

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 สารเคมีเกษตร (pesticide)

สารเคมีเกษตร หมายถึง สาร หรือ ส่วนประกอบของสารที่ได้จากการสังเคราะห์ หรือสกัดจากธรรมชาติออกมาในรูปของสารเคมี มีวัตถุประสงค์ในการป้องกัน ควบคุมและทำลายศัตรูพืชหรือศัตรูสัตว์ เพื่อให้ได้สินค้าเกษตรที่สมบูรณ์ โดยสารเคมีทางการเกษตรที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ ปุ๋ยเคมี และสารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืช (Pesticide) ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็นกลุ่มต่าง ๆ ตามเกณฑ์ที่ใช้ดังนี้ (วารุณี และคณะ, 2546)

1) วัตถุประสงค์ของการใช้งาน จำแนกได้เป็น (1) สารเคมีกำจัดแมลง (2) สารกำจัดวัชพืช (3) สารกำจัดแมลงชีวอินทรีย์ (4) สารกำจัดเชื้อรา (5) สารกำจัดหนู (6) สารกำจัดหอยและหอยทาก (7) สารรมควันพืช (8) สารเคมีควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (9) สารกำจัดไส้เดือนฝอย และ (10) สารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืช

2) องค์ประกอบทางเคมี จำแนกได้เป็น สามารถแบ่งได้ 3 กลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่

(1) สารอินทรีย์ธรรมชาติ ซึ่งเป็นสารประกอบของคาร์บอนที่สามารถสกัดได้จากพืช เช่น ไพรีทริน (pyrethrin) โรทีนอยด์ (rotenone and rotenoids) นิโคติน (nicotine) เป็นต้น

(2) สารอินทรีย์สังเคราะห์ ซึ่งสารเคมีในกลุ่มนี้ได้รับความนิยมอย่างมากในภาคการเกษตร เนื่องจากสามารถควบคุมและกำจัดแมลงศัตรูพืชได้ดี ได้แก่

- กลุ่มออร์กาโนคลอรีน (organochlorine) มีธาตุไฮโดรเจน คาร์บอนและคลอรีนรวมอยู่ในสูตร สารกำจัดแมลงกลุ่มนี้มีความเป็นพิษเฉียบพลันต่ำเมื่อถูกดูดซึมผ่านผิวหนัง แต่มีศักยภาพในการก่อความเป็นพิษเรื้อรังในระยะยาว ทั้งนี้เนื่องจากสลายตัวได้ยากจึงสะสมในสิ่งแวดล้อมสูง เช่น ดินที่ ดีดี่ และอนุพันธ์ของ ดีดี่ ในประเทศที่พัฒนาแล้วได้ห้ามมีการใช้อย่างเด็ดขาด ในประเทศไทยยังคงมีการใช้เพื่อควบคุมโรคมาลาเรีย

- กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (organophosphate) มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบสำคัญ เป็นสารเคมีที่มีการพัฒนาและสังเคราะห์สารประกอบขึ้นกว่า 100,000 ชนิด เช่น คลอร์ไพริฟอส พาราไทออน เมวินฟอส เป็นต้น ความเป็นพิษของสารกำจัดแมลงในกลุ่มนี้จะแตกต่างกัน แม้ว่าจะมีกลไกการออกฤทธิ์เหมือนกัน

- กลุ่มคาร์บาเมต (carbamate) มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบ ใช้ประโยชน์ในการกำจัดแมลงได้ดีมีลักษณะแตกต่างจากกลุ่มอื่นคือ ละลายน้ำได้ดีสามารถซึมเข้าทางรากและเคลื่อนย้ายไปทั่วลำต้นของพืชได้และเป็นพิษสูงต่อสัตว์เลือดอุ่น

- กลุ่มไพรีทรอยด์สังเคราะห์ (synthetic pyrethroid) เป็นสารเคมี ที่สังเคราะห์เลียนแบบ ไพรีทริน แต่พัฒนาให้สามารถทนต่อการสลายตัวด้วยแสงแดด สารกำจัดแมลงกลุ่มไพรีทรอยด์ส มีกลไกออกฤทธิ์ เช่นเดียวกับสารพวกออร์กาโนคลอรีน แต่ฤทธิ์น้อยกว่า มักใช้เพื่อกำจัดแมลงในบ้านเรือน เพราะออกฤทธิ์ให้เกิดอัมพาตในแมลงอย่างรวดเร็ว ส่วนใหญ่มีพิษ ต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมค่อนข้างต่ำ

- สารอนินทรีย์ (inorganic insecticide) เป็นสารเคมีที่นิยมใช้ในช่วงแรก ๆ มีโครงสร้างไม่ซับซ้อน แต่ไม่เป็นที่นิยมแพร่หลายในปัจจุบัน เช่น สารหนู (arsenical) และโซเดียม ฟลูออไรด์ (sodium fluoride) นิยมใช้กำจัดแมลงสาบ หนู เป็นต้น

โดยสารเคมีเหล่านี้มีโลหะหนักเป็นองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์ ซึ่งความเป็นพิษจะแตกต่างกันออกไปตามลักษณะและวิธีการสะสมในสิ่งแวดล้อม และเมื่อพืชได้รับโลหะหนักอาจทำให้เกิดความเสียหาย

โดยจะยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช เช่น ทองแดงและสังกะสี มีความสัมพันธ์ต่อพืชในเรื่องการ ดูดซึม สารอาหารจากดิน ส่งผลให้เกิดปัญหาทางสรีรวิทยาได้ กล่าวคือ ดีเอ็นเอและเซลล์ของพืช ถูกทำลาย และ ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ซึ่งทำให้พืชตายได้ อีกทั้งโลหะหนักยังส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและห่วงโซ่อาหาร ซึ่งสิ่งมีชีวิตจะสะสมในอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น ตับ ไต และ กระดูก เป็นต้น อีกทั้งยังไปทำลายระบบต่าง ๆ ในร่างกาย เช่น ระบบประสาท โคกระดูก ต่อมไร้ท่อ ระบบภูมิคุ้มกัน และระบบไหลเวียนโลหิต เป็นต้น (Alengebawy *et al.*, 2021) ซึ่งในพื้นที่ทำเกษตรกรรม ได้กำหนดมาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ (ตารางที่1) และมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (ตารางที่ 2)

การสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืช เกิดจาก 3 ช่องทาง ดังนี้

1. การสัมผัสทางปาก การรับสารเคมีเข้าทางปาก อาจเกิดขึ้นได้จากการทำงานที่ไม่ปลอดภัย เช่น การดูด หรือเป่าหัวฉีดพ่น การดื่มหรือรับประทานสารเคมีที่ปนเปื้อนมากับอาหาร สารเคมีจะเข้าสู่ระบบทางเดินอาหารไปสู่กระเพาะอาหาร หากมีกากอาหารปะปนอยู่ด้วยอาจทำให้ความเป็นพิษลดลง และถูกขับออกจากร่างกาย โดยการขับถ่ายทางปัสสาวะหรืออุจจาระ แต่ถ้าถูกดูดซึมเข้าสู่ระบบโลหิตจะเกิดความเป็นอันตรายเพิ่มมากขึ้น ซึ่งความเป็นอันตรายจะขึ้นอยู่กับปริมาณของสารที่ได้รับ รวมทั้งอาจมีการสะสมในเนื้อเยื่อไขมัน ตับ ไต หรือสมองได้

