแคระแกร็น ได้ผลผลิตต่ำ จนทำให้ดินบริเวณนี้ไม่เหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเพาะปลูกพืชได้ และผลกระทบที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ คือ ผลกระทบด้านสุขภาพของเกษตรกร และประชาชนบริเวณโดยรอบที่อาจได้รับโลหะหนักเหล่านี้จากการสัมผัส การรับประทาน หรือการสูดดมฝุ่นดินและข้าวที่มีการปนเปื้อนในพื้นที่ศึกษา เมื่อเกิดการสะสมในร่างกาย อาจทำให้เกิดอาการป่วยเฉียบพลันหรือป่วยเรื้อรังได้ ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น

จึงนำไปสู่ความจำเป็นต่อการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์จากโลหะหนักในดินและข้าว บริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าวตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

3. อภิปรายผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์จากโลหะหนักในดินและข้าว บริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

จากผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์จากโลหะหนักที่พบบริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี ในดิน พบว่า มีค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Hazard Quotient: HQ) น้อยกว่า 0.1 แสดงถึงการไม่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสดินในพื้นที่ศึกษา สอดคล้องกับการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์จากโลหะหนักในดินที่เพาะปลูกพืชบริเวณพื้นที่สามเหลี่ยมแม่น้ำจูเจียงของประเทศจีน ซึ่งมีค่าสัดส่วนความเสี่ยงต่อสุขภาพน้อยกว่า 1 โดยแคดเมียมมีสัดส่วนความเสี่ยงต่อสุขภาพเท่ากับ 0.00012 และตะกั่ว 0.0077 (Zheng และคนอื่น ๆ, 2020) และสอดคล้องกับการศึกษาความเสี่ยงด้านสุขภาพจากตัวอย่างดินนาข้าวเมืองเอซิลโล รัฐอีบอนยี ประเทศไนจีเรีย ที่ระบุว่าค่าสัดส่วนความเสี่ยงของแคดเมียมและตะกั่ว คือ 0.0039 และ 0.05 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับต่ำกว่า 0.1 แสดงถึงความปลอดภัยของดินที่ปนเปื้อนโลหะหนักในพื้นที่ดังกล่าว (Khazaal, El Darra, Kobeissi, Jammoul, และ Jammoul, 2022) และผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์จากโลหะหนักที่ปนเปื้อนในข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี พบว่า มีค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Hazard Quotient: HQ) น้อยกว่า 0.1 ทั้งในเพศชายและเพศหญิง จึงไม่มีความเสี่ยงหากรับประทานข้าวที่ปนเปื้อนโลหะหนัก บริเวณพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี ทั้งนี้ ผลการศึกษาไม่สอดคล้องกับการประเมินความเสี่ยงของโลหะหนักจากการเพาะปลูกข้าวในพื้นที่ที่ไม่ผ่านการรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ จังหวัดนครนายก ที่พบค่าสัดส่วนความเสี่ยงของตะกั่วและสังกะสีมากกว่า 1 (อยู่ระหว่าง 15.65 – 41.68) (Satachon และคนอื่น ๆ, 2019) ทั้งนี้อาจขึ้นอยู่กับบริบทการใช้สารเคมีในพื้นที่ ความแตกต่างของปุ๋ยและสารกำจัดศัตรูพืชที่ใช้ และช่วงระยะเวลาในการใช้และการเก็บตัวอย่างที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม แม้ผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากโลหะหนักในดินและข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี จะอยู่ในระดับที่ไม่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพ แต่ก็ควรมีการเฝ้าระวังการสะสมของโลหะหนักที่อาจเพิ่มขึ้นได้จากการใช้สารเคมีทางการเกษตรอย่างต่อเนื่อง เพราะอันตรายจากโลหะหนักอาจเกิดการสะสมในร่างกายในระยะยาว ซึ่งลักษณะของอาการที่เกิดขึ้นกับร่างกายขึ้นอยู่กับชนิดของโลหะหนัก (ธีรนาถ สุวรรณเรือง, 2563) เช่น การได้รับแคดเมียมสะสมจนเป็นพิษต่อร่างกายจะทำให้เอนไซม์ทำงานผิดปกติ ระบบย่อยอาหารและระบบเผาผลาญ

บกพร่อง ขัดขวางการสร้างเม็ดเลือดแดง ไตทำงานผิดปกติ หรืออาจเกิดโรคอิไต-อิไต ได้ เป็นต้น (Harrison, 2001) ส่วนการได้รับทองแดงสะสมมากกว่า 100 มิลลิกรัม จะทำให้ร่างกายอ่อนเพลีย เม็ดเลือดแดงแตกตัว ยับยั้งการทำงานของตับ (Baldwin, Sandahl, Labenia, และ Scholz, 2003) การสะสมของตะกั่วในร่างกาย จะสามารถทำลายอวัยวะได้โดยการไปจับกับเม็ดเลือดแดง และแพร่ไปตามเนื้อเยื่อในร่างกาย (Tiwari และคนอื่น ๆ, 2013) และความเป็นพิษของสังกะสีเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะไปสะสมที่บริเวณตับและไต จนทำลายอวัยวะ ไตทำงานล้มเหลว โลหิตจาง และเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง (Huang และคนอื่น ๆ, 2017)

ข้อเสนอแนะ

การประเมินความเสี่ยงจากการปนเปื้อนสารเคมีทางการเกษตรในดินและข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี มีผลการศึกษาที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาการทำเกษตรกรรมของท้องถิ่นเพื่อให้เกิดความยั่งยืนต่อการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ ความปลอดภัยต่อการบริโภคอาหาร และความอุดมสมบูรณ์ของสิ่งแวดล้อม โดยผู้วิจัยจัดทำข้อเสนอแนะเพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เกษตรกร หรือผู้ที่สนใจ ได้นำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ รวมถึงข้อเสนอแนะสำหรับนักวิจัยที่จะศึกษาในพื้นที่ ดังต่อไปนี้

1. หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรนำผลการศึกษาเรื่องการปนเปื้อนโลหะหนักในดินอันเนื่องมาจากการใช้สารเคมีทางการเกษตร นำไปใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงประกอบการจัดทำมาตรการป้องกันและลดการใช้สารเคมีทางการเกษตรเพื่อป้องกันผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นในระยะยาว

2. หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรสร้างความตระหนักถึงผลกระทบอันเกิดจากการใช้สารเคมีทางการเกษตรและการปนเปื้อนโลหะหนักให้กับเกษตรกร เพื่อความปลอดภัยของเกษตรกรเองและประชาชนที่ได้สัมผัสสารปนเปื้อน ซึ่งจะนำไปสู่การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการทำเกษตรกรรมสู่การทำเกษตรอินทรีย์หรือการทำเกษตรแบบไร้สารเคมี เพื่อความยั่งยืนของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยมีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องให้ความรู้ และสนับสนุนข้อมูลตลอดกระบวนการ

3. เกษตรกรควรมีการป้องกันตนเองเมื่อใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช เช่น การใส่ชุดป้องกัน ถุงมือ หน้ากากป้องกันระบบหายใจ แว่นตานิรภัย รองเท้าหุ้มข้อ เพื่อลดโอกาสการสัมผัสสารโดยตรง และควรอ่านทำความเข้าใจวิธีการใช้งานบนฉลากให้ถี่ถ้วน รวมถึงอ่านคุณสมบัติการป้องกันของสารให้ละเอียด เพื่อป้องกันการใช้สารเคมีที่ซ้ำซ้อน

4. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงการปนเปื้อนโลหะหนักในแหล่งน้ำผิวดินและดินบริเวณโดยรอบพื้นที่เพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี โดยเฉพาะการปนเปื้อนของทองแดง ซึ่งหากพบทองแดงปนเปื้อนในแหล่งน้ำมากกว่า 0.1 ppm จะทำให้เกิดความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำบริเวณที่พบการปนเปื้อนด้วย (ธีรนาถ สุวรรณเรือง, 2563)

5. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในข้าวที่ปลูก บริเวณตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี เพื่อตรวจสอบสารปนเปื้อนชนิดอื่น ๆ ที่กำหนดในมาตรฐานคุณภาพอาหารที่มีสารปนเปื้อน เช่น โลหะหนัก นอกเหนือจากที่ได้ศึกษาในงานวิจัยนี้ หรือสารที่เป็นองค์ประกอบของสารเคมีทางการเกษตร

บรรณานุกรม

Alengebawy, A., Abdelkhalek, S. T., Qureshi, S. R., และ Wang, M. Q. (2021). Heavy Metals and Pesticides Toxicity in Agricultural Soil and Plants: Ecological Risks and Human Health Implications. *Toxics, 9*(3).

Baldwin, D. H., Sandahl, J. F., Labenia, J. S., และ Scholz, N. L. (2003). Sublethal Effects of Copper on Coho Salmon: Impacts on Nonoverlapping Receptor Pathways in the Peripheral Olfactory Nervous System. *Environmental Toxicology and Chemistry, 22*(10), 2266-2274.

China National Standards Management Department. (2006). Chinese National Food Sanitation Standards for Heavy Metals. Retrieved from https://www.researchgate.net/figure/Chinese-National-Food-Sanitation-Standards-for-Heavy-Metals-Dry-weight-mg-kg-1_tbl1_7249081

David Pimentel. (1995). Amounts of pesticides reaching target pests: Environmental impacts and ethics. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics, 8*(1), 17-29.

Harrison, N. (2001). Inorganic contaminants in food. *Food Chemical Safety, 7*(1), 148-168.

Huang, S., Yuan, C., Li, Q., Yang, Y., Tang, C., Ouyang, K., และ Wang, B. (2017). Distribution and Risk Assessment of Heavy Metals in Soils from a Typical Pb-Zn Mining Area. *Polish Journal of Environmental Studies, 26*(3), 1105-1112.

Joseph F. Louvar, และ B. Diane Louvar. (1998). Health and Environmental Risk Analysis: Fundmentals with Application. Retrieved form https://searchworks.stanford.edu/view/3820905

Khazaal, S., El Darra, N., Kobeissi, A., Jammoul, R., และ Jammoul, A. (2022). Risk assessment of pesticide residues from foods of plant origin in Lebanon. *Food Chemistry, 374*.

