

2.2.2 สารพิษทางการเกษตร

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับภาวะมลพิษในดินทางเคมี(สารพิษการเกษตร) ในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 1-7 และ ช่วงปี พ.ศ. 2540-2543 มีดังต่อไปนี้

สุนทร และคณะ (2518) ได้ทำการศึกษาผลของสารกำจัดแมลงอโวกรินที่มีผลต่อปริมาณแบคทีเรียในดิน ซึ่งทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติของดินที่ได้รับสารกำจัดแมลงกับดินที่ไม่ได้รับสารกำจัดแมลง โดยเก็บดินตัวอย่างจากสวนในอำเภอดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี และดินที่ไม่ได้ทำการเพาะปลูกในบริเวณใกล้เคียง ปรากฏว่าได้ผลเหมือนกันทั้ง pH และ texture แต่ดินที่ได้รับการฉีดสารชนิดนี้มานานมีอินทรีย์วัตถุสูงกว่าดินที่ไม่เคยได้รับการฉีดสารนี้มาก่อน

พงศ์ศรี และคณะ (2519) ทำการศึกษาวิเคราะห์วัตถุตกค้างในดินเกษตรกรรมในท้องที่อำเภอต่างๆของจังหวัดราชบุรี ลพบุรี และจังหวัดต่างๆทางภาคเหนือและภาคใต้ ผลการวิเคราะห์พบว่าดินทุกตัวอย่างมีวัตถุมีพิษชนิด chlorinated hydrocarbons ปะปนอยู่ นอกจากนี้ยังพบวัตถุมีพิษพวก organophosphate ด้วยในตัวอย่างของจังหวัดราชบุรีและจังหวัดต่างๆทางภาคเหนือ ได้แก่ parathion และmethyl parathion นอกจากนี้พบว่าดินเกษตรกรรมจากอำเภอต่างๆของจังหวัดราชบุรี มีวัตถุมีพิษตกค้างสูงกว่าดินจากอำเภอต่างๆของจังหวัดลพบุรีและจังหวัดต่างๆทางภาคเหนือและภาคใต้ โดยเฉพาะดินจากอำเภอดำเนินสะดวก พบวัตถุมีพิษชนิด dieldrin และ DDT ปริมาณสูงจนน่าวิตก ว่าอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม

จรูญ (2522) ทำการวิเคราะห์ปริมาณวัตถุมีพิษที่ตกค้างในดิน บริเวณโครงการชลประทานหนองหวาย อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น โดยเก็บตัวอย่างจาก 8 หมู่บ้าน จำนวน 72 ตัวอย่าง การวิเคราะห์ใช้วิธี Soxhlet Extraction มีสารละลายผสมของ hexane และ acetone อัตราส่วน 1:1 สำหรับสกัดสารพิษกลุ่มออร์แกนโนคลอรีน และ chloroform-methanol อัตราส่วน 9:1 สำหรับสกัดสารพิษกลุ่มออร์แกนโนฟอสเฟต พบสารพิษตกค้างในทุกตัวอย่างทั้งกลุ่มออร์แกนโนคลอรีน และออร์แกนโนฟอสเฟต ดังนี้ &-BHC, lindane, heptachlor, aldrin, heptachlor- epoxide, o,p'-DDE, p,p'-DDE, dieldrin, o,p'-DDT, endrin, p,p'-TDE, p,p'-DDT, dimethanoate, malathion, methyl parathion และ parathion

วิภา (2522) ทำการศึกษาสารพิษตกค้างในปลา น้ำ และตะกอนดิน บริเวณอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ จังหวัดขอนแก่น โดยทำการเก็บตัวอย่างปลา 112 ตัวอย่าง, น้ำ 98 ตัวอย่าง และตะกอนดิน 30 ตัวอย่าง ในช่วงปี 2521-2522 ด้วยวิธี แกสโครมาโตกราฟี พบว่า ตัวอย่างปลา 93 ตัวอย่าง น้ำ 7 ตัวอย่าง และตะกอนดิน 30 ตัวอย่าง ตรวจพบสารพิษกลุ่มออร์แกนโนคลอรีนทั้งสิ้น โดยเฉพาะ heptachlor dieldrin และ total DDT ซึ่งเป็นสารพิษที่ตรวจพบมากที่สุด

นวลศรี และคณะ (2523) ทำการศึกษาระดับปริมาณสารพิษตกค้างตะกอนดินจากแม่น้ำสายสำคัญ 4 สาย คือ เจ้าพระยา ท่าจีน บางปะกง และแม่กลอง รวมทั้งบริเวณอ่าวไทยตอนบน ทำการตรวจวิเคราะห์จากจำนวนตัวอย่าง 34 ตัวอย่าง พบสารพิษตกค้างใน 33 ตัวอย่าง ซึ่งตรวจพบสารพิษตกค้างชนิด chlorinated-hydrocarbons ได้

แก่ dieldrin, DDT และ derivatives, endrin และ PCBs สูงกว่าที่เคยสำรวจในปีก่อนๆ โดยเฉพาะ dieldrin พบสูงสุดในบริเวณปลายเปิดของแม่น้ำท่าจีน และพบ PCBs สูงสุด ในแม่น้ำเจ้าพระยาแถบสะพานกรุงเทพ

พงศ์ศรี และคณะ (2523) ทำการศึกษาปริมาณสารพิษตกค้างในดิน เกษตรกรรมจากแหล่งที่เก็บ 3 ตำบลของอำเภอต่างๆในจังหวัด นนทบุรี และปทุมธานี ตรวจพบสารมีพิษในชนิดและปริมาณที่แตกต่างกัน ในทุกตัวอย่าง คือ PCBs, dieldrin, DDT และ derivatives และ aldrin นอกจากนี้พบว่า ปริมาณสารพิษที่พบในดินเกษตรกรรมจากจังหวัดปทุมธานีค่อนข้างสูงกว่าจากจังหวัดนนทบุรี และเมื่อเปรียบเทียบกับผลการสำรวจปี 2522 พบว่าสารพิษตกค้างในดินมีแนวโน้มสูงขึ้น

นวลศรี และคณะ (2525) กล่าวถึงการศึกษาวิจัยของกองวัตถุมีพิษการเกษตร ระหว่างปี พ.ศ. 2519-2525 พบว่าในตัวอย่างตะกอนดินประมาณ 500 ตัวอย่าง และตัวอย่างดินเกษตรกรรมประมาณ 1,500 ตัวอย่าง พบสารพิษชนิดคลอรีเนตกว่า 80% ของตัวอย่างทั้งหมด และในช่วงหลังถึงปี 2533 ปัญหาระบาดของสารพิษตกค้างในดินเกษตรกรรมได้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมกล่าวคือ นอกจากพบสารพิษชนิดคลอรีเนต แล้วยังพบสารเคมีกำจัดวัชพืชอะโรมาติกด้วย เช่น พาราควอต ถึงขั้นเกิดความเสียหายในบางพื้นที่

นิตยา (2525) ทำการศึกษาผลของสารพิษตกค้างบางชนิดในดินในไร่ฝ้าย ของจังหวัดเพชรบูรณ์ ลพบุรี และนครราชสีมา เพื่อหาปริมาณสารกำจัดแมลงในช่วงระยะเวลาเพาะปลูก ระหว่างปี พ.ศ. 2523-2524 ของดินที่แตกต่างกันใน 3 จังหวัดที่เป็นตัวแทนของแหล่งปลูกฝ้ายในประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดลพบุรี, เพชรบูรณ์ และนครราชสีมา จำนวน 48 ตัวอย่างพบว่ามีสารตกค้างของ DDT toxaphene และ dieldrin จากตัวอย่างดินทั้งหมด 48 ตัวอย่าง และยังพบว่าปริมาณสารพิษตกค้างของ DDT toxaphene และ dieldrin ในจังหวัดลพบุรีจะสูงกว่าเพชรบูรณ์ และนครราชสีมา สำหรับสารพิษกลุ่มออร์แกนโนฟอสเฟตพบว่าไม่มีตัวอย่างใดมีสารพิษตกค้างดังกล่าวเลย

ไพรัช (2525) ทำการศึกษาผลของ DDT ต่อประชากรและชนิดของสัตว์ในดินนาข้าว และปัจจัยทางกายภาพบางประการของดินต่อการเปลี่ยนแปลงประชากรของสัตว์ในดินนาข้าว โดยทำการทดลองที่ สถานีทดลองข้าววังสิต อำเภอยัญญบุรี จังหวัดปทุมธานี ผลการทดลองสรุปได้ว่า คีดีที่ ที่ใช้ฉีดพ่นปราบแมลงศัตรูข้าว มีพิษตกค้างในดิน และมีผลต่อการลดจำนวนลงของประชากรไส้เดือนฝอย และปัจจัยทางกายภาพที่มีต่อประชากรไส้เดือนฝอย ได้แก่ ปริมาณน้ำในดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณพืช และช่องว่างภายในอนุภาคดิน

ชอุ่ม (2526) ทำการศึกษาการสลายตัวของสารกำจัดวัชพืชประเภทอะมิดในดินไร-นา ซึ่งใช้แบบควบคุมหรือใส่ลงในดิน คือ อลาคลอร์ และบิวดาคลอร์ ซึ่งใช้พืชเป็นตัววัด (plant bioassay technique) ซึ่งพืชดัชนี (indicator plant) สำหรับอลาคลอร์ คือ ข้าว และพืชดัชนีสำหรับบิวดาคลอร์ คือ ข้าวฟ่าง และทำการวัดความเป็นพิษของอลาคลอร์ และบิวดาคลอร์ ที่มีต่อพืชทุกอายุในระยะเวลา 16 อาทิตย์ หลังจากใส่อลาคลอร์ และบิวดาคลอร์ ลงในดิน และมีการเพิ่มปุ๋ยให้แก่ดิน พบว่าเมื่อมีการเพิ่มปุ๋ยลงไปจะช่วยทำให้การสลายตัวของสารเคมีกำจัดวัชพืชเกิดเร็วขึ้น แต่อย่างไรก็ตามอลาคลอร์และบิวดาคลอร์ยังมีความเป็นพิษต่อข้าวและข้าวฟ่าง

ธีรพล และคณะ(2526) ทำการศึกษาความคงสภาพของ dieldrin ในสภาพดินและภูมิอากาศต่างๆ ที่จังหวัดสุโขทัย โดยทำการฉีดพ่น dieldrin ลงไปในดินอัตรา 120 กรัม a.i.ต่อไร่ แล้วเก็บตัวอย่างดินครั้งแรกในวันรุ่งขึ้น และทุกๆ 2 เดือน เป็นเวลา 2 ปี พบว่าที่ความลึก 0-6 นิ้ว, 6-12 นิ้ว, 12-18 นิ้ว และ 18-24 นิ้ว พบว่า มี

ปริมาณคลอรีน 0.3335, 0.048, 0.0396 และ 0.0304 ppm ตามลำดับ และครั้งที่ 2 พบปริมาณคลอรีน 0.298, 0.0521, 0.0384 และ 0.0316 ppm ตามลำดับ

จรรยา และประทีป (2526) ศึกษาอิทธิพลของสารกำจัดวัชพืชไกรโฟเสท ซึ่งเป็นสารกำจัดวัชพืชทั้งใบ แคนและใบกว้าง ต่อการเปลี่ยนรูปของธาตุไนโตรเจนในดิน พบว่า สารกำจัดวัชพืชไกรโฟเสทอัตรา 0, 12.5, 25 และ 50 ppm ที่ใส่ลงไปในดินที่มี $\text{NH}_4\text{-N}$ 100 ppm จำนวน 10 มิลลิลิตร จะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปของ $\text{NH}_4\text{-N}$ ไปเป็น $\text{NO}_3\text{-N}$ และกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินยังคงดำเนินปกติ

ประทีป และจรรยา (2526) ทำการศึกษาประสิทธิภาพและผลตกค้างของสารกำจัดวัชพืช Simazine ในสวนกาแฟที่มีอายุ 2 ปี ที่จังหวัดแพร่ ระยะปลูกของกาแฟ 2.5x2.5 เมตร ขนาดของแปลงย่อย 10x10 เมตร โดยวางแผนการทดลองแบบ RCB มี 4 ซ้ำ ตรวจและประเมินประสิทธิภาพของสารเคมีกำจัดวัชพืชด้วยการสังเกตการณ์ และเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-5, 5-10 และ 10-15 เซนติเมตร จากระดับผิวดิน นำไปวิเคราะห์หาผลตกค้างของ Simazine ในห้องปฏิบัติการ พบว่า Simazine อัตรา 0.54 กิโลกรัม ของสารออกฤทธิ์ต่อไร่ สามารถควบคุมวัชพืชได้ประมาณ 2 เดือน ผลตกค้างมีการสะสมสูงสุดในดินชั้นบนระดับความลึก 0-5 ซม. การสลายตัวเกิดรวดเร็ว มี half life 3 สัปดาห์ และไม่มีพิษต่อต้านกาแฟ

จรรยา และประทีป (2526) ศึกษาอิทธิพลของสารเคมีกำจัดวัชพืชพาราควอตต่อการเปลี่ยนรูปของธาตุไนโตรเจนในดิน ซึ่งสารกำจัดวัชพืชนี้อาจมีผลกระทบต่อกิจกรรมจุลินทรีย์ในดิน โดยใช้พาราควอต 4 อัตรา พ่นในดินที่เพิ่ม $\text{NH}_4\text{-N}$ 100 ppm จำนวน 10 มิลลิลิตร แล้ววัดการเปลี่ยนแปลงรูปของ $\text{NH}_4\text{-N}$ ไปเป็น $\text{NO}_3\text{-N}$ พบว่า พาราควอตไม่มีผลในการขัดขวางขบวนการ Nitrification โดยจุลินทรีย์ในดิน ดังนั้นการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชชนิดนี้จึงไม่มีผลกระทบต่อแผนการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในดิน

ศิวาภรณ์ (2527) ทำการศึกษการสลายตัวของคลอรีไพริฟอสที่มีสารรังสีคาร์บอนในดินและในใบข้าวโพด ในห้องปฏิบัติการ พบว่า 85% ของปริมาณวัตถุที่มีพิษที่ใช้ (8.5 ppm) ตรวจพบในดินหลังจากใส่วัตถุที่มีพิษแล้ว 12 อาทิตย์ ส่วนใหญ่พบในรูปคลอรีไพริฟอส และปริมาณเล็กน้อยพบในรูปของ 3,5,6-trichloro-2-pyridinol และส่วนที่สกัดไม่ได้ ส่วนในใบข้าวโพดพบว่าการสลายตัวเร็วมากคิดเป็น 88% และ 95% ของปริมาณสารที่ใช้ในช่วง 4 และ 7 วัน หลังจากใส่วัตถุที่มีพิษแล้ว

Mahadlek (1984) ทำการวิเคราะห์ปริมาณสารกำจัดแมลงตกค้างกลุ่มออร์แกนโนคลอรีนในตะกอนดินจากลุ่มน้ำปิง และวัง พบสารกำจัดแมลงตกค้างกลุ่มออร์แกนโนคลอรีน 14 ชนิด ดังนี้ HCB alpha-BHC aldrin dieldrin endrin heptachlor heptachlor-epoxide alpha-chlordane p,p'-DDE p,p'-DDD o,p'-DDT และ p,p'-DDT และจะพบ dieldrin และ total DDT ตามลำดับบ่อยครั้งที่สุด

Sanplang (1985) ทำการศึกษารายพิชตกค้างกลุ่มออร์แกนโนคลอรีนในพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินต่างๆของกลุ่มน้ำบางปะกง ในเดือนเมษายน ปี ค.ศ. 1984 โดยเก็บตัวอย่างในช่วงก่อนการเพาะปลูก ระหว่างการเพาะปลูก และหลังการเพาะปลูก ตรวจพบสาร dieldrin 97.28% และ beta-BHC 65.36% จากจำนวนตัวอย่างดิน 66 ตัวอย่าง นอกจากนี้ยังพบสารทั้งสองในบริเวณพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ต่ำกว่าพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่สูงกว่าพื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ป่าปลูก

ประทีป และจรรยา (2529) ได้ทำการศึกษาผลตกค้างของสารกำจัดวัชพืชอะทราซีน ในดินปลูกข้าวโพด ซึ่งเป็นดินชุดปากช่อง (oxicpaleustults) จังหวัดนครราชสีมา โดยเก็บดินจากแปลงตัวอย่างที่ระดับความลึกต่างๆ หลังจากการฉีดพ่นอะทราซีนที่อัตรา 600 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และทำการสกัดดินและวิเคราะห์ด้วยเครื่องแกสโครมาโตกราฟี ที่มี detector ชนิด FID พบว่าผลตกค้างของอะทราซีนในดินจะลดลงอย่างรวดเร็ว โดยมี half life ประมาณ 19 วัน

กนกพร และคณะ (2529) ได้ศึกษาชนิดและปริมาณของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ที่ตกค้างในนาุ้งและสิ่งแวดล้อม โดยใช้เครื่องแกสโครมาโตกราฟี จากการวิเคราะห์ตะกอนดิน พบว่าระดับการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ประเภทสารประกอบคลอรีนยังอยู่ในระดับต่ำ ส่วนสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ประเภทสารประกอบฟอสเฟตไม่พบการตกค้าง

อุดมลักษณ์ (2530) ศึกษาการสลายตัวของอะทราซีน (atrazine) ในดินและเศษ (trash) ที่ใช้คลุมดินในการปลูกข้าวโพด ทำการทดลองโดยใช้เทคนิคนิวเคลียร์ C^{14} -atrazine พบว่า การสลายตัวของอะทราซีนในดินในระยะแรกเริ่มหลังจากการฉีดพ่นลงไป ตรวจพบปริมาณสูงมาก และจะลดลงเมื่อระยะเวลาหลังการฉีดพ่นมากขึ้นตามลำดับ

บัณจิต (2531) ทำการศึกษาการกระจายตัวของคาร์โบฟูรานในนาข้าวคืนรังสิต พบว่าถ้าใส่บนผิวดิน สารคาร์โบฟูรานจะละลายออกมาถึง 84% เมื่อ 1 สัปดาห์หลังการปักดำ และถูกพืชดูดใช้ได้หลังจากปักดำเพียง 47% เมื่อฝังลึกตัวสารคาร์โบฟูรานนี้จะละลายออกมามากที่สุดถึง 75% ที่ระยะเวลา 3 สัปดาห์ หลังการปักดำ และพืชดูดมาใช้ได้หมด ดังนั้นถ้าหากไม่มีการควบคุมการละลายได้ของสารพิษและหว่านลงไปบนพื้นดิน ถ้าหากเกิดฝนตกหนักจนฉันทันนาในช่วง 1 สัปดาห์หลังการปักดำ(การหว่านข้าวด้วย) สารที่ใส่ลงไปจะสูญหายไปกับน้ำป่าและปนเปื้อนแหล่งน้ำธรรมชาติได้ นอกจากนี้ยังพบว่า ยังมีคาร์บอน-14 ที่ตกค้างอยู่ในดินหลังจากปลูกข้าวอีกประมาณ 2% แต่ไม่สามารถบ่งชี้ได้ว่าคาร์บอน-14 ที่ตกค้างอยู่ในดินยังคงเป็นคาร์โบฟูรานอยู่ เพราะระดับความแรงรังสีที่ใช้ต่ำเกินไป

นวลศรี (2531) ศึกษาวิจัยปริมาณตกค้างของพาราควอตในดินและความสามารถของดินในการดูดซับพาราควอต ซึ่งพาราควอตนี้เป็นสารกลุ่ม bipyridylum มีประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืชได้หลายชนิด พบว่า ค่าเฉลี่ยสารพิษตกค้างจากสูงสุดลงไปต่ำสุด คือ แหล่งไม้ผล ถั่วเหลือง ข้าวโพด ขางพารา มันสำปะหลัง และอ้อย สำหรับ ความสามารถของดินในการดูดซับพาราควอต ในแหล่งปลูกไม้ผลสูงถึง 83.5 ppm ซึ่งสูงเกือบ 10 เท่าของปริมาณสารตกค้างของพาราควอตที่มีอยู่ในดิน (8.5 ppm) แต่อย่างไรก็ตามปริมาณการตกค้างของพาราควอตทั่วไปในแหล่งปลูกไม้ยืนต้น เช่น ไม้ผล ยังไม่สูงถึงขั้นเป็นอันตรายต่อพืช

อุดมลักษณ์ (2531) กล่าวถึงผลกระทบของการใช้สารกำจัดวัชพืช ในประเทศไทยซึ่งเกษตรกรที่ปลูกพืชไร่ มักฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชลงในดินก่อนปลูก ได้แก่ อะทราซีน อะลาคลอรีน และ ไซยานาซีน ซึ่งสารเหล่านี้สามารถตกค้างในดิน โดยแสดงตัวอย่างให้เห็นลักษณะของสารกำจัดวัชพืชในดินที่ระดับความลึกต่างๆ กันที่ 218 วันหลังจากการฉีดพ่น ทำให้เห็นว่าสารพิษคงทนอยู่ในดินได้นาน ซึ่งมีผลกระทบต่อการปลูกพืชทั้งที่ปลูกและจะปลูกต่อไป ถึงแม้จะใช้แต่เพียงอย่างเดียวหรือใช้ร่วมกับวัตถุมีพิษชนิดอื่นๆ นอกจากนี้เกษตรกรบางรายยังเข้าใจผิดคิดว่าการใช้สารกำจัดวัชพืชร่วมกับการใช้วัตถุมีพิษชนิดอื่นแล้วทำให้ผลผลิตดีขึ้น ความจริงแล้วกลับทำให้

เกิดความเสียหายอย่างรุนแรง เพราะวัฏธมีพืชที่ใช้จะกระตุ้นให้พืชดูดสารกำจัดวัชพืชเข้ามาภายในต้นมากกว่าปกติ ทำให้เกิดการสะสมสารพิษในปริมาณที่เกินความปลอดภัยทำให้พืชแสดงอาการผิดปกติ

วินัย (2532) ศึกษาผลกระทบของการใช้สารเคมีการเกษตรต่อคุณภาพดินและน้ำใต้ดินในจังหวัดชัยนาท โดยศึกษาลักษณะของดิน การตกค้างของปุ๋ยเคมี และสารปราบศัตรูพืชในดินและน้ำใต้ดิน พบว่าลักษณะของดินที่มีผลต่อการดูดซับของอนุโมลแอมโมเนียม และฟอสเฟต แต่ไม่มีผลต่ออนุโมลไนเตรต คุณภาพน้ำใต้ดินก่อนและหลังการปลูกข้าวและเก็บเกี่ยว ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และไม่พบยาปราบศัตรูพืชทั้ง organophosphate และ organochlorine

พงศ์ศรี (2533) ศึกษาผลกระทบและความคงทนของ bromacil ในดินที่มีต่อพืชที่ปลูกใหม่ (ถั่วเหลือง) พบว่า bromacil มีผลต่อการงอกของเมล็ดถั่วเหลือง อัตราการสลายตัวของ bromacil ในดินเมื่อทิ้งไว้ 1 เดือน จะลงไป 54.45% , ทิ้งไว้ 3 เดือน จะลงไป 79.61% และทิ้งไว้ 5 เดือน จะลงไป 96.97% ตามลำดับ และจากการทดลองชี้ให้เห็นว่า การตกค้างของ bromacil ในดินนั้นส่งผลกระทบต่อทั้งการงอก การเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของถั่วเหลือง หลังจากกำจัดพ่นไปแล้วต้องทิ้งพื้นที่เพาะปลูกอย่างน้อย 3 เดือน ก่อนทำการปลูกถั่วเหลืองใหม่ เพื่อให้ปริมาณ bromacil ลดลงจนไม่เป็นอันตรายต่อถั่วเหลือง

นวลศรี และคณะ (2534) ศึกษาการสลายตัวของมาลาไธออนในดินในห้องปฏิบัติการ โดยใช้คาร์บอน-14 ในชุดดินรังสิต ซึ่งเป็นดินนาข้าว (paddy soil), ชุดดินปากช่อง เป็นดินร่วนปนทรายสีแดงส้ม (red soil) และชุดดินตาดลี เป็นดินร่วนสีดำ (black soil) มีอินทรีย์วัตถุสูง โดยหยาบมาลาไธออนลงในดินซึ่งบรรจุอยู่ในโอไมเตอร์พลาสติก 2 ระดับความแรงรังสี คือ 4 และ 8 ไมโครทรี คลุกเคล้าให้เข้ากัน ปรับให้มีความชื้น 70 % ของ water holding capacity บ่มดินไว้ที่อุณหภูมิห้อง มาลาไธออนจะสลายตัวให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งสามารถจับไว้ด้วยสารละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณการสลายตัวจะเกิดขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความแรงรังสี เบต้าของคาร์บอน-14 ที่มีอยู่ในก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ วัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นหลังจากบ่มดินไว้ 1, 3, 5 และ 7 วัน และทุกๆสัปดาห์ จนครบ 4 เดือน ด้วยเครื่องลิดวิดจิลทิลเลชั่น หลังจากนั้นนำมาสกัดมาลาไธออนตกค้าง พบว่าชุดดินตาดลีมีการสลายตัวของมาลาไธออนสูงสุด ส่วนชุดดินรังสิตและปากช่อง การสลายตัวของมาลาไธออนไม่แตกต่างกัน

บุศราภรณ์ และพัชร (2534) กล่าวว่า ในปัจจุบันนี้ผลกระทบของการใช้ยาปราบศัตรูพืชซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ สารฆ่าแมลง สารฆ่าเชื้อรา และสารปราบวัชพืช ซึ่งสารแต่ละประเภทมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน นอกจากนี้มีการใช้สารเหล่านี้มากขึ้น และมีการตกค้างในดิน ซึ่งส่งผลกระทบต่อพืชที่ปลูก ซึ่งมีชีวิตในดิน มนุษย์ และสัตว์อื่นๆ แหล่งน้ำและแหล่งน้ำใต้ดิน

บังเอิญ และสุวิมล (2534) ทำการวิจัยชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างในดินและน้ำ จากจังหวัดนครราชสีมา สุพรรณบุรี ปราจีนบุรี นครสวรรค์ เพชรบูรณ์ และ กรุงเทพมหานคร ได้ตัวอย่างดินทั้งหมด 118 ตัวอย่าง นำมาตรวจวัดสารพิษ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มคาร์บาเมต กลุ่มออร์แกนโนฟอสเฟต และกลุ่มออร์แกนโนคลอรีน พบว่า ในตัวอย่างดินตรวจพบกลุ่มคาร์บาเมต ได้แก่ carbofuran กลุ่มออร์แกนโนฟอสเฟต ตรวจไม่พบสารพิษตกค้าง dichlorvos, phosdrin, dimethoate, diazenon, fenitrothion, methyl parathion, malathion และ parathion ส่วน

กลุ่มออร์แกนโนคลอรีนตรวจพบ ได้แก่ DDT and derivatives, α -BHC, heptachlor, heptachlor-epoxide, aldrin และ dieldrin

พลสุข และคณะ (2534) ทำการเก็บตัวอย่างดินในนาข้าวที่ลุ่ม (ชัยนาท) และนาที่ดอน (สุพรรณบุรี) จำนวน 92 ตัวอย่าง โดยเก็บในช่วงก่อนการทำนาในฤดูใหม่ (ต้นปี 2534) ซึ่งมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชโคโดอย่าง มากในปี 2533 ได้ทำการวิเคราะห์สารตกค้าง 3 กลุ่ม คือ Organochlorine, Organophosphate และ Carbamate พบ ว่าดินในที่ลุ่ม พบกลุ่ม Organochlorine คือ อัลดริน, ดีลดริน, โอพีดีดีอี และเอนโคซัลเฟน และ ดินในที่ดอน พบ แต่เอนโคซัลเฟน ส่วนกลุ่ม Organophosphate ที่พบในดินที่ลุ่มเช่นเดียวกับดินที่ดอน คือ ไดเมทโทเอทและโมโน ไทโรโทรฟอส ส่วนสารคาร์บาเมท พบสารคาร์โบฟูราน ทั้งในดินที่ดอนและดินที่ลุ่ม แต่ไม่พบสารมิฟซินและ สอบซิน (นิยมใช้มาก)

ศิวาภรณ์ และคณะ (2534ก) ดำรวจและเก็บตัวอย่างดิน น้ำ และตะกอนดิน จากสวนส้มโอ ในจังหวัด นครปฐม ระหว่างเดือน มีนาคม ถึง พฤศจิกายน 2534 พบสารพิษกลุ่ม Organochlorine คือ aldrin, dieldrin, DDT และ DDT derivatives และกลุ่ม Organophosphate คือ dicrotophos, dimetoate, malathion และmethyl-parathion ส่วนสารกำจัดโรคพืช คือ coperoxychloride

ศิวาภรณ์และคณะ (2534ข) ดำรวจและเก็บตัวอย่างดิน น้ำ และตะกอนดิน จากสวนส้มเขียวหวาน ใน จังหวัดปทุมธานี ระหว่างเดือน กุมภาพันธ์ ถึง ตุลาคม 2534 พบสารพิษกลุ่ม Organochlorine คือ aldrin, dieldrin, DDT และ DDT derivatives และกลุ่ม Organophosphate คือ dimetoate และ malathion ส่วนสารกำจัดโรคพืช คือ coperoxychloride

สุวิมล และบังเอิญ (2534) เฝ้าสำรวจติดตามเก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอน จากอ่างเก็บน้ำลำตะคอง ใน ช่วงปี 2533-2534 ในอ่างเก็บน้ำ จำนวน 7-8 จุด ที่ระยะเวลาต่างๆกัน คือ เดือนตุลาคม ธันวาคม เมษายน และ สิงหาคม พบว่าในดินตะกอนเกือบทุกตัวอย่างมีสารพิษตกค้างกลุ่มออร์แกนโนคลอรีน ซึ่งเป็นสารพิษกลุ่มที่คง สภาพอยู่ในสิ่งแวดล้อมได้นาน ในปริมาณค่อนข้างต่ำ เช่น dieldrin, DDT และ DDT derivatives น้อยกว่า 0.001- 0.007 mg/kg

Korpradiskul et al. (1992) ทำการศึกษาการสลายตัวของสารกำจัดวัชพืชอะทราซีนในดินที่แตกต่างกัน 5 ชนิด ของประเทศไทย พบว่าการสลายตัวของสารดังกล่าวเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของ อุณหภูมิไม่มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีของดิน

กุศล (2535) ศึกษาการให้สาร Paclobutrazol กับมะม่วงโดยวิธีต่างๆ พบว่า การให้สาร Paclobutrazol 1,000 ppm ทางดินจะมีการตกค้างสูงและยาวนานที่สุด โดยมีการตกค้าง 11 เดือน การให้สาร Paclobutrazol 1,000 ppm โดยการพ่นทางใบมีการตกค้างในดิน 3 เดือน ส่วนการให้สารโดยการพ่นทางใบและคลุมโคนต้นด้วย แผ่นพลาสติกและการฉีดสารเข้าลำต้นในอัตรา 400 มิลลิกรัม a.i./ต้น พบว่าไม่มีการตกค้างของสารนี้ในดิน

ภิญญา และ นวลศรี (2535) ทำการวิจัยชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างในดิน น้ำ และตะกอน บริเวณ แหล่งปลูกผักอนามัย ในเขตจังหวัด นนทบุรี ปราชินบุรี กาญจนบุรี อุทัยฯ เพชรบูรณ์ และศรีสะเกษ เพื่อเป็น แนวทางให้ทราบว่าการลดการใช้วัตถุพิษการเกษตรจะช่วยลดการปนเปื้อนของวัตถุพิษในสภาพแวดล้อมลง ได้มากน้อยเพียงใด เพื่อเป็นประโยชน์ในการแก้ไขปัญหาสารพิษตกค้างในสภาวะแวดล้อมได้ ซึ่งทำการวิเคราะห์

กลุ่มออร์แกนโนคลอรีน, ออร์แกนโนฟอสเฟต, คาร์บาเมท และ วัตถุมีพิษที่ใช้กำจัดวัชพืช กลุ่ม Quaternary Ammonium Compound และ Phenoxyacetic acids แบ่งเป็นดิน 51 ตัวอย่าง น้ำ 20 ตัวอย่าง และตะกอนดิน 8 ตัวอย่าง พบว่าในดินเกษตรกรรมมีสารพิษตกค้างมากชนิดและสูงกว่าในน้ำ และพบในตะกอนดินน้อยมาก วัตถุมีพิษที่พบได้แก่ BHC, aldrin, heptachlor-epoxide, dieldrin, endrin, endosulfan, DDT&derivatives, mevinfos, dimethanoate, diazinon, malathion, methyl-parathion, parathion, monocrotophos และ carbofuran ซึ่งในดินและตะกอนดินจะตรวจพบ DDT&derivatives ในเกือบทุกๆตัวอย่าง วัตถุมีพิษที่พบมากรองลงมา คือ dieldrin ส่วนวัตถุมีพิษที่ใช้กำจัดวัชพืช กลุ่ม Quaternary Ammonium Compound และ Phenoxyacetic acids ตรวจไม่พบ

ศิวพร (2535) พบว่าการปนเปื้อนของคาร์บาริลและคลอร์ไพริฟอสในดิน บริเวณภายในสนามกอล์ฟ แหลมฉบังอินเตอร์เนชันแนล คันทรี่คลับติดอ่างเก็บน้ำหนองกลางดง จังหวัดชลบุรี ทำการวิเคราะห์โดยเครื่องแกสโครมาโตกราฟี พบว่าการปนเปื้อนต่ำสุดของสารเคมีทั้ง 2 ชนิดมีค่าต่ำกว่า 0.001 mg/kg โดยเฉพาะคาร์บาริลมีปริมาณอยู่ในระดับต่ำกว่าระดับที่ยอมให้มีได้ในดิน (0.05 mg/kg) และรุ่งทิพย์ (2536) พบว่าการปนเปื้อนของคาร์บาริลและคลอร์ไพริฟอสในดิน บริเวณสนามกอล์ฟติดอ่างเก็บน้ำหนองกลางดง จังหวัดชลบุรี ทำการวิเคราะห์โดยเครื่องแกสโครมาโตกราฟี พบว่าการปนเปื้อนต่ำสุดของสารเคมีทั้ง 2 ชนิดมีค่าต่ำกว่า 0.001 mg/kg เช่นกัน นอกจากนี้ พรพิมล (2538) ยังพบว่ามีการปนเปื้อนของคาร์บาริลและคลอร์ไพริฟอสในดิน บริเวณสนามกอล์ฟแหลมฉบังอินเตอร์เนชันแนล คันทรี่คลับ(ติดอ่างเก็บน้ำหนองกลางดง) เช่นเดียวกับศิวพร (2535) และรุ่งทิพย์ (2536)

Thao et al. (1993) ทำการศึกษาความคงทนของสารพิษกลุ่มออร์แกนโนคลอรีนที่ตกค้างในดินนาข้าว ดินบริเวณที่ดอน และดินเขตเมือง ในกลุ่มประเทศเอเชียเขตร้อน ได้แก่ เวียดนาม ไทย และไต้หวัน พบว่ามีสารกลุ่มออร์แกนโนคลอรีนตกค้างได้แก่ DDTs, HCBs และ PCBs ในประเทศไทยพบว่าดินตัวอย่างมีระดับความเข้มข้นของสารประกอบเหล่านี้ต่ำกว่าประเทศอื่นๆที่กล่าวมา

กัญญา (2536) ศึกษาการแพร่กระจายของวัตถุมีพิษในน้ำและดินตะกอนบริเวณลุ่มน้ำแม่กลองและคลองแยก ซึ่งแม่น้ำแม่กลองจะไหลผ่านพื้นที่เกษตรกรรม 3 จังหวัด ได้แก่ สมุทรสงคราม ราชบุรี และกาญจนบุรี ซึ่งมีการปนเปื้อนของสารกำจัดศัตรูพืช เพราะบางพื้นที่มีการใช้สารเคมีทางการเกษตรอย่างต่อเนื่องตลอดปี พบว่าในตะกอนดินมีสารพิษตกค้างกลุ่มออร์แกนโนคลอรีน ที่ตรวจพบน้อยมาก เช่น DDT และอนุพันธ์ ออร์แกนโนฟอสเฟต แต่ตรวจไม่พบกลุ่มคาร์บาเมทและไพรีทรอยด์ และพบสารกำจัดวัชพืช คือ Atrazine และ Ametryne จากการศึกษาครั้งนี้ทำให้ทราบว่าคุณภาพของแม่น้ำแม่กลอง ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ถึงแม้จะมีการปนเปื้อนของสารพิษทางการเกษตรบ้าง แต่ปริมาณทั้งในดินตะกอนและน้ำยังคงอยู่ในระดับต่ำกว่ามาตรฐานของ US-EPA มาก

อุดมลักษณ์ (2536) กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงสารกำจัดวัชพืชที่ใช้ในดินทำให้จุลินทรีย์ในดินมีปริมาณเพิ่มขึ้น และย่อยสลายสารเคมีนั้นๆได้ แต่หากใช้สารกำจัดวัชพืชชนิดเดียวตลอดเป็นเวลานาน จุลินทรีย์จะเริ่มลดจำนวนลงจนไม่สามารถย่อยสลายสารกำจัดวัชพืชได้ จึงทำให้สารเหล่านั้นตกค้างอยู่ในดิน จนทำให้ดินมีพิษและเสื่อมคุณภาพ

รัชณี (2536) ศึกษาการสลายตัวของคาร์ฟูรานที่ใช้กับข้าวซึ่งปลูกในดิน 4 ชนิด คือ ชุดดินบ้านหมี่ ชุดดินร้อยเอ็ด ชุดดินองครักษ์ และ ชุดดินสุพรรณบุรี โดยใช้พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ปลูกในกระถางเส้นผ่าศูนย์กลาง

60 เซนติเมตรและหว่านคาร์โบฟูราน 3 % อัตรา 10.7 กิโลกรัมต่อไร่ ในระยะข้าวอายุ 48 วันหลังปักดำ พบว่า อัตราการสลายตัวในดินแต่ละชนิดในช่วง 21 วันจะเร็วและหลังจากนั้นช้าลงจนคงที่ สำหรับชุดดินสุพรรณบุรีมี ปริมาณสารพิษตกค้างมากที่สุด รองลงมา คือ ชุดดินองครักษ์ ชุดดินบ้านหมี่ และชุดดินร้อยเอ็ด ตามลำดับ ค่า ครึ่งชีวิตของคาร์โบฟูรานจากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าวัฏจะมีพิษจะคงอยู่นานในดินเหนียวที่มีอินทรีย์วัตถุ สูง และวัฏจะมีพิษจะคงทนอยู่นานในดินข้าวที่ปลูกในชุดดินดังกล่าว

พิภพ (2537) ศึกษาผลกระทบของนาุ้งที่มีผลต่อสมบัติทางเคมีบางประการของทรัพยากรดิน โดยเก็บ ตัวอย่างจากดินชุดบางกอก ในอำเภอระโนด จังหวัดสงขลา 3 บริเวณ คือ ดินนาข้าว, ดินซึ่งผ่านการเลี้ยงกุ้งมาแล้ว 1 ปี และดินซึ่งผ่านการเลี้ยงกุ้งมาแล้ว 3 ปี พบว่า ค่า pH ของดินจะลดลงตามระยะเวลาที่ใช้เลี้ยงกุ้ง การนำไฟฟ้า จะเพิ่มตามระยะเวลาที่ใช้เลี้ยงกุ้ง แต่จะลดลงตามความลึกของหน้าตัดดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ และกำมะถันจะ เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ใช้เลี้ยงกุ้ง แต่จะลดลงตามความลึกของหน้าตัดดิน ส่วน Na และ K จะเพิ่มขึ้นตามระยะ ระยะเวลาที่ใช้เลี้ยงกุ้ง แต่จะลดลงตามความลึกของหน้าตัดดิน ซึ่งข้อมูลที่ได้นี้สามารถนำไปฟื้นฟูและจัดการดินนาุ้ง ตลอดจนวางแผนการใช้ที่ดินในอนาคตให้มีผลกระทบต่อนาข้าวบริเวณใกล้เคียงน้อยที่สุด

พงศ์ศรี และคณะ (2537ก) ศึกษาการปนเปื้อนของวัฏมีพิษในดินบริเวณพื้นที่สูง อำเภอแม่แจ่ม จังหวัด เชียงใหม่ อำเภอเทิงและแม่จัน จังหวัดเชียงราย และอำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน จำนวน 38 ตัวอย่าง ตรวจพบสารพิษตกค้าง ในกลุ่มออร์แกนโนคลอรีน 20 ตัวอย่าง แต่ไม่พบสารตกค้างในดินกลุ่มออร์แกนโนฟอส เฟต 14 ตัวอย่าง และ คาร์บาเมต ใน 4 ตัวอย่าง

พงศ์ศรี และคณะ (2537ข) ทำการทดสอบระดับของสารปราบวัชพืชไดยูรอนในดินที่มีความเป็นพิษต่อ ฝ้าย โดยวางแผนการทดลองแบบ RCB 8 กรรมวิธี 3 ซ้ำ ทำการทดลองในเรือนเพาะชำ ซึ่งผลการทดลองที่อัตรา แนนะนา 640 กรัมต่อไร่ อัตราสูงกว่าคำแนะนำ 25, 50 และ 100 % และอัตราต่ำกว่าคำแนะนำ 25, 50 และ 100 % ไม่พบอาการเป็นพิษที่เกิดขึ้นกับต้นฝ้ายทั้งด้านการงอกและการเจริญเติบโต สำหรับการทดสอบความคงทนของ ไดยูรอนในดิน ทำการทดลองโดยปลูกดินในอัตราแนะนำ แล้วทิ้งระยะเวลาก่อนปลูกฝ้ายนาน 0, 7, 15 วัน และ 2 เดือน ตามลำดับ เปรียบเทียบกับฝ้ายที่ปลูกในดินที่ไม่ถูกไดยูรอนในระยะเวลาเดียวกัน ซึ่งจะ ไม่พบอาการเป็น พิษที่เกิดขึ้นกับต้นฝ้ายเช่นกัน

พงศ์ศรี และคณะ (2537ค) ศึกษาความคงทนและระดับของเมทรามิโดฟอสในดินที่มีความเป็นพิษต่อ กระดาษ ผลการทดลองเมื่อใช้อัตราแนะนำ อัตราสูงกว่าคำแนะนำ และอัตราต่ำกว่าคำแนะนำ ไม่พบความเป็นพิษที่ เกิดกับกระดาษ ทั้งทางด้านการงอก การเติบโต การเปลี่ยนแปลงสรีระพืช และผลผลิต

ธานี และคณะ (2537) ศึกษาการสลายตัวของไอโซไซฟอสในนาข้าว ทำการทดลองโดยการปลูกข้าว พันธุ์สุพรรณบุรี 2 ที่ศูนย์วิจัยพันธุ์ข้าวคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี ระหว่างเดือนกรกฎาคม – พฤศจิกายน 2537 วางแผนการทดลองแบบ Split plot มี 3 ซ้ำ mail plot คือ อัตราความเข้มข้นของสารพิษ 3 อัตรา คือ ตามคำแนะนำ อัตราสองเท่า และ ไม่ใช้สารพิษ มี sub plot คือช่วงเวลากการเก็บตัวอย่าง หลังการหว่านไอโซไซฟอส 1 ชั่วโมง, 7, 14, 21, 28, และ 72 วัน พบว่าการสลายตัวของไอโซไซฟอสในอัตราตามคำแนะนำและสองเท่าของคำแนะนำมี แนวโน้มจะสลายตัวหมดภายใน 28 วันไปแล้ว

วิชา และคณะ (2537) ศึกษาการสะสมของวัตถุมีพิษในดินและน้ำ ในสวนองุ่นจังหวัดราชบุรี พบว่า ในดินเพื่อเป็นหลักฐานแสดงให้ทราบว่า บริเวณใดมีการใช้วัตถุมีพิษสม่ำเสมอทำให้เกิดการสะสมของสารพิษ ในบริเวณนั้นทั้งในดินและน้ำ ส่วนปริมาณการสะสมจะขึ้นอยู่กับความถี่ในการใช้มาก ใช้น้อย เพียงใด ซึ่งในครั้ง นี้ทำการเก็บตัวอย่าง จากสวนองุ่น อ.ดำเนินสะดวก จ. ราชบุรี อย่างต่อเนื่องในปี 2537 และ ผลการทดลองพบ สารกำจัดเชื้อราคอปเปอร์ฮิออกซีคลอไรด์ ส่วนกลุ่มออร์แกนโนฟอสเฟต ตรวจพบเมทนามิโดฟอสและเมวินฟอส

ศิวาภรณ์ และคณะ (2537) ศึกษาการสะสมของวัตถุมีพิษในดินและน้ำ ในสวนองุ่นจังหวัดสมุทรสาคร ในตัวอย่างดินพบสารกลุ่มออร์แกนโนฟอสเฟต คือ ไดเมทโทเอท และ สารกำจัดเชื้อรา ตรวจพบ กลุ่มไดไฮโดรคาร์ บามเมท, คอปเปอร์ฮิออกซีคลอไรด์ ส่วนสารกลุ่มออร์แกนโนคลอรีน ตรวจพบ ไดโคโฟล

โศรยา และคณะ (2537) ศึกษาการสะสมของวัตถุมีพิษในดินบริเวณสวนทุเรียน จังหวัดนนทบุรี โดย เลือกแปลงทดลอง 2 แปลง เพื่อทำการทดลองเปรียบเทียบ โดยแบ่งเป็นแปลงควบคุม IPM มีการฉีดพ่นสารกำจัด ศัตรูพืชทุเรียนตามคำแนะนำของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร และแปลงเกษตรกรฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชทุเรียน ตามวินิจฉัยของเกษตรกรเจ้าของแปลง ตั้งแต่เดือนมกราคม-ธันวาคม 2537 พบว่ามีสารเอนโดซัลแฟน ในรูป $\alpha\beta$ endosulfan และ endosulfan-sulfate, copper (II) และ carbendazim ในแปลงควบคุม IPM และแปลงเกษตรกร พบ ว่ามีสาร Copper (II) และ carbendazim ตกค้างในดิน

สมพร (2537) ทำการศึกษาภาคสนามเพื่อทำการตรวจสอบปริมาณคาร์บาริลในดินและน้ำจากไร่บ้านสบ เปา จังหวัดลำพูน โดยวิธีโครมาโตกราฟีของเหลวสมรรถนะสูงแบบกลับเฟสผลการทดลองปรากฏว่าครึ่งชีวิต ของคาร์บาริล มีค่าประมาณ 2 วัน ซึ่งใช้เทคนิคโครมาโตกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง มีระบบการตรวจวัด สัญญาณแบบรังสีอัลตราไวโอเลต ที่มีความยาวคลื่น 220 นาโนเมตร พบว่าค่าครึ่งชีวิตของคาร์บาริล มีค่า ประมาณ 2 วัน ส่วนค่าการคืนกลับ (recovery) ในตัวอย่างดินในช่วง 82-99% ด้วยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.06-0.39 และสัมประสิทธิ์การเบี่ยงเบนอยู่ในช่วง 5.4-10% ซึ่งการวิเคราะห์และการสกัดคาร์บาริลที่ตกค้างในดินนี้มี ประสิทธิภาพสูง และยังสามารถตรวจสอบคาร์บาริลที่ตกค้างระดับความเข้มข้นต่ำได้คืออีกด้วย ข้อได้เปรียบการ วิเคราะห์วิธีนี้คือ ระยะเวลาในการสกัดและหลังการสกัดยังได้ค่าการคืนกลับที่สูง

ศิวาภรณ์ และคณะ (2538) ศึกษาการสะสมของวัตถุมีพิษในดิน น้ำ ตะกอน และปลา ในสวนส้มโอ จังหวัดนครปฐม ภายใต้โครงการ IPM ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์-ตุลาคม โดยทำแปลงทดลอง 2 แปลง โดยแบ่ง เป็นแปลงควบคุม IPM และแปลงเกษตรกร เพื่อตรวจวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างในกลุ่มออร์แกนโน คลอรีน ออร์แกนโนฟอสเฟต คาร์บามาต ไพรีทรอยด์ และสารป้องกันโรคพืช ซึ่งในตัวอย่างดินที่ทำการวิเคราะห์ สารพิษตกค้างนั้น พบกลุ่มออร์แกนโนคลอรีน คือ ไดโคโฟล และ ดีดีทีและอนุพันธ์ สารกลุ่มออร์แกนโน ฟอสเฟต คือ ไดเมทโทเอท และเมทริลพาราไรออน สะสมในปริมาณน้อยมากในตัวอย่างดิน แต่สำหรับตะกอน ดินไม่พบการสะสมสารพิษในกลุ่มนี้ เช่นเดียวกับกลุ่มคาร์บามาต ได้แก่ เมทโรนิล และกลุ่มไพรีทรอยด์ ได้แก่ เพอร์เมทริน ส่วนสารกำจัดเชื้อรา ตรวจพบ กลุ่มไดไฮโดรคาร์บามาต, คอปเปอร์ฮิออกซีคลอไรด์ ในรูปของธาตุ ทองแดง

Preeda (1996) กล่าวถึงผลกระทบจากการใช้สารเคมีหลายๆ ชนิดที่มุ่งเน้นการพัฒนาอุตสาหกรรมเพื่อ ความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นในเชิงเศรษฐกิจของประเทศ จนก่อให้เกิดมลภาวะปนเปื้อนทั้งในดิน การนำเสียของแหล่งน้ำ

ขนาดใหญ่ ตลอดจนการที่โลกร้อนขึ้น ที่มาของแหล่งมลพิษที่สำคัญ ครรชนซึ่งใช้บ่งชี้สถานะของมลพิษในระบบนิเวศ ตลอดจนกลไกต่างๆที่ควบคุมความเป็นพิษ และจะต้องตระหนักและทำความเข้าใจอย่างถ่องแท้ เพื่อหาทางป้องกันและแก้ไข เป็นการรักษาระบบนิเวศให้อยู่สมบูรณ์และปลอดภัยยาวนานที่สุด ทั้งนี้เราไม่สามารถหยุดการใช้สารเคมีเพื่อการพัฒนา แต่เราต้องใช้อย่างชาญฉลาดเพื่อให้เกิดการทำลายสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด รวมทั้งมนุษย์เองด้วย

กัญญา และคณะ (2539) พบว่ามีการปนเปื้อนของสารพิษกลุ่มออร์แกนโนฟอสเฟตและคาร์บาเมทในตะกอนดิน ในแม่น้ำท่าจีนตลอดสาย โดยเริ่มจากที่ต้นน้ำที่จังหวัดชัยนาท แล้วต่อมายังจังหวัดสุพรรณบุรี จังหวัดนครปฐม และออกปากอ่าวที่อำเภอมหาชัย จังหวัดสมุทรสาคร ทำการศึกษาตามจุดที่มีเกษตรกรรมหลักซึ่งมีการใช้วัตถุมีพิษจำนวนมากตลอดสาย พบสารกลุ่มออร์แกนโนฟอสเฟต ได้แก่ diazinon, methyl-parathion และ fenitrothion และคาร์บาเมท คือ carbofuran

อุไรภัก (2539) ตรวจสอบสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกนโนคลอรีนตกค้างในดินตะกอน บริเวณลุ่มน้ำห้วยลิ้นถีน จังหวัดกาญจนบุรี โดยทำการเก็บตัวอย่าง 2 เดือนต่อครั้ง ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2537-ตุลาคม 2538 พบสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์แกนโนคลอรีนตกค้างได้แก่ เฮปตาคลอร์, พารา-พารา-คลีอี, อัลดริน, แกมมา-บีเอชซี, พารา-พารา-คลีอี, แอลฟา-บีเอชซี, เบต้า-บีเอชซี, ดีลดริน, เฮปตาคลอร์อีพอกไซด์, เอนดริน, เอนโดซัลแฟน, เบต้า-เอนโดซัลแฟน, เอนโดซัลแฟนซัลเฟต และ ออร์โท-พารา-คลีอี

จริรัตน์ (2540) ทำการศึกษาการบำบัดสารพิษตกค้างกลุ่มออร์แกนโนคลอรีนในน้ำเสียชุมชนเมืองเพชรบุรี โดยการทดลองปลูกพืชสลับน้ำจืดและน้ำแห้ง พืชที่ใช้ คือ กกกลม และธูปฤาษี โดยวางแผนการทดลอง split plot มี 3 ซ้ำ ทำการวิจัยตั้งแต่เดือน ธันวาคม 2538 - พฤศจิกายน 2539 พบว่า ระบบบำบัดโดยการปลูกพืชสลับน้ำจืดและน้ำแห้ง มีแนวโน้มในการลดปริมาณสารฆ่าแมลงตกค้างกลุ่มออร์แกนโนคลอรีน คือ แอลฟา-บีเอชซี แกมมา-บีเอชซี และเฮปตาคลอร์ ได้ โดยดินและพืชต่างมีส่วนช่วยบำบัดสารฆ่าแมลงในน้ำเสียชุมชน

พนิดา (2540) ทำการศึกษากการคงสภาพของสารป้องกันศัตรูพืชไรโอเบนคาร์บในนาข้าว โดยวางแผนการทดลอง split plot มี 3 ซ้ำ โดย Mail plot เป็นการใส่สาร 3 อัตรา ได้แก่ ไม่ใส่สาร ใช้อัตรา 320 และ 640 กรัม a.i. ต่อไร่ และ sub plot เป็นระยะเวลาการเก็บเกี่ยว รวม 6 ครั้ง คือ 2 ชั่วโมง, 7, 14, 28, 42 วัน และระยะเก็บเกี่ยว 91 วันหลังการใส่สาร พบว่า สารตกค้างของไรโอเบนคาร์บจะลดลงอย่างมากที่ระยะเวลา 7 วันภายหลังการใช้ แต่ยังคงพบในดินบ้างจนถึงระยะเก็บเกี่ยวจากแปลงไม่ใส่สาร ใช้อัตรา 320 และ 640 กรัม a.i. ต่อไร่

พนิดา (2540) ศึกษาการสลายตัวของไรโอเบนคาร์บในนาข้าว พบว่าภายหลังจากการใช้วัตถุมีพิษ 2 ชั่วโมง พบสารพิษตกค้างในน้ำและดิน ในแปลงที่ใช้วัตถุมีพิษอัตราแนะนำและแปลงที่ใช้สารพิษอัตราสองเท่าของคำแนะนำ หลังจากนั้นสัปดาห์ที่ 6 ยังตรวจพบในดินจนถึงระยะการเก็บเกี่ยว

ลมัย (2540) ศึกษาผลกระทบของการใช้สารกำจัดศัตรูพืชอย่างต่อเนื่องต่อกิจกรรมจุลินทรีย์ในดินและการสลายตัวของโมโนโครโทฟอสคาร์บอน-14 ในดิน โดยทำแปลงทดลองปลูกฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 2 ที่อำเภอปากท่อ จังหวัดราชบุรี ระหว่างเดือนสิงหาคม – ธันวาคม 2538 วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 3 ซ้ำ และ 2 กลุ่มคำหับทดลอง คือ ไม่ใช้สารกำจัดศัตรูพืช และใช้สารกำจัดศัตรูพืชอย่างต่อเนื่อง พบว่าในแปลงที่มีการใช้สารกำจัด

ศัตรูพืชอย่างต่อเนื่อง การสลายตัวของโมนิโครโคฟอสจะช้ากว่าแปลงที่ไม่ใช้สาร ส่วนกิจกรรมการหายใจของจุลินทรีย์และปฏิกิริยารีดักชันของเหล็กลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ส่วนในดินที่ระดับ 0-15 ซม.

