

บทที่ 2

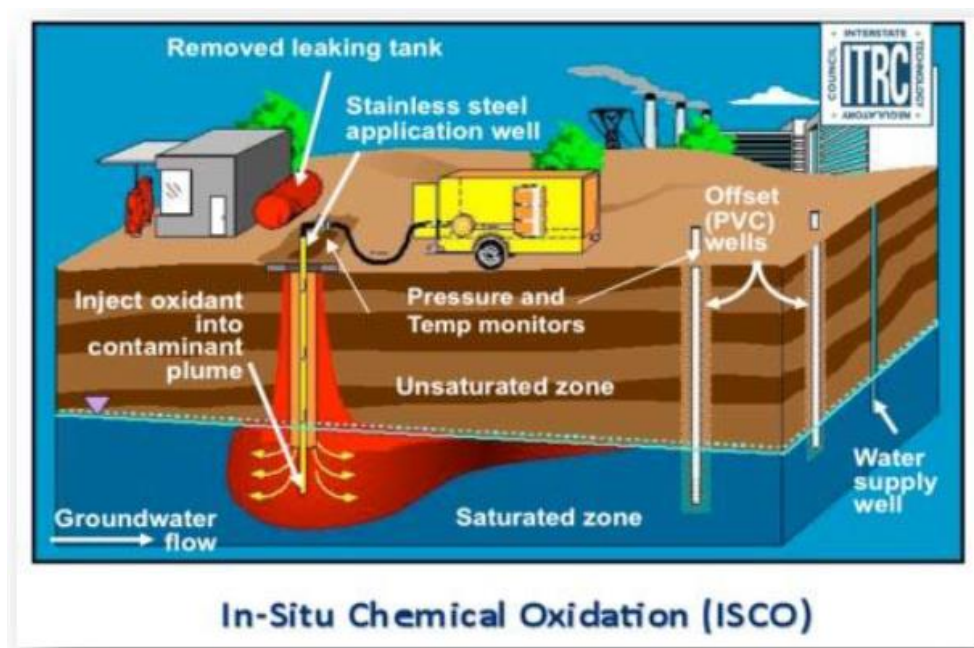
ปรัทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากประชากรในประเทศไทยส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม จึงหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะต้องใช้นสารปราบศัตรูพืชเพื่อควบคุมผลผลิตจากการเกษตร การเพาะปลูกพืชที่สำคัญของประเทศคือ ข้าว มันสำปะหลัง และข้าวโพด เป็นต้น ฉะนั้นเพื่อเป็นการรักษาผลผลิตให้ได้มากคงเดิม เกษตรกรจึงจำเป็นต้องป้องกันมิให้สูญเสียผลผลิตทางการเกษตรไปจากสาเหตุอื่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากศัตรูพืช เกษตรกรจึงจำเป็นต้องใช้นสารปราบศัตรูพืชอยู่เป็นประจำเพื่อพยายามรักษาผลผลิตให้คงที่หรือมากขึ้นกว่าเดิม จึงหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่พื้นที่ทำการเกษตรในจังหวัดจะประสบปัญหาการปล่อยมลสารต่างๆ ชนิดลงสู่สิ่งแวดล้อมทั้งในดินและในน้ำ ซึ่งสามารถถูกน้ำฝนชะ ไหลลงสู่พื้นที่ต่ำหรือแหล่งเก็บน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินได้ในที่สุด ปัจจุบันยาปราบศัตรูพืชที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทยนั้นแบ่งออกเป็นหลายกลุ่ม เช่นกลุ่มออร์การ์โนฟอสเฟต กลุ่มออร์การ์โนคลอรีน กลุ่มไพโรเซซิน กลุ่มคาร์บาเมต เป็นต้น สารแต่ละชนิดที่ใช้นั้นออกฤทธิ์ต่อศัตรูพืชแตกต่างกันไป เช่น กลุ่มคาร์บาเมต ใช้ในการกำจัดแมลงเนื่องจากส่งผลโดยตรงต่อระบบประสาทของแมลงได้อย่างดี กลุ่มออร์การ์โนฟอสเฟต ใช้ในการกำจัดแมลงเช่นเดียวกันแต่ส่งผลรุนแรงมากกว่า กลุ่มออร์การ์โนคลอรีน เคยได้รับการนิยมนำมาใช้แพร่หลายในการกำจัดแมลงที่เป็นศัตรูของพืชแต่ด้วยโครงสร้างของสารทำให้สารนี้ตกค้างในธรรมชาติได้อย่างยาวนาน และอาจส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่ไม่ใช่เป้าหมาย ทั้งยังสามารถส่งผลกระทบโดยเพิ่มปัจจัยเสี่ยงในการเป็นมะเร็งของมนุษย์อย่างมาก ปัจจุบันสารชนิดนี้ถูกสั่งห้ามใช้ทั่วโลก จากที่กล่าวมาข้างต้น สารแต่ละชนิดที่ใช้นั้นออกฤทธิ์ต่อศัตรูพืชแตกต่างกันไป เกษตรกรไทยส่วนใหญ่จึงไม่ได้ยึดติดกับยาปราบศัตรูพืชชนิดใดชนิดหนึ่งเพียงอย่างเดียว การปนเปื้อนจึงมีความรุนแรงมากยิ่งขึ้นตามปริมาณและชนิดของสารที่ใช้ ซึ่งตามปกติจะพิจารณาจากค่าครึ่งชีวิต (Half Life) ของสารชนิดนั้นว่าใช้ระยะเวลาการสลายตัวจนเหลือความเข้มข้นร้อยละ 50 เป็นเท่าใดหากสลายตัวได้ช้า และชนิดของสารปราบศัตรูพืชบางชนิดที่มีความคงทนต่อสภาวะสิ่งแวดล้อมที่ไม่เท่ากัน โดยสามารถแบ่งได้ดังนี้ คงทนสูง (ค่าครึ่งชีวิตมากกว่า 6 เดือน) คงทนปานกลาง (ค่าครึ่งชีวิต 6 สัปดาห์ ถึง 6 เดือน) คงทนเล็กน้อย (ค่าครึ่งชีวิต 2-6 สัปดาห์) และ ไม่คงทน (ค่าครึ่งชีวิตมากกว่า 6 เดือน) (McEwen, F.L. & G.R. Stephenson, 1979)