Satachon, P., Keawmoon, S., Rengsungnoen, P., Thummajitsakul, S., และ Silprasit, K. (2019). Source and Health Risk Assessment of Heavy Metals in Non-Certified Organic Rice Farming at Nakhon Nayok Province, Thailand. *Applied Environmental Research*, 96-106.

Tiwari, S., Tripathi, I. P., และ Tiwari, H. (2013). Effects of Lead on Environment. *International Journal of Emerging Research in Management &Technology, 6*(2), 1-5.

Ugbede, F. O., Osahon, O. D., Akpolile, A. F., และ Oladele, B. B. (2021). Assessment of heavy metals concentrations, soil-to-plant transfer factor and potential health risk in soil and rice samples from Ezillo rice fields in Ebonyi State, Nigeria. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management, 16*.

US EPA. (1998). Integrated Risk Information System. Retrieved form https://iris.epa.gov/AtoZ/?list_type=alpha

US EPA. (2002). Supplement guidance for developing soil screening levels for superfund sites. Retrieved from https://www.epa.gov/superfund/health/conmedia/soil/index.htm

Zheng, S., Wang, Q., Yuan, Y., และ Sun, W. (2020). Human health risk assessment of heavy metals in soil and food crops in the Pearl River Delta urban agglomeration of China. *Food Chem, 316*, 126213.

กรมควบคุมมลพิษ. (2554). คู่มือการประเมินความเสี่ยงต่อการได้รับผลกระทบจากการปนเปื้อนของมลพิษในดินหรือน้ำใต้ดิน. กรุงเทพฯ.

กรมควบคุมมลพิษ. (2555). รายงานสถานการณ์มลพิษทางน้ำจากนาข้าว เอกสารเผยแพร่. กรุงเทพฯ: กองจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ.

กรมควบคุมมลพิษ. (2564). ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพดิน ประกาศ ณ วันที่ 6 มกราคม พ.ศ. 2564. สืบค้นจาก https://www.pcd.go.th

กรมควบคุมโรค. (2553). คู่มือเกษตรกรปลอดโรค.

กรมควบคุมโรค. (ม.ป.ป.). โรคจากการประกอบอาชีพภาคเกษตร. สืบค้นจาก http://envocc.ddc.moph.go.th/contents/view/72

กรมพัฒนาที่ดิน. (2561). การเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์สำหรับการปลูกพืช [เอกสารคำแนะนำ]. กรุงเทพฯ: สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมพัฒนาที่ดิน. (2563). การจัดการปัญหาดินปนเปื้อน. สืบค้นจาก https://www.ldd.go.th/Web_Soil/polluted.htm

กรมวิชาการเกษตร. (2563). การนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร. สืบค้นจาก https://www.doa.go.th/ard/wp-content/uploads/2021/01/รายละเอียดการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร-ปี-2563.pdf

กระทรวงสาธารณสุข. (2563). ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 414 พ.ศ. 2563 ออกตามความในพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน. สืบค้นจาก http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2563/E/118/T_0017.PDF

จักรกฤษณ์ สกล กิจติณภากุล, และ เวณิกา เบ็ญจพงษ์. (2564). สถานการณ์การปนเปื้อนแคดเมียมในข้าวจากพื้นที่ผลิตข้าวสำคัญใน 4 ภูมิภาคของประเทศไทย. วารสารพิษวิทยาไทย, *36*(1), 18-32.

ฉัตรพงษ์ คำเลิศ, ลำใย ณีรัตนพันธุ์, และ อุไรวรรณ ภูนาพลอย. (2562, กุมภาพันธ์-เมษายน). การสะสมแคดเมียมและตะกั่วในราก ลำต้น และใบของข้าวไรซ์เบอร์รี่ (*Oryza sativa* L.) ในสภาวะทดลอง. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, *28*(11), 2012-2024. สืบค้นจาก https://opacj.bsru.ac.th/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=25508

ดลนภา ไชยสมบัติ, จรรยา แก้วใจบุญ, และ อัมพร ยานะ. (2560). ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร กรณีศึกษาเกษตรใน ตำบลสันป่าม่วง อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา. วารสารเครือข่ายวิทยาลัยพยาบาลและการสาธารณสุขภาคใต้, *4*(ฉบับพิเศษ), 305-316.

เทิดศักดิ์ โทณลักษณ์. (ม.ป.ป.). สมุนไพรดูซับสารพิษในดิน เอกสารประกอบการสอน. เชียงใหม่: คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ธนภัทร ปลื้มพวก, จันทร์จรัส วีรสาร, อรุณศิริ กำลัง, และ ธงชัย มาลา. (2558). การปนเปื้อนแคดเมียมในดินและการสะสมในผลผลิตข้าวบนพื้นที่ตำบลแม่ตาว และตำบลพระธาตุผาแดง อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก. วารสารเกษตรพระวรุณ, *12*(1), 1-8.

ธนิกา น้อยถนอม, สุภาพร ทันตประเสริฐ, จารุณี แซ่คู, และ ธนวรรณ พาณิชพัฒน์. (2563). การสะสมตะกั่วในพริก คะน้า และหัวไชเท้าที่ปลูกในดินปนเปื้อนตะกั่ว. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, *28*(3), 511-525.

ธีรนาถ สุวรรณเรือง. (2563). โลหะหนักปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมและผลกระทบต่อสุขภาพ. วารสารวิจัยและพัฒนาระบบสุขภาพ, *13*(1), 76-82.

มหาวิทยาลัยมหิดล. (2563). มลพิษจากโลหะหนัก. สืบค้นจาก https://il.mahidol.ac.th/e-media/ecology/chapter2/chapter2_airpolution11.htm

ยศเวท สิริจามร, ปรารถนา เผือกวิไล, และ ฉิมนาราห์ อยู่คงแก้ว. (2560). ศักยภาพในการดูดซับและสะสมโลหะหนักของพืชล้มลุกชนิดเด่น บริเวณพื้นที่รอบเหมืองทองคำ จังหวัดพิจิตร. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, *25*(1), 110-123.

ลักษณีย์ บุญขาว, และ สุธัญญา วงษาฟู. (2563). การประเมินความเสี่ยงสุขภาพจากการรับสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรปลูกผัก ตำบลขี้เหล็ก อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี. วารสารความปลอดภัยและสุขภาพ, *13*(2), 93-106.

วรรธนศักดิ์ สุขสง, รวี จันทรัตน์, สรพงศ์ เบญจศรี, และ วิชุดา กล้าเวช. (2556). ปริมาณโลหะหนักสะสมในดินที่ทำการเกษตรเคมีในอำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง. การประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ *10*, 248-255.

วาสนา ยอดปรางค์. (2553). ผลของการให้ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุทางใบในรูปของคีเลตกรดอะมิโนต่อการดูดใช้ธาตุอาหาร การเจริญเติบโต และผลผลิตของพริก. (ปริญญานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.

วิชชากร จารุศิริ. (2561). การจัดการของเสียอันตรายและกากอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: คณะวัฒนธรรมสิ่งแวดล้อมและการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ศิริวรรณ จินตา, และ ปิยดา วชิระวงศกร. (2564). การประเมินปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนในผักเศรษฐกิจ: กรณีศึกษาในตำบลบึงพระ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก. *PSRU Journal of Science and Technology, 6*(1), 28-38.

สยาม อรุณศรีมรกต, วรพร สังเนตร, และ ปิยะรักษ์ ประดับเพชรรัตน์. (2560). การใช้สารเคมีในการทำนาข้าวของเกษตรกรในอำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี. วารสารเกษตรพระวรุณ, *14*(2), 173-180.

สรัตนา เสนาะ. (2548). การดูดดึงธาตุโลหะหนักของหญ้าแฝก ทานตะวัน และข้าวที่ปลูกในดินปนเปื้อนสังกะสี แคดเมียม และตะกั่ว. (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. สืบค้นจาก https://agkb.lib.ku.ac.th/faek/search_detail/result/155279

สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน. (2548). ลักษณะของข้าวที่สำคัญทางการเกษตร. สืบค้นจาก https://saranukromthai.or.th/sub/book/book.php?book=3&chap=1&page=t3-1-infodetail05.html

สำนักงานเกษตรจังหวัดนนทบุรี. (2563). ข้อมูลพื้นฐานด้านการเกษตร ระดับจังหวัด ประจำปี 2563. สืบค้นจาก http://www.nonthaburi.doae.go.th/statistics.html

สำนักงานเกษตรอำเภอไทรน้อย. (2563). ข้อมูลพื้นฐานด้านการเกษตร.

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. (2563). คำชี้แจงประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยมาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน. สืบค้นจาก http://food.fda.moph.go.th/law/data/announ_fda/63_Contaminants.pdf

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2562). เนื้อที่ใช้ประโยชน์ทางการเกษตร รายจังหวัด ปี พ.ศ. 2562. สืบค้นจาก https://www.oae.go.th/assets/portals/1/files/socio/LandUtilization2562.pdf

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2563). สรุปผลการสำรวจภาวะการทำงานของประชากร. ภาวะการทำงานของประชากร, (2), 2. สืบค้นจาก http://www.nso.go.th/sites/2014/DocLib13/ด้านสังคม/สาขาแรงงาน/ภาวะการทำงานของประชากร/2563/Report_02-63.pdf

สุธาสินี อั้งสูงเนิน. (2558). ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, *9*(1), 50-63.