กนกวรรณ (2541) ทำการตรวจวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดแมลงกลุ่มออร์แกนโนคลอรีนในตะกอนดินในแม่น้ำเจ้าพระยา ตั้งแต่เดือนมกราคม – ตุลาคม 2540 โดยเก็บตัวอย่างทุก 3 เดือน จาก 14 สถานี โดยวิธีแกสโครมาโทกราฟี ได้แก่ กลุ่มไอโซเมอร์ของเบนซีนเฮกซะคลอไรด์ กลุ่มสารประกอบของไซโคลไดอิน และกลุ่มดีดีที และความสัมพันธ์ระหว่างสารป้องกันกำจัดแมลงในตะกอนดินกับฤดูกาล พบว่าสารทุกกลุ่มที่พบมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

พงศ์ศรี และคณะ (2541) ครั้งที่ 1 ศึกษาผลกระทบของอะมีทริน ซึ่งเป็นสารกำจัดวัชพืชแบบเลือกทำลายใช้ก่อนวัชพืชงอก และหลังวัชพืชงอกในระยะเริ่มต้น ทำลายได้ทั้งพืชใบแคบและใบกว้าง นอกจากนี้ยังผลต่อการเจริญเติบโตของข้าว พบว่าอะมีทรินที่ตกในดินความเข้มข้น 0.6, 0.8 และ 1.0 mg/kg ทำให้ข้าวตายหมดภายใน 2 สัปดาห์ ส่วนอัตรา 0.4 mg/kg ทำให้ต้นข้าวเหี่ยวบ้างแต่จะฟื้นตัวเจริญได้ตามปกติ นอกจากนี้พงศ์ศรี และคณะ (2541) ครั้งที่ 2 พบอีกว่า อะมีทรินในดินความเข้มข้น 0.8 mg/kg ไม่แพร่กระจายออกมาสู่พื้นที่ปลูกข้าว

ณัณรัตน์ (2542) ทำการศึกษาการตกค้างของสารกลุ่มออร์แกนโนคลอรีนในดินและพืชจากการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยพืชกรอง ซึ่งปล่อยน้ำทิ้ง 5 วัน และสลบน้ำทิ้ง 2 วัน โดยใช้พืช 6 ชนิด คือ กกกลม แผลกอินโดนีเซีย แผลศรีลังกา หญ้าคาร์รา หญ้าโคสครอส และหญ้าสตาร์ พบว่าการใช้ดินร่วมกับพืชในการบำบัดน้ำเสียชุมชนนานขึ้น ซึ่งดินและพืชจะสะสมสารฆ่าแมลงได้มากขึ้น

2.2.3 อื่นๆ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับภาวะมลพิษในดินทางเคมี(อื่นๆ) ในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 1-7 และ ช่วงปี พ.ศ. 2540-2543 มีดังต่อไปนี้

จงรักษ์ และคณะ (2521) ศึกษาอิทธิพลของน้ำทิ้งจากการผลิตกระดาษสาต่อ pH ของในดินเปรี้ยวจัดชุดดินรังสิต ผลการทดลองพบว่าน้ำทิ้งจากการผลิตกระดาษสาในขั้นตอนต้มเยื่อกระดาษสามารถยกระดับ pH ของชุดดินรังสิตหรือลดความเป็นกรดลงได้ การใส่น้ำทิ้งจากการผลิตกระดาษสาในช่วงอัตรา 150 และ 300 มิลลิลิตรต่อดิน 6 กิโลกรัม ทำให้ผลผลิตเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้นในทุกระยะเวลาการบ่มดินนอกจากนี้การใส่น้ำทิ้งจากการผลิตกระดาษสาในช่วงอัตรา 75 – 600 มิลลิลิตรต่อดิน 6 กิโลกรัม จะไม่มีผลข้างเคียงที่จะทำให้ดินเปรี้ยวจัดชุดดินรังสิตมีการสะสมเกลือหรือโซเดียมในปริมาณที่เป็นอันตรายกับพืช

ประพิศ และคณะ (2524) ทำการศึกษาผลตกค้างของปุ๋ยเคมีที่มีต่อคุณสมบัติทางเคมีของดินมาจากแปลงทดลองปลูกข้าวจาก 3 สถานี คือ คลองหลวง, สุพรรณบุรี และชัยนาท โดยเก็บตัวอย่างดินแปลงที่ใส่ปุ๋ย 0, 3, 6, 9, 12 และ 18 กิโลกรัมในโตรเจน/ไร่ ของแอมโมเนียมซัลเฟต และโซซูเปอร์ฟอสเฟต กับโพแทสเซียมคลอไรด์ จากการศึกษาพบว่า การใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตจะมีผลต่อระดับความเป็นกรดของดิน และการสะสมของอนุพลซัลเฟตโดยที่ความเป็นกรดและอนุพลซัลเฟตจะเพิ่มตามอัตราปุ๋ยในโตรเจน แต่ไม่พบการตกค้างของปริมาณ

ไนโตรเจนในดิน สำหรับฟอสเฟต จะพบมีการสะสมบ้างในแปลงที่ใส่ปุ๋ย ส่วนโพแทสเซียมไม่พบการตกค้างในดิน

จิรศักดิ์ (2525) ศึกษาผลกระทบของผงซักฟอกบางชนิดที่มีต่อ pH N P K ในดิน และผลต่อการเจริญเติบโตของชมภูมาเหี่ยว ดาวเรือง และผักคะน้า ที่ปลูกในกระถาง พบว่าผงซักฟอกทำให้ค่า pH ในดินเพิ่มขึ้น ส่วนไนโตรเจน และโพแทสเซียม มีค่าลดลง ส่วนฟอสฟอรัสจะเพิ่มขึ้น นอกจากนี้พบว่าดินจะเปลี่ยนแปลง โดยจะจับตัวกันแน่น เป็นแผ่น เหนียว แข็ง ดูชื้นน้ำได้น้อย แห้งเร็ว และพบปริมาณธาตุอาหารรอง แคลเซียม และแมกนีเซียม ในปริมาณที่สูง

हररररररर (2525) ทำการเปรียบเทียบอิทธิพลของอนุพลซัลเฟตและคลอไรด์ที่ก่อให้เกิดความเป็นกรดของดินโดยได้ศึกษาทดลองเกี่ยวกับผลผลิตของข้าว และคุณสมบัติของดิน เมื่อมีการใส่ปุ๋ยในอัตราสูง โดยได้ทดลองใช้ปุ๋ยไนโตรเจน 3 ชนิด คือแอมโมเนียมซัลเฟต แอมโมเนียมคลอไรด์ และยูเรีย 2 อัตรา คือ 18 – 12 – 12 และ 180 – 120 – 120 กก. N – P₂O₅ – K₂O/ไร่ ผลการวิเคราะห์ดินพบว่า ปริมาณคลอไรด์จะมีแนวโน้มลดลง ส่วนอนุพลซัลเฟตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จากปี 2519-2523 แต่ปริมาณที่เพิ่มขึ้นนั้นยังไม่มึผลกระทบต่อข้าว

สุปรานี (2526) ทำการวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟตในดิน น้ำ และตะกอนของลำธาร และการดูดซับซัลเฟตของดินจากบริเวณทุ่งจ้อ และคอยปุย จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ปริมาณซัลเฟตในดินเฉลี่ยของพื้นที่ต่างๆมีดังนี้ พื้นที่ป่าธรรมชาติ มีค่าสูงสุด คือ 44 ppm รองลงมาได้แก่พื้นที่ป่าปลูก 28.31 ppm พื้นที่ตั้งถิ่นฐานของมนุษย์ 21.13 ppm และพื้นที่เกษตรกรรมมีค่าต่ำที่สุด คือ 12.25 ppm ส่วนการดูดซับซัลเฟตของดินพบว่าบริเวณป่าธรรมชาติมีการดูดซับสูงสุด รองลงมาได้แก่พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่การตั้งถิ่นฐานมนุษย์

ปริดา และคณะ (2529) ทำการศึกษาการกระจายและรูปของธาตุเหล็ก, แมงกานีส, สังกะสี และทองแดง ในดินชุดโคราช ที่เก็บตัวอย่างจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทั้งดินบน (0 – 15 ซม) และดินล่าง (15 – 30 ซม) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการประเมินความสามารถของดินชั้นต้นในการปลดปล่อยธาตุปริมาณน้อยดังกล่าวให้พืชใช้ และเพื่อเป็นแนวทางในการประกอบการใช้ปุ๋ยเคมี ผลการทดลองพบว่า ดินชุดโคราชมีปริมาณเหล็กทั้งหมดมากที่สุด รองลงมาคือ แมงกานีส ส่วนสังกะสีและทองแดงมีน้อยมาก (2877, 194, 8 และ 3 ppm ตามลำดับ) เมื่อพิจารณาถึงปริมาณที่จะเป็นประโยชน์ต่อพืชพบว่าทั้งแมงกานีส และเหล็กมีอยู่ในปริมาณที่มากเกินไป ส่วนสังกะสี และทองแดงมีปานกลาง และค่อนข้างต่ำ (65, 33, 110 และ 0.3 ppm ตามลำดับ) และพบว่าเหล็ก และแมงกานีสส่วนมากอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช นอกจากนี้ Oxide bound ของธาตุเหล็ก และแมงกานีสพบมากกว่ารูปอื่น ๆ ทั้งในดินบน และดินล่าง และปริมาณที่พบลดลงตามความลึก และเนื่องจากสังกะสี และทองแดงมีปริมาณน้อยจึงไม่ปรากฏในรูปใดรูปหนึ่งอย่างเด่นชัด

อนุสรณ์ (2530) ได้ศึกษารูปของอุมินัมในดินนาภาคกลางตอนใต้และการเจริญเติบโตของข้าว กข.23 การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ศึกษารูปทางเคมีที่สำคัญของอะลูมิเนียม และสมบัติทางเคมีของดินที่เกี่ยวข้อง และระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน และการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่น่าจะมีผลกระทบทางลบในระหว่างการปลูกข้าว กข. 23 ทั้งในระบบน้ำตม และหว่านดำรวม ผลการทดลองพบว่าดินนาในภาคกลางตอนใต้มีอุมินัมทั้ง 2 รูป คือ exchangeable และ active Al และพบว่า pH เป็นปัจจัยที่ควบคุมปริมาณอะลูมิเนียมทั้ง 2 รูป นอกจากนี้

พบว่าดินส่วนใหญ่มี CEC ในระดับสูงถึงสูงมาก และมีอินทรีย์วัตถุในระดับค่อนข้างสูง pH ของสารละลายดิน และสารละลายเหนือดินมีความสัมพันธ์กับปริมาณของ Al^{3+} ในสารละลายดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจกล่าวได้ว่าอะลูมิเนียมไม่ก่อให้เกิดปัญหาทางด้านเป็นพิษต่อข้าวในดินนาในบางดินซึ่งได้รับปุ๋ย N, P และ K อย่างเพียงพอ

พิสมัย (2532) ศึกษาสัณฐานภาพของชุดดินปากช่อง, กำแพงแสน, มวกเหล็ก และ บ้านบึง ในการลดปริมาณแคตไอออนและฟิสิกัลโคลิฟอร์มออกจากน้ำเสียชุมชน โดยเก็บตัวอย่างดินที่ความลึก 50 เซนติเมตร แล้วนำมาผ่านน้ำเสียชุมชนเป็นเวลา 140 วัน ผลการศึกษาพบว่า เนื้อดินประเภทดินทรายปนร่วน สามารถรับน้ำเสียชุมชนได้มากที่สุด นอกจากนี้ทุกชุดดินสามารถลดจำนวนฟิสิกัลโคลิฟอร์มและปริมาณซีไอดี ออร์โธฟอสเฟต แอมโมเนียไนโตรเจน โซเดียม แมกนีเซียม คลอไรด์ และซัลเฟต ยกเว้นโพแทสเซียมในรูปที่ถูกตรึงในดินจะถูกดึงออกหลังผ่านน้ำเสียชุมชน นอกจากนี้ น้ำเสียชุมชนที่ซึมผ่านดินยังมีผลต่อการเพิ่มค่า pH ของดินให้สูงขึ้นเนื่องจากปริมาณแคตไอออนในดินเพิ่มขึ้น

ตำรวจ และ ไถวรรณ (2532) ทำการศึกษาผลกระทบของสภาพความชื้นของดินตัวอย่างต่อค่าความเป็นกรดทั้งหมดของดินกรด โดยทดลองเตรียมดินกรดธรรมชาติ ดินกรดจัด และดินน้ำท่วมผิวดินให้เป็นตัวอย่าง ดินฝั่งแห้ง ดินชื้นที่ 50 % ของความจุในการอุ้มน้ำของดิน และดินน้ำขังท่วมผิวดิน แล้วหาค่าความเป็นกรดของดินทั้งหมด ผลการศึกษาพบว่า ค่าปริมาณความเป็นกรดทั้งหมดของดินที่ได้จากห้องปฏิบัติการ โดยใช้ตัวอย่างดินฝั่งแห้ง มีค่าสูงที่สุด ดินชื้นมีค่ารองลงมา และดินน้ำขังท่วมผิวดินมีค่าต่ำสุด กลุ่มดินกรดจัดมีค่าปริมาณความเป็นกรดทั้งหมดสูงกว่ากลุ่มดินธรรมชาติมาก และแตกต่างกันมากที่สุดที่ในดินตัวอย่างฝั่งแห้ง รองลงมาคือตัวอย่างดินชื้น และต่างกันต่ำลงในตัวอย่างดินน้ำขังท่วมผิวดิน แต่ปริมาณความเป็นกรดทั้งหมดของดินฝั่งแห้งมีสหสัมพันธ์ที่สูงมากกับของตัวอย่างดินชื้น และของตัวอย่างดินน้ำขังท่วมผิวดิน ทั้งนี้ไม่ว่าจะเป็นดินกรดธรรมชาติ หรือดินกรดจัด

เกศินี (2533) ทำการวิเคราะห์ปริมาณสารปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในดินตะกอน จากบริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนล่างซึ่งเก็บตัวอย่างในเดือนมีนาคม และสิงหาคม 2532 ผลการทดลองพบว่า มีนอร์มัลอัลเคนที่มีจำนวนอะตอมคาร์บอนอยู่ในช่วง $C_{15}-C_{32}$ สารอะโรมาติกกรรมมีค่าเฉลี่ย 20.99 ± 7.85 และ 15.39 ± 3.15 ไมโครกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง ในเดือนมีนาคม และสิงหาคม ตามลำดับ และสารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (PAH) มีจำนวนวงแหวนตั้งแต่ 2-6 วงแหวน โดยมีปริมาณรวมเฉลี่ย 2.71 ± 0.52 ไมโครกรัม/กรัม ในเดือนมีนาคม และ 2.03 ± 0.46 ไมโครกรัม/กรัม ในเดือนสิงหาคม

Nayana et al. (2535) ได้ศึกษารายละเอียดในพื้นที่ดินเค็มที่เป็นดินทราย โดยแสดงถึงปัจจัยตัวหนึ่งที่เป็นตัวควบคุมการเคลื่อนที่ของน้ำ เกลือ และการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งแฟกเตอร์ตัวนั้นได้แก่การเกิดดินชั้นบาง ๆ ซึ่งเป็นแหล่งสะสมดินเหนียว และอินทรีย์วัตถุ เกิดขึ้นใกล้ผิวดินที่มีการซึมซับน้ำไม่ดี ซึ่งสิ่งนี้ถูกสรุปว่าชั้นดินที่แน่นทึบมากเป็นแหล่งสะสมเกลือเป็นปริมาณมากและเกิดสภาพรีดักชันในชั้นดินเค็มที่เป็นดินทราย และพืชที่เกิดขึ้นต้องปรับตัวให้ทนต่อสภาพดังกล่าวด้วย นอกจากนี้ชั้นดินที่แน่นทึบเป็นแหล่งเกลืออันดับสองโดยถือเอาน้ำเค็มใต้ดินเป็นแหล่งเกลืออันดับหนึ่ง

สมศักดิ์ (2535) ศึกษากลไกการดูดซับซัลเฟตบนผิวของอนุภาคดิน พบว่าการดูดซับมีกลไกซับซ้อนมากกว่าแอนไอออนตัวอื่นมาก ซึ่งกลไกการดูดซับซัลเฟตจะตัวดูดซับอยู่ในรูปสารแขวนลอยในน้ำ ไม่พบหลักฐาน

ว่าซัลเฟตถูกดูดซับด้วยกลไกการสร้างอนุภาคเชิงซ้อนภายใน ดังนั้น ดินน่าจะดูดซับซัลเฟตด้วยกลไกที่ไม่แตกต่างไปจากคลอไรด์และไนเตรต

ฉันทนา (2536) ทำการศึกษาการปนเปื้อนของไนเตรต ฟอสเฟต ในดิน น้ำ และตะกอนดิน บริเวณสนามกอล์ฟติดกับอ่างเก็บน้ำหนองกลางคง จังหวัดชลบุรี โดยทำการเก็บตัวอย่างดิน 2 ระดับความลึก (0 – 20 เซนติเมตร และ 20 – 60 เซนติเมตร) และเก็บตัวอย่างน้ำใน 2 จุด คือฤดูฝน และฤดูแล้ง ผลการวิเคราะห์พบว่าปริมาณไนเตรตเฉลี่ยในน้ำสูงกว่าในดิน และในตะกอนดิน แต่ต่ำกว่าคุณภาพน้ำผิวดินของ WHO (45 มิลลิกรัมต่อลิตร) ปริมาณฟอสเฟตเฉลี่ยในดิน (0.646 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) สูงกว่าในน้ำ และตะกอนดิน โดยพบปริมาณไนเตรตสูงในดินที่ระดับความลึก 20-60 เซนติเมตร (2.918 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) และฟอสเฟตสูงในดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร (0.646 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) และการปนเปื้อนของไนเตรต ฟอสเฟต ในดิน น้ำและตะกอนไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

กฤติยาพร (2537) ทำการศึกษาปริมาณสารปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในดินตะกอน จากบริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดระยอง พบว่ามีนอร์มัลอัลเคนและสารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนปนเปื้อน ซึ่งสาเหตุมาจากน้ำมันเครื่องจักร เครื่องยนต์ ในโรงงานอุตสาหกรรม และเรือต่างๆ ปริมาณนอร์มัลอัลเคนรวมตามบริเวณการใช้พื้นที่ พบว่าบริเวณอุตสาหกรรมมีค่าสูงสุด ตามมาด้วยบริเวณชุมชน และเพาะเลี้ยง ปริมาณเฉลี่ยตามระยะทางที่ห่างฝั่ง พบว่าบริเวณชายฝั่งมีค่าสูงสุด และลดลงเป็นลำดับตามระยะทางที่ห่างฝั่งออกไป ปริมาณ PAHs เฉลี่ยรวมตามการใช้พื้นที่ที่มีปริมาณสูงสุดในบริเวณชุมชน ตามมาด้วยบริเวณอุตสาหกรรม และเพาะเลี้ยง ปริมาณ PAHs เฉลี่ยตามระยะทางค่าสูงสุดอยู่ในบริเวณชายฝั่ง และลดลงตามระยะทางที่ห่างฝั่ง ตามลำดับ นอกจากนี้ในตะกอนชั้นล่างพบไฮโดรคาร์บอนที่มาจากการสังเคราะห์ตามธรรมชาติโดยกิจกรรมของแบคทีเรียเป็นส่วนใหญ่

จรูญ (2537) ศึกษาการกระจายของอะลิฟาติกและอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนตามลำดับความลึกของชั้นตะกอนที่เก็บจากตะกอนบริเวณอ่าวไทย ผลการศึกษาพบว่า มีนอร์มัลอัลเคนที่มีจำนวนอะตอมคาร์บอนอยู่ในช่วง $C_{15}-C_{30}$ ปริมาณของนอร์มัลอัลเคนรวมมีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึก เมื่อพิจารณาการกระจายของนอร์มัลอัลเคน และดัชนีต่าง ๆ บ่งชี้ได้ว่าไฮโดรคาร์บอนที่สะสมอยู่ในตะกอนบริเวณต่าง ๆ ของอ่าวไทยมีแหล่งมาจากทั้งธรรมชาติ และน้ำมัน สำหรับสารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนพบในปริมาณน้อยมากทั้งชนิดและปริมาณ โดยสารส่วนใหญ่ที่พบคือ ไดเบนโซโซโอฟิน 1, 2 ไดไฮโดร – 1 ฟินิล แนพทาเลน และ 2 – เมทิลฟีแนนทริน

บางคอง (2538) ทำการหาปริมาณโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนและฤทธิ์ก่อการกลายพันธุ์ในดินของจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งใช้วิธีการทางเคมีและชีวภาพประเมินศักยภาพด้านฤทธิ์ก่อการกลายพันธุ์ของตัวอย่างดิน โดยเก็บตัวอย่างดินจากอำเภอเมือง อำเภอสารภี และบริเวณคอกสุเทพ และทำการวิเคราะห์โพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน 16 ชนิดที่สำคัญตามเกณฑ์ของ US-EPA โดยใช้เทคนิค High Performance Liquid chromatography (HPLC) พบว่าในดินตัวอย่างอำเภอเมือง และอำเภอสารภี พบพีเอเอช ได้แก่ ฟลูโอแรนทีน, ไพรีน, ฟิแนนทริน และเบนโซซิน และแอนทราซีน ส่วนในตัวอย่างดินจากคอกสุเทพ พบแต่แอนทราซีนเท่านั้น ตัวอย่างดินที่เก็บจากจุดใกล้ถนนมีปริมาณพีเอเอชสูงกว่าตัวอย่างดินที่เป็นสวน ผลการทดลองชี้ว่าควั่นไถเสียรถยนต์ และการเผาขยะเป็นแหล่งสำคัญของพีเอเอช และฤทธิ์ก่อการกลายพันธุ์ในดินของพีเอเอช พบว่ายังไม่สามารถ

สรุปได้อย่างชัดเจนจากข้อมูล เนื่องจากว่า อาจมีการเสริมฤทธิ์ การต่อต้านฤทธิ์ และปฏิกิริยาของสารในดิน และอาจเป็นไปได้ว่ามีสารก่อการกลายพันธุ์อื่นๆในดิน ได้แก่ สารปราบศัตรูพืช, ไนโตร – ฟิเอเอช, เฮกเทอโรไซคลิกเอมีน และสารประกอบเอ็น-ไนโตร เป็นต้น

อภิศักดิ์ และคณะ (2538) ศึกษาผลกระทบของสมบัติดินและน้ำต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งทะเล โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 4 ตอนคือ การศึกษาลักษณะทางเคมีของดินป่าชายเลนก่อนพัฒนาเป็นบ่อเลี้ยง ในเขตจังหวัดสมุทรสงคราม และสมุทรสาคร จากลักษณะทางเคมีของดินพบว่า ดินมีปริมาณธาตุอาหารพืช และความอุดมสมบูรณ์สูง แต่ไม่เหมาะต่อการปลูกพืชเนื่องจากดินมีความเค็มสูง การศึกษาปริมาณธาตุโลหะบางชนิดในดิน เช่น สังกะสี ทองแดง แมงกานีส และ เหล็ก พบว่าในตัวอย่างดินมีความแปรปรวนและไม่สามารถบ่งชี้ได้ว่าเป็นสาเหตุของการทิ้งร้างของบ่อเลี้ยง การศึกษาคุณภาพน้ำ พบว่าเป็นน้ำกร่อยและมีค่าการเปลี่ยนแปลงความเค็มในช่วงแคบ ส่วนคุณภาพน้ำใต้ดินบริเวณนาเกลือ พบว่ามีความเค็มมาก และมีแนวโน้มสูงขึ้นเล็กน้อยในฤดูแล้ง

จักรพงษ์ (2539) ทำการศึกษาผลของการใช้น้ำในโตรเจน และปุ๋ยหินฟอสเฟตบดที่มีผลต่อคุณสมบัติทางเคมีของดินบริเวณหลังจากใส่ต่อเนื่องกัน 3 ปี ในเขตจังหวัดปทุมธานี นครนายก และปราจีนบุรี พบว่าปริมาณความเป็นกรดทั้งหมด และปริมาณอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ลดลง เป็นผลให้ pH ของดินโดยทั่วไปสูงขึ้นเล็กน้อย แต่ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นอย่างมาก

ประวิทย์ และพิภพ (2539) ศึกษาการสะสมตัวและการเคลื่อนที่ของไอออนจากน้ำทะเลที่ใช้เลี้ยงกุ้งในหน้าตัดดินที่มีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม และทรัพยากรดิน ในอำเภอรอนดง จังหวัดสงขลา โดยทำการเก็บตัวอย่างดินชุดดินบางกอก (Bk) จากบ่อเลี้ยงกุ้งอายุ 1 ปี (บ่อใหม่) และบ่อเลี้ยงกุ้งอายุ 3 ปี (บ่อเก่า) และดินนาข้าวที่อยู่บริเวณใกล้เคียงกับบ่อทั้ง 2 ผลการศึกษาพบว่าน้ำทะเลที่ใช้เลี้ยงกุ้งได้ชะล้างแคลเซียมออกไปจากดินที่ระดับความลึกตั้งแต่ 100 – 130 เซนติเมตรจากผิวดิน และมาสะสมอยู่ที่ความลึกมากกว่า 140 เซนติเมตร ส่วนแมกนีเซียมถูกชะล้างออกไปตลอดชั้นหน้าตัดดินที่ทำการศึกษา ส่วนแมงกานีส และทองแดงไม่มีการชะล้างและสะสม แต่พบการสะสมของสังกะสีที่ความลึก 100 – 120 เซนติเมตรจากผิวดิน ซึ่งการสะสมตัวของไอออนของธาตุต่าง ๆ มีปริมาณไม่มากพอที่จะส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม และทรัพยากรดิน นอกจากนี้ผลการศึกษายังทำให้สามารถแบ่งขอบเขตการเคลื่อนที่และปฏิกิริยาเคมีระหว่างไอออนต่างๆในหน้าตัดของดินบ่อเลี้ยงได้

อภิศักดิ์ (2539) ศึกษาการตกค้างของกำมะถันในแปลงอุ้งบนชุดดินเลย พบว่าชุดดินเลยเป็นดินที่มีการพัฒนาทางหน้าตัดดินสูง เมื่อดินเป็นดินเหนียว โครงสร้างดินดี มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกต่ำ การสะสมของกำมะถันและฟอสฟอรัสรวมในดินบนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในแปลงอุ้งที่มีอายุมากขึ้น แต่การชะล้างของกำมะถันลงไปสู่ตอนล่างของหน้าตัดดินมีน้อย และไม่พบความเป็นพิษของสารประกอบกำมะถันต่อดันอุ้ง

ศิริลักษณ์ (2540) ศึกษาผลกระทบของลักษณะทางเคมีบางประการของดินบนจากสวนผักและผลไม้ในอำเภอดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี การศึกษานี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน คือศึกษาเปรียบเทียบผลของการจัดการสวนของเกษตรกรแบบใหม่ 11 สวน ผลการศึกษาพบว่าปริมาณทั้งหมดของธาตุอาหารพืชที่มีการใส่พบว่ามีค่าสะสมอยู่ในสวนสมัยใหม่สูงกว่าในสวนสมัยเก่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยเฉพาะอย่างยิ่งการสะสมของฟอสเฟตจนน่าจะชักนำให้ขาดจุลธาตุอาหารประจวบกับบางธาตุ ตอนที่สองเป็นการศึกษาผลทางลบของฟอสเฟตรูปต่าง ๆ ที่

คาดว่าจะชักนำให้เกิดการขาดแคลนจุลธาตุอาหารประจวบ และ การตกค้างของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ผลการทดลองพบว่า ส่วนเปรียบเทียบกับ (ไม้ไผ่สารเคมีใดๆ) ให้ปริมาณสัมพัทธ์ของไนโตรเจนที่แปรสภาพออกมาในรูปของแอมโมเนียม ไนเตรต มากกว่าส่วนสมัยใหม่ และพบว่ามีอินทรีย์ฟอสเฟตทุกรูป ยกเว้นเหล็กฟอสเฟตส่งผลทางลบต่อกิจกรรมจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในดิน

กรมควบคุมมลพิษ (2542) กล่าวถึงสารเคมีปนเปื้อนดินบริเวณสนามบินบ่อฝ้าย จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งพบในระหว่างการขยายทางวิ่งของสนามบิน ในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2542 โดยปรากฏถึงพลาสติกสีขาวขุ่น ขนาดประมาณ 15 ลิตร จำนวน 5 ถัง ซึ่งฝังอยู่ใต้ดินที่ระดับความลึก 1.2 เมตร สภาพแข็งนิ่ม และไม่มีสารเคมีหลงเหลืออยู่ในถัง คาดได้ว่ามีสารเคมีแพร่กระจายในดินบริเวณที่ขุดพบถัง ซึ่งผลกระทบที่เกิดขึ้นพบว่า ดินบริเวณดังกล่าวมีสีแสดและส่งกลิ่นเหม็นรุนแรง และมีผู้ป่วยจากการระคายเคืองและวิงเวียนศีรษะ เนื่องจากกลิ่นเหม็นและไอระเหยของสารเคมีปนเปื้อนในดิน คือ Dibutyl disulfide และสาร Dioxins

พิชัย (2542) ศึกษาลักษณะทางจุลฐานวิทยา และความสัมพันธ์ของการดูดซับฟอสเฟตกับสมบัติบางประการของดินในบริเวณเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ ผลการศึกษาพบว่า ดินที่ทำการศึกษาอยู่ในอันดับอัลฟีโซลส์ 6 บริเวณ และมอลลิโซลส์ 5 บริเวณลักษณะทางจุลฐานวิทยา อนุภาคหยาบที่พบมาก คือ แร่ควอร์ตซ์ และดินมีการดูดซับฟอสเฟตต่ำ (15.5 – 86.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) การดูดซับฟอสเฟตกับปริมาณอนุภาคดินเหนียว และปริมาณอะลูมิเนียมที่สกัดได้ในดินมีสหสัมพันธ์ทางตรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เพิ่มพูน (2542) ศึกษากลไกและลักษณะการดูดซับโบรอนในดิน โดยพบว่า รูปของโบรอนเปลี่ยนแปลงตามค่า pH และความเข้มข้นของโบรอน ที่ pH ต่ำกว่า 8 โบรอนอยู่ในรูปกรดบอริก $B(OH)_3$ เป็นส่วนใหญ่ เมื่อ pH สูงกว่า 8 โบรอนส่วนใหญ่อยู่ในรูปบอเรตไอออน $B(OH)_4^-$ การดูดซับของโบรอนในดินโดยองค์ประกอบประเภทต่างๆ ของดินเกิดเป็นแบบจำเพาะ โดยเกิดการแลกเปลี่ยนกับ OH group ที่เป็นลิแกนด์ของธาตุโลหะในโครงสร้างแร่บนตำแหน่งบริเวณพื้นผิวของอนุภาคแร่ออกไซด์ หรือบริเวณขอบของผลึกแร่ดินเหนียว โบรอนทำปฏิกิริยากับอินทรีย์วัตถุตรงส่วนที่เป็น cis – diols หรือ dihydroxy – carboxy ลักษณะการดูดซับอธิบายได้ตามสมการ Langmuir สมการ Freundlich และสมการ Keren

Silke (2000) ทำการศึกษาปริมาณ Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAHs) และ Polychlorinated Biphenyls (PCBs) ซึ่งพบว่าน้ำดินของกรุงเทพมหานครมีการกระจายตัวเฉลี่ยของ PAHs และ PCBs ระหว่างกลุ่มอนุภาคสามารถเปรียบเทียบได้กับดินในเขตบ่อน้ำ ค่าเฉลี่ยสูงสุดของความเข้มข้น PAH พบมากใน Silt และความเข้มข้นของ PCBs เฉลี่ยลดลงอย่างต่อเนื่อง

Burauel (2000) ได้ทำการศึกษารูปแบบ และผลระยะยาวของสารตกค้างที่ไม่แตกตัวโดยเครื่อง Lysimeter ในภาคสนาม โดยทำการฝัง Lysimeter ลงในดินที่ทำการเกษตร แล้วทำการฉีดยาปราบศัตรูพืชชนิดต่างๆ ที่มี C-14 ผสมอยู่ลงไปแปลง แล้วทำการเก็บตัวอย่างดินเพื่อตรวจหาปริมาณสารตกค้างที่เหลืออยู่ตามระยะเวลาที่กำหนด พบว่าสารเคมีที่ตกค้างจะพบมากที่สุดที่ชั้นดินชั้นบน และปริมาณยาปราบศัตรูพืชที่เหลืออยู่ขึ้นอยู่กับจำนวนประชากรของจุลินทรีย์ในดิน

3.3 ปัญหาหมลพิษในดินที่เกี่ยวข้องทางชีวภาพ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับภาวะมลพิษในดินทางชีวภาพในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 1-7 และ ช่วงปี พ.ศ. 2540-2543 มีดังต่อไปนี้

สุนทรีย์และนิรันดร์ (2518) กล่าวว่าสารปราบศัตรูพืชในปัจจุบันมีผลตกค้างในดิน และจะมีการตกค้างมากขึ้นเมื่อมีการใช้สารมากขึ้น จนอาจมีผลกระทบต่อจุลินทรีย์ในดินที่มีประโยชน์ต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยทำให้ลดปริมาณหรือจำกัดชนิดของจุลินทรีย์ลง สารกำจัดแมลงที่นิยมใช้กันคือ Azodrin โดยทำการศึกษาหาปริมาณของแบคทีเรียที่สามารถเจริญเติบโตได้ในดินที่ได้รับสารกำจัดแมลง Azodrin ในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ผลการทดลองเปรียบเทียบคุณสมบัติดินที่ได้รับสารกำจัดแมลงกับดินที่ไม่ได้รับการฉีดยา โดยเก็บดินตัวอย่างจากสวนในอำเภอคำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี และดินที่ไม่ได้ทำการเพาะปลูกในบริเวณใกล้เคียง ปรากฏว่าได้ผลเหมือนกันทั้ง pH และ Texture แต่ดินที่ได้รับการฉีดมานานจะมีอินทรีย์วัตถุสูงกว่าดินที่ไม่เคยได้รับการฉีดมาก่อน

นิมิต (2528) ได้ทำการศึกษาการกำจัดโคลิฟอร์มในอุจจาระและธาตุอาหารพืชจากน้ำโสโครกจากที่พักอาศัยโดยใช้คอสมัสของดิน 7 ชนิด พบว่า ชนิดที่มีการซึมผ่าน (permeability) สูง จะมีประสิทธิภาพในการบำบัดต่ำกว่าดินที่มีการซึมผ่านต่ำ ดินทุกชนิดสามารถลดจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด (total bacteria) และซีโอดี (COD) ในน้ำโสโครกได้มากกว่าร้อยละ 95 และ 71 ตามลำดับ และพบว่าที่ระดับความลึก 0-50 เซนติเมตร ของชนิดดินมวลเหล็ก, ชนิดดินสัทีบ และชนิดดินบ้านบึง ซึ่งมีความสามารถในการยึดไอออน (ion) และการกรองต่ำ ยังคงสภาวะแอโรบิก (aerobic condition) หลังจากเติมน้ำโสโครกลงไปแล้วเป็นเวลา 45 วัน ชนิด 3 ชนิดนี้จึงสามารถลดปริมาณออร์โธฟอสเฟต (orthophosphate) และฟีคัลโคลิฟอร์ม (fecal coliform) ได้หมดหลังจากเติมน้ำโสโครกลงไป 5 และ 21 วันตามลำดับ จากงานวิจัยนี้จะเห็นได้ว่าการใช้ดินบำบัดน้ำเสียนั้นได้ผลดี ดินมีการเก็บกักสิ่งโสโครกและจุลินทรีย์ไว้ได้ อาจทำให้ในอนาคตดินจะเป็นแหล่งรองรับของเสียที่นิยมใช้กันมาก แต่ปัญหาที่น่าวิตกกังวลคือ ถ้าหากว่ามีการทิ้งสิ่งโสโครกมากเกินไปจนความสามารถที่ดินจะรองรับไว้ได้ ก็ย่อมจะทำให้เกิดมลพิษทางดิน และมีโอกาสที่มลพิษจากดินจะกระทบไปสู่สิ่งแวดล้อมอื่นนอกจากดินได้ อีกทั้งทำให้พืชที่เพาะปลูกบนแหล่งทิ้งสิ่งโสโครกนี้ไม่ปลอดภัยในการที่จะนำมาใช้อุปโภคและบริโภคอีกด้วย

ในกระบวนการแตงแร่นั้น ขี้แร่อะถูกขจัดออกแล้วเอาไปกองรวมกัน ขี้แร่นี้มีกำมะถันรวมอยู่ด้วยมักเกิดปัญหาการเกิดกรดกำมะถันปนอยู่ด้วยเสมอ เพราะซัลไฟด์ในไฟโรท์ และโลหะซัลไฟด์จะถูกจุลินทรีย์พวก *Thiobacillus spp.* ช่วยแปรสภาพให้เป็นกรดกำมะถันได้เมื่อมีสภาพแวดล้อมเหมาะสม ดังเช่น Agate (1986) ได้ศึกษา *Thiobacillus ferrooxidans* ที่ได้ถูกแยกออกมาจากดินป่าโกงกางในเขตที่มีการทำเหมืองแร่ดีบุกและในเขตที่ไม่มีการทำเหมืองแร่ดีบุก โดยได้หาและเปรียบเทียบความจุในการออกซิไดซ์เหล็กของทั้งสองบริเวณ ผลที่ได้เป็นในลักษณะการอธิบายถึงความสัมพันธ์ในการดูดซับดินที่เป็นมลสารออกไปจากพื้นที่ปลูกป่าโกงกางภายใต้อิทธิพลของน้ำเค็มที่อยู่ในอาณาเขตที่ทำเหมืองแร่ดีบุก

อุดมลักษณ์ (2536) กล่าวถึงอิทธิพลของสารกำจัดวัชพืชต่อจุลินทรีย์ในดิน ว่าจุลินทรีย์มีการปรับตัวเองที่จะย่อยสลายสารกำจัดวัชพืชและสามารถอาศัยอยู่ในดินได้ดีกว่าจุลินทรีย์เดิม แต่อย่างไรก็ตามหากมีการใช้หลายๆปีติดต่อกันสารกำจัดวัชพืชก็จะไม่ถูกย่อยสลาย เนื่องจากจุลินทรีย์จะมีปริมาณลดน้อยลง จึงควรเปลี่ยนแปลงชนิดของการใช้สารกำจัดวัชพืช ก็จะเป็นการเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์ในดินและลดการเสื่อมสภาพของดินด้วย

กัลยา (2537) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของโลหะหนักต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน และประเมินความเสี่ยงต่อเชื้อราโมเนลลาที่ก่อให้เกิดโรค จากการนำกากตะกอนบำบัดน้ำเสียชุมชนไปใช้ในทางการเกษตร พบว่าการฝังกากตะกอนในที่แจ้งมีแฉดจัดเป็นเวลา 7 วัน กากตะกอนจะมีความชื้นประมาณ 2% และจะไม่พบเชื้อราโมเนลลา ส่วนอิทธิพลของโลหะหนักต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์นั้นพบว่าการเติมกากตะกอนที่ระดับ 20 และ 40 เมตริกตันต่อเฮกตาร์ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ CO_2 , C:N ratio, จุลินทรีย์ดิน และ pH อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P < 0.05$ และสรุปได้ว่าหลังจากการเติมกากตะกอนลงในดินทดลอง 2 ประเภทคือ ดินเหนียว และดินร่วนที่อัตรา 20 และ 40 เมตริกตันต่อเฮกตาร์ ไม่มีผลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

โสธรยาและคณะ (2537) ได้ทำการศึกษาผลของวัตถุมีพิษต่อไส้เดือนและจุลินทรีย์ดินบริเวณสวนทุเรียน จังหวัดจันทบุรีพบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ดินในแปลงของโครงการที่มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช 4 ชนิดและใช้เพียงครั้งเดียว ตามคำแนะนำของเจ้าหน้าที่กรมส่งเสริมการเกษตร มีมากกว่าแปลงที่ใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช 8 ชนิด ตามการวินิจฉัยของเกษตรกร ในทางตรงกันข้ามปริมาณไส้เดือนดินในแปลงที่มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช 8 ชนิด มีปริมาณมากกว่าแปลงที่มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช 4 ชนิด และใช้เพียงครั้งเดียว

สมบัติ (2538) กล่าวว่า มีความเป็นไปได้มากที่จะใช้อัตรการใช้ออกซิเจนของจุลินทรีย์ในดินตะกอนเป็นเครื่องบ่งชี้ภาวะมลพิษของแหล่งน้ำอันเนื่องมาจากการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ โดยบริเวณที่มีค่าสูงแสดงถึงมีการปนเปื้อนของสารมลพิษมาก และเกิดการย่อยสลายของสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ต่าง ๆ สูง มีโอกาสเกิดมลพิษทางน้ำรุนแรงกว่าบริเวณที่มีค่าต่ำกว่า โดยจากการทำการศึกษาพบว่า อัตราการใช้ออกซิเจนของจุลินทรีย์ในดินตะกอน มีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าบีโอดีและปริมาณซัลไฟด์ในน้ำ รวมถึงปริมาณสารอินทรีย์ และปริมาณแบคทีเรียในตะกอน โดยสัมพันธ์ในทางกลับกันกับปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำและความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดของดินตะกอนและความเค็มของน้ำ

สุชาติ และ นิรันดร์ (2518) ทำการทดลองใช้ dieldrin ซึ่งเป็นสารกำจัดแมลง และ สารกำจัดวัชพืชทุโพรีดี (2,4-D) โดยการใส่สารทั้งสองชนิดในอัตราที่แตกต่างกันในดินภายในกระถางทั้งที่ปลูกข้าวโพดและไม่ปลูกข้าวโพดในช่วงระยะเวลาหนึ่ง เพื่อดูฤทธิ์และผลตกค้างของการใช้สารทั้งสองชนิดว่าจะมีผลต่อปริมาณ และ กิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินหรือไม่ โดยสังเกตจากปริมาณจุลินทรีย์ดินภายในแต่ละกระถางเพื่อเปรียบเทียบกับกระถางที่ไม่ใส่สารกำจัดแมลงหรือสารกำจัดวัชพืชลงไป ผลการทดลองปรากฏว่า ผลของสารกำจัดแมลง Dieldrin และ สารกำจัดวัชพืช 2,4-D ที่มีต่อปริมาณแบคทีเรียทั้งสองกระถาง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

บัญญัติ (2531) กล่าวว่า การใช้สารกำจัดศัตรูพืช นอกจากจะไม่สามารถทำลายจุลินทรีย์ในดินได้ ยังกระตุ้นให้จุลินทรีย์มีความต้องการสารกำจัดศัตรูพืชอีกด้วย เนื่องจากจุลินทรีย์บางชนิดจะมีการปรับปรุงระบบต่างๆภายในเซลล์ เพื่อให้ทนต่อการทำลายของสารกำจัดศัตรูพืช หรือจุลินทรีย์บางชนิดสามารถสร้างสารทำลาย

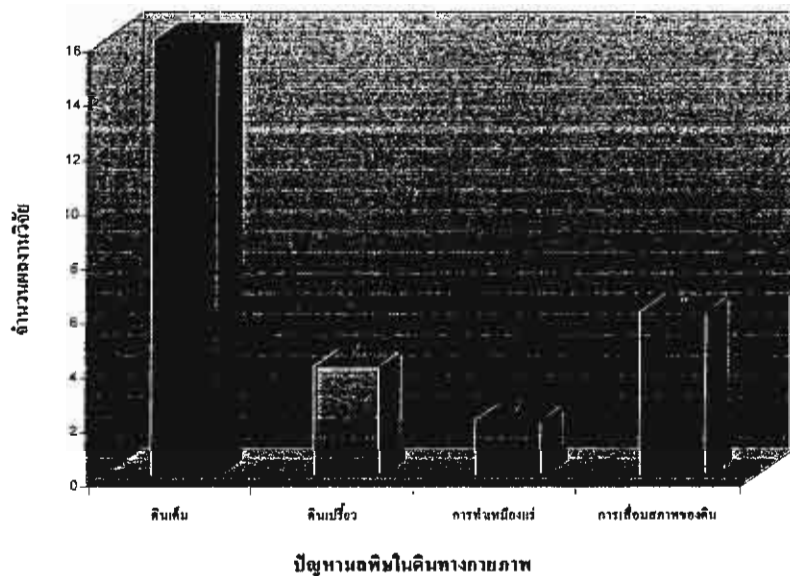
สารกำจัดศัตรูพืชเหล่านั้นได้ และการย่อยสลายของสารกำจัดศัตรูพืชนั้นจะช้าหรือเร็วจะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมหลายประการ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และ pH นอกจากนี้ยังกล่าวว่า ประเทศไทยมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชเป็นจำนวนมาก โดยไม่มีกฎหมายควบคุมเหมือนประเทศอื่น ดังนั้นจึงควรหาวิธีการควบคุมหรือการจัดการใช้สารเหล่านี้

เลย์ (2538) ทำการศึกษาการย่อยสลายของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์โดยจุลินทรีย์ในดินเขตร้อน โดยนำดินที่มีประวัติการใช้สารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์จากแปลงปลูกถั่วเหลืองและผัก ของสถานีเกษตรหลวงปางดะ ตำบลสะเมิงใต้ จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า การสลายตัวของคาร์บาริลจะช้าลงเมื่อมีสารปราบวัชพืชพาราควอต แสดงให้เห็นว่า พาราควอตให้ผลทางลบต่อประชากรและการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย

3. วิเคราะห์การสนองตอบต่อการเปลี่ยนแปลงและช่องว่างขององค์ความรู้

3.1 ปัญหาอุปสรรคในดินที่เกี่ยวข้องทางกายภาพ

จากงานวิจัยและข้อมูลเกี่ยวกับทางด้านมลพิษทางกายภาพจะเห็นได้ว่างานวิจัยหรือข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องดินเค็มมีอยู่เป็นจำนวนมาก แต่ก็เกินไปในลักษณะเดียวกันคือ วิเคราะห์ดิน วิเคราะห์สาเหตุ หาผลกระทบ และเสนอแนะแนวทางแก้ไขที่มีอยู่แต่เดิม มีอยู่น้อยมากที่จะพัฒนาหาวิธีการใหม่ ๆ มาใช้ในการปรับปรุงดินเค็ม ดังนั้นช่องว่างของงานวิจัยด้านดินเค็มคือ การหาการพัฒนาหาวิธีการปรับปรุงดินเค็มที่ได้ผลดีและรวดเร็วกว่าวิธีการเดิม ๆ เช่น การชะล้างดิน การปลูกพืชคลุมดิน เป็นต้น ซึ่งต้องอาศัยเวลานาน อีกทั้งข้อมูลพื้นฐานของดินเค็มในประเทศไทยมีอยู่ค่อนข้างมาก เหมาะอย่างยิ่งที่จะใช้เป็นรากฐานในการพัฒนาวิธีการแก้ไขปัญหาดินเค็มขึ้นมา ในส่วนของงานวิจัยและข้อมูลทางด้านดินเปรี้ยวที่รวบรวมได้นั้นก็มีอยู่น้อยเช่นกัน แต่วิธีการที่ใช้ในการแก้ไขดินเปรี้ยวนั้นทำได้ไม่ยากและเห็นผลได้เร็ว ซึ่งในปัจจุบันก็มีการแก้ไขที่ได้ผลแล้วในหลาย ๆ พื้นที่ ส่วนงานวิจัยและข้อมูลเกี่ยวกับมลพิษในดินจากการทำเหมืองแร่ยังมีอยู่น้อยมาก ช่องว่างงานวิจัยทางด้านนี้จึงอยู่ที่การหาข้อมูลพื้นฐานที่จะนำไปสู่วิธีการแก้ไขปัญหาด่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ในส่วนสุดท้ายการเสื่อมสภาพของดินน่าจะมีช่องว่างงานวิจัยอยู่ที่การหางานวิจัยในด้านการจัดชั้นความเหมาะสมของพื้นที่ให้ได้ทั่วทุกพื้นที่ ซึ่งข้อมูลการสำรวจพื้นที่และแนวทางแก้ไขมีอยู่มากพอสมควร แต่ไม่ได้มีการกำหนดลงไปว่าพื้นที่บริเวณนั้นมีศักยภาพสูงสุดในการนำไปใช้ประโยชน์ในทางใดให้มากกว่าที่มีอยู่



รูปที่ 1 จำนวน ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหามลพิษในดินทางกายภาพ (พ.ศ. 2504-2543)

3.2 ปัญหามลพิษในดินที่เกี่ยวข้องทางเคมี

3.2.1 ธาตุพิษหรือโลหะหนัก

ผลจากการพัฒนาเทคโนโลยีต่าง ๆ เพื่อให้มีผลผลิตเพียงพอต่อการขยายตัวของจำนวนประชากร ทำให้ดินซึ่งนอกจากจะทำหน้าที่เป็นแหล่งอาหาร เครื่องนุ่งห่ม ที่อยู่อาศัย และยารักษาโรคอย่างที่เคยเป็นมาแล้ว ดินในปัจจุบันยังต้องเป็นแหล่งรองรับสิ่งปฏิกูลต่าง ๆ อีกด้วย ดังในบทบทวนวรรณกรรมที่แสดงถึงแหล่งปนเปื้อนของธาตุพิษต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยธาตุพิษต่าง ๆ เหล่านี้มักจะสะสมอยู่ในดิน แหล่งน้ำ และตะกอนดิน ซึ่งในที่สุดจะส่งผลกระทบต่อในระยะยาวต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมได้

