

บทที่ 1

บทนำ

1. ที่มาและความสำคัญของปัญหาการวิจัย

จังหวัดนครราชสีมามีพื้นที่ประมาณ 20,493 ตารางกิโลเมตร ประมาณ 70% ของพื้นที่นั้น ประชาชนใช้สอยเป็นพื้นที่เกษตรกรรม การเพาะปลูกพืชที่สำคัญคือ ข้าว มันสำปะหลัง และข้าวโพด เป็นต้น เนื่องจากพื้นที่ของจังหวัดเป็นที่ราบสูงเกิดจากการยกตัวของแผ่นดินสลับกับเนินเขา ภูมิอากาศจึงค่อนข้างไม่แน่นอนโดยเฉพาะปริมาณน้ำฝนซึ่งถือเป็นปัจจัยหลักในการทำเกษตรกรรม ส่งผลให้เกิดวิกฤตขาดแคลนน้ำบ่อยครั้ง ฉะนั้นเพื่อเป็นการรักษาผลผลิตให้ได้มากคงเดิม เกษตรกรจึงจำเป็นต้องป้องกันมิให้สูญเสียผลผลิตทางการเกษตรไปจากสาเหตุอื่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากศัตรูพืช เกษตรกรจึงจำเป็นต้องใช้ยาปราบศัตรูพืชอยู่เป็นประจำเพื่อพยายามรักษาผลผลิตให้คงที่หรือมากขึ้นกว่าเดิม จึงหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่พื้นที่ทำการเกษตรในจังหวัดจะประสบปัญหาการปล่อยมลสารต่างๆ ชนิดลงสู่สิ่งแวดล้อมทั้งในดินและในน้ำ ซึ่งสามารถถูกน้ำฝนชะไหลลงสู่พื้นที่ต่ำหรือแหล่งเก็บน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินได้ในที่สุด ปัจจุบันยาปราบศัตรูพืชที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทยนั้นแบ่งออกเป็นหลายกลุ่ม เช่นกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ออร์กาโนคลอรีน กลุ่มไพโรเซซิน กลุ่มคาร์บาเมต เป็นต้น สารเคมีแต่ละชนิดที่ใช้นั้นออกฤทธิ์ต่อศัตรูพืชแตกต่างกันไป เกษตรกรไทยส่วนใหญ่จึงไม่ได้ยึดติดกับยาปราบศัตรูพืชชนิดใดชนิดหนึ่งเพียงอย่างเดียว ดังนั้นผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะกำจัดการปนเปื้อนของยาปราบศัตรูพืชที่จะแพร่กระจายลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ โดยพิจารณาถึงยาปราบศัตรูพืชที่ถูกใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทยเป็นหลัก จากนั้นจึงนำเอาสารเคมีที่มีความสามารถในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ได้สูง (สารออกซิแดนท์) มาศึกษาการบำบัดสารปราบศัตรูพืชดังกล่าว โดยใช้วิธีการทำปฏิกิริยาออกซิเดชันที่จุดกำเนิด (In situ chemical oxidation, ISCO)

ISCO เป็นการบำบัดที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศสหรัฐอเมริกา เหมาะสำหรับสถานที่ที่มีการปนเปื้อนที่สามารถระบุตำแหน่งได้ สารเคมีบางชนิดนั้นมีวิธีการบำบัดที่ราคาไม่แพงมากนัก เมื่อสารเคมีสัมผัสกับสารอินทรีย์ วิศวกรคาดหวังให้การบำบัดเป็นไปอย่างสมบูรณ์กล่าวคือเกิด

Mineralization ซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดสารผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นอันตรายต่อสภาพแวดล้อม (เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำเป็นผลผลิตสุดท้าย) ทั้งนี้สารอินทรีย์บางชนิดที่มีโครงสร้างสูตรโมเลกุลซับซ้อน ไม่สามารถถูกออกซิไดซ์โดยสารออกซิแดนท์ให้เกิดการบำบัดที่สมบูรณ์ได้ แต่สารออกซิแดนท์สามารถเปลี่ยนโครงสร้างสารอินทรีย์ดังกล่าวจากโครงสร้างที่ซับซ้อนให้กลายเป็นโครงสร้างที่ง่ายต่อการบำบัดโดยวิธีทางธรรมชาติโดยจุลินทรีย์ (วิธีทางชีวภาพ) ได้ ฉะนั้น ISCO จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมกับการบำบัดสารปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินอย่างมาก