องค์การบริหารส่วนจังหวัดนนทบุรี. (2556). ลักษณะภูมิประเทศ. สืบค้นจาก http://nont-pro.go.th/public/location/data/index/menu/pdo.--construct

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
เครื่องมือวิจัย

1. จริยธรรมการวิจัย

MF-04-version-2.0
วันที่ 18 ต.ค. 61

หนังสือรับรองจริยธรรมการวิจัยของข้อเสนอการวิจัย
เอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัยและใบยินยอม

หมายเลขข้อเสนอการวิจัย SWUEC-G- 218/2565E

ข้อเสนอการวิจัยนี้และเอกสารประกอบของข้อเสนอการวิจัยตามรายการแสดงด้านล่าง ได้รับการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒแล้ว คณะกรรมการฯ มีความเห็นว่าข้อเสนอการวิจัยที่จะดำเนินการมีความสอดคล้องกับหลักจริยธรรมสากล ตลอดจนกฎหมาย ข้อบังคับและข้อกำหนดภายในประเทศ จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยตามข้อเสนอการวิจัยนี้ได้

ชื่อโครงการวิจัยเรื่อง: การประเมินความเสี่ยงจากการปนเปื้อนสารเคมีทางการเกษตรในดินและข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

ชื่อผู้วิจัยหลัก: นางสาว ณัฐชินันท์ คล้ายชุ่ม

สังกัด: คณะวัฒนธรรมสิ่งแวดล้อมและการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ

เอกสารที่รับรอง:
1. แบบเสนอโครงการวิจัย
2. โครงการวิจัย
3. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย
4. หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

เอกสารที่พิจารณาทบทวน

1. แบบเสนอโครงการวิจัย	ฉบับที่ 1 วัน/เดือน/ปี 14 มีนาคม 2565
2. โครงร่างการวิจัย	ฉบับที่ 1 วัน/เดือน/ปี 14 มีนาคม 2565
3. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย	ฉบับที่ 1 วัน/เดือน/ปี 14 มีนาคม 2565
4. หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย	ฉบับที่ 1 วัน/เดือน/ปี 14 มีนาคม 2565

(ลงชื่อ).....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทันตแพทย์หญิงณปภา เอี่ยมจิรกุล)
กรรมการและเลขานุการคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

(ลงชื่อ).....
(แพทย์หญิงสุรีพร ภัทรสุวรรณ)
ประธานคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

หมายเลขรับรอง : SWUEC/E/G-218/2565
วันที่ให้การรับรอง : 14/03/2565
วันหมดอายุใบรับรอง : 14/03/2566

ที่ อว 8718/

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

19 พฤษภาคม 2565

เรื่อง ขอแจ้งผลการพิจารณาโครงการวิจัยเลขที่ SWUEC-G- 218/2565E

เรียน นางสาว ณัฐธินันท์ คล้ายชุ่ม

สิ่งที่ส่งมาด้วย ใบรับรองโครงการวิจัย SWUEC/E/G-218/2565

ตามที่ท่านได้ส่งโครงร่างการวิจัยเรื่อง การประเมินความเสี่ยงจากการปนเปื้อนสารเคมีทางการเกษตรในดินและข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี โครงการวิจัยเลขที่ SWUEC-G 218/2565E เพื่อรับการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ นั้น

คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ ได้พิจารณาโครงการวิจัยดังกล่าว บัดนี้ คณะกรรมการฯ ให้การรับรองโครงการวิจัยดังกล่าวแล้วเมื่อวันที่ 14 มีนาคม 2565 รายละเอียดดังนี้

Certificate Number	SWUEC/E/G-218/2565
Date of Approval	14 มีนาคม 2565 (อายุใบรับรองโครงการวิจัย 12 เดือน)
Date of Expiration	14 มีนาคม 2566
Continuing Review	ทุก 12 เดือน (ครบกำหนดส่งรายงานครั้งแรก วันที่ 14 มีนาคม 2566)

ในการนี้ คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ ใคร่ขอความกรุณาให้ผู้วิจัยส่งรายงานความก้าวหน้าของการวิจัยและต่ออายุการรับรองก่อนกำหนดวันหมดอายุ 30 วัน เพื่อให้เป็นไปตามวิธีดำเนินการมาตรฐาน (SOPs version 2.0) ของคณะกรรมการฯ ทั้งนี้รายละเอียดของเอกสารที่ให้การรับรองตามที่ปรากฏใน Certificate of Approval (Certificate Number SWUEC/E/G-218/2565) ที่แนบมาพร้อมนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป

ขอแสดงความนับถือ

(แพทย์หญิงสุรีพร ภัทรสุวรรณ)
ประธานคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
โทรศัพท์ 0-2649-5000 ต่อ 12430
โทรสาร 0-2259-1822

MF-04-1-version-2.0
วันที่ 18 ต.ค. 61

ข้อปฏิบัติสำหรับผู้วิจัยที่ผ่านการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ขอแจ้งให้ทราบเกี่ยวกับหน้าที่ และความรับผิดชอบของผู้วิจัยหลังจากโครงการวิจัย ได้ผ่านการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์แล้ว ขอความกรุณาดำเนินการดังต่อไปนี้

1. ผู้วิจัยจะต้องดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนต่างๆ ที่ระบุไว้ในโครงการวิจัยโดยเคร่งครัด โดยใช้เอกสารชี้แจงอาสาสมัคร (Information Sheet) หนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย (Informed Consent Form) ป้ายประชาสัมพันธ์ รวมถึงเอกสารอื่น ที่ได้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการฯ แล้วเท่านั้น
2. ผู้วิจัยมีหน้าที่รายงานต่อคณะกรรมการฯ เมื่อ
   2.1 มีการดำเนินงานวิจัยครบระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งจะต้องมีการรายงานความก้าวหน้าของการวิจัยตามระยะเวลาที่คณะกรรมการฯ กำหนดในเอกสารใบรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ (แบบเอกสารที่ MF 04) หรือเมื่อครบหนึ่งปีจากวันที่ระบุไว้ในเอกสารใบรับรองของโครงการวิจัย โดยใช้แบบรายงานความก้าวหน้าของโครงการวิจัย (แบบเอกสารที่ MF 13-1)
   2.2 สำหรับโครงการวิจัยที่ยังไม่เสร็จสิ้นแต่เอกสารใบรับรองฯ หมดอายุ ผู้วิจัยจะต้องส่งหนังสือบันทึกข้อความเพื่อขอต่ออายุใบรับรองฯ ภายใน 30 วัน ก่อนวันหมดอายุตามที่กำหนดไว้ในเอกสารใบรับรองฯ พร้อมส่งรายงานความก้าวหน้าของการวิจัย มิฉะนั้น คณะกรรมการฯ จะไม่รับรองการทำวิจัย หรือ การเก็บข้อมูลในระยะเวลาหลังจากเอกสารใบรับรองหมดอายุ
   2.3 หากผู้วิจัยมีความจำเป็นในการปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติมโครงการวิจัย (Protocol Amendment) หรือมีการเปลี่ยนแปลงหัวหน้าโครงการวิจัย/เพิ่มเติมผู้ร่วมวิจัย ฯลฯ ผู้วิจัยจะต้องเสนอการปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติม โดยใช้แบบรายงานส่วนแก้ไขเพิ่มเติมโครงการวิจัย (แบบเอกสารที่ MF 07-1) โดยผู้วิจัยจะต้องระบุให้ชัดเจนว่า มีการเปลี่ยนแปลงอะไร อย่างไร และเหตุผลที่ต้องการเปลี่ยนแปลง ทั้งในในกรณีการเปลี่ยนแปลงหัวหน้าโครงการวิจัย หรือเพิ่มเติมผู้ร่วมวิจัยคนใหม่ ให้แนบแบบประวัติผู้วิจัย (แบบเอกสารที่ MF 09-1) และใบประกาศนียบัตรการอบรม (ถ้ามี)
   2.4 หากมีเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ร้ายแรงในอาสาสมัคร จากการดำเนินโครงการวิจัย (Serious Adverse Events) เกิดขึ้นแก่อาสาสมัครของโครงการวิจัยในสถาบัน ผู้วิจัยจะต้องทำเอกสารแจ้งคณะกรรมการฯ ภายใน 7 วัน และหากเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ร้ายแรงนั้น เป็นเหตุให้อาสาสมัครถึงแก่ชีวิต ผู้วิจัยจะต้องทำเอกสารแจ้งคณะกรรมการฯ ภายใน 24 ชั่วโมง (โดยทางหนังสือบันทึกข้อความ จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ หรือ โทรสาร) หลังจากผู้วิจัยทราบเหตุการณ์ โดยใช้แบบรายงานเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ สำหรับอาสาสมัครในสถาบันให้ใช้แบบเอกสารที่ MF 19 แบบรายงานเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ที่เกิดแก่อาสาสมัครนอกสถาบันให้ใช้แบบเอกสารที่ MF 18 และ/หรือ CIOMS Form แบบเอกสารที่ MF 19-2

2.5 หากมีการไม่ปฏิบัติตามข้อกำหนด (Non-Compliance/Protocol deviation) ผู้วิจัยจะต้องรายงานให้คณะกรรมการฯ รับทราบ ภายใน 7 วัน นับจากที่ตรวจพบ โดยใช้แบบรายงานการไม่ปฏิบัติตามข้อกำหนด (แบบเอกสารที่ MF 21)

2.6 โครงการวิจัยที่ยุติโครงการวิจัยก่อนกำหนด ให้ผู้วิจัยส่งหนังสือแจ้งปิดโครงการวิจัยนั้น พร้อมเหตุผลในการยุติโครงการวิจัยก่อนกำหนด โดยใช้แบบรายงานเพื่อยุติโครงการวิจัยก่อนกำหนด (แบบเอกสารที่ MF 14-1) และการดูแลอาสาสมัครหลังจากยุติโครงการวิจัยแก่คณะกรรมการฯ

2.7 โครงการวิจัยที่เสร็จสิ้นแล้ว ให้ผู้วิจัยส่งรายงานสรุปผลการวิจัย โดยใช้แบบรายงานสรุปผลการวิจัย (แบบเอกสารที่ MF 15-1)

คณะกรรมการฯ อาจมีการสุ่มเข้าตรวจเยี่ยมโครงการวิจัย (Site Monitoring Visit) เพื่อดูความเรียบร้อยของการดำเนินงาน รับฟัง และให้คำปรึกษาข้อปัญหาที่อาจมีในระหว่างการดำเนินงานโครงการวิจัย โดยสำนักงานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย จะมีหนังสือแจ้งให้ผู้วิจัยได้ทราบล่วงหน้า เป็นเวลา 2 สัปดาห์ ผลการตรวจเยี่ยมโครงการวิจัยจะแจ้งเพื่อทราบในที่ประชุมคณะกรรมการฯ และจะแจ้งผลการพิจารณาให้ผู้วิจัยได้ทราบ และอาจมีข้อเสนอแนะนำไปปฏิบัติต่อไป