โดยภาพรวมของปัญหาโลหะหนักที่ปนเปื้อนอยู่ทั้งในดินและตะกอนดินในประเทศไทยนั้น ที่พบส่วนใหญ่มักจะเป็นสารตะกั่ว ปรอท แคดเมียม นอกจากนี้ยังมีธาตุที่เมื่อมีปริมาณมากก็อาจจะเป็นพิษได้เช่น อะลูมิเนียม ฟอสเฟต เป็นต้น โดยบริเวณที่พบส่วนใหญ่มักจะเป็นพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงเพื่อการพัฒนาทั้งสิ้นไม่ว่าจะเป็นนิคมอุตสาหกรรม บริเวณริมถนน และที่สำคัญยังพบในบริเวณสถานที่กำจัดมูลฝอย ซึ่งแสดงถึงการจัดการที่ไม่ดีพอ ซึ่งธาตุพิษต่าง ๆ เหล่านี้นอกจากจะปนเปื้อนในดินแล้วยังสามารถเข้าสู่ห่วงโซ่อาหาร จนส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมโดยรวมได้

นอกจากนี้ การที่ประเทศไทยมีปริมาณแหล่งแร่สำรองที่เป็นโลหะหนักหลายชนิด ได้แก่ ทองแดง (Cu), ตะกั่ว (Pb), สังกะสี (Zn) เป็นต้น และอาจมีธาตุโลหะหนักเกิดร่วมกับสายแร่ชนิดอื่น เช่น สารหนูเกิดร่วมกับดีบุก เป็นต้น ดังนั้นหากมีการทำเหมืองแร่ดีบุก และนำแร่เหล่านี้ขึ้นมาใช้ ย่อมเกิดการปนเปื้อนของสารหนูอย่างแน่นอน เช่นเดียวกับการนำปุ๋ยอินทรีย์ หรือวัสดุปรับปรุงดินใด ๆ ใส่ลงในพื้นที่การเกษตร การกระทำดังกล่าวอาจเป็นการกระจาย การปนเปื้อนโลหะหนักลงในพื้นดินได้

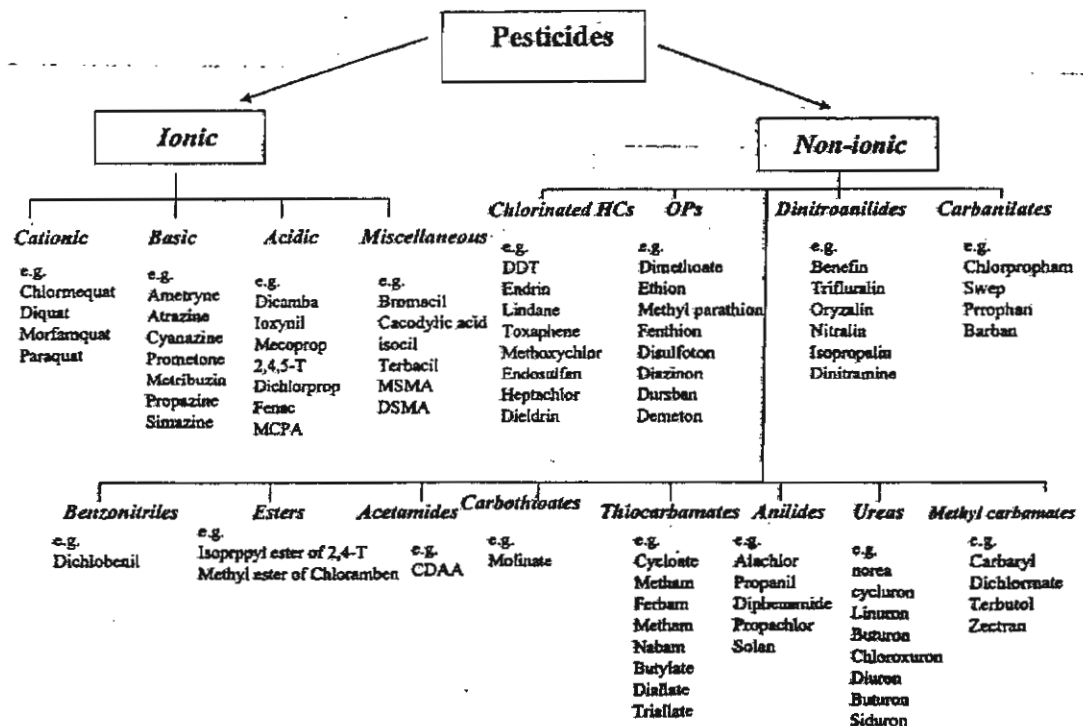
เมื่อพิจารณาถึงช่องว่างของงานวิจัยที่ผ่านมา อาจกล่าวได้ว่างานวิจัยทางด้านธาตุพิษยังมีอยู่น้อยมากในประเทศไทย และงานวิจัยส่วนใหญ่ก็มุ่งเน้นไปในเชิงตรวจสอบว่าพบหรือไม่พบการปนเปื้อนเท่านั้น แต่ยังไม่ได้มีการวิเคราะห์ถึงปัญหาที่แท้จริง และมิได้มีการวางแนวทางแก้ไขอย่างจริงจัง นอกจากนี้งานวิจัยส่วนใหญ่ก็ยังขาดความต่อเนื่องในการศึกษา ทำให้ผลการติดตามตรวจสอบเกิดความไม่ต่อเนื่อง สำหรับในส่วนของการศึกษาผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตก็ยังมีศึกษากันค่อนข้างน้อยมาก

3.2.2 สารพิษทางการเกษตร

จากการใช้สารพิษทางการเกษตรเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ก็ย่อมส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม และมักจะหลีกเลี่ยงไม่ได้เมื่อสารเหล่านี้ตกลงสู่พื้นดิน นอกจากจะกำจัดศัตรูพืชกลุ่มเป้าหมายแล้ว สารเหล่านี้หากคงสภาพอยู่ในดิน

โดยไม่เสื่อมสลาย ย่อมจะทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่เป็นกลุ่มนอกเป้าหมายในดิน ตัวอย่างเช่น ในงานวิจัยของสุนทรี และคณะ (2518) ไพรีธ (2525) และอูมลักษณ์ (2531) เป็นต้น

ในปัจจุบันสารกำจัดศัตรูพืชมีใช้กันแพร่หลายซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มออกจากกันโดยอาศัยคุณสมบัติทางฟิสิกส์-เคมี (Physicochemical) ได้แก่ ขนาดของโมเลกุล ความสามารถในการรับไอออน การละลายน้ำ การละลายในไขมัน การมีขั้ว และการระเหย เป็นต้น ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้จะส่งผลต่อการควบคุมกิจกรรมทางชีวภาพในดินอีกด้วย ในการทำปฏิริยาร่วมกันของดินกับสารกำจัดศัตรูพืช จะเกิดจากขบวนการดูดซับ (adsorption) ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในดินความสามารถในการดูดซับนี้จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติและสารประกอบของดิน เช่น ขนาด รูปร่าง โครงสร้างโมเลกุล การละลายน้ำ กรด-เบส และการมีขั้ว เพื่อให้สามารถมองภาพรวมของปัญหาการใช้สารกำจัดศัตรูพืช ดังนั้นจึงสามารถจำแนกกลุ่มของสารกำจัดศัตรูพืช (Gevao et al., 2000) ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงการจำแนกกลุ่มของสารกำจัดศัตรูพืช

เมื่อพิจารณาจากการจำแนกกลุ่มของสารกำจัดศัตรูพืช พบว่างานวิจัยส่วนใหญ่จะเน้นทางกลุ่มของ Non-ionic Pesticide มากกว่ากลุ่มของ Ionic Pesticide โดยในกลุ่มของ Non-ionic Pesticide จะพบว่าวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสารกำจัดศัตรูพืช จำพวก Chlorinated Hydrocarbons เช่น HCB alpha-BHC aldrin dieldrin endrin endosulfan heptachlor heptachlor-epoxide alpha-chlordane p,p'-DDE p,p'-DDD o,p'-DDT และ p,p'-DDT เป็นต้น จำนวน

มากที่สุด และรองลงมาได้แก่ กลุ่ม Organophosphate เช่น dicrotophos, dimetoate, malathion และ methyl-parathion เป็นต้น ส่วนจำพวกอื่นๆ คือ Carbanilates Anilides และ Methyl Carbarnates พบว่างานวิจัยที่เกี่ยวข้องยังมีอยู่น้อย ส่วนในกลุ่มของ Ionic Pesticide พบว่างานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีอยู่แค่เพียง 2 จำพวก ได้แก่ Cationic คือ Paraquat และ Basic คือ Ametryne Atrazine และ Cyanazine เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ยังคงขาดอยู่ทั้งกลุ่ม Non-ionic Pesticide และกลุ่ม Ionic Pesticide ได้แก่ Dinitroanilines Benzonitriles Ester Acetamides Carbothionates Ureas Acidic และ Miscellaneous

โดยภาพรวมของปัญหาสารพิษทางการเกษตรที่ตกค้างในดินและตะกอนดินของประเทศไทยนั้น โดยส่วนใหญ่สารพิษที่ตรวจพบอยู่ในดินและตะกอนดิน คือสารกำจัดแมลงและสารกำจัดวัชพืช ซึ่งมักจะอยู่ในกลุ่มออร์แกนโนคลอรีนมากกว่ากลุ่มออร์แกนโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต เนื่องจากสารพิษกลุ่มออร์แกนโนคลอรีนโดยส่วนใหญ่จะตกค้างในสิ่งแวดล้อมได้นาน สลายตัวยาก และมีครึ่งชีวิตที่ยาวนาน ปัจจุบันมีการประกาศห้ามใช้สารพิษในกลุ่มออร์แกนโนคลอรีนเกือบทุกชนิด อย่างไรก็ตามยังสามารถตรวจพบสารพิษกลุ่มนี้ได้ทั้งในดินและตะกอนดิน ในปริมาณที่มีระดับต่ำก็ตาม แต่สารพิษเหล่านี้ก็ยังสะสมเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารในสิ่งมีชีวิตต่อไปได้นอกจากนี้กลุ่มออร์แกนโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต ถึงแม้จะตรวจพบได้น้อยและสลายตัวง่ายกว่ากลุ่มออร์แกนโนคลอรีน แต่ความเป็นพิษของสารพิษกลุ่มนี้จะเป็นอันตรายต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมอาจมากกว่ากลุ่มออร์แกนโนคลอรีน ดังนั้นจึงควรตระหนักและเฝ้าระวังอันตรายที่อาจเกิดกับมนุษย์เช่นกัน

นอกจากนี้เมื่อสารพิษเหล่านี้ถูกชะล้างด้วยน้ำฝนหรือซึมผ่านสู่ระบบน้ำใต้ดิน และไหลรวมลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติไม่ว่าจะเป็น ลำคลอง แม่น้ำ อ่างเก็บน้ำ และเขื่อน ก็มักจะสะสมอยู่ในแหล่งน้ำและตะกอนดิน ซึ่งได้มีการทำการศึกษาวิจัยและสำรวจอยู่ในงานวิจัยหลายๆชิ้นที่กล่าวมาข้างต้นเช่นกัน

ส่วนการใช้สารกำจัดวัชพืชก็มีแนวโน้มของการใช้เพิ่มขึ้นเรื่อยๆทำให้เกิดการสะสมในดินและตะกอนดินเช่นกัน ซึ่งงานวิจัยส่วนใหญ่จะกล่าวถึงสารที่นิยมใช้ในประเทศไทย คือ พาราควอต อะลาคลอร์ ไซยานาซีน และ อะทราซีน ซึ่งมักจะเกิดปัญหาจากการใช้สารเหล่านี้ นอกจากนี้ปัจจุบันพาราควอตยังสามารถผลิตได้ภายในประเทศ ทำให้นิยมใช้เนื่องจากสารเหล่านี้มีราคาถูก สามารถหาซื้อได้ทั่วไปตามท้องตลาด

หากพิจารณาถึงช่องว่างของงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่างานวิจัยส่วนใหญ่ซึ่งเป็นงานในเชิงสำรวจ ตรวจสอบ เพื่อเฝ้าระวังปัญหามลพิษในดินจากสารพิษทางการเกษตรที่อาจจะเกิดขึ้น งานวิจัยไม่ได้ครอบคลุมพื้นที่ทั่วทุกภาคของประเทศไทย หากแต่เป็นการสุ่มตรวจวัดเฉพาะพื้นที่ ดังนั้นมุมมองภาพรวมของปัญหาระดับประเทศก็ยังคงคลุมเครือไม่ชัดเจนนัก ปัจจุบันมีการผลิตสารพิษทางการเกษตรชนิดใหม่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งเทคนิคการตรวจวัดสารพิษตกค้างในดิน สามารถครอบคลุมได้ทุกชนิดของสารพิษที่ผลิตขึ้นใหม่หรือไม่ จำเป็นต้องพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ให้สอดคล้อง ถูกต้อง แม่นยำและมีประสิทธิภาพสูงสุดในการตรวจวิเคราะห์ นอกจากนี้งานวิจัยที่ผ่านมามักจะกล่าวถึงผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่เป็นกลุ่มเป้าหมายในดินเท่านั้น ซึ่งควรจะมีการวิจัยเพิ่มเติมถึงผลกระทบที่มีต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆในห่วงโซ่อาหาร จนกระทั่งถึงมนุษย์ (ผู้บริโภคสูงสุด)

นอกจากนี้ข้อมูลเกี่ยวกับการสลายตัวของสารพิษในดินยังมีน้อย และมักเป็นข้อมูลของต่างประเทศ ซึ่งสภาพแวดล้อมต่างๆ เช่น อุณหภูมิ แสง ความชื้น และปริมาณน้ำฝน แตกต่างกันไปจากของประเทศไทย ดังนั้นจึง

3.2 ปัญหามลพิษในดินที่เกี่ยวข้องทางเคมี

3.2.1 ธาตุพิษหรือโลหะหนัก

ผลจากการพัฒนาเทคโนโลยีต่าง ๆ เพื่อให้มีผลผลิตเพียงพอต่อการขยายตัวของจำนวนประชากร ทำให้ดินซึ่งนอกจากจะทำหน้าที่เป็นแหล่งอาหาร เครื่องนุ่งห่ม ที่อยู่อาศัย และยารักษาโรคอย่างที่เคยเป็นมาแล้ว ดินในปัจจุบันยังต้องเป็นแหล่งรองรับสิ่งปฏิกูลต่าง ๆ อีกด้วย ดังในบทบทวนวรรณกรรมที่แสดงถึงแหล่งปนเปื้อนของธาตุพิษต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยธาตุพิษต่าง ๆ เหล่านี้มักจะสะสมอยู่ในดิน แหล่งน้ำ และตะกอนดิน ซึ่งในที่สุดจะส่งผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมได้

โดยภาพรวมของปัญหาโลหะหนักที่ปนเปื้อนอยู่ทั้งในดินและตะกอนดินในประเทศไทยนั้น ที่พบส่วนใหญ่มักจะเป็นสารตะกั่ว ปรอท แคดเมียม นอกจากนี้ยังมีธาตุที่เมื่อมีปริมาณมากก็อาจจะเป็นพิษได้เช่น อะลูมิเนียม ฟอสเฟต เป็นต้น โดยบริเวณที่พบส่วนใหญ่มักจะเป็นพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงเพื่อการพัฒนาทั้งสิ้นไม่ว่าจะเป็นนิคมอุตสาหกรรม บริเวณริมถนน และที่สำคัญยังพบในบริเวณสถานที่กำจัดมูลฝอย ซึ่งแสดงถึงการจัดการที่ไม่ดีพอ ซึ่งธาตุพิษต่าง ๆ เหล่านี้นอกจากจะปนเปื้อนในดินแล้วยังสามารถเข้าสู่ห่วงโซ่อาหาร จนส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมโดยรวมได้

นอกจากนี้ การที่ประเทศไทยมีปริมาณแหล่งแร่สำรองที่เป็นโลหะหนักหลายชนิด ได้แก่ ทองแดง (Cu), ตะกั่ว (Pb), สังกะสี (Zn) เป็นต้น และอาจมีธาตุโลหะหนักเกิดร่วมกับสายแร่ชนิดอื่น เช่น สารหนูเกิดร่วมกับดีบุก เป็นต้น ดังนั้นหากมีการทำเหมืองแร่ดีบุก และนำแร่เหล่านี้ขึ้นมาใช้ ย่อมเกิดการปนเปื้อนของสารหนูอย่างแน่นอน เช่นเดียวกับการนำปุ๋ยอินทรีย์ หรือวัสดุปรับปรุงดินใด ๆ ใส่ลงในพื้นที่การเกษตร การกระทำดังกล่าวอาจเป็นการกระจาย การปนเปื้อนโลหะหนักลงในพื้นดินได้

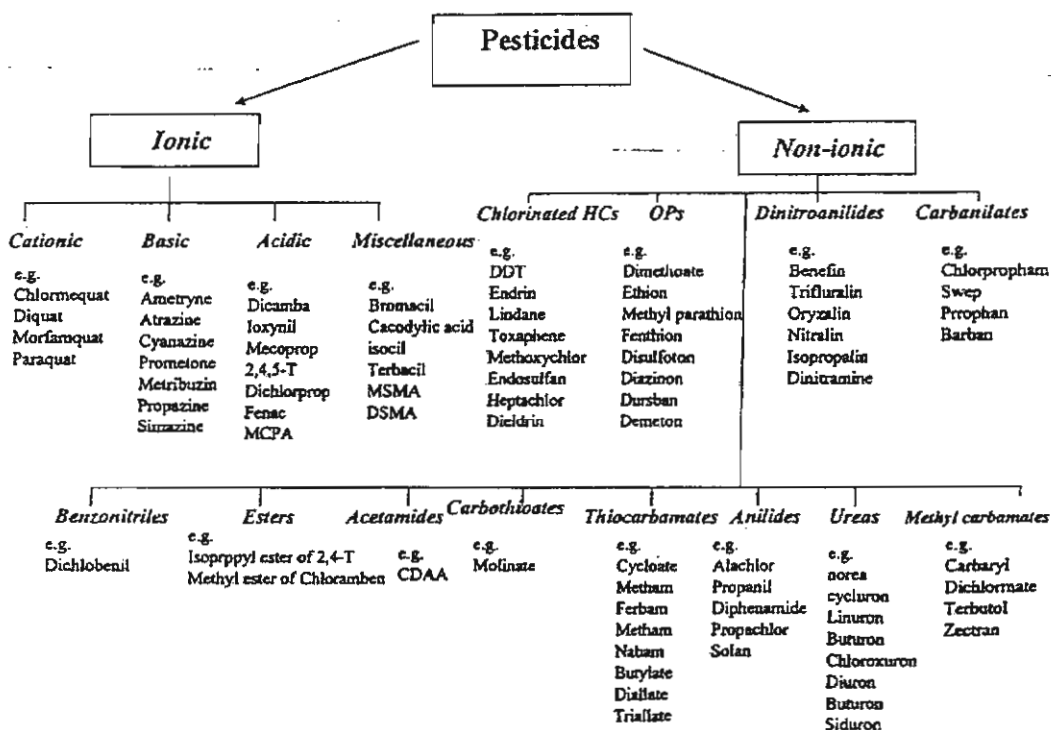
เมื่อพิจารณาถึงช่องว่างของงานวิจัยที่ผ่านมา อาจกล่าวได้ว่างานวิจัยทางด้านธาตุพิษยังมีอยู่น้อยมากในประเทศไทย และงานวิจัยส่วนใหญ่ก็มุ่งเน้นไปในเชิงตรวจสอบว่าพบหรือไม่พบการปนเปื้อนเท่านั้น แต่ยังไม่ได้มีการวิเคราะห์ถึงปัญหาที่แท้จริง และมิได้มีการวางแผนทางแก้ไขอย่างจริงจัง นอกจากนี้งานวิจัยส่วนใหญ่ก็ยังขาดความต่อเนื่องในการศึกษา ทำให้ผลการติดตามตรวจสอบเกิดความไม่ต่อเนื่อง สำหรับในส่วนของการศึกษาผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตก็ยังมีการศึกษากันค่อนข้างน้อยมาก

3.2.2 สารพิษทางการเกษตร

จากการใช้สารพิษทางการเกษตรเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ก็ย่อมส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม และมักจะหลีกเลี่ยงไม่ได้เมื่อสารเหล่านี้ตกลงสู่พื้นดิน นอกจากจะกำจัดศัตรูพืชกลุ่มเป้าหมายแล้ว สารเหล่านี้หากคงสภาพอยู่ในดิน

โดยไม่เสื่อมสลาย ย่อมจะทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่เป็นกลุ่มนอกเป้าหมายในดิน ตัวอย่างเช่น ในงานวิจัยของสุนทรี และคณะ (2518) ไพรีธ (2525) และอูคมัตถ์กษณ์ (2531) เป็นต้น

ในปัจจุบันสารกำจัดศัตรูพืชมีใช้กันแพร่หลายซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มออกจากกันโดยอาศัยคุณสมบัติทางฟิสิกส์-เคมี (Physicochemical) ได้แก่ ขนาดของโมเลกุล ความสามารถในการรับไอออน การละลายน้ำ การละลายในไขมัน การมีขั้ว และการระเหย เป็นต้น ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้ย่อมจะมีผลต่อการควบคุมกิจกรรมทางชีวภาพในดินอีกด้วย ในการทำปฏิกริยาร่วมกันของดินกับสารกำจัดศัตรูพืช จะเกิดจากขบวนการดูดซับ (adsorption) ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในดินความสามารถในการดูดซับนี้จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติและสารประกอบของดิน เช่น ขนาด รูปร่าง โครงสร้างโมเลกุล การละลายน้ำ กรด-เบส และการมีขั้ว เพื่อให้สามารถมองภาพรวมของปัญหาการใช้สารกำจัดศัตรูพืช ดังนั้นจึงสามารถจำแนกกลุ่มของสารกำจัดศัตรูพืช (Gevao et al., 2000) ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงการจำแนกกลุ่มของสารกำจัดศัตรูพืช

เมื่อพิจารณาจากการจำแนกกลุ่มของสารกำจัดศัตรูพืช พบว่างานวิจัยส่วนใหญ่จะเน้นทางกลุ่มของ Non-ionic Pesticide มากกว่ากลุ่มของ Ionic Pesticide โดยในกลุ่มของ Non-ionic Pesticide จะพบว่าวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสารกำจัดศัตรูพืช จำพวก Chlorinated Hydrocarbons เช่น HCB alpha-BHC aldrin dieldrin endrin endosulfan heptachlor heptachlor-epoxide alpha-chlordane p,p'-DDE p,p'-DDD o,p'-DDT และ p,p'-DDT เป็นต้น จำนวน

มากที่สุด และรองลงมาได้แก่ กลุ่ม Organophosphate เช่น dicotophos, dimetoate, malathion และ methyl-parathion เป็นต้น ส่วนจำพวกอื่นๆ คือ Carbanilates Anilides และ Methyl Carbarmates พบว่างานวิจัยที่เกี่ยวข้องยังมีอยู่น้อย ส่วนในกลุ่มของ Ionic Pesticide พบว่างานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีอยู่แค่เพียง 2 จำพวก ได้แก่ Cationic คือ Paraquat และ Basic คือ Ametryne Atrazine และ Cyanazine เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ยังคงขาดอยู่ทั้งกลุ่ม Non-ionic Pesticide และกลุ่ม Ionic Pesticide ได้แก่ Dinitroanilines Benzonitriles Ester Acetamides Carbothionates Ureas Acidic และ Miscellaneous

โดยภาพรวมของปัญหาสารพิษทางการเกษตรที่ตกค้างในดินและตะกอนดินของประเทศไทยนั้น โดยส่วนใหญ่สารพิษที่ตรวจพบอยู่ในดินและตะกอนดิน คือสารกำจัดแมลงและสารกำจัดวัชพืช ซึ่งมักจะอยู่ในกลุ่มออร์แกนโนคลอรีนมากกว่ากลุ่มออร์แกนโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต เนื่องจากสารพิษกลุ่มออร์แกนโนคลอรีนโดยส่วนใหญ่จะตกค้างในสิ่งแวดล้อมได้นาน สลายตัวยาก และ มีครึ่งชีวิตที่ยาวนาน ปัจจุบันมีการประกาศห้ามใช้สารพิษในกลุ่มออร์แกนโนคลอรีนเกือบทุกชนิด อย่างไรก็ตามยังสามารถตรวจพบสารพิษกลุ่มนี้ได้ทั้งในดินและตะกอนดิน ในปริมาณที่มีระดับต่ำก็ตาม แต่สารพิษเหล่านี้ก็ยังสะสมเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารในสิ่งมีชีวิตต่อไปได้นอกจากนี้กลุ่มออร์แกนโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต ถึงแม้จะตรวจพบได้น้อยและสลายตัวง่ายกว่ากลุ่มออร์แกนโนคลอรีน แต่ความเป็นพิษของสารพิษกลุ่มนี้จะป็นอันตรายต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมอาจมากกว่ากลุ่มออร์แกนโนคลอรีน ดังนั้นจึงควรตระหนักและเฝ้าระวังอันตรายที่อาจเกิดกับมนุษย์เช่นกัน

นอกจากนี้เมื่อสารพิษเหล่านี้ถูกชะล้างด้วยน้ำฝนหรือซึมผ่านสู่ระบบน้ำใต้ดิน และไหลรวมลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติไม่ว่าจะเป็น ลำคลอง แม่น้ำ อย่างเก็บน้ำ และเขื่อน ก็มักจะสะสมอยู่ในแหล่งน้ำและตะกอนดิน ซึ่งได้มีการทำการศึกษาวิจัยและสำรวจอยู่ในงานวิจัยหลายๆ ชิ้นที่กล่าวมาข้างต้นเช่นกัน

ส่วนการใช้สารกำจัดวัชพืชก็มีแนวโน้มของการใช้เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ทำให้เกิดการสะสมในดินและตะกอนดินเช่นกัน ซึ่งงานวิจัยส่วนใหญ่จะกล่าวถึงสารที่นิยมใช้ในประเทศไทย คือ พาราควอต อะลาคลอร์ ไซยานาซีน และ อะทราซีน ซึ่งมักจะเกิดปัญหาจากการใช้สารเหล่านี้ นอกจากนี้ปัจจุบันพาราควอตยังสามารถผลิตได้ภายในประเทศ ทำให้นิยมใช้เนื่องจากสารเหล่านี้มีราคาถูก สามารถหาซื้อได้ทั่วไปตามท้องตลาด

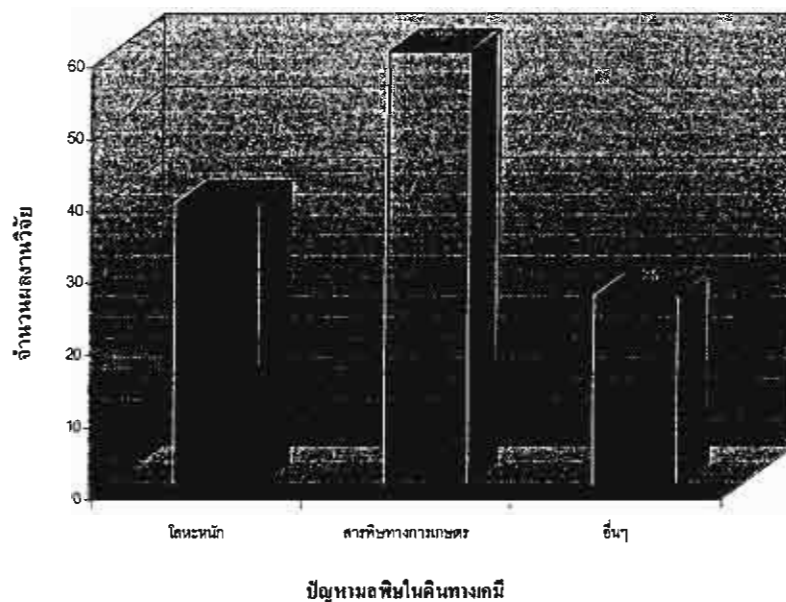
หากพิจารณาถึงช่องว่างของงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่างานวิจัยส่วนใหญ่ซึ่งเป็นงานในเชิงสำรวจ ตรวจสอบ เพื่อเฝ้าระวังปัญหามลพิษในดินจากสารพิษทางการเกษตรที่อาจเกิดขึ้น งานวิจัยไม่ได้ครอบคลุมพื้นที่ทั่วประเทศของประเทศไทย หากแต่เป็นการสุ่มตรวจวัดเฉพาะพื้นที่ ดังนั้นมุมมองภาพรวมของปัญหาระดับประเทศก็ยังคงคลุมเครือไม่ชัดเจนนัก ปัจจุบันมีการผลิตสารพิษทางการเกษตรชนิดใหม่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งเทคนิคการตรวจวัดสารพิษตกค้างในดิน สามารถครอบคลุมได้ทุกชนิดของสารพิษที่ผลิตขึ้นใหม่หรือไม่ จำเป็นต้องพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ให้สอดคล้อง ถูกต้อง แม่นยำและมีประสิทธิภาพสูงสุดในการตรวจวิเคราะห์ นอกจากนี้งานวิจัยที่ผ่านมา มักจะกล่าวถึงผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่เป็นกลุ่มเป้าหมายในดินเท่านั้น ซึ่งควรจะมีการวิจัยเพิ่มเติมถึงผลกระทบที่มีต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในห่วงโซ่อาหาร จนกระทั่งถึงมนุษย์ (ผู้บริโภคสูงสุด)

นอกจากนี้ข้อมูลเกี่ยวกับการสลายตัวของสารพิษในดินยังมีน้อย และมักเป็นข้อมูลของต่างประเทศ ซึ่งสภาพแวดล้อมต่างๆ เช่น อุณหภูมิ แสง ความชื้น และปริมาณน้ำฝน แตกต่างกันไปจากของประเทศไทย ดังนั้นจึง

ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมข้อมูลการสลายตัวของสารพิษแต่ละชนิดที่เหมาะสมกับสภาพชุดดิน และสภาพแวดล้อมของประเทศไทย

3.2.3 อื่นๆ

งานวิจัยส่วนใหญ่ในหัวข้อนี้จะศึกษาการปนเปื้อนและการสะสมของมลสารต่างๆ ในดิน และตะกอนดิน อาทิเช่น ซัลเฟต ไนเตรต ฟอสเฟต อลูมิเนียม PAHs และ PCBs เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบว่าม้งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำกิจกรรมต่างๆของมนุษย์ซึ่งส่งผลกระทบต่อดินและตะกอนดิน เช่น ผลของน้ำทิ้งอุตสาหกรรม ผลจากการทำนาเกลือ การใช้ปุ๋ย การใช้ผงซักฟอก และการทำการเกษตร เป็นต้น ซึ่งมักพบว่า งานวิจัยต่างๆเหล่านี้จะกระจัดกระจายไม่เป็นระบบ ไม่สามารถครอบคลุมปัญหามลพิษทางดินของพื้นที่ทั่วทุกภาคในประเทศไทย เช่นเดียวกับหัวข้อ 3. 2.1 และ 3.2.2



รูปที่ 3 จำนวนผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหามลพิษในดินทางเคมี (โลหะหนัก, สารพิษทางการเกษตร, และอื่นๆ ตั้งแต่ พ.ศ. 2504 ถึง 2543)

จากรูปที่ 3 จะพบว่า จำนวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหามลพิษในดินทางเคมีตั้งแต่ พ.ศ. 2504 ถึง 2543 มีจำนวนเท่ากับ 125 ผลงานนั้น อาจเนื่องจากการศึกษาในครั้งนี้ได้ใช้เวลาเพียง 3 เดือน ในการรวบรวมผลงานวิจัย ซึ่งไม่สามารถทำให้ได้งานวิจัยทุกชิ้นอย่างครบถ้วน แต่ก็สามารถทำให้เห็นแนวโน้มได้ว่า สารพิษทางการเกษตร จำนวนผลงานวิจัยสูงที่สุดถึง 60 ผลงาน ส่วนการวิจัยเกี่ยวกับโลหะหนัก มีจำนวนรองลงมา คือ 39 ผลงาน และงานวิจัยด้านอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับความเป็นพิษจากสารเคมีมีจำนวน 26 ผลงาน

3.3 ปัญหามลพิษในดินที่เกี่ยวข้องทางชีวภาพ

ภาพรวมของปัญหาการตกค้างของสารพิษในดินที่มีผลทางด้านชีวภาพในประเทศไทยนั้น พบว่างานวิจัยมีทั้งในส่วนที่เป็นการศึกษาผลกระทบของสารพิษที่มีต่อจุลินทรีย์ดินจากการใช้สารเคมีในการเกษตร และผลกระทบที่มีต่อจุลินทรีย์ดินจากการใช้ดินเป็นแหล่งทิ้งสารพิษรวมทั้งการนำเอากากตะกอนของเสียมาใช้ประโยชน์เป็นปุ๋ยเพื่อให้ธาตุอาหารพืช ทำให้ผลกระทบที่เกิดต่อจุลินทรีย์ดินนั้นเกี่ยวข้องกับกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินในเชิงที่เป็นประโยชน์ต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินในการย่อยสลายสารพิษต่าง ๆ ซึ่งถ้ามีสารพิษต่าง ๆ ตกค้างในดินมากเกินไปจนขัดขวาง ย่อมมีผลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินอย่างแน่นอน

ในส่วนของการว่างขององค์ความรู้นั้น จะเห็นได้ว่างานวิจัยทางด้านนี้ยังมีน้อยมากในประเทศไทย อีกทั้งยังไม่มีงานที่ชัดเจนเท่าที่ควรจะเป็น และงานวิจัยส่วนใหญ่ที่พบจะไม่เกี่ยวข้องกับปัญหามลพิษทางดินโดยตรง จะมีบางส่วนเท่านั้นที่เกี่ยวข้องและสามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลศึกษามลพิษของดินทางชีวภาพได้

นอกจากนี้ในดิน ยังอาจประกอบด้วย สิ่งมีชีวิตขนาดใหญ่, ขนาดกลาง เป็นต้น ซึ่งควรจะได้รับควมสนใจในการศึกษาให้มากขึ้น เพราะสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ยังสามารถเป็นดัชนีบ่งชี้ที่สำคัญเกี่ยวกับระบบนิเวศนั้นๆ ได้ด้วย

4. วิเคราะห์ทิศทางการวิจัยในอนาคต

4.1 ปัญหามลพิษในดินที่เกี่ยวข้องทางกายภาพ

จากช่องว่างงานวิจัยทางด้านดินเค็มที่กล่าวมาแล้ว ทิศทางของงานวิจัยในอนาคตควรจะเน้นไปในการหาวิธีใหม่ที่ดีกว่าและเร็วกว่าเดิมในการแก้ไขปัญหาดินเค็ม แต่ก็ควรระวังอย่าให้วิธีที่คิดค้นได้เป็นผลเสียต่อสภาพแวดล้อมจนเป็นปัญหาที่ไม่มีที่สิ้นสุด รวมทั้งควรส่งเสริมงานวิจัยในทางป้องกันการเกิดและการแพร่กระจายดินเค็มควบคู่ไปกับการหาวิธีการใหม่ในการแก้ไขปัญหาดินเค็มตามที่กล่าวไว้ข้างต้นอีกด้วย จึงจะทำให้เกิดประสิทธิภาพในการแก้ไขปัญหาดินเค็มได้อย่างดี และงานวิจัยทางด้านดินเปรี้ยวก็เช่นเดียวกัน ควรทำไปในทิศทางทำนองเดียวกันกับงานวิจัยทางด้านดินเค็ม คือการคิดค้นหาวิธีการใหม่ควบคู่ไปกับการป้องกันการเกิดและการแพร่กระจาย แต่อาจไม่จำเป็นต้องเน้นมากเท่ากับปัญหาดินเค็ม เพราะปัญหาดินเปรี้ยวที่เป็นอยู่ในปัจจุบันได้รับการแก้ไขอย่างได้ผล ทำให้ปัญหาดินเปรี้ยวที่มีอยู่ไม่รุนแรงและมากเท่ากับปัญหาดินเค็ม ส่วนทางด้านมลพิษในดินจากการทำเหมืองแร่ นั้นหากพิจารณาจากช่องว่างงานวิจัยแล้วก็ควรจะสนับสนุนให้ทำงานวิจัยทางด้านนี้ให้มากขึ้นเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลพื้นฐานอันเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาแนวทางการควบคุมแก้ไขต่อไป ในส่วนสุดท้ายนี้ ช่องว่างงานวิจัยที่กล่าวมาแล้ว ควรจะส่งเสริมงานวิจัยด้านการจัดชั้นความเหมาะสมเพื่อเป็นการควบคุมปัญหา และเป็นทางเลือกให้เกิดการใช้ที่ดินอย่างยั่งยืนต่อไป รวมทั้งควรที่จะเน้นให้เกิดการทำงานวิจัยในแบบที่มีความเป็นไปได้ในการนำไปประยุกต์ใช้ได้ในสภาพจริง และเป็นงานวิจัยที่ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องสามารถปฏิบัติตามงานวิจัยนั้นได้

4.2 ปัญหามลพิษในดินที่เกี่ยวข้องทางเคมี

4.2.1 ธาตุพิษหรือโลหะหนัก

โลหะหนักเป็นสารพิษที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบนิเวศได้ยาวนาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากเกิดปนเปื้อน และสะสมในดิน อันตรายจากสารพิษจะเพิ่มความรุนแรงมากขึ้น ถ้าหากพบในพื้นที่ซึ่งเพื่อการเกษตร ทั้งนี้เพราะพืชหลายชนิดอาจดูดซึมเข้าสู่ราก ลำต้น ใบ หรือผลผลิต จึงทำให้ผู้บริโภครับเอาสารพิษเข้าสู่ร่างกายได้โดยง่าย

จากช่องว่างของงานวิจัยทางด้านธาตุพิษหรือโลหะหนักที่ปนเปื้อนในดิน และตะกอนดินดังที่กล่าวมาข้างต้น ทิศทางงานวิจัยในอนาคตควรจะได้รับความร่วมมือจากทุกหน่วยงานในการสร้างงานวิจัยทางด้านธาตุพิษให้มากขึ้น และมีความต่อเนื่องในการศึกษา พร้อมทั้งควรมีการวางแผนทางในการจัดการแก้ไขอย่างจริงจัง และสามารถติดตามตรวจสอบได้ ซึ่งการติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมเป็นประจำ จะช่วยให้ทราบสถานการณ์และป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นได้ นอกจากนี้ในอนาคตยังควรเน้นการศึกษาไปในเชิงผลกระทบที่เกิดจาก

ธาตุพิษที่ ปนเปื้อนจากดินผู้ตั้งมีชีวิตเพื่อลดผลกระทบที่จะเกิดขึ้นทั้งในระยะสั้น และระยะยาว ควรนำโปรแกรมการสร้างโมเดล ทำนายการเปลี่ยนแปลงต่างๆของธาตุพิษหรือโลหะหนักมาใช้ให้มากขึ้น

นอกจากนี้ประเทศไทยควรจะได้มีมาตรการทางกฎหมาย เพื่อรักษาคุณภาพของดินโดยเฉพาะ นอกจากการใช้กฎหมายกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรม และนิคมอุตสาหกรรม หรือประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรมเรื่องกำหนดวิธีการเก็บ ทำลายฤทธิ์ กำจัด ฝัง ทิ้ง เคลื่อนย้าย และการขนส่งปฏิภูล หรือวัสดุที่ไม่ใช่แล้ว

อีกทั้งความรู้ ความเข้าใจ ในเรื่องของค่ามาตรฐานของโลหะหนักที่ควรมีในดินอย่างปลอดภัย ตลอดจน การควบคุม การจัดการเพื่อลดความเป็นพิษของโลหะหนักลงไม่ว่าจะด้วยวิธีการใด ๆ องค์ความรู้เหล่านี้จะต้องมีการศึกษาเพื่อเตรียมพร้อมในด้านข้อมูลต่อไป

4.2.2 สารพิษทางการเกษตร

จากช่องว่างของงานวิจัยสารพิษทางการเกษตรที่ตกค้างในดิน และตะกอนดินที่กล่าวมาข้างต้น ทิศทางของงานวิจัยในอนาคตควรจะสอดคล้องกับช่องว่างของงานวิจัยที่ผ่านมา ซึ่งงานวิจัยควรครอบคลุมพื้นที่ทั่วทุกภาคของประเทศไทย โดยอาศัยความร่วมมือจากมหาวิทยาลัย และหน่วยงานราชการในส่วนกลางและส่วนภูมิภาค และภาคเอกชนซึ่งงานวิจัยควรจะเป็นไปในทิศทางเดียวกัน และมีแผนงานการสำรวจ และตรวจวิเคราะห์ร่วมกัน ซึ่งจะทำให้ข้อมูลที่ได้เป็นระบบเดียวกันสามารถประเมินปัญหาสารพิษทางการเกษตรที่ตกค้างในดิน และตะกอนดินของประเทศไทยได้อย่างชัดเจน ทั้งนี้เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดการแบบยั่งยืนต่อไป

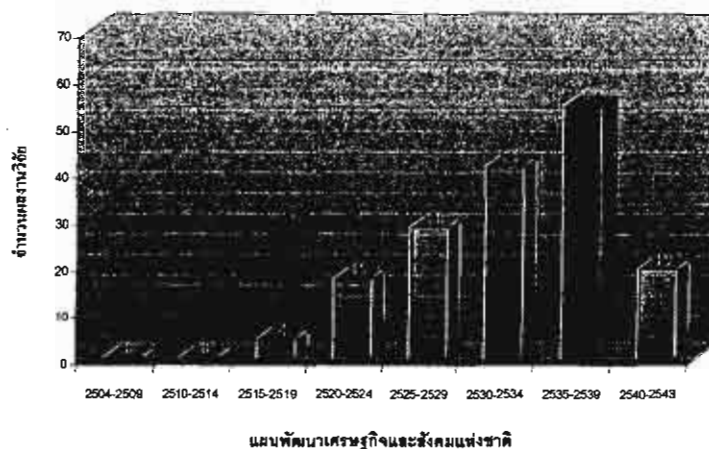
นอกจากนี้งานวิจัยในอนาคตจำเป็นต้องหาเทคนิค และวิธีการที่เหมาะสมที่มีประสิทธิภาพในการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างชนิดใหม่ที่มีการผลิตออกมาในตลาด เพื่อเป็นการป้องกันอันตรายจากสารพิษตกค้างที่จะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและมนุษย์

4.2.3 อื่นๆ

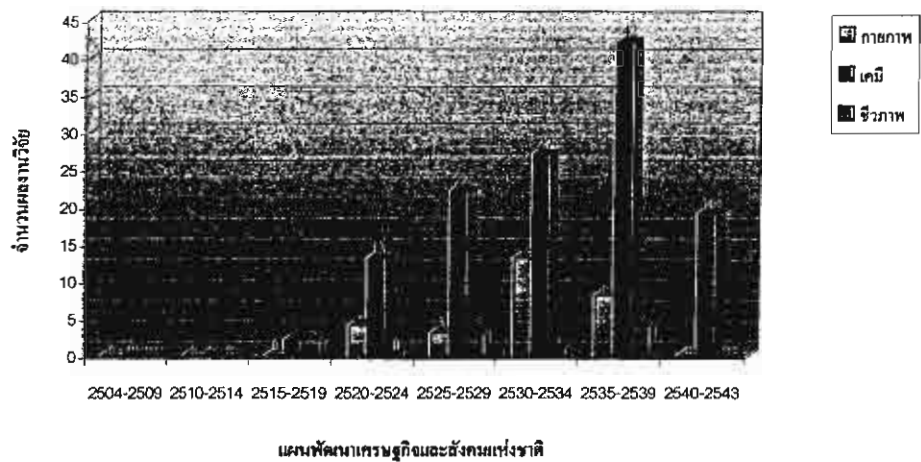
จากช่องว่างของงานวิจัยในส่วนอื่นๆที่เกี่ยวข้องทางเคมี ทิศทางของงานวิจัยในอนาคตควรครอบคลุมพื้นที่ทั่วทุกภาคของประเทศไทย โดยอาศัยความร่วมมือจากนักวิจัยของมหาวิทยาลัย และหน่วยงานราชการในส่วนกลางและส่วนภูมิภาค และภาคเอกชนซึ่งงานวิจัยควรจะเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ตลอดจนควรทำการวิจัยในเรื่องเดียวกันอย่างต่อเนื่อง ตลอดจนค้นหาวิธีการในการวิเคราะห์ ที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ และมีแผนงานการสำรวจ และตรวจวิเคราะห์ร่วมกัน

4.3 ปัญหามลพิษในดินที่เกี่ยวข้องทางชีวภาพ

จากช่องว่างของงานวิจัยดังกล่าว ทิศทางของงานวิจัยในอนาคตควรจะเน้นการผลิตนักวิชาการที่มีความรู้ ความชำนาญในการศึกษาทางด้านชีวภาพทางดินโดยตรงให้มากกว่าเดิม และหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภาครัฐและเอกชนควรให้การสนับสนุนงานวิจัยทางด้านนี้ให้มากขึ้น พร้อมกับการสนับสนุนทางด้านเทคนิคและวิธีการที่เหมาะสมและทันสมัยในการตรวจวิเคราะห์ อีกทั้งควรที่จะเน้นให้มีการทำงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยตรงในเรื่องของมลพิษในดินทางชีวภาพอีกด้วย ซึ่งจะทำได้ข้อมูลพื้นฐานเพื่อวางแผนในการจัดการที่เหมาะสมต่อไป และสุดท้ายก็คือควรที่จะเน้นให้เกิดการทำงานวิจัยในแบบที่มีความเป็นไปได้ในการนำไปประยุกต์ใช้ได้ในสภาพจริง และเป็นงานวิจัยที่ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องสามารถปฏิบัติตามงานวิจัยนั้นได้



รูปที่ 4 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการมลพิษในดินช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 1-7 และ ช่วงปี พ.ศ. 2540-2543



รูปที่ 5 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการมลพิษในดินด้านต่างๆ ช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 1-7 และ ช่วงปี พ.ศ. 2540-2543

จากรูปที่ 4 และ 5 จะเห็นว่า ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการมลพิษในดินด้านต่างๆ ได้แก่ ด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพนั้น เริ่มตั้งแต่ช่วงปี พ.ศ. 2515-2519 (แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 3) เป็นต้นไป จนกระทั่งถึงปัจจุบัน พ.ศ. 2543 (แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 7) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากขึ้น โดยเฉพาะผลงานวิจัยมลพิษในดินทางด้านเคมีจะมีงานวิจัยเพิ่มมากขึ้นอย่างเด่นชัด ส่วนมลพิษในดินทางด้านกายภาพนั้นก็เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามยังน้อยกว่าผลงานวิจัยมลพิษในดินทางด้านเคมี แต่สำหรับเฉพาะผลงานวิจัยมลพิษในดินทางด้านชีวภาพยังมีค่อนข้างน้อย จึงเป็นที่น่าสนใจอย่างยิ่งในการพัฒนางานวิจัยด้านนี้เพิ่มมากขึ้น ส่วนงานวิจัยทางด้านกายภาพและเคมีก็จำเป็นต้องดำเนินงานวิจัยอย่างต่อเนื่อง เพื่อเป็นการติดตาม ป้องกัน และแก้ไขปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตต่อไป

5. บทสรุป

เมื่อพิจารณาผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการมลพิษทางดินเปรียบเทียบกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ตั้งแต่ฉบับที่ 1 ถึง 7 โดยภาพรวมจะเห็นว่า งานวิจัยด้านการจัดการมลพิษทางดินของประเทศไทยได้เริ่มต้นในช่วงแผนพัฒนา ฯ ฉบับที่ 3 (2515-2519) และมีแนวโน้มสูงขึ้นตามลำดับจนถึงช่วงแผนพัฒนา ฯ ฉบับที่ 7 (2535-2539) และคาดว่าในแผนพัฒนา ฯ ฉบับที่ 8 (2540-2544) น่าจะสูงขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักวิจัยของประเทศไทยให้ความสนใจในการจัดการมลพิษทางดิน ตลอดจนสร้างเสริมความรู้ในสาขานี้เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งนับว่าเป็นการคืบคลานอย่างช้าๆ เนื่องจากทรัพยากรดินนั้นมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตสิ่งมีชีวิตทุกชนิด นอกจากนี้เมื่อพิจารณาปัญหามลพิษในดินด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ จะเห็นว่า ประเทศไทยยังขาดงานวิจัยการจัดการมลพิษในดินด้านกายภาพอย่างต่อเนื่อง ตรงข้ามกับงานวิจัยการจัดการมลพิษในดินด้านเคมีซึ่งมีงานวิจัยอย่างต่อเนื่องทุกช่วงของแผนพัฒนา ฯ ส่วนงานวิจัยการจัดการมลพิษในดินด้านชีวภาพนั้นประเทศไทยยังให้ความสนใจน้อยมาก เมื่อเทียบกับงานวิจัยงานวิจัยการจัดการมลพิษในดินด้านกายภาพ และงานวิจัยการจัดการมลพิษในดินด้านเคมี

อย่างไรก็ตามการจัดการแก้ปัญหาสารพิษปนเปื้อนในดินนั้น ต้องอาศัยความรู้พิเศษ และความเข้าใจอย่างลึกซึ้งทั้งทางด้านชีววิทยา, เคมี, การเกษตร, ปฐพีวิทยา เป็นต้น ที่เกี่ยวข้องกับมลสารในระบบนิเวศนั้นๆ รวมทั้งขีดความสามารถในการตรวจวัดประเมินระดับของสารพิษที่มีอยู่ในระบบได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ปัจจุบันมลพิษของดินถูกจัดให้เป็นปัญหาระดับโลก เพราะเมื่อเกิดแล้วจะส่งผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมเป็นวงกว้าง และใช้เวลานานกว่าจะลดความรุนแรงลง ปัจจุบันทั้งป่าไม้ ป่าชายเลน แหล่งน้ำต่างๆ ตลอดจนดินนา-ดินไร่ และดินน้ำขัง ต่างก็ได้รับผลกระทบจากมลพิษที่ปนเปื้อนในดิน น้ำ และอากาศ เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ด้วยเหตุนี้การลดมลพิษในดินลงให้น้อยที่สุด จะเป็นหนทางหนึ่งที่จะนำไปสู่การใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืนเช่นกัน

ปัจจุบันปัญหามลพิษในดินของประเทศไทย สามารถสรุปได้ว่า ปัญหาที่เกิดขึ้นยังไม่รุนแรงเกินขีดจำกัด จนมีอันตรายต่อสุขภาพอนามัย ประชาชน สิ่งมีชีวิต พืช และอื่น ๆ นอกจากบางพื้นที่ของประเทศที่อยู่ใกล้แหล่งอุตสาหกรรม และเกษตรกรรม ดังนั้นในดินที่มีปัญหาเหล่านี้ควรหาวิธีแก้ไขดินให้มีคุณภาพดีขึ้นจนใช้ประโยชน์ได้ต่อไป และในส่วนของดินที่มีคุณภาพคืออยู่แล้วนั้นการป้องกันเป็นหนทางที่ดีในปัจจุบันนี้ เช่น การใช้มาตรการทางกฎหมายเพื่อรักษาคุณภาพของดินโดยเฉพาะ การติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเป็นประจำอย่างต่อเนื่อง และประชาชนจำเป็นต้องตระหนักทุกครั้งที่มีการเคาะสารปนเปื้อนลงไปในดิน

รายชื่อผู้ช่วยนักวิจัย นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ คือ