2. การสัมผัสทางการหายใจ การรับสารเคมีเข้าสู่ร่างกายทางการหายใจนั้น อาจอยู่ในรูปของฝุ่น ผง หรือละออง ของสารละลาย (สารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ผสมกับน้ำหรือน้ำยาอื่น ๆ) โดยฝุ่นที่มีขนาดเล็กจะเข้าสู่ทางเดินหายใจได้มากกว่าฝุ่นที่มีขนาดใหญ่ เกษตรกรควรสวมหน้ากากป้องกันสารเคมีหากทำงานบริเวณที่มีการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืช เพื่อป้องกันอันตรายจากการได้รับสารเคมีทางการหายใจ

3. การสัมผัสทางผิวหนัง สารเคมีจะซึมผ่านเข้าทางผิวหนังโดยการสัมผัสสารเคมีในขณะที่ผสมสารเคมี ขณะฉีดพ่น หรือขณะล้างอุปกรณ์ ละอองสารเคมีเหล่านี้จะสัมผัสผิวหนังและซึมเข้าสู่ร่างกาย โดยเฉพาะสารเคมีในกลุ่มที่สามารถละลายได้ดีในไขมันมักซึมผ่านได้ง่าย

2.2 สถานการณ์การนำเข้าสารเคมีเกษตร

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีการส่งผลผลิตออกไปจำหน่ายยังตลาดโลกในลำดับต้นๆ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ไม่ว่าจะเป็นการปลูกข้าว พืชไร่ พืชสวน ผัก ผลไม้ การเลี้ยงสัตว์ และการประมง ซึ่งช่วยนำเงินเข้าสู่ประเทศเป็นอย่างมาก แต่การพัฒนาทางการเกษตรของประเทศไทย ในด้านการผลิตพืชต่าง ๆ ส่วนใหญ่มุ่งเน้นการเพิ่มผลผลิตเป็นหลัก จึงมีการใช้สารเคมีทางการเกษตรในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช อย่างกว้างขวาง ทั้งนี้เพื่อการป้องกันการทำลายหรือควบคุมศัตรูพืชที่อาจก่อให้เกิดความเสียหายกับผลผลิต กระบวนการผลิต การจัดเก็บ การขนส่ง หรือการตลาดของอาหารสินค้าการเกษตรนั่นเอง ซึ่งพฤติกรรมในการใช้สารเคมีทางการเกษตรส่วนใหญ่ มีความไม่เหมาะสม ขาดความระมัดระวังในการใช้งานที่ถูกต้อง รวมทั้งใช้สารเคมีเกินปริมาณที่กำหนด (วันปิติ, 2564) ซึ่งจากข้อมูลในช่วงระยะเวลาย้อนหลังระหว่าง พ.ศ. 2555 - 2560 พบว่าปริมาณการนำเข้าสารเคมีอันตรายทางการเกษตรมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยมีปริมาณ 134,480,269 – 197,646,763 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 19,378 – 27,325 ล้านบาท สารเคมีอันตรายทางการเกษตรที่มีปริมาณการนำเข้า 3 อันดับแรก ได้แก่ สารกำจัดวัชพืช (Herbicide) สารกำจัดแมลง (Insecticide) และสารป้องกันและกำจัดโรคพืช (Fungicide) (สำนักงานเศรษฐกิจเกษตร, 2566) จากตัวเลขปริมาณการนำเข้า สารเคมีที่เพิ่มขึ้นจำนวนมากนี้โดยไม่มีการควบคุม บ่งชี้ถึงความเสี่ยงของประชาชนในการได้รับพิษจากสารเคมีทางการเกษตร (รพีพรรณ, 2561) ส่งผลทำให้เกิดปัญหาต่าง ๆ ตามมา เกิดผลกระทบต่อหลายด้าน เช่น ผลกระทบต่อสุขภาพของเกษตรกร การตกค้างในผักและผลไม้ในปริมาณมากจนส่งผลกระทบต่อผู้บริโภค รวมถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การส่งออก สินค้าเกษตรและอาหารของไทย ระหว่าง พ.ศ. 2561-2563

พบว่า แนวโน้มการนำเข้าสารเคมีทางการเกษตรของประเทศไทยมีปริมาณลดลงจาก 170,932,622.49 กิโลกรัม เป็น 131,308,048.01 กิโลกรัม และ 98,449,035.43 กิโลกรัม ตามลำดับ แต่ในปี 2564 มีปริมาณการนำเข้าสารอันตรายทางการเกษตร เพิ่มขึ้นเป็น 136,140,802 กิโลกรัม ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปี 2563 ร้อยละ 39 คิดเป็นมูลค่า 1,324,926 ล้านบาท โดยปริมาณนำเข้าสูงสุดเป็นสารกำจัดวัชพืช (Herbicide) ปริมาณ 74.2 ล้านกิโลกรัม สารกำจัดแมลง (Insecticide) 29.55 ล้านกิโลกรัม และสารป้องกันและกำจัดโรคพืช (Fungicide) 24.248 ล้านกิโลกรัม ซึ่งสารเคมีดังกล่าวมีความเป็นพิษสูงและสามารถตกค้างในสิ่งแวดล้อมอย่างยาวนานตามแผนแม่บทยุทธศาสตร์ชาติด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ประเด็นที่ 18 การเติบโตอย่างยั่งยืน แผนย่อย: การจัดการมลพิษที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสารเคมีในภาคเกษตร ทั้งระบบให้เป็นไปตามมาตรฐานสากล ให้ความสำคัญกับการจัดการสารเคมีในภาคเกษตรโดยจำกัดการใช้สารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืช ส่งเสริมให้มีการลดและเลิกการใช้สารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืชสำหรับการทำการเกษตรทุกประเภท เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของสารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม ได้แก่ การทำการเกษตรที่เหมาะสม โดยให้มีข้อกำหนดสำหรับการทำเกษตรทุกประเภท เพื่อควบคุมและป้องกันการแพร่กระจายของสารเคมีเกษตรออกสู่สิ่งแวดล้อม ได้แก่ น้ำใต้ดิน แม่น้ำลำคลอง แหล่งน้ำ ทะเล การชะล้างและตกค้างในดินรวมทั้งการฟุ้งกระจายในอากาศ โดยจะต้องเป็นความรับผิดชอบของผู้ผลิต ผู้จำหน่ายและผู้ใช้สารเคมีในการควบคุมป้องกันการแพร่กระจายของสารเคมีและรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมในการส่งเสริมความรู้และการใช้สารเคมีที่ถูกต้องและปลอดภัย

2.3 ผลกระทบจากการใช้สารเคมีทางการเกษตรต่อปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม

การใช้สารเคมีทางการเกษตรของเกษตรกรส่งผลทำให้เกิดการปนเปื้อนเข้าสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งปัญหาจากสารเคมีไม่ได้เกิดขึ้นเฉพาะพื้นที่ที่มีการใช้สารเคมีเท่านั้น แต่จะสามารถตกค้างและแพร่กระจายในบริเวณกว้างได้ ทำให้เกิดปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะในดิน น้ำ อากาศ สิ่งมีชีวิต ระบบห่วงโซ่อาหาร และในระบบนิเวศอื่น ๆ ที่อยู่ใกล้เคียง (สุราสินี, 2558) โดยพิจารณาได้จากผลกระทบดังต่อไปนี้