ผู้วิจัยสามารถ download เอกสารต่างๆ ได้ที่ http://research.swu.ac.th/index.php?option=dowload6 งานมาตรฐานจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย หากมีข้อสงสัยสามารถหาข้อมูลเพิ่มเติมในวิธีดำเนินการมาตรฐาน (SOPs) หรือสอบถามเจ้าหน้าที่สำนักงานคณะกรรมการจริยธรรมฯ ได้ที่หมายเลขโทรศัพท์ 0-2649-5000 ต่อ 11019, 11014 หมายเลขโทรสาร 0-2259-1822

2. ข้อมูลพื้นที่ศึกษา

ที่ อว 8718/2490

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
114 สุขุมวิท 23 แขวงคลองเตยเหนือ
เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

15 พฤศจิกายน 2564

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย
เรียน เกษตรอำเภอไทรน้อย

เนื่องด้วย นางสาวณัฐฐินันท์ คล้ายชุ่ม นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมและการจัดการทรัพยากร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากโลหะหนักในดินและข้าว : กรณีศึกษาตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี” โดยมี อาจารย์ ดร.ณภัทร โพธิ์วัน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

ในการนี้ นิสิตขอความอนุเคราะห์เก็บข้อมูล โดยขอข้อมูลพื้นฐานด้านการเกษตร ระดับตำบลในพื้นที่อำเภอไทรน้อย ปี 2563 ประกอบด้วย 1) จำนวนประชากรทั้งหมด 2) จำนวนครัวเรือนเกษตรกร 3) จำนวนพื้นที่การเกษตรทั้งหมด 4) จำนวนครัวเรือนที่ปลูกข้าว 5) จำนวนเนื้อที่ปลูกข้าว ทั้งนี้ นิสิตจะเป็นผู้ประสานงานในรายละเอียดดังกล่าวต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาขอความอนุเคราะห์ และขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)
รักษาการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 0 2649 5064
หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติมกรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 086 771 2299

ตาราง ก1 สรุปข้อมูลพื้นฐานใช้ประโยชน์ด้านการเกษตร อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี ปี พ.ศ. 2563

ตำบล	จำนวนประชากรทั้งหมด (ราย)	จำนวนพื้นที่อำเภอ (ไร่)	จำนวนครัวเรือนเกษตรกร (ราย)	จำนวนพื้นที่การเกษตร (ไร่)	ข้าว		ผัก	
					จำนวนครัวเรือน (ราย)	เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)	จำนวนครัวเรือน (ราย)	เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)
ไทรน้อย	22,522	14,010	448	4,751.0	228	3,948	42	281
ราษฎร์นิยม	6,887	21,969	625	7,609	378	7,133	74	154
หนองเพรางาย	7,328	17,116	641	8,742	451	7,657	110	269
ไทรใหญ่	6,413	26,900	810	11,646	579	10,829	200	412
ขุนศรี	4,973	13,750	531	7,072	327	6,137	126	426
คลองขวาง	6,174	13,973	488	7,587	345	7,206	44	186
ทวีวัฒนา	7,880	14,785	732	9,459	483	7,668	168	797
รวม	**62,177**	**122,503**	**4,275**	**56,866**	**2,791**	**50,578**	**764**	**2,525**

ตาราง ก1 (ต่อ)

ตำบล	ไม้ผล									
	ทุเรียน		มังคุด		กระท้อน		มะม่วงยายกล่ำ		ไม้ผลอื่น ๆ(กล้วย)	
	จำนวนครัวเรือน (ราย)	เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)	จำนวนครัวเรือน (ราย)	เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)	จำนวนครัวเรือน (ราย)	เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)	จำนวนครัวเรือน (ราย)	เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)	จำนวนครัวเรือน (ราย)	เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)
ไทรน้อย	4	7.25	0	0	4	16.25	3	5.5	81	139
ราษฎร์นิยม	1	1	2	2	9	24	0	0	20	27.25
หนองเพรางาย	2	31	0	0	1	0.25	1	2.5	58	182
ไทรใหญ่	1	0.75	0	0	1	0.5	1	10	54	116.25
ขุนศรี	4	3.5	0	0	2	1	1	2.25	65	134
คลองขวาง	0	0	0	0	1	3	0	0	12	32
ทวีวัฒนา	6	15	1	2	0	0	1	4.5	91	261.75
รวม	**18**	**58.5**	**3**	**4**	**18**	**45**	**7**	**24.75**	**381**	**892.25**

ตาราง ก1 (ต่อ)

ตำบล	ไม้ยืนต้น		ไม้ดอกไม้ไม้ประดับ				พืชอื่น ๆ	
			กล้วยไม้		ไม้ดอกไม้ประดับอื่น ๆ			
	จำนวนครัวเรือน (ราย)	เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)	จำนวนครัวเรือน (ราย)	เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)	จำนวนครัวเรือน (ราย)	เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)	จำนวนครัวเรือน (ราย)	เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)
ไทรน้อย	33	72.5	2	6	3	2.5	131	273
ราษฎร์นิยม	35	73.25	1	1.75	0	0	83	193
หนองเพรางาย	24	38.25	9	114.25	75	206.5	82	241
ไทรใหญ่	34	76.5	4	30	0	0	87	171
ขุนศรี	29	37.75	10	124.75	3	6	110	200
คลองขวาง	6	36	2	46.5	5	5.5	30	72
ทวีวัฒนา	33	107	12	137.5	64	172.25	118	294
รวม	**194**	**441.25**	**40**	**460.75**	**150**	**392.75**	**641**	**1,444**

ภาคผนวก ข
ผลการทดสอบตัวอย่างดินในเบื้องต้น

1. **ผลการตรวจวิเคราะห์โลหะหนักในดินด้วยเทคนิค** X-ray Fluorescence Spectrophotometry (XRF)

1.1 ผลการตรวจวิเคราะห์โลหะหนักในดิน บริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่ 1

EDX Report

Report No.

Sample Information

Sample Name 1
Meas. Date 2022/02/07 09:15:26
Comment
Group BAL_C PPM
Operator

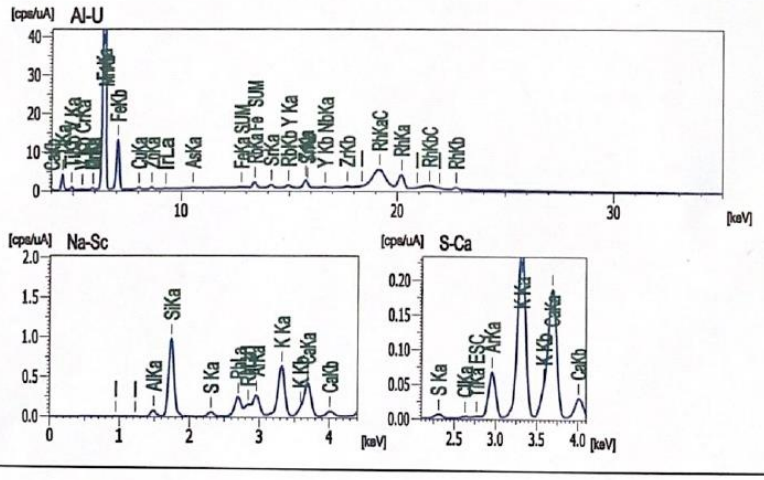
Measurement Condition

Channel	kV	uA	Filter	Acq.	Collimator	10mm	Atmos.	Air
					Analysis	Time	DT%	
Al-U		50 31-Auto	----	0 - 40	4.00-35.00	Live- 60		31
Na-Sc		15 283-Auto	----	0 - 20	0.00- 4.40	Live- 60		29
S-Ca		15 430-Auto	#2	0 - 20	2.10- 4.10	Live- 60		29

Quantitative Result

Analyte	Result		Std.Dev.	Calc.Proc	Line	Intensity
Si	95525.06	ppm	[745.895]	Quan-FP	SiKa	8.666
Al	37806.38	ppm	[1023.50]	Quan-FP	AlKa	0.671
Fe	10484.43	ppm	[30.060]	Quan-FP	FeKa	598.0573
K	5402.303	ppm	[60.092]	Quan-FP	K Ka	2.7626
Ca	2290.235	ppm	[27.620]	Quan-FP	CaKa	2.1711
Ti	1768.676	ppm	[22.970]	Quan-FP	TiKa	27.1387
S	1196.021	ppm	[75.292]	Quan-FP	S Ka	0.0584
Cl	175.914	ppm	[38.630]	Quan-FP	ClKa	0.0210
Mn	72.150	ppm	[4.729]	Quan-FP	MnKa	2.9936
Zr	70.848	ppm	[1.591]	Quan-FP	ZrKa	19.9549
V	67.205	ppm	[9.120]	Quan-FP	V Ka	1.5015
Rb	46.510	ppm	[1.651]	Quan-FP	RbKa	11.3517
Cu	42.164	ppm	[2.706]	Quan-FP	CuKa	3.8668
Cr	36.041	ppm	[5.188]	Quan-FP	CrKa	1.1283
Sr	31.058	ppm	[1.355]	Quan-FP	SrKa	8.1706
Zn	27.923	ppm	[2.094]	Quan-FP	ZnKa	3.0698
Ir	21.620	ppm	[4.773]	Quan-FP	IrLa	1.0587
Y	20.033	ppm	[1.345]	Quan-FP	Y Ka	5.4516
Nb	5.581	ppm	[1.146]	Quan-FP	NbKa	1.6361
C	84.491	%	[------]	Balance	--------	--------

Profile



1.2 ผลการตรวจวิเคราะห์โลหะหนักในดิน บริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่ 2

EDX Report

Report No.