1. นายวัฒน์สิทธิ์ ศิริวงศ์
2. นางสาวเพชรดา บัวสมบุญ
3. นาย พลธร เวฬุพันธ์

บรรณานุกรม

- กนกพร อธิสุข กอบทอง ชูปหอม บุญไพ สังวรานนท์ ยุวดี เลิศเรืองเดช และอมรา วงศ์พุทธพิทักษ์. (2529). สารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในกุ้ง น้ำและดินตะกอนบริเวณวังกุ้ง จังหวัดสมุทรปราการ. วารสารประมง, 39, 203-209.
- กนกวรรณ พิเชษฐอาภา. (2541). ชนิดและปริมาณของสารป้องกันกำจัดแมลงกลุ่มออร์แกนโนคลอรีนที่ตกค้างในน้ำและดินตะกอนในแม่น้ำเจ้าพระยา. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กรกช วิษณุพิทยากษ์. (2534). การศึกษาการแพร่กระจายของโลหะหนักที่เป็นพิษในน้ำและดินตะกอนบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กรมควบคุมมลพิษ. (2542). สารเคมีปนเปื้อนดินบริเวณท่าอากาศยานหัวหิน(สนามบินน้อยฝ้าย). รายงานประจำปี 2542.
- กรมทรัพยากรธรณี. (2538). โครงการศึกษาสำรวจสภาพการแพร่กระจายของสารตะกั่วรอบอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์ จังหวัดกาญจนบุรี. กรุงเทพมหานคร : ฝ่ายสิ่งแวดล้อมทรัพยากรธรณีบนบก กองสิ่งแวดล้อมทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรธรณี.
- กรองแก้ว จุจันทร์. (2532). การดูดซับและการปลดปล่อยแคดเมียม นิกเกิลและสังกะสีของดินชั้นบน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กฤติยาพร หัพพะทัต. (2537). ปีโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในน้ำ และดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดระยอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กัญญา จำรัสกุล ศิวาภรณ์ สกุลเที่ยงตรง พงศ์ศรี ไบอคุลย์ และพูลสุข หฤทัยชนาสน์. (2536). วิจัยชนิดและปริมาณวัตถุพิษในน้ำและดินตะกอนบริเวณถุมน้ำแม่กลองและคลองแยก. ข่าวสารวัตถุพิษ. ปีที่ 26 (เม.ย.-มิ.ย. 2536): 43-56.
- กัลยา สุนทรวงศ์สกุล. (2537). อิทธิพลของโลหะหนักต่อกิจกรรมจุลินทรีย์ดินและความเสี่ยงต่อเชื้อราโมแนลลาเนื่องจากการนำกากตะกอนบำบัดน้ำเสียชุมชนไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กุศล เอี่ยมทรัพย์ (2535). การให้สาร Paclobutrazol กับมะม่วงโดยวิธีการต่างๆและปริมาณการตกค้างของสารในใบและดิน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์), สาขาวิชาพืชสวน โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- เกศินี สรรวานิช. (2533). ปีโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในน้ำ ดินตะกอน และหอยแมลงภู่ (*Perna viridis*) บริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนล่าง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เกษสุตา เกษภินถ พงศ์ศิริ พชรปรีชา และ วาดะ ฮิเดะโรนิ. (2536). การใช้โพลิไวนิลแอลกอฮอล์ในการแก้ไขดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตอนที่ 1 : การทดลองในห้องปฏิบัติการ. วารสารวิชาการเกษตร, 11 (3), 120 – 126.
- กึ่งนิจ สุทธิชาติ. 2539. ผลกระทบของไฟฟ้าต่อดินและพืช ณ อุทยานแห่งชาติภูกระดึง. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วนศาสตร์). สาขาวิชารวนวัฒนวิทยา, ภาควิชาวนวัฒนวิทยา, คณะวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. (2535). ปฐพีวิทยา. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จงรักษ์ จันทรเจริญสุข สุภมาส พนิชศักดิ์พัฒนา ชัยฤทธิ์ สุวรรณรัตน์ และนิรชรา พิเนตรเสถียร. (2542). อิทธิพลของน้ำทิ้งจากการผลิตกระดาษต่อ pH ของดิน ผลผลิตและการดูดใช้ธาตุอาหารของข้าวในดินเปรี้ยวจัดชุดรังสิต. วารสารดินและปุ๋ย ปีที่ 21 เล่มที่ 2 (เม.ย.- มิ.ย. 2542): 62-70.
- จรรยา หงขจร และประทีป กระแสสินธุ์ (2526). อิทธิพลของสารกำจัดวัชพืชไกร ไฟสพต่อการเปลี่ยนรูปของธาตุไนโตรเจนในดิน. รายงานค้นคว้าวิจัย ปี 2526. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- จรรยา หงขจร และประทีป กระแสสินธุ์ (2526). อิทธิพลของสารเคมีกำจัดวัชพืชพาราควอตต่อการเปลี่ยนแปลงรูปไนโตรเจนในดิน. รายงานผลการค้นคว้าวิจัย ปี 2526. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- จรัสรัตน์ สาตราวหะ. (2540). การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกนไคลอโรนในน้ำเสียชุมชนโดยการปลูกพืชในสภาพของดินสลับน้ำจืดและน้ำเค็ม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จรัญ สารินทร์. (2537). การกระจายของอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนในตะกอนบริเวณอ่าวไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จรัญ สุขเกษม. (2522). การวิเคราะห์หาปริมาณวัตถุมีพิษที่ตกค้างในดินและผัก บริเวณโครงการ ชลประทานหนองหวาย อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จักรพงษ์ เจริญศิริ และคณะ. (2539). ผลการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยหินฟอสเฟตบนที่มีคุณสมบัติทางเคมีของดินเปรี้ยวหลังจากใส่ต่อเนื่องกัน 3 ปี. วารสารดินและปุ๋ย, 8 (4), 259 – 270.
- จันทนา จันทรภักดี. (2535). การปนเปื้อนของสารตะกั่วในแม่น้ำเจ้าพระยา. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- จิรศักดิ์ แก้วม่วง. (2525). ผลกระทบของผงซักฟอกบางชนิดที่มีต่อ pH N P K ในดิน และผลต่อการเจริญเติบโตของชมภู่มะเหมี่ยว ความเรียง และผักคะน้า. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จุมพล วิเชียรศิลป์. (2535). การวิเคราะห์สมบัติและศักยภาพของดินเค็มในแอ่งโคราช. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาปฐพีวิทยา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จุไร ทองมาก นิตยา ตันมณี และอรทัย สุกฤษฎ์. (2542). การศึกษาปริมาณธาตุเคมีในดินและพืชซึ่งปลูกในดินที่มีมัลลัสปนเปื้อน. รายงานผลการวิจัยประจำปี กรมพัฒนาที่ดิน.
- ฉันทนา จิพโคกหาญ. (2536). การปนเปื้อนของไนเตรตและฟอสเฟตในดินน้ำ และตะกอนบริเวณสนามกอล์ฟติดกับอ่างเก็บน้ำหนองกลางคง จังหวัดชลบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สถานะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชอุ่ม เปรมชัย. (2526). ศึกษาสภาพการสลายตัวของสารเคมีกำจัดวัชพืชประเภทอะมีนไนโร-นา. รายงานผลการค้นคว้าวิจัย ปี 2526. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ชัยทัศน์ ไพรินทร์. (2526). ดินเค็ม : ดินที่มีปัญหาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. วารสารแก่นเกษตร, 11 (4), 141 – 142.
- ดนัย ไตรย์เทน. (2521). ดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ข่าวสารชลประทานยุคปฏิรูปงาน, 4 (13), 18 – 20.
- ดาวรุ่ง ตั้งขันธ์. (2538). วิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักบางชนิดและธาตุอาหารหลัก ในปื๋อหมัก ปุ๋ยคอก และดินผสม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สถานะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ตุลวิทย์ สถาปนจารุ. (2539). การประเมินเบื้องต้นของธาตุอ้างอิงในลุ่มน้ำแม่กลอง สำหรับตะกอนที่วิเคราะห์โดยวิธีย่อยสลายหมด. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สถานะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทวีศักดิ์ ปิยะกาญจน์ อำไพ อิทธิเกษม และ รวีวรรณ วัชรพงศ์กุล. (2521). การเปลี่ยนแปลงของปริมาณตะกั่วปรอท และแคดเมียมในน้ำและดินตะกอนในอ่าวไทยตอนบน. รายงานการสัมมนาทางวิชาการ. กรุงเทพมหานคร : สถาบันวิจัยสถานะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธีรพล อุ่นจิตต์วรรณะ วิภา ตั้งนิพนธ์ บังเอิญ สี่มา คำพล ละม่อมอารีย์กุล และไพบุลย์ บุญชัย. (2526). ความคงสภาพของ DIELDRIN ในสภาพดินและภูมิอากาศต่างๆ. รายงานผลการค้นคว้าวิจัย ปี 2526. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- นภวัศ บัวสรวง. (2537). การปนเปื้อนของตะกั่วในพืชบางชนิดจากเขตอุตสาหกรรมในจังหวัดสมุทรปราการ. วารสารวิจัยสถานะแวดล้อม, 16 (1), 1 – 22.
- นวลฉวี ไชยเทศ นวลศรี กาญจนกุล และวินัย สมบูรณ์. (2520) ตะกั่วในดินในกรุงเทพมหานคร. รายงานการสัมมนาทางวิชาการ. กรุงเทพมหานคร : สถาบันวิจัยสถานะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- นวลศรี ทายพัชร ประภัสรา พิมพ์พันธุ์ และกันยา คำนประเสริฐ. (2534). ศึกษาการสลายตัวของสารพิษออร์แกนโนคลอรีนและออร์แกนโนฟอสเฟตในดินโดยใช้ไมโครเบียลเทคนิค. รายงานผลการค้นคว้าวิจัย ปี 2534. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- นวลศรี ทายพัชร พงษ์ศรี ใบอคุลย์ กิ่งแก้ว ด้อยปาน และประยูร ดีมา. (2523). สารพิษตกค้างในน้ำ. รายงานผลการค้นคว้าวิจัย ปี 2523. กองกัญและสัตววิทยา กองควบคุมและวัตถุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร.
- นวลศรี ทายพัชร พงษ์ศรี ใบอคุลย์ และ กิ่งแก้ว ด้อยปาน. (2525). สารมีพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อม. ข่าวสาร วัฒนภูมิพิษ, 9 (3), 46 - 47.
- นวลศรี ทายพัชร สุวิมล เลิศวีระกุลศิริ และภิญญา จำรัสกุล. (2531). ศึกษาวิจัยปริมาณตกค้างของพาราควอตในดิน และความสามารถของดินในการดูดซับ. ข่าวสารวัฒนภูมิพิษ, ปีที่ 15 ฉบับที่ 1 (ม.ค.-มี.ค. 2531): 3 - 16.
- นัทธีรา ปรีชาหาญ. (2532). การสะสมของโลหะหนักบางชนิดในบึงมกกะสัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นิตยา รัชกิจประการ. (2525). การศึกษาผลตกค้างของสารฆ่าแมลงบางชนิดในดินในไร่ฝ้าย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นิตยาพร ดันมณี และจุไร ทองมาก. (2542). การปนเปื้อนของธาตุแคดเมียมในดินในพื้นที่บางแห่งของประเทศไทย. รายงานผลการวิจัยประจำปี กรมพัฒนาที่ดิน.
- นิมิต บำรุงจิตต์. (2528). การกำจัดโคลิฟอร์มในอุจจาระ และธาตุอาหารพืชจากน้ำโสโครกจากบ้านพักอาศัยโดยใช้โคลัมน์ของดิน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- บังเอิญ ดีมา และสุวิมล เลิศวีระศิริกุล. (2534). วิจัยชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างในน้ำและดิน. รายงานผลการค้นคว้าวิจัย ปี 2534. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- บัณฑิต อนุรักษ. (2531). การศึกษาการกระจายตัวของคาร์บอนฟูลเร้นและละลายในน้ำในน้ำดิบรังสิต โดยเทคนิคไมโครเบียล. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- บางคอง เวช. (2538). การหาปริมาณพอลิไซคลิกไฮโดรคาร์บอนและฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์ในดินในจังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- บุญวงศ์ ไทยอุดต่าห์ และชรัตน์ รุ่งเรืองศิลป์. (2533). ผลกระทบของการทำเหมืองแร่ดีบุกต่อสมบัติของดิน. วารสารวนศาสตร์ 9: 73-82.
- บุญยงค์ สุขศรีงาม. (2531). บทบาทของจุลินทรีย์ในการเปลี่ยนแปลงวัตถุอินทรีย์ในดิน. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (มอ. ปัตตานี), ปีที่ 3 ฉบับที่ 3, 193-199.
- บุษราภรณ์ สุติ และ พงษ์ แสนจันทร์. (2534). การสลายตัวของยาปราบศัตรูพืชผลกระทบของยาต่อสิ่งแวดล้อม. แก่นเกษตร, ปีที่ 19 ฉบับที่ 3, 120-128.

- ประทีป กระแสสินธุ์ จรรยา มณีโชติ และ Todao Yamada (2529). ผลตกค้างของสารกำจัดวัชพืชอะทราซีน ในดิน
ชุดปากช่อง. วารสารวิชาการเกษตร, 4, 121-127.
- ประทีป กระแสสินธุ์ และจรรยา หงขจร (2526). ประสิทธิภาพและการตกค้างของสารเคมีกำจัดวัชพืช
simazine ในสวนกาแฟ. วารสารวิชาการเกษตร. ปีที่ 1 เล่มที่ 2 (พ.ศ.-ศ.ศ. 2526), 85-87.
- ประพิศ แสงทอง นิลประไพ จันทนภาพ จักรพงษ์ เจริญศรี และวิศิษฐ์ โชติสกุล. (2524) ผลตกค้างของปุ๋ยเคมีที่มีต่อ
คุณสมบัติทางเคมีของดินนา. รายงานผลการค้นคว้าวิจัย ปี 2519. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตร
และ สหกรณ์.
- ประไพ ชัยโรจน์ วิศิษฐ์ โชติสกุล สุรสิทธิ์ อรรถจารุสิทธิ์ และสุปราณี อัมพิกัณฑ์. (2533). สารหนูในดินและน้ำ.
วารสารดินและปุ๋ย, 12(2), 112 – 117.
- ประวิทย์ ไชยวัฒน์ และพิภพ ปราบณรงค์. (2537). การสะสมตัวและการเคลื่อนที่ของไอออนจากน้ำทะเลที่ใช้
เลี้ยงกุ้งในนาตดดิน ที่มีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและทรัพยากรดินในอำเภอรอบนอก จังหวัด
สงขลา. วารสารสงขลานครินทร์ ปีที่ 18 ฉบับที่ 1 (ม.ค.-มี.ค. 2537): 87-88.
- ประสพ วีระกรพานิช นิ้งประไพ จันทนภาพ และสมพิศ ไม้เรียง. (2531). คุณสมบัติของ Metal-Humus
Complexes ในดินชั้น A ของไทยและเกาหลี โดยการสกัดด้วยไฮโฟสเฟต. วารสารดินและปุ๋ย, 10
(3), 201 – 211.
- ปรักมาศ สุวรรณสิงห์. (2525). ปัญหาสิ่งแวดล้อมกับอุตสาหกรรมเหมืองแร่. วิศวกรรมสาร, 35 (1), 67 – 74.
- ปราโมทย์ ศรีสุวรรณ. (2542). มลพิษทางดิน(Soil Pollutions). วารสารโรงงาน ปีที่17 ฉบับที่ 2 (กุมภาพันธ์-
พฤษภาคม 2542): 29-39.
- ปรีดา พากเพียร สุวพันธ์ รัตนะรัต ตำนาน เพชรฉวี โชติ ศิริบุษย์ และวิศิษฐ์ โชติสกุล. (2529). การประเมินขั้นตอน
ของการกระจายและรูปของเหล็ก, แมงกานีส, สังกะสี, และทองแดงในดินชุดโคราช. วารสารดินและ
ปุ๋ย 1: 21-32.
- ปฤษฎา นนทพันธุ์. (2542). การศึกษาปริมาณตะกั่วในดินและน้ำในพื้นที่ต่าง ๆ ของจังหวัดนครศรีธรรมราชและ
สุราษฎร์ธานี.
- เปี่ยมศักดิ์ มานะเสวด และพิชาน สว่างวงศ์. (2521). ปัญหาโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย.
รายงานการสัมมนาทางวิชาการ. กรุงเทพมหานคร : สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.
- เปี่ยมศักดิ์ มานะเสวด และพิชาน สว่างวงศ์. (2521). การแพร่กระจายของโลหะหนักในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง.
รายงานการสัมมนาทางวิชาการ. กรุงเทพมหานคร : สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.
- เปี่ยมศักดิ์ มานะเสวด และกัลยา วัฒนากร. (2520). การสำรวจระดับของตะกั่วในสิ่งแวดล้อมทั่วไปของหมู่บ้านซึ่ง
นำกากหม้อเบตเตอรีในถมที่ดิน. รายงานการสัมมนาทางวิชาการ. กรุงเทพมหานคร : สถาบันวิจัย
สภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- สุดติ ปริยานนท์ และ กิ่งแก้ว วัฒนเสวริมกิจ. (2528). การวิเคราะห์หาปริมาณของแมงกานีส สังกะสีในดิน และ
 กากของเสียของโรงงานถลุงไฟฟ้าในเขตกรุงเทพมหานคร. วารสารวิจัยสถานะแวดล้อม, 7(7), 1 – 21.
- พงศ์ศรี ใบอวลย์ ประภัสรา เพชรบุรณิน นวลศรี ทยาพัชร และประยูร คีมา. (2523). การพื้ดก้างในดิน. รายงานผลการคั่นคว้าวิจัย ปี 2523. กองกฤษฎีและสัคววิทยา กองควบคุมและวัศตุการเกษตร กรมวิชาการ
 เกษตร.
- พงศ์ศรี ใบอวลย์ ปรีชา ฉัตรสันติประภา พูลสุข หฤทัยธนาสันดี และพงษ์พันธุ์ จัองอยู่สุข. (2537ก). ศัภษาการปน
 เมื่อนของวัศตุมีพื้ในดินบริเวณที่สุ่งก้างได้โครงการลดการใช้สารเคมี. รายงานผลการคั่นคว้าวิจัย ปี
 2537. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- พงศ์ศรี ใบอวลย์ ปรีชา ฉัตรสันติประภา และพูลสุข หฤทัยธนาสันดี. (2537ข). ระดับความเป็นพื้และความคง
 ทนของไคยรอนในดินที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของฝ้าย. รายงานผลการคั่นคว้าวิจัย ปี
 2537. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- พงศ์ศรี ใบอวลย์ ปรีชา ฉัตรสันติประภา และพูลสุข หฤทัยธนาสันดี. (2537ค). ความคงทนและระดับของเมธามิ
 ไคฟอสในดินที่มีความเป็นพื้ค่อน้ำ. รายงานผลการคั่นคว้าวิจัย ปี 2537. กรมวิชาการเกษตร
 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- พงศ์ศรี ใบอวลย์ ภัญญา จัรัสกุล และพูลสุข หฤทัยธนาสันดี. (2541). ผลกระทบของอะมีทรินในดินและน้ำที่มี
 ต่อการเจริญเติบโตของข้าว. ข่าวสารวัศตุมีพื้. ปีที่ 25 ฉบับที่ 3 (ก.ค.-ก.ย. 2541): 92-101.
- พงศ์ศรี ใบอวลย์ ภัญญา จัรัสกุล และพูลสุข หฤทัยธนาสันดี. (2541). ผลกระทบของอะมีทรินในดินและน้ำที่มี
 ต่อการเจริญเติบโตของข้าว (ครั้งที่2). ข่าวสารวัศตุมีพื้. ปีที่ 25 ฉบับที่ 4 (ต.ค.-ธ.ค. 2541).
- พงศ์ศรี ใบอวลย์ วันเพ็ญ อังเจริญ ลาวัณย์ เพ็งบุญ นวลศรี ทยาพัชร และประยูร คีมา. (2519). การศัภษาวัศตุมี
 พื้ดก้างในดินเกษตรกรรม. รายงานผลการคั่นคว้าวิจัย ปี 2519. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตร
 และ สหกรณ์.
- พงศ์ศรี ใบอวลย์. (2533). ผลกระทบและความคงทนของ Bromacil ในดินต่อพื้ปลูกใหม่. ข่าวสารวัศตุมีพื้. ปีที่
 17 ฉบับที่ 4 (ต.ค.-ธ.ค. 2541): 153-165.
- พจน์ย์ มอญเจริญ เทอดศักดิ์ สุภสารัมย์ ไพบุลย์ ประพุดิธรรม ชุศรี ยสินธร ทิพวรรณ อินทโสติ และชุติฉั
 สวงนทรพยากร. (2533). การศัภษาอทธิพลของหินปูนที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและผลกาเจริญ
 โตของข้าวในดินภาคใต้ของประเทศไทยบางชุด. รายงานผลการคั่นคว้าวิจัยประจำปี กรมพัฒนาที่
 ดิน.
- พนิดา ไชยยันต์บุรณ์ รัชนี สุภาพ วิสุทธี เสงวศรี และวัชย์ หิรัญยุปกรณ์. (2540). การสลายตัวของไฮโอเบนคาร์บ
 ในนาข้าว. การประชุมวิชาการ กองวัศตุมีพื้การเกษตร ครั้งที่ 2 (8-10 กรกฎาคม 2542). กองวัศตุมี
 พื้การเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- พนิดา ไชยยันต์บุรณ์. (2540). การคงสภาพของสารป้องกันกำจัดวัชพื้ไฮโอเบนคาร์บในนาข้าว. วิทยานิพนธ์
 ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฉิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม โครงการสหวิทยาการระดับ
 บัณฉิตศัภษา มห วิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- พรพิมล เจริญส่ง. (2538). การปนเปื้อนของคาร์บอนิลและคลอโรไฟริฟอสในดิน น้ำและตะกอน บริเวณสนาม
กอล์ฟแหลมฉบังอินเตอร์เนชันแนล คันทรีคลับ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขา
วิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พัชรา เพ็ชรพูน. (2532) ปริมาณโลหะหนักบางชนิดในอ่าวระยอง. วารสารวิจัยสภาวะแวดล้อม, 11(2), 27.
- พัชราวดี สุวรรณธาดา. (2528) ผลของภาคตะกอนจากการบำบัดน้ำเสียต่อการเติบโตและการสะสมของโลหะ
หนักบางชนิดของผักคะน้า. บทคัดย่อวิทยานิพนธ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พัชรี แสงจันทร์. (2533). การแพร่กระจายดินเค็ม ผลกระทบจากการชลประทาน. วารสารแก่นเกษตร, 18 (1),
1 – 5.
- พิชัย สุริยะสุขประเสริฐ. (2542). ลักษณะทางจุลฐานฐานวิทยา และความสัมพันธ์ของการดูดซับฟอสเฟตกับสมบัติ
บางประการของดินในบริเวณเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต,
สาขาปฐพีวิทยา โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พิชิต พงษ์สกุล และ สุรสิทธิ์ อรรถจารุสิทธิ์. (2542). การประเมินความปนเปื้อนของธาตุโลหะหนักในดิน. วาร
สารดินและปุ๋ย, 21(2), 71 – 82.
- พิภพ ปราบณรงค์ และประวิทย์ โค้วฉนะ. (2537). ผลกระทบของการทำนาทุ่งที่มีต่อสมบัติทางเคมีบางประการ
ของทรัพยากรดินในอำเภอรโนค จังหวัดสงขลา. วารสารสงขลานครินทร์ ปีที่ 16 ฉบับที่ 4 (ค.ค.-
ธ.ค. 2537): 425-436.
- พิมล เรืองวัฒนา และ มณีวรรณ เจริญวโน. (2520). การวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วในดินของเขตอำเภอเมือง
เชียงใหม่. รายงานการสัมมนาทางวิชาการ. กรุงเทพมหานคร : สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลง
กรณ์มหาวิทยาลัย.
- พิสมัย รัมมะวาส. (2532). การเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินที่ระดับ 50 เซนติเมตร หลังผ่านน้ำเสียชุมชนในแนว
ราบ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิต
วิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พลสุข หดทัยธนาสันต์ ไสริยา พันธุ์วิริยะพงษ์ และพิบูลย์ บุตรศรี.(2534). การสะสมของสารกำจัดแมลงอินทรีย์
รายงานผลการค้นคว้าวิจัย ปี 2534. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- เพิ่มพูน กิริติกสิกร. (2542). กลไกและลักษณะการดูดซับโบรอนในดิน. วารสารดินและปุ๋ย ปีที่ 21 เล่มที่ 4 (ค.ค.-
ธ.ค. 2542): 173-183.
- ไพฑูรย์ คติธรรม และ อิทธิพล กลิ่นศรีสุข. (2533). ผลกระทบจากการทำไร่เลื่อนลอยบนดินชุดคอกปุ๋ย บริเวณ
พื้นที่โครงการพัฒนาที่สูงคอกปุ๋ยแป๊ะ จังหวัดตาก และเชียงใหม่. รายงานค้นคว้าวิจัยประจำปี กรม
พัฒนาที่ดิน.
- ไพฑูรย์ พิศุทธิ์สินธุ์ บุญส่ง หุตังคบดี และนิยม รัตนพงษ์. (2536). สถิติการนำเข้าสารกำจัดศัตรูพืชฝ่ายวัดภูมิ
พืช กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ:72.
- ไพรัช สายเชื้อ. (2525). ผลของคิตีที่ ต่อประชากรและชนิดของสัตว์ในดินนาข้าว. วารสารสภาวะแวดล้อม, ปีที่ 4,
1 – 25.

- ภิญญา จำรัสกุล บังเอิญ สีมา และสุวิมล เลิศวีระศิริกุล. (2539). วิจัยชนิดและปริมาณสารพิษกลุ่มออร์แกนโนฟอสฟอรัสและคาร์บาเมทในน้ำและดินตะกอนจากแม่น้ำท่าจีนและคลองแยก. ข่าวสารวัดภูมิพิษ. ปีที่ 23 ฉบับที่ 3 (ก.ค.-ก.ย. 2539), 101-111.
- ภิญญา จำรัสกุล และ นวลศรี ทยาพัชร. (2535). วิจัยชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างในดิน น้ำ ตะกอน บริเวณแหล่งปลูกผักกอกน่าย. ข่าวสารวัดภูมิพิษ, 21 (3), 105 – 116.
- ภูริภัท ร่องพิพัฒนานนท์. (2539). การศึกษาสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกนโนคลอรีนที่ตกค้างในน้ำและดินตะกอนบริเวณลุ่มน้ำห้วยลิ้นถิ่น สถานีวิจัยลุ่มน้ำแม่กลอง อำเภอดอนเจดีย์ จังหวัดกาญจนบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- มณีรัตน์ อธิราชบุรีไพศาล. (2542). การศึกษาการตกค้างของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกนโนคลอรีนในดินและพืชจากการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยวิธีพืชกรอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- มนูดี หังสพพฤกษ์, วิไลวรรณ ธรรมตระกูล และศิริชัย ธรรมวานิช. (2530). ธรณีเคมีของตะกอนในแม่น้ำบางปะกง. วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. เล่มที่ 12-2: 126-129.
- มาลี ลิขิตชัยกุล. (2542). การศึกษาปริมาณสารหนูในน้ำ ดินตะกอน และดิน จังหวัดเพชรบุรี. บทคัดย่อวิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- มาลี เลาสุทแสน. (2528). สารปรอทรวมและสารปรอทอินทรีย์ในดินตะกอนจากแม่น้ำเจ้าพระยาล่อง. บทคัดย่อวิทยานิพนธ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- รัชณี สุวภาพ วิสุทธิ เสงศรี พนิดา ไชยจันทร์บุรณ์ และไศรยา พันธุ์วิริยะพงษ์. (2536). การสลายตัวของคาร์โบฟูแรนที่ใช้กับข้าวซึ่งปลูกในดินชนิดต่างๆ. ข่าวสารวัดภูมิพิษ. ปีที่ 20 ฉบับที่ 1 (ม.ค.-มี.ค. 2536): 15-23.
- รัชณี สุวภาพ วิสุทธิ เสงศรี วิชัย กษิณ ชำละละสิงห์ และหิรัญยุปกรณ์. (2537). ศึกษาการสลายตัวของไอโซไซโฟสในนาข้าว จังหวัดปทุมธานี. รายงานผลการค้นคว้าวิจัย ปี 2537. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- รุ่งทิพย์ นามะวรรณ. (2536). การปนเปื้อนของคาร์บาริลและคลอร์ไพริฟอสในน้ำและตะกอน บริเวณสนามกอล์ฟติดอ่างเก็บน้ำหนองกลางดง จังหวัดชลบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธมัย ชูเกียรติวัฒนา. (2540). ผลกระทบของการใช้สารกำจัดศัตรูพืชอย่างต่อเนื่องต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินและการย่อยสลายของโมโนโครโทฟอสโดยใช้นิวเคลียร์เทคนิค. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ลักขณา เมียนกานิต. (2538). การสะสมของโครเมียม ทองแดง และตะกั่ว ในตะกอนที่ทราบอายุจากบางบริเวณของอำเภอยะยง นอกชายฝั่งนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- ถัดดาวรรณ เพียรเพิ่มภัทร. (2528). อิทธิพลของความเป็นกรด อะลูมินัม เหล็ก และแมงกานีส ต่อความเข้มข้นของ สารพิษบางชนิดในดิน และต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีบางประการของ ข้าว กข. 23 ในดินเปรี้ยวจัด. บทคัดย่อวิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เล็ก มอญเจริญ และ สุพันธ์ ฤณาภรณ์. (2532). การวิเคราะห์ปัญหาหลักทางกายภาพของพื้นที่นาใน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย. วารสารภูมิศาสตร์, 14 (2), 105 – 114.
- เล็ก จาง. (2538). การย่อยสลายของสารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์โดยจุลินทรีย์ในดินเขตร้อน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (การประเมินความเสี่ยงทางด้านสิ่งแวดล้อมในระบบนิเวศเขตร้อน) บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- วรรณพร แจ่มปิยะรัตน์ และ ชเรศ ศรีสถิตย์. (2535). การปนเปื้อนของปรอท แคดเมียม แมงกานีสในดินตะกอน ใกล้เขื่อนทดน้ำท่าจัดมูลฝอยของกรุงเทพมหานคร. วารสารวิจัยสภาวะ แวดล้อม, 14 (2), 56 – 71.
- วินัย สมบูรณ์ (2532). การปนเปื้อนของสารเคมีการเกษตรในดินและน้ำใต้ดิน. วารสารวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาฯ, ปีที่ 11 เล่มที่ 2(ก.ค. –ธ.ค. 2532)
- วิภา ตั้งนิพนธ์ อารี ไชยาภินันท์ และพูลสุข หฤทัยธนาสันต์ . (2537). การสะสมของวัตถุมีพิษในดินและน้ำใน สวนองุ่น จังหวัดราชบุรี ภายใต้โครงการลดการใช้สารเคมีทางการเกษตร. รายงานผลการค้นคว้าวิจัย ปี 2537. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- วิภา พรพิพัฒน์. (2522). การศึกษาหาสารมีพิษตกค้างในปลา น้ำ และตะกอน บริเวณอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิโรจน์ อัมพิกัณฑ์. (2531). การจัดการดิน เล่ม 2. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- แวววรินทร์. (2535). ดินที่มีปัญหา : ดินชะล้างพังทลาย. วารสารชัยพฤกษ์วิทยาศาสตร์, 39 (269), 28 – 29.
- ศักดิ์สินทร์ ชีรพันธุ์เสถียร. (2537). แคดเมียมและสังกะสีในน้ำ ตะกอนและหอยกาบของแม่น้ำปิง. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.
- ศิราณี ศิริสุขโขม. (2534). ผลของภาคตะกอนจากการนำบักน้ำเสียชุมชนต่อการเติบโตและการสะสมโลหะหนัก ในพืชผัก บริเวณพื้นที่เกษตรกรรม จังหวัดปทุมธานี. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิวพร คชารักษ์. (2535). การปนเปื้อนของคาร์บอนิลและคลอโรไฮโดรฟอสในดินบริเวณตามกอล์ฟติดกับอ่างเก็บน้ำ หนองกลางดง จังหวัดชลบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิวาภรณ์ เทียงตรงสกุล ผกาสินี อินอ่อน ศิริพรรณ มุขสมบัติ และพูลสุข หฤทัยธนาสันต์. (2537). การสะสมของ วัตถุมีพิษในดินและน้ำในสวนองุ่น จังหวัดสมุทรสาครภายใต้โครงการลดการใช้สารเคมีทางการ เกษตร. รายงานผลการค้นคว้าวิจัย ปี 2537. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

- ศิวาภรณ์ เทียงตรงสกุล พงศ์ศรี ไบอคุลย์ พูลสุข หฤทัยชนาสันดี และศิริพรรณ มุขสมบัติ. (2534ก). ศึกษาการสะสมของวัตถุมีพิษในดิน น้ำ และตะกอนในสวนส้มโอ. รายงานผลการค้นคว้าวิจัย ปี 2534. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ศิวาภรณ์ เทียงตรงสกุล ไสริยา พันธุ์วิริยะพงษ์ พูลสุข หฤทัยชนาสันดี ศิริพรรณ มุขสมบัติ และอารี ไชยภินันท์. (2538). การสะสมของวัตถุมีพิษในดิน น้ำ ตะกอน และปลา บริเวณสวนส้มโอภายใต้โครงการ IPM ไม่ผล. การประชุมวิชาการ กองวัตถุมีพิษการเกษตร ครั้งที่ 1 (23-25 สิงหาคม 2538), กองวัตถุมีพิษการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ศิวาภรณ์ เทียงตรงสกุล ไสริยา พันธุ์วิริยะพงษ์ พูลสุข หฤทัยชนาสันดี และอารี ไชยภินันท์. (2534ข). ศึกษาการสะสมของวัตถุมีพิษในดิน น้ำ และตะกอนในสวนส้มเขียวหวาน. รายงานผลการค้นคว้าวิจัย ปี 2534. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ศิวาภรณ์ สกุลเที่ยงตรง และ U.E. Brady. (2527). การสลายตัวของคลอรีไฟรอฟอสที่มีสารรังสีคาร์บอนในดินและข้าวโพด. ข่าวสารวัตถุมีพิษ. ปีที่ 11 ฉบับที่ 2 (มี.ค.-เม.ย. 2527), 48-65.
- ศุภมาส พานิชศักดิ์พัฒนา. (2540). ภาวะมลพิษของดินจากการใช้สารเคมี. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ไสริยา พันธุ์วิริยะพงษ์ วรางคณา โพธิ์สุข และพูลสุข หฤทัยชนาสันดี. (2537). การสะสมของวัตถุมีพิษในดินและในบริเวณสวนทุเรียนในจังหวัดจันทบุรี ภายใต้โครงการ IPM ไม่ผล: GTZ. รายงานผลการค้นคว้าวิจัย ปี 2537. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ไสริยา พันธุ์วิริยะพงษ์ ศิวาภรณ์ สกุลเที่ยงตรง และพูนสุข หฤทัยชนาสันดี. (2537). การศึกษาผลของวัตถุมีพิษต่อไส้เดือน และจุลินทรีย์ดินบริเวณสวนทุเรียนจังหวัดจันทบุรี ภายใต้โครงการ IPM ไม่ผล : GTZ. รายงานผลการค้นคว้าวิจัย.
- สมบัติ อินทร์คง. (2538). อัตราการใช้ออกซิเจนของจุลินทรีย์ในตะกอนเพื่อเป็นเครื่องชี้บอกภาวะมลพิษ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมพร จันทระ. (2537). การติดตามตรวจสอบปริมาณคาร์บอนในตัวอย่างน้ำและดินจากผักบ้านสบเป่า จังหวัดลำพูน โดยวิธีโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สมศรี อรุณินท์ พรหม รุ่งแสงจันทร์ พิชัย วิชัยดิษฐ์ อรุณี ขวัญนิยม และชัยนาม คิสถาพร. (2533). อิทธิพลของน้ำใต้ดินต่อการแพร่กระจายของดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. รายงานค้นคว้าวิจัยประจำปี กรมพัฒนาที่ดิน.
- สมศรี อรุณินท์. (2529). ดินเค็มกับอีสานเขียว. วารสารอนุรักษ์ดินและน้ำ, 3 - 6.
- สมศักดิ์ มณีพงศ์ และคณะ. (2535). การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร : คณะกรรมการจัดงานสัมมนาสิ่งแวดล้อมปี 2535.
- สมศักดิ์ มณีพงศ์. (2535). กลไกการดูดซับซัลเฟตของดิน. วารสารดินและปุ๋ย 14 เล่มที่ 3 (ก.ค.-ก.ย.): 216-220.

- สมศักดิ์ มณีพงษ์. (2539). การกระจายของโลหะหนักในตะกอนจากทะเลสาบสงขลาตอนนอก. วารสารสงขลานครินทร์, 18(1), 87 – 97.
- ตำรวจ กรุฑกุล และไฉวรรณ อังศิริส. (2532). ผลกระทบของสภาพความชื้นของดินตัวอย่างต่อค่าความเป็นกรดทั้งหมดของดินกรด. วารสารดินและปุ๋ย ปีที่ 11 เล่มที่ 2(เม.ย.-มิ.ย. 2532): 126-135.
- ศิริลักษณ์ ภาคอรธ. 2536. การเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดินภายหลังการเผา วม ที่ตั้งค้อย่างขวาง จังหวัดเชียงใหม่. ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาวนวัฒนวิทยา, ภาควิชาวนวัฒนวิทยา, คณะวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุทธยา กำเนิดมณี. (2540). การศึกษาปริมาณโลหะหนักในดิน น้ำ ดินตะกอน และหญ้าขน บริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง, บทคัดย่อวิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- สุทธิชัย เลียงชยศ. (2533). ผลการศึกษาวิเคราะห์เพื่อกำหนดนโยบายและวิธีการควบคุมป้องกันและปรับปรุงแก้ไขปัญหามลพิษที่ดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. วารสารพัฒนบริหารศาสตร์, 30 (3), 95 – 108.
- สุชาติ ตุนทรพันธ์ และนิรันดร์ สิงหนุตรา. (2518). ผลของยาฆ่าแมลง Dieldrin และ ยากำจัดวัชพืช 2,4-D ที่มีต่อปริมาณและกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน. วิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์. ปีที่ 9 ฉบับที่ 1, 46-54.
- สุนทร ชิงสังวาลย์ และ นิรันดร์ สิงหนุตรา. (2518). การศึกษาเบื้องต้นถึงผลของยาฆ่าแมลงอโดรินที่มีต่อปริมาณแบคทีเรียในดิน. วารสารเกษตรศาสตร์, 9 (1), 80 – 83.
- สุนีย์ เสาวรส. (2521). ดินเปรี้ยว. วารสารชัยพฤกษ์วิทยาศาสตร์, 25 (103), 8 – 10.
- สุปราณี วิชาญนันต์. (2526). การวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟตในดิน น้ำ ดินตะกอนของลำธาร และการดูดซับซัลเฟตของดินจากบริเวณทุ่งจ้อ และค้อยปุ๋ย จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุวิมล เลิศวิระศิริกุล และบังเอิญ สี่มา. (2534). วิจัยชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างในน้ำและดินตะกอนบริเวณอ่างเก็บน้ำลำตะคอง. รายงานผลการค้นคว้าวิจัย ปี 2534. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- หญิงเล็ก พงศ์พยัคฆ์. (2533). ผลของปุ๋ยและอินทรีย์วัตถุต่อการเปลี่ยนแปลงของไฟโรทีนในดินกรดกำมะถัน. รายงานค้นคว้าวิจัยประจำปี กรมพัฒนาที่ดิน.
- หรรษา คุณาโท นิพรณศรี โคมทอง สำเนียง วิริยะศิริ และยุวดา ปทุมแก้ว. (2525). การเปรียบเทียบอิทธิพลของอนุผลซัลเฟตและคลอไรด์ที่ก่อให้เกิดความเป็นกรดในดิน. รายงานผลการค้นคว้าวิจัยปี 2525. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและ สหกรณ์.
- อนุสรณ์ มาสกรานต์. (2530). รูปของอูมิโนในดินนภาคกลางตอนใต้และการเจริญเติบโตของข้าว กษ.23. วิทยานิพนธ์ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อภิศักดิ์ โพธิ์ปิ่น ภรรทพ ปณณัฐโร และวสันต์ รัตนะ. (2538). การศึกษาผลกระทบของสมบัติดินและน้ำต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งทะเล. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 13(3): 15-21.

- อภิศักดิ์ โพธิ์ปิ่น. (2539). การตกค้างของกำมะถันในแปลงปลูกอ้อยบนชุดดินเลข. วารสารนิเวศวิทยา ปีที่ 22 ฉบับที่ 3 (ส.ค.-ธ.ค. 2539): 68-72.
- อรรถ ศุภริพงษ์ และ จุไร ทองมาก. (2535). การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร : คณะกรรมการจัดงานสัมมนาสิ่งแวดล้อม.
- อรรถ ศุภริพงษ์ และ จุไร ทองมาก. (2541). โลหะหนักในดินนาของประเทศไทย. วารสารเทคโนโลยี, 25(1), 37-50
- อรรถ หอมจันทร์. (2535). ความเป็นพิษของโลหะหนักบางชนิดจากกากตะกอนบำบัดน้ำเสียชุมชนต่อผักคะน้า. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อรุณี ภูวนิช และสมศรี อรุณินท์. (2533). ผลของระดับความเค็มต่อการตอนสนองของ *Sporobolus virginicus* (L.) Kunth. รายงานค้นคว้าวิจัยประจำปี กรมพัฒนาที่ดิน.
- อารมณ เชลิต. (2535). การปนเปื้อนของโลหะหนักในตะกอนขรน้ำจากการทำเหมืองแร่ตะกั่ว. บัณฑิตวิทยาลัย นิพนธ์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- อำนาจ สิทธิเจริญชัย. (2523). ผลกระทบของการใช้เครื่องทุ่นแรงกับการอนุรักษ์ดิน. วารสารสงขลานครินทร์, 2 (3), 43 – 54.
- อุดมลักษณ์ อุณจิตต์วรรณะ. (2531). ผลกระทบของการใช้สารกำจัดวัชพืช. ข่าวสารวัดภูมิพิณ, 15 (2), 55 – 58.
- อุดมลักษณ์ อุณจิตต์วรรณะ. (2536). การสลายตัวของแอตราซีน (Atrazine) ในดินและเศษหญ้า (Trash) ที่ใช้คลุมดินในการปลูกข้าวโพด. ข่าวสารวัดภูมิพิณ. ปีที่ 14 ฉบับที่ 4 (ก.ค.-ส.ค. 2530): 85-91.
- อุดมลักษณ์ อุณจิตต์วรรณะ. (2536). อิทธิพลของสารกำจัดวัชพืชต่อจุลินทรีย์ในดิน. ข่าวสารวัดภูมิพิณ. ปีที่ 20 ฉบับที่ 4 (ค.ค.-ธ.ค. 2536): 162-164.
- Agate, A.D. et al. (1986). Isolation of iron oxidizing bacteria from the mangroves of South Thailand. Biovigyanam, 12(1), 73 – 75.
- Arrykul, Surapon, Kalayanee Kooptarmond and Arry Suwanmanee. (1990). Arsenic in Soils and Stream Sediments, Ronpibul, Nakon-Si-Thammarat Province. Songkla : Songklanakarin University.
- Arunin, S. et al. (1988). Green manure in rice farming. Manila : Interational Rice Research Institute.
- _____. (1984). Characteristics and management of salt – affected soils in the northeast of Thailand. Manila : Interational Rice Research Institute.
- Buraue P., F. Fuhr. (2000). Formation and long – term fate of non – extractable residue in outdoor lysimeter studies. Environmental Pollution, 108(0), 95-52.
- Cannon I.7. (2524). ดินเค็ม อดร. ข่าวสารชลประทานยุคปฏิรูปงาน, 7 (23), 4, 29 – 30.
- Gevao B., K.T. Semple, K.C. Jones. (2000). Bound pesticide residues in soils: a review. Environmental Pollution, 108(2000), 3-14.

- Korpradiskul, R., V. Korpraditskul and S. Kuwatsuka (1992). Degradation of the herbicide atrazine in five different Thai soils. Journal of Pesticide Science, 17 (4), 287 – 289.
- Laprungsirat, Taqatchai. (1984). Determination of Some Heavy Metals in Airborne Particulates in Mae Moh Basin. Environmental Science Master's Thesis, Chulalongkorn University, Thailand.
- Mahadlek, Banchong. (1984). Determination of Chlorinated Hydrocarbon Insecticide Residues in Sediment From Various Elevations of Ping and Wang River Basins [in Thailand]. Environmental Science Master's Thesis, Kasetsart University, Thailand.
- Nayana Puengpan, Terdsak Subhasaram, Pongsiri Patcharapreecha, Kenzo Miura และ Hiidenori Wada. (2535). Impermeable Layers in Salt Affected Sandy Soils in Northeast Thailand (Part 1). วารสารดินและน้ำ ปีที่ 14 เล่มที่ 1 (ม.ค.-มี.ค. 2535): 40-48.
- Prabnarong, Pipop, Prawit Towatana and Somsak Maneepong. (1994). The impacts of shrimp culture on some chemical properties of soil in Amphoe Ranot, Changwat Songkhla. Songklanakarin Journal of Science Technology, 16 (4), 425 – 436.
- Preeda Parkpian, Apisit Eiumnon and Lers B.Reutegardh. (1996). Impacts of toxic substances on ecosystems. เทคโนโลยีเกษตร. Vol.23 No. 3 (September-Desember): 77-80.
- Sangplang, Manoon. (1985). Pesticide Residue Level of Organochlorine on Soil in Various Types of Land Use Around Bangpakong River Basin [Thailand]. Environmental Science Master's Thesis, Kasetsart University, Thailand.
- Silke Muller, Wolfgang Wilcke, Nualsri Kanchanakool, Wolfgang Zech. (2000). Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) and Polychlorinated Biphenyls (PCBs) in Particle-size Separates of Urban Soil in Bangkok, Thailand. Soil Science, Vol. 165, No.5 (May 2000): 412-419.
- Suwanaked, Preeyaporn. (1991). Lead Contamination of Roadside Soils in Bangkok Metropolitan Area. Environmental Science Master's Thesis, Chulalongkorn University, Thailand.
- Thao, V.D., Karano, M. and Tatsukawa, R. (1993). Persistent Organochlorine Residues in Soils from Tropical and Subtropical Asian Countries. Environmental Pollution, 81 (1), 61 – 71.

การจัดการน้ำเสียจากแหล่ง อุตสาหกรรม

การจัดการน้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรม (Industrial Wastewater Management)

ดร.วิทย์ นุตมากุล
คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

คำนำ

การศึกษาด้านความรู้ด้านน้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรม มีเป้าหมายที่จะทำการค้นคว้าหาเอกสารทางด้านการบริหารจัดการน้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรมจากหน่วยงานและสถาบันต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยจะจำแนกเอกสารออกเป็นกลุ่มๆ อย่างกว้างๆ ตามประเภทอุตสาหกรรม เพื่อให้ทราบถึงองค์ความรู้ที่มีอยู่ในปัจจุบัน และวิเคราะห์ช่องว่างขององค์ความรู้ ตลอดจนเสนอแนะทิศทางการงานวิจัยในอนาคตเพื่อเติม ช่องว่างที่ขาดไปขององค์ความรู้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ซึ่งจะมีผลทำให้มีการนำองค์ความรู้เหล่านั้นไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

บททวนวรรณกรรม

จากการค้นคว้ารวบรวมรายงานการศึกษาและวิจัยในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการน้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรมต่างๆ ของประเทศไทย ได้เอกสารมารวมทั้งสิ้นประมาณ 200 รายการ ซึ่งได้เลือกงานศึกษาวิจัยบางรายการมาสรุปโดยแบ่งเป็นกลุ่มตามประเภทอุตสาหกรรมได้ดังนี้

- อุตสาหกรรมชุบโลหะด้วยไฟฟ้า
- อุตสาหกรรมที่มีการปล่อยโลหะหนักปนเปื้อนในน้ำเสีย
- อุตสาหกรรมฟอกย้อม
- อุตสาหกรรมอาหาร
- อุตสาหกรรมอื่นๆ

1. อุตสาหกรรมชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

น้ำเสียจากอุตสาหกรรมชุบโลหะด้วยไฟฟ้าจะมีโลหะหนักชนิดต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการผลิตปนเปื้อนรวมอยู่ด้วย เทคโนโลยีที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมประเภทนี้จะมุ่งเน้นที่การกำจัดโลหะหนักเหล่านั้นเป็นหลัก ซึ่งสามารถจำแนกเทคโนโลยีที่ใช้ในการบำบัดออกได้ดังนี้

- การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีเคมี
- การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange)
- การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีดูดซับ (Adsorption)
- การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีการกรองแบบอัลตราฟิลเตรชัน (Ultrafiltration)

1.5 การบำบัดน้ำเสียโดยใช้พืชหรือระบบึงประดิษฐ์

1.1 การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีเคมี

Charoensrisomchit (1998) ได้ทำการศึกษาหาวิธีการในการกำจัดโครเมียมในน้ำเสียจากโรงงานชุบโลหะด้วยไฟฟ้าโดยใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ โดยได้ศึกษาตัวแปรดังนี้ ปริมาณของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา และค่าพีเอชที่เหมาะสมในการตกตะกอนโครเมียม โดยใช้โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวปรับค่าพีเอช ตัวอย่างน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองเก็บมาจากโรงงานชุบโลหะด้วยไฟฟ้าและได้ทำการเจือจางความเข้มข้นของโครเมียมเป็น 100 มิลลิกรัม/ลิตร โดยได้ศึกษาน้ำเสียทั้งในส่วนที่เจือจางและไม่ได้เจือจาง ผลจากการศึกษาน้ำเสียที่เจือจางพบว่าปริมาณของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ในระดับ 600 มิลลิกรัม/ลิตรและระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา 10 นาที จะรีดิวซ์โครเมียมได้ดีที่สุดเท่ากับ 98% ส่วนค่าพีเอชที่เหมาะสมที่สุดในการตกตะกอนโครเมียมได้แก่ที่พีเอช 9 ซึ่งจากการศึกษาน้ำเสียที่ไม่ได้เจือจางก็ให้ผลที่สอดคล้องกันกับน้ำเสียที่เจือจาง

วิสิทธิ์ (2540) ได้ทดลองบำบัดไซยาไนด์ในน้ำเสียจากกระบวนการชุบโลหะด้วยสังกะสีโดยวิธีออกซิเดชันด้วยโปแตสเซียมเปอร์มังกาเนต โดยใช้ น้ำเสียจากโรงงานในส่วนที่ปนเปื้อนด้วยไซยาไนด์ซึ่งมีแหล่งกำเนิดมาจากน้ำยาชุบและน้ำล้างชิ้นงานหลังชุบโดยจะถูกส่งไปรวมกับน้ำเสียจากขั้นตอนการล้างคราบไขมันที่ผิวชิ้นงานด้วยตัวล้างร้อน ทำให้น้ำเสียมีสภาพเป็นด่าง น้ำเสียนี้มีไซยาไนด์อยู่ในช่วง 315–442 มิลลิกรัม/ลิตร ผลจากการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดไซยาไนด์ได้อย่างสมบูรณ์ ได้แก่ อัตราส่วนโดยโมลของไซยาไนด์ต่อโปแตสเซียมเปอร์มังกาเนต คือ 1 ต่อ 2 และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา 15 นาที ข้อดีของวิธีการนี้คือช่วยลดค่าซีโอดี และ สังกะสี ได้ด้วย แต่ก็มีข้อเสีย คือ ของแข็งละลายในน้ำจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นมากภายหลังการบำบัด ทำให้ต้องเพิ่มขั้นตอนในการบำบัดโดยด่างกำจัดซีของโปแตสเซียมเปอร์มังกาเนตในน้ำหลังการบำบัดไซยาไนด์แล้ว

สาโรช (2536) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาหาแนวทางในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานชุบโลหะด้วยไฟฟ้าโดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ซึ่งครอบคลุมการชุบโลหะโครเมียม ทองแดง นิกเกิล และสังกะสี และใช้น้ำเสียจริงเป็นกรณีตัวอย่าง น้ำเสียจากโรงงานชุบโลหะแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท คือ น้ำเสียที่เป็นด่าง น้ำเสียที่เป็นกรด น้ำเสียที่เป็นพิษ และน้ำเสียรวม ผลจากการศึกษาสรุปได้ว่าสามารถบำบัดน้ำเสียที่เป็นด่างด้วยน้ำเสียที่เป็นกรดได้และทำให้ปริมาณน้ำเสียลดลงเหลือเพียงร้อยละ 60.3 ของน้ำเสียรวมทั้งหมด การกำจัดโครเมียมโดยวิธีรีดิวซ์โครเมียมประจุบวกหกให้เป็นประจุบวกสามด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ให้ผลดีกว่าใช้เฟอร์รัสซัลเฟต จากนั้นก็ทำการกำจัดโลหะหนักโดยการตกตะกอนด้วยปูนขาวและโซดาไฟ พบว่า โลหะหนักตกตะกอนได้ดีกับปูนขาวและโซดาไฟในช่วงพีเอชใกล้เคียงกัน โดยค่าช่วงพีเอชที่เหมาะสมสำหรับตกตะกอนโครเมียม 9.0 – 11.0 ทองแดง 7.5 – 11.0 นิกเกิล 10.5 – 11.0 สังกะสี 9.5 – 11.0 ทองแดงปนกับนิกเกิลและสังกะสี 9.5 – 11.0 สังกะสีที่มีไซยาไนด์ปนอยู่ด้วย 8.0 – 10.5 ในการกำจัดโลหะหนักด้วยการตกตะกอนนี้จำเป็นต้องมีการกรองจึงจะได้น้ำทิ้งที่มีคุณภาพตามมาตรฐานน้ำทิ้ง ยกเว้นกรณีที่มีสังกะสีเพียงอย่างเดียวไม่จำเป็นต้องกรอง การกำจัดไซยาไนด์ทำได้โดยการออกซิไดซ์ไซยาไนด์ให้เป็นไซยานิดด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์หรือแคลเซียมไฮโปคลอไรท์