สารออกซิแดนท์ที่ผู้วิจัยเลือกใช้คือ Persulfate anion ($S_2O_8^{2-}$) ซึ่งเป็นสารออกซิแดนท์ที่มีความสามารถในการบำบัดสูง เนื่องจากมีค่าศักย์รีดักชันมาตรฐานที่สูง (Standard reduction potential, $E^0 = +2.10$ V) เป็นรองเพียงแก่ $OH^\cdot$ เท่านั้น $S_2O_8^{2-}$ สามารถนำมาใช้บำบัดได้ทันทีแต่หากมีการกระตุ้น Persulfate โดยใช้สารเคมีเพิ่มเติม เช่น Hydrogen peroxide (H_2O_2), Fe^0 , $Fe(II)$, หรือ $Fe(III)$ หรืออาจจะใช้การเพิ่มค่าพีเอช การเพิ่มความร้อนในการกระตุ้นปฏิกิริยา (Activator) $S_2O_8^{2-}$ จะถูกเปลี่ยนเป็น Persulfate radical ($SO_4^{\cdot-}$) ($E^0 = +2.60$ V) ซึ่งมีค่าศักย์รีดักชันที่สูงกว่า $S_2O_8^{2-}$ ทันที (Berlin, 1986)

การบำบัดยาปราบศัตรูพืชด้วย $S_2O_8^{2-}$ หรือ $SO_4^{\cdot-}$ นั้น วิศวกรเริ่มให้ความสำคัญมากขึ้นอันเนื่องมาจากค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่สูงมากของ $SO_4^{\cdot-}$ แต่ทั้งนี้การหาตัวกระตุ้นที่เหมาะสมและให้ประโยชน์ที่สูงสุดในด้านระยะเวลาการบำบัดและค่าใช้จ่ายนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของสารปราบศัตรูพืชตามที่ได้กล่าวไปแล้วนั้น ยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากนัก ประกอบกับปัจจุบันมีการพัฒนาการควบคุมการปล่อยสารออกซิแดนท์เรียกว่า Controlled-Release เข้ามาแทนที่ ISCO แบบดั้งเดิม (การฉีดสารออกซิแดนท์ลงสู่ใต้ดิน) เพื่อให้ปริมาณสารออกซิแดนท์ค่อยๆ กระจายตัวออกมาบำบัดสารปนเปื้อนที่ต้องการบำบัดอย่างช้าๆ Christensen et al. (2011) และ Kambhu et al. (2012) ได้ทำการวิจัยโดยใช้ Controlled-Release oxidant ในการบำบัดสารจำพวกกลุ่มสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม (VOC; Volatile organic compounds) และ กลุ่มBTEX (Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylene) ซึ่งทั้งสองกลุ่มนั้นอยู่ในกลุ่มสารระเหยง่ายแต่ยังไม่เคยมีการวิจัยเกี่ยวกับการใช้ Controlled-Release persulfate กับยาปราบศัตรูพืชที่ตกค้างในดินมาก่อนซึ่งถือเป็นปัญหาการเกิดมลพิษของดินในประเทศเกษตรกรรมอย่างประเทศไทยที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ ผู้วิจัยจึงหวังว่าภายหลังเสร็จสิ้นโครงการนี้ผู้วิจัยจะสามารถเผยแพร่องค์ความรู้ใหม่ให้เป็นประโยชน์ในการใช้ในโครงการ การบำบัดสารเคมีอินทรีย์ชนิดอื่นๆต่อไปได้อีก ฉะนั้นทางผู้วิจัยเล็งเห็นความสำคัญของการใช้ persulfate ในการ

บำบัด สารปราบศัตรูพืชที่ตกค้างในดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ Controlled-Release persulfate มาใช้แทนเทคโนโลยี ISCO อันจะเป็นประโยชน์ในด้านการพัฒนาองค์ความรู้ใหม่ และเพื่อเป็นประโยชน์กับผู้สนใจ และนักวิจัยท่านอื่นในอนาคตได้

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1 เพื่อศึกษาการกระจายตัวของ Persulfate ที่ถูกควบคุมการปล่อยสารแบบช้า ๆ Controlled-release persulfate
- 2.2 เพื่อศึกษาการบำบัดสารเคมีที่ตกค้างโดยใช้ Controlled-release persulfate ในดินในภาวะอุ้มน้ำแบบอิมตัวในถังจำลองการไหลของน้ำ 2 มิติ (2D-Tank)

3. ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาหาประสิทธิภาพของ Controlled-release persulfate ในการบำบัดสารเคมีที่ตกค้างในน้ำและในดิน การวิจัยนี้จะใช้ Controlled-release persulfate มาสลายตัว Methyl orange ซึ่งเป็นสารเคมีอินทรีย์ต้นแบบที่ปนเปื้อนอยู่ใน 2D-Tank แต่ทั้งนี้จะมีการใช้ Controlled-release persulfate บำบัดสารปราบศัตรูพืช ซึ่งสารปราบศัตรูพืชที่จะใช้เป็นสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ยังมีใช้ในประเทศไทย

4. วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้แบ่งการดำเนินการวิจัยออกเป็นส่วนย่อยๆ จำนวนทั้งสิ้น 3 ส่วน เพื่อให้การทดลองแต่ละลำดับขั้นเป็นไปตามความเหมาะสมของแต่ละวัตถุประสงค์ กล่าวคือ การทดลองขั้นเตรียมการทดลองแบบ Batch และการทดลองแบบ Transport ในส่วนนี้จะสรุปเพียงคร่าวๆ เท่านั้น โดยจะมีการกล่าวถึงแต่ละการทดลองโดยละเอียดใน บทที่ 3 ต่อไป

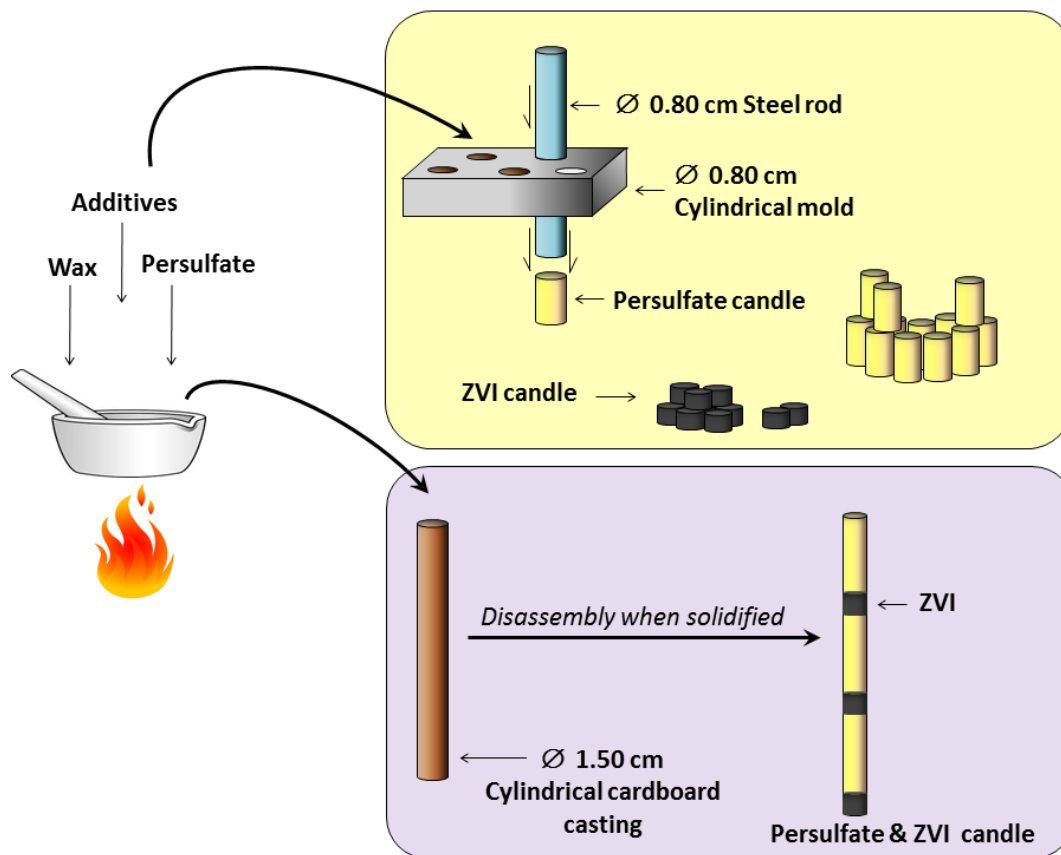
4.1 การทดลองขั้นเตรียมการ

เป็นการทดลองเริ่มต้นก่อนเริ่มการทดลองจริง เพื่อเตรียมความพร้อมต่างๆ เช่น การศึกษาหาสารอินทรีย์ดินแบบเพื่อนำมาใช้เป็นตัวแทนของสารปราบศัตรูพืชชนิดออร์กาโนฟอสเฟต การออกแบบและสั่งทำชุดการทดลองสำหรับ 2D-Tank เพื่อทำเป็นแบบจำลองการเคลื่อนตัวของสารในดิน การเตรียมสารเคมีทั้งหมดที่ใช้ในการศึกษาในโครงการนี้ เช่น สารโซเดียมเปอร์ซัลเฟต ผงตะไบเหล็กที่นำมาใช้เป็นหลักศูนย์ในการกระตุ้นการทำงานของเปอร์ซัลเฟตแอนไอออน สารเคมีอินทรีย์ดินแบบ สารเคมีอื่นๆ ที่ใช้ในการเปลี่ยนสีของสารเปอร์ซัลเฟตเพื่อนำไปวัดความเข้มข้นของเปอร์ซัลเฟต