Sample Information

Sample Name 2
Meas. Date 2022/02/07 09:20:25
Comment
Group BAL_C PPM
Operator

Measurement Condition

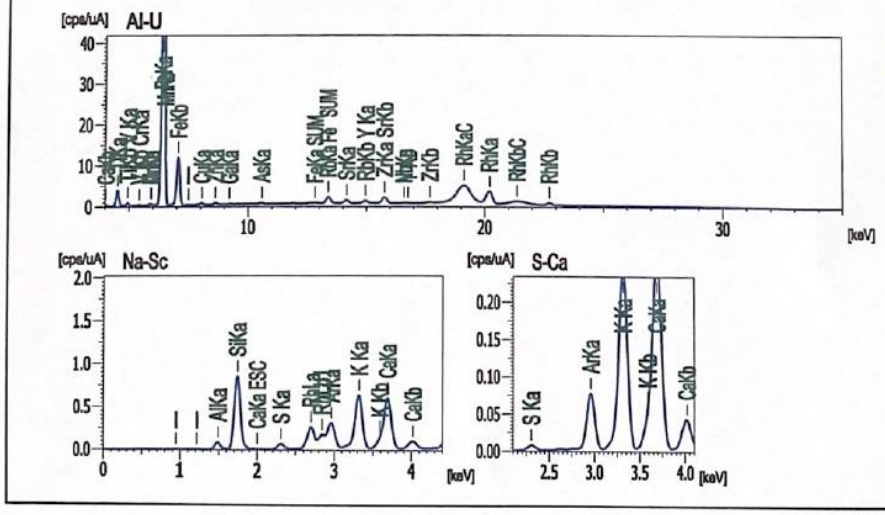
Collimator 10mm Atmos. Air

Channel	kV	uA	Filter	Acq.	Analysis	Time	DT%
Al-U	50	34-Auto	----	0 - 40	4.00-35.00	Live- 60	31
Na-Sc	15	310-Auto	----	0 - 20	0.00- 4.40	Live- 60	29
S-Ca	15	487-Auto	#2	0 - 20	2.10- 4.10	Live- 60	30

Quantitative Result

Analyte	Result		Std.Dev.	Calc.Proc	Line	Intensity
Si	83199.62	ppm	[665.360]	Quan-FP	SiKa	7.573
Al	39981.57	ppm	[1004.43]	Quan-FP	AlKa	0.716
Fe	8997.357	ppm	[25.944]	Quan-FP	FeKa	540.6004
K	5005.768	ppm	[52.903]	Quan-FP	K Ka	2.6908
Ca	3096.952	ppm	[29.918]	Quan-FP	CaKa	3.0882
Ti	1582.134	ppm	[20.258]	Quan-FP	TiKa	25.3515
S	1318.639	ppm	[76.273]	Quan-FP	S Ka	0.0675
V	67.093	ppm	[8.163]	Quan-FP	V Ka	1.5663
Mn	62.182	ppm	[4.197]	Quan-FP	MnKa	2.7120
Zr	50.976	ppm	[1.308]	Quan-FP	ZrKa	15.3199
Rb	50.075	ppm	[1.449]	Quan-FP	RbKa	13.0678
Cu	34.264	ppm	[2.217]	Quan-FP	CuKa	3.3599
Sr	29.905	ppm	[1.179]	Quan-FP	SrKa	8.4080
Cr	29.161	ppm	[4.646]	Quan-FP	CrKa	0.9556
Zn	27.903	ppm	[1.918]	Quan-FP	ZnKa	3.2810
Y	16.174	ppm	[1.154]	Quan-FP	Y Ka	4.7005
Ga	8.073	ppm	[1.516]	Quan-FP	GaKa	1.1503
Nb	5.546	ppm	[1.000]	Quan-FP	NbKa	1.7337
C	85.644	%	[------]	Balance	--------	--------

Profile



1.3 ผลการตรวจวิเคราะห์โลหะหนักในดิน บริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่ 3

EDX Report

Report No.

Sample Information

Sample Name 3
Meas. Date 2022/02/07 09:25:46
Comment
Group BAL_C PPM
Operator

Measurement Condition

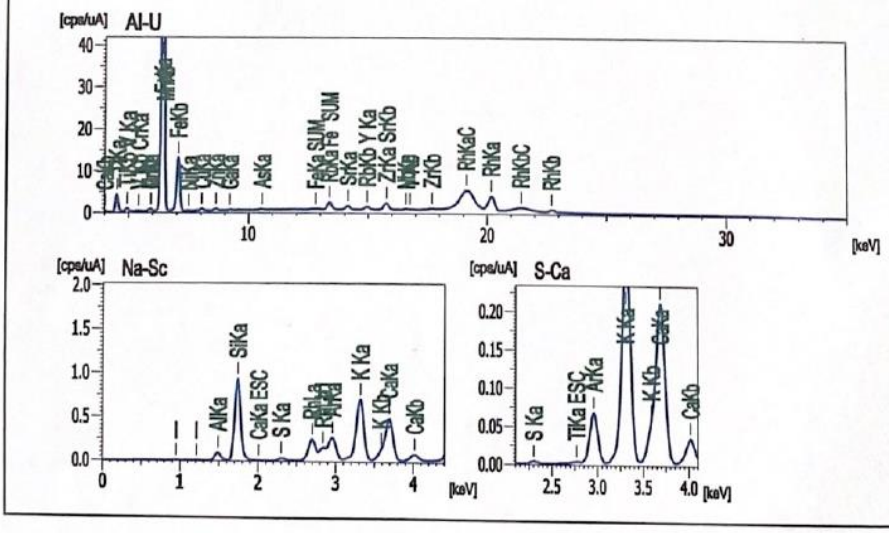
Collimator 10mm Atmos. Air

Channel	kV	uA	Filter	Acq.	Analysis	Time	DT%
Al-U	50	31-Auto	----	0 - 40	4.00-35.00	Live- 60	31
Na-Sc	15	283-Auto	----	0 - 20	0.00- 4.40	Live- 60	29
S-Ca	15	430-Auto	#2	0 - 20	2.10- 4.10	Live- 60	29

Quantitative Result

Analyte	Result		Std.Dev.	Calc.Proc	Line	Intensity
Si	94877.53	ppm	[758.691]	Quan-FP	SiKa	8.282
Al	46027.58	ppm	[1138.62]	Quan-FP	AlKa	0.813
Fe	10780.26	ppm	[30.972]	Quan-FP	FeKa	595.3262
K	6031.921	ppm	[64.094]	Quan-FP	K Ka	3.0142
Ca	2643.907	ppm	[30.022]	Quan-FP	CaKa	2.4379
Ti	1894.130	ppm	[24.137]	Quan-FP	TiKa	28.1765
S	657.765	ppm	[91.727]	Quan-FP	S Ka	0.0313
Mn	101.349	ppm	[5.384]	Quan-FP	MnKa	4.0697
V	73.420	ppm	[9.539]	Quan-FP	V Ka	1.5896
Zr	61.251	ppm	[1.565]	Quan-FP	ZrKa	16.7319
Rb	50.913	ppm	[1.746]	Quan-FP	RbKa	12.0349
Cr	43.784	ppm	[5.420]	Quan-FP	CrKa	1.3269
Cu	43.502	ppm	[2.665]	Quan-FP	CuKa	3.8618
Sr	36.872	ppm	[1.412]	Quan-FP	SrKa	9.4005
Zn	33.713	ppm	[2.280]	Quan-FP	ZnKa	3.5868
Y	21.514	ppm	[1.386]	Quan-FP	Y Ka	5.6761
Ni	10.400	ppm	[2.440]	Quan-FP	NiKa	0.7633
Ga	9.968	ppm	[1.896]	Quan-FP	GaKa	1.2847
Nb	6.336	ppm	[1.115]	Quan-FP	NbKa	1.8019
C	83.659	%	[------]	Balance	--------	--------

Profile



1.4 ผลการตรวจวิเคราะห์โลหะหนักในดิน บริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่ 4

EDX Report

Report No.

Sample Information

Sample Name 4
Meas. Date 2022/02/07 09:31:01
Comment
Group BAL_C PPM
Operator

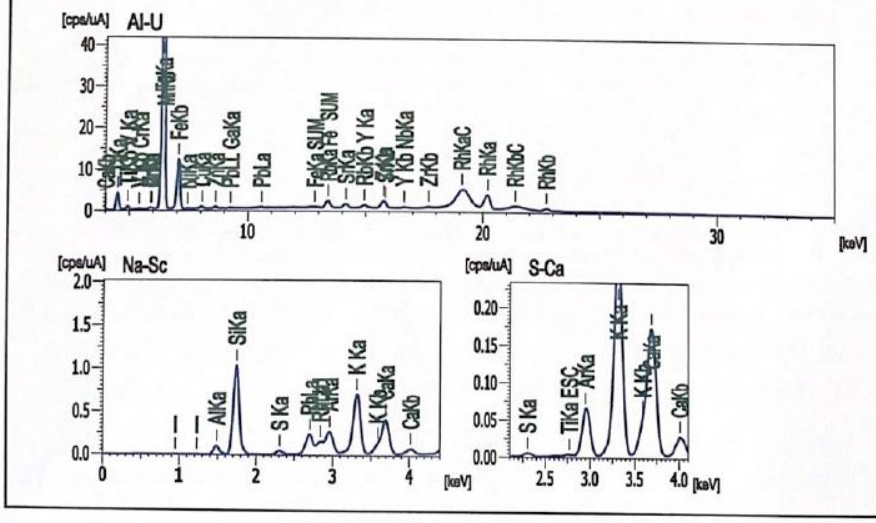
Measurement Condition

Channel	kV	uA	Filter	Acq.	Collimator / Analysis	10mm / Time	Atmos. / DT%	Air
Al-U	50	31-Auto	----	0 - 40	4.00-35.00	Live- 60		30
Na-Sc	15	310-Auto	----	0 - 20	0.00- 4.40	Live- 60		30
S-Ca	15	466-Auto	#2	0 - 20	2.10- 4.10	Live- 60		30

Quantitative Result

Analyte	Result		Std.Dev.	Calc.Proc	Line	Intensity
Si	108076.2	ppm	[783.022]	Quan-FP	SiKa	9.234
Al	48663.47	ppm	[1122.47]	Quan-FP	AlKa	0.855
Fe	10748.25	ppm	[31.919]	Quan-FP	FeKa	557.9167
K	6446.393	ppm	[65.949]	Quan-FP	K Ka	3.0185
Ca	2346.012	ppm	[27.922]	Quan-FP	CaKa	2.0260
Ti	1983.620	ppm	[25.550]	Quan-FP	TiKa	27.6840
S	980.090	ppm	[104.731]	Quan-FP	S Ka	0.044
V	83.957	ppm	[10.099]	Quan-FP	V Ka	1.7042
Mn	78.022	ppm	[5.417]	Quan-FP	MnKa	2.9423
Zr	69.450	ppm	[1.673]	Quan-FP	ZrKa	18.0770
Rb	65.228	ppm	[1.830]	Quan-FP	RbKa	14.6678
Cu	48.459	ppm	[2.845]	Quan-FP	CuKa	4.0826
Cr	43.398	ppm	[5.776]	Quan-FP	CrKa	1.2328
Sr	40.166	ppm	[1.494]	Quan-FP	SrKa	9.7478
Zn	34.030	ppm	[2.406]	Quan-FP	ZnKa	3.4365
Y	20.800	ppm	[1.447]	Quan-FP	Y Ka	5.2275
Ni	12.401	ppm	[2.592]	Quan-FP	NiKa	0.8636
Ga	10.374	ppm	[1.902]	Quan-FP	GaKa	1.2692
Nb	7.515	ppm	[1.225]	Quan-FP	NbKa	2.0379
C	82.024	%	[------]	Balance	--------	--------

Profile



1.5 ผลการตรวจวิเคราะห์โลหะหนักในดิน บริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่ 5

EDX Report

Report No.