วิธีการออกซิไดซ์นี้สามารถกำจัดไซยาไนด์ได้อย่างสมบูรณ์ เมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการบำบัดในส่วนของการเคมี โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ราคาถูกกว่าและให้ผลดีกว่าใช้เฟอร์รัสซัลเฟต ปูนขาวราคาถูกกว่าโซดาไฟและค่าบำบัดตะกอนที่เกิดขึ้นก็ถูกกว่า แคลเซียมไฮโปคลอไรท์ราคาถูกกว่าโซเดียมไฮโปคลอไรท์ การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการบำบัดทั้งระบบพบว่าถ้าโรงงานทำการบำบัดเองจะเสียค่าใช้จ่ายทั้งค่าสารเคมีและค่าบำบัดตะกอนสูงเป็น 2 – 3.5 เท่าของค่าใช้จ่ายเมื่อใช้บริการของศูนย์บริการกำจัดกากอุตสาหกรรมเสมอค่าซึ่งจะเสียค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด

ครุณี (2535) ได้ศึกษาหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการกำจัดโครเมียมและนิเกิลในน้ำเสียสังเคราะห์และน้ำเสียจากโรงงานชุบโลหะโดยกระบวนการเฟอร์ไรท์ จากการศึกษาพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดโครเมียมคือที่พีเอช 10 และอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส หรือที่พีเอช 11 และอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ส่วนนิเกิลคือที่พีเอช 10 - 11 และอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ถ้าเป็นกรณีที่มีทั้งโครเมียมและนิเกิลปนอยู่ด้วยกัน สภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดโลหะหนักทั้งสองตัวพร้อมกันคือที่พีเอช 10 และอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ในส่วนของอัตราส่วน โมลที่เหมาะสมในการกำจัดโครเมียมและนิเกิลในน้ำเสียสังเคราะห์คือ $Cr(3+)/Iron(total)$ เท่ากับ 14.85×10^{-3} และ $Ni(2+)/Iron(total)$ เท่ากับ 13.15×10^{-3} โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมและนิเกิลเท่ากับ 100% ทั้งสองตัว ในการกำจัดโครเมียมและนิเกิลในน้ำเสียจากโรงงานชุบโลหะที่ไม่มีไซยาไนด์ คือ $Cr(3+)/Iron(total)$ เท่ากับ 2.51×10^{-3} และ $Ni(2+)/Iron(total)$ เท่ากับ 1.4×10^{-3} โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมและนิเกิลเท่ากับ 100% ทั้งสองตัว ในการกำจัดโครเมียมและนิเกิลในน้ำเสียจากโรงงานชุบโลหะที่มีไซยาไนด์ คือ $Cr(3+)/Iron(total)$ เท่ากับ 1.8×10^{-3} และ $Ni(2+)/Iron(total)$ เท่ากับ 0.76×10^{-3} โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมและนิเกิลเท่ากับ 100 และ 98.27% ตามลำดับ จากนั้นได้ทำการทดสอบความเสถียรของกากตะกอนที่สังเคราะห์จากน้ำเสียโรงงานชุบโลหะที่มีและไม่มีไซยาไนด์โดยวิธี leaching test ในระยะเวลา 6 – 24 ชั่วโมง พบว่ามีความเสถียรที่พีเอช 3 – 5

มงคล (2532) ได้ทำการศึกษาวิธีการจัดการและบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตแผ่นเหล็กอบสังกะสี โดยได้แบ่งน้ำเสียจากโรงงานออกเป็น 6 ประเภท คือ น้ำร้อนล้าง น้ำเย็นล้าง น้ำหล่อเย็น กรดโครมิกที่ใช้แล้ว สารละลายกรด สารละลายด่าง แล้วทำการทดลองบำบัดน้ำเสียทั้งในรูปของน้ำเสียแยกเป็นแต่ละประเภทและในรูปของน้ำเสียรวมโดยใช้วิธีการทางเคมีและฟิสิกส์ ในการศึกษาได้ทำการทดลองกำจัดโครเมียมในน้ำเสียกรดโครมิกที่ใช้แล้ว โดยรีดิวซ์โครเมียมประจุบวกหกให้เป็นประจุบวกสามด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟท์หรือเฟอร์รัสซัลเฟต จากนั้นก็ทำการกำจัดโครเมียมประจุบวกสามโดยการตกตะกอนด้วยปูนขาวหรือโซดาไฟ พบว่าโซเดียมเมตาไบซัลไฟท์มีประสิทธิภาพในการรีดิวซ์โครเมียมได้ดีกว่าเฟอร์รัสซัลเฟต โดยจะรีดิวซ์โครเมียมได้อย่างสมบูรณ์เมื่อใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ในปริมาณ 1.75 เท่าของปริมาณที่ต้องใช้ตามทฤษฎี และปูนขาวตกตะกอนโครเมียมประจุบวกสามได้ดีกว่าโซดาไฟ โดยตกตะกอนได้ดีที่พีเอช 8.5 ในส่วนของการกำจัดสังกะสีซึ่งมีอยู่ในน้ำเสียรวมและในน้ำหล่อเย็นได้ทำการทดลองโดยทำการตกตะกอนด้วยปูนขาวหรือโซดาไฟ พบว่าปูนขาวมีประสิทธิภาพในการตกตะกอนสังกะสีสูงกว่าโซดาไฟทั้งในน้ำเสียรวมและในน้ำหล่อเย็นโดยตกตะกอนได้ดีที่พีเอช 9.5 ในกรณีของสังกะสีถ้าใช้ polymer ที่ความเข้มข้น 0.2 – 1.0 มิลลิกรัม/ลิตรจะช่วยให้การตกตะกอนดีขึ้น เพื่อให้ น้ำทิ้งมีคุณภาพตามมาตรฐานน้ำทิ้งของกระทรวงอุตสาหกรรมในกรณีน้ำเสียของ

โครเมียมต้องทำการกรองผ่านเครื่องกรองทรายอัตราไหลช้าก่อนจึงจะปล่อยทิ้งได้ ในส่วนของการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียพบว่าถ้าโรงงานทำการบำบัดเองจะเสียค่าใช้จ่ายที่สูงกว่าใช้บริการของศูนย์บริการกำจัดกากอุตสาหกรรมเสมอค่าซึ่งจะเสียค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด

1.2 การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange)

สรียาภรณ์และคณะ (2540) ได้ศึกษาวิธีการแยกโลหะนิกเกิลและทองแดงจากน้ำทิ้งในโรงงานชุบโลหะเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ ด้วยกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออนโดยใช้เรซินแลกเปลี่ยนแคตไอออนเพื่อจับนิกเกิลและทองแดงไว้ แล้วทำการชะนิกเกิลและทองแดงออกจากเรซินด้วยกรดไฮโดรคลอริก จากนั้นทำการแยกนิกเกิลและทองแดงออกจากกันโดยผ่านเรซินแลกเปลี่ยนแอนไอออน พบว่ากรดความเข้มข้น 7 โมลาร์สามารถแยกนิกเกิลกลับมาได้มากกว่า 85% และกรดความเข้มข้น 1.5 โมลาร์สามารถแยกทองแดงกลับมาได้เกือบ 100%

คลเดช (2539) ได้ทำการวิจัยเพื่อหาแนวทางในการแก้ไขปัญหามลพิษทางน้ำที่เกิดขึ้นจากโรงงานชุบโลหะด้วยไฟฟ้าขนาดเล็ก โดยใช้วิธีการลดปริมาณของเสียและทดลองบำบัดน้ำเสียโดยทำการกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตของโรงงานด้วยกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออนด้วยเรซิน ในการวิจัยได้ใช้โรงงานที่มีอยู่ในเขตจังหวัดเชียงใหม่ซึ่งมีอยู่ทั้งหมด 3 โรงงาน จากการสำรวจสภาพของโรงงานโดยทั่วไปไม่ได้มาตรฐาน ไม่มีระบบบำบัดน้ำเสีย ปริมาณน้ำเสียโดยเฉลี่ยต่อโรงงานประมาณ 1,290 ลิตร/วัน โดยแบ่งออกเป็น น้ำเสียกรด 4% น้ำเสียด่าง 24% น้ำเสียนิกเกิล 43% และน้ำเสียโครเมียม 29% ความเข้มข้นเฉลี่ยของนิกเกิลในน้ำเสียนิกเกิลเท่ากับ 293 มิลลิกรัม/ลิตร และความเข้มข้นเฉลี่ยของโครเมียมในน้ำเสียโครเมียมเท่ากับ 1,409 มิลลิกรัม/ลิตร ผลจากการปรับปรุงโรงงานแห่งหนึ่งเพื่อลดปริมาณของเสียลงโดยการใช้นาตรการต่าง ๆ พบว่าสามารถลดปริมาณน้ำเสียลงได้ค่อนข้างมาก โดยปริมาณน้ำเสียกรดและด่าง น้ำเสียนิกเกิล และน้ำเสียโครเมียมลดลงโดยเฉลี่ย 70.8, 92.2 และ 70.9% ตามลำดับ ส่วนปริมาณโลหะนิกเกิลและโลหะโครเมียมที่สูญเสียไปกับน้ำเสียลดลงโดยเฉลี่ย 82.5 และ 73.4% ตามลำดับ ในส่วนของการบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการแลกเปลี่ยนไอออนด้วยเรซิน น้ำเสียนิกเกิลใช้เรซินประจุบวกของกรดแก่ (ฟูอไอไลท์, C-100) ผลจากการศึกษาพบว่าน้ำเสียนิกเกิลที่ความเข้มข้นไม่เกิน 300 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อผ่านเรซินออกมาโดยใช้เวลากักพักในชั้นเรซินนานกว่า 3 นาทีจะมีคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง การบอกสภาพเบรคทู (Breakthrough) ของเรซินสามารถใช้ค่าสภาพการนำไฟฟ้ามาควบคุมการทำงานของระบบแทนการวัดค่าความเข้มข้นของนิกเกิลในน้ำที่ผ่านเรซินออกมาได้ ส่วนน้ำเสียโครเมียมใช้เรซินประจุลบของด่างแก่ (ฟูอไอไลท์, A-200) ผลจากการทดลองพบว่าน้ำเสียโครเมียมที่ความเข้มข้นไม่เกิน 650 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อผ่านเรซินออกมาโดยใช้เวลากักพักในชั้นเรซินนานกว่า 3 นาทีจะมีคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง การบอกสภาพเบรคทู (Breakthrough) ของเรซินสามารถใช้ค่าพีเอชและสภาพการนำไฟฟ้ามาควบคุมการทำงานของระบบแทนการวัดค่าความเข้มข้นของโครเมียมในน้ำที่ผ่านเรซินออกมาได้

พุทธิสาร (2538) ได้ศึกษาวิธีการบำบัดน้ำเสียโครเมียมจากโรงงานชุบโลหะขนาดเล็กด้วยวิธีแลกเปลี่ยนประจุไอออน โดยใช้เรซิน QUARON AU-808 และ DOWEX MSA-1 สำหรับแลกเปลี่ยนไอออนกับโครเมียม (VI) พบว่าเรซินทั้งสองชนิดสามารถลดความเข้มข้นของโครเมียม (VI) ในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงเหลือต่ำกว่า 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร โดยมีอัตราการไหลที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 10 – 40 เท่าของปริมาตรเรซินที่ใช้/ชั่วโมง เมื่อทำการทดลองรีเจนเนอเรชันทั้งสองชนิดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ พบว่าเรซิน QUARON AU-808 มีประสิทธิภาพในการรีเจนเนอเรตต่ำเนื่องจากเรซินถูกกรดโครมิกออกไซด์ ส่วนเรซิน DOWEX MSA-1 สามารถรีเจนเนอเรตกลับมาใช้ใหม่ได้ดีโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5 – 7% ที่อัตราการไหล 2 เท่าของปริมาตรเรซินที่ใช้/ชั่วโมง เมื่อนำเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้นไปทดลองใช้นำบดน้ำเสียโครเมียมจากโรงงานชุบโลหะขนาดเล็ก พบว่าคุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง เครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้นนี้มีต้นทุนดำเนินการต่ำ เปลี่ยนน้ำเสียให้เป็นน้ำดีได้ สามารถนำน้ำดีและโครเมียมกลับมาใช้ใหม่ได้

ขจรศักดิ์ (2538) ได้ทำการทดลองนำผักตบชวามาใช้ในการนำโลหะหนักที่อยู่ในน้ำล้างชิ้นงานจากกระบวนการชุบนิเกิลด้วยไฟฟ้ากลับมาใช้ใหม่ การทดลองได้แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกเป็นการเปรียบเทียบความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนกับผักตบชวาทั้งผักตบชวาใหม่และผักตบชวาที่ผ่านการแลกเปลี่ยนนิเกิลไอออนมาแล้ว โดยทดลองกับน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีนิเกิล 10 และ 100 มิลลิกรัม/ลิตร ขั้นตอนที่สองได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ทดลองเปรียบเทียบความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนของผักตบชวาโดยใช้อัตราเร็วในการไหลของน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีนิเกิล 100 และ 250 มิลลิกรัม/ลิตรเท่ากับ 3, 6 และ 9 ชั้นเรซิน/ชั่วโมง ส่วนที่ 2 เปรียบเทียบความสามารถในการนำนิเกิลกลับมาใช้ใหม่ โดยทำการรีเจนเนอเรตผักตบชวาจากส่วนที่ 1 ด้วยกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.25, 0.5 และ 0.75 N โดยให้กรดไฮโดรคลอริกไหลผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3, 6 และ 9 ชั้นเรซิน/ชั่วโมง ผลที่ได้จากการทดลองในขั้นตอนแรกพบว่าเมื่อผ่านน้ำเสียสังเคราะห์ที่มี นิเกิล 10 มิลลิกรัม/ลิตรลงบนชั้นของผักตบชวาซ้ำครั้งที่สอง ผักตบชวาจะมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนนิเกิลไอออนได้น้อยกว่าครั้งแรก แต่ไม่พบความแตกต่างในกรณีของน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีนิเกิล 100 มิลลิกรัม/ลิตร ผลจากการทดลองในขั้นตอนที่สองพบว่า ในส่วนที่ 1 ทั้งอัตราเร็วในการไหลของน้ำเสียสังเคราะห์และระดับความเข้มข้นของนิเกิลไม่มีผลต่อความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนของผักตบชวา ในส่วนที่ 2 เมื่อทำการรีเจนเนอเรตผักตบชวาที่ผ่านการแลกเปลี่ยนไอออนด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ในส่วนที่ 1 มาแล้ว พบว่าผักตบชวาที่ผ่านการแลกเปลี่ยนไอออนกับน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีนิเกิล 100 มิลลิกรัม/ลิตร จะมีประสิทธิภาพในการนำนิเกิลกลับมาใช้ใหม่ได้มากที่สุด 83% โดยทำการรีเจนเนอเรต ด้วยกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.75 N ที่อัตราเร็ว 3 ชั้นเรซิน/ชั่วโมง เมื่อทำการทดลองกับน้ำเสียจริงที่มีนิเกิล 677 และ 445 มิลลิกรัม/ลิตร พบว่าผักตบชวามีความสามารถในการแลกเปลี่ยนนิเกิลไอออนได้ 2,937.1 และ 2,191.5 มิลลิกรัม ตามลำดับ แต่เมื่อทำการรีเจนเนอเรตด้วยกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.5 N ที่อัตราเร็ว 3 ชั้นเรซิน/ชั่วโมง กลับพบว่าผักตบชวาที่แลกเปลี่ยนนิเกิลได้มากมีเปอร์เซ็นต์การนำนิเกิลกลับมาใช้ใหม่ได้น้อยกว่า

ทิพย์ (2537) ได้ทำการศึกษาวิธีการนำโลหะหนักในน้ำเสียที่เกิดจากการล้างชิ้นงานกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการชุบนิเกิลด้วยไฟฟ้า การวิจัยได้แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกเป็นการเปรียบเทียบความ

สามารถในการแลกเปลี่ยนนิกเกิลไอออนและความสามารถในการนำนิกเกิลกลับมาใช้ใหม่ระหว่างแคโทดไอออนเรซินชนิดธรรมดาที่มีหมู่ฟังก์ชันนอลกรุปเป็นชนิดซัลโฟนิกแอซิด กับแคโทดไอออนเรซินชนิดพิเศษที่มีหมู่ฟังก์ชันนอลกรุปเป็นชนิดอิมิโนไดอะเซติกแอซิด โดยใช้น้ำสังเคราะห์ที่มีโลหะนิกเกิลความเข้มข้น 200 และ 300 มิลลิกรัม/ลิตร และใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่คล้ายน้ำเสียจริงที่มีโลหะนิกเกิลความเข้มข้น 200 และ 300 มิลลิกรัม/ลิตร ขั้นตอนที่สองเป็นการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการนำโลหะนิกเกิลกลับมาใช้ใหม่ เป็นขั้นตอนในการรีเจนเนอเรชันเรซินด้วยกรด ใช้กรดความเข้มข้น 3, 5, 7, 9 และ 12% โดยน้ำหนัก ด้วยอัตราการล้างด้วยกรดเท่ากับ 3, 4, 5 และ 6 ปริมาตรชั้นเรซิน/ชั่วโมง (BV/hr) ผลการทดลองพบว่าเรซินชนิดพิเศษดีกว่าเรซินชนิดธรรมดาทั้งในด้านความสามารถในการแลกเปลี่ยนนิกเกิลไอออนและในด้านประสิทธิภาพในการนำนิกเกิลกลับมาใช้ใหม่ในทุกตัวอย่างน้ำสังเคราะห์และน้ำเสียสังเคราะห์ที่นำมาทดลอง ในขั้นตอนที่สองใช้เฉพาะเรซินชนิดพิเศษในการทดลอง พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการรีเจนเนอเรชันเรซินชนิดพิเศษ ได้แก่ ค่าความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริก 9% โดยน้ำหนัก อัตราการล้างด้วยกรด 4.5 BV/hr ได้ปริมาณนิกเกิลรวม 80,800 มิลลิกรัม/ลิตรเรซิน ได้ค่าความเข้มข้นนิกเกิลรวมสูงสุด เท่ากับ 25,937 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาตรกรดที่ใช้รีเจนเนอเรต 2.63 BV ทำให้ประสิทธิภาพในการนำนิกเกิลกลับมาใช้เทียบกับปริมาณกรดที่ใช้ เท่ากับ 45.2% เมื่อทดลองใช้กับน้ำเสียจริงจากโรงงานโดยใช้เรซินชนิดพิเศษ พบว่าสามารถนำนิกเกิลกลับมาใช้ใหม่ที่ปริมาณ 58,065 มิลลิกรัม/ลิตรเรซิน ได้ค่าความเข้มข้นนิกเกิลรวมสูงสุด เท่ากับ 19,359 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาตรกรดที่ใช้รีเจนเนอเรต 2.25 BV

1.3 การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีดูดซับ (Adsorption)

ดวงกมล (2541) ได้ทำการทดลองหาประสิทธิภาพของการใช้เส้นใยปาล์มปรับสภาพ (Treated palm fibers) ในการกำจัดโครเมียมและนิกเกิลในน้ำเสียจากการชุบโลหะ ปรับเส้นใยปาล์มโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และกรดไนตริก นำเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพแล้วบรรจุลงในคอลัมน์สูง 30 และ 60 ซม.ตามลำดับ น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองใช้อัตราส่วนระหว่าง โครเมียม:นิกเกิล ประมาณ 1:10 ใน 3 ระดับความเข้มข้น คือ ประมาณ 0.5:5.0, 1.0:10.0 และ 1.5:15.0 มก./ล. ปรับพีเอชของน้ำเสียให้มีค่าเท่ากับ 6 ใช้อัตราการไหลของน้ำเสีย 5 และ 10 มล./นาที ทำการทดลองอย่างต่อเนื่องตลอด 24 ชม. เก็บตัวอย่างน้ำทุก 4 ชม. ผลจากการศึกษาพบว่า ตัวแปรต่าง ๆ มีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมและนิกเกิลดังนี้ ประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมและนิกเกิลจะลดลงเมื่ออัตราการไหลของน้ำเสียเพิ่มขึ้นและเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของโครเมียมและนิกเกิลในน้ำเสียเพิ่มขึ้น และประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมและนิกเกิลจะเพิ่มขึ้นเมื่อความสูงของชั้นเส้นใยปาล์มเพิ่มขึ้น สภาวะที่เหมาะสมและให้ประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมและนิกเกิลที่ดีที่สุด ได้แก่ ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของโครเมียมและนิกเกิลในน้ำเสีย 0.5:5.0 มก./ล. ใช้อัตราการไหลของน้ำเสีย 5 มล./นาที และใช้คอลัมน์ที่บรรจุเส้นใยปาล์มสูง 60 ซม. โดยใน 4 ชม.แรกให้ประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมและนิกเกิลเท่ากับ 47.34 และ 100% ตามลำดับ เมื่อเวลาผ่านไป 24 ชม. ประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมและนิกเกิลลดลงเหลือ 21.45 และ 97.57% ตามลำดับ นอกจากนี้ น้ำเสียที่ผ่านคอลัมน์ออกมามีโครเมียม 0.29 มก./ล. และนิกเกิล 0.11 มก./ล. ซึ่งเป็นค่าที่สูงกว่า

ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรม ดังนั้นการกำจัดโครเมียมและนิกเกิลในน้ำเสียโดยใช้วิธีนี้ควรใช้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมาแล้วและมีโครเมียมและนิกเกิลที่ระดับความเข้มข้นต่ำกว่านี้ ระบบนี้จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัด ทำให้น้ำเสียมีคุณภาพที่ดีขึ้น

นุชจริยา (2540) ทำการวิจัยเพื่อหาประสิทธิภาพของเบนโทไนท์ในการกำจัดโครเมียมและสังกะสีในน้ำเสียจากโรงงานชุบโลหะ การวิจัยได้แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกเป็นการหาประสิทธิภาพของเบนโทไนท์ในการกำจัดโครเมียมและสังกะสีในน้ำเสีย ส่วนขั้นตอนที่สองเป็นการหาประสิทธิภาพของเบนโทไนท์เมื่อใช้ร่วมกับเฟอรัสซัลเฟตในการกำจัดโครเมียมและสังกะสีในน้ำเสีย ในการศึกษาที่ใช้เบนโทไนท์ในระดับความเข้มข้นต่างๆ ดังนี้ 0.0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 กรัม/ลิตร ส่วนเฟอรัสซัลเฟตใช้ที่ความเข้มข้น 7.023 กรัม/ลิตรเพียงความเข้มข้นเดียว ณ ระดับพีเอช 6, 7, 8, 9, 10 และ 11 ผลจากการวิจัยในขั้นตอนแรกพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดโครเมียมและสังกะสีโดยใช้เบนโทไนท์ คือ ใช้เบนโทไนท์ 0.8 กรัม/ลิตร ที่พีเอช 10 โดยสามารถกำจัดโครเมียมและสังกะสีได้ 99.84 และ 99.72% ตามลำดับ ส่วนผลจากการวิจัยในขั้นตอนที่สองพบว่าเมื่อใช้เบนโทไนท์ร่วมกับเฟอรัสซัลเฟตในการกำจัดโครเมียมและสังกะสี สภาวะที่เหมาะสม คือ ใช้เบนโทไนท์ 0.8 กรัม/ลิตร ที่พีเอช 9 โดยสามารถกำจัดโครเมียมและสังกะสีได้ 99.88 และ 99.64 % ตามลำดับ

ศุมาลย์ และคณะ (2540) ได้ศึกษาการนำโคโคซานที่ผลิตได้มาใช้ประโยชน์เป็นสารดูดซับโลหะหนักในน้ำทิ้งของโรงงานชุบโลหะด้วยไฟฟ้า โดยได้เปรียบเทียบคุณภาพในการดูดซับโลหะหนักกับโคโคซานและอนุพันธ์โคโคซานที่นำเข้าจากต่างประเทศ ผลจากการศึกษาพบว่าโคโคซานที่ผลิตได้สามารถดูดซับโลหะหนักในน้ำทิ้งที่มีค่าพีเอช 4 และ 5 โดยมีประสิทธิภาพในการดูดซับไอออนของโลหะทองแดงได้ 81.29% แต่ดูดซับไอออนของโลหะนิกเกิลและไอออนของโลหะสังกะสี ได้เพียง 17.87 และ 18.85% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากโคโคซานที่นำเข้าจากต่างประเทศ (CTAI) ซึ่งมีประสิทธิภาพในการดูดซับทองแดงได้ 65.60% และดูดซับนิกเกิลและสังกะสี ได้เพียง 11.03 และ 20.83% ตามลำดับ ส่วนอนุพันธ์โคโคซานที่นำเข้าจากต่างประเทศได้นำมาศึกษา 2 ชนิด พบว่ามีประสิทธิภาพในการดูดซับโลหะหนักในน้ำทิ้งได้ดีกว่าโคโคซานดังนี้ ประสิทธิภาพในการดูดซับทองแดงได้ 85.36 และ 91.82% ดูดซับนิกเกิลได้ 35.74 และ 46.46% และดูดซับสังกะสี ได้ 28.23 และ 41.97% ตามลำดับ

วิโรจน์ (2538) ได้ทดลองหาประสิทธิภาพของโคโคซานซึ่งสกัดจากเปลือกกุ้งกุลาดำในการกำจัดโครเมียมในน้ำเสียจากโรงงานชุบโลหะด้วยไฟฟ้า โดยได้แบ่งการวิจัยออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 การสกัดโคโคซานจากเปลือกกุ้ง ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาหาประสิทธิภาพและสภาวะที่เหมาะสมของโคโคซานในการกำจัดโครเมียม ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาหาประสิทธิภาพและสภาวะที่เหมาะสมของโคโคซานโดยใช้ร่วมกับเฟอรัสซัลเฟตในการกำจัดโครเมียม ผลจากการศึกษาในขั้นตอนที่ 1 พบว่าเปลือกกุ้งสดเมื่อนำมาสกัดจะได้โคโคซานร้อยละ 5.04 ของน้ำหนักเปลือกกุ้งสด ขั้นตอนที่ 2 พบว่าสารละลายโคโคซานจะปลดปล่อยของน้ำเสียเนื่องจากสารละลายโคโคซานมีสภาพเป็นกรด ทำให้การกำจัดโครเมียมโดยใช้โคโคซานเพียงอย่างเดียวได้ผลน้อย โดยผลจากการทดลองที่พีเอช 10 และใช้สารละลายโคโคซานในปริมาณ 5 มก./น้ำเสีย 500 มล. จะกำจัดโครเมียมได้ร้อยละ 85.48 ขั้นตอนที่ 3 จากการศึกษาพบว่าหลังจากน้ำเสียถูกรีดิวซ์ด้วยเฟอรัสซัลเฟตแล้ว เมื่อนำมาปรับพีเอชเป็น 8 และใช้สารละลายโคโคซานในปริมาณ 5 มก./น้ำเสีย 500 มล. จะกำจัดโครเมียมได้ถึงร้อยละ 99.65

1.4 การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีการกรองแบบอัลตราฟิลเตรชัน (Ultrafiltration).

จินตนา (2541) ได้ทำการวิจัยการกำจัดโลหะโครเมียมจากโรงงานชุบโลหะโครเมียมด้วยไฟฟ้า โดยใช้พอลิอิเล็กโตรไลต์ที่มีประจุบวก ได้แก่ พอลิไคัลคิลไดเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 10,000 คาลตัน จับกับโลหะโครเมียมซึ่งอยู่ในรูปของโครเมตแอนไอออน ได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ของพอลิอิเล็กโตรไลต์โครเมตซึ่งไม่สามารถลอดผ่านเมมเบรนของอัลตราฟิลเตรชันได้ เมมเบรนของอัลตราฟิลเตรชันที่ใช้มีค่าการตัดทึบน้ำหนักโมเลกุลที่ 10,000 คาลตัน และให้ค่ารีเจกชันได้ดีถึง 99.78% เมื่อใช้อัตราส่วนของพอลิอิเล็กโตรไลต์ต่อโครเมต เท่ากับ 20:1 ในการวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาค้นคว้าผลกระทบที่อาจเกิดจากไอออนอื่นๆ ที่มีอยู่ในน้ำเสียต่อค่ารีเจกชันของเมมเบรนในการกรองโครเมต โดยทำการทดลองกับน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีแคทไอออนทองแดง เหล็ก นิกเกิล และสังกะสี ที่ความเข้มข้น 20, 40 และ 100 มก./ลิตร และ แอนไอออนคลอไรด์ ไนเตรต และ ซัลเฟต ที่ความเข้มข้น 1000, 3000 และ 6000 มก./ลิตร พบว่ามีการตกตะกอนของแคทไอออนทองแดงและเหล็กกับโครเมต สังกะสีจะตกตะกอนเมื่อมีความเข้มข้นสูง ส่วนนิกเกิลจะไม่ตกตะกอนในทุกความเข้มข้น ตะกอนที่เกิดขึ้นไม่มีผลต่อค่ารีเจกชันหรือเวลาที่ใช้ในการกรอง ยกเว้นตะกอนของไอออนเหล็กที่ทำให้เวลาที่ใช้ในการกรองเพิ่มมากขึ้น ผลกระทบของแอนไอออนทำให้ค่ารีเจกชันลดลงเมื่อความเข้มข้นของแอนไอออนเพิ่มขึ้น และแอนไอออนสองลบของซัลเฟตทำให้เวลาที่ใช้ในการกรองนานขึ้นกว่าแอนไอออนหนึ่งลบ ได้ทำการทดลองโดยใช้ตัวอย่างน้ำเสียจากโรงงานชุบโลหะโครเมียม และใช้อัตราส่วนของพอลิอิเล็กโตรไลต์ต่อโครเมตเริ่มต้นที่ 20:1 เพียงครั้งเดียว แล้วทำการกรองโดยเติมน้ำเสียลงไปเท่าปริมาตรเริ่มต้นถึง 4 ครั้งในตัวอย่างชุดเดียวกัน ได้ค่ารีเจกชันเฉลี่ย 99.5% นอกจากนี้เนื่องจากตัวอย่างน้ำเสียจากโรงงานชุบโลหะโครเมียมมีความเป็นกรดมากกว่าน้ำเสียสังเคราะห์จึงทำให้การกรองอัลตราฟิลเตรชันของตัวอย่างน้ำเสียจริงไม่มีตะกอนเกิดขึ้นเหมือนในน้ำเสียสังเคราะห์

1.5 การบำบัดน้ำเสียโดยใช้พืชหรือระบบบึงประดิษฐ์

ลักษณิ (2539) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของพืชใล่พื้นน้ำ 4 ชนิด ได้แก่ กกกลม รูปฤาษี อ้อ และแห้วทรงกระเทียมในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นเพื่อการบำบัดโครเมียมในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมชุบโลหะ รวมทั้งได้ศึกษาถึงการเจริญเติบโตและการอยู่รอดของพืชทั้ง 4 ชนิดด้วย น้ำเสียที่เข้าสู่บ่อทดลองมีปริมาณโครเมียมอยู่ในช่วง 2.864 – 20.926 มก./ลิตร และมีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับ 7.613 มก./ลิตร ผลจากการศึกษาพบว่าบ่อทดลองปลูกพืชทั้ง 4 ชนิดสามารถลดปริมาณโครเมียมลงได้สูงกว่าร้อยละ 94 โดยบ่อทดลองที่มีประสิทธิภาพสูงสุด คือ บ่อทดลองกกกลมมีประสิทธิภาพร้อยละ 98.21 และรองลงมาคือน้ำ บ่อทดลองแห้วทรงกระเทียม บ่อทดลองรูปฤาษี และบ่อทดลองอ้อ มีประสิทธิภาพร้อยละ 95.96, 95.90 และ 94.87 ตามลำดับ สำหรับบ่อควบคุมไม่มีการปลูกพืชจะมีประสิทธิภาพเฉลี่ยต่ำสุด คือ เท่ากับร้อยละ 89.13 และเมื่อทำการศึกษการเจริญเติบโตของพืชทั้ง 4 ชนิด ในบ่อทดลองเปรียบเทียบกับบ่อควบคุมพืชตลอดการทดลอง โดยศึกษาถึงน้ำหนักสด

น้ำหนักแห้ง และความสูง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ระหว่างเก๋ทลดลง และเก๋ทควบคุมพืช นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษากการสะสมโครเมียมในดินและในพืช ปรากฏว่าดินและพืชมีโครเมียมเพิ่มขึ้นตามเวลา ปริมาณโครเมียมในดินโดยเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงกันทุกเก๋ท และมีค่าเฉลี่ยสูงสุด 29.156 ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักดินแห้ง ส่วนในพืชพบว่าเหหัวทรงกระเทียมมีการสะสมของโครเมียมเมื่อสิ้นสุดการทดลองสูงสุด เท่ากับ 397.150 ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักพืชแห้ง แต่มีค่าน้ำหนักแห้งและน้ำหนักสดต่ำที่สุด เมื่อพิจารณาผลรวมพบว่าโครเมียมส่วนใหญ่สะสมอยู่ในดิน โดยมากกว่าร้อยละ 90 ของปริมาณโครเมียมทั้งหมดของระบบสะสมอยู่ในดิน

Thayalakumaran (1994) ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาหาวิธีการบำบัดโลหะหนักในน้ำเสียจากโรงงานชุบโลหะด้วยไฟฟ้าโดยใช้พื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น พืชที่ใช้ในการทดลองได้แก่ cattail plants น้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่พื้นที่ชุ่มน้ำใช้น้ำเสียผสมระหว่างน้ำเสียจากโรงงานชุบโลหะกับน้ำเสียชุมชน ทำการทดลองโดยควบคุม hydraulic retention time ไว้ที่ 7 วัน ตรวจวัดค่า pH, SCOD, TSS, DO และ ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ป้อนเข้าระบบและที่ออกจากระบบทุกๆ 3 วัน ผลจากการทดลองพบว่าระบบนี้มีประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนักมากกว่า 99% ใน pilot-scale unit แม้ในขณะที่มีความเข้มข้นของโลหะหนักสูงถึง 25 มก./ลิตรก็ตาม ส่วนใหญ่โลหะหนักจะถูกกำจัดออกไปโดยการตกตะกอนหรือถูกดินดูดซับเอาไว้ ดินจะดูดซับโครเมียมและนิกเกิลได้ดีกว่าพืช พืชจะดูดซับโครเมียมและนิกเกิลได้ดีที่บริเวณเขตของรากทำให้มีความเข้มข้นของโลหะหนักสองตัวนี้สูงในบริเวณรากโครเมียมถูกดูดซับในรากได้ดีกว่านิกเกิล นอกจากนี้ยังพบพืชที่มีอาการเป็นพิษที่เกิดจากนิกเกิลด้วย

สนธิ (2530) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของผักตบชวาในการกำจัดโลหะหนัก ได้แก่ แคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว โดยทำการปลูกพืชในน้ำเสียสังเคราะห์และน้ำเสียจากโรงงานชุบโลหะเป็นเวลา 3 สัปดาห์ ผลจากการทดลองพบว่าผักตบชวาที่มีขนาดใหญ่กว่าหรือมี biomass มากกว่าจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าในการกำจัดโลหะหนัก

2. อุตสาหกรรมที่มีการปล่อยโลหะหนักปนเปื้อนในน้ำเสีย

น้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรมหลายประเภทจะมีโลหะหนักชนิดต่างๆที่ใช้ในกระบวนการผลิตปนเปื้อนรวมอยู่ด้วย เทคโนโลยีที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมจะมุ่งเน้นที่การกำจัดโลหะหนักเหล่านั้นเป็นหลัก ซึ่งสามารถจำแนกเทคโนโลยีที่ใช้ในการบำบัดออกได้ดังนี้

- 2.1 การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีเคมี
- 2.2 การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange)
- 2.3 การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีดูดซับ (Adsorption)
- 2.4 การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีอื่น ๆ

2.1 การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีทางเคมี

จากงานวิจัยในช่วงปี 2528-2540 เป็นการใช้อนุสารเคมีที่มีคุณสมบัติในการทำปฏิกิริยาทางเคมีกับโลหะหนักต่าง ๆ เช่น ทองแดง นิกเกิล โปรท โคโรเมียม เงิน เหล็ก อาร์เซนิก แคดเมียม ตะกั่ว และสังกะสี เป็นต้น เพื่อบำบัดน้ำเสียโดยตกตะกอนโลหะหนักเหล่านี้จากน้ำเสีย สารเคมีที่ใช้ได้แก่ ปูนขาว โซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมคาร์บอเนต โซเดียมไฮโอซัลเฟต โซเดียมซัลไฟด์ โซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์ โซเดียมคลอไรด์ เป็นต้น รวมทั้งมีการนำเอากระบวนการฟลูอิดไดซ์เบดมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดด้วย พบว่ามีประสิทธิภาพในการตกตะกอนได้ดี แต่เมื่อพิจารณาในด้านค่าใช้จ่ายแล้วยังพบว่ามีต้นทุนที่สูง นอกจากนี้ยังมีการวิจัยเพื่อทำตะกอนของโลหะหนักที่ได้จากการตกตะกอนด้วยสารเคมีให้เป็นก้อน (Solidification) โดยใช้ปูนซีเมนต์ผสมซิลิกาฟูมและปูนซีเมนต์ผสมเถ้าลอยลิกไนต์

ชัยวัฒน์ (2540) ได้ทำการศึกษาวิธีการกำจัดทองแดงและนิกเกิลในน้ำเสียสังเคราะห์ 4 ชนิด ด้วยกระบวนการสร้างและรวมตะกอนด้วยสารรวมตะกอนชนิดต่างๆ โดยการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นสารสร้างตะกอนและใช้สารรวมตะกอน 4 ชนิด คือ ACCLOFOC ชนิด A 95, A110, A120 และ OXYFLOC106 สรุปได้ว่าการใช้กระบวนการสร้างตะกอนเพียงอย่างเดียวสามารถกำจัดได้เฉพาะปริมาณทองแดงให้มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานน้ำทิ้งของกระทรวงอุตสาหกรรม ขณะที่การเสริมประสิทธิภาพด้วยการกวนช้าและการใช้สารรวมตะกอนที่เหมาะสมสามารถกำจัดได้ทั้งปริมาณทองแดงและนิกเกิลให้มีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน

ดวงสมร (2540) ได้ทำการศึกษาทดลองทำตะกอนที่ได้จากการบำบัดน้ำเสียซีโอไลต์และกากหลอดฟลูออเรสเซนต์ให้เป็นก้อนโดยใช้ปูนซีเมนต์ผสมซิลิกาฟูมและปูนซีเมนต์ผสมเถ้าลอยลิกไนต์ โดยก่อนทำให้เป็นก้อนได้ทำให้กะตั่วด้วยโซเดียมซัลไฟด์ ผลจากการทดลองเมื่อนำตะกอนที่ได้จากการบำบัดน้ำเสียซีโอไลต์มาเติมปริมาณโซเดียมซัลไฟด์เท่ากับ 0.5 เท่าของปริมาณทางทฤษฎี ใช้อัตราส่วนผสมตะกอนโลหะหนักต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.75 และซิลิกาฟูมเท่ากับ 40 เปอร์เซ็นต์จะเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสม หลังจากทำการบ่มเป็นระยะเวลา 7 วัน พบว่าประสิทธิภาพในการทำให้โปรทและโครเมียมคงตัวเท่ากับ 96.89 และ 94.32% ตามลำดับ เสียค่าใช้จ่ายในการบำบัดประมาณ 7,770 บาทต่อตันของตะกอน สำหรับการทำกากหลอดฟลูออเรสเซนต์ให้เป็นก้อนได้ทำการทดลองโดยใช้ทั้งปูนซีเมนต์ผสมซิลิกาฟูมและปูนซีเมนต์ผสมเถ้าลอยลิกไนต์เป็นวัสดุประสาน โดยใช้ปริมาณโซเดียมซัลไฟด์เท่ากับ 1.75 เท่าของปริมาณทางทฤษฎีเท่านั้น ส่วนอัตราส่วนที่เหมาะสมได้แก่ ตะกอนโลหะหนักจากกากหลอดฟลูออเรสเซนต์ต่อวัสดุประสาน (ปูนซีเมนต์ผสมซิลิกาฟูม) เท่ากับ 1.50 และซิลิกาฟูมเท่ากับ 20 % และตะกอนโลหะหนักจากกากหลอดฟลูออเรสเซนต์ต่อวัสดุประสาน (ปูนซีเมนต์ผสมเถ้าลอยลิกไนต์) เท่ากับ 2.50 และใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อเถ้าลอยลิกไนต์เท่ากับ 1:1 หลังจากทำการบ่มเป็นระยะเวลา 28 วันเท่ากัน ผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพในการทำให้โปรทคงตัวใกล้เคียงกันคือเท่ากับ 97.72% และ 97.77% ตามลำดับ โดยจะเสียค่าใช้จ่ายประมาณ 4,930 และ 2,610 บาทต่อตันของตะกอนโลหะหนักตามลำดับ

สุริรัตน์ (2540) ได้ศึกษาการกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียที่ได้จากการวิเคราะห์ซีโอไลต์ด้วยกระบวนการเฟอร์ไรต์ โดยหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการกำจัดโปรท โคโรเมียม และเหล็กในน้ำเสีย โดยได้ทดลองแปรค่า พีเอช ในช่วง 9 – 12 อุณหภูมิในช่วง 55 – 70 องศาเซลเซียส และปริมาณเฟอร์รัสซัลเฟตในช่วง 0.0125 – 0.1 โมล โดยใช้อัตราการเติมอากาศอยู่ที่ 10 ลิตร/นาที่ ผลการทดลองพบว่าที่ พีเอช 9 อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส และอัตราส่วน

โมลของเฟอร์รัสซัลเฟตต่อไอออนโลหะหนักทั้งหมดในน้ำเสียเท่ากับ 18.65 ให้ประสิทธิภาพในการกำจัดปรอทโครเมียม และเหล็กได้สูงสุดเท่ากับ 99.86, 97.87 และ 99.53% ตามลำดับ ปริมาณปรอทในน้ำเสียหลังการบำบัดยังคงเกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง ส่วนปริมาณโครเมียมไม่เกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง ผลการทดสอบการชะละลายของตะกอนเฟอร์ไรต์ที่ได้ พบว่าความเข้มข้นของปรอทและโครเมียมในน้ำสกัดต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดโดยกระทรวงอุตสาหกรรม และจากการตรวจสอบด้วยรังสีเอกซ์พบว่าสารประกอบหลักของตะกอนที่ได้ คือ แมกนีไทต์ ในกรณีที่มีการใช้ในโครเจนแทนอากาศ จะได้ตะกอนเฟอร์ไรต์ที่มีความเป็นสารแม่เหล็กที่ดีกว่าการไม่ใช้ในโครเจนอย่างมีนัยสำคัญ แต่ให้ประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนักไม่แตกต่างกัน ค่าใช้จ่ายเฉพาะสารเคมีในการบำบัดโดยใช้ในโครเจนมีค่าประมาณ 10.62 บาทต่อลิตร (3.18 บาทต่อการวิเคราะห์หาซีไอดี 1 ตัวอย่าง) ในกรณีไม่ใช้ในโครเจน มีค่าประมาณ 9.35 บาทต่อลิตร (2.80 บาทต่อการวิเคราะห์หาซีไอดี 1 ตัวอย่าง)

ชนิษฐา (2539) ได้ทดลองกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียจากการวิเคราะห์ค่าซีไอดีโดยวิธีการตกตะกอน ผลการวิเคราะห์น้ำเสียซีไอดีก่อนบำบัดของห้องปฏิบัติการที่ทำการสำรวจรวม 10 แห่ง พบว่ามีปริมาณโลหะปรอทโครเมียม เงิน และเหล็ก โดยเฉลี่ยดังนี้คือ 1341.20 , 288.45, 921.10 และ 153.18 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยได้ทดลองตกตะกอนด้วยสารเคมีรวม 4 ชุด ได้แก่ โซเดียมคลอไรด์และโซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมซัลไฟด์ โซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์ โซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมซัลไฟด์ การทดลองที่ให้ผลดีและมีความเหมาะสมที่สุดคือ การตกตะกอนด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 กรัม/น้ำเสีย 500 มิลลิลิตร และปรับพีเอชเป็น 7 ด้วยสารละลาย 50 % โซเดียมไฮดรอกไซด์ ทั้งให้ตกตะกอนเป็นเวลา 1 วัน พบว่าให้ประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะปรอท โครเมียม เงิน และเหล็ก ได้ร้อยละ 100, 100, 99.96 และ 99.80 ตามลำดับ โดยเสียค่าใช้จ่ายเท่ากับ 6,395.65 บาทต่อน้ำเสีย 1 ลูกบาศก์เมตร (หรือประมาณ 6.50 บาทต่อน้ำเสีย 1 ลิตรหรือ 1.95 บาทต่อน้ำเสียที่ได้จากการวิเคราะห์ซีไอดี 1 ตัวอย่าง)

อนุวัฒน์ (2539) ได้ศึกษาการทำตะกอนโลหะหนักซัลไฟด์ให้เป็นก้อนโดยใช้ปูนซิเมนต์และถ้ำลอยลิกไนต์เป็นตัวประสาน โดยการทำเสถียรตะกอนโลหะหนักที่ได้จากการบำบัดน้ำเสียจากการวิเคราะห์ซีไอดี มีการเติมโซเดียมซัลไฟด์ลงไปในตะกอนก่อนนำไปทำให้เป็นก้อนด้วยปูนซิเมนต์และถ้ำลอยลิกไนต์ พบว่าความเข้มข้นโครเมียมและเหล็กในน้ำสกัดก่อนตะกอนโลหะหนักมีค่าต่ำมากแม้ในกรณีไม่มีการเติมโซเดียมซัลไฟด์ โดยประสิทธิภาพในการทำเสถียรของโครเมียมและปรอทเท่ากับ 60.01 และ 91.40% ที่สัดส่วนการเติมโซเดียมซัลไฟด์ 1.75 เท่าตามลำดับ และเท่ากับ 94.00 และ 99.49% ที่สัดส่วนการเติมโซเดียมซัลไฟด์ 3.00 เท่าตามลำดับ ในการบำบัดในกรณีที่สัดส่วนการเติมโซเดียมซัลไฟด์เท่ากับ 3.00 เท่าจะเสียค่าใช้จ่ายประมาณ 5,790 บาท/ตันของตะกอน ส่วนในกรณีที่ไม่มีเติมโซเดียมซัลไฟด์จะเสียค่าใช้จ่าย 3,900 บาท/ตันของตะกอนแต่ความเข้มข้นของปรอทในน้ำสกัดจะสูงกว่าค่ามาตรฐานของกระทรวงอุตสาหกรรม(>0.2 มก./ล.)

นฤมิต (2538) ได้ทำการศึกษาความสามารถในการทำลายฤทธิ์ตะกอนโลหะหนักที่ได้จากการบำบัดน้ำเสียซีไอดีโดยการทำให้เป็นก้อนด้วยวัสดุประสานปูนซิเมนต์และถ้ำลอยลิกไนต์ โดยใช้ปูนซิเมนต์ผสมถ้ำลอยลิกไนต์ในอัตราส่วนของถ้ำลอยลิกไนต์ร้อยละ 0 และ 50 อัตราส่วนผสมตะกอนโลหะหนักต่อวัสดุประสาน 0.25

อัตราส่วนผสมน้ำต่อวัสดุประสาน 0.5 และระยะเวลาบ่ม 28 วัน เมื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของก้อนตะกอนโลหะหนักพบว่ามีความแข็งแรงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ส่วนการทดสอบการชะละลายของก้อนตะกอนโลหะหนัก พบว่าความเข้มข้นของปรอทในน้ำสกัดมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนโครเมียมในน้ำสกัดมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานและเหล็กจะมีค่าต่ำมาก ปูนซีเมนต์ที่ผสมแล้วลดยกในร้อยละ 50 เป็นวัสดุประสานที่มีประสิทธิภาพในการช่วยลดการถูกชะละลายของ ปรอท โครเมียม และ เหล็กได้ 30.7, 50 และ 90% ตามลำดับ และค่าใช้จ่ายของวัสดุประสานที่ใช้ในการทำตะกอนโลหะหนักให้เป็นก้อนเท่ากับ 3,600 บาทต่อตันของตะกอนโลหะหนักแห้ง

ศักดิ์ (2538) ได้ทำการทดลองในระดัประดิษฐ์เพื่อศึกษาการทำลายฤทธิ์ตะกอนจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียของโรงงานแร่สังกะสี โดยใช้กระบวนการทำให้แข็งตัวเป็นก้อนด้วยวัสดุประสานประเภทซีเมนต์ ได้แก่ ปูนขาว ปูนซีเมนต์ และปูนซีเมนต์ผสมแล้วลดยกใน 40 จากนั้นได้ทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและการชะละลายของโลหะหนักจากก้อนตะกอนซึ่งได้แก่ อาร์เซนิก แคดเมียม โครเมียม ปรอท ตะกั่ว และสังกะสี ผลจากการทดสอบสรุปได้ว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ร้อยละ 40 เทียบกับน้ำหนักตะกอนแห้งมีประสิทธิภาพในการทำลายฤทธิ์ตะกอนได้ดีกว่าวัสดุประสานชนิดอื่นๆ ได้ก้อนตะกอนที่มีคุณสมบัติทางกายภาพเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของกระทรวงอุตสาหกรรมและมีการชะละลายของโลหะหนักจากก้อนตะกอนในน้ำสกัดต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน สามารถนำไปกำจัดโดยวิธีฝังกลบได้ ค่าใช้จ่ายในส่วนของการวัสดุประสาน ค่าขนส่ง ค่าฝังกลบ รวมประมาณ 775 บาท/1 ตันตะกอนน้ำเสีย หรือ ประมาณ 15 บาท/1 ตันสังกะสีออกไซด์ที่ผลิตได้

ศักดิ์วรัญ (2537) ได้ทำการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้าเพื่อลดปริมาณทองแดงและเหล็กโดยกระบวนการตกตะกอนทางเคมี โดยเริ่มศึกษาการกำจัดทองแดงและเหล็กในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยใช้ NaOH และ Na_2CO_3 เป็นสารตกตะกอน ผลการศึกษาพบว่า NaOH ให้ประสิทธิภาพในการกำจัดทองแดงและเหล็กสูงกว่า Na_2CO_3 และค่าใช้จ่ายในการบำบัดก็ถูกกว่า ในการกำจัดทองแดงและเหล็กโดย NaOH ในกรณีที่ใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีทั้งทองแดงและเหล็กรวมอยู่ด้วยกันจะมีประสิทธิภาพประมาณ 99.8% ที่ pH 10.0 - 10.7 จากการทดลองกับน้ำเสียจากโรงงานผลิตแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า พบว่าค่า pH ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 11.7 - 12.0 และจะให้ประสิทธิภาพประมาณ 99% โดยเสียค่าใช้จ่ายประมาณ 7.06 - 11.23 บาทต่อการบำบัดน้ำเสีย 1 ลบ.ม.