1) มลพิษทางดิน

สารเคมีทางการเกษตรที่เกษตรกรใช้บางชนิดอาจสลายตัวได้ง่ายเมื่ออยู่ในดิน แต่สารบางชนิดมีความคงทนมากในดินสามารถตกค้างสะสมได้เป็นเวลานาน เช่น สารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนเป็นสารที่สลายตัวยาก มีความคงทนในธรรมชาติและมีอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งหากการเพาะปลูกพืชนั้นเกษตรกรมีการใช้สารเคมีทางการเกษตร ดินจะเป็นแหล่งรองรับสารเหล่านี้โดยตรง และส่วนใหญ่จะสะสมอยู่บริเวณหน้าดินที่มีความลึก 1-2 นิ้ว (สุราสินี, 2558) โดยอนุภาคดินจะดูดซับได้ดี เมื่อมีการใช้สารเคมีเป็นระยะเวลานานติดต่อกันจะส่งผลทำให้โครงสร้างดินเสื่อมโทรม ขาดธาตุอาหาร มีสารพิษเจือปน เป็นต้น อย่างไรก็ตามสารเคมีทางการเกษตรที่ตกค้างในดินอาจเปลี่ยนแปลงไปในหลายลักษณะ ได้แก่ การสลายตัวโดยปฏิกิริยาทางเคมี (chemical decomposition) การสลายตัวโดยแสง (photo degradation) การสลายตัวโดยจุลินทรีย์ย่อยสลาย (microbial degradation) การระเหยเข้าสู่บรรยากาศ (volatilization) การเคลื่อนย้ายไปสู่แหล่งน้ำ (movement by runoff and water-table) การเข้าสู่สิ่งมีชีวิต (plant or organism uptake) (นวลศรี, 2543)

การใช้สารเคมีทางการเกษตรจึงเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการเสื่อมโทรมของดิน เนื่องจากองค์ประกอบส่วนใหญ่ของสารเคมีทำให้คุณสมบัติของดินเปลี่ยนแปลง ทั้งความเป็นกรด-ด่าง และสภาพทางกายภาพของดิน มีผลต่อจุลินทรีย์ในดิน ซึ่งเป็นตัวการที่ทำให้เกิดการแปรสภาพของซากพืชซากสัตว์ที่ทับถมอยู่ในดินเป็นอินทรีย์วัตถุที่มีประโยชน์ต่อพืช เมื่อจุลินทรีย์ถูกทำลายกระบวนการดังกล่าวจะไม่เกิดขึ้น หรือไม่เกิดการแปรสภาพของอินทรีย์วัตถุในดินนั่นเอง จึงนำไปสู่การเสื่อมโทรมของดิน ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในดินตามลำดับ (Arora and Sahni, 2016)

2) มลพิษทางน้ำ

การปนเปื้อนของสารเคมีทางการเกษตรในแหล่งน้ำสามารถเกิดได้จากหลายสาเหตุด้วยกัน เช่น การฉีดพ่นสารเคมีเกษตรลงสู่แหล่งน้ำโดยตรงเพื่อกำจัดยุงและวัชพืชน้ำ การกัดเซาะล้างดินของฝน การทิ้งหรือล้างภาชนะที่บรรจุสารเคมีลงสู่แหล่งน้ำ การใช้สารเคมีในบริเวณพื้นที่เกษตรใกล้กับแหล่งน้ำ และการพัดพาอนุภาคดินที่ดูดซับสารเคมีลงสู่แหล่งน้ำ (สุธาสนี, 2558) เนื่องจากแหล่งน้ำคือที่รองรับของเสียที่ใหญ่ที่สุด ซึ่งหากแหล่งน้ำมีการเสื่อมคุณภาพ หรือน้ำมีคุณสมบัติเปลี่ยนไปจากธรรมชาติจากการมีมลสารสารพิษหรือสารปนเปื้อนต่าง ๆ ปะปนเกินค่ามาตรฐานกำหนด จะส่งผลทำให้ไม่สามารถนำน้ำไปใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตรได้ โดยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำสังเกตได้จากหลายลักษณะ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เช่น การที่น้ำขุ่นเนื่องจากมีสารแขวนลอยปนเปื้อนอยู่หรือการที่น้ำมีสีเปลี่ยนไป เนื่องจากมีแร่ธาตุบางชนิดผสมอยู่ และการมีคราบน้ำมัน เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงทางสรีรภาพ เช่น การเปลี่ยนรสชาติ ซึ่งเกิดจากสารเคมีหรือการสลายตัวของสารเคมีในน้ำ การเปลี่ยนแปลงทางชีววิทยา โดยมีปริมาณจุลินทรีย์มากทำให้น้ำมีคุณสมบัติไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ประโยชน์ จุลินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรีย เชื้อรา และสาหร่ายที่เจริญแพร่พันธุ์ได้ดีเมื่อสารเคมีทางการเกษตรเกิดการปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำจะมีผลทำให้เกิดการสะสมของสารเคมีในสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำได้ โดยสารเคมีจะสะสมได้มากในสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลังที่อาศัยอยู่หน้าดินท้องน้ำ เช่น หอย ตัวอ่อนแมลงปอ เป็นต้น สัตว์เหล่านี้สามารถสะสมสารพิษได้มากถึง 10-10,000 เท่า ซึ่งสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลังที่มีการสะสมของสารเคมีนี้ มีความสำคัญต่อห่วงโซ่อาหารในแหล่งน้ำ เพราะจะเป็นอาหารของสัตว์น้ำต่อไป แต่หากได้รับสารเคมีไม่มากพอที่จะทำให้เกิดอันตรายกับสัตว์น้ำ สารเคมีนั้นก็จะสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อและอวัยวะต่าง ๆ ของสัตว์น้ำ (สุธาสนี, 2558) ซึ่งสร้างความเสียหายต่อความอยู่รอดและการเจริญพันธุ์ การใช้สารกำจัดศัตรูพืชนั้นมีเพียงส่วนน้อยที่มีผลต่อศัตรูพืชที่ต้องการ แต่ส่วนมากจะกระจายไปซึ่งมักตกลงบนดินและในน้ำก่อนที่บางส่วนจะสลายไป จากการศึกษาก่อนของ ชูติมาและธนนาท (2560) พบว่า ไกลโฟเสท (glyphosate) เป็นสารกำจัดวัชพืชที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย ก่อให้เกิดการปนเปื้อนสู่แหล่งน้ำใต้ดินและน้ำผิวดิน โดยส่วนผสมของไกลโฟเสทในสารกำจัดวัชพืชนั้นมีส่วนผสมของสารลดแรงตึงผิว เป็นผลให้ไกลโฟเสทสามารถเคลื่อนที่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้ดีขึ้น ทำให้สิ่งมีชีวิตในน้ำสัมผัสและสะสมไกลโฟเสทเพิ่มมากขึ้นนั่นเอง