Sample Information

Sample Name 5
Meas. Date 2022/02/07 09:36:25
Comment
Group BAL_C PPM
Operator

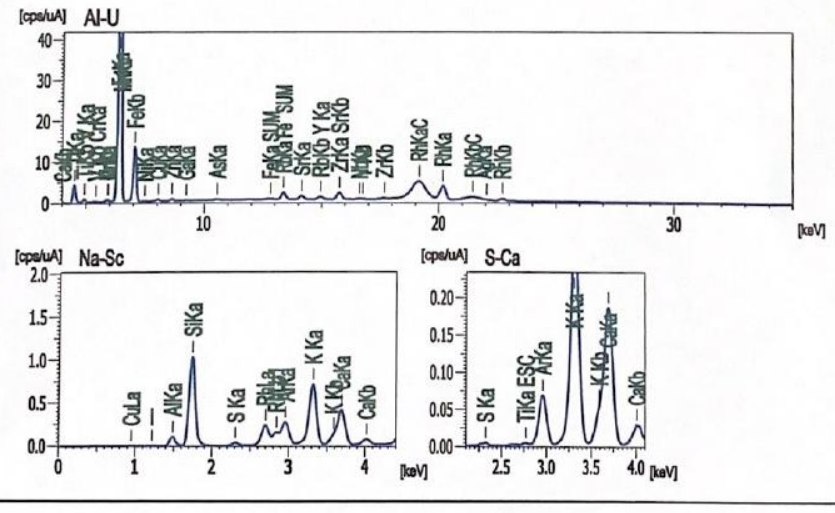
Measurement Condition

Channel	kV	uA	Filter	Acq.	Collimator Analysis	10mm Time	Atmos. DT%	Air
Al-U	50	31-Auto	----	0 - 40	4.00-35.00	Live- 60		30
Na-Sc	15	283-Auto	----	0 - 20	0.00- 4.40	Live- 60		29
S-Ca	15	430-Auto	#2	0 - 20	2.10- 4.10	Live- 60		29

Quantitative Result

Analyte	Result		Std.Dev.	Calc.Proc	Line	Intensity
Si	110262.6	ppm	[835.112]	Quan-FP	SiKa	9.245
Al	51657.58	ppm	[1216.46]	Quan-FP	AlKa	0.901
Fe	12147.65	ppm	[34.442]	Quan-FP	FeKa	613.2466
K	6543.499	ppm	[69.606]	Quan-FP	K Ka	3.0041
Ca	2514.298	ppm	[30.436]	Quan-FP	CaKa	2.1277
Ti	2074.902	ppm	[26.386]	Quan-FP	TiKa	28.3469
S	835.440	ppm	[102.774]	Quan-FP	S Ka	0.036
Mn	112.102	ppm	[5.842]	Quan-FP	MnKa	4.1177
V	92.616	ppm	[10.448]	Quan-FP	V Ka	1.8398
Zr	68.362	ppm	[1.703]	Quan-FP	ZrKa	17.0634
Rb	60.164	ppm	[1.889]	Quan-FP	RbKa	12.9547
Cu	50.732	ppm	[2.933]	Quan-FP	CuKa	4.0959
Cr	44.874	ppm	[5.919]	Quan-FP	CrKa	1.2466
Ag	43.279	ppm	[5.856]	Quan-FP	AgKa	2.6547
Zn	41.983	ppm	[2.536]	Quan-FP	ZnKa	4.0614
Sr	41.895	ppm	[1.538]	Quan-FP	SrKa	9.7401
Y	21.921	ppm	[1.485]	Quan-FP	Y Ka	5.2797
Ni	14.346	ppm	[2.693]	Quan-FP	NiKa	0.9577
Ga	10.329	ppm	[1.955]	Quan-FP	GaKa	1.2102
Nb	7.902	ppm	[1.201]	Quan-FP	NbKa	2.0557
C	81.335	%	[------]	Balance	--------	--------

Profile



1.6 ผลการตรวจวิเคราะห์โลหะหนักในดิน บริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่ 6

EDX Report

Report No.

Sample Information

Sample Name 6
Meas. Date 2022/02/07 09:41:41
Comment
Group BAL_C PPM
Operator

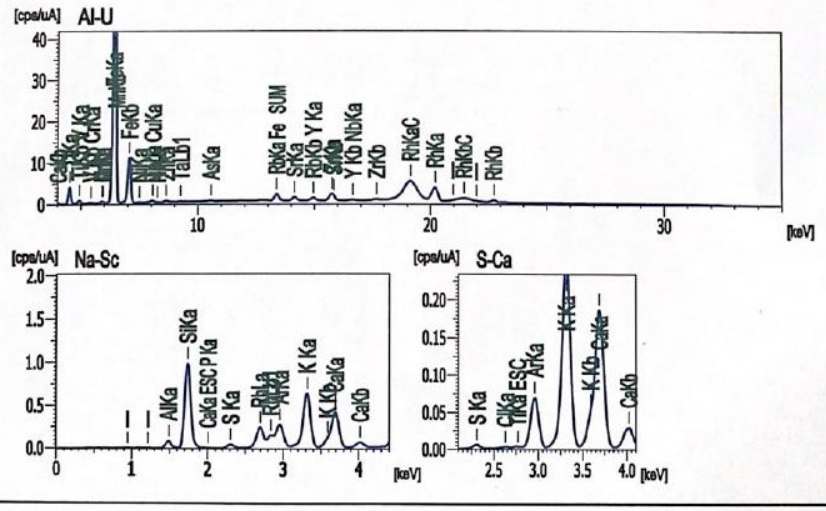
Measurement Condition

Channel	kV	uA	Filter	Acq.	Collimator / Analysis	10mm / Time	Atmos. / DT%	Air
Al-U		50 33-Auto	----	0 - 40	4.00-35.00	Live- 60		31
Na-Sc		15 310-Auto	----	0 - 20	0.00- 4.40	Live- 60		29
S-Ca		15 490-Auto	#2	0 - 20	2.10- 4.10	Live- 60		29

Quantitative Result

Analyte	Result		Std.Dev.	Calc.Proc	Line	Intensity
Si	99847.67	ppm	[735.909]	Quan-FP	SiKa	8.850
Al	43018.27	ppm	[1053.59]	Quan-FP	AlKa	0.765
Fe	9080.802	ppm	[27.465]	Quan-FP	FeKa	504.1091
K	5565.322	ppm	[58.074]	Quan-FP	K Ka	2.7519
Ca	2341.494	ppm	[26.601]	Quan-FP	CaKa	2.1455
Ti	1787.003	ppm	[22.778]	Quan-FP	TiKa	26.4627
S	1009.307	ppm	[68.013]	Quan-FP	S Ka	0.0477
Cl	136.023	ppm	[34.696]	Quan-FP	ClKa	0.0157
Ta	81.311	ppm	[7.211]	Quan-FP	TaLa	2.7027
Mn	70.456	ppm	[4.840]	Quan-FP	MnKa	2.8371
V	69.989	ppm	[9.051]	Quan-FP	V Ka	1.5085
Zr	65.814	ppm	[1.520]	Quan-FP	ZrKa	18.5019
Rb	57.620	ppm	[1.612]	Quan-FP	RbKa	14.0307
Cr	39.111	ppm	[5.175]	Quan-FP	CrKa	1.1813
Sr	33.729	ppm	[1.329]	Quan-FP	SrKa	8.8556
Zn	29.059	ppm	[2.117]	Quan-FP	ZnKa	3.1846
Y	17.313	ppm	[1.301]	Quan-FP	Y Ka	4.7032
Cu	13.813	ppm	[2.508]	Quan-FP	CuKa	1.2626
Ni	9.288	ppm	[2.300]	Quan-FP	NiKa	0.7015
Nb	6.107	ppm	[1.104]	Quan-FP	NbKa	1.7873
P	3.218	ppm	[48.716]	Quan-FP	P Ka	0.0006
C	83.672	%	[------]	Balance	--------	--------

Profile



1.7 ผลการตรวจวิเคราะห์โลหะหนักในดิน บริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่ 7

EDX Report

Report No.