จากข้อมูลของกรมวิชาการเกษตรได้รายงานการนำเข้าสารเคมีทางการเกษตรในปัจจุบันพบว่า ปริมาณการนำเข้าสารเคมีของไทยในปี 2550 มีปริมาณ 67,895 ตัน คิดเป็นมูลค่า 15,026.32 ล้านบาท และปี 2551 มีปริมาณ 66,563 ตัน คิดเป็นมูลค่า 19,181.75 ล้านบาท ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับที่สูง ซึ่งหากไม่มีการควบคุมหรือเกษตรกรนำไปใช้อย่างไม่ถูกต้องจะเกิดความไม่ปลอดภัย นอกจากนี้ สุปราณี และ คณะ (2518) ได้รายงานการใช้สารเคมีของเกษตรกรไทยพบที่มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชกันอย่างแพร่หลายได้แก่สารในกลุ่ม Organophosphate และ Carbamate ทั้งนี้เพราะสารทั้งสองประเภทมีพิษตกค้าง ในระยะที่ไม่นานเกินไป (วิภาวรรณ 2536) โดยจะมีปฏิกิริยาการเกิดพิษที่คล้ายคลึงกันคือสามารถทำปฏิกิริยายับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ที่สำคัญของระบบประสาทคือ Cholinesterase ส่วนสารกลุ่ม Carbamate นั้นมีกลไกออกฤทธิ์แยกได้ 2 ประเภท คือ ประเภทที่หนึ่งเรียกว่า Cholinesterase – Inhibiting Carbamate พบโดยทั่วไปในรูปของยาฆ่าแมลง ประเภทที่ 2 เรียกว่า non – cholinesterase inhibiting ซึ่งมีส่วนประกอบของ sulfur ผสมอยู่และนิยมใช้เป็นยากำจัดเชื้อรา (fungicides) และยากำจัดวัชพืช (herbicides) และ Carbamate ทั้งสองกลุ่มมีฤทธิ์ทาง Neurotoxicity แต่ชนิดที่สองจะมีความรุนแรงมากกว่า (สุปราณี และคณะ 2518) เมื่อร่างกายมนุษย์ได้รับสารเคมีกำจัดศัตรูพืชจะส่งผลให้ cholinesterase ลดลงทำให้ไม่สามารถทำงานได้ตามปกติจึงทำให้เกิดการสะสมของ Acetylcholine ที่จุดต่อระหว่างประสาท (Nerve ending) ตรงบริเวณ Neuromuscular junction เป็นผลทำให้ประสาทบริเวณดังกล่าวทำงานผิดปกติ โดยจะแสดงอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ ปวดศีรษะ ตามัว อ่อนเพลีย ปวดท้อง และถ้าได้รับสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในปริมาณสูงมากอาจมีผลร้ายแรงเกิดอาการชักกระตุก และอาจเสียชีวิตได้