3) มลพิษทางอากาศ

การฉีดพ่นสารเคมีทางการเกษตรทางอากาศกำลังเป็นที่นิยมในปัจจุบัน เพราะทุ่นเวลาและค่าใช้จ่ายได้มาก และสามารถป้องกันการแพร่ระบาดของศัตรูพืชได้อย่างเร่งด่วนในพื้นที่บริเวณกว้าง แต่หากพิจารณาถึงผลกระทบที่ได้รับจะพบว่าวิธีการดังกล่าวทำให้สารพิษมีโอกาสปลิวปะปนอยู่ในบรรยากาศได้มาก จะทำให้อากาศเสื่อมคุณภาพเป็นอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ซึ่งการใช้สารเคมีในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืชให้ได้ผลดีนั้นต้องใช้ปริมาณสารตามคำแนะนำ ในทางกลับกันหากใช้ในอัตรามากกว่ากำหนดอาจจะทำให้การกำจัดศัตรูพืชมีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม อย่างไรก็ตามการที่ละอองสารจะถูกพัดพาไปยังเป้าหมายที่ต้องการนั้น ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะความเร็วลม อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ โดยลมถือเป็นปัจจัย ที่ช่วยให้มีการกระจายของละอองสารเคมี โดยทั่วไปแล้วถ้าความเร็วลมเกิน 5 เมตรต่อวินาที หรือ 18 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ต้องเลิกการพ่นสารเคมี เนื่องจากกระแสลมจะพัดพาละอองสารออกนอกเป้าหมาย ส่วนอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญเช่นเดียวกัน ในสภาพที่มีอุณหภูมิสูง โดยเฉพาะช่วงเวลากลางวัน ระหว่าง 11.00-14.00 น. น้ำในละอองของสารเคมีที่ใช้จะระเหยไปก่อนที่ละอองสารจะตกบนเป้าหมาย ดังนั้นการพ่นสารเคมี จึงควรหลีกเลี่ยงช่วงเวลาดังกล่าว เนื่องจากสารเคมีที่ฉีดพ่นจะปลิวปะปนอยู่ในอากาศ บางส่วนอาจปลิวไปตกในพื้นที่ป่า แหล่งน้ำ หรือบ้านเรือนที่พังกอาศัย และ

หากเกษตรกรยิ่งลดขนาดของเม็ดยา หรือฝอยของยาที่ฉีดพ่น หรือโปรยทางอากาศลงมาเท่าใดวัฏภูมิพืชก็ยังมีโอกาสปลิวปะปนอยู่ในอากาศได้มากยิ่งขึ้น (นวลศรี, 2543)

2.4 ผลกระทบจากการใช้สารเคมีทางการเกษตรต่อปัญหาด้านสุขภาพ

สารเคมีที่ใช้ในการเกษตรเป็นสารพิษอันตรายที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ ซึ่งสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม ผลกระทบต่อสุขภาพส่วนมากเกิดจากการใช้หรือสัมผัสสารเคมีทางการเกษตรหรือใช้สารเคมีไม่ถูกต้อง ปัญหาสุขภาพเนื่องจากสารเคมีที่ใช้ในภาคการเกษตร พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่มีความเสี่ยงและไม่ปลอดภัยจากการสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืช สังเกตได้จากการที่เกษตรกรเข้ารับบริการทางด้านสุขภาพจากการเจ็บป่วยมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นโรคทางผิวหนัง โรคระบบทางเดินหายใจ และโรคมะเร็ง เป็นต้น หากพิจารณาในด้านปัญหาสุขภาพของเกษตรกร พบว่าเกษตรกรไทยร้อยละ 32 มีความเสี่ยงและไม่ปลอดภัยจากสารกำจัดศัตรูพืช (ศิริวรรณ และสร้อยญา, 2562) ซึ่งผลกระทบต่อสุขภาพนั้นมีทั้งแบบเฉียบพลันและเรื้อรัง ผู้ที่สัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืช คือ กลุ่มเกษตรกร ผู้ฉีดพ่นที่จะได้รับพิษโดยตรงแต่สำหรับผู้บริโภคจะได้รับพิษทางอ้อมจากผลผลิตทางการเกษตรที่มีสารตกค้างปนเปื้อนอยู่ แม้ได้รับในปริมาณต่ำแต่การที่ได้รับเป็นประจำสารพิษอาจสะสมเป็นปัญหาเรื้อรังและส่งผลกระทบต่อระบบการทำงานต่าง ๆ ในร่างกาย เช่น ผลต่อระบบประสาท การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี และระดับเซลล์ของร่างกาย ทำให้สุขภาพร่างกายอ่อนแอ มีอาการคลื่นไส้ วิงเวียน อาเจียน ระบบหายใจขัดข้องและอาจร้ายแรงจนเป็นเหตุให้เสียชีวิตได้ โดยเฉพาะสารกลุ่มคาร์บาเมตและกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต หากเกษตรกรใช้สารเคมีที่ไม่ถูกต้องหรือใช้ผิดวัตถุประสงค์เป็นระยะเวลานานจะส่งผลทำให้เกิดการตกค้างในผลผลิตทางการเกษตรได้ และเป็นปัญหาด้านความปลอดภัยทางอาหาร (food safety) ตามมา เนื่องจากสารสองกลุ่มนี้มีพิษรุนแรงต่อระบบประสาท และบางชนิดเป็นสารก่อมะเร็ง หากพิจารณาถึงปัญหาสุขภาพของเกษตรกรส่วนใหญ่ มักเกิดจากพฤติกรรมการใช้สารเคมีที่ไม่เหมาะสมและไม่ปลอดภัย ทำให้เกษตรกรผู้อาศัยในชุมชนและผู้บริโภคมีความเสี่ยงจากการได้รับอันตรายจากสารเคมีเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับความเข้มข้น ความเป็นพิษและปริมาณที่ได้รับด้วย (รพีพรรณ, 2561; มัตติกา และคณะ, 2562)

ตารางที่ 1 มาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์

ลำดับ	สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์	อัตราไม่เกิน (มก./กก.)
1	อะทราซีน (Atrazine)	22,955
2	คลอร์เดน (Chlordane)	64
3	คลอไพริฟอส (Chlorpyrifos)	819
4	2,4-ดี (2,4-D)	7,500
5	ดีดีที (DDT)	70
6	ดิลดริน (Dieldrin)	1
7	ไกลโฟเสต (Glyphosate)	65,590
8	เฮปตาคลอร์ (Heptachlor)	5
9	เฮปตาคลอร์ อีพ็อกไซด์ (Heptachlor Epoxide)	3
10	ลินเดน (Lindane)	21
11	พาราควอต ไดคลอไรด์ (Paraquat Dichloride)	2,950
12	เพนตะคลอโรฟีนอล (Pentachlorophenol)	36

ที่มา: ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ 2564 เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพดิน

ตารางที่ 2 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ลำดับ	คุณภาพน้ำ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุด ตามการแบ่งประเภท คุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์
			ประเภท 3 (แหล่งน้ำเกษตร)
1	สี กลิ่นและรส (Colour, Odour and Taste)	-	๓ ¹
2	อุณหภูมิ (Temperature)	°ซ	๓ ¹
3	ความเป็นกรดและด่าง (pH)	-	5.0-9.1
4	ออกซิเจนละลาย (DO) ³	มก./ล.(mg/l)	4.0
5	บีโอดี (BOD)	"	2.0
6	แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)	เอ็ม.พี.เอ็น/100 มล. (MPN/100/ml)	2,000
7	แบคทีเรียกลุ่มฟิโคโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria)	"	4,000
8	ไนเตรท (NO ₃) ในหน่วยไนโตรเจน	มก./ล.	5.0
9	แอมโมเนีย (NH ₃) ในหน่วยไนโตรเจน	"	0.5
10	ฟีนอล (Phenols)	"	0.005
11	ทองแดง (Cu)	"	0.1
12	นิกเกิล (Ni)	"	0.1
13	แมงกานีส (Mn)	"	1.0
14	สังกะสี (Zn)	"	1.0
15	แคดเมียม (Cd)	"	0.005* 0.05**
16	โครเมียมชนิดเฮกซะวาเลนต์ (Cr Hexavalent)	"	0.05
17	ตะกั่ว (Pb)	"	0.05
18	ปรอททั้งหมด (Total Hg)	"	0.002
19	สารหนู (As)	"	0.01
20	ไซยาไนด์ (Cyanide)	"	0.005
21	กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity) -ค่ารังสีแอลฟา (Alpha) -ค่ารังสีเบตา (Beta)	เบคเคอเรล/ล. "	0.1 1.0
22	สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีนทั้งหมด (Total Organochlorine Pesticides)	มก./ล.	0.05
23	ดีดีที (DDT)	ไมโครกรัม/ล.	1.0
24	บีเอชซีชนิดแอลฟา (Alpha-BHC)	"	0.02
25	ดิลดริน (Dieldrin)	"	0.2
26	อัลดริน (Aldrin)	"	0.1
27	เฮปตาคลอร์และเฮปตาคลอร์อีพอกไซด์ (Heptachlor & Heptachlor epoxide)	"	0.2