Sample Information

Sample Name 7
Meas. Date 2022/02/07 09:46:57
Comment
Group BAL_C PPM
Operator

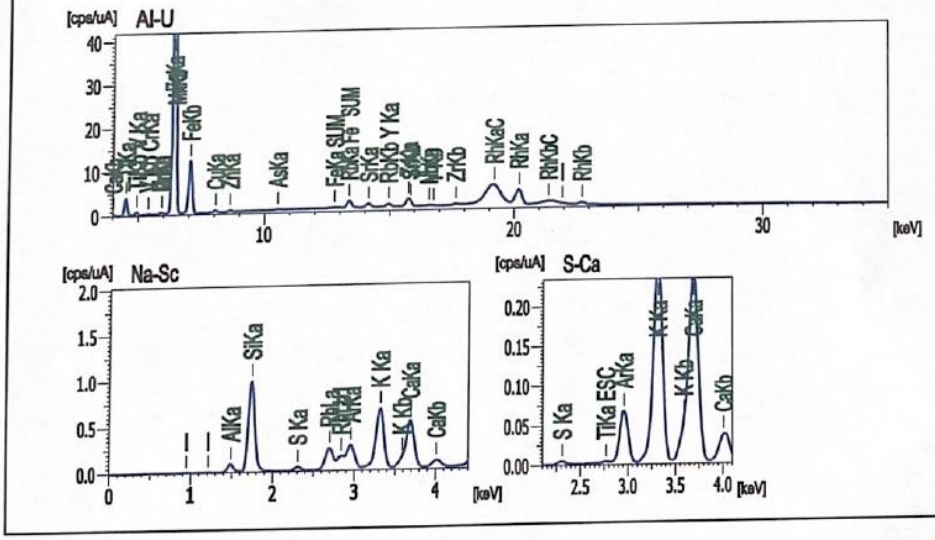
Measurement Condition

Channel	kV	uA	Filter	Acq.	Collimator	10mm	Atmos.	Air
					Analysis	Time	DT%	
Al-U		50	31-Auto	----	0 - 40	4.00-35.00	Live- 60	30
Na-Sc		15	310-Auto	----	0 - 20	0.00- 4.40	Live- 60	30
S-Ca		15	466-Auto	#2	0 - 20	2.10- 4.10	Live- 60	30

Quantitative Result

Analyte	Result		Std.Dev.	Calc.Proc	Line	Intensity
Si	99727.87	ppm	[738.482]	Quan-FP	SiKa	8.822
Al	42596.66	ppm	[1038.87]	Quan-FP	AlKa	0.754
Fe	10312.91	ppm	[30.401]	Quan-FP	FeKa	566.0781
K	5697.112	ppm	[60.220]	Quan-FP	K Ka	2.8214
Ca	3011.124	ppm	[31.282]	Quan-FP	CaKa	2.7581
Ti	1788.245	ppm	[23.511]	Quan-FP	TiKa	26.3429
S	878.628	ppm	[61.974]	Quan-FP	S Ka	0.0415
Mn	80.207	ppm	[5.197]	Quan-FP	MnKa	3.1995
Zr	68.888	ppm	[1.609]	Quan-FP	ZrKa	18.8734
V	64.689	ppm	[9.403]	Quan-FP	V Ka	1.3869
Rb	53.399	ppm	[1.711]	Quan-FP	RbKa	12.6621
Cu	43.955	ppm	[2.670]	Quan-FP	CuKa	3.9087
Cr	40.639	ppm	[5.383]	Quan-FP	CrKa	1.2210
Sr	35.268	ppm	[1.409]	Quan-FP	SrKa	9.0187
Zn	28.311	ppm	[2.235]	Quan-FP	ZnKa	3.0185
Y	18.295	ppm	[1.324]	Quan-FP	Y Ka	4.8417
Nb	6.535	ppm	[1.164]	Quan-FP	NbKa	1.8641
C	83.555	%	[------]	Balance	--------	--------

Profile



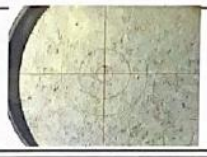
1.8 ผลการตรวจวิเคราะห์โลหะหนักในดิน บริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่ 8

EDX Report

Report No.

Sample Information

Sample Name 8
Meas. Date 2022/02/07 09:52:20
Comment
Group BAL_C PPM
Operator



Measurement Condition

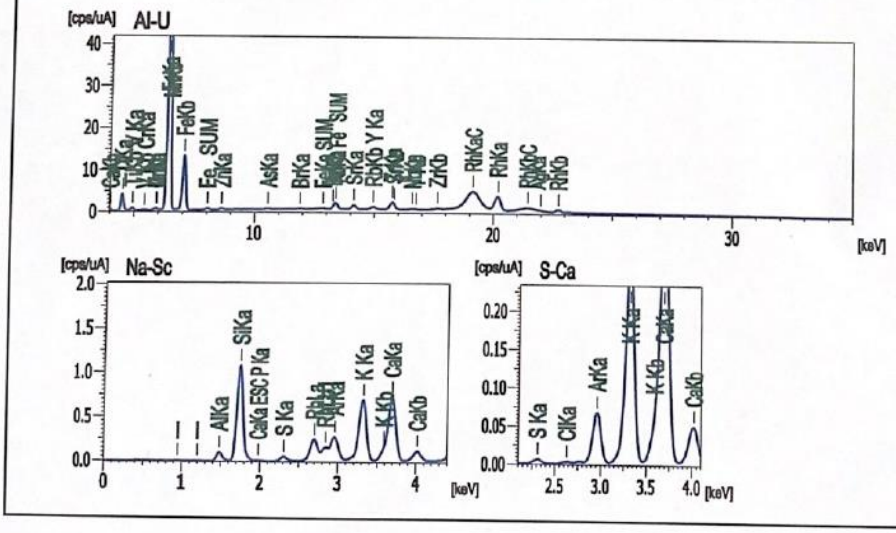
Collimator 10mm Atmos. Air

Channel	kV	uA	Filter	Acq.	Analysis	Time	DT%
Al-U	50	31-Auto	----	0 - 40	4.00-35.00	Live- 60	30
Na-Sc	15	283-Auto	----	0 - 20	0.00- 4.40	Live- 60	30
S-Ca	15	430-Auto	#2	0 - 20	2.10- 4.10	Live- 60	29

Quantitative Result

Analyte	Result		Std.Dev.	Calc.Proc	Line	Intensity
Si	112200.9	ppm	[833.193]	Quan-FP	SiKa	9.535
Al	47733.69	ppm	[1155.94]	Quan-FP	AlKa	0.830
Fe	12269.75	ppm	[34.835]	Quan-FP	FeKa	609.9927
K	6425.769	ppm	[69.130]	Quan-FP	K Ka	2.9476
Ca	4383.086	ppm	[41.283]	Quan-FP	CaKa	3.7003
Ti	1957.671	ppm	[25.794]	Quan-FP	TiKa	26.3114
S	1245.900	ppm	[79.400]	Quan-FP	S Ka	0.0550
Cl	171.864	ppm	[44.192]	Quan-FP	ClKa	0.0185
Mn	109.805	ppm	[5.981]	Quan-FP	MnKa	3.9736
Zr	72.220	ppm	[1.757]	Quan-FP	ZrKa	17.7758
Ag	69.978	ppm	[6.144]	Quan-FP	AgKa	4.2356
V	66.312	ppm	[10.375]	Quan-FP	V Ka	1.2958
P	54.688	ppm	[75.501]	Quan-FP	P Ka	0.0103
Rb	51.279	ppm	[1.872]	Quan-FP	RbKa	10.8854
Sr	45.909	ppm	[1.589]	Quan-FP	SrKa	10.5204
Zn	32.924	ppm	[2.491]	Quan-FP	ZnKa	3.1386
Cr	30.710	ppm	[5.947]	Quan-FP	CrKa	0.8402
Y	21.512	ppm	[1.494]	Quan-FP	Y Ka	5.1075
Br	8.130	ppm	[1.551]	Quan-FP	BrKa	1.4646
Nb	6.825	ppm	[1.266]	Quan-FP	NbKa	1.7508
C	81.304	%	[------]	Balance	--------	--------

Profile



1.9 ผลการตรวจวิเคราะห์โลหะหนักในดิน บริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่ 9

EDX Report

Report No.

Sample Information

Sample Name 9
Meas. Date 2022/02/07 09:57:36
Comment
Group BAL_C PPM
Operator

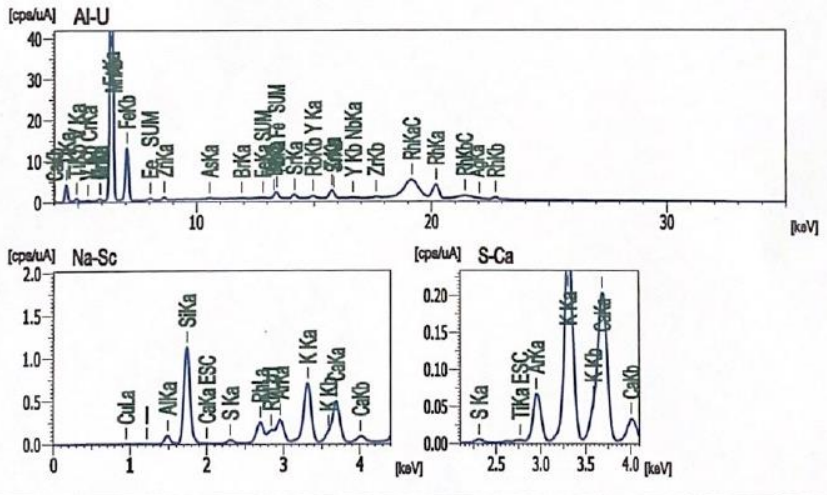
Measurement Condition

Channel	kV	uA	Filter	Acq.	Collimator	10mm	Atmos.	Air
					Analysis	Time	DT%	
Al-U	50	32-Auto	----	0 - 40	4.00-35.00	Live- 60		31
Na-Sc	15	283-Auto	----	0 - 20	0.00- 4.40	Live- 60		29
S-Ca	15	430-Auto	#2	0 - 20	2.10- 4.10	Live- 60		29

Quantitative Result

Analyte	Result		Std.Dev.	Calc.Proc	Line	Intensity
Si	119703.2	ppm	[868.043]	Quan-FP	SiKa	10.094
Al	48698.53	ppm	[1181.31]	Quan-FP	AlKa	0.846
Fe	12218.30	ppm	[34.465]	Quan-FP	FeKa	598.5489
K	6576.157	ppm	[70.633]	Quan-FP	K Ka	2.9356
Ca	2866.797	ppm	[33.104]	Quan-FP	CaKa	2.3595
Ti	2096.215	ppm	[26.527]	Quan-FP	TiKa	27.7742
S	947.643	ppm	[111.031]	Quan-FP	S Ka	0.040
Mn	119.401	ppm	[5.972]	Quan-FP	MnKa	4.2560
Zr	83.354	ppm	[1.788]	Quan-FP	ZrKa	20.3177
V	80.246	ppm	[10.450]	Quan-FP	V Ka	1.5455
Zn	55.942	ppm	[2.693]	Quan-FP	ZnKa	5.2727
Rb	54.895	ppm	[1.869]	Quan-FP	RbKa	11.5356
Ag	50.737	ppm	[5.888]	Quan-FP	AgKa	3.0488
Cr	47.821	ppm	[5.983]	Quan-FP	CrKa	1.2881
Sr	39.760	ppm	[1.543]	Quan-FP	SrKa	9.0202
Y	18.861	ppm	[1.428]	Quan-FP	Y Ka	4.4344
Br	8.561	ppm	[1.619]	Quan-FP	BrKa	1.5257
Nb	5.868	ppm	[1.259]	Quan-FP	NbKa	1.4913
C	80.633	%	[------]	Balance	--------	--------

Profile



1.10 ผลการตรวจวิเคราะห์โลหะหนักในดิน บริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่ 10

EDX Report

Report No.