4.2 การเตรียม Controlled-release activated persulfate (Persulfate and ZVI candle)

แท่งเทียนเปอร์ซัลเฟต (Controlled-release activated persulfate) ที่จะนำมาใช้เป็นตัวปล่อยสารเปอร์ซัลเฟตอย่างช้าๆ เมื่อแท่งเทียนนี้สัมผัสกับน้ำ แท่งเทียนนั้นประกอบด้วยสารเคมีเพียงสองชนิดคือ สารโซเดียมเปอร์ซัลเฟตและขี้ผึ้งหรือ Paraffin แต่หากเป็นเทียนที่ใช้ในการกระตุ้นเปอร์ซัลเฟตจะใช้สารอีกสองชนิดคือ เหล็กศูนย์ (Fe^0) และ Paraffin ในการทำเทียน ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงวิธีการทำแท่งเทียนดังกล่าว รวมถึงแบบหล่อที่ใช้ ส่วนผสมต่างๆ ที่เลือกใช้ เพื่อหาอัตราส่วนผสมของเทียนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการนำไปบำบัดสารเคมีอินทรีย์ดินแบบ แล้วจึงนำอัตราส่วนของเทียนชนิดนี้ไปศึกษาในการทดลองขั้นต่อไป

หลักการผลิต Controlled-release activated persulfate (เทียน Persulfate ใช้ร่วมกับ ZVI) นั้นใช้หลักการทำเทียนซึ่งประยุกต์มาจากการงานของ Kambhu et al. (2012) ฉะนั้นต่อไปนี้จะกล่าวถึง Controlled-release activated persulfate (เทียน Persulfate ใช้ร่วมกับ ZVI) ว่าเทียน Persulfate ส่วนประกอบหลักที่สำคัญในการทำเทียนคือ Paraffin wax และ Sodium Persulfate ($Na_2S_2O_8$) ในอัตราส่วนที่เท่ากันทุกการทดลอง ซึ่งวิธีการผลิตเทียน Persulfate ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ชุดทดลองการเตรียม Controlled-release activated persulfate
(Persulfate and ZVI candle)

4.3 การทดลองแบบ Batch Study

ในหัวข้อนี้เป็นการทดลองภายในห้องปฏิบัติการ ในภาชนะปิดอยู่กับที่ เช่น Erlenmeyer flask เพื่อศึกษาการกระจายตัวของเทียนที่ได้เลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมแล้ว การศึกษาอายุของเทียนเปอร์ซัลเฟตว่าสามารถปล่อยสารเปอร์ซัลเฟตเพื่อบำบัดสารปนเปื้อนได้นานเท่าไร ในส่วนการทดลองนี้มีการทดลองใช้สารเคมีอินทรีย์ต้นแบบจริง เพื่อศึกษาถึงการลดลงของสารเคมีดังกล่าวเมื่อได้รับการบำบัดโดยสารเปอร์ซัลเฟตทั้งที่ถูกปลดปล่อยมาจากเทียนเปอร์ซัลเฟต และการลดลงของสารเคมีเมื่อได้รับการบำบัดโดยสารเปอร์ซัลเฟตในสารละลาย

4.4 การทดลองแบบ Column Study (2D-Tank)

ในหัวข้อนี้เป็นการทดลองภายในห้องปฏิบัติการโดยทำในภาชนะระบบปิดอยู่กับที่ซึ่งเป็นการจำลองลักษณะให้เหมือนกับพื้นที่ใต้ดิน (Subsurface) เป็นการออกแบบพิเศษเพื่อให้สามารถเก็บตัวอย่างน้ำ ณ จุดใดๆ ของแบบจำลองได้ แบบจำลองนี้ใช้ในการศึกษาการกระจายตัวของเปอร์ซัลเฟตออกจากแท่งเทียน Slow-release และใช้ในการศึกษาถึงปริมาณหรือความเข้มข้นที่ลดลงของสารต้นแบบ คือ Methyl Orange ซึ่งเป็นสีย้อมเมื่อได้รับสารเปอร์ซัลเฟตเทียบกับเวลาที่ผ่านไป

5. ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

5.1 เป็นองค์ความรู้ในการวิจัยต่อไป

5.2 เพื่อพัฒนารอบความคิดการบำบัดสารเคมีที่ตกค้างในสิ่งแวดล้อมที่มีอยู่เดิมให้มีประสิทธิภาพในการบำบัดสารเคมีที่ตกค้างจนได้ผลผลิตที่ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม

5.3 ทำให้ได้วิธีการพัฒนาระบบการบำบัดสารปราบศัตรูพืช ที่ปนเปื้อนในดินและน้ำโดยใช้เทคโนโลยีสะอาดจากการใช้เทียน slow release persulfate