ลำดับ	คุณภาพน้ำ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุด ตามการแบ่งประเภท คุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์
			ประเภท 3 (แหล่งน้ำเกษตร)
28	เอนดริน (Endrin)	”	ไม่สามารถตรวจพบได้ตามวิธีการตรวจสอบที่กำหนด

ที่มา: ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ 2564 เรื่องกำหนดคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

หมายเหตุ: ^๑ อุณหภูมิของน้ำจะต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิตามธรรมชาติเกิน 3 องศาเซลเซียส

* น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ CaCO_3 ไม่เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

* น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ CaCO_3 เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.5 โลหะหนัก (Heavy Metals)

โลหะหนัก (Heavy Metals) คือ กลุ่มธาตุที่มีความหนาแน่นมากกว่า 5 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร โลหะหนักเป็นส่วนประกอบของแผ่นเปลือกโลก หิน และดิน ที่สามารถเกิดขึ้นได้เองตามธรรมชาติ พบได้ทุกสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ในทางระบบนิเวศ โลหะชนิดใดที่ก่อให้เกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่มีความเสถียรไม่สามารถที่จะย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ (non-biodegradation) มีการสะสมในห่วงโซ่อาหาร (bio concentration) หรือสะสมภายในระบบนิเวศสิ่งแวดล้อม (bioaccumulation) เช่น สะสมในอากาศ ดิน แหล่งน้ำ ถือว่าเป็นโลหะหนักทั้งสิ้น

ในปัจจุบันประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่มีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนโลหะหนักในดิน เนื่องจากมีกิจกรรมหลายประเภทที่นำโลหะหนักมาใช้กันมาก ทั้งด้านอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม การคมนาคมขนส่ง การใช้วัสดุและสารเคมีทางการเกษตร น้ำทิ้ง ของเสียเหลือใช้ เป็นต้น โลหะหนักส่วนใหญ่ที่ปนเปื้อนในดิน ได้แก่ สารหนู (As) แคดเมียม (Cd) โครเมียม (Cr) ทองแดง (Cu)ปรอท (Hg) นิกเกิล (Ni) ตะกั่ว (Pb) สังกะสี (Zn) (กรมวิชาการเกษตรและสหกรณ์, 2548) จากรายงานการศึกษาของ Zarcinas *et al.* (2004) พบว่า ปริมาณของโลหะหนักในดินของประเทศไทย พบสารหนูเฉลี่ย 7.5 mg/kg โดยพบอยู่ในช่วง 0.08-124 mg/kg ซึ่งร้อยละ 95 ของตัวอย่างดิน มีสารหนูต่ำกว่า 29 mg/kg นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณสารหนูในดินมีความสัมพันธ์กับปริมาณเหล็กและอลูมิเนียม แสดงว่าสารหนูในดินส่วนหนึ่งมาจากวัตถุดิบกำเนิดดินที่มีเหล็กและอลูมิเนียมอยู่ด้วย จากรายงานการตรวจวิเคราะห์โลหะหนักในดินของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง 39 ศูนย์ โดยสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง ในระหว่างปี พ.ศ. 2554-2558 จำนวน 710 ตัวอย่าง พบว่า ร้อยละ 71 ของตัวอย่างดิน มีปริมาณอะซิติกสูงกว่าค่ามาตรฐาน (3.9 mg/kg) ในดินที่มีการปลูกพืชเชิงพาณิชย์ของเกษตรกรรมพื้นที่สูง โดยบางพื้นที่ตรวจพบความเข้มข้นของอะซิติกในดินสูงสุด 783 mg/kg สอดคล้องกับรายงานของ ยุพา และอรรณพ (2561) พบการปนเปื้อนของสารหนูในดินที่ใช้ทำการเกษตรในเขตภาคเหนือของประเทศไทยอย่างแพร่หลายมากกว่าโลหะหนักชนิดอื่น

ซึ่งการปนเปื้อนของโลหะหนักไม่ว่าจะโดยธรรมชาติหรือจากการกระทำของมนุษย์ล้วนมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและมนุษย์ในระยะยาว โดยมนุษย์สามารถรับพิษโลหะหนักได้โดยตรงและผ่านทางห่วงโซ่อาหารของโลหะหนักในห่วงโซ่อาหาร ทำให้เกิดโรคที่เกิดจากการสะสมของโลหะหนักในร่างกายมนุษย์ เช่น โรคมินามาตะ (minamata) จากปรอท และโรคอิไต-อิไต (itai-itai) จากแคดเมียม โรคไตดำหรือมะเร็งผิวหนังจากพิษสารหนูเรื้อรัง หรือโรคที่เกิดจากความเปื้อนพิษของตะกั่ว มีอาการถ่ายท้อง ปวดท้อง ปวดศีรษะ กระดูก ขาบวมตามแขนขา หากเป็นในเด็กทำให้มีสภาพผิดปกติและมีพัฒนาการทางสมองช้า (WHO, 2000) และคนที่บริโภคผักปนเปื้อนแคดเมียมและตะกั่ว ในประเทศตุรกี มีอายุสั้นลงกว่าคนปกติ 9-10 ปี (Turkdogan *et al.*, 2002) นอกจากนี้ในต่างประเทศยังรายงาน ว่า ผักที่รับประทาน ราก หัว และใบ เป็นพืชที่มีความเสี่ยงสูงต่อ

การปนเปื้อนแคดเมียม หากปลูกในพื้นที่ปนเปื้อน ซึ่งสอดคล้องกับการสำรวจเบื้องต้นเกี่ยวกับการปนเปื้อนของธาตุโลหะหนักและธาตุกึ่งโลหะหนักในประเทศไทย ที่พบว่าแคดเมียม ทองแดง และสังกะสี เป็นธาตุที่สะสมอยู่ในดินและผลผลิตของพืชค่อนข้างสูงจนอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพของดินและคุณภาพของผลผลิตพืชที่เป็นอาหาร (พิชิตและสุรสิทธิ์, 2542)