Sample Information

Sample Name 10
Meas. Date 2022/02/07 10:02:51
Comment
Group BAL_C PPM
Operator

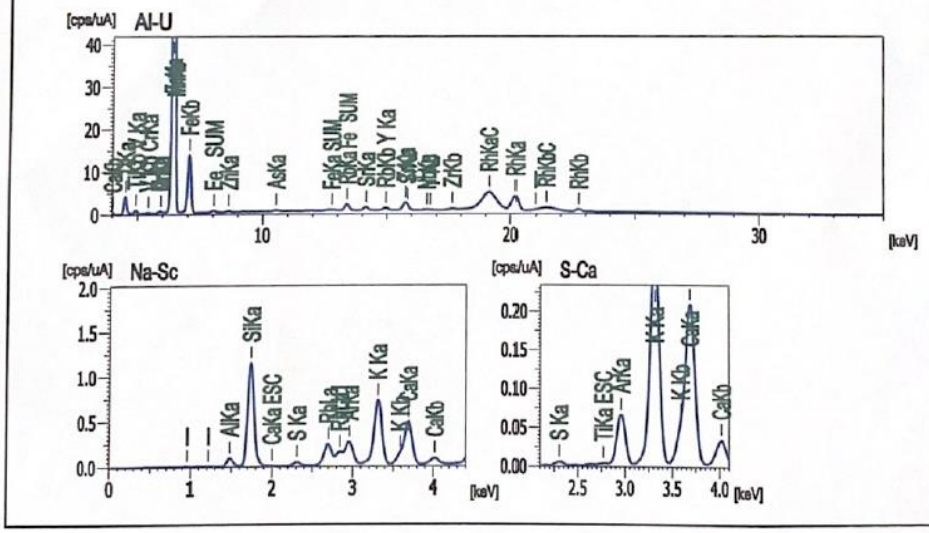
Measurement Condition

Channel	kV	uA	Filter	Acq.	Collimator	10mm	Atmos.	Air
Al-U	50	31-Auto	----	0 - 40	4.00-35.00	Live- 60	DT%	30
Na-Sc	15	283-Auto	----	0 - 20	0.00- 4.40	Live- 60		30
S-Ca	15	430-Auto	#2	0 - 20	2.10- 4.10	Live- 60		29

Quantitative Result

Analyte	Result		Std.Dev.	Calc.Proc	Line	Intensity
Si	122403.6	ppm	[876.683]	Quan-FP	SiKa	10.367
Al	46659.02	ppm	[1152.32]	Quan-FP	AlKa	0.808
Fe	13100.41	ppm	[36.538]	Quan-FP	FeKa	633.7318
K	7020.038	ppm	[73.572]	Quan-FP	K Ka	3.1143
Ca	2966.018	ppm	[33.798]	Quan-FP	CaKa	2.4199
Ti	2081.769	ppm	[26.957]	Quan-FP	TiKa	27.3356
S	1058.209	ppm	[117.740]	Quan-FP	S Ka	0.045
Mn	97.249	ppm	[5.931]	Quan-FP	MnKa	3.4274
V	86.486	ppm	[10.736]	Quan-FP	V Ka	1.6505
Zr	83.972	ppm	[1.843]	Quan-FP	ZrKa	20.0527
Cr	50.730	ppm	[6.199]	Quan-FP	CrKa	1.3544
Rb	49.737	ppm	[1.899]	Quan-FP	RbKa	10.2312
Sr	36.637	ppm	[1.553]	Quan-FP	SrKa	8.1395
Zn	26.755	ppm	[2.490]	Quan-FP	ZnKa	2.4681
Y	21.236	ppm	[1.516]	Quan-FP	Y Ka	4.8900
Nb	6.720	ppm	[1.288]	Quan-FP	NbKa	1.6735
C	80.425	%	[------]	Balance	--------	--------

Profile



2. **ผลการตรวจวิเคราะห์สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในดินด้วยเทคนิค** Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS)

ตาราง ข1 ผลการตรวจวิเคราะห์สารเคมีกำจัดศัตรูพืชจากตัวอย่างดินที่มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในการเพาะปลูกข้าว บริเวณพื้นที่ปลูกข้าวตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

สารเคมีกำจัดศัตรูพืช	ผลการตรวจวิเคราะห์	
<u>สารฆ่าแมลงและไร</u>		
กลุ่ม 1 สารกลุ่มยับยั้งเอนไซม์อะเซททิลโคลินเอสเทอเรส	กลุ่มย่อย 1A สารคาร์บาเมท (Carbamates).....	ไม่พบ
	กลุ่มย่อย 1B สารออร์แกนโนฟอสเฟต (Organophosphates).....	ไม่พบ
กลุ่ม 2 สารกลุ่มที่หยุดการทำงานของช่องคลอไรด์ที่ทำงานโดยกรดแกมมา อะมิโนบิวไทริค (GABA)	กลุ่มย่อย 2A สารไซโคลไดอีน (Cyclodiene).....	ไม่พบ
	กลุ่มย่อย 2B สารฟีนีลไพราโซล (Phenylpyrazoles).....	ไม่พบ
กลุ่ม 3 สารกลุ่มที่ปรับการทำงานของช่องโซเดียม	กลุ่มย่อย 3A สารไพรีทริน (Pyrethrins) และไพรีทรอยด์ (Pyrethroids)	ไม่พบ
	กลุ่มย่อย 3B สารดีดีที (DDT) และเมท็อกซีคลอร์ (Methoxychlor)	ไม่พบ
กลุ่ม 4 สารกลุ่มที่ปรับการทำงานของตัวรับสารอะเซติลโคลีนชนิดนิโคตินิกโดยการจับแบบแข่งขัน	กลุ่มย่อย 4A สารนีโอนิโคตินอยด์ (Neonicotinoids).....	ไม่พบ
	กลุ่มย่อย 4B.....	ไม่พบ
	กลุ่มย่อย 4C.....	ไม่พบ
	กลุ่มย่อย 4D สารบูทีโนไลด์ (Butenolides).....	ไม่พบ
	กลุ่มย่อย 4E สารเมโสไอโอนิกส์ (Mesoionics).....	ไม่พบ
กลุ่ม 5 สารกลุ่มที่ปรับการทำงานของตัวรับสารอะเซติลโคลินชนิดนิโคตินิกโดยการจับที่ตำแหน่งแอลโลสเตอริกที่ตำแหน่งที่ 1	.....	ไม่พบ
กลุ่ม 6 สารกลุ่มที่ปรับการทำงานของช่องคลอไรด์ที่ทำงานโดยกลูตาเมตโดยการจับที่ตำแหน่งแอลโลสเตอริก	.....	ไม่พบ

สารเคมีกำจัดศัตรูพืช	ผลการตรวจวิเคราะห์	
กลุ่ม 7 สารกลุ่มเลียนแบบฮอร์โมนจูวีไนล	**กลุ่มย่อย 7A สารจูวีไนล์ฮอร์โมนอานาล็อก** (Juvenile Hormone Analogues).....	**พบสาร Methoprene ในแปลงที่ 8 และ 9**
	กลุ่มย่อย 7B…….....	ไม่พบ
	กลุ่มย่อย 7C…….....	ไม่พบ
กลุ่ม 8 สารกลุ่มที่ยับยั้งกลไกการทำงานของร่างกายแบบไม่เฉพาะเจาะจง (ยับยั้งหลายจุด)	กลุ่มย่อย 8A แอลคิล เฮไลด์ (Alkyl Halides)……..….	ไม่พบ
	กลุ่มย่อย 8B……..……..……..	ไม่พบ
	กลุ่มย่อย 8C ฟลูออไรด์ (Fluorides)……..……..…...	
	กลุ่มย่อย 8D โบเรต (Borates)……..……..……	ไม่พบ
	กลุ่มย่อย 8E……..……..……	ไม่พบ
	กลุ่มย่อย 8F สารที่ทำให้เกิดเมธิลไอโซไธโอไซยาเนท (Methyl Isothiocyanate Generators)……..……	ไม่พบ
		ไม่พบ
กลุ่ม 9 สารกลุ่มที่ปรับการทำงานของช่อง TRPV ที่ Chordotonal Organ	กลุ่มย่อย 9B สารอนุพันธ์ของไพริดีน อะโซเมธีน (Pyridine Azomethine)	ไม่พบ
	กลุ่มย่อย 9D สารไพโรพีน (Pyropenes)……..……..	ไม่พบ
กลุ่ม 10 สารกลุ่มที่ยับยั้งการเจริญเติบโตของไรโดยไปจับที่เอนไซม์ Chitin Synthase (CHS1)	กลุ่มย่อย 10A……..……..….	ไม่พบ
	กลุ่มย่อย 10B……..……	ไม่พบ
<u>สารกำจัดวัชพืช</u>	.....	ไม่พบ

ภาคผนวก ค
ภาพการดำเนินการวิจัย

ภาพประกอบ 12 ตัวอย่างสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ใช้ในพื้นที่ศึกษา

ภาพประกอบ 13 การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่าง

ประวัติผู้เขียน