ในปี 2545 กองอาชีวอนามัย มีโครงการเฝ้าระวังโรคพิษจากสารกำจัดศัตรูพืชในเกษตรกรกลุ่มเสี่ยงทั่วประเทศโดยใช้กระดาษทดสอบ (Reactive paper) เพื่อหาสาร โคลิโนเอสเทอเรสอันเป็นเครื่องชี้วัดถึงปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและ คาร์บาเมทโดยการตรวจสอบหาระดับเอ็นไซม์โคลิโนเอสเทอเรสในเลือดของเกษตรกรทั่วประเทศจำนวน 456,420 คนพบว่าผู้มีความเสี่ยงและไม่ปลอดภัยมีจำนวน 84,760 คน คิดเป็นร้อยละ 15.21 ของเกษตรกรที่ได้รับการตรวจทั้งหมด ดังนั้น สารกลุ่มนี้จึงถือว่าเป็นสารเคมีที่มีความเป็นพิษสูงและส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของเกษตรกรโดยตรง ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันสารดังกล่าวนี้เข้าสู่ระบบนิเวศทั้งในดิน และในน้ำ การกำจัดสารเคมีที่ตกค้างในสิ่งแวดล้อมเหล่านี้จึงมีความจำเป็นเพื่อความปลอดภัยของมนุษย์โดยรวม

ปัจจุบันการบำบัดสารเคมีโดยการนำสารเคมีที่มีความสามารถในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ได้สูง (สารออกซิแดนท์) โดยนำไปบำบัดในที่ที่มีการปนเปื้อน หรือเรียกนิยมเรียกกันว่า วิธีการทำปฏิกิริยาออกซิเดชันที่จุดกำเนิด (In situ chemical oxidation, ISCO) ดังรูปที่ 2 วิธีนี้เหมาะสำหรับสถานที่ที่มีการปนเปื้อนที่สามารถระบุตำแหน่งได้ สารเคมีบางชนิดนั้นมียุทธวิธีบำบัดที่ราคาไม่แพงมากนักเมื่อสารเคมีสัมผัสกับสารอินทรีย์ วิศวกรคาดหวังให้การบำบัดเป็นไปอย่างสมบูรณ์กล่าวคือเกิด Mineralization ซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดสารผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นอันตรายต่อสภาพแวดล้อม (เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำเป็นผลผลิตสุดท้าย) ทั้งนี้สารอินทรีย์บางชนิดที่มีโครงสร้างสูตรโมเลกุลซับซ้อน ไม่สามารถถูกออกซิไดซ์โดยสารออกซิแดนท์ให้เกิดการบำบัดที่สมบูรณ์ได้ แต่สารออกซิแดนท์สามารถเปลี่ยนโครงสร้างสารอินทรีย์ดังกล่าวจากโครงสร้างที่ซับซ้อนให้กลายเป็นโครงสร้างที่ง่ายต่อการบำบัดโดยวิธีทางธรรมชาติโดยจุลินชีพ (วิธีทางชีวภาพ) ได้ ฉะนั้น ISCO จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมกับการบำบัดสารปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินอย่างมาก

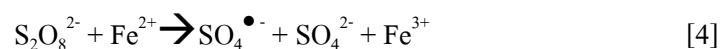
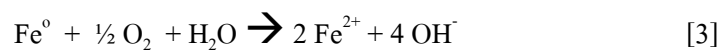


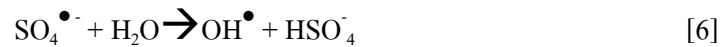
รูปที่ 2 In Stu Chemical Oxidation หรือ ISCO

(ที่มา:<http://www.regenesis.co.uk/products/in-situ-chemical-oxidation-isco/>

เข้าถึงเมื่อวันที่ 1 มิถุนายน 2558)