ดังนั้นดินที่ใช้ทำเกษตรและใช้ปลูกพืชเพื่อบริโภคอาหาร ควรสะอาดและปลอดจากการปนเปื้อนของสารพิษ โดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุพิษในกลุ่มของโลหะหนัก เช่น แคดเมียม ปรอท สารหนู และ ตะกั่ว โดยมีมาตรฐานการปนเปื้อนโลหะหนักในดิน ดังตารางที่ 3 อย่างไรก็ตามเกษตรกรยังมีความจำเป็นต้องใช้พื้นที่ปนเปื้อนเหล่านี้ในการปลูกพืช ซึ่งมีการศึกษาถึงเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการบำบัดดินที่ปนเปื้อนสารมลพิษโดยการบำบัดหรือฟื้นฟูพื้นที่ที่ปนเปื้อนโลหะหนัก แบ่งออกเป็น 1) การบำบัดทางชีวภาพ (Bioremediation) มี 2 วิธี คือ (1) การบำบัดในพื้นที่ (In situ) มีข้อดีคือกระบวนการบำบัดไม่ยุ่งยากและใช้ต้นทุนค่อนข้างต่ำ แต่มีข้อเสียเนื่องจากเป็นเพียงการเปลี่ยนแปลงสภาพการละลายของสิ่งปนเปื้อนให้อยู่ในรูปที่มีการละลายต่ำและไม่ปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม และอาจมีการปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมอีกครั้งเมื่อสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป (2) การบำบัดนอกพื้นที่ (Ex situ) เป็นการสกัดหรือแยกสารมลพิษออกด้วยวิธีทางเคมี ทางกายภาพหรือทางชีวภาพ โดยมีข้อดีคือสามารถกำจัดโลหะหนักที่เคลื่อนย้ายได้ง่ายออกเกือบทั้งหมด แต่มีข้อเสียคือเรื่องค่าใช้จ่าย การใช้วัสดุปรับปรุงดินโดยส่วนใหญ่จะเน้นเรื่องการลดการแพร่กระจายของโลหะหนักโดยการลดการเคลื่อนย้าย (immobilization) โดยกระบวนการดูดซับ (absorption) กระบวนการตกตะกอน (precipitation) หรือการเปลี่ยนสภาพเป็นรูปของแข็ง (solid – phase transformation) กับวัสดุปรับปรุงดินตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่ทำให้โลหะหนักอยู่ในรูปที่ไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ วัสดุปรับปรุงดินที่ใช้มีหลายชนิด เช่น อะพาไทต์ หินฟอสเฟต ปุ๋ยฟอสเฟตและกรดฟอสฟอริก ปูนขาว อินทรีวัตถุ และแร้ซีโอไลต์ ซึ่งสามารถหาซื้อได้ง่ายและราคาไม่สูงนัก โดยใช้วัสดุดังกล่าวเหล่านี้เพื่อปรับปรุงสภาพดินปนเปื้อนถือเป็นวิธีทางเลือกที่เป็นไปได้ในเชิงปฏิบัติ 2) การใช้พืชบำบัดดินที่ปนเปื้อนโลหะหนัก (Phytoremediation) จัดเป็นเทคโนโลยีสีเขียวที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และเสียค่าใช้จ่ายน้อย ซึ่งกระบวนการบำบัดแบ่งเป็น 2 แนวทาง คือ การกำจัดโลหะหนักออกจากดินและการกักเก็บหรือตรึงโลหะไว้ในดิน มีพืชหลายชนิดที่สามารถดูดดึงแคดเมียมได้ดี มากกว่าพืชทั่วไปถึง 50-60 เท่า ได้แก่ พืชล้มลุกมีดอกวงศ์ผักกาด พืชล้มลุกในวงศ์กุหลาบหิน และพืชในตระกูลกะหล่ำ (Li *et al.*, 2012) โดยมีงานวิจัยเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีการลดปริมาณโลหะหนักในดิน ดังนี้

ชูชาติ และคณะ (2559) ได้ศึกษาและทดสอบเทคโนโลยีการลดปริมาณโลหะหนักในดินบนพื้นที่สูงประกอบด้วย (1) การคัดเลือกชนิดพืชที่มีคุณสมบัติในการดูดซับโลหะหนักอาซีนิก ดำเนินการในแปลงปลูกพืชที่ตรวจพบปริมาณอาซีนิกสูงเกินค่ามาตรฐาน พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เลี้ยงสัตว์สามารถดูดอาซีนิกออกจากดินสูงสุด 2.66 กรัมต่อไร่ รองลงมา คือ ทานตะวัน 2.12 กรัมต่อไร่ อย่างไรก็ตาม วิธีนี้ไม่ทำให้ความเข้มข้นของอาซีนิกลดลงอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ได้ปลูกพืชดูดซับ (2) การคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียเปรียบเทียบกับ 3 ไอโซเลทต่อความสามารถในการลดความเป็นพิษของอาซีนิกในดิน โดยทดสอบร่วมกับวิธีการใส่ปุ๋ยและไม่ใส่ปุ๋ย เพื่อปรับค่า pH ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย พบว่า การใช้แบคทีเรียไอโซเลท Ars 29 ร่วมกับการใส่ปุ๋ยทำให้ปริมาณอาซีนิกลดลงสูงสุด 12.69% (3) การศึกษาและทดสอบวิธีการใช้พืชดูดซับสาร (ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เลี้ยงสัตว์) ร่วมกับการใช้จุลินทรีย์เพื่อลดอาซีนิกในดิน พบว่าทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกันแต่การใช้แบคทีเรียไอโซเลท Ars 29 คลุกดินก่อนปลูกผักกาดขาวปลี ช่วยลดการดูดอาซีนิกเข้าไปในส่วนลำต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (4) การศึกษาและทดสอบวิธีการกำจัดพืชดูดซับอาซีนิกด้วยการนำต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เลี้ยงสัตว์ที่ดูดซับ

อาซิโนในดินแล้วมาทำให้แห้ง จากนั้นบดอัดและปั้นเป็นรูปเม็ดซีเมนต์ โดยผสมฟิซและผงซีเมนต์สัดส่วน 1:3 สรุปได้ว่าวิธีการนี้สามารถกักเก็บอาซิโนในพืชดูดซับได้

ดารากร และคณะ (2562) ได้ทดสอบวิธีการลดการปนเปื้อนโลหะหนักอาซิโนในดิน โดยใช้แบคทีเรียโอโซเลท *Ars 29* และ FeSO_4 เป็นสารตรึงโลหะหนักในดิน พบว่า ดินปลูกมะเขือเทศ พบอาซิโนในรูปอาซิโนทั้งหมด รองลงมาในรูปที่เสถียรจับกันอย่างแข็งแรง ส่วนอาซิโนที่ละลายน้ำได้ดีและอาซิโนที่จับตัวกันอย่างหลวมๆ พบปริมาณเพียงเล็กน้อย ในส่วนของพืชพบอาซิโนในส่วนของรากมากที่สุด 3.19 mg/kg และลำต้นเพียง 0.1 mg/kg ส่วนผลผลิตมะเขือเทศไม่พบปริมาณอาซิโน ในดินปลูกกะหล่ำปลี พบอาซิโนในรูปอาซิโนทั้งหมด รองลงมาในรูปที่เสถียรจับกันอย่างแข็งแรงมากที่สุด ส่วนอาซิโนที่ละลายน้ำได้ดีและอาซิโนที่ละลายน้ำได้จับตัวกันอย่างหลวมๆ พบปริมาณเพียงเล็กน้อย ในส่วนของพืช พบว่า อาซิโนในรูปอาซิโนทั้งหมดในส่วนของรากและหัวกะหล่ำปลี ลดลง มีค่า 0.60 mg/kg และ 0.32 mg/kg ตามลำดับ