พวงรัตน์ (2537) ได้ศึกษาหาแนวทางการจัดการน้ำเสียจากการวิเคราะห์ซีโอดีในห้องปฏิบัติการรวม 20 แห่งในเขตกรุงเทพมหานครเพื่อหาวิธีที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียและนำโลหะเงินกลับมาใช้ใหม่ จากการสำรวจพบว่าในห้องปฏิบัติการมีน้ำเสียจากการวิเคราะห์ซีโอดีโดยเฉลี่ยประมาณ 21.8 ลิตร/เดือน และในน้ำเสียดังกล่าวมีปริมาณโลหะปรอท โครเมียม และเงินเท่ากับ 1803.7, 700, และ 1150 มก./ล. ตามลำดับ สารเคมีที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ pH 9.5 ส่วนสารเคมีที่ใช้ในการตกตะกอนโลหะเงิน คือ โซเดียมคลอไรด์ แล้วใช้สารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ละลายตะกอนของโลหะเงิน โดยสารที่ใช้ในการนำโลหะเงินกลับมาใช้ใหม่ คือ โลหะทองแดง ประสิทธิภาพในการนำโลหะเงินกลับมาใช้ใหม่ประมาณ 70% ถ้าส่งน้ำเสียไปบำบัดที่หน่วยบำบัดน้ำเสียส่วนกลาง จะเสียค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย 2.88 บาท/ตัวอย่าง หรือ 8.71 บาท / ลิตร (เฉพาะค่าสารเคมีและค่าบำบัดตะกอน)

ภารติ (2537) ทำการแยกตะกั่วจากน้ำเสียของโรงงานผลิตเบตเตอร์โดยวิธีซีเมนเทนชัน (Cementation) ด้วยผงเหล็ก เพื่อนำตะกั่วจากน้ำเสียของโรงงานเบตเตอร์กลับมาใช้ใหม่ พบว่า โดยทั่วไปอัตราการเกิดซีเมนเทนชันสูงสุดเกิดที่ pH 2-3 และเกิดได้ในทุกระดับความเข้มข้นของตะกั่วที่ใช้ในทดลอง (10-300 มก./ล.) โดยสามารถลดปริมาณตะกั่วจากสารละลายมาตรฐานตะกั่วในเตรนและน้ำเสียสังเคราะห์ตะกั่วออกไซด์ได้ในช่วง 76.6-90.9% เมื่อทดลองใช้เทคนิคนี้กับน้ำเสียจากโรงงานเบตเตอร์ พบว่าเกิดได้ดีที่ pH 3 เมื่อใช้ผงเหล็ก 3 กรัม กวนด้วยความเร็ว 180 รอบ/นาที่ ในช่วงเวลา 90 นาที ปริมาณตะกั่วลดลงได้ถึง 92.3%

อัญชลี (2535ก) ศึกษาวิธีการกำจัดโครเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์โดยการตกผลึกโครเมียมด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ในกระบวนการฟลูอิดไดซ์เบด ใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีโครเมียม 5, 10, 50, 100, และ 200 มก./ล. และคอลัมน์ของฟลูอิดไดซ์เบดมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ซม. สูง 3.45 ม. บรรจุด้วยทรายขนาด 0.8 – 1.2 มม. โดยใช้ความสูงของเบด 1, 1.5, และ 2 ม. ตามลำดับ ควคุมพีเอชของน้ำเสียไว้ที่ 8.5, 9.0 และ 9.5 ผลจากการทดลองพบว่า ความสูงเบดและพีเอช เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญในการกำจัดโครเมียม โดยพีเอชที่เหมาะสมคือ 9.0 ความสูงของเบดที่ให้ประสิทธิภาพในการกำจัดได้ดีที่สุด คือที่ความสูง 2 ม. กำจัดโครเมียมได้ 45-60% ยกเว้นที่ความเข้มข้นโครเมียม 200 มก./ล. เนื่องจากที่ความเข้มข้นนี้ความเข้มข้นของไฮดรอกไซด์ไม่เพียงพอต่อการตกผลึกของโครเมียม

อัญชลี (2535ข) ทดลองกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์โดยการตกผลึกในกระบวนการฟลูอิดไดซ์เบด ใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีตะกั่ว 5, 10, 50, 100, และ 200 มก./ล. ปรับพีเอชให้อยู่ในช่วง 7.5 – 9.5 ด้วยโซดาแอช ความสูงของเบด 1.0 – 2.0 ม. บรรจุด้วยทรายขนาด 0.85 – 1.2 มม. ผลจากการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดตะกั่ว คือ ที่พีเอช 9.5 และความสูงของทราย 2.0 ม. สำหรับความเข้มข้นของตะกั่ว 200, 100 และ 50 มก./ล. ให้ประสิทธิภาพในการกำจัดในรูปตะกั่วทั้งหมดได้ 44.50, 58.89 และ 67.96% ตามลำดับ และในรูปตะกั่วละลายให้ประสิทธิภาพในการกำจัดเพิ่มขึ้นเป็น 99.64, 99.11 และ 98.88% ตามลำดับ ส่วนความเข้มข้นของตะกั่ว 10 และ 5 มก./ล. ให้ประสิทธิภาพในการกำจัดในรูปตะกั่วทั้งหมดเท่ากับ 90.05 และ 90.40% และในรูปตะกั่วละลายเท่ากับ 98.17 และ 98.09 % ตามลำดับ

ประนอม (2533) ได้ทำการศึกษาทดลองนำอะลูมิเนียมในรูปสารโคแอกกูแลนต์จากสัลดิจอะลูมิเนียมกลับมาใช้ใหม่ โดยได้นำกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตภัณฑ์อะลูมิเนียมมาใช้ในการศึกษาขั้นต้นเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการนำอะลูมิเนียมกลับมาใช้ใหม่ โดยเตรียมเป็นสารโคแอกกูแลนต์อะลูมิเนียมซัลเฟตโดยใช้กรดซัลฟูริกและโซเดียมอะลูมิเนตโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ ค่าใช้จ่ายในการเตรียมเป็นสารโคแอกกูแลนต์ด้วยกรดซัลฟูริกและโซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับ 513 และ 226 บาท/ลบ.ม.ตามลำดับ ส่วนค่าใช้จ่ายในการกำจัดความขุ่นน้ำดิบด้วยสารโคแอกกูแลนต์ที่ผลิตจากวิธีการใช้กรดซัลฟูริกเท่ากับ 0.87 บาท/ลบ.ม.น้ำดิบจะแพงกว่าการใช้สารส้มบริสุทธิ์ ซึ่งเสียค่าใช้จ่ายเพียง 0.16 บาท/ลบ.ม. ที่การประปานครหลวงใช้อยู่เป็นปกติ

สุรภี (2530) ได้ศึกษาวิธีการกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการด้วยกระบวนการเฟอร์ไรต์ พบว่าเงื่อนไขที่เหมาะสมในการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์และแคดเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์ คือ ที่พีเอช 9 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และที่พีเอช 9 อุณหภูมิ ช่วง 55-70 องศาเซลเซียสตามลำดับ ในกรณีที่ต้องการกำจัดทั้ง

ตะกั่วและแคดเมียมพร้อมกันสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัด คือ ที่พีเอช 9 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโมลของ $Pb^{2+}/Iron_{total}$ และ $Cd^{2+}/Iron_{total}$ ในสารละลายตั้งต้นเท่ากับ 7.45×10^{-3} และ 13.73×10^{-3} ตามลำดับ

พรสวรรค์ (2529) ทำการทดลองกำจัดตะกั่วในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเบตเตอร์โดยวิธีตกตะกอนทางเคมีด้วย $NaOH$, $Ca(OH)_2$, Na_2CO_3 , Na_2S และ Na_2SO_4 ผลการทดลองสรุปได้ว่า $Ca(OH)_2$ เหมาะสมกับการใช้งานมากที่สุด เนื่องจากราคาถูกและมีประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนดได้ ส่วน $NaOH$ มีประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วได้ดีพอๆกับ $Ca(OH)_2$ แต่ราคาแพงกว่า Na_2CO_3 การตกตะกอนจะช้าและมีราคาแพง Na_2S การตกตะกอนเกิดได้เร็วแต่มีกลิ่นเหม็นรบกวน ส่วน Na_2SO_4 ตกตะกอนตะกั่วได้บ้างแต่ค่าความเข้มข้นของไอออนตะกั่วที่เหลือในน้ำทิ้งจะสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนดจึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้งาน

ธงชัย (2528) ได้ทำการทดลองตกตะกอนโลหะหนักในน้ำเสียเพื่อกำจัดสังกะสี แมงกานีส และแคดเมียม ทั้งในรูปของ coagulation โดยใช้ปูนขาวและโซดาไฟ และในรูปของ precipitation ด้วยโซเดียมซัลไฟด์ ผลการทดลองพบว่า การตกตะกอนโลหะหนักในน้ำเสียด้วยโซดาไฟจะได้ตะกอนที่จับตัวได้ไม่แน่นและมีปริมาณมากกว่าการตกตะกอนด้วยปูนขาว และถ้าใช้ปูนขาวเพียงอย่างเดียวต้องใช้พีเอชสูงมากทำให้สิ้นเปลืองปูนขาวมาก วิธีที่เหมาะสมที่สุดจึงได้แก่วิธีการเติมปูนขาวเพื่อปรับพีเอชให้ได้ประมาณ 9-9.5 แล้วปล่อยให้ตกตะกอน จากนั้นจึงเติมโซเดียมซัลไฟด์เพื่อให้เกิดตะกอนอีกชั้นหนึ่งโดยใช้ในอัตราประมาณ 250-1,000 มก./ลบ.คม. โดยใช้วิธีการนี้จะสามารถบำบัดสังกะสี แมงกานีส และแคดเมียมในน้ำเสียได้น้ำทิ้งที่มีคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานน้ำทิ้งของกระทรวงอุตสาหกรรม เสียค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานประมาณ 73 – 77 บาท/ลบ.ม. และควรทำการกรองน้ำทิ้งอีกครั้งก่อนที่ปล่อยระบายออกจากระบบต่อไป

2.2 การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange)

จากงานวิจัยในช่วงปี 2537-2540 มีการใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนไอออนกับโลหะหนักต่างๆ เช่น ตะกั่ว นิกเกิล สังกะสี ทองแดง ในการบำบัดน้ำเสีย วัสดุที่มีคุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนไอออนได้ เช่น ผักตบชวา ผักตบชวาที่ปรับสภาพด้วยฟอร์มัลดีไฮด์และกรดซัลฟูริก เรซินที่ทำจากชานอ้อยและผักตบชวา ทราบที่เคลือบด้วยออกไซด์ของเหล็กและแมงกานีส เป็นต้น ผลจากการวิจัยพบว่าวัสดุเหล่านี้มีประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนไอออนได้ดี โดยประสิทธิภาพจะแปรตามปัจจัยต่าง ๆ เช่น อัตราการไหลของน้ำเสีย ระดับความสูงของชั้นวัสดุ เป็นต้น

สังข์ (2540) ได้ศึกษาวิธีการลดปริมาณตะกั่วในน้ำเสียโดยใช้ผักตบชวาที่ปรับสภาพด้วยฟอร์มัลดีไฮด์และกรดซัลฟูริกบรรจุในหลอดแก้วขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 ซม. ใช้น้ำเสียจากโรงงานผลิตเบตเตอร์ที่ยังไม่ได้ผ่านการบำบัดทางเคมีและปล่อยให้ตกตะกอนเองตามธรรมชาติเป็นเวลา 2 วัน ปรับพีเอชให้อยู่ในช่วง 5 – 6 จาก การทดลองปล่อยน้ำเสียที่มีอัตราการไหล 10 , 20 และ 30 มิลลิลิตร/นาที เข้าสู่ชั้นของผักตบชวาที่ปรับสภาพ และ

มีระดับความสูง 30 และ 60 ซม.ตามลำดับ พบว่าประสิทธิภาพการลดปริมาณตะกั่วจะขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของน้ำเสียและระดับความสูงของชั้นผักตบชวา โดยประสิทธิภาพในการลดปริมาณตะกั่วในน้ำเสียโดยเฉลี่ยเมื่อน้ำเสียมีอัตราการไหล 10 , 20 และ 30 มิลลิลิตร/นาที่และระดับความสูงของชั้นผักตบชวาเท่ากับ 30 เซนติเมตร คือ 95.29, 95.03 และ 94.62% ตามลำดับ และเมื่อเพิ่มระดับความสูงของชั้นผักตบชวาที่ปรับสภาพ ประสิทธิภาพในการลดปริมาณตะกั่วก็จะเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพในการลดปริมาณตะกั่วในน้ำเสียได้สูงสุดเท่ากับ 98.81% เมื่อใช้ระดับความสูงของชั้นผักตบชวาเป็น 60 เซนติเมตร และอัตราการไหลของน้ำเสีย 10 มิลลิลิตร/นาที่ และต่ำสุดเท่ากับ 93.08 % เมื่อใช้ระดับความสูงของชั้นผักตบชวาเป็น 30 เซนติเมตร และอัตราการไหลของน้ำเสีย 30 มิลลิลิตร/นาที่

พนิจิตร (2539) ได้ทำการทดลองกำจัดสังกะสีและนิกเกิลในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยตัวกลางทรายเคลือบออกไซด์ของเหล็กและแมงกานีส ผลจากการทดลองพบว่าทรายเคลือบเหล็กออกไซด์และทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์มีประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนไอออนสังกะสีและไอออนนิกเกิลได้ดีที่สุดที่ความเข้มข้นของสังกะสีและนิกเกิลในน้ำเสียสังเคราะห์เท่ากับ 50 มก./ล.เท่ากับ ที่พีเอชเท่ากับ 6 โดยมีประสิทธิภาพ 68.92 และ 69.52% สำหรับทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ และเท่ากับ 60.66 และ 68.27% สำหรับการทดลองเพื่อพินอำนาจตัวกลางทั้งสองชนิดด้วยโซเดียมไนเตรท 0.01 และ 0.1 M พบว่าถ้าใช้โซเดียมไนเตรท 0.1 M เพื่อพินอำนาจตัวกลางทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ จะสามารถนำโลหะหนักกลับมาใช้ใหม่ได้ในปริมาณที่มากกว่าเมื่อใช้โซเดียมไนเตรท 0.01 M ถึง 2-4 เท่า และในกรณีเมื่อตัวกลางเป็นทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์นั้นจะสูงกว่าถึง 12 เท่า

เกศสุชา (2537) และ เพ็ชรพร (2537) ได้ศึกษาวิธีการกำจัดโลหะหนัก (ทองแดง นิกเกิล และสังกะสี) โดยการใช้เรซินแลกเปลี่ยนไอออนที่ทำจากขาน้อยและผักตบชวา ผลจากการทดลองพบว่า ความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออน ของผักตบชวาที่ไม่ได้ปรับสภาพอยู่ในช่วง 0.686-0.809 meq/g และเมื่อปรับสภาพในรูป carboxymethyl water hyacinth จะอยู่ในช่วง 0.330-0.496 meq/g ส่วนขาน้อยที่ไม่ได้ปรับสภาพมีค่าอยู่ในช่วง 0.065-0.086 meq/g และเมื่อปรับสภาพในรูป carboxymethyl water begasse จะอยู่ในช่วง 0.052-0.069 meq/g นอกจากนี้เมื่อน้ำเสียมีความเข้มข้นของโลหะหนักลดลงความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนของเรซินจะเพิ่มขึ้น ในการรีเจนเนเรชันจะใช้ 0.5 N HCl หรือสารรีเจนเนอเรนต์ชนิดอื่นๆ ปริมาตรประมาณ 2 - 3 bed volumes ของเรซิน

2.3 การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีดูดซับ (Adsorption)

จากงานวิจัยในช่วงปี 2531-2541 มีการนำวัสดุที่มีคุณสมบัติในการดูดซับโลหะหนักต่าง ๆ (เช่น ตะกั่ว นิกเกิล แคดเมียม เหล็ก โครเมียม และปรอท) เช่น ไคโตแซน ถ่านกัมมันต์ ถ่านกรอง เส้นผม ขี้เถ้าลิกไนต์ ขี้เถ้าลอย ปูนซีเมนต์ ขี้เลื่อย ฟางข้าว ขุยมะพร้าว เป็นต้น มาใช้เพื่อบำบัดน้ำเสียที่มีโลหะหนักอยู่

วรารพร (2541) ได้ทดลองใช้ไคโตแซนเพื่อกักจับตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์และน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ผลจากการทดลองพบว่าไคโตแซนสามารถลดระดับของตะกั่วในน้ำได้ ค่า pH ที่เหมาะสมในการจับ

ตะกั่วของโคโคแทนคือที่ pH 6 และ 7 ประสิทธิภาพในการดักจับตะกั่วจะสูงขึ้นเมื่อความเข้มข้นของโคโคแทนเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าโคโคแทนผงจะมีประสิทธิภาพในการดักจับตะกั่วได้ดีกว่าสารละลายโคโคแทน แต่เมื่อนำโคโคแทนผงมาใช้น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม พบว่ามีประสิทธิภาพต่ำกว่าใช้น้ำเสียสังเคราะห์ ทั้งนี้เนื่องจากมีไอออนโลหะอื่นที่สามารถจับโคโคแทนได้ละลายปนอยู่ด้วย

จันทร์นา (2539) ทำการศึกษาการกำจัดโลหะหนัก 3 ชนิด (นิกเกิล แคดเมียม ตะกั่ว) ในน้ำโดยใช้ขี้เถ้าลอย (Fly ash) ซึ่งเป็นสารดูดซับที่ราคาถูก พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนักเหล่านี้ ขึ้นอยู่กับ pH เวลา และความเข้มข้นเริ่มต้น โดยค่า pH ที่เหมาะสมสำหรับกำจัดโลหะหนัก พบว่ามีค่าเท่ากันทั้ง 3 ชนิด คือเท่ากับ 10 แต่ค่าความเข้มข้นเริ่มต้นและระยะเวลาที่เหมาะสมของโลหะหนัก นิกเกิล แคดเมียม และตะกั่ว จะแตกต่างกัน กล่าวคือเท่ากับ 40, 10 และ 40 มก./ล. และ 10, 30 และ 5 นาที โดยให้ประสิทธิภาพในการกำจัดเท่ากับ 99.52, 99.12 และ 99.55 % ตามลำดับ และประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนักทั้ง 3 ชนิดจะลดลงเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นลดลง นอกจากนี้เมื่อทำการทดสอบการชะละลายของโลหะที่ถูกดูดซับในขี้เถ้าลอย พบว่าโลหะหนักถูกชะละลายออกมาในปริมาณสูงเกินค่ามาตรฐานของกรมโรงงานอุตสาหกรรม

ฉวีพันธ์ (2539) ได้ศึกษาวิธีการกำจัดตะกั่วและนิกเกิลในน้ำเสียสังเคราะห์และน้ำเสียจากโรงงานประกอบรถยนต์โดยใช้ขี้เถ้าเป็นตัวดูดซับ พบว่าขี้เถ้าเมื่อถูกปรับสภาพด้วยฟอร์มัลดีไฮด์และกรดซัลฟูริก แล้วสามารถดูดซับตะกั่วและนิกเกิลจากน้ำเสียได้ โดยประสิทธิภาพในการดูดซับขึ้นกับความเข้มข้นของตะกั่วและนิกเกิล เมื่อความเข้มข้นของตะกั่วและนิกเกิลเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพในการดูดซับจะลดลง ขี้เถ้าปรับสภาพจะให้ประสิทธิภาพสูงสุดกับน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีตะกั่ว 20 มก./ล. และนิกเกิล 2 มก./ล. โดยสามารถกำจัดตะกั่วและนิกเกิลได้ 99.91 และ 72.59% ตามลำดับ แต่เมื่อนำน้ำเสียจากโรงงานประกอบรถยนต์ซึ่งมีตะกั่ว 18.35 มก./ล. และนิกเกิล 2.025 มก./ล. มาทดลอง พบว่าให้ประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัดตะกั่วและนิกเกิล ได้เพียง 72.21 และ 54.08% ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าให้ประสิทธิภาพที่ต่ำกว่าน้ำเสียสังเคราะห์มาก นอกจากนี้ยังได้ทดลองปรับสภาพขี้เถ้าด้วย 0.5 N HCl แล้วนำขี้เถ้าปรับสภาพมาทดลองกับน้ำเสียจากโรงงานประกอบรถยนต์ พบว่าให้ประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัดตะกั่วและนิกเกิล ได้เพียง 70.16 และ 53.83% ตามลำดับ

ประฤฤ (2539) ได้ศึกษาการกำจัดตะกั่วและปรอทในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยขี้เถ้า ฟางข้าว และขุยมะพร้าว พบว่า การกำจัดไอออนของตะกั่ว (Pb^{2+}) และไอออนของปรอท (Hg^{2+}) ซึ่งเป็นการศึกษาแบบทีละเท (batch studies) พบว่าในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของตะกั่วและปรอท 50 ส่วนในล้านส่วน เมื่อใช้ขุยมะพร้าว ปริมาณ 0.2 กรัม จะสามารถกำจัดไอออนของตะกั่วและไอออนของปรอทได้ 80 และ 78% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับผลกับการใช้ขี้เถ้าและฟางข้าว ขุยมะพร้าวจะสามารถกำจัดไอออนของโลหะหนักได้ดีกว่า เมื่อนำขุยมะพร้าว ขี้เถ้าและฟางข้าวมาทดลองกับน้ำเสียจากโรงงานแบบเตอรีที่ความเข้มข้นของตะกั่ว 0.3-0.7 ส่วนในล้านส่วน พบว่า ขุยมะพร้าว ขี้เถ้าและฟางข้าว สามารถกำจัดไอออนของตะกั่วได้เกือบ 100%

อริชัย (2539) ทำการศึกษาวิธีการกำจัดปรอทและโครเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์และน้ำชะมูลฝอยจากหลุมฝังกลบอนุที่ผ่านบ่อเพคัลเทพิฟ โดยใช้ถ่านกัมมันต์ A, B และ C รวม 3 ชนิด ในการศึกษาได้แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ตอนแรกเป็นการทดลองแบบเบคท์โดยได้ศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการศึกษาของถ่านกัมมันต์ คือ pH เวลาสัมผัส ความเข้มข้นของโลหะหนัก และไอโซเทอมของถ่านกัมมันต์ ผลจากการทดลองพบว่า

สภาวะที่ดีที่สุดในการกำจัดปรอทและโครเมียมในน้ำเสียทั้ง 2 ชนิด เมื่อใช้ความเข้มข้นของปรอทและโครเมียมเท่ากับ 5.0 มก./ล.เท่ากับ คือ ที่ pH 2-4 เป็นช่วงที่กำจัดได้ดีที่สุด โดยในน้ำเสียสังเคราะห์สามารถกำจัดโครเมียมได้ประมาณ 72, 64, และ 39% และกำจัดปรอทได้ประมาณ 66, 61, และ 55% เมื่อใช้ถ่านกัมมันต์ A, B และ C ตามลำดับ และในน้ำชะมูลฝอยกำจัดโครเมียมได้ประมาณ 86, 78 และ 62% และกำจัดปรอทได้ประมาณ 88, 83 และ 67% เมื่อใช้ถ่านกัมมันต์ A, B และ C ตามลำดับ ผลจากการศึกษาพบว่า เวลาสัมผัสการดูดซับของโลหะหนักทั้ง 2 ชนิดเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว (>50%)ภายในเวลาสัมผัส 5 นาที โดยเวลาสัมผัสที่เหมาะสมคือ 15 นาที และเมื่อความเข้มข้นของโลหะหนักเพิ่มขึ้นความสามารถในการกำจัดโลหะหนักของถ่านกัมมันต์จะลดลง ในส่วนของไอโซเทอมพบว่าถ่านกัมมันต์ A มีขีดความสามารถในการกำจัดโลหะหนักจากน้ำเสียทั้ง 2 ชนิดได้ดีที่สุดในตอนที่สองเป็นการทดลองแบบต่อเนื่อง พบว่าประสิทธิภาพของการกำจัดโลหะหนักในน้ำชะมูลฝอยจากหลุมฝังกลบอ่อนนุชจะสูงกว่าในน้ำเสียสังเคราะห์โดยมีประสิทธิภาพรวมประมาณ 90 และ 70%ตามลำดับ และในการมีของน้ำชะมูลฝอยมีข้อดีคือช่วยกำจัด COD และสีได้แต่ก็มีข้อเสียคือมีปัญหาจากการอุดตันของชั้นถ่านกัมมันต์เนื่องจากในน้ำชะมูลฝอยมีปริมาณสารแขวนลอยอยู่มาก

อริยญา (2539) ได้ศึกษาการลดปริมาณสารปรอทในน้ำเสียโดยใช้เส้นผม น้ำเสียที่ใช้เตรียมจากน้ำเสียโรงงานย้อมผ้าซึ่งผ่านกระบวนการบำบัดทางเคมีแล้ว นำมาเติมสารปรอทให้มีความเข้มข้นประมาณ 30 มก./ล. และปรับ pH เท่ากับ 7 เตรียมเส้นผมโดยอบที่ 80° C 1 ชั่วโมง ทำการศึกษาตัวแปร ความสูงของชั้นเส้นผมและอัตราการไหลของน้ำเสียผ่านชั้นเส้นผมอย่างต่อเนื่อง ผลการศึกษาพบว่าเส้นผมสามารถดูดซับปรอทจากน้ำเสียได้ ประสิทธิภาพการกำจัดปรอทจะเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความสูงของชั้นเส้นผมเพิ่มมากขึ้น และเมื่ออัตราการไหลของน้ำเสียเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพจะลดลง เส้นผมที่ระดับความสูง 60 ซม.และอัตราการไหลของน้ำเสีย 10 มล./นาที มีประสิทธิภาพในการกำจัดปรอทได้สูงสุด คือ 99.53%

ทรงศักดิ์ (2538) ทำการทดลองนำซีเมนต์ถ่านลิโนต์ซึ่งเป็นของเสียจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะมาใช้ในการกำจัดตะกั่วจากน้ำเสียของโรงงานแบตเตอรี่ โดยได้ศึกษาถึงปัจจัยที่จะมีผลต่อการกำจัดตะกั่ว ได้แก่ ความเข้มข้นของตะกั่ว อัตราส่วนโดยน้ำหนักของซีเมนต์ถ่านลิโนต์ต่อน้ำเสีย และระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย ผลจากการศึกษาพบว่าซีเมนต์ถ่านลิโนต์สามารถกำจัดสารตะกั่วในน้ำเสียของโรงงานแบตเตอรี่ได้ถึงร้อยละ 99.29 เมื่อใช้อัตราส่วนโดยน้ำหนักซีเมนต์ถ่านลิโนต์ต่อน้ำเสียเท่ากับ 1:125 โดยน้ำเสียที่นำมาทดลองมีความเข้มข้นของตะกั่ว 30 มก./ล. ได้น้ำทิ้งที่มีตะกั่วลดลงเหลือ 0.2 มก./ล. เมื่อระยะเวลาเก็บกักตั้งแต่ 2 ชั่วโมงขึ้นไป

อัญญา (2531) ทำการศึกษาวิธีการลดปริมาณตะกั่วในน้ำเสียที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพทางเคมีโดยการตกตะกอนด้วยปูนขาวมาแล้วของโรงงานผลิตแบตเตอรี่โดยการใช้ถ่านกรองรวม 3 ชนิด คือ ถ่านจากกะลามะพร้าว ถ่านไม้โกงกาง และถ่านไม้กะบก ตัวแปรที่ทำการศึกษาคือ ขนาดของเม็ดถ่าน (0.35, 0.45 และ 0.55 มม.) และความหนาของชั้นกรอง (60 และ 90 มม.) ผลจากการศึกษาพบว่าถ่านไม้ที่นำมาทดลองทั้ง 3 ชนิดสามารถลดปริมาณตะกั่วได้มากกว่า 90% โดยถ่านไม้ขนาด 0.35 มม. ให้ประสิทธิภาพสูงสุด 98.19% ส่วนถ่านไม้ขนาด 0.45 และ 0.55 มม. ให้ประสิทธิภาพ 97.67 และ 97.06% ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดปริมาณตะกั่วของถ่านไม้ทั้ง 3 ชนิดพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ($\alpha=0.05$) แต่ในส่วนความหนาของชั้นกรองพบว่าเครื่องกรองที่มีความหนามากกว่าจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าอย่างมีนัย

สำคัญทางสถิติที่ระดับ ($\alpha=0.05$) และเมื่อทำการศึกษายูใช้งานในการกรองของถ่านไม้ขนาด 0.35 มม. พบว่า จำเป็นต้องเปลี่ยนหลังจากใช้งานนาน 144 ชั่วโมง สำหรับคุณภาพของน้ำที่ผ่านการกรองพบว่ามีความเข้มข้นของตะกั่วต่ำกว่าทั้งมาตรฐานน้ำทิ้ง (0.2 มก./ล.) และมาตรฐานน้ำดื่ม (0.05 มก./ล.)

2.4 การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีอื่น ๆ

จากงานวิจัยในช่วงปี 2527-2540 มีงานวิจัยที่ใช้กระบวนการอื่นในการกำจัดโลหะหนัก เช่น การใช้เชื้อแบคทีเรีย *Thiobacillus Ferrooxidans* เพื่อสกัดนิกเกิลออกจากกากตะกอนโลหะหนักและสกัดโลหะทองแดง นิกเกิล และสังกะสี ออกจากตะกอนซัลไฟด์ การกำจัดตะกั่วในน้ำเสียด้วยระบบ Activated Sludge

ขวัญเรือน (2540) และบริบูรณ์ (2537) ได้ทำการศึกษากการใช้เชื้อ *Thiobacillus Ferrooxidans* เพื่อสกัดนิกเกิลออกจากกากตะกอนโลหะหนัก และสกัดโลหะทองแดง นิกเกิล และสังกะสี ออกจากกากตะกอนซัลไฟด์ ตามลำดับ โดยบริบูรณ์ (2537) ซึ่งได้ศึกษาการสกัดโลหะหนักออกจากกากตะกอนซัลไฟด์สังเคราะห์ CuS , NiS และ ZnS ที่ระดับความเข้มข้น 200 และ 400 มก./ล. ได้ทำการทดลองแบบต่อเนื่องในถังปฏิกรณ์ขนาด 15 ลิตร ผลการทดลองพบว่า ปริมาณโลหะหนักถูกสกัดออกมาได้ดีที่ pH ในช่วง 2.2-2.5 และระยะเวลาเก็บกัก 4 วัน โดยพบว่าที่ระดับความเข้มข้นของโลหะซัลไฟด์ 200 และ 400 มก./ล. แบคทีเรียสามารถสกัด Cu, Ni และ Zn ได้ 100, 100, 55% และ 86.58, 80.10, 65.94% ตามลำดับ ส่วนขวัญเรือน (2540) ได้ศึกษาประสิทธิภาพและปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการสกัดนิกเกิลออกจากกากตะกอนโลหะหนัก ซึ่งได้แก่ ชนิดของแบคทีเรีย ช่วงเวลาเลี้ยงเชื้อ แบคทีเรีย ปริมาณเฟอร์รัสไอออน การปรับสภาพเชื้อแบคทีเรีย และปริมาณกากตะกอนโลหะหนัก โดยกากตะกอนโลหะหนักที่ใช้เป็นกากตะกอนจากลานตากตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียทางเคมีของกระบวนการชุบนิกเกิล โดยในกากตะกอนมีนิกเกิล 48.81% อยู่ในรูปนิกเกิลไฮดรอกไซด์และมี pH ประมาณ 7.89 ผลการทดลองพบว่า *T.ferrooxidans*, *Thiobacillus thiooxidans* ATCC 8085 และเชื้อผสมระหว่าง *T.ferrooxidans* กับ *T.thiooxidans* มีประสิทธิภาพในการสกัดนิกเกิลออกจากกากตะกอนโลหะหนักที่ปริมาณ 400 มก./ล. ได้ต่างกัน คือ 82, 99 และ 86% ตามลำดับ การเติมกากตะกอนโลหะหนักลงในระบบหลังจากแบคทีเรียเจริญเต็มที่ จะทำให้ประสิทธิภาพในการสกัดนิกเกิลออกจากกากตะกอนโลหะหนักสูงขึ้น โดย *T.ferrooxidans* เพิ่มขึ้น 19% และโดย *T.thiooxidans* เพิ่มขึ้น 5 % การปรับสภาพ *T.ferrooxidans* ให้ทนต่อกากตะกอนโลหะหนัก จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดนิกเกิลให้สูงขึ้น 17% จากการทดลองหาประสิทธิภาพในการสกัดนิกเกิลออกจากกากตะกอนโลหะหนักโดย *T.ferrooxidans* ที่ปริมาณกากตะกอนโลหะหนัก 0.2, 0.4, 0.8, 1, 5 และ 8 ก./ล. คือ 97, 94, 99, 85, 80 และ 82 % ตามลำดับ และการทดลองสกัดนิกเกิลออกจากกากตะกอนโลหะหนักในระบบถังปฏิกรณ์แบบที่ละเทที่ปริมาณกากตะกอนโลหะหนัก 800 มก./ล. ในเวลา 14 วัน *T.ferrooxidans* สามารถสกัดนิกเกิลได้ 90 %

สุทธธีรภัฏ และบุญจง (2527) ได้ศึกษาวิธีการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียโดยใช้ระบบ Activated Sludge ในการทดลองนี้ใช้แบบจำลองระบบ Activated Sludge เพื่อบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีตะกั่วความเข้มข้น 1.02, 4.28 และ 10.63 มก./ล. ที่อายุตะกอน 3-20 วัน พบว่า ระบบ Activated Sludge ให้ประสิทธิภาพในการลดปริมาณตะกั่ว ได้

ตั้งแต่ 85-100% โดยขึ้นอยู่กับอายุตะกอนของระบบ น้ำเสียที่มีตะกั่วความเข้มข้น <10 มก./ล. จะไม่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ และการเกิดไนตริฟิเคชันของระบบ

3. อุตสาหกรรมฟอกย้อม

อุตสาหกรรมฟอกย้อมจัดเป็นอุตสาหกรรมขั้นกลางของอุตสาหกรรมสิ่งทอทั้งระบบ โดยทำหน้าที่เปลี่ยนวัสดุสิ่งทอในรูปที่ยังเป็นวัตถุดิบซึ่งได้แก่ เส้นด้ายดิบหรือผ้าดิบ ให้เป็นวัสดุสำเร็จรูปที่ผู้บริโภคนำไปใช้ได้โดยตรงหรือนำไปใช้เป็นวัตถุดิบของอุตสาหกรรมขั้นปลายก็ได้ (สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน 2542) สำหรับกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมฟอกย้อมส่วนใหญ่เป็นกระบวนการทางเคมีเพื่อปรับเปลี่ยนคุณสมบัติของเส้นใยโดยใช้สารเคมีและสีย้อมที่เหมาะสมซึ่งอาศัยน้ำเป็นตัวกลาง อุตสาหกรรมฟอกย้อมเป็นอุตสาหกรรมที่มีการใช้น้ำมาก กระบวนการผลิตที่สำคัญๆของอุตสาหกรรมประเภทนี้มี 3 กระบวนการ (สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน 2542) ดังนี้

- ก. การเตรียมผ้า (Preparation) เป็นการเตรียมเส้นด้ายหรือผ้าให้อยู่ในสภาพพร้อมที่จะนำไปย้อมสีหรือตกแต่งสำเร็จได้เป็นอย่างดี ขั้นตอนนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อ ขจัดสิ่งสกปรกที่เจือปนในเส้นใย ทำให้เส้นใยมีการดูดซึมน้ำได้ดี ช่วยให้การย้อม พิมพ์ หรือตกแต่งสำเร็จ ในขั้นตอนต่อไปได้ผลดีตามความต้องการ ทำให้เส้นใยดูดติดสีและสารเคมีได้มากขึ้น ทำให้เส้นใยมีความคงรูป
- ข. การย้อมสี (Textile Dyeing) เป็นวิธีการที่ทำให้สารประกอบเคมีที่ละลายเป็นสารละลายหรือกระจายอยู่ในสารละลาย (Dispersion) ไปเกิดสีบนวัสดุที่จะย้อมอย่างถาวร สีที่ใช้ย้อมมีหลายชนิดสามารถจำแนกตามลักษณะการนำไปใช้งานได้ดังนี้ (สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน 2542)
 - สีไคเร็กต์ (Direct Dyes)
 - สีเบสิก (Basic Dyes)
 - สีซัลเฟอร์ (Sulfur Dyes)
 - สีอะโซอิก (Azoic Dyes)
 - สีแว้ท (Vat Dyes)
 - สีรีแอคทีฟ (Reactive Dyes)
 - สีแอซิด (Acid Dyes)
 - สีเมทัลลิกคอมเพล็กซ์ (Metallic Complex Dyes)
 - สีมอร์แดนท์ (Mordant Dyes)
 - สีดีสเพอร์ส (Disperse Dyes)

- ก. การตกแต่งสำเร็จ (Textile Finishing) เป็นกระบวนการในการตกแต่งสิ่งทอซึ่งกระทำเป็นขั้นตอนสุดท้ายต่อการเตรียมและการให้สีสิ่งทอ เพื่อเปลี่ยนแปลง ปรับปรุง หรือเพิ่มเติมคุณสมบัติบางอย่างให้กับผลิตภัณฑ์

กระบวนการฟอกย้อมสามารถแบ่งเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ 3 ประเภท (สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน 2542) ได้แก่

- ก. กระบวนการฟอกย้อมเส้นด้าย
- ข. กระบวนการฟอกย้อมผ้าทอ
- ค. กระบวนการฟอกย้อมผ้าดัด

ในแต่ละกระบวนการจะมีการใช้วัตถุดิบ สารเคมี และวิธีการที่แตกต่างกัน น้ำเสียที่เกิดขึ้นจึงมีความแตกต่างกัน น้ำเสียจากการฟอกย้อมจะมีแหล่งกำเนิดในเกือบทุกขั้นตอนของการฟอกย้อม ตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมผ้า การให้สี และการตกแต่งสำเร็จ โดยเฉพาะในกระบวนการชำระล้างทำความสะอาดในแต่ละขั้นตอนต้องใช้น้ำในปริมาณที่สูงมาก และสิ่งซึ่งมักพบในน้ำเสียอยู่เสมอๆ ได้แก่ เศษเส้นใย เศษผ้า สารเคมี กรด ด่าง ไขมัน สบู่ สีย้อม และตัวทำละลาย จึงทำให้มีสารมลพิษอยู่ในน้ำเสียในปริมาณค่อนข้างมากและจะก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมได้ถ้าไม่มีการใช้วิธีการที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย

น้ำเสียจากอุตสาหกรรมฟอกย้อมมีแหล่งกำเนิดที่สำคัญๆ จาก 5 แหล่งดังนี้ (สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน 2542)

- ก. กระบวนการผลิต ได้แก่ น้ำเสียจากการฟอกย้อมและน้ำเสียจากการซักล้างภายหลังการฟอกย้อม
- ข. หม้อไอน้ำ ผลิตไอน้ำเพื่อให้ความร้อนแก่น้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตและในตู้อบไอน้ำ ถ้าไอน้ำที่ใช้ถูกปล่อยให้เย็นลงและกลั่นตัวในท่อไอน้ำจะได้ไอน้ำที่สะอาดนำกลับไปใช้ใหม่ได้ แต่ถ้าถูกส่งเข้าไปให้ความร้อนแก่สารละลายสีย้อมโดยตรงก็จะกลายเป็นส่วนหนึ่งของน้ำเสียจากการฟอกย้อม
- ค. น้ำหล่อเย็น ใช้เพื่อลดอุณหภูมิของสารละลายสีย้อมเมื่อต้องการให้อุณหภูมิของสารละลายสีย้อมลดลงอย่างรวดเร็ว น้ำหล่อเย็นนี้ส่วนใหญ่เป็นน้ำสะอาดสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้
- ง. น้ำล้างเครื่องจักรและทำความสะอาดโรงงาน ในบางกรณีน้ำเสียในส่วนนี้จะมีความสกปรกที่สูงมาก เช่น น้ำล้างถังเตรียมสีย้อม เป็นต้น
- จ. น้ำเสียจากแหล่งอื่นๆ เป็นน้ำเสียนอกเหนือจากแหล่งต่างๆ ที่กล่าวมาแล้ว เช่น น้ำเสียของคองงาน เป็นต้น

โดยทั่วไปมลพิษในน้ำเสียที่เกิดจากโรงงานฟอกย้อม จะประกอบด้วย บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD) ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand, COD) ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids) ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) และสี เทคโนโลยีที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมประเภทนี้สามารถจำแนกออกได้ดังนี้

- 3.1 การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีตกตะกอนด้วยสารเคมี (Chemical Coagulation)
- 3.2 การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีดูดซับ (Adsorption)
- 3.3 การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีโอโซนเนชัน (Ozonation)
- 3.4 การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีเคมีไฟฟ้า (Electrochemical)

3.5 การบำบัดน้ำเสียโดยใช้พืชหรือระบบบึงประดิษฐ์

3.6 การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีอื่นๆ

3.1 การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีตกตะกอนด้วยสารเคมี (Chemical Coagulation)

Thitipant (2000) ได้ทำการทดลองนำน้ำเสียจากกระบวนการเตรียมการซ่อมซึ่งมีความเป็นด่างค่อนข้างสูงและมีการปนเปื้อนมากและมีปริมาณประมาณร้อยละ 16 ของน้ำเสียทั้งหมดของโรงงาน มาทำการบำบัดด้วยสารเร่งการตกตะกอน 3 ชนิด ได้แก่ $Al_2(SO_4)_3$, $FeSO_4$ และ $Fe_2(SO_4)_3$ เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ ผลจากการศึกษาพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการตกตะกอน ได้แก่ pH เท่ากับ 7 และใช้สารเร่งการตกตะกอน $Al_2(SO_4)_3$, $FeSO_4$ และ $Fe_2(SO_4)_3$ เท่ากับ 750, 850 และ 620 มก./ล. ตามลำดับ และเมื่อทดลองนำน้ำกลับไปใช้ใหม่โดยใช้กับเครื่อง Rapid Dyer Simulator ผลปรากฏว่าน้ำที่ได้จากการตกตะกอนด้วย $Al_2(SO_4)_3$ มีคุณภาพดีนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ส่วนน้ำที่ได้จากการตกตะกอนด้วย $FeSO_4$ และ $Fe_2(SO_4)_3$ ทำให้ผ้ามีสีน้ำตาลของเหล็กออกไซด์ และจากการศึกษาถึงความคุ้มค่าพบว่าวิธีการนี้จะสามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 5 ปี

สุวรรณ (2542) และ วุฒิ (2540) ได้ศึกษาวิธีการในการบำบัดน้ำเสียที่มีสีรีแอกทีฟในน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมโดยใช้สารเคมีเฟนตัน (Fenton's Reagent, ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์+เหล็ก) โดยวุฒิ (2540) ได้ทำการทดลองกำจัดสีและสารอินทรีย์ด้วยสารเคมีเฟนตัน โดยได้ศึกษาพารามิเตอร์ต่างๆ ดังต่อไปนี้ ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 5 ระดับ (0, 200, 500, 800 และ 1200 มก./ลิตร) อัตราส่วนโดยโมล (R) ระหว่างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์กับเหล็ก 3 ระดับ (5:1, 10:1, 20:1) และเวลาสัมผัส 3 ระดับ (60, 120, 180 นาที) น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองมี 4 โทนิส ได้แก่ ดำ ม่วง แดง และน้ำตาลอ่อน และได้ทำการปรับให้น้ำเสียมีค่า COD ประมาณ 600 มก./ลิตร เท่ากันทุกโทนิส ผลการทดลองพบว่าปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และอัตราส่วนโดยโมลระหว่างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์กับเหล็กที่ใช้ มีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดสี โดยปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เหมาะสม คือ 200 มก./ลิตร และ R เท่ากับ 5:1 จะเหมาะในการกำจัดโทนิสดำ แดง และน้ำตาลอ่อน ส่วน R เท่ากับ 10:1 จะเหมาะในการกำจัดโทนิสม่วง ส่วนระยะเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาพบว่า 60 นาทีก็เพียงพอแล้วสำหรับประสิทธิภาพที่ได้ในการกำจัดสีทั้ง 4 โทนิสพบว่าสามารถกำจัดสีได้มากกว่า 80 % แต่มีประสิทธิภาพในการกำจัด COD ต่ำ โดยกำจัด COD ได้เพียง 12 – 42 % เท่านั้น สุวรรณ (2542) ได้ทำการทดลองในดังปฏิกิริยาแบบต่อเนื่อง มีการควบคุมอัตราการไหลของน้ำเสียเป็น 2 ระดับ คือ 0.50 และ 0.25 ลิตร/นาที ณ ค่า pH เริ่มต้นของน้ำเสียเป็น 3 และทำการทดลองซ้ำโดยปรับค่า pH เริ่มต้นของน้ำเสียเป็น 4 ผลการทดลองพบว่าสภาวะที่สารเคมีเฟนตันให้ประสิทธิภาพในการกำจัด COD และสีรีแอกทีฟสูงสุด คือ สภาวะที่ควบคุมอัตราการไหลของน้ำเสียที่ 0.5 ลิตร/นาที ซึ่งจะมีระยะเวลาการสัมผัสสารเคมีเฟนตันในการกวนช้า 20 นาที และ ณ ค่า pH เริ่มต้นของน้ำเสียเท่ากับ 4 โดยจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดสีรีแอกทีฟ และ COD เท่ากับ 90.19 และ 65.18 % ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพที่ได้นี้สูงกว่าที่ได้จากการศึกษาของวุฒิ (2540)

กวยพร (2540) ได้ทำการทดลองกำจัดสีในน้ำเสียจากน้ำย้อมสิ่งทอโดยใช้สารเคมีรวม 4 ประเภท ได้แก่ สารช่วยทำให้เกิดฟล็อก สารส้ม แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และถ่านกัมมันต์ ผลจากการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสม

สมที่สุดในการบำบัดน้ำเสีย 40 ลิตร ต้องใช้สารช่วยทำให้เกิดฟล็อก 160 กรัม สารละลายสารส้ม 2 % 320 มล. สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 2 % 520 มล. และถ่านกัมมันต์ 320 กรัม โดย pH น้ำเสียเท่ากับ 7

ปวีณา (2539) ได้ศึกษาวิธีการกำจัดสีจากการฟอกย้อมสิ่งทอโดยวิธีการออกซิเดชัน-รีดักชัน โดยใช้สารออกซิไดซ์ คือ เฟนทอนรีเอเจนต์ (สารผสมของ H_2O_2 และ $FeSO_4$) และสารรีดิวซ์ คือ $Na_2S_2O_4$ การทดลองได้แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรก ได้ศึกษาผลของ pH และปริมาณสารที่ใช้กำจัดสี ที่มีต่อประสิทธิภาพในการกำจัดสีโดยทดลองกับสีสังเคราะห์ 4 ประเภท คือ ไคเรคท์ รีแอคทีฟ แอซิด และเบสิก โดยใช้ที่ความเข้มข้น 20 ppm ผลการกำจัดสีของน้ำสีสังเคราะห์โดยใช้ $Na_2S_2O_4$ พบว่าให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีอยู่ในช่วงระหว่าง 91.4 – 99.5% ส่วนเฟนทอนรีเอเจนต์มีประสิทธิภาพในการกำจัดสีอยู่ในช่วงระหว่าง 87.0 – 99.0% ในขั้นตอนที่ 2 เป็นการศึกษาผลของ pH ปริมาณสารที่ใช้กำจัดสี และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา ต่อประสิทธิภาพในการลดสี และ COD ของน้ำทิ้งจากโรงงานฟอกย้อมที่ผ่านกระบวนการตะกอนเร่งมาแล้ว โดยน้ำทิ้งนี้มี pH 8.0-8.6, COD 113-200 ppm และมีความเข้มข้น 572-863 ADMI ผลจากการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดโดย $Na_2S_2O_4$ ได้แก่ pH 4-5 ระยะเวลาในการ กวนช้า 20 นาที ตกตะกอน 30 นาที ปริมาณ $Na_2S_2O_4$ ที่เหมาะสม 60-80 ppm มีประสิทธิภาพในการกำจัดสี 65.6-79.8% และลด COD ได้ 42.4-49.8% โดยจะเสียค่าสารเคมีประมาณ 8.55-10.66 บาท/ลบ.ม. ส่วนสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดโดยเฟนทอนรีเอเจนต์ ได้แก่ pH 4.0 ระยะเวลาในการ กวนช้า 20 นาที ตกตะกอน 20 นาที ปริมาณ $FeSO_4$ และ H_2O_2 ที่เหมาะสม คือ 110-185 ppm และ 18.8-36.0 ppm ตามลำดับ มีประสิทธิภาพในการกำจัดสีได้ 82.5-94.4% และลด COD ได้ 36.8-61.1% โดยจะเสียค่าสารเคมีประมาณ 5.94-9.55 บาท/ลบ.ม. ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการนำเฟนทอนรีเอเจนต์มาใช้ในการกำจัดสีจากการฟอกย้อมสิ่งทอได้ผลเป็นที่น่าพอใจ ส่วนการนำ $Na_2S_2O_4$ มาใช้ในการบำบัดถึงแม้จะให้ประสิทธิภาพในการลดสีสูงกับน้ำสีสังเคราะห์ แต่เมื่อนำมาใช้กับน้ำทิ้งจากโรงงานยังให้ผลไม่เป็นที่น่าพอใจ

พิจิต (2539) ได้ศึกษาทดลองกำจัดสีของน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมผ้าด้วยวิธี Re-dox โดยใช้สารเคมี โซเดียมไฮโดรซัลไฟด์ โซโครเจนเพอร์ออกไซด์ โซเดียมไฮโปคลอไรท์ และโซเดียมคลอไรท์ น้ำเสียที่ทำการทดลองใช้น้ำย้อมสุดท้ายที่จะปล่อยออกจากเครื่องจักร (โดยเลือกใช้สีย้อมที่มีชื่ออยู่ในโรงงานมาทำการทดลอง ซึ่งมีอยู่ 4 ประเภท ได้แก่ สีย้อมประเภท ดิสเพอร์ส รีแอคทีฟ เอซิด และไคเรคท์) และน้ำเสียจากบ่อน้ำบำบัดน้ำเสีย บ่อที่ 1 และบ่อสุดท้าย ผลจากการทดลองพบว่าประสิทธิภาพในการลดสีของน้ำเสียจะขึ้นอยู่กับประเภทของสีย้อมและชนิดของสารเคมีที่ใช้เป็นสำคัญ โดยโซเดียมไฮโดรซัลไฟด์ที่ความเข้มข้น 60 มก./ลบ.คม. และ pH ของน้ำเสียในช่วง 5.0-6.0 จะสามารถลดสีประเภทที่ละลายน้ำได้ในน้ำเสียได้ > 50% ส่วนสีประเภทไม่ละลายน้ำซึ่งได้แก่สีดิสเพอร์สจะใช้ไม่ได้ผล ทั้งนี้จะเสียค่าใช้จ่ายรวมค่าสารเคมีทั้งหมดประมาณ 4.80-7.40 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม. โซโครเจนเพอร์ออกไซด์มีประสิทธิภาพในการลดสีต่ำมากจึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ โซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้น 153 มก.คลอรีน/ลบ.คม. และ pH ของน้ำเสียในช่วง 5.0-6.0 สามารถลดสีประเภทที่ละลายน้ำได้ (ยกเว้นสีประเภทไม่ละลายน้ำ) ของน้ำเสียได้ > 75% โดยจะเสียค่าใช้จ่ายรวมค่าสารเคมีทั้งหมดประมาณ 11.15-33.47 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม. โซเดียมคลอไรท์ที่ความเข้มข้น 80-480 มก./ลบ.ม. pH ของน้ำเสียในช่วง 3.0-5.0 สามารถลดสีที่ละลายน้ำได้ (ยกเว้นสีประเภทไม่ละลายน้ำ) ของน้ำเสียได้ > 50% แต่ราคาของสารเคมีค่อนข้างแพงอยู่ในช่วงประมาณ 7.44-45.60 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

กริสร (2539) ได้ศึกษาวิธีการกำจัดสีจากน้ำเสียโดยใช้วิธีต่างๆกัน 3 วิธี คือ ตกตะกอนด้วยสารส้ม ดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดและซีเถ้าลอย ตกตะกอนด้วยสารส้มร่วมกับการใช้สารดูดซับ โดยได้เริ่มทดลองกับน้ำเสียสังเคราะห์ซึ่งใช้สีที่ละลายน้ำได้ 4 ประเภท ได้แก่ สีอะซิติก สีโคเร็กซ์ สีรีแอคทีฟ และสีเบสิก โดยสีอะซิติก สีโคเร็กซ์และสีรีแอคทีฟจะมีประจุลบ ส่วนสีเบสิกจะมีประจุบวก ผลการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพของสารส้มในการกำจัดสีในกลุ่มสีที่มีประจุลบได้มากกว่าร้อยละ 80 ยกเว้นสีรีแอคทีฟที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดเพียงร้อยละ 11 แต่เมื่อมีการใช้สารลดสีชนิด Colfloc RD ร่วมกับสารส้มสามารถกำจัดสีรีแอคทีฟได้เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 88 ส่วนสีเบสิกซึ่งมีประจุบวกสารส้มกำจัดได้น้อยมาก เมื่อนำสารส้มไปใช้ในการกำจัดสีในน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมพบว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัดสีได้ร้อยละ 67.7 – 72.8 และลด COD ได้ร้อยละ 56.0 – 65.1 แต่เมื่อใช้สารส้มร่วมกับ Colfloc RD พบว่าทำให้ประสิทธิภาพสูงขึ้นโดยสามารถกำจัดสีได้ร้อยละ 86.0 – 93.0 และลด COD ได้ร้อยละ 65.0 – 74.0 ในกรณีการกำจัดสีโดยใช้ถ่านกัมมันต์และใช้สารส้มร่วมกับถ่านกัมมันต์พบว่าประสิทธิภาพที่ได้ไม่คุ้มกับค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูง ส่วนการใช้ซีเถ้าลอยสามารถใช้กำจัดสีได้มากแต่การใช้สารส้มร่วมกับซีเถ้าลอยไม่ได้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดสีให้สูงขึ้นเมื่อเทียบกับการใช้สารส้มเพียงอย่างเดียว