การบำบัดทางเคมีแต่ละวิธีมีข้อดีและเสียแตกต่างกันไปดังนี้เช่น การปรับปรุงคุณภาพของโรงบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยน้ำทิ้งโดยใช้ระบบก๊าซโอโซนซึ่งเป็นออกซิแดนต์ที่มีประสิทธิภาพสูงเนื่องจากมีค่าศักย์รีดักชันมาตรฐานที่สูง (Standard reduction potential, $E^0 = +2.10$ V) แต่วิธีนี้มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการที่สูงมากโดยเฉพาะการใช้พลังงานไฟฟ้าในการผลิตก๊าซโอโซน การบำบัดด้วยด่างทับทิม หรือ Permanganate (MnO_4^- , $E^0 = +1.70$ V) ซึ่งก่อให้เกิดสีตกค้าง (สีม่วง) ในสิ่งแวดล้อม รวมถึงก่อให้เกิดปริมาณเมงกานีสและเมงกานีสไดออกไซด์ตกค้างในดินสูง การบำบัดโดยใช้ Fenton Oxidation ซึ่งผลิตที่ได้เป็นสารที่มีค่าศักย์รีดักชันที่สูงคือมีความเป็นสารออกซิแดนต์ที่มีความแรงในการชิงอิเล็กตรอนจากสารอินทรีย์คือ Hydroxyl radical ($\text{OH}^\bullet$; $E^0 = +2.80$ V) แต่เนื่องจากความเสถียรของอนุมูลอิสระชนิดนี้ไม่นานเพียงพอ จึงทำให้ $\text{OH}^\bullet$ สามารถแตกตัวและสลายตัวเองไปอย่างรวดเร็ว ตัวออกซิแดนต์ที่มีค่าศักย์รีดักชันมาตรฐานที่สูงเป็นรองจาก $\text{OH}^\bullet$ คือ Persulfate radicals ($\text{SO}_4^\bullet$) ($E^0 = +2.60$ V) ที่เกิดจากการกระตุ้น Persulfate anion ($\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$) ด้วยปัจจัยภายนอก (Activator) โดยตัว $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ เติมนั้นมีความสามารถในการบำบัดสูงอยู่แล้ว ($E^0 = +2.10$ V) ดังสมการที่ 1 แต่หากมีการกระตุ้น Persulfate โดยใช้ Activator ให้เกิดการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนเพียงหนึ่งตัว Persulfate จะเปลี่ยนเป็น Persulfate radical ($\text{SO}_4^\bullet$) ดังสมการที่ 2 ตัวอย่างการใช้ Activator ได้แก่ การใช้ความร้อน การใช้โลหะทรานซิชัน (Huang et al., 2002; Anipsitakis and Dionysiou, 2004; Hou et al., 2012; Wu et al., 2012) หรือการใช้ Zero valent iron (Fe^0) หรือ Fe^{2+} หรือควบคู่กัน ดังสมการที่ 3-4 การกระตุ้นด้วยการฉายแสงอัลตราไวโอเล็ต (UV) (Lau et al., 2007; Chan et al., 2010; Shih et al., 2012; Gao et al., 2012) ข้อดีของกระบวนการ UV/Persulfate นี้คือปฏิกิริยานั้นเกิดขึ้นจากสารออกซิแดนต์คุณภาพสูงถึงสองตัว คือ $\text{OH}^\bullet$ และ $\text{SO}_4^\bullet$ ซึ่งถูกสร้างภายใต้แสงยูวี (Berlin, 1986) ดังสมการที่ 5-6 และการเพิ่มความเข้มข้นอัลคาไลน์โดยการเพิ่มค่าพีเอช เป็นต้น





ฉะนั้นการเลือกใช้ Persulfate และตัวกระตุ้นที่เหมาะสมจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก ในการบำบัดสารเคมีที่ตกค้างในดินนั้น งบประมาณการบำบัดที่ต้องใช้ในการบำบัดหลักไม่พ้นค่าดำเนินการ และค่าสารเคมี การใช้สารกระตุ้นที่หาได้ง่าย สะดวก และประหยัดค่าใช้จ่ายมากที่สุดคือ การประยุกต์ใช้เหล็กศูนย์หรือ ZVI ในส่วนของค่าดำเนินการนั้น การเลือกใช้วิธีควบคุมการปล่อยสาร ออกซิเจนแบบช้าๆ หรือ slow release หรือ control release จึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจเป็นอย่างมาก เพราะสามารถทดแทนการบำบัดแบบดั้งเดิม หรือการบำบัดที่แหล่งกำเนิด (In situ chemical oxidation) ได้

Kambhu et al. (2012) กล่าวว่าการผลิต Persulfate candle เป็นการควบคุมการปล่อยสารเคมี อย่างช้า ๆ จะใช้ขี้ผึ้งหลอมรวมกับเปอร์ซัลเฟตและนำไปใช้ในการบำบัดเป็นเทคโนโลยีที่ค่อนข้างใหม่ โดยมีวัตถุประสงค์คือเพื่อให้การสลายตัวของ Persulfate เป็นไปอย่างช้าๆ ในการบำบัดสารปนเปื้อน ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการจัดทำขึ้นโดยการให้ความร้อนและการผสม $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$