ดารากร และคณะ (2563) ได้ศึกษาและทดสอบชนิดพืชผักที่มีความเสี่ยงในการดูดซับอาซิโนและแคดเมียมในดินที่มีการปนเปื้อนโลหะหนักบนพื้นที่สูงจากการเก็บตัวอย่างพืชผัก จำนวน 21 ชนิด (ผักใบ ผักผล ผักกินหัว) พบว่าการปนเปื้อนอาซิโนในพืช ไม่เกินค่ามาตรฐานการปนเปื้อนโลหะหนักในพืช ส่วนใหญ่จะพบการสะสมในส่วนของรากทั้งในผักใบ ผักผล และผักกินหัว มีเพียงรากต้นมะเขือเทศโหมสและรากกวาดั่งเท่านั้นที่เกินค่ามาตรฐาน ส่วนการปนเปื้อนแคดเมียมในพืชไม่เกินค่ามาตรฐาน พบการสะสมในรากและลำต้นของผักผล และพืชที่มีแนวโน้มในการดูดซับอาซิโนและแคดเมียม ได้แก่ ผักกาดหวาน ผักกวาดั่ง และเบบี้ฮ่องเต้

อัญพร และพิสิฐ (2557) ศึกษาการดูดซับสารหนูในดินที่ปนเปื้อนโดยหญ้ากีนีสีม่วง พบว่าหญ้ากีนีสีม่วงสามารถมีชีวิตได้ตลอด 90 วันที่ความเข้มข้นของสารหนูต่ำกว่า 50 mg/kg มีการสะสมสารหนูในส่วนรากสูงกว่าในต้นและใบ มีค่า $13.88-66.87 \text{ mg/kg}$ ในส่วนลำต้นและใบ เท่ากับ $5.36-15.85 \text{ mg/kg}$ และนำไปทดลองปลูกในดินท้ายเหมืองซึ่งมีสารหนูในดินเท่ากับ 153.02 mg/kg พบว่าสามารถเจริญเติบโตได้ดี มีการสะสมในราก เท่ากับ $10.574-28.780 \text{ mg/kg}$ และในส่วนลำต้น เท่ากับ $1.282-6.214 \text{ mg/kg}$

เบญจกรณ์ และจิรวี (2559) ใช้แบคทีเรียต้านทานแคดเมียมร่วมกับต้นยี่ห่วยในการฟื้นฟูปื้นที่ปนเปื้อน โดยพบว่า แพลงทดลองที่มีการเติม *Arthrobacter* sp TM6 ช่วยส่งเสริมให้ยี่ห่วยมีการสะสมแคดเมียมได้เพิ่มขึ้นทั้งในส่วนรากและส่วนยอดเปรียบเทียบกับแปลงควบคุม ซึ่งผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้ *Arthrobacter* sp TM6 ร่วมกับพืชเป็นแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจในการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการฟื้นฟูปื้นที่ปนเปื้อนแคดเมียม

Linger et al. (2002) ได้ทำการทดลองปลูกเฮมพ์ในดินปนเปื้อนนิเกิล ตะกั่ว และแคดเมียมจากการศึกษา พบว่า ทุกส่วนของเฮมพ์ ได้แก่ ราก ลำต้น (เส้นใย แกน) และใบ มีการสะสมโลหะหนักที่ระดับแตกต่างกัน และพบว่า ใบของเฮมพ์เป็นส่วนที่มีการสะสมโลหะหนักมากที่สุด นอกจากนี้ได้ทำการวิเคราะห์คุณภาพของเส้นใยเฮมพ์หลังผ่านการฟื้นฟูดินแล้ว พบว่าเส้นใยของเฮมพ์ที่ผ่านการปลูกบนดินที่ปนเปื้อนโลหะหนักมีคุณภาพใกล้เคียงกับเฮมพ์ที่ปลูกบนดินที่ไม่ปนเปื้อน ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Citterio et al., 2003 ที่ได้ทำการทดลองปลูกเฮมพ์บนดินปนเปื้อนแคดเมียม และพบว่าเฮมพ์สามารถเจริญเติบโตบนดินปนเปื้อนได้ดีโดยไม่แสดงอาการความเป็นพิษใด ๆ และยังมีประสิทธิภาพในการสะสมแคดเมียมได้สูง นอกจากนี้ยังพบว่า รากของเฮมพ์เป็นส่วนที่มีการสะสมแคดเมียมได้สูงที่สุด

ณัฐนันท์ (2565) ศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนัก ได้แก่แคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสีจากการใช้สารเคมีทางการเกษตรในดินและข้าว พบว่า การปนเปื้อนโลหะหนักในดิน พบตะกั่ว มากที่สุด รองลงมา คือ สังกะสี ทองแดง และแคดเมียม ตามลำดับ ซึ่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเทียบเคียง ส่วนการ

ปนเปื้อนโลหะหนักใน ข้าว พืชทองแดง มากที่สุด รองลงมา คือ สังกะสีแคดเมียม และตะกั่ว ตามลำดับ พบ แคดเมียม ทองแดงและตะกั่ว มีค่า สูงกว่ามาตรฐาน ส่วนสังกะสีอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และผลการประเมิน ความเสี่ยงต่อสุขภาพจากโลหะหนักทั้ง 4 ชนิดในดินและข้าว พบว่ามีค่า HQ และ THQ น้อยกว่า 0.1 แสดงถึง ความไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพหากได้รับการสัมผัส ดินและข้าวบริเวณพื้นที่ศึกษา อย่างไรก็ตามการตกค้าง สะสมของโลหะหนักในดินอาจเกิดจากการใช้สารเคมีกำจัด ศัตรูพืช ควรมีการลดการใช้หรือปรับเปลี่ยน วิธีการใช้ที่ถูกต้อง เพื่อให้เกิดความปลอดภัยอย่างยั่งยืนของมนุษย์ สิ่งแวดล้อม และระบบนิเวศ

ตารางที่ 3 มาตรฐานของโลหะหนักในดิน

โลหะหนัก	มาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัย และเกษตรกรรม ^{1/}	ระดับเกณฑ์พื้นฐานโลหะ หนักในดิน ^{2/}	ระดับเกณฑ์พื้นฐานโลหะ หนักในดิน ^{3/}
	(มก./กก.)		
1. สารหนู	3.9	-	30
2. แคดเมียม	37	3	0.15
3. พรอท	23	1	0.1
4. ตะกั่ว	400	100	55
5. นิกเกิล	1,600	50	45
6. โครเมียม	300	100	80
7. ทองแดง	-	100	45
8. สังกะสี	-	300	70
9. โคบอลต์	-	100	20

ที่มา: ^{1/} กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

^{2/} มาตรฐานของโลหะหนักในดิน กลุ่มประเทศสหภาพยุโรป

^{3/} เอกสารวิชาการ “ระดับเกณฑ์พื้นฐาน” ของการปนเปื้อนของโลหะหนักในดินประเทศไทย กรมวิชาการเกษตร, 2545

ตารางที่ 4 มาตรฐานและระดับเกณฑ์โลหะหนักในพืชและอาหารของ Codex (2010)

Heavy metal	Product	Level mg/kg	Notes/Remarks for Codex Alimentarius
ARSENIC	-	-	
CADMIUM	Brassica vegetables, Bulb vegetables, Fruiting vegetables, cucurbits	0.05	
	Fruiting vegetables, other than cucurbits	0.05	Excluding tomatoes and edible fungi.
	Leafy vegetables	0.2	
	Legume vegetables	0.1	
	Root and tuber vegetables, Stalk and stem vegetables	0.1	Excluding potato and celeriac