จารุทัศน์ (2537) ได้ทำการศึกษาหาวิธีการกำจัดสีด้วยสารตกตะกอนชนิดต่างๆ ได้แก่ เพอร์คลอไรด์ เพอร์ซัลเฟต สารส้ม โพลีอูมิเนียมคลอไรด์ และเบนโทไนท์ โดยเริ่มทดลองหาประสิทธิภาพในการตกตะกอนสีจากน้ำเสียสังเคราะห์ซึ่งเตรียมจากสีย้อมผ้าประเภทต่างๆ ดังนี้ สีรีแอคทีฟ สีอะซิติก สีเบสิก สีโคเร็กซ์ สีแควท์ และสีคิสเพิร์ส ผลจากการทดลองพบว่าเพอร์ซัลเฟตจะตกตะกอนสีรีแอคทีฟ สีอะซิติก สีเบสิก และสีแควท์ได้ดีที่สุดโดยมีประสิทธิภาพในการตกตะกอนสีประมาณ 77 – 99 % และลด COD ได้ประมาณ 60 – 93 % ส่วนโพลีอูมิเนียมคลอไรด์จะตกตะกอนสีโคเร็กซ์ได้ดีที่สุดโดยตกตะกอนสีได้ประมาณ 98 % และลด COD ได้ประมาณ 83 % และสารส้มตกตะกอนสีคิสเพิร์สได้ดีที่สุดโดยตกตะกอนสีได้ประมาณ 99 % และลด COD ได้ประมาณ 70 – 84 % จากนั้นก็ทำการทดลองตกตะกอนสีในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมแห่งหนึ่ง โดยพิจารณาประสิทธิภาพในการตกตะกอนสีจากความสามารถในการลดค่า COD พบว่าเพอร์ซัลเฟตสามารถลดค่า COD ได้มากที่สุดคือ 65.71 % และยังสามารถลดค่า BOD ได้ 80.65 %

วิมลโรจน์ (2537) ศึกษากระบวนการกำจัดสีย้อมโดยใช้สมบัติการดูดซับของแร่ดินที่หาได้ภายในประเทศ ได้แก่ แร่ดินเบนโทไนท์และเคโอลิไนท์ โดยทดลองใช้แร่ดินร่วมกับสารตกตะกอนเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดสีย้อม ใช้สารละลายสีย้อมมาตรฐาน 6 ชนิดที่เตรียมขึ้นในห้องทดลองและตัวอย่างน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมสิ่งทออีก 5 ตัวอย่าง ในการทดลองนี้น้ำสีย้อมมาทำการทดลอง 3 ประเภท ได้แก่ คิสเพิร์ส, โคเร็กซ์ และรีแอคทีฟ ประเภทละ 2 โทนสี คือ สีแดงและสีน้ำเงิน โดยทำการศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้คือ อิทธิพลของค่า pH ที่มีต่อสารละลายสีย้อมมาตรฐาน สารที่ใช้ตกตะกอนและปริมาณที่เหมาะสมของสารตกตะกอน แร่ดิน และชนิดของสารตกตะกอนร่วมที่เหมาะสมกับแร่ดิน จากผลการทดลองพบว่าสารที่ใช้ตกตะกอนที่ตกตะกอนได้ดีที่สุดเมื่อปรับค่า pH ให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม ได้แก่ อะลัม ส่วนแร่ดินที่ดูดซับได้ดีที่สุด ได้แก่ แร่ดินเบนโทไนท์ และพบว่า ค่า pH ไม่มีผลต่อการดูดซับของแร่ดิน

ขงบุท (2536) ได้ทดลองนำตะกอนสารส้มจากโรงงานผลิตน้ำประปามาใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียด้านตะกอนแขวนลอย COD และสีจากโรงงานอุตสาหกรรมย้อมผ้า จากการศึกษาพบว่าปริมาณสารส้มอิสระใน

ตะกอนสารส้มจากถังตกตะกอนของระบบผลิตน้ำประปาเล็กน้อย โดยมีเพียง 0.21 – 0.95 มก./ลิตร ไม่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้โดยตรง ต้องเติมกรดกำมะถันเข้มข้นลงไปเพื่อดึงสารส้มที่เกาะอยู่กับตะกอนออกมาให้มากขึ้น ทำให้มีปริมาณสารส้มอิสระเพิ่มขึ้นเป็น 155 – 630 มก./ลิตร สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียได้ ผลจากการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมย้อมผ้า พบว่า pH ของน้ำเสียก่อนการปรับปรุงและชนิดของสารส้มที่ใช้มีผลต่อประสิทธิภาพในการลดตะกอนแขวนลอยในน้ำเสีย โดยสรุปมีความเป็นไปได้ที่จะใช้สารส้มจากตะกอนสารส้มเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมย้อมผ้าแต่ประสิทธิภาพจะดีน้อยกว่าการใช้สารส้มบริสุทธิ์

Krongthamchat (1992) และ ธงชัยและกาญจนา (2535) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการกำจัดสีในน้ำเสียจากน้ำย้อมผ้าโดยการตกตะกอนด้วยโพลีออลูมิเนียมคลอไรด์ ตัวแปรที่ทำการศึกษได้แก่ pH ปริมาณโพลีออลูมิเนียมคลอไรด์ และปริมาณโพลีเมอร์ ส่วนน้ำเสียที่นำมาทดลองมี 4 ประเภท ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมประเภท รีแอคทีฟ แอซิด ไคเร็กซ์ และดิสเพิร์ส ผลจากการทดลองพบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดสีในน้ำเสียขึ้นอยู่กับประเภทของสีย้อม โดยสีย้อมที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งได้แก่ สีดิสเพิร์ส จะกำจัดได้ง่าย แต่สีที่ละลายน้ำได้ดี ซึ่งได้แก่ สิริแอคทีฟ แอซิด และไคเร็กซ์ จะกำจัดได้ยาก นอกจากนี้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีในน้ำเสียยังขึ้นอยู่กับชนิดของโตนสีและ pH ด้วย เมื่อใช้โพลีออลูมิเนียมคลอไรด์ ในปริมาณต่าง ๆ กันที่เหมาะสมกับสีแต่ละประเภทร่วมกับโพลีเมอร์ พบว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัดสิริแอคทีฟ แอซิด ไคเร็กซ์ และดิสเพิร์ส ได้ 0.31 – 59.7, 8.2 – 84.5, 7.6 – 81.9, 63.8 – 96.1 % ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพในการลดค่าซีไอดีและเอสเอสของน้ำเสียที่มีสีประเภทต่างๆ อยู่ในเกณฑ์ต่ำเช่นเดียวกัน โดยอยู่ในช่วงประมาณ 8.7 – 61 และ 3.8 – 41 % ตามลำดับ ยกเว้นสีประเภทดิสเพิร์สที่พบว่าประสิทธิภาพในการลดค่าซีไอดีและเอสเอสสูงกว่า คือ 54 – 95 และ 57 – 98 % ตามลำดับ ผลของการศึกษาสรุปได้ว่าการใช้โพลีออลูมิเนียมคลอไรด์เพื่อกำจัดสีในน้ำเสียจากน้ำย้อมผ้ายังมีประสิทธิภาพไม่เป็นที่พอใจ และราคาก็สูงเกินไปไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ในทางปฏิบัติ

ธงชัย (2527) ได้ทำการศึกษาวิธีการกำจัดสีในน้ำเสียจากโรงงานย้อมผ้าโดยการตกตะกอนด้วยสารเคมี ได้แก่ สารส้ม ปูนขาว และแมกนีเซียมคาร์บอเนตไฮเดรตเบสิก (MCHB) โดยทดลองกับน้ำย้อมสีสังเคราะห์ 8 ประเภท คือ สีย้อมไคเร็กซ์ แร่ท รีแอคทีฟ ซัลเฟอร์ อะโซอิก เมทลิก แอซิด และเบสิก ผลจากการทดลองพบว่าประสิทธิภาพการกำจัดสีในน้ำเสียจะขึ้นอยู่กับประเภทของสีย้อม โตนสี และสารที่ใช้ในการตกตะกอน โดยสารส้มสามารถกำจัดสีได้มากกว่า 70 % กับทุกประเภทของสีย้อมยกเว้นสีย้อมรีแอคทีฟซึ่งกำจัดแทบไม่ได้เลย ปูนขาวมีประสิทธิภาพการกำจัดสีในน้ำเสียต่ำ จึงไม่เหมาะในการนำไปใช้งาน ส่วน MCHB สามารถกำจัดสีได้ในช่วง 45 – 98 % นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้กำจัดสีย้อมรีแอคทีฟได้ด้วย

3.2 การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีดูดซับ (Adsorption)

กมลรัตน์ (2539) ทำการศึกษาผลของการใช้ผงถ่านกัมมันต์ที่มีต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบแยกทิวเด็คสตัคจ์ โดยใช้กากน้ำเสียจากโรงฟอกย้อมผ้าและผ้าฝ้ายซึ่งส่วนใหญ่มีสีรีแอกทีฟอยู่ น้ำเสียนี้มีค่าซีไอดีในช่วง 229-280 มก./ล. และมีค่าสีอยู่ในช่วง 89-122 Su. จากการทดลองพบว่า เมื่อเติมผงถ่านกัมมันต์ที่มีความเข้มข้น 0, 25, 50, 100, 150 และ 215 มก./ล. ลงในระบบแยกทิวเด็คสตัคจ์ที่มีระยะเวลาพักน้ำเท่ากับ 1 วันและค่าอายุตะกอน เท่ากับ 7 วัน จะมีค่า MLSS เฉลี่ยในถังเติมอากาศเท่ากับ 374, 527, 699, 1090, 1506 และ 1729 มก./ล. และมีค่า SVI เฉลี่ยเท่ากับ 47, 58, 58, 33, 30 และ 33 มก./ล.ตามลำดับ ผลการบำบัดปรากฏว่าน้ำทิ้งมีค่าซีไอดีเฉลี่ยเท่ากับ 72, 60, 60, 58, 53 และ 39 มก./ล. ตามลำดับ และมีค่าสีเฉลี่ยเท่ากับ 80, 69, 59, 45, 32 และ 35 Su. ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอดีเฉลี่ย เท่ากับ 70, 74, 74, 79, 81 และ 84% ตามลำดับ และในการกำจัดสีเฉลี่ยเท่ากับ 18, 26, 37, 50, 64 และ 68% ตามลำดับ จากผลการทดลองจะเห็นว่าผงถ่านกัมมันต์สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดสีได้อย่างชัดเจนและทำให้สัณฐานของระบบแยกทิวเด็คสตัคจ์ตกตะกอนได้ดีขึ้น แต่ไม่เพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีมากนัก ผลจากการทดลองยังพบว่าระบบแยกทิวเด็คสตัคจ์ธรรมดาสามารถกำจัดซีไอดีให้ลดต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ที่ 120 มก./ล.ได้ แต่กำจัดสีจากประมาณ 100 Su. ได้เหลือประมาณ 80 Su. เท่านั้น แม้ว่าระบบแพคท์ที่ความเข้มข้นผงถ่านกัมมันต์เท่ากับ 200 มก./ล. จะบำบัดสีให้เหลือประมาณ 30 Su.ได้ แต่ก็ต้องเสียค่าผงถ่านกัมมันต์ที่ต้องเติมในระบบแยกทิวเด็คสตัคจ์ประมาณ 8 บาท/ม³ ยิ่งไปกว่านั้นสัณฐานที่เกิดขึ้นในระบบแพคท์ยังมีปริมาณมากกว่าสัณฐานในระบบแยกทิวเด็คสตัคจ์ถึง 4.5 เท่า

วณัฏฐิ (2539) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลของขนาดรูพรุนของถ่านกัมมันต์เม็ดที่แตกต่างกัน 4 ค่าที่มีต่อประสิทธิภาพในการกำจัดสีของ 4 ประเภท ได้แก่ สีรีแอกทีฟ สีไครเรคท์ สีอะโซอิก และสิดิสเพิร์ส น้ำเสียที่ใช้ทดลองเป็นน้ำเสียสังเคราะห์ นำมาผ่านถ่านกัมมันต์เม็ดทั้งในแบบแบบคัสโดยอาศัยการเขย่าและแบบต่อเนื่องโดยให้ไหลผ่านคอลัมน์สูง 2 เมตรที่บรรจุชั้นถ่านสูง 1 เมตรและใช้อัตราการไหลของน้ำเสีย 5 ปริมาตรเบด/ชม. ผลจากฟรอนตริซไอโซเทอร์มแสดงให้เห็นว่าถ่านกัมมันต์เม็ดที่มีขนาดรูพรุนใหญ่ที่สุดมีประสิทธิภาพในการกำจัดสีดีที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดสีจะแปรผันตามค่าไอโอไดนิซึมเบอร์และโมลาลิซึมเบอร์ของถ่านกัมมันต์เม็ดที่ใช้ด้วย ส่วนระยะเวลาอิ่มตัวของคาร์บอนจะแตกต่างกันไปตามประเภทของสีและโทนสี ค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อการดูดซับก็แตกต่างกันไปในสีชนิดแต่ละชนิด ค่าความจุในการดูดซับของถ่านกัมมันต์จะเพิ่มขึ้นเมื่อค่าความเข้มข้นของสีเพิ่มขึ้นในสีทุกชนิด ภาวะที่เหมาะสมของถ่านกัมมันต์เม็ดในการกำจัดสีรีแอกทีฟและสีไครเรคท์อยู่ในช่วง 265 – 860 ปริมาตรเบด ส่วนสีอะโซอิกและสิดิสเพิร์สเกิดการดูดซับขณะทดสอบ การใช้ถ่านกัมมันต์เม็ดจึงเหมาะที่จะใช้ในการกำจัดสีรีแอกทีฟและสีไครเรคท์ ไม่เหมาะกับสีอะโซอิกและสิดิสเพิร์ส เพราะเกิดการดูดซับรวมถึงน้ำเสียที่ออกมาก็มีค่าสีสูงด้วย

วิวรรณ (2539) ได้ทำการทดลองใช้ถ่านกัมมันต์ในการบำบัดสีในน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมสิ่งทอในการบำบัดขั้นสุดท้าย โดยใช้ถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดและขี้เลื่อยเป็นสารดูดซับ ขั้นตอนของการทดลองเป็นการหาประสิทธิภาพในการกำจัดสีในสารละลายสังเคราะห์ 4 ประเภท คือ ประเภทสีแอซิด ประเภทสีเบสิก ประเภทสีรีแอกทีฟ และประเภทสีไครเรคท์ ผลการทดลองพบว่าสีที่ถ่านกัมมันต์ดูดซับได้ดีที่สุด ได้แก่ สีประเภทเบสิก รอง

ลงมาคือ สีไคเร็กซ์ สิริแอคทีฟ และสีแอซิด ตามลำดับ ส่วนสีที่ขี้เลื่อยดูดซับได้ดีที่สุด ได้แก่ สีประเภทเบสิก รองลงมาคือ สีแอซิด สีไคเร็กซ์ และสิริแอคทีฟ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับสีระหว่างถ่านกัมมันต์และขี้เลื่อยที่มีความสูงเท่ากัน พบว่าถ่านกัมมันต์ดูดซับสีประเภทรีแอคทีฟและไคเร็กซ์ได้ดีกว่าขี้เลื่อย สีประเภทเบสิกได้พอกับขี้เลื่อย และสีประเภทแอซิดได้น้อยกว่าขี้เลื่อย ขึ้นต่อไปเป็นการทดลองหาประสิทธิภาพในการกำจัดสีและลดค่าซีไอดีในน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมสิ่งทอ ผลจากการทดลองพบว่าประสิทธิภาพในการดูดซับสีจะแตกต่างกันไปตามชนิดและปริมาณของขี้เลื่อยและองค์ประกอบอื่นๆในน้ำเสียแต่ละตัวอย่าง และถ่านกัมมันต์จะให้ประสิทธิภาพในการดูดซับสีและลดค่าซีไอดีได้ใกล้เคียงกับขี้เลื่อย ด้านเทียบค่าการดูดซับสีและลดค่าซีไอดีต่อหน่วยน้ำหนักจะพบว่าขี้เลื่อยมีประสิทธิภาพสูงกว่าและราคาก็ถูกกว่ามาก แต่ขี้เลื่อยก็มีข้อเสีย เนื่องจากน้ำเสียจะชะเอาสีจากขี้เลื่อยออกมาด้วย ดังนั้นถ้าจะนำขี้เลื่อยมาใช้งานควรจะต้องมีการปรับปรุงคุณภาพเสียก่อน เมื่อเปรียบเทียบผลของการกำจัดสีในน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมสิ่งทอกับสารละลายสังเคราะห์พบว่าแตกต่างกันมาก โดยประสิทธิภาพในการกำจัดสีในน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมสิ่งทอจะต่ำกว่ามาก ทั้งนี้เนื่องจากในสารละลายสังเคราะห์เป็นสีเดี่ยวๆ แต่ในน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมเป็นสีหลายชนิดผสมกันซึ่งจะมีองค์ประกอบและปริมาณที่แตกต่างกัน

อภิชาติ (2539) ได้ศึกษาการใช้กระบวนการร่วมของการดูดซับสีและโคแอกูเลชันในการกำจัดสีข้อมรีแอคทีฟจากน้ำเสียย้อมผ้าโดยใช้แอคติเวตเต็ดคาร์บอนผงและเถ้าลอยจากปล่องควันของโรงผลิตไฟฟ้าถ่านหินลิกไนต์เป็นสารดูดซับสีในกระบวนการดูดซับสี ใช้สารส้มเป็นโคแอกูแลนต์ และใช้โพลิเมอร์เป็นโคแอกูแลนต์ เอด ประเภทของสีข้อมที่นำมาใช้ทดลองเป็นสีข้อมรีแอคทีฟ 2 โทนสี คือ สีแดงและสีน้ำเงิน ผลจากการทดลองพบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดสีข้อมรีแอคทีฟโดยใช้แอคติเวตเต็ดคาร์บอนผง จะขึ้นอยู่กับโทนสีของน้ำเสียและปริมาณแอคติเวตเต็ดคาร์บอนผง กล่าวคือเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการกำจัดสี 95% เท่ากัน กรณีน้ำเสียโทนสีแดงต้องใช้แอคติเวตเต็ดคาร์บอนผง 800 มก./ล. แต่ถ้าเป็นน้ำเสียโทนสีน้ำเงินต้องใช้ 600 มก./ล. ขณะที่เถ้าลอยนั้นให้ประสิทธิภาพในการกำจัดไม่แน่นอนขึ้นกับตัวอย่างของเถ้าลอย เนื่องจากลักษณะของเถ้าลอยแต่ละตัวอย่างมีความแตกต่างกันมาก น้ำส่วนบนที่ได้จากการตกตะกอนด้วยเถ้าลอยและแอคติเวตเต็ดคาร์บอนผงจะมีลักษณะที่แตกต่างกัน โดยเถ้าลอยสามารถตกตะกอนได้เกือบหมดทำให้น้ำส่วนบนใสมากไม่จำเป็นต้องใช้สารช่วยการตกตะกอนและตะกอนของเถ้าลอยจับตัวกันแน่นมากถ้าทิ้งไว้จะจับตัวกันเป็นซีเมนต์แข็ง ส่วนแอคติเวตเต็ดคาร์บอนผงนั้นตกตะกอนได้เป็นส่วนใหญ่มีเพียงบางส่วนที่แขวนลอยอยู่ในน้ำส่วนบนและทำให้น้ำส่วนบนมีสีดำต้องทำการกำจัดด้วยกระบวนการโคแอกูเลชัน โดยการใช้สารส้มเพียง 30 มก./ล. ถ้าใช้มากกว่านี้ไม่เพิ่มประสิทธิภาพการกำจัด การใช้โพลิเมอร์เดิมร่วมกับสารส้มพบว่าไม่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดเช่นกันและยังจะลดประสิทธิภาพการกำจัดอีกด้วย ดังนั้นการกำจัดสีข้อมรีแอคทีฟในน้ำเสียย้อมผ้าด้วยกระบวนการร่วมของการดูดซับสีด้วยแอคติเวตเต็ดคาร์บอนผงและโคแอกูเลชันด้วยสารส้มเท่านั้นที่มีความเป็นไปได้ โดยน้ำเสียโทนสีแดงเสียค่าสารเคมี 36.10 บาท/ลบ.ม. และน้ำเสียโทนสีน้ำเงินเสียค่าสารเคมี 29.30 บาท/ลบ.ม. แต่ไม่เหมาะที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานจริงเพราะเสียค่าใช้จ่ายสูง

อภิสิทธิ์ (2538) ทำการศึกษาการกำจัดสีในน้ำสีสังเคราะห์และน้ำเสียจากอุตสาหกรรมฟอกย้อมสิ่งทอโดยวิธีการดูดซับด้วยขี้เถ้าลอยลิกไนต์ เริ่มจากการทดลองกำจัดสีในน้ำสีสังเคราะห์ที่เตรียมจากสีข้อมผ้าประเภท

ต่างๆ ได้แก่ สิดิสเพอร์ส สิโอลิด สิริแอคติฟ สโครเรทท์ สิบเลก สิชัลเฟอร์ และสปีกเมนต์ ที่ระดับความเข้มข้น 100 มก./ล. โดยทำการทดลองที่สภาวะ pH 4, 6 และ 8 ปริมาณซีเถ้าลอย 0.5, 1.0 และ 1.5 กรัม ผลจากการทดลองพบว่าซีที่ถูกดูดซับได้ดีที่ pH 4 ได้แก่ สิบประเภท สิโอลิด สิริแอคติฟ และสิชัลเฟอร์ ซีที่ถูกดูดซับได้ดีที่ pH 6 ได้แก่ สิดิสเพอร์ส สิริแอคติฟ และสโครเรทท์ และซีที่ถูกดูดซับได้ดีทั้งที่ pH 4, 6 และ 8 ได้แก่ สโครเรทท์ สิบเลก และสปีกเมนต์ โดยซีเถ้าลอยให้ประสิทธิภาพในการดูดซับซีในช่วง 50-99% นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อปริมาณซีเถ้าลอยเพิ่มขึ้นจะมีความสามารถในการกำจัดซีสูงขึ้น โดยซีเถ้าลอย 1 กรัมสามารถดูดซับซีได้ 100-1000 มก. และเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีสูงขึ้น pH ของน้ำซีสังเคราะห์หลังจากผ่านการดูดซับด้วยซีเถ้าลอยจะมีค่าสูงขึ้นเป็น 10-11 จำเป็นต้องปรับให้อยู่ในช่วง 6-7 ด้วย 0.1 N HCl ซึ่งในขั้นตอนนี้จะสามารถลดความเข้มข้นของสิ่งได้อีก 4-90% โดยขึ้นอยู่กับประเภทของซี สำหรับประสิทธิภาพในการลดค่า COD ในทุกสภาวะการทดลองจะอยู่ในช่วง 30-95% เมื่อทำการทดลองกับน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมสิ่งทอ โดยใช้ซีเถ้าลอยที่ออกจากระบบบำบัดขั้นที่สองและเลือกใช้ปริมาณซีเถ้าลอยลิทไนต์ 1.0 กรัม ที่อุณหภูมิ 30°C และ 50°C ที่ pH 6.00 พบว่าซีเถ้าลอยลิทไนต์สามารถลดความเข้มข้นของซีในน้ำเสียได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้นและมีประสิทธิภาพในการลด COD ได้เท่ากับ 20.2 และ 25.1% ที่อุณหภูมิ 30°C และ 50°C ตามลำดับ ค่า pH และสารแขวนลอยของน้ำเสียหลังผ่านการดูดซับแล้วจะมีค่าสูงขึ้น โดยค่า pH อยู่ในช่วง 10.0-11.0 ซึ่งเกินมาตรฐานของคุณภาพน้ำทิ้งที่กำหนดไว้จึงต้องทำการปรับค่า pH ให้อยู่ในเกณฑ์ ส่วนสารแขวนลอยแม้มีค่าสูงขึ้นแต่ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

วิไลพร (2536) ได้ทำการทดลองบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมประเภทสิ่งทอโดยกระบวนการดูดซับด้วยแอคติเวตเต็ดคาร์บอน ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ในการกำจัดซีและซีโอไซด์จากน้ำเสียสังเคราะห์ที่เตรียมจากซีเถ้าลอยประเภท Reactive สีแดงและสีน้ำเงิน ทำการทดลองโดยให้น้ำเสียผ่านคอลัมน์ที่บรรจุถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ด (Granular Activated Carbon) โดยทำการทดลองที่อัตราการน้ำล้นผิว (Overflow Rate) ต่างๆ กันดังนี้ 1.17, 2.34 และ 4.68 gpm/ft² พบว่าที่อัตราการน้ำล้นผิวต่ำ ประสิทธิภาพในการดูดซับซีและกำจัดซีโอไซด์มีค่าสูง และอายุการใช้งานของชั้นถ่านกัมมันต์ก็จะนานกว่าการใช้งานที่อัตราการน้ำล้นผิวสูง และเมื่อทดลองหาประสิทธิภาพในการกำจัดซีและซีโอไซด์ที่ความสูงของชั้นถ่านกัมมันต์ต่างๆ กัน (20, 50 และ 80 ซม.) ที่อัตราการน้ำล้นผิว 1.17, 2.34 และ 4.68 gpm/ft² พบว่าที่ความสูง 80 ซม. ประสิทธิภาพในการกำจัดซี และซีโอไซด์จะสูงกว่าที่ความสูง 50 และ 20 ซม. นอกจากนี้ยังได้นำผลจากการทดลองไปประยุกต์ใช้กับโมเดลทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) ของ Bohart และ Adams เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ทางจลศาสตร์ (Kinetic Coefficient) ได้แก่ N_0 , K และ D_0 โดยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการหาค่าเวลาใช้งานและประสิทธิภาพของระบบได้

3.3 การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีโอโซนเนชัน (Ozonation)

วรารณ (2533) ได้ทำการศึกษหาประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมด้วยโอโซน โดยใช้โอโซนเป็นตัวออกซิไดซ์ในปฏิกิริยา ได้ออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาหาประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียที่ภาวะบรรทุกของน้ำเสีย 3 ระดับก่อนเข้าระบบบำบัด คือ ภาวะบรรทุกที่ 1 ภาวะบรรทุกที่ 2 และภาวะ

บรรทุกที่ 3 โดยใช้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาของโอโซนเป็น 0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5 และ 6 ชั่วโมงตามลำดับ ผลการทดลองพบว่า เมื่อระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพในการบำบัดสี, COD และ pH จะสูงขึ้น โดยมีประสิทธิภาพในการบำบัดสีได้ 0-85.7, 0-84.9 และ 0-76.3%, บำบัด COD ได้ 0-67.4, 0-65.7 และ 0-53.8%, และบำบัด pH ได้ 0-8.1, 0-7.6 และ 0-10.5% สำหรับน้ำเสียที่ระดับการบรรทุกที่ 1, การบรรทุกที่ 2 และการบรรทุกที่ 3 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาของโอโซนเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ SS เพิ่มขึ้น 0-32.9, 0-31.6 และ 0-27.6% และ BOD เพิ่มขึ้น 0-34.9, 0-38.5 และ 0-21% สำหรับน้ำเสียที่ระดับการบรรทุกที่ 1, การบรรทุกที่ 2 และการบรรทุกที่ 3 ตามลำดับ จากการทดสอบทางสถิติพบว่า ทั้ง 3 การบรรทุก เมื่อระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นโอโซนจะมีประสิทธิภาพในการบำบัดสี, COD และ pH ของน้ำเสียเพิ่มขึ้น แต่จะมีผลทำให้ SS และ BOD ของน้ำเสียเพิ่มขึ้นด้วยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < 0.05$) ส่วน TS ของน้ำเสียจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < 0.05$) แม้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นไม่ว่าจะเป็นที่การบรรทุกใดๆ

3.4 การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีเคมีไฟฟ้า (Electrochemical)

Wang (1994) ได้ออกแบบ reactor ให้ทำงานได้ทั้ง electrolysis การตกตะกอน และ flotation โดยไม่ต้องเติมสาร flocculent หรือก๊าซใดๆ ในกระบวนการจะใช้ chloride เพื่อผลิต sodium hypochlorite ซึ่งเป็นสารที่ทำหน้าที่กำจัดสีในน้ำเสียจากการฟอกย้อมได้ ใน reactor จะใช้ bipolar plate electrodes เพื่อให้เกิด mass transfer ได้ดีและและมีอัตราการกำจัดสีได้สูง ได้ทำการศึกษาตัวแปรต่างๆ ได้แก่ จำนวน electrodes, current density, ความเข้มข้นเริ่มต้นของสี, ค่าการนำไฟฟ้า, ผลของการเติม chloride และวัสดุที่ใช้ทำ electrodes (steel และ aluminum plates) ในแบบ batch กับน้ำเสียจากการฟอกย้อมสีรวม 4 ประเภท คือ น้ำเสียที่มี reactive dye, acid dye, disperse dye และ สีสผสม disperse และ vat dye รวมทั้งได้ทำการทดลองบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมฟอกย้อมในแบบต่อเนื่อง (continuous mode) ด้วย ผลจากการทดลองบำบัดน้ำเสียซึ่งไม่ได้ผ่านการบำบัดเบื้องต้นมาก่อน พบว่าอัตราการกำจัด reactive dye, disperse dye และ สีสผสมระหว่าง disperse และ vat dye ได้ $> 92\%$ และ acid dye กำจัดได้ 85% โดยวิธีการนี้สามารถกำจัดสีจากประมาณ 7,000 ADMI ให้เหลือเพียง 300 ADMI ได้ และใช้ไฟฟ้าประมาณ 7.5 กิโลวัตต์-ชม./ลบ.ม. ซึ่งสามารถกำจัดสีและ COD ได้ 96% และ 85% ตามลำดับ โดยจะมี SS ในน้ำทิ้งประมาณ 100 มก./ล. ผลที่ได้จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าถ้าเลือกใช้ current density และ อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าสู่ระบบที่ดีที่สุด จะทำให้สามารถใช้ระบบของ electroflotation reactor นี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเสียค่าใช้จ่ายค่อนข้างน้อย

Thammarat (1993) ได้ทำการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสีโดยกระบวนการ ozonation และ Electro-chemical โดยใช้โอโซนที่อัตราการไหลและระยะเวลาสัมผัสต่างๆ และใช้กระบวนการ Electro-chemical ที่สภาวะต่างๆ กัน ได้แก่ การศึกษาแบบ batch โดยใช้ voltage คงที่ การศึกษาแบบ batch โดยใช้กระแสไฟฟ้าคงที่ และการศึกษาแบบต่อเนื่อง (continuous) โดยใช้กระแสไฟฟ้าคงที่ ผลจากการทดลองพบว่ากระบวนการ Electro-chemical สามารถกำจัดสีในน้ำเสียได้ $> 90\%$ แต่กระบวนการ ozonation กำจัด

สีในน้ำเสียได้เพียงประมาณ 50% เท่านั้น โดยกระบวนการ Electro-chemical จะให้ประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อใช้กระแสไฟฟ้าคงที่ 15 แอมแปร์ เมื่อทำการศึกษาแบบต่อเนื่อง (continuous) โดยใช้กระแสไฟฟ้าคงที่ พบว่ายังสามารถกำจัดสีในน้ำเสียได้ > 90% ดังนั้นจะเห็นว่ากระบวนการ Electro-chemical น่าจะเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมมากที่สุดสำหรับบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมฟอกย้อมถ้าไม่คิดถึงในส่วนของการบำบัด sludge and scum ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการ Electro-chemical ส่วนกระบวนการ ozonation จะไม่มี sludge เกิดขึ้น

3.5 การบำบัดน้ำเสียโดยใช้พืชหรือระบบบึงประดิษฐ์

มุกดา สุขสมานและคณะ (2532) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาถึงความสามารถและความแตกต่างของประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานทอผ้าย่านรังสิตโดยใช้พืชตัวอย่าง 3 ชนิด คือ ผักตบชวา (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) ธูปฤาษี (*Typha augustifolia* L.) และสาหร่าย (*Najas graminea* Del.) โดยได้เก็บตัวอย่างน้ำเสียจากโรงงานทอผ้าไทยเทชินในเขตน่านรังสิตมาทำการทดลองภายในบริเวณห้องปฏิบัติการ ทำการวิเคราะห์หาความต้องการออกซิเจนทางเคมี ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ อุณหภูมิ pH การนำไฟฟ้า ความเข้มข้นของสี ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณฟอสเฟต ปริมาณไนเตรต และน้ำหนักรวมของพืช โดยทำการวิเคราะห์ก่อนการทดลองและในสัปดาห์ต่อมา สัปดาห์ละครั้งจนครบ 8 สัปดาห์ รวม 9 ครั้ง ผลจากการศึกษาพบว่า พืชทั้ง 3 ชนิด มีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียแตกต่างกัน โดยผักตบชวาและสาหร่ายจะสามารถบำบัดได้ในระยะสัปดาห์แรกๆและจะเริ่มตายในสัปดาห์ที่ 4 และ 5 ตามลำดับ ส่วนธูปฤาษีจะมีชีวิตอยู่ได้ตลอดการทดลองนี้คือ ครบ 8 สัปดาห์ ในส่วนของประสิทธิภาพนั้นพบว่า ธูปฤาษีมีประสิทธิภาพสูงสุดในการบำบัดน้ำเสียโดยค่าความต้องการออกซิเจนทางเคมีและความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีลดลงเรื่อยๆ ในขณะที่พืชชนิดอีก 2 ชนิดจะมีประสิทธิภาพต่ำกว่าเนื่องจากซากที่ตายลงและเน่าเปื่อยในน้ำทำให้น้ำมีคุณภาพต่ำลง ผลจากการชั่งน้ำหนักพืชเมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง พบว่าธูปฤาษีมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นจากเดิม ร้อยละ 12.5 ในขณะที่ผักตบชวาและสาหร่ายมีน้ำหนักลดลงร้อยละ 57.5 และ 75 ตามลำดับ

3.6 การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีอื่นๆ

อัมพล (2541) ทำการศึกษาทดลองถึงผลของระยะเวลาแวนแวนโรบิก ความเข้มข้นของสีและชนิดสารอาหารที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ ทีเคเอ็น ฟอสฟอรัสและสี ในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยใช้แบบจำลองแบบเอสบีอาร์ ปริมาตรถัง 16 ลิตร อายุสัปดาห์รวม 8 วัน และเวลาวัฏจักรของระบบ 12 ชั่วโมง ปรับระยะเวลาแวนแวนโรบิก+แวนโรบิกในแต่ละระยะเป็น 0+11 (ระยะแวนโรบิก) 2+9, 4+7 และ 8+3 ชั่วโมง (ตามชุดหลังเป็นระยะแวนแวนโรบิก+แวนโรบิก โดยในช่วงแวนแวนโรบิกมีขึ้นตอนแวนออกซิเจนเกิดขึ้นก่อนหน้าด้วย) เวลาตกตะกอน 1 ชั่วโมง ใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มี ซีไอดี 500 มก./ล. ไนโตรเจน 50 มก./ล. ฟอสฟอรัส 15 มก./ล. (อัตราส่วน 100:10:3) สีที่ใช้ทดสอบคือสีย้อมเคมีฟลอะโซ Remazol Black B ที่ความเข้มข้น 10, 40 และ 80 มก./ล. ผลจากการทดลองพบว่าประสิทธิภาพของการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ทั้งของระบบแวนโรบิกและระบบบีอาร์ที่มีระยะเวลา

แอนแอโรบิก 2, 4 และ 8 ชั่วโมง ค่อนข้างใกล้เคียงกันกล่าวคือที่ 10 มก./ล. ลดซีไอดีได้ > 95% สำหรับทั้งสี่กรณี ที่ 40 มก./ล. ลดซีไอดีได้ > 93% สำหรับชุดแอนโรบิกและแอนแอโรบิก 2 และ 4 ชั่วโมง และที่ 80 มก./ล. ลดซีไอดีได้ 88.6% สำหรับชุดแอนแอโรบิก 4 ชั่วโมง จะเห็นว่าปริมาณซีไอที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์เพียงเล็กน้อย ประสิทธิภาพการกำจัดที่เคอื่นที่ 10 มก./ล. >97% สำหรับทั้งสี่กรณี ที่ 40 มก./ล. >95% สำหรับชุดแอนโรบิกและแอนแอโรบิก 2 และ 4 ชั่วโมง และที่ 80 มก./ล. เท่ากับ 93.3% สำหรับชุดแอนแอโรบิก 4 ชั่วโมง จึงได้ข้อสรุปเช่นเดียวกับกรณีการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ ส่วนประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสที่ 10 มก./ล. เท่ากับ 59.2, 98.7, 98.7 และ 98.0% ตามลำดับ และที่ 40 มก./ล. เท่ากับ 58.8, 97.4 และ 99.3% สำหรับชุดแอนโรบิกและแอนแอโรบิก 2 และ 4 ชั่วโมงตามลำดับ และที่ 80 มก./ล. เท่ากับ 97.4% สำหรับชุดแอนโรบิก 4 ชั่วโมง แสดงว่าระบบแอนโรบิกกำจัดฟอสฟอรัสได้ไม่ด้นกแต่ยังดีกว่าระบบแอนโรบิกปกติ ส่วนระบบอีบีพีอาร์ลดฟอสฟอรัสได้ดี รวมทั้งความเข้มข้นในช่วงที่ทำการศึกษามีผลกระทบต่อจุลชีพโอไมกนักร ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอในหน่วยเอสยูที่ 10 มก./ล. เท่ากับ 18.3, 36.8, 62.8 และ 62.5% ตามลำดับ และที่ 40 มก./ล. เท่ากับ 14.6, 35.2 และ 52.7% สำหรับชุดแอนโรบิกและแอนแอโรบิก 2 และ 4 ชั่วโมงตามลำดับ และที่ 80 มก./ล. เท่ากับ 54.5% สำหรับชุดแอนแอโรบิก 4 ชั่วโมง ส่วนประสิทธิภาพการกำจัดซีไอในหน่วยเอดีเอ็มไอที่ 10 มก./ล. เท่ากับ 19.6, 40.9, 59.1 และ 59.6% ตามลำดับ และที่ 40 มก./ล. เท่ากับ 20.7, 50.3 และ 58.8% สำหรับชุดแอนโรบิกและแอนแอโรบิก 2 และ 4 ชั่วโมงตามลำดับ และที่ 80 มก./ล. เท่ากับ 52.5% สำหรับชุดแอนแอโรบิก 4 ชั่วโมง

โศภา (2540) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ของการบำบัดน้ำเสียที่มีซีไอเอ็มรีแอกทีฟด้วยกระบวนการไร้อากาศที่ประกอบด้วยระบบยูเอเอสบี 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการสร้างกรดและขั้นตอนการสร้างมีเทน มีเวลากักน้ำขั้นตอนละ 12 ชั่วโมง การทดลองแบ่งออกเป็น 5 การทดลอง โดย 3 การทดลองแรกใช้น้ำเสียกิ่งสังเคราะห์ ซึ่งเป็นน้ำเสียซีไอเอ็มจากการย่อยครั้งที่ 1 มาเจือจางและเตรียมให้มีความเข้มข้นประมาณ 150 เอสยู โดยใช้น้ำเสียที่ซีไอเอ็ม 3 โทเนล คือ ซีไอเอ็ม และน้ำเงิน มีการเติมแป้งมันที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน 3 ระดับ ในการทดลองที่ 4 จะคล้ายกับ 3 การทดลองแรกแต่ใช้น้ำซีไอเอ็มน้ำเงินสังเคราะห์ทั้งหมด ส่วนการทดลองที่ 5 ใช้น้ำซีไอเอ็มน้ำเงินสังเคราะห์เช่นกัน แต่เปลี่ยนแปลงความเข้มข้นในน้ำเสียที่เตรียมให้เป็น 50 และ 100 เอสยู (โดยใช้ความเข้มข้นแป้งมัน 500 มก./ล.) การทดลองที่ 1 ใช้น้ำซีไอเอ็มและเติมแป้งมัน 500, 1,000 และ 1,500 มก./ล. พบว่า ประสิทธิภาพการลดซีไอเท่ากับ 67, 71 และ 69% ตามลำดับ แสดงว่าการเติมแป้งมันในช่วง 500 ถึง 1,500 มก./ล. ไม่ทำให้ประสิทธิภาพในการลดซีไอแตกต่างกันมากนัก ดังนั้น ในการทดลองที่ 2 ถึง 4 จึงเปลี่ยนความเข้มข้นแป้งมันที่เติมเป็น 0, 200 และ 500 มก./ล. พบว่าประสิทธิภาพในการลดซีไอของน้ำซีไอเอ็มแดงในการทดลองที่ 2 เท่ากับ 36, 57 และ 56% ตามลำดับ น้ำซีไอเอ็มน้ำเงินในการทดลองที่ 3 เท่ากับ 48, 52 และ 56% ตามลำดับ และน้ำซีไอเอ็มน้ำเงินสังเคราะห์ในการทดลองที่ 4 เท่ากับ 36, 54 และ 57% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า การเติมแป้งมันทำให้ประสิทธิภาพการลดซีไอเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการไม่เติม ถึงแม้ว่าในการทดลองที่ 3 จะเห็นไม่ชัดเจนนักก็ตาม แต่ก็มีแนวโน้มที่ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเมื่อเติมแป้งมัน นอกจากนี้ จากทั้ง 4 การทดลอง พบว่า น้ำซีไอเอ็มแดงลดซีไอได้มากที่สุด ทั้งนี้คาดว่าเป็นเพราะซีไอแดงตัวตามธรรมชาติได้ดีกว่าซีไออื่น ส่วนการทดลองที่ 5 กับน้ำซีไอเอ็มน้ำเงินสังเคราะห์ที่ความเข้มข้นในน้ำเสีย 100 และ 50 เอสยู ประสิทธิภาพในการลดซีไอ เท่ากับ 56 และ 63% ตามลำดับ สรุปได้ว่า ระบบไร้อากาศยูเอเอสบี

สามารถลดสีในน้ำเสียได้ กลไกการลดสีคาดว่าสียอมทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอนในกระบวนการย่อยอาหารของแบคทีเรีย

จินตนา (2539) ทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการกำจัดสีในน้ำเสียจากโรงฟอกย้อมระหว่างกระบวนการเอสบีอาร์แบบธรรมดา กับแบบแอนนออกซิก+แอนแอโรบิก/ออกซิก (เอทูโอ-เอสบีอาร์) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นตอนที่ 1 ใช้น้ำเสียจริงที่มีสีต่างกัน 3 ชนิดคือ สีคิสเพอร์ส (จากบ่อพักน้ำเสียรวมในโรงงานแห่งที่ 1), ซัลเฟอร์ และรีแอกทีฟ (จากระบวนการฟอกย้อมอย่างเดียวกันในโรงงานแห่งที่ 2) ขั้นตอนที่ 2 ใช้น้ำเสียจริงชนิดรีแอกทีฟและเติมแหล่งคาร์บอน (น้ำตาลและกรดอะซิติก) เสริมลงไป โดยนำมาทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสีโดยใช้ระบบเอทูโอ-เอสบีอาร์ที่มีการทำงานในช่วงแอนนออกซิก+แอนแอโรบิกต่างกัน คือ 8 และ 20 ชั่วโมง ผลจากการทดลองพบว่า ในการกำจัดสีและสารอินทรีย์ของน้ำเสียที่มีสี 3 ชนิดในขั้นตอนที่ 1 เมื่อใช้ระบบเอทูโอ-เอสบีอาร์จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าระบบเอสบีอาร์แบบธรรมดา โดยระบบเอทูโอ-เอสบีอาร์มีประสิทธิภาพการกำจัดสีคิสเพอร์ส, ซัลเฟอร์ และรีแอกทีฟ เท่ากับ 75, 15.7 และ 31.2% ในหน่วย SU และ 11.2, 5.1 และ 8.0% ในหน่วย ADMI ตามลำดับ ส่วนในระบบเอสบีอาร์แบบธรรมดามีประสิทธิภาพการกำจัดสำหรับสีทั้ง 3 ชนิด เท่ากับ 73.6, 3.2 และ 30.2% ในหน่วย SU และ 3.8, 5.2 และ 7.8% ในหน่วย ADMI ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าถ้าวัดสีในหน่วย ADMI ระบบทั้งสองมีความแตกต่างกันน้อยมาก แต่เมื่อดูด้วยตาเปล่าจะสังเกตเห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจน และนอกจากนี้ยังพบว่าระบบทั้งสองมีประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีสูง (>75% สำหรับสีคิสเพอร์ส) และกำจัดทีเคเอ็นก็สูงเช่นกัน (>93.7% สำหรับสีทั้ง 3 ชนิด) แต่พบว่าระบบเอทูโอ-เอสบีอาร์มีประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้สูงกว่าระบบเอสบีอาร์แบบธรรมดา (>50% สำหรับสีทั้ง 3 ชนิด) อย่างไรก็ตามยังมีประสิทธิภาพในการกำจัดที่ไม่สูงนักและระบบฯมีอุณหภูมิสูง (24-27 องศาเซลเซียส) ซึ่งทำให้มีประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสไม่ดีขึ้น ในขั้นตอนที่ 2 การกำจัดสีชนิดรีแอกทีฟที่มีการเติมแหล่งคาร์บอนเสริมโดยใช้ระบบเอทูโอ-เอสบีอาร์ที่มีการทำงานในช่วงแอนนออกซิก+แอนแอโรบิกและช่วงออกซิกเท่ากับ 20+2 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพการกำจัดสีสูงกว่า 8+2 ชั่วโมง โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดสี 42.8 และ 19% ในหน่วย SU และ ADMI ตามลำดับที่การทำงาน 20+2 ชั่วโมง และ 29.2 และ 16.4% ที่การทำงาน 8+2 ชั่วโมง ตามลำดับ

ชนะวัฒน์ (2538) ได้ทำการศึกษาผลของรังสีแกมมาที่มีต่อสีของน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วจากโรงงานอุตสาหกรรม 4 กลุ่ม คือ โรงงานฟอกย้อม โรงงานกระดาษ โรงงานฟอกหนัง และโรงงานฆ่าสัตว์ จำนวนทั้งหมด 11 โรงงาน โดยนำตัวอย่างน้ำทิ้งมาฉายรังสีแกมมา แล้ววิเคราะห์ค่า pH การดูดกลืนแสง ความขุ่น สี และ COD เพื่อวิเคราะห์ผลของรังสีแกมมาที่มีต่อสีของน้ำทิ้งและระดับรังสีที่สามารถลดสีของน้ำทิ้งให้อยู่ในเกณฑ์ที่ไม่น่ารังเกียจได้ ผลการศึกษาโดยสรุปพบว่า ค่าคุณลักษณะสีของน้ำทิ้งลดลงตามระดับรังสีที่ทดลอง โดยน้ำทิ้งจากโรงงานฟอกย้อม ค่าเฉลี่ยของสีจะลดลงมากที่รังสีระดับต่ำตั้งแต่ 1-3 กิโลเกรย์ สีจะลงเป็นลำดับหรือจางจนแทบไม่มีสีปรากฏให้เห็นเลย ส่วนที่ระดับรังสีสูงสุดคือ 10 กิโลเกรย์ สีที่ปรากฏแก่สายตาจะดูน่ารังเกียจน้อยลงมาก ดังนั้นการบำบัดสีของน้ำทิ้งโดยใช้รังสีแกมมาส่วนใหญ่สามารถทำให้สีลดลงหรือหมดไปและอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่น่ารังเกียจได้

4. อุตสาหกรรมอาหาร

4.1 อุตสาหกรรมอาหารทะเล

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมอาหารทะเลในช่วง 2537-2542 มีดังต่อไปนี้ การศึกษาประสิทธิภาพของระบบเอสบีอาร์ในการบำบัดสารอินทรีย์ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในน้ำเสียจากโรงงานปลาหนึ่ง การใช้ยูเอเอสบีบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง การเพิ่มมวลชีวภาพของสาหร่ายขนาดเล็กที่เลี้ยงในน้ำทิ้งจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง การบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานปลาที่นำกระป๋องโดยระบบ Sequencing Batch Reactor (SBR) การใช้เนื้อโปรตีนที่ได้จากน้ำทิ้งในการผลิตของโรงงานปลาที่นำกระป๋องเพื่อเป็นอาหารเลี้ยงไก่เนื้อ การใช้กระบวนการตะกอนลอยในการบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมปลาที่นำบรรจุกระป๋อง การศึกษาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการควบคุมการทำงานของระบบบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง โดยใช้แบคทีเรียสังเคราะห์แสง *Rhodobacter* spp. เป็นต้น

ชาลส์คัต (2542) ได้นำระบบเอสบีอาร์มาใช้ในการบำบัดสารอินทรีย์ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในน้ำเสียจากโรงงานปลาหนึ่ง โดยใช้แบบจำลองระบบเอสบีอาร์จำนวน 3 ดังปฏิกิริยา ใช้ช่วงเวลาดินน้ำเสีย 5 ชม. ทำปฏิกิริยา 16 ชม. ตกตะกอน 1 ชม. ระบายน้ำทิ้ง 1 ชม. และหักระบบ 1 ชม. แบ่งการทดลองออกเป็น 9 ชุด โดยใช้ตัวแปรหลัก คือ ช่วงเวลาแอนออกซิก 3, 4 และ 5 ชม. และระยะเวลาเก็บกักตะกอน เท่ากับ 10, 20 และ 30 วัน ผลการทดลอง พบว่าระบบเอสบีอาร์มีประสิทธิภาพในการบำบัดสารอินทรีย์ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในน้ำเสียจากโรงงานปลาหนึ่งระหว่างร้อยละ 97.44-98.74, 68.15-97.80 และ 98.50-99.69 ตามลำดับ นอกจากนี้จากการทดสอบทางสถิติ พบว่าการบำบัดชีโอดีและไนโตรเจนที่ช่วงเวลาแอนออกซิก 3 ชม. จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าช่วงเวลาแอนออกซิก 4 และ 5 ชม. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < 0.05$) ในขณะที่ประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัสที่ช่วงเวลาแอนออกซิก 3, 4 และ 5 ชม. ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ประสิทธิภาพการบำบัดชีโอดี ที่ระยะเวลาเก็บกักตะกอน 10 และ 20 วันสูงกว่าที่ 30 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < 0.05$) ประสิทธิภาพในการบำบัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของระบบที่ระยะเวลากักเก็บตะกอน 20 และ 30 วันจะสูงกว่าที่ 10 วันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < 0.001$) ผลจากการทดลอง พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการควบคุมระบบเอสบีอาร์ให้มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียได้สูงสุด คือ ใช้ช่วงเวลาแอนออกซิก 3 ชม. และระยะเวลากักเก็บตะกอน 20 วัน โดยจะมีประสิทธิภาพในการบำบัดสารอินทรีย์ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสได้ร้อยละ 98.70, 97.44 และ 99.28 ตามลำดับ

กิตติศักดิ์ (2539) ได้ทดลองนำระบบยูเอเอสบีมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง โดยใช้ถังยูเอเอสบีที่มีอุปกรณ์แยกก๊าซและตะกอนแตกต่างกันรวม 4 แบบ การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ช่วง ช่วงแรกทำการทดลองที่โรงงานและใช้ถังยูเอเอสบีที่มีอุปกรณ์แยกก๊าซและตะกอนแบบที่ 1 และ 2 ซึ่งเป็นแบบที่มีปริมาตรของอุปกรณ์แยกก๊าซและตะกอนเท่ากับ 14.5 และ 60 ลิตร ตามลำดับ พร้อมทั้งมีถังสร้างกรดอยู่ในระบบด้วย นำมาทดลองใช้น้ำบำบัดน้ำเสีย ที่อณานิคมโคลดีง 3.73 กก.ชีโอดี/ลบ.ม.-วัน โดยใช้เวลากักเก็บน้ำ 12 ชม. ผลการทดลองพบว่าถังยูเอเอสบีแบบที่ 2 ดีกว่าแบบที่ 1 เล็กน้อย โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดชีโอดี เท่ากับ 55.1