Heavy metal	Product	Level mg/kg	Notes/Remarks for Codex Alimentarius
Lead	Brassica vegetables	0.3	Excluding kale
	Bulb vegetables, Fruiting vegetables, Cucurbits, Fruiting vegetables, other than Cucurbits	0.1	
	Leafy vegetables	0.3	Including Brassica leafy vegetables but excluding spinach
	Legume vegetables	0.2	
MERCURY	-	-	

ตารางที่ 5 มาตรฐานอาหารที่มีสารอาหารปนเปื้อน

โลหะหนัก	ค่าสูงสุดที่ยอมให้มีในอาหาร (มก./กก.)
1. สารหนู	2
2. แคดเมียม	-
3.ปรอท	0.5
4. ตะกั่ว	1
5. นิกเกิล	-
6. โครเมียม	-
7. ทองแดง	20
8. สังกะสี	100
9. โคบอลต์	-

ที่มา : ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 (พ.ศ.2529)

ตารางที่ 6 มาตรฐานและระดับเกณฑ์โลหะหนักในพืชและอาหารของจีน

Heavy metal	Product	Level (mg/kg)
ARSENIC	ผักสดและผลไม้	0.5
CADMIUM	ผักสดและธัญพืช	0.05
	ผักใบ เหน็ด	0.2
	กิ่งรากของผักสด	0.1
Lead	ผักสด ผลไม้	0.1
MERCURY	ผักสด ผลไม้	0.1
CHROMIUM	ผักสด ผลไม้	0.5

ที่มา : ฐานข้อมูลสถาบันอาหาร, สถาบันอาหาร กระทรวงอุตสาหกรรม

2.6 การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (Good Agricultural Practices: GAP)

เป็นระบบการจัดการคุณภาพด้านการผลิตทางการเกษตรที่ดีและเหมาะสม เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพดีตรงตามมาตรฐานที่กำหนด เป็นกระบวนการที่จะสามารถควบคุมระบบการผลิตให้ผลผลิตมีความปลอดภัย ปราศจากการปนเปื้อนของสารเคมีกำจัด ศัตรูพืช จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดอันตราย ถือเป็นกระบวนการทำการผลิตอย่างเป็นระบบที่สามารถปกป้องความปลอดภัยของผู้ผลิตและผู้บริโภค โดยมีการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุดเป็นการปฏิบัติที่มุ่งจัดการให้เกิดความยั่งยืนทางการเกษตร สิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจและสังคมของระบบการผลิตในแปลงเกษตรกรรมซึ่งจะมีผลทำให้อาหารและผลผลิตทางการเกษตรมีคุณภาพปลอดภัยต่อผู้บริโภค ไม่ทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมและมีความยั่งยืน (ศูนย์ตรวจสอบและรับรองมาตรฐานสินค้าเกษตรในเขตปฏิรูปที่ดินและสำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม, 2564)

เกณฑ์การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี

1. พื้นที่ปลูก ต้องเป็นพื้นที่ที่ไม่มีวัตถุอันตรายที่ก่อให้เกิดการตกค้างหรือปนเปื้อนในผลผลิต ไม่เคยเป็นสถานที่ทิ้งขยะ/สารเคมี ไม่ใส่ปุ๋ยที่ยังไม่ได้หมัก ไม่เคยปลูกพืชที่ใช้สารเคมีมากในระยะเวลา 3 ปี ไม่เคยเป็นที่ตั้งของโรงพยาบาล/ คอกปศุสัตว์ และพื้นที่ต้องไม่ใช้สารเคมีในกลุ่มต้องห้าม

2. แหล่งน้ำ ต้องใช้น้ำจากแหล่งน้ำที่สะอาด ไม่มีการปนเปื้อนจากสารพิษหรือสิ่งที่เป็นอันตราย และหลีกเลี่ยงการใช้น้ำจากแหล่งน้ำใกล้คอกสัตว์โรงเก็บสารเคมี โรงพยาบาลหรือโรงงานอุตสาหกรรม

3. การใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตร ต้องจัดเก็บสารเคมีในสถานที่แยกกับที่พักอาศัยและไม่มีโอกาสปนเปื้อนลงในแหล่งน้ำ ใช้สารเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการ ตามฉลากแนะนำ และประเทศคู่ค้าอนุญาตให้ใช้ ห้ามใช้วัตถุอันตรายที่ขึ้นทะเบียนวัตถุอันตรายห้ามใช้ 96 ชนิด ไม่ใช้สารเคมีที่ไม่ได้ขึ้นทะเบียนและที่ประกาศห้ามใช้ ในขณะที่ฉีดพ่นสารเคมีต้องสวมเครื่องป้องกันทุกครั้ง ทำความสะอาดร่างกายและอุปกรณ์ทุกครั้งหลังฉีดพ่นสารเคมี และไม่ฉีดพ่นสารเคมีช่วงใกล้เก็บเกี่ยวผลผลิต

4. สุขภาพผู้ปฏิบัติ ได้แก่ 1) มีความรู้ในการดูแลสุขภาพอย่างเพียงพอและมีมาตรการป้องกันอย่างเหมาะสม 2) ดูแลสุขภาพได้อย่างเหมาะสมและถูกสุขลักษณะ 3) มีอุปกรณ์รักษาพยาบาลเบื้องต้น 4) เก็บประวัติและหลักฐานการตรวจสุขภาพ 5) หลีกเลี่ยงและป้องกันการสัมผัสสารเคมีโดยตรง

5. การเก็บเกี่ยวและการจัดการผลผลิต ได้แก่ 1) การปฏิบัติและการจัดการตามแผนควบคุมการผลิต 2) มีระบบการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวภาชนะบรรจุและวิธีการเก็บเกี่ยวต้องสะอาดไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อคุณภาพผลผลิตหรือปนเปื้อน 3) เก็บเกี่ยวผลผลิตในระยะเวลาที่เหมาะสมตามเกณฑ์ในแผนควบคุมการผลิต 4) คัดแยกผลผลิตด้วยคุณภาพไวต่างหาก 5) สถานที่เก็บรักษาต้องสะอาดอากาศถ่ายเทได้ดี

6. การขนส่งผลผลิต ได้แก่ 1) ป้องกันผลกระทบต่อคุณภาพของผลผลิตจากการปนเปื้อนของวัตถุอันตรายและสิ่งแปลกปลอม 2) พาหนะขนส่งสะอาดไม่มีสิ่งแปลกปลอมหรือปนเปื้อนวัตถุอันตราย 3) ขนส่งผลผลิตตามระยะเวลาที่กำหนด 4) ต้องขนย้ายผลผลิตอย่างระมัดระวัง

7. การบันทึกข้อมูล ต้องบันทึกข้อมูลการปฏิบัติจริง ได้แก่ จำนวนพื้นที่ปลูก วันที่ปลูก การปฏิบัติในการเพาะปลูก การบำรุงรักษาดิน ที่มาของปัจจัยการผลิต การป้องกันและกำจัดศัตรูพืช วันที่เก็บเกี่ยวผลผลิต ผลผลิตต่อไร่ ข้อมูลผู้รับซื้อผลผลิตหรือแหล่งที่นำผลผลิตไปจำหน่าย การเก็บรักษาทันทีข้อมูลการผลิตอย่างน้อย 2 ปี