และ 46.2% ตามลำดับ และมีอัตราการผลิตก๊าซมีเทนได้เท่ากัน คือ 0.15 ลิตร/กรัม ซีโอดีที่กำจัด และมีเปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนเท่ากับ 36 และ 38% ตามลำดับ เมื่อทำการทดลองเป็นเวลานานๆพบว่าเกิดการลอยตัวและหลุดออกของสลัดจ์ทั้งชั้นขึ้น ในช่วงที่ 2 ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการโดยใช้ถังยูเอเอสบีแบบที่ 3 และ 4 ที่มีความสามารถในการแยกก๊าซและตะกอนได้ต่างกัน โดยแบบที่ 3 ขอมให้ก๊าซและตะกอนบางส่วนหลุดออกไปได้ ในขณะที่แบบที่ 4 สามารถดักก๊าซและตะกอนได้ดีกว่า การทดลองในช่วงนี้มีทั้งที่ใช้และไม่ใช้ถังสร้างกรด โดยในกรณีไม่ใช้ถังสร้างกรดใช้เวลาเก็บน้ำ 18 ชม. ส่วนในกรณีใช้ถังสร้างกรดใช้เวลาเก็บน้ำ 12, 24 และ 36 ชม. ผลจากการทดลองพบว่า ถังยูเอเอสบีแบบที่ 3 มีสมรรถนะสูงกว่าแบบที่ 4 เล็กน้อย โดยระบบที่ไม่มีถังสร้างกรดที่ออกแก๊สได้อัตรา 1.77 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีเท่ากับ 17.0 และ 11.2% มีอัตราการผลิตก๊าซมีเทนเท่ากับ 0.09 และ 0.32 ลิตร/กรัมซีโอดีที่กำจัด และเปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนเท่ากับ 35 และ 45% ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าเกิดการลอยตัวของชั้นสลัดจ์จนตลอดการทดลอง ส่วนระบบที่มีถังสร้างกรด เมื่อใช้เวลาเก็บน้ำ 12 ชม.และออกแก๊สได้อัตรา 2.57 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีเพิ่มขึ้นเป็น 43.9 และ 36.0% อัตราการผลิตก๊าซมีเทนเท่ากับ 0.11 และ 0.24 ลิตร/กรัมซีโอดีที่กำจัด และเปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนเท่ากับ 51.5 และ 50.5% ตามลำดับ และไม่เกิดการลอยตัวของชั้นสลัดจ์ขึ้น นอกจากนี้ที่เวลากักน้ำ 24 และ 36 ชั่วโมง ที่ออกแก๊สได้อัตรา 1.29 และ 0.86 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีเพิ่มขึ้นเป็น 58.8 และ 70.7% ตามลำดับ โดยอัตราการผลิตก๊าซมีเทนที่ได้มีค่าต่ำกว่า 0.35 ลิตร/กรัมซีโอดีที่กำจัดซึ่งเป็นค่าตามทฤษฎี ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง โดยใช้ถังยูเอเอสบีที่มีอุปกรณ์แยกก๊าซและตะกอนต้องมีถังสร้างกรด ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีจะขึ้นอยู่กับทั้งเวลากักเก็บน้ำและค่าออกแก๊สได้อัตรา ถังยูเอเอสบีแบบที่ 3 เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียมากกว่าแบบอื่นๆ

ธนภัทร (2539) ได้ศึกษาการเพิ่มมวลชีวภาพของสาหร่ายขนาดเล็กที่เลี้ยงในน้ำทิ้งจากระบบบำบัดของโรงงานอาหารทะเลแช่เยือกแข็ง โดยน้ำเสียของโรงงานที่เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียมียูเอช 6.87 ซีโอดี 776.04 มก./ล. ไนโตรเจนทั้งหมด 0.0064% ฟอสเฟต 1.384 มก./ล. เมื่อผ่านระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงาน (ซึ่งใช้ระบบเลี้ยงตะกอนเร่ง ระบบบ่อให้อากาศ และระบบบ่อธรรมชาติ) น้ำทิ้งที่ได้จะมียูเอช 6.43 ซีโอดี 44.37 มก./ล. ฟอสเฟต 1.18 มก./ล. ค่าไนโตรเจนทั้งหมดและปริมาณของแข็งที่ตกตะกอนได้มีค่าเท่ากับศูนย์ โดยระบบบำบัดมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีได้ 94% เมื่อทดลองนำน้ำทิ้งสุดท้ายมาใช้เลี้ยงสาหร่าย *Chlorella* sp. K₃ พบว่าสาหร่ายสามารถใช้ยูเอชเป็นแหล่งของไนโตรเจนได้ดีกว่าใช้จากแอมโมเนียมซัลเฟต โดยความเข้มข้นที่เหมาะสมของยูเอช คือ 150 มก./ล. ส่วนการเติมฟอสเฟตใช้ KH_2PO_4 ร่วมกับ K_2HPO_4 พบว่าเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจะมีผลให้สาหร่ายเจริญเติบโตได้ดีขึ้นโดยค่าความเข้มข้นที่เหมาะสมเท่ากับ 30 มก./ล. และค่าพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสม เท่ากับ 10 สาหร่ายที่ได้มีปริมาณโปรตีน 29.75%

ปารินดา (2539) ทำการศึกษาการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานปลาทุ่นกระป๋องโดยใช้ระบบ Sequencing Batch Reactor (SBR) โดยจะทำการทดลองเพื่อหาสัดส่วนของระยะเวลาแอโรบิกต่อแอนอโรบิกที่เหมาะสมในการเดินระบบ SBR เพื่อการบำบัดบีโอดีและไนโตรเจนในน้ำเสียรวมยกเว้นน้ำนิ่งปลา และกำหนดให้ระยะเวลาใน 1 วัฏจักร เท่ากับ 12 ชม. อายุตะกอนเท่ากับ 15 วัน ตัวแปรที่จะทำการศึกษาคือ สัดส่วนของระยะเวลาแอโรบิกต่อแอนอโรบิกเท่ากับ 6:1, 4:3, 3:4 และ 1:6 ผลการทดลองพบว่าที่ทุกสัดส่วนของระยะเวลาแอโรบิกต่อแอน

อุณหภูมิ พบว่าระบบสามารถรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ได้มากที่สุด 1.07 กก. COD/ลบ.ม.-วัน สามารถลดค่า COD และ BOD ได้ 85.94 และ 91.8% ตามลำดับ ได้ปริมาณเซลล์ 1.1751 กรัม/ลิตรและได้ปริมาณแรงกวัดตุ่ก่อนข้างสูง คือ ได้ค่าไรทีนอยด์และแบคทีเรียโคลอโรฟิลล์ เท่ากับ 4.948 และ 24.896 มก./ก. วัตถุแห้ง ตามลำดับ

4.2 โรงงานอุตสาหกรรมนม

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมนมในช่วง 2535-2540 มีดังต่อไปนี้ มีการศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานนมโดยใช้ระบบถังกรองไร้อากาศ ใช้แบคทีเรียแลคติกมาตกตะกอนโปรตีนในน้ำทิ้งโรงงานก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดขั้นที่สอง การใช้ระบบเอสปีอาร์ และการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้งโดยระบบแอคติเวตเต็ดสลัดจ์ และระบบฟอกซ์เบดแอร์ชัน เป็นต้น

พรทิพย์ (2540) ได้ศึกษาวิธีการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานด้วยระบบถังกรองไร้อากาศ โดยเปรียบเทียบผลความสูงของชั้นตัวกลางที่มีต่อประสิทธิภาพในสภาวะต่างๆ ดังนี้ ระยะเวลาเก็บกัก 1, 3 และ 5 วัน ความสูงของชั้นตัวกลางเท่ากับ 1/3, 2/3 และ เต็มถังกรองไร้อากาศ ผลจากการทดลองพบว่าสมรรถนะการทำงานของถังกรองไร้อากาศที่มีความสูงของชั้นตัวกลางต่างกันมีประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์รวมและสารอินทรีย์ละลายในรูปของ TCOD และ SCOD ใกล้เคียงกันและระยะเวลาเก็บกัก 3 และ 5 วันก็ให้ผลใกล้เคียงกันเช่นเดียวกัน โดยประสิทธิภาพการกำจัด TCOD และ SCOD ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน มีค่าเฉลี่ย 64.28 และ 74.97% ตามลำดับ โดยปริมาณสารอินทรีย์ส่วนใหญ่ในน้ำเสียจะถูกกำจัดที่ระดับความสูงของชั้นตัวกลาง 30 ซม. จากด้านล่างของถังปฏิกรณ์ เมื่อลดระยะเวลาเก็บกักเหลือ 1 วัน พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ในถังกรองที่มีตัวกลางเต็มถังจะมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าในถังปฏิกรณ์ที่มีความสูงของชั้นตัวกลางเท่ากับ 1/3 และ 2/3 ของถัง โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัด TCOD และ SCOD เท่ากับ 56.59 และ 60.17% นอกจากนี้ถังกรองที่มีตัวกลางเต็มถังยังมีความสามารถในการรับการเปลี่ยนแปลงน้ำเสียได้ดีที่สุดด้วย

พิสิฐ (2540) ได้ศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานโดยใช้กรดแลคติกเป็นสารสร้างตะกอน (coagulant) เพื่อตกตะกอนโปรตีนในน้ำทิ้งโรงงานก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดขั้นที่สองซึ่งเป็นการลดภาระในการบำบัดขั้นที่สองในการศึกษาได้ทำการทดลองผลิตกรดแลคติกที่จะใช้เป็นสารสร้างตะกอนโดยการนำแบคทีเรียแลคติกซึ่งคัดเลือกมาจากแหล่งต่างๆ 45 แหล่งมาหมักในน้ำทิ้งที่มีค่าซีไอดีประมาณ 5,000 มก./ก. เพื่อผลิตกรดแลคติกที่มีความเข้มข้นประมาณ 400 มก./ก. ผลจากการทดลองหาระดับ pH ที่เหมาะสมในการตกตะกอน พบว่าระดับ pH ที่เหมาะสม คือ 3.0-4.7 จากนั้นได้นำสารสร้างตะกอน คือ กรดแลคติกมาทดลองบำบัดน้ำเสียที่ pH 4.7 โดยค่าความสกปรกเริ่มต้นมีค่าซีไอดี โปรตีน น้ำตาล และความใส เท่ากับ 5,000 มก./ก., 10-12 มก./ก., 700-900 มก./ก. และ 0% ตามลำดับ หลังจากการบำบัดมีค่าเท่ากับ 1,000-1,300 มก./ก., 0.1-1 มก./ก., 600-700 มก./ก. และ 60-80% ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการบำบัดซีไอดี โปรตีน และน้ำตาล เท่ากับ 75, 90-95 และ 10-25% ตามลำดับ โดยได้ตะกอนโปรตีนจากการบำบัดมีปริมาตร 35 มล./ก.

สุชาติ (2538) ได้ศึกษาวิธีการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์โดยใช้ระบบเอสปีอาร์ โรงงานแห่งนี้มีกำลังการผลิตเฉลี่ย 12 ตัน/วัน น้ำเสียเฉลี่ย 65.31 ลบ.ม./วัน มีค่าความสกปรก BOD, COD และ

ของแข็งแขวนลอยเฉลี่ย 3,319, 4,767.63 และ 1,234 มก./ล. ตามลำดับ จากการทดลองระบบเอสปีอาร์ที่ระยะเวลาเก็บกัก 1.5-8.0 วัน พบว่าอัตราการเจริญเติบโตสุทธิของจุลินทรีย์เท่ากับ 0.00251 ต่อวัน อัตราการใช้อาหารสูงสุดต่อหน่วยน้ำหนักจุลินทรีย์ 0.248 ต่อวัน อัตราส่วน BOD:COD มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.69 ผลจากการทดลองนี้ให้ประสิทธิภาพในการกำจัด COD, BOD, SS, TKN และ TP เท่ากับ 99.33, 99.89, 99.78, 95.89 และ 81.63% ตามลำดับ อัตราส่วน BOD:COD ของน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.131 และมีค่า BOD ต่ำกว่า 20 มก./ล.

ชลธิชา และเอกพล (2536) ได้ศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์โดยใช้ระบบ Airlift Bioreactor ในการศึกษาใช้น้ำเสียที่มีความเข้มข้น 2 ระดับ คือ น้ำเสียโรงนม 50% (อัตราส่วนน้ำเสียโรงนม : น้ำจากท่อน้ำทิ้ง 1:1) และ 100% โดยมีค่า COD, BOD และ SS อยู่ระหว่าง 328-4540, 300-3300 และ 35-1069 มก./ล. ผลจากการศึกษาพบว่า Airlift Bioreactor ขนาด 95.7 ลิตร ซึ่งมีลักษณะเป็นท่อ 2 ท่อสวมซ้อนกันอยู่ โดยน้ำเสียจะไหลเข้าไปในแกนชั้นในและไหลออกทางแกนชั้นนอก เมื่อใช้เวลากักน้ำเสียในระบบ 24 ชั่วโมง ระบบสามารถลดค่า COD, BOD และ SS ของน้ำเสียโรงนม 50% ได้เท่ากับ 89.11, 91.10 และ 95.72% และของน้ำเสียโรงนม 100% ได้เท่ากับ 92.11, 92.98 และ 97.57% ตามลำดับ ถ้าใช้เวลากักน้ำเสียในระบบ 10 ชั่วโมง ระบบสามารถลดค่า COD, BOD และ SS ของน้ำเสียโรงนม 50% ได้เท่ากับ 86.61, 93.22 และ 97.11% และของน้ำเสียโรงนม 100% ได้เท่ากับ 85.84, 88.53 และ 96.32% ตามลำดับ

อุษากร (2535) ทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ระหว่างระบบแอคติเวตเต็ดสลัดจ์ และระบบฟิกส์เบดแอเรชัน โดยน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองมีค่า COD ระหว่าง 1,000-15,000 มก./ล. ใช้ปริมาณการบรรทุก (BOD loading) ในช่วง 0.6-9.59 กก.BOD/ลบ.ม.-วัน และเวลากักเติมอากาศ 2-18 ชม. โดยมีการควบคุมปริมาณอาหารเสริม (ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส) อุณหภูมิ pH และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ผลการทดลองสรุปได้ว่า ระบบฟิกส์เบดแอเรชันมีประสิทธิภาพสูงกว่าระบบแอคติเวตเต็ดสลัดจ์ และมีปัญหาเรื่องตะกอนลอยน้อยมาก ประสิทธิภาพในการลดค่า BOD และ COD ของระบบขึ้นกับอายุตะกอนจุลินทรีย์มากกว่าเวลากักเติมอากาศ ส่วนประสิทธิภาพการลดค่า SS จะขึ้นกับเวลากักเติมอากาศ ทั้งนี้ระยะเวลาเก็บกักเติมอากาศที่เหมาะสมกับระบบทั้งสอง คือ ประมาณ 8 ชม. สามารถลดค่า BOD และ COD ได้ 92 และ 98% ตามลำดับ ที่ภาระการบรรทุก 1.05 กก.BOD/ลบ.ม.-วัน สำหรับค่าอายุตะกอนจุลินทรีย์ที่เหมาะสม คือ 5-20 วัน น้ำทิ้งที่ออกจากระบบจะมีค่า BOD ต่ำกว่า 20 มก./ล.

4.3 อุตสาหกรรมผลิตน้ำอัดลม

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมผลิตน้ำอัดลมในช่วง 2538-2542 มีดังต่อไปนี้ มีการนำวิธีการเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองและกระบวนการยูเอสบีมาใช้เพื่อบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตน้ำอัดลม

กัสมา (2542) ได้ทำการศึกษาวิธีการเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองเพื่อใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตน้ำอัดลม โดยได้ทำการเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองในบ่อบำบัดน้ำเสียบ่อต่างๆ พบว่าสาหร่ายสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในน้ำเสียจากบ่อบำบัดน้ำเสียบ่อที่ 3 โดยให้ค่าน้ำหนักของเซลล์แห้งสูงสุด 900 มก./ล. และให้

ประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดี (BOD) ได้สูงสุด 82.55% จากนั้นได้นำน้ำเสียจากบ่อกำเนิดน้ำเสียนี้มาทำการทดลองเพื่อศึกษาหาปริมาณความเข้มข้นของสารอาหารในรูปสูตรธาตุคือ NaHCO_3 , NaNO_3 และ K_2HPO_4 ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายและมีประสิทธิภาพในการลดค่าไนเตรท-ไนโตรเจน ($\text{NO}_3\text{-N}$) และ ฟอสฟอรัส (TP) สูง จากการทดลองพบว่า การเติมสารอาหารเพียง 3 ชนิดลงในน้ำเสียคือ NaHCO_3 , NaNO_3 และ K_2HPO_4 ในปริมาณเท่ากับ 25% ของอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรมาตรฐานซาโรค (Zarrouk) จะให้ผลผลิตดีที่สุดและให้ผลได้ใกล้เคียงกับสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อมาตรฐาน สาหร่ายสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้นานกว่า 2 สัปดาห์และมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียโดยกำจัด TP ได้เท่ากับ 86.65% และไนเตรทได้เท่ากับ 83.94% หลังจากนั้นได้นำสภาวะที่เติม NaHCO_3 , NaNO_3 และ K_2HPO_4 25% ซาโรค มาทดลองเลี้ยงสาหร่ายเพื่อหาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของสาหร่ายในช่วงเวลาต่างๆ กัน พบว่าหลังจากเลี้ยงสาหร่ายเป็นเวลา 1 สัปดาห์ จะสามารถกำจัด BOD, $\text{NO}_3\text{-N}$, TP และ SS ได้เท่ากับ 85.00, 74.12, 79.56 และ 75.92% ตามลำดับ โดยประสิทธิภาพในการกำจัด BOD, $\text{NO}_3\text{-N}$, TP และ SS จะสูงขึ้นในสัปดาห์ที่ 2 (ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่สาหร่ายมีการเจริญเติบโตได้สูงสุด) คือเท่ากับ 91.97, 90.48, 95.48 และ 91.67% ตามลำดับ

กิตติ (2538) ได้ทำการศึกษาโดยใช้แบบจำลองในระดับห้องปฏิบัติการขนาด 14.5 ลิตร 2 ชุดเพื่อบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตน้ำอัดลมโดยกระบวนการยูเอเอสบี เริ่มต้นระบบโดยใช้หัวเชื้อจากตะกอนบ่อเกรอะทั้ง 2 ชุด ที่เวลากักเก็บน้ำ 24 และ 12 ชม. และต่อมาลดลงเหลือ 8, 6 และ 4 ชม. ตามลำดับ คิดเทียบเป็นภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 1.02-5.0 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ผลจากการศึกษาพบว่าสามารถลดค่าซีโอดี บีโอดี และตะกอนแขวนลอยได้ 61.6-89.9, 66.1-85.1 และ 46.8-73.1% ตามลำดับ การบำบัดสารอินทรีย์โดยทั่วไปจะมีประสิทธิภาพลดลงเมื่อเวลากักเก็บน้ำสั้นลง ความสามารถในการผลิตก๊าซชีวภาพของระบบผลิตได้ 33.9-192.7 ลิตร/กก. ซีโอดีที่ถูกกำจัด ส่วนประกอบของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพมีปริมาณ 47.6-69.7% และจุลินทรีย์ที่ตรวจพบส่วนมากจะเป็นพวกจุลินทรีย์ชนิดแท่งและชนิดเส้นใย

4.4 อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ ในช่วง 2528-2541 มีดังต่อไปนี้ การพัฒนาระบบการออกซิเดชันโอโซนสำหรับการบำบัดน้ำเสีย การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีไฟฟ้าเคมีเพื่อกำจัดสารอินทรีย์และสีจากน้ำกากส่า การบำบัดน้ำเสียจากขบวนการผลิตสุราด้วยระบบตัวกลางจุลินทรีย์ลอยตัวแบบใช้และไม่ใช้ออกซิเจน การศึกษาผลของอายุตะกอนและระยะเวลากักเก็บน้ำในถังแอนแอโรบิกที่มีต่อการกำจัดซีโอดีของน้ำเสียโรงงานผลิตเบียร์โดยกระบวนการแยกดีแอกซิเดชันแบบแอนแอโรบิก-ออกซิด การบำบัดกากส่าโดยกระบวนการยูเอเอสบีที่อุณหภูมิสูง การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตแอลกอฮอล์จากมันสำปะหลังโดยระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB- ขึ้นโรงงานต้นแบบ การกำจัดน้ำทิ้งของโรงงานผลิตแอลกอฮอล์ เป็นต้น

สุเมธ (2541) ได้พัฒนาระบบการออกซิเดชันโอโซนสำหรับการบำบัดน้ำเสีย โดยโอโซนซึ่งเป็นสารออกซิเดนท์ที่รุนแรง สามารถออกซิไดซ์สารอินทรีย์ทั้งที่ย่อยสลายได้และย่อยสลายไม่ได้โดยจุลินทรีย์ งานวิจัยนี้จะนำเหล็กออกไซด์มาประยุกต์ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบโอโซนออกซิเดชัน น้ำ

เสียที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นน้ำกากส่าซึ่งเป็นน้ำเสียจากโรงงานสุรา(เจือจาง 20 เท่าก่อนนำมาใช้) คลลัมน์ไฮโดรเจน มีขนาด 1.5 ลิตร เหล็กออกไซด์ถูกเตรียมบนผิวเม็ดอลูมินาซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10.3 มม. และมีพื้นที่ผิวจำเพาะ 5.5 ตร.ม. /ก. เหล็กออกไซด์ที่ใช้เป็นเฟอริกออกไซด์โดยใช้ในปริมาณ 0.0713 % ผลจากการทดลองทั้งกรณีที่มีและไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กออกไซด์ พบว่าการเพิ่มทั้งเวลาเก็บกักและอัตราการไหลของไฮโดรเจนจะมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดทั้งซีโอดีและสีเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจน เมื่อใช้เหล็กออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ระบบไฮโดรเจนจะมีประสิทธิภาพสูงสุดเพราะไฮดรอกซิลฟรีแรดคัลที่ถูกรสร้างโดยตัวเร่งปฏิกิริยามีความว่องไวในการเข้าทำปฏิกิริยามากกว่าโมเลกุลไฮโดรเจน

กัมพมาศ (2539) ได้ศึกษาวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีไฟฟ้าเคมีเพื่อกำจัดสารอินทรีย์และสีจากน้ำกากส่าในการทดลองใช้เซลล์อิเล็กโทรลิติกที่ทำด้วยพลาสติกอะคริลิกมีปริมาตร 3 ลิตร ใช้อิเล็กโทรด 3 ชนิดคือไทเทเนียมเคลือบแพลทินัมสีดำ เหล็ก หรืออะลูมิเนียม จัดเรียงอิเล็กโทรดแบบโมโนโพลาร์ ทำการทดลองเป็นแบบกะและใช้ไฟฟ้ากระแสตรง น้ำเสียที่นำมาบำบัดคือน้ำกากส่าเจือจาง 5, 10, 20 เท่า จากผลการทดลองพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดสีและสารอินทรีย์ ได้แก่ ความต่างศักย์ไฟฟ้า พื้นที่ผิวของอิเล็กโทรด และระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด โดยระบบที่มีความเหมาะสมที่สุดใช้ไทเทเนียมเคลือบแพลทินัมสีดำเป็นแคโทด และเหล็กเป็นแอโนด ใช้น้ำกากส่าเจือจาง 5 เท่า และระยะเวลาในการบำบัด 5.21 ชั่วโมง ได้ประสิทธิภาพในการกำจัด COD 50.4% นอกจากนี้ระบบนี้ยังสามารถลดปริมาณแคลเซียมและซัลเฟตได้ แต่ลดโพแทสเซียมไม่ได้

สัญญา (2539) ศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตสุรด้วยระบบตัวกลางจุลินทรีย์ลอยตัวแบบไม่ใช้ออกซิเจน โดยได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลอง การทดลองชุดที่ 1 และ 2 ใช้กับน้ำเสียที่มีค่าความสกปรกในรูปของค่า COD อยู่ในช่วง 1,000-5,500 และ 5,500-12,000 มก./ล. ตามลำดับ โดยตั้งปฏิกิริยาที่ใช้ในการทดลองมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 10 ซม. สูง 4 ม. ปริมาตร 39 ลิตร ใช้ทรายเป็นอนุภาคตัวกลางมีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 0.43 มม. ปริมาตร 6.5 ลิตร และก่อนนำน้ำเสียเข้าสู่ระบบจะเจือจางน้ำเสียด้วยน้ำประปาให้ได้ COD อยู่ในช่วงที่กำหนดเสียก่อน ผลการทดลองพบว่าระบบตัวกลางจุลินทรีย์ลอยตัวแบบไม่ใช้ออกซิเจนสามารถรับสารอินทรีย์ได้ในช่วงค่า 4.64-44.26 กก.COD/ลบ.ม.-วัน โดยระบบมีประสิทธิภาพในการลดค่า COD ของการทดลองทั้ง 2 ชุด อยู่ในช่วง 50.95-71.73 และ 44.74-71.13% และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 60.26 และ 53.89% ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพในการลดค่า SS พบว่าอยู่ในช่วง 14.95-63.64 และ 6.67-50.01% โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 36.81 และ 27.60% ตามลำดับ และเมื่อนำผลการทดลองไปทดสอบโดยวิธีทางสถิติด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Simple Correlation Coefficient, r_p) เพื่อทดสอบหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร VOLR & % COD remove และ VOLR & %SS remove โดยได้ค่า r_p มีค่าเท่ากับ -0.32 และ -0.29 ตามลำดับ ดังนั้นจากการวิเคราะห์ทางสถิติสรุปได้ว่าเมื่อค่าอัตราการรับสารอินทรีย์ของระบบเพิ่มขึ้น จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัด COD และ SS ของระบบลดลงอย่างมีนัยสำคัญในระดับปานกลาง ($P = 0.05$) นอกจากนี้ในการเดินระบบที่ผ่านมาพบว่า ระบบมีความเสถียรดีโดยดูจากค่าพารามิเตอร์ที่ใช้บ่งบอก ได้แก่ ค่ากรดระเหย (VFA) และค่า pH ที่ออกจากระบบซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 165-1,071 มก./ล.ในรูปของกรดอะซิติก และ 7.2-8.1 ตามลำดับ ส่วนค่า Alkalinity ที่ออกจากระบบมีค่าอยู่ในช่วง 500-2,450 มก./ล. ในรูปของ CaCO_3

สุกษม (2539) ได้ทำการศึกษาผลของอายุตะกอนและอนันต์ (2539) ได้ศึกษาผลของเวลากักน้ำในถังแอโรบิกที่มีต่อการกำจัดซีโอดีของน้ำเสียโรงงานผลิตเบียร์โดยใช้กระบวนการแอนแอโรบิก-ออกซิกแอคทีฟเต็ดสลัดจ์ น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองมีค่าซีโอดีเท่ากับ 1,000 กรัม/ลบ.ม. สุกษม (2539) ใช้อัตราส่วนค่า COD:N:P ที่ 150:5:1 ทำการทดลองในแบบทดลองที่มีเวลากักรวม 28.8 ชั่วโมง ใช้ค่าอายุตะกอนเป็นตัวแปรที่ 3, 7, 11 และ 15 วัน ค่าอัตราส่วนสารอาหารต่อจุลินทรีย์ในถังแอนแอโรบิก เท่ากับ 7.27, 4.11, 3.41 และ 3.24 กก.ซีโอดี/กก.ตะกอนจุลินทรีย์-วัน และค่าอัตราส่วนสารอาหารต่อจุลินทรีย์ของระบบเท่ากับ 1.41, 0.73, 0.52 และ 0.50 กก.ซีโอดี/กก.ตะกอนจุลินทรีย์ ตามลำดับ ผลจากการทดลองพบว่าโดยทั่วไปประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีในช่วงแอนแอโรบิกจะแปรตามค่าอายุตะกอน และแปรผกผันกับค่าอัตราส่วนสารอาหารต่อจุลินทรีย์ โดยเมื่อค่าอายุตะกอนเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีในช่วงแอนแอโรบิกจะเพิ่มตามไปด้วย ในกรณีที่ช่วงอายุตะกอนเท่ากับ 3-15 วัน ค่าอัตราส่วนสารอาหารต่อจุลินทรีย์และค่าอายุตะกอนจะไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีรวมของระบบอย่างมีนัยสำคัญ โดยจะมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีรวมของระบบอยู่ในช่วง 94-96% ในขณะที่อนันต์ (2539) ใช้อัตราส่วน COD:N:P ที่ 150:5:2 การป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบเป็นแบบต่อเนื่อง ทำการทดลองโดยแปรค่าเวลากักน้ำในถังแอนแอโรบิก 4 ค่า คือ 1, 3, 5 และ 7 ชม.และแปรค่าอัตราส่วนสารอาหารต่อจุลินทรีย์ในถังแอนแอโรบิกเท่ากับ 16.1, 5.6, 3.0 และ 1.9 กก.ซีโอดี/กก.ตะกอนจุลินทรีย์-วัน ตามลำดับ ผลจากการทดลองพบว่าที่ค่าเวลากักน้ำในถังแอนแอโรบิก 5 ชม.ซึ่งให้ค่าอัตราส่วนสารอาหารต่อจุลินทรีย์มากกว่า 3.0 กก.ซีโอดี/กก.ตะกอนจุลินทรีย์-วัน ระบบจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีไม่แตกต่างกันมากนักโดยจะอยู่ในช่วง 60-64% แต่ที่ค่าเวลากักน้ำในถังแอนแอโรบิก 7 ชม.ซึ่งให้ค่าอัตราส่วนสารอาหารต่อจุลินทรีย์มากกว่า 1.9 กก.ซีโอดี/กก.ตะกอนจุลินทรีย์-วัน ระบบจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีสูงขึ้นเป็น 84% ส่วนประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีในถังแอโรบิกที่สูงกว่า 80% จะให้ค่าดัชนีปริมาณตะกอนต่ำกว่า 200 มล./กรัม และค่าอัตราส่วนสารอาหารต่อจุลินทรีย์ในถังแอโรบิกที่เหมาะสมมีค่าประมาณ 1.9 กก.ซีโอดี/กก.ตะกอนจุลินทรีย์-วัน

สมชาย (2538) ได้ทำการศึกษาวิธีการบำบัดน้ำเสียจากกากส่าเหล่านี้ด้วยระบบเดิมอากาศแบบชั้นตัวกลางลอยตัวโดยใช้แบบจำลองหอยปฏิกริยารูปทรงกระบอกปริมาตร 4.16 ลิตร การนำน้ำเสียเข้าสู่ระบบเป็นแบบการไหลต่อเนื่องด้วยอัตราไหล 0.8 ล./ชม. น้ำเสียที่เข้าระบบมีค่าบีโอดี ประมาณ 600 มก./ล. ทำการทดลองที่อุณหภูมิและสถานะแวดล้อมปกติ แต่ควบคุมค่า pH ให้อยู่ในช่วง 6.8-7.6 และเปลี่ยนแปลงค่าการระบรทุกเชิงปริมาตรด้วยการเพิ่มความสูงของชั้นตัวกลางเป็น 20 , 30 และ 40 ซม. ซึ่งจะสัมพันธ์โดยตรงกับระยะเวลาเก็บกักที่ 2.08, 3.12 และ 4.16 ชม.ตามลำดับ ตัวกลางที่เลือกใช้คือเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนความหนาแน่น 985 กก./ลบ.ม. ความเร็วของอากาศที่ใช้เพื่อทำให้เกิดการกวนผสมอย่างทั่วถึงมีค่าระหว่าง 1.4-2.2 ซม./วินาที ค่าตะกอนแขวนลอยในระบบมีค่าอยู่ในช่วง 4,100-5,200 มก./ล. ซึ่งมีค่าสูงกว่าระบบเลี้ยงตะกอนเร่งแบบธรรมดา การเพิ่มความสูงของชั้นตัวกลางจาก 20 ถึง 40 ซม. พบว่าแนวโน้มการย่อยสลายของสารอินทรีย์สูงขึ้น ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดี และ ซีโอดีสูงสุดมีค่าเท่ากับ 93.62 และ 52.97% ตามลำดับที่ระดับความสูงของชั้นตัวกลาง 40 ซม. แต่ประสิทธิภาพการลดตะกอนแขวนลอยจะสูงสุดมีค่า 78.39% ที่ระดับความสูงของชั้นตัวกลาง 30 ซม.

นาฏนดา (2537) ได้ทำการศึกษากระบวนการบำบัดน้ำเสียจากกากส่า โดยใช้เทคนิคการบำบัดน้ำเสียรวม 3 ส่วนมาผสมผสานกัน ได้แก่

ระบบสองขั้นตอน ระบบหมักประสิทธิภาพสูง และการควบคุมระบบที่อุณหภูมิสูง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบ โดยทำการทดลองกับน้ำกากส่าที่มีค่า COD ประมาณ 90,000-120,000 มก./ล. มีการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาเป็นสองขั้นตอนในถังหมัก 2 ถังที่ต่อเนื่องกัน คือ ถังหมักกรดขนาด 6.8 ลิตร เป็นแบบตัวกลางกรง ส่วนถังหมักมีเทนขนาด 35 ลิตรเป็นแบบยูเอสบี และควบคุมอุณหภูมิถังหมักทั้งสองให้คงที่เท่ากับ 55°C ผลจากการศึกษาพบว่าระบบเมื่อมีเสถียรภาพสูงสามารถรับอัตราการป้อนสารอินทรีย์ได้สูงถึง 10.96 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน โดยช่วงอัตราการป้อนสารอินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับระบบหมักนี้คือ 6.38-10.02 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน โดยให้ประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพสูงสุด 0.13 ลบ.ม./กก.ซีไอดีที่ป้อน ที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 6.38 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน สัดส่วนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซที่ผลิตได้เท่ากับ 30% และเมื่อเปรียบเทียบกับระบบหมักยูเอสบีแบบขั้นตอนเดียวที่ใช้อุณหภูมิสูง พบว่าประสิทธิภาพของระบบไม่แตกต่างกันมากนัก แต่เมื่อเปรียบเทียบกับระบบหมักสองขั้นตอนที่อุณหภูมิปานกลาง (30°C) พบว่าระบบหมักที่ทำการศึกษานี้มีประสิทธิภาพสูงกว่า

อะเคื่อ (2537) ได้ทดลองบำบัดน้ำกากส่าโดยใช้กระบวนการยูเอสบีที่อุณหภูมิสูง ถังหมักที่ใช้ทดลองเป็นถังเหล็กปลอดสนิมสองชั้น ชั้นในเป็นถังหมักมีปริมาตรใช้งาน 34.7 ลิตร สูง 172 ซม. และเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 15 ซม.ชั้นนอกเป็นชั้นอุ่นห่อ (water jacket) เพื่อใช้ควบคุมอุณหภูมิถังหมัก น้ำเสียที่ใช้ทดลองเป็นกากส่าจากโรงงานสุราซึ่งมีความเข้มข้นของสารอินทรีย์สูง (113,280 มก./ล.) และปริมาณสารพิษก็สูง (โปแตสเซียม = 10,000 มก./ล. โซเดียม = 5,000 มก./ล. และ ซัลเฟต = 5,525 มก./ล.) ผลจากการทดลองพบว่าอัตราการป้อนสารอินทรีย์ที่เหมาะสมในการกำจัดสารอินทรีย์และผลิตก๊าซชีวภาพคือ 5.2 และ 7.1 กก.ซีไอดี / ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ ระบบหมักยูเอสบีนี้สามารถรับอัตราการป้อนสารอินทรีย์สูงสุดได้ 10.1 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน โดยมีประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ 0.225ลบ.ม./กก.ซีไอดีที่ถูกกำจัด ก๊าซชีวภาพประกอบด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 39% ก๊าซมีเทนและก๊าซอื่นๆ 61% และมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอดีได้ 44% เมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดลองกับระบบยูเอสบีในขนาดใช้งานจริงที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และมีอัตราการป้อนสารอินทรีย์สูง สุดได้ 3-4 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าระบบยูเอสบีที่อุณหภูมิสูงจะมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำกากส่าได้สูงกว่าระบบที่ใช้งานจริง

สมชาย และคณะ (2536) ได้ศึกษาทดลองบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตแอลกอฮอล์จากแป้งมันสำปะหลังโดยใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB-ชั้นโรงงานต้นแบบ ดังปฏิกิริยาที่ใช้ ขนาด 6 ลบ.ม. และออกแบบให้ระบบทำงานอยู่ในช่วง Mesophilic การทำงานแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ในขั้นตอนแรกเป็นการหมักกรด ใช้ถังปฏิกิริยาแบบ Anaerobic activated sludge process และในขั้นตอนที่สองเป็นการหมักมีเทน ใช้ถังปฏิกิริยาแบบ UASB ในช่วงเริ่มต้นระบบใช้เชื้อเริ่มต้น (seed sludge) จากบ่อน้ำบำบัดน้ำเสียของโรงงานสุรา โดยเริ่มจากอัตราภาระ 0.5 กก. COD/ลบ.ม.-วันจนถึง 4 กก. COD/ลบ.ม.-วัน ผลจากการทดลองพบว่าระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดการทดลอง ปริมาณกรดไขมันระเหยง่าย (VFA) โดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง 100-300 มก./ล. มีอัตราภาระ 4 กก. COD/ลบ.ม.-วัน ประสิทธิภาพในการลดค่า COD ประมาณ 90% และค่า BOD 99% สำหรับผลผลิตก๊าซชีวภาพพบว่าสามารถผลิตได้ 0.98 ลบ.ม./กก.CODที่ถูกกำจัด โดยมีก๊าซมีเทนอยู่ 67% เมื่อประมาณ

พื้นฐานที่ก๊าซชีวภาพสามารถจำหน่ายได้ในราคาเดียวกับน้ำมันเตาที่ค่าความร้อนเท่ากัน พบว่าจะมีอัตราคืนทุนในเวลา 3.5 ปี

สมศักดิ์ (2534) ได้ทำการศึกษาการเกิดตะกอนจุลินทรีย์ลักษณะเม็ดในช่วงเดินระบบถังหมักกระบวนการขึ้นจุลินทรีย์ไร้อากาศแบบไหลขึ้น (ระบบ UASB) ระบบนี้จะสามารถรับสารอินทรีย์ในอัตราที่สูงได้ก็ต่อเมื่อมีการเกิดตะกอนจุลินทรีย์ในลักษณะเม็ดขึ้น ในการทดลองใช้น้ำกากส่าจากโรงงานสุราเพื่อเดินระบบ UASB โดยโรงงานต้นแบบมีขนาด 300 ลิตร ประสบความสำเร็จด้วยดี โดยสามารถตรวจพบการเกิดตะกอนจุลินทรีย์ลักษณะเม็ดได้ในที่สุด เมื่อใช้เวลาเดินระบบ 113 วัน ที่อัตราการรับสารอินทรีย์ 1.36 กก. COD/ลบ.ม.-วัน

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2528) โดยสาขาวิจัยสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร ได้ศึกษาวิธีการกำจัดน้ำเสียของโรงงานผลิตแอลกอฮอล์จากมันสำปะหลัง ซึ่งมีกำลังผลิต 1.5 ลบ.ม./วัน น้ำเสียที่เกิดขึ้นมี 2 ชนิด คือ น้ำกากส่ามีปริมาณ 20 ลบ.ม./วัน และมีค่า BOD₅ เท่ากับ 20,000 มก./ล. และน้ำล้างหัวมันซึ่งมีปริมาณ 12 ลบ.ม./วัน และมีค่า BOD₅ เท่ากับ 2,200 มก./ล. ได้เริ่มทำการทดลองบำบัดน้ำกากส่าด้วยระบบ Anaerobic Digestion ในขั้น Pilot scale พบว่าระบบสามารถรับ BOD loading ได้ 5 กก./ลบ.ม.-วัน และลดค่า BOD ได้ 70% มีไบโอแก๊สเกิดขึ้นประมาณ 10 เท่าของปริมาณน้ำเสีย และมี Methane content เท่ากับ 65% ส่วนการบำบัดน้ำล้างหัวมัน ได้ทำการทดลองโดยทำ Jar Test ของน้ำล้างหัวมันในห้องปฏิบัติการ พบว่าสารส้มและปูนขาวสามารถลด BOD₅ ได้ 79.5 และ 77.3% ตามลำดับ ในขณะที่ถ้าไม่ใช้สารเคมีเลย (Plain Settling) จะสามารถลดค่า BOD ได้ 72.7% (BOD ของน้ำใส เท่ากับ 600 มก./ล.) เมื่อทดลองกำจัดน้ำล้างหัวมันในขั้น Pilot Scale โดยใช้สารส้ม พบว่าสามารถลดค่า BOD ได้เพียง 65% ต่ำกว่าการทดลองโดย Jar Test เล็กน้อย ดังนั้นอาจสรุปแนวทางในการบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตแอลกอฮอล์จากมันสำปะหลัง ได้ 2 วิธี คือ วิธีที่ 1 บำบัดโดยใช้ระบบหมักน้ำกากส่าและระบบตกตะกอนน้ำล้างหัวมัน ตามด้วยระบบเติมอากาศ ซึ่งวิธีนี้ต้องใช้พื้นที่ 400 ตร.ม. ค่าก่อสร้างไม่รวมค่าที่ดิน 1,622,500 บาท และเสียค่าใช้จ่ายในการเดินระบบ 473 บาท/วัน โดยได้รับผลตอบแทน คือ ไบโอแก๊สเทียบเท่ากับน้ำมันเตา 119 ลิตร/วัน คิดเป็นเงินประมาณ 560 บาท/วัน วิธีที่ 2 บำบัดโดยใช้ระบบบ่อหมัก ตามด้วยระบบบ่อเติมอากาศและบ่อ Polishing pond ระบบนี้ต้องใช้พื้นที่ประมาณ 2 ไร่ ค่าก่อสร้างไม่รวมที่ดิน 500,000 บาท และเสียค่าใช้จ่ายในการเดินระบบ 194 บาท/วัน

วีระ (2528) ได้ทำการทดลองบำบัดน้ำเสียจากโรงงานสุราพระนครศรีอยุธยา โดยใช้ถังหมักแบบหอสูง (tower fermentor) เป็นถังหมักแบบชั้นตัวกลางลอยตัว (fluidized-bed) โดยตัวกลางที่บรรจุลงในถังหมักจะมีการเคลื่อนที่อย่างสม่ำเสมอ เพื่อช่วยให้เกิดการผสมและรักษาปริมาณจุลินทรีย์ให้อยู่ในระบบได้ดี ตัวกลางที่ใช้ในการทดลองมี 3 ชนิด ได้แก่ K-carragenan (ใช้ตรึงจุลินทรีย์ภายใน), ion exchange resin และ silica gel (ใช้ตรึงจุลินทรีย์ภายนอก) โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของตัวกลางแต่ละชนิดโดยใช้ค่า organic loading เท่ากับ 9 กก.ชีโอดี/ลบ.ม.-วันเท่ากัน ปรากฏว่า ion exchange resin มีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นตัวกลางมากที่สุด เพราะมีความทนทานต่อแรงเสียดสี มีพื้นที่ผิวมากและประสิทธิภาพในการลดชีโอดีค่อนข้างสูง (49.83%) มีอัตราการเกิดก๊าซเท่ากับ 4.6 ลบ.ม./ลบ.ม.ของน้ำกากส่า และมีค่าปริมาณตะกอนแขวนลอยเท่ากับ 6.82 มก./ล. โดยตัวกลาง ion exchange resin และตัวกลาง silica gel สามารถรับค่า organic loading ได้สูงถึง 15 กก.ชีโอดี/ลบ.ม.-วัน และให้ผลการบำบัดใกล้เคียงกัน (ลดชีโอดีได้ 50.81 และ 49.18% ตามลำดับ) สำหรับตัว

กลาง K-carragenan แม้ว่าจะมีประสิทธิภาพในการลดค่าซีไอดีสูงกว่า (57.05%) แต่ก็ยังมีข้อจำกัดคือ มีความทนทานน้อยและแตกสลายได้ง่าย แม้ว่าค่าorganic loading ในระดับนี้เป็นระดับที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในระบบกำจัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมได้และยังมีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้นได้อีกด้วย ซึ่งในการบำบัดโดยใช้ระบบที่ไม่ใช้ตัวกลางจะเพิ่มค่า organic loading ให้ได้สูงในระดับนี้จะทำได้ยาก

4.5 อุตสาหกรรมเป้งมันสำปะหลัง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมเป้งมันสำปะหลัง ในช่วง 2527-2539 มีดังต่อไปนี้ การศึกษาความเป็นไปได้ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานเป้งมันสำปะหลังด้วยระบบยูเอสบีแบบมีถังสร้างกรดเข้าระบบ การกำจัดฟอสเฟตจากระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานเป้งมันสำปะหลังโดยระบบแอนแอโรบิก-อ็อกซิก (ทั้งที่มีตัวกลางและไม่มีตัวกลาง) การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานเป้งมันสำปะหลังโดยขบวนการคอนแทกสเตปิลิเซชัน

เนตรนภา (2539) ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานเป้งมันสำปะหลังด้วยระบบยูเอสบีแบบมีถังสร้างกรดเข้าระบบ การทดลองประกอบด้วยถังยูเอสบี 3 ชุด ชุดที่ 1 ไม่มีถังสร้างกรดแต่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ ชุดที่ 2 มีถังสร้างกรดและมีการหมุนเวียนน้ำกลับ ชุดที่ 3 มีถังสร้างกรดแต่ไม่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ โดยถังสร้างกรดมีระยะเวลาพักน้ำนาน 12 ชม. และใช้อัตราส่วนการเวียนกลับของน้ำเท่ากับ 5:1 การทดลองทำที่ภาระบรทุก 5 และ 10 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน โดยเตรียมจากการละลายเป้งมันสำปะหลังในน้ำร้อนให้มีความเข้มข้นซีไอดีเท่ากับ 2,500 และ 5,000 มก./ล. ตามลำดับ ใช้อัตราสูบน้ำเข้าระบบเท่ากับ 4 ลิตร/วัน ผลการทดลองที่ภาระบรทุกสารอินทรีย์ 5 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน ของถังยูเอสบีชุดที่ 1, 2 และ 3 พบว่า ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีเท่ากับ 81, 89 และ 84% ปริมาณกรดไขมันระเหยในรูปกรดอะซิติกเท่ากับ 127, 45 และ 45 มก./ล. อัตราการผลิตก๊าซเท่ากับ 0.9, 2.4 และ 2.9 ลิตร/วัน อัตราการผลิตก๊าซมีเทนเท่ากับ 0.09, 0.28 และ 0.31 ลิตร/กรัม ซีไอดีที่ถูกกำจัด ตามลำดับ ที่ภาระบรทุกสารอินทรีย์ 10 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วันพบว่าประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีลดลงเล็กน้อย ส่วนปริมาณกรดไขมันระเหย อัตราการผลิตก๊าซ อัตราการผลิตก๊าซมีเทนเพิ่มขึ้น และประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอดีของถังสร้างกรดที่ภาระบรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน เท่ากับ 15% และ 26% ตามลำดับ ผลจากการทดลองสรุปได้ว่าการใช้ระบบยูเอสบีแบบมีถังสร้างกรดสามารถแก้ปัญหาการหลุดออกของเม็ดยากอนจุลินทรีย์และช่วยป้องกันการสะสมของกรดไขมันระเหย ทำให้มีประสิทธิภาพการทำงานสูงกว่าระบบยูเอสบีแบบไม่มีถังสร้างกรด ส่วนผลของการหมุนเวียนน้ำกลับที่มีต่อระบบยูเอสบียังไม่ชัดเจน

รัตนา (2537) และวรางคณา (2536) ได้ทำการศึกษาวิธีการกำจัดฟอสเฟตจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานเป้งมันสำปะหลังโดยใช้ระบบแอนแอโรบิก-อ็อกซิก โดยรัตนา (2537) ใช้ระบบแอนแอโรบิกที่มีตัวกลาง ส่วนวรางคณา (2536) ใช้ระบบแอนแอโรบิกที่ไม่มีตัวกลาง ผลจากการศึกษาโดยรัตนา (2537) ซึ่งใช้ตาข่ายพลาสติกเป็นตัวกลางใส่ลงในถังแอนแอโรบิกและทำการทดลองที่ค่า Volumetric loading 0.067-0.8 กก. COD/ลบ.ม.-วัน พบว่าระบบมีประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัด COD, BOD และ SS ได้เท่ากับ 93.56, 98.97 และ 97.05% ตามลำดับ ที่ Volumetric loading 0.067 กก. COD/ลบ.ม.-วัน และมีประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัด

ฟอสเฟตทั้งหมดและออกซิฟอสเฟต ได้ 62.60 และ 38.70% ตามลำดับ ที่ Volumetric loading 0.4 กก. COD/ลบ.ม.-วัน โดยมีระยะเวลาเก็บกักในถังแอมโมโรบิก 1 วันและในถังแอมโมโรบิก 6 ชม. และมีอัตราส่วน BOD:P ของระบบมีค่าสูงสุดคือ 100:0.480 อัตราการใช้ฟอสเฟตที่เกิดขึ้นในรูปของมวลจุลินทรีย์โดยพิจารณาในรูปขององค์ประกอบ $C_4H_7O_2NP_k$ จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อ volumetric loading มีค่าลดลง ส่วนผลจากการศึกษาโดยวรังกณา (2536) ซึ่งใช้ระบบแอมโมโรบิกที่ไม่มีตัวกลาง โดยทำการทดลองที่ค่า volumetric loading ในช่วงเดียวกับรัตนาก (2537) และใช้ระยะเวลาเก็บกักน้ำในถังแอมโมโรบิกและถังแอมโมโรบิก เท่ากับ 0.5-6 วัน และ 3-36 ชม. ตามลำดับ จากผลการทดลองเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัด COD, BOD และ SS พบว่ามีค่าลดลงเมื่อ volumetric loading เพิ่มขึ้น โดยมีประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัด COD, BOD และ SS ได้เท่ากับ 92.19, 98.90 และ 97.21% ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัดฟอสเฟตทั้งหมดและออกซิฟอสเฟตได้ 61.69 และ 33.28% ตามลำดับ ที่ Volumetric loading 0.4 กก. COD/ลบ.ม.-วัน และพบว่าอัตราส่วน BOD:P ของระบบมีค่าสูงสุด เท่ากับ 100:0.475 อัตราการใช้ฟอสเฟตที่เกิดขึ้นในรูปของมวลจุลินทรีย์โดยพิจารณาในรูปองค์ประกอบ $C_4H_7O_2NP_k$ พบว่ามีค่าลดลงเมื่อ volumetric loading เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าควรใช้ influent ที่มีค่า BOD และ COD ประมาณ 420 และ 740 mg./l. เพราะจะทำให้ฟอสเฟตใน Effluent มีค่าลดลงและไม่เกิดปัญหา Eutrophication

สุรินทร์ และคณะ (2527) ศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานแป้งมันสำปะหลังโดยกระบวนการคอนแทกสเตปีไลเซชัน ผลจากการทดลองสรุปได้ว่ากระบวนการคอนแทกสเตปีไลเซชันสามารถใช้บำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งมีค่า COD ประมาณ 1,000 – 1,500 มก./ลบ.คม.ได้ดี โดยมีประสิทธิภาพในการลด COD ระหว่าง 92-95% โดยการควบคุมระบบให้มีค่าอายุของตะกอนในช่วง 5-20วัน ระยะเวลาในถังคอนแทกอย่างน้อย 2 ชั่วโมง ระยะเวลาในถังสเตปีไลเซชัน 8 ชม. และสูบทะกอนกลับในอัตราส่วน 100%

มรกต (2527) ได้ทำการวิจัยและพัฒนาวิธีการบำบัดและผลิตพลังงานจากน้ำเสียของโรงงานแป้งมันสำปะหลังในถังปฏิกรณ์แบบครึ่งเซลล์ การวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อใช้ประโยชน์และเพื่อกำจัดน้ำเสียจากโรงงานแป้งมันสำปะหลัง รายงานฉบับนี้เป็นการรวบรวมผลงานในการใช้กระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic digestion process) ในการบำบัดและผลิตพลังงาน (ก๊าซชีวภาพ) จากน้ำทิ้งโรงงานแป้งมันสำปะหลัง ทั้งในระดับห้องปฏิบัติการและโรงงานต้นแบบ การทดลองในระดับห้องปฏิบัติการประกอบด้วยการศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพในถังปฏิกรณ์แบบมีตัวกรองและแบบครึ่งฟิล์ม ที่บรรจุด้วยตัวกลางชนิดต่างๆ การศึกษาถึงกลุ่มจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพและผลของภาวะการเติมสารอินทรีย์ที่มีต่อประสิทธิภาพของระบบ ถังปฏิกรณ์ระดับโรงงานต้นแบบ เป็นถังปฏิกรณ์แบบมีตัวกรอง (Upflow anaerobic filter) ขนาด 168 ลบ.ม. สร้างขึ้นที่โรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันบ้านโป่ง จำกัด จ.ราชบุรี การออกแบบและการควบคุมการทำงานของระบบ ทำโดยวิศวกร และนักวิจัยของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าทั้งหมัด โรงงานต้นแบบนั้นนอกจากจะใช้เป็นที่เก็บข้อมูลแล้วยังใช้เป็นระบบสาธิตและเป็นที่ฝึกอบรมให้แก่ผู้ทำงานในด้านการบำบัดน้ำเสียโดยเฉพาะจากโรงงานอุตสาหกรรม ผลจากการศึกษาพบว่ากระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนในถังปฏิกรณ์ที่สามารถกักเซลล์จุลินทรีย์ไว้ในถังได้ เช่น แบบมีตัวกรองหรือครึ่งฟิล์ม มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานแป้งมันสำปะหลัง เพราะสามารถลดสารอินทรีย์ในรูปของซีโอดีลงไปได้ >80% และยังได้พลังงานที่สามารถนำไปใช้แทนน้ำมันเตาในการอบแห้งแป้งและผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้กับ